

DIAGRAMMA DI STATO FERRO-CARBONIO

Introduzione

Studiamo nello specifico il diagramma ferro-carbonio perché vogliamo imparare a riconoscere e nominare tutti i costituenti strutturali a esso relativi e le loro proprietà meccaniche. Il diagramma ferro-carbonio, da un punto di vista ingegneristico e strutturale, è il grafico più usato.

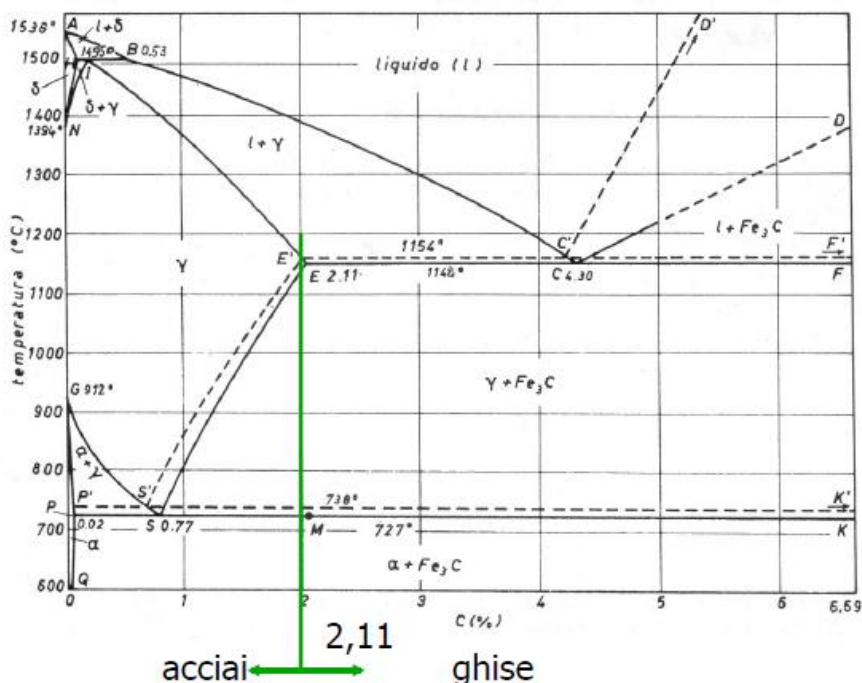
Il carbonio e la sua percentuale nel ferro

Come già detto il ferro è un metallo allotropico che dunque ha una struttura cristallina che varia con la temperatura: sarà dunque possibile indicare in un grafico questo cambiamento di struttura in relazione alla temperatura. La prima cosa importante da capire su questo diagramma è come mai non si studia il grafico del ferro puro ma lo si considera in una lega costituita anche da carbonio: come sappiamo le trasformazioni di fase che avvengono allo stato solido danno luogo a delle orizzontali che delimiteranno determinate aree. Se al ferro si aggiunge però del carbonio si modificherà l'estensione di queste fasi probabilmente creandone anche delle altre.

Sulla prima verticale di questo diagramma si ha il ferro e sulla seconda non c'è il carbonio ma un composto intermetallico: Fe_3C , la cementite o carburo di ferro. La cementite è il costituente strutturale che di fatto segna la fine del campo di interesse delle leghe ferro-carbonio. Non è importante quindi studiare il carbonio al 100%, sarà quindi sufficiente fermarsi al 6,69% di carbonio nel ferro. Se si potesse dare un tempo infinito al sistema si noterebbe che il carburo di ferro vorrebbe dividersi dal ferro stesso secondo una percentuale del 6,69: dunque la cementite non è stabile da un punto di vista termodinamico. Per correttezza bisognerebbe dunque tratteggiare la verticale destra del grafico, ma ciò non avviene perché sperimentalmente il tempo richiesto per lo smiscelamento è talmente alto da non essere considerato. Il carburo di ferro è, in conclusione, un composto metastabile cioè un composto instabile, che tende a passare allo stato stabile se viene fornita dall'esterno l'energia necessaria per iniziare la transizione o se gli viene concesso un tempo infinito.

Il diagramma reale

In realtà il diagramma di stato ferro-carbonio è molto più complesso di quello che descriveremo e studieremo; si differenzia infatti il vero diagramma ferro-carbonio dal diagramma di stato ad alta percentuale di carbonio. Nel grafico reale si avrebbero zone in cui la cementite si disgrega portando alla formazione della grafite.



