

ALMA MATER STUDIORUM –UNIVERSITA' DI BOLOGNA

SECONDA FACOLTA' DI INGEGNERIA

CON SEDE A CESENA

CORSO DI LAUREA

IN INGEGNERIA MECCANICA

Sede di Forlì

ELABORATO FINALE DI LAUREA

In Disegno tecnico assistito dal calcolatore

**Studio di un sistema per l'ottimizzazione del consumo di una materia prima
in un processo di fabbricazione di filtro da sigaretta innovativo**

CANDIDATO

Ivan Prestia

RELATORE

Prof. Ing. Luca Piancastelli

CORRELATORE

Ing. Fabio Cantieri

Anno accademico 2010/2011

Sessione III

A mio babbo, che non ha mai smesso di ripetermi scherzosamente
“ Menomale che doveva essere una laurea breve...”
Ogni promessa è debito

INDICE

1	Intertaba Spa	6
1.1	La storia di Intertaba S.p.A.	7
1.2	Il ruolo di Intertaba all'interno di PMI.....	8
1.3	Il prodotto	9
1.4	Il processo produttivo generale	11
2	Il processo produttivo specifico	13
2.1	Maker tipo KDF : presentazione equipment	14
2.2	Maker tipo KDF : presentazione processo generico.....	18
2.3	Il filtro con capsula	21
2.4	Modulo inserimento capsule : presentazione equipment	22
2.5	LINEA FILTRO CON CAPSULA (MAKER + ACF) : presentazione equipment completo	25
2.6	LINEA FILTRO CON CAPSULA (MAKER + ACF) : presentazione processo completo	26
2.7	Logica funzionamento macchina : possibili miglioramenti	27
3	Presentazione idea	29
3.1	Cost saving analysis	30
3.2	Vincoli brevettuali interni ed esterni.....	34
3.3	Studio fattibilità e specifiche progetto.....	35
3.4	Spiegazione concetto di funzionamento e criticità teoriche.....	35
3.5	Soluzioni generate/investigate.....	38
3.6	Descrizione zona intervento.....	41
4	Soluzione definitiva	43
4.1	Overview generale	44
4.2	Reverse engineering sistema esistente	47
4.3	Concetto di funzionamento.....	55
4.4	Complessivo in opera, studio CAD 3D, modifiche	58
4.5	Disegni particolari, commerciali.....	60

4.6	Impianto elettrico/elettronico, segnali interessati, schema funzionamento, HW e SW	68
4.7	Soluzione definitiva e avvio produzione particolari.....	73
5	Analisi risultati ottenuti.....	74
5.1	Analisi tecnica	75
5.2	Analisi sicurezza	81
6	CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI.....	82
6.1	Conclusioni progetto.....	83
6.2	Installazione del KIT SBC in area produttiva	85
6.3	Definizione metodo valutazione KIT SBC in area produttiva	86
6.4	Estensione KIT SBC al parco macchine presenti	86
	BIBLIOGRAFIA.....	87
	SITOGRAFIA	87
	ELENCO DELLE FIGURE	88
	ELENCO DELLE TABELLE	91
	ACRONIMI	92

Sommario

Il presente lavoro di tesi riguarda l'ideazione, la progettazione e la futura realizzazione di un sistema atto a ridurre lo scarto generato durante il processo di produzione di filtri da sigaretta di concezione innovativa.

L'obiettivo è ideare, progettare e sviluppare il sistema sopra indicato, esplicitando tutte le fasi ingegneristiche che porteranno al risultato, con particolare focus sulla progettazione e sulle fasi di revisione che questo lavoro avrà comportato.

La tesi è stata sviluppata all'interno di Intertaba S.p.A., affiliata del gruppo Philip Morris International e specializzata nella produzione di filtri da sigaretta a tecnologia avanzata, multinazionale presso la quale il laureando è assunto da 10 anni.

La qualifica attuale è quella di Senior Prototyping Technician, all'interno del dipartimento di Process Technology Development (PTD).

La tesi è stata svolta in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria delle Costruzioni Meccaniche, Nucleari, Aeronautiche e di Metallurgia (DIEM), nella persona del Prof. Ing. Luca Piancastelli, titolare della cattedra di Disegno Tecnico Industriale L e Laboratorio CAD L.

Nella trattazione verranno presentati innanzitutto il processo e la piattaforma standard più usati per la produzione di filtri da sigaretta nel mondo, per poi passare alla descrizione del modulo aggiuntivo usato per la produzione di un filtro particolare con capsula, alla presentazione in termini di composizione ed innovazione del filtro stesso, analizzando il processo completo che porta alla sua produzione, arrivando infine alla spiegazione della miglioria possibile da introdurre per ridurre lo spreco di materia prima e a come è stata affrontata e risolta questa sfida. La trattazione verterà specialmente sulle fasi di studio, analisi, sulla progettazione e futura realizzazione del sistema, sulle sue modifiche in corso d'opera, finendo con un breve excursus sui costi, sulle modalità di prova e sui risultati raggiunti da questo lavoro.

I disegni ed i complessivi sono stati realizzati con Solid Edge[®] ST3, piattaforma CAD in uso presso Intertaba e studiato dal candidato durante la sua carriera universitaria grazie al corso di Laboratorio CAD L.

Il KIT ideato prenderà il nome di KIT "**SBC**", acronimo di Sistema Blocco Capsule.

1 Intertaba Spa

Questo capitolo descrive la realtà aziendale, all'interno della quale è stata svolta la tesi ed il candidato è impiegato.

Verrà descritta la storia della ditta, il suo ruolo all'interno del gruppo, la sua mission e le strategie dietro questi punti. Verranno descritti inoltre il prodotto e il processo produttivo che porta alla sua creazione.

Verranno descritte genericamente le varie tipologie di macchine utilizzate per la produzione di filtri semplici finiti e semilavorati.

1.1 La storia di Intertaba S.p.A.

Intertaba S.p.A. è un centro produttivo della multinazionale Philip Morris International (PMI) leader globale del settore del tabacco.

Venne fondata a Zola Predosa (Bologna) nel 1963 come affiliata di FTR (Fabrique de Tabac Reunies, l'attuale PMP SA con sede a Neuchatel) e da sempre produce filtri per sigaretta. Nello stesso anno, FTR fu acquisita da Philip Morris International e così Intertaba, che divenne l'affiliata di PMI per la fornitura di filtri per l'Amministrazione Autonoma dei Monopoli di Stato italiana per la produzione, su licenza PMI, delle sigarette di marca Diana, Marlboro, Muratti e Mercedes. Lo stabilimento fu costruito a Zola Predosa sia per la vicinanza strategica con una delle principali fabbriche dei Monopoli, sita in Bologna, sia per la facilità nel reperire personale tecnicamente qualificato in un'area di grande esperienza nei settori della meccanica leggera e dell'industria delle macchine automatiche. Ai suoi esordi, Intertaba si sviluppava su una superficie di 1500 metri quadrati, impiegava 35 persone e produceva alcune centinaia di milioni di bacchette filtro all'anno. L'evoluzione dell'azienda è passata attraverso esperienze di produzione diversificata (negli anni '80), come la fabbricazione di tamponi per pennarelli e "tubetti" per sigarette senza il tabacco, principalmente per il mercato tedesco.

Intertaba nel tempo si è sempre più focalizzata sulla produzione di filtri di sigaretta complessi e sulla collaborazione con la Divisione di Sviluppo del prodotto (Product Development) di PMI. L'azienda contribuisce alla realizzazione di campionature e prototipi di filtri tecnologicamente complessi e allo sviluppo delle tecnologie di processo produttivo necessarie per la creazione e produzione dei filtri. Oltre a possedere le competenze per lo sviluppo di tecnologie innovative, Intertaba ha sviluppato sistemi automatici di controllo della qualità per equipaggiare le linee produttive e assicurare i più elevati standard. Poiché il mercato dei filtri è in costante evoluzione, la realizzazione di prodotti innovativi è sempre più caratterizzata dall'impiego di tecnologie avanzate, elemento determinante per il successo dell'azienda. Altrettanto determinante per il successo di Intertaba è il capitale umano dei propri collaboratori, contraddistinti da elevate competenze, conoscenze e professionalità e dal piacere per l'innovazione e le sfide.

LA MISSION DI INTERTABA

“Essere il miglior Centro di Eccellenza al mondo di PMI nell’innovazione delle tecnologie dei processi produttivi di filtri per sigaretta”

Il ruolo e le strategie, che discendono dalla Mission sono:

- Realizzazione di prototipi
- Industrializzazione
- Innovazione
- Condivisione della conoscenza
- Piccole produzioni.

1.2 Il ruolo di Intertaba all’interno di PMI

Intertaba negli anni si è creata un ruolo ben definito all’interno di PMI, grazie alle caratteristiche che ben la differenziano dal resto delle altre affiliate : rapidità di risposta alle richieste di PMI, flessibilità organizzativa e soprattutto elevata competenze tecnica, know-how e professionalità di ogni singola persona impiegata.

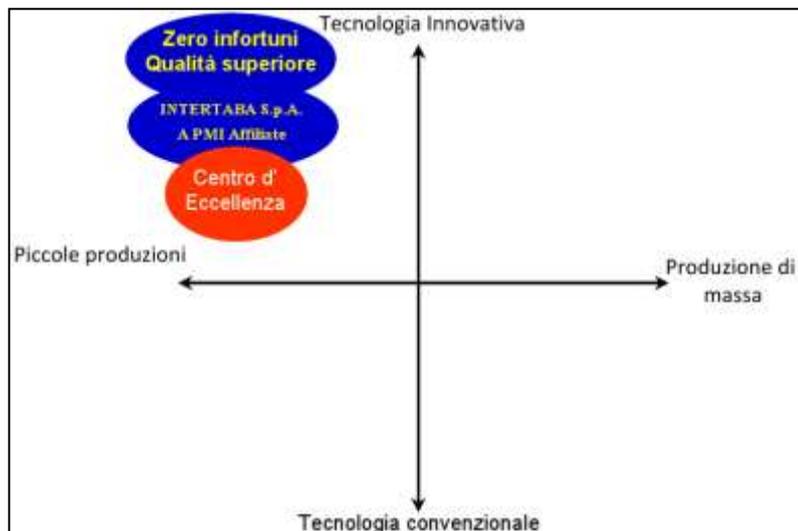


Fig. 1.1 Ideale posizionamento Intertaba S.p.A.

Questa particolarità ha permesso a Intertaba di raggiungere la posizione di leader nello sviluppo e condivisione delle tecnologie di processo per la produzione di filtri da sigaretta complessi.

Intertaba è impegnata allo stato attuale nelle piccole produzioni di filtri tecnologicamente avanzati, nel continuo miglioramento delle proprie performance in termini di qualità e produttività, nella rapidità di risposta alle richieste del mercato e nella ricerca della sicurezza totale sul luogo di lavoro, in maniera da continuare ad essere il centro di eccellenza riconosciuto in tutta PMI.

1.3 Il prodotto

Il prodotto realizzato in Intertaba sono le bacchette filtro, suddivise nelle famiglie dette Mono e semilavorato (filtri prodotti con una singola macchina confezionatrice) e Combinati (filtri prodotti da uno o più passaggi successivi su macchine combinatorici). Il portafoglio filtri è diviso inoltre nei suoi formati standard, Slim, SuperSlim e con Capsula.

Il filtro è il componente della sigaretta che si occupa di ridurre la quantità di componenti sprigionati dalla combustione della sigaretta inalati dal fumatore.

Intertaba concentra la sua produzione su filtri tecnologicamente avanzati e di alto valore aggiunto per tutta PMI.

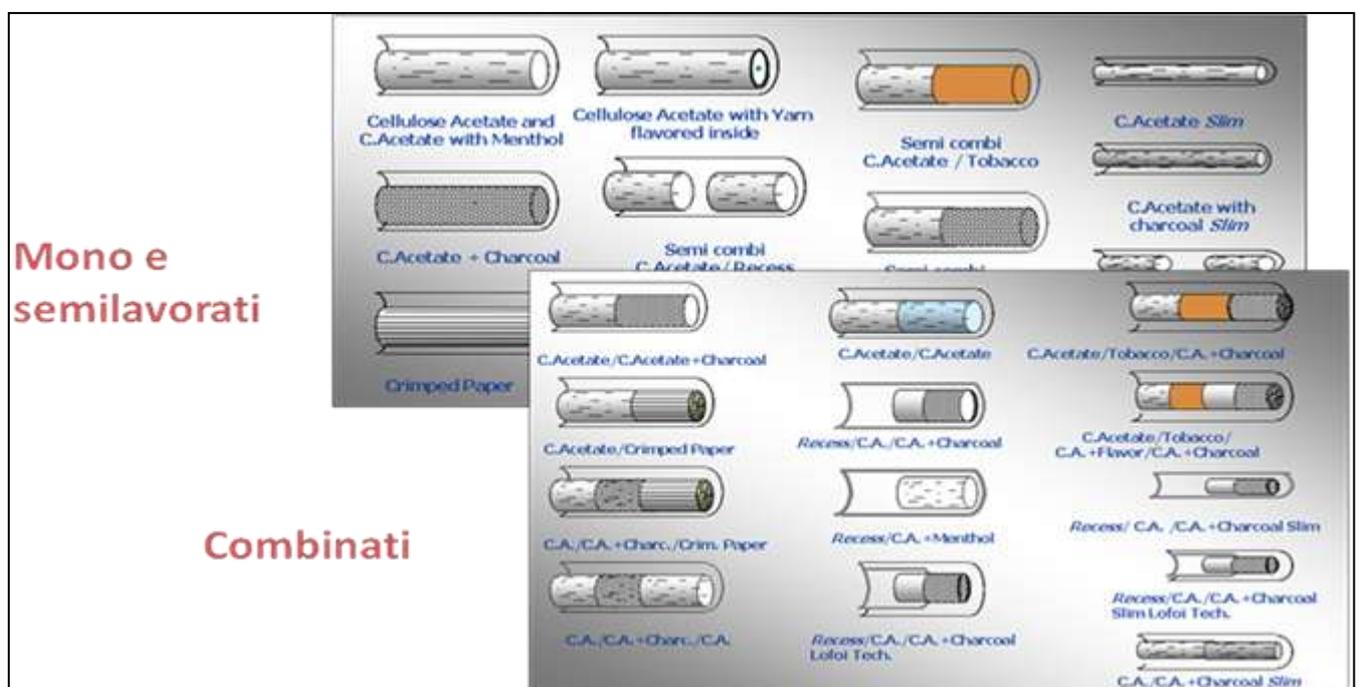


Figura 1.2 Esempio portafoglio produzione

Mono semilavorato : è un filtro monomateriale, considerato semilavorato internamente, prodotto in un singolo passaggio e composto principalmente dai componenti standard (acetato di cellulosa,

carta, colla, plastificante e opzionale carbone naturale). Questi sono detti semplicemente filtri bianchi e neri con granulato.

Filtro Mono : filtro finito semplice, prodotto in un singolo passaggio e destinato direttamente alle maker da sigaretta. E' sempre un filtro monomateriale, ma può essere prodotto con l'aggiunta di determinati additivi (mentolo o flavour vari aggiunti con diverse tecnologie).

Filtro Combinato : filtro composto da due o più filtri semplici combinati, prodotto in uno o più passaggi sulle macchine combinatrici. Lo schema generico di combinazione semplice è riportato in figura 1.3, comprensivo del passaggio alla filter maker.

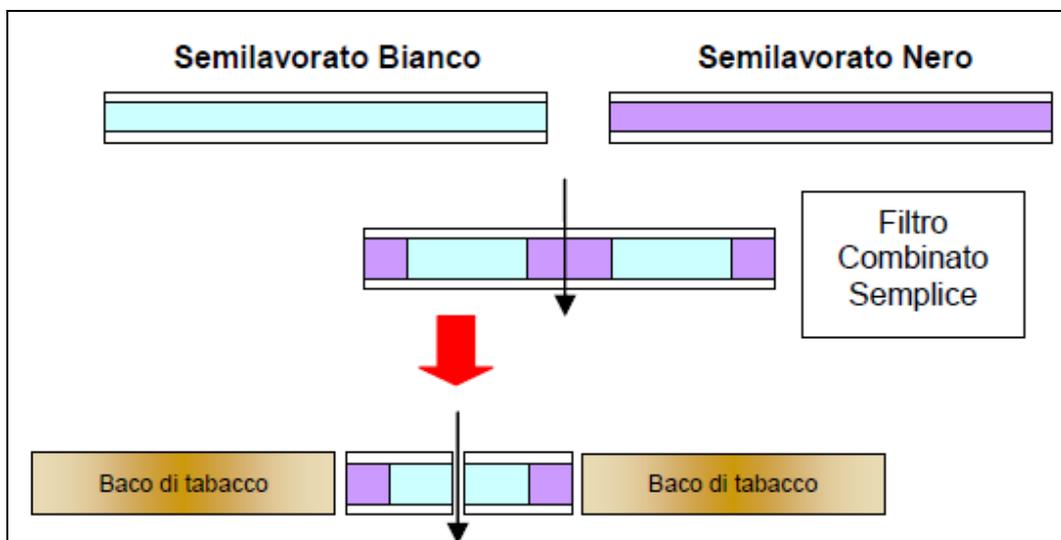


Figura 1.3 Prodotto, filtro combinato e combinazione su sigaretta

Componenti base del filtro semplice (mono e semilavorato):

- **Acetato di cellulosa (TOW)** : è una fibra tessile, composta da un numero elevato di filamenti a ridotto diametro (tipicamente intorno ai 50 micron) allineati intrecciati e crespatis in un unico filamento detto trefolo. Durante la produzione del filtro semplice queste fibre vengono ulteriormente lavorate per incrementare il loro volume, favorendo il riempimento del filtro e la resa relativa del materiale.
- **Carta di avvolgimento** : è l'involucro esterno del filtro, e può essere di tipo poroso, non poroso e coated, cioè con un rivestimento impermeabile per applicazioni particolari.
- **Colle di chiusura e tenuta** : collanti usati per la chiusura della bacchetta filtro e la tenuta interna del materiale. Sono di due tipologie, applicate a caldo e a freddo e sono atossiche.

- **Additivi** : componenti aggiuntivi destinati a rendere particolare la bacchetta filtro. Possono essere aggiunti in forma liquida (mentolo, flavour) e solida (carbone naturale e capsule) secondo varie tecnologie.
- **Plastificante** : liquido atossico utilizzato per “bloccare” le fibre di TOW dopo il processo di lavorazione e rigonfiamento ad opera della macchina confezionatrice. E’ applicato con un processo di nebulizzazione continua ed il suo principale scopo è quello di conferire rigidità e compattezza al filtro, in maniera da renderlo utilizzabile sulle macchine combinatrice nel caso di un filtro semilavorato, sulle macchine da sigaretta nel caso di un filtro mono. Serve inoltre a conferire la rigidità richiesta dal fumatore. In sostanza funge da blando solvente sulle fibre di cellulosa lavorate ed in seguito da agente indurente.

I filtri posseggono dimensioni e caratteristiche proprie monitorate durante il processo di fabbricazione, tipicamente per prodotto standard sono :

- **Lunghezza** : parametro fisico fondamentale, in quanto influisce sulle successive fasi di combinazione interna o di combinazione sulla sigaretta.
- **Diametro** : parametro fisico fondamentale, in quanto influisce sulle successive fasi di combinazione interna o di combinazione sulla sigaretta.
- **Peso** : parametro monitorato principalmente per questioni di consumo materiale e buon uso e resa.
- **Resistance To Draw (RTD)** : è la resistenza che il filtro offre al passaggio dell’aria aspirata dal fumatore. Il suo valore alto o basso influisce sui componenti sprigionati dalla combustione della sigaretta e che vengono inalati dal fumatore. E’ dunque un parametro fondamentale e monitorato costantemente.

1.4 Il processo produttivo generale

Il processo produttivo delle bacchette filtro (mono, semilavorati e combinati) prevede l’utilizzo di macchine confezionatrici e combinatrici, a seconda del prodotto specifico e della complessità del prodotto.

Per il processo di confezionamento del filtro semplice vengono utilizzate macchine di tipo XXX prodotte da XXXXX, nelle varie versioni che si sono succedute. Con questo macchinario vengono

prodotti i filtri semplici bianchi, con granulato e con additivi particolari tramite applicatori sviluppati internamente. Il filtro Josio, trattato nella presente tesi, è prodotto con questa tipologia di macchina attraverso l'installazione di un modulo aggiuntivo.

Per il processo di combinazione invece vengono usate macchine di tipo XX di XXXXX XXXXXXXX XXXXXXXXX e XXXXX di XXXXX. Il processo di combinazione prevede l'utilizzo di due o più parti (detti spezzoni) dei semilavorati prodotti nel passaggio precedente e la loro unione secondo la specifica filtro da produrre, in uno o più passaggi consecutivi.

Comune a tutte le macchine è il metodo con cui sono monitorate le performance ed il valore di scarto, valutazione che avviene in tempo reale tramite un display numerico posto a macchina e visibile dall'operatore, che ragiona secondo una logica visiva di colore. Rosso > non accettabile, verde > corretto, blu > eccellente, oltre le aspettative. In questa maniera il personale di produzione ha sotto controllo istante per istante le reali prestazioni delle macchine. Tali dati sono inoltre collezionati in un data-base, ove vengono analizzati e prese decisioni sulla base del loro andamento. Per fare un esempio concreto questo avviene qualora il dato di efficienza sia in calo costante giorno dopo giorno, tipico caso di urgenza di azione. Nel dettaglio, presso Intertaba S.p.A., per efficienza e scarto si intendono :

- **Efficienza macchinario** : dato percentuale, è il rapporto tra il tempo totale del turno, in cui il macchinario potrebbe avere prodotto, ed il tempo in cui effettivamente ha prodotto. Inoltre questo dato è collegato ad un elenco delle fermate, in maniera che sia possibile collegare la singola fermata con la motivazione della stessa, sempre con la logica dell'analisi a posteriori dei dati generati.
- **Scarto** : dato percentuale, e definito come il rapporto tra la quantità effettivamente prodotta e la quantità rigettata per varie ragioni. Queste ragioni possono essere legate ai cicli di start e stop della macchina, a rigetti di carattere qualitativo, a instabilità del processo. Anche questo dato viene raccolto ed analizzato, essendo molto importanti ai fini finanziari, dato che è direttamente legato al costo (o rendimento) di una data produzione.

2 Il processo produttivo specifico

Questo capitolo andrà a esplicitare il processo produttivo specifico della macchina e dell'equipment su cui andremo a sviluppare ed implementare il sistema oggetto di questa trattazione. La trattazione verterà su un processo specifico di produzione di filtro semilavorato o mono finito su una maker, ma inteso come generico, in quanto comune a tutte le tipologie di macchine presenti sul mercato mondiale. In particolare la spiegazione del processo sarà riferita a maker di tipo KDF, le più comuni, su cui è possibile trovare numeroso materiale in rete. In particolare lo spunto in questa trattazione è stato preso dal sito del gruppo Celanese, fornitore di materiale filtrante.

Si partirà dunque con il processo specifico e la macchina utilizzata per produrre il semilavorato, passando poi per la presentazione del modulo aggiuntivo utilizzato per l'inserimento capsule nel materiale filtrante, arrivando infine all'equipment completo ed al suo processo specifico funzionale.

Inoltre verrà presentato, secondo la logica di funzionamento dell'equipment global, lo spreco di materiale che con questo progetto si vuole andare ad ottimizzare.

2.1 Maker tipo KDF : presentazione equipment

Per la produzione di filtri semilavorati bianchi e con l'aggiunta di carbone attivo naturale, di filtri semilavorati con additivi e di filtri finiti si possono utilizzare maker della tipologia KDF/AF prodotte da Hauni Maschinenbau AG, Hamburg. Tale modello di maker nel corso degli anni ha subito aggiornamenti ed evoluzioni costanti, atte a migliorare le performance, la flessibilità della piattaforma e la risposta alle sempre nuove richieste del mercato.

Le macchine più anziane temporalmente sono le KDF-2/AF-2, macchine prodotte fino alla metà degli anni novanta. Tali macchine hanno la caratteristica di essere completamente a comando meccanico, e sono state aggiornate e mantenute nel corso degli anni da molte manifatture per la loro flessibilità e stabilità operativa.

