

**POLITECNICO DI TORINO**

Collegio di Ingegneria Meccanica

**Corso di Laurea Magistrale  
in Ingegneria Meccanica**

Tesi di Laurea Magistrale

**La metodologia del World Class  
Manufacturing: applicazione del Quality  
Control in 2A**



**Relatore**

Prof. Maurizio Schenone

**Candidato**

Vito Spiezio  
Matr. 221229

2018



# Sommario

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introduzione.....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>Il World Class Manufacturing.....</b>                             | <b>7</b>  |
| 2.1      | Le origini .....   | 7         |
| 2.1.1    | <i>Lean Production</i> .....   | 7         |
| 2.1.2    | <i>Total Productive Maintenance</i> .....                            | 8         |
| 2.1.3    | <i>Total Quality Management</i> .....                                | 10        |
| 2.2      | Le caratteristiche .....   | 12        |
| <b>3</b> | <b>I Pilastri del World Class Manufacturing .....</b>                | <b>14</b> |
| 3.1      | Il Tempio WCM .....  | 14        |
| 3.2      | I Pilastri Tecnici .....   | 14        |
| 3.2.1    | <i>Safety</i> .....  | 14        |
| 3.2.2    | <i>Cost Deployment</i> .....   | 16        |
| 3.2.3    | <i>Focused Improvement</i> .....                                     | 19        |
| 3.2.4    | <i>Autonomous Maintenance &amp; Workplace Organization</i> .....     | 21        |
| 3.2.5    | <i>Professional Maintenance</i> .....                                | 24        |
| 3.2.6    | <i>Quality Control</i> .....   | 27        |
| 3.2.7    | <i>Logistics /Customer Service</i> .....                             | 28        |
| 3.2.8    | <i>Early Product /Equipment Management</i> .....                     | 29        |
| 3.2.9    | <i>People Development</i> .....                                      | 30        |
| 3.2.10   | <i>Environment</i> .....   | 32        |
| 3.3      | I Pilastri Manageriali .....   | 32        |
| <b>4</b> | <b>Applicazione operativa PSF/PDCA: difetto di circolarità .....</b> | <b>40</b> |
| 4.1      | Applicazione della Problem Solving Formula .....                     | 40        |
| 4.1.1    | <i>Step 1</i> .....  | 41        |
| 4.1.2    | <i>Step 2</i> .....  | 45        |
| 4.1.3    | <i>Step 3</i> .....  | 54        |
| 4.1.4    | <i>Step 4</i> .....  | 57        |
| 4.1.5    | <i>Step 5</i> .....  | 61        |
| 4.1.6    | <i>Step 6</i> .....  | 61        |
| 4.1.7    | <i>Step 7</i> .....  | 64        |
| 4.2      | Risultati del progetto .....   | 64        |
| 4.3      | Analisi B/C .....  | 66        |
| <b>5</b> | <b>Applicazione operativa QM: difetto di concentricità .....</b>     | <b>68</b> |
| 5.1      | Analisi della problematica.....                                      | 68        |
| 5.1.1    | <i>Tolleranze</i> .....  | 68        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 5.1.2    | <i>Lavorazione</i> .....                     | 69         |
| 5.1.3    | <i>Riscontro della problematica</i> .....    | 70         |
| 5.2      | Il Team di Progetto.....                     | 71         |
| 5.3      | Applicazione della Quality Maintenance ..... | 71         |
| 5.3.1    | <i>Step 1</i> .....                          | 71         |
| 5.3.2    | <i>Step 2</i> .....                          | 73         |
| 5.3.3    | <i>Step 3 e Step 4</i> .....                 | 76         |
| 5.3.4    | <i>Step 5</i> .....                          | 101        |
| 5.3.5    | <i>Step 6</i> .....                          | 103        |
| 5.3.6    | <i>Step 7</i> .....                          | 105        |
| 5.4      | Risultati del Progetto .....                 | 106        |
| <b>6</b> | <b>Conclusioni</b> .....                     | <b>109</b> |
| <b>7</b> | <b>Bibliografia</b> .....                    | <b>113</b> |

# 1 Introduzione

L'attività produttiva di un'azienda può presentare in qualunque momento numerose tematiche e problematiche, le quali devono necessariamente essere affrontate e risolte per far sì che vengano rispettati gli obiettivi e le finalità aziendali. Nasce quindi il bisogno di creare un metodo che sia valido e opportuno per raggiungere tale scopo. Questo bisogno culmina nella definizione di attività previste dal World Class Manufacturing, in italiano Produzione di Classe Mondiale, ossia un "modo di pensare" ben strutturato e definito, che ha l'obiettivo di ottenere un miglioramento continuo dell'attività produttiva azzerando le perdite e gli sprechi, con una base solida fondata sul coinvolgimento del personale aziendale e su scelte e scopi condivisi ad ogni livello della piramide gerarchica.

Nel secondo Capitolo della presente Tesi viene quindi presentato il World Class Manufacturing, a partire dalle origini statunitensi che risalgono agli anni '90 fino all'adozione e allo sviluppo nel nostro paese. Vengono quindi esposte le caratteristiche principali del metodo.

Nel terzo Capitolo di questa Tesi viene presentata in linea generale la struttura della metodologia, la quale si fonda su dieci pilastri definiti tecnici e altrettanti pilastri definiti manageriali. Ognuno dei pilastri tecnici si articola in una suddivisione delle attività in sette Step o passi da seguire per raggiungere ognuno i propri obiettivi prefissati, con l'individuazione delle tematiche e problematiche da affrontare e quindi le attività risolutive e le contromisure da applicare, terminando con un'operazione di miglioramento di metodi e strutture utilizzate.

Nel quarto Capitolo si potrà vedere in che modo si affronta un problema di Qualità, uno dei dieci pilastri tecnici. In questo primo caso applicativo si ha a che fare con un problema di non conformità relativo ad un difetto di circolarità riscontrato su un pezzo meccanico che prende il nome di scatola cambio. Verrà eseguita un'analisi della problematica e un approccio focalizzato sul problema mirato a risolverlo.

A tale scopo si utilizza una risoluzione mediante la Problem Solving Formula e quindi il ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act), che prevede una descrizione del problema seguita da una ricerca della soluzione risolutiva e rappresentata da un Kaizen (termine derivante dalle parole "kai" e "zen" che stanno a significare rispettivamente "cambiamento, miglioramento" e "buono, migliore") ossia un progetto di natura tecnica qualitativa, stilato grazie all'utilizzo degli opportuni tools (strumenti).

Nel quinto Capitolo verrà presentato un secondo problema di Qualità, relativo ad una non conformità legata ad un difetto di circolarità tra due diametri di foro. In questo caso il problema conduce ad una risoluzione diversa, ottenuta tramite l'applicazione dei sette Step della Quality Maintenance ossia "Manutenzione per la Qualità". Si analizza la problematica con l'utilizzo degli opportuni tools e, essendo un problema

legato ad una causa radice sconosciuta, ci si affida all'analisi PPA (Process Point Analysis) che condurrà all'individuazione della causa generante il problema e alla relativa contromisura atta a risolverlo. Segue quindi un'attività di prevenzione del problema legata ad un altro pilastro tecnico, quello della Professional Maintenance, il quale agisce mediante la Manutenzione preventiva per evitare che il problema si ripresenti.

Nel sesto Capitolo andremo ad esporre le conclusioni finali sulla metodologia e sulle due applicazioni affrontate.

## 2 Il World Class Manufacturing

### 2.1 *Le origini*

Il World Class Manufacturing (spesso identificato con l'acronimo WCM) è una metodologia che nasce negli Stati Uniti negli anni '90 ed è stata portata in Italia dalla Fiat nel 2005, voluta fortemente dal Manager Sergio Marchionne.

Essa nasce dalla convergenza di tre approcci all'ottimizzazione dei processi produttivi:

- la Lean Production, con cui si minimizzano gli sprechi fino ad annullarli;
- la Total Productive Maintenance, che si propone di abbattere le perdite sugli impianti;
- il Total Quality Management, dove il focus è produrre bene la prima volta.

#### 2.1.1 *Lean Production*

La Lean Production (in italiano "Produzione Snella") rappresenta un "modo di pensare" che affonda le proprie radici nel Toyota Production System (TPS). Questa filosofia mira a minimizzare gli sprechi fino al risultato ideale di azzerarli. Essa considera uno spreco la spesa tutte le risorse che non vengono utilizzate per la creazione di valore per il cliente (valore aggiunto). In altre parole la Lean Production si occupa della creazione di valore per il prodotto cercando di utilizzare il minor numero di risorse possibili.

Taiichi Onho, già vicepresidente di Toyota Motors e padre della metodologia Just in Time (JIT), individua sette fonti di spreco:

- sovrapproduzione: produzione in più rispetto a quanto richiesto dal cliente o dal processo successivo;
- difetti: produzione di scarti o rilavorazioni;
- eccesso di attività: realizzazione di attività che non producono valore aggiunto per il prodotto realizzato;
- movimento: spostamenti per raggiungere materiali o attrezzature lontani dal punto di utilizzo (attività di non valore aggiunto);
- scorta: acquisto o produzione di materiali in eccesso rispetto al fabbisogno del processo successivo;
- attesa: materie prime e semilavorati in attesa della lavorazione successiva, impiego del tempo in maniera non produttiva che potrebbe essere utilizzato in altri modi (altra attività a non valore aggiunto);
- trasporto: spostamento del materiale o dei pezzi senza necessità connesse alla creazione del valore.

I benefici che si possono ottenere mediante l'applicazione della Produzione snella sono: un aumento della capacità produttiva, una riduzione dei tempi del ciclo produttivo, una riduzione di scorte e magazzino, una riduzione del lavoro e della fatica, una riduzione dei costi di produzione e una riduzione degli sprechi.

Le attività previste sono sette:

- 1 realizzazione della mappa del valore;
- 2 valutazione dello stato di implementazione delle tecniche più comuni nella metodologia lean;
- 3 formazione degli operatori e del management;
- 4 progetto pilota;
- 5 gestione del cambiamento;
- 6 analisi del recupero di efficienza;
- 7 eliminazione progressiva delle attività che non generano valore aggiunto.

Strettamente collegata alla Lean Production è la metodologia del Just in Time (JIT).

Essa consiste nel produrre le quantità minime necessarie a soddisfare la domanda del cliente e si hanno scorte ridotte al minimo. Essa implica un passaggio dalla logica "push" alla logica "pull".

- La logica "push" consiste nel produrre una certa quantità di prodotti stabilita in precedenza sulla base di dati raccolti inerenti il mercato e su previsioni possibili sull'andamento della domanda. Tutta la sequenza delle attività produttive, a partire dall'approvvigionamento, avviene a priori dall'insorgere del fabbisogno. Lo svolgimento delle attività a valle viene spinto dalle attività a monte.
- La logica "pull" consiste nel produrre una certa quantità di prodotti in base al fabbisogno del mercato. Tutta la sequenza delle attività produttive, a partire dall'approvvigionamento, avviene a posteriori dall'insorgere del fabbisogno. Lo svolgimento delle attività a valle trascina le attività a monte.

### ***2.1.2 Total Productive Maintenance***

La Total Productive Maintenance (in italiano "Manutenzione Totale Produttiva") viene identificato come un sistema produttivo che si occupa dell'abbattimento delle perdite sugli impianti. Spesso emerge l'equivoco secondo cui viene classificata come una semplice procedura di manutenzione, ma non è così.

Seiichi Nakajima, già direttore tecnico di Toyota e consulente presso JMA e JIPM, è considerato l'autore della TPM e per redigerla si è basato sulle conoscenze sviluppate negli Stati Uniti in tema di manutenzione preventiva, di affidabilità e manutenibilità degli impianti e di life cycle cost.

Il principale obiettivo di questo sistema è quello di aumentare le performance e di migliorare la Qualità degli impianti.

Il suo campo di applicazione riguarda gli strumenti e i macchinari utilizzati per ottenere il livello di Qualità che ci siamo prefissati e che vengono richiesti dal cliente. Serve a migliorare l'efficienza dei nostri strumenti di lavoro, avviando una manutenzione preventiva che viene impostata in base a criteri quali: l'importanza del macchinario all'interno del sistema, la sua anzianità, le indicazioni del costruttore, l'attenzione sulle attività degli operatori, dei manutentori e dei tecnici di processo.

Essa si basa sull'esistenza di cinque pilastri:

- pulizia;
- individuazione del problema;
- correzione;
- perfezionamento;
- protezione.

Per quanto riguarda la pulizia, la manutenzione di base di una macchina si basa sulla sua pulizia giornaliera, che viene affidata agli stessi operatori che la asserviscono. Garantendo la "condizioni di base" della macchina, si creano i presupposti per garantire e agevolare un opportuno utilizzo della stessa. Un ambiente pulito è indice di cura e permette all'operatore di sentirsi a suo agio, eliminando relativi problemi per l'attività produttiva ma anche per la sicurezza. La pulizia viene affidata agli operatori e non necessita di alcuno addestramento specifico, l'importante è avere un comportamento adeguato nell'ambiente lavorativo, che può sicuramente apportare benefici. Infatti effettuare una pulizia significa anche avere la possibilità di effettuare un'ispezione che a sua volta può portare all'individuazione di problemi da evitare (ad esempio ci si può accorgere della mancanza di una vite nella macchina, della disfunzione di un sensore ottico che abbia un ostacolo davanti, della presenza di una pozza d'acqua o emulsivo che può determinare una caduta per l'operatore).

Per quanto riguarda l'individuazione del problema, si garantisce una formazione per l'operatore che può riconoscere per tempo eventuali problemi che dovessero presentarsi sul macchinario.

Per quanto riguarda la correzione, ci rifacciamo all'attività di rimedio alle problematiche che sono state identificate.

Per quanto riguarda il perfezionamento, si fa in modo che il problema individuato non si ripresenti più (ad esempio variando i criteri della manutenzione). Vengono creati degli standard manutentivi da seguire sulla base di problematiche che si è affrontato in precedenza e che possono essere evitate.

Per quanto riguarda la protezione, gli strumenti e i macchinari vengono protetti prima, durante e dopo l'utilizzo, secondo le indicazioni date dal costruttore o maturate a seguito dell'esperienza aziendale. Ciò permette di garantire lo svolgimento delle attività prevenendo le disfunzioni.

È compito del management stabilire politiche chiare che possano portare tutti a comprendere gli obiettivi stabiliti. Occorre sviluppare una strategia di lungo termine divisa in strategia annuale, strategia di medio termine e strategia complessiva.

Due aspetti fondamentali di questo sistema sono il coinvolgimento del personale e il livello di morale della forza lavoro. Essi devono essere presi seriamente in considerazione dal Management. Il miglioramento viene determinato dalle persone che sono parte integrante dell'attività produttiva, le quali devono sentirsi motivate e cercare di dare un aiuto che risulta fondamentale per gli aspetti aziendali. Vengono quindi formati dei gruppi di lavoro, che possono essere volontari o meno, ma servono per risolvere alcuni piccoli problemi di tipo operativo.

Se condotta con successo, la TPM può aumentare rapidamente la produzione associata a una linea di produzione, rendendo al contempo la soddisfazione sul lavoro dei dipendenti e un morale alto.

Si passa dunque dalla manutenzione effettuata solo in caso di guasto alla manutenzione preventiva. In questo modo, una volta inserito il programma TPM, il tempo di arresto incontrollato dovuto a interventi di emergenza o manutenzione non programmata viene ridotto al minimo. È la manutenzione che si verifica su base periodica, che sia mensile, settimanale o giornaliera, ed è progettata per mantenere un pezzo di equipaggiamento nel miglior stato di funzionamento possibile e prevenire il verificarsi di guasti. Inoltre, aumenta notevolmente la durata dell'attrezzatura. A differenza della manutenzione guasti, può essere programmata in modo da non coincidere con i cicli di produzione ma con i tempi di inattività pianificati.

In conclusione, si può affermare che la TPM ha la capacità di ridurre i tempi di fermo, migliorare la qualità del prodotto, migliorare l'affidabilità e rendere la vita dei dipendenti all'interno di un'azienda molto più piacevole.

### ***2.1.3 Total Quality Management***

Il Total Quality Management (in italiano "Qualità Totale") è un modello organizzativo che focalizza la sua attenzione nel "produrre bene già dalla prima volta".

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 in cui lavora l'azienda.

Secondo i giapponesi, il Total Quality Management viene scomposto in quattro processi che seguono:

- il Kaizen, che rappresenta uno strumento di focalizzazione sul concetto di miglioramento continuo;

- l'Atarimae Hinshitsu, secondo cui le cose devono funzionare esattamente come ci si aspetta che facciano e che si concentra sugli effetti intangibili dei processi e sul modo di ottimizzarli;
- il Kansei, che attraverso l'analisi e lo studio delle modalità secondo le quali un utilizzatore utilizza un prodotto porta al miglioramento delle sue caratteristiche e delle sue funzionalità;
- il Miryokuteki Hinshitsu, che pone l'attenzione sull'estetica del prodotto e su come renderlo piacevole e accattivante.

Il Total Quality Management impone, all'organizzazione che decide di adottarlo, il mantenimento di uno standard qualitativo in tutti gli aspetti del suo lavoro.

Ciò comporta che le cose vengano fatte bene la prima volta e che difetti e sprechi vengano gradualmente ridotti fino ad eliminarli.

Le caratteristiche del TQM sono le seguenti:

- un forte **orientamento al cliente**, egli diventa la persona da soddisfare e rappresenta il motivo dell'applicazione dell'approccio;
- un metodo basato su un **impegno di lungo termine** per un miglioramento costante dei processi,
- una forte **leadership** della Direzione, accompagnata dal suo coinvolgimento nell'applicazione della metodologia;
- la **responsabilità** di stabilire e migliorare il sistema è demandata al top management che ha un ruolo fondamentale;
- un **miglioramento continuo** delle performance a tutti i livelli e in tutte le aree dell'organizzazione.

I vantaggi che derivano dall'adottare un sistema TQM al posto di un tradizionale Sistema di Qualità sono innumerevoli. Tra questi ricordiamo:

- il Total Quality Management aiuta a focalizzarsi sulle esigenze del mercato e sulla soddisfazione percepita, piuttosto che su dettagli tecnici;
- il TQM induce il desiderio di far arrivare la propria Qualità al top attraverso un profondo cambiamento culturale e attitudinale e la promozione del lavoro di gruppo, oltre che di una cultura del lavoro partecipativo;
- questa metodologia rende naturale canalizzare tutte le proprie forze verso l'obiettivo comune di realizzare processi e procedure tesi al raggiungimento delle performance migliori. Dato che il raggiungimento di standard qualitativi elevati non può essere immediato, il Total Quality Management si concentra su una pianificazione sistematica di lungo termine e su un approccio strategico;
- l'applicazione di questo metodo porta ad esaminare con spirito critico tutti i processi per rimuovere gli sprechi e le attività che non forniscono valore aggiunto. Questo sforzo continuo verso il miglioramento aiuta a ridurre i costi, ad aumentare la sicurezza e a migliorare la gestione generale del lavoro;

- confrontarsi con organizzazioni migliori della nostra, come prevede il TQM, porta inevitabilmente ad una presa di coscienza delle attività della concorrenza e all'elaborazione di strategie efficaci per contrastarla;
- il Total Quality Management aiuta a sviluppare buoni processi comunicativi e ad impostare un "buon lavoro". Procedure improprie e comunicazioni inadeguate originano fraintendimenti, confusione, bassa produttività, sforzi enormi per ottenere risultati modesti, un livello qualitativo basso e un morale ancora più basso. Applicare questo strumento comporta, invece, il mettere a contatto tra loro persone che appartengono a diversi dipartimenti e che sono inquadrati a livelli differenti nella scala gerarchica allo scopo di farli comunicare per migliorare l'approccio generale al lavoro.

## 2.2 *Le caratteristiche*

Il World Class Manufacturing è una metodologia che ha lo scopo di ottenere un miglioramento continuo dell'attività produttiva svolta in un'azienda attraverso modifiche dell'impianto e delle modalità di lavoro ed ottimizzazione delle procedure al fine di ridurre/azzerare gli sprechi e le perdite.

Le attività di tutti i team sono orientate alla realizzazione di progetti i cui obiettivi sono: zero difetti, zero guasti, zero incidenti e zero scorte, finalizzate ad una generale riduzione dei costi dello stabilimento.

La struttura prevede una suddivisione in pilastri (pillar), divisi in pilastri tecnici e pilastri manageriali, ognuno dei quali è rappresentato da un team interfunzionale che lavora su un tema specifico e che persegue determinati obiettivi di performance e di attività. Ogni pilastro tecnico si basa su sette Step, ovvero sette fasi che prevedono una serie di attività volte a dare il proprio contributo per il raggiungimento dello scopo principale del miglioramento produttivo aziendale perseguito dalla metodologia.

I punti di forza sono di seguito elencati:

- il **coinvolgimento** delle persone: è molto importante che i membri dei vari team si sentano parte integrante dell'attività e al centro delle problematiche che devono essere affrontate. Ognuno deve sentirsi in grado di dare supporto attivo, collaborando con i colleghi per raggiungere uno scopo comune che giovi a tutta l'azienda. Trovandosi a proprio agio, si crea una connessione forte tra i vari membri e si incrementa l'aspetto motivazionale della sfera personale di ognuno di essi;
- la **crescita delle competenze** di tutta l'organizzazione: ogni membro del team ha la possibilità di arricchire il proprio bagaglio culturale e tecnico venendo a contatto con numerose problematiche, sviluppando le proprie skills e assorbendo le tecniche di problem solving. Il tutto è una conseguenza diretta

dell'applicazione della metodologia, che non è altro che "un modo di pensare" volto al miglioramento;

- la logica della **prioritizzazione**: è un aspetto molto forte e radicato, frequentemente ricorrente, derivante da un percorso di analisi dei dati e delle perdite di stabilimento. L'organizzazione darà priorità a quei progetti che possono dare realmente un ritorno economico rapido e sicuro, inoltre si andranno ad attaccare in prima battuta gli aspetti più critici dei rispettivi campi (es. le macchine vengono classificate in base alla loro criticità e si cercherà di migliorare quelle che presentano maggiori problematiche).

L'attività di ogni pilastro è organizzata in 3 macro-fasi che vanno portate avanti in modo consecutivo: **reattiva, preventiva e proattiva**.



*Figura 2.1 Macro-fasi delle attività dei pilastri tecnici*

La **fase reattiva** è caratterizzata dalla capacità di reagire ad un evento, ma non di prevederlo anticipatamente. I responsabili non hanno la possibilità di provvedere anticipatamente ad un piano d'azione e non possono tentare di controllare la causa dell'evento: reagiscono solo dopo che l'evento è già entrato in collisione con il sistema impresa.

La **fase preventiva** è rappresentata dalla possibilità di prendere atto di eventuali problematiche, su cui si svolge uno studio, apportando miglioramenti e risparmio raggiunti eliminando le cause profonde di una perdita cronica, evitando che essa si ripresenti in futuro.

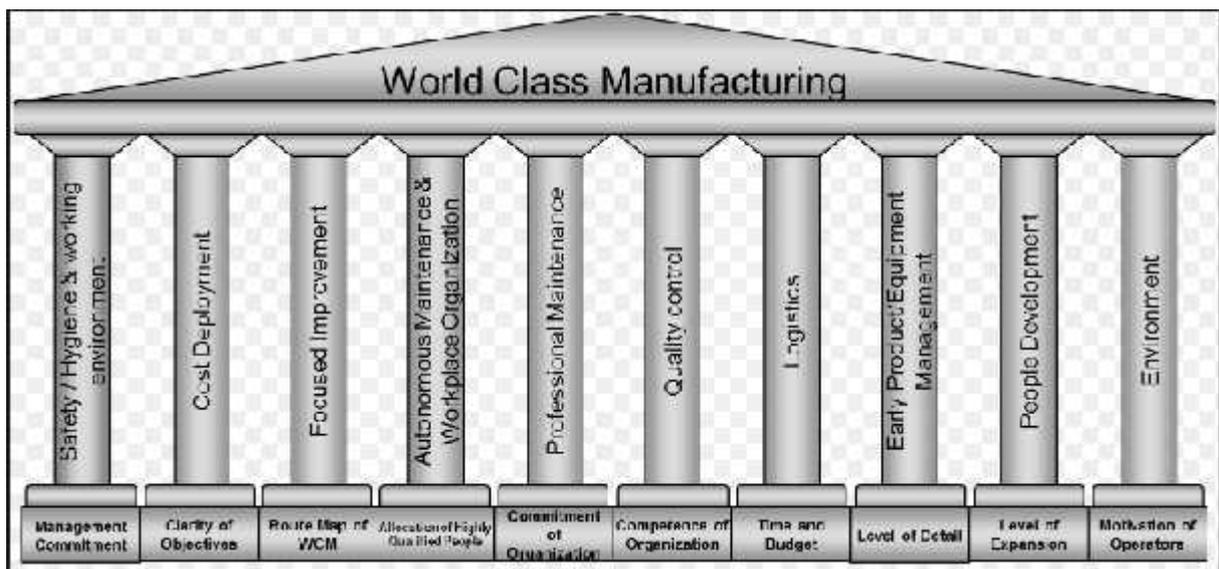
La **fase proattiva** prevede la riorganizzazione sia dal punto di vista tecnologico che delle metodologie e soprattutto delle competenze, in modo che il sistema impresa sia in grado di percepire anticipatamente le tendenze ed i cambiamenti futuri per pianificare le azioni opportune in tempo.

Le caratteristiche specifiche dei vari pilastri sono presentate e approfondite nel Capitolo successivo (vedi Capitolo 3).

## 3 I Pilastri del World Class Manufacturing

### 3.1 Il Tempio WCM

Il tempio del WCM ci presenta i pilastri su cui si basa l'intera metodologia. Possiamo notare dalla **figura 3.1** che essa si fonda sull'esistenza di 10 pilastri tecnici e 10 manageriali, che verranno trattati di seguito.



*Figura 3.1 Tempio del WCM*

### 3.2 I Pilastri Tecnici

#### 3.2.1 Safety

Il pillar tecnico Safety è il pilastro della Sicurezza.

Esso si propone di soddisfare le esigenze del personale, assicurando il miglioramento continuo della sicurezza nell'ambiente di lavoro con l'obiettivo di eliminare le condizioni che potrebbero generare incidenti ed infortuni. Tali obiettivi possono essere raggiunti diffondendo la cultura della sicurezza a tutti i diversi livelli organizzativi.

Gli obiettivi primari del Safety Pillar sono:

- la riduzione drastica degli incidenti;
- lo sviluppo di una cultura della prevenzione degli incidenti;
- il miglioramento continuo dell'ergonomia del posto di lavoro;
- lo sviluppo di competenze professionali specifiche.

La salute e la sicurezza sul lavoro sono regolamentate dal *D. Lgs. 81/2008* (conosciuto come Testo unico sulla sicurezza sul lavoro, TUSL), entrato in vigore il 15 maggio 2008, e dalle relative Disposizioni correttive, ovvero dal “D. Lgs. 106/2009”.

Questo decreto, che ha avuto molti precedenti normativi storici (risalenti al 1955 e 1956) ed altri più recenti (D.Lgs 626/1994), recepisce in Italia, le Direttive Europee (3 agosto 2007, n. 123) in materia di tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori, coordinandole in un unico testo normativo, che prevede anche specifiche sanzioni a carico degli inadempienti.

Le principali attività del Safety Pillar si possono così schematizzare:

- analisi degli eventi
- identificazione e valutazione dei rischi
- audit interni
- miglioramenti tecnici sulle macchine e sul posto di lavoro
- formazione, addestramento e controllo

Progressivamente tutti gli appartenenti all’organizzazione dovranno essere coinvolti in un processo di sensibilizzazione crescente sugli aspetti normativi, economici ed etici.

Inoltre l’organizzazione del Safety Pillar si basa sui seguenti punti principali:

- il coinvolgimento di tutti i lavoratori: il successo dell’implementazione del sistema dipende dal raggiungimento della consapevolezza per ogni lavoratore delle responsabilità della propria sicurezza e di quella dei propri collaboratori;
- la comunicazione e la formazione: la sicurezza nasce da una corretta comunicazione (formazione ed informazione dei lavoratori);
- le competenze: il personale deve essere adeguatamente formato relativamente alle disposizioni di legge e alle modalità di lavoro sicuro.

Per questo pilastro sono previsti i ricorrenti 7 Step, preceduti dallo Step 0 (attività preliminari) così come riportato in **tabella 3.1**.

Abbiamo la fase reattiva, che comprende lo Step 1, in cui si vanno a studiare gli infortuni e le cause che li hanno originati; la fase preventiva, che comprende gli Step dal 2 al 5, in cui si studiano opportune contromisure per evitare il ripresentarsi di nuovi infortuni e si forma opportunamente il personale per evitare comportamenti che possono condurre a questi; la fase proattiva, che comprende gli Step 6 e 7, caratterizzata dalla definizione degli standard di sicurezza e relativa implementazione.

Si può notare inoltre che i primi quattro Step derivino da iniziative del Management, il quinto da iniziative individuali e gli ultimi due da iniziative di team.

**Tabella 3.1** *Gli Step del Pilastro Safety*

| <b>STEP</b> | <b>ATTIVITÀ</b>  |
|-------------|--|
| <b>0</b>    | Attività preliminari che consentono di stabilire le linee guida, le informazioni di partenza e le priorità di intervento |
| <b>1</b>    | Analisi degli infortuni e delle relative cause   |
| <b>2</b>    | Contromisure ed estensione nelle aree simili   |
| <b>3</b>    | Standard iniziali di sicurezza con la lista di tutti i problemi  |
| <b>4</b>    | Ispezione generale per la sicurezza con addestramento e formazione del personale   |
| <b>5</b>    | Ispezione autonoma adottando contromisure preventive contro i potenziali problemi  |
| <b>6</b>    | Definizione Standard autonomi di sicurezza con Ispezione complessiva del livello di sicurezza                            |
| <b>7</b>    | Implementazione del sistema di gestione della sicurezza  |

### **3.2.2 Cost Deployment**

Il pillar tecnico del Cost Deployment è il pilastro della Distribuzione dei Costi.

Uno dei principali inconvenienti delle attività di TPM, TQC, JIT e TIE è la mancanza di collegamento diretto tra il costo di queste attività e loro benefici in termini di riduzione costi.

Quindi ci si rende conto che nessun sistema è soddisfacente se non è in grado di proporre una valutazione dei costi.

I sistemi tradizionali di contabilità hanno numerosi punti deboli: spesso il Budget è definito basandosi sui risultati dell'anno precedente senza un'analisi logica; c'è il rischio che ci siano grandi differenze verso quanto definito a Budget; difficilmente evidenziano sprechi e perdite; potrebbe non esserci un chiaro collegamento tra azioni e risultati nello stabilimento; potrebbero portare ad una valutazione non appropriata dei costi generati da una bassa affidabilità delle macchine.

Il Cost Deployment permette di superare questi limiti, permettendo di:

- individuare le relazioni tra fattori di costo, processi che generano i costi ed i vari tipi di sprechi e perdite (es. guasti macchine, setup, difettosità, microfermate, ritardo nell'approvvigionamento di materiali);
- trovare relazioni tra sprechi e perdite e loro riduzioni;
- chiarire se è disponibile il know-how per la riduzione di sprechi e perdite;
- classificare i progetti sulla base dell'analisi Costo/Beneficio;

- far comprendere alle persone il valore complessivo di sprechi e perdite nei loro stabilimenti;
- generare Savings (Risparmi);
- offrire una guida ai progetti.

