

# LAVORAZIONI DELLE LAMIERE

## STAMPAGGIO A FREDDO

La più importante categoria di lavorazioni è quella delle lamiera (generalmente di spessore  $\leq 5$  mm), che dà origine ad una numerosa serie di **prodotti** quasi sempre **finiti**: carrozzerie automobilistiche, involucri di elettrodomestici, componentistica varia, ecc.

Il più comune e importante gruppo di lavorazioni è quello comprendente: TRANCIATURA, PIEGATURA, IMBUTITURA.

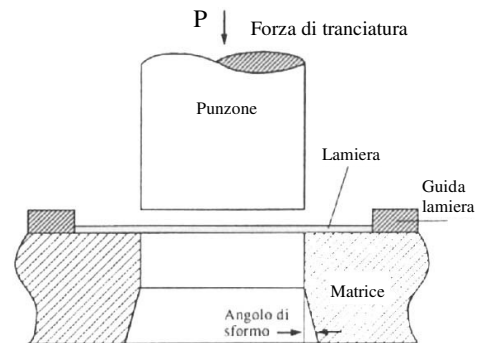
Per ottenere i pezzi stampati finiti sono necessarie diverse fasi di lavorazioni che richiedono macchinari (PRESSE E STAMPI) molto costosi, pertanto la messa a punto di un impianto di stampaggio risulta economicamente conveniente solo per produzioni di un grande numero di pezzi (LAVORAZIONI IN SERIE).

### ✓ Tranciatura

Ha lo scopo di **ritagliare** da una lamiera una figura geometrica piana. L'operazione di tranciatura si effettua con stampi montati su presse col seguente principio.

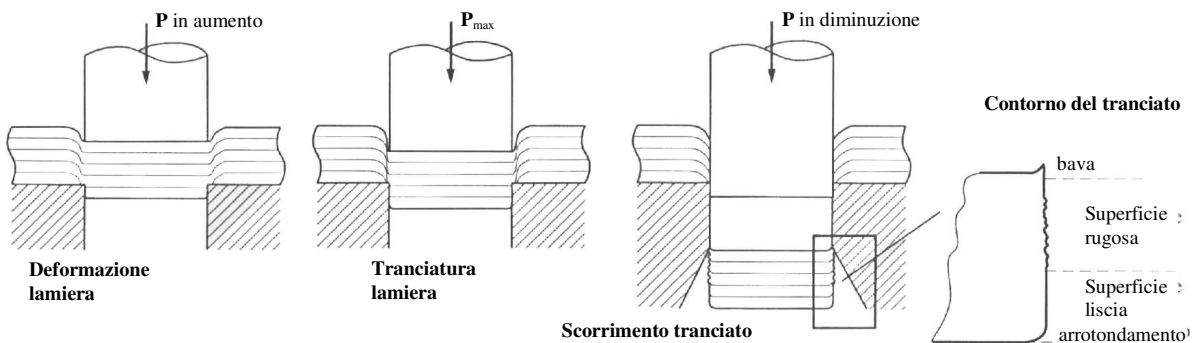
Un punzone, collegato attraverso una piastra alla slitta della pressa, penetra nella matrice tagliando la lamiera secondo la figura corrispondente alla forma data sia al punzone che alla matrice. **I contorni del punzone e del foro nella matrice costituiscono i taglienti**. L'oggetto tranciato cade liberamente in un raccoglitore al di sotto dello stampo, grazie all'angolo di sforno della matrice, che assume valori di  $3^\circ \div 5^\circ$ .

PRINCIPIO DELLA TRANCIATURA



Per assicurare il corretto posizionamento della lamiera sopra la matrice è presente un sistema **guida lamiera**. Nel caso di lamiere sottili è presente un **premilamiera** (non rappresentato in figura), per evitare che essa si pieghi durante la tranciatura.

Vediamo in dettaglio quali sono le fasi che portano alla TRANCIATURA (o TAGLIO) della lamiera



Il punzone penetra nella lamiera provocando la deformazione della sua struttura fibrosa, tipica di tutti i prodotti laminati, e la lamiera inizia a penetrare nella matrice; la lamiera si deforma, con arrotondamento dei bordi tranciati, nelle zone di contatto superiore con il punzone ed inferiore con la matrice.

Al raggiungimento della tensione di rottura a taglio del materiale, si genera una superficie di frattura che separa l'oggetto tranciato dal resto della lamiera.

In questa fase il punzone applica la massima forza sulla lamiera.

Il punzone continua a spingere il pezzo tranciato all'interno della matrice, finché esso non cade.

In questa fase la forza decresce rapidamente e si stabilizza ad un valore tale da fare scorrere il pezzo già tranciato nella matrice.

La sezione del tranciato presenta in corrispondenza di uno spigolo una bava, mentre sull'altro si ha un arrotondamento. Inoltre la superficie laterale presenta una superficie liscia generata dallo strisciamento sulle pareti della matrice, l'altra rugosa in quanto sede della frattura.

La FORZA DI TRANCIATURA, il cui calcolo è utile per la scelta della pressa e per la verifica di resistenza degli elementi dello stampo, non ha valore costante durante l'operazione, ma varia qualitativamente come rappresentato in figura.

Inoltre dipende dal tipo di utensili che si utilizzano: **piatti e paralleli** o **ad angolo**.