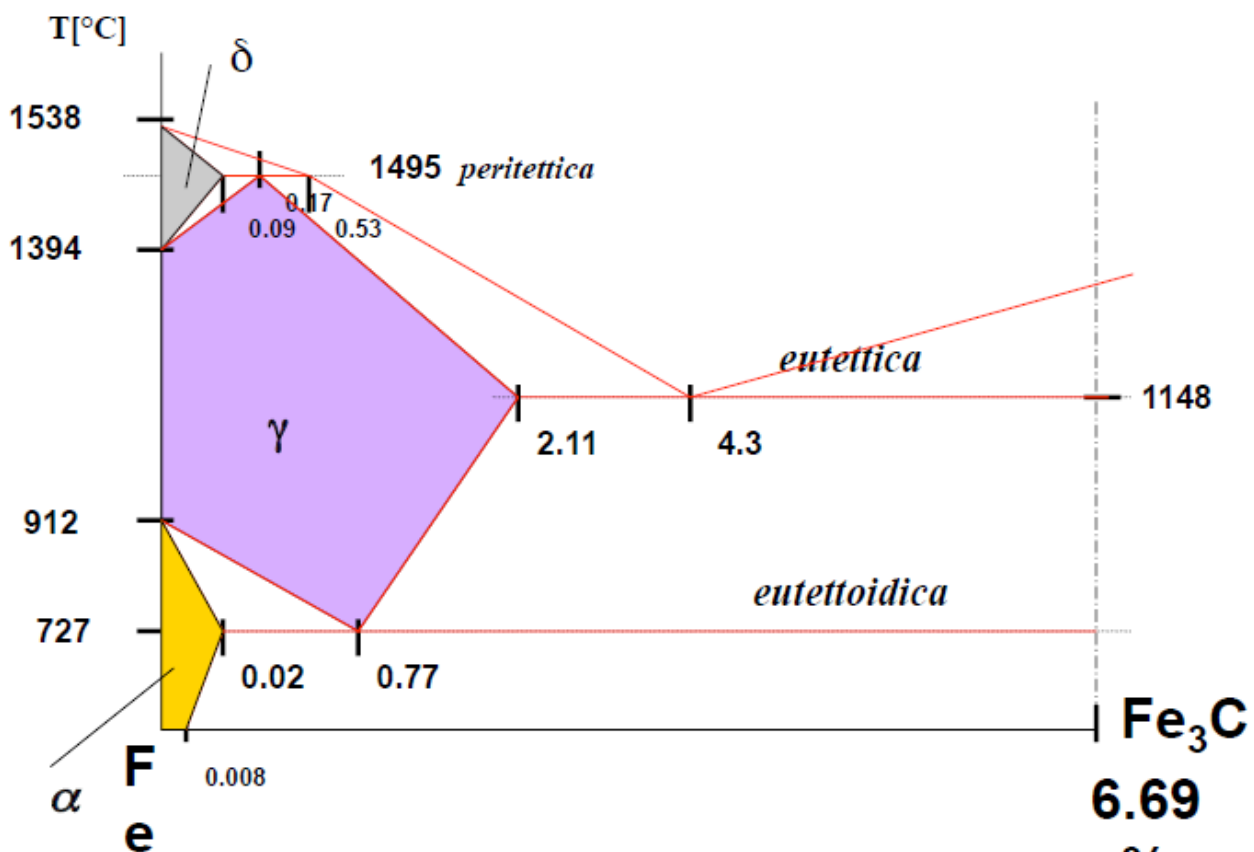
Il diagramma semplificato

Nel diagramma di stato sono presenti tre orizzontali:

- 1495° = orizzontale peritettica
- 1148° = orizzontale eutettica
- 727° = orizzontale eutettoidica

Prestando attenzione alla percentuale di ferro presente nella trasformazione di fase si nota che la massima solubilità del carbonio nella fase A del ferro è estremamente bassa e pari a 0,008. Con l'aumentare della temperatura aumenta anche la solubilità infatti a 727° si ha una solubilità pari a 0,02: questo perché il reticolo si espande sfruttando l'eccitazione termica. Nella configurazione cubica a facce centrate si ha una percentuale di carbonio nel ferro fino a 2,11 perché la lacuna è più grande e quindi possono essere ospitati più atomi di carbonio. Questo valore (2,11) è molto importante in quanto segna il campo di esistenza degli acciai e delle ghisa. Si sceglie proprio questo valore perché il carbonio da qui in poi non può più stare in soluzione solida con il ferro.

Queste zone appena descritte sono le regioni monofase in cui dunque esiste un unico costituente strutturale: il ferro α , il ferro γ e il ferro δ .



