

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in
Ingegneria Meccanica



**OTTIMIZZAZIONE DELLA MANUTENZIONE DI
UNA LINEA PER LA PRODUZIONE DI FILTRI**

Relatore: Prof. Marco GARETTI

Co-relatore: Ing. Francesco CANGIALOSI

Tesi di Laurea di:

Paolo SPATARO matr. 721329

Anno Accademico 2009 – 2010

Indice

CAPITOLO 1	
DESCRIZIONE DELL'AZIENDA E DEI PRODOTTI	7
CAPITOLO 2	
DESCRIZIONE DELLA LINEA	13
2.1 - Generalità.....	13
2.2 - Struttura	15
2.2.1 – Nastro di alimentazione e carico corpi sul pallet	17
2.2.2 – Tranciatura e carico texilina inferiore	18
2.2.3 – Saldatura texilina.....	20
2.2.4 – Carico polveri di carbone	21
2.2.5 – Tranciatura e carico texilina superiore	23
2.2.6 – Carico diaframma.....	23
2.2.7 – Carico manuale disco di carta ondulato	26
2.2.8 – Carico coperchio	26
2.2.9 – Chiusura coperchio.....	27
2.2.10 – Dosatura colla.....	28
2.2.11 - Etichettatura	29
2.2.12 – Collaudo tenuta filtri	31
2.2.13 – Scarico scarti	32
2.2.14 – Carico tappi	32
2.2.15 – Etichettatura sigillo di garanzia.....	34
2.2.16 – Scarico pezzi finiti dalla linea	34
CAPITOLO 3	
ANALISI DELLE DIFETTOSITA' DI FUNZIONAMENTO	37
3.1 – Premessa della situazione.....	37
3.2 – Raccolta dati	38
3.3 – Individuazione delle criticità.....	41
3.4 – Analisi dati	45
3.5 – Analisi FMECA	47
3.5.2 - Individuazione dei modi, dei meccanismi, delle cause e degli effetti di guasto	51
3.5.3 - Analisi di criticità.....	52
3.5.4 - Individuazione della azioni correttive e pianificazione della manutenzione	56
CAPITOLO 4	
RICAMBI CRITICI	59
4.1 – Introduzione	59
4.2 – Tubo convogliatore stazione carico polveri	61

4.3 – Trance della texilina	63
4.4 – Pistola di dosatura della colla	65
4.5 – Pompa stazione colla	67
4.6 – Punzone di deformazione diaframma	68
CAPITOLO 5	
MANUTENZIONE MIGLIORATIVA.....	71
5.1 – Introduzione.....	71
5.2 - Modifica 1: trancia texilina (RPN 108).....	71
5.3 - Modifica 2: punzone carico diaframmi (RPN 75).....	73
5.4 - Modifica 3: sensore nella stazione carico coperchi (RPN 54)	75
5.5 – Ulteriori modifiche	77
5.5.1 - Modifica 4: cadenzatore nastro di alimentazione.....	77
5.5.2 - Modifica 5: intervento sul PLC della linea	79
5.5.3 - Modifica 6: aggiunta sensore fotoelettrico sul nastro	80
5.5.4 - Modifica 7: regolazione altezza pinza di scarico	82
5.5.5 - Modifica 8: stazione di collaudo	84
5.5.6 - Modifica 9: scivolo all’uscita della tavola rotante	86
5.5.7 - Modifica 10: guida stazione carico tappi	90
5.5.8- Modifica 11: sensore di livello in tramoggia superiore del carbone	93
CAPITOLO 6	
CONCLUSIONI	97
APPENDICE	99
BIBLIOGRAFIA	109

INTRODUZIONE

Il presente lavoro di tesi nasce da un'esperienza di stage presso l'azienda manifatturiera Spasciani s.p.a., specializzata nella produzione di componenti per la sicurezza sul lavoro. Nello stabilimento è presente una linea di assemblaggio di filtri per maschere antigas, il cui problema principale è l'alto numero di fermate che comportano una riduzione dell'effettivo tempo di utilizzo. Sono state valutate le criticità della linea e sono state proposte diverse soluzioni, tra cui la parziale riprogettazione di alcuni dettagli, allo scopo di migliorarne la disponibilità.

Parole chiave: manutenzione, FMECA, filtro, ricambi.

ABSTRACT

This thesis is the result of a stage experience in the manufacturing company Spasciani S.P.A., operating in production of components related to safety in job environment. The plant has an assembling line for filters of gas masks, whose main problem is related to his frequent stops causing a reduction in effective job time. Main causes of line stops has been investigated and several solutions, including partial re-design of some portions of machinery, has been suggested in order to increase total uptime.

Keywords: maintenance, FMECA, filter, embroidery.

CAPITOLO 1

DESCRIZIONE DELL'AZIENDA E DEI PRODOTTI

La Spasciani S.p.a. è una piccola-media azienda di Origgio che conta all'incirca una cinquantina di dipendenti tra produzione e impiegati. Occupa una posizione di eccellenza fra i produttori nel mercato internazionale dei dispositivi per la protezione delle vie respiratorie in ambiente sia civile che militare.

Fondata a Milano nel 1892 da Riccardo Spasciani, tra i primi ad intuire l'importanza di progettare e produrre apparecchiature per prevenire infortuni sul lavoro.

I prodotti si dividono in quattro categorie principali:

- Facciali filtranti e semimaschere. Sono dispositivi che forniscono all'utilizzatore aria depurata dal passaggio attraverso un filtro. I facciali filtranti sono adatti per la protezione da aerosol solidi e/o liquidi.



Figura 1.1: Facciale tipo SPC/32

Le semimaschere possono essere utilizzate, in combinazione con apposite cartucce antigas, antipolvere o combinate, per applicazioni quali la verniciatura a spruzzo, l'irrorazione di pesticidi e manipolazione di sostanze chimiche nocive, gas tossici, solventi e polveri.



Figura 1.2: Semimaschera Duo

- Maschere complete. Forniscono una protezione globale del viso oltre che delle vie respiratorie. Dotate di uno schermo panoramico che permette un'ampia visibilità, costruite in diversi materiali, sono adatte all'impiego in tutte le realtà industriali dove si devono affrontare rischi legati a sostanze chimiche nocive, gas tossici e solventi ad alte concentrazioni.



Figura 1.3: maschera completa TR82

- Autorespiratori. Sono dei sistemi di aiuto alla respirazione che isolano dall'ambiente circostante fornendo aria respirabile proveniente da una fonte trasportabile d'aria compressa che può essere una bombola o un

compressore. Particolarmente indicati per gli interventi di manutenzione negli impianti chimici, per le squadre di emergenza durante gli incendi, per muoversi in ambienti gravemente inquinanti o con assenza d'ossigeno. Grazie ad un sistema modulare si può scegliere la tipologia degli autorespiratori secondo le proprie esigenze: da un piccolo autorespiratore per la fuga ad uno con le bombole trasportate da un carrello per le lunghe autonomie.

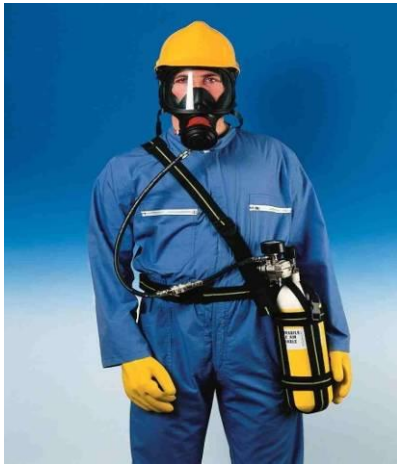


Figura 1.4: autorespiratore BVF

- Respiratori Air Line. Sono dispositivi di protezione isolati dall'ambiente esterno collegati ad un compressore che fornisce aria a flusso continuo. La caratteristica che accomuna questi dispositivi è la limitazione della possibilità di movimento. L'aria viene convogliata da una sorgente d'aria compressa respirabile all'interno del facciale attraverso un tubo di alimentazione che limita i movimenti dell'utilizzatore e la distanza alla quale può essere svolto l'intervento. Possono essere utilizzati per lavorare in ambienti molto inquinanti con altissime concentrazioni di sostanze nocive e gas tossici. Adatti in tutti gli ambienti industriali, stabilimenti chimici e per la sabbiatura. Inoltre Spasciani è in grado di progettare e realizzare impianti fissi speciali per la protezione delle vie respiratorie.



Figura 1.5: respiratore air line AC 190

I filtri usati con le semimaschere vengono prodotti su una linea semiautomatica e si distinguono in due principali tipologie:

- Filtri a vite
- Cartucce a baionetta

Queste due tipologie si differenziano per il sistema di attacco. I filtri a vite presentano un raccordo a vite filettato secondo la norma EN 148/1 e vanno montati sulle maschere, le cartucce, invece, hanno un attacco speciale ad incastro e si montano sulle semimaschere, le quali non possono reggere oltre un certo peso. Le cartucce, quindi, hanno un'altezza e un peso decisamente minore rispetto ai filtri a vite e ciò rende non indispensabile un attacco a vite che risulterebbe sovradimensionato e antiestetico.

Sia i filtri che le cartucce possono avere un'azione antigas, antipolvere o combinati, ovvero contenere tutti quei componenti chimici-fisici per proteggere contemporaneamente dai gas e dalle polveri. Le norme EN 141:2000 ed EN 14387:2004 forniscono i requisiti minimi, i metodi di prova e le modalità di marcatura per i filtri antigas e combinati. La norma EN 143:2000 fornisce le stesse indicazioni per i filtri antipolvere. Nelle suddette norme i filtri antigas vengono divisi in tipi A,B, E,K,AX e classi 1,2,3 a seconda della loro capacità di protezione.

I filtri della Spasciani sono inoltre classificati in base alle dimensioni, 80 mm di diametro quelli più piccoli e 100 quelli più grandi.

Questi filtri possono essere utilizzati solo in ambienti in cui il contenuto di ossigeno nell'aria sia almeno del 17% in volume.

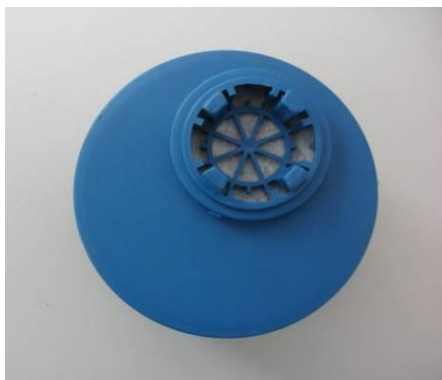


Figura 1.6: dettaglio dell'attacco a baionetta di una cartuccia



Figura 1.7: dettaglio di un attacco a vite di un filtro

CAPITOLO 2

DESCRIZIONE DELLA LINEA

2.1 - Generalità

La linea AFS è stata progettata e costruita nel 2003 dalla TTEngineering di Lomazzo ed è conforme a quanto prescritto dalle Direttive CEE:

- Direttiva Macchine 89/392/CEE e successive modifiche 91/368/CEE-93/44/CEE - 93/68/CEE.
- Direttiva bassa tensione 73/23/CEE e successive modifiche.
- Compatibilità elettromagnetica 89/336/CEE e successive modifiche.

Come richiesto dalla norma sulla macchina è applicata una targhetta che riporta il modello della stessa, il suo numero di matricola e l'anno di costruzione. Ciò permette una veloce identificazione della linea in caso di richiesta di parti di ricambio alla ditta produttrice.



Figura 2.1: targhetta di riconoscimento della linea AFS

La linea è un sistema di produzione automatizzata realizzata per l'assemblaggio di filtri per maschere antigas e antipolvere di vari tipi e dimensioni. In realtà non è completamente automatizzata, poiché, nel ciclo produttivo di questa linea, è integrata anche una stazione manuale per il lavoro di un singolo operatore, il quale ha il compito di inserire eventuali dischi di carta e talvolta anche il coperchio del filtro. Oltre a questo operatore necessitano di un operaio specializzato per la manutenzione in caso di fermi e guasti, un operaio per il

carico dei corpi sul nastro, coperchi e tappi nei vibratori e dei diaframmi nelle apposite guide e uno per l'imballaggio dei prodotti finiti.

Nella linea sono presenti 17 stazioni e il tempo ciclo è all'incirca di 7 secondi in base al filtro da produrre e, quindi, in base alle stazioni attive sulla linea. Considerando le pause, i fermi e i tempi di avviamento e spegnimento si riescono ad assemblare mediamente più di 2500 filtri al giorno.

Come per la maggior parte delle macchine automatizzate il controllo è affidato al PLC (programmable logic controller). Il PLC è un dispositivo che sostituisce i necessari circuiti relé sequenziali. La prima azione che il PLC compie è la lettura degli ingressi attraverso i sensori della macchina, dopo ciò, il loro stato viene memorizzato in una memoria che viene definita "registro immagine degli ingressi". A questo punto le istruzioni di comando vengono elaborate in sequenza dalla CPU e il risultato viene memorizzato nel registro immagine delle uscite". Infine, il contenuto dell'immagine delle uscite viene scritto sulle uscite fisiche ovvero le uscite, gli attuatori, vengono attivati. Poiché l'elaborazione delle istruzioni si ripete continuamente si parla di elaborazione ciclica.

Tra i vari linguaggi disponibili per programmare il PLC è stato usato il linguaggio Ladder Diagram nel caso della linea AFS. Con questo linguaggio il programmatore utilizza simboli logici corrispondenti a segnali di ingresso e di uscita per implementare la logica. Non si cablano più relé, ma si disegnano degli schemi elettrici nel software di programmazione.

Sulla linea è ovviamente presente un pannello di comando sul quale si possono svolgere le azioni operative come accendere e spegnere la linea, arrestare la macchina in caso di emergenza, togliere l'aria dai circuiti pneumatici in caso di manutenzione e visualizzare il tempo ciclo delle singole stazioni. Sono tuttavia presenti dei comandi che permettono all'operatore di interagire direttamente con il PLC escludendo le stazioni non necessarie o variando, ad esempio, dei tempi caratteristici della macchina. Sul pannello è inoltre presente un display su cui vengono rilevate le anomalie e i fermi della macchina. Ogni fermo è associato al segnale di un singolo sensore che impedisce al PLC di elaborare il successivo stato delle uscite.



Figura 2.2: pannello di controllo della linea

2.2 - Struttura

La linea è composta da tre tronconi separati, costituiti da una struttura portante in robusto tubolare in ferro che fa da incastellatura di sostegno per tutti i gruppi o stazioni che costituiscono la linea. Nel primo troncone l'assemblato è posto su un pallet che avanza lungo le stazioni grazie all'azione di un nastro, nel secondo troncone l'assemblato viene prelevato dal pallet e bloccato su una tavola rotante in cui viene sfruttata la forza centrifuga per l'adeguato posizionamento della colla all'interno del filtro, mentre nell'ultimo troncone il filtro viene depositato su delle culle trascinate da una catena.

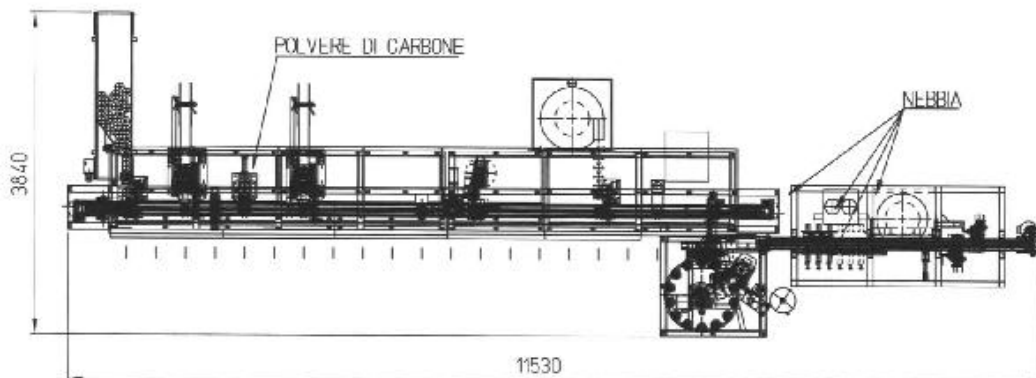


Figura 2.3: layout della linea

I tronconi sono collegati saldamente tra di loro mediante piastre di fissaggio, costituendo in questo modo una rigida struttura di sostegno sulla quale sono anche fissati i ripari antinfortunistici. Questi ripari, circondando la linea e racchiudendo tutte le stazioni di lavoro e i dispositivi sotto tensione e/o pericolosi, impediscono qualunque contatto, anche accidentale, con il personale addetto alla conduzione della linea. I ripari sono dotati da porte incernierate, corredate di dispositivi di sicurezza che inibiscono la messa in moto della linea quando sono aperte. L'accesso all'interno dei ripari antinfortunistici, ad esempio in caso di guasto, è consentito solamente a linea ferma e dopo aver inibito qualunque tipo di movimento premendo il pulsante STOP CICLO sul pannello di controllo e posizionando il selettore a chiave APERTURA PORTE su ON. La trasparenza dei ripari antinfortunistici consente l'osservazione del ciclo produttivo in condizione di assoluta sicurezza.



Figura 2.4: linea AFS

Le porte incernierate sono dotate di serratura a cricchetto e di microinterruttore di sicurezza.



Figura 2.5: dettaglio dell'interruttore di sicurezza

Si passano ora in rassegna tutte le fasi e le rispettive stazioni che compongono il ciclo produttivo di un generico filtro.

2.2.1 – Nastro di alimentazione e carico corpi sul pallet

Il nastro trasportatore è disposto trasversalmente rispetto alla struttura della linea e, mediante la rotazione in continuo del tappeto, fa avanzare gli involucri o corpi dei filtri fino alla posizione di prelievo. Inizialmente i corpi sono disposti in file di tre o quattro in base al diametro del filtro da produrre per poi essere canalizzati e allineati tramite pareti inclinate in fila indiana. Un sensore, rilevando la presenza del pezzo, ne autorizza il prelievo da parte di una pinza rotante che, ribaltando di 180 gradi il corpo, lo va a posizionare col giusto orientamento all'interno del pallet fissato al nastro principale della linea



Figura 2.6: pinza di carico corpi

In figura 2.7 si vede come il centraggio del corpo all'interno del pallet sia favorito da un blocco di fissaggio solidale alla macchina e alla pinza rotante. Il blocco è composto da quattro spine che, alzandosi e penetrando il pallet in corrispondenza dei quattro angoli forati, lo vanno ad allineare perfettamente rispetto alla pinza. Questo metodo di posizionamento e centraggio è presente in più stazioni della linea.



Figura 2.7: blocco di fissaggio del pallet

All'uscita della stazione di carico un sensore, opportunamente posizionato, verifica la presenza dei corpi filtro all'interno del pallet di trasporto (figura 2.8). In caso di pezzo mancante l'anomalia sarà segnalata al sistema di controllo che si comporterà di conseguenza.



Figura 2.8: sensore di presenza involucro

2.2.2 - Tranciatura e carico texilina inferiore

Il portarotolo, collocato trasversalmente alla linea, alimenta il nastro di texilina attraverso i rulli di guida fino allo stampo di tranciatura. Un tensionatore pneumatico di nastro, appoggiandosi al lato superiore del nastro, lo mantiene in tensione durante la fase di tiro e avanzamento.

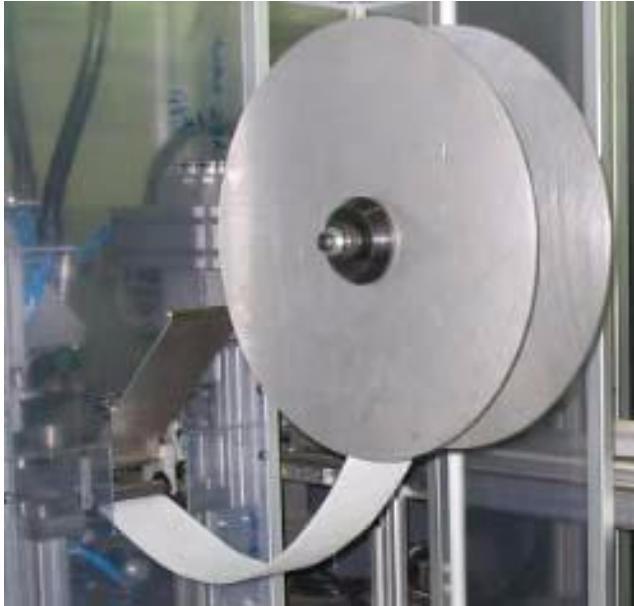


Figura 2.9: portarotolo e tensionatore della texilina

L'avanzamento a passo della texilina viene effettuato da una pinza di trascinamento.

La tranciatura del disco di texilina avviene mediante la salita del punzone attraverso la matrice dello stampo di tranciatura. Successivamente il disco di texilina tranciato viene allontanato dal punzone superiore mediante l'aspirazione del manipolatore di carico.



Figura 2.10: stazione di tranciatura della texilina

Il manipolatore di carico inserisce poi il disco di texilina nel corpo filtro posizionato sul pallet portapezzi della linea, rilasciandolo solamente quando risulta depositato sul fondo di tale corpo filtro.

Naturalmente la matrice e il punzone di tranciatura saranno sostituiti in base al diametro del filtro che si va a produrre. In particolare, quindi, ci saranno due tipi di matrici e punzoni differenti: quelli con 80 e quelli con 100 mm di diametro.

2.2.3 - Saldatura texilina

In questa stazione un tampone riscaldato preme il disco di texilina contro il fondo del corpo filtro nel quale è inserito e lo salda su di esso sfruttando il calore emesso. Saldando il disco al corpo si evita la fuoriuscita dei granelli di carbone che successivamente verranno inseriti nel filtro.



Figura 2.11: operazione di saldatura della texilina

Il controllo della temperatura viene effettuato dal termoregolatore con il quale si può variare la temperatura del tampone. Naturalmente in fase di accensione della linea è necessario attendere qualche istante prima di avviare la produzione, affinché la temperatura salga al valore indicativo di 260° C.



Figura 2.12: termoregolatore

2.2.4 - Carico polveri di carbone

Il filtro è ora pronto per essere riempito col carbone necessario. Nella linea sono presenti tre stazioni successive per questa operazione. In questo modo lo stesso filtro può contenere fino a tre diversi tipi di carbone e, di conseguenza, può essere efficace contro vari tipi di gas contemporaneamente. Avere tre stazioni separate che lavorano in parallelo offre anche il vantaggio di poter diminuire il tempo ciclo di carico polveri qualora si debba riempire un filtro di grosso volume con lo stesso tipo di carbone, infatti, il volume di carbone da caricare, viene diviso ugualmente tra due o tre stazioni accorciando notevolmente il tempo di produzione. Questo accorgimento è necessario, poiché, pur essendo frazionata l'operazione, spesso la stazione di carico polveri risulta il collo di bottiglia del sistema.

Le polveri da inserire nel corpo filtro cadono per gravità, dopo preciso dosaggio, attraverso le tubazioni sottostanti i silos di stoccaggio. I silos di stoccaggio o più semplicemente tramogge, sono collocati verticalmente sopra la linea; le polveri vengono pompate verso l'alto per alimentare il silos superiore utilizzando tubi spiralati che vengono di volta in volta inseriti nei contenitori di trasporto (fusti). Quando nella tramoggia superiore viene raggiunto il livello di polveri prestabilito, gli aspiratori si arrestano. Il passaggio dal silos superiore a quello inferiore avviene attraverso una speciale valvola interna azionata pneumaticamente.

