



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO : 471

DATA : 18/02/2013

A P P U N T I

STUDENTE : Bruno

MATERIA : Materiali per l'Industria Meccanica

Prof. Scavino

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.**

MATERIALI PER L'INDUSTRIA MECCANICA

04/10/12

Scavino + Matteis

giorgio.scavino@polito.it

pablo.matteis@polito.it

011-0904675

011-0904711

Walter Nicodemi, Metallurgia (2 volumi), Zanichelli editrice

ESAME: grande esonero scritto alla fine del corso

La deformaz^o del proino dip dalla vel di applicaz^o del carico

05/10/12 SCAVINO

Mat metallica → mat cristallini (= gli atomi su disposti in modo geometricamente definito nello spazio)

↓

è molto impiegato in ambito mecc grazie al suo rapporto costo-benefici

→ cubico → ...
→ tetragonale
→ esagonale

Il legame metallico è la causa del comportamento dei mat è a cavallo tra il legame ionico (permette la cessione di e⁻) e il legame covalente ⇒ nel legame metallico c'è la mobilità di e⁻ che è basilare e caratterizza l'impiego

Ci sono delle dislocaz^o all'interno del reticolo

Il reticolo è perfetto se gli atomi si trovano tutti in quelle posizioni, MA i reticoli non sono perfetti (se fossero perfetti i mat sarebbero inutilizzabili perché il mat avrebbe la resistenza elevatissima). Anche il vetro ha la resistenza elevata, ma è fragile

①

Valore sperimentale (l'ordine di grandezza è 100MPa)
 Il Fe NN \exists , quello che comunemente si chiama Fe, è acciaio (acciaio extra dolce o a bassissimo tenore di C)

L'imp su le leghe: mat metallico con delle caratteristiche metalliche.

Dell'acciaio il valore del ferro puro trovato e su γ di quello \times deformare ferro purissimo \approx 10MPa, altrimenti \times gli altri mat è - (2-3MPa)

L'acciaio è 1 ferrolega in cui l'el caratterizzante è il carbonio.

Ghisa: lega a base ferro

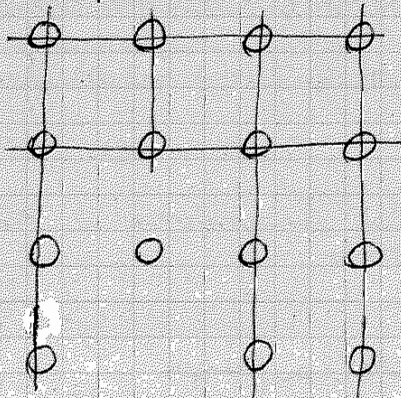
Ghisa $> 2\%$ e acciaio $< 2\%$ variano \times il tenore di C

La \neq tra il dato teorico e quello sperimentale è che si considera in quello " 1 reticolo perfetto

La \neq tra valori teorici e pratici ha fatto sì che \times trovare 1 spiegar^o forse ipotizzata la presenza di difetti che potessero essere alla base di tale \neq . Si è

poi rilevata sperimentalmente la presenza delle dislocas^o

Le dislocas^o su 1 difetto che consiste nella mancanza di 1 semipiano

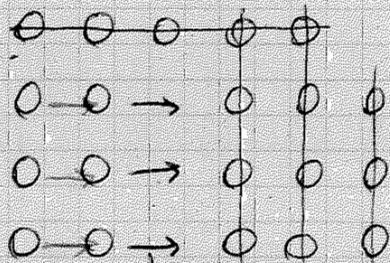


Reticolo perfetto in cui gli atomi su presenti nella loro collocas^o

} dislocas^o

Meccanismo della piega: creo 1 onda e la faccio camminare
 x il tappeto (spiega xché $\tau_{teorica} > \tau_{sperimentale}$)

Nei mat metallici in presenza delle dislocazioni che si possono muovere.



se questi atomi si spostano di una piccola quantità, poi si spostano gli altri, ecc. qd la dislocazione avrà attraversato il cristallo, quest'ultimo sarà deformato di una certa quantità

Dislocazione di reticolo: si spostano gli atomi all'interno del reticolo. Il reticolo non cambia. E dislocazioni che cambiano la geometria del reticolo, \Rightarrow cambia la resistenza del reticolo.

Mat tenace: che assorbe E x deformarsi

Mat fragile: a poca E x rompersi

Incrudimento: 1 di tensione che dobbiamo fornire al mat x seguire la deformazione

la capacità di deformare non è il 1 propr. dei mat metallici

Mat metallico \rightarrow mat che si snerva macroscopicamente

Spesso il pto di snervamento coincide con il pto di rottura

si intende generalmente $R_{p0.2}$ (= l' della proporzionalità) e il n° convenzionale

11/10/12 SCARINO

In generale $\left\{ \begin{array}{l} \text{La deformaz}^\circ \text{ è direttamente proporzionale al carico} \\ \text{applicato} \\ \text{Se si toglie il carico prima della rottura il mat torna} \\ \text{nelle cond iniziali (comportamento elastico)} \end{array} \right.$

I mat. met. canalizzano l'E che deriva dalla sollecitaz^o non nel promuovere superfici nuove ^{→ rompersi}, ma a deformarsi non in modo reversibile, ma in modo irreversibile implicando lo scorrimento dei piani.

∃ figure geometriche def nello spazio, tali figure hanno dei piani che si muovono reciprocamente.

I mat plastici hanno 1 deformaz^o plastica simile a quelli metallici, ma è ≠.

I mat metallici hanno 1 struttura ≠ risp agli altri mat.

Affinché ci sia 1 deformaz^o di tipo plastico ci deve essere:

- 1 deformaz^o di tipo plastico
- ∃ di 1 edificio cristallino

* presenza di dislocas^o (non a livello teorico, ma pratico) → piani in qualcosa che consenta la deformaz^o

Le dislocas^o contraddistinguono l'esistenza del mat metallico. Se nei mat metallici le dislocas^o possono muoversi

⑦

Progettare dinamica: messi che si possono muovere.

Nitrurare°, cementare°: incrudimento superficiale (cuore tenero e superficie drogata con C e N)

L'Al ha permesso lo sviluppo dell' aeronautica

Met: Si può usare in cond di tranquillità (carico, carico → si deforma)

I mat met possono essere lavorati x deformare° plastica.

↳ stampati a caldo o a freddo (imprimere 1 forma x deformare°)

↳ calandrati

↳ laminati

↳ estrusi

I mat metallico può essere colato → getto (solidificare in 1 stampo), ma anche il vetro può essere colato

↳ lavorare° x asportare°: fresare, tornire, trapanare

Mat. met → estremamente affidabile, in termini di utilizzo

→ estremamente vario il modo di lavorare°

I met. x molti versi m cm gli altri mat ma hanno qualcosa in +.

12/10/12 SCAVINO

Deformare° plastica: permette ai mat met. di essere lavorati in 1 certo modo (hanno 1 vantaggio di fabbricare° > risp agli altri mat)

9

dip dalla composiz^o di.

Il modulo elastico dip dal tipo di acciaio ma si trova sempre 210 GPa

Il modulo elastico varia, nel tratto elastico, in f^o della deformat^o.

La cosa è ancora + evidente se si va in campo plastico.

⇒ Il modulo elastico è anche f^o della deformat^o oltre che del tipo di mat.

∃ 1 f^o del modulo elastico, non 1 sua misura, 1 suo valore.

All' ↑ della deformat^o il modulo elastico ↓.

Il comportamento dei mat met. è 1 comporta-mento elastoplastico a partire dall' inizio della sollecitaz^o.

In teoria $\sigma = cte = E$, se E varia ⇒ anche nel tratto elastico ci su dei fenomeni plastici.

• ↓ E ⇒ ↓ rigidità del mat

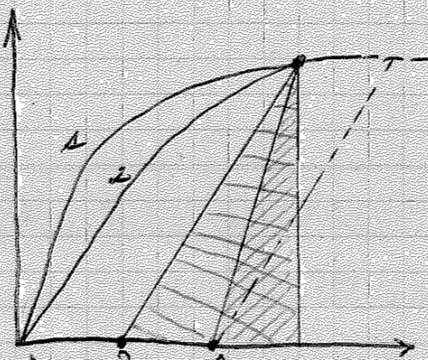
• + il mat è cedevole, + la curva si abbassa.

Il mat si deforma di + x che nel corso della deformat^o si su creati dei vuoti all' interno del mat. Ciò è dovuto dal mot delle dislocas^o che generano altre dislocas^o.

+ " " ho + il mat presenta 1 > cedevolezza x che è "brucchiellato", ma anche nel tratto elastico c'è 1 minima deformat^o plastica

Non si può vedere con variare il comportamento a rottura.

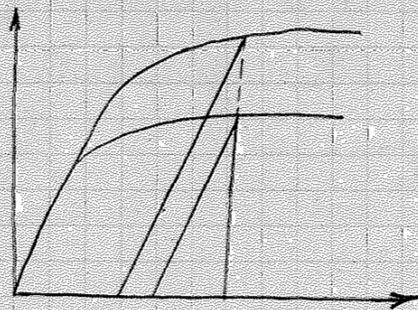
Questa dipende in imp. x i componenti da profondo stampaggio



ϵ + dipendioso stampare 1 materiale in modulo elastico basso, x che c'è 1 ritorno elastico.

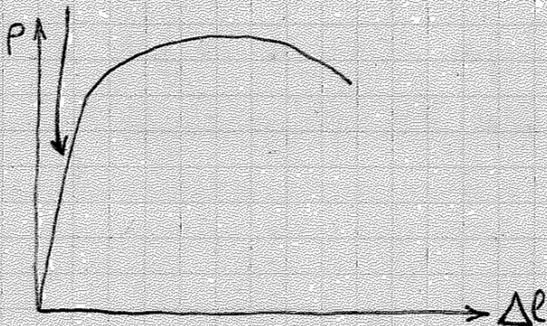
A parità di resistenza è meglio stampare l'acciaio che non l'Al.

