



**Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino**

**Appunti universitari**

**Tesi di laurea**

**Cartoleria e cancelleria**

**Stampa file e fotocopie**

**Print on demand**

**Rilegature**

NUMERO: 1362

ANNO: 2014

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

STUDENTE: Chezzi

MATERIA: Tecnologia dei Materiali Metallici + Database Esame,  
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.**

### PRODOTTI:

- DEVONO COSTARE POCO
- ~~DEBBO~~ ESSERE RESISTENTI
- ~~DEBBO~~ DEVONO AVERE UN ALTO ASSORBIMENTO DI ENERGIA



VALORI ELEVATI DI RESISTENZA ( $\frac{1000}{Pa}$ ) PER ALLEGGERIRE LA STRUTTURA E RIDURRE I CONSUMI.

LE SALDATURE DIMINUISCONO NOTEVOLMENTE LE CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL MATERIALE.

### SIDERURGIA: 'LAVORO DEL FERRO'

FERRO NON ESISTE SE NON SOTTOVUOTO NEI LABORATORI! QUELLO CHE CHIAMIAMO VOLGARMENTE FERRO È ACCIAIO.

ACCIAIO IMBATTIBILE: RAPPORTO QUALITÀ PREZZO OTTIMO

1 Kg DI ACCIAIO COSTA 0,20€ ÷ 4€ (IN MEDIA 1€/Kg)

1 Kg DI ALLUMINIO COSTA 5€ ÷ 10€

1 Kg DI TITANIO COSTA 50 ÷ 100€

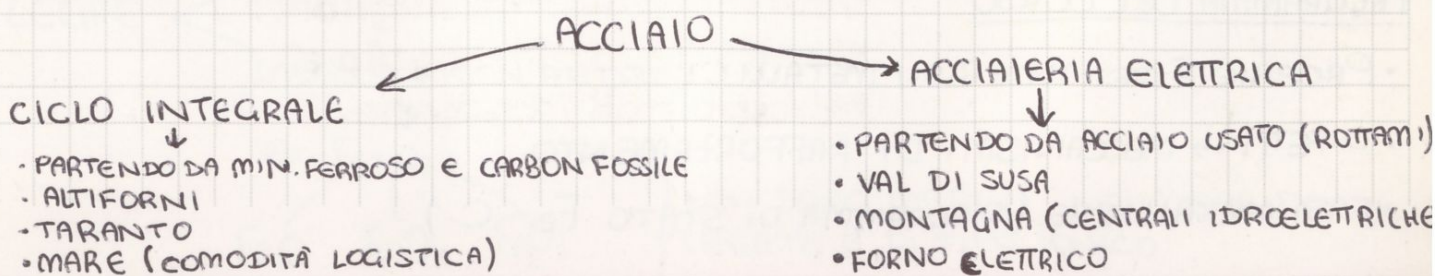
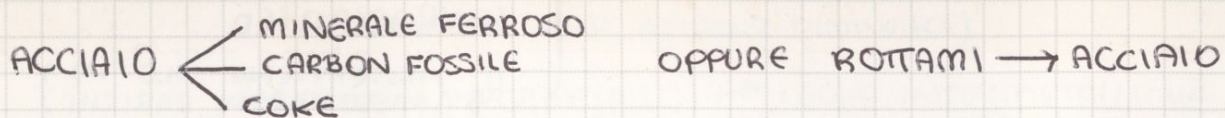


IL COMPORTAMENTO DELLE LEGHE È INFLUENZATO DA

- COMPOSIZIONE CHIMICA
- TRATTAMENTO TERMICO (TERMOCHIMICO E MECCANICO)
- CONDIZIONI AMBIENTALI (ES. TEMPERATURA)

LA PRODUZIONE DELL' ACCIAIO RIGUARDA PRINCIPALMENTE LA RIDUZIONE DEGLI OSSIDI

ITALIA PRODUCE 28 MILIONI DI TONNELLATE DI ACCIAIO, LA CINA 750!





- PUNTO PERITETICO (INCONTRATO NELLA SOLIDIFICAZIONE)
- PUNTO EUTETICO (GHISE)
- PUNTO EUTETTOIDE (TRATTAMENTI TERMICI)

• NOMENCLATURA DEGLI ACCIAI

PROPRIETÀ DEI MATERIALI METALLICI

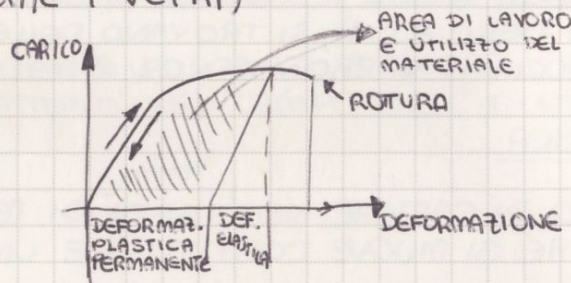
LEGHE: MATERIALI CON CARATTERISTICHE METALLICHE

- CONDUCEBILITÀ  $\left\{ \begin{array}{l} \text{ELETTRICA} \\ \text{TERMICA} \end{array} \right.$ 
  - (PROPRIETÀ MAGNETICHE): TRA PARENTESI PERCHÉ NON VALGONO PER TUTTI I MATERIALI METALLICI
- LUCENTEZZA: PROPRIETÀ CHE HANNO I MATERIALI METALLICI, IN OPPORTUNE CONDIZIONI, DI RIFLETTERE LA LUCE. LA LUCE È RIFLESSA DALLA SUPERFICIE DEL COMPONENTE CHE DEVE ESSERE SIA METALLICA CHE PIANA. PERMETTE LO STUDIO DEI MATERIALI METALLICI.

IN NATURA NON ABBIAMO METALLI PURI MA SI PRESENTANO TUTTI SOTTO FORMA DI COMPOSTI (OSSIDI, ...)

- RICICLABILITÀ: RICICLARE I METALLI SIGNIFICA AVER GIÀ SEPARATO IL METALLO DALL'OSSIGENO E QUINDI PERMETTE DI RISPARMIARE SOLDI. METALLI RICICLABILI AL 100% (COME I VETRI)

- COMPORTAMENTO PLASTICO:

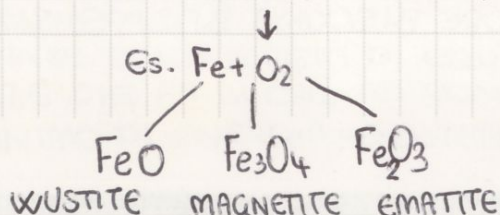


- CONSENTE L'USO PERCHÉ SE SOTTOPOSTO AD UN CARICO SI DEFORMA PRIMA DI ROMPERSI

- LAVORABILITÀ PERCHÉ SI DEFORMA (LAMINAZIONE, ESTRUSIONE, STAMPAGGIO, ...)

SUPERATO IL CARICO MASSIMO LA DEFORMAZIONE SI LOCALIZZA (STRIZIONE) E IL CARICO DIMINUISCE (PERCHÉ LA SEZIONE RESISTENTE DIMINUISCE)

LEGHE  $\left\{ \begin{array}{l} \text{METALLO + INTERMETALLO} \rightarrow \text{LEGHE INTERMETALLICHE} \\ \text{METALLO + NON METALLO} \end{array} \right.$



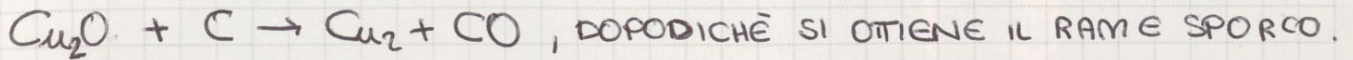
NON SONO METALLI. NELL'OSSIDO IL LEGAME È DI TIPO IONICO



IL RAME È L'ELEMENTO CON IL RAPPORTO PRESTAZIONI/COSTO MIGLIORE.

LA CORRENTE ALL'INTERNO DEI FILI È CONDOTTA DALLA FASE METALLICA. SE, AD ESEMPIO, HO DEGLI OSSIDI QUESTI NON CONDUCONO LA CORRENTE. OCCORRE QUINDI RAFFINARE IL RAME ED È QUESTO CHE COSTA, NON IL MATERIALE.

↓  
 RAME PRESENTE IN NATURA SOTTO FORMA DI OSSIDI. SI ~~AGGIUNGE~~ AGGIUNGE CARBONIO E SI RISCALDA PER FAR AVENIRE LA REAZIONE:

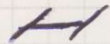


PER PURIFICARE IL RAME UTILIZZO LA FUSIONE A ZONA. SI METTE IL RAME IN UN SOLENOIDE ATRAVERSATO DA UNA CORRENTE; QUESTA CORRENTE PER 'EFFETTO PELLE' RISCALDA LA ZONA DI MATERIALE INTERESSATA CREANDO DEL LIQUIDO LOCALMENTE. IN QUESTO LIQUIDO SONO CONTENUTE LE SECONDE FASI. FACENDO TRANSITARE IL SOLENOIDE LUNGO TUTTO IL MATERIALE, IL LIQUIDO SI DEPOSITERÀ IN CODA E IL PEZZO FINALE VERRÀ TAGLIATO

L'UNICO MODO PER AVERE UN RAME ESTREMAMENTE PURO È ATRAVERSO L'ELETTROCHIMICA. SI FA SCIOLGERE IL RAME IN UN BAGNO ELETTROLITICO E SI FA L'ELETTROLISI: IL RAME VA IN SOLUZIONE SPORCO E SI DEPOSITA CATERODICAMENTE COME RAME PURO.

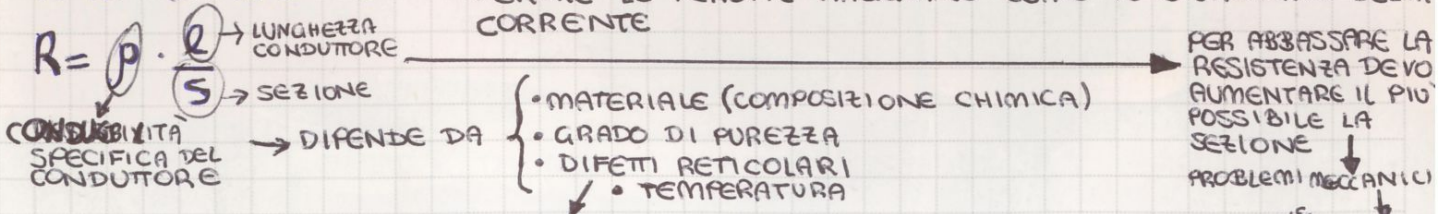
ENTRAMBI I PROCESSI HANNO UN COSTO ELEVATO ED È PER QUESTO MOTIVO CHE SPESSE IL RAME VIENE RUBATO E RIVENDUTO IN QUANTO IN QUESTO MODO È GIÀ PURIFICATO E I COSTI SONO MINORI.

PLATINO E ORO VENGONO UTILIZZATI LADDOVE IL RAME POTREBBE OSSIDARSI, PER ESEMPIO NEL CAMPO DELL'ELETTRONICA.



$$P_{ot} = V \cdot I$$

$R \cdot I^2 = \text{PERDITE}$  → NON CONVIENE AUMENTARE L'INTENSITÀ DI CORRENTE PERCHÈ LE PERDITE VIAGGIANO COME IL QUADRATO DELLA CORRENTE



LA PRESENZA DI VACANZE INIBISCE IL PASSAGGIO DI ELETTRONI E, DI CONSEGUENZA, DIMINUISCE LA CONDUCEVITÀ SPECIFICA E AUMENTA LA RESISTENZA.

LE VACANZE SONO DIFETTI DI EQUILIBRIO. ESISTE UN NUMERO PRECISO DI VACANZE CHE FA SÌ CHE, AD OGNI TEMPERATURA, IL SISTEMA PRESENTA UN MINIMO DI ENERGIA ⇒ SISTEMA IN EQUILIBRIO

$$\frac{N_{vac}}{N_{at}} = e^{\left(\frac{-Q}{kT}\right)}$$



PROTEGGE IL MATERIALE SOTTOSTANTE. (ES. VAPORE ACQUOSO, 500°C, 1 ORA)  
SI FORMA COURE DI MAGNETITE

IL FERRO PUO' ESSERE AIUTATO AGGIUNGENDO CROMO (> 13%).

0,5 - 5% : AUMENTO TEMPRABILITÀ → STESSI RISULTATI OTTENUTI CON RAFFREDDAMENTI PIÙ LENTI  
DEL FERRO

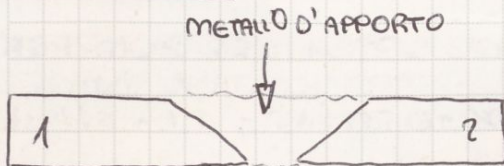
> 13% : AUMENTA LA RESISTENZA ALLA CORROSIONE

SI FORMA UNO SPINELLO TIPO  $(Fe, Ni)O \cdot (Fe, Cr)_2O_3$

COMPRESENZA DI UN OSSIDO BIVALENTE E UNO TRIVALENTE

FA DIVENTARE IL COMPOSTO COMPATTO E SIGILLANTE

## SALDATURA



CONSISTE NEL PORTARE A FUSIONE DUE PEZZI, A VOLTE IN PRESENZA DI UN TERZO ELEMENTO DETTO METALLO D'APPORTO, POI SI HA LA COSOLIDIFICAZIONE.

