



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Ingegneria della Produzione Industriale e dell'Innovazione Tecnologica

A.a. 2022/2023

Sessione di Laurea Ottobre 2023

Stampaggio ad iniezione plastica

Implementazione linea di produzione in azienda

Relatore:

Saboori Abdollah

Candidato:

Alessandro Novara

Indice

| | |
|--|-----------|
| INDICE | 3 |
| INTRODUZIONE | 1 |
| CAPITOLO 1 | 3 |
| 1. STAMPAGGIO A INIEZIONE | 3 |
| 1.1. TIPI DI STAMPAGGIO A INIEZIONE..... | 4 |
| 1.2. ALTRI PROCESSI DI STAMPAGGIO PLASTICA | 6 |
| 1.2.1. <i>Soffiaggio</i> | 6 |
| 1.2.2. <i>Stampaggio ad estrusione</i> | 7 |
| 1.2.3. <i>Stampaggio a compressione</i> | 8 |
| 1.2.4. <i>Stampaggio rotazionale</i> | 8 |
| 1.3. STORIA DELLO STAMPAGGIO A INIEZIONE | 9 |
| 1.4. FASI DEL PROCESSO DI INIEZIONE..... | 13 |
| 1.5. PRESSE A INIEZIONE | 16 |
| 1.5.1. <i>Unità di iniezione</i> | 16 |
| 1.5.2. <i>Unità di chiusura</i> | 19 |
| 1.5.3. <i>Stampo</i> | 20 |
| 1.5.3.1. Ottimizzare il design del pezzo per lo stampo | 25 |
| 1.5.3.2. Classificazione stampi..... | 27 |
| 1.5.4. <i>Periferiche</i> | 32 |
| 1.6. LA CLASSIFICAZIONE DELLE PRESSE A INIEZIONE | 38 |
| 1.6.1. <i>Classificazione in base all'alimentazione</i> | 38 |
| 1.6.2. <i>Classificazione in base alla direzione operativa</i> | 43 |
| 1.6.3. <i>Classificazione in base alle materie prime</i> | 44 |
| 1.7. MATERIALI | 45 |
| 1.8. DIFETTI E POSSIBILI SOLUZIONI..... | 58 |
| CAPITOLO 2 | 63 |
| 2. IMPLEMENTAZIONE IN AZIENDA | 63 |
| 2.1. ANALISI MAKE OR BUY..... | 63 |
| 2.1.1. <i>Vantaggi e svantaggi dell'opzione Make</i> | 64 |
| 2.1.2. <i>Vantaggi e svantaggi dell'opzione Buy</i> | 65 |
| 2.1.3. <i>Caso specifico</i> | 66 |

| | | |
|--------|---|-----------|
| 2.2. | COMPONENTI STAMPATE..... | 68 |
| 2.2.1. | <i>Scocca</i> | 68 |
| 2.2.2. | <i>Pulsante</i> | 69 |
| 2.3. | STAMPI | 70 |
| 2.4. | ACQUISTO MACCHINARI E PERIFERICHE | 72 |
| 2.4.1. | <i>Presse a iniezione</i> | 72 |
| 2.4.2. | <i>Periferiche</i> | 73 |
| 2.5. | CICLO DI STAMPAGGIO..... | 75 |
| 2.6. | PRIME STAMPE E RISOLUZIONE PROBLEMI | 76 |
| 2.7. | VALUTAZIONI FINALI | 78 |
| 2.7.1. | <i>Analisi tempi</i> | 78 |
| 2.7.2. | <i>Analisi costi</i> | 79 |
| 2.7.3. | <i>Benefit logistici</i> | 79 |
| 2.8. | PROGETTI FUTURI | 80 |
| | CONCLUSIONE | 81 |
| | SITOGRAFIA | 84 |
| | INDICE FIGURE | 89 |
| | INDICE TABELLE | 90 |

Introduzione

Nell'ambiente frenetico e in continua evoluzione dell'industria manifatturiera contemporanea, la ricerca dell'efficienza, dell'innovazione e della flessibilità è diventata una componente essenziale per le aziende che desiderano mantenere la loro competitività e reattività. Il processo di stampaggio a iniezione è al centro della produzione moderna da molto tempo. Questo metodo consente di produrre componenti sofisticati e precisi per un'ampia varietà di aziende. Questa tesi analizza il processo di incorporazione di una linea di produzione di stampaggio a iniezione nell'azienda Fenix Safety S.R.L., specializzata nella produzione di fibbie per seggiolini auto, cinture di sicurezza complete e numerosi componenti di sicurezza per bambini per applicazioni automobilistiche.

I risultati qui presentati sono il frutto di uno stage intensivo di 600 ore, completato presso il sito produttivo dell'azienda, che si trova a Iasi, in Romania. L'obiettivo primario di questa tesi è fornire una comprensione approfondita del processo di implementazione di una linea di produzione di stampaggio a iniezione all'interno dell'azienda, con un'enfasi particolare sull'analisi make or buy e sulla successiva acquisizione di macchinari, nonché sui numerosi vantaggi associati a questa mossa strategica.

La tesi è suddivisa in due capitoli. Il primo capitolo fornisce una panoramica completa dello stampaggio a iniezione, iniziando con la sua evoluzione storica e approfondendone i dettagli del processo produttivo, esaminando la composizione dei macchinari per lo stampaggio e delle attrezzature correlate, ed esplorando la varietà di materiali tipicamente impiegati. Queste informazioni di base essenziali forniranno il contesto necessario per comprendere ulteriormente l'analisi dell'implementazione che ne consegue.

Il secondo capitolo di questa tesi fornisce un'analisi completa dell'installazione di una linea di produzione di stampaggio a iniezione nel contesto dell'azienda Fenix Safety. Questo capitolo funge da caso studio, catturando le complessità e le considerazioni che hanno guidato il processo decisionale, partendo dalla cruciale analisi make or buy, un punto significativo nella pianificazione strategica dell'azienda. Questa analisi approfondita confronta e contrappone i vantaggi della creazione di

componenti plastici stampati a iniezione all'interno dell'azienda rispetto all'esternalizzazione di questo compito presso fornitori qualificati.

Questa ricerca si propone di offrire profonde prospettive sull'impatto rivoluzionario di questa tecnologia nella produzione contemporanea, esplicitando le intricate dinamiche del processo di stampaggio a iniezione e le riflessioni strategiche connesse alla sua incorporazione. L'esperienza di Fenix Safety costituirà un illuminante caso di studio per questa finalità.

Capitolo 1

1. Stampaggio a iniezione

Il metodo di produzione più utilizzato per la creazione di parti in plastica è lo stampaggio a iniezione. Grazie a questo processo, è possibile produrre un'ampia gamma di articoli con dimensioni, complessità e utilizzo diversi. La tecnica prevede l'utilizzo una macchina (o pressa) per lo stampaggio a iniezione, materiale plastico grezzo e uno stampo. La plastica viene fusa a caldo nella macchina e poi iniettata nello stampo, dove si raffredda e si solidifica nel pezzo finale. Altre procedure di stampaggio a iniezione includono anche materiali come metalli e vetro, ma è più tipicamente utilizzato con polimeri termoplastici e termoindurenti.

Lo stampaggio a iniezione è oggi ampiamente utilizzato sia per i prodotti di consumo che per le applicazioni ingegneristiche. Le parti in plastica sono incorporate in prodotti presenti in quasi tutti i settori, tra cui quello automobilistico, medico, industriale e altri ancora.

Lo stampaggio a iniezione è così popolare grazie al costo unitario drasticamente basso quando si producono volumi elevati, offrendo inoltre un'elevata ripetibilità e una buona flessibilità di progettazione. Rispetto ad altre tecnologie, tuttavia, i suoi costi di avvio sono relativamente elevati, soprattutto a causa della necessità di utensili e stampi personalizzati.



Figura 1 - Linea di stampaggio a iniezione

1.1. Tipi di stampaggio a iniezione

Lo stampaggio a iniezione della plastica non è una procedura produttiva universale. Si possono impiegare diverse tecniche per ottenere una varietà di risultati.

Stampaggio standard

Questa tecnica fondamentale impiega un unico colore e materiale per creare il componente.

Sovrastampaggio

Questa procedura in due fasi viene utilizzata per creare articoli che richiedono due tipi diversi di plastica. In primo luogo, viene prodotta la parte di substrato; quindi, ogni parte di substrato viene trasferita individualmente in un secondo stampo dove viene stampata una seconda sostanza termoplastica.



**Figura 2 - Esempio di prodotto realizzato
tramite sovrastampaggio**

Stampaggio a doppio colpo

Anche questa è una tecnica di stampaggio a iniezione a due fasi, ma viene eseguita in un'unica pressa e consente di creare un prodotto con più colori o tipi di plastica contemporaneamente, senza la necessità di un processo di assemblaggio in più fasi. Per prima cosa, un substrato viene iniettato nella camera primaria della pressa. Parte dello stampo viene quindi sostituito e una seconda unità di iniezione forma il secondo colpo da iniettare.

Stampaggio a inserto

Lo stampaggio a inserto è un processo in cui un componente prefabbricato funge da substrato. Questo substrato può essere costituito da un materiale diverso dalla plastica (tipicamente metallo). Dopo aver inserito il substrato nello stampo, viene iniettata la plastica. In genere, come materiale di sovrastampaggio si utilizza la resina termoplastica.



Figura 3 - Esempio di prodotti realizzati tramite stampaggio a inserto

1.2. Altri processi di stampaggio plastica

Esistono altre varietà di stampaggio della plastica, ciascuna con qualità e vantaggi particolari. Il metodo di stampaggio più appropriato per un determinato articolo dipende dalle esigenze, dalla fattibilità e dalle specifiche dell'applicazione.

Di seguito sono elencati altri tipi di stampaggio della plastica più diffusi.

1.2.1. Soffiaggio

Per produrre un componente tramite soffiaggio, si gonfia un parison, ovvero una massa plastica calda che spesso ha la forma di un tubo. Il parison si espande fino a riempire completamente lo stampo e ad assumerne la forma. In questo modo la plastica viene soffiata nella forma desiderata. Il componente di plastica appena creato viene rimosso dallo stampo dopo il raffreddamento.

Poiché il metodo è in grado di produrre rapidamente contenitori consistenti e a parete sottile, adatti sia a piccole cose come le bottiglie sia a quelle più grandi come i contenitori di stoccaggio e i fusti, lo stampaggio per soffiaggio è particolarmente efficace per produrre in modo economico prodotti cavi in un unico pezzo e in grandi quantità.



Figura 4 - Produzione di bottiglie tramite il soffiaggio

1.2.2. Stampaggio ad estrusione

Lo stampaggio per estrusione estrude il materiale plastico fuso direttamente nella matrice, a differenza di altri tipi di stampaggio della plastica che utilizzano l'estrusione per inserire le resine plastiche nello stampo. La forma del prodotto finale è quindi determinata dalla forma della matrice utilizzata in questa tecnica.

Lo stampaggio per estrusione è il metodo migliore per creare pezzi con sezioni trasversali regolari, componenti cave e lunghezze continue come ad esempio profilati, tubi e cannucce. La macchina per lo stampaggio a estrusione contiene una vite che ruota per introdurre la resina plastica nell'alimentatore, proprio come una macchina per lo stampaggio a iniezione. La plastica si scioglie in una forma lunga e tubolare mentre passa attraverso la matrice.

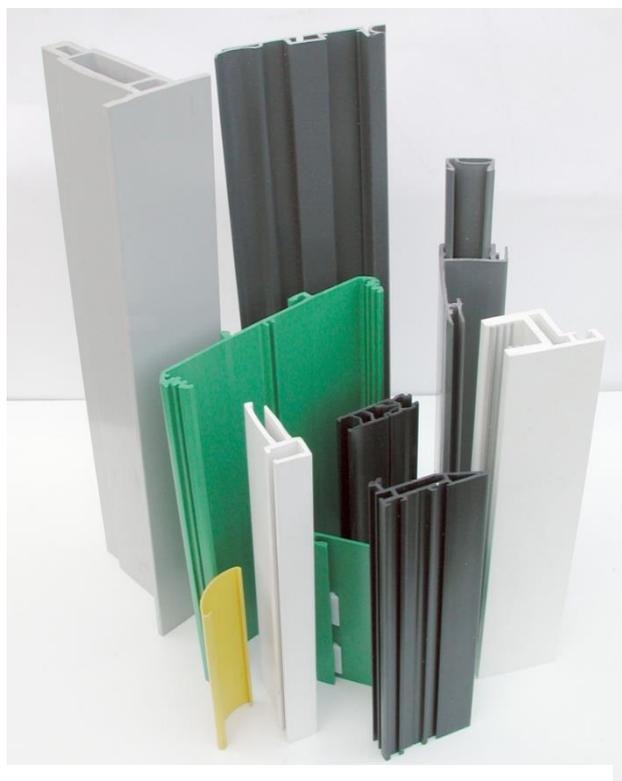


Figura 5 - Prodotti realizzati tramite stampaggio ad estrusione

1.2.3. Stampaggio a compressione

Nello stampaggio a compressione, la plastica preriscaldata viene pressata in uno stampo, anch'esso caldo, fino a prenderne la forma. Il componente viene estratto dallo stampo una volta raffreddato.

Il prodotto finito manterrà la sua integrità e la sua forma grazie alla procedura di riscaldamento, nota come polimerizzazione. Lo stampaggio a compressione è molto efficace ed efficiente e presenta una serie di vantaggi particolari. Il metodo è anche estremamente adattabile, consentendo di produrre pezzi con un'ampia gamma di spessori, lunghezze e complessità.

Lo stampaggio a compressione è utilizzato in diversi settori poiché consente di ottenere prodotti più resistenti e duraturi e spesso utilizza sofisticati materiali compositi per le materie plastiche. Ad esempio, vengono utilizzati spesso materiali ad alta resistenza come la fibra di vetro, le plastiche rinforzate e le resine termoindurenti, realizzando prodotti più resistenti e durevoli rispetto a quelli ottenuti con i metodi di stampaggio tradizionali.

1.2.4. Stampaggio rotazionale

Lo stampaggio rotazionale riveste l'interno di uno stampo ad alte temperature con movimenti rotatori per creare la forma desiderata di un articolo. Lo stampo viene inizialmente riempito con una polvere di polimero. Lo stampo riscaldato viene quindi ruotato su due assi perpendicolari per garantire che la polvere ricopra completamente l'interno dello stampo. Lo stampo si raffredda gradualmente e viene poi rimosso, dando vita a un componente con pareti di spessore costante.

I contenitori di grandi dimensioni, cavi e monopezzo, come i serbatoi, sono realizzati al meglio con lo stampaggio rotazionale. Non è una procedura rapida, ma è economicamente vantaggiosa, producendo pochi scarti e spesso riutilizzabili, rendendolo un metodo di produzione economico e sostenibile.

1.3. Storia dello stampaggio a iniezione

Le origini dello stampaggio a iniezione della plastica risalgono al 1868, quando l'inventore John W. Hyatt ottenne un brevetto per la tecnica di produzione della celluloid. Questo materiale fu inizialmente sviluppato come sostituto dell'avorio nella produzione di palle da biliardo. La prima macchina per lo stampaggio a iniezione fu brevettata nel 1872 da Hyatt e da suo fratello Isaiah. Questa macchina utilizzava un meccanismo di base a stantuffo per spingere il materiale di celluloid attraverso un cilindro riscaldato e in uno stampo. L'utilizzo di questa apparecchiatura facilitò la nascita di un fiorente settore manifatturiero, che generò bottoni, pettini, fermacravatte e vari altri prodotti a base di celluloid.

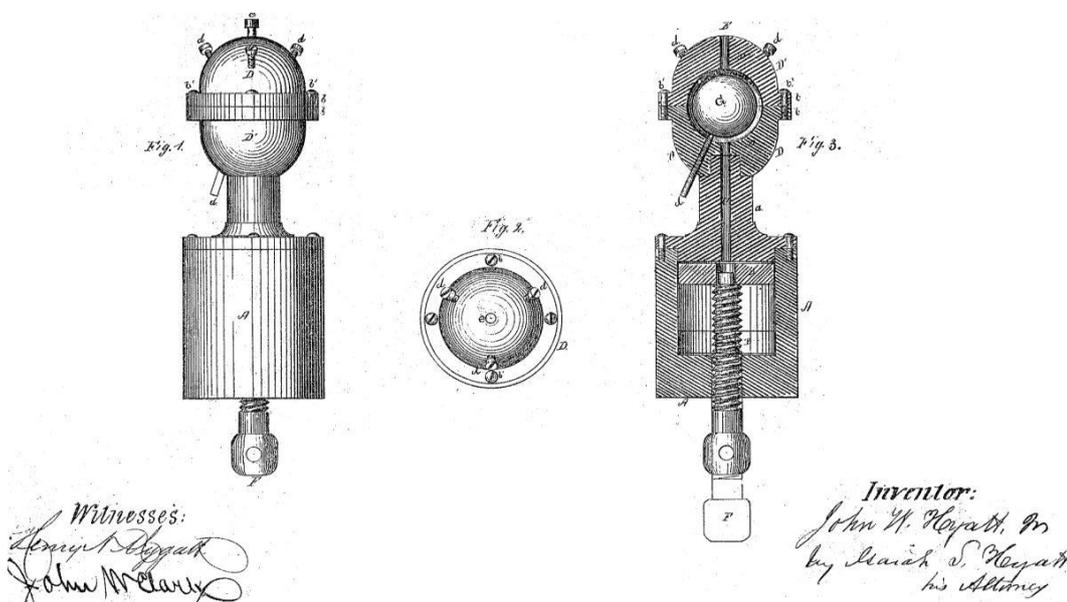


Figura 6 - Brevetto per lo stampaggio a iniezione

La prima macchina per lo stampaggio fu sviluppata con un meccanismo relativamente semplice. Nel 1903, una coppia di scienziati tedeschi di nome Arthur Eichengrün e Theodore Becker sviluppò con successo varianti solubili dell'acetato di cellulosa, che si dimostrarono molto meno inclini alla combustione rispetto alle alternative precedenti, successivamente accessibili allo stato di polvere, facilitando il processo di stampaggio a iniezione. Nel 1919, Eichengrün diede un contributo significativo al settore con lo sviluppo della prima pressa a iniezione.

Gli anni '30 furono testimoni di un periodo di significative innovazioni nell'industria della produzione di materie plastiche, nonostante le sfide socioeconomiche prevalenti vissute da molti individui in quell'epoca. In questo periodo furono sviluppati diversi materiali termoplastici ampiamente utilizzati, tra cui poliolefine, polistirene e cloruro di polivinile (PVC).