Conviene avere 1 carico di snervamento basso



All' \uparrow del carico di snervamento \uparrow il ritorno elastico.

$$\sigma = E \epsilon$$



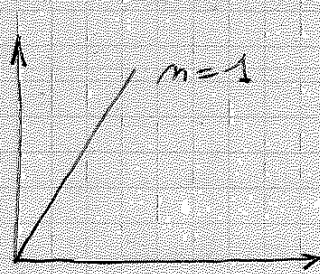
$$\sigma = K \epsilon^n \quad \text{per il campo plastico}$$

↑ ↑
reali reali

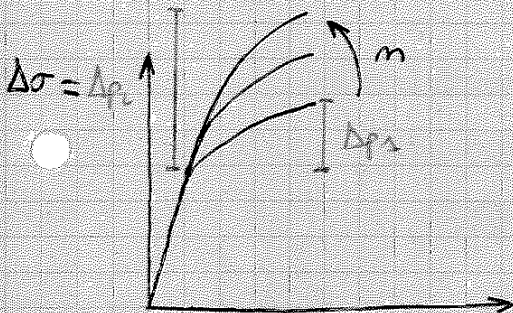
$\sigma_m = \frac{P}{A_0}$
 $\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ } in comportamenti convenzionali, la macchina fornisce 1 Δl , x comodità si divide x delle σ si trovano

Mat inutilizzabile: se nn c'è la componente elastica, nn si può deformare plasticamente.

Se $m=1 \Rightarrow \sigma = K\varepsilon \Rightarrow$ il mat è perfettamente elastico,
 $K=E$



m def la pendenza della curva



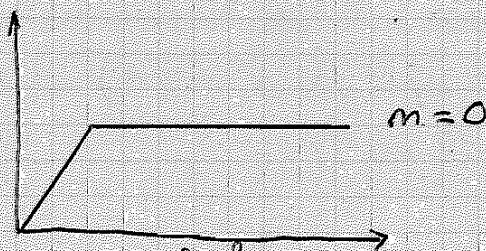
Incrudimento: risp del mat alla deformat^o $\rightarrow x \uparrow$
 la deformat^o deve \uparrow il carico.

Se il coeff di incrudimento è basso, il mat si rompe subito \Rightarrow nn posso sfruttare la potenzialità del mat.

Se m è alto, $\Delta p_2 > \Delta p_1 \Rightarrow$ posso stampare.

Tale coeff deve essere il + alto possibile \times avere il tratto plastico esteso

18/10/12 SCAVINO

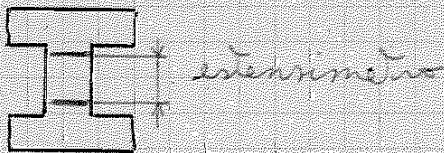


Se $\Delta\sigma$ ^{piccolo} si può localmente superare il carico max \Rightarrow rompere il ^{strumento si}
 e ^{pesse} andare in striz^o $\Rightarrow D$ maggiore possibile

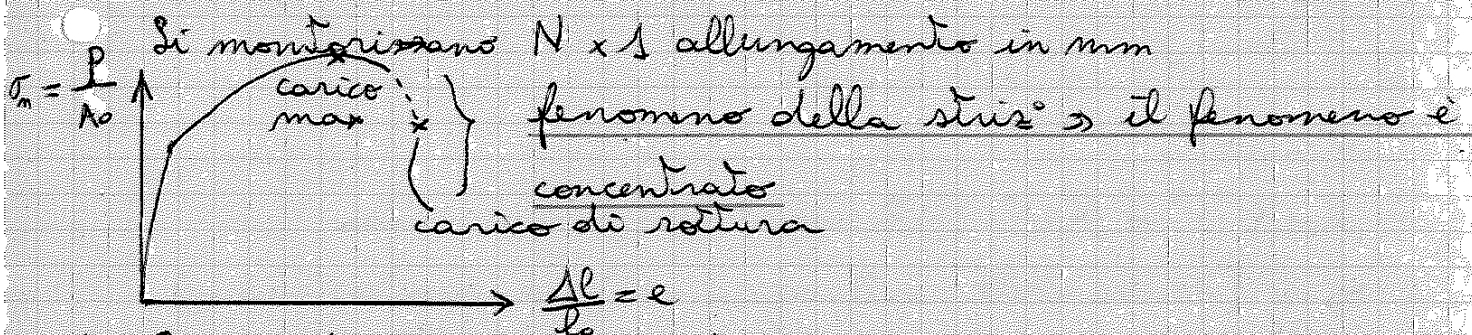
15

- ↑ il carico sul campione secondo 1 certa legge, si ha il controllo di carico.
 - Controllo di deformaz^o: applica il carico in modo che il campione si deformi secondo 1 certa legge.
 - Controllo di spostamento: la traversa mobile ha 1 vel indipendentemente da cosa succede nel campione
- Le modalità di controllo di C. di deformaz^o e spostamento
- mn sn =

ad nuovo la traversa ha tt gli assetamenti della macchina.



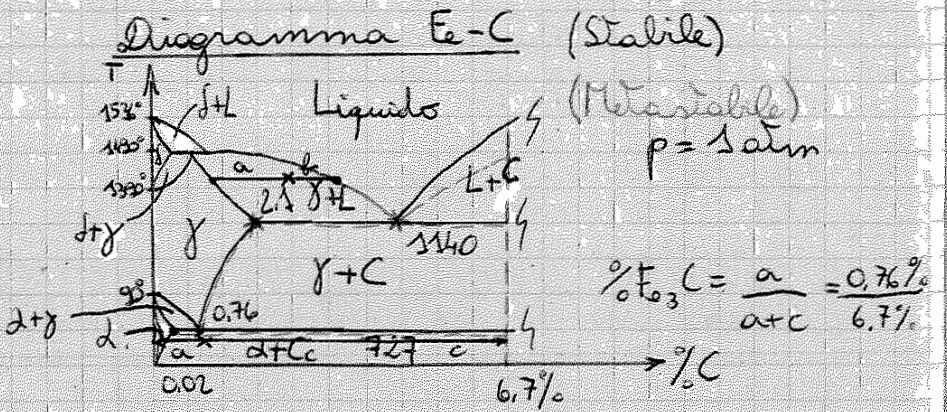
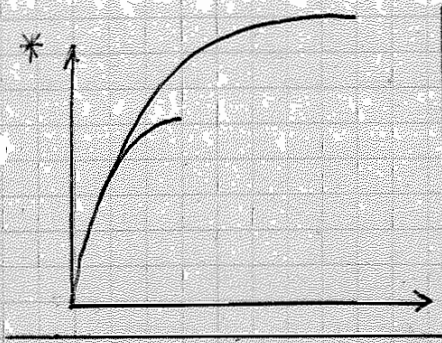
Ad si effettua 1 prova di trax^o un bisogna passare gli estensimetri (e la cosa + imp)



Si divide il carico a 1 cte (la sez^o iniziale) e si continua tale divisione finché un si arriva a rottura.

Nel mmt in cui si analizza il carico max, si arriva a stizz^o do la curva scende. In realtà

⑦ se si vuole analizzare il carico di rottura:



Ferrite δ

Austenite γ (2.1% di C si scioglie in soluz^o solida)

Ferrite δ

Grafite (100% C) C

Cc: carbonio grafiteo

Regola della leva: $\% \gamma = \frac{b}{a+b}$

Cementite: 6.7% C $\rightarrow \text{Fe}_3\text{C}$ (fase metastabile) diagramma di stato metastabile

δ, δ
 $4\pi = \sqrt{3}a$

struttura cubica a corpo centrato (CC)

gli atomi in q^{ta} dir sm + vicini tra di loro e si toccano in q^{ta} dir

struttura cubica a face centrate (c + grosse di q^{ta} a corpo centrato) (CFC)

Qst dir sm imp che sm q^{le} in cui avvengono le deformaz^o plastiche x scorrimento

Piani do ci sm + atomi \rightarrow anche sm importanti

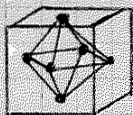
Si ridisegna in - atomi $4\pi = \sqrt{2}a$

piano di max impaccamento di atomi (me ≈ 4)

CFC \hat{e} + deformabile di CC xche ha + piani densi e + dir dense.

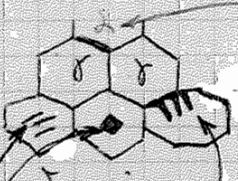
+ i piani sm densi + lo scorrimento \hat{e} difficile

Interstizi: nelle leghe se gli \hat{e} sm + piccoli risp agli atomi allora vanno a posizionarsi negli interstizi, cioè negli spazi vuoti tra gli atomi di Fe. Gli \hat{e} interstiziali sm H, C, O₂



Nel CFC si ha 1 interstizio tetraedrico chiamato lacuna

è istantanea se anche gli interstiziali non diffondono.
Trasfo tra austenite e ferrite ($\delta \rightarrow \alpha$) (727-910 → ma sperimentalmente si è visto che può avvenire a T° + basse se la diminuz^o di T° avviene velocemente)



Ferrite ALLOTRIMORFA (ferrite che si forma sui bordi di grano dell'austenite)

atomi π legati
 DISPLASIVA PARAFILITARE

maggior imperfezione superficiale dovuta agli atomi π anche la ferrite di Widman-Sturten

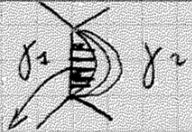
crece in 1 il grano di austenite

Ferrite IDOMORFA (molto π comune)

" WS intergranulare (lamelle di ferrite dentro il grano)

La diffusione del C si verifica sempre.

Trasfo tra austenite e perlite: si comincia con l'acciaio eutettoidico.



perlite = ferrite e cementite (1 cristallo e 1 cristallo)

Le lamelle favoriscono la diffusione del C su distanze relativamente brevi. + su n° le lamelle

+ \uparrow l'E superficiale. x Creare cementite + fine ci deve essere + E ($\Rightarrow T^\circ$ + basse x che siamo a cond + lontane dall'equilibrio)

La perlite può crescere da 1 bordo di grano all'altro. Le lamelle disegnate dritte non sono sempre dritte (è 1 forma di modulo)

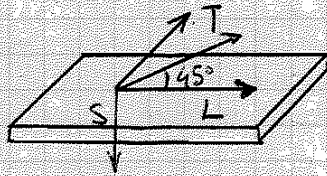


Trasfo di perlite → si det sempre con la regola della leva
 Cementite nella

lame: ricoprimento della macchina \rightarrow parte che si vede
 (acciaio da profondo stampaggio: su rotoli che
 un hanno nessuna utilità mecc se non il
 rivestimento) è l'ultimo strato

Anisotropia: caratteristica di avere caratteristiche \neq
 a seconda della dir in cui esamino
 il mat.

