POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica

Tesi di Laurea

Analisi dei rischi per il sistema di ritenuta cintura di sicurezza, tramite l'analisi FMEA

Relatori:
Prof. Audenino Alberto
Ing. Zaccaro Giuseppe

Candidato:
Rasetto Mattia

INDICE

CAPITOLO 1. DESCRIZIONE CINTURE DI SICUREZZA 1

1.1 INTRODUZIONE 1

1.2 MODELLO FISICO SEMPLIFICATO DELLE CINTURE DI SICUREZZA E OCCUPANTE DURANTE UN URTO FRONTALE 1

1.3 TIPI DI CINTURE DI SICUREZZA 3

1.3.1 CINTURE DI SICUREZZA A 3 PUNTI DI ATTACCO 4

1.4 COMPONENTI PRINCIPALI DELLA CINTURA DI SICUREZZA 5

1.4.1 CINGHIA 5

1.4.2 FIBBIA 5

1.4.3 RIAVVOLGITORE 6

1.4.4 LIMITATORE DI CARICO (BARRA DI TORSIONE) 7

1.4.5 PRETENSIONATORE 8

1.5 FUTURO DELLE CINTURE DI SICUREZZA 9

1.5.1 CINTURE DI SICUREZZA ADATTIVE 9

1.5.2 NUOVI USI E LAYOUT 9

CAPITOLO 2. FMEA. 11

2.1 INTRODUZIONE 11

2.2 CLASSIFICAZIONE 11

2.3 PROCEDURA E DEFINIZIONI 12

2.3.1 ITEM 12

2.3.2 FUNZIONE (FUNCTION) 12

2.3.3 POTENZIALE MODALITÀ DI FALLIMENTO (POTENTIAL FAILURE MODE) 13

2.3.4 POTENZIALI EFFETTI DEL FALLIMENTO (POTENTIAL EFFECTS OF FAILURE) 13

2.3.5 SEVERITÀ (SEVERITY (S)) 13

2.3.6 POTENZIALI CAUSE DI FALLIMENTO (POTENTIAL CAUSES OF FAILURE) 14

2.3.7 OCCORRENZA (OCCURRENCE (O)) 14

2.3.8 PROCESSI DI CONTROLLO CORRENTI (CURRENT PROCESS CONTROL) 15

2.3.9 RILEVABILITÀ (DETECTION (D)) 15

2.3.10 RPN [INDICE DI PRIORITÀ DI RISCIO] (RISK PRIORITY NUMBER) 16

2.3.11 AZIONI CONSIGLIATE (RECOMMENDED ACTIONS) 16

2.4 BENEFICI E PROBLEMATICHE DELL'ANALISI FMEA 16

2.4.1 BENEFICI 16

2.4.2 PROBLEMATICHE 17

2.5 FMECA 17

2.6 SOFTWARE PER FMEA 18
2.6.1 RELYENCE FMEA 18
2.6.2 RELIASOFT XFMEA 19
2.6.3 APIS IQ 20

CAPITOLO 3. APPLICAZIONE DELLA FMEA TRAMITE IL SOFTWARE APIS IQ PER IL PROTOTIPO DELLA CINTURA DI SICUREZZA 22
3.1 INTRODUZIONE AL LAVORO SVOLTO 22
3.2 STRUTTURA DELLA CINTURA DI SICUREZZA 22
3.3 MODULO FMEA 27
3.3.1 LINEE GUIDA PER IL MODULO FMEA 27
3.3.2 COMPILAZIONE DEL MODULO FMEA 30
3.4 CONCLUSIONI 278

CONSIDERAZIONI FINALI 280
BIBLIOGRAFIA 281
SITOGRAFIA 282
FIGURE 282

CAPITOLO 1. DESCRIZIONE CINTURE DI SICUREZZA

1.1 INTRODUZIONE

La cintura di sicurezza è definita dal regolamento n.16 della commissione economica per L'Europa delle Nazioni Unite (UNECE), il quale fornisce le prescrizioni uniformi relative all'omologazione di cinture di sicurezza e sistemi di ritenuta, come " un insieme di cinghie munite di fibbia di chiusura, di dispositivi di regolazione e di elementi fissaggio, che possono essere ancorati all'interno di un veicolo a motore e concepito per ridurre il rischio di lesioni dell'utilizzatore, poiché in caso di collisione o improvvisa decelerazione del veicolo limita la possibilità di movimento del corpo dell'utilizzatore. L'insieme di cui sopra viene generalmente denominato "cintura", termine che comprende anche eventuali dispositivi di assorbimento di energia o di riavvolgimento della cintura" [1]. La funzione primaria della cintura di sicurezza serve a trattenere l'occupante durante l'impatto per impedirne l'espulsione verso l'esterno del veicolo. La funzione secondaria è quella di sfruttare in modo ottimale lo spazio tra l'occupante e l'interno del veicolo, per decelerare l'occupante prima che impatti una parte del veicolo, e questa fase è chiamata moto di ride-down [2]. La cintura di sicurezza fa parte del sistema di ritenuta del veicolo, che comprende i componenti di un autovettura, come il sedile, gli airbag, i quali limitano la mobilità del corpo in caso di decelerazione improvvisa del veicolo, e concorrono a ridurre il rischio di lesioni per l'utilizzatore.

1.2 MODELLO FISICO SEMPLIFICATO DELLE CINTURE DI SICUREZZA E OCCUPANTE DURANTE UN URTO FRONTALE

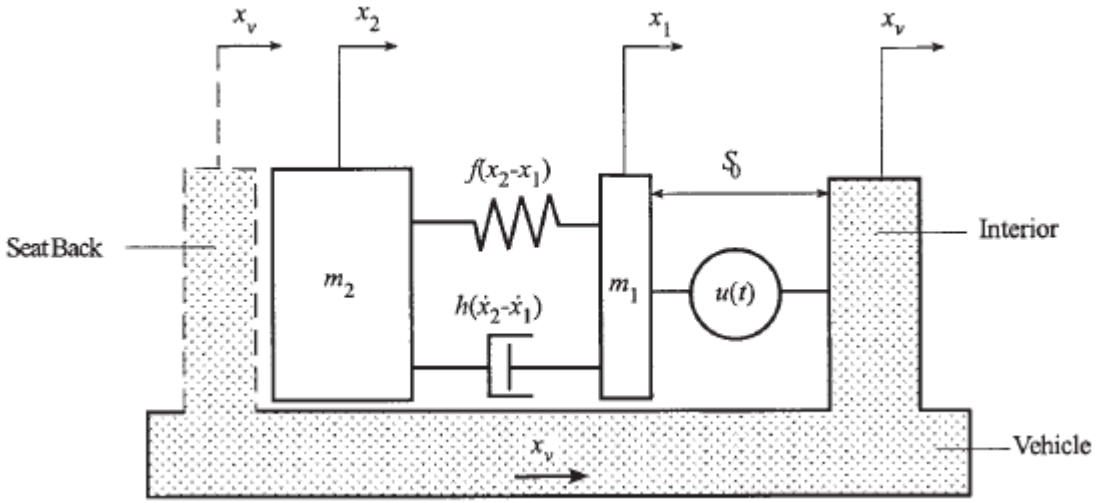

Figura 1. Modello fisico cinture di sicurezza e occupante

Nel 1972 Neathery e Labdell presentarono un modello che studiava la dinamica del torace dell'occupante di un veicolo, ritenuto da una cintura di sicurezza in caso di urto frontale [3]. Lo studio inoltre si prefissa di valutare la forza esercitata dalla cintura sull'occupante, sulla base di questo modello, in modo tale da non comportare lesioni toraciche. In questo modello (Fig.1) m_1 è la massa effettiva dello sterno, più quella di una porzione della gabbia toracica anteriore e quella del contenuto toracico anteriore; m_2 è la massa effettiva della porzione rimanente del torace e la parte di massa corporea collegata al torace dalla colonna vertebrale. La molla e lo smorzatore modellano la cedevolezza elastica e le proprietà dissipative del torace, e le corrispettive forze elastiche e di smorzamento sono: $f(x_2 - x_1)$ e $h(\dot{x}_2 - \dot{x}_1)$, e sono considerate lineari a tratti. L'azione di una cintura di sicurezza sul torace è rappresentata da una forza di ritenuta $u(t)$, tra la massa m_1 e il veicolo. Le variabili x_v, x_1 e x_2 rappresentano gli spostamenti rispetto a un sistema di riferimento inerziale, rispettivamente del veicolo (x_v), della massa m_1 (x_1), e della massa m_2 (x_2). Per

misurare le lesioni toraciche sono impiegati criteri di lesione come: massima accelerazione toracica, massima compressione toracica, e la risposta viscosa massima del torace, che caratterizza l'energia dissipata (l'energia assorbita dal torace).

Il moto del sistema è descritto dalle equazioni:

$$m_1\ddot{x}_1 - h(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) - f(x_2 - x_1) = -u(t) \tag{1}$$

$$m_2\ddot{x}_2 + h(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + f(x_2 - x_1) = 0$$

con le condizioni iniziali dell'urto uguali a:

$$x_1(0) = 0 \tag{2}$$

$$\dot{x}_1(0) = \beta$$

$$x_2(0) = 0$$

$$\dot{x}_2(0) = \beta$$

Dove β è la velocità iniziale dell'impatto, e $f(x_2 - x_1)$ e $h(\dot{x}_2 - \dot{x}_1)$ sono le forze elastiche e di smorzamento che agiscono tra le masse m_1 e m_2. La forza f è una funzione lineare a tratti dello spostamento della massa m_2 rispetto alla massa m_1:

$$f(x_2 - x_1) = \begin{cases} k_1(x_2 - x_1) & se \;\; 0 \leq (x_2 - x_1) \leq \delta_0 \\ k_2(x_2 - x_1) - F_0 & se \;\; (x_2 - x_1) > \delta_0 \end{cases} \tag{3}$$

dove lo spostamento relativo $(x_2 - x_1)$ rappresenta la deformazione da compressione del torace, k_1 e k_2 sono i coefficienti di rigidità rispettivamente di un torace debolmente compresso e di un torace fortemente compresso, δ_0 è un valore critico di compressione toracica in cui il torace cambia rigidità, e $F_0 = (k_2 - k_1)\delta_0$. La forza h è una funzione lineare a tratti della velocità relativa tra le masse:

$$h(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) = \begin{cases} c_1(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) & se \;\; (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) \geq 0 \\ c_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) & se \;\; (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) < 0 \end{cases} \tag{4}$$

dove c_1 e c_2 sono i coefficienti di smorzamento del torace rispettivamente quando viene compresso e quando la sua forma viene ripristinata. La decelerazione del veicolo dovuta all'urto viene approssimata come un impulso semi sinusoidale, e il movimento dell'autovettura è descritto dalle relazioni:

$$\ddot{x}_v(t) = -Asin\left(\frac{\pi t}{T_v}\right) \tag{5}$$

$$\dot{x}_v(0) = \beta$$

$$x_v(0) = 0$$

dove T_v è la durata della decelerazione dovuta all'urto del veicolo.

$$A = \frac{\pi\beta}{2T_v} \tag{6}$$

A è l'ampiezza dell'impulso, data dall'equazione (6), che fa sì che il veicolo deceleri fino a fermarsi in un tempo T_v. La distanza tra l'occupante e i componenti interni del veicolo, che è l'escursione massima per l'occupante, è definita come S_0.

Quindi per trovare la situazione ottimale al fine di implementare la prevenzione delle lesioni toraciche, per determinate condizioni di impatto e spazio S_0, si deve determinare l'andamento temporale ottimale della forza della cintura di sicurezza $u_0(t)$ (anche detta forza di ritenuta ottimale), in modo che la massima accelerazione toracica (o la massima compressione toracica) è ridotta al minimo, mentre la risposta viscosa

del torace massima e la massima compressione toracica (o la massima accelerazione toracica) sono vincolate a valori limite. Questo problema può essere quindi formulato come un problema di ottimizzazione. Si trova la forza di ritenuta ottimale $u_0(t)$ tale che:

caso 1:

$$J_1(u_0) = \min_u \{J_1(u) | J_i(u) \leq D_i \;\; i = 2,3,4\} \tag{7}$$

caso 2:

$$J_2(u_0) = \min_u \{J_2(u) | J_i(u) \leq D_i \;\; i = 1,3,4\} \tag{8}$$

dove:

$$J_1(u) = \max_t |\ddot{x}_2| \tag{9}$$

$$J_2(u) = \max_t (x_2 - x_1)$$

$$J_3(u) = \max_t |(x_2 - x_1)(\dot{x}_2 - \dot{x}_1)|$$

$$J_4(u) = \max_t |x_1 - x_v|$$

D_i $(i = 1,2,3,4)$ sono i valori massimi prescritti ammissibili dei rispettivi criteri di prestazione. Il criterio di prestazione J_1 caratterizza il massimo dell'accelerazione toracica, poiché m_2 comprende quasi tutta la massa toracica, e quindi la parte di massa toracica in m_1 può essere trascurata, J_2 rappresenta la massima compressione toracica, J_3 è la risposta viscosa del torace massima e J_4 è l'escursione massima dell'occupante nel veicolo. In base a certi studi il valore critico dell'accelerazione toracica D_1 è 60 g, e il valore critico della compressione toracica D_2 è 0,075 m. Il requisito per la risposta viscosa del torace è dato dalla relazione di Lau e Viano, del 1986, dove:

$$\frac{\max\ |(x_2 - x_1)(\dot{x}_2 - \dot{x}_1)|}{d} \leq 1\ \mathrm{m/s} \tag{10}$$

dove d è la profondità iniziale del torace, che per un manichino "50esimo percentile" maschio (Hybrid III) è pari a 0,229 m. Perciò, il valore soglia della risposta viscosa massima toracica D_3 è pari a 0,229 m^2/s. Il valore ammissibile dell'escursione massimo degli occupanti D_4 è uguale allo spazio S_0 prescritto.

1.3 TIPI DI CINTURE DI SICUREZZA

Ci sono diversi tipi di cintura che sono stati usati nel corso del tempo, come la **cintura addominale** (Fig.2), la quale è una cintura a due punti di attacco che passa davanti al corpo dell'utilizzatore all'altezza del bacino [1], ed è la prima ad essere stata installata nelle autovetture [4]. La **cintura diagonale**, che anche lei è una cintura a due punti di attacco, che passa diagonalmente davanti al torace, a partire dall'anca fino alla spalla del lato opposto. La **cintura a tre punti di attacco** (Fig.3), che risulta essere la combinazione di una cintura addominale e di una cintura diagonale, è la cintura più utilizzata sulle autovetture moderne, ed è risultata la più sicura rispetto alle riportate precedentemente, poiché sostiene

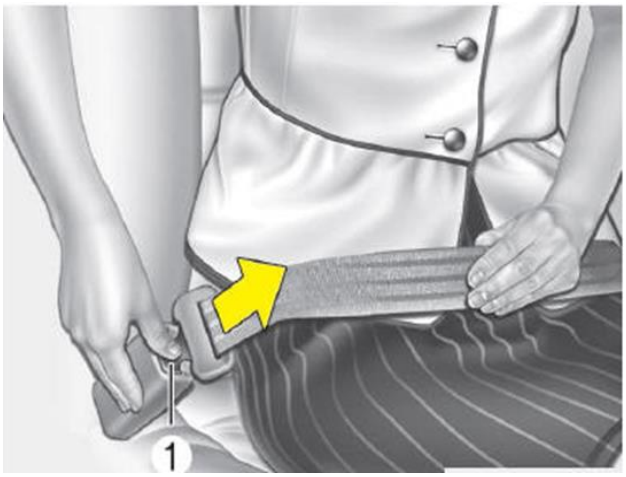

Figura 2. Cintura addominale

contemporaneamente busto e bacino, soprattutto nel caso di urto frontale. Infine, la **cintura a bretelle** (Fig.4), può essere una cintura da quattro o più punti di attacco, formata da una cintura addominale e da bretelle, inoltre può essere dotata di una cinghia inguinale aggiuntiva, ed è utilizzata principalmente nelle auto da corsa.

Figura 3. Cintura a tre punti di attacco

Figura 4. Cintura a bretelle

1.3.1 CINTURE DI SICUREZZA A 3 PUNTI DI ATTACCO

Come detto nel precedente capitolo, le cinture di sicurezza a tre punti di attacco sono le più usate nelle autovetture in circolazione. La Volvo fu la prima casa automobilistica nel 1959, a installare la cintura di sicurezza a tre punti di serie per gli occupanti dei sedili anteriori nella Volvo Amazon3, precisamente la cintura di sicurezza a tre punti di tipo V, inventato dal loro ingegnere Nils Bohlin [5]. Per quanto riguarda la sicurezza della cintura a tre punti rispetto a quella addominale, si è visto che la gravità delle lesioni alla parte addominale dell'occupante sono molto minori, soprattutto per quanto riguarda il danneggiamento dei tessuti interni [6]. Invece rispetto alla cintura diagonale, la cintura a tre punti permette di contenere il bacino dell'occupante così da non permettere spostamenti non idonei, come "l'effetto sottomarino", cosicché l'occupante non scivoli sotto la cintura durante l'urto, e quindi far sì che l'occupante si possa trovare nella posizione più corretta possibile nel momento dell'urto. A confronto con la cintura a quattro o più punti di ancoraggio, quella a tre punti è meno sicura nel caso di urti obliqui, laterali e in caso di ribaltamento, poiché c'è il rischio che l'occupante scivoli fuori dalla cintura a causa dell'asimmetria della cintura [2]. In caso invece di urto frontale le cinture a quattro o più punti di attacco mostrano una riduzione del rischio di lesioni toraciche, ma d'altro canto acuiscono altri problemi come effetti deleteri sui tessuti del collo dell'occupante [7]. Anche se dagli studi si nota che la cintura a quattro o più punti di ancoraggio sia in teoria più sicura, oggi nelle vetture comuni si usano le cinture a tre punti di ancoraggio perché hanno un più facile utilizzo, e poiché il punto superiore d'attacco esterno della cintura a quattro punti è difficile da progettare nelle carrozzerie delle vetture [8].

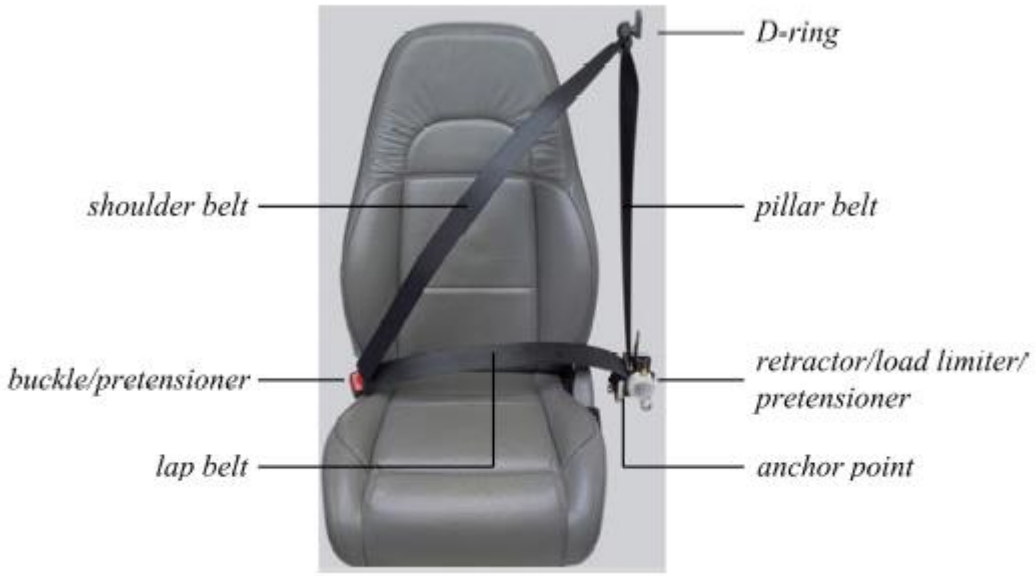

Figura 5. Layout classico della cintura a tre punti di attacco

Il layout classico della cintura a 3 punti anteriore è mostrato nella figura (Fig. 5). La cintura è contenuta nel riavvolgitore, poi costeggia il montante della porta del veicolo fino all'anello a D, denominato anche anello oscillante, e questo tratto di cintura viene chiamato pillar belt. Quindi la cintura si porta oltre il busto dell'occupante fino alla fibbia, e questo tratto viene chiamato cintura diagonale, e infine il tratto della cinghia che va da una staffa ancorata nella zona del montante della porta (punto di ancoraggio), o da un riavvolgitore a doppia bobina [9] alla fibbia, viene chiamata cintura addominale.

1.4 COMPONENTI PRINCIPALI DELLA CINTURA DI SICUREZZA

1.4.1 CINGHIA

La cinghia è l'elemento flessibile destinato a trattenere il corpo e a scaricare le sollecitazioni sugli ancoraggi della cintura. La pressione esercitata sul corpo dell'utilizzatore da parte delle cinghie deve essere ripartita su tutta la loro larghezza, e queste non devono attorcigliarsi sotto carico, e non si devono sfilacciarsi durante l'uso. Esse devono essere in grado di assorbire e dissipare energia, e devono essere resistenti contro abrasione, corrosione, luce e calore. Sotto carico la larghezza della cinghia non deve essere inferiore a 46 mm per compiere in modo ottimale il suo compito, come specificato dal regolamento UNECE [1]. Le cinghie sono realizzate in filato di nylon, o filato di poliestere, che viene tessuto per produrre la trama delle cinghie [10].

1.4.2 FIBBIA

La Fibbia è un dispositivo a slacciamento rapido, che consente all'occupante di essere trattenuto dalla cintura, ed è l'elemento del sistema della cintura di sicurezza, che fissa e rilascia la linguetta di chiusura (Fig.6) accoppiata alla cinghia [11]. Rientra nelle parti rigide della cintura di sicurezza, come i dispositivi di regolazione e le parti di fissaggio e come queste non deve presentare spigoli vivi che possono provocare l'usura o rottura delle cinghie per attrito. La fibbia è contenuta in una copertura, di solito di materiale plastico, che viene raccordata alla struttura del veicolo, e funge da punto di ancoraggio per la cintura di sicurezza. Il tipo di fibbia

Figura 6. Linguetta di chiusura

più utilizzato sui veicoli odierni è la fibbia con espulsione della linguetta “a rilascio finale” (Fig.7), sviluppata in Europa alla fine degli anni ’80 [12].

Figura 7. Fibbia cintura di sicurezza

La fibbia a rilascio finale ha il pulsante di rilascio sull’estremità della fibbia, accanto al punto di inserimento della linguetta, invece che sulla parte superiore o laterale della fibbia come le precedenti soluzioni di design. La posizione del pulsante di rilascio all’estremità della fibbia impedisce che un carico laterale provochi accidentalmente l’attivazione del pulsante di rilascio, impedendo lo sblocco inerziale. Inoltre, questa fibbia ha una funzione di espulsione della linguetta che impedisce il falso aggancio, poiché da come specificato nel regolamento UNECE [1], la fibbia non deve poter rimanere in posizione semichiusa. Sempre da regolamento UNECE, il pulsante deve essere di colore rosso, i pulsanti incassati nei sedili devono avere almeno una superficie di 4,5 cm^2, e una larghezza almeno di 15 mm, invece i pulsanti non incassati devono avere una superficie di almeno 2,5 cm^2 e una larghezza di almeno 10 mm.

1.4.3 RIAVVOLGITORE

Il riavvolgitore è il dispositivo che alloggia parzialmente o interamente la cinghia, e ne esistono di vario tipo [1]:

- Riavvolgitore senza dispositivo di bloccaggio, permette di srotolare la cinghia per tutta la sua lunghezza mediante una debole trazione esterna, e non consente alcuna regolazione della lunghezza della cinghia srotolata.
- Riavvolgitore con dispositivo di bloccaggio manuale, dove il dispositivo di bloccaggio può essere disinserito manualmente per srotolare la cinghia della lunghezza voluta, ed è in grado di bloccarsi automaticamente quando lo srotolamento cessa.
- Riavvolgitore con dispositivo di bloccaggio automatico, consente di srotolare la cinghia della lunghezza voluta e ne adatta automaticamente la lunghezza al corpo dell’utilizzatore quando la cintura e allacciata. L’ulteriore srotolamento della cinghia non può avvenire senza un intervento intenzionale dell’utilizzatore.
- Riavvolgitore con dispositivo di bloccaggio di emergenza, denominato di tipo 4 dal regolamento UNECE, che è il più utilizzato sui veicoli odierni, e viene anche chiamato “bobina d’inerzia”. La sua funzione è doppia, la prima fa sì che quando si è in condizioni normali di guida la cintura non limita la libertà di movimento dell’utilizzatore, questo è dovuto all’uso di una molla di riavvolgimento (Fig.8) collegata alla bobina (albero) del riavvolgitore, che quando la cintura viene slacciata fa sì che questa venga riavvolta sulla bobina, e in più rimuove l’allentamento residuo della cintura quando questa è in uso, e adatta automaticamente la cinghia al corpo dell’utilizzatore. L’altra funzione è quella di un meccanismo di bloccaggio azionato in caso di emergenza, rilevato da sensori di accelerazione, o

Figura 8. Molla di riavvolgimento del riavvolgitore

in caso la cintura sia tirata in modo troppo veloce dall'occupante. Inoltre, esiste un altro tipo di questo riavvolgitore, il riavvolgitore con dispositivo di bloccaggio di emergenza a soglia di risposta più alta, denominato di tipo 4N dal regolamento UNECE, che da regolamento deve bloccarsi quando la decelerazione del veicolo raggiunge 0,85 g (g=9,81 $\mathrm{m/s^2}$), invece quello di tipo 4 quando raggiunge 0,45 g.

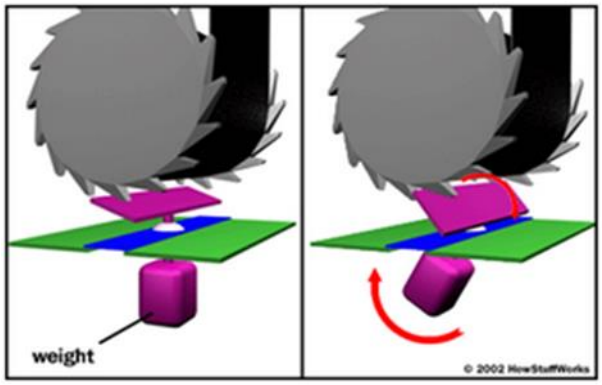

Figura 9. Componenti principali del sistema di bloccaggio del riavvolgitore

I componenti del meccanismo di bloccaggio sono molteplici e cambiano da costruttore a costruttore. Di solito i componenti principali del sistema di bloccaggio di emergenza sono la ruota dentata, la barra di bloccaggio, il pendolo che funge da sensore di accelerazione (Fig.9), oppure come sensore di accelerazione viene usato un sistema comprendente una sfera (ball), che è l'elemento inerziale, e che con il suo movimento, dovuto alla decelerazione del veicolo, va ad attivare il sistema di bloccaggio. Quando l'auto si blocca improvvisamente l'inerzia fa oscillare in avanti il pendolo che muove la barra di bloccaggio contro la ruota dentata, la quale e collegata alla bobina, e così la barra di bloccaggio fa sì che la ruota dentata non ruoti, e di conseguenza anche alla bobina non viene permesso di ruotare, e la cinghia non viene più srotolata [13]. Invece, i componenti del sistema di bloccaggio quando la cintura viene srotolata con una velocità eccessiva, sono molto variabili, da meccanismi a camma, a sistemi con frizioni centrifughe, che vanno a bloccare in vario modo il moto rotatorio della bobina.

La forza generata dal bloccaggio dello srotolamento della cintura da parte del riavvolgitore, la forza di ritrazione, deve essere consona; non può avere un valore troppo limitato, poiché l'occupante potrebbe non essere trattenuto dalla cintura e colpire una parte interna del veicolo, né troppo elevato, poiché l'eccesiva forza sulla parte superiore del corpo dell'occupante potrebbe causargli fratture e danni agli organi interni. Per il caso di forze troppo elevate si è trovata come soluzione l'uso di un dispositivo di riduzione della tensione, la barra di torsione.

1.4.4 LIMITATORE DI CARICO (BARRA DI TORSIONE)

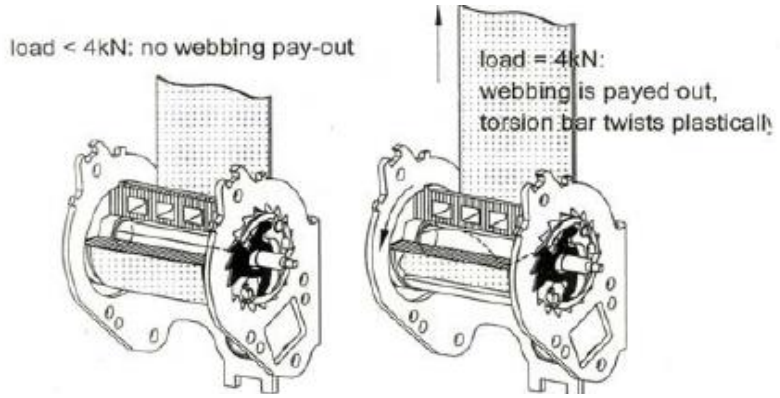

Figura 10. Barra di torsione nel riavvolgitore

Dispositivo integrato all'interno del riavvolgitore (Fig.10), la sua funzione è garantire che le forze di carico sull'occupante siano limitate. Quando la forza della cintura sull'occupante è inferiore al limite di carico, non c'è nessun srotolamento della cinghia, nel mentre avviene il bloccaggio, invece quando la forza della cintura sull'occupante è superiore al limite di carico, questa fa ruotare la barra di torsione, e la cinghia si srotola, di un certo tratto, dalla bobina, così da diminuire il carico applicato sull'occupante. I limitatori di carico odierni sono progettati per limitare la forza esercitata dalla cintura diagonale a valori che vanno da 2 a 6 kN [2], in certi studi si afferma che il valore di 4 kN può essere il valore ottimale per ridurre il rischio di lesioni toraciche [14], soprattutto se durante l'urto, l'arresto degli occupanti dei sedili anteriori è coadiuvato dall' uso degli airbag frontali.

1.4.5 PRETENSIONATORE

Il pretensionatore è il dispositivo che tende la cinghia e riduce l'allentamento di quest'ultima in caso di collisione. Durante i primi millisecondi di un urto, si vuole che l'allentamento della cintura sia rimosso il più possibile. Se ci fosse allentamento della cintura diagonale questo permetterebbe il movimento in avanti dell'occupante all'inizio dell'urto, e di conseguenza diminuirebbe lo spazio di ride-down, cioè lo spazio tra occupante e parti interne del veicolo, e in più complicherebbe l'azione degli airbag. Invece se ci fosse allentamento della cintura addominale aumenterebbe il rischio "dell'effetto sottomarino", quindi lo scivolamento sotto la cintura dell'occupante. Inoltre, rimuovendo l'allentamento della cintura si diminuisce la forza esercitata dalla cintura sull'occupante, dovuta all'azionamento del meccanismo di bloccaggio del riavvolgitore. Il pretensionatore è localizzato nella zona dei punti di ancoraggio, spesso nella fibbia e/o nel riavvolgitore, e applica una forza di ritenuta di 1,5 -2 kN, e può retrarre da 100 a 150 mm della cinghia, in base all'allentamento iniziale della cinghia [2]. Generalmente, i pretensionatori sono collegati allo stesso processore di controllo centrale che attiva gli airbag dell'auto. Questo processore monitora i sensori di movimento, meccanici o elettronici, che rispondono all'improvvisa decelerazione dovuta ad un impatto. Quando viene rilevato un impatto il processore attiva il pretensionatore e l'airbag [15]. Alcuni pretensionatori funzionano grazie a motori elettrici, ma i modelli più utilizzati oggi utilizzano un sistema con una carica pirotecnica. Questo sistema è dotato di due elettrodi, che sono collegati al processore centrale, quest'ultimo quando rileva una collisione applica una corrente elettrica attraverso gli elettrodi. La scintilla provocata dagli elettrodi innesca un materiale accenditore che attiva il gas all'interno della carica pirotecnica. La combustione del gas genera una pressione verso l'esterno, e questa pressione spinge un pistone. Questo pistone può tirare un cavo collegato ad un punto di ancoraggio della cintura (Fig.11), tendendo di conseguenza la cintura, oppure con un sistema con una ruota dentata può fare ruotare la bobina del riavvolgitore (Fig.12), riavvolgendo così la cintura, questi due sistemi eliminano l'allentamento residuo.

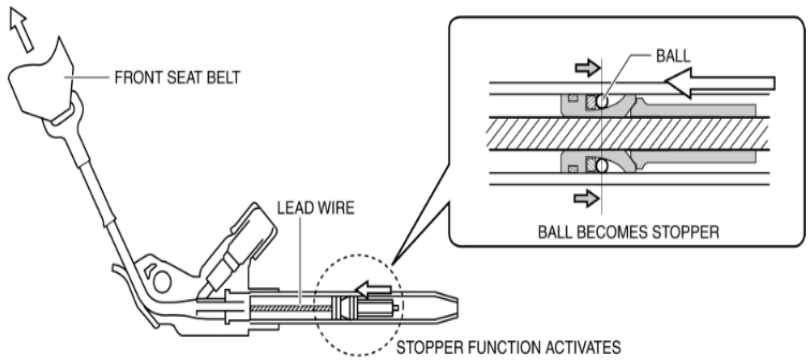

Figura 11. Pretensionatore

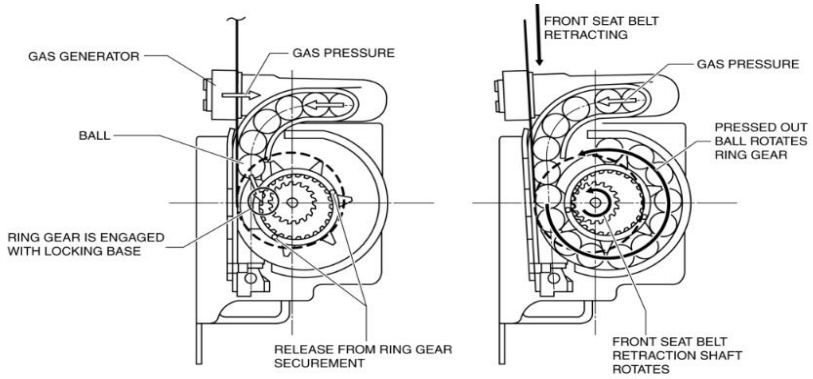

Figura 11. Pretensionatore

1.5 FUTURO DELLE CINTURE DI SICUREZZA

1.5.1 CINTURE DI SICUREZZA ADATTIVE

Le ultime innovazioni e ricerche, per quanto riguarda l'ambito delle cinture di sicurezza, sono basate sulla tecnologia delle cinture di sicurezza adattive, chiamate anche cinture di sicurezza intelligenti o attive, le quali sono in grado di regolare la loro configurazione durante o prima della collisione secondaria, in modo da rendere la protezione specifica per l'occupante la migliore possibile [2]. Sono sistemi di ritenuta intelligenti, e possono essere controllati in tempo reale. Si possono avere diversi tipi di sistemi adattivi, alcuni impostano un livello limite di carico della cintura sull'occupante, prima o in concomitanza con l'urto, in base alla massa e dimensione dell'occupante. Altri durante l'urto passano da un limite di carico della cintura sull'occupante ad un altro in base alla situazione, grazie all'ausilio di un circuito stampato inserito nel riavvolgitore, che tramite il controllo di un motore di piccole dimensione attiva dei meccanismi, i quali vanno ad allentare o bloccare il movimento della cinghia. Grazie a questo sistema delle cinture di sicurezza adattive si è notato che i casi di lesioni toraciche durante l'urto sono minori, ma d'altra parte il problema di questo sistema è la difficile implementazione dell'algoritmo che regola il sistema, essendo che non si può sapere a priori l'impulso di forza dovuto all'urto, e quindi bisogna usare una tecnica predittiva efficace per sopperire al problema, ma non sempre questa e così efficace da eliminare il problema. Inoltre, c'è il problema del costo maggiore del sistema dovuto ai sensori aggiuntivi, come il misuratore della massa dell'occupante, e il riavvolgitore di più complessa costruzione, poiché deve adattare la lunghezza della cinghia, in base alla forza che questa deve esercitare.

1.5.2 NUOVI USI E LAYOUT

Nel prossimo futuro si stanno cercando nuovi usi e layout per le cinture di sicurezza, rispetto alle soluzioni ora utilizzate su più tipi di veicoli, per esempio il sistema della cintura di sicurezza posteriore gonfiabile di Ford [16], che combina le caratteristiche dell'airbag è della cintura di sicurezza (Fig.13). Questo è un sistema progettato per aiutare a ridurre le lesioni alla testa, al collo e al torace degli occupanti dei sedili posteriori, soprattutto per quelli più vulnerabili, come i bambini. Le forze d'urto sono disperse su un'area cinque volte maggiore di quella raggiunta da una cintura convenzionale. Come usi diversi della tecnologia, questa viene presa in considerazione per l'uso su motocicli in accoppiata con un guscio di protezione (Fig.14), come per il

Figura 13. Cintura di sicurezza posteriore gonfiabile

sistema di protezione progettato da Italdesign [17]. Il sistema è composto da un guscio rigido non deformabile coperto da un materiale morbido, e da due cinture di sicurezza diagonali (cintura di sicurezza a 4 punti di attacco), inoltre usa dei sensori che in base al tipo di incidente fanno sì che il guscio, con l'occupante, rimanga attaccato al telaio del motociclo, oppure fanno sì che il sistema venga rilasciato, poiché se questo trattiene l'occupante potrebbe causare danni maggiori allo stesso.

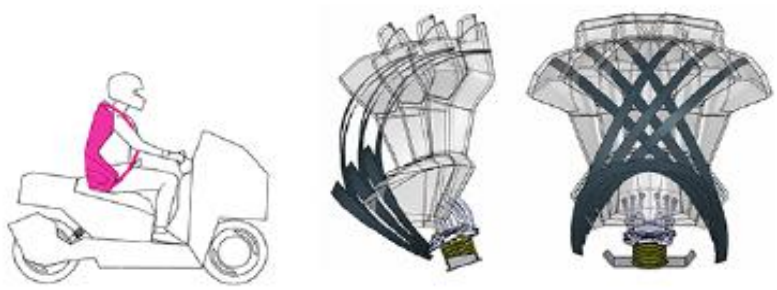

Figura 14. Sistema di ritenuta per motocicli

CAPITOLO 2. FMEA

2.1 INTRODUZIONE

La FMEA, acronimo di Failure Mode and Effects Analysis, è un metodo progettato per:

- Identificare e comprendere appieno le potenziali modalità di guasto e le loro cause, e gli effetti che questo comporta sul sistema e sugli utenti finali, per un determinato prodotto o processo.
- Valutare il rischio associato alle modalità, agli effetti, e alle cause del guasto identificato e assegnare ai problemi una priorità per un'azione correttiva.
- Identificare ed eseguire azioni correttive per affrontare i problemi.

La FMEA è un'analisi ingegneristiche eseguita da un team interfunzionale di esperti in materia che analizzano a fondo i progetti dei prodotti o i processi di produzione, all'inizio del processo di sviluppo del prodotto. Il suo obiettivo è trovare e correggere i punti deboli prima che il prodotto entri nelle mani del cliente. La FMEA dovrebbe essere la guida da seguire, poiché l'analisi deve portare ad una documentazione, per sviluppare una serie di azioni che riducano il rischio associato al sistema, sottosistema e componente o al processo di produzione a un livello consono [18]. Esistono tre casi principali per i quali vengono svolte analisi FMEA. Per il primo caso è svolta per un nuovo prodotto o tecnologia o processo che deve implementare l'azienda, per il secondo caso è svolta per modifiche al progetto o al processo esistente, e per il terzo caso è svolta a causa di un utilizzo di progetti o processi esistenti in un nuovo ambiente, posizione o applicazione [19].

La FMEA fu implementata per la prima volta dalle forze armate statunitensi nel 1949, dove l'obbiettivo era classificare i fallimenti in base al loro impatto sul successo della missione e sulla sicurezza del personale e delle apparecchiature. In seguito, fu adottato nel programma spaziale Apollo negli anni '60, e alla fine degli anni '70 l'azienda Ford Motor ha introdotto la FMEA nell'industria automobilistica. Negli anni '80 l'industria automobilistica ha iniziato a implementare la FMEA standardizzando la struttura e i metodi attraverso il Gruppo d'Azione dell'Industria Automobilistica (Automotive Industry Action Group). Ora il metodo FMEA è utilizzato ampiamente in una grande varietà di settori in ambito industriale e non solo basandosi su standard e linee guida pubblicati che coprono l'ambito di questo metodo.

2.2 CLASSIFICAZIONE

I tipi più comuni di FMEA sono la FMEA di sistema (System FMEA), la FMEA di designo o progettazione (Design FMEA), e la FMEA di processo (Process FMEA) [18].

- System FMEA
  È il tipo di analisi di più alto livello di un intero sistema, il quale è composto da vari sottosistemi. L'analisi si concentra su eventuali inefficienze dell'intero sistema, come la sua sicurezza, l'integrazione e interazione con sottosistemi o con altri sistemi, e anche interazioni con l'ambiente o con gli umani (anche se per quest'ultime non in tutte le analisi di System FMEA vengono considerate), che porterebbero il sistema a non funzionare in modo corretto. Nella FMEA di sistema si considerano le modalità di guasto associate alle interfacce e interazioni tra componenti, oltre a considerare i guasti del singolo componente.
- Design FMEA
  È il tipo di analisi che riguarda la progettazione de prodotto, e viene eseguita ai livelli di sottosistema o componente. L'analisi va a ricercare le carenze relative alla progettazione, e pone l'attenzione su il miglioramento di queste e a garantire che il funzionamento del prodotto sia sicuro

e affidabile, producendo alla fine dell'analisi delle specifiche che facciano da guida alla fabbricazione.

- Process FMEA
  Questa analisi si concentra sulla produzione o processo di assemblaggio di un prodotto. L'analisi va a valutare le carenze del processo di produzione, cosicché possa essere migliorato in modo tale da garantire che il prodotto sia costruito secondo i requisiti di progettazione, con il minimo tempo di inattività, e il minimo numero di rilavorazioni. Nell'analisi si prendono in considerazione non solo le operazioni di produzione e assemblaggio, ma anche le operazioni di spedizione, trasporto di materiali, stoccaggio, manutenzione degli strumenti di lavorazione ed etichettatura. La Process FMEA molto spesso presume che la progettazione sia già validata e i rischi associati minimizzati.

Questi sono storicamente i tre tipi di analisi FMEA più utilizzati, con il tempo altri tipi di analisi FMEA sono stati implementati, come la Software FMEA, a causa del progresso tecnologico. Questo tipo d'analisi identifica i punti deboli del sistema e valuta l'efficacia dell'architettura software e le sue specifiche. Altra analisi FMEA utilizzata è la Maintenance FMEA, che valuta e migliora la capacità di manutenzione di un sistema.

2.3 PROCEDURA E DEFINIZIONI

L'analisi FMEA segue di solito una procedura che consta nel completare le voci prestabilite di un foglio di lavoro (Fig.15), le quali sono i punti cardine di FMEA, per arrivare ad un risultato, che porta alla quantificazione del rischio e a eventuali azioni correttive.

Item	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	SEV	Potential Cause(s) of Failure	OCC	Current Design Controls (Prevention)	Current Design Controls (Detection)	DET	RPN	Recom-mended Action(s)
1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11

Figura 15. Foglio di lavoro generico per un'analisi FMEA

2.3.1 ITEM

L'item è il fulcro dell'analisi FMEA, per la System FMEA questo è il sistema stesso, per la Design FMEA questo è il sottosistema o il componente in analisi, per la Process FMEA questo è solitamente uno dei passaggi specifici del processo di fabbricazione o assemblaggio in analisi.

2.3.2 FUNZIONE (FUNCTION)

La funzione è ciò che l'oggetto o il processo devono fare, di solito con uno standard di prestazioni e requisiti prestabilito. Per la Design FMEA questo è lo scopo principale o l'intento progettuale del prodotto. Per la Process FMEA questo è lo scopo principale dell'operazione di fabbricazione o assemblaggio. La descrizione dello standard di prestazione è molto importante, poiché aiuta a descrivere la modalità di errore possibile.

Ogni item può avere più funzioni, e tutte devono essere descritte. Nel caso della Process FMEA la funzione può essere simile all'item, quando il nome del processo descrive già la funzione del processo stesso, quindi si utilizza un'unica voce: funzione di processo.

2.3.3 POTENZIALE MODALITÀ DI FALLIMENTO (POTENTIAL FAILURE MODE)

Il "failure mode" è il modo in cui l'item analizzato non riesce ad assolvere la funzione prevista e i suoi requisiti. Nella sezione adibita si devono inserire quindi tutte le possibili cause di fallimento per quel dato item, anche se non è detto che si verifichino. Per valutare tutti i possibili guasti si considerano, di solito, l'elenco dei guasti su prodotti simili, report dei problemi verificatosi in passato, e i risultati derivanti dal lavoro di brain storming del team di lavoro [20].

2.3.4 POTENZIALI EFFETTI DEL FALLIMENTO (POTENTIAL EFFECTS OF FAILURE)

Un effetto è la conseguenza del fallimento sul sistema o sull'utente finale, e va indicato per la specifica funzione analizzata. Può esserci più di un effetto per ciascuna modalità di guasto, e questi si devono identificare nel caso avvengano sul cliente finale o un utilizzatore intermedio, e se coinvolgono la sicurezza del personale, dell'ambiente, o del sistema stesso [20].

2.3.5 SEVERITÀ (SEVERITY (S))

La severità è la valutazione associata all'effetto del medesimo failure mode, e il suo valore, di solito, appartiene ad un intervallo che va da 1 a 10. Esistono diverse scale di severità, da quelle con valore più generale, per più prodotti (Fig.16) [21], ad altre con valore specifico per certi ambiti, come la SAE J1739 (Fig.17) [22], che è usata in ambito automobilistico. La scala di severità può anche essere creata ad hoc per il singolo prodotto o processo, dal team aziendale che porta avanti l'analisi FMEA, in caso questo valuti che le scale di severità degli standard, per quell'ambito, siano meno funzionali per la loro analisi. Basandosi sullo standard scelto il team di lavoro, tramite un confronto darà un valore di severità dell'effetto. Il valore attribuito anche se dipende da una scala, è spesso soggettivo, e dipende dalle conoscenze e esperienze pregresse di ogni componente del

Rating	Effect	Severity of Effect
10	Hazardous without warning	The highest severity ranking of a failure mode, occurring without warning and with the consequent hazard.
9	Hazardous with warning	Higher severity ranking of a failure mode, occurring with a warning and the consequent hazardous.
8	Very high	Operation of the system is broken down without compromising safe
7	High	Operation of the system may be continued, but its performance is affected
6	Moderate	Operation of the system is continued, but its performance is degraded
5	Low	Performance of the system is affected seriously, and the maintenance is needed
4	Very low	Performance of the system is less affected, and the maintenance may not be needed
3	Minor	System performance and satisfaction with minor effect
2	Very minor	System performance and satisfaction with a slight effect
1	None	No effect

Figura 16. Scala tradizionale della severity

gruppo di lavoro, per questo c'è bisogno di un confronto che porti ad un valore il più consono per l'analisi.

Effect	Criteria: Severity of the Effect	Ranking
Hazardous - without warning	Very high severity ranking when a potential failure mode affects safe vehicle operation and/or involves noncompliance with government regulation without warning.	10
Hazardous - with warning	Very high severity ranking when a potential failure mode affects safe vehicle operation and/or involves noncompliance with government regulation with warning.	9
Very High	Vehicle / item inoperable, with loss of primary function.	8
High	Vehicle / item operable, but at reduced level of performance. Customer dissatisfied.	7
Moderate	Vehicle / item operable, but Comfort/Convenience item(s) inoperable. Customer experiences discomfort.	6
Low	Vehicle / item operable, but Comfort/Convenience item(s) operable at reduced level of performance. Customer experiences some dissatisfaction.	5
Very Low	Fit & Finish/Squeak & Rattle item does not conform. Defect noticed by most customers.	4
Minor	Fit & Finish/Squeak & Rattle item does not conform. Defect noticed by average customer.	3
Very Minor	Fit & Finish/Squeak & Rattle item does not conform. Defect noticed by discriminating customer.	2
None	No Effect.	1

Figura 17. Scala SAE J1739 della severity

2.3.6 POTENZIALI CAUSE DI FALLIMENTO (POTENTIAL CAUSES OF FAILURE)

Una causa è il motivo specifico del fallimento. Può essere una carenza nella progettazione, un difetto di fabbricazione o di assemblaggio che si traducono in una modalità di guasto. Le cause possono essere molte per ogni modalità di errore. Queste cause vengono identificate dal team che porta avanti l'analisi FMEA, andando a valutare report di prodotti simili, e cercando di ipotizzare tutti i possibili problemi che possono accadere in tutte le condizioni immaginabili, che portano ad un fallimento.

2.3.7 OCCORRENZA (OCCURRENCE (O))

L'occorrenza è una valutazione numerica associata alla probabilità che la modalità di fallimento e la sua causa associata siano presenti nell'item analizzato, cioè la probabilità che il guasto si verifichi. Come per la severity esistono diverse scale anche per valutare l'occurrence, spesso con valori compresi fra 1 e 10, e per l'ambito automobilistico si fa riferimento alla scala contenuta nello standard SAE J1739 (Fig.18) [23]. Per valutare la ricorrenza di un dato guasto a priori della fabbricazione del prodotto o all'ideazione del processo, durante l'analisi FMEA si fa affidamento all'esperienza pregressa degli elementi del team di lavoro, e, se reperibili, ai dati storici di prodotti o processi simili.

Probability of Failure	Possible Failure Rates	Ranking
Very High: Failure is almost inevitable	>= 1 in 2	10
	1 in 3	9
High: Repeated failures	1 in 8	8
	1 in 20	7
Moderate: Occasional failures	1 in 80	6
	1 in 400	5
	1 in 2,000	4
Low: Relatively few failures	1 in 15,000	3
	1 in 150,000	2
Remote: Failure is unlikely.	<= 1 in 1,500,000	1

Figura 18. Scala SAE J1739 dell'occurence

2.3.8 PROCESSI DI CONTROLLO CORRENTI (CURRENT PROCESS CONTROL)

I processi di controllo correnti sono i metodi o le azioni pianificate o già in atto per ridurre o eliminare il rischio associato a ogni possibile causa. I controlli possono essere metodi per prevenire o rilevare la causa del problema, durante lo sviluppo del prodotto o durante la vita di servizio del prodotto, prima che avvenga un evento catastrofico. Esistono due tipi di processi di controllo:

- I processi di controllo di prevenzione (Prevention), i quali sono delle azioni che hanno lo scopo di prevenire o ridurre le possibili cause, o effetti dei failure mode, in modo da abbassare il valore dell'occurrence.
- i processi di controllo di rilevamento (Detection), i quali sono delle azioni esistenti che permettono di riscontrare i guasti quando questi accadono, per far sì che gli effetti di quest'ultimo non siano troppo deleteri, apportando delle azioni correttive.

2.3.9 RILEVABILITÀ (DETECTION (D))

La rilevabilità è una valutazione numerica associata alla probabilità che un determinato processo di controllo rilevi o prevenga un potenziale fallimento. Si fa affidamento anche per questo valore, come per security e occurrence, a delle scale di valutazione, spesso con valori che vanno da 1 a 10, e per l'ambito automobilistico si fa riferimento alla norma SAE J1739 (Fig.19) [24].

Detection	Criteria: Likelihood of Detection by Design Control	Ranking
Absolute Uncertainty	Design Control will not and/or can not detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode; or there is no Design Control.	10
Very Remote	Very remote chance the Design Control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	9
Remote	Remote chance the Design Control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	8
Very Low	Very low chance the Design Control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	7
Low	Low chance the Design Control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	6
Moderate	Moderate chance the Design Control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	5
Moderately High	Moderately high chance the Design Control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	4
High	High chance the Design Control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	3
Very High	Very high chance the Design Control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	2
Almost Certain	Design Control will almost certainly detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode.	1

Figura 12. Scala SAE J1739 della detection

Queste scale di valutazione possono anche essere implementate dal team di lavoro che si occupa dell'analisi FMEA, nel caso che le scale degli standard non siano ottimali per valutare il valore della detection per quella data analisi.

2.3.10 RPN [INDICE DI PRIORITÀ DI RISCIO] (RISK PRIORITY NUMBER)

L'RPN è una valutazione numerica del rischio di ogni potenziale modalità di fallimento, ed è composto dal prodotto aritmetico dei valori di Severity, Occurrence, e Detection della singola modalità di fallimento. Spesso il suo valore è compreso tra 1 e 1000, poiché le scale dei tre parametri usati nel prodotto, hanno scale di valutazione con valori compresi tra 1 e 10.

$$RPN = S * O * D$$

L'RPN ha una serie di limitazioni, e non è sempre una rappresentazione perfetta del rischio associato a una modalità di guasto e alla sua causa. Una delle limitazioni è il fatto che è una valutazione soggettiva, e non oggettiva, poiché i valori di Security, Occurrence e Detection sono essi stessi valori soggettivi. Inoltre, i valori potenziali di RPN non sono continui, e in un'intera analisi si possono avere molti valori di RPN duplicati, che rappresentano diverse combinazioni di severity e occurrence e detection, quindi dall'analisi è difficile valutare le differenze di rischio tra guasti con RPN con valori simili. Alla fine dell'analisi FMEA si ordinano i guasti per valori d RPN decrescenti, e partendo dai guasti con valore RPN maggiore si cerca di intervenire per abbassare il valore RPN [20].

