

MAGLI E PRESSE

Per le operazioni di deformazione plastica si utilizzano magli e presse:

- Maglio: la sollecitazione impartita è pressoché istantanea
- Pressa: la sollecitazione si sviluppa nel tempo

Le caratteristiche che le macchine per lo stampaggio e fucinatura devono avere sono:

- Energia disponibile: deve essere sufficiente a deformare il pezzo;
- Rendimento energetico: tiene conto dei rendimenti elettrici e dell'energia persa nella deformazione della struttura della macchina durante il processo;
- Forza disponibile: deve essere superiore a quella necessaria per deformare il pezzo;
- Numero di colpi al minuto: è un indice di capacità produttiva;
- Velocità sotto carico (potenza): deve essere elevata per non avere un tempo di contatto pezzo-stampo troppo elevato (raffreddamento pezzo e usura stampo);

1

M. Strano - Tecnologia Meccanica

MAGLI E PRESSE

Le macchine per lo stampaggio e fucinatura si dividono in base alla caratteristica principale:

- Macchine ad energia delimitata
 - Magli
 - Presse a vite
- Macchine a corsa delimitata
 - Presse a eccentrico
 - Presse a ginocchiera
- Macchine a forza delimitata
 - Presse oleodinamiche
 - Ricalcatrici (fucinatrici orizzontali) ed elettroricalcatrici

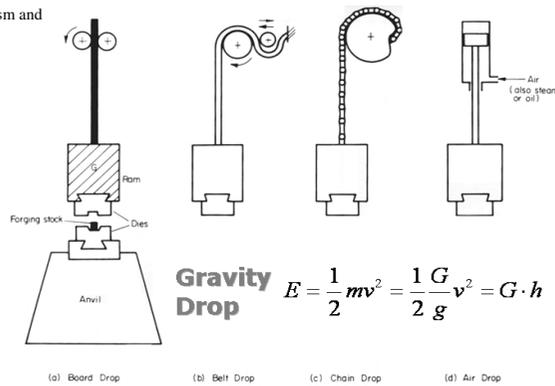
2

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Forging Machines: Hammers (magli)

Ram is raised by some mechanism and let fall onto workpiece
Derives energy from potential energy of the hammer
They are energy limited

High speeds
Minimal cooling



$$\text{Gravity Drop} \quad E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}Gv^2 = G \cdot h$$

(a) Board Drop (b) Belt Drop (c) Chain Drop (d) Air Drop

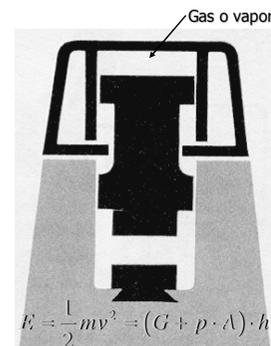
3

M. Strano - Tecnologia Meccanica

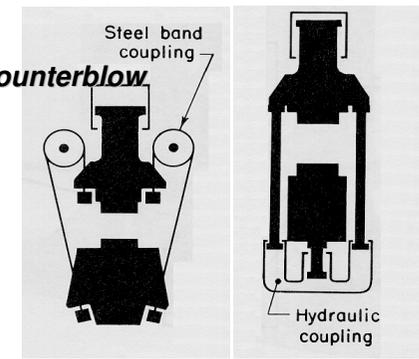
Forging Machines: Hammers (magli)

$$E = mv^2 = \frac{G}{g}v^2$$

Power Drop



Counterblow



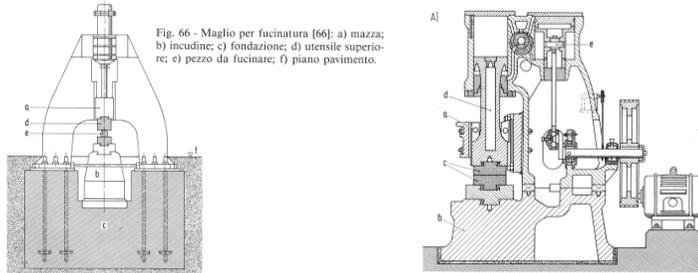
Si perde meno energia per vibrazioni e verso le fondazioni

4

M. Strano - Tecnologia Meccanica

MAGLIO A SINGOLO EFFETTO

Nei magli il pezzo viene posizionato tra una mazza cadente e un'incudine:



Il sollevamento della mazza avviene o meccanicamente, pneumaticamente o idraulicamente.

In generale viene utilizzato per la fucinatura e non per lo stampaggio.

