SCIENZA E INGEGNERIA DEI MATERIALI

Disciplina che studia le relazioni che esistono fra le strutture e le proprietà dei materiali.

Progettazione o ingegnerizzaz. dei materiali

CAPITOLO 1: INTRODUZIONE

Classificazione dei materiali:

MATERIALI:

Metallici → composti da 1 o + elementi metallici (ferro, rame..) e spesso anche da elementi non metallici (carbonio, azoto, ossigeno) in piccole quantità.
- rigidi e resistenti, ma anche duttili (subiscono deformazioni plastica apprezzabile senza arrivare a rottura) e tenaci
- gran n° di e^- delocalizzati (non legati ad un atomo particolare)
- ottimi conduttori di calore e elettricità
- aspetto lucente

→ Alcuni mostrano comportamento magnetico

ceramici → composti formati da elementi metallici e non metallici (ossidi, nitruri e carburi)
- rigidi e resistenti, duri ma anche fragili (XK NO DUTTILI) → sensibili a frattura fragile
- isolanti al passaggio di calore e elettricità
- trasparenti, traslucidi o opachi

polimeri → alcuni: composti organici basati su carbonio, idrogeno e altri elem. non metallici (polietilene, nylon, polistirene, gomma siliconica) (materie plastiche E gomme)
- bassa densità
- NON così rigidi e resistenti; molti: duttili e flessibili
- basse conduttività elettriche
- amagnetici

Svantaggio: tendono a rammollire e/o decomporsi a modeste temperature

compositi → costituito da 2 o + materiali
Obiettivo: ottenere 1 combinaz. di proprietà che NN sono possedute da nessun particolare materiale e unire le proprietà migliori.
(vetroresina; in natura: legno, ossa)
CFRP = composito a matrice polimerica rinforzato con fibre di carbonio

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

MATERIALI AVANZATI

utilizzati nelle applicazioni di alta tecnologia (computer, aeroplani)
Possono essere costituiti da qualsiasi tipo di materiale; costosi

Semiconduttori → proprietà elettriche intermedie tra conduttori elettrici (metalli) e isolanti (ceramici, polimeri) presenza di atomi di impurezze

Biomateriali → impiegati negli impianti inseriti nel corpo umano per sostituire parti danneggiate o malate => compatibili con corpo umano e NO produrre sost. tossiche

MATERIALI DEL FUTURO:

- **materiali intelligenti** (tuttora in evoluz.) → in grado di rilevare variaz. dell'ambiente in cui si trovano e reagire
  Formati da un sensore che rileva un segnale in ingresso e un attuatore (funzione reattiva e adattiva)
  - materiali a memoria (dopo essersi deformati sono in grado di ritornare alla forma originaria)
- **materiali nanostrutturati** → creati manipolando e muovendo atomi e molecole x creare nuove strutture (grazie a microscopio a scansione di sonda)

Proprietá = manifestaz., offerta da un materiale, risposta a una stimolazione imposta

MECCANICHE → si riferiscono alla deformazione sotto un carico o sforzo applicato

ELETTRICHE → stimolazione è dovuta a campo elettrico

TERMICHE → conduttività termica

MAGNETICHE → risposta a un campo magnetico

OTTICHE → stimolazione è dovuta a una radiazione luminosa

DETERIORAMENTO → indicano la reattività chimica

- Le proprietá dipendono dalla (struttura) → disposiz. componenti interni
  Le tecnologie di lavorazione possono modificare la struttura e la forma (es. saldatura, colata...)
  (La struttura dipende da come il materiale è stato fabbricato).

ESIGENZE MATERIALI MODERNI

- sviluppo di materiali + sofisticati e specialistici
- valutaz. dell'impatto ambientale
- nuove sorgenti di energia (conversione en. solare in en. elettrica)
- controllare l'inquinamento aria e acqua

Alcuni materiali sono derivati da risorse non rinnovabili = NR in grado di essere rigenerate
es. polimeri → materia 1ª: petrolio
metalli
risorse esauribili

- Scoprire nuovi giacimenti
- sviluppare nuovi materiali con propr. comparabili e < impatto ambientale
- aumentare riciclo

muster copy COPISERIA 050/8312126 388/9837745

CAPITOLO 3: La STRUTTURA DEI SOLIDI CRISTALLINI

I solidi possono essere classificati in:

- **cristallini** → struttura ordinata dei loro atomi, molecole o ioni
  forma ben definita
  configurazioni atomiche ordinate a lungo raggio, nelle 3 direzioni dello spazio
  (ordine a lungo raggio)
  Es. metalli, leghe, alcuni materiali ceramici

- **non cristallini** o **amorfi** → poco o nessun ordinamento a lungo raggio (ordine a corto raggio)
  non cristallizzano durante la solidificazione
  (non solidificano con simmetria e regolarità)
  significa "senza forma"
  es. vetri inorganici, alcuni metalli, molti polimeri

  Mancano di una disposizione simmetrica e regolare degli atomi su distanze atomiche relativamente grandi, gli atomi occupano le posizioni spaziali in modo casuale.