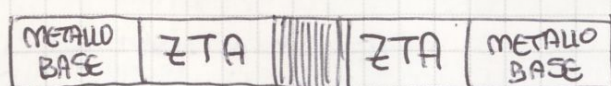
NELLA BRASATURA, INVECE, FONDE SOLO IL METALLO D'APPORTO.

TRA ALLUMINIO E ACCIAIO È PIÙ FACILE DA SALDARE L'ACCIAIO PERCHÈ L'ALLUMINIO HA CAPACITÀ TERMICA, ELETTRICA E CONDUCIBILITÀ TERMICA MIGLIORI DELL'ACCIAIO, NONOSTANTE FONDA A 654°C CONTRO I 1537°C DELL'ACCIAIO.

ALLUMINIO-RAME	SERIE 2000	LE CARATTERISTICHE MIGLIORI SI OTTENGONO PER RISCALDAMENTI A 110-120°C PER 2-3 ORE
ALLUMINIO-MAGNESIO/SILICIO	SERIE 6000	
ALLUMINIO - ZINCO	SERIE 7000	

ES. DURALLUMINIO 600 MPa  $\xrightarrow{400/500^\circ C}$  80 MPa PER QUESTO MOTIVO ALCUNE LEGHE NON POSSONO ESSERE UTILIZZATE. QUANDO È POSSIBILE DEVO RIFARE IL TRATTAMENTO TERMICO DOPO LA SALDATURA.

ANCHE L'ACCIAIO QUANDO VIENE SALDATO SUBISCE DEGLI SHOCK TERMICI:



ZONA DI SALDATURA

ZETA: ZONE TERMICAMENTE ALTERATE

(HAZ): HEAT AFFECTED ZONE

SONO ZONE CHE NON SONO ARRIVATE A FUSIONE MA, ESSENDO A CONTATTO CON IL MATERIALE FUSO SI SONO FORTEMENTE RISCALDATE



IL TERMINE PLASTICO PUÒ CREARE CONFUSIONE: È VERO CHE ANCHE ALCUNE PLASTICHE SI DEFORMANO PLASTICAMENTE MA LA STRUTTURA NON È COSTITUITA DA AGGREGATI CRISTALLINI MA DA MACROMOLECOLE.

LA DEFORMAZIONE DELLE PLASTICHE È UNA MACROMOLECOLA CHE SCORRE SU UN'ALTRA MACROMOLECOLA ED È DIFFERENTE DA QUELLA DEI MATERIALI METALLICI CHE È IMPUTABILE AL MOVIMENTO DELLE DISLOCAZIONI.

MATERIALE SI DEFORMA PLASTICAMENTE  $\Rightarrow$  MATERIALE CRISTALLINO SEMPRE

MATERIALE CRISTALLINO  $\Rightarrow$  MATERIALE SI DEFORMA PLASTICAMENTE NON È SEMPRE DETTO

UN MATERIALE PUÒ ESSERE PERFETTAMENTE CRISTALLINO MA PUÒ NON DEFORMARSI PLASTICAMENTE.

### DIFFRAZIONE DI RAGGI X

PER CAPIRE SE UN MATERIALE SIA CRISTALLINO O MENO SI UTILIZZA LA DIFFRAZIONE DEI RAGGI X.

DIFFRAZIONE: FENOMENO CHE SI VERIFICA QUANDO SI HA UN'INTERFERENZA TRA UNA RADIAZIONE E UNA FESSURA.

SI HA DIFFRAZIONE QUANDO LA FESSURA HA UNA DIMENSIONE DELLO STESSO ORDINE DI GRANDEZZA DELLA LUNGHEZZA D'ONDA DELLA RADIAZIONE.

I RAGGI X SONO DELLE RADIAZIONI CON UNA PARTICOLARE LUNGHEZZA D'ONDA.

### LE RADIAZIONI NASCONO DAI SALTI ELETTRONICI



MODELLO AD ANGIURIA : LA POLPA RAPPRESENTA I PROTONI (QUASI TOTALITÀ DELLA MASSA DELL'ATOMO) E I SEMI GLI ELETTRONI

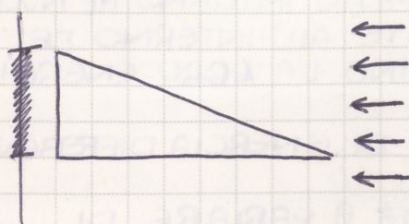


## ES. USO MEDICO: LASTRE

USO METALLURGICO: VENGONO USATI PER CONTROLLARE IL CORRETTO POSIZIONAMENTO DEI CATALIZZATORI NELLE MARMITTE CATALITICHE

- LA PROFONDITÀ DI PENETRAZIONE DEI RAGGI X È RIDOTTA (ORDINE DEI  $\mu\text{m}$ ) PERCIÒ SI POSSONO INDAGARE SOLO I DIFETTI SUPERFICIALI. ALTRA LIMITAZIONE È LA DISPOSIZIONE DEL DIFETTO RISPETTO AI RAGGI: LA SUPERFICIE ESPOSTA È DIFFERENTE.

PER CAPIRE SE IL DIFETTO È IN SUPERFICIE O PIÙ VERSO IL CUORE SI UTILIZZANO DEI PENETOMETRI:



←  
←  
←  
←  
←

<sup>FATTI</sup>  
SONO DELLO STESSO MATERIALE DA ANALIZZARE

LASTRA IMPRESSIONATA CON SCALA DI GRIGI  
A SECONDA CHE IL MATERIALE ATTRAVERSATO  
SIA MOLTO O POCO.

IL VANTAGGIO DEI RAGGI X È CHE PERMETTONO DI VEDERE DEI DIFETTI SUBSUPERFICIALI.

UN'ALTRA TECNICA MOLTO AGEVOLE È QUELLA DEI LIQUIDI PENETRANTI: VIENE MESSO UN LIQUIDO SULLA SUPERFICIE DEL PEZZO, VIENE RIMOSSO E VIENE AGGIUNTO LO 'SVILUPPATORE', UN SECONDO LIQUIDO CHE REAGISCE E CAMBIA COLORE SE INCONTRA IL PRIMO LIQUIDO.

QUESTA TECNICA HA 3 FATTORI LIMITANTI:

- FUNZIONA SOLO SE I DIFETTI SONO SUPERFICIALI
- L'OGGETTO DEVE ESSERE PULITO PER NON INCORRERE IN FALSI POSITIVI CAUSATI DALLO SFORCO
- BISOGNA AVERE ESPERIENZA PERCHÈ SI DEVE COSPARGERE LA SUPERFICIE DELL'OGGETTO IN UN CERTO MODO, SI DEVE DARE IL TEMPO PER FAR ASSORBIRE IL LIQUIDO IN EVENTUALI CAVITÀ E SI DEVE RIMUOVERE IL LIQUIDO CON CAUTELA, STANDO ATTENTO ALLE CAVITÀ.

PRO INVECE SONO:

- TECNICA ECONOMICA
- TECNICA NON PERICOLOSA
- SI PUÒ EFFETTUARE IN LOCO

UN ALTRO METODO È QUELLO DEGLI ULTRASUONI. ABBIAMO GLI ULTRASUONI CHE LAVORANO IN TRASMISSIONE E QUELLI CHE LAVORANO IN RIFLESSIONE.

NEL PRIMO CASO SI HA UN'APPARECCHIATURA CHE EMETTE ED UNA CHE RICEVE MA LE ONDE SONORE HANNO BISOGNO DI UN MEZZO PER DIFFONDERSI QUINDI SI INTERRUONO APPENA INCONTRANO UN DIFETTO NEL PEZZO IN ESAME.

NEL SECONDO CASO, IL PRINCIPIO È LO STESSO MA, IN QUESTO CASO, UNA VOLTA CHE L'ONDA SONORA HA ATTRAVERSATO TUTTO IL PEZZO RITORNA INDIETRO.



IN PRESENZA DI DIFETTI LA CORRENTE NON PASSA E QUINDI EVENTUALI DIFETTI POSSONO ESSERE INDIVIDUATI.

IL PRINCIPALE METODO D'INDAGINE NON DISTRUTTIVO È IL CONTROLLO VISIVO O L'ESAME DELLA SUPERFICIE DEL PEZZO CON UNALENTE DI INGRANDIMENTO.

## PROVE NON DISTRUTTIVE

SI PUÒ VALUTARE LA PRESENZA DI DIFETTI SENZA DISTRUGGERE IL PEZZO E QUINDI LO SI PUÒ RIUTILIZZARE.

VENGONO FATTE LE PND QUANDO BISOGNA DARE UN GIUDIZIO SULLA FUNZIONALITÀ DEL PEZZO IN QUESTIONE.

IL TIPO DI CONTROLLO VARIA IN BASE A DIVERSI FATTORI:

- TIPO DI DISCONTINUITÀ ATTESA (FORMA, POSIZIONE, ORIENTAMENTO)
- COMPOSIZIONE CHIMICA DEL MATERIALE
- CARATTERISTICHE MECCANICHE: INDIVIDUANO IL TIPO DI APPLICAZIONI DA EFFETTUARE E QUINDI INCANALANO VERSO UN DETERMINATO TIPO DI CONTROLLO
- TRATTAMENTI TERMICI
- DIMENSIONI: RENDONO IL PEZZO DISOMOGENEO. MAGGIORI ESSE SONO E PIÙ DIFFICILE È TROVARE LA RAPPRESENTATIVITÀ DEL PUNTO
- SPESSORI RISPETTO ALL'INTERO PEZZO
- COMPLESSITÀ GEOMETRICA

## DIFETTOLOGIA

I DIFETTI SONO SOLUZIONI DI DISCONTINUITÀ, CIOÈ UN QUALCOSA CHE INTERROMPE IL PERFETTO UTILIZZO DEL MATERIALE.

DIFETTI  $\left\{ \begin{array}{l} \text{BIDIMENSIONALI O TRIDIMENSIONALI} \\ \text{SUPERFICIALI O SUBSUPERFICIALI} \end{array} \right.$

SE ABBIAMO ACCIAIO I DIFETTI POSSONO ESSERE DISCONTINUITÀ PRESENTI NEL MATERIALE DOVUTE ALLA PRESENZA DI INCLUSIONI:

- OSSIDI
- SOLFURI
- FIOCCHI
- INCLUSIONI METALLICHE
- INCLUSIONI NON METALLICHE

L'OSSIDO È IL CORPO ESTRANEO PIÙ FACILE DA AVERE. PUÒ ESSERE PRESENTE DELL'OSSIDO DI SILICIO O DI ALLUMINIO. ~~CECERE ALLE~~



ACCIAI A LAVORABILITÀ MIGLIORATA IN CUI LO ZOLFO È PRESENTE VOLUTAMENTE IN TENORI ATTORNO ALLO 0,1%.

LE LAMELLE DI ZOLFO COSTITUISCONO UNA FORTE INTERRUZIONE DELLA MATRICE METALLICA. IN QUELLE LAVORAZIONI NELLE QUALI È PREDOMINANTE L'ASPORTAZIONE DI TRUCIOLO LA PRESENZA DELLO ZOLFO FA SÌ CHE IL TRUCIOLO SI ROMPA SENZA IMPASTARE L'UTENSILE E QUINDI NON LO ROVINA.

PER SUPERARE LO SCOGLIO DEI 900°C ALLO ZOLFO VIENE AGGIUNTO MANGANESE (>1%). ESSI REAGENDO DANNO IL SOLFURO DI MANGANESE CHE SPOSTA L'EUTETTICO A 1200-1300°C PERMETTENDO DI FARE DEI TRATTAMENTI TERMICI. IL SOLFURO DI MANGANESE, INOLTRE, HA UN'AZIONE AUTOLUBRIFICANTE E FAVORISCE L'ASPORTAZIONE DEL TRUCIOLO

I FIOCCI SONO DELLE 'UNGHIAURE' NEL MATERIALE E SONO DOVUTI ALLA PRESENZA DI IDROGENO.

L'IDROGENO PUÒ ENTRARE NEL MATERIALE IN MILLE MODI; IL METODO PRINCIPALE È QUELLO GALVANICO: TUTTE LE VOLTE CHE SI FA UN TRATTAMENTO GALVANICO IN AMBIENTE ACQUOSO È INEVITABILE CHE SI FACCIANO L'ELETTROLISI DELL'ACQUA QUINDI C'È SVILUPPO DI IDROGENO AL CATODO ED ENTRA NEL MATERIALE PERCHÈ HA IL RAGGIO ATOMICO DELL'ORDINE DI GRANDEZZA DEGLI SPAZI INTERSTIZIALI.

GLI ATOMI DI IDROGENO REAGENDO FORMANO DELLE MOLECOLE CHE GONFIANDOSI CREANO GROSSE TENSIONI CHE POSSONO PORTARE ALLA ROTTURA DEL MATERIALE.

NON ESISTE NESSUN METODO PREVENTIVO PER SAPERE SE L'IDROGENO SIA ENTRATO O MENO NEL MATERIALE. L'UNICA SOLUZIONE È SCALDARE IL MANUFATTO PER ELIMINARE L'IDROGENO SE SI HA IL SOSPETTO CHE SIA ENTRATO SUBITO DOPO AVER FATTO IL TRATTAMENTO. SI SCALDA PER 4 O 5 ORE (CON PUNTE DI 24 ORE) A 130-200°C E L'IDROGENO DOVREBBE USCIRE. PER PEZZI DI GROSSE DIMENSIONI SI SCALDA PER 500-600°C PER UNA SETTIMANA.

