

5 Lavorazioni plastiche: laminazione

Mediante **laminazione** si riduce la sezione dei lingotti ottenuti in acciaieria per trasformarli in prodotti commerciali (semilavorati), utilizzabili per le successive lavorazioni meccaniche (Fig. 128).



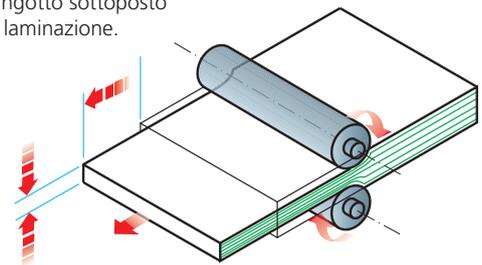
Figura 128

Impianto di laminazione.

La trasformazione viene effettuata facendo passare ripetutamente il lingotto attraverso due cilindri che ruotano in senso contrario fra loro. Il lingotto, per effetto della laminazione, subisce una diminuzione della sezione e un allungamento nella direzione di laminazione. La riduzione del lingotto in prodotto laminato avviene gradualmente, attraverso numerosi passaggi tra i cilindri (Fig. 129).

Figura 129

Lingotto sottoposto a laminazione.



5.1 Prodotti della laminazione

I lingotti vengono trasformati per laminazione in semilavorati, detti di **prima laminazione**, a sezione rettangolare o a sezione quadrata (Fig. 130).

I semilavorati a sezione rettangolare prendono il nome di **bramme**.

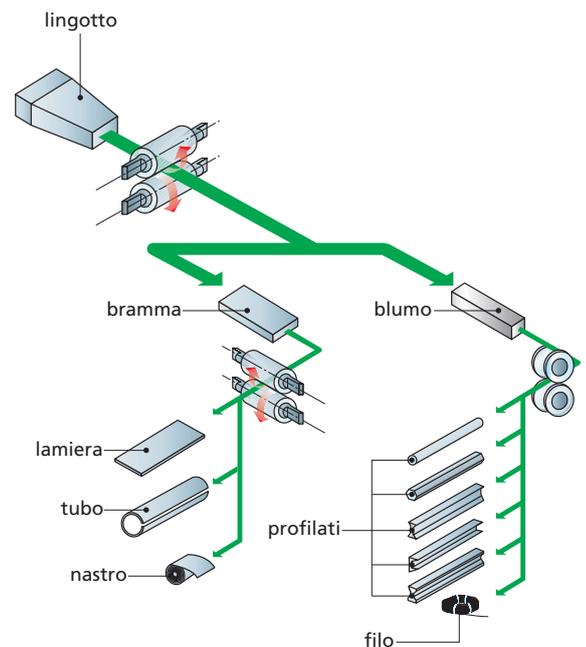
I semilavorati a sezione quadrata prendono il nome di **blumi**.

Attraverso ulteriori laminazioni le bramme e i blumi vengono trasformati in prodotti commerciali per le lavorazioni meccaniche, detti anche **semilavorati di seconda laminazione**.

I principali prodotti in commercio sono lamiera, profilati, barre, nastri (*coils*), tondini, fili, tubi ecc.

Figura 130

Prodotti della laminazione.



5.2 Tipi di laminazione

La laminazione degli acciai viene eseguita a caldo o a freddo.

Laminazione a caldo

La laminazione a caldo degli acciai viene effettuata a temperatura variabile tra 900 e 1250 °C, a seconda del tipo di acciaio.

A queste temperature gli acciai presentano il massimo della plasticità, il che consente notevoli trasformazioni plastiche con minor numero di passate. A ogni passata, con il trascorrere del tempo, la temperatura del pezzo diminuisce e diminuiscono proporzionalmente la plasticità e la laminabilità dell'acciaio.

Con la laminazione a caldo si lavorano i lingotti, i blumi, le bramme e le **billette** per ricavare lamiera, profilati e tondi di medio e grosso spessore.

Laminazione a freddo

La laminazione a freddo è possibile grazie alla plasticità a freddo degli acciai, anche se notevolmente inferiore a quella a caldo. La riduzione di spessore che si può ottenere con una passata è molto limitata. Le passate non possono essere ripetute molte volte perché il materiale laminato a freddo subisce il fenomeno di incrudimento e tende a diventare fragile. La laminazione a freddo degli acciai viene effettuata sulle lamierini sottili con spessori più precisi di quanto sia possibile ottenere mediante laminazione a caldo.

5.3 Il laminatoio

Il procedimento industriale di laminazione viene realizzato in impianti detti **laminatoi** (Fig. 131).

La parte principale di un laminatoio è costituita dalla gabbia di laminazione.

Figura 131

Laminatoio.



Gabbia

La gabbia è formata da una robusta incastellatura sulla quale sono alloggiati i cilindri per la laminazione, ed è equipaggiata con piani a rulli azionati da motori elettrici, che trascinano l'acciaio da laminare fra i cilindri della gabbia.

Il motore fornisce il movimento di rotazione ai cilindri della gabbia, mediante alberi, allunghe, giunti e snodi.

Impianti ausiliari

Gli impianti di laminazione comprendono, oltre alle macchine fondamentali per la laminazione (le gabbie), numerose altre stazioni di lavoro del pezzo e macchinari per la preparazione, il trasporto e la finitura dei prodotti.

Trasferimento

Per il trasferimento dei pezzi lungo l'impianto, oltre alle cosiddette vie a rulli trascinatori, sistemate prima e dopo le gabbie, sono previsti dispositivi e meccanismi elevatori, manipolatori, ribaltatori, distanziatori ecc.

Riscaldamento

Nella laminazione a caldo sono utilizzati grandi forni di riscaldamento impiegati a portare il materiale alla temperatura adatta alla laminazione (per gli acciai comuni a 1200-1300 °C). I più comuni sono i forni a spinta che assicurano un rifornimento continuo al treno di laminazione.

Taglio e spuntatura

Per il taglio e la spuntatura sia dei prodotti semilavorati sia dei prodotti finiti sono impiegate grandi cesoie che su certi impianti continui possono tagliare anche le barre in movimento (cesoie volanti).

Operazioni di preparazione e finitura

Spesso, prima, durante e dopo il ciclo di laminazione, i pezzi subiscono altre fasi di lavorazione, di preparazione e di finitura.

Per esempio:

- discagliatura, che precede la laminazione a caldo con lo scopo di eliminare le scaglie di ossido dalla superficie delle bramme e dei lingotti;
- decapaggio continuo in vasca, per eliminare gli ossidi residui dalle lamiere prima della laminazione a freddo;
- trattamento termico di ricottura, per ridurre la fragilità dei laminati a freddo incruditi;
- spianatura e raddrizzatura, per eliminare gli eventuali difetti di forma dei prodotti laminati.

I prodotti che possono essere avvolti in rotoli (tondi, fili, lamierini, nastri ecc.) vengono arrotolati su aspi avvolgitori o bobinatrici.

Treno di laminazione

L'insieme dei macchinari di un processo completo di laminazione è detto treno di laminazione (Fig. 132). Il treno di laminazione può essere a una o più gabbie.

Treni di laminazione a una gabbia

La gabbia, nei treni di laminazione a una sola gabbia, è dotata di cilindri che possono invertire il moto. Il materiale perciò viene laminato nei due sensi, alternativamente. A ogni passata i cilindri vengono avvicinati fra loro per ridurre progressivamente lo spessore del metallo.

Figura 132

Treno di laminazione a una gabbia.



Treni di laminazione a più gabbie

Per aumentare la produzione, nella laminazione di profilati, tondini, lamiere ecc., il treno di laminazione può essere composto di più gabbie (Fig. 133).

A seconda della disposizione delle gabbie si hanno tre tipi di treni di laminazione:

- treni in linea;
- treni continui o aperti;
- treni semicontinui.

Treni in linea

Le gabbie dei laminatoi sono disposte l'una a fianco dell'altra. Generalmente i cilindri delle varie gabbie sono azionati da un motore unico. Il materiale in laminazione passa da una gabbia all'altra, con traiettoria curvilinea o con percorsi rettilinei. Il materiale sottile e filiforme percorre una traiettoria curvilinea (serpentaggio).

Profilati di grandi dimensioni escono da una gabbia per entrare nella successiva con percorsi rettilinei trasversali.

Treni continui o aperti

Le gabbie sono disposte l'una di seguito all'altra. I cilindri di ogni gabbia sono comandati da motori singoli.

Il materiale in laminazione procede in una sola direzione e viene laminato contemporaneamente da più gabbie, passando da una all'altra in modo continuo.

Nei treni continui il percorso del materiale da una gabbia all'altra è più breve, perciò il raffreddamento è minore ed è possibile realizzare coefficienti di stiramento più elevati.

Treni semicontinui

Sono costituiti da gruppi di gabbie in linea e gruppi di gabbie in continuo.

Figura 133

Treno di laminazione a più gabbie.



6 Lavorazioni plastiche: gabbie di laminazione

Le gabbie di laminazione sono formate da un numero variabile di cilindri, e le più comuni presentano due, tre o quattro cilindri.

Le **gabbie** sono chiamate **reversibili** se i cilindri possono invertire il senso di rotazione (Fig. 134).

6.1 Gabbia duo reversibile

La macchina è costituita da due grandi cilindri di ghisa, ad assi paralleli, sostenuti da una incastellatura (gabbia).

Il cilindro inferiore ruota intorno a un'asse mentre quello superiore è mobile in verticale, per consentire la regolazione dello spessore di laminazione.

I due cilindri dispongono della possibilità di invertire il senso di rotazione, perciò il laminatoio è detto **duo reversibile**.

La gabbia richiede motori con elevata potenza per ottenere la rotazione e l'inversione del moto dei cilindri, il cui peso può essere di alcune tonnellate.

6.2 Gabbia trio

Questo tipo di gabbia ha tre cilindri, che permettono la laminazione nei due sensi, senza inversione di rotazione (Fig. 135). Un volano permette di uniformare la velocità di laminazione.

Figura 134

Gabbia di laminazione reversibile.

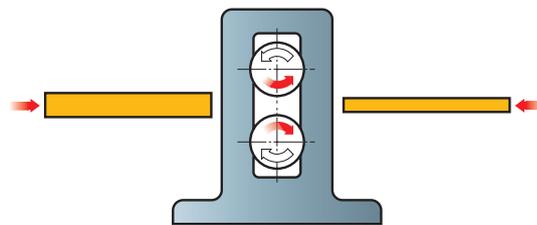


Figura 135

Gabbia trio.

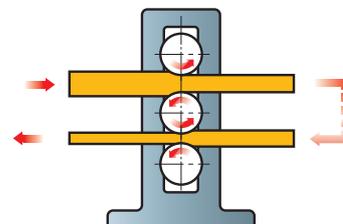
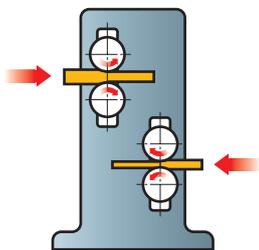


Figura 136

Gabbia doppio duo.



La gabbia trio deve disporre di bancali elevabili o elevatori meccanici per sollevare le barre da laminare al livello dell'imboccatura dei cilindri superiore e mediano. Per questo motivo questa gabbia è generalmente usata per la laminazione a caldo di barre, tondi e profilati medi, più leggeri dei lingotti, dei blumi e delle bramme.

La barra passa alternativamente e ripetutamente sopra e sotto il cilindro mediano.

La superficie dei cilindri della gabbia trio è sagomata in modo da ottenere attraverso i successivi passaggi la sezione voluta del profilato.

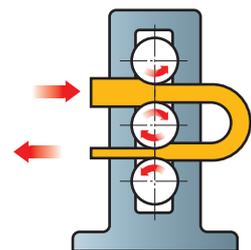
6.3 Gabbia doppio duo

La gabbia doppio duo è formata da due coppie di cilindri a diverse altezze, ruotanti in modo da disporre di due sensi di laminazione (Fig. 136).

I profilati di piccolo spessore possono essere inseriti contemporaneamente su entrambe le coppie di cilindri di una gabbia doppio duo, oppure sopra e sotto il cilindro mediano di una gabbia trio (serpentaggio).

Figura 137

Gabbia universale.



6.4 Gabbia universale

Se alla gabbia orizzontale viene accoppiata una gabbia con cilindri ad asse verticale (gabbia ricalcatrice), si ottiene un treno detto universale che consente la laminazione contemporanea delle quattro facce degli sbozzati (Fig. 137). La funzione della gabbia verticale è di portare alla larghezza voluta il pezzo in laminazione senza doverlo ribaltare di 90°.

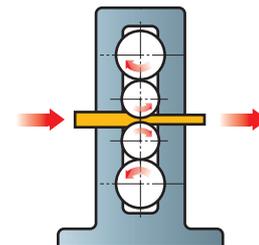
6.5 Gabbia quarto

Questa gabbia viene impiegata per la fabbricazione di lamiere e nastri, a caldo e a freddo (Fig. 138). Si possono effettuare forti riduzioni di spessore anche a freddo, senza deformazioni sui cilindri di lavoro e con evidente vantaggio per l'uniformità e l'esattezza degli spessori ottenuti; questo tipo di gabbia è il più usato nei moderni impianti di laminazione.

La gabbia quarto può essere sia reversibile sia irreversibile. Gabbie irreversibili possono essere disposte in serie per formare un treno di laminazione.

Figura 138

Gabbia quarto.



6.6 Gabbia a più cilindri

Le gabbie a 6, 12, 20 e più cilindri sono largamente impiegate per la laminazione a freddo di nastri metallici di piccola larghezza, di esiguo spessore e con tolleranze ristrette (per esempio nastri per lamette da barba).

La gabbia è formata da due grandi cilindri esterni in folle, detti di appoggio, e da due cilindri interni, più piccoli, detti di lavoro, che sono motori. I due grandi cilindri esterni servono per sostenere gli sforzi di pressione trasmessi dai due cilindri interni tra i quali passa la lamiera. I cilindri di appoggio assicurano rigidità e indeformabilità ai cilindri di lavoro.

6.7 Cilindri di laminazione

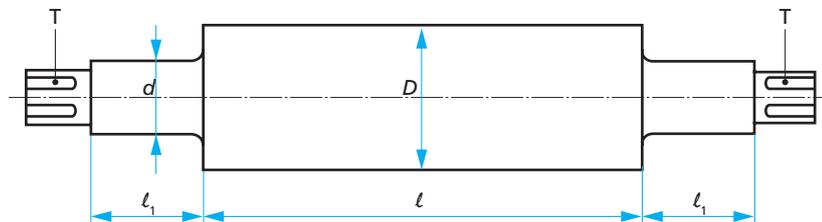
In Figura 139 è illustrato schematicamente un cilindro. Le due estremità del cilindro, detti colli, presentano un diametro d pari alla metà del diametro D del corpo centrale.

Sui colli vengono inseriti i cuscinetti a rulli conici per il montaggio del cilindro sulla gabbia. La lunghezza del corpo centrale cilindrico, detto tavola, è: $l = (3 \div 3,5)D$. Tale proporzionamento è ottimale per ridurre le flessioni sotto sforzo; la lunghezza dei colli è mediamente $l_1 = 1,5d$.

Il collegamento con gli organi di trasmissione del moto avviene mediante i trefoli T.

Figura 139

Cilindro di laminazione.



Montaggio dei cilindri

I cilindri sono montati nella gabbia mediante supporti scorrevoli sulle testate per la regolazione della distanza e quindi dello spessore del laminato (calibro).

Lo spostamento è determinato da due vitoni di uguale passo, collegati con un sistema ruota globoidale-vite senza fine allo stesso albero di comando, in modo da consentire uno spostamento simultaneo.

Per eliminare i giochi è presente un gruppo oleodinamico, oppure un sistema a contrappesi.

In **Figura 140** è mostrato un esempio di vitone per il sollevamento dei cilindri, costituito da una parte scanalata A che si accoppia con un manicotto B, sul quale è calettata una ruota C detta “globoidale”, e da una parte filettata D, che si accoppia con una madrevite E incorporata nel montante.

La ruota globoidale è azionata da una vite senza fine F, che a seconda del senso di rotazione sposta verticalmente in alto o in basso il vitone che regola la distanza fra i cilindri.

Collegamento al gruppo motore

Il collegamento dei cilindri al gruppo motore avviene mediante le prolunghe P e i manicotti G, dotati di giunti cardanici per consentire lo spostamento dei rulli.

Gli organi per la trasmissione del moto (**Fig. 141**) sono costituiti da una coppia di ruote dentate bieloidali (a spina di pesce) R, che permettono la trasmissione di forze elevate e riducono le vibrazioni senza introdurre spinte assiali, e da una frizione F.

Il moto di rotazione dei cilindri è comandato da un motore elettrico M.

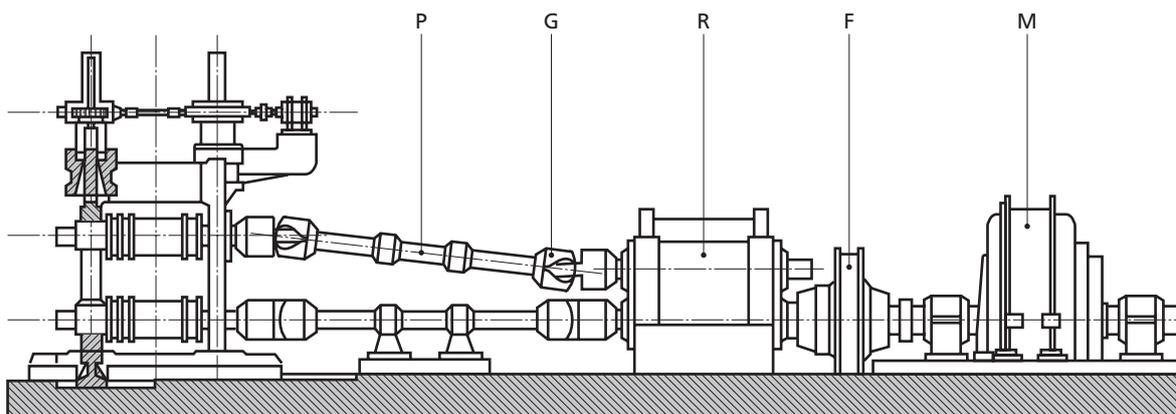


Figura 140

Vitone.

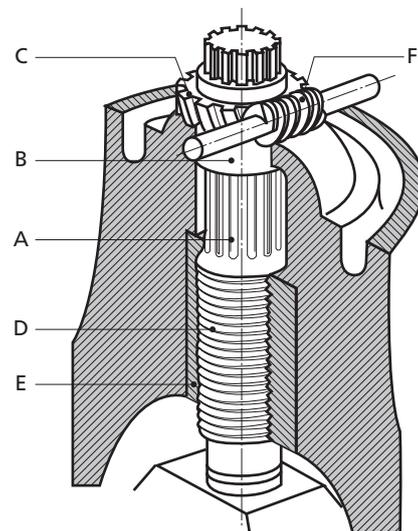


Figura 141

Collegamento al gruppo motore.

Forme dei cilindri di laminazione

I cilindri del laminatoio presentano forma e dimensioni variabili a seconda del tipo di laminazione che devono eseguire (**Fig. 142**).

I cilindri del laminatoio per sbazzare il lingotto in blumi sono lisci e di grandi dimensioni per ottenere considerevoli riduzioni con poche passate. La riduzione che si può ottenere in una passata aumenta con l'aumentare del diametro dei cilindri.