Ad si ha 1 lamiera:



3 Dir: longitudinale L
 trasversale T
 spessore S

- La dir longitudinale ha le caratteristiche migliori
- " " trasversale " " " " " peggiori

In 1 mat si presta molta attenz^o alla dir in cui
 si crea il componente.

Se si deforma la lamiera nel senso L, la costante
 di vol, 1 o 2 delle altre variabili $\downarrow \Rightarrow$ sulla
 carta si può scegliere se \downarrow S o T (dovrebbe \downarrow T
 x i motivi prima detti)

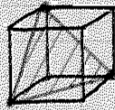
Si vorrebbe che la deformat^o fosse bidimensionale.
 Anzi propr di \neq deformabilità è l'anisotropia ed
 è regolata dal coeff di anisotropia:

$$\frac{\frac{E_L}{E_S} + \frac{E_T}{E_S} + 2\frac{E_S}{E_S}}{4}$$

23

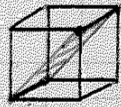
Indici di Miller :

• x. FCC : $(1, 1, 1)$



$[1, 1, 0]$ diagonali delle facce

• x. CCC : $[1, 1, 1]$ diagonale del cubo
 $(1, 1, 0)$



Asse piani non ci devono essere nella dir dello spessore

⇒ si inibisce lo sviluppo di asse piani

specialmente nella dir dello S. Durante la produzione si devono mettere degli inibenti :

Nitruro di Al (durante la cottura)

Acciai di profondo stampaggio calmati ed Al

Elevata anisotropia

↳ a grana relativamente

grasso 50µm, non

troppo grosso se no

la superficie sarebbe

tipo buccia d'arancia

(C : 0.04

Al : 0.03 - 0.04)

↑ taglia l'O e con N

forma Nitruro di Al

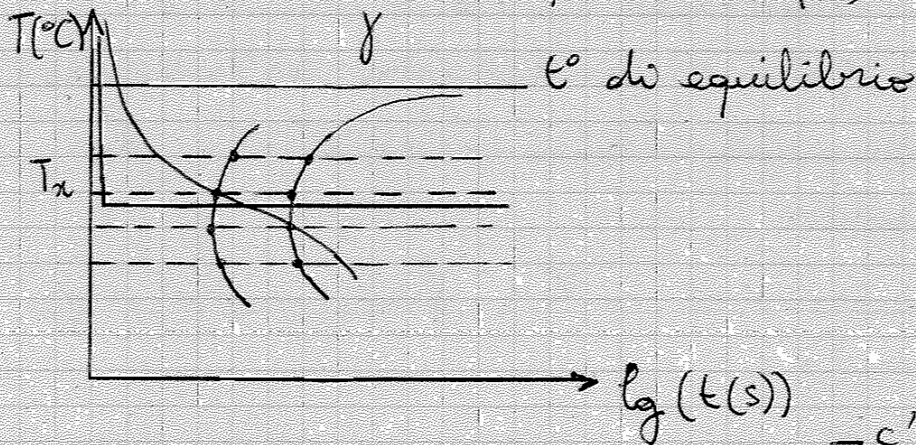
4) Trafilatura a freddo

5) Distensione

3) + Palettamento

Edizibile nella trafilatura: Δ tra entalpia austenite e ferrite

Diagramma TTT: dice cm le trasformazioni di fase dipendono dal raffreddamento veloce.
(Tempo, t° , trafilatura)

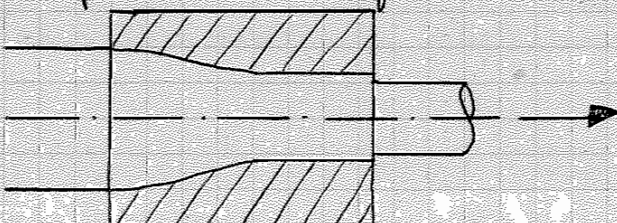


Subito sotto la t° di eq. il tempo necessario $\times 1$ trafilatura è tantissimo, \downarrow la t° qst tempo si riduce, \downarrow ancora manca la t° che consenta la diffusione del C e qst il tempo necessario \uparrow .

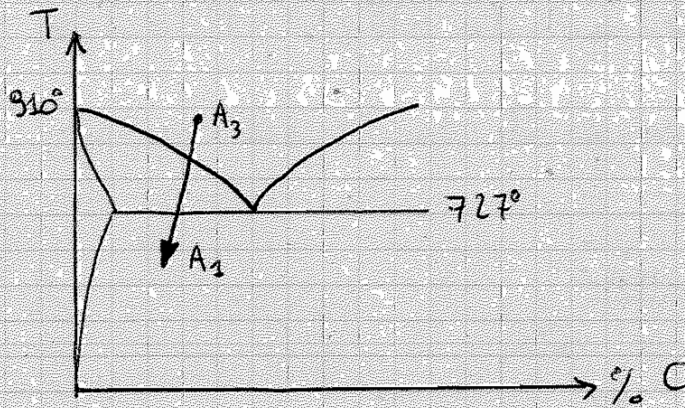
Processo Selmer

Latentamento

Trafilatura: deformato a t° ambiente



si riduce la sez^o del filo ma non cm \downarrow al passaggio, altrimenti



+ si ha vel di raffr, + la trasfo ^{si sposta e,} ~~non~~ inizia ad A₃ e finisce ad A₁, ma a A₃ e A₁ (che su + base)

Andando + in fretta non si forma + la perlite e si ottiene austenite metastabile.

A t° + basse possono avvenire altre trasfo

- ① Trasfo bainitica
- ② " martensitica

② La vel di raffr. è elevata

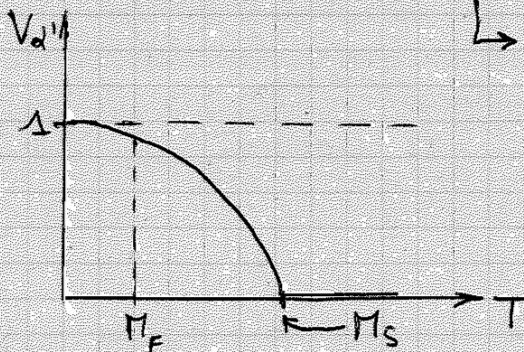
Martensite: forte sovrassatura di C (+C negli interstizi)

↳ lamella reticolare all' interno del grano di austenite

è 1 trasfo atermica (quasi nulla dip dal tempo ma forte dip dalla t°)

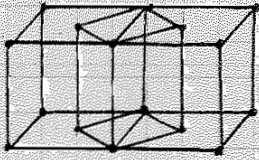
$$V_M = 1 - \exp(-0.0115 (M_s - T))$$

↳ martensite start

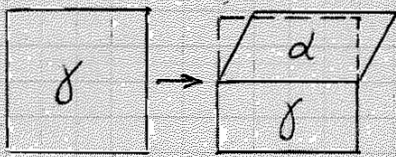


Martensite fine: 95% della trasfo martensitica

Bain strain: schema di Bain, si costruiscono 2 celle FCC dell'austenite e si individua all'interno di essa 1 struttura tetragonale



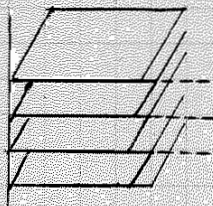
Deformaz° di Bain: si schiacciano e si allargano i piani della struttura tetragonale e si ottiene la martensite



Le trasformazioni disfasate avvengono in modo che ci sia 1 piano invariante

⇒ bisogna trovare 1 piano invariante nel quale non ci sono grandi variaz° macroscopiche se si considera 1 sfera di austenite e si ha 1 reticolo, la sfera diventa 1 ellissoide

Visto che non si può avere 1 piano invariante, si crea 1 piano invariante medio che dà luogo alla conservaz° di 1 piano cristallografico



Se i gradini sono tanti e piccoli viene fuori 1 piano

$$M_s = 539 - 423\%C - 30\%Mn - 17\%Ni \dots$$

hanno 1 effetto stabilizzante $\times \gamma$

Influenza degli el. di lega sul C.

Stessa linea del Fe

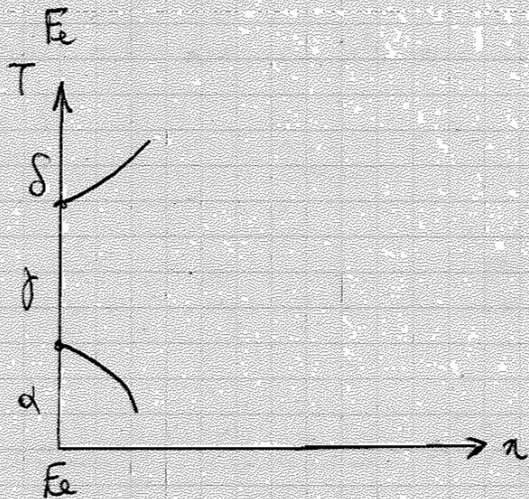
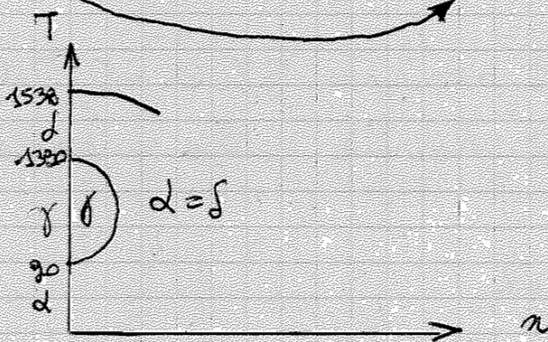
El. α ogeni (alfozogeni) favoriscono fase α

