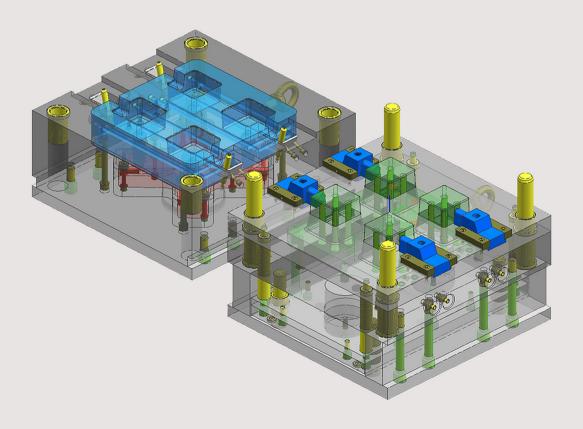
MANUALE DEGLI STAMPI

PER LO STAMPAGGIO A INIEZIONE DEI MATERIALI TERMOPLASTICI



PER LO STAMPAGGIO A INIEZIONE

DEI

1. LO STAMPO: BENE D'INVESTIMENTO

Al giorno d'oggi, gli stampi per materiali termoplastici hanno un ruolo chiave nell'ingegnerizzazione della produzione moderna dell'industria manifatturiera.

La tecnica, l'esperienza e le nuove tecnologie hanno dato un grande impulso al settore della progettazione dello stampo che può disporre, oggi, di nuove conoscenze, teorie ed esperienze che possono porre i progettisti in condizione di trovare soluzioni, valutare vantaggi e svantaggi in certe scelte e usufruire di nuove strategie per incrementare i profitti di chi utilizzerà lo stampo per la produzione di pezzi.

BENE DI INVESTIMENTO

Si sa che lo stampo, una volta prodotto da un'officina meccanica, viene venduto non come bene di consumo ma come bene di investimento, e cioè come un prodotto che le aziende del settore dello stampaggio a iniezione associano al materiale e alla pressa, per produrre "beni di consumo", e cioè pezzi o parti di plastica, che vendono sul mercato.

Sono pertanto queste ditte che dovranno pagare il costo dello stampo e, quindi, la loro capacità di far fronte a questo impegno finanziario dipenderà dall'entità del profitto che riusciranno a ottenere col loro sistema produttivo.

A questo punto, però, ci si deve chiedere: è possibile progettare uno stampo anche con le migliori tecniche per risolvere tutti i problemi di tipo meccanico e funzionale, ignorando gli altri tre mondi: il materiale, la pressa e lo stampaggio, che, necessariamente dovranno interagire con lo stampo all'atto della produzione?

DATI TECNICI E PROCESSO DI STAMPAGGIO

I progettisti, oltre i dati tecnici di ritiro del materiale, dispongono del valido strumento di simulazione di riempimento impronte che li guida nella scelta del numero e della posizione dei punti d'iniezione, con lo scopo di ottenere un riempimento graduale e uniforme delle impronte, per evitare formazione di bolle d'aria o altri inconvenienti del processo di riempimento che possono essere eliminati con leggere variazioni di spessori su certe parti dell'impronta.

Per eseguire una simulazione, oltre la geometria delle impronte, servono anche molti dati tecnici del materiale che sono normalmente trasmessi dal fornitore.

Tra questi dati tecnici, però, ve ne sono alcuni che dovrebbero essere presi in considerazione ancora in fase di progetto dello stampo, perché hanno un'enorme influenza sui risultati qualitativi ed economici del processo di stampaggio.

L'attenzione che si rivolge al processo di riempimento delle impronte è più che doverosa, ma per arrivare alle impronte si deve attraversare un percorso, chiamato "cavità stampo", che include anche l'ugello della pressa, che spesso genera condizioni di stampaggio che vanificano l'attenzione e l'importanza rivolta al solo processo di riempimento delle impronte.

Nel mondo della produzione dello stampaggio a iniezione, inoltre, non vi è la consapevolezza delle difficoltà e dei danni provocati da certe scelte fatte sulle "cavità stampo" e quindi, non procedendo con un metodo scientifico, in produzione si continua a modificare i parametri di stampaggio, con l'intento di eliminare i difetti che si manifestano sui pezzi stampati.

Ci poniamo la domanda: è possibile progettare uno stampo in modo tale che in produzione si possa ottenere il massimo della qualità del processo produttivo, il massimo della qualità dei pezzi e il massimo del profitto?

La risposta è affermativa, solo che si deve impostare il progetto e la produzione in modo scientifico, creando una stretta collaborazione tra il mondo del progetto dello stampo e il mondo della produzione che si deve basare su un'impostazione scientifica del processo di stampaggio.

NECESSITÀ DI COLLABORAZIONE

Per ottenere i migliori risultati, quindi, è necessaria una collaborazione tra il progettista stampo e i responsabili di produzione, ma questa è possibile solo se vi è una sovrapposizione di conoscenze che oggi non esiste, ma che è la chiave che apre la porta ad un nuovo modo di lavorare che offre i migliori risultati qualitativi ed economici in ambito produttivo e in quello del progetto dello stampo.

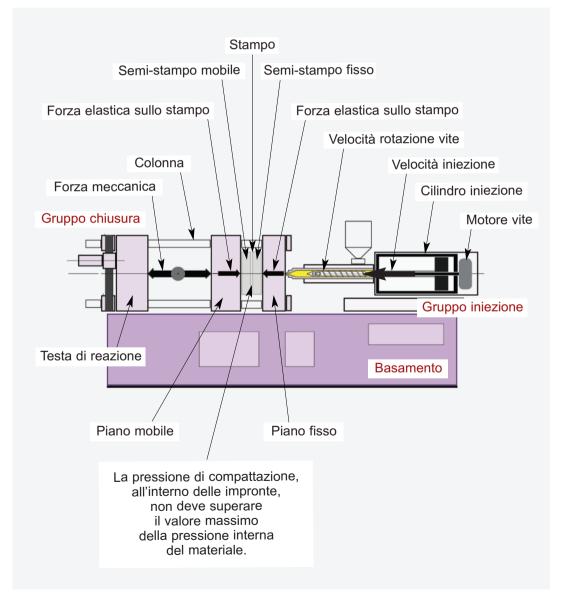
Il progettista stampo e il responsabile di produzione, devono sapere che la qualità del processo produttivo e la qualità del pezzo si possono ottenere in modo scientifico, ma perché questo diventi una realtà, nella fase di progetto dello stampo, si devono adottare scelte, soluzioni e dimensionamenti che garantiscono l'ottimizzazione del processo produttivo e i conseguenti risultati economici.

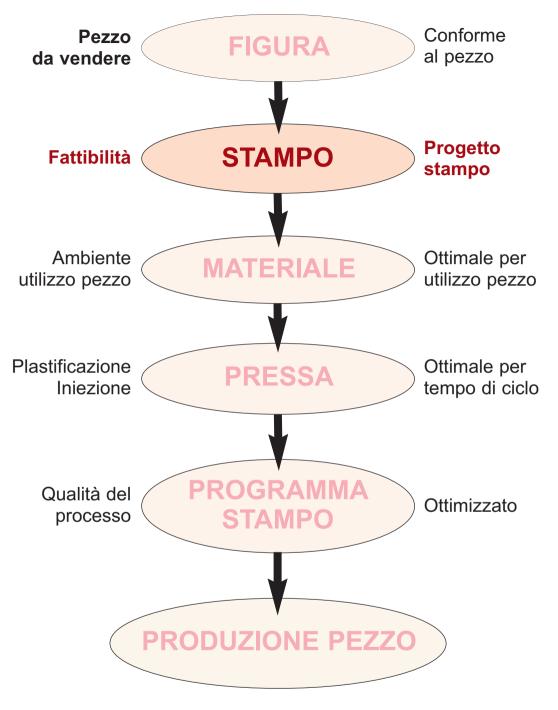
Sintetizziamo questo nuovo concetto cogliendo, nella fase di progetto dello stampo, l'aspetto fondamentale e il punto strategico che è rappresentato dal dimensionamento dei passaggi materiale, e cioè dalla definizione delle forme e dimensioni delle cavità interne allo stampo che collegano l'ugello della pressa con l'impronta. L'ignorare l'importanza e la necessità di tale dimensionamento diventa la fonte di una serie di gravi problemi, talvolta irrisolvibili, la cui gravità consiste nel non riuscire a riconoscerne la vera causa, e questo non solo da parte del progettista dello stampo, ma anche da parte dei tecnici della produzione.