L'IDROGENO È PERICOLOSO IN MATERIALI SCARSAMENTE DEFORMABILI (RESISTENZA > 900 MPa).

L'IDROGENO ENTRA NELLE COSIDDETTE 'TRAPPOLE DA IDROGENO' CHE POSSONO ESSERE BORDI DI GRANO, DISLOCAZIONI, VACANZE... <sup>FRAGILE PERCHÈ</sup>

L'IDROGENO CAUSA ROTTURE FRAGILI E DIFFERITE: AVVENGONO SENZA ASSORBIMENTO DI ENERGIA; IMMEDIATA PERCHÈ NON C'È DEFORMAZIONE; ~~SCARICANDO FORTE TENSIONI~~ ~~SENZA ASSORBIMENTO~~ NON ESSENDO ASSORBIMENTO DI ENERGIA LA ROTTURA PUÒ AVVENIRE PER CARICHI INFERIORI AL CARICO DI ROTTURA E DI SNERVAMENTO; DIFFERITA PERCHÈ LA ROTTURA AVVIENE DOPO CHE L'IDROGENO È ENTRATO NEL MATERIALE.

~~FRAGILE~~  
LE INCLUSIONI NON METALLICHE SONO QUELLE ELENCAE PRIMA. LE PIÙ COMUNI SONO I SILICO-ALLUMINATI CHE DERIVANO DALLE SCORIE. LE SCORIE HANNO UNA ~~TRIPICE~~ <sup>TRIPICE</sup> FUNZIONE: DARE FLUIDITÀ ALLA CARICA CHE VIENE CARICATA DALL'ALTO E DEVE SCENDERE VERSO L'ALTOFORNO; DEVE FORMARE DEL LIQUIDO; DEVE AVERE UN EFFETTO AFFINANTE CIOÈ ELIMINARE TUTTO CIÒ CHE NON È FERRO.

LE INCLUSIONI POSSONO ESSERE ENDOGENE SE SI CREANO DALL'INTERNO DEL MATERIALE (ES. OSSIDO DI MANGANESE CHE SI FORMA PARTENDO DAL



## • CRICCHE (DA GETTO)

LA CRICCA È SEMPRE GENERATA DA UNA TENSIONE NEL MATERIALE. IL MODO PIÙ SEMPLICE PER GENERARLE SONO LE VARIAZIONI DI VOLUME CHE PER QUESTO MOTIVO, DEVONO ESSERE IL PIÙ POSSIBILE GRADUALI.

ESEMPIO TIPICO DELLE VARIAZIONI DI VOLUME SONO I RACCORDI. TUTTE LE VOLTE CHE SI HA UNA VARIAZIONE GEOMETRICA SI HANNO DUE PROBLEMI: IL CARICO DA MONOASSIALE DIVENTA TRIDIMENSIONALE, SI HA UN FATTORE D'INTAGLIO.

UN GRADIENTE DI TENSIONI SI ORIGINA SE ABBIAMO UN RISCALDAMENTO O UN RAFFREDDAMENTO OPPURE UN CAMBIAMENTO DI FASE.

## • POROSITÀ

RIMANGONO DEI GAS INTRAPPOLATI (OSSIGENO, AZOTO...) CHE CREANO DELLE POROSITÀ.

## DISCONTINUITÀ CHE INSORGONO DURANTE L'ESERCIZIO

### • FATICA

SIGNIFICA SOLECITARE IL MATERIALE IN MODO VARIABILE NEL TEMPO.

LA ~~FATICA SI DIVIDE IN 3 STADI~~ ROTTURA PER FATICA LASCIA DEGLI INDIRI: SI HANNO DELLE STRIATURE SUL MATERIALE CHE SONO DEI SOLCHI DI FATICA.

LA FATICA SI DIVIDE IN 3 STADI:

- INNESCO: PUNTO INIZIALE (CORRISPONDENTI ALE CRICCHE);
  - PROPAGAZIONE: LA CRICCA AVANZA MA NON HA ANCORA DISTRUTTO IL MATERIALE;
  - COLLASSO: DOVUTO ALLA MANCANZA DI SEZIONE RESISTENTE.
- LA FATICA È RESPONSABILE DELL' 80 - 90% DELLE ROTTURE DEI MATERIALI.

### • FORGIATURA

- STRAPPI: IL MATERIALE ANZICHÈ FLUIRE SI ROMPE. SOLITAMENTE È SBAGLIATA LA TEMPERATURA O LA COMPOSIZIONE CHIMICA.

- RIPLEGATURE: IL MATERIALE ANZICHÈ DEFORMARSI PLASTICAMENTE VIENE RIPLEGATO SU SE STESSO

## DISCONTINUITÀ DI SALDATURA

SI POSSONO TROVARE SIA NELLA ZONA FUSA CHE NELLA ZONA TERMICAMENTE ALTERATA.

LA ZONA FUSA È LA ZONA DOVE SI È ARRIVATI A FUSIONE E POI A SOLIDIFICAZIONE. LE ZONE ADIACENTI ALLA ZONA FUSA SONO ANCH'ESSE INTERESSATE DAI FENOMENI FUSORI PERCHÈ VENGONO RISCALDATE E SONO DETTE ZTA.

SICCOME A FIANCO ALLE ZTA C'È IL METALLO BASE E SICCOME I METALLI SONO OTTIMI CONDUTTORI, LE ZTA VENGONO ANCHE RAFFREDDATE MOLTO VELOCEMENTE E QUINDI È COME SE VENISSERO TRATTATE TERMICAMENTE.



## • ECCESSO DI SOVRAMETALLO

LA ZONA SALDATA HA TROPPO METALLO D'APPORTO E QUESTO CREA UNA DISCONTINUITÀ CHE PUÒ ARRECARRE DANNI DURANTE L'USO.

- CORDONE D'ANGOLO TROPPO CONVESSO : OFFRE UN APPICLIO PER ESSERE ASPORTATO

- INCISIONI MARGINALI: COSTITUISCONO INNESSO A ROTTURA

## METODO RADIOGRAFICO

UN GENERATORE DI RAGGI X PERMETTE DI VEDERE ATTRAVERSO LA MATERIA E QUINDI DI VEDERE DEI DIFETTI CHE NON SONO VISIBILI IMMEDIATAMENTE.

I RAGGI X SONO GENERATI DA ELETTRONI CHE VENGONO EMESSI DA UN FILAMENTO DI TUNGSTENO E VENGONO ACCELERATI SULL'ANTICATODO DA UN CAMPO ELETTROMAGNETICO.

L'ENERGIA ASSOCIATA AD UNA PARTICELLA ELETTRICA VALE:

$$eV = h \cdot \underset{\text{RADIATIONE}}{\text{FREQUENZA}} = h \frac{c}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{hc}{eV}$$

SUPPONENDO CHE TUTTA L'ENERGIA DELL'ELETTRONE SIA IMPIEGATA PER GENERARE I RAGGI X, SI GENERA UNA RADIAZIONE DI LUNGHEZZA D'ONDA  $\lambda$ .

LA LUNGHEZZA D'ONDA MINIMA VALE:  $\lambda_{\text{min}} = \frac{1,2395}{kV}$

IL POTERE PENETRANTE, OSSIA LA PROFONDITÀ ALLA QUALE ARRIVA LA RADIAZIONE, ~~È PROPORZIONALE~~ AUMENTA ALL'AUMENTARE DEI KV CIOÈ AL DIMINUIRE DELLA LUNGHEZZA D'ONDA. DIMINUIRE LA LUNGHEZZA D'ONDA EQUIVALE AD AUMENTARE L'ENERGIA.

PRO: • APPLICABILITÀ ALLA MAGGIOR PARTE DEI MATERIALI  
• POSSIBILITÀ DI VEDERE DIFETTI IN PROFONDITÀ MAGGIORE

CONTRO: • DIFETTI BIDIMENSIONALI COME LE CRICCHE POSSONO ESSERE RILEVATI SE IL LORO ORIENTAMENTO È PARALLELO RISPETTO ALL'ASSE DI RADIAZIONE (LA RADIAZIONE VIENE POCO ASSORBITA E PUÒ INCIDERE LA PELLICOLA)

## MAGNETOSCOPIA

HA UNA GROSSA LIMITAZIONE: IL PEZZO DEVE ESSERE MAGNETIZZABILE, QUINDI NON È APPLICABILE A TUTTI I MATERIALI.

SI MAGNETIZZA IL PEZZO METTENDOLO IN UN CAMPO ELETTROMAGNETICO ~~GENERATO~~ GENERATO DA UN INDUTTORE E SI OSSERVANO LE



A REAGIRE COL CROMO PER DARE CARBURI DI CROMO, CHE SONO MOLTO PERICOLOSI AI FINI DELLA CORROSIONE. SONO PERICOLOSI PER DUE MOTIVI: CREANO LA SECONDA FASE PERMETTENDO L'INNESCO DELLA PILA DI CORROSIONE E, INOLTRE, NELLE ZONE <sup>CINCO</sup> IN CUI PRECIPITA IL CARBURO DI CROMO ~~LA~~ LA MATRICE METALLICA È IMPOVERITA DI CROMO. PER QUESTO MOTIVO IL TENORE DI CARBONIO DEVE ESSERE BASSISSIMO (0,01-0,02%).

SE NON SI RIESCE A TENERE BASSO IL TENORE DI CARBONIO SI UTILIZZANO GLI ACCIAI STABILIZZATI, OVVERO ACCIAI NEI QUALI SI AGGIUNGE TITANIO, VANADIO O MOLIBDENO. QUESTI ELEMENTI HANNO UN'AFFINITÀ COL CARBONIO MAGGIORE DI QUELLA DEL CROMO E PERCIÒ SI FORMANO CARBURI DI QUESTI ELEMENTI ANZICHÈ DI CROMO CON IL CONSEGUENTE VANTAGGIO CHE LA MATRICE METALLICA NON VIENE IMPOVERITA DI CROMO.

GLI ACCIAI DEVONO ESSERE MONOFASICI MA POICHÈ SONO COMUNQUE A BASE FERRO POSSONO ESSERE FERRITICI, AUSTENITICI, MARTENSITICI O DUPLEX.

SE LA FASE È FERRITE, QUESTI ACCIAI NON DEVONO CONTENERE ELEMENTI CHE FAVORISCONO LA FORMAZIONE DI AUSTENITE. SI TRATTA SOPRATTUTTO DI LEGHE FERRO-CROMO AD ALTO TENORE DI CROMO (20-22%) E A BASSO TENORE DI CARBONIO CHE CONSENTONO DI AVERE UNA BUONA RESISTENZA ALLA CORROSIONE A PREZZI CONTENUTI, ~~MA~~ PER CONTRO, QUESTI ACCIAI NON POSSONO ESSERE UTILIZZATI A BASSA TEMPERATURA PERCHÈ A BASSA TEMPERATURA SONO MOLTO FRAGILI.

GLI ACCIAI AUSTENITICI RESISTONO MEGLIO ALLA CORROSIONE, AD ECCEZIONE DELLA STRESS CORROSION (SFORZI MECCANICI + AMBIENTE CHIMICO AGGRESSIVO).

GLI ACCIAI INOSSIDABILI AUSTENITICI SONO I MIGLIORI TRA GLI ACCIAI INOSSIDABILI. PER FAR SÌ CHE LA STRUTTURA SIA AUSTENITICA CFC OLTRE AL FERRO E AL CROMO SI AGGIUNGE IL NICKEL ~~QUANTO~~ CHE DÀ LA MONOFASICITÀ AUSTENITICA (18-10%). QUESTI ACCIAI HANNO UN'OTTIMA RESISTENZA ALLA TEMPERATURA MA COSTANO DI PIÙ E HANNO UNA BASSA RESISTENZA ALLA FATICA.

PER FARLI RESISTERE ALLA STRESS CORROSION SI UTILIZZANO GLI ACCIAI DUPLEX. ESSI SONO ACCIAI NEI QUALI, VOLUTAMENTE, LA COMPOSIZIONE CHIMICA È TALE <sup>PER</sup> CHE SI FORMI UNA QUANTITÀ SIGNIFICATIVA DI FERRITE OLTRE CHE DI AUSTENITE. MA, PER CONTRO, DIMINUISCE UN PÒ LA RESISTENZA ALLA CORROSIONE. POSSONO ARRIVARE ANCHE AL 50% DI FERRITE.

I TIPI DI ACCIAI TRATTATI PRECEDENTEMENTE SONO TUTTI ACCIAI COSTITUITI DA UNA SOLUZIONE SOLIDA A BASSISSIMO TENORE DI CARBONIO E QUINDI LA DUREZZA NON È ELEVATA.

UN MATERIALE MOLTO DURO È LA MARTENSITE. GLI ACCIAI MARTENSITICI HANNO LO 0,2% DI CARBONIO, E UN PÒ DI NICKEL PER FORMARE L' AUSTENITE PERCHÈ LA MARTENSITE SI ORIGINA PASSANDO VELOCEMENTE DAL CAMPO AUSTENITICO E RAFFREDDANDO, E UN PÒ DI CROMO PER RESISTERE ALLA CORROSIONE CHE RIMANE COMUNQUE PIÙ BASSA RISPETTO AGLI ACCIAI FERRITICI E AUSTENITICI.