2.3.11 AZIONI CONSIGLIATE (RECOMMENDED ACTIONS)

Le azioni consigliate sono le direttive del team FMEA per ridurre o eliminare il rischio associato alle potenziali cause di fallimento, che non siano già state pianificate o in atto. Le azioni consigliate possono essere diverse per ogni causa di fallimento. Per ridurre la gravità delle conseguenze del difetto sul cliente si esegue una revisione, anche radicale, del progetto o del processo. Per ridurre la probabilità che il difetto si manifesti, bisogna tenere ben sotto controllo il processo e ridurne la variabilità. Infine, per aumentare la rilevabilità del guasto occorre aumentare l'attività di controllo, cercando di renderla più automatica possibile [20]. Le azioni correttive d'altro canto devono essere valutate in base al costo che queste necessitano per essere implementate, perché se l'impegno di capitale è troppo oneroso, questo può portare al fallimento del progetto. Per ogni azione correttiva, viene indicata una persona responsabile all'interno dell'azienda, e inoltre vengono indicati i tempi per completarne l'attuamento.

2.4 BENEFICI E PROBLEMATICHE DELL'ANALISI FMEA

2.4.1 BENEFICI

I principali benefici derivanti dall'attuazione di un analisi FMEA sono dovuti all'individuazione anticipata dei failure mode prima della produzione, evitando che dal processo di produzione si abbiano un numero elevato di scarti e una riduzione di interventi riparativi, che comportano un costo maggiore per l'azienda, e inoltre prevengono la possibilità di richiami dal mercato in caso si trovino problemi dopo l'immissione nel mercato del prodotto, cosicché anche il cliente rimanga più soddisfatto [25]. Per di più, l'analisi FMEA permette di documentare e storicizzare i miglioramenti attuati contribuendo alla costruzione di una "memoria tecnica" [26], che è il contributo dell'intero team di lavoro, con un documento schematico e di facile interpretazione, e questo comporta che le specifiche di progetto e processo diventano di dominio dell'azienda e non rimangono prerogativa dei singoli tecnici aziendali.

2.4.2 PROBLEMATICHE

Le problematiche sono insite nel valore RPN, poiché i valori di severity, occurrence e detection sono basati su scale ordinali, e queste mostrano solo se un valore è migliore o peggiore di un altro, ma non di quanto, e andando a moltiplicare questi valori si può ottenere un RPN più elevato per una modalità di guasto meno grave rispetto a una più grave, o si possono ottenere RPN uguali, ma i rischi associati possono essere diversi [25]. Questi problemi sono anche dovuti al fatto che si ha l'incapacità di valutare con un peso differente i valori di severity, occurrence e detection, e così tutte e tre gravano in modo uguale sul risultato dell'RPN. Quindi basandosi su scale ordinarie i valori degli indicatori di severity, occurrence e detection sono attribuiti in modo soggettivo e non in modo oggettivo dal team di lavoro, e quindi non sono "misure esatte". In più, la stessa scala RPN ha alcune proprietà statistiche non intuitive, poiché la scala RPN non è continua. In un ipotetica scala che va da 1 a 1000, con i valori di severity, occurrence e detection che vanno da 1 a 10, questa ha molti "buchi", molti numeri dell'intervallo non possono essere formati dal prodotto dei tre indicatori, e questo porta ad avere un valor medio di RPN che non è il valor medio della scala. Inoltre, il metodo dell'RPN convenzionale non considera le relazioni indirette fra i componenti. Cioè, quando una causa di fallimento crea più failure mode, questa dovrebbe avere una priorità maggiore per un'azione correttiva, invece il metodo RPN non considera tali relazioni indirette fra i componenti [27]. Un'ulteriore problema dell'analisi FMEA e che l'RPN tiene conto solo della gravità dei failure mode, ma ignora l'efficacia delle azioni correttive dal punto di vista dell'utilità, rispetto agli aspetti economici.

2.5 FMECA

La FMECA, acronimo di Failure Mode Effect and Criticality Analysis, è il risultato di due step:

- La Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).
- La Criticality Analysis (CA).

La FMECA, come per la FMEA, è una metodologia progettata per identificare potenziali modalità di guasto per un prodotto o processo prima che si verifichino, e per queste valutarne il rischio associato, e infine per queste apportare delle azioni correttive. Ma oltre a questi passaggi si aggiunge un analisi di criticità, che affianca o sostituisce il valore RPN per decidere la priorità per le azioni correttive.

Il documento MIL-STD-1629A descrive due tipi di analisi di criticità: quantitativa e qualitativa.

Per l'analisi di criticità quantitativa bisogna definire l'inaffidabilità per ogni item in un dato tempo di funzionamento, la quale non è altro che il numero previsto di guasti in un dato periodo di funzionamento, calcolato in base alle caratteristiche di affidabilità che sono state definite per l'item, come la distribuzione statistica della durata, e dei parametri fissi che non variano nel tempo. Poi bisogna identificare il rapporto tra l'inaffidabilità dell'item che può essere attribuita alla particolare modalità di guasto, e la stessa l'inaffidabilità dell'item, e poi la probabilità che la modalità di guasto provochi un fallimento del sistema (o causi una perdita significativa) [28]. Si calcola poi la criticità per ogni potenziale modalità di guasto ottenendola dal prodotto dei tre fattori riportati in precedenza:

$$Mode\ Criticality = Item\ Unreability * Mode\ Ratio\ of\ Unreability * Probability\ of\ Loss$$

Trovati i valori di criticità per ciascuna modalità di guasto per il dato item, si calcola la criticità dell'item facendo la somma di questi ultimi:

$$Item\ Criticality = SUM\ of\ Mode\ Criticality$$

Infine, l'item con il valore di criticità più alto sarà preso in considerazione prima per eventuali azioni correttive, oppure se si vuole valutare la priorità di azioni correttive sulla singola modalità di guasto, si verifica il valore massimo di criticità per la singola modalità di guasto.

Per l'analisi di criticità qualitativa bisogna valutare la gravità dei potenziali effetti del fallimento (severity), e valutare la probabilità che il guasto si verifichi (occurrence), per ogni modalità di guasto, e poi queste si confrontano tramite una matrice di criticità (Fig.20), che di solito identifica l'occurrence sull'asse verticale e la severity sull'asse orizzontale. Le modalità di guasto che si vengono a trovare nella zona in alto a destra della matrice di criticità sono quelle con una più alta priorità per l'implementazione di azioni correttive.

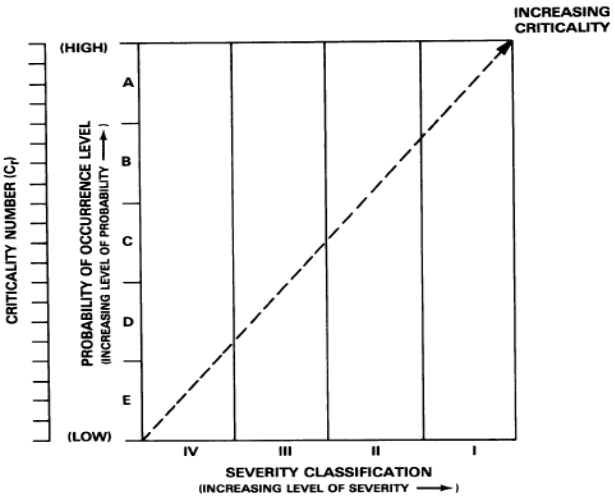

Figura 20. Matrice di criticità

Le differenza con la FMEA, è che questa fornisce solo informazioni qualitative mentre la FMECA fornisce anche informazioni quantitative limitate o informazioni che possono essere misurate. La Criticality Analysis non aggiunge informazioni alla FMEA, ma dà una priorità alle azioni correttive da implementare basata sul concetto di affidabilità [25].

2.6 SOFTWARE PER FMEA

In passato l'analisi FMEA era un esercizio cartaceo, ma da quando i computer sono diventati di uso comune nelle aziende, e i prodotti fabbricati sono diventati via via sempre più complessi, queste ultime hanno iniziato a utilizzare dei software come MS Excel per implementare l'analisi FMEA. Con l'avanzare del tempo gli articoli prodotti sono diventati sempre più tecnicamente avanzati, e i costi associati ai guasti sono aumentati e sono diventati sempre più importanti, e di conseguenza MS Excel non fu più considerata una soluzione software adeguata all'implementazione di un analisi FMEA, o per visualizzare scenari di guasti complessi. Quindi per sopperire a questo problema molte aziende ora fanno uso di software specifici per l'analisi FMEA, che la migliorano per quanto riguarda i risultati che vengono presentati, per i tempi di implementazione della stessa, e per la possibilità in modo facilitato di condividere con il team di lavoro gli avanzamenti e i risultati trovati da quest'ultima. inoltre, questi software permettono di avere una compliance con standard specifici per le analisi FMEA, così da poter certificare il proprio lavoro.

Di seguito verranno presentati alcuni di questi software, ed il software usato per questo lavoro.

2.6.1 RELYENCE FMEA

Il software Relyence FMEA consente di eseguire qualsiasi tipo di analisi si scelga tra: Design FMEA, Process FMEA, FMECA, FMEA-MSR (la quale considera come il sistema può fallire mentre viene usato dall'utente finale), e anche analisi con configurazioni completamente personalizzate. Per implementare queste analisi si possono usare dei modelli forniti, che supportano le metodologie/standard quali SAE J1739, ARP5580, AIAG & VDA, MIL-STD-1629A, oppure si possono creare dei modelli personalizzati. In base agli standard si identificano diverse metriche per il calcolo automatico del rischio, come il Risk Priority Number (RPN), usato nelle analisi FMEA conformi agli standard AIAG e SAE J1739, i valori di criticità definiti nelle FMECA conformi allo standard MIL-STD-1629A, e le Action Priorities (AP) descritte nello standard FMEA AIAG & VDA [29]. Oltre a gestire le attività principali con facilità ed efficienza, il software Relyence FMEA incorpora altre funzionalità, e tra le più importanti ci sono il supporto dell'FMD-2016 (che consente il recupero

automatico delle modalità di guasto dei componenti elettromeccanici), criteri di rischio personalizzabili, importazione ed esportazione dei dati, e audit trial. Il software fa uso dello strumento della Knowledge Bank, che permette il riutilizzo di dati già inseriti in precedenza in altre analisi FMEA dall'utilizzatore, e questo permette di automatizzare le analisi per una migliore organizzazione ed efficienza.

L'hub centrale per le attività FMEA risiede nel foglio di lavoro FMEA, e i fogli di lavoro sono personalizzati in base al tipo di analisi FMEA eseguita; tuttavia, tutti i fogli di lavoro FMEA forniscono gli stessi meccanismi per delineare tutte le potenziali modalità di guasto, dare le priorità ai rischi associati a tali guasti, e quindi eseguire le attività necessarie per eliminare, mitigare o rilevare quei guasti ritenuti più critici. La visualizzazione del foglio di lavoro FMEA può essere a foglio di lavoro completo, o si può visualizzare un singolo modulo o item, tramite una struttura gerarchica. In ausilio al foglio di lavoro vengono forniti altri strumenti che possono essere utilizzati, come l'analisi P-Diagrams, che valuta tutti gli output di progettazione considerando tutti gli input di progettazione di un sistema prima di iniziare a inserire elementi nel foglio di lavoro FMEA, in particolare si usa per la DFMEA e la PFMEA. Poi per la FMEA di processo vengono usati come ausilio i diagrammi di flusso del processo (PFD), la quale è un'interfaccia grafica, o foglio di lavoro, che permette di strutturare e pianificare a monte la sequenza dei processi, così da rendere la FMEA di processo più intuitiva e veloce. Alla FMEA di processo viene inoltre affiancato lo strumento del piano di controllo del processo (Process Control Plan (PCP)), la quale è una metodologia organizzata che tiene traccia dei vari processi e ne verifica la corretta attuazione. Invece in combinazione con la Design FMEA viene utilizzata la DVP&R (Design Verification Plan and Report), che ha come obbiettivo quello di gestire e documentare le attività associate alla verifica dei requisiti di progettazione; in genere vengono indicate le specifiche di prodotto insieme ai test utilizzati per verificare le specifiche, e poi i report che registrano i risultati dei test di verifica [30].

Alla fine dell'analisi FMEA il software crea una dashboard completa, che fornisce una panoramica delle informazioni e dei risultati dell'analisi FMEA, così da permettere una valutazione rapida di questi, e di conseguenza offre la possibilità di monitorare e gestire le modalità di errore e i loro effetti con efficienza ed efficacia. Relyence FMEA è un software basato su cloud, così da consentire ai membri del team di lavoro di condividere facilmente i dati e i risultati dell'analisi FMEA.

2.6.2 RELIASOFT XFMEA

Il software ReliaSoft XFMEA consente di eseguire qualsiasi tipo di analisi FMEA, tra le quali Design FMEA, System FMEA, Process FMEA, e FMECA. Grazie al software è possibile collegare facilmente l'analisi FMEA a diagrammi a blocchi di affidabilità (RBD) e ad alberi dei guasti (Fault Trees), così da trasformare i risultati dell'analisi FMEA in un modello di affidabilità rappresentativa del sistema. Inoltre, il software supporta anche analisi correlate come i P-Diagrams, i DVP&R (Test Plan), le revisioni del processo basate sulle modalità di errore (DRBFM), i diagrammi di flusso del processo e piani di controllo del processo. Il software consente di creare un archivio di conoscenze dei risultati delle analisi FMEA da riutilizzare, quindi utilizza le lezioni apprese per migliorare le analisi FMEA successive, così da risparmiare tempo e promuovere la coerenza all'interno dell'organizzazione, riutilizzando le informazioni e le librerie degli FMEA esistenti (traccia e cerca facilmente la knowledge base già utilizzata). Il software evidenzia gli elementi ad alto rischio utilizzando l'analisi della criticità, o il numero di priorità del rischio (RPN). Inoltre, garantisce la qualità dei prodotti e processi, rafforza i programmi di qualità, rischio e affidabilità supportando gli standard del settore per tutti i tipi di analisi FMEA, inclusi i profili predefiniti per AIAG & VDA, SAE J1739, IEC 60812, ISO 14971, VDA-4 (industria automobilistica tedesca) e MIL-STD-1629A.

Le interfacce di lavoro, o editor, sono principalmente due, la prima è il foglio di lavoro completo (Worksheet view), e la seconda è la visualizzazione gerarchica (Hierarchy view), dove si può andare ad analizzare anche solo il singolo item. Le interfacce di lavoro sono customizzabili, per esempio il software

permette di definire i campi di dati che si vogliono mostrare, determinare le rating scales, e gli altri criteri usati per calcolare l'RPN, o le analisi di criticità. Il software supporta efficacemente il processo decisionale e assicura che le azioni correttive siano implementate utilizzando grafici e report generati dallo stesso, e-mail automatizzate e altre funzionalità per utilizzare in modo ottimale le informazioni derivanti dall'analisi FMEA. Infine, grazie al portale web ReliaSoft SEP si migliora la collaborazione per l'analisi FMEA a livello aziendale, poiché grazie a questo strumento si possono condividere i dati dell'analisi FMEA all'intero team di lavoro, fornendo un comodo accesso mobile e riepiloghi rapidi per le analisi eseguite nelle applicazioni ReliaSoft [31].

2.6.3 APIS IQ

Il software APIS IQ permette di eseguire tutti i tipi di analisi FMEA, in particolare usa un approccio che consente di creare FMEA robuste, seguendo un metodo unico, che affronta l'analisi del rischio in modo olistico. L'approccio è un metodo in 7 fasi per l'esecuzione della FMEA, che viene implementata secondo il manuale AIAG & VDA FMEA. Il software fornisce per ogni fase un editor specializzato, i dati possono essere visualizzati e gestiti sia individualmente nel singolo editor, sia simultaneamente in più editor, consentendo di integrare la qualità in tutti i sette passaggi.

L'analisi FMEA parte attraverso lo **STRUCTURE EDITOR**, che offre una rappresentazione grafica del prodotto o del processo in questione tramite una struttura ad albero, e questo aiuta ad organizzare e compartimentalizzare i dati. Gli elementi della struttura sono automaticamente disponibili anche nell'*FMEA scope analysis* dove si valuta, e si documenta quali fattori necessitano dell'analisi del rischio e perché, in base a criteri di definizione personalizzati. Utilizzando poi il **BLOCK DIAGRAM EDITOR**, l'analisi può essere contestualizzata integrando grafici come i *boundary diadrams* o i *process flows*. Il **FUNCTION NET EDITOR** fornisce invece una visione delle relazioni funzionali, cioè mostra il "come" e "perché" le cose funzionano, esaminando gli elementi del sistema; nell'editor sono disponibili più prospettive dell'analisi, una top-down e una bottom-up. Quindi la Function Net mostra tutte le cause e gli effetti possibili per una data funzione del sistema (chiamata "Focus element") in una rappresentazione grafica. Impiegando poi il **FAILURE NET EDITOR** si vanno ad analizzare le potenziali cause ed effetti di una modalità di guasto (chiamata "Focus element") tramite un grafico esplicativo. Anche in questo caso sono possibili più visualizzazioni, che consento di analizzare anche i problemi più complessi. Dopo ciò si può compilare il *modulo FMEA*, attraverso il **FMEA FORMS EDITOR**, utilizzando le reazioni di causa ed effetto stabilite nella Failure Net, e inoltre si conferisce al guasto che si sta considerando una valore della severity tramite opportune valutazioni. Si possono scegliere diversi layout per il modulo (foglio di lavoro) FMEA, i quali sono disponibili in base alle diverse esigenze del team di lavoro che sta portando avanti l'analisi. Indipendentemente dal fatto che l'RPN, l'action priority number, o le matrici di rischio siano la metrica richiesta per l'analisi del rischio, tutte loro sono disponibili. Si elencano successivamente, per completare l'analisi nel modulo FMEA, le azioni di prevenzione e rilevamento attuali (nel momento dell'analisi), e si attribuiscono i valori di occurrence e detection per il guasto, per andare infine a valutare le priorità d'azione (Action Priorities). Con l'aiuto di filtri appositi del software, ci si concentra su valori di priorità d'azione elevati, così da andare ad apportare delle azioni di minimizzazione del rischio sui guasti associati. Per ottimizzare il prodotto e ridurre rischi potenzialmente elevati, le azioni pianificate per evitare o rilevare potenziali guasti sono facilmente documentabili nel modulo FMEA, inoltre potendo aggiungere sul modulo persone responsabili, e fissando scadenze per le azioni correttive, il software aiuta a gestire le attività prioritarie. In tutti gli editor le informazioni possono essere inserite tramite un input diretto ma anche grazie allo strumento dell'*Input Collector*, che tramite una libreria di oggetti permette l'inserimento rapido di dati o informazioni già utilizzate nel software in precedenza, così da migliorare e velocizzare l'analisi FMEA.

Il **MANAGEMENT REPORT** riassume e comunica i risultati dell'analisi, riunendo in un unico documento le metriche rilevanti per valutare l'analisi FMEA, e tali dati possono essere comunicati con regolarità e

aggiornati in qualsiasi momento. Infine, utilizzando l'**EDITOR WEB**, tutte le informazioni rilevanti possono essere comunicate tramite un browser web a tutto il team di lavoro. Ciò consente agli utenti di navigare facilmente nel report, anche indipendentemente dal software [32] [33].

Il software APIS IQ fornisce in appoggio all'analisi FMEA, per migliorare l'analisi del rischio, anche altri strumenti, tra i quali: piani di controllo integrati**,** flussi di processo, sicurezza funzionale, diagrammi-P, Fault Trees.

Il software APIS IQ appena visto sarà il software usato per l'analisi FMEA del prototipo della cintura di sicurezza, che verrà riportata di seguito.

CAPITOLO 3. APPLICAZIONE DELLA FMEA TRAMITE IL SOFTWARE APIS IQ PER IL PROTOTIPO DELLA CINTURA DI SICUREZZA

3.1 INTRODUZIONE AL LAVORO SVOLTO

Il lavoro che sarà presentato in seguito è stato svolto per l'azienda Italdesign Giugiaro S.p.A, e consta nella realizzazione di una Design FMEA per un prototipo di cintura di sicurezza, per un veicolo comune, che specificamente è provvista di un riavvolgitore con un pretensionatore interno, e dotato di un sistema di bloccaggio mediato sia dalla decelerazione del veicolo, sia dall'accelerazione della cinghia dovuta al suo srotolamento, e da un pretensionatore esterno. Gli elementi della cintura che verranno presentati, sono stati scelti prendendo in considerazione alcuni di questi elementi in commercio, e dalle valutazioni su di questi, si è scelta una struttura che possa fare da linea guida per future analisi FMEA per cinture di sicurezza di questo tipo. L'analisi FMEA è stata svolta attraverso il software APIS IQ, fornito dall'azienda, che grazie alla sua struttura a editor, ha permesso di dividere il lavoro in due parti, la prima in cui grazie allo **STRUCTURE EDITOR**, si è andati a compartimentalizzare ogni elemento della cintura in più livelli, tramite una struttura ad albero, in modo che su ogni elemento e sottoelemento sia possibile svolgere un'analisi FMEA; e la seconda in cui grazie al **FMEA FORM EDITOR**, si è andati a compilare il modulo FMEA per ogni elemento e sotto elemento della cintura, in modo da indicare per ognuno le sue funzioni, i possibili guasti (failure mode) associati a queste, gli effetti e le cause dei guasti, e i modi per prevenire e rilevare le cause dei guasti, al fine di esprimere l'indice di priorità del rischio dipendente dagli effetti e dalle cause del guasto, cosicché alla fine si è potuto valutare la criticità di ogni failure mode, e capire su quale di questi si debba poi andare ad apportare delle azioni correttive.

3.2 STRUTTURA DELLA CINTURA DI SICUREZZA

La struttura del prototipo della cintura di sicurezza è formata da nove componenti principali, che sono il riavvolgitore, il pretensionatore esterno, la cinghia, la fibbia, la linguetta, l'anello oscillante, l'anello di trazione, la staffa o piastra d'ancoraggio e il perno d'arresto (stop cap) (Fig.21).

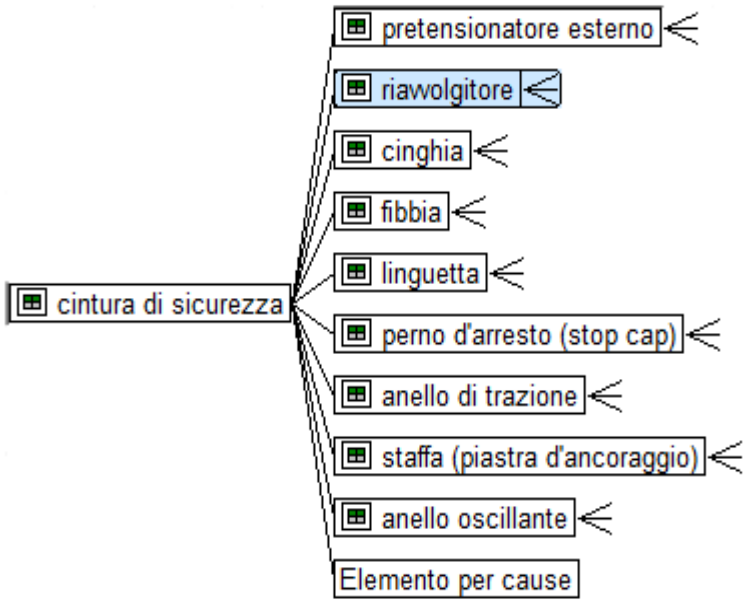

Figura 21. struttura cintura di sicurezza

Il riavvolgitore (Fig.22) è il componente più complesso fra questi, poiché è quello che dispone di più sottoelementi, i quali a loro volta possono avere altri sottoelementi, come il pretensionatore interno e il sensore di accelerazione. Le funzioni primarie del riavvolgitore sono in primis quelle di permette lo srotolamento della cinghia da parte dell'utilizzatore, grazie alla rotazione dell'albero, e alla guida per la cinghia, che permette un corretto indirizzamento della cinghia all'interno e all'esterno del riavvolgitore, e l'arrotolamento della cinghia sull'albero, una volta slacciata dalla fibbia, grazie all'azione della molla di riavvolgimento ed è il suo sistema di contenimento e guida, composto dal buffer disk che ne guida i movimenti, e dalla copertura del riavvolgitore a lato della molla di riavvolgimento, che la contiene all'interno del riavvolgitore, Inoltre questi elementi appena indicati permettono di eliminare l'allentamento della cintura sull'utilizzatore , una volta che questa è stata allacciata.

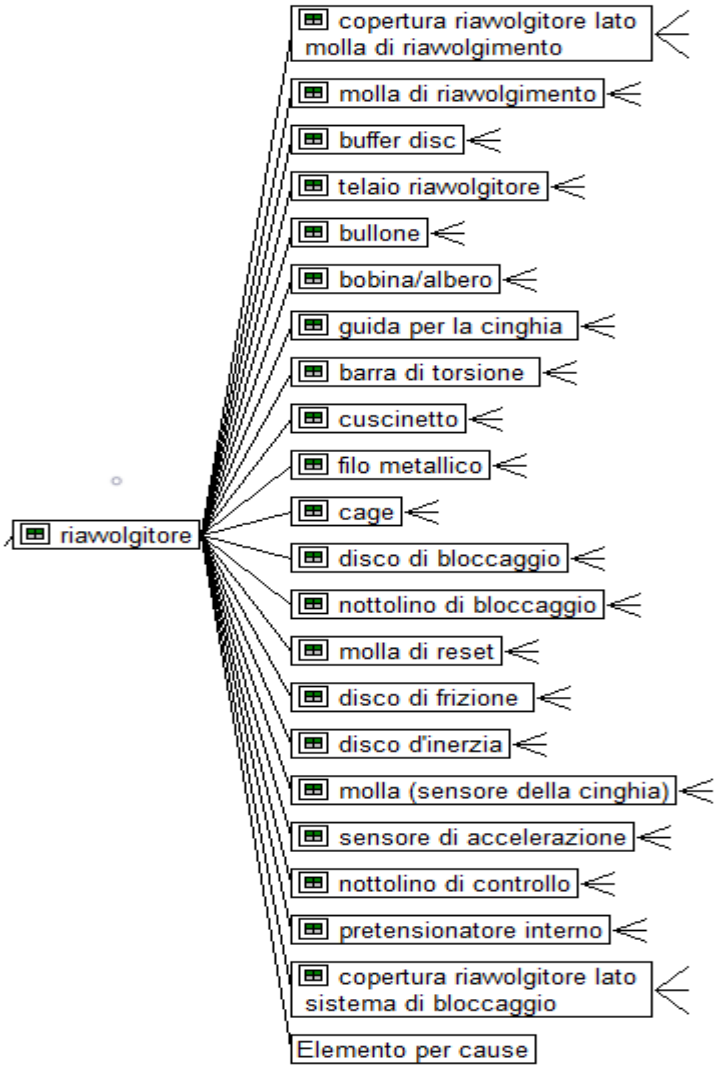

Figura 22. struttura del riavvolgitore

L'altra funzione del riavvolgitore è quella di permettere il bloccaggio della cintura in caso di una decelerazione brusca del veicolo, o di uno srotolamento della cinghia dal riavvolgitore con un'inerzia troppo elevata, tramite il sistema di bloccaggio che è mediato da entrambe le situazioni; i componenti principali del sistema di bloccaggio mediato dalla decelerazione del veicolo sono: il sensore di accelerazione (Fig.23), che è colui che attiva il sistema tramite la sfera inerziale, che muovendosi all'interno dell'housing del sensore, a causa di un cambiamento dell'inerzia del veicolo, attiva la leva del sensore, che va a ruotare attorno a suo asse; la leva del sensore tramite il suo

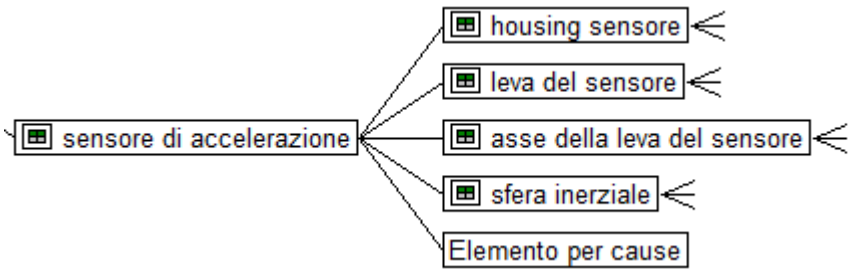

Figura 23. struttura del sensore di accelerazione

movimento va da attivare in sequenza altri componenti principali di questo sistema di bloccaggio, movimentando Il nottolino di controllo, che azionandosi va a bloccare la rotazione del disco di frizione, accoppiandosi al suo profilo dentato, e Il blocco della rotazione di questo va poi a guidare il movimento del nottolino di bloccaggio contro il profilo dentato dell'housing del pretensionatore interno, così da fermare anche la sua rotazione, e quest'ultimo essendo unito, tramite la sua geometria e la molla di reset al disco di bloccaggio, di conseguenza va ad impedire la rotazione anche di questo, che a sua volta essendo collegato all'albero grazie ad un cuscinetto, permette il blocco dello srotolamento della cinghia. I componenti principali del sistema di bloccaggio mediato dall'accelerazione di srotolamento della cinghia sono: la molla (sensore della cinghia), che in base alla sua calibrazione, e in caso di un'inerzia di srotolamento della cinghia troppo elevata, attiva il disco di inerzia, che azionandosi va ad accoppiarsi con il profilo dentato della copertura del riavvolgitore a lato del sistema di bloccaggio, e ciò porta a bloccare il movimento relativo di questo con il disco di frizione, essendo che questi sono a contatto tramite la loro geometria e la molla (sensore della cinghia), tutto questo porta al blocco della rotazione del disco di frizione, che va a bloccare lo srotolamento della cinghia dall'albero con la stessa sequenza di azioni del sistema di bloccaggio mediato dalla decelerazione del veicolo.

Il sistema di bloccaggio in questo riavvolgitore per di più è dotato di un sistema di limitazione del carico, che permette di allentare un po' la cinghia nel momento della ritenuta dell'utilizzatore, quando la forza su di esso arriva ad un carico massimo che può essere lesivo per lui. Il componente principale del sistema è la barra di torsione, che è calibrata in base al carico limite scelto dal progettista, questa è collegata ad un capo all'albero e dall'altro al disco di bloccaggio in modo che, quando la torsione generata da questi due arriva al limite, questa permette la rotazione all'albero per rilasciare la cinghia, oltre a ciò il sistema è composto da un filo metallico, che protegge da una pre-torsione la barra di torsione durante il pretensionamento della cintura, in modo che lei possa attivarsi correttamente, e il cage che va a contenere tutto il sistema nella maniera corretta.

L'elemento aggiuntivo e migliorativo di questo riavvolgitore e il pretensionatore interno (Fig.24), che permette il pretensionamento della cintura diagonale prima di un urto, in modo da contenere l'utilizzatore con un'efficienza migliore. Tra i suoi componenti principali ci sono il connettore e il micro-generatore di gas (MGG) che permettono l'attivazione di tutto sistema. Il connettore tramite il sensore di rilevazione degli urti manda un impulso elettrico all'MGG, che per mezzo del suo accenditore attiva il gas contenuto al suo interno, che va generare una pressione che servirà a rendere operativo tutto sistema. La pressione generata dal gas viene incanalata all'interno di un tubo ricurvo, e va a mettere in movimento l'elemento di stop, e questo tramite un contatto diretto, mette in moto lo snake (o catena di sfere), il quale è un tondo pieno plastico, che va ad interferire con la turbina mettendola in rotazione, e questa essendo in

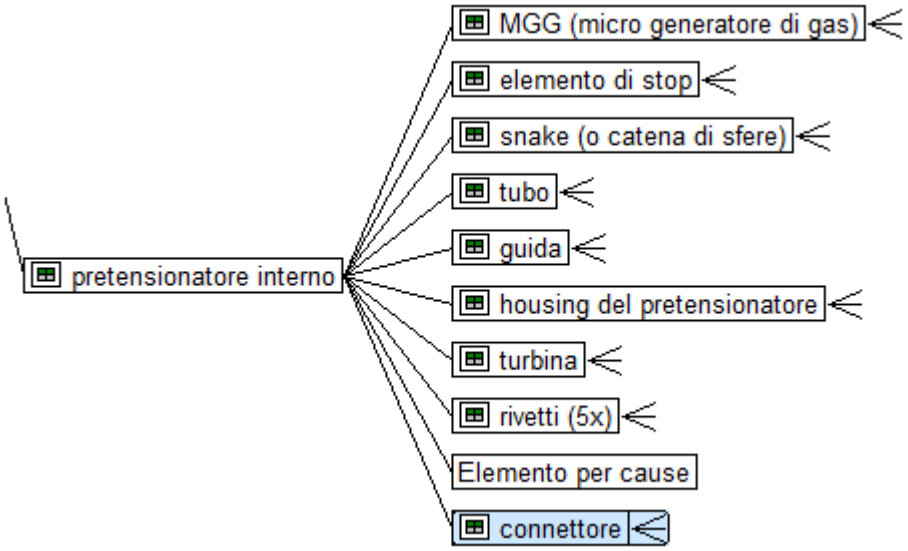

Figura 24. struttura del pretensionatore interno

contatto con il disco di bloccaggio e l'albero, li mette in rotazione in modo da ritirare la cinghia all'interno del riavvolgitore. Il sistema pretensionatore interno è accoppiato al riavvolgitore tramite dei rivetti e il suo housing, Il quale e unito agli altri elementi del pretensionatore interno tramite la guida.

Infine, non meno importante, il riavvolgitore è un punto di ancoraggio della cintura, tramite il suo telaio e il bullone viene ancorato al telaio della vettura.

Il pretensionatore esterno (Fig.25) è il secondo elemento più complesso della cintura con più elementi, la sua azione è simile a quella del pretensionatore interno, ma inoltre pretensiona anche la cintura addominale, tramite il tensionamento della fibbia. Esso è anche un punto di ancoraggio della cintura, poiché attraverso il bullone che collega staffa e housing, e il pushnut, che ferma il bullone nella posizione ideale, si collega al telaio della vettura, invece tramite la ghiera si va a collegare alla fibbia. come per il pretensionatore interno, tra i suoi componenti principali ci sono il connettore, che viene attivato la sistema di rilevazione degli urti, e il micro-generatore di gas (MGG), che viene attivato dall'impulso derivante dal connettore, e questi permettono l'attivazione di tutto sistema. La pressione generata dal gas dell'MGG all'interno del tubo, il quale è sigillato grazie alla guarnizione a U-CUP, serve a mettere in moto il pistone, che porta tensionare il cavo, il quale è reindirizzato dalla staffa e dall'housing, con un angolo fra di essi scelto in fase di progettazione, e mantenuto dal rivetto di antirotazione. Il cavo tramite l'accoppiamento con la ghiera grazie a mandrino, va a mettere in tensione la fibbia, e poi tutta la cintura.

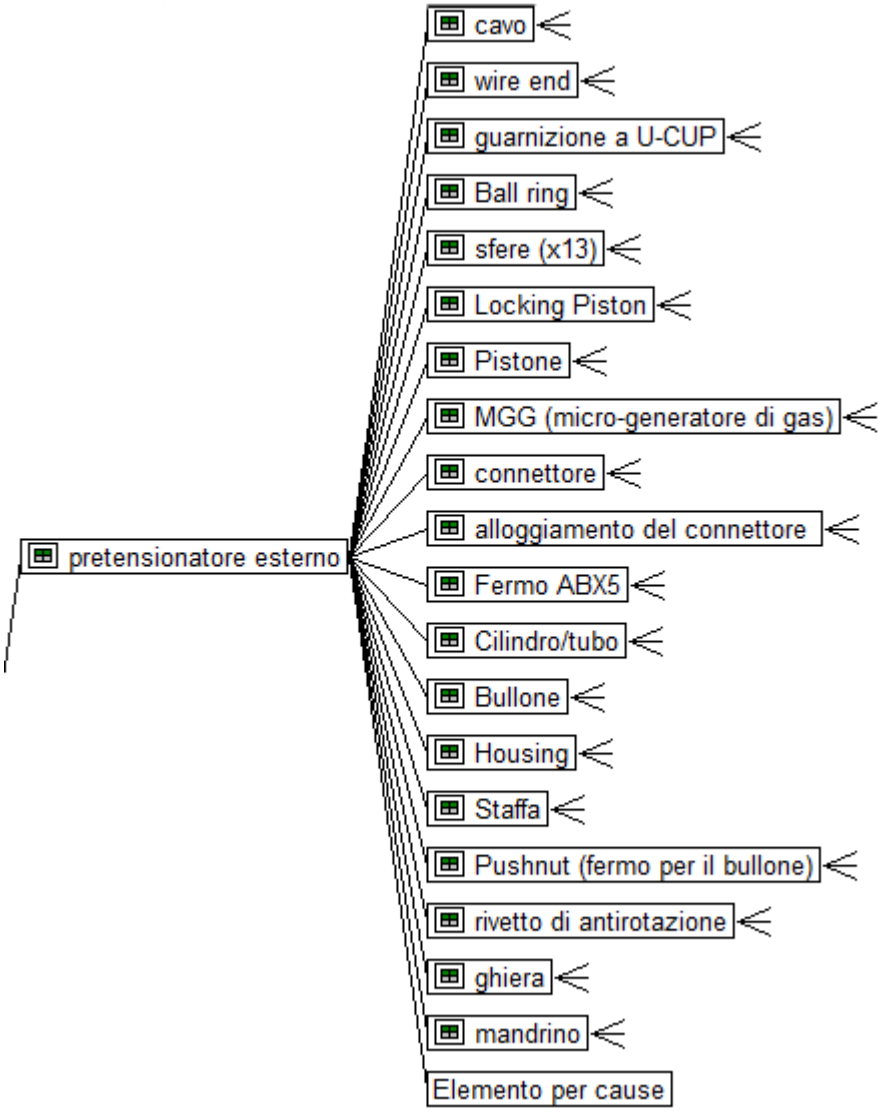

Figura 25. struttura del pretensionatore esterno

All'interno del tubo, collegati al pistone ci sono gli elementi che permettono il bloccaggio del pistone nella posizione di ritenuta, nel momento in cui l'utilizzatore essendo trattenuto dalla cintura genera una forza su di essa, che induce il cavo a ritirare il pistone nella posizione iniziale, e quindi portando la cintura a perdere il tensionamento. Questi elementi sono il locking piston, il quale è collegato direttamente al pistone, che blocca la sua movimentazione una volta che le sfere, a lui accoppiate, fanno interferenza tra questo e il tubo, a causa della sua geometria conica, che conduce le sfere nel momento della ritenuta a muoversi verso

la superficie del tubo; inoltre, questo sistema è provvisto di due altri elementi come il wire end e il ball ring, che tengono rispettivamente il locking piston e le sfere in posizione nel momento dell'attivazione del pistone. Poi ad un estremo del tubo, quello opposto all'accoppiamento con la guarnizione a U-CUP e l'housing, vengono collegati gli elementi del fermo ABX5 e l'alloggiamento del connettore, che indirizzano il connettore in maniera corretta verso l'MGG.

La fibbia (Fig.26) è l'ultimo elemento di complessità più elevata di questo sistema cintura di sicurezza, e consta di nove elementi, di cui sei sono quelli attivi nell'accoppiamento con la linguetta. La guida per la linguetta, è il componente che guida inserimento della linguetta all'interno della fibbia, e grazie all'accoppiamento con il fermo blocca la linguetta all'interno di questa, inoltre la sua geometria esterna guida il movimento del perno, il quale tiene il fermo in posizione quando fibbia e linguetta sono ancorati, lo stesso viene poi movimentato dal push button per aprire la fibbia, quando su quest'ultimo viene generata una forza dall'utilizzatore per attivarlo, poiché cambiando posizione rilascia il fermo dalla sua situazione di bloccaggio. Gli altri due elementi attivi sono il cantilever e la molla, il primo va contatto con la punta della linguetta quando questa viene inserita, e tramite il carico derivante dalla spinta della linguetta all'interno della fibbia, va ad esercitare una forza sulla molla che viene compressa; nel momento in cui si attiva il push button, e tramite questo il fermo rilascia la linguetta, la molla genera una forza sul cantilever che rilascia la linguetta al di fuori della fibbia. Oltre a questi elementi ce ne sono alti tre che consentono di contenere e accoppiare tutti gli altri elementi, le due cover inferiore superiore che contengono gli altri elementi della fibbia, e creano il collegamento con la ghiera del pretensionatore, e il rivetto che blocca nella posizione corretta e collega la guida per la linguetta, il fermo e le due cover.

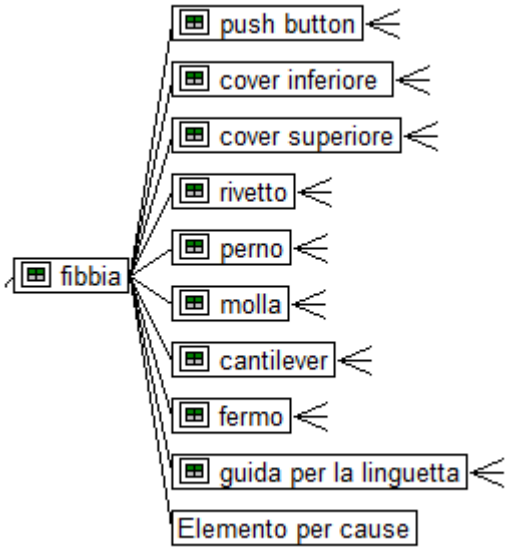

Figura 26. struttura della fibbia

La linguetta (Fig.27) è un altro elemento con più sottoelementi, ma è meno complesso degli altri appena esaminati, la sua parte metallica è lo scheletro principale del componente, ed ha due fori, uno nella parte inferiore che sarà quello in cui il fermo della fibbia si potrà inserire per accoppiare i due componenti, e uno nella parte superiore dove passerà la cinghia. Oltre a ciò la linguetta è composta da altri elementi che fanno parte del sistema di bloccaggio dello scorrimento della cinghia, che nel momento di una ritenuta in cui la differenza tra il carico sulla cintura addominale e il carico sulla cintura diagonale arriva ad un carico limite prestabilito, va a bloccare lo scorrimento della cinghia, grazie all'azione della molla pre-tensionata, la quale è calibrata in modo che si attivi a raggiungimento del carico limite, i suoi movimento attiva la camma di blocco, che ruotando sul perno, va a interferire con il movimento della cinghia bloccandolo, questi elementi sono contenuti all'interno della copertura plastica della linguetta, in modo che si possano attivare correttamente.

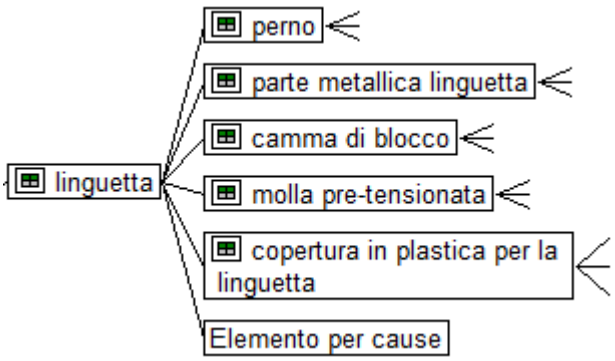

Figura 27. struttura della linguetta

L'ultimo elemento con più sottoelementi è l'anello oscillante (Fig.28), che reindirizza la cinghia in uscita dal riavvolgitore verso l'utilizzatore. Questo è composto da tre elementi principali, la staffa d'ancoraggio per l'anello, che accoppia il componente al telaio della vettura, l'anello in cui passa la cinghia in modo da essere reindirizzata, e l'elemento di copertura dell'anello a bassa frizione su cui si muove la cinghia così da non subire abrasioni.

Figura 28. struttura dell'anello oscillante

Gli altri elementi della cintura non hanno sottoelementi, ma la loro importanza non è minore, partendo dalla cinghia che è l'elemento che va a trattenere l'utilizzatore durante la guida, e questa viene da un capo ancorata all'albero del riavvolgitore e dall'altro collegata all'anello di trazione, che una volta collegato alla staffa (piastra di ancoraggio) montata sul telaio della vettura, va a formare l'ultimo punto di ancoraggio della cintura a tre punti di ancoraggio; sulla cinghia per di più viene montato il perno del arresto che ferma il movimento della linguetta sulla cinghia in una posizione favorevole per l'utilizzatore, che così può raggiungerla senza problemi nel momento in cui vuole indossare la cintura.

3.3 MODULO FMEA

3.3.1 LINEE GUIDA PER IL MODULO FMEA

Il modulo FMEA del prototipo della cintura di sicurezza che verrà riportato in seguito, è stato sviluppato in modo che per ogni elemento della struttura sono state indicate una o più delle sue funzioni, e per ognuna di queste, si è andati a valutare una o più modalità di guasto; per ogni modalità di guasto sono stati indicati gli effetti possibili, e questi sono stati valutati con l'indice della severity (indicato nel modulo con la lettera S), regolato sulla scala qualitativa data dalla norma SAE 1739 [22], basata sui veicoli, e in questo caso reinterpretata per le cinture di sicurezza:

SCALA SEVERITY

- Effetto: pericoloso senza preavviso

Severità dell'effetto: una potencial failure mode condiziona la sicurezza della cintura e dell'utilizzatore, senza che ci siano segnali di preavviso di un possibile guasto, o senza La possibilità che il guasto possa essere notato

Punteggio: 10

- Effetto: pericoloso con preavviso

Severità dell'effetto: una potencial failure mode condiziona la sicurezza della cintura e dell'utilizzatore, con la certezza che ci siano segnali di preavviso del guasto, e con la certezza di rilevarlo (come la visione dello sfilacciamento della cinghia, o nel momento in cui l'utilizzatore non può allacciare la linguetta con la fibbia)

Punteggio: 9

- Effetto: Molto alto

Severità dell'effetto: la cintura di sicurezza non è più operativa (perdita di una funzione primaria)

Punteggio: 8

- Effetto: Altro

Severità dell'effetto: la cintura di sicurezza è operativa ma livelli di performance ridotti, l'utilizzatore è molto insoddisfatto (come nel momento di una ritenuta non necessaria, con una forza di contenimento elevata)

Punteggio: 7

- Effetto: Moderato

Severità dell'effetto: la cintura di sicurezza e operativa ma livelli di comfort ridotti, l'utilizzatore è insoddisfatto (come nel momento di una ritenuta non necessaria, che ne blocca i movimenti all'interno del veicolo durante la guida, senza però generare su di lui una forza troppo elevata)

Punteggio: 6

- Effetto: Basso

Severità dell'effetto: un elemento della cintura di sicurezza opera ha un ridotto livello di performance, l'utilizzatore è parzialmente insoddisfatto (come nel momento in cui il sistema di bloccaggio si attiva un minimo in ritardo, a causa della non attivazione di uno dei due sistemi di bloccaggio che dovrebbe essere destinato per quell'azione, ma si attiva l'altro come strumento d'aiuto, lasciando un senso di insicurezza nell'utilizzatore, oppure nel caso in cui l'utilizzatore non riesce a raggiungere la linguetta nel momento in cui vuole allacciare la cintura, poiché fallisce l'azione del perno d'arresto)

Punteggio: 5

- Effetto: Molto basso

Severità dell'effetto: vibrazioni e rumori su più del 75% delle cinture di sicurezza

Punteggio: 4

- Effetto: Piccolo

Severità dell'effetto: vibrazioni e rumori sul 50% delle cinture di sicurezza

Punteggio: 3

- Effetto: Molto piccolo

Severità dell'effetto: vibrazioni e rumori sul 25% delle cinture di sicurezza

Punteggio: 2

- Effetto: Nullo

Severità dell'effetto: nessun effetto

Punteggio: 1

Dopo ciò si sono valutate le cause dei guasti, e per ognuna di esse si sono valutati dei provvedimenti preventivi e dei provvedimenti di rilevamento, in base a questi si è valutato il valore dell'indice della detection della causa (indicato nel modulo con la lettera D), regolato in base alla scala qualitativa data dalla norma SAE 1739 [24] basata sui veicoli, reinterpretata per le cinture di sicurezza:

SCALA DETECTION

- Detection: Assolutamente incerta

Probabilità di rilevazione tramite design control: il design control (se esiste) non riesce ad individuare la causa del guasto

Punteggio: 10

- Detection: Molto improbabile

Probabilità di rilevazione tramite design control: il design control ha scarsissime probabilità di rilevare le cause

Punteggio: 9

- Detection: Improbabile

Probabilità di rilevazione tramite design control: il design control ha scarse probabilità di rilevare le cause

Punteggio: 8

- Detection: Molto bassa

Probabilità di rilevazione tramite design control: il design control ha probabilità molto basse di rilevare le cause

Punteggio: 7

- Detection: Bassa

Probabilità di rilevazione tramite design control: il design control ha basse probabilità di rilevare le cause

Punteggio: 6

- Detection: Modesta

Probabilità di rilevazione tramite design control: il design control ha medie probabilità di rilevare le cause (per esempio nel caso di prove ripetibili solo su pochi elementi del lotto di produzione, che hanno una produzione complicata, che può portare ad avere degli elementi diversi nel corso della produzione)

Punteggio: 5

- Detection: Abbastanza alta

Probabilità di rilevazione tramite design control: il design control ha discrete probabilità di rilevare le cause (per esempio nel caso ci siano solo prove ripetibili su pochi elementi del lotto di produzione, che danno un'idea generalizzata del comportamento del componente, ma non sempre riescono a rilevare ogni possibile guasto)

Punteggio: 4

- Detection: Alta

Probabilità di rilevazione tramite design control: il design control ha buone probabilità di rilevare le cause (per esempio nel caso in cui si svolgano sia prove su ogni componente, sia prove su un certo numero di componenti del lotto, e la rilevabilità del guasto non è sempre certa, oppure in caso di prove che hanno una rilevabilità alta ma dipendono da caratteristiche di progetto, che potrebbero essere non idonee nel corso dell' utilizzo del componente)

Punteggio: 3

- Detection: Molto alta

Probabilità di rilevazione tramite design control: il design control ha elevate probabilità di rilevare le cause (per esempio nel caso in cui si svolgono sia prove su ogni componente, sia prove su un certo numero di componenti del lotto, e la rilevabilità del guasto è molto agevole)

Punteggio: 2

- Detection: Quasi certa

Probabilità di rilevazione tramite design control: il design control ha quasi la certezza di rilevare le cause (per esempio nel caso in cui le prove svolte vengono fatte suoi ogni componente e la rilevabilità del guasto è molto agevole, o anche nel caso in cui vengono fatte delle prove su dei prototipi per verificare il loro corretto accoppiamento, poiché vanno a rilevare dei possibili futuri guasti sulla geometria il componente)

Punteggio: 1

Alla fine del processo si è andati a calcolare l'indice RPN, in questo caso normalizzato rispetto all'occurrence, poiché è stato impossibile in questo periodo poter fare delle prove per valutare la probabilità dell'avvenimento dei guasti per ogni elemento, quindi si è deciso che l'indice così calcolato potesse dare comunque una buona indicazione del rischio per tutti guasti che si sono evidenziati. quindi il calcolo dell'indice RPN viene fatto con una moltiplicazione tra il valore massimo di severity associato al guasto e il valore the detection per ogni causa del guasto.

NOTA: In seguito per le prove derivanti da norme regolamenti, inserite come provvedimenti preventivi, la loro descrizione verrà fatta la prima volta che si incontreranno nel corso bella analisi FMEA, per una lettura dell'elaborato più fluida; e anche le prove per verificare le caratteristiche meccaniche, verranno indicate la prima volta, e poi lasciate sottointese per le altre volte in cui si dovranno verificare i materiali dei componenti.

3.3.2 COMPILAZIONE DEL MODULO FMEA

Elemento: cintura di sicurezza

Funzione: contenimento dell'utilizzatore durante l'urto, non recando danno a quest'ultimo

1] Modalità di guasto: l'utilizzatore non viene trattenuto dalla cintura e impatta contro l'interno dell'abitacolo

Effetti:

- traumi e lesioni potenzialmente fatali per l'utilizzatore (**S**=**10**)

Cause:

a) un elemento attivo nella ritenuta dell'utilizzatore della cintura di sicurezza non si attiva correttamente, per una rottura o deformazione di una sua parte o per una progettazione non corretta

Provvedimenti preventivi:

- prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1]: la cintura deve essere montata su un carrello munito di sedile e degli ancoraggi, nelle posizioni possibili date dal progetto, e poi viene fatta indossare ad un manichino (50 percentile). La prova va effettuata su due cinture del lotto, che non abbiano ancora

subito sollecitazioni, e che siano già state sottoposte a condizionamento da regolamento. Il carrello deve essere spinto orizzontalmente, in modo che al momento dell'urto la sua velocità di corsa libera sia di 50 km/h ± 1 km/h, e che il manichino resti stabile, e la distanza di arresto deve essere di 40cm ± 5 cm. La prova viene fatta su un componente ogni 100000 prodotti, con una frequenza minima di uno ogni due settimane, se la produzione giornaliera supera le 1000 unità, o viene fatta su un componente ogni 10000 prodotti, con una frequenza minima di una all'anno, se la produzione giornaliera è pari o inferiore alle 1000 unità.

