

---

**POLITECNICO DI MILANO**

Facoltà di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in  
Ingegneria Aeronautica



**Gestione, analisi ed eliminazione delle problematiche  
nella produzione di componenti di impianti aeronautici  
- Metodi teorici e casi di studio -**

Relatore: Prof. Giuseppe SALA

Relatore Aziendale: Ing. Danilo ISELLA

Tesi di Laurea di:

Daniele PIVA Matr.725573

Anno Accademico 2010 - 2011

---

# Ringraziamenti

Ovviamente il primo ringraziamento va al Prof. Sala, so di non esser stato un tesista diligente ma con me è sempre stato molto disponibile e mi ha aiutato a giungere alla conclusione di questo lavoro di tesi.

Sicuramente un ringraziamento deve andare a Microtecnica, all'Ing. Danilo Isella che mi ha seguito passo passo durante la Tesi, che mi ha fatto crescere e fare esperienza lavorativamente, ma che mi è stato anche molto vicino umanamente, facendomi sentire valorizzato anche coi limiti dell'inesperienza.

Devo ringraziare anche i due Site Manager che si sono susseguiti a Brugherio, l'Ing. Marco Rani e il Dott. Sergio Gasparrini, il primo mi ha permesso di intraprendere la mia esperienza presso Microtecnica e il secondo mi ha dimostrato grandissima fiducia, volendomi valorizzare e spronandomi perchè riuscissi a tirar fuori le mie capacità. Mi ha dimostrato tanta fiducia e con questa mi ha permesso di affrontare molti altri argomenti oltre quelli della tesi che sicuramente saranno preziosi nella mia vita lavorativa.

Il ringraziamento più grande va a Roberta. Mi è stata accanto praticamente per tutta l'esperienza universitaria. Ha avuto con me un'immensa pazienza, ha sopportato le mie preoccupazioni i momenti di sconforto quando volevo mollare tutto. Mi ha fatto riflettere, spronato e mi ha dato la forza e le motivazioni per andare avanti. Mi ha insegnato a non aver paura di mettermi alla prova e sfidare le mie capacità.

Ovviamente un ringraziamento immenso va alla mia famiglia, mia mamma Maria Grazia, mio papà Paolo, mio fratello Nicolò, le mie nonne e nonni. Anche loro hanno avuto moltissima pazienza, sopportandomi e supportandomi ogni giorno, non mi hanno mai fatto pressioni o imposto scelte, non mi hanno fatto pesare gli insuccessi e nemmeno mi hanno illuso per i successi. Mi sono stati accanto, condividendo con me l'esperienza formativa dell'università, mi hanno fatto sentire il loro sostegno ma senza che diventasse mai invadenza.

Altre persone mi hanno aiutato moltissimo in Microtecnica, tanti colleghi mi hanno offerto il loro aiuto ma sicuramente un grandissimo ringraziamento va a Davide che ha avuto la pazienza di farmi da guida e da insegnante. Tra tutti tre colleghi, Dario, Michele e Agostino sono stati per me molto importanti mi hanno aiutato ad integrarmi e mi hanno insegnato come muovermi in Microtecnica.

---

Un ultimo ringraziamento va agli amici e ai compagni di università, hanno condiviso con me parte della loro vita e siamo cresciuti insieme. I primi mi sono sempre stati vicini, hanno sopportato i miei sfoghi e mi hanno aiutato nei momenti di crisi, ma soprattutto hanno avuto la pazienza quando per l'università ho sacrificato il nostro tempo.

I compagni dell'università sono gli unici, senza togliere nulla a nessuno, che sanno veramente cosa vuol dire affrontare il nostro percorso universitario, abbiamo passato tante ore di studio insieme, e fortunatamente oltre allo studio abbiamo creato anche una bellissima amicizia.



# Indice

<b>1</b>	<b>Microtecnica prodotti e organizzazione</b>	<b>3</b>
1.1	Microtecnica Brugherio . . . . .	3
1.1.1	Organizzazione produttiva MTB . . . . .	9
<b>2</b>	<b>Importanza della corretta gestione delle non-conformità</b>	<b>11</b>
2.1	Le problematiche nella vita di un prodotto . . . . .	11
2.2	Impatto delle non conformità sull'azienda . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Individuazione e gestione dei problemi e relativi strumenti</b>	<b>15</b>
3.1	Individuazione dei problemi . . . . .	15
3.2	Difficoltà riscontrabili durante l'individuazione dei problemi	16
3.3	Gestione del problema o della segnalazione . . . . .	17
3.4	Strumenti tipici . . . . .	18
3.4.1	5Whys . . . . .	18
3.4.2	Ishikawa . . . . .	19
3.4.3	RCCA (Root Cause and Corrective Action) . . . . .	21
3.4.4	Mistake Proofing Prevention . . . . .	22
3.4.5	DMAIC (Define Measure Analyze Improve Control)	23
3.4.6	DOE (Design of Experiment) . . . . .	25
3.4.7	Matrice delle priorità . . . . .	27
3.5	Osservazioni derivanti dall'applicazione dei metodi . . . . .	29
3.6	La clinica: processo strutturato d'analisi . . . . .	31
<b>4</b>	<b>Servoattuatore rotore di coda</b>	<b>35</b>
4.1	Descrizione del prodotto . . . . .	35
4.2	Descrizione del problema riscontrato . . . . .	35
4.3	Metodo di individuazione del problema . . . . .	36
4.4	Azioni intraprese e informazioni raccolte . . . . .	36
4.4.1	Intervista al personale . . . . .	37
4.4.2	Studio documentale . . . . .	39
4.4.3	Misurazioni componenti . . . . .	40
4.4.4	Collaudi . . . . .	41
4.4.5	Prove . . . . .	42
4.4.6	Incontri con il fornitore . . . . .	44
4.5	Esito dell'indagine e azioni correttive introdotte . . . . .	45
4.6	Strumenti individuabili nelle azioni intraprese . . . . .	46

<b>5</b>	<b>Valve Lock</b>	<b>51</b>
5.1	Descrizione del prodotto . . . . .	51
5.2	Descrizione del problema riscontrato . . . . .	52
5.3	Metodo di individuazione del problema . . . . .	53
5.4	Azioni intraprese e informazioni raccolte . . . . .	53
5.4.1	Intervista al personale . . . . .	53
5.4.2	Studio documentale . . . . .	54
5.4.3	Misurazioni componenti . . . . .	54
5.4.4	Collaudi . . . . .	56
5.4.5	Prove . . . . .	56
5.5	Esito dell'indagine e azioni correttive introdotte . . . . .	57
5.6	Strumenti individuabili nelle azioni intraprese . . . . .	58
<b>6</b>	<b>Premistoppa</b>	<b>63</b>
6.1	Descrizione del prodotto . . . . .	63
6.2	Descrizione del problema riscontrato . . . . .	64
6.3	Metodo di individuazione del problema . . . . .	64
6.4	Azioni intraprese e informazioni raccolte . . . . .	65
6.4.1	Intervista al personale . . . . .	65
6.4.2	Verifiche attrezzatura . . . . .	67
6.4.3	Verifica processo . . . . .	67
6.4.4	Studio documentale . . . . .	70
6.4.5	Prove . . . . .	70
6.5	Esito dell'indagine e azioni correttive introdotte . . . . .	71
6.6	Strumenti individuabili nelle azioni intraprese . . . . .	72
<b>7</b>	<b>Clinica di processo</b>	<b>77</b>
7.1	Descrizione del processo . . . . .	77
7.2	Individuazione delle possibili aree problematiche . . . . .	79
7.3	Strumenti individuabili nelle azioni intraprese . . . . .	82
<b>8</b>	<b>Servocomando alettoni</b>	<b>85</b>
8.1	Descrizione del prodotto . . . . .	85
8.2	Descrizione del problema riscontrato . . . . .	85
8.3	Metodo di individuazione del problema . . . . .	86
8.4	Azioni intraprese e informazioni raccolte . . . . .	86
8.4.1	Intervista al personale . . . . .	87
8.4.2	Verifiche attrezzatura . . . . .	88
8.4.3	Studio documentale . . . . .	88
8.4.4	Prove . . . . .	89
8.5	Esito dell'indagine e azioni correttive introdotte . . . . .	91

---

<b>9</b>	<b>Servocomando attuazione Flapperoni</b>	<b>97</b>
9.1	Descrizione del prodotto . . . . .	97
9.2	Descrizione del problema riscontrato . . . . .	97
9.3	Metodo di individuazione del problema . . . . .	99
9.4	Azioni intraprese e informazioni raccolte . . . . .	99
9.4.1	Intervista al personale . . . . .	100
9.4.2	Verifiche attrezzatura . . . . .	103
9.4.3	Studio documentale . . . . .	105
9.4.4	Misurazione componenti . . . . .	106
9.4.5	Prove . . . . .	108
9.5	Esito dell'indagine e azioni correttive introdotte . . . . .	109
<b>10</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>113</b>





## Elenco delle figure

1.1	Accumulatore . . . . .	4
1.2	Esempio prodotti MTB . . . . .	5
1.3	Damper . . . . .	5
1.4	Centralina . . . . .	6
1.5	Serbatoi . . . . .	6
1.6	Ruota . . . . .	6
1.7	Servocomandi . . . . .	7
1.8	Freno . . . . .	8
1.9	Distributore . . . . .	8
3.1	Esempio di diagramma <i>fishbone</i> . . . . .	20
3.2	Esempio di diagramma <i>DOE</i> . . . . .	27
3.3	Esempio di diagramma <i>Matrice di Priorità</i> . . . . .	29
3.4	Clinica . . . . .	33
4.1	Servocomando rotore di coda . . . . .	35
4.2	Immagine del gruppo pistone-camicia interna con evidenziate le zone con lucidatura anomala . . . . .	38
4.3	Stralcio del disegno della flangia in cui sono state mantenute ed evidenziate solo le quote che è capitato individuare fuori tolleranza . . . . .	41
4.4	Flangia e installazione della stessa sul servocomando (non sono ancora presenti le servovalvole) . . . . .	41
4.5	Camicia e pistone inseriti all'interno del corpo servovalvola . . . . .	43
4.6	Evidenziati i fori di fissaggio del corpo servovalvola alla flangia . . . . .	44
4.7	Individuazione dello schema <i>Fishbone</i> nell'analisi del problema del servoattuatore di coda . . . . .	48
5.1	Valve Lock . . . . .	51
5.2	Componenti della Valve Lock Nel centro è mostrata un'immagine del pistone mentre ai lati le immagini delle camicie. . . . .	52
5.3	Foro risultato conico . . . . .	55
5.4	Evidenziate le zone tra cui è imposto il gioco . . . . .	56
5.5	Superfici tra le quali si ha tenuta idraulica . . . . .	57
5.6	<i>Fishbone</i> dell'indagine per la Valve Lock . . . . .	59
6.1	Premistoppa . . . . .	63
6.2	Posizionamento del premistoppa(sezione del servocomando) . . . . .	63

6.3	Finitura del premistoppa . . . . .	64
6.4	-SOLUZIONE NON FUNZIONANTE- in verde le zone interessate dalla formazione di bolle . . . . .	65
6.5	-SOLUZIONE FUNZIONANTE- in verde le zone interessate dalla formazione di bolle in rosso il senso di movimentazione . . . . .	66
6.6	Supporto definitivo per sospensione . . . . .	72
7.1	<i>Fishbone</i> della clinica di processo . . . . .	83
8.1	Servocomando alettoni . . . . .	85
8.2	Attacchi servocomando . . . . .	86
8.3	Norma di Cianfrinatura . . . . .	89
8.4	Attrezzatura realizzata con progetto non corretto . . . . .	91
8.5	Attrezzatura realizzata con progetto non corretto . . . . .	92
8.6	Quote corrette secondo norma . . . . .	93
8.7	Attrezzatura progettata sono presenti anche un simulacro del cuscinetto e dell'attacco . . . . .	93
8.8	Servocomando alettoni . . . . .	94
9.1	Servocomando Flapperoni . . . . .	97
9.2	Attacco Servocomando . . . . .	99
9.3	Esempio di spaccato di un cuscinetto . . . . .	103
9.4	Cella di carico . . . . .	105
10.1	Schema del processo di indagine . . . . .	113

## Elenco delle tabelle

4.1	Individuazione del metodo <i>5Whys</i> nello studio del problema sul servoattuatore di coda . . . . .	49
6.1	Trattamenti Galvanici sul premistoppa . . . . .	69

## Sommario

In questa tesi si esporranno alcune delle metodologie di gestione delle problematiche di produzione e collaudo di componenti per l'industria aeronautica.

Attraverso alcuni esempi si presenterà come questi metodi teorici possono essere applicati alla realtà della produzione.

Osserveremo come pur incontrando limiti al momento di trattare la realtà questi metodi permettano di seguire un processo strutturato d'indagine delle problematiche e avere buona sicurezza che in questo modo l'analisi arrivi ad evidenziare la vera *causa prima* permettendo quindi di risolvere il problema e non solo i suoi effetti.

I due step fondamentali di questi metodi sono quindi l'individuazione della *root cause* e della relativa *corrective action*.

La *root cause* o *causa prima* è il motivo originario da cui ha avuto origine la serie di eventi che, alla fine, si è palesato con la problematica riscontrata.

La *corrective action* è l'azione da identificare ed applicare per rimuovere la *causa prima*.

### **Parole chiave:**

Clinica, NCM, Causa prima, 5Whys, Ishikawa, RCCA, Mistake Proofing Prevention, DMAIC, DOE, Matrice delle priorità.

## Abstract

This thesis deals with some methodologies concerning production problems and component testing management in aeronautic industry.

Several examples will be considered in order to show how these theoretical methods can be applied to the real process of production.

Notwithstanding the limits met in dealing with reality, these methods should allow to follow a structured survey process of the problems and should ensure that the analysis spots the real *root cause* and consequently solve the problem itself and not only its effects.

The two fundamental steps of these methods are therefore spotting the *root cause* and the consequent *corrective action*.

The *root cause* is the basic reason from which stemmed out the sequence of events that eventually revealed through the evident problem.

The *corrective action* is the action to be identified and applied to remove the *root cause*.

**Key words:**

Clinic, NCM, Root cause, 5Whys, Ishikawa, RCCA, Mistake Proofing Prevention, DMAIC, DOE, Priority matrix.



# Introduzione

Questa tesi è basata sull'attività svolta presso la sede di Brugherio della società Microtecnica S.r.l.

L'attività di Microtecnica S.r.l. ha avvio nel 1929 a Torino e nel 1983 entra a far parte del gruppo Hamilton Sundstrand - United Technologies.

Nel 2001 Microtecnica acquisisce Magnaghi Brugherio, altra storica azienda Italiana specializzata nelle componenti idrauliche e negli organi di atterraggio per il settore aeronautico.

Nel 2008 un Fondo di Investimento rileva Microtecnica da Hamilton Sundstrand - United Technologies.

Al momento la società comprende tre sedi produttive, due in Piemonte a Torino e Luserna e una a Brugherio nelle vicinanze di Monza, in Inghilterra è invece situato un centro di progettazione che opera in collaborazione con quelli delle sedi produttive; la società nel complesso conta circa 700 dipendenti.

Con esperienza di oltre 80 anni nel campo della progettazione e realizzazione di equipaggiamenti e sistemi ad elevato contenuto tecnologico per applicazioni aerospaziali Microtecnica oggi serve clienti come AgustaWestland, Avio, Alenia, Bombardier, Cessna, Eurocopter, Airbus ed Hamilton Sundstrand.

La società possiede un sistema di Gestione della Qualità certificato UNI EN ISO 9001: 2008, UNI EN 9100: 2009 e EN ISO 14001: 1996.

Ovviamente a questi si aggiungono le certificazioni aeronautiche EASA PART 21 per la produzione e EASA PART 145 per la manutenzione. La gamma degli equipaggiamenti Microtecnica si articola nelle seguenti linee di prodotto:

- Sistemi di attuazione e di controllo di volo primari e secondari
- Sistemi idraulici di bordo
- Sistemi di condizionamento (ciclo ad aria e di vapore) e di controllo termico
- Sistemi di generazione e di regolazione potenza motore
- Sistemi di integrazione velivolo (Iron Bird) e banchi di prova





# Capitolo 1

## Microtecnica prodotti e organizzazione

Come detto Microtecnica Srl nelle sue tre sedi raccoglie un ampio ventaglio di prodotti relativi al campo aeronautico e spaziale.

In generale i prodotti di Microtecnica Srl sono concentrati in questi ambiti:

- Sistemi di attuazione e di controllo di volo primari e secondari
- Sistemi idraulici di bordo
- Sistemi di condizionamento (ciclo ad aria e di vapore) e di controllo termico
- Sistemi di generazione e di regolazione potenza motore
- Sistemi di integrazione velivolo (Iron Bird) e banchi di prova

Nella sede di Torino si raccolgono le attività relative alla gestione organizzativa dell'intera società. Inoltre qui sono concentrate le attività di progettazione e di assemblaggio e test di alcuni dispositivi di attuazione meccanica.

Nella sede di Luserna invece sono operate le attività di sviluppo e test per molti dei prodotti di Microtecnica e in particolare qui sono sviluppati i dispositivi di condizionamento e controllo ambientale ECS.

La sede di Brugherio è invece storicamente legata al ramo dei componenti idraulici e mantiene quindi parte della progettazione e la produzione ad esso relative.

### 1.1 Microtecnica Brugherio

La sede di Brugherio, entrata in Microtecnica Srl a seguito dell'acquisizione dell'azienda Magnaghi, ha mantenuto, come già detto, la vocazione originale incentrando quindi i suoi prodotti nell'ambito dei sistemi idraulici di bordo e dei sistemi di attuazione.

Nello specifico in questa sede ci si concentra su:

- accumulatori
- attuatori

- centraline
- dampers
- distributori
- filtri
- freni
- pompe
- ruote
- serbatoi
- servocomandi
- valvole freni
- valvole



**Figura 1.1:** Accumulatore

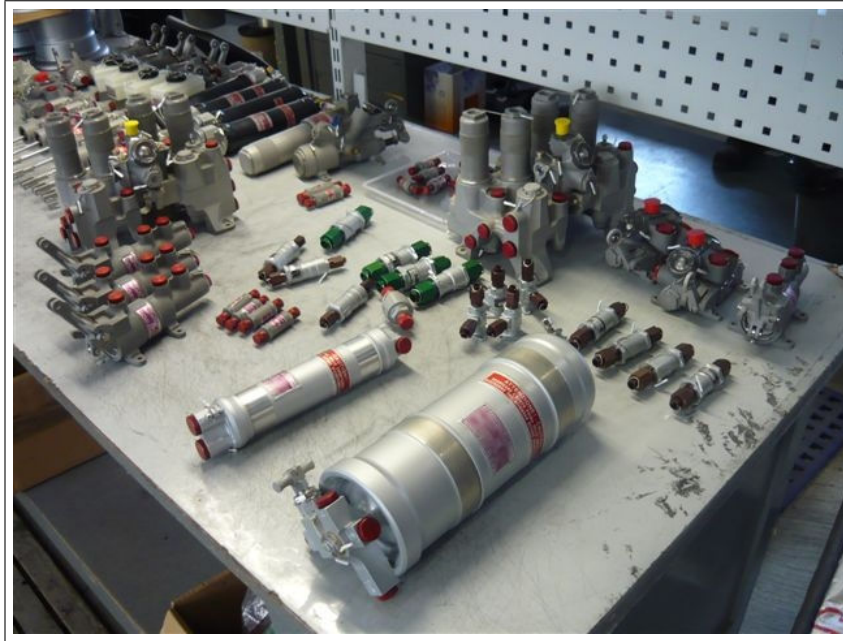


Figura 1.2: Esempio prodotti MTB



Figura 1.3: Damper



**Figura 1.4:** Centralina



**Figura 1.5:** Serbatoi



**Figura 1.6:** Ruota

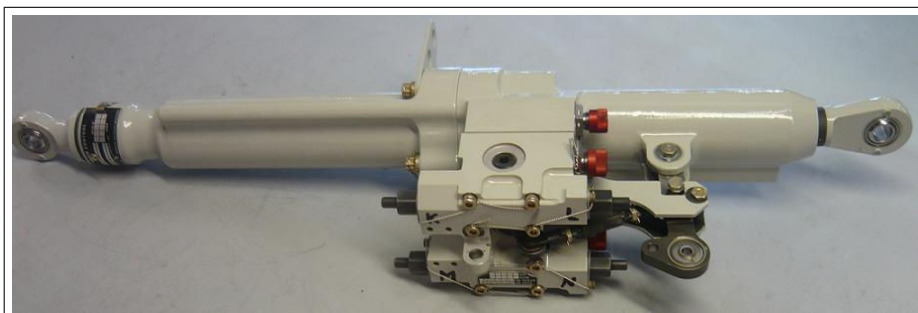


Figura 1.7: Servocomandi



**Figura 1.8: Freno**



**Figura 1.9: Distributore**

### 1.1.1 Organizzazione produttiva MTB

La prima grande suddivisione nei reparti di MTB(Microtecnica Brugherio) è quella individuabile fra produzione e manutenzione. Queste due parti regolamentate da Normative differenti e separate, sono anche fisicamente distinte all'interno dei reparti. Vi è infatti un reparto specifico al quale è assegnata la gestione dei prodotti in manutenzione, tuttavia per alcune lavorazioni e per i collaudi, tali dispositivi e i loro componenti sono gestiti insieme a quelli di produzione.

Per quanto riguarda la gestione dei prodotti o loro parti vi è anche un'altra suddivisione che divide quindi la produzione secondo due criteri: uno detto per Celle di Prodotto e uno per Celle di Funzione.

Il primo viene applicato qualora ci siano dei prodotti che per tipologia, esigenze produttive o di collaudo, ratei di produzione o criticità presentano la necessità di essere trattati per la maggior parte delle operazioni in una sola zona. Questa zona quindi in MTB può comprendere, secondo i casi, tutte le operazioni a partire dal montaggio fino al collaudo oppure solo alcune operazioni. Esempi di queste celle sono la cella PCM (power control module) e la cella del servocomando 28007, di queste la prima esegue tutte le operazioni compreso il collaudo, mentre nella cella del servocomando si eseguono tutte le fasi dell'assemblaggio, con il collaudo eseguito nel Reparto di Collaudo comune a tutta la sede; a testimonianza di questo fatto mentre la cella PCM risulta abbastanza isolata, la cella del servocomando 28007 è ricavata in un'area direttamente adiacente al Rep. di Collaudo.

Il criterio detto per celle di funzione invece tratta, a livello di reparto, non un singolo prodotto, ma una tipologia di operazione da eseguire sui prodotti; in questo caso in MTB la suddivisione è la seguente:

- rep. galvanica
- rep. verniciatura
- rep. finitura
- rep. imballaggio
- rep. montaggio
- rep. rettifica
- rep. collaudo
- rep. collaudo skydrol

- rep. controllo dimensionale
- rep. controlli non distruttivi
- rep. meccanica
- rep. pallinatrici e sabbiatrici
- rep. prove sperimentali
- rep. prova freni

Come si può notare sono presenti due reparti dedicati al collaudo, uno dei quali specificatamente indicato come reparto collaudo Skydrol. Questa divisione è resa necessaria perché in campo aeronautico si usano principalmente due tipologie di olio: MIL(-PRF-5606 e/o -PRF-83282) e Skydrol 500-B4. Queste due tipologie differiscono molto per la corrosività e per la pericolosità legata alla loro gestione. Dei due lo Skydrol risulta molto più corrosivo per cui si rendono necessari banchi di collaudo apposti dotati di componenti che resistano all'attacco di questo olio. Per quanto riguarda il personale del collaudo l'utilizzo dell'olio Skydrol richiede differenti protezioni e misure di sicurezza.

Da ultimo abbiamo anche la suddivisione tra i prodotti destinati a clienti civili o militari. Questi due sono caratterizzati da differenti regolamentazioni quindi con richieste diverse anche dal punto di vista delle caratteristiche e dei controlli sulle attrezzature utilizzate e anche con differenti requisiti richiesti al personale.

Vi è, in alcuni casi, la necessità di separare fisicamente le parti di reparto destinati all'uno o all'altro ambito, ad esempio nel reparto di manutenzione, in quanto si richiede che i prodotti militari, anche dove intercambiabili con quelli civili, non corrano il rischio di essere confusi con essi.



## Capitolo 2

### Importanza della corretta gestione delle non-conformità

Dalla breve descrizione, fornita nel precedente capitolo, si può facilmente immaginare quanto sia complessa l'organizzazione di questa azienda e quindi quanto possa essere alta la probabilità che durante la produzione emergano problematiche.

Sebbene la strutturazione del processo produttivo sia pensata allo scopo di minimizzare le possibili cause di non conformità, anche il processo o il componente apparentemente più semplice racchiude, in realtà, una tale quantità di variabili che non si può avere mai la certezza dell'assenza di problematiche. Queste possono essere evidenti fin da subito, e quindi eliminate nelle fasi iniziali, ma possono anche essere latenti, e quindi palesarsi anche molto tempo dopo che il processo è stato avviato. Queste problematiche latenti sono molto critiche in quanto proprio il fatto che non siano evidenti ne rende complessa l'individuazione e quindi la gestione.

#### 2.1 Le problematiche nella vita di un prodotto

Considerando le fasi della vita di un prodotto:

- definizione del progetto
- progettazione
- sviluppo
- sperimentazione
- qualifica
- produzione
- service
- manutenzione
- eventuali modifiche

possiamo ritenere che in ognuna di queste potranno generarsi problematiche che potrebbero sfociare in non conformità.

Si deve inoltre tenere presente che il processo produttivo non è un processo statico ed immutabile che quindi una volta avviato rimarrà identico per sempre; quindi non si può pensare che una volta rodiate tutte le fasi il processo possa essere esente da problemi.

Evidente è il fatto che, soprattutto per produzioni che si protraggono per diversi anni, il prodotto sarà soggetto a modifiche, ad ogni modifica quindi si potranno introdurre novità sia nelle caratteristiche del prodotto che nella sua produzione. Esse quindi potranno contenere al loro interno potenziali nuove problematiche.

Anche le tecnologie e i materiali, possono subire evoluzioni o vi può essere la necessità, l'obbligo o la convenienza di abbandonarne alcuni in favore di altri. Questi cambiamenti tipicamente possono avere ricadute a livello di progetto, richiedendo revisioni o modifiche; a livello di produzione ma anche a livello di collaudo imponendo nuove metodologie o attrezzature. Ognuna di queste modifiche può quindi essere motivo dell'introduzione di nuove problematiche.

Per quanto riguarda le tecnologie produttive e i materiali si ha anche un problema legato al fatto che molti componenti non sono direttamente prodotti all'interno dell'azienda nella quale si potrebbe avere un controllo diretto ma sono prodotti all'esterno e quindi con una maggiore difficoltà di mantenere controllate le modifiche e i loro effetti, soprattutto in quei casi, attualmente molto frequenti visto la globalizzazione del mercato, in cui la produzione di un componente sia passata da un fornitore ad un altro, spesso anche cambiando nazione o addirittura continente di appartenenza del fornitore e quindi anche con differenti vincoli, limiti e possibilità produttivo-tecnologiche.

## **2.2 Impatto delle non conformità sull'azienda**

La necessità di trattare le non conformità è legata al fatto che, secondo la gravità, possiamo avere differenti effetti e quindi un differente impatto sulla produzione e sull'intera azienda.

Non conformità in fase produttiva comportano, se risolvibili, un maggiore dispendio di risorse e la dilatazione dei tempi di produzione, quindi con ritardi su tutto il ciclo produttivo e con il rischio di andare ad introdurre ritardi anche sulla produzione di altri prodotti.

Se inoltre non dovessero essere risolvibili, oltre ai ritardi e all'utilizzo di risorse extra, si arriverebbe alla fine allo scarto del componente ed eventualmente di altri ad esso collegati. Questo comporta ovviamente una perdita

economica dovuta allo scarto in sé ma può comportare una perdita ancora maggiore qualora lo scarto impedisca di produrre e consegnare l'intero prodotto, con la conseguente perdita del costo del prodotto e con eventuali penali.