L'obiettivo principale dell'applicazione della metodologia del Cost Deployment è la riduzione di sprechi e perdite in tutti i processi. Andiamo quindi a definire questi due concetti.

Uno **spreco** è un uso eccessivo di risorse di input per ottenere un determinato output, quindi è fondamentalmente un eccesso della quantità di input (si pensi ad un bicchiere d'acqua pieno nel quale si continua a versare acqua).

Una **perdita** è la differenza tra l'output previsto e quello ottenuto, data una certa quantità di risorse di input. Una perdita può essere vista come input non utilizzato in modo efficace (si pensi ad un bicchiere d'acqua che presente delle fessure dalle quali fuoriesce acqua).

Questo pilastro si affida all'utilizzo di una lunga serie di matrici, che vengono di seguito presentate.

- **Matrice A:** permette l'identificazione di sprechi e perdite all'interno di un processo. In altre parole crea un collegamento tra queste due voci e il relativo processo in cui sono state riscontrate. Permette anche di individuare quali perdite sono più critiche.
- **Matrice B:** permette di separare le perdite causali e le perdite risultanti. Ogni perdita deve essere classificata come "causale" o "risultante": una perdita causale è una perdita causata da un problema di un processo o di un'attrezzatura relativamente ad un certo processo mentre una perdita risultante è una perdita che deriva da un'altra perdita in un altro processo.
- **Matrice C:** permette di tradurre le perdite riscontrate in costi. Partendo dalla Matrice B, si identificano le cause che originano le perdite relative ai vari processi, quindi queste vengono trasformate in costi tramite un'opportuna struttura di costo. I dati devono basarsi su una durata annuale di dodici mesi e bisogna in primis considerare la voce della situazione finanziaria influenzata da ogni perdita e le tariffe per la traduzione in costo della stessa.

Il valore di ogni perdita causale è il suo valore individuale più la somma del valore di tutte le perdite risultanti, ciascuna calcolata indipendentemente e con riferimento al rendiconto finanziario.

I risultati possono essere mostrati e analizzati utilizzando i grafici di Pareto che forniscono la possibilità di stratificare i dati nel modo più utile per capire dove si trova il problema o semplicemente per focalizzare l'area o il processo più critico.

- **Matrice D:** permette di identificare dei metodi per recuperare scarti e perdite. Essa mostra un elenco di tutti i progetti definiti attraverso la stratificazione della Matrice C e identifica un metodo e una strategia tecnica adeguati per eliminare la perdita attaccata; questo è il motivo per cui è noto come "Matrice Perdita – Know How". La matrice D permette di stabilire il pilastro principale responsabile della riduzione di una perdita causale, insieme ai pilastri di supporto necessari per aiutare nell'eliminazione delle perdite.

In generale, ci sono due modi per attaccare le perdite, cioè un approccio mirato/focalizzato (prevedendo effetti a breve termine) e un approccio sistematico (che richiede prospettive a lungo termine).

L'approccio focalizzato attacca aspetti specifici ed identificabili ed è generalmente sviluppato con un Kaizen (PDCA), inoltre include alcuni esempi come: PPA, SMED, Poka Yoke, ecc.

L'approccio sistematico attacca invece aspetti generali e non identificabili e non può essere definito come un Kaizen ma richiede l'applicazione step by step di un pilastro WCM alcuni esempi sono gli Step 1-3 di AM o PM e gli Step 1-3 di WO.
- **Matrice E:** permette di stimare i costi per il miglioramento e l'ammontare della possibile riduzione dei costi. Viene anche chiamata "Matrice dei progetti" poichè permette di identificare questi ultimi per attaccare le perdite. La matrice E fornisce tutte le principali informazioni su ciascun progetto, ad esempio la quantità di perdite attaccate e le previsioni di risparmio, l'area in cui si sta verificando il progetto, il pilastro interessato dal progetto e così via. Basandosi sulla Matrice D, si risale allo sforzo economico per realizzare un progetto in termini di rapporto Costi/Benefici e impatto sui KPI di stabilimento. Consente infine di stabilire su quali progetti concentrare le energie, sempre a partire da una stratificazione in base alla criticità.
- **Matrice F:** permette di stabilire un piano di miglioramento e la sua implementazione; è un follow-up dei risultati ottenuti in precedenza con l'introduzione della Matrice E. Oltre ad alcune informazioni chiave sul progetto, questa matrice fornisce dati economici per il monitoraggio di tutti i progetti di miglioramento.
- **Matrice G:** permette di avere una base per il bilancio dell'anno N+1. Essa fornisce un collegamento tra il budget finanziario e la produttività proveniente dai progetti. Questa matrice viene utilizzata per garantire l'esistenza di un piano per raggiungere l'obiettivo di produttività per l'anno successivo.

Attraverso le matrici si percorre tutto l'iter dei sette Step del pilastro.

**Tabella 3.2** *Gli Step del Pilastro Cost Deployment*

| <b>Step</b> | <b>Attività</b>   | <b>Matrice</b>       |
|-------------|---|----------------------|
| <b>1</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificare il costo totale con il supporto dell'ente Finance</li> <li>• Stabilire un target di riduzione costo</li> <li>• Stratificare il costo totale per processo</li> </ul>                   |                      |
| <b>2</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificare qualitativamente sprechi e perdite</li> <li>• Identificare sprechi e perdite sulla base di dati passati (se disponibili) o su una misura quantitativa di sprechi e perdite</li> </ul> | <b>A</b>             |
| <b>3</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Separare perdite causali e perdite risultanti</li> </ul>   | <b>B</b>             |
| <b>4</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tradurre in costo sprechi e perdite identificati</li> </ul>  | <b>C</b>             |
| <b>5</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificare i metodi per recuperare perdite e sprechi</li> </ul>  | <b>D</b>             |
| <b>6</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stimare i costi dei miglioramenti e l'ammontare della possibile riduzione di costo</li> </ul>  | <b>E</b>             |
| <b>7</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stabilire un piano di miglioramento e la sua implementazione</li> <li>• Monitoraggio e stadio successivo</li> </ul>  | <b>F</b><br><b>G</b> |

### **3.2.3 Focused Improvement**

Il pillar tecnico del Focused Improvement è il pilastro del Miglioramento Focalizzato. Viene rappresentato da un approccio focalizzato alla risoluzione di tematiche specifiche e

univocamente identificabili che si propone di ottenere un risultato a breve termine, con un beneficio elevato in termine di riduzione dei costi dovuti alle perdite e agli sprechi. Esso serve a ridurre le grandi perdite presenti nel sistema di produzione di fabbrica e a sviluppare le competenze e il know-how nel Problem Solving.

Si ricercano:

- miglioramento efficienza impianti;
- riduzione dei tempi di set-up;
- riduzione degli sprechi;
- crescita professionale e acquisizione del metodo;
- sviluppo di un'attitudine diffusa al miglioramento.

Vengono stabiliti degli indicatori, che si andranno a migliorare progressivamente, definiti come KPI (Key Performance Indicator) e KAI (Key Activity Indicator).

I KPI (Indicatori Chiave di Prestazione) sono:

- efficienza;
- produttività;

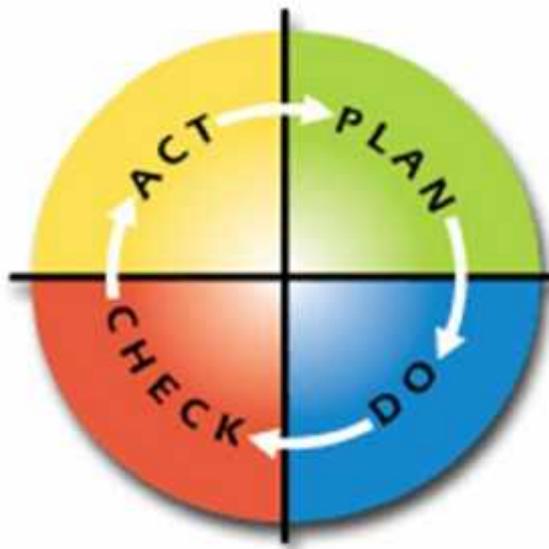
- qualità;
- sicurezza;
- saving (risparmio) atteso.

I KAI (Indicatori Chiave di Attività) sono:

- numero di suggerimenti e Kaizen;
- numero tools (strumenti) utilizzati;
- creazione knowledge (es. OPL, acronimo di one point lesson, ossia fogli illustrativi che spiegano come eseguire un'attività)
- definizione fabbisogni formativi.

Il tool (strumento) principale utilizzato dal Focused Improvement per la risoluzione dei problemi è il cosiddetto "Ciclo PDCA".

- **Plan:** pianificare. Risalire alla causa che ha generato il problema, analizzarla e capire quali contromisure andare ad adottare.
- **Do:** fare. Implementare la soluzione che si è trovata nella fase Plan e implementarla.
- **Check:** verificare. Testare i risultati e monitorarli.
- **Act:** agire. Implementare le effettive soluzioni, standardizzare, migliorare, mantenere e se possibile estendere.



*Figura 3.2 Ciclo PDCA*

Di seguito la **tabella 3.3** con i sette Step del Pilastro FI.

*Tabella 3.3 Gli Step del Pilastro Focused Improvement*

| STEP | ATTIVITÀ   |
|------|--|
| 1    | Definizione delle aree importanti                                |
| 2    | Stratificazione delle perdite                                    |
| 3    | Selezione tematica da affrontare                                 |
| 4    | Selezionare dei membri del team                                  |
| 5    | Sviluppo del progetto usando lo strumento appropriato del Kaizen |
| 6    | Analisi Costi / Benefici   |
| 7    | Follow-up ed espansione orizzontale                              |

### **3.2.4 Autonomous Maintenance & Workplace Organization**

Il pillar tecnico dell'Autonomous Maintenance & Workplace Organization è il pilastro della Manutenzione Autonoma e dell'Organizzazione del Posto di Lavoro.

In questo caso abbiamo due pilastri unificati che andiamo a presentare.

L'Autonomous Maintenance è l'insieme di tutte le attività svolte in modo indipendente da parte del conduttore di una macchina che permettono l'eliminazione delle condizioni di degrado e il mantenimento della macchina in condizioni di base, permettendo di massimizzare l'efficacia del sistema e di mantenere la condizione «Zero Breakdown». Fanno parte di queste attività: ispezioni, pulizie, controlli, sostituzioni, smontaggi, piccole riparazioni; insomma tutto ciò che permette di prevenire eventuali guasti o fermate della macchina che sono risolvibili soltanto da parte del pilastro della Professional Maintenance.

Attraverso il fattore importante del coinvolgimento dell'operatore, questi è in grado di approfondire la conoscenza dell'ambiente e della macchina con i quali è continuamente a contatto. Dunque, l'Autonomous Maintenance si occupa di incrementare l'efficienza globale degli impianti e la qualità dei prodotti, di migliorare la vita delle macchine attraverso il coinvolgimento e la collaborazione delle persone.

Di seguito la **tabella 3.4** con i sette Step dell'AM.

**Tabella 3.4** *Gli Step del Pilastro Autonomous Maintenance*

| <b>STEP</b> | <b>ATTIVITÀ</b>  |
|-------------|--|
| <b>0</b>    | Attività preliminari   |
| <b>1</b>    | Pulizia iniziale   |
| <b>2</b>    | Eliminazione delle fonti di sporco e delle aree di difficile accesso |
| <b>3</b>    | Creazione e mantenimento degli standard di pulizia e lubrificazione  |
| <b>4</b>    | Ispezione generale   |
| <b>5</b>    | Ispezione autonoma   |
| <b>6</b>    | Miglioramento degli Standard   |
| <b>7</b>    | Programma di Manutenzione Autonoma totalmente implementato           |

La seconda parte del pilastro è la Workplace Organization.

In questo caso abbiamo a che fare con l'organizzazione della postazione di lavoro in modo tale da migliorare l'attività produttiva e l'ambiente di lavoro per l'operatore.

L'obiettivo principale di questo pilastro è l'incremento della produttività nelle aree di lavoro intensivo, tenendo presente e rispettando il principio del Minimal Material Handling, dove quest'ultimo rappresenta la ricerca dell'evitare o minimizzare gli spostamenti sia di persone che di materiali.

Le attività portano anche a:

- migliorare l'ergonomia della postazione di lavoro;
- garantire la sicurezza per il personale;
- rispettare i piani di produzione;
- realizzare il livello di servizio richiesto dalla Rete.

Questo pilastro va ad attaccare una delle principali perdite riscontrabili in un impianto, ovvero il Non Valore Aggiunto. Facciamo quindi una distinzione tra Valore Aggiunto, Semi Valore Aggiunto e Non Valore Aggiunto.

Il Valore Aggiunto è il tempo necessario per eseguire le attività che trasformano e aggiungono valore al prodotto (un esempio è l'attività di assemblaggio).

Il Semi Valore Aggiunto è il tempo necessario per eseguire le attività che sono necessarie allo svolgimento dell'attività a valore aggiunto e che però non aggiungono valore al prodotto (un esempio è l'attività di carico/scarico dei pezzi dal nastro della macchina, attività che non trasforma direttamente il prodotto ma è necessaria per la lavorazione del pezzo).

In Non Valore Aggiunto è il tempo necessario per eseguire le attività che non trasformano e non aggiungono valore al prodotto (un esempio è lo spostamento effettuato da un operatore per andare ad approvvigionarsi dei pezzi grezzi).

Ci si rende conto che tutte le attività che non vanno ad aumentare il valore del prodotto rappresentano delle attività da limitare il più possibile sia perché questo lasso di tempo può essere convertito in altre attività che possono aggiungere valore al prodotto sia perché sono attività che il cliente non andrà a ripagare poiché non sono comprese nel reale valore del prodotto finale.

Andiamo a vedere quali sono gli indicatori principali:

- takt time, che rappresenta il ritmo della produzione necessario affinché si possa soddisfare la domanda del mercato. Si calcola come:

$$\text{takt time} = \frac{\text{tempo totale disponibile al giorno}}{\text{numero pezzi richiesti dal cliente al giorno}}$$

- numero operatori, che si calcola come:

$$\text{numero operatori} = \frac{\text{tempo ciclo manuale totale}}{\text{takt time}}$$

dove il tempo ciclo è definito come il tempo lavorativo manuale necessario al completamento dell'operazione di assemblaggio

- dissaturazione, che si calcola come:

$$\text{dissaturazione} = \text{takt time} - \text{tempo ciclo della linea}$$

dove il tempo ciclo della linea è determinato dal tempo ciclo dell'operazione Bottleneck (collo di bottiglia)

- sbilanciamento, che si calcola come:

$$\text{sbilanciamento} = \text{tempo ciclo operazione bottleneck} - \text{tempo ciclo operazione}$$

La Workplace Organization si avvale di importanti strumenti quali le OPL e le SOP.

OPL è l'acronimo di One Point Lesson, essa è rappresentata da un foglio illustrativo che ha l'obiettivo di consolidare la formazione e le competenze, focalizzandosi su un singolo problema, da svolgersi in poco tempo. Deve essere costituita dall'80% da immagini ed essere chiara e comprensibile.

SOP è l'acronimo di Standard Operation Procedure, essa è rappresentata da uno o una serie di fogli illustrativi che hanno l'obiettivo di mettere in grado qualsiasi operatore a svolgere l'attività descritta. Come l'OPL, deve essere costituita dall'80% da immagini ed essere chiara e intuitiva per essere compresa da chiunque.

Di seguito vengono mostrati i sette Step della WO nella **tabella 3.5**.

*Tabella 3.5 Gli Step del Pilastro Workplace Organization*

| STEP | ATTIVITÀ  |
|------|---|
| 1    | Eliminazione e prevenzione del degrado accelerato   |
| 2    | Breakdown analysis  |
| 3    | Definizione di Standard manutentivi   |
| 4    | Contromisure sui punti deboli delle macchine e allungamento della vita media dei componenti |
| 5    | Costruzione di un sistema di Manutenzione Preventiva Ciclica                                |
| 6    | Costruzione di un sistema di Manutenzione Predittiva  |
| 7    | Gestione dei costi di manutenzione e costruzione di un sistema di Manutenzione Migliorativa |

### **3.2.5 Professional Maintenance**

Il pillar tecnico della Professional Maintenance è il pilastro della Manutenzione Professionale.

Tale pilastro si occupa di andare a risolvere tutte le problematiche che si vengono a creare nell'impianto, praticamente va a rimediare ad eventuali breakdown (guasti) che sorgono durante l'attività produttiva, intervenendo tempestivamente con tecniche di prevenzione.

Gli obiettivi del pilastro sono:

- massimizzare l'efficacia delle macchine e delle linee di produzione, dove per efficacia si intende la capacità di raggiungere un determinato obiettivo, in questo caso si va a salvaguardare l'impianto dai guasti;
- massimizzare l'affidabilità e la disponibilità delle macchine (tenendo presente i costi economici) andando a rendere queste sempre pronte a lavorare;
- eliminare le attività di interventi di manutenzione straordinaria, che oltre a comportare costi extra e molte volte importanti (si richiede eventualmente l'intervento di personale esterno), prevedono anche un fermo macchina e che quindi va a togliere tempo alle attività produttive;
- raggiungere lo zero failure degli impianti (guasti, microfermate, difetti, ecc.) con la collaborazione degli addetti alla produzione.

Si mira quindi ad azzerare la presenza di guasti andando a prevenirli, con la possibilità di utilizzare delle pratiche di manutenzione che siano in grado di allungare la vita dei componenti e quindi delle macchine.

Esistono vari tipi di manutenzione:

- manutenzione a guasti
- manutenzione periodica/ciclica
- manutenzione predittiva
- manutenzione correttiva

La manutenzione a guasti implica l'intervento solo dopo che il guasto si sia verificato. Questo tipo di manutenzione può essere scelto per quei componenti per cui la macchina non ha fermate o il costo per la manutenzione preventiva su di loro è maggiore delle perdite sorte a causa dell'arresto in base al tempo (ma l'impatto in termini di sicurezza deve essere nullo). Da una parte si hanno i vantaggi di avere bassi costi, se applicata correttamente, di non avere nessuna necessità di piani d'azione ma solo la disponibilità di pezzi di ricambio, di richiedere solo competenze limitate di diagnosi e sostituzione di attività di manutenzione e di avere componenti utilizzati al massimo stress sostenibile. Dall'altra parte di hanno gli svantaggi di non avere avvertimenti precoci di guasti (ciò implica un rischio per la sicurezza), di avere perdite di produzione incontrollate e di richiedere un gran numero di addetti alla manutenzione disponibili.

La manutenzione periodica/ciclica funziona sulla macchina periodicamente secondo cicli di manutenzione con una frequenza basata su tempo o uso, al fine di prevenire guasti e interruzioni. La manutenzione ciclica/periodica è applicabile se il costo complessivo della stima è inferiore al costo di una rottura. Le attività sono spesso realizzate in relazione alle fermate di lavoro (ad esempio la pausa pranzo) al fine di ridurre al minimo il numero totale di fermate programmate. Da una parte abbiamo una Riduzione dei guasti, un uso più efficiente della manodopera e un'attività di manutenzione programmata (manodopera e materiali). Dall'altra parte non andiamo a sfruttare completamente il componente fino al massimo della sua vita e la manutenzione può non essere effettivamente necessaria.

La manutenzione predittiva si basa sul fatto che gran parte dei guasti non avviene all'improvviso poiché si possono avvertire alcuni segnali che sono precursori alla effettiva rottura (fischio udibile nel momento in cui un cuscinetto presenta notevole usura ed è vicino al limite della sua vita). In questo caso è possibile pianificare attività di manutenzione sulla base della vita lavorativa reale della macchina e non su dati statistici. Da una parte abbiamo che migliora la durata dei componenti, alcune forme di ispezione che utilizzano i 5 sensi non sono costose e sono molto semplici, ci consente di fermarsi prima che si verifichino guasti con gravi danni, la manutenzione può essere programmata e il lavoro organizzato al meglio, i pezzi di ricambio possono essere forniti prontamente. Dall'altra parte le analisi delle vibrazioni, la termografia e l'analisi degli oli richiedono strumenti specifici e competenze, le tecniche devono essere scelte con cura adeguata, è necessario un periodo di tempo per costruire il trend e stabilire un

legame con le condizioni delle strutture, richiede una buona conoscenza delle macchine e dei suoi possibili guasti.

La manutenzione correttiva prevede modifiche che consentono più manutenibilità e affidabilità delle macchine. È una combinazione tra manutenzione a guasti e pianificata. Essa non è una vera e propria tipologia di manutenzione ma più un approccio da seguire durante le attività di manutenzione per migliorare la macchina. Per usarlo nel modo appropriato, abbiamo bisogno sempre di calcolare il rapporto B/C prima del miglioramento. Essa prepara le attrezzature, gli strumenti e i pezzi di ricambio per le attività e l'accesso alla macchina alla prima fermata. Da una parte abbiamo che Alcune modifiche dell'attrezzatura possono essere economiche e funzionali e che un problema serio o ricorrente può essere risolto alla radice. Dall'altra parte la vera causa del problema potrebbe essere fraintesa, alcune modifiche proposte potrebbero essere costose e richiedere tempi di fermo prolungati per implementarle, i risultati attesi potrebbero non materializzarsi, possono verificarsi problemi imprevisti a causa del cambiamento e la risoluzione di un problema in un'area può sovraccaricare e causare problemi in un altro.

I 7 Step che riguardano la Professional Maintenance sono riportati nella **tabella 3.6** presentata di seguito:

*Tabella 3.6 Gli Step del Pilastro Professional Maintenance*

| STEP | ATTIVITÀ  |
|------|---|
| 0    | Attività preliminari di preparazione  |
| 1    | Eliminazione del deterioramento forzato e prevenzione del deterioramento accelerato           |
| 2    | Analisi guasto  |
| 3    | Definizione di Standard manutentivi   |
| 4    | Contromisure sui punti deboli delle macchine e allungamento della vita media dei componenti   |
| 5    | Costruzione di un sistema di Manutenzione periodica   |
| 6    | Costruzione di un sistema di Manutenzione Predittiva (trend management)                       |
| 7    | Gestione dei costi di manutenzione e<br>Costruzione di un sistema di Manutenzione Pianificata |

### 3.2.6 *Quality Control*

Il pillar tecnico del Quality Control è il pilastro del Controllo della Qualità.

Il Quality Control si occupa principalmente di raggiungere una soddisfazione completa del cliente attraverso l'eccellenza nella qualità. Nasce quindi dal bisogno di ridurre fortemente i difetti segnalati dal cliente e costituisce una vera e propria garanzia per la fidelizzazione con esso. In sostanza, esso mira quindi ad attuare tutte quelle azioni ed iniziative in grado di definire e tenere sotto controllo gli standard qualitativi desiderati dalla direzione aziendale che può relazionarsi con i clienti fondandosi su una base solida. Chiaramente l'attività di controllo della qualità è un'attività a non valore aggiunto, ma è fondamentale per individuare problemi e difettosità che comportano perdite per l'azienda, permettendo di individuare le cause che generano una "non conformità" di un pezzo, che può essere attribuita a diversi campi, identificati con la logica delle 4M ovvero "Man", "Method", "Material" e "Machine" (vedremo un'applicazione nel dettaglio nel capitolo successivo).

Gli obiettivi di questo pilastro sono:

- definire le condizioni idonee per avere “ZERO” difetti;
- generare gli standard operativi per mantenere tali condizioni passando da un approccio reattivo (adotto la contromisura ad un problema verificatosi), ad un approccio preventivo (prevenire problemi non ancora accaduti, mantenere il processo stabile e sotto controllo);
- aumentare le competenze dei lavoratori per risolvere e prevenire i problemi di qualità;
- Riduzione delle perdite per la non qualità.

Di seguito la **tabella 3.7** con gli Step del pilastro.

*Tabella 3.7 Gli Step del pilastro Quality Control*

| STEP | ATTIVITÀ   |
|------|--|
| 1    | Indagine sulle condizioni attuali  |
| 2    | Ripristino e miglioramento degli standard operativi                        |
| 3    | Analisi dei fattori di perdita cronici                                     |
| 4    | Riduzione e rimozione di tutte le cause di perdita cronica                 |
| 5    | Individuazione delle condizioni idonee per avere zero difetti              |
| 6    | Mantenimento delle condizioni idonee per avere zero difetti                |
| 7    | Miglioramento dei metodi di mantenimento delle condizioni per zero difetti |

Nei capitoli successivi andremo ad applicare il metodo del Quality Control relativamente ai due temi centrali della Tesi, ovvero il difetto di circolarità del pezzo meccanico della scatola cambio e il difetto di concentricità dello stesso.

### 3.2.7 *Logistics /Customer Service*

Il pillar tecnico di Logistics/Customer Service è il pilastro della Logistica / Assistenza ai clienti. È il pilastro che ha il compito di sincronizzare la produzione con le richieste del cliente, in modo da soddisfare pienamente e con precisione le esigenze di quest'ultimo. Tutto ciò deve essere fatto minimizzando i costi legati alla movimentazione e alla gestione dei materiali.

Altri principali obiettivi sono quelli di minimizzare l'inventario (le scorte in magazzino comportano oneri finanziari e ad esse è collegato il rischio di danneggiamento e invecchiamento dei prodotti) creando un flusso continuo e minimizzare il lead time, dove per lead time si intende l'intervallo di tempo necessario ad un'azienda per soddisfare una richiesta del cliente (o *customer lead time*) e quanto più questo tempo è basso, tanto più l'azienda è veloce e flessibile nell'accontentare il cliente. Occorre quindi accorciare il lead time in modo da produrre solo quello che serve, quando serve e nella quantità richiesta. Per fare ciò occorre tenere presente i seguenti passaggi:

- analizzare in maniera accurata la domanda del cliente;
- passare dal concetto di make to stock al concetto di make to order;
- avere un sistema produttivo estremamente flessibile;
- accorciare sia il manufacturing che il production lead time;
- acquistare il materiale solo quando serve (JIT);
- avere un'integrazione tra vendite, distribuzione, produzione e acquisti.

Le principali metodologie di gestione materiali sono: JIT sincrono, Kanban, pieno contro vuoto, FIFO e trasporti esterni condivisi.

I 7 Step del pilastro sono presentati nella seguente **tabella 3.8**.

**Tabella 3.8** *Gli Step del pilastro Logistics/Customer Service*

| STEP | ATTIVITÀ   |
|------|--|
| 1    | Ridisegnare le linee per soddisfare il cliente   |
| 2    | Risistemare la logistica interna                 |
| 3    | Risistemare la logistica esterna                 |
| 4    | Livellare la produzione                          |
| 5    | Perfezionare la logistica interna ed esterna     |
| 6    | Integrare rete di vendita, produzione e acquisti |
| 7    | Adottare una programmazione a sequenza           |

### **3.2.8** *Early Product /Equipment Management*

Il pillar tecnico dell'Early Product/Equipment Management è il pilastro della Gestione Anticipata di Prodotti/Attrezzature.

L'Early Equipment Management ha l'obiettivo di rendere competitivo e all'avanguardia un impianto migliorandolo continuamente andando ad anticipare eventuali problematiche che possono sorgere durante l'attività produttiva. Ciò diviene possibile nel momento in cui si vanno a progettare nuove macchine ed attrezzature tenendo presente i problemi che sono stati riscontrati nei macchinari e le attrezzature che sono state utilizzate precedentemente e che vengono sostituite.

Il pilastro si occupa quindi di fornire all'impianto una nuova macchina / attrezzatura attraverso la stretta collaborazione tra progettisti e fornitori per installare macchinari con elevata qualità d'uso e affidabili, ridurre il *Life Cycle Cost* del macchinario e velocizzare la messa a regime del nuovo macchinario.

Per quanto riguarda l'Early Product Management, vale lo stesso discorso fatto per l'Early Equipment Management ma applicato nelle nuove prospettive per i prodotti introdotti e realizzati.

Torna la stretta collaborazione tra progettisti e fornitori per introdurre velocemente nuovi prodotti nel processo produttivo, ingegnerizzare prodotti e processi e velocizzare la messa a regime della nuova produzione.

Il pilastro va quindi ad abbattere le problematiche che possono sorgere in uno stabilimento come le difettosità di produzione, difficoltà di produzione, difficoltà di manutenzione, requisiti elevati di conoscenza e competenza. Questi chiaramente possono portare a relativi costi che possono essere quindi evitati migliorando sia l'attrezzatura e le macchine che il prodotto finale stesso.

Nella seguente **tabella 3.9** sono presentati i sette Step del pilastro.

**Tabella 3.9** *Gli Step del pilastro Early Product/Equipment Management*

| <b>STEP</b> | <b>ATTIVITÀ</b>   |
|-------------|---|
| <b>1</b>    | Determinazione delle policies aziendali, Investigazione sull'efficienza degli investimenti, Pianificazione dell'attrezzatura/macchinario, Investigazione sui vari scenari   |
| <b>2</b>    | Stima dei costi degli impianti/Attrezzatura/Macchinario, Pianificazione/Tempificazione, Specifiche di base  |
| <b>3</b>    | <i>Sviluppo di progetto mediante MP design, Equipment FMEA/Process FMEA, Pianificazione completa</i>  |
| <b>4</b>    | Controllo intermedio del progetto, Verifica della pianificazione del budget, Verifica del rispetto scadenze, Verifica del rispetto delle Specifiche, Debug, Training manutenzione   |
| <b>5</b>    | Installazione dei macchinari, Verifica del posizionamento e del lay-out, Controllo dell'installazione, Installazione degli impianti ausiliari, Tubazioni e cablaggi, Istruzione e training degli operatori                            |
| <b>6</b>    | Conferma delle caratteristiche del macchinario, Verifica delle capacità e performances, Identificazione degli inconvenienti in manutenzione e operazione, Affidabilità, Manutenibilità, Operabilità, Manutenzione Autonoma, Sicurezza |
| <b>7</b>    | Initial flow control, Equipment capacity, Process capacity, Defective rate, Breakdowns, Frequent stoppages, Overall equipment efficiency  |

### **3.2.9** *People Development*

Il pillar tecnico del People Development è il pilastro dello Sviluppo Personale.

L'utilizzo dell'intera metodologia del WCM è chiaramente basata sulle capacità e sulle conoscenze delle persone che la applicano. Il People Development ha quindi un ruolo fondamentale per raggiungere gli obiettivi prefissati dalla metodologia e si occupa principalmente di formare il personale coinvolto per ottenere una corretta e accurata applicazione nei vari campi.

La formazione e il training devono basarsi ed essere priorizzate in base a:

- Problemi di sicurezza;
- Problemi di qualità;
- Perdite e sprechi;
- Guasti;
- Microfermate;
- Errori umani (impatto su vari indicatori, es. Sicurezza, qualità, guasti).

Questi problemi sono spesso legati a mancanza di competenze di risorse a vario livello della piramide gerarchica.

La formazione specifica deve essere organizzata e i risultati operativi del training devono essere attentamente valutati. A tale scopo si utilizzano vari tools (strumenti) come il TWTTP, l'HERCA e il metodo Luti.

Il TWTTP (acronimo di The Way To Teach People) è un'intervista fatta alla persona che ha generato l'errore (in genere eseguita dal responsabile diretto). Un'errata risposta a una delle domande previste evidenzia la mancanza di conoscenza/competenza. Nel caso in cui l'intervistato restituisce una o più risposte sbagliate la contromisura obbligatoria è il training.

Quando invece le 4 risposte sono corrette significa che la causa non è la mancanza di conoscenza / competenza e allora bisogna utilizzare l'HERCA per indagare sulle possibili altre cause che hanno generato il problema.

