

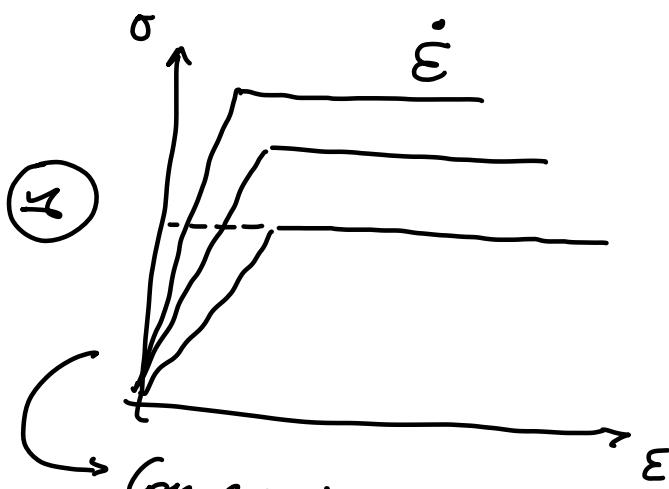
## Lezione 12 -

### Processi di Formazione Plastica

$\dot{Y}_f = kE^n \dot{\varepsilon}^m \rightarrow$  formula generale per tutti i lavori  
 Tipologia di lavorazione:

lavorazione a freddo:  $\dot{Y}_f = kE^n$

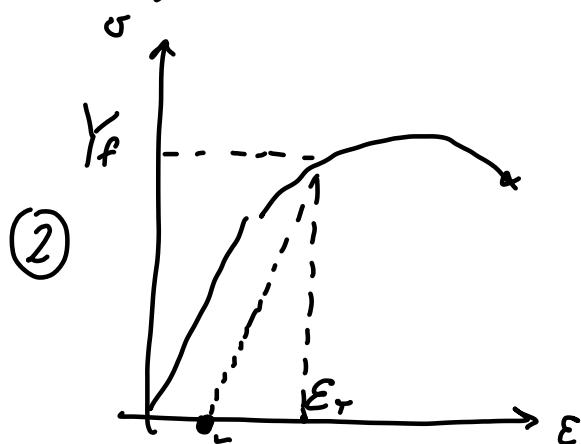
si trascina la viltà



Come agisce un materiale  
e caldo, perfettamente  
plastico con scompenso infinito

- Non raggiunge  
un livello  
perfettamente  
rigido  
perfettamente elastico

Come agiscono i freddi

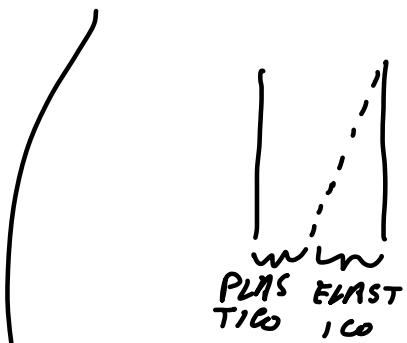


$$n=0$$

$$n \neq 0 \quad Y_f = kE^n$$

→ elastico-plastico  
con inerzionalimento

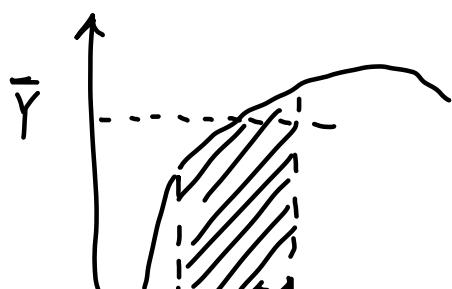
→ Deteriorazione a freddo  
 $\epsilon_T = \epsilon_{PLASTICO} + \epsilon_{ELASTICO}$



- Dopo l'incremento non c'è più quello di prima ma quello con deformazione plastica.
- C'è un contributo dato dalla storia del pezzo

In genere ci interessa dimensionare il lavoro della presso o maglio, per sapere la forza che deve esercitare ad il lavoro

Il lavoro è l'area sotto (ignorando campo plastico)



È più facile il



calcolo usando la media  $\bar{Y}_f$

$$L_{elam} = \int \sigma dE$$

$$\begin{aligned}\bar{Y}_f &= \frac{1}{E_{fin}} \int_0^{E_{fin}} \sigma dE = \frac{1}{E_{fin}} \int_0^{E_{fin}} k E^n dE \\ &= \frac{k}{E_{fin}} \int_0^{E_{fin}} E^n dE\end{aligned}$$

$$L_{elam} = k \frac{E^{n+1}}{n+1} = \frac{kE^n}{n+1} \cdot E = \frac{\sigma}{n+1} \cdot E = \bar{Y}_f \cdot E$$

