



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO : 478

DATA : 18/02/2013

A P P U N T I

STUDENTE : Rinaldi

MATERIA : Metallurgia

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.**

M
E
T
A
L
L
U
R
G
I
A

PROF. SCAVINO.

2012-2013

Ing. Aerospaziale

APPUNTI di GIOVANNA RINALDI

LE CARATTERISTICHE di UN METALLO SOLO:

• STRUTTURA CRISTALLINA DEI MATERIALI METALLICI, ESSI HANNO I LORO ATOMI DISPOSTI SECONDO GEOMETRIE PRECISE CHE SI RIPETONO NELLO SPAZIO, IN MODO GEOMETRICAMENTE DEFINITA.

↳ ESISTONO ANCHE ALTRI TIPI DI MATERIALI CON STRUTTURE CRISTALLINE

NON È UNA CARATTERISTICA PECULIARE DEI MATERIALI METALLICI

• TIPO DI LEGAME: È VERO CHE I MATERIALI METALLICI HANNO UN TIPO DI LEGAME ≠ CHE GIUSTIFICA ALCUNI COMPORTAMENTI e CARATTERISTICHE

non è visibile a livello [↓] microscopico

• CONDUZIONE TERMICA E ELETTRICA. → SCAMBIATORI di CALORE

• RIFLESSIONE DELLA LUCE

↳ ALL'INIZIO DEL LORO UTILIZZO VENIVANO USATI PER FARE SPECCHI E MIRRORI

IL PARADOSSO È CHE IN GENERE UN METALLO NON RIFLETTE LA LUCE CHE TUTTI SONO IN GENERE RICOPERTI DA MATERIALI NON METALLICI → CORROSIONE → CON L'ARIA SI CREA OSSIDO

⇒ CHE NON È METALLICO

LA TENDENZA DEI METALLI È CHE A CONTATTO CON L'OSSIGENO TENDONO AD OSSIDARE → FENOMENI DI RUGGINE.

nell'ACCIAIO INOSSIDABILE È PRESENTE UNO STRATO OSSIDO PROTETTIVO E DISTRUTTIVO.

PER RIFLETTERE LA SUPERFICIE DEVE ESSERE UN PIANO ≈ PERFETTO E BISOGNA RIMUOVERE LO STRATO DI OSSIDO SUPERFICIALE.

↳ PROCESSO COSTOSO → PER RIFLETTERE USIAMO ALTRI MATERIALI.

IN REALTÀ QUESTA PROPRIETÀ È DI FONDAMENTALE IMPORTANZA NELLE NOSTRE APPLICAZIONI.

IL PROCESSO NON È SOLO UN PROCESSO MECCANICO MA LA RIFLESSIONE AVVIENE PER MOTIVI MOLTO PIÙ COMPLICATO ⇒ ECCO CHE VIENE RIFLESSA SOLO DAI METALLI PURI.

QUESTA PROPRIETÀ VIENE SFRUTTATA PER ... BO!

NEI MATERIALI METALLICI PER UN'ANALISI VELOCE SI USA IL QUANTOMETRO ^{VECCHIA} "SCINTILLA". DALLA FORMA, COLORE, INTENSITÀ DELLE SCINTILLE RIUSCIAMO A CAPIRE LA COMPOSIZIONE CHIMICA DEL MATERIALE. ALLA PIÙ RUDIMENTALE SCINTILLA SI SOSTITUISCE IL QUANTOMETRO

19-10-2012

IL CORPO UMANO HA INTERESSANTI PARAGONI CON I MATERIALI METALLICI.
LE ANALISI CHE POSSIAMO FARE AL CORPO UMANO ESISTONO IN MODO
EQUIVALENTE (E QUASI IDENTICO) X I MATERIALI METALLICI.

- ANALISI DEL SANGUE → ANALISI CHIMICA DEL MATERIALE
- **RAGGI X** → Sono delle RADIAZIONI con lunghezza d'onda di


$$10^{-10} \text{ m } (\approx 1 \text{ Angstrom})$$

→ PROMEMORIA: GLI ATOMI

LA MATERIA È COSTITUITA DA ELEMENTI PICCOLISSIMI IMPOSSIBILE DA
DIVIDERE ERA NOTO SIN DALL'ANTICHITÀ. A-TOMO = NON-DIVISIBILE
DEL GRECO → È UNA PARTICELLA ULTIMA CHE CONSERVA TUTTE LE
CARATTERISTI CHE DELLA MATERIA.

PER PRIMI I RAGGI X MISERO IN DUBBIO L'INDIVISIBILITÀ DELL'ATOMO
SCOPRENDO ELETTRONI E NEUTRONI.

IL PRIMO A SCOPRIRE CHE L'ATOMO ERA DIVISIBILE INSERENDO
IN UN'AMPOLA ANODO E CATODO E PRODUCENDO UNA SCARICA
DI GAS RAREFATTI, VIDE CHE IL RAGGIO SI DIVIDEVA IN
DUE SOTTORAGGI → ESISTEVANO COMPONENTI (+) E COMPONENTI
(-). IN SEGUITO SFRUTTANDO L'ANDAMENTO DEI DUE RAGGI
AL VARIARE DI UN CAMPO MAGNETICO CAPÌ CHE LE CARICHE
NEGATIVE PESAVANO MOLTO MENO.

THOMSON CON QUESTI ESPERIMENTI SVILUPPO UN MODELLO
DI ATOMO A FORMA DI AMBURIA  - elettroni

RUTERFORD SPARANDO PARTICELLE α (ELIO SENZA
ELETTRONI) SU LAMINE DI ORO (MOLTO MESSABILE): LA MAGGIOR
PARTE DELLE PARTICELLE ATTRAVERSANO L'ATOMO E SOLO ALCUNE
RIMBALZANO. RUTERFORD PENSO' CHE L'ATOMO ERA COSTITUITO
DA VUOTI → LA MATERIA È RACCHIUSA SOLO IN ALCUNI PUNTI E
FONDAMENTALEMENTE HA CARICA POSITIVA. POICHÉ + PROTONI
SI RESPINGEREBBERO AL LORO CONTATTO SI INTERPONGONO I
NEUTRONI. LE PARTICELLE (-) ERANO LONTANI DAL PROTONE
E SI MUOVEVANO SU ORBITE CIRCOLARI.

KEPLERO GIÀ PRIMA AVEVA DETTO CHE L'ORBITA ERA ELLITTICA X
EVITARE IL COLASSO DI (-) SU (+).
LA PRIMA IDEA ERA DI VEDERE IL MOVIMENTO DEGLI ELETTRONI
IN MODO ANALOGO AI PIANETI NEL SISTEMA SOLARE.

→ ORBITE

IL MECCANISMO NON ERA ANCORA PERFETTO XCHÉ ACCETTAVA LA MECCANICA CLASSICA \Rightarrow SE CONOSCO LA POSIZIONE DELL'ELETTRONE E IL SUO MOTO CON RELATIVA LEGGERE \Rightarrow POSSO SEGUIRE X SEMPRE IL MIO OGGETTO MA QUALE È L'ORDINE DI GRANDEZZA DI UNO SPAZIO X CORSO DA UN ELETTRONE? $\approx \lambda$ AL MAX = 10^{-10} m l'elettrone si muove in uno spazio di ordine di grandezza di 10^{-10} m, con una velocità simile a quella della luce 300.000 km/s \Rightarrow NON VALGONO I PRINCIPI DELLA FISICA CLASSICA \Rightarrow inoltre gli errori di misurazione sono molto elevati \Rightarrow È IMPOSSIBILE MISURARE SENSATAMENTE LA POSIZIONE DI UN OGGETTO CHE SI MUOVE ALLA VELOCITÀ DELLA LUCE \Rightarrow L'ERRORE NELLA MISURA È INFINITAMENTE SUPERIORE ALLA MISURA STESSA.

(QUANTO È UNO IL TAVOLO $3m \pm 15$ km \leftarrow NON HA SENSO!!)

CON LA MECCANICA CLASSICA LE MISURE HANNO ERRORI SUPERIORI ALLA MISURA STESSA.

INIZIAMO COSÌ A RAGIONARE INTERMINI PROBABILISTICI \Rightarrow ORBITALE È IL LUOGO DOVE PROBABILMENTE SI TROVA L'ELETTRONE DAL PUNTO DI VISTA ENERGETICO \Rightarrow EQUAZIONE DI SCHRÖDINGER RISOLTA CI DA GLI ORBITALI DOVE PROBABILMENTE CI SONO GLI ELETTRONI \Rightarrow X FORTUNA I RISULTATI SONO ANALOGHI A QUEI DI BORN.

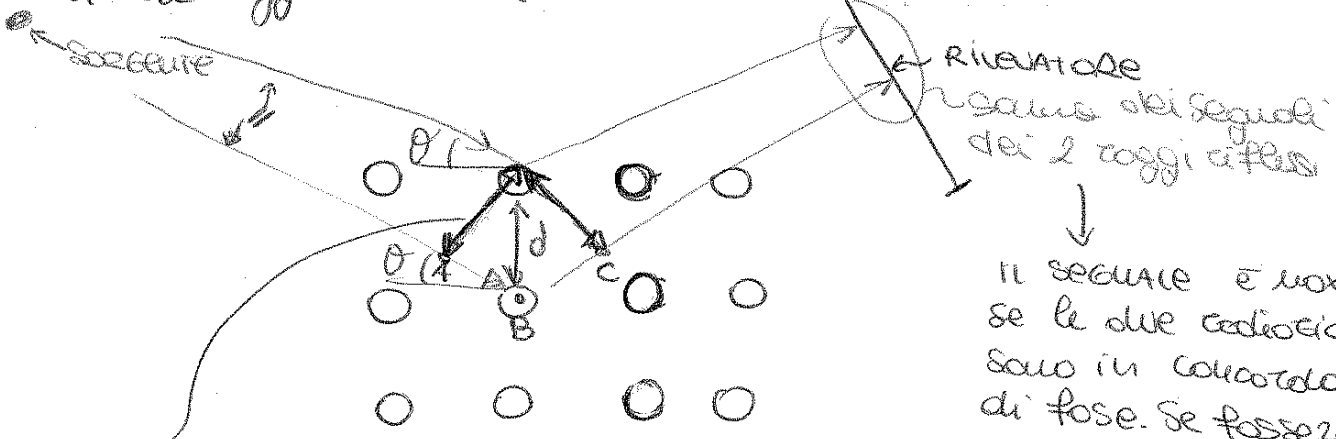
TORNIAMO AL RAGGI X : come si generano:

ESISTE UN FILAMENTO DI TUNGSTENO IN UN TUBO VUOTO XCHÉ SE CI FOSSE DELL'ARIA GLI e^- VERREBBERO FERMATI DALL'ARIA. IL FILAMENTO È X CORSO DA CORRENTE \rightarrow SI SCALDA E EMETTE e^- QUESTI e^- SONO ACCELERATI DA UN B (CAMPO MAGNETICO) \rightarrow GLI e^- VANNO A COLPIRE SU UNA PIACCA METALLICA CHIAMATA ANTICATODO. DOVE CI SONO e^- \rightarrow GLI e^- DEL RAGGIO URTANDO GLI e^- DELL'ANTICATODO CI FANNO "SCATTARE" SU ORBITALI + ALTI (CALCIO DI ENERGIA) \Rightarrow POSIZIONE INSTABILE \rightarrow TORNIAMO AL LORO ORBITALE DI PARTEndo cedendo l'energia in + SOTTO FORMA DI RADIAZIONI CHE PRINCIPALMENTE SONO I RAGGI X. OGNI ATOMO HA LA SUA DISPOSIZIONE ELETTRONICA \Rightarrow LIVELLI DI POSIZIONI DEGLI ATOMI. POICHÉ L'ENERGIA DELLA RADIAZIONE È TIPICA X OGNI ATOMO. \rightarrow IN BASE ALL'ANTICATODO HO \neq RADIAZIONI CHE SI DIFFERENZIANO SOLO X ENERGIA. NELLO STESSO ATOMO HO L'EMMISSIONE DI + RADIAZIONI XCHÉ SONO STATE ORIGINATE DA SALTI DI e^- DA UN LIVELLO A UN ALTRO MA IO FACCIO \neq TIPI DI SALTI \Rightarrow \neq QUANTITÀ DI ENERGIA. Anche il tipo di orbitale dopo il tipo di livello influenza la quantità di energia.

Ho un edificio cristallino e una sorgente lontana di punto che le radiazioni risultano //.