L'HERCA (acronimo di Human Error Route Cause Analysis) consiste nell'osservazione della persona mentre esegue il suo lavoro (in genere eseguita dal responsabile diretto) per evidenziare una delle altre possibili cause che hanno generato un certo problema. Alcuni esempi possono essere: scarsa attenzione (comportamento), debolezze progettuali, problemi tecnici e strumentali, tipo di organizzazione del posto di lavoro, dimenticanza. Per ogni causa esiste, ovviamente, un'adeguata contromisura.

Il metodo Luti costa di quattro fasi: Learn (imparo), Use (applico nell'impianto ciò che ho appreso nella fase Learn, valuto i risultati dell'applicazione e metto in forma scritta tutto ciò per poter creare il know-how da trasferire), Teach (sulla base di quanto appreso e scritto insegno agli altri) e Inspect (valuto l'efficacia del mio insegnamento in funzione dei risultati ottenuti a chi ho insegnato).

Di seguito la **tabella 3.10** con i sette Step del pilastro.

*Tabella 3.10 Gli Step del pilastro People Development*

| STEP | ATTIVITÀ   |
|------|--|
| 1    | Definire principi e priorità del sistema di formazione e training                            |
| 2    | Definire un sistema iniziale di formazione e training per sviluppare le competenze           |
| 3    | Sviluppare un sistema per migliorare le competenze   |
| 4    | Introdurre un sistema di training coerente per lo sviluppo delle competenze                  |
| 5    | Mettere a punto un sistema per lo sviluppo e crescita di strumenti e competenze più avanzati |
| 6    | Sviluppare competenze distintive e risorse eccezionali                                       |
| 7    | Assessment continuo finalizzato alla prosperità dell'azienda e dell'individuo                |

### 3.2.10 *Environment*

Il pillar tecnico dell'Environment è il pilastro dell'Ambiente. Questo pilastro si occupa di sviluppare, attuare e mantenere la salvaguardia dell'ambiente.

Le risorse dovranno essere utilizzate in particolare per ridurre i consumi energetici, le sostanze inquinanti e per l'applicazione delle normative ISO 14000.

Di seguito la **tabella 3.11** che presenta gli Step di pilastro.

*Tabella 3.11 Gli Step del pilastro Environment*

| STEP | ATTIVITÀ  |
|------|---|
| 1    | Comprendere le regole sull'ambiente   |
| 2    | Prevenire le contaminazioni   |
| 3    | Preparare gli standard provvisori   |
| 4    | Risparmio energetico e delle risorse, controllo delle sostanze chimiche                               |
| 5    | Fondare un sistema di gestione ambientale insieme ad un sistema di supporto                           |
| 6    | Creare un sistema per ridurre l'impatto ambientale  |
| 7    | Utilizzare il sistema di gestione ambientale per creare uno stabilimento modello in ambito ambientale |

### 3.3 *I Pilastri Manageriali*

I Pilastri Manageriali sono stati introdotti per svolgere un'attività di supporto ai pilastri tecnici. Essi sono nello stesso numero dei pilastri tecnici (10) e introducono anche l'importanza data a tutti quegli elementi come pianificazione, organizzazione, leadership e motivazione. Tali elementi permettono di superare il limite della Lean Production che non prevede questi fattori, fornendo aiuto all'applicazione dei metodi che riguardano i pilastri tecnici.

Andiamo quindi ad occuparci di questi pilastri.

#### *Management Commitment*

Il pilastro del Management Commitment si basa sul fatto che i membri del Management devono poter porsi delle domande sullo stato attuale delle attività svolte per poter gettare le basi su cui fondarsi per realizzare un'opera di mutamento, mettendosi in gioco e apprendendo attraverso l'applicazione del metodo per poter migliorare anche se stessi.

Il Commitment (impegno, affidamento) del management rappresenta il presupposto da cui partire per operare una certa "rivoluzione" negli opportuni campi e deve rappresentare una testimonianza per far in modo che l'intero personale possa metabolizzare il cambiamento. Esso può essere diviso in varie attività svolte dal management:

- trasformare gli obiettivi strategici in obiettivi operativi: si passa dunque dalla teoria alla pratica, dagli aspetti generali si passa a piani specifici che verranno applicati dal relativo personale per eventuali azioni specifiche;
- delegare le attività: con la delega, si cede potere da un livello della piramide gerarchica ad un altro più basso, permettendo un coinvolgimento e un senso di importanza che può sicuramente beneficiare all'attività svolta dal personale che viene coinvolto;
- dirigere le riunioni trasversali: è molto importante che ci sia un frequente confronto tra Management e personale operativo, in modo tale che le attività svolte dagli operatori rispecchi a pieno ciò che è stato progettato strategicamente, ci può essere ad esempio un'analisi di congruenza tra la produzione giornaliera e quello pianificata.

### ***Clarity of Objectives***

Il pilastro della Clarity of Objectives si occupa di determinare degli obiettivi che devono avere le seguenti caratteristiche:

- chiarezza: è importante che le informazioni non vengano interpretate in maniera errata per evitare l'insorgere di problemi;
- quantificazione: gli obiettivi devono essere espressi sempre in termini quantitativi e mai qualitativi;
- diffusi a tutti: tutte le persone coinvolte devono avere conoscenza degli obiettivi da perseguire e devono sentirsi alla loro portate e coinvolti.

Grazie all'attività svolta dal Cost Deployment si possono individuare le aree più critiche dal punto di vista delle perdite, quindi si possono fissare degli obiettivi da raggiungere per azzerare tali perdite e gli sprechi andando ad analizzare i KPI (indicatori chiave di performance).

Dopodichè si passa ad analizzare un confronto tra la tendenza dei KPI effettivi e quelli previsti in fase di realizzazione del progetto. Essi devono avere un carattere esecutivo per capire se la direzione presa implichi una validità del progetto. Ovviamente si tenga presente che tali informazioni devono essere non solo in possesso del Management ma anche del personale coinvolto. In questo modo tutti possono prendere atto della bontà del proprio lavoro svolto.

Se il trend non rispecchia le previsioni di progetto, allora si ricorre alla definizione di eventuali azioni correttive per riportare il treno sui binari.

Se il trend rispecchia le previsioni del progetto, tutte le persone coinvolte si troveranno davanti un importante riscontro positivo per il proprio lavoro, si vedono realizzati e si vedono ricompensanti dei propri sforzi.

Per tutti questi aspetti che sono stati considerati, possono essere quindi esposti nello stabilimento indicazioni che abbiano come oggetto sia gli obiettivi di un determinato progetto che il trend dei relativi KPI.

### ***Route Map of WCM***

La Route Map of WCM è la Mappa del Percorso del WCM.

Questa è una pianta dello stabilimento in cui viene illustrata la trasformazione dell'impianto nel breve, medio e lungo termine; essa permette di fornire una visione di massima di quello che è il cambiamento dell'impianto, chiarendo cosa è stato fatto e cosa si farà per ottenere il miglioramento perseguito dall'intera metodologia. Fornisce quindi una visione di quello che può essere il futuro dell'impianto e la direzione degli obiettivi futuri che sono stati prefissati in fase di progetto.

Questa Mappa viene realizzata tenendo presente due importanti fattori: le aspettative del cliente (la sua soddisfazione è un elemento centrale dell'intera metodologia che troviamo in vari campi) e la visione/missione dell'azienda (va a rispecchiare il modo di pensare e di agire dei suoi membri).

Dalla route map generale dello stabilimento si passa alle route map singole relative ad ogni pilastro. È importante tenere presente due aspetti:

- i pilastri tecnici e manageriali devono necessariamente dirigersi verso l'obiettivo percorrendo la stessa direzione;
- all'interno dei due campi devono essere presenti gli stessi modi di comportamento e di approccio.

Per quanto riguarda il primo punto, è necessario far presente che ci sono numerose connessioni tra i vari pilastri relativi ai due ambiti. Quindi ciò che viene realizzato in uno dei due, nella buona o nella cattiva sorte, si riflette inevitabilmente su tutto ciò che riguarda il/i palastro/i collegato/i.

Ciò viene ripreso anche dal secondo punto, sempre in termini di relazioni e interconnessioni tra i pillar, dove si deve cercare di assumere lo stesso comportamento. Si parla quindi di "bilanciamento interno", elemento necessario per far sì che gli obiettivi di tutti i pilastri vengano raggiunti.

### ***Allocation of Highly Qualified People to Model Areas***

Il pilastro dell'Allocation of Highly Qualified People to Model Areas è il pilastro che si occupa di assegnare il personale altamente qualificato alle aree modello.

Per mettere i membri del personale in condizioni di poter svolgere le attività produttive, è necessario che questi possano apprendere le nozioni fondamentali riguardanti queste ultime. Nasce quindi il bisogno di attingere dal bagaglio culturale di

personale già formato e altamente qualificato che impartisca lezioni e spieghi come condurre una determinata operazione in modo tale che la conoscenza venga trasferita da chi conosce il metodo a chi deve effettivamente svolgere le attività.

Si cerca di ottenere una sorta di "autogestione", in modo tale che il personale sia in grado di asservire correttamente le attività e possa gestire in completa autonomia eventuali problematiche che si vengono a creare.

Il pilastro si fonda su tre elementi fondamentali:

- KPI: gli indicatori di performance che permettono di valutare quantitativamente e qualitativamente il raggiungimento degli obiettivi;
- metodi e strumenti: elementi che devono essere utilizzati nel modo più opportuno possibile;
- crescita delle persone: il responsabile del pilastro deve promuovere la crescita culturale dei membri del relativo team.

### ***Commitment of the Organization***

L'impegno del Management da solo non è abbastanza per creare un ambiente in grado di permettere il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Occorre infatti che per raggiungere tale scopo sia interessata l'intera organizzazione in generale. A tutti i livelli della piramide gerarchica ci deve necessariamente essere impegno per risolvere le problematiche e raggiungere lo score.

Le attività del pilastro possono essere schematizzate come segue:

- 1 le persone devono affrontare le tematiche e le problematiche inerenti l'attività svolta utilizzando le proprie risorse e i propri mezzi cercando di mantenere un atteggiamento positivo;
- 2 si sviluppano numerosi progetti, di cui le persone conoscono il metodo e le problematiche, con l'aiuto dell'intera organizzazione generale a tutti i livelli della piramide gerarchica di azienda;
- 3 la maggioranza delle persone entra sempre più nello specifico dell'analisi dei problemi e prende parte a numerosi progetti;
- 4 il o i leader del pilastro, nel momento in cui centrano l'obiettivo, continuano a lavorare sul miglioramento del metodo e delle risorse utilizzati cercando di apportare benefici aggiuntivi;
- 5 per la maggior parte vengono utilizzati nella maniera appropriata le risorse e gli strumenti in possesso;
- 6 il processo di delega del Management ai team di pilastro diventa sempre più efficiente e veloce nelle risposte.

### ***Competence of Organization toward Improvement***

Il pilastro della Competence of Organization toward Improvement è il pilastro della Competenza dell'Organizzazione verso il Miglioramento.

Si è visto come l'obiettivo principale del World Class Manufacturing sia quello di eliminare sprechi e perdite e, se possibile, andare ad azzerarli. A tale scopo la metodologia si avvale di numerosi strumenti che, se applicati correttamente, portano alla risoluzione del problema eliminando le cause che lo hanno generato.

Per problemi di facile risoluzione si utilizza lo strumento del Quick Kaizen, con un intervento mirato e veloce; mentre, per problemi più complessi, si possono utilizzare lo Standard Kaizen, il Major Kaizen e l'Advanced Kaizen a seconda della difficoltà che sorge nell'andare a risolvere il problema.

La procedura prevede di redigere un database che contiene le informazioni relative ad una certa problematica, informazioni che riguardano il metodo, i tempi, le responsabilità e i costi inerenti, per mettere a disposizione del problem solver tutto ciò di cui dovesse avere bisogno per inquadrare il problema.

Questi dati vengono quindi raccolti e schedati e vengono forniti i metodi per poterli interpretare nella maniera più opportuna evitando fraintendimenti.

In altre parole, questo pilastro si occupa di fornire tutto il necessario per affrontare e risolvere un problema.

### ***Time and Budget***

Il pillar manageriale del Time and Budget è il pilastro del Tempo e del Budget.

Tempo e Budget sono due fattori centrali della metodologia.

Il tempo richiesto per la definizione di un progetto e per la sua realizzazione può variare in durata a seconda del tema e della problematica affrontata. È chiaro che esso sia un parametro da ridurre il più possibile per far sì che la problematica riscontrata venga risolta il prima possibile per mettersela alle spalle e dare la possibilità di continuare a svolgere l'attività relativa senza intoppi. A ciò va aggiunto che, velocizzando i tempi per risolvere una problematica, si possono concentrare le forze verso altri progetti, tenendo sempre presente la direzione verso il miglioramento.

Altro elemento fondamentale è il budget. Esso è espressione di tutte le risorse finanziarie a disposizione e rappresenta la fonte da cui attingere per coprire l'intera struttura composta dai costi. Esso è strettamente legato al concetto di efficienza, definita come la capacità di raggiungere un obiettivo con il minor utilizzo possibile di risorse messe a disposizione dal Management. Ogni progetto viene definito sulla base di un certo budget, in cui devono rientrare gli sforzi economici da affrontare.

Tutto ciò è necessario a definire le attività del pilastro, in particolare per quanto riguarda la riduzione del lead time e dei tempi di risposta. È fondamentale avere un sistema reattivo e che abbia risorse economiche a sufficienza.

### ***Level of detail***

Il pillar manageriale del Level of Detail è il pilastro del Livello di Dettaglio.

Il livello di dettaglio rappresenta una scala che espleta la specificità con la quale si affronta una problematica o un tema.

Quanto più a fondo si scava nel problema, più è possibile avvicinarsi alla causa che lo ha generato ed andare ad abbatterla definitivamente. Questo pilastro mira quindi ad eliminare le cause dei problemi utilizzando delle azioni più specifiche possibili.

I benefici che si possono raggiungere sono:

- individuare e conoscere la causa radice di un problema;
- eliminare i problemi più complessi;
- fare chiarezza su un fenomeno e definire la causa radice;
- ottenere un livello di efficienza più alto possibile, ovvero raggiungere l'obiettivo con il minimo sforzo;
- identificare la causa radice ed abbatterla grazie all'utilizzo opportuno degli strumenti messi a disposizione facendo in modo che il problema non si ripresenti più in futuro o comunque essere in possesso delle conoscenze finalizzate a sapere come risolverlo nel caso si presenti nuovamente.

### ***Level of Expansion***

Il pillar manageriale del Level of Expansion è il pilastro del Livello di Espansione.

Questo pilastro si occupa di tutte le attività inerenti la prospettiva di poter estendere un progetto relativo ad una determinata area ad altre aree dell'impianto. Grazie a questa espansione possiamo aumentare i benefici ottenibili da un determinato progetto, utilizzandolo anche per altri campi.

Tutto ciò ha inizio nel momento in cui il Cost Deployment va a stratificare le aree classificando le operazioni secondo una logica di priorità in base ai costi dalla classe AA alla classe C, passando per le classi A e B fino a comprendere tutto ciò che è presente nello stabilimento.

L'obiettivo più alto che può conseguire questo pilastro è quello di andare ad espandere anche all'esterno, quindi oltre che allo stabilimento e all'azienda in generale, anche ai fornitori interessati.

### ***Motivation of Operators***

Il pillar manageriale della Motivation of Operators è il pilastro della Motivazione degli Operatori.

L'applicazione dell'intera metodologia si fonda sulle persone che la attuano. Nasce quindi il bisogno di determinare un importante coinvolgimento degli operatori, in quanto sono loro a svolgere le attività produttive e devono sentirsi parte integrante di un sistema che li pone al centro del progetto.

Per verificare questo stato vengono utilizzati tre fattori: il numero di suggerimenti, il numero di Quick Kaizen realizzati e il tasso di assenteismo.

Ogni operatore, essendo parte integrante dell'attività produttiva, può dare indicazioni su come apportare dei miglioramenti che giovano all'intero sistema azienda e, si ripete ancora una volta, il miglioramento è perseguito dall'intera metodologia.

Esso torna anche con il secondo fattore, ossia i Quick Kaizen. Kaizen è la composizione di due termini giapponesi: "kai" e "zen". La prima vuol dire "cambiamento" o "miglioramento" mentre la seconda "buono" o "migliore".

Chi meglio dell'operatore può apportare miglioramenti all'attività?

Il tasso di assenteismo è indice della buona volontà degli operatori. Questo fattore è apprezzato quanto più è contenuto, un operatore poco assenteista è un lavoratore a cui molto probabilmente non pesa il lavoro che svolge e si sente coinvolto a pieno a beneficio di livello personale.

Tornando al coinvolgimento e quindi alla motivazione dell'operatore, è opportuno che, come già specificato in precedenza, egli sia a conoscenza degli obiettivi che devono essere aggiunti e abbia un riscontro di ciò che mette in pratica. Se il riscontro è positivo, l'operatore si sente gratificato dal proprio lavoro e ciò beneficerà sicuramente al suo umore. Se il riscontro è negativo, egli è fondamentale per riportare il progetto nella giusta direzione in quanto è a contatto diretto con le attività. Il Management deve far sentire importanti gli operatori e al centro dell'organizzazione, considerandoli come elemento imprescindibile per raggiungere uno status di eccellenza.

Un ruolo chiave viene svolto dalla formazione che si impartisce al personale contribuendo alla propria crescita individuale.

Dopo aver presentato i dieci pilastri manageriale, si analizzano gli elementi fondamentali che si possono riassumere in:

- cambiamento di mentalità;
- responsabilizzazione;
- motivazione;
- consapevolezza.

Per quanto riguarda l'elemento del cambiamento di mentalità, l'intera metodologia è il frutto di un "modo di pensare". È necessario dunque operare questo cambiamento per avere un metodo solido per poter identificare, affrontare e risolvere le problematiche che possono sorgere.

Per quanto riguarda la responsabilizzazione, esso è un elemento centrale per inquadrare la motivazione. Attraverso un sentimento di responsabilità, il personale si sente coinvolto e si va naturalmente verso il commitment, che come si è visto rappresenta l'impegno assunto da ogni membro dell'organizzazione.

Per quanto riguarda la motivazione, un operatore motivato è un operatore che è più predisposto al raggiungimento degli obiettivi prefissati. Questo fattore è raggiungibile

attraverso l'elemento della delega, a partire dai vertici fino alla base della piramide gerarchica per far sì che tutto il personale si senta chiamato in causa e motivato. Per quanto riguarda la consapevolezza, risulta necessario che ognuno abbia chiaro la destinazione finale e quindi gli obiettivi, sia specifici che generali, e che sia consapevole di cosa ci si sta occupando. Avendo chiaro ciò da cui partire e la direzione in cui si va è possibile percorrere un cammino giusto.

## 4 Applicazione operativa PSF/PDCA: difetto di circolarità

### 4.1 Applicazione della Problem Solving Formula

Abbiamo visto come il Quality Control è un pilastro tecnico del WCM che finalizza le sue attività a:

- ridurre le perdite per la non qualità;
- definire le condizioni idonee per zero difetti;
- generare gli standard operativi per mantenere tali condizioni passando da un approccio reattivo (adotto la contromisura ad un problema verificatosi), ad un approccio preventivo (prevenire problemi non ancora accaduti, al fine di mantenere il processo stabile e sotto controllo).
- migliorare continuamente le condizioni per zero difetti;
- Aumentare le competenze dei lavoratori per risolvere e prevenire i problemi di qualità.

Tutto nasce dal riscontro di una "non conformità", che si ha quando una caratteristica di un componente/prodotto finito si scosta dalle specifiche previste per soddisfare il cliente, ciò accade secondo una specifica modalità chiamata **modo di difetto**.

Questo significa che per rilevare le "non conformità" dobbiamo definire chiaramente le specifiche caratteristiche del prodotto o del componente.

Una non conformità rilevata nel processo interno può essere:

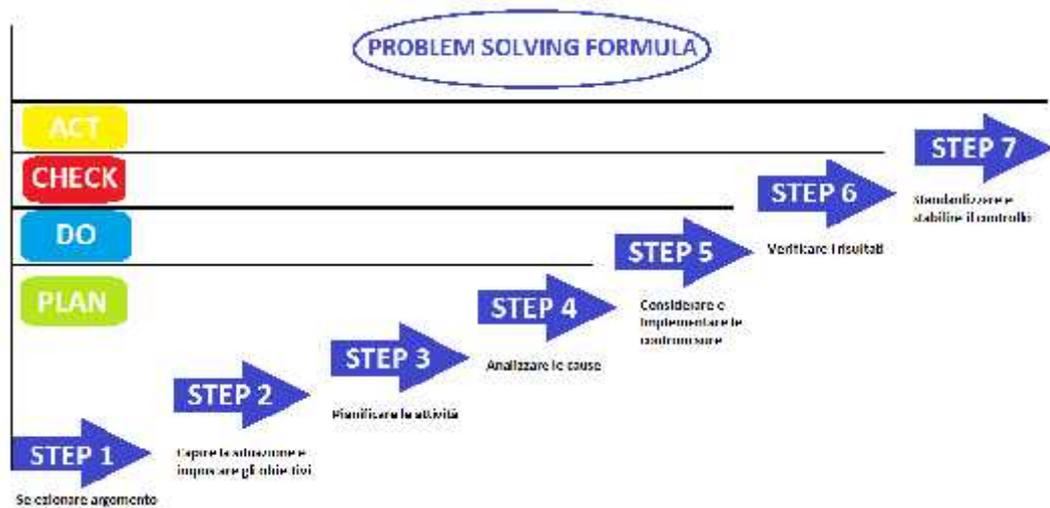
- rilevata sul processo/operazione/postazione in cui si genera;
- rilevata su un processo a valle rispetto a quello in cui si genera;
- rilevata al controllo finale del processo interno (ultimo controllo prima di lasciare il processo interno, prima della spedizione al cliente);
- rilevata sul processo del cliente;
- rilevata dal cliente utilizzatore finale.

Risulta logico che il costo relativo aumenti secondo l'ordine in cui sono stati elencati questi rilevamenti.

Nel caso in studio la non conformità è identificata come difetto di circolarità ed è rilevata al controllo finale del processo interno, la cui introduzione ha permesso di rilevare presto il difetto e contenere i costi relativi.

La Problem Solving formula è una procedura che ha l'obiettivo di risolvere una certa problematica con un approccio focalizzato sul problema, legata all'introduzione del ciclo PDCA (Plan, Do Check, Act). Essa consta di 7 Step, dei quali i primi quattro

costituiscono la fase Plan (Pianificare), il quinto coincide con la fase Do (Fare), il sesto è identificato con la fase Check (Verificare) e il settimo riguarda la fase Act (Agire).



*Figura 4.1 I 7 Step della Problem Solving Formula*

#### 4.1.1 Step 1

Con lo Step 1 ha inizio la fase Plan, ossia quella della pianificazione.

Il primo Step consiste nel selezionare l'argomento e quindi l'entità della problematica. Si va dunque a:

- identificare il problema;
- decidere l'argomento.

All'inizio dell'attività del QC Pillar ci troviamo a dover fronteggiare una serie di non conformità di diversa frequenza, diverso costo, diversa gravità, rilevati in diversi punti del processo interno o esterno.

Poiché le risorse disponibili sono quasi sempre limitate, non possiamo attaccarle tutte contemporaneamente. Risulta quindi necessario definire quali sono le non conformità prioritarie da cui iniziare l'attività che le eliminerà. Se stabilissimo la priorità basandoci sulla frequenza potremmo perdere di vista difetti che comportano costi elevati o gravità rilevanti o magari rilevati dal cliente finale. Viceversa se ci basassimo su un altro aspetto perderemmo di vista gli altri.

Per risolvere questo problema ci viene in aiuto la QA Matrix (da "Quality Assurance" ossia "Assicurazione della Qualità"). Essa, combinando insieme tutti gli aspetti che vogliamo considerare, ci consente di sintetizzarli in un unico indice, chiamato Indice di Priorità, secondo il quale andremo a classificare le non conformità utilizzando un unico diagramma di Pareto che facilmente ci indicherà da dove conviene iniziare ad attaccare le cause di problemi.

La QA Matrix è una matrice che evidenzia la correlazione tra le Non Conformità, le cause radice che le hanno generate e il processo di produzione che le ha generate.

Nella QA matrix di stabilimento devono essere elencate le principali anomalie provenienti da ciascun tipo di indicatore specificando frequenza, costi (MDO, materiali), rilevabilità cioè dove sono state riscontrate (dalla linea fino al cliente finale) e gravità dell'anomalia (impatto su sicurezza, funzionalità, ecc.). Quindi occorre prima di tutto Raccogliere tutte le anomalie provenienti da:

- indicatori esterni: esempi per FGA sono NCBs (New Car Buyers), QT (Quality Tracking), CMU (Costo Medio Unitario), MAPS (Messa a Punto Straordinaria);
- indicatori interni: esempi per FGA sono TOC (Test Ottica Cliente), ICP (Initial Customer Perception), ASSY (riparazione motore/cambio), PULL (scarrozzamento motore/cambio), Scarti interni/FTQ. Nella raccolta dati occorre definire non la non conformità (per es.: filettatura non conforme), ma il modo di difetto nel dettaglio (per es.: filetto strappato, filettatura non completa, diametro di nocciolo minorato, diametro di nocciolo maggiorato, profondità foratura maggiorata, profondità foratura minorata, ecc.).

I fattori che ci permettono di classificare i modi di difetto vengono identificati in quattro voci che vengono presentate:

- Frequenza Anomalia

Il valore della frequenza, per ogni difetto specifico, è classificato tramite un punteggio che varia tra il valore 1 (minimo) e il valore 5 (massimo). Gli intervalli di frequenza sono determinati, da ogni stabilimento, in base alla regola delle quantità e specificati nella tabella. Se la problematica è segnalata da più indicatori, inserire il dato di Frequenza maggiore.

Gli intervalli sono mostrati nella seguente **tabella 4.1**:

**Tabella 4.1** Valori della Frequenza

| <b>FREQUENZA</b>      |
|-----------------------|
| = 1 se > 0% e <= 1%   |
| = 2 se > 1% e <= 3%   |
| = 3 se > 3% e <= 10%  |
| = 4 se > 10% e <= 30% |
| = 5 se > 30%          |

- Costo

È il costo del singolo pezzo, considerando materiale e manodopera, e sono classificati secondo un valore che va da 1 (minimo) a 5 (massimo). Il numero

verrà determinato in corrispondenza del valore economico, calcolato secondo quanto definito nella seguente **tabella 4.2**.

**Tabella 4.2 Valori del Costo**

| <b>COSTO</b>                         |
|--------------------------------------|
| = 1 se $\leq 10$ euro                |
| = 2 se $> 10$ euro e $\leq 30$ euro  |
| = 3 se $> 30$ euro e $\leq 50$ euro  |
| = 4 se $> 50$ euro e $\leq 200$ euro |
| = 5 se $> 200$ euro                  |

- **Gravità**

È la voce che indica quanto pesa il problema. Il valore da inserire parte da un minimo 1 ad un massimo di 5, secondo le caratteristiche presentate nella seguente **tabella 4.3**:

**Tabella 4.3 Valori della Gravità**

| <b>GRAVITÀ</b>  |
|---|
| = 1 se Problema non avvertibile dal Cliente   |
| = 2 se Problema che provoca lieve disagio / malcontento al Cliente (es. eventuale riparazione in occasione di un intervento programmato)                    |
| = 3 se Problema che provoca forte disagio al Cliente ( richiesta di riparazione in tempi brevi)   |
| = 4 se Problema che limita fortemente il cliente nell'utilizzo della vettura ( necessaria riparazione appena possibile) e condiziona l'eventuale riacquisto |
| = 5 se Problema che provoca fermo vettura o concerne la sicurezza o comporta l'eventuale rifiuto della vettura da parte del Cliente                         |

- **Rilevazione**

La gravità del problema aumenta quando più a valle viene rilevata nel processo. E' necessario inserire il valore di gravità corrispondente a ciascuna fase del controllo del processo (definito a control plan), comprendendo, eventualmente le segnalazioni percepite dal Cliente finale, che avrà il peso maggiore.

Le aree individuate sono per es.: Postazione/UTE, Delibera finale, ICP/TOC/TDF, Cliente finale.

Si parte quindi dall'analisi della QA Matrix, che evidenzia la correlazione tra le non conformità, le cause radice che le hanno generate e il processo di produzione che le ha generate.

La matrice presenta il codice del particolare (dato sensibile omesso), la tipologia di non conformità è identificata come "scarto di lavorazione" e il problema viene individuato come "circolarità". Si veda la **figura 4.2** con l'estratto della Matrice.

| QUALITY CONTROL: QA MATRIX |                             |                              |
|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| CODICE PARTICOLARE         | TIPOLOGIA DI NON CONFORMITÀ | IDENTIFICAZIONE DEL PROBLEMA |
| xxxxxxxx                   | SCARTO LAVORAZIONE          | CIRCULARITÀ                  |

*Figura 4.2 Estratto della Matrice QA*

Vengono immessi i dati relativi alle tre voci di Frequenza, Costo e Gravità con il punteggio relativo.

| FREQUENZA            | COSTO        | GRAVITÀ      |
|----------------------|--------------|--------------|
| CALCOLO VARIABILE QA | VARIABILE QA | VARIABILE QA |
| 5                    | 3            | 5            |

*Figura 4.3 Estratto della Matrice QA*

Quindi si passa a stabilire i valori dei parametri relativi all'individuazione della non conformità, distinguendoli tra le voci di inizio ciclo, fine ciclo, audit interno, controllo supplementare e cliente finale, in ordine crescente di importanza.

| VALORE DEI PARAMENTRI CONCERNENTI L'AVVENUTA L'INDIVIDUAZIONE DELLA NON CONFORMITÀ |   |            |   |               |   |                         |   |                |   |
|--|---|------------|---|---------------|---|-------------------------|---|----------------|---|
| INIZIO CICLO   |   | FINE CICLO |   | AUDIT INTERNO |   | CONTROLLO SUPPLEMENTARE |   | CLIENTE FINALE |   |
| VALORE   | 1 | VALORE     | 2 | VALORE        | 3 | VALORE                  | 4 | VALORE         | 5 |
| SI   | 1 | SI         | 2 | SI            | 3 | SI                      | 4 | SI             | 5 |

*Figura 4.4 Estratto della Matrice QA*

I dati inseriti in precedenza permettono di calcolare l'indice di priorità assegnato al problema, pari a 1125.

|                 |
|-----------------|
| <b>PRIORITÀ</b> |
| 1125            |

*Figura 4.5 Estratto della Matrice QA*

Il punteggio di priorità ottenuto classifica il problema come molto serio e quindi da affrontare nell'immediato.

#### **4.1.2 Step 2**

Lo Step 2 è la fase in cui si cerca di capire il problema.

Qui si va a:

- raccogliere dati;
- decidere le caratteristiche per attaccare i bersagli;
- decidere l'obiettivo (valore e scadenza).

## ***Tolleranze***

La problematica oggetto di studio è relativa ad un problema di Qualità identificato come un difetto di circolarità.

Si introduce quindi il concetto di tolleranza e di difetto.

Con il termine "tolleranza" viene identificato il limite o i limiti accettabili delle variazioni di una dimensione fisica, una proprietà fisica di un oggetto manufatto, di un sistema, o di un servizio o altri valori misurati quali temperatura, umidità o tempo.

Le dimensioni, le proprietà, o le condizioni, durante la procedura di misurazione, possono variare entro certi limiti senza interferire considerevolmente con gli strumenti, con il misurando o il sistema di misurazione.

