



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 973

DATA: 08/05/2014

A P P U N T I

STUDENTE: Cervasel

MATERIA: Materiali per l'Industria Meccanica

Prof. Matteis - 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.**

MIM "Scalino"

10/01/2013

Materiali per l'Ingegneria Meccanica

Proprietà dei materiali Metallici?

- CONDUZIONE ELETTRICA e CONDUZIONE TERMICA

non solo per conduttori ed scambiatori ma permette anche la "SALDATURA" che altri materiali non hanno

hanno proprietà che altri materiali non hanno }

PROP. ELETTR.

per creare conduttori, più utilizzato il "Rame", viene usato perché ^{beneficio}/_{costo} è molto elevato, il beneficio si ha massimo quando questo è puro o elevata purezza - Sul nichel e l'ossigeno, non solo sulla superficie come ossido CuO (NB gli ossidi non sono conduttori) ma ancora più nocivo e all'interno.

TAVOLA PEROVSKA
METALLI ad eccezione del idrogeno H si trovano a SX della linea -

- Na, Sodio () dannose
- Ca, calcio (usato per le deghisazioni) (i processi LANTANIDI e ZANTINIDI sono metalli anche se generalmente non vengono usati per prop. meccaniche

FASI METALLICHE, abbiamo non solo i metalli puri, quelle fasi che sono contraddistinte da un comportamento metallico, con legame metallico

MIM

10/01/2013

Tempra → Raff. veloce

Riscottura → " lento

Tempra : - si parte dalla Temp. di 500°C Al
e da 700-800°C FeC



- e si raffredda in H₂O

Operazione siberica per asportare calore nel modo più veloce possibile dal pezzo

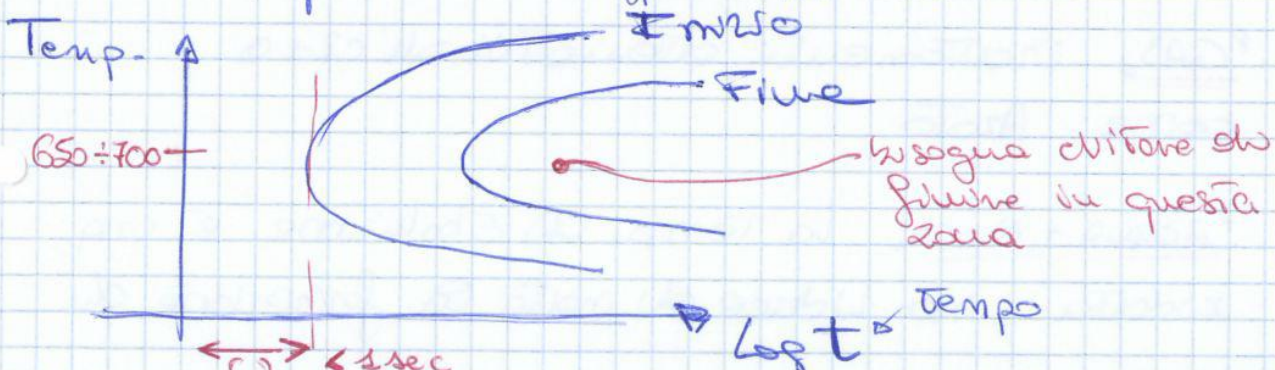
↓
quando s'immerge in H₂O si genera subito vapore (ossido di Idrogeno) ed essendo un ossido non conduce e

a questo punto quando il liquido riesce a venire a contatto si incomincia a raffreddare

← scambio termico

→ Allora si conduce il fenomeno di convezione

!! PROBLEMA !! Tempra in H₂O dalla calce/gessina di vapore generata sul pezzo per contatto, che impedisce il raffreddamento



MIM

10/01/2013

bolle di vapore, ma è corrosiva allora
 corrode i pezzi ma anche le vasche

- CORROSIONE
- SMALTIMENTO

"AQUA QUENCH" (quench - Tempa)

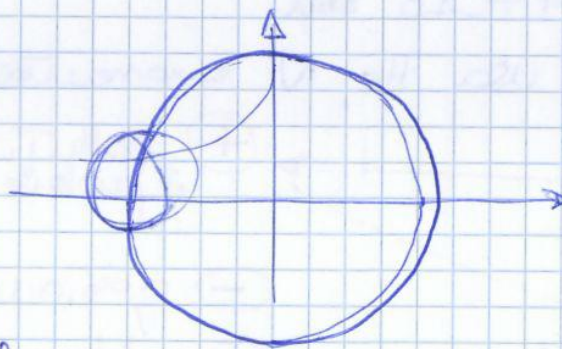
sono particolari tipi di Alcoli, "Glicoli",
 i quali hanno lo scopo:

- Aumentare la Temp. di ebollizione
 - diminuire la formazione di bolle
- "H₂O + Aquaquench"
 (Acqua addizionata da glicoli)

(ormai la Temp in H₂O non esiste più solo
 tutta Aquaquench)

Quando si raffredda in acqua si ha il fatto
 rischio di rompere i pezzi, perché se
 si raffredda velocemente si ha:

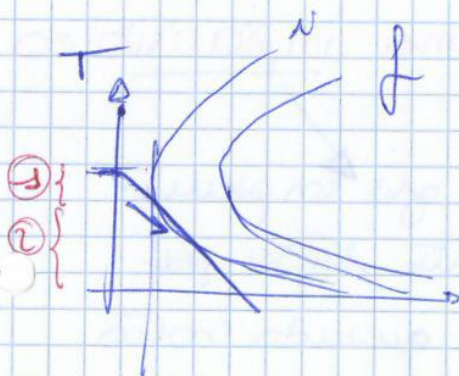
- sep - fredda su cuore caldo



- Sep - si contraria
- ↓
- cuore caldo rimane fermo
- ↓
- Sep in troncamento
- ↓
- ☀️ rottura

zona ① occorre
 un raffreddamento molto
 veloce

zona ② un raffreddamento lento
 per evitare la rottura



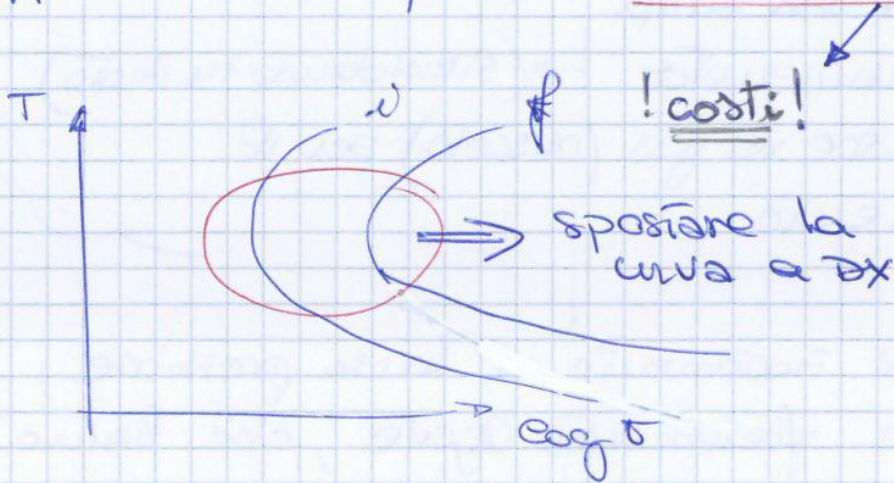
①
 ②

③

MM

10/01/2013

"Potere vol. del gas è inferiore"
 allora bisogna usare materiali che ci
 possano permettere di ottenere lo stesso
 effetto → quindi ACCIAI FORTEMENTE LEGATI



Temp. della sublimazione
 del Cr è molto bassa

elemento principale è il
Cr, Cromo - sposta a dx la curva
 - Resistenza alla
 ossidazione

quando scaldi non debbono
 esserci modificazioni/alterazioni
 superficiali, allora

RISCALDAMENTO IN VUOTO

!! PROBLEMA!!
 sublimazione (solido - Vapore
 del Cromo)

(es Temp. di sublimazione
 Zinco è 900°C)

!! scaldare !! R^e vuoto, è dispendioso
 e lungo perché si può solo per
 irraggiamento (inquinante)
 e l'ossigeno

allora si scaldano
 in Azoto
 !! PROBLEMA!!
 purezza Azoto
 inerte

{ Azoto nel materiale → Niturazione }

4

MIP

20/05/2013

- Per purificare il Rame, si usano trattamenti: elettro-chimici che sono veramente costosi (anche se ^{è un elemento} molto diffuso, e non difficile da pulire, ma da purificare)

materiali usati per la conduttività elettrica

- Rame "Cu"
- Alluminio "Al"
- Metalli Nobili (Au, Pt)

conduttività: \uparrow Cu \downarrow Al
 peso: \uparrow Cu \downarrow Al

$$V = IR$$

$$I = \frac{R}{V}$$

costanti basse

$\downarrow I$ $\uparrow V$

$$P_j = RI^2 \rightarrow R = \rho \frac{l}{S}$$

Potenza, perdite effetto Joule

Resistività ρ

\downarrow natura conduttore

geometria del conduttore

lunghezza l

sezione S

Resistività: $\rho = f(\text{comp. chimica}, \text{temperatura})$

che materiale e con che purezza

se $T \uparrow$ $\rho(T) \uparrow$

agisce sulle "vacanze", sul loro numero, mancanza di Atomi, difetto del Reticolo

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

$R \downarrow$ $\rho(-)$ $l(-)$ $S \uparrow$

ma non bisogna aumentare troppo il peso, di là si usa e' Al, Alluminio

MIM "Scalio"

14/05/2013

Per gli usi comuni i materiali più utilizzati sono 3:

① Rame (Cu)

② Acciaio / Ghisa (FeC) (materiali ferrosi)
→ 95% dei materiali in ambito meccanico

③ Alluminio (Al)

① Il Rame resiste molto bene alla corrosione degli Acidi (H^+) (anche l'Acido Cloridrico).

Anziché gli acidi Nitrico e Solfurico sono anche ossidanti e quindi con questi reagisce (NB non può essere usato in ambienti ossidanti)

③ L'Alluminio ha una elevata capacità di trasmissione del calore (coeff. di scambio termico elevato)

→ Quando desidero uno scambio termico rapido

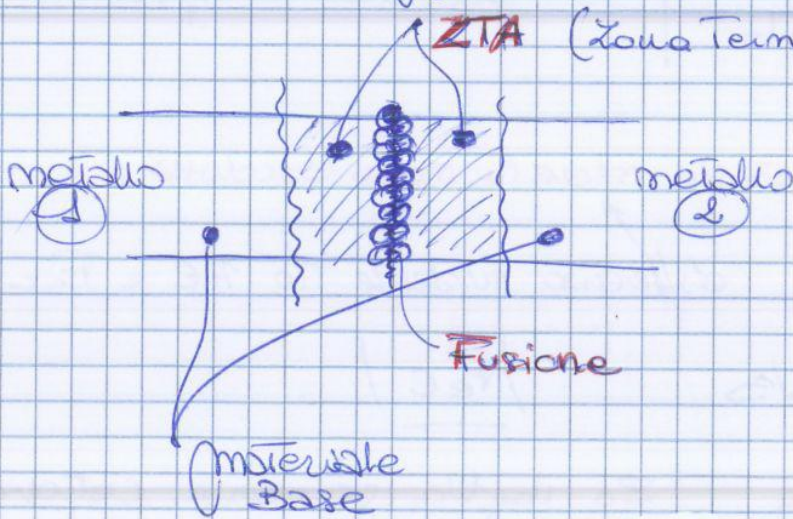
② {GHISA} ha una notevole inerzia termica
→ Trasferimento termico lento

{ACCIAIO} è una via di mezzo tra i due come Inerzia termica

1

NB il metallo di Raffreddamento è il metallo stesso

NB la conducibilità Termoelettrica è assolutamente maggiore rispetto ai liquids e ai gas



Rottura nella "FUSIONE" → mal soldata
 (sicuramente senza ombra di dubbio) → perché
 - gas
 - poche passate
 - troppo sporco
 - porzioni di metallo
 - troppo poroso

Rottura nella "ZTA" → solatura fatta bene
 → Materiale non idoneo alla saldatura

perché le Tensioni sono maggiori nella ZTA dovuto al "rapido Raffreddamento" e al fatto che metallo è sottoposto a questa alterazione e viene portato al materiale base.

