



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

**Appunti universitari**

**Tesi di laurea**

**Cartoleria e cancelleria**

**Stampa file e fotocopie**

**Print on demand**

**Rilegature**

NUMERO: 858

DATA: 12/03/2014

# **A P P U N T I**

STUDENTE: Dellavella

MATERIA: Scienza e Tecnologia dei Materiali

Prof. Scavino\_Brovarone

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.  
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

NITRURAZIONE: trattamento superficiale attraverso il quale introduce azoto attraverso l'ammoniaca ( $NH_3$ ).  $500/550^\circ C$  per 90 ore. Mi da "durezza".

CEMENTAZIONE: ammasso di carbonio in acciaio, attraverso il monossido di carbonio.  $900^\circ C$  per 5/6 ore. Spessore interessato (0,3 - 1) mm

NITROCARBURAZIONE: nitrurazione morbida.  $560^\circ$  per 6 ore.

CARBONITRURAZIONE: avviene a  $880^\circ C$ .

Nituro e la durezza che dipende dalla presenza di "leganti" posto con lo 0,1% di leganti  
Cemento e la durezza dipende dalla quantità di "carbonio", posto con lo 0,2%

TRATTAMENTI GALVANICI: uso il mio elemento come anodo, consiste nel far deposi-  
tare un elemento sopra il mio pezzo, esempio lo zinco ("zincatura")

DEIDROGENAZIONE: la utilizzo per far uscire l'idrogeno monoatomico; scoldo il  
materiale dopo la produzione tra i  $150^\circ$  e  $200^\circ$  per tempi che vanno dalle  
3/4 ore fino alle 48 ore. Se si tratta di un oggetto di grandi dimen-  
sioni anche a  $600^\circ C$  per una settimana.

ACCIAI A LACRABILITÀ MIGLIORATA: tra lo 0,1% di zolfo o lo 1,5% di Manganesi  
che un causevano di aumentare la Temperatura Eutettica, di solito ( $1200^\circ C$ )

QUANTOMETRO: quando fanno e intensità scintille e so la composizione chimica

METODO PGM ULTRAVIOLETTI      ANALISI VISIVA      LIQUIDI PENETRANTI

RIGGI X: nascono dal moto degli elettroni, i quali saltando di livello energetico  
cedono energia sotto forma di radiazione elettromagnetica. Mi permettono  
un'analisi qualitativa e quantitativa in base alla posizione dei picchi.

AUSTENITE: soluzione solida primaria di tipo interstiziale nel Ferro  $\gamma$   
con struttura FCC e con Carbonio che varia dallo 0 al 2% (0,17%)

FERRITE: soluzione solida interstiziale di carbonio in un reticolo CCC  
di Ferro  $\alpha$  o Ferro  $\delta$  con composizione di Carbonio tra lo 0 e 0,02%.

MARTENSITE: forma metastabile allotropica dell'acciaio, sovrassatura di carbonio  
nel reticolo del Ferro  $\alpha$ , inizialmente CCC modificato in tetragonale  
ottenibile per congelamento strutturale dell'austenite. È carat. della "durezza".

TENSIONI RESIDUE: sfere di trazione o compressione a risultate nulle, non  
derivanti dall'applicazione di un carico esterno, in un componente in equilibrio

MICROSCOPIA ELETTRONICA: conoscendo il reticolo del materiale, usalo ai raggi X  
che emette (alla  $\lambda$ ) e quindi al materiale che li ha prodotti.

MICROSCOPIO OTTICO: (un permette di vedere la microstruttura)  
di 5000 (indue), ma utilizzo più in range di 100-500. Il fitto grazie  
ad un raggio di luce che sfrutta la riflessione e lucentezza del pezzo

RICOTTURA LINGOTTI: per omogeneizzare la struttura di un materiale, scoldo  
lingotti già solidificati e raffreddati alla temperatura di  $1200/1250^\circ C$   
per una durata di tempo misurata in giorni.

