



ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE
GALILEO GALILEI
Corso di Meccanica, Meccatronica ed Energia

EVOLUZIONE PINZA C10 E SISTEMA DI POSIZIONAMENTO PERNO PINZA AUTOMATICO

In collaborazione e su richiesta di Masterix s.r.l.

Tesi di maturità di:
Zappalorti Luca
Grappolini Matteo

Anno scolastico 2017-2018

INDICE

INTRODUZIONE	p.2
1. PROGRAMMAZIONE ED ORGANIZZAZIONE PROGETTUALE	p.5
2. STUDIO DELL'EVOLUZIONE	
1.1 PREMESSA	p.7
1.2 ANALISI GENERALE	p.7
1.3 RESOCONTO ANALISI: BREVE ELENCO DELLE AREE INTERESSATE ALL'EVOLUZIONE	p.9
3. PROGETTAZIONE	
3.1 RIMOZIONE DELLE VITI IN VISTA	p.10
3.2 ALTERNATIVE ALLA FABBRICAZIONE DEI COMPONENTI	
<u>CARTER</u>	p.11
<u>STRUTTURA BASAMENTO</u>	p.12
<u>SISTEMA INSERIMENTO PINZA</u>	p.13
3.3 MOVIMENTAZIONE DEL PERNO PINZA	
<u>P. DI FUNZIONAMENTO: SISTEMA VITE MADREVITE</u>	p.14
<u>P. DI FUNZIONAMENTO: SISTEMA A FORCELLA</u>	p.16
<u>COMPONENTI AUSILIARI DEL S. MOVIMENTAZIONE</u>	p.18
<u>ELETTRONICA E PROGRAMMAZIONE</u>	p.19
4. REALIZZAZIONE DEI COMPONENTI	
4.1 TAVOLE ESECUTIVE	p.23
4.2 CICLI DI LAVORO	p.23
5. VANTAGGI E CONCLUSIONI	
5.1 EVOLUZIONE DELLA MACCHINA	p.24
5.2 VERSO L'INDUSTRIA 4.0	p.25
RINGRAZIAMENTI	p.26
BIBLIOGRAFIA	p.27

INTRODUZIONE

La nascita del progetto in questione è attribuibile alle esigenze di innovazione e automatizzazione da parte di Masterix s.r.l. riguardo ad uno dei suoi prodotti di punta. Nonostante esso sia uno dei prodotti attraverso il quale Masterix si è fatta conoscere all'interno del mercato in cui opera, all'evoluzione di quest'ultimo, consegue uno sviluppo progettuale delle macchine per mantenere alta la competitività e l'innovazione.

Tali esigenze ci hanno coinvolti in questo progetto durante il periodo di alternanza scuola-lavoro e in un percorso perdurato lungo tutto il restante anno scolastico.

Il prodotto al centro del progetto fa parte di un macchinario più articolato brevettato da Masterix nonostante la sua giovane età e che si distingue dai normali iniettori di cera ad alta definizione per produzione orafa per la sua semplicità, compattezza, velocità ed originalità.

La macchina viene impiegata nell'ambito della produzione orafa (di cui Arezzo è stata leader per anni) per la fabbricazione di gioielli dalle geometrie complesse mediante la tecnica di microfusione a cera persa. Masterix offre macchinari in grado di produrre modelli in cera del prodotto di oreficeria mediante l'iniezione della cera in modelli in gomma di elevata qualità.

La linea di macchine denominata **MASTERINJECT** si articola in un'ampia gamma di prodotti differenti per dimensioni, configurazioni e optional. Sebbene le configurazioni possono essere molteplici, ogni macchina è costituita principalmente da due elementi: la **pinza** e l'**iniettore**.

L'iniettore è l'elemento che per primo ha contraddistinto Masterix dalle aziende concorrenti per la sua compattezza e per la qualità del prodotto in cera. Il modello in cera di fatto non ha segni di imperfezioni dovute a bolle d'aria o alla quantità e temperatura della cera, grazie alla tecnologia delle **siringhe** di cui la gamma MASTERINJECT dispone. Infine, ogni modello in cera dispone di un **tag RFID** di riconoscimento, contenente i parametri di iniezione. Avvicinando dunque il codice al lettore di cui la macchina dispone si può rapidamente impostare i parametri di lavorazione.

La pinza, oggetto del nostro progetto, costituisce la componente meccanizzata ed automatizzata che sostituisce l'impiego di un lavoro manuale ripetitivo e dalla precisione esigua. La pinza infatti, nella sua gamma di dimensioni differenti, sostituisce l'operatore nel **caricare¹ e manipolare** lo stampo in gomma durante la lavorazione garantendo una precisione maggiore ed un aumento in termini di produttività.

Uno degli obiettivi che la giovane azienda si pone e, che è stato al vertice del nostro progetto, è il *saper coniugare la conoscenza dei cicli di produzione con le competenze meccaniche, informatiche e dell'automazione²* per ottenere un prodotto competitivo. A tal proposito Masterix si è rivolta a noi per migliorare,

¹ Pinza con carico automatico disponibile solo nelle macchine MI-03 e MI-03+

² Brochure Masterix, Sez. Profilo Aziendale, 2018

ove possibile, la pinza del modello C10, mantenendo i pregi che la contraddistinguono come l'intercambiabilità e la sua semplicità progettuale nell'intento di raggiungere quel traguardo tecnologico necessario per una continuità in questo difficile mercato.



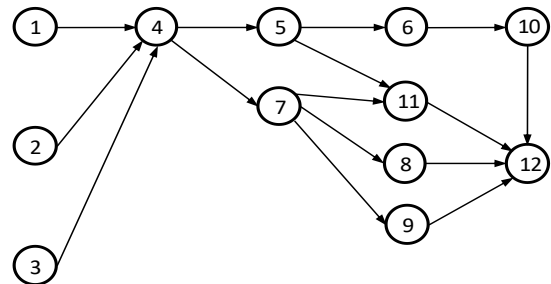
Figura 1-In primo piano la pinza C10, poi gli iniettori MI-02 e MI-01

1.PROGRAMMAZIONE ED ORGANIZZAZIONE PROGETTUALE

Prima di procedere di getto sul progetto, abbiamo stabilito una programmazione progettuale e calendarizzato gli incontri con l'azienda. Tale organizzazione risulterà poi flessibile nell'adattarsi agli inconvenienti interni al progetto o esterni dovuti a disguidi di natura diversa da quella progettuale. Nella fase di raccolta dei dati abbiamo ricostruito i progressi fatti grazie alla programmazione iniziale e alla costante raccolta dati riguardo all'avanzamento del progetto.

Alleghiamo a questa sezione le tabelle e i diagrammi/reticolati che riassumono l'avanzamento del progetto.

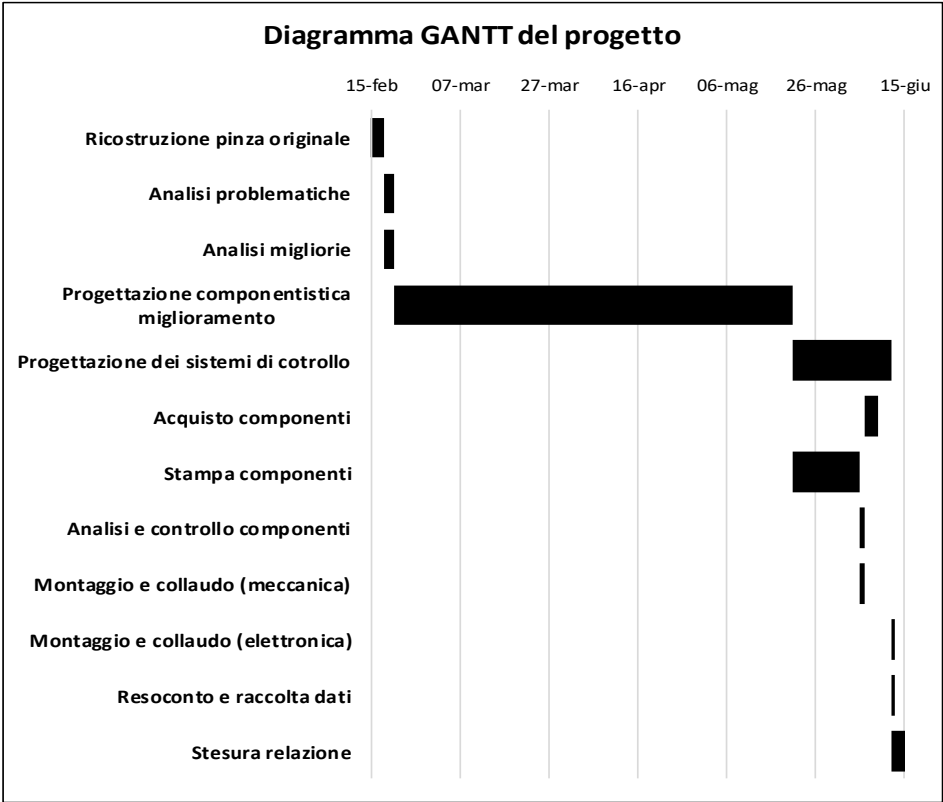
Resoconto e dati progetto			
Diagramma PERT			
N.	Operazioni	Durata	Precedenze
1	Ricostruzione pinza originale	3	—
2	Analisi problematiche	2	—
3	Analisi miglitorie	2	—
4	Progettazione componentistica miglioramento	90	1,2,3
5	Progettazione dei sistemi di cotrollo	22	4
6	Acquisto componenti	3	5
7	Stampa componenti	15	4
8	Analisi e controllo componenti	1	7
9	Montaggio e collaudo (meccanica)	1	7
10	Montaggio e collaudo (elettronica)	1	6
11	Resoconto e raccolta dati	1	7,6
12	Stesura relazione	4	11,10,8,9