Nell'ultimo silos viene scaricato un quantitativo di polveri necessario per l'esecuzione di alcuni cicli di riempimento. Questo ultimo silos alimenterà direttamente il cassetto di dosaggio che consente il passaggio solamente del quantitativo di polveri necessario per il riempimento di un solo corpo filtro.



Figura 2.13: tramogge della stazione di carico polveri

Da come è strutturata la stazione si capisce che l'ultimo dei tre silos non deve mai essere vuoto se si vuole un funzionamento continuo senza interruzioni della macchina. Per non essere mai vuoto deve poter essere sempre alimentato dalla tramoggia o silos sovrastante. Se immaginassimo di non aver il secondo silos intermedio questa condizione non sarebbe soddisfatta, poiché l'ultimo silos non sarebbe più alimentabile durante la fase di aspirazione delle polveri. Da questa considerazione si comprende l'importanza del secondo silos solo apparentemente inutile. Esso, infatti, serve appunto a separare la fase di aspirazione da quella di riempimento del cassetto.

Il cassetto, muovendosi orizzontalmente grazie ad un attuatore pneumatico, fa cadere il materiale lungo un tubo di convogliamento, la cui estremità viene

preventivamente inserita e centrata nel foro sottostante del corpo filtro da riempire.

Il tubo di convogliamento ha al suo interno una struttura a spirale che permette una distribuzione uniforme del carbone lungo il raggio del filtro.



Figura 2.14: operazione di carico polveri

Dato che il volume di carbone non è uguale per tutti i filtri, anche i cassette di dosaggio sono diversi e devono essere cambiati durante le operazioni di setup. Stessa considerazione vale per i tubi convogliatori, essendoci filtri di 80 mm di diametro e altri di 100 mm di diametro.

2.2.5 - Tranciatura e carico texilina superiore

La stazione del tutto analoga alla stazione che effettua la tranciatura e il carico di texilina inferiore. In questa, però, il disco di texilina verrà appoggiato direttamente sul carbone, che deve avere una superficie del carbone piatta e ben distribuita.

2.2.6 - Carico diaframma

Il diaframma è un sottile disco metallico opportunamente forato per lasciare passare l'aria all'interno filtro. Il diaframma ha il compito di mantenere ben pressato il carbone. L'efficacia del filtro, infatti, aumenta con la pressione del carbone, ma una pressione eccessiva però può portare allo sbriciolamento delle polveri di carbone, con conseguente riduzione dell'area di passaggio dell'aria tra un grano e l'altro. Il risultato è che bisognerà applicare una prevalenza superiore per poter respirare, azione che richiede un maggiore sforzo da parte dell'utilizzatore.

I diaframmi vengono impilati manualmente dall'operatore uno sopra l'altro in due colonne che funzionano da magazzino. Le due colonne vanno poi caricate sull'apposito portapezzi della tavola rotante. Quando una colonna di diaframmi viene esaurita dalla stazione, la tavola ruota di 180 gradi in modo tale da offrire alla macchina una nuova colonna piena per poter lavorare e all'operatore, posto dietro la linea, la colonna vuota da riempire. Per questo motivo vi è una parete verticale di separazione tra le colonne che impedisce all'operatore di venire in contatto con organi in movimento della stazione.



Figura 2.15: colonna di carico diaframmi

La stazione di carico è composta da due punzoni calamitati, azionati contemporaneamente dallo stesso braccio meccanico. Il primo punzone preleva un diaframma dalla colonna e lo va a pressare su una piastra intermedia deformandolo, contemporaneamente il secondo punzone calamita il diaframma deformato dalla piastra e lo va ad inserire all'interno del corpo.

Quando il diaframma viene pressato sulla piastra dal primo punzone si deforma plasticamente creando numerosi piccoli spigoli vivi sul suo contorno. Gli spigoli sono necessari affinché il diaframma rimanga in posizione, aggrappato alla superficie interna del corpo filtro. Se così non fosse il diaframma sarebbe libero di muoversi all'interno del filtro assemblato e il carbone non sarebbe più in pressione. Inoltre, il fatto che il diaframma rimanga bloccato all'interno del filtro permette al disco metallico di staccarsi dal punzone calamitato al termine dell'operazione. Nel caso del primo punzone, invece, il diaframma viene separato dal punzone stesso attraverso tre pistoncini posti radialmente lungo la

circonferenza della piastra. I pistoncini, opportunamente azionati, vanno ad inserirsi in tre fessure tra il punzone e il diaframma costringendo quest'ultimo a rimanere all'interno della piastra mentre il punzone si solleva.

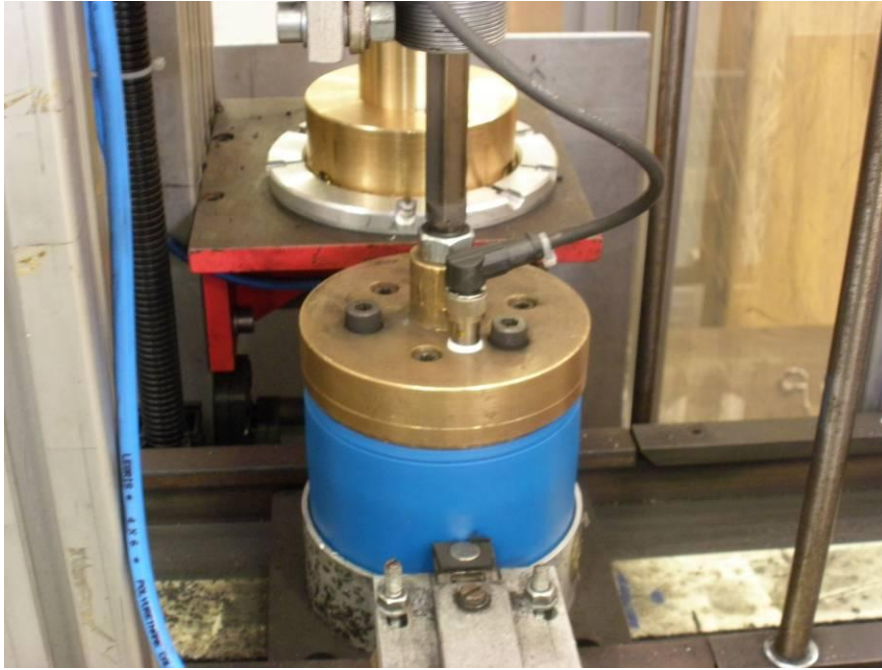


Figura 2.16: operazione di carico diaframma

Nella figura 2.16 i tre pistoncini non sono visibili, poiché la foto è stata scattata alla fine dello stage, dopo una modifica strutturale della stazione. Si riporta comunque una foto di due dei tre pistoncini pneumatici originariamente utilizzati.



Figura 2.17: pistoncini di distacco del diaframma (due su tre)

2.2.7 – Carico manuale disco di carta ondulato

Nella struttura della linea è stata mantenuta una posizione libera dove l'operatore inserisce manualmente il disco di carta ondulato all'interno del filtro in fase di assemblaggio. Questo disco di carta non rientra nella distinta base di tutti i filtri e ha funzione antipolvere. Inoltre l'operatore si occupa di appoggiare sul corpo del filtro quei coperchi che, per motivi di forma, non possono essere utilizzati nella stazione successiva di carico coperchi.

2.2.8 – Carico coperchio

I coperchi sono contenuti in un vibratore circolare in acciaio e giungono attraverso la pista lineare inclinata fino alla posizione di sfogliatura. Come già anticipato non tutti i tipi di coperchi possono essere utilizzati con questo vibratore, essi, infatti, devono, per la loro geometria, poter essere orientati nel modo corretto sulla pista affinché non risultino appoggiati al contrario sul filtro dopo l'operazione di carico. Per far ciò si sfrutta un particolare bordino sulla circonferenza del vibratore che fa cadere dalla pista tutti quei coperchi che risultano capovolti. L'espedito funziona, però, solo con i coperchi che hanno una forma, seppur poco accentuata, a piramide mentre non funziona con quelli piatti.



Figura 2.18: vibratore di carico coperchi

Alla fine della pista inclinata lo sfogliatore riporta il coperchio in posizione parallela alla macchina in modo tale da poter essere facilmente essere prelevato dal manipolatore, che, a sua volta, lo andrà a depositare sul filtro contenuto nel pallet.



Figura 2.19: pinza di carico coperchio

2.2.9 - Chiusura coperchio

Il coperchio viene chiuso sul corpo filtro attraverso la pressione esercitata da una pressa pneumatica e dalla presenza di dentini e scanalature collocate sui bordi dei due componenti.

La pressione viene mantenuta all'incirca intorno ai 4 bar, ma può facilmente essere regolata da una valvola, affinché non si arrivi a snervare e a rovinare il coperchio.

Anche in questa stazione, durante le operazioni di setup, bisognerà sostituire il finale della pressa in base alla serie di filtri che si va a produrre.



Figura 2.20: pressa di chiusura coperchio

2.2.10 - Dosatura colla

In questa fase del ciclo produttivo il pezzo viene prelevato dal pallet e scaricato sulla tavola rotante.



Figura 2.21: tavola rotante della stazione di dosatura colla

Sono a disposizione sulla tavola 14 pinze portapezzi, che, a loro volta, possono ruotare sul proprio asse grazie all'azione di una cinghia che agisce sulla puleggia posta sotto la tavola e visibile anche in figura 2.22. Non tutte le pinze ruotano però contemporaneamente: le pinze che, con la rotazione della tavola rotante, vanno a posizionarsi nel punto di carico e scarico pezzi dalla tavola risultano ferme affinché la pinza di carico e quella di scarico possano lavorare.



Figura 2.22: pinza di bloccaggio del filtro

Bloccato il filtro nella pinza e messo in rotazione dalla cinghia, può avvenire l'operazione di dosatura della colla. Una particolare pistola miscela due componenti, il poliolo e l'isocianato, formando così una colla, che viene iniettata attraverso la fessura del coperchio all'interno del corpo filtro. La forza centrifuga va a disporre la colla all'interno del pezzo in modo tale da incollare il disco di carta alla superficie interna del filtro senza, però, occupare l'area centrale necessaria per il passaggio dell'aria. E' evidente, quindi, che questa operazione avviene solamente in quei filtri che contengono il disco di carta.



Figura 2.23: pistola di dosatura colla

2.2.11 - Etichettatura

L'operazione avviene anch'essa sulla tavola rotante.

Il portarotolo verticale alimenta il nastro di supporto sul quale si trovano le etichette preincollate. Attraverso una serie di rulli il nastro viene fatto aderire su una piastra. Il lembo iniziale delle etichette si stacca quando il nastro di supporto effettua la curva di ritorno sulla piastra. Un rullo di spugna precaricato da una molla tende a far attaccare il lembo dell'etichetta al filtro in rotazione. Il nastro di supporto viene poi riavvolto sul rullo di raccolta motorizzato che dovrà essere rimosso una volta pieno.



Figura 2.24: stazione di etichettatura

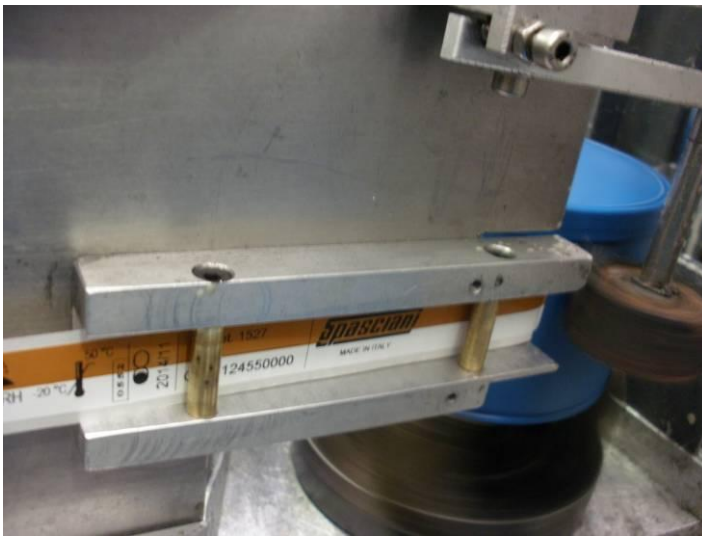


Figura 2.25: dettaglio della stazione di etichettatura

Il filtro che arriva all'ultima postazione della tavola rotante viene prelevato da una pinza che, ribaltandolo di 90°, lo va ad appoggiare su uno scivolo inclinato in PVC. Il filtro rotola lungo lo scivolo fino a depositarsi all'interno delle culle trascinate da una catena. L'operazione viene gestita da un pistone cadenzatore che evita ai filtri di ammassarsi.



Figura 2.26: pinza di scarico da tavola rotante

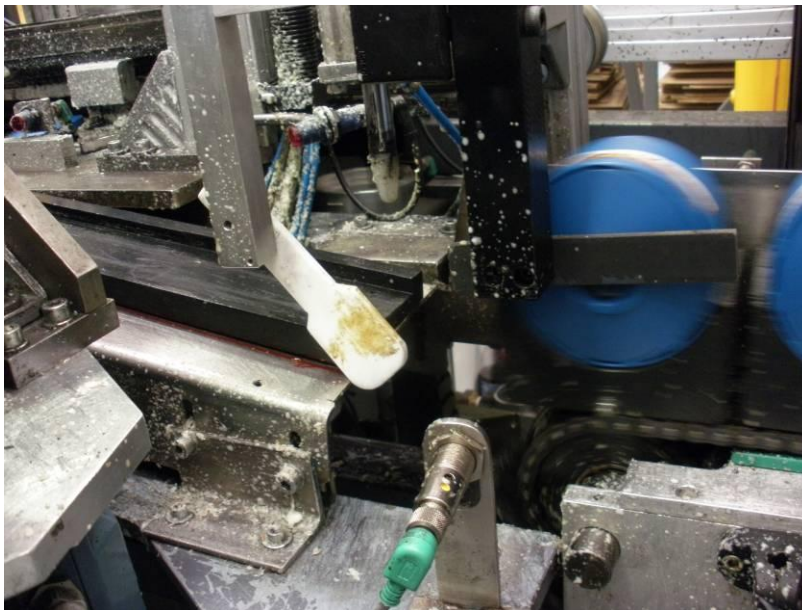


Figura 2.27: scivolo in pvc

2.2.12 - Collaudo tenuta filtri

Otto piattelli forati azionati pneumaticamente si appoggiano simultaneamente sui quattro filtri sia dalla parte dell'attacco sia sul coperchio. Attraverso i fori del piattello una miscela gassosa formata da aria e olio viene forzata all'interno nel filtro dalla parte del coperchio. La miscela, dopo essere filtrata dal filtro,

esce dalla parte dell'attacco e uno spettrofotometro ne rileva la composizione stabilendo in questo modo l'idoneità dei pezzi. La stazione di collaudo si sposta a passo con la catena di trascinamento. A fine collaudo i cilindri orizzontali si riaprono e i pezzi vengono rilasciati. Tutto il gruppo viene riportato verso l'estremità della catena dal cilindro di riposizionamento.

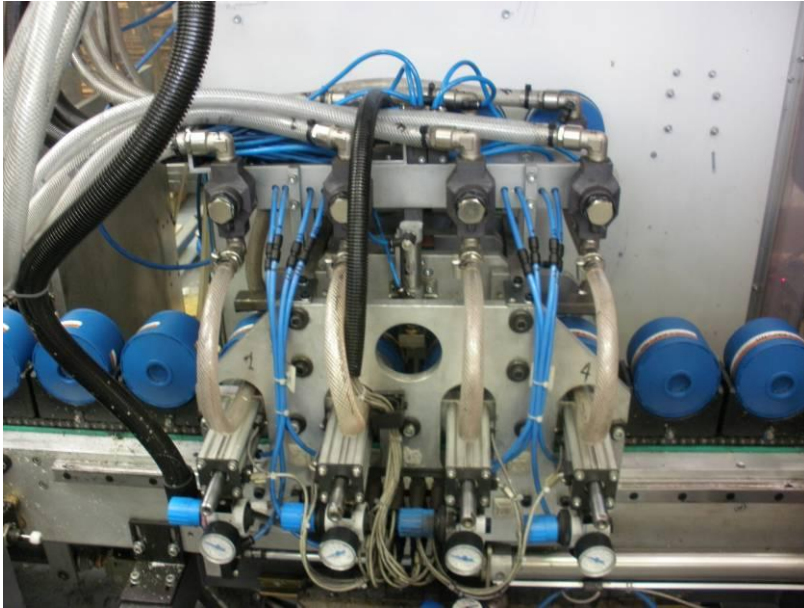


Figura 2.28: stazione di collaudo filtri

2.2.13 - Scarico scarti

I pezzi che non superano il collaudo di tenuta vengono allontanati dalla catena di trasporto mediante la spinta di un cilindro orizzontale che li fa cadere sullo scivolo, il quale li convoglia nella sottostante scatola di raccolta.



Figura 2.29: stazione scarico scarti

2.2.14 - Carico tappi

I tappi contenuti in un unico vibratore vengono convogliati in due diverse piste parallele. Le due piste sono svergoliate in modo tale da far ruotare i tappi per formare due colonne verticali di alimentazione. I tappi di una colonna sono

orientati in senso opposto a quelli dell'altra, in quanto un tappo va inserito sul coperchio e l'altro sul fondo dell'involucro dalla parte dell'attacco a vite.



Figura 2.30: vibratore di carico tappi



Figura 2.31: guide di convogliamento tappi

Gli spintori orizzontali, contrapposti l'uno all'altro, anche se sfasati di un passo di avanzamento, effettuano contemporaneamente l'inserimento dei tappi. I tappi vengono inseriti in tutti quei filtri che contengono carbone e non in quelli che presentano il solo disco di carta ondulato.

2.2.15 - Etichettatura sigillo di garanzia

Un portarotolo alimenta il nastro di supporto sul quale sono attaccati i sigilli di garanzia da incollare sui filtri assemblati. Il nastro di supporto viene trascinato dal portarotolo di raccolta motorizzato e viene obbligato a girare intorno ad una stretta curva nel punto in cui si ha il cambio di direzione da discendente ad ascendente. In questo punto i sigilli si staccano parzialmente dal nastro di supporto. Un blocchetto mobile, appoggiandosi sul sigillo parzialmente staccato e creando una depressione mediante forellini di aspirazione, fa aderire il sigillo su di esso e lo stacca completamente dal nastro. Il sigillo viene spinto dal blocchetto contro il pezzo su cui va incollato. Essendo questo blocchetto opportunamente sagomato e molleggiato fa aderire perfettamente i sigilli al profilo dei pezzi e del tappo su cui va posto.

Le stazioni di etichettatura sono due, contrapposte tra di loro, una applica il sigillo sul tappo superiore, l'altra lo applica su quello inferiore.



Figura 2.32: stazione di etichettatura sigillo di garanzia

2.2.16 - Scarico pezzi finiti dalla linea

I pezzi finiti proseguono il loro avanzamento fino al termine del trasportatore a catena. Quando la catena gira attorno alla ruota dentata di trascinamento, i pezzi cadono e vengono scaricati dalla macchina nel sottostante nastro di raccolta.

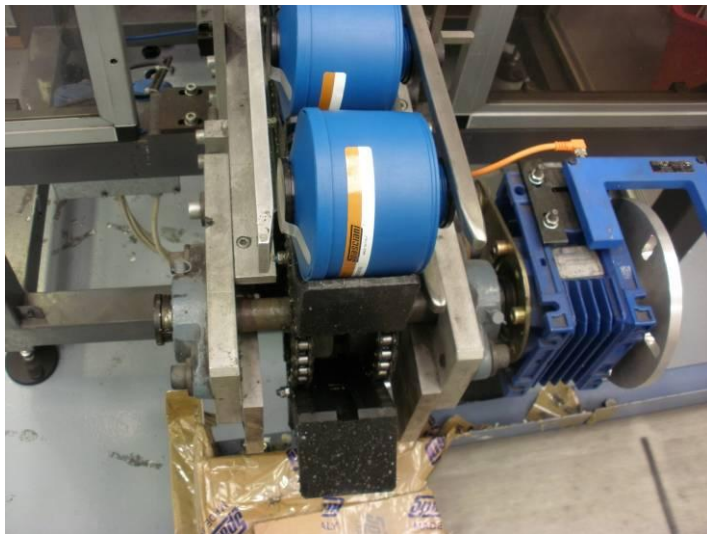


Figura 2.33: scarico dei filtri finiti

CAPITOLO 3

ANALISI DELLE DIFETTOSITA' DI FUNZIONAMENTO

3.1 – Premessa della situazione

Per valutare le prestazioni di un impianto si fa riferimento ad uno schema di scomposizione del tempo di apertura dell'impianto in sottointervalli temporali come riportato in figura.

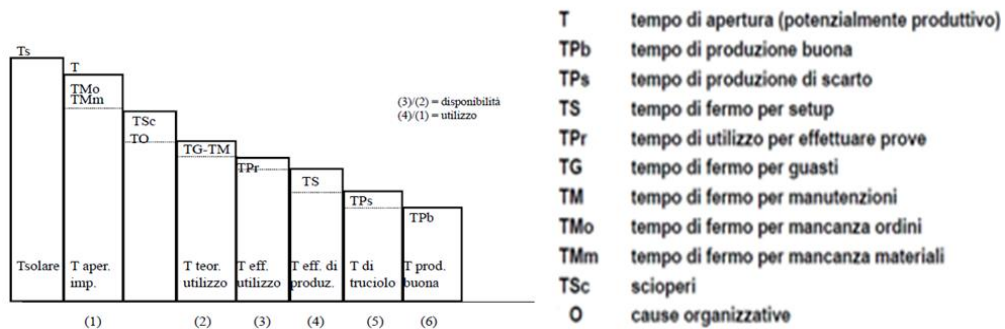


Figura 3.1: schema di scomposizione del tempo di apertura di un impianto

La disponibilità è un parametro di estrema importanza quando si vogliono analizzare le prestazioni di qualunque sistema produttivo. I guasti e i fermi per manutenzione, come si vede dall'equazione seguente, incidono sul valore di disponibilità. In particolare, un aumento dei guasti implica una diminuzione della disponibilità.

$$A = \frac{T - TMO - TMM - SC - O - \textcircled{TG - TM}}{T - TMO - TMM - SC - O}$$

La disponibilità è, quindi, la percentuale del tempo di funzionamento dell'impianto o della linea rispetto a quanto a lungo potrebbe rimanere operativo se non ci fossero "perdite di tempo" dovute a guasti o manutenzioni.

E', dunque, estremamente importante perseguire una corretta politica di manutenzione. Come nella filosofia Toyota, la manutenzione deve essere vista come una leva della produzione che, nel medio - lungo periodo, permetta di

limitare i fermi macchina, aumentare la disponibilità del sistema e abbassare i costi.

Sin dai primi giorni in azienda è stato evidente come la disponibilità del sistema sia bassa rispetto a quella media di una piccola linea automatica di un'azienda manifatturiera.

In particolare si è notato che la produzione è continuamente rallentata da numerose e frequenti micro fermate, mentre risultano meno frequenti le vere rotture o guasti della macchina. Le micro fermate, come già accennato nel capitolo precedente, sono dovute a piccole anomalie nel funzionamento della macchina. I numerosi sensori, disposti praticamente in ogni stazione, verificano che lo stato reale della macchina corrisponda esattamente allo stato delle uscite del PLC, e, se così non fosse, il PLC darebbe subito il comando di bloccare la linea.

