

5. Prove meccaniche e proprietà dei materiali

5.1 Introduzione, controllare le proprietà meccaniche

5.2 Prova di trazione – sforzo e deformazione

- deformazione elastica, modulo di Young

- resistenza meccanica, carico di snervamento

deformazione a freddo, indurimento

5.3 Deformazione a freddo, indurimento

5.4 Prove di durezza

5.5 Prova d'urto – tenacità

- energia adsorbita

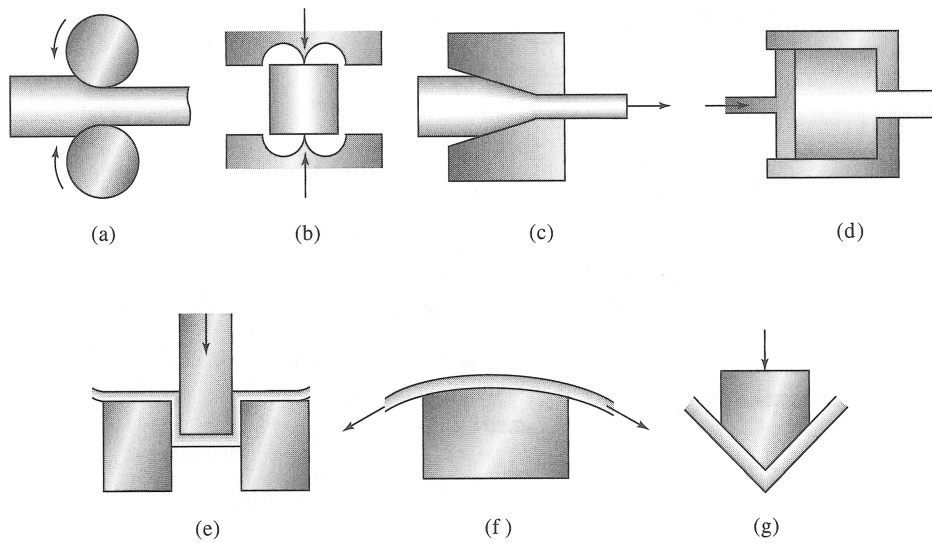
- tenacità e frattura

5.6 Riassunto

5.7 Domande di verifica

5.3 Deformazione a freddo

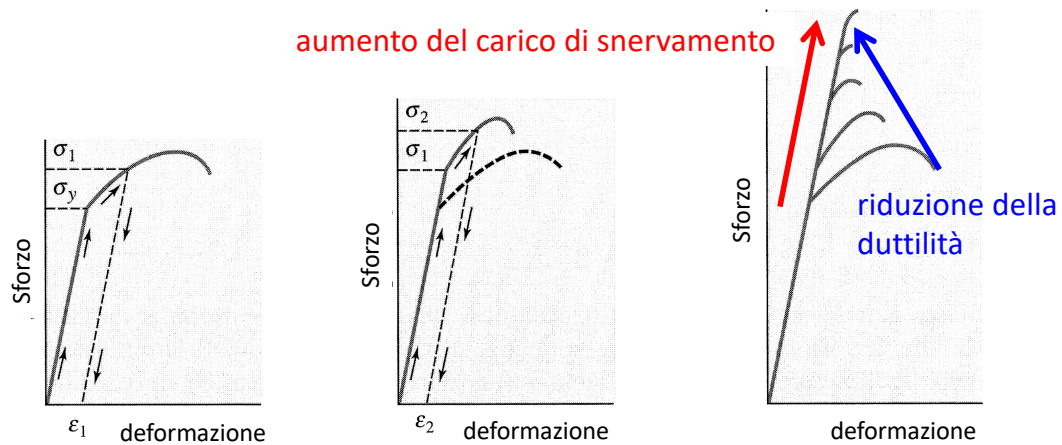
Una deformazione a freddo si esegue con diverse tecnologie. Il risultato é sempre un materiale che ha cambiato forma, cioè **ha subito una deformazione plastica**:



Tecnologie di deformazione a freddo. a) laminazione, b) forgiatura, c) trafilatura, d) estrusione, e) stampaggio, f) imbutitura, g) piegatura