5

M. Strano - Tecnologia Meccanica

MAGLIO A SINGOLO EFFETTO

L'energia disponibile può essere determinata sotto le seguenti ipotesi:

- Trascuriamo la massa del pezzo
- Urto anelastico
- Trascuriamo l'energia assorbita dalla struttura e le perdite energetiche in genere

Possiamo ipotizzare che la quantità di moto del sistema mazza-incudine si conservi durante l'urto:

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

Con v_1 velocità della mazza prima dell'urto e v_2 velocità della mazza e dell'incudine dopo l'urto, m e M massa della mazza e dell'incudine rispettivamente.

La differenza di energia prima e dopo l'urto per mazza e incudine è:

$$\Delta E_m = \frac{1}{2}m(v_1^2 - v_2^2)$$

$$\Delta E_M = \frac{1}{2}Mv_2^2$$

6

M. Strano - Tecnologia Meccanica

MAGLIO A SINGOLO EFFETTO

Quindi l'energia assorbita dal pezzo è:

$$\Delta E = \Delta E_m + \Delta E_M = \frac{1}{2}mv_1^2 \frac{1}{1 + \frac{m}{M}}$$

Quindi all'aumentare di M aumenta l'energia disponibile per la deformazione.

In generale è:

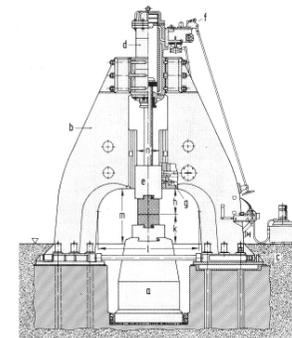
- $m = 3 - 80 \text{ kN}$
- $M = 10-15 \text{ m}$
- Altezza di caduta = 1-1.5 m.

7

M. Strano - Tecnologia Meccanica

MAGLIO A DOPPIO EFFETTO

Nei magli a doppio effetto la mazza viene spinta verso il basso da un sistema oleodinamico o pneumatico oltre che essere trascinata dalla gravità. Aumenta l'accelerazione e quindi la velocità di caduta.



8

M. Strano - Tecnologia Meccanica

MAGLIO A DOPPIO EFFETTO

L'accelerazione può essere calcolata considerando la forza F aggiuntiva a quella di gravità:

$$ma = mg + F$$

quindi:

$$a = g + \frac{F}{m}$$

La velocità di caduta è (con opportune ipotesi semplificative):

$$v_1 = \sqrt{2aH} = \sqrt{2\left(g + \frac{F}{m}\right)H}$$

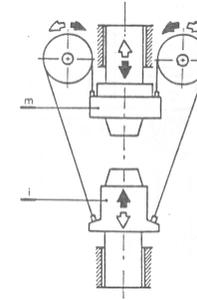
da utilizzare nelle formule precedenti.

9

M. Strano - Tecnologia Meccanica

MAGLIO A CONTRACCOLPO

Nel maglio a contraccolpo il pezzo viene messo tra due masse traslanti:



I vantaggi sono:

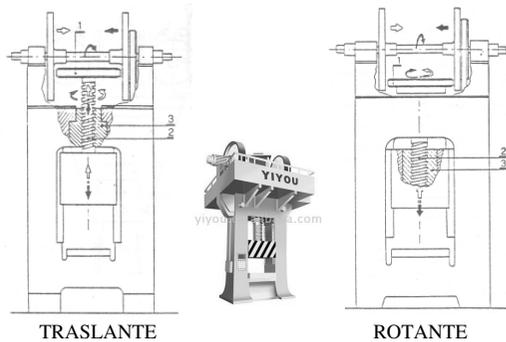
- Minore peso dell'incudine;
- Aumento del rendimento;
- Riduzione delle vibrazioni trasmesse all'ambiente circostante.

10

M. Strano - Tecnologia Meccanica

PRESSE A VITE

Possono essere a vite rotante o a vite traslante:

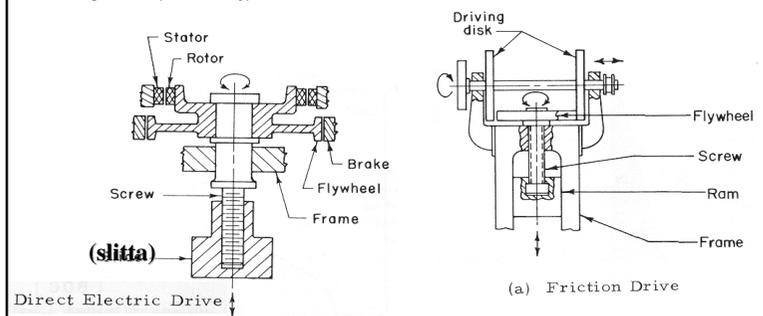


11

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Forging Machines: Screw Presses

Derive energy from flywheel like mechanical presses
 Flywheel drives a screw, not a ram
 Energy limited $E_t = \text{pressatura } E_p + \text{attriti } E_f + \text{deflessioni } E_d$
 Process stops when flywheel energy exhausted



12

M. Strano - Tecnologia Meccanica

PRESSE A VITE

L'energia teoricamente disponibile nel caso di presse a vite traslante è:

$$E_{d,th} = \left(\frac{J\omega^2}{2} + \frac{mv^2}{2} \right) \eta$$

con η rendimento per gli attriti presenti tra i vari organi (0.65 – 0.85).