Il diametro dei cilindri laminatori può superare il metro e la lunghezza i 3 m.

I cilindri per ricavare lamiera e lamierini sono anch'essi lisci. I cilindri per lamiera larghe sono leggermente bombati, per ottenere lamiera di spessore costante. Durante la laminazione, infatti, i cilindri sotto sforzo tendono a flettersi nella parte centrale producendo una lamiera bombata al centro, cioè avente nella parte centrale uno spessore superiore a quello delle parti laterali (**Fig. 142a**). Per correggere questa tendenza e ottenere lamiera a spessore costante, si ricorre a cilindri bombati (**Fig. 142b**), in modo da eliminare la cosiddetta **freccia di inflessione** (**Fig. 142c**).

La bombatura può essere ridotta nelle gabbie quarto perché, grazie all'azione dei cilindri di appoggio, l'inflessione dei cilindri di lavoro è molto minore.

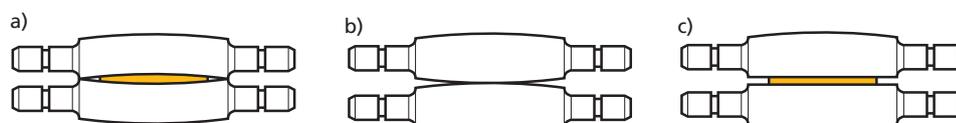


Figura 142

Tipi di cilindri per laminazione.

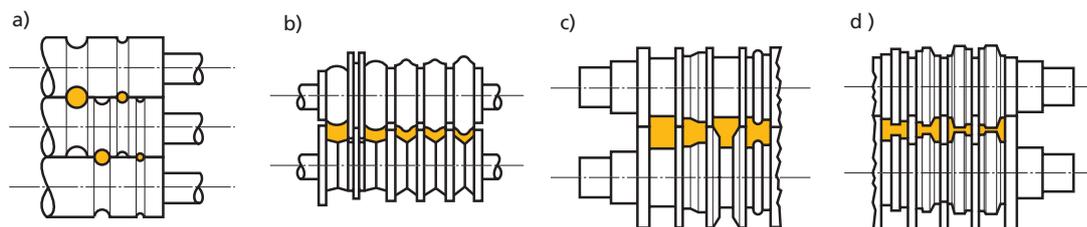
Cilindri sagomati o calibrati

I cilindri per ridurre i blumi in barre, tondi o profilati sono provvisti di scanalature, o sagome, o calibri, atti a trasformare in successive passate la sezione iniziale nella sezione finita. La forma e il numero di calibri ricavati su ogni cilindro variano a seconda della forma della sezione dei profilati e del numero di passaggi che la barra deve subire per assumere la sezione finale voluta (Fig. 143):

- a) cilindri calibrati per barre tonde;
- b) cilindri calibrati per profilati;
- c) cilindri calibrati per rotaie, sbozzatori;
- d) cilindri calibrati per finitori.

Figura 143

Cilindri sagomati o calibrati.



7 Lavorazioni plastiche: fabbricazione dei tubi

I tubi possono essere prodotti senza saldatura o con saldatura.

Tubi non saldati

I tubi non saldati sono prodotti a partire da un massello pieno mediante operazioni di trafilatura o di laminazione.

Con questo sistema vengono prodotti tubi di piccolo e medio diametro per condutture in pressione di impianti termici e costruzioni edilizie.

I tubi non saldati resistono meglio alle pressioni interne dei fluidi e alle sollecitazioni esterne.

Tubi saldati

I tubi saldati vengono ricavati da nastro metallico di larghezza corrispondente allo sviluppo del tubo da produrre e di spessore uguale.

Sono poco resistenti alle sollecitazioni e alle deformazioni perché risultano indeboliti nella zona di saldatura.

I tubi saldati, generalmente di considerevole spessore e di medio e grande diametro, vengono impiegati in oleodotti o acquedotti per il trasporto di fluidi non sottoposti a pressioni elevate.

7.1 Tubi non saldati ottenuti per laminazione

Il procedimento più noto per ottenere tubi non saldati è basato sul principio della **laminazione obliqua** (o **Sistema Mannesmann**).

Il processo avviene in due fasi, la fase di foratura del massello e la fase di laminazione del forato.

Fase di foratura del massello

Il materiale di partenza è costituito da un massello (**Fig. 147**). Il massello viene trasformato in tubo passando attraverso i rulli di uno speciale laminatoio. Il laminatoio Mannesmann è costituito da due rulli, dalla sagoma a forma di botte, montati su assi sghembi. I due rulli ruotano nello stesso senso.

Il massello di materiale, portato alla temperatura di laminazione, è sottoposto a una forte pressione che tende a schiacciarlo e a farlo ruotare. Le parti esterne del materiale, spinte dai rulli con moto rotatorio, scorrono rispetto alle parti interne, provocando una lacerazione delle fibre centrali del materiale. Si forma così un vuoto centrale, che viene allargato da una spina a punta che si insinua nel vano centrale in formazione.

Il massello è spinto in avanti dalla forma a botte dei cilindri. Mentre il massello avanza, la punta penetra allargando il foro e rendendolo più regolare.

Il massello viene così trasformato in tubo grezzo, dalle pareti molto spesse, di forma irregolare, detto **forato**.

Fase di laminazione del forato

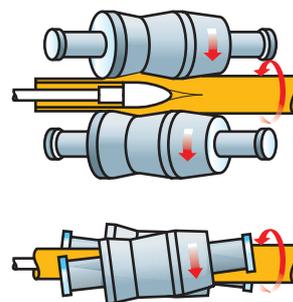
Il forato viene portato alle dimensioni e al grado di finitura di tubo per mezzo di un **laminatoio**, detto **a passo di pellegrino** perché la laminazione avviene in modo discontinuo. Infatti, il tubo dapprima avanza libero sotto i rulli di un certo tratto per poi essere rispinto indietro, pressato dai rulli, e in questa fase viene laminato.

I due cilindri del laminatoio sono costituiti da rulli scanalati a gola semicircolare con profondità della gola variabile (come una camma). Tra i rulli è sistemata una spina cilindrica sulla quale viene investito il forato da portare a finitura.

Per un settore di circa 1/3-1/4 di circonferenza il vano della gola aperto tra i rulli è così ampio da permettere il libero passaggio del forato grezzo spinto in avanti.

Continuando la rotazione i rulli si presentano sul forato con la parte di gola più stretta. Il forato viene così rispinto indietro e nel contempo compresso sulla spina centrale di

Figura 147
Fase di foratura di un massello.

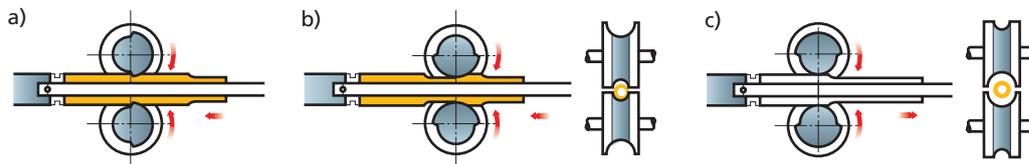


guida (Fig. 148a). Il forato viene così stirato e plasmato sulla spina fino a raggiungere le dimensioni prestabilite, che dipendono dal diametro della gola e da quello della spina stessa (Fig. 148b).

Quando tutto il metallo passato sotto i rulli è stato stirato dalla parte più stretta della gola, il rullo ripresenta l'altra parte più larga. Il forato e la spina vengono risospinti in avanti e un nuovo tratto viene impegnato dai rulli per essere ridotto di diametro (Fig. 148c).

Figura 148

Fase di laminazione del forato.



7.2 Tubi saldati

I grandi tubi utilizzati per le condutture che non devono essere sottoposte a pressioni eccessive (per esempio oleodotti) vengono realizzati piegando la lamiera e saldandone i lembi. A seconda di come viene piegata la lamiera le saldature possono essere longitudinali o elicoidali.

I tubi saldati vengono rigorosamente controllati sia durante sia dopo la lavorazione. In particolare vengono sottoposti a scrupolosi esami i giunti di saldatura con moderni mezzi di rilevazione dei difetti esterni e soprattutto interni, quali gli ultrasuoni, i raggi X ecc.

Tubo saldato con saldatura longitudinale

Il tubo a saldatura longitudinale viene prodotto partendo da un nastro di lamiera. La preparazione dei lembi della lamiera, in vista della loro saldatura, viene eseguita su grandi piallatrici.

La lamiera viene piegata prima a U e poi a O da due presse formatrici di grande potenza.

La saldatura viene preceduta da una operazione di riscaldamento per evitare i ritiri e le deformazioni.

Dopo una prima saldatura di imbastitura con il procedimento elettrico ad arco sotto protezione di gas inerte, si passa alla saldatura vera e propria.

La saldatura viene eseguita per mezzo di saldatrici elettriche continue e automatiche con il procedimento ad arco sommerso sotto flusso granulare di protezione.

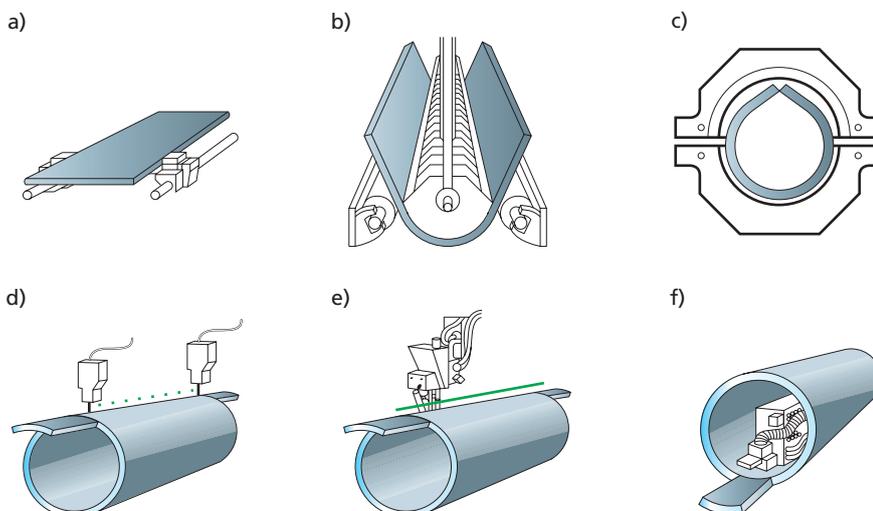
Sugli elevati spessori dei tubi di grande diametro la saldatura viene praticata sia all'interno sia all'esterno del tubo.

In **Figura 149** sono illustrate schematicamente le principali fasi di lavorazione:

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| a) preparazione dei lembi; | d) puntatura; |
| b) piegatura a U; | e) saldatura esterna; |
| c) piegatura a O; | f) saldatura interna. |

Figura 149

Principali fasi di lavorazione di un tubo saldato con saldatura longitudinale.



Tubo saldato con saldatura elicoidale

I tubi ottenuti con saldatura offrono difficoltà di curvatura perché si rompono o si aprono in corrispondenza della linea di saldatura. Per eliminare questo inconveniente si ricorre alla saldatura elicoidale.

Il nastro di lamiera viene avvolto a elica sopra una spina cilindrica in modo che i bordi si sovrappongano. Viene eseguita quindi la saldatura elicoidale con procedimenti automatici.

Approfondimento

Forze di attrito e rotazione del materiale nella fase di foratura

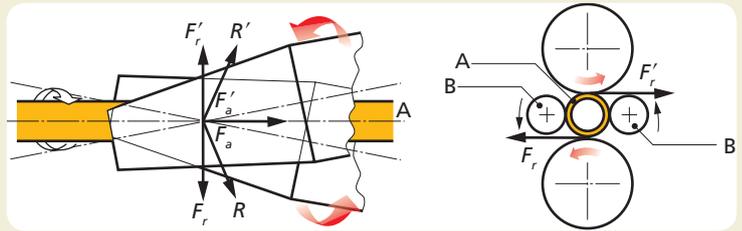
Le forze di attrito R , che si sviluppano fra i rulli e il massello per effetto delle forze di compressione, possono essere scomposte nelle componenti assiali F_a nella direzione dell'avanzamento (che si sommano), e nelle componenti F_r ortogonali all'asse (che provocano la rotazione del materiale).

La barra A è guidata lateralmente da due rulli di sostegno B (Fig. 150).

L'inclinazione dei rulli è di 5-10° rispetto alla barra e la velocità di rotazione è di 300-500 giri al minuto.

Figura 150

Forze di attrito e rotazione del materiale nella fase di foratura.



8 Lavorazioni plastiche: trafilatura

Mediante la **trafilatura** si producono barre, tondi e fili metallici di piccola sezione.

L'operazione consiste nel deformare il materiale, costringendolo mediante trazione a passare attraverso un foro calibrato. Poiché la trafilatura viene effettuata a freddo la superficie del prodotto non si ossida come nella laminazione a caldo.

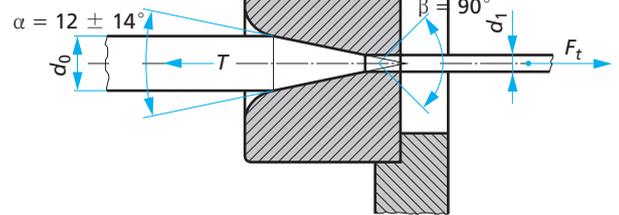
La trafilatura viene impiegata per ottenere, in alternativa alla laminazione, barre e tondi con migliore finitura superficiale e dimensioni più precise.

L'utensile, detto **filiera**, ha un foro a tronco di cono, con la sezione più piccola volta verso l'uscita del materiale. La filiera può essere di acciaio duro al cromo e tungsteno o, più frequentemente, di metallo duro (per i fili più sottili anche in diamante).

Il materiale tirato meccanicamente dalla parte opposta alla sezione di entrata del foro subisce uno schiacciamento che determina il restringimento della sezione e l'aumento della lunghezza (Fig. 151 e Tab. 17).

Figura 151

Filiera.



d_0 = diametro iniziale;
 T = risultante forze di attrito;
 d_1 = diametro finale;

α = angolo cono di ingresso;
 F_t = forza di trazione;
 β = angolo cono di uscita.

Tabella 17

Valori indicativi della forza di trazione F_t (daN) per la trafilatura di un filo con riduzione della sezione del 30%.

Ø iniziale del filo [mm]	Resistenza a trazione R_m [daN/mm ²]*													
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
1	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
2	40	47,5	55	62,5	70	77,5	85	92,5	100	110	120	130	140	150
3	150	187,5	225	262,5	300	338	376	414	452	490	528	566	604	642
4	250	313	376	439	502	565	628	691	754	817	880	943	1006	1070
5	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
6	600	750	900	1005	1200	1350	1500	1650	1800	1950	2100	2250	2400	2550

*1 daN = 10 N (decanewton)

Essendo la lavorazione eseguita a freddo, dopo ogni passaggio il materiale subisce un **incrudimento**, che provoca un aumento della durezza e della resistenza a trazione, ma soprattutto della fragilità. Dopo molti passaggi alla filiera si può rischiare la rottura del filo, per cui si rende necessario un trattamento termico di **ricottura**.

8.1 Applicazioni della trafilatura

Fili sottili e sottilissimi

Nella fabbricazione del filo si parte da un tondo laminato a caldo con diametro di 5 mm, denominato **vergella**.

I tondi al di sopra del diametro di 5 mm vengono laminati a caldo perché la deformazione risulta facilitata dallo stato plastico del metallo.

Al di sotto del diametro di 5 mm la produzione di fili mediante laminazione a caldo è impossibile perché il raffreddamento, data la piccola sezione del filo, sarebbe troppo rapido.

Barre, tondi e fili a tolleranza ristretta

La trafilatura, costringendo il materiale a passare a freddo attraverso un foro indeformabile con sezione di uscita costante, conferisce al pezzo dimensioni precise. I pezzi ricavati mediante trafilatura, rispetto a quelli laminati a caldo, hanno tolleranze di forma e di dimensioni più ristrette.

Tubi di piccolo diametro

Partendo da un tubo più grosso, con la trafilatura è possibile ridurre il suo diametro e regolarizzare la sua forma interna ed esterna.

Il foro del tubo viene calibrato da una spina chiamata, per la sua forma, **oliva**, inserita al centro della matrice della filiera.

8.2 Fasi di lavorazione della trafilatura

Pulitura meccanica

Le barre o i fili prima di passare alla trafilatura devono essere accuratamente liberati dall'ossido che li ricopre e dalle scaglie di ferro bruciato, incorporate precedentemente durante la laminazione a caldo. A tale scopo le barre e i fili vengono ripetutamente piegati su rulli e raschiati con spazzole metalliche.

Pulitura chimica (decapaggio)

Il materiale viene immerso in una soluzione acida che elimina dalla sua superficie le ultime tracce di ossido. Per neutralizzare l'effetto corrosivo dell'acido il materiale viene successivamente lavato con acqua e calce.

Lubrificazione

La barra o il filo, nel passare forzatamente attraverso il foro della filiera, esercita un'azione abrasiva.

Per evitare che la filiera si deteriori rapidamente, occorre lubrificare le barre e i fili prima della trafilatura. I lubrificanti più usati sono sapone, grasso, olio denso, fosfato di zinco ecc.

Trafila

Il materiale viene fatto passare attraverso una serie di filiere di diametro decrescente mediante un dispositivo di trazione. Il numero di passate consecutive per ridurre la sezione è limitato al massimo a 7 o 8.

La deformazione a cui è sottoposto il materiale nel passaggio attraverso la filiera provoca un forte incrudimento superficiale, dovuto allo schiacciamento dei cristalli. Questo incrudimento rende il materiale più fragile e duro e ne diminuisce la duttilità.

Quando la trafilatura deve essere prolungata per portare il materiale a forti riduzioni di sezione, per evitare l'incrudimento e la conseguente possibile rottura del filo occorre sottoporre il metallo al trattamento termico di ricottura.

8.3 Macchine trafilatrici

Le macchine trafilatrici consentono la produzione su larga scala di fili metallici. Le parti principali sono (Fig. 152):

- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| A. Banco di fondazione; | E. Vasca di lubrificazione; |
| B. Motore; | F. Filiere; |
| C. Ingranaggi riduttori; | G. Supporti di guida; |
| D. Rulli avvolgitori; | H. Tamburo avvolgitore. |

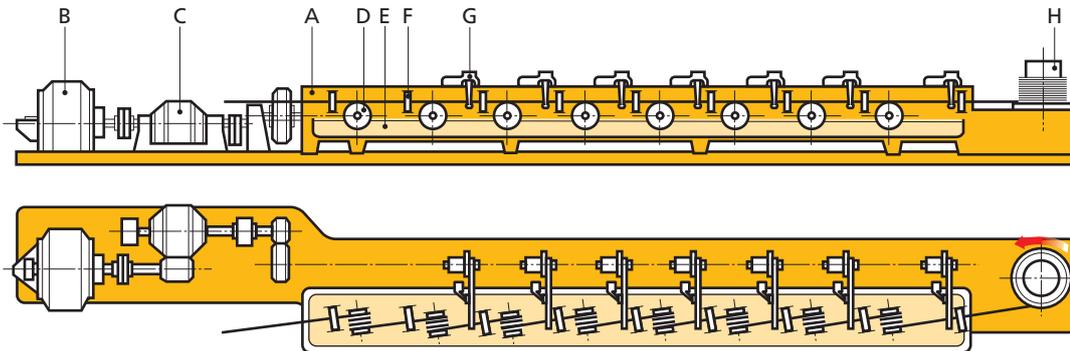


Figura 152

Trafilatrice a più filiere in serie.

