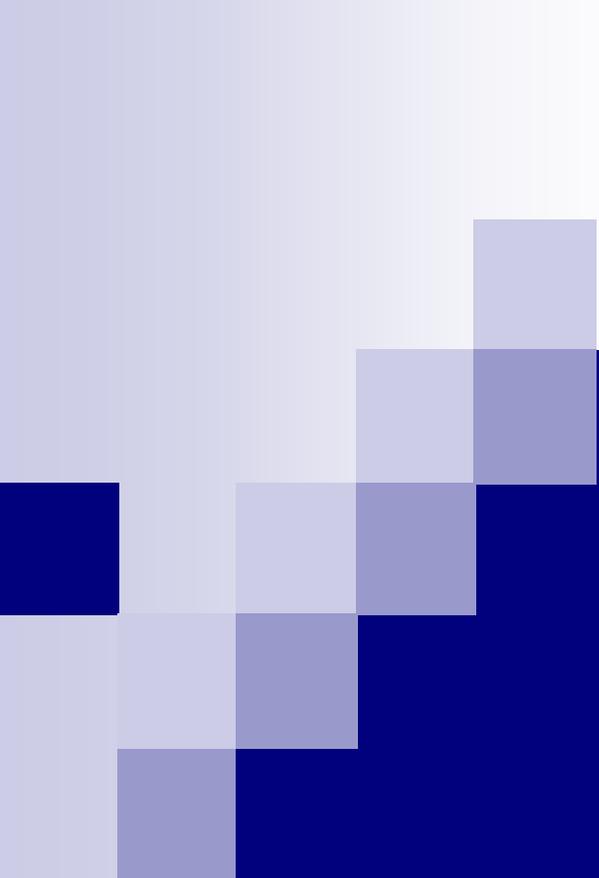


# Corso di Tecnologia Meccanica

## Modulo 3.7

## Deformazione plastica



# Macchine per la fucinatura e lo stampaggio

# Classificazione

- Macchine ad energia delimitata
- Macchine a corsa delimitata
- Macchine a forza delimitata

# Magli e Presse

- Il pezzo è posto su una parte fissa mentre una parte mobile (mazza) esercita su quest'ultimo la forza per deformarlo
- Caratteristiche tecniche:
  - Energia disponibile (J): energia fornita dalla macchina tramite il movimento dell'organo mobile
  - Forza disponibile (N): forza che la mazza può erogare sul pezzo
  - Rendimento: energia disponibile/energia erogata (tiene conto delle perdite per gli attriti e le deformazioni elastiche della macchina)
  - Numero di colpi nell'unità di tempo: produttività della macchina
  - Tempo di contatto sotto carico: importante nelle lavorazioni a caldo per la trasmissione del calore tra macchina e pezzo
  - Velocità sotto carico: velocità dell'organo mobile al momento della deformazione

# Magli

- Sono utilizzati per fucinatura e stampaggio a caldo.
- Sono costituiti da:
  - Mazza preposta alla deformazione del pezzo
  - Incudine su cui poggia il pezzo
  - Incastellatura su cui viene sollevata la mazza mediante apposite guide
- La deformazione è ottenuta per trasformazione dell'energia cinetica dalla mazza:
  - In caduta libera (semplice effetto)
  - Ulteriormente accelerata da un fluido in pressione (doppio effetto)
- La massa dell'incudine deve essere molto superiore a quella della mazza
- Le vibrazioni sull'ambiente circostante devono essere accuratamente valutate
- L'energia totale si dissipa infine per deformazione plastica del pezzo, attriti, deformazione elastica di macchina e stampi

# Maglio a semplice effetto

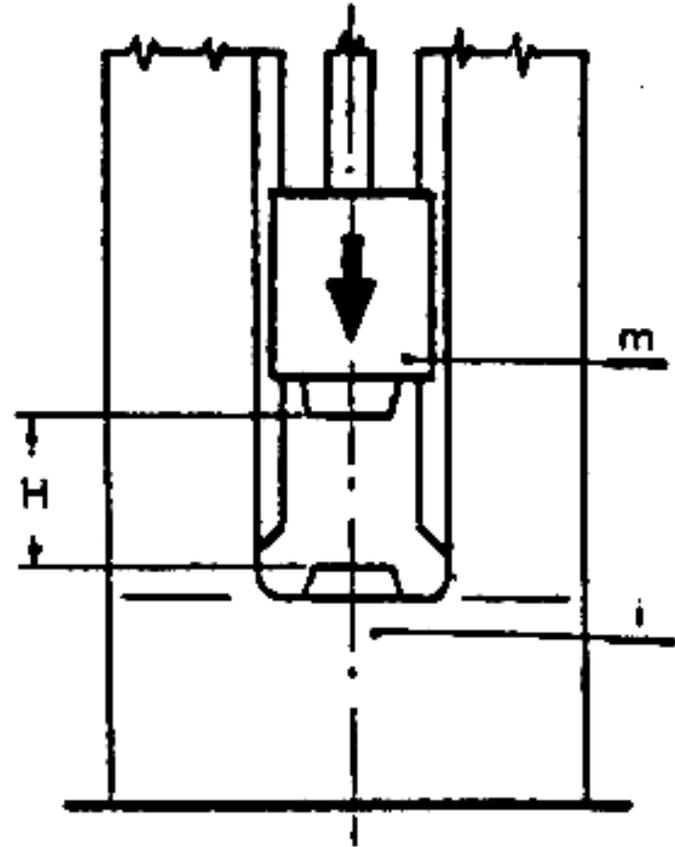
- La mazza viene sollevata mediante sistemi meccanici, pneumatici ed idraulici ad un'altezza prefissata e lasciata cadere sul pezzo.
- L'energia cinetica assunta dalla mazza in caduta viene trasformata in energia di deformazione e ceduta al pezzo
- Parte dell'energia viene però anche trasferita all'incudine che subisce uno spostamento
- Il rendimento della macchina è tanto maggiore quanto maggiore è il rapporto:

massa incudine/massa mazza

# Schema di maglio a semplice effetto

Maglio a semplice effetto.

- m) sazza,
- i) incudine,
- H) altezza di caduta.



# Maglio a semplice effetto

- Dato il principio dell'invariabilità di moto è possibile scrivere:

$$mv_1 = (m + M) \cdot v_2$$

ove:

$m$  è la massa della mazza

$M$  è la massa dell'incudine

$v_1$  è la velocità iniziale della mazza

$v_2$  è la velocità della mazza dopo l'urto

# Maglio a semplice effetto

- E per la conservazione dell'energia:
- Si osservi che la variazione di energia cinetica cresce al crescere di M
- Un buon proporzionamento prevede  $M=(10-20) m$