• n gammogeni

n

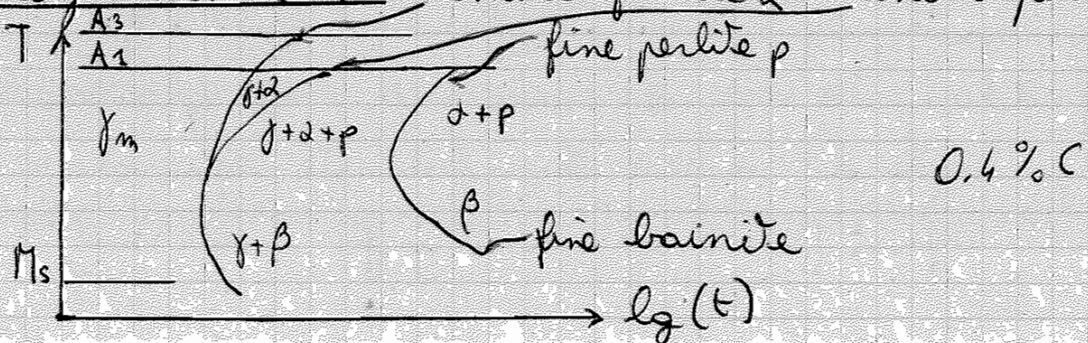
n $\gamma \rightarrow Ni, Mn$

Ferritizzante Cr, Mo, Ti, W



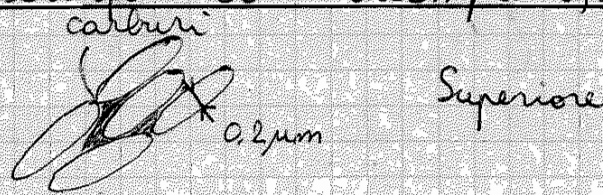
02/11/12 MATTEIS

Diagramma TTT: inizio ferrite α inizio perlite p



33

La trasformazione bainitica, con gli austenite - perlite - ferrite, ha 1 trasformazione nucleare e crescita nel tempo della % di fase; con la martensite invece presenta dei rilievi sulla superficie (la martensite avendo forma reticolare, arrivando sulla superficie libera la deforma) → si tratta di 1 deformazione displasiva. Dal pt di vista cristallografico la bainite presenta ferrite e carburi ($\alpha + Fe_3C$) ⇒ Struttura molto fine e può presentarsi in 1 serie di subunità che non si vedono al microscopio ottico in spessori dell'ordine di $0.2 \mu m$; tra l'1 e l'altra subunità troviamo i carburi oppure se la trasformazione è incompleta, troviamo austenite

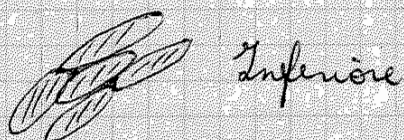


3 2 tipi di bainite:

1) superiore (si forma alla t° + elevata)

2) inferiore (si forma a t° + bassa)

C'è 1 distinzione anche a livello strutturale. 1) X l' < troviamo i carburi non solo tra le subunità ma anche all'interno di esse (assomiglia alla martensite rinvenuta). 2) X l' > non presenta i carburi all'interno



La bainite si forma all'interno del precedente grano austenitico. Si forma inizialmente 1 zona reticolare sovrasatura di carburi. Il cristallo non cresce molto a causa delle tensioni che esso causa e la trasformazione

1) data % C a var. $\Delta t^{\circ} BS$ alla quale $\Delta G_f \rightarrow \alpha < 0$
 La $t^{\circ} \uparrow$ e la % C \uparrow tendendo a stabilizzare
 l'austenite \Rightarrow man mano che si forma la
 bainite, l'austenite si arricchisce di carbonio.

Tale arricchimento comporta Δ arresto della trasf.
 La $t^{\circ} BS$ è caratteristica dell'acciaio e può essere
 scritta nella forma:

$$BS = 830 - 170C - 90Mn - 37Ni - 70Cr - 83Mo \quad [^{\circ}C]$$

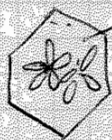
l'effetto + imp è quello del C che se c'è + C, ΔG è
 + ridotta tra austenite e ferrite.

La bainite nasce e si sviluppa a partire dai bordi
 di grano dell'austenite



È una variante della bainite chiamata FERRITE ACIDULARE
 che si distingue dalla " " x il luogo di nucleaz.
 in qt' qt' ultima tende a nuclearsi all'interno
 dei grani di austenite.

I cristalli di ferrite non sono allineati tra di loro ma
 hanno Δ distribuz. tridimensionale casuale che a
 livello meccanico risulta migliore (+ elevata
 resistenza), mentre la bainite si forma in colonie
 in cristalli allineati



inclusioni \Rightarrow da nascono i
 cristalli di ferrite acidulare

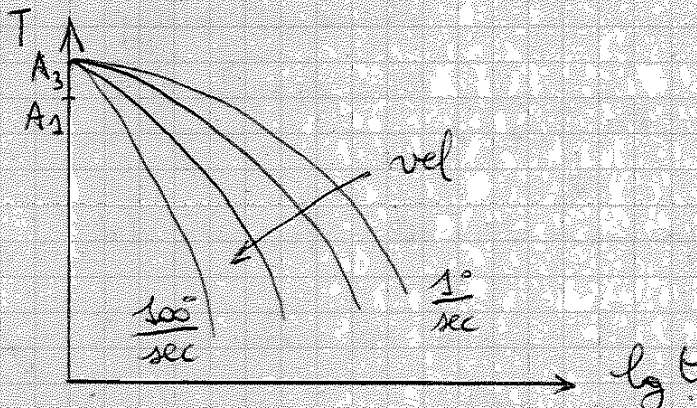
Se i grani di austenite sono + grandi, si riduce la
 (37) superficie dei bordi di grano \Rightarrow tende a formarsi la

La trasformazione bainitica si vede meglio nei diagrammi isotermi, ma la trasformazione isoterma in realtà è poco usata. Si usa di solito il raffreddamento continuo con dati vel di raffreddamento.

Ciò si rappresenta nei diagrammi CCT in cui si parte sempre da 1 ° di austenitizzazione e poi si fanno n raffreddamenti alle n vel \Rightarrow otteniamo 1 fascio di curve di raffreddamento.

La differenza tra CCT e TTT è che le trasformazioni possono avvenire 1 dopo l'altra.

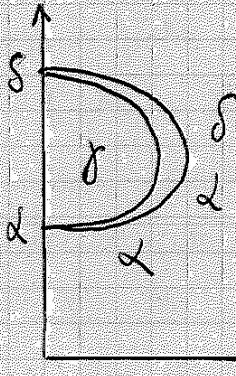
In entrambi i casi abbiamo la stessa t° di inizio martensite M_s



Nei CCT si nota l'interruzione della trasformazione e l'inizio di 1'altra (cosa che non si ha nei TTT) \Rightarrow alla fine della trasformazione di FePc è 1 n° che indica la % di mat che si è trasformata, mentre il resto è austenite, sendendo ancora alla fine della trasformazione bainitica 1 n° indica qt del mat è stato trasformato e cioè qt si trasformerà in martensite.

M_s non è costante ma varia a seconda di ciò che si è formato durante la trasformazione precedente \Rightarrow in

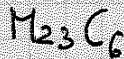
non - la presenza di austenite \Rightarrow si chiude il campo γ



- vanno in sol. solida nella fase α (Ni)
- " " " anche nei carburi (Mn, Cr, Mo, V, Ti)

Sono detti el formatori di carburi.

Esempi di carburi formati:



È possibile formare carburi degli el di lega che in det cond risultano + stabili risp a qllo del ferro.

- regolano la cinetica delle trasformazioni di fase
- Tanto + el. ci su in lega tanto + la trasformazione è lenta (il reticolo è + difettoso \Rightarrow il C ha + difficoltà a muoversi), in particolare ciò vale alle alte t° .

Anche la trasformazione bainitica (anche se a t° + basse) risulta rallentata in qt qsti riducono la diffusività del C.

RINVENIMENTO.

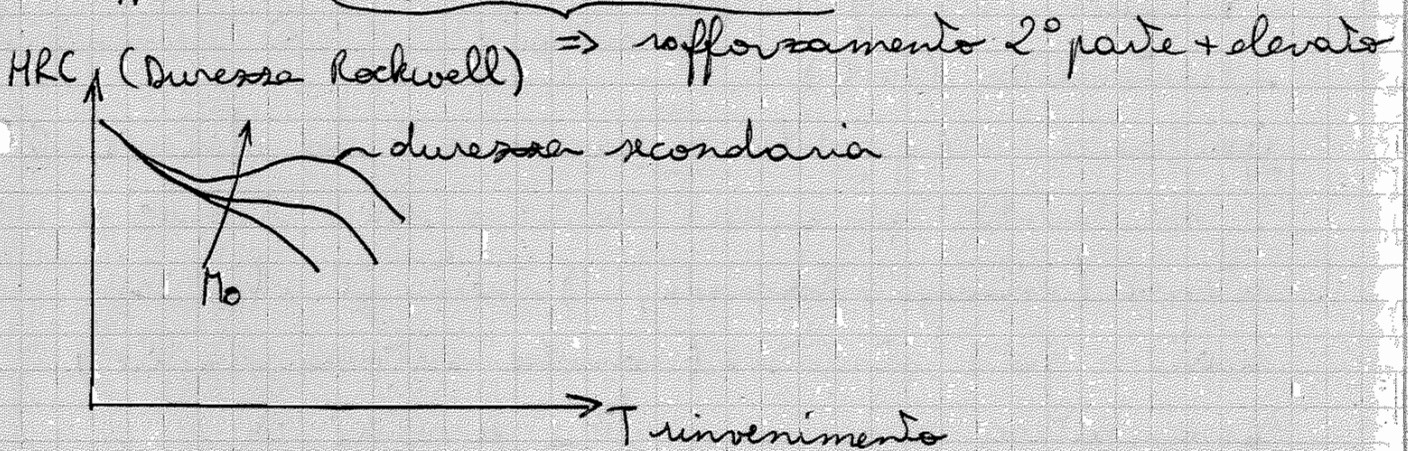
Si riscalda la martensite ottenuta x bonifica x ridurre la durezza e \nearrow la tenacità. Durante

della stessa.

Nella bainite si osservano la traccia della γ residua ma anche il recovery e cristallizzaz^o.

L'effetto degli el di lega tende a det quale caratteristi-
ca di rinvenimento prevale.

È possibile la formaz^o di carburi di el di lega che si + piccoli di qlli di Fe x ridurre la loro diffusione (in piccoli e numerosi)



La durezza secondaria si verifica se in presenza di el legati. Si ha x t^o di rinvenimento + elevata ed è dovuta al rafforzamento della 2^o fase x precipitaz^o di el di lega.

