

Lessione 11 - Deformazione Plastica e Norme di Base di Formatura di Metallo. [chap 10 e parte di chap 3]

3 macro blocchi:

- Richiami e principi (Back ground esercitazione e più)
↳ lavorazione usa grandi deformazioni
- lavorazione plastiche massive (cambio di volume)
- lavorazione della lamiera → lamiera bidimensionale in area con spessore sottile

Lavorazione per deformazione plastica

↳ Contrario a fusione si lavorano pezzi solidi, spesso per compressione.

↳ Stampo aperto / libera

↳ O stampo chiuso, dove rientra tono

↳ Crea anche questo un gresso, cambia volume, e proprietà meccanica ma non riesce a mantenere precisione dimensionale e superficiale

↳ se deformazione è permanente, serve superare la resistenza di sottrarre e di trarre con il campo delle deformazioni grandi, applicando una deformazione permanente al pezzo.

E.g. massina vs. lamiera pg. 3

Massina → pezzo viene trasformato in forma ad L, si crea anche un barra

o 2 semi-stampi per estrarre

lamiera → taglio bi-dimensionale che è stato intuito per creare contenitore

nome
processo

bi-dimensional

→ Plasticamente adagiata a forma, c'è materiale in più per permettere lo scorrimento della forma.

→ La applicazione cambia anche la forma e disposizione dei grani

Inbutilma → nel video non è stato scaldata

Estrusione → bollettare e costringere la pistone a passare attraverso matrice, dopo esser riscaldato (ma sempre solido)

→ Matrice deve esser più resistente del pezzo

→ Con sessioni piccoli usciranno angolosce

- alte, crea proporzionalmente
- Pre ricalciamo per n'olare resistenza del materiale estruso
- In passeremo come dimensionare

Defformazione Massin pg 5

- laminazione → volume spessore di lamina
- Forgiatura → compressione per far scorrere componente nella canna con dimensionamento delle barre
- Estensione → cilindro spinto da pistone in camera di estensione con matrice a fure, può esser anche una sola riduzione della sezione mantenendo la stessa forma
- Trafilatura → inverso di estensione → componente è tirato a valle dalla matrice, come sono reali i fili, aumenta precisione dimensionale di diametri

Lavorazione delle lamiere pg. 6

- piegatura → in particolare con un pugno una piega su una lamiera, di cui di seguito angoli
- imbutitura → cambia lamiera 2D in 3D

3D

- ↳ tranciature → separazione usando punzoni con bordi taglienti
- ↳ taglio per deformazione