Come naturale evoluzione della macchina suddetta Hauni ha prodotto due famiglie di macchine elettroniche, la KDF-2E/AF-2E e la KDF-3E/AF3-E, la prima naturale discendente della KDF-2 ma completamente elettronica, la seconda come evoluzione parallela di macchina destinata alla produzione ad altissime velocità lineari del baco, possibile fino alla soglia dei 600 m/'. La KDF-2ER/AF2-ER, nata all'inizio del decennio scorso, è il risultato di un programma specifico di aggiornamento delle vecchie macchine meccaniche, tuttora una delle piattaforme più usate nel mondo dei filtri, in cui si è mantenuto la meccanica della zona taglio baco/trasferimento ed aggiornato, similmente a quanto fatto per la versione 2E, la parte della macchina di lavorazione materiale. Queste macchine uniscono i pregi delle due versioni, la flessibilità e stabilità proprie delle macchine meccaniche con la facilità di regolazione e la velocità cambio formato proprie delle macchine elettroniche.



Figura 2.1 Hauni KDF-2ER/AF-2ER

Il mondo delle maker da filtro non è rimasto in ogni caso fermo, e nel mercato si sono aggiunti altri costruttori per cercare di strappare ad Hauni il monopolio pressochè assoluto in questo settore. ITM, International Tobacco Machinery, ha lanciato la propria proposta, che ha preso il nome di Polaris, figura 2.2. La proposta di ITM può essere collocata temporalmente nello stesso periodo del lancio della versione 2ER Hauni.



Figura 2.2 ITM Polaris

Nell'anno 2010 un altro colosso del mondo del tabacco ha fatto il suo ingresso nel mondo delle maker da filtro. La G.D. ha sviluppato e fatto uscire sul mercato la DF10, figura 2.3, macchina completamente elettronica e con la caratteristica di avere il doppio baco, in similitudine a quanto nel mondo delle maker da sigarette avviene ormai da anni. Macchina completamente elettronica e dal veloce cambio formato, andrà a scontrarsi con l'ultima versione della maker da filtro di Hauni, la KDF-4/AF-4 nella sua versione mono e doppio baco denominata KDF-4M, figura 2.4.



Figura 2.3 G.D. DF10



Figura 2.4 Hauni KDF-4/AF-4

La macchina scelta come piattaforma in PMI per la produzione del filtro con capsula, nelle sue famiglie di prodotti, semilavorato xxx/x (da tradurre come filtro di lunghezza xxx mm e con x capsule al suo interno) e filtro finito yyy/y, è stata la XXX/XXX.



Figura 2.5 Maker da filtro presso Intertaba S.p.A.

La macchina, secondo quanto riportato dal costruttore nel suo sito, ha i seguenti dati di targa :

- Velocità (max.) : 500 m / min.
- Output (max.) : 5,000 filtri / min.
- Lunghezza filtri producibili : 60 - 150 mm.
- Diametro filtri producibili : 5 - 9 mm.

E' come detto una macchina altamente performante, stabile e flessibile, dotata di una parte meccanica collaudata proveniente dalle XXX-X e motorizzazioni elettriche di ultima generazione, che permettono regolazioni veloci, ripetibili e molto precise. Nel software proprietario XXXXX dedicato a questa macchina specifica sono presenti e memorizzabili tutti i parametri del brand da produrre, oltre che moderni controlli di tutti i motori ed inverter presenti che rendono veloce anche la diagnostica di eventuali rotture e problemi.

La macchina su cui installare il modulo inserimento capsule è stata scelta proprio per queste sue caratteristiche, importanti per il prodotto e la gestione dell'equipment da parte dei tecnici di produzione e dal dipartimento di manutenzione elettrica e meccanica.

2.2 Maker tipo KDF : presentazione processo generico

Per comprendere il processo generico di produzione di un filtro innanzitutto dividiamo idealmente la macchina nelle sue due zone principali, la zona di lavorazione del materiale, applicazione plastificante e la zona di formazione, taglio e trasferimento bacchette filtro. Prenderemo per comodità e semplicità quanto riporta nel proprio sito internet un produttore di materiale filtrante, che basa le sue spiegazioni su maker di tipo KDF..



Figura 2.6 Divisione parte KDF – AF, da sito Celanese

Il processo di formazione filtro parte dalla zona di lavorazione del trefolo di acetato di cellulosa, che avviene nella parte di macchina denominata nello schema AF-2ER. Il trefolo di materiale che entra nella macchina, è aperto dalle bocche di ventilazione, il cui scopo è quello di aprire le fibre del materiale e distenderle, così da essere lavorate dall'accoppiata di rulli metallici e rulli in gomma che compongono l'AF.



Figura 2.7 Ingresso trefolo nella bocca di ventilazione

Tra i rulli avviene uno stiramento del materiale seguito da un rilassamento, dovuto alla loro differente velocità relativa. Questo allo scopo di migliorare la resa del materiale a parità di quantità immessa ed di conseguenza il riempimento del filtro.

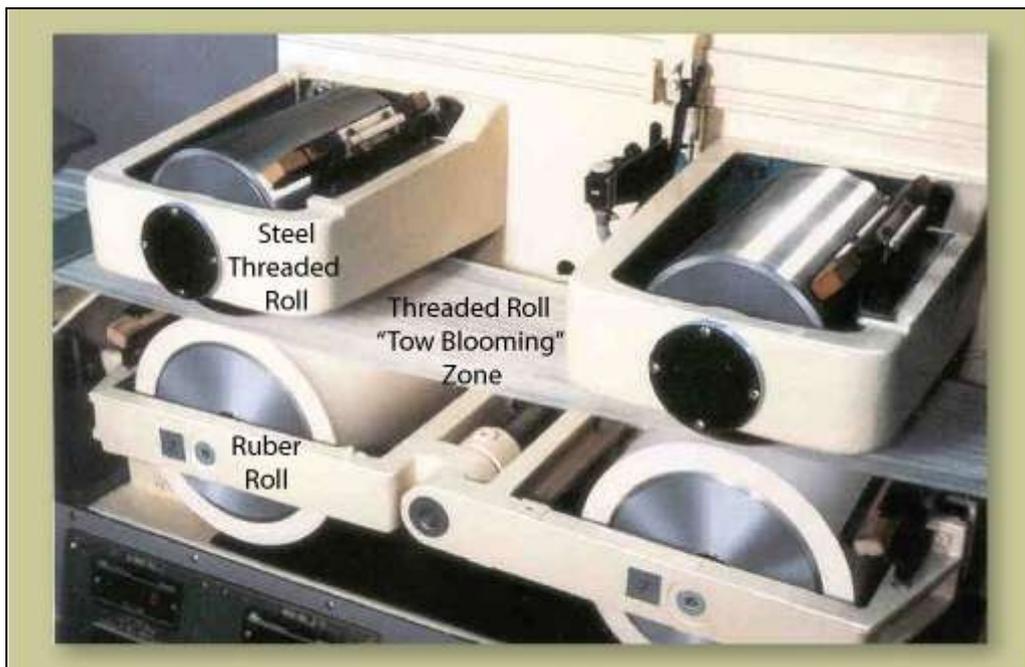


Figura 2.8 Coppie rulli di lavorazione metallo – gomma

Parte dell'AF è anche la zona di distribuzione del plastificante, utilizzato per dare rigidità e adeguate caratteristiche meccaniche al filtro, indispensabili per la sua combinazione nella sigaretta e il suo uso da parte del fumatore.



Figura 2.9 Camera applicazione plastificante

Il materiale è consegnato alla parte KDF-2ER della macchina, dove viene formato e chiuso il baco. Il materiale lavorato viene ricevuto e convogliato nella vera e propria zona di formazione filtro, dove acquista forma cilindrica e dove viene avvolto dalla carta esterna e chiuso tramite collanti specifici.

Il baco prodotto è continuo, e viene tagliato a lunghezza corretta nella zona della testa di taglio.



Figura 2.10 Testa di taglio KDF-2ER

A valle di questa zona viene controllato il diametro costantemente con un sistema on-line e mantenuto in target con una logica di retroazione.

Le bacchette filtro di lunghezza corrette vengono poi trasferite al raccogliore di fine linea, dove vengono inscatolate automaticamente e pallettizzate.

2.3 Il filtro con capsula

Il filtro con capsula sviluppato all'interno di Intertaba S.p.A., prodotto con l'equipment XXX/XX/XXX che verrà descritto nel paragrafo successivo e una delle grandi novità lanciata da Intertaba e da PMI sul mercato nel corso del 2009. Nel corso del 2011 tale tipologia di filtri è stato lanciato anche nel mercato italiano nel brand Marlboro Beyond.

La famiglia dei filtri con capsula è composta da due principali formati (xxx/x e yyy/y). Il primo è il formato destinato direttamente alla combinazione su sigaretta, mentre il yyy/y è un semilavorato, e viene combinato internamente con uno spezzone contenete carbone attivo naturaleo mentolo e poi destinato alla combinazione con il tabacco. Nel processo di combinazione il filtro viene tagliato in modo da avere spezzoni conteneti una sola capsula.

Il filtro contiene dunque un numero di capsule dipendenti dalla specifica prodotto, capsule equispaziate e centrate depositate tramite il sistema XXXXX.



Figura 2.11 Filtro con capsula

Su questa tipologia di filtro oltre ai controlli usuali effettuati su tutti i filtri prodotti in Intertaba vengono monitorati anche altri parametri qualitativi, legati alle capsule ed al prodotto specifico, quali la presenza, la precisione posizionale e l'integrità delle capsule, tutti con logica pass/fail. I filtri difettivi in uno qualunque di questi parametri sono rigettati dal sistema di controllo online in maniera del tutto automatica.

In totale sono stati lanciati, dall'inizio del 2009 ad oggi, 30 nuovi brand in 19 paesi.

2.4 Modulo inserimento capsule : presentazione equipment

Il modulo di inserimento capsule all'interno del materiale filtrante è un modulo aggiuntivo, compatibile con la macchina XXX/XX e ad essa strettamente collegato e dipendente, sviluppato da XXXX, azienda produttrice di macchine automatiche e rebuilding di macchine confezionatrici e combinatrici. Il suo acronimo identificativo usato internamente è ACF (XXXXX Capsule Feeder) che sarà usato di seguito. Il brevetto corrispondente è WO2011024068 - APPARATUS AND METHOD FOR INSERTION OF CAPSULES INTO FILTER TOWS

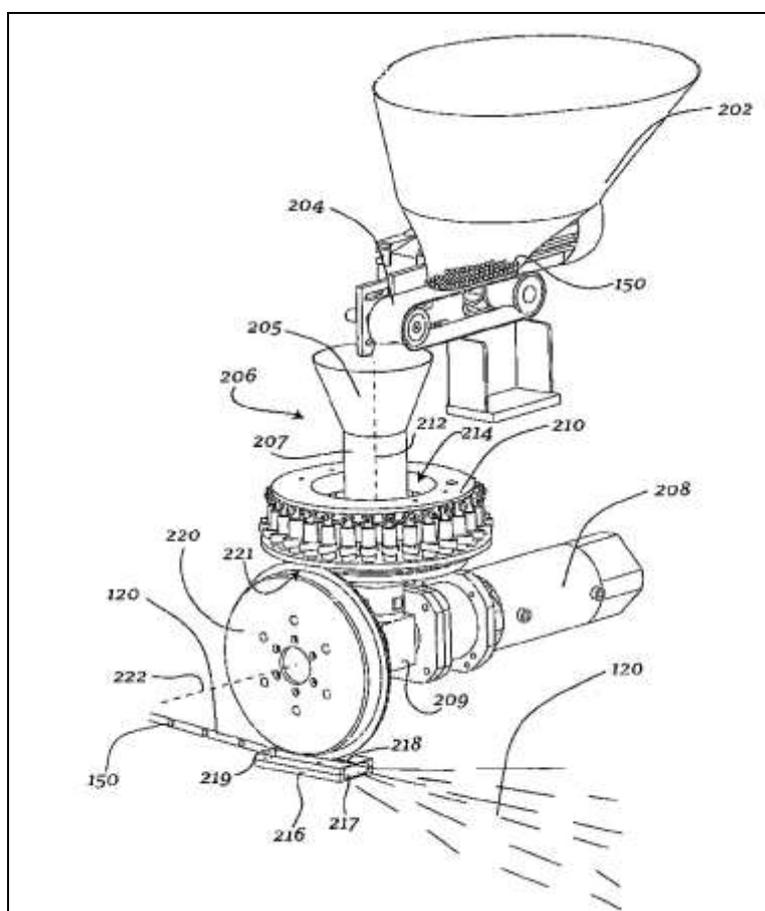


Figura 2.12 Schema ACF tratto da brevetto pubblico

Il modulo si presenta compatto, dalle dimensioni simili al modulo di aggiunta carbone originariamente installato sulle macchine. Possiamo idealmente suddividere il modulo ACF in quattro zone ben distinte :

- **Zona posteriore di buffer-carico capsule** : in questa zona avviene il carico delle capsule direttamente dal packaging originario del fornitore, che le suddivide in sacchetti da z Kg. La capacità della tramoggia di buffer che le contiene è di zz Kg di materiale, pari ad una autonomia di circa un'ora di produzione. Presenta un sensore basso ed uno basso-basso, che avverte quando al serbatoio restano circa dieci minuti di produzione residua.
- **Zona di trasferimento da tramoggia a ruota orizzontale** : tramite un nastro trasportatore le capsule sono trasferite dal serbatoio al bicchiere di raccolta capsule, posto in posizione centrale della ruota orizzontale centrifuga, ove sono presenti i sensori di start e stop carico capsule ed il sensore basso-basso, che comunica la mancanza capsule nella ruota qualora questo avvenga.
- **Zona di trasferimento tra ruota orizzontale centrifuga e ruota verticale di deposito** : in questa zona le capsule contenute nella ruota orizzontale passano grazie ad un sistema di PIN movimentati da una camma fissa alla ruota verticale di deposito. Ad aiutare il trasferimento tra le due ruote provvede inoltre l'aspirazione presente nella ruota verticale, aspirazione che ha poi anche il compito di trattenere le capsule in apposite tasche sul suo perimetro esterno, vincendo la forza centrifuga data dalla velocità di rotazione.

Zona di deposito nel materiale filtrante: la parte bassa della ruota verticale è inserita nel cono di formazione, ove viene convogliato il materiale filtrante che inizia ad assumere forma simil-cilindrica. In questa zona avviene il deposito delle capsule, grazie ad una "unghia" di estrazione e deposito. Tale unghia estrae le capsule dalla ruota e le deposita all'interno del baco che si sta formando, deponendole ad intervalli stabiliti e costanti. Tale metodo di estrazione e deposizione capsule è stato sviluppato presso Intertaba S.p.A. e depositato nel brevetto numero *WO2010055120 con titolo METHOD AND APPARATUS FOR INTRODUCING OBJECTS INTO A SMOKING ARTICLE*

L'immagine (fig. 2.12) tratta dal brevetto pubblico ne mostra un complessivo generico dove si riconoscono agevolmente le zone sopra descritte. Altra caratteristica del gruppo è la possibilità di avere un sollevamento verticale completo, per operazioni di pulizia e start-up della produzione, e di separare la parte inferiore della ruota orizzontale centrifuga dalla sua chiusura superiore, per operazioni di pulizia e controllo manutentivo. Il sistema è azionato da un unico motore elettrico brushless. A trasmettere il moto e a mantenere la fase fissa tra le due ruote è inserito un riduttore angolare a 90° con ingresso di moto posteriore, dal rapporto x/y con il motore. Tale sistema è stato scelto al posto di due motori separati e quindi due assi elettrici per impedire che durante la ricerca della fase relativa delle due ruote (cosa che avverrebbe ad ogni ciclo di partenza macchina), le

capsule potessero venire triturate dal moto relativo tra le due ruote. Tale sistema prevede una ruota master, quella frontale, ed una ruota mobile e regolabile, in maniera da avere la possibilità di regolare la fase finemente, riuscire a seguire il rodaggio del riduttore e di conseguenza il suo assestamento in termini di giochi, cambiare agevolmente le ruote in caso di danneggiamenti o rotture accidentali. Il sistema prende il riferimento del moto dalla testa di taglio della maker, ove è presente un encoder incrementale che si assicura di generare il segnale di movimento e di velocità da mandare al PLC del modulo aggiuntivo che ne elabora il contenuto e pone in rotazione il gruppo di ruote. Lo stop macchina è preso analogamente. Il sistema è dunque in gearing fisso con la maker, e ogni movimento della testa di taglio, sia esso durante la normale produzione, sia esso manuale genera la rotazione della coppia di ruote, con deposizione delle capsule.



Figura 2.13 ACF, modulo separato, arrivo in ditta

Il sistema ACF inoltre è composto dal sistema di controllo capsule, che si occupa di verificare la presenza, il corretto posizionamento, la rottura ed eventuale doppia capsula presente nel baco, generando un segnale che va ad eccitare le elettrovalvole di scarto poste sul tamburo alveolato di trasporto dei filtri. Il sistema inoltre si occupa di correggere con logica di retroazione la posizione delle capsule, andando a leggere la posizione media reale, calcolando il suo discostamento in positivo o in negativo dal valore voluto e a correggerla andando ad accelerare o decelerare la ruota di deposizione rispetto alla macchina.

2.5 LINEA FILTRO CON CAPSULA (MAKER + ACF) : presentazione equipment completo

L'equipment completo (ossia Maker+ACF) raffigurato in figura 2.14 sarà il complesso su cui andremo a lavorare. In sostanza le due parti di macchina vengono separate e tra loro viene inserito il modulo ACF. E' particolarmente curato l'allineamento e la posa in sede, in quanto punti molto importanti per le successive fasi ed il buon funzionamento del macchinario.

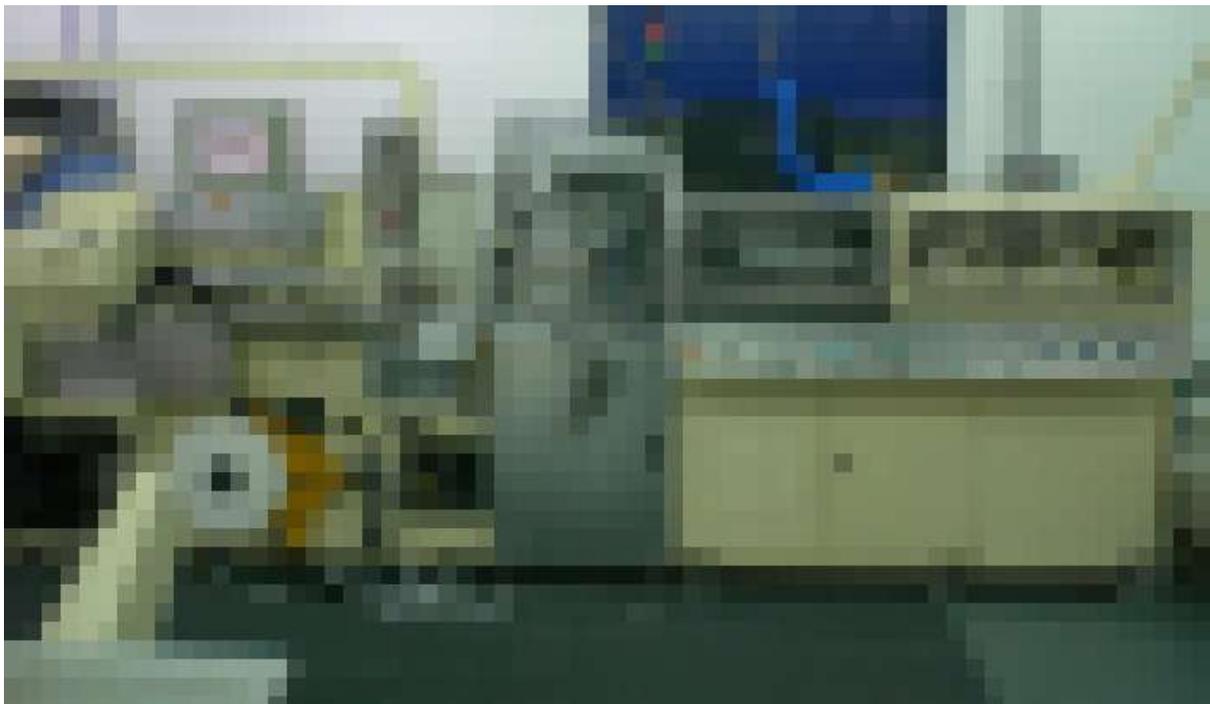


Figura 2.14 ACF, messa in opera

Vengono rese quindi solidali le varie parti macchina e vengono garantite le comunicazioni, le utenze comuni (per start/stop macchina, stop di emergenza, utenze di rete e aspirazioni). E' aggiunto il sistema di controllo inerente le capsule, secondo la logica del plug-in e tutte le parti facenti parte del KIT inserimento capsule. Una volta testato secondo le procedure interne qualitative e di performance produttive il sistema è accettato e pronto per la produzione.

2.6 LINEA FILTRO CON CAPSULA (MAKER + ACF) : presentazione processo completo

Il processo completo che prende vita dall'unione delle due macchine può essere sintetizzato con questo flusso operativo : inserimento materiale filtrante, lavorazione materiale, formazione baco e inserimento capsule in contemporanea, chiusura baco, controllo on-line, taglio e trasferimento alla inscatolatrice automatica. Sinteticamente abbiamo quindi la somma dei due processi singoli, con le relative difficoltà.

Il processo completo prevede quindi queste fasi :

- **Maker : lavorazione materiale.** Il trefolo di acetato di cellulosa viene inserito nella parte di macchina destinata alla lavorazione del materiale, dove attraverso coppie di rulli successive, funzionanti a velocità e pressioni relative diverse, viene decrimpatato, tirato e successivamente rilassato in maniera da avere una adeguata resa volumetrica e riempimento della bacchetta filtro. Il materiale riceve inoltre il plastificante, che servirà a bloccare tra loro le fibre e conferire alla futura bacchetta filtro la necessaria consistenza meccanica. Il trefolo è quindi convogliato nella zona di formazione e inserimento capsule.
- **ACF : inserimento capsule.** Il materiale entra nella zona deposizione capsule, realizzata allungando la formazione standard della maker per creare lo spazio per la ruota di deposizione. La ruota entra dentro un cono di convogliamento e allineamento materiale, e deposita le capsule a distanza prestabilita dalla specifica richiesta. Le capsule vengono caricate in automatico da una tramoggia di buffer posta nella parte posteriore del macchinario. La deposizione delle capsule nel materiale è continua poichè il moto della ruota è dipendente dal moto della macchina, essendo con questa in gearing fisso. In altre parole ad ogni movimento della macchina confezionatrice corrisponde un movimento relativo della ruota deposizione capsule, sia in modalità manuale sia in modalità automatica. La necessità di questa logica è legata al trascinamento del materiale da parte della maker, che avviene tramite una cinghia piana, detta appunto di trascinamento. Tale cinghia ha anche la funzione di chiudere inferiormente il baco continuo. Nella zona del ACF vengono anche applicate le colle interne, applicate a freddo, che contribuiscono a bloccare il materiale sulla carta di avvolgimento. Subito dopo la zona di deposizione inizia la zona di formazione vera e propria,

dove viene chiusa la carta di avvolgimento intorno al materiale ed alle capsule al suo interno contenute. In questa zona avviene la creazione del baco continuo.

- **Maker : formazione, controllo, taglio e trasferimento baco.** Nella zona di formazione il baco viene chiuso definitivamente, bloccando i due lembi di carta di avvolgimento con colla a caldo fatta indurire dal ferro freddo, successivo alla zona di applicazione colla. Il baco così formato è ora continuo, chiuso, con capsule all'interno e con sezione cilindrica. Passa poi nella zona di controllo, dove vengono controllati i parametri qualitativi relativi a questi aspetti : presenza, posizione e centraggio capsule. Questo controllo agirà secondo la sua logica sulla valvola di scarto filtri non conformi. Successivamente il baco entra nella zona della testa di taglio, dove viene diviso in bacchette filtro della lunghezza desiderata e trasferito alla zona dei tamburi alveolati, che prendono in consegna i filtri buoni dal punto di vista qualitativo e li trasferiscono alla macchina inscatolatrice.

Guardando la macchina nel suo complesso, il ciclo composto è dunque in grado di generare filtri con capsula di qualità idonea, consumando oltre alle materie prime standard anche le capsule.