Il valore massimo della forza di tranciatura, valido nel caso di UTENSILI PIATTI E PARALLELI, può essere valutato con la seguente relazione

$$P_{\max} = \tau_R \cdot l \cdot s \cdot 1,2 \quad (N)$$

con

$$\tau_R \cong \frac{4}{5} \cdot R_m \left( \frac{N}{\text{mm}^2} \right) \quad \text{carico unitario di rottura a taglio del materiale (nel caso di ACCIAI)}$$

$$\tau_R = 520 \div 600 \text{ N/mm}^2$$

per gli acciai inossidabili

$$\tau_R = 180 \div 300 \text{ N/mm}^2$$

per il rame

$$\tau_R = 220 \div 400 \text{ N/mm}^2$$

per gli ottoni

$$\tau_R = 70 \div 160 \text{ N/mm}^2$$

per l'alluminio

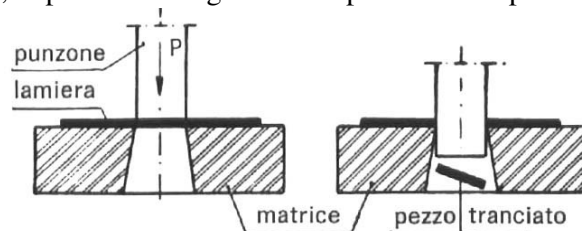
$l$  (mm) perimetro del contorno tranciato

$s$  (mm) spessore della lamiera

L'aumento del 20% ( $\times 1,2$ ) per tenere conto degli attriti nello stampo

**L'area all'interno della curva rappresenta il LAVORO EFFETTIVO DI TRANCIATURA.**

Quando si utilizzano UTENSILI PIATTI E PARALLELI, il profilo del tagliente del punzone e il profilo del tagliente della matrice giacciono su due piani paralleli orizzontali; pertanto l'azione di taglio si esplica contemporaneamente su tutto il profilo tagliente.



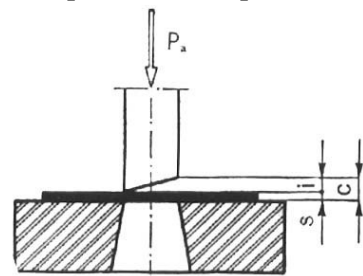
Il lavoro teorico di tranciatura si calcola come

$$L_{\text{teorico}} = P_{\max} \cdot s \quad (J)$$

essendo  $s$ , espresso in metri, lo spessore della lamiera.

Quando si utilizzano UTENSILI AD ANGOLO, il profilo del tagliente del punzone e il profilo del tagliente della matrice giacciono su due piani obliqui, di cui uno è orizzontale. In questo caso la forza massima di tranciatura risulta più piccola rispetto agli utensili piatti, poiché il punzone trancia progressivamente il contorno della lamiera, facendo però una corsa maggiore dello spessore della lamiera, infatti  $\text{CORSA} = C = s + i$ .

È chiaro che il lavoro teorico di tranciatura visto nei due casi è lo stesso. Da questa considerazione è possibile calcolare la forza di tranciatura massima  $P_{a \max}$ .



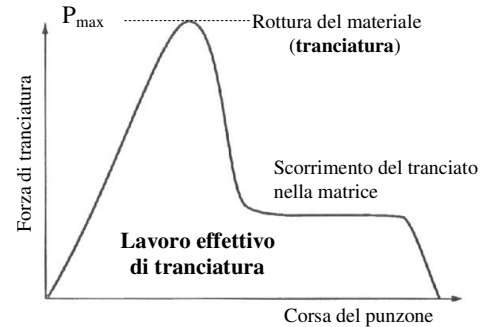
$$L_{\text{teorico}} = P_{\max} \cdot s = P_{a \max} \cdot C \quad \text{da cui si calcola} \quad P_{a \max} = \frac{P_{\max} \cdot s}{C} \quad (N)$$

Per l'azionamento del punzone sono utilizzate presse, preferibilmente meccaniche, che dispongono di una forza nominale di  $1,5 \cdot P_{\max}$

Tra punzone e matrice esiste un **gioco "g"**, dell'ordine di qualche centesimo di millimetro, che

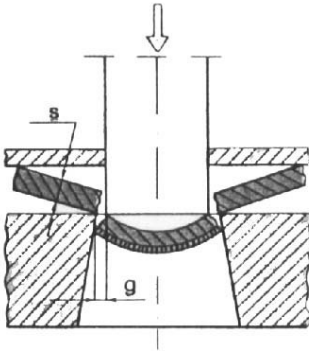
↪ AUMENTA all'aumentare dello spessore della lamiera

↪ DIMINUISCE all'aumentare del carico unitario di rottura del materiale della lamiera.



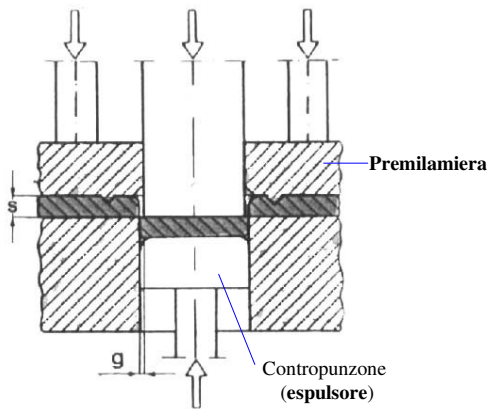
A seconda del tipo di tranciatura che si vuole realizzare: TRADIZIONALE o FINE, si opera in modo diverso utilizzando stampi con diverse caratteristiche e dispositivi. In figura sono riportate le principali differenze.

