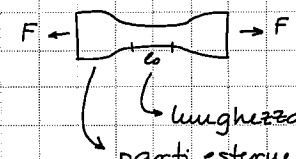
# FRATURA DEI METALLI

- Composizione
- Proprietà meccaniche

→ caratterizzano il metallo

## PROVA DI TRAZIONE




Sforzo: $\sigma = \frac{F}{A_0}$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

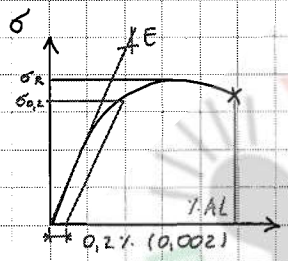
$l_0$ → lunghezza utile

parti esterne più spesse (la deformazione si concentra nella zona centrale) e senza spigoli vivi (intensificano gli sforzi)

La deformazione viene misurata con un trasduttore: $\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$

Con lo sforzo si verifica strizione del provino: ⋈, quindi il tratto utile deve essere almeno 5/6 volte il diametro. Di solito si regola la forza applicata in modo da avere una certa deformazione.

## CURVA NOMINALE (diagramma sforzo deformazione)




Nella curva nominale $\sigma$ è sempre calcolato rispetto alla sezione iniziale, quindi dopo il punto di max diminuisce a causa della strizione

1) <u>Modulo elastico</u>: per piccole deformazioni reversibili che seguono la legge di Hooke: $\sigma = E\varepsilon$

E è il coefficiente angolare del primo tratto elastico. Nella realtà il tratto non è perfettamente elastico, quindi E è calcolato facendo la tangente a 0: $E = \lim_{\varepsilon \to 0} \frac{d\sigma}{d\varepsilon}$.

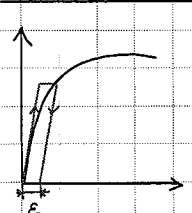
Alcuni valori (da sapere!):
- $E_{Al} \sim 75\,GPa$
- $E_{Fe} \sim 220\,GPa$
- $E_{Ti} \sim 110\,GPa$

E è una proprietà intrinseca del materiale, che dipende dall'energia dei legami atomici.

↓

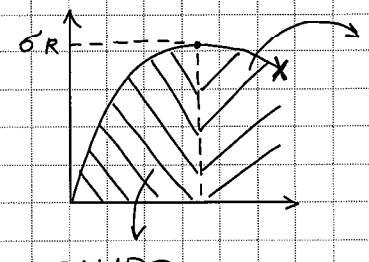
variano fortemente con la temperatura

2) <u>Carico di snervamento</u>: quando si carica e poi si rimuove il carico, si ha uno scarico // al carico iniziale (pendenza E) e rimane una deformazione. $\sigma_{0,2}$ è il $\sigma$ per cui questa deformazione (plastica, permanente) è dello 0,2%.



Questo carico (snervamento) è considerato il limite di elasticità, che non va superato nelle applicazioni per non avere deformazione. Si usa anche un fattore di sicurezza. Es. Il cavo di un ascensore ha un fattore di sicurezza pari a 10, ovvero è calibrato per sostenere sforzi pari a $(1/10)\sigma_{0,2}$.

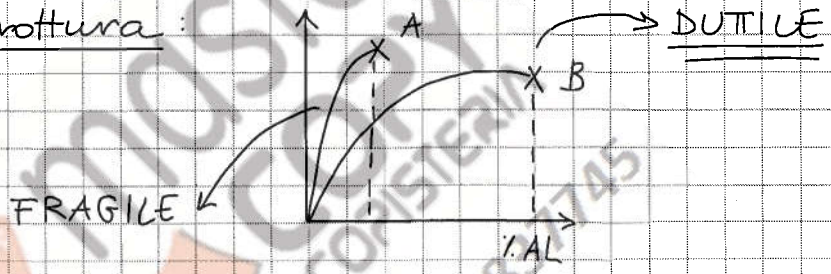
3) Carico di rottura : $\sigma_R$ corrispondente al punto di divisione in 2 regioni




↳ si è creata una cricca lenticolare che ha indebolito il provino (NON è diminuita la resistenza del materiale MA solo la sezione)

4) Allungamento a rottura :

AREA SOTTO LA CURVA = ENERGIA ASSORBITA A ROTTURA

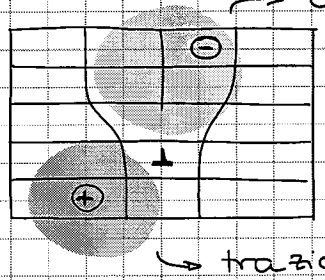



I materiali duttili sono migliori perché riescono ad assorbire molta più energia rispetto a quelli fragili.