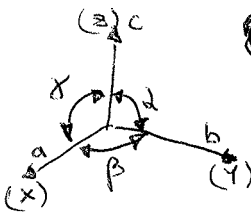
COLATA IN CONTINUO: in sostituzione a ↑ per oggetti di lunghe dimensioni (cannotti)

Crystalle 1-100  $\mu\text{m}$   
(grani)

①

crystallo (micro)  $\rightarrow$  anisotropo insieme dei microcristalli  $\rightarrow$  isotropi  
 $\rightarrow$  la ottengo tramite laminazione

Allotropia con un elemento  $\rightarrow$  trasformazione della struttura  
Polimorfismo con un composto cristallino al variare della Temperatura



a, b, c 0,1-0,29 mm (nanometri)  $\rightarrow$  a  $T_{amb}$  in assenza di forze applicate  
 7 celle elementari: ho solo costituenti situati ai vertici delle celle

- CUBICA:  $a=b=c$   $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
- ESAGONALE:  $a=b \neq c$   $\alpha=\beta=90^\circ$   $\gamma=120^\circ$
- TETRAGONALE:  $a=b \neq c$   $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
- ROMBOEDRICA, ORTOROMBICA, MONOCLINA, TRICLINA

RETICOLI DI BRAVAIS: reticoli di riferimento = 14

Direzione compatta: direzione sulla quale ho atomi a contatto, su di essa avviene la deformazione plastica.

Indicizzazione direzioni cristallografiche  $(u, v, w)$   $\rightarrow$  coordinate della posizione dell'atomo

Direzioni equivalenti: lungo di esse gli atomi si susseguono alla stessa distanza  
 $\rightarrow$  Esempio: Famiglia di direzioni  $\langle 100 \rangle$

Indicizz. piani cristallografici  $\rightarrow$  (h, k, l: indici di miller), scrivere i punti di intersezione del piano con gli assi, e fare il reciproco.

Numero di coordinazione: numero di atomi a contatto con un atomo centrale preso come riferimento (CCC  $\rightarrow$  NC=8)

Fattore compattazione atomica:  $FCA = \frac{\text{Volume atomi della cella}}{\text{Volume della cella}}$

Densità teorica:  $\rho = \frac{m \cdot A}{V_c \cdot N_A}$   $\rightarrow$  nei ceramici  $A = A_{\text{cationi}} + A_{\text{anioni}}$

Legame covalente è il solo ad essere direzionale.

Ceramici: % di carattere ionico, aumenta con la differenza di elettronegatività.

Lacuna ottaedrica: può ospitare atomi con  $d = 0,414 \cdot D$

Lacuna tetraedrica: può ospitare atomi con  $d = 0,225 \cdot D$

DIFFUSIONE: fenomeno di trasporto di materia mediante movimento di atomi, è legato alla temperatura ed è un fenomeno cinetico e non istantaneo. (5)  
 (concentrazione)  
 ↓  
 indovinare le superfici  
 Lo spostamento di atomi avviene nella direzione che fa tendere il gradiente di concentrazione a zero.  
 A livello atomico: DIFFUSIONE = MIGRAZIONE di atomi o molecole. Per avvenire necessita di sito adiacente vuoto, ed energia vibratoria sufficiente a rompere i legami adiacenti e a deformare il reticolo mentre si sposta. Il suo percorso è influenzato dallo stato tensionale del reticolo.

DIFFUSIONE PER VACANZE: passaggio di un atomo da una posizione occupata ad una vuota adiacente (vacanza).  
 $V = P_L * P_E$  (Frequenza dei salti)  
 Legami forti → maggior temp. di fusione → maggior energia necessaria per fare salti

DIFFUSIONE INTERSTIZIALE: passaggio di un atomo da una posizione interstiziale ad una interstiziale adiacente (lacuna interstiziale) → atomi piccoli → più mobili (ho una maggiore probabilità di movimenti atomici)

Ho anche la DIFFUSIONE A BORDO GRANO.

DIFFUSIONE STAZIONARIA: quando ho che il flusso dell'elemento che diffonde è costante:  $J = \frac{1}{A} \frac{dM}{dt}$  → se  $J$  non varia nel tempo (flusso di diffusione)

PRIMA LEGGE DI FLICK: flusso di diffusione è proporzionale al gradiente di concentrazione:  $J = -D \frac{dC}{dx}$  → indica che il flusso si muove per annullare il gradiente

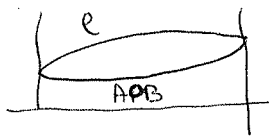
SECONDA LEGGE DI FLICK: l'aumento della concentrazione in un piccolo elemento di volume con spessore  $dx$  è uguale alla diminuzione del flusso di diffusione attraverso lo stesso elemento:  $\frac{dC}{dt} = D \frac{d^2C}{dx^2}$

Il valore di "D" (coeff. di diffusione) dipende dalla velocità con cui gli atomi diffondono

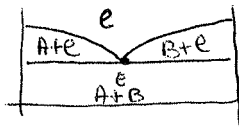
Temperatura: influenza molto la diffusione secondo:  $D = D_0 e^{(-\frac{Q_d}{RT})}$

La diffusione segue percorsi preferenziali, quali BCG, dislocazioni e superficie esterne (ho però diffusioni in essi trascurabili, poiché coinvolgono sezioni piccole di materiale).