Invio un raggio che incide e viene

"RIFLESSO"

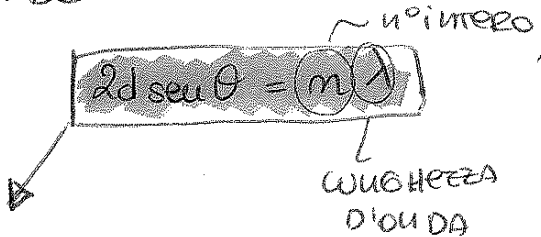


raggi dei segnali dei 2 raggi riflessi
 Il segnale è max se le due radiazioni sono in concordanza di fase. Se fossero in opposizione di fase non verrebbe

d = distanza fra i piani
 θ = angolo di incidenza

Se la differenza dei cammini ottici è un numero intero della lunghezza d'onda esse risultano in concordanza di fase. (si sommano)

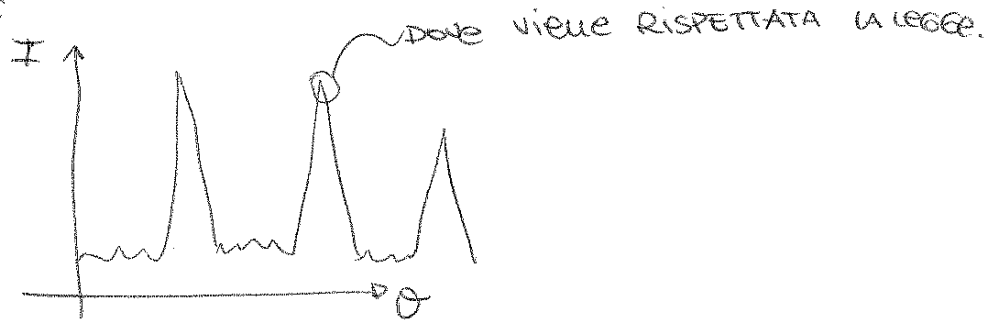
$AB + BC = \text{diff. di cammino ottico} = 2d \sin \theta$



$\} \Rightarrow$ in concordanza di fase
 \Downarrow
 PICCO = MAX di segnale

LEGGE DI BRAGG

se metto I = intensità della radiazione associata, in funzione di θ ho:



POSSO AVERE FORMA CCC (CUBICA CORPO CENTRATO) FERRITE OPPURE

CFE (CUBICA FACCE CENTRATE) AUSTENITE

IL MODO MIGLIORE È USARE I RAGGI X CON CUI CAPISCO NON SOLO LA PRESENZA O MENO DI QUELLA FASE MA ANCHE LA SUA QUANTITÀ PERCHÉ PER OGNI FASE A PARITÀ DI λ , OGNI SOSTANZA HA PICCHI IN BEN PRECISE POSIZIONI. QUESTA È LA CARTA D'IDENTITÀ DEI MATERIALI.

CIÒ SIGNIFICA CHE CON UN'ANALISI ABBASTANZA SEMPLICE RIESCO A DISTINGUERE LE \neq FASI. OCCORRE DISTINGUERE A QUALI MATERIALI CORRISPONDONO I PICCHI.

1° IDENTIFICAZIONE DELLA SOSTANZA. I RAGGI X MI DICONO LE FASI MA NON MI FANNO L'ANALISI CHIMICA (QUANTO CARBONIO) CHE FANNO I MICROSCOPI ELETTRONICI

2° STUDIO CRISTALLOGRAFICO DELLE FASI: SE HO FASE CUBICA, ROMBICA, TRICLINICA, ECC. A SECONDA DELLE FASI DEVO TROVARE I PICCHI IN DETERMINATE POSIZIONI.

IMPORTANTE $d = \frac{m\lambda}{2\sin\theta} = \frac{k}{\sin\theta}$ d MISURA LA DISTANZA FRA I PIANI!

IN REALTÀ, INDIRECTAMENTE, POSSIAMO MISURARE QUANTO CARBONIO C'È SENZA FARE UNA VERA ANALISI CHIMICA.

INFATTI SE AGGIUNGO CARBONIO NEL RETICOLO d DIVENTA d' \Rightarrow CHE I RAGGI X RILEVANO "L'AMPLAMENTO" E QUINDI SI SPOSTA IL PICCO POICHÉ VARIA θ . ECCO CHE POSSO RISALIRE ALLA QUALITÀ DI INTERSTIZIALI (MATERIALI CHE METTO) E SOSTITUZIONALI PRESENTI, MISURANDO LO SPOSTAMENTO DI θ .

SE HO UN CAMPO TENSIONALE σ , γ SUL MATERIALE HO DELLE DEFORMAZIONI. COSA PIÙ SEMPLICE $\sigma = E\varepsilon$. SE ALL'INTERNO DEL MATERIALE HO DUE TENSIONI DOVUTE A VARI TRATTAMENTI TERMICI O MECCANICI POSSO AVERE DUE TENSIONI RESIDUE CHE VENGONO RIVERBERATE NELLE COSTANTI RETICOLARI, CIÒ È I PIANI RETICOLARI SUBISCONO DEI Δd . $\Delta d \Rightarrow F(\Delta\theta) \rightarrow$ VARIANO GLI ANGOLI. SE RIESCO A MISURARE LA VARIAZIONE DI ANGOLI $\Delta\theta$ RISALGO AL Δd E CON ESSI CALCOLO LO STATO TENSIONALE CIÒ È $\Delta\sigma$ E $\Delta\gamma$. RIESCO A CAPIRE COME VARIANO LE COSTANTI RETICOLARI.

A QUESTO PUNTO NON INTERESSA L'INTERO SPETTRO MA SOLO LA ZONA DEL PICCO. VERO E OSSERVO IL COMPORTAMENTO DI UN BEN PRECISO PIANO.

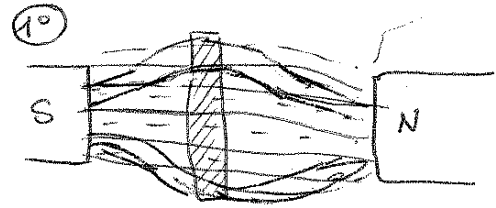
LA MACCHINA CHE USO PERMETTE AL CAMPIONE DI RUOTARE SU UN PIANO \perp A QUELLO SOLITO PER CALCOLARE MEDIO IL CAMPO TENSIONALE.

CON I RAGGI X POSSO ANCHE VEDERE LE TENSIONI RESIDUE.

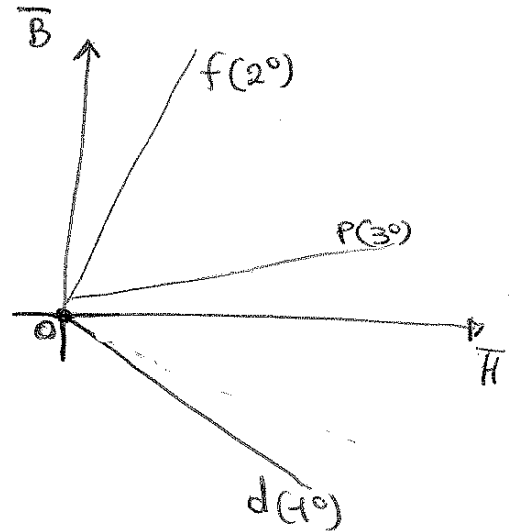
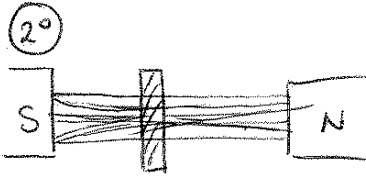
LE TENSIONI RESIDUE SONO QUELLE TENSIONI CHE NASCONO NEL CORSO DELLE LAVORAZIONI O DURANTE I TRATTAMENTI TERMICI.

1° → OPPOSIZIONE AL CAMPO MAGNETICO: RAREFAZIONE D'INTENSITA' DEL CAMPO MAGNETICO → **DIAMAGNETISMO**

QUESTO È UN COMPORTAMENTO COMUNE A TUTTI I MATERIALI METALLICI E NON.



2° → INCREMENTO DEL CAMPO MAGNETICO: IN QUESTO CASO SI PARLA DI **FERROMAGNETISMO**



3° → COMPORTAMENTO DI QUASI NEUTRALITÀ: **SUPERMAGNETISMO**

L'INTERAZIONE DI UN CAMPO MAGNETICO È DOVUTA A CARICHE ELETTRICHE IN MOVIMENTO, CIOÈ ELETTRONI PERCHÉ ESSI SONO DISPOSTI A COPPIE SUGLI ORBITALI CHE FA SÌ CHE IL MOTO DEGLI ELETTRONI SIA TALE CHE I LORO EFFETTI MAGNETICI SI ANNULLANO SOMMANDOSI FRA DI LORO. QUANDO QUESTI MATERIALI VENGONO MESSI ALL'INTERNO DI \vec{B} HO UNA PERTURBAZIONE DEL MOTO DEGLI ELETTRONI SUGLI ORBITALI ⇒ CREANO UN PROPRIO CAMPO MAGNETICO CHE SI OPpone AL CAMPO MAGNETICO INTERNO CHE HO INDOTTO: QUESTO FENOMENO È IL DIAMAGNETISMO. NEL FERROMAGNETISMO IL COMPORTAMENTO È L'OPPOSTO CHE NON C'È UN BILANCIAMENTO DEGLI ELETTRONI PER CUI DOBBIAMO ANDARE A VEDERE QUAL È LA STRUTTURA ELETTRONICA.

- Non ha senso fare le FERRARI in Alluminio; sono più leggere ma
ma si risparmia in benzina.

↓
(anche se le fanno)

Ha invece senso costruire in alluminio macchine piccole; in questo
caso ho un grosso risparmio peso/benzina. (Costo troppo forte in
alluminio → [910 € acciaio mentre € 5 alluminio])

- la fibra di CARBONIO non viene usata xché non è riciclabile e
la legge mi obbliga a fare le macchine al 30% riciclabile.
(il legno non è riciclabile)

- Oggi si richiedono materiali sempre più forti meccanicamente
meno costosi e sempre più duttili.

↳ devono DEFORMARSI e non
scricchiolare si sente come l'energia.
(si rompono)

- Il futuro è nei nuovi materiali (si può intervenire solo sui materiali)

↓
sui motori non posso più ottenere
il rendimento se non sfruttando
l'analisi dei materiali

BRASATURA

↳ ho l'incollegamento di due pezzi facendo fondere un terzo materiale
tra i due lembi => non fando i componenti => non
li danneggia

↳ si usa una lega di stagno che si fonde e si attacca
al materiale che mi interessa

RESISTENZA BRASATURA < RESISTENZA SALDATURA

↓
fonde solo il METALLO D'APPORTO

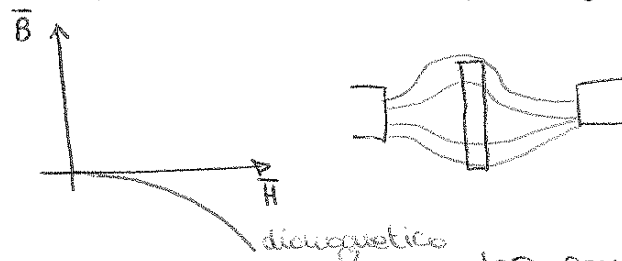
(w) 08/11/2012

PROPRIETÀ MAGNETICHE

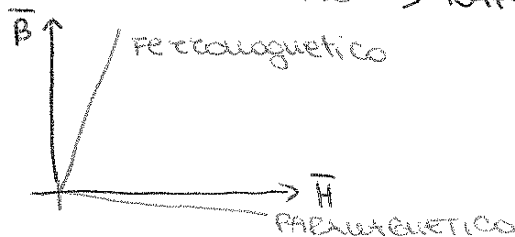
I materiali cambiano le proprie caratteristiche quando sono immersi in un campo magnetico.

Posso avere tre diversi comportamenti:

(1) **DIAMAGNETISMO** → RAREFAZIONE delle linee del campo \vec{B} ; diminuisce l'intensità del campo magnetico!



(2) **FERRO MAGNETISMO** → RAFFORZAMENTO del campo magnetico \vec{B}



(3) **PARAMAGNETISMO** → totale indifferenza al campo magnetico.

(1) ^{~DIAMAGNETISMO} **APPROSSIMAZIONE**: gli elettroni che occupano quegli orbitali tentano di raggiungere la massima stabilità e quindi le condizioni di energia minime. Con un \vec{B} esterno io disturbo il loro moto e quindi si viene a creare un \vec{B} che si oppone a quello esterno. Quasi tutti i materiali hanno questo \vec{B} che però viene "oscurato" da altri comportamenti tipo ferromagnetismo e paramagnetismo.

Vediamo quindi il caso (2) del ferromagnetismo considerando la configurazione elettronica esterna del Ferro (26° elemento)

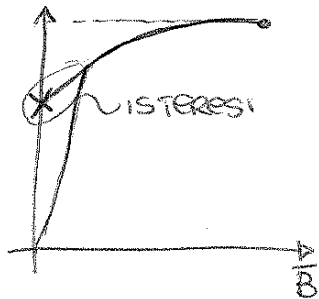
Ho 2 elettroni su ogni orbitale. In base al principio di minima energia essi devono essere diversi → PRINCIPIO DI ESCLUSIONE DI PAULI ⇒ i due e⁻ devono AVERE SPIN ANTIPARALLELO.

Il riempimento degli orbitali avviene in base alla differenziazione secondo cui gli elettroni occupano prima gli orbitali liberi. (Vedi come si riempiono in ordine gli orbitali)

Fe: $4s^2 3d^6$ → CONFIGURAZIONE PIÙ ESTERNA!

NEI METALLI DI TRANSIZIONE HO ORBITALI INCOMPLETI cioè ho un solo elettrone. Però ad esempio il LITIO HA UN ELETTRONE "SPAIATO" SOLO IN

ciò che capita è che gradualmente attraverso le dislocazioni ho uno spostamento di atomi per cui i domini si orientano nella stessa direzione e verso del campo magnetico esterno. \Rightarrow ottenendo delle vere e proprie deformazioni plastiche del materiale.