La tolleranza è specificata per permettere all'operatore di stabilire una misura con un relativo intervallo di fiducia, anche in presenza di imperfezioni e variabili dovute a grandezze di influenza, senza che la misura sia compromessa.

La forma e le dimensioni di un oggetto a disegno rappresentano delle condizioni ideali che non possono essere raggiunte con precisione assoluta. I processi di produzione sono sempre affetti da errori che fanno sì che la geometria e le dimensioni dei pezzi realizzati (forma e dimensioni reali) si discostino da quelle indicate a disegno (forma e dimensioni nominali). Nel disegno è necessario indicare i limiti massimi di variabilità consentiti (tolleranze), entro i quali è possibile accettare i pezzi.

Gli errori di realizzazione possono essere suddivisi in due macrocategorie: errori dimensionali ed errori geometrici.

Gli errori dimensionali si verificano nel momento in cui le dimensioni reali sono diverse da quelle nominali. Quindi entrano in gioco le tolleranze dimensionali.

Gli errori geometrici si verificano nel momento in cui la geometria reale (la forma) è diversa da quella nominale. Essi vengono distinti in errori macrogeometrici ed errori microgeometrici.

Per gli errori microgeometrici si parla di rugosità. Essa è la proprietà che ha una superficie di un corpo costituita da microimperfezioni geometriche intrinseche o risultanti da lavorazioni meccaniche; tali imperfezioni si presentano generalmente in forma di solchi o scalfiture, di forma, profondità e direzione variabili. La rugosità fornisce un valore di finitura superficiale medio che non discrimina però il tipo di irregolarità. Ad esempio pochi picchi elevati potrebbero sortire lo stesso effetto di molti picchi più bassi. Essa viene misurata grazie ad un rugosimetro.

Per gli errori macrogeometrici si ha a che fare con le tolleranze geometriche. Queste si dividono in: tolleranze di forma, tolleranze di orientamento, tolleranze di posizione e tolleranze di oscillazione.

- Le tolleranze di orientamento stabiliscono i limiti di variabilità di un elemento geometrico rispetto ad uno o più elementi di riferimento.

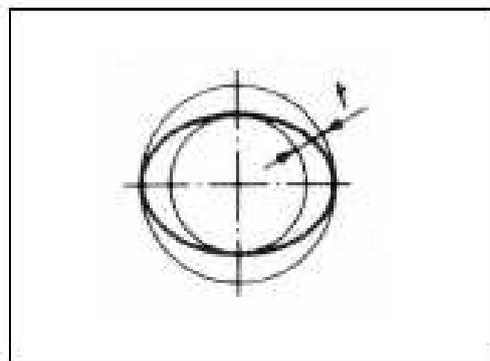
Queste sono: Parallelismo (parallelism) e Ortogonalità (perpendicularity).

- Le tolleranze di posizione stabiliscono i limiti di variabilità di un elemento geometrico rispetto ad una posizione ideale stabilita a disegno con riferimento ad uno o più elementi assunti come riferimento.  
Esse sono Localizzazione (location), Simmetria (symmetry) e Concentricità (concentricity).
- Le tolleranze di oscillazione stabiliscono i limiti di variabilità di un elemento geometrico rispetto ad una rotazione attorno ad un asse di riferimento.  
Esse sono Oscillazione circolare radiale (radial runout) e Oscillazione circolare assiale (axial run-out).
- Le tolleranze di forma stabiliscono i limiti di variabilità di un elemento geometrico rispetto alla forma ideale riportata a disegno. Sono tolleranze “assolute” (tranne alcune eccezioni) in quanto non necessitano, per essere definite, di elementi di riferimento.  
Esse sono Rettilinearità (straightness), Planarità (flatness), Circolarità (roundness) e Cilindricità (cylindricity).

In questa ultima categoria rientra il difetto che si è studiato, che è stato identificato come difetto di circolarità.

Una tolleranza di circolarità definisce una zona di tolleranza delimitata da due cerchi concentrici.

La zona di tolleranza è limitata da due cerchi concentrici i cui raggi differiscono per il valore  $t$ , come indicato nella **figura 4.6**.

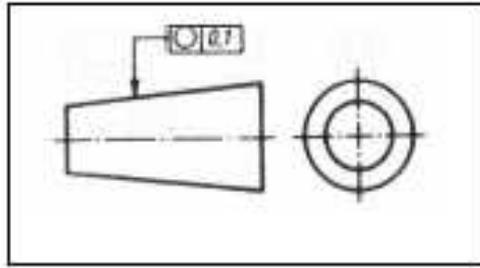


**Figura 4.6** Zona di tolleranza di circolarità

L'indicazione prevista sul disegno prevede un focus che riporti il simbolo della circonferenza e la relativa misura di tolleranza.

Nella **figura 4.7** la circonferenza di ciascuna sezione trasversale deve essere compresa tra due circonferenze complanari e concentriche i cui raggi differiscano per un certo valore prefissato. Nella figura è pari a 0.1 mm.

Nel caso in studio la tolleranza è pari a 8  $\mu\text{m}$ , cioè  $10^{-6}$  m.



**Figura 4.7** Indicazione a disegno della tolleranza di circolarità

### **Lavorazione**

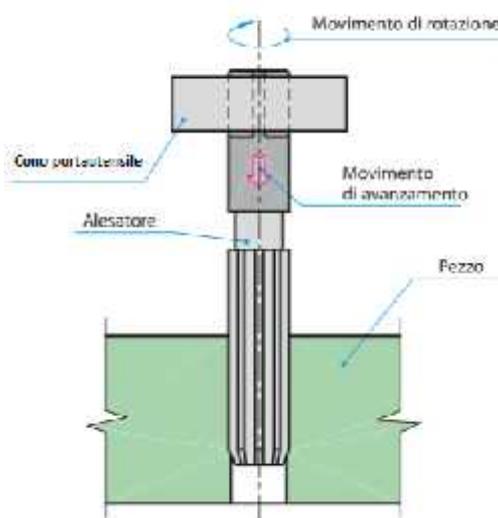
La lavorazione meccanica coinvolta è l'alesatura.

L'alesatura è una lavorazione meccanica di asportazione di truciolo. Prevede cioè l'asportazione di materiale in eccesso (truciolo), in quanto è un'operazione di finitura superficiale. Essa è una lavorazione a macchina, in quanto viene effettuata con il fondamentale utilizzo di macchine operatrici e limitati interventi dell'uomo (montaggio dei pezzi, avvio delle macchine e controllo della lavorazione). È una lavorazione a freddo poichè avviene a temperatura ambiente.

È un'operazione di finitura che si effettua successivamente alla foratura, allo scopo di perfezionarne la forma e le dimensioni. Gli utensili adoperati sono gli alesatori, azionati a mano o a macchina, nel nostro caso è la seconda.

Il moto di avanzamento è posseduto dall'utensile, il quale ruota attorno al proprio asse e lavora il diametro interno del pezzo, ottenuto precedentemente con una lavorazione di foratura. Viene impresso un moto di traslazione in direzione parallela a quella dell'asse dell'utensile e quindi del foro.

La **figura 4.8** mostra lo schema dell'utensile, che viene presentato nella **figura 4.9**.



**Figura 4.8** Schema utensile alesatore



*Figura 4.9 Utensile alesatore*

I parametri di taglio che sono utilizzati sono:

- velocità di rotazione del mandrino ( $n$ ), pari a circa 600 giri/min;
- velocità di taglio, calcolata come:

$$v_t = \pi n D$$

essa è pari a 37,7 m/min;

- avanzamento ( $a$ ), pari a 0,2 mm/giro;
- velocità di avanzamento, data da:

$$v_a = a * n$$

essa è pari a 120 mm/min.

### ***Riscontro della problematica***

Considerando il tipo di lavorazione (alesatura in tiro) e il concetto di tolleranza di circolarità, la problematica è stata riscontrata dall'attività di controllo con tamponi effettuata dagli operatori dopo la lavorazione.

Il controllo avviene applicando i tamponi Marposs al diametro oggetto della misurazione, che si rivela un'attività fondamentale per l'individuazione di problemi di lavorazione e una garanzia per il cliente.

Il tampone ha una sezione circolare con diametro circa pari al diametro che si è prefisso in fase di progetto. Vengono effettuati due controlli a pezzo per ogni turno, ognuno pari ad otto ore.

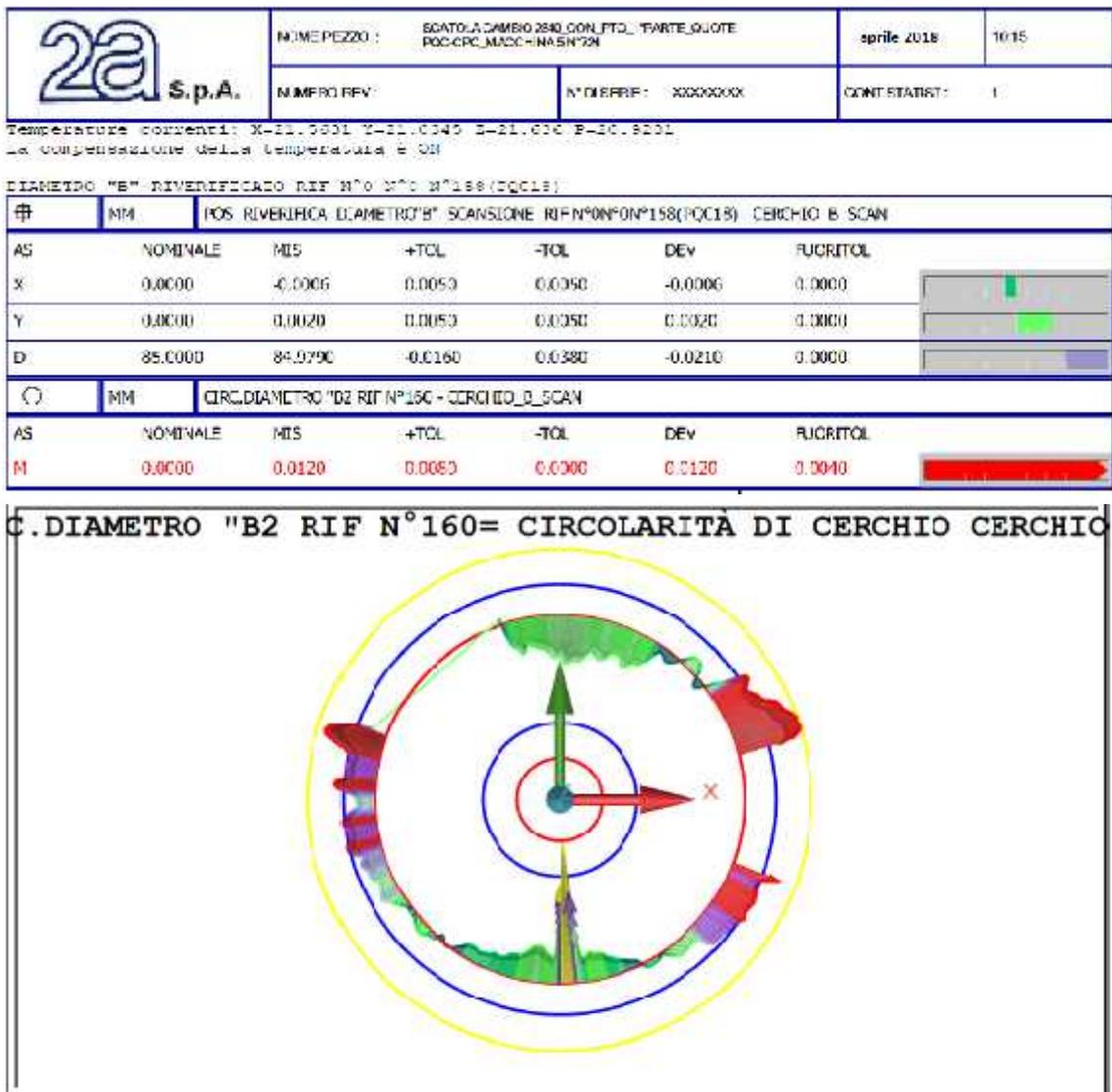
Come avviene? Il tampone viene inserito all'interno del diametro ed è in grado di rilevare i valori di diametro tramite una misurazione in due punti simmetricamente opposti.



*Figura 4.10 Foro interessato dal problema*

L'operatore esegue una rotazione del tampone, in modo tale da misurare in numerosi punti il diametro fino ad ottenere l'intero cerchio. Il software è in grado di recepire questi dati e restituire un report che lo rappresenti.

Le misurazioni hanno restituito i seguenti risultati, che hanno permesso di rilevare la difettosità: la tolleranza da rispettare ha un valore di  $8\ \mu\text{m}$ . Nel report riportato in **figura 4.11** si può vedere come abbiamo una deviazione di  $12\ \mu\text{m}$  quindi siamo fuori dalla tolleranza di  $4\ \mu\text{m}$ . Nella figura circolare abbiamo due circonferenze blu che definiscono l'area di tolleranza, la circonferenza rossa esprime il diametro medio, mentre quella gialla il valore massimo di diametro. Come si può notare le misurazioni in rosso evidenziano una fuori tolleranza rispetto al valore nominale.



*Figura 4.11 Report di fuori tolleranza pezzo*

Si passa quindi ad analizzare la carta di controllo, presentata in **figura 4.12**. Essa riporta le misurazioni dei campioni (cinque per ogni valore riportato considerando il valore medio, 18 valori in totale) in tema di diametro e raggio.

Abbiamo vari riferimenti: per il diametro abbiamo il limite superiore ed inferiore di tolleranza, il limite superiore ed inferiore centrato e il valore medio rappresentato dalla linea tratto-punto; per il raggio il limite superiore e inferiore e il valore medio rappresentato dalla linea tratto-punto. Il parametro Cp indica la ripetibilità, ossia la capacità di ottenere valori simili tra di loro. Il Cpk rappresenta la deviazione standard rispetto al valore nominale. Valori accettabili dovrebbero essere superiori all'unità, mentre un valore ottimale si aggira attorno all'1,33, ma come possiamo vedere il valore restituito dal software è pari a 0,620. Bisogna quindi necessariamente intervenire.



2A S.p.A.

Carta di controllo fuori linea  
XR Standard

|       |                      |
|-------|----------------------|
| Lotto | MACCHINA 5 APR. 2018 |
|-------|----------------------|

|                  |                             |            |                       |
|------------------|-----------------------------|------------|-----------------------|
| Scopo statistico | Produzione standard         |            |                       |
| Codice           | 8873027 no30 02/05/17 13:32 |            |                       |
| Descrizione      | Scatola cambio              |            |                       |
| Caratteristica   | 1: Dia. 85 N6 PQC 16        |            |                       |
| Tipo di limiti   | Bilaterale                  | Tolleranza | 85 -0,016 / -0,038 mm |

| Campioni            | Da 1 A 18 | Dati attuali |         | Calcolati |         |
|---------------------|-----------|--------------|---------|-----------|---------|
| Campioni utilizzati | 18        | X LSC        | 84,9779 | X LSC     | 84,9805 |
| Numerosità          | 5         | X LIC        | 84,9681 | X LIC     | 84,9650 |
| Cp                  | 0,633     | R LSC        | 0,01804 | R LSC     | 0,02849 |
| Cpk                 | -0,620    | R LIC        | 0,00000 | R LIC     | 0,00000 |
| X medio             | 84,9728   | LST          | 84,9840 | Ext X LIC | 84,9609 |
| R medio             | 0,01347   | LIT          | 84,9620 | Ext X LSC | 84,9845 |
| Sigma hat           | 0,00579   |              |         |           |         |

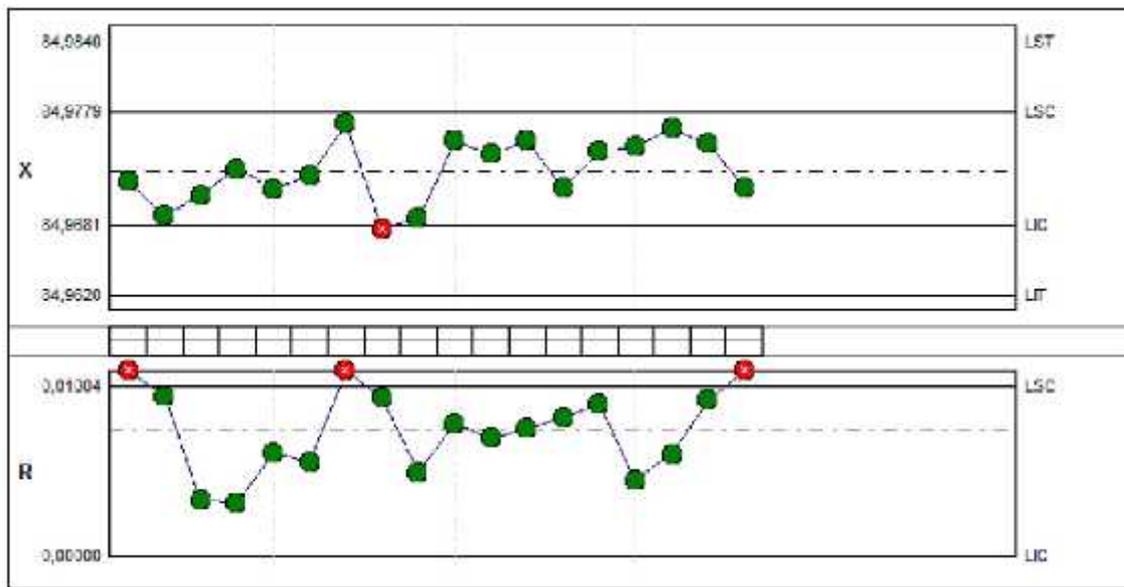


Figura 4.12 Carta di controllo

**Tool dei 5W+1H**

Il tool dei 5W+1H è lo strumento che ci serve a descrivere un problema / anomalia rilevato nei nostri processi produttivi. Con l'utilizzo delle 6 domande ci aiuta a non dimenticare nessun aspetto della descrizione del fenomeno. Una descrizione molto

dettagliata sarà molto importante nella fase di analisi delle cause radice del problema / anomalia.

Esso prevede quindi l'analisi che consta di 6 domande:

- **What/Cosa ?**  
Consiste nell'individuazione del prodotto o macchinario o attrezzatura che ha presentato il problema.  
In questo caso il prodotto è la scatola cambio, il macchinario è la Mori Seiki NH5000 e l'utensile è il T33.
- **When/Quando ?**  
Consiste nel capire quando si è verificato il problema. Si individua in quale fase del processo si è presentato il problema.  
Il problema si verifica in tutti i turni di lavoro, durante il normale funzionamento della macchina.
- **Where/Dove ?**  
Consiste nell'individuare dove si è verificato il problema. Si fa la distinzione tra attrezzatura e prodotto.  
Il problema è stato riscontrato sull'attrezzatura e quindi si ripercuote sul prodotto.
- **Who/Chi ?**  
Consiste nel capire chi si occupa dell'attività produttiva svolta, che può essere uno o più operatori o la macchina in autonomia.  
L'attività è automatizzata e viene svolta interamente dalla macchina.
- **Which/Quale ?**  
Consiste nel comprendere se il problema si sia verificato in maniera casuale oppure mostra un certo trend di riscontro.  
Il fenomeno si verifica in maniera casuale.
- **How/Come ?**  
Consiste porsi la domanda sull'integrità dell'attrezzatura e con quale frequenza si verifica il problema.  
La verifica dell'attrezzatura non mostra anomalie di alcun tipo.

Sintetizziamo i dati raccolti nello schema della **figura 4.13**.

|  |  |  |
|--|--|--|
| Linea<br>TEAM<br>Data                              | <b>Scatola cambio<br/>PM-QC-FI-PD-AM</b>   | <b>5W + 1H</b>   |
| <b>Fuori tolleranza Circolarità Scatola Cambio</b> |  |  |
| <b>What<br/>Cosa</b>                               | Quale prodotto/macchinario/attrezzatura sono coinvolti nell'attività?  | <b>Scatola cambio, CNC Mori Seiki NH5000,<br/>Utensile T33</b>                 |
| <b>When<br/>Quando</b>                             | Quando si è verificato il problema? In quale fase della sequenza di funzionamento, partenza funzionamento, arresto, ecc? | <b>In tutti i turni di lavoro, durante il<br/>funzionamento della macchina</b> |
| <b>Where<br/>Dove</b>                              | Dove si è verificato il problema? Sull'attrezzatura o sul prodotto?  | <b>Sul prodotto</b>  |
| <b>Who<br/>Chi</b>                                 | Chi svolge l'attività? Le operazioni vengono effettuate da un solo operatore o da più turni?                             | <b>L'operazione è automatica in quanto viene<br/>svolta dalla macchina</b>     |
| <b>Which<br/>Quale</b>                             | Il fenomeno si verifica in maniera del tutto casuale? È più frequente il lunedì mattina? E dopo un cambio?               | <b>Il fenomeno risulta essere casuale</b>                                      |
| <b>How<br/>Come</b>                                | Le attrezzature risultano integre? Con quale frequenza si verifica il problema?  | <b>L'attrezzatura coinvolta appare integra e in<br/>condizioni normali</b>     |

*Figura 4.13 Rappresentazione tool 5W+1H*

### 4.1.3 Step 3

Lo Step 3 è la fase in cui si stabiliscono le responsabilità e il programma da seguire. Si va a:

- decidere la suddivisione delle responsabilità;
- decidere il programma da seguire.

Definire il team di progetto è un'attività fondamentale per stabilire chi saranno gli attori della risoluzione del problema e per garantire le competenze necessarie per perseguire tale obiettivo risolutivo.

- **Capo progetto**

Il capo o la guida del progetto è identificato con il pillar leader della Qualità (Pillar Leader QC). Egli è in grado di prendere atto della problematica riscontrata e porre all'attenzione dei membri della squadra le possibili cause del problema concernenti una non conformità. Mette a disposizione del gruppo competenze tecniche e specifiche nel campo della qualità.

- **Pillar Leader PM**

Il pillar leader della Professional Maintenance offre al gruppo le competenze relative alla manutenzione che in ottica preventiva, una volta identificato il problema, agisce in modo tale da evitare futuri riscontri del problema. Egli ha l'obiettivo di assicurare il raggiungimento di obiettivi specifici sulle macchine e/o strutture e le loro prestazioni e garantire il massimo coinvolgimento delle

risorse d'impianto, sia in termini di know-how che di senso di responsabilità nei confronti delle attrezzature.

- **Pillar Leader AM**

Il pillar leader AM coordina, sviluppa e monitora i progetti del PM secondo la strategia generale del WCM. Si occupa di stabilire quali attività di manutenzione autonoma devono svolgere gli operatori, sintetizzabili in attività di ispezione e pulizia della macchina e delle attrezzature. Supporta il capo progetto nella gestione della formazione specifica e del coordinamento del team.

- **Pillar Leader CD**

Il pillar leader CD supporta il leader del team del pilastro e il PM nella scelta delle priorità. Coordina il gruppo nella gestione dei dati che alimenta la distribuzione dei costi.

- **Pillar Leader FI**

Il pillar leader FI sostiene i progetti di squadra del QC nella risoluzione di problemi specifici e focalizzati. Egli fornisce un supporto metodologico per il caso di strumenti da utilizzare, come il 5W+1H, i 5WHYS, il kaizen, ecc.

- **Addetti alla Qualità**

Fanno parte del team anche i due addetti alla qualità, che forniscono le competenze legate alla risoluzione del difetto di non conformità

### ***Analisi delle 4M***

In una prima battuta, si comincia l'analisi delle possibili cause utilizzando l'analisi delle 4M. Essa prevede la suddivisione in quattro aree (le 4 M) identificate con le voci Manpower (Manodopera), Machine (Macchina), Material (Materiale) e Method (Metodo).

Per quanto riguarda la voce Manpower, sono state analizzate le voci relative al settaggio utensili, alla modifica parametri macchina e al corretto montaggio dell'utensile.

Il setting dell'utensile prevede l'utilizzo della relativa macchina di settaggio. È stato tarato lo strumento allo zero prendendo come riferimento il pattino ed è stato spostato l'insero dell'utensile, tramite una chiave a brugola, in base ai parametri di lavoro e le tolleranze da rispettare per la lavorazione. Tale procedura è stata eseguita, senza offrire spunti per individuare un relativo problema.

Per la modifica dei parametri macchina, sono state cambiate le coordinate del pezzo in macchina, applicando modifiche al codice CNC della macchina, ma senza far risultare un problema relativo.

È infine stato verificato il corretto montaggio dell'utensile, dove non si è riscontrata alcuna anomalia.

Per quanto riguarda la voce Material, sono state verificate le voci relative alla durezza del materiale, alla presenza di inclusioni, alla presenza di soffiature e alla tipologia di lega utilizzata.

La durezza del materiale (i pezzi vengono prodotti internamente mediante la tecnica della pressofusione con stampi) non ha evidenziato motivi per i quali si abbiano cedimenti dovuti ad essa.

Per quanto riguarda la voce Machine, sono state analizzate le seguenti voci: integrità del sistema di bloccaggio dell'utensile, integrità del sistema di bloccaggio del pezzo, eventuale presenza di impurità sul cono portautensile, usura dell'utensile, gioco dei cuscinetti e idoneità del sistema di lubrifica.

La tipologia di bloccaggio dell'utensile sul mandrino prevede l'utilizzo di griffe che tengono bloccato il cono portautensili con serraggio HSK. Il cono non riporta lesioni o ammaccatura e il sistema di serraggio è funzionale. Il sistema di bloccaggio dell'utensile non mostra alcun difetto di integrità e il valore della forza di bloccaggio risulta essere idoneo.

Stesso discordo può essere fatto per il sistema di bloccaggio del pezzo, che presenta staffe di chiusura integre e un valore idoneo di forza di bloccaggio.

L'ispezione visiva non mostra la presenza di truciolo o altre impurità sul cono portautensili.

La verifica dell'usura dell'utensile non è tale da comportare problemi sulla lavorazione ed è tenuta sotto controllo da un'attività di sostituzione preventiva.

La verifica del gioco dei cuscinetti non risulta tale da provocare vibrazioni che pregiudichino la lavorazione.

Il sistema di lubrifica risulta essere funzionante, non presenta occlusioni e la temperatura del lubrificante risulta idonea.

Per quanto riguarda la voce Material, è stata analizzata la voce relativa alla durezza del materiale del pezzo.

La durezza del materiale (i pezzi vengono prodotti internamente mediante la tecnica della pressofusione con stampi) non ha evidenziato motivi per i quali si abbiano cedimenti dovuti ad essa.

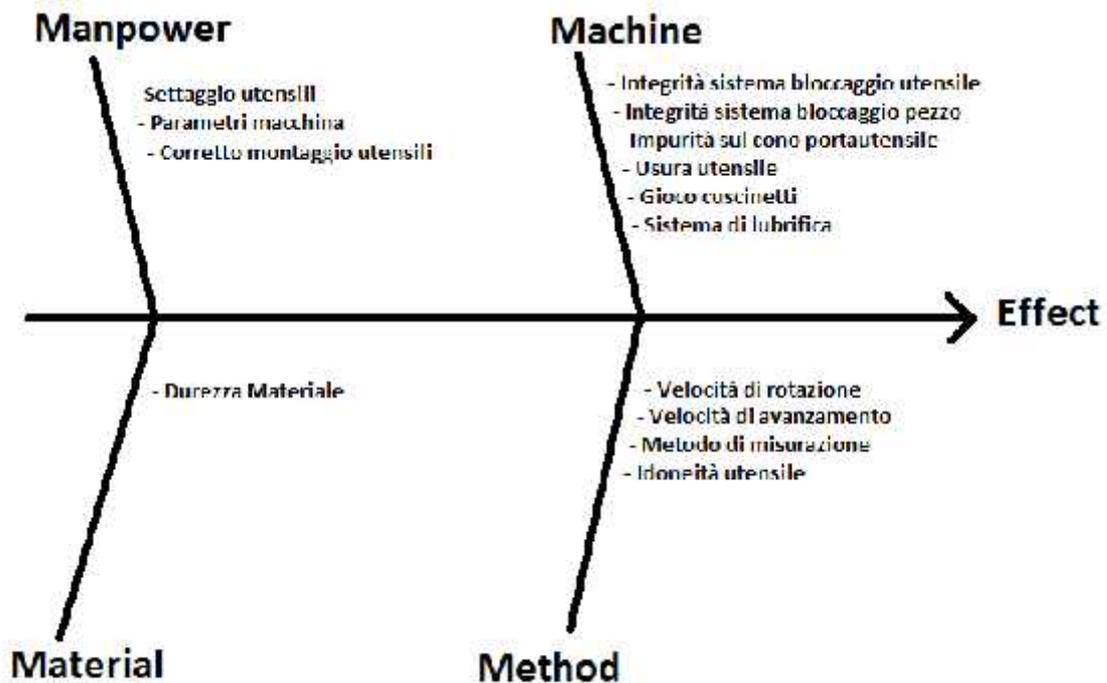
Per quanto riguarda la voce relativa al Method, sono state analizzate le voci relative a: velocità di rotazione, velocità di avanzamento, idoneità sistema di misurazione e idoneità utensile.

La velocità di rotazione è pari a circa 600 giri/min mentre la velocità di avanzamento è circa pari a 120 mm/min. Entrambi questi parametri di lavorazione sono stati stabiliti in base alle caratteristiche del materiale e dell'utensile e sono in linea con le condizioni di progetto.

Il metodo di misurazione prevede l'utilizzo di un'apposita macchina di misurazione che utilizza un software dedicato e un tastatore per la rilevazione delle misure. Esso risulta idoneo e non apporta problemi nelle misurazioni.

L'utensile usato viene utilizzato sia per la lavorazione di foratura sia per la lavorazione di finitura. L'analisi ha permesso di giudicare l'utensile troppo pesante per la seconda e di conseguenza, come vedremo, si divideranno le due operazioni attraverso l'utilizzo di due utensili, uno dedicato alla foratura e un secondo dedicato alla finitura. Ciò permette di arginare il problema del difetto di circolarità.

Di seguito la rappresentazione dell'Ishikawa Diagram, in **figura 4.14**, in cui viene sintetizzata l'analisi delle 4M.



*Figura 4.14 Ishikawa Diagram per l'analisi delle 4M*

#### 4.1.4 Step 4

Lo Step 4 è la fase in cui si ricercano le possibili cause del problema.

Si procede a:

- controllare i valori attuali delle caratteristiche;
- elencare le possibili cause;
- analizzare le cause;
- decidere gli item da affrontare.

#### **Tool dei 5WHYS**

In questo caso si utilizza il tool dei 5WHYS ossia lo strumento dei 5PERCHÈ.

I 5Whys (5 perché) non sono una tecnica di problem solving, bensì una procedura che può essere applicata per determinare la causa di un problema.

Il risultato che si ottiene dall'applicazione dei 5 perché è l'identificazione di una causa radice, a partire da un elenco più o meno esteso di possibili cause.

Con l'applicazione dei 5Whys ci si rivolge a due problemi allo stesso tempo:

- il primo riguarda il processo che ha portato al componente difettoso;
- il secondo è rivolto al sistema di controllo che non è riuscito ad identificare la problematica sui pezzi.

La mancata identificazione della difettosità è un problema indipendente rispetto alla realizzazione del componente non conforme, e come tale deve essere trattato.

Un buon modo per verificare la correttezza nell'applicazione del metodo dei 5Whys, è quello di provare a comporre una frase mettendo in sequenza i perché identificati, e valutare quindi la compiutezza del periodo così ottenuto.

Se la frase realizzata è priva di significato oppure presenta delle incongruenze, sarà necessario rivedere i cinque perché trovati, identificando possibili gap tra di essi.