1.2. La pressa a iniezione

Lo stampo è montato su di una pressa a iniezione: il semi-stampo fisso è montato sul Piano fisso della pressa, il semi-stampo mobile sul Piano mobile. La pressa è composta dalle tre parti:

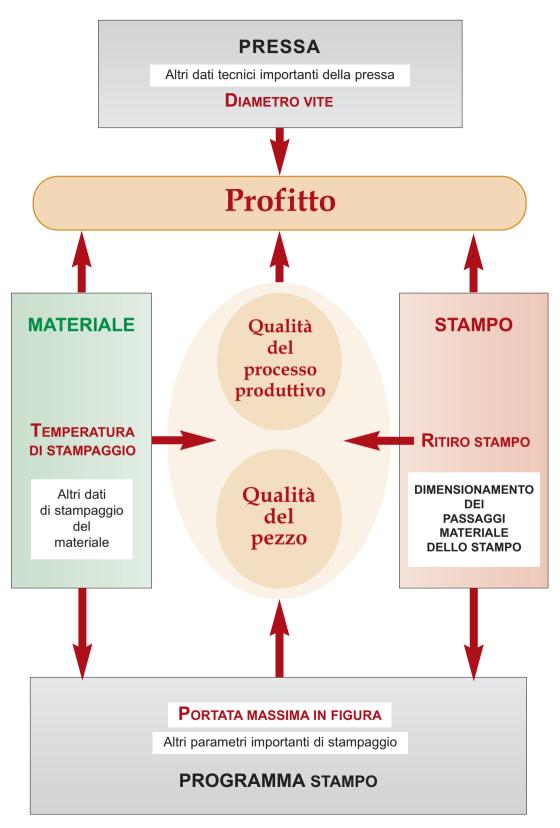
- 1. Basamento:
- 2. Gruppo chiusura;
- 3. Gruppo iniezione.





QUALITÀ CONCORDATA COL CIENTE

MASSIMO PROFITTO



3. TIPOLOGIA STAMPI

La tipologia degli stampi è legata a diversi fattori e scelte che caratterizzano la concezione dello stampo, tra i quali primeggia la quantità totale dei pezzi da produrre e relativi lotti di produzione, che sono alla base degli studi di progettazione dello stampo, per definire il numero delle impronte, il costo dello stampo, il costo orario della pressa e, infine, il costo unitario del pezzo.

Escludendo i casi particolari di stampi con impronte diverse e quelli per manufatti che, per le enormi dimensioni, richiedono più iniezioni, ecco l'elenco dei fattori principali che determinano le caratteristiche degli stampi:

- quantità totale dei pezzi da stampare e lotti di produzione;
- proprietà estetiche, meccaniche e dimensionali;
- impronte di manufatti a singola iniezione;
- numero di impronte uguali nello stampo;
- pezzi senza sottosquadro;
- pezzi con sottosquadro;
- stampaggio con estrazione dei pezzi insieme allo sfrido;
- stampaggio con estrazione dei pezzi separatamente dallo sfrido;
- stampaggio di pezzi senza lo sfrido.

Prendendo in considerazione tutte le combinazioni dei fattori elencati, principalmente caratterizzati dall'assenza o presenza di sottosquadri e diversificati in base al tipo di estrazione dei pezzi in relazione allo sfrido, tratteremo le seguenti cinque tipologie di stampi per i materiali termoplastici:

- 1. Stampo standard a due piastre;
- 2. Stampo a due piastre con parti mobili;
- 3. Stampo con estrazione a terza piastra;
- 4. Stampo con parti mobili ed estrazione a terza piastra;
- 5. Stampo a due piastre con parti mobili e camere calde.

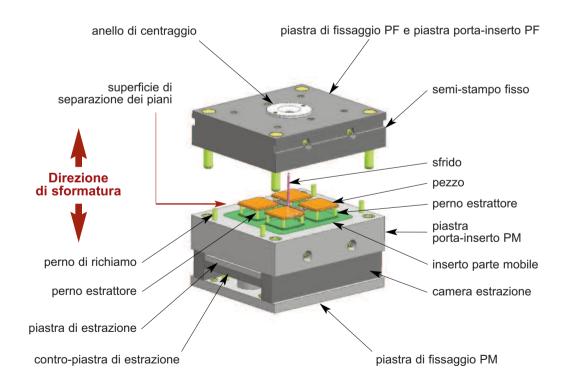
Poiché il materiale plastico utilizzato per il manufatto, impone la scelta del tipo adeguato di acciaio per le piastre punzone e matrice, tutti e cinque gli stampi sopra elencati, avranno in comune la soluzione degli **inserti** nelle piastre punzone e matrice. Di seguito, illustriamo gli aspetti fondamentali di questi cinque stampi, evidenziando la tipologia del pezzo stampato, il numero delle superfici di separazione dei piani, il tipo di estrazione in relazione allo sfrido, il numero delle fasi di apertura stampo e la successione dei movimenti all'interno dello stampo per lo svolgimento di tutte le sue funzioni.

3.1. Stampo standard a due piastre

- Si usa per lo stampaggio a iniezione di pezzi privi di sottosquadro.
- Lo stampo presenta **una superficie** di separazione dei piani.
- I pezzi e lo sfrido sono espulsi dallo stampo come corpo unico.
- L'apertura dello stampo avviene con una sola fase di apertura.

Terminata la fase d'iniezione e trascorso il tempo di raffreddamento, lo stampo viene aperto: il semi-stampo mobile si allontana da quello fisso, strappando la carota dalla sua alimentazione. Giunti allo stop apertura, l'estrattore centrale, con le piastre di estrazione e i suoi perni, espelle i pezzi insieme allo sfrido, tornando poi in posizione di riposo.

Nel caso di sganciamento delle piastre di estrazione dall'albero filettato del pistone di estrazione, i "perni di richiamo" fungono da sicurezza, per riportare le piastre di estrazione nella loro posizione arretrata di riposo.



Stampo standard a due piastre.

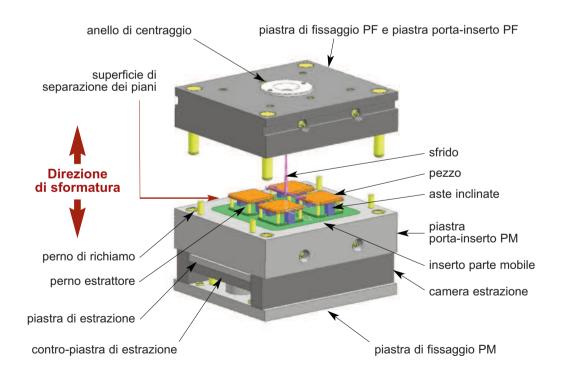
3.2. Stampo a due piastre con parti mobili

- Si usa per lo stampaggio a iniezione di pezzi con un sottosquadro.
- Lo stampo presenta una superficie di separazione dei piani.
- Sganciato il sottosquadro, i pezzi e lo sfrido sono espulsi come corpo unico.
- L'apertura dello stampo avviene con due fasi di apertura.

Terminata la fase d'iniezione e trascorso il tempo di raffreddamento, lo stampo viene parzialmente aperto (prima apertura) e la carota viene strappata dall'alimentazione insieme ai canali di alimentazione impronte. Contemporaneamente, le parti mobili, spinte dalle piastre di estrazione, liberano i pezzi dal sottosquadro.

Giunti allo stop apertura (seconda apertura), l'estrattore centrale, con le piastre di estrazione e i suoi perni, espelle i pezzi dalle impronte insieme allo sfrido.