Un problema ancora maggiore lo si ha nel caso in cui la non conformità si palesi una volta arrivato il prodotto al cliente.

Fortunatamente tutto l'iter dalla produzione fino ai collaudi e prove sia in azienda che ad opera del cliente rendono molto rara l'eventualità che un problema si manifesti col componente ormai in funzione sul velivolo mettendo quindi anche a rischio vite umane. Tuttavia anche il solo fatto che il problema si manifesti in sicurezza dopo la consegna al cliente è comunque l'eventualità più critica perché, oltre ad un danno economico, comporta anche un danno d'immagine tale da poter compromettere collaborazioni future.

Come evidente qualsiasi impatto delle non conformità è traducibile in un danno più o meno grave per l'azienda. Lo scopo dell'analisi è quindi individuare precisamente e tempestivamente quali siano le cause della non conformità in modo da evitarne il ripetersi ed eventualmente trasferire la responsabilità su fornitori o clienti, qualora il problema sia dipendente da loro.



## Capitolo 3

### Individuazione e gestione dei problemi e relativi strumenti

Allo scopo di chiarire al meglio le metodologie applicate per la verifica dei processi produttivi si ritiene d'interesse prima di tutto chiarire come possano essere individuati gli ambiti di indagine e quali siano gli strumenti principe per giungere a fine analisi ad una risoluzione dei problemi individuati.

#### 3.1 Individuazione dei problemi

Le fonti dalle quali reperire segnalazioni utili ad individuare eventuali problemi sono molteplici:

- NCM(non conformità) relative a prodotti interi o loro parti che segnalino problemi importanti, nel nostro caso visto la tipologia dei prodotti, solitamente i problemi più evidenti si riscontrano o a livello di prove di collaudo o a monte a livello di produzione del singolo componente. Dal punto di vista del collaudo i problemi più comuni sono legati a: perdite idrauliche, forze generate o necessarie per l'attuazione, tempi o velocità di movimento, corse o malfunzionamento delle componenti elettriche. Per quanto riguarda la parte produttiva possono dipendere principalmente da errori durante le lavorazioni meccaniche o durante i trattamenti termici o galvanici.
- analisi storico-statistica delle NCM che evidenzino ripetitività di alcune non conformità, eccessivo tempo di rilavorazione o collaudo di un pezzo
- comunicazione da parte dei reparti o di colleghi che ci sia un problema che si ripete frequentemente o che, per i componenti che coinvolge, è conveniente analizzare al fine di stabilirne le cause
- indagine sulle tempistiche di lavorazione prevista rispetto a quella effettiva per individuare se ci sono discrepanze evidenti
- segnalazione di componenti per i quali si riscontra la necessità di operazioni, anche minime e poco onerose, tuttavia non previste da ciclo o da disegno ma che si rivelano necessarie per il buon funzionamento

- individuazione in prima persona di problemi o comportamenti a rischio che magari non siano ancora stati segnalati o che sono latenti perché legati ad operazioni o componenti non ancora coinvolti nel processo produttivo

### **3.2 Difficoltà riscontrabili durante l'individuazione dei problemi**

L'individuazione di un problema o di una situazione critica non è sempre così semplice come presentato nel precedente paragrafo, visto che sia le operazioni che le segnalazioni sono fatte quasi totalmente da operatori. Poiché il loro comportamento non è "rigido", possiamo individuare tutta una serie di problematiche nella raccolta delle informazioni:

- imprecisione nello scarico dei tempi di lavoro
- segnalazioni frequentemente basate sul fattore umano: il volume e la tipologia di componenti non ha ancora permesso una completa industrializzazione, per cui molte operazioni -da quelle di controllo dei singoli componenti a quelle di montaggio e collaudo- sono ancora dipendenti dagli operatori per cui anche le relative segnalazioni non sempre sono riconducibili a dati oggettivi
- la mancanza di una segnalazione dovuta al fatto che il problema è stato risolto artigianalmente, impedisce di meglio indirizzare un'analisi storica delle problematiche e delle soluzioni intraprese
- la risoluzione dei problemi basandosi su un utilizzo spinto delle capacità dei singoli addetti, male si abbina alle dinamiche lavorative attuali nelle quali spesso non si ha il tempo di un travaso di conoscenze fra tecnici e loro apprendisti. Si corre così il rischio di perdere le soluzioni elaborate, e di vedere ripresentarsi il problema al momento di cambiare l'addetto all'operazione
- il fatto che un pezzo richieda di frequente un'operazione "personalizzata" fa sì che l'addetto la possa prendere come abitudine ripetendola su tutti i pezzi di quel tipo o anche su pezzi simili, noncurante del fatto che sul ciclo non è riportata. Questo fatto, qualora il pezzo richiedesse questa operazione a causa di problemi non ancora individuati, potrebbe fare sì che al momento in cui il problema sia risolto, consapevolmente o meno, non essendone informato l'operatore coinvolto, prosegua con la sua operazione aggiuntiva abituale, con la possibilità di creare un malfunzionamento

### 3.3 Gestione del problema o della segnalazione

Al momento di individuare un problema risulta prima di tutto necessario andare ad approfondirlo adeguatamente in modo da averne una visione più chiara possibile ed evitare di tralasciare fattori importanti.

A questo scopo risulta utile prendere in considerazione le seguenti operazioni:

- stabilire quando non già chiaro, il motivo della NCM o delle operazioni di rilavorazione
- identificare se il problema è isolato o se si ha sospetto di problemi simili già riscontrati
- determinare la gravità del problema sia per quanto riguarda il pezzo singolo che per l'intera produzione del pezzo, in modo da capire se è da richiedersi un'analisi più approfondita (clinica) o semplicemente è da trovare una soluzione per il solo problema/prodotto individuato
- individuare la documentazione (disegni, cicli di lavoro e di montaggio, norme di collaudo, eventuale documentazione dei fornitori) relativa al pezzo interessato o ai suoi componenti
- individuare l'operazione in cui si è palesato il problema, indagare su questa operazione ed eventualmente individuare i problemi connessi (problemi documentali, di strumentazione, di errata interpretazione delle indicazioni, relativi al modo di eseguire alcune operazioni, ambientali, ecc...)
- nel caso l'operazione coinvolga strumentazioni o attrezzature verificare le caratteristiche, la scadenza di taratura (dove applicabile), la facilità di utilizzo e il buon funzionamento, se se ne può sospettare coinvolgimento nel problema
- intervistare il personale al fine di evidenziare meglio il problema, la sua ricorsività, eventuali altri problemi che possono essere legati in qualche modo a quello in analisi
- richiedere eventuali collaudi o verifiche dimensionali di componenti o dell'intero pezzo allo scopo di approfondire il problema o suoi aspetti e/o meglio delineare le possibili cause ipotizzate
- elaborare ipotesi sulle cause e operare al fine di individuare la causa prima o le concause che hanno generato il problema

- definire, ove possibile, azioni correttive sulla causa mettendole in atto o se imputate al fornitore intraprendendo le adeguate azioni verso di esso (richiesta di rilavorazione, addebito dei costi dovuti alla non conformità, richieste di modifica del ciclo, aggiunta di controlli prima della consegna...ecc...)
- dove applicabile estendere le azioni correttive all'intero lotto e inserirle definitivamente all'interno della documentazione
- prevedere eventualmente un periodo di sorveglianza inserendo quindi la richiesta di controlli aggiuntivi su un certo numero di lotti o di pezzi futuri
- effettuare incontri o scambi di informazioni con i fornitori al fine di capire come vengono "veramente" prodotti i pezzi e, nel caso siano richiesti controlli come vengono eseguiti, in modo da capire se le operazioni del fornitore necessitano o meno di modifiche o miglioramenti
- considerando che molti dei componenti utilizzati sono stati progettati e/o sviluppati e/o prodotti per un certo periodo presso MTB, verificare ,intervistando i colleghi che vi hanno lavorato, se i problemi riscontrati erano già stati individuati ed eventualmente gestiti durante lo sviluppo o la produzione in MTB o se sono nuovi e secondo loro, che meglio li conoscono, quali possono essere le cause più probabili e le azioni correttive più indicate

### **3.4 Strumenti tipici**

A supporto delle analisi sopra riportate, per la definizione della root-cause & corrective action, sono stati definiti dei tools che consentono di effettuare le indagini in maniera strutturata.

#### **3.4.1 5Whys**

Tecnica utilizzata per analizzare un problema alla ricerca della causa prima e della root cause. Questa metodologia sollecita l'utilizzatore a non fermarsi alla prima causa apparente del problema ma a sforzarsi ad approfondire il problema fino a giungere ad avere una panoramica completa dei fattori che hanno comportato il problema.

La tecnica consiste nel prendere in considerazione il problema e chiedersi il primo perché; a questo si cercherà di dare come risposta non quella che si ritiene la causa prima del problema ma quella che appare essere la causa



più direttamente connessa al problema. A questo punto si proseguirà con il secondo perché e questo non sarà più relativo al problema in esame, ma alla causa che si è individuata come risposta al perché precedente. Si proseguirà in questo modo ricostruendo passo-passo tutte le root cause da cui il problema è presumibilmente dipeso. Il processo verrà arrestato non necessariamente dopo 5 perché ma dovrà essere arrestato quando, pensando ad un nuovo perché dell'ultima causa individuata, non si sarà in grado di identificarne alcun altro.

Si prenda in considerazione il seguente esempio:

1. Tamponamento -> Perché è accaduto?
2. Il conducente del veicolo che seguiva non ha capito in tempo le intenzioni di quello che lo precedeva. -> Perché è accaduto?
3. Mancata accensione dei fari degli stop del primo veicolo. -> Perché è accaduto?
4. Il primo veicolo aveva entrambi i fari guasti. -> Perché è accaduto?
5. Il proprietario del veicolo non era a conoscenza del malfunzionamento? -> Perché è accaduto?
6. Assenza sul veicolo di un sistema di segnalazione del guasto di tali indicatori. -> Perché è accaduto?
7. Trascurato a livello progettuale un tale sistema.

Il precedente semplice esempio evidenzia come tale metodo spinga ad andare oltre alla prima causa evidente, anche se potrebbe già sembrare una causa valida, e ricercare la vera causa scatenante anche molto a monte all'interno del processo.

### 3.4.2 Ishikawa

Metodo a diagrammi del tipo riportato in figura, utilizzato per individuare le cause di un dato evento.

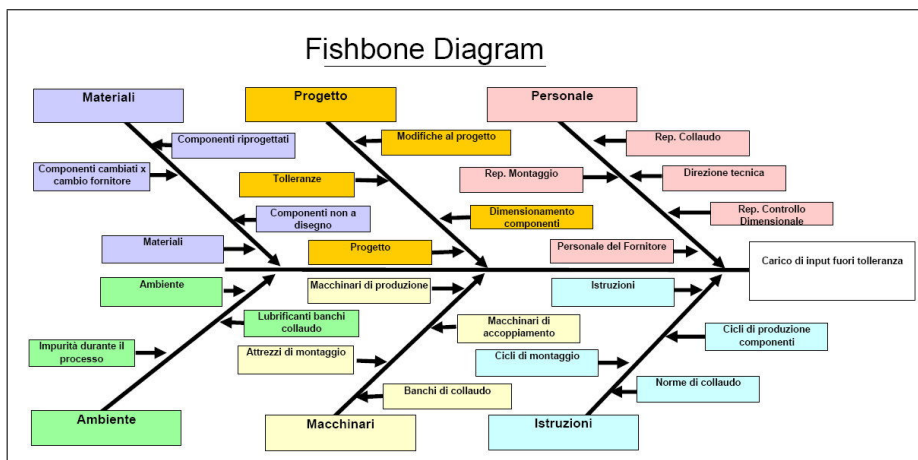


Figura 3.1: Esempio di diagramma *fishbone*

Questo metodo risulta utilizzabile sia in un'ottica di prevenzione che di risoluzione di problemi.

Lo schema anche detto a lisca di pesce è costruito a partire dal riquadro centrale (nello schema quello in centro a destra contornato di rosso), in questo viene specificato in maniera più precisa possibile il problema sotto analisi.

Alle estremità delle lisce vengono indicate le categorie di cause ritenute interessanti per il caso in esame. In base a queste devono essere compilate le lisce. In pratica su queste saranno specificate in dettaglio le possibili concause del problema suddivise in base alle categorie individuate. Un modo per individuare tutte le possibili concause e la loro gerarchia è l'utilizzo del metodo dei 5 *Whys*.

L'individuazione delle categorie in cui ricercare le cause non è univoca, ci sono, a seconda degli ambiti di applicazione, delle strutture già predefinite ma, caso per caso, si possono definire strutture opportune. Tuttavia al momento di definire la struttura si deve porre attenzione a individuare tutte le categorie perché altrimenti, a fine compilazione, la visione d'insieme risulterebbe incompleta.

Per i nostri casi spesso una struttura utile da cui partire è la seguente:

- *macchinari*: attrezzature e strumenti utilizzati all'interno del processo
- *ambiente*: le caratteristiche come localizzazione, temperatura, umidità, ma anche le particolarità culturali entro cui si svolge il processo
- *personale*: tutte le persone coinvolte a qualsiasi livello nel processo
- *progetto*: le caratteristiche di progettazione del processo o dei componenti interessati dal processo

- *materiale*: materiali grezzi, componenti, parti relativi al prodotto interessato dal processo
- *istruzioni*: caratteristiche della documentazione relativa al prodotto

La possibilità di avere una panoramica di tutte le cause suddivise ma contemporaneamente visibili può permettere di individuare relazioni tra loro e la necessità di pensare a differenti categorie spinge la persona o il gruppo di persone che stanno analizzando il problema ad andare più in profondità, portandole a rilevare possibili cause che altrimenti potrebbero non essere prese in considerazione.

A seguito dell'individuazione delle possibili cause le si possono classificare secondo una scala di importanza o di priorità, prendendo in considerazione le più importanti o quelle con effetti più gravosi; si può quindi passare alla formulazione delle azioni correttive.

### **3.4.3 RCCA (Root Cause and Corrective Action)**

Metodo di analisi e ricerca delle cause e di individuazione, pianificazione e verifica delle azioni correttive.

Il processo che caratterizza questo metodo può essere schematizzato come segue:

- descrizione del problema
- intrapresa di azioni iniziali per il contenimento del problema o delle sue conseguenze
- definizione di una root cause relativa al problema
- definizione delle azioni correttive da intraprendere
- introduzione delle azioni correttive
- verifica dell'efficacia delle azioni correttive
- azioni per prevenire il ripetersi del problema

Come si può notare uno dei punti di questo processo è quello di individuare la root cause; a tale scopo possiamo pensare di implementare uno dei metodi precedentemente presentati. Dove possiamo ritenere che la causa prima sia individuabile all'interno di una sola categoria di possibili fonti di cause applicheremo il metodo dei 5 *Whys*, mentre dove il problema fa sospettare una root cause più complessa per la quale si debba tener conto di un maggior numero di fattori, si preferirà l'utilizzo dello schema a *liscia di pesce*.

### 3.4.4 Mistake Proofing Prevention

Questo metodo, come direttamente esplicitato dal nome, presenta una doppia valenza: l'una è la gestione di un problema successivamente al suo verificarsi, l'altra invece è la gestione preventiva del problema. Queste saranno quindi identificate come *mistake proofing* quando l'azione viene intrapresa successivamente al palesarsi del problema e come *mistake prevention* quando invece lo scopo dell'azione è di anticipare ed evitare il problema.

Possiamo presentare i due metodi insieme in quanto i due casi risultano quasi completamente sovrapponibili. Avremo delle differenze solo nei passi iniziali che sono proprio quelli riguardanti l'individuazione del problema e che quindi necessariamente sono differenti per un problema verificatosi o per uno ancora latente.

Vediamo dunque i passi dei metodi:

- Mistake proofing:
  1. identificare l'errore che si è riscontrato e il suo impatto
  2. individuare il passo del processo in cui l'errore si è palesato
  3. individuare il passo del processo in cui ha avuto origine
- Mistake Prevention:
  1. definire o utilizzare una flowchart del processo
  2. analizzarne ogni passaggio e individuare le aree a rischio di errore
  3. individuare i possibili errori
- Passi comuni:
  4. per ogni errore individuare precisamente quali possono esserne le cause
  5. descrivere dettagliatamente la fase o le procedure entro cui si presenta l'errore
  6. per ogni errore studiare metodi per rendere impossibile il verificarsi dell'errore. Prendendo in considerazione questi criteri:
    - eliminazione: togliere il passaggio nel quale si può generare l'errore
    - sostituzione: definire un passaggio a prova di errore da inserire al posto di quello sensibile all'errore

- facilitazione: rendere l'azione corretta più semplice di quella errata
7. se non si riesce a rendere impossibile l'errore, si deve passare a pensare a come renderlo immediatamente identificabile e come contenere al massimo le sue conseguenze. A questi scopi si possono prendere in considerazione:
- metodi di controllo/ispezione: tipologie di metodi di controllo con i quali verificare caratteristiche particolari e indicative del processo o del prodotto
  - funzioni di controllo: funzioni attraverso le quali si richiede l'utilizzo di metodi di controllo per verifica del ciclo
  - funzioni di avviso: funzioni che avvertono l'operatore di problemi o che interrompono il ciclo nel caso non si verificano determinate condizioni
8. scegliere il metodo migliore di gestione dell'errore, testarlo e implementarlo nel processo

E' subito evidente che, seppur i due metodi per molte parti siano sovrapponibili, essi differiscono molto per il criterio con cui sono applicati e per le risorse che richiedono. La scelta di utilizzare l'uno o l'altro non è univoca, in quanto deve essere frutto di un'attenta valutazione dei pro e dei contro.

Operare in maniera preventiva infatti potrebbe permettere di ottenere un processo molto pulito da possibili fonti di errore, ma sicuramente richiede un investimento in tempi e costi iniziale elevato. Vi è inoltre il rischio che l'analisi si riveli poco utile se il processo già alla sua nascita è stato ottenuto sufficientemente privo di problemi. Se il processo è particolarmente oneroso, potrebbe capitare che l'analisi non riesca ad essere sufficientemente approfondita e alcuni problemi rimangano latenti.

Il metodo di gestione successiva al presentarsi dell'errore invece non richiede una onerosa analisi iniziale, però mette a rischio di incappare nei problemi quando il processo è ormai avviato quindi quando si hanno vincoli verso i clienti.

#### **3.4.5 DMAIC (Define Measure Analyze Improve Control)**

Il DMAIC è un metodo di miglioramento strutturato, questo fornisce un procedere logico a partire dall'individuazione del problema, attraverso passi successivi, fino a giungere all'introduzione delle soluzioni che individuino le cause nascoste. Questo metodo può essere applicato sia da una singola persona che da un gruppo, in dipendenza della complessità

del problema e dell'urgenza o importanza della soluzione da trovarsi. I punti focali di questo metodo sono sintetizzabili nel seguente schema logico:

1. *definire*: questa parte ha lo scopo di strutturare l'attività. Devono essere chiari i richiedenti del progetto, i componenti del gruppo di lavoro e le caratteristiche dell'attività che si va a svolgere. Devono quindi essere individuati chiaramente gli obiettivi desiderati e i limiti entro cui operare. E' necessario definire la struttura del gruppo di lavoro con i relativi compiti e responsabilità e da ultimo si deve giungere a sviluppare un piano di applicazione con cui il progetto sarà implementato. Prima di passare al punto successivo è necessario che quanto individuato in questa fase sia presentato ai richiedenti, presentando eventuali variazioni dalle definizioni iniziali del progetto, sottolineando quali evidenze confermano l'utilità del progetto e quali sono le risorse necessarie e in fine illustrando il piano di lavoro elaborato
2. *misurare*: raccogliere informazioni e dati per definire lo stato attuale del processo e la sua ampiezza. Tale raccolta deve essere eseguita criticamente, coscienti di cosa e come si è misurato e analizzando le informazioni che si possono trarre dai dati raccolti. Individuando e motivando il legame tra le cause e i dati raccolti e motivando il perché si è scelto di raccogliere dei dati particolari
3. *analizzare*: studiare i dati raccolti per individuare relazioni di causa-effetto più importanti. Dalla fase precedente si sono già delineate le relazioni causa-effetto, è però necessario approfondirne l'analisi per comprendere quale è la causa principe da affrontare, perché questa risulta essere la più significativa e come è legata ai dati raccolti nella fase precedente. Capire quali altre cause sono state individuate e perché sono ritenute meno importanti e quali dati confermano il legame tra il problema in esame e le cause individuate. Ovviamente è anche necessario chiarire su che basi si è in grado di decidere che operare sulla causa principe individuata darà alla fine i risultati desiderati
4. *migliorare*: sviluppare soluzioni incentrate sulle cause identificate. Individuare quindi le possibili soluzioni e capire come decidere quali implementare. Saper spiegare perché si ritiene che queste soluzioni sono quelle che andranno efficacemente ad impattare sulle cause individuate. Individuare gli effetti della prima applicazione delle so-

luzioni elaborate e capire quali siano i mezzi con cui andare ad agire sulle soluzioni per ottimizzarne gli effetti

5. *controllare*: introdurre nel processo procedure atte a rendere duraturi i miglioramenti ottenuti, saper dimostrare che le operazioni intraprese hanno dato i risultati sperati

### 3.4.6 DOE (Design of Experiment)

Metodo basato su progettazione e analisi statistica, utile sia per individuare le aree di maggior miglioramento che per valutare i fattori più o meno critici.

Consiste nell'individuare quali sono i fattori che possono influenzare l'uscita di interesse, definire la loro variabilità, solitamente concentrandola in pochi livelli ben distinti, e andare a misurare l'uscita di interesse in base alle caratteristiche combinate dei vari fattori. Non è un metodo che analizza l'andamento dell'uscita in base alla singola variazione di un parametro ma la misura, tenendo controllati tutti i fattori che si ritengono importanti e facendoli variare uno per volta, come detto, non con variazione casuale ma tra pochi definiti livelli. A conclusione del processo si potranno quindi generare delle rappresentazioni grafiche del legame tra i fattori variabili e l'uscita di interesse per comprendere come si delinea l'influenza dei fattori sull'uscita e quanto la loro variabilità è influente sull'uscita.

Per applicare efficacemente il DOE è conveniente seguire una procedura come quella sotto esposta:

1. stabilire precisamente quale sia lo scopo per cui si intende utilizzare tale metodo. Si deve quindi decidere quale sia il migliore metodo da utilizzare:
  - un metodo che analizza molti fattori ma con ridotto numero di livelli per ogni fattore; preferibile quando all'inizio si debba individuare velocemente quali sono i fattori più influenti;
  - un metodo che opera invece su un ridotto numero di fattori ma che li analizza su molti livelli; questa scelta è da preferirsi quando già si conoscono i fattori più influenti e si vuole ottenere un'analisi molto approfondita del legame tra la loro variazione e le caratteristiche del processo o del prodotto
2. definire una misura della caratteristica influenzata dai fattori e dai loro livelli, preferibilmente una misura quantitativa
3. considerando che all'interno delle condizioni di prova le variabili devono sempre avere valori definiti, non devono quindi essere

lasciate libere, e possono variare solo entro un limitato numero di livelli, quindi non con continuità, si definiscano tutte le possibili combinazioni delle variabili

4. stabilire se prendere in considerazione tutte le condizioni di prova, ossia tutte le possibili combinazioni delle variabili, oppure se si possano scartare a priori alcune delle combinazioni
5. eseguire le condizioni di prova scelte
6. dove possibile, ripetere più prove della stessa condizione, in modo da individuare un risultato il più possibile generale eliminando i rischi che un evento casuale infici il risultato
7. eseguire i vari esperimenti e le loro ripetizioni in maniera randomica, così da minimizzare la possibile influenza di una condizione di prova sulla successiva
8. eliminare le variazioni note sulle variabili non considerate nelle variazioni o come variabile di misura, questo perché anche se si stanno studiando alcune delle variabili influenti sicuramente non le si stanno studiando tutte quindi è meglio eliminare qualsiasi variazione non imposta dall'esperimento
9. conoscenza degli effetti confusi, cioè quegli effetti che danno variazione anche se non direttamente modificati ma lo fanno perché interdipendenti con altri; questo è particolarmente problematico quanto l'analisi non è eseguita su tutte le possibili combinazioni di effetti e di loro variazioni ma solo su una loro parte
10. condurre le prove in modo più possibile sequenziale e standardizzato, così che le informazioni rilevate tramite un esperimento siano direttamente trasvasabili su un altro
11. prova di conferma per garantire il risultato ottenuto: risulta rischioso prendere per buoni alcuni risultati dopo la prima campagna di analisi senza prima aver la garanzia che il processo non sia stato per qualche motivo inficiato da imprevisti non rilevati

Seguendo questa metodologia si è quindi in grado di generare diagrammi come i seguenti:



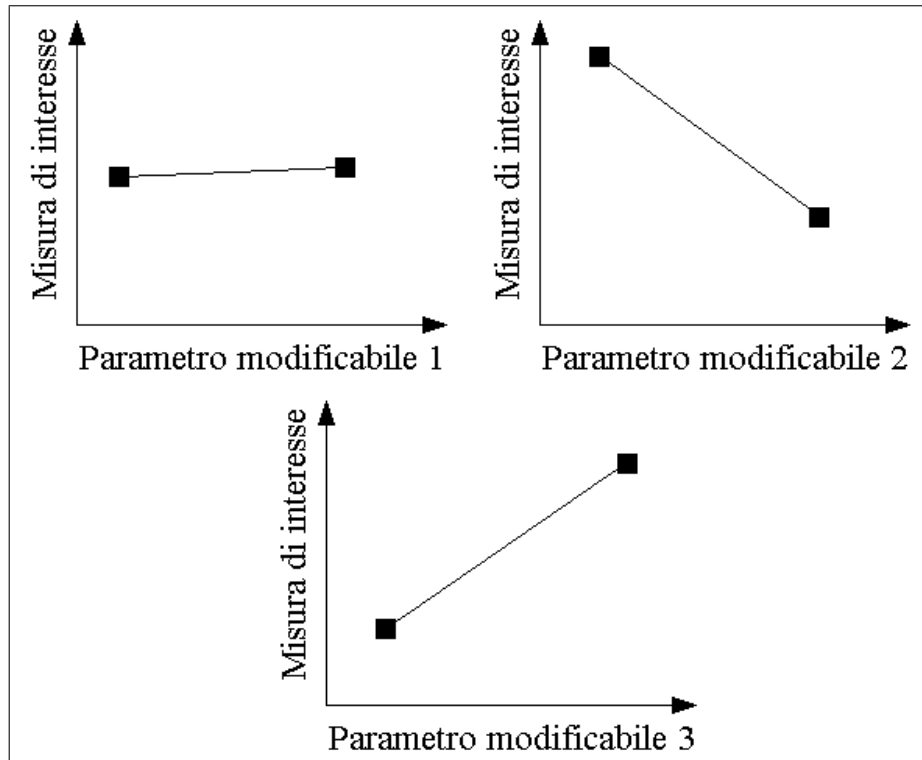


Figura 3.2: Esempio di diagramma *DOE*

Possiamo quindi notare che si possono rilevare sostanzialmente tre tipi di legami. Il grafico a sinistra mostra un legame praticamente nullo in quanto la variazione del parametro misurato è poco influenzata dalla variazione del parametro modificabile. Il grafico a destra mostra invece un legame fortemente inversamente proporzionale un legame in cui al crescere del parametro modificabile il parametro misurato diminuisce in maniera evidente. Il grafico centrale, al contrario del destro mostra un legame fortemente direttamente proporzionale. Come si può notare questi grafici sono stati costruiti imponendo al parametro variabile una singola coppia di valori alto-basso e quindi il legame che si ricava è lineare, questo non vuol dire che il legame sia effettivamente lineare infatti se si volesse procedere con uno studio approfondito della legge di variazione del parametro misurato rispetto a quello variabile si dovrebbe aumentare il numero di livelli tra i quali scegliere il valore del parametro variabile per le prove.