Riportiamo degli esempi per chiarire meglio quali possano essere le cause di micro fermata della macchina. Se i tappi lungo il canale di convogliamento si incastrano, bloccandone la discesa, il sensore posto alla fine del canale lo noterà vuoto e fermerà la linea, poiché, ovviamente, non sarà possibile tappare il filtro. Discorso analogo si può fare per i coperchi con il sensore posto nella posizione di prelevamento alla fine del canale inclinato. Un'altra tipica, frequente micro fermata è dovuta al tubo di aspirazione nella stazione di tranciatura della texilina che non riesce a trattenere il disco di carta tranciato. Il sensore posto vicino al filtro da assemblare verificherà che il tubo di aspirazione non trasporti con sé la texilina e fermerà di conseguenza l'intera linea.

Quando si verificano queste micro fermate il manutentore o l'operatore posto sulla linea, di solito l'addetto al carico manuale della carta, riporta la stazione funzionale, ad esempio sbloccando la colonna di tappi, e, subito dopo, annulla l'anomalia che compare sul pannello di controllo della linea.

Ci si rende conto che, se queste micro fermate sono troppo frequenti, si perde in termini di disponibilità della macchina, e quindi di produttività dell'impianto, e anche di qualità del lavoro da parte dell'operatore che è continuamente costretto a spostarsi dalla sua postazione.

3.2 - Raccolta dati

Prima di effettuare qualsiasi intervento sulla linea si è deciso di fare una campagna di raccolta dati per rilevare quali siano effettivamente le cause di fermata e le prestazioni della linea stessa.

La fase di raccolta dati è durata 11 giorni lavorativi in cui sono state annotate tutte le cause di fermata della macchina e la loro durata. L'arco di tempo coperto dallo storico dei guasti è relativamente breve a causa di un lungo periodo di

fermo della macchina dovuto alla mancanza di nuovi ordini e alla chiusura della ditta per le ferie estive.

Per quelle fermate più lunghe la durata considerata è quella effettiva, mentre per le micro fermate si è calcolata una perdita di tempo media intorno ai 40 secondi. Si riportano di seguito, a titolo di esempio, i dati raccolti per i soli primi due giorni, mentre lo storico completo sarà allegato alla fine del lavoro.

Tabella 3.1: storico dei fermi dei soli due primi giorni

giorno	pz	fermo macchina	durata	note
07/05/2009 8.30	630			inizio produzione
		mancano coperchi	40"	
		texilina superiore	40"	
		mancano coperchi	40"	
		cambio texilina superiore	40"	
		tappo inferiore	40"	
		livello carbone 3	40"	
		livello carbone 3	40"	
		filtro bloccato su scivolo	40"	
		texilina superiore	40"	
		livello carbone 3	35'	controllo valvola
		texilina superiore	40"	
		cambio texilina superiore	40"	
		mancano corpi	40"	
		pinza di carico	40"	ha preso male l'involucro
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		tappo inferiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		tappo superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		ripristino punzonatore diaframma	55'	
		texilina inferiore	3'	
		pinza di carico	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		tappo superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		tappo superiore	40"	
		coperchio incastrato	40"	

		pinza di carico	40"	
07/05/2009 11.55	1369			fine produzione
07/05/2009 14.30	1369			inizio produzione
		coperchio incastrato	40"	
		texilina superiore	40"	
		tappo superiore	40"	
		texilina superiore	4'	si prova a spostare la valvola
		texilina inferiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
07/05/2009 15.43	1787			fine produzione
08/05/2009 13.34	1787			inizio produzione
		cambio scarico rapido diaframma	3'	
		mancono coperchi	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		mancono i corpi	40"	
		texilina superiore	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		mancono coperchi	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		tappo inferiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		tubicino sigillo tagliato	40"	
		texilina superiore	40"	
		cambio beccuccio colla	6'	
		texilina superiore	40"	
		tappo inferiore	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		texilina superiore	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		tappo superiore	3'	
		tappo superiore	40"	
		tappo superiore	40"	

		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	sensore
		tappo superiore	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		cambio beccuccio colla	3'	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	3'	
		texilina superiore	40"	
08/05/2009 16.50	3083			

Come si può facilmente notare sono stati anche registrati gli orari di inizio e fine produzione e il numero totale di filtri prodotti. Questo ci permette di valutare in modo efficace le prestazioni della linea.

3.3 - Individuazione delle criticità

Lo scopo di questo lavoro di rilevazione consiste nell'individuare quali siano le criticità della macchina, ovvero quali siano le componenti della stessa che hanno un peso, un'importanza maggiore, per quel che riguarda la disponibilità. Si riportano, inoltre, due tabelle: una con i numeri di fermi, l'altra con il downtime, ambedue riferite ad ogni tipologia di guasto rilevata negli 11 giorni di raccolta dati.

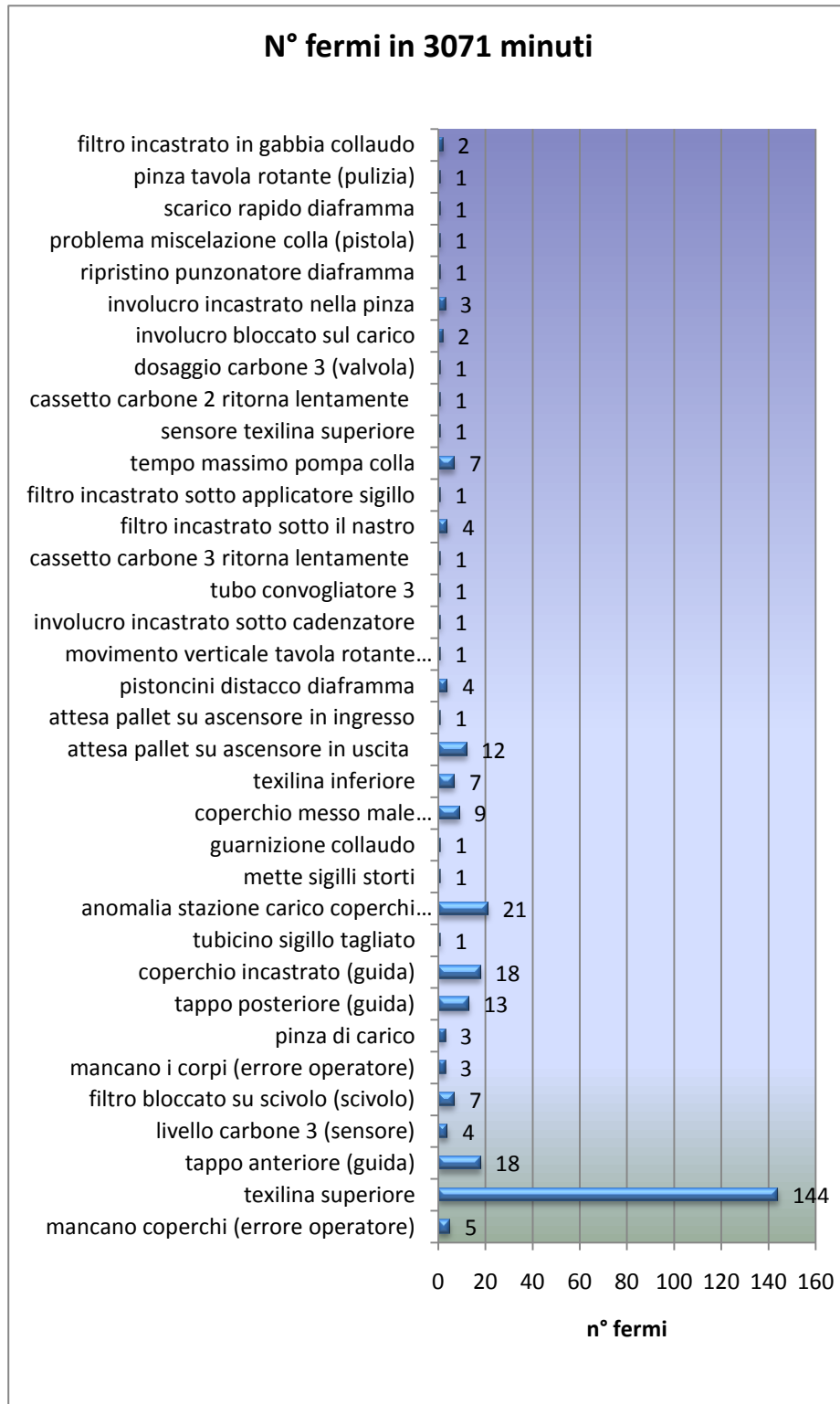


Figura 3.2: numero di fermi per ogni tipo di guasto

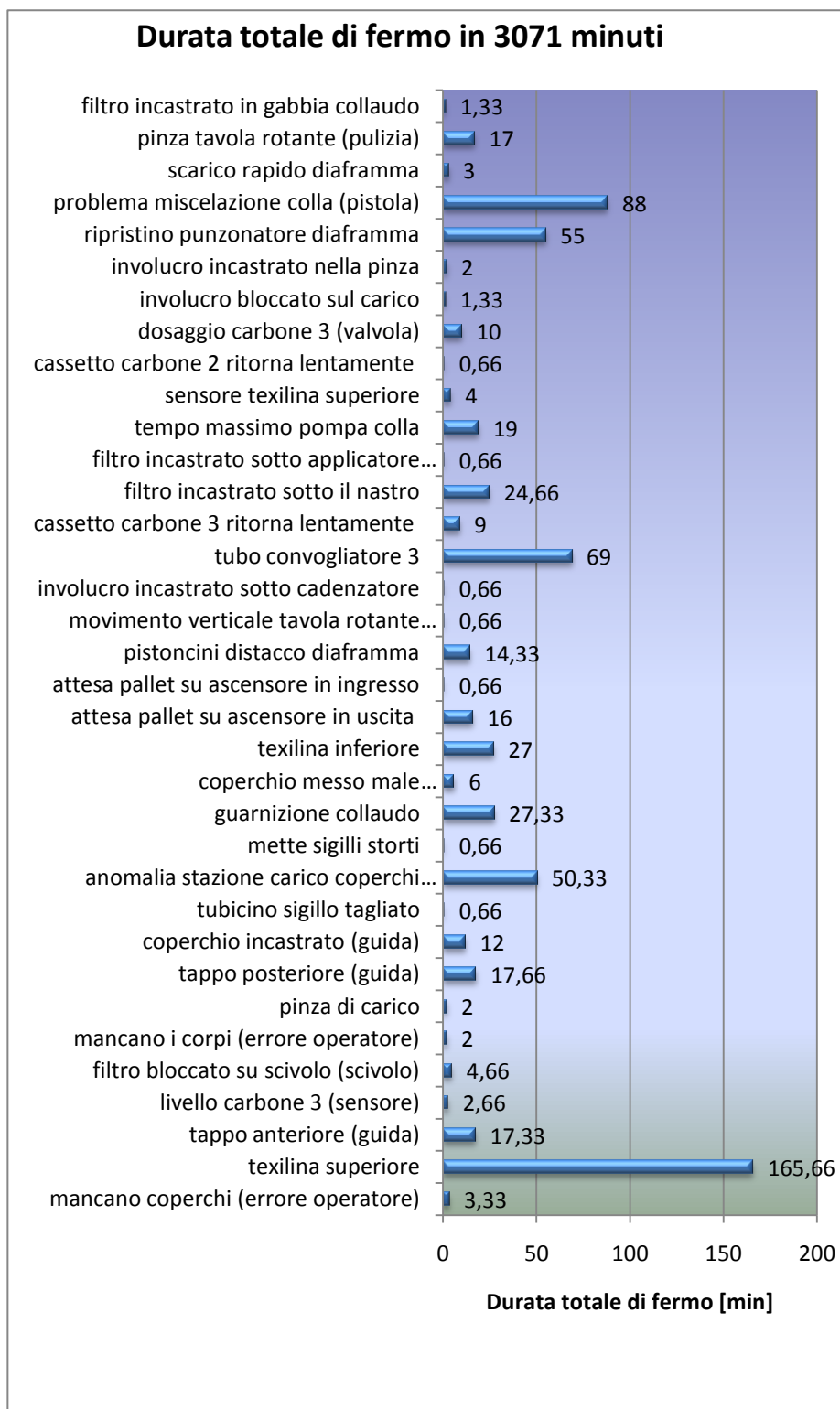


Figura 3.3: durata totale di fermo per tipo di guasto

E' interessante osservare che, come sempre succede, la maggior parte (80%) degli effetti è dovuta a una piccola porzione (20%) delle cause possibili. Questa evidenza sperimentale è nota come legge di Pareto ed è valida anche nel caso in esame. Bisogna specificare, però, che la campagna di raccolta dati, oltre ad essere limitata nel tempo, è stata anche circoscritta alla commessa di pochi tipi di filtri. Ne consegue che non tutte le cause di fermo della linea sono state rilevate durante le due settimane dello storico, in parte perché alcune stazioni sono state utilizzate in misura minore rispetto alle altre, e in parte perché alcune di esse sono più o meno sensibili rispetto alla geometria, al peso e alla forma del filtro che si va a produrre.

Nelle prossime due tabelle si riportano le 5 principali cause di guasto. La prima si riferisce al numero di interventi per quel dato tipo di guasto nei 3071 minuti di storico, mentre la seconda riporta quei guasti che hanno prodotto un tempo totale di fermo maggiore nella linea. Questa è una analisi di massima delle criticità. Un'analisi più precisa e utile per definire il piano di manutenzione verrà svolta nel paragrafo dove si applicherà la metodologia FMECA.

Figura 3.4: cause principali di fermo

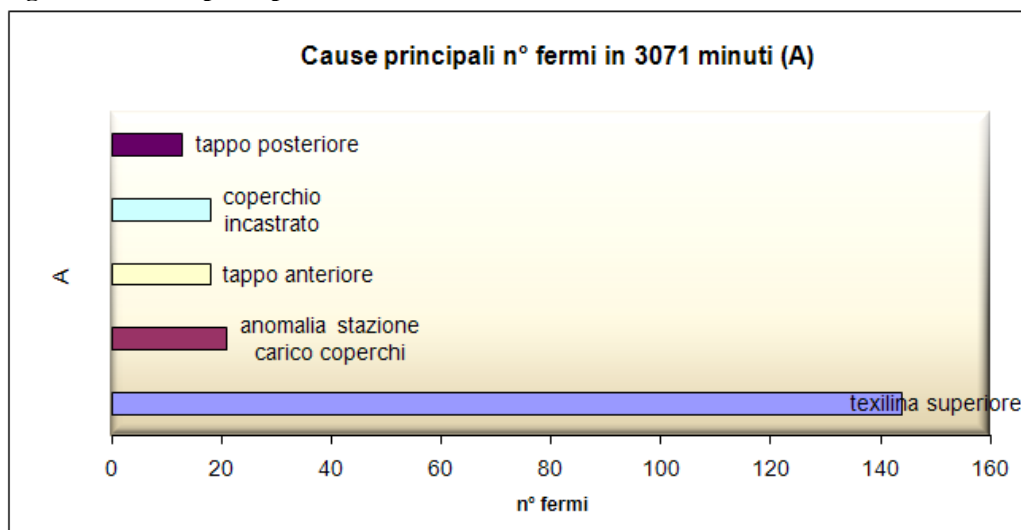
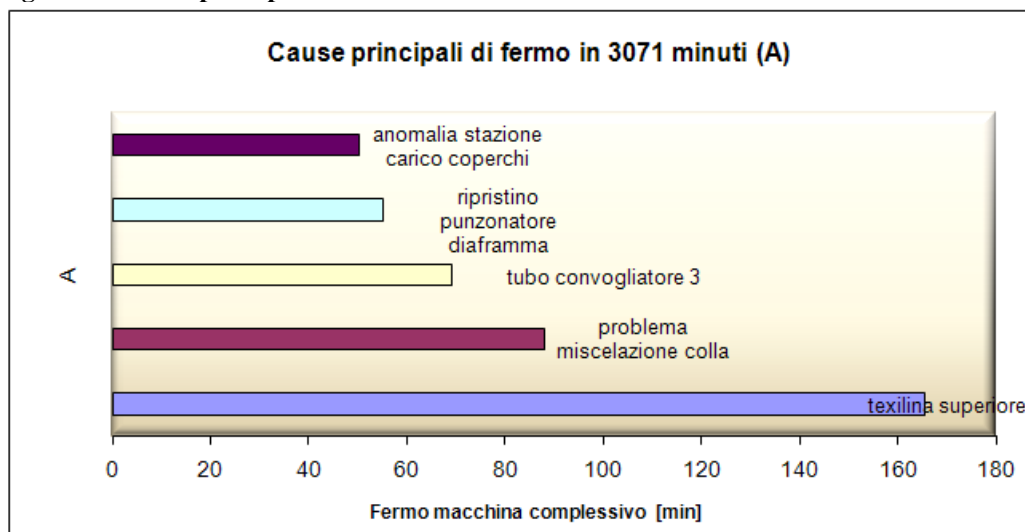


Figura 3.5: cause principali di fermo



3.4 - Analisi dati

Si osserva che tra tutte le principali criticità osservate ve ne è una nettamente più significativa delle altre. Si tratta della stazione di tranciatura della texilina superiore che è la causa di guasto che contemporaneamente produce più micro fermate e che sottrae più tempo alla produzione, limitando notevolmente la disponibilità della linea. La stazione di tranciatura della texilina presenta due problemi: uno progettuale, che verrà discusso più avanti nella trattazione, e uno dovuto all'usura della superficie di taglio del punzone di tranciatura. Se il profilo di taglio si arrotonda eccessivamente il disco di texilina non si separerà completamente dal nastro, ma rimarranno dei minuscoli filamenti di texilina a tenere unite le due parti. In questo caso il tubo di aspirazione farà fatica a trattenere il disco e a trasportarlo fino al filtro da assemblare. Il sensore si accorgerà della mancanza del disco di texilina sul tubo di aspirazione e fermerà il ciclo di assemblaggio con i problemi conseguenti già esposti.

Il problema della stazione di tranciatura è stato così evidente sin dai primi giorni, da richiedere un'immediata azione di manutenzione: la trancia superiore è stata smontata dalla macchina e portata a rettificare in modo da riportare lo spigolo vivo e perfettamente tagliente. Questo intervento permette anche di apprezzare e di comprendere l'efficacia di un'adeguata politica di manutenzione. Come si può vedere in tabella, infatti, se prima della rettifica la trancia presentava un fermo più o meno ogni 15 minuti, dopo la rettifica i fermi avvenivano solamente ogni 85 minuti circa, con notevole beneficio per la disponibilità della macchina.

Tabella 3.2: frequenza dei fermi della texilina prima e dopo l'intervento di rettifica

	n° fermi	T tot. di lavorazione [min]	frequenza [min/fermo]
prima	132	2042	15,47
dopo	12	1029	85,75

Sebbene il numero di fermi per questa stazione sia notevolmente diminuito, sono comunque elevati in assoluto, questo perché rimane, come già detto, un secondo problema legato alla progettazione della stazione che verrà risolto solo successivamente. Il beneficio di quest'azione di manutenzione è ancora più evidente se si osserva l'andamento della disponibilità negli 11 giorni di registrazione. La rettifica della trancia è avvenuta durante la pausa pranzo dell'ottavo giorno, ed infatti, da quel momento in poi, si è sempre raggiunta una disponibilità maggiore dell'80%, circostanza che solamente una volta si era verificata nei primi 8 giorni.

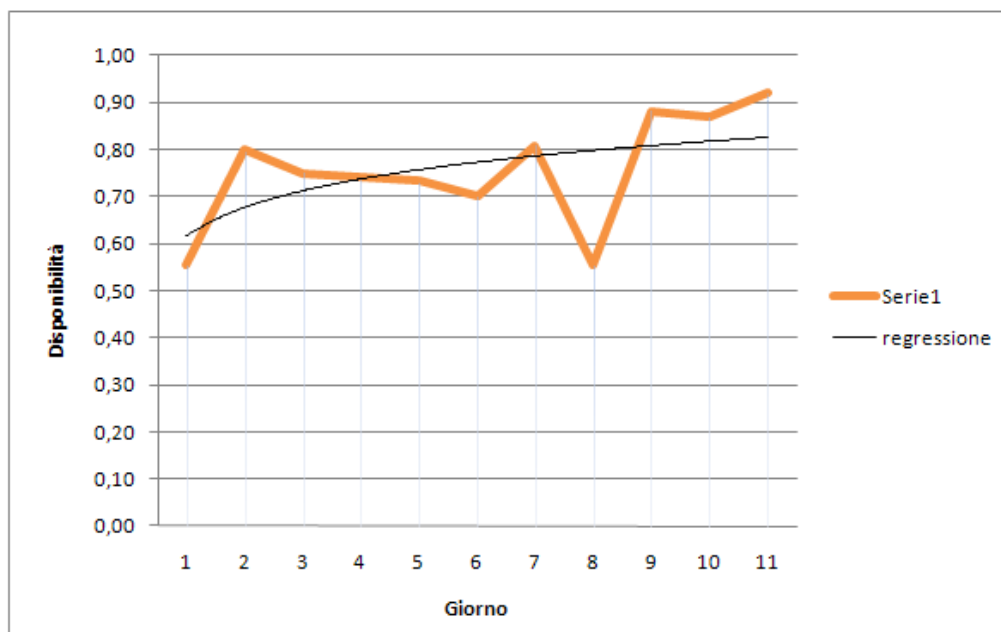


Figura 3.6: andamento della disponibilità negli 11 giorni di storico dei fermi

Una disponibilità dell'80% è comunque ritenuta troppo bassa per una linea di assemblaggio di questo genere.

Si analizzano ora le altre criticità della linea rilevate, ricordando ancora una volta che altre criticità verranno individuate successivamente durante i mesi di stage e che, di volta in volta, sarà proposta una soluzione per ognuna di esse.

Per quanto riguarda il tempo totale di fermo le altre cause, esclusa la texilina, sono il blocco del tubo convogliatore della tramoggia numero tre,

l'indispensabile pulizia della pistola della stazione di dosatura colla, il ripristino del punzone del diaframma e la stazione di carico coperchi. Per le prime due, ossia il tubo convogliatore per il carico del carbone e il punzone per la deformazione del diaframma, la causa è simile e si tratta dell'usura inevitabile di organi meccanici che strisciano tra loro. La pulizia della pistola della colla è invece necessaria per eliminare le incrostazioni che si formano all'interno dei circuiti. L'ultima anomalia riscontrata risiede nella stazione di carico coperchi. Il problema qui è progettuale, il sensore non riconosce la presenza del filtro sulla linea e quindi non procede nel mettere il coperchio. La soluzione dell'anomalia non verrà esposta adesso, ma verrà ripresa successivamente in un paragrafo interamente ad essa dedicata.

Per quanto riguarda il numero di fermi, invece, oltre alla stazione di texilina e l'anomalia della stazione di carico coperchi presenti anche nella precedente classificazione, ci sono le due stazioni di carico tappi, dove frequentemente i tappi si incastrano lungo la guida che li porta dal vibratore al filtro. Il problema può essere risolto, come vedremo, con una riprogettazione del canale che adesso appare svergolato e contorto, e anche con un migliore controllo della qualità del tappo stesso che spesso presenta bave eccessive che possono favorire il fenomeno. Discorso analogo si può fare per la quarta causa di guasto, ovvero i coperchi che si incastrano sul canale inclinato.

Si nota come tutti i problemi riscontrati possano essere divisi in tre classi: una quella meno importante per il lavoro di manutenzione che si vuole fare, comprende come causa di guasto la scarsa qualità dei componenti di assemblaggio, la seconda classe comprende i guasti dovuti al degrado fisico di un soggetto della linea e la terza classe comprende tutti quei difetti intrinseci della macchina dovuti ad una progettazione non ottimale o comunque troppo sensibile a qualsiasi variazione delle condizioni.