Resoconto e dati progetto

Diagramma GANTT

N.	Operazioni	Data inizio	Durata	Data fine
1	Ricostruzione pinza originale	15-feb	3	17-feb
2	Analisi problematiche	18-feb	2	19-feb
3	Analisi miglorie	18-feb	2	19-feb
4	Progettazione componentistica	20-feb	90	20-mag
5	Progettazione dei sistemi di cotrollo	21-mag	22	11-giu
6	Acquisto componenti	06-giu	3	08-giu
7	Stampa componenti	21-mag	15	04-giu
8	Analisi e controllo componenti	05-giu	1	05-giu
9	Montaggio e collaudo (meccanica)	05-giu	1	05-giu
10	Montaggio e collaudo (elettronica)	12-giu	1	12-giu
11	Resoconto e raccolta dati	12-giu	1	12-giu
12	Stesura relazione	12-giu	4	15-giu



2.STUDIO DELL'EVOLUZIONE

2.1 PREMESSA

A seguito di un colloquio con l'azienda in sede operativa sono emersi numerosi spunti ed elementi sui quali lavorare a seguito di un elenco di "problematiche" da risolvere. L'analisi e lo studio di evoluzione sono stati svolti sulla pinza modello C10, la più piccola della gamma, ma le osservazioni e le modifiche apportate durante lo svolgimento del progetto sono pressoché attuabili anche sugli altri modelli di pinza con le opportune modifiche dovute alle differenti dimensioni.

2.2 ANALISI GENERALE

Le richieste dell'azienda erano orientate ad un miglioramento nell'aspetto complessivo, nel cercare un'alternativa ai metodi di produzione utilizzati e in particolare nell'automatizzare il sistema di posizionamento del perno scorrevole (vedi Fig.2).

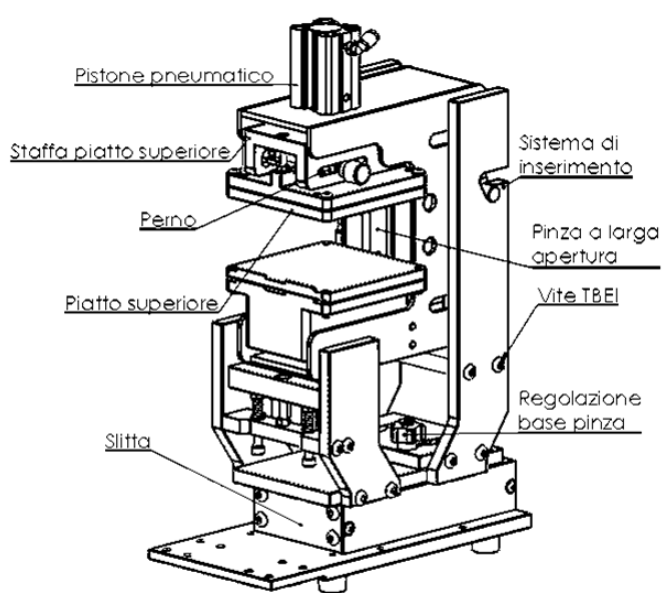


Figura 2-Pinza C10 e parti principali

L'analisi di miglioramento estetico coinvolge la pinza in tutto il suo complesso, che nonostante alcune problematiche sollevate durante l'incontro, si presenta con un'ottima linea ripresa dalla struttura degli iniettori a cui la pinza viene abbinata e dagli altri optional come i piani raffreddanti³.

Gli aspetti analizzati in funzione di una possibile revisione e miglioramento si concentravano sul basamento della pinza, costituito per lo più da pezzi di lamiera tagliati al laser e assemblati mediante collegamenti filettati in vista. Le teste delle viti TBEI⁴ in vista permettono un facile montaggio e favoriscono la sostituzione di parti danneggiate o usurate, ma danneggiano la linea della pinza e potrebbero indurre la clientela a percepire il macchinario come qualcosa di fragile e mal progettato.

³ Brochure Masterix, Sez. Accessori, 2018

⁴ Viti con testa bombata ed esagono incassato: Vite ISO 7380, Manuale di meccanica, sezione I, organi di collegamento filettati.

Per quanto riguarda la fabbricazione del macchinario, esso è costituito per buona parte da componenti pneumatici e fondamentali per la movimentazione, quali i pistoni pneumatici, la slitta pneumatica alla base e la pinza a larga apertura⁵, sui quali si sviluppa la struttura della macchina. I restanti componenti possono essere distinti in parti ricavate da lavorazioni di asportazione di truciolo e parti ricavate da lamiera. I primi vanno a costituire i due piatti, uno inferiore e uno superiore, che manipoleranno lo stampo, mentre da lamiera vengono realizzati i componenti del basamento ed il guscio che ospiterà i componenti pneumatici principali. La loro produzione viene effettuata all'esterno dell'azienda ed è dunque richiesta la ricerca di metodi alternativi per la loro realizzazione.

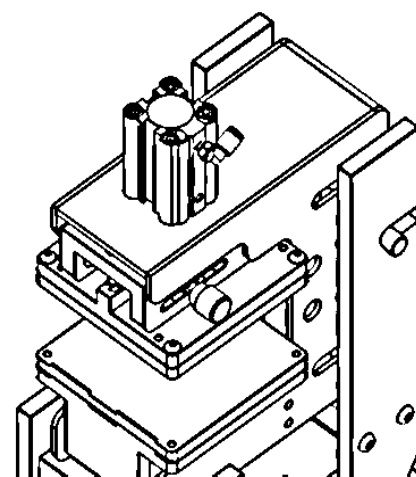


Figura 3-Pinza C10| Particolare del perno di regolazione della pressione

Punto fondamentale da affrontare e cardine del progetto di evoluzione della pinza in questione è l'automatizzazione del perno di regolazione. Tale sistema automatico infatti è uno degli obiettivi da raggiungere per la prossima generazione di iniettori automatici della gamma MASTERINJECT e che sarà affiancato ad un già progettato e in fase di collaudo sistema di centraggio dello stampo sul piattello.

Il perno di regolazione è posto nella parte superiore della pinza e permette di regolare la distribuzione della pressione, in modo da poter variare il tipo di presa in funzione delle dimensioni dello stampo (vedi Fig.3).

Nella configurazione ordinaria, quando la pinza non è sotto carico, il perno è libero di scorrere in un'asola ricavata sulla staffa del piattello superiore, poggiando su di un risalto ricavato sulla faccia non attiva (non interessata nella presa dello stampo). L'asola ed il risalto sono dotati di una dentatura (vedi Fig.4) che permettere di scegliere la posizione del perno più adeguata alle dimensioni dello stampo.

Nel momento in cui la pinza stringe lo stampo posto sul piattello inferiore, il piattello superiore, grazie al suo tipo di fissaggio, si adatta alla superficie di contatto dello stampo e spinge il perno a contrasto tra il risalto e l'asola della staffa, in cui precedentemente poteva muoversi liberamente. La posizione sul risalto del perno, assimilabile ad un fulcro, provocherà un effetto leva differente, che varia da una presa "in punta" per gli stampi più piccoli, quando il perno è in posizione totalmente avanzata, ad una presa totalmente arretrata per stampi dalle dimensioni maggiori, quando il perno è nella posizione più distante dalla punta del piattello.

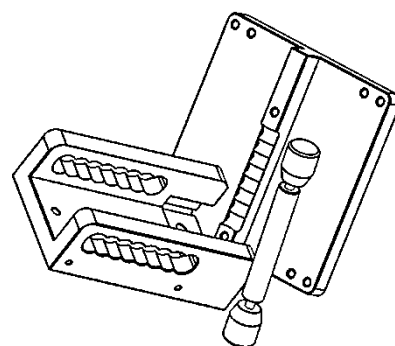


Figura 4-Particolare della dentatura su piattello e staffa

⁵ Pinze parallele a larga apertura Serie CGLN e Attuatori con guida integrata QCTF, cilindri serie QP, Catalogo Camozzi

Il sistema di posizionamento del perno “di serie” di cui le macchine dispongono è manuale e avviene agendo sui due pomelli posti alle due estremità del perno (vedi *Fig.3* e *Fig.4*). Tale perno dunque, come già detto, necessita di un sistema di posizionamento automatico che permetta al perno di posizionarsi nel modo corretto in funzione delle dimensioni dello stampo senza l'intervento dell'operatore.