2.7 Logica funzionamento macchina : possibili miglioramenti

Con la logica di funzionamento descritta nel paragrafo 2.6 appare che per ottenere eccellenti risultati dai già ottimi di partenza e una ulteriore riduzione dei consumi di capsule bisogna eliminare la continuità di deposizione all'interno del materiale, svincolandola dal moto macchina quando questa non è necessaria. In particolare durante le fasi di start e di stop del macchinario, la logica di funzionamento della maker impone di scartare N filtri (alla partenza per la necessaria stabilizzazione del materiale filtrante e del quantitativo del plastificante, alla fermata per la necessità di avere una fermata breve ma non improvvisa per scongiurare eventuali rotture meccaniche del complesso). Altra situazione in cui il deposito di capsule non è necessario è durante tutte le movimentazioni manuali del complesso macchina, movimentazioni che avvengono solitamente per necessità di settaggio manuale, pulizia macchina durante il turno produttivo o sostituzioni di consumabili (cinghie ecc.), rimessa in produzione dopo pausa. In tutti questi casi appare evidente che la deposizione di capsule è inutile, oltreché dannosa dal punto di vista economico, per cui un possibile miglioramento (durante partenza, fermata, setting) sarà produrre filtri senza capsule in queste particolari situazioni. La valutazione è stata fatta sulle produzioni di questa tipologia di filtro presenti in ditta (attualmente W specifiche) e ha portato alla decisione del formato da utilizzare per il primo studio e realizzazione.



Figura 2.15 Formato xxx/x vista frontale

L'analisi è partita dall'osservazione delle macchine in configurazione standard, in maniera continua e lungo l'arco temporale di un mese, per avere una base oggettiva di partenza su cui fare poi un confronto una volta implementata la modifica. L'analisi è stata svolta in parallelo su entrambi i formati di filtro presenti in fabbrica, xxx/x caps e yyy/y caps, in maniera da valutare il guadagno e scegliere il formato più conveniente con il quale iniziare i lavori di progettazione e modifica.

Durante l'osservazione sono stati tenuti monitorati il numero delle fermate, i risultati in termini di efficienza e scarto delle macchine, i problemi riferiti al gruppo standard, durante ogni turno di produzione. Le macchine sono impegnate 3 turni di durata 450 minuti al giorno per 5 giorni la settimana. I risultati ottenuti sono stati poi mediati sulla lunghezza base scelta di un turno di produzione, per valutare quanto è lo spreco in termini di grammi di materiale su cui possiamo direttamente andare a lavorare con la nostra modifica, se le performance della macchina sono influenzate dalla nostra modifica e se introduciamo problematiche nuove o diverse. Questo per quanto riguarda la scelta e valutazione del formato.

3 Presentazione idea

Questo capitolo ha lo scopo di presentare il percorso logico intrapreso per la risoluzione del problema, esplicitando le fasi che abbiamo individuato e sviluppato, partendo da una prima analisi del processo, che ha portato alla conoscenza e quantificazione dei possibili punti di miglioramento. Siamo passati per la definizione dei vincoli brevettuali che esistono su questo progetto, siano essi interni o esterni. Queste valutazioni hanno portato a definire uno studio di fattibilità e le specifiche di progetto del lavoro, necessarie per iniziare a pensare alle soluzioni. Da questa parte di definizione dell'area di intervento si è passati alla generazione dell'idea, all'elencare le possibili soluzioni fino a descrivere la zona definitiva dove si è deciso di lavorare per trovare la soluzione definitiva.

3.1 Cost saving analysis

Come prima analisi inerente al progetto è stata effettuata una valutazione beneficio/costo, una stima dei tempi di rientro del capitale investito e una valutazione oggettiva sul processo ritenuto più vantaggioso economicamente, esistendo due famiglie di prodotti con capsula, il finito (X capsule per ogni filtro) ed il semilavorato (Y capsule per ogni filtro).

Innanzitutto, essendo il nostro obiettivo l'ottimizzazione del consumo delle capsule, è stato valutato in quali frangenti esiste uno spreco eliminabile, cioè la deposizione delle capsule all'interno del materiale senza che la presenza sia in realtà necessaria. Analizzando il processo e le attività produttive, oltre che le logiche di funzionamento del macchinario nel suo complesso (Maker+ACF) i frangenti in cui attualmente si immettono capsule nel processo non necessarie sono risultati i seguenti :

1. **Fase di partenza macchina** : per logica di funzionamento macchina e di stabilità di processo, per garantire la necessaria qualità dei filtri prodotti vengono scartato ogni ciclo di partenza macchina X filtri. In questi filtri non è necessaria la presenza di capsule all'interno del baco essendo scartati a priori.
2. **Fase di fermata macchina** : la macchina in fase di fermata scarta automaticamente tutto quanto è prodotto in fase di decelerazione. Per evitare una brusca fermata della macchina ed evitare quindi danni al complesso, la fermata deve essere dolce. Per evitare spreco di materiale la fermata deve essere quanto più veloce possibile. Il miglior compromesso tra le due necessità è stato trovato in una fermata che causa scarto di Y filtri. In questi filtri non è necessaria la presenza di capsule all'interno del baco.
3. **Fasi di movimentazione manuale del macchinario** : durante il turno produttivo, a seguito di fermate, di regolazioni e di inceppamenti l'operatore esegue una movimentazione manuale del macchinario, per verificare che tutto sia nella norma e che sia possibile la ripartenza. Durante queste fasi non è necessaria la presenza di capsule all'interno del baco.
4. **Fase cambio balla di tow** : il tow, materia prima fondamentale per la produzione dei filtri, è approvvigionato a macchina sotto forma di balle di lunghezza standard. Il suo consumo è dipendente dalla velocità macchina e impone l'inserimento nel materiale con

movimentazione manuale simile al caso precedente ma di durata maggiore poichè il trefolo deve percorrere tutta la lunghezza macchina. Durante questa fase non è necessaria la presenza di capsule all'interno del baco.

5. **Fasi di set-up a seguito di sostituzione cinghie di formazione/trascinamento** : durante queste fasi, che avvengono durante il turno di produzione, vengono cambiate le cinghie sottoposte ad usura ed al contatto con il baco. Il tutto avviene con i materiali inseriti nella macchina, in quanto l'operazione è veloce e standardizzata. Il successivo centraggio rispetto al canale di formazione della macchina avviene con una movimentazione manuale simile alle precedenti. Durante queste fasi non è necessaria la presenza di capsule all'interno del baco.

Sono state monitorate durante un arco temporale di un mese le macchine producenti i due formati contenenti capsule, allo scopo di quantificare oggettivamente il numero medio di cicli start/stop a turno di produzione e le fasi di movimentazione manuali dovute a cambio balla, ripartenze/inceppamenti e sostituzioni cinghie.

I risultati sono stati i seguenti :

- N. Cicli start/stop formato xxx/x (finito) : Z cicli/turno, X filtri a ciclo
- N. Cicli start/stop formato yyy/y (semilavorato) : W cicli/turno, X filtri a ciclo
- N. Avanzamenti manuali formato xxx/x (finito) : Z cicli/turno, xxx mm a ciclo di baco perso
- N. Avanzamenti manuali formato yyy/y (semilavorato) : W cicli/turno, xxx mm a ciclo di baco perso
- N. Cambi balla formato xxx/x : A cambio/turno, xxx mm a ciclo di baco perso
- N. Cambi balla formato yyy/y : B cambio/turno, xxx mm a ciclo di baco perso

Queste grandezze sono state uniformate alla dimensione filtro, per poter poi calcolare agevolmente quante capsule (in numero e peso e riferito alla tipologia filtro) e quindi denaro si potrebbero risparmiare applicando il sistema al nostro equipaggiamento standard.

Il risultato calcolato sulla base dei suddetti dati è stato di :

- xxx g/turno per il formato finito xxx/x

- yyy g/turno per il formato semilavorato yyy/y

Considerando che le macchine attualmente sono funzionanti a ciclo continuo durante l'anno lavorativo (quindi 235 giorni lavorativi annui) la stima di risparmio espresso in Kg sarà di :

- XXX Kg/anno per il formato finito xxx/x
- YYY Kg/anno per il formato finito yyy/y

Ipotizzando un rendimento del nostro sistema del 90%, ovvero ammettendo che la chiusura/apertura e quindi la dosatura delle capsule possa avvenire con un piccolo ritardo o anticipo rispetto al voluto causa logica di funzionamento/costruzione, il nostro saving sarà di :

- X' Kg/anno per il formato finito xxx/x
- Y' Kg/anno per il formato finito yyy/y

Moltiplicando questo dato per il costo al Kg del materiale, ci ha dato come risultato il saving che è possibile ottenere implementando la modifica al ciclo di deposizione capsule.

Questi dati, confrontati con il costo stimato del primo prototipo, hanno permesso inoltre di valutare il tempo di ritorno dell'investimento, calcolato per i due formati esistenti, di decidere quale sia il formato più conveniente e su quale macchina partire con i rilievi fisici.

Nei costi del primo prototipo sono stati volutamente inseriti i costi di generazione e sviluppo idea, progettazione interna ed esterna, costo del reverse engineering, costo della messa in tavola gruppo originale e gruppo modificato, costo della manodopera necessaria all'installazione (interna ed esterna), costo della costruzione dei particolari e costo delle materie prime necessarie per i test della soluzione prima della sua ufficializzazione in reparto produttivo. Questo in maniera da sviluppare un calcolo conservativo per quanto riguarda l'ammortamento del primo gruppo, che con queste premesse è stato calcolato pari a 2 anni. Va da sé che i gruppi successivi avranno un costo notevolmente più basso, pari circa ad un terzo del costo del primo KIT. Con queste assunzioni il periodo di ammortamento del kit riferito al formato xxx/x sarebbe stato pari ad oltre 6 anni, mentre scremando le spese "accessorie" e realizzando il kit successivamente tale tempo si riduce anch'esso nell'ordine dei 2 anni, assolutamente accettabile ed in accordo con le necessità aziendali. Il formato scelto per il progetto pilota è stato il yyy/y, giudicato più conveniente e dal ritorno più veloce.

ROI [year] = Costo totale /Saving atteso <= valutazione aziendale, nel nostro caso <= 3 anni

Riferendoci invece al processo ed al miglioramento ottenuto, il calcolo tra il consumo della materia prima pre e post modifica ha portato un beneficio dello 0,xx% per il formato xxx/x e dello 0,yy% per il formato yyy/y sulla “resa” delle capsule, ovvero inteso come possibilità di incremento di produzione, a parità di materia prima immessa nel ciclo. Obiettivo del progetto era appunto questa miglioria e la possibilità di incrementare la produzione, riducendo gli sprechi insiti nel processo.

Tutti questi dati sono stati calcolati in via teorica, essendo antecedenti l’installazione e facenti parte dei ragionamenti effettuati prima della partenza del progetto e della generazione delle varie idee. Questi calcoli verranno verificati in via sperimentale al momento della installazione del primo prototipo in area produttiva, e verificati nuovamente alla realizzazione del primo gruppo industriale.

Dal punto di vista manutentivo, con le due importanti modifiche introdotte (paratia inox e punto ingrassatore), si è ottenuto l’obiettivo prefissato. Per quanto riguarda l’usura della parete è attualmente in fase di monitoraggio la durata, allo stato attuale comunque superiore al particolare standard. Questo particolare è stato prodotto per primo e già installato, allo scopo di valutare il concetto. Inoltre con la modifica inserita del materiale di costruzione, si è notevolmente irrigidito il complesso, con tutti i vantaggi che ne conseguono, in termini di allineamento, facilità di regolazione e fluidità di movimento del gruppo, anche in presenza di sporco e polvere dopo molte ore di funzionamento ininterrotto. Le operazioni di ingrassaggio e controllo sono semplificate, in quanto ora è previsto un unico punto di applicazione grasso lubrificante con presa adatta ad essere usata con tutti gli ingrassatori a pompa manuali usati tradizionalmente per questo scopo. Questo si è tradotto in un risparmio di ore/uomo per la manutenzione, mantenimento e pulizia del gruppo che è stato calcolato da parte del dipartimento preposto e sarà verificato dopo l’effettiva installazione.

Fasi	Frequenza / turno xxx/x	Frequenza / turno yyy/y
Fase di partenza linea	X	Y
Fase di fermata linea	X	Y
Movimentazioni manuali	X	Y
Cambio balla tow	A	B
Fasi di set-up	C	D
Saving (g/turno)	XXX	YYY

Tabella 3.1 Riassunto calcoli per valutazione e scelta formato

3.2 Vincoli brevettuali interni ed esterni

Il sistema su cui andremo a sviluppare l'add-on per gli scopi previsti dal progetto è brevettato dal costruttore, con brevetto numero WO2011024068 e denominazione APPARATUS AND METHOD FOR INSERTION OF CAPSULES INTO FILTER TOWNS.

Il sistema ha precisi vincoli che dovremo rispettare e non intaccare. In primo luogo è stato redatto un piano di reverse engineering, con il preciso scopo di avere gli ingombri disponibili per il nostro add-on ed il know-how necessario per poter montare sulla base originale i componenti che si intendono progettare ex-novo o su cui si vuole modificare la logica di funzionamento. Internamente è stata svolta una analisi con l'ufficio brevetti Philip Morris international, allo scopo di ottenere il cosiddetto FtO, Freedom to Operate, permesso proveniente dalla sede centrale di lavorare sul progetto, con la sicurezza di non infrangere parti del brevetto ed essere passibili di azioni legali. Lo studio ha portata al ricevimento di detto documento ed alla partenza dei lavori. Il brevetto è stato quindi depositato prima della discussione della presente tesi di laurea.

Altro vincolo importante è stato quello che ha imposto lo sviluppo del nostro sistema inteso come modifica di un sistema già esistente e funzionante, e non come rifacimento completo di un macchinario. Questo nell'ottica di ottimizzare l'esistente, velocizzare i tempi e non stravolgere quanto è già installato nei reparti di produzione. Con questa ottica le nostre possibilità di movimento e modifica erano e sono state limitate, e la scelta della soluzione è stata dettata oltre che dalla bontà tecnica anche dal numero di parti che sarebbe stato necessario ricostruire e/o sostituire. In altre parole abbiamo dovuto trovare la giusta via di mezzo tra la funzionalità, il rendimento e la semplicità della modifica e il numero di modifiche necessarie per poter implementare l'idea. Va da se quindi che era impossibile stravolgere la logica del gruppo, creando una nuova logica o complicare quella esistente. Inoltre si doveva prevedere la possibilità di installare o meno il kit nuovo in maniera semplice, replicando quanto sarebbe stato modificato e ovviamente modificando il minor numero di pezzi possibile. Questi sono stati i vincoli più grossi incontrati nello sviluppo, che hanno influenzato pesantemente la scelta e la strada decisa per la soluzione definitiva.

3.3 Studio fattibilità e specifiche progetto

Lo studio di fattibilità è partito dall'analisi del concetto base di funzionamento della macchina, ove sono state considerate le fermate e ripartenza come cicli non eliminabili, così come non eliminabili sono il numero di filtri scartati per ognuna di queste due fasi. Lo studio ha quindi avuto come obiettivo quello di evitare la deposizione delle capsule all'interno di questi filtri. Si è voluto anche investigare la possibilità di produrre a richiesta (per varie ragioni, set-up, test) filtri senza capsule, azionando il KIT SBC a richiesta e seconda logica impostabile. E' stata dunque identificata la zona di intervento, effettuato un reverse engineering dei componenti, definendo lo spazio utile per l'aggiunta del sistema, e definita una logica di funzionamento ed idea di massima. Le specifiche del progetto prevedono innanzitutto che il sistema segua una logica di add-on ad un gruppo esistente, cioè che possa essere installato sul sistema esistente senza obbligare alla riprogettazione totale, ma soltanto delle singole parti con cui il nostro upgrade deve andare ad integrarsi. Sono stati valutati inoltre gli impatti di questa modifica su aspetti quali manutenibilità, difficoltà di processo e di regolazione, impatto su integrità capsule ed impatto sul personale di produzione (altro vincolo era di non incrementare il carico di lavoro degli operatori). Ovviamente tutti questi aspetti sono stati volutamente valutati come prioritari, ed il sunto è stato che il sistema deve obbligatoriamente essere "trasparente" rispetto all'attuale, mantenendo cioè le stesse prestazioni, non creare necessità di manutenzione aggiuntiva né qualsiasi altro impatto in termini di lavoro e manodopera. La specifica richiede inoltre che l'add-on sia marchiato CE.

3.4 Spiegazione concetto di funzionamento e criticità teoriche

Il concetto funzionale del gruppo nella sua configurazione originale prevede il carico automatico delle capsule in posizione centrale, dove esiste un buffer di forma cilindrica, il cui livello di riempimento è controllato da due sensori, uno di start ed uno di stop carico capsule.



Figura 3.1 Cono ingresso capsule

Il carico avviene attraverso una culla posta in vibrazione da un sistema biella-eccentrico posto in rotazione da un motore elettrico. Le capsule sono dosate tramite una uscita conica nella ruota orizzontale, dove per forza centrifuga vengono riempiti i canali di passaggio. Le capsule nei canali vengono trattenute esternamente da una culla fissa che fisicamente chiude l'esterno dei canali, a meno della zona dove intervengono i PIN. Nella zona di intervento PIN, larga approssimativamente 90 gradi, il perno del PIN nella sua posizione abbassata fisicamente trattiene le capsule nel canale, mentre contemporaneamente con il suo movimento verso il basso trasferisce la più esterna alla ruota verticale di deposito.



Figura 3.2 Vista inferiore, zona trasferimento tra le due ruote

La zona di movimento positivo dei PIN è dunque quella in cui avviene il trasferimento da ruota orizzontale a ruota verticale. Il nostro scopo è rendere azionabile e selezionabile questo trasferimento, in maniera da evitare il trasferimento secondo nostro bisogno. Concettualmente possiamo lavorare in 4 strade, ognuna con i suoi pro ed i suoi contro che analizzeremo in seguito :

- **Soluzione 1** Rendere disaccoppiabili ruota verticale e ruota orizzontale, evitando dunque il trasferimento tra le due ruote in maniera fisica, aggiungendo un movimento relativo tra le due ruote.
- **Soluzione 2** Rendere mobile il piatto di chiusura superiore della ruota orizzontale, bloccando le capsule per frizionatura.
- **Soluzione 3** Realizzare un secondo anello di PIN, posizionato internamente all'esistente, che realizzi un blocco di tutte le capsule in parallelo all'originario.
- **Soluzione 4** Rendere discontinuo e azionabile tramite logica pre-determinata il movimento dei PIN esistenti, evitando il trasferimento da ruota orizzontale a ruota verticale.

Le criticità individuate, a prescindere dalla soluzione che verrà scelta come definitiva, sono legate a questi aspetti fondamentali del processo :

1. Rottura capsule da evitare nella maniera più assoluta, sia per una questione economica sia per una questione di processo e pulizia della zona (contenendo additivo in caso di rottura avremmo un notevole accumulo di sporco nonché fuoriuscita di liquido);
2. Necessità di avere switch di comando e reattività del sistema più alta possibile, in maniera da rendere possibile la dosatura delle capsule o il loro arresto il più velocemente possibile, evitando di avere tempi di attesa dell'interruzione del trasferimento alti non compatibili con i tempi di start e stop macchina standard;
3. Rendimento sistema più alto possibile (>90%), inteso come capacità di bloccare tutte le capsule presenti nella ruota orizzontale senza averne un certo numero che non è possibile bloccare per limiti fisici del sistema.

3.5 Soluzioni generate/investigate

Analizziamo nel dettaglio le soluzioni tecniche che lo studio interno ha generato. Le maggiormente promettenti e tecnicamente fattibili sono risultate le seguenti :

- **SOLUZIONE 1** Evitare il passaggio tra ruota orizzontale e ruota verticale creando la possibilità di avere un movimento relativo tra le due ruote, movimento possibile tramite un giunto meccanico posto sull'albero di trasmissione principale. Il giunto individuato è un giunto commerciale della XXXXXXX XXXX XX. Tale giunto avrà quindi due posizioni di lavoro, una che permette il funzionamento standard del macchinario e il passaggio delle capsule da ruota orizzontale a ruota verticale ed una sfalsata, in maniera da creare una barriera fisica dovuta alla forma della ruota orizzontale che impedisca il trasferimento delle capsule. Questa soluzione sarebbe semplice e poco impegnativa dal punto di vista della meccanica del sistema, poco invasiva e ad una prima analisi affidabile e dal buon rendimento. La parte negativa deriva dal dover creare una parte del macchinario atto a raccogliere e recuperare le capsule che non verrebbero trasferite tra le due ruote. Questo è dovuto al fatto che il sistema originario prevede il trasferimento delle capsule 1 a 1 e con la parte frontale della ruota orizzontale libera poiché accoppiata a quella verticale. Questo implica quindi che le capsule non trasferite devono in qualche altro modo essere gestite e recuperate. Si è valutata come difficoltosa la realizzazione di detto sistema di recupero, vuoi per lo spazio esiguo tra le due ruote (meno di 3 decimi di gioco necessari per un corretto funzionamento del trasferimento), vuoi per il pericolo di tranciamento delle capsule dovuto allo sfasamento pressochè istantaneo e alla necessità di creare una barriera mobile tra le due ruote. La soluzione è stata quindi abbandonata.
- **SOLUZIONE 2** Evitare il trasferimento tra ruota orizzontale e ruota verticale bloccando il movimento delle capsule per frizione nella ruota orizzontale. Il complesso della ruota orizzontale prevede un canale di passaggio capsule chiuso su tre lati ricavato nella ruota stessa, e la chiusura superiore ricavata da una parete in lexan fissata al gruppo porta PIN. La dimensione del canale è X mm x Y mm (LxH). La dimensione delle capsule nominale è Z mm, con tolleranza +/- di J mm. Rendendo mobile il piatto di chiusura superiore, partendo dalla misura minima della tolleranza, in via teorica sarebbe possibile bloccare tutte le capsule presenti nei canali di trasferimento, facendo compiere alla chiusura in lexan una corsa di 0,4 mm dalla posizione standard. La soluzione sarebbe semplice, prevedendo solamente

l'aggiunta di attuatori magnetici o pneumatici al sistema esistente e qualche modifica di rilievo agli spessori dei pezzi originali. Sono però state individuate molte perplessità al riguardo del complesso. La prima che è stata analizzata è data dalla variabilità della dimensione delle capsule, variabilità non facilmente digeribile da un sistema meccanico rigido. Inoltre andando a lavorare per frizione sulle capsule, e quindi comprimendole di una certa entità, si potrebbe provocarne la rottura per collassamento. Il comportamento (testato con uno strumento simile a quello usato per le prove di compressione nei materiali metallici) ha mostrato caratteristiche plastiche nella prima parte del caricamento, per assumere un comportamento plastico-fragile incrementando il movimento in senso verticale da il piano zero di riferimento. La quota Y di comportamento elastico è purtroppo paragonabile come valore assoluto alla tolleranza dimensionale, e questo ha causato l'eliminazione di questa idea da quelle papabili per la realizzazione. In altre parole se anche fossimo stati sicuri della capacità di questo sistema di bloccare le capsule nel canale, non è altrettanto sicura la capacità di un sistema siffatto di mantenerle integre, caratteristica fondamentale del sistema che si dovrà andare a realizzare.

- **SOLUZIONE 3** Evitare il trasferimento tra le due ruote inserendo un ulteriore sistema di pin di chiusura, concentrico al primo, azionabile indipendentemente da esso, in maniera da bloccare le capsule nel canale subito prima del sistema a PIN originario che si occupa del trasferimento effettivo tra ruota orizzontale e verticale. Detto sistema avrebbe il pregio di essere facilmente realizzabile, con componenti uguali agli originali al limite, senza pericolo di rottura capsule e di malfunzionamenti. Il sistema dovrebbe prevedere come sicurezza ulteriore una molla interna al PIN di cedevolezza $<$ al valore di collasso delle capsule, in maniera che incontrandone una non corra il rischio di schiacciarla. La movimentazione potrebbe avvenire con attuatori pneumatici, elettrici o meccanici, fulcrati nella parte fissa del gruppo. La facilità relativa di realizzazione è in contrasto però con il rendimento presunto del sistema, calcolato inferiore all'80%. Questo è dovuto agli ingombri dei PIN originali, dell'anello portaPIN e delle relative boccole. Ingombro che andrebbe a raddoppiare inserendo il nuovo sistema in parallelo al primo. In parole povere ragionando sulla circonferenza della ruota si andrebbero a perdere come minimo tre giri completi di capsule prima che il sistema possa chiudere il passaggio bloccando così il canale. Questa soluzione è stata la base di partenza per la soluzione definitiva, avendo visto che i pro e contro delle altre tipologie di sistema sono tutti sulla carta perdenti rispetto ad un sistema che blocchi l'afflusso capsule in maniera simile a quello esistente.

- **SOLUZIONE 4** Evitare il passaggio delle capsule tra ruota orizzontale e verticale rendendo mobile la camma di azionamenti PIN ora fissa, rendendola di forma variabile (neutra e positiva a seconda del bisogno o mobile tra la posizione di lavoro e quella neutra) o svincolando i PIN dalla camma, evitando quindi il loro moto verticale ed il trasferimento tra le due ruote.