#### TRANCIATURA TRADIZIONALE



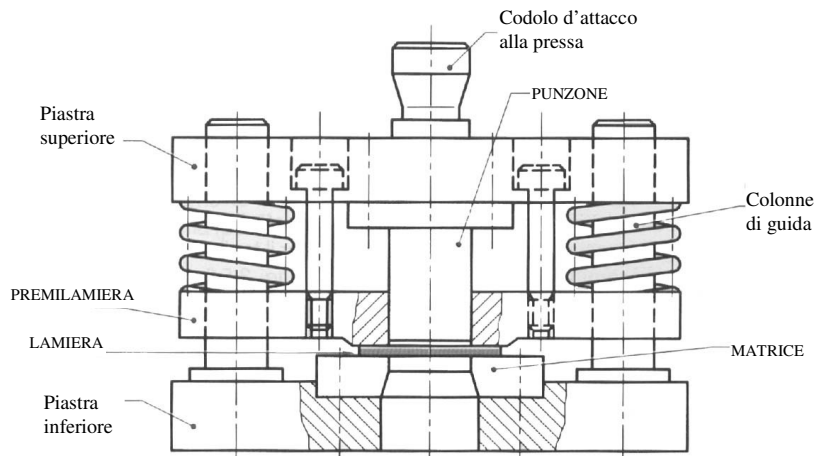
- Il lavoro di tranciatura dipende solo dalla forza agente sul punzone.
- La lamiera non è trattenuta durante la tranciatura, per cui tende a sollevarsi dalla matrice, soprattutto se la lamiera ha un piccolo spessore.
- Il gioco “g” tra punzone e matrice è circa il 5% dello spessore della lamiera.
- La superficie tranciata è ruvida e con bava

#### TRANCIATURA FINE



- Il lavoro di tranciatura dipende oltre che dalla forza agente sul punzone, anche dalle forze agenti sul premilamiera e sull'espulsore.
- La lamiera, durante la tranciatura, è mantenuta compressa dal premilamiera, pertanto non si può deformare.
- Il gioco “g” tra punzone e matrice è circa lo 0,2% dello spessore della lamiera.
- La matrice non ha angoli di spoglia.
- La superficie tranciata è molto più liscia e non presenta bava.

Punzone e matrice fanno parte di uno stampo, chiamato stampo di tranciatura. In figura ne è riportato uno schema.



PUNZONE e MATRICE sono realizzati con **materiali per utensili**: acciai con elevato tenore di carbonio tipo X205Cr12KU, X155CrVMo12-1KU, 55WCrV8KU con elevata durezza e resistenza all'usura, per garantire un'elevata durata dello stampo (20000 ÷ 30000 pezzi); o metallo duro per tranciare materiali modestamente idonei come lamiera di acciaio al silicio o di acciaio inossidabile.

In base alla forma e alla dimensione dei pezzi tranciati che si vogliono ottenere, si deve fare uno studio accurato delle dimensioni del nastro di lamiera di partenza. Ciò ha lo scopo di limitare al minimo gli SFRIDI.

Nel caso di pezzi di piccole dimensioni si ricorre spesso a stampi per tranciatura multipla, che permettono di ottenere più pezzi tranciati per una sola corsa del punzone.

Un esempio è riportato in figura.

Per il pezzo da realizzare, rappresentato in figura, sono necessarie le seguenti operazioni: **tranciatura, punzonatura** per la realizzazione dei tre fori, **doppia piegatura**.

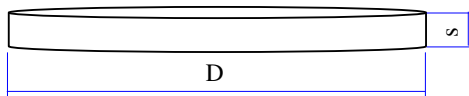
Partendo dallo sviluppo in piano del pezzo, si determina la larghezza della lamiera di partenza per ottenere i pezzi tranciati, in modo da limitare gli sfridi.



**Nota:** *tranciatura e punzonatura sono due operazioni ambedue di taglio della lamiera; la differenza sta nel fatto che nella tranciatura il pezzo utile è il tranciato, mentre nella punzonatura il pezzo tranciato è lo scarto.*

**Esercizio:** DETERMINAZIONE DELLA FORZA MASSIMA E DEL LAVORO TEORICO DI TRANCIATURA.

Si deve tranciare un disco di diametro  $D = 20$  mm da un nastro in acciaio avente  $R_m = 500$  N/mm<sup>2</sup> e spessore  $s = 2$  mm. Determinare la forza massima di tranciatura e il lavoro teorico di tranciatura.



La tensione a rottura di taglio vale

$$\tau_R \cong \frac{4}{5} \cdot R_m = \frac{4}{5} \times 500 = 400 \frac{N}{mm^2}$$

La sezione resistente che si oppone al taglio è rappresentata dall'area laterale del cilindro, pertanto

$$A_{resistente} = l \cdot s = \text{circonferenza} \times \text{spessore} = \pi \cdot D \cdot s = 3,14 \times 20 \times 2 = 125,6 \text{ mm}^2$$

La forza massima di tranciatura, considerando anche gli attriti, vale

$$P_{max} = \tau_R \cdot l \cdot s \cdot 1,2 = 400 \frac{N}{mm^2} \times 125,6 \text{ mm}^2 \times 1,2 = 60288 \text{ N}$$

Il lavoro teorico di tranciatura, ipotizzando di utilizzare utensili piatti e paralleli, vale

$$L_{teorico} = P_{max} \cdot s = 60288 \text{ N} \times 0,002 \text{ m} = 120,58 \text{ J}$$

## ✓ Piegatura

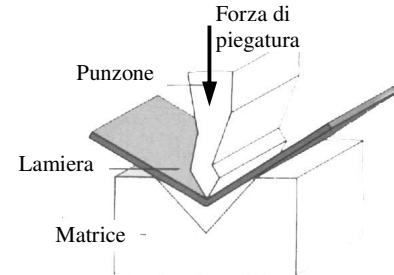
La piegatura è una lavorazione di deformazione plastica che consente di ottenere **elementi a sezione aperta**, sviluppati essenzialmente in direzione della lunghezza. Consiste nel sottoporre la lamiera ad una sollecitazione di flessione con carico superiore al limite elastico, in modo da **deformarla permanentemente**.