Nel caso in cui invece il periodo sia dotato di senso compiuto, allora l'applicazione dei 5Whys può essere considerata corretta.

Si dovrebbe ottenere un periodo del tipo:

*“Il <Problema riscontrato> è causato da <Quinto perché>. Questo a sua volta è stato determinato da <Quarto perché>, principalmente a causa del fatto che il <Terzo perché> è nato dal <Secondo perché>, a sua volta causato dal <Primo perché>.”*

Infine un punto su cui meditare è il seguente:

*“Un problema che non può essere riprodotto è un problema che non è ancora stato risolto.”*

Al termine dei 5 perché è opportuno utilizzare la causa identificata per cercare di riprodurre il problema. Nel caso in cui questo non sia possibile c'è un'alta probabilità che non si sia ancora trovata la vera causa del problema. Se invece si riesce a riprodurre il problema di partenza, è necessario pensare a possibili azioni correttive, e congratularsi con il team per il buon lavoro svolto.

Si passa quindi all'analisi.

### ***Fenomeno anomalo: fuori tolleranza circolarità.***

- Insetto utensile
  - 1° perché
    - Insetto utensile non idoneo
  - Primo 2° perché
    - usura eccessiva
    - La verifica non riporta un'usura eccessiva.
  - Secondo 2° perché
    - durezza inserto non compatibile con il materiale del pezzo
    - La durezza dell'inserto non è tale da produrre problemi nella lavorazione.

- Attrezzatura macchina
  - 1° perché
    - attrezzatura macchina non idonea
  - Primo 2° perché
    - pressione staffe di chiusura non idonea  
La verifica accerta una pressione idonea.
  - Secondo 2° perchè
    - staffe di chiusura non integre  
Il controllo accerta l'integrità delle staffe di chiusura.
  - Terzo 2° perchè
    - corretto centraggio spine  
Il centraggio del pezzo tramite le spine risulta idoneo.
  - Quarto 2° perché
    - centralina idraulica non funzionante  
La centralina idraulica risulta essere funzionante.
  - Quinto 2° perché
    - irrigiditore pezzo non integro  
Il controllo mostra un irrigiditore integro.
- Lubrifica
  - 1° perchè
    - Lubrifica non corretta  
Il problema potrebbe derivare da una non corretta attività di lubrifica. La Temperatura del fluido e la direzione del getto non implicano complicazioni sulla lavorazione.
  - Primo 2° perchè
    - Condotti ostruiti  
Potrebbero essere presenti eventuali ostruzioni dei condotti.
  - 3° perchè
    - Pulizia condotti non corretta  
La pulizia dei condotti non presenta ostruzioni.
  - Secondo 2° perchè
    - Concentrazione emulsivo non corretta  
La causa potrebbe essere la concentrazione dell'emulsivo non corretta. Tuttavia essa risulta idonea.
  - Terzo 2° perchè
    - Temperatura di esercizio fuori range  
La temperatura di esercizio viene verificata ed è compresa nel range 25-32 °C. Essa non apporta relative problematiche dovute ad un surriscaldamento.

- Programma CNC
  - 1° perché
    - Programma CNC non idoneo  
Il programma CNC risulta corretto e non soggetto ad errore.
- Utensile
  - 1° perché
    - utensile non idoneo  
L'utensile risulta essere non idoneo.
  - 2° perché
    - Presenti vibrazioni eccessive  
Sono state riscontrate vibrazioni eccessive
  - 3° perché
    - utensile troppo pesante  
L'utensile risulta essere troppo pesante per la lavorazione di finitura.

Di seguito la **tabella 4.4** riassuntiva dell'analisi.

**Tabella 4.4** Analisi dei 5 perché

| ANALISI DEI 5 PERCHÈ                   |   |                               |           |           |
|--|---|-------------------------------|-----------|-----------|
| Fenomeno anomalo: Fuori tolleranza M18 |   |                               |           |           |
| 1° perché                              | 2° perché   | 3° perché                     | 4° perché | 5° perché |
| Insero utensile non idoneo             | <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ 1. Usura eccessiva</li> <li>⇒ 2. Utensile non compatibile con materiale pezzo</li> </ul>   |                               |           |           |
| Attrezzatura macchina non idonea       | <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ 1. Pressione staffe di chiusura non idonea</li> <li>⇒ 2. Staffe di chiusura non integre</li> <li>⇒ 3. Centraggio spine non corretto</li> <li>⇒ 4. Centralina idraulica non funzionante</li> <li>⇒ 5. Irrigiditore pezzo non integro</li> </ul> |                               |           |           |
| Lubrificazione non corretta            | <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ 1. Condotti ostruiti</li> <li>⇒ 2. Concentrazione emulsivo non corretta</li> <li>⇒ 3. Temperatura di esercizio fuori intervallo</li> </ul>   | ⇒ Pulizia condotti non idonea |           |           |
| Programma CNC non idoneo               |   |                               |           |           |
| Utensile non idoneo                    | ⇒ Vibrazioni eccessive  | ⇒ Utensile troppo pesante     |           |           |

#### **4.1.5 Step 5**

Con lo Step 5 si ha la fase Do.

In questa fase si studiano le eventuali contromisure per porre rimedio al problema e si implementano nel sistema.

Si va quindi a:

- proporre idee per contromisure;
- discutere su come mettere in atto le contromisure;
- controllare i dettagli delle contromisure;
- pianificare come implementare le contromisure;
- implementare le contromisure.

##### ***Prima contromisura***

Come prima contromisura sono stati variati i parametri macchina.

Si è proceduto quindi ad abbassare l'avanzamento da 0,2 mm/giro a 0,1 mm/giro. Di conseguenza la velocità di avanzamento è stata ridotta da 120 mm/min fino a 60 mm/min.

Tuttavia i risultati ottenuti non sono stati tali da eliminare il problema.

##### ***Seconda contromisura***

La seconda contromisura, tenendo conto l'eccessiva pesantezza dell'utensile che determina vibrazioni eccessive, si è proceduto a separare le due lavorazioni di foratura e finitura in tiro andando ad utilizzare due utensili diversi, il secondo in policristallino dedicato alla sola operazione di finitura, più leggero e quindi che produce meno vibrazioni, tale da ridurre drasticamente il problema.

#### **4.1.6 Step 6**

Lo Step 6 rappresenta la fase Check.

In questa fase di analizza il monitoraggio dell'attività produttiva.

Si procede a:

- controllare i risultati delle misure;
- confrontare i risultati con gli obiettivi;
- identificare obiettivi tangibili e intangibili.

Le misurazioni sono state condotte sempre con i tamponi Marposs, come visto in precedenza.

Le misurazioni hanno restituito i seguenti risultati, che hanno permesso di rilevare la difettosità: la tolleranza da rispettare ha un valore di 8  $\mu\text{m}$ . Nel report riportato in **figura 4.15** si può vedere come abbiamo una deviazione di 5.5  $\mu\text{m}$  quindi siamo perfettamente entro i parametri di tolleranza. Nella figura circolare abbiamo due

circonferenze blu che definiscono l'area di tolleranza, le circonferenze in azzurro esprimono il valore massimo e minimo del diametro misurato. Come si può notare le misurazioni in verde evidenziano il rispetto della tolleranza rispetto al valore nominale.

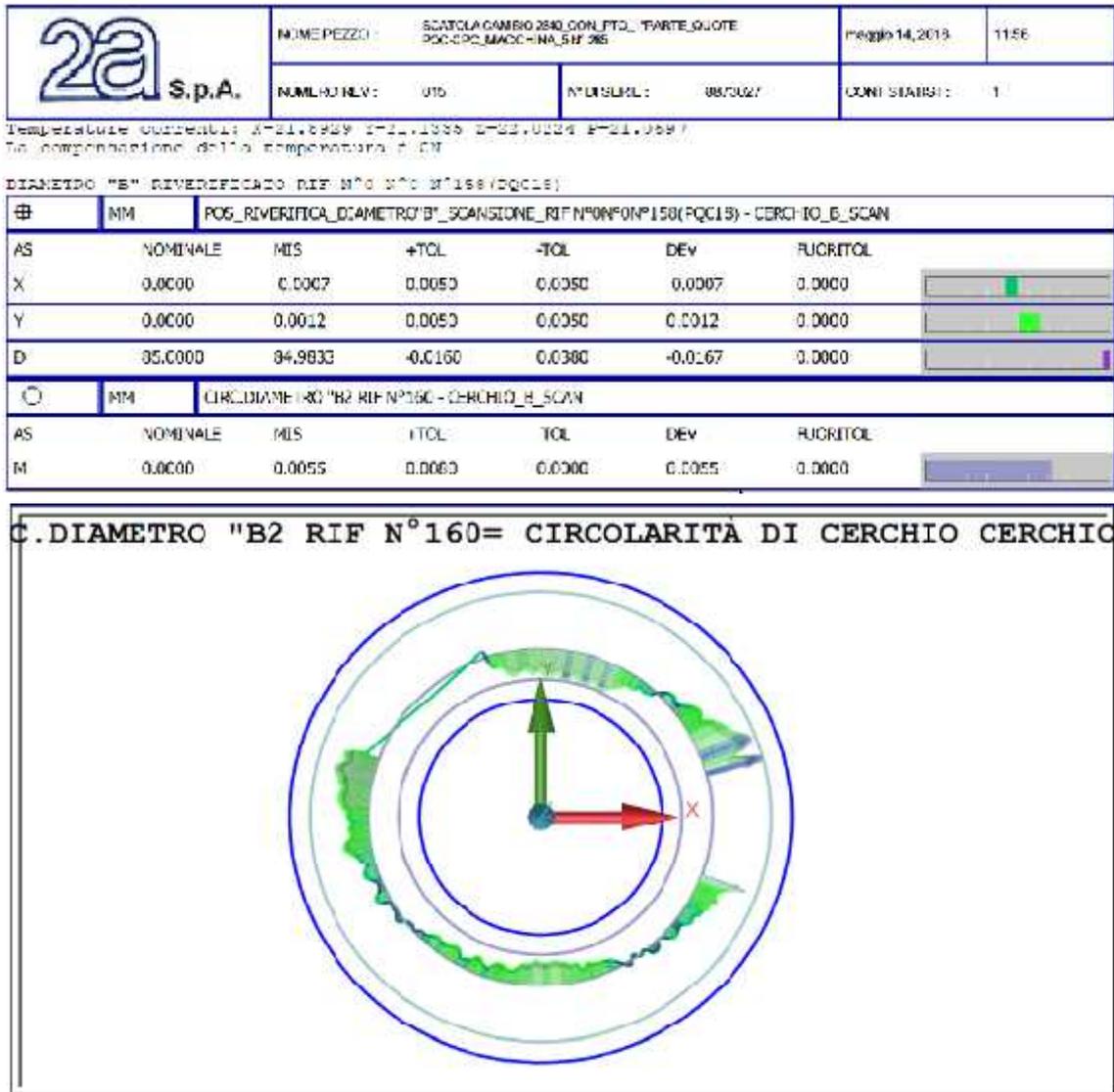
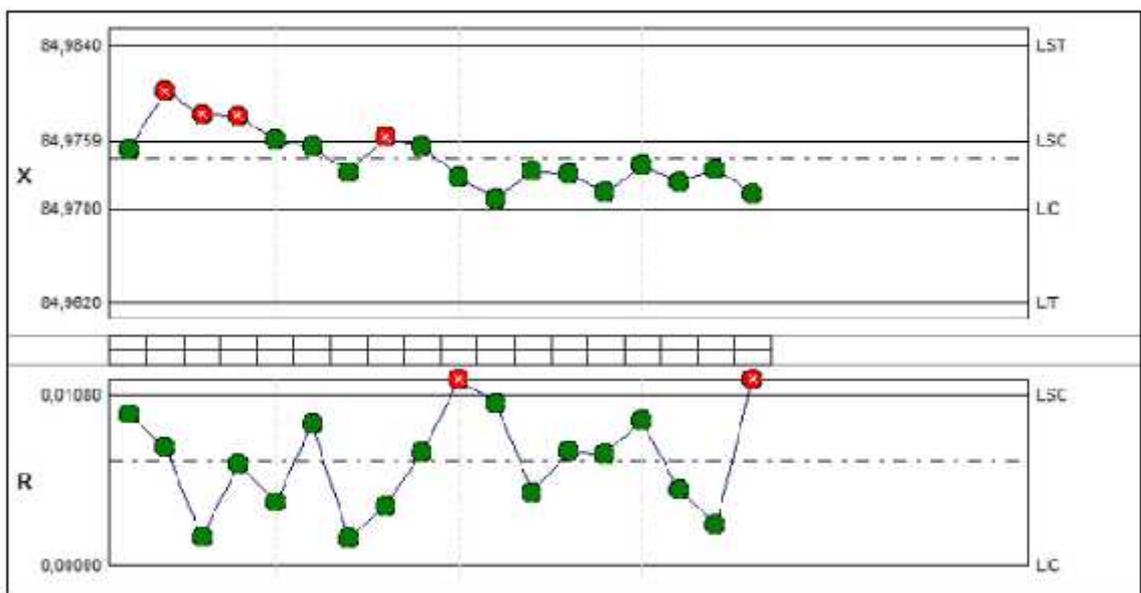
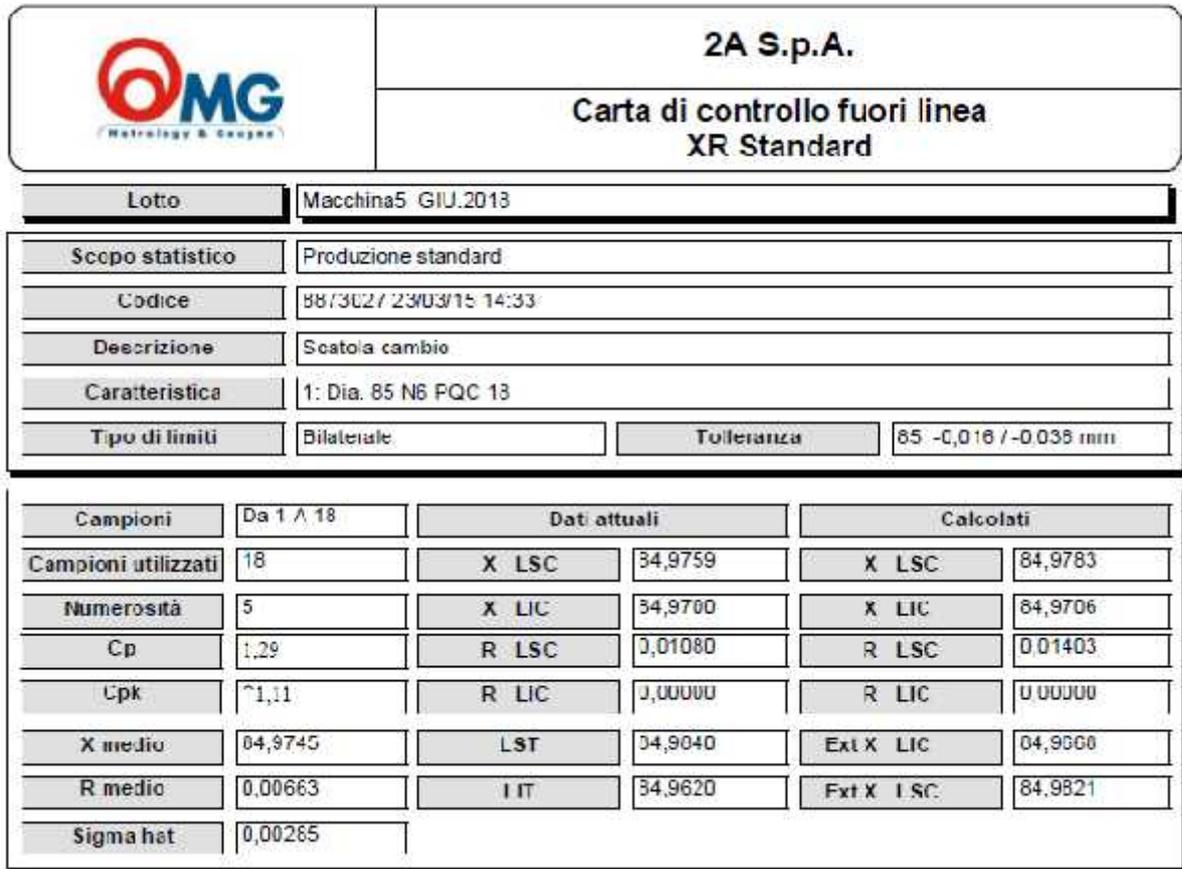


Figura 4.15 Report di tolleranza pezzo

Si passa quindi ad analizzare la carta di controllo, presentata in figura 4.16. Essa riporta le misurazioni dei campioni (cinque per ogni valore riportato considerando il valore medio, 18 valori in totale) in tema di diametro e raggio.

Il parametro Cp, che indica la ripetibilità, cresce fino ad un valore di 1,29. Il Cpk, che rappresenta la deviazione standard rispetto al valore nominale assume un valore di 1,11. Siamo ad un valore accettabile, sopra l'unità, ma non ancora all'ottimale 1,3. Analizzando il grafico possiamo notare come le prime misurazioni abbiano una deviazione piuttosto accentuata, che possiamo attribuire ad un primo assestamento del

nuovo utensile; mentre le successive misurazioni sono molto prossime al diametro medio, quindi procedendo con le misurazioni avremmo sicuramente dei valori dei parametri più elevati.



*Figura 4.16 Carta di controllo*

### **4.1.7 Step 7**

Lo Step 7 coincide con la fase Act.

In questa fase si opera la standardizzazione.

In questo caso abbiamo le seguenti attività:

- stabilire nuovi standard e rivedere quelli vecchi;
- decidere i metodi di controllo;
- educare i responsabili;
- verificare che i benefici siano mantenuti.

L'attività di standardizzazione culmina nella possibile estensione orizzontale dell'attività produttiva. Con essa si intende la possibilità di adattare la nuova sequenza di operazioni anche alle altre quattro macchine Mori Seiki nel momento in cui queste devono lavorare lo stesso pezzo. Si provvederà quindi ad implementare anche in queste il nuovo programma CNC con l'introduzione dei nuovi parametri con il nuovo utensile. L'operatore macchina deve quindi essere informato della novità e sarà il responsabile della corretta variazione della lavorazione e del corretto settaggio del nuovo utensile, l'operazione è automatizzata quindi egli non potrà incidere oltre al settaggio e alle modifiche al programma.

## **4.2 Risultati del progetto**

I risultati del progetto possono essere sintetizzati nello Standard Kaizen di progetto.

Il termine "kaizen" ha origini giapponesi ed è dato dalla composizione di due termini: "kai", che significa "cambiamento, miglioramento", e "zen", che significa "buono, migliore". In altre parole vuol dire "cambiare in meglio, miglioramento continuo".

Che cos'è?

- Esso rappresenta attività di problem solving per il miglioramento focalizzato di fenomeni di perdita specifici e può essere classificati in:
  - Quick Kaizen;
  - Standard Kaizen;
  - Major Kaizen;
  - Advanced Kaizen.

A che cosa serve?

- ad analizzare le cause dei fenomeni di perdita ed individuarne le giuste contromisure;
- ad utilizzare lo strumento di problem solving adatto di volta in volta per la risoluzione del problema specifico;

- a diffondere l'utilizzo di strumenti di miglioramento ed a sviluppare le capacità di problem solving delle persone;

Come si applica?

- utilizzando la logica PDCA (Plan, Do, Check, Act) si analizzano i fenomeni di perdita scegliendo lo strumento in funzione del livello di complessità del fenomeno da aggredire:
  - fenomeni sporadici semplici → Quick Kaizen;
  - fenomeni sporadici complessi → Standard Kaizen;
  - fenomeni cronici complessi → Major Kaizen;
  - fenomeni cronici molto complessi → Advanced Kaizen;
- al crescere della complessità del fenomeno da analizzare cresce il tempo necessario al compimento dell'attività e le tipologie di professionalità da coinvolgere nel team.

Si passa alla descrizione dello Standard Kaizen.

### ***Plan***

Nella fase plan abbiamo la descrizione del fenomeno con lo strumento del 5W+1H con le relative domande:

- What? Prodotto scatola cambio, macchina Mori Seiki NH5000, utensile T33;
- When? In tutti i turni, durante il funzionamento della macchina;
- Where? Sul prodotto;
- Who? Operazione automatica svolta interamente dalla macchina;
- Which? Fenomeno casuale;
- How? Attrezzatura integra.

La root cause è stata identificata come utensile non idoneo per la finitura con vibrazioni eccessive per la pesantezza.

Il target previsto è quello di azzerare gli scarti dovuti al fuori tolleranza di circolarità.

### ***Do***

Nella fase Do abbiamo l'analisi delle contromisure adottate.

La prima è stata quella di variare i parametri macchina, in particolare l'avanzamento e quindi la velocità di avanzamento, ma senza ottenere risultati stabili.

La seconda è stata quella di scindere le due lavorazioni di foratura e di finitura introducendo un secondo utensile dedicato e più leggero.

### ***Check***

Nella fase Check si è andato a monitorare l'attività con misurazioni tramite tamponi Marposs, ottenendo l'azzeramento degli scarti dovuti al fuori tolleranza.

## Act

Nella fase Act si è proceduto alla standardizzazione, con la variazione del programma CNC e della sequenza di lavorazione e con l'estensione orizzontale alle altre quattro macchine Mori Seiki.

| 2a E.P.A.  |  | STANDARD KAIZEN / PDCA  |   | Operative Unit  |   |
|--|--|---|---|---|---|
| Plant:   |  |   |   | Responsible Office  |   |
| Theme:   |  | FUORI TOLLERANZA CIRCOLARITÀ DIAMETRO Ø5                              |   | OK no   |   |
| <input type="checkbox"/> 2a E.P.A. (operator)  |  | <input type="checkbox"/> 2a E.P.A. (manager)                          | <input type="checkbox"/> 2a E.P.A. (operator) | <input checked="" type="checkbox"/> 2a E.P.A. (operator)  | <input type="checkbox"/> 2a E.P.A. (operator) |
| <b>PLAN</b>  |  | <b>DO</b>   |   |   |   |
| <b>Description of the phenomenon</b>   |  | <b>ROOT CAUSES</b>  |   | <b>Description of the solution</b>  |   |
| <b>What?</b> Scalate cambio Mori Seiki NH5000 T13  |  | Utensile non idoneo per finitura, vibrazioni eccessive per pesantezza |   | Variazione parametri macchina<br>Scissione delle attività di lavorazione e finitura con introduzione di un utensile in polimeri allini dedicato alla finitura più leggero |   |
| <b>When?</b> In tutti i turni durante il funzionamento   |  | <b>TARGET</b>   |   | <b>Action Plan</b>  |   |
| <b>Where?</b> Sul prodotto   |  | Aumento scarti dovuti a fuori tolleranza                              |   | Aut. 1: _____ Data: _____   |   |
| <b>Who?</b> Operazioni automatiche svolte dalla macchina   |  |   |   | Aut. 2: _____ Data: _____   |   |
| <b>How?</b> Attrezzatura Integra   |  |   |   | Aut. 3: _____ Data: _____   |   |
| Sketch:  |  |   |   | Aut. 4: _____ Data: _____   |   |
|  |  |   |   | Aut. 5: _____ Data: _____   |   |
| <b>ACT</b>   |  | <b>VERIFY RESULTS</b>   |   | <b>CHECK</b>  |   |
| <b>STANDARDISATION</b>   |  | Monitoraggio mediante control in Mappost                              |   |   |   |
| Variazione programma CNC e sequenza lavorazioni<br>Estensione orizzontale dell'attività alle 5 macchine Mori Seiki |  | Riduzione degli scarti dovuti al fuori tolleranza fino al 0%          |   |   |   |
| <b>PLAN</b>  |  |   |   |   |   |
| <input type="checkbox"/> 2a E.P.A. (operator)  |  |   |   |   |   |
| <input type="checkbox"/> 2a E.P.A. (manager)   |  |   |   |   |   |
| <input type="checkbox"/> 2a E.P.A. (operator)  |  |   |   |   |   |

Figura 4.17 Standard Kaizen di progetto

## 4.3 Analisi B/C

Per rendere giustificata l'introduzione di un nuovo utensile e la variazione del programma CNC bisogna effettuare un'analisi B/C. Essa prevede di confrontare i benefici ottenuti con i costi da affrontare per la modifica.

### Costi

I costi sono le spese da affrontare per ottenere la modifica predisposta.

Abbiamo le seguenti voci:

- costi una tantum: in questa categoria abbiamo i costi relativi allo studio della tipologia di utensile da utilizzare, la sua installazione, il relativo setting e la programmazione associata;
- costo utensile;
- costo cono portautensile;
- costo relativo all'aumento del tempo ciclo, identificato con il tempo di cambio utensile previsto e calcolato su base annuale tenendo presente il numero di

pezzi prodotti che diminuisce per le ore relative ai tre turni giornalieri per cinque giorni lavorativi a settimana per le settimane in un anno.

### ***Benefici***

I benefici corrispondono al risparmio ottenuto con la nuova introduzione dell'utensile.

- azzeramento scarti di lavorazione dovuti al fuori tolleranza, calcolato in base al numero di pezzi non più difettosi su base annuale.

### ***Rapporto***

Mettendo a rapporto le voci quantificate relative ai benefici e ai costi, si è ottenuto un rapporto pari a 4.33. Quindi con i benefici siamo riusciti a coprire più di quattro volte l'ammontare dei costi.

## 5 Applicazione operativa QM: difetto di concentricità

### 5.1 Analisi della problematica

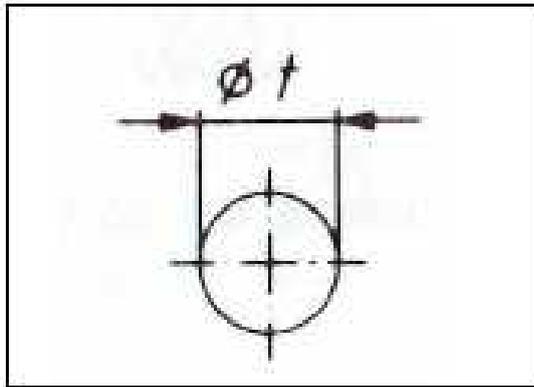
#### 5.1.1 Tolleranze

Sono state già introdotte e spiegate le tipologie di tolleranza.

In questo caso la problematica riscontrata riguarda il difetto di concentricità.

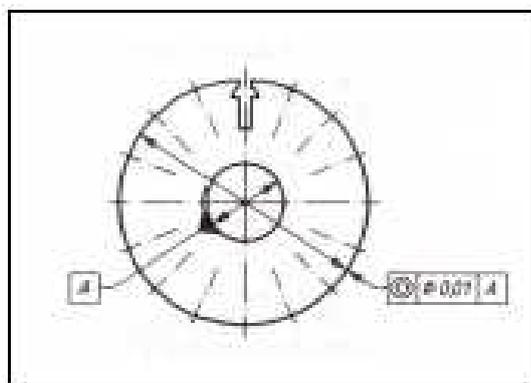
Questa rientra nella tipologia di tolleranze di posizione, dove si stabiliscono i limiti di variabilità di un elemento geometrico rispetto ad una posizione ideale stabilita a disegno con riferimento ad uno o più elementi assunti come riferimento.

La zona di tolleranza è definita da un cerchio di diametro  $t$  il cui centro coincide con il punto di riferimento, come indicato nella **figura 5.1**.



**Figura 5.1** Zona di tolleranza di concentricità

L'indicazione a disegno presenta il centro del cerchio esterno che deve essere compreso entro un cerchio di diametro 0,01 mm concentrico al centro di riferimento A (vedi **figura 5.2**).



**Figura 5.2** Indicazione a disegno della tolleranza di concentricità

### 5.1.2 *Lavorazione*

La lavorazione coinvolta è la foratura. Consiste nel ricavare un foro nel pezzo e definirlo con finitura e filettatura e viene eseguita con uno strumento che prende il nome di "trapano", esso è radiale e la struttura prevede un montante, fissato su un basamento, dove si articola un braccio che permette il moto di avanzamento dell'utensile.

La lavorazione prevede cinque fasi: la centratura, la foratura, l'allargatura, l'alesatura e la filettatura.

La centratura è un'operazione preliminare eseguita per ottenere fori ad elevata precisione eseguita tramite una punta da centri. Essa ha una parte conica che termina con un tratto a sezione circolare con diametro molto piccolo e fa in modo che la punta elicoidale possa essere posizionata esattamente sull'asse del foro. Viene impiegata quando le tolleranze sono strettissime oppure su superfici inclinate per evitare che la punta elicoidale possa scivolare dalla superficie del pezzo.

La foratura vera e propria si esegue tramite una punta elicoidale, la quale all'interno ha dei canali che partono dal codolo e arrivano alla punta stessa in cui scorre il liquido refrigerante. Genera però fori con elevata rugosità superficiale e bassa circolarità a causa delle vibrazioni torsionali e flessionali. La punta infatti deve supportare una coppia di forze resistenti e la sua snellezza tende a farla flettere.

L'allargatura è un'operazione di finitura che migliora la superficie del foro già ottenuto in precedenza. Riduce sensibilmente la rugosità superficiale e la scarsa circolarità del foro. L'utensile alesatore presenta un tagliente corto che garantisce qualità superficiale e assenza di disassamenti, inoltre presenta un'estremità conica che ha la funzione di facilitare il bloccaggio nel mandrino.

La filettatura è l'operazione che permette di creare un filetto all'interno del foro per permettere l'applicazione di elementi filettati. Essa viene eseguita mediante il maschio. Si genera un foro di diametro più piccolo del maschio leggermente conico.

Il maschio può presentare varie tipologie di denti: denti sbozzatori, che sbozzano la filettatura; denti intermedi, che svolgono la filettatura senza che ci sia ritorno elastico, e denti finitori, che tengono conto del ritorno elastico del materiale e completano la filettatura.

### 5.1.3 Riscontro della problematica



Figura 5.3 Fori interessati dal problema

I controlli effettuati sul pezzo hanno evidenziato come ci sia una discrepanza tra il centraggio del cerchio nominale e quello effettivo. Quindi il punto centrale dei due fori ottenuti non coincide e risulta fuori dalla tolleranza imposta.