Miscibilità completa

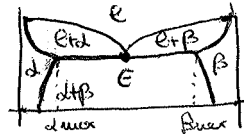


Miscibilità nulla



Miscibilità parziale (eutettica)

9



Soluzioni solide limite

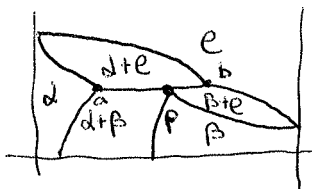
$d \rightarrow$  soluzione solida di B in A  
 $\beta \rightarrow$  soluzione solida di A in B

" $d_{max}$ ": la soluzione solida  $d$  presenta max concentrazione di B

Trasf. eutettica (miscibilità parziale):  $e \xrightarrow{T_E} d_{max} + \beta_{max}$

Da  $e$  ho  $d + \beta \rightarrow$   struttura

Miscibilità parziale (peritettica)



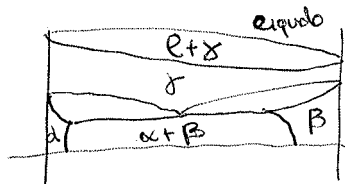
trasf. peritettica

$e + d \xrightarrow{T_P} \beta + P$

iperperitettico ho la scomparsa del liquido "e"  
iperperitettico ho la scomparsa della fase solida "d"

- Un composto fonde congruente quando alle T di fusione si trasforma in un liquido che ha la sua stessa composizione.
- Un composto fonde incongruente quando la fusione completa avviene non ad una Temp. fissa, ma in un intervallo termico, e liquido e solido hanno una comp. diversa dal solido di partenza da cui formano.

Trasf. eutettoidica:  $\gamma \xrightarrow{T_{eutet}} d + \beta$  coinvolge solo fasi solide



tale trasf. porta alla creazione di strutture più fini di quelle eutettiche

RECUPERO: per recuperare la struttura originale, accumulando energia termica, che da mobilità alle dislocazioni, le quali se sono in prossimità tra loro e sono di segno opposto, si annullano diminuendo così in numero. (13)

RICRISTALLIZZAZIONE: ottengo grani equiassici senza deformazione residua con una spinta data dalla differenza energia tra grano deformato (più) e non (meno) → ricerca della situazione di minima energia.

Grani deformati → alto snervamento e bassa duttilità

CRESCITA DEL GRANO: dopo la ricristallizzazione, i grani cominciano a crescere per migrazione di BDC e diffusione atomica. Essa può avvenire anche senza nucleati e la spinta viene data dalla riduzione dell'energia dei BDC. Maggiore è la temperatura, maggiore è la crescita, poiché aumenta la velocità di diffusione.

Compressione: la prova di compressione non è influenzata da creche e porosità, poiché essa le elimina. Si ha un carico di rottura più alto, poiché le difettosità non interferiscono.

Ceramica ionici: il movimento delle dislocazioni è difficile poiché può avvenire solo sui piani che non hanno nessuna densità atomica.

Ceramica covalenti: il mov. delle disl. è difficile perché il legame covalente è un legame forte e fortemente direzionale.

Vetri: si deformano per Flusso Viscoso, la viscosità è alta a T ambiente a causa dei forti legami interatomici. Se aumento T la viscosità diminuisce e il flusso degli atomi è quindi facilitato.

• Il modulo elastico diminuisce all'aumentare della porosità, la quale influisce anche sulla resistenza a flessione (poiché si riduce la sezione resistente) poiché nei pori si concentrano gli sforzi. (Teoria di Griffith) in prossimità del loro apice, e l'entità dell'amplificazione dipende dall'orientazione, geometria e dimensione che ha il difetto ( $\sigma_{max} < \sigma_{lim}$ ) e anche dal suo raggio di curvatura. L'amplificazione avviene anche in corrispondenza di discontinuità.

• Non è possibile definire la resistenza meccanica di un ceramico poiché essa dipende dal difetto di dimensione maggiore presente. La sua resistenza sarà data dalla combinazione di un parametro caratteristico del materiale ( $K_{Ic}$  = tenacità a frattura (MPa $\sqrt{m}$ ) e di una variabile, ovvero la dimensione del difetto.

