



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1041

DATA: 15/07/2014

A P P U N T I

STUDENTE: Bosio

MATERIA: Scienze e Tecnologie dei Materiali

Prof. Sriano_Vitale

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.**

TIPI DI CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI

- ▷ TIPO DI LEGAME CHIMICO
- ▷ STRUTTURA
- ▷ APPLICAZIONE

CLASSIFICAZIONE IN BASE AL LEGAME CHIMICO

- METALLICO → Materiali Metallici (METALLI)
- IONICO → " Ceramici (Vetri e ossidi)
- COVALENTE → " " Avanzati (diamante, carboni, grafiti)
- VAN DER WAALS → Polimeri

I MATERIALI METALLICI

- COSTITUITI da ATOMI " SONO MATERIALI CRISTALLINI
- VENGONO PREPARATI PER FUSIONE " SOLIDI a T AMBIENTE
- DANNO ORIGINE A LEGHE

Il Legame Metallico

Non c'è un vero e proprio legame, gli elettroni di valenza non sono legati a nessun atomo e formano una "NUBE" o "MARE di ELETTRONI" che fa da schermo tra i vari nuclei a carica \oplus . Non è un legame DIREZIONALE

PROPRIETÀ:

- RIFLETTENZA → La grande energia degli elettroni non permette il passaggio della luce.
- RIGIDEZZA → Legame forte fra i NUCLEI
- CONDUCEBILITÀ
TERMICA e ELETTRICA → Gli elettroni si muovono facilmente nella NUBE

PROPRIETÀ dei METALLI

- NON SONO TRASPARENTI
- DUTILI (si piegano prima di rompersi)
- ALTORESISTENTI
- RESISTENTI A SBALZI TERMICI
- SOGGETTI a CORROSIONE e OSSIDAZIONE
- FACILMENTE LAVORABILI

PROPRIETÀ SOLIDI IONICO - COVALENTE

- INERZIA CHIMICA Non reagiscono perché la loro configurazione è già STABILE
- RIGIDI Più rigidi dei METALLI perché legame è + forte
- DUREZZA Difficili da scalfare
- ALTE T_f di FUSIONE
- SCARSA CONDUCEBILITÀ
- ALTA RESISTIVITÀ

Legami di Van der Waals

Sono interazioni tra dipoli, atomi o molecole;
è un LEGAME FISICO, ovvero NO SCAMBIO di e^- .

Esempio:

Acqua. Essendo O molto + elettronegativo di H gli e^- stanno più tempo vicino al lui provocando una polarizzazione della molecola. Ciò fa sì che le molecole si attraggano con una forza maggiore disponendosi con i poli opposti vicini.

I POLIMERI

Materiali formati da LEGAME COVALENTE + Van der Waals.
Le loro proprietà dipendono da quest'ultimo proprio perché è il più debole.

- costituiti da COMPOSTI ORGANICI (C e H)
- bassa DENSITÀ
- lavorabili meccanicamente
- non conducono calore
- scarsa res. meccanica

Legami misti:

Elementi in cui i legami hanno caratteristiche intermedie.

PROPRIETÀ

▶ MATERIALI CRISTALLINI

- Temperatura di fusione ben definita al di sopra della quale iniziamo a distinguere la parte solida da quella liquida.
- Non TRASPARENTI (per i policristallini)

▶ MATERIALI AMORFI

- Temperatura di Fusione non definita.
Il materiale ha un RANNOIAMENTO progressivo all'aumentare della Temperatura ma non distingue la parte solida da quella liquida (diventa una "PASTA").
- Sono TRASPARENTI

CLASSIFICAZIONE in base al tipo di APPLICAZIONE

Distinguiamo due categorie ma in questo caso un materiale può svolgere in ciascuno o seconda del compito che deve svolgere.

• MATERIALE STRUTTURALE

I materiali hanno il compito di sopportare carichi e/o sollecitazioni.

• MATERIALE FUNZIONALE

Materiali che devono svolgere qualunque compito diverso dal sopportare carichi.

MATERIALI COMPOSITI

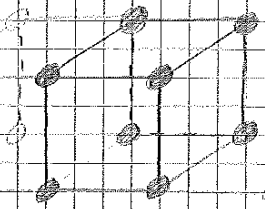
Materiali realizzati unendo 2 materiali diversi allo scopo di avere le buone proprietà dei due in un solo materiale.

Esempi:

- aumento DUREZZA di un metallo → METALLI con RINFORZI CERAMICI

Ricapitolando :

- a, b, c aumentano all'aumentare di T e quando v_i è una sollecitazione dovuta ai carichi.
- a 0K gli atomi sono fermi in equilibrio



← NODO : centro attorno al quale si muove (vibra) l'atomo o lo ione.

← FILARE : direzione lungo la quale si ripetono i NODI a distanze cost.

MATERIALI MONOCRISTALLINI

Atomi / Ioni perfettamente ordinati senza interruzioni.

IL MONOCRISTALLO è una riproduzione MACROSCOPICA delle celle unitarie che lo compongono.

MATERIALI POLICRISTALLINI

Gran parte dei solidi sono costituiti da un aggregato di molti piccoli cristalli (GRANI). In pratica più nuclei di CELLE CRISTALLINE accrescono, ma non essendo le condizioni necessarie vanno a svilupparsi in orientamenti diversi. Il punto di incontro fra i grani è un punto di discontinuità (BORDO del GRANO)

I METALLI

I metalli cristallizzano secondo 2 tipi di celle unitarie :

- CUBICA a CORPO CENTRATO
- " a FACCE CENTRATE

Ciò è legato al fatto che il legame metallico è un legame ADIREZIONALE.

- non c'è restrizione al movimento di atomi e celle loro posizioni

Acciai FERRITICI → struttura CCC, provoca fragilità a T molto basse

Acciai AUSTENITICI → struttura FCC, resistono anche a T molto basse

SPAZI INTERSTIZIALI

Sono gli spazi vuoti tra gli atomi. Si dividono in TETRAEDRICI e OTTAEDRICI

NEI METALLI

gli interstizi permettono la formazione delle leghe:

- Localizzazione di atomi di piccole dimensioni (es. Carbonio) "SOLUZIONI SOLIDE INTERSTIZIALI"
- Sostituzione di atomi con altri di dimensioni simili (es. Cromo). "SOLUZIONI SOLIDE SOSTITUZIONALI".

NEI CERAMICI

I siti interstiziali vengono occupati con dei CATIONI e permettono la creazione delle CERAMICHE con caratteristiche particolari.

INTERSTIZI TETRAEDRICI

Vuoti formati dall'addensamento di 3 sfere su un piano e una sfera sul piano sopra nel centro delle 3 sfere.

I piani \perp alle 4 sfere nello spazio vuoto formano un TETRAEDRO

INTERSTIZI OTTAEDRICI

Vuoti formati dalla sovrapposizione di due siti di sfere sparse.

I piani \perp alle sfere individuano un OTTAEDRO

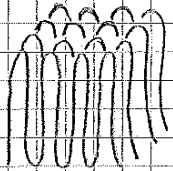
STRUTTURE SEMI-CRISTALLINE

10/3/14

I polimeri sono composti da macromolecole legate da interazioni deboli.

Un NODO CRISTALLINO è quindi formato da un gruppo di atomi.

I Polimeri possono essere AMORFI o PARZIALMENTE CRISTALLINI in genere.



Hanno un ORDINE ma in zone RIDOTTE. L'impacchettamento è RIDOTTO, i parametri di cella elevati \rightarrow bassa densità e una bassa RESISTENZA MECCANICA (dovuta alla presenza dei legami di Van der Waals).

Gran parte dei polimeri sono SEMI-CRISTALLINI ovvero vi sono alternanze di zone CRISTALLINE con altre AMORFE.

DIFETTI RETICOLARI NEI CRISTALLI

- PUNTUALI (interazione singoli atomi)
- LINEARI (" filari di atomi)
- AREA
- VOLUME

Le proprietà dei materiali interessati da questi difetti sono spesso influenzati.

DIFETTO RETICOLARE :

Innanzitutto del RETICOLO CRISTALLINO delle dimensioni di uno o più atomi.

LE SOLUZIONI SOLIDE

Si forma una SOLUZIONE SOLIDA quando, per aggiunta di atomi di soluto nel SOLVENTE:

- viene mantenuta la struttura cristallina del SOLVENTE
- gli atomi di soluto vanno negli interstizi e sostituiscono uno di SOLVENTE
- la soluzione è OMOGENEA ovvero gli atomi di impurezza sono disposti in modo uniforme nel solido.

SOLUZIONI SOLIDE INTERSTIZIALI

- Nei Reticoli Metallici, negli interstizi si inseriscono H, C, N, O .
- Negli Ossidi, metalli di piccolo raggio

L'inserimento di un atomo interstiziale provoca STRESS interno e distorsioni; ogni cristallo può sopportare una quantità limitata di STRESS e distorsioni (LIMITE di SOLUBILITÀ dell'atomo interstiziale).

Quando il soluto è presente in quantità troppo elevata si forma una 2° FASE ovvero un grano di soluto.

Leghe Interstiziali Fe-C (Acciai)

Dopo i $917^{\circ}C$ il Ferro ha struttura FCC dunque ha un maggiore impaccettamento ma gli interstizi ha dimensioni maggiori.

Interstizio centrale ha raggio di $0,052 \text{ nm}$ e il Carbonio ha raggio atomico di circa $0,071 \text{ nm}$.

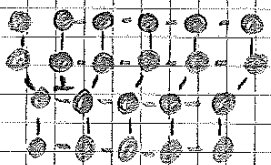
Ciò permette al C di avere una SOLA LIMITE di SOLUBILITÀ pari all' $1,98\%$ in peso.

Le dislocazioni si formano:

- Durante la SOLIDIFICAZIONE
- " " DEFORMAZIONE

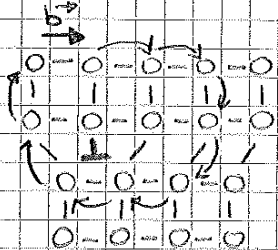
DISLOCAZIONI a SPIGOLLO

In una parte di cristallo è presente un piano di atomi un po' o un mezzo rispetto al reticolo originale,



La LINEA di DISLOCAZIONE individua la separazione tra PARTE SUP e PARTE INF del reticolo deformato.