5.3 Deformazione a freddo

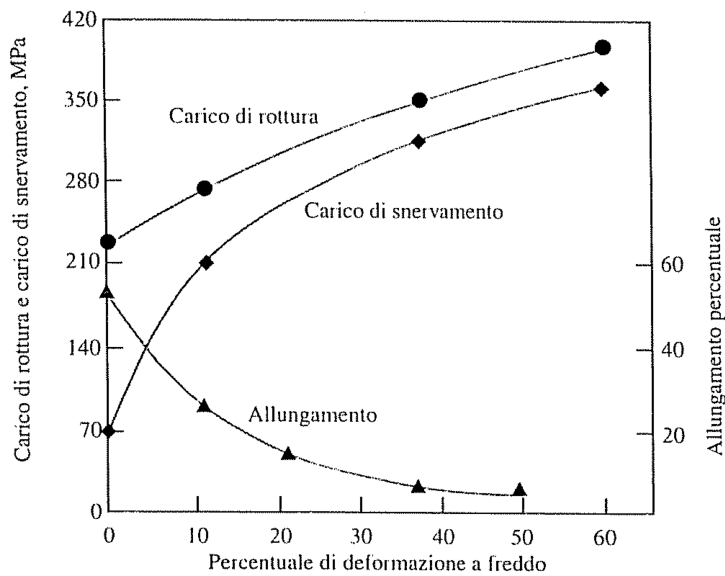
La deformazione a freddo dei metalli è possibile solamente nel campo della deformazione plastica, cioè $\sigma > \sigma_s$. Questo processo è accompagnato con uno scorrimento delle dislocazioni e un aumento forte del numero delle dislocazioni.



Una **lavorazione a freddo** porta sempre ad un **aumento della resistenza** ma anche ad **una diminuzione della duttilità**.

5.3 Deformazione a freddo

La deformazione a freddo aumenta la resistenza ma la duttilità diminuisce.



Deformazione a freddo
del rame puro policristallino

L'aumento della resistenza meccanica avviene a capito della duttilità

5.4 Prova di durezza – scala di Mohs

La durezza è la resistenza della superficie di un materiale contro la penetrazione di un altro oggetto.

La prima classifica **empirica** della durezza veniva dato da Mohs (1772 – 1839)

Assume come riferimento alla durezza dieci minerali numerato da 1 a 10. Un materiale con numero più alto può graffiare un altro.

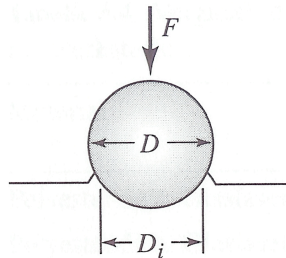
1 Talco, 2 Gesso	teneri	si scalfiscono con l'ungia
3 calcite, 5 apatite	semi-duri,	si scalfiscono con una punta d'acciaio
7 quarzo, 10 diamante	duri,	non si rigano con una punta d'acciaio

Spiegare perché il diamante è un materiale durissimo (scala di Mohs 10) ?

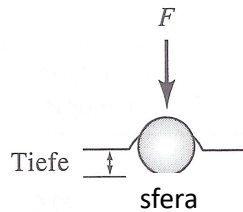
5.4 Prova di durezza

La durezza è la resistenza della superficie di un materiale contro la penetrazione di un altro oggetto. La prova di durezza permette una determinazione quantitativa della durezza.

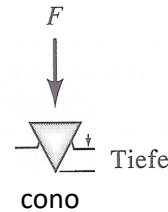
Prova di durezza: viene applicata una **forza F** su un **penetratore**.



Prova Brinell



Prova Rockwell



Brinell: sfera di acciaio

Rockwell: sfera di acciaio
cono di diamante

Vickers: piramide diamante

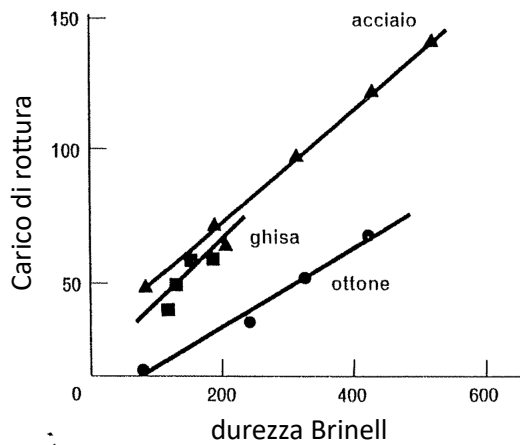
Knoop: microdurezza,
piramide di diamante

Le diverse prove di durezza si distinguono nella dimensione, forma e materiale del penetratore e nella forza applicata. -> possibile solamente un confronto empirico

Le prove di durezza sono facili, rapidi e non richiedono grande apparecchiature. Vengono utilizzati per controllo di qualità e confronto tra materiali.