#### 3.4.7 Matrice delle priorità

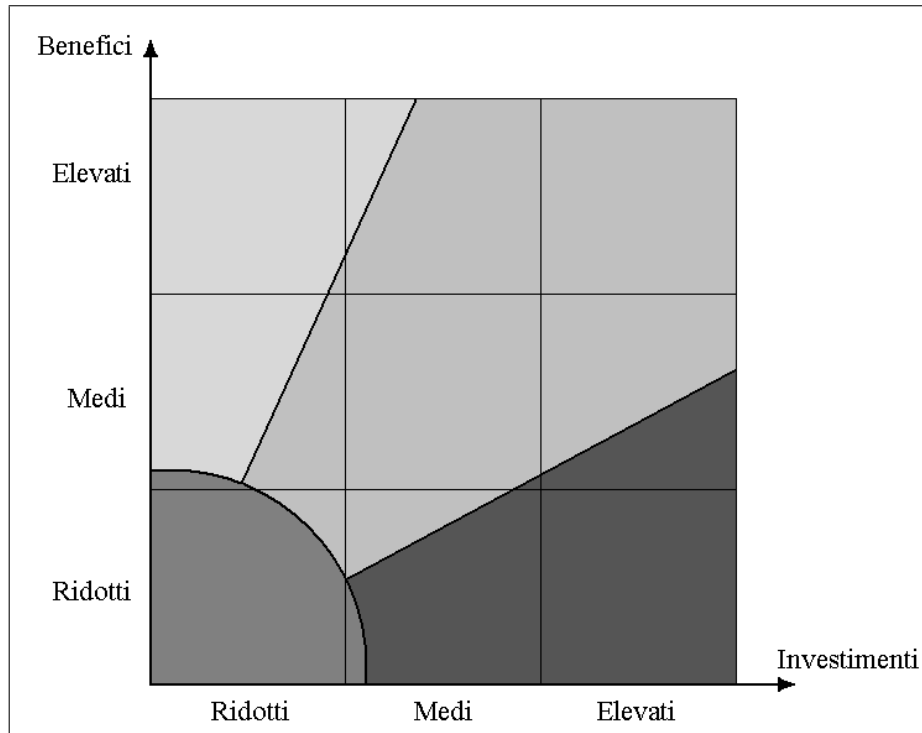
Metodologia per la valutazione dell'impatto e della convenienza della realizzazione di alcune azioni a scapito di altre.

Nel nostro caso possiamo quindi pensare di applicare questo metodo a

due livelli, o sull'indagine delle cause di un problema o sulle possibili azioni correttive individuate.

In entrambi i casi infatti potrebbe risultare impossibile o dispendioso andare a prendere in considerazione tutte le possibilità, è quindi necessario individuare un criterio col quale stabilire quale sia la scelta migliore su cui concentrare le proprie energie oppure su quale sia una gerarchia d'azione che ci suggerisca le azioni da intraprendere per prime e quelle invece da rimandare ad un secondo momento.

Questo strumento consiste nella rappresentazione grafica di quanto le operazioni decise per la risoluzione di un problema possano essere onerose ed efficaci:



**Figura 3.3:** Esempio di diagramma *Matrice di Priorità*

Andando ad inserire in un grafico di questo tipo le azioni definite risulta facilitata l'individuazione di quelle che sono le opzioni più indicate. Come possiamo osservare le azioni che cadono nelle aree più chiare sono quelle da preferirsi mentre quelle nelle aree più scure sono da evitarsi.

### 3.5 Osservazioni derivanti dall'applicazione dei metodi

La forza di questi metodi è il fatto che questi non presentano nessun vincolo *problema-metodo* non sono quindi metodi dedicati. Infatti al di là della soluzione vera e propria il processo di analisi sviluppato applicando uno dei metodi può essere letto come una "tattica" universale.

Questa tattica ha due importanti pregi:

- la standardizzazione
- la ripetibilità

### Standardizzazione

I metodi descrivono una tecnica, uno stile di pensiero con cui affrontare le problematiche. Presentano il *come* non il *cosa*, in questo modo non è importante che tipo di problema si stia trattando e in che ambito, interessa la metodologia.

Il metodo non essendo dipendente dalle caratteristiche del problema, se attentamente applicato e opportunamente supportato, è quindi in grado di portare sempre ad un risultato.

### Ripetibilità

Come appena detto i metodi non sono vincolati al problema ma partono da una visione distaccata dello stesso, il focus non è infatti il problema in sé ma la catena di eventi che l'ha scatenato. Questa indipendenza fa sì che il metodo possa essere applicato sempre e comunque e che non sia *one shot* anzi, il metodo richiedendo un elevato grado di approfondimento porta quasi in automatico ad iterarlo tutto o in parte fino al raggiungimento dello scopo finale che è l'individuazione della *corrective action* per l'eliminazione della *root cause*.

Queste due caratteristiche offrono un'altra interessante possibilità che riveste un ruolo sempre più importante. Danno la possibilità di definire una *metrica* relativa all'analisi del problema.

Con *metrica* intendiamo un parametro o un gruppo di parametri che ci permettono di misurare in maniera oggettiva l'andamento dell'analisi e i risultati ottenuti.

Al di là del raggiungimento dello scopo fondamentale che è l'eliminazione della *causa prima* possiamo ad esempio prendere in considerazione due parametri quali il tempo e le risorse spese per l'indagine.

Il motivo per cui sono interessanti questi due parametri è che l'indagine non è lo scopo dell'azienda ma è un mezzo con cui supportare la produzione, non è fine a se stessa ma è un'indagine che deve aumentare il valore aggiunto del prodotto eliminandone scarti, rilavorazioni e problemi latenti. E' quindi evidente che anche questo metodo deve essere efficiente ed efficace e quindi la possibilità di elaborare una *metrica* risulta fondamentale.

La presenza di queste metriche inoltre permette di tenere sotto controllo l'applicazione del metodo, come detto visto che si mira ad una risoluzione del problema non solo efficace ma anche efficiente quello che si ottiene è che oltre ad avere una soluzione a lungo termine, perchè non si tampona il problema manifestatosi ma si elimina la *causa prima*, si ha un metodo che

se correttamente applicato ottimizza e quindi riduce il tempo di indagine.

Questa possibilità di riduzione dei tempi di indagine è ulteriormente accentuata dal fatto che il metodo essendo standardizzato permette di creare una banca dati non solo limitata al legame *problema-soluzione* ma che raccoglie l'intero processo di indagine. In questo modo al manifestarsi di problemi simili su altri prodotti/processi o di altri problemi sullo stesso prodotto/processo si avrà già a disposizione un'elevata mole di informazioni per velocizzare ancora di più la nuova indagine senza però sacrificarne il livello di dettaglio.

### **3.6 La clinica: processo strutturato d'analisi**

Come è già stato fatto notare nei precedenti paragrafi l'analisi, per avere garanzia di andare a trattare in maniera adeguata il problema, non può prescindere dall'essere condotta in maniera organizzata e strutturata.

Con la precedente descrizione dei metodi già è stata presentata quale può essere una corretta organizzazione, tuttavia risulta necessaria una strutturazione del processo anche ad un livello superiore.

Procedendo con azioni ordinate e chiaramente definite si mira a ridurre al minimo il rischio che durante l'analisi venga trascurato qualche elemento. Seguendo infatti un procedimento prestabilito si è automaticamente condotti ad operare tutte le azioni ritenute necessarie per una buona analisi, questo non sarebbe altrettanto facile da realizzare se l'analisi fosse condotta in maniera sregolata. La standardizzazione della scaletta dell'analisi inoltre permette a tutti i componenti di conoscere chiaramente quali sono gli aspetti che già sono stati trattati e quali no, anche qualora non fossero tutti contemporaneamente impegnati nell'analisi. Da ultimo questa strutturazione è utile anche per l'eventuale committente dell'analisi, questi infatti non è necessariamente coinvolto personalmente nelle azioni ma può, confrontando quanto fatto con quanto ancora da fare, comprendere lo stato di evoluzione dell'indagine e conoscere in tempo reale le caratteristiche del problema man mano evidenziate.

Il metodo qui presentato prende il nome di Clinica e possiamo vedere la sua strutturazione nell'immagine [Figura 3.4].

Come si può osservare il procedimento di seguito schematizzato presenta più punti in cui si richiede esplicitamente una registrazione documentale delle osservazioni e delle scelte emerse. Questa operazione ha un duplice scopo, il primo è il supporto diretto all'analisi garantendo la tracciabilità delle operazioni eseguite e quindi permettendo il monitoraggio dell'evoluzione dell'analisi. L'altro importante scopo è la possibilità di avere una

registrazione di quanto fatto. Questo come supporto per simili problemi insorti su altri prodotti o come punto di partenza per eventuali nuove problematiche sullo stesso prodotto.

Da ultimo dobbiamo osservare che per la gestione del processo di clinica dove possibile risulta molto importante dotare l'azienda di uno spazio appositamente dedicato e attrezzato allo scopo. Come visto l'analisi può spesso prevedere un lavoro di team e tenendo conto che i problemi possono coprire molti ambiti dalla progettazione alle lavorazioni meccaniche a problemi dovuti a clienti o fornitori serve un'area adeguata in cui i componenti del gruppo di lavoro possono radunarsi per l'analisi senza interferire con altre aree della ditta.

Sempre in questa ottica è necessario che tale area abbia un'opportuna dotazione strumentale ed un opportuno layout.

Per quanto riguarda la strumentazione sono senz'altro necessari strumenti di misura per i rilievi in modo da poter operare in qualsiasi momento le rilevazioni ritenute necessarie senza dipendere dai reparti normalmente responsabili di queste operazioni.

Altra necessaria apparecchiatura è un supporto informatico che permetta in breve tempo di reperire le documentazioni relative al prodotto o al processo in esame.

Da ultimo, come detto, fondamentale è anche il layout dell'area. In particolare si devono avere zone destinate al materiale in esame, nelle varie fasi dell'indagine, questo per poter mantenere anche visivamente un controllo sull'evoluzione delle operazioni e per segregare il materiale sotto indagine dal ciclo produttivo.

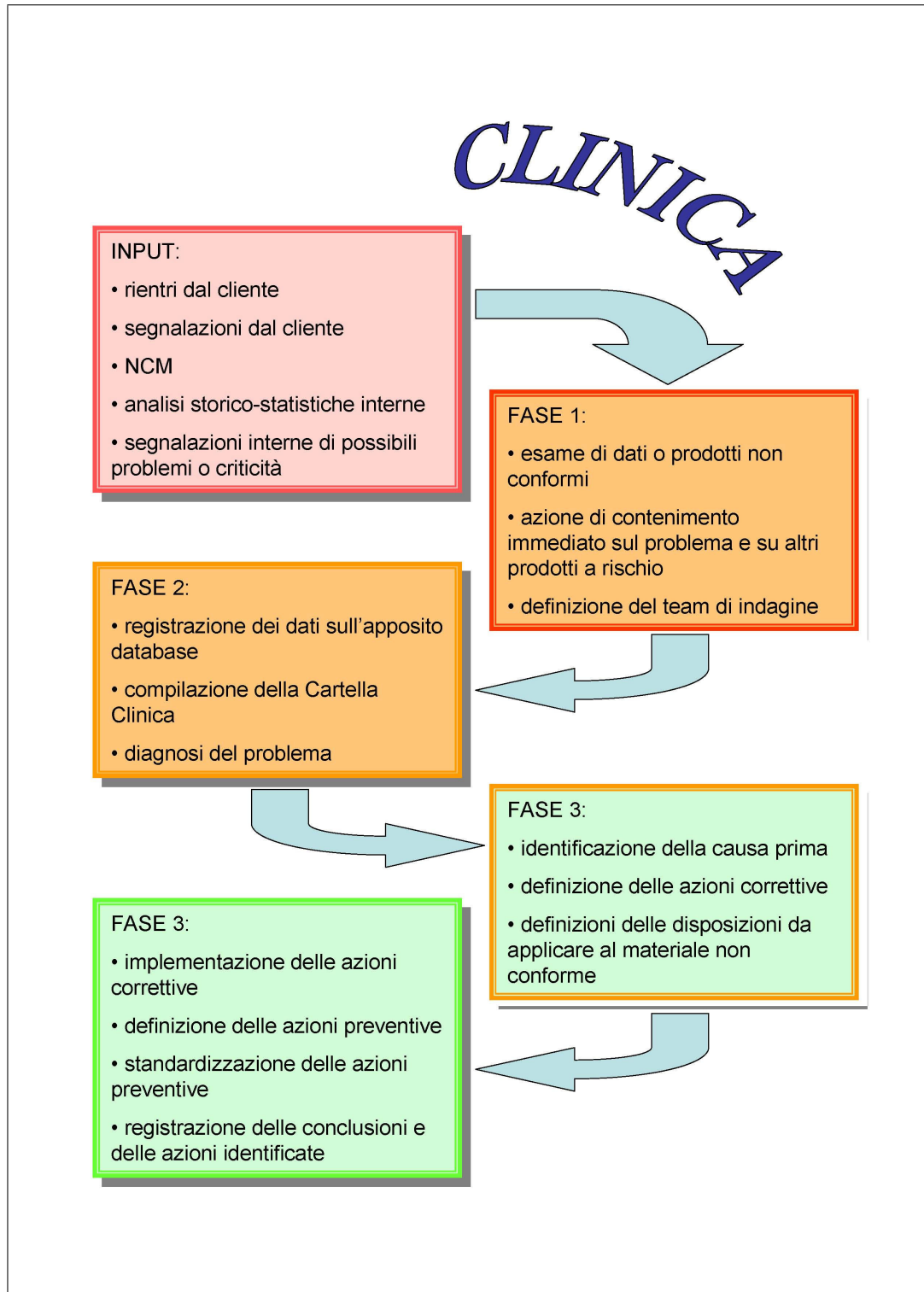


Figura 3.4: Clinica





## Capitolo 4

### Servoattuatore rotore di coda

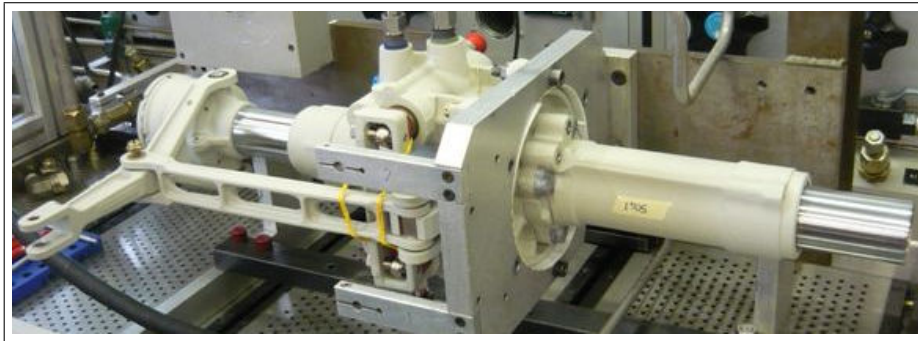


Figura 4.1: Servocomando rotore di coda

#### 4.1 Descrizione del prodotto

Servoattuatore destinato all'attuazione del rotore di coda dell'elicottero. Questo servocomando è costituito da un martinetto a stelo cavo comandato da una coppia di servovalvole, lo stelo è cavo perchè al suo interno passa l'albero che mette in rotazione il rotore di coda collegandolo con il motore.

Ogni servovalvola è dotata di un azionamento d'emergenza, by-pass automatico e segnalazione elettrica in caso di grippaggio della valvola o di caduta di pressione.

Il comando viene fornito tramite opportuno leverismo che va a muovere i cassettei delle due servovalvole che attraverso collegamenti idraulici alimentano il martinetto. Il leverismo di comando è connesso contemporaneamente alla parte fissa e alla parte mobile del servoattuatore così da avere anche un feedback del comando.

#### 4.2 Descrizione del problema riscontrato

Questo servoattuatore prima della consegna al cliente deve superare alcune operazioni di collaudo relative all'intero assieme. Questa fase operata dal reparto collaudo prevede il fissaggio del servoattuatore su un opportuno supporto che ne permette il posizionamento e il collegamento ad un banco di collaudo idraulico. Tramite questo, secondo la richiesta della norma di collaudo il servoattuatore viene alimentato con opportuna portata e

pressione di olio.

Una delle prove da eseguire richiede di verificare il valore della forza di attuazione, in condizione normale, da applicare alla leva di comando per ottenere la movimentazione del martinetto. In particolare è richiesto che *“la forza necessaria a comportare l’inizio del movimento del martinetto sia minore-uguale a 6daN”*.

L’operazione per la verifica di questa condizione consiste nella messa in movimento del martinetto che trascina con se la leva di comando, una volta iniziato il movimento con un dinamometro l’operatore spinge sulla leva di comando fino ad ottenere l’inversione del senso di movimento del martinetto e di conseguenza della leva. Questa operazione deve essere ripetuta più volte sia con il martinetto in movimento in senso di estensione che di retrazione, sia andando ad invertire il senso di movimento in varie posizioni dell’intera corsa che la leva di comando può compiere.

Durante tale operazione di collaudo l’operatore ha constatato una forza necessaria all’attuazione pari a 11daN, quindi 5daN oltre il valore massimo ammissibile.

### **4.3 Metodo di individuazione del problema**

In questo caso particolare il problema è stato segnalato dichiarando una NCM. Questa è un documento dove si identifica il componente con i relativi dati di tracciabilità; si specifica quale è la caratteristica oggetto della NCM e si riporta quale è lo scostamento rispetto ai requisiti espressi dalla documentazione tecnica. Su questa documentazione vengono anche riportate le disposizioni definite per gestire la non conformità evidenziata. Questo documento è stato emesso dopo che, su segnalazione del reparto collaudo, il reparto montaggio aveva già applicato tutti i metodi normalmente utilizzati per la risoluzione di problemi di questo tipo, senza giungere tuttavia a significativi miglioramenti che permettessero di considerare il servoattuatore idoneo ad essere inviato al cliente.

### **4.4 Azioni intraprese e informazioni raccolte**

In questo capitolo esporremo le azioni che si sono ritenute necessarie per raccogliere i dati d’interesse per giungere all’individuazione della causa e alla proposta di risoluzione. Per maggiore chiarezza si è ritenuto preferibile raccogliere le azioni per tipologia piuttosto che esporle in ordine cronologico.

#### 4.4.1 Intervista al personale

In più riprese sono state raccolte informazioni dal personale che ha operato sul servocomando in NCM o che usualmente opera su questo tipo di prodotto e sue componenti, in particolare quindi sono stati intervistati operatori del rep. Controllo Dimensionale, rep. Accoppiamento e Rettifica, rep. Montaggio e rep. Collaudo.

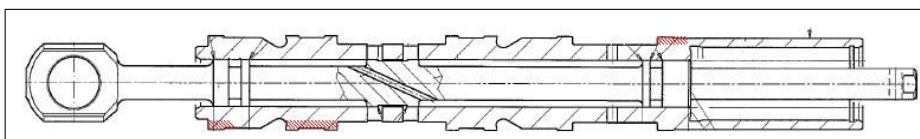
La maggior parte delle informazioni sono state raccolte in successive discussioni soprattutto nei reparti di Collaudo, Montaggio e Accoppiamento e Rettifica.

Al rep. Accoppiamento e Rettifica ci è stato detto che, essendo il loro compito limitato alle sole servovalvole ed essendo le loro operazioni seguite da un apposito collaudo, il problema riscontrato sul servocomando non poteva ricondursi a loro operazioni in quanto, se ci fossero stati problemi a livello delle servovalvole, sarebbero stati evidenziati e trattati prima che queste ultime venissero montate sul servoattuatore. In questo reparto ci è stato anche detto che molto probabilmente da misurazioni avremmo rilevato il diametro interno della camicia intermedia fuori tolleranza, questo perché proprio su questo diametro si va ad operare al fine di ridurre la forza necessaria ad attuare la servovalvola e di conseguenza ridurre il carico di input del servocomando.

Intervistando gli operatori del rep. Collaudo e Montaggio che operano insieme per risolvere i problemi che si manifestano sul servocomando intero, il primo fatto di cui siamo stati messi al corrente è che il problema manifestato da questo servocomando non era un caso isolato. Ci è stato detto che i lotti di questi servocomandi dei 3 mesi antecedenti il palesarsi del problema avevano sempre presentato una richiesta di operazioni di rilavorazione superiore a quanto solitamente necessario. Queste operazioni in particolare si erano concentrate sulla risoluzione di due tipi di problemi: l'eccessivo carico di input e perdite interne o esterne. Tuttavia in tutti i casi precedentemente incontrati i problemi erano stati risolti, in particolare il problema relativo al carico di input era stato risolto come detto anche al rep. Rettifica e Accoppiamento, quindi operando sul diametro interno della camicia esterna ottenendo così la riduzione del carico a scapito dell'aumento delle perdite, comunque entro i limiti. Ci hanno però fatto notare che nel servocomando in NCM erano stati raccolti i problemi di due servocomandi diversi, infatti essendo arrivati al collaudo due servocomandi entrambi con problemi, per permettere la conclusione positiva del collaudo di almeno uno dei due, erano stati concentrati i problemi solo sull'altro, sul quale poi si era riusciti a risolvere tutti i problemi tranne quello di carico eccessivo che quindi ha comportato la NCM. Abbiamo inoltre saputo che normalmente i servocomandi presentano carichi intro-

no ai 5daN e che problemi come quelli rilevati vengono riscontrati solo quando si testano servocomandi che rientrano per revisione. In particolare questo succede perché testando tali servocomandi appena rientrati dai clienti può capitare che le guarnizioni di tenuta tra pistone e camicia intermedia siano molto usurate, comportando problemi di perdite oppure si siano deformate troppo nelle sedi, comportando carichi di input elevati. Questi problemi dopo le operazioni di revisione tuttavia non si ripropongono.

Oltre al punto di vista idraulico si è preso in considerazione anche l'aspetto meccanico dei servocomandi, tuttavia dal reparto Montaggio abbiamo appreso che a loro avviso l'eccesso di carico non poteva dipendere da problemi di serraggio dei dadi che uniscono le varie leve né di disallineamento reciproci delle stesse; questo perché al momento di assemblare il servocomando i leverismi vengono allineati con opportuni rasamenti che permettono di recuperare i disallineamenti e inoltre i cuscinetti presenti garantiscono attrito ridotto che non si riesce a modificare con il serraggio dei dadi di fissaggio. In base a queste considerazioni e ad osservazioni sulla camicia interna, i montatori hanno avanzato l'ipotesi che i pistoni siano stati forzati a lavorare storti, questo perché sulla camicia interna si osserva una parziale lucidatura incrociata fra un estremo e l'altro della camicia.



**Figura 4.2:** Immagine del gruppo pistone-camicia interna con evidenziate le zone con lucidatura anomala

Un'altra ipotesi a sostegno della tesi del disallineamento gli addetti del rep. Montaggio la indicano nel fatto che i servocomandi che hanno manifestato problemi sono stati assemblati utilizzando delle flange sottoposte a NCM.

Al reparto Controllo Dimensionale abbiamo invece verificato quali siano i metodi di accettazione dei vari componenti del servocomando, come cambiano tali metodi e i criteri nei casi di componenti in NCM per cui venga richiesta una rilavorazione e abbiamo inoltre chiesto chiarimenti sul motivo della NCM dichiarata sulle flange. Si è appreso che, ovviamente, non tutti i componenti sono controllati al 100% questo perché, essendo normalmente i componenti lavorati su macchinari a controllo numerico, si ha una sufficiente sicurezza che l'assenza di problemi su alcuni campioni permetta di ritenerli assenti su tutti gli altri. Tuttavia per alcuni tipi di lavorazione

o per lavorazioni eseguite in aree particolarmente critiche o di difficile accesso vengono eseguiti controlli sul 100% dei pezzi.

Per quanto riguarda le NCM generate nel reparto controllo dimensionale queste prevedono che, qualora sia individuato un parametro non a disegno, il controllo di tale parametro e di altri eventualmente ad esso collegati sia eseguito sul 100% dei componenti e solo dopo aver verificato quali siano effettivamente non a disegno si procede con l'emissione della NCM. Il fatto che alcuni componenti siano utilizzati anche se in presenza di una NCM dichiarata dipende dal fatto che quando, possibile dopo l'individuazione dei problemi, l'Ufficio Tecnico sia coinvolto per valutare la possibilità di operare azioni correttive al fine di eliminare il problema o di accettare comunque i componenti qualora il problema non sia ritenuto tale da comportare problemi successivi. Nei casi in cui siano accettati componenti con problemi, questi non saranno semplicemente reintrodotti nel ciclo produttivo, ma dovranno essere oggetto di una *concession* che non è altro che una dichiarazione del fatto che si è a conoscenza del problema e che o si è operato per risolverlo/ridurlo o si ritiene che non sia tanto rilevante e che quindi i componenti possono essere utilizzati. In questi casi i componenti saranno comunque identificati opportunamente andando ad aggiungere sul componente stesso l'identificativo della NCM su cui si è dichiarato il problema e l'azione correttiva conseguente.

#### 4.4.2 Studio documentale

In una prima fase lo studio documentale si è incentrato sul controllo dei documenti interni di Microtecnica, in particolare sono stati verificati i disegni, le norme di collaudo e i cicli di assemblaggio del servocomando. Da questa indagine non sono stati rilevati problemi e questo era atteso dal fatto che il servocomando è in produzione da alcuni anni e quindi eventuali problemi in queste fasi sono già stati individuati e risolti.

In una seconda fase quando l'indagine si è concentrata sulle flange è stata anche verificata la documentazione del fornitore che le produce, in particolare sono stati verificati il ciclo di produzione e il FAI.

Il ciclo di produzione è un documento redatto dal produttore seguendo le indicazioni fornitegli riguardanti le modalità di produzione, i materiali e le caratteristiche del pezzo da lavorare, ovviamente tale documento è basato anche sulle capacità e sulle tecnologie in possesso del fornitore.

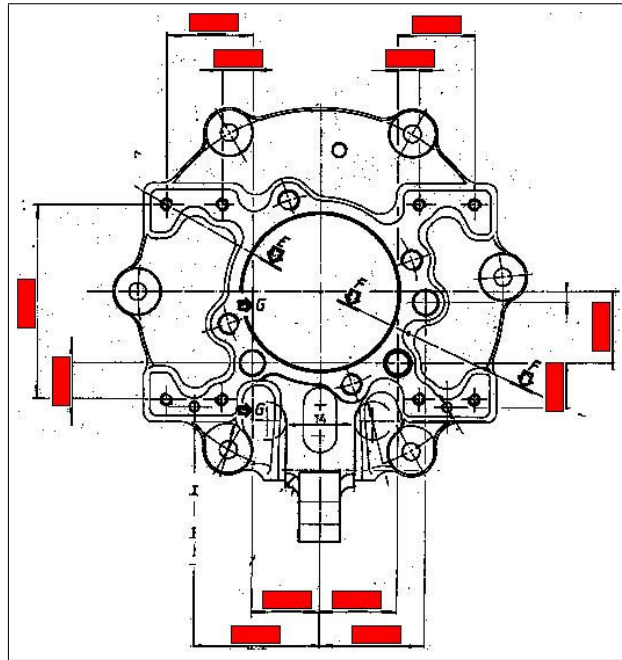
Il FAI (First Article Inspection) è un documento compilato dal fornitore che certifica il rispetto delle dimensioni del disegno. Durante questa fase si è individuato un problema nella compilazione del FAI da cui è nata la necessità di un incontro con il fornitore.

Come ultimo controllo documentale, ipotizzando che un cambiamento di

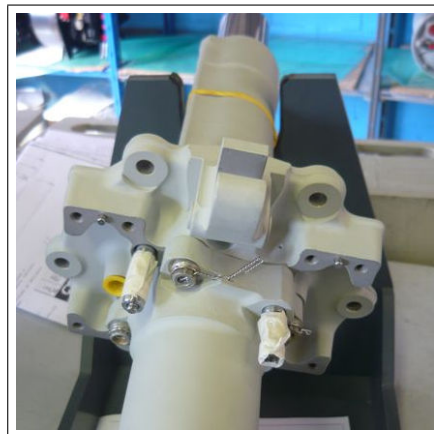
fornitore di qualche componente avesse potuto comportare l'insorgere di problemi, si è deciso di verificare anche questo. Si è tuttavia riscontrato che nessuno dei pezzi ha visto recenti cambiamenti di fornitore.