Vettore di Burgers



È il vettore che caratterizza ampiezza, direzione e verso di spostamento degli atomi attorno alla DISLOCAZIONE.

- 1) Parto da un punto qualsiasi del reticolo
- 2) Mi muovo orizzontalmente (da sx verso dx) di un numero di passi tale da includere la dislocazione
- 3) Mi muovo \perp alla direzione di prima di un numero di passi tale da includere la dislocazione
- 4) Come nel punto 2 solo che direzione opposta e # di passi = al numero fatti in 2
- 5) Come 3, direzione opposta, # passi = punto 3
- 6) Il vettore necessario a chiudere il percorso è il vettore di BURGERS (b^*).

NP Vettore di Burgers e linea di Dislocazione individuano il PIANO di DISLOCAZIONE.

Nelle zone di DISLOCAZIONE si genera una regione di SFORZI di COMPRESSIONE e di TRAZIONE che aumentano

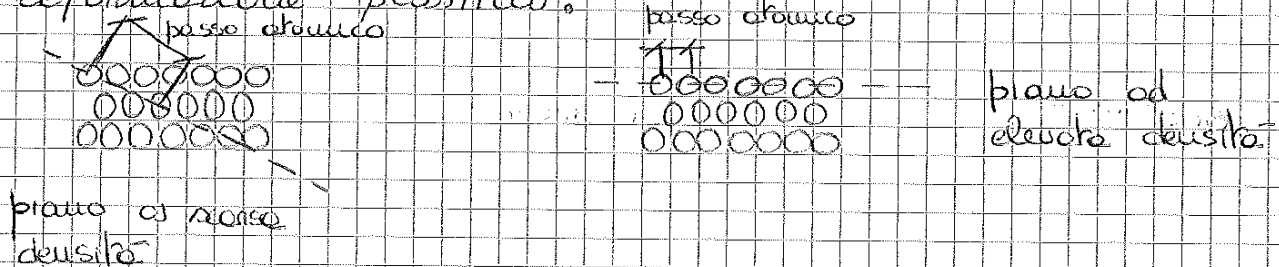
DISLOCAZIONI e PIANI

Lo scorrimento è più facile sui piani e nelle direzioni di massima densità atomica (SISTEMI di SLITTAMENTO) cioè perché il passo atomico è più breve!

- Solidi con struttura CCC hanno un non impaccettamento, non hanno piani di massima densità, ciò non favorisce quindi il moto delle dislocazioni.
- Solidi con struttura CFC hanno un max impaccettamento hanno piani di max densità, ciò favorisce il moto delle dislocazioni.

IN PRATICA :

Se il piano di dislocazione coincide con un piano di max densità, quando il solido è sottoposto ad un carico provoca uno spostamento e quindi una deformazione plastica.



DISLOCAZIONI ↔ RETICOLI

- CCC impaccettamento non massimo, nessun piano di max densità assoluta.

SNERAMENTO AI CARICHI ELEVATI

- CFC impaccettamento massimo, E di un piano di max densità assoluta.

CARICO di SNERAMENTO BASSO

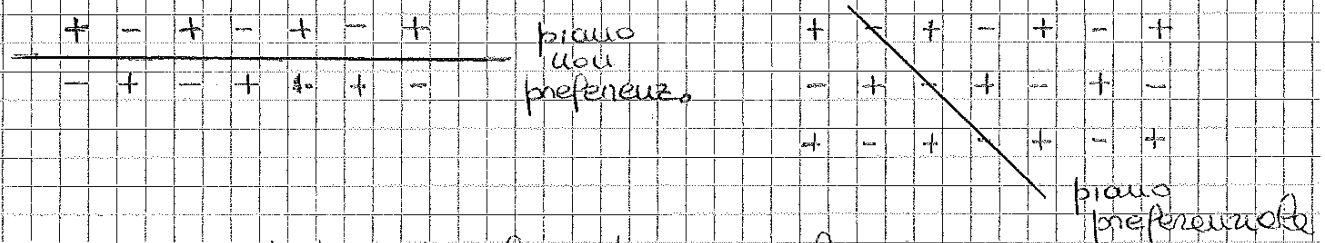
Def. Elastica

Piccoli movimenti atomici, allungamento dei legami ma senza rottura. Cessata la sollecitazione gli atomi tornano nelle posizioni iniziali.

DISLOCAZIONI nei Solidi Ionici

Se lo scorrimento di due piani del cristallo fosse che due ioni di egual segno si trovino vicini le forze che si generano portano alla FRATTURA del CRISTALLO.

Tale piano non è dunque un piano preferenziale per il movimento della dislocazione.



Il numero di piani che danno la possibilità di movimento alle dislocazioni sono molto pochi e ciò spiega perché i materiali ionici sono FRAGILI.

RIEPILOGO: LEGAME CHIMICO ↔ DISLOCAZIONI

SOLIDI IONICI:

Ioni con carica; parametri di cella elevati, scarso impacchettamento, assenza di piani di elevata densità.

Tutto ciò impedisce il movimento delle dislocazioni e quindi la deformazione. → Materiale FRAGILE

SOLIDI METALLICI:

Atomi neutri i cui nuclei sono schermati dalle nuvole di elettroni, elevato impacchettamento; parametri di cella ridotti; presenza di piani con alta densità elevati (max nel CFC).

Tutto ciò permette il moto delle dislocazioni e rende i solidi metallici DUTILI

- ▶ A Temperature elevate si ha uno scioglimento viscoso lungo i bordi di grano che diventano regioni di debolezza.

PROPRIETÀ OTICHE

I BDG influenzano notevolmente le proprietà ottiche e in particolare la trasparenza.

MAT. TRASP:

Materiali in grado di trasmettere la luce con assorbimento e riflessioni molto piccole (OSSIDI, POLIMERI, SOLIDI COVALENTI). Assenza di BDG che deviano la luce trasmessa (ossidi / polimeri vetrosi) tipici di tutti i materiali amorfi perché privi di reticolo e anche dei MONOCRISTALLI.

MAT. OPACO:

Materiali impenetrabili alla luce visibile, hanno un indice di rifrazione alto (i metalli). La presenza di BDG fa sì che anche un molti materiali come ossidi ma POLICRISTALLINI, il materiale non sia trasparente.

DIFETTI di VOLUME: 2° FASE

Si creano quando mettiamo troppo soluto in una SOLUZIONE SOLIDA; si forma una struttura cristallina (GRANO) con composizione chimica diversa dal resto della SOLUZIONE SOLIDA.

DIFETTI MACROSCOPICI

- ▶ PORI → Riducano le proprietà meccaniche, termiche e ottiche
- ▶ CRICCHE di FRACTURA → Riducano le proprietà meccaniche

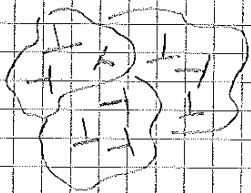
AFFINAMENTO di GRANO

17/3

Un bordo di grano si può considerare come un moltiplicamento di tantissime dislocazioni. La dimensione e l'orientamento dei grani determinano alcune proprietà.

I bordi di grano sono OSTACOLI alle DEFORMAZIONI PLASTICHE a temperatura ambiente.

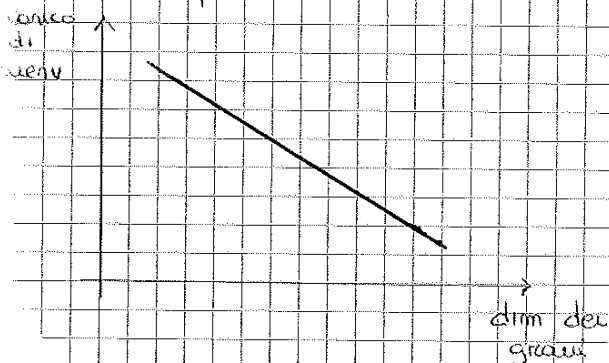
Il # dei Bordi \rightarrow \times il Rafforzamento.



Se i grani sono molto grandi, penso che le dislocazioni giungano ai bordi si ha già una deformazione.

Se invece i grani sono molto piccoli il moto delle dislocazioni è pressoché nullo.

Per affinare i grani si regola la velocità di solidificazione



Per affinare i grani si è

- regola la velocità di solidificazione
- aggiunge nucleanti che aumentano la creazione di nuclei durante la solidificazione

L'affinamento del grano ha il vantaggio di aumentare notevolmente il carico di snervamento ma non ne riduce la capacità di deformazione prima della rottura.

SOLUZIONE SOLIDA

Inserendo nei legami elementi di solito diversi del soluto deformato il reticolo, formazione di zone di richiamo che si oppongono alla deformazione plastica.

Le dislocazioni accumulando i campi tensionali vengono "bloccate".

DIAGRAMMI di STATO

Ci permettono di studiare i PASSAGGI di FASE di un materiale.

Definizioni importanti.

- SOLVENTE : Elemento o Composto presente in maggiore quantità
- SOLUTO : " " " " " " " " minore "
- SOLUZIONE SOLIDA :

Tipologia di lega ottenuta per miscelamento di atomi di soluto nel solvente senza però alterarne la struttura. Distribuzione omogenea delle impurità.

- SISTEMA : Insieme di tutti gli elementi, leghe ecc... che compongono il materiale.

• FASE

Porzione omogenea di sistema con caratteristiche chimiche e fisiche uniformi.

Ogni singola fase si comporta in egual modo in ogni suo punto se sottoposta a sollecitazioni chimiche e fisiche.

FASE

- ▶ Una singola FASE ha egual comportamento in ogni suo punto se sottoposta a sollecitazioni.
- ▶ Può essere costituita da più di un elemento chimico (es. ACQUA LIQUIDA, LEGHE METALLICHE).
- ▶ Un elemento / composto può esistere in più fasi diverse.