AUTORINVENIMENTO (si nota durante la tempra) \Rightarrow qd si raffredda velocemente e si ha raggiunto $T < M_s$, la martensite che si era formata alla M_s si rinviene automaticamente.

Ciò avviene x elevate M_s o x nel un molto alte.

La martensite rinvenuta si ritiene combinar^o di ferrite e carburi (matrice ferritica e distribuz^o + omogenea di carburi \Rightarrow tanti carburi

08/11/12 SAVINO

P: Acciaio da profondo stampaggio: durante il processo di fabbricazione si modifica l'anisotropia del mat.

- laminare a caldo $\Rightarrow 1150^{\circ} - 1030^{\circ}C$
- " " " freddo $\Rightarrow a t^{\circ}$ ambiente \Rightarrow il mat resta incrudito (ha in sé molte tensioni \Rightarrow si fa la ricottura)

Si vuole ripristinare il grano che non abbia tensioni.

Si impedisce la crescita dei piani lungo lo scovimento specie nella dir dello spessore.

Acciai laminati a freddo calmati all'Al Killed-Still: acciaio calmato

Il calmaggio è l'operaz^o che consente di diminuire i gas (N e O) che su stati introdotti nell'acciaio durante l'operaz^o del convertitore.

In qst caso la ghisa (proveniente dall'alto forno) ha 4,2% di C e viene trasformata in acciaio.

n elevato \times permettere il buon stampaggio
coeff di anisotropia

Carico 300 Mpa \rightarrow valore basso

" di rottura
" di snervamento 250 Mpa

La nuova sfida è di avere mat che abbiano la stessa deformabilità e altre caratteristiche meca.

(45)

mente pulite.

Qst' acciaio corda pe e ha 1 superficie perfetta
→ acciaio effervescente ma ha base propr
mecc

EP 12 semicalmato

EP hanno tenore di C molto basso 0.03-0.04%

Tenore di Manganese e silicio bassi - dello 0.5%

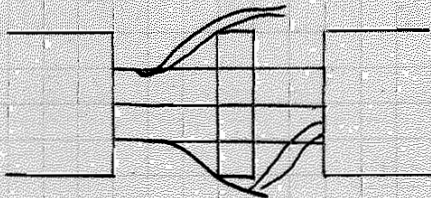
S e P < 0.3%

Negli acciai calmato l'el principe è l'Al (0.03-0.04 Al)

09/11/12 SCAVINO

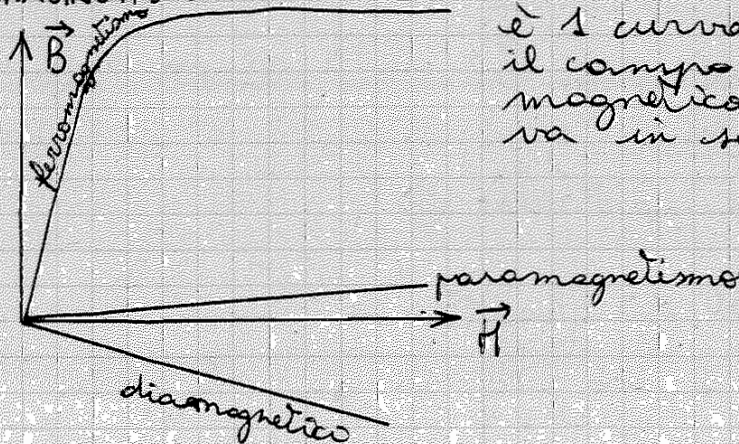
Prop. magnetiche: se immergiamo 1 mat all'interno
di 1 campo magnetico si ha:

- 1 rarefas delle linee di forza



Il mat si oppone al campo magnetico esterno
e ne riduce l'efficacia

→ MAGNETISMO



è 1 curva asintotica, se ↑
il campo non ↑ l'effetto
magnetico che il campo
va in saturaz°

Si è poi creato 1 modello dell'atomo:

1) (planetone) Thomson

2) Rutherford: la mat. la maggior parte è costituita da vuoti: la mat. si raggruppa in nuclei⁺ oltre la quale c'è il vuoto ($\rightarrow e^-$)

Gli e^- si muovono cm satelliti intorno ai pianeti (s'è assimilato l' ∞ grande e l' ∞ piccolo) ma non era proprio così

Ci son cariche elettriche le quali nel corso del loro mot generano 1 campo elettromagnetico

3) Bohr Max Planck \rightarrow pacchetti di E discretizzati, si

x variare il livello di E bisogna aggiungere o togliere alcuni pacchetti

{ parlo di quanti; l'E è costituita in pacchetti e qlo che vediamo è 1 multiplo di quei pacchetti); la teoria quantistica permetteva di risolvere il problema dell'atomo di Rutherford.

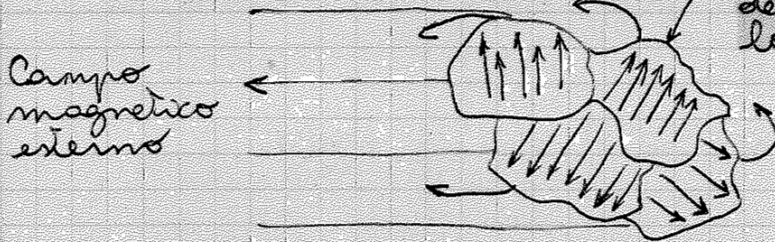
Si è abbinato all'E il concetto di spazio dividendo lo spazio intorno al nucleo in livelli di E. L'E varia in modo discreto

L' e^- è 1 qualcosa contraddistinto da E e può stare nei livelli energetici che a lui competono. Finché gli e^- stanno nel loro livello, la loro E non può variare

Sommerfeld \rightarrow ha esteso la teoria di Bohr agli atomi + complessi usando la spettrometria.

interni all'atomo \rightarrow essi rimangono interni all'atomo) \rightarrow in i metalli di transiz.
 Ogni e- genera 1 campo magnetico elementare.
 Ogni atomo di Fe ha 2.6 mmf magnetici elementari.

Isoorientamento, in zone in domini magnetici all'interno delle quali l'orientamento è lo stesso.

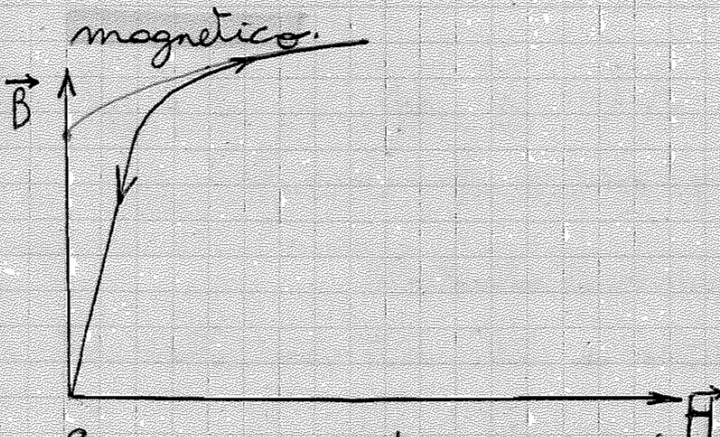


Cosa succede qđ introduco qđ mat in 1 campo magnetico? Si ha 1 progressivo isoorientamento del campo magnetico esterno da parte di qđ domini. Bisogna fornire E di tipo elettromagnetica x avere la rotaz°

Le dislocar° si muovono in modo che ci sia 1 orientamento dovuto al campo magnetico.

15/11/12 SCAVINO

L'isoorientamento del campo magnetico porta a 1 addensamento delle linee di forza del campo magnetico.



Il comportamento è di tipo asintotico

Cosa succede qđ siamo in cond di saturaz° e togliamo il campo magnetico esterno? \rightarrow Si torna

Ciò avviene in modo + sostenuto che un nel caso sostituzionale

Fare acciai a partire da Fe puro sarebbe eco svantaggioso.

A le volte che si fa l'acciaio, entrano + el.
(si parte da rottami o da minerali)

↳ Z, S, Si, Mn su già presenti

Nel caso di acciai magneticamente dolci, gli el. devono avere il valore + basso possibile, ma arrivare a 1 pulizia interna tot un è possibile specialmente da 1 pto di vista eco.

Non si può eliminare il C che è in sol. solida.

Bisogna " " " " in sol solida

⇒ si mette 1 el. - dannoso del C che lo

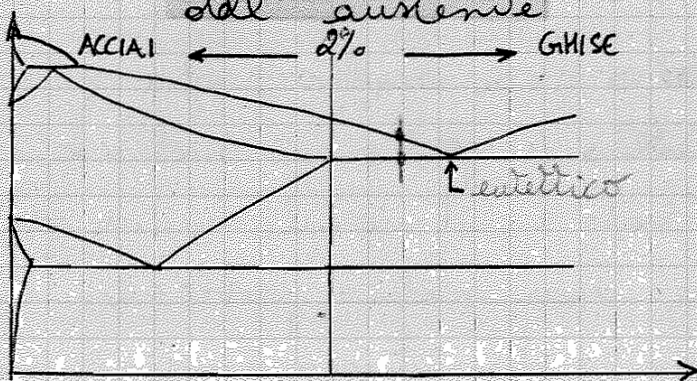
posso espellere dalla sol solida: Silicio (almeno in parte)

Ad si parla di ghise è aggiunto l'Si x migliorare le propr. mecc.

↓
↑ l'attività del C

Il Si fa sì che il C si comporta con se ce ne fosse molto di +.