Nel caso di elastico plastico con incrudimento  
 ↳ Afreddato

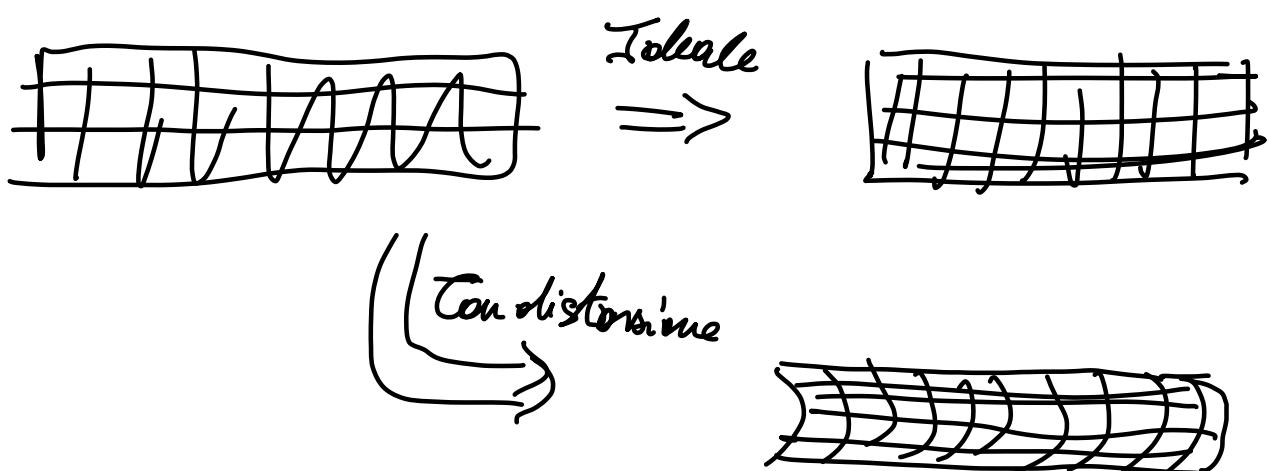
A caldo  $\rightarrow$  completamente plastico

$$\sigma = C \cdot \dot{\varepsilon}^m$$

$$L_{elam} = \sigma E$$

pg 29 l'ho mancato

Le energie di deformazione è ideale, ci sono altri attributi, l'attito e il lavoro ridondante (di distorsione)



Con la deformazione ideale: reticolo non cambia la forma, si allunga tutto

in quello reale con la distorsione e l'attito (perdendo per deformare dobbiamo avere contatto)

c'erano superfici che non possono scorrere, questo causa la distorsione della tensio nel perso.

lavoro ideale  $\rightarrow$  calcolabile

lavoro d'attito  $\rightarrow$  calcolabile  $\rightarrow \sqrt{\%}$  ci dice mettiamo

lavoro ridondante  $\rightarrow$  attito che non ne serve e determina

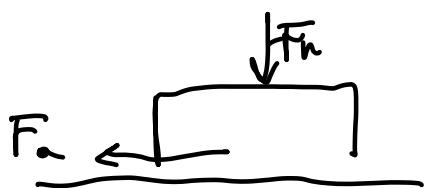
$$L_{\text{tot}} = L_a + L_i + L_r$$

$$\eta = \frac{L_i}{L_{\text{tot}}} \rightarrow \text{Efficienza del lavoro che utilizziamo}$$

$L_a \rightarrow$  non ci piacciono, calore, rumore

L'effetto dell'attrito

pg. 32 (?)



$$\tau_a = \frac{f_a}{A}$$

$$\sigma_n = \frac{f_n}{A}$$

L'che  
ci importano

- lubrificante
- Temperatura

Fo rza attrito dipende da:

- Pressione di contatto
- Velocità relativa
- Stato e Dinamica
- Materiale
- Ruggosità (Ner)

Se un pezzo è molto caldo non c'è più scorrimento  
relativo una adesione e scorrimento pg. 33 spiega

L'effetto dell'attrito

- limita fluoro nello zane, vicino e contatto

Si usano molto i lubri refrigeranti

A freddo  $V = 0, \pm$

A calore  $r = 0,4 - 0,5$

↳ limite di aderenza

Non ci piace l'attrito

Importa volume

Processi di Deltomazione Plastica Massiva

Trasformazione primaria  $\rightarrow$  per creare pezzi semi-lavorati

" secondaria  $\rightarrow$  portate a semilavorato finito

Forgatura  $\rightarrow$  un processo di <sup>de</sup>formazione dove il pezzo viene premuto tra due stampi

A caldo e tiepido

Grande deformazione, poca precisione.