Con la successiv chiusura stampo, il sistema di estrazione guida le aste inclinate in posizione di adesione al sottosquadro. Nel caso di sganciamento del sistema di estrazione dal pistone di estrazione, i "perni di richiamo" fungono da sicurezza, per riportare le piastre di estrazione nella loro posizione arretrata di riposo.

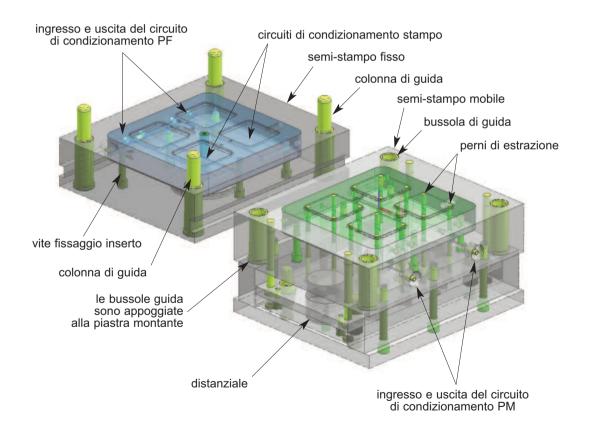


Stampo a due piastre con parti mobili.

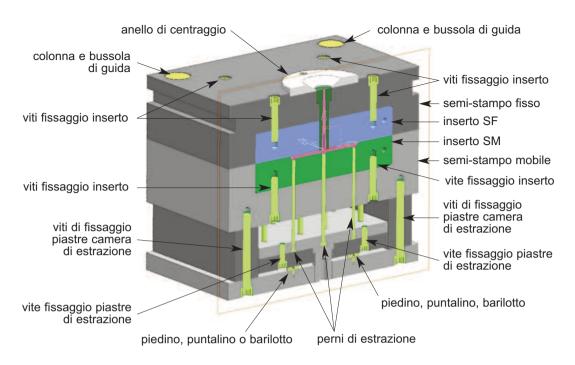
4.2. I due semi-stampi

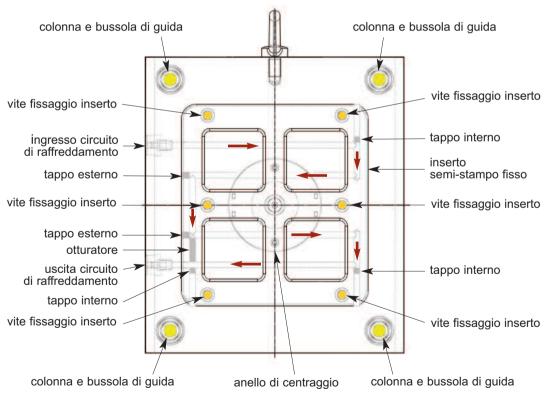
La figura sottostante illustra i due semi-stampi, in una vista tridimensionale e in trasparenza, che consente la visualizzazione delle parti interne. Tra queste parti, le più importanti sono:

- 1. Le colonne e bussole guida: le quattro colonne sono installate e fissate sul semi-stampo fisso con la lunghezza di accoppiamento con le quattro bussole appoggiate al semi-stampo mobile.
- 2. **I circuiti di condizionamento dello stampo:** suddivisi nei due semi-stampi, questi circuiti hanno ingresso e uscita e si sviluppano intorno alle impronte, per mantenere la temperatura dell'inserto alla temperatura stampo prestabilita.
- 3. **I distanziali:** presenti solo sul semi-stampo mobile, ai due lati opposti dell'inserto, sono avvitati alla piastra di fissaggio con la funzione di sostenere la piastra porta-inserto quando è soggetta alle forze assiali che si sviluppano durante la fase di riempimento delle impronte.



Stampo standard a due piastre: i due semi-stampi in trasparenza.





Sezione centrale e disegno del semi-stampo fisso dello stampo standard a 2 piastre.

4.8. Elementi guida e viti di fissaggio

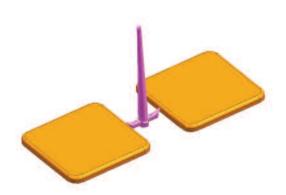
Le colonne di guida e le relative bussole dei semi-stampi hanno un'importanza enorme per lo stampo, poiché devono assicurare la perfetta centratura dei semi-stampi nelle fasi di accoppiamento e di applicazione della forza di chiusura. Nella fotografia sottostante, sono riportate le immagini delle colonne e delle bussole guida standard, più comunemente utilizzate.





ESEMPIO ANALISI COSTI CON STAMPO A 2 IMPRONTE

Analizziamo, ora, il costo complessivo di stampo e produzione pezzi, con uno stampo a due impronte, sempre con la stessa produzione totale di 100.000 pezzi.



Esempio di pezzi stampati con uno stampo a 2 impronte.

Produzione: 100.000 pezzi. **Costo stampo a 2 impronte:** Euro 30.000.

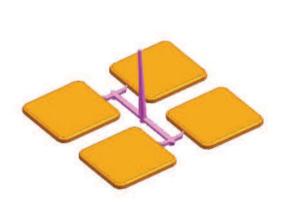
Costo unitario del pezzo (prodotto con lo stampo a 2 impronte): Euro **0.30.**

Costo complessivo di 100.000 pezzi: $100.000 \times 0.50 = \text{Euro } 30.000$. Costo complessivo stampo + pezzi: Euro 60.000.

L'analisi dei costi dimostra che, scegliendo uno stampo a 2 impronte, si possono risparmiare 10.000 Euro per effettuare 1'intera produzione di 100.000 pezzi.

ESEMPIO ANALISI COSTI CON STAMPO A 4 IMPRONTE

Analizziamo, ora, il costo complessivo di stampo e produzione pezzi, con uno stampo a quattro impronte, sempre con la stessa produzione totale di 100.000 pezzi.



Esempio di pezzi stampati con uno stampo a 4 impronte.

Produzione: 100.000 pezzi. **Costo stampo a 4 impronte:** Euro 36.000.

Costo unitario del pezzo (prodotto con lo stampo a 4 impronte):

Euro **0,18.**

Costo complessivo di 100.000 pezzi: 100.000 x 0.18 = Euro 18.000. Costo complessivo stampo + pezzi: Euro 54.000.

L'analisi dei costi dimostra che, scegliendo uno stampo a 4 impronte, si possono risparmiare Euro 6.000 per effettuare l'intera produzione di 100.000 pezzi.

7. SFORMABILITÀ

Nello stampaggio a iniezione, oltre alle considerazioni relative agli aspetti funzionali ed estetici del pezzo, si deve avere una particolare attenzione alle esigenze della sua sformabilità, e cioè la possibilità di estrarre il pezzo dallo stampo, dopo che si è raffreddato alla sua temperatura di estrazione.

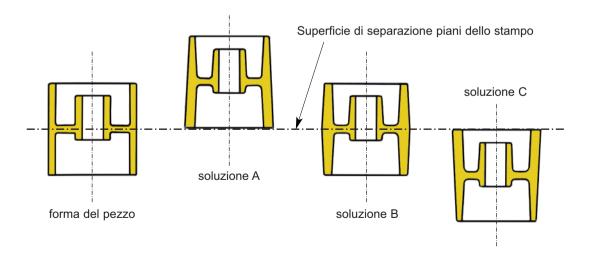
7.1. Principi generali di sformatura

Gli aspetti fondamentali che concorrono alla sformatura ed estrazione sono:

- Superficie di separazione piani dello stampo;
- Posizione pezzo in direzione di sformatura;
- Spoglie del pezzo e angoli di spoglia;
- Sottosquadri da sformare preventivamente;
- Estrazione del pezzo.

7.2. Superficie di separazione piani dello stampo

La necessità di aprire lo stampo, per estrarre i pezzi, rende indispensabile la superficie di accoppiamento tra i due blocchi piastre che costituiscono lo stampo. Questa può avere un solo livello oppure articolarsi in una superficie di separazione piani a più livelli e anche con altre forme oltre quella piana.



Superficie di separazione dei piani e possibili sformature del pezzo.