La Seconda Guerra Mondiale ha visto progressi significativi nella tecnologia militare, che comprendeva vari elementi come aerei, navi da guerra, carri armati e altri armamenti. Questi progressi hanno richiesto notevoli quantità di materie prime, come gomma e metallo, per supportarne la produzione e l'impiego. Il periodo di crescita economica successivo alla Seconda Guerra Mondiale, comunemente definito boom industriale del dopoguerra, è stato caratterizzato da un contemporaneo aumento della necessità di materiali economici adatti alla produzione di componenti su larga scala.

I materiali termoplastici sono emersi come alternative economicamente vantaggiose, in grado di colmare efficacemente le lacune del mercato derivanti dalla carenza di gomma e metallo. Con il graduale aumento della popolarità delle materie plastiche, anche l'utilizzo dello stampaggio a iniezione di materie plastiche ha registrato un corrispondente incremento. Il fattore principale che contribuisce alla sua efficacia nell'era attuale può essere ricondotto alle sue capacità produttive efficienti, poco costose e su larga scala.

Il settore dello stampaggio a iniezione di materie plastiche è stato rivoluzionato nel 1946 dalla macchina a iniezione a vite per estrusione di James Watson Hendry. L'utilizzo del meccanismo a vite di estrusione della macchina ha facilitato il controllo da parte dell'operatore durante il processo di produzione, portando a notevoli miglioramenti nella qualità dei componenti stampati. Tuttavia, la sua successiva innovazione ha determinato una trasformazione sostanziale nel settore dello stampaggio a iniezione di materie plastiche. L'incorporazione del gas nel processo produttivo ha facilitato la produzione di articoli in plastica caratterizzati da strutture intricate, lunghe e cave.

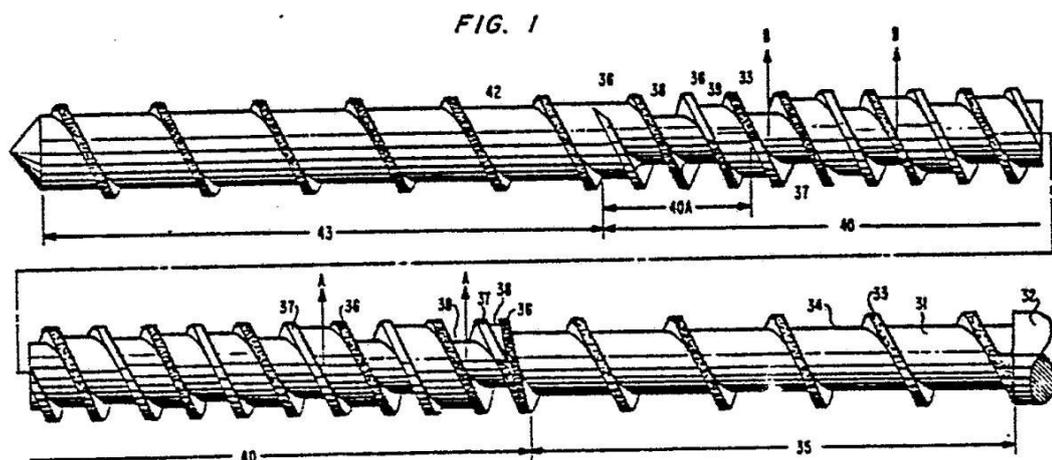


Figura 7 - Brevetto vite di estrusione

Nella seconda metà del XX secolo si è assistito a un notevole progresso e a una maggiore competitività dei materiali plastici, che presentavano una resistenza equivalente a quella di alcuni metalli, pur riducendo significativamente il peso.

Negli anni '70, la produzione di plastica ha superato quella dell'acciaio in termini di quota di mercato. Nel 1990, l'utilizzo di stampi in alluminio è diventato una pratica prevalente nell'industria manifatturiera. Questo approccio offriva un mezzo di produzione più rapido ed economico rispetto all'utilizzo di stampi in acciaio.

Attualmente, l'utilizzo dello stampaggio a iniezione di materie plastiche è diffuso in diversi settori produttivi, tra cui l'elettronica, l'automotive, gli elettrodomestici, gli articoli per la casa e altri ancora. La tecnologia contemporanea non si discosta molto dalle tecnologie impiegate nelle epoche precedenti. Tuttavia, l'avvento dei computer ha facilitato notevolmente l'intero processo di progettazione e produzione. Inoltre, i risultati mostrano una maggiore precisione, affermando così i componenti in plastica come l'opzione preferita per sofisticati scopi tecnologici e scientifici.

Il settore dello stampaggio a iniezione di materie plastiche è pronto per un futuro promettente, poiché numerose tecnologie emergenti mostrano un potenziale significativo. L'utilizzo delle tecnologie dell'Internet of Things (IoT), come i sensori e le soluzioni di automazione, facilita una migliore

comunicazione in tutto il sistema di produzione. Lo stampaggio a microiniezione è un processo di produzione che utilizza i principi dello stampaggio a iniezione a livello microscopico. Questa tecnica ha suscitato grande attenzione, in particolare nel settore della produzione di dispositivi medici.

La domanda di materiali per lo stampaggio a iniezione ecologici è in crescita. Il processo di riciclaggio dei materiali termoplastici prevede la loro fusione e reintegrazione, consentendone il recupero e il riutilizzo. Tuttavia, i produttori sono attualmente motivati a esplorare e utilizzare materiali con componenti termoplastici ridotti o assenti. Ciò include l'utilizzo di materiali di nuova generazione a base vegetale, come i polimeri derivati dal mais e dal lino.

1.4. Fasi del processo di iniezione

La pressa a iniezione introduce la plastica fusa nella cavità dello stampo, dove viene sottoposta a solidificazione per ottenere la forma desiderata come risultato finale. Il processo di stampaggio a iniezione è una procedura che coinvolge numerose variabili, tra cui velocità, durata, temperature e pressioni. Il ciclo procedurale completo coinvolto nella produzione di ciascun componente può avere una durata variabile, da pochi secondi a diversi minuti.

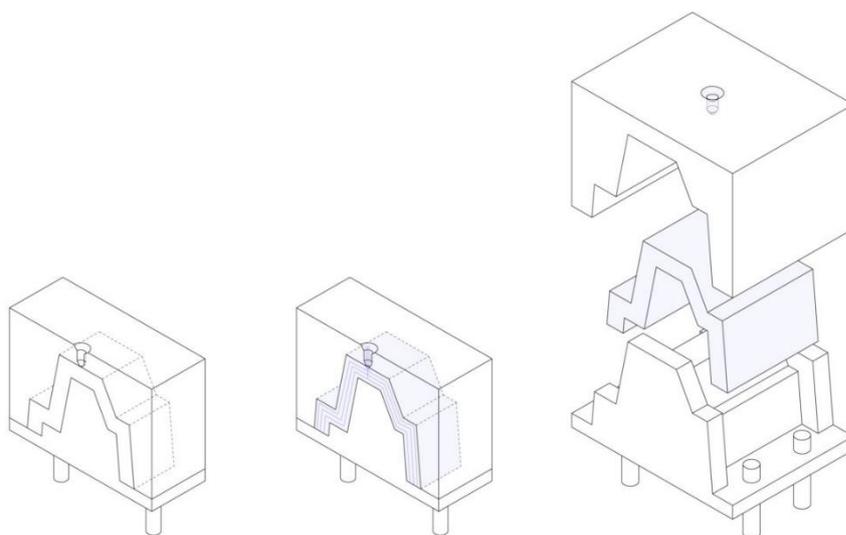


Figura 8 - Rappresentazione grafica del processo di iniezione

La procedura comprende le seguenti fasi:

- *Serraggio*: prima di iniettare il materiale nello stampo, è necessario chiudere saldamente le due parti dello stampo utilizzando l'unità di chiusura. Entrambe le metà dello stampo sono fissate alla pressa a iniezione, con un lato a scorrimento. L'unità di bloccaggio esercita una pressione per mettere in contatto le metà dello stampo e mantiene una chiusura sufficientemente forte per garantire che lo stampo rimanga saldamente chiuso durante l'iniezione del materiale. La durata necessaria per chiudere e fissare lo stampo dipende dalla macchina specifica utilizzata. In particolare, le macchine più grandi, con pressioni di chiusura più elevate, richiedono un periodo di tempo più lungo per questo processo.

- *Iniezione*: lo stampaggio a iniezione prevede l'introduzione di materiale plastico grezzo, spesso in forma di pellet, nello stampo. Il materiale plastico subisce cambiamenti termici e meccanici mentre viene trasportato dalla vite attraverso le zone calde del cilindro della macchina. La quantità di materiale introdotta nello stampo è comunemente nota come colpo di iniezione. Dopo il bloccaggio completo, la macchina inietta rapidamente il materiale nello stampo, provocando l'accumulo di pressione che compatta e fissa il materiale. La stima del tempo di iniezione può essere ricavata da fattori quali il volume del colpo, la pressione di iniezione e la potenza di iniezione.
- *Raffreddamento*: il raffreddamento è un processo essenziale nella produzione di prodotti in plastica. Quando la plastica fusa viene iniettata nello stampo, si raffredda rapidamente a contatto con le superfici interne dello stampo. Per mantenere condizioni di raffreddamento ottimali, si utilizzano termoregolatori per controllare la temperatura delle superfici dello stampo. La procedura di raffreddamento facilita la solidificazione della forma e l'integrità strutturale del componente in plastica appena stampato. È fondamentale riconoscere che durante la fase di raffreddamento può verificarsi un restringimento del pezzo. Tuttavia, il processo di impacchettamento del materiale durante la fase di iniezione facilita l'afflusso di materiale aggiuntivo nello stampo, attenuando così l'entità del restringimento osservabile. I criteri di durata del raffreddamento per ogni componente stampato in plastica dipendono dalle caratteristiche termodinamiche del materiale plastico, dallo spessore delle pareti del pezzo e dalle specifiche dimensionali del prodotto finale.
- *Espulsione*: una volta trascorso un periodo di tempo adeguato, il componente raffreddato può essere espulso dallo stampo attraverso l'uso del sistema di espulsione, che è fissato alla sezione posteriore mobile dello stampo. All'apertura dello stampo, viene impiegato un meccanismo che facilita l'espulsione del pezzo dallo stampo, che

sovente lascia un'impronta circolare sul componente. Per migliorare l'espulsione del componente, è possibile applicare un agente distaccante sulle superfici della cavità dello stampo prima di iniettare il materiale. Durante questa procedura, la macchina ha caricato un nuovo colpo di iniezione e, una volta completata l'espulsione del componente, lo stampo viene preparato per un ulteriore ciclo.

Solitamente i componenti stampati in plastica sono già completi al momento dell'espulsione dallo stampo, e scendono poi in un contenitore o in un sistema di trasporto dove devono essere separati dalla materozza (talvolta la materozza viene raccolta già nello stampo da un robot di prelievo automatico). Tuttavia, in alcuni casi sono necessarie ulteriori procedure di post-trattamento. Queste possono comprendere procedure supplementari impiegate a scopo di abbellimento o di utilità pratica.

Nello stampaggio a iniezione si possono osservare sei tipi prevalenti di applicazioni di post-elaborazione. I processi coinvolti in questo contesto comprendono la rifilatura dei punti di iniezione, la verniciatura, la marcatura laser, la tampografia, il montaggio a caldo e la saldatura a ultrasuoni.

Alcuni tipi di materiali, come i termoplastici, possono essere sottoposti a processi di riciclaggio in cui il materiale di scarto viene introdotto in un macinatore di plastica, comunemente chiamato macchina di rimacinazione o granulatore. Queste macchine sono progettate per macinare il materiale di scarto, ritrasformandolo in pellet. Il processo di stampaggio a iniezione richiede un rapporto di miscelazione appropriato tra macinato e materia prima per consentire il riutilizzo del primo, a causa della degradazione delle sue qualità materiali.

1.5. Presse a iniezione

Le presse a iniezione contengono numerosi componenti e sono disponibili in diverse configurazioni. I quattro componenti principali di una pressa a iniezione sono la base, l'unità di iniezione, lo stampo - il cuore del processo - e l'unità di chiusura/espulsione.

La base contiene tutti gli altri componenti della macchina e l'elettronica necessaria. L'elettronica del dispositivo deve regolare una serie di riscaldatori, sistemi idraulici, sensori e pressione di iniezione.



Figura 9 - Pressa a iniezione

1.5.1. Unità di iniezione

Il meccanismo di iniezione è responsabile sia del riscaldamento del materiale che dell'iniezione nello stampo. Il primo componente di questa unità è la tramoggia, un contenitore massiccio in cui viene versata la plastica non raffinata. Il pavimento della tramoggia è aperto e consente al materiale di entrare nel cilindro. Una vite punzonante fa avanzare il materiale ruotando e scorrendo assialmente. Il materiale viene fuso grazie alla pressione, all'attrito e ai riscaldatori supplementari che circondano la vite punzonante durante l'avanzamento. La plastica fusa viene quindi iniettata rapidamente nello stampo attraverso l'ugello posto all'estremità del cilindro.

L'intera procedura è continua, quindi il riempimento dello stampo richiede solo pochi secondi. Una volta che il materiale all'interno dello stampo si è solidificato, la vite può ritirarsi e riempirsi di altro materiale per il successivo scarico.

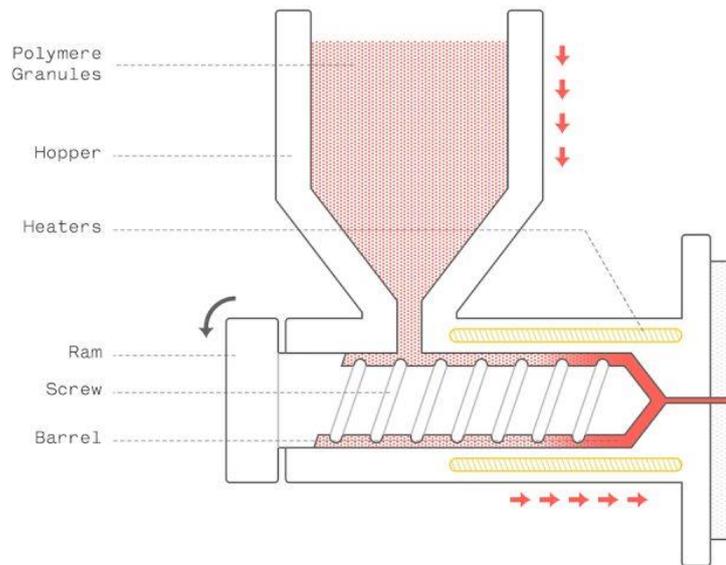


Figura 10 - Unità di iniezione

La tramoggia

La tramoggia è il componente in cui viene introdotto il materiale plastico prima dello stampaggio a iniezione. I pellet possono essere combinati con pigmenti o altri additivi (come le fibre di vetro) nella tramoggia. In questo modo, il colore e le proprietà fisiche degli elementi stampati possono essere adattati ai requisiti specifici di ogni applicazione.

In genere, la tramoggia incorpora un essiccatore per rimuovere l'umidità dal materiale plastico. Può anche contenere piccoli magneti per impedire l'ingresso di particelle metalliche dannose. Successivamente, il materiale plastico viene versato dalla tramoggia nel cilindro, il componente successivo.

Il cilindro

Per consentire alla plastica di attraversare il cilindro, quest'ultimo fonde la plastica allo stato liquido. Il meccanismo per riscaldare e iniettare il materiale nello stampo è contenuto nel cilindro. Questo meccanismo è solitamente un iniettore a pistone o vite punzonante. Tipicamente a propulsione idraulica, il pistone o lo stantuffo di un iniettore a pistone spinge il materiale in avanti attraverso una sezione riscaldata. Oggi la tecnica più diffusa è la vite punzonante.

Vite punzonante

A metà degli anni Cinquanta sono state inventate le viti punzonanti, che nel 1960 stavano rapidamente sostituendo i sistemi più vecchi. Il vantaggio del design della vite punzonante è che aiuta a controllare la temperatura della plastica.

La plastica viene spostata nel cilindro da una vite. In primo luogo, la vite viene fatta ruotare mentre i pellet vengono introdotti dal serbatoio nel cilindro, spingendo il materiale in avanti man mano che vengono aggiunti altri pellet. Le coclee forniscono anche un'azione di miscelazione continua che distribuisce equamente il calore in tutta la massa.

La vite punzonante è la principale responsabile dell'apporto di calore alla plastica. Questo perché il diametro della vite diminuisce man mano che si avvicina alla punta. In questo modo, i granuli di plastica vengono trascinati dalle alette, compressi in uno spazio più ristretto e tagliati dalle alette rotanti. Questa azione genera un attrito che mescola uniformemente i granuli e li riscalda alla temperatura appropriata. Infatti, dal 60% al 90% del calore necessario per fondere i granuli di plastica è generato dalle forze di taglio generate dalla rotazione della vite. Il calore rimanente è fornito dalle fasce riscaldanti avvolte intorno al cilindro.

Riscaldatori

Per mantenere le temperature nei condotti e per riscaldare gli stampi e le piastre, una pressa a iniezione può disporre di diverse varietà di riscaldatori. Il fissaggio di un elemento riscaldante al cilindro consente di fondere il materiale di stampaggio della tramoggia allo stato liquido. I riscaldatori a

nastro, i riscaldatori a bobina/ugello, i riscaldatori a cartuccia e a nastro e le guaine riscaldanti in tessuto isolato sono esempi di diverse varietà di riscaldatori per stampaggio a iniezione.

Ugello

L'ugello spinge la plastica fusa dal cilindro allo stampo. L'ugello viene centrato sullo stampo appoggiandosi a una superficie nota come boccola del canale di colata e anello di posizionamento. Gli ugelli possono svolgere diverse funzioni, tra cui filtrare, miscelare e interrompere il flusso di materiale fuso.

Gli ugelli di miscelazione possono migliorare la dispersione e la miscelazione degli additivi, migliorando la qualità dei pezzi stampati e riducendo il costo e il volume degli additivi. Nelle operazioni di stampaggio a iniezione in cui l'ugello è frequentemente sganciato dallo stampo, come in molte applicazioni di stampaggio a due riprese, gli ugelli ad otturatore possono ridurre la bava.

1.5.2. Unità di chiusura

Le funzioni del gruppo di chiusura sono l'apertura e la chiusura degli stampi e l'espulsione dei prodotti stampati. Prima di iniettare la plastica fusa nello stampo, l'unità di chiusura deve sigillare saldamente le due metà dello stampo.

Ogni porzione dello stampo è fissata a una piastra quando è collegata alla pressa a iniezione. La metà anteriore dello stampo, detta cavità, è fissata a una piastra fissa e allineata con l'ugello dell'unità di iniezione. La parte posteriore dello stampo, nota come anima dello stampo, è montata su un piano mobile che scorre lungo le barre di collegamento.

Dopo il necessario periodo di raffreddamento, lo stampo viene quindi sbloccato. I perni di estrazione si trovano sul lato mobile dello stampo a iniezione, dove estraggono l'elemento formato. In genere, il segno del perno appare come un'ammaccatura sui prodotti finiti.