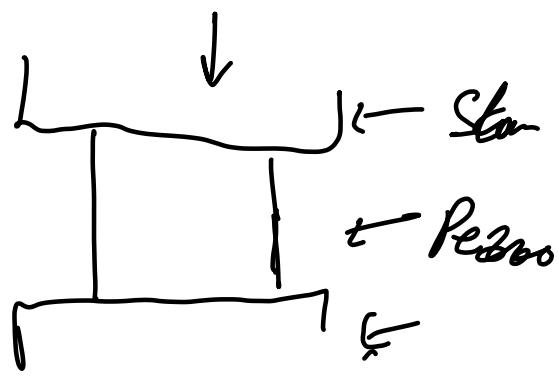
↳ Esistono stampi con e senza barra

pg. 5 stampo in acciaio per creare una biella

↳ la biella ha un portello che poi verrà lavorato per ricavarne il foro rotolo.

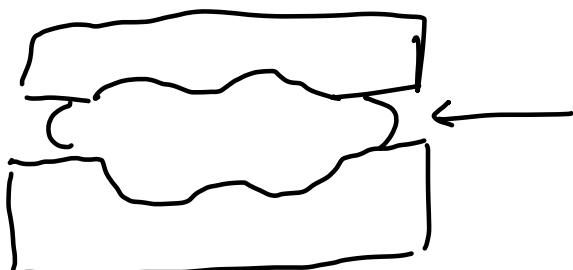
Schemi:

di bero



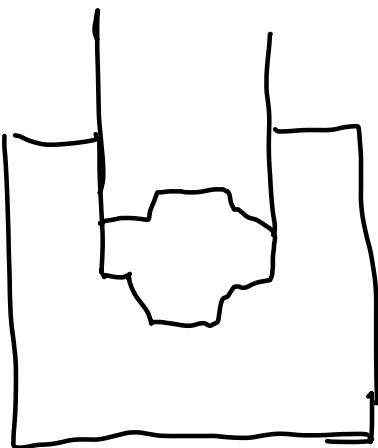
mentre impedisce lo scomimento laterale

con barra:



Il metallo riempie la forma e è ancora possibile la creazione della barra

Senza barra



→ Senza barra, non può fare  
altro che riempire la forma.

Liber non per creare pezzi a grandi dimensioni

↳ I pezzi hanno ossidazione e si toglieva una per  
fragilità

A caldo quindi è molto maleabile

Si usavano sia i pezzi maneggiati da &  
superficie delle prese

Liber è usato perché non è molto facile usare  
stampe immensi, quindi usato per pezzi grandi

Le fibre non sono basate sul raffreddamento ma

sulle forme del metallo.

Non ci sono problemi di porosità nella fognatura perché i gas non possono entrare in massa.

Le belli ha poche precisioni dimensionali.

Stampaggi: da 100/100 pezzi a ora

Calcolo del lavoro ideale:

pg. 9

(senza attrito e di distorsione)

Non cambia il volume

$$\mathcal{E} = \ln \frac{h_0}{h} = 2 \ln \frac{D}{D_0}$$

Per avere positivo

$$V = \cancel{\frac{\pi D^2 \cdot h}{4}} = \cancel{\frac{\pi D_0^2 h_0}{4}} = V_0$$

Siamo a calcolo quindi scorrimento garantito a  $V_0$

$$F = Y_f \cdot A = \pi Y_f \frac{D^2}{4}$$

$$P_0 = \frac{F}{A} = Y_f$$

↳ Pressione  
su billetta

Nel ca' realtà ci sarà  
l'attrito + di distorsione:

$$F = k_p Y_f A$$

Da compagnie  
che ci lavorano

In questo modello  $p_2$  è costante in realtà possiamo usare un modello approssimativo di calcolo di pressione con atento

pg. 10 → solo risolvibile con geometrie semplici

$$p_0 = Y_F e^{-\frac{2\mu}{h} (R-r)}$$

Coefficiente  $\downarrow$   
 ↑ Altezza  
 $\downarrow$  Asse  $\rightarrow$  Raggio  
 ↗ Raggio