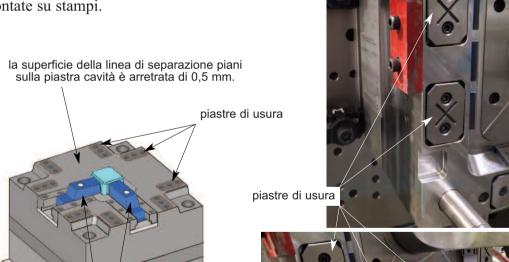
7.11. Piastre di usura sulla separazione piani

Le superfici della linea di separazione dei piani rappresentano un sigillo alle superfici interne delle cavità stampo e richiedono un parallelismo e un allineamento perfetto quando lo stampo è chiuso. In certe situazioni di complessità o di asimmetrie dovute a parti mobili, per assicurare il perfetto parallelismo dello stampo, si possono installare "piastre di usura", in posizioni periferiche o solo sul semi-stampo fisso, oppure su entrambi i semi-stampi fisso e mobile.

Queste "piastre di usura", che hanno generalmente forma rettangolare o circolare, sono posizionate e avvitate alle piastre stampo, in modo da avere un contatto su un unico piano, alla chiusura dello stampo. Queste piastre devono avere uno spessore

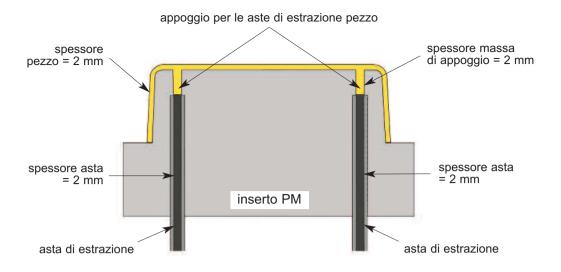
tale da essere tutte allo stesso livello, mentre negli stampi con parti mobili, con superficie della linea di separazione piani "a sbalzo", lo spessore delle piastre di usura deve consentire lo spazio per il componente mobile lasciando, tra la sezione della linea di separazione dei due semi-stampi, una distanza di circa 0,5 mm.

Le figure sottostanti mostrano "piastre di usura" montate su stampi.

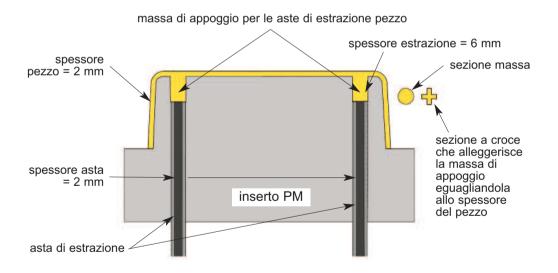


pressione uniforme sullo stampo malgrado la presenza dei due componenti mobili.

Esempi di stampi con piastre di usura.



Essendo lo spessore massa di appoggio di 2 mm, come lo spessore pezzo, il tempo di raffreddamento rimane inalterato.



Essendo lo spessore massa di appoggio di 6 mm e lo spessore pezzo di 2 mm, il tempo di raffreddamento viene aumentato del rapporto: 6² / 2² = 9 volte.

Sostituendo la sezione circolare, con quella a stella, di lato 2 mm, avendola eguagliato lo spessore della massa di appoggio allo spessore pezzo, il tempo di raffreddamento rimane inalterato.

Masse di appoggio per le aste di estrazione pezzo.

GORGOGLIATORE (FONTANA)

Per i fori più piccoli, sono utilizzati i **gorgogliatori** chiamati anche **fontane.** L'acqua scorre attraverso un tubo sottile, al centro, e ritorna sulla parete del canale. Il diametro del foro del tubo centrale del gorgogliatore va da 0,8 mm a 7 mm per la variante più grande, per fori da 4 a 12 mm.

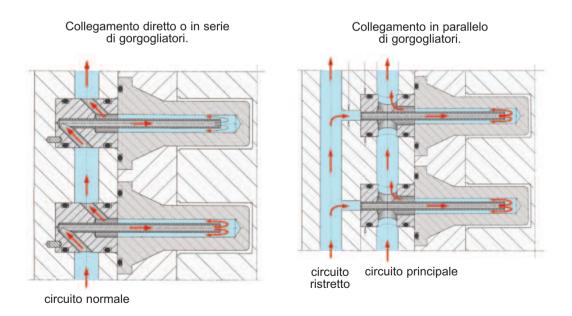
Per diametri più piccoli, bisogna assicurarsi che l'acqua sia pulita. Le più piccole particelle di sporco nell'acqua, infatti, causano l'intasamento del piccolo foro del tubo centrale del gorgogliatore. Deve inoltre essere garantito che il resto dei canali di raffreddamento sia pulito e che non vi siano altri tipi di contaminazione o di corrosione nel circuito di raffreddamento.

I **gorgogliatori** sono integrati con un collegamento diretto o forniti congiuntamente come raffreddamento parallelo per un foro.

Per il **collegamento diretto,** o in serie, dovrebbero essere collegati come circuiti separati, per non ridurre la portata ai canali normali.

Per il **collegamento parallelo**, il flusso del foro principale crea una specie di aspirazione che attira l'acqua attraverso i circuiti ristretti del gorgogliatore.

Per evitare corrosione, i gorgogliatori sono fatti di ottone e acciaio inossidabile. Le figure sottostanti mostrano gorgogliatori collegati in serie e in parallelo.



Gorgogliatori con collegamento diretto e parallelo.

9.10. Esempi di sistemi di monitoraggio FT

Sistema di monitoraggio FT-1

Monitoraggio della portata reale di una centralina, con fluido ad acqua, di un circuito di raffreddamento stampo, fino alla temperatura massima di 90 °C.



Sistema di monitoraggio FT-2

Monitoraggio di portata e temperatura reali di due circuiti di raffreddamento stampo, fino alla temperatura massima di 90 °C, comprensiva di display a bordo pressa.



I due sensori di flusso e temperatura monitorano le portate e temperature che sono misurate, al termine dei due circuiti di raffreddamento ad acqua dello stampo, ed i loro valori nel tempo sono registrati su un Display con grafici.



Sistema di monitoraggio FHT-1

Monitoraggio della portata e temperatura reali di una centralina di condizionamento stampo, con temperature fino a 180 °C.

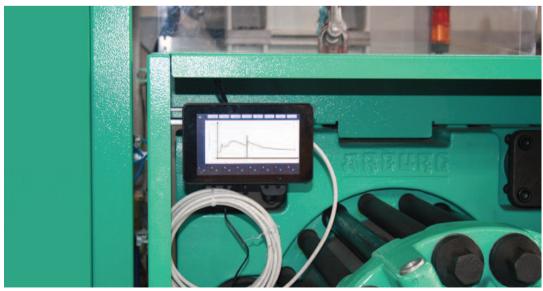


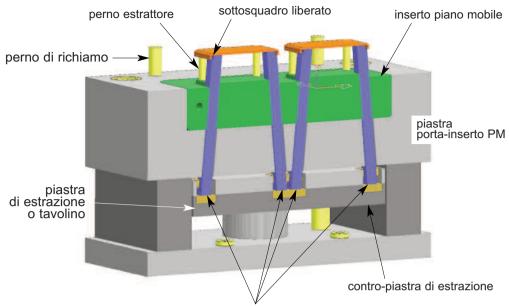
Sopra: La centralina con un sensore di temperatura (in primo piano) e un sensore di flusso (in secondo piano).

A destra: Master IO link per la rilevazione dei dati in continuo, montato con supporto magnetico sul carter della pressa.

Sotto: Il Display che visualizza e registra i grafici del flusso e della temperatura nel tempo.

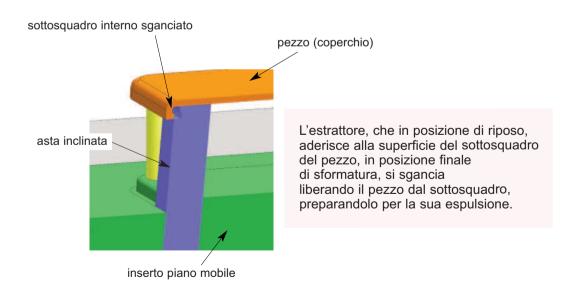






aste dell'estrattore inclinato in posizione termine corsa

L'estrattore ad aste inclinate è giunto alla sua posizione di termine corsa, sganciando il pezzo dal sottosquadro interno, preparandolo per la sua espulsione.