2.3 RESOCONTO ANALISI: BREVE ELENCO DELLE AREE INTERESSATE ALL'EVOLUZIONE

A seguito dell'analisi generale della macchina, orientata all'evoluzione e all'automatizzazione della stessa, abbiamo raccolto le seguenti aree interessate dal nostro sviluppo:

- **ESTETICA DELLA MACCHINA:** Ridurre la presenza di viti in vista sulla struttura del basamento pur mantenendo la linea semplice e pulita della macchina.
- **FABBRICAZIONE DEI COMPONENTI:** Trovare metodologie alternative nel produrre i componenti della macchina nell'ottica di ridurre i costi di produzione ed il tempo di assemblaggio.
- **MOVIMENTAZIONE DEL PERNO DI REGOLAZIONE:** Progettazione di un sistema meccanico in grado di poter movimentare il perno mantenendo ridotti i costi ed evitando di apportare modifiche invasive in termini di complicazione del processo produttivo e di montaggio e dell'estetica.

Tralasciando i particolari della progettazione, durante lo sviluppo, abbiamo cercato di mantenere il profilo semplice e compatto della macchina, senza stravolgere il progetto iniziale e limitando gli interventi invasivi, in modo da preservare l'immagine della pinza a cui la clientela è abituata a interfacciarsi.

3.PROGETTAZIONE

3.1 RIMOZIONE DELLE VITI IN VISTA

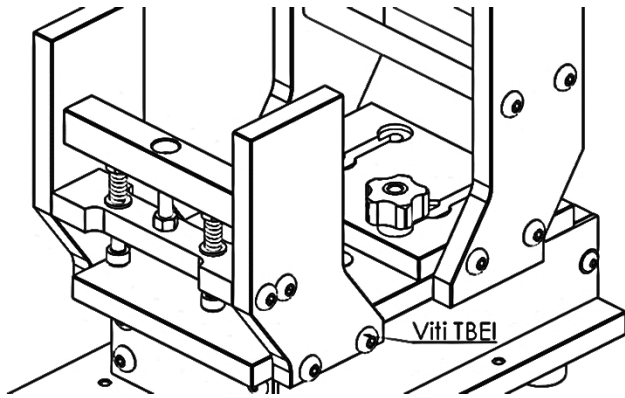


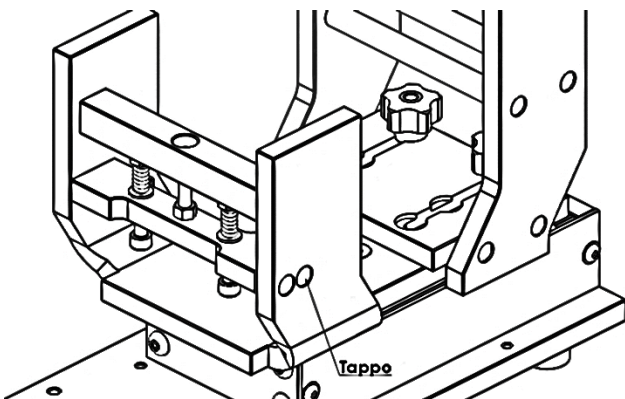
Figura 5-Particolare basamento, viti TBEI

La struttura del basamento è costituita per lo più da componenti di lamiera (spessore 10mm) di alluminio in lega 3003, tagliati al laser e assemblati con collegamenti filettati.

La quantità di viti non è trascurabile (vedi Figura 5) ai fini dell'estetica e inoltre, nel caso delle viti a testa bombata, la testa della vite è completamente sporgente sulla superficie del pezzo.

Alternative a questo tipo di fissaggio, pur mentendo pressoché inalterati i componenti originali, non sono che esigue, ossia solamente fissaggio per saldatura. Essa si può ritenere da subito un'alternativa non valida a preservare sia il costo che i pregi di semplicità di montaggio e sostituzione dei pezzi ed è perciò da considerarsi scartata.

Nel punto successivo cercheremo di ridurre la quantità di pezzi da produrre e assemblare, e di conseguenza di eliminare i collegamenti filettati, attraverso l'impiego di pezzi più complessi (vedi 3.2 ALTERNATIVE ALLA FABBRICAZIONE DEI COMPONENTI), ma tale metodo non sarà applicabile in ogni frangente per motivi che andremo ad analizzare di seguito.



Giungiamo dunque ad una soluzione semplice e relativamente economica, ovvero la sostituzione delle originali viti TBEI con delle viti a testa cilindrica⁶. Queste ultime infatti presentano il vantaggio di poter essere nascoste attraverso la geometria della loro sede e grazie appositi tappi in gomma da apporre sopra di esse. Tale espediente influisce di poco sul processo di

lavorazione, poiché sarà necessaria la creazione di fori lamati, con la geometria opportuna tabulata sul manuale in funzione della vite utilizzata (perlopiù viti UNI 5931 M5x16), anziché normali fori lisci passanti. Infine, verranno apposti dei tappi in plastica⁷ sulla cava esagonale della testa della vite, in modo da nascondere la vite stessa.

⁶ Viti TCEI, viti a testa cilindrica con esagono incassato: Vite UNI 5931, Manuale di meccanica, sezione I, organi di collegamento filettati.

⁷ PE a bassa densità.

3.2 ALTERNATIVE ALLA FABBRICAZIONE DEI COMPONENTI

La ricerca di strategie alternative all'interno del processo produttivo ci ha spinto a riconsiderare la geometria e l'assemblaggio dei pezzi in termini di costi e lavorazioni e tenendo a mente il concetto di estetica di cui abbiamo già parlato.

Carter

Per quanto riguarda i **carter** a protezione della pinza pneumatica, il cosiddetto guscio (vedi Fig.6) "a c" per la sua geometria, è stata affrontata l'ipotesi di una produzione di un pezzo singolo, anziché realizzare la costola centrale e saldare in seguito i pannelli laterali.

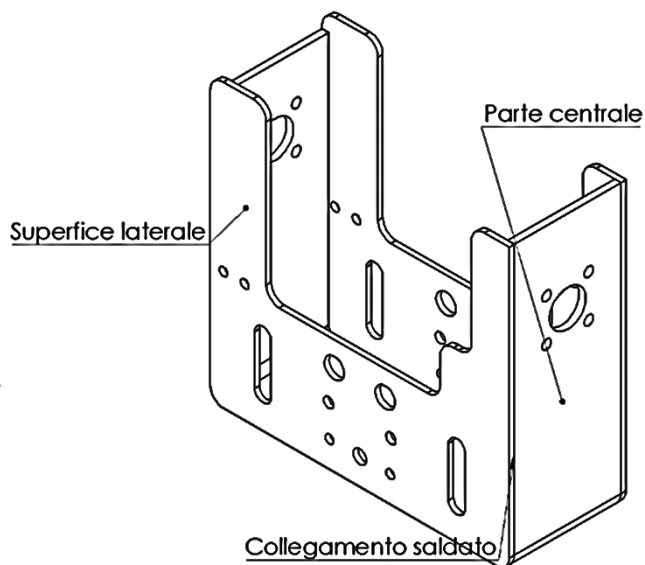
L'alternativa considerata è quella della pressofusione. La tecnica della pressofusione fa parte della famiglia delle colate in conchiglia a pressione e consiste nel versare il liquido, in quantità esatta, nel pistone che lo spinge nella conchiglia⁸. L'applicazione della pressofusione nel contesto in questione permetterebbe la realizzazione del carter in un singolo componente, ottima finitura superficiale e tolleranze dimensionali ristrette. Inoltre, permetterebbe di eliminare un intero ciclo di lavoro costituito dal taglio laser della lamiera semilavorata, dalla piegatura della parte centrale e dalla saldatura dei tre pezzi.

Nonostante sia consigliata per leghe di alluminio con getti di massa contenuta (il caso del carter in questione) è consigliata per grandi produzioni in serie a causa dell'elevato costo di realizzazione di una conchiglia di tale geometria e delle restanti attrezzature necessarie per la realizzazione di pezzi in pressofusione e quindi non applicabile al pezzo preso in esame, poiché si tratta di una produzione contenuta rispetto al volume di produzione necessario.

Oltre alla realizzazione per pressofusione abbiamo brevemente preso in considerazione l'ipotesi di realizzare la struttura con dei collegamenti filettati, strategia già adottata dal modello precedente della pinza e subito accantonato dato che non comportava miglioramenti significativi, ma ripresentava problematiche di carattere estetico.