Sul banco sono fissate le filiere seguite dai rulli avvolgitori. Il filo viene fatto passare attraverso le filiere, che hanno un diametro decrescente. La trazione del filo attraverso ciascuna filiera viene realizzata per mezzo del rullo avvolgitore successivo.

Un motore tramite ingranaggi riduttori trasmette il moto ai rulli avvolgitori. Il filo, mediante appositi supporti, viene mantenuto nella posizione più idonea al suo avvolgimento sui rulli. I rulli avvolgitori sono parzialmente immersi in una vasca di lubrificazione che contiene una soluzione di olio per il raffreddamento e la lubrificazione del filo.

Un tamburo avvolgitore arrotola il filo in matasse dopo l'uscita dall'ultima filiera.

La macchina illustrata in **Figura 152** riduce un tondino di diametro 8 mm a un filo di diametro 1,4 mm, facendolo passare attraverso 9 filiere disposte in serie.

Trafilatrice di barre a banco

Questa trafilatrice, impiegata per piccole barre di lunghezza limitata, destinata a tornitura, è costituita da un banco, sul quale scorrono una catena a rulli (il cui ritorno passa sotto il banco) e un carrello agganciato alla catena, munito di una pinza che stringe e trascina la barra (**Fig. 153**). La barra è così costretta a passare attraverso la filiera, montata su una robusta incastellatura all'estremità del banco.

A fine corsa, il carrello si sgancia dalla catena e la barra è tagliata.

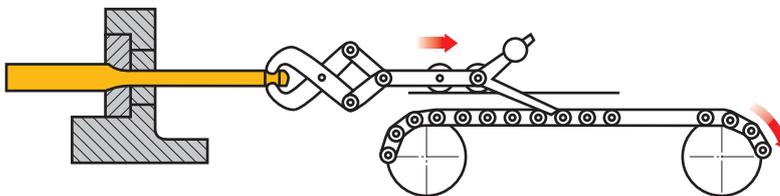


Figura 153

Trafilatrice di barre a banco.

8.4 Trafilatura dei tubi

La trafilatura può essere utilizzata anche per la finitura a freddo di tubi non saldati, ottenuti per laminazione a caldo.

I tubi non saldati ottenuti per laminazione a caldo presentano generalmente elevato diametro, grande spessore e lunghezza limitata.

L'operazione di trafilatura è finalizzata alla riduzione del diametro oppure alla riduzione del diametro e dello spessore.

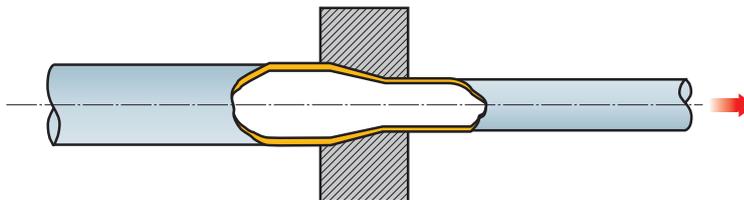
Riduzione del diametro

In questo primo caso, il più semplice, il tubo viene tirato attraverso una matrice con profilo particolare e il suo diametro assume all'incirca il valore del diametro della matrice come in **Figura 154** a pagina seguente. La superficie esterna del tubo risulta regolare, quella interna irregolare.

Con questo sistema si possono ottenere anche tubi a più diametri, come per esempio i pali per il sostegno dei fili elettrici.

Figura 154

Riduzione del diametro.



Riduzione del diametro e dello spessore

In questo secondo caso il tubo viene costretto a passare attraverso la matrice avendo all'interno un corpo che contrasta le forze radiali e definisce il diametro del foro.

Il corpo all'interno del tubo può passare anch'esso attraverso la matrice, oppure si blocca in corrispondenza del foro. Si possono adottare tre diversi sistemi:

- trafilatura su stanga;
- trafilatura su mandrino ancorato;
- trafilatura con mandrino flottante.

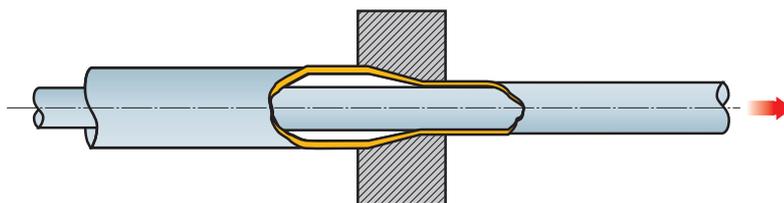
Trafilatura su stanga

Il tubo, infilato su una barra rettificata e rullata, lunga fino a 15 m, viene tirato attraverso la matrice insieme alla barra e si distende sulla medesima (Fig. 155).

L'attrito fra il tubo e la stanga è limitato, perché la velocità relativa è molto piccola, dovuta esclusivamente all'aumento di lunghezza del tubo.

Figura 155

Trafilatura su stanga.



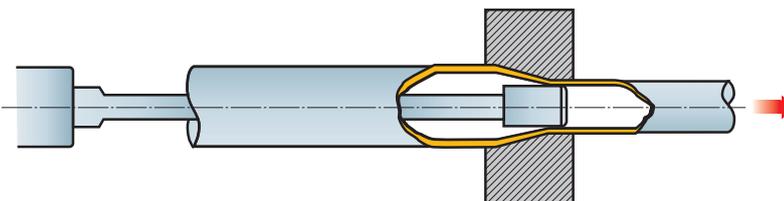
Trafilatura su mandrino ancorato

Il mandrino è tenuto fermo, con l'estremità in corrispondenza del foro della matrice, e il tubo scorre nello spazio anulare che si forma (Fig. 156).

Si produce forte attrito sia fra il tubo e la matrice sia fra il tubo e il mandrino, perché le velocità sono uguali. Si ottiene però il vantaggio di non dover estrarre il tubo mediante rullatura, che provoca una variazione del diametro.

Figura 156

Trafilatura su mandrino ancorato.



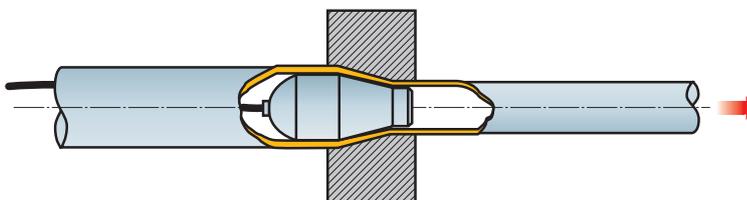
Trafilatura con mandrino flottante

Il mandrino, di lunghezza molto limitata, ha un profilo uguale a quello della matrice ed è collegato soltanto a un cavo utilizzato per il recupero (Fig. 157).

Con questo sistema si possono ottenere riduzioni di sezione maggiori rispetto ai due sistemi precedenti, perché non esiste il vincolo delle sollecitazioni sull'asta del mandrino.

Figura 157

Trafilatura con mandrino flottante.



9 Lavorazioni plastiche: estrusione

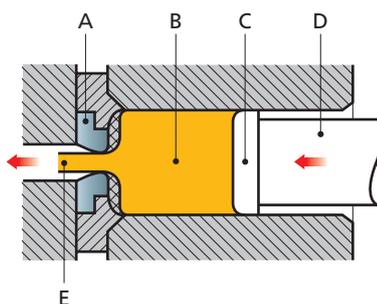
Mediante **estrusione** un metallo dotato di sufficiente plasticità viene costretto a defluire attraverso un'apertura di forma prestabilita.

L'operazione richiede l'applicazione di notevoli forze di compressione. L'estrusione è eseguita sia a caldo (acciai) sia a freddo (stagno, piombo, alluminio). L'utensile su cui è praticata l'apertura attraverso la quale il metallo viene estruso è detto **matrice**. La matrice determina la forma e le dimensioni della sezione finale della barra estrusa (**Fig. 161**):

- A. matrice;
- B. massello di metallo;
- C. cilindro contenitore;
- D. punzone o mandrino compressore;
- E. pezzo estruso.

Figura 161

Matrice per estrusione.



Prodotti di estrusione

Mediante estrusione vengono prodotti pezzi di limitate dimensioni e di forme complesse che non potrebbero essere ottenuti per laminazione (**Fig. 162**).

In particolare vengono prodotti per estrusione tubi di piccolo diametro e di limitato spessore o aventi sezioni di forma complessa, tubi alettati, profilati per serramenti ecc.

Macchine per l'estrusione

Per l'estrusione si usano presse di tipo idraulico, generalmente orizzontali, che raggiungono potenze molto elevate (**Fig. 163**).

Il materiale da estrudere, a forma di massello, viene deposto in un apposito contenitore generalmente di forma cilindrica.

Uno **stantuffo** o **punzone** comprime il materiale costringendolo a uscire attraverso il foro della matrice.

Per l'estrusione di piccoli pezzi (capsule, tubetti ecc.) le macchine utilizzano una potenza limitata, ma possono raggiungere elevate velocità di esecuzione.

Figura 162

Alcuni prodotti di estrusione.

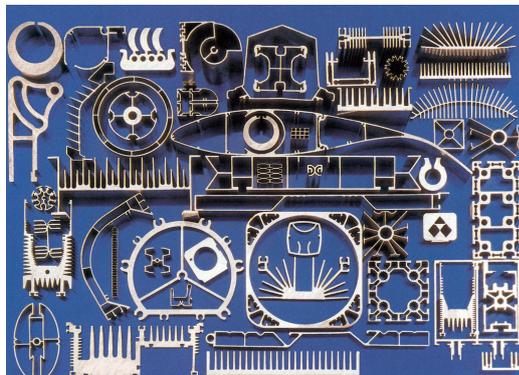
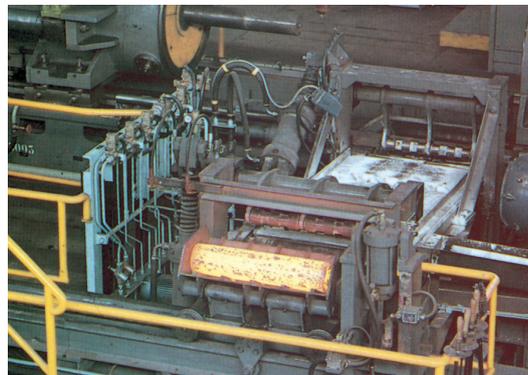


Figura 163

Presses orizzontali da 2000 t per estrusione.



Materiali per l'estrusione e loro temperatura di estrusione

L'estrusione è un processo che avviene generalmente a caldo. Solo alcuni materiali, come il piombo, l'alluminio, lo stagno, il rame e l'acciaio dolce possono essere estrusi anche a freddo.

Vengono estrusi sempre a caldo gli acciai ad alto tenore di carbonio e gli acciai legati. Le temperature più adatte per l'estrusione a caldo variano a seconda del materiale. Nella **Tabella 18** sono riportate le temperature medie di estrusione di alcuni materiali.

Pressione per l'estrusione

Le **pressioni di estrusione** variano a seconda della qualità del materiale e a seconda della temperatura.

Le pressioni sono comunque molto elevate e richiedono l'uso di speciali presse meccaniche e idrauliche, con potenze in grado di erogare sforzi corrispondenti a masse fino a 10000 tonnellate e anche più.

Nella **Tabella 19** sono riportate le pressioni di estrusione a freddo di alcuni materiali.

9.1 Tipi di estrusione

Estrusione diretta

L'operazione, eseguita generalmente a caldo, permette di ricavare barre piene o cave. Con l'estrusione diretta si realizzano pezzi di dimensioni notevoli e aventi profili complessi. Nell'estrusione diretta il materiale estruso esce nella stessa direzione del moto dello stantuffo che esercita la pressione (**Fig. 164a**).

Se allo stantuffo è collegato un mandrino calibratore, disposto assialmente rispetto all'apertura della matrice, si ottiene un tubo la cui sezione dipende dalla forma della matrice e da quella del mandrino (**Fig. 164b**).

Estrusione inversa

L'estrusione inversa serve per ottenere profili semplici e di dimensioni limitate, quali tappi, tubetti, coperchi, bossoli, pezzi di sezione quadrata, rettangolare, poligonale ecc. Il processo risulta economicamente conveniente per produzioni elevate. Nell'estrusione inversa il materiale estruso esce in direzione contraria al moto dello stantuffo. L'estrusione inversa è di due tipi, a seconda che si vogliano ottenere corpi pieni o corpi cavi.

Corpi pieni

L'estrusione inversa per ottenere corpi pieni consiste nel fare defluire il materiale attraverso un foro applicato nel punzone.

Il massello racchiuso nella camera cilindrica (**Fig. 165a**) viene schiacciato ed è costretto a fuoriuscire dal foro centrale del punzone, la cui forma determina quella del pezzo estruso (**Fig. 165b**).

Corpi cavi

Da strisce o bandelle di laminato si ricavano, per tranciatura a mezzo di presse a eccentrico, i dischi del materiale da estrudere.

Il disco, detto anche **pastiglia**, viene introdotto sul fondo del foro praticato nella matrice (**Fig. 166a**).

Un cilindro pieno, detto **punzone**, colpisce con urto violento la pastiglia, costringendo il materiale a defluire in senso contrario, attraverso la corona libera tra la matrice e il punzone (**Fig. 166b**). Il punzone e il pezzo estruso vengono sollevati. Un estrattore provvederà a liberare il punzone dal pezzo estruso.

Tabella 18

Temperature medie di estrusione di alcuni materiali.

Materiale	T [°C]
Acciai legati	1300
Leghe alluminio	480
Nichel	1320
Ottone	800
Rame	950
Zinco	693

Tabella 19

Pressioni di estrusione a freddo di alcuni materiali.

Materiale	Pressione [N/mm ²]
Acciaio dolce	2300
Alluminio	800
Ottone	700
Rame	600

Figura 164

Estrusione diretta.

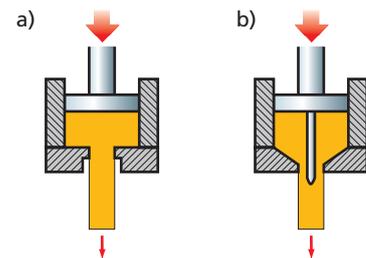


Figura 165

Estrusione inversa e formazione di corpi pieni.

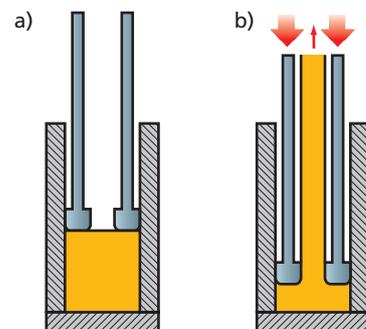
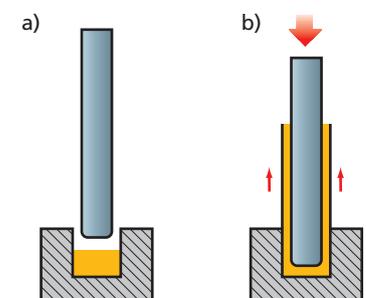


Figura 166

Estrusione inversa e formazione di corpi cavi.



10 Lavorazioni plastiche: fucinatura

La **fucinatura** è una lavorazione a caldo utilizzata per dare forma e dimensioni definite a semilavorati metallici quali barre, blumi e laminati in genere.

Figura 167

Attrezzi manuali per fucinatura.



La lavorazione viene eseguita a mano o a macchina per mezzo di appropriati attrezzi (martelli o mazze) che deformano, per percussione o per pressione, i materiali portati a elevata temperatura (**Fig. 167**).

La temperatura ideale per fucinare è quella alla quale il materiale raggiunge il massimo grado di malleabilità (stato pastoso o plastico).

Le forme commerciali di partenza per le lavorazioni di fucinatura e stampaggio a caldo sono, per le leghe ferrose, a seconda della forma e delle dimensioni del pezzo che si vuole ottenere, le billette, i blumi, le bramme, le barre e i tondini.

Spesso il pezzo grezzo da fucinare è chiamato genericamente massello.

La fucinatura a mano, molto antica e nota universalmente come lavorazione del fabbro, attualmente ha un carattere artigianale.

10.1 Caratteristiche dei pezzi fucinati

La fucinatura a caldo, rispetto alla fusione e alle lavorazioni con asportazione di truciolo, mantiene le migliori caratteristiche di resistenza meccanica alla fatica del materiale lavorato. Ciò dipende principalmente dalla fibrosità dei metalli, che conferisce loro una notevole tenacità. Nei pezzi fusi non esiste una disposizione fibrosa, perché i pezzi prendono forma allo stato liquido.

Le lavorazioni con asportazione di truciolo non agiscono sulla disposizione delle fibre, che rimangono parallele così come si erano formate a seguito dei processi di fabbricazione dei semilavorati (laminazione, estrusione, trafilatura ecc.). Il taglio e l'asportazione di materiale comportano quindi interruzioni e troncature della struttura fibrosa che riducono la tenacità e la resistenza del pezzo.

Nei pezzi fucinati, invece, le fibre si deformano e tendono a seguire la forma del pezzo: le fibre non risultano interrotte e questo rende il pezzo più resistente.

In **Figura 168** sono rappresentate le fibre di un materiale di un pezzo ottenuto:

- per fucinatura;
- per fusione;
- per lavorazione ad asportazione di truciolo.

Un'altra caratteristica favorevole della fucinatura consiste nell'ottenere pezzi esenti da soffiature interne, difetto che è invece abbastanza frequente nei getti fusi.

Infine, utilizzando appropriati stampi, con la fucinatura si ottengono pezzi con tolleranze di forma abbastanza ristrette e in generale inferiori a quelle ottenibili sui pezzi fusi.

In ogni caso, sia i pezzi fusi sia quelli fucinati vengono sottoposti, anche solo se parzialmente, a lavorazioni di finitura alle macchine utensili.

Figura 168

Fibre di un materiale di un pezzo ottenuto per fucinatura, per fusione e per asportazione di truciolo.

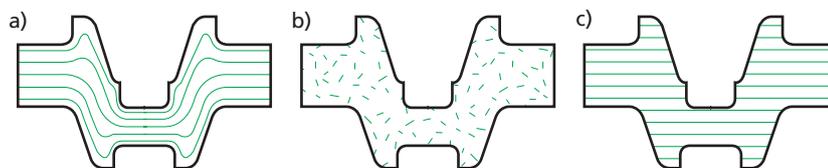


Figura 169

Alcuni prodotti di fucinatura.



10.2 Prodotti di fucinatura

Generalmente vengono prodotti per fucinatura organi meccanici di trasmissione soggetti a sollecitazioni ripetute, quali bielle, manovelle, alberi a gomito ecc. (**Fig. 169**).

La fucinatura risulta inoltre vantaggiosa per i prodotti la cui realizzazione alle macchine utensili richiederebbe lunghe e costose operazioni non giustificate dalla funzione e dall'impiego dei prodotti stessi, come per esempio chiavi inglesi, maniglie, coperchi, posate ecc.

10.3 Materiali adatti alla fucinatura

Sono fucinabili i metalli e le leghe metalliche con la proprietà di lasciarsi deformare plasticamente a freddo e a caldo senza perdere le caratteristiche meccaniche, cioè i materiali malleabili.

In particolare, sono fucinabili a caldo quei metalli che prima di fondere mantengono elevata plasticità per un intervallo ampio di temperatura. Non sono invece fucinabili i metalli fragili. La fucinabilità degli acciai diminuisce con l'aumentare della percentuale di carbonio presente nella lega.