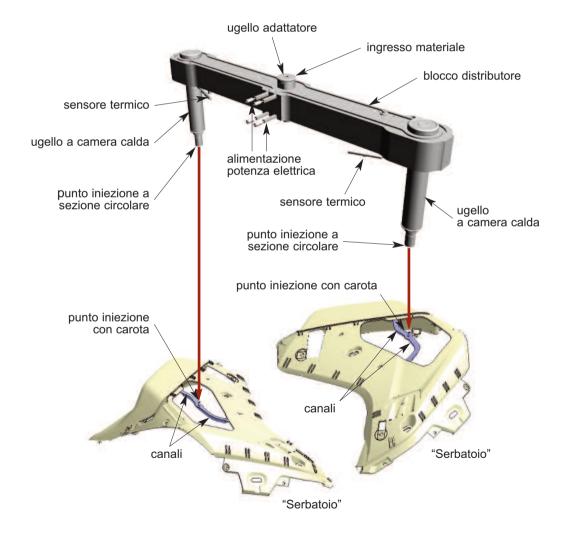
Parti mobili: estrattore ad asta inclinata.

Analisi dei costi

Avendo un sistema distributore a camere calde un costo elevato, si deve fare un'analisi comparativa tra la scelta a canali freddi con sfrido e quella delle camere calde senza sfrido. L'elemento chiave, per la comparazione, è sempre il numero totale dei pezzi e i lotti di produzione, anche se si può prendere in considerazione la possibilità di poter utilizzare il sistema a camere calde anche per altri stampi.

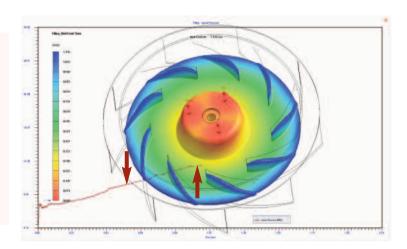
Esempi di camere calde con più ugelli

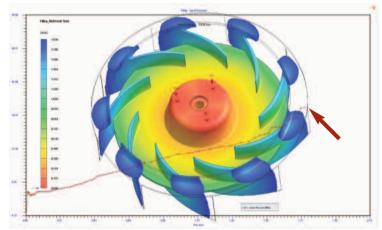
Vediamo ora, alcuni esempi di sistemi a camere calde con più ugelli, in cui si possono facilmente individuare le parti componenti: l'ugello adattatore, il blocco distributore, gli ugelli a camere calde, i punti d'iniezione e il manufatto.



Sistema a camere calde con 2 ugelli per il "Serbatoio".

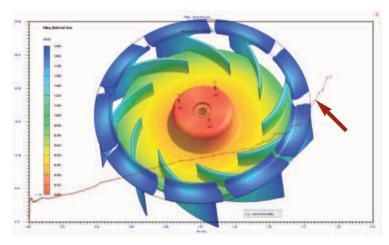
Il riempimento
dell'impronta procede
sempre in modo
lineare con un
aumento lineare della
pressione che ha una
leggera flessione
quando il fronte entra
nella zona delle
alette verticali.



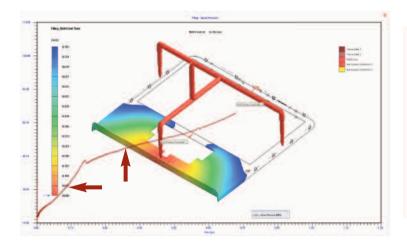


Il materiale ha riempito completamente il volume delle alette verticali ed entra nella zona anulare esterna della ventola, di sezione più stretta, che fa aumentare il gradiente di pressione.

Il materiale sta riempiendo solo la zona anulare esterna di sezione stretta, causando un aumento del gradiente di pressione che rimarrà costante fino al completo riempimento.

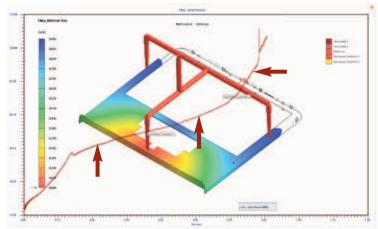


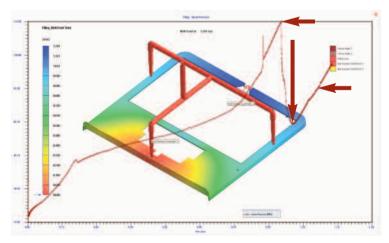
La simulazione dimostra che l'uso dei tre punti d'iniezione nelle loro tre posizioni ravvicinate e in prossimità del foro centrale della ventola, è una scelta valida per ottenere un riempimento graduale e uniforme del manufatto.



Con velocità costante, il materiale procede nelle due parti laterali a sezione più grande; infatti, il gradiente di pressione è inferiore al precedente per l'allargamento della sezione di passaggio.

Riempita la parte piana del pannello, il flusso continua a velocità d'iniezione costante entrando nelle due parti strette laterali. Questo provoca un aumento del gradiente di pressione fino al punto di attivazione degli altri due punti d'iniezione.





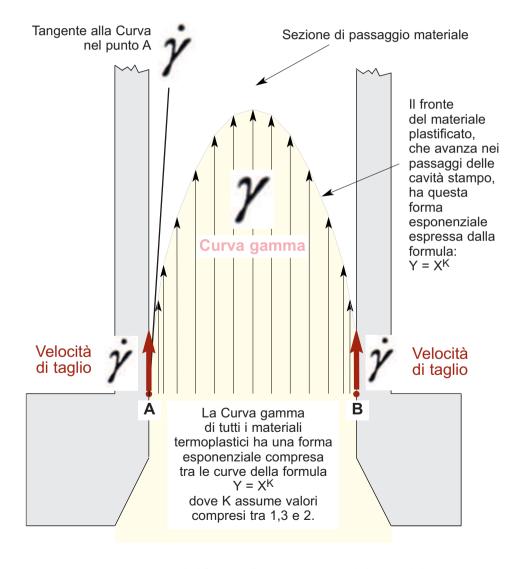
Aperti i due punti d'iniezione laterali, con una velocità d'iniezione inferiore (evidenziata dall'abbassamento della curva di pressione), il riempimento impronta procede fino al congiungimento dei due flussi laterali, seguito dalla fase di compattazione, aprendo tutti e tre i punti d'iniezione.

La scelta corretta delle posizioni dei tre punti d'iniezione e quella degli interventi sequenziali ha reso possibile un riempimento graduale ed una compattazione uniforme del materiale del manufatto, limitando le pressioni a livelli contenuti.

19.2. Velocità di taglio

Il materiale, quando scorre in una passaggio interno dello stampo, per il maggior attrito esistente sulla superficie metallica, rispetto a quello tra gli strati interni del materiale, assume una forma esponenziale (Curva gamma), come quella rappresentata in figura. Le velocità, dal valore centrale si riducono fino al valore di quella a contatto con la superficie metallica. Questa velocità si chiama: **Velocità di taglio.** Il valore della Velocità di taglio è la derivata della Curva gamma, calcolata nel punto di contatto del materiale con la superficie metallica.

La Velocità di taglio viene pertanto chiamata: Gamma punto. $\dot{\gamma}$



La curva gamma del fronte di avanzamento del materiale.

Produzione del primo lotto

- Attrezzature e strumenti necessari;
- Materiale necessario per le prove;
- Montaggio dello stampo;
- Verifica del funzionamento dello stampo;
- Eliminazione dei difetti sul pezzo;
- Ottimizzazione del programma stampo;
- Ottimizzazione del tempo totale di ciclo;
- Analisi sul miglioramento futuro della qualità;
- Verifiche del progettista in prova stampo;
- Smontaggio dello stampo;
- Manutenzione programmata.