3.5 – Analisi FMECA

Si procederà ora facendo un'analisi FMECA, una metodologia utile per l'analisi delle modalità di guasto di un'entità complessa, per l'identificazione dei suoi elementi critici dal punto di vista affidabilistico e la definizione ragionata del piano di manutenzione a partire dai componenti critici. Sostanzialmente si basa su due principi fondamentali: la scomposizione dell'entità in sottogruppi a complessità decrescente e la valutazione della criticità del singolo componente determinando così modo, causa ed effetto del guasto.

Alla fine di questo processo di analisi si ottiene un validissimo ausilio per la scelta delle opportune azioni di progettazione, pianificazione e miglioramento della manutenzione.

Anche la metodologia FMECA si basa sullo storico dei guasti della macchina e, più lo storico è accurato e prolungato nel tempo, più l'analisi darà dei risultati precisi ed utili.

3.5.1 - Scomposizione dell'entità

Si procede alla scomposizione della linea nei gruppi funzionali che risultano essere più critici per la disponibilità. I gruppi funzionali di partenza nel nostro caso corrispondono alle stazioni della linea con l'aggiunta di altri tre gruppi funzionali di trasporto (nastro di trasporto, trasporto nastro-tavola, trasporto tavola-culla) che, pur non agendo direttamente nell'assemblaggio del filtro, hanno comunque una rilevanza dal punto di vista affidabilistico della linea.

Facendo un'analisi di Pareto comprendente tutti i gruppi funzionali si riescono ad individuare quei gruppi che hanno una criticità maggiore e che, quindi, conviene suddividere ulteriormente per un'analisi più approfondita. L'analisi di Pareto può essere basata su diversi indicatori (MDT, MTBF, ecc.). In questo caso si è scelto il tempo totale di fermo dovuto agli interventi di manutenzione sul singolo gruppo funzionale.

In tabella vengono riportati i tempi di fermo dei gruppi funzionali e nel grafico l'analisi secondo Pareto. I tempi di fermo totali sono stati depurati dai tempi di guasto dovuti ad errori degli operatori della linea, poiché non riguardano l'affidabilità meccanica della macchina.

Tabella 3.3: tempo totale di fermo per ogni gruppo funzionale

Gruppi funzionali	Tempo totale fermo in 3071 minuti [min]
tranciatura texilina sup.	169,66
dosatura colla	124
carico polveri 3	90,66
carico diaframma	72,33
carico coperchio	68,33
sistema nastro di trasporto	41,32
tappi	34,99
collaudo	28,66
tranciatura texilina inf.	27
trasporto tavola-culla	4,66
carico corpi	3,99
trasporto nastro-tavola	2,66
sigilli	1,98
carico polveri 2	0,66
saldatura	0
carico polveri 1	0
chiusura coperchio	0
etichettatura	0
scarto	0

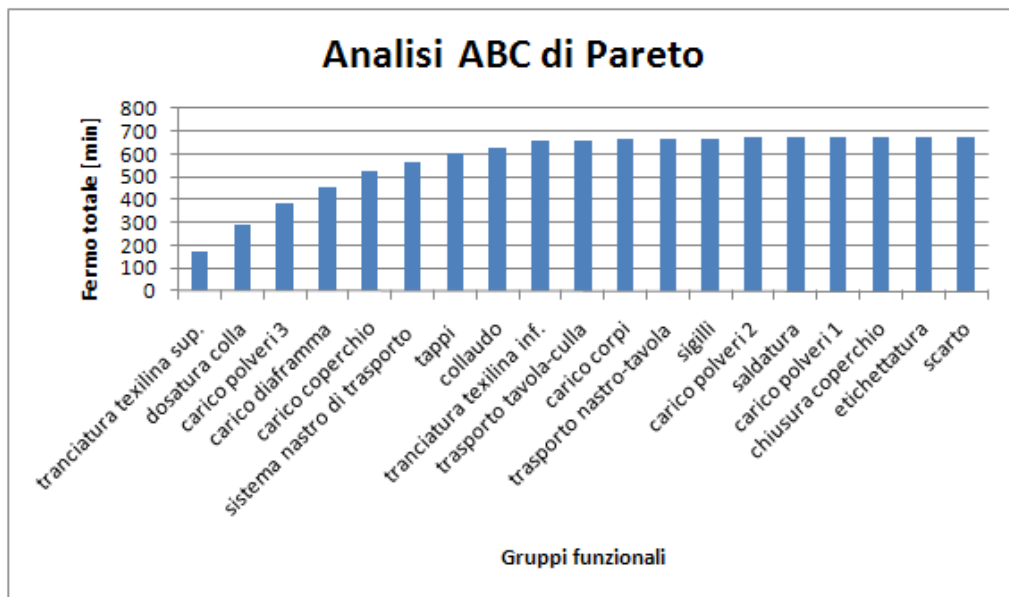


Figura 3.7: analisi ABC di Pareto

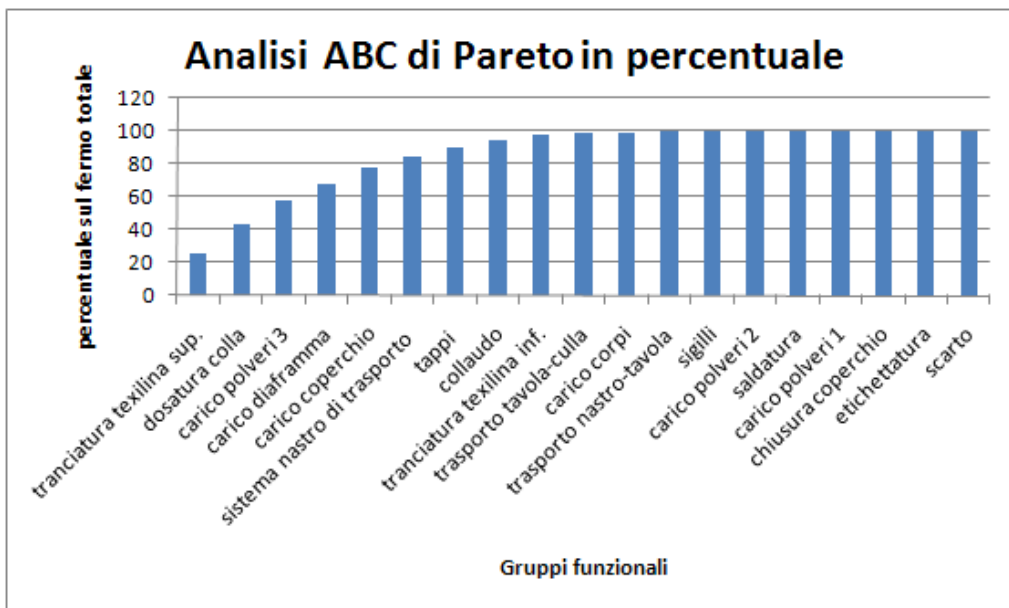


Figura 3.8: analisi ABC di Pareto in percentuale

Le 5 stazioni più significative risultano: la stazione di tranciatura della texilina superiore, la stazione di dosatura della colla, la stazione di carico polveri, la stazione di carico diaframma e la stazione di carico coperchi. Da sole queste stazioni coprono l'80% dell'intero downtime della linea registrato nei 3071 minuti di storico.

Si procederà ora suddividendo queste 5 stazioni secondo un ulteriore criterio basato sulla scomposizione delle entità in funzione dei compiti di supporto logistico che sono affidati alla manutenzione. Ovvero si scomporranno i gruppi funzionali individuati fino ad arrivare ai singoli componenti o item solitamente riparati o sostituiti nei normali interventi di manutenzione. Esistono più logiche di scomposizione, in questo caso si userà la logica combinata, ovvero si applicheranno logiche di scomposizioni strutturali e funzionali contemporaneamente. I gruppi funzionali verranno quindi divisi in sottoassiemi e successivamente, secondo una logica strutturale, nei componenti in cui è possibile il verificarsi di un guasto.

Tabella 3.4: scomposizione dei gruppi funzionali fino al livello di componente

livello 1	gruppo funzionale	sottoassieme	componente
Linea AFS	Stazione tranciatura texilina	controllo	sensore attuatori
			sensore presenza texilina
		gruppo tagliente	punzione-matrice
			colonne centraggio
			supporto matrice
		sistema pneumatico	tubo aria
			valvola
			braccio meccanico
		sistema aspirazione	tubo di convogliamento
			venturi
			pistoncino
			piattello
	stazione dosatura cola	tavola rotante	motore
			cinghia
			pinza di bloccaggio
		gruppo iniezione	pompa
			pistola
			tubi
	movimentazione pistola	attuatore	
	carico carbone	aspirazione	pompa
			filtri
			tubo aspirazione
		gruppo serbatoi	tramogge
			valvole di passaggio
			cassetto di dosaggio
		gruppo collegamento	tubo convogliatore
			spirale interna
slitta			
controllo		sensore livello tramoggia	
	sensore di fine corsa		
carico coperchi	alimentazione	vibratore	
		pista inclinata	
	carico	braccio meccanico	
		pinza	
			sensore fine corsa

		controllo	ammortizzatore fine corsa	
			sensore attuatore	
			sensore presenza filtro	
	carico diaframma	alimentazione		colonna carico
				sensore fotoelettrico
		circuitto aria		valvola
				valvola scarico rapido
				tubi
		trasporto		pistoncini di distacco
				braccio meccanico
				punzone di deformazione
				punzone carico

3.5.2 - Individuazione dei modi, dei meccanismi, delle cause e degli effetti di guasto

Obiettivo di questa fase dello studio FMECA è individuare i modi, i meccanismi, le cause e gli effetti del guasto. Con modo di guasto si definisce il modo in cui si manifesta il guasto, il meccanismo, invece, indica il fenomeno naturale di degrado del funzionamento di un'entità che, perdurando nel tempo, può portare al guasto della stessa. Le possibili cause possono essere: una non adeguata progettazione, non adeguata fabbricazione, non adeguata installazione, usura, uso improprio ed errata manutenzione. Infine l'effetto definisce la conseguenza che un modo di guasto ha sulla funzionalità di un'entità.

Dei componenti individuati nel paragrafo precedente vengono presentati in tabella i modi, le cause, i meccanismi e gli effetti di guasto. Non è stato possibile svolgere questo lavoro per tutti i componenti, poiché alcuni non hanno mai presentato un guasto.

Tabella 3.5: modi, cause ed effetto di guasto per ogni componente individuato dalla scomposizione

componente	modo di guasto	cause e meccanismi di guasto	effetto di guasto
sensore attuatori			
sensore presenza texilina	braccio meccanico fermo	installazione, sporco	mancata produzione
punzone-matrice	il tubo non aspira la texilina	usura	mancata produzione
colonne centraggio			
supporto matrice			
tubo aria			
valvola			
braccio meccanico			
tubo di convogliamento			
venturi			
pistoncino	il tubo non aspira la texilina	deformazione stelo, difetto di progetto	mancata produzione
piattello			

motore			
cinghia			
pinza di bloccaggio	Il filtro non viene afferrato	sporco	mancata produzione
pompa	la colla non esce completamente	usura guarnizioni, sporco	mancata produzione
pistola	qualità colla non accettabile	sporco	mancata prod. e scarti
tubi			
attuatore			
molle di richiamo			
pompa			
filtri			
tubo aspirazione			
tramogge			
valvole di passaggio	mancato passaggio di carbone	rottura	mancata produzione
cassetto di dosaggio	cassetto si muove lentamente	sporco	mancata produzione
tubo convogliatore	movimento irregolare	usura	mancata produzione
spirale interna			
slitta			
sensore livello tramoggia	anomalia aspirazione carbone	installazione, sporco	mancata produzione
sensore di fine corsa			
vibratore			
pista inclinata	coperchio incastrato	deformazione guida	mancata produzione
braccio meccanico			
pinza			
sensore fine corsa			
ammortizzatore fine corsa	coperchio inserito male	regolazione, usura	mancata produzione
sensore attuatore			
sensore presenza filtro	pinza non inserisce il coperchio	regolazione difficile, difetto di progetto	mancata produzione
colonna carico			
sensore fotoelettrico			
valvola			
valvola scarico rapido	funzionamento irregolare	rottura	mancata produzione
tubi			
pistoncini di distacco	blocco stazione	difetto di progetto	mancata produzione
braccio meccanico			
punzone di deformazione	mancata qualità filtro	usura	Produzione scarti
punzone carico			

3.5.3 - Analisi di criticità

L'analisi precedente su modi, cause ed effetti di guasto, insieme a considerazioni sui possibili sintomi che possono aiutare nella diagnosi del guasto, è utile per la determinazione di un indice di rischio per ogni

componente. I sintomi di guasto verranno trattati nei prossimi capitoli, interamente dedicati ai guasti più critici.

L'indice di rischio (Risk Priority Number) è calcolato come il prodotto di tre indici:

- O è il fattore che misura l'occurrence, cioè la probabilità di accadimento stimata per il guasto;
- S è il fattore che misura la severity, cioè la gravità degli effetti del guasto;
- D è il fattore che misura la detectability, cioè la facilità con cui il guasto può essere rilevato in anticipo mediante la diagnosi di un sintomo.

Per la determinazione dei singoli fattori esistono delle tabelle normate. Per quanto riguarda il fattore O (probabilità di accadimento) si farà riferimento ad una tabella in cui il valore varia in base al numero di interventi effettuati all'interno di un periodo di ore di produzione. Maggiore sarà il valore di O maggiore sarà la probabilità che quel guasto si verifichi.

Tabella 3.6: scala per valutazione del fattore O in un'analisi FMECA (fonte SAE)

Occurrence as Possible Number of Failures within Hours of Operation	Ranking
1 in 1	10
1 in 8	9
1 in 24	8
1 in 80	7
1 in 350	6
1 in 1000	5
1 in 2500	4
1 in 5000	3
1 in 10000	2
1 in 25000	1

Per la determinazione dell'indice di severità si farà invece riferimento alla tabella dove il valore varia con il MDT.

Tabella 3.7: scala per valutazione del fattore S in un'analisi FMECA (fonte SAE)

EFFECT	CRITERIA (SEVERITY OF EFFECT)	RANKING
Hazardous (without warning)	Affects operator, plant or maintenance personnel, safety and / or affects non compliance with government regulations, without warning	10
Hazardous (with warning)	Affects operator, plant or maintenance personnel, safety and / or affects non compliance with government regulations, with warning	9
Very high	Downtime more than 8 hours or the production of defective parts for more than 4 hours	8
High	Downtime between 4 and 8 hours or the production of defective parts for more than 4 hours	7
Moderate	Downtime between 1 and 4 hours or the production of defective parts between 1 and 2 hours	6
Low	Downtime between 30 minutes and 1 hour or the production of defective parts up to 1 hour	5
Very Low	Downtime between 10 and 30 minutes but no production of defective parts	4
Minor	Downtime up to 10 minutes but no production of defective parts	3
Very Minor	Process parameter variability not within specification limits. Adjustments or other process controls need to be taken during production. No down time and no production of defective parts	2
None	Process parameter variability within specification limits. Adjustments or other process controls can be done during normal maintenance	1

Infine per la valutazione del valore D di detectability si userà la tabella.

Tabella 3.8: scala per valutazione del fattore D in un'analisi FMECA (fonte SAE)

DETECTION	CRITERIA (likelihood of DETECTION BY DESIGN CONTROL)	RANKING
Almost impossible	Design or machinery controls cannot detect a potential cause and subsequent failure or there are no design or machinery controls.	10
Very Remote	Very remote chance that design or machinery controls will detect a potential cause and subsequent failure mode.	9
Remote	Remote chance that design or machinery controls will detect a potential cause and subsequent failure mode. Machinery control will provide indication of failure.	8
Very Low	Design or machinery controls do not prevent the failure from occurring. Machinery control will isolate the cause and subsequent failure after the failure has occurred.	7
Low	Low chance that design or machinery controls will detect a potential cause and subsequent failure mode. Machinery control will provide an indicator of imminent failure.	6
Moderate	Medium chance design controls will detect a potential cause and subsequent failure mode. Machinery control will prevent imminent failure.	5
Moderately High	Moderately high chance design controls will detect a potential cause and subsequent failure mode. Machinery control will prevent imminent failure.	4
High	High chance that design controls will detect a potential cause and subsequent failure mode. Machinery control will prevent imminent failure and isolate the cause.	3
Very High	Very high chance that design controls will detect a potential cause and subsequent failure mode. Machinery controls may not be required.	2
Almost Certain	Design controls almost certain to detect a potential cause and subsequent failure mode. Machinery controls not required.	1

Per la determinazione dei numero di guasti e il MDT, necessari per valutare i valori di O e S, si utilizzerà naturalmente lo storico dei guasti.

Bisogna sottolineare che due guasti molto frequenti nella stazione di tranciatura della texilina, ovvero il non corretto funzionamento della trancia a causa dell'usura e il mal funzionamento del pistoncino che aziona il piattello, si manifestano nello stesso modo: il disco di carta non viene aspirato dal tubo di trasporto. Questo vuol dire che, tranne rare situazioni, è difficile stabilire

esattamente quali e quanti guasti siano attribuibili a ciascuna delle due cause. Per fortuna avere rettificato la trancia durante gli undici giorni ci permette di poter stabilire una proporzione tra il numero di guasti attribuiti a ciascuna delle due cause. Ovviamente ciò è possibile solo supponendo che dopo la rettifica non si siano più verificati guasti dovuti all'usura.

Nella tabella sono riportati i diversi valori di indice di rischio (RPN) calcolati. Si sono omesse volutamente tutte le righe della tabella che si riferiscono ai componenti della scomposizione che non hanno subito fermi. Per questi componenti, infatti, si avrebbero valori nulli in tutte le celle.

Tabella 3.9: valutazione dell'indice di rischio RPN in un'analisi FMECA

Gruppo funzionale	componente	N° guasti	Fermo totale	MDT	O	S	D	RPN
stazione texilina	sensore presenza texilina	1	4	4,00	3	3	2	18
	punzone-matrice	103	128	1,24	7	3	5	105
	pistoncino	41	37,66	0,92	6	3	6	108
Stazione dosatura colla	pinza di bloccaggio	1	17	17,00	3	4	2	24
	pompa colla	7	19	2,71	5	3	5	75
	pistola colla	1	88	88,00	3	6	5	90
Stazione carico polveri	valvole di passaggio	1	10	10,00	3	3	10	90
	cassetto di dosaggio	1	9	9,00	3	3	3	27
	tubo convogliatore	1	69	69,00	3	6	4	72
	sensore livello tramoggia	4	2,66	0,67	5	3	3	45
stazione carico coperchi	pista inclinata	18	12	0,67	6	3	2	36
	ammortizzatore fine corsa	9	6	0,67	6	3	2	36
	sensore presenza filtro	21	50,33	2,40	6	3	3	54
stazione carico diaframma	valvola scarico rapido	1	3	3,00	3	3	3	27
	pistoncini di distacco	4	14,33	3,58	5	3	4	60
	punzone di deformazione	1	55	55,00	3	5	5	75

Nell'ultima colonna della tabella si sono evidenziati tutti quei componenti che presentano un indice di rischio superiore all'indice di soglia scelto. In questo caso l'indice di soglia è stato posto uguale a 50 (RPN=50). I componenti che hanno un RPN minore di 50, quindi, non rappresentano una criticità della linea. Allo stesso modo i componenti che presentano un RPN maggiore hanno anche una maggiore incidenza sull'affidabilità della macchina.

L'esatta scelta dell'indice di soglia e, di conseguenza, dei componenti critici è confermata dall'ulteriore analisi di Pareto riferita alla cumulata degli RPN di tutti i componenti selezionati. Si vede infatti nella figura seguente che i componenti critici ricoprono circa il 78% della cumulata degli RPN.

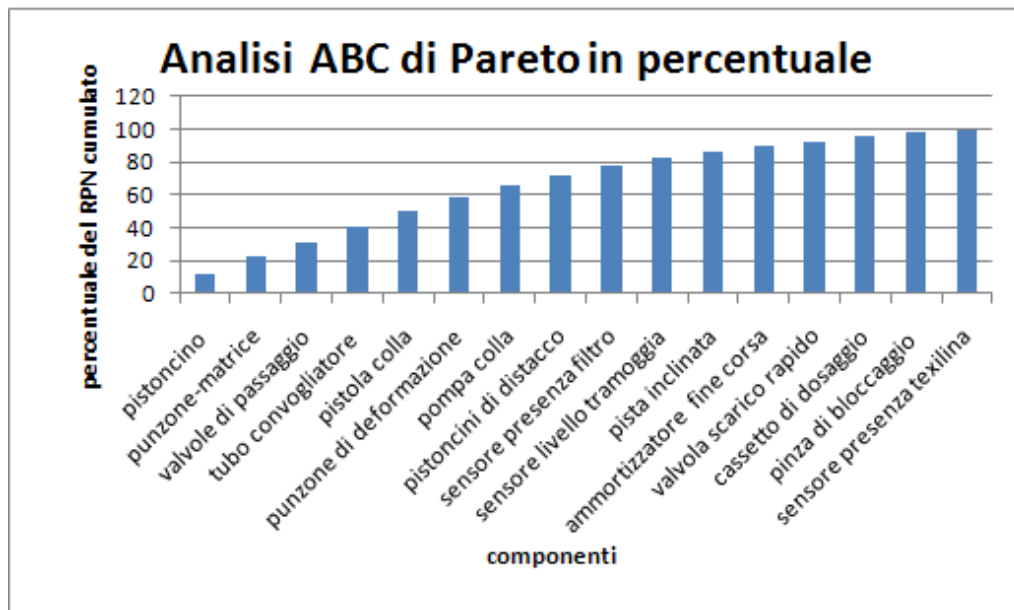


Figura 3.9: analisi ABC di Pareto in percentuale

3.5.4 - Individuazione della azioni correttive e pianificazione della manutenzione

In questa fase vi è la parte propositiva dell'analisi. Per ogni criticità rilevata vengono individuate le azioni correttive al difetto progettuale, prevenire o limitare l'effetto del guasto. Le azioni correttive sono da scegliere tra: provvedimenti a carattere non periodico di manutenzione migliorativa, modifiche a procedure ed interventi di manutenzione previsti dal piano, e modifiche alle procedure di gestione dei ricambi di manutenzione.

Le criticità riscontrate possono essere divise in due categorie: la prima contiene le criticità che hanno come causa di guasto l'usura o lo sporco, la seconda quelle che hanno come causa una errata progettazione. Nella prima causa rientrano l'usura delle trince, l'usura dei punzoni di deformazione della stazione di carico diaframma, il tubo convogliatore della stazione di carico polveri, la pistola e la pompa della stazione della colla; nella seconda il pistoncino della trancia, il sensore di presenza coperchio e i pistoncini di distacco nella stazione di carico diaframma.

Per la prima categoria di guasti si sceglie pertanto di potenziare il piano di manutenzione con degli interventi periodici di diagnosi del degrado fisico del componente e del suo stato di pulizia. In particolare si suggerisce anche l'acquisto di ricambi modulari che permettano una sostituzione veloce del componente, per poi effettuare qualunque intervento di riparazione durante la regolare marcia della linea.