Soluzione: - Riscaldamento minimo della ZTA

- Materiale deve avere una ridotta capacità di avere Tens. in seguito al Raffreddamento (ossia ridotta Tempra Bilata)

- facile saldare → Acciai con Elevata Temprabilità

+ " " → " " Bassa "

Temprabilità dipende dalla composizione chimica

determinato dalla presenza di Acciaio

MIN "Saldatura"

17/01/2013

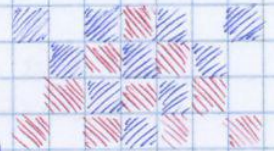
Saldatura

Unione permanente di 2 parti metalliche ottenuta realizzando la continuità del collegamento



Saldabilità

Attitudine di un materiale a prestarsi alla realizzazione di collegamenti saldati con le debite caratteristiche



- Saldabilità Operativa (Tecnologia)
- " Metallurgica (modifiche della microstruttura)
- " Meccanica/costruttiva (proprietà dell'insieme)

STORIA

- ① 1877 : Saldatura a Resistenza (Thompson)
- ② 1901 : Cornelia Ossiacetileno (Ricard e Fauché)
- ③ 1908 : Electrodo rivestito (Kielberg)
- ④ Seconda guerra mondiale : TIG, MIG, arco sommerso
- ⑤ dopo guerra : plasma, fascio elettronico
- ⑥ 1958 : Laser
- ⑦ 1991 : friction stir welding

↑ Rivestitura Imballonatura

↑ "Rivestitura" - "Imballonatura"

Incalemente generazione foro e quindi fattore d'intaglio e tensioni di taglio

Oggi giorno solo usata per le lamiere che non possono essere usate (leghe Al)

Adesso lamiere FeC^{nuove} che sono usate in lamiere ma non possono essere scaldati-saldati

MIM

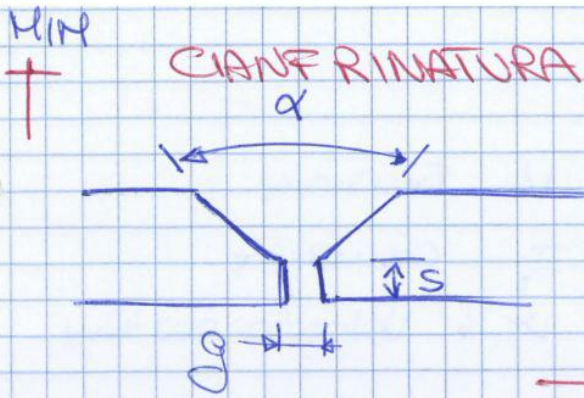
17/01/2019

- ① Il tipo di saldatura più usata in campo automobilistico, "saldatura per punti"
- ② !! @ @ AHHHH !! Totalmente obsoleto infatti si usa anche per separare le parti
- ④ Arco sommerso da una polvere che allente le parti da saldare (Mig Tig - Tungsteno)
- ③ Arco Elettrico Electrode - Materiale
- ⑤ Bombardamento con particelle di Gas Ionizzato e il materiale da saldare, tutto questo nel vuoto, senza l'aria frenerebbe le particelle
- ⑥ Fascio di luce che porta a fusione
- ④ Attrito generato calore del Movimento Relativo tra due parti a contatto, senza arrivare a fusione, si ha un fenomeno di diffusione, che genera il bonding (collegamento) { youtube }

Era un meccanismo di nicchia, Adesso sta tornando in auge a causa della normativa EU per l'emissioni (data prossima) per la saldatura delle scricche

②

17/01/2013

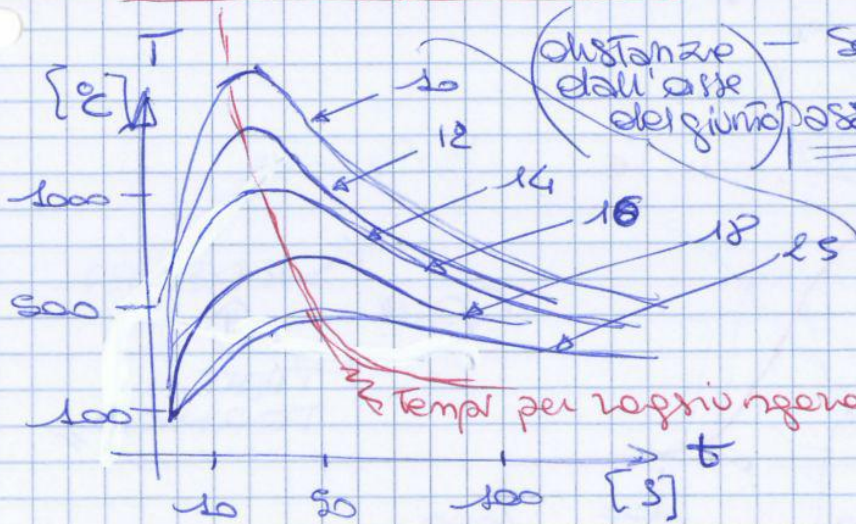


"Per ottenere la max efficienza bisogna che la completa penetrazione"

- fondamentale la pulizia (ossia privo di ossido)

- Se le parti da saldare sono pliccate una passata

Cicli di riscaldamento



- Se grande più

- Il calore viene dissipato per irraggiamento, ma soprattutto per convezione

- le leggi del riscaldamento dipendono dalla conducibilità termica del metallo base e dalle caratteristiche geom.

- In zona fusa c Metallo base si hanno

Temp. differenti → distinzioni differenti →

→ Reazioni diverse → "Cricche"

→ generazione di fase differenti

MM

14/01/2013

In 2TA si fanno vari effetti:

- generazione nuove fasi → formazione di nuove costituenti strutturali
- dimensione grani

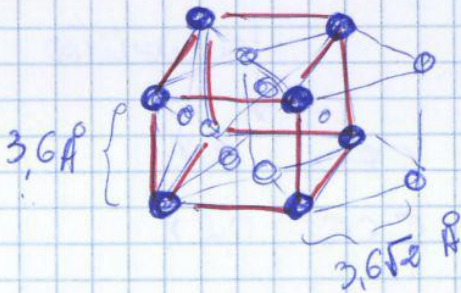
+ aumenta dimensione grani
 + " la formazione di cubiche che non vengono fermate dai bordi di grani

Ferro → c.f.c.
 → c.c.c.

Austenite → c.f.c. si trasforma in c.c.c.

($3,6 \text{ \AA}$ spigolo CFC
 $2,8 \text{ \AA}$ " " CCC)

per la presenza del carbonio



per la presenza del carbonio la trasf. da c.f.c. a c.c.c. fast che sia portata a diventare eq

MARTENSITE b.c.c.
 Tetraedro / corpo / centrali

MARTENSITE IN 2TA } elevata probabilità di formazione anche a freddo

patando un aumento di volume e di tensione

MARTENSITE +H

condizione di ipotesi per formazione di ricche a freddo

(4)

NIM

18/05/2018

!! PROBLEMA "H" !!

- finché rimane in forma atomica nell'interstizio non genera problemi

→ ma poi si lega a se stessa formando la molecola H_2 → Aumento del volume

→ posizionandosi a caldo giusto, facendo da linee

- in una vacanza (manca 1 solo atomo)
- nelle dislocazioni (manca un semi piano)

⇒ "TRAPPOLA d'IDROGENO"

PERICOLO dato da

Infino finché non si fa la rottura non ci accorgiamo di niente

- no Rx

- no Prove di Traslazione

Agisce dopo → differenze nel Tempo

(la rottura avviene

dopo mesi di tempo)

per usi di sicurezza molto più bassi di quelli teorici di rottura di materiale

NB anche le saldature possono permettere l'introduzione di H

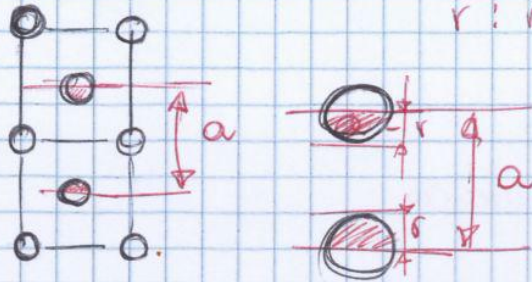
MIN Scalino

18/01/2013

conoscere i piani a maggior densità atomica ?

luogo per le moto delle dislocazioni

a : distanza atomi
 r : raggio atomi

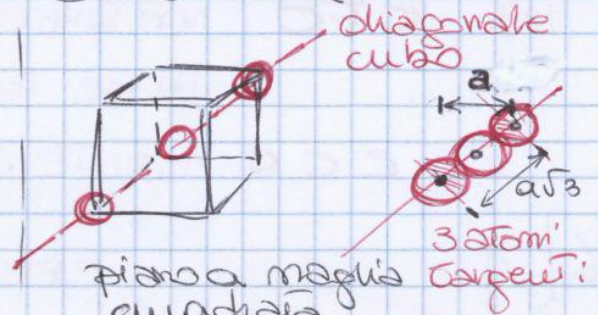


$a - 2r = d = \text{distanza atomica}$

atomi a minor densità, sono congiunti

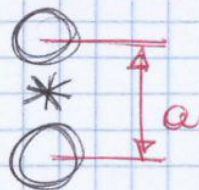
nel (CCC) $\langle 1, 1, 0 \rangle$

lungo la diagonale della cella



sono le cost. che essere TENACI

nel (CFC) $\langle 1, 1, 1 \rangle$



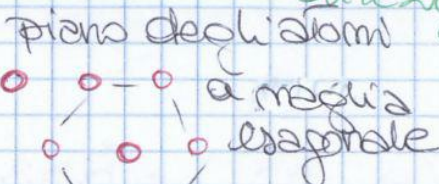
$a - \frac{a\sqrt{3}}{2} \rightarrow \frac{1}{2}(a - \frac{a\sqrt{3}}{2})$

dimensione stera vuota (si toglie l'ingombro dei semi atomi) pseudiano sul raggio

piano passante per i 3 vertici (ne abbiamo 4)

$\Delta \times 3 = 12$ direzioni di moto degli atomi

se $a = 2,85 \text{ \AA}$

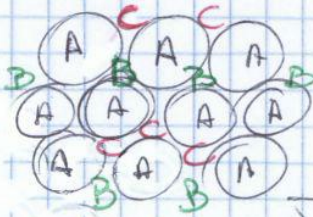


dislocazioni

$\frac{1}{2}(a - \frac{a\sqrt{3}}{2}) = r = 0,18$

i movimenti con energia cost. sono quasi sempre tenaci

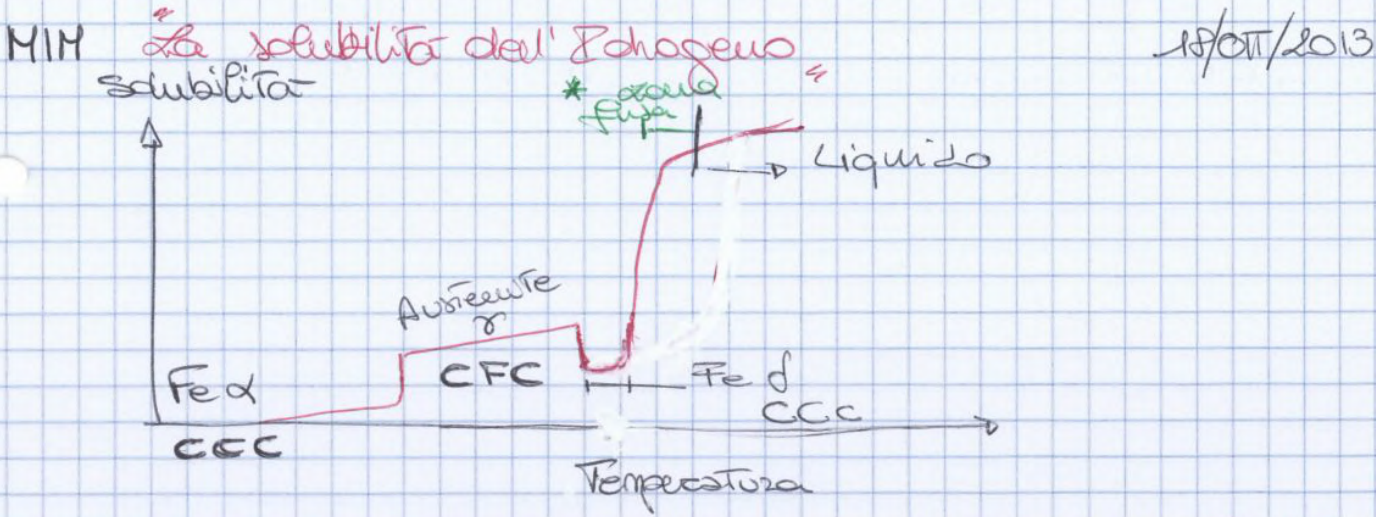
sono disponibili ad un'elastica atomi



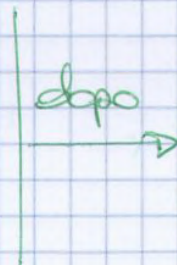
ABA \rightarrow EC Esigmate compatto

ABC \rightarrow CFC

1



Quella "zona fissa"
 tende a solidificare
 e anche se l'Orthogeno
 non rimane più genera
 POROSITÀ



quello rimasto in gabbia
 tende a concentrarsi
 dove si fa il giunto
 termicamente
 saldato

↓
 ma quando si
 salda si ha una
 trsf. martensitica
 ossia fragile
 ↓
 che probabilmente
 porta a rottura

Le Tensioni Nascono:

Austenite (CFC)

Martensite (T.C.C.)