- per convalidare la progettazione prova di urto frontale convenzionale a 50 km/h, con l'intero veicolo, in conformità alla procedura descritta nella norma ISO 3560 [34]
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1], queste vengono inserite in una camera di prova, in cui viene inserita una soluzione salina, per un periodo di 50 h. La cintura deve essere poi lavata con acqua corrente chiara a temperatura non superiore a 38 °C, al fine di togliere ogni eventuale deposito di sale, e quindi deve essere messa ad asciugare a temperatura ambiente per 24 h

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo la prova dinamica si verifica se una o più parti della cintura si rompono, o se la fibbia si sgancia dall'accoppiamento con la linguetta, o il sistema di bloccaggio si sblocca, o ancora se lo spostamento in avanti del manichino non è compreso fra 80 mm e 200 mm a livello pelvico e fra 100 mm e 300 mm a livello del torace
- dopo la prova di urto frontale si verifica che ci siano rotture dei vari elementi della cinghia, o che il sistema di bloccaggio si sia sbloccato, o che la fibbia si sia disaccoppiata dall'accoppiamento con la linguetta
- ispezione visiva dopo la prova di resistenza a corrosione, per valutare eventuali deterioramenti e corrosioni, che portano alla rottura di quel componete
  (**D**=**4** **RPN normalizzato**=10*4=**40**)

2] Modalità di guasto: la forza di contenimento dell'utilizzatore è troppo elevata

Effetti:

- possibili traumi e lesioni agli organi interni dell'utilizzatore (**S**=**10**)

Cause:

a) la forza generata dai pretensionatori è troppo elevata, a causa di una progettazione o produzione di questi ultimi fallace

Provvedimenti preventivi:

- durante la prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1] si misura la forza generata dalla ritenuta della cintura sul manichino, tramite celle di carico, e dalla misurazione si evince se la barra di torsione si è attivata

Provvedimenti di rilevamento:

- il carico rilevato nella zona del primo picco è maggiore del carico consentito sull'utilizzatore (da letteratura 6 kN)
  (**D**=**4** **RPN normalizzato**=10*4=**40**)

b) l'elemento barra di torsione del riavvolgitore non funziona correttamente

Provvedimenti preventivi:

- durante la prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1] si misura la forza generata dalla ritenuta della cintura sul manichino, tramite celle di carico, e dalla misurazione si evince se la barra di torsione si è attivata

Provvedimenti di rilevamento:

- il carico sul manichino è maggiore, del carico limite a cui si attiva la barra di torsione (di solito 4 kN da letteratura)
  (**D**=**4** **RPN normalizzato**=10*4=**40**)

3] Modalità di guasto: il contenimento dell'utilizzatore da parte della cintura avviene anche se non si è in una situazione di urto o decelerazione brusca del veicolo

Effetti:

- la trattenuta dell'utilizzatore dovuta dall'attivazione del pretensionatore in un momento non idoneo, causa un forte disagio, per un carico dovuto alla trattenuta molto elevato, a questo, a cui sono impediti i movimenti all'interno del veicolo, che gli permettono una movimentazione all'interno del veicolo confortevole (**S**=**7**)

- la trattenuta dell'utilizzatore dovuta dall'attivazione del bloccaggio del riavvolgitore, in un momento non idoneo, causa un disagio a questo, a cui sono impediti i movimenti all'interno del veicolo, che gli permetterebbero una movimentazione all'interno del veicolo confortevole (**S**=**6**)

Cause:

a) uno o più elementi del riavvolgitore e del pretensionatore non sono correttamente progettati o fabbricati, o riportano dei danni che non bloccano l'azione della cintura, ma ne modificano l'attivazione, andando ad attivare l'azione di blocco della cintura in un momento non idoneo

Provvedimenti preventivi:

- controllo dell'isolamento del connettore rispetto a capacità parassite e a interferenze elettromagnetiche, e si misura, tramite un multimetro, andando a verificare se c'è un segnale di fondo sul connettore, di solito con frequenza di 50 Hz (frequenza rete elettrica), o radiodisturbi condotti ed irradiati prodotti da dispositivi aventi le seguenti funzioni: motori, dispositivi di commutazione e dispositivi di regolazione, con frequenze da 150 kHz a 30 MHz
- test sui pretensionatori interno ed esterno, per verificare se avviene un ignizione del gas generator non mediata dal sensore di rilevazione di un urto, tramite il test di vibrazione e temperatura (ISO 14451-2), il test ciclico dell'umidità termica (ISO 14451-2), la prova di carica elettrostatica (ISO 14451-2) [35], e la prova di condizionamento sul pretensionatore (regolamento n.16 [UNECE]) [1]
- prove di bloccaggio sul riavvolgitore: -prova di bloccaggio del riavvolgitore per decelerazione del veicolo (regolamento n.16 [UNECE]), il riavvolgitore va provato su un macchinario apposito, il dispositivo non deve bloccarsi quando la decelerazione del veicolo è minore del valore limite prestabilito di decelerazione per l'attivazione del sistema di bloccaggio; -test del sistema di bloccaggio del riavvolgitore mediato dall'accelerazione della cinghia (regolamento n.16 [UNECE]) [1]; il dispositivo non deve bloccarsi quando la cinghia subisce un'accelerazione, misurata nella direzione di estrazione della cinghia stessa, inferiore al valore limite di accelerazione di estrazione della cinghia per il dato riavvolgitore;

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la misurazione si trova un segnale di fondo con la frequenze cercate
- durante i test sui pretensionatori interno ed esterno, avviene l'ignizione del gas generator non mediata dal sensore di rilevazione di un urto
- dalle prove di bloccaggio si evince che il sistema di bloccaggio si attiva, o prima che si arrivi al valore limite di decelerazione del veicolo, o prima che si arrivi al valore limite di accelerazione di estrazione della cinghia dal riavvolgitore
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=7*2=**14**)

Elemento: pretensionatore esterno

Funzione: pretensionamento della cintura prima dell'urto

1] Modalità di guasto: attivazione involontaria del pretensionatore

Effetti:

- forza di tensione sull'utilizzatore relativamente elevata, che procura disagio allo stesso nel momento della guida, che non gli permette dei movimenti all'interno dell'abitacolo (**S**=**7**)

Cause:

a) a livello del connettore parte un impulso non mediato dal sensore del veicolo, che valuta un possibile urto

Provvedimenti preventivi:

- controllo dell'isolamento del connettore rispetto a capacità parassite e a interferenze elettromagnetiche, e si misura, tramite un multimetro, andando a verificare se c'è un segnale di fondo sul connettore, di solito con frequenza di 50 Hz (frequenza rete elettrica), o radiodisturbi condotti ed irradiati prodotti da dispositivi aventi le seguenti funzioni: motori, dispositivi di commutazione e dispositivi di regolazione, con frequenze da 150 kHz a 30 MHz

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la misurazione si trova un segnale di fondo con la frequenze cercate
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=7*1=**7)**

b) ignizione del gas generator senza la mediazione di un impulso che arriva dal connettore

Provvedimenti preventivi:

- test di vibrazione e temperatura (ISO 14451-2) [35], che consiste nel fissare il componente ad una tavola vibrante, che trasmette il carico di vibrazione, che è una combinazione di vibrazioni casuali lungo i tre assi principali del componente, con frequenze che vanno da 8 Hz a 200 Hz, il tutto è inserito in una camera climatica, che cambia temperatura secondo un percorso specifico dettato dalla norma, con picchi massimi di 85 °C, e picchi minimi di -35 °C , il tutto è portato avanti per 24 h
- test ciclico dell'umidità termica (ISO 14451-2) [35], si inserisce il componente in una camera climatica con ricircolo d'aria, e si sottopone a 30 cicli di umidità termica, che vanno da una percentuale di umidità nell'aria dal 40% al 90%, cambiando allo stesso tempo la temperatura, in base ai dettami della norma
- prova di scarica elettrostatica (ISO 14451-2) [35], in cui viene generata una serie di scariche elettrostatiche sul componente posizionato su un banco conduttivo (almeno tre scariche positive e tre negative con un intervallo di almeno 5 s), causate da un generatore ESD in grado di produrre impulsi di prova regolabili

- prova di condizionamento del pretensionatore (regolamento n.16 UNECE) [1], dove questo e inserito in una camera di condizionamento, ed è mantenuto per 24 h a una temperatura di 60 ± 5 °C, la temperatura viene quindi aumentata a 100 ± 5 °C per due ore, successivamente deve essere mantenuto per 24 h a una temperatura di -30 ± 5 °C; dopo essere stato estratto dalla camera di condizionamento, il dispositivo deve essere portato a temperatura ambiente. Alla fine della prova il componente deve continuare a funzionare come previsto dalle specifiche e non attivarsi durante la prova. La prova viene fatta su un componente ogni 100000 prodotti, con una frequenza minima di uno ogni due settimane, se la produzione giornaliera supera le 1000 unità, o viene fatta su un componente ogni 10000 prodotti, con una frequenza minima di una all'anno, se la produzione giornaliera è pari o inferiore alle 1000 unità.

  Provvedimenti di rilevamento:

- dopo o durante il test di vibrazione e temperatura avviene l'ignizione del gas generator
- durante il test climatico dell'umidità termica avviene l'ignizione del gas generator
- durante la prova di scarica elettrostatica avviene l'ignizione del gas generator
- durante la prova di condizionamento a causa dell'innalzamento della temperatura si attiva il pretensionatore
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=7*2=**14)**

2] Modalità di guasto: forza di tensione generata dal pretensionatore sul passeggero è troppo elevata

Effetti:

- questo porta a lesioni toraciche, e a danni agli organi interni dell'utilizzatore (**S**=**10**)

Cause:

a) la pressione, generata dall'espansione del gas, sul pistone è troppo elevata, e la corsa del pistone all'interno del tubo è troppo grande, di conseguenza la tensione sul cavo, dovuta al movimento del pistone, è superiore al valore ottimale

Provvedimenti preventivi:

- durante la prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1] si misura la forza generata dalla ritenuta della cintura sul manichino, tramite celle di carico, e si valuta il primo picco della misurazione, che è quello causato dal pretensionamento
- misure di controllo, come le misure delle dimensioni in lunghezza del tubo

Provvedimenti di rilevamento:

- il carico rilevato nella zona del primo picco è maggiore del carico consentito sull'utilizzatore (da letteratura 6 kN)
- dimensioni in lunghezza del tubo maggiori di quelle stabilite da progetto
  (**D**=**4 RPN normalizzato**=10*4=**40)**

3] Modalità di guasto: ignizione di materiali adiacenti infiammabili

Effetti:

- si crea un principio di incendio all'interno dell'abitacolo, e per questo l'utilizzatore riporta delle ustioni (**S**=**10**)

Cause:

a) fuoriuscita del gas dal sistema pretensionatore esterno

Provvedimenti preventivi:

- prova antincendio, vengono attivati rispettivamente tre pretensionatori del lotto a tre diverse temperature (-35 °C, temperatura ambiente, 85 °C), e sopra di essi viene messo un panno imbevuto di cherosene, che durante la prova non deve prendere fuoco, in tutti e tre i casi

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla prova antincendio si rileva che il panno prende fuoco, creando un principio di incendio in almeno uno dei tre casi
  (**D**=**4 RPN normalizzato**=10*4=**40)**

4] Modalità di guasto: l'attivazione del pretensionatore non avviene anche se il sensore rileva un urto imminente

Effetti:

- viene ridotto il tempo di ride-down durante l'urto, e l'utilizzatore va ad urtare l'airbag in un momento non idoneo, o perfino va ad impattare contro una parte interna del veicolo, riportando danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

- la presenza di allentamento della cintura può portare l'utilizzatore a scivolare sotto la cintura (effetto submaring) durate l'urto frontale, e scivolare all'esterno durante un urto laterale, e impattare una parte interna del veicolo procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) qualche parte attiva del pretensionatore esterno viene meno nella sua azione, durante l'attivazione di quest'ultimo, per una rottura o deformazione di un suo componente o per una sbagliata progettazione o produzione

Provvedimenti preventivi:

- controllo dell'integrità del connettore tramite ispezione visiva, e tramite la misurazione al suo capo di collegamento con l'MGG, grazie ad un multimetro, di un impulso generato su di esso, che deve essere uguale ad uno usato per attivare il pretensionatore
- controllo del cablaggio del sistema dopo il montaggio del componente, si valuta visivamente se i collegamenti tra il connettore, l'MGG, e il generatore mediato dal sensore di rilevamento degli urti siano corretti
- test di performance del pretensionatore esterno dopo la prova di corrosione (regolamento n.16 UNECE) [1], questo viene attivato, e deve funzionare come indicato dalle specifiche di progettazione. Vengono usati i pretensionatori delle cinture su cui si è fatta la prova di corrosione; quindi il numero di componenti testati dipende dalla scelta in fase di progettazione, fatto dal team della qualità, di quante cinture testare, in base al ritmo della produzione
- test di performance dopo il condizionamento del pretensionatore (regolamento n.16 UNECE) [1]. Alla fine della prova il componente deve continuare a funzionare come previsto dalle specifiche e non attivarsi durante la prova

Provvedimenti di rilevamento:

- rottura visibile del connettore, o il multimetro non misura l'impulso generato sul cavo
- si nota che il connettore non è collegato nella maniera idonea all'MGG o al generatore mediato dal sensore di rilevamento degli urti

- l'attivazione del pretensionatore durante il test di performance del componente dopo la prova di corrosione non avviene
- dopo la prova di condizionamento l'attivazione del pretensionatore non avviene
  (**D**=**4 RPN normalizzato**=10*4=**40)**

5] Modalità di guasto: l'attivazione del pretensionatore non avviene in modo corretto, e il tensionamento della cintura non avviene con i parametri idonei

Effetti:

- viene ridotto il tempo di ride-down durante l'urto, e l'utilizzatore va ad urtare l'airbag in un momento non idoneo, o perfino va ad impattare contro una parte interna del veicolo, riportando danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

- la presenza di allentamento della cintura può portare l'utilizzatore a scivolare sotto la cintura (effetto submaring) durate l'urto frontale, e scivolare all'esterno durante un urto laterale, e impattare una parte interna del veicolo procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) la pressione del gas espulso dal gas generator non è sufficiente, di conseguenza la tensione generata dal pistone sul cavo è minore di quella prescritta per un'attivazione corretta del pretensionatore

Provvedimenti preventivi:

- tank test (ISO 14451-2) [35], si attiva l'MGG in un volume chiuso a temperatura ambiente, e si misura la pressione generata tramite un trasduttore di pressione con un errore di linearità ed isteresi minore o uguale all'1%, e la pressione misurata deve essere nel range dato dalle specifiche di progetto, per attivare il pistone in modo corretto. La prova viene effettuata su un numero di MGG, scelto nel momento della progettazione dal team della qualità, che dipende dalla produzione giornaliera di questi

Provvedimenti di rilevamento:

- la pressione misurata nel tank test non rispetta le specifiche di progetto
  (**D**=**5 RPN normalizzato**=10*5=**50)**

b) il cavo è parzialmente manomesso, o le sue caratteristiche portano ad una sua manomissione durante l'attivazione del pretensionatore, quindi la tensione generata sulla fibbia da parte del pretensionatore esterno per direzione e modulo non è corretta

Provvedimenti preventivi:

- prova di resistenza di corrosione sulle cinture (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Quindi ci si accerta che il cavo flessibile del pretensionatore di queste cinture, sia libero da red corrosion, e che abbia corrosione da zinco al massimo sul 5% della sua superficie
- prova di inflessione inversa sul cavo, questo viene flesso da una posizione di 30° a -30° (l'angolo è quello compreso tra la posizione in cui curva il cavo a causa dell'housing, alla posizione in cui viene agganciata la ghiera), con una velocità di 30 ±5 cicli al minuto per 1000 cicli nella direzione longitudinale del veicolo, e per altri 1000 nella direzione trasversale del veicolo
- test ciclico di carichi torsionali sul cavo, viene applicato un carico torsionale in cima al cavo, attraverso la ghiera, di 0,5 kN per 500000 cicli, con una velocità della prova che può andare da 30 a 60 cicli al minuto; la prova viene fatta a temperatura ambiente

- test di performance dopo il condizionamento del pretensionatore (regolamento n.16 UNECE) [1]. Alla fine della prova il componente deve continuare a funzionare come previsto dalle specifiche e non attivarsi durante la prova.

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla prova di resistenza alla corrosione si rileva red corrosion sul cavo, e una corrosione da zinco maggiore del 5% sulla sua superficie
- dalla prova di inflessione inversa sul cavo si rileva un danneggiamento del cavo, tramite ispezione visiva
- dal test ciclico di carichi torsionali sul cavo si rileva un danneggiamento di quest'ultimo tramite ispezione visiva
- dall'attivazione del componente dopo la prova di condizionamento si rileva che il cavo si è danneggiato, tramite un ispezione visiva
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=10*2=**20)**

Elemento: cavo (pretensionatore esterno)

Funzione: elemento che tira la ghiera, e di conseguenza tira la fibbia che mette in tensione la cintura, così da eliminare l'allentamento di questa

1] Modalità di guasto: non riesce a tirare la ghiera nel momento dell'attivazione del pretensionatore

Effetti:

- il pretensionamento, prima dell'urto dell'utilizzatore, non avviene, quindi si riduce il tempo di ride-down, e l'utilizzatore va ad impattare l'airbag in un momento non idoneo, o impatta una parte interna del veicolo, il che comporta lesioni e traumi per quest'ultimo (**S**=**10**)

Cause:

a) dovuto alla rottura del componente per la scelta sbagliata del materiale, il quale è troppo fragile, o non resite a carichi ripetuti andando a rottura a fatica, o per una produzione del componente errata

Provvedimenti preventivi:

- prova di inflessione inversa sul cavo; questo viene flesso, quando è già assemblato con gli altri componenti del pretensionatore esterno, da una posizione di 30° a -30° (l'angolo è quello compreso tra la posizione in cui curva il cavo a causa dell'housing, alla posizione in cui li viene agganciata la ghiera), con una velocità di 30 ±5 cicli al minuto per 1000 cicli nella direzione longitudinale del veicolo, e per altri 1000 nella direzione trasversale del veicolo
- test ciclico di carichi torsionali sul cavo, quando è già assemblato con gli altri componenti del pretensionatore esterno; il test consiste in un applicazione di un carico torsionale in cima al cavo, attraverso la ghiera, di 0,5 kN per 500000 cicli, con una velocità della prova che può andare da 30 a 60 cicli al minuto; la prova viene fatta a temperatura ambiente
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per il componente, tramite prove di trazione, prove a fatica (a flessione rotante, a rotazione, a trazione alternata, prove di propagazione della frattura), prove di compressione, prove di torsione, prove di taglio, prove di flessione; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a rottura
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano lacerazioni sul cavo, causate da una lavorazione fallace

Provvedimenti di rilevamento:

- durante o alla fine della prova di inflessione inversa sul cavo si rileva un danneggiamento del cavo, tramite ispezione visiva
- dopo o durante il test ciclico di carichi torsionali sul cavo si rileva un danneggiamento di quest'ultimo tramite ispezione visiva
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle lacerazioni superficiali su di questo (**D**=**2 RPN normalizzato**=10*2=**20)**

b) per una progettazione non corretta del pezzo per dimensione e misure, che se troppo grandi queste impattano sull'elemento, che rimane incastrato nella staffa o housing

Provvedimenti preventivi:

- si prova se il montaggio del prototipo del componente con i prototipi di housing e staffa, del pretensionatore esterno, va a buon fine, senza che il movimento di questo sia bloccato all'interno degli altri due elementi, prima di iniziare la produzione vera e propria

Provvedimenti di rilevamento:

- la movimentazione del prototipo del componente, dopo il montaggio con i prototipi della staffa e dell'housing, è impedito, poiché rimane bloccato a causa dell'interferenza con uno di questi due elementi
(**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

2] Modalità di guasto: va a tirare la ghiera con una tensione con modulo e direzione non idonei

Effetti:

- il tensionamento della cinghia non avviene completamente, e può portare la cintura a posizionarsi sull'utilizzatore in un modo non corretto per trattenerlo, quindi quest'ultimo può andare ad impattare con una parte interna del veicolo e avere lesioni o traumi derivanti dall'impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) usura del componente a causa di un materiale chimicamente non inerte, e ciò causa corrosione su quest'ultimo

Provvedimenti preventivi:

- prova di resistenza di corrosione sulle cinture (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Ci si accerta che il componente, sia libero da red corrosion, e che abbia corrosione da zinco al massimo sul 5% della sua superficie

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo la prova di corrosione si rileva che sul componente c'è red corrosion, o che c'è corrosione da zinco su più del 5% della superfice di questo, e ciò porta all' usura di quest'ultimo
(**D**=**2 RPN normalizzato**=10*2=**20)**

b) deformazione plastica del componente perché il materiale usato troppo duttile, o è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le sue condizioni di utilizzo, andando di conseguenza a cambiare la sua azione sulla ghiera
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per il componente, tramite prove di trazione, prove a fatica (a flessione rotante, a rotazione, a trazione alternata, prove di propagazione della frattura), prove di compressione, prove di torsione, prove di taglio, prove di flessione; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni che porterebbero il componente a cambiare le sue condizioni di utilizzo, andando di conseguenza a cambiare la sua azione sulla ghiera

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

Elemento: wire end (pretensionatore esterno)

Funzione: tiene in posizione il locking piston, durante la dispersione del gas dovuta all'attivazione dell'MGG

1] Modalità di guasto: non riesce a mantenere il locking piston in posizione durante la dispersione del gas dovuta all'attivazione dell'MGG

Effetti:

- il locking piston non si muove insieme con tutto il sistema che permette il tensionamento del cavo, e di conseguenza la fase di blocco non avviene correttamente, e si va a perdere il tensionamento dato alla cintura nel momento della ritenuta dell'utilizzatore, e quindi quest'ultimo può scivolare dal contenimento della cintura ed andare a urtare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, per una scelta del materiale non corretta (troppo fragile), o che non resiste a carichi ripetuti andando a rottura a fatica, o che nell'ambiente di lavoro non è chimicamente inerte, portando questo a degradarsi, o ancora per una produzione del componente sbagliata, che non rispetta le caratteristiche di progetto per quanto riguarda le proprietà meccaniche e chimiche

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per il componente; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a rottura

- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, il materiale in entrambi i casi viene inserito all'interno di una camera di prova con umidità controllata e temperatura controllata, e viene esposto alla luce della lampada, e il tempo delle prove varia in base al ciclo di umidità scelto, ed è nell'ordine delle ore, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sul componente avviene un'usura o una rottura dovuta dalla degradazione di quest'ultimo
- prima di iniziare la produzione del componente, si valuta se il materiale del componente è chimicamente inerte rispetto al gas generato dall'MGG, inserendolo in una camera di prova con il gas in questione, per un dato periodo scelto dal team della qualità, e si rileva se questo subisce nel tempo un'usura
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche siano compatibili con quelle descritte dal progetto dopo la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste
- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione
- dopo la prova di corrosione si rileva che sul componente avviene una degradazione, che porta a rottura o a usura quest'ultimo
- alla fine della prova di condizionamento con il gas dell'MGG sul materiale del componente, si rileva un principio di degradazione su di quest'ultimo
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a fallire durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che causa il disaccoppiamento di questo dal locking piston, a causa dell'uso di materiale troppo duttile, o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nella sua zona di lavoro

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a distaccarsi dall'accoppiamento con il locking piston
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per il componente; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le

caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni che portano il componente a disaccoppiarsi dal locking piston

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) progettazione del componente scorretta per dimensioni e geometrie, che causa un accoppiamento tra questo e il locking piston fallace

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del locking piston, prima della produzione di questo, per verificare se la loro attivazione durante l'utilizzo del pretensionatore sarà corretto

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del componente con il locking piston non avviene correttamente, lasciando libero quest'ultimo di muoversi senza la guida del primo
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

d) la produzione del componente avviene in modo errato, non rispettando le dimensioni e geometrie riportate nel progetto

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il locking piston

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: guarnizione a U-CUP (pretensionatore esterno)

Funzione: previene le perdite durante la dispersione del gas dovuta all'attivazione dell'MGG

1] Modalità di guasto: avvengono delle perdite durante la dispersione del gas dovuta all'attivazione dell'MGG

Effetti:

- la pressione del gas generato dal gas generator sul pistone non è quella prestabilita, e quindi il pretensionamento della cinghia non avviene nel modo corretto, e l'utilizzatore in caso di urto del veicolo non viene trattenuto nella maniera idonea dalla cintura, scivolando dal suo contenimento, ed andando ad

urtare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

- il gas disperso può portare ad un principio di incendio, per l'ignizione di un combustibile che si trova nelle vicinanze (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura del componente dovuta alla scelta del materiale troppo fragile, o che non resiste a carichi ripetuti andando a rottura a fatica, o per una degradazione dovuta a fattori esterni, o ancora per una produzione non corretta di quest'ultimo, in cui rimangono delle cricche nel prodotto finale, o cambia le caratteristiche chimiche di questo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per il componente; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a rottura
- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno; alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sul componente avviene una rottura dovuta da una degradazione di quest'ultimo
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche siano compatibili con quelle descritte dal progetto dopo la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste
- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione
- dopo la prova di corrosione si rileva che sul componente avviene una degradazione, che porta a rottura quest'ultimo
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a fallire durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del materiale, poiché il materiale è troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura che ci sono nella zona di lavoro di quest'ultimo, di conseguenza il componente non si accoppia completamente con il tubo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a distaccarsi dall'accoppiamento con il tubo
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per il componente; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a disaccoppiarsi dal tubo

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) progettazione non corretta in dimensioni e misure, di conseguenza il componente non si accoppia con il tubo

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del tubo, prima della produzione di questo, per verificare se ci siano delle aperture, dopo il congiungimento dei due, oppure se l'unione dei due non avviene

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del componente con il tubo non avviene correttamente, lasciando delle aperture tra di essi, o non avviene per nulla poiché il suo diametro è più piccolo di quello del tubo, o è troppo più grande di quello del tubo
- (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

d) la produzione del componente avviene in modo errato, non rispettando le dimensioni e geometrie riportate nel progetto, portando questo a non accoppiarsi con il tubo

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il tubo, non lasciando fra essi un'apertura, che comporta la dispersione del gas

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: Ball ring (pretensionatore esterno)

Funzione: mantiene le sfere in posizione durante l'espansione del gas e il conseguente movimento del cavo

1] Modalità di guasto: non mantiene le sfere in posizione durante l'espansione del gas

Effetti:

- l'azione di blocco durante la ritenuta dell'utilizzatore non avviene, e quindi il tensionamento dovuto al pretensionatore viene perduto, di conseguenza il passeggero impatta l'airbag in una posizione non corretta, o va ad impattare una parte interna del veicolo, così da subire lesioni e traumi (**S**=**10**)

Cause:

a) deformazione plastica del componente, che porta questo a spostare le sfere dalla loro posizione ideale all'interno del pretensionatore esterno, per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura, che possono avvenire nell'ambiente di uso del componente

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare la sua condizione di contatto con le sfere
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per il componente; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare la sua condizione di contatto con le sfere

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) rottura o usura del componente dovuta alla scelta del materiale, che comporta una rottura a fatica o un'usura a causa di carichi ripetuti, o una rottura istantanea perché il materiale è troppo fragile, o una degradazione poiché il materiale non è chimicamente inerte nella zona di utilizzo, oppure ancora, per una produzione errata che va a cambiare le caratteristiche meccaniche e chimiche del materiale del componente, o crea delle cricche che nel tempo porteranno alla rottura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per il componente; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a rottura
- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per

l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno; alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sul componente avviene una rottura dovuta dalla degradazione di quest'ultimo
- prima di iniziare la produzione del componente, si valuta se il materiale del componente è chimicamente inerte rispetto al gas generato dall'MGG, inserendolo in una camera di prova con il gas in questione, per un dato periodo scelto dal team della qualità, e si rileva se questo subisce nel tempo un'usura
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche siano compatibili con quelle descritte dal progetto dopo la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste
- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione
- dopo la prova di corrosione si rileva che sul componente avviene una degradazione, che porta a rottura quest'ultimo
- alla fine della prova di condizionamento con il gas dell'MGG sul materiale del componente, si rileva un principio di degradazione su di quest'ultimo
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i component del lotto a fallire durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) la produzione del componente avviene in modo errato, non rispettando le dimensioni e geometrie riportate nel progetto, portando questo a non accoppiarsi con il tubo, e a venire a contatto con le sfere nel modo scorretto

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il tubo, e con le sfere

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

d) progettazione errata in dimensioni, se troppo grande il componente rimane incastrato nel tubo, se il componente è troppo piccolo il movimento delle sfere non viene guidato da quest'ultimo

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del tubo e con i prototipi delle sfere, prima della produzione di questo, per verificare se questo rimanga incastrato nel tubo, o entri in quest'ultimo, o ancora per verificare se riesca a guidare i movimenti delle sfere all'interno del tubo

  Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del componente con il tubo non avviene, oppure il componente rimane incastrato all'interno del tubo, o ancora il contatto con le sfere non avviene nel modo corretto, impedendo a questo di guidare il movimento delle sfere durante l'espansione del gas
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: sfere (x13) (pretensionatore esterno)

Funzione: elementi che vengono bloccati tra il locking piston e il tubo durante la fase di blocco, così da bloccare il movimento del cavo

1] Modalità di guasto: non fanno interferenza tra locking piston e tubo, così da non bloccare il movimento di ritorno del cavo

Effetti:

- nel momento in cui l'utilizzatore viene trattenuto dalla cintura durante l'urto, questa perde il tensionamento dato dal pretensionatore, e questo può portare l'utilizzatore a scivolare al di fuori della cintura, e urtare una parte interna del veicolo o urtare l'airbag in una posizione non corretta, e di conseguenza riportare danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) deformazione plastica dei componenti, dovuta ad un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura nell'ambiente di utilizzo, che fa sì che le sfere si spostino dalla sede prestabilita

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione dei componenti, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui sono sottoposti i componenti nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, i componenti vanno a cambiare la loro condizione di interferenza con il locking piston e il tubo
- prima della produzione dei componenti si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questi; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano i componenti a cambiare la loro condizione di interferenza con il locking piston e il tubo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso

b) rottura o usura di una o più sfere, dovuta al fatto della scelta del materiale che porta ad una rottura a fatica per carichi ripetuti o a una rottura fragile per un carico troppo elevato, o poiché questo non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo, e quindi si degrada nel tempo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione dei componenti si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questi; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a rottura
- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente
- prima di iniziare la produzione dei componenti, si valuta se il materiale di questi è chimicamente inerte rispetto al gas generato dall'MGG, inserendolo in una camera di prova con il gas in questione, per un dato periodo scelto dal team della qualità, e si rileva se questo subisce nel tempo un'usura

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura dei componenti durante il loro l'uso
- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione
- alla fine della prova di condizionamento con il gas dell'MGG sul materiale dei componenti, si rileva un principio di degradazione su di questi ultimi
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione errata del componente che non rispetta le caratteristiche di progetto, per dimensioni e geometria, che porta ad un accostamento di queste non corretto con gli altri due elementi, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che conduce il componente o a rottura o a deformarsi plasticamente, durante o dopo la lavorazione

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con locking piston e il ball ring
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sulle sfere avviene una rottura o un'usura dovuta dalla degradazione di queste
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche siano compatibili con quelle descritte dal progetto
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni delle sfere al termine della loro produzione, si rileva che queste non sono conformi alle dimensioni indicate dal progetto
- dopo la prova di corrosione si rileva che su uno o più componenti avviene una degradazione, che porta a rottura o a usura questi ultimi
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche dei componenti, dopo la loro produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi, o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione scorretta in dimensioni, che porta le sfere, se troppo grandi, a non accostarsi nel modo corretto e cambiare sede

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento dei prototipi dei componenti con il prototipo del tubo, con il prototipo del ball ring, e con il prototipo del locking piston, prima della produzione di questi, per verificare se questi rimangono in posizione durante la loro movimentazione

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento delle sfere con il tubo, locking piston e ball ring non avviene correttamente, e questo comporta un cambio di sede di queste rispetto al locking piston e ball ring
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: locking piston (pretensionatore esterno)

Funzione: controlla il movimento delle sfere durante la funzione di blocco

1] Modalità di guasto: il movimento delle sfere non viene guidato, e la funzione di blocco non avviene

Effetti:

- nel momento in cui l'utilizzatore viene trattenuto dalla cintura durante l'urto, questa perde il tensionamento dato dal pretensionatore, e questo può portare l'utilizzatore a scivolare al di fuori della cintura, e urtare una parte interna del veicolo o urtare l'airbag in una posizione non corretta, e quindi riportare danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura del componente per la scelta del materiale scorretta, o questo è troppo fragile, o va a rottura fatica per carichi ripetuti, o non essendo chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo va a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura durante l'utilizzo
- prima di iniziare la produzione del componente, si valuta se il materiale di questo è chimicamente inerte rispetto al gas generato dall'MGG, inserendolo in una camera di prova con il gas in questione, per un dato periodo scelto dal team della qualità, e si rileva se questo subisce nel tempo un'usura

- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], dove vengono fatte più prove con tre tipi di nebbie saline ((NSS) nebbia salina neutra, (AASS) nebbia salina di acido acetico, (CASS) nebbia salina di acido acetico accelerato con rame), il materiale viene inserito all'interno di una camera di prova, la cui temperatura interna deve essere mantenuta costante durante la prova, per un periodo di tempo designato dal team della qualità e dall'ente normativo, in base al materiale utilizzato, alla fine della prova il materiale deve essere asciugato, e dopo ciò si va a rilevare se è avvenuta una corrosione, con conseguente perdita di massa; sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], dove vengono fatte delle prove in atmosfere con umidità costante, o con umidità alternata, la temperatura atmosferica nella camera climatica durante il processo di condensazione è costante, con un certo range di tolleranza, e le prove durano 24 h, e alla fine si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura del componente durante l'uso di questo
- alla fine della prova di condizionamento con il gas dell'MGG sul materiale del componente, si rileva un principio di corrosione su di quest'ultimo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura il componente, durante il suo utilizzo (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) rottura del componente per una produzione non corretta, che non rispetta le caratteristiche di progetto per quanto riguarda le proprietà meccaniche e chimiche, in cui rimangono cricche sul prodotto, e la composizione del materiale cambia a causa della lavorazione

Provvedimenti preventivi:

- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sul locking piston avviene una rottura o un'usura dovuta dalla corrosione di questo
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche siano compatibili con quelle descritte dal progetto
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta a rottura o a usura quest'ultimo
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a rottura durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente errata che non rispetta le caratteristiche di progetto, per quanto riguarda le dimensioni e geometrie, che porta questo a rimanere incastrato all'interno del tubo con la possibilità dei suoi movimenti limitata, o a non poter muovere le sfere in modo che vadano ad interferire contro il tubo perché la sue geometrie non sono idonee

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il tubo, e un contatto idoneo con le sfere

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

d) progettazione errata del componente per dimensioni e/o geometria, se il diametro del componente non è crescente nella direzione della fine del tubo, le sfere non fanno interferenza, se il componente è troppo grande rimane incastrato nel tubo e i suoi movimenti sono impediti

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi del tubo, del ball ring, delle sfere, e del wire end, prima della produzione di questo, per verificare se questo rimane incastrato nel tubo durante la sua movimentazione, o non interferisce correttamente con le sfere

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del tubo, ball ring, e delle sfere non avviene correttamente, e questo comporta l'impossibilità di guidare le sfere nel modo corretto
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

e) deformazione plastica del componente, a causa di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura nell'ambiente di utilizzo del componente, di conseguenza i suoi movimenti sono impediti

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare la sua condizione di contatto con le sfere e il tubo
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare la sua condizione di contatto con le sfere e il tubo

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

Funzione: consente il passaggio del gas generato dal MGG attraverso gli sfiati dovuti alla geometria del pezzo

1] Modalità di guasto: il passaggio del gas non è consentito

Effetti:

- nel momento della rilevazione dell'urto il pretensionamento della cintura non avviene, perché non si mette in movimento il pistone, e questo porta l'utilizzatore a non essere trattenuto dalla cintura correttamente, e quindi ad andare ad urtare una parte interna del veicolo o l'airbag una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) deformazione plastica del componente, a causa di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura nell'ambiente di utilizzo del componente, questo comporta il blocco degli sfiati

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a riempire le aperture che si creano tra questo e il tubo, che consentono il passaggio del gas
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a occludere le aperture che si creano tra questo e il tubo, che consentono il passaggio del gas

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) progettazione della geometria del componente non corretta, non vengono lasciati degli sfiati sufficienti sul componente

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del tubo, prima della produzione di questo, per verificare se gli sfiati che si creano dopo l'accoppiamento sono sufficienti per il passaggio del gas

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del tubo, non avviene correttamente, poiché gli sfiati venutasi a creare, consentono una portata volumica del gas troppo bassa
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

  c) produzione del componente non corretta nella zona dei suoi sfiati, che non rispetta le caratteristiche di progetto, per dimensioni e geometria, che causa un blocco per il passaggio del gas, e per le proprietà meccaniche, che induce una deformazione plastica del componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il tubo, e ciò comporta che gli sfiati permettono il passaggio del gas
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche siano compatibili con quelle descritte dal progetto

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi durante il loro utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

Elemento: pistone (pretensionatore esterno)

Funzione: inizia a muoversi sotto gli effetti della pressione generata dal movimento del gas, e trasferisce la forza allo stopper, che tensiona il cavo

1] Modalità di guasto: l'elemento non riesce a mette in tensione il cavo

Effetti:

- nel momento della rilevazione dell'urto il pretensionamento della cintura non avviene, e durante l'urto l'utilizzatore può scivolare al di fuori della cintura e colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto; inoltre la forza generata dal bloccaggio, senza l'eliminazione dell'allentamento della cintura, può essere lesiva per quest'ultimo (**S**=**10**)

Cause:

  a) rottura o usura dell'elemento a causa del materiale scelto e delle sue caratteristiche, che possono portare a rottura a fatica a causa di carichi ripetuti, o ad una frattura fragile, o a corrosione poiché non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura o a usura durante l'utilizzo

- prima di iniziare la produzione del componente, si valuta se il materiale di questo è chimicamente inerte rispetto al gas generato dall'MGG, inserendolo in una camera di prova con il gas in questione, per un dato periodo scelto dal team della qualità, e si rileva se questo subisce nel tempo un'usura
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente durante l'uso di questo
- alla fine della prova di condizionamento con il gas dell'MGG sul materiale del componente, si rileva un principio di corrosione su di quest'ultimo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica dell'elemento, dovuta ad un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nella sua zona di utilizzo, e questo porta a bloccare il movimento del pistone all'interno del tubo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a incastrarsi nel tubo, e non riesce a compiere i suoi movimenti per mettere in tensione il cavo
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a incastrarsi nel tubo, e a non riuscire a compiere i suoi movimenti per mettere in tensione il cavo

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione errata dell'elemento, che ne cambia le condizioni chimiche e meccaniche, o dimensionali e geometriche prestabilite dal progetto, portando questo o a rottura/usura o a deformarsi plasticamente, durante il suo utilizzo, o dopo la lavorazione, oppure lo porta a non potersi muovere all'interno del tubo perché incastrato in esso

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il tubo, il cavo e l'MGG, e ciò comporta che questo possa andare a mettere in tensione il cavo
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche siano compatibili con quelle descritte dal progetto
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sul pistone avviene una rottura o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta a rottura o a usura quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione non corretta per dimensioni e geometria, non può essere troppo grosso perché rimarrebbe incastrato all'interno del tubo, e il suo movimento verrebbe bloccato

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del tubo, prima della produzione di questo, per verificare se questo rimane incastrato all'interno del tubo, dopo che sono stati accoppiati

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del tubo, non avviene correttamente, poiché questo rimane incastrato all'intero del tubo, ed è impossibilitato a muoversi
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: MGG [micro-generatore di gas] (pretensionatore esterno)

Funzione: genera una rapida espansione del gas, dovuta alla sua esplosione, con una certa pressione

1] Modalità di guasto: l'ignizione del gas generator non avviene

Effetti:

- nel momento della rilevazione dell'urto il pretensionamento della cintura non avviene, e durante l'urto l'utilizzatore può scivolare al di fuori della cintura e colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una

posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto, inoltre la forza generata dal bloccaggio, senza l'eliminazione dell'allentamento della cintura, può essere lesiva per quest'ultimo (**S**=**10**)

Cause:

a) il gas contenuto all'interno del componente non si trova più al suo interno, per fori microscopici nella parte del contenitore del gas, a causa di una lavorazione di questo non perfetta, o per usura della guarnizione del contenitore

Provvedimenti preventivi:

- ogni gas generator, dopo la produzione, viene inserito all'interno di un contenitore, con all'interno un liquido, scelto in modo che non corroda i materiali del gas generator, e si verifica se ci sono perdite attraverso il contenitore del gas, tramite la creazione di bolle di gas che si generano nel liquido
- prima di iniziare la produzione del componente, si valuta se il materiale del contenitore del gas è chimicamente inerte rispetto al gas che viene inserito al suo interno, inserendolo in una camera di prova con il gas in questione, per un dato periodo scelto dal team della qualità, e si rileva se questo subisce nel tempo un'usura, che poi porterà alla creazione di microfori sul contenitore del gas del componente

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova di rilevazione delle perdite dal gas generator, si individuano bolle di gas all'interno del liquido
- alla fine della prova di condizionamento, con il gas da contenere, sul materiale del componente, si rileva un principio di corrosione su di quest'ultimo
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=10*2=**20)**

b) il gas usato non è idoneo

Provvedimenti preventivi:

- tank test (ISO 14451-2) [35] per l'MGG; la pressione misurata deve essere nel range dato dalle specifiche di progetto, per attivare il pistone in modo corretto

Provvedimenti di rilevamento:

- la pressione misurata nel tank test non rispetta le specifiche di progetto
  (**D**=**5 RPN normalizzato**=10*5=**50)**

c) l'accenditore del componente non si attiva quando arriva l'impulso dal connettore, per il fallimento di uno dei due elettrodi o del filo che li unisce e crea la scintilla che attiva la reazione nel gas

Provvedimenti preventivi:

- su ogni accenditore prodotto, prima di essere accoppiato agli altri elementi del gas generator, si genera un impulso, che è della stessa portata di quello che viene imposto per attivare il gas generator, e questo deve portare al riscaldamento del filo metallico che collega i due elettrodi, e che crea la scintilla di attivazione

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova di attivazione dell'accenditore, il filo di collegamento fra i due elettrodi non va ad aumentare la sua temperatura, così da creare la scintilla di attivazione
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

2] Modalità di guasto: la pressione del gas in espansione non è sufficientemente elevata per far funzionare il sistema

Effetti:

- il pretensionamento della cintura non avviene nel modo corretto nel momento del rilevamento dell'urto, quindi l'utilizzatore non viene trattenuto nel modo corretto e può scivolare dalla cintura e urtare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) perdite non totali del gas che si trova all'interno del componente, per fori microscopici nella parte del contenitore del gas, a causa di una lavorazione non idonea per fabbricarlo, e/o per l'usura della guarnizione del contenitore del gas

Provvedimenti preventivi:

- ogni gas generator, dopo la produzione, viene inserito all'interno di un contenitore, con all'interno un liquido, scelto in modo che non corroda i materiali del gas generator, e si verifica se ci sono perdite attraverso il contenitore del gas, tramite la creazione di bolle di gas che si generano nel liquido
- prima di iniziare la produzione del componente, si valuta se il materiale del contenitore del gas è chimicamente inerte rispetto al gas che viene inserito al suo interno, inserendolo in una camera di prova con il gas in questione, per un dato periodo scelto dal team della qualità, e si rileva se questo subisce nel tempo un'usura, che poi porterà alla creazione di microfori sul contenitore del gas del componente

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova di rilevazione delle perdite dal gas generator, si individuano bolle di gas all'interno del liquido
- alla fine della prova di condizionamento, con il gas da contenere, sul materiale del componente, si rileva un principio di corrosione su di quest'ultimo
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=10*2=**20)**

b) problemi nella progettazione del componente, per quanto riguarda la quantità di gas che deve essere contenuta nel contenitore, e per il tipo di gas usato per generare la forza voluta

Provvedimenti preventivi:

- tank test (ISO 14451-2) [35] sull'MGG; la pressione misurata deve essere nel range dato dalle specifiche di progetto, per attivare il pistone in modo corretto.

Provvedimenti di rilevamento:

- la pressione misurata nel tank test non rispetta le specifiche di progetto
  (**D**=**5 RPN normalizzato**=10*5=**50)**

c) produzione del componente non corretta per quanto riguarda le specifiche di progetto (dimensioni dei suoi elementi, gas contenuto nel componente)

Provvedimenti preventivi:

- ad ogni componente dopo la produzione vengono misurate le sue dimensioni, che devono essere conformi alle caratteristiche di progetto

- su un campione del gas prodotto, tramite gascromatografia si va a verificare se il gas che verrà utilizzato sia conforme alle caratteristiche di progetto

Provvedimenti di rilevamento:

- le dimensioni del componente non corrispondono alle caratteristiche di progetto
- tramite la gascromatografia si rileva che il gas non è conforme alle caratteristiche di progetto
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=10*2=**20)**

3] Modalità di guasto: l'ignizione del gas generator avviene anche se dal connettore non arriva nessun impulso

Effetti:

- il pretensionamento della cintura avviene in un momento non consono, e porta discomfort all'utilizzatore, poiché viene generata una tensione su di esso potenzialmente dannosa, e perché i suoi movimenti all'interno dell'abitacolo sono fortemente limitati (**S**=**7**)

Cause:

a) per una variazione di temperatura che attiva la reazione per l'espansione del gas, il quale non è stabile per alte temperature

Provvedimenti preventivi:

- test di vibrazione e temperatura (ISO 14451-2) [35] sul pretensionatore
- test ciclico dell'umidità termica (ISO 14451-2) [35] sul pretensionatore
- prova di condizionamento del pretensionatore esterno (regolamento n.16 UNECE) [1]. Alla fine della prova il componente deve continuare a funzionare come previsto dalle specifiche e non attivarsi durante la prova

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo o durante il test di vibrazione e temperatura avviene l'ignizione del gas generator
- durante il test climatico dell'umidità termica avviene l'ignizione del gas generator
- durante la prova di condizionamento a causa dell'innalzamento della temperatura si attiva il gas generator
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=7*2=**14)**

b) a causa di elettricità statica che si viene a creare nella zona del componente, che attiva l'accenditore

Provvedimenti preventivi:

- prova di scarica elettrostatica (ISO 14451-2) [35] sulla superficie del tubo del pretensionatore esterno

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova di scarica elettrostatica avviene l'ignizione del gas generator
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=7*2=**14)**

Elemento: connettore (pretensionatore esterno)

Funzione: genera l'impulso che attiva l'MGG

1] Modalità di guasto: l'impulso di corrente non viene generato

Effetti:

- nel momento della rilevazione dell'urto il pretensionamento della cintura non avviene, e durante l'urto l'utilizzatore può scivolare al di fuori della cintura e colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto, inoltre la forza generata dal bloccaggio, senza l'eliminazione dell'allentamento della cintura, può essere lesiva per quest'ultimo (**S**=**10**)

Cause:

a) corto circuito, per l'usura del cavo

Provvedimenti preventivi:

- controllo dell'integrità del connettore tramite ispezione visiva, e tramite la misurazione al suo capo di collegamento con l'MGG, grazie ad un multimetro, di un impulso generato su di esso, che deve essere uguale ad uno usato per attivare il pretensionatore

Provvedimenti di rilevamento:

- rottura visibile del connettore, o il multimetro non misura l'impulso generato sul cavo
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

b) il componente non è connesso correttamente al generatore di gas o alla centralina, per un errore di montaggio o per la rottura del componente

Provvedimenti preventivi:

- controllo dell'integrità del connettore tramite ispezione visiva, e tramite la misurazione al suo capo di collegamento con l'MGG, grazie ad un multimetro, di un impulso generato su di esso, che deve essere uguale ad uno usato per attivare il pretensionatore
- controllo del cablaggio del sistema dopo il montaggio del componente, si valuta visivamente se i collegamenti tra il connettore, l'MGG, e il generatore mediato dal sensore di rilevamento degli urti siano corretti

Provvedimenti di rilevamento:

- rottura visibile del connettore, o il multimetro non misura l'impulso generato sul cavo
- si nota che il connettore non è collegato nella maniera idonea all'MGG o al generatore mediato dal sensore di rilevamento degli urti
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

2] Modalità di guasto: l'impulso di corrente non è sufficiente per attivare il gas generator

Effetti:

- nel momento della rilevazione dell'urto il pretensionamento della cintura non avviene, e durante l'urto l'utilizzatore può scivolare al di fuori della cintura e colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto, inoltre la forza generata dal bloccaggio, senza l'eliminazione dell'allentamento della cintura, può essere lesiva per quest'ultimo (**S**=**10**)

Cause:

a) la resistenza del componente non è quella prestabilita dal progetto ed è troppo elevata

Provvedimenti preventivi:

- si misura, tramite un multimetro, il valore della resistenza, che deve essere uguale, con una certa tolleranza, ad il valore indicato dal progetto

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione dell'impulso, si rileva che la resistenza è maggiore di quella indicata dal progetto (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

3] Modalità di guasto: genera un impulso di corrente non mediato dal sensore che rileva gli urti

Effetti:

- pretensionamento della cintura avviene in un momento non consono, e porta discomfort all'utilizzatore, poiché la tensione generata su di esso può essere relativamente elevata, è poiché questa azione ne limita i movimenti all'interno dell'abitacolo (**S**=**7**)

Cause:

a) interferenze elettromagnetiche che generano una corrente non voluta

Provvedimenti preventivi:

- controllo dell'isolamento del connettore rispetto a capacità parassite e a interferenze elettromagnetiche, e si misura, tramite un multimetro, andando a verificare se c'è un segnale di fondo sul connettore, di solito con frequenza di 50 Hz (frequenza rete elettrica), o radiodisturbi condotti ed irradiati da dispositivi aventi le seguenti funzioni: motori, dispositivi di commutazione e dispositivi di regolazione, con frequenze da 150 kHz a 30 MHz

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la misurazione si trova un segnale di fondo con la frequenze cercate (**D**=**2 RPN normalizzato**=7*2=**14)**

Elemento: alloggiamento del connettore (pretensionatore esterno)

Funzione: contiene gli elementi del sistema connettore

1] Modalità di guasto: gli elementi del sistema connettore vengono contenuti in modo scorretto

Effetti:

- il connettore si può danneggiare, e di conseguenza il pretensionamento della cintura non avverrebbe nel momento corretto, cioè nel momento dell'urto, e questo comporta che l'utilizzatore non venga trattenuto correttamente, e vada a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente a causa della scelta del materiale, il che porta ad una rottura a fatica per carichi ripetuti, o ad una frattura fragile, o a corrosione se questo non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le

caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura o a usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente durante l'uso di questo
- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che porta questo a cambiare posizione degli elementi che contiene, dovuta all'uso di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nella zona di utilizzo di questo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare la posizione degli elementi che deve contenere
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare la posizione degli elementi che deve contenere

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
(**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente errata, che può portare questo ad avere una geometria e dimensione non coerente con quella del progetto, o ad avere le caratteristiche meccaniche di questo non compatibili con il suo uso, per esempio ci possono essere delle cricche residue

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il tubo, il connettore e il fermo ABX5, e ciò comporta che questo possa andare a contenere il connettore e il fermo ABX5 nel modo corretto all'interno del tubo

- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sul l'alloggiamento del connettore avviene una rottura o un'usura dovuta dalla degradazione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta a rottura o a usura quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione scorretta in dimensioni e geometria, il foro di passaggio per il connettore non deve essere troppo piccolo, poiché bloccherebbe l'entrata per quest'ultimo, o troppo grande poiché comporterebbe un movimento non voluto del connettore

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi del tubo, del connettore, e del fermo ABX5, prima della produzione di questo, per verificare se questo si accoppi correttamente al tubo, e mantenga il connettore e il fermo nella posizione corretta

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del tubo, non avviene correttamente, e/o l'accoppiamento di questo con il connettore e il fermo ABX5, non va a buon fine, andando a portare questi in una posizione non corretta
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: fermo ABX5 (pretensionatore esterno)

Funzione: indirizza il connettore nella posizione corretta così da collegarsi con l'MGG

1] Modalità di guasto: il connettore viene indirizzato in modo scorretto all'interno del pretensionatore

Effetti:

- il contatto con il gas generator del connettore non è ottimale, quindi non avviene il suo innesco, che porta al non pretensionamento della cintura durante un urto, e quindi l'utilizzatore non viene trattenuto correttamente durante l'urto, e può scivolare dal contenimento della cintura ed andare a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente a causa della scelta del materiale, il che porta ad una rottura a fatica per carichi ripetuti, o ad una frattura fragile, o a corrodersi perché questo non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura o a usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente durante l'uso di questo
- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che porta a reindirizzare il connettore in una direzione non ideale rispetto al gas generator, dovuta all'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nell'ambiente di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare la direzione di ingresso del connettore, che si collegherà all'MGG in un modo non ideale
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare la direzione di ingresso del connettore, che si collegherà all'MGG in un modo non ideale

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione scorretta del componente, che non rispetta le dimensioni stabilite in progettazione per quest'ultimo, o che porta ad una modificazione delle sue caratteristiche meccaniche o chimiche, andando a rottura durante l'utilizzo o dopo la lavorazione

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il connettore
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sul fermo ABX5 avviene una rottura o un'usura dovuta dalla degradazione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta a rottura o a usura quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente non corretta per dimensioni e geometria, il foro di indirizzamento non può essere troppo piccolo, poiché il connettore non passerebbe, né troppo grande, poiché il connettore potrebbe avere dei movimenti non voluti

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del connettore, prima della produzione di questo, per verificare se questo si accoppi correttamente con il connettore indirizzandolo in modo ideale verso l'MGG

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del connettore non va a buon fine, andando ad indirizzare nel modo scorretto il connettore verso l'MGG
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: cilindro/tubo (pretensionatore esterno)

Funzione: mantiene la pressione durante la dispersione del gas dovuta all'attivazione dell'MGG

1] Modalità di guasto: avviene una perdita di gas e la pressione nell'elemento non è mantenuta nel momento della dispersione del gas

Effetti:

- nel momento della rilevazione dell'urto il pretensionamento della cintura non avviene nel modo corretto, e durante l'urto l'utilizzatore può scivolare al di fuori della cintura e colpire una parte interna del veicolo, inoltre la forza generata dal bloccaggio, senza l'eliminazione dell'allentamento della cintura, può essere lesiva per quest'ultimo (**S**=**10**)

- il gas disperso all'esterno del pretensionatore può portare all'ignizione di un combustibile che si trova nelle vicinanze, e questo porta ad un principio di incendio nel veicolo, e conseguenti ustioni per l'utilizzatore (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che causano aperture in quest'ultimo, a causa del materiale usato non idoneo: rottura a fatica o usura costante per carichi ripetuti, o frattura fragile per carichi impulsivi, o corrosione perché questo non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura o a usura durante l'utilizzo
- prima di iniziare la produzione del componente, si valuta se il materiale di questo è chimicamente inerte rispetto al gas generato dall'MGG, inserendolo in una camera di prova con il gas in questione, per un dato periodo scelto dal team della qualità, e si rileva se questo subisce nel tempo un'usura
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente durante l'uso di questo
- alla fine della prova di condizionamento con il gas dell'MGG sul materiale del componente, si rileva un principio di corrosione su di quest'ultimo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura nell'ambiente di utilizzo, questo porta ad un disaccoppiamento con gli altri componenti del pretensionatore esterno, che crea delle aperture