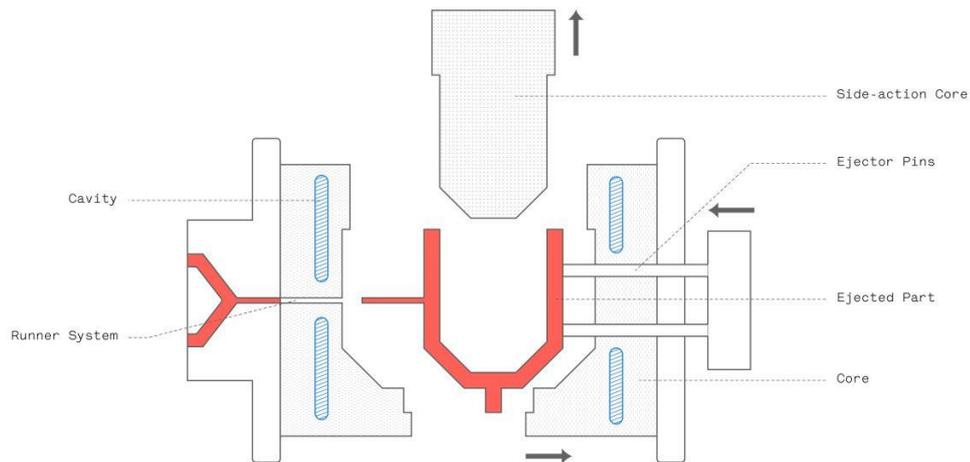


Figura 11 - Unità di chiusura

1.5.3. Stampo

Lo stampaggio a iniezione utilizza stampi tipicamente in acciaio o alluminio come attrezzaggio personalizzato. Lo stampo è costituito da numerosi componenti, ma consiste sostanzialmente in due metà: la cavità e l'anima. Ciascuna metà è fissata all'interno della pressa a iniezione e la metà posteriore può scorrere in modo da aprire e chiudere lo stampo lungo la linea di divisione. Per sezioni più complesse con sottosquadri, si possono utilizzare anche anime ad azione laterale che scorrono dentro e fuori il pezzo.

L'anima e la cavità hanno scopi diversi. L'anima dello stampo è la parte più vicina al sistema di iniezione. Costituisce l'aspetto estetico del componente che richiede un aspetto gradevole. La cavità è la metà posteriore dello stampo e crea il lato funzionale nascosto del componente, che contiene tutti gli elementi strutturali (nervature, bocche, ecc.). Quando lo stampo viene chiuso, lo spazio tra l'anima e la cavità dello stampo diventa la cavità del pezzo, che verrà riempita di plastica fusa per produrre il pezzo desiderato. Talvolta si utilizzano stampi a cavità multiple, in cui le due metà dello stampo producono diverse cavità identiche.

Oltre al negativo dell'oggetto, uno stampo contiene ulteriori caratteristiche che facilitano il processo di iniezione. Ad esempio, gli stampi contengono tipicamente canali di raffreddamento che accelerano il processo di solidificazione e sfiati che favoriscono l'evacuazione dell'aria dallo stampo vuoto.



Figura 12 - Stampo LEGO ritirato dalla produzione

Base dello stampo

Il nucleo e la cavità dello stampo sono montati sulla base dello stampo, che viene poi fissata ai piani della pressa a iniezione. La metà anteriore della base dello stampo è costituita da una piastra di supporto su cui è fissata la cavità dello stampo, dalla bocca del canale di colata in cui il materiale fluirà dall'ugello, e da un anello di posizionamento per allineare la base dello stampo con l'ugello.

Il sistema di espulsione, a cui è fissata l'anima dello stampo, e una piastra di supporto sono situati nella parte posteriore della base dello stampo. Quando l'unità di bloccaggio separa le metà dello stampo, la barra di espulsione attiva il sistema di espulsione, che forza i perni di espulsione nella parte solidificata, espellendola dalla cavità aperta dello stampo.

Canali dello stampo

Nel design dello stampo sono incorporati più canali, in modo che la plastica fusa possa colare nelle cavità. La plastica fusa entra nello stampo attraverso il canale di colata. Ulteriori canali, detti corridori, trasportano la plastica fusa dal canale di colata a tutti i recipienti di riempimento. Alla fine di ogni canale, la plastica fusa entra nella cavità attraverso una porta che controlla il flusso. In genere, una piccola imperfezione è visibile nel punto in cui il sistema di guide incontra il pezzo; questa imperfezione è nota come vestigia.

Per lo stampaggio a iniezione sono disponibili due tipi di cancelli: quelli rifilati manualmente e quelli rifilati automaticamente. Per i cancelli rifilati manualmente, l'operatore deve separare manualmente le sezioni dalle guide dopo ogni ciclo. I cancelli a rifilatura automatica includono funzioni nello stampo che rompono o tranciano i cancelli al momento dell'espulsione del pezzo.

La plastica fusa che si solidifica all'interno di questi canali deve essere separata dal pezzo dopo che questo è stato scaricato dallo stampo. Occasionalmente, tuttavia, si utilizzano sistemi a canale caldo che riscaldano autonomamente i canali, consentendo al materiale contenuto di sciogliersi e separarsi dal pezzo.

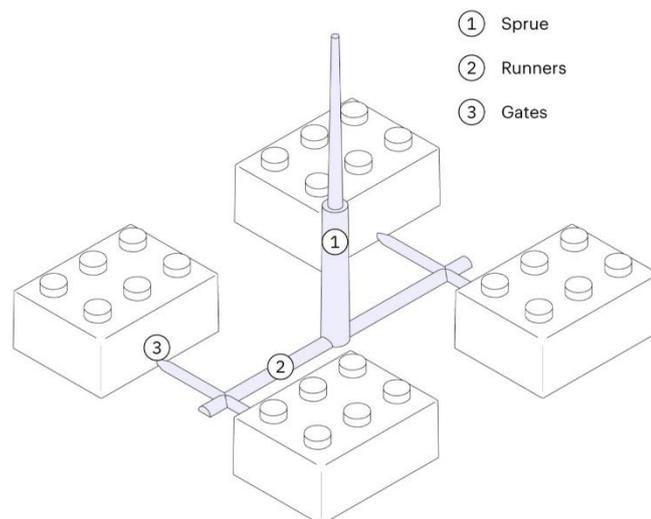


Figura 13 - Canali dello stampo

I canali di raffreddamento sono un'altra forma di canale integrato nello stampo. Questi canali permettono all'acqua di passare attraverso le pareti dello stampo e raffreddare la plastica fusa.

Design dello stampo

Oltre ai canali e alle porte, ci sono numerose altre considerazioni di progettazione che devono essere fatte quando si creano gli stampi. Innanzitutto, lo stampo deve facilitare il passaggio della plastica fusa in ogni cavità. Altrettanto cruciale è la rimozione del pezzo solidificato dallo stampo, che richiede l'applicazione di un angolo di tiraggio alle pareti dello stampo.

Inoltre, la progettazione dello stampo deve tenere conto di eventuali caratteristiche complesse del pezzo, come sottosquadri o filettature, che richiedono l'inserimento di pezzi di stampo. I sottosquadri nello stampaggio a iniezione sono caratteristiche del pezzo che non possono essere realizzate con uno stampo semplice in due parti a causa della presenza di materiale durante l'apertura e l'espulsione dello stampo.

Alcuni rimedi semplici per i sottosquadri sono:

- *Spostamento della linea di divisione*: il metodo più semplice per affrontare un sottosquadro è spostare la linea di divisione dello stampo in modo che si intersechi con il sottosquadro. Questa soluzione è adatta a numerosi progetti con sottosquadri esterni.

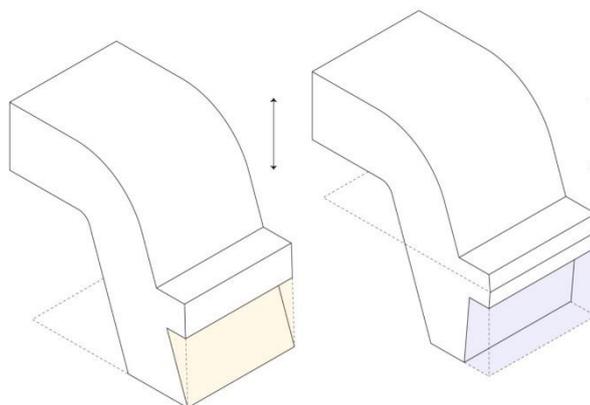


Figura 14 - Spostamento linea di divisione

- *Utilizzo di una chiusura*: un altro metodo per affrontare i sottosquadri consiste nell'eliminare il materiale da sotto o sopra l'area problematica. In questo modo si elimina il sottosquadro, poiché l'intero componente può essere sostenuto direttamente dallo stampo. Le chiusure sono una tecnica utile per affrontare i sottosquadri all'interno (per gli incastri) o all'esterno (per le aperture o le maniglie) di un pezzo.



Figura 15 - Due esempi di chiusure

- *Sfilatura dei sottosquadri*: se il componente è sufficientemente flessibile, è possibile deformare il pezzo stampato durante l'espulsione. Gli elementi interni, come le filettature dei tappi dei contenitori, vengono creati sfilando i sottosquadri.

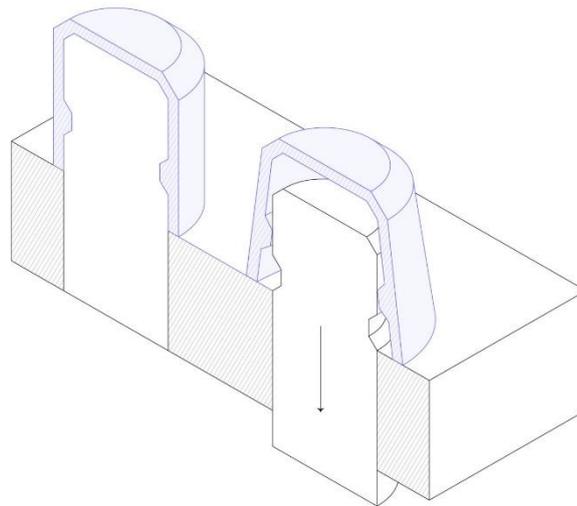


Figura 16 - Sfilatura sottosquadro

- *Anime ad azione laterale*: quando nessuna delle soluzioni sopra descritte è praticabile, si possono utilizzare anime che scivolano lateralmente fuori dal pezzo prima dell'espulsione. Le anime ad azione laterale devono essere utilizzate con parsimonia perché aggiungono complessità e aumentano il costo totale di uno stampo del 15-30%.

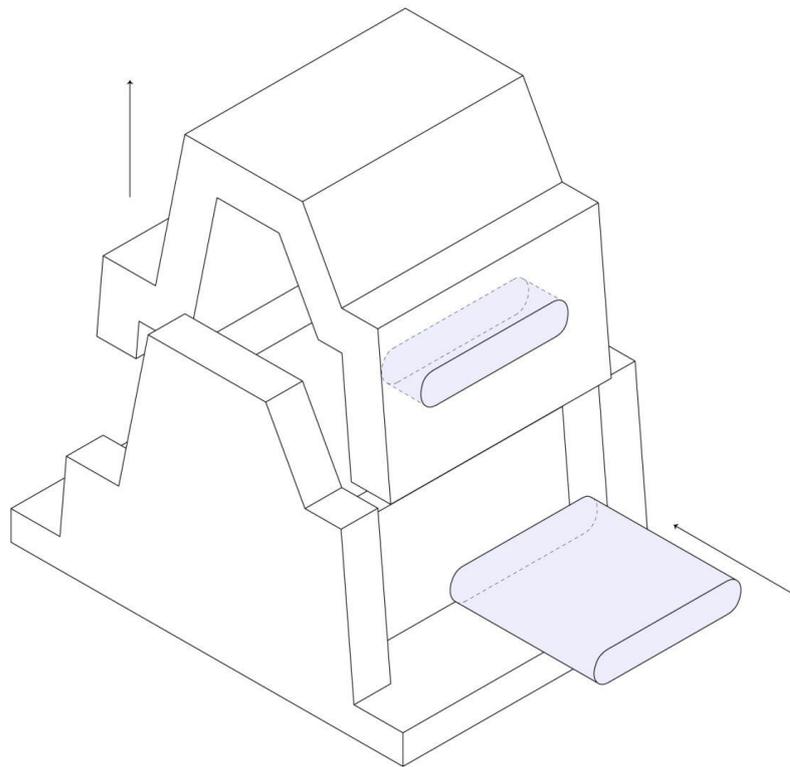


Figura 17 - Anima ad azione laterale

1.5.3.1. Ottimizzare il design del pezzo per lo stampo

Il design dello stampo nasce dal design del pezzo da stampare. Perciò ci sono delle regole e dei suggerimenti comunemente utilizzati per ottimizzare e semplificare lo stampo. Uno stampo semplice può garantire una maggiore qualità e consistenza nei prodotti, oltre ad un costo di manifattura e usura minore.

Utilizzare uno spessore di parete costante: progettare sempre i componenti con lo spessore di parete più sottile e costante possibile per evitare deformazioni e affondamenti. Lo spessore consigliato va da 1 a 3 mm. Se sono necessarie sezioni più voluminose, possono essere scavate per poi aggiungere rigidità con delle nervature.

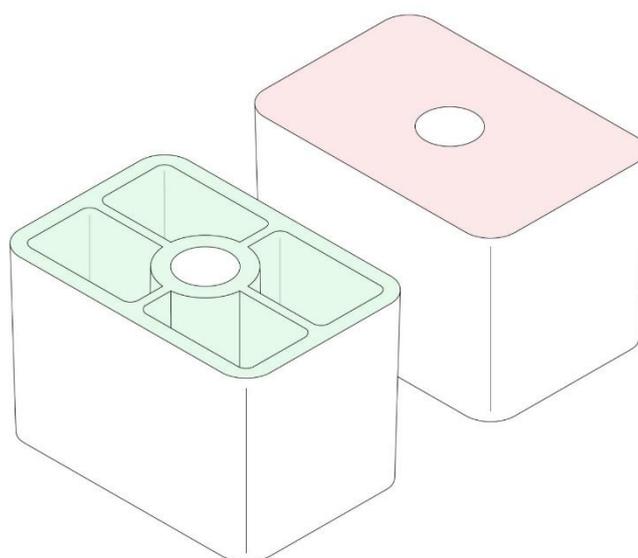


Figura 18 - Ottimizzazione spessore parete

Aggiunta di transizioni fluide: non è sempre possibile evitare sezioni con spessore variabile. In questi casi, si consiglia di utilizzare uno smusso o un filetto per rendere la transizione il più liscia possibile. Allo stesso modo, la base di tutti gli elementi verticali (come le nervature, le bugne e gli incastri) deve essere sempre arrotondata.

Arrotondamento di tutti gli spigoli: la regola dello spessore costante della parete deve essere applicata anche alle estremità del pezzo, aggiungendo un filetto con il massimo raggio possibile a tutti gli spigoli interni ed esterni.

Aggiunta di angoli di sformo: per semplificare l'espulsione del pezzo e per evitare segni di trascinarsi, aggiungere angoli di sformo a tutte le pareti verticali. Le barriere esterne che hanno uno scopo funzionale possono essere lasciate prive di questo angolo (come i mattoncini Lego).

1.5.3.2. Classificazione stampi

Esistono diversi tipi di stampi a iniezione in base a caratteristiche quali il sistema di alimentazione, il numero di cavità e le piastre dello stampo. Lo stampo influisce sull'efficienza produttiva, sui costi complessivi e sulla qualità del prodotto.

In base al sistema di alimentazione

La prima classificazione è determinata dal sistema di alimentazione o di canali. Questo sistema guida la plastica fusa dall'ugello alle cavità.

Stampo a canale caldo

Il sistema a canale caldo impiega canali riscaldati a serpentina o ad asta, internamente o esternamente. Questa forma di sistema di alimentazione è contenuta in una piastra collettore che rimane ferma. I corridori rimangono permanentemente all'interno della piastra, impedendo la loro espulsione insieme al componente.

Di conseguenza, il componente stampato uscirà senza residui di plastica in eccesso. In questo modo si riducono gli scarti e si eliminano i processi aggiuntivi necessari per rimuovere o riciclare i canali. Inoltre, gli stampi a iniezione a canale caldo di solito non richiedono una riaffilatura o una lavorazione aggiuntiva. Di conseguenza, il processo di produzione viene notevolmente accelerato. In combinazione con gli stampi multicavità, questo tipo di stampo a iniezione facilita la produzione di grandi quantità di forme intricate e delicate.

Tuttavia, l'impiego del sistema a canale caldo presenta alcuni svantaggi. Il sistema è tipicamente costoso da installare e mantenere. Oltre a essere costoso, la manutenzione richiede conoscenze specialistiche per supervisionare il processo di stampaggio. A causa della natura nascosta dei canali, può essere difficile assicurarsi che siano puliti e privi di scarti di plastica provenienti da linee di produzione precedenti. I canali caldi riscaldati internamente possono presentare problemi di adesione, in particolare quando si lavora con materiali sensibili al calore.

Stampo a canale freddo

Il sistema a canale freddo utilizza canali non riscaldati per trasportare la plastica fusa nella cavità di stampaggio. A differenza di uno stampo a canale riscaldato, lo stampo a canale freddo è esposto grazie al taglio dell'operatore nello stampo.

Questi stampi a iniezione sono molto più semplici da pulire e mantenere. Inoltre, accelerano e semplificano la sostituzione dei materiali e dei colori. Mentre gli stampi a canale caldo hanno difficoltà con alcuni materiali, gli stampi a canale freddo possono operare con un'ampia varietà di sostanze.

Tuttavia, gli stampi a canale freddo generano una quantità sostanziale di scarti a ogni ciclo. Dopo l'uso, la maggior parte dei produttori smaltisce i canali e le aziende produttrici che li rimacinano e li rilavorano per un uso ripetuto, prolungano l'intero processo di produzione. Anche le proprietà fisiche del prodotto finale sono spesso alterate dalla rilavorazione degli scarti.

Stampi con canali isolati

Questi stampi sono simili ai tradizionali stampi a canale freddo. Tuttavia, utilizzano riscaldatori a cartuccia o altre forme di riscaldamento per formare uno strato di plastica fusa intorno all'oggetto. In questo modo, si formano dei "tagli" isolati che producono effetti simili a quelli dei sistemi a canale caldo.

Questo metodo è spesso scelto dai produttori perché non richiede un regolatore di temperatura e quindi è meno costoso dei canali caldi. Inoltre, consente di cambiare materiale e colore in modo rapido e semplice. Tuttavia, gli stampi a canale isolato non sono compatibili con tutti i materiali.