L'attrezzatura utilizzata è uno stampo costituito da un punzone e da una matrice di forma opportuna, in funzione del tipo di piegatura che si vuole realizzare. Il punzone è azionato da una pressa piegatrice che fornisce la forza di piegatura necessaria per eseguire la lavorazione.

In base alla corsa del punzone si distinguono i seguenti tipi di piegatura.

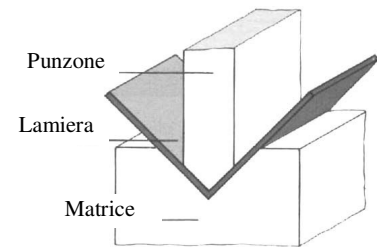
### PIEGATURA IN ARIA

Quando è effettuata in modo che lo spigolo della lamiera non raggiunga il fondo della matrice; variando la profondità della corsa del punzone si può ottenere una serie di piegature con diversi angoli, senza cambiare la matrice.



### PIEGATURA CONIATA

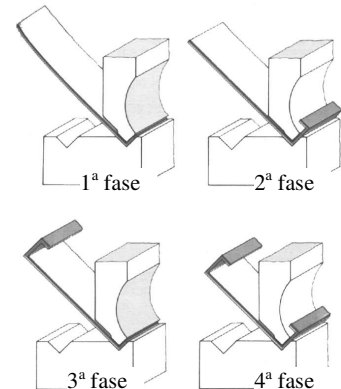
Quando è effettuata in modo che lo spigolo della lamiera raggiunga il fondo della matrice; la punta del punzone comprime la lamiera, la stira e conferisce maggiore rigidità al profilo.



In base al numero di pieghe realizzate con una sola corsa del punzone si distinguono i seguenti tipi di piegatura.

### PIEGATURA SEMPLICE

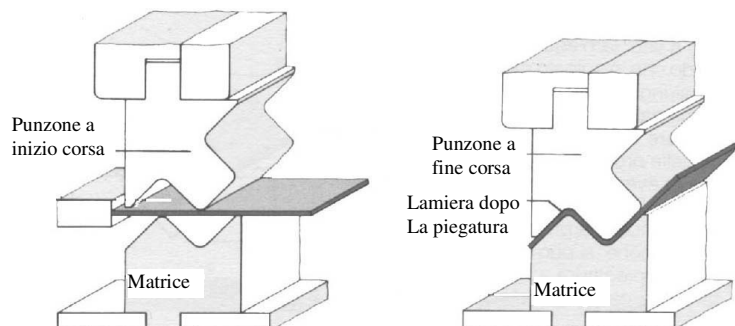
Quando punzone e matrice sono sagomati in modo da potere eseguire una sola piegatura per ogni corsa del punzone. Per realizzare più piegature si devono eseguire più corse del punzone e posizionare, di volta, in volta, la lamiera nel modo opportuno.



Un esempio di piegatura di una lamiera a forma di **C**, realizzata in **4 fasi** è riportato in figura.

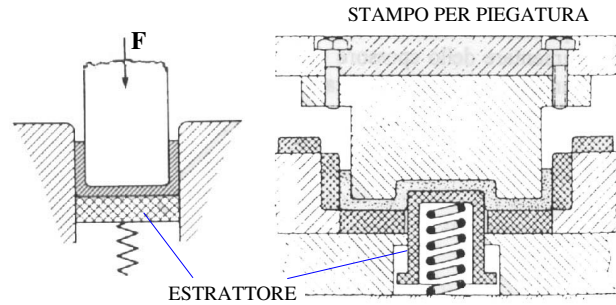
### PIEGATURA MULTIPLA

Quando punzone e matrice sono sagomati in modo da ottenere, in una sola corsa del punzone le pieghe volute. In questo caso il tempo per eseguire la lavorazione è ridotto, ma lo stampo di piegatura può effettuare solo quel tipo di piegatura e quindi risulta economicamente conveniente solo per **PRODUZIONE IN SERIE**.



Si possono utilizzare anche STAMPI PIÙ COMPLESSI in funzione della piegatura che si vuole realizzare. Questi stampi hanno sempre un ESTRATTORE, azionato da una molla, che provoca la fuoriuscita del pezzo piegato al termine dell'operazione.

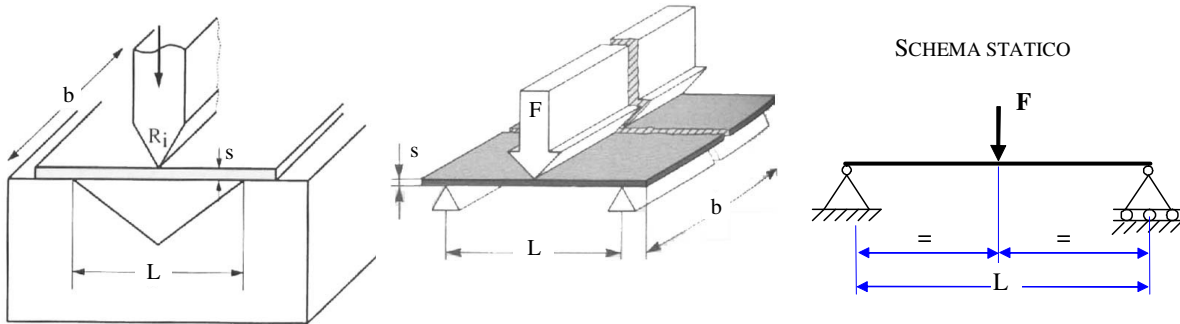
In figura sono riportati lo schema per la piegatura a U e uno stampo per piegatura multipla, dove si nota l'estrattore.