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a disaccoppiarsi dagli altri elementi con cui è a contatto, e il gas si va a disperdere verso l'esterno
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a disaccoppiarsi dagli altri elementi con cui è a contatto, e il gas si va a disperdere verso l'esterno

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e dai dati rilevati si evince che questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione scorretta del componente per dimensione e caratteristiche meccaniche e chimiche: se troppo grande il componente non si accoppia con gli elementi del pretensionatore esterno, inoltre il componente non deve avere cricche o carichi residui derivanti dalla produzione

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con gli elementi al suo interno, e con quelli al suo esterno
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche siano compatibili con quelle descritte dal progetto
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sul tubo avviene una rottura o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta a rottura o a usura quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

Funzione: è la superficie di aggancio primaria durante la funzione di blocco che avviene durante l'urto, così da impedire alcun movimento del cavo dopo aver pretensionato la cintura

1] Modalità di guasto: non avviene l'interferenza tra le parti del sistema di blocco, e quindi il movimento di ritorno del cavo non viene impedito

Effetti:

- nel momento in cui l'utilizzatore viene trattenuto dalla cintura durante l'urto, questa perde il tensionamento dato dal pretensionatore, e questo può portare l'utilizzatore a scivolare al di fuori della cintura, e urtare una parte interna del veicolo o urtare l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) deformazione plastica del componente, per un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura nell'ambiente di utilizzo, la nuova geometria del componente non permette il contatto con le sfere, e di conseguenza non si blocca il locking piston

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a disaccoppiarsi dal locking piston, e ciò comporta l'impossibilità delle sfere di interferire con esso
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a disaccoppiarsi dal locking piston, e ciò comporta l'impossibilità delle sfere di interferire con esso

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) produzione in dimensioni e geometria del componente non corretta che non rispetta le caratteristiche di progetto, che causa un accoppiamento fra i vari elementi del sistema di blocco scorretta

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con gli elementi del sistema di blocco

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

  c) progettazione per del componente non corretta per dimensioni e geometria, se il componente è troppo grande le sfere non possono fare interferenza con quest'ultimo

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi del sistema di blocco, prima della produzione di questo, per verificare se questo si accoppi correttamente, in modo che il sistema di blocco possa funzionare correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del sistema di blocco, non avviene correttamente, e il sistema di blocco non può attivarsi correttamente
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: bullone (pretensionatore esterno)

Funzione: trattiene staffa e housing, e inoltre collega il pretensionatore a una piastra d'ancoraggio o al telaio del veicolo

1] Modalità di guasto: sgancio tra staffa e housing

Effetti:

- il pretensionamento della cintura non avviene nel modo corretto, e durante l'urto l'utilizzatore può scivolare dal contenimento della cintura, andando ad urtare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

  a) la filettatura della vite e del dado del bullone è usurata; l'accoppiamento tra dado e vite non è quella corretta

Provvedimenti preventivi:

- dopo la produzione delle viti e dadi del componente, si va verificare tramite un'ispezione visiva, su tutti gli elementi prodotti, se sulla loro filettatura superficiale ci sia un'usura visibile
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sulla filettatura della vite e del dado avviene un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- tramite l'ispezione visiva sulla filettatura del componente, dopo la sua produzione, si rileva un'usura, che porterà al disaccoppiamento tra dado e vite
- dopo la prova di corrosione si rileva che sulla filettatura del componente avviene una corrosione, che porta all'usura di quest'ultima
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=10*2=**20)**

b) produzione scorretta del componente per le sue dimensioni, che non permettono l'accoppiamento tra vite e dado e l'unirsi del componente con staffa e housing, e per le sue caratteristiche meccaniche, per cui ci possono essere delle cricche residue sulla vite che portano al suo fallimento

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la staffa e l'housing
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto, sia sulla vite, sia sul dado, si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) rottura o usura del componente per l'uso di un materiale troppo fragile, o che porta ad una rottura a fatica o ad un'usura costante per carichi ripetuti, o che corrode poiché non è chimicamente inerte nella zona di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo, il quale è uguale per la vite e per il dado; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura o a usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle due prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) deformazione plastica del componente, per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura nell'ambiente di utilizzo, che porta la vite e il dato a non unirsi correttamente e scollegarsi dalla staffa e housing

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a disaccoppiarsi da staffa e housing, causando il distacco di questi fra di loro
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a disaccoppiarsi da staffa e housing, causando il distacco di questi fra di loro

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

e) avvitamento errato tra la vite e il dado, del bullone

Provvedimenti preventivi:

- si calcola all'inizio della produzione il momento torcente ideale, per avvitare la vite e il dado del bullone, in modo tale da consentire il giusto accoppiamento tra staffa e housing. Quindi per ogni pretensionatore esterno si va a verificare tramite una misurazione, se il momento torcente, usato per l'avvitamento, è uguale a quello prestabilito da progettazione, con una certa tolleranza

Provvedimenti di rilevamento:

- il momento torcente misurato durante l'avviamento è diverso da quello indicato dal progetto
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=10*2=**20)**

2] Modalità di guasto: disaccoppiamento del collegamento tra pretensionatore e telaio della vettura

Effetti:

- un punto di ancoraggio della cintura viene meno, e quindi la cintura non riesce più a trattenere l'utilizzatore durante un urto, o arrestare il suo avanzamento in avanti durante una decelerazione brusca, questo porta quest'ultimo a urtare con una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non idonea, provocandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) la filettatura del bullone è usurata, l'accoppiamento tra dado e vite non è quella corretta

Provvedimenti preventivi:

- dopo la produzione delle viti e dadi del componente, si va verificare tramite un'ispezione visiva, su tutti gli elementi prodotti, se sulla loro filettatura superficiale ci sia un'usura visibile
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sulla filettatura della vite e del dado avviene un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- tramite l'ispezione visiva sulla filettatura del componente, dopo la sua produzione, si rileva un'usura, che porterà al disaccoppiamento tra dado e vite
- dopo la prova di corrosione si rileva che sulla filettatura del componente avviene una corrosione, che porta all'usura di quest'ultima
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=10*2=**20)**

b) deformazione plastica del componente, per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nell'ambiente di utilizzo di quest'ultimo, che porta la vite e il dato a non unirsi correttamente e scollegarsi dal pretensionatore e il telaio della vettura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a disaccoppiarsi dal telaio, causando il distacco del pretensionatore esterno dal telaio della vettura
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a disaccoppiarsi dal telaio, causando il distacco del pretensionatore esterno dal telaio della vettura

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) rottura del componente per l'uso di un materiale troppo fragile, o che porta ad una rottura a fatica o ad un’usura continua per carichi ripetuti, o che corrode poiché non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo, il quale è uguale per la vite e per il dado; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura o a usura durante l'utilizzo

- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle due prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) produzione scorretta del componente per le sue dimensioni, che non permettono l'accoppiamento tra vite e dado e l'unirsi del componente con il pretensionatore esterno e il telaio della vettura, e per le sue caratteristiche meccaniche, che porta questo ad avere delle cricche residue sulla vite che portano al suo fallimento

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il telaio della vettura
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto, sia sulla vite, sia sul dado, si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

Elemento: housing (pretensionatore esterno)

Funzione: contiene gli elementi del meccanismo che permette di retrarre il cavo

1] Modalità di guasto: contiene in modo errato gli elementi del meccanismo di pretensionamento

Effetti:

- nel momento della rilevazione dell'urto il pretensionamento della cintura non avviene nel modo corretto, e durante l'urto l'utilizzatore può scivolare al di fuori della cintura e colpire una parte interna del veicolo o

l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto, inoltre la forza generata dal bloccaggio, senza l'eliminazione dell'allentamento della cintura, può essere lesiva per quest'ultimo (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura del componente per il materiale adottato, troppo fragile, o che porta il componente ad una rottura a fatica per carichi ripetuti, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro andando a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], , e alla fine delle due prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura il componente, durante il suo utilizzo (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) produzione scorretta del componente per dimensione e geometria, che si discostano dal progetto iniziale, e per caratteristiche meccaniche e chimiche, come cricche residue sul componente, che portano ad un suo fallimento

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la staffa, il tubo, il cavo, e il bullone
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sull'housing avviene una rottura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta a rottura quest'ultimo

  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) deformazione plastica del componente, a causa di un materiale troppo duttile, o troppo sensibile alle variazioni di temperatura nell'area di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a disaccoppiarsi dagli elementi che deve collegare
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a disaccoppiarsi dagli elementi che deve collegare

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso

  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione scorretta del componente per dimensioni e geometria, i componenti del meccanismo di pretensionamento o fanno interferenza con quest'ultimo e non riescono a compiere le loro azioni, o i componenti del meccanismo di pretensionamento avendo uno spazio maggiore del dovuto si spostano dalla loro posizione di lavoro

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del cavo, con quello del bullone, con quello del tubo, e con quello della staffa, prima della produzione di questo, per verificare se questo si accoppi correttamente con questi, senza interferire con i movimenti del cavo, e mantenendo gli altri nella loro posizione idonea

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del cavo, tubo, bullone, e staffa, non va a buon fine, andando a ostacolare il corretto movimento del cavo, e a impedire il collegamento fra gli altri elementi
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: staffa (pretensionatore esterno)

Funzione: controlla l'angolo del cavo

1] Modalità di guasto: l'angolo del cavo è differente da quello prestabilito in progettazione

Effetti:

- il pretensionamento non avviene nel modo corretto, l'utilizzatore può riportare danni e lesioni nel momento di un urto, poiché può scivolare dalla cintura ed andare ad urtare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non idonea (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura del componente per la scelta del materiale utilizzato, che è troppo fragile per i carichi a cui è sottoposto il componente, o perché non idoneo a carichi ripetuti variabili che lo portano rottura a fatica, oppure questo va a corrodersi perché non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle due prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) produzione del componente non corretta, che non rispetta le caratteristiche di progetto, per dimensioni e geometria, che porta questo a non unirsi correttamente con gli altri componenti del pretensionatore esterno, e per caratteristiche meccaniche e chimiche, che causa rottura e/o deformazione del componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un

corretto montaggio di questo con l'housing, il cavo, e il bullone, in modo che l'angolo formato dal cavo sia uguale a quello indicato nel progetto
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, che possono portare il componente a rottura, causate da una lavorazione fallace
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sulla staffa avviene una rottura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto, e nel montaggio porta il cavo a formare un angolo diverso da quello stabilito dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo, che possono portare il componente a rottura
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta a rottura quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) deformazione plastica del componente per un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperature nella zona di utilizzo, che porta questo a disaccoppiarsi dall'housing o cambiare forma cambiando l'angolazione d'uscita del cavo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare la condizione di contatto con l'housing, andando di conseguenza a cambiare l'angolo di inclinazione del cavo
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare la condizione di contatto con l'housing, andando di conseguenza a cambiare l'angolo di inclinazione del cavo

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  d) progettazione errata del componente per dimensioni e geometria, che quindi comporta un accoppiamento errato con l'housing e anche una diversa angolazione d'uscita del cavo

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del cavo, con quello del bullone, e con quello dell'housing, prima della produzione di questo, per verificare se questo si accoppi correttamente con i questi, senza cambiare l'angolazione di uscita del cavo

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del cavo, bullone, e housing, non va a buon fine, andando a cambiare l'angolazione di uscita del cavo, rispetto alle specifiche di progetto
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

2] Modalità di guasto: il cavo può rimanere incastrato nell'elemento, cosicché non possa compiere la sua azione

Effetti:

- il pretensionamento della cintura non avviene nel modo corretto, e durante l'urto l'utilizzatore può scivolare dal contenimento della cintura, andando ad urtare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

  a) rottura del componente, che porta questo ad interferire con il cavo, per la scelta del materiale utilizzato, che è troppo fragile per i carichi a cui è sottoposto il componente, o perché non idoneo a carichi ciclici variabili che portano rottura a fatica, oppure non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo, e ciò porta quest'ultimo a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37]; sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura del componente, durante l'uso di questo

- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul componente avviene una corrosione, che porta a rottura quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  b) produzione del componente non corretta, che non rispetta le caratteristiche di progetto, per dimensioni e geometria, che porta questo a bloccare il cavo all'interno del componente, poiché rimane incastrato in quest'ultimo, che è troppo stretto per permettere una movimentazione del cavo, e per caratteristiche meccaniche e chimiche, che porta il componente o a rottura o a deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto accoppiamento di questo con il cavo, in modo che quest'ultimo non rimanga bloccato al suo interno
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, che possono portare il componente a rottura, causate da una lavorazione fallace
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sulla staffa avviene una rottura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto, e nel montaggio porta il cavo a rimanere bloccato al suo interno
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a rottura durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo, che possono portare il componente a rottura
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta a rottura quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  c) progettazione errata del componente per dimensioni e geometria, in particolare la parte interna in cui passa il cavo, che se troppo piccola non ne permette un corretto movimento

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del cavo, prima della produzione di questo, per verificare se questo si accoppi correttamente con quest'ultimo, senza che rimanga incastrato al suo interno

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del cavo, non va a buon fine, poiché quest'ultimo rimane bloccato all'interno del componente, senza possibilità di muoversi
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: pushnut [fermo per il bullone] (pretensionatore esterno)

Funzione: elemento che permette di bloccare il bullone nella posizione voluta

1] Modalità di guasto: non riesce a mantenere il bullone in posizione

Effetti:

- il bullone non rimane in posizione, e quindi non riesce a mantenere il pretensionatore ancorato al telaio della vettura, questo porta la cintura a non avere un punto di ancoraggio, e quindi questa non può trattenere l'utilizzatore nel caso di un urto o di una decelerazione brusca del veicolo, e questo porta l'utilizzatore ad andare ad impattare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente per la scelta del materiale utilizzato, che è troppo fragile per i carichi a cui è sottoposto il componente, o perché non idoneo a carichi ripetuti che lo portano ad una rottura a fatica o ad un'usura costante, o perché non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo andando a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura o a usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38] , e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che non permette più il contatto tra l'elemento e il bullone, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura nell'area di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a distaccarsi dal bullone, e non lo ancora alla struttura del pretensionatore esterno
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a distaccarsi dal bullone, e quindi a non ancorarlo alla struttura del pretensionatore esterno

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione scorretta del componente per la sua dimensione e geometria, che induce un accoppiamento non corretto di questo con la vite del bullone, e per caratteristiche meccaniche e chimiche, che causa delle cricche residue sul componente che possono portare a rottura di quest'ultimo o deformazione plastica o usura del componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il bullone, per mantenere quest'ultimo in posizione
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sul pushnut avviene una rottura o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta a rottura o a usura quest'ultimo

(**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione scorretta del componente per dimensione e geometria, il quale non riesce ad accoppiarsi alla vite del bullone

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del bullone, prima della produzione di questo, per verificare se questo si accoppi correttamente con questo, in modo da bloccarlo nella posizione prestabilita

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del bullone non va a buon fine, andando a impedire il corretto collegamento di quest'ultimo con staffa e housing, poiché non viene bloccato in posizione fra essi
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: rivetto di antirotazione (pretensionatore esterno)

Funzione: elemento di bloccaggio, che non permette la rotazione della staffa rispetto all'housing

1] Modalità di guasto: non blocca la rotazione della staffa rispetto all'housing

Effetti:

- il pretensionamento non avviene nel modo corretto, l'utilizzatore può riportare danni e lesioni nel momento di un urto, poiché può scivolare dalla cintura ed andare ad urtare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non idonea (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente per la scelta del materiale utilizzato, che è troppo fragile per i carichi a cui è sottoposto il componente, o perché non idoneo a carichi ciclici variabili che lo portano ad una rottura a fatica o ad un'usura, o che è chimicamente non inerte nell'ambiente di utilizzo andando a corrosione

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura o a usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente durante l'uso di questo

- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  b) produzione del componente non corretta che non rispetta le caratteristiche di progetto, per dimensioni e geometrie, che porta questo a non unirsi in modo valido con staffa e housing, e per caratteristiche meccaniche e chimiche, che porta questo o a rottura, o a usura, o a deformarsi plasticamente, durante la lavorazione, o durante il suo utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la staffa e l'housing
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sul rivetto di antirotazione avviene una rottura o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a usurarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta a rottura o a usura quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  c) progettazione scorretta per dimensione e geometria del componente, che se non idonea non permette l'accoppiamento con staffa e housing

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo dell'housing e quello della staffa, prima della produzione di questo, per verificare se questo si accoppi correttamente con questi, bloccando la rotazione della staffa rispetto all'housing

Provvedimenti di rilevamento:

- l’accoppiamento del prototipo del componente con quello dell’housing e con quello della staffa non va a buon fine, lasciando la staffa libera di muoversi rispetto all'housing
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: ghiera (pretensionatore esterno)

Funzione: tende la fibbia, e di conseguenza questa mette in tensione la cintura

1] Modalità di guasto: la tensione apportata alla fibbia non è idonea o per modulo o per direzione

Effetti:

- il pretensionamento della cintura non avviene nel modo corretto nel momento del rilevamento dell'urto, quindi l'utilizzatore non viene trattenuto in modo idoneo, e può scivolare dalla cintura e urtare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura non totale, che non la scollega dalla fibbia e dal cavo, o usura del componente per la scelta del materiale utilizzato, che è troppo fragile per i carichi a cui è sottoposto il componente, o che non idoneo a carichi ciclici che portano ad una rottura a fatica o ad un'usura, o che non è chimicamente inerte nell'area di lavoro portando il componente a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura non totale o a usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37]; sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38] e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura non totale, o all'usura del componente durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del materiale, che causa un contatto non ottimale con la fibbia, per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura nell'ambiente di lavoro

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a collegarsi in una maniera diversa con la fibbia, andandola a tensionare in modo scorretto in caso di attivazione del pretensionatore esterno

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a collegarsi in una maniera diversa con la fibbia, andandola a tensionare in modo scorretto, in caso di attivazione del pretensionatore esterno

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente non corretta, che si discosta dalle dimensioni e geometrie del progetto, causando un contatto con la fibbia non ideale, e anche dalle proprietà meccaniche e chimiche di progetto, portando il componente a deformarsi o usurarsi o rompersi parzialmente mantenendo comunque un contatto con la fibbia

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il mandrino, con il cavo, e con la fibbia, in modo da non cambiare le condizioni del tensionamento sulla fibbia
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sulla ghiera avviene una rottura non totale o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto di produzione a deformarsi o a rompersi non totalmente durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo, che cambiano le condizioni di tensionamento sulla fibbia
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta a rottura non totale, o a usura quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente non corretta per geometria e dimensione, il gancio della ghiera non viene a trovarsi parallelo al cavo

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del cavo e con quello del mandrino, prima della produzione di questo, per verificare se questo si accoppi correttamente con i due, e non rimanga con una direzione del movimento diversa rispetto a quella del cavo

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del cavo e del mandrino non va a buon fine, andando a impedire il corretto tensionamento della fibbia
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

2] Modalità di guasto: non riesce a tendere la fibbia

Effetti:

- nel momento della rilevazione dell'urto il pretensionamento della cintura non avviene, e durante l'urto l'utilizzatore può scivolare al di fuori della cintura e colpire una parte interna del veicolo o l'airbag con una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto, inoltre la forza generata dal bloccaggio, senza l'eliminazione dell'allentamento della cintura, può essere lesiva per quest'ultimo (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura del componente per la scelta del materiale utilizzato, che è troppo fragile per i carichi a cui è sottoposto il componente, o perché non idonei a carichi ciclici variabili che lo portano a rottura a fatica

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura durante l'utilizzo

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura del componente durante l'uso di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) produzione del componente non corretta, che si discosta dalle dimensioni e geometrie del progetto che non permettono l'accoppiamento con la fibbia, e per le caratteristiche meccaniche e chimiche, dove rimangono delle cricche che possono poi portare al fallimento del componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la fibbia, il mandrino, e con il cavo

- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, che possono portare il componente a rottura, causate da una lavorazione fallace
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sulla ghiera avviene una rottura o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto, e ciò non permette l'accoppiamento con la fibbia e/o il cavo
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano su di questo delle cricche e scheggiature evidenti superficiali, che possono portare il componente a rottura
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta a rottura, o a usura quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) progettazione errata del componente per le sue dimensioni e geometria, che fanno sì che il componente non si accoppi con il cavo o la fibbia

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del cavo, con quello del mandrino, e con quello della fibbia, prima della produzione di questo, per verificare se questo si accoppi correttamente con i loro

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del cavo e della fibbia non va a buon fine, andando a impedire il tensionamento della fibbia
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: mandrino (pretensionatore esterno)

Funzione: mette in collegamento il cavo con la ghiera

1] Modalità di guasto: il collegamento tra ghiera e cavo non avviene

Effetti:

- nel momento della rilevazione dell'urto il pretensionamento della cintura non avviene, e durante l'urto l'utilizzatore può scivolare al di fuori della cintura e colpire una parte interna del veicolo o l'airbag con una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto, inoltre la forza generata dal bloccaggio, senza l'eliminazione dell'allentamento della cintura, può essere lesiva per quest'ultimo (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente per la scelta del materiale utilizzato, che è troppo fragile per i carichi a cui è sottoposto il componente, o che non idoneo a carichi ciclici variabili che lo portano a rottura a fatica o a usurarsi, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo andando a corrosione

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura o a usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del materiale, che causa la separazione di questo dal cavo e la ghiera, per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura nell'area di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni del collegamento tra il cavo e la ghiera
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni del collegamento tra il cavo e la ghiera

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente non corretta, che si discosta dalle dimensioni e geometrie del progetto, portando alla separazione di questo dal contatto con la ghiera e il cavo, e che non rispetta le caratteristiche meccaniche e chimiche di progetto, avendo delle cricche residue che portano al fallimento del componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la ghiera e con il cavo
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il pretensionatore esterno, e si va a verificare se sul mandrino avviene una rottura o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione, si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta a rottura o a usura quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione scorretta del componente per la sua dimensione e geometria, che se questo è troppo grande o troppo piccolo non si accoppia con ghiera e cavo

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del cavo e con quello della ghiera, prima della produzione di questo, per verificare se questo si accoppi correttamente con i due

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del cavo e della ghiera non va a buon fine, andando a impedire il corretto collegamento tra ghiera e cavo, e di conseguenza questo impedisce l'accoppiamento tra fibbia e pretensionatore esterno
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: riavvolgitore

Funzione: riavvolge la cinghia quando questa viene slacciata

1] Modalità di guasto: il riavvolgimento della cinghia da parte del riavvolgitore, viene fatto con una forza di riavvolgimento non idonea, non ritraendo la cinghia nella posizione di riposo o di non utilizzo

Effetti:

- la cintura non viene retratta completamente, e rimanendo sull'utilizzatore, infastidisce i movimenti di quest'ultimo (**S**=**5**)

Cause:

a) la molla di riavvolgimento non riesce a far riavvolgere con la forza dovuta l'albero

Provvedimenti preventivi:

- sganciata la fibbia per sbloccare la linguetta, il riavvolgitore deve poter riavvolgere da solo e completamente la cinghia dopo la prova di resistenza sul riavvolgitore (regolamento n.16 [UNECE])[1], dove la cinghia viene srotolata dal riavvolgitore e riavvolta su di esso fino al completamento di 40000 cicli, ad un ritmo non superiore a 30 cicli al minuto, e ad ogni 5 cicli si dà uno strappo per causare il bloccaggio del riavvolgitore; gli strappi devono essere dati in numero uguale a ciascuna delle 5 posizioni diverse, che sono al 90, all'80, al 75, al 70 e al 65 per cento della lunghezza totale della cinghia rimasta avvolta sul riavvolgitore. In seguito, il riavvolgitore va poi sottoposto alla prova di corrosione (regolamento n.16 [UNECE]), e alla prova di resistenza alla polvere (regolamento n.16 [UNECE]). Alla fine, il riavvolgitore deve essere sottoposto ad altri 5000 cicli di riavvolgimento (per un totale di 45000 cicli), e il riavvolgitore dopo di ciò si deve comportare come da specifiche. Questa prova viene fatta su un numero di componenti scelti in fase di progettazione dal team della qualità, in base alla produzione giornaliera
- si prova il riavvolgitore di ogni cintura prodotta, andando a slacciare la linguetta dalla fibbia, e andando a rilevare se questo ritira la cinghia nella sua posizione di riposo

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo la prova di resistenza sul riavvolgitore, questo non riesce a riavvolgere completamente la cinghia
- il riavvolgitore non ritira la cinghia nella sua posizione di riposo, dopo che si è slacciata la linguetta (**D**=**3 RPN normalizzato**=5*3=**15)**

Funzione: rimuove l'allentamento della cinghia rispetto al passeggero, quando questa viene allacciata

1] Modalità di guasto: la rimozione dell'allentamento della cinghia sul passeggero non avviene

Effetti:

- la cinghia ridondante va ad ostacolare i movimenti dell'utilizzatore durante la guida, il che porta ha un discomfort per lo stesso utilizzatore (**S**=**6**)

Cause:

a) la molla di riavvolgimento non si attiva, e quindi non riavvolge l'albero, il quale non ritira la parte della cinghia ridondante

Provvedimenti preventivi:

- test della forza di riavvolgimento della cinghia (regolamento n.16 [UNECE]) [1]; la forza è misurata sulla lunghezza libera tra il manichino e il rinvio della cinghia (anello oscillante), nel punto di contatto con il manichino, da una cella di carico (si usa la struttura di prova della prova dinamica, non messa in movimento), e questa non deve essere inferiore a 0,05 daN, né superiore a 0,7 daN, mentre la cinghia viene riavvolta alla velocità di circa 0,6 m/min.

- prima della prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1], il manichino seduto, vestito con una maglietta di cotone, deve essere inclinato in avanti fino a quando non vengano srotolati dal riavvolgitore 350 mm della cinghia, e questo va poi riportato nella posizione iniziale; il riavvolgitore dopo questa azione deve essere in grado di mantenere la cintura ben tesa sul tronco

Provvedimenti di rilevamento:

- la forza misurata nel test della forza di riavvolgimento della cinghia è minore di 0,05 daN
- dopo che il manichino è riportato nella sua posizione iniziale, l'allentamento della cinghia non viene recuperato dal riavvolgitore, e la cintura non rimane tesa su di esso
  (**D**=**4 RPN normalizzato**=6*4=**24)**

Funzione: blocca lo srotolamento della cinghia, quando si è in presenza di una decelerazione del veicolo, o quando la cinghia viene srotolata con una velocità troppo elevata

1] Modalità di guasto: il riavvolgitore non blocca lo srotolamento della cinghia, nel momento in cui il veicolo arriva alla decelerazione limite

Effetti:

- in caso di urto o decelerazione del veicolo, l'utilizzatore non essendo trattenuto dalla cinghia va ad urtare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, e di conseguenza va a riportare dei danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) uno o più elementi attivi del sistema di bloccaggio, relativi al bloccaggio a causa della decelerazione del veicolo, non si attivano correttamente, per una rottura o deformazione di un componente, o perché il sistema di bloccaggio è mal progettato, o i suoi componenti mal prodotti

Provvedimenti preventivi:

- prova di bloccaggio del riavvolgitore per decelerazione del veicolo (regolamento n.16 [UNECE]) [1], il riavvolgitore va provato su un macchinario apposito, descritto nell'allegato 4 del regolamento, dopo che la cinghia sia stata srotolata per tutta la sua lunghezza meno 300 mm ± 3 mm; il dispositivo deve bloccarsi quando la decelerazione del veicolo raggiunge 0,45 g per riavvolgitori di tipo 4 e 0,85 g per riavvolgitori di tipo 4N; inoltre la lunghezza della cinghia che può essere srotolata prima che il riavvolgitore si blocchi non deve superare 50 mm rispetto alla lunghezza iniziale della prova

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla prova di bloccaggio del riavvolgitore per decelerazione del veicolo, si rileva che non si attiva il sistema di bloccaggio mediato dalla decelerazione del veicolo al raggiungimento del valore della sua decelerazione limite, o viene srotolata la cinghia per più di 50 mm prima che avvenga il bloccaggio, nel momento in cui si arriva al valore di decelerazione limite
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

2] Modalità di guasto: il riavvolgitore blocca lo srotolamento della cinghia con un'accelerazione subita dalla cinghia minore del limite prestabilito per il riavvolgitore

Effetti:

- scomodità per l'utilizzatore, poiché i suoi movimenti durante l'avanzamento del veicolo sono limitati (**S**=**6**)

- viene complicata l'azione dell'utilizzatore, nel momento in cui questo vuole mettersi la cintura (**S**=**5**)

Cause:

a) la calibrazione della molla (sensore della cinghia) non è stata fatta correttamente, e questa va ad attivare in modo scorretto il disco d'inerzia, che attiva il sistema di bloccaggio

Provvedimenti preventivi:

- test del sistema di bloccaggio del riavvolgitore mediato dall'accelerazione della cinghia (1) (regolamento n.16 [UNECE]) [1]; all'inizio della prova, dal riavvolgitore la cinghia deve essere srotolata per tutta la sua lunghezza meno 300 mm ± 3 mm, successivamente il dispositivo non deve bloccarsi quando la cinghia subisce un'accelerazione, misurata nella direzione di estrazione della cinghia stessa, inferiore a 0,8 g per un riavvolgitore di tipo 4, o di 1 g per un riavvolgitore di tipo 4N; inoltre il bloccaggio non deve verificarsi nei 50 mm di srotolamento della cinghia, partendo dalla lunghezza iniziale

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test del sistema di bloccaggio del riavvolgitore mediato dall'accelerazione della cinghia (1), si rileva che questo si attiva prima dei valori limite di accelerazione della cinghia, o blocca lo scorrimento della cinghia prima che siano stati srotolati 50 mm di questa rispetto, alla condizione iniziale
- (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

3] Modalità di guasto: il riavvolgitore non blocca lo srotolamento della cinghia nel momento in cui l'accelerazione della cinghia, misurata nella direzione di estrazione della stessa, raggiunge il valore limite

Effetti:

- l'utilizzatore non essendo trattenuto dalla cinghia va ad urtare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, e di conseguenza va a riportare dei danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) uno o più elementi attivi del sistema di bloccaggio, relativi al bloccaggio a causa dell'accelerazione subita dalla cinghia, non si attivano correttamente, per rottura o deformazione di un elemento, o per una scorretta progettazione o produzione di uno di questi, o dell'intero sistema di bloccaggio

Provvedimenti preventivi:

- test del sistema di bloccaggio del riavvolgitore mediato dall'accelerazione della cinghia (2) (regolamento n.16 [UNECE]) [1]; all'inizio della prova, dal riavvolgitore la cinghia deve essere srotolata per tutta la sua lunghezza meno 300 mm ± 3 mm, successivamente il dispositivo deve bloccarsi se l'accelerazione della cinghia, misurata nella direzione di estrazione della stessa, è pari o superiore a 3,0 g; inoltre la lunghezza della cinghia che può essere srotolata prima che il riavvolgitore si blocchi non deve superare 50 mm rispetto alla lunghezza iniziale della prova

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test del sistema di bloccaggio del riavvolgitore mediato dall'accelerazione della cinghia (2), si rileva che questo non si attiva quando l'accelerazione della cinghia arriva al suo valore limite, o viene srotolata la cinghia per più di 50 mm prima che avvenga il bloccaggio, nel momento in cui si arriva al valore di decelerazione limite
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

4] Modalità di guasto: il riavvolgitore blocca lo srotolamento della cinghia, anche se il veicolo non raggiunge la decelerazione limite

Effetti:

- scomodità per l'utilizzatore, poiché i suoi movimenti durante l'avanzamento del veicolo sono limitati (**S**=**6**)

Cause:

a) il sensore di accelerazione non è calibrato correttamente, e va ad attivare il sistema di bloccaggio

Provvedimenti preventivi:

- prova di bloccaggio del riavvolgitore per decelerazione del veicolo (regolamento n.16 [UNECE]) [1]

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla prova di bloccaggio del riavvolgitore per decelerazione del veicolo, si rileva che si attiva il sistema di bloccaggio mediato dalla decelerazione del veicolo prima del raggiungimento del valore della sua decelerazione limite
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

Funzione: mette in tensione la cinghia eliminando l'allentamento di questa prima di un urto

1] Modalità di guasto: il tensionamento preventivo della cinghia prima dell'urto non avviene, o avviene ma non permette il contenimento dell'utilizzatore

Effetti:

- il tempo di ride-down per l'utilizzatore è minore, e quindi può andare a colpire una parte interna del veicolo, o venire a contatto con l'airbag in maniera scorretta, e ciò comporta sull'utilizzatore danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) uno o più elementi attivi del pretensionatore interno non si attivano correttamente, per la rottura o deformazione di uno o più elementi, o per una progettazione o produzione non corretta del sistema del pretensionatore interno o di un suo elemento

Provvedimenti preventivi:

- test di performance dopo il condizionamento del pretensionatore (regolamento n.16 UNECE) [1], che viene effettata su il riavvolgitore completo. Alla fine della prova il componente deve continuare a funzionare come previsto dalle specifiche e non attivarsi durante la prova.
- test di performance del componente dopo la prova di corrosione (regolamento n.16 UNECE) [1], questo viene attivato, e deve funzionare come indicato dalle specifiche di progettazione. Vengono usati i riavvolgitori con pretensionatori interni delle cinture su cui si è fatta la prova di corrosione; quindi il numero di componenti testati dipende dalla scelta in fase di progettazione, fatto dal team della qualità, di quante cinture testare, in base al ritmo della produzione

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo la prova di condizionamento l'attivazione del pretensionatore interno non avviene, o non avviene nei termini delle specifiche di progetto
- l'attivazione del pretensionatore interno durante il test di performance del componente dopo la prova di corrosione non avviene, o non avviene nei termini delle specifiche di progetto
  (**D**=**4 RPN normalizzato**=10*4=**40)**

2] Modalità di guasto: avviene il tensionamento della cinghia, anche se non viene rilevato nessun urto

Effetti:

- porta un fastidio molto forte all'utilizzatore durante la guida, poiché limita le possibilità di movimento di questo all'interno dell'abitacolo (**S**=**7**)

Cause:

a) il generatore di gas si attiva senza un impulso derivante dal sensore di rilevazione di un urto

Provvedimenti preventivi:

- test di vibrazione e temperatura (ISO 14451-2) [35], svolto sull'intero sistema del riavvolgitore
- prova di condizionamento del pretensionatore (regolamento n.16 UNECE) [1] che viene effettata su il riavvolgitore completo. Alla fine della prova il componente deve continuare a funzionare come previsto dalle specifiche e non attivarsi durante la prova.
- test ciclico dell'umidità termica (ISO 14451-2) [35], svolto sull'intero sistema del riavvolgitore
- prova di scarica elettrostatica (ISO 14451-2) [35], svolto sulla superficie esterna sistema del riavvolgitore

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo o durante il test di vibrazione e temperatura avviene l'attivazione del pretensionatore interno
- durante la prova di condizionamento a causa dell'innalzamento della temperatura si attiva il pretensionatore interno del riavvolgitore
- durante il test climatico dell'umidità termica avviene l'ignizione del gas generator e si attiva il pretensionatore interno del riavvolgitore
- durante la prova di scarica elettrostatica avviene l'ignizione del gas generator, attivando il pretensionatore interno del riavvolgitore
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=7*2=**14)**

b) viene generato un impulso sul connettore non derivante dal sensore di rilevazione di un urto, che attiva il gas generator

Provvedimenti preventivi:

- controllo dell'isolamento del connettore rispetto a capacità parassite e a interferenze elettromagnetiche, e si misura, tramite un multimetro, andando a verificare se c'è un segnale di fondo sul connettore, di solito con frequenza di 50 Hz (frequenza rete elettrica), o radiodisturbi condotti ed irradiati prodotti da dispositivi aventi le seguenti funzioni: motori, dispositivi di commutazione e dispositivi di regolazione, con frequenze da 150 kHz a 30 MHz

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la misurazione si trova un segnale di fondo con la frequenze cercate
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=7*1=**7)**

Elemento: copertura riavvolgitore lato molla di riavvolgimento (riavvolgitore)

Funzione: contiene al suo interno la molla di riavvolgimento

1] Modalità di guasto: la copertura va ad interferire con l'azione della molla di riavvolgimento bloccandola

Effetti:

- l'azione della molla di riavvolgimento è impedita, non viene rimosso l'allentamento residuo della cinghia ne viene ritirata la cinghia nel riavvolgitore, quando questa viene sganciata dalla fibbia, tutto ciò porta ad

un fastidio per l'utilizzatore, inoltre non eliminando l'allentamento si complica l'azione del bloccaggio della cintura in caso di decelerazione del veicolo (**S**=**6**)

Cause:

a) rottura del componente, che muovendosi dalla sua posizione ideale va a sovrapporsi alla molla di riavvolgimento, per l'uso di un materiale non idoneo, che può portare a frattura fragile o a rottura a fatica per carichi ripetuti, o che essedo non chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo va a degradarsi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porta all'usura o alla rottura del componente, durante il suo uso
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

b) deformazione plastica del componente, che va a sovrapporsi alla molla di riavvolgimento, dovuta ad un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura nell'area di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con la molla di riavvolgimento, sovrapponendosi all'azione di questa
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con la molla di riavvolgimento, e ciò comporta che questo si sovrapponga all'azione di questa

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

  c) la produzione del componente non rispetta le specifiche di progetto per dimensioni e geometrie, e questo porta ad un invadenza di quest'ultimo verso la molla di riavvolgimento, e per proprietà meccaniche e chimiche del materiale scelto, che porta questo a rottura o a deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la molla di riavvolgimento, e il telaio del riavvolgitore, in modo da non bloccare l'azione della molla di riavvolgimento
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sulla copertura del riavvolgitore a lato della molla di riavvolgimento, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

  d) la progettazione del componente è fallace per dimensioni è geometria, questo può comportare uno scorretto montaggio del componente nel riavvolgitore, e quindi interferenze con gli altri componenti nelle sue vicinanze

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo della molla di riavvolgimento, e con quello del telaio del riavvolgitore, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del telaio del riavvolgitore, e con quello della molla di riavvolgimento, non va a buon fine, poiché i movimenti di quest'ultima vanno ad interferire con la geometria del prototipo del componente
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=6*1=**6)**

Elemento: molla di riavvolgimento (riavvolgitore)

Funzione: ritira la cinghia nel riavvolgitore una volta che la linguetta viene sganciata dalla fibbia

1] Modalità di guasto: la cinghia non viene riavvolta quando la linguetta viene estratta dalla fibbia

Effetti:

- la cinghia rimane sull'utilizzatore, complicando così l'uscita dal veicolo di quest'ultimo (**S**=**5**)

Cause:

a) rottura del componente, che perde così la sua componente elastica, a causa di una materiale non idoneo, che porta a rottura fragile o rottura a fatica, o che non essendo chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro va a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=5*3=**15)**

b) il materiale usato non ha le caratteristiche elastiche che permettono di generare la forza richiesta per far ruotare l'albero del riavvolgitore

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo, tramite prove, come quella di trazione, si ricava da queste il coefficiente di elasticità del componente (rigidità), che deve essere conforme alle caratteristiche di progetto, ricavate da dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale, si ricava che il coefficiente di elasticità di questo non è conforme alle caratteristiche di progetto, ciò porta poi il componente a non ritirare la cinghia all'interno del riavvolgitore
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=5*3=**15)**

c) deformazione plastica del componente, poiché il materiale è troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nell'area di utilizzo di questo, che porta quest'ultimo ad interferire con gli elementi del riavvolgitore vicini, e di conseguenza la sua azione viene bloccata

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il buffer disc e la copertura del riavvolgitore a lato della molla di riavvolgimento, che causa un blocco dell'azione del componente
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il buffer disc e la copertura del riavvolgitore a lato della molla di riavvolgimento, che causa un blocco dell'azione del componente

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=5*3=**15)**

d) produzione del componente non corretta che non rispetta le specifiche di progetto per dimensioni e geometria, che cambiando possono portare il componente ad interferire non correttamente con gli elementi vicini, e per le proprietà meccaniche e chimiche del materiale che cambiano a causa di una lavorazione errata sul materiale di partenza, possono portare a cricche residue

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto accoppiamento di questo con il buffer disc, e la copertura del riavvolgitore a lato della molla di riavvolgimento, in modo da non causare problemi per la sua attivazione
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente

- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sulla molla di riavvolgimento, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questa
- si prova il riavvolgitore di ogni cintura prodotta, andando a slacciare la linguetta dalla fibbia, e andando a rilevare se la molla di riavvolgimento di questo ritira la cinghia nella sua posizione di riposo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
- la molla di riavvolgimento del riavvolgitore non ritira la cinghia nella sua posizione di riposo, dopo che si è slacciata la linguetta
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=5*3=**15)**

e) progettazione non corretta del componente per dimensione e geometria, che se non corrette portano ad un'interferenza con gli elementi vicini, bloccando l'azione del componente

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del buffer disc, e con quello della copertura del riavvolgitore a lato della molla di riavvolgimento, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, senza che vadano ad interferire tra di loro

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello della copertura del riavvolgitore a lato della molla di riavvolgimento, e con quello del buffer disc, non va a buon fine, poiché l'azionamento di questo va ad interferire con la geometria dei prototipi degli altri due elementi
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=5*1=**5)**

Funzione: rimuove l'allentamento residuo della cintura quando questa è in uso, e adatta automaticamente la cinghia al corpo dell'utilizzatore

1] Modalità di guasto: l'allentamento della cinghia quando questa è posizionata sul passeggero non viene rimosso

Effetti:

- discomfort per l'utilizzatore e peggioramento della funzione di bloccaggio della cintura nel caso di decelerazione del veicolo (**S**=**6**)

Cause:

a) rottura del componente, che perde così la sua componente elastica, a causa di una materiale non idoneo, che porta a rottura fragile o rottura a fatica, o che non essendo chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro va a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

b) deformazione plastica del componente, poiché il materiale è troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nella zona di utilizzo del componente, che porta quest'ultimo ad interferire con gli elementi del riavvolgitore vicini, e di conseguenza la sua azione viene bloccata

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il buffer disc e la copertura del riavvolgitore a lato della molla di riavvolgimento, che causa un blocco dell'azione del componente
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il buffer disc e la copertura del riavvolgitore a lato della molla di riavvolgimento, che causa un blocco dell'azione del componente

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

  c) il materiale usato non ha le caratteristiche elastiche che permettono di generare la forza richiesta per far ruotare l'albero del riavvolgitore

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo, tramite prove, come quella di trazione, si ricava da queste il coefficiente di elasticità del componente (rigidità), che deve essere conforme alle caratteristiche di progetto, ricavate da dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale, si ricava che il coefficiente di elasticità di questo non è conforme alle caratteristiche di progetto, ciò porta poi il componente a non ritirare la cinghia all'interno del riavvolgitore
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

  d) progettazione non corretta del componente per dimensione e geometria, che se non corrette portano ad un'interferenza con gli elementi vicini, bloccando l'azione del componente

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del buffer disc, e con quello della copertura del riavvolgitore a lato della molla di riavvolgimento, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, senza che vadano ad interferire tra di loro

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello della copertura del riavvolgitore a lato della molla di riavvolgimento, e con quello del buffer disc, non va a buon fine, poiché l'azionamento di questo va ad interferire con la geometria dei prototipi degli altri due elementi
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=6*1=**6)**

  e) produzione del componente non corretta che non rispetta le specifiche di progetto per dimensioni e geometria, che cambiando possono portare il componente ad interferire non correttamente con gli elementi vicini, e per le proprietà meccaniche e chimiche del materiale che cambiano a causa di una lavorazione errata sul materiale di partenza, possono portare a cricche residue

Provvedimenti preventivi:

- test della forza di riavvolgimento della cinghia (regolamento n.16 [UNECE]) [1], svolta sul riavvolgitore
- prima della prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1], il manichino seduto, vestito con una maglietta di cotone, deve essere inclinato in avanti fino a quando non vengano srotolati dal riavvolgitore 350 mm della cinghia, e questo va poi riportato nella posizione iniziale; il riavvolgitore, attraverso la molla di riavvolgimento, dopo questa azione deve essere in grado di mantenere la cintura ben tesa sul tronco
- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un

corretto accoppiamento di questo con il buffer disc, e la copertura del riavvolgitore a lato della molla di riavvolgimento, in modo da non causare problemi per la sua attivazione
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sulla molla di riavvolgimento, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questa

Provvedimenti di rilevamento:

- la forza misurata nel test della forza di riavvolgimento della cinghia, a causa della molla di riavvolgimento, è minore di 0,05 daN, che è il valore limite minimo della forza di riavvolgimento
- dopo che il manichino è riportato nella sua posizione iniziale, l'allentamento della cinghia non viene recuperato dalla molla di riavvolgimento del riavvolgitore, e la cintura non rimane tesa su di esso
- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

Elemento: buffer disc (riavvolgitore)

Funzione: contiene la molla di riavvolgimento, e ne guida il suo movimento

1] Modalità di guasto: il movimento della molla di riavvolgimento non viene guidato, ma viene bloccato

Effetti:

- l'azione della molla di riavvolgimento è impedita, non viene rimosso l'allentamento residuo della cinghia ne viene ritirata la cinghia nel riavvolgitore, quando questa viene sganciata dalla fibbia, tutto ciò porta ad un fastidio per il passeggero, inoltre non eliminando l'allentamento si complica l'azione del bloccaggio della cintura in caso di decelerazione del veicolo (**S**=**6**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che va a cambiare la sua conformazione e quindi a interferire con il movimento della molla di riavvolgimento bloccandolo, per l'uso di un materiale non idoneo, che può portare ad una rottura fragile o a fatica di quest'ultimo, o che essendo chimicamente non inerte porta il componente a degradarsi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porta all'usura o alla rottura del componente, durante il suo uso
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

b) la progettazione del componente è fallace per dimensioni è geometria, questo può comportare una scorretto montaggio del componente nel riavvolgitore, e quindi interferenze con gli altri componenti nelle sue vicinanze

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo della molla di riavvolgimento, e con quello del telaio del riavvolgitore, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del telaio del riavvolgitore, e con quello della molla di riavvolgimento, non va a buon fine, poiché i movimenti di quest'ultima viene bloccato
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=6*1=**6)**

c) deformazione plastica del componente, per l'uso di in materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nell'area di utilizzo del componente, il che comporta l'interferenza del componente con la molla di riavvolgimento, bloccando l'azione di quest'ultima

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con la molla di riavvolgimento, e ciò comporta che questa si blocchi all'interno della guida del componente
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con la molla di riavvolgimento, e ciò comporta che questa si blocchi all'interno della guida del componente

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

d) la produzione del componente non rispetta le specifiche di progetto per dimensioni e geometrie, che quindi non consente un assemblamento di questo con gli altri componenti del riavvolgitore, e per proprietà meccaniche e chimiche del materiale scelto, che porta il componente o a rottura, o a usura, o a deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la molla di riavvolgimento, e il telaio del riavvolgitore, in modo da non bloccare l'azione della molla di riavvolgimento
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sul buffer disc, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

Elemento: telaio riavvolgitore (riavvolgitore)

Funzione: elemento del riavvolgitore che viene ancorato al telaio della vettura

1] Modalità di guasto: disaccoppiamento con il telaio della vettura

Effetti:

- la cintura perde un punto di ancoraggio, e di conseguenza viene meno la sua funzione di trattenere l'utilizzatore durante un urto, che quindi subisce danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura del componente, che quindi non può più svolgere la sua funzione, per l'uso di un materiale non idoneo, che porta il componente ad una rottura fragile o ad una rottura a fatica, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo andando a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nella zona di utilizzo del componente, che porta questo a disaccoppiarsi con il bullone che lo lega al telaio della vettura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare la condizione dell'accoppiamento con il bullone, che lo lega al telaio della vettura
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare la condizione dell'accoppiamento con il bullone, che lo lega al telaio della vettura

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  c) produzione del componente non conforme alle specifiche di progetto, per geometrie e dimensioni, che causa un impossibilità di unione tra questo e il telaio della vettura, e per proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente a o rompersi o a deformarsi

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto accoppiamento di questo con il bullone e con il telaio della vettura
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sul telaio del riavvolgitore, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di esso
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  d) progettazione non corretta del componente per le sue dimensioni e la sua geometria, che porta questo a interferire con il telaio della vettura nella maniera scorretta, e a non potersi unire al bullone, e quindi a non collegarsi correttamente con questi

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento tra il prototipo del componente con il prototipo del bullone e con quello del telaio della vettura, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del telaio della vettura e con quello del bullone, non va a buon fine, e ciò comporta che il riavvolgitore non sarà ancorato alla vettura

(**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Funzione: fa da guida per il movimento rotatorio dell'albero per srotolare e arrotolare la cinghia

1] Modalità di guasto: overlap tra albero e il telaio, che blocca il movimento rotatorio dell'albero

Effetti:

- il funzionamento della cintura è compromesso, e quindi non può andare a trattenere l'utilizzatore in caso di urto, comportando ad esso traumi e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) avviene la rottura del componente nella zona di contatto tra questo e l'albero, poiché il carico generato dal tensionamento della cinghia sull'albero, che di conseguenza genera un carico sul componente, porta a frattura il componente se il materiale è troppo fragile, o rottura a fatica se il materiale non resiste a carichi ripetuti, o a rottura se il materiale nella zona del carico va a corrodersi, poiché non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo, nella zona di contatto con l'albero
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo, nella zona di contatto con l'albero
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente nella zona di contatto tra questo e l'albero, per l'uso del materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nella zona del componente

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare la condizione dell'accoppiamento con l'albero
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle

condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare la condizione dell'accoppiamento con l'albero

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente errata, non si rispettano le caratteristiche di progettazione per dimensione e geometria, che portano ad un impossibilità di un montaggio dei due elementi corretto, e per caratteristiche meccaniche e chimiche, che porta o a rottura o deformazione il componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto accoppiamento di questo con l'albero
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sul telaio del riavvolgitore, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto di produzione a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo, in particolare nella zona di contatto con l'albero
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di esso, in particolare nella zona di contatto con l'albero
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente, nella zona di contatto con l'albero, avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione errata del componente per dimensioni e geometria, che non permettono il corretto accoppiamento tra questo e l'albero

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento tra il prototipo del componente con il prototipo dell'albero, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello dell'albero, non va a buon fine, e ciò comporta che tra i due si generi un'overlap, che impedisce il movimento rotatorio dell'albero (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: bullone (riavvolgitore)

Funzione: va ad accoppiare il telaio del riavvolgitore con il telaio della vettura

1] Modalità di guasto: il telaio del riavvolgitore si svincola dal telaio della vettura

Effetti:

- la cintura perde un punto di ancoraggio, e di conseguenza viene meno la sua funzione di trattenere l'utilizzatore durante un urto o una brusca decelerazione, e quindi questo va ad impattare una parte interna del veicolo o con l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) la filettatura della vite e del dado del bullone è usurata; l'accoppiamento tra dado e vite non è quella corretta

Provvedimenti preventivi:

- dopo la produzione delle viti e dadi del componente, si va verificare tramite un'ispezione visiva, su tutti gli elementi prodotti, se sulla loro filettatura superficiale ci sia un'usura visibile
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a smontare il riavvolgitore, e si va a verificare se sulla filettatura della vite e del dado avviene un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- tramite l'ispezione visiva sulla filettatura del componente, dopo la sua produzione, si rileva un'usura, che porterà al disaccoppiamento tra dado e vite
- dopo la prova di corrosione si rileva che sulla filettatura del componente avviene una corrosione, che porta all'usura di quest'ultima
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=10*2=**20)**

b) nel montaggio del bullone con gli altri due elementi (telaio della vettura e quello del riavvolgitore) l'avvitamento tra dado e vite non è fatto correttamente

Provvedimenti preventivi:

- si calcola all'inizio della produzione il momento torcente ideale, per avvitare la vite e il dado del bullone, in modo tale da consentire il giusto accoppiamento tra i telai della vettura e del riavvolgitore. Quindi per ogni riavvolgitore si va a verificare tramite una misurazione, se il momento torcente, usato per l'avvitamento, è uguale a quello prestabilito da progettazione, con una certa tolleranza

Provvedimenti di rilevamento:

- il momento torcente misurato durante l'avviamento è diverso da quello indicato dal progetto
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=10*2=**20)**

  c) produzione scorretta del componente per le sue dimensioni, che non permettono l'accoppiamento tra vite e dado e l'unirsi del componente con i telai della vettura e del riavvolgitore, e per le sue caratteristiche meccaniche e chimiche, per cui ci possono essere delle cricche residue sulla vite che portano al suo fallimento

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con i telai della vettura e del riavvolgitore
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto, sia sulla vite, sia sul dado, si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  d) rottura del componente per l'uso di un materiale troppo fragile, o per l'uso di un materiale che porta a rottura a fatica per carichi ripetuti, o che corrode poiché non è chimicamente inerte nella zona di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo, il quale è uguale per la vite e per il dado; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura o a usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  e) deformazione plastica del componente, per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nella zona di utilizzo del componente, che porta la vite e il dato a non unirsi correttamente e scollegarsi dai due telai

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a disaccoppiarsi da i telai della vettura e del riavvolgitore, causando il distacco di questi fra di loro
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a disaccoppiarsi da i telai del riavvolgitore e della vettura, causando il distacco di questi fra di loro

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

Elemento: bobina/albero (riavvolgitore)

Funzione: parte su cui la cinghia viene arrotolata e srotolata

1] Modalità di guasto: la cinghia si blocca e non si riesce ad arrotolarla e srotolarla, nel caso in cui il sistema di bloccaggio non è attivo

Effetti:

- la cintura è inutilizzabile, e in caso di urto o di una importante decelerazione del veicolo l'utilizzatore va ad impattare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che porta la cinghia ad incastrarsi nella zona usurata o rotta del componente, per la scelta errata del materiale usato, che è troppo fragile, o che non resiste a carichi ciclici, il che porta ad una rottura a fatica o ad una sua usura, o che è chimicamente non inerte causando corrosione di quest'ultimo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) la progettazione del componente è errata per le sue dimensioni e geometrie, che portano la cinghia a incastrarsi nel componente