$$\Delta E1 = \frac{m(v2^2 - v1^2)}{2}$$

$$\Delta E2 = \frac{M \cdot v2^2}{2}$$

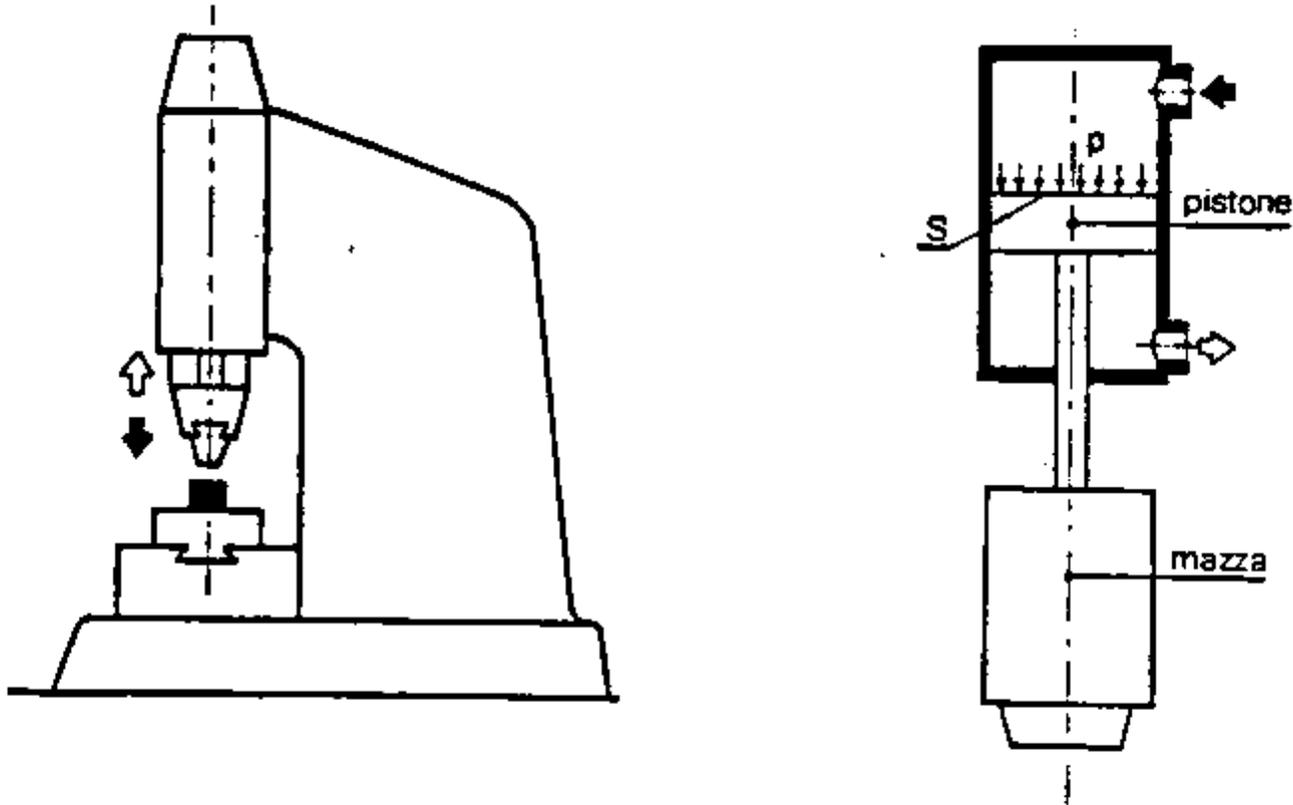
$$\Delta E = \Delta E1 + \Delta E2$$

$$\Delta E = -\frac{1}{2} m \cdot v1^2 \frac{1}{1 + m / M}$$

# Maglio a doppio effetto

- Assommano durante la caduta anche un'energia data da un apparato motore a pistone (pneumatico o idraulico) utilizzando olio, aria o vapore
- È possibile ottenere maggiore energia e maggiore produttività in termini di colpi al minuto
- La regolazione avviene dunque anche sulla portata e pressione del fluido che spinge il pistone

# Schema di maglio a doppio effetto



Maglio a doppio effetto e suo principio di funzionamento.

# Maglio a doppio effetto

$$a = g(1 + p \cdot S / P)$$

ove

$a$  è l'accelerazione finale

$g$  è l'accelerazione di gravità

$p$  è pressione del fluido

$S$  è la superficie dello stantuffo

$P$  è il peso della mazza

# Maglio a doppio effetto

- E ancora il tempo di discesa sarà:

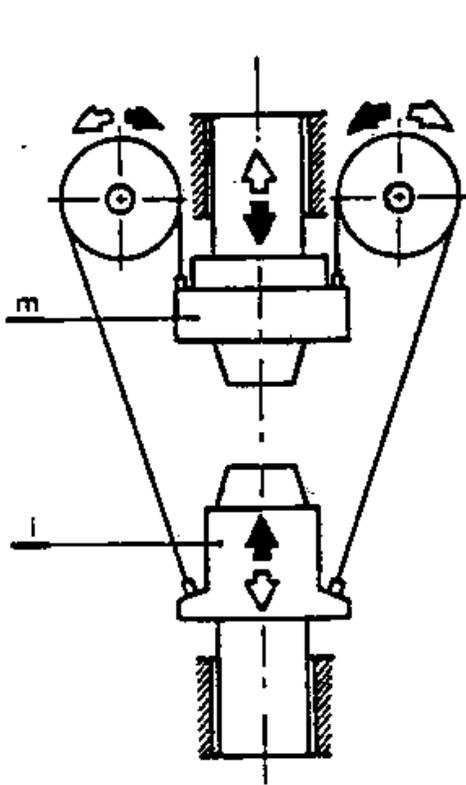
$$td = \sqrt{2 \cdot H / a} = \sqrt{2 \cdot H / g \cdot (1 + p \cdot S / P)}$$

- Un buon proporzionamento prevede:
  - $pS/P$  circa pari a 3
  - Velocità di discesa compresa tra 5 e 10 m/s

# Maglio a contraccolpo

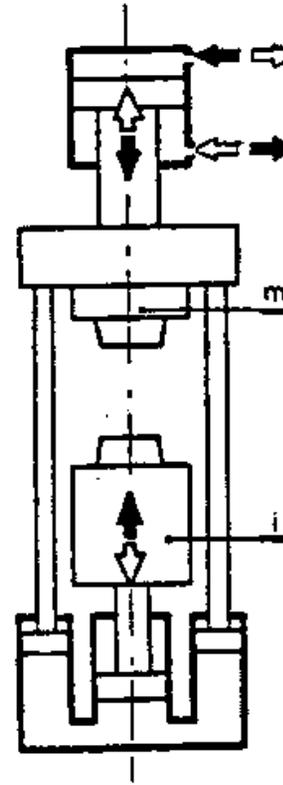
- L'incudine, di massa simile alla mazza si muove contro quest'ultima grazie ad un sistema meccanico o idraulico
- Vantaggi:
  - Maggiore produttività
  - Minore peso dell'incudine
  - Minori vibrazione da disperdere sulle fondazioni
- Svantaggi:
  - Minore precisione nell'allineamento degli stampi e dunque nei pezzi

# Schema di maglio a contraccolpo



Maglio a contraccolpo  
ad azionamento mecca=  
nico.

m) mazza,



Maglio a contraccolpo  
ad azionamento idrau=  
lico.

i) incudine mobile.

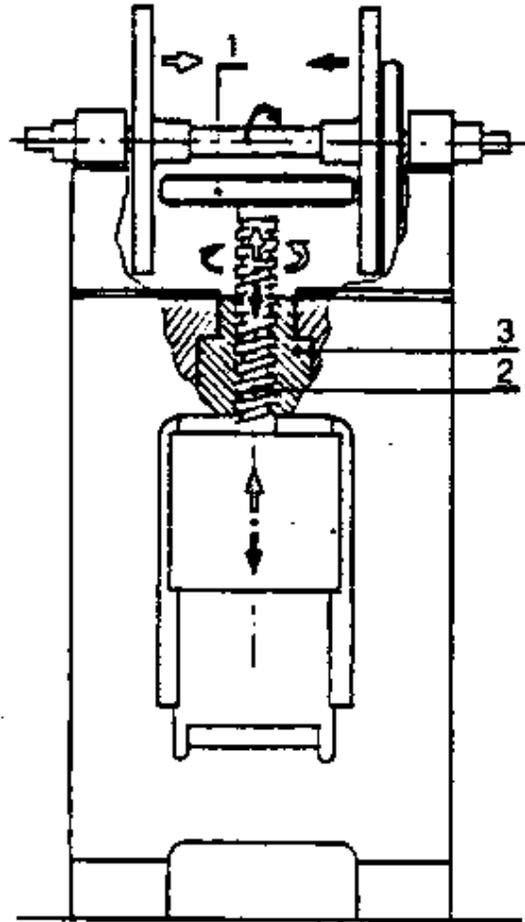
# Presse a vite traslante

- La mazza è solidale ad una vite senza fine collegata ad un volano ed impegnata in una madrevite solidale con l'incastellatura.
- Il volano viene alternativamente in contatto con due dischi rotanti che gli trasmettono due moti controrotanti che provocano i moti di salita e discesa della vite
- Tali moti risultano accelerati in discesa ed rallentati in salita a causa delle diverse velocità tangenziali dei dischi ( $v = 600/900 \text{ mm/s}$ )

# Schema di pressa a vite traslante

Pressa a vite traslante.

- 1) volano,
- 2) vite,
- 3) madrevite.