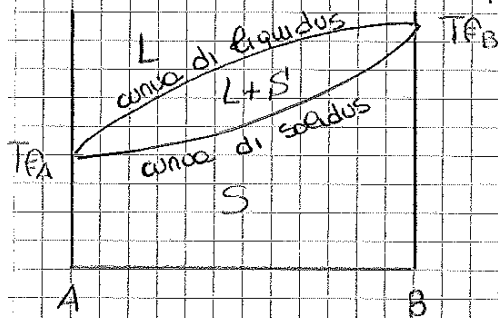
DIAGRAMMI di FASE

Un diagramma di fase è un diagramma nel quale vengono descritte quante e quali fasi di un sistema sono presenti al variare dei parametri intensivi (p ; T) del sistema stesso.

18/3

MISCIBILITÀ ILLIMITATA

Si ha miscibilità illimitata di 2 componenti quando questi sono completamente solubili, l'uno nell'altro sia allo stato liquido sia al quello solido.



T_F = Temperatura di Fusione

- Esempi:
- stato liquido \leftrightarrow Alcool + Acqua
 - " solido \leftrightarrow Cu + Ni
 - Au + Ag

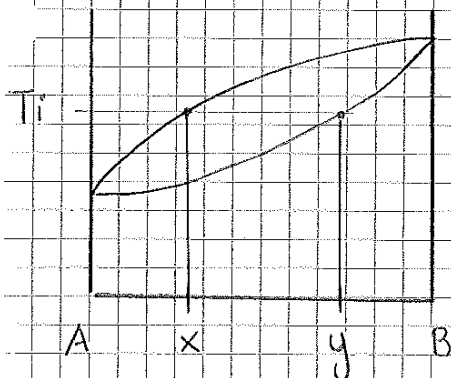
NB

I componenti PURI (A, B) hanno una Temperatura di fusione mentre le leghe no! Hanno un intervallo di fusione in cui si ha la coesistenza di due fasi (L+S) in cui si ha il passaggio progressivo di fase.

NB2

Non dobbiamo confondere l'intervallo di fusione con il RANCOLIMENTO dei materiali amorfi vetrosi! In quei casi non siamo in grado di distinguere le 2 fasi!

COMPOSIZIONE CHIMICA nella zona liquido + Solido

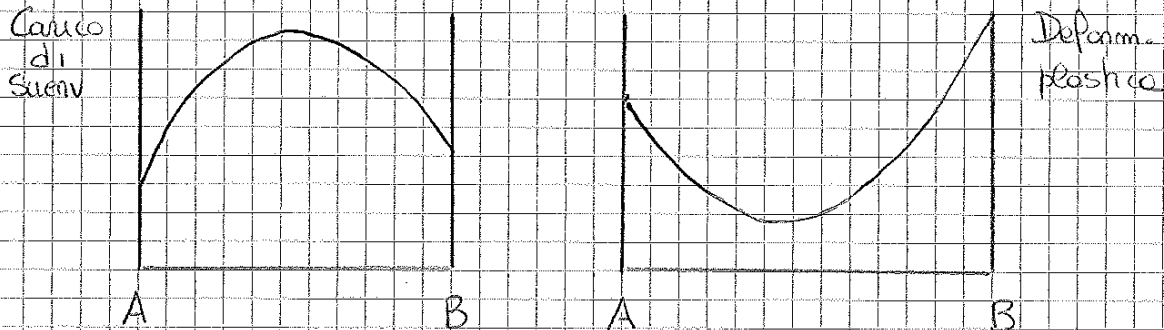


Si usa la regola dell'orzatale

- si traccia una retta orizzontale
- essa interseca le curve di solidus e liquidus
- le ascisse dei due punti corrispondono poi composizione chimica delle due fasi.
- x \rightarrow comp. chimica fase liquido
- y \rightarrow " " " solido

INTERESSE INGEGNERISTICO per la COMPLETE miscibilità

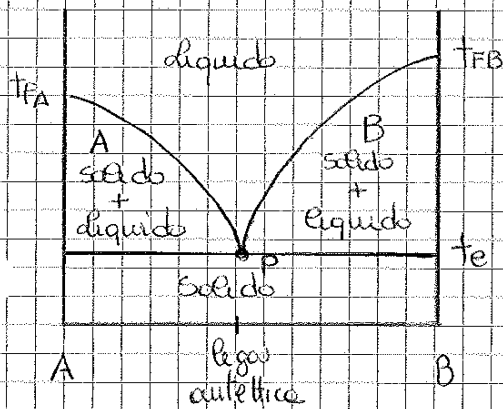
Introducendo atomi sostituzionali in un reticolo cristallino si ha la modulazione della proprietà meccanica



SCUBILITÀ NULLA allo STATO SOLIDO

Due elementi non sono miscibili allo stato solido ma solo in quello liquido.

In pratica durante la solidificazione si formano grani distinti dei due elementi / composti.

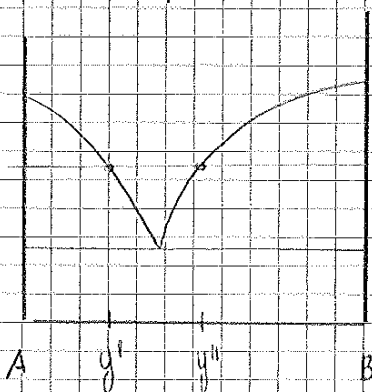


P → Punto Eutettico

Te → Temperatura di fusione di una lega eutettica

La lega eutettica si comporta come un elemento puro e fonde tutta a una certa Te fissata.

Una lega non eutettica alla Te inizia il processo di fusione fino a quando non è completamente fusa.



OSSERVAZIONI

La composizione solida è solo A o solo B a seconda che siamo al sx o al dx della lega eutettica.

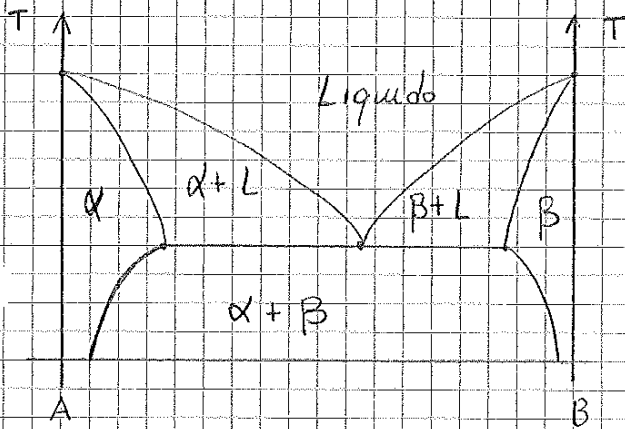
La composizione liquida invece sono y' e y'' . Per la % di fase si usa la regola della LEVA

LIMITE di SOLUBILITÀ

Gli atomi di soluto sono disciolti nel solvente o formano una soluzione solida.

La CURVA LIMITE di SOLUBILITÀ divide la fase unica della zona bifasica in cui si ha formazione di una 2° fase.

SOLUBILITÀ LIMITATA allo STATO SOLIDO



α = lega con struttura di A e atomi di B in posizione interstiziale

β = lega con struttura di B e atomi di A in posizione interstiziale

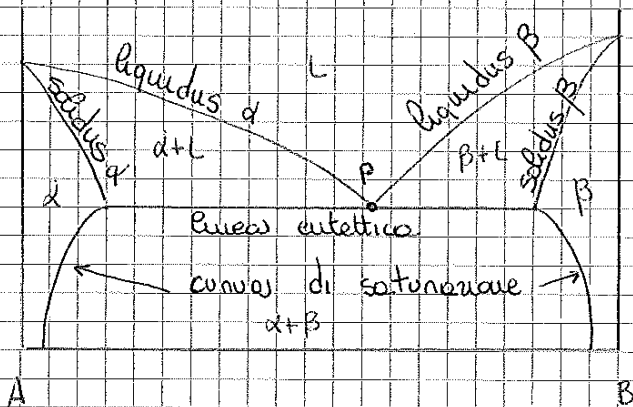
ZONA α → Sistema monofasico, microstruttura a grani di α

ZONA β → " " " " " " " " β

ZONA $\alpha+L$ → Sistema bifasico, fase solida formata dai grani di α e fase liquida

ZONA $\beta+L$ → Sistema bifasico, fase solida formata dai grani di β e fase liquida

ZONA $\alpha+\beta$ → Sistema bifasico con soluzioni solide sia di α che di β .



P = Punto EUTETTICO

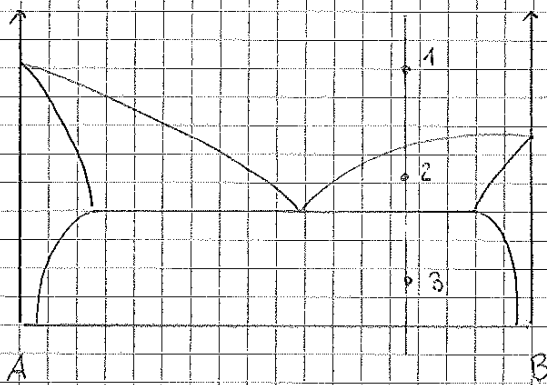
Le composizioni e le % delle fasi si ricavano sempre con le regole viste:

- REGOLA dell'ORIZZONTALE
- REGOLA della LEVA

LEGA EUTETICA

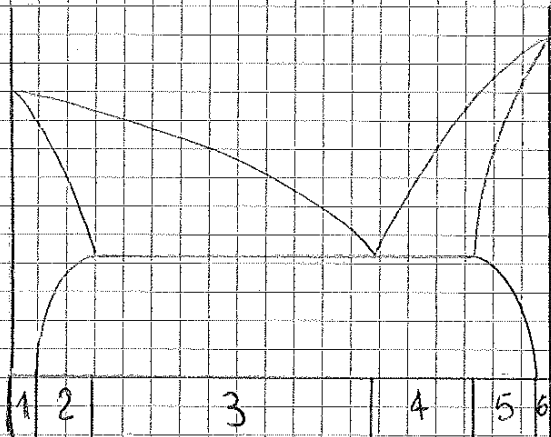
La lega passa da solida a liquida ad una T fissa.
 Microstruttura lamellare alternata α e β .

LEGA IPEREUTETICA



- 1) liquido
- 2) Formazione grani di β
- 3) Grani di β + microstruttura lamellare alternata α e β .