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento tra il prototipo del componente con la cinghia, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, senza che la cinghia durante il suo srotolamento o arrotolamento si incastri nel componente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con la cinghia, non va a buon fine, e ciò comporta che quest'ultima si incastri con il componente, creando problemi per quanto riguarda lo srotolamento e l'arrotolamento di questa
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

c) produzione del componente scorretta, che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni, le geometrie e le proprietà meccaniche e chimiche, che porta o a rottura, o a usura il componente, o al suo scorretto montaggio con gli altri componenti

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto accoppiamento con la cinghia
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente

- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sull'albero, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a usurarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di esso
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

2] Modalità di guasto: overlap dell'albero con il telaio del riavvolgitore

Effetti:

- il funzionamento della cintura è compromesso, e quindi non può andare a trattenere l'utilizzatore in caso di urto o brusca decelerazione del veicolo, comportando che su di esso avvengano traumi e lesioni (**S**=**10**)

Cause:

a) deformazione plastica del componente nella zona di connessione tra questo e il telaio del riavvolgitore, che porta al disaccoppiamento tra i due, a causa di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nella zona del componente

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare la condizione dell'accoppiamento con il telaio del riavvolgitore
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare la condizione dell'accoppiamento con il telaio del riavvolgitore

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) rottura o usura del componente nella zona di connessione tra questo e il telaio del riavvolgitore, che porta al disaccoppiamento tra i due, a causa di un materiale troppo fragile, o che non resiste a carichi ciclici, il che porta ad una rottura a fatica o ad una sua usura, o che è chimicamente non inerte causando corrosione di quest'ultimo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, nella zona di contatto con il telaio del riavvolgitore, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo, nella zona di contatto con il telaio del riavvolgitore
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione scorretta del componente che non rispetta le caratteristiche di progetto, per dimensioni e geometria, che porta il componente a non accoppiarsi con il telaio del riavvolgitore, e per proprietà meccaniche e chimiche, che portano il componente a deformarsi o ad usurarsi

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto accoppiamento di questo con il telaio del riavvolgitore
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sull'albero, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo, nella zona di contatto con il telaio del riavvolgitore

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto

- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto di produzione a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo, nella zona di contatto con il telaio del riavvolgitore
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di esso, in particolare nella zona di contatto con il telaio del riavvolgitore
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo nella zona di contatto con il telaio del riavvolgitore
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente scorretta dove le dimensioni e geometrie di questo non si accoppiano con il telaio del riavvolgitore

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento tra il prototipo del componente con il prototipo del telaio del riavvolgitore, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del telaio del riavvolgitore, non va a buon fine, e ciò comporta che tra i due si generi un'overlap, che impedisce il movimento rotatorio del componente
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: guida per la cinghia (riavvolgitore)

Funzione: fa sì che la cinghia entri correttamente nel riavvolgitore

1] Modalità di guasto: la cinghia non entra o entra in modo scorretto nel riavvolgitore

Effetti:

- il riavvolgitore non riesce a svolgere la sua funzione, e l'utilizzatore non viene trattenuto dalla cintura di sicurezza durante un urto o una brusca decelerazione del veicolo, e quest'ultimo quindi può andare ad urtare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non idonea, procurandosi così danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura del componente che cambiando conformazione blocca lo scorrimento della cinghia all'interno del riavvolgitore, per l'uso di un materiale non idoneo, che porta ad una rottura da frattura fragile o a rottura a fatica per carichi ciclici, o che non essendo chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo va a degradarsi fino a rompersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, e alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le

caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porta all'usura o alla rottura del componente, durante il suo uso
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nella zona di utilizzo del componente, che porta al bloccaggio dello scorrimento della cinghia o porta ad uno scorrimento modificato di questa all'interno del riavvolgitore

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni di contatto con la cinghia, e ciò comporta che questa entri nel modo scorretto nel riavvolgitore
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni di contatto con la cinghia, e ciò comporta che questa entri nel modo scorretto nel riavvolgitore

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione scorretta del componente che non rispetta le caratteristiche di progetto per le sue dimensioni e geometrie, che causa l'impossibilità della cinghia di entrare nel riavvolgitore, e per le sue proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente o a rottura o a deformarsi

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto contatto di questo con la cinghia, in modo da non bloccare la movimentazione di questa rispetto al riavvolgitore

- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sulla guida per la cinghia, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione scorretta del componente per le sue dimensioni e geometrie, che possono impedire il corretto scorrimento della cinghia all'interno del riavvolgitore (per esempio se troppo piccolo il foro della guida non permette che la cinghia entri nel riavvolgitore)

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il telaio del riavvolgitore, e con la cinghia, prima della produzione di questo, per verificare se la cinghia scorra attraverso di esso e dentro al riavvolgitore nel modo corretto

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del telaio del riavvolgitore, e con la cinghia, non va a buon fine, poiché questa riesce a scorrere sul prototipo del componente
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: barra di torsione (riavvolgitore)

Funzione: garantisce che le forze sull'occupante siano limitate al limite di carico prestabilito, srotolando la cinghia fermata dal sistema di bloccaggio

1] Modalità di guasto: la cinghia non viene rilasciata quando si raggiunge il limite di carico durante la fase di bloccaggio

Effetti:

- il carico sull'utilizzatore, a causa della ritenuta della cintura, è troppo elevata, e questo porta a lesioni al torace e agli organi interni (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente dovuta alla scelta di un materiale non idoneo, troppo fragile o che non resiste a carichi ripetuti provocando una rottura a fatica o un'usurazione, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo andando a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) produzione scorretta del componente, che non rispetta le caratteristiche di progetto per dimensioni e geometria e proprietà meccaniche e chimiche, che portano questo a fallire per rottura, usura, deformazione plastica, o portano ad un montaggio del componente errato

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto accoppiamento con l'albero, il disco di bloccaggio, e gli altri elementi del sistema di limitazione del carico
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sulla barra di torsione, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questa

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto

- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a usurarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di esso
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) progettazione del componente errata per dimensioni e geometria, che non permettono al componente di accoppiarsi con gli altri elementi del sistema di limitazione di carico e con l'albero

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento tra il prototipo del componente con quello dell'albero, quello del disco di bloccaggio, e con quelli degli altri elementi del sistema di limitazione del carico, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello dell'albero, con quello del disco di bloccaggio, e con quelli degli altri elementi del sistema di limitazione del carico, non va a buon fine, e ciò comporta che quest'ultimo non si attivi quando si raggiunge il limite di carico durante la fase di bloccaggio
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

d) la calibrazione della torsione iniziale del componente non avviene nel modo corretto, ed è maggiore di quella ideale

Provvedimenti preventivi:

- durante la prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1] si misura la forza generata dalla ritenuta della cintura sul manichino, tramite celle di carico, e dalla misurazione si evince se la barra di torsione si è attivata nel modo corretto

Provvedimenti di rilevamento:

- il carico misurato sul manichino è maggiore, del carico limite a cui si attiva la barra di torsione (di solito 4 kN da letteratura)
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

e) deformazione plastica del componente, dovuta ad un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nella zona del componente, che cambia le condizioni del torsionamento del componente e il suo accoppiamento con gli altri elementi del sistema di limitazione di carico e l'albero

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a

cambiare la condizione dell'accoppiamento con l'albero, il disco di bloccaggio, e gli altri elementi del sistema di limitazione del carico, e a cambiare il suo torsionamento iniziale

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare la condizione dell'accoppiamento con l'albero, il disco di bloccaggio, e gli altri elementi del sistema di limitazione del carico, e a cambiare il suo torsionamento iniziale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

2] Modalità di guasto: rilascia la cinghia prima di raggiungere il limite di carico durate la fase di bloccaggio

Effetti:

- la cintura viene rilasciata troppo in anticipo, e di conseguenza l'utilizzatore va ad urtare contro l'airbag in un momento non idoneo e in una posizione scorretta, che porta questo a subire danni e lesioni nelle zone di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) la calibrazione della torsione iniziale del componente non avviene nel modo corretto, ed è minore di quella ideale

Provvedimenti preventivi:

- durante la prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1] si misura la forza generata dalla ritenuta della cintura sul manichino, tramite celle di carico, e dalla misurazione si evince se la barra di torsione si è attivata nel modo corretto

Provvedimenti di rilevamento:

- dal carico misurato sul manichino, si evince che la barra di torsione si attivata prima del carico limite (4 kN da letteratura)
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

Elemento: cuscinetto (riavvolgitore)

Funzione: connessione tra disco di bloccaggio e l'albero, e ne riduce l'attrito dovuto al loro contatto

1] Modalità di guasto: l'attrito tra disco di bloccaggio e l'albero non viene attenuato

Effetti:

- l'albero e il disco di bloccaggio nel lungo periodo vengono danneggiati, e la loro funzione viene meno, e ciò comporta che il bloccaggio della cintura non avviene nel modo corretto, e questa quindi non trattiene più l'utilizzatore che va ad urtare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura del componente per l'uso di un materiale non idoneo che porta ad una frattura fragile o ad una rottura a fatica

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura durante l'utilizzo

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura del componente, durante l'uso di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) usura del componente dovuta alla corrosione di questo da parte di un attacco chimico, perché non è stoccato correttamente, o perché il materiale usato non è compatibile nell'ambiente di lavoro di quest'ultimo, o per la lavorazione che deve subire per essere fabbricato

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, e alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porta all'usura del componente, durante il suo uso
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=10*2=**20)**

c) deformazione plastica del componente, per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nella zona di utilizzo, che porta quest'ultimo in una posizione non corretta rispetto agli altri due elementi con cui viene a contatto

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con l'albero e il disco di bloccaggio
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con l'albero e il disco di bloccaggio

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) produzione scorretta del componente che non rispecchia le caratteristiche di progettazione per quanto riguarda le geometrie, la dimensioni, che non permette l'accoppiamento di questo con gli altri due elementi, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente o a rottura, o a usurarsi, o a deformarsi

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il disco di bloccaggio, e l'albero
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sul cuscinetto, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

e) progettazione scorretta del componente per dimensioni e geometria, che portano quest'ultimo a non accoppiarsi con l'albero e il disco di bloccaggio

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo dell'albero, e con quello del disco di bloccaggio, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello dell'albero, e con quello del disco di bloccaggio, non va a buon fine, e ciò comporta che l'attrito tra questi due non viene attenuto (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: filo metallico (riavvolgitore)

Funzione: è parte del sistema di limitazione del carico, e protegge dalla pre-torsione della barra di torsione durante la fase di pretensionamento della cintura

1] Modalità di guasto: la pre-torsione della barra di torsione non viene bloccata

Effetti:

- l'attivazione della barra di torsione avviene prematuramente, e allentando la tenuta della cintura, può portare l'utilizzatore ad urtare l'airbag in una posizione non corretta, producendo su di esso lesioni e danni (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente per la scelta di un materiale non idoneo, che comporta o una frattura fragile, o rottura a fatica o una sua usura nel tempo, o una sua corrosione se questo non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) elasticità del componente non è adatta a generare la forza per evitare la pre-torsione della barra di torsione

Provvedimenti preventivi:

- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se la l'elasticità di questo sia compatibile con quella riportata dal progetto

Provvedimenti di rilevamento:

- dalle prove sul componente si rileva che l'elasticità di questo non è conforme alle caratteristiche di progetto, e non permette il controllo sulla pre-torsione della barra di torsione
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione scorretta del componente, che non rispecchia le caratteristiche di progetto, per le dimensioni, le geometrie, che cambia le condizioni di montaggio e quindi anche le condizioni del pre-tensionamento, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente o a rottura, o a usura, o ancora a cambiare le sue condizioni di elasticità

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto accoppiamento con gli altri elementi del sistema di limitazione del carico
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sul filo metallico, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a usurarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di esso
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione scorretta del componente scorretta per dimensioni e geometria, che non permette al componente di accoppiarsi alla barra di torsione ed essere contenuto nel cage

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento tra il prototipo del con quelli degli altri elementi del sistema di limitazione del carico, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli degli altri elementi del sistema di limitazione del carico, non va a buon fine, e ciò comporta che quest'ultimo non si attivi quando avviene la pre-torsione della barra di torsione
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: cage (riavvolgitore)

Funzione: va a contenere gli elementi che fanno parte del sistema di limitazione del carico esercitato dalla cintura sul passeggero, come il filo metallico, il cuscinetto, e barra di torsione

1] Modalità di guasto: l'elemento non va a contenere correttamente gli elementi del sistema di limitazione del carico, e inoltre va ad interferire con il movimento di questo quando è in funzione, e non ne permette un corretto funzionamento

Effetti:

- la barra di torsione non si attiva correttamente, e il carico sull'utilizzatore è maggiore del carico massimo che questo può sostenere, e quindi quest'ultimo riporta dei danni e lesioni nella zona di ritenuta (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente dovuta all'uso di un materiale non corretto, troppo fragile o che va a rottura a fatica o a usurarsi per i carichi in gioco, o che non è chimicamente inerte nella zona di utilizzo andando a degradarsi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, e alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porta all'usura o alla rottura del componente, durante il suo uso
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che modificando la sua conformazione va ad interferire con gli altri elementi del sistema di limitazione del carico, per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nella zona del componente

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni

tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con gli altri elementi del sistema di limitazione del carico, andando a interferire con le loro azioni
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con gli altri elementi del sistema di limitazione del carico, andando a interferire con le loro azioni

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente scorretta, che non rispetta le caratteristiche di progetto, per la sue dimensioni e geometrie, che porta ad uno scorretto accoppiamento tra questo e gli altri elementi del sistema di limitazione di carico, e per le sue proprietà meccaniche e chimiche, che causa o la rottura, o l'usura, o la deformazione plastica del componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con gli altri elementi del sistema di limitazione del carico, in modo da non bloccare l'azione di questi ultimi
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sul cage, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo

- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  d) progettazione scorretta delle dimensioni e geometrie del pezzo, che non permettono a questo di venire montato correttamente con gli altri elementi del sistema di limitazione del carico

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con gli altri prototipi del sistema di limitazione del carico, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli degli altri componenti del sistema di limitazione del carico, non va a buon fine, poiché le azioni di questi ultimi vengono impedite
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: disco di bloccaggio (riavvolgitore)

Funzione: la sua geometria controlla l'orientamento del nottolino di bloccaggio

1] Modalità di guasto: l'orientazione del nottolino non viene guidata dalla geometria dell'elemento

Effetti:

- il bloccaggio del componente, e di conseguenza il bloccaggio della cintura non avviene in caso di decelerazione violenta o urto del veicolo, e questo porta l'utilizzatore ad andare ad impattare con una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni gravi (**S**=**10**)

Cause:

  a) produzione scorretta del componente che non rispetta le caratteristiche di progetto per le sue dimensioni e geometrie, che non permettono il corretto accoppiamento con il nottolino di bloccaggio, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che portano o ad un usura, o ad una rottura del componente nella zona di contatto con il nottolino

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il nottolino di bloccaggio, in modo che il movimento di uno sia dipendente dal movimento dell'altro
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente nella zona di contatto con il nottolino di bloccaggio
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sul disco di bloccaggio, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto di produzione a deformarsi o a rompersi durante il suo utilizzo, in particolare nella zona di contatto fra questo e il nottolino di bloccaggio
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo nella zona di contatto con il nottolino di bloccaggio
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo, in particolare sulla zona di contatto con il nottolino di bloccaggio
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) rottura o usura del componente nella zona di contatto tra questo e il nottolino, dove si genera il carico quando la cintura viene bloccata per la decelerazione improvvisa del veicolo, per l'uso di un materiale non corretto, troppo fragile o che non resiste a carichi ciclici andando a rottura a fatica o usurarsi, o che non essendo chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo corrode

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, nella zona di contatto tra questo e il nottolino di bloccaggio, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) progettazione del componente per dimensioni e geometrie errata, il nottolino di bloccaggio non si accoppia con il componente

Provvedimenti preventivi:

- si prova l'accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del nottolino di bloccaggio, prima della produzione di questo, per verificare se questi vadano a congiungersi correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del nottolino di bloccaggio, non va a buon fine, rimane un gioco troppo grande fra i due, che non permette la corretta movimentazione del prototipo del nottolino di bloccaggio, da parte del prototipo del componente
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

  d) deformazione plastica del componente nella zona di contatto con il nottolino di bloccaggio, dove si genera il carico nel momento del bloccaggio della cintura in caso di decelerazione del veicolo, o di accelerazione elevata di srotolamento della cinghia per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura nell'area di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il nottolino di bloccaggio, in modo da causare l'impossibilità di mediare l'orientazione di quest'ultimo da parte del componente
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il nottolino di bloccaggio, e questo causa l'impossibilità di mediare l'orientazione di quest'ultimo da parte del componente

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

Funzione: tramite il bloccaggio della sua rotazione, tramite il cuscinetto, si blocca anche la rotazione dell'albero e lo srotolamento della cinghia

1] Modalità di guasto: la rotazione del componete non si arresta, anche se attivati gli altri elementi del sistema di bloccaggio funzionano correttamente

Effetti:

- il bloccaggio del componente, e di conseguenza il bloccaggio della cintura non avviene in caso di decelerazione violenta o urto del veicolo, e questo porta l'utilizzatore ad andare ad impattare con una parte interna del veicolo o contro l'airbag in una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni gravi (**S**=**10**)

Cause:

  a) rottura o usura del componente, in particolare nella zona dell'accoppiamento con il nottolino di bloccaggio, per l'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile, o che va a rottura a fatica o si usura a causa di carichi ripetuti, o che è chimicamente non inerte nell'ambiente di utilizzo andando a corrosione

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, nella zona di contatto tra questo e il nottolino di bloccaggio, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente nella zona di contatto con il nottolino di bloccaggio, dove si genera il carico nel momento del bloccaggio della cintura in caso di decelerazione del veicolo, per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nella zona del componente

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il nottolino di bloccaggio, in modo da causare il fallimento del sistema di bloccaggio
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il nottolino di bloccaggio, e questo causa il fallimento del sistema di bloccaggio

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente non corretta che non rispetta le caratteristiche di progetto per dimensioni e geometrie, questo nella zona di contatto con il nottolino a un gioco con esso troppo grande, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che portano il componente o a usurarsi, o a rompersi, o a deformarsi nella zona di contatto con il nottolino di bloccaggio

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il nottolino di bloccaggio, in modo che quest'ultimo in fase di bloccaggio possa bloccare la rotazione del componente
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente nella zona di contatto con il nottolino di bloccaggio
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sul disco di bloccaggio, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto di produzione a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo, in particolare nella zona di contatto fra questo e il nottolino di bloccaggio
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo nella zona di contatto con il nottolino di bloccaggio
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo, in particolare sulla zona di contatto con il nottolino di bloccaggio (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione scorretta del componente, con dimensioni e geometrie scorrette, che non permettono l'accoppiamento con gli altri elementi del sistema di bloccaggio, i quali non riescono a esercitare una forza per bloccare la sua rotazione

Provvedimenti preventivi:

- si prova l'accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del nottolino di bloccaggio, prima della produzione di questo, per verificare se questi vadano a congiungersi correttamente, in modo tale che il nottolino di bloccaggio, in caso si attivi il sistema di bloccaggio, possa bloccare la rotazione del componente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del nottolino di bloccaggio, non va a buon fine, rimane un gioco troppo grande fra i due, che non permette la corretta attivazione del componente, in caso di attivazione del sistema di bloccaggio

(**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

2] Modalità di guasto: la rotazione del componente non avviene, anche se il sistema di bloccaggio non è attivato

Effetti:

- la cintura viene bloccata e non può essere indossata dall'utilizzatore, perché non può essere srotolata dal riavvolgitore, se il guasto avviene prima di mettersi in marcia con il veicolo (**S**=**6**)

- se il guasto avviene dopo che l'utilizzatore ha indossato la cintura di sicurezza e ha messo in moto il veicolo, i movimenti dell'utilizzatore all'interno del veicolo sono impossibilitati poiché la cintura viene bloccata (**S**=**6**)

Cause:

a) rottura o usura del componente nelle zone che permettono la rotazione di quest'ultimo, per la scelta di un materiale non idoneo, troppo fragile, o che porta ad una rottura a fatica o ad un'usura a causa di carichi ripetuti, o che è non chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo andando a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, nella zona di contatto tra questo e il nottolino di bloccaggio, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

b) deformazione plastica del componente, che porta questo a incastrarsi nell'housing del pretensionatore, per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura nell'ambiente di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a

cambiare le condizioni dell'accoppiamento con l'housing del pretensionatore, rimanendo bloccato con esso
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

c) produzione del componente non corretta che non rispetta le caratteristiche di progetto per dimensioni e geometrie, poiché se troppo grande questo rimane incastrato con gli elementi a lui vicini, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che portano il componente o a usurarsi, o a rompersi, o a deformarsi

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il l'housing del pretensionatore, in modo che il componente non abbia problemi con la sua rotazione
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sul disco di bloccaggio, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

d) progettazione scorretta del componente, con dimensioni e geometrie scorrette, che non permettono l'accoppiamento con gli altri elementi adiacenti nel riavvolgitore, i quali ne bloccano il movimento

Provvedimenti preventivi:

- si prova l'accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo dell'housing del pretensionatore, e con quelli degli elementi rotanti collegati a lui, prima della produzione di questo, per verificare se questi vadano a congiungersi correttamente, in modo tale che la rotazione non si blocchi, quando il sistema di bloccaggio non è attivo

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello dell'housing del pretensionatore, e con quelli degli altri elementi rotanti con cui viene a contatto, non va a buon fine, poiché questo va ad interferire con le geometrie degli altri componenti, bloccando la sua rotazione
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: nottolino di bloccaggio (riavvolgitore)

Funzione: interferisce con il profilo dentato dell'housing del pretensionatore per attivare il meccanismo di bloccaggio e bloccare la rotazione dell'albero, quindi lo srotolamento della cinghia, tramite il blocco della rotazione del disco di bloccaggio

1] Modalità di guasto: quando si attiva il sistema di bloccaggio, l'elemento non interferisce con il profilo dentato dell'housing del pretensionatore

Effetti:

- non blocca il movimento del disco di bloccaggio, e di conseguenza il bloccaggio della cintura non avviene in caso di decelerazione violenta o urto del veicolo, e questo porta l'utilizzatore ad andare ad impattare con una parte interna del veicolo o con l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni gravi (**S**=**10**)

Cause:

a) la superfice di contatto tra il componete e il profilo dentato è troppo piccola, e questo porta ad un'usura progressiva del componente in quella zona, che nel tempo non permette più il collegamento fra questi due

Provvedimenti preventivi:

- si simula, nel corso della progettazione, un accoppiamento tra il prototipo del componente e il profilo dentato di quello dell'housing del pretensionatore interno, e si valuta la superficie di contatto quando questi due vanno ad accoppiarsi

Provvedimenti di rilevamento:

- la superficie di contatto, rilevata dalla simulazione dell'accoppiamento fra i due prototipi, non è idonea per supportare i carichi che si vengono a creare quando si attiva il sistema di bloccaggio, e il nottolino di bloccaggio si accoppia al profilo dentato dell'housing del pretensionatore interno
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

b) rottura o usura del componente per l'uso di un materiale troppo fragile, o che non resiste a carichi ripetuti portando ad una rottura a fatica o all'usura di questo nel tempo, o che essendo chimicamente non inerte porta questo a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) deformazione plastica del componente troppo accentuata, per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nell'ambiente di utilizzo, che porta questo a non congiungersi più con il profilo dentato

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il profilo dentato dell'housing del pretensionatore interno, che causa il fallimento del sistema di bloccaggio
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il profilo dentato dell'housing del pretensionatore interno, che causa il fallimento del sistema di bloccaggio

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste

(**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente scorretta per le geometrie e dimensioni, la forma del componente non è il negativo del dente del profilo dentato, o la sua larghezza è troppo grande per entrare nel negativo del dente del profilo dentato

Provvedimenti preventivi:

- si prova l'accoppiamento del prototipo del componente con il profilo dentato del prototipo dell'housing del pretensionatore interno, prima della produzione di questo, per verificare se questi vadano a congiungersi correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con il profilo dentato di quello dell'housing del pretensionatore interno non va a buon fine; il profilo del prototipo del componente non è uguale al negativo di un dente, del profilo dentato del prototipo dell'housing
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

e) produzione del componente che non rispetta le caratteristiche di progettazione, come le dimensioni e geometrie, che non portano all'unione dei due elementi, e le proprietà meccaniche chimiche, che possono portare o all'usura, o alla rottura o alla deformazione plastica dell'elemento

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto accoppiamento di questo con il profilo dentato dell'housing del pretensionatore interno, in modo da non causare problemi al funzionamento del sistema di bloccaggio
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sul nottolino di bloccaggio, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo

- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

2] Modalità di guasto: non riesce a bloccare la rotazione del disco di bloccaggio anche se va ad interferenza con il profilo dentato dell'housing del pretensionatore

Effetti:

- l'arresto del disco di bloccaggio, e di conseguenza il bloccaggio della cintura non avviene in caso di decelerazione violenta o urto del veicolo, e questo porta l'utilizzatore ad andare ad impattare con una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni gravi (**S**=**10**)

Cause:

a) produzione del componente che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le sue dimensioni e geometrie, che porta questo a non accoppiarsi al disco di bloccaggio, cosicché non possa esercitare una forza per bloccarne il movimento, e per le sue proprietà meccaniche e chimiche, che portano o all'usura, o alla rottura, o alla deformazione plastica del componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il disco di bloccaggio, in modo che il movimento di uno sia dipendente dal movimento dell'altro
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sul nottolino di bloccaggio, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) rottura o usura del componente per l'uso di un materiale troppo fragile, o che non resiste a carichi ripetuti provocando una rottura a fatica o un'usurazione, o che essendo chimicamente non inerte va a corrosione

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227)[37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) deformazione plastica del componente, per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nella zona del componente, che porta a disaccoppiarsi dal disco di bloccaggio

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il disco di bloccaggio, e questo causa il fallimento del sistema di bloccaggio
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il disco di bloccaggio, e questo causa il fallimento del sistema di bloccaggio

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste

(**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente scorretta per dimensioni e geometria, se questo e troppo piccolo il gioco con il disco di bloccaggio non permette di generare la forza per bloccare il movimento di quest'ultimo, quando il componente va ad interferenza con i profilo dentato dell'housing del pretensionatore

Provvedimenti preventivi:

- si prova l'accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del disco di bloccaggio, prima della produzione di questo, per verificare se questi vadano a congiungersi correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del disco di bloccaggio, non va a buon fine, rimane un gioco troppo grande fra i due, che non permette la corretta attivazione del disco di bloccaggio, in caso di attivazione del sistema di bloccaggio
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: molla di reset (riavvolgitore)

Funzione: aiuta il collegamento tra il nottolino di bloccaggio e il disco di bloccaggio, e tramite il movimento del disco di bloccaggio controlla l'orientazione del nottolino di bloccaggio

1] Modalità di guasto: il collegamento tra nottolino di bloccaggio e il disco di bloccaggio, in modo da guidare il loro orientamento, viene meno

Effetti:

- non guida più il nottolino di bloccaggio contro il profilo dentato dell'housing del pretensionatore, e quindi il bloccaggio della cintura in caso di urto o busca decelerazione del veicolo non avviene, questo comporta dei danni e lesioni all'utilizzatore che va ad impattare con parti interne del veicolo o contro l'airbag con una posizione non idonea (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura e usura del componente per l'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile, o che per carichi ripetuti porta a rottura a fatica e all'usura nel tempo di quest'ultimo, o essendo chimicamente non inerte porta a corrosione il componente

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la fabbricazione del componente, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica troppo importante del componente, che cambia il suo potere elastico, per l'uso di un materiale troppo duttile, o che dipende da una variazione di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni della sua elasticità, e quindi a cambiare l'orientamento tra nottolino di bloccaggio e disco di bloccaggio
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni della sua elasticità, e quindi a cambiare l'orientamento tra nottolino di bloccaggio e disco di bloccaggio

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente errata, la quale non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni, che portano questo a non avere la lunghezza adatta per collegare i due elementi, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che cambiano l'elasticità di questo, e quindi la mediazione dei movimenti tra i due elementi, che non è più quella corretta, e che possono portare all'usura, alla rottura e alla deformazione del pezzo

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto accoppiamento di questo con il disco di bloccaggio, e il nottolino di bloccaggio
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione

- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sulla molla di reset, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questa

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione non idonea del componente, per dimensioni, il che comporta che i due elementi non vengono collegati da quest'ultimo perché troppo corto, o che se troppo lungo abbia una componente elastica non conforme per legare i movimenti dei due elementi

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del disco di bloccaggio, e con quello nottolino di bloccaggio, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del nottolino di bloccaggio, e con quello del disco di bloccaggio, non va a buon fine, poiché la lunghezza del primo non è sufficiente per collegare gli altri due, o il primo essendo troppo lungo va a cambiare le sue caratteristiche elastiche, non andando ad orientare gli altri due in maniera corretta
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

Elemento: disco di frizione (riavvolgitore)

Funzione: quando la sua rotazione viene bloccata, attiva il nottolino di bloccaggio, attraverso la guida sul suo profilo

1] Modalità di guasto: il bloccaggio della rotazione dell'elemento non porta all'attivazione del nottolino di bloccaggio

Effetti:

- il bloccaggio della cintura in caso di urto o di una decelerazione brusca non avviene, di conseguenza l'utilizzatore non viene trattenuto dalla cintura e va ad urtare una parte interna del veicolo o l'airbag con una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni nella zona interessata dall'impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente nella zona della guida sul profilo, per l'uso di un materiale troppo fragile o che per cicli di carico ripetuti va a rottura a fatica o a usurarsi nel tempo, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo andando a degradarsi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porta all'usura o alla rottura del componente, durante il suo uso
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, in particolare nella zona della guida per il nottolino di bloccaggio, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile o che è molto sensibile per una variazione di temperatura nella zona di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento, tramite la sua guida, con il nottolino di bloccaggio
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento, tramite la sua guida, con il nottolino di bloccaggio

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente scorretta che non rispetta le caratteristiche di progetto, le sue dimensioni e geometrie, che portano la parte della guida a non accoppiarsi correttamente con il

perno del nottolino di bloccaggio, e le sue proprietà meccaniche e chimiche, che portano il componente a usurarsi, rompersi e deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il nottolino di bloccaggio, in modo da guidare i suoi movimenti
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sul disco di frizione, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto, in particolare per quanto riguarda le dimensioni della guida del componente
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto di produzione a deformarsi o a rompersi durante il suo utilizzo, in particolare nella zona della sua guida per il nottolino di bloccaggio
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo, in particolare nella zona della sua guida per il nottolino di bloccaggio
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo, in particolare nella zona della sua guida per il nottolino di bloccaggio (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione scorretta del componente per dimensioni e geometrie, il che porta ad uno scorretto accoppiamento tra questo e il nottolino di bloccaggio

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del nottolino di bloccaggio, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del nottolino di bloccaggio, non va a buon fine, poiché la sua guida non si accoppia con il perno del quest'ultimo
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Funzione: il suo profilo dentato si accoppia con il nottolino di controllo quando quest'ultimo viene attivato dal sensore di accelerazione

1] Modalità di guasto: accoppiamento tra i due elementi non avviene nel momento in ci viene attivato il sensore di accelerazione

Effetti:

- il bloccaggio della cintura mediato dal sensore di accelerazione in caso di urto o di una brusca decelerazione non avviene, e se il bloccaggio della cintura mediato dalla velocita di srotolamento della cinghia funziona, l'attivazione del bloccaggio della cintura avviene ugualmente (**S**=**5**)

- il bloccaggio della cintura mediato dal sensore di accelerazione in caso di urto o di una brusca decelerazione non avviene, e se il bloccaggio della cintura mediato dalla velocita di srotolamento della cinghia non funziona, il bloccaggio della cintura non avviene, e l'utilizzatore va urtare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni (**S**=**10**)

Cause:

a) il profilo dentato si rompe o si usura a causa di una superficie di contatto con il nottolino di controllo troppo piccola, che porta ad un carico troppo elevato sui due elementi

Provvedimenti preventivi:

- si simula, nel corso della progettazione, un accoppiamento tra il profilo dentato del prototipo del componente, e il prototipo del nottolino di controllo, e si valuta la superficie di contatto quando questi due vanno ad accoppiarsi

Provvedimenti di rilevamento:

- la superficie di contatto, rilevata dalla simulazione dell'accoppiamento fra i due prototipi, non è idonea per supportare i carichi che si vengono a creare quando si attiva il sistema di bloccaggio mediato dalla decelerazione del veicolo
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

b) rottura o usura del componente nella zona del profilo dentato, per l'uso di un materiale troppo fragile o che per cicli di carico ripetuti porta a rottura a fatica o a un’usurazione di questo nel tempo, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo andando a degradarsi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porta all'usura o alla rottura del componente, durante il suo uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) deformazione plastica del componente nella zona del profilo dentato, per l'uso di un materiale troppo duttile o che è sensibile a variazioni di temperatura nella zona di utilizzo, che comporta un cambio di geometria del profilo che non fa più collegare questo e il nottolino di controllo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il nottolino di controllo, che causa il fallimento del sistema di bloccaggio mediato dalla decelerazione del veicolo
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il nottolino di controllo, che causa il fallimento del sistema di bloccaggio mediato dalla decelerazione del veicolo

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione scorretta del componente per dimensioni e geometrie, il che porta ad una impossibilità di collegamento tra questo e il nottolino di controllo

Provvedimenti preventivi:

- si prova l'accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del nottolino di controllo, prima della produzione di questo, per verificare se questi vadano a congiungersi correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del nottolino di controllo, non va a buon fine, poiché un dente del profilo dentato del prototipo del componente non è uguale al negativo del profilo del prototipo del nottolino di controllo
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

e) produzione del componente scorretta che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le sue dimensioni e geometrie, che portano il profilo dentato a non accoppiarsi correttamente con il profilo del nottolino di controllo, e per le sue proprietà meccaniche e chimiche, che portano il componente a usurarsi, rompersi e deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un

corretto accoppiamento di questo con nottolino di controllo, in modo da non causare problemi al funzionamento del sistema di bloccaggio mediato dalla decelerazione del veicolo
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sul disco di frizione, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

Elemento: disco d'inerzia (riavvolgitore)

Funzione: quando si attiva la molla (sensore della cinghia), questo si aggancia al profilo dentato della copertura del riavvolgitore, nella parte del sistema di bloccaggio, e arresta la rotazione del disco della frizione.

1] Modalità di guasto: l'interferenza con il profilo dentato della copertura del riavvolgitore non avviene

Effetti:

- il bloccaggio della cintura, nel caso in cui la cinghia viene srotolata dal riavvolgitore con una velocità maggiore del limite consentito, non avviene, questo può provocare un senso di insicurezza nell'utilizzatore nell'uso della cintura, nel caso in cui il sistema di bloccaggio mediato dal sensore di accelerazione funzioni (**S**=**5**)

- il bloccaggio della cintura, nel caso in cui la cinghia viene srotolata dal riavvolgitore con una velocità maggiore del limite consentito, non avviene, e se anche il sistema di bloccaggio mediato dal sensore di accelerazione non funziona, in caso di urto o decelerazione brusca del veicolo, l'utilizzatore va urtare una parte interna del veicolo o l'airbag con una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente per l'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile o che non resiste a carichi ripetuti e provoca una rottura a fatica o un’usura nel tempo, o che non sia chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo andando a corrosione

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) frattura o usura del componente nella zona a contatto con il profilo dentato della copertura del riavvolgitore a lato del sistema di bloccaggio, poiché la superficie di contatto tra questi due elementi è troppo piccola, e questo comporta un innalzamento del carico che agisce su questi due

Provvedimenti preventivi:

- si simula, nel corso della progettazione, un accoppiamento tra il prototipo del componente e il profilo dentato di quello della copertura del riavvolgitore a lato del sistema di bloccaggio, e si valuta la superficie di contatto quando questi due vanno ad accoppiarsi

Provvedimenti di rilevamento:

- la superficie di contatto, rilevata dalla simulazione dell'accoppiamento fra i due prototipi, non è idonea per supportare i carichi che si vengono a creare quando si attiva il sistema di bloccaggio mediato dall'accelerazione della cinghia, e il disco di inerzia si accoppia al profilo dentato della copertura del riavvolgitore a lato del sistema di bloccaggio
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

c) deformazione plastica del componente, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura, che non permette più l'accoppiamento di questo con il profilo dentato della copertura del riavvolgitore a lato del sistema di bloccaggio

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il profilo dentato della copertura del riavvolgitore a lato del sistema di bloccaggio, che causa il fallimento del sistema di bloccaggio mediato dall'accelerazione della cinghia

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il profilo dentato della copertura del riavvolgitore a lato del sistema di bloccaggio, che causa il fallimento del sistema di bloccaggio mediato dall'accelerazione della cinghia

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) produzione scorretta del componente che non rispetta le caratteristiche di progetto, le sue dimensioni e geometrie, e le sue proprietà meccaniche e chimiche, il che porta il componente al fallimento

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto accoppiamento di questo con il profilo dentato della copertura del riavvolgitore a lato del sistema di bloccaggio, in modo da non causare problemi al funzionamento del sistema di bloccaggio mediato dall'accelerazione della cinghia
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sul disco di inerzia, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

e) progettazione scorretta del componete, per quanto riguarda le dimensioni e geometrie, dove il profilo di contatto di questo non rispecchia il negativo del profilo dentato della copertura del riavvolgitore, e inoltre il componente presenta degli spigoli vivi che possono portare ad un usura importante in quel punto, e che quindi porta questo a svolgere la sua azione non correttamente

Provvedimenti preventivi:

- si prova l'accoppiamento del prototipo del componente con il profilo dentato del prototipo della copertura del riavvolgitore a lato del sistema di bloccaggio, prima della produzione di questo, per verificare se questi vadano a congiungersi correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con il profilo dentato del prototipo della copertura del riavvolgitore a lato del sistema di bloccaggio non va a buon fine; il profilo del prototipo del componente non è uguale al negativo di un dente, del profilo dentato del prototipo della copertura (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

2] Modalità di guasto: non si arresta la rotazione del disco di frizione anche se l'elemento va ad interferenza con il profilo dentato della copertura del riavvolgitore

Effetti:

- il bloccaggio della cintura, nel caso in cui la cinghia viene srotolata dal riavvolgitore con una velocità maggiore del limite consentito, non avviene, questo può provocare un senso di insicurezza nell'utilizzatore nell'uso della cintura, nel caso in cui il sistema di bloccaggio mediato dal sensore di accelerazione funzioni (**S**=**5**)

- il bloccaggio della cintura, nel caso in cui la cinghia viene srotolata dal riavvolgitore con una velocità maggiore del limite consentito, non avviene, e se anche il sistema di bloccaggio mediato dal sensore di accelerazione non funziona, in caso di urto o decelerazione brusca del veicolo, l'utilizzatore va urtare una parte interna del veicolo o l'airbag con una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, per l'uso di un materiale troppo fragile o che per carichi ripetuti vada a rottura a fatica o a usurarsi nel tempo, o che non sia chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo e quindi vada a corrodersi, e tutto ciò porta il componente a non essere più in contatto con il disco di frizione

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, per l'uso di un materiale troppo duttile o che sia troppo sensibile a variazioni di temperatura, che porta questo a non venire più a contatto con il disco di frizione, e quindi è impossibilitato a generare una forza per bloccarlo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il disco di frizione, che causa il fallimento del sistema di bloccaggio mediato dall'accelerazione della cinghia
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il disco di frizione, che causa il fallimento del sistema di bloccaggio mediato dall'accelerazione della cinghia

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione scorretta del componente che non rispetta le caratteristiche di progetto, le sue dimensioni e geometrie, e le sue proprietà meccaniche e chimiche, il che conduce il componente al fallimento, poiché non si riesce ad assemblarlo con gli altri componenti, o va a rompersi, usurarsi, deformarsi

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto accoppiamento di questo con il disco di frizione, e con la molla (sensore della cinghia), in modo da non causare problemi al funzionamento del sistema di bloccaggio mediato dall'accelerazione della cinghia
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione

- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sul disco di inerzia, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione scorretta del componete, per quanto riguarda le dimensioni e geometrie, che portano questo a non riuscire ad essere assemblato con gli altri componenti del sistema, e inoltre il componente presenta degli spigoli vivi che possono portare ad un usura importante in quel punto, e che quindi porta questo a svolgere la sua azione non correttamente

Provvedimenti preventivi:

- si prova l'accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del disco di frizione, e con quello della molla (sensore della cinghia), prima della produzione di questo, per verificare se questi vadano a congiungersi correttamente, in modo da attivarsi correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del disco di frizione, e con quello della molla (sensore della cinghia), non va a buon fine, e quindi l'attivazione del prototipo del componente non guida l'attivazione del prototipo del disco di frizione
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: molla [sensore della cinghia] (riavvolgitore)

Funzione: mette in connessione il disco di frizione e il disco d'inerzia

1] Modalità di guasto: la connessione tra disco di frizione e disco d'inerzia viene meno

Effetti:

- il bloccaggio della cintura, nel caso in cui la cinghia viene srotolata dal riavvolgitore con una velocità maggiore del limite consentito, non avviene, questo può provocare un senso di insicurezza nell'utilizzatore nell'uso della cintura, nel caso in cui il sistema di bloccaggio mediato dal sensore di accelerazione funzioni(**S**=**5**)

- il bloccaggio della cintura, nel caso in cui la cinghia viene srotolata dal riavvolgitore con una velocità maggiore del limite consentito, non avviene, e se anche il sistema di bloccaggio mediato dal sensore di

accelerazione non funziona, in caso di urto o decelerazione brusca del veicolo, l'utilizzatore va urtare una parte interna del veicolo o l'airbag con una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura del componente per l'uso di un materiale troppo fragile o che non resiste a carichi ripetuti che portano a rottura a fatica, o si corrode poiché non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37] sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle due prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) produzione scorretta del componente che non rispetta le caratteristiche di progetto, per dimensioni e geometrie, che quindi non ha la lunghezza giusta per connettere gli altri due elementi, e proprietà meccaniche e chimiche, che possono causare usure che portano alla rottura del componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il disco di frizione, e con il disco di inerzia, in modo da non causare problemi al funzionamento del sistema di bloccaggio mediato dall'accelerazione della cinghia
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione

giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sulla molla (sensore della cinghia), avviene una rottura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) progettazione scorretta del componente per le sue dimensioni e geometrie, dove la sua lunghezza non permette il collegamento con gli altri due elementi

Provvedimenti preventivi:

- si prova l'accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del disco di frizione, e con quello del disco di inerzia, prima della produzione di questo, per verificare se questi vadano a congiungersi correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del disco di frizione, e con quello del disco di inerzia, non va a buon fine; la lunghezza del primo non è sufficiente per collegare gli altri due
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Funzione: in base all'inerzia generata dallo srotolamento della cinghia, che dipende dalla velocità con cui viene tirata la cinghia, questa porta ad il movimento del disco d'inerzia, che interferisce contro il contorno dentato della copertura del riavvolgitore a lato del sistema di bloccaggio, bloccando la rotazione del disco di frizione

1] Modalità di guasto: non viene attivato il disco d'inerzia nel caso in cui l'inerzia generata dallo srotolamento della cinghia sia superiore al valore limite

Effetti:

- il bloccaggio della cintura, nel caso in cui la cinghia viene srotolata dal riavvolgitore con una velocità maggiore del limite consentito, non avviene, e se anche il sistema di bloccaggio mediato dal sensore di accelerazione non funziona, in caso di urto o decelerazione brusca del veicolo, l'utilizzatore va urtare una parte interna del veicolo o l'airbag con una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni (**S**=**10**)

- il bloccaggio della cintura, nel caso in cui la cinghia viene srotolata dal riavvolgitore con una velocità maggiore del limite consentito, non avviene, questo può provocare un senso di insicurezza nell'utilizzatore nell'uso della cintura, nel caso in cui il sistema di bloccaggio mediato dal sensore di accelerazione funzioni (**S**=**5**)

Cause:

a) rottura del componente per l'uso di un materiale troppo fragile o che non resiste a carichi ripetuti che portano a rottura a fatica, o che si corrode poiché non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37],sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) la calibratura dell'elasticità della molla non viene fatta correttamente, minore di quella ideale

Provvedimenti preventivi:

- per ogni componente prodotto si va a misurare la sua rigidezza (costante elastica), tramite una prova di compressione non distruttiva, e il valore rilevato deve essere, con una certa tolleranza, uguale al valore scelto in fase di progettazione

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo la prova di compressione non distruttiva si trova che la rigidezza (costante elastica) è maggiore del valore scelto in fase di progettazione
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

c) produzione scorretta del componente che non rispetta le caratteristiche di progetto, per dimensioni e geometria, che quindi non ha la lunghezza giusta per connettere gli altri due elementi, e proprietà meccaniche e chimiche, che possono causare usure che portano alla rottura del componente, o che cambiano i valori di elasticità del componente diminuendola

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il disco di frizione, e con il disco di inerzia, in modo da non causare problemi al funzionamento del sistema di bloccaggio mediato dall'accelerazione della cinghia

- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura del componente
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sulla molla (sensore della cinghia), avviene una rottura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto ad avere un'elasticità diversa da quella indicata dal progetto, e a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione scorretta del componente per le sue dimensioni e geometrie, dove la sua lunghezza non permette il collegamento con gli altri due elementi, non potendosi così attivare correttamente

Provvedimenti preventivi:

- si prova l'accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del disco di frizione, e con quello del disco di inerzia, prima della produzione di questo, per verificare se questi vadano a congiungersi correttamente, in modo tale da attivarsi correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del disco di frizione, e con quello del disco di inerzia, non va a buon fine; il componente quindi non riuscirebbe ad attivare correttamente il disco di inerzia, nel caso l'accelerazione della cinghia, dovuta al suo srotolamento, superi il valore limite
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

2] Modalità di guasto: viene attivato il disco d'inerzia nel caso in cui l'inerzia generata dallo srotolamento della cinghia sia minore al valore limite

Effetti:

- il bloccaggio della cinghia in questo caso comporta molti disagi per l'utilizzatore, poiché i suoi movimenti durante la guida sono limitati (**S**=**6**)

Cause:

a) deformazione plastica del componente, per l'uso di un materiale troppo duttile, o che è molto sensibile alle variazioni di temperatura nella zona di utilizzo, che porta ad un cambio dell'elasticità del componente, che cambia la calibrazione iniziale

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni della sua elasticità, e quindi a cambiare le condizioni per l'attivazione del sistema di bloccaggio mediato dall'accelerazione della cinghia
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni della sua elasticità, e quindi a cambiare le condizioni per l'attivazione del sistema di bloccaggio mediato dall'accelerazione della cinghia

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

b) la calibratura dell'elasticità della molla non viene fatta correttamente, maggiore di quella ideale

Provvedimenti preventivi:

- per ogni componente prodotto si va a misurare la sua rigidezza (costante elastica), tramite una prova di compressione non distruttiva, e il valore rilevato deve essere, con una certa tolleranza, uguale al valore scelto in fase di progettazione

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo la prova di compressione non distruttiva si trova che la rigidezza (costante elastica) è minore del valore scelto in fase di progettazione
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=6*1=**10)**

Elemento: nottolino di controllo (riavvolgitore)

Funzione: quando è messo in movimento va ad interferire con il disco di frizione bloccando la sua rotazione

1] Modalità di guasto: l'interferenza tra l'elemento e il disco di frizione non avviene, nel momento in cui l'elemento è messo in movimento

Effetti:

- il bloccaggio della cintura mediato dal sensore di accelerazione in caso di urto o di una brusca decelerazione non avviene, e se il bloccaggio della cintura mediato dalla velocita di srotolamento della

cinghia funziona, l'attivazione del bloccaggio della cintura avviene ugualmente, lasciando solo un senso di insicurezza sull'utilizzatore (**S**=**5**)

- il bloccaggio della cintura mediato dal sensore di accelerazione in caso di urto o di una brusca decelerazione non avviene, e se il bloccaggio della cintura mediato dalla velocita di srotolamento della cinghia non funziona, il bloccaggio della cintura non avviene, e l'utilizzatore va urtare una parte interna del veicolo o l'airbag con una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente per l'uso di un materiale non idoneo, che porta ad una frattura fragile, o a una rottura a fatica o a una sua usura nel tempo a causa di carichi ripetuti, o che causa degradazione perché è chimicamente non inerte nell'ambiente di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porta all'usura o alla rottura del componente, durante il suo uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) rottura del componente perché la superficie di contatto tra questo e il profilo dentato del disco di frizione è troppo piccola, poiché si genera un carico su questa superficie che è troppo elevato

Provvedimenti preventivi:

- si simula, nel corso della progettazione, un accoppiamento tra il prototipo del componente e quello del disco di frizione, e si valuta la superficie di contatto quando questi due vanno ad accoppiarsi

Provvedimenti di rilevamento:

- la superficie di contatto, rilevata dalla simulazione dell'accoppiamento fra i due prototipi, non è idonea per supportare i carichi che si vengono a creare quando si attiva il sistema di bloccaggio mediato dalla decelerazione del veicolo
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

c) deformazione plastica del componente per l'uso di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura nella zona del componente, il che porta il componente a non congiungersi con il profilo dentato, poiché non è più corrispondente al negativo di un dente del profilo dentato del disco di frizione

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il profilo dentato del disco di frizione, che causa il fallimento del sistema di bloccaggio mediato dalla decelerazione del veicolo
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il profilo dentato del disco di frizione, che causa il fallimento del sistema di bloccaggio mediato dalla decelerazione del veicolo

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) produzione del componente che non rispetta più le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e le geometrie, che porta quest'ultimo a non essere complementare al profilo dentato del disco di frizione, per le proprietà meccaniche e chimiche, che portano o all'usura, o alla rottura, o alla deformazione plastica del componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto accoppiamento di questo con il profilo dentato del disco di frizione, in modo da non causare problemi al funzionamento del sistema di bloccaggio mediato dalla decelerazione del veicolo
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sul nottolino di controllo, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto

- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

e) progettazione errata del componente per le dimensioni e geometrie, che fa sì che questo non sia più complementare al profilo dentato del disco di frizione

Provvedimenti preventivi:

- si prova l'accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del disco di frizione, prima della produzione di questo, per verificare se questi vadano a congiungersi correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del disco di frizione non va a buon fine, il profilo del prototipo del componente non è uguale al negativo di un dente, del profilo dentato del prototipo del disco di frizione
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: copertura riavvolgitore lato sistema di bloccaggio (riavvolgitore)

Funzione: è la superficie che interferisce con il disco d'inerzia per bloccare la rotazione del disco di frizione

1] Modalità di guasto: nel momento del bloccaggio, l'interferenza con il disco d'inerzia non avviene

Effetti:

- il bloccaggio della cintura, nel caso in cui la cinghia venga srotolata con una velocità troppo elevata, non avviene. Questo crea diffidenza da parte dell'utilizzatore nell'uso della cintura, se il sistema di bloccaggio mediato dal sensore di accelerazione funziona (**S**=**5**)

- il bloccaggio della cintura, nel caso in cui la cinghia venga srotolata con una velocità troppo elevata, non avviene. Questo comporta che la cintura non trattenga il l'utilizzatore, se anche il sistema di bloccaggio mediato dal sensore di accelerazione non funziona (**S**=**10**)

Cause:

a) il profilo dentato del componente si rompe o si usura, poiché la superficie di contatto tra questo e il disco di inerzia è piccola, e la forza generata tra essi è troppo elevata, e va a danneggiare il componente

Provvedimenti preventivi:

- si simula, nel corso della progettazione, un accoppiamento tra il profilo dentato del prototipo del componente e quello del disco di inerzia, e si valuta la superficie di contatto quando questi due vanno ad accoppiarsi

Provvedimenti di rilevamento:

- la superficie di contatto, rilevata dalla simulazione dell'accoppiamento fra i due prototipi, non è idonea per supportare i carichi che si vengono a creare quando si attiva il sistema di bloccaggio mediato dalla accelerazione della cinghia
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

b) rottura del componente per l'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile o che non resiste a carichi ripetuti portando ad una rottura a fatica, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo andando a corrosione

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle due prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) deformazione plastica del componente, direttamente nella zona del profilo dentato o in una zona che va ad impattare la dimensione e geometria del profilo dentato, per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura nella zona del componente

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare la conformazione del suo profilo dentato, andando di conseguenza a cambiare le condizioni dell'accoppiamento di questo con il disco di inerzia
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare la conformazione del suo profilo dentato, andando di conseguenza a cambiare le condizioni dell'accoppiamento di questo con il disco di inerzia

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente, nella zona dei suoi denti di bloccaggio, a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) produzione del componente non corretta, che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e le geometrie, ciò comporta che il profilo dentato non sia più compatibile con la proiezione del disco di inerzia, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che può portare al fallimento del componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto accoppiamento di questo, tramite il suo profilo dentato, con il disco di inerzia, in modo da non causare problemi al funzionamento del sistema di bloccaggio mediato dall'accelerazione della cinghia
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sulla copertura del riavvolgitore a lato del sistema di bloccaggio, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questa

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, in particolare nella zona del suo profilo dentato, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo, in particolare nella zona del profilo dentato
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali sul profilo dentato di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo, in particolare nella zona del suo profilo dentato
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

e) progettazione scorretta del componente per le sue dimensioni e geometrie, che portano questo ad avere un profilo dentato non idoneo

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento tra il profilo dentato del prototipo del componente con il prototipo del disco di inerzia, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano

correttamente, attivando il sistema di bloccaggio mediato dall'accelerazione della cinghia nel modo idoneo

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del disco di inerzia, attraverso il suo profilo dentato, non va a buon fine, e ciò comprometterà l'attivazione del sistema di bloccaggio mediato dall'accelerazione della cinghia
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Funzione: contiene il sistema di bloccaggio del riavvolgitore al suo interno

1] Modalità di guasto: l'elemento va ad interferire con gli elementi del sistema di bloccaggio, non mantenendoli nella posizione corretta

Effetti:

- il bloccaggio della cinghia nel momento di una decelerazione consistente del veicolo non avviene, e l'utilizzatore non viene trattenuto andando ad impattare parti interne del veicolo o l'airbag con una posizione non idonea, causandogli così danni e lesioni (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura del componente per la scelta di un materiale non corretto, che è troppo fragile o che per carichi ripetuti porta ad una rottura a fatica, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo andando a corrosione