Le ghise comuni non sono fucinabili perché non malleabili e quindi, se riscaldate, non presentano una fase pastosa indispensabile per la fucinatura. Nelle ghise, infatti, il passaggio dallo stato solido allo stato liquido avviene bruscamente. Le ghise vengono quindi lavorate prevalentemente per fusione e per asportazione di truciolo alle macchine utensili.

10.4 Temperature di fucinatura

L'operazione di fucinatura utilizza le caratteristiche di plasticità dei materiali, perciò viene eseguita alla temperatura alla quale ciascun materiale raggiunge il massimo di plasticità.

Nella **Tabella 20**, sono indicate le temperature minime e massime di fucinatura degli acciai e di altri metalli.

È in ogni caso necessario evitare di lavorare il metallo quando, in un certo intervallo di temperatura, risulta fragile. Il rame è molto fragile tra i 200 e i 600°C, per cui è fucinabile solo al di sopra o al di sotto di questo intervallo. Gli acciai dolci sono fragilissimi verso i 350°C, l'alluminio verso i 375°C.

10.5 Colore e fucinabilità dell'acciaio dolce

La determinazione della temperatura del pezzo riscaldato, soprattutto nella fucinatura a mano, deve essere stimata talvolta a occhio, perciò occorre valutare la fucinabilità basandosi sulla luminosità che il pezzo emette.

La colorazione che assume l'acciaio dolce sottoposto al riscaldamento permette al fuciniere esperto di intuire la temperatura del pezzo. Per esempio, il ferro si fucina benissimo quando raggiunge il colore rosso-arancio, che corrisponde alla temperatura di 1000-1100°C. Nei processi industriali con riscaldamento in forni a combustibile o elettrici la temperatura è controllata con precisione utilizzando appositi strumenti di misura, detti **pirometri**.

10.6 Calde

Durante la fucinatura, con il diminuire della temperatura il materiale perde rapidamente la sua plasticità.

Il metallo per essere ulteriormente lavorato deve subire un nuovo riscaldamento. Si dice **calda** l'operazione di riscaldamento del materiale da fucinare. Il numero delle calde rappresenta il numero dei riscaldamenti che un pezzo richiede per essere fucinato.

Durante la calda il pezzo si ricopre di scaglie che si staccano durante la fucinatura e determinano il calo del materiale, che mediamente si aggira sul 5% del peso iniziale. Se il calo supera il 20% l'operazione non è più conveniente.

10.7 Effetti di una errata temperatura di fucinatura

L'intervallo di temperatura di fucinatura deve essere scelto con precisione: a temperature inferiori a quelle stabilite gli acciai offrono ancora molta resistenza alla deformazione, a temperature superiori gli acciai sono soggetti a surriscaldamento e bruciatura.

Surriscaldamento

Il surriscaldamento, causato da esposizione troppo prolungata a temperature elevate, provoca nell'acciaio un surriscaldamento dei cristalli.

Il pezzo surriscaldato risulta molto fragile, e se sottoposto ai colpi di fucinatura si rompe.

Il trattamento termico di ricottura può in parte eliminare gli effetti nocivi del surriscaldamento, restituendo al materiale le caratteristiche di malleabilità primitive.

Tabella 20

Temperature minime e massime di fucinatura degli acciai e di altri metalli.

Materiale fucinabile	T [°C]	
	min	max
Acciai	850	1150
Alluminio	458	520
Leghe leggere	350	480
Nichel	900	1000
Ottoni	750	900
Rame	750	800
Zinco	120	150

Bruciatura

La bruciatura a temperature troppo elevate consiste in una notevole ossidazione dell'acciaio a contatto dell'aria. Il pezzo bruciato non è più utilizzabile date le sue scarse caratteristiche meccaniche.

10.8 Metodi di fucinatura

La fucinatura può essere eseguita a mano o a macchina.

Figura 170

Fucinatura artigianale.



Fucinatura a mano

La fucinatura a mano viene eseguita per mezzo di colpi inferti con il martello sul pezzo riscaldato (Fig. 170).

Dato il suo carattere artigianale, la fucinatura a mano è sfruttata solo per la produzione di pezzi unici o di piccola serie, per riparazioni di oggetti con funzioni estetiche o decorative (lavorazione del ferro battuto).

Il fuciniere a mano (fabbro) deve essere esperto, allenato allo sforzo fisico, dotato di sensibilità rispetto al comportamento del metallo e in grado di stimare a occhio lunghezze, volumi e temperature.

Il pezzo è appoggiato su un attrezzo particolare, detto **incudine**.

Il riscaldamento del pezzo viene effettuato per mezzo di una forgia a carbone.

La fucinatura a mano viene utilizzata solo per pezzi di dimensioni limitate e per i quali non occorre ottenere una particolare precisione.

Fucinatura meccanica

La fucinatura meccanica consente un maggior campo di impiego della fucinatura a mano.

Il pezzo può essere di dimensioni notevoli, dato che si dispone di grandi potenze.

Le deformazioni ottenute con le macchine sono più profonde, dovute alla maggiore forza d'urto, e il tempo di esecuzione dell'operazione è minore.



Figura 171

Maglio per la fucinatura meccanica.

La fucinatura meccanica viene eseguita per mezzo di magli o presse. Il riscaldamento del pezzo viene realizzato in appositi forni.

Fucinatura meccanica con il maglio

Il maglio è una macchina che agisce sul materiale come un martello (Fig. 171).

Il principio di funzionamento del maglio è basato sull'urto di una mazza di notevole peso che viene lasciata cadere dall'alto sul pezzo posto sopra l'incudine.

L'energia cinetica posseduta dalla mazza nel momento in cui colpisce il pezzo è data da:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad [\text{J}]$$

dove m è la massa della mazza (kg) e v è la velocità finale della mazza (m/s).

Tale valore rappresenta anche il lavoro in joule utilizzato per la deformazione del pezzo.

Sapendo che $v = \sqrt{2gH}$ (caduta libera da un'altezza H):

$$L = \frac{1}{2} \cdot m \cdot 2 \cdot gH = mgH = pH \quad [\text{J}]$$

Quindi il lavoro è pari al peso della mazza P per l'altezza di caduta.

In realtà l'espressione precedente rappresenta l'energia teorica utilizzabile, in quanto, per effetto delle perdite (attrito e altro) l'energia effettiva sarà minore.

Quello descritto è il maglio a semplice effetto o **maglio a caduta**. Nel **maglio a doppio effetto**, al peso della mazza si somma la forza prodotta dalla pressione di un fluido (vapore), pertanto la spinta totale e quindi l'energia disponibile per il colpo risultano aumentate.

Figura 173

Pressa per la fucinatura meccanica.



10.9 Fucinatura libera e obbligata

La fucinatura può essere libera oppure obbligata. Nella fucinatura libera viene sfruttata l'energia del maglio, mentre l'addetto, tra un colpo e l'altro, sposta il pezzo sotto la mazza. È usata più che altro per produrre degli sbozzati.

Quando sulla mazza e sull'incudine sono montati lo stampo e il controstampo, la fucinatura è chiamata anche **stampaggio a caldo**. L'impiego di stampi e controstampi sulle presse consente produzioni di media e grande serie di pezzi dalla forma complessa.

Nella fucinatura obbligata (**stampaggio**), il massello grezzo viene introdotto tra uno stampo e un controstampo e da questi modellato sotto l'azione di un colpo (maglio) o di una pressione (pressa).

10.10 Fucinatura meccanica con la pressa

La pressa agisce per azione di schiacciamento lento e progressivo procurato per mezzo di uno slittone che schiaccia il pezzo, posto sul basamento di una robusta incastellatura metallica (Fig. 173).

Le presse saranno più diffusamente descritte nei paragrafi successivi.

11 Lavorazioni plastiche: stampaggio a caldo

Come accennato, la fucinatura libera non è in grado di imprimere al pezzo la forma finale e non è adatta per la produzione di serie.

Quando si tratta di produrre un elevato numero di pezzi si ricorre allo **stampaggio a caldo**, che consiste nell'introdurre il massello riscaldato per sfruttarne la plasticità tra stampo e controstampo, riproducendo in negativo la forma del pezzo da ottenere.

Si producono in questo modo numerosi pezzi tutti uguali, con elevata resistenza meccanica che deriva dalla fibrosità: bielle, alberi a gomito, leveraggi ecc.

La lavorazione di stampaggio comprende più fasi, illustrate in **Figura 174**:

- preparazione del massello, che deve avere un volume di poco superiore a quello del pezzo finito per tenere conto delle bave;
- eventuale sbazzatura per portare il massello a una forma più vicina a quella finale;
- stampaggio;
- asportazione delle bave per mezzo di trancitura;
- eventuale finitura al reparto macchine utensili.

Il ciclo può essere completato da uno o più trattamenti termici e da un controllo finale.

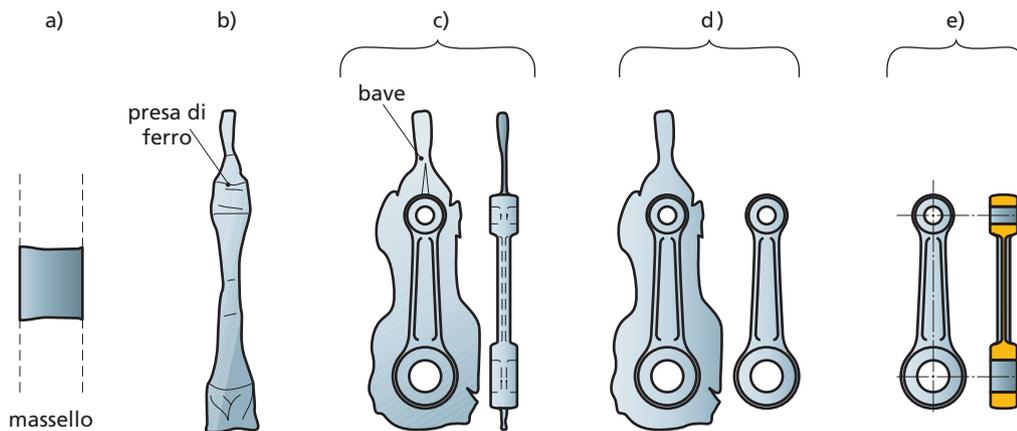


Figura 174

Fasi della lavorazione di stampaggio.

11.1 Caratteristiche degli stampi

Stampo e controstampo devono riprodurre in negativo la forma del pezzo finito; la linea delle bave corrisponde alla linea di separazione tra i due pezzi (**Fig. 175**).



Figura 175

Stampo di un prodotto finito.

Il materiale degli stampi deve essere tale da conferire elevata resilienza e resistenza al calore; si utilizzano acciai legati quali 42NiCrMo e X45CrNi.

Le superfici devono presentare un buon grado di finitura, per facilitare lo scorrimento del materiale. La durezza deve essere compresa tra 54-56 HRC, per ottenere una sufficiente resistenza all'usura.

La lavorazione degli stampi viene eseguita per mezzo di macchine utensili CNC, che sono in grado di fresare in 3D le cavità proprie di stampo e controstampo.

Figura 176

Forma di uno stampo.

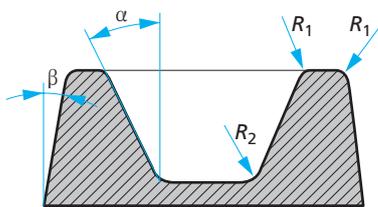
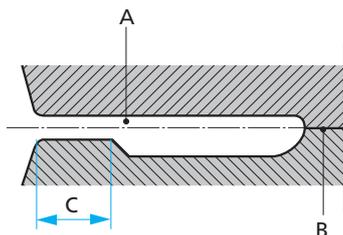


Figura 177

Cordone di bava.



Per facilitare sia l'ingresso del materiale sia la sua successiva sformatura, le pareti verticali degli stampi presentano un angolo di spoglia pari ad alcuni gradi dipendente dalla macchina che si usa e dalla posizione (interna o esterna) della parete (Fig. 176). Gli stampi non devono presentare spigoli vivi e le nervature non devono essere troppo sottili.

Le dimensioni di progetto sono maggiorate per tenere conto di eventuali passate di finitura alle macchine utensili.

Durante la fase di stampaggio vera e propria il massello subisce tre tipi di deformazione:

- **ricalcamento**: il metallo schiacciato scorre plasticamente e va a occupare gli spazi dello stampo;
- **allargamento**: lo schiacciamento provoca un notevole scorrimento laterale;
- **rimonta**: il materiale scorre in direzione opposta a quella di schiacciamento.

Il cordone di bava presenta la caratteristica forma in Figura 177:

- A. cordone di bava;
- B. superficie di contatto tra stampo e controstampo;
- C. larghezza del cordone.

11.2 Stampi per fucinatura vincolata

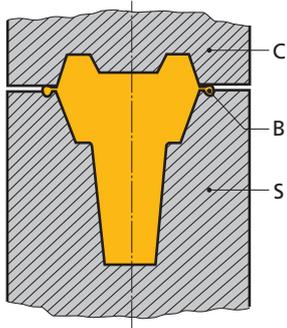
Per la costruzione di pezzi di forma complessa occorre stabilire il piano di divisione fra stampo e controstampo per evitare i sottosquadri e in modo che l'inclinazione delle pareti renda agevole l'estrazione del pezzo.

Le dimensioni della cavità devono essere maggiorate rispetto al pezzo, per tener conto del coefficiente di dilatazione lineare e della temperatura di stampaggio.

Se la cavità è ricavata in parte nello stampo e in parte nel controstampo, lo stampo è aperto. Se il controstampo è un punzone che realizza una cavità nel pezzo, lo stampo si dice chiuso.

Figura 178

Stampo aperto.



Stampi aperti

Negli stampi aperti, come quello in Figura 178, per garantire il completo riempimento occorre che il volume dello spezzone grezzo sia leggermente maggiore del volume dell'incisione dello stampo.

Questo materiale in eccesso forma la bavatura, che si espande nell'apposito canale di bava B, la cui sezione è studiata in modo da facilitare la successiva tranciatura.

Il materiale in eccesso ammortizza anche in parte l'urto tra lo stampo S e il controstampo C. Per facilitare la deformazione senza compromettere la struttura del materiale, si fa spesso uso di stampi progressivi, dove in un solo blocco sono ricavate le incisioni per ottenere una forma approssimata e poi la finitura e tranciatura.

Stampi chiusi

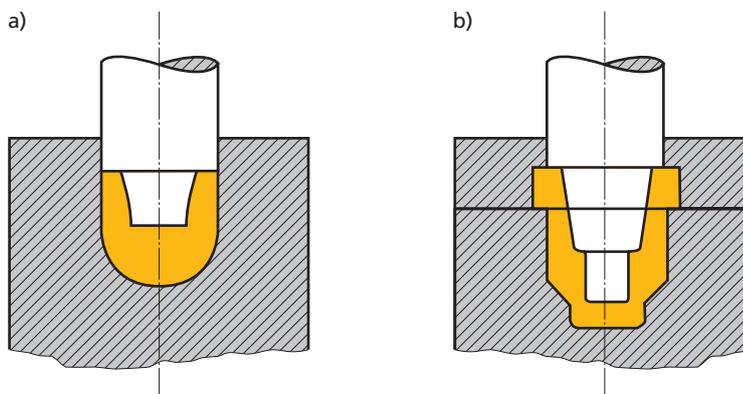
Gli stampi chiusi non hanno canale di bava e la compensazione per l'eventuale differenza di volume avviene nello spessore del fondo.

Gli stampi sono in pezzo unico se non è necessario realizzare sottosquadri (Fig. 179a), altrimenti possono anche essere costruiti in due parti scomponibili (Fig. 179b).

Figura 179

Stampo chiuso:

- a) in pezzo unico;
- b) in due parti scomponibili.



12 Lavorazioni plastiche: lavorazione delle lamiere

In genere la lavorazione delle lamiere si esegue a freddo; ciò permette di ottenere un'elevata precisione dimensionale e una buona finitura.

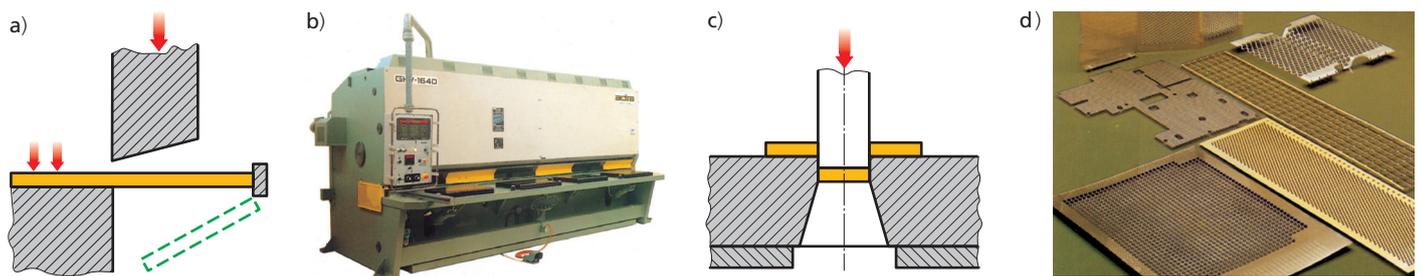
Viceversa, è comprensibile come una lavorazione a freddo richieda l'impiego di una maggiore potenza che non a caldo; pertanto viene limitata a lavorazioni di spessori inferiori ai 5-6 mm.

12.1 Taglio

Il taglio delle lamiere può essere eseguito meccanicamente tramite cesoiatura o tranciatura. Nella **cesoiatura** (Fig. 180a) il taglio viene effettuato da una macchina, generalmente una pressa idraulica (Fig. 180b) dotata di due lame o coltelli tra loro paralleli o leggermente inclinati. La **tranciatura** (Fig. 180c) è utilizzata per ricavare da una lamiera tanti pezzi a contorno chiuso, oppure per produrre lamiere traforate (Fig. 180d). La tranciatura si esegue per mezzo di punzone e matrice.

Figura 180

Taglio delle lamiere.



12.2 Cesoi a macchina

Quando la lamiera da tagliare supera 1,5-2 mm di spessore vengono impiegate cesoi a macchina che permettono anche una maggiore precisione rispetto a quelle a mano.

Principio di funzionamento

Il taglio è ottenuto mediante due lame di cui una fissa al banco della macchina, mentre l'altra è mobile secondo un piano perpendicolare alla lamiera da tagliare. L'operazione di taglio avviene in tre fasi successive (Fig. 181):

- la lama mobile 1 incide il materiale 3 che è appoggiato al piano 4 e fissato con il pressore 5 e avanza lungo il piano di taglio verso la lama fissa 2;
- continuando nel suo movimento di azione, la lama mobile 1 penetra nel materiale recidendone le fibre e si avvicina sempre più alla lama fissa 2;
- la lama mobile ha ultimato il taglio recidendo tutte le fibre del materiale. Per ripetere l'operazione si riporta la lama 1 in posizione iniziale e si fa avanzare il materiale dopo aver sollevato il pressore 5.