1) da C.F.C. a ...C.C. e una tröff. con aumento di volume

(CFC struttura a simmetria esagonale
struttura che occupa un minor volume,
quindi più compatta, miglior addensamento
atomico)

(...C.C. massa atomica costante
numero atomi costante
essendo meno compatta → si ha un
aumento del volume)

ottenendo in modo omogeneo questa tröff. visto le differenti fasi di raffreddamento (prima su superficie e dopo a cuore se si raffredda)
genera delle tensioni visto che durante il raffreddamento si ha un aumento di volume

2) (suo tröff. a piani invariati)

Martensite è coerente con la fase madre (CFC)

FASE COERENTE

1) Interfaccia Comune

2) Parziale continuità reticolare

quindi permettere, anche se con difficoltà, il passaggio delle dislocazioni da un grano all'altro

→ us legustocoroni ~~trappole~~ solo delle
trappole ad H
↓

Tante dislocazioni → Tante trappole
↳ tanto H !!!

protezione con Zn,
gas inerti, etc.

← da evitare

Rimane "FASE MARTHENSTICA"

→ tanto più è estesa, tanto più sono
le dislocazioni

A parità di carbonio del trattamento
termico da che cosa dipende
l'estensione della zona? DALLA COMPOSIZIONE

CHIMICA

Alora dipende che io primo responsabile
della Trstf. Martenstica è il CARBONIO

presente in
ogni Acciaio
(essendo Fe derivante
da Minerali Ferro si)

Verifica

CARBONIO EQ

(Anche si denare
presente negli Acciai)

$$C_{eq} = \% C + \% \frac{Mn}{6} + (\% Cr + \% Mo + \% V) / 5 +$$

$$+ (\% Ni + \% Cu) / 15$$

non vuol dire
che sia impossibile

$C_{eq} \leq 0,4\%$ buona solubilità ; $C_{eq} > 0,6\%$ solubilità
critica

mi dà un potentissimo indice della solubilità
dell'Acciaio (con cui quale Atitudine può
avere la Trstf. Martenstica)

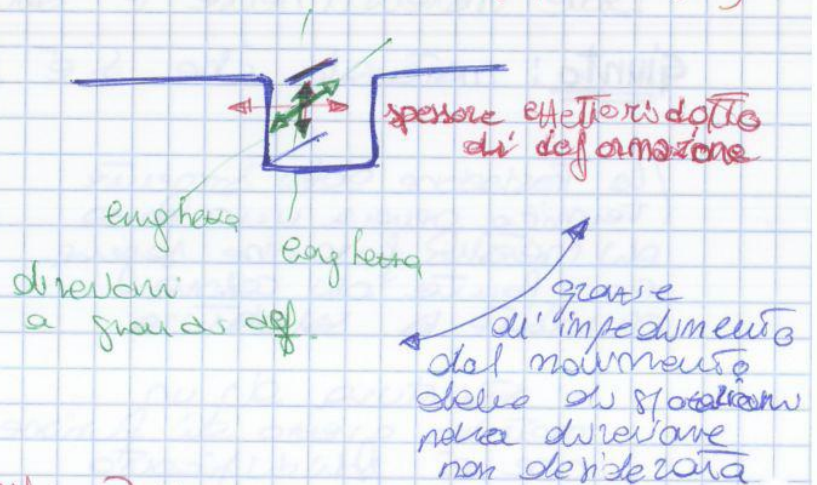
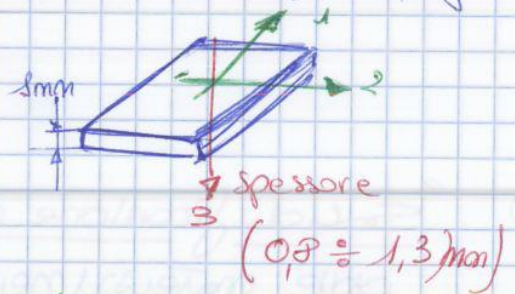
È quello che più esalta il fenomeno
della "temperatura"

COMPETITIVO

si trova nell'ambito della solidifica-
 ma anche nel trattamento termico
 (come negli acciai da profondo
stampaggio, nella fase ~~di~~
 di cristallizzazione (come nella ricottura)

per farsi che la deformazione
 sia Anisotropa, che la trasf.
 non delle ~~all~~ avviene nello stesso
 modo in tutte le direzioni

Acciai a prof. stampaggio



Forma Geometrica della Gocia

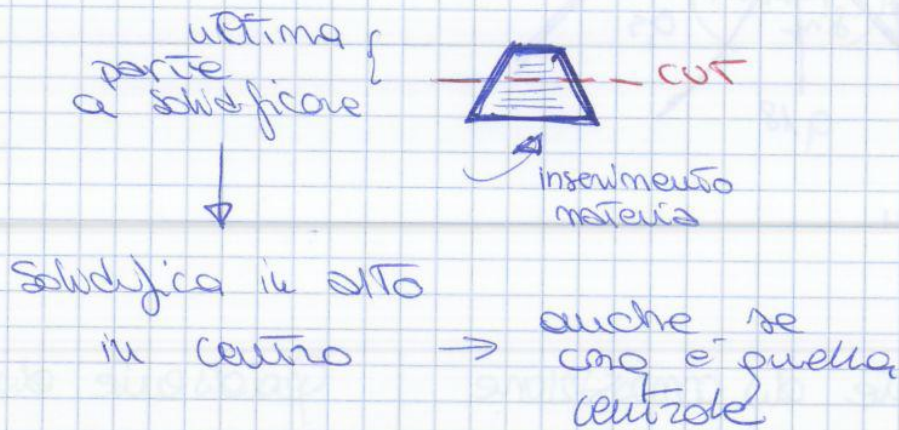
Gocia → Avanzamento veloce della sorgente

grani tendono a seguire del max ∇T e
 non si fa una totale unione, rimane la
 linea di separazione

Ellittica → Avanzamento lento della sorgente

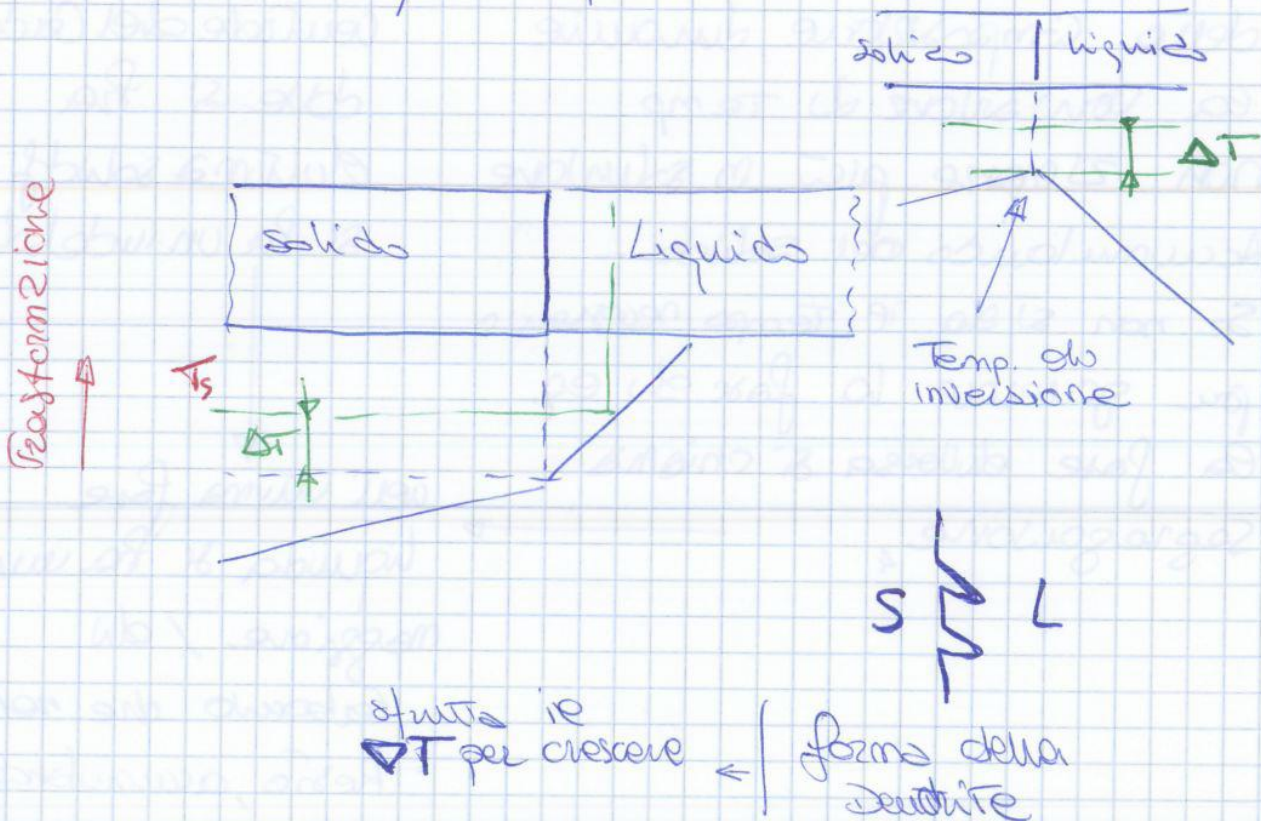
i grani tendono ad unirsi
 per seguire il max ∇T

- Il fenomeno della "segregazione", caratteristica dell'ultimo liquido si ha anche nella fusione tramite la "mastering"
- La "segregazione" si ha anche nei lingotti con colata in "lingottiera"



"Sotto Raffreddamento Costituzionale"

perché sia in presenza di un Raffreddamento minore di quello previsto



MM

28/01/2013

GIUNTO SALDATO → Solidificazione delle due parti

↓
mancata dei problemi

Diagramma di stato, nel caso in cui tutto avvenga in totale equilibrio (NB nel diagramma, non si tiene mai conto del tempo)

si parla solo di fasi estremamente tenui che si può trascurare la "Lex del minimo di energia" (ossia sistema al minimo di energia)

TRATTAMENTO TERMICO

↓
si ha solo grazie al fatto che forziamo il diagramma di stato

NB Saldatura con grossi diametri → |Rottura|

Per Solidificare → devo "sottoraffreddare", ossia farmi sotto la temp. di equilibrio di solido-liquido (Temp. fusione)

Analisi di segregazione nelle leghe



(1)

MIM

28/01/2013

- Soprattutto perché lo zolfo fa punto di fusione a 500°C temp. che superano di gran lunga quando si fonde l'acciaio per la solubilità (1500°C) e che si crea in inclusioni.

