

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

Tesi di Laurea Magistrale



**Ottimizzazione dei piani di campionamento in
accettazione arrivi: il caso Endurance S.p.A.**

Relatore:

Prof. Maurizio Galetto

Elaborato di Laurea di:

Marco Scarfò

Anno Accademico 2019/2020

Torino, Marzo/Aprile 2020

Un grazie di cuore va alla mia fidanzata Ilaria che mi ha spronato al fine di concludere questo percorso, nonostante il lavoro e le fatiche di tutti i giorni. Se non fosse stato per lei, non starei scrivendo questi ringraziamenti adesso.

Un grazie alla mia famiglia che mi ha permesso di arrivare fino a qui, facendomi seguire il percorso di studi che mi ha sempre appassionato.

Grazie anche alla famiglia di Ilaria che mi ha sempre sostenuto in questi 6 anni.

Grazie agli amici di sempre, Ale, Pino, Dona, Ramos, Melo, Pala, Simo, Matte, Ele, Fede, Manu, Chri, Vince, che hanno reso più leggero il percorso.

Ringrazio i miei colleghi della Endurance, Matteo, Boris, Tere, Valter, Alessandro, Mattia, Roberto che mi hanno insegnato tantissimo dal punto di vista professionale.

Infine grazie al professor Galetto che ha accettato il mio argomento di tesi e mi ha dato i giusti consigli per concludere il percorso formativo.

Sommario

1. Introduzione

- 1.1. Obiettivo della tesi
- 1.2. Contesto

2. Azienda, settore e campo di applicazione

- 2.1. L'azienda
 - 2.1.1. La storia
 - 2.1.2. I valori
 - 2.1.3. La governance
- 2.2. Il settore e il campo di applicazione
 - 2.2.1. I numeri del settore automotive in Italia
 - 2.2.2. L'organizzazione qualità
 - 2.2.3. Prodotti

3. La qualità in ambiente industriale

- 3.1. Il problem solving

4. Il processo

- 4.1. Le fasi
 - 4.1.1. Ricezione materiale
 - 4.1.2. Accettazione arrivi
 - 4.1.3. Lavorazione meccanica
 - 4.1.4. Assemblaggi
 - 4.1.5. Test su particolari finiti
 - 4.1.6. Imballaggio

- 4.1.7. Qualità uscente
- 4.1.8. Spedizione

5. L'accettazione arrivi

5.1. Il controllo campionario

- 5.1.1. Pro e contro del campionamento
- 5.1.2. Tipi di piani di campionamento e formazione del lotto
- 5.1.3. Piani di campionamento per attributi
 - 5.1.3.1. Piani di campionamento semplice
 - 5.1.3.2. Piani di campionamento doppio
 - 5.1.3.3. Piani di campionamento multiplo
 - 5.1.3.4. Normativa MIL STD 105E (ISO 2859)
- 5.1.4. Piani di campionamento per variabili

6. Caso aziendale: Prodotti con classe funzionale 1D

6.1. Classificazione del materiale

- 6.1.1. N° pezzi in ingresso e frequenza di arrivo
- 6.1.2. Tipologia di controllo
- 6.1.3. Famiglie di prodotti
- 6.1.4. Rapporti col fornitore

6.2. Analisi del controllo attuale

- 6.2.1. Procedura interna
- 6.2.2. Tempi di controllo

6.3. Piano di campionamento secondo la normativa MIL STD 105E

- 6.3.1. La formazione del lotto
- 6.3.2. Definizione del piano di campionamento
- 6.3.3. La curva operativa caratteristica

- 6.4. Risultati del campionamento
- 6.5. Interventi sul fornitore

7. Conclusioni

Bibliografia e sitografia

1. Introduzione

1.1. Obiettivo della tesi

Il seguente lavoro di tesi rappresenta il risultato dell'analisi svolta sulla qualità delle forniture e sull'accettazione del materiale in arrivo presso l'azienda Endurance S.p.A., con particolare focus sulla sede di Lombardore (TO).

L'obiettivo è quello di proporre uno schema di campionamento efficace e sostenibile per quelle che sono le necessità aziendali e le risorse disponibili. In seguito all'applicazione dello stesso per un mese, i risultati saranno analizzati dalla direzione per comprendere se dedicare risorse a questa attività o meno.

1.2. Contesto

Le analisi e le considerazioni fatte sono il frutto del lavoro effettuato negli ultimi due anni presso l'azienda, periodo in cui mi sono occupato di qualità delle forniture.

Le problematiche principali sono state condivise con il personale tecnico e manageriale dell'azienda che ha partecipato attivamente alla ricerca.

Gli enti coinvolti sono stati principalmente due: Acquisti e Qualità.

1.3. Organizzazione della tesi

La tesi è organizzata nel seguente modo.

I capitoli 2 e 4 sono utili per capire il contesto nel quale lavora l'azienda, la storia e le fasi del processo con una descrizione sommaria.

Il capitolo 3 tratta in sintesi il tema della qualità negli ambienti produttivi.

I capitoli 5 e 6 andranno nel dettaglio dell'accettazione arrivi, descrivendo gli esempi dei modelli teorici, la situazione attuale e l'applicazione nel caso pratico.

Alla fine saranno descritti i risultati e gli interventi sui fornitori critici.

2. Azienda, settore e campo di applicazione

Il seguente capitolo serve per far comprendere maggiormente l'ambiente e il contesto in cui opera l'azienda.

2.1. L'azienda

Endurance è un'azienda multinazionale leader nel processo di pressofusione e lavorazione meccanica per il settore automotive. Il gruppo conta a Marzo 2018 circa 5000 dipendenti in tutto il mondo e un fatturato di circa 900 milioni di euro.

2.1.1. La storia

Endurance è una società indiana con 25 plant nel mondo, di cui 16 in India e 9 in Europa.

I plant indiani sono riuniti sotto il nome di Endurance Technologies mentre quelli in Europa sono Endurance Overseas.

Di quelli in Europa, 6 sono in Italia e 3 in Germania.

Endurance Spa nasce nel 2019 ed è l'unione di 3 aziende italiane: Fondalmec, FOA e Fondpress.

Nel 1948 nasce la Fondpress di Grugliasco, specializzata nella pressofusione di particolari automotive. Viene acquisita nel 2000 dalla Fondalmec, nel 2007 diventa parte del gruppo Endurance.

Nel 1949 nasce la FOA, fonderia di pressofusione di Chivasso che viene acquisita nel 2012 dal gruppo Endurance e nel 2015 diventa parte del gruppo Endurance.

Nel 1976 nasce la Fondalmec, azienda del canavese specializzata nelle lavorazioni meccaniche e subito attiva nel settore automotive. Nel 2006 l'azienda diventa membro del gruppo Endurance e nel 2010 l'azienda viene acquisita al 100%, diventando Endurance Fondalmec.

Il core business è la produzione di particolari pressofusi e lavorati, sospensioni, trasmissioni e freni per veicoli a 2, 3 e 4 ruote.



Figura 2.1 - Endurance group overview

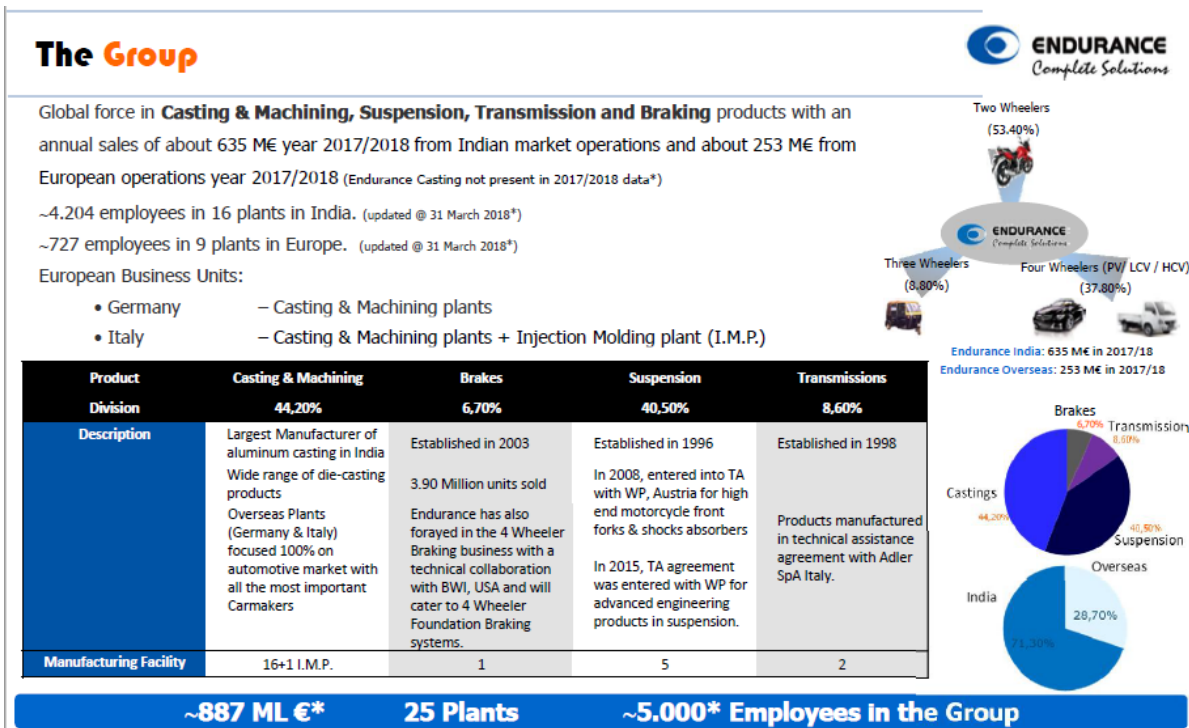


Figura 2.2 - Numeri di Endurance

2.1.2. I valori

La vision dell'azienda si può riassumere in questi obiettivi:

- Mantenere alti standard qualitativi
- Sviluppare nuovi prodotti
- Crescere come un fornitore di soluzioni complete per i componenti auto
- Svilupparsi su mercati strategici
- Essere un fornitore affidabile
- Espandere il proprio parco prodotti
- Fornire un servizio eccellente in termini di qualità, logistica e aspetti tecnici
- Essere sempre aggiornata di fronte ad un mercato in continua evoluzione

2.1.3. La governance

Endurance Technologies Limited è la società leader del gruppo Endurance, con sede ad Aurangabad in India.

L'obiettivo della proprietà indiana è stato subito quello di rafforzare la propria presenza sul mercato europeo. Per fare questo, è stata creata la Endurance Overseas Srl, che ha il compito di gestire le società operative in tutta Europa. In particolare gestisce i seguenti ambiti: sviluppo commerciale, le vendite e il marketing, la finanza, le risorse umane, la pianificazione e il controllo, le tecnologie dell'informazione e della comunicazione, la sicurezza e l'ambiente, la ricerca e lo sviluppo.

2.2. Il settore e il campo di applicazione

L'azienda produce nel mondo impianti frenanti, sospensioni, sistemi di trasmissione, particolari pressofusi per veicoli a due, tre e quattro ruote. In questo caso si prenderà in considerazione solamente il mercato della Endurance Spa, costituito da particolari auto/industrial fusi e lavorati (24% del fatturato totale).

2.2.1. I numeri del settore automotive in Italia

L'indice della produzione industriale del settore automotive (che include autoveicoli e loro motori, carrozzerie autoveicoli e rimorchi-semirimorchi, componenti e parti per autoveicoli), corretto per gli effetti del calendario, registra un calo tendenziale del 3,3% nel 2018 rispetto al 2017, che era in crescita del 4,4% sul 2016.

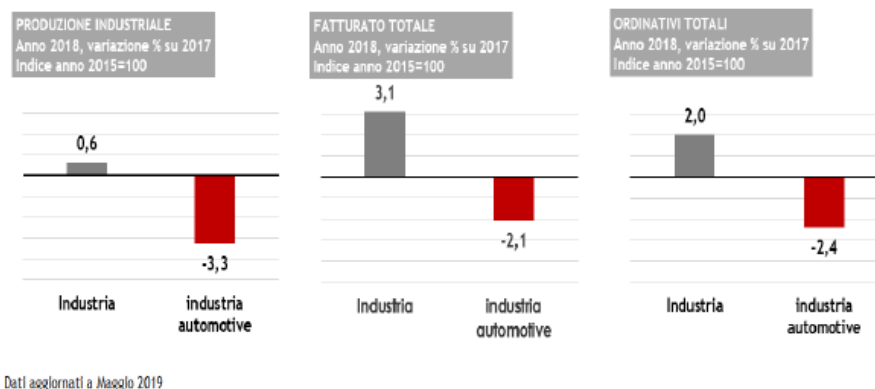


Figura 2.3 - Variazioni percentuali degli indici di produzione, fatturato e ordinativi

Nel dettaglio per attività produttiva, il settore automotive registra i seguenti risultati: -5,9% la fabbricazione di autoveicoli e loro motori, +5,2% la fabbricazione di carrozzerie per autoveicoli, rimorchi e semirimorchi, -2,2% la fabbricazione di parti e accessori per autoveicoli e loro motori. Il settore industriale dell'automotive (codice Ateco 29) registra valori tendenziali negativi dal mese di luglio 2018, con cali a due cifre nei mesi di novembre (-13,3%) e dicembre (-12,2%). In avvio del 2019, l'industria automotive registra le variazioni negative del 12,1% a gennaio, del 6,9% a febbraio, del 9,8% a marzo e del 10,9% ad aprile, chiudendo così il primo quadrimestre dell'anno con un calo tendenziale del 9,9%.

Secondo le rilevazioni di ANFIA tra le aziende costruttrici, la produzione di autoveicoli è cresciuta dal 2014 al 2017, mentre è diminuita nel 2018 del 7% a 1,06 milioni di autoveicoli prodotti. Negli ultimi 5 anni la produzione media annua è stata superiore al milione di autoveicoli, il 32% in più rispetto alla produzione del quinquennio precedente 2009-2013, che in piena crisi registrava una media annua di 760mila autoveicoli prodotti. Nel 2018 il 66% degli autoveicoli prodotti in Italia è destinato ai mercati esteri¹.

Nonostante i numeri siano negativi, l'azienda è riuscita a far crescere il fatturato e gli utili andando a sviluppare diversi nuovi prodotti, in particolare verso il mercato tedesco.

¹ Dati provenienti da "L'industria autoveicolistica italiana nel 2018, ANFIA"

2.2.2. L'organizzazione qualità

Il settore automobilistico richiede che siano raggiunti i massimi livelli di qualità, produttività e competitività garantendo che il processo di produzione sia controllato lungo tutta la filiera.

La maggior parte delle organizzazioni che operano nel settore automobilistico sono tenute a certificarsi per una delle norme specifiche che è stata sviluppata dall'International Automotive Task Force.

La IATF è un gruppo di case automobilistiche e le rispettive associazioni di categoria, costituita per fornire prodotti di migliore qualità per clienti del settore automobilistico di tutto il mondo.

I membri dello IATF includono: BMW Group, Daimler AG, FCA, Ford Motor Company, General Motors Company, PSA Peugeot Citroen, Renault SA, Volkswagen AG, AIAG (U.S.), ANFIA (Italia), FIEV (Francia), SMMT (U.K.), VDA (Germania).

La norma è un sistema di qualità in ambito automotive basato sullo standard ISO 9001:2015 con specifici requisiti del settore automobilistico. Lo standard è applicabile a qualsiasi organizzazione che produce componenti, assemblaggi e parti per la fornitura all'industria automobilistica. Lo standard in sé non contiene i requisiti della norma ISO 9001:2015, quindi le organizzazioni devono garantire che entrambi gli standard vengano utilizzati quando si implementano i requisiti. La IATF 16949:2016 è spesso richiesta come prerequisito contrattuale in quanto sostitutiva e comprensiva di tutte le certificazioni nazionali

2.2.3. I prodotti

Le famiglie di prodotti sviluppati dalla Endurance Spa sono i seguenti:

- Sovratesta: Particolare pressocolato in lega di alluminio, che presenta le sedi alberi distribuzione. Caratterizzato da un'operazione di barenatura con tolleranze geometriche restrittive. Nella quasi totalità dei casi sono realizzate in pressofusione.



Figura 2.4 - Esempi di sovratesta prodotti in Endurance

- Scatola ingranaggi: è il carter che racchiude gli ingranaggi del cambio o del convertitore di coppia. Realizzati in pressofusione a causa delle geometrie complesse.

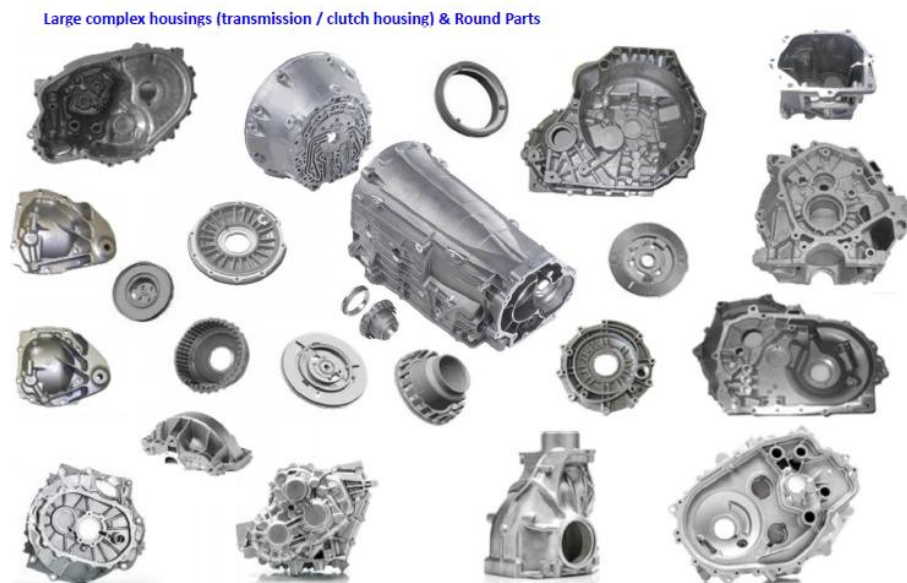


Figura 2.5 - Esempi di scatole ingranaggi prodotte in Endurance

- Collettori di scarico: è il condotto che convoglia i gas di scarico verso l'impianto di scarico. E' in ghisa sferoidale.



Figura 2.6 - Esempi di collettori prodotte in Endurance

- Supporti motore: elemento che sostiene il propulsore. Quelli di tipo "baricentrico" sono denominati così perchè l'asse che passa tra tassello e supporto, passa dal baricentro del motore. Questo fa sì che rumore e vibrazioni siano ridotti. Questi elementi sono in alluminio colato in gravità. Altri possono essere estrusi o pressofusi.



Figura 2.7 - Esempi di supporti motore e altri particolari lavorati in Endurance

3. La qualità in ambiente industriale

La qualità è diventata una delle principali strategie di mercato e le organizzazioni che si dotano di corretti piani di miglioramento della qualità riescono ad aumentare la produttività e la penetrabilità nel mercato, oltre ad aumentare i profitti.

La definizione tradizionale di qualità è certamente quella che segue: appropriato per l'uso.

David Garvin nel 1987 identificò 8 componenti della qualità che vengono sintetizzate in:

- Prestazione: il prodotto deve svolgere le funzioni richieste. Colui che acquista il prodotto, valuta se il prodotto è adatto alla funzione e come la svolge.
- Affidabilità: frequenza col quale il prodotto si guasta. Ci si aspetta che un prodotto complesso debba essere riparato durante la sua vita, ma se le rotture diventano troppo frequenti il prodotto è considerato inaffidabile.
- Durata: effettiva durata del prodotto. Chi acquista il prodotto si aspetta che questo duri e mantenga le prestazioni nel tempo. Nel settore automotive questa componente è fondamentale.
- Manutenibilità: rapidità ed economicità con la quale si effettua una riparazione
- Aspetti formali: aspetto esteriore del prodotto quale stile, colore e forma
- Funzionalità: livello prestazionale e funzioni aggiuntive rispetto alla concorrenza
- Livello di qualità percepito: reputazione dell'azienda, influenzata dai guasti sul prodotto e da come vengono gestiti i problemi qualitativi verso i clienti.
- Conformità alle normative: corrispondenza rispetto a quello che era stato previsto in fase di progettazione.

Un'altra definizione, di concezione più moderna, di qualità è: la qualità è inversamente proporzionale alla variabilità.

Questo vuol dire che minori sono le variazioni sulle caratteristiche importanti di un prodotto, maggiore è la qualità del prodotto stesso. La variabilità è direttamente

proporzionale ai costi, quindi un prodotto che ha molta variabilità genera un numero maggiore di riparazioni e costi più elevati, con spreco di tempo e risorse.

Per migliorare la qualità bisogna quindi ridurre la variabilità nel processo produttivo e nel prodotto. Questo porterà ad una riduzione delle perdite economiche da parte dell'azienda.

Un esempio pratico di questa affermazione si ha dal risultato di uno studio comparativo tra una trasmissione prodotta negli USA e una prodotta in Giappone, effettuato dopo la seconda guerra mondiale. Venne effettuato uno studio su costi e numerosità dei reclami, vedendo che la trasmissione statunitense aveva costi estremamente più elevati di quelli giapponesi.

Smontando un campione di trasmissioni meccaniche e paragonando i risultati, si vide che la variabilità delle caratteristiche critiche del prodotto americano era molto più ampia di quelle giapponesi. Sostanzialmente la gaussiana era molto più larga, quindi la variabilità tra le caratteristiche maggiore, mentre la gaussiana dei prodotti giapponesi era molto più stretta.

I giapponesi erano riusciti a trasmettere su tutta la filiera che il concetto di variabilità non era amico della qualità e che questo portava ad un aumento dei costi.

Nello stesso periodo di Garvin e in particolare nel 1986, in Giappone venne coniato il termine Kaizen, che significa miglioramento continuo. Il miglioramento continuo può essere definito come riduzione della perdita.

Il Kaizen come approccio per i sistemi di gestione per la qualità si connette con concetti come:

- il lean manufacturing
- il Total Quality Management (TQM - Gestione della qualità totale);
- il Just in time (JIT - abbattimento delle scorte);
- il kanban (metodo per la reintegrazione costante delle materie prime e dei semilavorati);
- la riprogettazione dei processi aziendali;
- lo statistical process control (SPC - controllo statistico dei processi).

Il miglioramento continuo risulta una nuova fondamentale strategia aziendale, in quanto negli ultimi anni è aumentata la consapevolezza sulla qualità da parte della clientela, è aumentata l'affidabilità dei prodotti, sono aumentati i costi del lavoro e delle materie prime, la concorrenza è più agguerrita.

Pianificare e migliorare la qualità vuol dire migliorare la situazione finanziaria, far crescere il fatturato, migliorare la situazione competitiva dell'azienda e ridurre i costi di produzione.

Un concetto legato in modo forte al miglioramento continuo è il TQM (Total Quality Management).

Il TQM è un approccio manageriale centrato sulla qualità e basato sulla partecipazione di tutti i membri di un'organizzazione allo scopo di ottenere un successo di lungo termine attraverso la soddisfazione del cliente e benefici che vadano a vantaggio dei lavoratori e della società.