Ricapitolo delle leghe - Diagramma di Fase



① LEGA MONOFASICA

Sono duttili perché hanno un solo sistema di rafforzamento: SOL. SOLIDA

② e ④ LEGHE BIFASICHE

Sono più resistenti perché hanno 2 sistemi di rafforzamento: SOL. SOLIDA + 2° FASE

③ e ⑤ LEGHE IPO/IPER EUTETICHE e LEGA EUTETICA

Sono leghe molto resistenti perché formate con 3 sistemi di rafforzamento:

SOL. SOLIDA + 2° FASE + AFFINAMENTO del GRANO

GLI ACCIAI

Sono leghe Fe-C il cui tenore di carbonio è inferiore al 2%. Le leghe con percentuali di C > 2% sono dette GHISE.

▶ FORME ALLOTROPICHE del Ferro

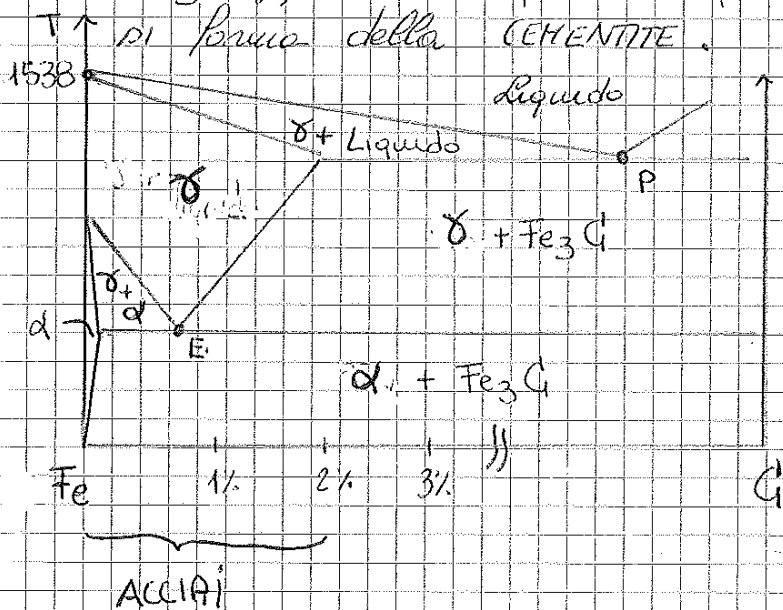
- Fe_{α} (CCC) \rightarrow da T. ambiente a $910^{\circ}C$
- Fe_{γ} (LFC) \rightarrow da $910^{\circ}C$ a $1394^{\circ}C$
- Fe_{δ} (CCC) \rightarrow da $1394^{\circ}C$ a $1538^{\circ}C$

TIPICI di ACCIAIO:

- AUSTENITE \rightarrow struttura del $Fe_{\gamma} + C$ in pos. interstiziale
- FERRITE \rightarrow struttura del $Fe_{\alpha} + C$ in posizione interstiziale
- PERLITE \rightarrow grani di FERRITE + Fe_3C in 2° FASE (struttura eutettoide).

DIAGRAMMA di STATO METASTABILE Fe- Fe_3C

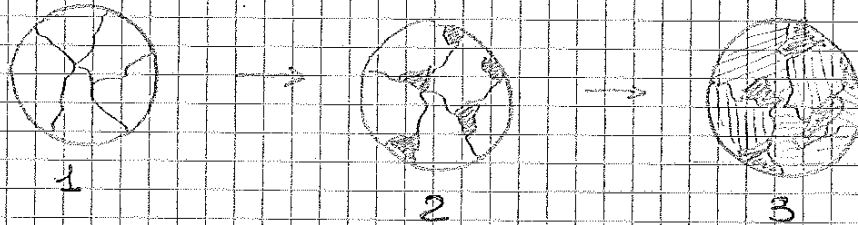
È il diagramma più usato in quanto nelle trasformazioni reali i tempi sono ridotti e la struttura non raggiunge le condizioni di equilibrio termodinamico (in questo caso la 2° FASE dovrebbe essere C_{gr} , grafite, ma i tempi per la sua formazione sono molto lunghi!). Ecco perché quindi al posto della GRAFITE si forma della CEMENTITE.



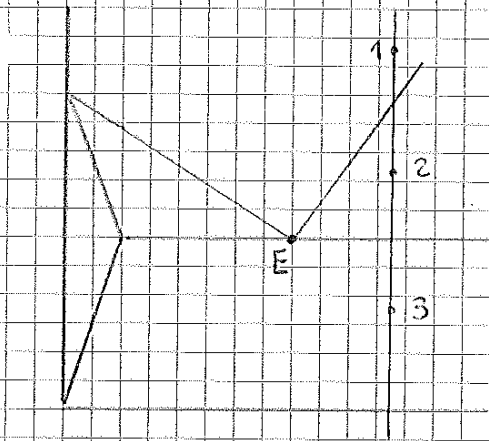
E = Eutettoide
(0,8%, $723^{\circ}C$)

P = Eutettico

I grani di FERRITE hanno una % di C al loro interno davvero minima e che li rende molto simili al ferro e dunque DUTILI ma allo stesso tempo la CEMENTITE che è un CERAMICO li rende resistenti e duri!



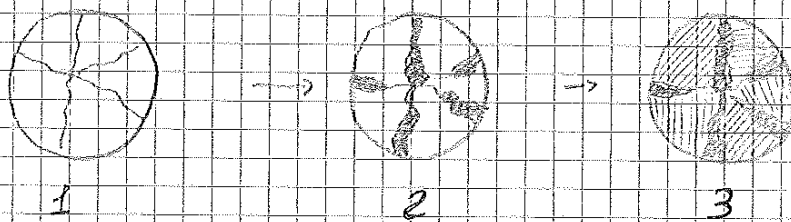
LEGA IPER EUTETTOIDICA



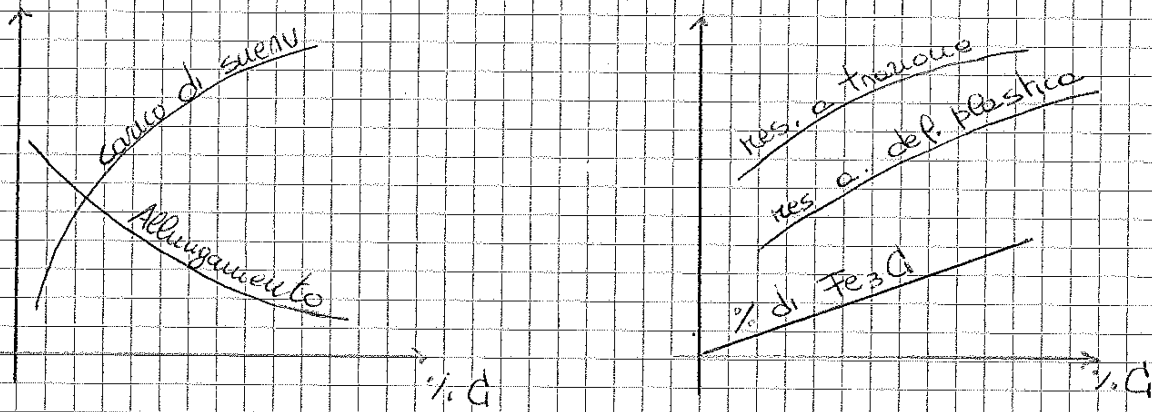
- 1) Acciaio totalmente AUSTENITICO
- 2) Formazione di grani di CEMENTITE a causa della % quantità di C e della trasformazione di alcuni atomi in Fe_α in Fe_γ .
A $723^\circ C$ l'AUSTENITE ha composizione chimica uguale alla lega eutettoidica.

3) Grani di CEMENTITE circondati da PERLITE.

In questo caso è presente un maggior quantità della cementite rispetto alla FERRITE dunque questi acciai sono molto duri ma sono anche FRAGILI!



CORRELAZIONE % C → Proprietà Meccaniche Acciaio



da PERLITE si presenta con MICROSTRUTTURA differente a seconda del processo e dei tempi di raffreddamento a fronte di tenore di C.

- $T_{\text{formazione}} = 655^{\circ}\text{C}$ siamo prossimi all'eutettoide
→ formazione di lamelle spesse
- $T_{\text{formazione}}$ basso si formano lamelle via via più sottili man mano che T_F è più basso

NB Non ci basta dunque sapere il tenore di C di un ACCIAIO per sapere con certezza le sue proprietà! Dobbiamo sapere anche come è stato fatto!

TRATTAMENTI TERMICI degli ACCIAI

► FORMAZIONE di PERLITE GRANULARE

Si porta un acciaio con microstruttura PERLITICA a una T prossima a quella eutettoidica per 18 ÷ 24 h, da perlite si trasformano in SFERITE ovvero non vi sono più lamelle ma bensì sfere! → AUMENTA LA RESISTENZA A TRAZIONE!

è il + simile a quello del DIAGRAMMA di STATO.

È un acciaio con grani di GRANDI dimensioni e dunque deformabile e duttile.

▷ RICOTTURA da OFFICINA

- Riscaldamento l'acciaio a T poco superiore ad A_1
- Raffreddamento lentamente in forno
- Ottergo un materiale parzialmente duttile in grado di sostenere lievi carichi; ho eliminato parte delle tensioni interne e eventuali inclusionsi.

TEMPRA

Ha come scopo quello di ottenere un acciaio durissimo e dunque fragile, viene poi successivamente trattato per ottenere il risultato voluto.

- Riscaldamento l'acciaio a $T >$ di circa $50^\circ C$ al punto A_3
- Raffreddamento brusco in acqua o olio o in soluzione
- Otterremo una struttura a reticolo distorto detta struttura di tempina come ad esempio la MARTENSITE.

NB All'aumentare della % C o se ho "acciai legati" i tempi per il raffreddamento al fine di ottenere una tempina dell'acciaio si allungano !!