# Energia disponibile

$$Ed = \left( \frac{J\omega^2}{2} + \frac{mv^2}{2} \right) \eta$$

ove

$J$  è il momento di inerzia delle masse rotanti

$\omega$  è la velocità angolare

$m$  è la massa degli organi traslanti

$v$  è la velocità di discesa

$\eta$  è il rendimento (0,65 - 0,85)

# Energia assorbita

$$E_{ass} = \frac{F \cdot \Delta L}{2}$$

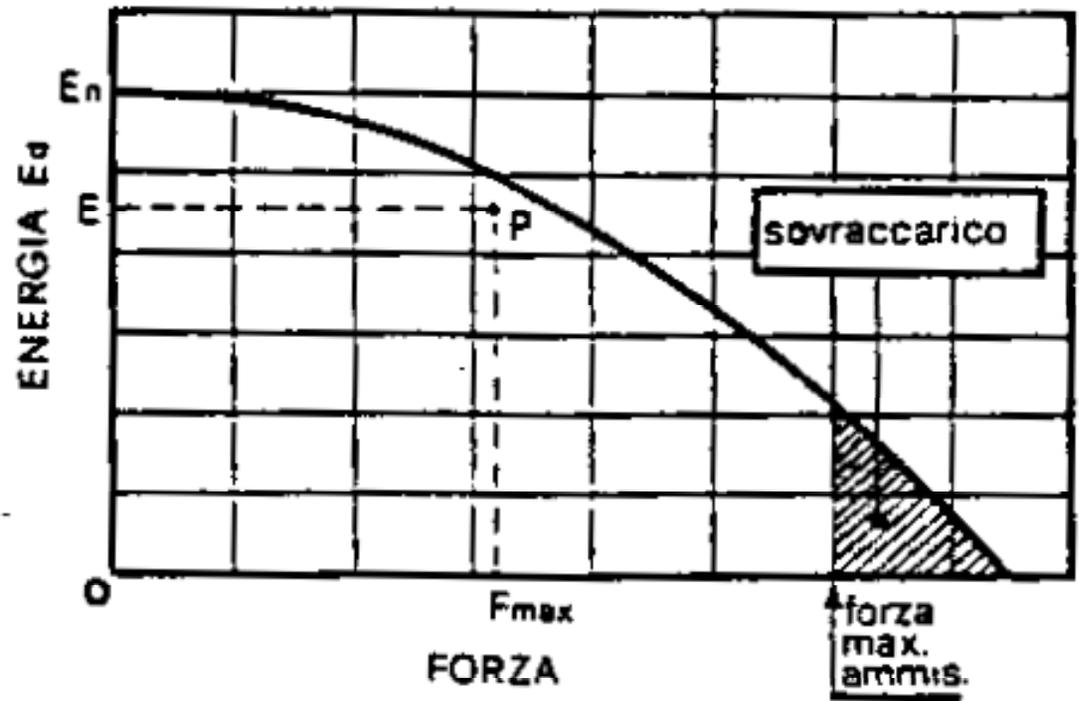
ove

$F$  è la forza per stampare il pezzo

$\Delta L$  è l'allungamento del pezzo

# Curva caratteristica

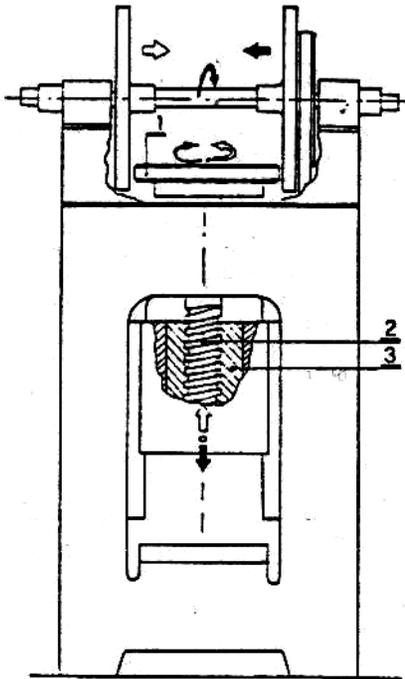
Curva caratteristica  
di una pressa a vite.



# Pressa a vite rotante

- È basta sul principio già visto con la variante che è la madre vite solidale con la mazza mentre il sistema vite/volano in contatto con i dischi all'estremità di questi ultimi possiedono il solo moto di rotazione
- Vantaggi:
  - Disponibilità della massima energia già a metà corsa
  - Maggiore produttività
- Svantaggi:
  - Slittamento del contatto volano/dischi nella fase iniziale

# Schema e curva caratteristica

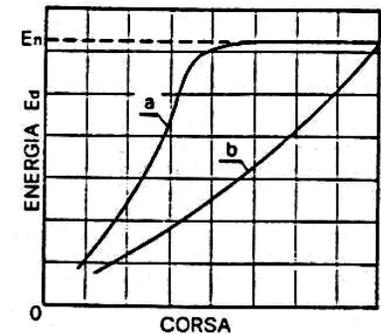


Pressa a vite rotante.

- 1) volano,
- 2) vite,
- 3) madrevite.

Andamento dell'energia disponibile  $E_d$  in funzione della corsa della mazza.

- a) pressa a vite rotante,
- b) pressa a vite traslante.



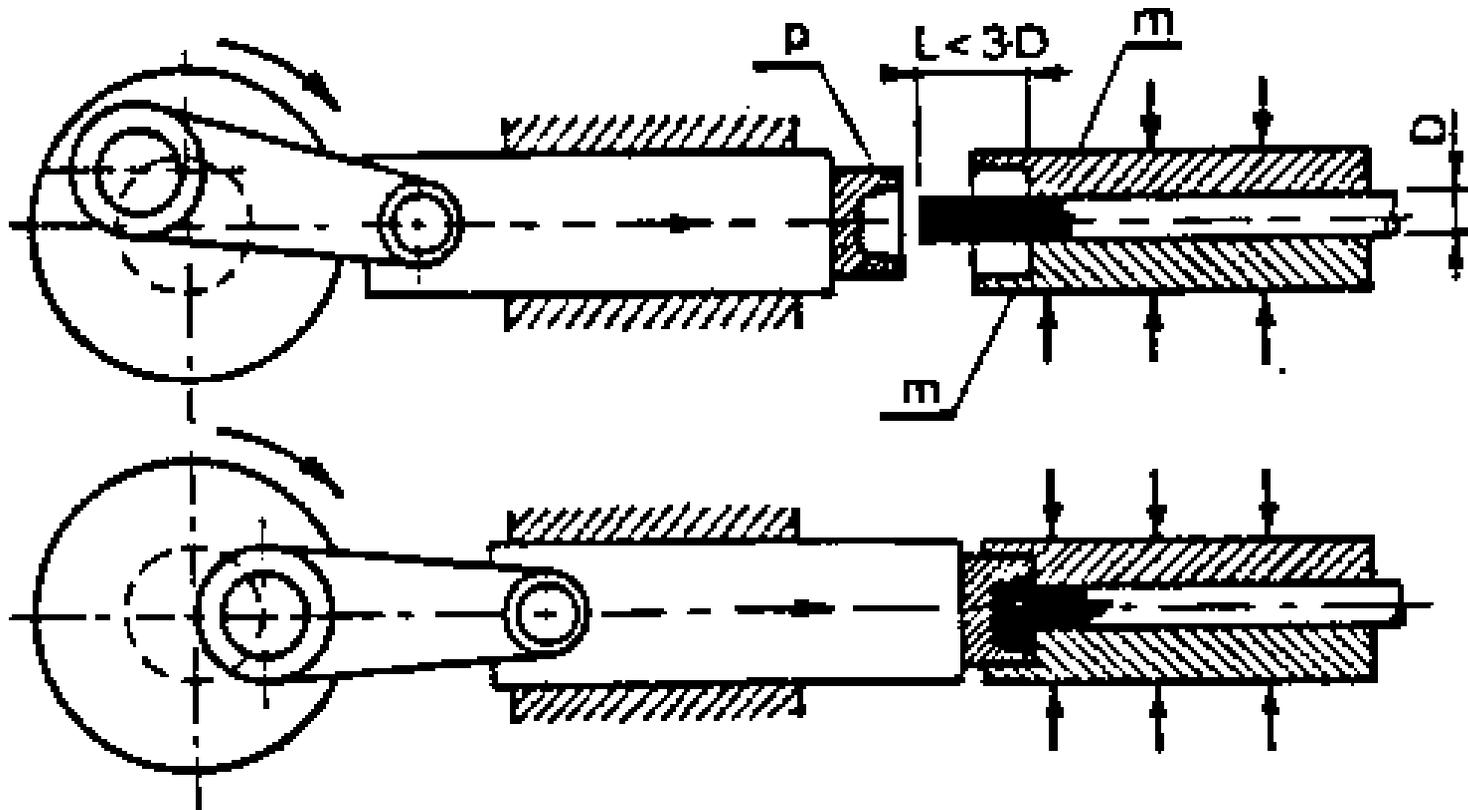
# La ricalcatura

- Consiste nel realizzare su un barra cilindrica un ingrossamento di una sezione, centrale o sull'estremità della stessa, di forma particolare.
- Il processo può essere realizzato a caldo o a freddo (per forme semplici) mediante presse dette ricalcatrici
- La sagoma della ricalcatura è determinato dalla configurazione della matrice
- Una lama troncatrice è spesso prevista per troncare la barra dopo la ricalcatura e poter procedere in automatico con la lavorazione del tratto di barra successivo
- Il limite di tale operazione è dato dalla forma e dimensioni della sezione di ricalcatura nonché dal rapporto  $L/D$  che non può essere superiore a 2,5.