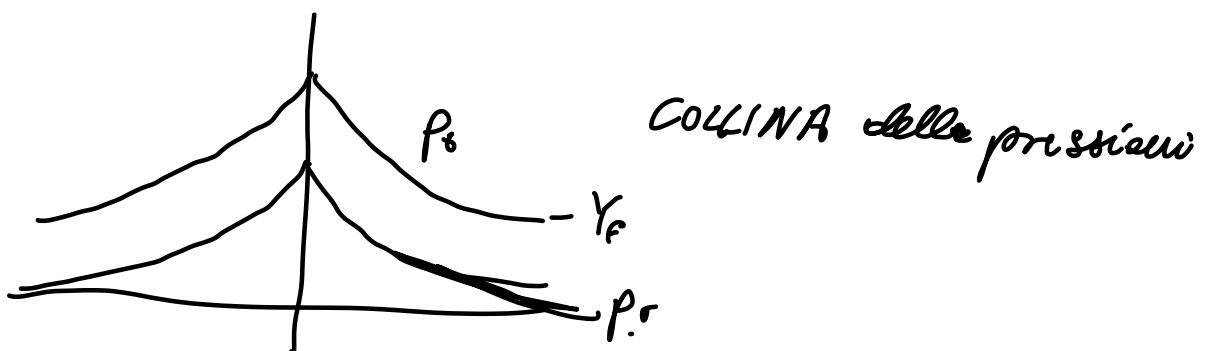
Cilindro con D grande  
 o pressurizzatore

↗ Da ricordare per orale

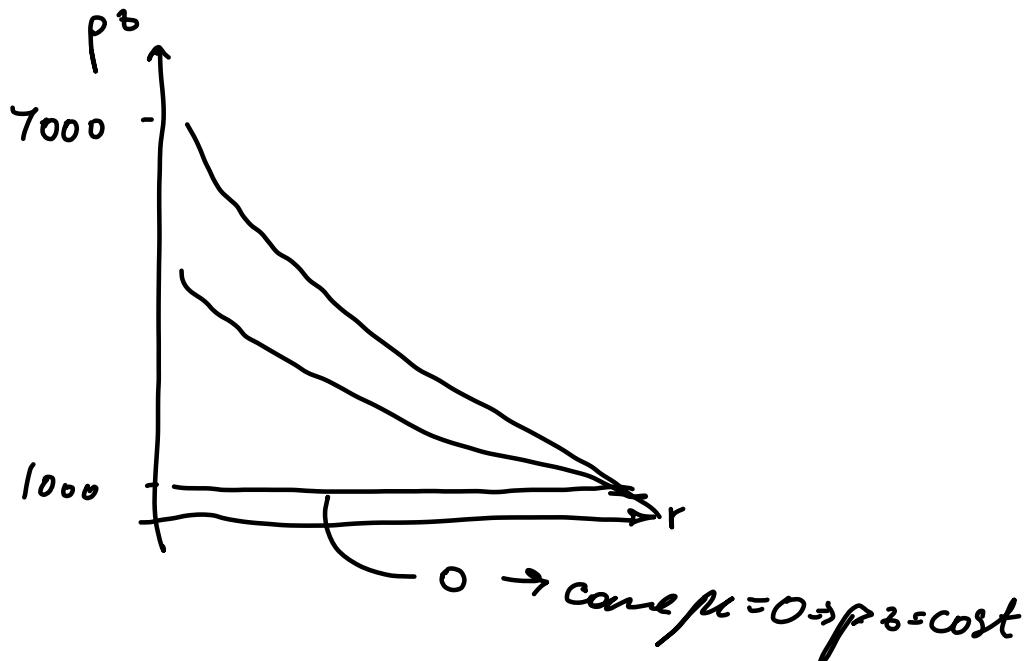
$$\frac{h \ln \left( \frac{p_2}{Y_F} \right)}{2(R-r)} = \mu$$

$p_2$  è massimo per  $r=0$   
 e minimo quando  $r=R$

$h$  diminuisce nel tempo questo significa che  $p_2 \rightarrow \infty$ , quindi per creare oggetti piccoli servono macchine più e più forti per generare tali pressioni.



