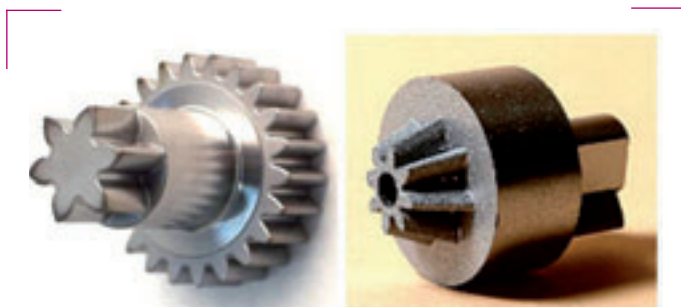


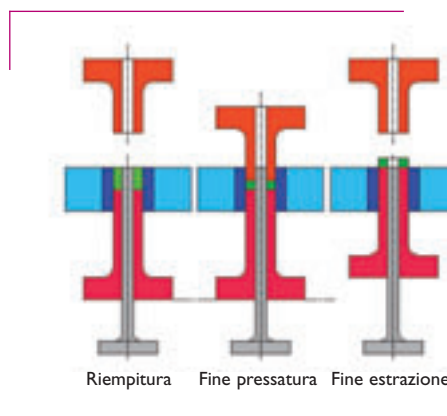
Le forme dei componenti sinterizzati



Alcune indicazioni di base sulla formatura mediante pressatura entro stampi rigidi di miscele di polveri metalliche. Soluzioni di stampo per la pressatura di un pezzo flangiato

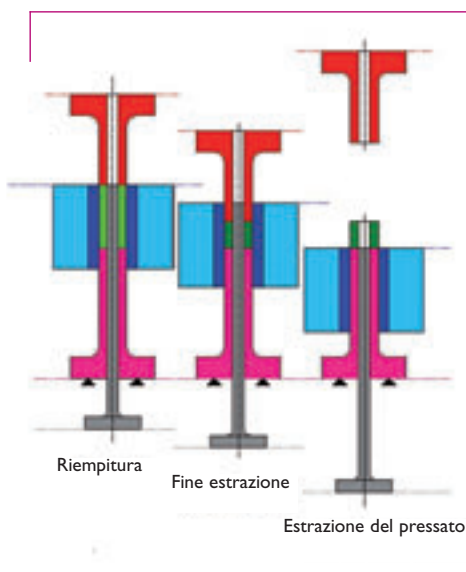
Secondo un'affermazione piuttosto comune, la facilità di produzione di particolari di forma complicata e di buona precisione è uno dei principali punti di forza della metallurgia delle polveri. Come si può capire, però, la valutazione della complicazione di forma richiede delle considerazioni specifiche sulla tecnica di formatura. Forme di particolari anche notevolmente complicate, ottenute senza necessità di lavorazioni per asportazione di truciolo, corrispondono a un altissimo grado di utilizzazione del materiale. La modestissima entità degli sfridi è un altro dei punti di forza della metallurgia delle polveri. In questa tecnologia i cicli produttivi possono essere più o meno complessi, a seconda dell'insieme delle esigenze funzionali delle applicazioni. La pressatura di miscele di polveri entro stampi rigidi, prevalentemente senza apporto di calore dall'esterno, è il metodo usuale di formatura dei particolari. Il comportamento delle polveri metalliche sotto pressione differisce sostanzialmente da quello dei liquidi: il valore locale della pressione, infatti, non segue la legge di Pascal, e i flussi e gli scorrimenti di pol-

vere non avvengono in modo uniforme secondo direzioni diverse. È per questo motivo che gli stampi di formatura debbono essere progettati in base al numero degli spessori del pezzo, contati secondo l'asse di pressatura. Nel caso di un solo spessore, per esempio, due punzoni sono necessari e sufficienti. Uno schema semplificato di stampo di formatura di polveri è illustrato in figura 1. Questa soluzione, con addensamento unilaterale, non simmetrico, è ammissibile solo per particola-



1. Schema semplificato delle sequenze di formatura mediante pressatura unidirezionale di polveri entro stampi rigidi.

Matrice fissa (celeste e blu); anima, o spina, fissa (grigio chiaro); punzone superiore mobile (rosso arancio); punzone inferiore (rosso) mobile solo per l'estrazione. In verde chiaro: polvere non addensata; in verde carico: pezzo pressato.