# Ricalcatrici

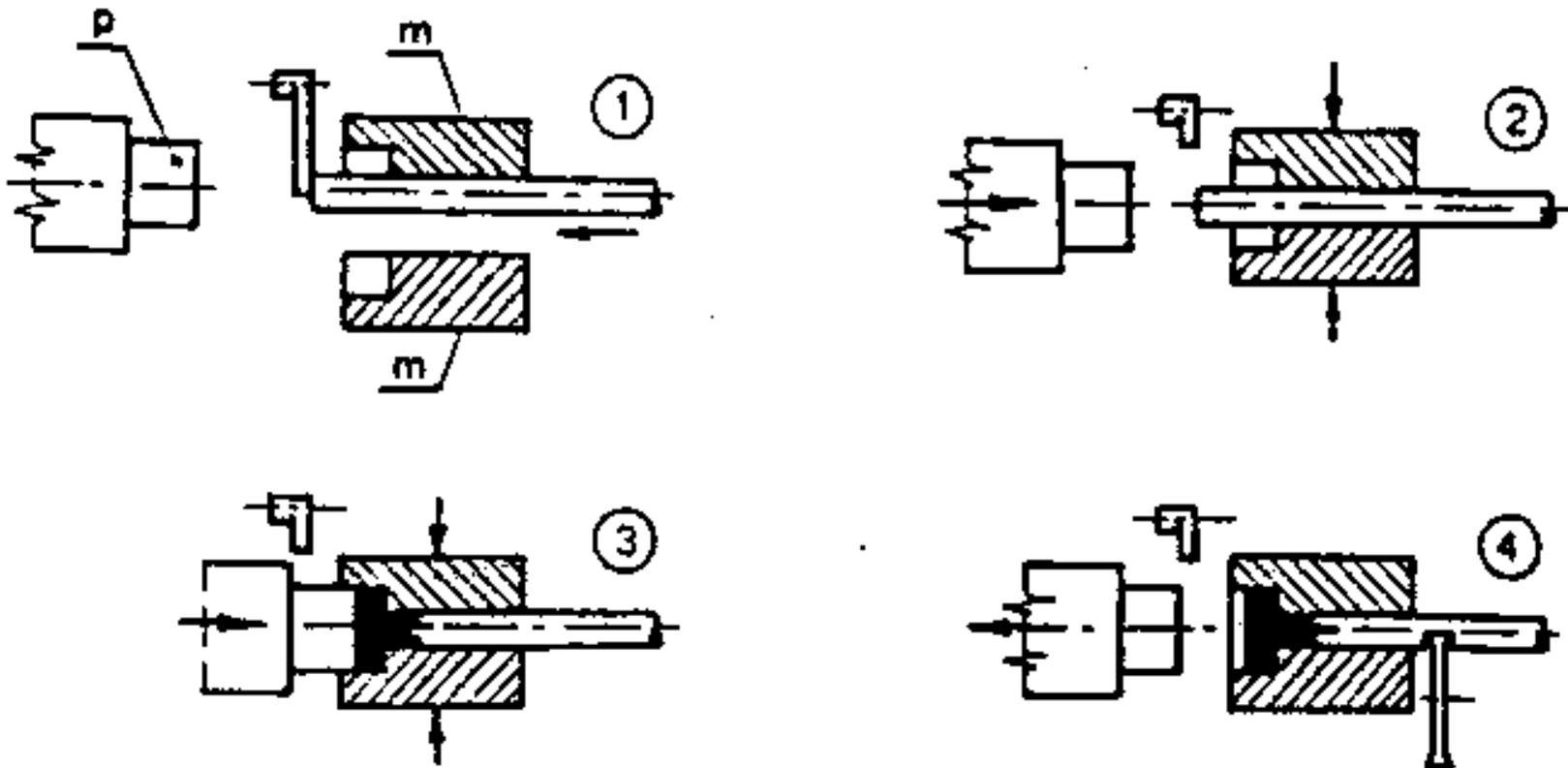
- Sono macchine ad asse orizzontale dotate dei seguenti elementi:
  - Matrici mobile e fissa per il bloccaggio della barra da ricalcare
  - Punzone azionato da un sistema biella-manovella che produce la deformazione
  - Lama o sega circolare per la troncatura della barra alla fine dell'operazione

# Schema di ricalcatrice

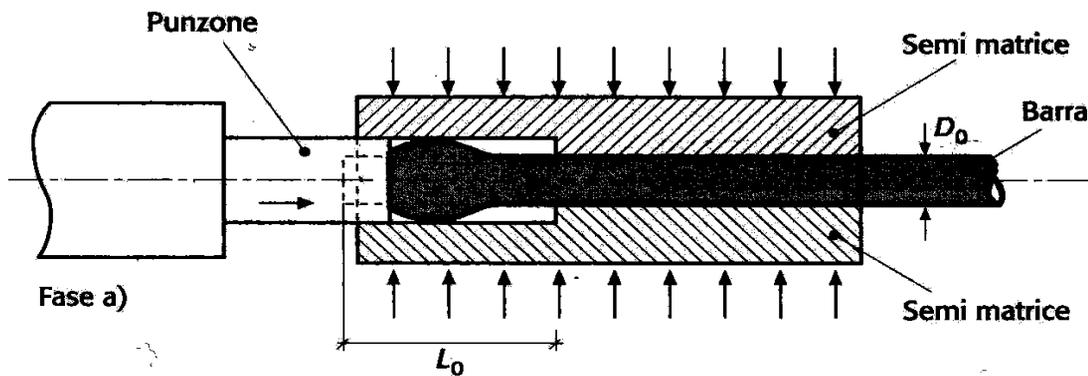


Schema di funzionamento di una fucinatrice orizzontale.

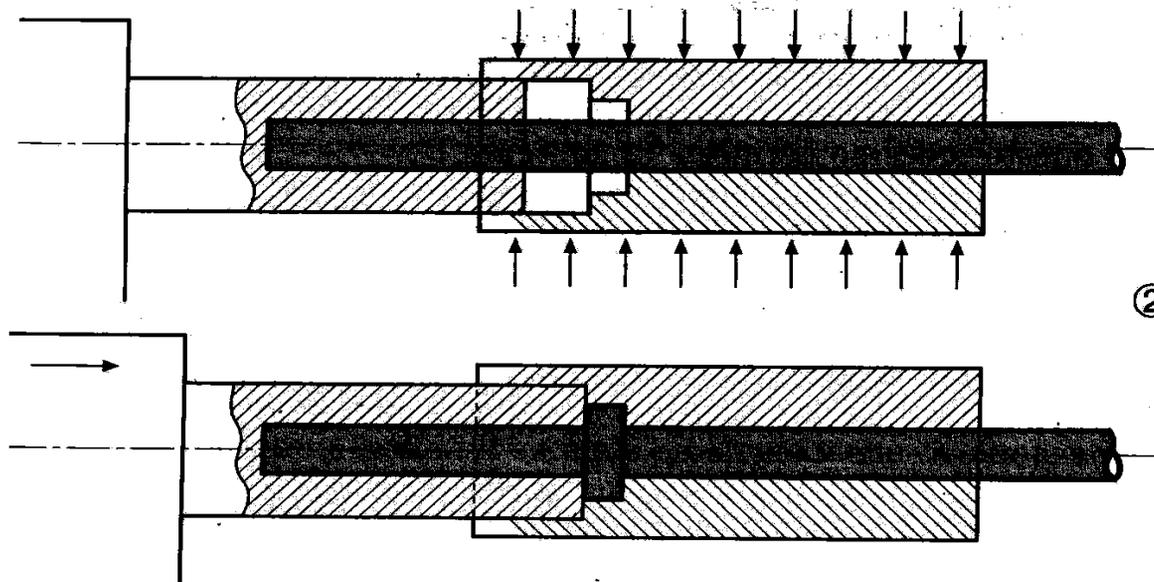
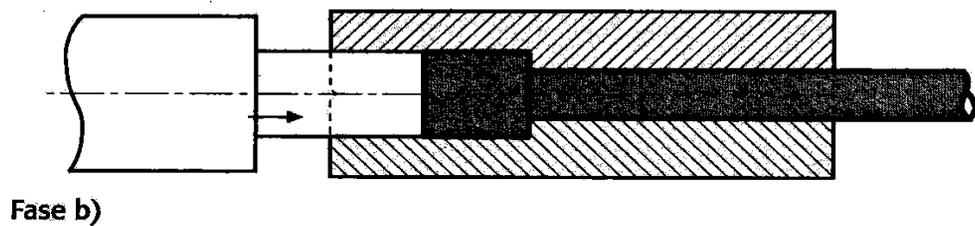
# Sequenza di ricalcatura



Sequenza operativa su una fucinatrice orizzontale.