La PRESSA PIEGATRICE esercita tramite il punzone una forza che inflette la lamiera deformandola permanentemente, quindi la FORZA DI PIEGATURA deve essere tale da superare il limite elastico del materiale. La conoscenza del valore di tale forza permette di scegliere la pressa di potenzialità adatta per eseguire una determinata piegatura.

Vediamo come si determina, nel caso più semplice, la forza di piegatura.

Nel caso di piegatura come in figura, si considera la lamiera come una trave appoggiata, caricata in mezzzeria dalla forza  $F$  generata dal punzone.



Il momento flettente massimo si ha nella sezione di applicazione della forza e vale  $M_{f \max} = \frac{F \cdot L}{4}$ , mentre essendo la sezione resistente rettangolare di base  $b$  (lato parallelo all'asse neutro) e altezza  $s$ , il modulo di resistenza a flessione vale  $W_f = \frac{b \cdot s^2}{6}$ .

La tensione massima indotta dalla flessione vale  $\sigma_{\max} = \frac{M_{f \max}}{W_f} = \frac{\frac{F \cdot L}{4}}{\frac{b \cdot s^2}{6}} = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot s^2}$

Da cui è possibile calcolare LA FORZA DI PIEGATURA  $F$  che produce la deformazione permanente

$$F = \sigma_{\max} \cdot \frac{2 \cdot b \cdot s^2}{3 \cdot L} \quad \text{con } \sigma_{\max} \approx 2 \cdot R_E \text{ essendo } R_E \text{ il carico unitario al limite elastico}$$

Nel caso di situazioni più complesse di quella trattata, si ricorre spesso a valori della forza di piegatura rilevati sperimentalmente.

La lamiera, dopo la piegatura, ha un ritorno elastico (PARZIALE RADDRIZZATURA) per cui l'angolo di piegatura reale risulta maggiore di quello teorico.

Il ritorno elastico è dovuto al fatto che in prossimità dell'asse neutro, il materiale ha subito solo piccole deformazioni che sono elastiche; queste zone tendono, alla cessazione del carico, a riprendere la forma primitiva trascinando anche le zone snervate.

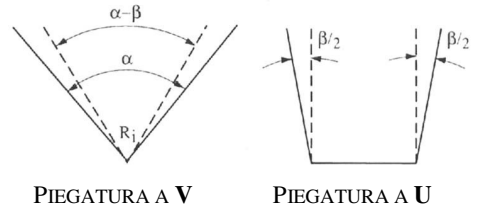
L'entità del ritorno elastico dipende dalle caratteristiche meccaniche del materiale, dall'entità delle tensioni che intorno all'asse neutro hanno superato il limite elastico, dallo spessore della lamiera, dalla geometria di punzone e matrice, ecc.

Si avrà quindi un'incertezza nella forma finale dei pezzi, che può essere prevista (ANGOLI DI SOVRAPIEGATURA), ma non esattamente calcolabile nella fase di progetto. Pertanto nel caso di piegatura in aria, la corsa del punzone sarà un poco più grande di quella teorica, mentre nel caso di piegatura coniata, la matrice avrà un angolo di piegatura un poco più piccolo di quello teorico.

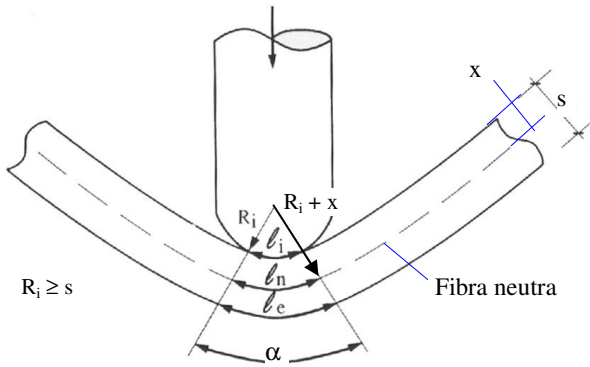
I valori degli angoli di sovrapiiegatura  $\beta$ , generalmente compresi tra  $5^\circ$  e  $15^\circ$ , possono essere stabiliti con esattezza solo nella fase di messa a punto del processo di fabbricazione.

Così negli esempi riportati in figura, si nota che volendo piegare una lamiera a **V** con un angolo di piegatura uguale ad  $\alpha$ , il punzone dovrà piegarla di un angolo pari ad  $\alpha - \beta$ , in modo che col ritorno elastico si abbia un angolo di piegatura effettivo di  $\alpha$ .

Piegando una lamiera ad **U**, col ritorno elastico del materiale si ottiene effettivamente una lamiera piegata come in figura (**tratto continuo**)



Le deformazioni indotte nella piegatura fanno sì che lo sviluppo della lunghezza della lamiera, prima e dopo la deformazione, sia diversa. Infatti per l'azione di piegatura, le fibre più vicine al punzone si accorciano, mentre quelle vicine alla matrice si allungano. Ci sarà una fibra che non subirà alcuna deformazione (fibra neutra), che consente di calcolare lo SVILUPPO DELLA LAMIERA PIEGATA.