Viene nuovamente citato Deming, il quale ha stabilito 14 regole per il management, necessarie per il miglioramento di qualità e produttività:

- Investire su ricerca e sviluppo, in modo tale da avere vantaggi economici di lungo periodo per l'impresa
- Rifiutare con decisione disservizi, scarti, scarsa professionalità in quanto le rilavorazioni portano a sprechi enormi per le aziende
- Non limitarsi ad un controllo ispettivo sul prodotto ma agire sul processo in modo tale da evitare di accorgersi di errori a fine filiera
- Il prezzo non è l'unico metro di giudizio per scegliere i fornitori, serve scegliere dei fornitori che utilizzino metodi moderni di miglioramento continuo
- Migliorare costantemente i propri processi e usare metodi statistici per mantenere il tutto sotto controllo
- Addestrare continuamente il personale e incoraggiarlo ad usare metodi di miglioramento continuo della qualità
- Istituire metodi moderni di supervisione
- Spingere i dipendenti a fare domande e intervenire per aumentare l'efficienza
- Instaurare cooperazione per migliorare la comunicazioni tra gli enti aziendali
- Abolire obiettivi numerici se non sono legati a piani di sviluppo per arrivarci
- Creare un collegamento tra dipendenti e management, in modo tale che i suggerimenti possano essere ascoltati
- Incoraggiare programmi di formazione e addestramento
- Creare un top management che promuova tutti i punti precedenti

L'unico modo per poter adottare questa filosofia è iniziare da una raccolta dati, utilizzando metodi statistici e carte di controllo, così da capire dove sono le criticità e agire di conseguenza.

Per quanto riguarda i costi, attualmente in tutte le aziende il controllo di gestione calcola la differenza tra i costi effettivi e di budget. Solo a partire dagli anni Cinquanta le imprese hanno iniziato a valutare i costi della qualità. La necessità nasce per i seguenti motivi:

- aumento della complessità dei processi produttivi
- aumento dei costi lungo il ciclo di vita del prodotto, comprese manutenzioni e ricambi

- necessità di comunicare al top management i costi della non qualità

I costi della qualità possono essere considerati in 4 categorie:

- Costi di prevenzione: sforzi indirizzati in fase di progettazione e produzione a prevenire le non conformità
- Costi di validazione: associati alla misurazione, valutazione e controllo interno del sistema dei prodotti. Tra questi ci sono anche i costi di ispezione delle materie prime.
- Costi di malfunzionamento interno: sono tutti i costi che vengono affrontati prima che il prodotto difettoso venga inviato al cliente finale. Tra questi ci sono le rilavorazioni, gli scarti, i fermi impianto e le perdite di produzione
- Costi di malfunzionamento esterno: costi che insorgono quando il prodotto non funzionante è stato già inviato al cliente. Tra questi si trovano la gestione dei reclami, i prodotti respinti, i costi di assicurazione.

Per ridurre i costi della qualità, bisogna analizzarli. Questo può essere fatto tramite un'analisi di Pareto. In questo modo si individua il componente, il difetto o la non conformità peggiore e si può dare priorità alle azioni correttive.

Non è da sottovalutare il ruolo dei fornitori. Molte attività produttive si basano su pezzi prodotti da diversi supplier. In molte industrie si stanno quindi sviluppando piani di miglioramento della qualità delle forniture, come se fossero parte integrante dell'azienda. La scelta dei fornitori in base alla storia della qualità e non solo sulla base dei costi è un passo strategico che può avere effetti benefici di lunga durata.

3.1. Il problem solving

Il problem solving indica l'insieme dei processi atti ad analizzare, affrontare e risolvere positivamente situazioni problematiche. Esistono molte procedure e strumenti per risolvere in modo efficace problematiche produttive:

- 8D problem solving (8-discipline)
- 5W2H
- Brainstorming
- Ishikawa

Nel settore automotive e soprattutto per le aziende che sono certificate IATF 16949, è necessario conoscere e saper applicare queste tecniche per la risoluzione dei problemi e per poter rispondere in modo efficace ai reclami che arrivano da parte dei clienti. Lo stesso metodo può essere usato internamente alle aziende per risolvere problemi sui propri processi produttivi e può essere richiesto ai fornitori.

Ad esempio nel caso di Endurance, il modulo di non conformità fornitore prevede la compilazione da parte dello stesso del file che è un modulo 8D.

Entrando nello specifico di questa tecnica che risulta essere una delle più usate nel settore, il metodo 8D è un processo per la risoluzione dei problemi basato sul compimento di una sequenza logica di compiti. In questo modo è possibile analizzare a fondo il problema ed evitare che questo si ripeta. Il risultato di questa analisi è l'ottenimento di azioni migliorative e del raggiungimento di un target qualitativo maggiore all'interno di tutta l'azienda.

Non va banalizzato, infatti non si tratta di un semplice modulo da compilare per "rendere felice il cliente" ma si tratta di un'analisi completa e dettagliata che, se viene seguita e fatta da un team interfunzionale, porta a netti miglioramenti.

Vengono di seguito definite le 8 fasi da svolgere nel seguente ordine:

- Step 0: Planning stage
Il metodo 8D per la risoluzione dei problemi è utile nelle situazioni in cui le cause sono sconosciute. Occorre stabilire se il problema merita di essere analizzato con un 8D, ovvero se non si tratta di un problema standard risolvibile con azioni standard. Nel caso si decidesse di utilizzarlo, è bene scrivere la motivazione sull'apposito modulo. Spesso è una richiesta specifica del cliente.
- Step 1: Establishing the team
E' necessario definire il team di lavoro che deve essere un piccolo gruppo di persone, esperte del prodotto e del processo. Definire capacità, ruolo e tempistiche per la soluzione del problema e l'implementazione delle azioni correttive. Il numero giusto di persone va da 4 a 10 e all'interno del gruppo ci deve essere un team leader, un sollecitatore e un segretario.
- Step 2: Definizione del problema
Definire il problema, descrivendolo in termini misurabili. Per definire la giusta causa è necessario definire correttamente la non conformità. E' importante definire la radice del problema per capire il perchè è sorto.
E' opportuno inserire nel modulo apposito i seguenti dati: codice del particolare incriminato, cliente, lista dei documenti che mi possono aiutare a definire il problema (ad esempio foto, ddt, ecc). Oltre a questo, è utile compilare una tabella con le colonne "è" e "non è", rispondendo alle domande chi, cosa, perchè, dove, quando, quanto, quanto spesso.
- Step 3: Developing interim containment actions
Consiste nell' eseguire delle azioni provvisorie che vadano a proteggere il cliente fino all'implementazione delle azioni correttive definitive. L'efficacia delle azioni

di contenimento va verificata. L'obiettivo è circoscrivere il più possibile il problema, evitando che la situazione peggiori e che la non conformità si propaghi ad altri prodotti. Spesso queste azioni consistono nel controllo al 100% di un lotto che va a sostituire quello non conforme riscontrato dal cliente.

- **Step 4: Identifying and verifying root cause**
E' necessario identificare la causa radice del problema in modo da attuare azioni che siano efficaci e durature nel tempo.
Il diagramma di Ishikawa e l'analisi dei 5 perchè sono gli strumenti usati per trovare la vera causa del problema. Nei 5 perchè bisogna interrogarsi sul perchè è accaduto (occurrence) e sul perchè non è stato intercettato (detection). Nel diagramma di Ishikawa si va ad analizzare dove è nato il problema (persone, metodo, macchine, ambiente, misure). Una volta individuata la causa, bisogna verificare che sia quella andando a fare un reappear test.
- **Step 5: Identify permanent corrective actions**
E' necessario identificare le azioni correttive e verificare che queste risolveranno il problema in modo definitivo. Bisogna verificare tutti i punti dello step 4 e bisogna evitare scorciatoie che diano risultati scadenti. La soluzione scelta sarà definitiva e incorporata nel processo produttivo aziendale.
- **Step 6: Implementing and validating the PCA**
Verificare che l'azione correttiva implementata dia i risultati sperati. In caso di messa in atto di più azioni correttive, verificare i cambiamenti di processo man mano che le implementazioni vengono effettuate e registrare i dati. Nel caso l'azione non bastasse, implementare ulteriori soluzioni o ritornare allo step 4.
Nel caso in cui la soluzione sia efficace, comunicare al cliente l'attuazione e richiedere la chiusura della non conformità.
- **Step 7: Preventing recurrence**
Determinare quali improvements dovrebbero essere fatti anche su altri codici simili. Questo serve per evitare che la non conformità si riproponga su codici simili. Oltre a questo, rivedere tutti i documenti specifici o di sistema da aggiornare in seguito alla segnalazione (istruzioni di processo, istruzioni di controllo, FMEA, calibri, istruzioni di lavoro, ecc).
- **Step 8: Congratulate your team**
Congratularsi con tutto il team di lavoro che ha lavorato al 8D. Riconoscere pubblicamente il successo gratificherà le persone.

Il miglioramento della qualità in Endurance

In azienda da diversi anni si sta implementando la logica del kaizen. Dal 2016 ad oggi, ogni reclamo cliente è stato seguito da un Kaizen, che ha portato a netti miglioramenti in termini qualitativi.

Sono stati effettuati 180 moduli Kaizen in 3 anni che hanno portato ad una riduzione dei costi notevole.

Oltre a questo, in ottica di far migliorare le performance dei propri fornitori, l'azienda ha deciso di introdurre una nuova figura da novembre 2019 che si occuperà del monitoraggio e dello sviluppo dei fornitori.

Nella tabella sottostante è possibile vedere la riduzione della numerosità dei reclami negli ultimi 3 anni fiscali.

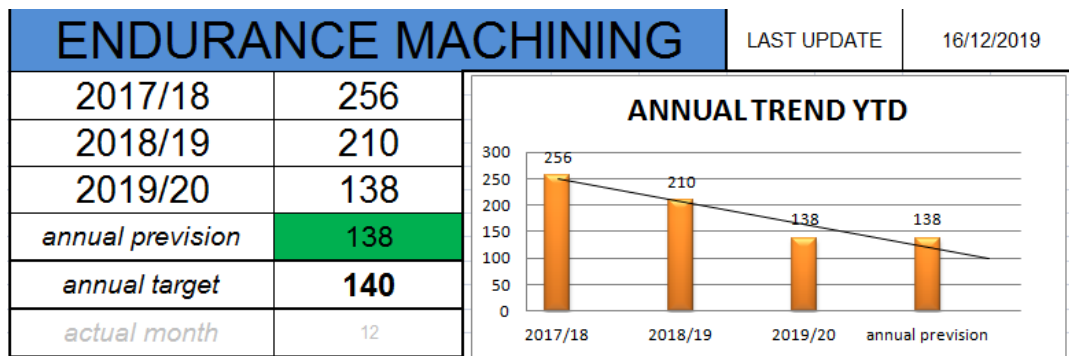


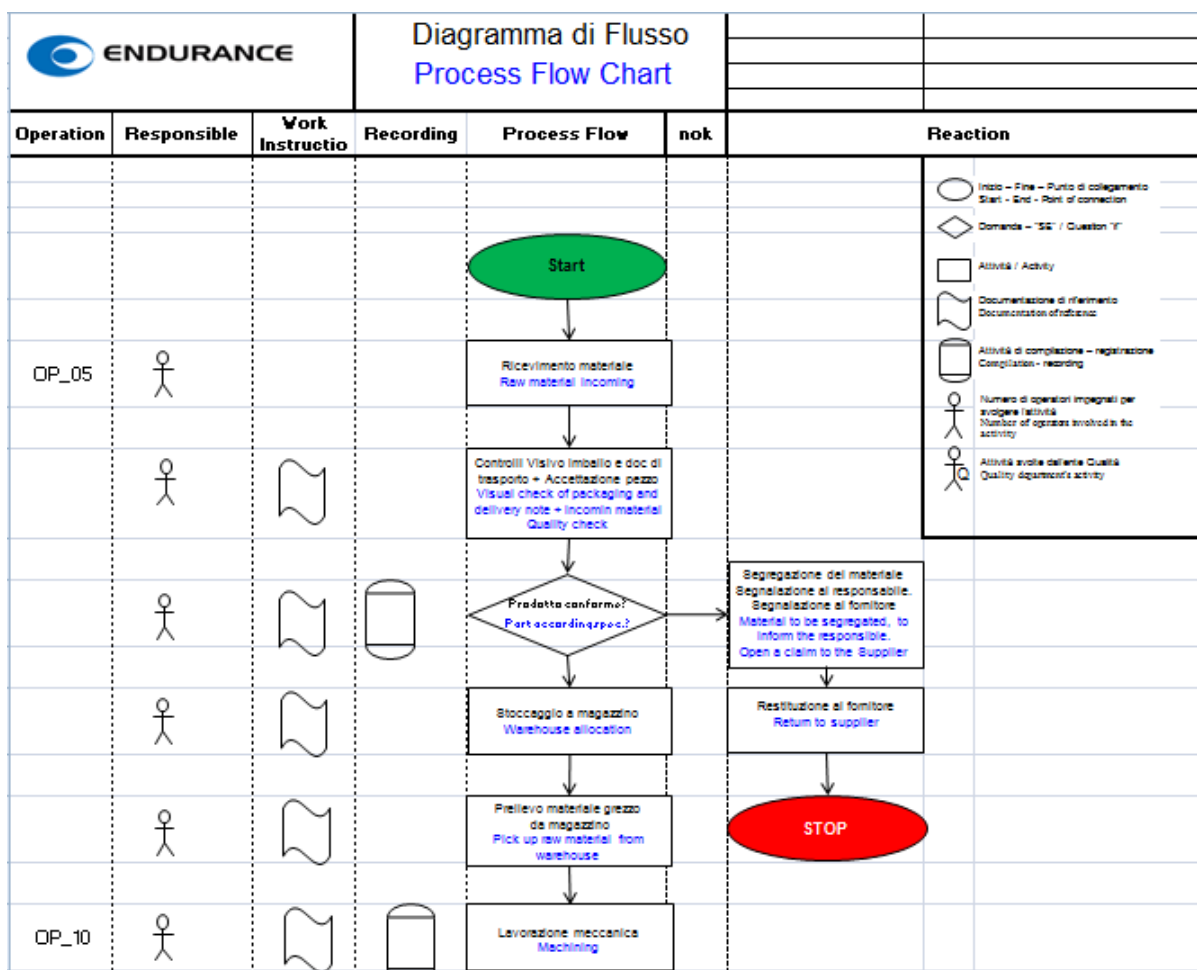
Figura 3.1 - Andamento numerosità reclami nell'ultimo triennio

4. Il processo

In questo capitolo si analizzano le fasi del processo dell'azienda, dall'ingresso del materiale grezzo fino alla spedizione del materiale finito.

4.1. Le fasi

Il flow chart di un generico processo di produzione di un particolare lavorato internamente può essere schematizzato con il diagramma seguente.



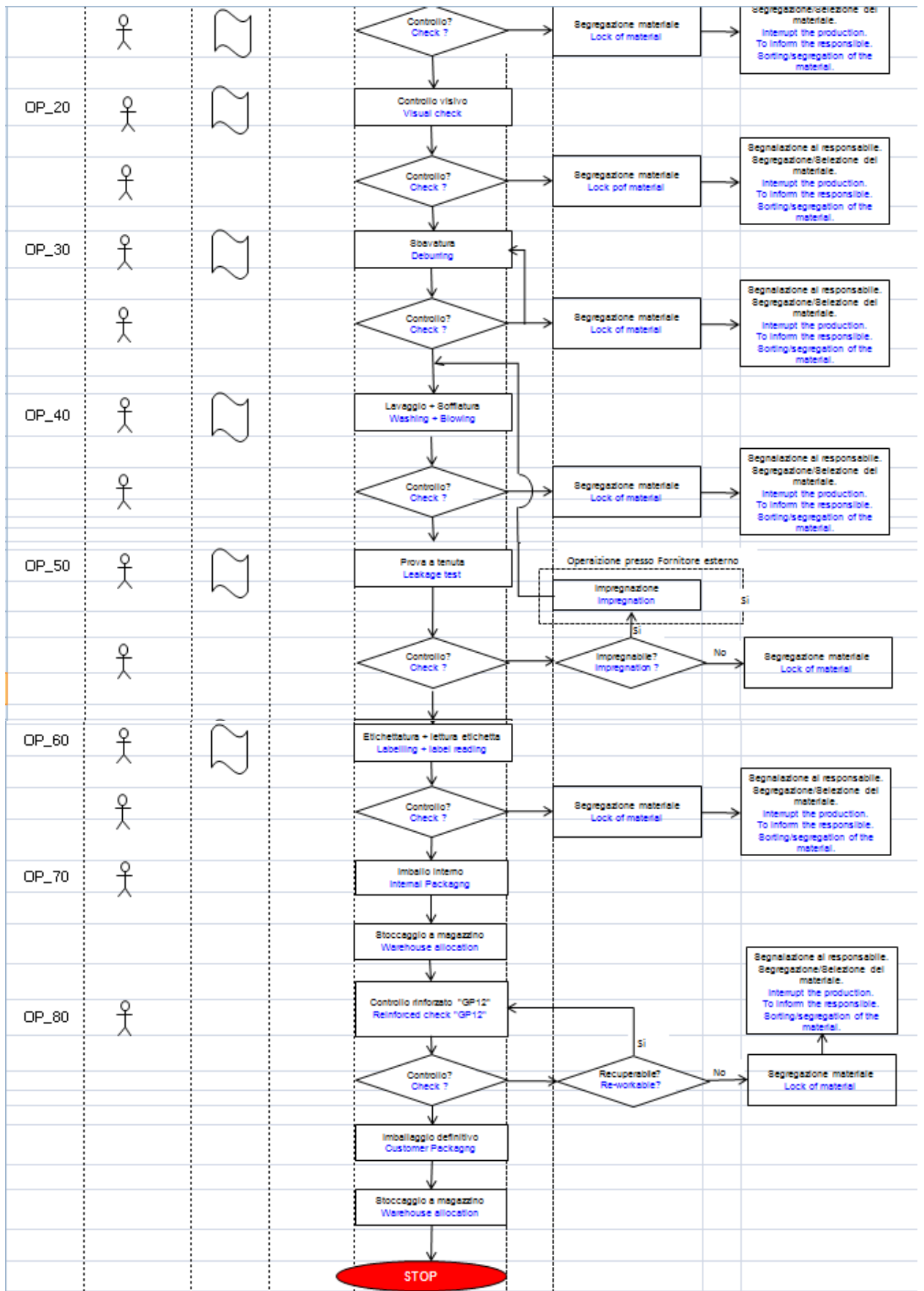


Figura 4.1 - Esempio di flow chart

I materiali in ingresso possono essere divisi in due macro categorie:

- Materiale in conto lavoro e componenti da assemblare (75% del valore del materiale acquistato)
- Materiale grezzo da processare (25% del valore del materiale acquistato)

Il materiale in conto lavoro è materiale finito che viene venduto senza che vengano effettuati dei processi manifatturieri all'interno degli stabilimenti. Il caso tipico è quello di materiale grezzo che entra nello stabilimento Endurance, ne viene registrato l'ingresso, dopodiché viene inviato in conto lavoro ad un terzista che effettua le lavorazioni (eventualmente anche assemblaggi) e test qualitativi secondo un disegno condiviso e lo riconsegna finito. Il prodotto viene venduto senza che venga ulteriormente maneggiato. Anche i componenti da assemblare non vengono lavorati, ma solo inseriti all'interno del complessivo con operazioni manuali o automatiche.

Il materiale grezzo da processare è quello che viene acquistato da fornitori esterni ma lavorato, assemblato e testato negli stabilimenti interni. I grezzi in arrivo dalle fonderie del gruppo non sono considerati nel nostro caso studio in quanto non sono considerati provenienti da un fornitore esterno ma da uno stabilimento dell'azienda con una locazione diversa da quella di lavorazione.

Complessivamente vengono acquistati circa 600 codici tra componenti, materiale grezzo, pezzi finiti, per un totale di circa 100 milioni di euro.

La nostra analisi sarà effettuata su codici che fanno parte di entrambe le categorie. La seconda categoria è storicamente più problematica dal punto di vista qualitativo. Infatti se il particolare grezzo viene lavorato e riscontrato difettoso, non solo non è possibile venderlo ma entrano in gioco discorsi di efficienza e perdita produttiva che dovranno essere successivamente addebitati al fornitore.

Di seguito vengono esplicate più nel dettaglio le singole fasi del processo.

4.1.1. Ricezione materiale

Il materiale in arrivo giornalmente viene scaricato dai carrellisti all'interno dell'area di scarico e la bolla di accompagnamento viene registrata sul sistema gestionale aziendale (AS400).

In questo modo tutti possono vedere quale codice, in che giorno, con che quantità e con che DDT (documento di trasporto) è arrivata la merce.

Giornalmente viene registrato l'ingresso di circa 250 mila pezzi tra grezzi, finiti e componenti.

Quando la bolla viene registrata vengono create delle etichette denominate "seriali". Questi sono dei documenti che vengono fissati sul cassone e permettono di mantenere la tracciabilità in caso di problemi qualitativi. Il seriale contiene, oltre alle informazioni che vengono registrate sul sistema gestionale, anche la tipologia di cassone, la tipologia di ordine (aperto o chiuso), e il numero progressivo del seriale. Una volta apposti i seriali sul cassone, i box vengono trasferiti nel magazzino (finiti, grezzi o componenti a seconda della tipologia).

4.1.2. Accettazione arrivi

Al momento in azienda non esiste un vero e proprio controllo qualitativo in accettazione arrivi. La procedura aziendale "I_QUA_03 - Pianificazione dei controlli in accettazione arrivi" prevede che in fase di sviluppo prodotto e con il primo arrivo di materiale dal fornitore esterno, venga creata una scheda chiamata "M_QUA_05 - Controllo in accettazione arrivi". Questo documento deve essere compilato sui primi 5 lotti in arrivo dal fornitore. Il SQE (Supplier Quality Engineer) attesta la bontà dei primi 5 lotti in ingresso. La verifica viene fatta andando a prendere una determinata % di pezzi o un numero massimo di pezzi ma non viene definito il metodo per il prelevamento nel cassone.

L'assenza di un controllo in ingresso strutturale e strutturato aumenta il rischio di inviare in officina materiale non conforme e quindi di creare una non conformità verso il cliente.



 RAPPORTO DI CONFORMITÀ - ACCETTAZIONE ARRIVI							
Esp. Mod.:		Data creazione:		Processo	Rev. del		
Disegno							
Denominazione							
Fornitore							
Num. Bolla							
Data Bolla							
Num. pezzi							
Lotto							
Cliente							
Num. R.N.C.							
Q.tà Scarto							
Stato del Particolare							
<input type="checkbox"/>	GREZZO						
<input type="checkbox"/>	SEMILAVORATO						
<input type="checkbox"/>	MATERIALE COMMERCIALE DA ASSEMBLARE						
Data							
Firma							
Rif.	Descrizione	Valori			Esito		Osservazioni
		Min	Max	Media	Pos	Neg	
10	Identificazione lotto (data)						
20	Assenza bave / superficie						
30	Integrità materiale in accordo a (CF1 Area critica Grado A)						
40	Verifica altezza borchia 37,5 ± 0,5						
50	Verifica altezza taglio materozza max.2,5 mm						
60	Durezza materiale HB min.100 (materiale GC AS7G06-T6) Norma						
70	Composizione chimica (materiale GC AS7G06-T6) Norma						
80	Imballo conforme						
IME  O:				CLASSE FUNZ.		FASE SUCCESSIVA:	
Vedi modulo M_QUA_13				1D		Machining	

Figura 4.2 - Esempio di modulo M_QUA_05

4.1.3. Lavorazione meccanica

In base agli ordini che arrivano dagli stabilimenti cliente, il direttore di stabilimento insieme all'addetto alla programmazione della produzione gestiscono i flussi di materiale in officina per effettuare le successive fasi di lavorazione.

I cassoni di materiale grezzo vengono portati in officina per poter essere lavorati.

La lavorazione meccanica è il cuore del processo dello stabilimento di Lombardore. Il plant è dotato di circa 130 centri di lavoro per le lavorazioni più disparate (fresature, torniture, contorniture, alesaggi, forature, molature, lappature).

In alcuni casi viene richiesto di rispettare tolleranze nell'ordine del micron.

Non essendoci una vera e propria accettazione arrivi, in caso di lotto non conforme da parte del fornitore, la non conformità viene rilevata a bordo impianto dall'operatore di produzione o dall'operatore di qualità dell'officina.