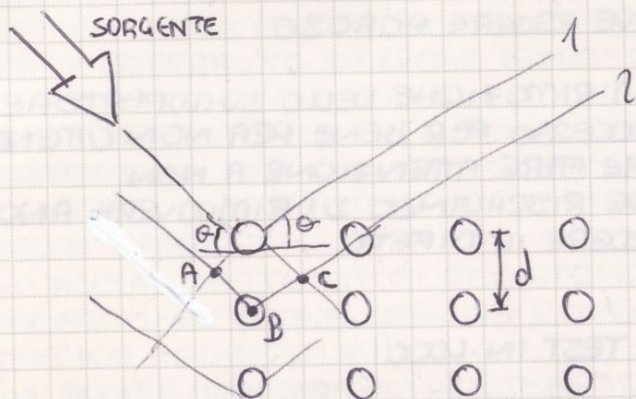


- PRO:
- VELOCITÀ DI ESECUZIONE
  - ALTA SENSIBILITÀ
  - ELEVATA PROFONDITÀ
  - AUTOMATIZZAZIONE DEL CONTROLLO IN PROCESSI ROUTINARI

- CONTRO:
- NON SI PUÒ UTILIZZARE NEI MATERIALI CHE NON PERMETTONO LA PROPAGAZIONE DELLE ONDE AL LORO INTERNO (AD ATTENUAZIONE ACUSTICA)
  - GEOMETRIE COMPLESSE CAUSANO RIFLESSIONI ANOMALE
  - SUPERFICIE

## DIFFRATTOMETRIA DEI RAGGI X

I RAGGI X HANNO DIMENSIONI PARAGONABILI A QUELLE ATOMICHE ( $10^{-10}$  m).  
 FRA RAGGI X E MATERIA, OLTRE ALLA PENETRAZIONE DEI RAGGI X, SUSSISTONO ANCHE FENOMENI DI INTERFERENZA TRA RAGGI X E MATERIA E QUINDI DI DIFFRAZIONE.



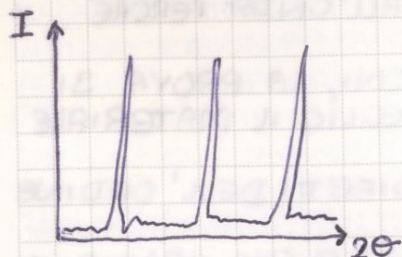
LA DIFFRAZIONE È RIASSUNTA NELLA LEGGE DI BRAGG. PRESA UNA SORGENTE, IN TEORIA A DISTANZA INFINITA (IN QUESTO MODO SI ORIGINANO RAGGI PARALLELI), I RAGGI VENGONO RIFLESSI. VENGONO RIFLESSI I RAGGI DI TUTTI I LIVELLI ATOMICI.

SI HA UN RILEVATORE E IL SEGNALE SARÀ MASSIMO QUANDO LE RADIAZIONI SONO IN CONCORDANZA DI FASE, OVERO

QUANDO LA DIFFERENZA DEI CAMMINI OTTICI È UGUALE A UN NUMERO INTERO DI LUNGHEZZE D'ONDA.

LA DIFFERENZA DI CAMMINO OTTICO TRA LE RADIAZIONI 1 E 2 È ABC.

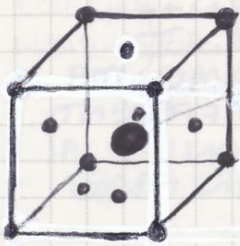
$\theta$ : ANGOLO DI INCIDENZA  $\rightarrow \overline{ABC} = 2d \sin \theta$   $n\lambda = 2d \sin \theta$   
 $d$ : DISTANZA TRA I PIANI  
 $\lambda$ : LUNGHEZZA D'ONDA DELLA RADIAZIONE



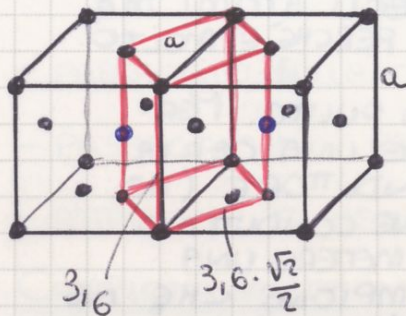
QUANDO È RISPETTATA LA LEGGE DI BRAGG SI HA IL MASSIMO DELLA RISPOSTA E QUINDI SI HA UN PICCO. I PICCHI CORRISPONDONO AL SODDISFACIMENTO DELLA LEGGE DI BRAGG PER PARTICOLARI DISTANZE INTERPLANARI  $d$ . QUINDI, A SECONDA DELLA LUNGHEZZA D'ONDA, SI AVRANNO DEI PICCHI PER CERTI  $\theta$  IN CORRISPONDENZA DI CERTI PIANI. OVVIAMENTE, CAMBIANDO LA LUNGHEZZA D'ONDA, LA LEGGE DI BRAGG SARÀ SODDISFATA PER  $\theta$  DIFFERENTI.



NON EQUILIBRIO CHE È LA MARTENSITE.



SE SI HA UNA SOLUZIONE AUSTENITICA, IL CARBONIO VA A FINIRE AL CENTRO DELLA CELLA (FINO A UN MASSIMO DEL 2%). SCENDENDO SOTTO I 723 °C QUESTA CELLA COMINCIA A TRASFORMARSI IN UNA CCC (L'ENERGIA DEL CFC È MAGGIORE DI QUELLA DEL CCC). QUESTA TRASFORMAZIONE RICHIEDE PICCOLISSIMI SPOSTAMENTI.



LA STRUTTURA DISEGNATA IN ROSSO NON È CUBICA MA È COMUNQUE A CORPO CENTRATO.

$$a_{\text{CFC}} = 3,6$$

$$h: 3,6 \rightarrow 2,86$$

$$a_{\text{CCC}} = 2,86$$

$$l: 3,6 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow 2,86$$

● = CARBONIO

GLI SPOSTAMENTI SONO MINORI DI UNA DISTANZA INTERATOMICA E AVVENGONO MECCANICAMENTE, OVVERO SENZA DIFFUSIONE, E SONO ANCHE ISTANTANEI. QUINDI QUESTA TRASFORMAZIONE È MOLTO FACILE. QUESTO DISCORSO VALE FINCHÉ VI È ASSENZA DI CARBONIO. IL CARBONIO NELLA CCC PUÒ ARRIVARE FINO ALLO 0,02% MA DEVE USCIRE E VA A FORMARE CARBURI CHE, IN PRESENZA DI SOLO FERRO, SAREBBERO LA CEMENTITE ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ). L'USCITA DEL CARBONIO AVVIENE MEDIANTE DIFFUSIONE, E QUINDI CI VOLE DEL TEMPO. SE NON GLI VIENE DATO IL TEMPO NECESSARIO, IL CARBONIO RIMANE INTRAPPOLATO.

IL CARBONIO SI SPOSTA DAL CENTRO DELLE CELLE CFC AL CENTRO DEGLI SPIGOLI DELLA CELLA CCC. IN QUESTO MODO, LA CELLA NON È PIÙ CUBICA E QUINDI NON POTRÀ PIÙ ARRIVARE A 2,86 MA È UNA CELLA TETRAZIONALE. QUESTA CELLA TETRAZIONALE CORPO CENTRATA SI CHIAMA MARTENSITE. PIÙ CARBONIO C'È E PIÙ LA CELLA ACCENTUA LA SUA TETRAAGONALITÀ. QUESTA FORMA SI NOTA ATTRAVERSO I RAGGI X PERCHÉ I PICCHI SONO QUELLI DI UNA STRUTTURA TETRAZIONALE. QUINDI È POSSIBILE SAPERE SIA IL TENORE DI MARTENSITE PRESENTE CHE IL TENORE DI CARBONIO PRESENTE NELLA MARTENSITE.

LA MARTENSITE È UNA FASE DI PASSAGGIO PRATICAMENTE MAI UTILIZZATA PERCHÉ È DURISSIMA MA MOLTO FRAGILE.

## METALLOGRAFIA

È L'OSSERVAZIONE DI PREPARATI METALLOGRAFICI MEDIANTE MICROSCOPIA OTTICA.

IL PRIMO METODO PER ANALIZZARE LA STRUTTURA DI UN MATERIALE METALLICO È L'ESAME VISIVO. CON UN'ANALISI MACRO È POSSIBILE CONTROLLARE SE SONO PRESENTI DELLE CRICCHE O SE IL PEZZO È STATO COSTRUITO BENE. A LIVELLO MICRO SI UTILIZZA IL MICROSCOPIO. SI RIESCE AD ENTRARE NELLA MATERIA E AD APPREZZARE IL  $\mu\text{m}$ . SI RIESCE AD ARRIVARE AD INGRANDIMENTI FINO A 1000X (OLTRE SONO ZOOM DELL'IMMAGINE E SI PERDE DEFINIZIONE).

DI MICROSCOPI ELETTRONICI, INVECE, CE NE SONO DI DUE TIPI: IL SEM



- TAGLIO: BISOGNA FARE ATTENZIONE A NON SURRISCALDARE IL PEZZO E A NON CREARE DELLE TENSIONI MECCANICO-TERMICHE CHE POSSONO TRASFORMARE IL PEZZO; IN QUESTA FASE SI CAMPIONA IL MATERIALE PRENDENDONE UN PEZZO RAPPRESENTATIVO DELL'INTERO MATERIALE (PIÙ IL MATERIALE È GROSSO E PIÙ DIFFERENZE POSSONO ESSERE TRA CUORE E SUPERFICIE);
- INGLOBATURA: PER ALCUNI MATERIALI (ES. LEGHE D'ALLUMINIO) BISOGNA STARE ATTENTI A NON RAGGIUNGERE TEMPERATURE TROPPO ELEVATE;
- PASSAGGIO SULLE CARTE
- PASSAGGIO SUI PANNI
- ATTACCO: SI OSSERVA IL CAMPIONE PRIMA E DOPO L'ATTACCO

## CAMPIONAMENTO

✓ SERVE AD INDIVIDUARE IL PUNTO IN CUI BISOGNA TAGLIARE IL CAMPIONE ED È UN'OPERAZIONE DIFFICILE PERCHÉ IL PEZZO TAGLIATO DOVRÀ ESSERE RAPPRESENTATIVO DELLA GLOBALITÀ DEL MANUFATTO. MAGGIORI SONO LE DIMENSIONI DEL MANUFATTO E MAGGIORI SONO LE DIFFERENZE TRA I VARI PUNTI DEL PEZZO.

LA MAGGIOR PARTE DEI MANUFATTI VIENE DEFORMATA PLASTICAMENTE (ES. LAMINATURA, ESTRUSIONE, ...) TRAMITE LAVORAZIONI CHE HANNO FATTO SÌ CHE CI FOSSE UNO SVILUPPO PLASTICO PREVALENTE IN UNA DIREZIONE RISPETTO ALLE ALTRE DUE.

NEL CASO DELLA LAMINAZIONE, AVREMO UNA DIREZIONE DI LAMINAZIONE ED UNA PERPENDICOLARE AD ESSA E QUINDI UNA SEZIONE NEL VERSO DELLA LAMINAZIONE ED UNA PERPENDICOLARE AD ESSA, CHIAMATA TRASVERSO. LE PROPRIETÀ VARIANO A SECONDA CHE SI CONSIDERINO LE SEZIONI LONGITUDINALI O QUELLE PERPENDICOLARI.

IL GROSSO PROBLEMA È QUELLO DELLE SECONDE FASI CHE POSSONO A VOLTE INTERROMPERE LA MATRICE METALLICA. SUPPONENDO DI AVERE DEI SOLFURI, ESSI SI ALLUNGHERANNO LUNGO LA DIREZIONE DI LAMINAZIONE. SE SI PRENDE UN CAMPIONE LUNGO QUESTA DIREZIONE, LA SEZIONE RESISTENTE È QUELLA PERPENDICOLARE. IN QUESTO CASO, I SOLFURI SONO SEZIONATI E SI HA UN'AREA CON POCHE DISCONTINUITÀ DI FORMA ABBASTANZA TONDEGGIANTE, QUINDI PER QUANTO RIGUARDA LA RESISTENZA MECCANICA IL DISAGIO È RIDOTTO. SE INVECE, IL CAMPIONE SI SVILUPPA LUNGO LA SEZIONE TRASVERSALE LA SEZIONE RESISTENTE È QUELLA LONGITUDINALE CHE HA UNA SECONDA FASE MOLTO PRESENTE CHE CREA UNA DELLE GROSSE DISCONTINUITÀ CHE HANNO UNA FORMA MOLTO ALLUNGATA FAVOREVOLE PER L'INNESTO DELLA CRICCA E QUINDI SI HA IL CONSEGUENTE CROLLO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE. PER QUESTI MOTIVI, È IMPORTANTE CONTROLLARE A QUALE SEZIONE SI RIFERISCONO LE CARATTERISTICHE MECCANICHE INDICATE. QUESTO FENOMENO È NOTO COME FENOMENO DEL TRASVERSO.