Ghise = ferrodughe al di là della solubilità max dell'austenite



Ogni atomo di Si 1 l'attività ^{del C} nel rapporto 3 a 1

$$3.3\% C + 3\% Si = 4.3\% C \text{ equivalente}$$

$$3 Si = 1 C$$

16/11/12 MATTEIS

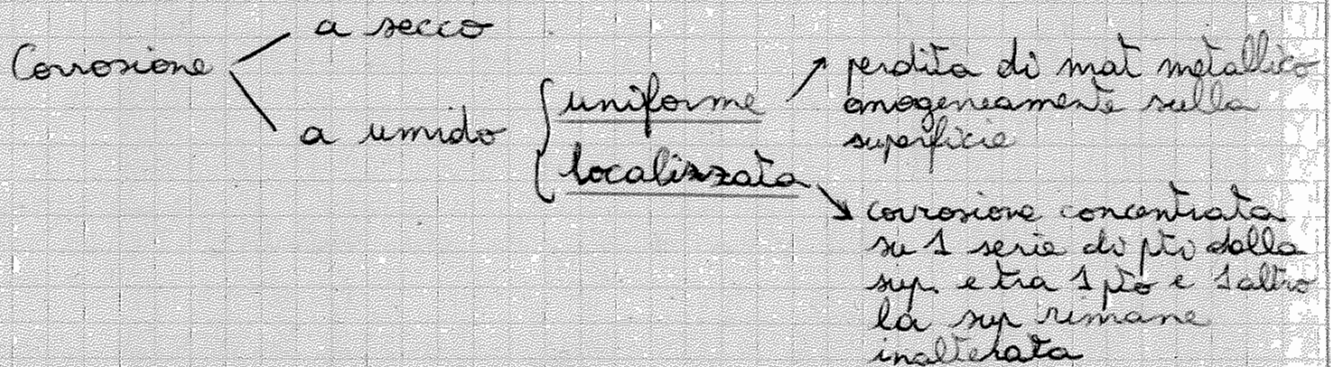
Corrosione agli acciai inox

Gli acciai inox 6 a 2 famiglie:

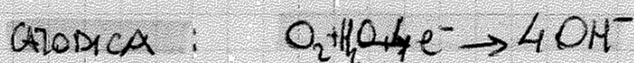
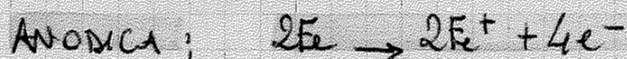
- austenitici ($18\% Cr - 10\% Ni < 0.06\% C$)
- ferritici ($17\% Cr < 0.08\% C$)

La corrosione è 1 fenomeno che trasforma il metallo nei suoi ossidi. Dip dall'ambiente in cui si verificano, ma i casi + frequenti sn:

- corrosione a secco \Rightarrow ad alte t°
- corrosione a umido \Rightarrow in presenza di H₂O (può essere immersione in H₂O o presenza di condensa a scatenare tale tipo di corrosione)



La corrosione è 1 fenomeno elettrochimico (ossidazione-riduzione: si riduce l'ossigeno e si ossida il metallo). Ci sn 2 tipi di re



Si può misurare la corrosione valutando la perdita di massa (si pesa il metallo in corso e poi quello

Niobio e Zinco: metalli + facilmente corrosibili
Oro e platino: metalli + vicini all'estremità anodica

Gli acciai inossidabili presentano il fenomeno della passivazione (sup. metallica su cui vi è 1 strato di ossidi soliti di Cr \Rightarrow su pe reattive alla corrosione successiva)

Tabella 1: indica i potenziali elettrici che equilibrano le r^o (el. $cn + m + ndili$)

Si fa 1 cella elettroch. con 1 barretta di mat. corrosivo e 1 liquido elettrolitico e 1 barretta di mat. che non si corrode \Rightarrow avviene la r^o di corrosione. X fermare tale r^o si applica il potenziale indicato in tabella. La corrosione a umido è 1 fenomeno legato alla scala elettrochimica.

La corrosione non avviene se qd c'è contatto tra 2 metalli \neq (galvanica) ma anche qd c'è 1 superficie apparentemente omogenea. Può succedere che tale mat non sia omogenea a livello microscopico \Rightarrow 1 el. funge da anodo e l'altro da catodo \Rightarrow la corrosione tende ad essere omogenea in qt anodi e catodi m distribuiti sulla superficie (corrosione tanto + lenta qt + piccola è la superficie catodica).

METODI X EVITARE LA CORROSIONE

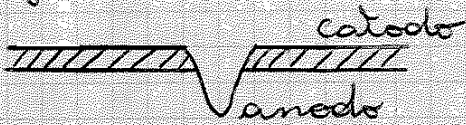
• Applicare 1 vernice x isolare la superficie dall'ambiente corrosivo esterno. Non sempre si può fare

⑤ (ad es. nel caso di accoppiamenti mecc.)

degli agenti atmosferici

Ambiente Corrosivo:

- climi secchi (lontano dall'ambiente marino, ambiente rurale, x es.) → $sn + ossidi$ alla corrosione
 - climi umidi (vicino al mare) i prodotti salini ↑ la corrosione, cm anche gli ambienti acidi
- Gli acciai inox sn soggetti ad ossidarsi x Pitting Cr ;



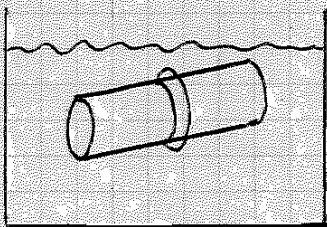
Ci sn dei pts in cui lo strato è perfetto (spesso) → lì comincia la corrosione. Si forma 1 rottura locale dello strato protettivo e qdi inizia a corrodersi il metallo sottostante. Se l'ambiente è acido e cmq osside alla riformas^o dello strato protettivo allora si propaga la corrosione in quel pts: qda zona fugge da catodo. Gli ioni Fe precipitano.

X evitare il pitting in genere si ricorre all' ↑ del Cr e Ni idro in sol (el. che stabilizzano lo strato di passiva^o)

$$PI = [\%Cr] + 3[Mn]$$

↳ pitting index

Corrosione Interstiziale:



Esempio della barra di acciaio in cui è presente 1 guarnis^o. Se si ha 1 rottura dello strato in prossimità della guarnis^o, poiché qda nn permette

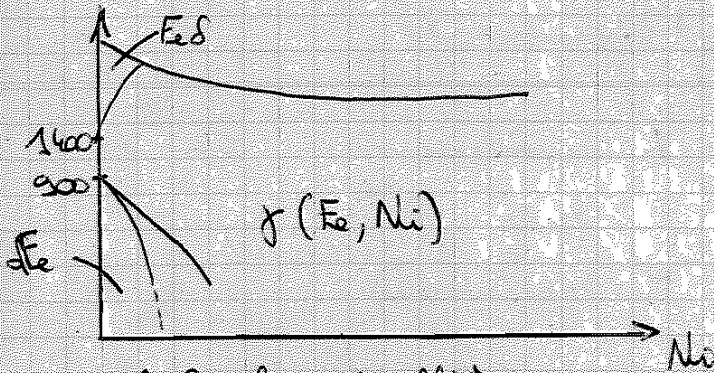
il passaggio dell'aria, lo strato nn può riformarsi e

59) pertanto la corrosione progredisce

Per avere austenite stabile a $T = T_{amb}$ è necessaria γ elevata

% di Ni

Avendo Fe-Ni senza Cr si verifica γ basso martensitico ad γ certa t° .



Il Cr ha 2 effetti:

- conferire resistenza alla corrosione in qt forma γ strato passivante

- porta M_s al di sotto della T_{amb}

L'acciaio 18-10 ha M_s un po' $<$ alla T_{amb} tanto si può formare martensite.

Diagramma di Schaeffler:

Si mettono insieme tt gli el. austenitizzanti raggruppandoli in Ni equivalente

$$Ni_{eq} = Ni + 0.5Mn + 30(C+N)$$

e gli el. ferritizzanti in Cr equivalente

$$Cr_{eq} = Cr + Mo + 1.5Si + \dots$$

In qt diagramma si esprime cosa succede se si prende γ acciaio in qlla composiz^o liquido e si raffredda velocemente, cioè da distingue il raffreddamento lento e vel e lo presenta (lento) σ - (vel) δ dei carburi.

Nella zona in basso a dx (elevato Cr_{eq} e basso Ni_{eq}) si ha la formaz^o di ferrite. In alto a sx ci si

(61)

dall'altoforno l'arricchito di C) in qt il C si combina con Cr
x formare carburi di Cr che impoveriscono alcune
regioni di Cr (regioni adiacenti ai bordi di grano
dove si formano i carburi)

Gli acciai hanno basse resistenze mecc. (450-500 Rottura)
ed elevati allungamenti

• X elevare la resistenza mecc si può ↑ leggermente
il C e ↓ il Cr (301 Cr 17, Ni 7, C < 0.15): ↓ Cr e Ni
↑ la $t^{\circ} Ms$ ⇒ si può formare martensite ⇒
provoca l'incrudimento degli acciai.

• X ↑ la resistenza alla corrosione intergranulare
(si verifica precipitazione di carburi di Cr a bordo
grano ⇒ si elimina il tt facendo 1 trattamento termico
opportuno). A volte non è possibile fare il trattamento
e qui si ricorre a:

- 304L (= a 304 ma con basso tenore di C (C < 0.03) ⇒
x) togliere il C è molto costoso)

- 321 (si aggiungono degli el. (Ti, Nb) che imprigiona-
no il C nei carburi di Ti e lasciano libero il
Cr)

Acciai inox stabilizzati:

(C è stabile in qt imprigionato nei carburi)

• Serie 200 (acciai economici): si toglie 1 po'
di Ni e si sostituisce con il Mn che è anch'esso
autentissimo, ma costa di -.

22/11/12 SCAVINO

Se scaldato 1 mat ferromagnetico si perde l'effetto magnetico: il mat diventa paramagnetico. Ciò avviene in 1 t° precisa t° di Curie.

Da 1 situar^o di ordine si passa a 1 situar^o di

in ordine {

- 768 $^{\circ}$ C Fe
- 1115 $^{\circ}$ C Cobalto
- 353 $^{\circ}$ C Ni

Si v metalli di uso + comune e hanno la t° di Curie + elevata. I mat con 1 comportamento ferromagnetico + spiccato ma hanno la t° di Curie sotto lo 0.

↓ la t° ↑ la conducibilità elettrica.