▷ Tempina Martensitica Scalare

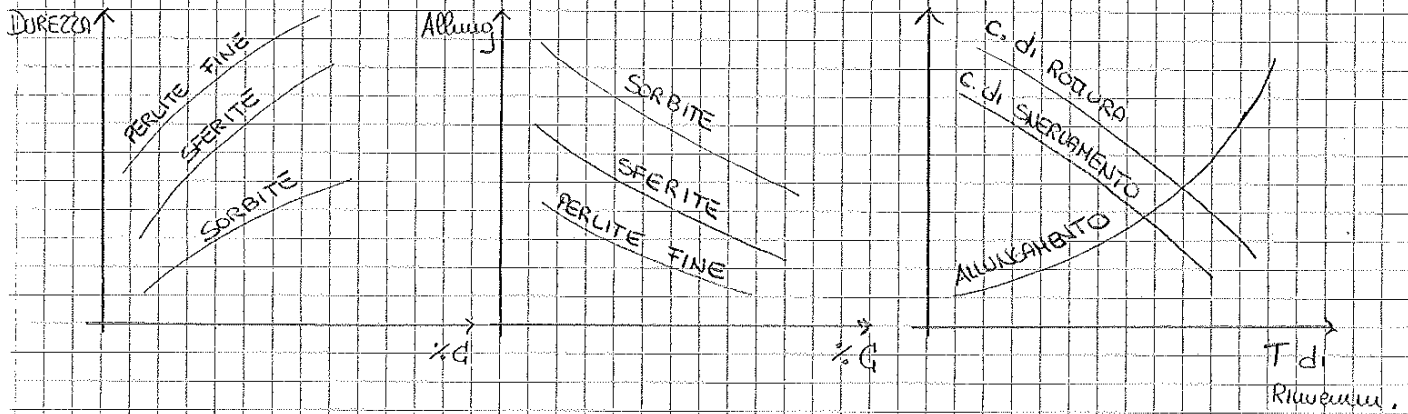
Serve per minimizzare le deformazioni e la formazione di cricche provocate dal raffreddamento non omogeneo.

È necessario conoscere le temperature di formazione MARTENSITICA che è TABULATA!! Non è mutabile sul diagramma di stato.

- Raffreddamento più in prossimità della Temp di formazione martensitica lentamente in modo omogeneo e poi

- $650^{\circ}\text{C} < T < 723^{\circ}\text{C} \rightarrow$ Equivali a una moltura de offina solo che otteugo SFERITE anziché PERLITE.

TEMPERATURA + RINVENIMENTO = BONIFICA



FRAGILITÀ di RINVENIMENTO

Interessa ACCIAI in cui le molè piuvie udi soao molto pure e in particolare contengoo FOSFORO.

- $T_{CRITICA} \approx 575^{\circ}\text{C}$ se ha un raffreddamento lento
- $T_{CRITICA} \in [375^{\circ}\text{C} \div 575^{\circ}\text{C}]$ " " veloce

Si formano carburi tra i gran e essi fanno da "STRADA" per le cricche !!

Per evitare il fenomeno di rinvenimento si effettua velocemente fino a $T_{ambiente}$.

COEFFICIENTE di Poisson

Indica il rapporto tra la riduzione di sezione provocata dall'allungamento e l'allungamento stesso.

$$\nu = \frac{E_{\text{est}}}{E_{\text{asse}}} = \frac{\text{Riduzione di sezione}}{\text{Allungamento del campione}}$$

In tutti i materiali si verifica un aumento di volume in tutti solo in caso di allungamento a volume COSTANTE $\nu = 0,5$.

Nei materiali reali abbiamo che

POLIMERI $\nu \in [0,33 \div 0,50]$

METALLI $\nu \approx 0,33$

CERAMICI $\nu \in [0,17 \div 0,27]$

CALCESTRUZZO $\nu \in [0,15 \div 0,22]$

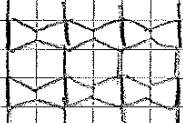
Nessun materiale ha coefficiente di Poisson $> 0,5$.

► CASO $\nu = 0$

La contrazione laterale è nulla ovvero nonostante la trazione il materiale non si assottiglia.
È il caso del SUGHERO.

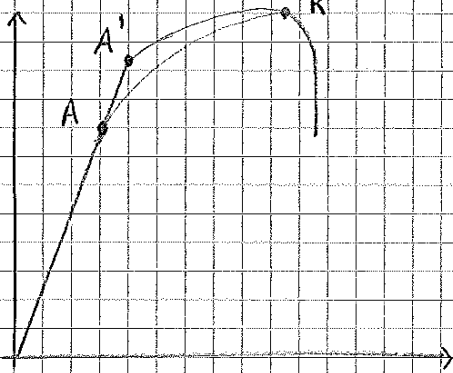
► CASO $\nu < 0$

All'allungamento corrisponde un aumento di sezione.
È tipico dei materiali detti "ACCRETIVI" usati per alcune spugne.



NOTA BENE !!

Il modulo di Young non dipende dalla tecnica di rafforzamento impiegata. La Retta infatti ha sempre la medesima pendenza! Ciò che cambia è il CARICO di SNERVAMENTO!

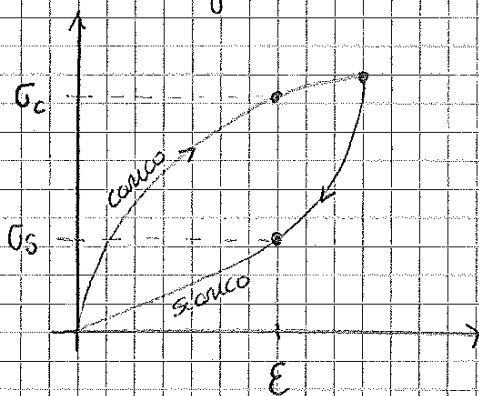


OA = campo elastico acciaio & metallo non rinforzato

OA' = campo elastico materiale rinforzato

OLTRE IL LIMITE di LINEARITÀ

- ▶ **ROTTURA** nei materiali FRAGILI
- ▶ **DEFORMAZIONE PLASTICA** dovuta al moto delle dislocazioni e tipica dei METALLI
- ▶ **DEFORMAZIONE ELASTICA non PIÙ LINEARE**
 È tipica dei materiali ANAELASTICI & VISCOELASTICI (polimeri). È una deformazione reversibile solo che la fase di deformazione e quella di ritorno non seguono la stessa curva.

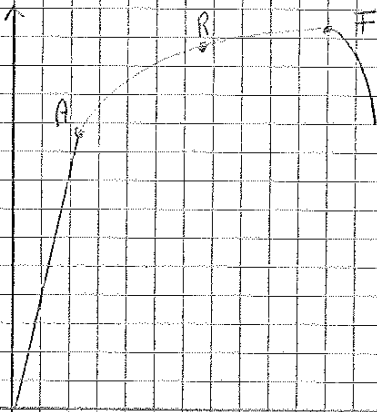


Caricando fino a σ_c provochiamo una deformazione ϵ .

Scaricando prima che la deformazione raggiunga il minimo devo rendere sotto σ_s .

Sono MATERIALI utili per smorzare le vibrazioni, infatti se la vibrazione ha una σ che varia tra σ_c e σ_s il materiale non vibra \rightarrow non trasmette vibrazioni

LA STRIZIONE



R = punto di STRIZIONE

Il fenomeno di strizione si verifica nella zona tra R ed F. Consiste in una concentrazione della deformazione nella zona centrale del provino con conseguente riduzione di sezione al centro e che porta alla rottura.

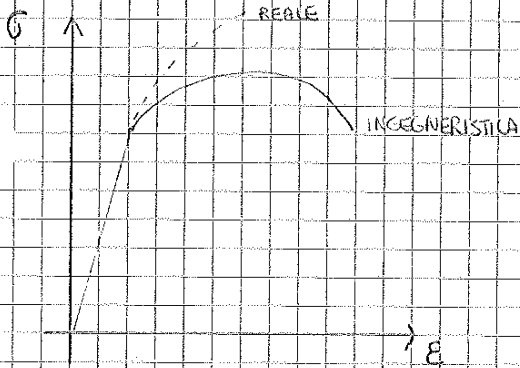
INIZIO

TRATTO AR AP

TRATTO RF AP

In pratica fino ad R la deformazione è distribuita in modo omogeneo su tutto il provino mentre dopo R si concentra nel mezzo!

CURVA di DEFORMAZIONE INGEGNERISTICA



La curva di deformazione ingegneristica è vincolata da un errore sistematico

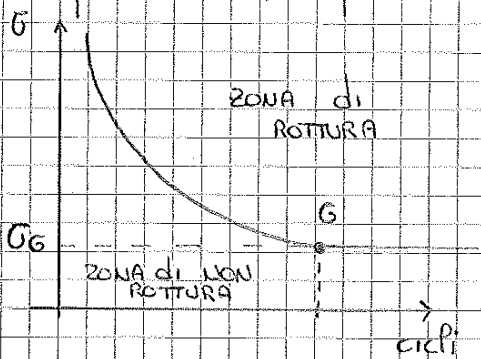
Quando noi consideriamo la tensione che applichiamo supponiamo che la sezione utile si mantenga costante

fino al rottura, in realtà come sappiamo non è così perché il provino si assottiglia allungandosi.

Dunque ecco perché si fanno una curva che cade. Nella realtà se calcolassimo in ogni istante la tensione avremmo una curva che continua ad andare in salita fino a rottura!

LA FATICA dei MATERIALI

Degradazione della resistenza meccanica subito da un materiale quando è sottoposto a sollecitazioni periodiche.



$\sigma_G =$ TENSIONE LIMITE

Se $\sigma < \sigma_G \rightarrow$ VITA FAT. INFINITA

Se $\sigma > \sigma_G \rightarrow$ VITA " LIMITATA

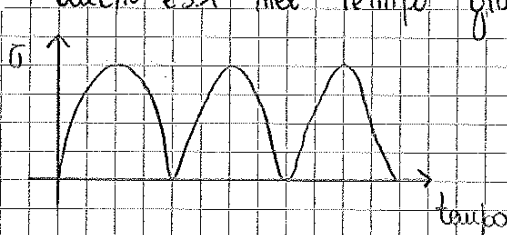
o un certo # di cicli prima della rottura.

Meccanismi delle Fatiche

I materiali presentano delle impurezze, dei difetti micro e macroscopici. Sono proprio quest'ultimi a far sì che quando si carica il materiale tutti gli sforzi si concentrano superando quindi il limite di snervamento.

Poco alla volta dunque le micro fratture si propagano sempre di più fino a quando provoca la rottura.

Nei METALLI come sappiamo si provoca un'incrudimento ogni volta che si supera il carico di snervamento ma anche essi nel tempo giungono al rottura.