Soluzione 4.a Si è partiti analizzando la possibilità di svincolare i PIN dalla relativa guida, in maniera da avere la possibilità di trasferire o non trasferire le capsule tra le due ruote. Le criticità sollevate riguardano il sistema di svincolo del cuscinetto guida del PIN dalla sua cava nella camma, creando quindi una nuova guida concentrica a quella esistente, ma piana nella sua circonferenza. Il sistema potrebbe essere realizzato, con una certa difficoltà tecnica dovuta al comando di svincolo, che imporrebbe una rotazione del corpo PIN rispetto al suo asse. Rotazione ora impedita dall'anello di chiusura superiore, sagomato appunto per evitare questo. Inoltre si avrebbe un aumento dell'ingombro del sistema, vincolato nella parte esterna dai pistoni pneumatici atti al sollevamento del gruppo causa pulizia durante il funzionamento. Questa soluzione per queste criticità è stata ritenuta non applicabile e troppo complicata.

Soluzione 4.b Altra opzione, rendere la camma di forma variabile e/o creare la possibilità di traslare la camma dalla sua posizione di lavoro a una nuova, creando una camma dalla forma positiva se rimane in posizione standard e piana se spostata in senso orizzontale. La possibilità di traslazione, semplice da realizzare e comandare, è stata accantonata per la necessità di riprogettazione di tutto il sistema di guida dei PIN all'interno della camma, sistema di guida che andrebbe ad interferire con il cuscinetto a rullini che ora fa da perno. La creazione di una camma mutevole nella forma è stata scartata in quanto si è voluto evitare ogni possibile discontinuità e/o salto nel suo profilo, che si ripercuoterebbero sui cuscinetti e sulla loro durata, oltre che generare vibrazioni anomale. Per queste ragioni la soluzione è stata abbandonata.

Soluzione 4.c Rendere mobile in senso verticale la camma fissa, andando quindi ad azionare tutti i PIN, passando in questa maniera da una sola zona dove i PIN sono movimentati (area di trasferimento dove la camma ha il risalto positivo) a tutta la camma che aziona i PIN, andando ad abbassarli rispetto alla posizione di riposo. I PIN nella zona di azionamento standard risulterebbero con questa configurazione più in basso rispetto agli altri del valore di corsa della camma (circa 2 mm). Questa soluzione, facilmente attuabile ed azionabile, è quella

scelta per lo sviluppo finale. I remark da tenere conto nella sua realizzazione sono i seguenti, verranno esplicitati nel dettaglio più avanti nella trattazione :

- Necessità di rendere il PIN sensibile e collassabile nel caso in cui ci sia una capsula sotto di lui evitandone la rottura.
- Necessità di modificare la corsa possibile dei PIN, in maniera che il sistema possa gestire il surplus di corsa dato dal movimento della camma.
- Necessità di creare una posizione di attacco per il/gli attuatori ed i relativi regolatori se questi sono pneumatici.
- Necessità di gestire il tempo di azionamento, in positivo ed in negativo, del sistema e che questo sia regolabile.

3.6 Descrizione zona intervento

La zona identificata, sulla base delle considerazioni fatte, come idonea è quella del complesso ruota orizzontale/camma movimento PIN e zona inserimento/trasporto dal buffer di carico posteriore. Tale zona è evidenziata nella immagine sotto, dove si vede chiaramente la zona “libera” al suo interno.

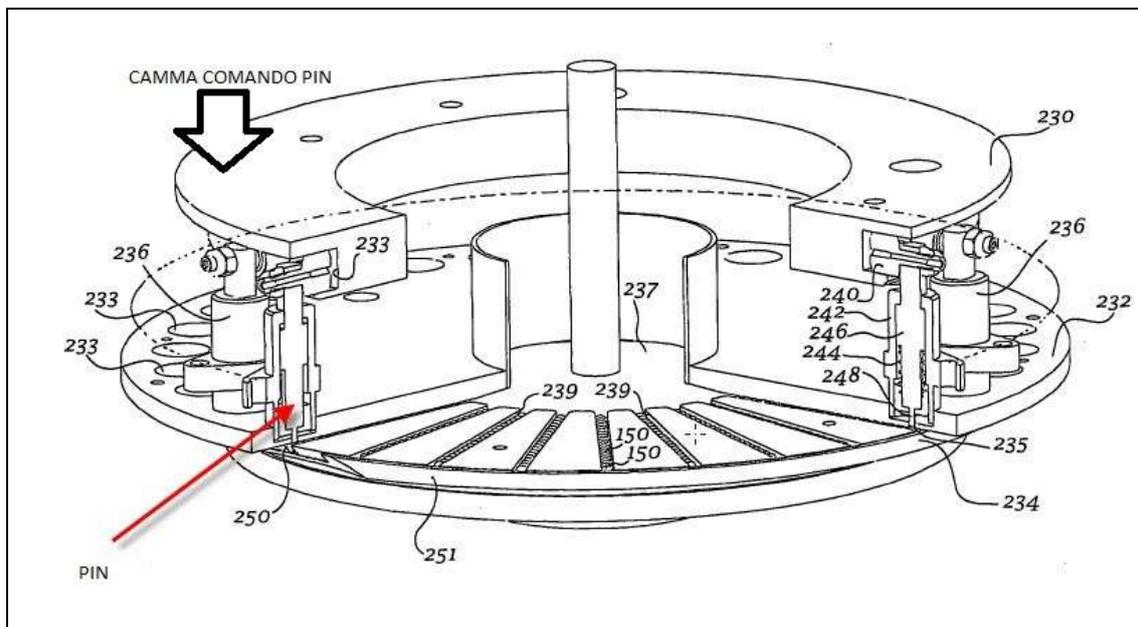


Figura 3.3 Sezione area interessata all'intervento

La parte fissa del sistema è quella della camma di comando PIN, solidale al telaio macchina e dunque parte che potremo sfruttare per il montaggio di tutti quei componenti che prevederemo dover essere fissi (attuatori, regolatori ecc). Tutta la parte sottostante è mobile e posta in rotazione dal motore elettrico del gruppo. La peculiarità è l'assoluta uguaglianza dello spazio disponibile nel caso dei due formati, differenti solamente per il numero di PIN presenti nel gruppo. La vista reale permette di avere una visione migliore della zona, figura 3.4.



Figura 3.4 Vista zona intervento

Inoltre è la zona in cui avviene il trasferimento dal buffer centrale ai canali di carico, dove per forza centrifuga le capsule riempiono i canali e vengono trattenute dalla corona che chiude esternamente la ruota orizzontale. Tale corona è aperta solo nella zona frontale, dove le capsule sono trattenute dalla parte posteriore del PIN in posizione abbassata, che dunque funge allo stesso tempo da mezzo di trasporto tra ruota orizzontale e verticale e da parete, impedendo la perdita di capsule.

4 Soluzione definitiva

Questo capitolo entra nello specifico del progetto di ottimizzazione sviluppato. Verranno descritte le fasi di reverse engineering sul macchinario esistente e le analisi ad esso relativo. Verranno descritte le scelte fatte, le analisi dimensionali e di processo, in linea con i limiti prefissati del progetto. Verrà mostrato il sistema assemblato virtualmente su CAD 3D, tutti i particolari custom creati e tutti i particolari commerciali scelti. Verrà inoltre descritto il suo funzionamento nello specifico e tutto quanto riguarda la sua implementazione su macchina esistente in produzione.

4.1 Overview generale

Il sistema scelto e valutato come il più promettente, rispecchiante le aspettative di progetto e più semplice da implementare (inteso come numero pezzi da sostituire, modificare, aggiungere e movimentare) è stato quello che prevede la creazione di una possibilità di moto in senso verticale alla camma, ora fissa, che comanda il movimento dei PIN usato per il trasferimento tra la ruota orizzontale e quella verticale. La semplicità del sistema con questa configurazione è notevole : useremo gli stessi PIN per la duplice funzione di trasferimento tra ruote delle capsule e blocco delle stesse nei canali della ruota orizzontale. Lo svincolare la camma e renderla mobile dalla sua condizione fissa sarà realizzato aggiungendo due attuatori pneumatici, lavoranti in parallelo, e che fungono da parte fissa e telaio sulla quale è ora fissata la camma. Azionando gli attuatori si rende possibile una corsa di pochi mm, quanto basta per fare penetrare i PIN all'interno della ruota orizzontale, andando così ad impedire il trasferimento alla ruota successiva. Particolarmente critico ed interessante si è rivelato lo studio e l'adattamento del sistema per impedire la rottura e/o schiacciamento delle capsule sicuramente presenti nel canale, e trattenute per forza centrifuga contro la parete di contenimento laterale, parete aperta solo in concomitanza della zona di trasferimento capsule da parte del PIN.

Di seguito una vista generale :

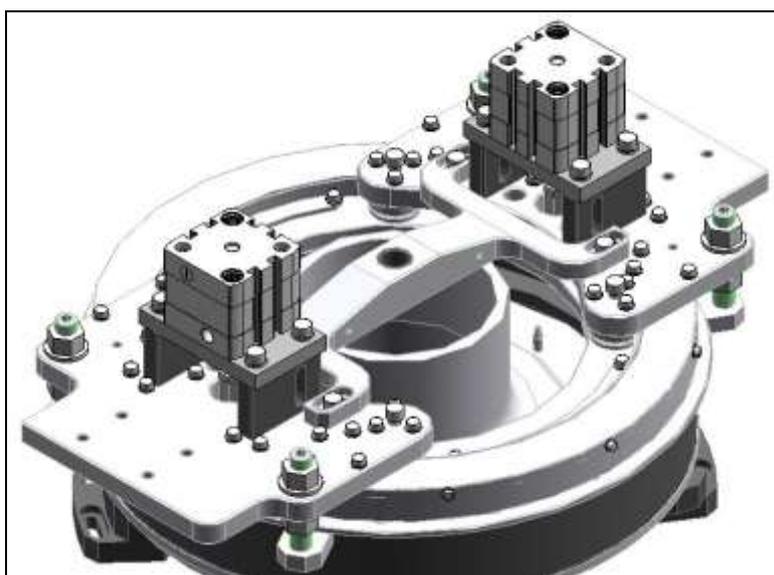


Figura 4.1 Complessivo del KIT SBC

Nella vista in sezione (figura 4.2) si osserva il sistema, con i due attuatori, e la nuova configurazione di guida PIN con possibilità di svincolo dal moto imposto dalla camma.

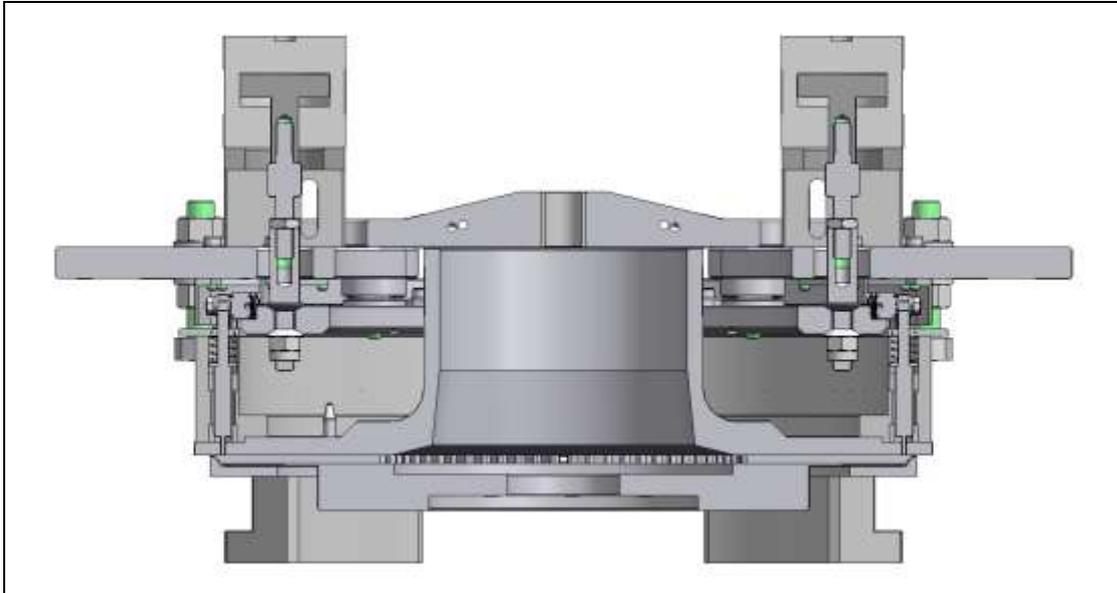


Figura 4.2 Sezione KIT SBC

La possibilità di svincolo è stata creata modificando la camma ed il suo funzionamento. Nel sistema originale il PIN era guidato sia in fronte di salita che in fronte di discesa dal profilo della camma, che risultava quindi chiusa e composta da due metà unite. Nella nostra soluzione abbiamo creato una camma che funge fisicamente da rotaia, ove il cuscinetto che comanda la posizione del PIN è mantenuto a contatto da una molla, di caratteristiche e resistenza alla compressione note. Tale molla svolge anche una altra importante funzione : essendo di cedevolezza inferiore alla resistenza di rottura a compressione delle capsule, in fase di chiusura ed in presenza di esse sotto al PIN, permette alla capsula due possibili movimenti, o verso l'interno del canale, vincendo la forza centrifuga che tiene le capsule a pacco contro il rail di tenuta esterno, o verso la ruota verticale, effettuando il trasferimento in modo normale. La complanarietà tra le superfici in moto relativo tra di loro è assicurato dagli snodi a testa sferica presenti al di sotto degli attuatori, che evitano qualunque disallineamento tra ruota orizzontale e piatto porta pin.

Nel dettaglio delle immagini seguenti, si possono chiaramente vedere il movimento aggiuntivo della camma verso il basso, e le posizioni che vanno ad assumere i PIN rispettivamente nei lati frontali, posteriori e nei lati opposti. A destra e sinistra rispetto alla vista frontale.

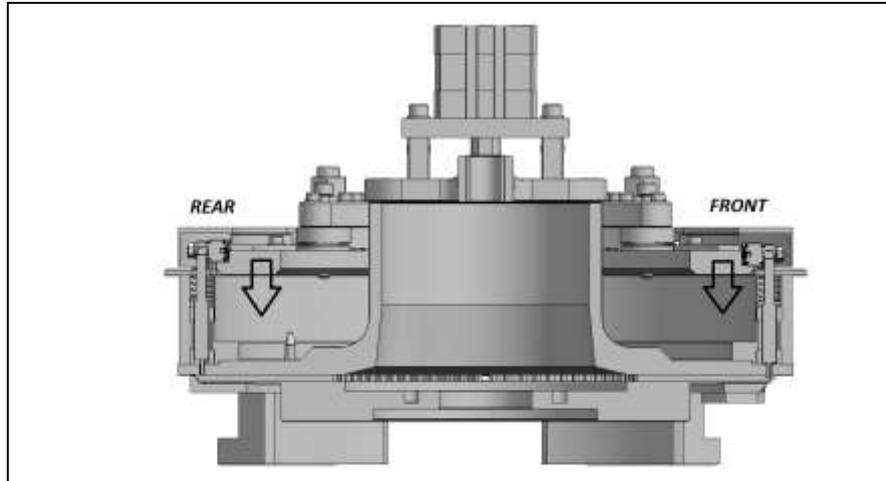


Figura 4.3 Movimento camma

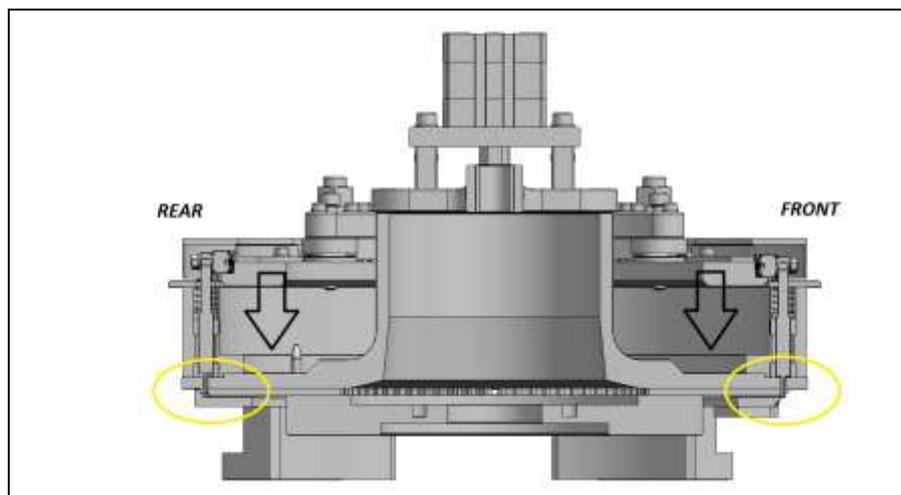


Figura 4.4 PIN in posizione abbassata, vista frontale e posteriore

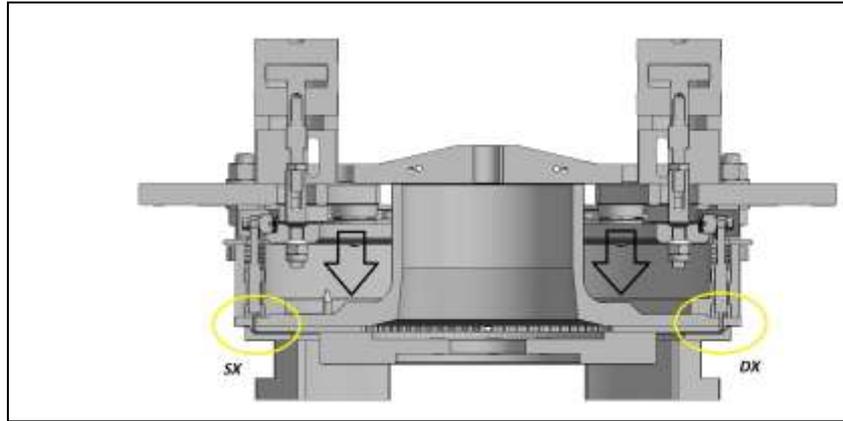


Figura 4.5 PIN in posizione abbassata, vista parte destra e sinistra

La linea logica che abbiamo seguito in queste fasi ci ha fatto partire dal rilievo del sistema esistente, dall'individuazione di tutti i particolari e delle loro, se presenti, criticità e della loro discussione e inserimento in una matrice di punti aperti/possibili miglioramenti. Sono stati quindi prodotti i disegni costruttivi di tutti i particolari originali. E' poi stata individuata la base comune ai due formati, individuando quindi un sottosistema da cui poter partire con la progettazione, senza al momento preoccuparsi del formato. E' stato poi sviluppato il nuovo KIT, tenendo presenti tutti i focus precedentemente sollevati e tentando di apportare il maggior numero di migliorie, compatibilmente con i vincoli espressi.

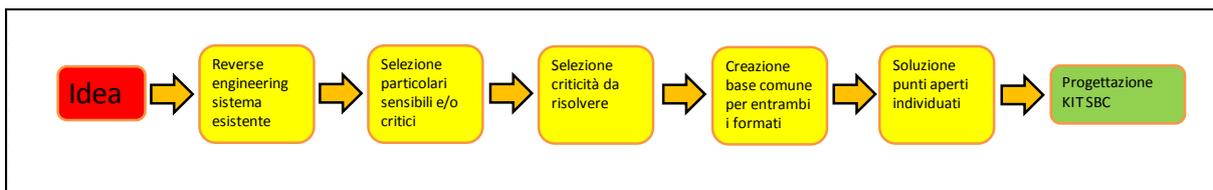


Figura 4.6 Linea logica lavoro progettazione KIT SBC

4.2 Reverse engineering sistema esistente

Come prima operazione, prima di partire con lo studio e progettazione del KIT sostitutivo, si è proceduto con lo studio e rilievo del sistema esistente, allo scopo di investigare su materiali, tolleranze, costruzione e criticità che potrebbero risultare importanti nello sviluppo del nuovo KIT.

Il concetto del reverse engineering svolto è stato quello di avere delle informazioni chiare ove andare ad installare il nostro add-on ed avere la sicurezza e la comodità di poter progettare i pezzi partendo da una base esistente, nota e comune. Non si è trattato di copiare volgarmente i pezzi in quanto la base è stata mantenuta e non modificata. Si è proceduto quindi con lo smontaggio completo del sistema originale, scomposto in ogni sua parte e analizzato criticamente. La parte su cui ci si è soffermati maggiormente è stata la parte inerente il gruppo camma, anello porta PIN e parete di chiusura superiore della ruota orizzontale. Il lavoro è stato semplice e veloce per alcuni particolari, mentre per altri particolari si è dovuto ricorrere ad un sistema di rilievo 3D della Mitutoyo.



Figura 4.7 Apparecchio di rilievo 3D Mitutoyo

In particolare ci si è avvalsi di questo strumento per il rilievo del profilo esatto della camma, con le sue rampe di salita e discesa (figure 4.8-4.9 e 4.10), e del rail esterno di tenuta capsule, dal profilo variabile lungo il raggio (figure 4.11 e 4.12). Essendo pezzi di rivoluzione, è stato montato un ulteriore asse di rotazione rispetto alla verticale del piano di appoggio. Questo ci ha permesso di confrontare (tramite il software proprietario che permette l'importazione di disegni 3D) la nostra supposizione di profilo con il rilievo reale effettuato dallo strumento. Per tutti gli altri pezzi componenti il gruppo originale si è proceduto manualmente, rilevando e mettendo a disegno i particolari. Di seguito i più rappresentativi :