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) produzione scorretta del componente per quanto riguarda le sue dimensioni, geometrie, e ciò impedisce un corretto montaggio di questo con gli altri elementi del sistema di bloccaggio, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che non rispettano le caratteristiche di progetto

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con gli altri elementi del sistema di bloccaggio, in modo da non causare problemi al funzionamento di quest'ultimo
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sulla copertura del riavvolgitore a lato del sistema di bloccaggio, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) deformazione plastica direzionale del componente, che va a sovrapporsi in modo scorretto su gli altri elementi del sistema di bloccaggio, per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura che avvengono nella zona di utilizzo del componente

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con gli altri elementi del sistema di bloccaggio, che causa uno scorretto funzionamento di quest'ultimo
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con gli altri elementi del sistema di bloccaggio, che causa uno scorretto funzionamento di quest'ultimo

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  d) progettazione scorretta del componente delle sue dimensioni e geometrie, che non permettono un corretto montaggio di questo con gli altri elementi del sistema di bloccaggio

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi degli altri elementi del sistema di bloccaggio, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli degli altri elementi del sistema di bloccaggio, non va a buon fine, e ciò comprometterà l'intero azionamento del sistema di bloccaggio, poiché il prototipo del componente va ad interferire con l'azionamenti degli altri elementi
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: sensore di accelerazione (riavvolgitore)

Funzione: attiva il sistema di bloccaggio quando verifica una decelerazione improvvisa e quindi potenzialmente pericolosa

1] Modalità di guasto: non viene attivato il sistema di bloccaggio mediato dal sensore di accelerazione, nel momento in cui si verifica una decelerazione che sia maggiore del valore prestabilito

Effetti:

- il bloccaggio della cinghia in caso di decelerazione improvvisa del veicolo non avviene correttamente. In caso si attivi il sistema di bloccaggio secondario che rileva una velocità di srotolamento della cinghia troppo elevata, questo può comportare un lieve ritardo nel bloccaggio che non causa problemi all'utilizzatore (**S**=**5**)

- il bloccaggio della cinghia in caso di decelerazione improvvisa del veicolo non avviene correttamente. In caso non si attivi il sistema di bloccaggio secondario che rileva una velocità di srotolamento della cinghia troppo elevata, questo comporta che il bloccaggio della cinghia non avviene, e l'utilizzatore non essendo trattenuto va a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

  a) la rottura, o la deformazione platica, o la produzione o progettazione scorretta, di uno o più elementi del sensore di accelerazione, impedisce la corretta sequenza di azioni di ogni elemento

Provvedimenti preventivi:

- prova di bloccaggio del riavvolgitore per decelerazione del veicolo (regolamento n.16 [UNECE]) [1]

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla prova di bloccaggio del riavvolgitore per decelerazione del veicolo, si rileva che non si attiva il sistema di bloccaggio mediato dalla decelerazione del veicolo al raggiungimento del valore della sua decelerazione limite
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  b) scorretta calibrazione del sensore di accelerazione durante il montaggio, con uno scorretto angolo di montaggio rispetto agli assi del riavvolgitore, che porta ad una minore sensibilità per la decelerazione del veicolo

Provvedimenti preventivi:

- dopo aver accoppiato il sensore di accelerazione con la copertura del riavvolgitore a lato del sistema di bloccaggio con la saldatura laser, si va a misurare tramite una macchina per la misurazione dell'angolazione, se il processo è avvenuto correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione tramite la macchina per la misurazione dell'angolazione, si trova che l'angolo di montaggio del sensore rispetto agli assi del riavvolgitore non è uguale, con una certa tolleranza, a quello indicato da progetto, e l'angolazione misurata porta il sistema di bloccaggio ad attivarsi in ritardo
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

2] Modalità di guasto: viene attivato il sistema di bloccaggio, anche se la decelerazione subita dal veicolo è minore del valore limite prestabilito

Effetti:

- questo per l'utilizzatore comporta un disagio, poiché non riesce a muoversi liberamente nell'abitacolo, quando il veicolo è in movimento (**S**=**6**)

Cause:

  a) scorretta calibrazione del sensore di accelerazione durante il montaggio, con uno scorretto angolo di montaggio rispetto agli assi del riavvolgitore, che porta ad una maggiore sensibilità per la decelerazione del veicolo

Provvedimenti preventivi:

- dopo aver accoppiato il sensore di accelerazione con la copertura del riavvolgitore a lato del sistema di bloccaggio con la saldatura laser, si va a misurare tramite una macchina per la misurazione dell'angolazione, se il processo è avvenuto correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione tramite la macchina per la misurazione dell'angolazione, si trova che l'angolo di montaggio del sensore rispetto agli assi del riavvolgitore non è uguale, con una certa tolleranza, a quello indicato da progetto, e l'angolazione misurata porta il sistema di bloccaggio ad attivarsi in anticipo
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=6*1=**6)**

  b) la rottura, o la deformazione plastica direzionale, o la produzione o progettazione scorretta dimensionalmente, di uno o più elementi del sensore di accelerazione, può attivare l'azione degli altri che attivano il sistema di bloccaggio

Provvedimenti preventivi:

- prova di bloccaggio del riavvolgitore per decelerazione del veicolo (regolamento n.16 [UNECE]) [1]

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla prova di bloccaggio del riavvolgitore per decelerazione del veicolo, si rileva che si attiva il sistema di bloccaggio mediato dalla decelerazione del veicolo prima del raggiungimento del valore della sua decelerazione limite
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

Elemento: housing sensore (sensore di accelerazione (riavvolgitore))

Funzione: contiene le parti del sistema del sensore di accelerazione

1] Modalità di guasto: l'elemento va ad interferire con le parti del sistema del sensore di accelerazione, e ne impedisce il corretto funzionamento

Effetti:

- il bloccaggio della cintura in caso di decelerazione improvvisa del veicolo non avviene correttamente. In caso si attivi il sistema di bloccaggio secondario che rileva una velocità di srotolamento della cinghia troppo elevata, questo può comportare un lieve ritardo nel bloccaggio che non causa problemi all'utilizzatore, ma gli lascia un senso di insicurezza (**S**=**5**)

- il bloccaggio della cintura in caso di decelerazione improvvisa del veicolo non avviene correttamente. In caso non si attivi il sistema di bloccaggio secondario che rileva una velocità di srotolamento della cinghia troppo elevata, questo comporta che il bloccaggio della cinghia non avviene, e l'utilizzatore non essendo trattenuto va a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag con una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente per l'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile, o che non resiste a carichi ripetuti e va o a rottura a fatica o a usurarsi nel tempo, o che è chimicamente non inerte nella zona di utilizzo e va a degradarsi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porta all'usura o alla rottura del componente, durante il suo uso
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, specialmente nelle parti sporgenti verso l'interno di quest'ultimo, per l'uso di un materiale troppo duttile, o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura nella zona di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con gli altri elementi del sensore di accelerazione, bloccandone i movimenti, o interferendo con essi
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con gli altri elementi del sensore di accelerazione, bloccandone i movimenti, o interferendo con essi

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente non corretta che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e le geometrie, che porta questo ad interferire con gli altri elementi del sensore di accelerazione, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta questo o a rottura, o a usura, o a deformazione plastica

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con gli altri elementi del sensore di accelerazione, in modo da non bloccare, o interferire con le azioni di questi ultimi
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e il sensore di accelerazione, e si va a verificare se sull'housing del sensore avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto di produzione a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente errata per le dimensioni e geometrie, che non permettono il giusto montaggio con gli altri elementi del sensore di accelerazione andando ad interferire con il loro funzionamento

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi degli altri elementi del sensore di accelerazione, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli degli altri componenti del sensore di accelerazione, non va a buon fine, poiché la geometria di questo va ad interferire con le azioni degli altri elementi
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

2] Modalità di guasto: l'elemento contiene in maniera non corretta il sistema del sensore di accelerazione, e ne impedisce il corretto funzionamento

Effetti:

- il bloccaggio della cintura avviene in un momento non idoneo, anche se la decelerazione non arriva al valore limite, e questo porta ad un disagio per l'utilizzatore che non può muoversi liberamente all'interno del veicolo, nel mentre questo è in movimento (**S**=**6**)

- il bloccaggio della cintura in caso di decelerazione improvvisa del veicolo non avviene correttamente. In caso si attivi il sistema di bloccaggio secondario che rileva una velocità di srotolamento della cinghia troppo elevata, questo può comportare un lieve ritardo nel bloccaggio che non causa problemi all'utilizzatore (**S**=**5**)

- il bloccaggio della cintura in caso di decelerazione improvvisa del veicolo non avviene correttamente. In caso non si attivi il sistema di bloccaggio secondario che rileva una velocità di srotolamento della cinghia troppo elevata, questo comporta che il bloccaggio della cinghia non avviene, e l'utilizzatore non essendo trattenuto va a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente per l'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile, o che non resiste a carichi ripetuti e va o a rottura a fatica o a usurarsi nel tempo, o che degrada poiché è chimicamente non inerte nell'ambiente di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porta all'usura o alla rottura del componente, durante il suo uso
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, specialmente delle parti sporgenti verso l'esterno di quest'ultimo, per l'uso di un materiale troppo duttile, o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con gli altri elementi del sensore di accelerazione, e di conseguenza questo porta a modificare il modo di attivarsi di questi
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con gli altri elementi del sensore di accelerazione, e di conseguenza questo porta a modificare il modo di attivarsi di questi

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo provocherà la deformazione del componente durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente non corretta che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e le geometrie, ciò comporta che questo lasci un gioco con gli altri elementi del sensore di accelerazione troppo grande, andando a cambiare le azioni di questi, e per le

proprietà meccaniche e chimiche, che portano questo o a rottura, o a usura, o a deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con gli altri elementi del sensore di accelerazione, in modo da non modificare le azioni di questi ultimi
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e il sensore di accelerazione, e si va a verificare se sull'housing del sensore, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto di produzione a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente errata per le dimensioni e geometrie, che non permettono il giusto montaggio con gli altri elementi del sensore di accelerazione, andando a lasciare uno spazio con gli altri elementi troppo ampio, che cambia il loro funzionamento

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi degli altri elementi del sensore di accelerazione, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli degli altri componenti del sensore di accelerazione, non va a buon fine, poiché la geometria di questo va a modificare le azioni degli altri elementi, non rispettando più le caratteristiche di progettazione per un corretto funzionamento
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: leva del sensore (sensore di accelerazione (riavvolgitore))

Funzione: attivata dal movimento della sfera inerziale, mette in movimento il nottolino di controllo

1] Modalità di guasto: l'elemento non attiva il movimento del nottolino di controllo, quando si mette in azione il sensore di accelerazione

Effetti:

- il bloccaggio della cintura in caso di decelerazione improvvisa del veicolo non avviene correttamente. In caso si attivi il sistema di bloccaggio secondario che rileva una velocità di srotolamento della cinghia troppo elevata, questo può comportare un lieve ritardo nel bloccaggio che non causa problemi all'utilizzatore (**S**=**5**)

- il bloccaggio della cintura in caso di decelerazione improvvisa del veicolo non avviene correttamente. In caso non si attivi il sistema di bloccaggio secondario che rileva una velocità di srotolamento della cinghia troppo elevata, questo comporta che il bloccaggio della cinghia non avviene, e l'utilizzatore non essendo trattenuto va a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag con una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che impedisce la connessione fra questo e il nottolino di controllo, per l'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile o che non resiste a dei carichi ripetuti andando o a rottura a fatica o ad usura nel tempo, o ancora che è chimicamente non inerte nell'ambiente di utilizzo andando a degradarsi nel tempo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porta all'usura o alla rottura del componente, durante il suo uso
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che non permette più l'accoppiamento tra questo e il nottolino di controllo, per l'uso di un materiale troppo duttile o che sia troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a

cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il nottolino di controllo, e di conseguenza questo porta a modificare il modo di attivarsi di quest'ultimo
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il nottolino di controllo, e di conseguenza questo porta a modificare il modo di attivarsi di quest'ultimo

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo provocherà la deformazione del componente durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente non corretta, che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e le geometrie, che portano questo a non sovrapporsi al nottolino di controllo, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che portano questo a rompersi, usurarsi e deformarsi

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con gli altri elementi del sensore di accelerazione
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e il sensore di accelerazione, e si va a verificare se sulla leva del sensore, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questa

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente scorretta per dimensioni e geometrie, che portano questo a non guidare il movimento del nottolino di controllo, non potendo venire a contatto con quest'ultimo

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi degli altri elementi del sensore di accelerazione, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, in modo che questo possa guidare correttamente il movimento del prototipo del nottolino di controllo

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli degli altri componenti del sensore di accelerazione, non va a buon fine, poiché il prototipo del componente non riesce ad essere montato con gli altri a causa della sua geometria incompatibile, e ciò porta alla inattività del prototipo del nottolino di controllo
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

2] Modalità di guasto: viene messo in movimento il nottolino di controllo, anche se l'elemento non viene attivato

Effetti:

- il bloccaggio della cintura avviene in un momento non idoneo, anche se la decelerazione non arriva al valore limite, e questo porta ad un disagio per l'utilizzatore che non può muoversi liberamente all'interno del veicolo, nel mentre questo è in movimento (**S**=**6**)

Cause:

a) deformazione plastica del componente, che cambia la posizione della superficie di contatto fra i due elementi, ciò guida il movimento del nottolino di controllo verso il bloccaggio del disco di frizione, questo a causa di un materiale troppo duttile o che sia troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il nottolino di controllo, andando ad attivare quest'ultimo, anche se la decelerazione del veicolo non è ancora arrivata al valore limite per attivare il sistema di bloccaggio
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il nottolino di controllo, e questo porta ad attivare quest'ultimo, anche se la decelerazione del veicolo non è ancora arrivata al valore limite per attivare il sistema di bloccaggio

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo provocherà la deformazione del componente durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

  b) produzione scorretta del componente, che non rispetta le caratteristiche di progetto, per dimensioni e geometrie, che porta questo a mantenere sempre attivo il nottolino di controllo, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta alla deformazione plastica del componente la quale cambia la posizione della superficie di contatto fra i due elementi

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con gli altri elementi del sensore di accelerazione, in particolare con il nottolino di controllo, in modo da non attivare il sistema di bloccaggio nei momenti in cui il veicolo non raggiunge la decelerazione limite
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i component del lotto a deformarsi durante il loro utilizzo, nella direzione del nottolino di controllo, portandolo ad attivarsi
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

  c) progettazione del componente scorretta per dimensioni e geometrie, che portano questo, nel momento del montaggio, a mettere in una posizione diversa il nottolino di controllo, in modo da bloccare la rotazione del disco di frizione

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi degli altri elementi del sensore di accelerazione, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli degli altri componenti del sensore di accelerazione, non va a buon fine, poiché la geometria di questo va a modificare la posizione del nottolino di controllo, che porta il sistema di bloccaggio ad essere sempre attivo
  (**D**=**6 RPN normalizzato**=6*1=**6)**

Elemento: asse della leva del sensore (sensore di accelerazione (riavvolgitore))

Funzione: asse di rotazione della leva del sensore

1] Modalità di guasto: la rotazione della leva del sensore è impedita

Effetti:

- il bloccaggio della cintura in caso di decelerazione improvvisa del veicolo non avviene correttamente. In caso si attivi il sistema di bloccaggio secondario che rileva una velocità di srotolamento della cinghia troppo elevata, questo può comportare un lieve ritardo nel bloccaggio che non causa problemi all'utilizzatore (**S**=**5**)

- il bloccaggio della cintura in caso di decelerazione improvvisa del veicolo non avviene correttamente. In caso non si attivi il sistema di bloccaggio secondario che rileva una velocità di srotolamento della cinghia troppo elevata, questo comporta che il bloccaggio della cinghia non avviene, e l'utilizzatore non essendo trattenuto va a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag con una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura del componente, che va ad interferire con il movimento rotatorio della leva del sensore, per l'uso di un materiale non idoneo troppo fragile o che non resiste a carichi ripetuti, andando a rottura a fatica, o va a degradarsi poiché non è chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porta all'usura o alla rottura del componente, durante il suo uso
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
  (**D**=**3** **RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che va a bloccare il movimento della leva del sensore, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile o che è molto sensibile alla variazione di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con la leva del sensore, e di conseguenza questo porta a bloccare l'attivazione di quest'ultimo

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con la leva del sensore, e di conseguenza questo porta a bloccare l'attivazione di quest'ultimo

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo provocherà la deformazione del componente durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente errata, che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e geometrie, che comporta l'impossibilità di montaggio del componente con gli altri elementi del sensore di accelerazione, o l'impossibilità di interferenza con il movimento della leva del sensore, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente a rottura, usura e deformazione plastica

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la leva del sensore
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e il sensore di accelerazione, e si va a verificare se sull'asse della leva del sensore, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente errata, per le sue dimensioni e geometrie, che portano questo a interferire con il movimento rotatorio della leva del sensore, o anche a non poter essere assemblato insieme agli altri elementi del sensore di accelerazione

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi degli altri elementi del sensore di accelerazione, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, in modo che questo possa guidare la rotazione del prototipo della leva del sensore

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli degli altri componenti del sensore di accelerazione, non va a buon fine, poiché il prototipo del componente non riesce ad essere montato con gli altri a causa della sua geometria incompatibile, e ciò porta al bloccaggio del movimento rotatorio del prototipo della leva del sensore
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: sfera inerziale (sensore di accelerazione (riavvolgitore))

Funzione: viene movimentata da una decelerazione del veicolo, e il suo movimento attiva la rotazione della leva del sensore

1] Modalità di guasto: l'elemento non viene movimentato nel momento di una decelerazione

Effetti:

- il bloccaggio della cintura in caso di decelerazione improvvisa del veicolo non avviene correttamente. In caso si attivi il sistema di bloccaggio secondario che rileva una velocità di srotolamento della cinghia troppo elevata, questo può comportare un lieve ritardo nel bloccaggio che non causa problemi all'utilizzatore (**S**=**5**)

- il bloccaggio della cintura in caso di decelerazione improvvisa del veicolo non avviene correttamente. In caso non si attivi il sistema di bloccaggio secondario che rileva una velocità di srotolamento della cinghia troppo elevata, questo comporta che il bloccaggio della cinghia non avviene, e l'utilizzatore non essendo trattenuto va a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che rimane bloccato nella posizione in cui era prima della rottura, a causa dell'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile o che va a rottura a fatica a causa di carichi ripetuti, o che si degrada poiché non è chimicamente inerte rispetto all'ambiente che c'è nella zona di lavoro

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porta all'usura o alla rottura del componente, durante il suo uso
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che causa il bloccaggio del movimento di questo all'interno dell'housing del sensore, per l'uso di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura nella zona di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a rimanere incastrato all'interno dell'housing del sensore
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente rimane incastrato all'interno dell'housing del sensore

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo provocherà la deformazione del componente durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione errata del componente che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e geometrie, che porta il componete a rimanere incastrato nell'housing del sensore, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che possono portare il componente o a rottura, o a usura, o deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la leva del sensore e l'housing del sensore
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione apposite, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente

- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e il sensore di accelerazione, e si va a verificare se sulla sfera inerziale, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questa

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto di produzione a deformarsi o a rompersi durante il suo utilizzo, rimanendo impossibilitati a muoversi
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione errata del componente per le dimensioni e geometrie, questo porta il componente a rimanere bloccato nella stessa posizione nell'housing

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi degli altri elementi del sensore di accelerazione, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, in modo che questo possa muoversi all'interno del prototipo dell'housing del sensore, e così attivare correttamente la leva del sensore

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli degli altri componenti del sensore di accelerazione, non va a buon fine, poiché il prototipo del componente rimane bloccato all'interno del prototipo dell'housing del sensore, senza che possa compiere alcun movimento
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

2] Modalità di guasto: la movimentazione della sfera non è proporzionale alla decelerazione del veicolo

Effetti:

- il bloccaggio della cintura mediata dal sensore di accelerazione avviene con un valore limite di decelerazione diverso da quello di progetto, e può portare ad una attivazione del sistema di bloccaggio anticipata, ciò comporta disagio per l'utilizzatore, poiché i suoi movimenti all'interno del veicolo sono limitati (**S**=**6**)

- il bloccaggio della cintura mediata dal sensore di accelerazione avviene con un valore limite di decelerazione diverso da quello di progetto, e può portare ad una attivazione del sistema di bloccaggio ritardata , se anche il sistema di bloccaggio mediato dalla velocità di srotolamento della cinghia dal riavvolgitore non funziona correttamente, l'utilizzatore viene ritenuto in ritardo dal sistema di bloccaggio, e può andare a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag con un posizione non idonea infortunandosi (**S**=**10**)

- il bloccaggio della cintura mediata dal sensore di accelerazione avviene con un valore limite di decelerazione diverso da quello di progetto, e può portare ad una attivazione del sistema di bloccaggio ritardata, ma se il sistema di bloccaggio mediato dalla velocità di srotolamento della cinghia dal riavvolgitore funziona correttamente, l'utilizzatore viene trattenuto senza problemi (**S**=**5**)

Cause:

a) produzione del componente scorretta che non rispetta le caratteristiche di progetto, per dimensioni e geometria, e questo cambia lo scorrimento del componente all'interno dell'housing, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che portano all'usura e deformazione del componente, e ciò cambia le condizioni di scorrimento di quest'ultimo

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la leva del sensore e l'housing del sensore
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione apposite, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare all'usura superficiale del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e il sensore di accelerazione, e si va a verificare se sulla sfera inerziale, avviene un'usura dovuta dalla degradazione di questa

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto di produzione a deformarsi o a usurarsi durante il loro utilizzo, cambiando le sue caratteristiche di scorrimento sull'housing del sensore
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3** **RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che cambia le condizioni di scorrimento del componente rispetto alla superficie dell'housing del sensore di accelerazione, a causa della scelta di un materiale troppo duttile, o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni

tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le sue caratteristiche di scorrimento rispetto alla superficie dell'housing del sensore
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le sue caratteristiche di scorrimento rispetto alla superficie dell'housing del sensore

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo provocherà la deformazione del componente durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) usura della superficie componente, che cambia le condizioni di scorrimento sulla superficie dell'housing del sensore di accelerazione, a causa dell'uso di un materiale che non resiste a carichi ripetuti, o che non è chimicamente inerte rispetto all'ambiente di lavoro

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente ad usura durante l'utilizzo

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porterà all'usura della superficie del componente
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porterà all'usura del componente
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

Elemento: pretensionatore interno (riavvolgitore)

Funzione: quando viene rilevato dai sensori del veicolo un urto, ritira la cinghia all'interno del riavvolgitore, per eliminare l'allentamento residuo che questa ha rispetto al passeggero

1] Modalità di guasto: attivazione involontaria del pretensionatore

Effetti:

- viene generata una tensione sull'utilizzatore, che comporta disagio per lo stesso, per una forza che comprime il suo torace, e perché vengono bloccati i suoi movimenti all'interno del veicolo (**S**=**7**)

Cause:

a) attivazione del gas generator non mediata dal sensore di rilevazione di un urto, a causa di variazione di temperatura molto importante, o altri fattori esterni

Provvedimenti preventivi:

- test di vibrazione e temperatura (ISO 14451-2) [35], svolto sull'intero sistema del riavvolgitore
- test ciclico dell'umidità termica (ISO 14451-2) [35], svolto sull'intero sistema del riavvolgitore
- prova di scarica elettrostatica (ISO 14451-2) [35], svolto sulla superficie esterna del sistema del riavvolgitore
- prova di condizionamento del pretensionatore (regolamento n.16 UNECE) [1]. Alla fine della prova il pretensionatore interno deve continuare a funzionare come previsto dalle specifiche e non attivarsi durante la prova.

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo o durante il test di vibrazione e temperatura avviene l'ignizione del gas generator del pretensionatore interno
- durante il test climatico dell'umidità termica avviene l'ignizione del gas generator del pretensionatore interno
- durante la prova di scarica elettrostatica avviene l'ignizione del gas generator del pretensionatore interno
- durante la prova di condizionamento a causa dell'innalzamento della temperatura si attiva il pretensionatore interno
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=7*2=**14)**

b) generazione di una corrente sul connettore non originata dal sensore di rilevazione di un urto

Provvedimenti preventivi:

- controllo dell'isolamento del connettore rispetto a capacità parassite e a interferenze elettromagnetiche, e si misura, tramite un multimetro, andando a verificare se c'è un segnale di fondo sul connettore, di solito con frequenza di 50 Hz (frequenza rete elettrica), o radiodisturbi condotti ed irradiati prodotti da dispositivi aventi le seguenti funzioni: motori, dispositivi di commutazione e dispositivi di regolazione, con frequenze da 150 kHz a 30 MHz

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la misurazione si trova un segnale di fondo con la frequenze cercate sul connettore
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=7*1=**7)**

2] Modalità di guasto: forza di tensione generata dal pretensionatore sul passeggero è troppo elevata

Effetti:

- questo porta a delle lesioni al torace e danni agli organi interni dell'utilizzatore (**S**=**10**)

Cause:

a) la pressione generata dal gas generator è troppo elevata, e lo snake di conseguenza compie uno spostamento maggiore del dovuto, e ruota la turbina più del prestabilito

Provvedimenti preventivi:

- durante la prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1] si misura la forza generata dalla ritenuta della cintura sul manichino, tramite celle di carico, e si valuta il primo picco della misurazione, che è quello causato dal pretensionamento

Provvedimenti di rilevamento:

- il carico rilevato nella zona del primo picco è maggiore del carico consentito sull'utilizzatore (da letteratura 6 kN)
  (**D**=**4 RPN normalizzato**=10*4=**40)**

3] Modalità di guasto: ignizione di materiali adiacenti al riavvolgitore infiammabili

Effetti:

- principio d'incendio nel veicolo e l'utilizzatore può riportare delle ustioni (**S**=**10**)

Cause:

a) fuoriuscita del gas dal pretensionatore interno, per un'apertura negli elementi di contenimento di quest'ultimo, come il tubo e l'elemento di stop

Provvedimenti preventivi:

- prova antincendio, vengono attivati rispettivamente tre pretensionatori interni, già montati con i rispettivi riavvolgitori, del lotto a tre diverse temperature (-35 °C, temperatura ambiente, 85 °C), e sulla superficie di questi riavvolgitori viene messo un panno imbevuto di cherosene, che durante la prova non deve prendere fuoco, in tutti e tre i casi

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla prova antincendio si rileva che il panno prende fuoco, creando un principio di incendio, in almeno uno dei tre casi
  (**D**=**4 RPN normalizzato**=10*4=**40)**

4] Modalità di guasto: l'attivazione del pretensionatore non avviene anche se il sensore rileva un urto imminente

Effetti:

- l'utilizzatore non può essere trattenuto correttamente dalla cintura in caso di urto del veicolo, e nel momento dell'urto può scivolare dalla cintura, perché l'allentamento di quest'ultima sull'utilizzatore non è stato eliminato, e questo può andare a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, provocandosi dei danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) un elemento o più elementi, che sono parti attive del pretensionatore, non funzionano correttamente, per rottura, usura, deformazione plastica di uno di questi, o per una scorretta progettazione o produzione

Provvedimenti preventivi:

- controllo dell'integrità del connettore tramite ispezione visiva, e tramite la misurazione al suo capo di collegamento con l'MGG, grazie ad un multimetro, di un impulso generato su di esso, che deve essere uguale ad uno usato per attivare il pretensionatore

- controllo del cablaggio del sistema dopo il montaggio del componente, si valuta visivamente se i collegamenti tra il connettore, l'MGG, e il generatore mediato dal sensore di rilevamento degli urti siano corretti
- test di performance del pretensionatore interno dopo la prova di corrosione (regolamento n.16 UNECE) [1], questo viene attivato, e deve funzionare come indicato dalle specifiche di progettazione. Vengono usati i riavvolgitori con pretensionatori interni, delle cinture su cui si è fatta la prova di corrosione, quindi il numero di componenti testati dipende dalla scelta in fase di progettazione, fatta dal team della qualità, di quante cinture testare, in base al ritmo della produzione
- test di performance dopo il condizionamento del pretensionatore interno del riavvolgitore (regolamento n.16 UNECE) [1]. Alla fine della prova il componente deve continuare a funzionare come previsto dalle specifiche e non attivarsi durante la prova.

Provvedimenti di rilevamento:

- rottura visibile del connettore, o il multimetro non misura l'impulso generato sul cavo
- si nota che il connettore non è collegato nella maniera idonea all'MGG o al generatore mediato dal sensore di rilevamento degli urti
- l'attivazione del pretensionatore interno durante il test di performance del pretensionatore, dopo la prova di corrosione, non avviene
- dopo la prova di condizionamento l'attivazione del pretensionatore interno non avviene (**D**=**4 RPN normalizzato**=10*4=**40)**

5] Modalità di guasto: l'attivazione del pretensionatore non avviene in modo corretto, e il tensionamento della cintura non avviene con i parametri idonei

Effetti:

- la tensione generata per pre-tensionare la cintura non è sufficiente per eliminare tutto l'allentamento di questa, e quindi l'utilizzatore nel momento dell'urto non viene trattenuto correttamente, può scivolare dalla ritenuta della cintura colpire una parte interna del veicolo e l'airbag in una posizione non idonea, il che comporta danni e lesioni per quest'ultimo (**S**=**10**)

Cause:

a) alcuni elementi attivi del pretensionatore non funzionano correttamente, ma non compromettono l'azione del pretensionatore

Provvedimenti preventivi:

- tank test (ISO 14451-2) [35], sull'MGG che verrà usato per il pretensionatore interno

Provvedimenti di rilevamento:

- la pressione misurata nel tank test non rispetta le specifiche di progetto (**D**=**5 RPN normalizzato**=10*5=**50)**

Funzione: il design a profilo dentato della sua superficie esterna (housing) permette l'accoppiamento con il nottolino di bloccaggio in caso di rilevata decelerazione del veicolo, che porta al bloccaggio della cintura

1] Modalità di guasto: non avviene l'accoppiamento tra il nottolino di bloccaggio e il profilo dentato dell'housing, nel caso il sensore di accelerazione si attivi

Effetti:

- il bloccaggio della cintura non avviene, e quindi l'utilizzatore non viene trattenuto da questa in caso di urto o decelerazione brusca del veicolo, e va ad impattare una parte interna del veicolo o l'airbag con una postura non corretta, ciò comporta su di esso delle lesioni e danni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) l'elemento dell'housing nella zona del suo profilo dentato va a rottura o si usura, o si deforma plasticamente, o viene prodotto e progettato in maniera scorretta

Provvedimenti preventivi:

- prove sul sistema di bloccaggio del riavvolgitore, sia mediato dalla decelerazione del veicolo, sia mediato dall'accelerazione della cinghia, che si deve attivare a valori specifici di questi due da regolamento UNECE n.16; dopo le prove si va a verificare smontando il riavvolgitore, se i suoi componenti sono ancora intatti

Provvedimenti di rilevamento:

- dalle prove sul sistema di bloccaggio si rileva che questo non si attiva nel momento in cui arriva ai valori limite per la sua attivazione, e smontando il riavvolgitore si rileva un fallimento dell'azione dell'housing del pretensionatore
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

Elemento: connettore (pretensionatore interno (riavvolgitore))

Funzione: genera l'impulso che attiva l'MGG

1] Modalità di guasto: l'impulso di corrente non viene generato

Effetti:

- nel momento della rilevazione dell'urto il pretensionamento della cintura non avviene, e durante l'urto l'utilizzatore può scivolare al di fuori della cintura e colpire una parte interna del veicolo o l'airbag con una posizione non idonea, inoltre la forza generata dal bloccaggio, senza l'eliminazione dell'allentamento della cintura, può essere lesiva per quest'ultimo (**S**=**10**)

Cause:

a) corto circuito, per l'usura del cavo

Provvedimenti preventivi:

- test controllo dell'integrità del connettore tramite ispezione visiva, e tramite la misurazione al suo capo di collegamento con l'MGG, grazie ad un multimetro, di un impulso generato su di esso, che deve essere uguale ad uno usato per attivare il pretensionatore interno

Provvedimenti di rilevamento:

- rottura visibile del connettore, o il multimetro non misura l'impulso generato sul cavo
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

b) il componente non è connesso correttamente al generatore di gas o alla centralina, per un errore di montaggio o per la rottura del componente

Provvedimenti preventivi:

- controllo dell'integrità del connettore tramite ispezione visiva, e tramite la misurazione al suo capo di collegamento con l'MGG, grazie ad un multimetro, di un impulso generato su di esso, che deve essere uguale ad uno usato per attivare il pretensionatore interno
- controllo del cablaggio del sistema dopo il montaggio del componente, si valuta visivamente se i collegamenti tra il connettore, l'MGG, e il generatore mediato dal sensore di rilevamento degli urti siano corretti

Provvedimenti di rilevamento:

- rottura visibile del connettore, o il multimetro non misura l'impulso generato sul cavo
- si nota che il connettore non è collegato nella maniera idonea all'MGG o al generatore mediato dal sensore di rilevamento degli urti
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

2] Modalità di guasto: l'impulso di corrente non è sufficiente per attivare il gas generator

Effetti:

- nel momento della rilevazione dell'urto il pretensionamento della cintura non avviene, e durante l'urto l'utilizzatore può scivolare al di fuori della cintura e colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, inoltre la forza generata dal bloccaggio, senza l'eliminazione dell'allentamento della cintura, può essere lesiva per quest'ultimo (**S**=**10**)

Cause:

a) la resistenza del componente non è quella prestabilita dal progetto ed è troppo elevata

Provvedimenti preventivi:

- si misura, tramite un multimetro, il valore della resistenza, che deve essere uguale, con una certa tolleranza, ad il valore indicato dal progetto

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione dell'impulso, si rileva che la resistenza è maggiore di quella indicata dal progetto
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

3] Modalità di guasto: genera un impulso di corrente non mediato dal sensore che rileva gli urti

Effetti:

- il pretensionamento della cintura avviene in un momento non consono, e porta discomfort all'utilizzatore, sia poiché vengono limitati i suoi movimenti all'interno dell'abitacolo, sia perché la forza generata dalla trattenuta su di lui è relativamente elevata (**S**=**7**)

Cause:

a) interferenze elettromagnetiche che generano una corrente non voluta

Provvedimenti preventivi:

- controllo dell'isolamento del connettore rispetto a capacità parassite e a interferenze elettromagnetiche, e si misura, tramite un multimetro, andando a verificare se c'è un segnale di fondo sul connettore, di solito con frequenza di 50 Hz (frequenza rete elettrica), o radiodisturbi condotti ed irradiati prodotti da dispositivi aventi le seguenti funzioni: motori, dispositivi di commutazione e dispositivi di regolazione, con frequenze da 150 kHz a 30 MHz

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la misurazione si trova un segnale di fondo con la frequenze cercate
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=7*2=**14)**

Elemento: MGG [micro-generatore di gas] (pretensionatore interno (riavvolgitore))

Funzione: genera una rapida espansione del gas, dovuta alla sua esplosione

1] Modalità di guasto: ignizione del gas generator non avviene

Effetti:

- nel momento della rilevazione dell'urto il pretensionamento della cintura non avviene, e durante l'urto l'utilizzatore può scivolare al di fuori della cintura e colpire una parte interna del veicolo o l'airbag con una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto, inoltre la forza generata dal bloccaggio, senza l'eliminazione dell'allentamento della cintura, può essere lesiva per quest'ultimo (**S**=**10**)

Cause:

a) il gas contenuto all'interno del componente non si trova più al suo interno, per fori microscopici nella parte del contenitore del gas, a causa di una lavorazione di questo non perfetta, o per usura della guarnizione del contenitore

Provvedimenti preventivi:

- ogni gas generator, dopo la produzione, viene inserito all'interno di un contenitore, con all'interno un liquido, scelto in modo che non corroda i materiali del gas generator, e si verifica se ci sono perdite attraverso il contenitore del gas, tramite la creazione di bolle di gas che si generano nel liquido
- prima di iniziare la produzione del componente, si valuta se il materiale del contenitore del gas è chimicamente inerte rispetto al gas che viene inserito al suo interno, inserendolo in una camera di prova con il gas in questione, per un dato periodo scelto dal team della qualità, e si rileva se questo subisce nel tempo un'usura, che poi porterà alla creazione di microfori sul contenitore del gas del componente

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova di rilevazione delle perdite dal gas generator, si individuano bolle di gas all'interno del liquido
- alla fine della prova di condizionamento, con il gas da contenere, sul materiale del componente, si rileva un principio di corrosione su di quest'ultimo
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=10*2=**20)**

b) il gas usato non è idoneo, non attivandosi tramite la mediazione di un accenditore

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si esegue un tank test (ISO 14451-2), [35]

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla prova del tank test si rileva che l'ignizione del gas non avviene
  (**D**=**5 RPN normalizzato**=10*5=**50)**

c) l'accenditore del componente non si attiva quando arriva l'impulso dal connettore, poiché uno tra gli elettrodi e il filo metallico, che fa ponte tra i due e crea la scintilla, è fallace

Provvedimenti preventivi:

- su ogni accenditore prodotto, prima di essere accoppiato agli altri elementi del gas generator, si genera un impulso, che è della stessa portata di quello che viene imposto per attivare il gas generator, e questo deve portare al riscaldamento del filo metallico che collega i due elettrodi, e che crea la scintilla di attivazione

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova di attivazione dell'accenditore, il filo di collegamento fra i due elettrodi non va ad aumentare la sua temperatura, così da creare la scintilla di attivazione
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

2] Modalità di guasto: la pressione del gas in espansione non è sufficientemente elevata per far funzionare il sistema

Effetti:

- il pretensionamento della cintura non avviene nel modo corretto nel momento del rilevamento dell'urto, quindi l'utilizzatore non viene trattenuto nel modo corretto e può scivolare dalla cintura e urtare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) perdite non totali del gas che si trova all'interno del componente, per fori microscopici nella parte del contenitore del gas, a causa di una lavorazione non idonea per fabbricarlo, e/o per l'usura della guarnizione del contenitore del gas

Provvedimenti preventivi:

- ogni gas generator, dopo la produzione, viene inserito all'interno di un contenitore, con all'interno un liquido, scelto in modo che non corroda i materiali del gas generator, e si verifica se ci sono perdite attraverso il contenitore del gas, tramite la creazione di bolle di gas che si generano nel liquido

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova di rilevazione delle perdite dal gas generator, si individuano bolle di gas all'interno del liquido
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=10*2=**20)**

b) produzione del componente non corretta per quanto riguarda le specifiche di progetto (dimensioni dei suoi elementi, gas contenuto nel componente)

Provvedimenti preventivi:

- ad ogni componente dopo la produzione vengono misurate le sue dimensioni, che devono essere conformi alle caratteristiche di progetto
- su un campione del gas prodotto, tramite gascromatografia si va a verificare se il gas che verrà utilizzato sia conforme alle caratteristiche di progetto

Provvedimenti di rilevamento:

- le dimensioni del componente non corrispondono alle caratteristiche di progetto
- tramite la gascromatografia si rileva che il gas non è conforme alle caratteristiche di progetto
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=10*2=**20)**

c) problemi nella progettazione del componente, per quanto riguarda la quantità di gas che deve essere contenuta nel contenitore, e per il tipo di gas usato per generare la forza voluta

Provvedimenti preventivi:

- tank test (ISO 14451-2) [35], su un numero di componenti che dipende dal ritmo di produzione di questi

Provvedimenti di rilevamento:

- la pressione misurata nel tank test non rispetta le specifiche di progetto
  (**D**=**5 RPN normalizzato**=10*5=**50)**

3] Modalità di guasto: l'ignizione del gas generator avviene anche se dal connettore non arriva nessun impulso

Effetti:

- il pretensionamento della cintura avviene in un momento non consono, e porta discomfort all'utilizzatore, sia poiché i suoi movimenti all'interno dell'abitacolo sono limitati, sia perché la tensione generata su di lui, se troppo elevata, può creare problemi al torace e agli organi interni di quest'ultimo (**S**=**7**)

Cause:

a) per una variazione di temperatura che attiva la reazione per l'espansione del gas, che non è stabile per alte temperature

Provvedimenti preventivi:

- test di vibrazione e temperatura (ISO 14451-2) [35], svolto sull'intero sistema del riavvolgitore
- test ciclico dell'umidità termica (ISO 14451-2) [35], svolto sull'intero sistema del riavvolgitore
- prova di condizionamento del pretensionatore interno al riavvolgitore (regolamento n.16 UNECE) [1]. Alla fine della prova il componente deve continuare a funzionare come previsto dalle specifiche e non attivarsi durante la prova.

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo o durante il test di vibrazione e temperatura avviene l'ignizione del gas generator
- durante il test climatico dell'umidità termica avviene l'ignizione del gas generator
- durante la prova di condizionamento a causa dell'innalzamento della temperatura si attiva il gas generator
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=7*2=**14)**

b) a causa di elettricità statica che si viene a creare nella zona del componente, che attiva l'accenditore

Provvedimenti preventivi:

- prova di scarica elettrostatica (ISO 14451-2) [35], svolto sulla superficie esterna del sistema del riavvolgitore

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova di scarica elettrostatica avviene l'ignizione del gas generator
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=7*2=**14)**

Elemento: elemento di stop (pretensionatore interno (riavvolgitore))

Funzione: funge da sigillante, cosicché il gas non possa uscire dal tubo

1] Modalità di guasto: avvengono delle perdite di gas attraverso l'elemento

Effetti:

- il gas fuoriesce dal componente, e può causare l'ignizione di materiali infiammabili che si trovano nelle vicinanze, e questo produce un principio di incendio nel veicolo, che comporta ustioni per l'utilizzatore (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che crea delle aperture tra questo e il tubo, a causa dell'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile o chimicamente non inerte nella zona di lavoro

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo, tramite prove di trazione, prove di compressione, prove di torsione, prove di taglio, prove di flessione; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente
- prima di iniziare la produzione del componente, si valuta se il materiale del componente è chimicamente inerte rispetto al gas generato dall'MGG, inserendolo in una camera di prova con il gas in questione, per un dato periodo scelto dal team della qualità, e si rileva se questo subisce nel tempo un'usura

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porta all'usura o alla rottura del componente, durante il suo uso
- alla fine della prova di condizionamento con il gas dell'MGG sul materiale del componente, si rileva un principio di degradazione su di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che causa una o più aperture tra la zona di contatto tra questo e il tubo, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prova della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il tubo, lasciando un varco per il passaggio del gas

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo, tramite prove di trazione, prove di compressione, prove di torsione, prove di taglio, prove di flessione; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il tubo, lasciando un varco per il passaggio del gas

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente scorretta che non rispetta le caratteristiche di prodotto, per le sue dimensioni e geometrie, che quindi non si accoppia correttamente con il tubo, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che portano questo o a rottura, o a usura, o a deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il tubo, in modo da non permettere al gas di fluire fuori dal tubo
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sull'elemento di stop, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente non corretta per dimensioni e geometria, che portano questo a non accoppiarsi al tubo, e quindi a lasciare delle aperture che permettono il passaggio del gas

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del tubo, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, senza creare aperture che consentono il passaggio del gas

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del tubo non va a buon fine, lasciando delle aperture che permettono il passaggio del gas
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Funzione: spinge lo snake (o catena di sfere) attraverso il tubo, grazie alla spinta generata dalla pressione del gas

1] Modalità di guasto: la spinta generata non è diretta nel modo corretto sullo snake (o catena di sfere)

Effetti:

- lo snake (o catena di sfere) viene spinto sulla turbina con una direzione non ottimale, e questo può portare ad una rotazione della turbina non sufficiente per eliminare l'allentamento della cintura in caso di urto, e quindi l'utilizzatore scivola dalla ritenuta della cintura e va colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non idonea, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

- lo snake (o catena di sfere) viene spinto sulla turbina con una direzione non ottimale, e questo può portare ad una rotazione della turbina, che è maggiore di quella che serve per eliminare l'allentamento della cintura in caso di urto, e quindi l'utilizzatore subisce una forza sul torace molto importante, che provoca lesioni e danni agli organi interni (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente nella zona di contatto con lo snake (o catena di sfere), per l'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile o chimicamente non inerte nella zona di lavoro

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo, tramite prove di trazione, prove di compressione, prove di torsione, prove di taglio, prove di flessione; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente
- prima di iniziare la produzione del componente, si valuta se il materiale del componente è chimicamente inerte rispetto al gas generato dall'MGG, inserendolo in una camera di prova con il gas in questione, per un dato periodo scelto dal team della qualità, e si rileva se questo subisce nel tempo un'usura

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo

- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porta all'usura o alla rottura del componente, durante il suo uso
- alla fine della prova di condizionamento con il gas dell'MGG sul materiale del componente, si rileva un principio di degradazione su di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che cambia la conformazione della zona di contatto tra questo e lo snake (o catena di sfere), a causa dell'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento di questo con lo snake, che causa una spinta su quest'ultimo errata
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo, tramite prove di trazione, prove di compressione, prove di torsione, prove di taglio, prove di flessione; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento di questo con lo snake, che causa una spinta su quest'ultimo errata

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente errata, che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le sue dimensioni e geometrie, il che comporta una diversa conformazione della zona di contatto tra questo e lo snake (o catena di sfere), e per le sue proprietà meccaniche e chimiche, che porta questo o a rottura, o a usura, o a deformazione plastica

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il tubo e lo snake, in modo da consentire allo snake di essere spinto nel modo corretto verso la turbina
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione

- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sull'elemento di stop, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione scorretta del componente, per le dimensioni e geometrie della zona di contatto con lo snake (o catena di sfere), che non permette una spinta direzionale corretta

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del tubo e con quello dello snake, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, in modo da spingere il prototipo dello snake correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli del tubo e snake, non va a buon fine
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: snake [o catena di sfere] (pretensionatore interno (riavvolgitore))

Funzione: il suo avanzamento e il suo successivo contatto con la turbina va a farla ruotare nel senso di arrotolamento della cinghia

1] Modalità di guasto: l'elemento viene bloccato all'interno del tubo

Effetti:

- il pretensionamento della cintura in caso di urto del veicolo non avviene, e l'utilizzatore non viene trattenuto dalla cintura, ma scivola da essa e va a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) deformazione plastica del componente, che cambia le condizioni di scorrimento di questo all'intero del tubo, andandosi ad incastrare in esso, per l'uso di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alla variazione di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il tubo, bloccandosi al suo interno
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo, tramite prove di trazione, prove di compressione, prove di torsione, prove di taglio, prove di flessione; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il tubo, bloccandosi al suo interno

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) rottura o usura del componente, che cambiano le condizioni di scorrimento di questo all'interno del tubo, per l'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile o chimicamente non inerte nell'ambiente di lavoro che lo porta a degradarsi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo, tramite prove di trazione, prove di compressione, prove di torsione, prove di taglio, prove di flessione; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porta all'usura o alla rottura del componente, durante il suo uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione scorretta del componente che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e le geometrie, che se maggiori di quelle prestabilite portano questo a bloccarsi dentro il tubo, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che portano o alla rottura, o all' usura, o alla deformazione plastica del componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il tubo, in modo da non causare blocco di questo all'interno del tubo
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sullo snake, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questo
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto, la sua larghezza è troppo grande, e causa il suo bloccaggio all'interno del tubo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione scorretta del componente per dimensioni e geometrie, che se maggiori del diametro del tubo comportano l'impossibilità del movimento di questo nel tubo

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del tubo, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, senza che questo rimanga incastrato all'interno del prototipo del tubo

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del tubo non va a buon fine, rimanendo incastrato in quest'ultimo
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

2] Modalità di guasto: nel momento del contatto con la turbina, l'elemento non fa ruotare quest'ultima

Effetti:

- il pretensionamento della cintura in caso di urto del veicolo non avviene, e l'utilizzatore non viene trattenuto dalla cintura, ma scivola da essa e va a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) deformazione plastica del componente, che cambia la geometria di questo, e quindi l'accoppiamento con le pale della turbina non è più ottimale, e di conseguenza non le attiva, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alla variazione di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con la turbina, e ciò comporta che quest'ultima non si mette in movimento, nel momento in cui lo snake viene attivato
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo, tramite prove di trazione, prove di compressione, prove di torsione, prove di taglio, prove di flessione; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con la turbina, e ciò comporta che quest'ultima non si mette in movimento, nel momento in cui lo snake viene attivato

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) rottura o usura del componente, che cambiando la sua forma non va più a far ruotare le pale della turbina, per l'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile o chimicamente non inerte nell'ambiente di lavoro, che ne causa la degradazione

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo, tramite prove di trazione, prove di compressione, prove di torsione, prove di taglio, prove di flessione; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porta all'usura o alla rottura del componente, durante il suo uso

(**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione scorretta del componente che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e le geometrie, che se non sono compatibili con le quelle delle pale della turbina ne impediscono il loro movimento, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che portano o alla rottura, o all'usura, o alla deformazione plastica del componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto contatto di questo con la turbina, in modo da permettere la movimentazione di quest'ultima
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e si va a verificare se sullo snake, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questo
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione scorretta del componente per dimensioni e geometrie, che se non sono compatibili con le quelle delle pale della turbina ne impediscono il loro movimento

Provvedimenti preventivi:

- si prova la corretta congiunzione del prototipo del componente con il prototipo della turbina, prima della produzione di questo, per verificare se questi vadano a contatto correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- la congiunzione del prototipo del componente con quello della turbina non va a buon fine, non mettendo quest'ultima in movimento
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: tubo (pretensionatore interno (riavvolgitore))

Funzione: guida il movimento dello snake (o catena di sfere)

1] Modalità di guasto: il movimento dello snake (o catena di sfere) viene impedito

Effetti:

- il pretensionamento della cintura in caso di urto del veicolo non avviene, e l'utilizzatore non viene trattenuto dalla cintura, ma scivola da essa e va a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che va ad interferire con il movimento dello snake (o catena di sfere), per l'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile o che non resiste a carichi ciclici e va a rottura fatica o si usura nel tempo, o non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro andando a corrosione

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [36], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, cha va stringere il suo diametro e a bloccare il movimento dello snake (o catena di sfere) e dell'elemento d stop, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura nella zona di utilizzo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con lo snake e l'elemento di stop, bloccandone i movimenti
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente

va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con lo snake e l'elemento di stop, bloccandone i movimenti

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente errata, che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e geometrie, il componente è troppo stretto per il movimento dello snake o ha una curvatura troppo accentuata che lo snake non può seguire, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che comporta la rottura, l'usura e/o la deformazione plastica del componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con lo snake, e l'elemento di stop, in modo da non bloccare i movimenti di questi ultimi due
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e il suo pretensionatore interno, e si va a verificare se sul tubo, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione scorretta del componente per le sue dimensioni e geometrie, questo può avere un diametro troppo stretto per l'accoppiamento con lo snake (o catena di sfere) e con l'elemento di

stop, oppure avere una curvatura troppo accentuata che blocca il movimento dello snake (o catena di sfere)

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo dello snake, e con quello dell'elemento di stop, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, senza che gli ultimi due rimangano incastrati nel prototipo del tubo

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello dello snake, e con quello dell'elemento di stop, non va a buon fine, poiché i movimenti degli ultimi due sono impediti
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Funzione: contiene al suo interno il gas disperso dal gas generator, mantenendo la pressione corretta per far funzionare il pretensionatore

1] Modalità di guasto: il gas viene disperso verso l'esterno, e la pressione, per far funzionare il pretensionatore, diminuisce

Effetti:

- il pretensionamento della cintura in caso di urto del veicolo non avviene, e l'utilizzatore non viene trattenuto dalla cintura, ma scivola da essa e va a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che crea un'apertura in questo e permette l'uscita del gas, per l'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile o che non resiste a carichi ciclici e va a rottura fatica o si usura nel tempo, o non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro andando a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che aumentando il suo diametro lascia un'apertura poiché non si accoppia più perfettamente con l'elemento di stop, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura nella zona di utilizzo del componente

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con l'elemento di stop, e questo comporta che si venga a creare un'apertura fra questi due, che lascia fluire il gas al di fuori del pretensionatore interno
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con l'elemento di stop, e questo comporta che si venga a creare un'apertura fra questi due, che lascia fluire il gas al di fuori del pretensionatore interno

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente errata, che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e geometrie, il componente è troppo largo e non si accoppia con l'elemento di stop lasciando un'apertura in cui il gas passa, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che comporta la rottura, l'usura e/o la deformazione plastica del componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con l'elemento di stop, in modo da non lasciare un'apertura fra essi, che lascia fluire il gas al di fuori del pretensionatore interno, in caso di attivazione del gas generator
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e il suo pretensionatore interno, e si va a verificare se sul tubo, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i component del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione scorretta del componente per le sue dimensioni e geometrie, questo può avere un diametro troppo largo che non permette l'accoppiamento corretto con l'elemento di stop, lasciando un'apertura per il passaggio del gas

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo dell'elemento di stop, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, senza che rimanga un'apertura che permette il fluire del gas derivato dal gas generator

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello dell'elemento di stop non va a buon fine, lasciando delle aperture fra di esso
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: guida (pretensionatore interno (riavvolgitore))

Funzione: guida il corretto montaggio del tubo all'housing del pretensionatore

1] Modalità di guasto: il montaggio delle parti del sistema pretensionatore, che sono dipendenti dall'indirizzamento dell'elemento, è scorretto

Effetti:

- il pretensionamento della cintura in caso di urto del veicolo non avviene, e l'utilizzatore non viene trattenuto dalla cintura, ma scivola da essa e va a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che non consente più un contatto diretto con gli altri elementi del sistema pretensionatore, a causa dell'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile o che non resiste all'azione di carichi ripetuti che lo portano a rottura a fatica o a usurarsi nel tempo, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente della zona di lavoro andandosi a corrodere

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo

- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che va a spostare la posizione degli altri elementi del pretensionatore interno, rispetto alla loro posizione corretta all'interno del riavvolgitore, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il tubo e l'housing, che causa uno scorretto montaggio del sistema pretensionatore interno
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il tubo e l'housing, che causa uno scorretto montaggio del sistema pretensionatore interno