La velocità v di discesa della traversa è compresa tra circa 0.6 e 1 mm/s.

Per le presse a vite rotante il termine relativo alla traslazione non c'è.

A questa energia va sottratta l'energia persa nella deformazione della struttura della pressa:

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

con ΔL la deformazione della struttura e R la sua rigidezza.

13

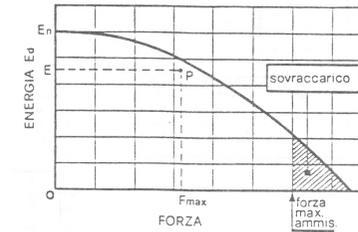
M. Strano - Tecnologia Meccanica

PRESSE A VITE

L'energia disponibile è quindi data da:

$$E_d = E_{d,th} - E_{ass} = \left(\frac{J\omega^2}{2} + \frac{mv^2}{2} \right) \eta - \frac{F^2}{2R}$$

e dipende dalla forza di serraggio.



Se il punto di coordinate F_{max}, E rappresentante la lavorazione ricade al di sopra della curva la lavorazione deve essere effettuata in due o più colpi.

14

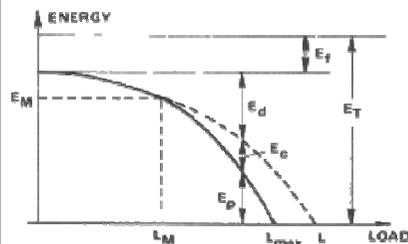
M. Strano - Tecnologia Meccanica

Forging Machines: Screw Presses

Relazione Energia-Carico

$$E_T = E_p + E_f + E_D$$

pressatura + attriti + deflessioni



Il carico finale dipende dall'energia spesa per la deformazione

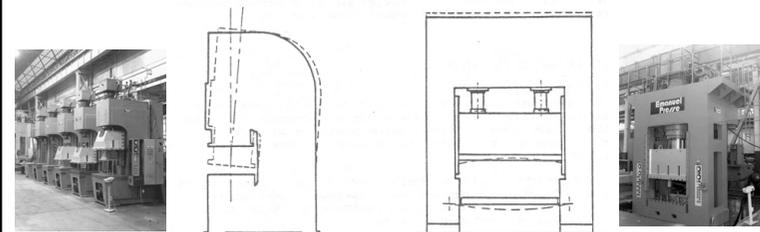
15

M. Strano - Tecnologia Meccanica

PRESSE A ECCENTRICO O A GINOCCHIERA

Sono macchine delimitate nella corsa in cui lo spostamento della traversa viene imposto da un manovellismo.

Possono essere a struttura aperta o chiusa

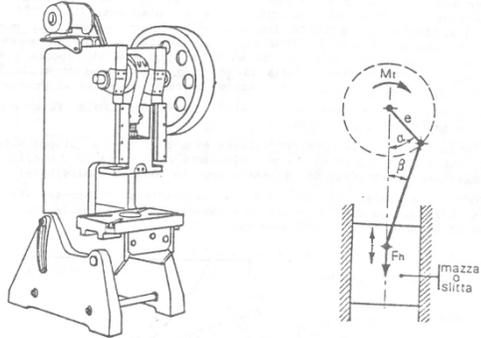


16

M. Strano - Tecnologia Meccanica

PRESSE A ECCENTRICO (A MANOVELLA)

Sono macchine delimitate nella corsa in cui lo spostamento della traversa viene imposto da un manovellismo.

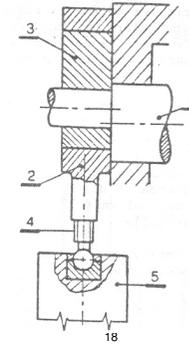


17

M. Strano - Tecnologia Meccanica

PRESSE A ECCENTRICO (A MANOVELLA)

La corsa viene regolata da una bussola eccentrica unitamente ad una vite senza fine. La registrazione della chiusura completa dello stampo in corrispondenza del p.m.i. è particolarmente critica per il corretto stampaggio.