Per gli ACCIAI il LIMITE o FATICA σ_G cade nell'intervallo tra il 30% e il 60% del carico a trazione.

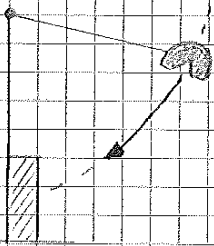
OSSERVAZIONE

Nelle leghe non ferrose come ad esempio l'ALLUMINIO, non vi è un LIMITE o FATICA ovvero la curva continua a scendere senza mai arrestarsi. Dunque non esiste un carico σ al di sotto del quale il materiale ha vita infinita.

Esiste una correlazione tra le due e quindi in alcuni casi è possibile passare da uno all'altro.

PROVA di RESILIENZA/TENACITÀ

La TENACITÀ di un materiale misura quanto energia è in grado di assorbire prima di rompersi.



La prova prevede di far colpire il pendolo da un pendolo provocando la rottura.

Si misura la quota di partenza e quella a cui giungerebbe il pendolo dopo l'urto.

In questo modo si può calcolare l'Energia Potenziale iniziale e finale del pendolo, la loro differenza fornisce la quantità di energia assorbita dal materiale prima di rompersi.

- ▶ Più il PENDOLO si ferma in basso più il MATERIALE è TENACE
- ▶ " " " " " " alto meno " " " " "

Solitamente i materiali plastici sono anche più tenaci perché riescono a assorbire notevole energia che fa muovere le dislocazioni. Nei materiali FRAGILI invece ciò non è possibile!

Comportamento dipendente dalla Temp. di utilizzo

I materiali Metallici e gli Acciai risentono molto della temperatura a cui vengono sottoposti. Ad esempio:

MATERIALE con struttura FCC

Hanno una maggiore compattezza; buona TENACITÀ anche a T ambiente e bassa.

MATERIALE con struttura CCC

Hanno una minore compattezza allora assorbono meno energia perché permettono meno moto alle dislocazioni → minore TENACITÀ specialmente a T basse

connette.

7/5/14

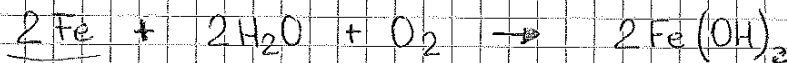
ACCIAI LEGATI O SPECIALI

La microstruttura e le proprietà di un acciaio vengono modificate con l'introduzione di altri elementi. Tra di essi ci sono interessanti gli ACCIAI INOSSIDABILI ottenuti aggiungendo Ni e Cr all'acciaio.

CORROSIONE di un MATERIALE

► CORROSIONE GENERALE

Consiste nel fenomeno di formazione della RUGGINE (idrossido di Ferro) sulla superficie del materiale.



REAZIONE ANODICA

REAZIONE CATTODICA

La CORROSIONE avviene per due motivi:

• TERMODINAMICO

Il sistema dopo l'ossidazione raggiunge una configurazione di equilibrio termodinamico più stabile.

Indichiamo con ΔG la reattività di un materiale e nella tabella dei potenziali di riduzione standard individuiamo

- MATERIALI NOBILI ($\Delta G > 0$) non tendono ad ossidarsi.
- MATERIALI NON NOBILI ($\Delta G < 0$) tendono ad ossidarsi facilmente.
- CINETICO

La velocità di corrosione dipende dalla capacità della specie ossidante di migrare più alle superficie del metallo.

► CORROSIONE LOCALIZZATA INTERGRANULARE

È una corrosione localizzata nel bordo di grano del reticolo cristallino che per effetti tenuici, come ad esempio la saldatura, è molto più sensibile agli attacchi e dunque più tendente a CORRODERSI. Ciò perché la % di Cr non è sufficiente a formare il FILM PROTETTIVO.

CORROSIONE delle ARMATURE nel CALCESTRUZZO

► CORROSIONE o UNICO

Nel CCS c'è dell'acqua in cui sono discolti ioni, e dunque una soluzione di idrossido di potassio e di sodio. Ha un PH che varia tra i 13 e 14 nei cementi Portland e i 12,5 nei cementi di miscela.

Questo dato è molto importante in quanto il FERRO resiste in soluzioni alcaline con $\text{pH} > 11,5$ e in assenza di cloruri, forma un FILM di ossido protettivo in cui si ha una VELOCITÀ di CORROSIONE pressoché NULLA!

Dunque in un CCS correttamente armato non si verifica CORROSIONE dell'armatura metallica!

► Fenomeni che provocano la CORROSIONE

1) CARBONATAZIONE

d'elevata presenza di CO_2 in ambiente, specialmente in alta, può neutralizzare l'alcalinità del CCS portandone il PH a valori < 9 . A questo punto si ha la distruzione del film protettivo e la CORROSIONE del Ferro in maniera uniforme su tutta la superficie.

PREVENZIONE della CORROSIONE nelle ARMATURE

► PROGETTO dell'OPERA :

- prevedere delle zone di ispezione delle armature
- evitare geometrie complesse e spigoli vivi
- evitare il ristagno d'acqua

► SCELTA dei MATERIALI da usare e delle loro protezioni

► eventuale RIVESTIMENTO delle armature in ambienti molto aggressivi

Se tutti i punti vengono rispettati il CA non presenterà problemi di corrosione per tempi di 50-75 anni. In assenza di cloruri anche di 100-120 anni.

GLI ACCIAI INOSSIDABILI

Due acciai al CROMO e CROMO-NICHEL con un tenore di Cr \geq 12%, hanno buone resistenze meccaniche e ottime resistenze alla corrosione da parte di agenti atmosferici e chimici.

Si possiamo suddividere in:

• ACCIAI FERRITICI INOX

Hanno una struttura CCC e presentano delle buone proprietà meccaniche dopo una ricristallizzazione e un raffreddamento rapido \rightarrow migliore ridistribuzione dei carburi e dimensioni dei grani minori.

• ACCIAI INOX AUSTENITICI

Hanno una struttura FCC ottenibile solo con la presenza di una buona quantità di Nichel.

• ACCIAI INOX MARTENSITICI

Due acciai bonificabili mediante movimento ma non possono contenere molto CROMO \rightarrow minima resistenza alla corrosione.

Nomenclatura

Si usano sigle con LETTERA - NUMERO dove tra le lettere abbiamo:

- B: acciai per c/s armato
- Y: " " " precompresso
- S: " " strutture metalliche

Il numero che segue indica la TENSIONE di SNERAMENTO MINIMO.

Acciai di Base

Il livello minimo di snervamento è ottenuto attraverso l'analisi chimica e comunque il tenore di carbonio è piuttosto elevato (0,40% - 0,60%).

La LAMINAZIONE al CALDO

L'acciaio viene portato alla temperatura di max plasticità allo interno di forni, successivamente viene fatto passare attraverso dei rulli che lo deformano plasticamente e lo riducono con la forma voluta.

Durante questo processo otteniamo anche un indurimento del materiale dovuto all'incrudimento provocato dalla deformazione plastica.

Acciai di Qualità

Oggi tutti i forni per armature necessari per armare il c/s sono acciai di qualità !!

► Trattamenti Termici per acciai di qualità

La laminazione dell'acciaio è seguita da un raffreddamento controllato, infatti subito dopo la laminazione ($T = 1100^{\circ}\text{C} - 1200^{\circ}\text{C}$) le barre d'acciaio vengono fatte investire da un getto d'acqua in pressione in modo da raffreddare velocemente l'esterno mentre il cuore rimane ancora caldo.

► ACCIAIO NERVATO

► B450 (acciaio laminato a caldo)

- Requisiti di Resistenza:

carico di snervamento $\approx 450 \text{ MPa}$

carico di rottura $\approx 540 \text{ MPa}$

- Requisiti di duttilità:

deformazione minima max a rottura pari al 7,5%

prova di piegatura a 90° e raddrizzamento senza danni e l'unico acciaio ammesso in zona sismica

- Requisiti di saldabilità:

Composizione controllata con $C < 0,22\%$, $Ped S < 0,005\%$

Processo di Saldatura

Processo in una zona molto localizzata un evento molto simile alla tempra in quanto lo stato termico e il rapido raffreddamento provocano la formazione di HARTENITE in quella zona \rightarrow se le $\% C$ fossero troppo elevate si formerebbe un materiale troppo duro e fragile e in quella zona si avrebbe facilmente la rottura!

ACCIAI PER IL CLS PRECOMPRESSO

Sono acciai che appartengono alla categoria degli ACCIAI ARMONICI ovvero sono ACCIAI con un elevato tenore di Carbonio e dosi di Silicio. ($C \approx 0,6\% \div 0,9\%$), quindi particolarmente duri e con limite elastico molto elevato !!

Requisiti Meccanici:

Carico di snervamento molto elevato: fra i 1000 e 1800 MPa

Requisiti di Composizione:

Carbonio max = 0,9%

Presenti tracce di Mn, Cr, Mo, V

Non sono saldabili ($C \%$ troppo elevate!)

ACCIAI PER STRUTTURE METALLICHE

Sono laminati a caldo e devono soddisfare:

- REQUISITI di SALDABILITÀ
- " di RESILIENZA in funzione della TEMPERATURA
- " di RESISTENZA alla corrosione

ACCIAI COR-TEN

Acciaio che contiene piccole % di Cu, P, Cr che lo rendono più resistente a corrosione atmosferica \Rightarrow Formazione di Ruggine Protettiva.

ACCIAI INOSSIDABILI

Costo \pm 10 volte superiore all'acciaio da costruzione.
In edilizia lo troviamo in forma:

• AUSTENITICA

- No trattamenti termici, elevata finitura superficiale
- Basse prestazioni meccaniche ($\sigma_s = 250$ MPa)
- Otteniamo alte prestazioni meccaniche se inaciditi, trattati o laminati

• FERRITICA

- Più economici ma meno saldevoli e resistenti a corrosione

• DUPLEX

Austenitico - Ferritico: ottime proprietà ma alti costi!