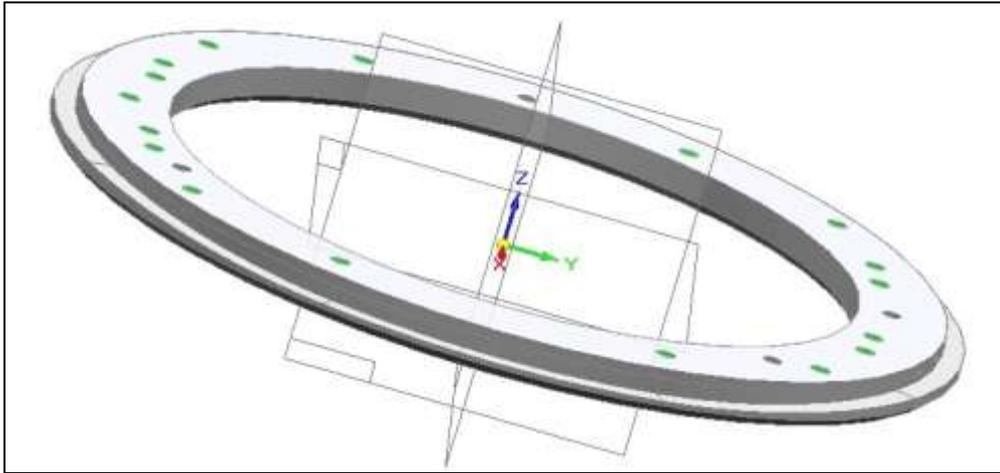


Figura 4.8 Camma movimento PIN, metà inferiore

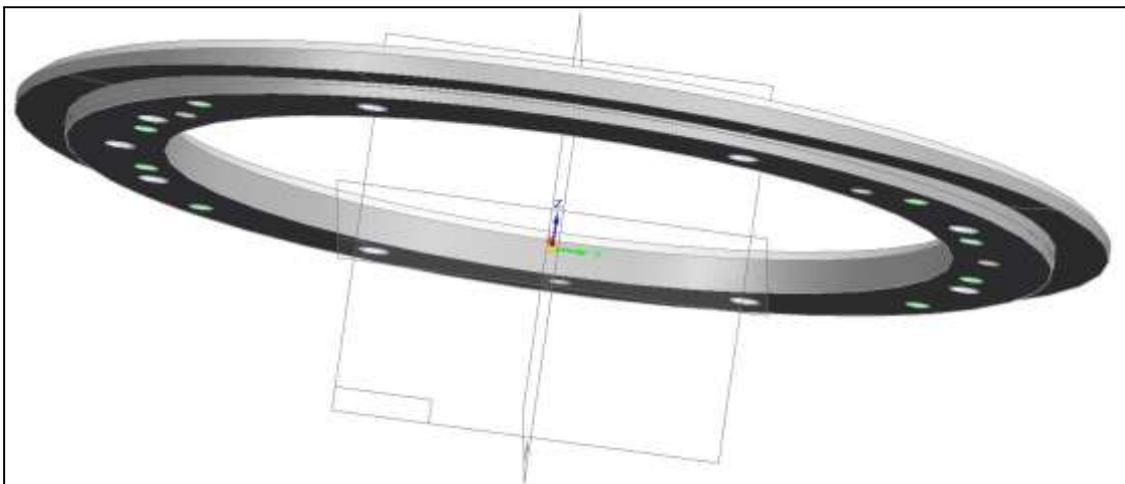


Figura 4.9 Camma movimento PIN, metà superiore

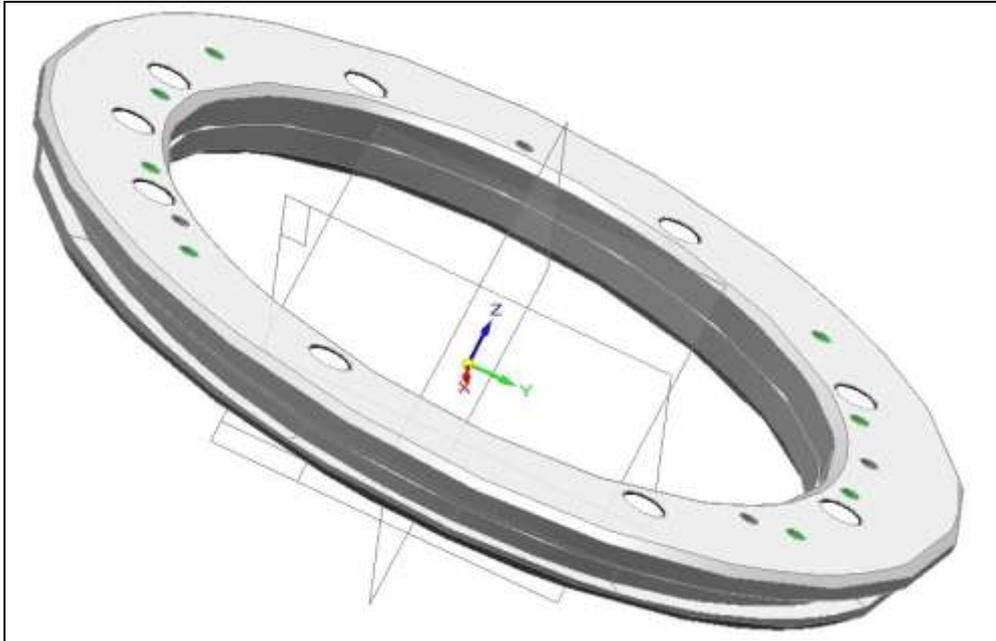


Figura 4.10 Camma movimento PIN, gruppo assemblato



Figura 4.11 Rail tenuta esterna capsule, vista frontale/inferiore smusso



Figura 4.12 Rail tenuta esterna capsule, vista superiore profilo interno

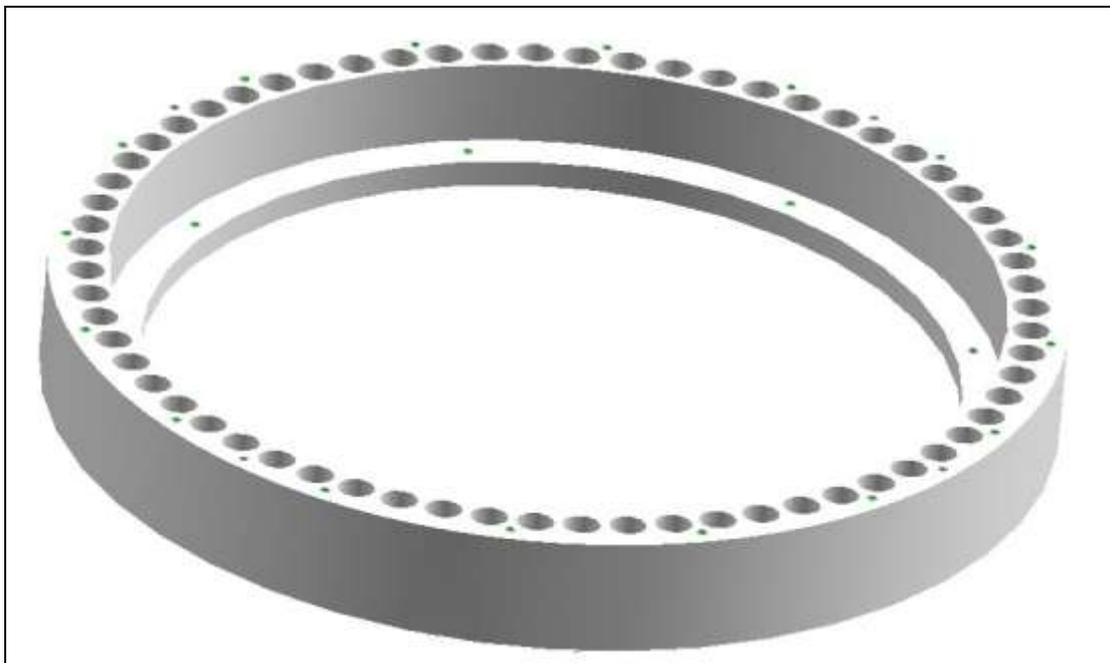


Figura 4.13 Anello supporto PIN

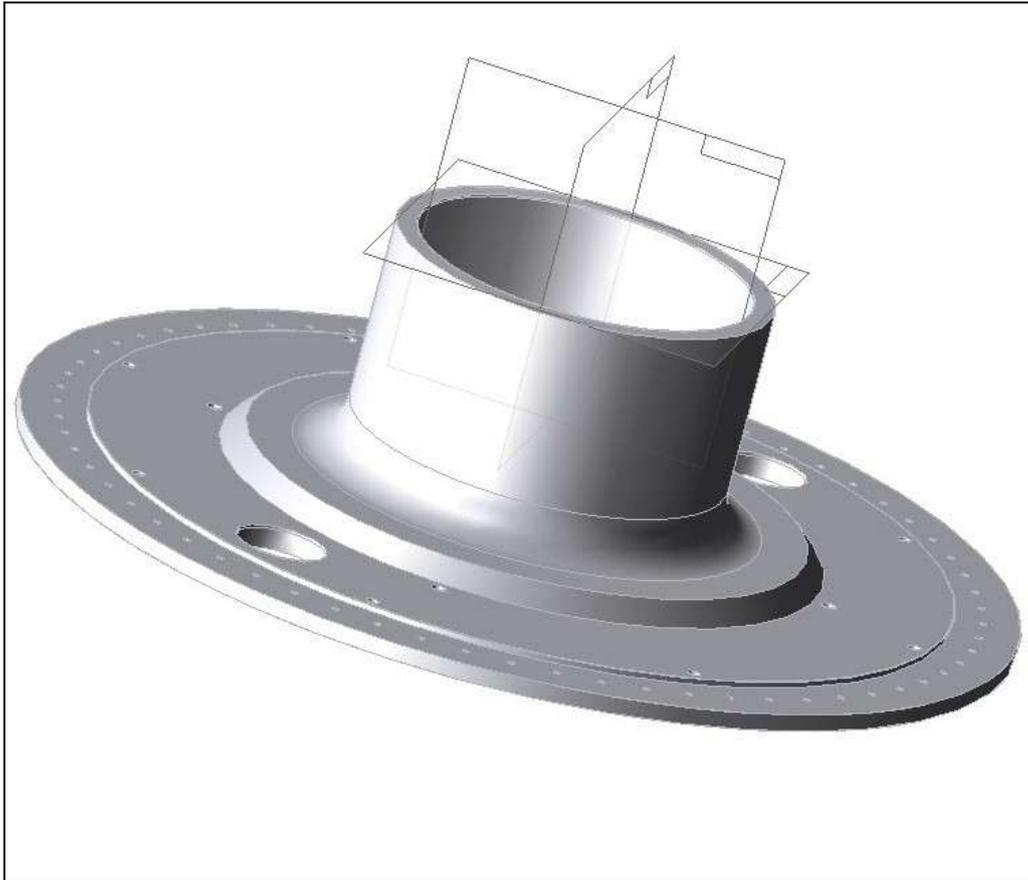


Figura 4.14 Parete chiusura superiore ruota orizzontale

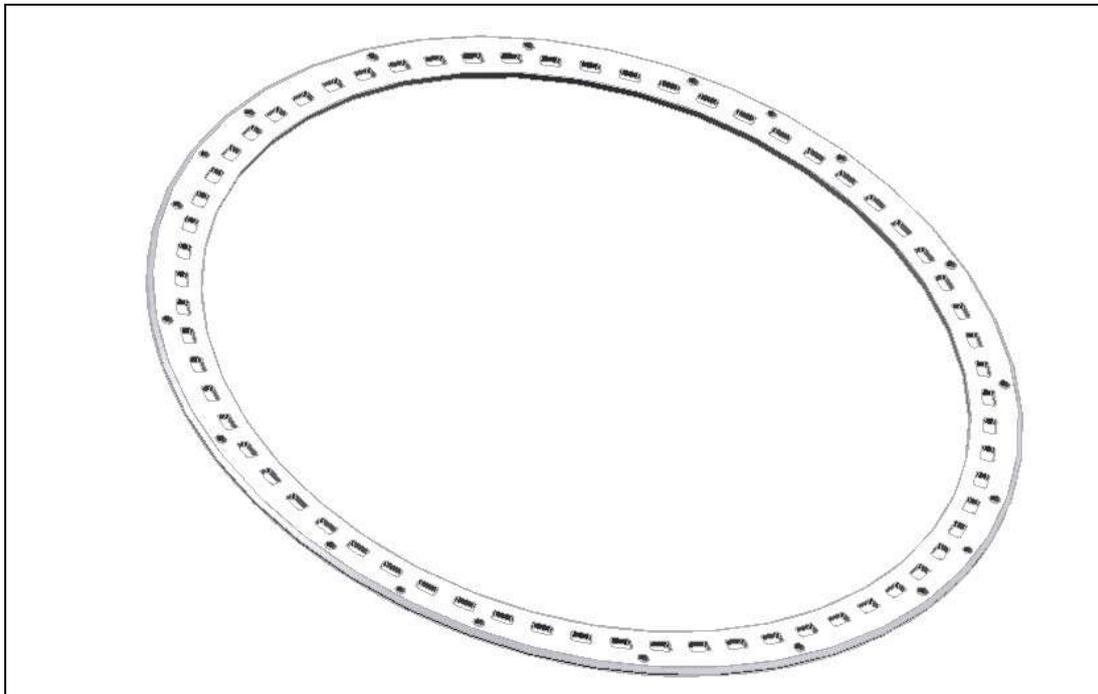


Figura 4.15 Anello chiusura superiore sede PIN



Figura 4.16 PIN trascinamento ruota orizzontale/anello chiusura



Figura 4.17 PIN movimento capsule



Figura 4.18 Ruota orizzontale centrifuga, vista superiore canali



Figura 4.19 Ruota orizzontale centrifuga, vista inferiore smusso e profilo canale

I particolari mostrati finora sono i particolari che andremo ad utilizzare anche nel nostro sistema e che non modificheremo. In pratica abbiamo mantenuto tutta la parte bassa del gruppo originario e andremo a sostituire in blocco tutta la parte superiore di contenimento capsule, ruota centrifuga, sistema movimento e contenimento PIN e struttura esterna.



Figura 4.20 Base comune KIT

La base comune, mostrata in figura 4.20, composta da supporto rail, rail di tenuta capsule, ruota orizzontale, PIN trascinamento e condotto soffio di pulizia canale è stata mantenuta sulla base delle seguenti valutazioni :

- Le parti sono in comune ai due formati, xxx/x e yyy/y, e nel caso di cambio formato avere una base comune agevola i lavori e crea un riferimento fisso. La ruota orizzontale, è dedicata al formato e varia nel numero dei canali, ma avendo in comune gli ingombri esterni, può essere considerata come parte in comune ed appartenente alla base di partenza scelta.
- La parte inferiore è stata giudicata idonea al lavoro che deve svolgere, non avendo dato problemi durante il suo funzionamento.
- La sua eventuale modifica avrebbe imposto anche la modifica della ruota verticale e degli altri pezzi ad essa collegati, fuori del nostro progetto.

4.3 Concetto di funzionamento

Partendo dalla descrizione del funzionamento del gruppo standard, soffermiamoci sulle differenze funzionali che introdurremo con il nostro nuovo gruppo. Aggiungendo un movimento possibile in senso verticale alla camma precedentemente fissa, senza nessuna variazione nel suo profilo, andremo a creare una extra corsa dei PIN, corsa che sarà usata per chiudere indistintamente tutti i canali della ruota orizzontale, bloccando così di fatto le capsule nel canale stesso ed impedendo il trasferimento alla ruota di deposito nel materiale, quindi all'interno dei filtri. Tale movimento, comandato da due attuatori pneumatici, sarà azionabile secondo logica prestabilita, ovvero in concomitanza delle fasi di partenza e fermata della macchina, ove i filtri prodotti sono in ogni caso rigettati e non necessitano quindi della presenza delle capsule al loro interno. Inoltre sarà azionabile in modalità manuale, utile per set-up, test e tutti i movimenti in manuale che avvengono durante le fasi di lavoro. Si è inoltre pensato a tutti i punti negativi sollevati durante l'analisi del gruppo originale, cercando per quanto possibile, senza stravolgere la struttura e la funzionalità originale per i vincoli precedentemente detti, di risolverli o quantomeno migliorarli.

Di seguito un elenco e le soluzioni trovate :

1. **Spessoramento sistema originale** : il gruppo originale prevede un gruppo con pezzi standard, adattati al montaggio per un suo corretto funzionamento con una serie di spessoramenti. In particolare le parti da aggiustare al montaggio sono lo spessore tra ruota orizzontale e rail

esterno di tenuta capsule, lo stesso rail esterno ed infine tutto il gruppo sollevabile dei PIN con la camma. Quest'ultima, essendo realizzato dal pieno, necessita di attenzioni specialmente per assicurare il perfetto parallelismo tra essa e la parte sottostante, e tra essa ed i due pistoni idraulici di sollevamento. In pratica da uno zero fisso comprendente altezze relative fissate in fase di progettazione, si cerca poi la massima scorrevolezza del sistema con spessori calibrati. Questo si è cercato di eliminarlo introducendo una possibilità di regolazione in più e meno dallo zero teorico del sistema, tramite barre filettate a passo ultrafine e la regolazione presente sugli attuatori pneumatici. Saranno quindi facilitate le manutenzioni, regolazioni e standardizzazioni dei gruppi presenti all'interno della ditta.

2. **Lubrificazione cuscinetti PIN** : attualmente la lubrificazione è difficoltosa, in quanto il gruppo cuscinetti-PIN che seguono il moto della camma è protetto da una paratia rimovibile, che chiude completamente la zona di strisciamento. Per effettuare la lubrificazione è quindi necessario smontare la protezione/chiusura e provvedere manualmente con grasso adatto (del tipo alimentare nel nostro caso). Il sistema sviluppato invece prevede la chiusura completa della zona cuscinetti-camma, ma prevede un attacco rapido per ingrassatore industriale. Inoltre la protezione anziché essere realizzata in pezzo unico sarà realizzata in più parti, agevolando la sua rimozione e le operazioni manutentive.
3. **Regolazione corsa PIN** : attualmente la regolazione corsa avviene tramite spessoramenti. Questo è necessario per modificare l'assetto macchina qualora vengano usate capsule con diametri in specifica, ma tendenti al suo valore di tolleranza superiore o inferiore. Con il sistema nuovo questo avverrà agendo sulla regolazione micrometrica introdotta, agevolando e velocizzando le operazioni.
4. **Consumo parete di chiusura della ruota orizzontale** : la parete che chiude superiormente la ruota orizzontale, creando di fatto il canale al cui interno scorrono le capsule, è realizzata nel sistema originale in lexan, un particolare tipo di materiale plastico duro e molto resistente all'abrasione. Abrasione in ogni caso presente e che impone ad intervalli regolari la sostituzione della parete con una nuova e l'aggiustaggio delle spessorazioni. Inoltre il cilindro che funge da buffer per il riempimento della ruota orizzontale, ove sono posti i sensori di azionamento del carico automatico, è realizzato in alluminio e fissato rigidamente alla parete in lexan per interferenza. Nella nuova soluzione, tale chiusura è realizzata in acciaio inox, andando di fatto ad allungare notevolmente i tempi per il suo consumo e la sua sostituzione, e reca il cilindro che funziona da buffer collegato rigidamente, senza la necessità di centraggi e montaggi ad interferenza che potrebbero causare la deformazione del pezzo.

5. **Manutenzione ordinaria** : attualmente la manutenzione avviene aprendo fisicamente in due il gruppo e separando quindi i PIN dalla camma, con un notevole dispendio di tempo. Nel sistema nuovo, essendo la camma aperta superiormente, la sostituzione o revisione di un PIN e del relativo cuscinetto avverrà senza la necessità di smontaggio del gruppo, in quanto sarà possibile sfilare superiormente i PIN e sostituire il cuscinetto grazie alla camma mono guida.
6. **Guida cono di diffusione capsule** : tale cono presenta centraggio e guida con una boccola di altezza 15 mm in bronzo autolubrificato. La caratteristica da migliorare, come sottolineato dai reparti di produzione, riguarda la sua precisione di guida. Capita che il cono non venga guidato bene nella sua posizione, a causa del gioco necessario tra foro interno boccola e diametro albero. Tale disallineamento provoca errata distribuzione delle capsule, non uniformi nella ruota orizzontale, e la necessità di ripetere l'operazione di ripristino. A tale scopo la boccola è stata aumentata di lunghezza fino a 25 mm, permettendo di guidare maggiormente l'albero e diminuire la sua possibilità di movimento rispetto alla posizione voluta.

Fatte queste premesse e questi ragionamenti, si è proceduto alla progettazione del nuovo gruppo. Progettazione che ha riguardato solamente la parte interessata dalla modifica funzionale al sistema, avendo come già detto il vincolo di non modificare pesantemente il gruppo originale, ma solo quello di migliorarne la funzionalità, mantenendola logica del plug-in sostitutivo del nuovo gruppo e mantenendo le dimensioni e la parte inferiore di deposizione capsule del gruppo standard.

CRITICITA'	DESCRIZIONE	AZIONE	RISULTATO
<i>Spessorazioni KIT originario</i>	Spessori adattati al montaggio, mancanza STD	Aggiunta possibilità regolazione fine	Regolazione possibile, spessore unico e comune ai due formati
<i>Lubrificazione</i>	Mancanza di punto preposto per ingrassaggio	Aggiunta protezione laterali cuscinetti e presa per ingrassatore industriale	Manutenzione facilitata
<i>Corsa PIN</i>	Regolazione attuale tramite spessori	Aggiunta possibilità regolazione fine	Regolazione possibile e veloce
<i>Consumzione parete chiusura ruota orizzontale</i>	Parete realizzata in lexan soggetta ad usura	Realizzata parete in acciaio inox	Usura esigua, rigidità complesso e regolazioni più semplici
<i>Revisione pin e cuscinetti</i>	Data la camma chiusa, occorre smontare completamente il gruppo per effettuare	Realizzata camma aperta superiormente	Possibilità di sostituzione PIN e cuscinetti velocemente a gruppo installato
<i>Guida cono centrale diffusione capsule</i>	L'albero del cono in presenza di capsule non è guidato bene e può uscire dalla sede	Aumentata altezza boccola guida	Cono e albero più stabili, distribuzione più omogenea delle capsule

Tabella 4.1 Criticità individuate e matrice azione-risultato

4.4 Complessivo in opera, studio CAD 3D, modifiche

Lo studio è partito dai rilievi effettuati sulle parti originali. La nostra base di partenza è stato il gruppo dei 4 supporti rail e del rail tenuta esterne capsule stesso. Questa parte è stata giudicata idonea come base su cui procedere con lo sviluppo del nuovo sistema. Valutazione corretta in quanto questa parte è in comune alle macchine facenti i vari formati, e non si è ritenuto di dover cambiare una base comune. Quello che cambia tra i due formati, relativamente alla parte inferiore, sono la ruota orizzontale (variabile nel numero di canali passaggio capsule a seconda della specifica) e la sua altezza relativa rispetto al rail di tenuta esterna. In pratica questo significa che in base al formato, fatto zero il piano di appoggio capsule sul rail, alzando o abbassando la ruota orizzontale con adeguati spessori, andiamo a far lavorare il profilo inclinato del rail ad altezze diverse a seconda del tipo di ruota. In particolare per il kit da noi preso in esame la distanza tra rail e piano inferiore ruota è pari a 1.05 mm. Nel caso del formato xxx/x capsule tale distanza è pari a 0.35 mm. In questa maniera manteniamo la base comune, utile sia in logica di ricambistica, di razionalizzazione della progettazione e in una eventuale logica di cambio marca veloce tra i due formati, cosa che dobbiamo sempre garantire per la flessibilità della produzione. Partendo da questi presupposti si è proceduto al disegno e messa in tavola del sistema modificato.

Caratteristiche dunque sono state :

- Parte inferiore standard
- Eliminazione di tutte le spessorazioni necessarie nella parte superiore
- Introduzione di due attuatori pneumatici atti a muovere la camma dalla sua posizione di lavoro standard
- Rifacimento della camma da doppio profilo a singolo profilo, essendo nostra intenzione assicurare il contatto tra cuscinetto guida dei PIN e pista della camma da molle di forza opportunamente calcolata
- Uso molle di contatto : hanno la funzione di fungere da elemento cedevole qualora nella loro discesa per la chiusura dei canali, una capsula si trovi al di sotto del PIN. Dovendo evitare nella maniera più assoluta la rottura, la forza della molla è inferiore al carico di rottura della capsula

- Creazione protezioni dei cuscinetti guida PIN e creazione posizione per presa ingrassatore
- Allungamento boccola di guida albero cono diffusore capsule
- Creazione di due snodi sferici al di sotto degli attuatori pneumatici, allo scopo di garantire centraggio e perfetto parallelismo tra la parte sottostante e quella superiore durante le movimentazioni e le aperture del gruppo per pulizie durante il turno produttivo
- Creazione nuova parete in inox al posto del lexan originario, creando un pezzo unico dalla sommatoria dei pezzi originari, mantenendone dunque ingombri e funzionalità inalterate

Il primo studio messo in tavola prevedeva una camma aperta superiormente, ove il contatto tra cuscinetto guida PIN e camma era garantito da una molla di forza minima 5,8 N. Molla che dunque aveva la duplice funzione di mantenere il contatto e fare da parte cedevole. Tutto vero in regime statico. Durante l'analisi dinamica ci si è accorti di non essere in grado di garantire il contatto. Il calcolo è stato fatto prendendo in considerazione le forze in gioco, gli attriti e le velocità di rotazione delle ruote, assimilabili a dischi.

Innanzitutto è stato calcolato il peso del PIN sfruttando le funzionalità di Solid Edge[®] ST3 e immettendo i parametri del materiale con cui è costruito. Dal calcolo è risultato essere di 0,021 Kg. Dal sito del produttore di cuscinetti sono stati estratti i dati relativi al particolare commerciale PERNO FOLLE "IKO" CF48, in particolare per quanto riguarda il peso del particolare, 0,015 Kg.