M. Strano - Tecnologia Meccanica

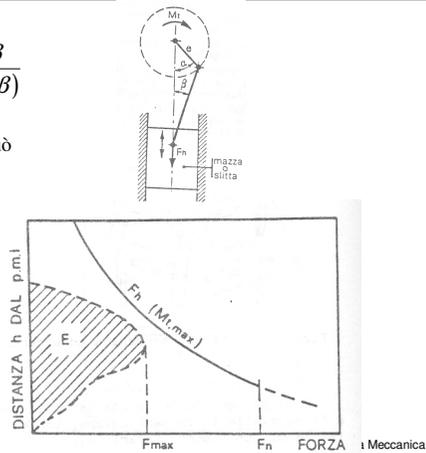
PRESSE A ECCENTRICO (A MANOVELLA)

La forza disponibile è data da:

$$F_d = \frac{M_t \cos \beta}{e \sin(\alpha + \beta)}$$

La curva caratteristica della pressa può quindi essere tracciata come la forza in funzione della distanza dal p.m.i..

La curva della forza richiesta in funzione della distanza dal p.m.i. deve rimanere sempre al di sotto di tale curva.



Presse meccaniche

Crank (manovella) or eccentric types
Stroke (corsa) limited
Energy dependent on that stored in flywheel (volano)

Very large forces can be generated at bottom dead center BDC (punto morto inferiore)
Hence must be careful in the design and placement to avoid die fracture = $\frac{1}{2} \left(\frac{M_t}{30} \right)^2$

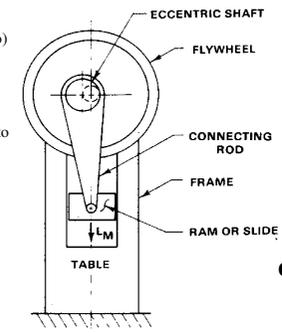


Figure 9-5. Schematic of a mechanical press with eccentric drive (clutch and brake on eccentric shaft).

20

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Presse meccaniche

Forza, corsa e velocità di rotazione del volano al variare del tempo per una pressa da 1600 ton

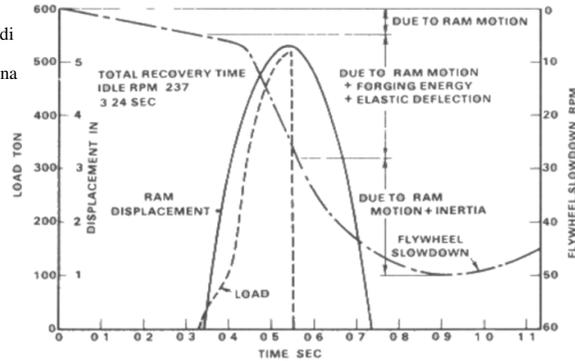


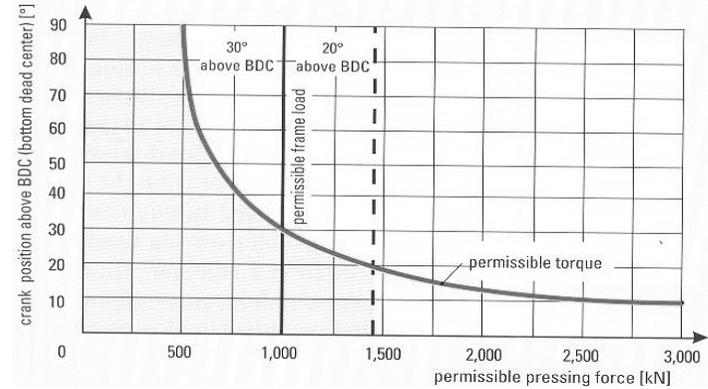
Figure 9-10. Flywheel slowdown, ram displacement and forming load in upsetting of copper samples in a 1600-ton mechanical press. (9-10)

21

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Presse meccaniche

Angolo di manovella vs. forza ammissibile



22

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Presse meccaniche

Angolo di manovella vs. forza ammissibile

$$T = P \cdot \sin(\alpha + \beta)$$

$$M = R \cdot T$$

$$L_M = P \cdot \cos(\beta) = \frac{T \cdot \cos(\beta)}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{M \cdot \cos(\beta)}{r \cdot \sin(\alpha + \beta)} =$$

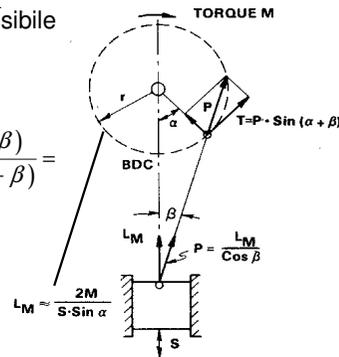
$$= \frac{2M \cdot \cos(\beta)}{S \cdot \sin(\alpha + \beta)}$$

At BDC

$$L_M \approx \frac{2M}{S \cdot \sin(\alpha)}$$

Crank type

presses: S = stroke, BDC = bottom dead center, α = crank angle before bottom dead center (BDC), L_M = machine load.