CALCOLO STATISTICO della RESISTENZA CARATTERISTICA

a) COMPRESSIONE

La resistenza caratteristica del CCS a compressione (N/mm^2) è definita come la resistenza a compressione media al di sotto della quale vi è al massimo il 5% di probabilità di trovare provini difettosi con σ superiore a quella CARATTERISTICA.

abitualmente i valori di σ variano tra gli 8 e 10 N/mm^2

Esempio:

10 provini ciascuno fornisce un suo σ di ROTTURA

$$\sigma_{\text{medio}} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \sigma_i$$

$$SQM = \left[\frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (\sigma_{\text{medio}} - \sigma_i)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma_{\text{caratt}} = \sigma_{\text{med}} - 1,64 \cdot SQM$$

LA CAPACITÀ TERMICA (C)

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \left[\frac{J}{K} \right]$$

Indica quanto un corpo sia capace di assorbire energia che gli viene fornita.

Si misura come il rapporto tra energia fornita e variazione di Temperatura del corpo.

IL CALORE SPECIFICO (c)

Rappresenta la Capacità termica di una Massa unitaria si misura in:

$$\left[\frac{J}{K \text{ kg}} \right]$$

NB Il Calore specifico non dipende dal TIPO di LEGAME o dalla STRUTTURA dell'elemento!

Dipende unicamente dal PESO ATOMICO!

Dividendo il Calore specifico per il peso atomico dell'elemento si ricava il CALORE ATOMICO o MOLARE.

È un valore costante che nei solidi è pari a circa 25 J. Esso rappresenta la quantità di energia necessaria al far aumentare di un grado la temperatura di una mole di elemento.

Quindi:

In 1kg di Alluminio ci sono molte più moli di Al rispetto alle moli di Pb in 1kg di Piombo.

Ci sono circa 8 volte le moli di Pb ecco dunque spiegato perché 1kg di alluminio assorbe molte più energia di 1kg di Piombo.

attuati. Un METALLO con elevata CONDUCEBILITÀ TERMICA deve essere:

- PURO
- SENZA DIFETTI RETICOLARI
- GRANI MOLTO GRANDI

Notiamo dunque una incompatibilità piuttosto marcata tra METALLI PER CONDUZIONE e METALLI STRUTTURALI in cui si hanno LEGHE, con GRANI FINI, INCRUDITI, con eventuali SECONDE FASI ecc...

Considerazioni CONDUCEBILITÀ TERMICA - CERAMICI

Di per se il moto dei FONONI è molto meno efficiente del moto degli elettroni, dunque di per se i CERAMICI si possono considerare degli ISOLANTI.

Gli unici ceramici in grado di produrre buoni ad elevata energia e dunque di essere conduttori sono i DIAMANTI in quanto, sono totalmente in CARBONIO, hanno una elevata compattazione reticolare ma allo stesso tempo una bassa densità dovuta al basso peso atomico del C.

I VETRI:

Hanno una conducibilità inferiore ai ceramici, ciò è dovuto alla struttura amorfa del reticolo che impedisce la propagazione dei FONONI.

MATERIALI CERAMICI POROSI

Hanno una bassa conducibilità termica grazie all'aria contenuta nei pori, ciò li rende dei buoni ISOLANTI TERMICI. Ovviamente la presenza di pori riduce le proprietà meccaniche dell'oggetto dunque proprio come per i metalli si verifica una incompatibilità tra materiale isolante ceramico e ceramico strutturale. Occorre dunque trovare sempre il giusto compromesso.

all' interno del loro pari.

CONDUCIBILITÀ TERMICA DICHIARATA & UTILE

Indica il valore di q di un prodotto a 25 anni di servizio, riferito al 90% della produzione con il 90% di confidenza misurato a 10°C

RESISTENZA TERMICA DICHIARATA & UTILE

Descrive il rapporto tra lo spessore di materiale usato e la sua conducibilità termica utile.

$R = \frac{S}{q_0}$ Tanto più R è elevato tanto più lo strato si oppone al flusso di calore.

DILATAZIONE TERMICA

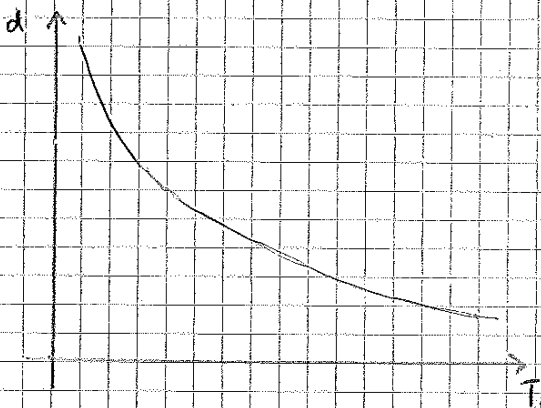
4/6

Generalmente tutti i solidi si espandono se scaldati e si contraggono se raffreddati.

α = COEFFICIENTE di DILATAZIONE TERMICA

A seconda del tipo di legame α assume valori ben diversi:

- CERAMICI $\alpha \in [0,5; 15] \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
- METALLI $\alpha \in [5; 25] \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
- POLIMERI $\alpha \in [50; 400] \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$



Quanto più Temp. di Fusione così come α dipende dalla forza di legame si può notare che all'aumentare della T_f , α diventa sempre più piccolo!

CARICHE NEI POLIMERI

Se ne possono usare sino allo 80%. Tra di essi troviamo:

• RIEKPITIVI

Il suo elemento il cui scopo è quello di ridurre la quantità di monomeri da usare riducendo così i costi del POLIMERO.

• ADDITIVI

Hanno lo scopo di modificare le proprietà del materiale come ad esempio la RESISTENZA TERMICA, la STABILITÀ DIMENSIONALE, il COLORE e la RESISTENZA all' ABRASIONE. Tra gli additivi più usati:

- RINFORZANTI → aumento delle proprietà meccaniche
- ANTIOSSIDANTI → migliorano la stabilità
- LUBRIFICANTI → migliorano la lavorabilità
- COLORANTI → modificano aspetto estetico.

Vantaggi nell' uso di Polimeri

- Basso densità ed elevato rapporto RES. MECCANICA/PESO
- Buona trasparenza e ottima resistenza all'unto
- Ottima lavorabilità e formabilità
- Impermeabili e resistenti ai attacchi degli agenti atmosferici
- Semplice manutenzione
- Possibilità di colorazione
- Modesta conducibilità termica
- Isolanti elettrici
- Buona adesività

▷ COPOLIMERI

sono formati da una successione alternata di due o più monomeri.

I TERMOPLASTICI

Le loro caratteristiche provengono da:

- composizione chimica dell'UNITÀ RIPRODUTTIVA

Partendo dal Polietilene notiamo che sostituendo agli atomi di H atomi con elettronegatività maggiore si generano delle forze di Van der Waals più forti tra le catene nonché si va ad influire sul numero di catene laterali.

Se al posto di un atomo inseriamo un gruppo sostituito avremo che tanto più il gruppo è ingombrante tanto più avremo:

- CATENE IRREGOLARI
- DIFFICOLTÀ NELLA CRISTALLIZZAZIONE del POLIMERO
- AUMENTO di RIGIDEZZA
- AUMENTO della TEMPERATURA di RANFOLLIMENTO

- Lunghezza media della CATENA e peso molecolare

Si determina una lunghezza e un peso molecolare medi in quanto non tutte le catene avranno la medesima lunghezza e dunque il peso può variare un poco.

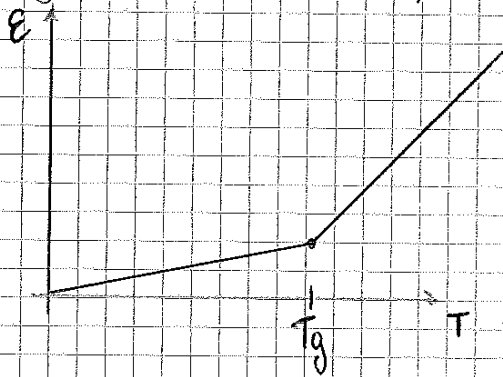
Il GRADO di POLIMERIZZAZIONE indica il numero di monomeri costituenti il polimero ovvero il # di unità ripetitive che compongono una catena:

- Maggiore è il GRADO $\left\{ \begin{array}{l} > \text{è il peso molecolare} \\ > \text{è la Temp di Fusione} \\ > \text{'' '' Res. meccanica} \end{array} \right.$

- Polimeri Atattici quando non c'è un ordine preciso
- Temperatura di Transizione Vetrosa

È la temperatura al di sopra della quale non ci sono più le forze di Van der Waals.

Sostanzialmente la T_g indica un punto sul grafico delle deformazioni in cui proprio a causa



della scomparsa delle forze interne si ha un cambio di modulo di deformazione elastico.

- Se $T > T_g$ il Polimero è deformabile e stampabile in campo plastico.
- Se $T < T_g$ il Polimero non è deformabile e lavorabile perché avere natura fragile.

Spesso si usano additivi detti PASTIFICANTI che abbassano la T_g di un materiale in modo che abbia buone res meccaniche anche a T ambiente.

Hanno un carico di rottura $>$ dei vetri. Il processo di orientamento delle catene consuma molta energia e dunque tale energia viene restituita alla carica, ciò fa sì che se il carico non è troppo elevato, la carica rimane permanente.

► TERMOPLASTICI DUTTI

Sono tutti i termoplastici che si trovano ad una $T < T_g$, è possibile ottenere una notevole deformazione perché oltre alla modifica degli angoli di legame, l'assenza dei legami deboli, permette anche lo spostamento delle catene polimeriche.

► TERMOPLASTICI CON STIRO A FREDDO

Sono materiali termoplastici in cui oltre a modifica degli angoli e spostamento delle catene si ha anche lo scarramento delle catene. Tale scarramento avviene al legame di Van der Waals rendendoli più farti.

POLIMERI TERMOINDURENTI

Sono polimeri in cui i legami tra catene sono di tipo COVALENTE. Sono delle RESINE, non ramificatiscono e sublimano quando giungono alla Temperatura di Sublimazione.

Hanno una Reticolazione elevata da cui ottengono una resistenza termica e meccanica molto più elevate dei termoplastici.

▶ ADESIVI PER IL LEGNO

Si usa la resina UREA-FORMALDEIDE che garantisce una presa perfetta. Il problema è che è una resina tossica.