In base alla quantità di cavità

Questa categoria comprende tre varietà di stampi a iniezione in base al numero di pezzi che possono produrre per ciclo di stampaggio.

Stampo a cavità singola

Gli stampi a cavità singola generano un singolo pezzo per ciclo di iniezione. Sebbene questo tipo di stampo possa avere un tasso di produzione lento, i suoi costi di attrezzaggio sono inferiori a quelli delle opzioni concorrenti. Grazie ai costi relativamente più bassi, le produzioni di bassi volumi sono in genere più convenienti. Uno stampo a cavità singola consente inoltre un maggiore controllo del processo di stampaggio. I produttori utilizzano spesso stampi multipli a cavità singola per garantire la continuità della produzione anche in caso di guasto di uno stampo.



Figura 19 - Stampo a cavità singola

Stampo a cavità multiple

Uno stampo a più cavità è progettato per produrre più sezioni identiche in un singolo ciclo di iniezione. L'attrezzaggio dello stampo a iniezione è in genere più costoso in partenza rispetto agli stampi a cavità singola. Tuttavia, questa forma di stampo a iniezione è più adatta alla produzione di massa. Infatti, ogni stampo può produrre simultaneamente più componenti. Di conseguenza, la velocità di produzione è maggiore e i costi unitari sono inferiori.



Figura 20 - Stampo a cavità multiple

Stampo familiare

Gli stampi famiglia, come gli stampi multicavità, hanno più cavità. Tuttavia, sono più efficaci quando vengono utilizzati per produrre più componenti in un unico ciclo. Ad esempio, i produttori possono utilizzare uno stampo famiglia per realizzare una variante destra e una sinistra del componente. Uno stampo semplice a più cavità, invece, può generare solo un'iterazione per ciclo.

Sebbene uno stampo familiare sia costoso, in genere riduce i costi di produzione complessivi. Questo perché un'unica famiglia di stampi può essere utilizzata per più componenti. Inoltre, consente di risparmiare molto tempo e spese operative.



Figura 21 - Stampo familiare

A seconda delle piastre dello stampo

Il numero di piastre è un altro fattore di classificazione essenziale per gli stampi a iniezione.

Stampo con due piastre

È la forma di stampo più diffusa in questa categoria, grazie ai suoi bassi costi di attrezzaggio. Uno stampo a due piastre presenta un'unica linea di separazione all'intersezione tra la piastra dell'anima e la piastra della cavità. In questa forma di stampo a iniezione, il cancello, il canale e la linea di divisione devono essere allineati. È compatibile con qualsiasi sistema di canali, ma gli stampi a cavità singola funzionano meglio con questo sistema.

Stampo con tre piastre

La piastra aggiuntiva di questo stampo crea due linee di divisione. È posizionata tra le piastre della cavità e dell'anima e separa automaticamente il sistema di canali dal componente stampato. Questo accelera la produzione perché non è necessaria la separazione manuale o il riciclo del sistema di canalizzazioni.

Tuttavia, la piastra aggiuntiva aumenta il costo totale della fabbricazione perché deve essere tagliata con precisione per adattarsi alle altre due piastre. Si noti che lo stampo a tre piastre viene utilizzato solo per staccare il canale di colata nei sistemi a canale freddo. I sistemi di stampaggio a iniezione con canale caldo non richiedono questa forma di stampo.

Iniezione con stampo a pila

Più pannelli dello stampo sono paralleli in uno stampo impilato. Possono esserci due, tre o quattro livelli di piastre per aumentare l'efficienza del processo. Gli stampi impilati richiedono una forza di serraggio inferiore per ogni ciclo. Questo tipo di stampo ha un costo iniziale più elevato perché richiede più tempo per la sua costruzione. Tuttavia, il ridotto tonnellaggio di pinze richiesto riduce le spese operative. Lo stampo può anche essere progettato per accogliere più materiali contemporaneamente.

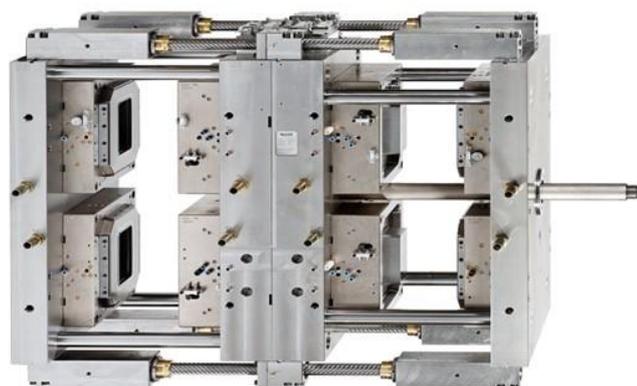


Figura 22 - Stampo a pila

1.5.4. Periferiche

La produzione di pezzi di alta qualità e in grandi volumi è consentita dalle presse a iniezione. Tuttavia, le presse a iniezione non potrebbero stampare o produrre nulla senza l'assistenza delle attrezzature periferiche che le circondano.

Le apparecchiature periferiche sono essenziali, tra le altre cose, per preparare e deidratare correttamente le preziose materie prime, per fornire in modo affidabile i materiali alle presse a iniezione e per garantire un controllo della temperatura preciso e affidabile per la qualità del prodotto e l'efficienza energetica.

Molte delle apparecchiature periferiche descritte in questa sezione sono tipiche degli impianti di stampaggio a iniezione altamente automatizzati. In realtà, la grande maggioranza degli impianti si affida al lavoro manuale, e utilizza solo alcune di queste apparecchiature

Prima dell'iniezione

Stoccaggio

La consegna del materiale è il punto di partenza. Spesso sono necessarie attrezzature periferiche specializzate, come sistemi di scarico per vagoni ferroviari o camion, per il trasporto di grandi carichi di materiali ingombranti.

Questi sistemi devono prelevare rapidamente quantità estremamente elevate di resina, trasportarla su distanze fino a centinaia di metri e poi sollevarla ad un'altezza tale da riempire rapidamente grandi silos di stoccaggio del materiale. In alternativa, è possibile movimentare carichi e riempire bidoni più piccoli con un caricatore ciclico, che può spingere o trascinare il materiale sfuso su distanze più brevi, a seconda delle necessità.

Trasporto

I sistemi di trasporto ad aspirazione sono utilizzati dalle aziende per trasportare il materiale dalle aree di stoccaggio all'interno dello stabilimento alle macchine di stampaggio e alle attrezzature periferiche come essiccatori e miscelatori. Questi sistemi, la cui forza motrice deriva da un compressore sottovuoto, consistono tipicamente in una rete di linee di trasporto a livello

dell'intero impianto; caricatori di materiale, ricevitori e valvole, tavoli di selezione delle resine e sistemi di controllo delle linee, oltre a controlli automatizzati.

Nella maggior parte dei casi, questo sistema consiste in un aspiratore che sposta il materiale da un contenitore a lato macchina o da un altro dispositivo di stoccaggio alla tramoggia, quando il livello del materiale della tramoggia scende al di sotto di una certa soglia.

Per fornire valore al produttore, i sistemi di trasporto devono non solo spostare le quantità di materiale richieste nelle posizioni corrette, ma anche farlo senza causare danni al materiale (ad esempio, rottura di pellet, polvere/fini, sbavature di pellet) a causa di velocità di trasporto eccessive o incontrollate.

Miscelazione

L'aspetto, le prestazioni, la resistenza e la qualità dei pezzi stampati a iniezione dipendono da una combinazione coerente di materie prime, tra cui pellet vergini, scarti di macinazione, coloranti e/o additivi per le prestazioni o le proprietà.



Figura 23 - Miscelatore verticale

Il compito delle apparecchiature di alimentazione e miscelazione è quello di fornire tali miscele in modo consistente e continuo. In genere, i miscelatori contengono più ingredienti in tramogge o alimentatori montati in alto, utilizzando ricette a controllo digitale per misurare ciascun ingrediente con un sistema di pesatura gravimetrica prima di rilasciarlo nella camera di miscelazione centrale per la preparazione dei lotti.

Quando si tratta di apparecchiature di miscelazione, la precisione, la ripetibilità, la semplicità operativa e la reportistica sono della massima importanza, poiché piccole variazioni degli ingredienti da un lotto all'altro possono non solo aumentare i costi dei materiali o dei fattori produttivi, ma anche causare variazioni di qualità/prestazioni - e possibili scarti - nella produzione successiva.

Essiccazione

La rimozione dell'umidità deve essere costante, perché l'umidità interna delle resine può causare vuoti, scolorimenti, fori o debolezze strutturali nei pezzi stampati a iniezione, con conseguente diminuzione delle prestazioni e delle proprietà estetiche e, in ultima analisi, degli scarti. Un'essiccazione costante omogeneizza inoltre il materiale, consentendo alle macchine per lo stampaggio a iniezione di ricevere un flusso costante di materiale a temperatura costante.

Per l'essiccazione dei materiali si può utilizzare un essiccatore a tramoggia, un grande essiccatore centrale, un carrello di essiccazione multi-hopper, un essiccatore a bordo macchina o un dispositivo di essiccazione mobile.



Figura 24 - Essiccatore a tramoggia

Durante l'iniezione

Durante il processo di stampaggio a iniezione, altri tipi di apparecchiature periferiche gestiscono il trasferimento di calore, non solo nello stampo che produce i pezzi, ma anche nei componenti della pressa che lavorano duramente, in particolare l'impianto idraulico.

Il processo di stampaggio a iniezione ruota attorno al trasferimento di calore. I riscaldatori della vite e del cilindro della pressa a iniezione aggiungono calore al materiale fuso in modo che possa essere iniettato negli stampi. Per raffreddare e indurire il componente in plastica, tuttavia, è necessario rimuovere il calore dallo stampo al termine dell'iniezione.

Le *unità di controllo della temperatura (TCU)*, o termoregolatori, tipicamente situate a lato macchina, fanno circolare un flusso costante di refrigerante attraverso i canali degli stampi per aiutarli a mantenere le temperature interne corrette e costanti. Durante l'iniezione, il flusso del TCU assicura che le superfici dello stampo siano riscaldate a sufficienza affinché la plastica fusa riempi completamente lo stampo. Dopo lo stampaggio, il flusso della TCU trasporta via il calore prodotto, favorendo così il raffreddamento della superficie dello stampo e del pezzo che verrà estratto quando lo stampo si aprirà.

Le TCU regolano la temperatura del refrigerante mediante un circuito interno a controllo termostatico che può riscaldare o raffreddare autonomamente il refrigerante in circolazione.



Figura 25 - Termoregolatore

Con le TCU tipicamente dedicate al controllo della temperatura dello stampo, il trasferimento di calore necessario per raffreddare altre apparecchiature di produzione, come le pompe, i motori e l'impianto idraulico della pressa a iniezione, l'aria di processo dell'essiccatore e i circuiti di rigenerazione e il termoregolatore stesso, è tipicamente delegato ad altri sistemi ausiliari più grandi, i *refrigeratori centrali*, che forniscono un raffreddamento su scala industriale e possono essere utilizzati singolarmente o in configurazioni tandem/multiple per fornire la capacità richiesta, che è distribuibile. I refrigeratori portatili sono unità mobili che possono essere posizionate vicino alla macchina per fornire fino a 50 tonnellate di capacità di raffreddamento, con flusso di refrigerante a base di acqua o glicole erogato direttamente alle apparecchiature primarie o periferiche, o reindirizzato per supportare i circuiti di raffreddamento interni della TCU.



Figura 26 - Refrigeratore centrale

Dopo l'iniezione

Dopo ogni ciclo di stampaggio a iniezione, le apparecchiature periferiche svolgono un ruolo cruciale.

Quando i cicli di stampaggio a iniezione terminano, sempre più aziende utilizzano *robot cartesiani* e multiasse, o *picker*, per automatizzare tutto, dal prelievo delle materozze all'ispezione e all'imballaggio dei pezzi finiti.



Figura 27 - Robot multiasse

Le apparecchiature per la triturazione, come i granulatori a bordo macchina o centrali, sono fondamentali per ridurre al minimo gli scarti di processo e ottimizzare l'investimento in materie prime. La granulazione dei pezzi di scarto, così come delle materozze, consente di recuperare a ciclo chiuso quasi tutti i materiali che entrano nell'impianto. Un granulatore di dimensioni adeguate non solo accoglie gli scarti di materiale generati, ma li riduce in granuli o scaglie piccole e uniformi che possono essere immagazzinati, trasportati e miscelati con pellet vergini o altre materie prime per la rilavorazione.

1.6. La classificazione delle presse a iniezione

Esiste una vasta gamma di presse a iniezione, che possono essere classificate in base a diversi fattori come la modalità di alimentazione, la direzione di apertura e chiusura dello stampo, le materie prime applicabili, la struttura di bloccaggio dello stampo e la struttura di iniezione.

1.6.1. Classificazione in base all'alimentazione

La classificazione principale si basa sulla motorizzazione della pressa.

Fino al 1983, le presse a iniezione idrauliche erano l'unica scelta, finché un produttore giapponese non ha introdotto la prima macchina elettrica. Successivamente, le presse elettriche hanno avuto un'impennata in popolarità, ma le presse idrauliche continuano a essere il tipo predominante utilizzato a livello globale, con l'eccezione del Giappone, principalmente a causa del loro costo relativamente inferiore. Negli ultimi anni si è sviluppata la tecnologia ibrida che sta diventando un punto di riferimento del settore.

Ciascuna delle tre tecnologie di base, ossia idraulica, elettrica e ibrida, presenta vantaggi e svantaggi distinti.

Macchine idrauliche

Le macchine idrauliche, come intuibile dal nome, utilizzano motori idraulici per la movimentazione dello stampo e della vite.

Le macchine per lo stampaggio a iniezione idrauliche sono emerse alla fine degli anni '30 e inizialmente occupavano una posizione dominante sul mercato. Tuttavia, la loro quota di mercato è stata intaccata dall'introduzione della tecnologia interamente elettrica negli anni '80.

Questi particolari dispositivi utilizzano cilindri idraulici per fornire una pressione significativa al fine di fissare insieme due parti di uno stampo.

Attualmente, le moderne macchine a iniezione idraulica sono in grado di regolare forze di chiusura che raggiungono o superano le 8.000 tonnellate, consentendo la produzione di componenti di peso superiore ai 20 chilogrammi. Lo stampaggio idraulico è ampiamente utilizzato nel settore

automobilistico grazie alla sua idoneità a produrre componenti di grandi dimensioni e peso come i paraurti.

Vantaggi

Lo stampaggio a iniezione idraulico è comunemente considerato la scelta ottimale per facilitare la produzione di componenti con pareti spesse che richiedono una durata di mantenimento prolungata. I vantaggi di questa tecnologia rispetto ai dispositivi completamente elettrici sono i seguenti:

- Maggiore forza di chiusura per i componenti più grandi
- Migliori velocità di iniezione
- Minore usura
- Migliore capacità di iniettare volumi più grandi
- Il prezzo di acquisto iniziale è relativamente più basso
- I componenti di ricambio sono facilmente reperibili a basso costo, con conseguente riduzione delle spese di manutenzione

La popolarità di questo tipo di macchinari ha fatto sì che sul mercato dell'usato sia disponibile un'ampia gamma di alternative.

Svantaggi

A causa della loro notevole potenza, i dispositivi idraulici presentano un notevole consumo energetico anche durante i periodi di inattività. Nel contesto di un processo di stampaggio a iniezione, è stato dimostrato che le macchine elettriche convenzionali tendono a spendere circa 2,55 kWh, ma le macchine idrauliche presentano un consumo energetico superiore, pari a circa 5,12 kWh. Per il processo di stampaggio sono necessarie temperature più elevate e periodi di raffreddamento più lunghi. Inoltre, è importante notare che questi macchinari non sono adatti ad ambienti in cui sia necessaria un'elevata pulizia, a causa della potenziale perdita di fluidi.

Le presse a iniezione idrauliche presentano livelli di rumore più elevati e una precisione ridotta rispetto alle loro controparti completamente elettriche.

Macchine elettriche

Le presse a iniezione completamente elettriche sono state introdotte per la prima volta in Giappone nel 1984.

Nel campo dei sistemi elettrici di stampaggio della plastica, l'utilizzo di servomotori a controllo digitale è emerso come un'importante alternativa ai sistemi idraulici. Questa sostituzione consente una serie di vantaggi, tra cui una maggiore velocità operativa, una migliore ripetibilità, una maggiore precisione e una maggiore efficienza energetica. Dopo che il ciclo è stato programmato in una macchina elettrica, l'utilizzo di controlli digitali consente alla macchina di funzionare con un intervento umano minimo, con conseguente riduzione delle spese di manodopera e aumento della redditività.

Oltre al loro funzionamento più silenzioso, alla maggiore velocità e alla maggiore precisione, le presse elettriche sono ampiamente considerate meno dannose per l'ambiente rispetto alle macchine idrauliche.

Vantaggi

Le presse a iniezione elettriche consumano energia solo durante il funzionamento; perciò, la potenza del motore è equivalente solo al carico richiesto.

Lo stampaggio a iniezione elettrico è particolarmente adatto alle applicazioni in aree pulite, grazie all'assenza di rischi di contaminazione da olio. Grazie all'eccezionale livello di precisione, questo metodo è particolarmente adatto alla produzione di componenti di piccole e medie dimensioni e di articoli per il settore della medicina.

Inoltre, ci sono molti altri vantaggi da considerare:

- Maggiore precisione e ripetibilità, con conseguente riduzione dei tassi di scarto.
- Riduzione dei tempi di inattività spesso osservati nei sistemi idraulici.
- Risparmio energetico dal 30% al 70%.
- Il funzionamento del sistema è caratterizzato da livelli di rumore del motore ridotti, in particolare inferiori a 70 dB.

- Il sistema è in grado di raggiungere velocità di iniezione più elevate, fino a 800 mm/sec, e un movimento più rapido della pinza.
- Il tempo di avviamento è ridotto e i tempi di ciclo sono fino al 20% più rapidi.
- Il sistema contribuisce a ridurre i costi unitari minimizzando gli sprechi di materiale.
- Il sistema non richiede materiali di consumo, come l'olio, che dovrebbero essere sostituiti o puliti.

Svantaggi

Nonostante i vantaggi in termini di velocità, pulizia ed efficienza energetica, le macchine elettriche sono limitate nella loro capacità di generare lo stesso livello di forza di serraggio delle macchine idrauliche. Inoltre, le macchine elettriche hanno spesso un costo iniziale decisamente maggiore.

Macchine ibride

Le macchine ibride per lo stampaggio a iniezione presentano una notevole efficienza ed economicità. Queste macchine combinano i vantaggi dei tipi idraulici e elettrici e sono attualmente utilizzate da numerose aziende. Queste macchine sono caratterizzate da un prezzo relativamente modesto e da una notevole efficienza energetica, un fattore cruciale da tenere in considerazione quando le spese energetiche hanno un peso significativo.