21.1. Conoscenze preliminari

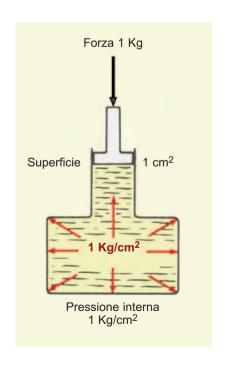
Queste conoscenze illustrano i concetti di pressione, portata, le caratteristiche della pressa più idonea per lo stampo, le principali funzioni che la pressa deve svolgere per chiudere lo stampo e applicare la forza di chiusura, la plastificazione del materiale e l'iniezione in cavità stampo. Importante è anche la comprensione dei grafici iniezione e il criterio per la stesura di un programma stampo.

21.2. Pressione idraulica e pressione specifica

La pressione idraulica è una grandezza scalare, cioè definita solo da un numero; infatti essa non ha una direzione, ma si esercita in tutte le direzioni perpendicolari alle superfici sulle quali agisce. Nel **Sistema Internazionale**, l'unità di misura della pressione idraulica è il **Pascal** definito come il rapporto tra l'unità di forza: **1 Newton** = 1 Kg x 1 m/s² [N] (cioè 1 kg massa moltiplicato l'accelerazione di 1 metro al secondo quadro) e l'unità di superficie: **1 metro quadrato** [m²].

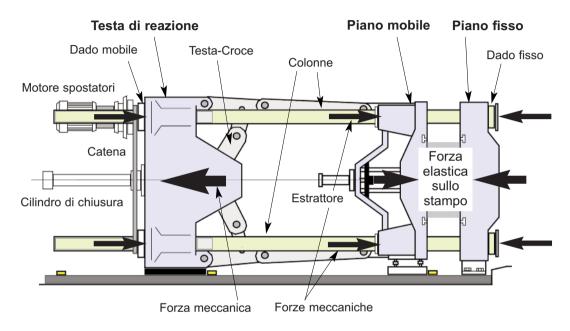
$1 \text{ Pascal} = 1 \text{ N} / 1 \text{ m}^2$

Essendo questa unità di misura troppo piccola è stato creato il **Bar** come multiplo del **Pascal**, per avvicinare la sua unità di misura a quelle più comunemente utilizzate:

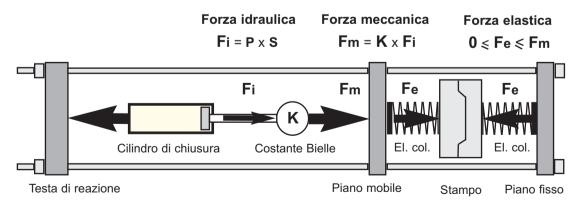


21.5. Chiusura e apertura pressa

Il gruppo chiusura della pressa, composto da: Piano fisso, Piano mobile, Testa di reazione e quattro colonne con relativi dadi fissi e dadi mobili, ha il compito di **chiudere e aprire lo stampo** e di **applicare una forza elastica** sui due semi-stampi per impedirne l'apertura durante la fase d'iniezione materiale in cavità stampo.



La testa di reazione viene posizionata col motore spostatori in modo che la corsa chiusura/apertura sia adattata allo spessore dello stampo.



Esempio dell'applicazione della forza di chiusura su una pressa a ginocchiera. La forza elastica viene applicata sullo stampo con l'allungamento delle colonne. La forza elastica non può mai superare la forza meccanica!

21.23. Montaggio dello stampo

Dopo aver scelto la pressa ottimale e aver definito il programma stampo, si devono eseguire un certo numero di stampate per verificare che la qualità ottenibile sul pezzo sia conforme a quella concordata col cliente.

Scelta la pressa ottimale per queste prove, il montaggio dello stampo sui piani della pressa, si devono eseguire le seguenti fasi e operazioni:

- 1. Prendere la scheda tecnica del materiale, per la ricerca dei dati di stampaggio necessari per i calcoli da eseguire per la prova stampo.
- 2. Prendere una stampata di qualità, come riferimento.
- 3. Se lo stampo è nuovo, chiedere al progettista il volume della stampata e del pezzo, per poter calcolare il peso ideale del pezzo.
- **4.** Prendere la scheda fornita dall'ufficio qualità, per valutare le caratteristiche della qualità richiesta sul pezzo.
- 5. Prendere una bilancia al centesimo di grammo, per l'ottimizzazione del tempo e della pressione di mantenimento.
- **6.** Pulire tramogge e deumidificatori controllando che il materiale sia stato essicato per il tempo e alla temperatura consigliati dal fornitore del materiale.





- 7. Pulire i granulatori se hanno processato un materiale di diverso colore e/o famiglia d'appartenenza.
- 8. Per la pulizia del gruppo iniezione, inserire nel cilindro di plastificazione il materiale adatto per la sua pulizia. Alcuni esempi: PE-HD, Riblene LLDP, Polifor PP caricato talco. Seguire, altrimenti procedure aziendali, se presenti.
- 9. Oliare e pulire i piani pressa con liquido apposito.
- **10.** Prima di sollevare lo stampo col carroponte, eseguire i seguenti controlli:
 - a. sicurezza tavolino;
 - b. controllare la presenza di tutti i raccordi dell'acqua (controllare lo stato dei raccordi per verificare che non siano usurati o danneggiati; in tal caso è meglio sostituirli);



21.30. Smontaggio dello stampo

- 1. Salvare il programma stampo e compilare la scheda stampo, se necessario.
- 2. Eseguire lo svuotamento stampo, se presente l'opzione sul termoregolatore.
- 3. Spegnere i termoregolatori.
- **4.** Chiudere i rubinetti del condizionamento stampo (se collegati).
- 5. Staccare i tubi dallo stampo (i raccordi possono essere con o senza la valvola di non ritorno).

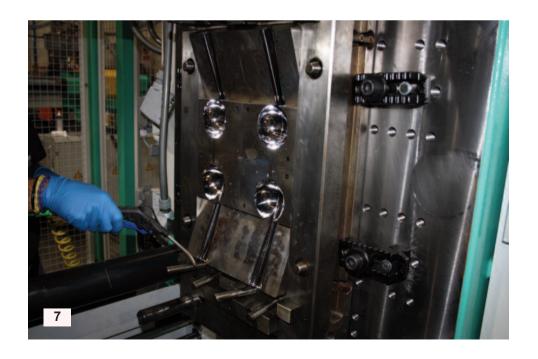




6. Inserire i maschi nei raccordi se hanno la valvola di non ritorno e soffiare nei tubi, per espellere completamente l'acqua residua.



7. Soffiare e pulire lo stampo con il detergente apposito e carta assorbente.



INDICE

1.	Lo stampo: bene d'investimento	5
1.1.	Le materie plastiche	7
1.2.	La pressa a iniezione	12
1.3.	Il programma stampo	14
1.4.	Dal pezzo al profitto	15
1.5.	Stampaggio e profitto	18
2.	Concezione e progetto dello stampo	22
2.1.	L'idea dello stampo	22
2.2.	Proprietà e qualità del pezzo	26
2.3.	Scelta della pressa	28
2.4.	Progetto dello stampo	28
3.	Tipologia stampi	31
3.1.	Stampo standard a due piastre	32
3.2.	Stampo a due piastre con parti mobili	33
3.3.	Stampo con estrazione a terza piastra	34
3.4.	Stampo con parti mobili ed estrazione a terza piastra	35
3.5.	Stampo a due piastre con parti mobili e camere calde	36
3.6.	Manufatto: scatola e coperchio	37
4.	Stampo standard a due piastre (coperchio)	39
4.1.	Sezioni centrali dello stampo	40
4.2.	I due semi-stampi	42
4.3.	Condizionamento dello stampo	43
4.4.	Funzionamento dello stampo	45
4.5.	Le piastre dello stampo	46
4.6.	Movimenti dello stampo	48
4.7.	Struttura dello stampo	50
4.8.	Elementi guida e viti di fissaggio	54
4.9.	Protezione anti-rotazione	56
4.10.	Numero di piastre negli stampi	57
4.11.	Piastra di fissaggio semi-stampo mobile	59
4.12.	Camera di estrazione	62
4.13.	Piastra di supporto	66
4.14.	Piastra cavità o porta-inserto parte mobile	68
4.15.	Piastra cavità o porta-inserto parte fissa	70
4.16.	Terza piastra	72
4.17.	Piastra di fissaggio semi-stampo fisso	73