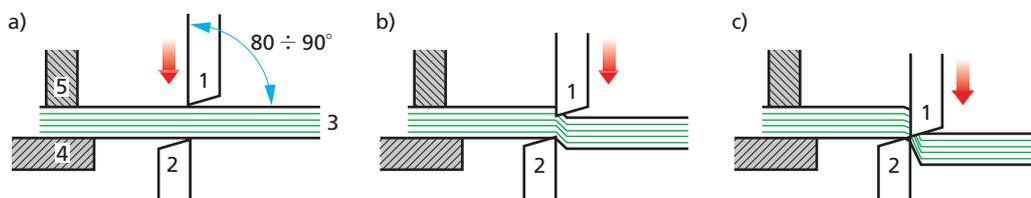


Figura 181

Operazione di taglio.

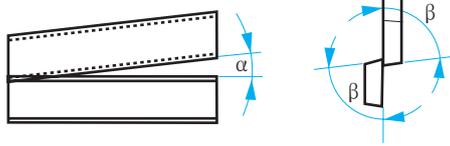
Forma e dimensione delle lame

Le lame per cesoi sono di forme e dimensioni diverse a seconda dei tipi di macchina su cui vengono montate. Sono costruite in acciaio legato, temperato e rettificato.

Inoltre, dovendo operare in continuazione e con una certa precisione, le lame sono soggette a una frequente riaffilatura, e pertanto vengono fissate alla macchina con delle viti che ne permettono la facile asportazione.

Figura 182

Angoli caratteristici.



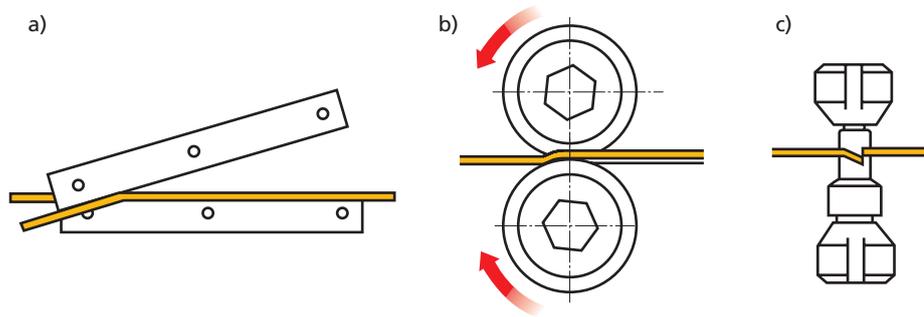
Il filo della lama inferiore è rettilineo, al contrario di quello della lama superiore che è curvo. Questa forma della lama superiore permette di ridurre la superficie della lamiera che viene a contatto con essa e quindi di ridurre lo sforzo di taglio. Inoltre, con questo accorgimento l'angolo formato dalle due lame mantiene un valore costante. I valori degli angoli α e β sono generalmente $\alpha = 10 \div 20^\circ$ e $\beta = 80 \div 90^\circ$ (Fig. 182).

In relazione alla forma e alle dimensioni, le lame possono essere (Fig. 183):

- a) rettilinee: corte, con dimensioni da 150-300 mm; lunghe, con dimensioni da 1-3 m;
- b) circolari: con diametro da 30-500 mm e oltre;
- c) sagomate: con profili vari per impiego su cesoie speciali dette strozzatrici.

Figura 183

Tipi di lame.



Le lame circolari e sagomate si possono usare anche per il taglio secondo profili curvilinei.

Calcolo della forza necessaria per il taglio

Si possono avere cesoie a lame parallele (Fig. 184a) e a lame inclinate (Fig. 184b).

Nel primo caso, la forza F dipende dallo spessore s , dalla lunghezza ℓ e dalla resistenza unitaria al taglio K_t della lamiera. Si ha cioè:

$$F = K_t \cdot \ell \cdot s$$

Poiché il distacco della lamiera avviene quando la lama ha eseguito una corsa pari a $0,7 \cdot s$, il lavoro richiesto è:

$$L_t = 0,7 \cdot s \cdot F = 0,7 \cdot K_t \cdot \ell \cdot s^2$$

Nel secondo caso, per eseguire il taglio su tutta la lunghezza, la lama superiore deve avere una corsa pari a $s + \ell \cdot \tan \alpha$, essendo α l'angolo delle lame della cesoia.

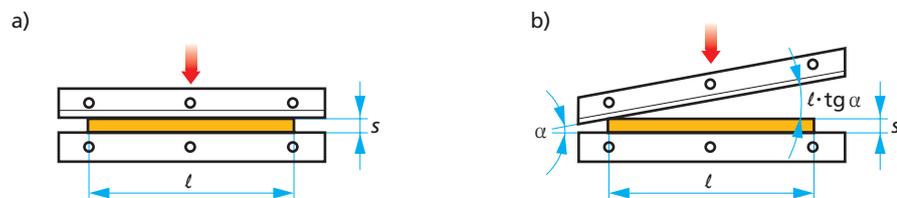
Poiché il lavoro necessario per il taglio deve essere uguale al caso precedente, la forza F' sarà:

$$F' = \frac{0,7 \cdot K_t \cdot \ell \cdot s^2}{s + \ell \cdot \tan \alpha}$$

cioè molto minore di F .

Figura 184

Tipi di cesoie.



12.3 Cesoia a ghigliottina

La cesoia a ghigliottina è la macchina più importante per il taglio della lamiera (Fig. 185). È costruita nelle più diverse forme e dimensioni. Le lame hanno una lunghezza che può andare da 1 fino a 6 m e sono in grado di tagliare lamiera fino a 20-25 mm di spessore.

È formata da un'incastellatura 1 e da un banco 2, su cui è fissata la lama fissa, mentre l'altra, mobile, è fissata da una mannaia 3 che scorre in apposite guide G, alloggiata nei montanti della incastellatura.

La mannaia è azionata da due bielle B, comandate da due eccentrici E, fissati a un albero, che è collegato a un'estremità a un volano V, mosso da un motore elettrico.

Le fasi di un taglio di lamiera sulla cesoia a ghigliottina sono le seguenti:

- la lamiera avanza sul piano di appoggio A sino allo scontro che regola la larghezza del taglio, situato nella parte posteriore della macchina;
- il premilamiera P si abbassa e blocca la lamiera lungo la linea di taglio;
- la lama si abbassa ed effettua il taglio azionata dal comando a pedale C, su cui agisce l'operatore.

Per mezzo della cesoia a ghigliottina si possono ottenere tagli netti e precisi.

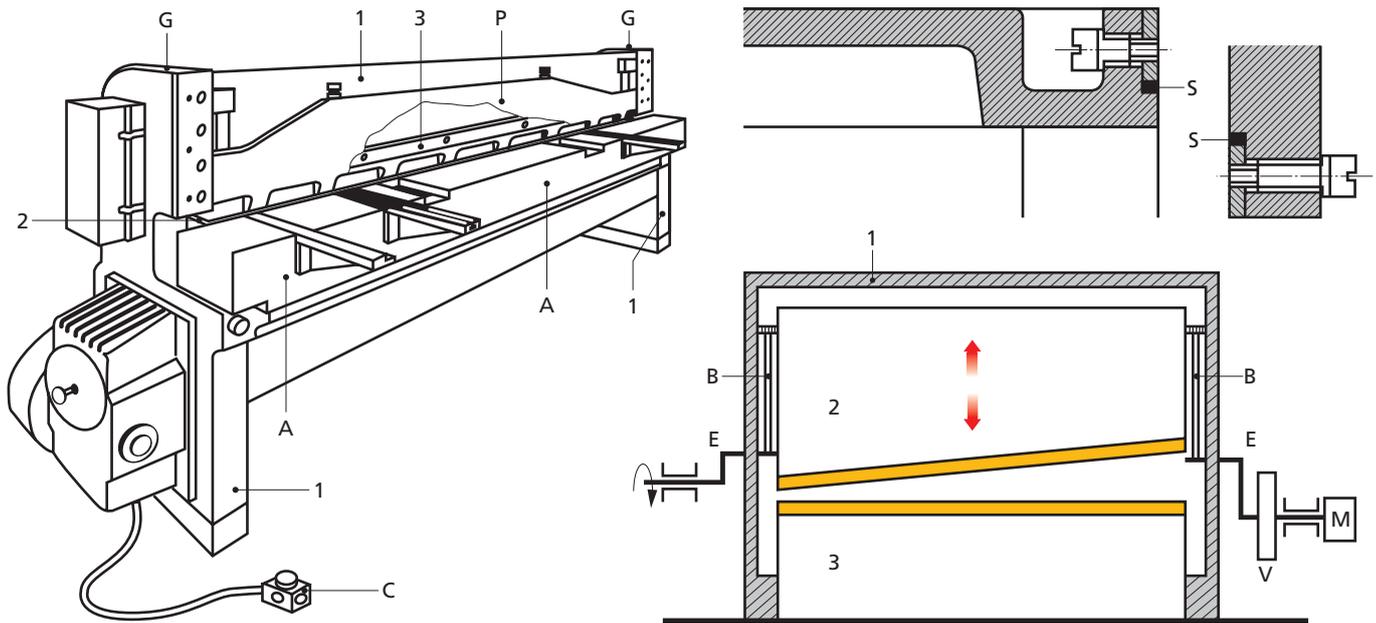
Le parti più delicate delle cesoie a ghigliottina sono le lame, che vanno mantenute in perfetta efficienza. In particolare, occorre procedere periodicamente all'affilatura della lama sia superiore sia inferiore, liberandole dalle viti che le bloccano ai portalam.

L'affilatura deve essere eseguita mantenendo alle lame la forma primitiva, con particolare riguardo all'ampiezza degli angoli.

Le lame, in conseguenza dell'affilatura, si riducono in altezza e vanno quindi risistemate sui portalam interponendo un opportuno spessore S.

Figura 185

Cesoia a ghigliottina.



12.4 Taglio laser

La tecnologia che fa uso del laser si può ritenere attualmente uno standard diffuso anche per la lavorazione dei metalli.

Il taglio delle lamiere piane è uno degli impieghi più adatti, grazie alla elevata flessibilità del metodo e alla capacità di eseguire i contorni di forma più svariata anche su spessori molto alti, unitamente alla velocità di esecuzione e alla possibilità di lavorare metalli molto duri.

In particolare, è possibile effettuare il taglio su elementi tubolari a spessore sottile senza alcuna deformazione.

Come sorgenti laser vengono utilizzati i tipi a CO₂ con eccitazione a radiofrequenza, con i quali si raggiungono potenze comprese tra 1,5 e 2,5 kW.

Con il laser è possibile eseguire profili complessi come quello in **Figura 186**.

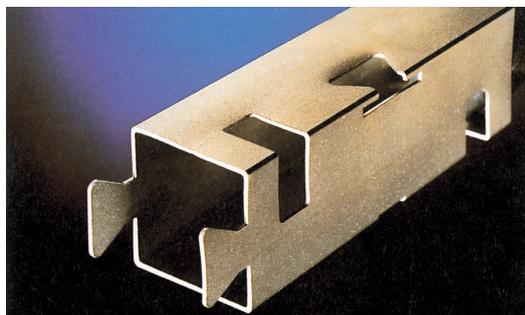


Figura 186

Taglio laser delle lamiere.

In **Figura 187** è rappresentato un impianto per il taglio laser 3D di tubi e barre; si compone di:

- gruppo laser;
- unità di trasporto del raggio laser fino al punto di taglio;
- componenti per l'alimentazione e lo scarico dei pezzi;
- aspirazione fumi;
- unità di controllo.

Figura 187

Impianto per il taglio laser di tubi e barre.

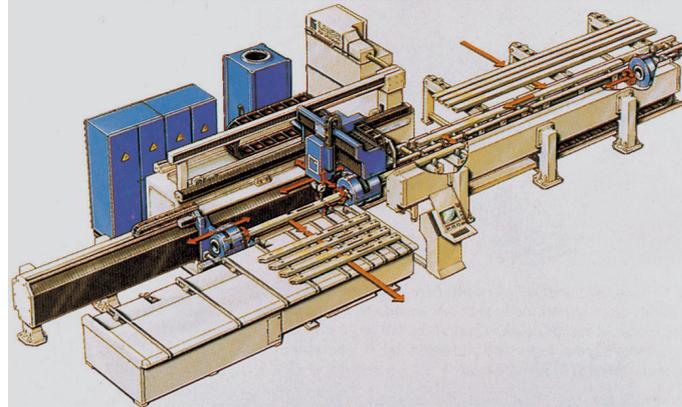


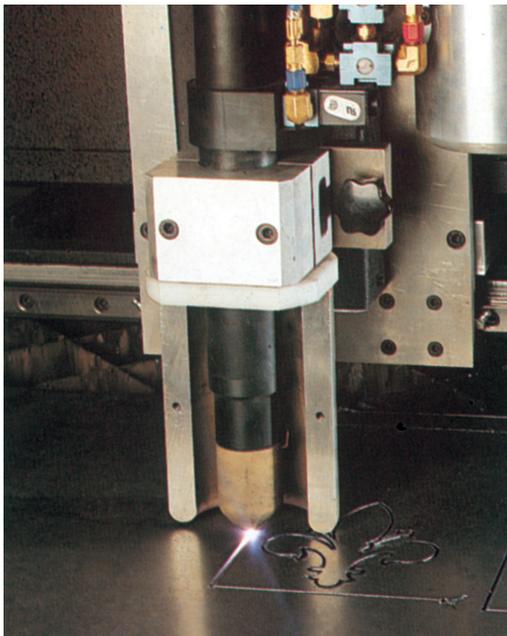
Figura 188

Taglio al plasma delle lamiere.

a)



b)



12.5 Taglio al plasma

Un'altra recente tecnica di taglio delle lamiere si basa sulla tecnologia al plasma.

Il principio fondamentale consiste nella ionizzazione di un gas (ossigeno, azoto, aria compressa), ottenuta tramite scariche elettriche ad alta frequenza. Nel gas si stabilisce un arco elettrico a temperatura altissima, il quale viene trasferito nel punto di taglio per mezzo di un ugello conico. Si può raggiungere la temperatura di 20000°C e ottenere un taglio molto preciso di lamiere fino a 20 mm di spessore.

Una macchina per taglio al plasma accoppiata con un controllo numerico permette di tagliare profili complessi con precisione e rapidità.

La **Figura 188a** mostra un centro elettronico per il taglio al plasma ad alta definizione. In **Figura 188b**, un particolare dell'ugello durante il taglio.

12.6 Formatura e sagomatura della lamiera

Si intende per formatura o sagomatura delle lamiere l'operazione mediante la quale si può dare alle lamiere una forma determinata, a mano o a macchina, sfruttando le proprietà elastiche del materiale.

La formatura consiste in un'operazione di piegatura o di curvatura. Queste due operazioni possono essere anche riunite in una sola operazione di stampaggio.

- **Piegatura:** la piegatura propriamente detta si ha quando la lamiera viene deformata secondo un raggio di curvatura molto piccolo, che può andare da quasi zero (piegatura a spigolo vivo) a $7 \div 8$ volte lo spessore s della lamiera (**Fig. 189a**).

$$r < 7 \div 8s$$

- **Curvatura:** quando il raggio di curvatura supera di molto lo spessore della lamiera, l'operazione prende il nome di curvatura (**Fig. 189b**).

$$r > 7 \div 8s$$

- **Stampaggio:** lo stampaggio infine è caratterizzato dalla contemporanea presenza di raggi di curvatura di diversa lunghezza (Fig. 189c).

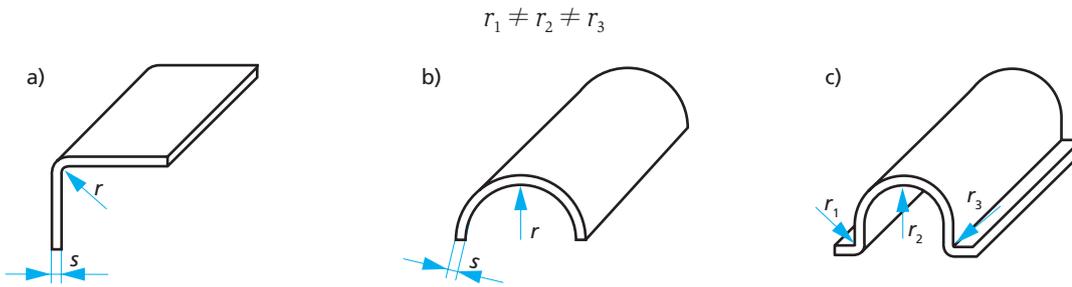


Figura 189
Formatura.

Fibre e piano neutro

Un pezzo di lamiera da piegare o curvare, secondo un certo raggio, deve essere preventivamente tracciato e tagliato seguendo la sagoma di contorno più opportuna per ottenere le dimensioni finali.

Per eseguire la formatura, la lamiera deve essere sottoposta a uno sforzo di flessione fino a superare il limite elastico del materiale, in modo che la deformazione ottenuta assuma un carattere permanente.

Durante questa operazione le fibre del materiale che rimangono all'esterno della curva (zona convessa A), sono sottoposte a trazione; quelle interne (zona concava B) sono sottoposte a compressione. Tra le due zone si trova un piano le cui fibre non sono sollecitate (zona neutra C) (Fig. 190).

Il piano neutro non coincide necessariamente con la metà dello spessore S della lamiera, ma può risultare spostato verso il centro di curvatura. Questo spostamento dipende dal tipo di materiale utilizzato e dal raggio di curvatura (minore è il raggio, maggiore è lo spostamento della fibra neutra dalla mezzeria dello spessore).

Ritorno elastico

Intorno alla zona neutra le sollecitazioni risultano inferiori al limite elastico, perciò al cessare dello sforzo di flessione, la zona neutra tenderà a ritornare alla forma primitiva, mentre le zone contigue hanno già subito una deformazione permanente.

Il materiale tende ad assumere una forma intermedia C tra la forma primitiva A e quella creata dalla formatura B (Fig. 191). Tale fenomeno è detto ritorno elastico.

Il ritorno elastico è tanto più forte quanto più è alto il limite elastico della lamiera piegata. Inoltre, il materiale sottoposto a formatura si allunga.

Mentre tale allungamento non assume particolare importanza nella curvatura, esso non deve essere trascurato nella piegatura. Con artifici adatti si cerca di eliminare, o per lo meno attenuare, questo allungamento, che renderebbe sempre inesatta la forma finale del pezzo.

Figura 190
Fibre e piano neutro.

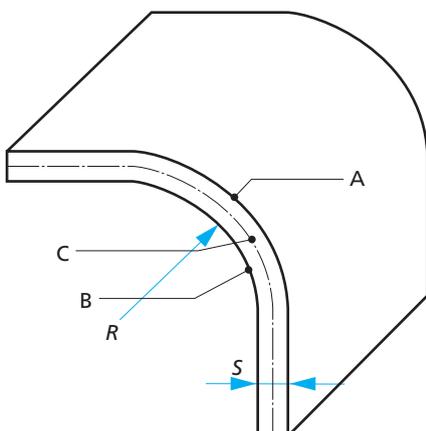
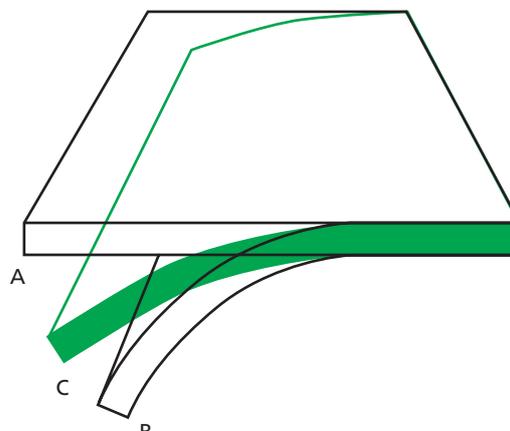


Figura 191
Ritorno elastico.