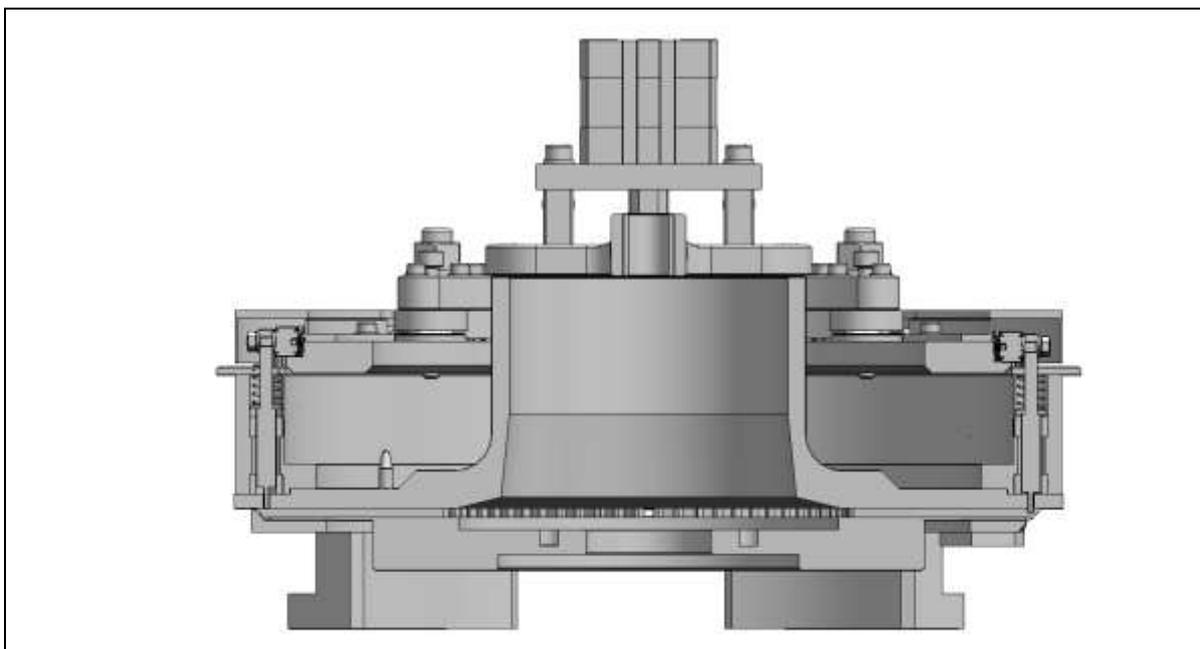


Figura 4.21 Sezione KIT SBC fronte/retro senza camma di sicurezza

Verificando quindi in condizione dinamica le forze in gioco, si è visto come la forza della molla non sarebbe stata in grado da sola di garantire il contatto tra cuscinetto e profilo camma, specialmente nella parte di profilo in discesa, dove il contatto è mandatorio per effettuare correttamente il trasferimento tra la ruota orizzontale e quella verticale. A seguito di queste verifiche, si è deciso di aggiungere nella parte interessata una camma di profilo uguale alla inferiore, con lo scopo di garantire il contatto e la legge di moto del PIN guidando oltre che con la molla anche con il profilo della camma. E' stata aggiunta solo nella parte frontale, dove avviene il movimento nei due fronti di salita e discesa del PIN, e non nella parte posteriore, in quanto inutile. Lo spazio ricavato dall'eliminazione della metà camma superiore nella parte posteriore del gruppo ha portato ad un risparmio in termini di ingombro che ci ha permesso di creare una protezione dei cuscinetti del PIN ed un punto di ingrassaggio e pulizia.

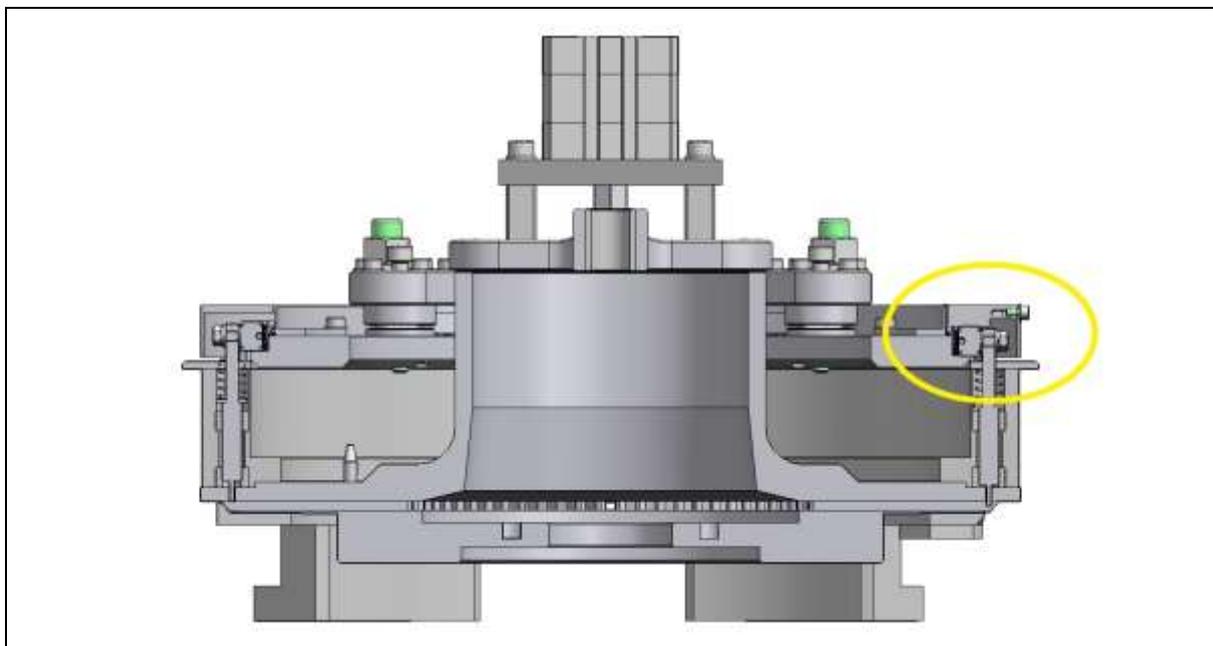


Figura 4.22 Sezione KIT SBC fronte/retro con camma di sicurezza evidenziata

4.5 Disegni particolari, commerciali

I disegni dei particolari custom e commerciali sono stati sviluppati con Solid Edge[®] ST3. La parte "bassa" del sistema è rimasta quella originale, quindi abbiamo mantenuto il rail tenuta capsule, i suoi supporti, la ruota orizzontale ed il sistema di pulizia ad aria compressa del canale. Tutta la parte superiore è stata riprogettata per garantire la nuova modalità di funzionamento e le migliorie che ci

siamo posti come obiettivi ulteriori all'interno del progetto SBC. Il complessivo del sistema definitivo è stato montato sul sistema CAD e verificato in ogni suo punto (figura 4.23).



Figura 4.23 Vista generale KIT SBC definitivo

Come si vede chiaramente dall'immagine sovrastante sono state aggiunte tutte le parti che realizzeranno il movimento della camma inferiore, il suo sistema di centraggio e posizionamento in squadro rispetto alla parte inferiore, i nuovi gruppi PIN, le chiusure di protezione ai PIN e la modifica alla boccia di guida del cono distributore capsule per ovviare alle difficoltà sollevate dai reparti produttivi. Analizziamo una per una queste nuove parti.

- **NUOVO GRUPPO PIN** : il PIN originale, guidato nel suo movimento dalla camma sia in fronte di salita che in fronte di discesa, è stato sostituito dal nuovo gruppo, ove è stata aggiunta la molla commerciale che avrà sia il compito di mantenere il contatto del PIN con la semi-camma sia quello di fungere da elemento cedevole qualora una capsula si trovi sotto il PIN durante la sua discesa in fase di chiusura erogazione capsule.



Figura 4.24 Gruppo molla/PIN/perno folle IKO

La geometria è rimasta la medesima, con l'unica aggiunta di un collarino che faccia da battuta di appoggio inferiore alla molla. Anche il perno a rulli folli IKO non è stato variato, nonostante sia stata presa in considerazione la sua possibile sostituzione con il modello di taglia inferiore, più leggero e dal diametro esterno del cuscinetto inferiore. Ma per una logica di standardizzazione ed ottimizzazione stock ricambi già presenti in ditta si è preferito mantenere il vecchio diametro.

- **CAMMA MOVIMENTO PIN** : la camma originaria è stata sostituita dalla nuova, ove la parte inferiore è stata resa mobile grazie agli attuatori e la parte superiore è solidale al telaio della macchina. La parte superiore fissa è stata creata solo nella parte anteriore e non continua come nel gruppo originale, dove avviene il moto di salita e discesa del PIN, in maniera da facilitare montaggio, allineamento e operazioni di check, manutenzione e lubrificazione.



Figura 4.25 Camma di sicurezza, dettaglio profilo

Il suo profilo è stato armonizzato e addolcito, inoltre il materiale e il trattamento termico e di indurimento sono stati scelti in modo da garantire la massima stabilità dimensionale e durezza possibile.



Figura 4.26 Camma inferiore mobile, dettaglio profilo

L'accoppiamento delle due camme inferiori e superiori, nella condizione di lavoro in cui non viene chiamato in causa il sistema SBC, genera una camma analoga a quella originale, con la stessa identica alzata e legge di moto del PIN. Il possibile rimbalzo per inerzia del PIN sul profilo della camma è reso impossibile dalle molle aggiunte, e da questo ci si aspetta un miglioramento della durata sia della camma che dei cuscinetti dei PIN.

- **ALLINEAMENTO PARTE SUPERIORE-INFERIORE** : per garantire il perfetto allineamento e precisione posizionale della camma quando effettua il suo ritorno nella posizione di erogazione capsule, è stato deciso di utilizzare due sistemi funzionanti in parallelo, tutti basati su accoppiamenti conici o sferici. Sono presenti quindi quattro punti di allineamento della struttura della camma rispetto al telaio, e due punti di allineamento dell'albero dell'attuatore che muove la camma tra camma stessa ed attuatore.

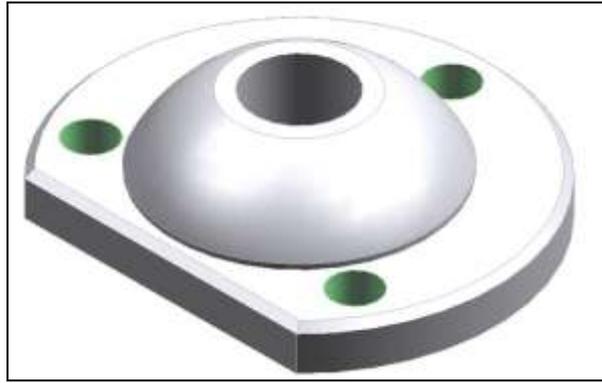


Figura 4.27 Flangia cilindrica di centraggio, parte inferiore

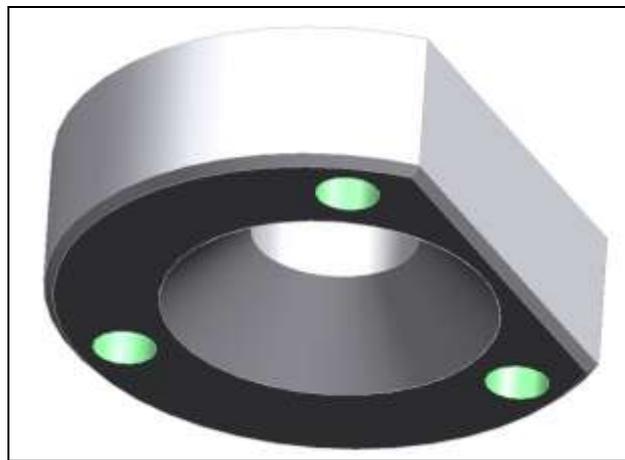


Figura 4.28 Flangia cilindrica di centraggio, parte superiore

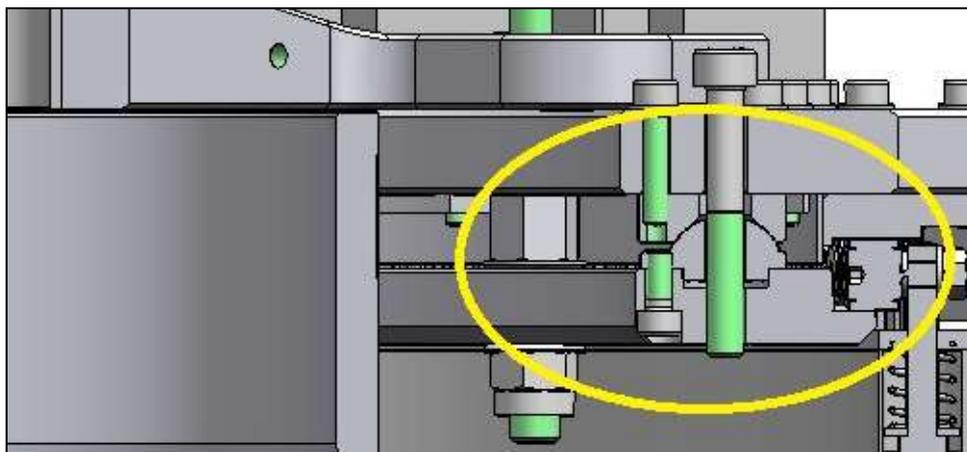


Figura 4.29 Accoppiamento cilindrico di centraggio, sezione rappresentativa

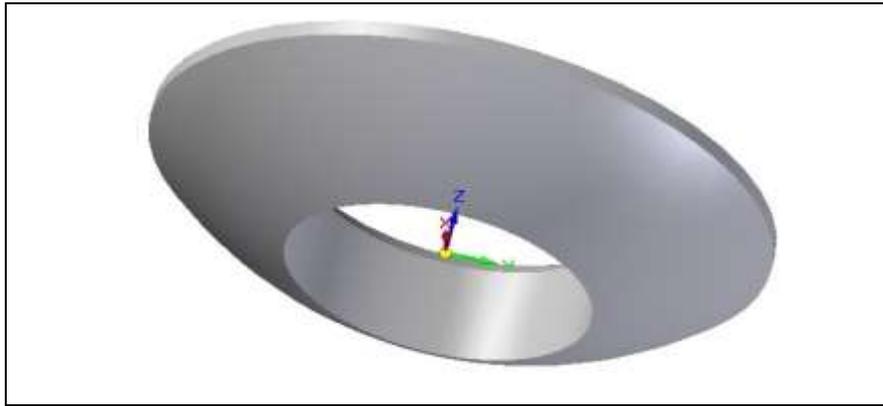


Figura 4.306 Boccola di centraggio albero attuatore

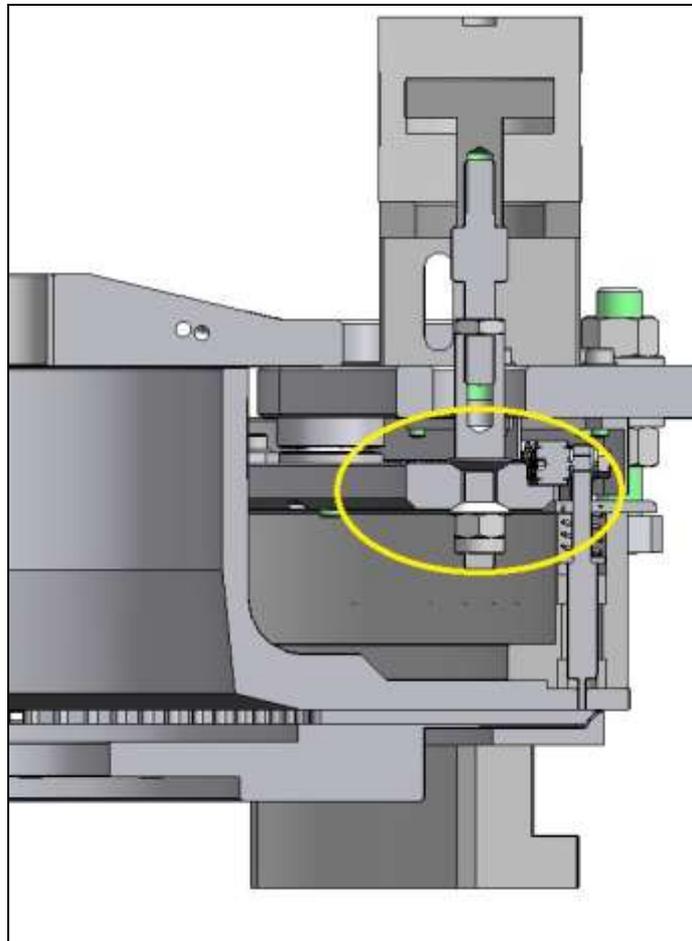


Figura 4.31 Boccole di centraggio albero attuatore, sezione rappresentativa

In questa maniera riusciamo a garantire il perfetto allineamento tra tirante dell'attuatore, parte mobile e parte fissa, evitando flessioni del gruppo, possibili bloccaggi e funzionamento

non corretto del gruppo dovuto a battute non raggiunte che influirebbero la corsa dei PIN e la loro chiusura del canale e la loro funzionalità di trasferimento capsule da ruota orizzontale e verticale.

- **PIASTRE DI SOLLEVAMENTO, FISSAGGIO ATTUATORI E GUIDA CONO DISTRIBUTORE** : le piastre di fissaggio sono state adattate e rinforzate per poter accogliere i due attuatori pneumatici ed evitare deformazioni non volute.



Figura 4.32 Piastre supporto attuatori e sollevamento

La forcella centrale di collegamento e guida del cono distributore capsule è stato anch'essa rinforzata per evitare flessioni, inoltre è stato aumentato lo spessore della boccola autolubrificata per meglio guidare l'albero del cono distributore capsule.



Figura 4.33 Forcella centrale collegamento piastre e guida cono



Figura 4.34 Sezione forcella, dettaglio boccola guida cono

Di seguito in figura 4.35 la messa in tavola dei componenti del KIT SBC, con esplicitata la loro provenienza e numerazione, ripresa nella tabella 4.2. Abbiamo dunque i componenti della parte inferiore del KIT originario, tutte le parti del KIT SBC modellato e l'elenco di tutti i commerciali utilizzati nel nostro progetto.

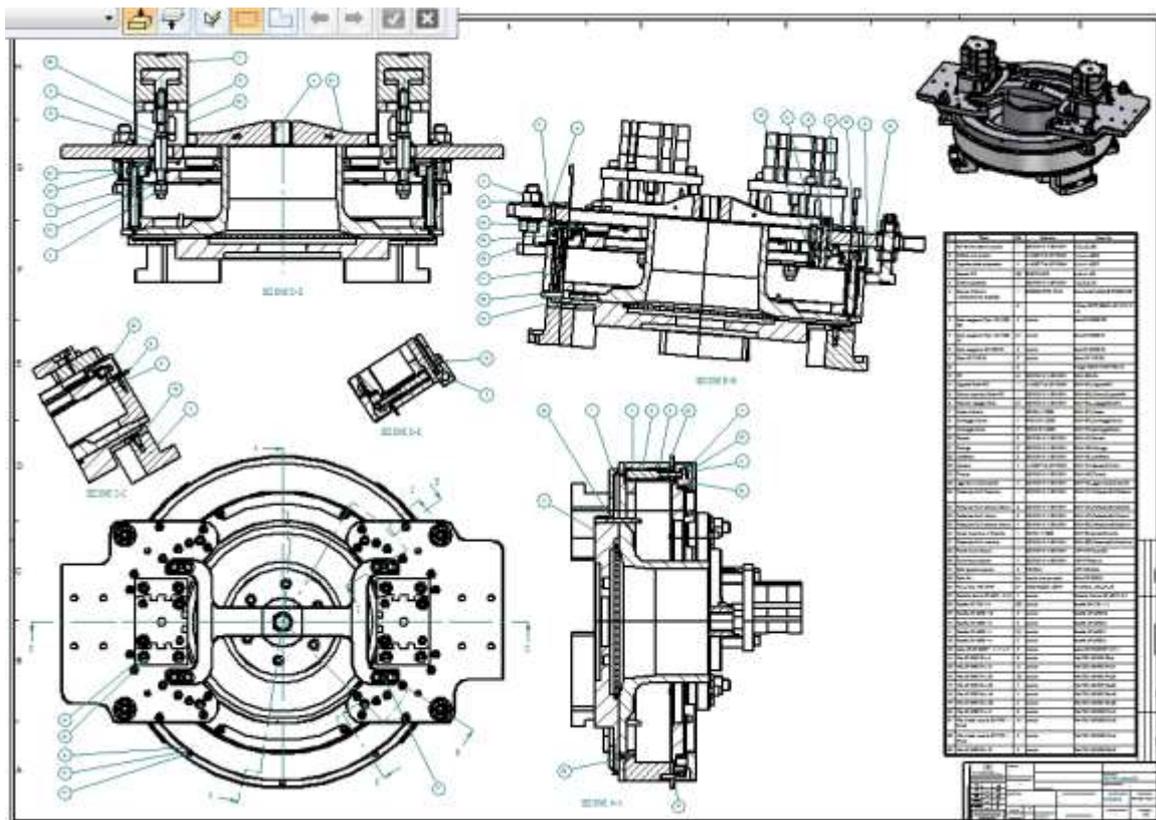


Figura 4.35 Messa in tavola, lista particolari modellati

4.6 Impianto elettrico/elettronico, segnali interessati, schema funzionamento, HW e SW

Per pilotare il nostro kit è stato deciso, essendo questo kit un primo prototipo, di realizzare anche le modifiche elettriche ed elettroniche con la logica dell'add-on, senza quindi prevedere modifiche nel software originale della maker ma realizzando un quadro elettrico aggiuntivo, comunicante con la macchina, ma da esso indipendente. Il quadro presenta un pannello LCD touch screen, ove è possibile regolare i valori di ritardo/anticipo rispetto ai segnali di start e stop provenienti dalla maker per regolare finemente la salita discesa dei PIN in maniera da avere il massimo rendimento del sistema, e un selettore manuale, che comanda la scelta del tipo di funzionamento, automatico o selezionabile dall'operatore. La modifica del sw macchina sarà presa in considerazione e valutata a seguito dei test e della verifica funzionale del nuovo kit, prima della sua eventuale installazione sulle altre macchine presenti nel reparto produttivo. Realizzando un quadro aggiuntivo, gli unici segnali a noi necessari per il funzionamento sono stati i segnali di start e stop, che sono stati duplicati e portati al nostro quadro. Al quadro arriva anche il segnale generale di emergenza/stop emergenza, in maniera che sul display LCD sia possibile vedere se il sistema non è in grado di funzionare per un allarme di emergenza non dipendente da lui ma proveniente dalla macchina a monte.

Questa la configurazione dell'hardware PLC scelta ed installata :

- CPU 1212C DC/DC/DC
8 Ingressi Digitali integrate

6 Uscite Digitali integrate
- SM1221 Modulo espansione da 8 Ingressi Digitali 24VDC
8 Ingressi Digitali
- RIASSUNTIVO Ingressi / Uscite Digitali
16 Ingressi Digitali

6 Uscite Digitali

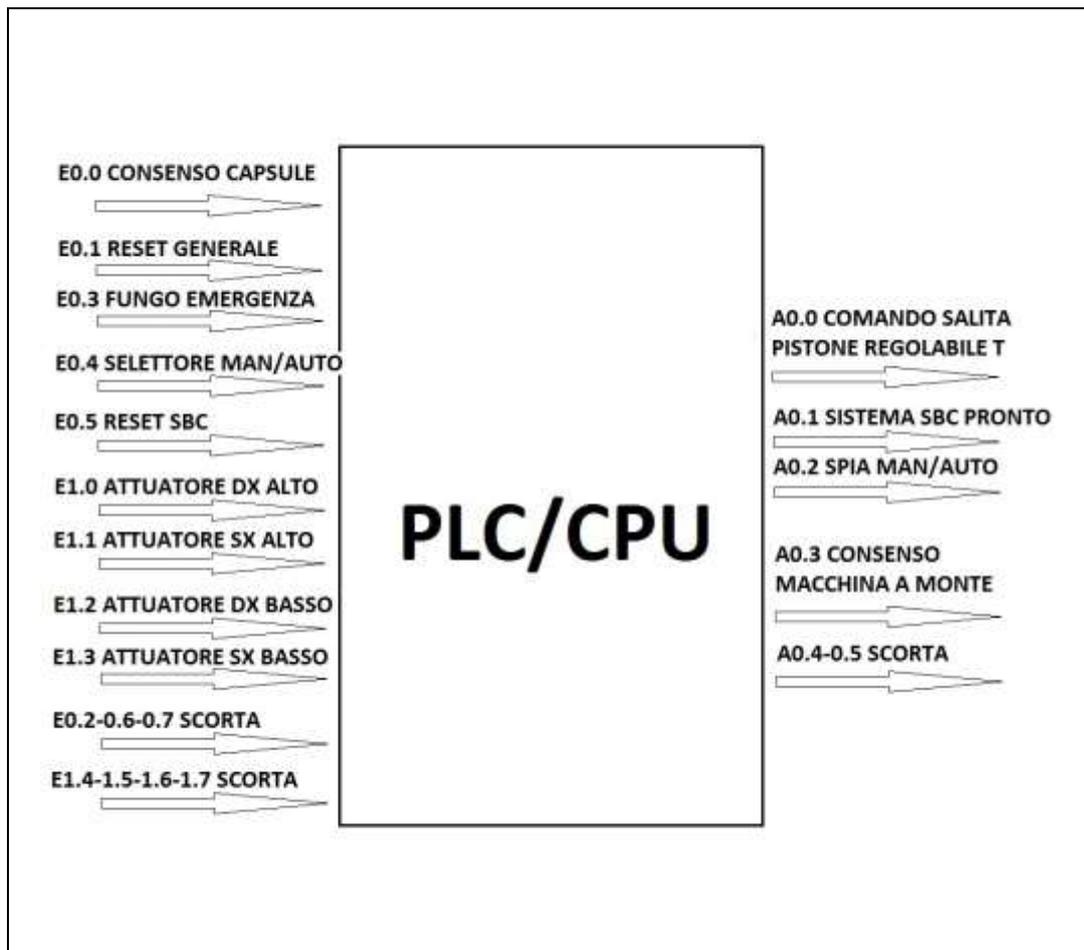


Figura 4.36 Schema ingressi-uscite PLC SBC

Ingressi Digitali, descrizione e funzionamento :

- E0.0 “ABILITAZIONE EROGAZIONE CAPSULE DA MACCHINA A MONTE”: Il contatto arriva dalla macchina a monte e segnala al PLC del sistema bloccaggio capsule che è stata abilitata l’erogazione delle capsule. Sulla ricezione di questo segnale al valore 1, se il PLC del sistema bloccaggio capsule non è in allarme e sta segnalando alla macchina a monte il suo stato di pronto, mediante il contatto di uscita A0.1 “SISTEMA BLOCCAGGIO CAPSULE PRONTO”, allora dopo un tempo di salita impostabile da pannello operatore, con un valore compreso tra 0,0 Sec e 20,0 Sec (Risoluzione 0,1 Sec), verrà comandato il comando di uscita in maniera retentiva A0.0 “COMANDO SALITA PISTONE”, che consentirà il passaggio delle capsule. Sulla ricezione del segnale “ABILITAZIONE EROGAZIONE CAPSULE DA MACCHINA A MONTE” al valore 0, allora dopo un tempo di discesa impostabile da pannello operatore, con un valore

compreso tra 0,0 Sec e 20,0 Sec (Risoluzione 0,1 Sec), verrà resettato il comando di uscita A0.0 "COMANDO SALITA PISTONE", che bloccherà il passaggio delle capsule.