Il tubo convogliatore in acciaio inox è il componente di ricambio che ha il costo maggiore tra tutti quelli di cui si suggerisce l'acquisto. Il suo valore è

approssimativamente compreso tra i 1500€ e i 2000€. Si specifica che, pur essendo tre le stazioni di carico polveri di carbone, è sufficiente un solo tubo di ricambio da far girare periodicamente su tutte e tre le stazioni. Considerando un profitto medio per filtro di circa 5€ (varia molto in base al tipo di filtro) e un tempo ciclo intorno ai 7,5 secondi, si calcola che, anche solo un'ora di mancata produzione, costa all'azienda più dell'acquisto della parte di ricambio.

$$(3600/7,5)\text{pz/h} * 5\text{€/pz} = 2400 \text{ €/h}$$

L'investimento d'acquisto è quindi velocemente ripagabile nel tempo, soprattutto se si considera che il tempo di riparazione (tab.) è superiore all'ora.

Analoghe valutazioni economiche possono essere fatte anche per gli altri 4 componenti ottenendo lo stesso risultato. Si sottolinea che l'acquisto del ricambio si dimostra ancora più conveniente per la pistola di dosatura della colla e il punzone di deformazione diaframma. Infatti, nel caso di malfunzionamento di questi due entità, vi è la possibilità di produrre scarti e, quindi, oltre al mancato profitto, vi sono dei costi aggiuntivi dovuti ai materiali di assemblaggio non riutilizzabili.

Una politica migliorativa, invece, viene consigliata a tutti i componenti appartenenti alla seconda categoria. Le varie soluzioni verranno ampiamente discusse nel quinto capitolo.

Vi è un ultimo componente critico individuato dall'analisi FMECA che non rientra in nessuna delle due categorie trattate. Si tratta della valvola che regola il passaggio delle polveri di carbone tra due tramogge. Si vede dalla tabella che il componente ha un alto valore di RPN a causa della non rilevabilità anticipata del guasto, mentre presenta una bassa frequenza di guasto e un basso downtime. Per questo componente si consiglia di continuare con la politica correttiva stabilita, essendo esso un componente generico il cui ricambio è sempre disponibile in azienda e il tempo di sostituzione abbastanza breve.

In conclusione si riportano in tabella le varie politiche adottate per i componenti critici individuati dall'analisi FMECA.

Tabella 3.10: politica di manutenzione per ogni componente critico

Componente critico	Politica manutentiva
punzione-matrice	diagnosi frequenti, acquisto ricambio
pistoncino	manutenzione migliorativa
pompa colla	diagnosi frequenti, acquisto ricambio
pistola colla	diagnosi frequenti, acquisto ricambio
valvole di passaggio	manutenzione correttiva
tubo convogliatore	diagnosi frequenti, acquisto ricambio
sensore presenza filtro	manutenzione migliorativa
pistoncini di distacco	manutenzione migliorativa
punzione di deformazione	diagnosi frequenti, acquisto ricambio

CAPITOLO 4

RICAMBI CRITICI

4.1 - Introduzione

Si riprendono in questo capitolo quei concetti di politica manutentiva brevemente esposti nell'ultimo paragrafo del capitolo precedente, Si approfondirà, inoltre, la descrizione dei ricambi critici di cui si è consigliato l'acquisto.

E' noto come, per una corretta gestione di una qualsiasi entità, sia necessaria una politica di manutenzione valida, che vada ad allungarne la vita fisica e ne aumenti la disponibilità.

Esistono diverse politiche di manutenzione:

- Correttiva. La manutenzione viene effettuata a seguito della rilevazione di un'avaria ed è volta a riportare un'entità nello stato in cui essa possa eseguire la funzione richiesta.
- Preventiva. La manutenzione viene eseguita a intervalli predeterminati di tempo o in accordo a criteri prescritti ed è volta a ridurre la probabilità di guasto o la degradazione del funzionamento di un'entità.
- Migliorativa. E' l'insieme delle azioni di miglioramento o piccola modifica intraprese volutamente allo scopo di migliorare l'affidabilità e la manutenibilità dell'entità, mediante l'eliminazione delle cause di guasti sistematici e/o riduzione della probabilità di comparsa di altri guasti (con interventi che non alterano il valore patrimoniale dell'entità e la destinazione d'uso).

La manutenzione preventiva si suddivide in ciclica, secondo condizione o predittiva. La prima viene eseguita in modo periodico su base temporale; la seconda è subordinata al raggiungimento di un valore limite predeterminato di un segnale debole e la terza è effettuata a seguito della misurazione di uno o più parametri e dell'extrapolazione del tempo residuo prima del guasto secondo i modelli appropriati.

Una politica manutentiva non esclude l'altra, anzi, lo scopo dell'ingegneria di manutenzione è, appunto, quello di trovare il giusto mix tra le varie

possibilità. Senza approfondire troppo l'argomento si può dire che, per ogni componente che costituisce l'entità, la scelta della politica appropriata è fatta in base a considerazioni sul valore del guasto e la sua frequenza. La figura 4.1 chiarisce bene come l'aumentare di questi due fattori (il valore del guasto e la frequenza) spostino la scelta da una manutenzione correttiva ad una migliorativa.

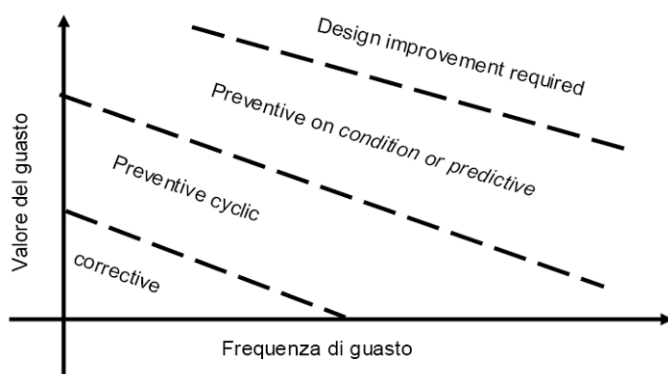


Figura 4. 1: diaframma per la scelta della politica manutentiva

In base ai dati raccolti ed esposti nel capitolo precedente, si è deciso di affiancare alla manutenzione correttiva, ovviamente già presente alla Spasciani, una politica preventiva per quei componenti che vanno incontro ad un degrado fisico rilevabile e la cui sostituzione o riparazione in officina richiederebbe dei tempi di fermo elevati, e una politica migliorativa per quei difetti intrinseci e sistemici della linea.

Disporre immediatamente delle parti di ricambio necessarie consente, infatti, di ridurre al minimo i tempi di fermata dovuti ai guasti (MDT, mean down time) ed agli interventi di manutenzione pianificata (MTAR), in quanto viene eliminato il tempo attivo di riparazione in officina. La riparazione del componente avviene, infatti, in un tempo nascosto, ovvero mentre la linea è in funzione con un conseguente beneficio sulla disponibilità.

Esiste una classificazione dei materiali di ricambio. La figura 4.3 mostra le differenze tra le quattro classi. Si va da materiali ausiliari come lubrificanti e tute, utili in qualunque azienda, a materiali assolutamente specifici per quella particolare linea di produzione.

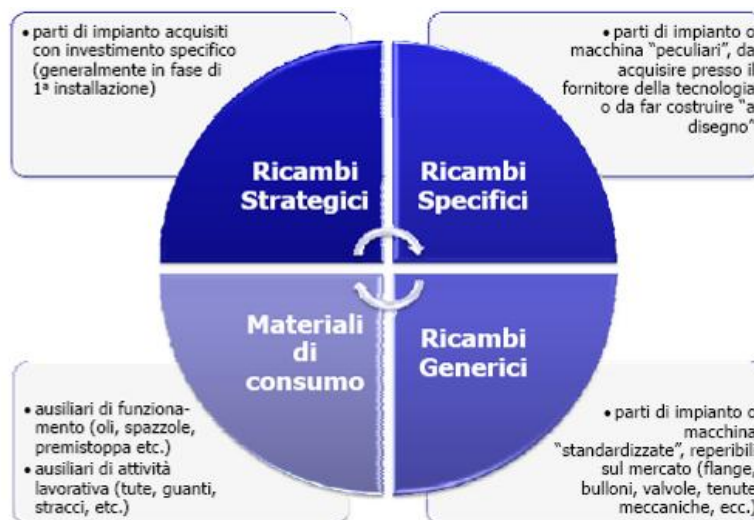


Figura 4.2: classi di divisione dei materiali di ricambio

Nel magazzino della ditta Spasciani sono presenti tutti i materiali di consumo e ricambi generici (sensori, valvole e tubi) necessari a garantire un corretto funzionamento della macchina, conviene invece andare ad ampliare la classe di ricambi specifici.

Nelle prossime sezioni del capitolo corrente si farà, quindi, una descrizione dei componenti della linea per cui conviene procurarsi un ricambio specifico e stabilire una politica preventiva. Nel prossimo capitolo, invece, si vedranno diverse modifiche migliorative effettuate sulla macchina.

4.2 - Tubo convogliatore stazione carico polveri

Si è già accennato nel capitolo di descrizione della linea (capitolo 2) alla presenza di un tubo convogliatore che funge da collegamento tra il cassetto dosatore e il filtro posto nel pallet nelle tre stazioni di carico polveri di carbone. In realtà questo organo di collegamento è formato da due tubi distinti in acciaio inox che scorrono parzialmente l'uno dentro l'altro. In particolare quello superiore è fermo ed è bloccato tramite giunzioni bullonate al contenitore del cassetto dosatore e ad un elemento verticale di sostegno della stazione, l'altro tubo convogliatore, invece, è di diametro più grande e al suo interno si inserisce il tubo precedente. L'estremo inferiore del tubo esterno è fissato tramite una piastra scorrevole sull'elemento di sostegno.

L'attuatore che muove la piastra scorrevole è regolato dal PLC della linea in modo tale da far abbassare il tubo inferiore non appena il filtro da assemblare è in posizione corretta sul nastro, e da farlo alzare quando l'operazione di carico delle polveri è terminata. A questo punto il nastro

trasportatore pallet è libero di muoversi e trasportare un altro filtro in posizione.



Figura 4. 3: tubo convogliatore della stazione carico polveri

Si intuisce, quindi, che questo movimento del tubo col tempo porta ad usura e ad una deformazione tale da compromettere il suo corretto funzionamento. Il tubo infatti tende in principio a rallentare il suo moto, per poi finire col gripparsi e bloccarsi. Questo fenomeno è accentuato dalla geometria del tubo inferiore che, essendo abbastanza lungo e stretto, tende probabilmente a sbilanciarsi e i due tubi, quindi, non risultano più coassiali. Questa non coassialità è confermata dalla forma della sezione dei tubi che tendono ad ovalizzare in modo macroscopico. La non perfetta coassialità è dovuta, probabilmente, anche ad un eccessivo gioco fra i diametri, che consente ai tubi un'inclinazione reciproca, e ad una piccola imprecisione nella costruzione o montaggio della stazione.

La deformazione del tubo di convogliamento, inoltre, appare più evidente nella terza stazione rispetto alle prime due, forse perché qui l'imprecisione nella costruzione è stata maggiore.

Un altro elemento di disturbo potrebbe essere la presenza di grossi granelli di carbone che si vanno ad incastrare tra le due superfici di scorrimento.

Fortunatamente il procedere di questo fenomeno è diagnosticabile sia visivamente per il moto irregolare del tubo sia per un possibile, leggero aumento del tempo di risalita del tubo valutabile grazie al PLC della linea.

Una volta diagnosticato il fenomeno, i tubi devono essere smontati dalla linea e portati in officina dove vengono lucidate le superfici di scorrimento

cercando di riportare circolare la sezione. Questo tempo attivo di riparazione risulta abbastanza elevato, nell'ordine di almeno una o due ore di lavoro del manutentore.

Per i discorsi precedentemente fatti conviene quindi procurarsi un tubo convogliatore di scorta, logicamente uno di 80 mm di diametro per i filtri più piccoli e un di 100 mm per quelli più grandi. In questo modo per ogni formato di filtro si hanno a disposizione quattro tubi da suddividere su tre stazioni distinte. Basta un solo tubo di scorta, poiché la probabilità che due tubi arrivino contemporaneamente al limite di funzionalità è bassissima.

4.3 - Trance della texilina

Si è deciso di ricorrere all'acquisto di un ricambio anche per le trance della stazione di tranciatura della texilina. La trancia è una componente estremamente critica di questa linea di assemblaggio. Ricordando i dati raccolti ed esposti nel capitolo precedente, le trance della texilina sono risultate la prima causa di guasto in termini di numero di micro fermate e di tempo di fermo totale della macchina. Basti pensare che nei soli undici giorni di registrazione dei guasti (non tutti pienamente sfruttati per motivi diversi dai guasti), si sono contate circa 150 micro fermate con una stima del tempo totale di down time di circa 165 minuti su 3071 di produzione.

Come già accennato, il motivo dell'alto numero di micro fermate risiede in due problematiche differenti, una legata all'usura inevitabile a cui sono soggette sia la matrice che il punzone e un'altra di tipo progettuale che verrà discussa nel prossimo capitolo.

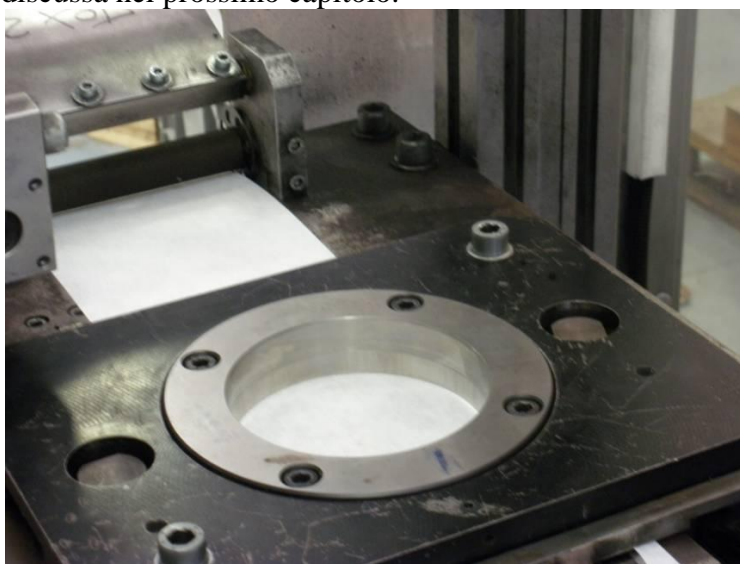


Figura 4. 4: trancia della texilina

Si è già spiegato il funzionamento generale della stazione, in questo paragrafo si ricorda solamente che il nastro di texilina viene tirato e fatto passare tra la matrice e il punzone. A questo punto il punzone, azionato pneumaticamente, viene fatto salire e trancerà una porzione di texilina. In figura 4.4 è visibile inoltre una piastra (ombrellino) sulla superficie superiore del punzone che, movimentata da un piccolo pistoncino centrale, aiuterà il manipolatore di carico a prelevare il disco di texilina.



Figura 4. 5: matrice e punzone della trancia della texilina

Seppure la trancia sia costituita da un acciaio temprato altamente resistente e duro, dopo molte migliaia di colpi, il profilo tagliente del punzone e lo spigolo interno ed inferiore della matrice risultano leggermente arrotondati. Questo fa sì che il disco di texilina, talvolta, non si distacchi completamente dal nastro di origine ma rimangano localmente dei filamenti di texilina non tranciati che impediscono al disco di sollevarsi quando risucchiati dal manipolatore di carico.

Il fenomeno di usura è facilmente riscontrabile al tatto sul profilo della trancia, ad esempio durante le operazioni di setup.

La riparazione dell'oggetto avviene mediante la rettifica della superficie superiore della trancia e di quella inferiore della matrice. Durante questo intervento viene eliminata la porzione di materiale ormai arrotondata e gli spigoli ritornano così ad essere vivi e taglienti. L'effetto di questa riparazione può essere facilmente osservabile dai dati raccolti nei primi undici giorni dello stage, infatti, l'ottavo giorno, quando la frequenza delle micro fermate dovute alla texilina era diventata insopportabile la trancia è stata rettificata e si è notato un netto miglioramento della situazione. Il numero di fermate si è abbassato di circa l'82% e, infatti, se prima della

riparazione la stazione si fermava per guasto ogni 15 minuti, dopo di questa la frequenza di fermata per guasto era di circa 85 minuti. I dati registrati sono riportati in tabella 4.1.

Tabella 4.1: frequenza dei fermi della texilina prima e dopo l'intervento di rettifica

	n° fermi	T tot. Di lavorazione	frequenza [min/fermo]
prima	132	2042	15,47
dopo	12	1029	85,75

L'operazione di rettifica non può avvenire nell'officina della Spasciani poiché essa non dispone di una macchina rettificatrice, quindi viene fatta all'esterno. Di conseguenza il TTR (Tempo Totale di Riparazione) si allunga enormemente, e in particolare si allunga il TRL (Tempo di Ritardo Logistico) che comprende quelle azioni necessarie a predisporre la riparazione, fra cui il trasporto della trancia alla ditta esterna.

Fortunatamente in questo caso è stato possibile far rettificare la trancia a cavallo dell'ora di pausa pranzo, senza quindi pesare eccessivamente sulla disponibilità della linea.

Avere una trancia di ricambio in magazzino permette, pertanto, al costo di poche centinaia di euro, di sostituire, una volta diagnosticata l'usura eccessiva con l'aumento delle micro fermate, la trancia non funzionante immediatamente, rimandando la lunga riparazione della trancia usurata. In questo modo si può ottenere un alto tasso di disponibilità delle due stazioni di tranciatura, poiché si mantiene un alto livello di efficienza delle trance con brevi sostituzioni periodiche.

Anche in questo caso le trance da tenere come ricambio in magazzino sono due, una del diametro di 80 mm e una del diametro di 100 mm.

4.4 – Pistola di dosatura della colla

La pistola usata per la dosatura della colla sulla tavola rotante è un componente critico della linea, non tanto per il degrado fisico dovuto all'usura, quanto per la pulizia dei suoi circuiti interni che deve essere tale da garantire alla colla le giuste caratteristiche.

Una pompa alimenta separatamente due elementi, il poliolo e l'isocianato, contenuti in due bidoni adiacenti alla linea.

I due elementi rimangono separati anche all'interno della pistola, solo all'interno del beccuccio di miscelazioni in plastica vengono costretti ad unirsi attraverso un percorso obbligato, formando così il collante.



Figura 4.6: pistola di dosatura della colla

In figura si vede solo la parte finale del beccuccio di miscelazione in plastica che si infila all'interno del filtro, poiché la restante parte è rivestita da un elemento di sostegno in ottone.

I fori di uscita dei due elementi sono molto vicini al termine della pistola. A volte succede che piccole quantità di un elemento, rimbalzando all'interno del beccuccio, vadano in contatto con l'altro elemento prima del dovuto formando la colla e incrostando l'uscita della pistola. Questo fenomeno, comunque, non crea grandi disagi poiché, ogni volta che si cambia il beccuccio, il manutentore con una punta pulisce i fori di uscita.

Il fenomeno che comporta più disagi si verifica quando i singoli componenti rimangono per tanto tempo, ad esempio di notte, fermi all'interno dei circuiti della pistola poiché, anche se separati, tendono col tempo a seccarsi e indurirsi (soprattutto l'isocianato). Quando la pistola si sporca troppo all'interno non riesce più a garantire la giusta composizione della colla, tende ad uscire prima un componente rispetto l'altro e, quindi, la prima parte di ogni iniezione non risulta miscelata. Anche le giuste proporzioni di ogni iniezione tendono a non essere più garantite.

La pulizia della pistola è un'operazione molto lunga. Essa deve essere smontata e pulita in ogni dettaglio e tenuta almeno una notte in un bagno d'olio caldo perché si sciolgano tutte le incrostazioni.

Sebbene il bagno d'olio caldo venga fatto di notte, e quindi in momenti non destinati alla produzione, l'operazione di smontaggio e il successivo montaggio sottraggono comunque almeno un paio d'ore alla produzione ogni volta.

Conviene quindi dotarsi di un'altra pistola in modo tale da alternarle e mantenerle sempre ben pulite ed efficienti. In tal modo, oltre a garantire

sempre la giusta qualità della colla, si riesce anche a diminuire i tempi di fermo della macchina.

4.5 - Pompa stazione colla

Un discorso simile a quello fatto per la pistola è valido anche per la pompa di mandata dei due elementi, poliolo e isocianato, alla stazione di dosatura. La pompa, fabbricata dalla ditta PLATECO SWISS, è installata dietro la linea ed è composta da due camere cilindriche, isolate tra loro, contenenti ognuna uno dei due elementi. Nella parte inferiore vi è l'ingresso degli elementi nella pompa, superiormente vi sono i tubi di uscita che portano alla pistola.

Oltre al problema della pulizia nella pompa vi è la necessità di cambiare regolarmente le guarnizioni che col tempo tendono ad usurarsi e a non svolgere correttamente la loro funzione. In figura si vede il risultato di una mancata politica di manutenzione su questo componente della linea. La guarnizione dell'isocianato si è rovinata lasciandone trafilare grandi quantità.

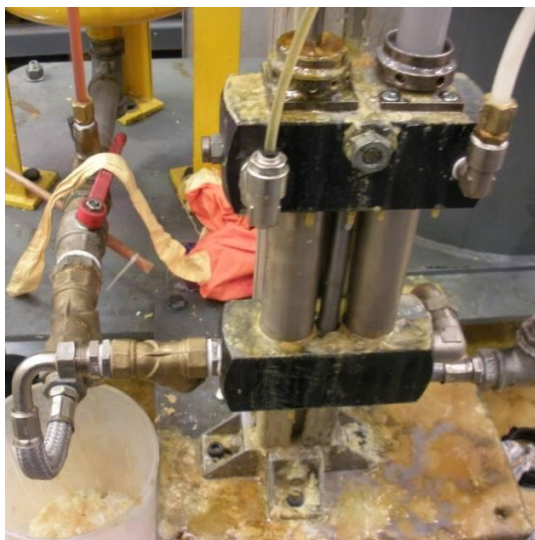


Figura 4.7: pompa della stazione di dosatura della colla

Il problema è stato notevolmente accentuato dal fatto di non avere a disposizione un'altra pompa e quindi l'intervento di manutenzione è stato rimandato il più possibile per non ritardare troppo le commesse in scadenza. Si stabilisce pertanto di comprare una pompa di ricambio che permetta, insieme ad una politica di sostituzione preventiva, di diminuire i tempi di riparazione e di mantenere sempre efficiente e pulita la postazione.

4.6 – Punzone di deformazione diaframma

Il punzone di deformazione è applicato alla stazione di carico diaframma ed è utilizzato per deformare plasticamente il diaframma stesso. La deformazione tende a creare tante piccole punte affilate che servono al diaframma per incastrarsi all'interno del filtro. Senza queste minuscole punte il diaframma sarebbe libero di muoversi all'interno del filtro, che non supererebbe la prova di scuotimento necessaria per raggiungere quei standard qualitativi richiesti.

Il punzone è formato da due parti distinte in ottone. Fra questi due componenti sono frapposte delle molle di compressione che tendono ad allontanare le due parti. Nel componente superiore del punzone sono inseriti 15 piccoli cilindri in acciaio che andranno, appunto, a pizzicare il diaframma sul bordo esterno creando le punte affilate necessarie. I 15 cilindri senza un carico applicato rimangono completamente all'interno del punzone, solo quando il punzone viene pressato sul piattello dove è posizionato il diaframma le molle si accorciano e i cilindri sporgono al di fuori della superficie.