#### 4.4.3 Misurazioni componenti

Durante l'indagine sono stati misurati quei componenti ritenuti significativi per verificare se le dimensioni rispettassero quanto riportato sui disegni. Sono stati misurati tutti i componenti che si riteneva potessero introdurre disallineamenti o attriti che potessero comportare l'eccessivo carico. Praticamente fra tutti i componenti che sono stati misurati, l'unico componente che ha mostrato avere dimensioni fuori da quanto richiesto dal disegno è la flangia, prova questa del fatto che i controlli eseguiti dal Rep. Controllo Dimensionale avevano funzionato correttamente. Per quelle coperte da NCM questo era previsto perché tale non conformità era stata individuata proprio su alcune quote. Questa NCM aveva richiesto la rilavorazione dei componenti per correggere alcune delle quote non conformi individuate; tuttavia misurazioni eseguite a seguito dell'identificazione del problema hanno dimostrato che su alcune delle flange rilavorate la rilavorazione non era stata fatta in maniera da risolvere il problema. A seguito di queste constatazioni si sono eseguite misurazioni anche su un nuovo lotto di flange e queste misurazioni hanno evidenziato problemi simili, anche se di entità inferiore, a quelli che avevano richiesto la compilazione dell'NCM e che hanno contribuito a far sospettare di qualche problema ricorrente presso il fornitore.



**Figura 4.3:** Stralcio del disegno della flangia in cui sono state mantenute ed evidenziate solo le quote che è capitato individuare fuori tolleranza



**Figura 4.4:** Flangia e installazione della stessa sul servocomando (non sono ancora presenti le servovalvole)

#### 4.4.4 Collaudi

Allo scopo di individuare meglio il problema dell'eccesso di carico ed escludere alcune cause sono stati intrapresi vari collaudi. Uno di questi era stato eseguito prima dell'avvio dell'indagine e non aveva coinvolto

direttamente questo servocomando. Aveva tuttavia riguardato un servocomando con un simile problema di carico e su cui era stata utilizzata una delle flange in NCM. Si era proceduto ad installare le servovalvole di questo servocomando su un servocomando di revisione per il quale quindi si presumeva l'assenza di gravi problemi, da questa prova era risultato che il servocomando così composto rispettava i vincoli della norma di collaudo. Prova questa del fatto che le servovalvole molto probabilmente non erano la causa del problema.

Dopo aver individuato tra le flange sotto NCM, le uniche presenti a magazzino, quella con le quote meno fuori tolleranza si era proceduto ad una prova di collaudo secondo relativa norma. Tale prova aveva evidenziato il persistere del problema dell'eccesso del carico ma con una riduzione rispetto a prima da 5daN a circa  $1 \div 1.5$ daN fuori tolleranza.

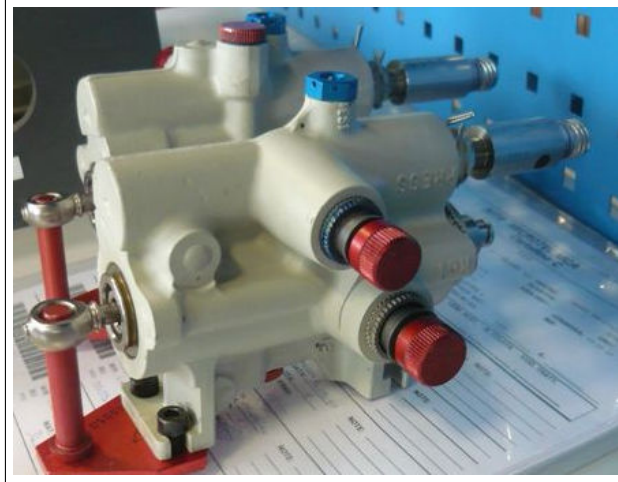
Si sono anche fatti ripetere i collaudi dei corpi servovalvola per verificare che questi rispettassero la norma di collaudo e questi non hanno dato evidenza di alcun problema.

#### 4.4.5 Prove

Le prove vengono pianificate caso per caso sulla base delle informazioni raccolte.

A differenza dei collaudi queste sono verifiche che si è ritenuto utile eseguire ma che esulano dalle normali operazioni eseguite sul servocomando. Si è ripetuta la prova di collaudo precedente a seguito di una rotazione di  $180^\circ$  di entrambi i gruppi pistone camicia interna, ma questa azione non ha comportato cambiamenti sui carichi rilevati. Questa verifica è stata fatta allo scopo di evidenziare se il pistone, la camicia interna o la camicia esterna potessero presentare incurvamenti. Nel caso questi fossero stati presenti probabilmente il funzionamento della servovalvola avrebbe comportato molto più attrito con la coppia camicia-pistone in una posizione piuttosto che nell'altra questo a causa dei componenti non perfettamente concentrici.

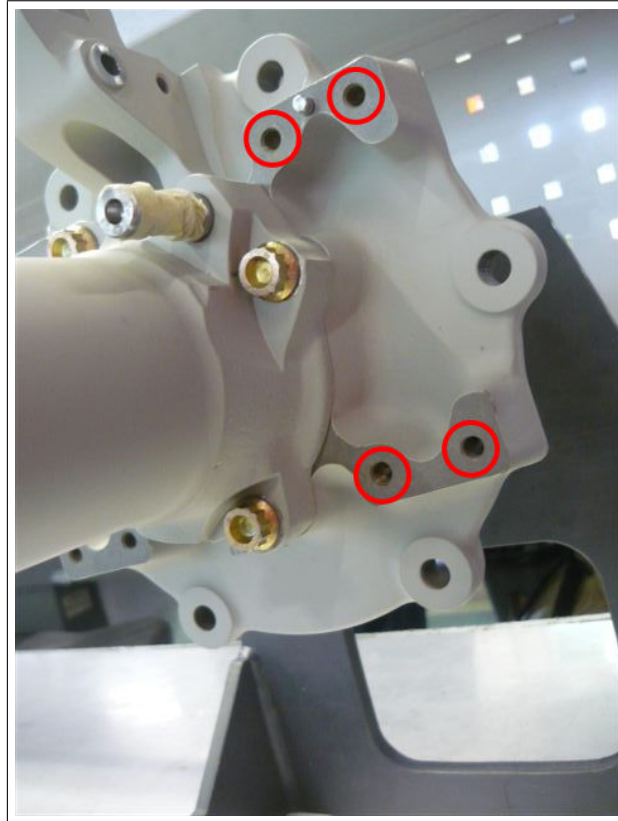




**Figura 4.5:** Camicia e pistone inseriti all'interno del corpo servovalvola

Si è eseguita una prova di azionamento della leva di comando con a turno una sola servovalvola collegata al leverismo, questo per stabilire se una delle due presentasse un carico nettamente superiore all'altra. Anche queste prove sono state ripetute dopo aver ruotato di  $180^\circ$  le coppie pistone-camicia interna ma le differenze nei due casi non sono state rilevanti.

Si è operata una prova di forza di azionamento della leva di comando con le viti di fissaggio delle servovalvole sulla flangia allentate, questo per capire se si potesse sfruttare la possibilità di muovere leggermente i corpi servovalvola rispetto alla flangia per trovare una posizione in cui il carico fosse minimo. Si è verificato che, anche in questa condizione, non si perveniva ad una sufficiente riduzione del carico.



**Figura 4.6:** Evidenziati i fori di fissaggio del corpo servovalvola alla flangia

#### 4.4.6 Incontri con il fornitore

A seguito delle azioni di indagine come detto si è arrivati ad individuare come probabile causa un problema dimensionale sulla flangia. A questo punto si è quindi ritenuto conveniente coinvolgere nell'indagine anche il fornitore che produce le flange.

Questa parte dell'indagine è stata quindi affrontata in collaborazione con il fornitore e ci si è concentrati fondamentalmente su tre aspetti:

- la documentazione produttiva
- le attrezzature di produzione
- il FAI

Con documentazione produttiva si intendono, come detto, tutti quei documenti che il fornitore elabora sulla base delle sue caratteristiche per poter ottenere il prodotto conforme a quanto richiesto. Sulla base di queste

il fornitore si dota di tutte quelle attrezzature necessarie sia per le lavorazioni vere e proprie che per i controlli. Saranno quindi attrezzature per lavorare il componente, per fissarlo sui macchinari ma anche per permettere la verifica una volta completato. Quando possibile infatti è conveniente e comune dotarsi di attrezzature specificatamente dedicate per verificare, in maniera rapida e precisa, le dimensioni ritenute più significative. Durante questa verifica si è constatato che poteva essersi verificato un errore nel trasferimento delle quote del disegno al modello per la realizzazione delle attrezzature necessarie. Si è quindi richiesto al fornitore di approfondire questo aspetto per definire eventuali misure correttive.

#### **4.5 Esito dell'indagine e azioni correttive introdotte**

A seguito delle verifiche concordate, il fornitore ha portato in ditta una nuova versione dell'attrezzo di controllo che intende usare, il quale, secondo le misure effettuate nel nostro rep. Controllo Dimensionale, permetterà di garantire che il pezzo sia più strettamente rispondente alle tolleranze richieste.

Ovviamente essendo un attrezzo nuovo si è deciso di effettuare, almeno per una fase iniziale, un controllo più approfondito della documentazione FAI al fine di verificare l'effettiva efficacia della nuova attrezzatura. Oltre a questa si procederà anche ad una verifica dal punto di vista tecnico, in modo da monitorare l'effettivo rispetto dei limiti richiesti dalla norma di collaudo una volta che venga installata una flangia priva di difetti.

A corredo di queste due verifiche, allo scopo di evitare il ripetersi del problema, oltre al controllo sulla documentazione proposta dal fornitore si procederà anche all'esecuzione di misurazioni accurate sui nuovi lotti di flange prodotte, non limitandosi al controllo a campione normalmente eseguito ma operando misurazioni su un campione più ampio.

A seguito di ulteriori collaudi, eseguiti dopo l'installazione di una flangia a disegno, si è ottenuto un valore di carico entro i limiti richiesti, questo quindi ha avvalorato l'ipotesi che individuare la causa prima nei problemi della flangia fosse corretto.

## 4.6 Strumenti individuabili nelle azioni intraprese

Ora che è stato dato un inquadramento del problema e della sua gestione possiamo andare a riconoscere all'interno delle azioni intraprese alcuni degli strumenti precedentemente presentati. Questa azione viene fatta a posteriori perché come già esposto tali strumenti non possono essere applicati rigidamente a monte dell'analisi e della gestione ma sono da usare in maniera interattiva durante l'intero processo.

Prima di tutto possiamo osservare che dall'esposizione stessa delle operazioni eseguite si riconosce l'utilizzo dei metodi RCCA e DMAIC.

Ad esempio per il metodo DMAIC si ha:

1. *Definire*: per il caso in esame ovviamente questa prima parte risulta semplificata, in questo caso infatti il lavoro non è stato eseguito da un team ma da un singolo, quindi la parte relativa all'organizzazione e alla suddivisione del lavoro è stata trascurata. Altre fondamentali azioni si possono comunque intraprendere anche qualora il lavoro sia operato singolarmente, tra queste vi è l'individuazione dei richiedenti dell'indagine che risultano essere i responsabili della Qualità e della Direzione di Produzione. Analogamente sono stati individuati gli obiettivi fondamentali dell'indagine che sono la gestione diretta del problema riscontrato per limitarne l'impatto sul ciclo produttivo, l'individuazione della causa prima e la definizione delle azioni correttive atte a rimuoverla o renderla innocua. Si sono inoltre individuate le operazioni fondamentali da svolgere e di conseguenza si sono identificati i reparti e il personale a cui rivolgersi.
2. *Misurare*: in questo caso questa parte non ha compreso strettamente operazioni di misura. Si possono infatti racchiudere in questa fase oltre alle operazioni di misura tutte le operazioni di raccolta informazioni presso i reparti, a livello documentale e presso il fornitore. Inoltre fanno capo a questa fase anche i collaudi e le prove effettuate, in pratica tutte quelle operazioni che si è ritenuto necessario intraprendere al fine di raccogliere tutte le informazioni per l'approfondita analisi del problema.
3. *Analizzare*: a questa fase possiamo ricondurre tutte le osservazioni derivate dalle informazioni raccolte nella fase precedente. Osservazioni che hanno riguardato i problemi dimensionali delle flange in NCM e le imprecisioni costruttive dovute ai problemi sulle attrezzature impiegate.

4. *Migliorare*: nella fase di miglioramento possiamo identificare tutte le azioni correttive individuate per l'eliminazione del problema. Quella diretta di risolvere il problema sostituendo alla flangia non a disegno una dimensionalmente corretta ma anche quelle azioni destinate ad eliminare la possibilità di ripetersi del problema. Queste sono ad esempio le proposte di modifiche e correzioni stabilite di concerto col fornitore e la definizione di un monitoraggio più approfondito.
5. *Controllare*: come ovvio le fasi precedenti non hanno alcun valore se non si è in grado di dare conferma dell'efficacia delle scelte a cui hanno portato. In questa fase quindi individuiamo le operazioni di ricollaudato del servocomando ma anche tutte le operazioni di monitoraggio dell'operato del fornitore. Il controllo sul ricollaudato ha lo scopo di confermare che la causa diretta era realmente riscontrabile nella flangia mentre il monitoraggio sul fornitore ha il fine di verificare che anche le cause dei suoi errori di produzione sono state individuate e corrette.

Nell'applicazione di questi metodi è sottinteso l'utilizzo anche di altri metodi, utilizzo non palesato né dalla descrizione del metodo DMAIC né dalla precedente presentazione delle operazioni eseguite.

Riportiamo quindi, a scopo esemplificativo, il modo in cui sono stati applicati altri due degli strumenti presentati. Per prima cosa possiamo vedere il diagramma a lisca di pesce elaborato utilizzando tutte le possibili cause rilevate:

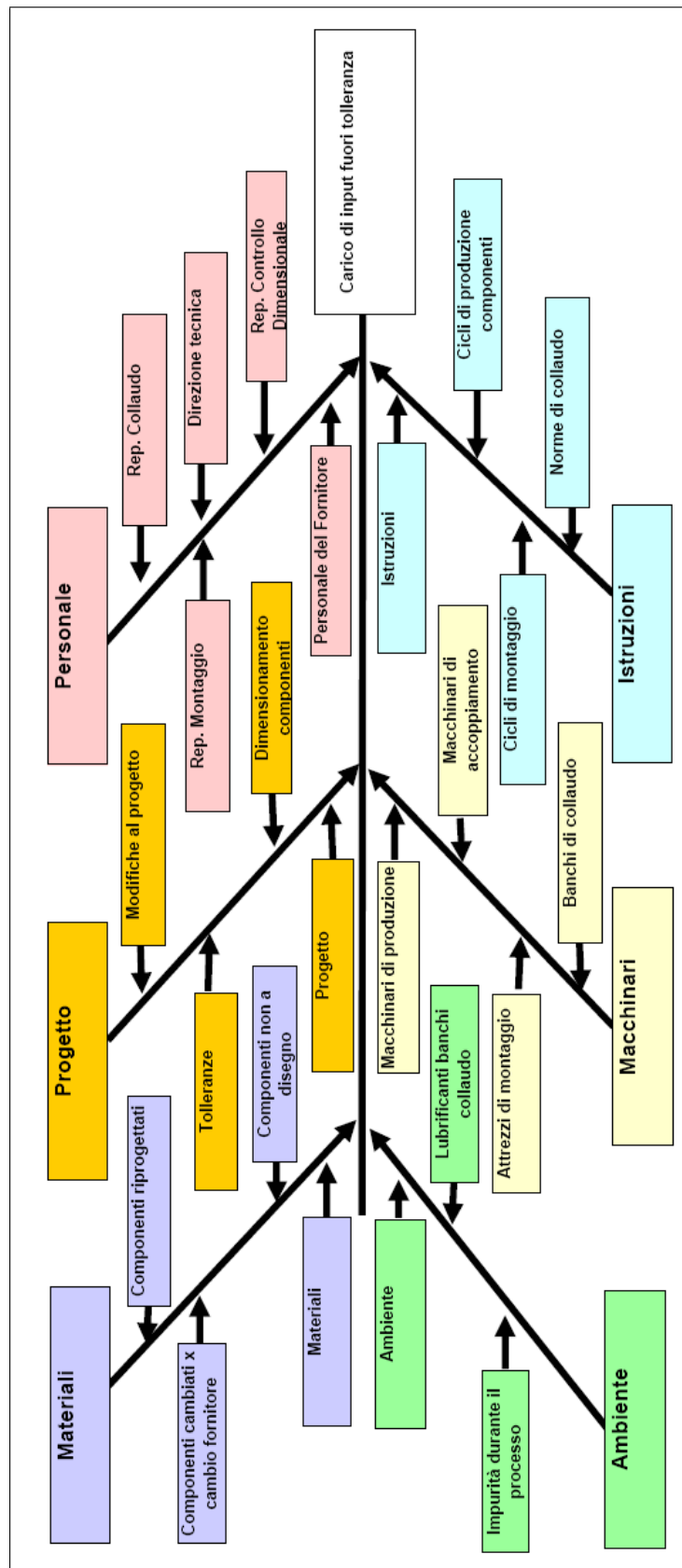


Figura 4.7: Individuazione dello schema *Fishbone* nell'analisi del problema del servattuatore di coda

Possiamo mostrare anche l'applicazione del metodo dei 5Whys, utilizzato per ricercare il motivo per cui il pezzo FAI consegnato come conforme al disegno risultava effettivamente non a disegno:

**Tabella 4.1:** Individuazione del metodo *5Whys* nello studio del problema sul servoattuatore di coda

<b>Problema</b>	<b>Pezzo FAI non a disegno</b>
1° perché	Mancata individuazione di quote fuori tolleranza
2° perché	Incapacità dell'attrezzatura di controllo di evidenziare l'errore
3° perché	Attrezzatura di controllo poco "stringente"
4° perché	Problema di realizzazione dell'attrezzatura
5° perché	Non corretto trasferimento delle informazioni dal disegno al modello usato per le attrezzature





## Capitolo 5

### Valve Lock



Figura 5.1: Valve Lock

#### 5.1 Descrizione del prodotto

Valvola di sicurezza presente sul servocomando di attuazione della copertura di una presa d'aria. Questa valvola è progettata per rispettare la condizione: *“montata la valvola sull'apposita attrezzatura di collaudo alimentare la stessa ad una pressione pari a  $27 \pm 1$  MN/m, si deve registrare una perdita non superiore a due gocce al minuto”*.

La valvola è costituita da una coppia di camicie accoppiate tra loro ed entro le quali può muoversi un pistone. Tale pistone è trattenuto in posizione tramite una molla di contrasto e la sua parte conica va a fare tenuta su una delle camicie, il pistone si sposta quando la pressione, superando un valore prestabilito, vince la forza di contrasto della molla. Lo spostamento

del pistone comporta quindi l'apertura di un orifizio che scarica portata generando una riduzione della pressione.



**Figura 5.2:** Componenti della Valve Lock Nel centro è mostrata un'immagine del pistone mentre ai lati le immagini delle camicie.

## 5.2 Descrizione del problema riscontrato

Questa valvola, da richieste di collaudo, deve garantire una certa tenuta in base alle pressioni a cui è sottoposta, in particolare sono ammesse perdite ma queste hanno un definito limite massimo da garantire.

Il collaudo di queste valvole in particolare avviene ponendo la valvola in una apposita attrezzatura in grado di bloccare la valvola in posizione chiusa, in questo modo si è in grado di verificare le caratteristiche di tenuta della valvola indipendentemente dalle particolari condizioni di installazione sul dispositivo finale.

Il problema che si è palesato è che durante il collaudo alcune di queste val-

vole non sono state in grado di rispettare il requisito del limite massimo di perdite.

### **5.3 Metodo di individuazione del problema**

In questo caso a differenza del precedente l'attività di indagine non ha preso avvio a seguito di una dichiarazione di NCM ma dalla segnalazione raccolta presso il reparto montaggio. Tale reparto ha segnalato che di un gruppo di 7 valvole in preparazione solamente 2 avevano superato il collaudo alla prima verifica. Le altre avevano avuto bisogno di essere più volte riprese dal reparto montaggio prima di superare anch'esse il collaudo.

Questo fatto ha comportato quindi che il tempo necessario alla lavorazione della valvola e di conseguenza dell'intero dispositivo su cui viene installata risultasse notevolmente aumentato. Ulteriore aggravante è il fatto che tale valvola non sia una valvola in revisione che quindi durante la vita operativa potrebbe aver accumulato problemi ma è una valvola nuova i cui componenti sono tutti di nuova produzione e quindi non dovrebbe richiedere tanto tempo e lavoro extra per potere essere correttamente funzionante.

In considerazione di questo fatto il reparto montaggio e il suo responsabile hanno ritenuto opportuno segnalare il problema per verificare la possibilità di avviare un'indagine.

### **5.4 Azioni intraprese e informazioni raccolte**

In questo secondo caso trattandosi di un assieme composto da un ridotto numero di componenti e con funzioni limitate, a differenza del caso precedente, il problema non permetteva di circoscrivere la ricerca delle cause più probabili in alcuni componenti piuttosto che in altri, l'indagine ha quindi dovuto coprire tutti i componenti della valvola.

#### **5.4.1 Intervista al personale**

In considerazione del fatto che la segnalazione è partita dal reparto montaggio si è raccolto il maggior numero di informazioni presso di loro. La prima cosa che ci è stata resa nota dagli operatori è che il problema evidenziato non è di recente comparsa. Ci è stato infatti detto che negli ultimi 3-4 anni questo problema è stato sempre presente per cui in reparto si è soliti eseguire delle operazioni di rilavorazione sulle valvole qualora non risultino conformi al collaudo. Questa operazione confermata anche

dal responsabile di produzione è stata quindi applicata anche sulle valvole di questo gruppo che hanno dato problemi. L'operazione comporta la modifica dei componenti che non risultano più conformi al disegno ma che tuttavia in questo modo funzionano come richiesto. Queste operazioni vengono eseguite perché a detta dei montatori all'interno del gruppo vi è qualche disallineamento che impedisce la tenuta corretta del pistone sulla camicia inferiore. Si va dunque ad operare in due modi: aumentando il gioco tra le camicie per facilitare il riallineamento e creando un'intaccatura sul cono del pistone per aumentare la superficie di tenuta. Anche dopo questa operazione di intaccatura sulla parte conica del pistone tuttavia, non avendo risolto il problema, è stato richiesto di far rilavorare presso il reparto rettifica il cono del pistone per eliminare l'intaccatura, ritenuta ormai eccessiva. In questa fase il reparto rettifica ha riportato di aver individuato un possibile problema dimensionale presente su alcuni pistoni.

#### **5.4.2 Studio documentale**

Visto il ridotto numero di componenti anche il controllo documentale in questo caso è stato fatto su tutti. Si sono verificati dapprima i disegni per evidenziare l'eventualità che imprecisioni di questi potessero permettere la produzione di pezzi che rivelassero poi un funzionamento non adeguato. In questa fase si è riscontrato che questi pezzi non risultano essere di progettazione Microtecnica ma sono costruiti su disegni di altra azienda. Oltre ai disegni è stata verificata la norma di collaudo particolarmente nella parte relativa a questa valvola. Queste due verifiche non hanno dato però evidenza di possibili criticità. Da ultimo sono stati verificati i cicli di produzione e montaggio e anche in questo caso non è stato evidenziato alcun punto in cui ci potessero essere problemi.

#### **5.4.3 Misurazioni componenti**

Visto quanto riportato dal rep. Montaggio, confermato dal rep. Rettifica, che indicava possibili disallineamenti e alcune quote portate fuori tolleranza a seguito delle operazioni per tentare di risolvere i problemi di perdite si è deciso di misurare completamente tutte e tre i componenti di due valve lock tra quelle che presentavano problemi. Sono quindi state verificate le dimensioni di due camicie superiori, due camicie inferiori e dei relativi pistoni. Si è verificato che le camicie inferiori, fatta eccezione per un diametro rilavorato per aumentare il gioco tra le due camicie che si è confermato essere fuori tolleranza, presentavano tutte le dimensioni entro disegno. I pistoni e una delle camicie inferiori invece mostravano il mancato rispetto di alcune tolleranze di concentricità, il che dimostrava che l'impressione di "qualcosa di disallineato" riportata dagli addetti

al montaggio e alla rettifica era corretta. Sospettando che questi problemi potessero essere presenti nell'intero lotto a magazzino sono stati prelevati alcuni componenti e sono stati misurati risultando tuttavia tutti a disegno. Il controllo dimensionale è stato successivamente ripetuto sulla totalità dei componenti destinati al nuovo lotto di produzione(5 componenti per tipo), questo è stato fatto con lo scopo di verificare se si potesse individuare un legame tra i problemi dimensionali e quelli al collaudo. Dal punto di vista dimensionale i pezzi sono risultati a disegno, tuttavia al rep. Rettifica e Accoppiamento è stato individuato un problema sul foro interno di accoppiamento della camicia superiore: questo foro è risultato essere leggermente conico.



**Figura 5.3:** Foro risultato conico

Come misura correttiva quindi il foro è stato ripreso in modo da risultare correttamente cilindrico prima di accoppiare i due componenti. A conclusione dei collaudi sono state eseguite nuovamente delle misure su due gruppi che, a differenza degli altri tre che hanno funzionato immediatamente, hanno presentato dei problemi. Uno di essi ha mostrato un errore sul gioco di accoppiamento e un problema di circolarità su un diametro, problema che potrebbe aver contribuito al non corretto accoppiamento. L'altro mostrava un'evidente intaccatura che non è stato possibile

stabilire se fosse presente anche prima del collaudo o se fosse conseguenza di qualche operazione successiva.

#### 5.4.4 Collaudi

I particolari del lotto sul quale è stato evidenziato il problema sono stati tutti collaudati più volte secondo norma di collaudo. I collaudi sono stati ripetuti ad ogni tentativo di modifica correttiva fino al superamento della norma di collaudo.

Per quanto riguarda il secondo lotto il collaudo è stato superato immediatamente da tre gruppi su cinque mentre gli altri sono stati collaudati più volte fino al superamento dei vincoli richiesti da norma di collaudo.

#### 5.4.5 Prove

Come nel caso precedente con il termine "Prove" indichiamo quelle operazioni eseguite per cercare di risolvere i problemi riscontrati ma che esulano dalle normali operazioni previste per la produzione e collaudo del componenti.

Per i componenti che hanno manifestato problemi, sia nel primo lotto che nel secondo si è operato eseguendo una levigatura aggiuntiva: questa consiste nell'utilizzo di pasta abrasiva per modificare il gioco di accoppiamento tra le camicie e per creare una sede tra il pistone e la camicia su cui esso fa tenuta. Questa operazione in verità già prevista da progetto è però intesa come una leggera levigatura mentre quella eseguita a seguito dell'individuazione di un problema è più intensa e va ad asportare più materiale. Questa operazione come detto è eseguita in due zone. Nella zona tra le camicie la levigatura ha la funzione di aumentare il gioco in modo che questo gioco permetta un corretto funzionamento anche in presenza di altri problemi che comportino il non corretto allineamento delle parti, allineamento che appunto l'aumento del gioco contribuisce a recuperare. L'operazione eseguita nella zona di tenuta tra cono del pistone e camicia ha invece lo scopo di produrre una sede sul cono e uno smusso sulla camicia che si sposino bene in modo da avere la tenuta idraulica necessaria.