La tolleranza da rispettare è pari a 8 centesimi di millimetro. La misurazione restituisce un valore pari 12 centesimi. Quindi si ha un fuori tolleranza di circa 4 centesimi di millimetro (vedi figura 5.4).

|  |   |   |                   |         |         |          |  |
|--|---|---|-------------------|---------|---------|----------|--|
|  | NOME PEZZO : SCELTA CAMBIO 2221_400300_MACCHINA 2 N° 108 (PIU' BNO)<br>ORE 6.00 |   | giugno 2018 07:44 |         |         |          |  |
|  | NUMERO INV:   | NUMERO SCEL:  | 807002128401      |         |         |          |  |
| Temperature compensati: W-23.0677 V-23.5365 Z-23.2411 P-23.3907<br>La compensazione della temperatura è ON |   |   |                   |         |         |          |  |
| POSIZIONE FORO M16X1.5 RIF N°205 N°202   |   |   |                   |         |         |          |  |
| ⊕  | MM  | (LATO DATARIO/POSTERIORE) POS_FORO1_M16X1.5_RIF N°205N°202 - CERCHIO1_M16X1.5 |                   |         |         |          |  |
| AS   | NOMINALE  | MIS   | +TOL              | -TOL    | DEV     | FUORITOL |  |
| X  | 35.5000   | 35.4292   | 0.1000            | 0.1000  | -0.0718 | 0.0000   |  |
| Z  | -51.5000  | -51.4698  | -0.1000           | -0.1000 | 0.0302  | 0.0000   |  |
| POSIZIONE FORO FITTATO M16X1.5 RIF N°205 N°201   |   |   |                   |         |         |          |  |
| ⊕  | MM  | (LATO ANTERIORE/PTO) POS_FORO3_M16X1.5_RIF N°222N°216 - CERCHIO3_M16X1.5      |                   |         |         |          |  |
| AS   | NOMINALE  | MIS   | +TOL              | -TOL    | DEV     | FUORITOL |  |
| X  | 35.5000   | 35.4806   | 0.1000            | 0.1000  | -0.0112 | 0.0000   |  |
| Z  | -51.5000  | -51.4712  | -0.1000           | -0.1000 | 0.0288  | 0.0000   |  |
| CONNESSIONE TRA FORO1 FORO3_M16X1.5 RIF N°205 (CPC22)  |   |   |                   |         |         |          |  |
| ⊙  | MM  | CONCN_RIF N°255(CPC22) - CERCHIO3_M16X1.5 SU CERCHIO1_M16X1.5                 |                   |         |         |          |  |
| AS   | NOMINALE  | MIS   | +TOL              | -TOL    | DEV     | FUORITOL |  |
| M  | 0.0000  | 0.1212  | 0.0000            | 0.0000  | 0.1212  | 0.0412   |  |

Figura 5.4 Report di fuori tolleranza

## 5.2 Il Team di Progetto

La descrizione degli interpreti del progetto è in linea con quanto esposto nella voce 4.2 del **Capitolo 4**. Si ha anche in questo caso la medesima formazione che prevede il capo progetto ossia il pillar leader QC e i membri identificati come il pillar leader PM, il pillar leader AM, il pillar leader FI, il pillar leader CD e gli addetti alla Qualità.

## 5.3 Applicazione della Quality Maintenance

Di seguito si riporta lo schema previsto dalla Quality Maintenance per la risoluzione dei problemi legati alla M della Machine.

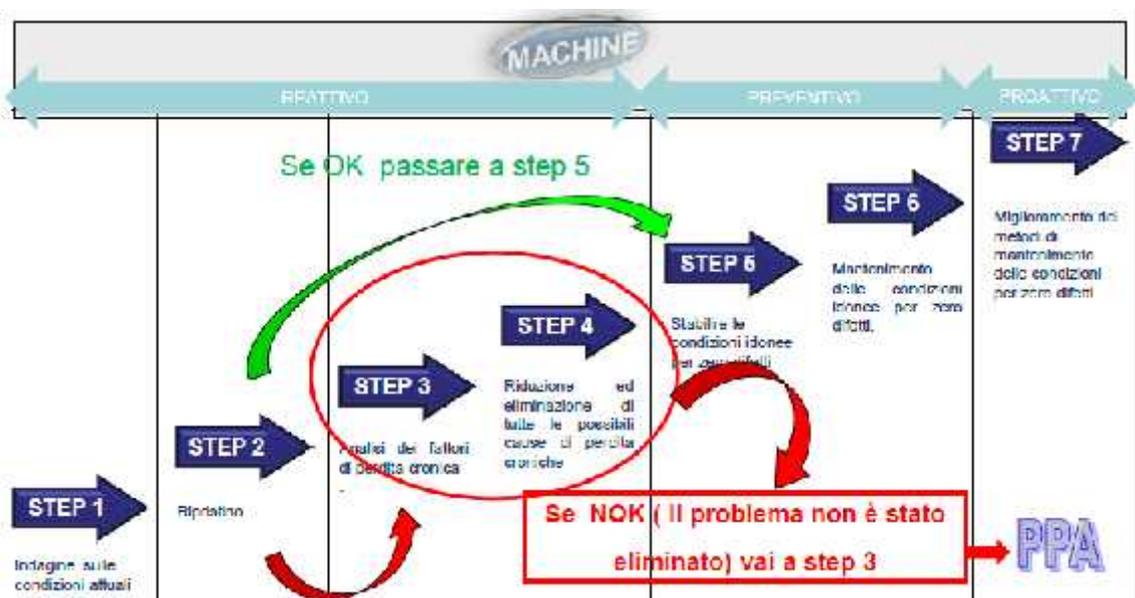


Figura 5.5 I 7 Step della Quality Maintenance

### 5.3.1 Step 1

Lo Step 1 ha l'obiettivo di interpretare le relazioni che intercorrono tra le caratteristiche degli impianti sulla Qualità, le condizioni degli impianti ed il metodo operativo adottato (QA Matrix o FMEA di processo).

I contenuti principali sono:

- Individuazione e classificazione modo di difetto;
- Il controllo della conformità delle condizioni attuali.

Si parte, anche in questo caso, dall'analisi della QA Matrix, che evidenzia la correlazione tra le non conformità, le cause radice che le hanno generate e il processo di produzione che le ha generate.

La matrice presenta il codice del particolare (dato sensibile omissivo), la tipologia di non conformità è identificata come "scarto di lavorazione" e il problema viene individuato come "concentricità". Si veda la **figura 5.6** con l'estratto della Matrice.

| QUALITY CONTROL: QA MATRIX |                              |                              |
|----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| CODICE PARTICOLARE         | TIPOLOGIA DI NON CONFORMITA' | IDENTIFICAZIONE DEL PROBLEMA |
| xxxxxxxx                   | SCARTO DI LAVORAZIONE        | CONCENTRICITÀ                |

*Figura 5.6 Estratto Matrice QA*

Vengono immessi i dati relativi alle tre voci di Frequenza, Costo e Gravità con il punteggio relativo.

| FREQUENZA            | COSTO        | GRAVITA'     |
|----------------------|--------------|--------------|
| CALCOLO VARIABILE QA | VARIABILE QA | VARIABILE QA |
| 4                    | 5            | 4            |

*Figura 5.7 Estratto Matrice QA*

Quindi si passa a stabilire i valori dei parametri relativi all'individuazione della non conformità, distinguendoli tra le voce di inizio ciclo, fine ciclo, audit interno, controllo supplementare e cliente finale, in ordine crescente di importanza.

| VALORE DEI PARAMENTRI CONCERNENTI L'AVVENUTA L'INDIVIDUAZIONE DELLA NON CONFORMITÀ |   |            |   |               |   |                         |   |                |   |
|--|---|------------|---|---------------|---|-------------------------|---|----------------|---|
| INIZIO CICLO   |   | FINE CICLO |   | AUDIT INTERNO |   | CONTROLLO SUPPLEMENTARE |   | CLIENTE FINALE |   |
| VALOR E.   | 1 | VALOR E.   | 2 | VALOR E.      | 3 | VALOR E.                | 4 | VALOR E.       | 5 |
| NO   | 1 | SI         | 2 | SI            | 3 | SI                      | 4 | SI             | 5 |

*Figura 5.8 Estratto Matrice QA*

I dati inseriti in precedenza permettono di calcolare l'indice di priorità assegnato al problema, pari a 1120.

|                 |
|-----------------|
| <b>PRIORITÀ</b> |
| 1120            |

*Figura 5.9 Estratto Matrice QA*

Il punteggio di priorità ottenuto classifica, anche in questo caso, il problema come molto serio e quindi da affrontare nell'immediato.

### 5.3.2 Step 2

Lo Step 2 ha l'obiettivo di ripristinare le corrette condizioni di lavoro a fronte di cause conosciute di perdita singola.

Si utilizza un'indagine delle condizioni di 4M (livello 2) e si ricercano le contromisure contro i difetti.

### *Analisi delle 4 M*

La suddivisione è in Manpower, Machine, Material e Method.

Per quanto riguarda la voce Manpower, sono state analizzate le voci relative al settaggio utensili, alla modifica parametri macchina e al corretto montaggio dell'utensile.

Il setting dell'utensile prevede l'utilizzo della relativa macchina di settaggio. È stato tarato lo strumento allo zero prendendo come riferimento il pattino ed è stato spostato l'insero dell'utensile, tramite una chiave a brugola, in base ai parametri di lavoro e le tolleranze da rispettare per la lavorazione. Tale procedura è stata eseguita, senza offrire spunti per individuare un relativo problema.

Per la modifica dei parametri macchina, sono state cambiate le coordinate del pezzo in macchina, applicando modifiche al codice CNC della macchina, ma senza far risultare un problema relativo.

È infine stato verificato il corretto montaggio dell'utensile, dove non si è riscontrata alcuna anomalia.

Per quanto riguarda la voce Material, sono state analizzate le voci relative alla durezza del materiale, alla presenza di inclusioni, alla presenza di soffiature e alla tipologia di lega utilizzata.

La durezza del materiale (i pezzi vengono prodotti internamente mediante la tecnica della pressofusione con stampi) non ha evidenziato motivi per i quali si abbiano cedimenti dovuti ad essa.

L'analisi del materiale non ha evidenziato alcuna inclusione dannosa, essa viene definita come qualunque materiale che è stato intrappolato all'interno di un altro materiale durante la sua formazione.

L'analisi del materiale non ha evidenziato nemmeno la presenza di eventuali soffiature. In metallurgia, essa è un difetto dei getti di fusione dovuto alla formazione di bolle d'aria o di gas durante la colata.

La tipologia di lega utilizzata è rappresentata da alluminio (Al), che presenta bassa temperatura di fusione (compresa tra i 510 ed i 650 °C), basso peso specifico, compreso tra 2,66 e 2,85 g/cm<sup>3</sup>, elevatissima conducibilità elettrica e termica e contenuto di alluminio maggiore del 70%. Sono presenti piccole percentuali di magnesio (Mg) che costituisce l'elemento legante, esso aumenta la resistenza alla corrosione in ambiente alcalino e in acqua; aumenta il grado di incrudimento e di conseguenza le caratteristiche meccaniche conferibili al materiale per deformazione a freddo. Non sono state riscontrate problematiche relative alla composizione della lega.

Per quanto riguarda la voce Method, sono state analizzate le voci relative alla dimensione del sovrametallo, alla velocità di rotazione, alla velocità di avanzamento, alla compatibilità tra utensile e materiale, alla tipologia di bloccaggio dell'utensile sul mandrino, alla tipologia di utensile utilizzato in base alla lavorazione specifica.

La dimensione del sovrametallo, cioè la quantità di metallo da asportare, è pari circa a 0,5 mm. Essa è tale da non pregiudicare l'attività dell'utensile.

La velocità di rotazione è pari a 1000 giri/min mentre la velocità di avanzamento è pari a 100 mm/min. Entrambi questi parametri di lavorazione sono stati stabiliti in base alle caratteristiche del materiale e dell'utensile e sono in linea con le condizioni di progetto. La tipologia di bloccaggio dell'utensile sul mandrino prevede l'utilizzo di griffe che tengono bloccato il cono portautensili con serraggio HSK. Il cono non riporta lesioni o ammaccatura e il sistema di serraggio è funzionale.

Per la tipologia di utensile utilizzato, si utilizza una punta in acciaio che non presenta alcun motivo di difetto.

Per quanto riguarda la voce Machine, le voci analizzate sono state: integrità del sistema di bloccaggio del pezzo, integrità visiva del mandrino, condizioni di pulizia interna della macchina, ostruzione canali del lubro-refrigerante, gioco dell'asse mandrino, Temperatura refrigerante, integrità sistema bloccaggio dell'utensile.

Il sistema di bloccaggio del pezzo prevede l'utilizzo di alcune pinze e la forza di serraggio è tale da non provocare difettosità.

Il mandrino risulta esternamente integro e non presenta imperfezioni riscontrabili da un controllo visivo.

La pulizia interna della macchina viene effettuata dall'operatore con una sequenza ciclica (si rientra nelle attività del pilastro dell'Autonomous Maintenance) ed è tale da non presentare problemi relativi.

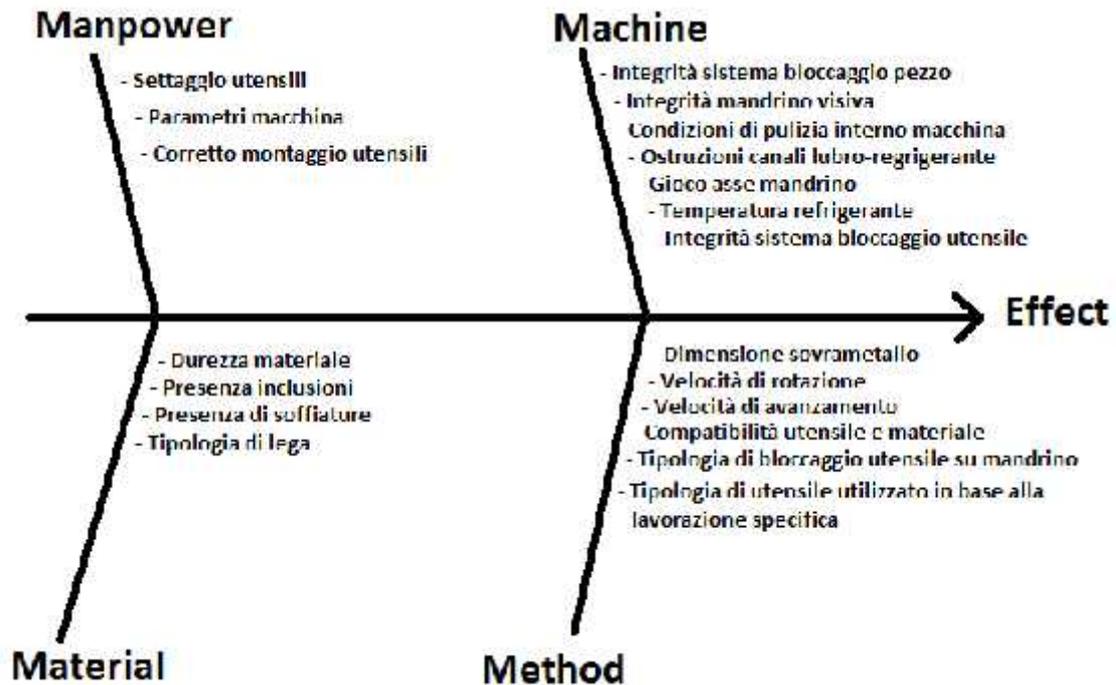
È stata verificata l'eventuale presenza di ostruzioni nel canale di lubrificazione e refrigerazione che risultano assenti.

Il gioco dell'asse mandrino risulta pressochè nullo e non implica vibrazioni o oscillazioni tali da pregiudicare l'attività.

La temperatura del refrigerante si attesta intorno ai 10 °C e viene tenuta sotto osservazione da un sensore, non presenta alcuna anomalia.

L'analisi dell'integrità del sistema di bloccaggio dell'utensile ha permesso di riscontrare un problema. Si è infatti preso visione del fatto che la molla che lavora in tiro e tiene bloccato il mandrino sia difettosa.

Tutto ciò viene rappresentato nel diagramma di Ischikawa, mostrato nella **figura 5.10**.



*Figura 5.10 Ishikawa Diagram per l'analisi delle 4M*

Dopo aver effettuato l'analisi delle 4M, si possono intraprendere due strade, in base alla conoscenza che si ha della root cause (causa radice che ha generato il problema di lavorazione):

- Root cause conosciuta;
- Root cause sconosciuta.

Nel caso in cui si ha una root cause conosciuta: studiate le condizioni attuali e ripristinate gli standard operativi mediante uno SK o MK (Step 1 e 2), è possibile procedere con l'individuazione, il mantenimento ed il miglioramento delle condizioni per 0 difetti (step 5-6-7).

Nel caso in cui la root cause sia ancora sconosciuta: è evidente che l'escalation di SK e MK non è stata efficace, dunque occorre intervenire con uno strumento avanzato per l'analisi di cause di perdita croniche, ossia la PPA (Processing Point Analysis). Soltanto dopo aver ridotto ed eliminato tutte le possibili cause di perdita croniche, è possibile procedere con gli step successivi (5-6-7).

Nel caso in studio non si è in prima battuta risaliti all'individuazione della causa radice, quindi si ricorre all'analisi PPA.

### **5.3.3 Step 3 e Step 4**

Lo Step 3 consiste nell'analisi dei fattori per le perdite croniche.

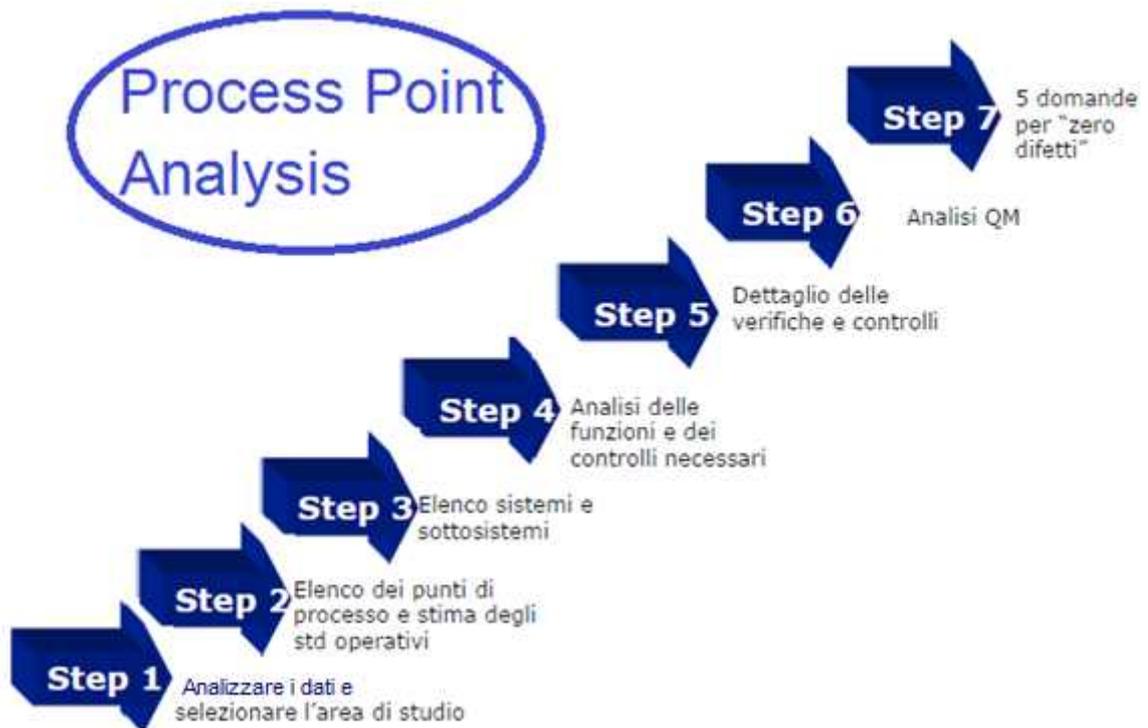
Si ricorre all'analisi PPA per ricercare la causa radice ancora sconosciuta.

La Process Point Analysis consiste nell'analisi dei punti di processo, in cui si sono generate o si possono generare non conformità di prodotto, al fine di ripristinare e migliorare gli standard operativi di lavoro per garantire le condizioni per zero difetti del processo stesso.

Le sue principali caratteristiche sono:

- strumento di miglioramento avanzato utilizzato per ripristinare condizioni operative di sistemi complessi;
- utilità nell'analisi di cause perdita croniche che influenzano performance e resa dei processi;
- è adatto particolarmente quando le perdite hanno cause multiple e correlate;
- devono essere assicurate le giuste competenze tecniche;
- le fasi (step) del progetto vengono gestite in Visual Management.

La PPA Analysis consta di ulteriori 7 Step (vedi **figura 5.11**).



*Figura 5.11 I 7 Step della Process Point Analysis*

### **Step 1**

Lo Step 1 riguarda l'analisi dei dati e la selezione dell'area di studio.

Si utilizzano gli strumenti del "5W+1H" e dei "5WHYS".

Il tool del 5W+1H consiste nell'andare a porsi delle domande relative al problema riscontrato in precedenza.

Si riesce ad analizzare tutto ciò che ruota intorno alla problematica, si descrivono i campi che essa tocca.

Si parte dalla descrizione del fenomeno. Il problema individuato è relativo al fuori tolleranza di concentricità del pezzo scatola cambio.

Si passa all'analisi ponendosi le domande riportate di seguito.

- **What/Cosa ?**  
Risponde alla domanda: quale prodotto/macchina/attrezzatura è interessata dal problema?  
In questo caso il prodotto è la scatola cambio, il macchinario è la Mori Seiki NH5000 e l'utensile è il T30.
- **When/Quando ?**  
Risponde alla domanda: quando si è verificato il problema? In quale fase della sequenza di funzionamento: partenza, funzionamento, arresto?  
Il problema si verifica in tutti i turni di lavoro, durante il normale funzionamento della macchina.
- **Where/Dove ?**  
Risponde alla domanda: dove si è verificato il problema? Sull'attrezzatura o sul prodotto?  
Il problema è stato riscontrato sul prodotto.
- **Who/Chi ?**  
Risponde alla domanda: chi svolge l'attività? Le operazioni vengono effettuate da un solo operatore o da più di uno?  
L'attività è automatizzata e viene svolta interamente dalla macchina.
- **Which/Quale ?**  
Risponde alla domanda: il fenomeno si verifica in maniera del tutto casuale? È più frequente il Lunedì? E dopo un cambio?  
Il fenomeno si verifica in maniera casuale.
- **How/Come ?**  
Risponde alla domanda: le attrezzature sono integre?  
La verifica dell'attrezzatura non mostra anomalie di alcun tipo.

Sintetizziamo i dati raccolti nello schema della **figura 5.12**.

| Descrizione del problema:                            |  |  |
|--|--|--|
| <b>Fuori Tolleranza Concentricità Scatola Cambio</b> |  |  |
| <b>What Cosa</b>                                     | Cuale prodotto/macchinario/attrezzatura sono coinvolti nell'attività?  | <b>Scatola cambio, CNC Mori Seiki NH5000, Utensile T30</b>                 |
| <b>When Quando</b>                                   | *Quando si è verificato il problema? In quale fase della sequenza di funzionamento: partenza, funzionamento, arresto, etc? | <b>In tutti i turni di lavoro, durante il funzionamento della macchina</b> |
| <b>Where Dove</b>                                    | *Dov'è verificato il problema? Sul macchinario o sul prodotto?   | <b>Sull'attrezzatura e di conseguenza sul prodotto</b>                     |
| <b>Who Chi</b>                                       | *Chi svolge l'attività? Le operazioni vengono effettuate da un solo operatore o da più di uno?                             | <b>L'operazione è automatica in quanto viene svolta dalla macchina</b>     |
| <b>Which Quale</b>                                   | *Il fenomeno si verifica in maniera del tutto casuale? E' più frequente il Lunedì mattina? E dopo un cambio?               | <b>Il fenomeno risulta essere casuale</b>                                  |
| <b>How Come</b>                                      | *Le attrezzature risultano integre? Con quale frequenza si verifica il problema?   | <b>L'attrezzatura coinvolta appare integra e in condizioni normali</b>     |

*Figura 5.12 Rappresentazione tool 5W+1H*

### **Tool dei 5WHYS**

Il secondo strumento è quello dei "5WHYS".

Come abbiamo già visto nel capitolo precedente, ci poniamo, a partire dal problema identificato, una cascata di domande che rispondono alla domanda "perché".

Il risultato che si ottiene dall'applicazione dei 5 perché è l'identificazione di una causa radice, a partire da un elenco più o meno esteso di possibili cause.

Si passa quindi all'analisi dei 5 perché.

### **Fenomeno anomalo: fuori tolleranza concentricità**

- Integrità mandrino.
  - 1° perchè
    - Integrità visiva mandrino non accertata  
In questo caso il controllo visivo mostra un mandrino integro.
- Gioco asse-mandrino.
  - 1° perchè
    - Usura della zona di innesto  
La causa potrebbe essere individuata nell'usura della zona di innesto. La verifica non ha evidenziato problemi.
  - 2° perchè
    - Anomalia numero di cicli  
Dal primo perchè potrebbe scaturire un'anomalia nel numero di cicli. Non è stata riscontrata nessuna anomalia.

- Lubrifica
  - 1° perchè
    - Lubrifica non corretta  
Il problema potrebbe derivare da una non corretta attività di lubrifica. La Temperatura del fluido e la direzione del getto non implicano complicazioni sulla lavorazione.
  - Primo 2° perchè
    - Condotti ostruiti  
Potrebbero essere presenti eventuali ostruzioni dei condotti.
  - 3° perchè
    - Pulizia condotti non corretta  
La pulizia dei condotti non presenta ostruzioni.
  - Secondo 2° perchè
    - Concentrazione emulsivo non corretta  
La causa potrebbe essere la concentrazione dell'emulsivo non corretta. Tuttavia essa risulta idonea.
  - Terzo 2° perchè
    - Temperatura di esercizio fuori range  
La temperatura di esercizio viene verificata ed è compresa nel range 25-32 °C. Essa non apporta relative problematiche dovute ad un surriscaldamento.
- Integrità sistema bloccaggio utensile non accertata
  - 1° perchè
    - Integrità sistema bloccaggio utensile  
Essa non è stata accertata.
  - Primo 2° perchè
    - Porta utensile non integro  
Potrebbe esserci un cono portautensile rotto o ammaccato. Dopo la verifica il cono non riporta lesioni o ammaccature.
  - Secondo 2° perchè
    - Gioco eccessivo  
Il gioco del mandrino non è tale da pregiudicare la lavorazione.
  - 3° perchè
    - Usura zone di innesto di accoppiamento  
Le zone di innesto di accoppiamento non presentano eccessiva usura.
  - Terzo 2° perchè
    - Forza di tenuta non corretta  
La forza di chiusura non risulta avere un valore idoneo.

- 3° perchè
  - Componenti di esercizio difettosi  
Quindi potrebbero esserci componenti di esercizio difettosi.
- 4° perchè
  - Componenti non integri  
I componenti potrebbe essere rotti e l'utensile non è ben bloccato.

Di seguito la **tabella 5.1** con la schematizzazione dell'analisi dei 5 perchè.

**Tabella 5.1** Analisi dei 5 perchè

| ANALISI DEI 5 PERCHÈ                   |   |  |                             |           |
|--|---|--|-----------------------------|-----------|
| Fenomeno anomalo: Fuori tolleranza M18 |   |  |                             |           |
| 1° perchè                              | 2° perchè   | 3° perchè  | 4° perchè                   | 5° perchè |
| Integrità mandrino non idonea          |   |  |                             |           |
| Gioco asse mandrino eccessivo          | ⇒ Usura zona innesto  | Numero di cicli  |                             |           |
| Lubrificazione non corretta            | ⇒ 1. Condotti ostruiti<br>⇒ 2. Concentrazione emulsivo non corretta<br>⇒ 3. Temperatura di esercizio fuori intervallo | ⇒ Pulizia condotti non idonea  |                             |           |
| Integrità sistema bloccaggio utensile  | ⇒ 1. Porta utensile rotto<br>⇒ 2. Gioco eccessivo<br>⇒ 3. Forza di tenuta non corretta                                | ⇒ 2. Usura zone di accoppiamento<br>⇒ 3. Componenti di esercizio difettosi | ⇒ 3. Componenti non integri |           |

**Step 2**

Lo Step 2 consiste nel redigere un elenco dei punti di processo e una stima degli standard operativi.

Cos'è un punto di processo?

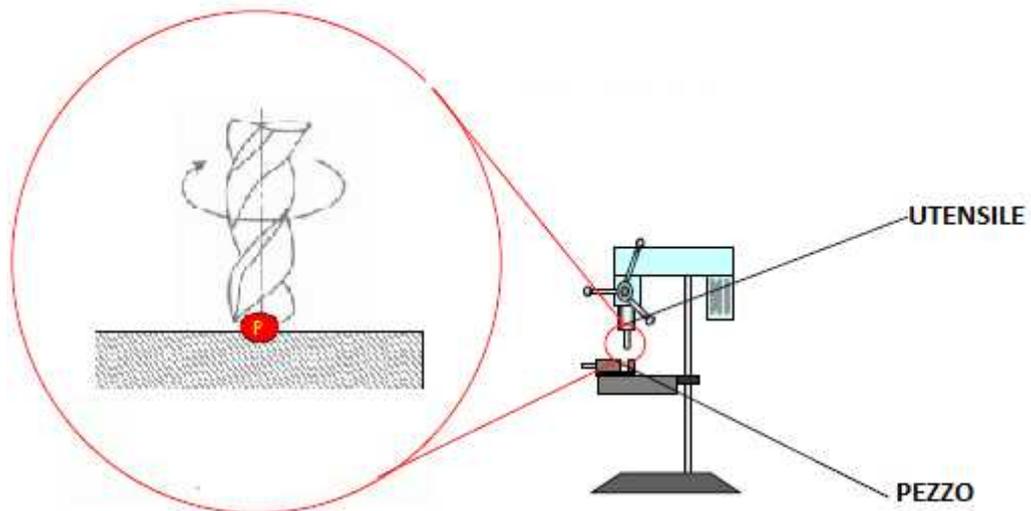
Il punto di processo è il punto in cui avviene un'interazione fisica (manuale o automatica) per creare un cambiamento di stato nel prodotto in trasformazione.

Molti sotto-sistemi e punti di processo appartenenti ad un sistema possono essere collegati su una linea, per adempiere a una funzione. Quindi la presenza di deviazione nel punto di processo è determinata dallo stato di ogni sottosistema che contribuisce alla funzione del punto di processo. Quando una macchina è una causa di produzione

di difetti, è perché uno o più sotto-sistemi su una certa linea in un certo sistema non funziona correttamente.

Pertanto avviene una deviazione sul punto di processo.

Il nostro punto di processo è il punto di contatto tra l'utensile che svolge la lavorazione e il materiale lavorato.



*Figura 5.13 Punto di processo*

Che cos'è uno standard operativo?

Uno standard operativo è l'insieme delle modalità corrette di lavoro del punto di processo (norme, tolleranze, ...).

Nel caso in studio si individuano:

- diametro utensile, pari a 16,5 mm;
- velocità di taglio, pari a 51,8 m/min;
- velocità di avanzamento, pari a 100 mm/min.