UNA SOLUZIONE ACQUOSA CONTENENTE POLVERE DI ALLUMINA <sup>CH</sup> RENDE I CAMPIONI MOLTO LUCIDI MA SPORCA MOLTO.

AL MICROSCOPIO METALLOGRAFICO, SE IL CAMPIONE FOSSE PERFETTO, SI VEDREBBE UNA CIRCONFERENZA BIANCA. (E IL CAMPIONE CONTIENE DELLE FASI CHE NON RIFLETTONO LA LUCE, QUESTE SI VEDONO NERE (ES. GRAFITE NELLE GHISE). SI VEDONO SCURE ANCHE EVENTUALI INCLUSIONI O CRICCHE. NON SI VEDONO, INVECE, I BORDI DI GRANO (DOPO LA LUCIDATURA).

## ATTACCO

CONSISTE NEL METTERE IL CAMPIONE A CONTATTO CON <sup>UN</sup> DEBOLE REATTIVO PER UN TEMPO LIMITATO. IL REATTIVO PIU' UTILIZZATO E' IL NITAL (ACIDO NITRICO IN ALCOL ETILICO) IN SOLUZIONE MOLTO DILUITA (1-2%). QUESTA SOLUZIONE CORRODE LE ZONE SOVRAENERGETICHE, OVVERO I BORDI DI GRANO E LE ZONE IN CUI SI HANNO DUE O PIU' FASI, RENDENDOLE VISIBILI. SE IL REATTIVO FOSSE FORTE, INVECE, CORRODEREBBE TUTTO SENZA DARE LA POSSIBILITA' DI OSSERVARE NULLA.

## DEFORMABILITA' PLASTICA - 2

IN TUTTI I MATERIALI, ~~AD ECCEZIONE DI~~ <sup>INCLUSI</sup> QUELLI METALLICI, ESISTE UNA PROPORZIONALITA' DIRETTA TRA CARICO E DEFORMAZIONE. ARRIVATI AD UN CERTO PUNTO, IL MATERIALE SI ROMPE. AD ECCEZIONE DEI MATERIALI METALLICI, CIO' RICHIEDE POCO ENERGIA, E' UN EVENTO ISTANTANEO ED IMPREVEDIBILE.

IN CAMPO ELASTICO SI ASSISTE A UN FENOMENO REVERSIBILE: APPENA SI TOGLIE LA SOLLECITAZIONE SPARISCE LA DEFORMAZIONE.

NEL CAMPO PLASTICO, INVECE, SI ASSISTE A DELLE DEFORMAZIONI IRREVERSIBILI: ANCHE TOGLIENDO IL CARICO APPLICATO VIENE RECUPERATA SOLO LA PARTE ELASTICA DELLA DEFORMAZIONE, MA RIMANE UNA PARTE DI DEFORMAZIONE PLASTICA PERMANENTE.

CIO' E' DOVUTO, NEI MATERIALI METALLICI, ALLO SPOSTAMENTO DEI PIANI RETICOLARI E AL FATTO CHE SONO CARATTERIZZATI DA UN LEGAME DI TIPO METALLICO.

QUANDO SI PARLA IN GENERALE DI DIFETTI SI PENSA SEMPRE A QUALCOSA DI NEGATIVO. <sup>MA</sup> NEL CAMPO DELLA SCIENZA NON E' SEMPRE COSI'. INFATTI, I DIFETTI AUMENTANO LA STABILITA' DI UN MATERIALE E GLI PERMETTONO DI AVERE UN' ENERGIA INFERIORE.

TUTTA LA METALLURGIA SI BASA SULLA POSSIBILITA' DI BLOCCARE O FAVORIRE IL MOVIMENTO DELLE DISLOCAZIONI. ~~PERDARE~~

IL MOVIMENTO DELLE DISLOCAZIONI E' DOVUTO A DEGLI SFORZI DI TAGLIO IN QUANTO UNO SFORZO NORMALE ROMPEREBBE IL PEZZO E SCOLLEREBBE I PIANI.

LO SFORZO DI TAGLIO E' MASSIMO SUI PIANI INCLINATI A 45°. ALLORA, BISOGNA VEDERE SE SU QUESTI PIANI ESISTONO DEI SISTEMI DI



CAMPO ELASTICO:

$$\epsilon \cdot E = \frac{P \rightarrow \text{CARICO}}{A_0 \rightarrow \text{SEZIONE INIZIALE (INIZIO DEFORMAZIONE, VALORE CONVENZIONALE)}}$$

$$= \frac{l - l_0}{l_0}$$

$$= \frac{P}{A \rightarrow \text{SEZIONE ISTANTANEA}}$$

$\epsilon_r =$  SOMMA DEGLI ALLUNGAMENTI PARZIALI

$$= \frac{P}{A} = \frac{P}{A_0} \cdot \frac{A_0}{A} = \sigma_N \cdot \frac{A_0}{A}$$

ALLUNGAMENTO NOMINALE

$$l_0 = A \cdot l \Rightarrow \frac{A_0}{A} = e + 1 \Rightarrow \sigma_r = \sigma_n (e + 1)$$

$$e = \frac{l - l_0}{l_0}$$

$$= \log(e + 1)$$

$$= K \cdot \epsilon^n \begin{cases} n = 1 \text{ CAMPO ELASTICO} \\ n = 0 \text{ CAMPO PLASTICO} \end{cases}$$

$n =$  COEFFICIENTE DI INCRUDIMENTO

CARICO MASSIMO SI HA QUANDO  $dP = 0$ .

$$= \sigma \cdot A \rightarrow \sigma dA + A d\sigma = 0 \rightarrow \frac{d\sigma}{\sigma} = - \frac{dA}{A}$$

$$l = \text{COSTANTE} \Rightarrow d(l) = 0 \rightarrow A dl + l dA = 0 \Rightarrow - \frac{dA}{A} = \frac{dl}{l} = d\epsilon$$

$$= - \frac{dA}{A} = \frac{dl}{l} = d\epsilon$$

$$\text{max} \Rightarrow \frac{d\sigma}{d\epsilon} = \sigma$$

$$= K \cdot \epsilon^n \rightarrow n K \epsilon^{n-1} = K e^n \Rightarrow P_{\text{max}} = E_{\text{max}} \cdot n$$

COEFFICIENTE DI INCRUDIMENTO  $n$  È NUMERICAMENTE UGUALE AL VALORE DELLA DEFORMAZIONE CHE SI OTTIENE IN CORRISPONDENZA AL CARICO MASSIMO.

INDEI, MAGGIORE È L' INCRUDIMENTO E MAGGIORE È L' ALLUNGAMENTO AL CARICO MASSIMO.

IL GRANO È GROSSO E PIÙ È ALTO IL COEFFICIENTE DI INCRUDIMENTO.

SI ABBASSA  $E$  SI HA UN AUMENTO DEL RITORNO ELASTICO.



ELEMENTO	DIAMETRO ATOMICO (Å)
H	0,3
O	0,66
N	0,71
C	0,77
B	0,87

LE DIMENSIONI DI QUESTI ATOMI SONO MAGGIORI DELLE DIMENSIONI DEL SITO INTERSTIZIALE E QUINDI VI ENTRANO A FATICA (AD ECCEZIONE DELL'IDROGENO). QUANDO QUESTI ELEMENTI ENTRANO, DEFORMANO IL RETICOLO E QUINDI CREANO UN CAMPO TENSIONALE CHE INTERFERISCE CON LE DISLOCAZIONI. QUESTI ATOMI HANNO UN EFFETTO MOLTO POTENTE SUL RAFFORZAMENTO.

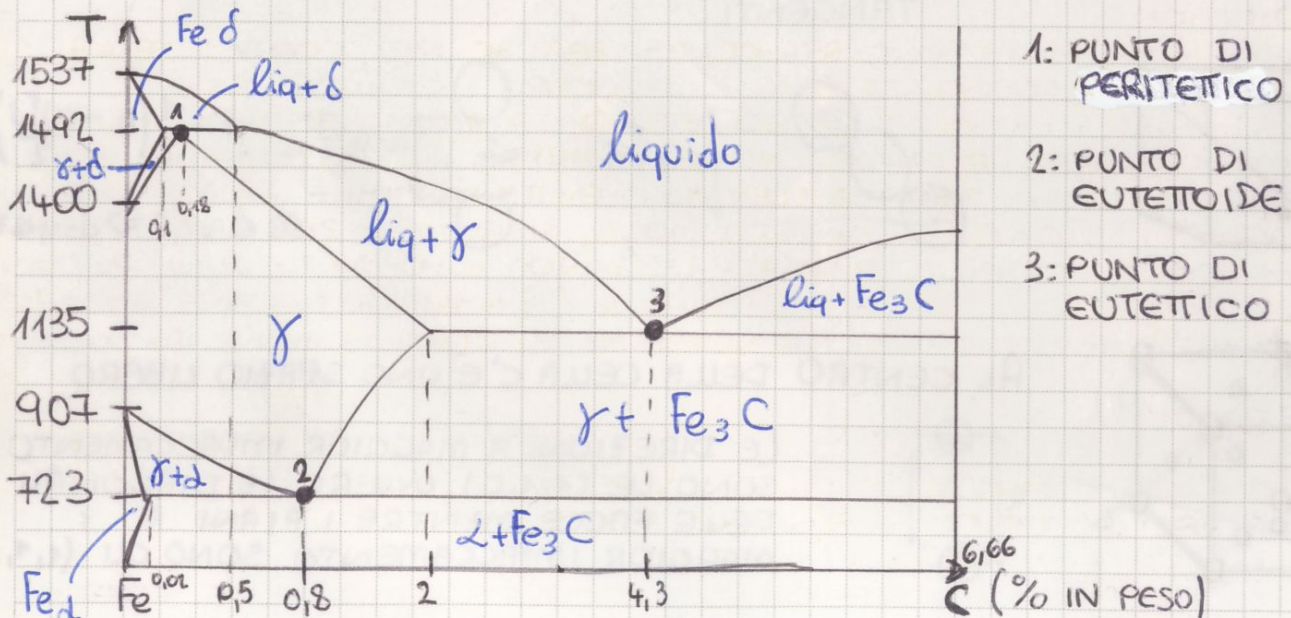
IMPEDIRE IL MOVIMENTO DELLE DISLOCAZIONI INIBISCE PERÒ I MECCANISMI DI DEFORMAZIONE PLASTICA E QUINDI AUMENTA IL RISCHIO DI FRATTURA FRAGILE.

INOLTRE, DOVENDO COMPIERE UN GROSSO LAVORO DI DEFORMAZIONE DEL RETICOLO, LA SOLUBILITÀ DI QUESTI ELEMENTI È BASSA. LA SOLUBILITÀ NEL CFC (AUSTENITE) RISPETTO ALLA FERRITE È DECISAMENTE MAGGIORE ( $r=0,53$  CONTRO  $d=0,187$  E QUINDI FA MENO FATICA).

Fe CCC < 0,02% A 723°C  
0,1% A 1492°C

Fe CFC ≈ 2% A 1135°C

PASSANDO DA CFC A CCC IL CARBONIO DEVE USCIRE. SICCOME CIÒ AVVIENE PER DIFFUSIONE SI PUÒ AVERE UN RITARDO NELL' USCITA DEL CARBONIO ⇒ TRATTAMENTI TERMICI.



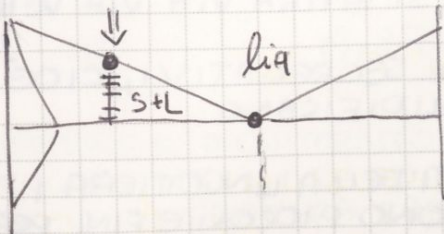
PERITETTICO:  $Fe\delta + liq \xrightarrow{RAFFR} \gamma$  A 1492°C  
0,1% C + 0,5% C      0,18% C

PUNTO A FUSIONE INCONGRUENTE

IL PERITETTICO È IMPORTANTE NEI FENOMENI DI SOLIDIFICAZIONE



GRAFITIZZAZIONE, OSSIA NON STABILIZZANO I CARBURI. UNO DI QUESTI ELEMENTI È IL SILICIO.  
 A DIFFERENZA DEGLI ACCIAI, LE GHISE VENGONO FATTE SOLIDIFICARE IN STAMPI DI DIMENSIONI SIMILI A QUELLE DEL PEZZO FINITO.  
 L'EUTETICO È IL PUNTO IN CUI SI HA IL LIQUIDO A TEMPERATURA PIÙ BASSA E QUINDI SI SCEGLIE UNA LEGA CHE SIA BASSOFONDENTE SE SI VUOLE COLARE.



LA COMPOSIZIONE EUTETICA PERMETTE DI AVERE DEL LIQUIDO O DEL SOLIDO, EVITANDO DI AVERE INTERVALLI DI SOLIDIFICAZIONE E RELATIVI FANGHI (S+L) CHE POSSONO ESSERE DIFFICILI DA COLARE SE GLI STAMPI PRESENTANO FORME COMPLESSE.