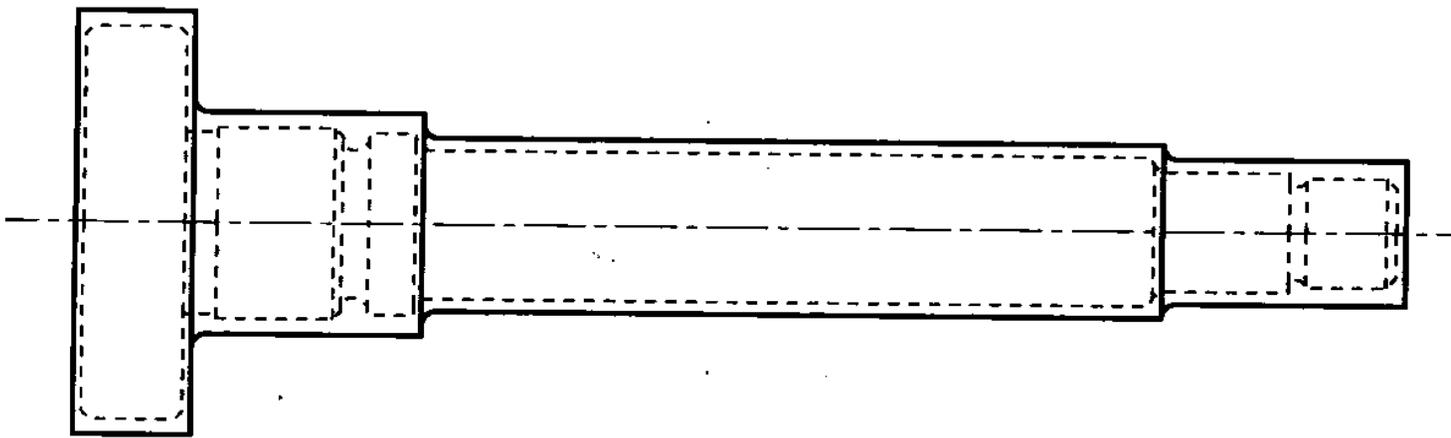


①

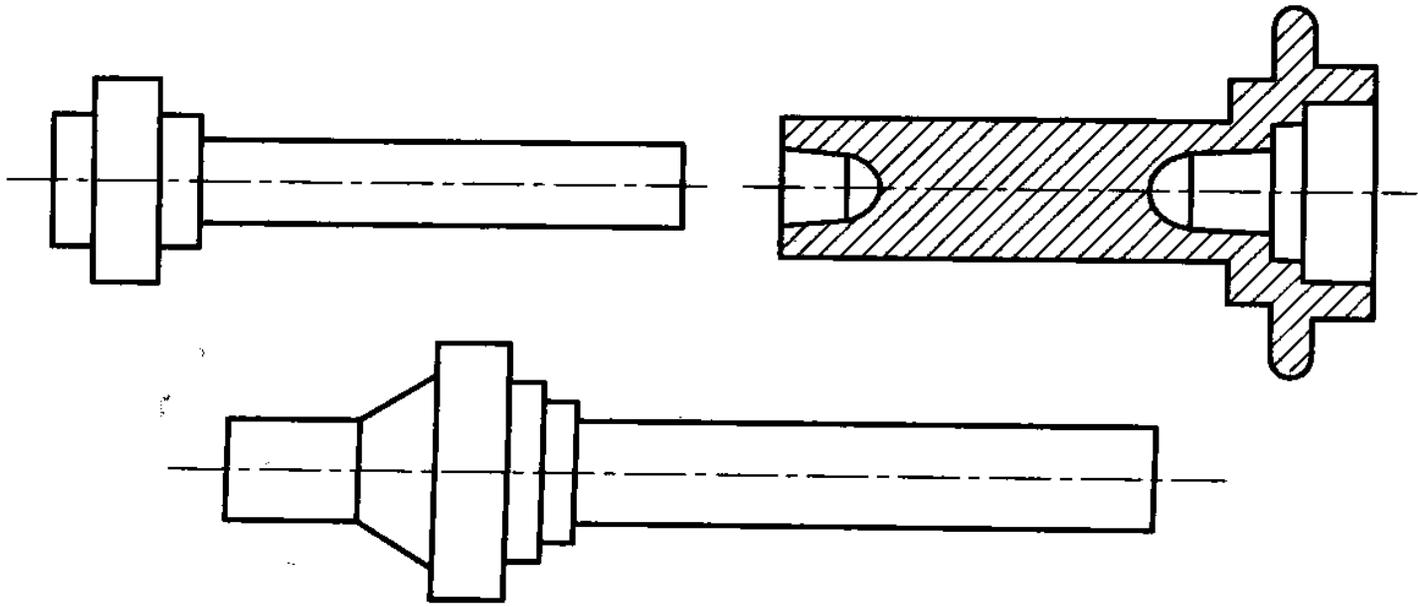


②

1) Principio della ricalcatura effettuata per una estremità della barra.  
 2) Lo stesso principio applicato a una parte centrale della barra. 3) Esempio di pezzi ottenuti per ricalcatura.