Tensione e deformazione reale

Prima di tensione → base di tutto



$$\sigma = \frac{F}{S}$$

$$\epsilon = \int_{L_0}^L \frac{dl}{L} = \ln \frac{L}{L_0}$$

$$S = \frac{F}{S_0} \quad \sigma = \frac{F}{S}$$

↳ Area
iniziale

↳ Area
attuale

$$\epsilon = \ln(1 + e)$$

reale

deformazione
in geognistica

↳ Deformazione
in geognistica

$$c = \frac{L}{L_0 - L} \quad \epsilon = \ln \frac{L}{L_0}$$

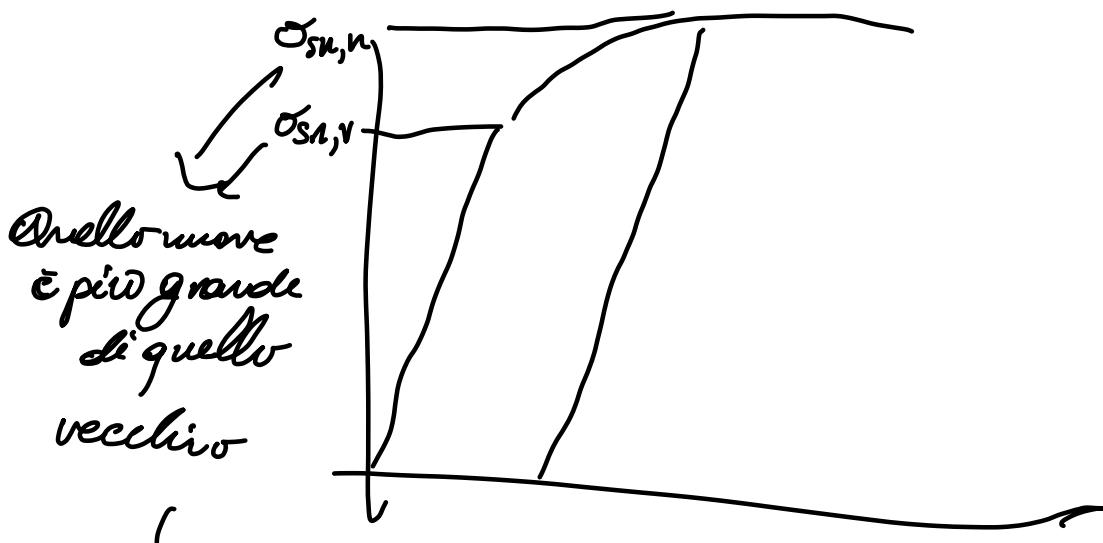
↳ in corrispondenza a forza

$$\sigma = KE^n$$

Scomendo deformazioni otteniamo deformazioni, fo

scommesso innigido se le struttura quindi serve sempre più storso.

Defonendo aumentiamo lo storso che serve per un'altra deflessione



Transformando la forma trasformiamo anche le proprietà meccaniche.

Potremo a modellare il comportamento plastico con espressioni empiriche,
usiamo $\sigma = k \epsilon^n$ curva di Oller

Equazione di Hellomon
Tensione di Flusso $\rightarrow Y_f$

$$Y_f = k \epsilon_f^n$$

→ resistenza del materiale allo scommesso
equazione che usciremo

→ coefficienti costitutivi

del materiale, forniti, in base

a tipologia di lavorazione

dopo deforzaione ϵ_f

Differenza tra plasticità ed elasticità di trazione

Campo Elasticio

Dati $\sigma_1 > 0$ e $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$

$$\epsilon_1 = \frac{1}{E} [\sigma_1 - v(\sigma_2 + \sigma_3)] = \frac{\sigma_1}{E}$$

$$\epsilon_2 = \frac{1}{E} [\sigma_2 - v(\sigma_3 + \sigma_1)] = -v \frac{\sigma_1}{E}$$

$$\epsilon_3 = \frac{1}{E} [\sigma_3 - v(\sigma_1 + \sigma_2)] = -v \frac{\sigma_1}{E}$$

però con la contrazione di stirza, quindi minore la sezione

$$\text{Poisson} = \frac{\text{Eversuale}}{\text{Elongazionale}}$$

Nel campo elastico c'è un aumento in volume e nel campo plastico c'è una contrazione di volume perché nel campo plastico i punti possono scorrere invece nel piano elastico. La deformazione reale è uguale a quella ingegneristica.

Conservazione di volume = 0 se $v = 0,5$, nel campo elastico $v = (0,3 - 0,33)$ basato sul materiale, quindi aumenta il volume

In generale avremo deformazioni plastiche quindi conserviamo il volume

Le deformazioni plastiche (che di solito sono una successione di operazioni) sono ricordate dal materiale che le subisce. Nel campo elastico non importa, invece nel campo plastico si perde bisogna sapere dove siamo e dove è il punto σ_{su}

↳ bisogna sapere se è la prima o seconda deformazione plastica per sapere dove siamo

<! Diagramma pg. 15 >

Bisogna sapere $k_e n$, ma specialmente k_e per sapere le storie del nostro pezzo per calcolare Y_f

Verrà indicato $k_e n$ per poi calcolare $Y_{f0} E$

I trattamenti termici aiutano a ricreare la struttura retticolare, eliminiamo i difetti e il loro bloccaggio, creiamo nuovi dislocazioni che permettono uno nuovo scorrimento e perciò il cambio della curva $\sigma \cdot E$. Per questa ragione dopo molti di questi processi ci saranno aggiunte deformazioni plastiche.

dopo le

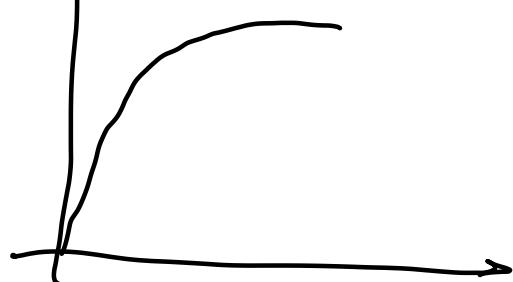
Dopo una deformazione facciamo trattamenti termici per ricreare la geometria che possiamo deformare nuovamente senza problema, continuando fino ad arrivare a forma voluta finale.

Le questione deve avere carattere incrementale che tiene a conto il cammino del pezzo.