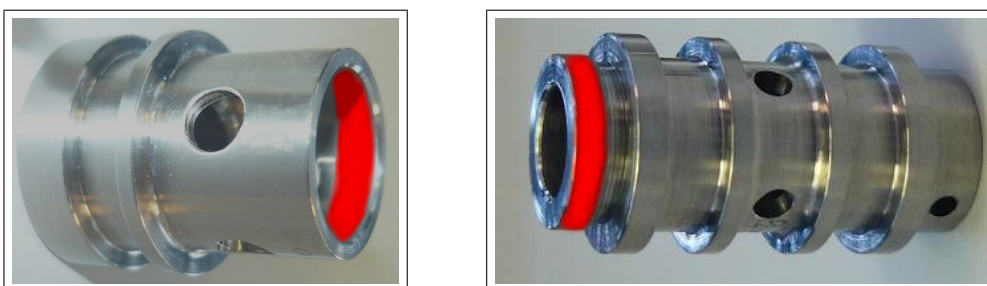


Figura 5.4: Evidenziate le zone tra cui è imposto il gioco

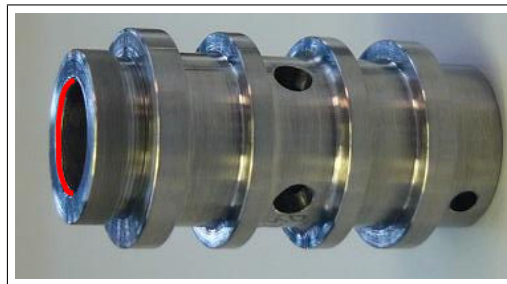
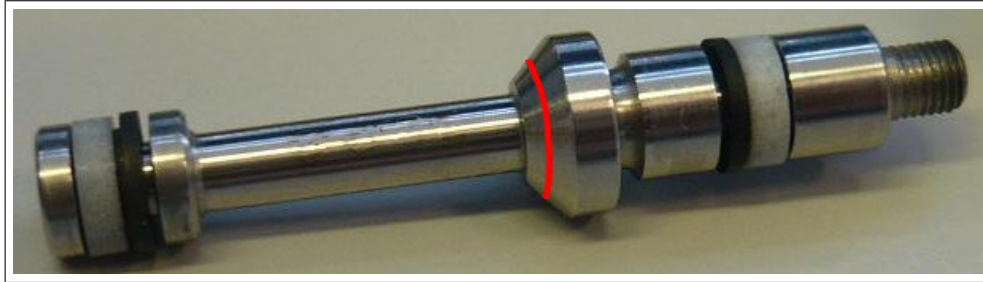


Figura 5.5: Superfici tra le quali si ha tenuta idraulica

## 5.5 Esito dell'indagine e azioni correttive introdotte

A seguito dell'indagine la prima cosa che si è riscontrata è l'insufficiente quantità di informazioni che quindi impedisce di ritenere l'indagine effettivamente conclusa. Questo problema è dovuto al fatto che il componente sotto inchiesta viene trattato in lotti di ridotto numero ed è quindi impossibile stabilire quanto siano diffusi i problemi riscontrati. Questo problema è ulteriormente accresciuto dal fatto che non si è riscontrato un solo problema ma una serie di piccoli problemi tra i quali non se ne è individuato uno con diffusione evidentemente superiore agli altri.

A causa di ciò non è stato quindi possibile individuare una causa prima ed elaborare una relativa soluzione definitiva. Al momento quindi la soluzione di gestione immediata del problema consiste nel lasciar operare al reparto montaggio la solita tecnica di smerigliatura che ha dimostrato di poter almeno risolvere il problema anche se non lo elimina alla radice.

La conclusione quindi è che prima di tutto si debba richiedere al produttore una maggiore attenzione sulla produzione di questi componenti, questi sono infatti componenti poco complessi per i quali anche le operazioni di produzione non sono complesse e quindi non devono presentare una tale quantità di problemi diversi.

Si è ritenuto inoltre necessario richiedere che nei prossimi lotti di produzione si mantenga un monitoraggio su tutti i componenti che dovessero mostrare nuovamente problemi di tenuta, questo monitoraggio ha lo scopo di raccogliere quante più informazioni possibili sulle eventuali cause e fornire quindi una sufficiente banca dati per l'individuazione di una eventuale causa principale.

Con le informazioni raccolte tuttavia una conclusione può essere tratta. Nei casi in cui i componenti non hanno evidenziato alcun problema dimensionale ed è stata eseguita la minima levigatura richiesta il collaudo è stato superato senza alcuna ripetizione. Altra cosa che si è osservata è che la levigatura richiesta a disegno, non essendo descritta nel dettaglio, dovrebbe essere anch'essa approfondita e quindi riportata sul disegno con maggiore precisione. Tuttavia, visto che al momento le capacità degli operatori fanno sì che tale levigatura non comporti problemi, si è preferito concentrare l'indagine sui problemi che hanno comportato i ricollaudi.

## **5.6 Strumenti individuabili nelle azioni intraprese**

Come evidente questo caso tratta un prodotto meno complesso di quello precedentemente presentato, si potrebbe essere portati a pensare che tale condizione comporti una maggiore facilità di analisi e comprensione del problema. All'atto pratico invece l'analisi di questa non conformità si è rivelata più complessa della precedente, possiamo constatare ciò mostrando il diagramma *fishbone* e quindi andando a riconoscere nelle operazioni eseguite la RCCA.



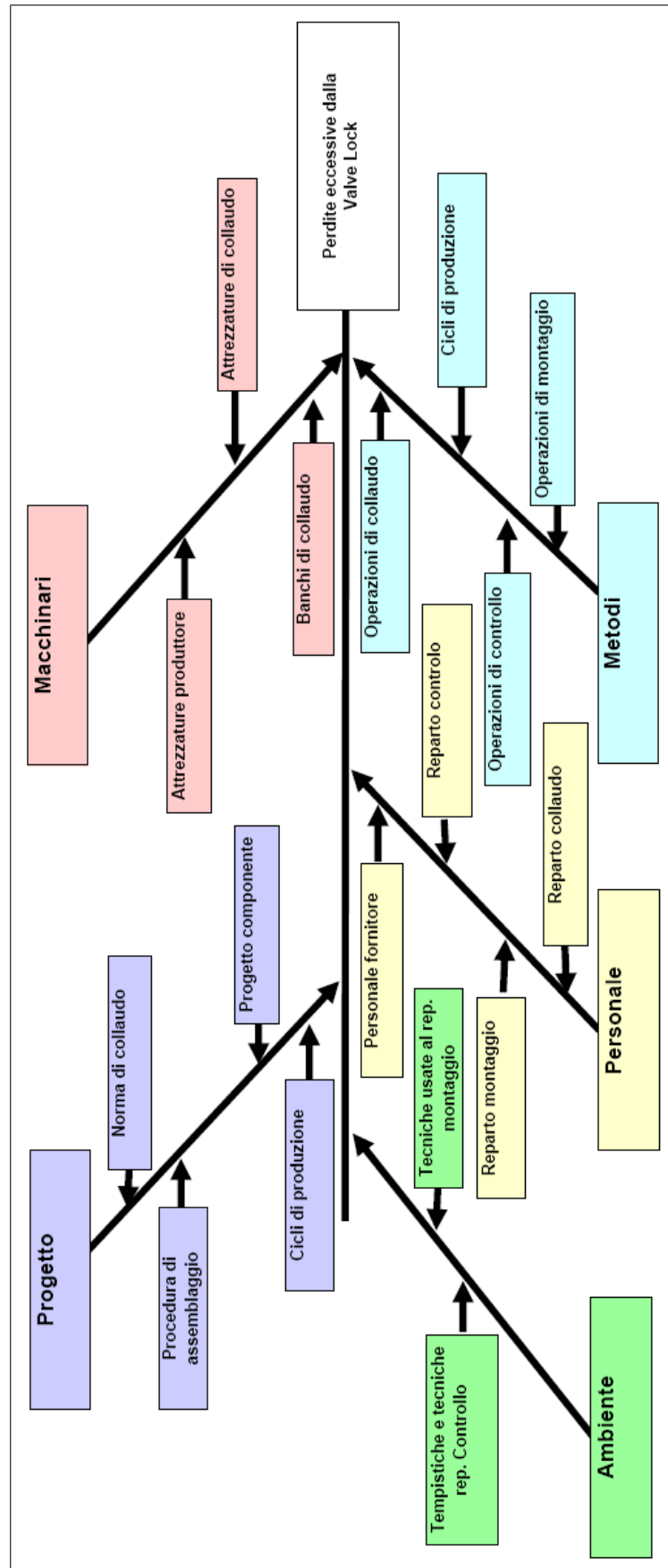


Figura 5.6: Fishbone dell'indagine per la Valve Lock

Come precedentemente presentato lo schema della RCCA è il seguente:

1. descrizione del problema
2. intrapresa di azioni iniziali per il contenimento del problema o delle sue conseguenze
3. definizione di una root cause relativa al problema
4. definizione delle azioni correttive da intraprendere
5. introduzione delle azioni correttive
6. verifica dell'efficacia delle azioni correttive
7. azioni per prevenire il ripetersi del problema

Vediamo quindi questo metodo applicato al nostro caso:

**1. descrizione del problema**

il problema riscontrato è una perdita di olio superiore al limite richiesto

**2. intrapresa di azioni iniziali per il contenimento del problema o delle sue conseguenze**

di prassi al verificarsi di problemi su questo componente l'azione correttiva consiste nell'operare una lavorazione manuale con pasta abrasiva che, pur esponendo al rischio di non avere i componenti non più a disegno, ha dimostrato di risolvere nella maggior parte dei casi il problema della perdita eccessiva

**3. definizione di una root cause relativa al problema**

per la definizione della root-cause del problema si è utilizzato il metodo dei "5 perché":

- *Perché si è verificata la non conformità?*  
perdita dalla valve lock
- *Perché si ha perdita dalla valve lock?*  
tenuta non ottimale tra pistone e camicia
- *Perché non si ha tenuta ottimale tra pistone e camicia?*  
componenti o giochi non a disegno
- *Perché ci sono componenti o giochi non a disegno?*  
su questi componenti il controllo è a campione

Nella descrizione di questa fase si può già individuare un punto critico che ha comportato l'impossibilità di applicare completamente il metodo di analisi. Non si è infatti stati in grado di individuare una causa precisa che ha comportato il problema. Il *terzo perché* infatti risulta generico perché dall'analisi dei pezzi interessati dalla non conformità e di alcuni presi a campione a magazzino non è stato possibile individuare un problema unico ricorrente. Di conseguenza il *quarto perché* non individua una vera e propria causa ma individua un comportamento che non ha permesso di bloccare i componenti non a disegno. Si potrebbe essere quindi portati a pensare che il problema risieda in questo metodo di controllo, tuttavia questo metodo è normalmente impiegato e sufficiente per il controllo di quei componenti, come quelli in esame, che non presentano particolari criticità di produzione e per i quali la modalità di produzione comporta una certa uniformità di caratteristiche all'interno di tutto il lotto. Si può notare infatti che se si prendesse questa come causa prima la soluzione sarebbe estendere il controllo al 100% dei componenti ma così facendo non si avrebbe una soluzione definitiva ma solo un palliativo che blocca il problema prima del montaggio ma che non lo risolve.

A questo punto siamo quindi obbligati ad arrestare il metodo di analisi e a constatare che con le informazioni attualmente in nostro possesso non si è in grado di definire un'azione correttiva di cui si possa effettivamente verificare l'efficacia.

L'azione correttiva intrapresa infatti è composta da due punti molto generici, uno interno alla ditta e uno verso il fornitore e più che un'azione correttiva è un'estensione dell'indagine.

Internamente alla ditta, appurando la necessità di reperire più informazioni si propone di mantenere il monitoraggio sui componenti della valve lock.

A tal proposito, verificato che se i componenti sono a disegno la valvola non presenta problemi di perdite, si ritiene di poter escludere un problema intrinseco al progetto.

Il monitoraggio viene quindi fatto in fase di montaggio-collaudato dei pezzi, durante tali fasi quindi qualora si verificassero problemi verranno rilevate le quote dei componenti per ricercare un problema ricorrente. Si è deciso di operare con questo metodo perché la quantità di componenti a magazzino e il fatto che questi siano già stati accettati come a disegno rendono non conveniente un controllo a tappeto a magazzino. Questo controllo richiederebbe un grosso impegno di risorse e tempi del Rep. Controllo non permettendo tuttavia di rivalersi sul fornitore. Un controllo in fase di

lavorazione, come quello previsto, permette di costruirsi comunque una banca dati dei problemi ma senza intasare il Rep. Controllo.

Verso il fornitore l'azione intrapresa, visto la variabilità dei problemi riscontrati, è stata la richiesta di una generale maggiore attenzione in fase di produzione salvo definire, quando si avranno maggiori informazioni, un'azione più precisa.

La presentazione di questo caso ci permette quindi di mostrare come metodi apparentemente efficaci per la risoluzione degli errori siano effettivamente molto limitati dalle possibilità di applicazione. Vediamo quindi come la loro efficacia sia dipendente dalla possibilità reale di avere un sufficiente numero di informazioni, infatti se si fosse analizzata la non conformità di una sola valve lock il metodo sarebbe stato rapidamente applicabile, tuttavia essendo il problema esteso anche l'analisi deve essere sufficientemente estesa.

Altro problema è quello dell'impatto che le operazioni di analisi possono/devono avere sull'iter produttivo, queste infatti devono si portare alla risoluzione del problema individuato ma non possono comportarne altri andando a bloccare o rallentare la produzione. Risulta quindi necessaria un'attenta valutazione dei metodi e delle tempistiche di reperimento delle informazioni, quindi si deve cercare di individuare quali parametri sia necessario controllare e in che modo inserire tali controlli nel normale processo di produzione.

## Capitolo 6

### Premistoppa

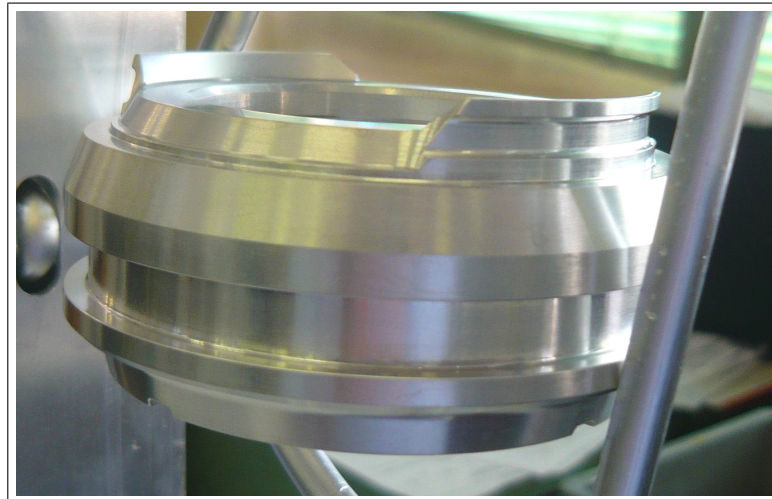


Figura 6.1: Premistoppa

#### 6.1 Descrizione del prodotto

Il componente in oggetto è un corpo di forma cilindrica che presenta sia sul lato esterno che su quello interno alcune cave in cui vengono inseriti elementi di tenuta sia elastomerici che in teflon. Una coppia di premistoppa viene inserita all'interno di un servocomando, con il duplice compito di assicurare la tenuta idraulica e permettere lo scorrimento dello stelo del pistone al suo interno.

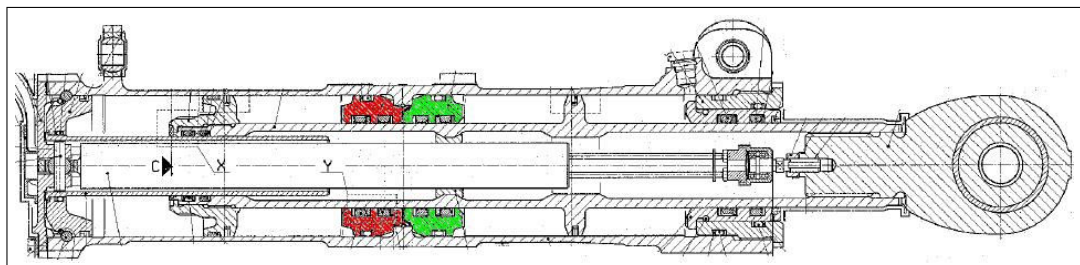


Figura 6.2: Posizionamento del premistoppa(sezione del servocomando)

Al fine di operare correttamente questo duplice compito e assicurare la corretta adesione degli elementi di tenuta il componente deve presentare opportuna finitura superficiale, in particolare avrà una finitura globale in ossido grigio e una finitura in ossido duro delle zone a contatto con il cilindro.

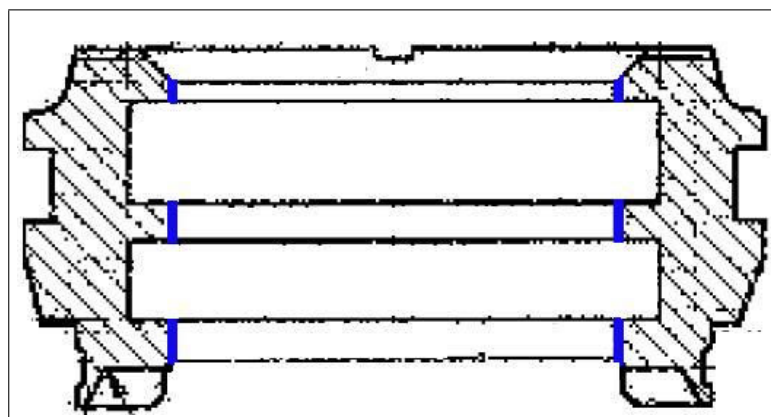


Figura 6.3: Finitura del premistoppa

Nella precedente immagine, in blu sono evidenziate le zone in cui si avrà il contatto tra il pistone e il premistoppa e che quindi prevedono una finitura di ossido duro.

## 6.2 Descrizione del problema riscontrato

Il pezzo, per avere la corretta finitura superficiale, deve subire alcuni successivi trattamenti di galvanica, in particolare prima deve essere posto dell'ossido grigio e quindi dell'ossido duro. L'ossido duro viene fatto aderire nelle zone in cui non è presente ossido grigio e quindi è necessario che la stesura dell'ossido grigio avvenga correttamente. Si è tuttavia rilevato che, dopo la stesura dell'ossido grigio e la successiva operazione di fissaggio dello stesso, sul corpo si potevano riscontrare delle puntinature, a questo punto si è reso necessario scartare tali pezzi in quanto questa anomalia compromette la corretta stesura dell'ossido duro.

## 6.3 Metodo di individuazione del problema

In questo caso l'evidenza del problema è stata fornita dall'emissione di una relativa NCM. A conclusione dell'operazione di fissaggio dell'ossido grigio si sono rivelate puntinature sulla totalità dei pezzi trattati a questo

punto essendo inutilizzabili i pezzi in tale stato si è reso necessario dichiarare una NCM e scartare la totalità dei pezzi trattati.

Considerando che apparentemente il processo di galvanizzazione eseguito non mostrava nessun evidente anomalia che potesse motivare il problema evidenziato si è ritenuto necessario intraprendere un'analisi per individuare la causa del problema.

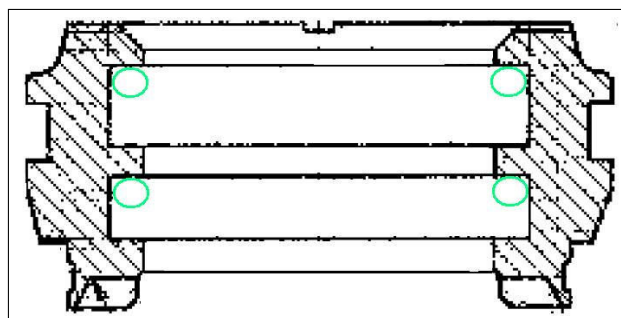
## 6.4 Azioni intraprese e informazioni raccolte

Questo caso ha preso in considerazione un'operazione interna alla ditta e molto circoscritta si è ritenuto quindi sufficiente concentrarsi solo sulle operazioni eseguite nel reparto galvanica. Ci si è quindi mossi per reperire le informazioni all'interno del reparto stesso e ovviamente nella documentazione relativa ai particolari in NCM.

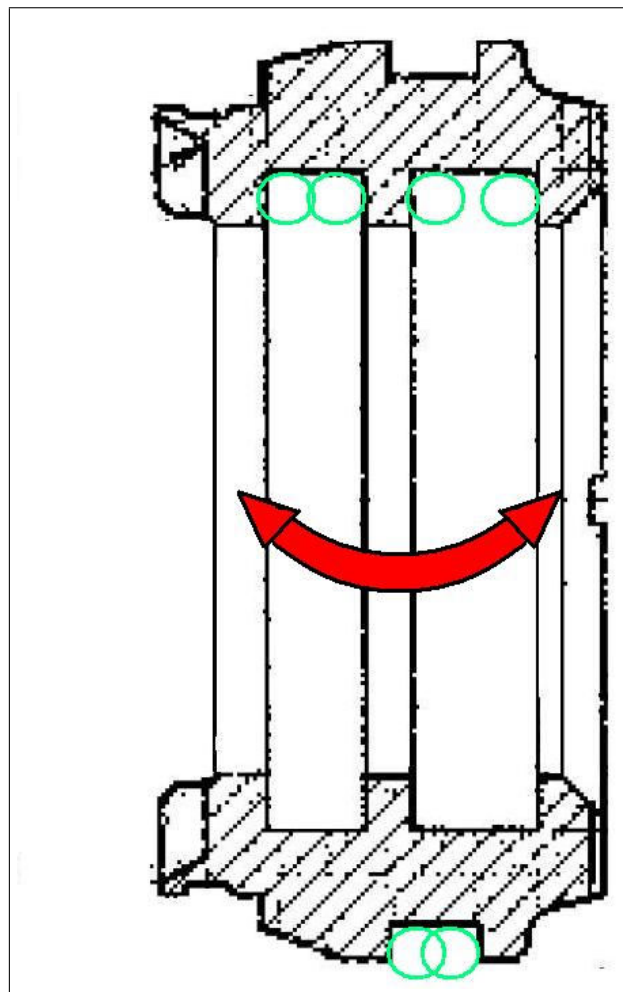
### 6.4.1 Intervista al personale

L'intervista al personale ha avuto come scopo l'eventuale individuazione di comportamenti che potessero comportare una non corretta stesura dello strato d'ossido.

La prima informazione raccolta è stata che tale componente aveva già manifestato delle problematiche relative alla corretta copertura con ossido grigio. In particolare si rilevava che all'interno di alcuni canalini spesso vi erano zone che pur non essendo mascherate non venivano coperte dall'ossido. Da indagine relativa a questa causa si era constatato che durante il bagno di ossidazione grigia attorno al corpo si formavano delle bolle d'aria che, localizzandosi in questi canalini per tutta la durata del bagno fungevano praticamente da isolante fra il pezzo e il bagno stesso, impedendo il depositarsi dell'ossido.



**Figura 6.4:** -SOLUZIONE NON FUNZIONANTE- in verde le zone interessate dalla formazione di bolle



**Figura 6.5:** -SOLUZIONE FUNZIONANTE- in verde le zone interessate dalla formazione di bolle in rosso il senso di movimentazione

A questo problema si era posto rimedio osservando che immergendo il corpo con l'asse del foro centrale in orizzontale e imponendo al corpo un'opportuna movimentazione le bolle venivano espulse dai canalini garantendo quindi la corretta copertura di ossido. Per applicare questo metodo si era quindi studiato un opportuno supporto per i pezzi che garantisse il corretto posizionamento e la costante movimentazione durante il bagno. Considerando la dimensione dei corpi e della vasca del bagno si era inoltre progettato l'attrezzo di sospensione-movimentazione in modo tale che questo permettesse l'immersione contemporanea di 8 componenti.



#### 6.4.2 Verifiche attrezzatura

In considerazione del fatto che il problema manifestato era legato ad operazioni di immersione del pezzo in appositi bagni, tra le operazioni eseguite c'è stata la verifica delle caratteristiche delle sostanze presenti nei bagni stessi. Queste verifiche, eseguite di prassi a scadenze prestabilite non hanno evidenziato nessuna degradazione o contaminazione nelle sostanze presenti nei bagni, permettendo quindi di escludere questi problemi come possibile causa.

Come detto i pezzi sono montati su telai e questi a loro volta sono collegati in posizione anodica all'impianto che assicura l'alimentazione al sistema, questa modalità di collegamento fa sì che la corrente che fluisce tra anodo e catodo permette la deposizione sui pezzi di uno strato di allumina. Affinchè lo strato formato sia coerente con gli spessori richiesti è necessario che il processo venga eseguito con precisi valori di voltaggio, temperatura del bagno e tempi di immersione. E' evidente quindi che si sia ritenuto necessario andare ad eseguire anche un controllo su tutte le strumentazioni atte a controllare e monitorare questi parametri. Dalle verifiche effettuate non si sono rilevate anomalie nelle attrezzature per il bagno di ossidazione.

Successivamente all'ossidazione avviene un'altra fase detta fissaggio o idratazione, questa operazione eseguita con acqua calda o con acetato di nichel ha lo scopo di colmare le porosità dell'ossido grigio così da ottenere una migliore finitura superficiale e una più alta resistenza alla corrosione. Questa fase seppur con vincoli meno restrittivi della precedente deve comunque essere a temperatura controllata e nel rispetto di opportuni tempi. Anche in questo caso si è quindi ritenuto necessario verificare sia le caratteristiche dei bagni che dei sistemi di monitoraggio e controllo della temperatura. Come per il controllo delle altre attrezzature, anche in queste non sono stati individuati problemi che potevano comportare una errata finitura del pezzo.

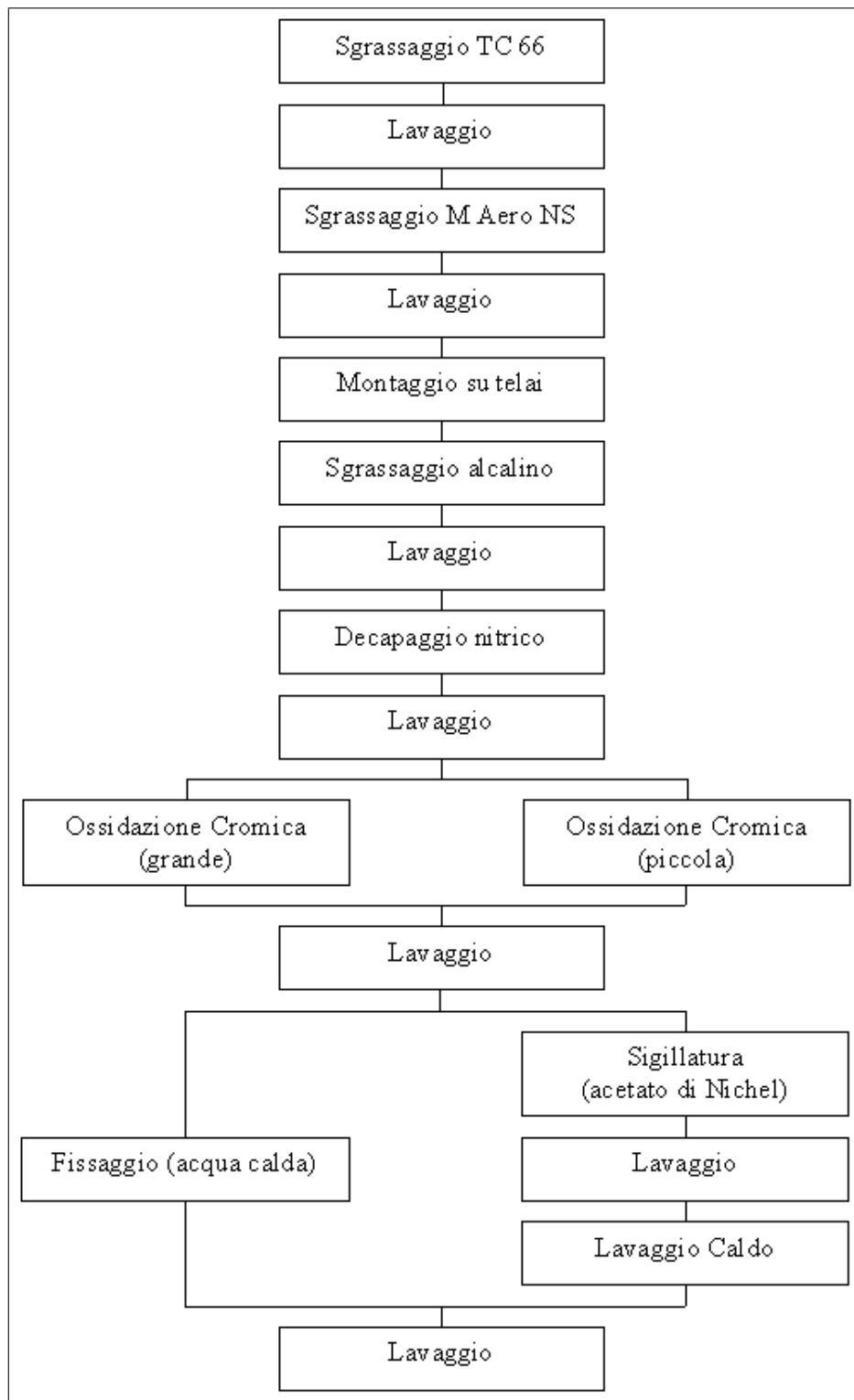
#### 6.4.3 Verifica processo

Considerando il fatto che il solo processo di ossidatura grigia è composto da molti passaggi come riportati nel seguente schema, si è ritenuto necessario andare a verificare non solo le attrezzature ma anche le varie operazioni eseguite.