Nel caso in cui si riscontri una non conformità sul lotto grezzo, viene avvisato il SQE tramite un apposito modulo (denominato One page) che contiene informazioni riguardanti il PN (part number) incriminato, il lotto di produzione (marcature sul pezzo), il seriale di produzione (che permette di risalire al DDT di arrivo) e la foto del difetto.

In seguito a questa segnalazione interna, l'SQE effettuerà una segnalazione ufficiale al fornitore tramite un altro modulo dedicato.

L'operatore invece dovrà seguire una procedura interna che indicherà quali sono i passi da seguire per non rischiare di inviare al cliente materiale non conforme.

Durante il turno di produzione vengono effettuati controlli periodici sulle quote di lavorazione che permettono di intercettare difetti creati durante la fase di lavorazione meccanica.


Issue:		Issue Open Date	Status	Activity Assessments	
Fornitore :				Outlook	
Activity Lead:			▲	▲	
Issue Description: <u>grumo di fusione vicino M22</u>			LEGEND: ● Solution - ▲ Ongoing - ✖ No root cause		
Root Cause / Confirmation of Cause	Interim / Permanent Action	Robustness of Solution	High Level Summary		
ISSUE VISUAL		Risk Mitigation / Recovery Action(s)		Start Date	Close Date
Stampo 1/5 week 2/19		1) <u>Segnalazione alla fonderia</u>			
					

Figura 4.3 - Esempio di modulo One page

ENDURANCE **SEQUENZA DI COLLAUDO**
Gestione del materiale Non Conforme

Ogni operatore che riscontra una non conformità deve:

- 1) Evidenziare la zona o la caratteristica **NON CONFORME**.
- 2) Sigilare il pezzo con "SL" = Scarto lavorazione.
- 3) Sigilare il pezzo con "SF" = Scarto fusione.
- 4) Sigilare il pezzo con "PT" = Scarto prova tenuta.
- 5) Data e firma dell'operatore sul pezzo.
- 6) Ad attività ultimata, il pezzo NOK deve essere riposto nel contenitore dello scarto ubicato a bordo linea.
- 7) Ogni pezzo NOK deve essere registrato nell'M_QUA_11 avendo cura di compilare tutte le voci.
- 8) Periodicamente, il responsabile di turno e/o di reparto, deve provvedere allo svuotamento e dare evidenza sul registro M_QUA_11 comunicandolo alla Qualità, ai fini dell'attività di analisi scarto.

In caso di riscontro pz KO sulla lavorazione a seguito del controllo frequenziale rompi-lotto, occorre:

- 1) Sospendere la produzione ed avvisare il responsabile di turno
- 2) Ricontrollare al 100% tutta la produzione eseguita dopo l'ultimo controllo;
- 3) Isolare ed identificare tutto il materiale risultato NOK.;
- 4) Formalizzare il Rapporto di Non conformità interna coinvolgendo la Qualità;
- 5) Risolvere la Non conformità e riprendere la produzione ed i controlli previsti;
- 6) Registrare l'evento sul registro M_QUA_11.

Documentazione a supporto:

- a) Scarto lavorazione → ciclo di controllo (M_QUA_11) e book difetti.
- b) Scarto fusione → specifiche di porosità e book difetti

NOTA: Fare riferimento alla istruzione di "Autocollante" M_PRO_02.

Figura 4.4 - Procedura per la gestione del materiale non conforme

ENDURANCE **VERBALE DI SEGNALAZIONE NON CONFORMITA' FORNITURE** M_ED_PUR_05 R.0

Regime fiscale	Redatto da	Validato da
Direzione	Funzione	Funzione
Denominazione	Data	Data

1. Descrizione del problema	5. Piano di azione immediata (entro 24h)	7. Piano di azione definitiva (entro 5 gg)																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Data</td> <td style="width: 20%;">Rapporto n°</td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>Desc. fornitore</td> <td>Npx. non conformi</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>n° lotte</td> <td>NO ricorrente?</td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td></td> </tr> </table>	Data	Rapporto n°				Desc. fornitore	Npx. non conformi				n° lotte	NO ricorrente?	SI	NO		Qualifera le azioni da intraprendere e richiama da Endurance Fandem e S.p.A. per avviare il riparo dei non conformi? <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Azioni</th> <th>Data</th> <th>St. real.</th> <th>St. OK</th> <th>St. KO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Messaz. fornitore</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Produzione fornitore</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Messazine cliente 1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Produzione cliente 1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Messazine cliente 2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Produzione cliente 2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Azioni	Data	St. real.	St. OK	St. KO	Messaz. fornitore					Produzione fornitore					Messazine cliente 1					Produzione cliente 1					Messazine cliente 2					Produzione cliente 2					Qualifera le azioni da mettere in pratica per prevenire le non conformi? <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Data di applicazione</th> <th>Azioni</th> <th>Resp.</th> <th>Funzione</th> <th>Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Data di applicazione	Azioni	Resp.	Funzione	Data																									
Data	Rapporto n°																																																																																	
Desc. fornitore	Npx. non conformi																																																																																	
n° lotte	NO ricorrente?	SI	NO																																																																															
Azioni	Data	St. real.	St. OK	St. KO																																																																														
Messaz. fornitore																																																																																		
Produzione fornitore																																																																																		
Messazine cliente 1																																																																																		
Produzione cliente 1																																																																																		
Messazine cliente 2																																																																																		
Produzione cliente 2																																																																																		
Data di applicazione	Azioni	Resp.	Funzione	Data																																																																														
2. Altri elementi coinvolti dalla stessa non conformità? Sussidiarietà? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO Altra? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	6. Azioni finali Data di fine azioni Indicare le cause relative al problema: - Potenza, materiali, macchinari, metodi - Chi, dove, quando, perché, come - Variazioni sulla fabbricazione, procedure tecniche - Manutenzione <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Causa</th> <th>Responsabilità</th> <th>Servizio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Causa	Responsabilità	Servizio										8. Conferma delle attività Data di validazione Le attività segnalate confermate come efficaci? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO Commenti: Unire a questo documento i rapporti dimensionali, i risultati di capillarità																																																																				
Causa	Responsabilità	Servizio																																																																																
3. Azioni preliminari In quale momento si è verificata la non conformità? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO Durante il processo di fabbricazione Sul prodotto finito (or. controllo finale) Dopo la spedizione Qualifera le ragioni della non conformità?	9. Azioni ricorsive e capitalizzazione (entro 28 gg) Data di chiusura <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO Qualifera i documenti in cui non c'è traccia di un aggiornamento: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>SI</th> <th>Responsabilità</th> <th>Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Schede di istruzioni interne</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Documenti di fabbricazione</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Piani di controllo</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>F.M.E.A.</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Diregni</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mozi di controllo</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Altra</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		SI	Responsabilità	Data	Schede di istruzioni interne				Documenti di fabbricazione				Piani di controllo				F.M.E.A.				Diregni				Mozi di controllo				Altra																																																				
	SI	Responsabilità	Data																																																																															
Schede di istruzioni interne																																																																																		
Documenti di fabbricazione																																																																																		
Piani di controllo																																																																																		
F.M.E.A.																																																																																		
Diregni																																																																																		
Mozi di controllo																																																																																		
Altra																																																																																		

Figura 4.5 - Modulo per la gestione delle non conformità verso fornitore

4.1.4. Assemblaggi

In alcuni casi il disegno cliente prevede l'assemblaggio di alcuni componenti. In questi casi ci sono delle specifiche macchine di assemblaggio (che variano per ogni PN) che permettono di creare il pezzo completo. A volte l'assemblaggio è manuale (nel caso ad esempio di guarnizioni perimetrali su sovratesta).

I componenti sono di diverso tipo: viti, prigionieri, tubi saldati, valvole, guarnizioni, boccole, grani, ecc.

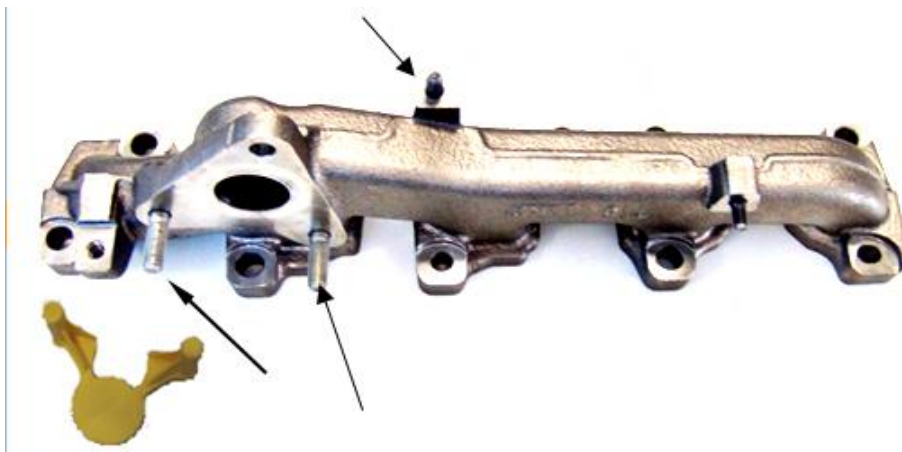


Figura 4.6 - Assemblaggio di componenti come prigionieri e tappi protettivi su collettore di scarico

4.1.5. Test su particolari finiti

In seguito all'assemblaggio dei componenti, nella quasi totalità dei casi bisogna effettuare dei controlli qualitativi specifici.

Ad esempio nel caso di sovratesta motore o coperchi cilindri, funzionalmente è fondamentale che l'assemblato non perda a tenuta.

E' per questo che vengono create stazioni di prova tenuta dedicate per il PN, che intercettano difetti di assemblaggio o sul grezzo (ad esempio cricche non visibili ad occhio nudo o rotture create dallo stampo).



Figura 4.7 - Stazione di prova di tenuta su sovratesta assemblata

4.1.6. Imballaggio

Nel caso in cui i particolari siano conformi, il pezzo viene inserito dall'operatore di linea nell'imballo definitivo seguendo la scheda imballo fornita.

Sull'imballo è apposto un seriale di produzione che permette di capire il PN, in che giorno è stato prodotto il cassone, la quantità di pezzi presenti nel cassone, il numero progressivo del seriale.

Il cassone finito viene inserito nell'apposita area materiale finito. Il carrellista provvede a spostare il materiale e a registrare il seriale di produzione sul sistema AS400 con l'aiuto di un lettore bar code, in modo che gli utenti possano sapere quanti pezzi ci sono in magazzino del suddetto codice.

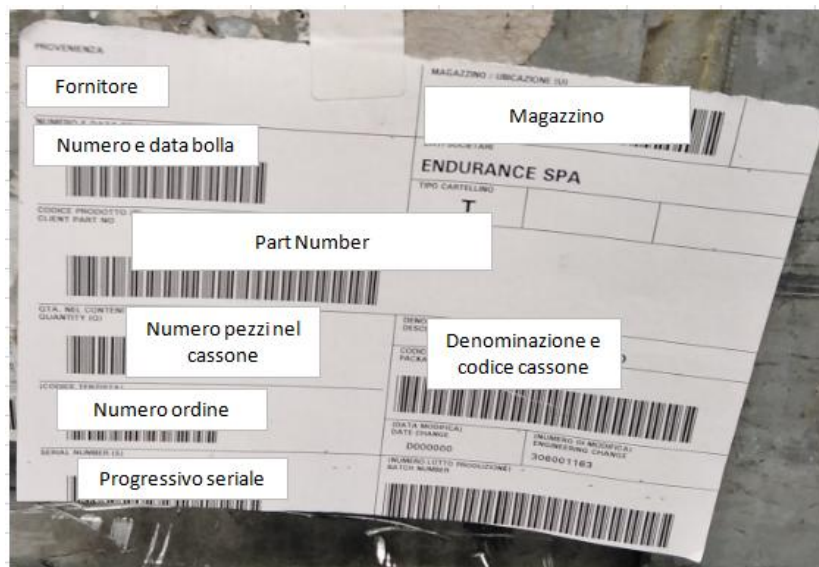


Figura 4.8 - Seriale di produzione

SCHEDA IMBALLO / PRODOTTO						
Esp. Mod.:		Data creazione		Processo	Rev.	del
Codice				Denominazione Prodotto		
P/N/O	Cliente	Contenitore			4070	
	Q.tà totale	124	Dispos:	ordinato	sfuso	
Dettagli						
N° 31 (9x3+4) Pezzi x 4 Piani come da foto						
N° 4 Fogli di cartone pretagliato mono onda di cui uno al fondo del contenitore						
Rivestire il contenitore con carta						

Figura 4.9 - Modulo M_QUA_13 "Scheda imballo"

4.1.7. Qualità uscente

L'ente qualità effettua in modo programmato e in base alle criticità degli audit interni di prodotto. Questo significa che un operatore della qualità va a prendere un particolare dall'imballo chiuso ed effettua tutti i controlli che avrebbe dovuto effettuare l'operatore durante il turno.

Se il pezzo è conforme, il cassone è deliberato altrimenti bisogna effettuare una risalita produttiva per cercare il momento in cui è nato il difetto.

Il sistema "Cassetta rompilotto" è un ottimo metodo per effettuare una risalita produttiva veloce.

Consiste nell'archiviare in una cassetta dedicata l'ultima serie di pezzi controllati conformi. Nel caso in cui il controllo venga fatto ogni 2 ore, in caso di riscontro di non conformità ci saranno solo 2 ore di produzione da verificare.

ENOURANCE Audit prodotto				Plant	Lombardia (TO)														
Data: _____				Colore prodotto:	C														
Nome Capo Reparto / Capo Linea: _____				Sito															
Nome Operatore: _____																			
Sezione:	Area:	ore di prova:	esecutore:																
1. Chiuso e pulito	Verifica del corretto posizionamento dei cassoni in linea	3		Dopo la chiusura su fibbia chiusa															
	Verifica presenza di materiali estranei	4																	
	Verifica stato della linea (presenza di perline di decomposizione)	2	2	FEBBIE DA RACCOMIARE															
	Verifica stato del banco di lavoro (diversità attese al lavoro da svolgere)	4																	
	Verifica se tutti i identificazione consistenti in linea (presenza etichette non pertinenti allegato al controllo)	4																	
2. Corrente Parametri macchine	Verifica corrente dei per i progetti 002240	N/A																	
	Verifica corrente parametri macchina	N/A																	
3. Documenti di misura	Verifica presenza software degli strumenti di misura	N/A																	
	Verifica presenza di tutti gli strumenti di misura	N/A																	
4. Documentazione di processo	Verifica presenza copia di DRE/DR	N/A																	
	Verifica presenza di tutti le specifiche formate e note di controllo e ricorrenza	N/A																	
	Verifica presenza di tutti le note di reazione	N/A																	
5. Controllo dimensionale del pezzo	Verifica presenza di procedure di gestione e identificazione delle scorte	N/A																	
	Verifica presenza compilazione note di controllo (separazione e controllo)	2		biblioteca non fibbia non chiusa LT															
6. Controllo dimensionale del pezzo	Verifica presenza barelliere serie LT - Allegati "A"	2	2	biblioteca non fibbia															
	Verifica corretto utilizzo contenitori/impilatore	4																	
7. Packaging/Tracciabilità del prodotto	Verifica conoscenza documentazione da parte dell'operatore	N/A																	
	Verifica verifica dimensionale del pezzo con utilizzo degli strumenti di capacità della linea	4	4																
	Verifica conformità a richieste in ordine relative ad invio ufficio	4																	
8. Gestione delle scorte	Verifica corretto identificazione dei pacchetti e conformità DMS - (cassoni - materiali)	4	4																
	Verifica leggibilità DMS	4																	
9. Stato di pulizia	Verifica stato dell'area (pulita / integrità)	4																	
	Verifica presenza scorie e di scorie	4																	
10. Verità DRT	Verifica corretta identificazione dei pezzi di scorta	4	4																
	Verifica consistenza procedure di gestione delle scorte da parte dell'operatore	N/A																	
11. Efficacia inot profilo	Verifica presenza scorie e di scorie	4																	
	Verifica presenza piano manutenzione preventivo	N/A																	
12. Manutenzione	Verifica presenza piano di manutenzione	N/A																	
	Verifica stato della macchina (presenza olio lubrificante - verifica specifica pulite - FINE (P.F.))	N/A																	
13. Quality Inbound Alkali	Verifica presenza SOP (Mantenimento - DMS (P.F.))	N/A																	
	Verifica presenza P.M. apertura bot. - Capelli fine (P.F.))	4	4																
<table border="1"> <tr> <td>Esito</td> <td>Score</td> </tr> <tr> <td>OK</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>OK</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>OK</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>OK</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>OK</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>OK</td> <td>0</td> </tr> </table>				Esito	Score	OK	5	OK	4	OK	3	OK	2	OK	1	OK	0	OVERALL SCORE 2	
Esito	Score																		
OK	5																		
OK	4																		
OK	3																		
OK	2																		
OK	1																		
OK	0																		
Capo reparto / Capo turno: _____ Operatore: _____																			
In caso di esito audit KO (espr 1-2) riferirsi al piano di reazione / QUA 04																			

Figura 4.10 - Esempio di audit prodotto

4.1.8. Spedizione

Una volta che il materiale finale viene immagazzinato e registrato, il responsabile logistico può effettuare le spedizioni in base agli ordini del cliente. Viene creata il DDT di spedizione e registrato su sistema gestionale.

5. L'accettazione arrivi

In questo capitolo si entra nello specifico della fase di controllo qualitativo del materiale in ingresso, andando a fare una panoramica completa sui piani di campionamento, in modo da scegliere quello più adatto per l'azienda.

5.1. Il controllo campionario lotto per lotto

Il controllo delle materie prime e più in generale del materiale in ingresso è uno degli aspetti dell'assicurazione qualità. Il campionamento in accettazione indica le procedure utilizzate per verificare la corrispondenza agli standard richiesti, con lo scopo di accettare o rifiutare il materiale in ingresso.

I piani di campionamento in accettazione non eliminano il controllo di processo in produzione, ma riducono drasticamente le difettosità del materiale in ingresso.

L'esempio tipico è il seguente. L'azienda riceve un lotto di materiale da un fornitore. Questi prodotti sono componenti o materiali grezzi usati durante il processo produttivo dell'azienda. Dal lotto in ingresso viene preso un campione e vengono valutate alcune caratteristiche sulla base di specifiche. In base ai risultati, si sceglie se accettare o meno il lotto.

Ci sono 3 aspetti importanti del campionamento:

- Lo scopo del campionamento è di saggiare i lotti, non di stimare la qualità del lotto
- Il controllo in accettazione non è un diretto controllo di qualità. Questo metodo serve per accettare o rifiutare dei lotti. In casi limite potrebbe succedere che, dopo un controllo campionario, alcuni lotti di medesima qualità vengano accettati mentre altri rifiutati.
- L'uso principale del campionamento è di assicurare che il risultato di un processo sia conforme ai requisiti richiesti.

In generale ci sono 3 metodi per verificare un lotto:

- Controllo del lotto al 100%, quindi verificare ogni unità in ingresso per eliminare quelle difettose. Viene usato in caso in cui anche una sola unità difettosa si possa tramutare in un costo elevato per guasto nella produzione successiva.
- Accettazione senza ispezione, quindi il materiale entra senza che venga controllato. Viene utilizzato se il fornitore è estremamente affidabile e storicamente non ha mai consegnato particolari di scarto o se il processo produttivo dell'azienda scarta automaticamente il particolare di scarto a fronte di un controllo automatico.
- Campionamento in accettazione, quindi verifico un campione del materiale in ingresso e in base ai risultati decido se accettare o meno il lotto.

Il campionamento in accettazione è utile nelle seguenti situazioni:

- Quando il test è distruttivo
- Quando il costo del controllo al 100% è elevato
- Quando il tempo del controllo al 100% è elevato
- Quando il numero di pezzi da controllare è elevato quindi potrebbero essere fatti degli errori in fase di ispezione, con conseguente accettazione di pezzi di scarto
- Quando il fornitore ha delle ottime performance qualitative ma non è accettabile non controllare il lotto a causa della variabilità sul suo processo produttivo
- Quando è necessario tenere sotto controllo il prodotto del fornitore visti i danni che potrebbero causare lungo il processo produttivo, nonostante l'eccellente immagine di qualità del fornitore

5.1.1. Pro e contro del campionamento

Di seguito vengono riassunti vantaggi e svantaggi del campionamento rispetto al controllo al 100%.

Vantaggi:

- Meno costoso
- Meno handling quindi riduzione di danneggiamenti dovuti a troppi maneggiamenti
- Applicabile se i test qualitativi sono distruttivi

- Ridotto numero di persone che effettuano i controlli
- Riduzione degli errori di ispezione
- Il rifiuto di un intero lotto spesso induce il fornitore a migliorare la qualità

Svantaggi:

- È possibile accettare lotti non conformi e rifiutare lotti conformi
- Ho meno informazioni sul prodotto
- E' richiesta una procedura di campionamento e una pianificazione

L'ultimo in realtà non può essere considerato un vero e proprio svantaggio in quanto creare una procedura di campionamento crea uno stimolo per la pianificazione complessiva della qualità.

Il controllo in accettazione può essere considerato una protezione per il produttore e per il cliente, in quanto può produrre una retroazione utile nel controllo del processo ed è determinante nel caso in cui il controllo da parte del fornitore non risulti efficace.

5.1.2. Tipi di piani di campionamento e formazione del lotto

Un primo metodo per classificare i piani di campionamento è dividerli in attributi e variabili.

Gli attributi vengono espressi sulla base della presenza o meno del difetto.

Le variabili sono caratteristiche di qualità che vengono misurate con una scala numerica.

Un altro metodo per suddividerli è semplice, doppio o multiplo.

Un piano di campionamento semplice è quello in cui viene selezionato un campione di n unità dal lotto e la condizione viene determinata in base alle informazioni prese da queste unità. Esempio: un piano di campionamento semplice per attributi consiste nel saggiare un lotto prelevando un campione di numerosità n e definendo un numero di accettazione c . La procedura è la seguente: seleziono un numero n di pezzi del lotto, se il numero di pezzi difettosi è minore o uguale a c accetto il lotto, se è maggiore di c rifiuto il lotto.

Il piano di campionamento doppio consiste nel selezionare un campione iniziale e in base al risultato scegliere se accettare il lotto, rifiutarlo o ricampionare. Nell'ultimo caso bisogna combinare le informazioni di primo e secondo campione per raggiungere una decisione definitiva sull'accettazione del lotto.

Il piano di campionamento multiplo è un'estensione del piano di campionamento doppio, quindi il numero di campioni da prelevare è maggiore di due. La numerosità del campione n è ridotta rispetto agli altri metodi.

La massima estensione del piano di campionamento multiplo è il piano di campionamento sequenziale, nel quale si preleva dal lotto un campione alla volta ($n = 1$) e in base all'accettazione del singolo pezzo si decide se andare avanti o no col controllo.

Tutte e quattro le tipologie possono essere programmate per dare lo stesso risultato.

Il modo in cui viene formato il lotto influisce sui risultati del campionamento.

Le considerazioni da fare a riguardo sono:

- I lotti devono essere omogenei, quindi prodotti dalle stesse macchine e approssimativamente nello stesso periodo. Se viene preso ad esempio un lotto di produzione di un supporto grezzo colato in conchiglia, quello che bisogna fare è analizzare il materiale che ha lo stesso datario sul pezzo e possibilmente la stessa data di trattamento termico (indicata su appositi fogli per mantenere la tracciabilità sul cassone). In questo modo viene deliberato sia il lotto di fusione che quello di trattamento termico.
- Lotti più grandi sono preferibili ai piccoli, perchè economicamente convenienti
- Gli imballi devono essere fatti in modo tale da facilitare il campionamento, quindi non è corretto mischiare all'interno dello stesso cassone lotti diversi.