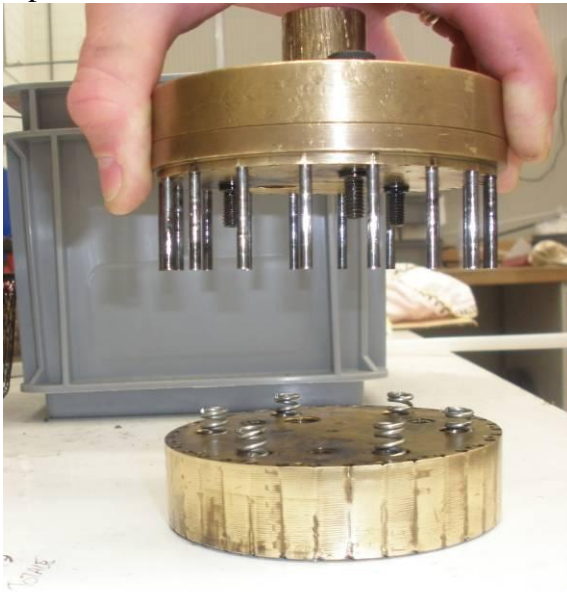


Figura 4.8: componenti del punzone di deformazione del diaframma



Figura 4.9: cilindri di deformazione del diaframma

L'usura si manifesta quasi esclusivamente sui 15 cilindri in acciaio che, se appaiono arrotondati sullo spigolo, non riescono più a svolgere la loro funzione di deformazione. Pertanto basterebbe avere in magazzino i soli cilindretti di acciaio, ma, in un'ottica di gestione modulare della componentistica, si preferisce comprare l'intero punzone che comunque è di un costo limitato, inferiore ai 1000€. Inoltre la sostituzione dei cilindri prevedrebbe un tempo maggiore rispetto alla sostituzione dell'intero punzone.

La diagnosi dell'usura è abbastanza veloce ma va comunque effettuata smontando il componente dalla stazione. Si consiglia quindi di verificare lo stato del componente ogni volta che, durante le operazioni di setup, deve essere sostituito col punzone di diametro diverso.

CAPITOLO 5

MANUTENZIONE MIGLIORATIVA

5.1 - Introduzione

In questo capitolo si approfondirà il discorso sulla manutenzione migliorativa applicata alla linea AFS. Si è già detto che la manutenzione migliorativa è l'insieme delle azioni di miglioramento o piccola modifica intraprese volutamente allo scopo di migliorare l'affidabilità e la manutenibilità dell'entità, mediante eliminazione delle cause di guasti sistematici e riduzione della probabilità di comparsa di altri guasti (con interventi che non alterano il valore patrimoniale dell'entità). Rientrano in questa politica anche tutte quelle azioni che portano ad una diminuzione del tempo di attrezzaggio della macchina.

Quindi, dopo aver accorciato i down time dovuti alle lunghe riparazioni di componenti sottoposti ad un degrado fisico diagnosticabile, affronteremo una serie di piccole modifiche strutturali, e non solo, per diminuire anche le cause di micro fermate continue.

Nelle prime tre sezioni si riportano le soluzioni applicate ai componenti critici individuati dall'analisi FMECA che necessitano di manutenzione migliorativa. Nelle successive sezioni verranno proposte ulteriori modifiche, nate dall'esigenza di risolvere problemi sorti dopo il periodo coperto dallo storico dei fermi. Non tutte le soluzioni proposte sono state però realmente effettuate.

5.2 - Modifica 1: trancia texilina (RPN 108)

Questo intervento di riprogettazione del punzone della trancia della texilina, insieme ad una corretta gestione della sua politica preventiva con l'utilizzo di un ricambio efficiente sempre disponibile, può praticamente eliminare la prima fonte di guasti e micro fermate della linea. La particolarità di questa trancia, anche prima dell'intervento di riprogettazione, è la presenza del cosiddetto ombrellino, ovvero un piccolo piattello azionato pneumaticamente che si alza dalla superficie superiore della trancia con la duplice azione di completare la tranciatura, nel caso rimanga qualche filamento ancora attaccato, e, soprattutto,

di accompagnare il disco di texilina tranciato durante la prima fase di risucchio e trasporto da parte del manipolatore di carico che lo porterà al filtro.



Figura 5. 1: piattello e pistoncino della trancia della texilina

Il manipolatore di carico si avvicina al disco di texilina e l'ombrellino, in questo istante, si alza facendo aderire perfettamente la texilina all'imbocco del manipolatore di carico. Il manipolatore di carico altro non è che un tubo a cui è applicato un piccolo venturi che crea il vuoto essenziale a trattenere la texilina. Ne deriva l'importanza dell'ombrellino nel far aderire perfettamente la texilina al manipolatore nei primi istanti.

Prima della modifica, il piccolo pistone preposto ad alzare il piattello aveva un diametro dello stelo di appena 2 mm. Ci si è accorti che questa misura era insufficiente in quanto anche solo un'operazione di montaggio non condotta con la massima cura poteva andare a deformare lo stelo compromettendone il corretto scorrimento. Col tempo, infatti, lo stelo, troppo delicato, tendeva a salire più lentamente e il piattello presentava una leggera inclinazione comunque sufficiente, a volte, a non far aderire bene la texilina.

Si è quindi deciso di aumentare le dimensioni del pistone scegliendo in particolare un pistone con stelo di diametro doppio e pari a 4 mm, in questo modo anche la spinta risulta molto maggiore. Siccome il pistone va avvitato all'interno del punzone è stato necessario ordinare delle nuove trance con una cava centrale maggiore. Il punzone infatti, essendo temprato, poteva essere lavorato solo tramite elettroerosione. Purtroppo, però, con questa tecnica è impossibile ricreare la filettatura necessaria.



Figura 5. 2: i pistoncini di azionamento del piattello prima e dopo la modifica

Ricordando che con il precedente intervento manutentivo, ovvero la rettifica della matrice e del punzone vecchi, si era riusciti a diminuire i fermi della stazione del 82%, con questa nuova trancia con pistoncino maggiorato si è riusciti, praticamente, ad eliminare del tutto le micro fermate.

Si prevede così di raggiungere in modo più regolare una disponibilità della linea superiore al 90%.

5.3 - Modifica 2: punzone carico diaframmi (RPN 75)

Si è già descritto il funzionamento della stazione di carico diaframmi: vi è una piastra su cui un primo punzone calamitato deposita il diaframma e lo deforma plasticamente e un secondo punzone che, a sua volta, lo preleva dalla piastra e lo inserisce nell'involucro in attesa sul nastro.

Il problema di questa stazione è il metodo con cui il diaframma viene separato dal primo punzone calamitato dopo che lo ha deformato.

In origine, per questa operazione di separazione, venivano sfruttati tre piccoli pistoncini pneumatici avvitati radialmente alla piastra metallica. Quando il punzone scendeva completamente, i tre pistoncini si infilavano in tre fessure create sulla superficie laterale del punzone (figura 5.4), trattenendo così nella piastra il diaframma quando il punzone si sarebbe rialzato.



Figura 5. 3: pistoncini di distacco del diaframma prima della modifica

Per come sono disposti i pistoncini, però, c'è l'effettiva possibilità che vengano schiacciati dal punzone o si incastrino nel diaframma. Si sottolinea il fatto che, essendo i pistoncini posti ogni 120° , è sufficiente che uno di essi non funzioni perché il diaframma rimanga calamitato al punzone.

Per il calcolo delle probabilità nello spazio degli stati del sistema, la probabilità che il sistema funzioni è data dal prodotto delle probabilità di funzionamento di tutte le sue componenti.

Nel caso in esame, quindi, ammettendo che tutte le altre componenti della stazione abbiano affidabilità unitaria, la probabilità di funzionamento della stazione è uguale al prodotto delle affidabilità dei tre pistoncini. Se a questo punto riusciamo a modificare il funzionamento della stazione in modo tale da poter usare un solo pistone invece che tre, la probabilità di funzionamento della stazione risulterà aumentata.

La modifica apportata consiste quindi nell'eliminare i tre pistoncini posti radialmente al piattello e sostituirli con un unico pistone, di diametro maggiore, ricavato sulla base inferiore del punzone. Si ottiene così lo stesso risultato della configurazione precedente.

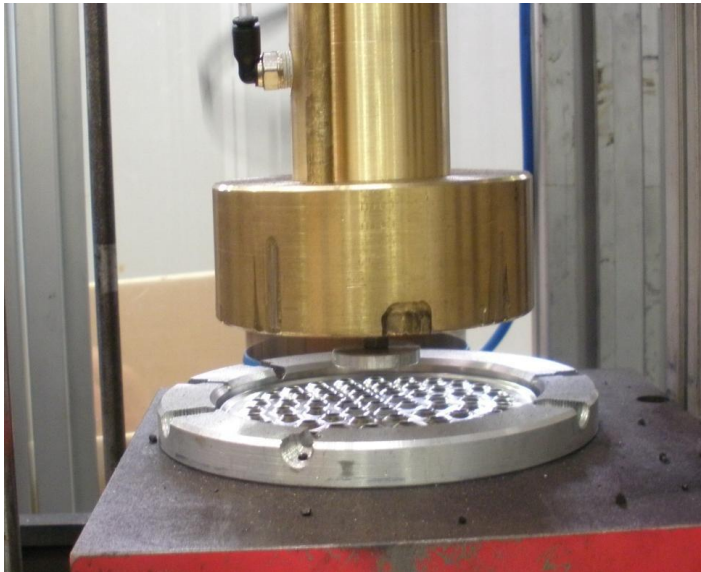


Figura 5. 4: punzone di deformazione dopo la modifica (aggiunta pistone centrale)

In figura si vede bene il pistone a fine corsa dopo aver trattenuto il diaframma all'interno della piastra.

E' da notare, anche, che l'affidabilità del nuovo pistone aggiunto è superiore all'affidabilità del singolo pistoncino precedente, sia perché è maggiore nelle dimensioni e sia, soprattutto, perché nella posizione in cui lavora non rischia di essere deformato dal punzone stesso.

L'affidabilità risulta, quindi, aumentata due volte: la prima perché si usa un solo pistone piuttosto che tre, e la seconda perché il singolo pistone ha di per sé una affidabilità maggiore rispetto agli altri usati precedentemente.

Naturalmente per rendere possibile questa modifica è stato necessario modificare in officina il punzone, ricavando al suo interno la sede per il piccolo attuatore inserito e il circuito dell'aria necessario ad alimentarlo. In figura si vede bene il raccordo posto lateralmente al punzone collegato al tubo dell'aria in uscita dalla valvola.

5.4 - Modifica 3: sensore nella stazione carico coperchi (RPN 54)

L'anomalia della stazione di carico coperchi rientra in quel gruppo di difetti sistemici per cui è necessaria una riprogettazione parziale della stazione. In questa stazione si riscontrava spesso che, sebbene l'involucro fosse in posizione corretta e la pinza afferrasse il coperchio da caricare, il braccio di carico non terminava l'operazione e il filtro continuava il suo percorso lungo il nastro di trasporto senza il coperchio.

Un unico sensore fotoelettrico, adiacente al nastro e all'altezza dell'involucro da assemblare, doveva rilevare sia la presenza dell'involucro all'inizio del ciclo, sia l'avvenuto carico del coperchio alla fine dello stesso ciclo. Per far ciò la fotocellula doveva necessariamente essere inclinata al di sopra del filtro, infatti, se fosse stata posizionata lateralmente al filtro, avrebbe potuto rilevare la presenza di uno solo dei due componenti, o dell'involucro o del coperchio, in base all'altezza a cui veniva fissata. Dall'alto, invece, puntando sulla superficie superiore del filtro, la fotocellula avrebbe potuto valutare la presenza di entrambi i componenti. Operativamente la fotocellula calcolava una prima distanza all'inizio del ciclo e una seconda alla fine (ovviamente la seconda distanza doveva essere minore per la presenza aggiuntiva del coperchio). Queste misure dovevano rientrare in un intervallo di valori predefiniti all'interno del PLC affinché fosse verificata la presenza dell'involucro e del coperchio. Le distanze inoltre variavano con l'altezza del filtro da produrre.

Il fatto che il filtro scorresse via lungo la stazione senza che venisse caricato il coperchio e senza che la stazione si bloccasse, ci porta a pensare che il problema risieda nella rilevazione dell'involucro all'inizio del ciclo. Infatti la fotocellula, non "vedendo" l'involucro, dava il segnale di non caricare il coperchio e il pallet, considerato vuoto, continuava ad avanzare sul nastro.

L'insidia di questo difetto, oltre a quella di non completare l'operazione di carico coperchio, era che non poteva essere immediatamente rilevato dall'operatore poiché la linea non si bloccava e non compariva nessun allarme sul pannello di controllo. I filtri non visti, inoltre, dovevano essere riposizionati sul nastro alla fine della commessa per poter essere completato l'assemblaggio, con conseguente allungamento dei tempi di produzione.

Si è ipotizzato che la fotocellula abbia problemi nel rilevare la presenza dell'involucro poiché, per come era fissata, il fascio laser puntava sul disco di carta ondulato caricato manualmente. Quest'ultimo componente, infatti, presenta una superficie per niente uniforme e regolare. Possiede una sezione molto variabile con numerosi picchi e valli che rendono difficile la misurazione della distanza. Si ricorda che anche il colore può influire sulla rilevazione.



Figura 5. 5: disco di carta ondulato

Questa ipotesi è anche confermata dall'assenza di anomalie quando si vanno a produrre filtri che non hanno il disco di carta ondulato. In tal caso, infatti, il laser punta sul diaframma metallico che presenta una superficie molto più regolare.

La soluzione proposta ed applicata è quella di aggiungere una seconda fotocellula del tipo Telemecanique APSN M12 e di disporle entrambe lateralmente al filtro da assemblare. In questo modo il sensore più in alto valuta la presenza del coperchio, mentre quello inferiore rileva la presenza dell'involucro. La nuova disposizione dei sensori fotoelettrici è visibile in figura 5.6.



Figura 5. 6: sensori della stazione di carico coperchio dopo la modifica

5.5 - Ulteriori modifiche

Mentre le modifiche dei precedenti tre paragrafi sono il risultato dell'analisi FMECA eseguita, le prossime otto nascono dall'esigenza di risolvere problematiche sorte successivamente al periodo di registrazione dei fermi. Alcune, inoltre, sono modifiche pensate e progettate per facilitare le operazioni di setup del manutentore.

5.5.1 - Modifica 4: cadenzatore nastro di alimentazione

Questo è un esempio di modifica volta ad agevolare le operazioni di setup, limitandone contemporaneamente i tempi. Il cadenzatore serve per regolare il flusso degli involucri disposti sul nastro di alimentazione. Due sottili piastre metalliche si alzano e si abbassano in successione in modo tale da far passare

solamente la prima fila di filtri disposti sul nastro di alimentazione. La regolazione del cadenzatore varia con l'altezza del filtro, poiché la piastra metallica va a trattenere i filtri all'altezza dell'attacco (figura).

Prima della modifica due manopole per ognuno dei due lati della struttura di sostegno del cadenzatore erano usate per la regolazione dell'altezza, questa disposizione rendeva, però, l'operazione alquanto scomoda e lunga, poiché l'operatore doveva alternativamente svitare e avvitare da una parte e dall'altra le manopole e alzare o abbassare solo di quel tanto che l'inclinazione della struttura permettesse. Non era infatti possibile tenere svitate contemporaneamente tutte e quattro le manopole per il peso di tutta la struttura che andava sostenuta.



Figura 5. 7: manopole di regolazione dell'altezza del cadenzatore

La modifica effettuata consiste nell'aver separato la struttura e aver inserito due grossi perni filettati in ottone che permettono di alzare solo l'elemento orizzontale della struttura dove è fissato il cadenzatore che ci interessa. Inoltre la nuova configurazione permette di girare contemporaneamente entrambi i perni stando da una stessa parte del nastro.

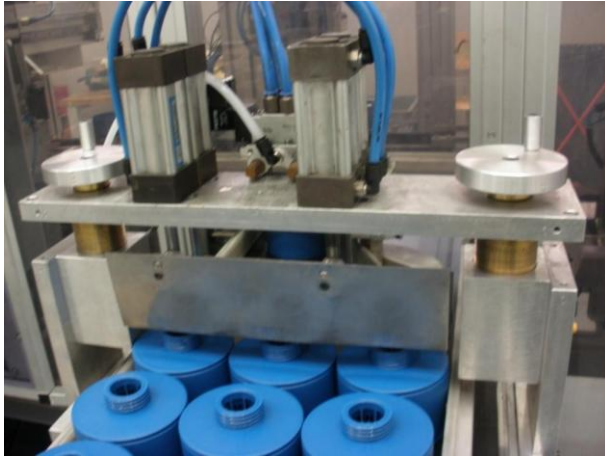


Figura 5. 8: cadenzatore dopo la modifica (aggiunta perni di ottone)

Si è ottenuto in questo modo, con bassissimi costi, una maggiore semplicità e un risparmio di tempo nell'operazione di setup della macchina nel caso di cambio formato del filtro da produrre.

5.5.2 - Modifica 5: intervento sul PLC della linea

La figura 5.9 mostra il nastro di alimentazione della linea a monte del cadenzatore. In questa sezione del nastro i filtri lasciati passare dal cadenzatore vengono disposti in fila indiana tramite un guida metallica regolabile. Nella parte inferiore del nastro si nota la presenza di un sensore ottico a riflessione della Telemecanique usato per verificare la presenza di un eventuale involucro in quella posizione. Se l'involucro dovesse mancare, viene mandato al PLC il segnale che il nastro di alimentazione si sta svuotando, e quindi il comando di alzare il cadenzatore per alimentarlo nuovamente.



Figura 5. 9: sensore presenza involucro sul nastro di alimentazione

Come si vede in figura 5.9 , a monte del sensore, vi è lo spazio per un altro involucro, questo vuol dire che il sensore manda il segnale al PLC quando un involucro è ancora disponibile sul tappeto e un altro ha appena iniziato il suo ciclo di assemblaggio. Il PLC della linea è stato programmato in modo tale da ritardare il segnale del sensore di 15 secondi, ovvero il PLC alza il cadenzatore solo 15 secondi dopo che la posizione di fronte al sensore è rimasta vuota. Ricordando che per i filtri meno complessi si arrivano a tempi ciclo inferiori ai 7 secondi, considerando che i filtri lasciati passare dal cadenzatore impiegano qualche istante ad arrivare al punto di carico della pinza e che, come già detto, all'invio del segnale la linea ha solamente ancora due involucri a disposizione, si capisce che la pinza di carico della linea dovrà aspettare almeno un paio di secondi prima che i nuovi involucri siano disponibili. Quindi la linea rimarrà in stallo un paio di secondi ogni tre o quattro cicli (ogni tre se si producono filtri di 100 mm di diametro e quattro per quelli di 80 mm). L'anomalia viene anche registrata dal pannello di controllo della linea, su cui compare la scritta "attesa pinza di carico".

Naturalmente, quando la linea è stata progettata, i 15 secondi erano più che sufficienti, ma adesso, dopo che la linea è stata velocizzata con interventi dell'ingegnere prima del mio arrivo in ditta, non permettono più un lavoro regolare della macchina.

Si è quindi andati a modificare il programma della linea abbassando i 15 secondi a 10.

Questo intervento, seppur banale, ha permesso di guadagnare parecchi decimi di secondo (più del 10% del tempo ciclo) ogni filtro prodotto. Specifichiamo, però, che questa anomalia non si riscontrava su tutti i filtri ma solo su quelli con tempo ciclo più basso.

5.5.3 - Modifica 6: aggiunta sensore fotoelettrico sul nastro

Dallo storico dei fermi si riscontra una modesta quantità di fermi dovuti ai pallet che si incastrano sotto il nastro durante la fase di ritorno alla prima stazione.

La linea è formata da due nastri controrotanti, dove quello superiore è quello visibile e trasporta i pallet pieni di filtri durante la fase di assemblaggio, mentre il nastro sottostante è impiegato per riportare i pallet ormai svuotati verso la prima stazione per alimentare nuovamente la linea e ricominciare tutto il ciclo di assemblaggio. L'operazione di passaggio tra un nastro all'altro avviene attraverso un ascensore. Naturalmente saranno due gli ascensori: uno all'inizio del nastro e uno alla fine.

Abbiamo già spiegato che il pallet, prima di ritornare indietro, viene svuotato tramite una pinza meccanica che preleva il filtro e lo pone sulla tavola rotante.

La pinza (figura 5.10), per sollevare il filtro dal pallet, sfrutta la superficie laterale di discontinuità creata dal coperchio. Se il coperchio non è stato ben chiuso dalla pressa, o manca per un errore della macchina (modifica 3), o

dell'operatore per quei coperchi inseriti manualmente, il filtro scivola via dalla pinza e rimane nel pallet fino alla fine del nastro.



Figura 5. 10: pinza di carico su tavola rotante

A questo punto la linea, considerando il pallet vuoto, continua il suo lavoro e, tramite l'ascensore di uscita, invierà il pallet con ancora il filtro al suo interno sul nastro di ritorno. Lo spazio tra i due nastri è limitato quindi il pallet pieno finirà per incastrarsi e l'operazione di recupero da parte del manutentore è alquanto complicata e lunga.

Si è quindi deciso di aggiungere dopo la pinza di scarico un nuovo sensore fotoelettrico di testaggio che verifichi la mancanza del filtro all'interno del pallet durante il suo passaggio. Se così non fosse, ovvero, se il pallet fosse ancora pieno, la linea si fermerebbe evitando di fare incastrare il filtro al di sotto del nastro. Nell'angolo in alto a sinistra della figura 5.11 si vede chiaramente la fotocellula aggiunta.



Figura 5. 11: estremità del nastro di trasporto

Il sensore aggiunto offre una sicurezza in più alla macchina, anche se è opportuno sottolineare che conviene andare ad eliminare alla fonte le cause per cui il filtro rimane nel pallet, come ad esempio fatto con la modifica precedente. Purtroppo queste cause non possono essere totalmente eliminate poiché rimane una componente di errore umane come nel già citato caso in cui il coperchio venga inserito manualmente.

5.5.4 - Modifica 7: regolazione altezza pinza di scarico

Dopo l'operazione di etichettatura il filtro deve essere scaricato dalla tavola rotante su uno scivolo che lo porta verso l'ultima struttura della linea dove verranno ultimate le ultime fasi di assemblaggio.

Come qualunque braccio pneumatico della linea, il controllo viene effettuato regolando meccanicamente un fine corsa rilevato da un sensore induttivo e applicando il relativo ammortizzatore per evitare urti.

Sulla pinza di scarico vi è quindi un sensore induttivo che lancia il segnale al PLC di bloccare la discesa quando il sensore si avvicina a pochi millimetri da un fine corsa metallico. Siccome il raggio di azione del sensore è di pochi millimetri, e siccome l'aria è meno regolabile, ad esempio rispetto un fluido, per la maggior comprimibilità, deve essere affiancato al sensore un piccolo ammortizzatore per evitare urti violenti tra il sensore e il fine corsa.

Durante il setup per un cambio formato, e in particolare quando si va ad assemblare un filtro di altezza diversa, bisognerà regolare l'altezza sia del fine corsa sia del punto di azione dell'ammortizzatore. Questo intervento è necessario affinché la pinza riesca ad afferrare correttamente il filtro da scaricare dalla tavola rotante.

Precedentemente questa regolazione veniva effettuata banalmente ruotando due semplici viti avvitate in un struttura metallica a forma di parallelepipedo fissata sul piano della linea. La testa di entrambe le viti funzionava da fine corsa e si poteva regolare svitandola o avvitandola.