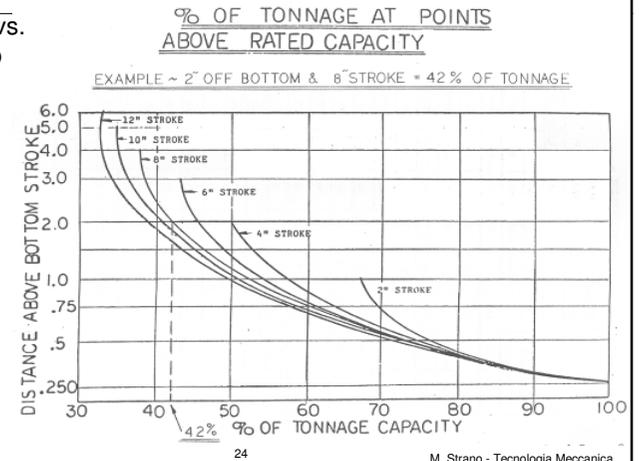


23

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Presse meccaniche

Corsa utile vs. tonnellaggio

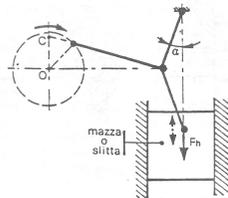


24

M. Strano - Tecnologia Meccanica

PRESSE A GINOCCHIERA

Il cinematismo è rappresentato in figura



Queste presse sviluppano una forza elevata con una corsa limitata.
La forza disponibile è data da:

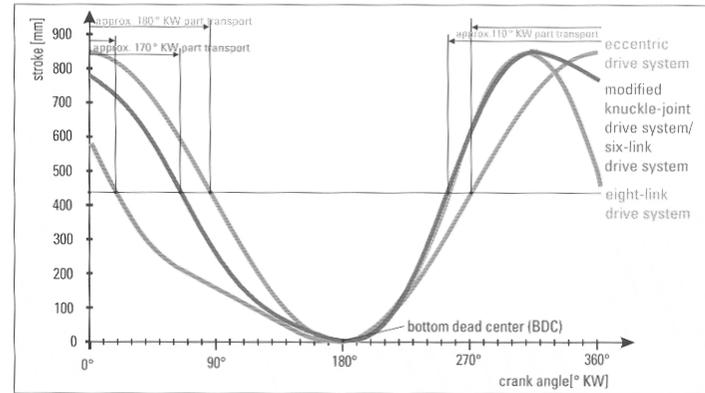
$$F_d = \frac{M_t}{2OC \tan \alpha}$$

25

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Confronto tra presse meccaniche

Corsa vs. angolo di manovella

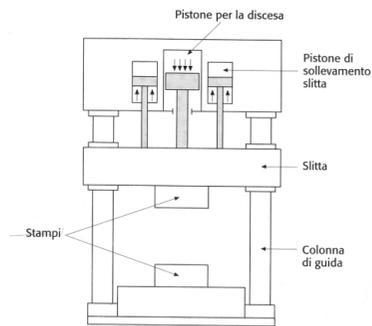


26

M. Strano - Tecnologia Meccanica

PRESSE OLEODINAMICHE

Nelle presse idrauliche la forza disponibile è costante lungo tutta la corsa. Sono estremamente diffuse per diversi tipi di lavorazione per deformazione plastica.



27

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Forging Machines: Hydraulic Presses

Velocità controllabile

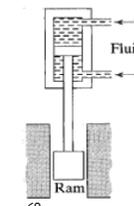
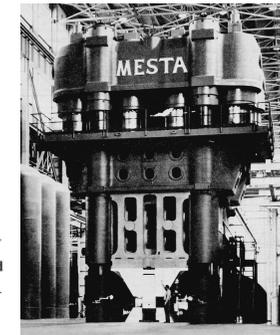
Load limited