In conclusione, abbiamo deciso di non prendere in considerazione nessun intervento data l'impossibilità di migliorare tale struttura senza incappare in

Figura 6-Carter o guscio a c



⁸ Pressofusione, Fonderia, Sezione F-Tecnologia dei Materiali, Manuale di meccanica

complicazioni e costi aggiuntivi, che erano invece gli obbiettivi prefissati ad inizio progetto.

Struttura del basamento

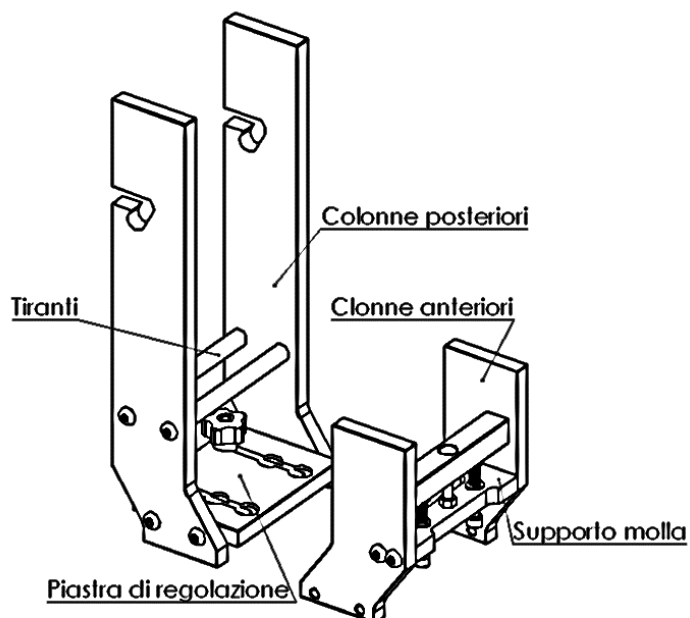


Figura 7-Particolare basamento, colonne posteriori e anteriori

Come già riepilogato nelle precedenti sezioni, la struttura del basamento è di semplice progettazione e realizzazione poiché si tratta di pezzi di lamiera tagliati, lavorati per asportazione di truciolo e assemblati con collegamento filettato. Oltre ad un fattore puramente estetico legato alle viti in vista di cui abbiamo già discusso (vedi 3.1 RIMOZIONE DELLE VITI IN VISTA), abbiamo preso in considerazione il numero di componenti necessari alla costruzione delle cosiddette colonne anteriori e posteriori, che costituiscono la struttura del basamento che sorregge la pinza e la tiene in posizione.

Abbiamo quindi considerato l'ipotesi della realizzazione delle due strutture (vedi Fig.7) rispettivamente in un pezzo singolo (vedi Fig.8), ma dalla stessa geometria per riutilizzare alcuni dei componenti esistenti. L'unica tecnica che ci permette di realizzare tali componenti in un pezzo singolo è la piegatura.

Partendo dallo stesso semilavorato di partenza del ciclo di produzione originale, ovvero una lamiera in lega di alluminio 3003⁹ di spessore 10 mm, si esegue il taglio laser per dare alla lamiera la geometria corretta e desiderata e si procede con la piegatura.

Per evitare l'effetto del ritorno elastico¹⁰, particolarmente rilevante nelle piegature ad U, oltre che ad un metodo di piega adeguato, ovvero una piega oltre l'angolo finale di piega e possibilmente ottenuta con un colpo breve e secco in modo da provocare la plasticizzazione della zona soggetta ad elasticità residua, riteniamo opportuno mantenere i tiranti e il supporto molla (vedi Fig.7), già presenti nella struttura originale, che manterranno le linguette laterali piegate in posizione.

I componenti ottenuti dal taglio della lamiera risultano però avere una base stretta e alte linguette laterali da piegare a causa della geometria da dover realizzare. Questa conformazione del pezzo, trascurando il notevole sforzo della piegatrice dovuto allo spessore non esiguo, ostacola la lavorazione di piegatura a causa degli ingombri del componente all'interno del sistema

⁹ Lega En-AW 3003.

¹⁰ Piegatura, Lavorazioni per deformazione plastica, Sezione-G Tecnologia meccanica, Manuale di meccanica.

punzone-matrice anche con l'utilizzo di punzoni speciali come quelli "a collo di cigno". La realizzazione dei pezzi dipende dunque particolarmente dalla geometria della macchina piegatrice, che potrebbe realizzare la prima piega, ma non riuscire a terminare la seconda a causa della risicata distanza tra le due linguette che costituiranno le colonne.

Tale problematica è accentuata per le colonne posteriori, ovviamente a causa delle dimensioni maggiori, mentre le colonne anteriori non dovrebbero avere problemi di realizzazione. Per questo motivo decidiamo di utilizzare questa strategia solo per le colonne anteriori, che saranno realizzate di pezzo sulla piastra di collegamento con la slitta pneumatica (Fig.8), riducendo il numero di componenti ed il tempo di assemblaggio.

L'assenza dei collegamenti filettati inoltre garantisce il raggiungimento dell'obiettivo prefissato nella sezione 3.1, quello della rimozione dei collegamenti filettati a favore di un pezzo unico.

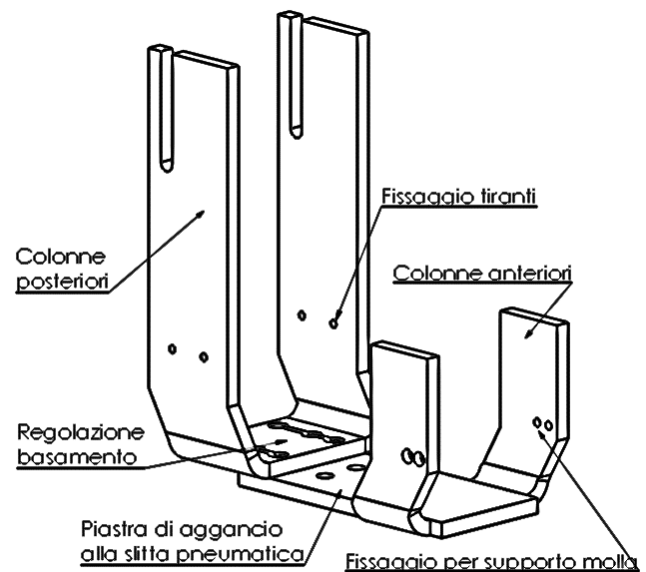


Figura 8-Colonne anteriori e posteriori realizzate con piegatura

Sistema di inserimento pinza

Il sistema di inserimento del corpo pinza all'interno del basamento consiste nell'inserimento dei perni laterali della pinza all'interno delle cavità realizzate sulle colonne posteriori. Le due cavità, una per colonna, hanno una geometria che permettono alla pinza di rimanere in posizione e di non fuoriuscire dalla propria sede anche se sollecitata da vibrazioni o azioni di altra entità. Una volta inseriti i perni nelle loro rispettive sedi, la pinza acquisisce la sua posizione di lavoro grazie ad un supporto fissato sulle colonne anteriori, dotato di molla e regolabile in altezza per sopperire ai diversi modelli di pinza.

Nello smontare e rimontare i vari componenti per studiarne la progettazione e farne un'analisi, abbiamo notato la difficoltà operativa nello sfilare e inserire la pinza all'interno del basamento che la sorreggeva. Tali difficoltà, oltre allo spazio operativo ridotto, sono causate dalla sede dei perni, che con la loro geometria di sicurezza, rendono

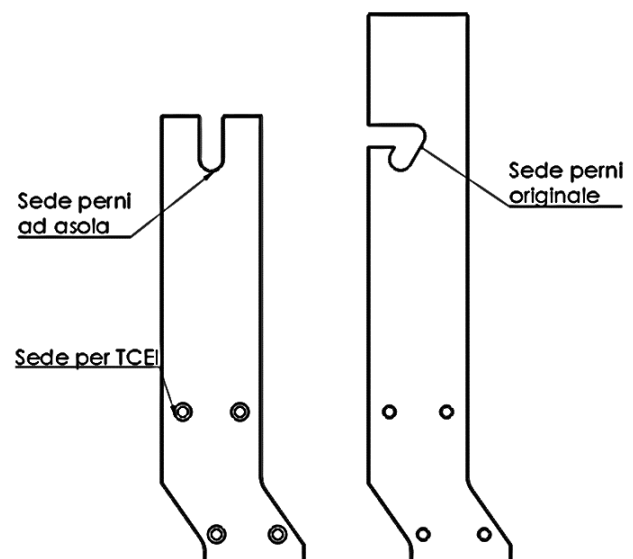


Figura 9-A sinistra il componente modificato e a destra quello originale

difficoltose le operazioni e i movimenti di smontaggio. Il movimento infatti deve essere sincronizzato con entrambe le mani, pena la possibilità che la pinza soquadri e che i perni si incastrino.