La lunghezza dell'arco di circonferenza  $\ell_n$ , in corrispondenza della fibra neutra è quella che non subisce deformazioni, quindi la sua lunghezza prima e dopo la piegatura rimane invariata

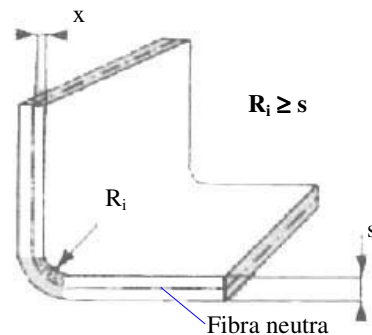
$$\ell_n = (R_i + x) \cdot \alpha \quad \text{con } \alpha \text{ in radianti}$$

Sperimentalmente è noto che la distanza  $x$  del piano neutro dalla superficie interna della piegatura vale:

$$x = \frac{s}{2} \quad \text{per } s \leq 1 \text{ mm}$$

$$x \cong \frac{s}{3} \quad \text{per } s > 1 \text{ mm}$$

Così volendo calcolare lo sviluppo della lamiera piegata a  $90^\circ = \pi/2$ , come nel caso in figura, lo SVILUPPO DELLA LAMIERA sarà



### Lunghezza tratti rettilinei + lunghezza arco lungo la fibra neutra

Dove la lunghezza dell'arco è uguale a  $\ell_n = (R_i + x) \cdot \alpha = (R_i + s/2) \cdot \pi/2$  se  $s \leq 1 \text{ mm}$

$\ell_n = (R_i + x) \cdot \alpha = (R_i + s/3) \cdot \pi/2$  se  $s > 1 \text{ mm}$

Le presse piegatrici con migliori prestazioni sono quelle idrauliche perché consentono al punzone un accostamento veloce alla lamiera da piegare, una fase di lavoro lento con velocità del punzone intorno a  $4 \div 10 \text{ mm/s}$  e una corsa a vuoto di risalita veloce.

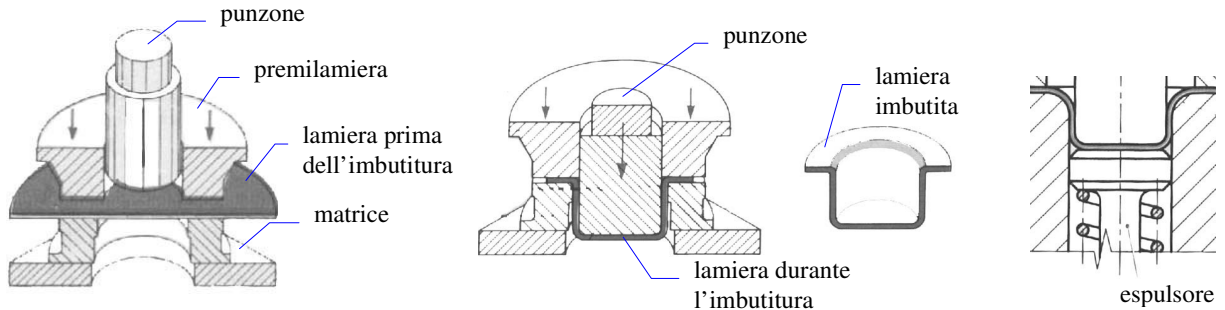
## ✓ Imbutitura

È una lavorazione che permette di passare da una lamiera di forma piana a una di **forma concava**. Gli utensili utilizzati sono generalmente gli **stampi per imbutitura** azionati da una pressa.

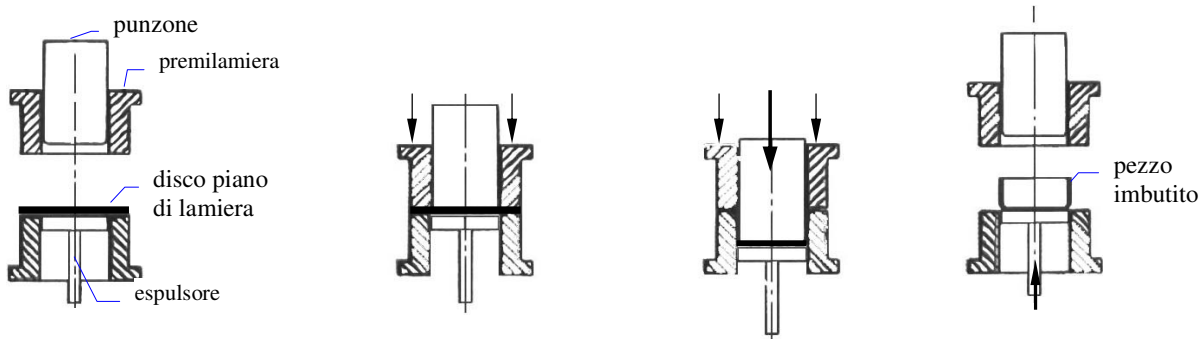
Questi stampi sono costituiti, nelle parti essenziali, da una **MATRICE**, un **PUNZONE**, un **PREMILAMIERA** e un **ESPULSORE** azionato da una molla.

La lamiera è deformata dall'azione del punzone che obbliga il materiale ad assumere la forma dello stampo inferiore o matrice. A imbutitura effettuata, la molla dell'espulsore compressa durante l'imbutitura, restituisce l'energia immagazzinata spingendo fuori dalla matrice il pezzo imbutito.