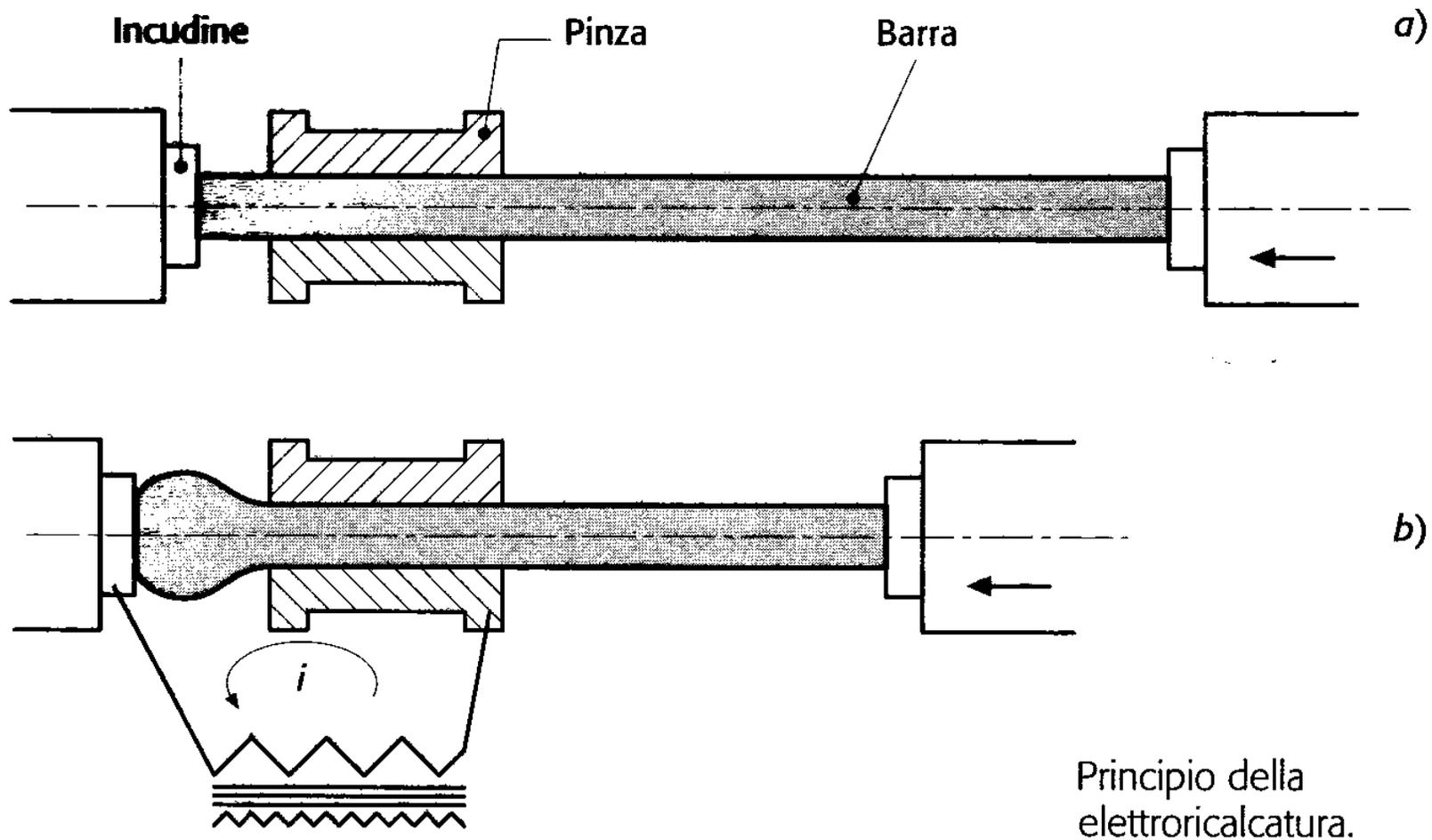
③



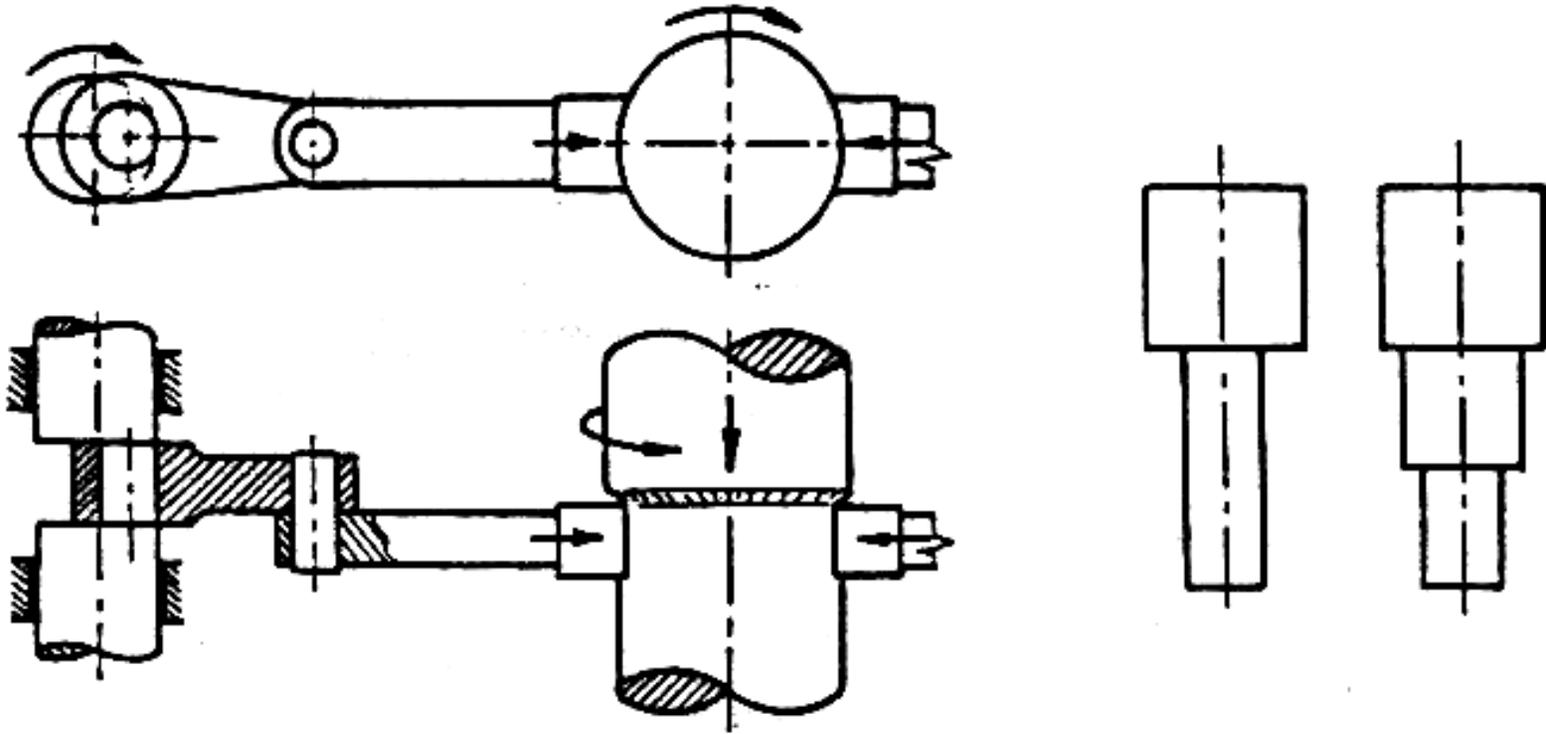
# Elettropicalcatura

- Prevede il riscaldamento del pezzo durante la deformazione per mezzo di resistenze elettriche
- Consente di ricalcare lunghezze superiori a 3 volte il diametro senza rischi di carichi in punta
- La deformazione è regolabile in funzione del tempo di somministrazione del calore

# Schema di elettrotricalcatura



# Schema di martellatrice

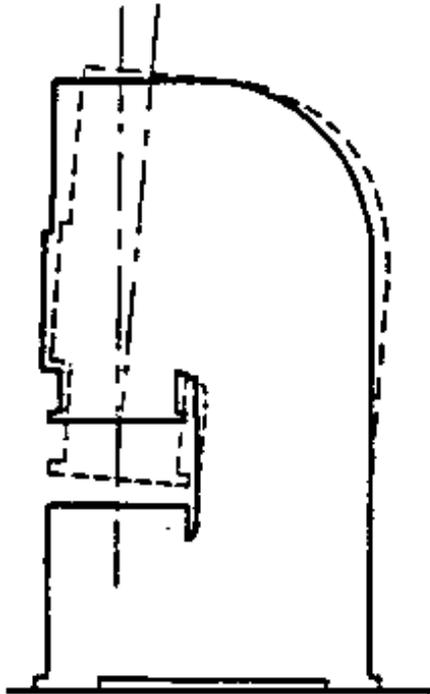


Schema di funzionamento di una martellatrice ed esempi di pezzi lavorati.

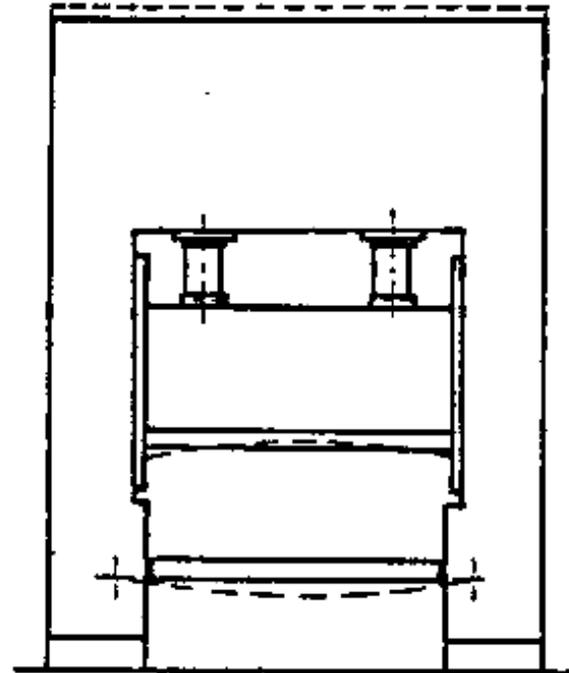
# Presse

- L'organo mobile (slitta), muovendosi alternativamente, esercita la sollecitazione sul materiale da deformare
- Tipi di presse:
  - Meccaniche
    - ad eccentrico
    - A ginocchiera
  - Oleodinamiche

# Struttura aperta e chiusa



Pressa a struttura  
aperta.