CAMPO DELL'INCRUDIMENTO :

Ci sono dei movimenti nella microstruttura quando si supera il carico di snervamento. Si teorizzava uno spostamento rigido dei piani cristallografici, secondo il quale sarebbe servita un'energia enorme per deformare il metallo, non corrispondente a quella in pratica misurata. Questo perché le deformazioni macroscopiche sono causate dal movimento delle dislocazioni (difetti di linea).

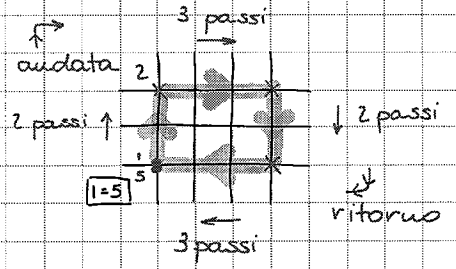
- DISLOCAZIONE A SPIGOLO




→ la dislocazione crea un campo di sforzi

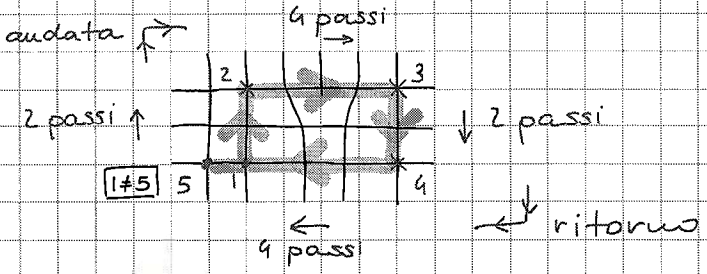
Il **VETTORE DI BURGERS** si ricava con una circuitazione e indica direzione e intensità della dislocazione.

Circuitazione nel reticolo perfetto:




Con lo stesso numero di passi in andata e ritorno torno al punto di partenza

Circuitazione in presenza di una dislocazione




Con lo stesso numero di passi in andata e ritorno NON torno al punto di partenza

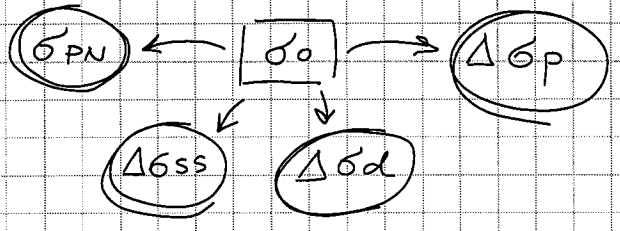
Se non ci fossero le dislocazioni, si dovrebbero rompere tutti i legami su un piano per spostare il piano in modo rigido, mentre per spostare il semipiano creato dalla dislocazione è sufficiente rompere i legami su una linea e serve quindi molta meno energia (analogo allo spostamento di una grinza su un tappeto)

Le dislocazioni possono muoversi solo irreversibilmente, quindi in fase plastica. Bloccando il movimento delle dislocazioni si diminuisce la deformazione e il materiale diventa più fragile (nei materiali fragili le dislocazioni non si possono spostare).

Ad alta temperatura ci sono molte vacanze atomiche che, raffreddando in modo rapido (non equilibrio) rimangono congelate e non fanno in tempo ad andare via, quindi si uniscono e formano dislocazioni.

**RELAZIONE DI HALL-PETCH**: $\sigma_s = \sigma_0 + K d^{-1/2}$

- $\sigma_s$: carico di snervamento
- $\sigma_0$: carico di snervamento del monocristallo
- $K$
- $d$: diametro medio grani



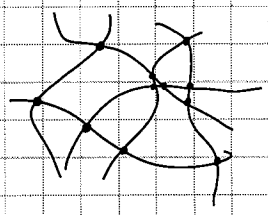

fattori che influenzano il carico di snervamento del monocristallo

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

- **Struttura cristallina** ($\sigma_{PN}$): i CCC hanno sistemi di scorrimento meno densi ⇨ dislocazioni scorrono peggio ⇨ più duri, meno duttili
- **Rafforzamento per soluzione solida** ($\sigma_{ss}$): interstizi o sostituzioni ostacolano il movimento delle dislocazioni.