- Mn $>$ 1% Sol fusio di manganese fonde a 1250°C , per l'azione particellari

si usa negli Acciaio Automatico e a lavabilità migliorata

INCOLLAGGIO \rightarrow

quando i due e due i tempi hanno uno strato di ossido

unico caso in cui lo zolfo non crea problemi

"Mancanza di pulizia,

I giunti vanno "Protetti" \rightarrow da Ossigeno, H, Azoto

Azoto da origine al fenomeno dell'invecchiamento

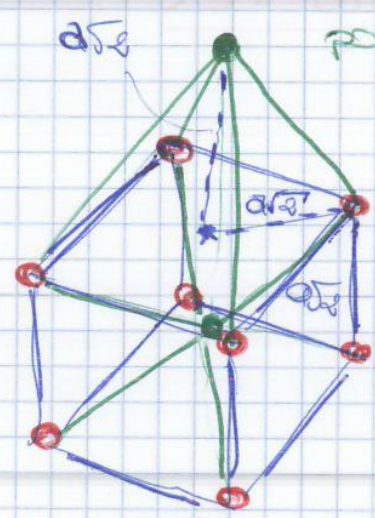
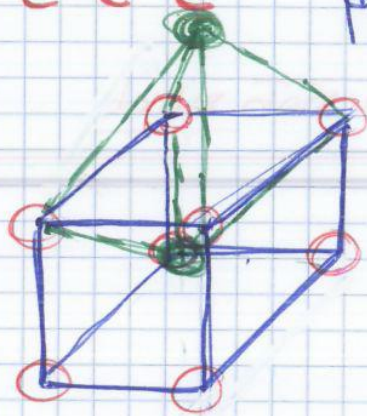
H troppo

Ossigeno inclusioni, perché ossida con Fosforo e zolfo

\uparrow
Tutti possono con il tempo evaporare e generare porosità



CCC ~~più~~ piani di scorrimento



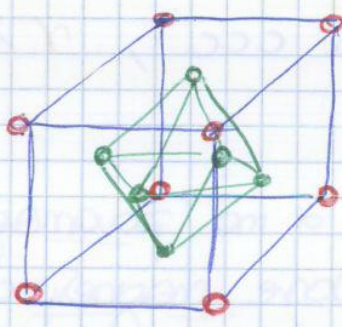
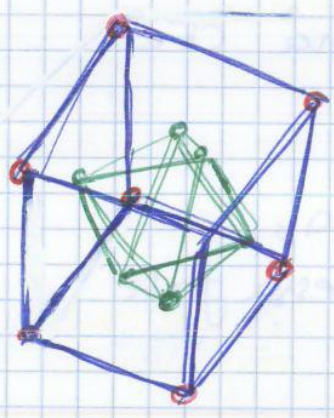
posizione interstiziale
NON È UN OTTAEDRO PERFETTO

† sito interstiziale

CFC meno piani

CCC < CFC

+



OTTAEDRO PERFETTO

Favite ↓

CCC

quando inseriamo degli atomi a livello sostituzionale induce delle tensioni ed essendo in posizione interstiziale preferita genera tensioni maggiori con delle deformazioni

Aumentate ↓

CFC

si ha un effetto minore di queste tensioni indotte - dimensione sito interstiziale - forma regolare del sito

Regola della leva

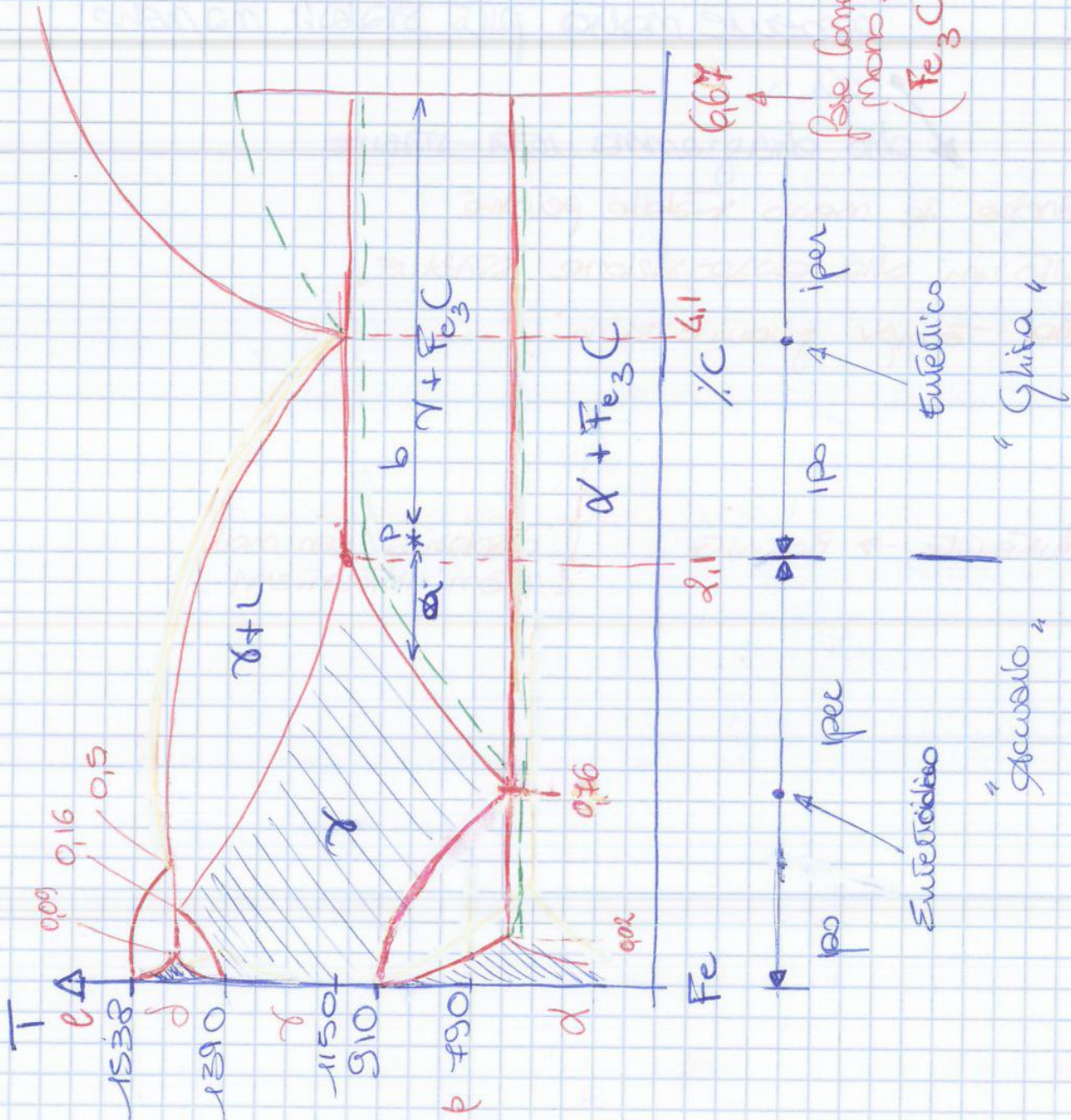
Es nel punto P

$$P = \frac{b}{a+b} \cdot a + \frac{a}{a+b} \cdot b$$

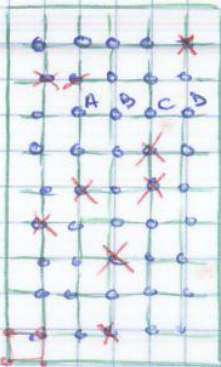
(composizione dell'astierite e quella del bardo)

metastabile

stabile



Pericolo Poche



trasf. RICOSTRUTTIVA
DISORDINATA
DIFFUSIVA



non si può
ricostruzione
degli atomi
a b c d
Tendono
a rimanere
nella fase a
maglia quadrata
gli atomi
interstiziali

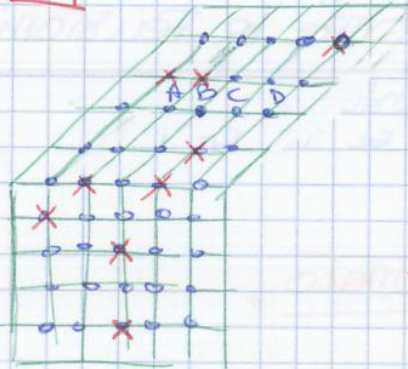
maglia
quadrata

(x atomi interstiziali)
o atomi



trasf. DISPLASIVA

NB in questo
caso il
nono
elemento
era libero
da vincoli
esterni
(di forma)



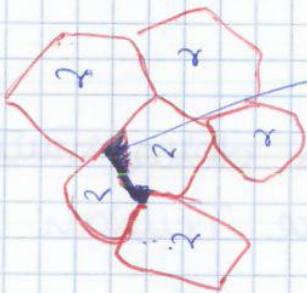
gli atomi A B C D

sono rimasti
perfettamente
in posizione

la distribuzione degli
atomi interstiziali
è rimasta invariata

Displative

- interfaccia coerente
- tensioni reticolari
- disposizione atomi interstiziali altamente mantenuta



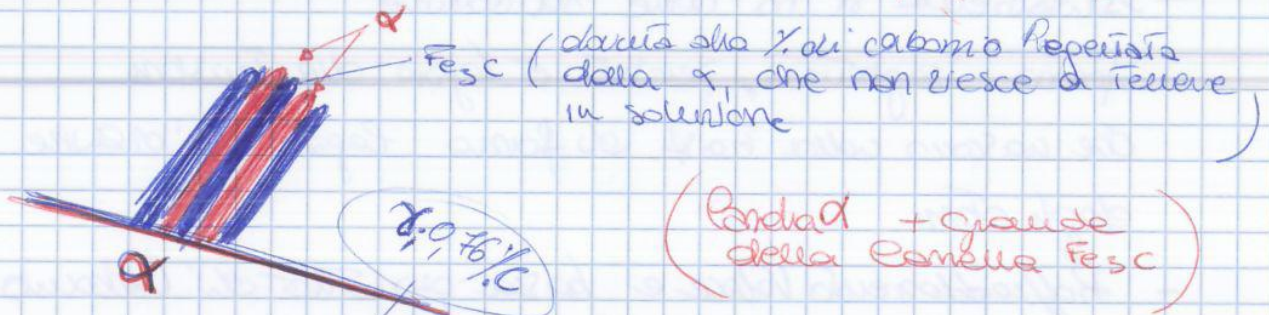
Fenice ALLOTROPICA

forma che è predeterminata da
qualcosa di preesistente

(nel caso a lato della Austenite
che si fa ferro)

→ Raffreddamento lento ricristallizza

PERLITE → miscela di 2 FASI $\text{Ferrite } \alpha + \text{Fe}_3\text{C}$



Carbonio si scoglie in α in modo più facile che in γ e dopo

ipobalzo origin si ha solo nel punto eutettico

nel caso della Trans. IPER EUTETOIDICA

nel caso della Trans. IPOEUTETOIDICA



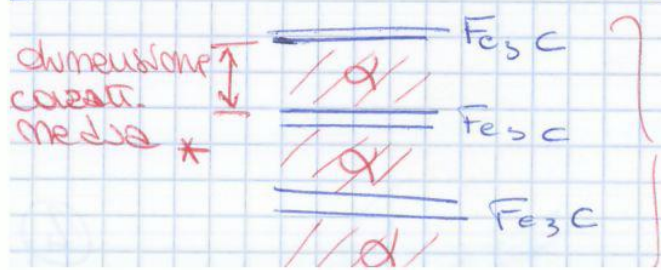
si forma per prima la Ferrite



• Non c'è una relazione eutettografica tra PERLITE ed AUSTENITE (cresce dove non si ha coerenza)

• C'è relazione tra lamelle Perlite di Cementite e Ferrite, di fatto di una lamella perlitica hanno lo stesso orientamento

$(10 \div 11\% \text{Fe}_3\text{C}) ; (89 \div 90\% \alpha)$ % in Volume o in Peso * struttura inter lamellare



nel complesso 3D è come un "cavo" fessato all'ovale le linee sono tutte

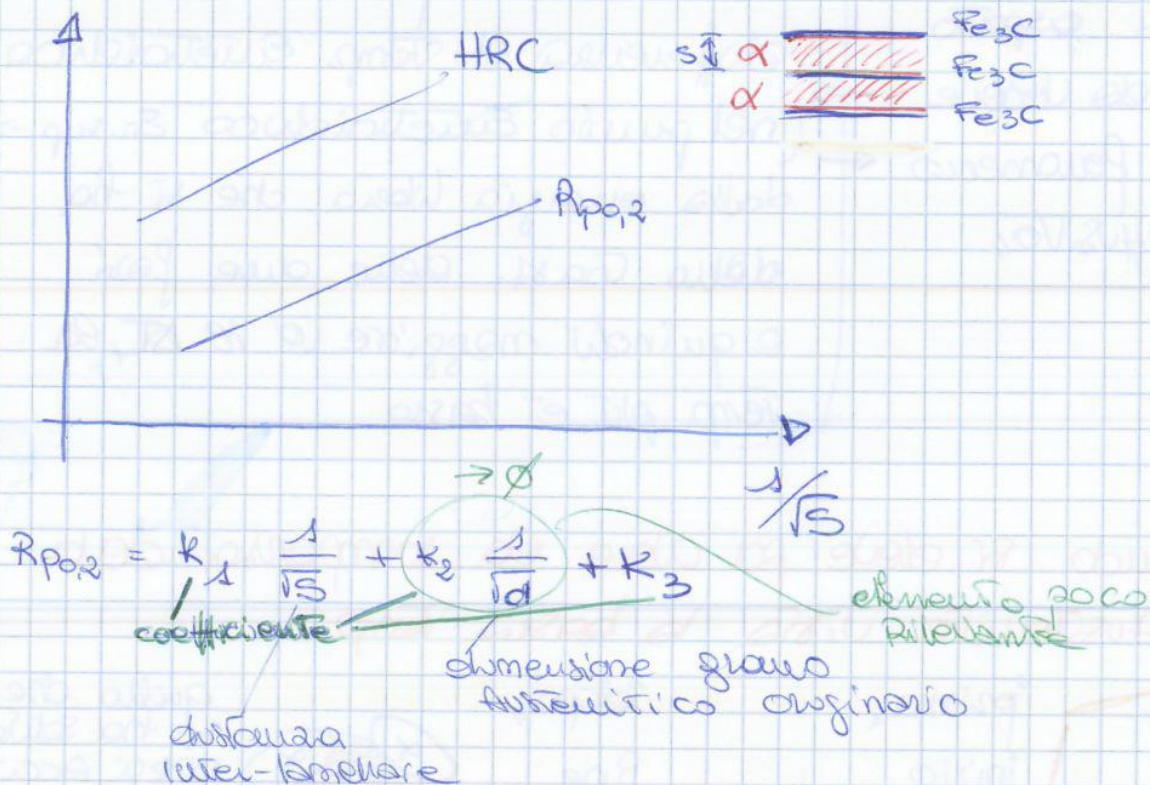
Come si viene costruito degli altri elementi di lega?