Il diagramma Fe-C ha 3 configurari^o di c'è il Ferro:

- Fe α CCC (da 0 a 907 $^{\circ}$ C) ferrite α
- Fe γ CFC (da 907 a 1400 $^{\circ}$ C) austenite
- Fe δ CCC (da 1400 a 1537 $^{\circ}$ C) ferrite δ
- Fe β → CCC è Fe α paramagnetico
(da 768 a 907 $^{\circ}$ C)

I dei domini con al loro interno atomi con il mom^o magnetico disorientato ⇒ i domini magnetici non ci son +. Si passa da 1 configurari^o di ordine a 1 di disordine

65 2^a austenite è paramagnetica che rimane anche sotto

Cu: mai molto usato che ottimo conduttore e
ottimo rapporto qualità/prezzo

↳ la conducibilità si basa su ioni che costruiscono
in i loro orbitali 1 strada da passano gli e-
Se scaldato toglie degli atomi $\Rightarrow \uparrow$ le vacanze \Rightarrow
creo delle voragini nella strada.

Se il Cu non è puro \Rightarrow ci sono sostanze strane
con O allora perde la sua f°

Il Cu puro è 1 costo xché le tecniche x renderlo tale
son importanti

Metalli nobili come oro e platino naturalmente non
si ossidano e son ottimi conduttori

Al \Rightarrow molto leggero \Rightarrow si usa x grandi tensioni
e qdi si possono avere condotti di grosse sez^o

23/11/12 PATEIS

La corrosione dei bordi da grano si presenta nelle
saldature.

Curva ③ acciaio autentico (allungamenti molto
grandi nelle prove di trar^o, basse
tensioni di snervamento)
↳ non possono essere bonificati,
possono essere rinforzati x
includimento

Curva ② acciaio martensitico (ha 1 struttura
+ simile a qlla di 1 acciaio
bonificato)

67

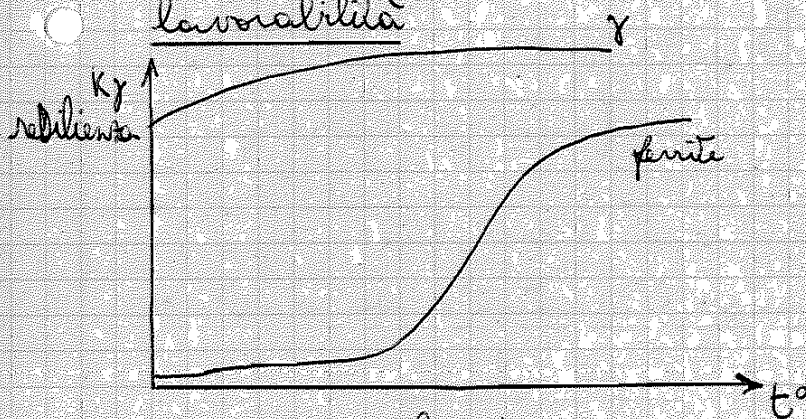
- Solubilizzare: elimina i carburi - tipi senza Ti, Nb
↳ garantisce dalla corrosione intergranulare
- Stabilizzare: forma carburi stabili TiC, ...

Acciai ferritici. C basso

C alto x resistere alla corrosione

↓
possono avere 1 po' di austenite

se si ↑ il tenore di C si passa alla famiglia degli acciai inossidabili martensitici il che ↓ le prop di lavorabilità



Gli acciai ferritici sono molto sensibili al problema della fragilità. La transiz^o è legata al modo di frattura.

Se si ↑ 1 po' il C, ↑ 1 po' la resistenza mecc.

Gli acciai inossidabili sono {
austenitici
ferritici
martensitici. acciai da

lavorazione con tantissimo cromo che serve anche da stabilizzante. Buona parte del cromo è dovuta al tenore di carburi

(4) 420 C Cr Acciaio inossidabile martensitico

(6) tipo che non può austenitizzare a T° + alte

gli nitruuri non hanno la preferenza x i bordi di grano
 con i carburi

tendono a impiegare - C, ma usano
 anche N.

Cr	Ni	Mo	C	N
22	5	3	0,03	0,15 → famiglia + comune

La struttura bifasica non è automatica ma è
 ottenuta facendo 1 trattamento termico mecc alle
 E opportune.

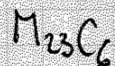
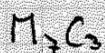
Entrambe le fasi sono resistenti alla corrosione

Non sono così diffusi con gli acciai tradizionali.

Le 2 fasi sono già presenti nella lavorazione a caldo.

Acciai x utensili: sono simili agli acciai inossidabili
 martensitici

4 tipi di carburi portano ad avere 1 resistenza
 elevata specialmente ad usura



M: el metallico (Fe + el. di lega)



(Cr, Fe, Mo)

La maggior parte di questi acciai è legata in olio,
 aria (autoleganti), H₂O (sono i - nobili)

Nei rinvenimenti successivi al 1° alcuni sono
 + altri - efficaci

71

29/11/12 SCARINO

Trattato degli acciai:

Principi alla base dei processi metallurgici:

sn di tipo energetico. Processi nei quali avvengono delle r° che regolano i " chimico-fisici

Espressione guida che riguarda tutti i processi:

è racchiusa nel concetto dell'E libera o potenziale di Gibbs.

essi sn: ENTALPIA, E° , ENTROPIA lega tra di loro vari parametri (3)

Un processo può avvenire spontaneamente se e se no ha Δ dell'E libera

- 1) H (entalpia)
 - 2) T (E° assoluta in K)
 - 3) S (entropia)
- } sn tt termini noti

1) H: forma di E racchiusa all'interno di 1 sist. Essa può avere varie sfaccettature (di tipo ch, mecc, el., magnetico, nucleare, ...)
 Il valore di qst forme di E sn racchiusa nel termine entalpico.

X molto tempo l'H è stata assimilata all'E libera (a volte confondendo le 2 nn si commette 1 grande errore)

3) S: misura il disordine $dS = \frac{dQ}{T} \Rightarrow dQ = TdS$

Disordine: contemporaneità di + sist ordinati
 molteplicità " " "

73

Ci sono problemi di tenacità.

① Lavoraz° a freddo: bisogna avere resistenza mecc e all'usura elevate.

② Lavoraz° a caldo: stampi usati x lavorare Al

③ Acciai rapidi: usati x fare inserti da taglio
(brocche, frese, ...) si costruiscono con 1 unico pezzo di acciaio. Tenori di el. di lega + elevati.
Possono sopportare elevati gradienti termici

④ W → acciai temprabili in H₂O (C 1-2%)

O → " " " olio

A → " " " aria

D → legati in Cr in tenori elevati

⑤ H → " " " (W, Mo) (C 0.3-0.5)

⑥ T → " " W → H₂O (C 0.8-1.2)

M → " " " e Mo

O-A: hanno + el. di lega ⇒ temprabilità + elevate

D: durezza 2^{da} aria (⇒ resistono 1 po' di + alla t°)

W: erano usati 1 volta x stampare le monete

W: X 153 Cr Mo V 12

↑ 1.5% C, 12% Cr

Cr₂₃C₆

0.95 Mn WCrS (pe legati)

⑦ 0.35% C e 1.25% Mn

alla sgrassatura) + finitura

• Trattamento termico che è 1 bonifica + rettifica o affilatura.

Spesso si fa il rivestimento o la nituraz^o (x ↑ la vita dell' utensile)

d' elettrodo serve cm input del processo (acciaio), esso è messo a contatto con 1 viletta di acciaio purificato x ↓ ossidi e impurezze.

Scoria liquida: miscela di ossidi

La miscela liquida è in basso xché pesa di +
La resistenza elettrica scalda nella zona di fusione

X gli acciai il trattamento termico è delicato
la Temp^a non è particolarmente critica (si vuole evitare la formar^o di carburi)
↳ avvengono spontaneamente con il raffreddamento.

X acciai x utensili eseguono rinvenimenti multipli
fondamentale è la t^o di austenitizzaz^o (cambia la quantità di carburi a seconda della t^o)

t^o + alta (si sciolgono meglio i carburi x l' austenite ha + el. di lega)
t^o + bassa

I carburi hanno 1 cinetica di trasf. lenta.

Il grado di tempo può essere molto ≠ in base alla t^o di austenitizzaz^o

La crescita del grano austenitico non è operabile.

La dimensione del grano austenitico dip. da temprabilità,

⊕ M_s/M_f/austenite residua e durezza dp tempo

D₂ acciaio leggermente + legato risp all'A₂

Se il rinvenimento è fatto a 450 °C inizia la precipitazione di carburi

Acciai x lavorar^o a caldo:

H13 → X40CrMoV5-1 (0.35% C)

Si ha 1 buona durezza dp rinvenimento

• risp agli altri acciai c'è - C.

• 3 rinvenimenti (2-3) ↑ i carburi secondari e qdì la durezza

La durezza dp tempra è - elevata risp agli acciai a freddo

• L'austenite residua è < risp agli altri casi (xché c'è - C)

• < durezza a basse T_{inv} → metodo della diffr^o dei raggi x.

Anche qui lavorando x molto tempo ad alta t^o, le propr. meccaniche di durezza ↓

Acciai rapidi:

hanno carburi + duri e ne hanno di +

La % di C su abbastanza elevate x ottenere i carburi

Si acciai che possono lavorare a caldo

La t^o di iniz^o dei polimeri non è troppo alta

Acciai x usi speciali:

• Acciai x cusinetti: 50 Cr6 (simile agli acciai x utensili

x lavorar^o a freddo temprabili in olio)

1% C - 1.5% Cr

• I cusinetti devono resistere a 1 usura da contatto

⑦9 continua - si fa 1 tempra in presenza di austenite residua

06/12/12 SCAVINO

Prodotto dell' acciaio

L'E libera individua l'E che è attribuita a 1 sist → si capisce se ci m possibilità o - di evoluz° del sist. Si capisce se 1 fenomeno avviene o non avviene

$$G = H - TS$$

↑

Gibbs e E libera

Entropia: misura del grado di disordine che è 1 prop. ⊕ (è 1 moltiplicità di stati ordinati ⇒ ci m + possibilità di evoluz°)

Il sist vanno sempre vs la ↓ dell'E

Se c'è 1 variaz° di E si parla di ΔG

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S \quad \text{a } t^{\circ} = \text{cte}$$

Affinché il fenomeno avvenga l'E finale deve essere < di quella iniziale ⇒ saldo < 0.

Termine entalpico ed entropico

↓

↑

↑ entropico ⇒ ↑ il grado e il tasso di disordine ⇒ spontaneamente m + stabili i sist + disordinati

Effetto tangibile → Acciaio: fase lega nella quale è presente il C, potrebbe essere in competiz° con i sist Fe purissimo e C purissimo. (Termodinamica)

(tale da creare 1 vacanza).