La struttura, per come era stata concepita, creava due problemi. Il primo è legato all'ingombro, infatti, il grosso parallelepipedo, fissato a lato della tavola rotante sotto la pinza, ostruiva l'operazione del cambio del nastro delle etichette, essendo anche quella stazione disposta sulla tavola rotante ed inoltre non permetteva al manutentore di avere uno spazio a disposizione per infilare il braccio in possibili azioni di recupero pezzi al di sotto della tavola rotante. Il secondo problema, anch'esso molto importante, è che l'operazione di regolazione dell'altezza doveva necessariamente avvenire a macchina ferma in quanto bisognava avvitare proprio nel punto in cui la pinza batteva ad ogni ciclo della linea. Dunque se il manutentore, durante il funzionamento della stazione, si accorgeva che non era stata regolata perfettamente, e che quindi qualche filtro poteva non essere prelevato dalla pinza, doveva fermare la linea per poter intervenire sulla regolazione e ottimizzarla.

Si è quindi pensato di studiare una nuova struttura che avesse il vantaggio di offrire un ingombro minore e che permettesse una regolazione più facile ed applicabile anche durante il funzionamento della linea. La semplice struttura progettata e fabbricata è visibile in figura.



Figura 5. 12: struttura di regolazione del finecorsa della pinza di scarico

La struttura (figura 5.12) è stata totalmente realizzata dal manutentore nell'officina dell'azienda. Essa è realizzata da due corpi in alluminio lavorati su una piccola fresatrice, uniti tra loro da un bullone e due elementi cilindrici in ottone che fungono da guida. Sulla parte superiore in alluminio vi sono fissati due fine corse fabbricati anch'essi in ottone sul tornio. L'intera struttura è bloccata su una colonna della linea e lascia quindi uno spazio libero tra la colonna stessa e la tavola rotante per le varie operazioni del manutentore già accennate. Soprattutto si può vedere come l'operazione di regolazione sia fatta agendo solamente sul bullone posizionato esternamente alla linea di azione del sensore e dell'ammortizzatore. In questo modo si possono fare piccole modifiche dell'altezza anche mentre la pinza è in movimento e anche con un risparmio di tempo dovendo agire solo su un elemento piuttosto che due.

Questa modifica quindi non offre grossi vantaggi per quanto riguarda la produttività della linea, ma si ha un vantaggio in comodità per l'operatore e il manutentore e inoltre offre la possibilità di effettuare un setup in modo leggermente più grossolano e veloce potendo poi ottimizzare la regolazione mentre il processo di assemblaggio è in atto.

5.5.5 - Modifica 8: stazione di collaudo

La stazione di collaudo, come abbiamo già visto, è formata da una gabbia in cui, sulle due superfici laterali, sono fissati gli 8 pistoni (4 per parte) che servono per testare i filtri. Precedentemente la gabbia, che ha all'incirca un peso complessivo di 40 kg., era vincolata alla linea tramite una guida laterale che gli permetteva di scorrere alla stessa velocità delle culle mentre testava i filtri.

In figura 5.13 si vede bene come la gabbia sia vincolata solo nella parte destra, ovvero nella parte esterna della stazione.

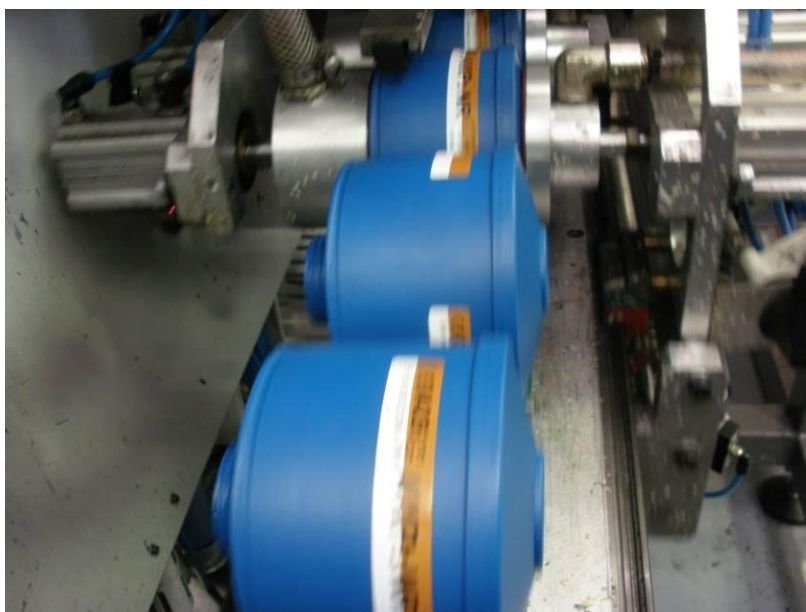


Figura 5. 13: gabbia della stazione di collaudo

Questo modo di fissare la stazione alla linea rende particolarmente difficoltosa e lunga una serie di interventi del manutentore quali cambiare le guarnizioni sui piattelli in caso di rottura, cambiare i piattelli stessi quando si varia la commessa passando a filtri di diametro diverso e, talvolta, sbloccare la stazione quando qualche filtro si incastra all'interno della gabbia. La difficoltà risiede nel fatto che, mantenendo la gabbia montata, il manutentore non ha abbastanza spazio per poter manovrare e, smontandola, ovvero separando la parte interna da quella esterna, si crea disagio per il peso della struttura. Vi è un motivo ancora più importante per cui non era conveniente smontare la gabbia, infatti, ogni volta che lo si faceva, si perdeva l'accoppiamento tra le due parti, che deve essere abbastanza preciso affinché non ci siano scarti eccessivi dovuti al non corretto funzionamento della stazione. Il problema è ancora più evidente quando si assemblano cartucce con attacco eccentrico, poiché, in tal caso, la superficie su cui il piattello può agire è molto piccola. L'accoppiamento in fase di montaggio

è complicato in quanto i bulloni corrono all'interno di asolature verticali e non all'interno di fori ben centrati.

Si è pensato dunque di eliminare questo problema inserendo una nuova guida anche dall'altra parte della gabbia. Così facendo le due parti possono essere smontate reciprocamente rimanendo comunque fissate alla linea, a questo punto, facendole scorrere una da una parte e l'altra dall'altra, il manutentore otterrà uno spazio molto maggior per poter lavorare. Inoltre, rimanendo ognuna delle due parti fissata sulla propria guida, non si perderà l'accoppiamento in direzione verticale, risolvendo così il problema creato dalle asolature.

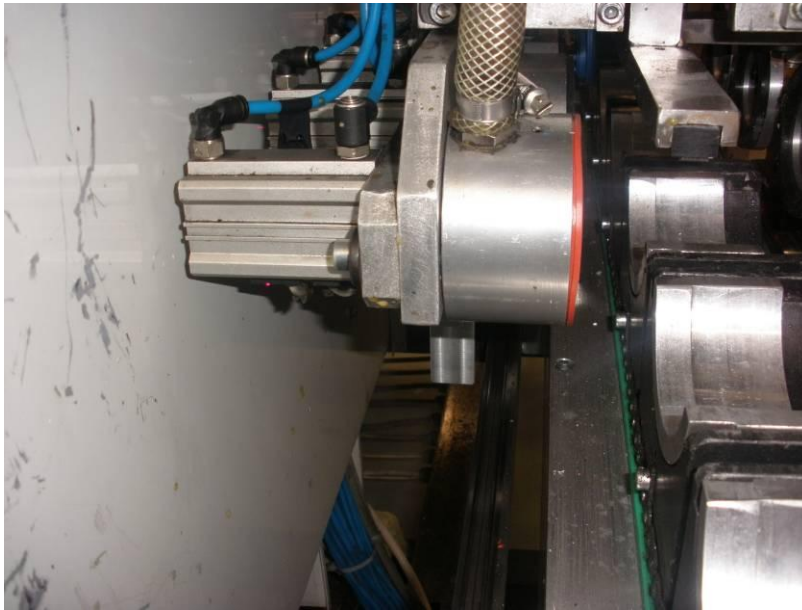


Figura 5. 14: dettaglio della gabbia della stazione di collaudo

In figura 5.15 si vede bene come, per fissare correttamente la guida, siano state aggiunte due squadrette in alluminio (una sola visibile in figura) e sia stata allungata inferiormente la piastra interna.

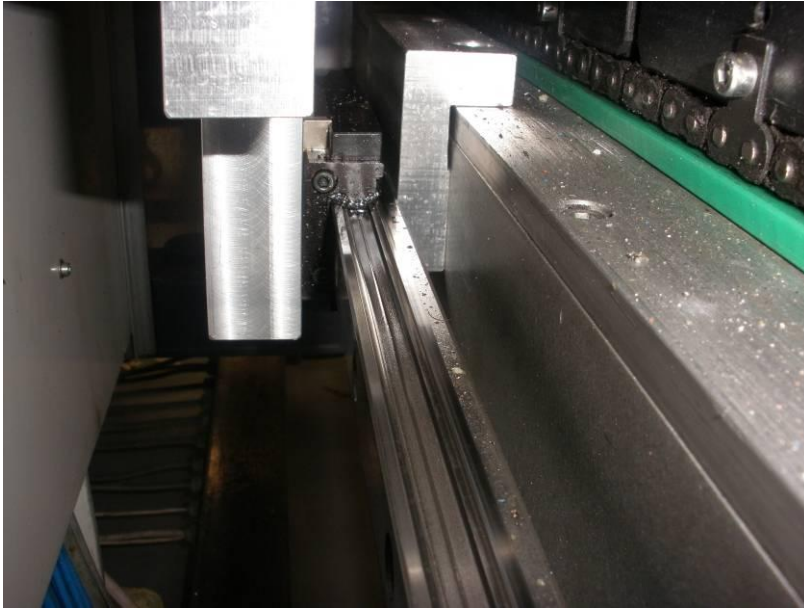


Figura 5. 15: guida aggiunta nella stazione di collaudo

Questa modifica permette di accorciare nettamente i tempi attivi di riparazione, e i tempi di setup quando si vanno a produrre filtri di diametro diverso.

5.5.6 - Modifica 9: scivolo all'uscita della tavola rotante

Tutti i precedenti interventi di manutenzione migliorativa sono stati effettivamente realizzati, i prossimi, invece, sono stati solamente proposti alla ditta, che deciderà in seguito se realizzarli o meno.

I filtri scaricati dalla tavola rotante vengono posizionati su uno scivolo in pvc che li fa scivolare all'interno delle culle che costituiscono l'elemento di trasposto del terzo troncone principale della linea.

In figura 5.16 si vede lo scivolo nero in pvc a sinistra e il filtro che, dopo essere rotolato, si deposita all'interno della culla.



Figura 5. 16: scivolo in pvc

Il filtro rotola all'interno dello scivolo sulla sua superficie laterale appoggiando inoltre l'attacco a vite posteriore sul bordo rialzato dello scivolo. Questo ulteriore punto di appoggio è utile soprattutto nel caso di filtri di piccola altezza e quindi con una superficie laterale ridotta. Considerando che si producono filtri di varie altezze in base alla quantità di carbone necessario e alla presenza o meno della carta ondulata, anche gli scivoli dovranno avere una larghezza diversa in base al filtro da produrre. Attualmente alla Spasciani vi sono sette scivoli in pvc che permettono complessivamente la produzione dell'intera gamma di filtri e cartucce. Gli scivoli vengono fissati sulla struttura inclinata della linea con nastro adesivo, quindi in modo sicuramente poco stabile e preciso.

Un ulteriore elemento che ci ha spinti verso una modifica dell'attuale sistema di trasporto verso le culle è il grande disagio che si crea quando si producono cartucce di grosso diametro (100 mm), di piccola altezza e poco peso poiché contengono al loro interno solo il disco di carta ondulato e non la polvere di carbone. Si ricorda che le cartucce si distinguono dai filtri per il tipo di attacco, infatti i primi, pesando poco, consentono un attacco ad incastro eccentrico che sporge in maniera molto limitata, impedendo così di avere l'ulteriore punto di appoggio, i secondi, invece, hanno un attacco a vite ampiamente utilizzabile. Quando si producono queste cartucce molte leggere, quindi, tendono a sbilanciarsi durante il loro moto sullo scivolo e a ribaltarsi facilmente. Il fenomeno è talmente frequente che si aggiunge un operatore alla macchina che, posizionato vicino allo scivolo, raddrizza tutte le cartucce che cadono, così da non dover continuamente fermare la linea.

Si è dunque pensato di progettare un nuovo scivolo regolabile che sostituisca tutti gli altri sette e che impedisca, anche alle cartucce più leggere, di ribaltarsi e quindi di dover ricorrere ad un ulteriore operaio.

Per la progettazione di questo nuovo scivolo regolabile si è dovuto per prima cosa catalogare tutte le dimensioni dei filtri da produrre dalle loro rispettive distinte base, in modo tale da costruire uno scivolo più preciso di quanto non lo fossero quelli in pvc. Questi ultimi, infatti, sono stati fabbricati su una fresatrice in modo abbastanza approssimato, lo si capisce anche dalla loro superficie di scivolamento per nulla liscia che influisce sicuramente sul moto irregolare delle cartucce.

Il progetto è stato portato avanti con l'utilizzo di un software CAD come CATIA v5 e nelle seguenti immagini si riportano alcune visuali del particolare meccanico.

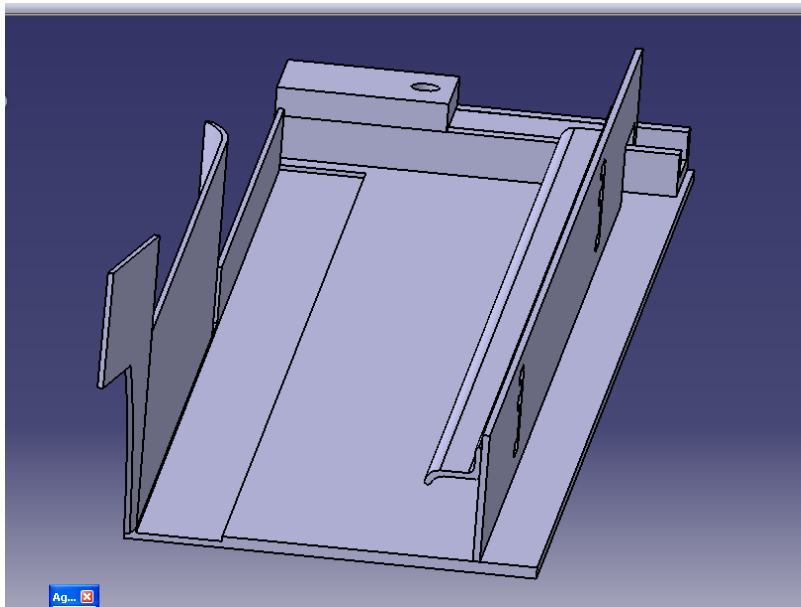


Figura 5. 17: vista frontale del progetto del nuovo scivolo regolabile

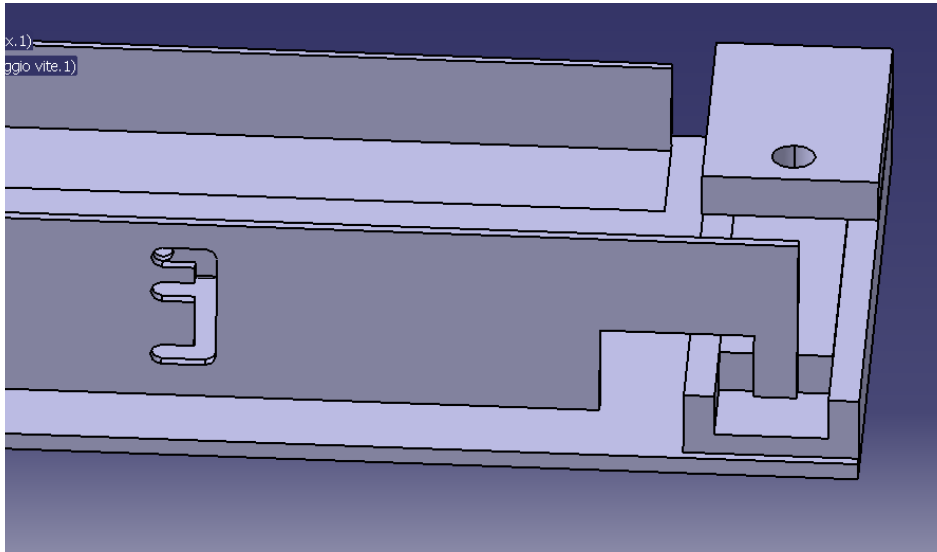


Figura 5. 18: vista laterale del progetto del nuovo scivolo regolabile

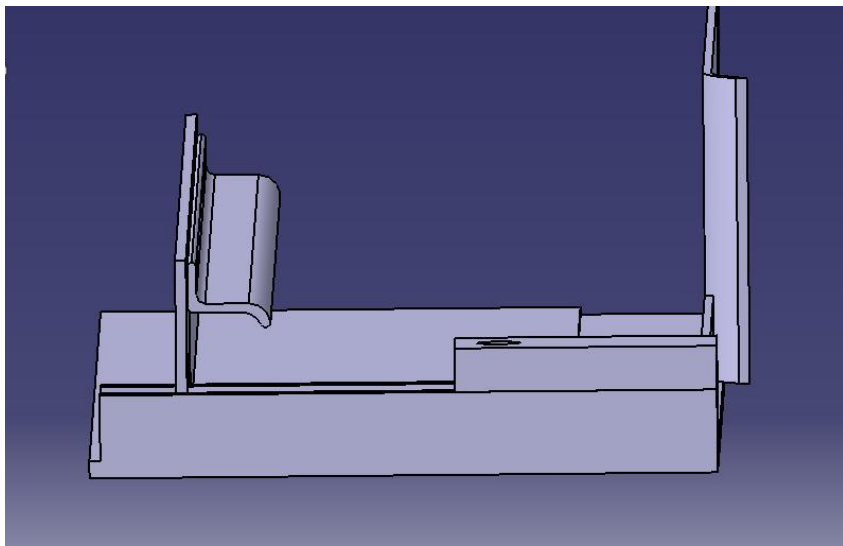


Figura 5. 19: vista posteriore del progetto del nuovo scivolo regolabile

Il materiale con cui eventualmente questo scivolo regolabile potrebbe essere costruito è l'alluminio. Infatti lo scivolo non deve resistere a particolari sforzi e l'alluminio è facilmente lavorabile e si può ottenere una finitura superficiale nettamente migliore rispetto agli attuali scivoli. L'alluminio permette, inoltre, una più facile e veloce pulizia rispetto al pvc, fattore da non sottovalutare data la posizione dello scivolo nella macchina. Si trova, infatti, di fianco alla stazione di dosatura della colla e quindi in una zona particolarmente soggetta a schizzi.

Dalla figura 5.17 si nota che lo spessore della base inferiore è molto piccolo (2 mm) rispetto allo spessore degli scivoli in pvc dove si raggiunge quasi il

centimetro. Questo permette di limitare molto l'attuale salto del filtro dalla fine dello scivolo alla culla, dato che crea ulteriori problemi alla stabilità del filtro.

La sponda sinistra dello scivolo (figura 5.17) inizia bassa, poiché in quel punto si appoggia la pinza per il rilascio del filtro, e si alza successivamente per non permettere al filtro di inclinarsi. Si nota anche una ulteriore estensione della sponda oltre la fine della base per accompagnare meglio il filtro all'interno della culla. Si elimina così la paletta di plastica bianca che si intravede in figura.

La sponda destra invece è quella più interessante dal punto di vista progettuale in quanto su questa superficie avvengono tutte le regolazioni necessarie per produrre ogni tipo di filtro. Dalla figura 5.18 si nota che la sponda destra presenta un perno a forma di parallelepipedo che si infila parzialmente all'interno di un cassetto. Minore è l'altezza del filtro, maggiore sarà la porzione del parallelepipedo all'interno del cassetto. Il cassetto presenta anche un foro superiormente per poter bloccare la regolazione. Sulla sponda destra vi è anche un gradino regolabile in altezza su tre posizioni. Questo gradino serve da appoggio per l'attacco a vite nel caso dei filtri e da sponda nel caso di cartucce ad eccentrico. La posizione più in alto, quindi, è usata per i filtri da 100 mm di diametro, la posizione intermedia per quelli di 80 mm e l'ultimo nel caso di producano le cartucce con l'attacco eccentrico.

La modifica, in cambio di un piccolo investimento, permetterebbe di avere un unico scivolo più funzionale anziché sette, di limitare le micro fermate, comunque presenti anche durante la produzione di filtri, e soprattutto di evitare di dover aggiungere un operatore alla linea quando si producono le cartucce più leggere.

5.5.7 - Modifica 10: guida stazione carico tappi

Un altro intervento migliorativo possibile riguarda la stazione di carico tappi, e in particolare le due guide che portano il tappo anteriore e posteriore in posizione rispetto al filtro per essere spinti nella loro sede. Si ricorda che, per quanto visto nel capitolo 3, la stazione di carico tappi ha causato complessivamente, tra la guida anteriore e quella posteriore, 31 micro fermate. Si nota anche che, tra le due guide, quella che comporta più problemi è quella anteriore (18 fermi). La causa del frequente incastrarsi di tappi all'interno della guida è dovuto al modo in cui svergola la guida stessa all'uscita del vibratore per portare il tappo da orizzontale a verticale. Inoltre la guida anteriore svergola di più di quella posteriore a conferma dei dati raccolti.

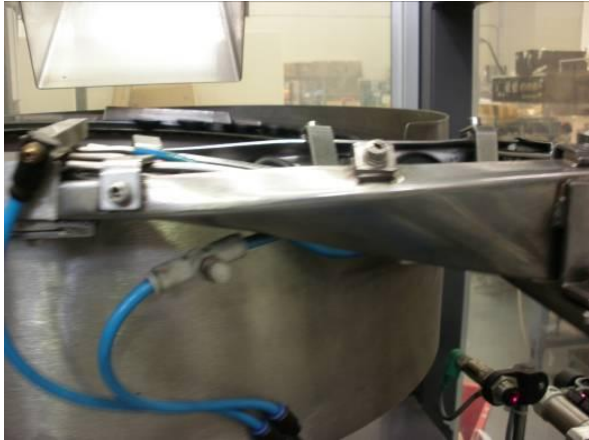


Figura 5. 20: dettaglio della guida dei tappi



Figura 5. 21: dettaglio della guida dei tappi

Per limitare questo problema si è progettato, sempre con l'ausilio del software CATIA, una nuova guida che imponesse la rotazione o ribaltamento del tappo di 90° in un unico punto, sfruttando la forza di gravità e senza quindi dover svergolare le guide. Dalla figura 5.22 si osserva che, ognuna delle due guide, è formata da un elemento orizzontale che parte dal vibratore e uno verticale che porta il tappo al filtro. Alla fine dell'elemento orizzontale la base si restringe notevolmente in modo tale che il baricentro del tappo fuoriesca dalla base stessa e avvenga la rotazione del tappo per portarlo direttamente nella guida verticale. E' interessante notare che, dopo un attento esame delle dimensioni della struttura e del tappo, vi è la possibilità di far rientrare un numero intero di tappi (sempre uguali per ogni filtro) nell'elemento verticale. In questo modo il primo tappo in alto dell'elemento verticale fungerà da base dell'ultimo tappo dell'elemento orizzontale, e quindi, quest'ultimo, potrà ribaltarsi solamente quando si sarà liberato lo spazio sottostante necessario, limitando così il pericolo

di incastrarsi. Anche la forza di gravità, comunque, agisce a favore, in modo tale che i tappi durante la rotazione e la discesa non si blocchino.