Soltamente spostando punti del diagramma di stato Fe-C

Acciai Perlitici

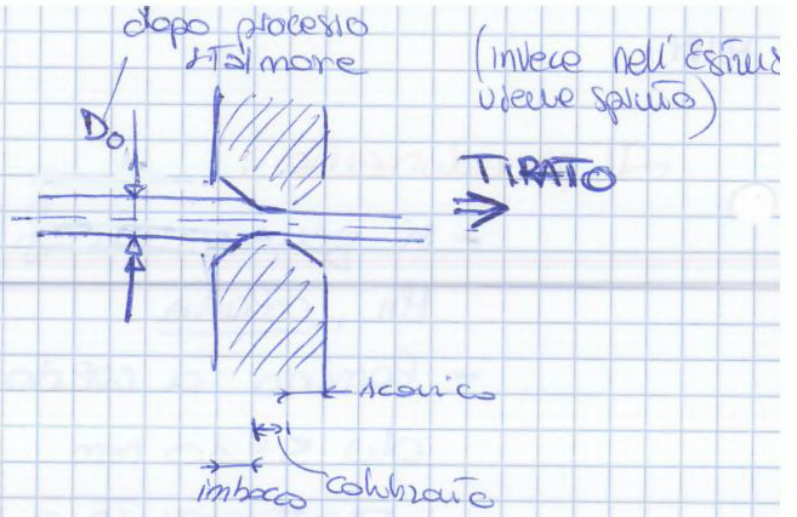
- Ⓐ Vengono usati per i binari ferroviari
- Ⓑ Flessi Armonici (per generare flussi o Pneumatici)

Ⓒ Le lamelle sono così piccole che solo con i microscopi elettronici si riesce a distinguere le singole lamelle (microscopio ottico - non si vede)



TRAFFILATURA
def. plastica

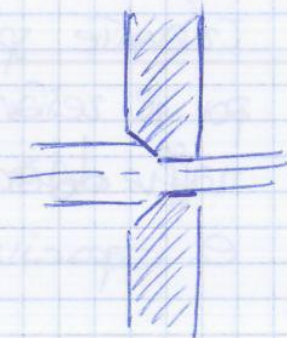
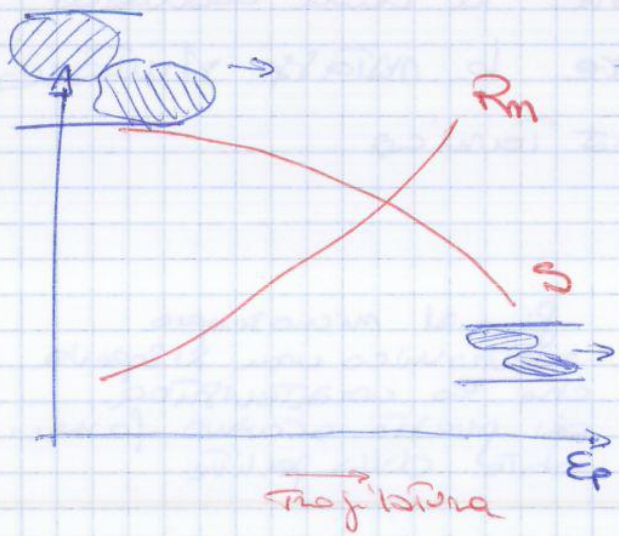
questo processo va
ripetuto n volte
per suddividere le
def. in numerosi
stadi



- Effetto incrudimento
- Allineamento della microstruttura
- dim. della distanza interlamellare

④ TRAFILATURA

Ridurre il \log del \varnothing_n del filo significa tanto più a diminuire la deformazione sotto tensione del filo



si fanno molti passaggi anche perché

si può ridurre poco a poco i passaggi per non rompere il filo e sendo diminuito a tratto

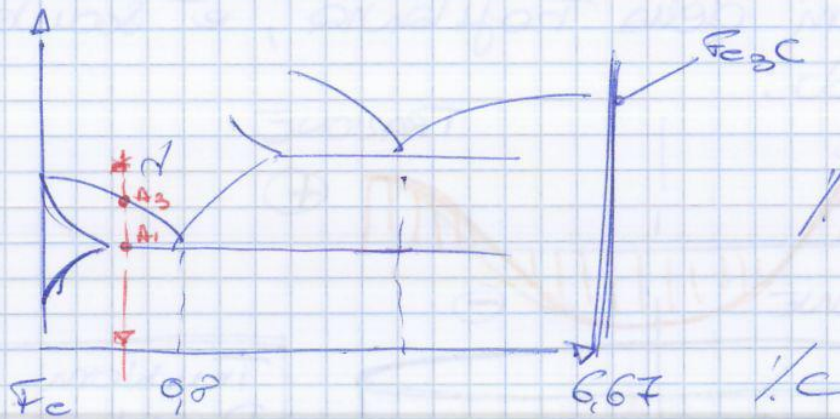
NB Allineamento delle perlite nella direzione di trazione (essendo perlite debole da un trattamento termico e direzionale casuale)

che comporta un'ulteriore rinforzo, aumentando la resistenza

Effetti Responsabili

- Allineamento perlite
- Incrudimento
- le lamelle si allineano (della perlite)

Trasf. della Ferrite "RICOSTRUTTIVA"



$$\%Fe_3C = \frac{0,8}{6,67} \approx 11\%$$

Martensitica trasformazione DISPLASIVA

α'
(struttura cristallografica molto simile a quella della Ferrite)

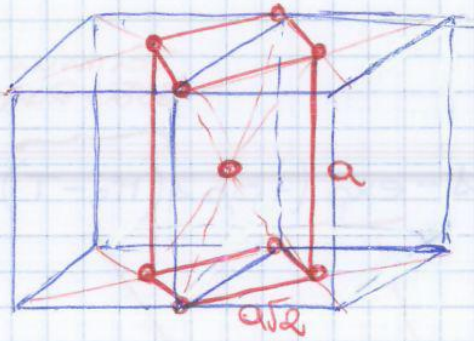
È il caso estremo
nessun atomo può muoversi dalla propria posizione originaria

- trasf. quasi indipendente del tempo (si può considerare istantanea) e difficile apprezzare le Trasf.

- trasf. parziale (non riesce a trasf. tutta) Utile bloccata a una certa temp. più ↓ Temp. ↑ % di Martensite

M_s (Martensite Start) dove si vede il primo 1%

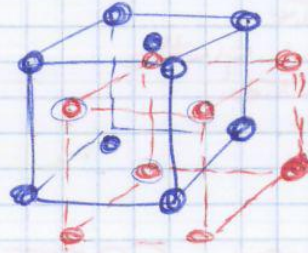
M_f (Martensite Fine)



si può apprezzare un'altra cella (modulare)

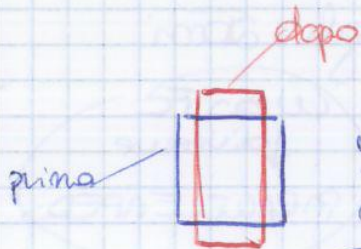
con la transf. (militare) si ha una compressione

NB due siti OTTAEDRICI nel cfc se ne hanno di più stando a $\frac{9}{8}$



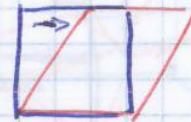
dai grani di Austenite \rightarrow si passa cristalli di

martensite dove poi vi rimane Relegato



questa genererebbe uno stato tensionale troppo elevato allora!

“Trasformazione a un piano INVARIANTE”



piano invariante

In Resulta a livello cristalografico si ha lo sviluppo di un "Eliassardo"

(cambiato di orientazione)



piano invariante



Per far avvenire questo non si ha nessun piano invariante, ma si ha una **Rotazione Ricca**

Trasf. del Reticolo, def. plastica



ponendo in comune la diagonale

Lu. Microscopica si può vedere che l'ebollizione
 ha 2 o 3 parti distribuite
 dentro ogni grano e non
 superano mai il limite del
 grano di Austenite

Altri Elementi di lega sono importanti

- Variano M_s e M_f
- come si deforma nella trafilatura
 componente fissa

$M_s = 539 - 4.23 C - 30 Mn - 18 Ni - 12 Cr - 7 Mo$

quelli più comuni fanno scendere M_s
 (NB per l'uso per Co e Al)

$(M_s = [C])$

NB M_f si muove in modo correlato e opp.
 a M_s

Caratt. Meccaniche

ha Resistenza molto elevata (ma non è
 usata a livello pratico)

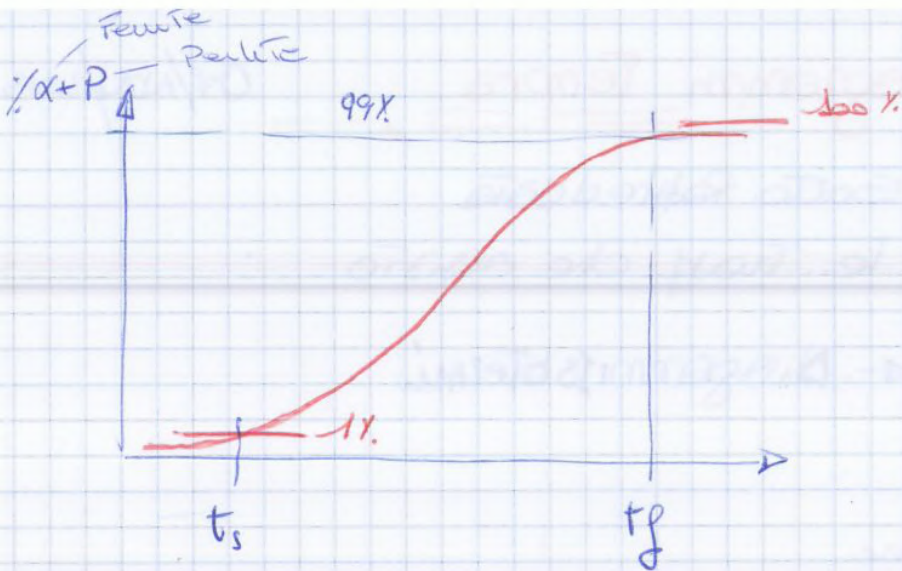
- Se in un punto si vuole Resistenza in
 un punto allora si cerca di avere della
 martensite

- Rafforzamento per tenore di Carbonio (stato solido)
- Indurimento (dato alle tensioni della trafilatura)
- Raff. per basso di grano (Carbonio che esce dal reticolo)

HRC



perché aggiungendo Carbonio si abbassa la
 Temp. di M_f e allora diminuisce la % di
 martensite (a una data Temperatura)