Le presse a iniezione ibride utilizzano un servomotore per azionare una pompa idraulica, generando così una pressione idraulica che alimenta i vari componenti della macchina. I meccanismi di chiusura presentano una maggiore semplicità, precisione e durata, con una conseguente riduzione significativa dei costi di manutenzione.

Circa il 66% dell'energia di una pressa idraulica è destinato al recupero della vite. Sebbene le presse ibride possano richiedere un investimento iniziale più elevato, il loro utilizzo della rotazione elettrica della vite può portare a una sostanziale riduzione dei costi.

Vantaggi

Lo stampaggio a iniezione ibrido è una tecnologia altamente efficiente che offre un notevole risparmio energetico, con un conseguente ritorno più rapido sull'investimento. Uno dei notevoli vantaggi associati alle servo-pompe è la loro capacità di facilitare le regolazioni continue.

Altri vantaggi includono:

- Aggiustamenti continui garantiti dalle servo-pompe
- Costo intermedio tra macchinari idraulici ed elettrici, ma garantiscono risparmi a lungo termine maggiori
- Temperature minori richiedono raffreddamenti minori e permettono una vita maggiore all'olio e alla macchina in generale
- Ritorno dell'investimento più rapido grazie alle varie efficienze

Svantaggi

A causa della variabilità intrinseca dei sistemi ibridi, il compito di identificare la pressa appropriata per un determinato prodotto e di ottenere macchinari sostitutivi adatti per applicazioni specifiche può rappresentare una sfida. Nel caso in cui sia necessaria la manutenzione di una macchina ibrida, è indispensabile che il supervisore abbia competenze sia sulle presse idrauliche che su quelle elettriche.

1.6.2. Classificazione in base alla direzione operativa

Esistono due tipi distinti di macchinari a iniezione in base al modo in cui sono fissati gli stampi: macchine orizzontali e verticali.

Presse verticali

Una pressa a iniezione verticale è così chiamata per il suo orientamento operativo in posizione verticale. Tipicamente impiegata per la produzione di componenti relativamente piccoli, questa tecnologia ha la capacità di funzionare all'interno di uno spazio compatto. Le macchine verticali sono impiegate in applicazioni specifiche, come lo stampaggio di inserti, in cui la macchina sfrutta la forza di gravità. Per migliorare l'efficienza della produzione, è prassi comune integrarli con una tavola rotante o un nastro trasportatore.



Figura 28 - Pressa a iniezione verticale

Presse orizzontali

Le presse a iniezione orizzontali sono quelle più comunemente utilizzate nel settore dello stampaggio a iniezione. Hanno una struttura relativamente bassa, sono rapidamente adattabili e offrono facilità d'uso e di manutenzione.

1.6.3. Classificazione in base alle materie prime

Una classificazione alternativa può essere stabilita considerando il tipo specifico di materia prima impiegata nel processo di iniezione.

Materiali termoplastici

I materiali termoplastici subiscono una transizione di fase da solido a liquido al momento del riscaldamento e ritornano allo stato solido al momento del raffreddamento. Tra i principali esempi di termoplastici vi sono il polietilene (PE), il polipropilene (PP), l'acrilonitrile butadiene stirene (ABS) e il poliuretano termoplastico (TPU). Le macchine a iniezione termoplastica utilizzano un processo di riscaldamento per aumentare la temperatura dei pellet di plastica, facilitando così l'iniezione della plastica fusa risultante in uno stampo. Dopo il processo di raffreddamento, la plastica torna allo stato solido e viene espulsa dalla macchina. I frammenti scartati o i materiali in eccesso possono essere triturati nuovamente in pellet e quindi riutilizzati.

Materiali termoindurenti

Il processo di trasformazione dei materiali termoindurenti è simile a quello dei materiali termoplastici. Tuttavia, è importante notare che i materiali termoindurenti possono subire questa trasformazione una sola volta, rendendoli non riciclabili e quindi meno sostenibili dal punto di vista ambientale. I polimeri fibrorinforzati (FRP) e la melamina sono tra i tipi di plastiche termoindurenti che si incontrano spesso.

Materiali in polvere

I materiali di base impiegati in questo processo consistono in polveri metalliche o ceramiche meticolosamente lavorate, insieme ad agenti leganti. La tecnica dell'iniezione di polveri è spesso impiegata nella produzione di intricati componenti metallici che richiedono una grande precisione e un'estetica sofisticata. I componenti prodotti con l'iniezione di polveri presentano caratteristiche notevoli, come una maggiore resistenza e densità.

1.7. Materiali

Prima di scegliere un materiale plastico, bisogna considerare la funzione del pezzo e le sfide fisiche ambientali che dovrà affrontare, come le fluttuazioni di temperatura, l'umidità, l'esposizione chimica, la luce ultravioletta e molte altre. Poi si considerano la resistenza alla trazione, la durata, la duttilità, il colore e il costo del materiale. Alcuni prodotti funzionali possono richiedere un'elevata resistenza anche ad un costo più elevato, mentre per altre applicazioni tale resistenza e tale costo sarebbero eccessivi.

Ogni materiale termoplastico è in grado di essere stampato a iniezione. I termoplastici si formano quando le resine polimeriche si fondono sotto l'effetto del calore, consentendo loro di essere modellate e poi lasciate indurire. Esiste una varietà di materiali termoplastici, ognuno dei quali ha proprietà distinte che lo rendono ideale per applicazioni specifiche e vincoli di costo. Inoltre, lo stampaggio a iniezione è compatibile con alcuni termoindurenti e siliconi liquidi. Per modificarne le proprietà fisiche, possono anche essere rinforzati con fibre, particelle polimeriche, minerali o agenti ritardanti di fiamma.



Figura 29 - Materiali plastici pellettizzati

Polipropilene (PP)

Il polipropilene è composto da più monomeri di propilene. Il polipropilene è il secondo materiale plastico più utilizzato al mondo. Mantiene la sua forma dopo la torsione o la piegatura, ha un elevato punto di fusione e non si degrada se sottoposto a umidità o acqua. Viene utilizzata per la produzione di utensili in plastica perché impedisce alle sostanze chimiche di mescolarsi con gli alimenti, ma anche per la produzione di abbigliamento, tappeti e batterie per veicoli. Non può essere utilizzato per scopi meccanici, ma è riciclabile.

Nonostante i suoi vantaggi, il polipropilene si degrada se esposto alla luce ultravioletta, perdendo il 70% della sua resistenza, ed è altamente infiammabile. A temperature superiori a 100° C, questa plastica stampata a iniezione si decompone in idrocarburi aromatici pericolosi per l'uomo, come il benzene e il toluene. Anche la verniciatura della plastica polipropilenica è problematica. La colla ha difficoltà ad aderire agli elementi realizzati con questa plastica, che è una caratteristica notevole del materiale. Per questo motivo, ogni volta che è necessario un incollaggio si ricorre alla saldatura.

Applicazioni

Giocattoli, contenitori, articoli sportivi, imballaggi, elettrodomestici, corpi di utensili elettrici, tubazioni, apparecchiature di laboratorio e pallet sono esempi di applicazioni comuni per lo stampaggio a iniezione del polipropilene.



Figura 30 - Tubazione in Polipropilene

Policarbonato (PC)

Il policarbonato è intrinsecamente resistente, leggero e trasparente, ma se pigmentato mantiene il suo colore e la sua resistenza. Questo materiale per lo stampaggio a iniezione ha proprietà ottiche eccezionali che facilitano la trasmissione della luce. Sebbene il policarbonato non sia resistente ai graffi, è molto più robusto del vetro ed è estremamente durevole. Il policarbonato offre un controllo preciso delle dimensioni per tolleranze più sottili, grazie al suo ritiro prevedibile e uniforme. Queste qualità sono accompagnate da un prezzo più elevato, compensato dalla sua adattabilità.

Il policarbonato mantiene le sue proprietà fisiche in un intervallo di temperature più ampio. Il PC richiede temperature di lavorazione elevate, che possono aumentare i costi di stampaggio. A causa del suo contenuto di bisfenolo A (BPA), il policarbonato non è raccomandato per la preparazione o la conservazione degli alimenti. Inoltre, tende a ingiallire dopo una prolungata esposizione ai raggi UV.

Applicazioni

Caschi di sicurezza, vetro antiproiettile, alloggiamento di apparecchiature, parti di automobili, connettori elettrici e isolanti elettrici sono applicazioni tipiche del policarbonato. È utile anche per i DVD, le lenti degli occhiali, i frontalini dei telefoni cellulari, i dispositivi medici e i divisori di protezione.



Figura 31 - Occhiali protettivi in Policarbonato

Acrilonitrile Butadiene Stirene (ABS)

I tre componenti del nome Acrilonitrile Butadiene Stirene (ABS) sono combinati per creare una plastica opaca, leggera e versatile. Il 15%-35% di acrilonitrile, il 5%-30% di butadiene e il 40%-60% di stirene sono proporzioni adeguate.

L'ABS ha un punto di fusione relativamente basso, che facilita lo stampaggio. Questo polimero opaco è compatibile con i coloranti e con una varietà di texture e finiture superficiali. È una plastica di grado ingegneristico perché il suo contenuto di butadiene garantisce una straordinaria tenacità, anche a basse temperature, e il suo contenuto di stirene conferisce una finitura lucida e attraente alle parti stampate a iniezione.

L'ABS è rinomato per la sua durata e resistenza agli urti, ma non è resistente alla luce solare (UV), all'acqua e alle intemperie, il che lo rende inadatto per le applicazioni all'aperto. L'ABS è un eccellente isolante che non conduce elettricità e non produce fumo se sottoposto a fuoco.

Applicazioni

L'ABS è utilizzato per produrre componenti elettronici, adattatori telefonici, tastiere, hardware per telefoni, protezioni in plastica per prese a muro, moduli LEGO, sistemi di drenaggio ed elettrodomestici.



Figura 32 - Mattoncini LEGO in ABS

Polycarbonato-acrilonitrile butadiene stirene (PC-ABS)

Il policarbonato-acrilonitrile butadiene stirene, o PC-ABS, è una termoplastica utilizzata in ingegneria che è una miscela di PC e ABS. L'equilibrio unico delle proprietà dipende dalla proporzione tra PC e ABS nel composito, dal peso molecolare del policarbonato e da eventuali additivi termoplastici. Inoltre, il rapporto tra PC e ABS ha un impatto significativo sulla resistenza termica del prodotto finale.

Grazie alle sue proprietà meccaniche, la plastica PC-ABS è uno dei tecnopolimeri più diffusi al mondo. Anche a basse temperature, questo materiale possiede un'elevata resistenza, un'elevata rigidità, un'elevata resistenza al calore e un'elevata resistenza agli urti. Inoltre, il PC-ABS mantiene la sua stabilità dimensionale nel tempo e le sue migliori caratteristiche di fluidità e lavorabilità lo rendono semplice da manipolare.

Applicazioni

Le applicazioni più comuni includono custodie per guanti, ginocchiere, console centrali e superiori e schienali per sedili soffiati. Il PC-ABS è utilizzato principalmente nell'industria automobilistica ed elettronica. Viene utilizzato anche nella produzione di una serie di prodotti elettronici di consumo, tra cui involucri per monitor di computer portatili, cornici per TV, rivestimenti per telefoni e componenti per dispositivi portatili.

Nylon (PA)

Il nylon è una poliammide sintetica che combina la forza e l'elevata resistenza al calore con la resistenza all'abrasione, la resistenza alla fatica e le proprietà di attenuazione del rumore. Anche se la luce solare può degradare il nylon, è possibile aggiungere uno stabilizzatore UV per migliorarne le prestazioni all'esterno. Al nylon possono essere aggiunte fibre di vetro per aumentarne la resilienza meccanica.

È ampiamente utilizzato nelle applicazioni automobilistiche perché, oltre a essere resistente, contribuisce a ridurre il peso e i costi di produzione rispetto alle alternative in metallo.

Il nylon ha una bassa resistenza agli acidi e alle basi forti rispetto ad altre plastiche. Lo stampaggio a iniezione del nylon è difficile perché il materiale è suscettibile alla contrazione e al riempimento inadeguato dello stampo. Sebbene il nylon sia una plastica durevole, assorbe l'acqua e non è quindi adatto alle applicazioni marine.

Esistono quattro tipi principali di nylon, ognuno con proprietà meccaniche leggermente diverse:

- Il Nylon 11 è utilizzato per le applicazioni all'aperto grazie alla sua maggiore resistenza ai cambiamenti dimensionali.
- Il nylon 12 ha il punto di fusione più basso ed è resistente all'assorbimento dell'acqua.
- Il Nylon 46 opera alla temperatura più elevata.
- Il Nylon 66 ha un punto di fusione elevato ed è resistente agli acidi di lavorazione.

Applicazioni

Il nylon è spesso utilizzato per produrre componenti meccanici durevoli come boccole, scatole di trasmissione e cuscinetti. È comunemente utilizzato per qualsiasi cosa, dai componenti automobilistici e industriali ai dispositivi medici, all'abbigliamento e alle calzature.

Altre applicazioni del nylon includono componenti resistenti all'usura, fibbie a sgancio rapido, ingranaggi e manovelle.



Figura 33 - Utensili da cucina in Nylon

Polietilene (PE)

Il polietilene è un materiale termoplastico per stampaggio con eccezionali caratteristiche di resistenza chimica, elasticità e isolamento elettrico. Non è particolarmente resistente o duro, ma è poco costoso. Il polietilene è la plastica più utilizzata al mondo ed è un polimero commerciale la cui densità può essere selezionata. Sia il polietilene ad alta densità (HDPE) che il polietilene a bassa densità (LDPE) offrono resistenza chimica, ma la loro rigidità, flessibilità, punto di fusione e trasparenza variano.

Il polietilene ad alta densità è un materiale resistente e sostanzioso. Il vantaggio principale dell'utilizzo dell'HDPE è che è economico e costituito da un materiale forte e rigido. L'HDPE ha lo svantaggio di essere estremamente infiammabile e non biodegradabile. Inoltre, il polietilene ad alta densità non può essere composto e ha una scarsa resistenza agli agenti atmosferici. Il polietilene a bassa densità è molto più morbido e flessibile del polietilene ad alta densità. I vantaggi dell'utilizzo di questo materiale sono la sua resistenza all'umidità e agli agenti chimici. Inoltre, è poco costoso e di grado alimentare, quindi è adatto all'uso nei prodotti alimentari. Lo svantaggio della bassa densità è che può essere infiammabile e poco resistente alle temperature, il che lo rende pericoloso in prossimità di incendi.

Applicazioni

Il polietilene stampato a iniezione è spesso utilizzato in prodotti come arredi, contenitori per alimenti e componenti per automobili. Il PE è anche la resina per stampaggio a iniezione più utilizzata per la produzione di giocattoli, grazie alla sua atossicità. La resina HDPE è ottimale per i pezzi di grandi dimensioni che richiedono prestazioni fisiche eccezionali. Le applicazioni più comuni includono tubi resistenti alla corrosione, legname in plastica, imballaggi e bottiglie di plastica. Per lo stampaggio a iniezione di attrezzature da laboratorio, contenitori e recipienti, si utilizza in genere la resina LDPE. È inoltre comunemente utilizzato per lo stampaggio di rivestimenti di serbatoi e laghetti.



Figura 34 - Bottiglie in Polietilene

Polistirene (PS)

Le plastiche in polistirene sono leggere, relativamente economiche e resistenti alla crescita microbica e all'umidità. Oltre alla resistenza chimica agli acidi e alle basi diluite, queste plastiche di base hanno un'eccezionale resistenza alle radiazioni gamma, utilizzate per sterilizzare i dispositivi medici.

Oltre a essere economico, il polistirene è facilmente lavorabile con tecniche quali l'incollaggio, la verniciatura, il taglio e la levigatura.

Come per la maggior parte delle cose, c'è un compromesso da considerare. Da un lato, il PS è durevole e robusto. Può sopportare notevoli maltrattamenti. Tuttavia, questo implica anche che non è molto vantaggioso per l'ambiente. I detriti a base di PS si deteriorano molto lentamente.

Esistono due varietà principali di polistirene: Polistirene ad utilizzo generico (GPPS) e polistirene antiurto (HIPS). Il GPPS è fragile e ha una minore stabilità dimensionale rispetto all'HIPS, che contiene gomma butadiene per migliorare le sue proprietà materiali. Il GPPS è anche trasparente, come il vetro, mentre l'HIPS è opaco. Entrambi i materiali sono combustibili e degradabili ai raggi UV. Il polistirene può essere riempito con fibre di vetro per aumentarne la resistenza o copolimerizzato con acrilico per aumentarne la trasparenza e la resistenza chimica e ai raggi UV. Il PS può essere classificato come termoplastico o termoindurente (una plastica che non si scioglie durante la lavorazione) a seconda della varietà.

Applicazioni

Lo stampaggio a iniezione del polistirene ha applicazioni mediche, ottiche, elettriche ed elettroniche. L'HIPS è comunemente utilizzato negli elettrodomestici e nelle apparecchiature grazie alla sua maggiore resistenza agli urti, mentre il GPPS stampato a iniezione è utilizzato per giocattoli, astucci, contenitori e vassoi. Il polistirene ad alto impatto viene utilizzato anche per produrre involucri rigidi per cassette degli attrezzi e corpi di utensili elettrici.



Figura 35 - Imballaggio in Polistirene

Poliossimetilene (POM)

Il tecnopolimero poliossimetilene (POM) è noto anche come acetale. È eccezionalmente rigido, termicamente stabile e ha un basso coefficiente di attrito. Questa plastica ha un basso tasso di assorbimento dell'acqua e un'eccellente resistenza chimica. Le plastiche POM sono opache e di aspetto intrinsecamente bianco.

Esistono due varietà principali di plastiche acetaliche: gli omopolimeri, che offrono maggiore durezza e resistenza alla trazione, e i copolimeri POM. La resina copolimerica acetale è più resistente ai solventi organici e inorganici e agli acidi rispetto all'omopolimero. Tuttavia, ha tempi di ciclaggio dello stampo più lunghi ed è relativamente costosa. L'omopolimero di acetale offre una maggiore resistenza alla trazione e agli urti, nonché un'eccellente rigidità e resistenza al creep. Queste proprietà consentono cicli di stampaggio più brevi, progetti di pezzi più sottili e leggeri e la possibilità di ridurre i costi.

Gli acetali puri hanno una limitata resistenza agli urti e un tasso di espansione termica estremamente elevato. Tuttavia, il POM può essere rinforzato con fibre di vetro o minerali per aumentarne la resistenza e la rigidità. Entrambi i materiali offrono un eccezionale equilibrio di proprietà meccaniche nei compound rinforzati.