5.4 Durezza – carico di rottura

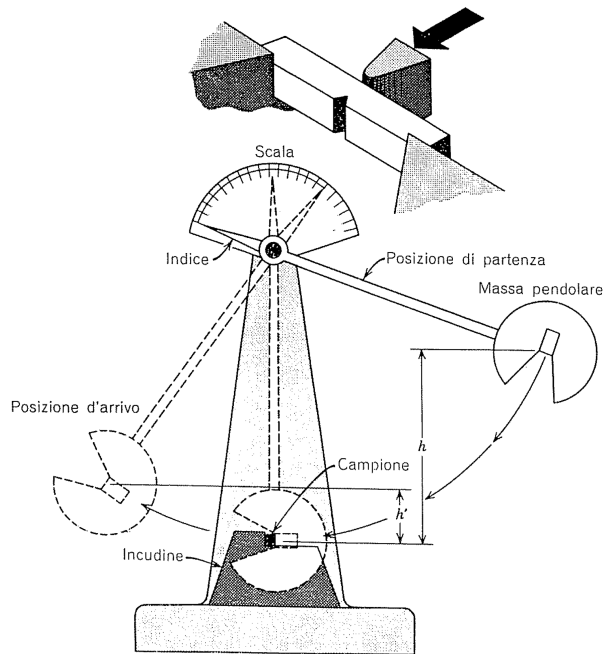
Per diversi gruppi di leghe esiste una **correlazione empirica** tra la durezza Brinell e il carico di rottura.



Sulla base di questa correlazione una buona stima del carico di rottura può essere ottenuto in pochi minuti senza preparare un provino. -> controllo di qualità

Spiegare perché esiste questa correlazione empirica.

5.5 Prova d'urto



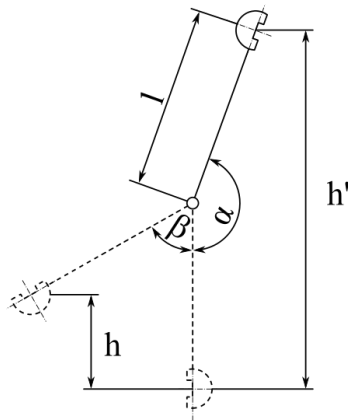
La prova d'urto esamina il comportamento dei materiali metallici sottoposto ad un impatto immediato (colpo, urto).

Una massa pendolare urta il campione intagliato. Si misura l'energia **E** necessario per rompere (o deformare) il provino.

Domanda: perché i provini sono intagliati a v ?

5.5 Prova d'urto (resilienza)

L'energia E assorbita viene determinata dalla differenza di altezza del pendolo prima e dopo l'urto (energia potenziale):



www.wikipedia.com

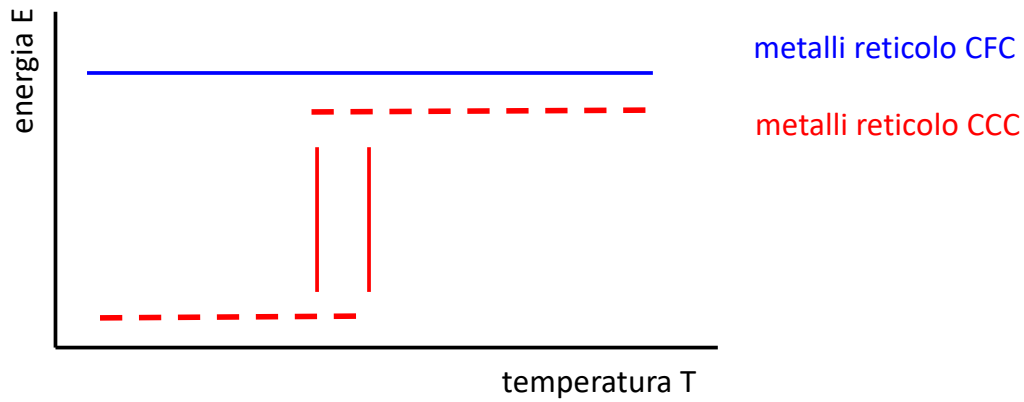
$$E = m \cdot g \cdot h' - m \cdot g \cdot h \\ = m \cdot g \cdot (h' - h)$$

La prova d'urto fornisce un'indicazione della **tenacità** di un materiale.

Domanda: qual'è l'energia assorbita per un materiale fragile ?

5.5 Prova d'urto – struttura cristallografica

La prova d'urto con i provini intagliati viene eseguita in un intervallo di temperature (diagramma schematico)



Descrivere l'andamento di E vs la temperatura per metalli CFC e CCC.

Spiegare l'andamento di E vs la temperatura per metalli CFC e CCC.