- E0.1 "RESET GENERALE DA MACCHINA A MONTE": Il contatto arriva dalla macchina a monte e segnala al PLC, sul fronte di salita positivo dello stesso ingresso, la richiesta da parte della macchina a monte di effettuare il reset degli allarmi e dei warning presenti sul sistema di bloccaggio capsule.
- E0.2 "SCORTA DA MACCHINA A MONTE": Il contatto è disponibile e inutilizzato per una eventuale segnalazione dalla macchina a monte verso il PLC del sistema bloccaggio capsule.
- E0.3 "FUNGO EMERGENZA": Il contatto normalmente aperto arriva direttamente dal fungo di emergenza, posto sul quadro (SB352), direttamente al PLC, e segnala allo stesso la presenza di uno stato di emergenza bloccante per il sistema di bloccaggio capsule.
- E0.4 "SELETTORE MANUALE/AUTOMATICO": Il contatto (SA206) seleziona la modalità di lavoro, manuale il contatto è aperto, quindi all'ingresso si trova il valore logico 0, automatico il contatto è chiuso, quindi all'ingresso si trova il valore logico 1.
- E0.5 "RESET": Il contatto arriva dal pulsante posto sul quadro (SB207) del sistema bloccaggio capsule e segnala al PLC, sul fronte di salita positivo dello stesso ingresso, la richiesta da parte dell'operatore che abbia premuto il pulsante di effettuare il reset degli allarmi e dei warning presenti sul sistema di bloccaggio capsule.
- E0.6 "SCORTA": Il contatto è disponibile e inutilizzato per una eventuale segnalazione al PLC del sistema bloccaggio capsule.
- E0.7 "SCORTA": Il contatto è disponibile e inutilizzato per una eventuale segnalazione al PLC del sistema bloccaggio capsule.
- E1.0 "REED CILINDRO DESTRO ALTO": Il segnale arriva dal sensore reed posto sul pistone di bloccaggio destro e segnala la posizione alta dello stesso raggiunta.
- E1.1 "REED CILINDRO SINISTRO ALTO": Il segnale arriva dal sensore reed posto sul pistone di bloccaggio sinistro e segnala la posizione alta dello stesso raggiunta.
- E1.2 "REED CILINDRO DESTRO BASSO": Il segnale arriva dal sensore reed posto sul pistone di bloccaggio destro e segnala la posizione bassa dello stesso raggiunta.
- E1.3 "REED CILINDRO SINISTRO BASSO": Il segnale arriva dal sensore reed posto sul pistone di bloccaggio sinistro e segnala la posizione bassa dello stesso raggiunta.
- E1.4 "SCORTA": Il contatto è disponibile e inutilizzato per una eventuale segnalazione al PLC del sistema bloccaggio capsule.
- E1.5 "SCORTA": Il contatto è disponibile e inutilizzato per una eventuale segnalazione al PLC del sistema bloccaggio capsule.

- E1.6 “SCORTA”: Il contatto è disponibile e inutilizzato per una eventuale segnalazione al PLC del sistema bloccaggio capsule.
- E1.7 “SCORTA”: Il contatto è disponibile e inutilizzato per una eventuale segnalazione al PLC del sistema bloccaggio capsule.

Uscite Digitali, descrizione e funzionamento :

- A0.0 “COMANDO SALITA PISTONE”: Il relè di uscita comanda la salita dell’elettrovalvola del pistone, quando il comando è attivo sullo stato logico 1, allora lo stato del pistone sarà comandato alto, consentendo il passaggio delle capsule. Come spiegato al punto E0.0 “ABILITAZIONE EROGAZIONE CAPSULE DA MACCHINA A MONTE”, il comando di salita viene gestito sulla base della mancanza di errori sul sistema di bloccaggio capsule e dello stato logico 1 per il contatto E0.0. Quando il contatto E0.0 verrà portato dalla macchina a monte sullo stato logico 0, allora il comando dell’elettrovalvola di uscita verrà resettato, impedendo il passaggio delle capsule. L’azione di discesa del pistone è demandata al ritorno a molla meccanico presente sul pistone. Come già spiegato in precedenza sia l’attivazione, che la disattivazione del comando di uscita sono subordinati ai tempi di salita e discesa impostabili dal pannello operatore posto sul quadro del sistema bloccaggio capsule.
- A0.1 “SISTEMA BLOCCAGGIO CAPSULE PRONTO ”: Il contatto del relè di uscita segnala alla macchina a monte la mancanza di warning e allarmi bloccanti presenti sul sistema di bloccaggio capsule e quindi la possibilità di ricevere l’abilitazione alla erogazione capsule da macchina e iniziare il ciclo di lavoro in maniera continua.
- A0.2 “LAMPADA SELETTORE MANUALE/AUTOMATICO”: La lampada collegata sull’uscita del PLC del sistema bloccaggio capsule segnala in maniera visiva lo stato del selettore modale manuale o automatico.
- A0.3 “CONSENSO A MACCHINA A MONTE PASSAGGIO CAPSULE ABILITATE”: Il contatto del relè di uscita segnala alla macchina a monte la possibilità di inviare le capsule, mediante lo stato logico alto, perché entrambi i pistoni di bloccaggio hanno raggiunto la posizione alta; se uno dei due pistoni o entrambi non hanno raggiunto la posizione di sblocco alta, allora il contatto del relè di uscita verrà mantenuto allo stato logico basso, segnalando alla macchina a monte di non inviare le capsule, perché si è verificata una condizione non corretta per il normale funzionamento della macchina.
- A0.4 “SCORTA”: L’uscita è disponibile e inutilizzato per un eventuale comando del PLC del sistema bloccaggio capsule.

- A0.5 “SCORTA”: L’uscita è disponibile e inutilizzato per un eventuale comando del PLC del sistema bloccaggio capsule.

Il tutto è contenuto all’interno di un quadretto industriale, di dimensioni 300x400x200 mm, comprendente il touch screen della SIEMENS da cui sarà possibile modificare le impostazioni, che sarà posizionato in zona idonea sulla macchina originale, limitando al massimo le modifiche necessarie per la sua installazione.



Figura 4.37 Pannello Touch screen Siemens SIMATIC

4.7 Soluzione definitiva e avvio produzione particolari

Alla luce dei risultati ottenuti con il montaggio del complessivo sulla piattaforma CAD, delle valutazioni sulle possibili criticità tecniche e funzionali, delle analisi di fattibilità e di ritorno economico della soluzione, è stato congelato il progetto relativo al formato yyy/y e si è provveduto alla definizione di una lista materiali da acquistare. Sono state approntate due liste particolari, dividendo i commerciali dai particolari custom progettati ex-novo. Della lista non fanno parte, in base alla assunzione iniziale del progetto, tutta la parte inferiore del gruppo, rimasta originale e dunque non facente parte della modifica.

5 Analisi risultati ottenuti

Questo capitolo si propone di analizzare i risultati raggiunti grazie all'implementazione del nostro kit sostitutivo, per comprendere e valutare i vantaggi ottenuti dall'azienda. Valutazione principalmente effettuata sul risparmio della materia prima (capsule) utilizzate su un periodo di produzione costante, prima e dopo la modifica. La valutazione non sarà effettuata solo in termini economici, in quanto ci si vuole slegare dal prezzo della materia prima, variabile. Di seguito le analisi effettuate.

Da questa ipotesi peggiorativa, scelta per questioni di sicurezza, si ricava un carico massimo per pistone di 150 N, figura 5.1. Nella nostra configurazione abbiamo due pistoni lavoranti in parallelo, con circuito dell'aria ed azionamento unico. Arriviamo quindi a 300 N totali. Trasformando il carico da N >>> Kg abbiamo un carico massimo totale per i 2 pistoni di 30,6 Kg. Simulando grazie a Solid Edge® ST3 il peso del gruppo sostitutivo, inserendo le proprietà dei materiali selezionati per la costruzione, risulta un peso complessivo di 24,8 Kg, ampiamente entro la possibilità di sollevamento che abbiamo disponibile.

- **Analisi camma aperta, forza di contatto, molla di contrasto.** Innanzitutto è stato calcolato il peso del PIN, che sarà realizzato usando INOX AISI-304. Tale particolare, secondo i calcoli sviluppati con SE avrà un peso di 0,021 Kg come si vede dall'immagine sottostante.

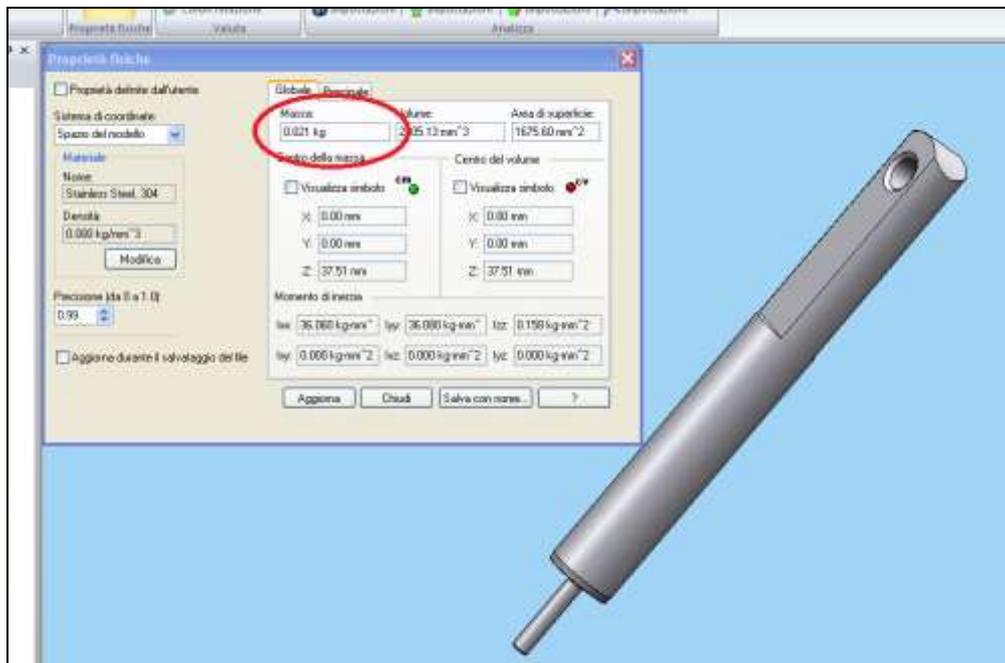


Figura 5.2 Calcolo peso PIN tramite Solid Edge® ST3

Il peso del rullino IKO CF-48, completo di rondella e dado è di 7,4 g come si può vedere dal catalogo online della casa produttrice. Questo ci ha portato a definire una massa totale, considerando il gruppo come un pezzo unico ai fini del calcolo delle forze, di 0,035 Kg. Con questi dati siamo partiti con l'analisi delle forze agenti sul gruppo quando questo ruota alla massima velocità, al fine di valutare se la forza dovuta alla molla sia sufficiente a mantenere il cuscinetto a contatto con il profilo della camma in ogni condizione.

La molla scelta è il modello D21800. La forza della molla scelta è pari, considerando la sua lunghezza di compressione di lavoro, a 5,8 N, è costruita con spire del diametro di 0,80 mm in filo di acciaio inossidabile per molle tab. UNI EN 10270.3-NS. E' lei che si deve occupare di mantenere in tutte le condizioni di funzionamento il contatto tra cuscinetto del PIN e la camma.

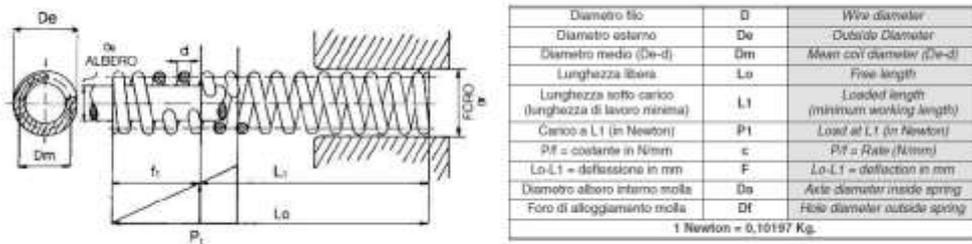


Figura 5.3 Grandezze caratteristiche molle, generale

d mm	Dm mm	Lo mm	L1 mm	Da mm	Df mm	N° spire utili	P1 Newton	c N/mm
0,8	10	20	6,9	8,6	11,6	3,5	12,83	1

Figura 5.4 Grandezze caratteristiche molla DIM 21800

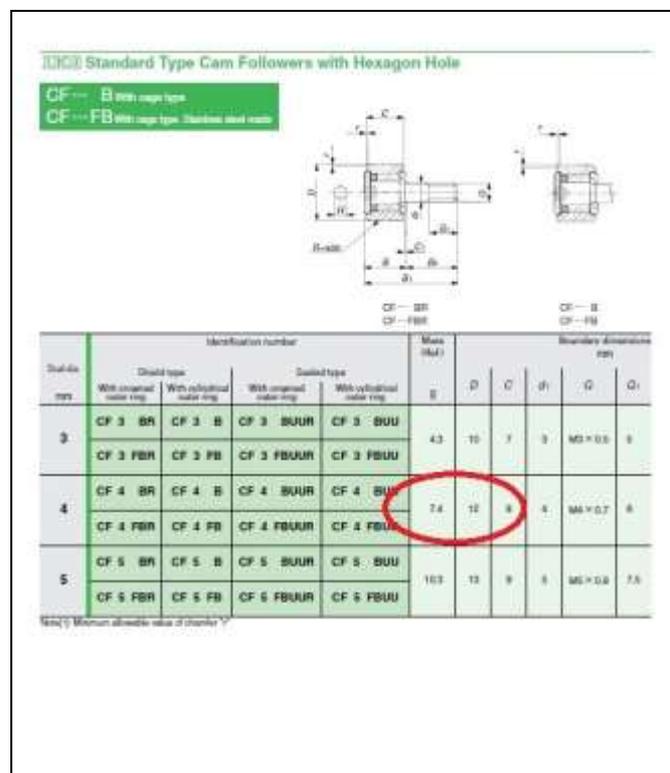


Figura 5.5 Peso rullino folle IKO da catalogo

Andiamo ad esplicitare le verifiche svolte delle forze in gioco, verifiche che hanno portato all'aggiunta della metà camma superiore in corso d'opera. Innanzitutto analizziamo le masse in gioco e le velocità di rotazione, per calcolare la forza centrifuga, F_c . La valutazione è stata fatta alla massima velocità della maker standard, in maniera da essere più cautelativi possibile.

$$V_1 = V_2 = 400 \text{ m}' = 6,67 \text{ m/s}$$

$$d_r = 12 \text{ mm}$$

$$D_2 = 286 \text{ mm} = 0,286 \text{ m}$$

$$F_m = 5,8 \text{ N}$$

$$m = 0,035 \text{ Kg}$$

$$P = 0,343 \text{ N}$$

$$F_c = 10,878 \text{ N} \quad F_c = m \cdot V_2^2 / (D_2/2)$$

$$f = 0,04 \text{ per acciaio/teflon}$$

$$F_z = 5,71 \text{ N} \quad F_z = F_m + P - F_c \cdot f$$

Di seguito la chematizzazione usata, ove D_1 e D_2 sono i diametri delle 2 ruote, una orizzontale e l'altra verticale. Le velocità periferiche delle due ruote V_1 e V_2 sono uguali e pari nel nostro calcolo a 6,67 m/s.

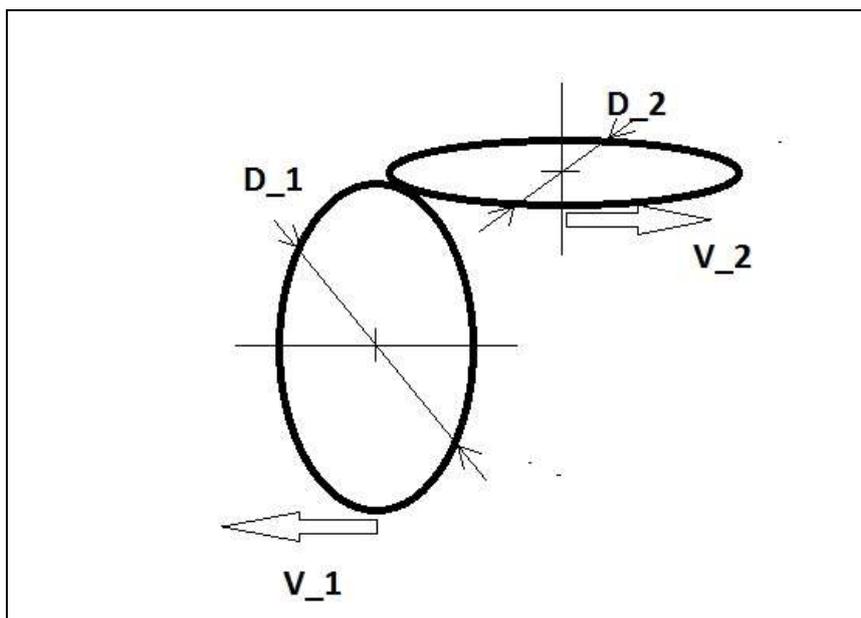


Figura 5.6 Schematizzazione velocità e diametri ruote ACF

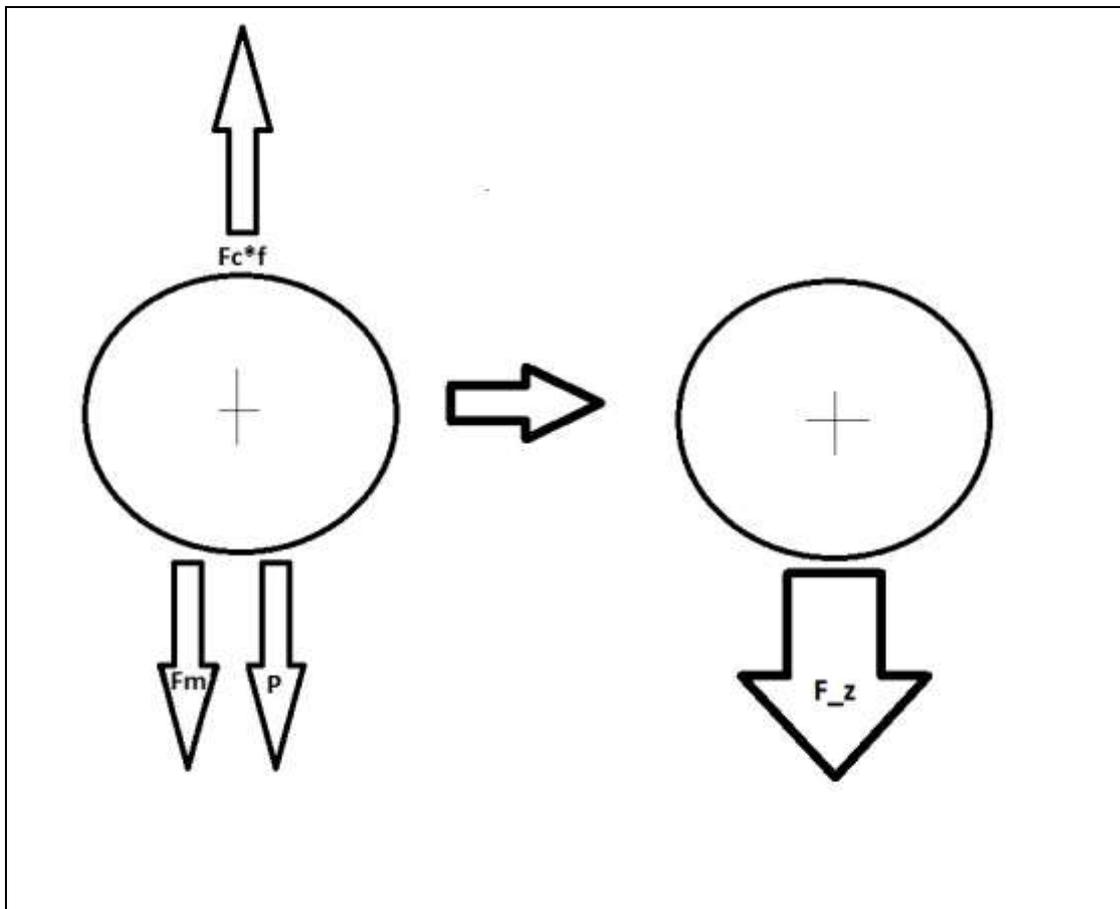


Figura 5.7 Risultante forze agenti sul gruppo PIN

F_z è dunque, in base allo schema sopra riportato, la risultante delle forze agenti sul gruppo rullino-cuscinetto-PIN, ed è diretto verso il basso, ove è presente la camma. In base ai nostri calcoli la forza utile al contatto, con le premesse fatte, è uguale a 5,71 N. Tale forza è veramente molto piccola, specialmente considerando che il gruppo ha necessità di girare con continuità e garantire il suo funzionamento per molti turni consecutivi senza pulizie e manutenzioni. Lo sporco potrebbe portare ad aumento di attrito al suo interno, specialmente nell'accoppiamento tra PIN e boccole di DELRIN. Con queste considerazioni e una logica di lavoro volta ad assicurare comunque il funzionamento, è stato deciso di inserire la parte superiore della camma nella sua zona di lavoro, dove il profilo fa compiere al rullino la sua legge di moto discendente ed ascendente. La parte superiore della camma è stata resa solidale al basamento del gruppo, in maniera che durante il funzionamento normale del gruppo garantisca la sicurezza di contatto tra camma e cuscinetto del PIN, e durante la fase

di discesa della camma mobile lasci lo spazio fisico necessario affinché il gruppo PIN possa sollevarsi evitando la rottura della capsula eventualmente posta sotto al PIN, in ottemperanza al funzionamento ed alla caratteristica che con la modifica abbiamo voluto introdurre.

- **Analisi materiale con cui è stata realizzata la camma**, con lo scopo di realizzare un componente preciso ed allo stesso tempo di una durezza elevata, adatta al funzionamento per strisciamento sui cuscinetti a rotolamento dei PIN senza usure apprezzabili anche dopo un elevato numero di ore di funzionamento. Scartata l'ipotesi di utilizzare materiale da bonifica (tempra + rinvenimento, quali ad esempio C40, 39NiCrMo3, 34NiCrMo16, 42CrMo4, 36CrMn5) non in grado di garantire la costanza dimensionale nei vari passaggi e che necessitava di essere ripreso a macchina utensile. Si è quindi analizzato un acciaio da nitrurazione, il trattamento non genera variazioni dimensionali e deformazioni e garantisce una penetrazione fino a 0,7 mm, sufficienti al nostro scopo. Inoltre la durezza ottenibile è superiore al trattamento di cementazione, andando da 600 a 1100 HV. Il materiale scelto è il 42CrMo4 UNI7845.