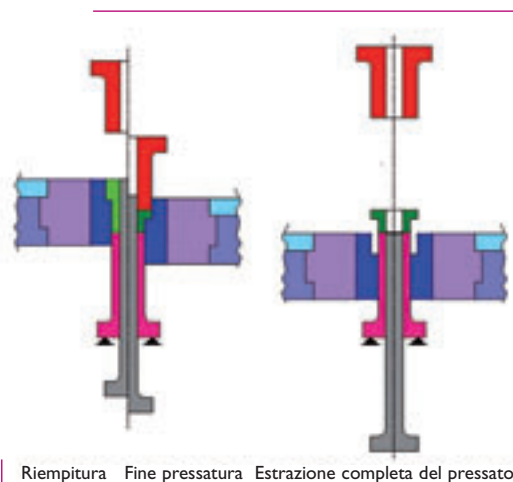
2. Schema semplificato delle sequenze di formatura mediante pressatura bidirezionale di polveri entro stampi rigidi.

Stampo ad estrazione, con matrice mobile (celeste e blu); anima, o spina, mobile (grigio medio); punzone inferiore (rosso) sempre fisso. In verde chiaro: polvere non addensata; in verde carico: pezzo pressato.

Per confronto, in figura 3 si riporta uno schema di stampo, destinato ancora alla formatura di un particolare a un solo spessore in senso assiale, ma con montaggio su una pressa del tipo ad espulsione, cioè con matrice fissa. Dal punto di vista delle caratteristiche dei prodotti, i due sistemi si equivalgono.

Tuttavia, nel corso di decenni, Nord America, Giappone ed Europa hanno dimostrato di preferire l'uno o l'altro dei due sistemi. Le differenze sono sostanzialmente scomparse con l'introduzione delle presse multipiastra a controllo numerico.

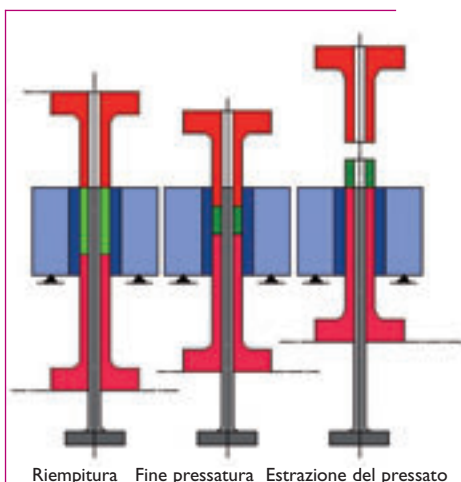
Nelle figure 4 e 5 sono schematizzate due diverse soluzioni di stampo per la pressatura di un pezzo flangiato. La scelta fra le due soluzioni dipende da diverse considerazioni, relative alle proprietà di resistenza meccanica sia dei materiali solo pressati che di quelle dei sinterizzati. Queste, infatti, dipendono dalle dimensioni del particolare (estensione radiale della flangia) e dalla distribuzione di densità. Nelle due figure sono rappresentate le soluzioni tipiche delle presse cosiddette "a estrazione" (withdrawal nella terminologia anglosassone). Su queste presse le matrici, opportunamente sostenute per resistere alla spinta verso il basso durante la pressatura, possono comunque muoversi verso il basso, sia durante l'addensamento che nella fase successiva, per permettere l'estrazione dei pezzi pressati. Il punzone "inferiore", che poggia sul piano inferiore della macchina, è costantemente fisso, mentre l'anima, o spina, può muoversi verticalmente durante le diverse fasi del ciclo di formatura. Se si impiegano altre macchine, del tipo cosiddetto "a espulsione" (ejection nella terminologia anglosassone), le matrici sono fisse, ma i punzoni inferiori sono mobili verso l'alto, sia in addensamento che dopo formatura, per ottenere l'espulsione dalle matrici dei pezzi pressati. Nella figura 6 si riporta lo schema di uno stampo a estrazione per la pressatura di un particolare caratterizzato da tre spessori in senso assiale. In questo caso i punzoni inferiori sono tre. I movimenti in verticale di quelli mobili sono op-



Riempitura Fine pressatura Estrazione completa del pressato

4. Schema semplificato della pressatura di un pezzo flangiato, con flangia formata in matrice.

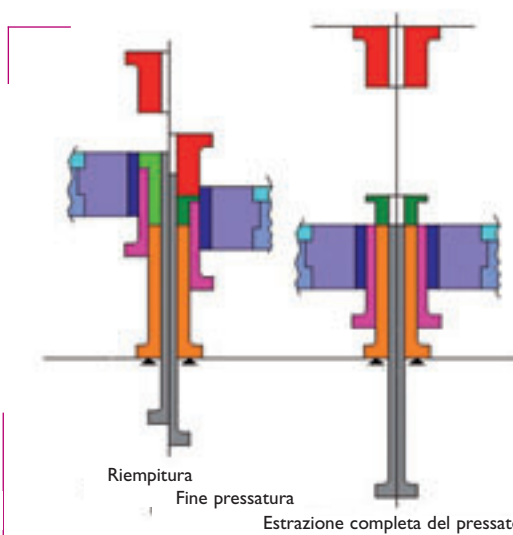
Stampo (pressa) ad abbassamento di matrice e punzone inferiore fisso. Codice dei colori come in figura 2.