È una curva asintotica che tende alla condizione di saturazione. \Rightarrow condizione in cui tutti i domini hanno direzioni e verso uguali!

• COSA SUCCEDEREA QUANDO TORNO INDIETRO TOLGENDO IL CAMPO \vec{H} ?
 IO HO FIN'ORA FORNITO DELL'ENERGIA, SE TOLGO LA CAUSA CHE LA GENERA POSSO AVERE 2 EFFETTI:

(1) TOTALE REVERSIBILITÀ DEL FENOMENO

(2) EFFETTO DI ISTERESI \Rightarrow UOLOSTANTE ABBIA ANNULLATO \vec{H} MI RIMANE UN EFFETTO MAGNETICO \Rightarrow HO OTTENUTO UN MAGNETE!

DISTINGUO TRA:

A. MATERIALI MAGNETICAMENTE DOLCI \Rightarrow COMPLETA REVERSIBILITÀ (ELETTRICAMENTE)

B. MATERIALI MAGNETICAMENTE DURI \Rightarrow RIMANE SU DI ESSI UN CAMPO RESIDUO

A \Rightarrow SCARSA DUREZZA, SCARSA RESISTENZA MECCANICA, GIUNGE FACILMENTE A SATURAZIONE MAGNETICA E RITORNA ALLE CONDIZIONI INIZIALI.

QUINDI OCCORRE CHE IL MATERIALE SI DEFORMI IN MODO SEMPLICE. CHE ACCORGIMENTI PRENDERE?

PER PRIMA COSA DEVO AVERE UN MATERIALE PIÙ PURO POSSIBILE.

(FERRO PURO + SILICIO PERMETTE ALL'ACCIAIO DI ELIMINARE IL CARBONIO)

\rightarrow IL CARBONIO È DI FASTIDIO XCHÈ ESSENDO PICCOLO SI VA A INFIATRE NEGLI INTERSTIZI; AL CONTRARIO IL SILICIO È GRANDE COME IL Fe \Rightarrow NON HA EFFETTI DI SPOSTAMENTO

\rightarrow PURI E CON GRANI GROSSI!

B \Rightarrow HO ACCIAI CON MOLTO CARBONIO \Rightarrow OTTENGO MATERIALI DURI, INCAPACI A DEFORMARSI E QUINDI FRAGILI!

16/11/2012

LE PROPRIETÀ MAGNETICHE DEI METALLI

sono proprietà fondamentali e responsabili di tali proprietà
 Sono oggi orbitati incomperti.

LA CONDUCEBILITÀ ELETTRICA

I metalli sono dei buoni conduttori di corrente di tipo elettronico

Ogni corpo è un conduttore di corrente, anche l'acqua conduce
 la corrente xché è cosa delle ioni sono discrete cariche
 ioniche che si muovono nell'acqua trasportando corrente.

Anche la debole conducibilità dell'acqua che è di tipo ionico
 può variare un po'.

La conducibilità di tipo elettronico è molto più importante
 di quella di tipo ionico; esso è dato dal moto degli

elettroni \Rightarrow questo tipo di conducibilità può esserci se gli
 e^- sono liberi di muoversi \Rightarrow cosa che accade nei metalli.

Nel Ferro ho al livello esterno degli e^- \rightarrow gli unici elettroni
 che posso muoversi sono quelli della banda s. \rightarrow

banda di conduzione.

Δ Alle bande 's' sono legate le proprietà elettriche.

Alle bande 'p' sono legate le proprietà magnetiche.

Esistono molti materiali che possono essere usati per
 queste proprietà.

Da punto di vista della resa elettrica il materiale +
 economico e vantaggioso è il RAME. **RAME**

Esistono anche oggetti che contengono RAME ma non
 hanno le stesse proprietà del RAME PURO \rightarrow solo questo
 ha buona conducibilità elettrica e le caratteristiche
 meccaniche ottimali per il compito da svolgere.

Se nel RAME ci sono degli "ostacoli" il rame non conduce

più bene:

- ALTRI ATOMI e in PARTICOLARE gli ATOMI DI OSSIGENO
 che crea OSSIDO DI RAME che non conduce (è un ossido)
- le impurità non conducono bene l'elettricità.

(L'ossigeno HA MOLTA SOLUBILITÀ DEL RAME)

Le cause impuro viene purificato con un processo di electrolisi → che è di per se un processo molto costoso.

Esistono anche altri metalli usati per costruire conduttori:

- ORO
 - PLATINO
 - ARGENTO → (USATO x LE BRASATURE)
- } METALLI SUPERDURI → NON SI OSSIDANO → PROPRIETÀ UNICA!!

NON POSSO FARE UN IMPIANTO ELETTRICO IN ORO XCHÉ ESSO PESA TROPPO E LA STRUTTURA DEL PALAZZO DOVREBBE ESSERE RINFORZATA X SOSTENERE QUESTO PESO.

PER EVITARE CHE GIUNZIONI CRITICHE O COMPONENTI FONDAMENTALI DELL'ELETTRICA SI OSSIDINO COMPROMETTENDO IL FUNZIONAMENTO DEGLI APPARATI USO I COMPONENTI IN ORO E PLATINO XCHÉ NON SI OSSIDANO → SOLUZIONI IN CAMPO ELETTRICHE ACCETTABILI.

ESISTE UN METALLO CHE VIENE USATO PER LA CONDUCEBILITÀ ELETTRICA: L'ALUMINIO! QUANDO VIENE USATO? XCHÉ? HA MASSA VOLUMICA MOLTO BASSA ed è quindi leggero.

(N.B. TUTTI I METALLI SONO RICICLABILI)

NEL CAMPO DELL'AUTOMOBILE LA NORMATIVA IMPONE L'USO DI MATERIALI AL 90% RICICLABILI → VETRI, LAMIERE
NON SONO RICICLABILI: → PLACIA, GOMME, IMBOTTITURE SEDILI, TESSUTI, CINTURE DI SICUREZZA

Io devo trasferire energia elettrica cioè devo trasferire potenza da un punto A ad un punto B.

$$P = V \cdot I \quad (\text{POTENZIALE o TENSIONE} \cdot \text{CORRENTE} = \text{POTENZA ELETTRICA})$$

Per aver $P_{elutata}$ devo avere o V_e elevata o solo I elevato o solo $V_{elutata}$.

Come faccio a trasferire corrente in modo facile? → A V_e e basse I per evitare l'effetto Joule.

La caduta di tensione dovuta alla resistenza del conduttore è $V_{PERSA} = RI$ che in termini di potenza diventa $P_{PERSA} = I^2 R$ (EFF. JOULE).

Io voglio che P_{PERSA} sia molto bassa ⇒ lavoro su I cercando di renderla più bassa possibile e su R .

R dipende dalla lunghezza, dalla sezione del conduttore e dalla resistività → sezioni ↓ resistenza ↑

Tra rame e alluminio a parità di volume conduce meglio

PER ESSERE BUONI CONDUTTORE L'ALUMINIO DEVE ESSERE PURO.

ESISTONO LEGHE DI ALUMINIO + RAME → 2000 (serie)

SERIE	1000	ALUMINIO PURO		
	3000	ALUMINIO + MANGANESE	→	EDILIZIA
SERIE	4000	"	+ SILICIO	→ PISTOLI, SALDATORE
"	5000	"	+ MAGNESIO	
	6000	"	+ " + SILICIO	
	7000	"	+ ZINCO	→ CAMPO AERONAUTICO
	8000	"	+ LITIO e ALTRI ELEMENTI	

IL BUON CONDUTTORE È QUINDI LA LEGA 1000.

NEL CASO DI RAME e ALUMINIO SORGE IL PROBLEMA DELLA RESISTENZA MECCANICA. METALI PURI HANNO SCARSA RESISTENZA MECCANICA → ECCO PERCHÉ USO LE LEGHE!

IL PRIMO RAME USATO DALL'UOMO SERVIVA A OGGETTI CON USI NON CHE PREVEDESSERO ELEVATE RESISTENZE MECCANICHE. SI FACEVANO OGGETTI DELLA MENTALITÀ, DEVOTIVI e ESTETICI.

QUANDO SI UNIVANO RAME e STAGNO ^(BRONZO) ~~VIENE~~ A ESSERE USATO PER OGGETTI CON ELEVATE RESISTENZE MECCANICHE: SPADE, ARATRI ECC...

COME FACCIO AD AUMENTARE LE CARATTERISTICHE MECCANICHE SENZA MODIFICARE IL MATERIALE MANTENENDOLO PURO? USO L'INCROCIAMENTO: PRETENSIONARE MECCANICAMENTE UN MATERIALE, PER AUMENTARNE LE CARATTERISTICHE DI ROTTURA, E INTERSECCANDO PIANI DI DISLOCAZIONI.

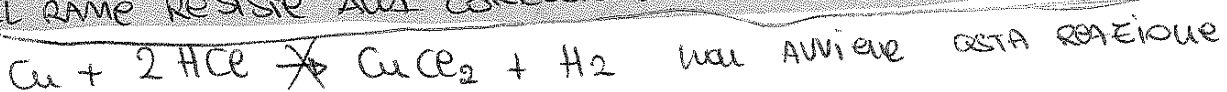
LE PROPRIETÀ TERMICHE

I METALI SONO ANCHE BUONI CONDUTTORI TERMICI. CHE METALI USIAMO?

IL MATERIALE CHE SI PRESTA MEGLIO ANCHE IN QUESTO CASO È IL RAME: BUON CONDUTTORE ELETTRICO e TERMICO. ESSO XÒ È MOLTO CARO COME ABBIAMO VISTO PRIMA.

SPESSE e VOLONTIERI LO SCAMBIO TERMICO È ACCOMPAGNATO DA EVENTI CORROSIVI. NOI VOGLIAMO UN METALLO BUON CONDUTTORE TERMICO e RESISTENTE ALLA CORROSIONE.

IL RAME RESISTE ALLA CORROSIONE se non è in AMBIENTE RIDUCENTE.



È A LAVORO!

A NOI INTERESSA CHE LA CASA SIA CALDA DALLE 19.00 ALLE 8.30 CIRCA. CI SERVE UN MEZZO CHE SI SCALDI RAPIDAMENTE IN MODO CHE QUANDO TORNO DA LAVORO POSSO GIRARE IN MUTANDE!

→ MI SERVE UN TERMOISOLANTE CHE ABBAIA UN ELEVATO COEFFICIENTE DI CONDUCEBILITÀ TERMICA: IL MEGLIO SAREBBE L'ALUMINIO.

TANTO TEMPO FA USANO I TERMOISOLANTI 24 ORE → VOLEVO UN MATERIALE CON ELEVATA INERZIA TERMICA → X CEDERE CALORE GRADUALMENTE NEL TEMPO → USANO LA BRISA!!

PRIMA ERA UNA CASA CON PIÙ VALORE ^{SE AVESSE} IL RISCALDAMENTO CENTRALIZZATO PERCHÉ TUTTI USAVANO LA STESSA CALDAIA E RISCALDO TUTTO IL GIORNO TUTTI → RISPARMIAMO

DAGLI ANNI 70 SI INIZIA A PREFERIRE IL RISCALDAMENTO AUTONOMO XCHÉ CAPISCO CHE RISPARMIO QUANDO NON ACCENDO IL TERMOISOLANTE.

→ UTILE PER CHI NON ABITA MOLTO A CASA.

LA LEGGE ORA PREVEDE CHE DA 4 UCCELI ABITATIVI DEVO AVERE IL RISCALDAMENTO CENTRALIZZATO: XCHÉ PIÙ EFFICIENTE LA CALDAIA DICONO, IN REALTÀ C'È UN INTERESSE ECONOMICO DIETRO.

3) CICLO DI PRODUZIONE ACCIAIO: con una lavorazione ho delle BRAMME ^{? controlla} che sono delle PIASTRE, poi ho prima la lavorazione A CALDO e poi A FREDDO!

4) STAMPAGGIO: (a caldo e a freddo) → prendo il materiale lo metto in uno stampo e gli faccio assumere la forma desiderata con un pultone

5) CALAUDRATURA: faccio assumere una forma circolare alla mia lamiera lavorandola con la colaniche

Ci sono materiali che possono essere lavorati in questo modo?

Tutte queste lavorazioni hanno in comune il fatto che sono lavorazioni di metalli.

Se io applico un carico a un materiale esso si deforma e può anche arrivare a rottura. La deformazione è diversa da materiale a materiale.

La caratteristica fondamentale dei metalli è quella di deformarsi plasticamente essa è caratteristica basilare.

Il passaggio tra antico e moderno è seguito dal passaggio da un tipo di dimensionamento statico più approssimato

alle analisi molto dettagliate attuali.

Nel passato volevo che $\sigma < \sigma_{rottura}$ e per fare ciò aumentavo

la sezione. La progettazione risulta più facile andando

semplicemente a sovradimensionare le strutture. con l'inizio

della rivoluzione industriale si è iniziato un tipo di

produzione moderna con la scoperta di materiali che potevano

avere delle proprietà fino ad allora sconosciute: l'acciaio.

La rivoluzione industriale è nata grazie alla scoperta

degli acciai. (dice lui... -.-)

La caratteristica tecnologica dell'acciaio è la sua deformabilità

plastica essa fa sì che io abbia un materiale:

- non fragile
- che posso lavorare facilmente!