5.	Selezione materiali per lo stampo	74
	 Produzione prevista per l'intera vita dello stampo 	76
	– Particolari proprietà superficiali del pezzo	76
	 Materie plastiche abrasive 	77
	 Materie plastiche che reagiscono chimicamente 	77
5.1.	Dimensioni dello stampo	78
	– Taglia della pressa	78
	– Numero di impronte	79
	 Lavorazioni interne dello stampo 	79
	 Parti scorrevoli (carrelli, slitte, tasselli) 	80
	 Pressione in cavità stampo 	81
5.2.	Spessore delle piastre stampo	82
6.	Specifiche del progetto stampo	84
6.1.	Figura	85
6.2.	Materiale plastico	85
6.3.	Impronta	87
6.4.	Inizio progetto stampo	87
6.5.	Volumi di produzione	88
6.6.	Analisi economica per il numero di impronte	90
6.7.	Impronte: numero e disposizione	94
6.8.	Ramificazione dei canali	98
6.9.	Principi per la ramificazione dei canali	100
6.10.	Scelta della pressa	104
	– Forza di chiusura e dati relativi	104
	 Forza di chiusura e parallelismo dei semi-stampi 	104
	 Portata massima d'iniezione 	107
	 Forza di chiusura e picco di pressione 	108
7.	Sformabilità	110
7.1.	Principi generali di sformatura	110
7.2.	Superficie di separazione dei piani	110
7.3.	Posizione pezzo in direzione di sformatura	112
7.4.	Spoglie del pezzo e angoli di spoglia	113
	 Criteri di scelta degli angoli di spoglia 	116
7.5.	Sottosquadri da sformare	116
7.6.	Estrazione del pezzo	116
7.7.	Problemi di sformatura e soluzioni	118
	 Condizioni superficiali del pezzo 	118
	– Denti di presa sul pezzo	118
	- Superficie visibile frontale del pezzo	119
	– Problemi sul profilo impronta	120
	- Formazione di vuoto in estrazione	120
7.8.	Superficie linea di separazione "a livello"	122
7.9.	Superficie linea di separazione piani a forma "sagomata"	123
7.10.	Superficie linea di separazione piani "sbalzo"	124
	- Superficie a "sbalzo" con contorno	124
7 11	- Superficie a "sbalzo" con parte mobile	125
7.11.	Piastre di usura nella separazione piani	126

7.12.	Linea di separazione piani visibile sul pezzo	127
7.13.	Sottosquadri	129
7.14.	Sottosquadri sformabili	129
7.15.	Sottosquadri non sformabili	131
7.16.	Sottosquadri con filettatura	133
7.17.	Spigoli vivi, raccordi, smussi	135
7.18.	Asole e fori	136
7.19.	Aggetti	138
8.	Sfiati o sfoghi d'aria	141
8.1.	Progetto geometrico degli sfoghi d'aria	142
8.2.	Sfoghi d'aria tramite componenti	143
	 Sfoghi d'aria tramite aste di estrazione 	143
	– Sfoghi d'aria sull'estrattore	144
	– Sfoghi d'aria con componenti mobili	145
	 Sfoghi d'aria con nuclei stampo 	145
	 Sfoghi d'aria con inserti porosi 	146
8.3.	Respiro dello stampo	146
8.4.	Simulazione di riempimento	148
9.	Condizionamento dello stampo	150
	– Qualità del pezzo	151
	– Energia e risorse	152
	 Condizionamento e spessore del pezzo 	153
	 Materiale e temperatura stampo 	154
	– Mezzi termici	154
9.1.	Tipologie di condizionamento	155
9.2.	Condizionamento con forature	157
9.3.	Attrezzature ausiliarie di condizionamento	159
	– Deflettore	160
	- Gorgogliatore (fontana)	161
	– Nuclei a spirale	162
	– Tubi di calore	164
9.4.	Nuclei di rame	165
9.5.	Cartucce di riscaldamento	165
9.6.	Collegamento dei circuiti	166
9.7.	Collegamento e sigillo delle forature	167
9.8.	Sistemi di monitoraggio flussi e temperature (per l'industria 4.0)	170
9.9.	Componenti di un sistema di monitoraggio flusso e temperatura (per l'industria 4.0)	173
9.10.	Esempi di sistemi di monitoraggio FT	175
10.	Estrattori nello stampo	178
	- Estrazione a trazione o a spinta	178
	- Gruppo di estrazione	179
10.1.	Tipologia di estrattori	180
	- Estrattore "rotondo"	180
	– Estrattore "a lama"	181
	- Estrattore "a manicotto"	181
	- Estrattore "elastico"	182

	– Estrattore "elastico a presa"	183
	- Estrattore "sagomato"	183
10.2.	Estrattori come attrezzi accessori	184
	– Sfoghi d'aria	184
	– Perni di richiamo o di retro-spinta	184
	– Estrattori di sfrido	185
10.3.	Estrattori a piano inclinato	186
10.4.	Piastra dell'estrattore	188
10.5.	Estrattore a due stadi	190
10.6.	Maschio restringente	192
10.7.	Sformatura forzata	192
11.	Stampo a due piastre con parti mobili (coperchio)	193
11.1.	Sezioni centrali dello stampo	194
11.2.	I due semi-stampi	196
11.3.	Condizionamento dello stampo	197
11.4.	Parti mobili all'interno dello stampo	198
11.5.	Sottosquadri sformabili e non sformabili	200
11.6.	Funzionamento dello stampo	202
12.	Stampo con estrazione a terza piastra (scatola)	203
12.1.	Viste e sezioni dello stampo	204
12.2.	I due semi-stampi	206
12.3.	La terza piastra	207
12.4.	Condizionamento dello stampo	209
12.5.	Funzionamento dello stampo	210
13.	Stampo con parti mobili ed estrazione a terza piastra (scatola)	211
13.1.	Sezioni centrali dello stampo	212
13.2.	I due semi-stampi	214
13.3.	Parti mobili all'interno dello stampo	215
13.4.	Terza piastra	216
13.5.	Condizionamento dello stampo	217
13.6.	Funzionamento dello stampo	218
14.	Camere calde	219
14.1.	Vantaggi e svantaggi delle camere calde	220
14.2.	Criteri di progetto delle camere calde	220
14.3.	Ugelli e loro punti d'iniezione	222
	Ugelli: punto iniezione a sezione circolare	223
	Ugelli: punto iniezione a sezione anulare	224
	- Ugelli: punto iniezione a ingresso laterale	225
1 4 4	– Ugelli: punto iniezione a otturatore	226
14.4.	Camere calde a ugello singolo	228
14.5.	Camere calde con più ugelli	230
14.6.	I passaggi materiale nelle camere calde	236
14.7.	Applicazioni particolari con camere calde	238
	- Stampi a piani multipli (Stack Moulds)	238
	 Stampi "family mould" con iniezioni temporizzate 	241