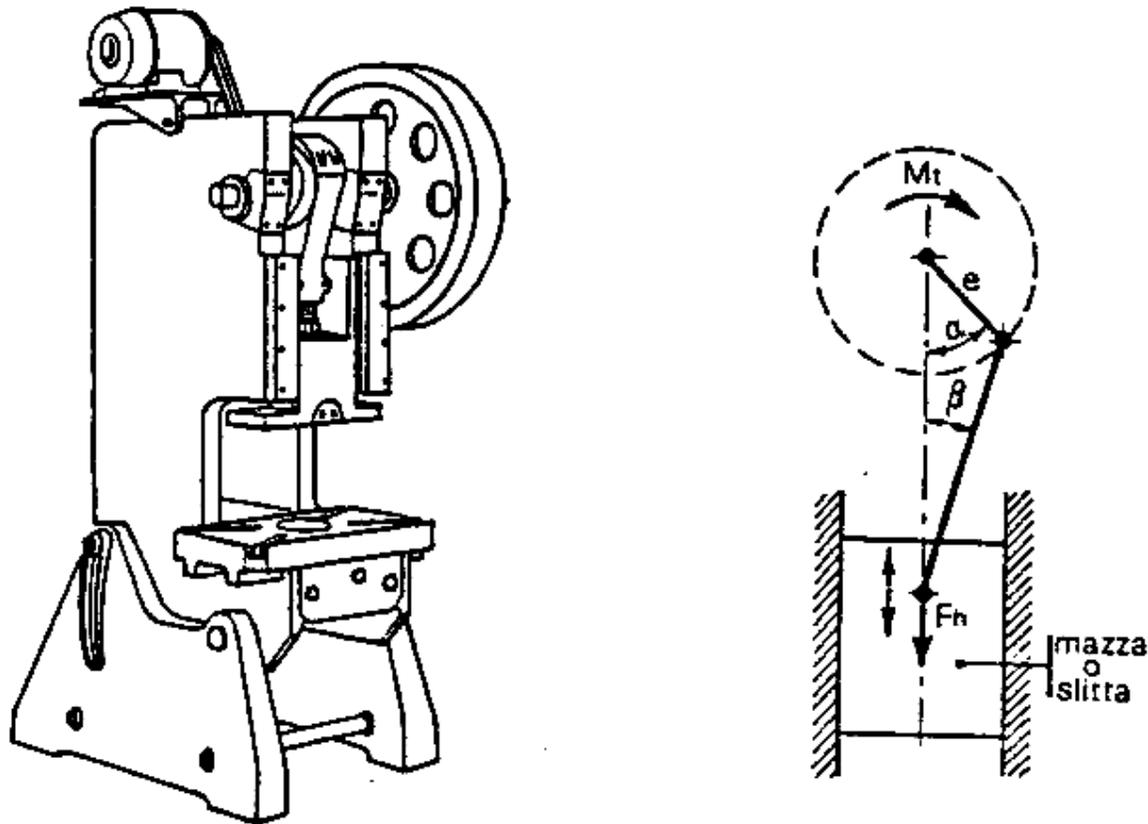


Pressa a struttura  
chiusa.

# Presse ad eccentrico

- Il movimento è realizzato da un cinematismo biella-manovella mosso da un albero eccentrico
- Una frizione mette in contatto l'albero ad eccentrico con un volano messo in moto da un motore elettrico
- Un freno stacca il movimento e blocca la slitta
- La forza aumenta all'avvicinarsi ai punti morti
- Il ciclo punto morto superiore-punto morto inferiore è completato solo se l'energia disponibile della pressa è superiore a quella necessaria per compiere la deformazione

# Schema di funzionamento



Pressa meccanica ad eccentrico e sistema biella-manovella.

# Forza disponibile

$$Fh = \frac{Mt \cdot \cos \beta}{e \cdot \sin(\alpha + \beta)}$$

ove

Mt è il momento agente sulla manovella

e è la lunghezza della manovella

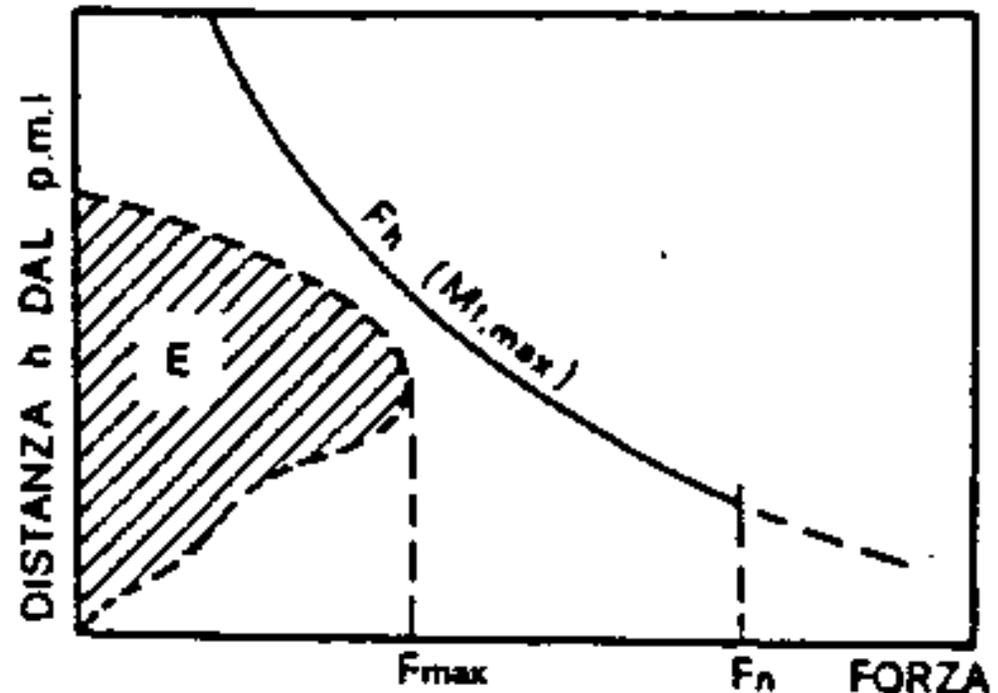
$\alpha, \beta$  sono l'angolo di biella e di manovella

# Limitazioni all'uso

- Limite della forza disponibile  $F_h$  espressa in tonnellate rispetto a quella necessaria per non danneggiare l'incastellatura
- Limite del momento torcente per non danneggiare il meccanismo eccentrico
- Limite dell'energia disponibile rispetto a quella necessaria per non danneggiare il motore
- La verifica viene fatta attraverso i diagrammi forniti dal costruttore

# Curve di prestazione

Curva di prestazione di una pressa ad eccentrico e andamento (curva a tratti) della forza richiesta dalla lavorazione.



# Regolazioni

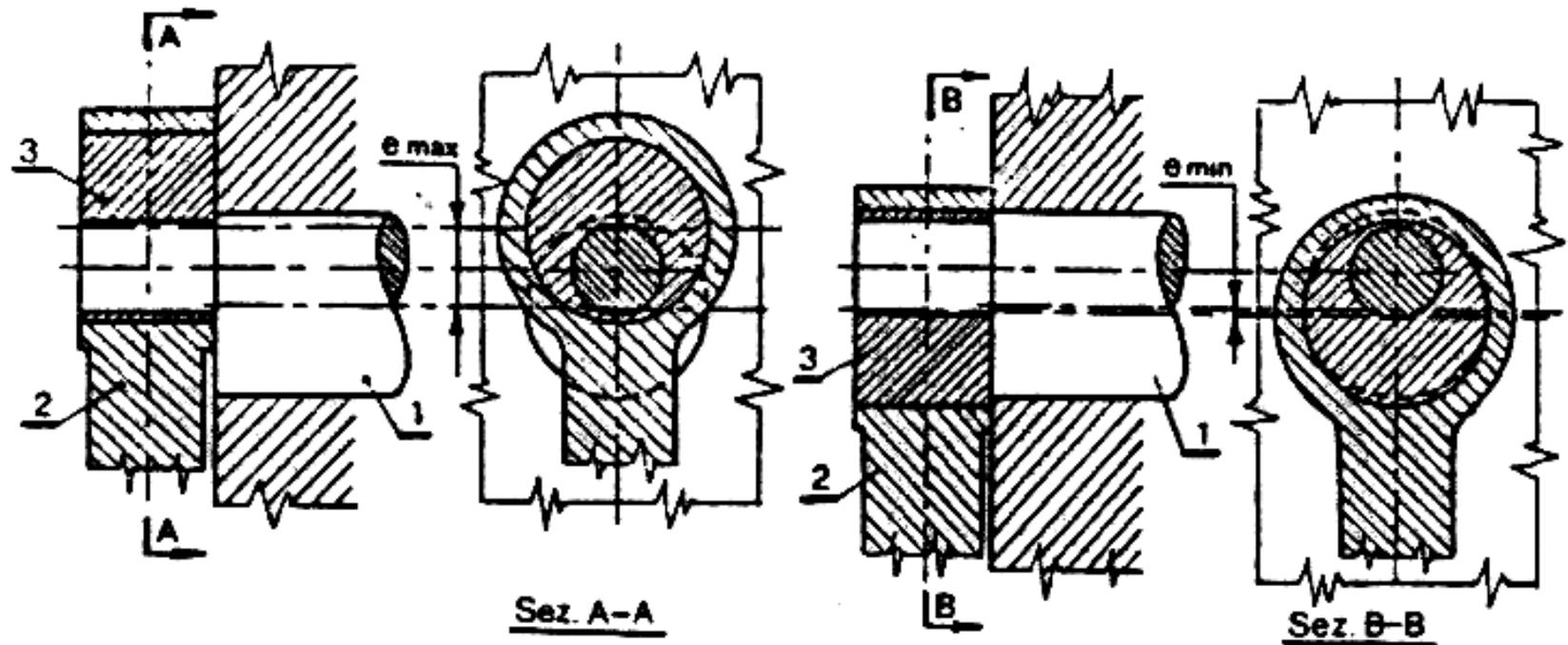
- Esistono due possibilità base di regolazione:
  - Regolazione della corsa attraverso una bussola eccentrica ad innesto dentato sulla manovella per consentire diverse curve di prestazione
  - Regolazione della corsa attraverso un sistema vite-madrevite sulla biella che è indispensabile per consentire il perfetto serraggio degli stampi