Solo i materiali metallici possono essere lavorati per deformazione plastica, a caldo e a freddo posso utilizzare tutti i processi precedenti per fare ciò che voglio, avendo affidabilità nell'uso. Inizio così a passare dalla progettazione

DEFORMAZIONE $\overline{OC'}$.

PER PASSARE DA B A C devo aumentare il carico e passare da σ_B a σ_C . Se tolgo la sollecitazione nel punto c tornano al punto C' . L'energia data da $C''C' > B''B'$. Nel campo plastico ho una importantissima parte di energia immagazzinata in modo elastico. Dovremo perciò parlare di una componente elasto-plastica.

Per un acciaio $E = 210 \text{ GPa}$. Questo però non vale x tutti gli acciai in qualsiasi condizione, ma non riesco a trovare in un modo corretto "E" per un acciaio poiché varia nel corso della deformazione a partire da acciaio.

Per ogni materiale esiste una curva a seconda del tipo di deformazione. "E" non è costante! CHE VARIA? Anche se siamo

nel tratto elastico ho delle deformazioni plastiche e viceversa!
(cio' accade a causa dell'innesto e del moto delle dislocazioni)
Quindi anche nel tratto elastico ho delle curve.

(Anche nei metalli ho comportamenti ELASTO-PLASTICI!)

Se ho la necessità di avere analisi corrette devo dare dei valori sensati di E posso usare dei coefficienti di sicurezza. Nel corso della simulazione ciò che safa fuori è il problema della piega; io devo tener conto del ritorno elastico cioè del fatto che da C' tornano a C'' .

Faccio un programma di simulazione che consiste nel prendere una lamiera che voglio piegare a 90° ; il mio programma deve tener conto del RITORNO ELASTICO e misurare se ho effettivamente una piega a 90° . Dopo l'analisi vedo che l'angolo è $\pm 1^\circ$ RISPETTO A QUO DI 90° VANTO \Rightarrow questo significa che E non era costante come avevo presupposto.

MAGGIORE È LA DEFORMAZIONE MAGGIORE È IL RITORNO-ELASTICO e MAGGIORE È IL CARICO $\Rightarrow \uparrow$ È LA DEFORMAZIONE E la componente del ritorno elastico dipende da "E". È più facile bloccare un materiale RIGIDO! Se ho una curva che finisce ho ritorni elastici minori. \Rightarrow IL RIT. EL. è funzione del valore raggiunto. Se voglio deformare PLASTICAMENTE DEVO AVERE RESISTENZA BASSA e quindi "E" minore. "E" DIPENDE ANCHE DALLA PENDENZA PER CUI SE HO UNA CURVA + "BASSA" DI QUELLA IN FIGURA AVRÒ RITORNI-ELASTICI MINORI !!

POICHÉ IL MATERIALE CAMBIA SEZIONE E LUNGHEZZA MA HA VOLUME COSTANTE $\Rightarrow A \cdot l = A_0 l_0$

$$\frac{A_0}{A} = \frac{l}{l_0} = e^{\leftarrow "E"} + 1$$

dove $e = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0}$ (DEFORMAZIONE) $e =$ ALLUNGAMENTO NOMINALE

$$\Rightarrow \sigma_c = \frac{P}{A_0} \cdot (e+1) = \sigma_m (e+1) \Rightarrow \boxed{\sigma_R = \sigma_m (e+1)}$$

ALLUNGAMENTO $\epsilon_R = \frac{l_1 - l_0}{l_0} + \frac{l_2 - l_1}{l_1} + \frac{l_3 - l_2}{l_2} + \dots + \frac{l_n - l_{n-1}}{l_{n-1}}$
 SOMMA DELLE VARIAZIONI DI LUNGHEZZA

QUESTO PERCHÉ LA ϵ_R NON DIPENDE DALLA VARIAZIONE COMPLESSIVA MA DI QUELLE ISTANTANEE.

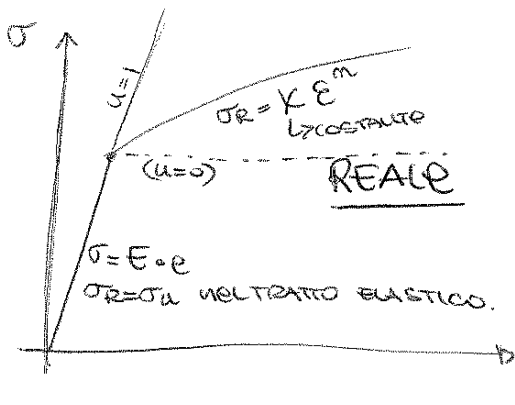
$$\epsilon_R = \sum \frac{\Delta l}{l} = \int_{l_0}^{l_{finale}} \frac{dl}{l} = \ln \frac{l}{l_0} = \ln(e+1)$$

\rightarrow x allungamenti infinitesimi

$$\boxed{\epsilon_R = \ln(e+1)}$$

1) NEL PRIMO TRATTO DEL GRAFICO HO COMPORTAMENTO ELASTICO: DEFORMAZIONI MOLTO BASSE $\Rightarrow \epsilon_R$ PICCOLO

2) NEL SECONDO TRATTO SE PASSO DA NOMINALE A REALE CAMBIA LA CURVA:



NELLA REALTÀ LA CURVA NON SCENDE!
 (E MOLTOPIÙ NEL SECONDO TRATTO) QUESTO XCHÉ LA DIMINUZIONE DI CARICO È EQUILIBRATA DALLA DIMINUZIONE DI SEZIONE.

IL TRATTO PLASTICO HA NATURA ESPONENZIALE

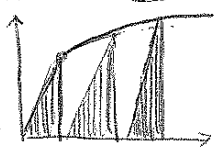
$$\sigma_R = K \epsilon^m \text{ dove } m = \text{COEFF di INCRIDIMENTO}$$

m e minimo deve essere $\neq \Rightarrow m > 0$

SE $u=0 \Rightarrow \sigma_R = \text{COSTANTE}$



UN MATERIALE CHE HA DEFORMAZIONE TOTALE ϵ' DI CUI Δ È IL CONTRIBUTO ELASTICO. HO UN MATERIALE (SE $u=0$) CHE NON HA INCREMENTI DI CONTRIBUTO ELASTICO QUESTO SIGNIFICA CHE DA A IN POI HO MATERIALE PERFETTAMENTE PLASTICO. SE $u \neq 0$ IO AVANZANDO NELLA PARTE ELASTICA AUMENTA L'AREA $\Delta \Rightarrow$ AUMENTO IL CONTRIBUTO ELASTICO!



SE $m=1 \rightarrow$ MATERIALE COMPLETAMENTE ELASTICO!
 UN COMPORTAMENTO SILENTE.

UN MATERIALE COSÌ DAL PUNTO DI VISTA INGEGNERISTICO NON CI SERVE A UN'A.

DIFFERENTE STAMPABILITÀ TRA ACCIAI E LEGHE DI ALLUMINIO:

le leghe di alluminio si "stampano" meglio!

Ragioniamo sui prezzi l'alluminio costa €3+5 l'acciaio €0,10÷0,30 al kilo
 Acciaio => conviene l'acciaio!! L'alluminio costa di + xché è più difficile

DA LAVORARE.

L'ILVA inquinava con:
 (LAVORARE IL ACCIAIO)
 • DISSILIA -> DA OLI LUBRIFICANTI USATI NELLE MACCHINE A CALDO
 • BENZODERIVATI -> NEI FUOCHI DEVIAMO ESSERE FORNITE
 • POWERS DI FERRO -> MACRO POWERS non viene ASSORBITE DAL POLMONI non è PERICOLOSO
 * PRODUZIONE CON ENERGIA TERMICA (CARBONE)

L'alluminio inquinava xché: • richiede molta ENERGIA ELETTRICA xché lo produce con Elettrolisi.

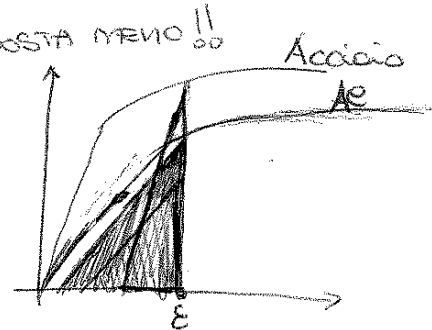
↳ COSTA IL PROCESSO DI LAVORAZIONE!!

LE MACCHINE SONO FATTE IN ACCIAIO XCHÉ COSTA MENO!!

DAL PUNTO DI VISTA TECNOLOGICO:

Al -> E = 70 GPa

Acciai -> E = 210 GPa



L'alluminio ha maggiore duttilità

elastica => si STAMPA MEGLIO!!

L'acciaio è più difficile da lavorare aspetto officina I leghe d'alluminio che non si saldano!

T_{Al} = 654,56 °C

T_{FERRO} = 1536 °C

↳ + FACILE T minori

BRASATURA: Ho la fusione di un altro materiale usato x "incollare"

SALDATURA: Ho la fusione del materiale proprio x ricucolare i lembi

↳ T maggiore

Se Ferro che Alluminio e relative leghe sono accoppiate da legami metallici. Raggiungere la T_f => temperatura alla quale le leghe si rompono e passano da solido a liquido => dovrebbero avere energie analoghe x rompere lo stesso tipo di legame (≈). Perché ho T_f ≠? => le tutto dovrebbe dipendere dalle ≠ capacità termiche => Alluminio assorbe molto più calore dell'acciaio.

la conducibilità termica è maggiore nell'Alluminio => perde + calore. L'Alluminio deve immagazzinare + energia ma lo disperde prima => anche se l'alluminio ha T_f minore dell'acciaio le saldatrici x alluminio devono essere più potenti. Dal punto di vista tecnologico l'Alluminio costa di più, è

$$m K E_{\text{flex}}^{n-1} = K E^n$$

$$E_{\text{ploudx}} = m$$

↳ COEFFICIENTE di INCORDAMENTO



Questo coefficiente mi rappresenta la pendenza della curva nel tratto elastico ma mi descrive anche l'allungamento max!

Se $u_2 > u_1 \Rightarrow E_{\text{max}2} > E_{\text{max}1} \Rightarrow$ solo il 3° GRAFICO

È CORRETTO !! (IL 3° GRAFICO HA SENSO)

PASSANDO DALLA CCC ALLA CFC HO UNA VARIAZIONE DI VOLUME (in particolare un aumento) QUESTO FA SÌ CHE DURANTE I TRATTAMENTI TERMICI AUMENTANO LE TENSIONI.

NEL CFC LE DIREZIONI E I PIANI CON MAGGIORE ADDENSAMENTO SONO I PIANI CHE PASSANO PER 3 VERTICI, ESSI SONO 4!

CIÒ È IMPORTANTE PER DUE MOTIVI:

- 1° → VEDO DOVE SI POSIZIONANO GLI ATOMI INTERSTIZIALI
- 2° → LE DISLOCAZIONI SI MUOVONO SUI PIANI E NELLE DIREZIONI DI IMPACCHETTAMENTO DOVE IL VETTORE DI BURGERS È PIÙ PICCOLO. ⇒ NELLA CFC OGNI DISLOCAZIONE HA 12 POSSIBILITÀ X CELLA DI "MOVIMENTO DELLE DISLOCAZIONI".
(3 PIANI × 4 DIAGONALI = 12)

È GRAZIE ALCHE I MATERIALI NON SONO FRAGILI.

NEL CCC NON HO POSSIBILITÀ DI MOVIMENTO ⇒ LE DISLOCAZIONI SI MUOVONO SOLO AD ALTE TEMPERATURE MENTRE A BASSE T NON MUOVENDOSI RENDONO IL MATERIALE FRAGILE!

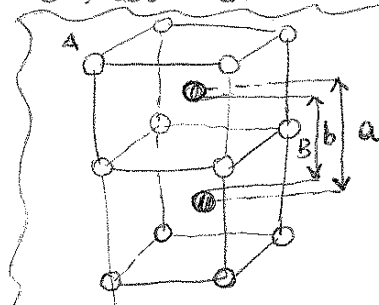
L'ACCIAIO (CFC) ⇒ NON SUBISCE ULFRAGILIMENTO A BASSE T.

SE HO L'ACCIAIO SO CHE IL FERRO A $\begin{cases} \nearrow 907^\circ\text{C} \rightarrow \text{CCC} \\ \text{e } 1400^\circ \div 1537^\circ \text{ (FUSIONE)} \\ \searrow 907 \div 1400^\circ\text{C} \rightarrow \text{CFC} \end{cases}$

DOVE FINISCE IL CARBONIO?

AUDIAMO A VEDERE LA CELLA CFC E CCC E VEDIAMO QUANTO È GROSSO LO SPAZIO PER IL CARBONIO. C È MOLTO PIÙ PICCOLO DEL FE ⇒ LO METTO IN UNO SPAZIO LIBERO ⇒ INTERSTIZIALE

E NON SOSTITUZIONALE !! QUAL È LO SPAZIO EFFETTIVAMENTE A DISPOSIZIONE? DOBBIAMO TOGLIERE LO SPAZIO REALMENTE OCCUPATO DAGLI ATOMI DI CARBONIO
FACCIAMO UN'IPOTESI: NELLE DIREZIONI DI MAGGIORE IMPACCHETTAMENTO GLI ATOMI SONO TANGENTI TRA DI LORO ⇒ CHE RAGGIO ATOMICO DEVE AVERE L'ELEMENTO



$$b = a - \frac{a\sqrt{3}}{2}$$

CHE VOGLIO INSERIRE? $r = \frac{a - \frac{a\sqrt{3}}{2}}{2}$

QUESTO SE HO CCC

SE HO CFC DEVO RIFARE IL RAGIONAMENTO:

NON CAMBIA NULLA, MA SI SPACCA IMPROVVISAMENTE.