• La conduttività è alta nei metalli per via della mobilità degli elettroni; bassa nei ceramici perché viene trasmessa con onde vibrazionali fononiche; quasi nulla nei materiali organici e polimerici

• Metalli =  $K \sim 20-400 \text{ W/mK}$

Legge di Wiedemann-Franz :  $L = K / \sigma T$   $\sigma =$  conduttività elettrica  
↳ relazione tra conduttività termica ed elettrica

• Ceramici =  $K \sim 2-50 \text{ W/mK}$ , non ho elettroni liberi quindi  $K_e \approx 0$  e la componente fononica è molto bassa a causa delle impurità che rallentano le onde. La "K" diminuisce con la Temp. perché le dispersioni fononiche aumentano. Sono per lo più isolanti, ma quelli che conducono sono tra i migliori.

• Per avere alto K, necessita di forti legami per avere  $\Theta_D$  elevata e quindi scattering dei fononi maggiore ed elevato modulo elastico, strutt. cristallina semplice e simmetrica, pochi difetti.

• L'aumento della resistività termica è inversamente proporzionale alla radice quadrata della taglia dei grani.

• Nel caso di ceramici con alta conducibilità, voglio grani grossi, così minimizzo l'effetto della deviazione fononica dei BCG.

• Polimeri =  $K \sim 0,3 \text{ W/mK}$ , il trasferimento di energia è legato a vibrazioni e rotazioni delle catene molecolari, dipende dal grado di cristallinità, più è alto meglio è, sono isolanti

$K_{\text{metalli}} > K_{\text{ceramici}} > K_{\text{polimeri}}$

TENSIONI TERMICHE: se nel materiale c'è un gradiente termico, la differenza di temperatura porta alla formazione di tensioni interne

• Materiali duttili = tensioni termiche alleviate dalla deformazione plastica  
• Materiali fragili = in essi, poiché non c'è deformazione plastica si ha un'alta probabilità di rottura fragile. Un rapido raffreddamento induce tensioni di trazione (cracks che si propagano più facilmente) ed è peggiore di un rapido riscaldamento, dove ho compressione.

• La Temperatura di un corpo si distribuisce in funzione delle sue dimensioni, della forma, della conduttività e della rapidità di variazione  $T$



Oli multigrado = con tali additivi si è risolto il problema del cambio stagionale del lubrificante

Unto oscuri = favoriscono il realizzarsi di uno strato aderente alla superficie da lubrificare anche nel caso di carichi molto forti

Additivi che abbassano il punto di scorrimento = annullano l'effetto nocivo della presenza di idrocarburi paraffinici che solidificano ad alte T sotto forma di cristalli tabulari e aumentano la viscosità. Consentono di creare cristalli con forme sferiche che favorisce la viscosità.

Marmitta catalitica = per mezzo di un catalizzatore si ottiene l'ossidazione di CO e CH a CO<sub>2</sub> e la riduzione di NOx in N<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. Si vogliono bruciare i primi di piombo. La marmitta catalitica è fatta da un involucro esterno in acciaio inossidabile, da una maglia in acciaio inossidabile che attenua le vibrazioni e dal cuore fatto da un mandrillo ceramico fragile o metallico. I catalizzatori sono presenti tra 2-4 gamma, e sono Pt Pd (catalizza la reazione di ossidazione) e Rh (quella di riduzione). La marmitta cat. per fungere bene necessita di un opportuno rapporto ossi-comburante nel gas di scarico, tale catalizzatore non fatto con la stessa formula (ioni ossigeno vengono condotti sopra 1200°C). Si preferisce un "λ" pari all'incirca ad 1. I sistemi catalitici necessitano di un sistema strutturato per avere meno perdite di carico e per prevenire al fenomeno dell'abrasione interparticellare; vengono realizzati (supporti) con materiali resistenti meccanicamente, a bassa densità, resistenti agli shock termici, compatibili fisico-chimicamente con il catalizzatore e a basso costo. Tali materiali possono essere: Cordierite (Allumina e silice), leghe metalliche refrattarie, Carburo di Silicio (SiC) e allumina o mullite tenacizzate con zirconia.

- I catalizzatori sono materiali che accelerano la velocità di una reazione chimica, favorendone il decorso attraverso vie a energia di attivazione ridotta. Essi sono composti da Cobalt e Principio Attivo. Il Cobalt deve essere più fastidioso e perciò possibile (Silice, Biossido di Titanio, Zeolit, Allumina di transizione)
- Tattamento catalitico gas di scarico: devo abbattere il particolato, che il problema principale, uso troppo per particolato che filtrano i gas di scarico emessi dai motori diesel, trattengono le particelle solide (fretti) ci sono anche troppo con filtro a schiuma ceramica o filtro a fibre o tessuti ceramica, anche il mandrillo a canali ciechi ne è meno utilizzato molto devo abbattere CH e ossidi d'Azoto.