5.5 Prova d'urto – struttura cristallografica

La struttura cristallografica determina il numero e tipo dei sistemi di scorrimento e dunque il comportamento dei metalli nella prova d'urto:

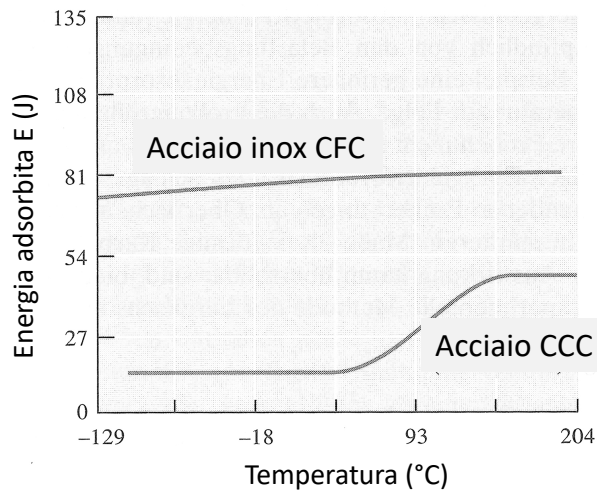
Parametro	CFC	CCC	EC
τ_{crit} [MPa]	0.35 – 0.7	35 – 70	0.35 – 0.7
Sistemi di scorrimento	12	48 (non c.)	3
Comportamento	duttile	resistente	rel. fragile

Lo sforzo di taglio critico risolto τ_{crit} in piani compatti (CFC, EC) è di 100 volte inferiore rispetto ai sistemi CCC.

Nei metalli con struttura cristallografica CFC le dislocazioni vengono attivate immediatamente anche a temperature molto basse.

5.5 Prova d'urto – struttura cristallografica

Esempio reale:



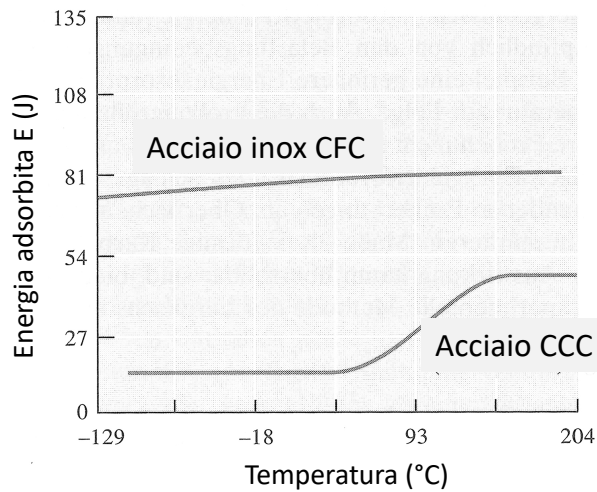
Reticolo CFC: energia assorbita alta a tutte le temperature

Reticolo CCC: energia assorbita bassa a temperature basse -> fragile

Domanda: quale entita determinato nella prova di trazione corrisponde all' energia adsorbita della prova d'urto ?

5.5 Prova d'urto – deformazione a freddo

Esempio reale:



Reticolo CFC: energia assorbita alta a tutte le temperature

Reticolo CCC: energia assorbita bassa a temperature basse -> fragile

Domanda: come cambia l'energia assorbita E dell' acciaio inox dopo una deformazione a freddo di 30 % ?

5.6 Riassunto

In un cristallo con reticolo non-disturbato le dislocazioni si muovono appena che lo sforzo di taglio è $>$ di τ_{crit} ist. -> **struttura cristallografica, CFC = duttile**

Difetti reticolari impediscono o bloccano **il movimento delle dislocazioni:**

-> difetti di punto: atomi, alligazione (**indurimento per soluzione solida**)

-> difetti di linea: dislocazioni (**deformazione a freddo**)

-> difetti di superficie: bordi di grano (**indurimento per grani fini**)

Così si presentano delle **possibilità tecnologiche** per modificare le proprietà meccaniche (resistenza, duttilità) **in maniera mirata** tramite il tipo e il numero dei difetti reticolari.

Dislocazioni si muovono facilmente – duttile
Dislocazioni impediti – resistente, duro
Dislocazioni bloccati – resistente ma fragile

5.6 Riassunto

Il comportamento tecnologico dei materiali (metallici) viene determinato con prove meccaniche (esempio prova di trazione).

La deformazione a freddo dei materiali metallici è sempre accompagnato di una **lavorazione a freddo e un indurimento**. Aumenta la resistenza meccanica e diminuisce la duttilità (malleabilità).

Ulteriori possibilità per **umentare la resistenza meccanica** sono grani fini, alligazione (indurimento per soluzione solida) o la formazione di precipitati.

Il numero e il tipo di difetti reticolari influiscono sul **movimento delle dislocazioni**. Questo movimento (impedimento, blocco) determina le proprietà tecnologiche.

5.7 Domande

- **Spiegare che cosa succede nel materiale (sul livello degli atomi) quando viene superato il carico di snervamento.**
- **Quale possibilità per aumentare la resistenza dei metalli e delle leghe conosce ? Indicare e spiegare il meccanismo.**
- **Quale entità nella prova di trazione correla con l'energia assorbita ?**
- **Perché materiali metallici con reticolo FCC sono duttili anche a temperature molto basse ?**
- **Descrivere brevemente la prova di durezza. Spiegare perché esiste una correlazione empirica con il carico di rottura (prova di trazione) ?**