Stato di Flusso medio pg. 19

- Troveremo il campo plastico.
- Dato il comportamento di un materiale con incrudimento
 - ↳ Quando il materiale è elastico con incrudimento è difficile associare il flusso alla deformazione
 - ↳ È comodo allora usare il valore di flusso plastico medio.
- consideriamo tutto il campo di deformazione elasto-campo di incrudimento

$$\bar{Y}_f = \frac{1}{E_{fin}} \int_0^{E_{fin}} \underbrace{o dE}_{\text{Deformazione Area}} = \int_0^{E_{fin}} KE^n dE \frac{1}{E_{fin}} = \frac{k E_{fin}^n}{1+n}$$



Fino ad ora non abbiamo considerato la temperatura a cui stiamo lavorando.

da temperatura e velocità di lavoro in funziona il tipo di lavorazione

Tipi di lavoro

- lavorazioni a freddo ($< 0,3 T_f$)
- lavorazioni a tiepido (sotto T_f ricristallizzazione)
- lavorazioni / formazione a caldo (superiore a T_f ricristallizzazione e bassa velocità di deformazione) ($> 0,6 T_f$)

T_f ricristallizzazione è cambio di struttura ($\approx 0,8 T_f$)

- Formazione isotennica

Tutto detto fin' ad ora vale per processi a freddo, cioè con incrudimento.

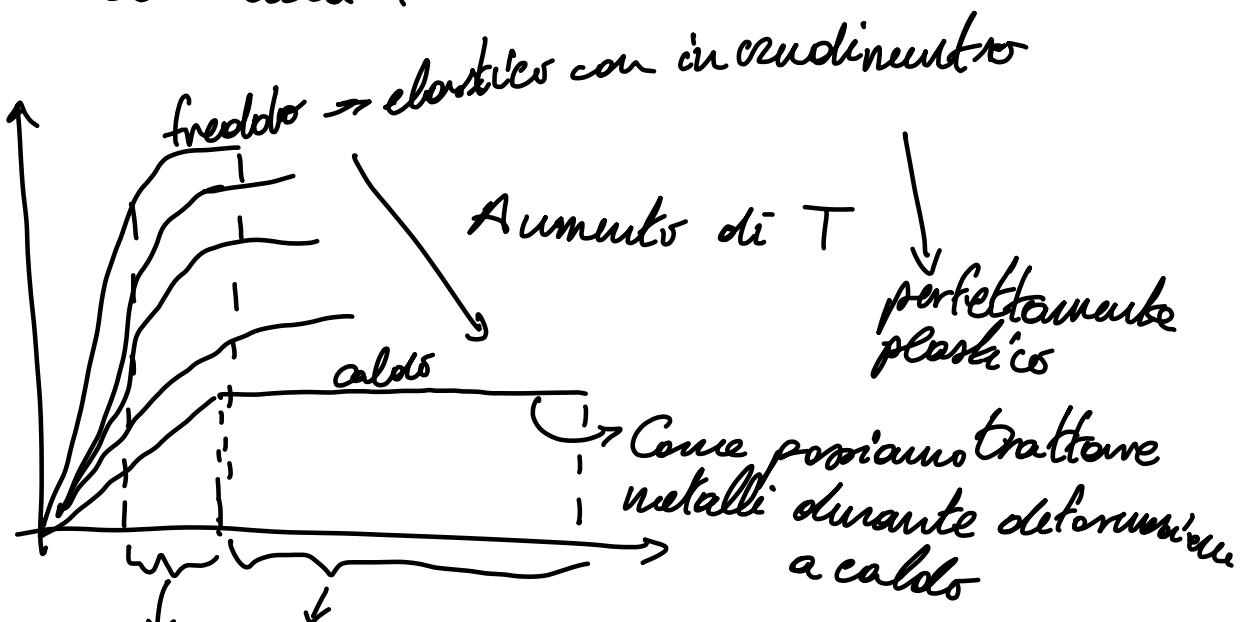
$$\hookrightarrow \gamma = k \epsilon^n$$

↑
Era elastico e
con incrudimento
con il plastico

A caldo si può rappresentare il materiale con perfettamente plastico

vantaggio ↙

Effetto della T



↑ duttilità (deformazione curvatura a rotture)

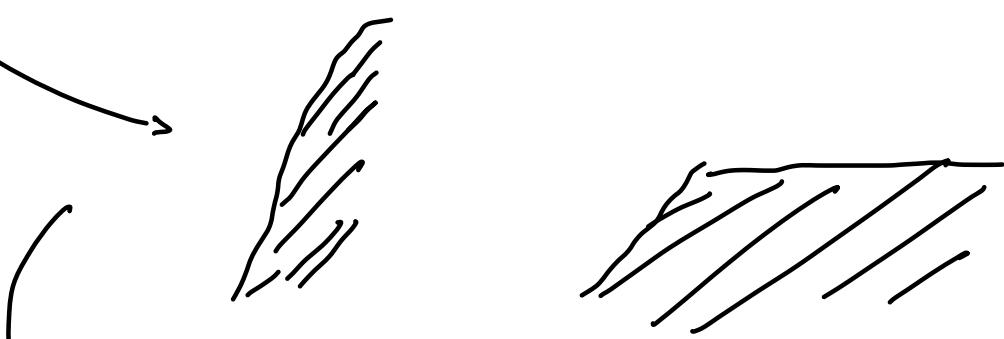
↑ tenacità (area sotto la curva, energia specifica)