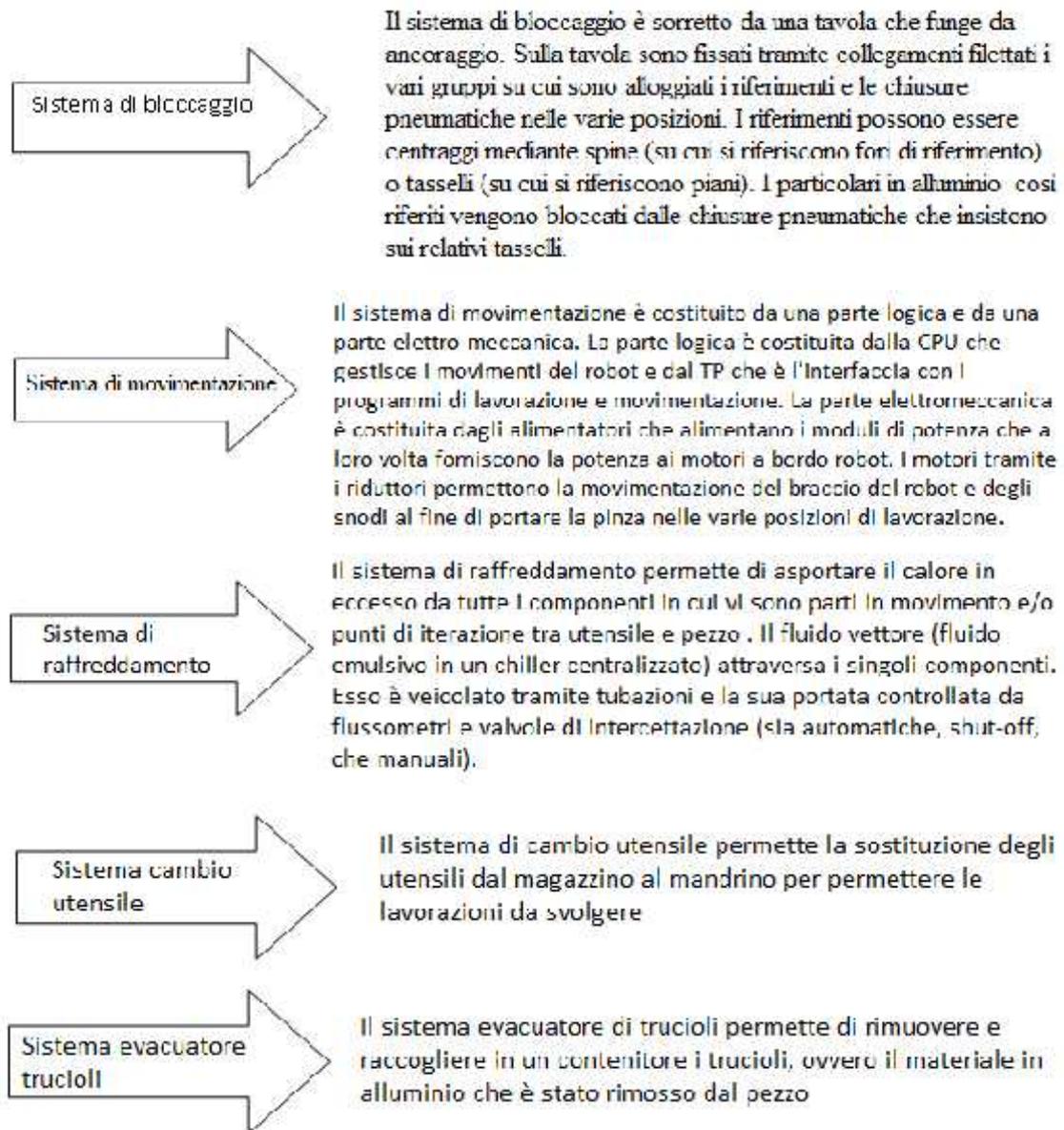


*Figura 5.14 Standard operativi*

### Step 3

Lo Step 3 consiste nell'elencare i sistemi ed i sottosistemi.

Si riportano nella **figura 5.15** seguente.



**Figura 5.15** Elenco sistemi della macchina

Occorre quindi presentare la scomposizione dei sistemi in sottosistemi e i vari componenti che li compongono.

#### **Sistema di bloccaggio:**

- pallet;
- struttura di ferro;
- staffe di bloccaggio;

- molle diametro 10;
- puntalini di posizionamento pezzo;
- puntalino irrigiditore;
- puntalini di centraggio;
- pinze fissaggio pallet.

***Sistema di movimentazione:***

- moduli di potenza;
- alimentatori;
- braccio;
- riduttori;
- motore;
- CPU;
- ITP.

***Sistema di raffreddamento:***

- filtro dell'aria per raffreddamento refrigerante;
- condensatore per raffreddamento refrigerante;
- filtro dell'aria per raffreddamento olio;
- condensatore per raffreddamento olio;
- flussometri;
- tubazioni;
- valvola shut-off.

***Sistema cambio utensile:***

- cilindro apertura/chiusura porte;
- guide rollon;
- cuscinetti rollon;
- regolatori flusso aria;
- regolatori freno cilindro;
- micro per posizione porta;
- camma per micro;
- staffe fissaggio cilindro.

***Sistema evacuatore trucioli:***

- filtro;
- cinghia;
- motore.

#### **Step 4**

Lo Step 4 consiste nell'analisi delle funzioni e dei controlli necessari.

Viene utilizzata la "tecnica dei 6 fattori" per analizzare i sottosistemi elencati nello Step 3 in termini di principi di lavoro e procedure di verifica:

1. NOME – Il sistema o sotto-sistema
2. OBIETTIVO – Cosa fa all'interno del sistema
3. FUNZIONE – Come raggiunge lo scopo?
4. COMPONENTI – Da cosa è composto?
5. PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO – Come funziona?
6. STANDARD OPERATIVI – Quali sono i parametri di lavoro e di controllo?

Di seguito le tabelle che presentano i vari sistemi e l'analisi dei 6 fattori.

**Tabella 5.2** *Analisi dei 6 fattori per il Sistema di Bloccaggio*

|                            |  |
|----------------------------|--|
| NOME                       | Sistema di bloccaggio  |
| OBIETTIVO                  | Rispettare il metodo di lavorazione  |
| FUNZIONE                   | Bloccare e centrare tutti i singoli componenti come previsto dal metodo  |
| COMPONENTI                 | <ul style="list-style-type: none"><li>• pallet;</li><li>• struttura di ferro;</li><li>• staffe di bloccaggio;</li><li>• molle diametro 10;</li><li>• puntalini di posizionamento pezzo;</li><li>• puntalino irrigiditore;</li><li>• puntalini di centraggio;</li><li>• pinze fissaggio pallet.</li></ul> |
| PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO | I particolari vengono caricati dal robot sul pallet. Essi vengono posizionati su centraggi (mediante spine) e tasselli di contenimento. All'avvio del ciclo le chiusure si chiudono e bloccano i particolari per le lavorazioni  |
| STANDARD OPERATIVI         | <ul style="list-style-type: none"><li>• serraggi pallet;</li><li>• ispezione diametro serraggi;</li><li>• corretto posizionamento spine di centraggio;</li><li>• spessore lamiera delle chiusure</li></ul>   |

**Tabella 5.3** Analisi dei 6 fattori per il Sistema di Movimentazione

|                            |   |
|----------------------------|---|
| NOME                       | Sistema di movimentazione   |
| OBIETTIVO                  | Portare il pezzo nel corretto posizionamento  |
| FUNZIONE                   | Posare il pezzo sul pallet  |
| COMPONENTI                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• moduli di potenza;</li> <li>• alimentatori;</li> <li>• braccio;</li> <li>• riduttori;</li> <li>• motore;</li> <li>• CPU;</li> <li>• ITP.</li> </ul>  |
| PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO | La CPU gestisce i movimenti dei singoli assi del robot fornendo la potenza ai motori tramite i moduli di potenza, i quali sono alimentati dagli alimentatori secondo i programmi che sono stati inseriti tramite il TP. La rotazione dei motori tramite i riduttori viene trasferita al braccio e agli snodi che la trasformano in moto lineare nelle tre dimensioni del robot. |
| STANDARD OPERATIVI         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• pulizia TP;</li> <li>• pulizia corpo robot;</li> <li>• ispezione motore e riduttori;</li> <li>• sostituzione olio riduttori.</li> </ul>  |

**Tabella 5.4** Analisi dei 6 fattori per il Sistema di Raffreddamento

|                            |   |
|----------------------------|---|
| NOME                       | Sistema di raffreddamento   |
| OBIETTIVO                  | Raffreddare zona di lavoro tra utensile e pezzo   |
| FUNZIONE                   | Mantenere la temperatura di esercizio tra i 15 °C e i 25 °C   |
| COMPONENTI                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• filtro dell'aria per raffreddamento refrigerante;</li> <li>• condensatore per raffreddamento refrigerante;</li> <li>• filtro dell'aria per raffreddamento olio;</li> <li>• condensatore per raffreddamento olio;</li> <li>• flussometri;</li> <li>• tubazioni;</li> <li>• valvola shut-off.</li> </ul> |
| PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO | L'emulsivo, refrigerato e filtrato, circola all'interno delle tubazioni in ingresso e, in funzione delle indicazioni dei flussometri, sottrae calore al sistema. In caso di blocco del sistema o di anomalia del flussostato la valvola shut-off interrompe il flusso   |
| STANDARD OPERATIVI         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ispezione filtri;</li> <li>• controllo portata nominale;</li> <li>• verifica integrità tubi;</li> <li>• verifica corretto funzionamento della valvola shut-off.</li> </ul>   |

**Tabella 5.5** *Analisi dei 6 fattori per il Sistema Cambio Utensile*

|                            |  |
|----------------------------|--|
| NOME                       | Sistema Cambio Utensile  |
| OBIETTIVO                  | Effettuare il corretto cambio dell'utensile  |
| FUNZIONE                   | Depositare un utensile nel magazzino e prelevare un nuovo utensile da esso per inserirlo sul mandrino  |
| COMPONENTI                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• cilindro apertura/chiusura porte;</li> <li>• guide rollon;</li> <li>• cuscinetti rollon;</li> <li>• regolatori flusso aria;</li> <li>• regolatori freno cilindro;</li> <li>• micro per posizione porta;</li> <li>• camma per micro;</li> <li>• staffe fissaggio cilindro.</li> </ul>                                  |
| PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO | Il cilindro è l'elemento che determina la corretta apertura e chiusura delle porte. Il meccanismo si muove seguendo le guide rollon, provviste di cuscinetti. I regolatori gestiscono il flusso d'aria e la frenata. Il micro si occupa di verificare la chiusura delle porte ed è collegato ad una camma. Le staffe permettono il fissaggio del cilindro.     |
| STANDARD OPERATIVI         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• controllare corretto funzionamento porte;</li> <li>• verificare integrità delle guide e dei cuscinetti rollon;</li> <li>• controllare il funzionamento dei regolatori;</li> <li>• verificare il funzionamento del micro e della relativa camma;</li> <li>• verificare integrità delle staffe di fissaggio.</li> </ul> |

**Tabella 5.6** *Analisi dei 6 fattori per il Sistema Evacuatore Trucioli*

|                            |  |
|----------------------------|--|
| NOME                       | Sistema Evacuatore Trucioli  |
| OBIETTIVO                  | Rendere la camera di lavoro pulita rimuovendo gli ostacoli presentati dal truciolo   |
| FUNZIONE                   | Eliminare il truciolo, materiale in eccesso rimosso durante l'attività di asportazione di materiale  |
| COMPONENTI                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• filtro;</li> <li>• cinghia;</li> <li>• motore.</li> </ul>   |
| PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO | Vi è un sistema con cinghia che presenta delle palette, le quali scorrono lungo la cinghia. Le palette prelevano il liquido con i trucioli e si ha il filtraggio. I trucioli vengono quindi portati sulla sommità del sistema per cadere nella vasca di accumulo |
| STANDARD OPERATIVI         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• verificare l'integrità del filtro;</li> <li>• verificare l'integrità della cinghia e il suo corretto ingranamento;</li> <li>• verificare il corretto funzionamento del motore.</li> </ul>                               |

Come abbiamo potuto vedere, deve necessariamente essere prevista un'attività di controllo e di verifica del funzionamento di tutti i sistemi coinvolti e dei relativi componenti che ne fanno parte.

### **Step 5**

Lo Step 5 si occupa proprio di valutare nel dettaglio le funzioni e i controlli necessari per garantire il corretto funzionamento di sistemi e sottosistemi.

Perchè dettagliare i controlli?

Attraverso le verifiche sui componenti di ogni sottosistema, si vuole capire:

- quale parametro è fuori controllo;
- quale azione deve essere presa per riportare il parametro sotto controllo;
- in caso di parametro fuori controllo, quali conseguenze ci sarebbero se nessuna contromisura fosse adottata.

In questo step è necessario verificare le condizioni necessarie che sono state definite nello step 4 e in caso di anomalia ripristinare queste condizioni.

Per ogni componente si stila una scheda, di seguito le informazioni relative ad ogni componente.

**Tabella 5.7 Scheda controllo Pallet**

| SISTEMA DI BLOCCAGGIO - PALLET |   |                    |                               |  |
|--------------------------------|---|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                      | Metodo di controllo                     | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| PULIZIA                        | PULIZIA<br>PALLET – AM -<br>SETTIMANALE | OK                 | PULIZIA<br>PALLET             | POSSIBILI<br>INTERFERENZE<br>PER SPORCO          |

**Tabella 5.8 Scheda controllo Struttura di ferro**

| SISTEMA DI BLOCCAGGIO - Struttura di Ferro |                                      |                    |                               |  |
|--|--------------------------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                                  | Metodo di controllo                  | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE                                  | VERIFICA<br>INTEGRITÀ<br>SETTIMANALE | OK                 | SOSTITUZIONE<br>STRUTTURA     | STRUTTURA<br>DISALLINEATA                        |

**Tabella 5.9** Scheda controllo Staffe di bloccaggio

| SISTEMA DI BLOCCAGGIO - Staffe di Bloccaggio |                                |                    |                               |  |
|--|--------------------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                                    | Metodo di controllo            | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE                                    | VERIFICA INTEGRITÀ SETTIMANALE | OK                 | SOSTITUZIONE STAFFA           | STAFFA NON BLOCCANTE                             |

**Tabella 5.10** Scheda controllo Molle diametro 10

| SISTEMA DI BLOCCAGGIO - Molle diametro 10 |                                |                    |                               |  |
|---|--------------------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                                 | Metodo di controllo            | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE                                 | VERIFICA INTEGRITÀ SETTIMANALE | OK                 | SOSTITUZIONE MOLLE            | ASSENZA FORZA DI TIRAGGIO                        |

**Tabella 5.11** Scheda controllo Puntalini di posizionamento pezzo

| SISTEMA DI BLOCCAGGIO - Puntalini di posizionamento pezzo |                                |                    |                               |  |
|---|--------------------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli   | Metodo di controllo            | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE   | VERIFICA INTEGRITÀ GIORNALIERA | OK                 | SOSTITUZIONE PUNTALINI        | POSIZIONAMENTO PEZZO NON CORRETTO                |

**Tabella 5.12** Scheda controllo Puntalino irrigiditore

| SISTEMA DI BLOCCAGGIO - Puntalino irrigiditore |                                |                    |                               |  |
|--|--------------------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                                      | Metodo di controllo            | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE                                      | VERIFICA INTEGRITÀ GIORNALIERA | OK                 | SOSTITUZIONE PUNTALINO        | DEFORMAZIONI PER POSIZIONAMENTO IPERSTATICO      |

**Tabella 5.13** Scheda controllo Puntalini di centraggio

| SISTEMA DI BLOCCAGGIO - Puntalini di centraggio |                                |                    |                               |  |
|---|--------------------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                                       | Metodo di controllo            | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE                                       | VERIFICA INTEGRITÀ GIORNALIERA | OK                 | SOSTITUZIONE PUNTALINO        | CENTRAGGIO NON CORRETTO                          |

**Tabella 5.14** Scheda controllo Pinze fissaggio pallet

| SISTEMA DI BLOCCAGGIO - Pinze fissaggio pallet |                                |                    |                               |  |
|--|--------------------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                                      | Metodo di controllo            | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE                                      | VERIFICA INTEGRITÀ GIORNALIERA | OK                 | SOSTITUZIONE PINZE            | FISSAGGIO NON CORRETTO                           |

**Tabella 5.15** Scheda controllo CPU

| SISTEMA DI MOVIMENTAZIONE - Moduli di potenza |                     |                    |                               |  |
|---|---------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                                     | Metodo di controllo | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| NESSUNO                                       | NESSUNO             | OK                 | SOSTITUZIONE CPU              | FERMO AUTOMATICO MACCHINA                        |

**Tabella 5.16** Scheda controllo Alimentatori

| SISTEMA DI MOVIMENTAZIONE - Alimentatori |                       |                    |                               |  |
|--|-----------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                                | Metodo di controllo   | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE                                | ISPEZIONE SETTIMANALE | OK                 | SOSTITUZIONE ALIMENTATORI     | FERMO AUTOMATICO MACCHINA                        |

**Tabella 5.17** Scheda controllo Moduli di potenza

| SISTEMA DI MOVIMENTAZIONE - Moduli di potenza |                     |                    |                               |  |
|---|---------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                                     | Metodo di controllo | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| NESSUNO                                       | NESSUNO             | OK                 | SOSTITUZIONE MODULI           | FERMO AUTOMATICO MACCHINA                        |

**Tabella 5.18** Scheda controllo Motore

| SISTEMA DI MOVIMENTAZIONE - Motore |                                   |                    |                               |  |
|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                          | Metodo di controllo               | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE E LUBRIFICA              | ISPEZIONE/ LUBRIFICAZIONE ANNUALE | OK                 | SOSTITUZIONE MOTORE           | FERMO AUTOMATICO MACCHINA                        |

**Tabella 5.19** Scheda controllo ITP

| SISTEMA DI MOVIMENTAZIONE - ITP |                     |                    |                               |  |
|---------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                       | Metodo di controllo | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE                       | ISPEZIONE ANNUALE   | OK                 | SOSTITUZIONE ITP              | FERMO AUTOMATICO MACCHINA                        |

**Tabella 5.20** Scheda controllo Riduttori

| SISTEMA DI MOVIMENTAZIONE - Riduttori |                     |                    |                               |  |
|---------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                             | Metodo di controllo | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| LUBRIFICA                             | SOSTITUZIONE OLIO   | OK                 | SOSTITUZIONE OLIO             | FERMO AUTOMATICO MACCHINA                        |

**Tabella 5.21** Scheda controllo Braccio

| SISTEMA DI MOVIMENTAZIONE - Braccio |                     |                    |                               |  |
|-------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                           | Metodo di controllo | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| LUBRIFICA                           | LUBRIFICA           | OK                 | SOSTITUZIONE BRACCIO          | FERMO AUTOMATICO MACCHINA                        |

**Tabella 5.22** Scheda controllo Filtro aria raffreddamento refrigerante

| SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO - Filtro aria raffreddamento refrigerante |                     |                    |                               |  |
|---|---------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli   | Metodo di controllo | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| PULIZIA   | PULIZIA GIORNALIERA | OK                 | PULIZIA FILTRO                | FLUSSO FUORI RANGE E ALLARME ROBOT               |

**Tabella 5.23** Scheda controllo Condensatore raffreddamento refrigerante

| SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO - Condensatore raffreddamento refrigerante |                      |                    |                               |  |
|--|----------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli  | Metodo di controllo  | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE  | ISPEZIONE SEMESTRALE | OK                 | SOSTITUZIONE CONDENSATORE     | SURRISCALDAMENTO ZONA DI LAVORO                  |

**Tabella 5.24** Scheda controllo Filtro aria raffreddamento olio

| SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO - Filtro aria raffreddamento olio |                     |                    |                               |  |
|---|---------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli   | Metodo di controllo | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| PULIZIA   | PULIZIA GIORNALIERA | OK                 | PULIZIA FILTRO                | FLUSSO FUORI RANGE E ALLARME ROBOT               |

**Tabella 5.25** Scheda controllo Condensatore raffreddamento olio

| SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO - Condensatore raffreddamento olio |                      |                    |                               |  |
|--|----------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli  | Metodo di controllo  | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE  | ISPEZIONE SEMESTRALE | OK                 | SOSTITUZIONE CONDENSATORE     | SURRISCALDAMENTO ZONA DI LAVORO                  |

**Tabella 5.26** Scheda controllo Condensatore Flussometro

| SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO - Flussometro |                       |                    |                               |  |
|---|-----------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                               | Metodo di controllo   | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE                               | ISPEZIONE SETTIMANALE | OK                 | SOSTITUZIONE FLUSSOMETRO      | ASSENZA SEGNALE FLUSSO E ALLARME ROBOT           |

**Tabella 5.27** Scheda controllo Tubazioni

| SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO - Tubazioni |                              |                    |                               |  |
|---------------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                             | Metodo di controllo          | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE                             | ISPEZIONE VISIVA GIORNALIERA | OK                 | LAVAGGIO E TRATTAMENTO FLUIDO | FLUSSO FUORI RANGE E ALLARME ROBOT               |

**Tabella 5.28** Scheda controllo Valvola shut-off

| SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO - Valvola shut-off |                     |                    |                               |  |
|--|---------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                                    | Metodo di controllo | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| NESSUNO                                      | NESSUNO             | OK                 | SOSTITUZIONE VALVOLA          | ASSENZA FLUSSO E ALLARME ROBOT                   |

**Tabella 5.29** Scheda controllo Cilindro apertura / chiusura porte

| SISTEMA CAMBIO UTENSILE - Cilindro apertura / chiusura porte |                       |                    |                               |  |
|--|-----------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli  | Metodo di controllo   | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE  | ISPEZIONE GIORNALIERA | OK                 | SOSTITUZIONE CILINDRO         | BLOCCO PORTA                                     |

**Tabella 5.30** Scheda controllo Guide rollon

| SISTEMA CAMBIO UTENSILE - Guide rollon |                       |                    |                               |  |
|--|-----------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                              | Metodo di controllo   | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE                              | ISPEZIONE GIORNALIERA | OK                 | SOSTITUZIONE GUIDA            | SCORRIMENTO NON CORRETTO                         |

**Tabella 5.31** Scheda controllo Cuscinetti rollon

| SISTEMA CAMBIO UTENSILE - Cuscinetti rollon |                       |                    |                               |  |
|---|-----------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                                   | Metodo di controllo   | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE                                   | ISPEZIONE SETTIMANALE | OK                 | SOSTITUZIONE CUSCINETTI       | ATTRITO ELEVATO                                  |

**Tabella 5.32** Scheda controllo Regolatori flusso aria

| SISTEMA CAMBIO UTENSILE - Cuscinetti rollon |                       |                    |                               |  |
|---|-----------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                                   | Metodo di controllo   | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE                                   | ISPEZIONE SETTIMANALE | OK                 | SOSTITUZIONE REGOLATORE       | FLUSSO FUORI RANGE E ALLARME                     |

**Tabella 5.33** Scheda controllo Regolatori freno cilindro

| SISTEMA CAMBIO UTENSILE - Regolatori freno cilindro |                       |                    |                               |  |
|---|-----------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli   | Metodo di controllo   | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE   | ISPEZIONE SETTIMANALE | OK                 | SOSTITUZIONE REGOLATORE       | FRENATA FUORI RANGE                              |

**Tabella 5.34** Scheda controllo Micro per posizione aperta

| SISTEMA CAMBIO UTENSILE - Micro per posizione aperta |                       |                    |                               |  |
|--|-----------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli  | Metodo di controllo   | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE  | ISPEZIONE SETTIMANALE | OK                 | SOSTITUZIONE MICRO            | ASSENZA SEGNALE E PORTA NON CHIUSA               |

**Tabella 5.35** Scheda controllo Camma per micro

| SISTEMA CAMBIO UTENSILE - Camma per micro |                       |                    |                               |  |
|---|-----------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                                 | Metodo di controllo   | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE                                 | ISPEZIONE SETTIMANALE | OK                 | SOSTITUZIONE CAMMA            | MANCATA ATTIVAZIONE MICRO E ALLARME              |

**Tabella 5.36** Scheda controllo Staffe fissaggio cilindro

| SISTEMA CAMBIO UTENSILE - Staffe fissaggio cilindro |                                |                    |                               |  |
|---|--------------------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli   | Metodo di controllo            | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE   | VERIFICA INTEGRITÀ SETTIMANALE | OK                 | SOSTITUZIONE STAFFE           | FISSAGGIO CILINDRO NON CORRETTO                  |

**Tabella 5.37 Scheda controllo Filtro**

| SISTEMA EVACUATORE TRUCIOLI - Filtro |                       |                    |                               |  |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                            | Metodo di controllo   | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE                            | ISPEZIONE SETTIMANALE | OK                 | SOSTITUZIONE FILTRO           | FILTRAGGIO NON CORRETTO                          |

**Tabella 5.38 Scheda Cinghia**

| SISTEMA EVACUATORE TRUCIOLI - Cinghia |                      |                    |                               |  |
|---------------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                             | Metodo di controllo  | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE                             | ISPEZIONE SEMESTRALE | OK                 | SOSTITUZIONE CINGHIA          | TRASMISSIONE MOTO IMPEDITA E FERMO MACCHINA      |

**Tabella 5.39 Scheda Motore**

| SISTEMA EVACUATORE TRUCIOLI - Motore |                      |                    |                               |  |
|--------------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| Controlli                            | Metodo di controllo  | Verifica controlli | Azione di miglioramento se KO | Conseguenze se il miglioramento non è perseguito |
| ISPEZIONE                            | ISPEZIONE SEMESTRALE | OK                 | SOSTITUZIONE MOTORE           | FERMO MACCHINA E ALLARME                         |

Un altro strumento molto importante è la X-Matrix.

Essa è prerogativa per l'individuazione delle condizioni idonee per “zero difetti”. Riguarda l'individuazione dei parametri dell'impianto che influenzano la qualità e delle condizioni ideali in cui devono lavorare per avere 0 difetti, valore ideale e unità di misura; per la creazione di moduli standard d'ispezione.

La Matrice X viene utilizzata per individuare la correlazione tra difetto, fenomeno fisico, componenti macchina e parametri macchina.

I risultati di tale analisi saranno utilizzati per definire i requisiti macchina ideali per le condizioni di 0 difetti.

La procedura prevede quattro passi.

### ***Passo 1***

Compilare il campo dei modi di difetto.

Nel caso in studio la tipologia di difetto riscontrata è la concentricità che risulta essere fuori tolleranza.

### ***Passo 2***

Individuare la correlazione tra il difetto e il fenomeno fisico.

Tutti i fenomeni fisici devono essere descritti mediante l'utilizzo di sketch per mostrare e insegnare agli operatori l'impatto dei difetti su tutto ciò che concerne e riguarda la Qualità del prodotto.

Le voci di fenomeno anomalo individuate sono le seguenti:

- errato serraggio utensile;
- errata pressione di esercizio;
- errata quantità di emulsivo;
- errato numero di giri/avanzamento;
- errato settaggio utensile;
- errato serraggio pezzo.

### ***Passo 3***

Identificare le correlazioni tra il fenomeno fisico e i componenti macchina che lo influenzano.

Il livello di dettaglio dei componenti deve essere tale da individuare i componenti sui quali è possibile effettuare una misura/taratura. Ad esempio se la failure è una "perdita di aria dal cilindro" non bisogna scrivere "cilindro" ma "guarnizione cilindro".

Le voci di sottosistema/sezione identificate sono le seguenti:

- utensile maschiatura;
- utensile foratura;
- attuatore rotazione pallet;
- spintori chiusura pezzo;
- pallet posaggio pezzo;
- mandrino.

### ***Passo 4***

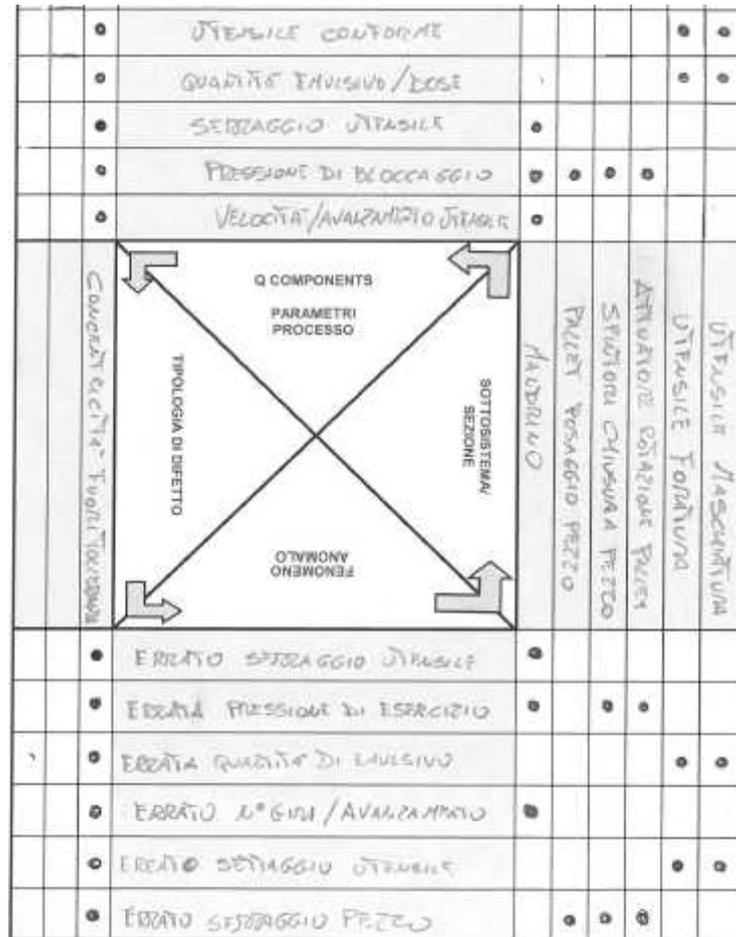
Scrivere i valori/range dei parametri macchina (del componente) che creano le condizioni adeguate per zero non conformità sulla macchina (Standard Macchina) e identificare le correlazioni con i componenti e la non conformità.

I Q components e quindi i parametri di processo individuati sono:

- utensile conforme;
- quantità emulsivo/dose;

- serraggio utensile;
- pressione di bloccaggio;
- velocità/avanzamento utensile.

Riportiamo quindi le correlazioni tra le varie voci che sono state individuate mediante l'applicazione dei quattro passi e viene presentata quindi la X Matrix in **figura 5.16**.



**Figura 5.16 X Matrix**

A seguito dello Step 5, ciascun parametro dovrebbe essere stato ricondotto a valori di accettabilità, sino alla scomparsa del difetto.

Ma ciò non è sufficiente. Per conservare nel tempo i risultati ottenuti devono essere individuati punti di controllo sul processo in modo da programmare le ispezioni per garantire il mantenimento degli standard operativi definiti.

L'output dello Step 5 è la QM Matrix.

### Step 6

Nello Step 6 si vanno ad analizzare le relazioni tra i componenti macchina, i parametri macchina e le misurazioni da tenere sotto controllo. Si utilizza la QM Matrix.

Che cos'è la QM Matrix?

La Matrice QM (da "Quality Maintenance", ossia "Manutenzione per la Qualità") è un insieme di tabelle che definiscono, per ogni componente di una operazione/postazione, tutti i parametri da tenere sotto controllo per un funzionamento ottimale.

Nella Matrice QM sono indispensabili i seguenti campi:

- parametro, ossia cosa deve essere controllato;
- valore standard, ossia misure e tolleranze;
- strumenti di misura, ossia come misurarle;
- frequenza, ossia quando, quanto spesso;
- responsabilità, ossia chi gestisce la risoluzione ai problemi.

A cosa serve la QM Matrix?

Essa serve a molteplici scopi: in primis permette di elencare quali condizioni operative devono essere mantenute sulla macchina (parametri di funzionamento, ispezioni, verifiche di integrità, sostituzioni, procedure di lavoro e di settaggio, ecc.) da chi (conduttore, operatore, manutentore) come (attrezzature, equipaggiamento, tolleranze, misurazioni, ecc.) e quando (frequenza, fasi del ciclo, ecc.) per evitare le non conformità di prodotto; essa permette di creare una check list per gli obiettivi di qualità, che garantisca prevenzione e immediata reazione alle non conformità e infine da la possibilità di definire le responsabilità dei conduttori e dei manutentori e di individuare le loro necessità di addestramento necessarie ad un corretto svolgimento delle attività produttive.

Quali sono le sue caratteristiche principali?

Le caratteristiche principali della QM Matrix sono la completezza e la sintesi.

Completezza: la QM Matrix indica con precisione tutti i parametri che garantiscono il funzionamento qualitativo, con le unità di misura, le tolleranze associate, l'intervallo di controllo, gli strumenti eventualmente necessari, il nome e cognome di colui che controlla, ecc.

Sintesi: la QM Matrix mostra nel minor spazio e nella forma più chiara possibile i dati, ricorrendo anche a schizzi, fotografie e a documenti in formato tabella (per poter presentare una grande quantità di dati).

La QM Matrix presenta le seguenti voci:

- sistema;
- componente;
- parametri;
- misurazioni;
- specifiche misurazioni;
- frequenze;
- responsabilità;
- Q points;
- impatto sul difetto.