La lavorazione viene, di solito, eseguita a freddo utilizzando presse meccaniche. Solo per forti imbutiture e per lamiere di grosso spessore si fa la lavorazione a caldo utilizzando presse idrauliche; i pezzi imbutiti così ottenuti sono meno precisi per forma e per dimensioni.



Vediamo quali sono le fasi della lavorazione in uno dei casi di imbutitura più semplice.



**1<sup>a</sup> FASE**  
Il punzone e il premilamiera si trovano in alto, al di sopra della matrice; il disco piano di lamiera viene posizionato sulla matrice. La molla del premilamiera, non rappresentata in figura, non è compressa.

**2<sup>a</sup> FASE**  
Il premilamiera compie la sua corsa verso il basso, fino ad appoggiarsi sulla lamiera posizionata; in tal modo la corona circolare esterna del disco viene pressata fra le superfici anulari della matrice e del premilamiera. Il valore della pressione sulla lamiera dipende dal materiale che si sta utilizzando e dal suo spessore. Il punzone inizia la sua corsa verso il basso in ritardo rispetto al movimento della lamiera.

**3<sup>a</sup> FASE**  
Il punzone, continuando a scendere, viene a contatto con il disco di lamiera ed inizia l'imbutitura. La forza esercitata dal punzone costringe la lamiera a deformarsi e a scorrere verso l'interno della matrice assumendo la forma del punzone. La forza del premilamiera deve avere un'intensità tale da non impedire lo scorrimento della lamiera (ciò è facilitato attraverso un'opportuna lubrificazione che riduce l'attrito), ma adatta a contrastarne il raggrinzimento conseguente al moto imbutente del punzone.

**4<sup>a</sup> FASE**  
Il punzone effettua la sua corsa di ritorno verso l'alto, seguito con un po' di ritardo dal premilamiera; nel mentre il pezzo, per l'azione della molla dell'espulsore, viene spinto fuori dalla matrice. La molla viene compressa durante l'imbutitura immagazzinando l'energia che restituisce in questa fase



Si riportano i *parametri fondamentali* del processo d'imbutitura.

- Il RAPPORTO D'IMBUTITURA  $R_i$  definito come

$$R = \frac{\text{diametro corpo cilindrico del pezzo finale ottenuto}}{\text{diametro iniziale disco}} = \frac{d}{D}$$

Solo se  $R_i \geq 0,5$  la lavorazione è realizzabile con una sola imbutitura, altrimenti l'imbutitura finale si ottiene progressivamente, con una sequenza di più imbutiture. Tale parametro influenza il valore della forza necessaria per eseguire la lavorazione (FORZA D'IMBUTITURA)

- Gli spigoli di matrice e punzone sono raccordati con raggi di valore **6 ÷ 10 volte lo spessore** della lamiera. I raggi di raccordo del punzone sono sempre più grandi di quelli della matrice. I RACCORDI sono necessari per evitare la tranciatura della lamiera, ma non devono essere molto grandi perché provocherebbero la formazione di pieghe, causa un insufficiente contatto tra matrice e premilamiera
- Per il funzionamento dello stampo è necessario un GIOCO fra punzone e matrice, pertanto il diametro del foro della matrice è maggiore di quello del punzone

$$d_{\text{matrice}} \cong d_{\text{punzone}} + 2,5 \cdot s \quad \text{con } s = \text{spessore lamiera}$$

Un valore del gioco grande comporta il rischio di formazione di pieghe o d'irregolarità sulle pareti dell'imbutito; un valore piccolo il rischio di un eccessivo assottigliamento della lamiera

- La VELOCITÀ D'IMBUTITURA varia da 0,2 ÷ 0,75 m/s andando dall'acciaio inossidabile, all'acciaio dolce, all'alluminio, all'ottone.
- La PRESSIONE  $p$  del premilamiera varia da **1 a 2 N/mm<sup>2</sup>** a seconda del materiale e dello spessore della lamiera: *i valori maggiori si utilizzano per lamiere sottili*. La forza esercitata dal premilamiera vale

$$F_{\text{PREMILAMIERA}} = p \cdot A = p \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$$

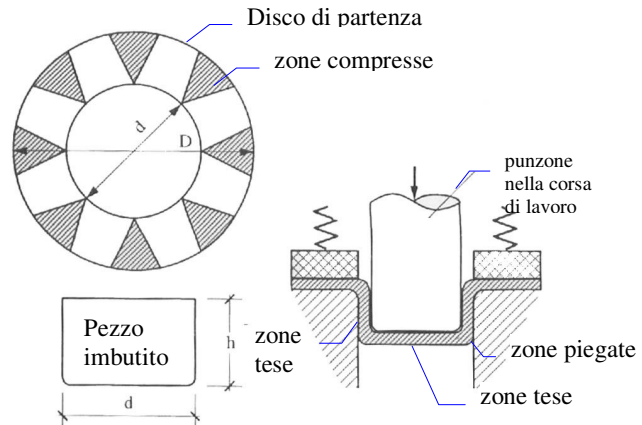
essendo  $A$  l'area di una corona circolare di diametro esterno  $D$  (**diametro disco**) e diametro interno  $d$  (**diametro del corpo cilindrico del pezzo**)

- La FORZA D'IMBUTITURA dipende dal *tipo di materiale, dalla lubrificazione, dalla geometria dei componenti dello stampo, dalla pressione del premilamiera, dalla velocità d'imbutitura* e assume il valore orientativo dato dalla relazione

$$F_{\text{IMBUTITURA}} = \pi \cdot d \cdot s \cdot R_m \cdot m \quad \text{con } m = 1 \div 0,4 \text{ coefficiente che diminuisce all'aumentare di } R = \frac{d}{D}$$

L'imbutitura è l'operazione che più sollecita la lamiera durante la deformazione e per questo richiede lamiere di qualità con comportamento quasi isotropo.