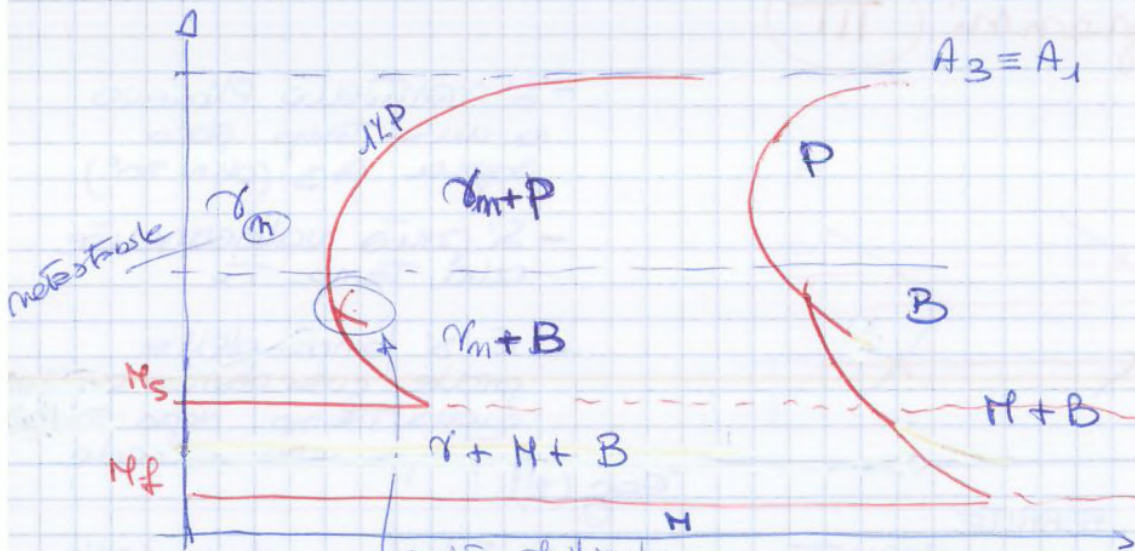


NB nel diagramma di stato $\alpha + Fe_3C$

NB nel diagramma di trasformazione $\alpha + P$ (Pearlite)

ACCIAIO EUTETTOIDICO

più semplice, non si fa la curva $\alpha + \gamma$

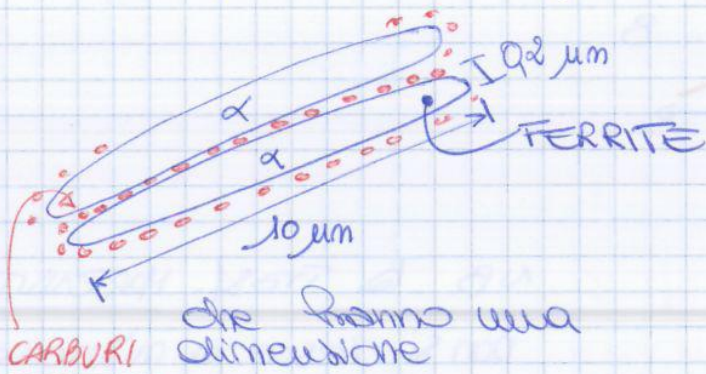


molto difficile definire la differenza fra α e δ alle curve M_s e M_f si fa una sola differenza

BAINITE ⇒ miscela tra ~~FERRITE~~ e ~~FERRITI~~ / ~~CARBURI~~ / ~~CARBURI~~

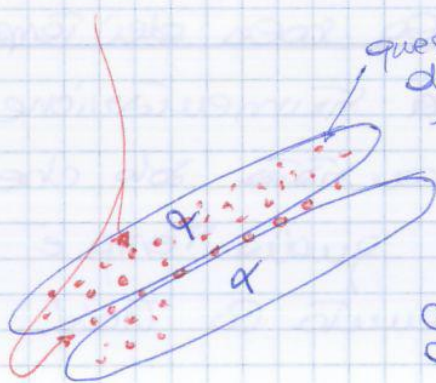
come fase cristallografica si possono avere
dei CARBURI LEVATI

(struttura molto simile alla Ferrite come struttura
si differenzia solo per come viene costituita)



BAINITE
SUPERIORE

(se quei carburi fossero
uniti in una unica
comella sarebbe come
la FERRITE)

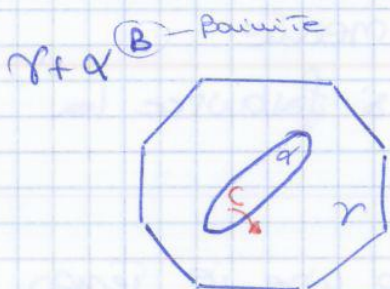


questi carburi
di interno dell' α
suo della dimensione
di 50 nm

BAINITE
INFERIORE

presenza di
carburi interspersati
due lamelle di Ferrite

"TRASFORMAZIONE"



in base alla %C nell'Austenite
e alla Temp. e quindi in base
alla possibilità di precipitare
del carbonio

NB α ha la sua
%C giusta, il
carbonio in eccesso
va sempre a finire
nella Fe_3C

Temp. Alta % %C bassa → BAINITE SUPERIORE

Temp. Bassa % %C alta → BAINITE INFERIORE

BAKITE ACICULARE

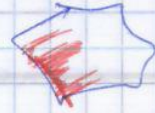
nasce intorno a dei difetti, e questi difetti (seconda fase) inseriti ad arte e fa sì che si abbia una cesata più disadunata -

Questo disadunato fa sì che ci sia un miglioramento delle proprietà meccaniche - (Perché la Bakite tende a formarsi sul lato del grano che genererebbe dei percorsi preferenziali alla frattura)

ACICULARE



CLASSICA



CARATTERISTICHE MECCANICHE

- generazioni di dislocazioni che nella fase di invecchiamento si ritegneranno tendendo a diminuire il bene fin di questa
- però si ha un rafforzamento da "seconda fase" che tende a diminuire il movimento delle dislocazioni

"CARBURI ed altri elementi"

Alcuni elementi si possono trovare solo all'interno di certe fasi:

- Ni $\rightarrow \alpha$ (Es solo nella fase α)

- Mn, Cr, Mo, V, Ti, W

Elementi che si trovano in fase sostituzionale di Fe avendo cementite Fe_3C con alcuni ES formando $(Fe, Cr)_3C$ carburi ma se superano oppure una certa % danno vita ad altre fasi

ES
Carburi per utensili
WC

- Sono elementi con diffusività molto bassa e la ripartizione degli elementi da lega-

Ni $\hookrightarrow \gamma, P$
Cr $\hookrightarrow \alpha$

Tendono a ripartirsi secondo queste preferenze, quando si ha formazione ferrite e cementite

- Logicamente con la manutenzione trasformazione avviene questi non si modificano

- Stabilizzando la trasformazione e quindi abbassando la Temp., allora avviene più lentamente

- Quasi tutte le Trast. Vengono rallentate dagli elementi da lega (NB Tranne C)

↑ nella tavola periodica vicino al Fe, quindi molto simile quindi

②③ LAMINAZIONE a CALDO

Se il cominato è il prodotto finale allora vedi

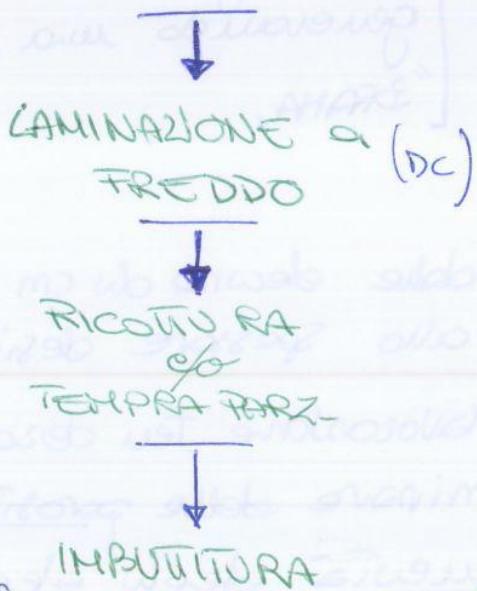
certi passaggi si farà più attenzione per ottenere la microstruttura voluta e si possono anche inserire elementi desiderati (es tendini / lamiera perscati) e si unisce un Raffreddamento Controllato

2-3

Se invece dovesse seguito da def. plastiche allora si fa un raffreddamento controllato e basta.

③

ES ciclo Automotile (Laminazione a caldo)



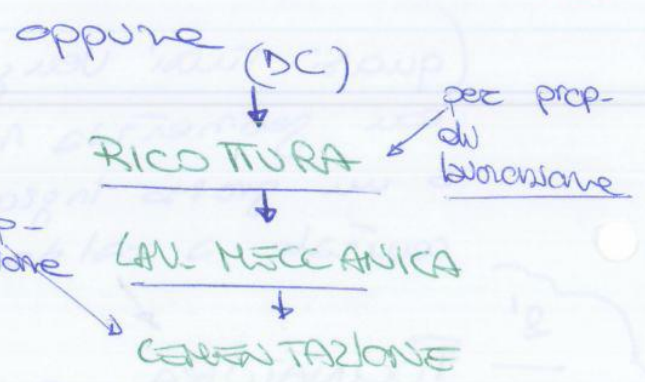
ES ciclo organi Automotile / utensili (Laminazione a caldo)



Bonifica
 no essere fatta
 la del lavoro
 pure già in
 lavorazione

NB dopo BONIFICA
 non tutti gli acciai
 sono lavorabili

per prop-
 di utilizzazione



— IPERCITICA (quello che vuole e il raffreddamento, si cerca di trasformare tutto il materiale in Austenite γ , cancellando la fase precedente, e poi si raffredda da "diagramma di stato", ossia molto lentamente

— trattamento simile e la NORMALIZZAZIONE si trasforma tutto in γ (si cancella la def. della struttura cristallina, ma rimangono le seconde fasi) come nella IPERCITICA; la differenza è nel raffreddamento in Aria Libera (con brucchi più piccoli) quando non controllata e il risultato non è controllato/certo.

Tendenzialmente zomfica ~~per~~ la v. meccanica e unta più se si fa ricotta dopo la Ov. si fa cementare

"Bainitica" (Quenching and Tempering)
 {TEMPRA} {RINVENIMENTO}

costituito principalmente da 3 passaggi:

- AUSTENIZZAZIONE $\rightarrow \gamma$ (appretabili nel diagramma CCT)
 - TEMPRA $\rightarrow M$
 - RINVENIMENTO $\rightarrow \alpha + \text{Carburi} (+ \text{cementite})$
- MARTENSITE RINVENUTA**

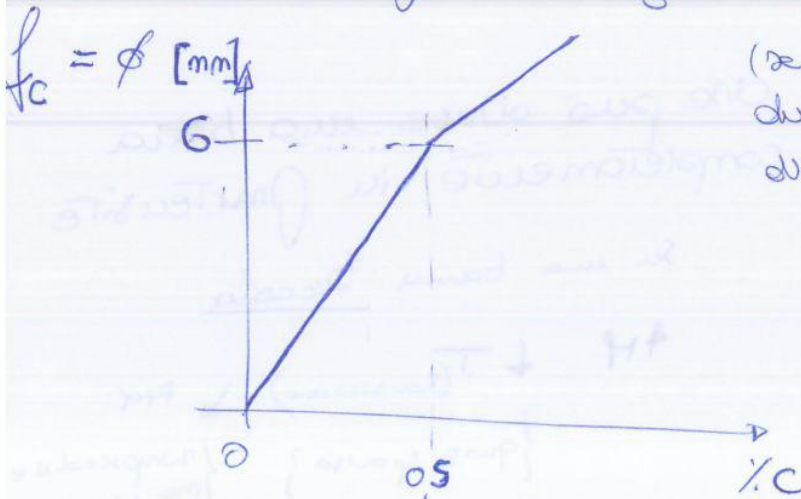
considerando come diametro critico ideale
 come se il metallo rimanesse a temp. ambiente -
 Cmp più è efficace più il diametro
 aumenta ma con andamento aritmetico raggiungendo il massimo del diam. critico ideale -

$$D_{IC} = f_c \cdot f_G \cdot f_{Fe} \cdot f_N \cdot f_{H_2}$$

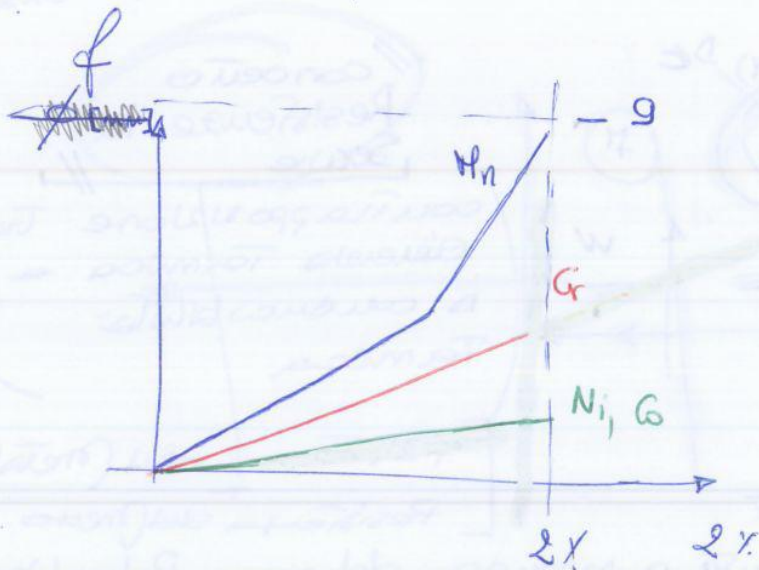
f_c
fattore

(non trascuriamo
 l'effetto del Boroboragno)