Riempitura Fine pressatura Estrazione del pressato

3. Schema semplificato delle sequenze di formatura mediante pressatura bidirezionale di polveri entro stampi rigidi.

Stampo ad espulsione, con matrice sempre fissa (celeste e blu); anima, o spina, fissa (grigio); punzone inferiore (rosso) mobile, sia in addensamento che per l'estrazione del pezzo pressato dallo stampo. In verde chiaro: polvere non addensata; in verde carico: pezzo pressato.

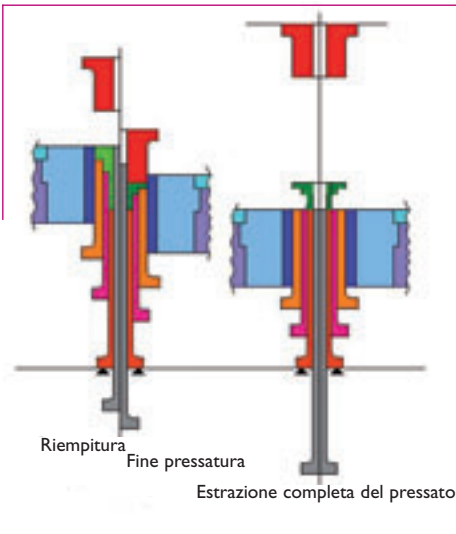


Riempitura Fine pressatura Estrazione completa del pressato

5. Schema semplificato della pressatura di un pezzo flangiato.

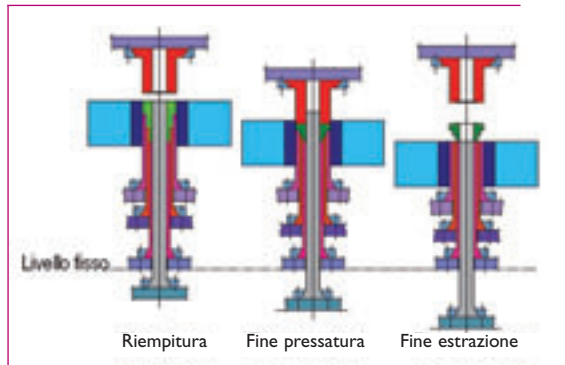
Stampo (pressa) ad abbassamento matrice, con due punzoni inferiori; punzone inferiore fisso. Codice dei colori come in figura 2.

tre al moto di discesa del punzone superiore, in modo da ottenere un addensamento simmetrico della polvere rispetto al suo piano mediano iniziale, come indicato in figura 2.

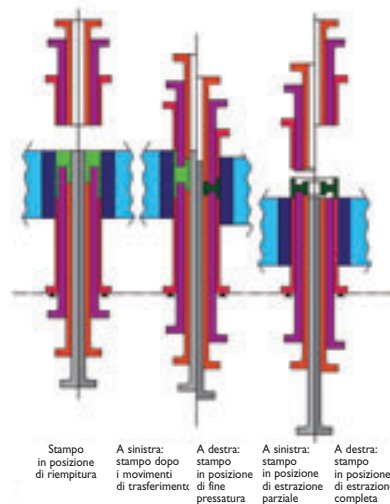


6. Schema semplificato della pressatura di un pezzo a doppia flangia, cioè con 3 spessori misurati in senso assiale. Stampo (pressa) ad abbassamento matrice, con tre punzoni inferiori, di cui quello interno (più lungo) è sempre fisso. Codice dei colori come in figura 2.