Costituenti strutturali del diagramma

Fino ad ora abbiamo dunque identificato tre costituenti strutturali:

- Cubico corpo centrato: ferro δ - ferrite δ [stabile a alta temperatura]
- Cubico facce centrate: ferro γ - austenite
- Cubico corpo centrato: ferro α - ferrite α [stabile a bassa temperatura]

In generale le strutture cubico corpo centrate si chiamano ferrite, al contrario il cubico facce centrate prende il nome di austenite. Un'altra struttura che possiamo riscontrare nel diagramma e di cui abbiamo già dato il nome è Fe₃C cioè il carburo di ferro o cementite [è composto intermetallico e quindi sarà duro e deformabile fragilmente]. La cementite può essere però chiamata in 3 diversi modi, a seconda da dove proviene:

1. Primaria = cementite che deriva direttamente dal liquido (è un cristallo)
2. Secondaria = deriva dallo smiscelamento di γ (è una placchetta a bordo grano)

3. Terziaria = deriva dallo smiscelamento di α (è una placchetta a bordo grano)

Il composto eutettico che si forma prende invece il nome di ledeburite (sono globuli in una matrice γ). Sotto l'orizzontale eutettoidica si forma la perlite che è costituita da placchette di ferro α alternate alla cementite. Questi ultimi due costituenti sono bifasici mentre gli altri sono tutti monofasici. Il costituente strutturale che si crea dopo la trasformazione dell'eutettico, all'eutettoidica, è la ledeburite trasformata costituita sia da globuli che da lamelle.

Punti critici

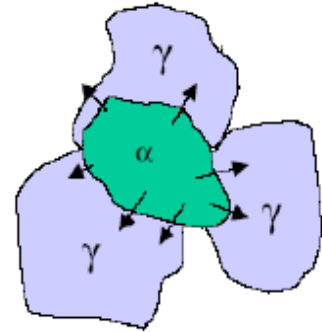
Le trasformazioni di fase al variare della composizione sono individuate dal luogo dei punti critici. Questi punti critici dunque indicano in maniera semplice l'esatto punto in cui avviene la transizione di fase:

- A_3 = dall'austenite alla ferrite
- A_1 = dall'austenite alla perlite (eutettoide)
- A_{cm} = dall'austenite alla cementite
- [A_4 = dall'austenite alla ferrite δ]

L'attraversamento di questi punti critici determina effetti negativi come una brusca variazione di volume, ed effetti positivi come:

1. Diminuzione delle dimensioni dei grani e quindi affinamento
2. Soppressione delle anisotropie cristalline
3. Ridistribuzione delle impurezze

La trasformazione da γ a α avviene per nucleazione ed accrescimento a partire dai punti tripli dei grani γ .



Schema fasi e costituenti (diagramma ferro-carbonio)

Le fasi sono:

1. α
2. γ
3. δ
4. Fe_3C

Costituenti strutturali monofasici:

- Ferrite α e δ = grani tondeggianti [ha un carico di rottura basso, un allungamento e percentuale alto]
- Austenite = grano con bordi spezzati e spesso all'interno del grano sono presenti degli slittamenti a causa della deformazione plastica
- Cementite primaria = non si vede [ha una resistenza alla trazione nulla; è quindi estremamente fragile e infatti ha anche un allungamento percentuale nulla]
- Cementite secondaria = placchetta a bordo grano che non si trasforma più, segna il grano γ originaria rimane dunque una rete di costituente struttura fragile a segnare il bordo di grano. Grano grosso che non può essere affiancato, duro e fragile [ha una resistenza alla trazione nulla; è quindi estremamente fragile e infatti ha anche un allungamento percentuale nulla]
- Cementite terziaria = placchetta a bordo grano che si vede come inspessimento del bordo di grano [ha una resistenza alla trazione nulla; è quindi estremamente fragile e infatti ha anche un allungamento percentuale nulla]

Costituenti strutturali bifasici:

- Ledeburite
- Ledeburite trasformata
- Perlite = cristallo fatto di lamelle e placchette che dal punto di vista microscopico non sono facilmente riconoscibili. Nuclea e si accresce a lamelle. α impoverisce nella regione limitrofa al canonico e quindi il cristallo cresce nelle tre dimensioni già come placchette. La

composizione chimica delle placchette si ricava con la regola della leva ma lo spessore del placchette non si può calcolare: dipende da quanto tempo impiegano a formarsi. La spaziatura delle lamelle reale è quello che presenta la distanza minima [ha una durezza limita con un allungamento percentuale accettabile e una resistenza abbastanza bassa]

Tipi di acciai:

- Eutettoidici = miscela eutettoide con una percentuale di carbonio pari a 0,81% che, in questo caso, corrisponde ad una temperatura di solubilità solida di 723 °C.
- Ipoeutettoidico = è un acciaio con percentuale di carbonio inferiore a quello dell'eutettoide (circa 0,77% in peso di carbonio). La sua struttura è costituita da perlite.
- Ipereutettoidico = sono acciai con percentuali di carbonio superiori a quelli dell'eutettoide (circa 0,77% in peso di carbonio), ma minori dell'inizio dell'eutettica (mai oltre il 2,11%, altrimenti si parla di ghise). Cementite secondaria.

Tipi di ghisa:

- Eutettica
- Ipoeutettica
- Ipereutettica