Poiché il POM stampato a iniezione non è resistente alla luce solare, le sue applicazioni all'esterno sono limitate. Sebbene il POM sia resistente ad alcoli, benzina, detergenti e lubrificanti per motori, non dovrebbe essere esposto agli acidi.

Applicazioni

Le applicazioni che richiedono forza, basso assorbimento d'acqua e resistenza chimica utilizzano l'acetale. Di conseguenza, viene spesso utilizzato per produrre componenti ingegneristici ad alte prestazioni.

Il POM stampato a iniezione viene utilizzato per cuscinetti, scatole degli ingranaggi, nastri trasportatori e ruote dentate, grazie al suo basso coefficiente di attrito. Altre applicazioni includono elementi di fissaggio, montature per occhiali, componenti per coltelli e armi da fuoco e sistemi di bloccaggio. Altre applicazioni dell'acetale sono cerniere, pale di ventilatori, maniglie di porte e penne da insulina.

Acrilico (PMMA)

L'acrilico è una termoplastica robusta e trasparente che offre un'alternativa al vetro, leggera e resistente alla frantumazione. Questo materiale stampato a iniezione ha un'eccezionale chiarezza ottica, che consente il passaggio di una quantità significativa di luce. L'acrilico, noto anche come PMMA o con il suo nome chimico completo Polimetilmetacrilato, è resistente alla luce ultravioletta (UV) e agli agenti atmosferici.

Data la sua somiglianza con il vetro, il PMMA viene in genere combinato con vari additivi o riempitivi per migliorare proprietà specifiche come la resistenza agli urti, il ritardo di fiamma, la resistenza chimica e il filtraggio dei raggi UV.

L'acrilico può resistere all'esposizione all'acqua e mantenere tolleranze precise, a differenza di altre materie plastiche. Il PMMA non assorbe gli odori, ma non è resistente ai solventi e si macchia facilmente di oli e grassi. Nonostante l'elevata resistenza alla trazione, l'acrilico stampato a iniezione è soggetto a cricche da stress sotto grandi carichi.

Sono disponibili sia materie plastiche PMMA per uso generale che speciali, tra cui:

- L'acrilico per applicazioni generiche è utilizzato nei prodotti di base.
- L'acrilico per insegne è più durevole e consente una trasmissione della luce superiore nelle insegne per esterni.
- L'acrilico di grado marino è resistente all'esposizione continua all'acqua.

Applicazioni

Le applicazioni di stampaggio a iniezione per l'acrilico includono finestre, serre, pannelli solari, involucri per bagni e altri componenti architettonici e per esterni trasparenti.



Figura 36 - Mensola in Acrilico

Elastomero termoplastico (TPE)

Il TPE è una combinazione di componenti in plastica ed elastomero. Viene lavorato come la plastica, ma possiede le proprietà e le prestazioni della gomma. Presenta un'eccezionale resistenza agli agenti chimici e atmosferici e un'elevata resistenza agli urti. Il TPE, noto anche come gomma termoplastica (TPR), può essere stirato fino ad allungamenti moderati e ritorna alla sua forma originale quando la tensione viene rimossa. È anche ecologico perché contiene plastiche riciclabili non tossiche, riducendo così l'impatto ambientale.

Il TPE è suscettibile al creep, la tendenza di un materiale solido a deformarsi in modo irreversibile, se sottoposto a pressioni prolungate. Inoltre, il TPE tende a perdere le sue proprietà elastiche a temperature più elevate ed è notevolmente più costoso di altri materiali plastici per lo stampaggio a iniezione.

L'acquisto di questo materiale può essere piuttosto costoso, il che rappresenta uno svantaggio.

Applicazioni

Le applicazioni per lo stampaggio a iniezione del TPE sono le calzature, le applicazioni automobilistiche, come le guarnizioni per le intemperie e gli stivali antiurto, e le applicazioni mediche, come i tubi di respirazione, le valvole, i cateteri e le cappe di ventilazione.



Figura 37 - Copertura bagagliaio in TPE

Poliuretano termoplastico (TPU)

Il TPU è una forma di TPE che viene spesso identificata separatamente a causa della sua ampia diffusione. Può essere utilizzato come sostituto della gomma rigida grazie al suo durometro più elevato e all'elasticità simile alla gomma. Il TPU stampato a iniezione ha anche eccellenti capacità di carico e resistenza all'ozono.

Tra i vantaggi del poliuretano si annoverano l'eccezionale durata e flessibilità, la resistenza agli impatti e agli strappi e la resistenza a grasso e olio. Grazie alla sua minima risposta agli strappi nel tempo, possiede un'eccellente stabilità dimensionale. Il TPU ha una resistenza superiore alle temperature estreme e alle sostanze chimiche rispetto al TPE. Alcuni TPU possono essere troppo rigidi per le parti stampate a iniezione e tendono a essere più costosi perché è necessario trattarli prima della lavorazione. Inoltre, hanno una durata di conservazione limitata.

Esistono gradi commerciali, medici e industriali di poliuretani termoplastici. Poliesteri, polietere e policaprolattone sono le tre classi principali di materiali TPU. Il TPU è più costoso di altri polimeri, ma per molte applicazioni, come le guaine protettive per fili e cavi, è indispensabile.

Applicazioni

Tra i prodotti fabbricati in TPU figurano i pannelli degli strumenti per autoveicoli, le ruote dei carrelli, gli articoli sportivi, gli utensili elettrici, le cinghie di trasmissione, i dispositivi medici, le calzature, i galleggianti gonfiabili e una varietà di applicazioni di film, fogli e profili estrusi. È anche un materiale popolare per gli esterni dei dispositivi malleabili, come le custodie dei telefoni cellulari.

1.8. Difetti e possibili soluzioni

Lo stampaggio a iniezione è un processo complicato con potenziali problemi di produzione. Questi possono essere causati da difetti negli stampi o, più frequentemente, da una lavorazione impropria dei pezzi.

La maggior parte dei difetti di stampaggio a iniezione è attribuibile al flusso del materiale fuso o alla sua velocità di raffreddamento non uniforme durante la solidificazione. Le sollecitazioni sono il principale problema di qualsiasi componente in plastica stampato a iniezione. Quando una resina plastica viene fusa in preparazione allo stampaggio, il calore e la forza dell'estrusore rompono momentaneamente i legami molecolari, permettendo alle molecole di fluire nello stampo. Quando il materiale si raffredda e i legami molecolari ricollegano la resina nella sua forma rigida, queste tensioni vengono effettivamente immobilizzate all'interno del componente. Le sollecitazioni su un componente possono causare deformazioni, segni di sprofondamento, spaccature, guasti prematuri e altri problemi.

Sebbene sia lecito aspettarsi alcune sollecitazioni in un componente stampato a iniezione, il componente deve essere progettato in modo da ridurle il più possibile. L'aggiunta di transizioni morbide tra gli elementi e l'utilizzo di arrotondamenti e raccordi nelle aree potenzialmente soggette a forti sollecitazioni sono due metodi per raggiungere questo obiettivo. Ecco un elenco di difetti che un ingegnere dovrebbe considerare quando progetta un componente stampato a iniezione.

Deformazione

Le sollecitazioni interne possono causare la deformazione permanente di un componente se alcune sezioni si raffreddano e si contraggono più rapidamente di altre. I componenti più suscettibili di deformazione sono quelli con uno spessore di parete non costante e una velocità di raffreddamento non uniforme.

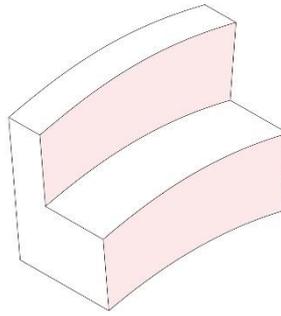


Figura 38 - Deformazione

Segni di affondamento

Quando il nucleo interno si raffredda, si contrae a una velocità diversa rispetto alla superficie esterna, che si è già contratta. Quando il materiale fuso viene iniettato in uno stampo, se l'interno di un pezzo si solidifica prima della superficie a causa della bassa pressione di iniezione o dello spessore non uniforme della parete, si può formare una piccola depressione su una superficie altrimenti piatta. Oltre a essere antiestetico, il segno rappresenta la tensione aggiuntiva del pezzo. Altri punti meno evidenti in cui si verifica l'affondamento sono le nervature, le bugne e gli angoli.

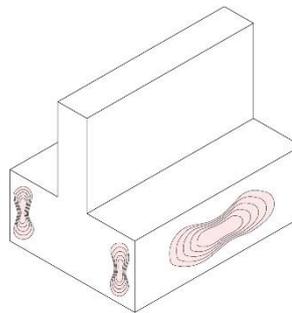


Figura 39 - Segni di affondamento

I pezzi con pareti spesse o con nervature non adeguatamente progettate tendono ad affondare maggiormente. I segni di affondamento possono essere causati da una pressione di iniezione troppo bassa, da un tempo/pressione di mantenimento troppo basso, da un tempo di raffreddamento troppo breve o da una velocità di raffreddamento non uniforme; con i canali caldi senza materozza, anche la temperatura del canale può essere troppo alta.

Segni di trascinamento

Quando la plastica si contrae, preme contro lo stampo. Lo scorrimento e lo sfregamento delle pareti del pezzo contro lo stampo durante l'espulsione possono causare segni di trascinamento. I pezzi con pareti verticali (e senza angolo di sforno) sono i più soggetti alle linee di trascinamento.

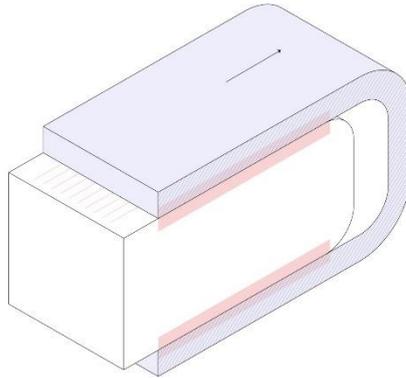


Figura 40 - Segni di trascinamento

Linee di giunzione

Quando due flussi convergono, si possono formare piccole decolorazioni simili a capelli. Queste linee di giunzione influenzano l'estetica del pezzo, ma in genere ne riducono anche la resistenza. Le linee di maglia sono più comuni nei pezzi con brusche variazioni geometriche o spazi vuoti.

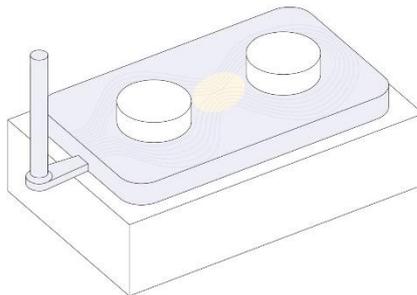


Figura 41 - Linee di giunzione

Linee di divisione

La linea di divisione è la linea di separazione tra le due metà dello stampo nel punto in cui si intersecano. Questo piano può essere una semplice superficie planare nei pezzi semplici, oppure una forma complessa che traccia il perimetro del pezzo attorno ai vari elementi che compongono la sagoma esterna del pezzo nei pezzi complessi. Le linee del pezzo possono anche verificarsi dove due componenti dello stampo si intersecano, come i perni di azione laterale, gli intarsi degli utensili e le chiusure. Le linee di separazione sono inevitabili.

Colata

Condizione in cui il materiale fuso fuoriesce dalla cavità dello stampo e si solidifica. Una volta evacuato il pezzo, un sottile strato di materiale si forma lungo la linea di separazione e vi aderisce. Tale fenomeno è causato da danni all'utensile, eccessiva velocità/materiale/pressione di iniezione e forza di chiusura inadeguata. Può anche essere causato da sporcizia e contaminanti sulle superfici degli utensili.

Componenti parziali

L'espulsione di un pezzo parziale a causa di materiale o velocità/pressione di iniezione insufficienti è un difetto comune. Anche l'aria intrappolata nello stampo può ostacolare il flusso del materiale durante l'iniezione, dando luogo a un pezzo incompleto. Una buona progettazione può migliorare la fluidità della plastica fusa. Il fenomeno è più frequente nei componenti con pareti sottili o con nervature progettate in modo inadeguato.

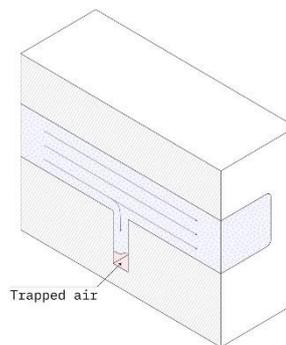


Figura 42 - Componente incompleto a causa di aria intrappolata

Segni di espulsione

Un difetto su un pezzo che si presenta come piccole rientranze dove il sistema di espulsione ha spinto il pezzo fuori dallo stampo.

Segni di bruciatura

Aree nere o marroni bruciate sulla parte in plastica, situate nei punti più lontani dal canale, causate da una mancanza di ventilazione dell'utensile o da un'eccessiva velocità di iniezione.

Striature di colore

Cambiamento di colore localizzato, di solito quando il materiale plastico e il colorante non si mescolano correttamente, oppure il materiale si è esaurito e comincia a trasparire solo come naturale.

Capitolo 2

2. Implementazione in azienda

Nel contesto commerciale competitivo di oggi, le aziende devono cercare continuamente metodi innovativi per migliorare i loro processi produttivi, ridurre i costi di produzione e migliorare la qualità dei prodotti. La decisione di Fenix Safety di implementare una linea di produzione di stampaggio a iniezione è una mossa strategica volta a raggiungere questi obiettivi cruciali.

Con l'aumento costante della domanda dei loro prodotti e l'incremento dei costi di gestione, è cresciuta la necessità di tecniche di produzione efficienti e convenienti. In risposta a questa richiesta, Fenix Safety ha deciso di implementare una linea di produzione di stampaggio a iniezione, un passo fondamentale per migliorare le sue capacità produttive.

Il processo inizia con una fase decisionale di fondamentale importanza, nota come analisi make or buy.

2.1. Analisi make or buy

Le aziende hanno solitamente la possibilità di acquistare una parte di un prodotto o l'intero prodotto da terze parti. L'outsourcing, talvolta noto come decisione make or buy, si riferisce al processo con cui un'organizzazione sceglie se produrre internamente un prodotto o un servizio piuttosto che acquistarlo da un fornitore esterno.

Make or buy si riferisce alla serie di valutazioni condotte da un'azienda per determinare chi debba produrre i singoli componenti o addirittura l'intero prodotto. Per essere più precisi, le valutazioni si concentrano principalmente su due opzioni: creare l'intero prodotto all'interno dell'azienda o acquistare i componenti del prodotto all'esterno, assemblarli internamente e rivendere il prodotto finito.

Lo sviluppo interno richiede una verifica delle competenze delle risorse disponibili. L'acquisto esterno richiede una selezione prudente dei fornitori con le risorse e le competenze più pertinenti.

I fattori coinvolti nella determinazione di ciò che è ottimale per la nostra situazione aziendale sono fondamentalmente due:

- *Fattori quantitativi.* I dati e il loro confronto sono alla base delle nostre considerazioni. Principalmente tra le due circostanze dobbiamo confrontare i costi, i ricavi e i margini.
- *Componenti qualitativi.* Sono generalmente meno tangibili rispetto al gruppo precedente e comprendono la qualità, i tempi di produzione e le capacità.

Ci sono vantaggi e svantaggi per entrambi gli approcci, e probabilmente in ogni progetto ci sarà una combinazione di lavoro interno ed esterno. Pertanto, può essere utile confrontare i vantaggi e gli svantaggi delle due alternative.

2.1.1. Vantaggi e svantaggi dell'opzione Make

I vantaggi della produzione interna includono:

- *Evitare i costi di approvvigionamento.* La gestione di un processo di approvvigionamento o di gara d'appalto comporta spese amministrative che non vengono sostenute nel caso di produzione interna.
- *Eliminazione della contrattazione.* Un contratto con una parte esterna richiede la preparazione e la gestione continua del contratto in questione, tenendo conto di tutte le considerazioni legali pertinenti. Questo viene evitato nel caso dello sviluppo interno, con conseguente riduzione dei costi amministrativi e la possibilità di iniziare il lavoro prima, grazie all'assenza della necessità di negoziare termini e considerazioni legali.
- *Risparmio sui costi.* Grazie al margine operativo di un potenziale fornitore che non deve essere pagato in questo caso, la produzione interna comporta in genere una riduzione dei costi.

In alcuni casi, tuttavia, l'analisi make or buy può svelare che non è conveniente produrre internamente un determinato prodotto o progetto, e questo può dipendere dai seguenti motivi:

- *Concorrenza delle risorse.* La decisione di produrre qualcosa internamente vincola le risorse del progetto a quell'obiettivo. In alcuni casi, questo può essere accettabile, ma può anche richiedere ai partecipanti al progetto di riprogrammare altre responsabilità per poter seguire numerosi progetti. Quando le risorse altamente qualificate sono coinvolte in più iniziative, questo accade spesso.
- *Rischi di scarsa qualità del lavoro.* Se ciò che deve essere prodotto non è qualcosa che l'azienda è abituata a fare e non rientra nelle competenze del team di progetto, il risultato finale potrebbe essere inferiore alle aspettative. In questa situazione, potrebbe essere prudente coinvolgere altre risorse o esternalizzare il lavoro.
- *Rallentamenti.* Le persone con meno esperienza in un compito sono in genere più lente di quelle con più esperienza. Non è sempre possibile utilizzare risorse altamente competenti per mancanza di disponibilità o perché sono occupate con altri compiti. In queste circostanze, potrebbe essere opportuno cercare un produttore esterno.

In generale, la decisione di fare qualcosa internamente è più conveniente quando è possibile utilizzare il personale interno, in quanto le risorse specializzate sono in genere meno costose di quelle di un fornitore esterno. D'altra parte, lo sviluppo interno può richiedere molto più tempo. Di conseguenza, se la tempestività della consegna è un problema, l'acquisto può essere l'opzione migliore.

2.1.2. Vantaggi e svantaggi dell'opzione Buy

Acquistare qualcosa da una fonte esterna offre i seguenti vantaggi:

- *Rapidità.* Grazie alla maggiore esperienza e alle risorse abituate a svolgere i compiti richiesti, il fornitore esterno sarà in genere in grado di operare in modo più efficiente rispetto al team interno.
- *Facilità.* Ci si libera di tutti i problemi operativi, ad eccezione del monitoraggio delle prestazioni del fornitore.

- *Amministrazione del progetto.* In genere, un fornitore qualificato fornirà anche i servizi di gestione del progetto necessari per mantenere il controllo sull'avanzamento e la qualità del lavoro.