portunamente controllati, specialmente nelle macchine più moderne, in modo da avvicinarsi il più possibile alla condizione ideale di pressatura bilaterale, simmetrica e simultanea di ogni porzione del pezzo caratterizzata da una determinata altezza. In tutti gli esempi fin qui riportati il punzone superiore è unico, poiché la faccia superiore del pezzo è piana (o, eventualmente, presenta modeste variazioni di altezza, ad esempio piccoli mozzi o ribassi). In questi casi, cioè quando la faccia superiore è piana ed orizzontale, la configurazione della polvere in riempitura non subisce modifiche prima dell'inizio dell'addensamento. Sono però frequenti altre forme di pezzi caratterizzate da faccia superiore non piana, con dislivelli non trascurabili. Se la faccia superiore non è piana e unica, ma presenta variazioni di livello molto modeste, trascurabili per gli effetti sulle variazioni di densità, per ottenere il corretto addensamento, con differenze contenute della densità finale fra zone diverse, non è ancora necessario impiegare punzoni diversi anche nella parte superiore dello stampo. Questa situazione è illustrata in figura 7. Se le variazioni di livello nella faccia superiore non sono trascurabili, anche la formatura della parte superiore richiede punzoni separati. Questi, inoltre, analogamente a quelli inferiori, debbono essere dotati di moto relativo, sia in addensamento che durante la fase di distacco dal pressato. Un esempio di questa situazione più complessa è illustrato in figura 8, nella quale si riporta lo schema di stampo di pressatura di un particolare di forma comune, a tre spessori. Questa tipologia di forma si incontra frequentemente, specialmente nel caso di pulegge ed ingranaggi. Nella stessa figura 8 si può notare una fase intermedia fra la riempitura e l'addensamento: si tratta della cosiddetta



7. Schema semplificato della pressatura di un pezzo a doppia flangia, cioè con 3 spessori misurati in senso assiale, ma con modesto rilievo sporgente verso l'alto, sulla faccia superiore. Data la piccola dimensione assiale della sporgenza non è necessario un punzone specifico. Stampo (pressa) ad abbassamento matrice, con tre punzoni inferiori, di cui quello interno sempre fisso. Codice dei colori come in figura 2.



8. Schema di stampo di pressatura, su pressa multiplastro, di un particolare a tre spessori, con diversi livelli anche nella parte superiore. Ogni prisma (o cilindro) di polvere presenta la stessa determinata altezza sia in riempitura che dopo i movimenti di trasferimento. Se questa condizione viene rispettata, ogni prisma "ideale" di polvere viene addensato secondo lo stesso rapporto. Codice dei colori come in figura 2.

detta fase di trasferimento della riempitura, nella quale prismi (o cilindri) diversi di polvere vengono spostati (o trasferiti) verticalmente, in modo da ottenere la corretta distribuzione spaziale della polvere da addensare poi mediante pressatura. Durante la fase di trasferimento, se questa è effettuata correttamente, le altezze di ogni prisma non cambiano, mentre le variazioni di densità apparente della polvere sono trascurabili (teoricamente nulle). Al contrario, se in qualche zona la polvere viene addensata sensibilmente, per effetto di non simultaneità dei movimenti di trasferimento, si possono creare i presupposti per la comparsa di lesioni interne (zone di separazione, cioè scarso collegamento) fra zone del pezzo che vengono addensate in

tempi diversi.

Dai vari esempi finora illustrati si ricava che, nel caso di particolari aventi n spessori, misurati secondo l'asse di pressatura, sono necessari almeno n + 1 punzoni, se il pezzo presenta una faccia di estremità completamente piana, mentre occorrono almeno 2 n punzoni se entrambe le facce sono a gradini. In altri termini, quando si progetta uno stampo di pressatura, la forma del pezzo deve essere idealmente suddivisa in tanti prismi elementari. Ogni singolo prisma deve essere individuato da un determinato spessore, possibilmente costante, misurato secondo l'asse di pressatura. Per ogni spessore occorre una coppia di punzoni, ma un singolo punzone può agire su più prismi elementari. Per evitare problemi di integrità sui pressati, la pressatura ideale, per ogni prisma di altezza definita, dovrebbe rispondere a tre condizioni vincolanti: bilateralità, simmetria, simultaneità. Nella pratica le situazioni sono a volte diverse, poiché alcune presse di pressatura non consentono il rispetto pieno delle tre condizioni vincolanti per la pressatura ideale. In particolare, il divario fra le condizioni ideali e la realtà produttiva è frequente quando il numero degli spessori è di tre o più. In linea di principio, solo le presse a camme, ormai in disuso, e le presse dell'ultima generazione, attrezzate con sistemi di controllo, mediante calcolatore, delle funzioni, delle corse, delle forze e delle battute, sono idonee alla pressatura "ideale".

L'ingegner G.F. Bocchini è consulente in metallurgia delle polveri, Rapallo (Genova).