Risulta infatti consigliabile verificare se durante successivi trattamenti e lavaggi non ci possa essere il rischio che eventuali contaminanti o residui delle sostanze usate per i trattamenti possano rimanere adesi al corpo e quindi rivelarsi poi durante l'operazione di ossidazione.

Da queste verifiche si è tuttavia appurato che non vi era evidenza di presenza di residui che potessero giustificare i problemi a livello di finitura.

Tabella 6.1: Trattamenti Galvanici sul premistoppa



#### 6.4.4 Studio documentale

Per quanto riguarda il punto di vista documentale, il processo di ossidazione grigia è regolamentato da apposita normativa che richiede sia prodotta opportuna documentazione per il controllo del processo al fine di garantire precisi spessori e caratteristiche dell'ossido. Si è quindi proceduto ad una verifica di rispondenza della procedura a quanto richiesto dalla normativa e si è inoltre verificato il rispetto da parte del personale della procedura fornita. Questo in quanto, come detto, il processo è fortemente dipendente dalle condizioni del bagno e dai tempi di immersione e quindi una eventuale discrepanza fra quanto prescritto e quanto eseguito avrebbe potuto giustificare la non corretta stesura dell'ossido sui componenti. Si è appurato che la procedura in uso è coerente con quanto richiesto a livello normativo, si è inoltre verificato che le operazioni sono sempre state eseguite nel rispetto della procedura e quindi anche questa eventuale causa può essere scartata.

#### 6.4.5 Prove

Considerando che il problema precedentemente evidenziatosi su questa operazione dipendeva dal fatto che non si riuscivano ad eliminare efficacemente bolle d'aria attorno al pezzo come prime prove sono stati testati differenti metodi di sospensione e di movimentazione del pezzo all'interno della vasca. Da queste prove si è tuttavia evidenziato che le scelte fatte in precedenza, come ci si poteva aspettare, garantivano già una corretta eliminazione dell'aria. Tuttavia si è notato che anche con una corretta eliminazione delle bolle d'aria il problema della puntinatura non era risolto. A questo punto si è deciso di verificare quando effettivamente all'interno dei vari passaggi del ciclo di lavorazione la puntinatura veniva evidenziata. Si è constatato che solo a seguito del fissaggio questa risultava evidente. In base a questa osservazione si è dedotto che qualcosa in questa fase doveva essere cambiato in quanto prima della modifica si rilevava mancata presenza di ossido a causa delle bolle ma non vi erano puntinature.

L'unica modifica evidente in questa fase è risultato essere il tipo di materiale usato per la sospensione dei pezzi.

Infatti prima della modifica, per introdurre la corretta posizione e movimentazione dei pezzi nella vasca, il materiale usato era l'alluminio, successivamente alla modifica il telaio di sospensione era stato costruito in titanio. Una prova che si è quindi fatta è stato ripetere, su un numero ridotto di pezzi, tutto l'iter di stesura dell'ossido grigio garantendo comunque la movimentazione ma riportando il materiale del telaio di sospensione da titanio ad alluminio.

## 6.5 Esito dell'indagine e azioni correttive introdotte

A seguito delle prove e delle verifiche eseguite si è potuto appurare che la causa prima della presenza di puntinatura era individuabile nel materiale usato per la realizzazione dei telai di sospensione dei pezzi. Si è infatti verificato che pur non comportando problemi durante il bagno di ossidazione il titanio ne comportava invece in fase di fissaggio.

Si è proceduto al controllo dei parametri di tensione imposti per le due fasi verificando che l'utilizzo del titanio durante il bagno di ossidazione garantiva il rispetto della differenza di tensione fra vasca e pezzi. Per quanto riguarda la fase di fissaggio invece si è notato che la sospensione in titanio comportava il permanere di una certa differenza di tensione. Secondo quanto previsto dalla procedura di ossidazione grigia tuttavia l'unica fase in cui è richiesta differenza di potenziale tra i pezzi e il bagno è la fase di ossidazione mentre nella fase di fissaggio non deve esserci differenza di potenziale tra i pezzi e il bagno. Si è dedotto che probabilmente l'utilizzo di una sospensione in titanio comportava un effetto pila determinando il permanere di cariche sulla sospensione in titanio che quindi si traduce in una differenza di potenziale col bagno di fissaggio. Questa differenza di potenziale probabilmente è quindi la causa delle puntinature risultando in effetti delle specie di bruciature causate dal passaggio di carica tra i pezzi e il bagno.

La soluzione che è apparsa logica è stata quindi quella di sostituire completamente tutte le parti in titanio dei telai di sospensione, mantenendo la geometria di sospensione e il metodo di movimentazione dei pezzi ma garantendo che l'anodo composto dai pezzi e dai telai di sospensione fosse tutto del medesimo materiale e quindi fosse prevenuto l'effetto pila. Si è deciso di mantenere il sistema di movimentazione e di sospensione dei pezzi all'interno delle vasche perché dall'analisi precedente era risultato che questa fosse la scelta migliore per sfruttare al massimo lo spazio delle vasche e garantire contemporaneamente la corretta finitura superficiale dei pezzi.



Figura 6.6: Supporto definitivo per sospensione

## 6.6 Strumenti individuabili nelle azioni intraprese

Per il caso in esame in questo capitolo, considerando anche la gestione del problema della formazione delle bolle, possiamo individuare le caratteristiche tipiche del metodo RCCA:

- descrizione del problema
- intrapresa di azioni iniziali per il contenimento del problema o delle sue conseguenze
- definizione di una root cause relativa al problema
- definizione delle azioni correttive da intraprendere
- introduzione delle azioni correttive

- verifica dell'efficacia delle azioni correttive
- azioni per prevenire il ripetersi del problema

Vediamo quindi l'applicazione del metodo sul primo problema riscontrato:

- Descrizione del problema:  
presenza di zone prive di ossido grigio
- Intrapresa di azioni iniziali per il contenimento del problema o delle sue conseguenze:  
dichiarazione della NCM e scarto dei premistoppa sui quali la successiva deposizione dell'ossido duro non risulterebbe secondo progetto
- Definizione di una root cause relativa al problema:  
per questa fase si può utilizzare il metodo delle 5Whis:
  - I *Perché si è verificata la non conformità?*  
presenza di zone prive di ossido grigio
  - II *Perché si hanno zone prive di ossido grigio?*  
inadeguato contatto fra il bagno ossidante e i pezzi da trattare
  - III *Perché non si ha adeguato contatto?*  
presenza di bolle d'aria intrappolate tra il corpo e il bagno
  - IV *Perché alcune bolle d'aria rimangono intrappolate?*  
errata posizione del corpo nel bagno e incapacità di eliminare le bolle una volta formatesi
  - V *Perché il corpo è posizionato in modo errato e le bolle non vengono eliminate?*  
caratteristiche inadeguate del telaio di sospensione dei pezzi
- Definizione delle azioni correttive da intraprendere:  
è stato progettato un nuovo telaio di sospensione dei corpi nel bagno in grado di limitare la formazione delle bolle e di garantirne la corretta eliminazione
- Introduzione delle azioni correttive:  
è stato realizzato un sistema di sospensione tale da poter immergere contemporaneamente 8 componenti, su questo telaio i pezzi sono messi con asse del foro centrale orizzontale in modo da contenere la formazione di bolle e sono mantenuti in continuo movimento per garantirne la totale eliminazione

- Verifica dell'efficacia delle azioni correttive:  
la verifica dell'azione correttiva introdotta ha dimostrato di garantire la corretta eliminazione delle bolle ma ha comportato il sorgere del problema delle puntinature

Come si vede la prima soluzione correttiva individuata ed introdotta ha comportato il sorgere di un nuovo problema, il metodo RCCA deve quindi essere interrotto e applicato al nuovo caso in modo da avere un'azione correttiva definitiva e che non comporti la nascita di una nuova causa di non conformità.

Vediamo quindi come è stato riapplicato il metodo:

- Descrizione del problema:  
presenza di zone prive di ossido grigio
- Intrapresa di azioni iniziali per il contenimento del problema o delle sue conseguenze:  
dichiarazione della NCM e scarto dei premistoppa sui quali la successiva deposizione dell'ossido duro non risulterebbe secondo progetto
- Definizione di una root cause relativa al problema:  
appliciamo nuovamente il metodo delle 5Whis:
  - I *Perché si è verificata la non conformità?*  
presenza di puntinature sull'ossido grigio dopo il bagno di fissaggio
  - II *Perché si hanno puntinature?*  
si è stabilito che le puntinature sono dovute a bruciature elettriche
  - III *Perché si hanno bruciature?*  
individuata differenza di potenziale, non ammissibile, tra il telaio di sospensione e il bagno di fissaggio
  - IV *Perché si ha differenza di potenziale?*  
si ipotizza che il telaio accumuli carica durante il bagno di deposizione ossido grigio, bagno caratterizzato da flusso di corrente imposto necessario all'anodizzazione
  - V *Perché il telaio accumula carica?*  
il nuovo telaio è stato realizzato in titanio mentre il precedente metodo di sospensione prevedeva l'utilizzo di supporti in alluminio, l'interazione elettrica tra il bagno di ossidazione e il supporto è differente se il supporto è in titanio o in alluminio



- Definizione delle azioni correttive da intraprendere:  
è stato riprogettato il telaio di sospensione sostituendo le parti in titanio con simili in alluminio
- Introduzione delle azioni correttive:  
è stato messo in opera il nuovo telaio che mantiene comunque la corretta sospensione dei pezzi e la loro movimentazione così da evitare la formazione di bolle
- Verifica dell'efficacia delle azioni correttive:  
con l'ulteriore modifica del telaio il processo ora è privo sia del problema della mancata deposizione dell'ossido grigio sia della presenza delle puntature, la nuova azione correttiva risulta quindi quella corretta e definitiva per entrambi i problemi
- Azioni per prevenire il ripetersi del problema:  
si è stabilito che sia per questo tipo di componenti che per altri componenti che devono subire l'ossidazione grigia è necessario progettare sistemi di sospensione che garantiscano la totale assenza di bolle d'aria e che vengano obbligatoriamente realizzati con materiale che non comporti interazione elettrica coi bagni



## Capitolo 7

### Clinica di processo

Nei prossimi capitoli vedremo presentate altre due indagini, come si noterà, queste tratteranno lo stesso argomento. Si presentano questi casi simili perchè facenti parte di un tipo di clinica fino ad ora non presentato. Nei precedenti capitoli infatti sono state presentate delle cliniche di prodotto cioè cliniche incentrate sulla risoluzione di problemi relativi ad un ben preciso P/N.

Quando tuttavia trasversalmente a P/N differenti si evidenziano problemi simili si passa ad una visione più globale detta clinica di processo.

Questa consiste nell'andare ad analizzare il processo indipendentemente dal singolo prodotto sul quale sia applicato in modo da verificare se non ci siano possibilità di problemi latenti che quindi, anche in modi differenti, si manifestino nei prodotti. In pratica questa clinica anzichè avere un valore correttivo a valle dei problemi cerca di impedirli preventivamente andando ad analizzare passo passo l'intero processo e solo successivamente, dove necessario si concentra sul singolo prodotto.

Il caso qui presentato è la clinica di processo applicata all'operazione di cianfrinatura, questa è nata perchè si sono individuati alcuni problemi relativi a questo processo su due P/N differenti caratterizzati entrambi da cianfrinatura ma eseguita con modalità e caratteristiche molto diverse. Questo fatto ha quindi portato a pensare che il processo in se fosse caratterizzato da criticità che era meglio indagare in maniera globale. Ovviamente i problemi sui singoli P/N non sono stati trascurati ma sono stati trattati in parallelo all'indagine sull'intero processo.

#### 7.1 Descrizione del processo

Per prima cosa si deve definire precisamente il processo in esame.

Con *cianfrinatura* indichiamo l'operazione con cui l'unione tra due componenti viene garantita o aumentata deformando meccanicamente uno dei due. Nel caso specifico poi siamo andati ad analizzare la sola cianfrinatura utilizzata per unire cuscinetti o giunti sferici ai rispettivi attacchi. Si è inoltre ristretta ulteriormente l'analisi ai soli P/N relativi a attuatori e servoattuatori questo perchè da una prima scrematura si è osservato che studiando questi casi si potevano efficacemente coprire le varie tipologie

di cianfrinatura presenti in Microtecnica.

Come detto la cianfrinatura in esame presenta differenti tipologie possiamo quindi suddividere tale operazione secondo alcuni parametri:

- **componente cianfrinato:**  
la cianfrinatura in esame è applicata sull'insieme attacco-cuscinetto(o giunto sferico) vi sono quindi casi in cui la cianfrinatura è ottenuta deformando l'attacco sul cuscinetto e altri invece in cui è il cuscinetto a subire la deformazione
- **forma dell'impronta:**  
prima di tutto si osserva che le cianfrinature possono essere continue o discontinue quindi l'impronta può essere una circonferenza intera o essere una serie di archi di circonferenza. Altro parametro caratteristico è la forma in sezione che la cianfrinatura deve avere, questa sarà solitamente di forma triangolare ma varieranno l'inclinazione dei lati del triangolo e la forma del vertice del triangolo che potrà essere più o meno appuntito
- **preintaccatura o meno del componente:**  
vi sono casi in cui l'operazione di cianfrinatura consiste nella duplice azione di incisione e deformazione del materiale mentre altri casi in cui il componente presenta già una gola precedentemente preparata e la cianfrinatura va solamente a deformare un lato o entrambi i lati della gola stessa
- **modalità di esecuzione:**  
nella maggior parte dei casi esaminati la cianfrinatura viene eseguita appoggiando i componenti su un apposito basamento, spingendo un attrezzo "dentato" dall'altro lato in modo che la dentatura dello stesso produca l'impronta di cianfrinatura e quindi ripetendo le stesse operazioni per eseguire la cianfrinatura anche sull'altro lato. Vi sono casi in cui invece di avere un basamento con la sola funzione di appoggio si utilizza un basamento anch'esso "dentato" così da ottenere le impronte contemporaneamente su entrambi i lati. Un'ulteriore differenza nella modalità di cianfrinatura è la possibilità di ottenere l'impronta tramite un'azione combinata, non solo spingendo l'attrezzo nel componente da cianfrinare ma imprimendo all'attrezzo anche una rotazione. Si esegue questa operazione con un attrezzo che al posto di una vera e propria dentatura presenta delle sedi in cui sono posizionati o delle sfere o dei cilindri. La rotazione fa sì che

le sfere o i cilindri oltre ad essere spinti nel materiale rotolino sullo stesso permettendo quindi di ottenere una impronta circolare o costituita da due semicerchi senza utilizzare un attrezzo con un dente continuo.

- **preparazione dei componenti da unire:**  
con preparazione dei componenti intendiamo le operazioni che vengono eseguite sui componenti prima che questi siano definitivamente uniti con la cianfrinatura. Solitamente l'unione oltre che dalla cianfrinatura viene garantita dall'interferenza tra i due componenti e in alcuni casi anche dall'inserimento di un film adesivo tra i componenti. Tuttavia possiamo vedere differenze nelle temperature a cui vengono scaldati gli attacchi o raffreddati i cuscinetti, differenze che dipendono dalle caratteristiche dei componenti stessi o da altri componenti ad essi collegati che quindi possono impedire di poter riscaldare/raffreddare il pezzo o ne impongono limiti di temperatura.

## 7.2 Individuazione delle possibili aree problematiche

Proprio perchè trattasi di una clinica di processo l'indagine non si è sviluppata a partire da un problema quindi l'approccio d'indagine ha dovuto necessariamente essere un pò differente dai casi già presentati.

Per prima cosa per poter analizzare il processo è risultato necessario descriverlo nella maniera più precisa possibile in modo da individuare tutte le aree in cui potessero annidarsi i problemi.

Le macro aree individuate sono state:

- documentazione
- caratteristiche dei componenti
- modalità di esecuzione
- attrezzo di cianfrinatura
- carico di cianfrinatura e sua applicazione

### Documentazione

Tutte le informazioni importanti per l'esecuzione della cianfrinatura e determinanti per accettare o scartare i componenti cianfrinati sono definite

sulla documentazione di produzione allegata ai componenti stessi. Le caratteristiche della cianfrinatura possono essere o definite a livello di progetto dell'intero dispositivo quindi in questo caso la documentazione di riferimento è interna a Microtecnica oppure, se i componenti sono acquistati da un produttore di cuscinetti, può capitare che siano utilizzati modelli "commerciali" la cui documentazione di riferimento è quindi quella del fornitore.

Per quanto riguarda la documentazione interna durante l'indagine di seguito descritta abbiamo individuato due procedure interne che, secondi i casi, sono esplicitamente richiamate sulla documentazione di produzione. Su queste oltre alle caratteristiche dell'attrezzo di cianfrinatura sono indicate sia le modalità che possono essere applicate per la definizione del carico di cianfrinatura sia le tipologie e il metodo di applicazione dei controlli da eseguire per verificare la corretta realizzazione delle cianfrature. Come detto, in altri casi i cuscinetti sono d'acquisto, su progetto del fornitore, quindi le informazioni di esecuzione sono fornite da quest'ultimo e non sono riportate all'interno della documentazione Microtecnica di cianfrinatura ma sono trascritte direttamente sulla documentazione di produzione del pezzo (disegni e cicli di lavoro). In questi casi è risultato più difficile individuare le documentazioni originali, soprattutto per quei dispositivi il cui progetto risaliva ad alcuni decenni fa.

### **Caratteristiche dei componenti**

Come detto nel processo di cianfrinatura analizzato i componenti interessati sono due:

- il giunto sferico o cuscinetto
- l'attacco in cui è ricavata la sede per il cuscinetto

Il primo è un componente acquistato presso un fornitore e che secondo i casi può essere acquistato da "parts catalogue" o prodotto su progetto o specifica Microtecnica ma che comunque subisce tutte le lavorazioni presso il fornitore.

Il secondo invece con maggiore facilità può subire una serie di lavorazioni internamente a Microtecnica.

I cuscinetti e quegli attacchi che non richiedono lavorazioni successive alla consegna da parte del cliente, in generale, alla ricezione non subiscono alcun controllo. Non vi sono quindi filtri ed eventuali problemi si manifestano solo al montaggio o addirittura al collaudo.

Per gli attacchi che invece subiscono lavorazioni interne a Microtecnica

queste fungono da controllo e spesso se sono complessi hanno anche un controllo, magari a campione, di alcune dimensioni o caratteristiche "critiche".

Fondamentali per la corretta realizzazione della cianfrinatura saranno ovviamente quelle caratteristiche di "interfaccia" fra attacco e componenti. Oltre alla durezza ed eventuale finitura superficiale del materiale saranno alcune caratteristiche dimensionali ad essere importanti.

Si deve tener presente che l'operazione di cianfrinatura consiste principalmente in un'unione per interazione di due componenti e quindi le zone di contatto dovranno rispettare determinate caratteristiche, queste saranno:

- **cuscinetto**

1. diametro esterno
2. ovalizzazione del profilo esterno
3. conicità della parte esterna
4. forma e dimensione di eventuali smussi

- **attacco**

1. diametro del foro
2. ovalizzazione del foro
3. conicità del foro
4. altezza(profondità del foro)
5. posizione del foro

### **Modalità di esecuzione**

I vari metodi sono già stati descritti precedentemente, con "modalità" invece intendiamo la serie di procedure e di operazioni che P/N per P/N il metodo richiede. Quindi le caratteristiche di esecuzione di ogni specifica cianfrinatura.

### **Attrezzo di cianfrinatura**

Per quanto riguarda i *cianfrini*, come già detto possono avere differenti caratteristiche in base al tipo di cianfrinatura a cui sono destinati, tuttavia in generale possiamo osservare che per questi le maggiori criticità saranno individuabili in tre aree: progetto, realizzazione e controllo dell'attrezzo.

In base alla tipologia di cianfrinatura infatti sono definite, in linea generale, alcune caratteristiche dell'attrezzo queste dovranno quindi essere "dettagliate" a seconda di ogni coppia di P/N attacco-cuscinetto a cui l'attrezzo è destinato. In particolare rilevanti saranno le caratteristiche di forma e dimensione dei denti, tuttavia la progettazione dell'attrezzo non potrà limitarsi a questo ma dovrà tenere in considerazione anche le caratteristiche dei macchinari che provvedono all'applicazione del carico e con cui si dovrà interfacciare. Quindi l'attrezzo dovrà prevedere eventuali interfacce per le presse e, qualora non lo garantisce la pressa stessa, dovrà essere in grado di garantire la corretta direzione di applicazione del carico. Ovviamente essendo un particolare di produzione attenzione dovrà essere posta nella realizzazione dello stesso e quindi prima di passare al suo utilizzo il cianfrino dovrà subire controlli dimensionali per garantire la rispondenza al progetto.

Da ultimo si deve tener presente che questi attrezzi sono soggetti ad usura e quindi non si può prescindere dal pianificare una campagna di verifica delle caratteristiche dimensionali essenziali per garantire la stabilità nel tempo ed evidenziare eventuali necessità di rilavorazione o sostituzione.

### **Carico di cianfrinatura e sua applicazione**

Come detto solitamente il fornitore stesso del cuscinetto o il progettista valutano il carico e la modalità di applicazione dello stesso. Ovviamente anche questi parametri possono essere causa di problemi quindi durante la realizzazione devono essere tenuti sotto controllo.

E' quindi necessario definire precisamente le modalità di realizzazione della cianfrinatura e monitorare le presse utilizzate per garantire la correttezza del carico applicato.

### **7.3 Strumenti individuabili nelle azioni intraprese**

Trattando una clinica di processo e non di un singolo prodotto, anche gli strumenti da applicare devono essere "globali". Lo strumento che più facilmente si adatta a quanto è stato presentato nei paragrafi di questo capitolo è lo schema *fishbone*, abbiamo infatti individuato i vari aspetti della cianfrinatura in cui di possono annidare problemi e questo è facilmente traducibile nel seguente schema:



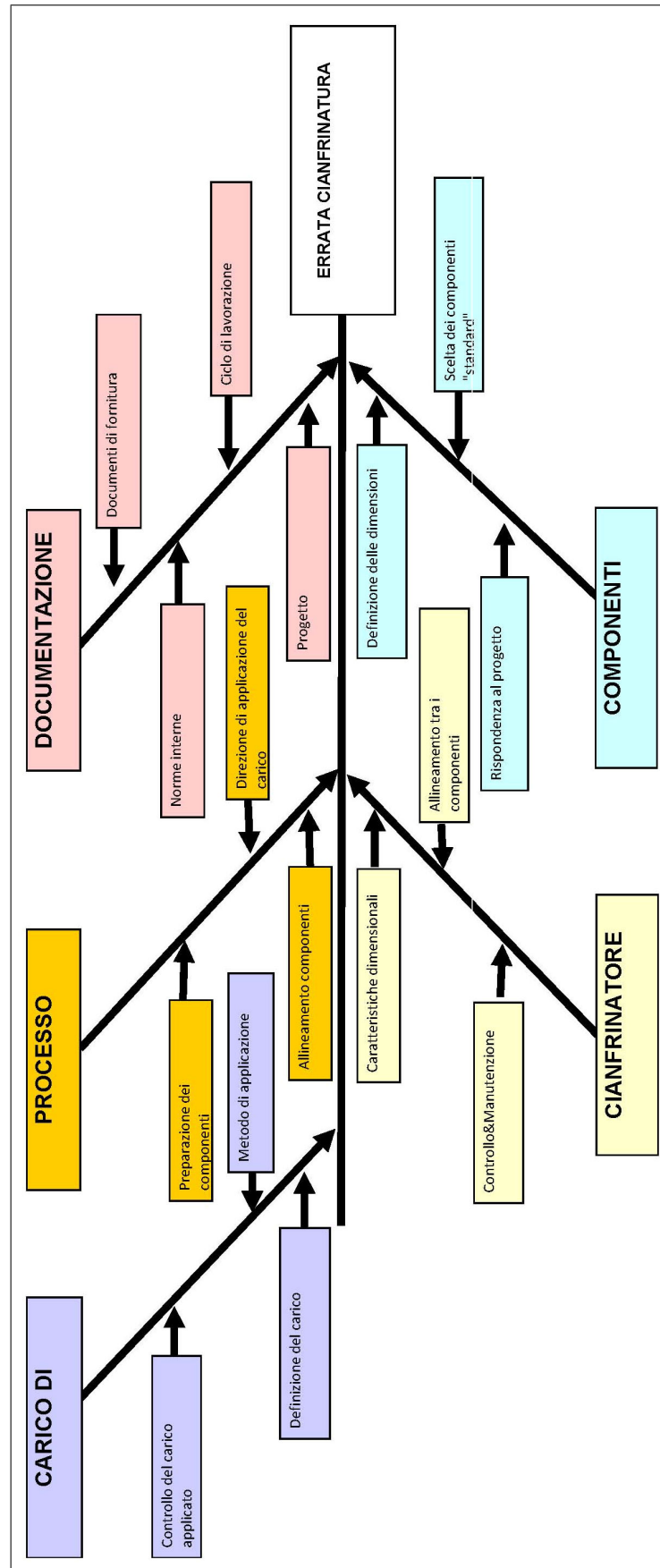


Figura 7.1: Fishbone della clinica di processo



## Capitolo 8

### Servocomando alettoni

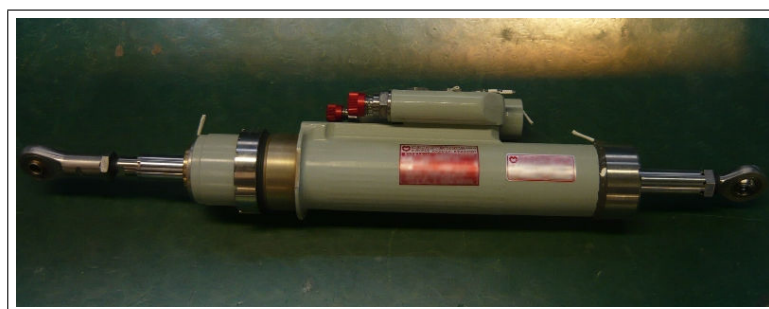


Figura 8.1: Servocomando alettoni

#### 8.1 Descrizione del prodotto

Servocomando per alettoni dotato di comando meccanico e controllo manuale in grado di sviluppare una forza di attuazione di 1500Kg.