- Carico più o meno costante al variare della corsa

- Adatte a operazioni tipo estrusione

Compared to mechanical

- Typically slower
- Higher initial cost
- Less maintenance

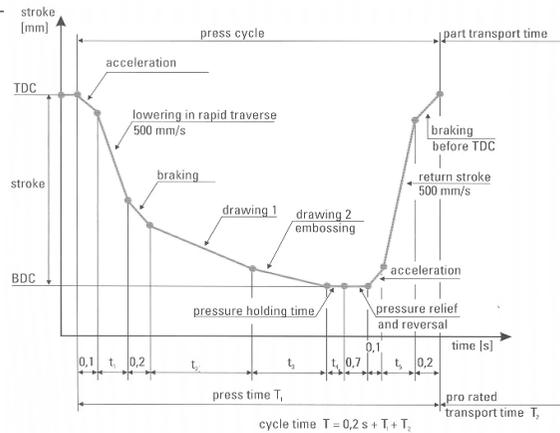


ram = (mazzina)

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Presses idrauliche

Corsa vs. tempo

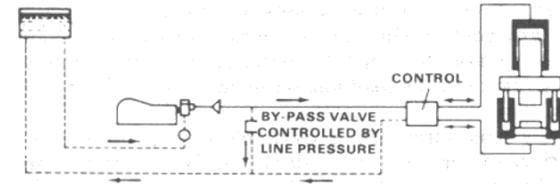


29

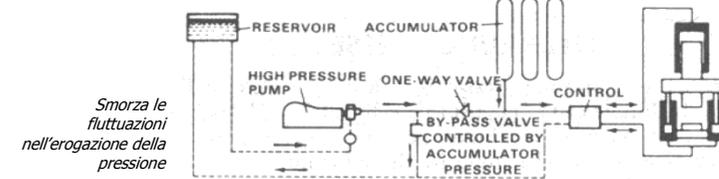
M. Strano - Tecnologia Meccanica

Presses idrauliche: tipo di azionamento

Direct drive



Accumulator drive



30

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Presses idrauliche: tipo di azionamento

Forza e corsa al variare del tempo di una pressa con accumulatore da 2500 ton

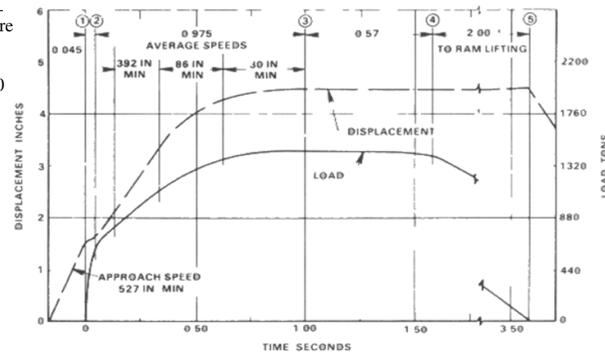


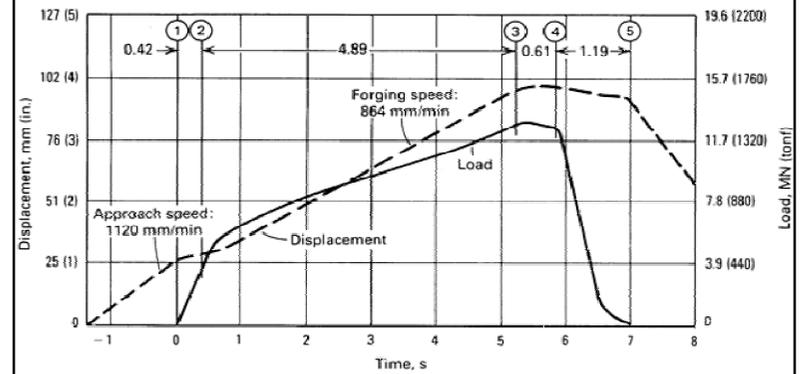
Figure 9-4. Load- and displacement-versus-time curves obtained on a 2500-ton hydraulic press in upsetting with accumulator drive: (1) start forming, (2) initial dwell, (3) end of forming, (4) dwell before pressure release, (5) ram lift

31

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Presses idrauliche: tipo di azionamento

Forza e corsa al variare del tempo di una pressa senza accumulatore da 2500 ton



32

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Presse idrauliche: tipo di azionamento

Pump drive system

The installed pump capacity determines the achievable speeds with the motor output.

Requirement-oriented hydraulic oil delivery results in peak loads on the electrical mains.

Work capacity is unlimited, as the pressing force is available over the entire stroke.

The system pressure corresponds directly to the power requirement of the die.

The pressing force can be simply limited by means of pressure reducing valves.

Pressure accumulator drive system

Speeds are determined by valve cross-sections and the pressure head.

Continuous hydraulic oil delivery exerts an even degree of stress on the mains.

Work capacity is limited by the available useful volume of the accumulator.