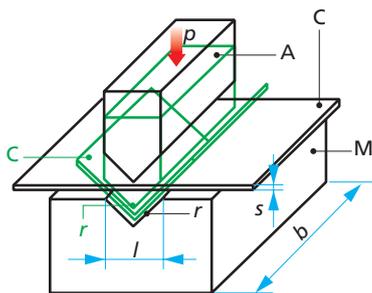


12.7 Piegatura della lamiera

L'operazione di piegatura consiste nel ricavare nella lamiera un angolo diedro, avente lo spigolo più o meno arrotondato.

Figura 192

Piegatura.



Meccanismo della piegatura

Per eseguire una piegatura occorre esercitare, mediante un apposito utensile che prende il nome di stampo, una certa pressione sulla lamiera, che generalmente è appoggiata su un adeguato sostegno, detto controstampo o matrice (Fig. 192).

- A. stampo;
- M. matrice;
- p . sforzo di piegatura;
- C. lamiera piegata;
- s . spessore lamiera;
- b . lunghezza della piega;
- r . raggio interno della piega;
- l . larghezza dei lembi piegati.

Sforzo di piegatura

L'entità dello sforzo di piegatura dipende dai seguenti fattori:

- qualità del materiale impiegato: lo sforzo di piegatura deve essere proporzionato al limite di snervamento, che è una funzione della durezza, della resistenza a trazione e dell'allungamento, cioè dei dati caratteristici del materiale impiegato;
- spessore della lamiera: quanto più grande è lo spessore della lamiera, tanto più intenso deve essere lo sforzo di piegatura. Inoltre, lo spessore della lamiera limita il raggio minimo di piega realizzabile;
- lunghezza della piega: influisce allo stesso modo dello spessore. Quanto più la piega è lunga, più grande è lo sforzo di piegatura;
- raggio interno della piega: quanto più è piccolo il raggio interno della piega, che è vincolato allo spessore della lamiera, tanto maggiore è lo sforzo di piegatura richiesto. Un raggio interno molto piccolo rispetto allo spessore può portare all'incrinatura o rottura della lamiera;
- larghezza dei lembi da piegare: da essa dipende l'ampiezza massima del controstampo. Aumentandola, diminuisce lo sforzo di piegatura, ma oltre un certo limite si possono produrre delle gibbosità adiacenti alla piega. Diminuendola, aumenta lo sforzo e si corre il rischio di provocare delle incrinature e rotture;
- tolleranza angolare richiesta: per ottenere un raggio di curvatura prestabilito occorre tener conto del ritorno elastico del materiale.

Nota bene

Per lamiere di acciaio dolce o semiduro ($R=40 \text{ kg/mm}^2$), aventi spessore s inferiore o uguale a 3 mm, si usa porre $l=(6 \div 8)s$.

Se le lamiere hanno invece spessore superiore a 3 mm, si pone $l=(10 \div 12)s$.

Questi ultimi valori si adottano anche per lamiere spesse meno di 3 mm quando si tratta di acciaio a elevata resistenza ($R > 50 \text{ kg/mm}^2$).

Calcolo dello sviluppo in piano

Lo sviluppo in piano di una lamiera piegata va calcolato secondo il piano neutro della lamiera. Nel caso della piegatura, non sempre il piano neutro giace a metà spessore ma può risultare spostato verso il centro di curvatura, a seconda dell'entità del raggio di curvatura in relazione allo spessore della lamiera.

Sperimentalmente è stato accertato che la distanza y del piano neutro dalla superficie interna alla curva è uguale alla metà dello spessore s di lamiera quando questo non supera il millimetro (Fig. 193a):

$$\text{per } s \leq 1 \text{ mm: } y = \frac{1}{2} s$$

È uguale a circa un terzo dello spessore quando questo supera il millimetro (Fig. 193b):

$$\text{per } s > 1 \text{ mm: } y = \frac{1}{3} s$$

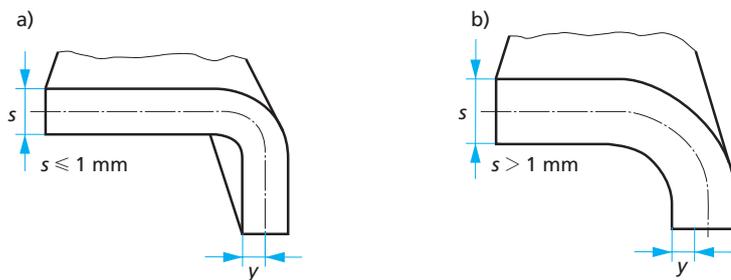


Figura 193

Sviluppo in piano.

Procedimenti di piegatura

Esistono tre diversi procedimenti principali di piegatura: piegatura in aria, a fondo matrice e coniata.

Piegatura in aria

Si esegue senza controstampo, sistemando semplicemente la lamiera su due appoggi opportunamente distanziati.

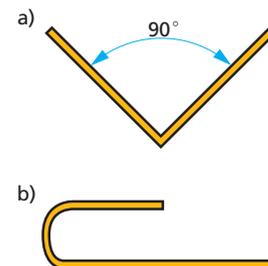
Questa piegatura ha un raggio di curvatura interna superiore allo spessore della lamiera. Non presenta una precisione angolare molto accurata.

Le tabelle di corredo alle macchine piegatrici indicano sempre lo sforzo occorrente per piegare le lamiere in aria a 90° (Fig. 194a).

Altre tabelle forniscono indicazioni pratiche per conoscere gli sforzi di piegatura in condizioni diverse della piega base a 90°. Per esempio, la piegatura della Fig. 194b richiede uno sforzo quattro volte superiore a quello occorrente per la piega base.

Figura 194

Piegatura in aria.



Piegatura a fondo matrice

Viene eseguita mediante controstampo sul fondo del quale si porta ad aderire la lamiera da piegare, premendola con uno stampo a forma di lama.

La matrice è a forma di V, il cui angolo viene stabilito tenendo conto del ritorno elastico, per avere una costanza di esecuzione e una maggiore precisione della piegatura (Fig. 195).

Il raggio interno r della piegatura non deve essere minore dello spessore s della lamiera.

Lo sforzo necessario per la piega sarà di poco superiore a quello richiesto per la piegatura in aria.

Piegatura coniata

Questo sistema richiede che lo stampo abbia una forma corrispondente a quella della matrice. Permette di ottenere raggi di curvatura interna minori dello spessore della lamiera e una buona precisione angolare; esige però uno sforzo da 7 a 10 volte superiore a quello occorrente per la piegatura in aria.

Questo sistema richiede inoltre una precisa attrezzatura e una macchina molto robusta (Fig. 196).

Figura 195

Piegatura a fondo matrice.

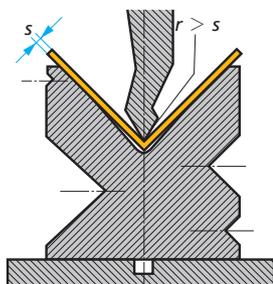


Figura 196

Piegatura coniata.

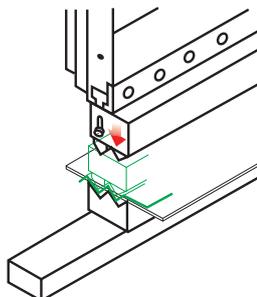


Figura 197

Piegatura del provino di lamiera.

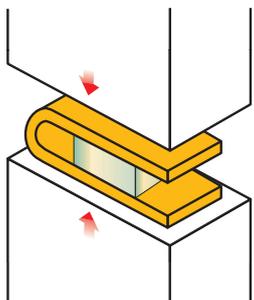


Figura 198

Piegatura con pressa.

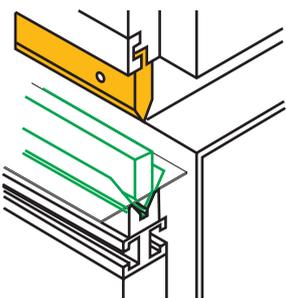
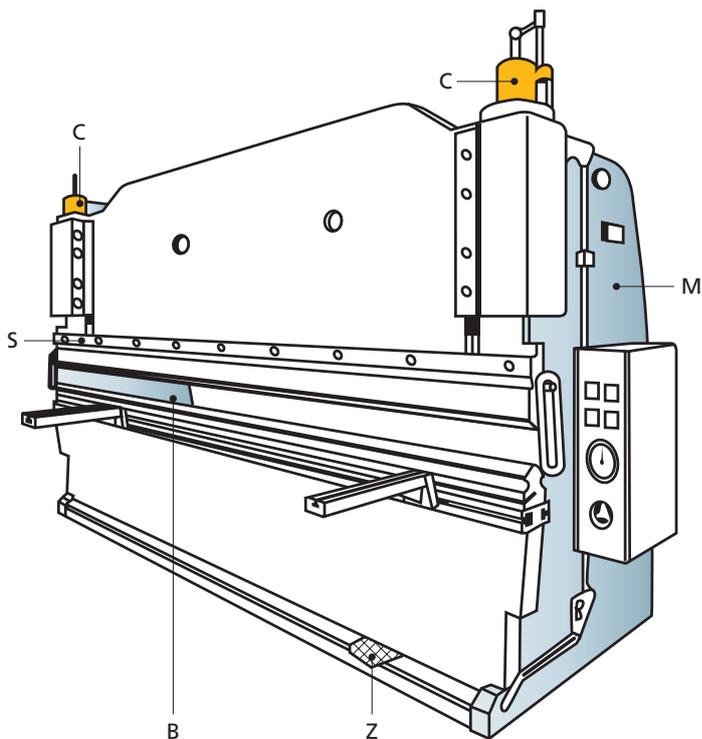


Figura 199

Pressa ad azionamento idraulico.



Prova tecnologica di piega

L'esecuzione di pieghe è di valido aiuto nelle prove tecnologiche atte a determinare le caratteristiche di resistenza dei materiali.

Il provino di lamiera viene piegato a freddo operando lentamente e gradualmente fino a un determinato angolo di piega (Fig. 197). A piegatura eseguita, si esaminano le fibre tese del provino per constatare l'eventuale presenza di lesioni.

12.8 Presse piegatrici

Le presse piegatrici sono macchine generalmente di grandi dimensioni, molto usate per la piegatura in serie di lamiere pesanti ed estese.

I gruppi principali comuni a tutte le presse sono i seguenti:

- una pesante incastellatura che raggiunge una lunghezza frontale che va da 3 a oltre 6 m;
- uno stampo costituito da una lama orizzontale dotata di moto verticale impresso dal cosiddetto pestone, che può essere azionato meccanicamente o idraulicamente;
- un controstampo, che è fisso ed esteso per tutto il bancale inferiore, e che ha una sezione a V.

Per mezzo di queste macchine è possibile esercitare sulle lamiere pressioni molto elevate, da 10 a 500 tonnellate, secondo i modelli.

La striscia di lamiera da piegare viene appoggiata sui bordi del controstampo.

Lo stampo esercita la sua azione al centro della striscia, finché la lamiera non aderisce perfettamente alle pareti del controstampo (Fig. 198).

Presse ad azionamento idraulico

Nelle presse piegatrici ad azionamento idraulico il movimento del pestone S viene comandato da un gruppo oleodinamico.

La struttura di questa macchina è costituita da un'incastellatura formata da due montanti M laterali, collegati fra loro in basso da un piastrone porta-bancale B (Fig. 199).

Il pestone è azionato da due cilindri idraulici C solidali ai montanti e si muove lungo le guide di cui sono dotati i montanti.

La posizione più bassa del pestone è regolata da un dispositivo di fine corsa, comandato manualmente o da motore elettrico.

Il gruppo oleodinamico comprende le seguenti parti:

- una pompa ad alta pressione;
- un distributore che permette di regolare la corsa del pestone fino alla posizione stabilita per l'inizio della corsa di lavoro, manovrando sul pedale Z;
- un limitatore di pressione, che consente di prefissare lo sforzo di piegatura in relazione al lavoro da eseguire.

Il ritorno del pestone al suo punto di riposo superiore è ottenuto mediante apposito dispositivo oleopneumatico.

Le parti principali dell'impianto idraulico della pressa illustrata in **Figura 200** sono le seguenti:

- C. pistoni;
- D. supporti;
- E. ruote dentate per la regolazione della profondità;
- F. viti senza fine collegate alle ruote;
- G. puleggia solidale al pistone;
- H. pulegge solidali all'incastellatura;
- I. viti di regolazione del parallelismo;
- L. cinghia d'acciaio a catena;
- N. tubazione dell'olio proveniente dalla pompa;
- O. uscita dell'olio dal distributore;
- P. spessori che permettono all'olio di passare nei cilindri.

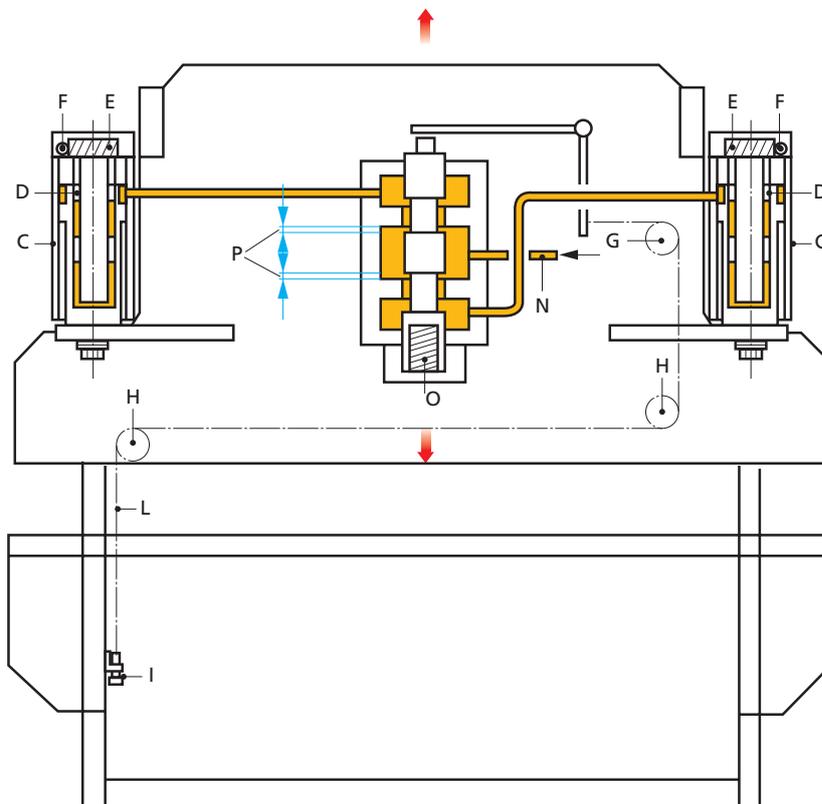


Figura 200

Parti principali dell'impianto idraulico.

Attrezzatura per le presse piegatrici

L'attrezzatura normale di una pressa piegatrice è costituita dalla lama superiore, detta **stampo**, e dall'utensile inferiore, detto **controstampo**. Lo stampo, allo scopo di ovviare agli inconvenienti dovuti al ritorno elastico dei metalli, deve permettere una piega leggermente più accentuata di quella da eseguire.

Alla fine della piegatura il pezzo deve assumere l'angolo richiesto. Per esempio, per eseguire una piega ad angolo di 90° si deve costruire uno stampo di 88°, considerando 2° per il ritorno elastico del materiale (**Fig. 201**).

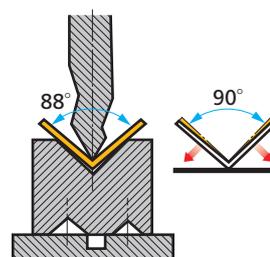


Figura 201

Esempio di piegatura.

Con un adeguato corredo di controstampi e di stampi si possono eseguire svariate piegature (Fig. 202).

Figura 202

Tipi di stampi e controstampi.

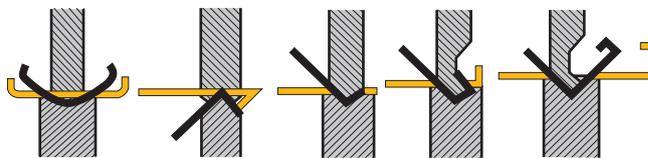
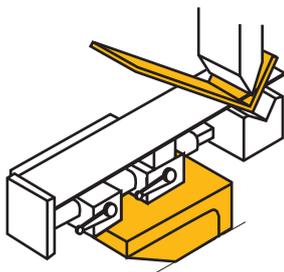


Figura 203

Scontri regolabili.



Spesso la posizione della piega viene riferita a un lembo della lamiera da piegare: a tale scopo servono appositi scontri regolabili, che devono essere robusti e facilmente registrabili (Fig. 203).

Alcuni dispositivi particolari permettono di variare automaticamente la velocità di discesa dell'utensile superiore.

La macchina viene così ad avere la possibilità di effettuare:

- un rapido accostamento dello stampo alla lamiera da piegare;
- un moto di piegatura lento;
- un ritorno rapido al punto morto superiore.

Dispositivi di sicurezza

Tra le macchine impiegate per la lavorazione dei metalli, le presse sono le più pericolose per la sicurezza dell'operatore.

Tutti i dispositivi di sicurezza tendono a evitare che una parte del corpo dell'operatore, e in particolare le dita o le mani, venga a trovarsi nella zona di lavoro della macchina.

I principali dispositivi antinfortunistici sono gli schermi mobili, i dispositivi di arresto e i dispositivi a doppio comando.

Schermi mobili

Si tratta di dispositivi che entrano in azione un attimo prima della discesa dello stampo e precludono all'operatore ogni possibile accesso alla zona di lavoro.

Generalmente sono a forma di griglia, per permettere la visibilità della zona di lavoro.

Dispositivi ad arresto

Impediscono la discesa dello stampo quando le mani dell'operatore si trovano nella zona di lavoro.

Generalmente si tratta di dispositivi a cellula fotoelettrica.

Perché questi dispositivi siano del tutto sicuri occorre però che l'arresto dello stampo possa avvenire anche durante la sua discesa, cioè in ogni istante in cui le mani dell'operatore possano trovarsi nella zona di lavoro.

Dispositivi a doppio comando

Si tratta di comandi studiati in modo da costringere l'operatore a usare entrambe le mani per mettere in azione la macchina.

Questi comandi risultano molto sicuri soltanto quando la macchina è azionata da un unico operatore e quando il tempo di discesa dello stampo risulta molto breve, così che l'operatore non possa raggiungere la zona di lavoro dopo aver azionato i comandi e prima che lo stampo abbia già piegato la lamiera.

12.9 Curvatura della lamiera

La **curvatura della lamiera** è l'operazione mediante la quale si dà alla lamiera una forma cilindrica o conica, sia totale sia parziale.

Facendo assumere a una lamiera piana una forma cilindrica completa, si realizza la cosiddetta virola (Fig. 204a), altrimenti si ottiene soltanto una lamiera più o meno curvata (Fig. 204b e c).

La curvatura della lamiera si ottiene esercitando sforzi di flessione d'intensità tale da provocare una deformazione permanente della lamiera, secondo il raggio di curvatura desiderato.