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente non corretta, che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e le geometrie, il che comporta uno spostamento degli altri componenti rispetto alla loro posizione ideale di lavoro, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che portano il componente a rottura, o a usura, o a deformazione plastica

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il tubo, e l'housing, in modo da non causare problemi al montaggio di tutto il pretensionatore interno
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e il suo pretensionatore interno, e si va a verificare se sulla guida, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questa

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  d) progettazione del componente non corretta per dimensioni e geometrie, che portano questo, in fase di montaggio, a spostare gli elementi del pretensionatore interno in una posizione di lavoro non consona per l'azione che devono svolgere

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del tubo, e con quello dell'housing, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del tubo, e con quello dell'housing, non va a buon fine, e ciò comprometterà l'intero montaggio del pretensionatore interno
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: housing del pretensionatore (pretensionatore interno (riavvolgitore))

Funzione: contiene il sistema del pretensionatore interno

1] Modalità di guasto: l'elemento va ad interferire con il corretto funzionamento del sistema pretensionatore interno, non contenendo in maniera corretta le parti di tale sistema

Effetti:

- il pretensionamento della cintura non avviene in caso di urto, e l'utilizzatore non viene trattenuto in modo idoneo, poiché non viene eliminato l'allentamento della cintura, e quindi scivola dalla cintura e va a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, riportando danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che comporta un cambio della sua geometria, andando a interferire con l'azione degli altri elementi del pretensionatore, per l'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile, o che va a rottura a fatica o si usura nel tempo a causa di carichi ripetuti, o che non è chimicamente non inerte nella zona di lavoro e va a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente direzionale verso gli elementi del pretensionatore interno, per l'uso di un materiale troppo duttile o che sia troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con la guida e i rivetti, che causa uno scorretto funzionamento del sistema pretensionatore interno
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con la guida e i rivetti, che causa uno scorretto funzionamento del sistema pretensionatore interno

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione errata del componente che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le sue dimensioni e geometrie, che comporta un montaggio errato del componente con gli altri elementi del sistema pretensionatore interno, e per le sue proprietà meccaniche e chimiche, che comportano la rottura, o l'usura, o la deformazione plastica di quest'ultimo

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la guida e i rivetti, in modo da non causare problemi al funzionamento di tutto il pretensionatore interno
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e il suo pretensionatore interno, e si va a verificare se sull'housing, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione errata del componente, per le sue dimensioni e le sue geometrie, che comportano un montaggio errato con gli altri elementi del pretensionatore, andando ad interferire con la loro azione

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo della guida, e con quelli dei rivetti, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, non interferendo con il montaggio degli altri elementi del pretensionatore interno

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello della guida, e con quelli dei rivetti, non va a buon fine, e ciò comprometterà l'intero montaggio del pretensionatore interno, e il suo funzionamento (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Funzione: elemento con cui si fa interferire il nottolino di bloccaggio, che blocca il disco di bloccaggio per bloccare il movimento dell'albero, e di conseguenza lo srotolamento della cinghia

1] Modalità di guasto: nella fase di bloccaggio l'interferenza con il nottolino di bloccaggio non avviene

Effetti:

- il bloccaggio della cintura non avviene, e quindi l'utilizzatore non viene trattenuto da questa in caso di urto o decelerazione brusca del veicolo, e va ad impattare una parte interna del veicolo o l'airbag con una postura non corretta, ciò comporta su di esso delle lesioni e danni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura di uno dei denti di bloccaggio del componente, per la scelta di un materiale per il componente troppo fragile o che non resiste per cicli di carico ripetuti, provocando una rottura a fatica

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente per l'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura nella zona di utilizzo del componente, se questa è troppo accentuata la sovrapposizione tra nottolino di bloccaggio e i denti di bloccaggio non avviene

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento, tra i denti di bloccaggio del componente con il nottolino di bloccaggio, che impedisce il corretto funzionamento del sistema di bloccaggio
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle

condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento, tra i denti di bloccaggio del componente con il nottolino di bloccaggio, che impedisce il corretto funzionamento del sistema di bloccaggio

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente, nella zona dei suoi denti di bloccaggio, a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione scorretta del componente che non rispetta le caratteristiche di progettazione per quanto riguarda le sue geometrie e dimensioni e proprietà meccaniche e chimiche

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, in particolare nella zona dei suoi denti di bloccaggio, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto accoppiamento tra i denti di bloccaggio di questo, con il nottolino di bloccaggio
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione, in particolare nella zona dei suoi denti di bloccaggio
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, nella zona dei denti di bloccaggio, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e il suo pretensionatore interno, e si va a verificare se sull'housing, nella zona dei denti di bloccaggio, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto, in particolare nella zona dei suoi denti di bloccaggio
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo, specialmente nella zona dei suoi denti di bloccaggio
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, nella zona dei denti di bloccaggio, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente, nella zona dei denti di bloccaggio, avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione della geometria dei denti di bloccaggio errata, la sovrapposizione tra questi e il nottolino di bloccaggio genera una superficie di contatto limitata, che porta un carico sui denti di bloccaggio troppo alto che comporta la rottura di questi ultimi

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento tra i denti di bloccaggio del prototipo del componente con il prototipo del nottolino di bloccaggio, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, attivando il sistema di bloccaggio nel modo idoneo

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello della nottolino di bloccaggio, attraverso i suoi denti bloccaggio, non va a buon fine, e ciò comprometterà l'attivazione del sistema di bloccaggio (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: turbina (pretensionatore interno (riavvolgitore))

Funzione: il suo movimento guidato da quello dello snake (o catena di sfere), permette il movimento rotatorio del disco di bloccaggio nel senso del riavvolgimento della cinghia, e di conseguenza questo guida il movimento dell'albero che ritira la cinghia all'interno del riavvolgitore eliminando l'allentamento residuo della cintura sul passeggero

1] Modalità di guasto: il movimento rotatorio dell'elemento, nel momento in cui lo snake (o catena di sfere) va a contatto con l'elemento stesso, non ha luogo

Effetti:

- il pretensionamento della cintura in caso di urto del veicolo non avviene, e l'utilizzatore non viene trattenuto dalla cintura, ma scivola da essa e va a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente nella zona delle pale, che non potendo essere attivate non fanno ruotare la turbina, a causa dell'uso di un materiale troppo fragile o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro andando a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2)[38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo

- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  b) deformazione plastica del componente nella zona delle pale, che cambia la condizione di contatto tra queste e lo snake (o catena di sfere), in modo che questo non riesca a metter in rotazione il componente, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile, o che è troppo sensibile alla ad una variazione di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni del contatto con lo snake, e ciò porta all'impossibilità di attivare nel modo corretto il componente
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni del contatto con lo snake, e ciò porta all'impossibilità di attivare nel modo corretto il componente

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  c) produzione del componente errata che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e le geometrie, il che comporta un contatto errato tra questo e lo snake (o catena di sfere), e per le proprietà meccaniche e chimiche, ciò causa o la rottura, o l'usura, o la deformazione plastica di quest'ultimo

Provvedimenti preventivi:

- prima alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto contatto tra questo e lo snake, in modo che il componente sia movimentato nella maniera corretta
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale, nella zona delle pale, siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione

- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti sulla zona delle pale, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e il suo pretensionatore interno, e si va a verificare se sulla turbina, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questa, nella zona delle pale

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i component del lotto di produzione a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo, nella zona delle pale
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo nella zona delle pale
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, nella zona delle pale, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente non corretta, per dimensioni e geometrie, che non permettono l'accoppiamento tra le pale di questo e lo snake (o catena di sfere)

Provvedimenti preventivi:

- si prova la corretto congiunzione del prototipo del componente con il prototipo dello snake, prima della produzione di questo, per verificare se questi vadano a contatto correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- la congiunzione del prototipo del componente con quello dello snake non va a buon fine, non mettendo il prototipo del componente in movimento
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

2] Modalità di guasto: la rotazione dell'elemento non porta all'avviamento della rotazione, nella stessa direzione, del disco di bloccaggio

Effetti:

- il pretensionamento della cintura in caso di urto del veicolo non avviene, e l'utilizzatore non viene trattenuto dalla cintura, ma scivola da essa e va a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) usura del componente nella zona di contatto tra questo e il disco di bloccaggio, per l'uso di un materiale non idoneo, che non resiste a carichi ripetuti e va a usurarsi nel tempo, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro e va a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che disaccoppia questo dal disco di bloccaggio, così da no influenzare più il movimento di quest'ultimo, per l'uso di un materiale troppo duttile, o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il disco di bloccaggio, portando all'impossibilità di attivare la rotazione di quest'ultimo nel modo corretto
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con il disco di bloccaggio, e ciò porta all'impossibilità di attivare la rotazione di quest'ultimo nel modo corretto

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente errata che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e le geometrie, ciò comporta che questo non si accoppi con il disco di bloccaggio, così da non influenzarne il movimento, e per le proprietà meccaniche e chimiche, ciò causa o la rottura, o l'usura, o la deformazione plastica di quest'ultimo

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto accoppiamento tra questo e il disco di bloccaggio, in modo che quest'ultimo sia movimentato nella maniera corretta
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale, nella zona di contatto con il disco di bloccaggio, siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti sulla zona di contatto con il disco di bloccaggio, causate da una lavorazione fallace, che possono portare all'usura, o alla rottura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e il suo pretensionatore interno, e si va a verificare se sulla turbina, avviene un'usura, o una rottura dovuta dalla corrosione di questa, in particolare nella zona di contatto con il disco di bloccaggio

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto di produzione a deformarsi, o a usurarsi, o a rompersi durante il loro utilizzo, soprattutto nella zona di contatto con il disco di bloccaggio
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo, in particolare nella zona di contatto con il disco di bloccaggio
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, nella zona di contatto con il disco di bloccaggio, che porta all'usura o alla rottura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente non corretta, per dimensioni e geometrie, che non permettono l'accoppiamento tra questo e il disco di bloccaggio

Provvedimenti preventivi:

- si prova la corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del disco di bloccaggio, prima della produzione di questo, per verificare se questi vadano a contatto correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del disco di bloccaggio, non va a buon fine, e ciò comporta l'impossibilità di mettere in rotazione il quest'ultimo
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: rivetti (5x) (pretensionatore interno (riavvolgitore))

Funzione: collegano l'housing del pretensionatore con il telaio del riavvolgitore

1] Modalità di guasto: disaccoppiamento tra l'housing del pretensionatore e il telaio del riavvolgitore

Effetti:

- la funzione del pretensionatore viene meno, ma anche il sovrapponimento del nottolino di bloccaggio con l'housing del pretensionatore viene meno, quindi il sistema di bloccaggio non funziona correttamente; in caso di urto o brusca decelerazione l'utilizzatore non viene trattenuto dalla cintura, e va ad urtare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, andandosi a procurare danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, sia nella parte inserita nel foro dei due elementi sia nelle due teste di questo, per l'uso di un materiale troppo fragile o che non resiste a carichi ripetuti andando a rottura a fatica, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro andando a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica della testa oppure della controtesta del componente, che causano il disaccoppiamento di questo con l'housing del pretensionatore e il telaio del riavvolgitore, per l'uso di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a disaccoppiarsi dall'housing, e questo causa il conseguente disaccoppiamento dell'housing dal telaio del riavvolgitore
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente

va a disaccoppiarsi dall'housing, e questo causa il conseguente disaccoppiamento dell'housing dal telaio del riavvolgitore

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente non corretta, che non rispetta le caratteristiche di progetto, per quanto riguarda le sue dimensioni e geometrie, che causa l'impossibilità di questo di inserirsi correttamente nel foro degli altri due elementi, e per quanto riguarda le proprietà meccaniche e chimiche, che causa la rottura, l'usura o deformazione plastica del componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il telaio del riavvolgitore, e l'housing, in modo da non causare il disaccoppiamento fra questi due
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta il riavvolgitore, e il suo pretensionatore interno, e si va a verificare se sui rivetti, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questi

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che sui componenti avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di questi ultimi
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione errata del componente per dimensioni e per le geometrie, che non permettono l'inserimento corretto di questo nei fori dei due elementi che devono essere accoppiati

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento dei prototipi dei componenti con il prototipo del telaio del riavvolgitore, e con quello dell'housing, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento dei prototipi dei componenti con quello del telaio del riavvolgitore, e con quello dell'housing, non va a buon fine, e ciò comprometterà l'intero montaggio del pretensionatore interno con gli altri elementi del riavvolgitore
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: cinghia

Funzione: elemento che trattiene il passeggiero, assorbendo e dissipando l'energia dovuta all'inerzia del passeggero dovuta all'urto

1] Modalità di guasto: la cinghia si sfilaccia durante l'uso

Effetti:

- rottura della cinghia, e quindi c'è l'impossibilità di trattenere l'utilizzatore (**S**=**9**)

- la pressione esercitata sul corpo dell'utilizzatore non è ripartita equamente su tutta la larghezza della cintura, quindi l'utilizzatore non viene trattenuto correttamente. Inoltre, la pressione sull'utilizzatore, nei punti di contatto con la cinghia, è troppo alta, e provoca danni allo stesso (**S**=**9**)

Cause:

a) il materiale usato per la fabbricazione della cinghia non è idoneo, avvezzo all'abrasione, e poco tenace

Provvedimenti preventivi:

- prova di resistenza alla rottura della cinghia dopo il condizionamento a temperatura ambiente (prova statica) (regolamento n.16 [UNECE]) [1]; viene usato un campione di cinghia condizionato in conformità alla norma ISO 139 [39] a temperatura ambiente, e viene fissato fra le ganasce di una macchina per la prova di trazione, con una lunghezza libera tra le ganasce della macchina, all'inizio della prova, di 200 mm ± 40 mm, e velocità di spostamento delle ganasce deve essere di circa 100 mm/min, quindi si aumenta la tensione fino alla rottura della cinghia, e si prende nota del carico di rottura; per passare la prova il carico non deve essere inferiore a 1470 daN. La prova viene fatta su due campioni ricavati da un rotolo di tessuto per cinghie, per comparare i risultati, e la differenza dei carichi di rottura di questi due, non deve essere superiore al 10% del carico di rottura massimo misurato
- prova di microscorrimento (regolamento n.16 [UNECE]) [1]; viene usato un campione di cinghia, che va tenuto almeno 24 h in un'atmosfera avente la temperatura di 20 ± 5 °C, e un umidità relativa del 65 ± 5%; la prova si effettua a una temperatura compresa fra 15 e 30 °C, all'estremità inferiore del campione deve essere sospeso un carico di 5 daN, e questo deve essere guidato lungo la verticale in modo da impedire l'oscillazione del carico e l'attorcigliamento della cinghia, e l'altra estremità va sottoposta ad un movimento in avanti e all'indietro dell'ampiezza totale di 300 ± 20 mm, poi sul banco di prova occorre verificare che la cinghia, in posizione allentata, formi una curva concava scendendo dal dispositivo di regolazione (anello oscillate) come nel veicolo; vanno quindi completati 1000 cicli alla frequenza di 0,5 cicli al secondo, e il carico di 5 daN va applicato solo per il periodo di tempo che corrisponde a uno spostamento di 100 ± 20 mm per ciascun semiperiodo; alla fine della prova si controlla se ci sono danneggiamenti al campione. La prova viene fatta su un numero di campioni scelti dal team della qualità, in base alla quantità della produzione

- prova di resistenza alla rottura della cinghia dopo condizionamento speciale (prova statica) (regolamento n.16 [UNECE])[1]; viene usato un campione di cinghia condizionato in modi diversi come specificato nel regolamento: condizionamento alla luce che segue la norma ISO 105-B02 [40]; condizionamento a freddo, dove si tiene il campione per un'ora e mezza su una superficie piana in una camera fredda in cui la temperatura dell'aria sia di -30 ± 5 °C, poi viene piegato e sopra viene esso un peso, ed è tenuto nella camera per un'altra mezz'ora; condizionamento al calore, dove il campione viene tenuto per 3 ore in un armadio riscaldante con una temperatura di 60 ± 5 °C, e un'umidità relativa del 65 ± 5%; esposizione all'acqua, dove il campione della cinghia viene immerso in acqua distillata, nella quale è stata aggiunto un agente umettante, per 3 h, alla temperatura di 20 ± 5 °C; condizionamento all'abrasione, dove il campione della cinghia ad un suo estremo viene collegato ad un carico, e dall'altro viene movimentato in avanti e indietro, passando per il dispositivo di regolazione per diversi cicli, che come per il carico e lo spostamento, cambiano in base alla procedura dovuta al tipo di regolazione. Alla fine del condizionamento il campione viene fissato fra le ganasce di una macchina per la prova di trazione, con una lunghezza libera tra le ganasce della macchina, all'inizio della prova, di 200 mm ± 40 mm, e velocità di spostamento delle ganasce deve essere di circa 100 mm/min, quindi si aumenta la tensione fino alla rottura della cinghia, e si prende nota del carico di rottura; per passare la prova il carico di rottura non deve essere inferiore a 1470 daN, e inoltre deve essere almeno pari al 75% della media dei carichi determinati nella prova di resistenza dopo il condizionamento a temperatura ambiente. La prova viene fatta su due campioni ricavati da un rotolo di tessuto per cinghie, per comparare i risultati, e la differenza dei carichi di rottura di questi due, non deve essere superiore al 10% del carico di rottura massimo misurato

Provvedimenti di rilevamento:

- carico di rottura del campione misurato dalla prova di resistenza alla rottura della cinghia dopo il condizionamento a temperatura ambiente è minore del valore limite accettato, o differisce dal valore trovato per l'altro campione, di un valore superiore al 10% del carico di rottura massimo misurato tra le due prove
- al termine della prova di microscorrimento si rileva sul campione di cinghia un deterioramento, che porta questa a sfilacciarsi
- carico di rottura del campione misurato dalla prova di resistenza alla rottura della cinghia dopo condizionamento speciale è minore del valore limite accettato, o differisce dal valore trovato per l'altro campione, di un valore superiore al 10% del carico di rottura massimo misurato tra le due prove, o è minore del 75% della media dei carichi determinati nella prova di resistenza della cinghia dopo il condizionamento a temperatura ambiente
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=9*1=**9)**

b) la cinghia non è dotata di vivagni che impediscono lo sfilacciamento della cintura

Provvedimenti preventivi:

- ispezione visiva della cinghia, i cui si rileva se questa è dotata di vivagni per contrastare il suo degradamento; l'ispezione deve essere fatta su ogni cinghia prodotta

Provvedimenti di rilevamento:

- dall'ispezione visiva la cinghia non è dotata di vivagni per contrastare il suo degradamento
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=9*1=**9)**

c) la produzione del componente non è idonea e non rispetta le caratteristiche di progetto, questo porta ad avere differenti proprietà meccaniche e chimiche per il componente, che portano questo al fallimento nel momento dell'uso

Provvedimenti preventivi:

- prova di resistenza alla rottura della cinghia dopo il condizionamento a temperatura ambiente (prova statica) (regolamento n.16 [UNECE]) [1];
- prova di resistenza alla rottura della cinghia dopo condizionamento speciale (prova statica) (regolamento n.16 [UNECE]) [1];
- prova di microscorrimento (regolamento n.16 [UNECE]) [1];

Provvedimenti di rilevamento:

- carico di rottura del campione misurato dalla prova di resistenza alla rottura della cinghia dopo il condizionamento a temperatura ambiente è minore del valore limite accettato, o differisce dal valore trovato per l'altro campione, di un valore superiore al 10% del carico di rottura massimo misurato tra le due prove
- carico di rottura del campione misurato dalla prova di resistenza alla rottura della cinghia dopo condizionamento speciale è minore del valore limite accettato, o differisce dal valore trovato per l'altro campione, di un valore superiore al 10% del carico di rottura massimo misurato tra le due prove, o è minore del 75% della media dei carichi determinati nella prova di resistenza della cinghia dopo il condizionamento a temperatura ambiente
- al termine della prova di microscorrimento si rileva sul campione di cinghia un deterioramento, che porta questa a sfilacciarsi
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=9*1=**9)**

2] Modalità di guasto: la cinghia si attorciglia, o la sua larghezza ideale diminuisce sotto carico

Effetti:

- la pressione esercitata sul corpo dell'utilizzatore non è ripartita equamente su tutta la larghezza della cintura, o è troppo concentrata in una superficie troppo piccola, quindi l'utilizzatore non viene trattenuto correttamente. Inoltre, la pressione sull'utilizzatore, nei punti di contatto con la cinghia, è troppo alta, e provoca danni allo stesso (**S**=**10**)

Cause:

a) il materiale della cinghia non ha l'elasticità idonea per mantenere la larghezza idonea della cinghia, che consente di trattenere il passeggero, inoltre non avendo l'elasticità giusta, questa non si tende bene, e non rimane aderente al corpo dell'utilizzatore, comportando un attorcigliamento di quest'ultima

Provvedimenti preventivi:

- prova di larghezza sotto carico (regolamento n.16 [UNECE])[1]; viene usato un campione di cinghia condizionata in conformità alla norma ISO 139 [39] a temperatura ambiente, e viene fissato fra le ganasce di una macchina per la prova di trazione, con una lunghezza libera tra le ganasce della macchina, all'inizio della prova, di 200 mm ± 40 mm, e velocità di spostamento delle ganasce deve essere di circa 100 mm/min; sotto un carico di 980 daN + 100 daN, la larghezza della cinghia non deve essere inferiore a 46 mm, quindi quando il carico raggiunge il suo valore prestabilito, si ferma la macchina, e si effettua la misurazione nel giro di 5 secondi. La prova viene fatta su due campioni ricavati da un rotolo di tessuto per cinghie, per comparare i risultati

Provvedimenti di rilevamento:

- la larghezza della cinghia dopo la prova di larghezza sotto carico è minore di 46 mm
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=9*1=**9)**

Elemento: fibbia

Funzione: elemento che fissa e rilascia la linguetta

1] Modalità di guasto: la fibbia rimane semichiusa, e l'accoppiamento con la linguetta non è completo

Effetti:

- nel momento dell'azione di ritenuta dell'utilizzatore da parte della cintura, questa viene slacciata, e quindi l'utilizzatore può andare a colpire una parte del veicolo, e infortunarsi (**S**=**10**)

Cause:

a) un elemento o più elementi, che sono parti attive della fibbia nell'azione della chiusura della linguetta, non si attivano nel modo corretto, per rottura o deformazione di una parte o per una progettazione o produzione non corretta

Provvedimenti preventivi:

- prova per azionamenti ripetuti (regolamento n.16 [UNECE]) [1]; prima della prova dinamica, la fibbia deve essere in grado di resistere ad azionamenti ripetuti, deve essere sottoposta a 5000 cicli di apertura e chiusura, in normali condizioni d'uso, e dopo la prova dinamica ad altri 500 cicli di apertura e chiusura. La prova viene fatta su un componente ogni 100000 prodotti, con una frequenza minima di uno ogni due settimane, se la produzione giornaliera supera le 1000 unità, o viene fatta su un componente ogni 10000 prodotti, con una frequenza minima di una all'anno, se la produzione giornaliera è pari o inferiore alle 1000 unità
- constatazione del corretto accoppiamento tra fibbia e linguetta per tutte le cinture prodotte, con meno cicli di apertura e chiusura, nell'ordine della decina, rispetto alla prova per azionamenti ripetuti

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova per azionamenti ripetuti, in uno o più cicli della prova, l'accoppiamento tra linguetta e fibbia rimane incompleto
- durante la constatazione dell'avvenuto accoppiamento tra fibbia e linguetta, si nota che la fibbia rimane semichiusa
  (**D**=**4 RPN normalizzato**=10*4=**40)**

2] Modalità di guasto: la fibbia viene aperta inavvertitamente o accidentalmente, o con una forza inferiore a 1 daN, quando questa è accoppiata con la linguetta

Effetti:

- l'utilizzatore non può essere trattenuto dalla cintura di sicurezza (**S**=**10**)

Cause:

a) progettazione sbagliata del push button, che attiva il sistema di sganciamento della fibbia in un momento non idoneo

Provvedimenti preventivi:

- prova di apertura accidentale della fibbia (regolamento n.16 [UNECE]) [1], dove viene imposta una forza inferiore a 1 daN sul push button

Provvedimenti di rilevamento:

- la fibbia si apre con una forza imposta sul push button minore di 1 daN
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

b) un elemento o più elementi, che sono parti attive della fibbia nell'azione della chiusura falliscono durate l'uso, per rottura o deformazione di una parte o per una progettazione o produzione non corretta di questi

Provvedimenti preventivi:

- prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Come risultato della prova nessuna fibbia e nessun sistema di bloccaggio o di spostamento deve sganciarsi o sbloccarsi.
- prova di trazione sulla fibbia (regolamento n.16 [UNECE]) [1]; si collega la fibbia all'apparecchiatura per la prova di trazione mediante le parti della cintura alle quali essi sono fissati normalmente, il carico va successivamente portato a 980 daN, e la fibbia non deve cedere e rompersi sotto il carico. La prova viene fatta su un numero di componenti scelto in precedenza dal team della qualità, in base alla quantità della produzione

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento tra fibbia e linguetta durate la prova dinamica viene meno, per l'apertura o la rottura di quest'ultima
- la fibbia va a rottura durante la prova di trazione sulla fibbia
  (**D**=**4 RPN normalizzato**=10*4=**40)**

3] Modalità di guasto: non avviene l'apertura della fibbia quando il passeggero esercita una forza idonea sul push button

Effetti:

- l'utilizzatore rimane bloccato nell'abitacolo (**S**=**7**)

Cause:

a) un elemento o più elementi, che sono parti attive della fibbia nell'azione dello sganciamento della linguetta, non si attivano nel modo corretto, per rottura o deformazione di una parte o per una progettazione o produzione non corretta di questi

Provvedimenti preventivi:

- prova per azionamenti ripetuti (regolamento n.16 [UNECE]) [1];
- per ogni cintura prodotta si prova il corretto disaccoppiamento tra fibbia e linguetta, dopo che si attiva il push button con una forza maggiore o uguale di 1 daN, con meno cicli di apertura e chiusura della prova per azionamenti ripetuti, nell'ordine della decina

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova per azionamenti ripetuti, l'apertura della fibbia non avviene e la linguetta rimane incastrata all'interno
- il corretto disaccoppiamento tra fibbia e linguetta, dopo che si trasmette la forza sul push button non avviene

(**D**=**4 RPN normalizzato**=7*4=**28)**

4] Modalità di guasto: non avviene l'accoppiamento tra la fibbia e la linguetta

Effetti:

- l'utilizzatore non può essere trattenuto dalla cintura di sicurezza, e in caso di urto o brusca decelerazione del veicolo, questo va ad impattare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, riportando danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**9**)

Cause:

a) un elemento o più elementi, che sono parti attive della fibbia nell'azione della chiusura della linguetta, non si attivano nel modo corretto, per rottura o deformazione di una parte o per una progettazione o produzione non corretta di questi

Provvedimenti preventivi:

- prova per azionamenti ripetuti (regolamento n.16 [UNECE]) [1]
- constatazione del corretto accoppiamento tra fibbia e linguetta per tutte le cinture prodotte, con meno cicli di apertura e chiusura, nell'ordine della decina, rispetto alla prova per azionamenti ripetuti

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova per azionamenti ripetuti, in uno o più cicli della prova, l'accoppiamento tra linguetta e fibbia non avviene
- durante la constatazione dell'avvenuto accoppiamento tra fibbia e linguetta, si nota che la fibbia non consente l'accoppiamento con la linguetta
  (**D**=**9 RPN normalizzato**=9*4=**36)**

Elemento: push button (fibbia)

Funzione: tramite una pressione esercitata su di esso rilascia la linguetta, così da slacciare la cintura

1] Modalità di guasto: quando si esercita una pressione idonea sull'elemento la linguetta non viene rilasciata

Effetti:

- l'utilizzatore rimane bloccato nel veicolo, perché non riesce a slacciare la cintura (**S**=**7**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che non permette un trasferimento idoneo della pressione esercitata su di esso per movimentare il perno, a causa dell'uso di un materiale troppo fragile per i carichi in gioco, o che non resiste a carichi ripetuti e va a rottura a fatica, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro andando a degradarsi nel tempo

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per

l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione (**D**=**3 RPN normalizzato**=7*3=**21)**

b) deformazione plastica del componente, che non permette un contatto corretto con il perno, nel caso della sua attivazione, per l'uso di un materiale troppo duttile, o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni del contatto con il perno, nel momento della sua attivazione
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni del contatto con il perno, nel momento della sua attivazione

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
(**D**=**3 RPN normalizzato**=7*3=**21)**

c) produzione del componente errata che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e geometrie, che causa uno scorretto accoppiamento di questo con gli altri elementi della fibbia, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente a rottura, o usura, o a deformazione plastica

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la gli altri elementi della fibbia
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione

- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta la fibbia, e si va a verificare se sul push button, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=7*3=**21)**

d) progettazione del componente non corretta per dimensioni e geometria, che non permette a questo di accoppiarsi agli altri elementi della fibbia, e quindi ad andarli ad azionare nella maniera corretta in caso della sua attivazione

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi degli altri elementi della fibbia, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, senza creare complicazioni per l'attivazione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli degli altri elementi della fibbia, non va a buon fine, e non permettere una corretta attivazione di questo
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=7*1=**7)**

Elemento: cover inferiore (fibbia)

Funzione: con l'accoppiamento della cover superiore, contiene il sistema della fibbia

1] Modalità di guasto: il sistema fibbia è contenuto in maniera non corretta nell'elemento accoppiato con la cover superiore, e di conseguenza le sue azioni sono bloccate

Effetti:

- la linguetta non viene bloccata dalla fibbia, e quindi tutte le funzioni della cintura vengono meno, l'utilizzatore non può essere trattenuto in caso di urto o brusca decelerazione, e va ad urtare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, riportando così danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**9**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che porta gli altri elementi della fibbia a spostarsi dalla posizione ideale d'azione, compromettendone il loro funzionamento, a causa dell'uso di un materiale troppo fragile per i carichi in gioco, o che non resiste a carichi ripetuti andando a rottura a fatica, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro andando a degradarsi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=9*3=**27)**

b) deformazione plastica del componente, che porta questo a sovrapporsi agli altri elementi della fibbia bloccandone l'azionamento, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile, o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va ad interferire con i movimenti degli altri componenti della fibbia, bloccandone il loro azionamento
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a interferire con i movimenti degli altri componenti della fibbia, bloccandone il loro azionamento

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=9*3=**27)**

c) produzione del componente non corretta che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e geometrie, che causa l'impossibilità per questo di essere assemblato correttamente

con gli altri elementi della fibbia, andando a bloccare le loro azioni, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente a rottura, o usura, o a deformazione plastica

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la gli altri elementi della fibbia
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta la fibbia, e si va a verificare se sulla cover inferiore, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questa

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=9*3=**27)**

d) progettazione del componente scorretta per dimensioni e geometrie, che causa l'impossibilità di un assemblamento valido di questo con gli altri elementi della fibbia, causandone l'arresto delle loro funzioni

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi degli altri elementi della fibbia, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, senza creare complicazioni per l'attivazione degli elementi attivi della fibbia

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli degli altri elementi della fibbia, non va a buon fine, e non permettere una corretta attivazione degli elementi attivi della fibbia
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=9*1=**9)**

Elemento: cover superiore (fibbia)

Funzione: con l'accoppiamento della cover inferiore, contiene il sistema della fibbia

1] Modalità di guasto: il sistema fibbia è contenuto in maniera non corretta nell'elemento accoppiato con la cover inferiore, e di conseguenza le sue azioni sono bloccate

Effetti:

- la linguetta non viene bloccata dalla fibbia, e quindi tutte le funzioni della cintura vengono meno, l'utilizzatore non può essere trattenuto in caso di urto o brusca decelerazione, e va ad urtare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, riportando così danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**9**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che porta gli altri elementi della fibbia a spostarsi dalla posizione ideale d'azione, compromettendone il loro funzionamento, a causa dell'uso di un materiale troppo fragile per i carichi in gioco, o che non resiste a carichi ripetuti andando a rottura a fatica, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro andando a degradarsi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione (**D**=**3 RPN normalizzato**=9*3=**27)**

b) deformazione plastica del componente, che porta questo a sovrapporsi agli altri elementi della fibbia bloccandone l'azionamento, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile, o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va ad interferire con i movimenti degli altri componenti della fibbia, bloccandone il loro azionamento
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a interferire con i movimenti degli altri componenti della fibbia, bloccandone il loro azionamento

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=9*3=**27)**

c) produzione del componente non corretta che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e geometrie, che causa l'impossibilità per questo di essere assemblato correttamente con gli altri elementi della fibbia, andando a bloccare le loro azioni, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente a rottura, o usura, o a deformazione plastica

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la gli altri elementi della fibbia
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta la fibbia, e si va a verificare se sulla cover superiore, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questa

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=9*3=**27)**

d) progettazione del componente scorretta per dimensioni e geometrie, che causa l'impossibilità di un assemblamento valido di questo con gli altri elementi della fibbia, causandone l'arresto delle loro funzioni

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi degli altri elementi della fibbia, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, senza creare complicazioni per l'attivazione degli elementi attivi della fibbia

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli degli altri elementi della fibbia, non va a buon fine, e non permettere una corretta attivazione degli elementi attivi della fibbia
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=9*1=**9)**

Elemento: rivetto (fibbia)

Funzione: accoppia il fermo e la guida per la linguetta alle cover della fibbia

1] Modalità di guasto: l'accoppiamento tra il fermo e la guida per la linguetta con le cover della fibbia viene meno

Effetti:

- la fibbia non funziona, e quindi la cintura non può svolgere i suoi compiti, perché viene meno uno dei tre punti di ancoraggio, di conseguenza l'utilizzatore in caso di urto o decelerazione brusca del veicolo va ad impattare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, riportando danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che può avvenire sia nella parte cilindrica sia nella testa e controtesta, che porta questo a fallimento, a causa dell'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile, o che non resiste a carichi ripetuti andando a rottura a fatica o a usurarsi nel tempo, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro andando a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica della testa oppure della controtesta del componente, che causano il disaccoppiamento di questo con gli altri elementi, per l'uso di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a disaccoppiarsi dalle cover della fibbia, dalla guida per la linguetta, e il fermo
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a disaccoppiarsi dalle cover della fibbia, dalla guida per la linguetta, e il fermo

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente non corretta, che non rispetta le caratteristiche di progetto, per quanto riguarda le sue dimensioni e geometrie, che causa l'impossibilità di questo di inserirsi correttamente nel foro degli altri elementi, per quanto riguarda le proprietà meccaniche e chimiche, che causa la rottura, l'usura o deformazione plastica del componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il fermo, con la guida per la linguetta, e con le cover della fibbia
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta la fibbia, e si va a verificare se sul rivetto, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo

- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  d) progettazione errata del componente per dimensioni e per le geometrie, che non permettono l'inserimento corretto di questo nei fori degli elementi che devono essere accoppiati

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi del fermo, della guida per la linguetta, e delle cover della fibbia, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, senza che uno degli elementi si separi dal sistema della fibbia

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli del fermo, della guida per la linguetta, e delle cover della fibbia, non va a buon fine, e ciò porta al fallimento della fibbia
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: perno (fibbia)

Funzione: mantiene il fermo in posizione quando la linguetta è inserita nella fibbia

1] Modalità di guasto: il fermo non viene mantenuto in posizione quando la linguetta è inserita nella fibbia

Effetti:

- la linguetta non rimane assicurata alla fibbia, e di conseguenza le azioni della cintura vengono meno, in caso di urto o di brusca decelerazione del veicolo l'utilizzatore non viene trattenuto, e va ad impattare una parte interna del veicolo o l'airbag con una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

  a) rottura o usura del componente, ciò non permette più il suo movimento lungo la guida per la linguetta, e quindi non può andare a bloccare il movimento di ritorno del fermo, a causa dell'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile per i carichi in gioco, o che non resiste a carichi ripetuti provocando una rottura a fatica, o che sia non chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro del componente andando a corrosione

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che porta questo a rimanere incastrato nel percorso adibito a lui nella guida per la linguetta, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile, o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura nella zona di utilizzo del componente

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a incastrarsi all'interno del percorso a lui adibito nella guida per la linguetta
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a incastrarsi all'interno del percorso a lui adibito nella guida per la linguetta

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente errata che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e geometrie, che non permette l'accoppiamento di questo con la sua aperture adibite nella guida per la linguetta, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente o a rottura, o usura, o a deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la guida per la linguetta
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente

- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta la fibbia, e si va a verificare se sul perno, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente errata per le dimensioni e le geometrie, ciò comporta che questo non si accoppi con le aperture nella guida per la linguetta, e di conseguenza il suo azionamento è impossibilitato

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo della guida per la linguetta, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello della guida per la linguetta, non va a buon fine, poiché o resta incastrato all'interno di quest'ultima, o non riesce a ad essere inserito all'interno di quest'ultima
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Funzione: sotto la pressione del push button cambia posizione e rilascia il fermo, cosicché questo si disaccoppi dalla linguetta è la lasci libera

1] Modalità di guasto: l'elemento non cambia posizione nel momento in cui viene attivato dal push button

Effetti:

- l'utilizzatore rimane bloccato nel veicolo, perché non riesce a slacciare la cintura (**S**=**7**)

Cause:

a) rottura o usura del componente nel momento in cui la cintura è allacciata, il che comporta che questo non possa più muoversi lungo il percorso adibito lungo la guida per la linguetta, a causa dell'uso di un materiale non idoneo, troppo fragile per i carichi in gioco, o che non resiste a carichi ripetuti provocando una rottura a fatica, o che sia non chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro del componente andando a corrodersi, o ancora per una produzione scorretta, che va a variare le componenti meccaniche e chimiche

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta la fibbia, e si va a verificare se sul perno, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
- dopo l'ispezione visiva su ogni componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=7*3=**21)**

Elemento: molla (fibbia)

Funzione: la sua forza elastica permette il movimento del cantilever, quando si attiva il push button e il cantilever espelle la linguetta dalla sua sede

1] Modalità di guasto: la forza elastica dell'elemento non permette il movimento completo del cantilever

Effetti:

- l'utilizzatore rimane bloccato nel veicolo, perché non riesce a slacciare la cintura (**S**=**7**)

Cause:

a) la rigidezza della molla non è sufficiente per generare una forza che metta in movimento il cantilever

Provvedimenti preventivi:

- per ogni componente prodotto si va a misurare la sua rigidezza (costante elastica), tramite una prova di compressione non distruttiva, e il valore rilevato deve essere, con una certa tolleranza, uguale al valore scelto in fase di progettazione

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo la prova di compressione non distruttiva si trova che la rigidezza (costante elastica) è minore del valore scelto in fase di progettazione
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=7*1=**7)**

  b) rottura o usura del componente, per l'uso di un materiale fragile per i carichi in gioco, o che non resiste a carichi ripetuti andando o a rottura a fatica o a cambiare le sue caratteristiche elastiche, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavorazione andando a corrosione

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=7*3=**21)**

  c) deformazione plastica del componente, che cambia le condizioni di rigidità di questo, per l'uso di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le sue condizioni di rigidità, e si va ad attivare in un modo scorretto
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le sue condizioni di rigidità, e ad attivarsi in un modo scorretto

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=7*3=**21)**

  d) produzione errata del componente che non rispetta le caratteristiche di progetto, per dimensioni e geometrie, che porta ad avere delle spire del componente di diametro errato, e distanziamento fra esse non corretto, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente o a rottura, o a usura, o a deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il cantilever, e per non andare a cambiare le sue caratteristiche di elasticità
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta la fibbia, e si va a verificare se sulla molla, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questa

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=7*3=**21)**

Elemento: cantilever (fibbia)

Funzione: comprime la molla quando la linguetta esercita una forza su di esso

1] Modalità di guasto: la compressione della molla da parte dell'elemento avviene con una direzione non consona

Effetti:

- la linguetta non riesce a entrare correttamente nella fibbia, e non viene bloccata all'interno di quest'ultima, quindi la cintura non può svolgere i suoi compiti, e l'utilizzatore in caso di urto o brusca decelerazione del veicolo va ad impattare con una parte interna di questo o contro l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**9**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che non trasmette la forza esercita su di lui dalla linguetta in modo perpendicolare sulla molla, questo fa sì che la molla non si comprima del necessario per permettere alla linguetta di accoppiarsi con la fibbia, a causa dell'uso di un materiale troppo fragile per i carichi in gioco, o che non resiste a carichi ripetuti che lo portano a rottura a fatica, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro andando a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=9*3=**27)**

b) produzione del componente non corretta che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e geometrie, che porta il componente ad accoppiarsi con la linguetta in un modo non idoneo, generando sulla molla una forza non perpendicolare, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che causa rottura, o usura del componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere una corretta connessione fra questo e la linguetta, in modo da comprimere correttamente la molla
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta la fibbia, e si va a verificare se sul cantilever, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a rompersi e usurarsi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=9*3=**27)**

c) progettazione errata del componente per dimensioni e geometrie, che induce uno scorretto accoppiamento tra questo e la linguetta, che poi porta ad un trasferimento di carico alla molla non perpendicolare

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi degli altri elementi della fibbia, e con quello della linguetta, prima della produzione di questo, per verificare se questo e la linguetta si accoppiano correttamente, così da portare ad un trasferimento di carico alla molla in modo perpendicolare

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli degli altri elementi della fibbia, e con quello della linguetta, non va a buon fine, poiché il prototipo del componente non trasferisce un carico perpendicolare sul prototipo della molla, causato dalla pressione esercitata dal prototipo della linguetta
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=9*1=**9)**

Funzione: quando viene attivato il push button e la linguetta viene disaccoppiata dal fermo, questo grazie alla spinta dovuta alla molla slaccia la linguetta dalla fibbia

1] Modalità di guasto: nel momento in cui viene attivato il push button l'elemento non riesce a spingere fuori dalla sua sede, all'interno della fibbia, la linguetta

Effetti:

- la linguetta non viene rilasciata, e quindi l'utilizzatore rimane bloccato all'interno del veicolo (**S**=**7**)

Cause:

a) rottura del componente mentre la linguetta è inserita nella fibbia, ciò comporta che la spinta della molla non è trasmessa completamente dal cantilever sulla linguetta, a causa dell'uso di un materiale troppo fragile che non resiste alla spinta della molla, o che non resiste a carichi ripetuti andando a rottura a fatica

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=7*3=**21)**

  b) deformazione plastica del componente dovuta alla spinta della molla, che causa il blocco del movimento di questo, perché si incastra tra il fermo e la guida per la linguetta, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente si incastra tra la guida per la linguetta e il fermo
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a incastrarsi tra la guida per la linguetta e il fermo

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=7*3=**21)**

Elemento: fermo (fibbia)

Funzione: blocca la linguetta nella fibbia, quando questa viene inserita, tramite la sua proiezione che passa attraverso il foro della linguetta e di quello della guida per la linguetta

1] Modalità di guasto: il blocco della linguetta nella fibbia non avviene

Effetti:

- la linguetta non rimane assicurata alla fibbia, e di conseguenza le azioni della cintura vengono meno, in caso di urto o di brusca decelerazione del veicolo l'utilizzatore non viene trattenuto, e va ad impattare una parte interna del veicolo o l'airbag con una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

  a) rottura o usura del componente, sia nella zona del corpo centrale che causa l'impossibilità di movimento di questo, sia nella zona della proiezione, che si accoppia alla linguetta e alla guida per la linguetta, che comporta l'impossibilità dell'unione dei tre elementi, a causa dell'uso di un materiale troppo fragile, o che non resiste a carichi ripetuti andando a rottura a fatica, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro andando a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica componente nella zona della proiezione, che causa l'impossibilità dell'accoppiamento fra questo e la linguetta e la guida per la linguetta, per l'uso di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, la proiezione del componente non può accoppiarsi con il foro inferiore della linguetta, e con il foro della guida per la linguetta
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano la proiezione del componente a non potersi accoppiare con il foro inferiore della linguetta, e con il foro della guida per la linguetta

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente errata che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e geometrie, che porta questo a non inserirsi nel foro della linguetta e della guida per la linguetta

correttamente, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente o a rottura, o a usura, o a deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto accoppiamento di questo con la guida per la linguetta, e la linguetta
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta la fibbia, e si va a verificare se sul fermo, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente scorretta, per dimensioni e geometrie, che causano problemi per l'accoppiamento di questo con la linguetta e la guida per la linguetta, poiché la proiezione del componente non entra nel foro della linguetta

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi degli altri elementi della fibbia, e con quello della linguetta, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano, bloccando la linguetta all'interno della fibbia correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli degli altri elementi della fibbia, e con quello della linguetta, non va a buon fine, poiché la proiezione del componente non entra nei fori della linguetta, e della guida per la linguetta
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: guida per la linguetta (fibbia)

Funzione: guida l'inserimento della linguetta all'interno della fibbia

1] Modalità di guasto: l'ingresso della linguetta nella sua sede all'interno della fibbia è impedito

Effetti:

- la linguetta non rimane assicurata alla fibbia, e di conseguenza le azioni della cintura vengono meno, in caso di urto o di brusca decelerazione del veicolo l'utilizzatore non viene trattenuto, e va ad impattare una parte interna del veicolo o l'airbag con una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S=9**)

Cause:

a) rottura del componente, che cambiando conformazione blocca l'ingresso alla linguetta, a causa dell'uso di un materiale troppo fragile, o che non resiste a carichi ripetuti e va a rottura a fatica, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro andando a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura il componente, durante il suo utilizzo (**D=3 RPN normalizzato**=9*3=**27)**

b) deformazione plastica del componente, che si va ad interporre alla linguetta non permettendo il so inserimento nella fibbia, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile, o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura nella zona di utilizzo del componente

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a bloccare l'inserimento della linguetta all'interno della fibbia
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a bloccare l'inserimento della linguetta all'interno della fibbia

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=9*3=**27)**

c) produzione del componente scorretta che non rispetta le caratteristiche di progettazione, per le dimensioni e le geometrie, che porta questo a non permettere l'inserimento della linguetta, perché interferisce con essa bloccandone il movimento, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente o a rottura, o a deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio gli altri elementi della fibbia, in modo da consentire il corretto inserimento della linguetta
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta la fibbia, e si va a verificare se sulla guida per la linguetta, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questa

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=9*3=**27)**

d) progettazione del componente errata per dimensioni e geometria, ciò causa l'impossibilità della linguetta di accoppiarsi con lui, perché, o il passaggio è troppo stretto o non è il negativo della geometria della linguetta

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo della linguetta, per verificare se questi si accoppiano correttamente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello della linguetta non va a buon fine (**D**=**1 RPN normalizzato**=9*1=**9)**

Funzione: guida il movimento del perno tramite la sua geometria

1] Modalità di guasto: il movimento del perno viene bloccato

Effetti:

- il perno non può esercitare una forza sul fermo, quindi questo si disaccoppia dalla linguetta, che si disinserisce dalla fibbia, quindi le azioni della cintura vengono meno, e l'utilizzatore non viene trattenuto da essa in caso di urto o decelerazione brusca del veicolo, andando a colpire una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

- se il movimento viene bloccato nel momento in cui la linguetta è inserita nella fibbia, questo causa l'impossibilità del fermo di venire disaccoppiato dalla linguetta, bloccando la possibilità di slacciare la cintura, e impedendo all'utilizzatore di uscire dal veicolo (**S**=**7**)

Cause:

a) rottura o usura del componente nella zona di guida per il perno, che comporta che quest'ultimo rimanga incastrato non potendo svolgere la sua azione, a casa dell'uso di un materiale troppo fragile per i carichi in gioco, o che non resiste a carichi ripetuti andando a rottura a fatica, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavorazione andando a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente nella zona di guida per il perno, che porta quest'ultimo a incastrarsi e a bloccare la sua azione, per l'uso di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura nella zona di utilizzo del componente

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a bloccare il movimento del perno all'interno del suo percorso
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a bloccare il movimento del perno all'interno del suo percorso

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente scorretta nella zona di guida del perno che non rispetta le caratteristiche di progettazione, per le dimensioni e le geometrie, che porta questo a non permettere il movimento del perno, poiché rimane incastrato nel componente, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente o a rottura, o a deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere una corretta movimentazione del perno al suo interno
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta la fibbia, e si va a verificare se sulla guida per la linguetta, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questa

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto nella zona del percorso per il perno
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto di produzione a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo, specialmente nella zona del percorso per il perno
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo, in particolare nella zona del percorso per il perno

- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  d) progettazione del componente errata per dimensioni e geometria, ciò causa l'impossibilità del perno di muoversi attraverso la guida del componente, poiché rimane o incastrato nel componente, o non può proprio essere accoppiato a quest'ultimo

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo del perno, per verificare se questi si accoppiano correttamente, e se quest'ultimo può essere movimentato nel modo idoneo

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello del perno, non va a buon fine, o quest'ultimo resta bloccato lungo il percorso del prototipo del componente, o non si inserisce neanche nel percorso
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: linguetta

Funzione: permette l'ancoraggio della cinghia alla fibbia

1] Modalità di guasto: non avviene l'accoppiamento con la fibbia, o l'accoppiamento viene meno durante l'utilizzo della cintura

Effetti:

- l'utilizzatore non può essere trattenuto dalla cintura di sicurezza, e questo va ad impattare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, riportando danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

  a) rottura, o deformazione, o progettazione o produzione fallace della parte metallica della linguetta, che non riesce ad essere inserita nella fibbia o non si accoppia con essa, o si scollega durante l'uso

Provvedimenti preventivi:

- constatazione del corretto accoppiamento tra fibbia e linguetta per tutte le cinture prodotte, con cicli di apertura e chiusura (nell'ordine della decina)
- prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Come risultato della prova nessuna fibbia e nessun sistema di bloccaggio o di spostamento deve sganciarsi o sbloccarsi

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento con la fibbia della linguetta non avviene
- durate la prova dinamica la linguetta nella parte del foro inferiore va a rottura, scollegandosi dalla fibbia
  (**D**=**4 RPN normalizzato**=10*4=**40)**

2] Modalità di guasto: la cinghia viene scollegata dalla linguetta

Effetti:

- l'utilizzatore non può essere trattenuto dalla cintura di sicurezza, e questo va ad impattare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, riportando danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura della linguetta nella zona del suo foro per il passaggio della cinghia

Provvedimenti preventivi:

- prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Come risultato della prova nessuna fibbia e nessun sistema di bloccaggio o di spostamento deve sganciarsi o sbloccarsi

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova dinamica la linguetta nella zona del foro per il passaggio della cinghia va a rottura, e questo porta la cinghia a sganciarsi dall'accoppiamento con la linguetta
  (**D**=**4 RPN normalizzato**=10*4=**40)**

Funzione: blocca lo scorrimento della cinghia quando il carico sulla cintura arriva ad un carico di picco (carico delta tra la cintura della spalla e del bacino)

1] Modalità di guasto: il bloccaggio dello scorrimento della cinghia non avviene, anche se il carico sulla cintura è arrivato al carico di picco

Effetti:

- il carico sull'utilizzatore nel momento della ritenuta dello stesso è maggiore, e questo può causare dei danni all'utilizzatore (**S**=**10**)

Cause:

a) uno o entrambi gli elementi tra camma di blocco e molla pre-tensionata non sia attivano nel modo corretto, per una rottura o deformazione del componente o per una progettazione o produzione fallace dello stesso

Provvedimenti preventivi:

- prova del pendulum test, che simula una situazione in cui deve avvenire il bloccaggio dello scorrimento della cinghia, con una forza delta tra la cintura addominale e quella diagonale, che viene portata fino a 3,5 kN, e a quella data forza deve avvenire il bloccaggio dello scorrimento della cinghia, con uno slittamento della cinghia minore di 10 mm, quando si arriva al carico limite. La prova viene fatta su un numero di componenti, scelti dal team della qualità, in base alla quantità della produzione giornaliera

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova del pendulum test il bloccaggio dello scorrimento della cinghia non avviene nel momento in cui si arriva al carico limite, o lo scorrimento della cinghia prima del bloccaggio è maggiore di 10 mm, dal momento in cui si arriva al carico limite
  (**D**=**4 RPN normalizzato**=10*4=**40)**

2] Modalità di guasto: avviene il bloccaggio dello scorrimento della cinghia, anche se il carico sulla cintura non è arrivato al carico di picco

Effetti:

- i movimenti dell'utilizzatore all'interno dell'abitacolo sono limitati, provocando un disagio a quest'ultimo (**S**=**6**)

Cause:

a) la progettazione e calibrazione di uno o entrambi gli elementi tra camma di blocco e molla pre-tensionata non è fatta correttamente

Provvedimenti preventivi:

- prova del pendulum test, che simula una situazione in cui deve avvenire il bloccaggio dello scorrimento della cinghia, con una forza delta tra la cintura addominale e quella diagonale, che viene portata fino a 3,5 kN, e a quella data forza deve avvenire il bloccaggio dello scorrimento della cinghia, con uno slittamento della cinghia minore di 10 mm, quando si arriva al carico limite. La prova viene fatta su un numero di componenti, scelti dal team della qualità, in base alla quantità della produzione giornaliera

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova del pendulum test il bloccaggio dello scorrimento della cinghia avviene prima del raggiungimento del carico limite di 3,5 kN
  (**D**=**4 RPN normalizzato**=6*4=**24)**

Elemento: perno (linguetta)

Funzione: asse di rotazione della camma di blocco

1] Modalità di guasto: la rotazione della camma di blocco è impedita

Effetti:

- nel caso in cui il carico sulla cintura arrivi al carico di picco, la camma di blocco non si attiva, e di conseguenza anche l'azione di bloccaggio dello scorrimento della cinghia non si attiva, e questo porta ad un carico molto elevato sull'utilizzatore nel momento della sua ritenuta da parte della cintura (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che blocca i movimenti della camma di blocco, a causa dell'uso di un materiale troppo fragile, o che non resiste a carichi ripetuti andando a rottura a fatica o a usurarsi nel tempo, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro andando a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento tra lui e la camma di blocco, non permettendo a quest'ultima di movimentarsi su di esso, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con la camma di blocco
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con la camma di blocco