Tale servocomando è costituito da uno stelo separato in due parti, normalmente l'attuazione viene realizzata con la movimentazione di una sola delle due parti mentre l'altra resta solidale con il corpo del dispositivo. Questa seconda parte è quindi utilizzata per l'attuazione di emergenza nel caso in cui la parte usata per il funzionamento normale risultasse bloccata.

#### 8.2 Descrizione del problema riscontrato

Il problema riscontrato su questo servocomando è stato il non corretto fissaggio di due cuscinetti. Questi è previsto siano trattenuti nelle loro sedi contemporaneamente per interferenza con la sede e a seguito di una cianfrinatura della zona della sede stessa che vada a deformare il metallo attorno al cuscinetto così che questo ne sia in parte avvolto.



**Figura 8.2:** Attacchi servocomando

### **8.3 Metodo di individuazione del problema**

L'indagine relativa a questo caso è stata richiesta e avviata dall'ufficio qualità, questo è stato fatto in quanto purtroppo il problema evidenziato è stato riscontrato dal cliente e ciò ha generato un CRM. Il cliente infatti verificato la non appropriata realizzazione della cianfrinatura ha restituito il servocomando richiedendo la correzione del problema.

### **8.4 Azioni intraprese e informazioni raccolte**

In questo caso la causa del problema è stata rapidamente individuata in un problema di attrezzatura, l'indagine quindi è andata in questa direzione per capire quale fosse la reale entità del problema sull'attrezzatura e capire come potervi porre rimedio.

#### 8.4.1 Intervista al personale

Il personale intervistato è stato quello appunto responsabile delle operazioni di cianfrinatura.

Prima di tutto è stato verificato il metodo di cianfrinatura, questo consiste nelle seguenti fasi:

- unione dei componenti inserendo tra loro una sostanza adesiva
- installazione del gruppo cuscinetto-attacco sull'attrezzo di cianfrinatura, questo è costituito da un basamento su cui appoggiano l'attacco e il cuscinetto, basamento opportunamente costruito per ottenere il corretto allineamento, altra parte è il cianfrinatore vero e proprio costituito da un cilindro metallico sul quale ad un'estremità sono ricavati dei "denti", vi è inoltre una spina che inserita nel basamento passa attraverso il foro centrale del cuscinetto ed entra nel cianfrinatore per garantire l'allineamento tra il cianfrinatore il cuscinetto e il basamento
- esecuzione della cianfrinatura, tramite l'utilizzo di una pressa idraulica in grado di generare la forza necessaria il cianfrinatore viene spinto contro l'attacco, in questo modo i denti dell'attrezzo penetrano nel metallo dell'attacco deformandolo attorno al cuscinetto
- il pezzo a questo punto viene tolto dall'attrezzo e rimontato al contrario per eseguire l'analoga cianfrinatura anche sul lato opposto

Già a questo punto è iniziata a palesarsi la causa del problema, il personale infatti ha dichiarato che si deve discostare dal metodo ufficiale per poter ottenere una cianfrinatura corretta. Questo perché il cianfrinatore ha dimostrato avere alcuni denti ormai usurati ed eseguendo l'operazione con una sola compressione sotto la pressa l'impronta dei denti non risulterebbe uniforme. La tecnica che adotta il personale consiste quindi nel ripetere più volte per ogni lato la compressione sotto la pressa andando di volta in volta a ruotare il cianfrinatore in modo che i denti vadano a lavorare nell'impronta precedentemente prodotta da un altro dente. In questo modo tuttavia, vista l'impossibilità di far combaciare ogni volta precisamente il dente con la precedente sede, il rischio è che l'operazione anziché migliorare il risultato finale ne comporti effettivamente un peggioramento. Inoltre poiché è previsto che il processo di cianfrinatura sia eseguito con una sola compressione non è detto che fare più passaggi sotto la pressa possa comportare danni al cuscinetto stesso, che durante l'operazione viene comunque in parte sollecitato, ma esiste anche il rischio di innescare cricche sull'attacco.

#### 8.4.2 Verifiche attrezzatura

Come evidente da quanto detto in precedenza l'attrezzatura si è dimostrata inadeguata, in particolare si è verificata una generale e non uniforme usura dei denti del cianfrinatore. Si è inoltre constatato che la spina non risultava adeguata a garantire l'allineamento, infatti al momento di inserire la spina la stessa scendeva tanto a fondo nel basamento da non dare nessuna garanzia di allineamento con il cianfrinatore. Non è stato possibile verificare se questo problema fosse dovuto ad un problema di progettazione dell'attrezzo in quanto non è stato possibile capire se la spina fosse stata sostituita o modificata o se l'attrezzatura fosse inizialmente progettata per l'utilizzo su una pressa differente dotata magari lei stessa di una spina di centraggio che andava a sostituire o mantenere sollevata la spina dell'attrezzo di cianfrinatura.

Non volendosi fermare al problema palese del cianfrinatore si è preferito verificare anche le caratteristiche della pressa utilizzata, in particolare si è verificato che questa garantisce la necessaria forza e la necessaria modulazione della stessa, si è inoltre verificato che i piani di appoggio della pressa risultassero correttamente orientati così da non comportare disallineamento del carico.

#### 8.4.3 Studio documentale

In questo caso lo studio documentale più approfondito ha riguardato l'attrezzatura di cianfrinatura, si è prima di tutto individuata la documentazione interna che ne definisce le caratteristiche. Questa in particolare descrive le caratteristiche dimensionali dell'impronta da ottenere prescrivendo forma posizione dimensione e profondità delle tacche e di conseguenza fornendo indicazioni relative alle caratteristiche dell'attrezzatura da utilizzare.

A questo punto volendo verificare le caratteristiche dell'attrezzatura in uso e la possibilità di rilavorarla per renderla nuovamente funzionale si è andati in cerca del progetto originale dell'attrezzatura stessa. Così facendo si è constatato che l'attrezzo originale era stato progettato in maniera parametrica, quindi con dimensioni variabili a seconda delle dimensioni e delle caratteristiche del cuscinetto da cianfrinare. Si è tuttavia osservato che per uno dei cuscinetti l'attrezzatura secondo progetto non risulterebbe corretta perché esporrebbe al rischio di montare il cuscinetto non perfettamente allineato all'attacco. Questo problema lo si è verificato andando a studiare oltre ai progetti dell'attrezzo anche i progetti dell'attacco e le dimensioni riportate sulla documentazione relativa ai cuscinetti.

Si è constatato che mentre uno dei cuscinetti ha spessore identico alla sede in cui è inserito, l'altro risulta di spessore inferiore. L'attrezzo di cianfri-

natura del progetto era pensato per mantenere un bordo del cuscinetto allineato con quello dell'attacco quindi il progetto individuato era corretto solo per uno degli attacchi mentre per l'altro il progetto individuato non era corretto.

Si è inoltre verificato che l'attrezzatura in uso seppur simile non corrispondeva precisamente a quella a disegno, questo ha fatto pensare che l'attrezzatura in uso potesse essere stata prodotta in sostituzione di quella a disegno introducendo modifiche probabilmente senza che queste fossero riportate a disegno o che il disegno dell'attrezzatura in uso non fosse reperibile.

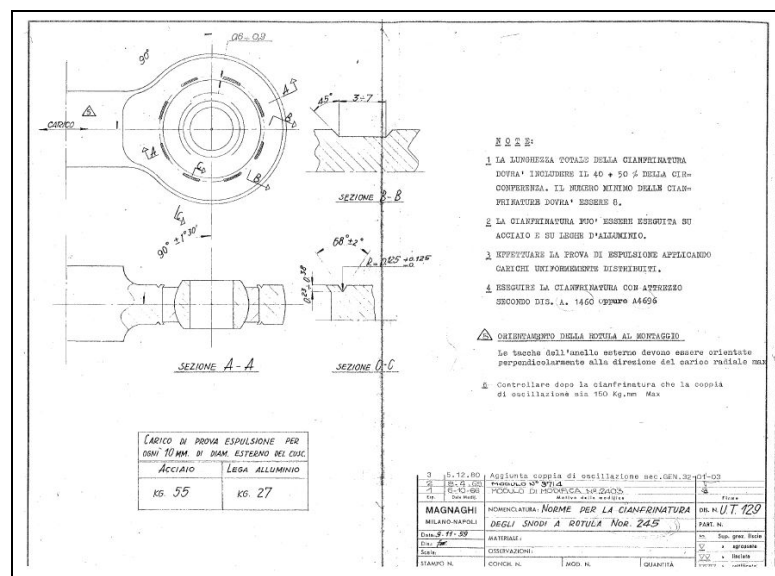


Figura 8.3: Norma di Cianfrinatura

### 8.4.4 Prove

La prima prova che si è operata è stata una richiesta di rilavorazione dei denti del cianfrinatore così da riottenere le caratteristiche di forma e dimensione necessarie alla corretta cianfrinatura. Si è scelto di tentare questa strada anche in presenza del problema della spina perché comunque gli operatori ormai avevano una tale confidenza con l'attrezzatura da avviare loro stessi al problema dell'allineamento non garantito dalla spina non corretta. Inoltre una volta rilavorati i denti del cianfrinatore si sarebbe potuto tranquillamente ridisegnare il progetto dell'attrezzo introducendo in questa fase opportune modifiche alla spina per recuperare la sua funzione di allineamento.

Purtroppo la rilavorazione richiesta non è stata eseguita correttamente e le prove di cianfrinatura eseguite con l'attrezzo rilavorato non hanno dato i

risultati sperati quindi si è deciso di abbandonare la vecchia attrezzatura. Sfruttando comunque la vecchia attrezzatura, ritenendola adeguata per alcuni test, sono state eseguite alcune prove. In particolare si è sondata la possibilità di definire un carico di compressione in pressa standard per la cianfrinatura di entrambi i cuscinetti, questo in considerazione del fatto che avere due carichi molto differenti per attacchi dello stesso dispositivo aumenta il rischio che un errore dell'operatore comporti l'errata esecuzione della cianfrinatura.

Dalle informazioni raccolte si è appreso che il carico utilizzato per la cianfrinatura del cuscinetto a filo con l'attacco è circa il 30 ÷ 40 % più elevato di quello necessario per l'altro. Si è provato a cianfrinare entrambi con il carico normalmente usato per l'una o per l'altra cianfrinatura tuttavia come ci si aspettava in questo modo in un caso uno dei cuscinetti presentava una deformazione insufficiente del metallo e nell'altro caso l'altro attacco presentava delle incisioni troppo profonde per essere accettate. Inoltre si è constatato che senza andare molto oltre il carico massimo il cuscinetto normalmente cianfrinato con quello inferiore correva il rischio di cedere sotto il carico impresso. Ovviamente si sono eseguiti test con carichi di compressione medi ma non è stato possibile individuare un carico che permettesse contemporaneamente su entrambi una cianfrinatura rispondente alla richiesta.

Da ultimo si è valutata e testata la possibilità di operare un differente tipo di cianfrinatura: questa consiste nel deformare l'attacco utilizzando un attrezzo dotato di una coppia di sfere che vengono premute e contemporaneamente fatte ruotare in modo da descrivere un solco circolare. Questa tecnica è tuttavia stata oggetto solo di valutazione e seppur si è rivelata efficace non è stato possibile applicarla come azione correttiva, anche momentanea, perché è una tecnica di cianfrinatura non contemplata nella documentazione richiamata sul progetto dell'attacco in questione.





**Figura 8.4:** Attrezzatura realizzata con progetto non corretto

Nelle immagini riportate si possono osservare gli effetti di cianfrinature non eseguite correttamente, nell'immagine di sinistra si osserva una non uniforme realizzazione delle impronte, in quella di destra si osserva che il cuscinetto, sotto un carico eccessivo, ha ceduto.

## 8.5 Esito dell'indagine e azioni correttive introdotte

Come immaginabile l'esito dell'indagine relativa a questo caso ha evidenziato come causa prima del problema l'eccessivo deterioramento e l'impossibilità di rilavorare l'attrezzatura.

Naturalmente per questa causa l'azione correttiva richiesta è la riprogettazione e la successiva produzione di una nuova attrezzatura per la cianfrinatura. Questa ovviamente dopo essere stata prodotta dovrà esser sot-

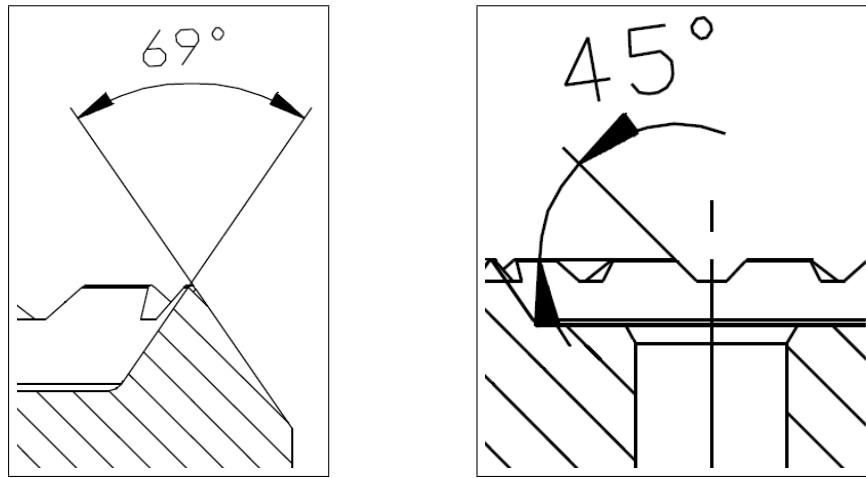
toposta ad una validazione.

La prima riprogettazione dell'attrezzatura tuttavia ha fatto sorgere un'ulteriore problema. Una volta consegnata l'attrezzatura di nuova produzione ed eseguiti i controlli sulla stessa si sono evidenziati due problemi dimensionali precedentemente non riscontrati. Si è verificato che durante la riprogettazione dell'attrezzo non tutte le indicazioni della relativa norma interna erano state rispettate. In questa fase evidentemente ci si è basati su precedenti progetti e non sulla norma interna e quindi l'attrezzo realizzato pur essendo rispondente al disegno non lo era alla norma interna. In particolare si è riscontrata una discrepanza sulla forma e dimensione dei denti dell'attrezzo.



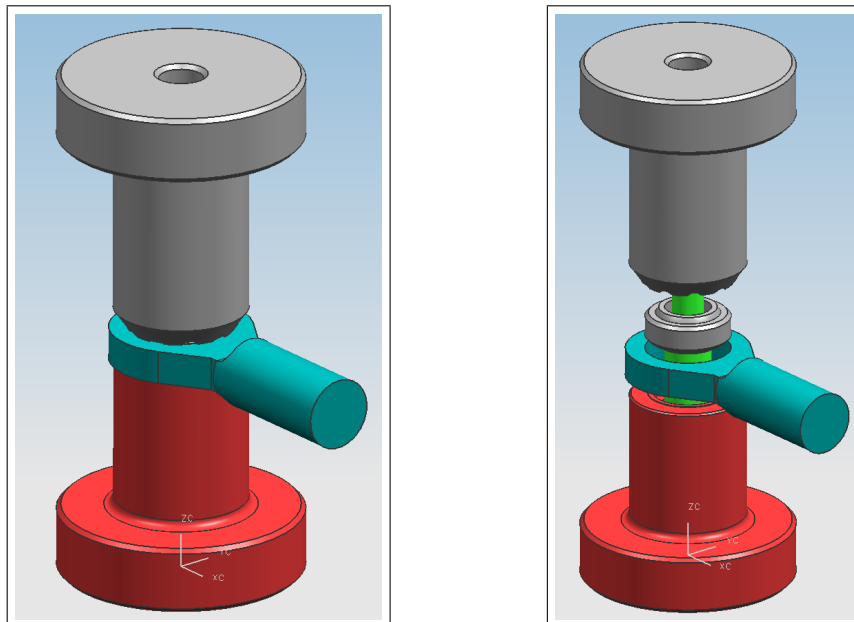
**Figura 8.5:** Attrezzatura realizzata con progetto non corretto

In particolare si è notato che i denti dovrebbero avere angolo tra le due facce pari a  $69^\circ$  mentre il progetto errato richiedeva un angolo di  $60^\circ$ . E i bordi dei denti, che nel progetto errato erano richiesti essere verticali, dovevano essere invece a  $45^\circ$ .

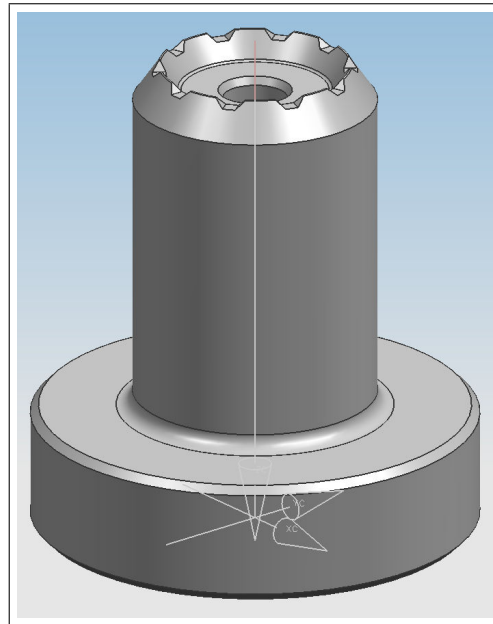


**Figura 8.6:** Quote corrette secondo norma

Per la realizzazione di questa attrezzatura ci si baserà sui precedenti progetti di attrezzature simili, si terrà conto della norma interna per la realizzazione delle cianfrinature e ovviamente si porrà attenzione al fatto che l'attrezzo possa essere utilizzato facilmente e soprattutto efficacemente con i macchinari presenti nei reparti.



**Figura 8.7:** Attrezzatura progettata sono presenti anche un simulacro del cuscinetto e dell'attacco



**Figura 8.8:** Servocomando alettoni

Ovviamente trattandosi di un attrezzatura di nuovo progetto non potrà essere utilizzata senza prima verificarne le dimensioni. In particolare si dovranno verificare le quote che determinano la correttezza dell'impronta e quindi si controlleranno:

- diametro dell'impronta di cianfrinatura;
- numero, posizione e dimensione dei denti
- forma dei denti
- tolleranze di allineamento dei vari componenti del cianfrinatore

Si procederà quindi alla preparazione di una serie di provini per eseguire alcune cianfrinature di prova e quindi verificare che l'attrezzatura imprima un'impronta corretta. Ovviamente il provino dovrà essere prodotto con materiale e dimensioni analoghe ai componenti normalmente impiegati, addirittura si potranno utilizzare per le prove dei componenti di scarto che per problemi in altre zone non sono utilizzabili nel ciclo produttivo.

Nuovamente si dovranno quindi andare a verificare alcune quote, in particolare la forma, posizione e dimensioni dell'impronta. Verifica molto importante da eseguire in questa fase è anche quella di un controllo dell'insorgere di eventuali cricche a seguito dell'operazione di cianfrinatura.

Ulteriore verifica da eseguire sarà quella del carico di espulsione, cioè il carico da imprimere perché la cianfrinatura si deformi a tal punto da permettere al cuscinetto di uscire dalla sua sede, questo carico secondo progetto non dovrà essere inferiore ad un ben determinato valore minimo.

Da ultimo, a seguito di alcune prove di cianfrinatura, risulterà utile andare a riverificare le caratteristiche dell'attrezzatura così da individuare usura o danni sui denti in modo da verificare la corretta produzione dell'attrezzo e stabilire quali siano le tempistiche di controllo da richiedere per tale attrezzatura.



## Capitolo 9

### Servocomando attuazione Flapperoni

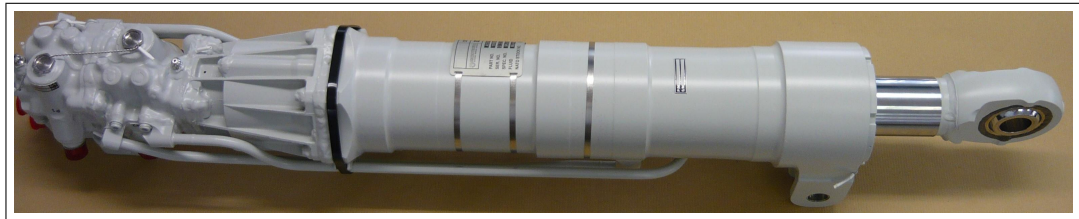


Figura 9.1: Servocomando Flapperoni

#### 9.1 Descrizione del prodotto

Questo servocomando è un dispositivo elettro-idraulico utilizzato per la deflessione dei flapperoni del velivolo. L'attuatore è composto da un doppio cilindro idraulico disposto in serie, azionato da un sistema elettromeccanico. Il dispositivo è anche dotato di un sistema di trasduttori per rilevare la posizione dello stesso.

Il funzionamento avviene tramite un comando elettrico che attraverso un motore lineare aziona meccanicamente il gruppo valvole che va ad alimentare l'attuatore idraulico generando quindi estensione e retroazione.

#### 9.2 Descrizione del problema riscontrato

Come il precedente caso, anche questo ha contribuito alla clinica di processo sulla cianfrinatura. Quindi anche questo ha presentato problemi relativi all'unione dell'attacco con il rispettivo snodo.

I problemi relativi alla cianfrinatura di questo servocomando sono stati diversi e in passato sono stati oggetto di varie indagini e azioni correttive che però non sono state in grado di eliminare completamente i problemi.

Il primo problema di cianfrinatura riscontrato su questo dispositivo ha portato ad una generale rivisitazione anche del processo di collaudo con addirittura la creazione di un banco di collaudo ad-hoc per i relativi test.

Questo problema è il cosiddetto *BACKLASH* cioè il *gioco* presente sul servocomando e che si trasferisce quindi a tutta la catena di comando. Questo problema inizialmente non era possibile individuarlo internamente a Microtecnica perchè non era stata prevista un'apposita prova. Le verifiche di assenza di gioco venivano quindi eseguite direttamente dal cliente

con il servocomando ormai installato sul velivolo. Semplificando, la prova consisteva nel mettere in pressione il servocomando e verificare quindi, direttamente sulla superficie mobile, il gioco presente. Questo modo di verificare il backlash tuttavia non era assolutamente conveniente nè per il cliente nè per Microtecnica in quanto per il primo consisteva in una perdita di tempo e nel rischio di dover rallentare l'allestimento del velivolo; per il produttore si traduceva invece in una serie di CRM accompagnati dalle relative spese e ore di rilavorazione.

D'accordo con il cliente era quindi stata studiata un'apposita attrezzatura in grado di simulare l'installazione del servocomando sul velivolo e che permettesse di isolare le varie parti del servocomando per facilitare l'individuazione della fonte del problema. Inizialmente infatti non si era individuata subito la cianfrinatura come causa ma si era portati a pensare che il gioco fosse legato ad un problema idraulico quindi si andavano a sbarcare e verificare sia i componenti della parte di attuazione che delle servovalvole di comando.

Con la realizzazione dell'attrezzatura di prova si era quindi riusciti ad eseguire verifiche del gioco isolando la parte meccanica da quella idraulica; l'attrezzatura facendo presa su alcuni punti d'attacco e sul terminale cianfrinato va a verificare la presenza di gioco su quest'ultimo. In questo modo, si era quindi giunti ad individuare come problema, proprio la realizzazione della cianfrinatura.

Una volta individuata questa come causa, la soluzione correttiva consisteva o nella sostituzione dello snodo o nella "ripassatura" della cianfrinatura con un carico superiore, ma sempre entro i limiti.

Queste operazioni tuttavia non si sono rivelate essere la soluzione definitiva perchè avvenivano solo dopo il palesarsi del problema e inoltre, a queste si era aggiunto un ulteriore problema ossia il carico di rotazione eccessivo della rotula. Questo carico è la misura della forza necessaria a muovere lo snodo sferico dopo che il cuscinetto è stato inserito nell'attacco.





Figura 9.2: Attacco Servocomando

### 9.3 Metodo di individuazione del problema

Come detto il problema non è nuovo e quindi l'analisi non è partita da un caso specifico ma da una serie di segnalazioni distribuite nel tempo. A seconda dei casi infatti dopo la cianfrinatura si sono palesati due problemi, o il carico di rotazione eccessivo o il backlash. Per entrambi i problemi gli operatori che effettuano la cianfrinatura hanno individuato soluzioni efficaci ma si è deciso di effettuare un'indagine per verificare se non sia possibile eliminare i problemi alla radice e/o stabilire una procedura definitiva che li elimini.

### 9.4 Azioni intraprese e informazioni raccolte

Come detto gli operatori di montaggio, grazie alla loro esperienza hanno elaborato alcune tecniche per affrontare entrambi i problemi e sono:

- **BAKCLASH**
  - ricalcatura della cianfrinatura
  - sostituzione del cuscinetto
  - sostituzione dell'attacco
  
- **CARICO DI ROTAZIONE ECCESSIVO**
  - compressione della sfera del cuscinetto
  - riscaldamento in forno del gruppo cuscinetto-attacco

#### 9.4.1 Intervista al personale

Come per il caso precedente, la prima cosa che abbiamo indagato con il personale è l'effettivo metodo utilizzato per eseguire la cianfrinatura.

Così facendo abbiamo infatti scoperto che tale operazione è eseguita in maniera leggermente diversa da quanto richiesto dalla documentazione interna di Microtecnica.

Vediamo quindi come viene eseguita tale operazione, le differenze da quanto richiesto dalla documentazione saranno poi descritte nel paragrafo apposito [9.4.3]:

- Preparazione dei componenti:  
l'attacco viene posto in forno e scaldato ad una temperatura prossima ai 200°C, il cuscinetto viene posto in un freezer che lo porta ad una temperatura compresa tra i -30 e -40°C
- Unione dei componenti:  
tolto l'attacco dal forno e il cuscinetto dal freezer si applica un sottile strato adesivo sulla superficie esterna del cuscinetto e quindi si inserisce il cuscinetto nell'attacco. Qualora l'inserimento non risultasse agevole, utilizzando come appoggio il basamento dell'attrezzo di cianfrinatura si utilizza la pressa per forzare l'inserimento
- Cianfrinatura:  
per la cianfrinatura, che deve avvenire entro 10 minuti dall'estrazione dei componenti dal forno/freezer, prima di tutto si inseriscono i componenti nell'attrezzo. Si appoggia il gruppo attacco-cuscinetto sul basamento dell'attrezzo, vi si inserisce la spina di allineamento e sulla stessa si fa scorrere il cianfrino. A questo punto con la pressa regolata sul carico richiesto si esegue la cianfrinatura di un lato. Fatto ciò si gira il gruppo attacco-cuscinetto in modo da cianfrinare anche l'altro lato. Durante questo processo il carico applicato è misurato tramite una cella di carico posta tra il piano di appoggio della pressa e la base dell'attrezzo di cianfrinatura

Alcune note su questa operazione:

- questo cuscinetto presenta già l'intaccatura quindi l'operazione di cianfrinatura consiste solo nel ripiegare il labbro del cuscinetto sull'attacco
- è prassi degli operatori eseguire la cianfrinatura mantenendosi prossimi al carico minimo richiesto

Dopo aver appurato come viene eseguita la cianfrinatura siamo passati a raccogliere informazioni relativamente ai problemi sopra citati, in particolare ci siamo concentrati su due aspetti: la frequenza con cui si verificano i problemi e i metodi di risolverli.

Come frequenza ci hanno detto che questi problemi sono sempre stati presenti e non vi sono stati periodi particolarmente "fortunati"; inoltre i due problemi non sono mutualmente esclusivi potendosi presentare, alle volte, entrambi sulla stessa coppia di P/N.

Per quanto riguarda le soluzioni abbiamo raccolto le seguenti informazioni:

### **Ricalcatura della cianfrinatura**

Non sapendo ancora identificare con certezza la causa del backlash spesso si è trovato giovamento rimettendo il gruppo attacco-cuscinetto nell'attrezzo di cianfrinatura e ripetendo l'operazione con un carico leggermente superiore, ovviamente comunque entro il limite imposto.

Con questa azione si ritiene che oltre a deformare maggiormente il labbro del cuscinetto sull'attacco si comprime leggermente anche il corpo del cuscinetto provocando uno "spanciamento" che vada ad eliminare il gioco tra il diametro esterno del cuscinetto e interno dell'attacco.