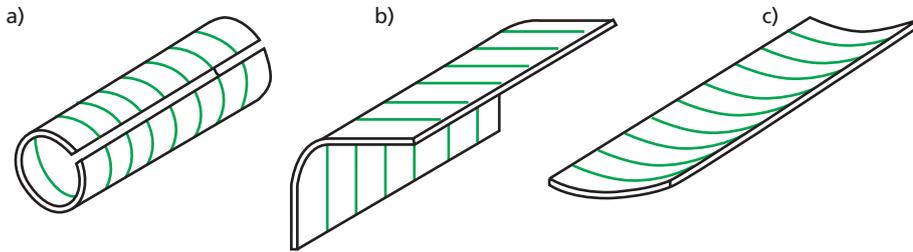


Figura 204
Curvatura della lamiera.

Gli sforzi possono essere applicati secondo due diversi criteri:

- sforzi di flessione laterali: la curvatura può essere ottenuta sistemando la lamiera su un appoggio rettilineo disposto lungo la generatrice del cilindro o del cono che si vuole realizzare, ed esercitando sulle estremità libere della lamiera uno sforzo di flessione;
- sforzi di flessione centrali: si perviene alla curvatura sistemando la lamiera su due appoggi rettilinei paralleli tra loro e disposti secondo la generatrice del cilindro o del cono da realizzare, quindi esercitando su detta generatrice uno sforzo di flessione.

La curvatura della lamiera può essere eseguita a mano o a macchina:

- curvatura a mano: quando si curva una lamiera a mano, appoggiandola a un cilindro metallico ed esercitando lo sforzo contemporaneamente sulle due parti libere, si generano due forze di flessione F_1 e F_2 e una forza di reazione di appoggio F_r (Fig. 205). Se si esegue l'operazione con il martello, lo sforzo di flessione F_1 sarà dovuto ai colpi vibrati, mentre la reazione F_r sarà dovuta ai punti di appoggio laterali della lamiera (Fig. 206);
- curvatura a macchina: calandratura.

Figura 205

Curvatura a mano.

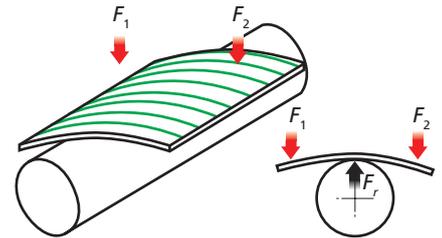
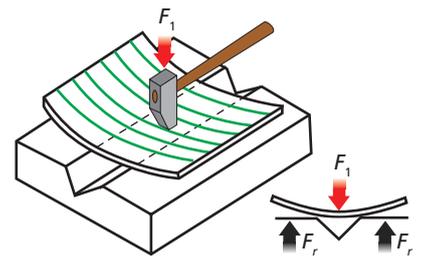


Figura 206

Curvatura a mano con martello.



Calcolo dello sviluppo in piano di una lamiera da curvare

Un pezzo di lamiera da curvare con un certo raggio deve essere preventivamente tagliato secondo una tracciatura precisa, così che, dopo l'operazione di calandratura, raggiunga le dimensioni desiderate.

Per calcolare lo sviluppo in piano di una lamiera da curvare si fa sempre riferimento al piano, che non subisce allungamenti né accorciamenti in seguito all'operazione di curvatura (Fig. 207). Dall'esattezza di questo calcolo e da una precisa tracciatura dipende la buona riuscita della curvatura.

Nella calandratura, essendo il raggio di curvatura necessariamente molto grande rispetto allo spessore della lamiera, per il calcolo dello sviluppo si considera la lamiera come un solido sottoposto a flessione, con il piano neutro situato in corrispondenza della metà dello spessore. Avendo indicato con:

$$D_e = \text{diametro esterno}; \quad D_i = \text{diametro interno}; \quad s = \text{spessore};$$

lo sviluppo lineare L di una lamiera è dato dalla seguente formula:

$$L = 3,14 (D_i + s) \quad \text{oppure} \quad L = 3,14 (D_e - s)$$

dove $D_i + s = D_e - s = D_m = \text{diametro del cerchio del piano neutro}$.

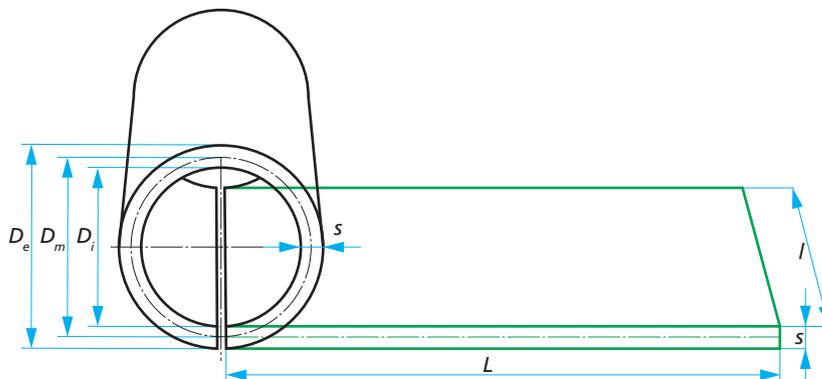


Figura 207

Sviluppo in piano di una lamiera da curvare.

Esercizio svolto

Calcolare lo sviluppo di un corpo cilindrico, per un serbatoio di aria compressa, avente le seguenti dimensioni:

$$l = 2000 \text{ mm (lunghezza del serbatoio)} \quad D_i = 900 \text{ mm} \quad s = 16 \text{ mm}$$

Applicando la formula:

$$L = 3,14(D_i + s)$$

e sostituendo i valori dati, si ha lo sviluppo lineare:

$$L = 3,14(900 + 16) = 3,14 \cdot 916 = 2876,24$$

Quindi le dimensioni della lamiera da tracciare devono essere:

$$16 \times 2000 \times 2876$$

Verifica dei pezzi

I pezzi calandrati, sia prima sia dopo la lavorazione, devono essere verificati e collaudati per poter identificare eventuali difetti e studiare il modo di eliminarli.

Prima della curvatura:

- quote del pezzo di lamiera, sviluppato dopo la tracciatura e il taglio: è necessario accertarsi preventivamente che la lamiera da tagliare e da curvare corrisponda alla quota calcolata per lo sviluppo lineare. Se la lamiera fosse più lunga, i lembi estremi arriverebbero a coincidere prima che si sia raggiunto il voluto raggio di curvatura. Se fosse più corta, il raggio risulterebbe troppo corto per far coincidere i lembi;
- stato della superficie della lamiera: la superficie della lamiera deve essere esente da screpolature, rigature, sdoppiature ecc. Sotto lo sforzo di flessione, questi difetti, soprattutto se localizzati sulla superficie esterna della curvatura, possono provocare gravi lesioni nel materiale.

Dopo la curvatura:

- diametro interno realizzato: se lo sviluppo della lamiera è stato correttamente calcolato e con la curvatura i lembi di estremità sono stati portati a combaciare, il diametro interno della virola dovrà risultare uguale a quello previsto, con un margine di tolleranza che di solito è dell'ordine del 2 per mille. Se la curvatura completa di una lamiera viene eseguita correttamente, il suo spessore non subisce alcuna variazione e i due lembi estremi vanno a combaciare perfettamente fra loro;
- cilindricità della curvatura con particolare attenzione ai lembi: l'entità della deformazione prodotta sulla lamiera in corrispondenza di ogni generatrice deve essere uniforme e costante, per ottenere una virola cilindrica, cioè con raggio di curvatura uniforme in ogni punto. Si richiede particolare attenzione alla cilindricità dei lembi estremi della lamiera, dove si usa tollerare la presenza di due strisce piane (non curvate) di larghezza non superiore a una volta e mezzo lo spessore.

12.10 Calandratura

L'operazione di curvatura a macchina delle lamiere prende il nome di **calandratura** e le macchine adoperate a questo scopo si dicono **calandre**. I pezzi calandrati si chiamano **virole**.

Calandratura cilindrica

La lamiera da curvare viene introdotta in un sistema a rulli, generalmente costituito da tre rulli i cui assi sono paralleli tra loro e disposti secondo i vertici di un triangolo isoscele.

I due rulli inferiori A sostengono la lamiera, mentre quello superiore B la mantiene sempre aderente ai due sostegni (Fig. 208a).

Facendo ruotare nello stesso senso la coppia di rulli inferiore oppure facendo ruotare il rullo superiore e lasciando in folle quelli inferiori, si imprime alla lamiera un moto di traslazione corrispondente.

Imprimendo inoltre ai due rulli inferiori uno spostamento verticale verso l'alto e tenendo fisso il rullo superiore, la lamiera subisce una flessione permanente in corrispondenza della generatrice di contatto con il rullo superiore.

Lo stesso risultato si ottiene spostando il rullo superiore verticalmente verso il basso e tenendo fissa la coppia di rulli inferiori (Fig. 208b).

Avendo disposto i tre rulli in una data posizione relativa, e facendoli quindi ruotare in un certo senso, la lamiera è costretta a traslare e assume un certo grado di curvatura (Fig. 208c).

A questo punto si fa ulteriormente diminuire la distanza tra il rullo superiore e quelli inferiori, quindi si fanno ruotare i rulli in senso opposto al precedente: passando tra i rulli, la lamiera aumenta ancora la propria curvatura.

Combinando così opportunamente il moto di traslazione orizzontale della lamiera e lo spostamento verticale dei rulli, con un certo numero di passaggi successivi si producono nella lamiera una serie di curvature sempre crescenti, fino a raggiungere la voluta forma cilindrica finale (Fig. 208d).

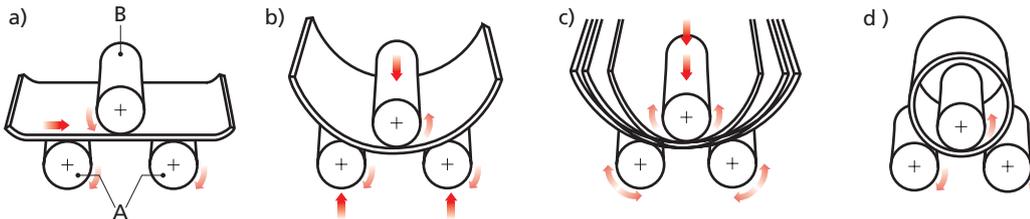


Figura 208

Calandratura cilindrica.

Calandratura tronco-conica

Per eseguire una calandratura tronco-conica, bisogna tenere presente che il tronco di cono da realizzare ha raggi di curvatura differenti in ciascuna sua sezione, che variano con continuità da un valore massimo per la base maggiore a un minimo per la base minore. È quindi necessario che gli assi dei due rulli inferiori non siano paralleli, bensì convergenti all'asse del rullo superiore, in modo da poter produrre curvature diverse lungo tutta la larghezza della lamiera.

Esistono perciò particolari tipi di calandre, con la possibilità di disporre i rulli inferiori in posizione obliqua rispetto a quello superiore.

Ovviamente la lamiera da cui si deve ricavare una virola tronco-conica C va opportunamente tracciata e tagliata secondo il corrispondente sviluppo in piano, completo di base maggiore A e minore B (Fig. 209).

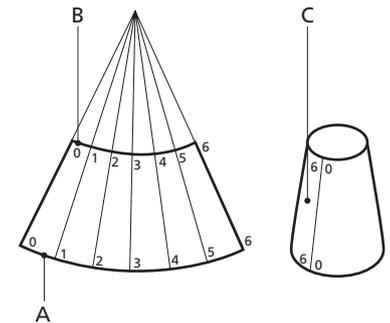


Figura 209

Calandratura tronco-conica.

Calandre a mano

Queste macchine, di concezione molto semplice, sono essenzialmente costituite da tre rulli orizzontali, sostenuti da una coppia di montanti laterali (Fig. 210).

Si impiegano le calandre a mano quando la produzione è limitata a piccoli quantitativi di pezzi, di piccole o medie dimensioni, ricavati da lamiere sottili. Consentono di calandrare lamiere aventi lunghezza sino a 1800 mm e spessori da 0,3 a 2,5 mm circa.

- A. rulli inferiori;
- B. rullo superiore;
- V. volantini;
- L. lamiera.

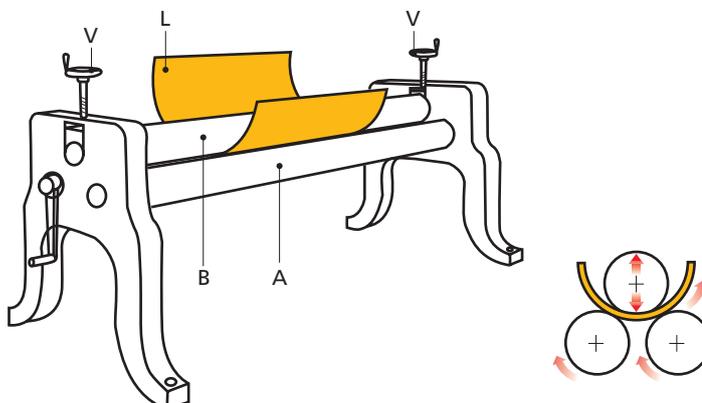


Figura 210

Calandra a mano.

Calandre a motore

Figura 211

Macchina oleodinamica per la calandratura automatica.



Rispetto alle calandre a mano, quelle a motore offrono prestazioni superiori (Fig. 211). Consentono di calandrare lamiere aventi spessori fino a 40 mm, lunghezza fino a 6000 mm e larghezza fino a 2000 mm.

L'unica differenza fondamentale rispetto alle calandre a mano generalmente consiste nel rullo di trascinamento posto in posizione superiore; esso, pertanto, pur essendo talvolta registrabile in altezza mediante viti di regolazione per adeguarsi ai vari spessori di lamiera, riceve il moto dal gruppo motore.

I due rulli inferiori ruotano in folle e sono dotati di spostamento verticale per imprimere la curvatura alla lamiera.

In queste calandre il supporto del cilindro superiore è ribaltabile, così che, liberando l'estremità del cilindro, si possono estrarre le virole completamente calandrate.

Calandre di grandi dimensioni

Per la curvatura di lamiere di grandi dimensioni e di notevole spessore le calandre a motore possono raggiungere dimensioni imponenti: ne esistono tipi i cui rulli sono lunghi fino a 10 metri, altri capaci di curvare lamiere fino a 150 mm di spessore. Tali macchine devono essere costantemente servite da gru, per sostenere la lamiera durante le fasi iniziali di lavorazione e per estrarre le virole ultimate.

La calandratura di lamiera di notevole spessore è facilitata da un preriscaldamento della lamiera in appositi forni, a una temperatura di 400 °C e oltre.

Quando occorre eseguire la calandratura di una virola tronco-conica, bisogna inserire su uno dei montanti, generalmente quello del lato opposto al motore, una coppia di corti rulli zigrinati verticali, con il compito di contrastare la tendenza allo scorrimento longitudinale impresso alla virola dalla posizione obliqua dei rulli inferiori.

Le virole cilindriche o tronco-coniche vengono sfilate dal rullo superiore ribaltando la traversa incernierata sul basamento della macchina.

12.11 Stampaggio

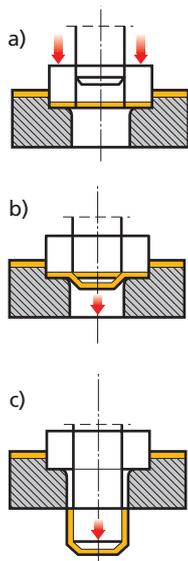
Nello stampaggio una lamiera viene pressata tra stampo e controstampo in modo da farle assumere una forma dotata di più curvature, non sviluppabile su un piano.

Un esempio tipico è lo stampaggio di una parte di carrozzeria per auto.

12.12 Imbutitura

L'imbutitura è un particolare tipo di stampaggio in cui una porzione di lamiera piana viene sagomata in una tipica forma a vaso e quindi anch'essa non sviluppabile su un piano.

Le operazioni elementari sono normalmente tre (Fig. 212):



- a) tranciatura;
- b) piegatura e/o curvatura;
- c) imbutitura.

L'operazione di stampaggio consiste perciò in una successione ordinata di varie operazioni tecnologiche, che permettono di trasformare una porzione di lamiera piana in un pezzo di forma voluta. L'insieme delle operazioni costituisce il cosiddetto **ciclo di stampaggio**.

12.13 Principio dello stampaggio

Le successive deformazioni plastiche si ottengono sottoponendo la lamiera a un adeguato sforzo di compressione tra due particolari utensili, che prendono il nome di stampo (o **punzione**) e controstampo (o **matrice**). Il movimento reciproco di questi due utensili, uno rispetto all'altro, permette la deformazione della lamiera.

L'impiego di diverse coppie di utensili consente, attraverso successive fasi, di ottenere la deformazione finale voluta, quando non sia possibile ottenere lo scopo con una sola operazione.

A ognuna di queste deformazioni sul pezzo corrispondono variazioni dimensionali, che sono in relazione alle dimensioni degli utensili usati.

Dopo queste deformazioni il volume totale del materiale che costituisce il pezzo stampato deve essere equivalente a quello iniziale della lamiera. Poiché le variazioni di spessore di quest'ultima, durante l'operazione, sono trascurabili, la superficie totale del pezzo stampato dovrà rimanere uguale a quella della lamiera impiegata.

Per fare sì che il materiale durante lo stampaggio riempi completamente lo spazio fra il punzone e la matrice e non si formino ondulazioni o grinze, esiste un accessorio fondamentale che prende il nome di **premilamiera**.

12.14 Esempio di stampaggio

Consideriamo un caso molto semplice di stampaggio, cioè quello con cui si trasforma un disco di lamiera in un cilindro cavo con fondo (Fig. 213).

La lamiera D è appoggiata sulla matrice B ed è mantenuta a contatto con essa dal punzone A. Il premilamiera C, che ha forma anulare ed è sospinto verso l'alto da un sistema di molle M, tiene aderente la lamiera al punzone lungo tutto il bordo di quest'ultimo.

Quando il punzone comincia ad abbassarsi, trancia anzitutto la lamiera in forma di disco, che rimane compresso fra il punzone e la matrice e si trova soggetto a fortissime cariche di compressione, dovute alla riduzione del diametro iniziale. Infatti il diametro del disco, che deve essere maggiore di quello del cilindro da ricavare, diminuisce con il crescere della profondità del cilindro ottenuto, dovendo sempre rimanere equivalenti le due superfici.

Il materiale del disco, quindi, si va allungando e assume la forma del punzone E, costituendo così la parete del cilindro. Il premilamiera viene anch'esso spinto in basso dal punzone A, cosicché la lamiera scivola gradualmente entro lo spazio libero fra la superficie inferiore del punzone e quella superiore del premilamiera, senza formare pieghe e ondulazioni.

12.15 Dimensioni e forma del pezzo

Le dimensioni del pezzo da realizzare, come pure la maggiore o minore semplicità della sua forma, devono essere prese attentamente in considerazione prima di eseguire lo stampaggio.

In particolare, devono essere scelti accuratamente il punzone e la matrice da montare sulla macchina e la macchina stessa, che deve essere adatta per ricevere pezzi di date forme e dimensioni.

12.16 Qualità e trattamento del materiale impiegato

La plasticità del materiale può essere aumentata sottoponendo la lamiera a un trattamento termico di ricottura. Prima dello stampaggio essa deve essere riscaldata a circa 650 °C e quindi lasciata raffreddare molto lentamente.

La qualità del materiale della lamiera da stampare è particolarmente importante, poiché la maggiore o minore plasticità di esso richiede un minore o maggiore numero di operazioni per ciascuna fase del ciclo di lavoro.