↓ carico di sforzamento e durezza

↓ modulo di elasticità

diminuisce rigidità

ci costa meno deformare



→ aumenta l'energia che possiamo mettere nel peso per unità di volume

Deformazione e velocità di deformazione

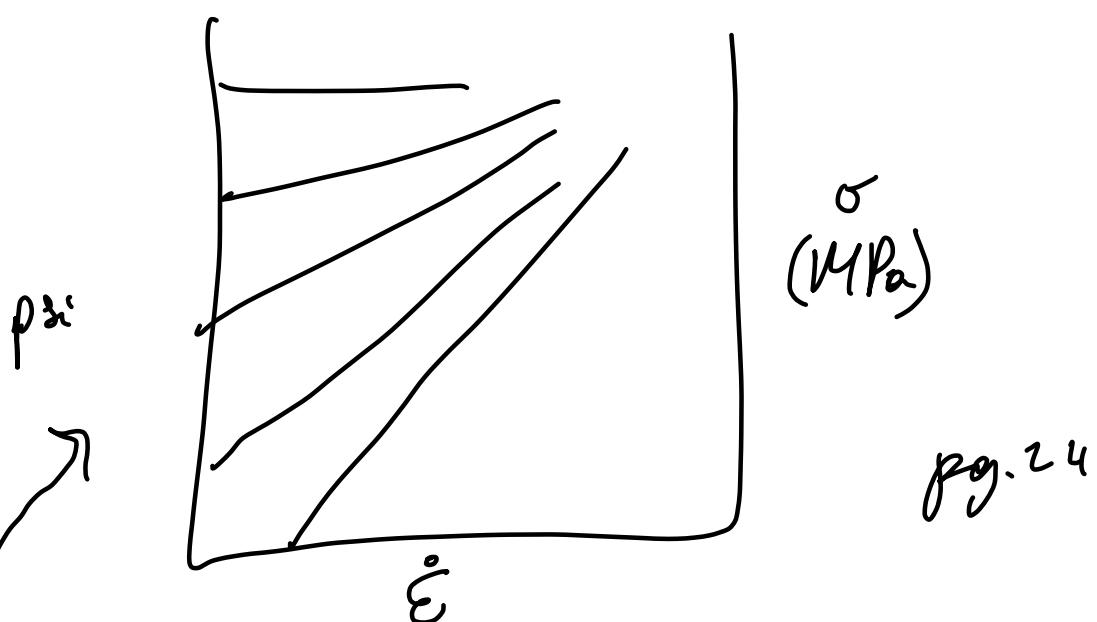
$$v = \frac{dL}{dt} \rightarrow \frac{v}{L} = \frac{dL}{L dt} = \frac{dE}{dt} = \dot{\epsilon} \rightarrow \text{velocità di deformazione}$$

→ Un materiale cambia comportamento anche in base alla velocità di deformazione

→ Devo anche tenere a conto a che velocità sto applicando il carico

Per tenere la velocità di deformazione $(\dot{\epsilon})$ costante, dobbiamo far crescere v per mantenere il lato della equazione costante.

L'effetto contribuisce di temperatura e velocità



Con il crescere della velocità di deformazione aumenta la resistenza, e questo effetto aumenta di più in più, più aumenta la temperatura.

Questo si mette tutto insieme con la legge di

Holloway che è:

$$Y_f = K \varepsilon^n \dot{\varepsilon}^m \quad \text{dipende da materiale}$$

A freddo $m \approx 0 \rightarrow$ ritorniamo alla sola dipendenza dalla deformazione che abbiamo visto prima con l'incremento