Tuttavia, nell'analisi make or buy, si devono considerare anche i potenziali svantaggi dell'acquisto, tra cui:

- *Mancanza di controllo.* L'acquisto comporta sempre la dipendenza dal fornitore e, di conseguenza, un controllo limitato. Si può ovviare a questo problema lavorando a stretto contatto con il fornitore, ma in definitiva non si ha lo stesso livello di certezza organizzativa di quando si utilizzano risorse interne.
- *Assistenza continua.* Se il fornitore crea qualcosa che richiederà attività di supporto all'utente in futuro, come lo sviluppo di un software, e non esiste un piano di trasferimento delle conoscenze tra il fornitore e il personale interno, si può finire per dipendere dal fornitore per tutti i requisiti di supporto.

La decisione di acquistare un particolare servizio o bene può spesso essere influenzata dai vantaggi ottenuti in termini di velocità e qualità, e sovente di costo.

2.1.3. Caso specifico

Nel caso specifico dell'azienda Fenix Safety riguardante la produzione di componenti plastici, dalle analisi make or buy realizzate si è riscontrato un possibile risparmio economico al pezzo di circa il 30%, dovuto principalmente al costo della manodopera e ai margini operativi del precedente fornitore; un fattore molto influente è anche il costo dell'energia, più economica in Romania, dove si trova lo stabilimento dell'azienda, rispetto all'Italia.

Altre considerazioni riguardano anche la logistica semplificata rispetto all'opzione precedente. Producendo internamente si possono evitare di organizzare spedizioni dal fornitore allo stabilimento, riducendo costi e questioni organizzative. È inoltre possibile produrre seguendo l'andamento

dell'utilizzo delle componenti necessarie, riducendo lo spazio occupato in magazzino e massimizzando la flessibilità.

Considerando questi fattori, l'azienda ha ritenuto opportuno intraprendere la produzione interna delle componenti plastiche, malgrado l'iniziale inesperienza nel settore. Il tutto è stato reso possibile dal contributo di vari consulenti esperti in materia, oltre ovviamente all'assunzione di personale specializzato.

L'avviamento di una linea di iniezione plastica comporta un investimento iniziale relativamente alto, ma grazie agli elevati volumi di produzione il ritorno sull'investimento sembra essere estremamente rapido dai calcoli preliminari. Inoltre, lo sviluppo futuro verrà agevolato da investimenti statali, per i quali l'azienda ha partecipato ad un concorso vincendo appunto un investimento a fondo perduto abbastanza consistente.

2.2. Componenti stampate

L'azienda Fenix Safety richiede ogni mese la produzione di numerose componenti plastiche, in volumi elevati, per i propri prodotti. Non potendo iniziare a produrre tutte le componenti necessarie fin da subito, l'azienda si è concentrata inizialmente su uno solo dei prodotti della sua gamma, che solitamente necessita in grandi quantità.

Il prodotto, in *Figura 43*, è un regolatore nastro spalla; permette di regolare la lunghezza e la tensione delle cinture che dalla fibbia centrale salgono verso le spalle, mantenendo il bambino ben fisso sul seggiolino. Il prodotto in questione è composto, tra le altre cose, da due elementi plastici, una scocca e un pulsante.



Figura 43 - Regolatore spalla

2.2.1. Scocca

La scocca, oltre ad avere funzioni estetiche, garantisce la funzionalità del prodotto mantenendo le componenti metalliche all'interno e nella giusta disposizione, permettendo una corretta direzione di movimento degli elementi.

Data la necessità di avere un componente con elevata resistenza meccanica e agli urti, è stato scelto come materiale il Nylon PA6, colorato tramite del master pallettizzato di colore nero. Una volta stampato, il pezzo pesa circa 8 grammi.



Figura 44 - Modello Scocca

2.2.2. Pulsante

Il pulsante permette, grazie anche all'utilizzo di una molla, il movimento verticale di una barretta di metallo all'interno del prodotto, e garantisce quindi il rilascio della tensione nel nastro quando premuto, permettendo la regolazione del nastro.

Per le stese ragioni della scocca, il materiale scelto è il Nylon PA6, questa volta però miscelato con master di colore grigio. Il pezzo ha un peso finale di circa 3 grammi.

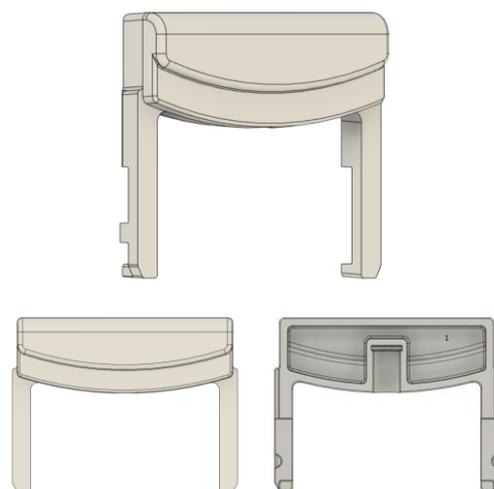


Figura 45 - Modello Pulsante

2.3. Stampi

Gli stampi dei due componenti sopracitati sono stati prodotti dal precedente fornitore di componenti plastiche in Italia, che per l'appunto si occupa anche di creazione stampi.

Gli stampi in questione sono piuttosto semplici, ma costruiti in modo tale da garantire alti volumi per un lungo tempo. Per questa ragione sono stati costruiti in acciaio e a due piastre; il fatto che non ci siano complicati elementi mobili ne migliora la facilità di manutenzione e la longevità.

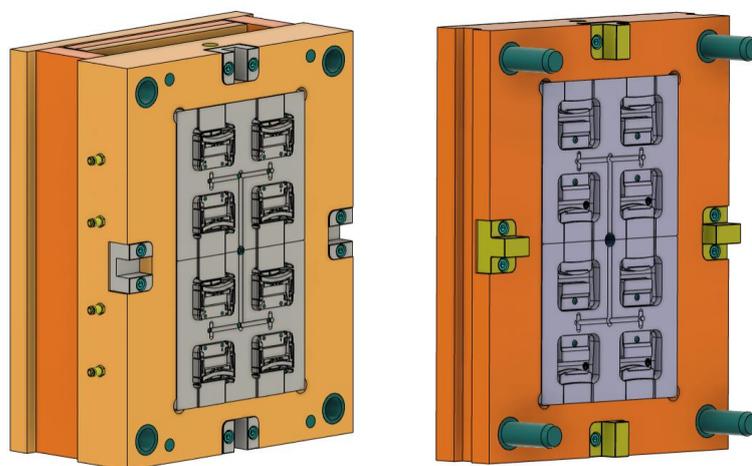


Figura 46 - Stampo Scocca

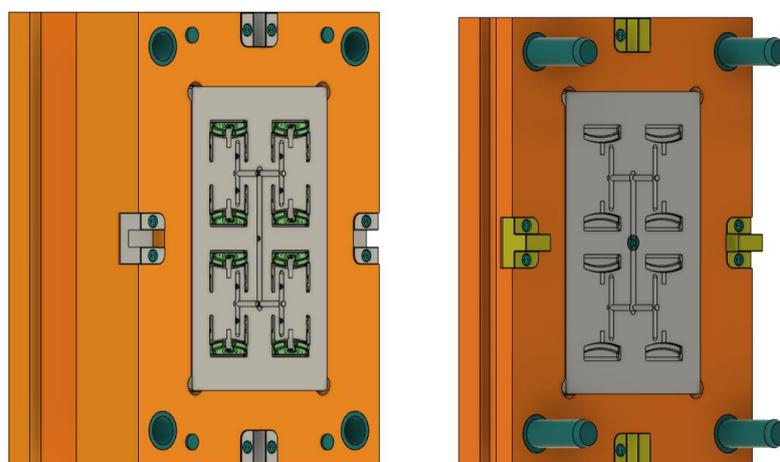


Figura 47 - Stampo Pulsante

Entrambi gli stampi sono a cavità multiple (8 cavità per la precisione) e a canale freddo, il che significa che la produzione oraria è di molto superiore rispetto ad uno stampo a cavità singola, ma è necessario dividere i componenti finiti dalla materozza raffreddatasi nel canale.

In *Figura 48 e 49* è possibile vedere il risultato finale delle stampe, composto dagli 8 elementi e dalla materozza. Il tutto pesa circa 76 grammi per la scocca e 36 grammi per il pulsante.

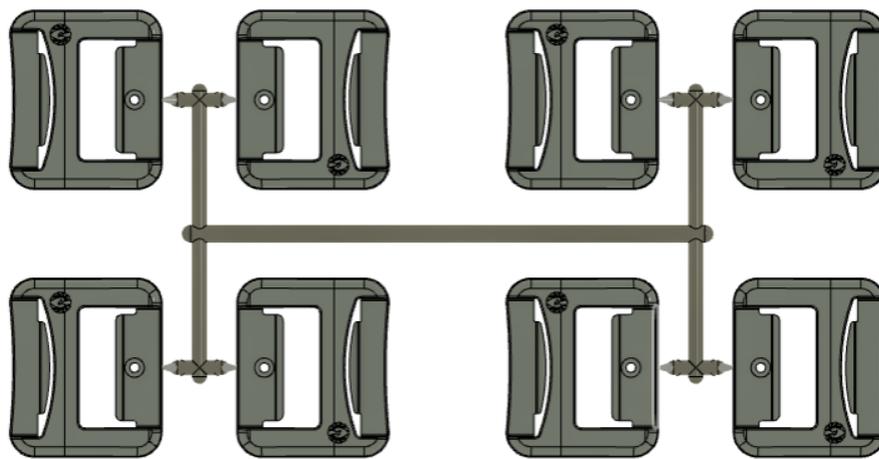


Figura 48 - Stampata completa Scocca

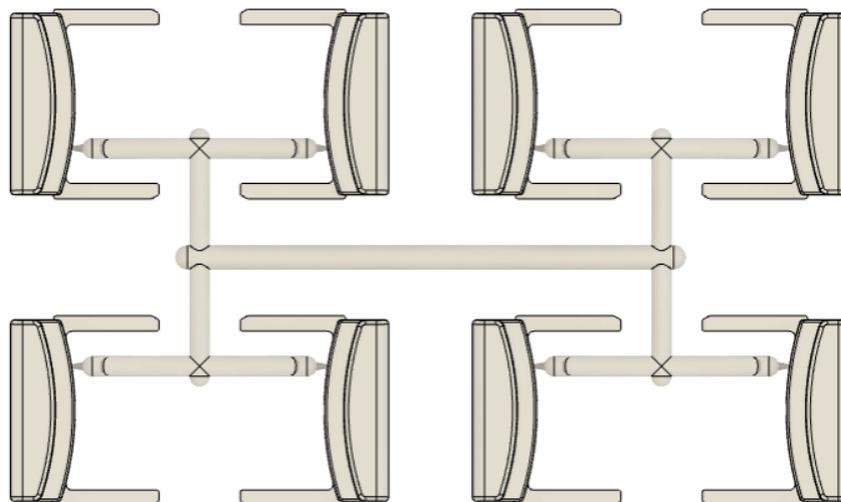


Figura 49 - Stampata completa Pulsante

2.4. Acquisto macchinari e periferiche

Una volta approvata la decisione di verticalizzare il processo, producendo le componenti plastiche internamente, è stato necessario acquistare i macchinari e le periferiche essenziali per l'implementazione della linea in azienda.

Vista l'inesperienza nel settore e l'elevato costo dell'investimento, è stato preferito acquistare inizialmente dei macchinari usati da rivenditori certificati. In tal senso è stato scelto di affidarsi ad un rivenditore polacco per le presse a iniezione, il frigorifero e alcune periferiche. Altre periferiche sono invece state recuperate da un'azienda partner italiana che ha di recente abbandonato il business dello stampaggio a iniezione.

2.4.1. Presse a iniezione

Dopo un'attenta analisi la scelta è ricaduta su due presse Arburg 420C 1000-350 del 2001. Le macchine in questione hanno una forza di serraggio di 100 Tonnellate e sono presse idrauliche.



Figura 50 - Pressa a iniezione Arburg 420C 1000-350

In *Tabella 1* le specifiche tecniche delle due presse.

Tabella 1 - Specifiche tecniche Arburg 420C 1000-350

| | | MACCHINA 1 | MACCHINA 2 |
|----------------------|--------------------------|--|--|
| INJECTION UNIT | SCREW DIAMETER | 40 mm | 45 mm |
| | SHOT WEIGHT | 153 g | 194 g |
| | INJECTION PRESSURE | 2120 bar | 1670 bar |
| | SHOT VOLUME | 182 ccm | 230 ccm |
| CLAMPING UNIT | CLAMPING FORCE | 100 T | |
| | TIE BAR DISTANCE | 420 x 420 mm | |
| | MAX SIZE OF MOULD PLATES | 570 x 570 mm | |
| | EJECTOR | Hydraulic | |
| | CLAMP TYPE | Hydraulic | |
| CONTROL SYSTEM | | SELOGICA | |
| MEASURES & WEIGHT | WEIGHT | 3430 kg | |
| | L x W x H | 4.33 x 1.64 x 2.08 m | |
| POWER CONSUMPTION | PUMP/MOTOR | 22 kw | |
| | HEATING CAPACITY | 10.2 kw | |
| | TOTAL | 32.2 kw | |
| ADDITIONAL EQUIPMENT | | Euomap 12 | Euomap 12 |
| | | Interface of robot | Interface of robot |
| | | Air valve x 2 | Core puller control |
| | | Hydraulic core puller x 1 | Hot runner control |
| | | Injection unit reinforced - bimetal (high wear resistant cylinder) | Injection unit reinforced - bimetal (high wear resistant cylinder) |

2.4.2. Periferiche

In abbinamento alle presse a iniezione è stato necessario acquistare le periferiche per il corretto funzionamento della linea di produzione, anch'esse usate.

Per prima cosa è indispensabile un frigorifero industriale per il raffreddamento dell'acqua e della pressa. In questo caso si è optato per un Riedel PC-315.01-NE. È stato inoltre doveroso l'acquisto di due

termoregolatori per il controllo della temperatura dello stampo e due aspiratori per il caricamento del materiale.



Figura 51 – Frigorifero Riedel PC-315.01-NE

Come già anticipato, alcune periferiche sono arrivate da un'azienda italiana, tra cui dei termoregolatori di riserva, un essiccatore, un deumidificatore e dei granulatori per la riduzione in pellet delle materozze e il conseguente riutilizzo dei materiali di scarto.

2.5. Ciclo di stampaggio

Una volta posizionate le macchine e collegate agli impianti elettrici e idraulici, è stato necessario decidere il ciclo di stampa per le due componenti.

Malgrado le due macchine fossero uguali uscite dalla fabbrica, essendo usate e alquanto vecchie nel tempo sono state modificate o hanno avuto dei problemi. Per questo è stato necessario impostare due cicli leggermente diversi uno dall'altro. Gli stampi e i componenti non sono particolarmente complicati per cui un ciclo abbastanza semplice è sufficiente.

Tale ciclo per la scocca è composto, come in *Figura 52*, dalla chiusura dello stampo, l'iniezione del materiale fuso, e il mantenimento; durante il raffreddamento del pezzo il materiale viene dosato all'interno della vite per essere pronto per il prossimo ciclo. In seguito, lo stampo si apre e gli espulsori entrano in azione per liberare il pezzo completo dallo stampo. Per tutta la durata del ciclo l'ugello resta a contatto con l'unità di chiusura e lo stampo, invece per il ciclo di stampaggio del pulsante l'unica differenza è che l'ugello resta a contatto solo durante l'iniezione della plastica, mentre per il resto del tempo il carrello si sposta indietro distaccandosi dallo stampo.

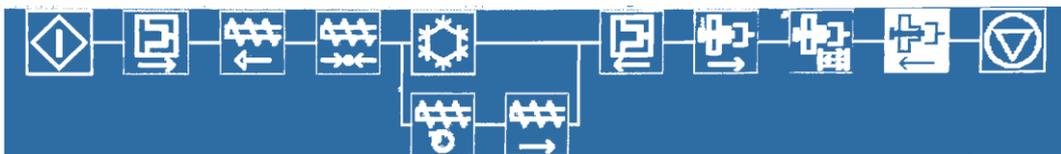


Figura 52 - Ciclo stampaggio scocca

2.6. Prime stampe e risoluzione problemi

Le prime stampe, effettuate con la supervisione di consulenti tecnici specializzati, sono andate relativamente senza problemi. È stato necessario calibrare la temperatura dei riscaldatori intorno al cilindro e dello stampo.

Una volta effettuati un po' di cicli di stampa, sono stati individuati tre piccoli problemi ricorrenti nei componenti prodotti.

Il primo difetto, presente in entrambi gli elementi, riguarda la linea di divisione, che appare fin troppo evidente creando una sorta di bava. Questo difetto deriva solitamente da uno stampo non perfetto (per esempio gli angoli sulla linea di divisione sono rigidi e non arrotondati) ed è perciò molto difficile se non impossibile risolverli senza intervenire direttamente sullo stampo, operazione costosa e rischiosa. In questo caso, infatti, non si è riuscito a risolverlo definitivamente, ma è stato possibile ridurlo fino ad un livello accettabile regolando la forza di serraggio.

Il secondo difetto, presente solo sul pulsante, era un segno di affondamento sulla superficie piana, dovuto alla geometria complicata dietro quella parte e ad un tasso di raffreddamento del materiale non regolare. Aggiustando la pressione di iniezione e di mantenimento, oltre alla temperatura dello stampo tramite il termoregolatore, si è reso questo difetto sostanzialmente impercettibile.



Figura 53 - Segno di affondamento sul pulsante

Il terzo difetto, situato sul retro della scocca, è un segno di bruciatura dovuto alla mancanza di ventilazione d'aria che rimane intrappolata in quel punto, e alla conseguente mancanza di riempimento del materiale fino alle pareti dello stampo. In questo caso, visto che il difetto si trova in un punto non visibile quando il prodotto è assemblato e che non ha rilevanza a livello di funzionalità, oltre al fatto che sarebbe stato necessario intervenire sullo stampo se non addirittura cambiarlo del tutto per risolvere definitivamente il problema, è stato deciso di non intervenire a riguardo.



Figura 54 - Bruciatura sul pulsante

2.7. Valutazioni finali

Dopo un mese circa di produzione a pieno regime, interrotta solo da interventi tecnici inevitabili per macchinari usati anche se appena comprati, è possibile raccogliere i primi dati e valutare i benefit portati dall'internalizzazione della produzione di materiali plastici.

2.7.1. Analisi tempi

Il primo punto da valutare è quanto ci impiega l'azienda a produrre i volumi necessari, e se ci sono potenziali efficienze da esplorare.

I tempi ciclo attuali per la scocca e il pulsante sono rispettivamente 29s e 21s circa. Considerando che per ogni ciclo vengono prodotti 8 pezzi, questo porta ad una produzione oraria di 1371 pulsanti e 993 scocche.

È stato stimato che per un giorno lavorativo di 8 ore il tempo medio di produzione effettiva sia di 7,5 ore, per garantire i tempi di accensione, riscaldamento e spegnimento dei macchinari.