## Influenza di $\mu$



Dalla pressione possiamo trovare la forza:

$$F = \int_0^{2\pi} \int_0^R r p_z dr d\theta = \frac{\pi Y_f}{2\mu^2} h \left[ h \left( e^{2\mu \frac{R_0 \sqrt{h}}{R \sqrt{a}}} - 1 \right) - 2 \frac{p_{z0} \sqrt{h}}{\sqrt{a}} \right]$$

$$= k_p Y_f A =$$

$$\Rightarrow k_p = \frac{\frac{\pi Y_f}{2\mu^2} h \left[ h \dots \right]}{Y_f \pi R^2}$$

Si possono usare formule approssimate di  $k_p$ :

$$k_p = 1 + 0,4 \mu \frac{D}{h} \Rightarrow \text{rel cassoli biletto cilindri circonference semplificata.}$$

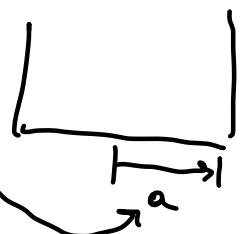
$$F = k_p Y_f A$$

Per la geometria prismatica:

$$k_p = \frac{2}{\sqrt{3}} \left( 1 + \frac{\mu a}{h} \right)$$

$$F = k_p Y_f A = \frac{2}{\sqrt{3}} Y_f \left( 1 + \frac{\mu a}{h} \right) A$$

Forma semplice



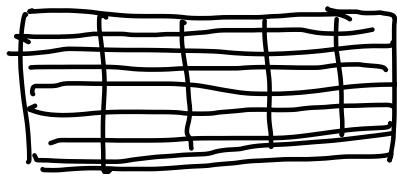
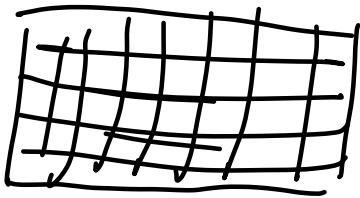
pg. 16 confronto tra approssimazione e vera,

gradi di sensibilità rispetto a  $\mu$  e  $h$

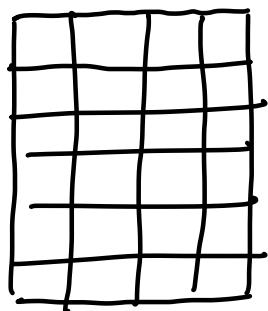
→ Nel metodo del canale è consigliato usare la formula approssimativa perché errore non è molto grande

Cambiò forma e fibre pg 16

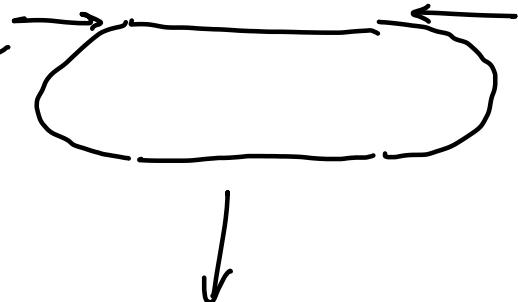
Coro ideale



In realtà con attrito



Esteriormente raffreddata



Questo effetto è noto come  
barrelling

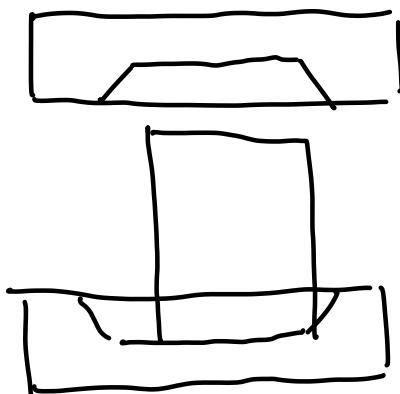
Non succede non solo per attacco ma anche per temperatura  
da il contatto con lo stampo, questo può anche causa  
incrinamento.

Con il barrelling si disturba la struttura interna.