	 Stampi con iniezioni sequenziali 	242
	- Stampi per multi-colore e multi-materiale	245
	- Stampi con tavola rotante	247
	•	
15.	Stampo a due piastre con parti mobili e camere calde (scatola con sottosquadro)	249
15.1.	Sezioni dello stampo	250
15.2.	I due semi-stampi	252
15.3.	Parti mobili all'interno dello stampo	253
15.4.	Condizionamento dello stampo	254
15.5.	Le camere calde all'interno dello stampo	255
15.6.	Funzionamento dello stampo	258
16.	Gruppo chiusura della pressa	259
16.1.	I tre piani della chiusura	260
16.2.	Forza di chiusura stampo con pressa a "ginocchiera"	261
16.3.	Forza di chiusura stampo con pressa a "pistone"	263
16.4.	Sezione proiettata e forza di apertura stampo	264
16.5.	Il "respiro" dello stampo	265
16.6.	Utilizzo del "respiro" dello stampo	266
10.0.	Cilizzo dei Tespito dello stampo	200
17.	Iniezione	267
17.1.	Passaggi materiale	268
17.2.	Figura	269
	– Figura a spessori standard	269
	– Figura a spessori sottili	269
	– Figura a spessori irregolari	270
	- Figura a spessori enormi	270
	- Spessore pezzo: la regola d'oro	271
17.3.	Punto d'iniezione	272
17.5.	- Posizione del punto d'iniezione	272
17.4.	Programmi di simulazione	273
1 / . 1.	- Simulazione per posizionare il punto d'iniezione	275
17.5.	Tipologia punti d'iniezione	279
17.6.	Punto d'iniezione a sezione circolare	279
17.7.	Punto d'iniezione a sezione rettangolare	281
17.8.	Carota sul pezzo	283
17.9.	Punto d'iniezione "sottomarino"	284
	- Cono del punto d'iniezione "sottomarino" nel semi-stampo mobile	285
	- Cono del punto d'iniezione "sottomarino" nel semi-stampo fisso	285
	– Frangi-flusso	285
	- Frangi-flusso con rientranza a gradino	286
	– Frangi-flusso con nervatura ausiliaria	287
17.10.	Punto d'iniezione a "banana"	288
17.11.		289
17.12.	Punto d'iniezione a "film"	290
17.13.	Punto d'iniezione a "ventaglio"	291
17.14.	Punto d'iniezione a "linguetta"	292
	Punto d'iniezione a "diaframma"	293
	Iniezione in manufatti con cerniera integrata	294

17.17.	Ramificazione dei canali	297
17.18.	Tipologia dei canali	299
17.19.	Canali freddi	291
	 Canali: le sezioni trasversali 	299
17.20.	Carota	302
	– Analisi carota	303
17.21.	Stampo con pezzi diversi	304
18.	I materiali termoplastici	305
18.1.	Materiali amorfi e semi-cristallini	307
18.2.	Dati di stampaggio materiale	310
18.3.	Densità solida e densità liquida	310
18.4.	Velocità periferica massima	312
18.5.	Temperatura di stampaggio	313
18.6.	Temperatura dello stampo	314
18.7.	Temperatura di estrazione pezzo	315
18.8.	Velocità massima di avanzamento del fronte	316
18.9.	Post-pressione minima e massima Taballa dati minainali dai tampanlastici	317
18.10.	Tabella dati principali dei termoplastici	318
19.	La curva di viscosità materiale	321
19.1.	Viscosità del materiale	322
19.2.	Velocità di taglio	323
19.3.	Formule della velocità di taglio	324
19.4.	Logaritmo di un numero	325
19.5.	Diagramma lineare e logaritmico	326
19.6.	Curva di viscosità	329
19.7.	Formula caduta di pressione in passaggi circolari e rettangolari	328
19.8.	Esempio di calcolo in passaggi circolari	329
19.9.	Esempio di calcolo in passaggi rettangolari	330
19.10.	Conversione dei passaggi conici in cilindrici	332
19.11.	Melt Flow Index (MFI)	334
20.	Il software Melt Monitor (per l'industria 4.0)	335
20.1.	Modulo Dimensionamento cavità stampo	336
20.2	– Procedura calcoli	337
20.2.	Modulo Prova stampo	338
20.3.	Modulo Curva di viscosità	340
20.4. 20.5.	Modulo Visualizzazione tabelle	341
20.3.	Modulo Data base prove stampo	342
21.	Prova stampo	345
21.1.	Conoscenze preliminari	346
21.2.	Pressione idraulica e pressione specifica	346
21.3.	La portata materiale	348
21.4.	La pressa a iniezione	349
21.5.	Chiusura e apertura pressa	350
21.6.	Plastificazione del materiale	351
21.7.	L'iniezione del materiale in cavità stampo	352

21.8.	Grafici iniezione	353
21.9.	Scelta della pressa ottimale	354
21.10.	Stesura del programma stampo	355
21.11.	Qualità e massimo profitto	356
21.12.	Qualità del pezzo e del processo produttivo	358
21.13.	La qualità come prodotto scientifico	360
21.14.	L'evento fondamentale dello stampaggio	362
21.15.	Il criterio fondamentale dello stampaggio	364
21.16.	La fonte principale della qualità	365
21.17.	Le quattro aree che influenzano la qualità	368
21.18.	Dalla qualità al massimo profitto	370
21.19.	Produzione del primo lotto	372
21.20.	Pre-collaudo funzionale dello stampo	372
21.21.	Documenti, attrezzature e strumenti	372
21.22.	Materiale necessario per le prove	373
21.23.	Montaggio dello stampo	374
21.24.	Verifiche sui passaggi materiale	390
21.25.	Eliminazione dei difetti sul pezzo	396
	– Elenco completo dei difetti sul pezzo	396
	– Elenco dei difetti eliminati usando: pressa ottimale,	
	dimensionamento passaggi materiale e programma scientifico	399
	– Difetti causati dallo stampo	400
	– Difetti causati dal materiale	404
21.26.	Ottimizzazione del programma stampo e del tempo totale di ciclo	406
	- Il ciclo macchina	406
	– Ottimizzazioni	407
21.27.	Analisi sul miglioramento futuro della qualità	410
21.28.	Verifiche del progettista in prova stampo o in produzione	410
21.29.	Consumi energetici	411
21.30.	Smontaggio dello stampo	412
21.31.	Manutenzione programmata	426
21.32.	Manutenzione della pressa	426
21.33.	Manutenzione dello stampo	429
	- Manutenzione prima e durante la produzione	429
	 Manutenzione dopo la produzione 	431
21.34.	Opportunità mancate?	433
	- Spessori enormi del pezzo con materiali amorfi	434
	- Variazione spessori con materiali cristallini	435
	Canali di alimentazione impronte non equilibrati	436
	- Pressioni elevate di stampaggio	437
	Il picco di pressione alla commutazione	439
	 Dimensionamento passaggi materiale dello stampo 	442

L'autore di questo manuale è un ingegnere che ha lavorato in diversi settori industriali: cartiere e uffici tecnici in Canada, macchine utensili a controllo numerico (Olivetti-Italia), vendita di servomotori applicati in ogni settore industriale, macchine tessili e macchine per lo stampaggio a iniezione per materiali termoplastici e gomme naturali e sintetiche (IMG). In un ventennio di attività, rivolta alla stesura di ogni tipo di documentazione tecnica per le presse a iniezione e di manuali tecnici per effettuare corsi di stampaggio ai clienti, è nata l'idea di promuovere una collaborazione più stretta fra i tecnici di stampaggio e i progettisti dello stampo. Lo scoglio da superare era il divario professionale esistente tra queste due categorie, dove tecnici altamente specializzati e ingegneri progettisti dovevano dialogare con altri tecnici non certo al loro livello. Ma esisteva una chiave per aprire questa porta: la realtà che lo stampo viene pagato dalle ditte di stampaggio.

Si è iniziato con corsi teorico-pratici di stampaggio in cui si dimostrava che, con semplici regole e accorgimenti, si poteva migliorare la qualità dei manufatti e ridurre i tempi di ciclo a beneficio dei risultati economici. Poi, è stato introdotto l'uso dei dati fondamentali del materiale e le formule per la ricerca dei parametri macchina più importanti. Infine, si è sviluppato un sistema software che, partendo dalla rilevazione della curva di viscosità del materiale, esegue l'ottimizzazione dei passaggi materiale dello stampo e crea un programma stampo nell'arco di tempo di pochi minuti. Il mondo dello stampaggio era così giunto ad un livello di professionalità e autorevolezza tale da potersi offrire come collaboratore ai tecnici qualificati del progetto dello stampo.

Con l'esperienza fatta, presso alcune ditte di stampaggio, che avevano l'ufficio progetti interno, si è riusciti a realizzare questo sogno.

Questo manuale sugli stampi nasce proprio con lo scopo di continuare a promuovere la collaborazione di questi due mondi che devono lavorare insieme, perché il livello scientifico acquisito dal mondo dello stampaggio a iniezione, oggi, ha aperto una porta che non si può più chiudere.