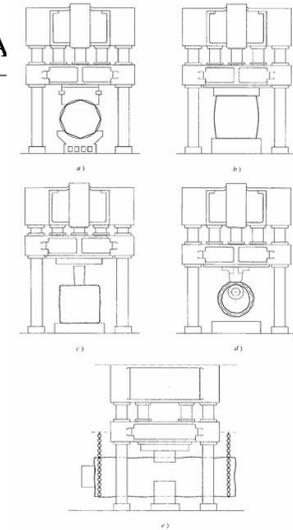
Pump pressure corresponds to the accumulator boost pressure. In case of a lower energy requirement, excess energy is converted into heat.

It is not possible to regulate the pressure of an accumulator, which always operates at full capacity.

33

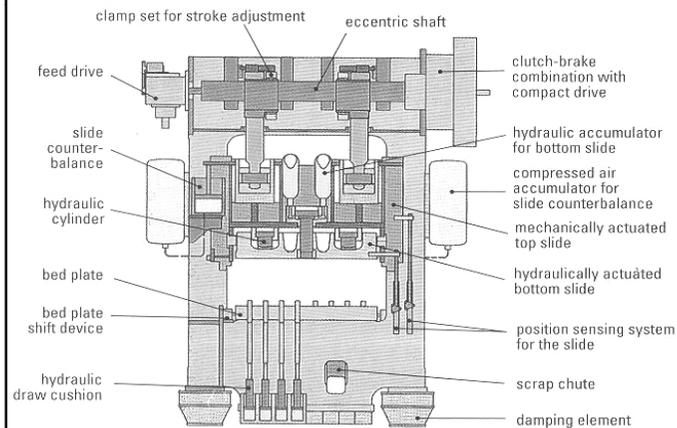
M. Strano - Tecnologia Meccanica

Pressa idraulica da FUCINATURA



34

Presse ibride meccaniche/idrauliche

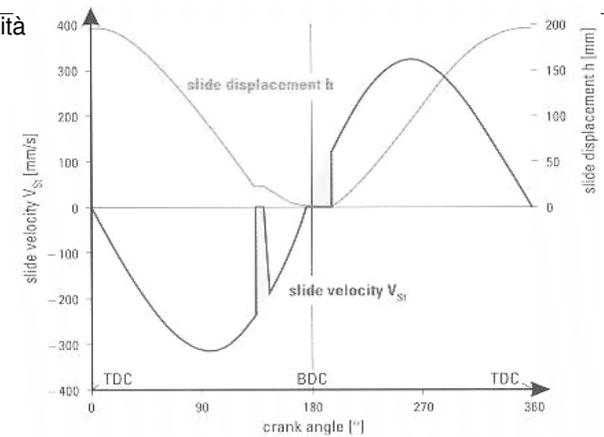


35

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Presse ibride

Corsa e velocità vs. angolo di manovella



36

M. Strano - Tecnologia Meccanica

MACCHINE PER LO STAMPAGGIO

Quadro riassuntivo:

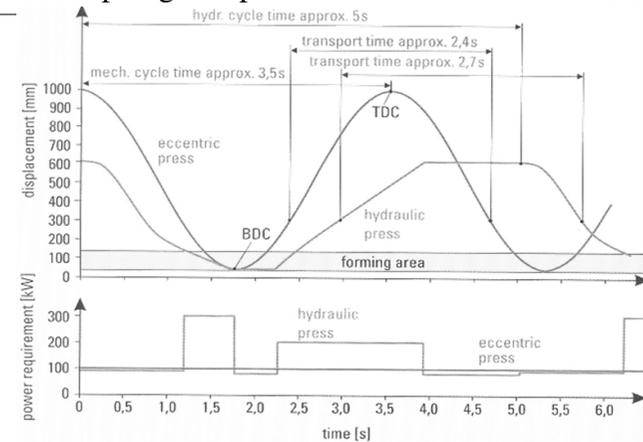
Macchina	Energia disponibile (kN · m)	Forza disponibile (t)	Velocità media (m/s)
Maglio a semplice effetto	40-100		4-5
Maglio a doppio effetto	50-250		5-8
Maglio a contraccolpo	200-2000		4-10
Pressa a vite		50-2000	0,5-1
Pressa oleodinamica		300-30 000	0,05-0,30
Pressa a eccentrico		1000-10 000	0,05-1,5

37

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Confronto tra tipologie di presse

Corsa e potenza vs. tempo per presse idrauliche e meccaniche



38

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Confronto tra tipologie di presse

High die and equipment costs
Moderate to high labor costs
Moderate to high operator skill
Setup and tooling costs are high initially
Good for large production quantities
Material costs as a fraction of total costs vary with material