Un ulteriore focus è da apporre sulla scelta dei campioni. Le unità selezionate devono essere scelte causalmente e devono essere rappresentative del lotto. Nel caso questo non fosse applicato, si introdurrebbe una distorsione. Ad esempio se colui che controlla il lotto prelevasse solo i pezzi sulla cima del cassone e il fornitore inserisse i pezzi conformi in cima e i pezzi di scarto in fondo al cassone, si riscontrerebbe il lotto conforme anche se questo non lo è.

La scelta migliore per la tipologia di materiale acquistata nel caso della Endurance è la stratificazione del cassone. Questo consiste nel dividere il cassone in strati e suddividere ogni strato in cubi. Prendendo ad esempio 9 pezzi per cassone come nella foto sottostante si è sicuri di non incorrere in errori di campionamento sul cassone. Oltre a questo, bisogna valutare il numero di cavità dello stampo ed analizzarle tutte per avere una visione di insieme più completa.

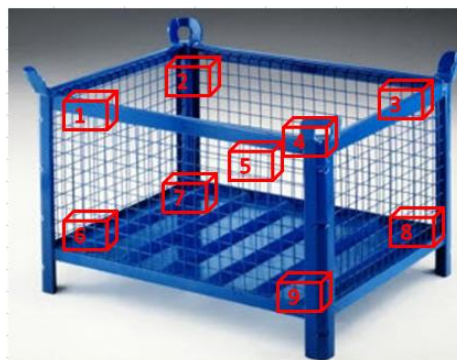


Figura 5.1 - Stratificazione di un cassone grigliato per arrivo materiale grezzo

5.1.3. Piani di campionamento per attributi

5.1.3.1. Piani di campionamento semplice

Si definiscono:

- N: dimensione del lotto sottoposto a ispezione
- n : numerosità del campione
- c : numero di accettazione
- d : numero di pezzi difettosi riscontrati a seguito dell'ispezione
- p : frazione di elementi difettosi presenti nel lotto
- Pa : probabilità di accettazione del lotto
- Se $d \leq c$ il lotto è accettato. Se $d > c$ il lotto è rifiutato

Questo piano viene definito semplice perchè il lotto è giudicato sulla base di un solo campione di dimensione n.

Esempio: è necessario controllare un lotto di dimensione $N = 10000$ pezzi. Il campione prelevato per la verifica è 50 pezzi. Il numero massimo di pezzi difettosi che possono essere accettati è $c = 2$. Se vengono riscontrati $d = 0, 1$ o 2 pezzi di scarto il lotto è accettato. Se ne vengono riscontrati 3 o più il lotto è rifiutato.

Per valutare la prestazione di un piano di campionamento si utilizza la curva operativa caratteristica OC. Essa rappresenta la probabilità di accettazione del lotto in funzione della frazione di unità difettose. Esprime la capacità discriminatoria (potenza) del piano di campionamento. Mostra la probabilità che un lotto sottoposto a ispezione e che presenta una certa frazione di elementi difettosi sia accettato o rifiutato.

Si supponga che il lotto sia di dimensione N con $N \rightarrow \infty$ (curve di tipo B). Sotto tale condizione la distribuzione del numero di elementi difettosi di un campione casuale di n elementi è di tipo binomiale con parametri n e p.

La probabilità di ottenere esattamente d elementi difettosi è:

$$P[d] = \frac{n!}{d!(n-d)!} p^d (1-p)^{n-d}$$

La probabilità di accettazione è la probabilità che d sia minore o uguale a c è:

$$P_a = P\{d \leq c\} = \sum_{d=0}^c \frac{n!}{d!(n-d)!} p^d (1-p)^{n-d}$$

Nella figura sottostante è possibile vedere la curva caratteristica sulla base dei dati definiti sopra. Se la difettosità del lotto è del 2%, c'è il 91.96% di probabilità di

accettare il lotto. Quindi su 100 lotti controllati, ne verrebbero scartati 8 e ne verrebbero accettati 92.

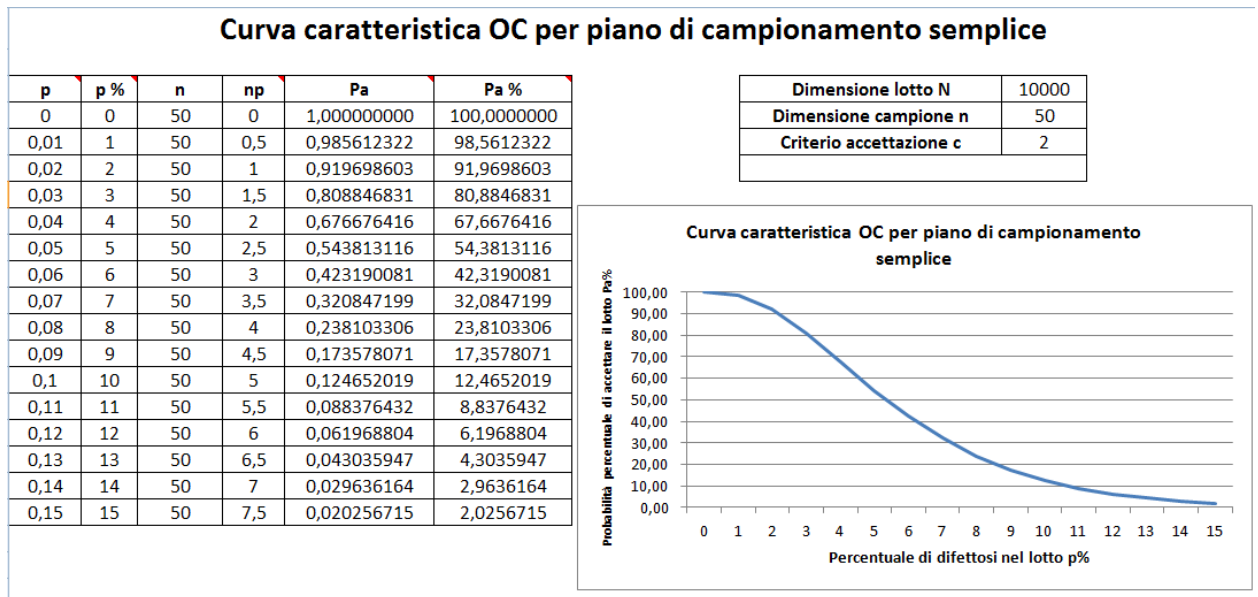


Figura 5.2 - Curva OC per piano di campionamento semplice

Quando la dimensione del lotto è finita la distribuzione da utilizzare non è più quella binomiale ma è quella ipergeometrica (in questo caso si parla di curve di tipo A). E' possibile affermare che se la dimensione del lotto è almeno 10 volte quella del campione non ci sono differenze tra i due risultati e quindi le due curve OC sono indistinguibili. Tutte le curve a cui si farà riferimento da ora in avanti saranno di tipo B.

La curva OC ideale è quella indicata nella figura sotto.

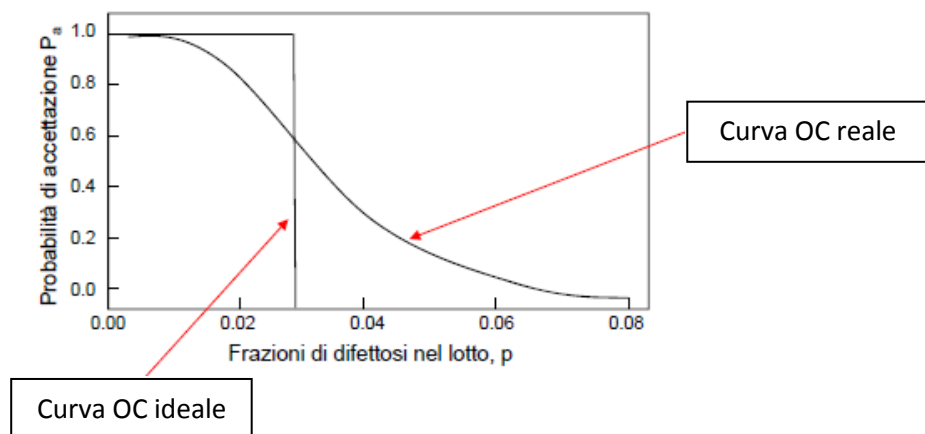


Figura 5.3 - Confronto tra curva OC ideale e reale

Se si potesse usare questa curva, si avrebbe la certezza di discriminare i lotti correttamente. Si sviluppa orizzontalmente a livello $P_a = 1$ fino al livello di

difettosità p accettabile. Quando tale livello viene superato, la curva cade verticalmente e la probabilità di accettare il lotto diventa $P_a = 0$.

In teoria questa curva può essere ottenuta controllando il lotto al 100%, ma anche le misurazioni effettuate potrebbero essere affette da errore.

Dimensione lotto N	10000
Dimensione campione n	10000
Criterio accettazione c	2

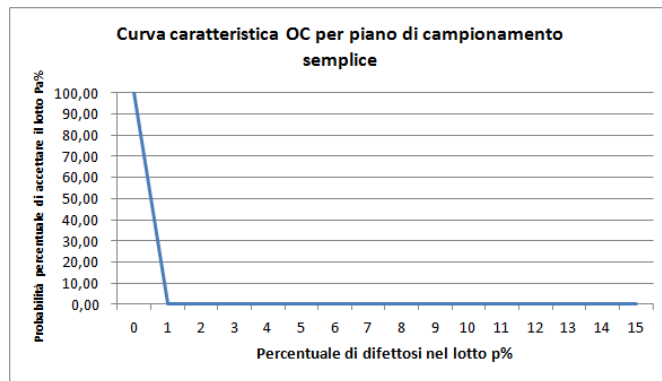


Figura 5.4 - Curva OC ideale

Aumentando la numerosità del campione n analizzato e aumentando proporzionalmente il valore di c (quindi mantenendo costante il rapporto n/c) è possibile avvicinarci di più alla forma della curva OC ideale, variando anche la pendenza della curva.

Dimensione lotto N	10000
Dimensione campione n	200
Criterio accettazione c	4

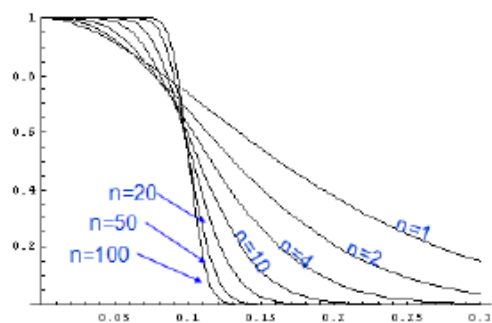
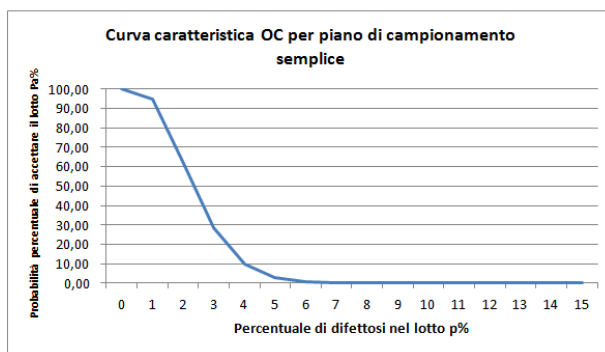


Figura 5.5 - Variazione della curva in seguito alla modifica di n (rapporto $n/c =$ costante)

Da questo si osserva che maggiore è il campione analizzato, migliore sarà la precisione con la quale vengono discriminati lotti buoni da cattivi.

Se invece si va a modificare solo il numero c , si ottiene uno spostamento della curva sull'asse delle ascisse ma non si ottiene un cambio di pendenza. In particolare aumentando c la curva si sposterà a destra.

Dimensione lotto N	10000
Dimensione campione n	50
Criterio accettazione c	4

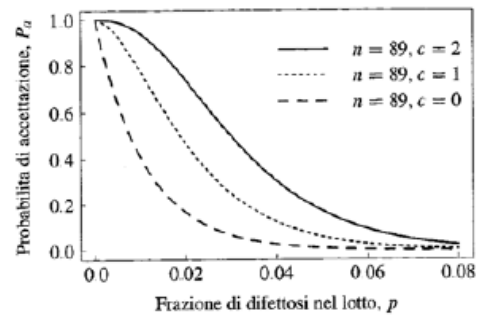
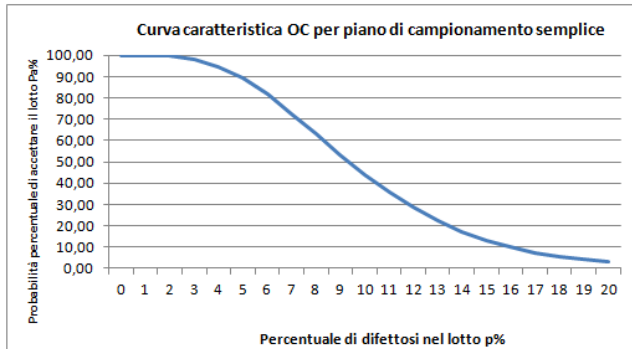


Figura 5.6 - Variazione della curva in seguito alla modifica di c

Andare ad azzerare il valore di c , quindi scartare il lotto in caso di ritrovamento di un solo pezzo di scarto, fa aumentare notevolmente la pendenza della curva con il rischio di scartare lotti buoni con troppa facilità.

Dimensione lotto N	10000
Dimensione campione n	50
Criterio accettazione c	0

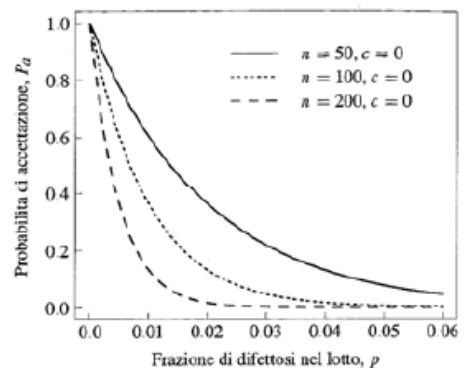
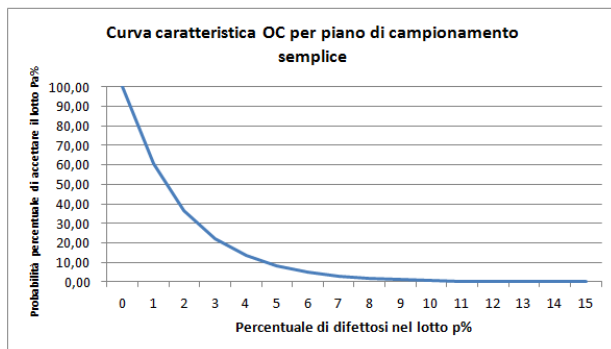


Figura 5.7 - Variazione della curva in seguito all'azzeramento di c

Il fornitore è abitualmente interessato a conoscere quale livello di qualità del lotto o del processo raggiunga un'alta probabilità di accettazione. Il cliente spesso stabilisce un piano di campionamento allo scopo di avere un rifornimento continuo di componenti o materie prime con riferimento a un livello di qualità accettabile AQL (Acceptable Quality Level). L'AQL rappresenta il minor livello qualitativo per il

processo produttivo del fornitore che l'acquirente può considerare accettabile mediamente.

Si noti che l'AQL è una caratteristica del processo produttivo del fornitore, non è una caratteristica del piano di campionamento.

Il cliente, inoltre, sarà interessato all'altro estremo della curva OC, cioè alla protezione che si ottiene per singoli lotti di bassa qualità. In tale situazione, l'acquirente può stabilire una percentuale tollerata di elementi difettosi nel lotto (LTPD, Lot Tolerance Percent Defective).

L'LTPD non è una caratteristica del piano di campionamento, bensì un livello di qualità specificato dal cliente.

Usualmente AQL e LTPD sono legati al rischio del fornitore e rischio del cliente.

Esempio: lotto di 5 cassoni da 220 pezzi di supporti dove il valore $c = 3$ e $n = 45$.

Dimensione lotto N	1100
Dimensione campione n	45
Criterio accettazione c	3

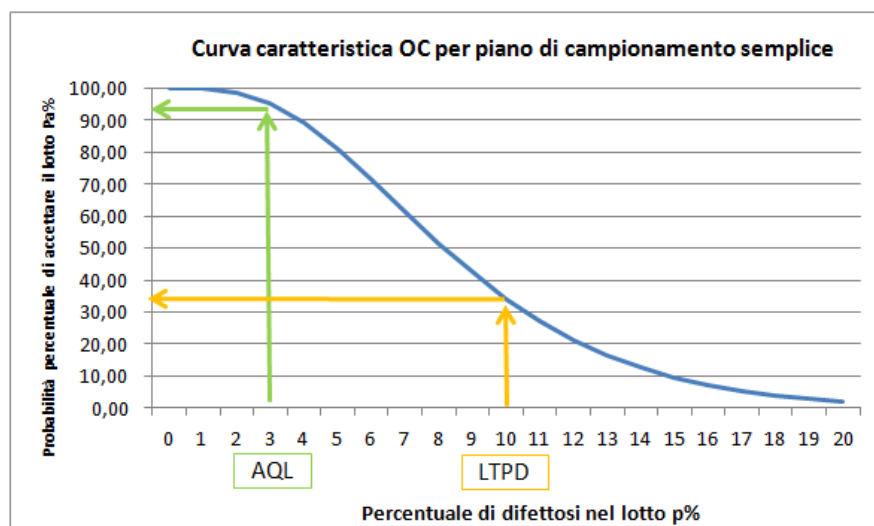


Figura 5.8 - AQL e LTPD su curva OC

Il cliente impone un determinato AQL e LTPD.

In questo caso il cliente non vuole che il materiale oltre il 10% di scarto venga accettato.

Il rischio che il cliente accetti materiale con più del 10% di scarto è del 34%.

Il rischio del fornitore è che il 5% dei lotti vengano rifiutati a fronte di un 3% di materiale non conforme presente nel lotto.

Viene fatta un' ultima considerazione riguardo i piani di campionamento che venivano spesso usati nel passato e che non hanno più un largo uso, dall'introduzione dei principi statistici.

Si parla dei piani di campionamento con livello di accettazione $c = 0$ e campione n che è una percentuale fissata della dimensione del lotto.

Come già visto precedentemente, $c = 0$ implica che la curva sia convessa in tutto il campo e la probabilità di accettazione del lotto cade molto rapidamente, anche per valori bassi di elementi difettosi nel lotto. Questo ha effetti negativi sul fornitore ed è a volte antieconomico anche per il cliente, che si trova a dover rifiutare la merce e potenzialmente a non avere materiale da lavorare.

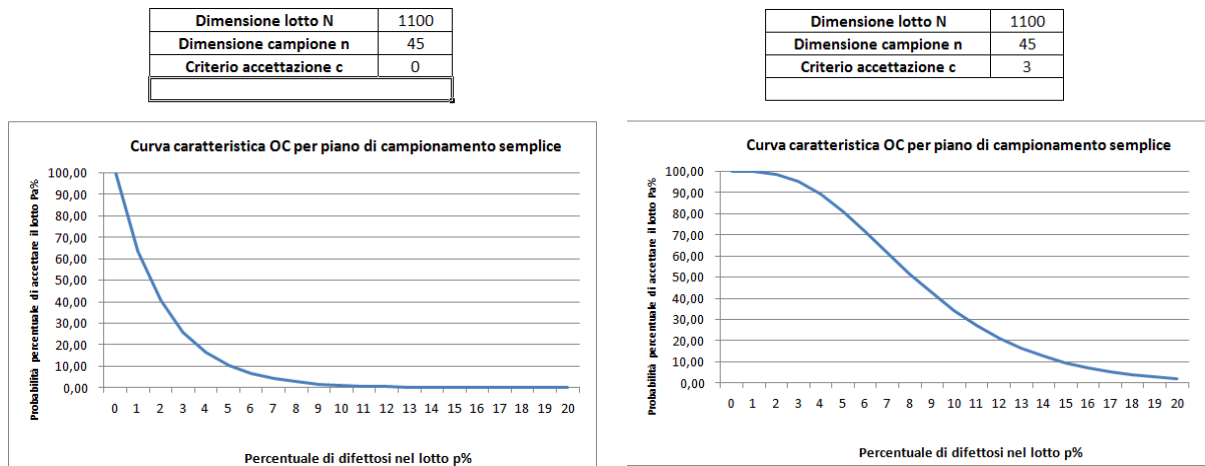


Figura 5.9 - Modifica della pendenza della curva passando da $c \neq 0$ a $c = 0$

Nell'immagine sopra si vede come vari sostanzialmente la probabilità di accettare un lotto, passando da $c = 0$ a $c = 3$. In caso di riscontro di 1 pezzo di scarto, si passa dalla probabilità di accettare il lotto del 63% a quella di accettarlo al 99%.

Infine viene considerato il caso di un campione analizzato n che è un valore % fissato rispetto alla grandezza del lotto (es: controllare il 10% dei pezzi del lotto, quindi 50 pezzi in caso di $N = 500$ e 100 pezzi in caso di $N = 1000$).

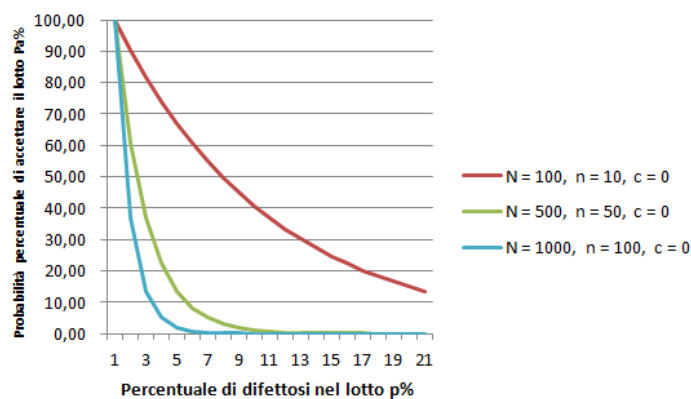


Figura 5.10 - Curve con n fissato in modo % rispetto alla numerosità N del lotto

Lo svantaggio di questo metodo è che cambiando la dimensione del campione, cambia il livello di protezione e questo non è logico anche se tuttora si riscontrano in alcune realtà aziendali procedure simili.

Un metodo comune per creare un piano di campionamento è quello di richiedere che la curva OC passi per due punti fissati.

Si supponga di volere costruire un piano di campionamento tale che la probabilità di accettazione sia $1 - \alpha$ per lotti con frazione di elementi difettosi p_1 , e che la probabilità di accettazione sia β per lotti con frazione di elementi difettosi p_2 . La dimensione n del campione e il numero di accettazione c sono la soluzione delle seguenti equazioni:

$$P_a = 1 - \alpha = \sum_{d=0}^c \frac{n!}{d!(n-d)!} p_1^d (1-p_1)^{n-d}$$

$$P_a = \beta = \sum_{d=0}^c \frac{n!}{d!(n-d)!} p_2^d (1-p_2)^{n-d}$$

La soluzione di queste equazioni si ottiene usando il nomogramma binomiale.