▶ LE VERNICI

Distinguiamo due tipi di vernici:

• VERNICI EFFETTO BARRIERA

Formano uno o più strati (film) protettivi che fanno da scudo al materiale sottostante. Se vengono perso scalfite o danneggiate la barriera in quel punto non c'è più e il materiale si degrada!

• VERNICI CON PIGMENTI ATTIVI

Contengono una carica di zinco che provoca una funzione anodica. In pratica se proprio deve avere un ruolo il fenomeno corrosivo, lo zinco il quale ossidandosi non permette lo sviluppo del degrado. Il metallo sotto diviene catodico mentre lo zinco diviene anodico.

▶ I SIGILLANTI

Hanno il compito di riempire eventuali vuoti tra materiali come ad esempio tra pannelli di isolante; devono possedere un'elevata elasticità per non staccarsi e devono comunque avere un'elevata resistenza a compressione.

- Riciclabili

Svantaggi:

- Più costosi
- Devono potersi espandere e contrarre
- Sono infiammabili
- Passano reagire con il CS

▶ Soli idrati

▶ Eutettrici

Sono miscele di sostanze organiche (legni grossi) o inorganiche che avendo la composizione eutettica hanno una temperatura di fusione inferiore ai materiali di cui è composta.

▶ MATERIALI LEGANTI

- MATERIALI di ORIGINE VEGETALE
 - FIBRA di LEGNO
 - SUGHERO
 - FIBRA di CELLULOSA
- MATERIALI di ORIGINE MINERALE
 - FIBRA di VETRO
 - FIBRA di ROCCIA
 - VETRO CELLULARE
- MATERIALI di ORIGINE SINTETICA
 - POLISTIRENE
 - POLIESTERE
 - POLIURETANO

▶ PANNELLI di FIBRA di LEGNO

Il legno è trattato con solfato di alluminio.
È molto permeabile a causa della struttura porosa.
Se vogliamo rendere impermeabile si usa un impermeabilizzante tipo bitume che occupa le

◦ ESPANSO → cella aperte, grandi. Ha un μ piccolo dunque è particolarmente traspirante ed ha funzione di ISOLANTE dal FREDDO.

▶ PANNELLI IN POLIURETANO

È un materiale molto versatile formato da spazi vuoti interni in cui è contenuto del gas che conferisce le proprietà isolanti. Il gas è tossico!

Molto dannoso in caso di incendio che ne provoca la combustione

▶ PANNELLI IN POLIESTERE

È un isolante termico e acustico dalle ottime proprietà.

▶ PANNELLI IN FIBRA DI VETRO

Proviene dal riciclo del vetro. È un isolante sia dal caldo sia dal freddo, nonché un ottimo FONOISOLANTE. Ha un'elevata stabilità dimensionale nonché è al prova di incendio (INCOMBUSTIBILE).

▶ PANNELLI IN FIBRA DI ROCCIA

Isolante acustico e termico (dal caldo e dal freddo) derivato da rocce magmatiche.

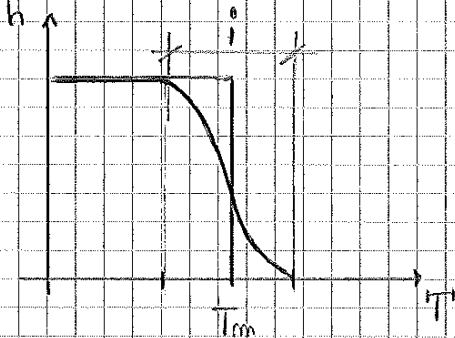
▶ VETRO CELLULARE

Si ottiene riciclando il vetro, portandolo a fusione a 1400°C in cui si insuffla all'interno del contenitore che una volta a contatto con aria brucia. Lasciando un prodotto finale che è una schiuma che garantisce un ottimo isolamento anche quando l'umidità è molto elevata.

T_m = Temperature di Fusione

T_g = " " " Transizione Vetrosa

Raffreddamento



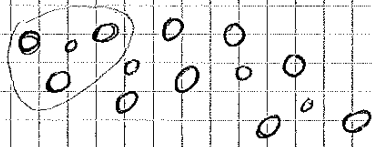
i = intervallo di tempo in cui meso si modellano il materiale

■ Mat. Cristallino

■ Mat. Vetroso

STRUTTURA dei VETRI

SILICE VETROSA



Si ottiene per raffreddamento di silice fusa e l'unità costruttiva è il TETRAEDRO SILICEO

Aveendo angoli diversi in ciascun tetraedro, non si spaccano tutti i legami con lo stesso energia.

I VETRIFICANTI & FORMATORI di NETWORK

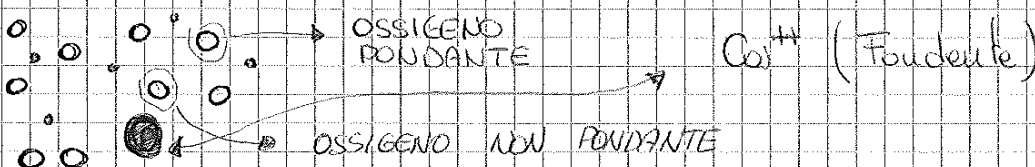
Sono sostanze in grado di assumere struttura vetrosa; costituiscono i reticoli amorfi.

Esempi: silice (SiO_2), ossido boro, fosforo, germanio

I FONDENTI & MODIFICATORI di RETICOLO

Di per se non sono in grado di vetrificare, hanno però funzione di abbassare la temperatura di "fusione" del vetrificante.

Essi provocano una interruzione del reticolo amorfo del vetrificante, sono debolmente legati ad esso e quindi relativamente liberi di muoversi.

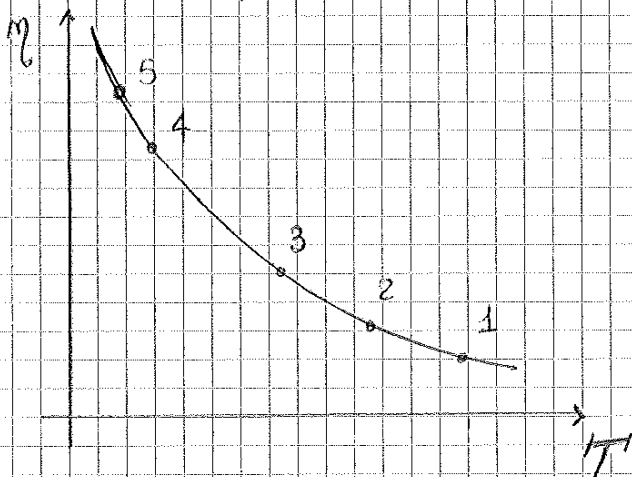


Viscosità

Resistenza di un materiale amorfo allo scorrimento in risposta ad una sollecitazione meccanica applicata tangenzialmente (\parallel alla superficie).

La velocità di deformazione è di tipo di sforzo.

Punti importanti nei vetri



1) PUNTO di FUSIONE

Dal qst punto in poi ($T > T_1$) si può considerare il vetro come un liquido.

2) PUNTO di LAVORAZIONE

Vetro localmente deformabile e lavorabile

3) PUNTO di RANFOLLIMENTO

Massima temperatura a cui si può maneggiare il vetro senza deformarlo

4) PUNTO di RICOTTURA

Diffusione atomica è sufficiente ad eliminare le tensioni residue in 15 minuti

5) PUNTO di DEFORMAZIONE

A Temperature inferiori si ha la FRACTURA FRAGILE prima della deformazione.

PROPAGAZIONE delle CRICCHE

Durante la propagazione una cricca diviene sempre più lunga (a aumenta); essa diviene semi-stabile.

Quando a causa di uno sforzo raggiunge una a di lunghezza tale da renderla instabile si ha la FRATTURA del MATERIALE (FRATTURA di SCHIANTO tipica dei ceramici).

► Nei METALLI

Qui la presenza del legame metallico fa sì che quando la σ_m è elevata all'apice della cricca essa provoca una deformazione dell'apice che si modifica passando a un σ_f maggiore, riducendo così σ_m e il rischio di rottura.

► Nei CERAMICI

La deformazione plastica non è possibile.

$$\sigma_m = 2\sigma_0 \left(\frac{a}{\rho} \right)^{1/2} \quad K_t = \frac{\sigma_m}{\sigma_0} = 2 \left(\frac{a}{\rho} \right)^{1/2}$$

K_t = FATTORE di CONCENTRAZIONE degli SFORZI

SCOPPO INGEGNERE

Il nostro obiettivo è, una volta noto il materiale, le sue caratteristiche geometriche e la quantità di difetti interni, determinare il valore " σ_{MAX} " al quale si ha la FRATTURA FRAGILE.

TEORIA di GRIFFITH

Considera il fatto che durante la propagazione di una CRICCA il materiale:

► CEDE ENERGIA ELASTICA dovuta alla deformazione

► ASSORBE ENERGIA SUPERFICIALE per la creazione di nuova superficie della CRICCA.

$$\sigma = \frac{E \cdot \alpha \cdot \Delta T}{2(1-\delta)}$$

$E \rightarrow$ Modulo di Young = 73 GPa

$\alpha \rightarrow$ coeff di esp. termica

$\delta \rightarrow$ fattore geometrico del vetro

TSR \rightarrow Resistenza allo SHOCK TERMICO

Un materiale ceramico e vetroso non resiste agli shock termici, ciò perché è un cattivo conduttore e non riesce quindi a dissipare in fretta l'energia.

A volte se il ΔT non è elevato il materiale non ESPLODE ma al suo interno si propagano esponenzialmente le cricche e ciò fa sì che le loro lunghezze sia maggiore e quindi le loro σ_c^r e σ_c^i siano molto diverse !!

Per aumentare il TSR di un materiale si gioca sul coefficiente α .

$$TSR \approx \frac{K \cdot \sigma_c}{E \cdot \alpha}$$

se $\alpha \gg \gg \rightarrow$ TSR \ll

Proprietà ottiche

TRASPARENZA (γ): Proprietà ottica dei vetri che consiste nella capacità di trasmettere le radiazioni visibili che li irradia.

INDICE di RIFRAZIONE (m): Rapporto tra la velocità di propagazione delle onde nel mezzo rispetto alla loro velocità nel vuoto.

$$m = \frac{v}{c}$$