Per sopperire alle problematiche descritte abbiamo quindi progettato una nuova sede per i perni che mantenesse le stesse caratteristiche di sicurezza, ma garantisse una maggior facilità di montaggio e smontaggio. Inoltre, abbiamo ridotto l'altezza delle colonne posteriori ad una funzionale, limitando sprechi e favorendo la realizzazione del prototipo stampato.

3.3 MOVIMENTAZIONE DEL PERNO PINZA

Le precedenti azioni d'intervento sono frutto di scelte seguite ad una lunga e complessa analisi delle problematiche che la pinza ci offriva. Riteniamo dunque che si debbano considerare di pari rilevanza rispetto all'argomento di cui tratteremo in questa sezione e che è poi al centro del progetto.

Come detto già in precedenza (2.2 ANALISI GENERALI) il sistema di posizionamento automatico del perno dovrà essere abbinato ad un sistema di centraggio automatico dello stampo sul piatto di lavoro già collaudato dall'azienda stessa, per cui la progettazione di tale sistema dovrà essere chiara nei minimi particolari.

Oltre ad essere al centro del progetto per i motivi descritti sinora, sarà oggetto della prototipazione mediante l'uso della stampa 3D a nostra disposizione ed uso all'interno dell'azienda stessa. Anche gli interventi precedentemente elencati saranno soggetto a stampaggio, ovviamente fin dove la tecnologia dello stampaggio 3D può arrivare, cioè fino a che la geometria del pezzo può essere stampata (per esempio i pezzi da realizzare per piegatura non potranno essere realizzati mediante stampa 3D).

Principio di funzionamento: sistema vite madre vite

Il sistema di regolazione della pressione avviene mediante il posizionamento del perno in questione che fungerà da fulcro per il piatto superiore e quindi condizionerà il tipo di presa sullo stampo. Entrambi i piatti sono spinti in pressione sullo stampo rispettivamente dal proprio cilindro pneumatico, uno nella parte superiore e uno nella parte inferiore. L'apertura dei piatti della pinza è invece comandata dalla pinza pneumatica su cui i piatti stessi sono montati: l'azione combinata dei cilindri e della pinza permette la movimentazione della pinza.

Il perno dunque per essere regolato deve poter traslare all'interno dell'asola presente sulla staffa del piatto superiore (vedi *Fig.3* e *Fig.4*). Data l'esistenza di un impianto di aria compressa ai servizi della movimentazione di apertura e chiusura della pinza, una prima ipotesi è stata quella di un pistone pneumatico a doppio effetto posto sulla fiancata del corpo pinza: la sua corsa di andata e ritorno avrebbe dunque pilotato anche la corsa del perno.

Il problema di una movimentazione comandata da un pistone pneumatico è la mancanza di posizione intermedie tra la posizione di completa estensione e l'opposta. Per la movimentazione della pinza questo tipo di funzionamento è

più che sufficiente, ma nel nostro caso dove è necessaria una regolazione intermedia in funzione delle dimensioni stampo, non è adeguato.

Per sopperire a questo problema sono necessari cilindri pneumatici proporzionali controllati da microprocessore, che permettono di regolare la corsa del pistone mediante segnali elettrici. L'utilizzo di un pistone del genere avrebbe semplificato la gestione dell'avanzamento, poiché il sistema di controllo e la movimentazione del perno risiedevano in un singolo oggetto.

Considerando l'ipotetica applicazione di tale soluzione, per evitare che il perno durante il suo movimento possa soqquadrare a causa della spinta non bilanciata, ma concentrata su una sola estremità del perno, deve essere abbinato alla seconda estremità un secondo pistone pneumatico dalle stesse caratteristiche del primo. Inoltre, entrambi i pistoni dovranno muoversi in sincronia per evitare un funzionamento scorretto, quindi far soqquadrare il perno, non a causa di una spinta squilibrata in termini di forza, ma in termini di tempo, cioè un pistone in ritardo rispetto all'altro. Facendo riferimento infine ai cataloghi di tali prodotti¹¹ non possiamo trascurare il prezzo esoso delle apparecchiature considerate, tenendo conto poi del numero che ci occorre.

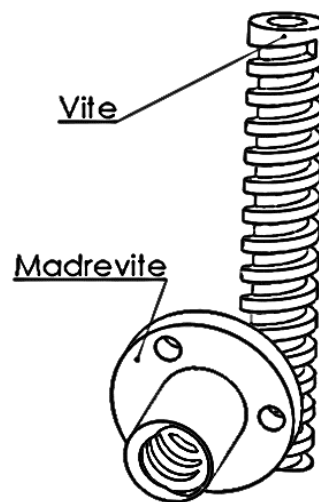


Figura 10-Vite e madrevite con filettatura Tr10x2

Accantonata dunque l'ipotesi di movimentazione con cilindri pneumatici proporzionali, decidiamo di orientarci verso un sistema meccanico che ci permetta di traslare il perno con la possibilità di regolare la corsa in funzione dello stampo e quindi del tipo di presa: un sistema vite-madrevite. Si tratta di un meccanismo che sfrutta l'accoppiamento filettato tra vite e madrevite per trasformare il moto rotatorio del componente vite in moto di traslazione lineare del componente madrevite (vedi Fig.10).

Per la movimentazione di carichi con il meccanismo di vite-madrevite è consigliato l'utilizzo di filettature metriche trapezoidali invece che metriche tradizionali, utilizzate per il collegamento filettato. La geometria trapezoidale del filetto ha a disposizione una maggiore sezione resistente rispetto a quella triangolare ISO, ed è per questo che è largamente utilizzata per le movimentazioni lineari di questo tipo (es. nei torni tradizionali).

Nel nostro caso abbiamo considerato di utilizzare una vite trapezoidale Tr10x2 in bronzo con chiocciola¹² in PTFE¹³, dato che in commercio sono i più comuni per applicazioni di basso medio carico, e l'impiego di un apposito motore elettrico per trasmettere alla vite il moto di rotazione. Il calettamento della vite trapezoidale scelta con l'albero motore implica però ulteriori complicazioni, poiché condizionato dalla particolare geometria della sezione dell'albero (vedi Fig.11). Infatti, ricordando che la barra filettata all'acquisto non presenta alcuna lavorazione per il calettamento per non obbligare l'acquirente ad utilizzare un solo tipo di collegamento (a differenza del motore) e appurando che una cava di tale geometria non è realizzabile con le normali tecniche di

¹¹ Cataloghi Camozzi Automation

¹² La madrevite spesso viene denominata con il termine chiocciola

¹³ Politetrafluoroetilene, polimero autolubrificante

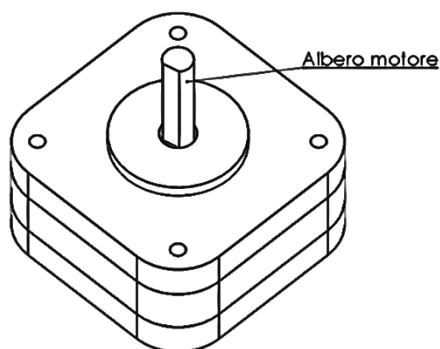


Figura 11-Motore Nema 17, particolare geometria della sezione dell'albero motore

asportazione di truciolo, bensì solamente con l'impiego di lavorazioni speciali come l'elettroerosione a tuffo, siamo stati costretti a ripiegare sulla scelta di un motore con integrato l'albero filettato. Motori elettrici di questo modello infatti vengono largamente impiegati per la movimentazione dell'asse verticale delle stampanti 3D, per cui adatti all'uso che ne vogliamo fare noi, e nel loro acquisto comprendono la chiocciola abbinata alla vite trapezoidale.

Malgrado la soluzione di un motore dall'albero filettato integrato fosse la migliore da mettere in pratica, a causa del lungo tempo di consegna e non disponendo di contatti con i grossisti del

settore, abbiamo scelto di adottare il modello di motore iniziale con abbinata una vite ed una madrevite realizzate mediante stampa 3D. I due componenti dunque non potranno più essere realizzati con i materiali scelti precedentemente, ma al contrario con il materiale plastico adottato dalla stampante a nostra disposizione. La stampa di organi filettati è una procedura molto delicata e complicata poiché devono essere rispettate la geometria elicoidale e le tolleranze di accoppiamento, oltre a tenere in considerazione la possibilità che il materiale "spanci" e si deformi nel raffreddamento. Per evitare fenomeni di grippaggio, la realizzazione dei due componenti si è articolata in più tentativi fino alla progettazione di una vite trapezoidale dalle dimensioni personalizzate e comunque rifinita a mano per permettere il corretto funzionamento.

Un fenomeno comune dei sistemi vite-madrevite è la presenza di gioco tra i filetti della vite e quelli della madrevite, un fenomeno accentuato dalla realizzazione per stampaggio, ma che nei casi ordinari oscilla tra ± 0.1 e 0.25mm per il gioco assiale e ± 0.15 e 0.3mm per il gioco radiale. Nella nostra applicazione non è necessario l'uso di particolari metodi per il recupero dei giochi, dato che non è richiesta una precisione accurata e che si tratta di spostamenti qualitativi.