# Presse a ginocchiera

- Sono utilizzate specialmente in coniatatura ove sono necessarie:
  - Forze di deformazione elevate con forze di azionamento modeste
  - Corse molto limitate
- La forza disponibile è esprimibile come:

$$Fh = Mt / 2 \cdot OC \cdot tg \alpha$$

# Regolazione corsa



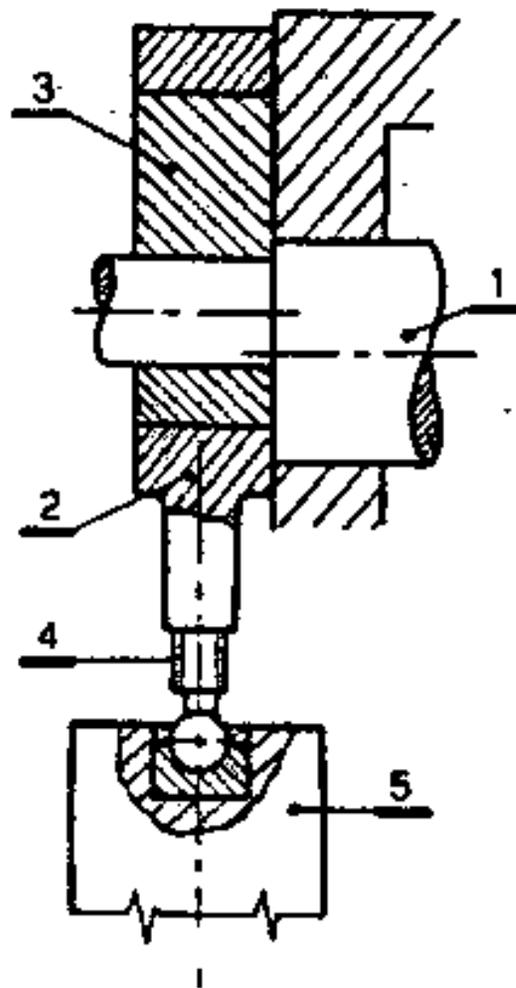
Regolazione della corsa sulle presse ad eccentrico.

1) albero eccentrico, 2) biella, 3) bussola eccentrica.

# Regolazione mazza

Registrazione della mazza rispetto al piano di lavoro.

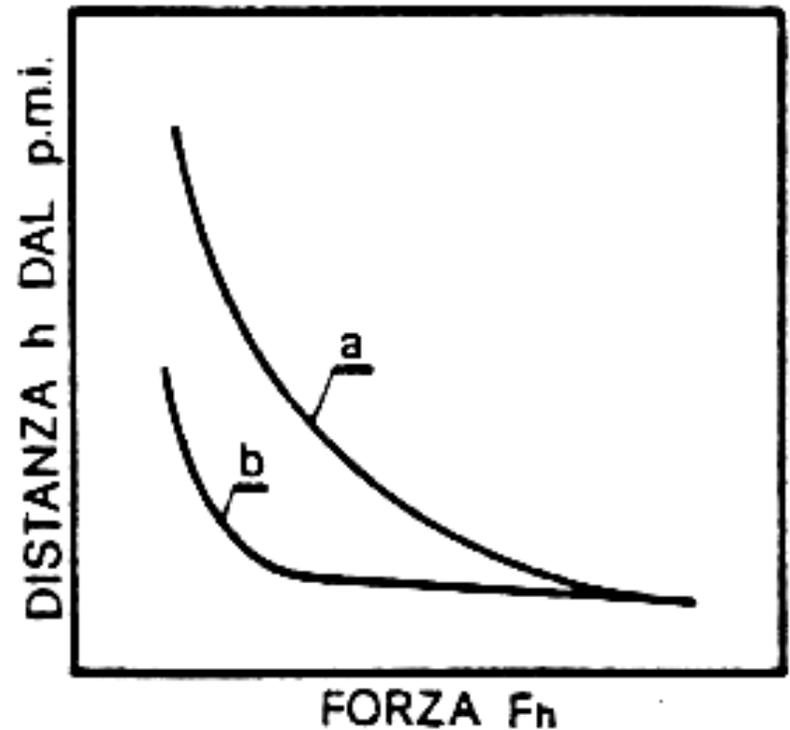
- 1) albero eccentrico,
- 2) biella,
- 3) bussola eccentrica,
- 4) vite con estremita' sferica,
- 5) mazza.



# Curva di prestazione

Forza disponibile  $F_h$  in funzione della distanza  $h$  dal p.m.i. per  $M_t$  pari al valore massimo ammissibile.

- a) pressa ad eccentrico,
- b) pressa a ginocchiera.



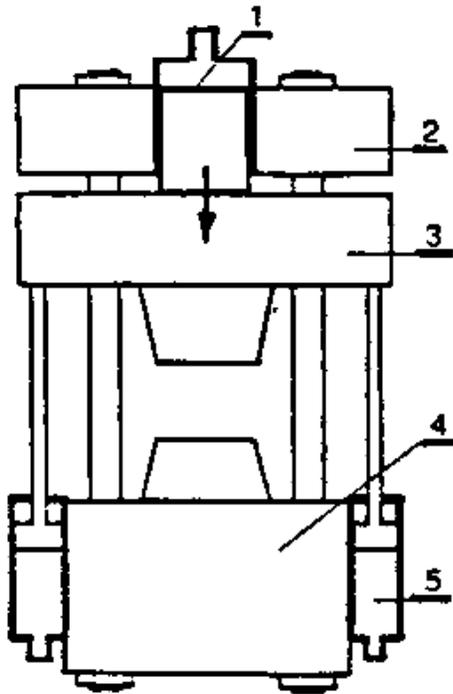
# Presse idrauliche

- Dell'olio in pressione muove dei pistoni idraulici
- La forza disponibile è uguale in qualunque punto del ciclo
- Delle valvole di limitazione regolano la forza erogata
- Anche la velocità di lavoro è facilmente regolabile
- Possono erogare forze molto elevate ed eseguire deformazioni profonde e difficili grazie alla possibilità di regolare la velocità di lavoro

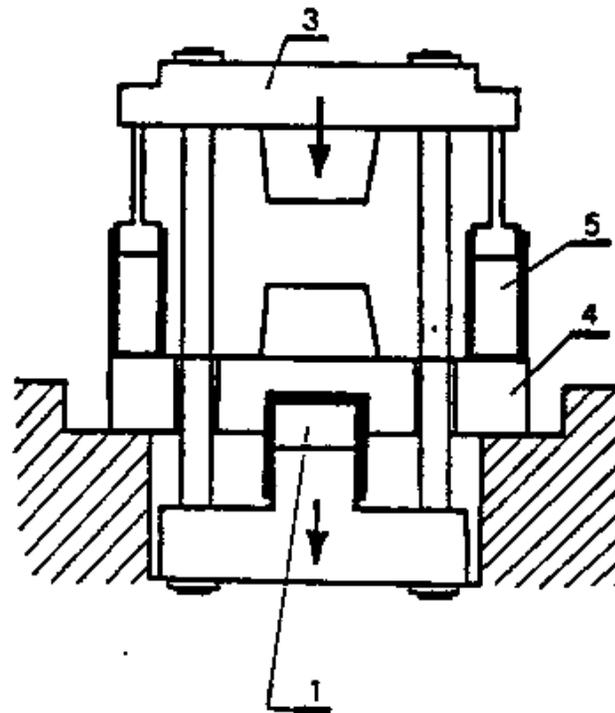
# Presse idrauliche

- Il punzone è fissato sulla parte inferiore
- Il premilamiera blocca la lamiera ed evita lo scorrimento di quest'ultima al momento dell'azione della matrice
- Le presse a doppio effetto prevedono in luogo del premilamiera il movimento anche della traversa inferiore ma richiedono fondazioni molto più impegnative

# Schema di funzionamento



Pressa idraulica con azione di spinta.



Pressa idraulica con azione di tiro.

- 1) cilindro di comando, 2) traversa fissa, 3) traversa mobile,  
4) basamento, 5) cilindri di risalita.