- High percentage for stainless steels (70-85%)
- Low percentage for carbon steel (25-45%)

Speed Range of Forging Equipment

Equipment	m/s
Hydraulic press	0.06-0.30
Mechanical press	0.06-1.5
Screw press	0.6-1.2
Gravity drop hammer	3.6-4.8
Power drop hammer	3.0-9.0
Counterblow hammer	4.5-9.0

39

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Confronto tra tipologie di presse

SPEED-RANGE AND SPEED-STROKE BEHAVIOR OF FORGING EQUIPMENT

Forging Machine	Speed Range		Speed-Stroke Behavior
	ft/sec	m/sec	
Hydraulic press	0.2-1.0 ^(a)	0.06-0.30 ^(a)	
Mechanical press	0.2-5	0.06-1.5	
Screw press	2-4	0.6-1.2	
Gravity drop hammer	12-16	3.6-4.8	
Power drop hammer	10-30	3.0-9.0	
Counterblow hammer (total speed)	15-30	4.5-9.0	
HERF machines	20-80	6.0-24.0	
Low-speed Petroforge [9]	8-20	2.4-6.0	

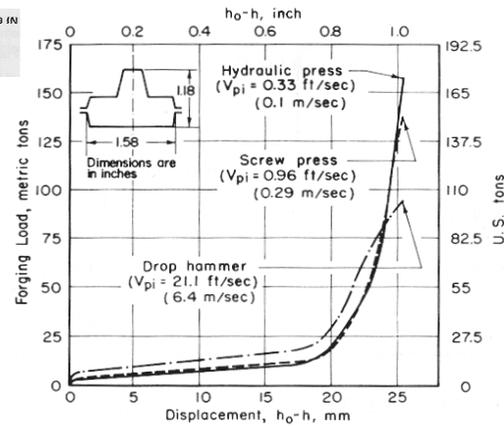
40

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Confronto tra tipologie di presse

LOAD-VERSUS-DISPLACEMENT CURVES OBTAINED IN CLOSED-DIE FORGING AN AXISYMMETRIC STEEL PART AT 2012 F UNDER THREE DIFFERENT MACHINES WITH DIFFERENT INITIAL VELOCITIES (V_{pi}) [17]

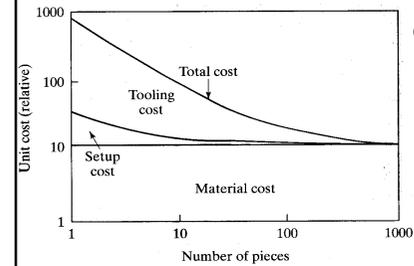
Carico vs. corsa



41

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Forging Economics



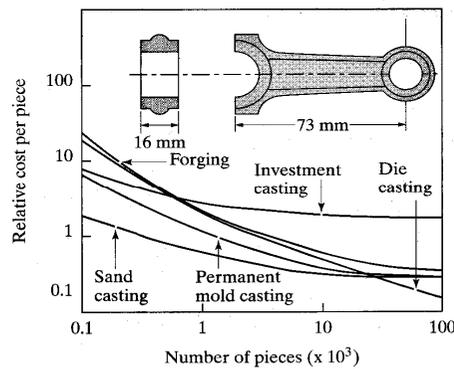
unit cost (cost per piece) in forging; note how the setup and the tooling costs per piece decrease as the number of pieces forged increases, if all pieces use the same die.

42

M. Strano - Tecnologia Meccanica

- Comparison of Forging and Casting
- Both require dies and have parting lines
 - Difficult to differentiate a casting from a forging
 - Casting gives lower strength material than forging but more shape complexity
 - Forging allows better control of the material microstructure (controlling material flow)
 - Costs comparable
 - which is cheaper depends on volume

Forging Economics



Comparison of Forging and Casting

FIGURE 14.23 Relative unit costs of a small connecting rod made by various forging and casting processes. Note that, for large quantities, forging is more economical. Sand casting is the more economical process for fewer than about 20,000 pieces.

43

M. Strano - Tecnologia Meccanica

Forging Economics

Process	Advantages	Limitations
Open die	Cheap dies Small quantities Wide range of sizes Good strengths	limited to simple shapes Poor tolerances Low production rates high skill required
Impression	Good utilization of material Better properties Good tolerances and accuracy High rates Good reproducibility	High die costs Machining necessary
Closed	Close tolerances Machining unnecessary Excellent material utilization Thin webs and flanges	Machining necessary High forces Intricate dies Need way of removing part

44

M. Strano - Tecnologia Meccanica