In un futuro sviluppo, in cui il sistema di movimentazione sarà collegato con l'interfaccia della macchina (per adesso non ci è possibile accedere alla scheda elettronica ed al software che gestisce la macchina), lo spostamento sarà del tutto automatico e nel momento in cui la macchina acquisirà i dati dal tag RFID il perno si adatterà in funzione della presa adeguata allo stampo che la pinza deve accogliere.

Principio di funzionamento: sistema a forcilla

Convalidate le ipotesi fino ad ora fatte sul sistema vite-madrevite, scelto per la movimentazione, sussiste il problema di dove porre tale sistema e di come trasmettere il moto della madrevite al perno.

La scelta della posizione sulla macchina è sicuramente influenzata da un fattore estetico, che ci spinge a camuffare l'intero sistema all'interno del guscio "a c". Il posizionamento del sistema all'interno della macchina stessa infatti è la scelta migliore per preservare ed evitare di contaminare la linea semplice della

macchina. Dal punto di vista progettuale invece è una soluzione irrealizzabile, data la conseguente complessità di montaggio, la presenza di organi in movimento (pinza pneumatica) e gli spazi infinitamente ristretti. Anche il fissaggio su una delle fiancate è da escludere per le motivazioni di cui abbiamo discusso nella precedente sezione riguardo ai pistoni pneumatici.

L'unica soluzione che ci si presenta è dunque quella di operare nella parte superiore della pinza, sulla superficie esterna del guscio, nello spazio compreso tra il pistone pneumatico superiore e i bordi del guscio.

Stabilito a grandi linee lo spazio in cui possiamo operare, sorge la necessità di collegare la madrevite al perno, di modo che possa trasmettergli il moto. La conformazione del guscio a c impone l'impiego di una struttura che si articoli lungo le fiancate del corpo pinza fino ad arrivare al perno da movimentare: una geometria simile a quella di una forcella motociclistica si può ritenere quindi la più adatta al nostro progetto. Ispirandoci alla linea delle colonne originali abbiamo progettato dei semplici pezzi di lamiera piegata che potessero soddisfare i nostri requisiti, ovvero di possedere una superficie di appoggio tale da poter traslare sulla superficie superiore del guscio, spinti dalla madrevite, e al tempo stesso possedere steli della geometria necessaria a districarsi lungo le superfici laterali (vedi Fig. 12).

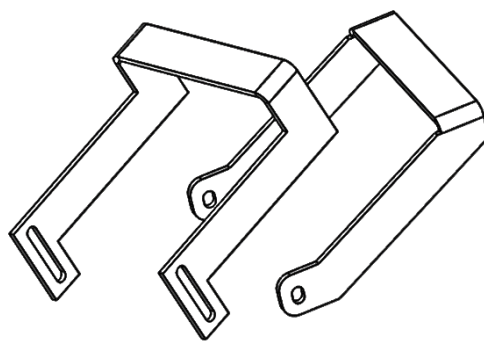


Figura 12- Sistema a forcella ottenuto per piegatura

Fino a questo momento però la progettazione del componente “forcella” si è sviluppata con i piatti pinza, e di conseguenza il perno, nella configurazione di pinza aperta, sottovalutando che il perno deve compiere due tipi di movimenti durante l'iniezione nello stampo, traslazione per il piazzamento e corsa verticale per stringere lo stampo sui piattelli. I prototipi precedenti non sono dunque in grado di soddisfare una duplice movimentazione del genere e rischierebbero la rottura durante la movimentazione della pinza. Dimensionando questi ultimi a pinza aperta lo stelo avrà un'estensione diversa, più contenuta, rispetto ad un dimensionamento a pinza completamente chiusa.

Senza che gli steli possano compiere un'escursione nelle dimensioni, è quindi inevitabile il trascinarsi dell'intero sistema di movimentazione, verso il basso o verso l'alto a seconda della configurazione scelta per il dimensionamento, durante la movimentazione della pinza.

Gli steli devono essere costruiti con una sorta di struttura telescopica, che permetta loro di avere dimensioni differenti a seconda della configurazione, ma costituire il medesimo pezzo. Per sopperire a questa necessità consideriamo l'elemento meccanico a cui ci siamo ispirati durante la prima fase di progettazione di questo sistema a forcella, ovvero la forcella motociclistica. Considerando di come quest'ultima riesce ad espandersi e comprimersi a seconda delle sollecitazioni che riceve, decidiamo di dotare i nostri steli di foderi tubolari a sezione rettangolare cava¹⁴ in cui accoppiarsi e scorrere

¹⁴ Profilati a sezione rettangolare cava 12x5x1,2 mm in lega di alluminio 3103.

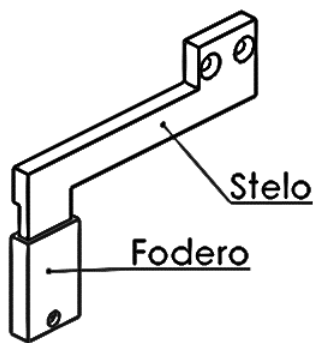


Figura 13-Particolare dello stelo, scorrevole all'interno del suo fodero.

liberamente (vedi Fig.13). Una soluzione di questo tipo, con i foderi che devono essere solidali al perno mediante collegamento filettato (preesistente per il fissaggio dei pomelli), ci permette di avere steli retratti nel momento in cui la pinza è in configurazione aperta e steli completamente estesi nella configurazione di pinza totalmente in presa sullo stampo. Inoltre, per le caratteristiche sopracitate che riprendono il funzionamento di una forcilla stradale, tale sistema, aiuterà il perno nel traslare sulla dentatura ricavata sul piattello superiore e sulla relativa staffa, assecondando le oscillazioni radiali del perno dovute ai denti.

Componenti ausiliari del sistema di movimentazione

Tornando a considerare la traslazione lineare del perno, il sistema a forcilla richiede un elemento di collegamento con la madre vite che controlla la corsa del perno stesso. Per non ricorrere alle precedenti strutture piegate, dalle geometrie di piega complesse ed operativamente difficili da realizzare, scomponiamo il sistema forcilla (esclusi i foderi degli steli) in tre elementi, i due steli e una parte centrale che realizzerà il collegamento con la chiocciola, oltre a scorrere sulla superficie superiore del guscio. La chiocciola, data la sua forma simile a quella di una bronzina o cuscinetto radente, verrà inserita in un'apposita sede ricavata sul blocchetto centrale e resa solidale alla rotazione mediante collegamento filettato, predisposto sulla chiocciola stessa. Gli steli invece verranno resi solidali al blocchetto nella parte inferiore, anch'essi con collegamento filettato, impiegando viti svasate e non TBEI. L'utilizzo di un sistema così scomposto invece di uno ottenuto per piegatura favorisce inoltre la prototipazione dei componenti, che avverrà per stampa 3D. Di fatto, le geometrie ottenute per piegatura non possono essere realizzate per stampa, salvo casi elementari.

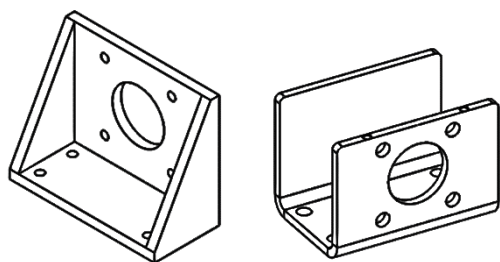


Figura 14-Piastre supporto motore, a sinistra quella stampata e a destra quella ottenuta per piegatura

Il motore elettrico di cui abbiamo discusso nella sezione Principio di funzionamento: vite-madrevite, verrà collocato all'estremità opposta rispetto al cilindro pneumatico superiore, di modo che la chiocciola possa compiere una corsa dall'estensione più ampia possibile. Sulla base dei fori filettati presenti sul motore è stato realizzato un supporto che permettesse il fissaggio al guscio della macchina e al tempo stesso del motore al supporto. Tale supporto è realizzato da lamiera tagliata e piegata ad U. Una configurazione ad L avrebbe

comunque soddisfatto le esigenze di montaggio, ma utilizzeremo la parte posteriore per completare la carteratura dell'intero sistema di movimentazione. Come già detto, la prototipazione degli elementi piegati è particolarmente difficile da realizzare per stampa e siamo stati obbligati a realizzare un

componente diverso per la stampa, dalle geometrie più semplici per l'ugello (vedi Fig.14).

Durante il funzionamento del sistema di posizionamento automatico, alcuni componenti quali il blocchetto centrale e gli steli, sono a contatto rispettivamente con la superficie superiore e laterale del guscio e vi traslano sopra. Essendo costituiti dello stesso materiale, è consigliato interporre tra le superfici a contatto materiali, per esempio plastici, che possano ridurre l'attrito ed evitare il caso limite di grippaggio o microsaldatura. Per far fronte ad una simile problematica basterà dunque applicare delle strisce di politetrafluoroetilene, PTFE, che ridurranno drasticamente l'attrito tra le superfici a contatto e agevoleranno dunque il sistema vite-madrevite motorizzato nel traslare il sistema di posizionamento.