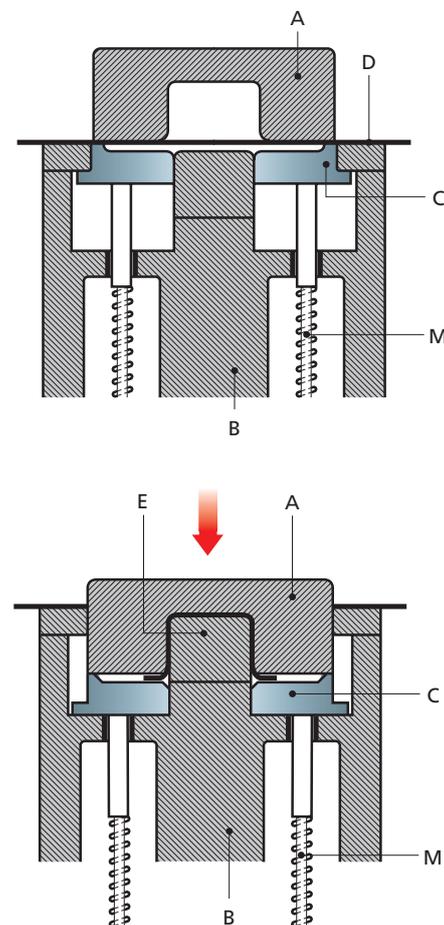
12.17 Progettazione dello stampo, del controstampo e del premilamiera

Un'esatta progettazione dello stampo e del controstampo e un accorto impiego degli stessi costituiscono un elemento importantissimo per la buona riuscita di uno stampaggio. Infatti i giochi da lasciare fra punzone e matrice e fra punzone e premilamiera devono essere adeguatamente proporzionati, poiché un ammorsamento non uniforme della lamiera da lavorare, dovuto a superfici di fissaggio non perfettamente piane e levigate, è origine di grinze sul contorno del pezzo o addirittura del suo sfondamento.

Altro elemento che influisce negativamente sulla buona riuscita del pezzo finito è l'usura dello stampo, il quale, dopo un certo quantitativo di pezzi prodotti, perde il suo filo iniziale, e perciò i pezzi vengono ad avere un contorno impreciso e ricco di bave.

Figura 213

Schema di uno stampaggio.

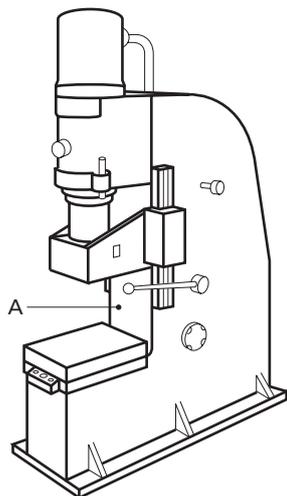


13 Lavorazioni plastiche: presse

13.1 Classificazione delle presse

Figura 218

Schema di una pressa a collo di cigno.



Tutte le presse sono caratterizzate dalla presenza di utensili di lavoro (punzone e matrice) montati su parti dotate di movimento rettilineo alternato nei due sensi.

A seconda dei mezzi di trasmissione con cui si realizza il moto alternativo, le presse si dividono in:

- presse meccaniche;
- presse idrauliche.

A seconda delle prestazioni, cioè a seconda che realizzi un ciclo di stampaggio più o meno completo, si hanno:

- presse a effetto semplice;
- presse a effetto doppio;
- presse a effetto triplo.

Dal punto di vista della struttura costruttiva si possono avere le presse a collo di cigno e a montanti.

Presse a collo di cigno

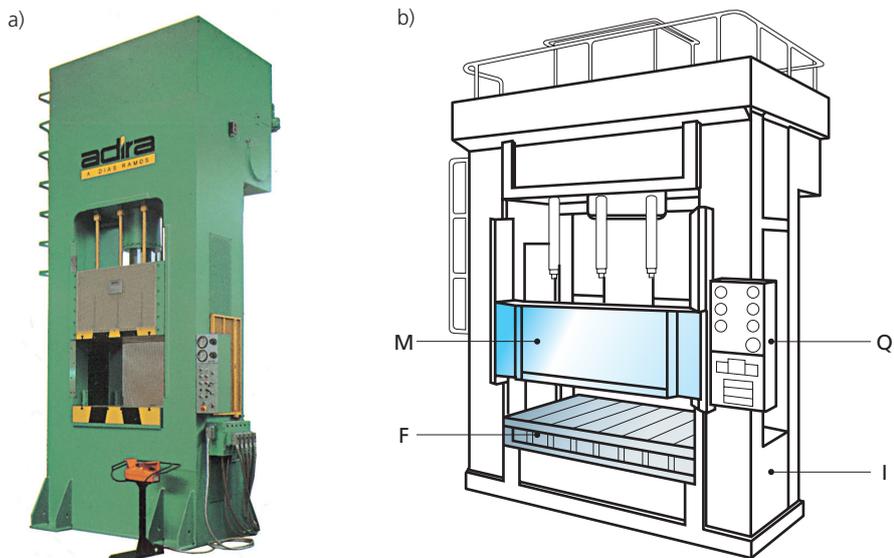
Le presse a collo di cigno sono costituite da un'incastellatura in cui è ricavato un incavo a gola di cigno (A). Questa forma permette di lavorare sui tre lati della pressa (**Fig. 218**).

Presse a montanti

Le presse a montanti sono costituite da un'incastellatura I fissa avente due o quattro montanti, lungo i quali scorre una parte mobile M guidata da apposite slitte (**Fig. 219**). Generalmente la parte mobile reca lo stampo, mentre a quella fissa F è collegata la matrice. Questo tipo di pressa permette di lavorare sui due lati frontalmente. Tutti i comandi di manovra della pressa sono riuniti in un apposito quadro Q. In **Figura 219a** una pressa a due montanti; in **Figura 219b** uno schema di una pressa a due montanti.

Figura 219

Illustrazione e schema di una pressa a montanti.



Presse idrauliche

Le presse idrauliche si differenziano da quelle meccaniche in quanto le parti principali in movimento sono comandate da un impianto idraulico o, più precisamente, oleodinamico oppure idropneumatico.

Anche le presse idrauliche possono essere a semplice, doppio e triplo effetto.

Caratteristica comune a tutte le presse idrauliche è una struttura a montanti e grandi piatti portautensili comandati dai cilindri e dai pistoni dell'impianto idraulico.

Nelle presse moderne i piatti sono comandati da pompe del tipo rotativo a portata variabile, che permettono di regolare in maniera graduale e continua la velocità di movimento dei piatti e la pressione con cui essi agiscono.

Le presse idrauliche sono dotate di comandi automatici o semiautomatici e di apparecchiature di protezione antinfortunistiche molto efficienti.

Come le presse meccaniche, anche quelle idrauliche hanno dimensioni e capacità di lavoro molto variabili da modello a modello. Presentano comunque dimensioni spesso imponenti (da 5 a 8 m d'altezza) e sono in grado di sviluppare pressioni totali dell'ordine di 300-600 tonnellate e oltre.

Pressa idraulica a doppio effetto

In **Figura 220** è mostrata una pressa idraulica a doppio effetto.

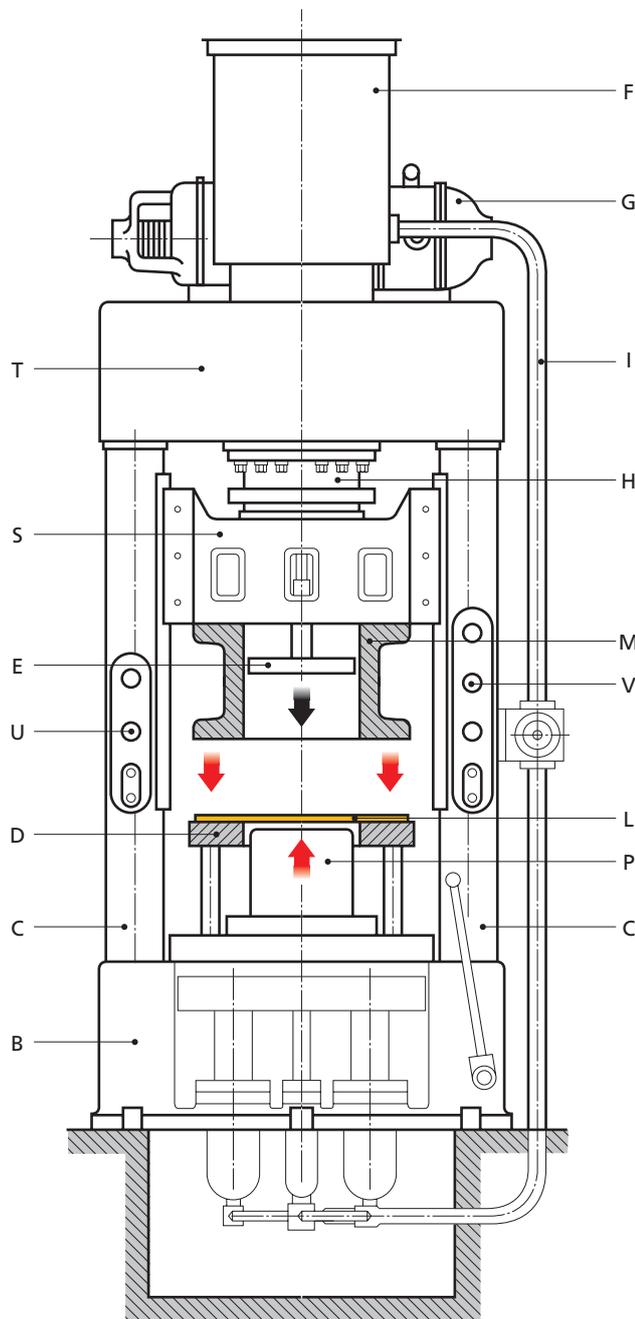


Figura 220

Pressa idraulica a doppio effetto.

La macchina è costituita da un robusto basamento B sul quale poggiano due colonne C che sostengono all'estremità superiore la testata T. Nella testata è ricavato il serbatoio dell'olio F, che viene inviato sotto pressione agli organi in movimento della macchina attraverso i tubi

I grazie all'azione di una pompa G comandata da un motore elettrico. Lungo le colonne C, grazie al relativo pistone H, scorre verticalmente lo slittone portamatrice S, che spinge la matrice M contro il punzone P. La lamiera L è sostenuta dal pressalamiera D. Il pezzo stampato viene estratto dalla matrice mediante un estrattore E. La macchina è azionata automaticamente e la pressione dell'olio regolata a piacimento, agendo sui comandi U-V.

Il funzionamento di una pressa idraulica si basa sul principio di Pascal: un fluido in pressione può moltiplicare la spinta su un pistone semplicemente moltiplicando l'area sulla quale si esercita la pressione.

13.2 Presse idrauliche Hydroform

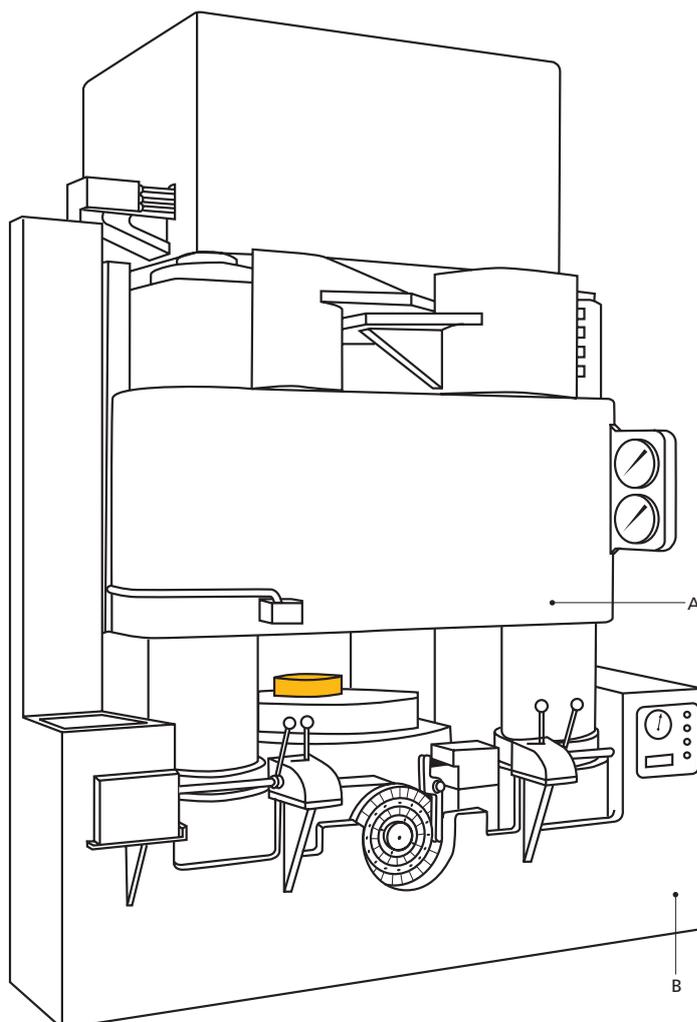
Sono presse che si differenziano sostanzialmente da quelle normali perché impiegano stampi speciali e matrici elastiche. Gli stampi sono privi di spigoli e la matrice è cava; all'interno si crea una pressione oleodinamica variabile e regolabile a volontà, che ne provoca la deformazione e l'adattamento allo stampo portato da un pistone. Questa caratteristica costruttiva evita la formazione di grinze, cricche superficiali e rotture, e permette di realizzare con un'unica operazione lo stampaggio di forme complicate. L'operazione è, infatti, favorita dalla mancanza di attrito fra punzone e matrice.

Questa pressa è costituita da tre parti meccaniche essenziali: una parte mobile A, una parte fissa B, un pistone P (Fig. 221). Nella parte mobile A è ricavata una camera cilindrica cui è sovrapposta una cupola emisferica C (Fig. 222). Nella parte inferiore di questa cavità è sistemata una membrana elastica Me, di gomma tenera, ma molto robusta, non deteriorabile all'olio e fissata lungo il suo contorno da un anello espansibile a corona circolare Ac, di acciaio per molle, che trova sede in una gola incavata nel corpo.

Nel blocco inferiore della macchina si trova la parte fissa B entro la quale scorre il pistone con lo stampo maschio P.

Figura 221

Pressa idraulica Hydroform.



Caratteristiche principali delle presse del tipo Hydroform

Le matrici sono costituite da membrane elastiche per cui non richiedono profili speciali, potendosi adattare alle forme di qualsiasi punzone-stampo.

I punzoni, non essendo soggetti a logorio, possono essere di qualunque materiale come per esempio ghisa, ottone, alluminio, materie plastiche ecc. Per queste macchine non sono necessari estrattori, premilamiera, colonnette di ferro per il pezzo finito ecc., perché sostituiti nelle loro funzioni dalla membrana elastica.

Per le loro stesse caratteristiche di funzionamento, le macchine del tipo Hydroform risolvono in gran parte i gravi problemi di sicurezza che presentano le presse di tipo normale.

Ciclo di stampaggio su una pressa del tipo Hydroform

Il ciclo completo di imbutitura di una lamiera alla pressa del tipo Hydroform può essere suddiviso in sei fasi principali.

Prima fase: la parte mobile e la parte fissa della pressa sono staccate. La lamiera da stampare viene introdotta fra esse e appoggiata alla parte fissa (Fig. 223a).

Seconda fase: la parte mobile viene abbassata fino a che la membrana elastica viene in contatto con la lamiera. Nella cavità sovrastante la membrana vi è olio senza pressione (Fig. 223b).

Terza fase: attraverso una condotta ricavata nella parte superiore della macchina si fa pervenire olio sotto pressione nella cavità sovrastante la membrana. Quest'ultima, per effetto della pressione dell'olio e grazie alla sua elasticità, assume la forma dello stampo (Fig. 223c).

Quarta fase: lo stampo, fissato al pistone, viene fatto risalire con comando idraulico fino a penetrare nella cavità superiore. La lamiera viene compressa contro la membrana elastica, che è irrigidita dalla pressione costante dell'olio, e assume la forma dello stampo (Fig. 223d).

Quinta fase: si scarica la pressione dell'olio nella cavità superiore e si solleva quest'ultima: la lamiera imbutita rimane in questa fase appoggiata allo stampo (Fig. 223e).

Sesta fase: il pistone viene riportato con lo stampo nella sua sede, mentre la lamiera imbutita rimane appoggiata alla parte fissa della pressa da dove può venire facilmente estratta (Fig. 223f).

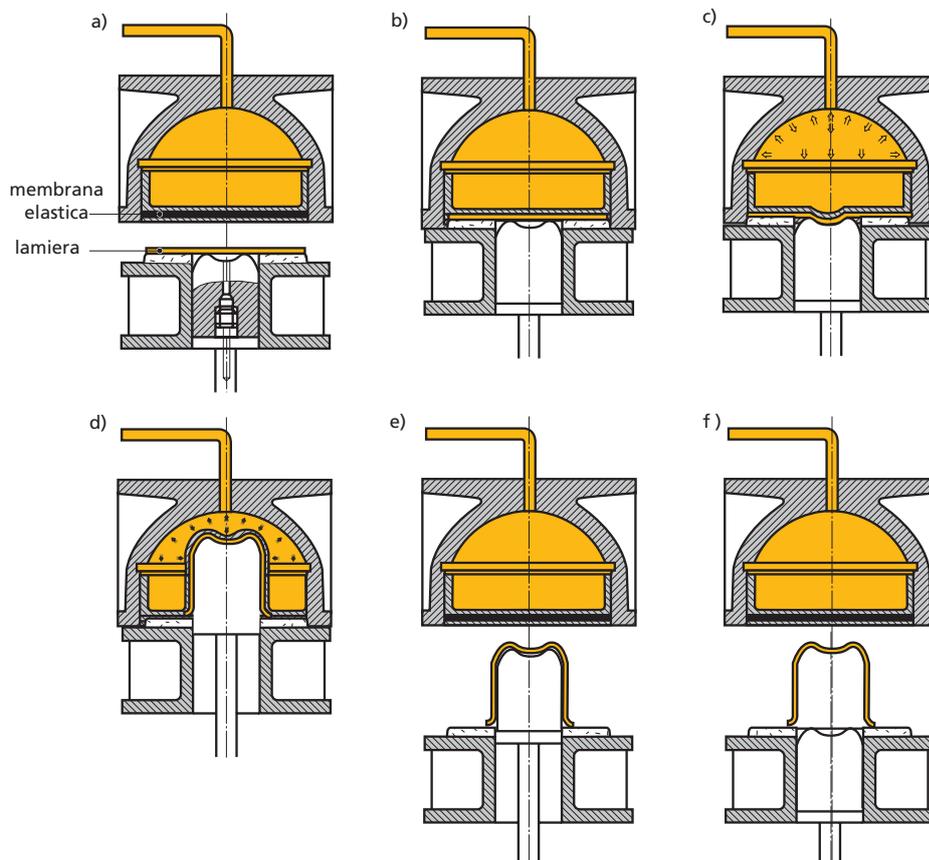


Figura 222

Particolari della pressa idraulica Hydroform.

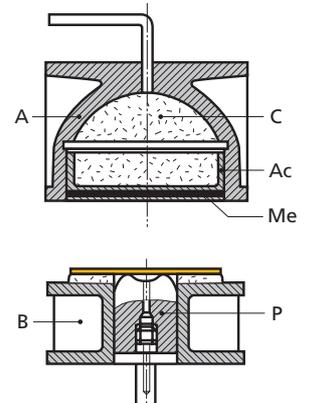


Figura 223

Ciclo di stampaggio pressa Hydroform.