NB Ca (martenite) è grande allora lo saranno
 anche gli altri grani delle altre fasi

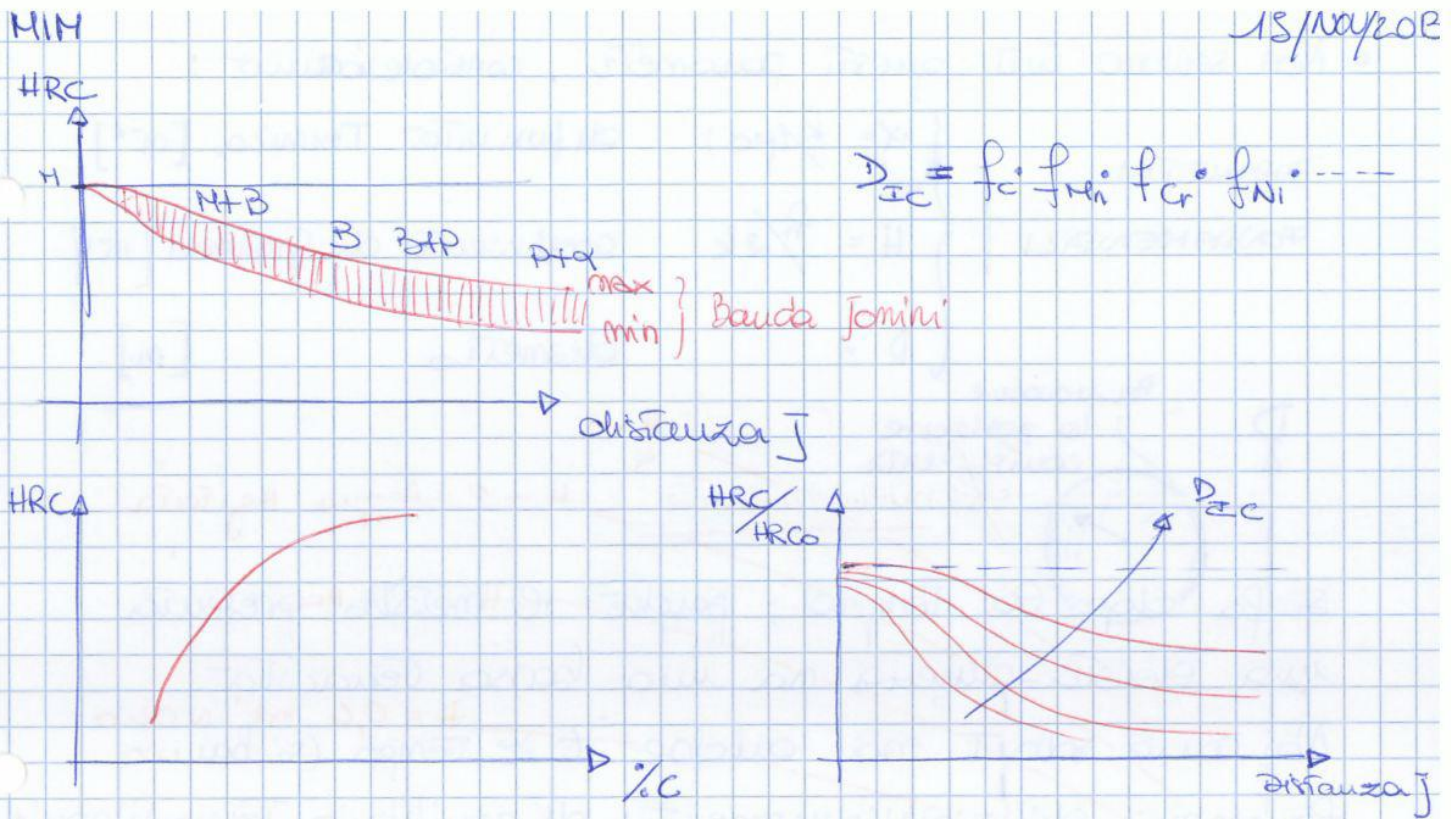


(se non ci fossero gli elementi
 di lega sarebbe quasi impossibile
 avere una buona tenacità)



[NB] caso particolare
 è quella lega di Fe
 con il Boro, che ha
 una sua formula
 a parte e si inserisce
 in quelli acciai che hanno
 bassa tenacità

15/NOV/20E



CALCOLI TEMPERA

$\varphi = h (T_{superficie} - T_{ext})$

"h è una costante"
 "ϕ ⇒ flusso termico"

curva di Raffreddamento locale

- PARAMETRO di RAFFREDDAMENTO (Quench T di Olmetta)
- VELOCITA' MEDIA di RAFFREDDAMENTO in un certo intervallo

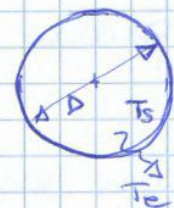
• Si si fa lo stesso calcolo in ogni punto del profilo sottoposto alle prove Jomini

Qual'è la distanza Jomini con uguale parametro di Raffreddamento?

(Si fa un'equivalenza tra un pezzo temprato e un punto del profilo Jomini)

CARATTERISTICHE DEL PEZZO PER LA TEMPERA

- D : diametro (o dimensione caratteristica)
- k, ρ, c : conduttività, densità, capacità
- h : coefficiente di scambio termico convettivo



(1)

NIM

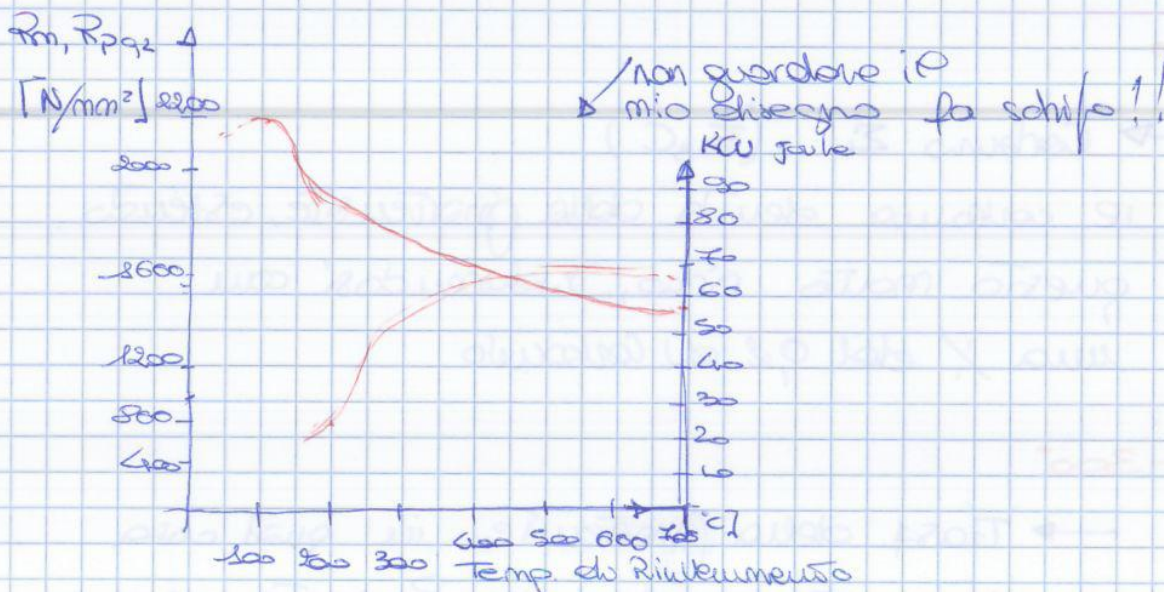
15/NOV/2013

- Si raggiunge una situazione critica quando la superficie tutta martensitica (FREDDA) quindi non ha nessuna intenzione di deformarsi, mentre il cuore inizia la trasformazione martensitica, e deve espandersi → TRAZIONE IN SUPERFICIE → → COMPRESSIONE al CUORE
- Se il cuore non si trasforma ci sono meno pericoli (perché si espande meno → meno tensioni)
- ≡ Pona decisamente se la tempra riesce bene (ovvia anche la martensite al cuore) si rischia la rottura ≡

Oltre al fatto che bisogna tenere conto che dopo questi trattamenti si perdono eventuali tolleranze (se troppo precise) - { insieme ai due problemi prima citati ① tensioni Residue e ② rottura }

fenomeni importanti dal punto di vista delle prop. meccaniche e sono tutti in competizione tra di loro, date un'idea delle zone di sovrapposizione. Dipendono sostanzialmente dalla composizione chimica.

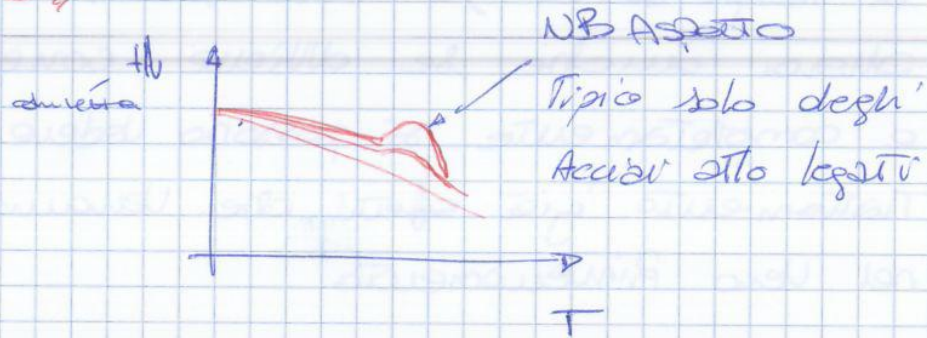
guardare immagine sulle dispense



• La "Durezza", nella martensite, è data principalmente dalla %C, NB dopo il "rinnalzamento", questa riduce lievemente.

• Invece per quanto riguarda le "Tensioni Residue", generate durante la Tempra, (quench), durante il Rinnalzamento le elimina, essendo queste Tensioni di segno sfavorevole a quello noi utile, allora è un fenomeno a noi molto utile.

Questi carburi formano una Durezza molto più alta - fenomeno chiamato "INDURIMENTO SECONDARIO"



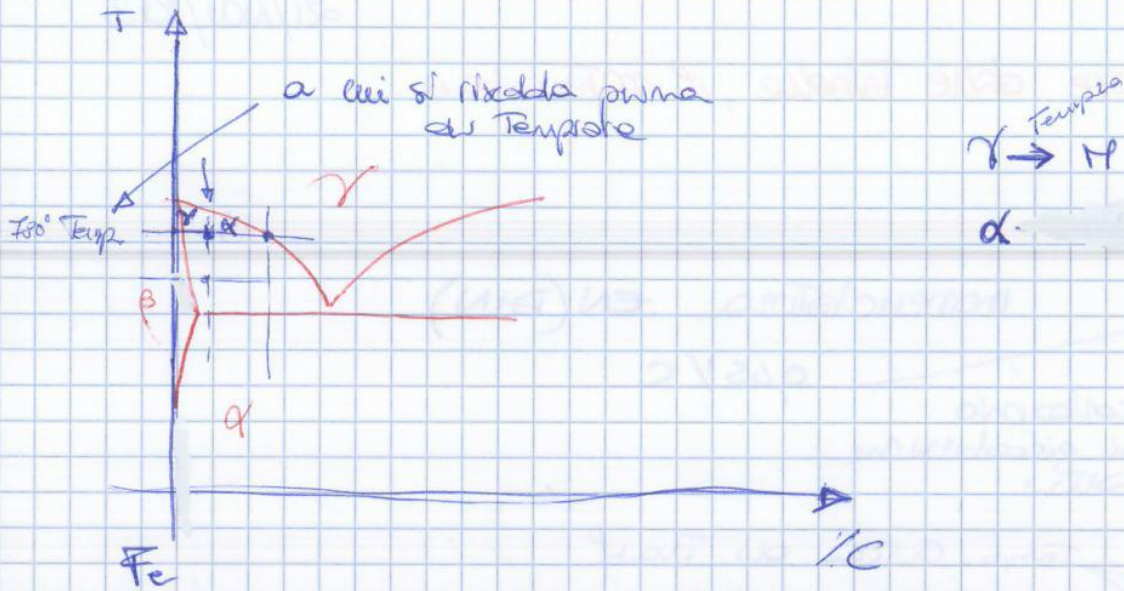
Dovuto ALLA TRASF. del AUSTENITE e della formazione dei carburi -

• FRAGILITA' fenomeno parassita, dovuto ad elementi (come P Fosforo, Antimonio ...) si spostano sul bordo dei grani e riducendo le prop. del legame metallico, determinando soprattutto a basse Temp.