Elettronica e programmazione

Conclusasi la progettazione della parte meccanica del sistema di movimentazione, tratteremo ora della parte elettronica che darà vita al nostro progetto.

Alcune scelte in termini di automazione del sistema meccanico sono già state effettuate durante la progettazione del sistema vite madrevite, ovvero l'ausilio di un motore elettrico per trasmettere alla vite il moto rotatorio. La scelta di utilizzare un motore elettrico, a scapito di un sistema con cilindro pneumatico, implica, oltre che ingombro e forma diversi, l'utilizzo di un determinato tipo di programmazione e gestione dell'apparecchio, differente da quella pneumatica o elettropneumatica per un ipotetico cilindro. Chiaramente la nomenclatura motore elettrico, fa riferimento una ampia gamma di motori elettrici differenti, dalle caratteristiche e peculiarità differenti. Nel nostro caso è già stata sottolineata nella sezione Principio di funzionamento del sistema vite madrevite il parallelismo tra il sistema da noi progettato e quello utilizzato per la movimentazione dell'asse verticale delle stampanti 3D. Seguendo quindi questa tendenza, abbiamo scelto di utilizzare un motore passo passo che nelle stampanti in questione è di comune impiego.

I motori paso passo, o più comunemente conosciuti come *step-motor*, sono alimentati da segnali impulsivi e ad ogni impulso il motore ruota di un angolo fisso, detto passo, da cui il nome della macchina elettrica. Un motore *stepper*, infatti, a differenza di tutti gli altri, ha come scopo quello di mantenere fermo l'albero in una posizione di equilibrio; la rotazione è dunque un prodotto ottenuto in modo indiretto, poiché occorre inviare al motore una serie di impulsi di corrente, secondo un'opportuna sequenza, in modo tale da far ruotare, per scatti successivi, la posizione di equilibrio.

Per descrivere il funzionamento di tale macchina elettrica, si fa riferimento ad un caso semplificato di un motore a due fasi con passo di 90°. Considerando le ipotesi appena fatte, il principio di funzionamento sfruttato dai motori passo passo per la rotazione dell'albero consiste nel ruotare un rotore a magneti permanenti con due poli, attirandolo da un passo all'altro mediante i due avvolgimenti statorici opportunamente eccitati da segnali impulsivi.

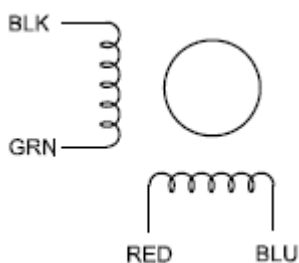


Figura 15 - Configurazione semplificata utilizzata per indicare i motori a passo. La configurazione con il colore dei terminali corrisponde a quella del motore a passo che andremo ad utilizzare

Il caso semplificato ipotizzato per il funzionamento è poi la configurazione utilizzata per indicare questo tipo di motori elettrici (vedi Fig.15).

I motori a passo offrono numerosi vantaggi nel suo impiego. Tra i più importanti ricordiamo il basso costo, la robustezza elettromeccanica, la possibilità di azionamenti di precisione mediante computer e, per noi molto importante, l'elevata stabilità nel mantenere la posizione a rotore bloccato. Scelto dunque il tipo di motore elettrico dobbiamo ricavare la coppia necessaria e che il motore dovrà sviluppare per la movimentazione del sistema. Per il calcolo della coppia necessaria ci affidiamo alla formula seguente:

$$M = \frac{Fa \cdot p}{2\pi \cdot \eta \cdot 1000}$$

Dove, Fa è il carico assiale agente sulla madrevite [N], p è il passo dell'elica [mm], η è il rendimento del sistema vite madrevite (tabulato) ed il fattore 1000 a denominatore serve a convertire la coppia in Nm.

A questo punto non ci resta che calcolare la coppia necessaria e scegliere un motore a passo che soddisfi tale caratteristica. Ipotizzando un carico assiale di 2N, dovuto allo sforzo di trascinamento del perno, ovvero all'attrito e alla difficoltà del perno di sormontare la dentatura della staffa e al peso dell'intero sistema di movimentazione (peso che si aggira all'incirca sui 210g e che con un coefficiente di attrito statico $f_s=0,19$ con teflon e alluminio fanno risultare un carico di 2N sovradimensionato), e un rendimento di $\eta=0.4$ ricavato da tabella empirica per madreviti in bronzo e viti in acciaio in condizioni di buona lubrificazione, si calcola utilizzando la formula precedente la coppia necessaria per una vite trapezoidale Tr10x2:

$$M = \frac{2 \times 2}{2\pi \times 0.4 \times 1000} = 0,00159 \text{ Nm}$$

Come ci aspettavamo la coppia necessaria è irrisoria e possiamo dunque il motore più adatto alle nostre esigenze meccaniche, elettroniche ed economiche.

Il motore da noi scelto è un motore a passo bipolare modello Nema 17¹⁵ (vedi datasheet allegato) che sviluppa una coppia massima di 13 Ncm, dunque maggiore di quella che occorrere e dalle dimensioni contenute.

Per quanto riguarda il controllo del motore è necessario l'utilizzo di un driver capace di gestire l'alimentazione delle bobine, quindi i segnali impulsivi e la direzione di rotazione, ed un microcontrollore o PLC. La scelta tra questi ultimi due componenti è sicuramente guidata da un fattore economico, per cui siamo costretti ad acquistare un microcontrollore del tipo Arduino Mega 2560 (Rev 3), ad un prezzo più accessibile rispetto ad un PLC di bassa fascia e dall'interfaccia intuitiva.

La scelta del driver invece è legata direttamente alle caratteristiche elettroniche del motore, per le quali adottiamo il driver A4988, comunemente presente nei kit per la costruzione di stampanti 3D (vedi datasheet allegato)

Pur essendo una programmazione intuitiva abbiamo riscontrato numerose difficoltà dovute all'inesperienza in questo settore. Nonostante gli ostacoli dovuti all'interfacciarsi con questo nuovo tipo di programmazione (C++),

¹⁵ Nema 17, 17HS08-1004S

abbiamo sviluppato il programma in modo semplice e con l'obiettivo di movimentare il perno in senso dimostrativo.

Prima di fornire istruzioni ad Arduino, attraverso il suo linguaggio di programmazione, ci siamo focalizzati sulla creazione di un circuito elettronico (vedi schema elettronico allegato), inizialmente sviluppato su breadboard, e in seguito realizzato su scheda millefori per rendere la circuiteria più compatta e stabile. Esso è costituito da la parte logica di Arduino, alimentato a 5V, e del driver A4988, alimentato a 12V, il motore a passo, un pulsante per l'avvio della movimentazione dimostrativa ed un led di stato del motore.

L'Arduino è collegato quindi al driver sui pin DIR e STEP per il comando del motore, al bottone per l'avvio del programma e poi al led. Il driver a sua volta è collegato al motore per l'alimentazione delle bobine e quindi dello stesso, rispettando lo schema proposto dai costruttori di entrambi i componenti di modo che il motore possa funzionare correttamente.

Il driver poi sarà collegato ai 5V, oltre che per l'alimentazione logica dello stesso, sui pin MS1 ed MS2 per operare in un 1/8 di step e quindi aumentare la risoluzione di rotazione del motore. Oltre ad aver ridotto ad un ottavo di step (1,8° in condizione di passo pieno o *full step*) il passo e quindi aver aumentato la precisione, il motore è meno rumoroso, le vibrazioni sono drasticamente ridotte e la coppia è maggiore della condizione normale (*full step*).

La programmazione nel linguaggio C++ è facilitata dall'utilizzo della libreria Accelstepper.h che consente di gestire i segnali impulsivi di comando in modo semplice. Dopo aver dichiarato le costanti relative a bottone, led e variabili utilizzate nei comandi della libreria, procediamo con il setup e l'inizializzazione dei pin e delle costanti dichiarate. In questa fase di programmazione dobbiamo difatti dichiarare se i pin devono essere considerati input o output e alcuni parametri della libreria come la velocità e l'accelerazione massima (rispettivamente `stepper.setMaxSpeed` e `stepper.setAcceleration`).

La parte del loop, ovvero la parte di programma da eseguire ciclicamente, è strutturata su di uno switch tra due stati di programmazione. Inizialmente, a macchina alimentata, lo stato è pari a 0, mentre il cambio di stato, lo switch, è condizionato dal bottone, che, se premuto una prima volta introduce lo stato 1 e se premuto una seconda torna al caso 0.

In funzione del valore della variabile `stato` infatti il programma opera in due modalità differenti, una di arresto (`se stato==0`) e una di movimento (`se stato==1`).