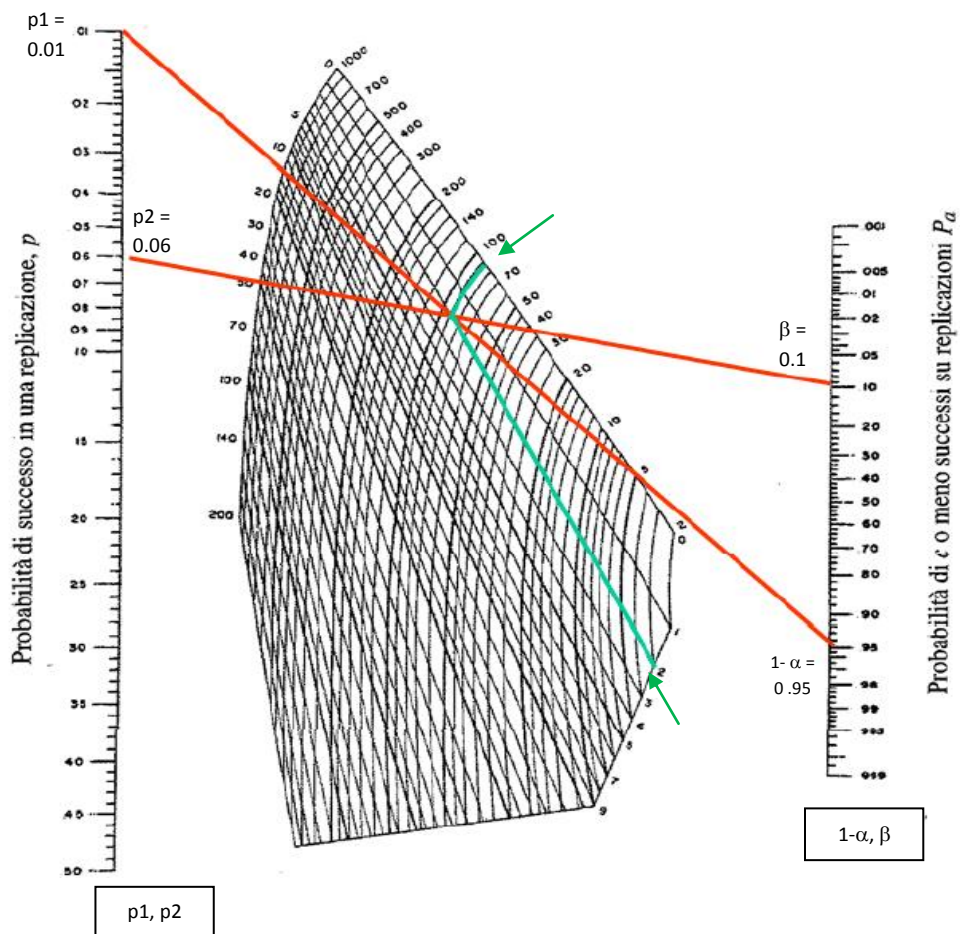


Figura 5.11 - Nomogramma binomiale

Si tracciano due linee: la prima congiunge p_1 e $1 - \alpha$, la seconda congiunge p_2 e β . Il punto di intersezione definirà i valori di c e n (in verde).

Leggendo il grafico, volendo una probabilità di accettazione del 95% con lotti aventi l'1% di materiale difettoso e una probabilità di accettazione del 10% con lotti che aventi il 6% di materiale difettoso, è necessario avere un campione di $n = 89$ pezzi e un numero di accettazione di $c = 2$ pezzi.

In altri termini, α è definito come il rischio del fornitore (5% di rischio che il lotto sia rifiutato nonostante sia conforme) e β è definito come rischio del cliente (10% di rischio che il lotto sia accettato nonostante sia di scarto).

Nel caso in cui il lotto controllato venga rifiutato, questo verrà mandato indietro al fornitore per un controllo al 100%, per una rilavorazione oppure per essere scartato definitivamente ed essere rimpiazzato da materiale conforme. Ciò vuol dire che a seguito del campionamento è stata eseguita una azione correttiva. Quando si esegue questo flusso, si parla di piani di campionamento con rettifica.

Supponendo che i lotti in ingresso abbiano una difettosità p_0 , a volte questi lotti saranno accettati e a volte rifiutati. Nel caso in cui vengano accettati, la difettosità p_0 continuerà ad esserci. Nel caso in cui vengano rifiutati, saranno sostituiti da lotti che il fornitore avrà controllato al 100% e quindi avranno una difettosità pari a 0. Questo vuol dire che la frazione media p_1 di elementi difettosi in uscita dal controllo ispettivo sarà minore di p_0 che era quella entrante. Si può affermare quindi che il controllo ispettivo aumenta la qualità del lotto in uscita.

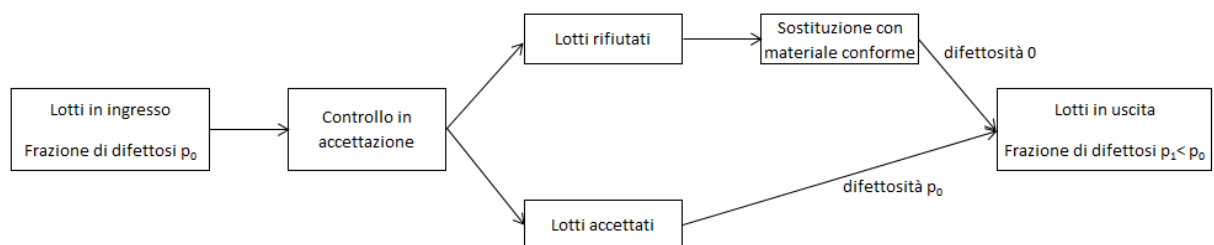


Figura 5.12 - Regole per ispezione del lotto con rettifica

Il metodo migliore per trattare il materiale di scarto e inviarlo indietro al fornitore così che lo passa controllare. Questo ha anche un effetto psicologico sul fornitore che si rende conto di essere sotto osservazione, con l'obiettivo di fargli migliorare il processo di controllo. Tuttavia a volte il materiale è fondamentale per la produzione del cliente e per evitare perdite di tempo nel trasporto, il fornitore effettua la selezione del materiale presso il cliente.

Si definisce la qualità media risultante AOQ (Average Outgoing Quality) come il valore medio della qualità del lotto che si dovrebbe ottenere dopo una lunga serie di lotti derivanti da un processo con una frazione di elementi difettosi p , utilizzando un piano di campionamento con rettifica. Vengono definite le seguenti regole:

- N: dimensione del lotto
- In caso di riscontro di materiale difettoso, tutti i pezzi verranno sostituiti con unità conformi
- n: elementi del campione conformi in quanto, se viene riscontrata una difettosità, il pezzo viene sostituito
- N - n: elementi che, se fanno parte del lotto rifiutato, non presentano difettosità
- N - n: elementi che, se fanno parte del lotto accettato, contengono una frazione p di elementi difettosi quindi p (N - n) pezzi difettosi
- Pa: probabilità di accettazione dei lotti

$$AOQ = [p (N-n)/N \cdot P_a] + [0 \cdot (1 - P_a)] = P_a \cdot p(N-n)/N$$

Esempio: lotto da N = 10000 pezzi. Numerosità campione n = 89 pezzi. Numero di accettazione c = 2. Frazione del lotto non conforme p = 0.01 (quindi 1% di pezzi difettosi nel lotto).

Pa = 0.9387 (dato ricavato da curva OC)

$$AOQ = \frac{0.9387 \cdot 0.01 \cdot (10000 - 89)}{10000} = 0.0093$$

Quindi la qualità media risultante è dello 0.93%, migliore rispetto alla frazione p di partenza.

Il grafico del AOQ è il seguente:

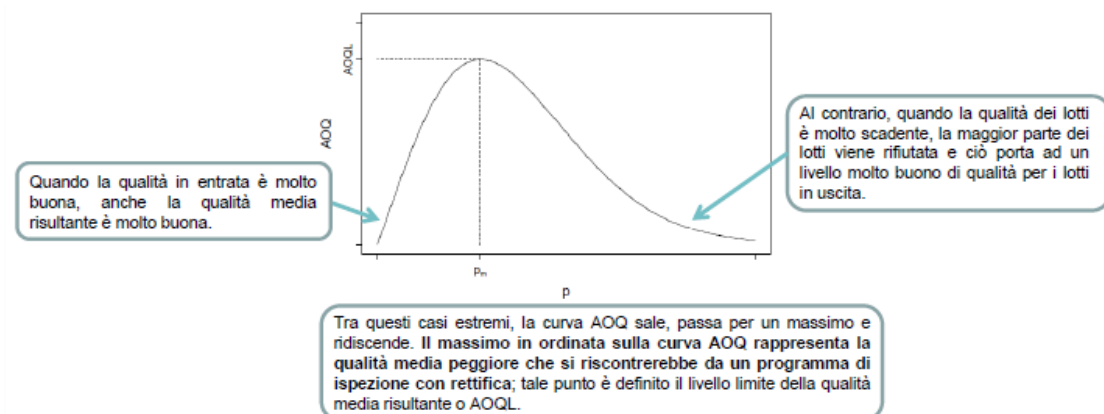


Figura 5.13 - Andamento di AOQ al variare di p

Se i lotti in entrata sono molto buoni, la qualità media risultante è molto buona.

Se i lotti in entrata sono di scarsa qualità, molti verranno rifiutati e sostituiti da materiale conforme quindi la qualità media risultante sarà molto alta.

Il valore massimo della curva (quindi la qualità media peggiore) è denominata livello limite di qualità media risultante AOQL.

Utilizzando gli stesso valori dell'esempio precedente, si crea la curva ottenendo il livello peggiore di qualità corrispondente a 1,5% a fronte del 3% di difettosità nel lotto.

N	n	c	p	Pa	AOQ
10000	89	2	0	1,000000000	0,000000000
10000	89	2	0,01	0,938779584	0,009304244
10000	89	2	0,02	0,735970602	0,014588409
10000	89	2	0,03	0,501001761	0,014896285
10000	89	2	0,04	0,309892185	0,012285366
10000	89	2	0,05	0,179280601	0,008884250
10000	89	2	0,06	0,098784386	0,005874312
10000	89	2	0,07	0,052459207	0,003639462
10000	89	2	0,08	0,027067159	0,002146101
10000	89	2	0,09	0,013647021	0,001217301
10000	89	2	0,1	0,006751934	0,000669184
10000	89	2	0,11	0,003288397	0,000358504
10000	89	2	0,12	0,001580383	0,000187958
10000	89	2	0,13	0,000750919	0,000096751
10000	89	2	0,14	0,000353298	0,000049022
10000	89	2	0,15	0,000164796	0,000024499

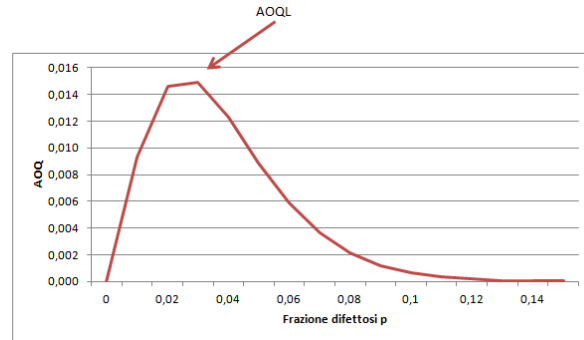


Figura 5.14 - Grafico con AOQL con $n = 89$ e $c = 2$

Vuol dire che utilizzando un piano di campionamento con rettifica con questi valori, non si andrà mai al di sopra del 1.5% di pezzi difettosi in qualità uscente. Come già detto prima, questo discorso non vale sul lotto singolo ma su una serie di lotti. Questo metodo non assicura che il singolo lotto non abbia una qualità peggiore del 1.5%.

5.1.3.2. Piani di campionamento doppio

Si passa ora al piano di campionamento doppio. Questa è una procedura in cui in alcune situazioni è richiesto un secondo campione per valutare il lotto. Bisogna definire quattro parametri:

- n_1 : dimensione del primo campione
- c_1 : numero di accettazione del primo campione
- d_1 : difetti rilevati nel primo campione
- n_2 : dimensione del secondo campione
- c_2 : numero di accettazione di entrambi i campioni
- d_2 : difetti rilevati nel secondo campione

Il funzionamento è spiegato nell'immagine sottostante:

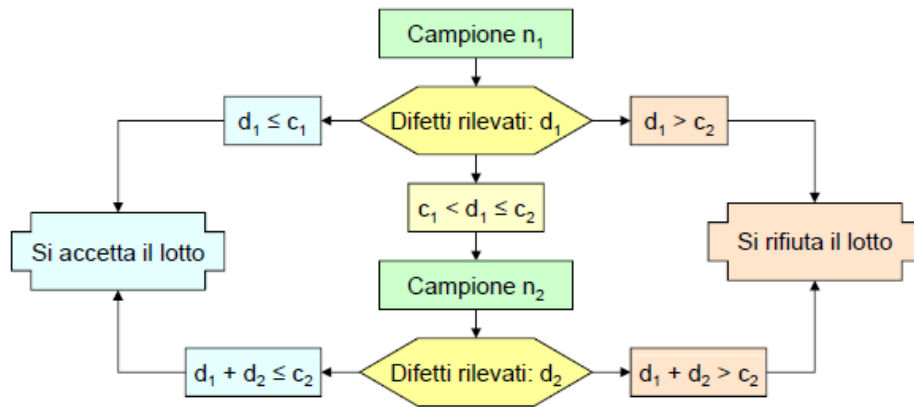


Figura 5.15 - Funzionamento del piano di campionamento doppio

I vantaggi di un piano di campionamento doppio rispetto a quello semplice sono:

- Ha un costo inferiore in quanto il totale delle ispezioni richieste è minore. Supponendo che il primo campione di un piano di campionamento doppio sia più piccolo di quello richiesto da un piano di campionamento semplice e che offra la stessa protezione, se il lotto viene accettato o rifiutato al primo campione, il costo dell'ispezione sarà minore.
- C'è un vantaggio psicologico in quanto viene data una seconda chance al lotto.

Questi non possono essere considerati vantaggi sostanziali quindi possono essere scelti indifferentemente piani semplici o doppi a parità di protezione.

Gli svantaggi sono invece:

- Nel caso in cui il primo campione non discrimini il lotto e si debba passare al secondo campione, i vantaggi economici vengono persi, anzi può diventare più lungo e dispendioso.
- E' un metodo più complesso dal punto di vista organizzativo quindi si rischia di incorrere in alcuni errori di ispezione.

Anche in caso di campionamento doppio è possibile definire la curva operativa caratteristica. Ci sarà un grafico con più curve. Il risultato che si vuole ottenere è la probabilità di accettazione complessiva, data dalla somma della probabilità rispettivamente del primo e del secondo campione. In alternativa, è possibile costruire il piano di campionamento doppio sulla base di specifici valori di p_1 , $1-\alpha$, p_2 , β grazie all'utilizzo di tabelle come quella nella figura sottostante.

Tables for $n_1 = n_2$					Tables for $n_2 = 2n_1$				
R =	accept numbers		approximation values for		R =	accept numbers		approximation values for	
p_2/p_1	c_1	c_2	P = .95	P = .10	p_2/p_1	c_1	c_2	P = .95	P = .10
11.90	0	1	0.21	2.50	14.50	0	1	0.16	2.32
7.54	1	2	0.52	3.92	8.07	0	2	0.30	2.42
6.79	0	2	0.43	2.96	6.48	1	3	0.60	3.89
5.39	1	3	0.76	4.11	5.39	0	3	0.49	2.64
4.65	2	4	1.16	5.39	5.09	0	4	0.77	3.92
4.25	1	4	1.04	4.42	4.31	1	4	0.68	2.93
3.88	2	5	1.43	5.55	4.19	0	5	0.96	4.02
3.63	3	6	1.87	6.78	3.60	1	6	1.16	4.17
3.38	2	6	1.72	5.82	3.26	1	8	1.68	5.47
3.21	3	7	2.15	6.91	2.96	2	10	2.27	6.72
3.09	4	8	2.62	8.10	2.77	3	11	2.46	6.82
2.85	4	9	2.90	8.26	2.62	4	13	3.07	8.05
2.60	5	11	3.68	9.56	2.46	4	14	3.29	8.11
2.44	5	12	4.00	9.77	2.21	3	15	3.41	7.55
2.32	5	13	4.35	10.08	1.97	4	20	4.75	9.35
2.22	5	14	4.70	10.45	1.74	6	30	7.45	12.96
2.12	5	16	5.39	11.41					

Figura 5.16 - Tabelle per costruzione di piano di campionamento doppio in base a p_1 , $1-\alpha$, p_2 , β

Si definisce infine il numero medio di campionamento ASN che nel campionamento semplice corrisponde al valore di n ed è costante, nel caso di campionamento doppio identifica la dimensione media campionaria, ed è uguale alla numerosità del primo campione moltiplicata per la probabilità che si estragga anche un secondo campione.

$$ASN = n_1 P_1 + (n_1 - n_2)(1 - P_1) = n_1 + n_2(1 - P_1)$$

dove P_1 è la probabilità di prendere una decisione relativamente alla qualità del lotto al primo campione.

5.1.3.3. Piani di campionamento multiplo

Il piano di campionamento multiplo è un'estensione del concetto di piano di campionamento doppio, in cui possono essere richiesti più di due campioni per ottenere la decisione relativa alla situazione del lotto.

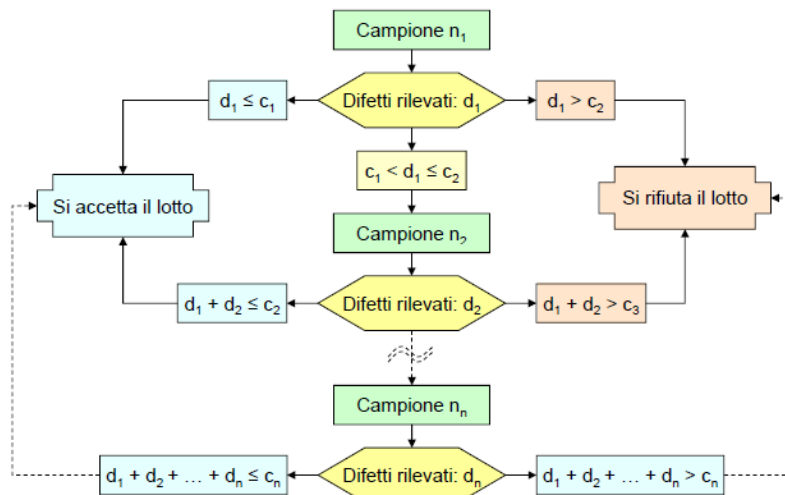


Figura 5.17 - Funzionamento del piano di campionamento multiplo

Il numero di unità del campione da esaminare in un primo tempo deve essere uguale alla numerosità del primo campione indicata nel piano. Se il numero di unità non conformi trovate nel primo campione è uguale o inferiore al primo numero di accettazione, il lotto deve essere considerato accettabile. Se il numero di unità non conformi trovate nel primo campione è compreso tra il primo numero di accettazione ed il primo numero di rifiuto, si deve esaminare un secondo campione avente la numerosità indicata dal piano. Le unità non conformi del primo e del secondo campione devono essere sommate. Se il totale di unità non conformi è uguale o inferiore al secondo numero di accettazione, il lotto deve considerarsi accettabile, altrimenti si procede con un altro campione (fino ad un massimo di sette campioni, dopo di che si controlla l'intero lotto). Se il totale di unità non conformi è uguale o superiore al secondo numero di rifiuto, il lotto deve considerarsi non accettabile (bisogna comunque conseguire una decisione entro il settimo stadio). L'estensione massima del campionamento multiplo è il campionamento sequenziale, in cui le unità sono prelevate dal lotto una volta, è in seguito all'ispezione di ciascuna unità, viene presa una decisione sull'accettazione o il rifiuto del lotto, ovvero sul prelevamento di un'altra unità.

Il vantaggio principale di un piano di campionamento multiplo è che i campioni richiesti ad ogni stadio sono solitamente più piccoli rispetto a quelli richiesti dal campione semplice o doppio (economicità). Lo svantaggio principale è che è molto complesso da impiegare.

5.1.3.4. Normativa MIL STD 105E (ISO 2859)

E' il sistema di piani di accettazione per attributi più utilizzato al mondo. E' nato durante la seconda guerra mondiale e l'ultima revisione è del 1989.

Mentre i piani di campionamento visti nei capitoli precedenti sono a se stanti, questo è uno schema di campionamento quindi una strategia che indica come usare i piani suddetti. Tavole simili a questa e per uso civile sono state adottate anche dalla ISO, come ISO 2859-1. In questo caso l'ultima revisione è del 2007.

Queste tavole di campionamento forniscono tre tipi di campionamento: semplice, doppio e multiplo. Per ognuno di questi vengono fornite tabelle e grafici per un'ispezione normale, ridotta o rinforzata. La normale è impiegata in fase iniziale, la rinforzata in caso di performance negative del fornitore, la ridotta in caso di performance ottime. In quest'ultimo caso la dimensione n del campione è ridotta rispetto all'ispezione normale. Nel passaggio da normale a rinforzato, diminuisce il valore di c .

Il primo punto fondamentale di questa normativa è il livello di qualità accettabile AQL. La tavola di campionamento è indicizzata in base a diversi livelli di AQL. Se considero la % di elementi difettosi nel lotto, l'AQL va dallo 0.01% al 10%; se considero il numero di difetti per unità, vi è un'aggiunta di 10 valore fino ad arrivare a 1000 difetti per 100 unità.

La dimensione del campione è determinata in base alla dimensione del lotto e dalla scelta del livello di ispezione. Ci sono 3 livelli generali di ispezione: II è il livello normale, I è il livello che richiede la metà delle ispezioni del livello II, III si usa quando c'è bisogno di maggiore discriminazione. Ci sono inoltre 4 livelli speciali di discriminazione (S-1, S-2, S-3, S-4) che si utilizzano quando servono campioni molto piccoli e/o quando si possono accettare rischi ampi.

Questa procedura indica come passare da un piano normale ad un ridotto o rinforzato e viceversa. Schematicamente:

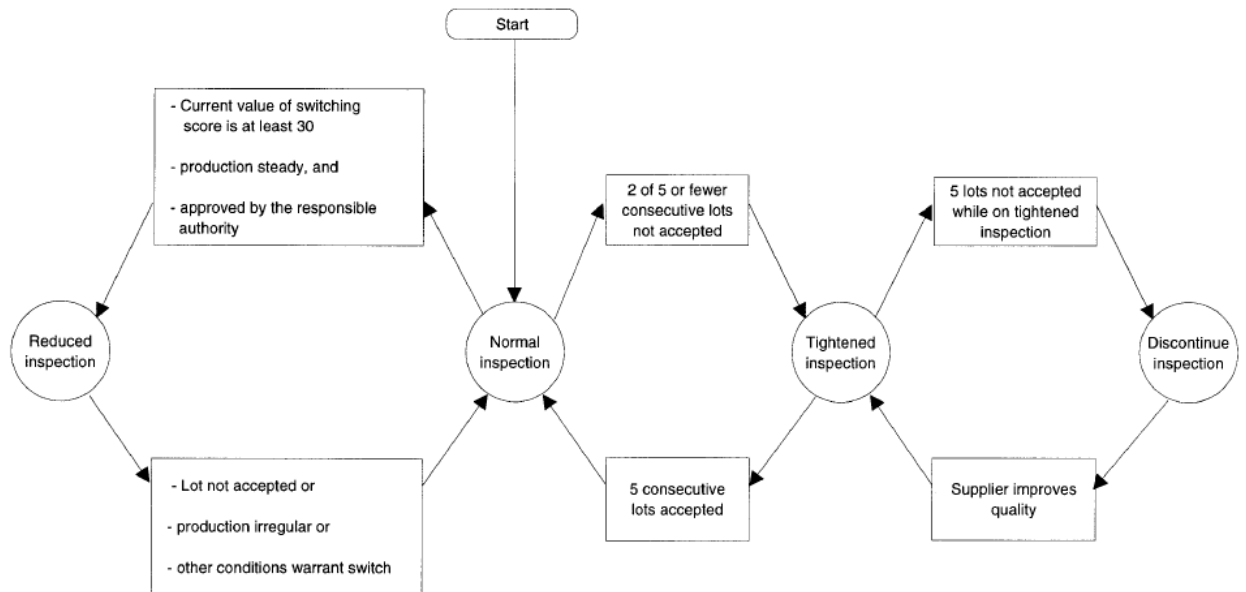


Figura 5.18 - Regole per passaggi tra ispezione normale, ridotta e rinforzata

La procedura per utilizzare le MIL STD 105E è:

- Scegliere l'AQL (il valore può anche essere diversificato in base alla criticità della caratteristica da misurare)
- Scegliere il livello di ispezione
- Determinare la dimensione del lotto
- Trovare la lettera di codice appropriata per la dimensione del campione
- Determinare il tipo di piano di campionamento (semplice, doppio, multiplo)
- Usare la tabella per individuare il piano da impiegare
- Determinare il piano per l'ispezione

Lot size		Special inspection levels				General inspection levels		
		S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 to	8	A	A	A	A	A	A	B
9 to	15	A	A	A	A	A	B	C
16 to	25	A	A	B	B	B	C	D
26 to	50	A	B	B	C	C	D	E
51 to	90	B	B	C	C	C	E	F
91 to	150	B	B	C	D	D	F	G
151 to	280	B	C	D	E	E	G	H
281 to	500	B	C	D	E	F	H	J
501 to	1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 to	3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 to	10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 to	35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 to	150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 to	500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 and over		D	E	H	K	N	Q	R

Figura 5.19 -Codice delle lettere di campionamento

Sample size code letter	Sample size	Acceptance quality limit, AQL, in percent nonconforming items and nonconformities per 100 items (normal inspection)																											
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
Q	1 250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
R	2 000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		

Figura 5.20 - Tabella per ispezione normale

Nella tabella è possibile vedere due valori per ogni colonna: Ac e Re. Ac è il numero di accettazione, Re è il numero di rifiuto.