NEL CASO Fe - C LA LEGA EUTETICA HA IL 4,3% DI CARBONIO. QUESTA LEGA È BUONA DAL PUNTO DI VISTA DELLA COLABILITÀ MA HA TROPPO CARBONIO E QUINDI È ESTREMAMENTE FRAGILE. PER OVVIARE A QUESTO PROBLEMA, SI AGGIUNGE DEL SILICIO CHE RENDE IL CARBONIO PIÙ ATTIVO (È COME SE CE NE FOSSE DI PIÙ). L'AGGIUNTA DEL 3% DI SILICIO SIMULA UN 1% DI CARBONIO IN PIÙ. PER QUESTO MOTIVO SI PARLA DI CARBONIO EQUIVALENTE CHE È UGUALE AL CARBONIO EFFETTIVO PIÙ LO 0,3% DI SILICIO. QUINDI, SI PUÒ ARRIVARE ALLA COMPOSIZIONE EUTETICA CON MOLTO MENO CARBONIO. (CIRCA IL 3%).

LA GRAFITE DEVE ANCHE DISPORSI UNIFORMEMENTE E AVERE UNA FORMA LAMELLARE. ALLORA OCCORRE AVERE ANCHE L'INOCULAZIONE, CIOÈ SI AGGIUNGE LO 0,1% DI UNA LEGA Fe-Si AL MOMENTO DELLA SOLIDIFICAZIONE. SI SPARGONO COSÌ DEI GERMI DI SILICIO SU TUTTA LA LEGA CHE STA SOLIDIFICANDO CHE AUMENTANO LOCALMENTE L'ATTIVITÀ DEL SOTTIL CARBONIO. LA LEGA È ORA IN CONDIZIONI IPEREUTETICHE E I PRIMI A SOLIDIFICARE SARANNO I GERMI DI GRAFITE IN MODO UNIFORME E SOTTO FORMA DI DISCHETTI, OTTENENDO COSÌ LA GHISA LAMELLARE.

SE SI AGGIUNGE ANCHE LO 0,1% DI MAGNESIO, ESSO INTERVIENE SULL'ENERGIA SUPERFICIALE DELLA GRAFITE E FA SÌ CHE LE LAMELLE DIVENTINO DEGLI SFEROIDI. IL VANTAGGIO È DIMINUIRE IL FATTORE D'INTAGLIO DA 13 A 3 E QUINDI AUMENTA LA TENACITÀ.

LEDEBURITE: STRUTTURA EUTETICA CHE SI FORMA DA CARBURI E AUSTENITE

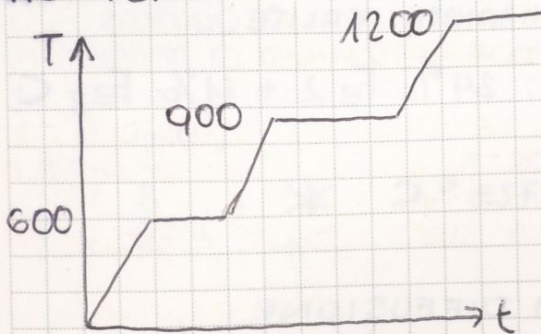
GHISE BIANCHE: GHISE CHE CONTENGONO CARBURI

GHISA TROTATA: COMPRESENZA DI CARBURI E GRAFITE. MOLTO FRAGILE, DA EVITARE

LE CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE GHISE DIPENDONO DAL TIPO DI GRAFITE (SFEROIDALE, LAMELLARE, ...) MA SOPRATTUTTO DALLA



VELOCEMENTE RISPETTO AL CUORE. QUINDI, LA SUPERFICIE VA IN TRAZIONE E IL CUORE IN COMPRESSIONE. SE IL PEZZO È DI GROSSE DIMENSIONI E IL RISCALDAMENTO È VELOCE SI PUÒ ROMPERE.



SOPRATTUTTO PER GLI ACCIAI RAPIDI, IN CUI SI DEVE SCALDARE ALLA PIÙ ALTA TEMPERATURA POSSIBILE, PER PORTARE IN SOLUZIONE TUTTI I CARBURI, IL RISCALDAMENTO NON È MAI EFFETTUATO IN UN COLPO SOLO. SI AUMENTA LA TEMPERATURA A GRADINI DANDO IL TEMPO DI UNIFORMARSI TRA UN AUMENTO E L'ALTRO.

BISOGNA PERÒ STARE ATTENTI A NON RISCALDARE TROPPO PERCHÉ SE SI ARRIVA IN CAMPO LIQUIDO (LIQUAZIONE) IL PEZZO È 'BRUCIATO' E QUINDI È DA BUTTARE. QUESTO DISCORSO VALE SOPRATTUTTO PER LE LEGHE DI ALLUMINIO.

INOLTRE, SCALDANDO UN PEZZO, SI ATTIVANO DELLE CINETICHE DI REAZIONE CHE POSSONO MODIFICARE LA CHIMICA DELLA SUPERFICIE. I PROCESSI DI OSSIDAZIONE SONO ACCELERATI. QUINDI SI PUÒ AVERE DECARBURAZIONE E OSSIDAZIONE, CIOÈ L'OSSIGENO DELL'ATMOSFERA REAGISCE BRUCIANDO IL CARBONIO E OSSIDANDO LA SUPERFICIE.

PER CONTRASTARE QUESTI FENOMENI CI SONO VARI METODI.

IL GREZZO È UN MATERIALE CHE SUBISCE UN TRATTAMENTO TERMICO MA DOPO SUBISCE ALTRE LAVORAZIONI DI TIPO MECCANICO. SI RISCALDA IL PEZZO NELL'ATMOSFERA IL QUALE SI OSSIDA E SI DECARBURA. CIÒ RIQUARDA UN PAIO DI MM SULLA SUPERFICIE E PERCIÒ SI UTILIZZA DEL SOVRAMETALLO CHE SARÀ POI ASPORTATO A MACCHINA. PER QUESTO MOTIVO, SI DICE CHE IL GREZZO NON È PROTETTO.

SE INVECE SI DEVE PROTEGGERE IL PEZZO, BISOGNA EVITARE CHE LA SUPERFICIE SI OSSIDI. IN QUESTO CASO SI POSSONO UTILIZZARE VARIE TECNICHE:

- VUOTO
- GAS INERTI
- GAS DA GENERATORI ENDOTERMICI

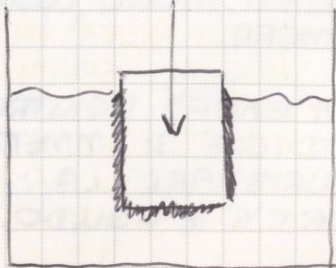
#### • VUOTO

È LA PIÙ EFFICIENTE MA ANCHE LA PIÙ COSTOSA. SI LAVORA A BASSISSIMA PRESSIONE, OSSIA NEL VUOTO. SE NON C'È ATMOSFERA NON CI SONO NEANCHE OSSIDAZIONE E DECARBURAZIONE. AL DI LÀ DEL COSTO IMPIANTISTICO, SI HA ANCHE UN COSTO DI GESTIONE. PER SCALDARE IL VUOTO, IN TEORIA, BASTEREBBE SFRUTTARE L'IRRACCIAMENTO. PER ACCELERARE IL PROCESSO, PERÒ, SI UTILIZZA UN GAS NEUTRO (DI SOLITO AZOTO).



## • TEMPRA IN ACQUA

L'ACQUA È UN MEZZO MOLTO DRASTICO ED È FACILE SPACCARE I PEZZI.



L'ACQUA, A CONTATTO CON IL PEZZO INCANDESCENTE, EVAPORA Istantaneamente e il pezzo viene avvolto da una coltre di vapore. Questo, essendo un isolante, inibisce il raffreddamento (calefazione). Via via l'acqua riesce ad attraversare il vapore e a bassa temperatura si ha un notevole raffreddamento.

Ad alta temperatura si desidera asportare il calore e scendere in fretta di temperatura per evitare di finire nel campo della trasformazione eutettoidica.

A bassa temperatura, invece, si desidera avere una bassa velocità di raffreddamento perché il pezzo potrebbe rompersi in quanto il cuore è ancora caldo mentre la superficie è fredda e quindi si creano degli stati tensionali.

~~Per questo~~ Un pezzo rotto al riscaldamento ha la superficie della cricca ossidata; un pezzo rotto al raffreddamento no.

Non viene mai usata l'acqua pura. Ultimamente vengono utilizzati acqua quench, miscele alcoliche aggiunte all'acqua per limitare e attenuare i fenomeni descritti prima.

## • TEMPRA IN OLIO

L'OLIO È UN MEZZO MENO DRASTICO DELL'ACQUA E QUINDI IL RAFFREDDAMENTO È PIÙ LENTO CON CONSEGUENTE DIMINUIZIONE DEL RISCHIO DI SPACCARE IL PEZZO.

SI PUÒ USARE L'OLIO SE L'ACCIAIO CONSENTE UN LENTO RAFFREDDAMENTO.

L'olio presenta una serie di inconvenienti:

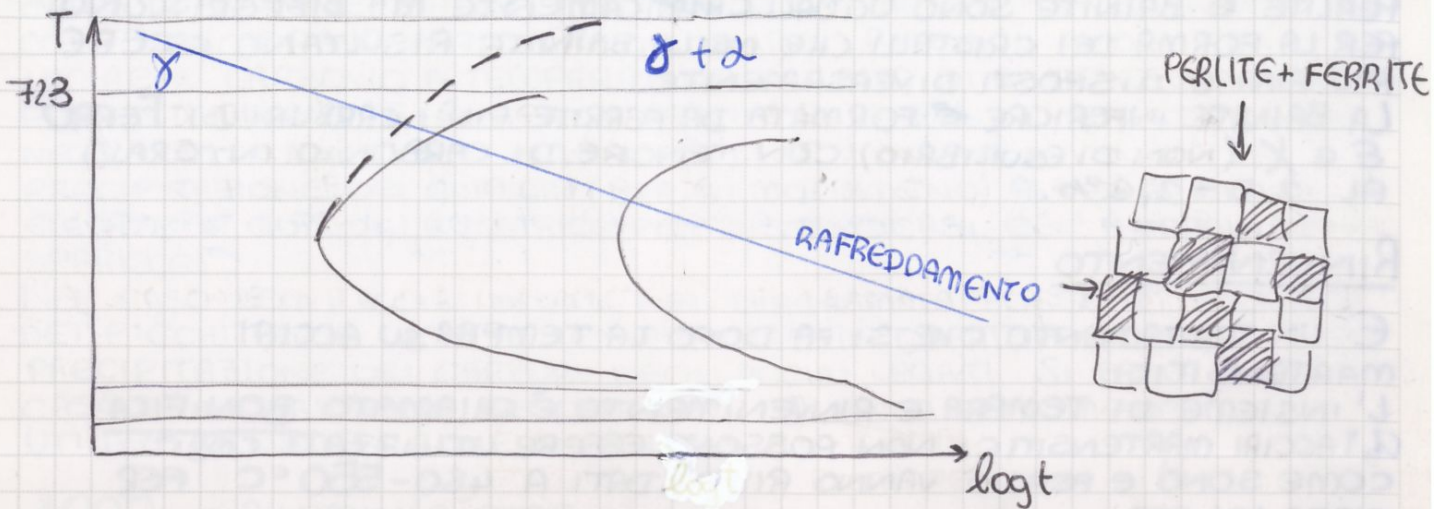
- PRESENZA DI FUMI;
- È INFIAMMABILE;
- È INQUINANTE;
- ROGNE BUROCRATICHE → UTILIZZATO SEMPRE MENO

## • TEMPRA NEL GAS

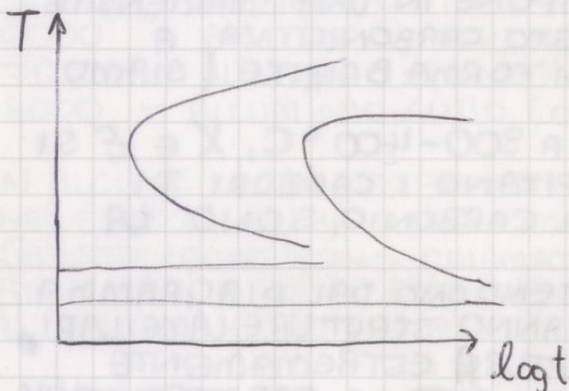
IL GAS HA UN POTERE RAFFREDDANTE ANCORA MINORE DELL'OLIO. DI SOLITO VIENE USATO L'AZOTO IN PRESSIONE RAFFREDDATO. PER USARE OLIO O GAS BISOGNA AVERE ACCIAI LEGATI. IL LORO GRANDE VANTAGGIO È LA RIDUZIONE DEL RISCHIO DI ROTTURE DOVUTO AL LORO LENTO RAFFREDDAMENTO.



GLI ELEMENTI LEGANTI SPOSTANO VERSO DESTRA LE CURVE TTT, CONSENTENDO DI AVERE UNA VELOCITÀ DI RAFFREDDAMENTO PIÙ LENTA E QUINDI MENO SHOCK TERMICI.



LA CURVA TRATEGGIATA RAPPRESENTA LA FORMAZIONE DELLA FERRITE. PER ELEVATE VELOCITÀ DI RAFFREDDAMENTO SI FORMA DIRETTAMENTE LA MARTENSITE.



ACCIAIO CON TENORE DI CARBONIO SUPERIORE ALLO 0,8%.

LA PRIMA CURVA È QUELLA DEI CARBURI.