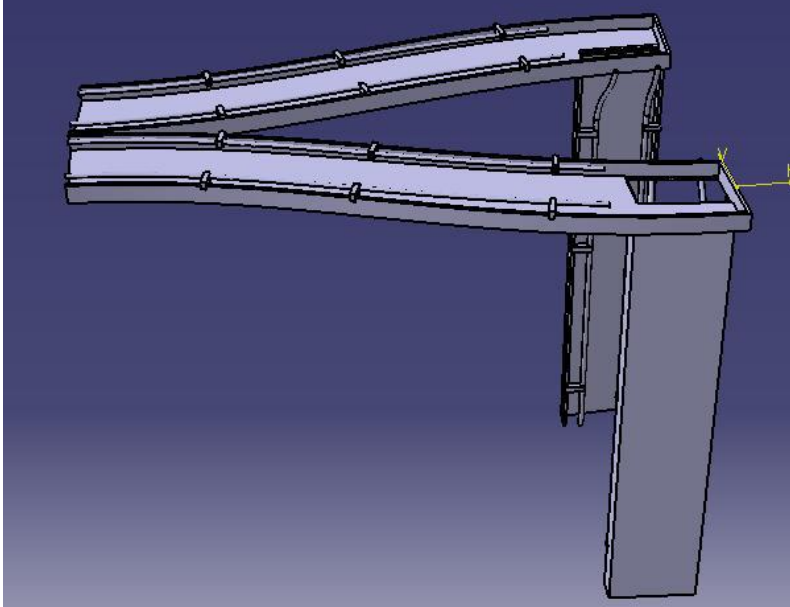


Figura 5. 22: vista laterale del progetto delle nuove guide

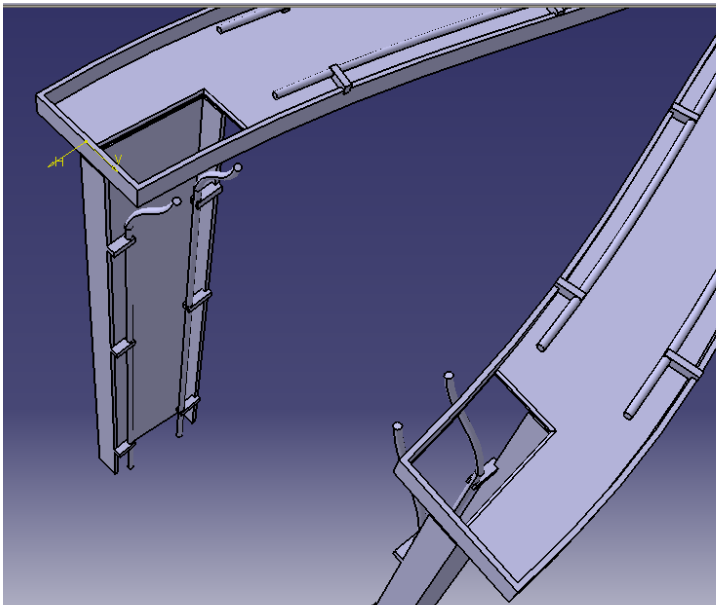


Figura 5. 23: vista dall'alto del progetto delle nuove guide

Il materiale con cui devono essere costruite queste guide, qualora vengano fatte, è l'acciaio in quanto devono resistere all'usura elevata provocata dalle vibrazioni.

5.5.8- Modifica 11: sensore di livello in tramoggia superiore del carbone

Abbiamo visto nel secondo capitolo la modalità di funzionamento delle tre tramogge che compongono una stazione di carico delle polveri di carbone. Attualmente nella tramoggia superiore vi è un sensore fotoelettrico, disposto radialmente al silos, che controlla quando le polveri scendono al di sotto di un dato livello. Quando si scende al di sotto di quel livello, infatti, viene dato il comando di avviare l'aspirazione ed immagazzinare nuovo carbone. Questo sensore è posizionato un po' più in alto rispetto alla bocca di uscita della tramoggia in modo tale che non si inizi l'aspirazione solamente quando il silos è completamente vuoto.

Questa scelta del progettista può portare in errore l'operatore quando si cambia commessa e si va a produrre un filtro con un tipo di carbone diverso. Può capitare, infatti, che a fine commessa tutte e tre le tramogge siano piene, e in particolare, nella tramoggia superiore il livello del carbone sia inferiore alla posizione del sensore. L'operaio, allora, vedendo sul pannello di controllo che la tramoggia superiore è considerata vuota, scarica erroneamente solo le due inferiori, lasciando del carbone nella terza sotto il livello del sensore. Quando si caricherà il nuovo tipo di carbone, questo verrà mischiato con il vecchio carbone rimasto sul fondo del recipiente e i filtri che si assembleranno avranno un peso diverso da quello che dovrebbero avere, poiché contengono un mix dei due. Si dovrà, quindi, svuotare nuovamente parte delle tramogge fino ad eliminare la porzione di carbone mischiata, con conseguente perdita di tempo e soldi.

Le soluzioni proposte sono due. La prima, sicuramente meno costosa, è di inserire un altro sensore esattamente alla fine della tramoggia superiore, individuando così due livelli: quello più in alto, come è adesso, sarà responsabile del carico del carbone quando la macchina è in funzione, mentre l'altro indicherà il vuoto fisico e reale del recipiente del carbone utile all'operatore per le fasi di setup e di svuotamento della stazione.

La seconda soluzione è di eliminare il sensore attualmente presente e sostituirlo con un sensore di livello per solidi, un radar. In questo modo, oltre a conoscere il vuoto reale della tramoggia, si può usare il valore di livello fornito in modo continuo per un controllo migliore dell'aspirazione a fine commessa. In particolare si può pensare di implementare un facile programma da integrare col PLC della linea che, conoscendo il numero di filtri da produrre e il volume delle tramogge, escluda automaticamente l'aspirazione a fine commessa in modo tale da arrivare alla fine con al massimo un po' di carbone nella tramoggia inferiore. In questo modo si ha una maggiore gestione della commessa, eliminando il tempo necessario a svuotare manualmente le tre tramogge della singola stazione ed evitando di mischiare tipi di carbone diversi tra loro.

Si è fatta una ricerca di alcuni possibili sensori di livello utilizzabili e ne sono stati individuati due. Il primo, lo SMARTSCAN 25, nel caso di misura di solidi come nel nostro caso, trasmetterà diversi segnali e rileverà i diversi echi. Una possibilità di elaborazione è, quindi, di effettuare un calcolo statistico di tutti gli echi per una misurazione media più accurata. Questo è utile poiché il carbone tenderà a disporsi ad un livello più basso al centro, in corrispondenza del foro di uscita, rispetto ai bordi del contenitore dove sarà più in alto.

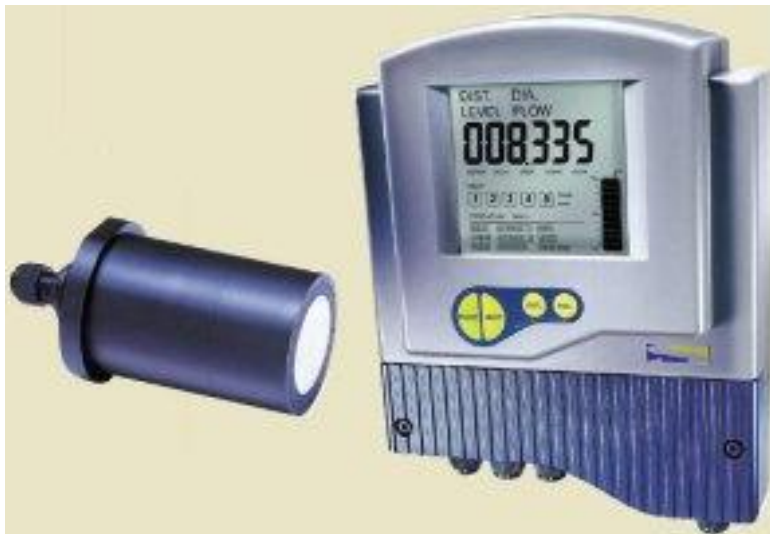


Figura 5. 24: sensore di livello SMARTSCAN 25

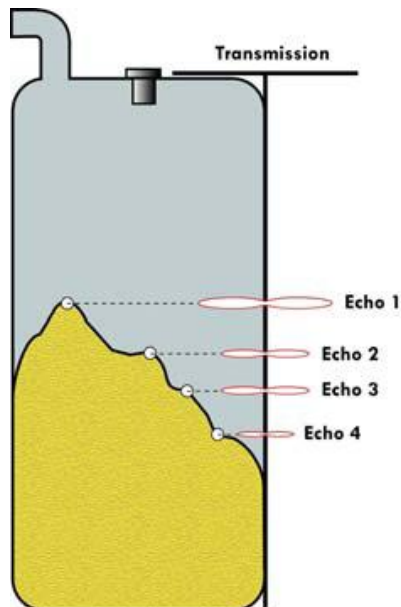


Figura 5. 25: modalità di funzionamento del sensore SMARTSCAN 25

Il secondo è il SIEMENS LR260. Quest'ultimo non offre la possibilità di mediare i vari livelli ottenuti, ma è comunque adatto a lavorare in condizioni molto gravose come in presenza di polveri e richiede, inoltre, pochissima manutenzione.



Figura 5. 26: sensore di livello SIEMENS LR260

CAPITOLO 6

CONCLUSIONI

Il lavoro di stage svolto all'interno dell'azienda può essere riassunto nei seguenti punti:

- La mancanza di un'adeguata ingegneria di manutenzione all'interno dell'asset produttivo della SPASCIANI S.p.a. ha portato a un basso sfruttamento della linea, le cui indisponibilità hanno pesato sull'azienda soprattutto in termini di costi indotti per mancata produzione.
- L'analisi FMECA (Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis) eseguita sui dati raccolti all'inizio dello studio ha consentito di individuare i componenti della linea che hanno avuto maggiore influenza sul ridotto utilizzo del sistema produttivo. Si sottolinea, inoltre, che l'analisi FMECA ha riportato risultati simili all'analisi di massima iniziale, ma ha permesso una più facile e corretta scelta delle politiche di manutenzione grazie all'approfondita fase di investigazione delle cause e dei meccanismi di guasto.
- Il periodo di tempo coperto dalla storico dei guasti (11 giorni) è stato troppo breve e non si sono potute registrare alcune problematiche legate all'affidabilità della macchina sorte solo successivamente.
- Si è valutata la necessità di ricorrere a dei ricambi per quei componenti della linea particolarmente soggetti al degrado fisico. Disporre di questi ricambi offrirebbe il vantaggio di ridurre i MDT (Mean Down Time) durante gli interventi di riparazione.
- L'individuazione dei componenti critici ha permesso di definire e progettare vari interventi di manutenzione migliorativa volti, non al solo mantenimento del bene, ma al miglioramento continuo dell'affidabilità, leva essenziale per ridurre i costi e poter competere nell'attuale condizione di mercato.

Al termine del periodo di stage non tutte le problematiche della linea sono state risolte, ma si è comunque osservato un miglioramento della produttività della linea, riuscendo a raggiungere una produzione media di 2700 filtri al giorno.

Negli 11 giorni di storico dei guasti la media dei filtri assemblati era invece di 2344, vi è stato, pertanto, un aumento della produzione giornaliera del 15%. Si specifica, però, che il confronto tra la produttività media, prima e dopo le modifiche, andrebbe verificata su un periodo di tempo maggiore e sugli stessi tipi di filtri.

Si sottolinea, inoltre, che, la perdita economica dovuta alla mancata produzione, sarebbe stata maggiore se vi fosse stata una regolare gestione delle norme di sicurezza: gli interruttori di sicurezza, che causano l'arresto d'emergenza della macchina se le porte antinfortunistiche vengono aperte mentre la macchina è in funzione, erano sempre disinseriti per agevolare e velocizzare il compito degli operatori nel caso di micro fermate. Come si può osservare dallo storico in appendice la perdita di tempo dovuta alla singola micro fermata è stata quantificata in 40'', in caso di presenza dell'allarme la perdita di tempo sarebbe stata considerevolmente maggiore.

In azienda si è verificato un mutamento dell'approccio alla manutenzione, non più vista come un'azione limitata all'eliminazione del guasto e con una prospettiva di breve durata, ma, piuttosto, come una complessa attività gestionale dei ricambi strategici indirizzata ad una politica di manutenzione di tipo preventiva su condizione.

Inoltre, si sono definite delle specifiche per la realizzazione di un sistema di collegamento e scambio dati tra la linea e un pc dell'ufficio tecnico e per l'implementazione di un programma che registri in modo accurato e continuo i fermi della linea. Disporre di un ampio report dei fermi, infatti, permette di calcolare in modo preciso i tassi di guasto dei componenti della macchina, tassi di guasti che rappresentano un valido strumento di supporto decisionale per l'ingegneria di manutenzione. Il programma offrirà anche la possibilità di valutare le prestazioni della linea e di gestirla in modo più efficiente e moderno.

In tale ottica si suggerisce anche la stesura di precise direttive da seguire nei test diagnostici sui componenti soggetti a degrado fisico, per cui si può pensare di applicare una politica preventiva su condizione.

Si sottolinea, inoltre, che sarebbe stato necessario uno studio più approfondito della linea in fase di progettazione: tutto ciò che viene risparmiato in fase di progettazione viene ripagato successivamente in termini di indisponibilità della linea e di necessari interventi di riprogettazione.

APPENDICE

giorno	pz	fermo macchina	durata	note
07/05/2009 8.30	630			inizio produzione
		mancano coperchi	40"	
		texilina superiore	40"	
		mancano coperchi	40"	
		cambio texilina superiore	40"	
		tappo inferiore	40"	
		livello carbone 3	40"	
		livello carbone 3	40"	
		filtro bloccato su scivolo	40"	
		texilina superiore	40"	
		livello carbone 3	35'	controllo valvola
		texilina superiore	40"	
		cambio texilina superiore	40"	
		mancano corpi	40"	
		pinza di carico	40"	ha preso male l'involucro
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		tappo inferiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		tappo superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		ripristino punzonatore diaframma	55'	
		texilina inferiore	3'	
		pinza di carico	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		tappo superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		tappo superiore	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		pinza di carico	40"	
07/05/2009 11.55	1369			fine produzione
07/05/2009 14.30	1369			inizio produzione

		coperchio incastrato	40"	
		texilina superiore	40"	
		tappo superiore	40"	
		texilina superiore	4'	si prova a spostare la valvola
		texilina inferiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
07/05/2009 15.43	1787			fine produzione
08/05/2009 13.34	1787			inizio produzione
		cambio scarico rapido diaframma	3'	
		mancano coperchi	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		mancano i corpi	40"	
		texilina superiore	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		mancano coperchi	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		tappo inferiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		tubicino sigillo tagliato	40"	
		texilina superiore	40"	
		cambio beccuccio colla	6'	
		texilina superiore	40"	
		tappo inferiore	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		texilina superiore	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		tappo superiore	3'	
		tappo superiore	40"	
		tappo superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	sensore
		tappo superiore	40"	
		coperchio incastrato	40"	

		cambio beccuccio colla	3'	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	3'	
		texilina superiore	40"	
08/05/2009 16.50	3083			
11/05/2009 8.45	3083			inizio produzione
		filtro bloccato su scivolo	40"	
		pulizia pinza tavola rotante	17'	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
		mette sigilli storti	40"	controllo carta
		filtro bloccato nella gabbia collaudo	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
		filtro bloccato su scivolo	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		cambio texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		coperchio messo male	40"	
		texilina superiore	5'	carta sotto l'ombrellino(pistone)
11/05/2009 11.53				fine produzione
11/05/2009 13.30				inizio produzione
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
		texilina inferiore	40"	
		tappo inferiore	40"	

		texilina superiore	40"	carta sotto l'ombrellino(pistone)
		pulizia, lubrifica e montaggio texilina superiore	49'	
		coperchio incastrato	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
		attesa pallet su ascensore in uscita	40"	
		texilina superiore	40"	
		cambio carta sigilli inferiore	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
11/05/2009 16.50	5456			fine produzione
12/05/2009 8.30	5456			inizio produzione
		mancano coperchi	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
		filtro bloccato su scivolo	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
		texilina inferiore	40"	
		tappo inferiore	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	40"	
		filtro bloccato nella gabbia collaudo	40"	
		texilina superiore	40"	
12/05/2009 9.39	5952			setup
12/05/2009 13.20	0			inizio nuova commessa
		texilina superiore	40"	
		anomalia stazione carico coperchi	29'	
		filtro bloccato su scivolo	40"	
		filtro bloccato su scivolo	40"	
		tappo inferiore	40"	
		filtro bloccato su scivolo	40"	
		texilina superiore	40"	
		ascensore pallet in ingresso	40"	
		attesa pallet su ascensore in uscita	40"	
		attesa pallet su ascensore in uscita	3'	
		texilina superiore	40"	
		reset macchina	3'	si ha problemi con molti sensori
		ristabilita stazione coperchi	3'	
		anomalia stazione carico coperchi	4'	
		attesa pallet su ascensore in uscita	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	

		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
12/05/2009 16.30	739			fine produzione
13/05/2009 8.20	739			inizio produzione
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		carico diaframma	40"	
		texilina inferiore	40"	
		guarnizione collaudo	25'	sostituzione guarnizione
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		coperchio messo male	40"	
		movimento verticale in tavola rotante	40"	
		tappo superiore	2'	
		texilina superiore	40"	
		cambio beccuccio colla	4'	
		texilina superiore	40"	
		involucro incastrato sotto cadenzatore	2'	
		livello carbone 3	40"	
13/05/2009 11.55	2220			fine produzione
13/05/2009 13.15	2220			inizio produzione
		texilina superiore	40"	
		cambio texilina superiore	40"	
		tubo convogliatore 3	69'	lucidatura tramoggia
		texilina superiore	40"	
		attesa pallet su ascensore in uscita	3'	
		tappo superiore	40"	
		tappo superiore	40"	
13/05/2009 16.55	3433			fine produzione
14/05/2009 8.20	3433			inizio produzione
		cassetto carbone 3 ritorna lentamente	8'	
		texilina superiore	40"	
		tappo inferiore	40"	
		texilina superiore	40"	

		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		filtro incastrato sotto il nastro	40"	
		attesa pallet su ascensore in uscita	40"	
14/05/2009 10.50	4507			fine commessa
14/05/2009 13.20	0			nuova commessa
		coperchio messo male	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		cambio texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
14/05/2009 15.22	950	problema miscelazione colla	88	controllo e pulizia pistola
15/05/2009 11.18	950			inizio produzione
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	lubrificazione aria
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
15/05/2009 11.59				fine produzione
15/05/2009 13.05				inizio produzione
		pistoncini distacco diaframma	3'	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
15/05/2009 14.00	1484			fine commessa
15/05/2009 15.01	0			inizio commessa
15/05/2009 15.10	32			fine commessa

15/05/2009 15.35	0			inizio commessa
		texilina inferiore	40"	
		texilina inferiore	40"	perché sta finendo la texilina
		cambio texilina inferiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		filtro incastrato sotto applicatore sigillo	2'	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		tempo massimo pompa colla	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		tempo massimo pompa colla	40"	
		texilina superiore	40"	
		tempo massimo pompa colla	40"	
		tempo massimo pompa colla	40"	
15/05/2009 16.35	442			fine produzione
18/05/2009 10.16	442			inizio produzione (mancanza personale)
		tempo massimo pompa colla	40"	
		tempo massimo pompa colla	15'	modifica nel beccuccio per favorire uscita colla
		tempo massimo pompa colla	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	2'	carta sotto l'ombrellino
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	2'	lubrificazione aria
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	60'	si porta a rettificare la trancia
18/05/2009 12.00				
18/05/2009 13.10				inizio produzione
		texilina superiore	40"	
		filtro incastrato sotto il nastro	2'	
		cambio texilina inferiore	40"	

		texilina inferiore	20'	a causa del cambio
		cassetto carbone 2 ritorna lentamente	2'	
		cambio beccuccio colla	8'	
		texilina superiore	40"	
		cambio texilina superiore	40"	
18/05/2009 15.53	1492			fine commessa
19/05/2009 8.35	0			inizio produzione
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		mancano i corpi	40"	
		pistoncini distacco diaframma	40"	
		texilina inferiore	40"	
		filtro incastrato sotto il nastro	2'	
		attesa pallet su ascensore in uscita	4'	colla ha sporcato sensori
		texilina superiore	40"	
		filtro incastrato sotto il nastro	20'	mancava il coperchio
		dosaggio carbone 3	10'	pulizia tramoggia
		attesa pallet su ascensore in uscita	40"	
		attesa pallet su ascensore in uscita	40"	
19/05/2009 11.58				fine produzione
19/05/2009 13.15				inizio produzione
19/05/2009 13.45	1420			fine commessa
20/05/2009 14.20	0			inizio commessa
		pressa coperchi		la pressa segna i coperchi (13% scarti)
20/05/2009 16.40	749			fine produzione
21/05/2009 8.40	749			inizio produzione
		involucro bloccato sul carico	40"	
		involucro bloccato sul carico	40"	
		carta sigilli superiore strappata	4'	
		attesa pallet su ascensore in uscita	40"	
		mancano i coperchi	40"	
		coperchio messo male	40"	
		tappo inferiore	6'	
		coperchio messo male	40"	
		coperchio messo male	40"	
		carta sigilli superiore strappata	2'	
		cambio texilina inferiore	40"	
		coperchio messo male	40"	
		coperchio messo male	40"	
		tappo inferiore	40"	

		coperchio incastrato	40"	
		mancano i coperchi	40"	
21/05/2009 11.50	1685			fine produzione
21/05/2009 13.10	1685			inizio produzione
		tappo inferiore	40"	
		pistoncini distacco diaframma	40"	
		tappo inferiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		cambio beccuccio colla	6'	
		coperchio incastrato	40"	
		sensore texilina superiore	4'	modifica orientamento
		tappo superiore	40"	
		filtro bloccato su scivolo	40"	
		tappo superiore	40"	
		tappo superiore	6'	
		tappo inferiore	40"	
		coperchio messo male	40"	
		tappo superiore	40"	
		involucro incastrato nella pinza	40"	mancava coper. o chiuso male
		attesa pallet su ascensore in uscita	40"	
		coperchio incastrato	40"	
		cambio carta sigilli inferiore	40"	
		cambio texilina superiore	2'	
		pistoncini distacco diaframma	10'	
21/05/2009 16.58	3222			fine produzione
22/05/2009 10.45	3222			inizio produzione
		tappo inferiore	40"	
		tappo inferiore	40"	
		tappo inferiore	40"	
		involucro incastrato nella pinza	40"	mancava coper. o chiuso male
		texilina superiore	40"	
		texilina superiore	40"	
		tappo inferiore	40"	
		tappo inferiore	40"	
		tappo inferiore	40"	
22/05/2009 12.00	3784			fine produzione

BIBLIOGRAFIA

- [1] Luciano Furlanetto, Marco Garetti, Marco Macchi, *Principi generali di gestione della manutenzione*
- [2] Luciano Furlanetto, Marco Garetti, Marco Macchi, *Ingegneria della manutenzione*
- [3] Slides del corso di gestione della manutenzione tenuto dal professore Marco Garetti
- [4] Slides del corso di progettazione e gestione degli impianti industriali tenuto dal Professore Enrico Cagno
- [5] [http://www.ladispe.polito.it/ContrAutoInf/material/slide PLC.pdf](http://www.ladispe.polito.it/ContrAutoInf/material/slide_PLC.pdf)
- [6] [http://it.wikipedia.org/wiki/Programmable logic controller](http://it.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_controller)