In caso di piano di accettazione ridotto, il delta tra Ac e Re è > 1 . Esempio: se $Ac = 1$ e $Re = 3$, nel caso n cui durante il campionamento venissero trovati 2 pezzi difettosi il lotto sarebbe accettato ma il lotto successivo sarebbe da verificare con un piano normale.

La normativa fornisce le curve OC (tipo B) per i piani di campionamento semplice (doppio e multiplo sono comparabili), in base alla lettera di campionamento.

5.1.4. Piano di campionamento per variabili

I piani di campionamento per variabili hanno come oggetto di controllo delle variabili misurabili. Ciò comporta costi per singola osservazione più elevati rispetto al controllo tramite piano di campionamento per attributi. Per applicare un piano di campionamento per variabili è necessario che la distribuzione della caratteristica di qualità sia nota e, in generale, si assume che tale distribuzione sia normale. Per la costituzione di un piano per variabili è necessario conoscere il limite di specifica superiore (LSS) o il limite di specifica inferiore (LSI) o entrambi, oltre che alla posizione del fornitore (AQL, $1-\alpha$) e del committente (LTPD, β).

I piani di campionamento per variabili seguono due procedure diverse:

- Metodo k
- Metodo M

Generalmente si utilizzano indistintamente le due procedure se si conosce un solo limite di specifica; si utilizza il metodo M quando invece si conoscono entrambi i limiti.

Il metodo k si basa sulla definizione di una distanza critica, indicata con k. Si suppone di conoscere il limite inferiore di specifica LSL, il metodo k consiste nel calcolare z_{LSL} che indica la distanza tra media campionaria e limite inferiore di specifica. Tanto più questa distanza è grande, tanto piccola sarà la percentuale di elementi difettosi. La decisione del se accettare o meno il lotto viene data dal confronto del valore z_{LSL} con il valore k.

$$z_{LSL} = \frac{\mu - LSL}{\sigma}$$

se $z_{LSL} \geq k$ si accetta il lotto; viceversa una media troppo vicina a LSL comporta un rifiuto del lotto.

Nel caso di σ nota i valori per ottenere n e k sono i seguenti:

$$n = \left(\frac{-z_{1-\alpha} z_{\beta}}{z_{AQL} - z_{LTPD}} \right)^2$$
$$k = \frac{z_{AQL} z_{\beta} - z_{LTPD} z_{1-\alpha}}{z_{1-\alpha} z_{\beta}}$$

La probabilità di accettazione del piano è dato da:

$$P_a = \Phi(-(z_p + k)\sqrt{n})$$

Nel caso in cui σ non fosse nota, il valore di n si ottiene come:

$$n = \left(1 + \frac{k^2}{2}\right) \left(\frac{-z_{1-\alpha} z_\beta}{z_{AQL} - z_{LTPD}}\right)^2$$

I valori n e k possono essere ricavati anche tramite nomogramma.
Le probabilità di accettazione del piano diventa:

$$P_a = \Phi\left(-\frac{(z_p + k)\sqrt{n}}{\sqrt{1 + \frac{k^2}{2}}}\right)$$

Il metodo M parte dall'estrazione di un campione casuale di dimensione n e si calcola la statistica z_{LSI} supponendo di disporre solo del limite di specifica inferiore. Si ricava, quindi, il valore:

$$Q_{LSI} = z_{LSI} \sqrt{\frac{n}{n-1}}$$

Si stima la frazione di elementi non conformi presenti nel lotto indicata con il simbolo p. Si ricava la frazione ammessa di elementi difettosi M:

$$M = \Phi\left(-k \sqrt{\frac{n}{n-1}}\right)$$

da cui: $p = \Phi(-Q_{LSI})$.

I valori n e k, e quindi il valore M, possono essere ricavati da nomogramma.

6. Caso aziendale: Prodotti con classe funzionale 1D

6.1. Classificazione del materiale

Come anticipato nel capitolo 4, il solo stabilimento di Lombardore riceve in ingresso circa 600 PNs (part numbers). Parte di questi vengono lavorati internamente, altri vengono lavorati da terzisti o fornitori esterni, altri sono componenti da assemblare.

Al momento l'unica figura che si occupa di accettazione arrivi è il SQE che verifica i primi 5 lotti in ingresso dopo la campionatura. E' stato proposto di introdurre un campionamento in accettazione per aumentare la qualità dei prodotti in ingresso a Lombardore.

E' stato imposto un limite di risorse utilizzabili, che consiste in una persona al giorno. E' quindi necessario razionalizzare al massimo il numero di PN da controllare in accettazione.

Si è scelto di dare priorità ai componenti più critici dal punto di vista della sicurezza su veicolo, quindi quelli con classe funzionale 1.

In fase di progetto, il cliente finale classifica il componente in base all'importanza che esso riveste ai fini della funzionalità del complesso al quale è destinato. Tale classificazione è denominata "Classe funzionale del prodotto" ed è uno dei parametri fondamentali, insieme alla "Classificazione delle caratteristiche", per progettare il processo produttivo di fabbricazione e controllo.

La classe funzionale è indicata sul modello 2D che il cliente finale invia al fornitore del prodotto finito e si divide in 3 classi:

- Classe funzionale 1: prodotti correlabili con la sicurezza; la correlazione è presente solo al verificarsi di casi particolari ed eccezionali di concomitanza di condizioni. I particolari che vanno a creare un insieme di classe funzionale 1 sono indicati a disegno con il codice CF1 o CF1D.
- Classe funzionale 2: prodotti considerati molto importanti ai fini di funzionalità, immagine e/o di onerosa sostituibilità;

- Classe funzionale 3: prodotti che non rientrano nella classi funzionali 1 e 2.

La classificazione delle caratteristiche va invece a specificare per ogni caratteristica indicata a disegno una classe di importanza. Lo scostamento dal valore nominale sarà più o meno importante e andrà ad influire in modo più o meno grave sull'utente finale.

6.1.1. N° pezzi in ingresso e frequenza di arrivo

Mediamente ogni giorno entrano circa 250.000 pezzi (media effettuata su 220 giorni lavorativi), di cui 3.900 circa di classe funzionale 1 (56 PN). Andando a schematizzare gli ingressi dell'ultimo anno, si vede che sul totale, c'è circa il 10% di PN critici che è necessario verificare in accettazione.

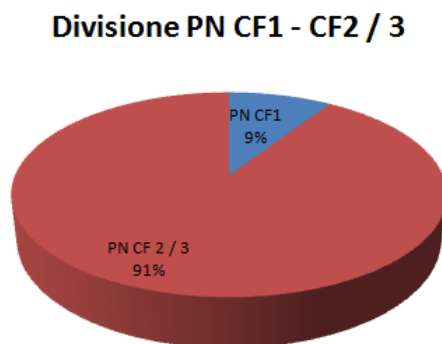


Figura 6.1 -Suddivisione per classe funzionale

6.1.2. Tipologia di controllo

Le tipologie di controllo sul materiale di classe funzionale 1 o 1D sono principalmente 3:

- Controlli dimensionali: sono misurazioni effettuate su getti grezzi o su particolari lavorati. Le quote da misurare sono generalmente controllate con calibro centesimale ma in alcuni casi anche con micrometro. In particolare sui getti grezzi è importante che vengano effettuati i controlli sugli appoggi di lavorazione meccanica, perchè determinano la buona riuscita della lavorazione senza possibilità di deformare il particolare o lavorarlo in modo non conforme.

- Controlli visivi: verifiche dell'assenza di bave o materiale in eccesso sugli appoggi di lavorazione, assenza di cricche, assenza di bave taglienti, pulizia dei pezzi, assenza di ossidi superficiali. Ad esempio nel caso dei collettori di scarico, non è permessa alcuna traccia di ossido superficiale.
- Controlli non distruttivi: sono principalmente controlli con macchine radiosopiche (RX) e controlli con liquidi penetranti.

La prima tipologia permette di effettuare una radioscopia in tempo reale sul pezzo, controllandone lo stato interno. L'obiettivo è quello di verificare l'assenza di difetti non visibili ad occhio nudo quali porosità, ritiri, spugnosità, inclusioni di materiale esterno e cricche. Ci sono norme specifiche che indicano quali sono i criteri da rispettare. Sullo stesso pezzo ci possono essere zone più o meno critiche, sulle quali dover rispettare criteri più o meno stretti.

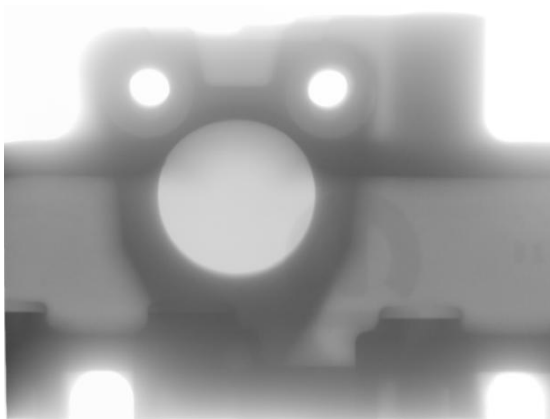


Figura 6.2 -Immagine RX su collettore di scarico

La seconda tipologia è invece utile per vedere in modo facilitato cricche passanti. Si spruzza sul particolare un liquido rosso denominato penetrante, che grazie alla sua capillarità penetra nei difetti affioranti. Successivamente il penetrante in eccesso viene rimosso tramite un lavaggio. La superficie deve risultare esente da tracce di liquido "rosso". Infine il pezzo viene cosparso di un liquido bianco detto rivelatore che permette al liquido penetrante di affiorare ed evidenziare i difetti.



Figura 6.3 -Procedura per effettuare test liquidi penetranti

6.1.3. Famiglie di prodotti

Le famiglie di prodotti finiti possono essere divise nelle seguenti categorie:

- sovrasteste (CF2)
- coperchi ingranaggi (CF2)
- collettori di scarico e aspirazione (CF2)
- coppe olio (CF2)
- supporti motore (CF1)
- supporti estrusi (CF1)
- staffe e supporti vari (CF2)
- scatole cambio o differenziali (CF2)

Verranno considerati nel nostro studio esclusivamente i prodotti di classe funzionale 1 (CF1).

La totalità dei supporti motore viene acquistata grezza da fornitori esterni e lavorata internamente.

Il 90% dei supporti motore grezzi sono prodotti con la tecnologia della colata in gravità.

La colata in gravità è uno dei primissimi processi inventati per la colata di metallo e leghe leggere. In questo processo, che può essere completamente automatizzato, il metallo fuso viene versato direttamente da una tazza in uno stampo permanente o semipermanente. Il procedimento è chiamato così perché l'unica azione che spinge la lega a riempire la conchiglia (stampo) è la gravità. Sotto si possono osservare le temperature caratteristiche per le leghe di alluminio.

Materiali	Temperatura di colata (°C)	Temperatura della conchiglia (°C)
Leghe leggere	650	350

Figura 6.4 -Temperature caratteristiche per la colata di leghe di alluminio

L'obiettivo consiste nel riempire lo stampo con la minore turbolenza possibile attraverso uno o più canali per ridurre l'ossidazione e l'inclusione di aria. In tal modo si riducono al minimo la porosità e inclusioni, fornendo caratteristiche ottimali del metallo nella colata finale.

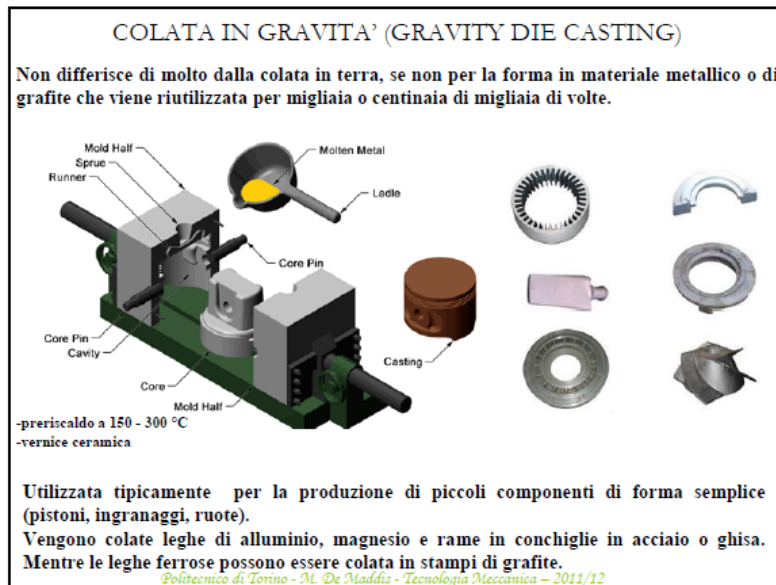


Figura 6.5 -Schematizzazione della colata in gravità

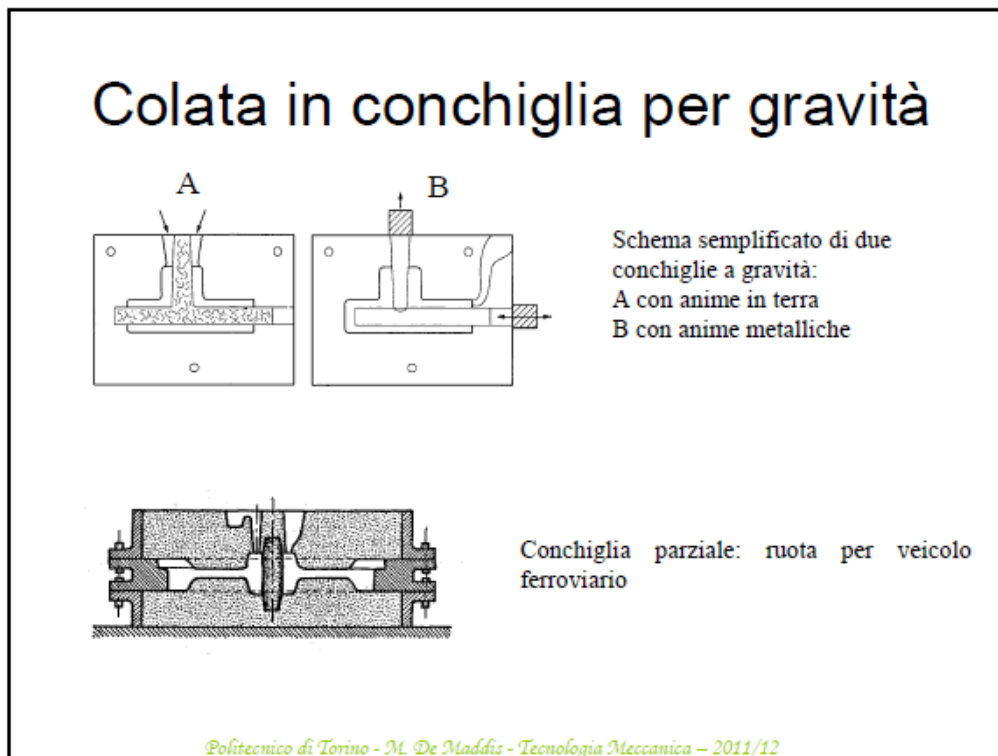


Figura 6.6 -Colata in gravità con e senza anima

Le apparecchiature per la colata in gravità possono avere un'apertura dello stampo orizzontale o verticale; in alternativa, possono disporre di una tecnologia di basculamento con inclinazione di $0/90^\circ$ o $0/120^\circ$. Con la colata basculante, il flusso del metallo all'ingresso dello stampo è controllato dall'angolo di inclinazione e dalla velocità dello stampo.

La tipologia di colata viene scelta in conseguenza al tipo di alluminio indicato sul disegno da parte del progettista, in base alla geometria del pezzo e in base ai risultati

delle simulazioni di colata fatte con specifici software. In questo modo è possibile facilitare il riempimento ed evitare che si creino difetti di fusione.

I prodotti di sicurezza colati in conchiglia solitamente subiscono anche un trattamento termico. Nello specifico, si parla di prodotti di alluminio EN AB 42000, EN AB 42100, EN AB 46400. In basso si vede un esempio di scheda tecnica con composizione chimica e caratteristiche meccaniche.

Norma: **UNI EN 1676 e 1706**

Gruppo: **Al Si 7 Mg**

Designazione: **EN AB ed AC 42000 - Al Si 7 Mg**

Sostituisce: **UNI 3599 - G Al Si 7 Mg**

COMPOSIZIONE CHIMICA %														
LEGA		ELEMENTI												
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Pb	Sn	Ti	Impurezze singole	Impurezze globali
EN AB 42000	min	6,5				0,25						0,05		
	max	7,5	0,45	0,15	0,35	0,65	-	0,15	0,15	0,15	0,05	0,20	0,05	0,15
UNI 3599	min	6,5			0,40	0,30						0,10		
	max	7,5	0,5	0,05	0,6	0,45	-	0,05	0,05			0,20		0,15*

CARATTERISTICHE MECCANICHE RILEVATE SU PROVETTE COLATE A PARTE									
Stato Fisico Colata	Simbolo	R		S		A		HB	
		Carico unitario di rottura		Carico al limite di snervamento		Allungamento		Durezza Brinell	
		EN 1706	UNI 3599	EN 1706	UNI 3599	EN 1706	UNI 3599	EN 1706	UNI 3599
		Mpa	N/mm2	Mpa	N/mm2	%	%	HBW	HB
IN CONCHIGLIA(Grezzo)	F	170	165-195	90	110-125	2,5	4-6	55	65-80
	T6	260	255-295	220	175-205	1	6-10	90	90-110
	T64	240	-	200	-	2	-	80	-

Figura 6.7 -Caratteristiche alluminio ENAB 42000 (AlSi 7 Mg)

Il trattamento termico che subiscono i particolari indicati sopra è il T6. Questo consiste nel processo di solubilizzazione e invecchiamento artificiale.

La solubilizzazione consiste nel riscaldamento a temperature molto elevate, fino a 575 °C, seguito da un successivo raffreddamento in acqua.

Subito dopo, il materiale torna in forno per l'invecchiamento artificiale che consiste nel mantenere i particolari ad una determinata temperatura e per un tempo definito. In questo modo si riesce ad aumentare il carico di rottura, il carico di snervamento, la durezza.

Per quanto riguarda i supporti estrusi, vengono acquistate le barre di alluminio estruso e fornite ad un terzista che le taglia e le lavora. I prodotti finiti vengono acquistati e rivenduti senza che ci siano altri processi manifatturieri in Endurance.

6.1.4. Rapporti col fornitore

Oltre a verificare la tipologia di prodotto, è stata analizzata la storicità dei difetti sui prodotti di sicurezza ed è stato analizzato il rating dei fornitori.

Ogni fornitore è inserito all'interno dell'albo fornitori, che contiene le informazioni riguardanti la data di inizio rapporto, lo stato delle certificazioni (ISO 9001:2015 o IATF 16949:2016) e la data di scadenza, il punteggio degli anni precedenti e dell'ultimo trimestre.

Più nel dettaglio, ogni fornitore di materiale diretto viene valutato tramite il Vendor Rating.

Il Vendor Rating è una valutazione globale e comparativa dei fornitori attivi, presenti all'interno della propria vendor list. E' uno strumento necessario per valutare le performance dei propri fornitori e capire su chi andare ad agire in termini di piani di miglioramento in seguito a problemi di diverso tipo.

Serve per darsi le priorità in termini di azioni di miglioramento.

I criteri di valutazione nel nostro caso sono 8: 3 di qualità, 3 di logistica e 2 di tipo commerciale.

- P1: % di prodotto di scarto riscontrato a fronte di quello acquistato
- P2: ripetitività delle non conformità, quindi quante volte nel trimestre è stato iterato lo stesso errore
- P3: gravità delle non conformità, sommatoria di indici di gravità per ogni non conformità effettuata verso fornitore
- P4: puntualità delle consegne, serve per capire se il fornitore rispetta la data di consegna
- P5: consegnato, è l'indice che indica se le quantità sono rispettate
- P6: flessibilità cioè, in caso di variazioni sul programma logistico, quanto è reattivo il fornitore
- P7: offerte, quindi con che velocità il fornitore riesce a fare un preventivo per un lavoro
- P8: supporto, è l'indicatore che indica quanto è collaborativo il fornitore in caso di necessità da parte del cliente.

Mentre i primi 6 indici sono oggettivi e si possono estrarre dal sistema gestionale, in quanto vengono fuori da formule matematiche, gli ultimi 2 indici sono soggettivi e forniti dal responsabile acquisti.

Ad ogni indice viene assegnato un punteggio. La sommatoria dei punteggi è 100.

Più il fornitore si avvicina a 100, migliore è la sua performance. Se il punteggio è compreso tra 70 e 90 sarà sotto sorveglianza. In caso di punteggio minore di 70, il fornitore dovrà fornire un piano di rientro per tornare in condizioni di accettabilità.

In caso contrario, se entro 6 mesi non rientra in una condizione accettabile, dovrà essere eliminato dall'albo.

Il numero di fornitori di materiale diretto in albo è 109. I fornitori che si occupano di prodotti di CF1 sono 7. A loro vengono richieste performance più elevate rispetto

agli altri e vengono date disposizioni aggiuntive, in quanto è richiesta una tracciabilità maggiore, un controllo del processo più spinto, una archiviazione dedicata e per un periodo maggiore per i documenti di processo.

Per questioni di privacy aziendale i nomi dei fornitori e i codici dei particolari sono stati sostituiti da un progressivo numerico.

Codice fornitore	Rating 2019
Fornitore 1	75%
Fornitore 2	90%
Fornitore 3	93%
Fornitore 4	100%
Fornitore 5	90%
Fornitore 6	83%
Fornitore 7	97%

Figura 6.8 - Rating dei fornitori che forniscono materiale in CF1

I fornitori da tenere sotto osservazione sono il Fornitore 1 e il fornitore 6. Entrambi risultano in fascia B a causa delle scarse performance sul criterio P1 (% materiale reso rispetto all'acquistato nell'anno).