C'è 1 tendenza degli atomi ad andare verso la superficie. C'è fa ↑ l'E da 1 lato.

n_0 : n° iniziale di atomi

n_v : n° di posit° vacante

w_v : lavoro richiesto x formare 1 vacanza o inserire 1 atomo nel reticolo

Dal pto di vista entropico, c'è > disordine

Nel caso delle vacanze ci su delle vibraz° + disordinate

Entropia di miscela: è 1 f° statistica che dice con lo stato di disordine può essere statisticato

$$S_m = -(n_0 + n_v) K \left[\frac{n_v}{n_v + n_0} \ln \frac{n_v}{n_v + n_0} + \frac{n_0}{n_0 + n_v} \ln \frac{n_0}{n_0 + n_v} \right]$$

↑
espressione probabilistica: probabilità che avvenga la miscela tra vacanze e n° di atomi iniziale

$$G_v = n_v w_v - T S_m$$

$$(1) G_v = n_v w_v - T K \left[(n_0 + n_v) \ln (n_0 + n_v) - n_v \ln n_v - n_0 \ln n_0 \right]$$

Si cerca di assumere 1 E libera che è il < positile

Derivando (1): $w_v + T K \ln \frac{n_v}{n_0 + n_v} = 0$

$$\Rightarrow \frac{n_v}{n_0} = e^{-\frac{w_v}{KT}}$$

$G_f = N w_v =$ calore di attivaz°, cioè il lavoro necessario x creare 1 mole di vacanze

possono condurre diventano dei superconduttori a 0K.

• C'è 1 vacanza ogni 100000 atomi a $T=300K$

• C'è " " " " 10 atomi alla t° di fusione

07/12/12

Glisse: hanno 1 combinars^o di propi e risp agli acciai xò si possono colare facilmente (sm x la fonderia)

Glisse bianche → + difficili da colare (molto dure)

" grigie → + comuni

Hanno propi termiche e di dissipaz^o di vibras^o

T° di fusione: è + facile manovrare 1 glisa xché la t° di fusione è + bassa.

Intervallo di solidificaz^o: 1 delle fasi + critiche della solidificaz^o del getto

È critico il passaggio tra solido e liquido (→ problema delle rotture). Si vuole avere 1 intervallo di solidificaz^o il + piccolo possibile

Ritiro di solidificaz^o: il vol di 1 mat liquido è > di quello del solido.

↳ corso di ritiro

Le glisse hanno 1 vol del solido quasi = a quello del liquido ⇒ la colata della glisa permette 1

ser^o + sottile. Cioè xché nella fase di solidificaz^o comparano grafite e ausente

85 molto utile x rendere + colabile la glisa ma è

poi subisce 1 trattamento termico ridurgato (non ha 1 forma lamellare e cioè è ⊕)

• Ni, Cu, Sn → favoriscono la grafite e poi raffreddando, la perlite (miscela ferrite-cementite)

• Mn → perlitizzante

↓ MnS è - dannoso di ES

• Cr, Mo, W, V si cerca di evitarli

Solidificaz° (tenori di el. grafitizzanti)

basso (-) ↙


(+) alto ↘

γ + grafite

ghisa bianca :

+ dura e fragile (può essere riscaldata tra t° euttraidica ed eutettica)

- forma arrotondata O:
pochissime tensioni

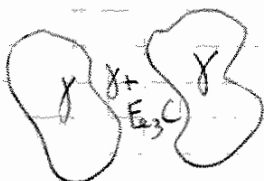
-  tensioni + elevate
↑ lamellare

- vermicolate 

1 ghisa ferritica a volte ha 1 duttilità >, dip dalla forma della grafite (sferoidale, al max vermicolare)

Ghisa bianca : fase bianca: cementite

" grigia : perlite (do prima c'era l'austenite)

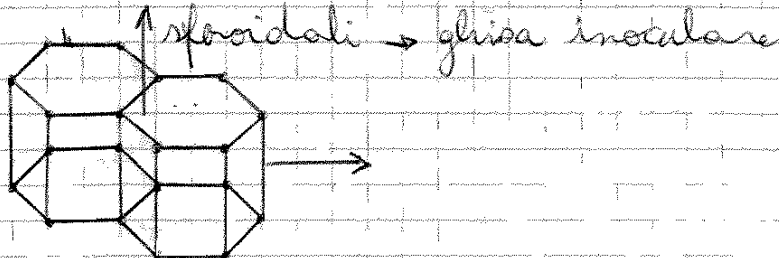


Su ghise ipoeutettiche

Ledeburite : $\gamma + Fe_3C$

Raramente si fanno dei trattamenti termici successivi ed è 1 mat ecc.

ghisa tratata: alternanza di placche bianche e nere



La grafite si può sfaldare facilmente

Se si colano delle ghise pure (senza S e P) la grafite ha 1 crescita in dir 1 risp alle facce, mentre se si usano delle impurità si ottiene 1 forma preferibilmente lamellare o sferoidale della grafite

⇒ si usa Mg che si lega con S e P il suo effetto ⊖ (Ca, e). Tale aggiunta è detta "Modifica" della ghisa

Aggiungere il Mg ad alta t° comporta 1 fusione ed è il Mg brucia ⇒ l'ob aggiunta è critica ⇒ si aggiungono delle leghe con 7% di Fe o Si

La grafite lamellare ha 1 buona conducibilità termica.

La ferrite si forma intorno alla grafite e ciò è particolarmente visibile in ghia sferoidale

Le ghise sferoidali su di > valore x l'ind meccan.

(gli effetti di intaglio interno su <)

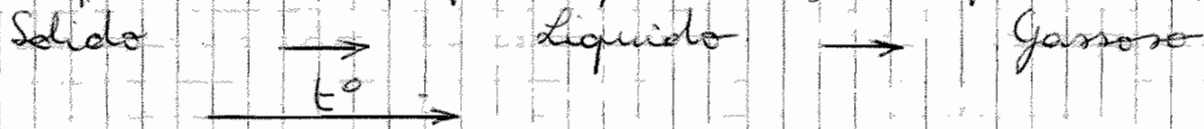
Si possono fare 4 trattamenti termici dopo la

colata :

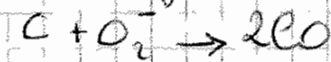
La t° è strettamente connessa all'entropia

Il termine entropico è sempre accompagnato dalla t° .

La presenza di liquido/solido/gas dip. da t° e p.



È magnetico $\rightarrow t^{\circ}$ di Curie \rightarrow È paramagnetico



Arta r° è spostata a dx all' \uparrow della t°

Si ha \downarrow cambiamento di fase e di propr. magnetiche e dello spostamento del verso della r° .

Arti 3 fenomeni in legati dallo stesso principio.

1) L' \uparrow di t° comporta la presenza di 1 stato gassoso.

Gas \rightarrow deriva da caos, disordine \Rightarrow è qualcosa di disordinato

\uparrow la $t^{\circ} \Rightarrow >$ disordine

2) Paramagnetismo: l'ordine dei domini magnetici è distrutto. Si ha 1 stato disordinato

3) Q: il solido che è carbonio reagisce con l'ossigeno, \rightarrow il monossido di " è 1 gas \Rightarrow è disordinato

Esso è presente nella $>$ parte dei processi termici che riguardano gli acciai

si scaldano in 1 gas che viene poi evacuato

Dati ⊖:

• costo ← impianto

• problemi tecniche ← gestione

• problemi di spugnamento: si deve usare 1 gas (He, ...)
raffreddato, sottopressione & raffreddare il mat. ⇒ il mat deve essere autotemperante

• l'acciaio deve qd essere legato e costoso, gli altri al C non si risono a temprare nel gas.

Ci son le temp in vuoto in liquido negli impianti a "doppia camera" (qd si raffredda si trasla il mat nella 2^a camera + piccola che viene poi separata dalla 1^a e si mette 1 gas & ristabilire la p_v)

si fanno poi cadere i pezzi nel liquido che non evapora xché c'è 1 gas dall'aria

Dati ⊕:

• la superficie del mat è perfetta, lucida
⇒ necessario x gli stampi & avere poi superfici perfette

• l'inquinamento: la tecnologia del vuoto è quella che inquina di -

• Costi impianti stanno prendendo piede

• > problematiche dal pto di vista della gestione son dovute all'inquinamento

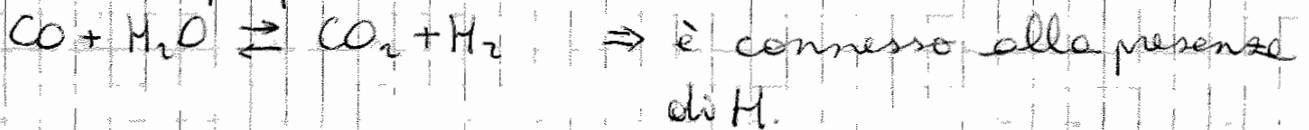
93

$$K = \frac{p_{CO}^2}{p_{CO_2}} \cdot \frac{1}{a_C}$$

↳ attività del carbonio

$$C\% \propto \frac{p_{CO}}{p_{CO_2}}$$

La %C dip. dal rapporto $\frac{CO}{CO_2}$
 Alterando il rapporto $\frac{CO}{CO_2}$ si può alterare il C superficiale.



$$K = \frac{p_{CO} \cdot p_{H_2}}{p_{CO_2} \cdot p_{H_2O}}$$

$$\frac{p_{CO}}{p_{CO_2}} = 1/K \cdot \frac{p_{H_2}}{p_{H_2O}}$$

è il pto rugiada

Il CO è 1 gas molto velenoso che è subdolo
→ inodore, ha 1'az° progressiva nel tempo

14/12/12 SCIVINO

Il CO è molto usato in ambito metallurgico
 x interagir con le superfici metalliche

Trattamenti termici superficiali:

nelle atmosfere protettive si può usare un gas gelli
inerti che derivano dalla distillar° frazionata
dell'aria liquida

Bisogna partire da 1 liquido → l'aria è
compressa e raffreddata, così diventa liquida

Prendiamo 2 componenti miscibili allo stato

liquido e gassoso. T_A e T_B m la T° di ebollis°

95