A caldo $n=0 \quad m \neq 0$

$$K = k(T)$$

↳ K è funzione della temperatura come visto

→ non c'è incremento quindi non ci importa la deformazione, ma l'effetto della velocità ci importa quindi $\dot{\varepsilon}$ se ne va

$$Y_p = K \varepsilon^n \dot{\varepsilon}^m$$

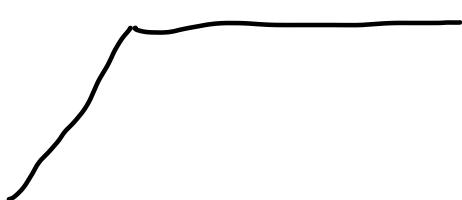
A freddo

$$Y_p = K \varepsilon^n$$

A caldo

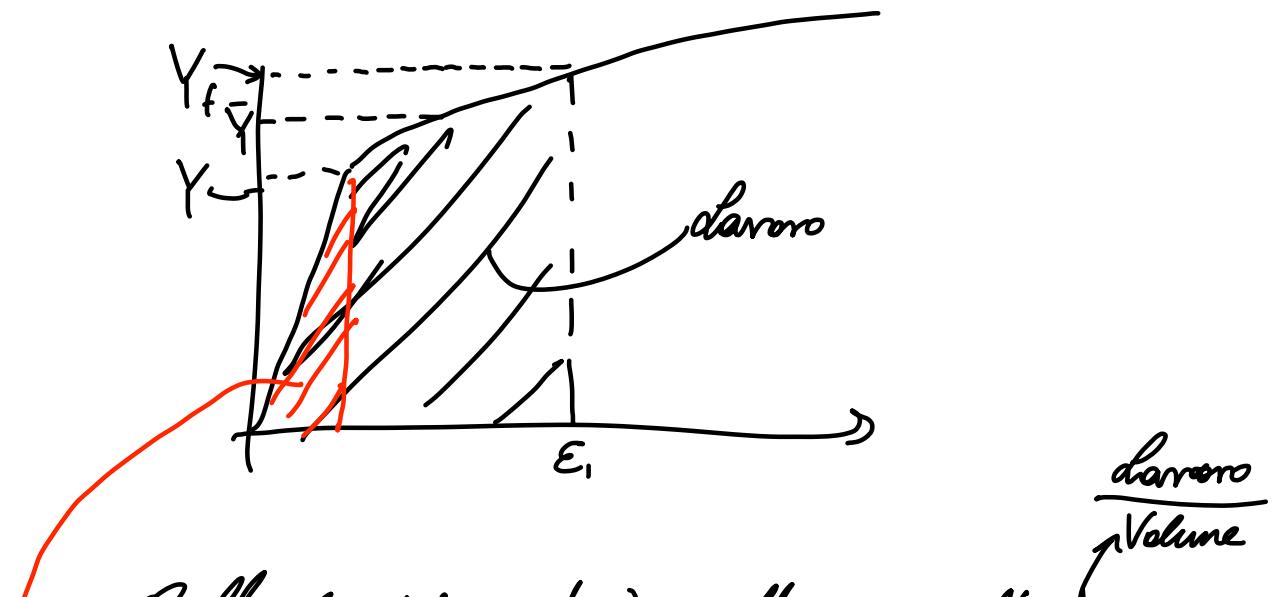
$$\sigma_f = C \dot{\varepsilon}^m$$

$$C = k(T)$$



↳ $\dot{\varepsilon}$ non avrà effetto su σ quindi questo è perché è trascurabile

Energia a freddo



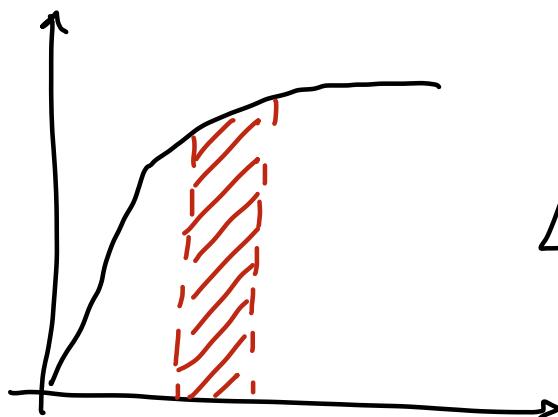
Quello che ci importa molto sarà l'energia
il lavoro necessario per deformare,

se trasciniamo il contenuto elastico, l'area riportata
ci dice quanta energia serve per deformare il pezzo
fino a \bar{Y}_f

$$\bar{Y} \cdot E = L$$

Per come abbiamo definito \bar{Y}

Per calcolare allora l'energia per unità di volume,
lavoro elementale di deformazione



$$L_{el} = \int_0^{E_f} \sigma \cdot dE = \bar{Y} \cdot E$$

Energia o calore

Per le lavorazioni a calore invece abbiamo:

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

Il lavoro elementale sarà:

$$Lee = \int_0^{E_f} \sigma \cdot dE = \bar{\sigma} \int_0^{E_f} dE = \sigma \cdot E$$

↳ Anche qui scontando il lavoro nel campo elastico