DEVO PREVENIRE QUESTO FENOMENO QUINDI TOLGO L'H SUBITO PRIMA CHE SI FORMI Hz.

A $T \geq 180^\circ\text{C}$ RIESCO A FAR FUORIUSCIRE L'H IN TEMPI CHE VANNO DALLE 4 ALLE 24 ORE. (DEIDROGELAZIONE).

SE IL PEZZO È GROSSO DEVO SALIRE FINO A 500°C - 600°C .

ALTRO FATTORE È LA DUREZZA DEL MATERIALE. SE

ESSO È DURO (POCO DEFORMABILE, CON $\sigma_{rottura} > 900\text{MPa}$)

È PIÙ PERICOLOSO. \Rightarrow SI ROMPE SENZA DEFORMARSI!

Nel ferro CFC e CCC esistono due lacune ottaedriche o spazi interstiziali in cui possiamo inserire un altro elemento.

$Fe \alpha : a = 2,8 ?$

$Fe \gamma : a = 3,6 ?$

Spazio libero

CCC	$\rightarrow \tau = 0,187$
CFC	$\rightarrow \tau = 0,53$

\rightarrow scioglie molta + % di elemento che Ho + spazio

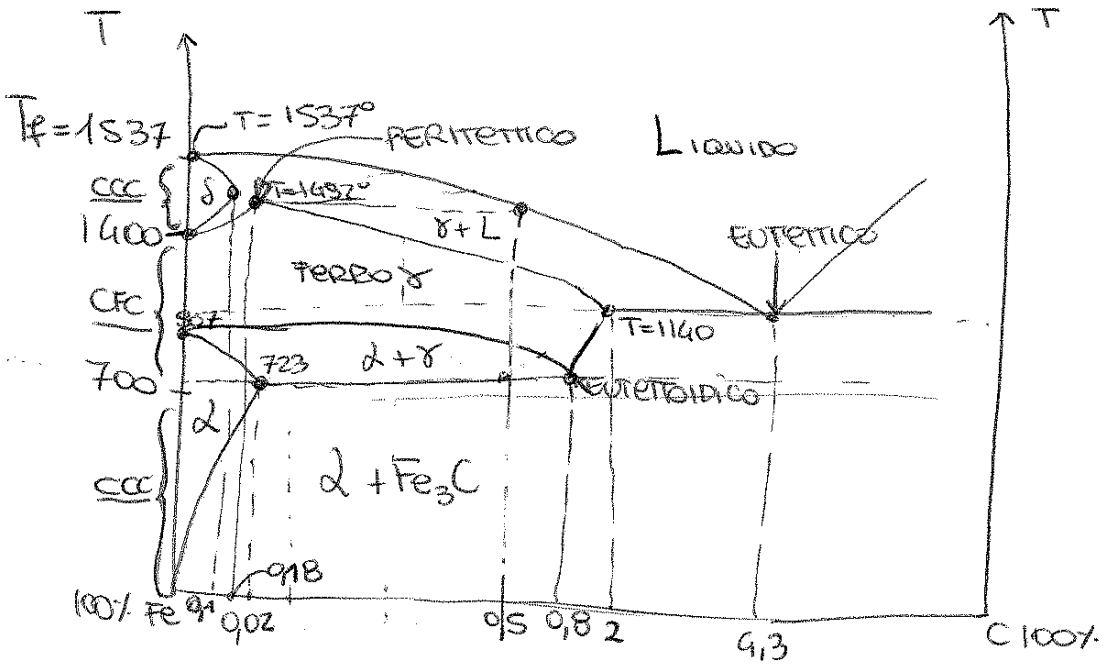
ATOMO :	H	O	N	C	B
raggio atomico:	0,3	0,66	0,71	0,77	0,87

Tranne l'idrogeno gli altri atomi introdotti nel reticolo lo deformano. ^{comunque} ne posso sciogliere poche quantità. È più difficile di quanto se ne scioglie + nel ferro CFC (0,53) che nel ferro CCC (0,18)

DIAGRAMMA DI STATO FERRO - CARBONIO
(STESSO ELEMENTO FASI \neq)

Il ferro esiste in due forme allotropiche in base alla T e il ferro ha forme diverse.

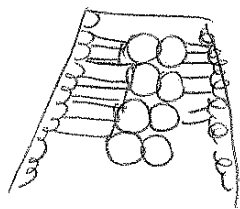
- \rightarrow CCC fino 907°
- \rightarrow CFC fino 1400°
- \rightarrow CCC fino a \downarrow
- Fusione 1537°



Ferrite δ : soluzione solida di ferro \downarrow = Austenite
 β = Ferrite δ in cui il ferro è paramagnetico

Aggiungendo C mi aspetto 3 soluzioni solide nei 3 intervalli di temperatura. Nel CFC ho estensione maggiore della soluzione solida.

NELLE ZONE CENTRALI NON HO GRADIENTE TERMICO QUINDI HO CRISTALLI NON ALLINEATI IN QUALCHE MODO.



QUESTA STRUTTURA NON OMOGENEA POTREBBE CREARE NOTEVOLI PROBLEMI NELLA LAVORAZIONE. ECCO COME IN GENERE SI EFFETTUA LA RICOTTURA DEL LINGOTTI X TOGLIERE LE DISOMOGENEITÀ CHIMICHE E CRISTALLINE.

⇒ SI PRENDONO I LINGOTTI E SI LASCIA 1 SETTIMANA O MEGLIO IN BASE ALLE DIMENSIONI A $T = 1200^{\circ}\text{C}$

IL MATERIALE DIFFONDE A LIVELLO CHIMICO E OTTENGO UNA STRUTTURA MIGLIORE ANCHE A LIVELLO DI RICRISTALLIZZAZIONE.

ORMAI DI LINGOTTI SE NE PRODUCONO POCCHI. ⇒ COME ESSI VENGONO PRODOTTI SOLO X ACCIAI MOLTO SPECIALI ⇒ PICCOLE QUANTITÀ.

IL PROCEDIMENTO CHE SI USA OGGI È LA COLATA IN CONTINUO. (ILVA)

L'ACCIAIO LIQUIDO ENTRA IN TUBI DI RAME MOLTO RAFFREDDATI

⇒ SI CREA UNA CROSTA SOLIDA DI ACCIAIO ⇒ QUANDO ESSA HA RAGGIUNTO UN CERTO SPESSORE AVVIENE LA LAMINAZIONE ⇒ MENTRE L'ACCIAIO SOLIDIFICA, VIENE GIÀ LAMINATO QUESTO CHE ESCE È UN "BUMMO" UN LINGOTTO GIÀ LAMINATO.

CON QUESTO PROCESSO HO RIDOTTO SIA LE DISOMOGENEITÀ CHIMICHE CHE CRISTALLINE.

I BUMMI VENGONO LAMINATI A CALDO FINO AD ARRIVARE ALLA SAGOMA E ALLO SPESSORE VUOTO. ALLA FINE DELLA LAMINAZIONE SONO ARRIVATO ALLE DIMENSIONI CHE VOGLIO MA IL MATERIALE SI È OSSIDATO SULLA SUPERFICIE ⇒

EFFETTUA IL DECAPAGGIO ⇒ BAGNO IN ACIDO SOLFORICO O CLORIDRICO CHE RIMOVE L'OSSIDO SUPERFICIALE (SI

POTREBBE AVERE IL RISCHIO DI CONTAMINAZIONE DI IDROGENO). LA SUPERFICIE ESTERNA VIENE POLITA E OLATA X EVITARE



AUSTENITE FERRITE CEMENTITE
 ↓ ↓ ↓
 0,8% C 0,02% C 6,6% C

QUESTA TRASFORMAZIONE È CONTROLLATA DA MECCANISMI DI TIPO DIFFUSIVO.

QUALE È L'IMPLICAZIONE PRATICA? UN MECCANISMO DIFFUSIVO DIFENDE DA 2 PARAMETRI LA TEMPERATURA (^{ALTE T} FAVORISCE _{DIFFUSIONE}) E DAL TEMPO.

MECCANISMI DIFFUSIVI DIPENDONO DALLO \sqrt{t} ← TEMPO. IN ESSI HO UN COEFFICIENTE DI DIFFUSIONE CHE DIFENDE DALLA TEMPERATURA IN MODO ESPONENZIALE.

LA DIFFUSIONE DETERMINA LA NUCLEAZIONE (SI GENERANO NUOVI NUCLEI DI FASI) E LA CRESITA di QUESTI TEMPI.

Diffusione = f(T, t)

$$D = D_0 e^{-\frac{Q}{RT}} \cdot \sqrt{t}$$

QUESTA TRASFORMAZIONE X AVVENIRE DEVE AVERE DEL TEMPO! CHE SUCCEDA SE NON FORNISCO IL GIUSTO TEMPO?



TRATTAMENTI TERMICI: INFLEVIAMO NESSO ~~TRATTAMENTO~~ IN UN TEMPO DI RAFFREDDAMENTO.

ISTERESI → (COMPORTAMENTO BIZARRO) È LA PRIMA COSA CHE SUCCEDA SE IO RAFFREDDO AUMENTANDO LA VELOCITÀ DOBBO LA TEMPERATURA DI TRASFORMAZIONE.

RAFFREDDO LENTAMENTE } SE NOI SIAMO ≈ 720°C SIAMO AD ALTE TEMPERATURE MA IL SISTEMA È VICINO AL PUNTO DI EQUILIBRIO ⇒ IL SIST. NON VUOLE REAGIRE. HO POCCHI NUCLEI DI NUOVE FASI CHE CRESCONO MOTO XCHÈ HO ALTE T (DIFF. MOLTO ELEVATE) HO DEI CISTELLI GROSSI.

ACCIAI AUTOTEMPERANTI = se con la normalizzazione assumo struttura di materiali che si ha nel raffreddamento veloce

③ TEMPRA

Aumento ancora la velocità di raffreddamento usando GAS - OLIO - ACQUA o BAGNI SALINI x aumentare ancora più la velocità di raffreddamento.

Se aumento la V di raffreddamento blocco la diffusione del CARBONIO. ORA POSSAMO CAPITARE 2 cose

AUSTENITE RESIDUA

non ho trasformazione in PERLITE ma porto AUSTENITE a Tambiente

MARTENSITE RESIDUA

A volte ciò è voluto (ACCIAI AUSTENITICI) e x migliorare l'opto fenomeno aggiungo degli AUSTENITIZZANTI.

ALMENO 18% Cr e 8% Ni
(20%) (10%)

A Tambiente l'acciaio è AUSTENITICO

sono i MIGLIORI MA non RESISTONO BENE A ~~FRATTURA~~ corrosione SOTTO STRESS → STRESS-CORROSION

ACCIAI INOSSIDABILI

non devono avere C non si devono formare ossidi ne ruggine In opto acciai c'è almeno

13% di Cromo. → FeO → 3 OSSIDI DEL FERRO

FeO → MUSTITE

Fe_3O_4 → MAGNETITE

Fe_2O_3 → EMATITE

HANNO ≠ MASSA VOLUMICA E CRESCENDO SI SGRANTANO

→ OSSIDO SPINELLO

che è ESTREMAMENTE ADERENTE AL METALLO INIBENDO LA CORROSIONE → l'ossigeno non riesce a penetrare nel cuore

**

DOBBIAMO FARE UN RINVENIMENTO.

TEMPRA + RINVENIMENTO = BOLLIFICA

21-12-2012

ACCIAI DA BOLLIFICA

Abbiamo visto che poiché la trasm. eutettoidica avviene per diffusione. Quest'ultimo dipende dalla temperatura e dal tempo. In tenendoci su questi due parametri si modificano le caratt. meccaniche, intervenendo sulla reazione delle trasm. eutettoidiche. La T influenza esponenzialmente e il tempo influenza come \sqrt{t} .

* Prevede che l'ausente con 0,8% di C si trasformi in 2 fasi di cui una è la Ferrite (= esente di carbonio) e di cementite (= 6,62% C). La coesistenza di queste due fasi influenza la diffusione delle dislocazioni.

La fase più sensibile alla σ di raffreddamento è la crescita. Se aumentiamo σ_{RAF} spostiamo più in basso la T alla quale avviene la reazione. \Rightarrow c'è una nucleazione più abbondante e una crescita rallentata \Rightarrow GRAVI FIDUCI

↳ tendenza a far avvenire questa reazione è maggiore. * RICOOTTURA \rightarrow T coff. lenta • NORMALIZZAZIONE \rightarrow coff. veloce

Se aumentiamo ulteriormente la σ_{RAF} blocchiamo la trasm.

AUSTENITICA (non avviene + la diffusione) \rightarrow MARTEUSITE / AUSTENITE RESIDUA. **TEMPI** ABBIAMO 2 FENOMENI CONCOMITANTI \rightarrow se non porto tutta l'austenite a T ambiente!!