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente errata che non rispetta le caratteristiche di progetto, per dimensioni e geometria, che porta questo a non accoppiarsi correttamente con la camma d blocco, perché il montaggio tra di loro è impedito, o perché il componente interferisce con il movimento della camma di blocco, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente o a rottura, o a usura, o a deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la camma di blocco
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente

- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta la linguetta, e si va a verificare se sul perno, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente scorretta per dimensioni e geometrie, ciò porta questo a non essere accoppiato correttamente con la camma di blocco, e questo porta il bloccaggio dei movimenti di quest'ultima

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo della camma di blocco, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, senza creare complicazioni

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello della camma di blocco, non va a buon fine, e non permettere una corretta movimentazione di quest'ultima
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: parte metallica linguetta (linguetta)

Funzione: parte della linguetta che viene accoppiata alla fibbia

1] Modalità di guasto: l'accoppiamento con la fibbia non avviene, quando la linguetta viene inserita nella fibbia

Effetti:

- viene a mancare un punto di ancoraggio per la cintura, quindi questa non può svolgere i suoi compiti, e di conseguenza l'utilizzatore in caso di urto o brusca decelerazione del veicolo non viene trattenuto da questa, e va ad impattare un parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, procurandosi danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente nella zona del foro inferiore, che non permette l'ancoraggio con la proiezione del fermo della fibbia, a causa dell'uso di un materiale troppo fragile, o che non resiste a carichi ripetuti andando a rottura a fatica, o che sia non chimicamente inerte nell'ambiente di utilizzo andando a corrosione

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che porta questo a non potersi accoppiare alla fibbia, non entrando nella guida per la linguetta, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura nella zona di utilizzo del componente

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente non può accoppiarsi alla fibbia
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a non potersi più accoppiare alla fibbia

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente errata che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e le geometrie, dove la larghezza del componente è maggiore di quella della guida per la linguetta della fibbia, o la sua forma non rispetta il negativo della guida per la linguetta della fibbia, o ancora la larghezza del foro inferiore del componente e minore della larghezza della proiezione del fermo

della fibbia, fa sì che questo non si accoppi alla fibbia, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta questo a rottura, o a usura, o a deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto accoppiamento di questo con la fibbia
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta la linguetta, e si va a verificare se sulla parte metallica della linguetta, nella zona del foro inferiore, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, nella zona del foro inferiore, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente scorretta per dimensioni e geometria, che non tiene conto delle dimensione dei componenti della fibbia che si uniscono al componente, e ciò porta questo a non accoppiarsi alla fibbia

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo della fibbia, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, senza creare complicazioni

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello della fibbia non va a buon fine
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: camma di blocco (linguetta)

Funzione: quando il carico sulla cintura arriva ad un carico di picco (carico delta tra la cintura della spalla e del bacino) si va a bloccare la cinghia che passa attraverso il foro superiore della linguetta, così da non permette lo scorrimento della cinghia

1] Modalità di guasto: il bloccaggio dello scorrimento della cinghia non avviene quando si arriva ad il carico di picco su di essa

Effetti:

- il carico sull'utilizzatore nel momento della ritenuta da parte della cintura è maggiore, e può causare danni e lesioni al torace e organi interni di quest'ultimo (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che nel momento della sua attivazione da parte della molla-pretensionata, porta questo a non movimentarsi sul perno, a causa dell'uso di un materiale troppo fragile, o che non resiste a carichi ripetuti andando a rottura a fatica, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro andando a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227)[37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che lo porta ad andare ad interferire con gli altri componenti della fibbia che ne bloccano i movimenti, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile, o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura nella zona di utilizzo del componente

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni dell'accoppiamento con la molla pretensionata e il perno, bloccando la sua azione
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a

cambiare le condizioni dell'accoppiamento con la molla pretensionata e il perno, bloccando la sua azione

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente errata che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e le geometrie, che causa uno scorretto montaggio del componente con gli altri elementi della fibbia, che andando ad interferenza con lui ne bloccano i movimenti, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente o a rottura, o a usura, o a deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con gli altri componenti della linguetta
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta la linguetta, e si va a verificare se sulla camma di blocco, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questa

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente scorretta per dimensioni e geometria, che porta il componente ad essere assemblato con gli altri elementi della linguetta in modo errato, rimanendo incastrato tra questi, e la sua movimentazione non avviene

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi degli altri elementi della linguetta, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, senza creare complicazioni al movimento del prototipo del componente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli degli altri elementi della linguetta, non va a buon fine, e non permettere una corretta movimentazione di questo
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: molla pre-tensionata (linguetta)

Funzione: viene attivata quando la cintura arriva ad un carico di picco (carico delta tra la cintura diagonale e quella addominale), e permette il movimento alla camma di blocco

1] Modalità di guasto: attiva la camma di bloccaggio anche se non si arriva al carico di picco sulla cintura

Effetti:

- si blocca lo scorrimento della cinghia attraverso la linguetta, e questo causa un fastidio per l'utilizzatore, perché la cintura addominale rimane bloccata, invece la parte di cintura diagonale rimane allentata, e questo complica i movimenti dell'utilizzatore (**S**=**6**)

Cause:

a) la calibrazione del pretensionamento del componente non è corretta, il carico a cui si attiva il componente è minore di quello limite ideale scelto in progettazione

Provvedimenti preventivi:

- prova del pendulum test, che simula una situazione in cui deve avvenire il bloccaggio dello scorrimento della cinghia, con una forza delta tra la cintura addominale e quella diagonale, che viene portata fino a 3,5 kN, e a quella data forza deve avvenire il bloccaggio dello scorrimento della cinghia, con uno slittamento della cinghia minore di 10 mm, quando si arriva al carico limite. La prova viene fatta su un numero di linguette, scelte dal team della qualità, in base alla quantità della produzione giornaliera

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova del pendulum test il bloccaggio dello scorrimento della cinghia avviene prima del raggiungimento del carico limite di 3,5 kN
  (**D**=**4 RPN normalizzato**=6*4=**24)**

b) deformazione plastica del componente, che porta un cambio di condizioni del pretensionamento, ma non cambia radicalmente le condizioni di accoppiamento con la camma di blocco, e lo rende sensibile anche a carichi di valore minore, che agiscono sulla cintura, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile, o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura nell'ambiente di lavoro del componente

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni della sua calibrazione

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni della sua calibrazione

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

2] Modalità di guasto: non attiva la camma nel momento in cui si arriva al carico di picco sulla cintura

Effetti:

- non si blocca lo scorrimento della cinghia attraverso la linguetta, e quindi il carico sull'utilizzatore nel momento della ritenuta da parte della cintura è maggiore, e può causare danni e lesioni al torace e organi interni di quest'ultimo (**S**=**10**)

Cause:

a) la calibrazione del pretensionamento del componente non è corretta, il carico a cui si attiva il componente è maggiore di quello limite ideale scelto in progettazione

Provvedimenti preventivi:

- prova del pendulum test, che simula una situazione in cui deve avvenire il bloccaggio dello scorrimento della cinghia, con una forza delta tra la cintura addominale e quella diagonale, che viene portata fino a 3,5 kN, e a quella data forza deve avvenire il bloccaggio dello scorrimento della cinghia, con uno slittamento della cinghia minore di 10 mm, quando si arriva al carico limite. La prova viene fatta su un numero di linguette, scelte dal team della qualità, in base alla quantità della produzione giornaliera

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova del pendulum test il bloccaggio dello scorrimento della cinghia non avviene nel momento in cui si arriva al carico limite, o lo scorrimento della cinghia prima del bloccaggio è maggiore di 10 mm, dal momento in cui si arriva al carico limite
  (**D**=**4 RPN normalizzato**=10*4=**40)**

b) rottura o usura del componente, che comporta l'impossibilità di svolgere l'azione per cui è predisposto, a causa dell'uso di un materiale troppo fragile, o che non resiste all'azione di carichi ripetuti andando a rottura a fatica, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro si corrode

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo

- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) deformazione plastica del componente, che cambia le sue condizioni di attivazione e anche le condizioni di accoppiamento con la camma di blocco, che causano l'impossibilità di movimentazione di quest'ultimo, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile, o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a cambiare le condizioni della sua calibrazione, e lo stato dell'accoppiamento con la camma di blocco
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a cambiare le condizioni della sua calibrazione, e lo stato dell'accoppiamento con la camma di blocco

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) produzione del componente non corretta che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le dimensioni e le geometrie, che porta questo a non accoppiarsi correttamente con la camma di blocco, non attivando così il movimento di quest'ultimo, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente o a rottura, o a usura, o a deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con gli altri componenti della linguetta
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta la linguetta, e si va a verificare se sulla molla pre-tensionata, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla corrosione di questa

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto di produzione a deformarsi, o a rompersi, o a usurarsi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

e) progettazione errata del componente per dimensioni e geometrie, che non permettono un montaggio corretto di questo con la copertura della linguetta e la camma di blocco, e ciò compromette l'azione del componente che viene bloccata

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi degli altri elementi della linguetta, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, senza creare complicazioni al movimento del prototipo del componente

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli degli altri elementi della linguetta, non va a buon fine, e non permettere una corretta movimentazione di questo
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: copertura in plastica per la linguetta (linguetta)

Funzione: va a contenere tutto il sistema della linguetta

1] Modalità di guasto: va ad interferire con le parti del sistema della linguetta, non contenendoli in maniera corretta e bloccandone le azioni

Effetti:

- il sistema di bloccaggio dello scorrimento della cinghia non funziona più correttamente, in caso di trattenimento dell'utilizzatore da parte della cintura, questo subisce un carico maggiore del dovuto e può riportare danni lesioni al torace e agli organi interni (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che lo porta ad interferire con i movimenti degli altri elementi della linguetta, a causa dell'uso di un materiale troppo fragile per i carichi in gioco, o che non resiste a carichi ripetuti andando a rottura a fatica o a usurarsi nel tempo, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro andando a degradarsi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che cambiando configurazione va ad impedire i movimenti degli elementi della linguetta che contiene, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile, o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a interferire con gli elementi del sistema della linguetta
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a interferire con gli elementi del sistema della linguetta

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  c) produzione del componente errata che non rispetta i parametri di progettazione, per le dimensioni e le geometrie, che comporta un montaggio del sistema linguetta improprio, che va a bloccare i movimenti degli elementi interni al componente, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente o a rottura, o a usura, o a deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con gli altri componenti della linguetta
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura o all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smonta la linguetta, e si va a verificare se sulla copertura in plastica, avviene una rottura, o un'usura dovuta dalla degradazione di questa

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una degradazione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

  d) progettazione errata del componente per dimensioni e geometria, che non può contenere correttamente gli elementi della linguetta, andando poi ad interferire con i loro movimenti

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con i prototipi degli altri elementi della linguetta, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, senza creare complicazioni alle azioni dei prototipi degli altri elementi della linguetta

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quelli degli altri elementi della linguetta, non va a buon fine, e non permettere un corretto azionamento di questi ultimi
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: perno d'arresto [stop cap]

Funzione: arresta il movimento sulla cinghia della linguetta in un dato punto

1] Modalità di guasto: la linguetta non si arresta e si muove su tutta la lunghezza della cinghia dall'anello di trazione a l'anello oscillante

Effetti:

- l'utilizzatore ha più difficoltà a indossare la cintura di sicurezza, perché la linguetta è più difficile da raggiungere quando lui è nell'abitacolo (**S**=**5**)

Cause:

a) rottura e usura del componente a causa di una scelta del materiale sbagliato, poiché il materiale è troppo fragile, o non resiste a carichi ripetuti andando a rottura a fatica, o per problemi chimici legati al materiale che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per il componente; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a rottura o usura

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=5*3=**15)**

b) deformazione plastica dell'elemento, che porta questo a non accoppiarsi con la linguetta, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile, e che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente non va a bloccare lo scorrimento della linguetta lungo la cinghia
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per il componente; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni

tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni che portano il componente a non bloccare il movimento della linguetta su un certo tratto della cinghia

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=5*3=**15)**

c) produzione del componente errata che non rispetta le caratteristiche di progetto, per le geometrie e le dimensioni, che porta il componente a non accoppiarsi con la linguetta, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente a rottura e usura, o a deformarsi plasticamente, durante il suo utilizzo, o dopo la lavorazione

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la cinghia, e tramite di lui permettere l'arresto della linguetta grazie alla loro interferenza
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a verificare se sul componente avviene un'usura o una rottura dovuta dalla degradazione di quest'ultimo
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dopo la prova di corrosione si rileva che sul componente avviene una degradazione, che porta a rottura o a usura quest'ultimo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=5*2=**10)**

d) progettazione del design dell'elemento non corretta per dimensioni e geometria, che non permette l'accoppiamento con la linguetta

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto montaggio del componente sulla cinghia e si verifica il corretto accostamento della linguetta su questo, in modo che questa fermi il suo movimento in quella posizione sulla cinghia, per il primo prototipo, prima della produzione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accostamento e il conseguente stop della linguetta da parte del componente, montato sulla cinghia, non avvengono
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=5*1=**5)**

Elemento: anello di trazione

Funzione: collega la cintura addominale alla staffa (piastra d'ancoraggio)

1] Modalità di guasto: anello di trazione si sgancia dall'accoppiamento con la staffa

Effetti:

- l'utilizzatore non può essere trattenuto dalla cintura di sicurezza, in caso di decelerazione brusca o urto del veicolo c'è un danno per quest'ultimo, che va ad impattare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non idonea (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente per una scelta sbagliata del materiale troppo fragile per i carichi in gioco, o che per carichi ripetuti va a rottura a fatica, o che non è chimicamente inerte nella zona di lavoro

Provvedimenti preventivi:

- prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Come risultato della prova nessuna fibbia e nessun sistema di bloccaggio o di spostamento deve sganciarsi o sbloccarsi, e gli elementi della cintura non devono rompersi
- prova di trazione sull'anello di trazione (regolamento n.16 [UNECE]); si collega l'anello di trazione, accoppiato alla staffa, che è bloccata su un supporto fisso, all'apparecchiatura per la prova di trazione mediante le parti della cintura alle quali essi sono fissati normalmente; il carico va successivamente portato a 1470 daN, e va applicato nelle condizioni più sfavorevoli che si possono presentare su un veicolo quando la cintura è installata correttamente; il materiale del componente non deve cedere e rompersi sotto l'azione del carico. La prova viene fatta su un numero di componenti scelto in precedenza dal team della qualità, in base alla quantità della produzione
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per il componente; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a rottura o usura
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine di queste si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova dinamica l'anello di trazione si sgancia dall'accoppiamento con la staffa, per una sua rottura
- nella prova di trazione l'anello di trazione va a rompersi e a disaccoppiarsi dalla staffa, prima che il carico arrivi a 1470 daN
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo

  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente, che causa il disaccoppiamento di questo dalla staffa, per l'uso di un materiale troppo duttile per le tensioni in gioco, e che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Come risultato della prova nessuna fibbia e nessun sistema di bloccaggio o punto di ancoraggio deve sganciarsi o sbloccarsi.
- prova di trazione sull'anello di trazione (regolamento n.16 [UNECE]) [1]; si collega l'anello di trazione, accoppiato alla staffa, che è bloccata su un supporto fisso, all'apparecchiatura per la prova di trazione mediante le parti della cintura alle quali essi sono fissati normalmente; il carico va successivamente portato a 1470 daN, e va applicato nelle condizioni più sfavorevoli che si possono presentare su un veicolo quando la cintura è installata correttamente; il materiale del componente non deve deformarsi sotto l'azione del carico. La prova viene fatta su un numero di componenti scelto in precedenza dal team della qualità, in base alla quantità della produzione
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a disaccoppiarsi dalla staffa
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per il componente; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni che portano il componente a disaccoppiarsi dalla staffa

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova dinamica l'anello di trazione si sgancia dall'accoppiamento con la staffa, per una sua deformazione
- nella prova di trazione l'anello di trazione va a deformarsi e a sganciarsi dalla staffa, prima che il carico arrivi a 1470 daN
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) progettazione delle misure e forma del pezzo non corretta, che portano questo a non unirsi con la staffa, poiché le misure e forme non combaciano

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto montaggio del componente con la staffa che si aggancia al veicolo, per il primo prototipo, prima della produzione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del componente con la staffa non va a buon fine
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

d) produzione del componente errata che non rispetta le caratteristiche di progetto, sia per dimensioni e geometrie, che portano questo a non assemblarsi con la staffa, sia per le proprietà meccaniche e chimiche, che portano questo o a rottura, o a usura, o a deformarsi plasticamente, durante il suo utilizzo, o direttamente dopo la lavorazione

Provvedimenti preventivi:

- prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Come risultato della prova nessuna fibbia e nessun sistema di bloccaggio o punto di ancoraggio deve sganciarsi o sbloccarsi.
- prova di trazione sull'anello di trazione (regolamento n.16 [UNECE]); si collega l'anello di trazione, accoppiato alla staffa, che è bloccata su un supporto fisso, all'apparecchiatura per la prova di trazione mediante le parti della cintura alle quali essi sono fissati normalmente; il carico va successivamente portato a 1470 daN, e va applicato nelle condizioni più sfavorevoli che si possono presentare su un veicolo quando la cintura è installata correttamente; il materiale del componente non deve cedere e rompersi o deformarsi sotto l'azione del carico. La prova viene fatta su un numero di componenti scelto in precedenza dal team della qualità, in base alla quantità della produzione
- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la staffa
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a verificare se sul componente avviene un'usura o una rottura dovuta dalla corrosione di quest'ultimo
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova dinamica l'anello di trazione si sgancia dall'accoppiamento con la staffa
- nella prova di trazione l'anello di trazione va a rompersi o deformarsi e a disaccoppiarsi dalla staffa, prima che il carico arrivi a 1470 daN
- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dopo la prova di corrosione si rileva che sul componente avviene una corrosione, che porta a rottura o a usura quest'ultimo
- dopo l'ispezione visiva su ogni componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=10*2=**20)**

Elemento: staffa [piastra d'ancoraggio]

Funzione: punto di ancoraggio della cintura addominale al montante della porta

1] Modalità di guasto: scollamento della staffa dal telaio della vettura

Effetti:

- l'utilizzatore non può essere trattenuto dalla cintura di sicurezza, in caso di decelerazione brusca o urto del veicolo c'è un danno per quest'ultimo, che va ad impattare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non idonea (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura improvvisa dell'elemento, poiché il materiale utilizzato è troppo fragile, o rottura a fatica a causa di carichi ripetuti, o rottura dovuta a corrosione chimica, poiché questo è chimicamente non inerte nell'ambiente di lavoro

Provvedimenti preventivi:

- prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Come risultato della prova nessuna fibbia e nessun sistema di bloccaggio o punto di ancoraggio deve sganciarsi o sbloccarsi
- prova di trazione sulla staffa (parte di fissaggio) (regolamento n.16 [UNECE]) [1]; si connette il componente, che è bloccato su un supporto fisso, all'anello di trazione, che è collegato all'apparecchiatura per la prova di trazione mediante le parti della cintura alle quali essi sono fissati normalmente; il carico va successivamente portato a 1470 daN, e va applicato nelle condizioni più sfavorevoli che si possono presentare su un veicolo quando la cintura è installata correttamente; il materiale del componente non deve cedere e rompersi sotto l'azione del carico. La prova viene fatta su un numero di componenti scelto in precedenza dal team della qualità, in base alla quantità della produzione
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per il componente; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a rottura o usura
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2)[38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova dinamica la staffa si scolla dal telaio del veicolo (in questo caso il telaio della slitta), per una sua rottura
- durante la prova di trazione per la staffa, questa va a rottura ad una tensione minore di 1470 daN
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura il componente, durante il suo utilizzo (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) fallimento dell'azione dell'elemento perché viene utilizzato un metodo di produzione errato, sia per dimensioni e geometrie, che non permette una corretta unione con il telaio della vettura, sia per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta questo o a rottura, o a usura, o a deformarsi plasticamente, durante il suo utilizzo o dopo la lavorazione

Provvedimenti preventivi:

- prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Come risultato della prova nessuna fibbia e nessun sistema di bloccaggio o punto di ancoraggio deve sganciarsi o sbloccarsi
- prova di trazione sulla staffa (parte di fissaggio) (regolamento n.16 [UNECE]) [1]; il materiale del componente non deve cedere e rompersi o deformarsi in modo evidente sotto l'azione del carico, prima che si arrivi al carico limite.

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con il telaio della vettura e con l'anello di trazione
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a verificare se sul componente avviene un'usura o una rottura dovuta dalla corrosione di quest'ultimo
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova dinamica la staffa si scolla dal telaio del veicolo (in questo caso il telaio della slitta), per una sua rottura o una sua deformazione
- durante la prova di trazione per la staffa, questa va a rottura o a deformarsi in maniera da portare allo scollamento di questa dal supporto fisso, ad una tensione minore di 1470 daN
- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dopo la prova di corrosione si rileva che sul componente avviene una corrosione, che porta a rottura o a usura quest'ultimo
- dopo l'ispezione visiva su ogni componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
  (**D**=**2 RPN normalizzato**=10*2=**20)**

c) deformazione plastica del componente, che cambia le condizioni di assemblaggio con il telaio della vettura, se il materiale utilizzato per l'elemento è troppo duttile o troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Come risultato della prova nessuna fibbia e nessun sistema di bloccaggio o punto di ancoraggio deve sganciarsi o sbloccarsi
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per il componente; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazione
- prova di trazione sulla staffa (parte di fissaggio) (regolamento n.16 [UNECE]) [1]; il materiale del componente non deve deformarsi sotto l'azione del carico, prima che si arrivi al carico limite
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a disaccoppiarsi dal telaio della vettura

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova dinamica la staffa si scolla dall'accoppiamento con il telaio della vettura (in questo caso con il telaio della slitta), per una sua deformazione
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste

- nella prova di trazione la staffa va a deformarsi e a scollarsi dal suo supporto fisso, prima che il carico arrivi a 1470 daN
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente scorretta per dimensioni e geometrie, che causa un accostamento errato di questo con il telaio della vettura, portando all'impossibilita di montaggio corretto

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto montaggio del componente (il prototipo) con l'anello di trazione e con il telaio del veicolo, prima della produzione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del componente con l'anello di trazione e/o con il telaio della vettura non va buon fine (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: anello oscillante

Funzione: reindirizza la cinghia che esce dal riavvolgitore alla spalla dell'utilizzatore

1] Modalità di guasto: l'anello oscillante non reindirizza la cinghia

Effetti:

- l'utilizzatore non può essere ritenuto dalla cintura di sicurezza, e in caso di decelerazione brusca del veicolo o di urto, quest'ultimo può impattare con una parte interna dell'abitacolo o con l'airbag in una posizione non corretta, riportando danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) la staffa d'ancoraggio dell'elemento si distacca dal telaio della vettura, per rottura o per deformazione plastica di quest'ultima

Provvedimenti preventivi:

- prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Come risultato della prova nessuna fibbia e nessun sistema di bloccaggio o punto di ancoraggio deve sganciarsi o sbloccarsi
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per la staffa di ancoraggio dell'elemento; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a rottura, o a usura, o ad una deformazione che andrà poi a portare il componente a distaccarsi dal telaio della vettura
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a verificare se sul componente, in questo caso sulla parte della staffa d'ancoraggio, avviene un'usura o una rottura dovuta dalla corrosione di quest'ultimo
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare per la staffa di ancoraggio dell'elemento, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a disaccoppiarsi dal telaio della vettura

- prova di trazione sull'anello oscillante (parte di fissaggio) (regolamento n.16 [UNECE]); si connette il componente, accoppiato ad un supporto fisso tramite la staffa d'ancoraggio, all'apparecchiatura per la prova di trazione mediante le parti della cintura alle quali esso è fissato normalmente; il carico va successivamente portato a 1470 daN, e va applicato nelle condizioni più sfavorevoli che si possono presentare su un veicolo quando la cintura è installata correttamente; il materiale del componente non deve cedere e rompersi o deformarsi in modo evidente sotto l'azione del carico. La prova viene fatta su un numero di componenti scelto in precedenza dal team della qualità, in base alla quantità della produzione

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova dinamica la staffa d'ancoraggio dell'elemento si scolla dal telaio del veicolo (in questo caso il telaio della slitta), per una sua rottura o una sua deformazione
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste
- dopo la prova di corrosione si rileva che sulla staffa d'ancoraggio del componente avviene una corrosione, che porta a rottura o a usura quest'ultimo
- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- durante la prova di trazione per l'anello oscillante, la staffa d'ancoraggio si distacca dal telaio della vettura per una sua rottura o una sa deformazione, ad una tensione minore di 1470 daN
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) per la rottura dell'elemento anello, che porta la cinghia a disaccoppiarsi dall'anello oscillante

Provvedimenti preventivi:

- prova dinamica (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Come risultato della prova nessuna fibbia e nessun sistema di bloccaggio o punto di ancoraggio deve sganciarsi o sbloccarsi
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per il componente; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a rottura, o a usura, e ciò andrà poi a portare il componente a non poter più ridirezionare la cinghia
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a verificare se sul componente, in questo caso sulla parte dell'anello, avviene un'usura o una rottura dovuta dalla corrosione di quest'ultimo
- prova di trazione sull'anello oscillante (parte di fissaggio) (regolamento n.16 [UNECE]); si connette il componente, accoppiato ad un supporto fisso tramite la staffa d'ancoraggio, all'apparecchiatura per la prova di trazione mediante le parti della cintura alle quali esso è fissato normalmente; il carico va successivamente portato a 1470 daN, e va applicato nelle condizioni più sfavorevoli che si possono presentare su un veicolo quando la cintura è installata correttamente; il materiale del componente non deve cedere e rompersi sotto l'azione del carico. La prova viene fatta su un numero di componenti scelto in precedenza dal team della qualità, in base alla quantità della produzione

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova dinamica l'anello dell'elemento non riesce più a ridirezionare la cinghia, poiché questa non passa più attraverso di lui, per una sua rottura

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste
- dopo la prova di corrosione si rileva che sull'anello del componente avviene una corrosione, che porta a rottura o a usura quest'ultimo
- durante la prova di trazione per l'anello oscillante, l'elemento anello va a rottura, e la cintura va a perdere un punto di ancoraggio, che permette alla cintura di portare la cinghia sul torso dell'utilizzatore, ad una tensione minore di 1470 daN
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

Funzione: adatta la sua posizione angolare in base al movimento del passeggero, in modo da far rimanere la cinghia in posizione idonea

1] Modalità di guasto: l'anello oscillante non riesce a adattare la sua posizione in base al movimento dell'utilizzatore

Effetti:

- l'utilizzatore ha un disagio quando si muove all'interno dell'abitacolo (**S**=**6**)

Cause:

a) il collegamento tra staffa d'ancoraggio e anello viene compromesso, sia per una sua rottura, o deformazione, o per una progettazione o produzione non corretta

Provvedimenti preventivi:

- prova di trazione sull'anello oscillante (parte di fissaggio) (regolamento n.16 [UNECE]); si connette il componente, accoppiato ad un supporto fisso tramite la staffa d'ancoraggio, all'apparecchiatura per la prova di trazione mediante le parti della cintura alle quali esso è fissato normalmente; il carico va successivamente portato a 1470 daN, e va applicato nelle condizioni più sfavorevoli che si possono presentare su un veicolo quando la cintura è installata correttamente; i materiali dei componenti non deve cedere e rompersi, o deformarsi, in modo da bloccare i loro movimenti relativi, sotto l'azione del carico. La prova viene fatta su un numero di componenti scelto in precedenza dal team della qualità, in base alla quantità della produzione
- prima della produzione deli elementi del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche dei materiali, che si andranno ad usare per gli elementi del componente; i materiali alla fine delle prove devono soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a rottura, o a usura, o ad una deformazione che andrà poi a portare gli elementi del componente, anello e staffa d'ancoraggio, a bloccare il loro movimento relativo
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si va a verificare se su gli elementi del componente, in questo caso nella zona di contatto tra staffa d'ancoraggio e anello, avviene un'usura o una rottura, che blocca i loro movimenti, dovuta dalla corrosione di questi ultimi
- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per i materiali che si andranno ad utilizzare per l'anello e la staffa di ancoraggio, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; i materiali alla fine della prova devono soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica di uno dei due materiali è troppo elevata, i due elementi del componente vanno ad interferire bloccando il movimento relativo fra loro due

Provvedimenti di rilevamento:

- durante la prova di trazione per l'anello oscillante, nella zona di collegamento fra l'anello e la staffa di ancoraggio si rileva che, uno o entrambi gli elementi vanno a rottura, rimanendo a contatto ma bloccando il loro movimento relativo, oppure uno o entrambi gli elementi si deformano plasticamente, andando a bloccare il loro movimento relativo, poiché vanno ad interferenza senza permettere uno scorrimento fra di loro, quando la tensione è minore di 1470 daN
- dai test delle caratteristiche meccaniche dei materiali per gli elementi del componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste
- dopo la prova di corrosione si rileva che sulla zona di contatto tra staffa d'ancoraggio e l'anello del componente avviene una corrosione, che porta a rottura o a usura di uno di questi due
- dal test di dilatazione termica dei materiali, si rileva che uno o entrambi non soddisfano le caratteristiche di progettazione richieste
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

Elemento: staffa d'ancoraggio per l'anello (anello oscillante)

Funzione: ancoraggio del sistema anello oscillante al telaio della vettura

1] Modalità di guasto: scollamento della staffa dell'anello oscillante con il telaio della vettura

Effetti:

- un punto di ancoraggio della cintura viene meno, e questa non può più compiere la sua azione di ritenuta dell'utilizzatore, e quest'ultimo in caso di urto o di decelerazione brusca del veicolo va ad impattare una parte interna del veicolo o l'airbag in posizione non corretta, riportando danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura o usura del componente, che causa il disaccoppiamento tra questo e il telaio della vettura, a causa dell'uso un materiale non idoneo, troppo fragile per i carichi in gioco, o che non resiste a carichi ripetuti andando a rottura a fatica o si usura nel tempo, o che è chimicamente non inerte nell'ambiente di lavoro andando a corrosione

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura, o ad usura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura, o ad usura il componente, durante il suo utilizzo

(**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componete, che cambiando conformazione si distacca dal telaio della vettura, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a disaccoppiarsi dal telaio della vettura
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a disaccoppiarsi dal telaio della vettura

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componente errata che non rispetta le caratteristiche di progetto, sia per le dimensioni e le geometrie, che non permette un accostamento corretto di questo con il telaio della vettura, e ciò non produce un montaggio corretto fra i due, sia per le proprietà meccaniche e chimiche, che genera o una rottura o usura, o una deformazione plastica del componente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con l'anello, e un corretto accoppiamento con il telaio della vettura
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smontano i suoi componenti, come l'anello oscillante, e si va a verificare se sulla staffa d'ancoraggio per l'anello, avviene una rottura o un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura, o all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

d) progettazione del componente errata per le dimensioni e le geometrie, che portano questo a non unirsi al telaio della vettura

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo dell'anello, e con il telaio della vettura, prima della produzione di questo, per verificare se questo si accoppi correttamente con questi

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con quello dell'anello, e il telaio della vettura, non va a buon fine
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

Elemento: anello (anello oscillante)

Funzione: all'interno del suo foro permette il passaggio della cinghia, e ne cambia la direzione

1] Modalità di guasto: l'anello si sgancia dalla sua staffa

Effetti:

- un punto di ancoraggio della cintura viene meno, e questa non può più compiere la sua azione di ritenuta dell'utilizzatore, e quest'ultimo in caso di urto o di decelerazione brusca del veicolo va ad impattare una parte interna del veicolo o l'airbag in posizione non corretta, riportando danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) rottura del componente nella zona di collegamento di questo con la staffa d'ancoraggio per l'anello, a causa dell'uso di un materiale non idoneo troppo fragile per i carichi in gioco, o che non resiste a carichi ripetuti andando a rottura a fatica o a usurarsi nel tempo, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro andandosi a corrodere

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di

corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura il componente, durante il suo utilizzo (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componete nella zona di collegamento tra questo e la staffa d'ancoraggio per l'anello, che causa un disaccoppiamento tra questi due elementi, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura nella zona di utilizzo del componente

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va a disaccoppiarsi dalla staffa d'ancoraggio per l'anello
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente a disaccoppiarsi dalla staffa d'ancoraggio per l'anello

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
(**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) progettazione errata del componente nella zona del collegamento tra i due elementi per dimensioni e geometrie, che non permette un corretto assemblaggio tra questo e la staffa d'ancoraggio per l'anello

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con il prototipo della staffa d'ancoraggio per l'anello, prima della produzione di questo, per verificare se questi si accoppiano correttamente, senza creare complicazioni

Provvedimenti di rilevamento:

- l’accoppiamento del prototipo del componente con quello della staffa d’ancoraggio per l’anello non va a buon fine
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

  d) produzione del componente errata del componente nella zona di collegamento tra questo e la staffa d'ancoraggio dell'anello che non rispetta le caratteristiche di progetto, per dimensioni e geometrie, che comporta un accoppiamento fallace tra i due elementi, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componete o a rottura, o a deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere un corretto montaggio di questo con la staffa d'ancoraggio per l'anello
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, in particolare sulla zona di contatto tra questo e la staffa d'ancoraggio per l'anello, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smontano i suoi componenti, come l'anello oscillante, e si va a verificare se sull'anello, nella zona di contatto con la staffa d'ancoraggio per l'anello, avviene una rottura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto
- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a deformarsi o a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura di quest'ultimo nella zona di contatto con la staffa d'ancoraggio per l'anello
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

2] Modalità di guasto: l'anello non consente il passaggio della cinghia, e quindi non reindirizza quest'ultima

Effetti:

- un punto di ancoraggio della cintura viene meno, e questa non può più compiere la sua azione di ritenuta dell'utilizzatore, e quest'ultimo in caso di urto o di decelerazione brusca del veicolo va ad impattare una parte interna del veicolo o l'airbag in posizione non corretta, riportando danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

  a) rottura del componente nella zona del foro di passaggio della cinghia, questa quindi si sfila e non viene reindirizzata, a causa dell'uso di un materiale non idoneo troppo fragile per i carichi in gioco,

o che non resiste a carichi ripetuti andando a rottura a fatica, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro andandosi a corrodere, e nel tempo va rompersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura durante l'utilizzo
- prima della produzione del componente, si eseguono delle prove di invecchiamento accelerato sul materiale metallico che viene usato per la sua fabbricazione, per valutare se avvengono fenomeni di corrosione su quest'ultimo, sia tramite prove di resistenza alla nebbia salina (EN ISO 9227) [37], sia tramite prove per esposizione in camera climatica per la resistenza all'umidità (EN ISO 6270-2) [38], e alla fine delle prove si verifica se è avvenuta una corrosione sul materiale

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura, o all'usura del componente, durante l'uso di questo
- dopo le prove resistenza alla nebbia salina, e resistenza all'umidità, si rileva che sul materiale del componente avviene una corrosione, che porterà a rottura il componente, durante il suo utilizzo (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) produzione del componente errata del componente nella zona del foro che permette il passaggio della cinghia che non rispetta le caratteristiche di progetto, per dimensioni e geometrie, che comporta l'impossibilità della cinghia di passare attraverso il foro poiché troppo stretto e piccolo, e per le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componete a o a rottura in quella specifica porzione

Provvedimenti preventivi:

- alla fine della produzione di ogni componente, si misurano le dimensioni di questo, che devono essere, con una certa tolleranza, uguali a quelle selezionate in fase di progettazione, per permettere il corretto passaggio della cinghia attraverso il suo foro
- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione, in modo da non portare il componente a rottura
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, in particolare sulla zona del foro per il passaggio della cinghia, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smontano i suoi componenti, come l'anello oscillante, e si va a verificare se sull'anello, nella zona del foro di passaggio della cinghia, avviene una rottura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalla misurazione delle dimensioni del componente al termine della sua produzione, si rileva che questo non è conforme alle dimensioni indicate dal progetto

- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a rompersi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo, che possono portare a rottura il componente
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura di quest'ultimo nella zona del foro di passaggio della cinghia
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) progettazione errata del componente nella zona del foro di passaggio per la cinghia per dimensioni e geometria, che non permette il passaggio della cinghia attraverso questo, perché è di dimensioni troppo piccole rispetto a quelle della cinghia

Provvedimenti preventivi:

- si prova il corretto accoppiamento del prototipo del componente con la cinghia, prima della produzione di questo, per verificare se quest'ultima si inserisce correttamente nel foro dell'anello, senza rimanere bloccata

Provvedimenti di rilevamento:

- l'accoppiamento del prototipo del componente con la cinghia, non va a buon fine, poiché non riesce ad entrare nel foro dell'anello, o rimane bloccata al suo interno
  (**D**=**1 RPN normalizzato**=10*1=**10)**

3] Modalità di guasto: l'anello rimane bloccato in una posizione, che non gli permette di adattare la cintura alla posizione del passeggero

Effetti:

- questo porta ad un disagio per il passeggero a cui sono impediti alcuni movimenti all'interno dell'abitacolo (**S**=**6**)

Cause:

a) il collegamento tra il componente e la sua staffa ha una rottura o usura parziale, che permette a questi due di rimanere accoppiati, ma non permette movimenti relativi tra loro due, a causa dell'uso di un materiale non idoneo troppo fragile o che si usura nel tempo a causa di carichi ciclici, e anche per una produzione di questo non corretta che non rispetta le caratteristiche di progettazione, per quanto riguarda le sue proprietà meccaniche e chimiche

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente ad una rottura parziale nella zona di contatto con la staffa d'ancoraggio per l'anello, durante l'utilizzo
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smontano i suoi componenti, come l'anello oscillante, e si va a verificare se sull'anello, nella zona di contatto con la staffa d'ancoraggio per l'anello, avviene una rottura parziale dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura parziale del componente, nella zona di contatto con la staffa d'ancoraggio per l'anello, durante l'uso di questo
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta alla rottura parziale di quest'ultimo nella zona di contatto con la staffa d'ancoraggio per l'anello (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

Elemento: elemento di copertura dell'anello a bassa frizione (anello oscillante)

Funzione: elemento su cui scorre la cinghia

1] Modalità di guasto: lo scorrimento della cinghia è bloccato

Effetti:

- impossibilità per l'utilizzatore di utilizzare la cintura, e quindi in caso di decelerazione brusca o di urto del veicolo, questo non viene trattenuto dalla cintura, e va ad impattare una parte interna del veicolo o l'airbag in una posizione non corretta, riportando danni e lesioni nella zona di impatto (**S**=**10**)

Cause:

a) fallimento del componente, che va a bloccare la cinghia impedendone il movimento, a causa dell'uso di un materiale troppo fragile o che non resiste a carchi ripetuti andando a rottura a fatica

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni tramite tecniche FEM, così da non portare il componente a rottura durante l'utilizzo

Provvedimenti di rilevamento:

- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, il che porta alla rottura del componente, durante l'uso di questo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

b) deformazione plastica del componente che va ad impedire il movimento della cinghia serrandola al suo interno, a causa dell'uso di un materiale troppo duttile o che è troppo sensibile alle variazioni di temperatura

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, si fa un test di dilatazione termica per il materiale che si andrà ad utilizzare, all'interno del range di temperatura e umidità a cui è sottoposto il componente nelle condizioni di esercizio; il materiale alla fine della prova deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, poiché se la dilatazione termica del materiale è troppo elevata, il componente va ad impedire lo scorrimento della cinghia
- prima della produzione del componente si eseguono i test delle caratteristiche meccaniche del materiale, che si andrà ad usare per questo; il materiale alla fine delle prove deve soddisfare le caratteristiche di progettazione richieste, derivanti da considerazioni su dati pregressi e da simulazioni

tramite tecniche FEM, così da non andare incontro a deformazioni, che portano il componente ad impedire lo scorrimento della cinghia

Provvedimenti di rilevamento:

- dal test di dilatazione termica del materiale, si rileva che questo non soddisfa le caratteristiche di progettazione richieste
- dai test delle caratteristiche meccaniche del materiale per il componente, si rileva che queste non soddisfano le caratteristiche di progetto richieste, e questo porterà il componente a deformarsi durante l'uso
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

c) produzione del componete errata che non rispetta le caratteristiche di progetto per quanto riguarda le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente o a rottura o a deformarsi plasticamente

Provvedimenti preventivi:

- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione, in modo da non portare il componente a rottura o deformarsi plasticamente
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, in particolare sulla zona del foro per il passaggio della cinghia, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che possono portare alla rottura del componente

Provvedimenti di rilevamento:

- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a rompersi o a deformarsi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo, che possono portare a rottura il componente
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=10*3=**30)**

2] Modalità di guasto: lo scorrimento della cinghia avviene a scatti

Effetti:

- problema per l'utilizzatore che non si sente a suo agio nell'uso della cintura, sia perché l'azione dell'indossare la cintura si complica, sia perché i suoi movimenti all'interno dell'abitacolo sono in alcuni momenti bloccati (**S**=**6**)

Cause:

a) usura del componente, che i certe sue parti perde la sua caratteristica di bassa frizione, e va a rallentare lo scorrimento della cinghia, a causa dell'uso di un materiale che nel tempo degrada sotto l'azione di carichi ripetuti, o che non è chimicamente inerte nell'ambiente di lavoro e inizia a corrodersi

Provvedimenti preventivi:

- prima della produzione del componente, sul materiale plastico che viene usato per la sua fabbricazione, si va a valutare se avvengono fenomeni di degradazione su quest'ultimo, tramite prove per

l'esposizione a sorgenti luminose (EN ISO 4892) [36] con lampade fluorescenti UV, o con lampade ad arco allo xeno, alla fine delle prove il materiale non deve riportare una degradazione evidente

Provvedimenti di rilevamento:

- dopo le prove per l'esposizione a sorgenti luminose, si rileva sul materiale una degradazione, che porterà all'usura del componente, quando questo verrà utilizzato
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

b) produzione del componete errata che non rispetta le caratteristiche di progetto per quanto riguarda le proprietà meccaniche e chimiche, che porta il componente a usurarsi

Provvedimenti preventivi:

- su un numero di componenti del lotto di produzione, scelto dal team della qualità, vengono fatte delle prove, come prove di trazione o flessione, per verificare se le caratteristiche meccaniche del materiale siano compatibili con quelle descritte dal progetto, e non siano variate durante la lavorazione, in modo da non portare il componente a usura
- su ogni componente prodotto si esegue un'ispezione visiva, in particolare sulla zona del foro per il passaggio della cinghia, per verificare che non ci siano cricche superficiali, scheggiature evidenti, causate da una lavorazione fallace, che portano all'usura del componente
- prova di resistenza a corrosione, su un numero di cinture di sicurezza, con annesse parti di fissaggio, scelto in precedenza in fase di progettazione per garanzia di qualità, sul totale della produzione giornaliera (regolamento n.16 [UNECE]) [1]. Alla fine della prova si smontano i suoi componenti, come l'anello oscillante, e si va a verificare se sulla copertura a dell'anello a bassa frizione, avviene un'usura dovuta dalla corrosione di questo

Provvedimenti di rilevamento:

- dalle prove di verifica delle caratteristiche meccaniche del componente, dopo la sua produzione, si rileva che queste non corrispondono alle caratteristiche di progettazione a cui si fa riferimento per la lavorazione, e ciò porterà i componenti del lotto a usurarsi durante il loro utilizzo
- dopo l'ispezione visiva sul componente prodotto, si rilevano delle cricche e scheggiature evidenti superficiali su di questo, che portano all'usura del componente
- dopo la prova di corrosione si rileva che su il componente avviene una corrosione, che porta all'usura di quest'ultimo
  (**D**=**3 RPN normalizzato**=6*3=**18)**

3.4 CONCLUSIONI

Dal software APIS IQ, alla fine dell'analisi si è ricavata una matrice di criticità basata sui valori the severity e detection, che quindi in base all'analisi svolta, mostra il numero di failure mode con un dato valore di RPN normalizzato (Fig.29), e si nota che i valori con RPN normalizzato maggiore sono sei, e questi sono legati al problema del pretensionamento della cintura, per quanto riguarda la pressione generata dal micro-generatore di gas.

Matrice di rischio										
10										
9										
8										
7										
6										
5										6
4						3	1		1	16
3					7	24	9		11	230
2					1		10			18
1					2	7	5		7	92
D/S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Figura 29. matrice di criticità D/S

Quindi dal lavoro svolto si sono trovate le criticità del prototipo della cintura di sicurezza, e tramite esse si è valutato per ogni failure mode il suo indice di priorità di rischio normalizzato rispetto all' occurrence, in modo che per quelli con il valore maggiore, si possa intervenire prima con delle azioni consigliate, per abbassare il valore dell'RPN, così da rendere più sicuro da eventuali guasti l'intero sistema della cintura di sicurezza.

Il modulo FMEA, in ogni caso è un documento vivo che viene periodicamente aggiornato, perché nel corso della vita del prodotto si possono evidenziare altri problemi e guasti non trovati in fase di progettazione e produzione, grazie alle segnalazioni dei consumatori o delle altre aziende a cui si fornisce il proprio prodotto, o perché si possono apportare nel tempo nuove azioni correttive. Tutto questo porta nel tempo a migliorare costantemente la sicurezza del prodotto.

CONSIDERAZIONI FINALI

Arrivato alla fine di questo lavoro e di questa esperienza, ritengo di essere riuscito, anche grazie alla guida del mio relatore l'ingegner Zaccaro, a comprendere meglio alcune delle dinamiche che avvengono all'interno dell'ambiente del controllo qualità di un'azienda, il quale è di importanza strategica per il mantenimento di questa, poiché è un ambito che avevo trattato a livello universitario ad un livello superficiale tramite le norme che regolano il mio settore di studio, e tramite la presentazione di alcune tecniche per la gestione del rischio. In particolare in questo lavoro ho avuto la possibilità di maneggiare e comprende una tecnica come la FMEA, anche tramite un software come APIS IQ, che oltre ad essere uno strumento molto valido per i componenti del automotive, è una tecnica che può essere usata per una moltitudine di prodotti e processi all'interno di qualsiasi tipo di azienda, in modo che in futuro questo possa essere usato da me come uno strumento che possa essere di aiuto al mio prossimo ambiente lavorativo.

Inoltre, questa esperienza mi ha permesso di conoscere un altro ambiente come quello del automotive, e di venire a contatto con alcune delle sue norme, in particolare nel mio caso per le cinture di sicurezza, così da capire alcune delle sue molte criticità e complessità.

BIBLIOGRAFIA

[1] Regolamento n. 16 della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UNECE). (2015)

[2] Laan, van der, E. P. Seat belt control: from modeling to experiment. *Technische Universiteit Eindhoven*, (2019).

[3] D. V. Balandin, N. N. Bolotnik, and W. D. Pilkey. Limiting Performance Analysis of Impact Isolation Systems for Injury Prevention. *The Shock and Vibration Diges*, Vol. 33, pp. 453-472, (2001).

[4] Bertil Aldman M.D., Ph.D. The early history of the lap and shoulder, three-point safety belt.

[6] Jeff R. Crandall, Walter D. Pilkey, Gregory S. Klopp, Barbara Pilkey, Richard M. Morgan, Rolf H. Eppinger, Shashi M. Kuppa, Cheryl L. Sharpless. A comparison of two and three point belt restraint systems. *Advances in Occupant Restraint Technologies: Joint AAAM-IRCOBI Special Session*, (1994).

[7] Stephen W. Rouhana, Paul G. Bedewi, Sundeep V. Kankanala, Priya Prasad, Joseph J. Zwolinski, Alex G. Meduvsky, Jonathan D. Rupp, Thomas A. Jeffreys, Lawrence W. Schneider. Biomechanics of 4-Point Seat Belt Systems in Frontal Impacts. *Stapp Car Crash Journal,* Vol. 47, pp. 367-399, (2003).

[14] Yngve Håland. The Evolution of the Three Point Seat Belt from Yesterday to Tomorrow. (2006).

[17] Italdesign. Protection system for the occupant of a saddle-type vehicle, such a motorcycle. (2019)

[18] Carl S. Carlson. Understanding and Applying the Fundamentals of FMEAs. (2014).

[19] Ford. FMEA Handbook Version 4.2. (2011).

[20] Università degli studi di Bergamo. FTA – FMEA/FMECA – HAZOP – CHECK-LISTS. Tecniche di gestione del rischio. Analisi delle possibilità di guasto e dei relativi effetti.

[21] Andrés A. Zúñiga, Alexandre Baleia, João Fernandes and Paulo Jose Da Costa Branco. Classical Failure Modes and Effects Analysis in the Context of Smart Grid Cyber-Physical Systems. (2020).

[25] Lefayet Sultan Lipol, Jahirul Haq. Risk analysis method: FMEA/FMECA in the organizations. *International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS*, Vol. 11, pp. 74-82, (2011).

[27] Kuei-Hu Chang & Ching-Hsue Cheng. A risk assessment methodology using intuitionistic fuzzy set in FMEA. *International Journal of Systems Science*, Vol.41, pp. 1457-1471, (2010).

[33] APIS IQ-Software Manual, 2013 APIS Informationstechnologien GmbH

[34] International Organization for Standardization (2013) Road vehicles – Frontal fixed barrier or pole impact test procedure (ISO Standard No. 3560:2013)

[35] International Organization for Standardization (2013) Pyrotechnic articles – Pyrotechnic for vehicles (ISO Standard No. 14451-2:2013)

[36] International Organization for Standardization (2013) Plastic – Methods of exposure to laboratory light sources (ISO Standard No. 4892:2013)

[37] International Organization for Standardization (2017) Corrosion test in artificial atmospheres – Salt spray test (ISO Standard No. 9227:2017)

[38] International Organization for Standardization (2018) Paints and varnishes - Determination of resistance to humidity (ISO Standard No. 6270-2:2018)

[39] International Organization for Standardization (2005) Textiles – Standard atmospheres for conditioning ad texting (ISO Standard No. 139:2005)

[40] International Organization for Standardization (2014) Textiles – Test for colour fastness. Part B02: Colour fastness to artificial light: Xenon arc fading lamp test (ISO Standard No. 105-B02:2014)

SITOGRAFIA

[5] https://www.media.volvocars.com/us/en-us/media/pressreleases/18405.

[8] https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/18398.

[9] https://patents.google.com/patent/WO2006099600A2.

[10] http://ittaindia.org/?q=node/86.

[11] https://gwrco.com/seatbelts/seat-belts/.

[12] https://gwrco.com/latest_news/gwr-cantilever-buckle-saves-lives/.

[13] https://auto.howstuffworks.com/car-driving-safety/safety-regulatory-devices/seatbelt3.htm.

[15] https://auto.howstuffworks.com/car-driving-safety/safety-regulatory-devices/seatbelt4.htm.

[16] https://www.ford.com.au/about-ford/newsroom/2015/ford-inflatable-rear-seatbelt-to-makes-australian-debut-on-all-n/.

[22] https://www.fmea-fmeca.com/fmea-saej1739-severities.html.

[23] https://www.fmea-fmeca.com/fmea-saej1739-occurrence.html.

[24] https://www.fmea-fmeca.com/fmea-saej1739-detection.html.

[26] https://www.mitconsulting.it/la-metodologia-fmea-failure-mode-and-effects-analysis/.

[28] https://www.reliasoft.com/resources/resource-center/failure-modes-effects-and-criticality-analysis.

[29] https://www.relyence.com/products/fmea/?gclid=CjwKCAiA_9r_BRBZEiwAHZ_v1y4fSln27l6v8AMRxAhyPK3NnbvdWbku4I6zsMN2n4dY_wIDhXmiCxoCtSkQAvD_BwE

[30] https://www.relyence.com/products/fmea/standards/

[31] https://www.reliasoft.com/products/xfmea-failure-mode-effects-analysis-fmea-software

[32] https://www.apis-iq.com/

FIGURE

(Fig.1) D. V. Balandin, N. N. Bolotnik, and W. D. Pilkey. Limiting Performance Analysis of Impact Isolation Systems for Injury Prevention. *The Shock and Vibration Diges*, Vol. 33, pp. 453-472, (2001).

(Fig.2) https://www.manualetec.com/kia_rio-7/sistema_di_sicurezza_passiva_delle_cinture_di_sicurezza-1262.html.

(Fig.3) https://carbiketech.com/seat-belt/.

(Fig.4) https://it.dhgate.com/product/racing-seat-belts-sabelt-4-point-racing-harness/198504260.html.

(Fig.5) Laan, van der, E. P. Seat belt control: from modeling to experiment. *Technische Universiteit Eindhoven*, (2019).

(Fig.6) http://www.safetybeltsolutions.co.uk/products/tongues.

(Fig.7) https://gwrco.com/latest_news/gwr-cantilever-buckle-saves-lives/.

(Fig.8), (Fig.9) https://auto.howstuffworks.com/car-driving-safety/safety-regulatory-devices/seatbelt3.htm.

(Fig.10) Yngve Håland. The Evolution of the Three Point Seat Belt from Yesterday to Tomorrow. (2006).

(Fig.11) http://nema.club/2014wsm/service%20highlights/books/n6w08/html/id0810b1310200.html.

(Fig.12) http://nema.club/2014wsm/service%20highlights/books/n6w08/html/id0810b1500900.html.

(Fig.13) https://www.consumerreports.org/cro/news/2011/03/the-ford-inflatable-seat-belt-how-it-affects-car-seats-and-children/index.htm.

(Fig.14) Italdesign. Protection system for the occupant of a saddle-type vehicle, such a motorcycle. (2019).

(Fig.15) Carl S. Carlson. Understanding and Applying the Fundamentals of FMEAs. (2014).

(Fig.16) Andrés A. Zúñiga, Alexandre Baleia, João Fernandes and Paulo Jose Da Costa Branco. Classical Failure Modes and Effects Analysis in the Context of Smart Grid Cyber-Physical Systems. (2020).

(Fig.17) https://www.fmea-fmeca.com/fmea-saej1739-severities.html.

(Fig.18) https://www.fmea-fmeca.com/fmea-saej1739-occurrence.html.

(Fig.19) https://www.fmea-fmeca.com/fmea-saej1739-detection.html.

(Fig.20) B. C. Wei. A unified approach to failure mode, effects and criticality analysis (FMECA). *Annual Reliability and Maintainability Symposium*, (1991).