6.2. Analisi del controllo attuale

6.2.1. Procedura interna

La procedura aziendale attuale "I_QUA_03 - Pianificazione dei controlli in accettazione arrivi" prevede che in fase di sviluppo prodotto e con il primo arrivo di materiale dal fornitore esterno, venga creata una scheda chiamata "M_QUA_05 - Controllo in accettazione arrivi". Questa deve contenere tutte le caratteristiche chiave da controllare sul prodotto in fase di accettazione (ad esempio quote da misurare a calibro o micrometro, documentazione in arrivo dal fornitore per la verifica dell'integrità del materiale o delle caratteristiche meccaniche, caratteristiche strutturali come la durezza, la presenza di marcature e datari per la rintracciabilità puntuale sul pezzo, l'assenza di difetti visivi che comprometterebbero la funzionalità). Questo documento deve essere compilato sui primi 5 lotti in arrivo dal fornitore. Il SQE (Supplier Quality Engineer) attesta la bontà dei primi 5 lotti in ingresso. La verifica viene fatta andando a prendere una determinata % di pezzi o un numero massimo di pezzi ma non viene definito il metodo per il prelievamento nel cassone.

Se i primi 5 lotti sono conformi, si passa ad uno stato di free pass fino a quando non viene segnalata una non conformità. In caso di non conformità bisogna effettuare nuovamente il campionamento sui 5 lotti.

A fronte di quanto visto nel capitolo 5, non è corretto impostare una percentuale o un numero fisso di pezzi n da controllare senza considerare la numerosità del lotto in quanto cambia il livello di protezione.

FREQUENZA DI CAMPIONAMENTO

La frequenza di controllo e collaudo dei materiali è stabilito sulla base del livello qualitativo del fornitore o del prodotto, i controlli ed i collaudi devono essere eseguiti secondo lo schema sotto indicato:

Numero di ingressi	Frequenza di controllo	Livello di appartenenza
1° fornitura dopo campionatura	5% sulla fornitura oppure 50pz max	B
Dalla 2° alla 5° fornitura	1% su ogni fornitura oppure 25pz max	A

Nel momento in cui si conclude il primo ciclo livello "A", ovvero dalla 6° fornitura, si deve avviare la prassi di fornitura in autocertificazione, che consiste nella sola registrazione dei lotti in ingresso a cura della Logistica. Lo stato di "fornitura in autocertificazione" deve essere formalizzato, a cura della Qualità Fornitori, sul modulo "Notifica accettazione diretta".

Figura 6.9 - Estratto della procedura I_QUA_03

6.2.2. Tempi di controllo

Innanzitutto è stato calcolato il tempo che è possibile dedicare a questa attività. Considerando una persona dedicata, 8 ore al giorno per 220 giorni lavorativi, il tempo totale disponibile è 1760 ore/anno (105600 minuti/anno).

Per poter verificare la fattibilità del controllo è stato cronometrato il tempo medio necessario per effettuare il controllo in accettazione su ogni codice, in base alle operazioni da seguire indicate nei moduli M_QUA_05.

Nelle due immagini si vedono esempi di caratteristiche da controllare, nella tabella i tempi di controllo in minuti per ogni codice.

Rif.	Descrizione	Valori			Esito		Osservazioni
		Min	Max	Media	Pos	Neg	
10	Identificazione lotto (data)						
20	Assenza bave / superficie						
30	Integrità materiale in accordo a : (CF1 Area critica Grado A)						(X ray check)
40 A	Verifica altezza borchia 37,5 ± 0,5						
40B	Verifica altezza taglio materozza max.2,5 mm						
50	Durezza materiale HB min.100 (materiale GC AS7G06-T6) Norma						Durometro D1010
60	Composizione chimica (materiale GC AS7G06-T6) Norma :						(Documenti fornitore)
70	Imballo conforme						

Figura 6.10 - M_QUA_05 del codice 8, fornitore 6

Rif.	Descrizione	Valori			Esito		Osservazioni
		Min	Max	Media	Pos	Neg	
10	Identificazione lotto fornitore / Datario / Marcature						
20	Assenza bave - Ossidi - Graniglia						
30	Integrità materiale PV in accordo a capitolato						Controllo raggi X
40	Composizione chimica in accordo a norme materiale GC-AS7 G06-T6)						Documenti fornitore
50	HB min 100 in accordo a norma (materiale GC-AS7 G06-T6)						Durometro D 1010
60	Dimensione 26,8 ± 0,6 mm						
70	Dimensione 25,7 ± 0,6 mm						
80	Dimensione 25,5 ± 0,6 mm						
90	Conformità imballo						
100	Scanso come in figura						
110	Spessore aletta 2,5 ± 0,6						

Figura 6.11 - M_QUA_05 del codice 14, fornitore 1

Codice fornitore	Codice PN	Tempo di controllo [min/pz]
Fornitore 1	Codice 1	3,5
	Codice 2	3,5
	Codice 3	3,5
	Codice 4	3,5
	Codice 5	3,5
	Codice 6	3,5
	Codice 7	3,5
	Codice 8	3,5
	Codice 9	3,5
	Codice 10	3,5
	Codice 11	3,5
	Codice 12	3,5
	Codice 13	3,5
	Codice 14	3,5
	Codice 15	3,5
	Codice 16	3,5
	Codice 17	3,5
Fornitore 2	Codice 1	4
	Codice 2	4
	Codice 3	3
	Codice 4	4
	Codice 5	4
	Codice 6	3
	Codice 7	3
	Codice 8	3
	Codice 9	4
	Codice 10	4
	Codice 11	4
	Codice 12	4
Fornitore 3	Codice 1	3
Fornitore 4	Codice 1	3
Fornitore 5	Codice 1	3
Fornitore 6	Codice 1	3
	Codice 2	3
	Codice 3	3
	Codice 4	3
	Codice 5	3
	Codice 6	3

	Codice 7	3
	Codice 8	3
	Codice 9	3
	Codice 10	4
	Codice 11	4
	Codice 12	4
	Codice 13	4
	Codice 14	4
	Codice 15	4
Fornitore 7	Codice 1	2
	Codice 2	2
	Codice 3	2
	Codice 4	2
	Codice 5	2
	Codice 6	2
	Codice 7	2
	Codice 8	2
	Codice 9	2

Figura 6.12 - Tempi di controllo per ogni codice

6.3. Piano di campionamento secondo la normativa MIL STD 105E

E' stato scelto di utilizzare la normativa MIL STD 105E in quanto è uno schema di campionamento completo e fornisce tutte le regole in caso di riscontro di materiale conforme e non conforme.

6.3.1. La formazione del lotto

Dopo la verifica delle tempistiche di controllo, è stato analizzato attentamente il flusso del materiale durante tutto l'anno 2019. Sono stati analizzati:

- Numero di pezzi (divisi per PN) arrivati durante l'anno 2019
- Frequenza media delle spedizioni
- Quantità di pezzi per ogni lotto in arrivo
- Quantità per cassone (definita nella scheda imballo M_QUA_13).

Codice fornitore	Codice PN	n° pezzi ricevuti nel 2019	Numerosità media lotti ricevuti/ settimana	Numerosità media per ogni lotto di arrivo	Note	Tempo di controllo [min/pz]	Numero pezzi per cassone	Numero approssimato cassoni per lotto
Fornitore 1	Codice 1	100	0,025	100	1 spedizione/anno	3,5	100	1
	Codice 2	381	0,025	381	1 spedizione/anno	3,5	220	2
	Codice 3	17704	1	443		3,5	300	2
	Codice 4	99473	2	1243		3,5	300	5
	Codice 5	1376	0,1	344	1 spedizione/trimestre	3,5	220	2
	Codice 6	38239	2	478		3,5	220	3
	Codice 7	19556	2	244		3,5	220	2
	Codice 8	2172	0,1	543	1 spedizione/trimestre	3,5	220	3
	Codice 9	12396	1	310		3,5	300	2
	Codice 10	1765	0,1	441	1 spedizione/trimestre	3,5	300	2
	Codice 11	169	0,025	169	1 spedizione/anno	3,5	220	1
	Codice 12	3091	0,1	773	1 spedizione/trimestre	3,5	220	4
	Codice 13	93801	2	1173		3,5	220	6
	Codice 14	86319	2	1079		3,5	220	5
	Codice 15	8816	1	220		3,5	250	1
	Codice 16	1413	0,1	353	1 spedizione/trimestre	3,5	220	2
	Codice 17	1476	0,1	369	1 spedizione/trimestre	3,5	220	2
Fornitore 2	Codice 1	1002	0,1	251	1 spedizione/trimestre	4	96	3
	Codice 2	3716	0,1	929	1 spedizione/trimestre	4	96	10
	Codice 3	394	0,05	197	1 spedizione/semestre	3	150	2
	Codice 4	936	0,1	234	1 spedizione/trimestre	4	96	3
	Codice 5	933	0,1	233	1 spedizione/trimestre	4	96	3
	Codice 6	63	0,025	63	1 spedizione/anno	3	150	1
	Codice 7	440	0,05	220	1 spedizione/semestre	3	150	2
	Codice 8	426	0,05	213	1 spedizione/semestre	3	150	2
	Codice 9	1453	0,1	363	1 spedizione/trimestre	4	150	3
	Codice 10	1524	0,1	381	1 spedizione/trimestre	4	96	4
	Codice 11	62	0,025	62	1 spedizione/anno	4	62	1
	Codice 12	75	0,025	75	1 spedizione/anno	4	75	1
Fornitore 3	Codice 1	26687	0,5	1334	1 spedizione/2 settimane	3	250	6
Fornitore 4	Codice 1	10627	0,1	2657	1 spedizione/trimestre	3	400	7
Fornitore 5	Codice 1	5803	0,1	1451	1 spedizione/trimestre	3	280	6
Fornitore 6	Codice 1	8565	0,5	428	1 spedizione/2 settimane	3	120	4
	Codice 2	7905	0,5	395	1 spedizione/2 settimane	3	120	4
	Codice 3	4266	0,5	213	1 spedizione/2 settimane	3	150	2
	Codice 4	8628	0,5	431	1 spedizione/2 settimane	3	150	3
	Codice 5	7473	0,5	374	1 spedizione/2 settimane	3	220	2
	Codice 6	18777	0,5	939	1 spedizione/2 settimane	3	150	7

	Codice 7	1615	0,1	404	1 spedizione/trimestre	3	150	3
	Codice 8	3302	0,1	826	1 spedizione/trimestre	3	150	6
	Codice 9	15537	0,5	777	1 spedizione/2 settimane	3	120	7
	Codice 10	896	0,1	224	1 spedizione/trimestre	4	48	5
	Codice 11	3220	0,1	805	1 spedizione/trimestre	4	48	17
	Codice 12	186	0,025	186	1 spedizione/anno	4	48	4
	Codice 13	7568	0,1	1892	1 spedizione/trimestre	4	48	40
	Codice 14	1152	0,1	288	1 spedizione/trimestre	4	48	6
	Codice 15	672	0,025	672	1 spedizione/anno	4	48	14
Fornitore 7	Codice 1	35136	2	439		2	180	3
	Codice 2	10805	1	270		2	180	2
	Codice 3	21602	2	270		2	180	2
	Codice 4	21600	2	270		2	180	2
	Codice 5	2406	0,1	602	1 spedizione/trimestre	2	180	4
	Codice 6	19968	2	250		2	180	2
	Codice 7	172800	3	1440		2	180	8
	Codice 8	32917	2	411		2	500	1
	Codice 9	356	0,025	356	1 spedizione/anno	2	356	1

Figura 6.13 - Formazione del lotto

6.3.2. Definizione del piano di campionamento

Il piano di campionamento è stato creato seguendo la procedura vista nel capitolo 5:

- Scegliere l'AQL (il valore può anche essere diversificato in base alla criticità della caratteristica da misurare): è stato scelto un AQL diverso in base alla criticità delle caratteristiche. Le caratteristiche critiche quali integrità (da verificare con macchina RX), durezza e alcune quote che creerebbero problemi dal punto di vista funzionale al cliente finale sono state valutate con un AQL = 0.01%. Le caratteristiche importanti quali integrità degli appoggi in lavorazione meccanica, caratteristiche dimensionali non indicate come PQC sul disegno del finito sono state valutate con un AQL = 1%. Le caratteristiche minori quali altezza materozza in zona non funzionale o bave non taglienti sono state valutate con AQL = 2.5%.

Nella tabella sottostante vengono identificate le caratteristiche da controllare e il valore di AQL assegnato. In caso di AQL = 0.01%, è stata inserita nel campo note la motivazione.

La maggior parte delle caratteristiche controllate sono critiche perchè ci si è focalizzati su quelle, quindi la maggior parte avranno AQL = 0.01%.

Caratteristica	AQL	Note
Identificazione lotto fornitore / Datario / Marcature	2,5	
Assenza bave - Ossidi - Graniglia	2,5	
Integrità materiale RX in accordo norma specifica	0,01	influisce su caratteristiche meccaniche
Composizione chimica in accordo a norma specifica	0,01	influisce su caratteristiche meccaniche
Durezza	0,01	influisce su caratteristiche meccaniche
Conformità riferimenti lavorazione meccanica	1	
Altezza X per verifica apertura conchiglia	0,01	Può generare problemi di ingombro su vettura
Altezza estrattori non taglienti	1	
Altezza estrattori taglienti	0,01	Problemi sicurezza e infortuni
Controllo presenza prefori	0,01	Possibili rotture utensili su centro di lavoro
Spessore materozza in zona non critica	2,5	
Spessore materozza in zona critica	0,01	Può generare problemi di ingombro su vettura
Conformità lavorazioni su particolari lavorati	0,01	Può generare problemi di ingombro su vettura
Conformità rugosità superficiale	0,01	Può generare problemi di perdita a tenuta
Assenza ammaccature / graffi in zone lavorate	1	
Presenza componenti (in base al disegno)	0,01	Impossibilità di montaggio su vettura
Presenza e conformità datamatrix (numero di cifre)	0,01	Impossibilità di montaggio su vettura
Assenza collarini	1	

Figura 6.14 - Valori di AQL per ogni caratteristica controllata

- Scegliere il livello di ispezione: il livello scelto è stato il livello I in quanto, in seguito alle simulazioni di durata dei controlli sulla base dei numeri dell'anno 2019, il livello II non sarebbe stato sostenibile in quanto sarebbero diventate necessarie due persone. Questa non era un via perseguibile. Non si è voluto scegliere il livello speciale S-4 in quanto la simulazione permetteva di effettuare dei controlli in più. E' stata quindi la saturazione dell'uomo a determinare il livello di ispezione.
- Determinare la dimensione del lotto: questo dato è visibile nella colonna "Numerosità media lotto di arrivo"
- Trovare la lettera di codice appropriata per la dimensione del campione: in base ai dati precedenti, è stata scelta la lettera (colonna verde). Nel nostro caso la grandezza del lotto va da 62 a 2657 pezzi quindi le lettere che ci interesseranno saranno da C ad H (riquadro arancione)

ANSI/ASQ Z1.4-2003 (EQUIVALENT TO ISO2859-1)			SAMPLE SIZE CODE LETTERS									
Lot or Batch Size			Special Inspection Levels				General Inspection Levels					
			S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III			
2	to	8	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B
9	to	15	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B
16	to	25	A	A	B	B	B	B	B	C	C	C
26	to	50	A	B	B	C	C	C	C	D	D	D
51	to	90	B	B	C	C	C	C	C	E	E	E
91	to	150	B	B	C	D	D	D	D	F	F	F
151	to	280	B	C	D	E	E	E	E	G	G	G
281	to	500	B	C	D	E	E	E	E	H	H	H
501	to	1,200	C	C	E	F	F	F	F	I	I	I
1,201	to	3,200	C	D	E	G	G	G	G	J	J	J
3,201	to	10,000	C	D	F	H	H	H	H	K	K	K
10,001	to	35,000	C	D	F	H	H	H	H	L	L	L
35,001	to	150,000	D	E	G	J	J	J	J	M	M	M
150,001	to	500,000	D	E	G	J	J	J	J	N	N	N
500,001	to	Over	D	E	H	K	K	K	K	O	O	O

Figura 6.15 - Codice delle lettere di campionamento usate

- Determinare il tipo di piano di campionamento (semplice, doppio, multiplo): il piano di campionamento scelto è il semplice. I vantaggi indicati nella teoria sul piano di campionamento doppio non sono stati considerati sostanziali. Si parte da una ispezione normale.
- Usare la tabella per individuare il piano da impiegare: in viola i valori che interessano a noi in base alla lettera e al AQL.

Table 2-A — Single sampling plans for normal inspection (Master table)

Sample size code letter	Sample size	Acceptance quality limit, AQL, in percent nonconforming items and nonconformities per 100 items (normal inspection)																											
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
Q	1 250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
R	2 000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		

↓ = Use the first sampling plan below the arrow. If sample size equals, or exceeds, lot size, carry out 100 % inspection.
 ↑ = Use the first sampling plan above the arrow.
 Ac = Acceptance number
 Re = Rejection number

Figura 6.16 - Piano di campionamento semplice con ispezione normale

Codice fornitore	Codice PN	n° pezzi ricevuti nel 2019	Numerosità media lotti ricevuti/settimana	Numerosità media per ogni lotto di arrivo	Note	Tempo di controllo [min/pz]	n	Tempo controllo per ogni lotto [min]	Tempo di controllo [min/anno]
Fornitore 1	Codice 1	100	0,025	100	1 spedizione/anno	3,5	8	28	28
	Codice 2	381	0,025	381	1 spedizione/anno	3,5	20	70	70
	Codice 3	17704	1	443		3,5	20	70	2800
	Codice 4	99473	2	1243		3,5	50	175	14000
	Codice 5	1376	0,1	344	1 spedizione/trimestre	3,5	20	70	280
	Codice 6	38239	2	478		3,5	20	70	5600
	Codice 7	19556	2	244		3,5	13	46	3640
	Codice 8	2172	0,1	543	1 spedizione/trimestre	3,5	32	112	448
	Codice 9	12396	1	310		3,5	20	70	2800
	Codice 10	1765	0,1	441	1 spedizione/trimestre	3,5	20	70	280
	Codice 11	169	0,025	169	1 spedizione/anno	3,5	13	46	46
	Codice 12	3091	0,1	773	1 spedizione/trimestre	3,5	32	112	448
	Codice 13	93801	2	1173		3,5	32	112	8960
	Codice 14	86319	2	1079		3,5	32	112	8960
	Codice 15	8816	1	220		3,5	13	46	1820
	Codice 16	1413	0,1	353	1 spedizione/trimestre	3,5	20	70	280
	Codice 17	1476	0,1	369	1 spedizione/trimestre	3,5	20	70	280
Fornitore 2	Codice 1	1002	0,1	251		4	13	52	208
	Codice 2	3716	0,1	929		4	32	128	512
	Codice 3	394	0,05	197	1 spedizione/semestre	3	13	39	78
	Codice 4	936	0,1	234	1 spedizione/trimestre	4	13	52	208
	Codice 5	933	0,1	233	1 spedizione/trimestre	4	13	52	208
	Codice 6	63	0,025	63	1 spedizione/anno	3	5	15	15
	Codice 7	440	0,05	220	1 spedizione/semestre	3	13	39	78
	Codice 8	426	0,05	213	1 spedizione/semestre	3	13	39	78
	Codice 9	1453	0,1	363	1 spedizione/trimestre	4	20	80	320
	Codice 10	1524	0,1	381	1 spedizione/trimestre	4	20	80	320
	Codice 11	62	0,025	62	1 spedizione/anno	4	5	20	20
	Codice 12	75	0,025	75	1 spedizione/anno	4	5	20	20
Fornitore 3	Codice 1	26687	0,5	1334	1 spedizione/2 settimane	3	50	150	3000
Fornitore 4	Codice 1	10627	0,1	2657	1 spedizione/trimestre	3	50	150	600
Fornitore 5	Codice 1	5803	0,1	1451	1 spedizione/trimestre	3	50	150	600
Fornitore 6	Codice 1	8565	0,5	428	1 spedizione/2 settimane	3	20	60	1200
	Codice 2	7905	0,5	395	1 spedizione/2 settimane	3	20	60	1200
	Codice 3	4266	0,5	213	1 spedizione/2 settimane	3	13	39	780
	Codice 4	8628	0,5	431	1 spedizione/2 settimane	3	20	60	1200
	Codice 5	7473	0,5	374	1 spedizione/2 settimane	3	20	60	1200
	Codice 6	18777	0,5	939	1 spedizione/2 settimane	3	20	60	1200

	Codice 7	1615	0,1	404	1 spedizione/trimestre	3	32	96	384
	Codice 8	3302	0,1	826	1 spedizione/trimestre	3	32	96	384
	Codice 9	15537	0,5	777	1 spedizione/2 settimane	3	32	96	1920
	Codice 10	896	0,1	224	1 spedizione/trimestre	4	13	52	208
	Codice 11	3220	0,1	805	1 spedizione/trimestre	4	32	128	512
	Codice 12	186	0,025	186	1 spedizione/anno	4	13	52	52
	Codice 13	7568	0,1	1892	1 spedizione/trimestre	4	50	200	800
	Codice 14	1152	0,1	288	1 spedizione/trimestre	4	20	80	320
	Codice 15	672	0,025	672	1 spedizione/anno	4	32	128	128
Fornitore 7	Codice 1	35136	2	439		2	20	40	3200
	Codice 2	10805	1	270		2	13	26	1040
	Codice 3	21602	2	270		2	13	26	2080
	Codice 4	21600	2	270		2	13	26	2080
	Codice 5	2406	0,1	602	1 spedizione/trimestre	2	32	64	256
	Codice 6	19968	2	250		2	13	26	2080
	Codice 7	172800	3	1440		2	50	100	12000
	Codice 8	32917	2	411		2	20	40	3200
	Codice 9	356	0,025	356	1 spedizione/anno	2	20	40	40

Figura 6.17 - Calcolo dei tempi di controllo (su anno)

In base a questi tempi, è possibile vedere che una persona dedicata a questa attività è sufficiente. Infatti la sommatoria del tempo di controllo (ultima colonna a destra) è 94469 minuti/anno per tutti i PN. I minuti lavorativi in un anno sono 105560. E' stata data una tolleranza del 10% in modo tale che variazioni di lotti, di PN o acquisizioni di nuovi codici con CF1 possano essere gestiti dalla stessa persona senza modificare il piano.

6.3.3. La curva operativa caratteristica

Le curve operative caratteristiche per lo schema di campionamento scelto sono indicate nella normativa.

In particolare, quelle di interesse sono quelle per i codici che vanno da C a H (comprese). La lettera varia in base alla numerosità del campione.

All'interno dello stesso grafico, la differenza tra le curve è data dal valore di AQL.