Basti pensare che nel caso semplice di realizzazione di un contenitore cilindrico rappresentato in figura, la trasformazione geometrica richiede che il materiale costituente i triangoli tratteggiati venga eliminato, per potere ottenere le pareti verticali del prodotto finale. Durante la lavorazione questo materiale è soggetto a compressione e tende a formare delle pieghe, che comunque sono impedito dal premilamiera. Inoltre la lamiera in deformazione nella matrice è soggetta a forza di trazione lungo le pareti verticali. Queste sollecitazioni provocano variazioni di spessore ed in particolare assottigliamenti nelle parti tese ed ispessimenti nelle parti compresse, pertanto i **pezzi imbutiti non hanno uno spessore costante**.



Nello studio dell'imbutitura è necessario calcolare lo SVILUPPO PRIMITIVO DEL PEZZO DI LAMIERA da posizionare nello stampo. Mentre nel caso generale di pezzi qualsiasi il calcolo non è possibile (e si ricorre quindi a delle prove pre-serie), esso è possibile nel caso di pezzi che sono SOLIDI DI RIVOLUZIONE. Infatti in tali casi la forma dello sviluppo primitivo è un cerchio con un diametro **D**

ricavabile dalla formula  $\frac{\pi \cdot D^2}{4} = \sum A_i$  con  $\sum A_i$  = somma delle aree degli elementi di

superficie che compongono l'imbutito

da cui è possibile calcolare il DIAMETRO DEL DISCO DI PARTENZA  $D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \sum A_i}$

Così per l'esempio riportato in figura, l'area approssimativa (*perché non si tiene conto delle piegature*) del disco di partenza deve essere uguale alla somma delle tre seguenti aree:

area della corona circolare di diametro esterno (**d + 2 a**) e diametro interno **d**

$$A_1 = \frac{\pi \cdot (d + 2 \cdot a)^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

area del cerchio di diametro **d** del fondo del pezzo imbutito

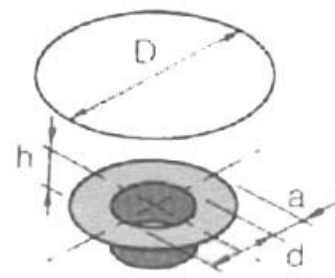
$$A_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

la superficie laterale del cilindro di diametro **d** e altezza **h**

$$A_3 = \pi \cdot d \cdot h$$

pertanto  $\sum A_i = A_1 + A_2 + A_3$

e quindi il disco di partenza deve avere diametro  $D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \sum A_i}$



Uno **stampo per imbutitura** è costituito dalle seguenti parti principali.

- A. Portalamiera
- B. Stampo o matrice
- C. Colonne di guida
- D. Premilamiera
- E. Portapunzone
- F. Punzone
- G. Molle del premilamiera
- H. Attacco a codolo
- I. Estrattore

Abbiamo detto che i punzoni degli stampi vengono azionati da presse, che possono essere ad AZIONAMENTO OLEODINAMICO o MECCANICO. Le presse assumono forma e dimensioni diverse a seconda del principio di funzionamento e della massima forza di compressione che possono esercitare: fino a 3000 ÷ 6000 kN per le presse oleodinamiche più grandi, da 100 kN a 12000 kN per le presse meccaniche. Si riportano di seguito alcuni degli schemi di funzionamento.

### **Presse oleodinamiche**

La più semplice è costituita da un'incastellatura a portale (1), dotata di guide di scorrimento per la traversa mobile (3), su cui è fissato il semistampo superiore (o il punzone).

Sul basamento (4) è fissato il semistampo inferiore (o la matrice).

Una pompa (5), attraverso una valvola di posizionamento (6), manda l'olio in pressione in una delle camere del cilindro operatore (2) all'interno del quale scorre un pistone.

Quando l'olio affluisce nella camera superiore, la sua pressione, agente sullo stantuffo, genera la forza di compressione necessaria per deformare o tranciare la lamiera, mentre quando affluisce nella camera inferiore provoca l'innalzamento della traversa mobile. La forza di compressione aumenta con l'aumentare della pressione dell'olio e con il diametro del cilindro.

Un altro tipo di pressa, con sistema separato per il sollevamento e la discesa della traversa mobile (slitta portastampo), è rappresentata in figura.

## Presse meccaniche

Si descrive il principio di funzionamento di una pressa a manovella.

Un motore mette in rotazione una piccola ruota dentata (**B**) accoppiata con un'altra ruota dentata più grande (**A**). Questa ruota provoca la rotazione dell'albero di manovella (**C**) tramite una frizione (la rotazione dell'albero può essere inserita o disinserita a piacere innestando la frizione).

Sull'albero di manovella è collegata, attraverso la boccola (**D**), la biella (**E**) a sua volta collegata alla slitta o traversa superiore della pressa.

Quando l'albero a manovella ruota, la biella soggetta ad un moto rettilineo alternato, provoca l'abbassamento o l'innalzamento della slitta portastampo ad essa collegata.

L'abbassamento della slitta è comandato da una frizione, che è azionata manualmente, grazie alla quale la ruota dentata (**A**) è resa solidale nella rotazione con l'albero a manovella (**C**).

Nella fase di ritorno (innalzamento), un freno attivato automaticamente, blocca la slitta nel punto più alto, in modo da preparare la pressa ad una successiva fase di discesa.