LE CURVE TTT SONO CURVE DI TRATTAMENTO ISOTERMO PERCHÉ SI PORTA Istantaneamente LA TEMPERATURA A QUELLA DESIDERATA E SI DÀ IL TEMPO AL SISTEMA PER EVOLVERE E POI SE NE OSSERVANO I CAMBIAMENTI.

NELLA PRATICA FERÒ SI RAFFREDDA IN MODO CONTINUO E SI PARLA IN QUESTO CASO DI CURVE CCT (CONTINUOUS COOLING TRANSFORMATION). RISPETTO ALLE TTT, QUESTE CURVE SI SPOSTANO UN PO' PIÙ VERSO IL BASSO E VERSO DESTRA.

NELLE CURVE CCT PUÒ APPARIRE LA BAINITE CHE, AL PARI DELLA MARTENSITE, NON SI TROVA NEL DIAGRAMMA DI STATO Fe-C MA SI TROVA SOTTO LA PERLITE E SOPRA LA MARTENSITE.



LA BAINITE, AL PARI DELLA PERLITE, È UNA MISCELA BIFASICA E SI DIVIDE IN BAINITE SUPERIORE E INFERIORE.

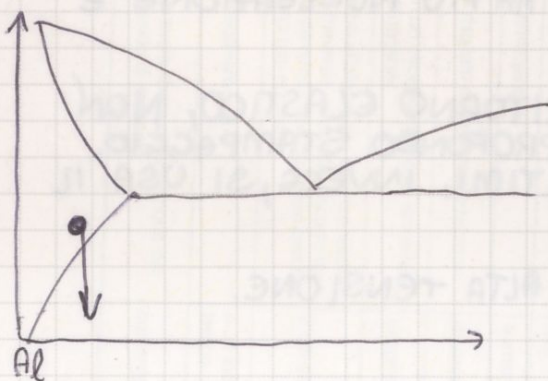


L'IPOTESI PIU' RISPONDENTE AL VERO RIGUARDA <sup>IL FATTO</sup> CHE QUANDO SI FA UN RINVENIMENTO LA MATRICE E' MOLTO DEFORMATA TENSIONATA, LA MARTENSITE E' MOLTO DEFORMATA. SE LA PRECIPITAZIONE DEI CARBURI AVVIENE SU UNA MATRICE FORTEMENTE TENSIONATA LE COSE PEGGIORANO ANZICHE' MIGLIORARE. BISOGNA ALLORA FAR USCIRE IL CARBONIO A TEMPERATURA PIU' ALTA QUANDO LA MARTENSITE PUO' DISTENDERSI. SI AGGIUNGE PERCIO' LO 0,2% DI MOLIBDENO (NEGLI ACCIAI DA BONIFICA SI HA LO 0,4% DI C) CHE FA AVVENIRE LA PRECIPITAZIONE DEI CARBURI (ORA DI MOLIBDENO) A TEMPERATURE PIU' ELEVATE E QUINDI LA MATRICE PUO' DISTENDERSI E L'INFRAGILIMENTO SPARISCE.

NEL CASO DEGLI ACCIAI LEGATI, NEL DIAGRAMMA POSSONO ESSERCI DEI PICCHI VERSO LE ALTE TEMPERATURE IN CORRISPONDENZA DELLA PRECIPITAZIONE DEI CARBURI DEGLI ACCIAI LEGATI. SI PARLA IN QUESTO CASO DI INDURIMENTO SECONDARIO. QUESTO FENOMENO VIENE UTILIZZATO NELLE LEGHE DI ALLUMINIO.

- |      |                                      |                      |
|------|--------------------------------------|----------------------|
| 1000 | - ALLUMINIO PURO                     | } LEGHE DI ALLUMINIO |
| 2000 | - ALLUMINIO/RAME                     |                      |
| 3000 | - ALLUMINIO/MANGANESE                |                      |
| 4000 | - ALLUMINIO/SILICIO                  |                      |
| 5000 | - ALLUMINIO/MAGNESIO                 |                      |
| 6000 | - ALLUMINIO/MAGNESIO/SILICIO         |                      |
| 7000 | - ALLUMINIO/ZINCO                    |                      |
| 8000 | - ALLUMINIO/LITIO (O ALTRI ELEMENTI) |                      |

IN ALCUNE LEGHE, SOPRATTUTTO LE 2000, LE 6000, LE 7000 E A VOLTE NELLE 8000, SI HA IL FENOMENO DELL'INDURIMENTO SECONDARIO. QUESTE LEGHE SONO CHIAMATE LEGHE DA TRATTAMENTO TERMICO. SI SCALDA ALLA PIU' ALTA TEMPERATURA POSSIBILE SENZA ARRIVARE AL LIQUIDO ( $T < 500^{\circ}\text{C}$ ) IN MODO DA PORTARE IL PIU' POSSIBILE



IN SOLUZIONE LA SECONDA FASE. RAFFREDDANDO VELOCEMENTE IN ACQUA, LA SOLUZIONE SOLIDA VIENE PORTATA A TEMPERATURA AMBIENTE. SI APPLICA POI UN TRATTAMENTO DI INVECCHIAMENTO, CIOE' SI LASCIA IL MATERIALE RIPOSARE A TEMPERATURA AMBIENTE (INVECCHIAMENTO NATURALE) E SI ASPETTA QUALCHE SETTIMANA OPPURE SI RISCALDA IL MATERIALE A  $100 - 150^{\circ}\text{C}$  PER QUALCHE ORE E IN QUESTO MODO LA SOLUZIONE

SOLIDA EVOLVE ATTRAVERSO UNA SERIE DI COMPOSTI METASTABILI (NEL RAME SONO LE GP1, GP2,  $\theta'$ ,  $\theta$ ).

GP STA PER GUINIER PRESTON.

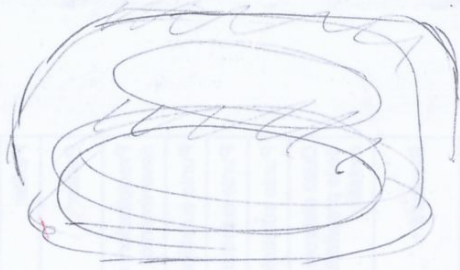
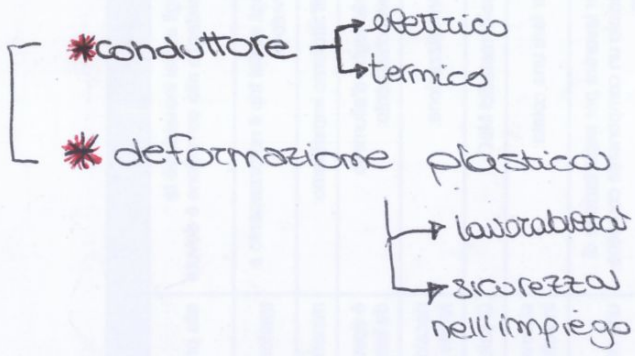
IL RAME SI RAGGRUPPA NEL RETICOLO E FORMA I RAGGRUPPAMENTI CITATI SOPRA, CHE VARIANO PER FORMA E SPESSORE. POI SI

GP1, GP2  
↑

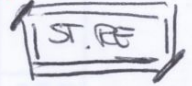


- 08/04/13

MAT. METALLICO\*



FRAGOLE  
MASCARP.  
JOVA

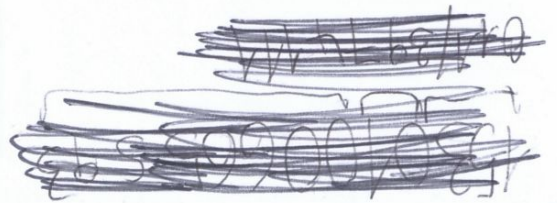


vivastreet.it  
 igne-sc@yahoo.it  
 333 9261355

200gr. FARINA  
 125gr ZUCCH.  
 90 BURRO  
 8gr. LIEV. (1/2 BUST.)  
 Tuono int. + 1 tuolo

— IMPASTO

300gr. FARINA  
 2/3 OVA  
 100gr. OLIO  
 CANNELLUS  
 VINO R.B.  
 1 PZ. SACCE



9



DATA BASE  
SCAVINO  
- Materie:

L'energia libera di formazione di un ossido metallico	aumenta all'aumentare della temperatura
L'energia libera di un sistema liquido e minore di quello dello stesso sistema allo stato solido	Sempre
L'infragilimento da idrogeno	è causato dal raffreddamento in acqua
L'infragilimento da idrogeno	si può evitare con una ricottura a 180° C per alcune ore
L'infragilimento da idrogeno:	è causato da processi galvanici
La bonifica serve per aumentare	durezza e tenacità
la ferrite delta a 1492°C ha una solubilità massima di carbonio di	0,1%
la fragilità da rinvenimento è dovuta a	prematura precipitazione di carburi
La normalizzazione	è per acciai dolci ed è meno costosa della ricottura
La normalizzazione	fornisce strutture essenzialmente perlitiche
La normalizzazione consiste in austenizzazione seguita da:	raffreddamento in aria calma
La normalizzazione è:	meno costosa
La perlitte è	una miscela meccanica
La presenza di AIN in un acciaio da profondo stampaggio influenza	il coefficiente di anisotropia
La presenza di elementi leganti negli acciai da bonifica	stabilizza la martensite rallenta la trasformazione eutettoidica
La ricottura consiste in austenizzazione seguita da:	raffreddamento lento in forno
La struttura finale della bonifica è	ferrite e cementite fini e globulari
La trasformazione eutettoidica dipende da:	tenore di carbonio

La trasformazione eutettoidica nel diagramma di stato Fe-C avviene a:	723°C 0,8% C
La trasformazione peritettica avviene quando:	una fase solida origina al riscaldamento una fase liquida ed una fase solida
La trasformazione peritettica non interessa leghe Fe-C con tenore di carbonio	superiore allo 0,5%
Laminati a freddo destinati a ricottura statica	devono essere avvolti a temp più bassa possibile
Le inclusioni che non riflettono luce sono	fasi non metalliche
Le soluzioni solide ordinate si trovano	sotto una temperatura critica
Leghe di alluminio	il prezzo elevato è dovuto al processo di fabbricazione
Leghe di alluminio	contengono rame non si saldano
Leghe di alluminio	migliorano le caratteristiche meccaniche
Leghe di alluminio	non sono saldabili
Martensite è	Metastabile
Martensite è:	Una soluzione solida di carbonio in ferrite metastabile a temperatura ambiente
Materiali dolci:	ripercorrono le caratteristiche
Materiali duri:	non ripercorrono le caratteristiche
Mediante l'altiforno si produce:	ghisa
Microscopio a riflessione:	il campione fa da specchio, il raggio di luce non attraversa il campione
Microscopio elettronico	permette l'analisi della sup di frattura
Microscopio elettronico	permette un'analisi chimica puntuale
Microscopio elettronico:	usa un fascio di elettroni che colpisce il campione che poi viene analizzato su un dispositivo
Microscopio metallografico	funziona per riflessione
Microscopio ottico:	serve per vedere la struttura metallografica



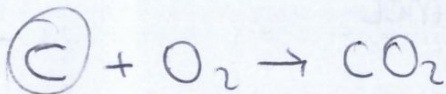
ES. 3

1 Kg COMBUSTIBILE SOLIDO:

- C = 83%
- H = 5%
- O = 6%
- N = 2%
- S = 1%
- CENERI = 3%

$V_{AT} = ?$

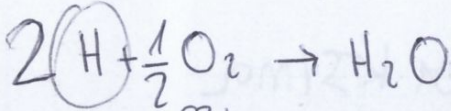
COMPOSIZIONE FUMI = ?