La movimentazione programmata è di carattere dimostrativo per simulare il movimento del perno, mentre interessanti sono alcuni accorgimenti di programmazione come l'inizializzazione del pin bottone come `INPUT_PULLUP` ed il `delay(300)` che sopperiscono alle problematiche di questo componente elettronico come il bouncing. Il listato del programma è allegato al testo.

4.REALIZZAZIONE DEI COMPONENTI

4.1 TAVOLE ESECUTIVE

Per quanto riguarda le tavole esecutive dei componenti progettati esse sono allegate al presente testo per motivi di spazio e impaginazione.

Sono state realizzate sia le tavole dei componenti di progetto, sia dei componenti modificati per motivi di prototipazione (stampaggio 3D) già largamente discussi (ex. Supporto motore).

4.2 CICLI DI LAVORO

I cicli di lavoro dei vari componenti hanno influenzato particolarmente l'intero progetto in termini di costi e di facilità nella realizzazione, ma anche in ottica di prototipazione mediante stampa 3D. Tra i vari componenti ne abbiamo scelti tre sui quali svolgere completamente il cartellino di lavoro. La scelta è stata guida dalla rilevanza dei componenti all'interno del progetto e dall'irreperibilità in commercio (pezzi non commerciali). Alleghiamo dunque a questa sezione i cicli di lavoro realizzati e la seguente distinta base dei componenti realizzati o aggiunti durante il progetto.

5.VANTAGGI E CONCLUSIONI

5.1 EVOLUZIONE DELLA MACCHINA

Accordando con l'introduzione, l'evoluzione sviluppata nel corso del progetto, che ha saputo tenere in considerazione tutti gli aspetti della macchina come oggetto di miglioramento, darà un apporto significativo a quella che sarà l'evoluzione della pinza C10 nel prossimo futuro. Questa evoluzione, oltre ad essere una rivalutazione delle scelte progettuali adottate al lancio di tale prodotto sul mercato, fa di fatto parte, come accennato nelle sezioni precedenti, di un progetto da Masterix già intrapreso e che consiste nella meccanizzazione del posizionamento stampo e delle regolazioni ad esso dipendenti. Riferendoci chiaramente al cuore del progetto, ovvero la regolazione automatica del perno di pressione, esso farà parte delle tecnologie che saranno implementate alla macchina nella sua prossima evoluzione e che l'azienda ha già sperimentato in parte con un sistema di centraggio automatico.

Essendo un'azienda ancora giovane, ma dal prodotto solido e primo nel suo genere, deve mantenere alto il livello d'interesse della clientela, con continue innovazioni che possano migliorare il funzionamento delle macchine in commercio e il loro posizionamento sul mercato. Tale innovazione, prefissata come obiettivo iniziale, può ritenersi soddisfatta a pieno titolo a termine del progetto, come possono ritenersi soddisfatti i nostri supervisori in merito ai risultati raggiunti.

Il percorso da noi intrapreso per giungere alle applicazioni e alle soluzioni proposte, costituisce per l'azienda una visione e un approccio totalmente differenti e distanti dal nucleo progettuale che ha dato vita alla macchina originale. Questo metodo, implicato dal semplice fatto di non essere né i dipendenti né tantomeno i progettisti della linea di iniettori e pinze, implica due importanti conseguenze, che si riflettono sia su di noi che sull'azienda stessa.

Il primo aspetto da considerare è quella che potrebbe essere definita come totale "estraneità progettuale", con la quale ci siamo dovuti confrontare inizialmente e che ha implicato a sua volta ulteriori complicazioni. Provenienti da una realtà certamente non lavorativa, essendo studenti, ed estranei alla linea e ad agli obiettivi progettuali, si sono riscontrate difficoltà nel relazionarci e giudicare scelte progettuali non nostre. Solo con il disassemblaggio totale della macchina e la conseguente ricostruzione della stessa, abbiamo potuto carpire informazioni e concetti che, anche se introdotti a parole durante i colloqui, sono difficilmente apprezzabili data la loro complessità. La visione dei componenti complementari alla pinza e di tutta la realtà automatizzata, sono state inoltre di ulteriore aiuto nel capire le necessità e i punti d'intervento, oltre che i punti di forza da mantenere nell'evolvere tale apparecchio.

Il secondo aspetto coinvolge direttamente l'azienda stessa e si basa sulla nostra estraneità progettuale di cui abbiamo appena discusso. L'essere estranei al gruppo progettuale ci ha permesso di giungere a considerazioni che forse nessun membro del gruppo avrebbe preso in considerazione, non per

incapacità o altri difetti, ma per il semplice motivo di aver ormai inglobato tale apparecchio nel quotidiano e quindi di non riuscire a visualizzare con facilità ad opzioni di miglioramento. L'estraneità che inizialmente ci ha penalizzato si rivela dunque un punto di forza sia per noi che per l'azienda stessa, in quanto ha potuto raccogliere un'importante opinione esterna al gruppo aziendale o della clientela. Chiaramente siamo stati coinvolti nel rispetto del segreto e dell'innovazione industriale che Masterix ha saputo introdurre.

5.2 VERSO L'INDUSTRIA 4.0

Come l'ambizioso progetto che Masterix ha saputo già realizzare, il nostro progetto è un tassello che viene aggiunto nel raggiungimento dell'ideale di Industria 4.0. Il sofisticato ideale di automazione informatica e meccanica che è già permeato nell'ambito della produzione in serie o quantomeno di grandi dimensioni, con il nostro progetto cerca di svilupparsi nell'ambito della produzione ancora legata ai prodotti artigianali. Questo percorso nel campo orafa, strettamente legato al lavoro artigiano e soprattutto alla nostra città, è già stato avviato dal progetto originale, che prevede la meccanizzazione di alcune azioni ripetitive in precedenza svolte dall'uomo. Il nostro progetto si spinge ancora più in profondità, in quanto si tratta di rendere un parametro, fino ad adesso gestito manualmente e visivamente, intrinsecamente legato al codice apposto sulla partita di stampi con cui la macchina deve lavorare. Tutto questo grazie alla movimentazione da noi progettata e da noi automatizzata.

Tutte le parole riguardo a questo nuovo ideale di produzione ed organizzazione aziendale, spese per la movimentazione, sono ravvisabili nel percorso d'innovazione dei componenti della macchina e di conseguenza nei cicli di produzione. Tutto ciò che è stato tenuto in considerazione e poi realizzato, rispecchiano questa linea di pensiero, di rendere meccanizzato e informatizzato ogni componente e parametro per ridurre i costi, tempi di assemblaggio e quindi di aumentare la produzione, soprattutto tenendo presente che l'azienda non è effettivamente luogo di produzione, bensì di assemblaggio.

Detto questo ci auguriamo che il nostro piccolo contributo possa concorrere realmente nell'evoluzione del prodotto e dell'azienda stessa a cui siamo ormai legati sia per la collaborazione che ci è stata offerta che per le persone che costituiscono questa giovane realtà.

RINGRAZIAMENTI

Un primo ringraziamento innanzitutto all'intera azienda e ai suoi dipendenti per l'estrema disponibilità e collaborazione nel raggiungimento di questo traguardo. Grazie inoltre al product manager e R/D Stefano Marzioli che ci ha accolto in azienda a braccia aperte.

Ringraziamento particolare per Simone Fabianelli, che ha permesso l'inizio del progetto e ha proposto il nostro coinvolgimento al suo interno. Dedichiamo a lui un sentito grazie per la fiducia e l'assidua disponibilità e dedizione nel tenere sott'occhio l'andamento del progetto, nel mettere a disposizione la sua esperienza e passione.

Ringraziamo Lorenzo esperto di programmazione di Masterix s.r.l. che, come Simone, ha saputo dedicare la propria passione e dedizione al progetto per il check-up finale dell'intero sistema.

Infine un ringraziamento va senza dubbio alla scuola che ci ha fornito le conoscenze necessarie allo sviluppo di questo progetto, oltre ad aver organizzato uno stage nell'ambito dell'alternanza scuola-lavoro, tenutosi durante il mese di gennaio, che ci ha permesso di iniziare a lavorare sulla macchina stando a stretto contatto con l'azienda, aiutando non poco lo svolgimento del nostro lavoro.

BIBLIOGRAFIA

MASTERIX, “Brochure Masterix”, 2018

L. CALIGARIS, S. FAVA, C. TOMASELLO, “Manuale di meccanica”, seconda edizione, Hoepli Milano, 2016

L. CALIGARIS, S. FAVA, C. TOMASELLO, “Dal progetto al prodotto”, Paravia, 2011

CAMMOZZI, “Catalogo Camozzi online”, sito web, catalogue.camozzi.com

BIMECCANICA, “Tabelle e dati per viti e chiocciolate tpn”

PROFALL, “Catalogo online estrusi tubolari rettangolari”, sito web, profall.com/it/estrusi/estrusi-standard/tubi-rettangolari