Questa osservazione fa ipotizzare quindi che una possibile causa del backlash sia un'eccessiva differenza dimensionale o di forma tra l'esterno del cuscinetto e la sua sede sull'attacco.

### **Sostituzione del cuscinetto**

Questa soluzione viene eseguita forzando l'espulsione del cuscinetto, ossia andando ad imprimere con la pressa una forza tale da far ripiegare il labbro del cuscinetto che quindi fuoriesce dalla sede sull'attacco.

Una volta estratto e eliminato il "vecchio" cuscinetto si ripete l'operazione di cianfrinatura con un'altro cuscinetto.

Solitamente questa operazione è eseguita quando la precedente non risolve il problema del backlash. Gli operatori ritengono che quando questa sostituzione risolve il problema allora probabilmente la causa del backlash era da ricercarsi nel cuscinetto stesso, cioè o nelle sue caratteristiche o nelle operazioni che subisce.

### **Sostituzione dell'attacco**

In alcuni casi in cui si è verificato il problema di backlash è stato verificato che l'attacco presentava il foro, destinato ad essere la sede del cuscinetto, con diametro molto prossimo al limite massimo. In questi casi quindi si è ritenuto poter identificare l'attacco come fonte del problema e la soluzione è stata quindi la sostituzione dello stesso. Si tenga presente tuttavia che a seguito di questa osservazione alcuni lotti di attacchi sono stati misurati prima di essere cianfrinati e in alcuni casi, anche con diametri prossimi alla tolleranza massima dopo la cianfrinatura il backlash non si è presentato. Segno questo che probabilmente il backlash non ha una unica causa ma più probabilmente una serie di concause.

### **Compressione della sfera del cuscinetto**

Come detto questa è una delle soluzioni elaborate dal personale per ovviare al problema dell'eccesso di carico di rotazione. Questa operazione viene eseguita appoggiando sulla base dell'attrezzo di cianfrinatura il gruppo attacco-cuscinetto e con il battente della pressa comprimendo lo sferico del cuscinetto. Questa operazione avviene ovviamente con un carico molto inferiore a quello di cianfrinatura e contemporaneamente inferiore a quello massimo che il produttore del cuscinetto dichiara poter essere retto dallo stesso.

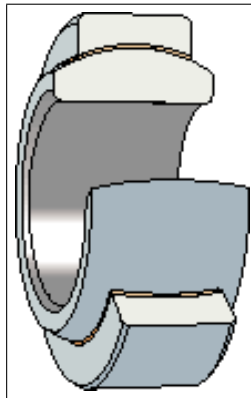
Si è tuttavia osservato che dopo questa operazione, pur rientrando il carico di rotazione entro i limiti richiesti la rotazione della rotula perde di fluidità. Questo ha portato a cercare altri metodi per ovviare al problema del carico di rotazione.

### **Riscaldamento in forno del gruppo cuscinetto-attacco**

Questo metodo, come detto, è stato individuato per eliminare il problema del carico eccessivo di rotazione della rotula, ma senza perdere di fluidità nella rotazione stessa. Consiste nel porre in forno per 2-3 ore il gruppo attacco-cuscinetto ad una temperatura attorno ai 150°C. Dopo questo riscaldamento ed il conseguente raffreddamento in aria si riscontra una riduzione del carico di rotazione e contemporaneamente una buona fluidità del movimento. Questa soluzione è quindi attualmente preferita a quella sopra presentata.

L'efficacia di queste due soluzioni sta probabilmente nel fatto che queste sono in grado di andare ad agire sullo strato di liner che separa la sfera

del cuscinetto dalla gabbia esterna. L'operazione di riscaldamento probabilmente riesce ad avere un effetto uniforme su tutto lo strato di liner mentre quella per compressione probabilmente ha un effetto solo locale e per questo il movimento poi perde di fluidità.



**Figura 9.3:** Esempio di spaccato di un cuscinetto

In questo schizzo di un generico cuscinetto costruito con tecnologia analoga a quello qui trattato si possono notare i tre componenti fondamentali:

- la parte più interna è lo *sferico*
- la parte intermedia è il *liner*
- la parte esterna è la *gabbia esterna*

#### 9.4.2 Verifiche attrezzatura

In questo processo di cianfrinatura sono state verificate le caratteristiche e il funzionamento delle seguenti attrezzature:

- I) cella climantica -forno-
- II) cella climatica -freezer-
- III) cianfrino
- IV) pressa
- V) cella di carico

Per quanto riguarda le due celle climatiche l'unica verifica che è stata fatta è stata quella documentale ed in particolare si è verificata la precisione con cui viene mantenuta la temperatura e si è appurato che entrambe le celle fossero entro il periodo di validità della taratura.

Per quanto riguarda l'attrezzo di cianfrinatura si è verificato che il profilo del dente fosse coerente con le caratteristiche di progetto e che tutti i componenti fossero privi di problemi e si unissero garantendo l'allineamento senza giochi eccessivi.

Per quanto riguarda la pressa è stata verificata la precisione di regolazione del carico generato e la modalità di applicazione dello stesso. Si è appurato che questa non è una pressa originariamente dedicata all'operazione di cianfrinatura ma è una pressa per piegatura utilizzata per la cianfrinatura per mancanza di un macchinario apposito con adeguata capacità di generare carico. Questo fatto fa sì che la pressa abbia una rilevante variabilità nel carico applicato in base a come questo viene applicato. Ad esempio impostando valori di carico attorno a 200kN, valore prossimo a quello di cianfrinatura del caso in esame, si è notato un errore di  $\pm 2\text{kN}$  a seconda che la discesa del battente sia eseguita rapidamente o gradualmente.

Altra osservazione fatta relativamente alla pressa è che questa non presenta un sistema di allineamento fisico che permetta di garantire di allineare l'eventuale attrezzo alla direzione di applicazione del carico, infatti non sono presenti né cave né spine né sulla base della pressa né sul battente. L'unico sistema di allineamento è visivo ottenuto con delle fresate concentriche rispetto all'asse di applicazione del carico.

Ultima cosa da osservare è che tale pressa, a differenza di altre, pur essendo comandata idraulicamente non ha un manometro sufficientemente preciso e soprattutto di facile taratura da utilizzare come riferimento per la regolazione del carico. Questa regolazione quindi necessita di una strumentazione indipendente dalla pressa stessa e per il caso in esame questa è costituita da una cella di carico che viene appoggiata sulla base della pressa e fa da base per l'attrezzo di cianfrinatura.

Essendo quindi la cella di carico necessaria per la regolazione della pressa anche questa è stata indagata. Si è notato che anche questa, come la pressa, non presenta alcun sistema di allineamento per garantire che l'attrezzo sia in asse con il carico, e anche su questa sono presenti semplicemente delle fresate concentriche come riferimento. Si è verificata la precisione dello strumento e si è individuato un errore di  $\pm 5\text{kN}$  nel range

di valori di carico di nostro interesse.

Altra osservazione che si è fatta è che la cella presenta una geometria abbastanza particolare che si ritiene possa essere fonte di problemi di allineamento del carico. La cella infatti è costituita da una base circolare, al centro di questa è presente una semisfera. Alla semisfera è appoggiato il *piatto* superiore della cella. L'allineamento fra quest'ultimo e la base è garantito da alcune *colonnine* che fungono da guida per lo scorrimento del *piatto* superiore. Si ritiene che questo sistema possa essere influenzato dall'accoppiamento fra le *colonnine* e i fori sul *piatto*, infatti se troppo stretto può comportare "impuntamenti" se troppo lasco può non essere in grado di garantire il corretto allineamento.



Figura 9.4: Cella di carico

### 9.4.3 Studio documentale

Come già accennato durante la verifica documentale si sono osservate delle discrepanze fra il metodo di cianfrinatura richiesto dalla documentazione interna Microtecnica(ciclo di montaggio & disegno) e quanto effettivamente eseguito dagli operatori. In particolare si è osservato che l'operazione di raffreddamento dello snodo non è menzionata su nessun documento relativo all'operazione di cianfrinatura, indagando si è appurato che questa tecnica è utilizzata quasi nella totalità delle cianfrinature, realizzate in Microtecnica Brugherio, e quindi gli operatori la eseguono come "standard" anche perchè così facendo facilitano molto l'inserimento del cuscinetto nell'attacco.

Volendo essere sicuri che questa operazione non potesse essere stata vo-

lutamente tralasciata per incompatibilità con le caratteristiche di uno dei componenti si è consultato l'Ufficio Tecnico e su loro consiglio si è contattato direttamente il produttore del cuscinetto. Questi ci ha fornito documentazione relativa al cuscinetto stesso e al metodo di cianfrinatura consigliato. Dalla documentazione del cuscinetto si è appurato che questo è progettato per un range di temperature comprese fra  $-54^{\circ}\text{C}$  e  $200^{\circ}\text{C}$  essenzialmente limitate dalle caratteristiche del liner presente fra lo sferico e la gabbia esterna. Questa informazione unita a quelle raccolte relativamente alle temperature di riscaldamento&raffreddamento dei componenti hanno permesso di escludere un danneggiamento termico come causa dei problemi di cianfrinatura. Al contrario visto la conferma del produttore della temperatura minima sostenibile dal cuscinetto, legata anche alle temperature di progetto richieste per l'intero servocomando, si è deciso di ufficializzare il raffreddamento del cuscinetto nella documentazione di Microtecnica.

Come detto il produttore oltre ai dati relativi alle temperature sopportate dal cuscinetto ci ha fornito anche il metodo di cianfrinatura consigliato. Questo è risultato essere leggermente differente da quello utilizzato in Microtecnica. In particolare il fornitore consiglia, una volta cianfrinato il primo lato di utilizzare come appoggio per la cianfrinatura del secondo lato non la stessa base usata inizialmente ma un appoggio simmetrico al cianfrino in modo che vada a lavorare sulla cava del cuscinetto.

La documentazione fornita dal produttore, riguardante il metodo di cianfrinatura ha permesso un'ulteriore controllo, è servita per confrontare il progetto dell'attrezzo di cianfrinatura con le caratteristiche dimensionali consigliate dal produttore, da ciò si è verificata la coerenza della forma e delle dimensioni del dente del nostro attrezzo con quanto richiesto.

Come altra indagine documentale eseguita a tappeto su tutte le attrezzature necessarie si sono verificati i report di controllo&taratura periodici. Si è quindi verificato che tutti gli attrezzi subiscono controlli ogni 3o6 mesi a seconda delle loro caratteristiche, dell'utilizzo stimato, dell'età e della possibile usura a cui sono sottoposti. Questa indagine ha riguardato i report di controllo&taratura dal 2008 ad oggi e non si è individuata alcuna irregolarità.

#### **9.4.4 Misurazione componenti**

Durante l'indagine, avendo preso in considerazione come possibili cause problemi dimensionali, ovviamente sono state eseguite diverse misurazioni. Al momento dell'indagine era a disposizione un lotto di 7attacchi



+ 7cuscinetti non ancora assemblati e quindi si è deciso di individuare e misurare le quote critiche di tutti questi componenti.

Per quanto riguarda l'attacco si ritiene che critiche siano:

- diametro del foro di alloggiamento del cuscinetto
- forma del foro stesso, eventuale ovalizzazione o conicità
- perpendicolarità tra l'asse del foro e i piani dell'attacco
- forma e dimensione dello smusso sugli spigoli del foro dove sarà ripiegato il labbro del cuscinetto

Per il cuscinetto invece:

- diametro esterno del cuscinetto
- forma e posizione della cava di cianfrinatura
- perpendicolarità tra i piani della gabbia esterna e superficie esterna della stessa

Tutte queste misure hanno dimostrato che i componenti sono a disegno e che non ce ne era alcuno molto prossimo ai limiti di tolleranza, ovviamente questo non dimostra che non ci siano mai stati lotti con problemi dimensionali ma nel caso in cui alcuni componenti di questo lotto avessero dimostrato problemi si sarebbe potuto escludere un problema dimensionale come possibile causa.

Per quanto riguarda la verifica della forma della cava di cianfrinatura questa non poteva essere verificata direttamente con alcuno strumento in nostro possesso. Si è quindi optato per la realizzazione di un'impronta della cava, in pratica un negativo, più semplice da misurare. Questa impronta viene ottenuta con un apposita sostanza bicomponente che dopo alcuni minuti dall'applicazione solidifica diventando gommosa. In questo modo è facilmente estraibile dalla cava ma riesce, allo stesso tempo, a riprodurla fedelmente. Una volta estratta dal corpo la sagoma viene sezionata in modo da avere un profilo netto e viene verificata con un apposito sistema collegato ad un microscopio ottico.

Grazie a questo è possibile ingrandire l'immagine della sezione e verificarne digitalmente le dimensioni e il profilo ed in questo modo si è appurata la corretta forma della cava.

#### 9.4.5 Prove

Considerando che l'operazione di cianfrinatura, in se, risulta apparentemente semplice le prove eseguite in questo caso sono state essenzialmente solo due.

La prima è stata decisa sulla base della dimostrata differenza tra il metodo di cianfrinatura consigliato e quello effettivamente utilizzato, in particolare sul fatto che anche per la cianfrinatura del secondo lato, in Microtecnica, si usa un appoggio piano e non un appoggio che vada a lavorare sulla cava. Per fare questa prova sono stati combinati due attrezzi di cianfrinatura gemelli, infatti essendo questo servocomando sia prodotto che revisionato presso la sede di Microtecnica Brugherio, sono presenti due attrezzi, l'uno dedicato al Rep.OEM(produzione) e uno al Rep.MRO(manutenzione).

Per fare la prova sono stati utilizzati entrambi i "denti" di cianfrinatura, uno come appoggio e uno come vero e proprio cianfrinatore. Questa prova è stata fatta individuando coppie di attacco+cuscinetto con dimensioni simili e ovviamente la cianfrinatura è stata eseguita con il medesimo carico, su alcune con il metodo classico, su altre con i due "denti". Le verifiche successive di *backlash* e di *carico di rotazione* hanno dato risultati molto prossimi e quindi si è ritenuto che l'utilizzo di un appoggio piano o sagomato non sia in grado di influenzare in modo rilevante l'operazione.

L'altra prova decisa è stata motivata dalle caratteristiche della cella di carico utilizzata per monitorare il carico che la pressa imprime. Come si è detto nel paragrafo dedicato alle attrezzature, la struttura della cella di carico fa sorgere alcuni sospetti che non sia in grado di garantire un corretto allineamento del carico, in questo modo si hanno due rischi. Il primo è che il carico impresso non in asse con l'asse del cuscinetto dia luogo ad una cianfrinatura non uniforme. Il secondo è che non lavorando correttamente la cella possa falsare la lettura del carico e quindi che la regolazione della pressa non essendo corretta possa portare a cianfrinare con carichi ridotti o eccessivi.

Da queste osservazioni si è quindi deciso di operare come segue:

- porre solo la cella di carico sotto la pressa
- regolare il carico: in questo modo la cella è obbligata a "lavorare" allineata perchè è la pressa stessa a forzarne l'allineamento
- rimuovere la cella di carico
- eseguire la cianfrinatura

- rimettere la cella di carico e verificare nuovamente il carico dato dalla pressa

Facendo in questo modo si sono ottenuti tre risultati, la pressa viene regolata in maniera più diretta non essendoci infatti oltre alla cella anche l'attrezzatura di cianfrinatura; viene escluso il rischio che la presenza della cella durante la cianfrinatura comporti un disallineamento del carico; da ultimo eseguendo una riverifica del carico a cianfrinatura eseguita si controlla la ripetibilità della forza generata da parte della pressa.

## 9.5 Esito dell'indagine e azioni correttive introdotte

Dalla campagna di prove non si è individuato un problema univoco al quale attribuire la causa delle non conformità delle cianfrinature; si sono però evidenziate una serie di possibili concause.

In considerazione di questo si è individuata come soluzione iniziale un maggior controllo del processo. Si è quindi deciso di definire più in dettaglio la procedura di cianfrinatura. Una volta definita e validata con gli operatori più esperti questa è stata "congelata" ed è stata trasferita a tutti gli operatori che si possono trovare ad eseguirla.

La procedura così definita prevede di porre particolare attenzione ad alcuni aspetti:

- caratteristiche degli attacchi
- regolazione della pressa
- realizzazione della cianfrinatura
- standardizzazione delle azioni di "recupero"

### Caratteristiche degli attacchi

Come detto in precedenza, dalle misurazioni effettuate non sono stati individuati particolari problemi dimensionali, non si sono cioè riscontrati attacchi con dimensioni della sede per il cuscinetto prossime ai limiti. Visto però che la dimensione della sede è un parametro controllato di prassi alla ricezione degli attacchi si è deciso di tenerlo in considerazione. Si è deciso di richiedere agli operatori del rep. Controllo di segnalare ai colleghi che eseguono la cianfrinatura quegli attacchi che presentano un foro con diametro prossimo al limite massimo ammesso.

Normalmente, quando cioè il diametro non è prossimo ai limiti massimi, l'operatore che esegue la cianfrinatura manterrà la prassi di regolare la

pressa con un carico prossimo al minimo; nei casi in cui invece gli attacchi presenteranno diametro vicino alla tolleranza massima il carico applicato sarà impostato attorno a valori medi del range. In questo modo si limiterà il possibile effetto di un foro "grande" ma contemporaneamente si manterrà comunque un certo margine per poter salire ancora col carico se si dovesse manifestare il backlash e non si solleciterà da subito eccessivamente l'attacco per evitare un elevato carico di rotazione.

### **Regolazione della pressa**

Considerando che al momento non è prevista sostituzione o modifica della pressa, per ridurre l'incertezza del carico impostato si è deciso però di imporre una particolare procedura di regolazione che miri ad eliminare tutti i possibili fattori esterni di imprecisa regolazione.

I lotti di attacchi cianfrinati in una sola serie non superano le quindici unità, si è quindi deciso di richiedere una regolazione *pulita* del carico ad ogni lotto. Con regolazione *pulita* si intende una regolazione eseguita con la presenza della sola cella di carico, quindi senza l'attrezzo di cianfrinatura, in questo modo i battenti stessi della pressa allineano i piani della pressa e si evita che giochi o disallineamenti causino una lettura falsata del carico. Si richiede inoltre che la regolazione sia fatta *gradualmente* cioè il battente sia fatto scendere lentamente e non con movimento rapido e il carico sia regolato attendendo qualche istante fino a che si stabilizzi. Si richiede inoltre che dopo aver regolato il carico in questo modo, lo stesso sia riverificato almeno con un'altra salita-discesa del battente.

### **Realizzazione della cianfrinatura**

Per quanto riguarda la realizzazione vera e propria della cianfrinatura si è deciso di richiedere attenzione in particolare su due aspetti.

Il primo è l'allineamento dell'attrezzatura, come detto non vi è al momento un sistema meccanico che garantisca il perfetto allineamento tra cella di carico, attrezzatura e pressa. Si richiede quindi che l'operatore ponga la massima attenzione affinché l'operazione di allineamento, al momento con il solo supporto visivo, sia quanto più precisa possibile. Nell'ottica della rimozione delle possibili cause di errore e del tempo di set-up dell'attrezzatura (l'allineamento al momento deve essere riverificato prima di ogni singola cianfrinatura) sarà però anche intrappreso uno studio per realizzare o modificare l'attrezzatura in dotazione in modo da ottenere un allineamento fisico automatico e rapido, quindi un allineamento che esuli dalla componente umana.

L'altro aspetto in cui si richiede particolare attenzione all'operatore è l'applicazione del carico da parte del macchinario. Il carico deve infatti essere applicato non con una discesa rapida della pressa ma con una discesa lenta, questo perchè si è dimostrato che questo macchinario in caso di discese rapide può generare picchi di carico non trascurabili.

Si è evidenziato inoltre che una regolazione eseguita come richiesto dal paragrafo precedente accoppiata ad una applicazione *lenta* del carico garantisce anche una buona continuità del carico tra una cianfrinatura e le successive permettendo di non dover riregolare il carico all'interno di lotti della stessa numerosità di quelli tipici.

### **Standardizzazione delle azioni di recupero**

Da ultimo, considerando eccessivo ritenere che i fenomeni di *backlash* e di *carico di rotazione eccessivo* non si ripeteranno più si è deciso di definire una contromisura standard per i due casi. In effetti più che definite sono state ufficializzate le contromisure già individuate come migliori dagli operatori.

Per il backlash si è quindi ufficializzata l'operazione di ripresa della cianfrinatura con un carico maggiore di quello applicato alla prima esecuzione; mantenendo ovviamente le modalità di regolazione e di attuazione della pressa definite nei due paragrafi precedenti.

Per il carico di rotazione eccessivo si è deciso di scegliere come soluzione migliore il passaggio in forno, si è appurato infatti che le temperature raggiunte non sono dannose ne per l'attacco ne per il cuscinetto e inoltre il risultato che si ottiene è una rotazione generalmente fluida in tutte le direzioni, cosa che non si riesce ad ottenere con altri metodi.



# Capitolo 10

## Conclusioni

Come si è presentato a livello teorico ed esplicitato con i precedenti esempi l'attività di "pulizia" del processo produttivo da parte di problematiche e loro cause è un'attività iterativa e continua che possiamo ritrovare nello schema seguente:



Figura 10.1: Schema del processo di indagine

In ogni "giro" di tale schema è identificabile l'indagine intrappresa per eliminare la *causa prima* di un problema manifestatosi; quindi è evidente che per ogni singolo prodotto si avranno almeno tante iterazioni di tale processo quante sono le problematiche evidenziate. Altresì è evidente che, come nel caso del processo del *Premistoppa* [Cap.6], anche per l'effettiva risoluzione di una singola problematica i "giri" possono essere molteplici.

Si potrebbe obiettare che quanto qui presentato non contiene nulla di nuovo e che semplicemente con l'esperienza e il buonsenso si sarebbe giunti a risultati analoghi. Questo è vero, prova ne è il fatto che anche

prima di applicare tali metodologie i prodotti risultavano funzionanti e "gli aerei volavano". Tuttavia è vero solo parzialmente perchè come si è cercato di spiegare nei primissimi capitoli di questa tesi spesso la ricerca non strutturata delle soluzioni ai problemi si è dimostrata incapace di risolvere il problema alla radice.

L'indagine strutturata ha infatti come fine ultimo, come più volte ripetuto, la ricerca della *causa prima* e solo come fine "superficiale" la risoluzione del problema. Al contrario la risoluzione dei problemi tramite buonsenso ed esperienza il più delle volte ha solo la capacità di trattare il problema contingente non riuscendo ad elevarsi ad un livello superiore che ne permetta l'eliminazione duratura.

Attenzione questo non vuol dire che il metodo non strutturato sia peggiore o addirittura inutile in confronto all'indagine strutturata, essi infatti hanno, a ben vedere, due scopi differenti e complementari. Con l'indagine non strutturata si ha la possibilità, sfruttando l'esperienza, le malizie e le capacità degli operatori, di aggredire immediatamente il problema e contenere al massimo il suo impatto a breve termine sulla produzione. Con l'indagine strutturata si riesce invece, guidando con i metodi sopra citati il cammino, a sfruttare le capacità per "estirpare" la fonte del problema. Questa quindi ha un impatto più a lungo termine, ha una capacità di reazione meno rapida ma i suoi effetti hanno una ricaduta più duratura. Prova dell'utilità di collaborazione dei due metodi di indagine si trova palesata nello schema del metodo RCCA[Par.3.4.2], qui infatti si parla di *azioni iniziali per il contenimento del problema e delle sue conseguenze*, come primo passo necessario subito successivo all'individuazione del problema.

L'indagine strutturata ha in se un'ulteriore marcia in più, la necessità di indagare, una volta individuata la causa e la soluzione, il loro impatto e la loro estendibilità globali. Questa visione prende spunto dall'osservazione che una causa prima spesso non è isolata in un solo prodotto ma può rivelarsi come causa prima, magari latente, di problemi su più prodotti e processi.

Un ulteriore aspetto positivo dell'indagine strutturata è che spesso questa richiede la costituzione di un team, questo fa sì che il problema non debba essere indagato e risolto da una sola persona che, a seconda degli aspetti considerati consulti le varie aree aziendali coinvolte, ma nel team queste aree sono direttamente e contemporaneamente impegnate. In questo modo l'indagine sfrutta un numero maggiore di teste che si possono confrontare in modo da individuare più velocemente la causa prima e nel momento in cui si debbano formulare le azioni correttive ciò permette di



verificare immediatamente quale sia il loro impatto. Non è raro infatti che al momento di formulare una azione correttiva o una soluzione queste si rivelino inattuabili o incompatibili con altre operazioni. Sviluppare l'indagine in team permette di far emergere immediatamente questi limiti e indagarli, inoltre fa sì che tutti gli attori coinvolti siano contemporaneamente a conoscenza di tutti gli aspetti del problema e quindi possano pervenire più facilmente ad una soluzione immediatamente praticabile. Come detto inoltre uno degli scopi dell'analisi strutturata è quella di verificare l'estendibilità delle soluzioni, è evidente che maggiore è il numero di partecipanti e più facile è individuare velocemente quali siano i prodotti o le aree in cui le soluzioni al problema in studio possano essere efficacemente trasferite.



## Simboli ed Acronimi

- **MTB:** abbreviazione di Microtecnica Brugherio
- **NCM:** con NCM si intende la condizione in cui un prodotto o una parte non risulta conforme a quanto richiesto dalle condizioni di progetto, sia per quanto riguarda le caratteristiche fisiche sia per quanto riguarda le prestazioni. Nel nostro caso con il termine NCM indicheremo anche la documentazione che viene prodotta in seguito all'identificazione di una non conformità di un prodotto. Questa documentazione raccoglierà varie informazioni come l'identificazione del prodotto non conforme, quella dell'addetto che ha dichiarato la non conformità, quella del produttore del lotto di produzione o dell'ordine con cui è stato acquistato il prodotto. Riporta anche le caratteristiche del prodotto che non rispettano i vincoli di progetto, la descrizione della condizione che invece si sarebbe dovuta individuare e le azioni da intraprendere per la gestione del prodotto.
- **FAI:** (First Article Inspection) Controllo del primo pezzo è un processo di verifica approfondito e documentato, delle caratteristiche fisiche e funzionali di un prodotto, costruito e assemblato con le modalità operative stabilite per la produzione di serie e documentate dal ciclo di lavorazione. Attraverso questo strumento deve essere possibile:
  - accertare che il prodotto, costruito in accordo alle procedure ed istruzioni applicabili di produzione, sia conforme alla documentazione di progetto
  - verificare l'adeguatezza del ciclo di lavorazione, delle attrezzature usate e dei tipi di controllo previsti ed eseguiti
  - costituire evidenza della validità del progetto e del processo produttivo per quel che riguarda la riproducibilità
  - individuare le non conformità in modo da poter definire le necessarie azioni correttive
- **CRM:** (Customer Returned Material) con questo termine si indicano tutti quei prodotti MTB che secondo il cliente hanno mostrato difetti imputabili al produttore e che per questo vengono restituiti a Microtecnica per la correzione dei problemi o la sostituzione dell'intero componente.



## Bibliografia

- [1] "Lean Six Sigma : Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed" - Michael George - Mcgraw-Hill - 2002
- [2] "The lean six sigma pocket toolbox: a quick reference guide to nearly 100 tools for improving process quality, speed, and complexity" - Michael L. George, John Maxey - Mcgraw-Hill - 2002
- [3] "Lean Thinking" - J.P.Womack,D.T.Jones - Guerini & Associati - 2000
- [4] "Kaizen" - Masaaki Imai - Il Sole 24 ore libri - 2001
- [5] "Gemba Kaizen" - Masaaki Imai - Mcgraw-Hill - 1997
- [6] "Business Process Improvement" - H. James Harrington - Mcgraw-Hill - 1991
- [7] "Il Manager imprenditore" - G. Merli - Il sole 24 ore Libri - 1995
- [8] "Evoluzione del Continuous Improvement In Aermacchi" - Rivista Aermacchi World n°33 - anno IX