AUST. RESIDUA: in genere non è gradita xché ha una durezza inferiore rispetto a quella delle fasi dopo la TEMpra e il RINVENIMENTO.

ho Austenite non ad alte temperature ma a T ambiente \downarrow **ACCIAI AUSTENITICI** (se occupa totalmente)

Impedisce un efficace INDURIMENTO del materiale. Questa è una fase METASTABILE = tende a trasformarsi sotto effetto di lavorazioni meccaniche di preparazione e utilizzo.

(Non lo troviamo nel diagramma!) \rightarrow avviene con aumento di volume. Su un pezzo a T amb. ho delle fasi che tendono a trasformarsi \Rightarrow aumento di volume e quindi di tensioni residue. \Rightarrow POSSONO PORTARE ALLA ROTTURA DEL PEZZO

A alte T l'acciaio si ossida e quindi si DECARBURA.

Quando riscaldamento nei forni devo stare attento a:

- il materiale scaldandosi si dilata → COSE IN TENSIONE e SUPERFICIE in COMPRESSIONE ... dopo un po' avviene il contrario. Il gioco tensione - compressione può far nascere tensioni residue e addirittura potrebbe portare alla rottura del pezzo.

- Dalle fasi di basso T (PERLITE e FERRITE) ^{si va alle} fasi di alta T (AUSTENITE) → Il passaggio contrario avviene con CONTRAZIONE di volume !!

Devo conoscere effetto TERMICO e CHIMICO.

Se aumento il gradiente termico tra superficie e cuore aumentano i fenomeni di prima → TENSIONI RESIDUE → ROTTURA o assolde i fenomeni + accentuati in PEZZI GRANDI e x raffreddamenti veloci. Per evitare questi problemi devo riscaldare a gradini

omogeneizzando le Temperature a step] **Saldature**

- Nei leghe di ALUMINIO che hanno T liquide che si possono raggiungere RISCHIO della LIQUAZIONE devo stare attento a non passare alla fase liquida da quella solida → se succede il pezzo si considera BRUCIATO e si BUTTA.

- Fenomeno dell'ALTERAZIONE SUPERFICIALE: scaldando l'acciaio si ossida sulla superficie e si decarbura.

COME POSSO PREVENIRE E CURARE questi fenomeni?

- Nei GREZZI (materiale che deve essere lavorato) lascio un sovrappeso che poi eseguirò lavorazioni meccaniche che mi asporteranno lo spessore ossidato.

② TRATTAMENTI CON ATMOSFERE PROTETTIVE: sono costituite o da GAS INERTI o da GAS che non aggiungono o tolgono nulla al materiale e sono dette ATMOSFERE DA GENERATORE.

Ⓐ Il gas inerte meno costoso è l'AZOTO molecolare N_2 .
L'elemento inquinante dell'AZOTO è l'ossigeno. Il costo dell' N_2 dipende dalla quantità di ossigeno ancora presente.

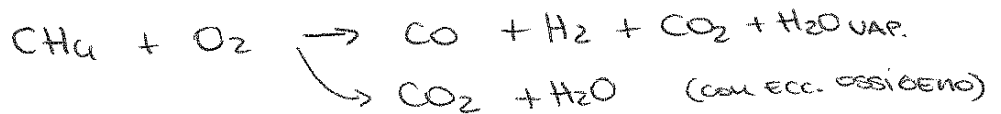
L'azoto si produce effettuando una combustione in cui l'O viene fatto bruciare con del C creando N_2 e CO_2 .
Per separare CO_2 da N_2 si fa passare il gas nell' H_2O che gorgogliando lo intrappola. Più veloce N_2 fuma più deve passare. Un altro modo per produrre N_2 è con la DISTILLAZIONE FRAZIONATA DELL'ARIA LIQUIDA (che si usa per separare i GAS nobili). Dalla distillazione nasce la frazione e si separano i \neq elementi sfruttando le \neq temperature di ebollizione.

Ⓑ I generatori sono ENDOTERMICI e ESOTERMICI sono dei REATTORI in cui si brucia il "METALLO" e GAS di città.

Il fornello è un generatore esotermico.

↳ SCALDA e produce H_2O VAPORE e CO_2

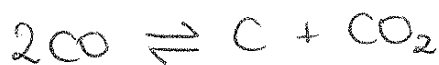
↳ Se non ho tutto l'O che serve ... non ho combustione completa e ottengo H_2 e CO



CO = monossido di carbonio è VELENOLO → ANEMIA

CO₂ = GAS INERTE → SOFFOCA

TRA CO e CO₂ si può ristaurare questo equilibrio:



$$C \propto \frac{P_{CO}^2}{P_{CO_2}}$$



Dopo un po' le molecole di H_2O rompono la gabbia di vapore e inizia a raffreddare molto.

Raff. molto a basse T
Raff. poco a alte T } IDEALE X ROMPERE I PEZZI!

Se uso **l'olio** ho meno rischio di rotture xché ho un raff. maggiore ad alte T.

Se uso **il gas** ho shock termici ancora inferiori. È migliore anche rispetto all'olio.

→ **L' H_2O** spesso non viene usata pura ma **con l'aggiunta di sali** o alcoli che rallentano la creazione di bolle di vapore ad alte T e di conseguenza il raffreddamento a basse T. → **RAFFREDDAMENTO con "ACQUA QUENA"**

→ **L'olio** ha i problemi che è INFIAMMABILE, SPORCA, INQUINA. (PROBLEMI DI SMALTIMENTO)

→ Il **gas** freddo viene inviato in pressione sul pezzo ma non ha la stessa efficacia dei liquidi.

Usare un mezzo TEMPERATE meno drastico, cioè con una velocità inferiore significa non avere nel materiale la trasformazione eutettoidica ($\gamma \rightarrow \alpha + Fe_3C$).

Raffreddando più velocemente inibisco questa trasformazione.

Spesso si usano gli **ACCIAI LEGATI** xché in essi questa reazione è molto + lenta. In tali acciai vi sono anche altri elementi.

ACCIAI DI BONIFICA C = 0,4 %.



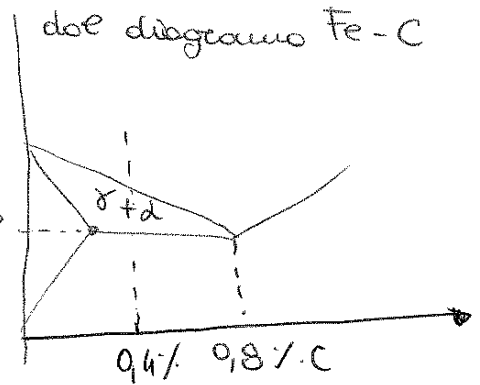
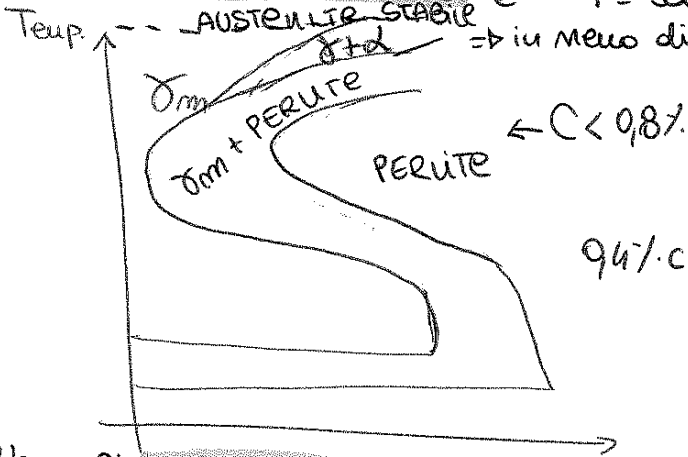
La durezza finale dipende dalla % di C, xché + C ho, più ho **AUSTENITE RESIDUA** e fenomeni di **ROTTURA**.

Per varie temperature diagrammiamo l'inizio e la fine della trasformazione.

Sono diagrammi che mi dicono come devo temperare il mio acciaio. Per effettuare la tempra devo

passare a SINISTRA del "GOMITO". Negli Acciai EUTETOIDICI

QSTO CASO $e < 1\%$ e $T = 500^\circ C \Rightarrow$ ecco xche devo usare l'acqua \Rightarrow in meno di 1 secondo devo scendere di $100^\circ C$

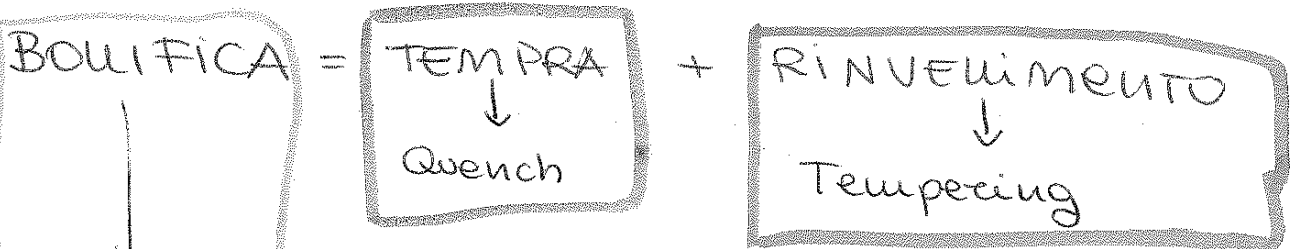


Uso gli ACCIAI LEGATI xche fanno si che $\log t$ posso raffreddare molto piu lentamente spostandomi il punto a 1 minuto. I CCT sono i diagrammi di TRASFORMAZIONI

PER RAFFREDDAMENTO CONTINUO sono questi REALI.

In REALTA' SE LAVORO SUI TTT lavoro in condizioni di SICUREZZA.

(I TTT sono diagrammi ISOTERMICI nella realta' la temperatura CONTINUA A SCENDERE.)



Quench and Tempering steel = ACCIAIO TEMPRATO
~~ACCIAIO TEMPRATO~~
 ACCIAIO BOLLIFICATO

Si fa il rinvenimento xche ~~la~~ LA MARTENSITE e FRAGILE. Si porta il pezzo a una $T = 450^\circ + 550^\circ$ con

FRAGILITÀ del RINVENIMENTO

Tra i 200° e i 400° le motrici diventano fragili.
 Perché? Una teoria è quella che i carboni χ e ϵ precipitano sulla matrice.

Come soluzione si pensa sia usare le $\begin{matrix} 0,3\% \\ 0,2\% \text{ Mo} \end{matrix}$ che permette che i carboni ϵ e χ precipitano a

T più elevate dando tempo alla matrice di distendersi e eliminare le tensioni residue \Rightarrow

ora χ e ϵ non causano più problemi.

LEGHE di ALLUMINIO

11-01-2013

Le leghe di Alluminio hanno una notevole importanza in ambito AEROSPAZIALE che sono estremamente leggere. (Acciai 7,8 Alluminio = 2,6).

Non è un caso che ci sia stato un effetto sinergico tra sviluppo di LEGHE di Alluminio e sviluppo di industrie AERONAUTICHE.

Questa è l'unica industria che può permettersi il costo delle LEGHE di Alluminio.

L'Alluminio è molto più costoso dell'acciaio (Acciaio € 0,50 d kg, Alluminio € 6 kg).

DIAGRAMMA di ELLINGHAM - RICHARDSON

ASCISSE = TEMPERATURA

ORDINATA = ENERGIA degli OSSIDI

Sono rette che il diagramma è logaritmico e tendono tutte a sovrapporsi.

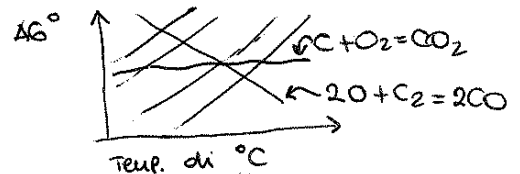
Questo significa che all'aumentare della Temperatura l'energia dell'ossido

aumenta \Rightarrow l'ossido all'aumentare della T diventa sempre meno stabile!

\Rightarrow l'ossido meno stabile tende a dissociarsi in metallo e ossigeno.

ESISTE UNA RELAZIONE CHE LEGA L'ENERGIA LIBERA di Gibbs con

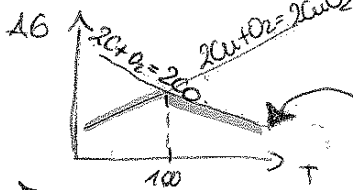
ENTALPIA e ENTROPIA. $\Rightarrow \Delta G = \Delta H - T\Delta S$



RICORDIAMO CHE L'ENTROPIA CHE È UNA MISURA DEL DISORDINE È MOLTIPLICATO PER LA TEMPERATURA. ALTE T ESALTANO L'EFFETTO ENTROPICO. BASSA T LO SVALLENO. L'OPPORTO ENERGETICO DEL TERMINE ENTROPICO È

Superiore. => Quando l'ossido di RAME HA ENERGIA MINORE del CO
 Allora si riduce => METALLO + OSSIGENO.

Dal diagramma si vede che il primo elemento a essere ridotto è l'ossido di RAME.



Sotto i 100°C è l'ossido di RAME è STABILE.

Sopra i 100°C l'ossido di RAME si riduce x che

è + stabile il monossido di CARBONIO.
 = STABILE

=> Questo ha causato l'uso come primo metallo del RAME!!