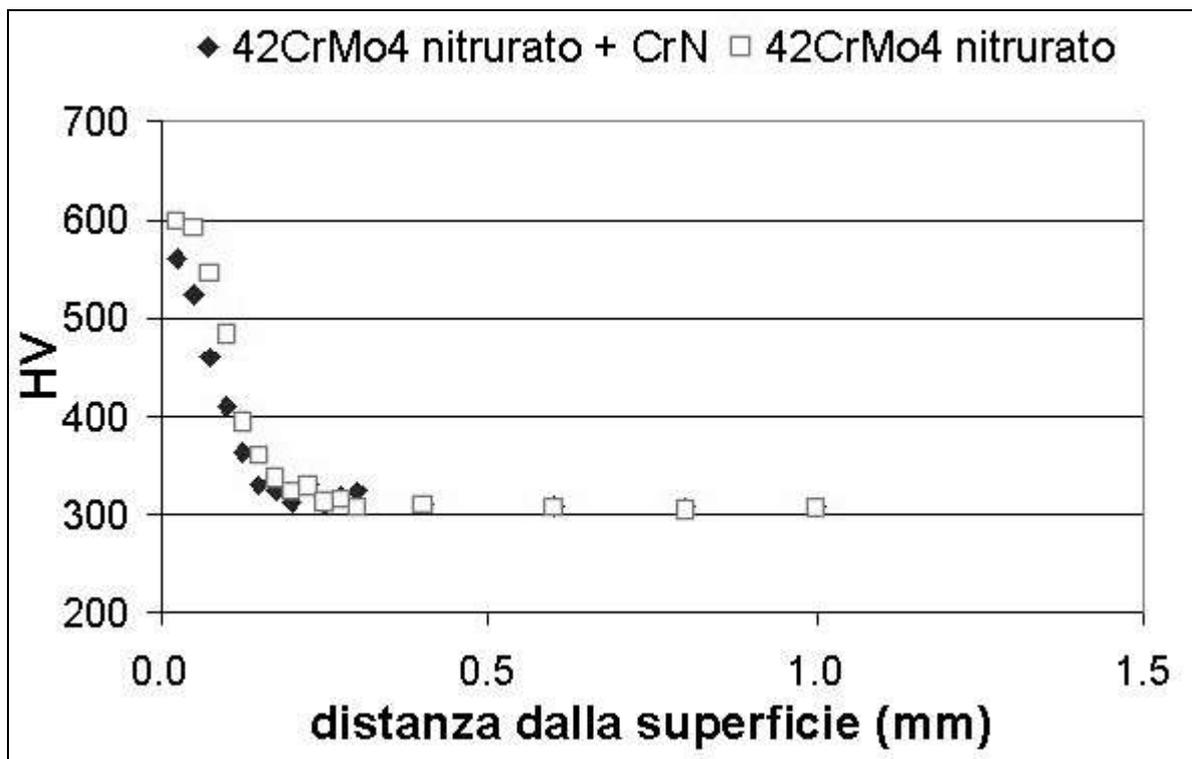


Figura 5.8 Profondità nitrurazione/durezza camma mobile

In questo modo abbiamo ottenuto una camma come da nostra specifica, con una elevata durezza superficiale, precisione dimensionale in quanto il trattamento avviene a

temperature ridotte senza deformazioni, ottima resistenza all'usura e all'intaglio, resistenza alla corrosione. Il trattamento di nitrurazione avverrà per via gassosa, ove la NH₃ viene dissociata dalla temperatura del trattamento e si lega al Fe. Il tempo di trattamento è stato calcolato in maniera da avere la maggiore profondità possibile di materiale interessato al trattamento, nel nostro caso risulta da tabelle T/profondità compreso tra 0,3 e 0,4 mm.

5.2 Analisi sicurezza

Il sistema è stato analizzato dal punto di vista della sicurezza, con lo scopo di fornire un kit pronto all'uso e installabile su tutto il parco macchine presente in ditta. La macchina è naturalmente marchiata CE dal costruttore.

Il sistema originale prevede come misura di sicurezza un carter protetto da micro ritentivo, cioè chiuso e bloccato quando la macchina è in moto, e che alla sua apertura taglia l'alimentazione dell'aria compressa e inibisce qualunque movimento possibile e azionabile dal pannello di comando. Sono possibili solo movimentazioni manuali con apposite chiavi a carter aperto. La nostra applicazione sfrutterà la stessa metodologia di sicurezza e gli stessi strumenti, in quanto racchiusa anch'essa all'interno del carter ed alimentata dalla stessa utenza. In questa maniera non sarà necessario ripetere la certificazione CE ma solamente fare una aggiunta al fascicolo tecnico già esistente. Si tratterà fondamentalmente di aggiungere una modalità operativa all'interno dell'analisi già svolta. Non è stato inoltre ritenuto necessaria l'aggiunta di un ulteriore fungo di emergenza dedicato, in quanto già presente nel modulo aggiuntivo deposito capsule ed agente sulle utenze da noi prese, e in ogni caso presente nelle immediate vicinanze sulla maker, in prossimità delle zone ove lavora l'operatore.

Con queste premesse ed analisi abbiamo realizzato un kit sostituibile all'originale, operante in sicurezza e rispondente alle norme CE in vigore.

6 CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Nell'ultimo capitolo si riassume il lavoro che è stato portato a termine e si pongono le basi per gli sviluppi futuri, l'installazione del primo prototipo nel formato yyy/y in area produttiva, la progettazione del KIT che interesserà il formato xxx/x con le sue differenze e la installazione presso Intertaba S.p.A. dei futuri KIT SBC industrializzati.

6.1 Conclusioni progetto

Il lavoro di progettazione e costruzione particolari si concluderà nella seconda metà del mese di marzo 2012. Il sistema definitivo, come spiegato nel capitolo 4.2, prevede dunque un KIT completo che vada in sostituzione alla parte superiore del gruppo originale Aiger installato attualmente. La realizzazione dei particolari è attualmente in esecuzione presso i nostri fornitori abituali, e la consegna avverrà entro marzo 2012. La installazione è prevista per la prima settimana di aprile.

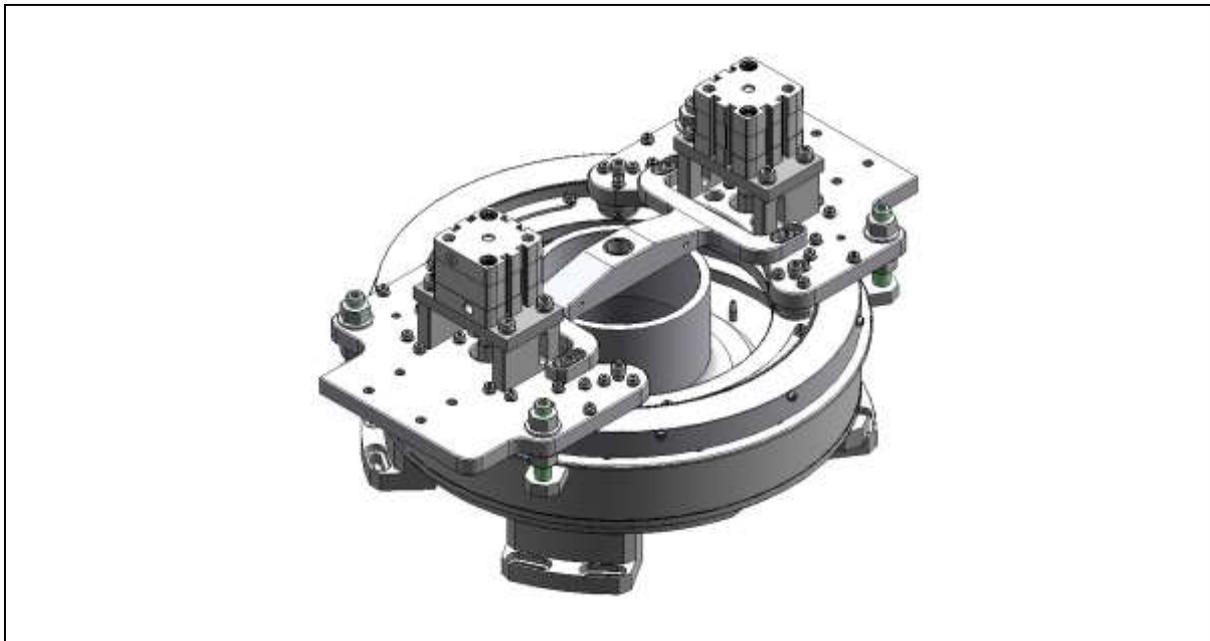


Figura 6.1 Vista generale KIT SBC

Durante il periodo di attesa dello slot disponibile in produzione per effettuare l'installazione il tempo è stato impiegato per effettuare le modifiche elettriche alla maker originale, duplicando i segnali di start e stop necessari ad azionare il sistema SBC dal PLC originale. E' stata inoltre individuata la zona nella quale andrà installato il quadretto di comando aggiuntivo, replicando il carter originale e realizzando lo scavo per il bloccaggio della scatola di 400x300x200 mm (HxIXL).

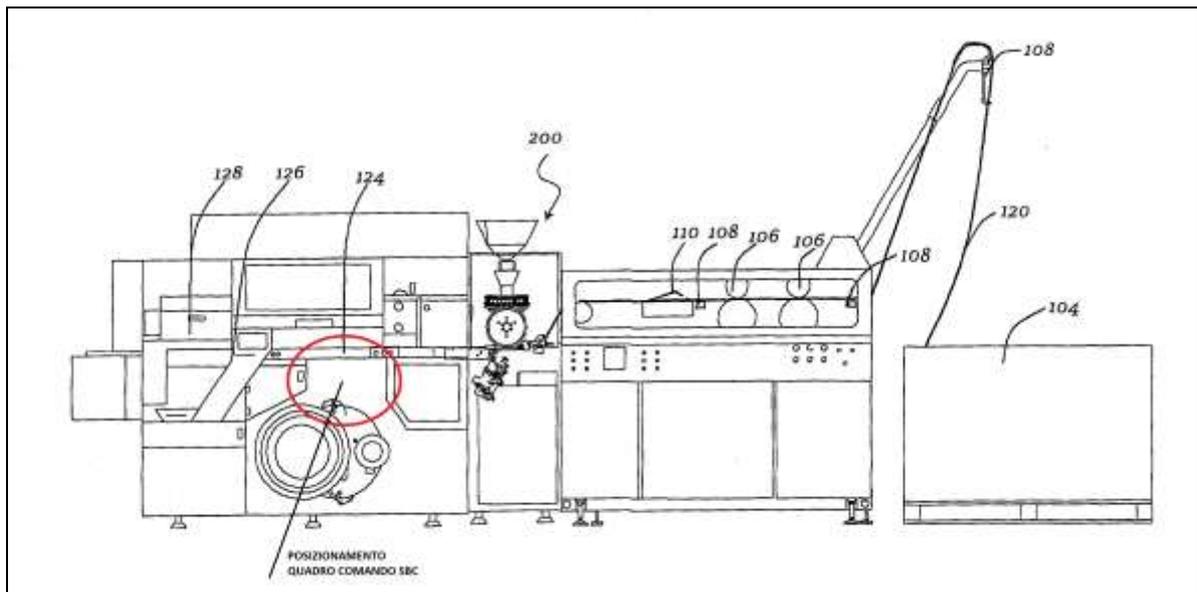


Figura 6.2 Posizionamento quadro comando aggiuntivo SBC

Tutti i particolari consegnati saranno pre-assemblati, in maniera da poter svolgere un collaudo funzionale del sistema a banco. Il collaudo sarà svolto in modalità manuale, montando a banco il sistema e testando il movimento della camma, verificando l'assenza di durezza e l'effetto e l'efficacia delle regolazioni introdotte allo scopo di eliminare gli spessori presenti nel KIT originale. Durante le fasi di test ci si soffermerà sul tempo di reazione del sistema, ovvero sul tempo impiegato dal sistema per effettuare la sua corsa, e sullo studio della sua logica e tempistica di intervento. Dovrà essere testata la possibilità di inserire un ritardo nella risposta del gruppo, e misurata realmente per avere la sicurezza della corrispondenza dei dati, tra il ritardo introdotto nel PLC e l'uscita effettivamente avuta, che saranno misurati in termini di linearità e consistenza. Durante le prove a banco sarà analizzata inoltre la dinamica del gruppo, la mancanza di strisciamenti e disallineamenti in opera, difficilmente verificabili in fase di progettazione. In questa fase sarà inoltre simulato il comportamento del sistema in caso di collassamento capsule al di sotto del PIN, per valutare l'effetto di sporco e frammenti sul movimento del sistema e sulle operazioni di pulizia altrimenti necessarie dopo una rottura accidentale (casualità sempre da tenere in considerazione) di una o più capsule. Se si avrà esito positivo a tutti i test e dalle verifiche non saranno state evidenziate criticità o possibili problematiche tecniche si procederà all'installazione che avverrà sulla base del piano illustrato in dettaglio nel paragrafo seguente.

6.2 Installazione del KIT SBC in area produttiva

L'installazione del KIT nel reparto di produzione è stato pianificato per la prima settimana di aprile. Questo in accordo con la produzione, nostro cliente interno, il fornitore esterno, che ha curato la realizzazione dei particolari ed effettuerà il collaudo meccanico ed elettrico presso la sede di Intertaba, ed i tecnici interni. Questo in una ottica di collaborazione e di passaggio di informazione on the job rapida ed efficace.

SBC Plan	mon	tue	wed	thu	fri	sat	sun	mon	tue	wed	thu	fri	sat	sun	mon	tue
TASKS	2-apr-12	3-apr-12	4-apr-12	5-apr-12	6-apr-12	7-apr-12	8-apr-12	9-apr-12	10-apr-12	11-apr-12	12-apr-12	13-apr-12	14-apr-12	15-apr-12	16-apr-12	17-apr-12
Premontaggio gruppo a banco																
Smontaggio KIT originale																
Sostituzione spessori ruota originali con nuovi																
Modifica (segnali star/stop, utenze aggiuntive)																
Montaggio gruppo su ACF																
Test funzionalità elettrico																
Test funzionalità meccanico (su-giù)																
Test vuoto alta velocità																
Test produzione con capsule movimento camma OFF																
Test produzione con capsule movimento camma ON																
Produzione normale, sampling e valutazione campioni																
Spare / modifiche																
Qualifica sistema																
Raccolata dati / info / impressioni da produzione																
rilascio in produzione																
produzione prevista di filtri																
presenza prevista tecnici																

Figura 6.3 Piano installazione SBC@INB

Il piano di installazione prevede nella prima giornata lo smontaggio del kit originario, il montaggio del nuovo kit SBC e i test delle sue funzionalità elettriche e meccaniche, in maniera da proseguire il giorno seguente con i test a vuoto facendo girare la macchina ad alta velocità per una sorta di rodaggio meccanico. I test proseguiranno con produzione di filtri con il sistema mantenuto in OFF, in maniera da valutare la nostra assunzione che prevede che il funzionamento con il sistema disattivato

sia assolutamente comparabile in termini di efficienza e scarto al sistema originale. Durante questa fase verrà controllata l'integrità delle capsule per sicurezza. Si passerà quindi alla produzione con sistema in piena funzionalità, per stressarlo e valutare l'integrità capsule nei filtri. Fatte queste verifiche si passerà alla produzione vera e propria, con la qualifica ufficiale del sistema, misurazione prestazioni produttive e valutazioni funzionali sulla bontà della soluzione.

6.3 Definizione metodo valutazione KIT SBC in area produttiva

La valutazione della bontà della soluzione scelta ed in definitiva del kit SBC, oltre che riferita ai punti esposti nel precedente capitolo, verrà fatta in base alla effettiva capacità del sistema di generare un saving nel consumo della materia prima. Allo scopo di valutare questo, si è scelta come metodo di valutazione il consumo in massa di capsule rapportato al numero di filtri prodotti. Con questo calcolo, che come risultato ha una resa percentuale di un dato quantitativo di capsule, si potrà calcolare in maniera oggettiva il miglioramento ottenuto con la nostra modifica senza essere influenzati da altri fattori. La nostra procedura prevederà un confronto diretto tra i dati di produzione precedenti all'introduzione del kit SBC e quelli successivi. Il test verrà effettuato su N turni di produzione, in maniera da avere dati quanto più possibile omogenei e non influenzati da un singolo turno sfortunato o problematiche non prevedibili a priori. Verrà deciso un quantitativo comune di capsule, e sulla base di questo si valuterà la produzione effettiva pre e post modifica. Traducendo questi dati in concetto, si creerà un valore di "sfruttamento" materia prima, che passerà da un x% a y%, dando modo in questo caso di valutare oggettivamente il risultato.

6.4 Estensione KIT SBC al parco macchine presenti

L'ultima valutazione fatta ha riguardato l'eventuale l'installazione, a seguito del collaudo e dei risultati ottenuti, al parco macchine presente in ditta nel formato yyy/y. La valutazione è stata svolta in termini di tempo, costo e risorse impegnate nella trasformazione. Per quanto riguarda il formato xxx/x si seguirà una strada diversa, in quanto dovrà prevedere oltre alle risorse e tempi valutati precedentemente, una fase di sviluppo kit, in quanto il modulo sarà analogo nei dimensionamenti esterni e concetto di funzionamento, ma differirà nel numero dei canali e PIN da rendere mobili, con tutte le possibili varianti del caso.

BIBLIOGRAFIA

FONDAMENTI DELLA PROGETTAZIONE DEI COMPONENTI DELLE MACCHINE, JUVINALL ROBERT,
MARSHEK KURT M, EDITORE ETS

WO2010055120 - METHOD AND APPARATUS FOR INTRODUCING OBJECTS INTO A SMOKING ARTICLE

WO2011024068 - APPARATUS AND METHOD FOR INSERTION OF CAPSULES INTO FILTER TOWS

SITOGRAFIA

<http://www.aiger.com>

<http://www.hauni.com>

<http://www.wipo.com>

<http://www.thk.com/us/products/class/camfollower/index.html>

<http://www.pmi.com>

<http://www.celaneseacetate.com/filterrodmanufacturing2.html>

<http://support.automation.siemens.com>

<http://www.filtronafilters.com/Sensation.htm>

<http://www.mitutoyo.com/>

<http://www.festo.com/net/startpage/>

<http://www.dim.molle.com>

ELENCO DELLE FIGURE

- 1.1 Ideale posizionamento Intertaba S.p.A. (fonte interna Intertaba S.p.A.)*
- 1.2 Esempio portafoglio produzione (fonte interna Intertaba S.p.A.)*
- 1.3 Prodotto, filtro combinato e combinazione su sigaretta (fonte interna Intertaba S.p.A.)*
- 2.1 Hauni KDF-2ER/AF-2ER (fonte sito Hauni)*
- 2.2 ITM Polaris (fonte sito Itm)*
- 2.3 G.D. DF10 (fonte sito G.D.)*
- 2.4 Hauni KDF-4/AF-4 (fonte sito Hauni)*
- 2.5 Maker da filtro presso Intertaba S.p.A. (fonte interna Intertaba S.p.A.)*
- 2.6 Divisione parte KDF – AF da sito Celanese(fonte sito Celanese)*
- 2.7 Ingresso trefolo nella bocca di ventilazione (fonte sito Celanese)*
- 2.8 Coppie rulli di lavorazione metallo – gomma (fonte sito Celanese)*
- 2.9 Camera applicazione plastificante (fonte sito Celanese)*
- 2.10 Testa di taglio KDF-2ER (fonte sito Hauni)*
- 2.11 Filtro con capsula(fonte sito Filtrona)*
- 2.12 Schema ACF tratto da brevetto pubblico (fonte brevetto WO2011024068)*
- 2.13 ACF, modulo separato, arrivo in ditta (fonte interna Intertaba S.p.A.)*
- 2.14 ACF, messa in opera fonte interna Intertaba S.p.A.)*
- 2.15 Formato xxx/x vista frontale (fonte interna Intertaba S.p.A.)*
- 3.1 Cono ingresso capsule (fonte interna Intertaba S.p.A.)*
- 3.2 Vista inferiore, zona trasferimento tra le due ruote (fonte interna Intertaba S.p.A.)*
- 3.3 Sezione area interessata all'intervento (fonte brevetto WO2011024068)*
- 3.4 Vista zona intervento (fonte interna Intertaba S.p.A.)*
- 4.1 Complessivo del KIT SBC (fonte interna Intertaba S.p.A.)*
- 4.2 Sezione KIT SBC (fonte interna Intertaba S.p.A.)*

- 4.3 Movimento camma (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.4 PIN in posizione abbassata, vista frontale e posteriore (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.5 PIN in posizione abbassata, vista parte destra e sinistra (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.6 Linea logica lavoro progettazione KIT SBC (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.7 Apparecchio di rilievo 3D Mitutoyo (fonte sito Mitutoyo)
- 4.8 Camma movimento PIN, metà inferiore (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.9 Camma movimento PIN, metà superiore (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.10 Camma movimento PIN, gruppo assemblato (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.11 Rail tenuta esterna capsule, vista frontale/inferiore smusso (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.12 Rail tenuta esterna capsule, vista superiore profilo interno (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.13 Anello supporto PIN (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.14 Parete chiusura superiore ruota orizzontale (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.15 Anello chiusura superiore sede PIN (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.16 PIN trascinamento ruota orizzontale/anello chiusura (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.17 PIN movimento capsule (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.18 Ruota orizzontale centrifuga, vista superiore canali (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.19 Ruota orizzontale centrifuga, vista inferiore smusso e profilo canale (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.20 Base comune kit (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.21 Sezione KIT SBC fronte/retro senza camma di sicurezza (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.22 Sezione KIT SBC fronte/retro con camma di sicurezza evidenziata (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.23 Vista generale KIT SBC definitivo (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.24 Gruppo molla/PIN/perno folle IKO (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.25 Camma di sicurezza, dettaglio profilo (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.26 Camma inferiore mobile, dettaglio profilo (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.27 Flangia cilindrica di centraggi, parte inferiore (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.28 Flangia cilindrica di centraggio, parte superiore (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.29 Accoppiamento cilindrico di centraggio, sezione rappresentativa (fonte interna Intertaba S.p.A.)

- 4.30 Boccola di centraggio albero attuatore (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.31 Boccole di centraggio albero attuatore, sezione rappresentativa (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.32 Piastre supporto attuatori e sollevamento (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.33 Forcella centrale collegamento piastre e guida cono (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.34 Sezione forcella, dettaglio boccola guida cono (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.35 Messa in tavola, lista particolari modellati (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.36 Schema ingressi-uscite PLC SBC (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 4.37 Pannello Touch screen Siemens SIMATIC (fonte sito Siemens)
- 5.1 Punto funzionamento pistoni FESTO DFM-40-100 (fonte sito FESTO)
- 5.2 Calcolo peso PIN tramite Solid Edge ® ST3 (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 5.3 Grandezze caratteristiche molle, generale (fonte sito DIM molle)
- 5.4 Grandezze caratteristiche molla DIM 21800 (fonte sito DIM molle)
- 5.5 Peso rullino folle IKO da catalogo (fonte sito IKO)
- 5.6 Schematizzazione velocità e diametri ruote ACF (fonte sito FESTO)
- 5.7 Risultante forze agenti sul gruppo PIN (fonte sito FESTO)
- 5.8 Profondità nitrurazione/durezza camma mobile (fonte Wikipedia)
- 6.1 Vista generale KIT SBC (fonte interna Intertaba S.p.A.)
- 6.2 Posizionamento quadro comando aggiuntivo SBC (fonte brevetto WO2011024068)
- 6.3 Piano installazione SBC@INB (fonte interna Intertaba S.p.A.)

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 3.1 Riassunto calcoli per valutazione e scelta formato (fonte interna Intertaba S.p.A.)

Tabella 4.1 Criticità individuate e matrice azione-risultato (fonte interna Intertaba S.p.A.)

ACRONIMI

Viene inserita qui una lista di acronimi usati nella trattazione.

ACF : XXXXX Capsule Feeder, modulo di inserimento capsule, prodotto da XXXXX Group AG

XX : parte della macchina confezionatrice atta alla lavorazione della fibra con cui il filtro è principalmente costituito

XXXXX Group AG : costruttore modulo aggiuntivo per inserimento capsule

FTO : Freedom to Operate, permesso interno PMI al go-ahead del progetto

XXXXXXXXXXXX : costruttore leader mondiale nella costruzione di macchine confezionatrici e macchine automatiche legate al mondo del tabacco in genere

XXXXXX : nome interno PMI dato al progetto filtro con capsule

XXX : macchina confezionatrice filtri prodotta da XXXXX

INB : acronimo di Intertaba S.p.A. usato internamente

PMI : acronimo di Philip Morris International

SBC : sistema blocco capsule, oggetto di trattazione nella presente tesi

STD : acronimo di standard

Tow : materiale filtrante usato per la produzione di filtri da sigaretta