$12 : 22,4 = 0,83 : x$

$x = 1,55 \text{ Nm}^3 \text{ CO}_2 \text{ PRODOTTI}$

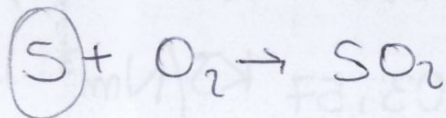
$1,55 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2 \text{ CONSUMATI}$



$2 : \frac{22,4}{2} = 0,05 : y$

$y = 0,56 \text{ Nm}^3 \text{ H}_2O \text{ PRODOTTI}$

$0,28 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2 \text{ CONSUMATI}$



$32 : 22,4 = 0,01 : z$

$z = 0,007 \text{ Nm}^3 \text{ SO}_2 \text{ PRODOTTI}$

$0,007 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2 \text{ CONSUMATI}$

$O_{2 \text{ TOT}} = 1,55 + 0,28 + 0,007 = 1,837 \text{ Nm}^3$

~~$A_{RIA \text{ TOT}} = 1,837 \cdot 4,8 = 8,82 \text{ Nm}^3$~~

~~$N_2 = 1,837 - 3,8 = 6,98 \text{ Nm}^3$~~

$O_{2 \text{ NEC}} = O_{2 \text{ TOT}} - O_2 \text{ comb.}$

$2 \cdot 16 : 22,4 = 0,06 : x \quad x = 0,042 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2 \text{ nel COMBUSTIBILE}$

$O_{2 \text{ NEC}} = 1,837 - 0,042 = 1,795 \text{ Nm}^3$

$A_{RIA \text{ TEORICA}} = 1,795 \cdot 4,8 = 8,62 \text{ Nm}^3$

$28 : 22,41 = 0,02 : x \quad x = 0,016 \text{ Nm}^3 \text{ AZOTO NEL COMBUSTIBILE}$

$N_{ARIA} = O_{2 \text{ NEC}} \cdot 3,8 = 1,795 \cdot 3,8 = 6,821 \text{ Nm}^3$

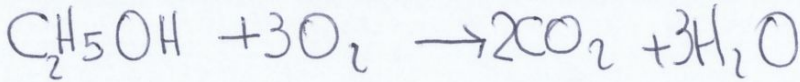
$N_{TOT} = N_{ARIA} + N_{COMB.} = 6,837 \text{ Nm}^3$



ES. 4

10 kg ALCOOL ETILICO ANIDRO

$V_{AT} = ?$



~~10 : 22,4 = 10~~ 1 MOLE ALCOOL  $\rightarrow$  2 MOLI  $CO_2$   
~~22,4 Nm<sup>3</sup>~~ ~~44,8 Nm<sup>3</sup>~~

~~46 : 22,4 = 10 : x~~  $x = \frac{224}{46} = 4,87 Nm^3 O_2$

~~$O_2 = 4,87 \cdot \frac{3}{2} = 7,30$~~

1 MOLE ALCOOL  $\rightarrow$  3 MOLI  $O_2$

$46 : (3 \cdot 22,4) = 10 : x$   $x = 14,61 Nm^3 O_2$  BRUCIATO

$V_{AT} = 14,61 \cdot 4,8 = 70,12 Nm^3$

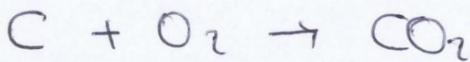
ES. 5

COMBUSTIBILE SOLIDO

- C = 86%
- H = 2%
- S = 1%
- O = 5%
- N = 3%
- CENERI = 3%

13% PRODOTTI  $\bar{E}$   $CO_2$

ECESSO ARIA = ?



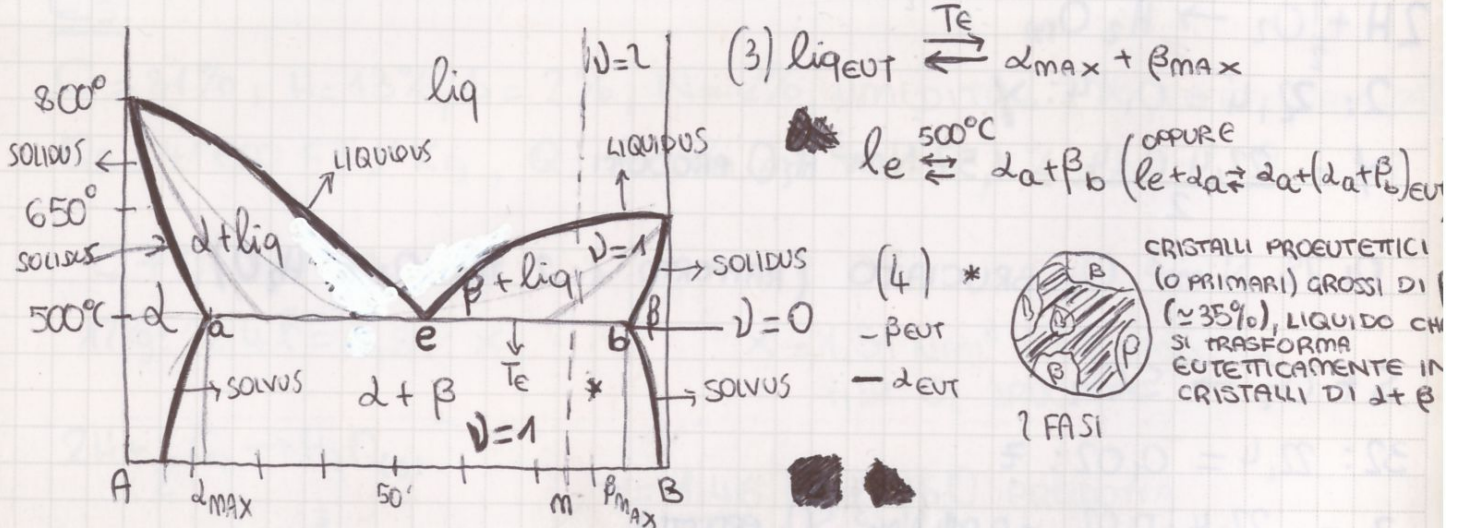
$12 : 22,4 = x : 0,13$



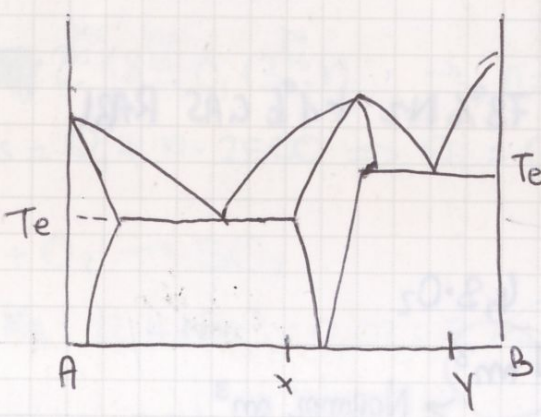
Es.1 DISEGNARE UN DDS CON MISCIBILITÀ COMPLETA IN FASE LIQUIDA, MISCIBILITÀ PARZIALE IN FASE SOLIDA E TEMPERATURA EUTETTICA. SONO NOTE  $T_A, T_B, T_E$ , SOLUBILITÀ MAX A IN B E B IN A

$T_A = 800^\circ\text{C}$ ,  $T_B = 650^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{EUT.}} = 500^\circ\text{C}$ ,  $\alpha_{\text{MAX}} = 15\%$   
 $\beta_{\text{MAX}} = 5\%$ , comp. eut. = 60% B,  $\alpha_{\text{AMB}} = 7\%$ ,  $\beta_{\text{AMB}} = 2\%$

- 1 - DISEGNARE DDS
- 2 - IDENTIFICARE CURVE (LIQ, SOLIDUS, SOLVUS)
- 3 - SCRIVERE ESPRESSIONE TRASFORMAZIONE EUTETTICA
- 4 - MICROSTRUTURA SISTEMA IPEREUTETTICO  $T_{\text{AMB}}$ .
- 5 - CALCOLARE GRADO DI VARIANZA PER SISTEMA IPEREUTETTICO SCELTO AL RAFFREDDAMENTO



Es.2



- INDICARE FASI PRESENTI
- DEFINIRE  $\gamma$
- SCELTO SISTEMA X: REGOLA LEVA A  $T_e$ , DESCRIVERE COSA AVVIENE AL RAFFREDDAMENTO
- SCELTO SISTEMA Y: REGOLA LEVA A  $T_e$ , MICROSTRUTURA  $T_{\text{AMB}}$
- DEFINIZIONE DI FASE
- SOLUBILITÀ MAX  $\alpha$  A  $T_{\text{AMB}}$



FUMI:  $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{SO}_2, \text{N}_2$

VOL e %

$$\text{CO}_2 = \frac{1,53}{11,94} \cdot 100 = 12,81\%$$

$\downarrow 11,94 \text{ Nm}^3$

$\downarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 + \text{N}_2$

$$\text{H}_2\text{O} = \frac{1,57}{11,94} \cdot 100 = 13,15\%$$

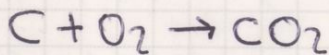
$$\text{SO}_2 = \frac{0,014}{11,94} \cdot 100 = 1,17\%$$

$$\text{N}_2 = \frac{8,83}{11,94} \cdot 100 = 73,95\% \rightarrow \text{VARIA TRA IL } 65\% \text{ E IL } 75\%$$

Es.

$\text{C} = 81\%, \text{H} = 13\%, \text{S} = 2\%, \text{N} = 2\%, \text{UMIDITÀ} = 2\%, \text{ECESSO ARIA} = 25\%$

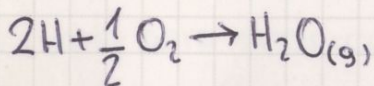
$Q_s = 41000 \text{ KJ/Kg}, Q_i = ?, \text{VOLUME FUMI } ?, \% \text{ FUMI } ? A_{\text{comb}} = ?$



$$12 \text{ Kg} : 22,4 \text{ Nm}^3 = 0,81 : x$$

$$x = 1,51 \text{ Nm}^3 \text{ CO}_2 \text{ PRODOTTA}$$

$$1,51 \text{ O}_2 \text{ BRUCIATO}$$



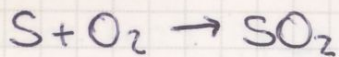
$$2 \text{ Kg} : 22,4 \text{ Nm}^3 = 0,13 : y$$

$$y = 1,46 \text{ Nm}^3 \text{ H}_2\text{O} \text{ PRODOTTA}$$

$$0,73 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2 \text{ BRUCIATO}$$

$$2 \frac{\text{Kg}}{\text{Kg}} : 18 \frac{\text{Kg}}{\text{Kg}} = 0,13 \frac{\text{Kg}}{\text{Kg}} : n \rightarrow n = 1,17 \text{ Kg}$$

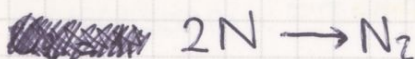
$$Q_s = Q_i + n \cdot 2500 \Rightarrow Q_i = Q_s - n \cdot 2500 = 41000 - (1,17 \cdot 2500) = 38075 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$



$$32 \text{ Kg} : 22,4 \text{ Nm}^3 = 0,02 : z$$

$$z = 0,014 \text{ Nm}^3 \text{ SO}_2 \text{ PRODOTTA}$$

$$0,014 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2 \text{ BRUCIATO}$$



$$28 \text{ Kg} : 22,4 \text{ Nm}^3 = 0,02 : t$$

$$t = 0,016 \text{ Nm}^3 \text{ N}_2 \text{ PRODOTTO}$$

$$\downarrow$$

$$2 \cdot 14$$



VOLUME COMBUSTIBILE VAPORIZZATO:

$$100: 22,4 = 1: V_{\text{EPTANO}} \rightarrow V_{\text{EPTANO}} = 0,224 \text{ Nm}^3$$

VOLUME ARIA TEORICA:

1° MODO

$$100: 11 \cdot 22,4 \cdot 4,8 = 1: V_{\text{AT}}$$

$$V_{\text{AT}} = \frac{100 \cdot 11 \cdot 22,4 \cdot 4,8}{100} = 11,83 \text{ Nm}^3$$

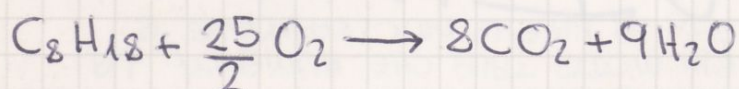
2° MODO

$$V_{\text{AT}} = 0,224 \cdot 11 \cdot 4,8 = 11,83 \text{ Nm}^3$$

$\uparrow$   $\uparrow$   $\uparrow$   
 $V_{\text{combust.}}$   $moli$   $O_2$

$$P_{\text{EPTANO}} = \frac{Q_i + Q_v}{V_{\text{AT}} + V_c} = \frac{44900 + 300}{11,83 + 0,224} = 3750 \frac{\text{KJ}}{\text{Nm}^3} \leftarrow \text{POTENZIALE TERMICO DELL'EPTANO}$$

OTTANO:



$$114: 9 \cdot 18 = \underset{\substack{\uparrow \\ 1 \text{ kg}}}{1}: n_2 \rightarrow n_2 = 1,42 \text{ kg}$$

$$Q_i = 47500 - 1,42 \cdot 2500 = 43947 \text{ KJ/Kg}$$

VOLUME COMBUSTIBILE VAPORIZZATO:  $114: 22,4 = 1: V_{\text{OTTANO}} \rightarrow V_{\text{OTTANO}} = 0,19 \text{ Nm}^3$

VOLUME ARIA TEORICA =  $0,19 \cdot \frac{25}{2} \cdot 4,8 = 11,8 \text{ Nm}^3$

$$P_{\text{OTTANO}} = \frac{Q_i + Q_v}{V_{\text{AT}} + V_c} = \frac{43947 + 330}{11,8 + 0,19} = 3690 \frac{\text{KJ}}{\text{Nm}^3} \leftarrow \text{POTENZIALE TERMICO OTTANO}$$

$$P_t = 0,7 \cdot P_{\text{EPTANO}} + 0,3 \cdot P_{\text{OTTANO}} = 0,7 \cdot 3750 + 0,3 \cdot 3690 = 3732 \text{ KJ/Nm}^3$$

E SE AVESSIMO UN COMBUSTIBILE CHE HA  $C=85\%$ ,  $H=12\%$ ,  $S=1\%$ ,  $O=2\%$  CHE SI FA?

COME PER L'AZOTO, SI HA  $2O \rightarrow O_2$ . QUINDI  $32: 22,4 = 0,02: x$ .

$x = 0,014 \text{ Nm}^3$  È L'OSSIGENO DISPONIBILE PER LA COMBUSTIONE.

$$O_2 \text{ NECESSARIO} = 2,1 \text{ Nm}^3$$

$$O_2 \text{ REALE} = O_2 \text{ NECESSARIO} - O_2 \text{ DISPONIBILE} = 2,086 \text{ Nm}^3$$