Se riscaldato ossido di RAME dove c'è del carbonio si libera il RAME.

Per ridurre l'ossido di FERRO devo arrivare a $\approx 800^\circ\text{C}$ e lo supero.

Questo dispositivo è un FORNO SOFFIATO un forno nel quale c'è

o un camino che ospita ocia o dove c'è un MANTICE che mi permette di raggiungere alte Temperature. => epoca del FERRO 1200 a.C.

Se dal diagramma vedo TITANIO e ALUMINIO hanno T di riduzione

sopra i 2000°C per l'alluminio. L'alluminio fonde a $\approx 600^\circ\text{C}$ => qsto

metodo x ottenere alluminio NON è EFFICACE!!

Tecnologicamente non è possibile utilizzare la TECNICA DI RIDUZIONE con COBOLTO dell'ossido di ALUMINIO!!

Ecco che x l'alluminio si usano bagni di criolite (corredo di sodio) affidati a processi elettrolitici molto costosi.

SCHEMA DELLA PRODUZIONE DI ACCIAIO LIQUIDO

CALCARE FONDENTE

(con scopo di FLUIDIFICAZIONE LA CARICA x FARLA ARRIVARE NEL TEMPI GIUSTI NEL PROCESSO)
 D'ALTRA PARTE HA LO SCOPO DI INGROSSARE LE SCORIE PRESENTI NEL MINERALE MINERALE di FERRO
 (ossido di ferro con almeno 50% di Fe)

RESINTERIZZAZIONE

=> CARICATI da AUTO
 NEL ALTOFORNO

CARBONE -> AUMENTA LE COKERIE CHE LO TRASFORMANO IN COKE = CARBONE RISCALDATO che

coibante distillato ed escono tutti i prodotti volatili del carbone => MONITORAGGIO di BENZOPIDONE

Ora che ho la ghisa carica di CARBONIO che faccio?

La GHISA SI TRASPORTA IN CARBONIFERO
① Gli TOLGO lo Zolfo: aggiungo Sodio che reagisce con Zolfo forma Solfuro di Zolfo che sale in superficie galleggiando → viene rimosso
↳ Perché lo zolfo non si riuscirebbe a togliere in nessun altro modo

② La GHISA È TRASFORMATA IN ACCIAIO nei CONVERTITORI di 100-200t nei quali ho un REFRATTARIO BASICO e nei quali viene INSUFFLATO OSSIGENO PURO → (con una lancia) NO ARIA CHE NON VOGLIO L'AZOTO!! CHE L'ACCIAIO DIVENTA DI SCARSA QUALITÀ

Sono dei PENTOLONI ENORMI!!
I VARI ELEMENTI VENGONO BENCITATE e il carbonio va via sotto forma di CO₂ e CO gassosi. Sono processi "veloci" di vogliono delle ore ≈!

L'ambiente è refrattario BASICO xché MANGANESE silicio
~~Il convertitore è un refrattario di ossigeno e un refrattario basico~~
danno degli OSSIDI ACIDI e PER TOGLIERE L'OSSIDO ACIDO DEVO FARLO REAGIRE CON UNA SCORIA BASICA. Se noi usiamo una SCORIA BASICA dobbiamo avere un refrattario BASICO in modo che esso non venga attaccato dalle SCORIE.

• ORA HO IL LIQUIDO CHE HA TENORE DI CARBONIO BASSISSIMO. (ACCIAIO) MA È PIENO DI OSSIGENO. Aggiungo gli elementi che voglio e poi x TOGLIERE l'ossigeno o faccio il DEGASAGGIO e CALMASTO. PER TOGLIERE l'ossigeno posso AGGIUNGERE

L'ALUMINIO che forma OSSIDO di ALLUMINIO.
(Rivocendo il tenore dell'ossigeno nell'acciaio)
L'OSSIDO DI ALLUMINIO ESSENDO + LEGGERO GALLEGGIA QUINDI POSSO RIMUOVERLO RIMUOVENDO CON ESSO L'OSSIGENO } → L'ACCIAIO VIENE DETTO CALMATO!

CICLO di PRODUZIONE e FILATO! → COLATA CONTINUA
Si alimenta l'acciaio liquido che mentre solidifica viene già laminato. Escono i BLUMI.

Dopo la colata continua si passa nei LAMINATORI A CALDO e alla fine si fa il DECAPAGGIO. Avendo lavorato a caldo la superficie si è coperta di ossido che devo rimuovere x farci immergere il materiale in ACIDO SOLFORICO o CLORIDRICO, l'acido e olio il materiale. Dopo i COIL che vengono spediti a GENOVA dove fanno la laminazione a freddo includendo fortemente il SPessori fino a 1,8 mm?

LEGHE DA GETTO

Eutettico a 12,6%. È una lega che sfrutta le caratteristiche di colaberto. Spesso si aggiunge lo 0,1% di sodio abbassando la temperatura. Si formano molti + nuclei di solidificazione

⇒ STRUTTURA FINE ⇒ STRUTTURA con CARATTERISTICHE MECCANICHE MIGLIORE.

PERLITE : è una miscela meccanica composta dal 11% di cementite e 89% ferrite. È ottenuta dalla trasformazione diretta dell'austenite per raffreddamento al di sotto del punto critico con $T = 723^\circ\text{C}$.

- È l'eutettoide ferrite - cementite
- È un aggregato di Fe_3C e di soluzione solida α (struttura lamellare)

(CEMENTITE + FERRITE)

TRASFORMAZIONE EUTETTICA : avviene a 723°C con 0,8% di C
 $\text{AUSTENITE} \rightarrow \text{FERRITE } \alpha + \text{CEMENTITE}$
 ↳ dipende dal tenore di carbonio

• **EUTETTICA** : 1140°C 4,3% carbonio
 $\text{LIQUIDO} \rightarrow \text{AUSTENITE} + \text{CEMENTITE}$

• **PERITETTICA** : 1492°C 0,18% di carbonio
 $\text{LIQUIDO} + \text{FERRO } \gamma \rightarrow \text{AUSTENITE}$

BONIFICA = TEMpra + RINNOVAMENTO

ELEMENTI LEGANTI NEGLI ACCIAI DI BONIFICA → precipitano a 500°C
 Bloccano il carbonio per formare cementite. ↓
 DIREZZA SECONDARIA
 Il servizio favorisce la formazione di perlite

INFRAGILIMENTO DA IDROGENO

↳ X evitare parto il pezzo a $T = 180^\circ\text{C}$ da 4 a 24h →
 deidrogenazione (dipende dalle dimensioni del pezzo e dalla durezza)

ACCIAI A LAVORABILITÀ MIGLIORATA → % Alti di zolfo 0,1%
 Bastoncini di solfuro di ferro (TRUXIAO) + manganese 1,5% X alzare
 T_{eutettico} da 300°C a 1200°C (PRIMA USATO PIOMBO)

ACCIAI INOSSIDABILI
 non devono avere C ma si devono formare ne ossidi ne zuggine
 c'è 13% Cromo almeno ⇒ $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ = ossido spinello

↳ CARBURI DI CROMO
INVECCHIAMENTO LEGHE ALLUMINIO

Cognome... RADICCHIO

Nome... FEDERICA ROBERTA

Matricola... 132792

Data... 27.10.08

1. La perlite è:

- una fase del diagramma di stato Fe-C
- una soluzione solida di C in Fe
- composta da 11% di ferrite
- ottenuta con rapidi raffreddamenti
- una miscela meccanica

2. La trasformazione eutettoidica dipende dal:

no alla raffinatezza o rapidamente la quantità di C

- tenore di carbonio
- tenore di ferro
- quantitativo di cementite
- quantitativo di austenite
- diffusione di carbonio e ferro

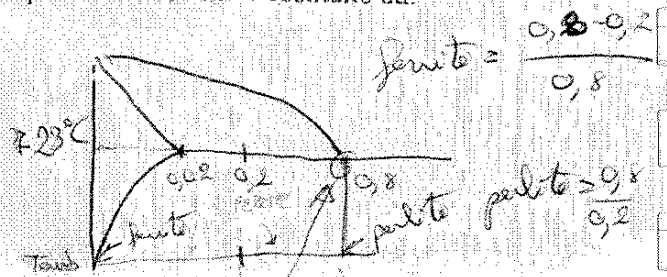
3. La trasformazione peritettica avviene quando:

- una fase liquida origina al raffreddamento due fasi solide EUTETICO
- una fase liquida origina al riscaldamento due fasi solide
- una fase solida origina al raffreddamento due fasi solide EUTETTOIDICO
- una fase solida origina al raffreddamento una fase liquida ed una fase solida
- una fase solida origina al riscaldamento una fase liquida ed una fase solida PERITETICA

4. Un acciaio con tenore di carbonio 0,20 a temperatura ambiente è costituito da:

- perlite
- 80% perlite 20 % ferrite
- 20% perlite 80% ferrite
- 25% perlite 75 % ferrite
- 25% perlite 75 % cementite

REGOLA DELLA LEVA
 0 → ~~100% ferrite~~
 0,8 → ~~ferrite~~



5. La trasformazione eutettoidica nel diagramma di stato Fe-C avviene a:

- 1492 °C 0,8% C
- 723 °C 4,3 % C
- 1130 °C 0,8% C
- 723 °C 0,8% C
- 1492 °C 0,18 %C

eutettoidica
 $\frac{0,8 - 0,02}{0,8} = 0,975$
 $\frac{0,02}{0,8} = 0,025$

1

Cognome..... Nome..... Matricola.....

11. Il rinvenimento:

- segue la normalizzazione
- segue la ricottura
- precede la tempra
- precede la ricottura
- segue la tempra

12. La fragilità da rinvenimento è dovuta alla:

- presenza di idrogeno
- alla presenza dello zolfo
- alla presenza del manganese - zolfo
- alla prematura precipitazione di carburi *a causa la natura di natura durezza*
- alla tardiva precipitazione di carburi

13. La presenza di elementi leganti negli acciai da bonifica:

- stabilizza la martensite
- stabilizza la ferrite
- rallenta la trasformazione eutettoidica
- accelera la trasformazione eutettoidica
- destabilizza la ferrite

14. La bonifica serve per:

- aumentare la durezza
- diminuire la durezza
- aumentare la durezza e la tenacità
- aumentare la tenacità
- diminuire la tenacità

BONIFICA = TEMpra ⊕
⊕ RINVENIMENTO ⊕
↓
aumenta la tenacità aumenta la durezza

15. La normalizzazione fornisce strutture:

- più grossolane della ricottura
- più fini della tempra
- più fini della bonifica
- dipendenti dalle dimensioni del componente
- essenzialmente perlitiche?

Cognome..... Nome..... Matricola.....

21) L'infragilimento da idrogeno:

- è causato da processi galvanici *per il H₂O che si accumula*
- è dovuto alla bonifica
- avviene in acciai con basse caratteristiche meccaniche
- è causato dal raffreddamento in acqua *→ il H₂O è necessaria ma è più scovatto*
- è causato dal raffreddamento in olio *la prima raffreddamento*

22) L'infragilimento da idrogeno:

- si può evitare zincando i componenti
- si può evitare decapando i componenti
- si può evitare bonificando i pezzi
- si può evitare con una ricottura a 180 °C per alcune ore
- si può evitare con un sottoraffreddamento

23) Gli acciai a lavorabilità migliorata:

- contengono cromo
- contengono zolfo
- contengono zolfo e manganese
- sono bonificati
- sono solamente rinvenuti

24) Gli acciai a lavorabilità migliorata:

- possono contenere piombo
- sono stati sottoposti a ricottura a 180 °C per alcune ore
- sono tutti acciai a basso tenore di carbonio
- contengono prevalentemente ferrite
- si temprano con raffreddamento in olio

25) Negli acciai inossidabili la resistenza alla corrosione è dovuta:

- alla presenza di nichel in tenori elevati
- ad alti tenori di carbonio
- alla presenza del cromo in tenori elevati
- alla presenza contemporanea di cromo e nichel in tenori elevati
- alla presenza contemporanea di cromo e carbonio in tenori elevati

1-i convertitori hanno una capacità di:

-100 t

↳ WIKI dice 10/20 t di ghisa liquida

30 !!
00

2-i convertitori LD hanno:

- insufflaggio di aria e refrattario basico
- insufflaggio di aria e refrattario acido
- insufflaggio di azoto e refrattario basico
- insufflaggio di ossigeno e refrattario basico OK
- insufflaggio di ossigeno e refrattario acido

3-le leghe di alluminio:

- NO si saldano più facilmente degli acciai
- NO hanno una conducibilità termica inferiore a quella degli acciai
- contengono rame per facilitare la saldatura
- NO il prezzo elevato è dovuto alla scarsità di materiale in natura.
- contenenti rame non si saldano OK X

Al → Ni - Zn } sono trattati
Cu - Mg }

4-l'ingrassimento da idrogeno

- è causato dal raffreddamento in idrogeno
- è causato dalla bonifica in assenza di atmosfere protettive
- X avviene in acciai con alte caratteristiche meccaniche X → E QUELLA GIUSTA
- è causato dal raffreddamento in acqua OK ma non sono sicuro →
- è causato dalla distensione a 180° per alcune ore

5-la perlite è:

- X una miscela-meccanica OK X
- una soluzione solida di C in Fe
- composta da 11% di austenite
- composta da 11% di martensite
- una fase del diagramma di stato Fe-C

85% Fe a 0,02% C
11% Fe3C 6,66% C
↑
austenite

6-le soluzioni solide ordinate si trovano

- sopra una temperatura critica
- a qualsiasi temperatura
- sotto una temperatura critica OK X
- sotto 0°C
- sopra 120°C

7-a 0 K il numero di vacanze presente in una mole di Fe purissimo è:

- 0 vacanze OK X
- 4vacanze ogni 100000 atomi
- una vacanza ogni 10 atomi
- non è determinabile
- il numero di Avogadro

sono legate alla T

$$n_{VAC} = N_A \cdot \exp\left(-\frac{q}{RT}\right)$$

$$T=0 \Rightarrow \left[-\frac{q}{RT} \rightarrow -\infty \Rightarrow e^{-\infty} \rightarrow 0 \right]$$

$$n_{VAC} = 0$$

B!