In alcuni materiali polimerici (polietilene), le molecole sono impacchettate + efficientem. e strettam. in alcune regioni del materiale e producono un + alto grado di regioni con ordine a lungo raggio: **semicristallini**.

In generale i materiali hanno tendenza a raggiungere uno stato cristallino xk + stabile e corrisponde al livello di minima energia.
Un rapido raffreddamento favorisce la formaz. di un solido non cristallino xk atomi non hanno tempo x formare una struttura cristallina.

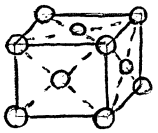
struttura cristallina = modalità secondo la quale gli atomi, ioni o molecole si dispongono nello spazio (sequenza ordinata e ripetitiva)
↳ ripetizione della + piccola unità ordinata ripetitiva: **cella unitaria**
(= unità strutturale di base x costruzione del reticolo cristallino)

reticolo cristallino: sequenza 3Dmensionale di punti ognuno dei quali ha punti prossimali identici.

La maggior parte degli elementi metallici cristallizza durante la solidificaz. secondo 3 sole **strutture cristalline**:
(3 strutture compatte in quanto tanto + gli atomi si avvicinano legandosi insieme, tanto + viene rilasciata energia => situaz. di livello energetico + basso => + stabile)

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

- ~~CUBICA A FACCE CENTRATE~~ **CFC**



Es. rame, alluminio, argento, oro

cella unitaria cubica in cui atomi sono disposti ai vertici del cubo e al centro di ogni faccia.
Gli atomi sono notevolmente compattati.
Gli atomi si toccano lungo diagonale della faccia del cubo
La cella^{CFC} è costituita da 4 atomi per cella: $\frac{1}{2} \cdot 6 + \frac{1}{8} \cdot 8 = 1 + 3 = 4$
n° di coordinaz.: 12

$\frac{1}{2} \cdot 6$: metà atomo per ciascuna delle 6 facce

$\frac{1}{8} \cdot 8$: ogni atomo presente agli 8 vertici conta per 1/8 perché condiviso da altre 8 celle

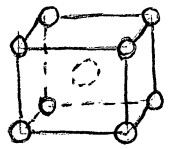
lato cubo: $a = \frac{4R}{\sqrt{2}}$

FATTORE DI COMPATTAZIONE ATOMICA → frazione di volume atomica all'interno della cella unitaria

$FCA = \frac{V_{atomi}}{V_{cella}}$ → CFC ≈ 0,74
→ CCC ≈ 0,68
→ EC ≈ 0,74

numero di coordinazione = n° di atomi immediatam. adiacenti o in contatto tra loro

- **CUBICA A CORPO CENTRATO**



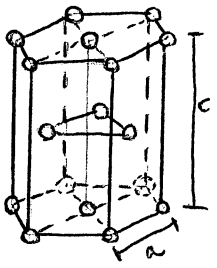
es. Cromo, ferro, tungsteno

cella unitaria con un atomo centrale situato al centro => n° di coordinaz. (8)
e gli altri situati agli 8 vertici del cubo.
Gli atomi centrali e quelli ai vertici si toccano lungo la diagonale del cubo
No struttura particolarm. compatta, in quanto atomi potrebbero ess. avvicinati maggiorm.

Ogni cella CC contiene 2 atomi: $\underbrace{1}_{\text{1 atomo centrale interamente contenuto nella cella}} + \underbrace{\frac{1}{8} \cdot 8}_{\text{ogni atomo presente agli 8 vertici} = \frac{1}{8}} = 2$

$$a = \frac{4R}{\sqrt{3}}$$

- **ESAGONALE COMPATTA**



es. cadmio, magnesio, titanio, zinco

cella esagonale. Le facce superiore ed inferiore sono formate da 6 atomi disposti a formare un esagono regolare che contiene un atomo al suo centro. Tra le 2 facce → piano intermedio con 3 atomi
n° di coordinaz. (12)

Ogni cella EC contiene 6 atomi: $6 \cdot \frac{1}{6} + 6 \cdot \frac{1}{6} + \frac{1}{2} \cdot 2 + 3 = 1+1+1+3 = 6$

- $\frac{1}{6}$ per ogni spigolo della faccia super. e inferiore
- metà atomi al centro di ciascuna faccia
- nel piano centrale

a = lunghezza lati base
c = lunghezza asse verticale

rapporto ideale $\frac{c}{a} = 1{,}633$



$$a = 2R$$

Densità reale:

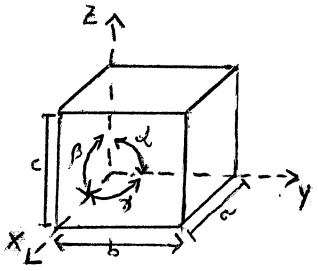
$$\rho = \frac{n\,A}{V_c \cdot N_A}$$

- n = n° atomi appartenenti alla cella unitaria
- A = peso atomico
- N_A = Numero di Avogadro $= 6.023 \cdot 10^{23} \frac{\text{atomi}}{\text{mole}}$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Alcuni elementi e composti a differenti condizioni di temperatura e pressione esistono in + di una forma/struttura cristallina → fenomeno: **polimorfismo** o **allotropia**
es carbonio → in forma di grafite
→ diamante

SISTEMI CRISTALLINI



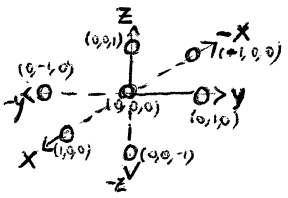
sistema di coordinate x, y, z
Assi coincidono con 1 dei 3 spigoli del parallelepipedo
a, b, c = lunghezze spigoli
α, β, γ = angoli tra gli assi

Ci sono (7) sistemi cristallini

I punti, direzioni e piani cristallografici vengono descritti mediante 3 indici o numeri

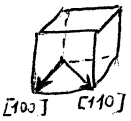
CELLE CUBICHE

- Posizioni degli atomi → determinate utilizzando distanze unitarie su assi x, y, z



(0, 0, 0)

- **indici di una direzione cristallografica** = coordinate di posiz. del punto in cui il vettore emerge dalla superficie, ridotte a numeri interi.
  - linea tra 2 punti = vettore
  - [100] $[\bar{1}10]$ → se negativo
  - [x y z] / [u v w]

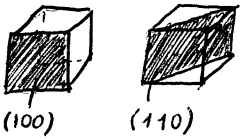


famiglia di direz. equivalenti : <u v w>

es. [100], $[\bar{1}00]$ [010] $[0\bar{1}0]$ [001] $[00\bar{1}]$ <100> nei cristalli cubici

[100] [010] ~~[001]~~ nei cristalli a simmetria tetragonale

- ~~piani~~ cristallini → sistema di notaz di Miller: indici di Miller (h k l)
  reciproci delle intersez. frazionarie del piano con assi x, y, z (normalizzati a n° interi)



famiglia di piani equivalenti : {h k l}

es. (100) (010) (001) → famiglia {100} | $(111)(\bar{1}11)(1\bar{1}1)(11\bar{1})(\bar{1}\bar{1}1)(\bar{1}1\bar{1})(1\bar{1}\bar{1})(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ → {111} cristalli cubici

⚠ La direzione ⊥ a un piano (normale a 1 piano) ha gli stessi indici di quel piano

Per strutture cristalline cubiche

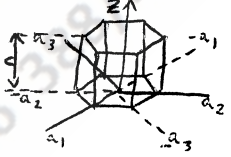
$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2+k^2+l^2}}$$

a = costante reticolare; h, k, l = indici di miller

distanza interplanare tra piani // vicini

CELLA E.C.

- ~~piani~~ cristallini → indici di Miller - Bravais (h k i l) → sistema di coordinate a 4 piani
  - 4 indici al posto dei 3
  - a = distanza atomica → lungo assi a_1, a_2, a_3
  - c = h cella → lungo asse c
  - h k i → reciproci delle intersez. piano con assi a_1, a_2, a_3 // asse c
  - l → // //



- indici di direzione → [u v t w] → coordinata lungo asse c
  - coordinata di posizione del vettore di direz. lungo asse a_1, a_2, a_3

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Confronto strutture cristalline

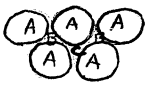
CCC → no struttura compatta, no piani compatti

E.C. e CFC → strutture compatte; FCA = 0.74, il maggiore possibile per atomi di egual dimensioni (massima densità di impacchettam. di atomi → (atomi sono fra loro il + possib adiacenti)

La differenza delle 2 strutture è dovuta alla sequenza di impilamento / con la quale avviene l'impilaggio (nel posizionam. del 3° piano atomico):

E.S. C → ABABAB

CFC → ABCABCABC



Densità volumetrica : $\rho_V = \frac{m_{cella}}{V_{cella}}$

Densità atomica lineare : $\rho_l = \frac{\text{n° diametri atomici intersecati su linea}}{\text{lunghezza linea considerata}}$ → n° atomi i cui centri giacciono lungo una linea

Densità atomica planare : $\rho_p = \frac{\text{n° atomi i cui centri sono racchiusi dall'area in esame}}{\text{Area}}$