Con questi valori si arriva ad una produzione giornaliera di 7447 scocche e 10282 pulsanti. Considerando una richiesta media mensile di 140000 regolatori, e quindi della stessa quantità per ognuno dei componenti, si ricava un tempo di evacuazione dell'ordine di 19 e 14 giorni.

In *Tabella 2* i valori nel dettaglio.

Tabella 2 - Tempo necessario al completamento delle unità necessarie al mese

| COMPONENTE | TEMPO CICLO (s) | # CAVITA' STAMPO | PRODUZIONE ORARIA | ORE DI PRODUZIONE | PRODUZIONE GIORNALIERA | VOLUMI ORDINE (pcs) | GIORNI LAVORATIVI PER COMPLETARE ORDINE |
|------------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------------|---------------------|---|
| SCOCCA | 29 | 8 | 993 | 7.5 | 7447 | 140000 | 18.8 |
| PULSANTE | 21 | 8 | 1371 | 7.5 | 10282 | 140000 | 13.6 |

L'obiettivo futuro sarebbe quello di accorciare i tempi ciclo e potenzialmente spostare entrambi gli stampi sulla stessa pressa, liberando la seconda per altre produzioni.

2.7.2. Analisi costi

In *Tabella 3* è possibile notare un'analisi dettagliata dei costi e dei risparmi. Tutti i costi sono aggiornati a settembre 2023.

Tabella 3 - Analisi costi e risparmi

| COMPONENTE | PESO PEZZO (gr) | # CAVITA' | PESO MATEROZZA (gr) | PESO TOT | COSTO MATERIALE AL KG | PESO MASTER 2% AL PEZZO (gr) | COSTO MASTER AL KG | COSTO MATERIALE AL PEZZO |
|------------|----------------------------|-----------|------------------------|-----------------|-----------------------|------------------------------|--------------------|--------------------------|
| SCOCCA | 8 | 8 | 12 | 76 | € 2.70 | - | € 6.00 | € 0.026 |
| | VALORE RIVENDITA MATEROZZA | | COSTO ENERGIA AL PEZZO | COSTO OVERHEADS | COSTO TOTALE | COSTO PRECEDENTE FORNITORE | DELTA | RISPARMIO % |
| | € 0.0014 | | € 0.0077 | € 0.035 | € 0.0675 | € 0.0955 | € 0.03 | 29% |
| COMPONENTE | PESO PEZZO (gr) | # CAVITA' | PESO MATEROZZA (gr) | PESO TOT | COSTO MATERIALE AL KG | PESO MASTER 2% AL PEZZO (gr) | COSTO MASTER AL KG | COSTO MATERIALE AL PEZZO |
| PULSANTE | 3 | 8 | 12 | 36 | € 2.70 | 0.06 | € 6.00 | € 0.01251 |
| | VALORE RIVENDITA MATEROZZA | | COSTO ENERGIA AL PEZZO | COSTO OVERHEADS | COSTO TOTALE | COSTO PRECEDENTE FORNITORE | DELTA | RISPARMIO % |
| | € 0.0014 | | € 0.0077 | € 0.035 | € 0.0543 | € 0.0744 | € 0.02 | 27% |

È importante sottolineare come al momento la materozza venga tritata (per questioni di spazio) ma non riutilizzata, mentre è intenzione futura riciclare gli scarti per abbassare ulteriormente il costo del materiale. Inoltre, si noti come per il pulsante grigio è presente il costo del master mentre per la scocca nera no; questo è dovuto al fatto che il fornitore vende il materiale nero già con master, mentre per il grigio è necessario aggiungerlo a posteriori.

Il risparmio che si ottiene è di poco inferiore al 30%, includendo overheads e energia. Con i volumi sopracitati l'utile risparmiato da questo cambio è di circa 6500€ al mese, e con l'investimento iniziale per la creazione della linea di circa 45000€ il ritorno sull'investimento è fissato a soli 7 mesi.

2.7.3. Benefit logistici

Spostando la produzione all'interno, oltre ai vantaggi economici che sono stati appena analizzati, si sono riscontrati numerosi vantaggi logistici tipici in questo tipo di soluzione.

Per prima cosa non è più necessario organizzare (e pagare) il trasporto dei pezzi dal fornitore in Italia fino all'impianto in Romania. Inoltre, a livello di magazzino è molto più semplice l'organizzazione, in quanto è presente bene o male sempre la stessa quantità di stock, mentre in precedenza si aveva una

quantità di molto superiore alla giacenza media attuale quando era appena arrivata la spedizione, mentre si rimaneva con quantità molto scarse e parecchio spazio vuoto a magazzino una volta arrivati al termine del ciclo d'ordine.

Oltretutto, l'implementazione di questa linea di produzione è stata effettuata anche a causa del cambiamento del processo di assemblaggio, che ora tramite accordi con lo stato viene effettuato dai carcerati in prigione come programma di reinserimento, e al conseguente liberamento di una grossa porzione dell'impianto ora sfruttato più efficientemente. Malgrado sia stata necessaria l'assunzione di manodopera specializzata non presente in azienda per operare le presse a iniezione, questa nuova linea di produzione permette un migliore sfruttamento delle risorse interne già presenti.

Di contro, la produzione interna necessita l'implementazione di un ulteriore controllo qualità, che però se ben gestito può rivelarsi un'opportunità piuttosto che un rischio.

2.8. Progetti futuri

Visto l'elevato rendimento economico di questo tipo di operazione, l'azienda sta prendendo in considerazione di espandere il business della plastica ad iniezione per arrivare almeno ad essere in grado di poter rifornirsi autonomamente di tutte le componenti necessarie per la vasta gamma di prodotti.

Considerando lo spazio disponibile, gli stampi di proprietà e i volumi di produzione, è stato stimato che con altre 5 presse a iniezione, sia più piccole che più grandi, l'azienda sia in grado di provvedere alle proprie esigenze in materia plastica. Due presse ibride complete di robot, questa volta nuove, sono già state acquistate dalla Cina e il loro arrivo è pianificato per inizio novembre; insieme sono stati anche acquistati due picker togli materozza per le presse già presenti e altre periferiche varie.

Un altro obiettivo aziendale è l'automazione dei vari processi, dallo stoccaggio al trasporto del materiale, il dosaggio dei vari additivi e coloranti e la gestione dei prodotti finiti.

Conclusion

Questa tesi offre un'indagine approfondita del processo di stampaggio a iniezione, che comprende sia l'analisi teorica che un caso studio pratico. Attraverso l'integrazione delle conoscenze fondamentali offerte nel capitolo iniziale con le nozioni pratiche ottenute dal caso studio incluso nel capitolo successivo, è stata raggiunta una comprensione approfondita dell'importanza, delle complessità e degli usi pragmatici dello stampaggio a iniezione. La tecnica di stampaggio a iniezione esemplifica l'integrazione di tecnologia, ingegneria di precisione e scienza dei materiali. La progressione del suo sviluppo nel corso degli anni ha fornito ai produttori la capacità di produrre in modo efficiente e costante componenti intricati.

Il capitolo iniziale ha gettato le basi di questa tesi, esaminando approfonditamente i fondamenti teorici dello stampaggio a iniezione. Il capitolo è iniziato con un'indagine storica e ha illustrato la progressione dello stampaggio a iniezione dalla sua forma primitiva iniziale al suo stato contemporaneo di tecnica avanzata e raffinata nel campo della produzione. L'analisi completa del processo di stampaggio a iniezione, che comprende le fasi di preparazione del materiale, fusione, iniezione e raffreddamento, ha rivelato le intricate interdipendenze tra diversi fattori che insieme influenzano la produzione di componenti precisi e complessi. Inoltre, la disamina dei macchinari per lo stampaggio a iniezione, che comprendono sia l'unità di iniezione che l'unità di bloccaggio, evidenzia l'importanza significativa di ciascun componente per ottenere risultati consistenti e di qualità superiore. L'indagine sui materiali utilizzati nel processo di stampaggio a iniezione, tra cui termoplastici, polimeri termoindurenti ed elastomeri, ha dimostrato le ampie capacità di questa tecnica di produzione, che offre una vasta gamma di scelte a progettisti e ingegneri.

Il quadro teorico è stato esemplificato nel secondo capitolo attraverso un caso studio, che ha mostrato l'applicazione pratica dell'implementazione di una linea di produzione di stampaggio a iniezione presso l'azienda Fenix Safety. Il caso studio ha incluso un resoconto del processo coinvolto in questa implementazione, presentando un'analisi degli ostacoli pratici e delle scelte strategiche coinvolte nel processo di internalizzazione delle capacità di stampaggio a iniezione.

Inoltre, ha esaminato i vari vantaggi emersi come risultato dell'integrazione efficace di un sistema di produzione di stampaggio a iniezione interno. I vantaggi si sono estesi oltre i fattori economici, in quanto hanno incluso i miglioramenti nel controllo della qualità, la capacità di adattare la produzione per soddisfare le diverse richieste, la protezione della proprietà intellettuale e la capacità di rispondere rapidamente ai cambiamenti del mercato. Inoltre, le capacità produttive interne di Fenix Safety hanno posizionato l'azienda come un partecipante più competitivo e innovativo nel settore dei componenti per auto di sicurezza per bambini.

In sintesi, questa tesi ha presentato un esame approfondito dello stampaggio a iniezione, comprendendo le sue basi teoriche e la sua implementazione pratica in un contesto industriale reale. Questo elaborato sottolinea l'importanza delle moderne tecnologie di produzione e i fattori strategici che contribuiscono all'innovazione e alla competitività nell'attuale industria manifatturiera, evidenziando gli effetti vantaggiosi dell'integrazione della tecnologia di stampaggio a iniezione sulle prospettive future e sulla competitività di un'azienda come Fenix Safety nel mercato mondiale. La continua evoluzione e il successo dell'azienda sono sottolineati da questo esempio esplicativo.

Sitografia

Polyplast,

www.polyplastics.com/en/support/mold/outline/,

consultato il 06/09/2023

Twi Global,

www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-injection-moulding,

consultato il 06/09/2023

Faist Group,

www.faistgroup.com/news/plastic-injection-molding/,

consultato il 06/09/2023

Tony Rogers, Creative Mechanism,

www.creativemechanisms.com/blog/everything-you-need-to-know-about-injection-molding,

consultato il 06/09/2023

Custompartnet,

www.custompartnet.com/wu/InjectionMolding,

consultato il 06/09/2023

Xometry,

www.xometry.com/resources/injection-molding/plastic-injection-molding-history/,

www.xometry.com/resources/injection-molding/injection-mold-components/,

www.xometry.com/resources/injection-molding/plastic-injection-molding-materials/,

consultato il 06/09/2023

Wunder-Mold,

www.wundermold.com/what-history-plastic-injection-molding/,

consultato il 06/09/2023

Sybridge Technologies,

www.sybridge.com/a-brief-history-of-plastic-injection-molding/,

consultato il 06/09/2023

New Berlin Plastic,

www.nbplastics.com/resources/brief-history-plastic-injection-molding/,

consultato il 06/09/2023

Jill Worth, Rodon Group,

www.rodongroup.com/blog/hydraulic-electric-and-hybrid-plastic-injection-molding-which-process-is-right-for-you,

www.rodongroup.com/blog/plastic-injection-molding-101-the-types

consultato il 06/09/2023

EnviroTech Custom Injection Molders,

www.empslc.com/basics-on-hydraulic-electric-and-hybrid-plastic-injection-molding-part-1/,

www.empslc.com/basics-on-hydraulic-electric-and-hybrid-plastic-injection-molding-part-2/,

consultato il 06/09/2023

Cory Arbogast, Pleasant Precision Inc.,

www.inbound.teampi.com/blog/electric-vs.-hydraulic-injection-molding-machines, consultato il 06/09/2023

HVR Magnetics Co. Ltd,

www.magneticplaten.com/blog/injection-molding-machine-types/,

consultato il 06/09/2023

Market Prospect,

www.market-prospects.com/articles/what-is-an-injection-molding-machine-1, consultato il 06/09/2023

Academic Accelerator,

www.academic-accelerator.com/encyclopedia/injection-molding-machine,

consultato il 06/09/2023

MSI Mold,

www.msi-mold.com/plastic-injection-molds/,

consultato il 06/09/2023

Hubs,

www.hubs.com/guides/injection-molding/,

consultato il 06/09/2023

3D Systems,

www.3dsystems.com/quickparts/learning-center/injection-molding-basics,

consultato il 06/09/2023

Plastic Components,

www.plasticcomponents.com/plastic-injection-molding-101,

consultato il 06/09/2023

Rex Plastic,

www.rexplastics.com/plastic-injection-molding/plastic-injection-molding-guide,

consultato il 06/09/2023

Rapid Direct,

www.rapidirect.com/blog/types-of-injection-molds/,

consultato il 06/09/2023

Chris Weinrich, Conair Group,

www.conairgroup.com/resources/resource/injection-molding-processing-the-basic-guide-to-using-auxiliary-equipment/,

consultato il 06/09/2023

Steve Melito, Fictiv,

www.fictiv.com/articles/the-ten-most-common-plastic-injection-molding-materials/,

consultato il 06/09/2023

Chris Williams, Star Rapid,

www.starrapid.com/blog/the-ten-most-popular-plastic-injection-molding-materials/, consultato il 06/09/2023

Adreco Plastics,

www.adrecoplastics.co.uk/10-injection-moulding-materials/,

consultato il 06/09/2023

Human Ware,

www.humanwareonline.com/project-management/center/analisi-make-or-buy/, consultato il 06/09/2023

Giuseppe Brusadelli, Fare Numeri,

www.farenumeri.it/make-or-buy-quale-scegliere/,

consultato il 06/09/2023

Indice Figure

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 - LINEA DI STAMPAGGIO A INIEZIONE | 3 |
| FIGURA 2 - ESEMPIO DI PRODOTTO REALIZZATO TRAMITE SOVRASTAMPAGGIO | 4 |
| FIGURA 3 - ESEMPIO DI PRODOTTI REALIZZATI TRAMITE STAMPAGGIO A INSERTO | 5 |
| FIGURA 4 - PRODUZIONE DI BOTTIGLE TRAMITE IL SOFFIAGGIO | 6 |
| FIGURA 5 - PRODOTTI REALIZZATI TRAMITE STAMPAGGIO AD ESTRUSIONE | 7 |
| FIGURA 6 - BREVETTO PER LO STAMPAGGIO A INIEZIONE | 9 |
| FIGURA 7 - BREVETTO VITE DI ESTRUSIONE | 11 |
| FIGURA 8 - RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEL PROCESSO DI INIEZIONE | 13 |
| FIGURA 9 - PRESSA A INIEZIONE | 16 |
| FIGURA 10 - UNITÀ DI INIEZIONE | 17 |
| FIGURA 11 - UNITÀ DI CHIUSURA | 20 |
| FIGURA 12 - STAMPO LEGO RITIRATO DALLA PRODUZIONE | 21 |
| FIGURA 13 - CANALI DELLO STAMPO | 22 |
| FIGURA 14 - SPOSTAMENTO LINEA DI DIVISIONE | 23 |
| FIGURA 15 - DUE ESEMPI DI CHIUSURE | 24 |
| FIGURA 16 - SFILATURA SOTTOSQUADRO | 24 |
| FIGURA 17 - ANIMA AD AZIONE LATERALE | 25 |
| FIGURA 18 - OTTIMIZZAZIONE SPESSORE PARETE | 26 |
| FIGURA 19 - STAMPO A CAVITÀ SINGOLA | 29 |
| FIGURA 20 - STAMPO A CAVITÀ MULTIPLE | 29 |
| FIGURA 21 - STAMPO FAMILIARE | 30 |
| FIGURA 22 - STAMPO A PILA | 31 |
| FIGURA 23 - MISCELATORE VERTICALE | 33 |
| FIGURA 24 - ESSICCATORE A TRAMOGGIA | 34 |
| FIGURA 25 - TERMOREGOLATORE | 35 |
| FIGURA 26 - REFRIGERATORE CENTRALE | 36 |
| FIGURA 27 - ROBOT MULTIASSE | 37 |
| FIGURA 28 - PRESSA A INIEZIONE VERTICALE | 43 |
| FIGURA 29 - MATERIALI PLASTICI PELLETTIZZATI | 45 |
| FIGURA 30 - TUBAZIONE IN POLIPROPILENE | 46 |
| FIGURA 31 - OCCHIALI PROTETTIVI IN POLICARBONATO | 47 |
| FIGURA 32 - MATTONCINI LEGO IN ABS | 48 |

| | |
|---|----|
| FIGURA 33 - UTENSILI DA CUCINA IN NYLON..... | 50 |
| FIGURA 34 - BOTTIGLIE IN POLIETILENE..... | 52 |
| FIGURA 35 - IMBALLAGGIO IN POLISTIRENE..... | 53 |
| FIGURA 36 - MENSOLA IN ACRILICO..... | 55 |
| FIGURA 37 - COPERTURA BAULE IN TPE..... | 56 |
| FIGURA 38 - DEFORMAZIONE..... | 59 |
| FIGURA 39 - SEGNI DI AFFONDAMENTO..... | 59 |
| FIGURA 40 - SEGNI DI TRASCINAMENTO..... | 60 |
| FIGURA 41 - LINEE DI GIUNZIONE..... | 60 |
| FIGURA 42 - COMPONENTE INCOMPLETO A CAUSA DI ARIA INTRAPPOLATA..... | 61 |
| FIGURA 43 - REGOLATORE SPALLA..... | 68 |
| FIGURA 44 - MODELLO SCOCCA..... | 69 |
| FIGURA 45 - MODELLO PULSANTE..... | 69 |
| FIGURA 46 - STAMPO SCOCCA..... | 70 |
| FIGURA 47 - STAMPO PULSANTE..... | 70 |
| FIGURA 48 - STAMPATA COMPLETA SCOCCA..... | 71 |
| FIGURA 49 - STAMPATA COMPLETA PULSANTE..... | 71 |
| FIGURA 50 - PRESSA A INIEZIONE ARBURG 420C 1000-350..... | 72 |
| FIGURA 51 – FRIGORIFERO RIEDEL PC-315.01-NE..... | 74 |
| FIGURA 52 - CICLO STAMPAGGIO SCOCCA..... | 75 |
| FIGURA 53 - SEGNO DI AFFONDAMENTO SUL PULSANTE..... | 76 |
| FIGURA 54 - BRUCIATURA SUL PULSANTE..... | 77 |

Indice Tabelle

| | |
|---|----|
| TABELLA 1 - SPECIFICHE TECNICHE ARBURG 420C 1000-350..... | 73 |
| TABELLA 2 - TEMPO NECESSARIO AL COMPLETAMENTO DELLE UNITÀ NECESSARIE AL MESE..... | 78 |
| TABELLA 3 - ANALISI COSTI E RISPARMI..... | 79 |