Table 10-C — Tables for sample size code letter C (Individual plans)

Chart C Operating characteristic curves for single sampling plans
(Curves for double and multiple sampling are matched as closely as practicable)

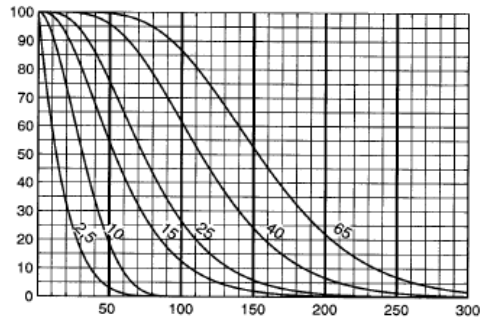


Figura 6.18 - Curva OC per lettera C

Table 10-D — Tables for sample size code letter D (Individual plans)

Chart D Operating characteristic curves for single sampling plans
(Curves for double and multiple sampling are matched as closely as practicable)

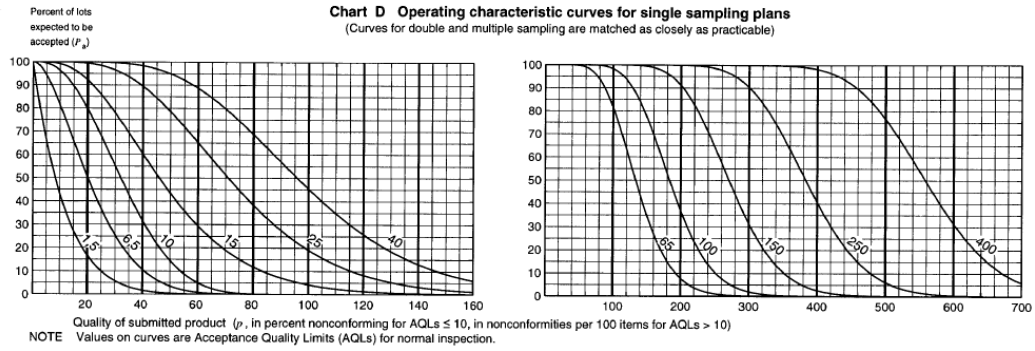


Figura 6.19 - Curva OC per lettera D

Table 10-E — Tables for sample size code letter E (Individual plans)

Chart E Operating characteristic curves for single sampling plans
(Curves for double and multiple sampling are matched as closely as practicable)

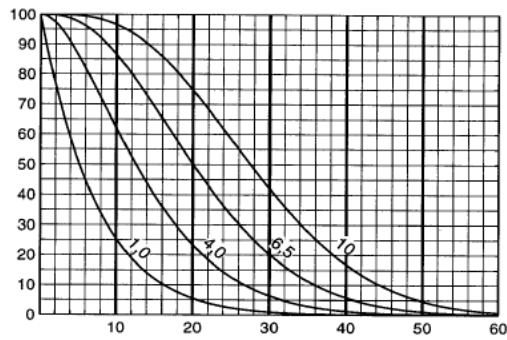


Figura 6.20 - Curva OC per lettera E

Table 10-F — Tables for sample size code letter F (Individual plans)

Chart F Operating characteristic curves for single sampling plans
(Curves for double and multiple sampling are matched as closely as practicable)

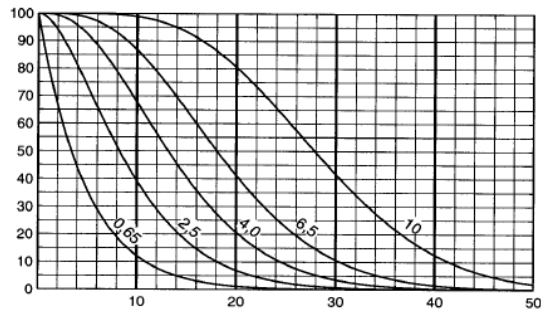


Figura 6.21 - Curva OC per lettera F

Table 10-G — Tables for sample size code letter G (Individual plans)

Chart G Operating characteristic curves for single sampling plans
(Curves for double and multiple sampling are matched as closely as practicable)

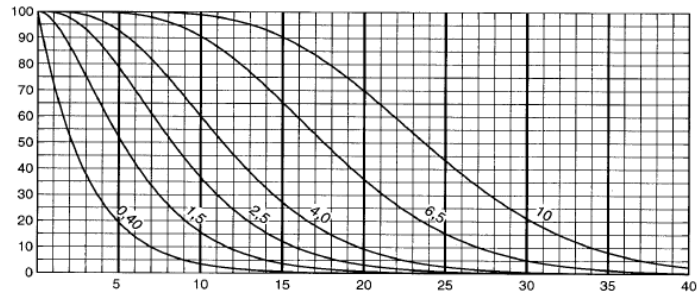


Figura 6.22 - Curva OC per lettera G

Table 10-H — Tables for sample size code letter H (Individual plans)

Chart H Operating characteristic curves for single sampling plans
(Curves for double and multiple sampling are matched as closely as practicable)

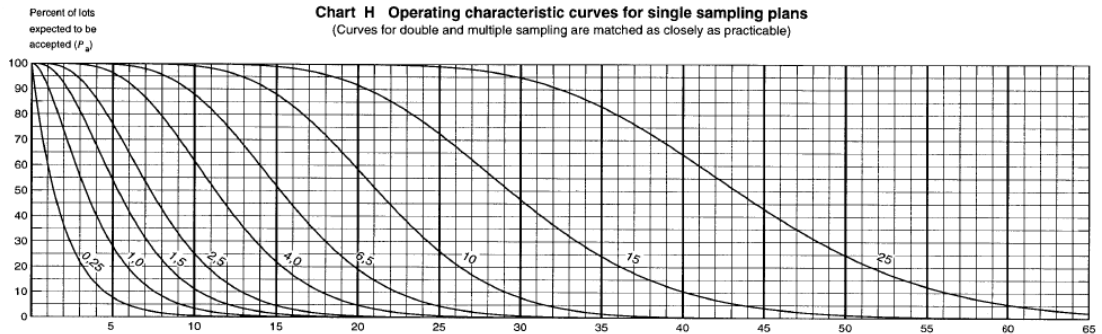


Figura 6.23 - Curva OC per lettera H

Con l'utilizzo di queste curve si riesce a risalire alla probabilità di accettare i lotti in base alla percentuale di prodotti difettosi all'interno del lotto.

6.4. Risultati del campionamento

Il piano visto sopra è stato attuato per un mese (dal 1/10/2019 al 31/10/2019).

Nella tabella sottostante è possibile vedere quali sono stati i codici ricevuti, con che frequenza, la numerosità di ogni lotto di arrivo e in totale quanto tempo ci è voluto per controllare ogni codice nell'arco del mese.

E' stato verificato realmente che una persona è sufficiente per fare un controllo di questo tipo. Sono stati utilizzati 9245 minuti a fronte di 10560 disponibili.

Codice fornitore	Codice PN	Numerosità media lotti ricevuti/ settimana	Grandezza reale lotto di arrivo	Note	Tempo di controllo [min/pz]	Unità per cassone	n	Tempo controllo per ogni lotto [min]	Durata del controllo/ mese [min]
Fornitore 1	Codice 3	1	300		3,5	300	20	70	280
	Codice 4	2	1200		3,5	300	32	112	896
	Codice 6	2	440		3,5	220	20	70	560
	Codice 7	2	220		3,5	220	13	46	364
	Codice 9	1	300		3,5	300	20	70	280
	Codice 10	0,1	300	1 spedizione/trimestre	3,5	300	20	70	70
	Codice 13	2	1100		3,5	220	32	112	896
	Codice 14	2	1100		3,5	220	32	112	896
	Codice 15	1	250		3,5	250	13	46	182
Fornitore 2	Codice 1	0,1	288	1 spedizione/trimestre	4	96	20	80	80
	Codice 2	0,1	960	1 spedizione/trimestre	4	96	32	128	128
	Codice 4	0,1	288	1 spedizione/trimestre	4	96	20	80	80
	Codice 5	0,1	288	1 spedizione/trimestre	4	96	20	80	80
Fornitore 3	Codice 1	0,5	1250	1 spedizione/ 2 settimane	3	250	50	150	300
Fornitore 4	Codice 1	0,1	3000	1 spedizione/mese	3	400	50	150	150
Fornitore 5	Codice 1	0,1	1400	1 spedizione/mese	3	280	50	150	150
Fornitore 6	Codice 1	0,5	480	1 spedizione/ 2 settimane	3	120	20	60	120
	Codice 2	0,5	360	1 spedizione/ 2 settimane	3	120	20	60	120
	Codice 3	0,5	300	1 spedizione/ 2 settimane	3	150	20	60	120
	Codice 4	0,5	450	1 spedizione/ 2 settimane	3	150	20	60	120
	Codice 5	0,5	440	1 spedizione/ 2 settimane	3	220	20	60	120
	Codice 6	0,5	900	1 spedizione/ 2 settimane	3	150	32	96	192
	Codice 9	0,5	720	1 spedizione/ 2 settimane	3	120	32	96	192
	Codice 10	0,1	240	1 spedizione/trimestre	4	48	13	52	52
	Codice 11	0,1	816	1 spedizione/trimestre	4	48	32	128	128
Fornitore 7	Codice 1	2	360		2	180	20	40	320

Codice 2	1	360		2	180	20	40	160
Codice 3	2	180		2	180	13	26	208
Codice 4	2	180		2	180	13	26	208
Codice 5	0,1	540	1 spedizione/trimestre	2	180	32	64	64
Codice 6	2	180		2	180	13	26	208
Codice 7	3	1440		2	180	50	100	1200
Codice 8	2	500		2	500	20	40	320

Figura 6.24 - Campionamento mensile

Per non andare incontro a distorsioni del campionamento, si specifica che i campioni sono stati scelti in modo casuale andando a stratificare i cassoni. In questo modo si assicura che le unità sono state prese da tutte le collocazioni all'interno del lotto. In particolare, in caso di ricevimento di più cassoni dello stesso lotto, è stato diviso il numero n per il numero di cassoni ricevuti e sono stati analizzati un numero uguale di pezzi per cassone, andando a prendere i campioni su diversi piani e in diverse zone. Un ulteriore accorgimento è stato quello di verificare tutte le figure dello stampo presenti nel lotto.

Nell'arco del mese sono state riscontrate 2 non conformità. Queste non hanno causato il passaggio da ispezione normale a rinforzata perchè si è trattato di lotti singoli.

In entrambi i casi c'è stata una rettifica da parte del fornitore. I particolari sono stati resi ai fornitori, che in un caso ha scartato definitivamente il materiale, nel secondo caso ha riprocessato il materiale.

Nel paragrafo successivo si vedrà quali sono stati i casi e quali sono state le azioni correttive.

6.5. Interventi sul fornitore

Non conformità 1: fornitore 1, codice 13

Il giorno 21/10/2019 durante il campionamento effettuato sul codice 13, è stata riscontrata una non conformità su una caratteristica critica.

Due particolari sono risultati non conformi sulla caratteristica della durezza.

In caso di lotto da 1100 pezzi, il numero di campionamento è $n = 32$. Vista la criticità della caratteristica, l'AQL è 0.01% che comporta numero di accettazione $c = 0$.

La richiesta a disegno risulta essere 100 HB minimo. In caso questa non venga rispettata, ci potrebbero essere problemi legati alle caratteristiche meccaniche.

Per prima cosa è stata verificata la corretta taratura dello strumento, per non andare incontro ad errori di misurazione.

Verificata questa con la sala metrologica, è stata effettuata una seconda prova con un altro durometro che ha dato lo stesso risultato.

- Pezzo 1: misura rilevata 65 HB
- Pezzo 2: misura rilevata 78 HB

I cassoni erano stati tutti temprati lo stesso giorno, alla stessa ora.

La non conformità è stata gestita utilizzando il metodo 8D, richiesto al fornitore.

Il fornitore è stato contattato ed è stata inviata una non conformità ufficiale.

Il materiale presente in Endurance è stato bloccato, come anche quello del fornitore.

In quel momento non c'era giacenza di materiale in Endurance quindi non è stato necessario effettuare una risalita produttiva.

L'azione di contenimento effettuata entro 24 ore dalla segnalazione è stata ispezionare al 100% il materiale. Il fornitore ha riscontrato circa il 5% di materiale non conforme.

Per non generare alterazioni del programma di produzione di Endurance, entro il giorno successivo è stato inviato materiale controllato al 100% quindi conforme.

Il 22/10/19 è stato effettuato un audit presso il fornitore, con lo scopo di capire la causa del problema.

L'analisi della causa ha fatto emergere che il problema è nato in fase di tempra. Il problema è stato creato in quanto i cassoni utilizzati per inserire i pezzi nel forno sono stati riempiti in modo eccessivo (oltre il bordo del cassone). Questo ha fatto sì che non tutti i pezzi dello stesso cassone seguissero lo stesso ciclo.

Quelli che sono stati temprati correttamente ed erano sotto il bordo del cassone, hanno seguito il corretto ciclo di tempra. Schematicamente:

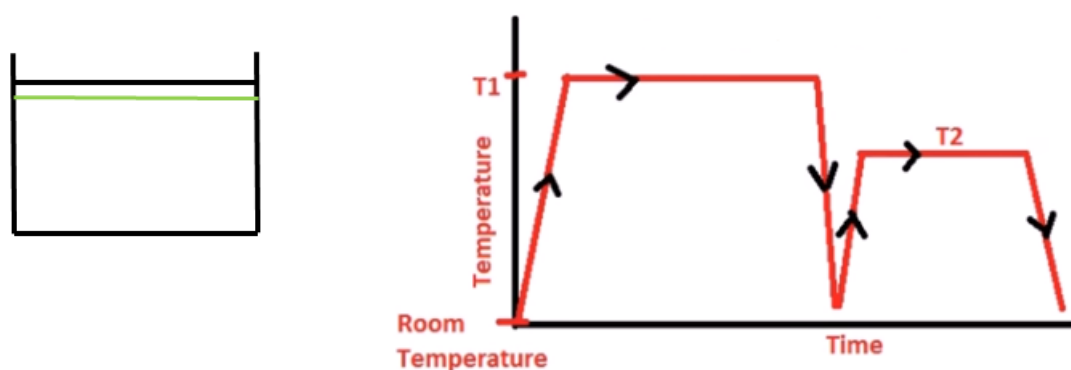


Figura 6.25 - Schematizzazione di un cassone conforme e ciclo di tempra corretto

Nella figura a sinistra è stato schematizzato un cassone e la linea verde indica il limite oltre il quale non bisogna inserire pezzi. Nella figura a destra si vede quali sono a grandi linee le fasi di un trattamento T6.

I pezzi che invece risultavano oltre il bordo, hanno subito la solubilizzazione (quindi il riscaldamento fino a T_1). Quando sono scesi nel bagno di acqua per il raffreddamento, quelli in cima non hanno subito lo shock termico perchè non sono stati immersi. Dopodichè hanno subito l'invecchiamento superficiale. Schematicamente:

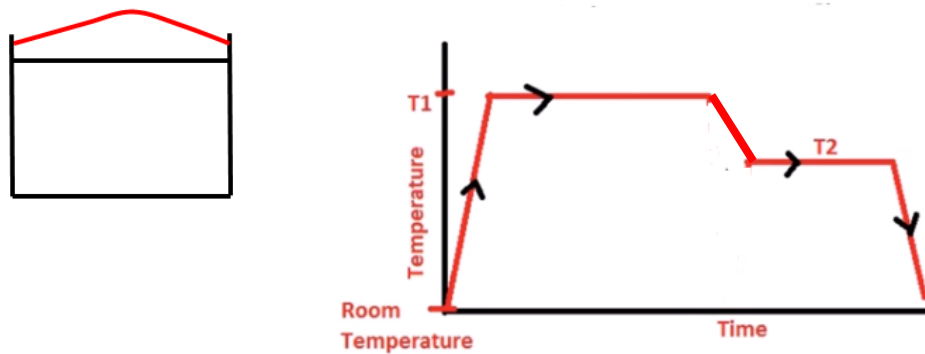


Figura 6.26 - Schematizzazione di un cassone non conforme e ciclo di tempra non corretto

Nell'immagine a sinistra la linea rossa indica fino a dove erano stati riempiti i cassoni. Paragonando il ciclo indicato nella figura di destra con quello della figura precedente, si vede che manca la seconda fase cioè il raffreddamento brusco.

E' stata saltata una fase. Questo fa sì che i pezzi non abbiano le caratteristiche meccaniche e di durezza richieste.

La causa di questo problema è da imputare alla sistemazione di questi pezzi ad un operatore non correttamente formato che ha imballato i pezzi nel cassone in modo diverso rispetto a quanto fatto precedentemente dagli altri operatori.

Inoltre è stato visto che il livello dell'acqua era al limite basso rispetto al nominale.

Le azioni implementate sono state quattro:

- Effettuare la formazione del nuovo operatore e riformare tutti gli addetti al forno di tempra in modo tale che sappiano cosa capita in seguito ad un errore sull'imballo
- Rifare la scheda imballo dei cassoni di tempra in modo tale da rendere più chiaro il limite accettabile entro il quale i pezzi devono stare
- Rabboccare il corretto livello d'acqua della vasca di tempra. Oltre a questo, dato che il rabbocco veniva fatto in modo manuale, è stato inserito il rabbocco automatico dell'acqua nella vasca.
- Rinforzato controllo dopo processo di tempra, aumentando il campione n di pezzi analizzati con durometro per verifica conformità trattamento.

Per verificare la correttezza dell'analisi è stato effettuato un reappear test in fonderia, in modo da riprodurre volontariamente il difetto. E' stato riscontrato lo stesso difetto, con valori di durezza che oscillavano tra 59 HB e 77 HB.

Per verificare l'efficacia delle azioni, i successivi 2 lotti in arrivo sono stati verificati al 100% e non sono stati trovati pezzi di scarto.

Infine è stata effettuata la lavorazione di 2 pezzi sul centro di lavoro, per vedere se visivamente è possibile accorgersi del problema nel caso sfugga ai controlli in fonderia e in accettazione arrivi. La risposta è affermativa, i particolari hanno le superfici lavorate completamente opache e inoltre l'utensile lascia molta bava attorno sul perimetro tra superfici grezze e lavorate.

Non conformità 2: fornitore 6, codice 9

Il giorno 11/10/2019 è stata riscontrata una non conformità sul codice 9. Il 65% dei campioni ($n = 32$) ha presentato un eccesso di materiale in una zona grezza. In particolare, la zona interessata presenta una materozza che non è stata correttamente sbavata. L'altezza massima ammessa secondo norma a disegno è 2 mm, nei campioni KO è stata riscontrata fra i 2,5 mm e 3,7 mm (misura a calibro).

La caratteristica non è critica quindi l'AQL applicabile è 2,5%. Il numero di accettazione è $c = 2$. In questo caso 21 pezzi su 32 sono risultati di scarto.

Anche in questo caso la non conformità è stata gestita con il metodo 8D.

Il materiale è stato bloccato e rispedito al fornitore.

E' stata inviata una non conformità ufficiale richiedendo 8D.

La giacenza presso Endurance era di circa 1000 pezzi, i quali sono stati controllati e non sono stati identificati scarti.

La giacenza presso il fornitore era di 962 pezzi, anche questi nelle stesse condizioni.

L'azione di contenimento è stata rivedere il 100% del materiale, inviando 2 giorni dopo il materiale conforme per la lavorazione meccanica.

L'analisi dei pezzi indica che la sbavatura è avvenuta in maniera non conforme. Il fornitore ha effettuato un audit presso il suo sub fornitore, il quale ha ammesso che per un periodo di una settimana l'attrezzatura di posaggio del pezzo, che permetteva la sbavatura automatica del prodotto, è stata in manutenzione.

Il sub fornitore ha dovuto quindi eseguire la sbavatura a mano per continuare a fornire questo codice. Questo processo è meno ripetibile in quanto effettuato manualmente. Non tutti i pezzi presentano quindi la stessa altezza sull'attacco di colata.

Schematicamente viene spiegato cosa si intende per materozza e dove è nato il problema.

Nella foto sottostante si vede lo stampo (a sinistra) e quello che è il prodotto che esce dallo stampo (a destra). Non c'è solo il pezzo, ma anche tutti i canali che servono per l'alimentazione corretta. La materozza altro non è che un serbatoio di metallo che deve contenere liquido fino a solidificazione del getto, in grado di alimentare le cavità da ritiro che inevitabilmente si formano. Il metallo è spinto nel getto dalla pressione atmosferica.

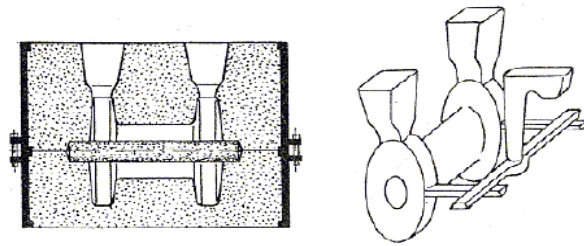


Figura 6.27 - Stampo e getto risultante

Nella figura sottostante si vede come è suddivisa la stessa stampata vista prima. La materozza non fa parte del pezzo, quindi deve essere eliminata come anche tutti gli altri elementi.

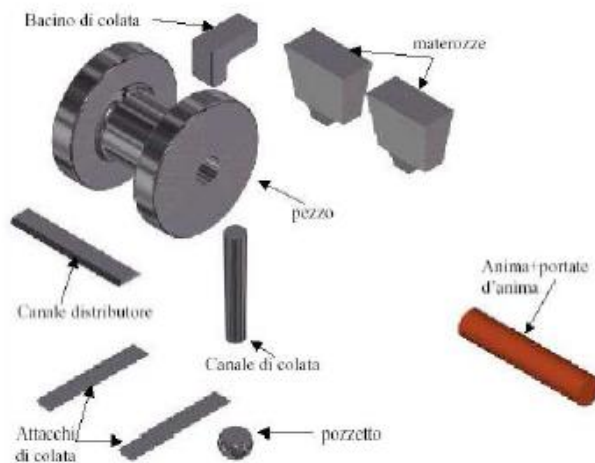


Figura 6.28 - Nomenclatura delle parti di un getto

Generalmente queste operazioni di taglio e sbavatura vengono fatte in parte manualmente, in parte automaticamente. Il canale di colata, il canale distributore, gli attacchi di colata, il pozzetto e l'anima vengono eliminati manualmente. Le materozze e in generale tutti gli elementi più spessi vanno eliminati con un taglio automatico, poggiando i pezzi su attrezzature che rendono ripetibile l'operazione di taglio e sbavatura con macchine che presentano dei dischi o dei nastri di taglio.

La causa del problema è da attribuire al mancato utilizzo dell'attrezzatura di posaggio del pezzo, che è stato mandato in revisione per la sostituzione di elementi usurati. Per ovviare a questo è stata effettuata una sbavatura manuale che non ha permesso di tagliare le materozze sempre alla stessa altezza.

L'azione implementata è stata la sistemazione dell'attrezzatura con la successiva rivalidazione del prodotto e del processo.

E' stato specificato al fornitore che, nel caso dovesse esserci di nuovo necessità di effettuare la sbavatura a mano, i pezzi andrebbero controllati al 100% prima della delibera, specificando nell'istruzione di lavoro l'altezza corretta della materozza.

7. Conclusioni

Il settore Automotive è, oggi più che mai, un mercato altamente complesso e concorrenziale in cui al centro delle strategie aziendali vi è il cliente, con le sue esigenze e le sue necessità.

I clienti si aspettano determinate performance dal fornitore in quanto ad affidabilità, puntualità, rispetto delle specifiche e conformità dei prodotti.

L'azienda in tutti i modi deve cercare di rispettare questi target, andando a migliorare il proprio sistema di gestione qualità. Al contempo deve cercare di risparmiare risorse, vista la situazione economica attuale e i trend visibili nel settore automotive.

Lo scopo principale di questo lavoro è stato quello di creare per l'azienda un piano di accettazione arrivi che vada a migliorare la qualità totale dei prodotti in uscita dallo stabilimento, andando a razionalizzare le risorse disponibili e i codici controllati, in base all'esperienza e alla storicità delle performance dei fornitori.

Si voleva dimostrare che l'inserimento di una persona dedicata a questo lavoro non solo non risultasse vana e quindi solo un dispendio di soldi, ma addirittura potesse essere considerata una risorsa utile ed efficace che cerca di eliminare alla fonte i problemi produttivi che giornalmente possono verificarsi dai fornitori e, di conseguenza, all'interno del proprio sito produttivo.

Un'azienda che vuole tendere al miglioramento non può esimersi dall'effettuare i controlli anche in fase di accettazione, perchè il controllo delle materie prime e più in generale del materiale in ingresso è uno degli aspetti fondamentali dell'assicurazione qualità.

Bibliografia e sitografia

- [1] Montgomery C. Douglas, *Controllo statistico della qualità*, Milano, McGraw-Hill Education, (2000)
- [2] MIL-STD-105E, *Sampling procedures and tables for inspection by attributes*, Washington, DC: Department of Defense, Military, (1989)
- [3] Giusti F., Santochi M., *Tecnologia meccanica e studi di fabbricazione*, Casa editrice ambrosiana, (2000)
- [4] www.qualitiamo.com
- [5] www.enduranceoverseas.com
- [6] www.anfia.it > data > relazione industria automobilistica italiana 2018
- [7] www.raffmetal.it
- [8] De Maddis M., Dispense di fonderia del corso di Tecnologia Meccanica