Si passa quindi a descriverla.

Il primo sistema in studio è il mandrino.

I parametri che sono stati rilevati sono la velocità di avanzamento, la pressione di bloccaggio e il serraggio dell'utensile. La velocità di avanzamento viene misurata in mm/min ed è pari a circa 100 mm/min, la relativa frequenza è pari a 6 mesi e la responsabilità è del manutentore che si rifà al Q points del Machine Ledger, l'impatto sulla non conformità di concentricità fuori tolleranza risulta essere alto. La pressione di bloccaggio viene misurata in Nm mediante una chiave dinamometrica che ha restituito un valore pari a  $24 \div 27$  Nm, la frequenza è di 6 mesi e la responsabilità è del manutentore che si attiene al Machine Ledger, l'impatto sul difetto è alto. La forza di serraggio utensile viene misurata in kN tramite il dinamometro, il quale ha restituito un valore di  $17 \div 21$  kN, la frequenza è di 6 mesi e viene affidata sempre al manutentore che dispone del Machine Ledger, l'impatto sulla non conformità risulta essere alto.

Il secondo sistema studiato è quello della maschiatura dell'M18.

Per quanto riguarda l'utensile di foratura e maschiatura è stato valutato il parametro della quantità di emulsivo, valutata in % grazie al dosimetro che ha restituito un valore pari al 10%, la frequenza è pari a 45 giorni e la responsabilità è della manutenzione che si utilizza il Machine Ledger, l'impatto sul difetto risulta essere medio. Si passa all'utensile per la foratura valutando il parametro di conformità dell'utensile, misurato con il valore del diametro del profilo ottenuto tramite il presetting e pari a 20 mm, con una frequenza legata ad ogni cambio utensile e affidamento alla manutenzione, l'impatto risulta basso. Quindi si ha lo stesso procedimento per l'utensile per la maschiatura valutando il parametro di conformità dell'utensile, identificato con il valore del diametro del profilo ottenuto tramite il presetting e pari a circa 20 mm, con una frequenza di pari passo con il cambio utensile e responsabilità della manutenzione, l'impatto risultante anche in questo caso è basso.

Si ha il componente dell'attuatore di rotazione del pallet.

Il parametro misurato è la pressione di bloccaggio, misurata dal manometro in bar e pari a circa 80 bar, la frequenza è mensile e l'affidamento ricade alla manutenzione che si rifà al CIRL, l'impatto sul difetto è molto alto.

Si passa agli spintori di chiusura del pezzo.

Si è valutata la pressione di bloccaggio, misurata grazie al manometro in bar e pari a circa 70 bar, con una frequenza mensile e responsabilità a carico della manutenzione che utilizza il CIRL, l'impatto risulta essere alto.

Per quanto riguarda il sistema del pallet di posaggio del pezzo, anche in questo caso è stata valutata la pressione del bloccaggio, sempre misurata con il manometro in bar, essa è pari a circa 70 bar e la cura è della manutenzione, che si affida al CIRL, l'impatto risultante è molto alto.

**QM MATRIX**

| COMPONENTE        | SISTEMI / SOTTOSISTEMI  |                              |                               |                      |                        |                            |                               |                              |                               |                               |
|-------------------|---|------------------------------|-------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                   | ALESATURA DIAMETRO 65   |                              |                               |                      |                        |                            |                               |                              |                               |                               |
| PARAMETRI         | Velocità<br>Alimentazione   | Pressione<br>di<br>Iniezione | Temperatura<br>Lubrificazione | Quantità<br>Bavaglio | Chiusura<br>Pistone    | Chiusura<br>Lubrificazione | Pressione<br>di<br>Estrazione | Pressione<br>di<br>Iniezione | Pressione<br>di<br>Estrazione | Pressione<br>di<br>Estrazione |
| MISURAZIONI       | mm/min  | bar                          | °C                            | mm                   | mm                     | mm                         | bar                           | bar                          | bar                           | bar                           |
| SPECIFICHE        | 1000<br>mm/min  | 24-27<br>bar                 | 17-24<br>°C                   | 10%                  | 20mm                   | 20mm                       | 80 bar                        | 70 bar                       | 70 bar                        | 70 bar                        |
| FREQUENZE         | 5<br>Hz   | 6<br>Hz                      | 6<br>Hz                       | 45<br>GG             | 500<br>Cicli<br>Tracce | 500<br>Cicli<br>Tracce     | 45<br>GG                      | 45<br>GG                     | 45<br>GG                      | 45<br>GG                      |
| RESPONDEABILITÀ   | Manutenzione  | Manutenzione                 | Manutenzione                  | Manutenzione         | Manutenzione           | Manutenzione               | Manutenzione                  | Manutenzione                 | Manutenzione                  | Manutenzione                  |
| 0 POINTS          | HL  | HL                           | HL                            | HL                   | HL                     | HL                         | CIRL                          | CIRL                         | CIRL                          | CIRL                          |
| DIFETTI / IMPATTO | <input type="checkbox"/> ALTO <input type="checkbox"/> MEDIO <input type="checkbox"/> BASSO |                              |                               |                      |                        |                            |                               |                              |                               |                               |

*Figura 5.17 QM Matrix*

### 5.3.4 Step 5

Lo Step 5 della Quality Maintenance coincide con lo Step 7 della PPA.

#### Step 7

Garantire i punti di controllo richiesti dalle condizioni di operatività attuali del nostro processo potrebbe essere non sufficiente per ottenere le condizioni per zero difetti.

Occorre quindi migliorare le condizioni di operatività sino ad ottenere il livello di robustezza di processo tale da assicurare "zero difetti", ovviamente tutto ciò deve essere fatto per ogni punto di processo preso in analisi. Lo strumento di indagine per migliorare gli standard operativi di processo sono le "5 domande per 0 difetti".

Per ciascuna delle "5 M" (nel nostro caso lo applichiamo solo alla "M" relativa alla MACCHINA) vengono predisposte 5 domande; rispondendo ad ognuna delle quali si assegna un punteggio: 1, 3 o 5 (nel caso in cui tutte le risposte sono da punteggio 5 si ottiene un totale di 25 punti, cioè il 100% del massimo punteggio assegnabile).

Il primo ciclo di domande viene formulato durante la "Fase 0" cioè con applicati gli standard operativi presenti in quel momento e si valuta il punteggio raggiunto.

Si passa ad una fase successiva ogni volta che le condizioni vengono migliorate a seguito di un'analisi e un'attività di kaizen, quindi le domande vengono riformulate per verificare se la situazione è migliorata.

In questo modo ogni punto di processo è soggetto a più fasi di valutazione in funzione delle attività di miglioramento effettuate.

Vengono presentate le 5 domande.

1. Le condizioni sono chiare?

Questa domanda mira a capire se le condizioni impostate sono effettivamente utilizzate nel modo opportuno.

- Abbiamo 3 specifiche:
- 1.1 Definite e condivise
  - 1.2 Esiste un metodo per controllare
  - 1.3 Le condizioni sono semplici da leggere e da vedere
2. Le condizioni sono facili da impostare;
- Qui si passa dalla chiarezza delle condizioni all'adeguatezza con le quali vengono utilizzate.
- 2.1 Difficili
  - 2.2 Facili
  - 2.3 Prestabilite
3. Il valore è variabile?
- Valutiamo quindi la variabilità del valore trovato.
- 3.1 Durante la normale produzione
  - 3.2 Solo durante avviamento/set-up
  - 3.3 Eccezionalmente
4. La variazione è visibile?
- Riguarda il controllo della variazione.
- 4.1 Difficile vedere e controllare
  - 4.2 C'è un metodo standard di controllo
  - 4.3 È continuamente visibile/controllato
5. La variazione è facile da controllare.
- Viene valutata la difficoltà del controllo.
- 5.1 Attraverso specialisti di manutenzione
  - 5.2 Attraverso l'operatore
  - 5.3 Viene ristabilito automaticamente

Di seguito la **figura 5.18** contenente i punteggi assegnati.

| COMPONENTS                                 |  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|--|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| PARAMETRI                                  |  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| <b>LE 5 DOMANDE PER 0 DIFETTI</b>          |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 1) Le condizioni sono chiare?              | 1.1 Definite e condivise                               | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
|  | 1.2 Esiste un metodo per controllare                   | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
|  | 1.3 Le condizioni sono semplici da leggere e da vedere | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
| 2) Le condizioni sono facili da impostare? | 2.1 Difficili  | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
|  | 2.2 Facili   | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
|  | 2.3 Prestabilite                                       | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
| 3) Il valore è variabile?                  | 3.1 Durante la normale produzione                      | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
|  | 3.2 Solo durante avviamento/set-up                     | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
|  | 3.3 Eccezionalmente                                    | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
| 4) La variazione è visibile?               | 4.1 Difficile vedere e controllare                     | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
|  | 4.2 C'è un metodo standard di controllo                | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
|  | 4.3 È continuamente visibile/controllato               | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
| 5) La variazione è facile da recuperare?   | 5.1 Attraverso specialisti di manutenzione             | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
|  | 5.2 Attraverso l'operatore                             | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
|  | 5.3 Viene ristabilito automaticamente                  | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |

**Figura 5.18** 5 domande per 0 difetti

### 5.3.5 *Step 6*

Lo Step 6 della Quality Maintenance consiste nel mantenimento delle condizioni idonee per 0 difetti.

In questo caso per mantenere le condizioni rilevate per 0 difetti si procede in futuro ad attività di manutenzione programmata inglobate e definite mediante la stesura del Machine Ledger, di cui si occupa la Professional Maintenance, atte al conseguimento di un'attività di prevenzione dei problemi.

Si ha a che fare con la "Manutenzione preventiva".

Essa si raggiunge con l'utilizzo della "Manutenzione ciclica/periodica" (TBM). Essa funziona sulla macchina periodicamente secondo cicli di manutenzione con una frequenza basata su tempo o uso, al fine di prevenire guasti e interruzioni. La manutenzione ciclica/periodica è applicabile se il costo complessivo della stima è inferiore al costo di una rottura.

Le attività sono spesso raggruppate in relazione alle fermate di lavoro (ad esempio la pausa pranzo) al fine di ridurre al minimo il numero totale di fermate programmate. Questo tipo di manutenzione non è inizialmente ottimale, poiché il deterioramento delle condizioni di base renderà molto difficile prevedere la frequenza di sostituzione. Tuttavia, una volta ripristinate le condizioni di base, compare, ed è un'eccellente introduzione alla manutenzione predittiva (CBM).

Si hanno i seguenti vantaggi:

- riduzione dei guasti;
- uso più efficiente della manodopera;
- attività di manutenzione programmata (manodopera e materiali).

Mentre gli svantaggi sono:

- la durata del componente non è completamente sfruttata, anche l'intervento può causare primi fermate della "mortalità precoce";
- la manutenzione è eseguita in modo invasivo e potrebbe non essere necessaria;
- Applicato principalmente al deterioramento legato all'usura.

Essa può comportare la sostituzione di componenti dell'attrezzatura: filtri, spazzole, cinghie, lubrificanti e altri componenti soggetti ad usura.

Alla manutenzione ciclica/periodica svolge quindi un'azione di supporto la "Manutenzione predittiva" (CBM). Essa segue questa logica: la gran parte dei guasti non avviene istantaneamente e all'improvviso ma alcuni segnali potrebbero avvertire un po' prima. Se il sistema è in grado di tenere sotto controllo questi sintomi, la manutenzione su ogni singolo componente può essere fatto in tempo, prima che avvenga la rottura. È possibile pianificare attività di manutenzione sulla base della vita lavorativa reale della macchina e non su dati statistici. Le attività sono più mirate e tempestive, aumentando in questo modalità la disponibilità del sistema.

Per applicare la manutenzione predittiva, è necessario fare delle misure per comprendere il degrado dei componenti; per esempio la temperatura che cresce quando c'è anche alto attrito in un motore o vibrazioni a causa di un cuscinetto usurato. Normalmente possiamo dire che le macchine danno segnali (sintomi) classificabili in 5 categorie:

- emissioni di acustica e vibrazioni;
- emissioni termiche;
- emissioni dovute a flussi di raffreddamento e lubrificazione;
- emissioni sul consumo energetico;
- emissioni con effetti sul prodotto.

Gli operatori lavorano ogni giorno sulle macchine, in modo che possano avvertire cambiamenti in termini di rumore, vibrazioni, temperatura, ecc.

Un'analisi più profonda deve comprendere la causa principale.

Si hanno una serie di vantaggi:

- massimizza la disponibilità di strutture migliorando la durata dei componenti;
- alcune forme di ispezione che utilizzano i 5 sensi non sono costose e sono molto semplici da applicare;
- consente di fermarsi prima che si verifichino guasti con gravi danni;
- la manutenzione può essere programmata e il lavoro organizzato;
- i pezzi di ricambio possono essere forniti prontamente.

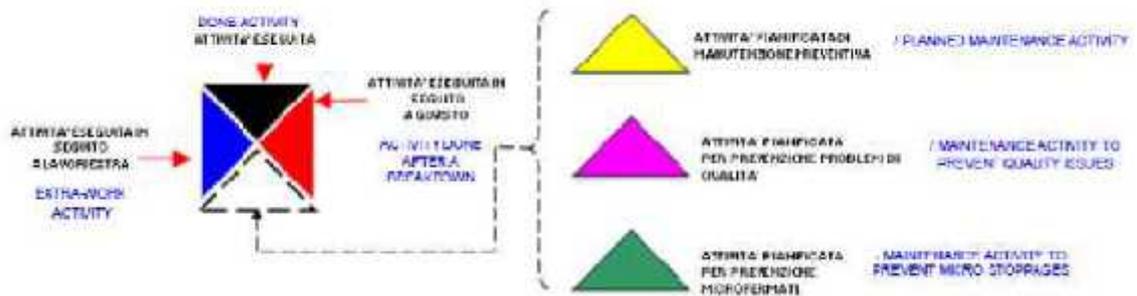
Ma si hanno anche i seguenti svantaggi:

- le analisi delle vibrazioni, la termografia e l'analisi degli oli richiedono strumenti specifici e competenze;
- le tecniche devono essere scelte con cura adeguata;
- è necessario un periodo di tempo per costruire il trend e stabilire un legame con le condizioni delle strutture;
- richiede una buona conoscenza delle macchine e dei suoi guasti.

Si arriva dunque alla stesura del Machine Ledger. Esso viene definito come il "libro macchina" del macchinario, in altre parole è un diario di bordo delle attività di manutenzione preventiva.

Prevede una lista dei componenti della macchina e le relative attività programmate.

Viene illustrata la divisione delle attività con cadenza settimanale e si utilizza un'illustrazione a colori per definire le attività, (vedi **figura 5.19**).



*Figura 5.19 Specifiche illustrative delle attività previste dal Machine Ledger*

Presentiamo quindi un estratto de Machine Ledger nella **figura 5.20**.

*Figura 5.20 Estratto del Machine Ledger*

### 5.3.6 Step 7

Lo Step 7 della Quality Maintenance consiste nel miglioramento dei metodi di mantenimento delle condizioni per 0 difetti.

In questo caso si tratta di andare ad analizzare le attività previste dal Machine Ledger ed eventualmente cambiare la pianificazione per il miglioramento della prevenzione al fine di evitare il sorgere di eventuali problemi.

## 5.4 Risultati del Progetto

Tutte le attività elencate e descritte portano alla definizione del Quick Kaizen di progetto.

### *Plan*

Nella fase Plan abbiamo la pianificazione.

Qui si ha la rilevazione di un'alta percentuale di scarti relativa all'utensile M18 fuori tolleranza e quindi perdita di materiale, dovuta alla causa principale di integrità del sistema di bloccaggio dell'utensile con il target di riduzione delle perdite.

### *Do*

Nella fase Do abbiamo l'azione.

In questo caso abbiamo la contromisura di sostituzione della molla della drawbar di bloccaggio dell'utensile.



*Figura 5.21 Molla della drawbar danneggiata e sostituita*



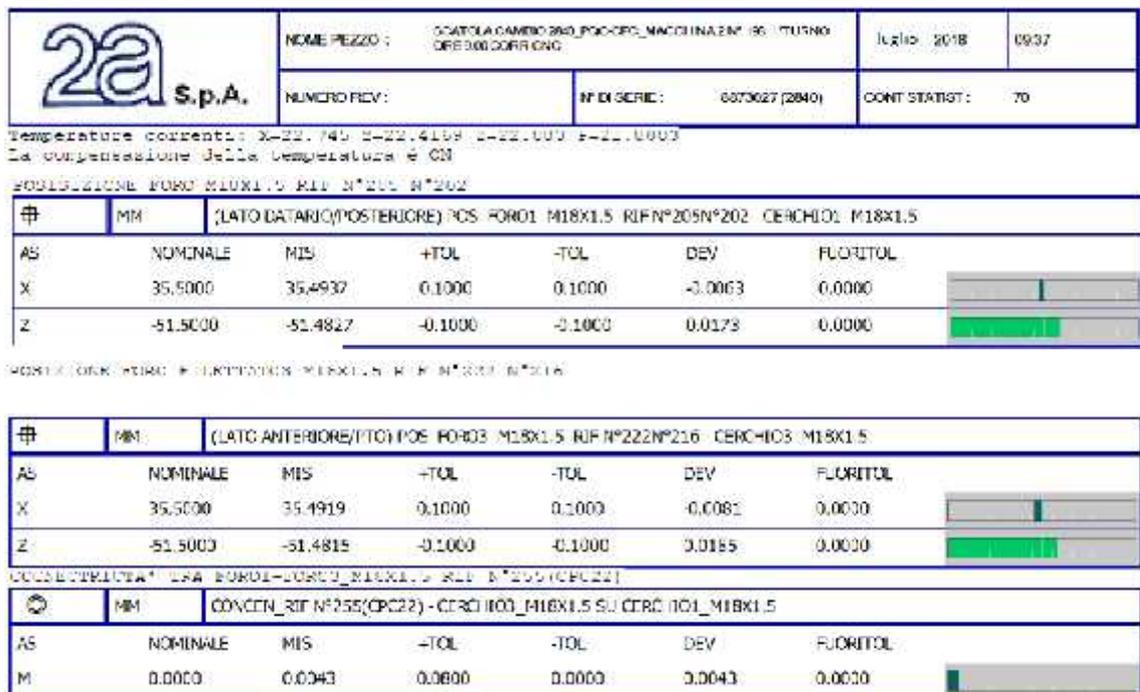
*Figura 5.22 Molla della drawbar nuova*

## Check

Nella fase check abbiamo la verifica.

Prevede la Manutenzione preventiva mostrata dal Machine Ledger e il resoconto della riduzione degli scarti in percentuale pari all'80%.

I controlli effettuati sul pezzo hanno evidenziato come non ci sia più una discrepanza tra il centraggio del cerchio nominale e quello effettivo. Quindi il punto centrale dei due fori ottenuti coincide e rispetta la tolleranza imposta. La tolleranza da rispettare è pari a 8 centesimi di millimetro. La misurazione restituisce un valore pari a 4 µm. Quindi la tolleranza è rispettata (vedi **figura 5.23**).



**Figura 5.23** Report di tolleranza

## Act

Nella fase act abbiamo l'implementazione.

Essa culmina nell'implementazione e conseguimento delle attività di manutenzione.

Nella **figura 5.24** si riporta la rappresentazione del Quick Kaizen di progetto.

| QUICK KAIZEN  |  | Gruppo / UTC   | Scatola cambio |
|---|--|--|----------------|
| Stabilimento: Villastellone   |  | Iniziativa:  | Lavorazione    |
| Unità produttiva:   |  | Scheda no.:  | 33             |
| Tema: <b>Sostituzione Molla di tiraggio Drowbar</b>   |  | Voce di costo: Non Uniformità  |                |
| Categoria: Impianto   | <input type="checkbox"/> SI (Sicurezza) <input type="checkbox"/> MO (Organizzazione del Posto di Lavoro) <input type="checkbox"/> AM (Autoregolazione Automatica) <input type="checkbox"/> FIKI (Inquinamento, Protezione) |  |                |
|   | <input checked="" type="checkbox"/> MU (Mantenimento) <input type="checkbox"/> LSCS (Logistica e Servizio al Cliente) <input type="checkbox"/> PD (Sviluppo delle Forme) <input type="checkbox"/> E (Economico)            |  |                |
|   | <input type="checkbox"/> FPM (Gestione e Sviluppo degli Impianti) <input type="checkbox"/> EPM (Gestione Attività alla IP centrale)  |  |                |
| <b>PLAN</b>   | →  | <b>DO</b>  |                |
| PERCENTUALE SCARTI PARI AL 40% RELATIVA AL FUORI TOLLERANZA DELL'N°18 PER IL MATERIALE<br><br>VERIFICA INTEGRITÀ SISTEMA DI RICCAGGIO |  | SOSTITUZIONE MOLLA DI TRAGGIO DROWBAR  |                |
| ↑   | <b>ACT</b>   | ↓  | <b>CHECK</b>   |
| IMPLEMENTAZIONE ATTIVITÀ DI ISPEZIONE<br>ESTENSIONE ORIZZONTALE ALLE ALTRE MACCHINE   |  | CONTROLLO E VERIFICA TOLLERANZE DI CONCENTRICITÀ<br>ATTIVITÀ DI MANUTENZIONE PREVISTA DAL MACHINE LEDGER<br>RIDUZIONI PERDITE PARI ALL'80% |                |

Figura 5.24 Quick Kaizen

## 6 Conclusioni

Si analizzano, infine, le conclusioni della presente Tesi.

In primo luogo, ci si rende conto dei notevoli benefici che si possono ottenere seguendo gli step e le fasi previste dalla metodologia del World Class Manufacturing. Con i dieci pilastri tecnici si riesce a coprire l'intero campo aziendale nell'ambito tecnico e di lavoro, portando al miglioramento delle attività produttive e alla risoluzione di eventuali problematiche che possono insorgere, cercando ovviamente di prevenirle e di ridurre/eliminare le perdite, gli sprechi, i difetti e i guasti; mentre i pilastri manageriali completano i primi agendo sul campo del management e andando a regolare la gestione aziendale occupandosi di cambiamento di mentalità, responsabilizzazione, motivazione e consapevolezza del personale a tutti i livelli della piramide aziendale.

Con l'introduzione di questa metodologia, infatti, i dipendenti apprezzeranno molto i miglioramenti in ambito di sicurezza e ambiente, organizzazione del posto di lavoro e crescita delle proprie competenze, senso di appartenenza e coinvolgimento, il tutto a condire la propria crescita personale e professionale; mentre per il management si raggiunge un livello di organizzazione e gestione tale da tenere sotto controllo tutta la fase di plan e motivazionale, con un profondo radicamento ottenuto grazie alle strategie e agli strumenti utilizzabili.

È fuori dubbio che la ricerca di una "Produzione di Classe Mondiale" offra agli acquirenti una garanzia di qualità dell'attività produttiva svolta e degli output offerti.

Nello specifico ci siamo occupati di uno dei pilastri tecnici, ovvero quello del Quality Control (Controllo di Qualità). Esso mira ad assicurare che la qualità del lavoro svolto incontri i requisiti contrattuali del progetto e mantenga gli standard di eccellenza stabiliti dal management, il quale decide di lavorare secondo determinate linee guida; inoltre si ricerca il rispetto delle norme imposte dagli enti legali e dalle autorità. In sintesi il Quality control si occupa di controllare che le specifiche di un prodotto derivanti da un progetto siano conformi alle specifiche ed ai requisiti predefiniti.

A ciò si affianca anche il concetto di Quality Assurance (Assicurazione di Qualità), il cui fine è quello di assicurare che i processi di produzione dei deliverable di un progetto rispettino gli standard qualitativi concordati con il cliente finale. Essa impone di operare in chiave preventiva predisponendo processi di produzione affidabili.

La seconda richiede la conoscenza degli standard sia interni che del cliente da dichiarare nel Piano della Qualità con tutti gli interventi sistematici ed a campione che si intende attuare per gestire la qualità. Il primo richiede invece una serie di test, ispezioni e indagini allo scopo di individuare non conformità o errori nei prodotti, prima che arrivino al cliente finale. Tutto ciò è mirato a garantire la piena soddisfazione dei clienti, attraverso tecniche adeguate di problem solving e di qualità,

intervenendo su design, sensazioni comunicate dal prodotto, affidabilità, integrità, qualità dei materiali, valore (stima della qualità del prodotto rapportata al prezzo pagato per ottenere lo stesso. Si agisce in modo tale da tenere presente la natura del prodotto, il contesto di riferimento, i bisogni dei clienti, le loro aspettative e soprattutto la loro percezione riguardo ad esso. Tutto ciò ha lo scopo di assicurare la cosiddetta "Customer Satisfaction".

Vari sono i fondamentali vantaggi che si ottengono con l'applicazione del Quality Control:

- **velocità di intervento elevata**, per fornire tempestività di azione per arginare in tempi brevi il problema sorto e per fornire informazioni volte alla sua risoluzione;
- **miglioramento della qualità** della produzione: zero difetti, zero sprechi, zero perdite e conformità garantita al 100%;
- **riduzione costi**, legati alle non conformità e ai difetti che possono sorgere nell'attività produttiva.
- **garantire la capacità di fornire prodotti**, in modo continuativo, nel rispetto dei requisiti e dell'affidabilità;
- **fornire disciplina e organizzare meglio l'attività lavorativa**, permettendo al personale di avere linee guida e metodo per affrontare la loro vita professionale quotidiana;
- **fornire supporto alla standardizzazione e all'ottimizzazione dei processi**, migliorandone l'efficacia e l'efficienza e aumentandone la ripetitività degli stessi;
- **supportare lo sviluppo delle risorse umane**, permettendo al personale di sviluppare le proprie competenze e relazioni interpersonali fondamentali per il lavoro di squadra, incoraggiandolo;
- **aumentare la Customer Satisfaction**, ossia la soddisfazione dei clienti.

Si è potuto appurare la validità dell'approccio riguardante la Problem Solving Formula e il ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act) per risolvere un problema sporadico di media complessità. In particolare si è potuto apprezzare come i tools siano validi per risalire alla causa generante il problema, dalla descrizione del fenomeno con lo strumento del 5W+1H alla ricerca della causa tramite l'analisi delle 4M (Man, Machine, Material, Method) e dei 5WHYS (5PERCHÈ), i quali permettono di considerare tutto ciò che ruota attorno al problema (sistemi macchina e modalità di lavorazione) e risalire alla radice del problema con una sequenza di relazioni opportune.

L'inadeguatezza dell'utensile per la lavorazione di finitura ci ha portato alla ricerca di un utensile più consono e adatto all'operazione; esso, costituito da policristallino, risulta essere più performante e adeguato. È stato necessario l'intervento di un tecnico specializzato per la sua realizzazione ad hoc, ma anche se la sua introduzione ha

comportato costi non irrisoni, il sacrificio è stato ripagato dai benefici ottenuti, per la precisione si è riuscito a ricoprire per più di quattro volte i costi affrontati e ciò ha avuto ripercussioni positive soprattutto nell'abbattimento e azzeramento degli scarti di lavorazione. Un risultato che ha giustificato pienamente il suo inserimento. I risultati ottenuti sono stati standardizzati ed estesi orizzontalmente alle altre quattro macchine CNC Moriseiki NH5000.

Non da meno è l'approccio della Quality Maintenance (Manutenzione di Qualità), che ha permesso di individuare la causa radice del problema di concentricità.

La Process Point Analysis (Analisi del Punto di Processo) permette di analizzare a fondo la macchina in tutto il suo complesso ma soprattutto nel dettaglio, scomponendola in tutti i suoi componenti e relativa funzione e scavando a fondo per rintracciare la causa radice della non conformità, individuata come la non integrità della molla di tiraggio drawbar, prontamente sostituita. Il risultato è stato quello di abbattere le perdite dovute alla non conformità fino all'80%. Anche in questo caso i risultati ottenuti sono stati standardizzati ed estesi orizzontalmente alle altre quattro macchine CNC Moriseiki NH5000.

A ciò si può aggiungere l'importanza della Manutenzione per un'attività di prevenzione del problema in ottica futura, affidata alla Professional Maintenance a cui la Qualità si appoggia e con cui entra in relazione sfociando nella Quality Maintenance. "Prevenire risulta meglio che curare", infatti attraverso gli strumenti e le tecniche della PM possiamo evitare l'insorgere di nuovi problemi che sono già stati riscontrati grazie ad adeguati accorgimenti e all'intervento preventivo anziché quello reattivo (intervenire solo quando il problema è stato riscontrato), permettendo di risparmiare tempo e risorse che possono essere impiegati in altri modi.

Basilare ma fondamentale è la ricerca del miglioramento continuo, presente in tutti i campi e a tutti i livelli. Ciò spinge tutto il personale a intraprendere un cammino di continuo aggiornamento e progresso senza avere vincoli particolari, a patto che sia finalizzato al potenziamento e al perfezionamento e non ad una involuzione o ad una regressione. Progresso e sviluppo sono temi fondamentali della società odierna ed essi non hanno alcun limite. Teniamo quindi per noi il motto secondo cui "si può sempre migliorare".

Le skills che sono richieste ad un membro della squadra QC e che ho potuto mettere alla prova in prima persona sono varie:

- abilità nel lavoro in team;
- abilità di problem solving;
- abilità di dialogo;
- qualità organizzative;
- abilità nella gestione e nell'utilizzo dei tools disponibili.

Per esperienza personale, posso affermare che avere un metodo e un programma strategico valido da poter tenere come linea guida possa soltanto giovare sia

all'azienda che alla propria qualità del lavoro svolto, a patto che gli strumenti utilizzati siano rispettati in maniera opportuna. In questa esperienza ho potuto sentirmi parte integrante del progetto, il che conta molto a livello di motivazione personale e stimoli, ma la cosa più importante è poter avere condizioni ideali in cui lavorare sia dal punto di vista ambientale che dal punto di vista delle relazioni interpersonali, che fortunatamente non sono mancati. Tutta l'attività svolta mi ha permesso di apprendere strategie di problem solving, le quali sono alla base della formazione di un ingegnere, potendo mettere in pratica quello che ho appreso in linea teorica. Da questo punto in poi, come dicevamo in precedenza, "si può sempre migliorare".

## 7 Bibliografia

- Milan Djordjevic, Milan Milovanovic, Maja Djordjevic, A.A. 2010, World Class Manufacturing in Automotive Industry, 4th International Quality Conference May 19th 2010, Center for Quality, Faculty of Mechanical Engineering, University of Kragujevac, 2010
- L. Mercadante, A. Terracina, G. Spada, La World Class Manufacturing: strumenti e metodi per migliorare la salute e la sicurezza dei lavoratori, 2006
- C. Simoni, Approccio strategico alla produzione: oltre la produzione snella, Firenze, University Press, 2002
- Alessandro Amadio, World class manufacturing. I pilastri, la dinamica e l'evoluzione di un modello eccellente orientato dalla lean manufacturing e dai costi, 2017
- Fabio De Felice, Domenico Falcone, Antonella Petrillo, World class manufacturing: origine sviluppo e strumenti, 2014
- Richard Keegan, An Introduction to World Class Manufacturing, 1997
- Krafcik, John F., Triumph Of The Lean Production System, Cambridge Vol. 30, Fasc. 1, 2003
- Kathleen E. McKone, Roger G. Schroeder, Kristy O. Cua, The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance, 2001
- Danny Samson, Mile Terziovski, The relationship between total quality management practices and operational performance, 1999
- [www.blog.torinonordovest.it](http://www.blog.torinonordovest.it)
- [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)