Forgiatura a stampo chiuso con barra

↳ Voglio aumentare quanto peso devo estrarre dalla forma

pg . 21



Julia a prendere la forma e Julia anche a creare barre

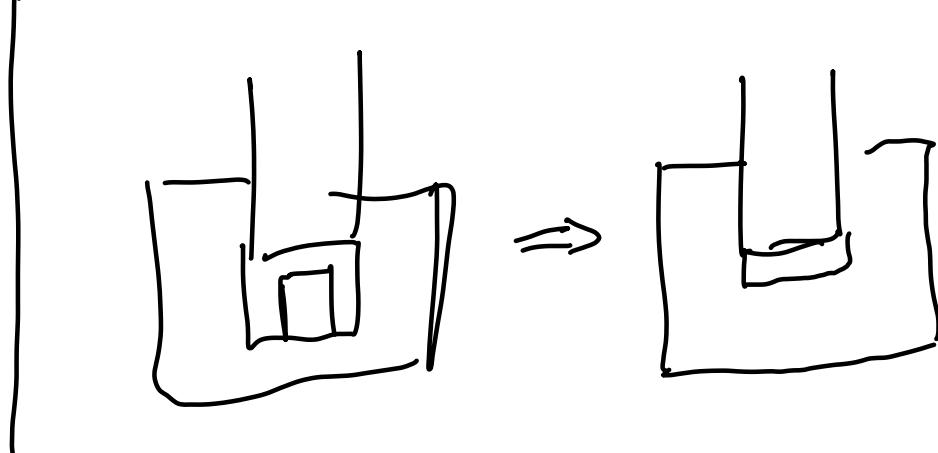
Lo stampaggio a calore (per lamiera c'è sia calore che freddo) succede a passi → perché non è liquido.

succezziv. questo aumenta i costi, questo → per le alte produzioni.

Stampi e set-up che più

Forgiatura a stampo senza barra:

↳ La barra aiuta e permette lo scomimento

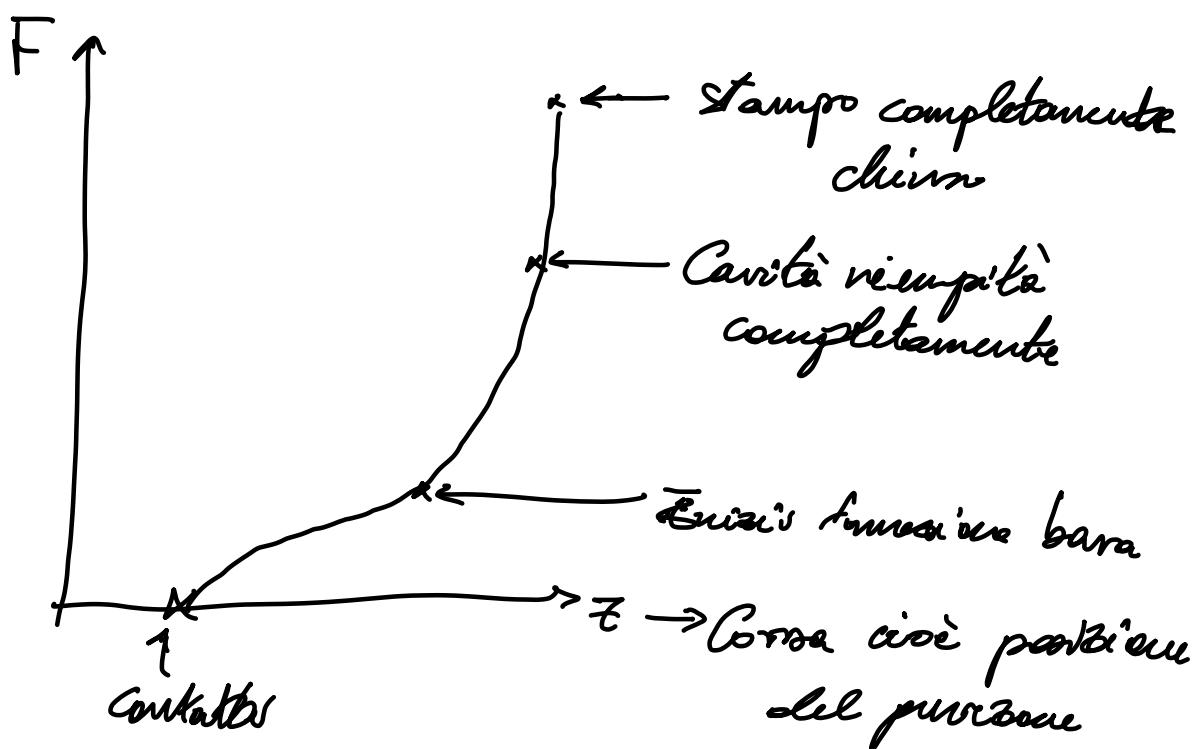


↳ Aumenta precisione dimensionale anche senza barre e non ha borelling.

→ Il volume deve esser esattamente quello della cavità.

Il calcolo delle forze nello stampaggio (aperto o chiuso) è complesso da le forme

↳ Quindi usiamo metodi approssimativi.



Si può mettere dei vuoti per la barra tale che il metallo non ha altra opzione oltre che riempire la buca, questa è detta camera barra ed essa è progettata.

Area del diagramma e il lavoro.