Si cerca di contrastare con:

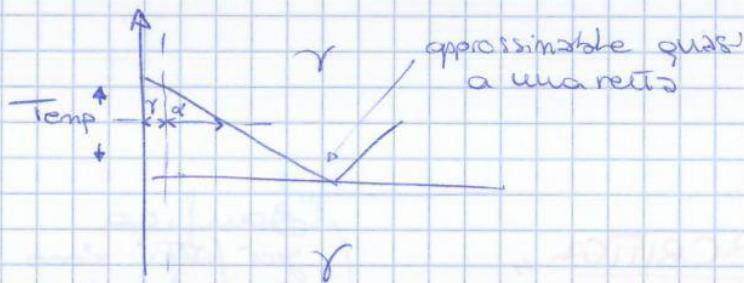
- riduzione al minimo queste presenze
- aggiungendo 0,2% di Molibdeno (Mo 0,2%)

Vi sono formule che permettono di calcolare la durezza in base alla Temp. di Trinc. e delle % di composizione



in base alla γ , α e γ si possono gestire le γ di martensite e del carbonio per la Ferrite

questo processo si fa sulle lamiere già laminare/def. a freddo

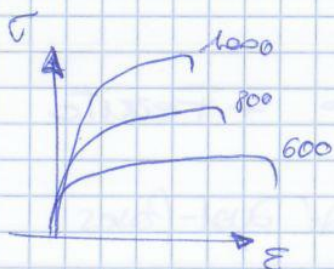


si varia la Temp. per variare le γ di C ed H, seguendo la legge della lami

NONIMATIVA

DP 1000 Dual Phases → significa unico di natura di α DP 800

DP 600



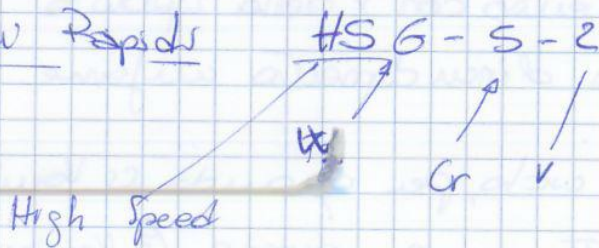
Aumentate quando si genera aumentata la sua dim. e quindi la Ferrite e l'elemento mandata a causa di questa tensione generata

Differenze tra Acc. per l'uso caldo e a freddo:

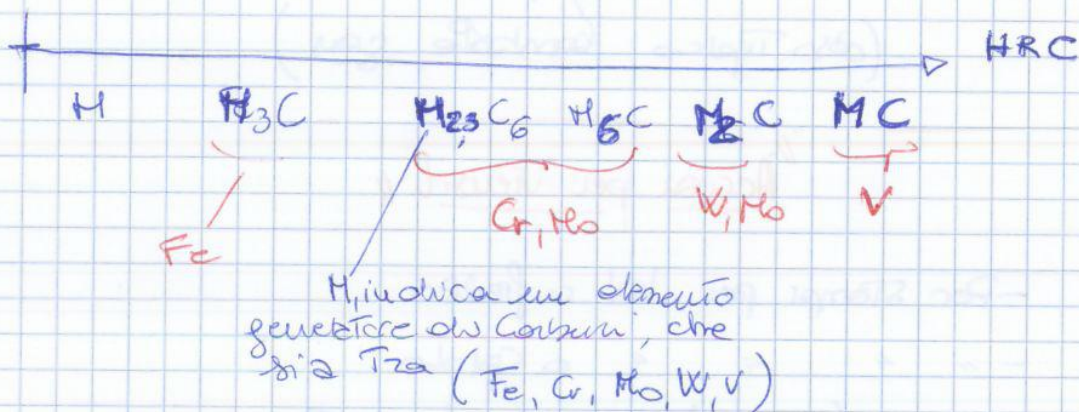
è la % di C → quindi sulla durezza della (matrice)
 a freddo, C ha una grande imp.
 a caldo, C non domina e non è rilevante,
 allora è importante la presenza
 dei Carboni (anche solo 0.1% in
 volume)

Siccome noi riportiamo le % in peso allora il
 Carbonio avendo un peso molare più basso degli altri
 Elementi allora si ha quasi la stessa % in peso

Acciai Rapid



miscelano un po' i
 fattori determinanti
 da entrambi
 ↑ % C e ↑ % Elem. Lega



* (TRATTAMENTO TERMICO) BONIFICA

Reversibilità:



+ Austenite, - Carburi

+ si ha % elem. di lega

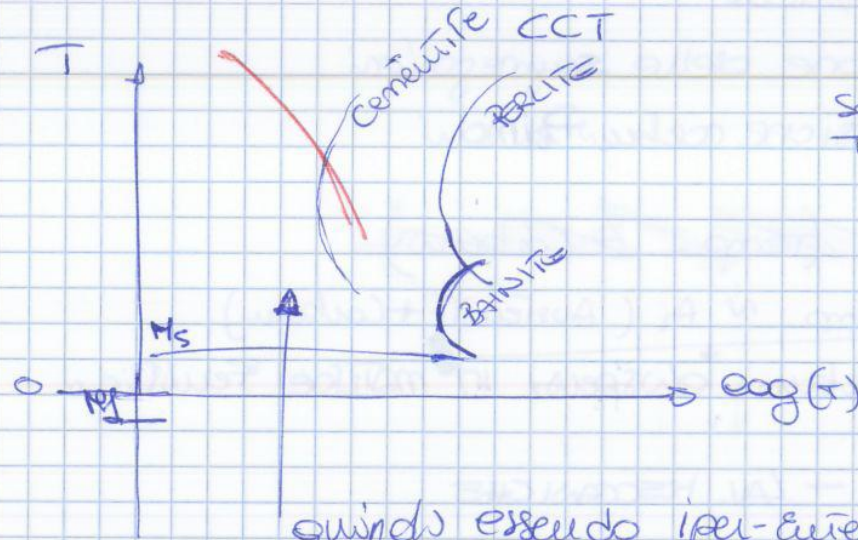
Temperatura di

" Austenitizzazione "

influisce su - Temperatura (vista la lavorazione della % di C) - M_s e M_f

anche sulla dimensione del grano

(sono sostanzialmente Acciai IperEutetoidici)

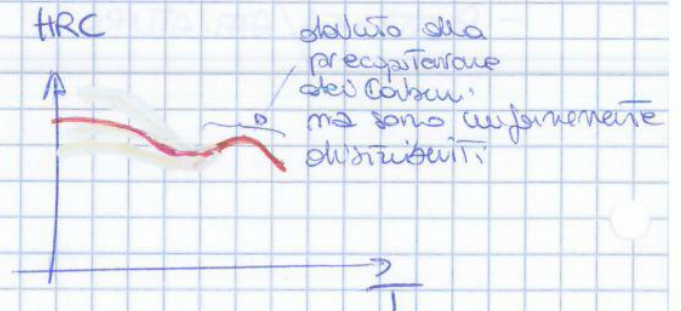


" TEMPERA "

soltanto si fa una tempera sotto-zero

quindi essendo iper-eutetoidici, tendono a formarsi prima fasi di Cementite e solo dopo di Perlite

Rinvenimenti multipli da 1-3 per far rinvenire tutta la Martensite



NB questi trattamenti solitamente vengono fatti in atm d'azoto

quindi le dislocazioni, non possono passare dalla particella alla matrice, venendo questa particella vista come un corpo estero.

no passaggio dislocazioni



Mechanismo di OROWAN

unico contributo
INCRUDIMENTO R_{II}
aumentando il
numero di dislocazioni

quando una dislocazione
giace in prossimità di una
particella viene bloccata e
è l'unico modo per continuare
per generando ~~nuove~~ altre
dislocazioni

simile FANK READ

(con due
dislocazioni
come ostacolo)

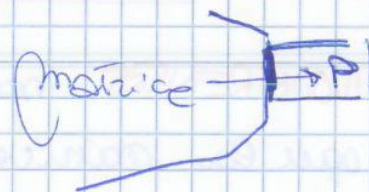
Lex di Zimmer
dice che con la
presenza della particella
incrudimento danno un
aumento della dimensione
del grano.

COERENTI Particelle che hanno una
interfaccia comune con la matrice. (ma hanno
sistemi Reticolari SIMILI (non uguali se no sarebbe
lo stesso materiale).)

Quindi le dislocazioni con DIFFICOLTÀ possono
passare dalla matrice alla particella

Rafforzamento

adatto al passaggio delle
dislocazioni (non in frangendo)
ma con difficoltà, dissipando energia



Diretta a "COLORE ROSSO"

si aggiungono elementi leganti e devono essere mantenuti ad alte temperature.

"Diretta anche ad Alte Temperature"

Il colore debbato può essere raggiunto anche ad alte Temp. Pure se si lavora a Temp. amb.



"Indef. lavorabile"

Es. Accus
Rapido
 $V: 10 \text{ W}$
 $1: 2 \text{ V}_n$
 $L: 3$
 Temp. Austenizz. 1250°C

Come nel caso degli stampi.

!! PROBLEMA!! perché essendo INDEF. richiede che per arrivare alla Temp. di esercizio si deve riscaldare molto lentamente con grado di sosta a delle Temp. a cui si aspetta il raggiungimento di $\Delta T = \phi$ ossia omogeneamente - Raffreddamento uguale attenzione.

Questi acciai essendo alto legati curve di bainite molto spostate a Δ

!! Attenzione!! anche di color parassiti

!! Attenzione!! Tenere conto delle Vel. di somiscaldamento e Raff. quando si progettano cicli di Trattamento o di Lavoro

H_{13}
 $0,6 \text{ \% C}$
 più famoso
 Acciaio da Stampi

C CARBONIO

Levea:

- dove diretta da (martensite)
- generare Carboni

{ sono tutti acciai IPER EUTETOIDICI }

(NB) con tutti questi elementi leganti nel diagramma Fe-C tutto è spostato a SX, ecco perché sono Ipa Eutetoidici con una %C così bassa

LEDEBURITICO ~~PERITICO~~ è un acciaio ^{in cui} già nella fase del Raffreddamento si possono vedere dei Carboni, comportandosi come una Ghisa, pur rimanendo un Acciaio

< IMMAGINI CURVE JOMINY DI ALCUNI ACCIAI PER UTENSILI >

Quando la presenza di elementi legati è tale da non poter più leggere il "diagramma Fe-C", si quelli specifici

SOLUBILITÀ MASSIMA del C nell'AUSTENITE, che fino al 2,0% limite dopo il quale si fanno le ghise

ACCIAI LEDEBURITICI

Se si supera il limite del 2,0% si fanno le ghise, ma avendo molti elementi in lega, si può rimanere nel campo degli Acciai ma questi si chiamano "LEDEBURITICI" -

Ottenendo la LEDEBURITE, che è una miscela meccanica che si forma all'eutettico -

NB Non a Temp. Ambiente

perché a Temp. Ambiente si ha la LEDEBURITE TRASMUTATA

- LEDEBURITE è una miscela eutettica di carburi (cementite) e Austenite -

Con questi elementi legati la LEDEBURITE sarà formata da AUSTENITE + CARBURI di tutti gli elementi legati //

Formalmente sarebbe una GHISA, ma in pratica

// sono acciai (REFRATTARI) - Si fanno al suo interno CARBURI INDISCIOLTI e non si ha GRAFITE come nella Ghisa.