14- quali elettroni sono responsabili delle proprietà magnetiche dei metalli

- elettroni disaccoppiati degli orbitali p
- elettroni accoppiati degli orbitali s → *proprietà metallica*
- elettroni disaccoppiati degli orbitali d OK X
- elettroni accoppiati degli orbitali p
- elettroni accoppiati degli orbitali d

15- il rame è ferromagnetico:

Cu²⁺ CFC

- sopra il punto di Curie
- X -mai OK
- a temperatura ambiente
- sotto il punto di Curie
- a 0° K

16- l'infragilimento da idrogeno:

- si può evitare zincando i componenti
- si può evitare decappando i componenti
- si può evitare bonificando i pezzi
- X -si può evitare con una ricottura a 180°C per alcune ore OK X
- si può evitare con un sottoraffreddamento

17- gli acciai a lavorabilità migliorata

lavorabilità migliore

- contengono cromo
- contengono zolfo
- X -contengono zolfo e manganese OK X
- sono bonificati
- sono solamente rinvenuti

*S = 0,1% → in frag. linee
Mn = 1% → attività a 1250°C*

18- gli acciai a lavorabilità migliorata:

- X -possono contenere piombo OK
- sono stati sottoposti a ricottura a 180°C per alcune ore
- sono tutti acciai a basso tenore di carbonio
- contengono prevalentemente ferrite
- si temprano con raffreddamento in olio

19- negli acciai inossidabili la resistenza alla corrosione è dovuta:

Ni → austenite stabile a T amb.

- alla presenza di nichel in tenori elevati
- ad alti tenori di carbonio
- X -alla presenza del cromo in tenori elevati OK X
- alla presenza contemporaneamente di cromo e nichel in tenori elevati
- alla presenza contemporaneamente di cromo e carbonio in tenori elevati

*> 13%
> 12%*

si usa un solo tipo di ossido

20- nelle leghe di alluminio l'invecchiamento:

- è causato da processi galvanici
- X -è dovuto ad un riscaldamento di solubilizzazione seguito a tempra e riscaldamento a 100-150°C OK
- avviene in leghe con basse caratteristiche meccaniche
- è causato dal raffreddamento in acqua
- è causato dal raffreddamento in olio

28- un rinvenimento:

- segue la normalizzazione
- segue la ricottura
- precede la tempra
- precede la ricottura

SEGUE la tempra OK

29- la fragilità da rinvenimento è dovuta a:

- presenza di idrogeno
- alla presenza dello zolfo
- alla presenza del magnesio

alla prematura precipitazione di carburi OK
 alla tardiva precipitazione di carburi

ET Mo

30- la martensite è:

- una fase del diagramma di stato Fe-C
- una soluzione solida di carbonio in ferrite metastabile a temperatura ambiente OK
- una soluzione solida di carbonio in forma stabile a temperatura ambiente
- una soluzione solida di carbonio in forma ad alta temperatura
- una soluzione solida di carbonio in forma a bassa temperatura

→ aumenta il tempo

31- Un acciaio con 0,4% di carbonio, dopo ricottura, presenterà una struttura costituita da:

- martensite fine
- martensite grossolana
- ferrite e perlite lamellare OK
- ferrite e perlite globulare
- ferrite globulare e perlite

grano grosso

32- La presenza di elementi leganti negli acciai da bonifica:

- stabilizza la martensite OK
- stabilizza la ferrite
- rallenta la trasformazione eutettoidica
- accelera la trasformazione eutettoidica
- destabilizza la ferrite

NO stabilizza la martensite

quello stabilizza l'austenite

33- Il rinvenimento:

- aumenta la durezza
- aumenta la tenacità OK
- stabilizza la martensite
- stabilizza l'austenite
- si effettua dopo la normalizzazione

41- Negli acciai trip il rafforzamento è dovuto a:

- trasformazione della martensite
- trasformazione della austenite OK
- trasformazione della ferrite
- trasformazione della cementite
- trasformazione della perlite

} Bo!

42) ACCIAI PUREX sono costituiti da FERRITE e AUSTENITE

43) ACCIAI 140X sono di MATRICE MONOFASICA

44) ATOFORMO produce 10000 t di ghise al giorno

45) Gli ELEMENTI AUSTENITIZZANTI sono: C - Nichel - ^(Mn) Manganese

46) Gli ELEMENTI FERRITIZZANTI sono: Cromo - Molibdeno - Vanadio

47) Nelle leghe di alluminio con fluorocarburi Al_2O_3 fornisce una protezione estremamente resistente alla corrosione atmosferica.

Decarburazione: riduce il contenuto di carbonio alla ghisa di prima fusione

Decapaggio: rimuove l'ossido se la lamiera è rimasta per molto tempo a temperatura elevata

Decapaggio: dopo una saldatura (si perde cromo) si elimina la zona ossidata

È più facile saldare l'acciaio rispetto all'alluminio

Fase eutettoidica: miscela bifase di ferrite e perlite

Ferrite - lementite: se tempro ho martensite facendo poi il rinvenimento ho ferrite-
lementite, la grandezza dei grani diminuisce

Ferro, Rame: instabili non si riducono facilmente

Gli acciai dual phases sono costituiti da ferrite e martensite

✓ Gli acciai a lavorabilità migliorata contengono zolfo e manganese ✓

✓ Gli acciai a lavorabilità migliorata possono contenere piombo ✓

I bordi di grano hanno max energia: quando sono corrosi

I laminati a freddo destinati a ricattura statica: devono essere avvolti a temperatura più bassa possibile

Il meccanismo di invecchiamento è un indurimento ed è influito dalla temperatura e dal tempo

Il microscopio elettronico permette l'analisi delle superfici di frattura

✓ Il microscopio elettronico permette un'analisi chimica puntuale

✓ Il microscopio metallografico funziona per riflessione

Il perlettico non influisce su acciai con contenuto di carbonio superiore a 0,33%

Il rame è ferromagnetico: mai

✓ Il rinvenimento: aumenta la tenacità

Il risultato della normalizzazione (il tempo di raffreddamento) dipende dalle dimensioni

In un altoforno per ogni tonnellata di minerale introdotta occorrono: 2 t di aria

L'altoforno: produce ghisa liquida

L'analisi di microscopio metallografico senza aiuti con metallografico abbinata di evidenza: la distribuzione delle inclusioni

Materiali duri: non ripercorrono le caratteristiche

Mediamente: l'altoforno si produce ghisa

Microscopio a riflessione: il campione fa da specchio, il raggio di luce non attraversa il campione

Microscopio elettronico: usa un fascio di elettroni che colpisce il campione che poi viene analizzato su un dispositivo

Microscopio ottico: serve per vedere la struttura metallografica

✓ Negli acciai inossidabili, la resistenza alla corrosione è dovuta, alla presenza del cromo in tenori elevati

Negli acciai trip il rafforzamento è dovuto a trasformazione della austenite (residue)

Nell'altoforno Immediata: minerali, coke, fondente

✓ Nelle leghe di alluminio l'invecchiamento è dovuto ad un riscaldamento di solubilizzazione seguito da tempra e riscaldamento a 100-150°C

Normalizzazione: riscaldamento e raffreddamento in aria calma si ottiene ferrite + perlite da cristalli piccoli (triftered breve)

Ossidi metalli: MeO: G sale all'aumentare della temperatura

Per fare una colata: si deve essere nell'eutettico perché il liquido si trasforma in solido in un intervallo di temperatura ristretto

✓ Per lavorare per asportazione di truciolo un componente conviene fare una ricottura

Per proteggere lo zinco: si aggiunge il cromo

Perlite è una fase del diagramma Fe-C

Perlite: è un costituente metallografico miscela bifasica, 88 ferrite 12 cementite

Precipitazioni di carburi nel rinvenimento: per effetto del riscaldamento della soluzione solida soprassatura

Punto eutettico 4,3: liquido alla temperatura basso

Punto eutettico 4,2% $\gamma + L$

Punto eutetoidico 0,7% $\alpha + \gamma$

Punto eutetoidico: non c'è nelle leghe di alluminio

Quelli elettroni sono responsabili delle proprietà magnetiche dei metalli; elettroni disaccoppiati degli orbitali d

definire "materiale composito" e spiegare cosa si intende per matrice e rinforzo ✓

distinguere tra le principali classi di compositi (PMC, MMC, CMC) e le loro proprietà ✓

la regola delle miscele: cos'è e quando la posso usare? ✓

cos'è un filler? Quali è la sua funzione? ✓

quali sono le principali fibre utilizzate nei PMC? 

fibre di vetro

fibre di carbonio

fibre polimeriche: ARAMIDI e PE

perché è necessaria una buona compatibilità tra matrice e rinforzo in un PMC?

come si realizza una buona compatibilità tra matrice e rinforzo in un PMC?

METODI OSSIDATIVI
CLOPP. POLARI

metodi di preparazione di PMC ad alta produttività STAMP. ALTA P

metodi di preparazione di PMC a bassa produttività

quali sono le proprietà meccaniche di un PMC rispetto ad un polimero tradizionale? e rispetto ad un metallo?

tipi di compositi MMC

compatibilità tra matrice e rinforzo in un MMC. Quali sono le differenze rispetto al caso dei PMC?

qual è la differenza tra una fibra corta e un whisker (o un nanotubo)?

vantaggi e svantaggi dei MMC rispetto ai metalli monolitici

vantaggi e svantaggi dei MMC rispetto ai PMC

metodi di preparazione dei MMC

nelle varie classi di compositi (PMC, MMC, CMC), come varia la resistenza trasversale rispetto alla direzione delle fibre?

quali sono le proprietà meccaniche di un CMC rispetto ad un ceramico tradizionale? perché?

a cosa serve inserire una fase "debole" tra fibra e matrice in un CMC?

meccanismi di tenacizzazione dei materiali ceramici

perché durante una prova meccanica su un materiale ceramico si osserva spesso un'alta dispersione dei dati sperimentali?

31. LD con carica di ghisa, rottami e CaO (acciai effervescenti) FeO (acciai calmati) FeSi
 32. Per poter proteggere lo Zinco si aggiunge il Cromo
 33. LD non c'è Azoto e poi si fanno operazioni di Calmaggio
 34. Acciai calmati con maggiore stampabilità
 35. HSLA affinamento (presenza di cricca) si aggiunge Ti, Al
 36. L' Altoforno produce ghisa liquida
-
37. Ricottura → austenite acquista struttura *perlitico fettitico* (opposta alla normalizzazione) serve per addolcire il materiale (raffreddamento lento in forno) ≠ dalla TEMPRA
 38. Normalizzazione (riscaldamento e raffreddamento in aria calma).. si ottiene ferrite e perlite da cristalli piccoli → trattamento breve
 39. Tempra migliora la durezza → da struttura Austenitica a struttura Martensitica. Alta Velocità do raffreddamento
 40. Rinvenimento migliora la tenacità(resistenza) ...attenzione alla precipitazione dei carburi
 41. Ferrite – cementite →(TEMPRA)→Martensite Bifasica(la dimensione dei grani diminuisce)→(RINVENIMENTO)→ Ferrite – cementite
 42. Precipitazioni di carburi nel rinvenimento per effetto del riscaldamento della soluzione solida soprassatura
 43. Bonifica si migliora la durezza e la resistenza (tenacità)
 44. Corrosione intergranulare aumenta all'aumentare delle dimensioni dei grani
 45. Cementazione (tenace all'interno) e duri in superficie
 46. Acciai dolci hanno una quantità minore di carbonio dello 0,2
 47. E' più facile saldare l' acciaio dell' Alluminio
 48. Attraverso l'invecchiamento del Rame ho l' indurimento del materiale
 49. Decapaggio (acido solforico e cloridico) , dopo una saldatura (si perde cromo)→si elimina la zona ossidata
 50. Si ha fragilimento da H per materiali molto resistenti
 51. Attacco metallografico (si corrodono le zone più energetiche)
 52. Anisotropi, non si deforma ugualmente in ogni direzione
 53. Acciaio dual fece, (ferritico – martensitico) → Austenite => Martensite
 54. Acciaio Dupelx (ferritico – Austenitico)
 55. 10.000 t al giorno Altoforno / Convertitore 100 t
 56. Acciai inox sono monofasici
 57. Con 1 t di minerale esce 0,5t ghisa e occorrono 2t aria
 58. Acciai Martensitico possono essere Temprati, Ricotti e Rinvenuti