$$\Delta\sigma_{ss} = \sum_{i=1}^{n} k_i \sqrt{\varepsilon_i}$$

- **Incrudimento** ($\sigma_d$): deformando plasticamente si muovono le dislocazioni e si fanno moltiplicare e intrecciare tra loro: si crea una FORESTA DI DISLOCAZIONI

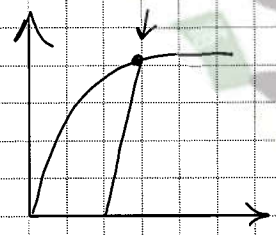


→ foresta di dislocazioni → le dislocazioni si intralciano reciprocamente, rafforzando il materiale

$$\Delta\sigma_d = K\sqrt{\rho}$$

→ $\rho$ = densità di dislocazioni

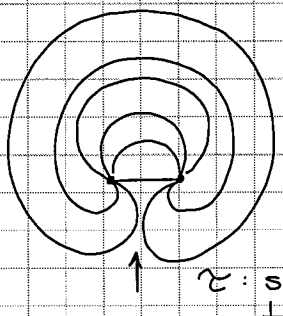
Incrudendo, $\rho$ può passare da $10^5$ a $10^{13}$.



Se si scarica il materiale incrudito e poi si ricarica, si riparte da quel punto, che è rafforzato dalle foreste.

Es. Questo succede nelle lamiere di Al, che presentano spigoli a 90°, che incrudiscono e rafforzano.

Nel passaggio al plastico si formano le SORGENTI DI FRANK-READ, ovvero sorgenti di dislocazioni.



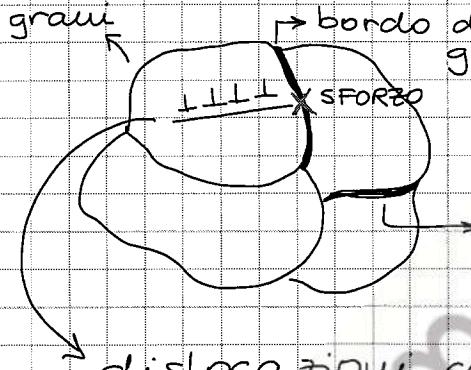
$\tau$: sforzo di taglio

• Rafforzamento per precipitazione ($\Delta\sigma_p$):

$\Delta\sigma_p \propto \frac{f_p}{d_p}$ → frazione particelle
→ diametro particelle

Far precipitare molte particelle piccole nel metallo lo rafforza (più efficaci di poche particelle grandi, a parità di quantità totale).

**Bordi di grano**: interrompono il movimento delle dislocazioni, rafforzando il materiale.

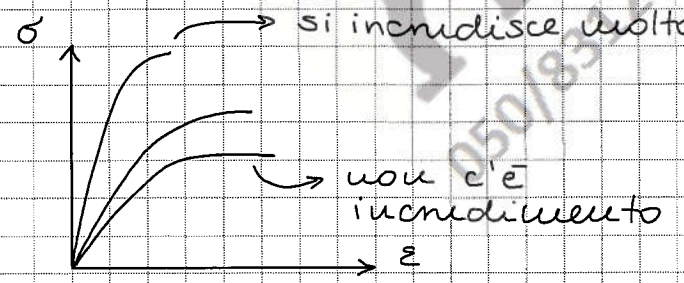


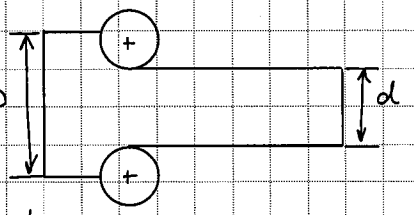

(cambio orientamento cristalli)
→ invalicabile per le dislocazioni

dislocazioni che scorrono e incontrano il bordo, che le ostacola ⇨ si crea uno sforzo di taglio

Raffinando i grani, si creano più bordi e il materiale si rafforza.

**LAMINAZIONE A FREDDO**: si usa per incrudire il metallo, rafforzandolo.

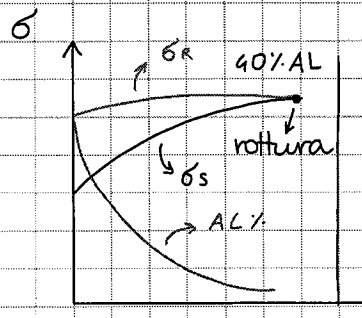



→ $W.H. = \frac{D-d}{D} \cdot 100$

↓

% DI INCRUDIMENTO




MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745