



asdf

BREVEMENTE SULLA SOLIDIFICAZIONE DEI METALLI

29 September 2011

Il processo di solidificazione dei metalli è diviso sostanzialmente in due grandi fasi:

- la **nucleazione**;
- la crescita dei nuclei al fine di formare **cristalli** e la formazione dei **grani**.

Per quanto riguarda la prima fase, quella della nucleazione, si hanno due possibili modalità di formazione dei nuclei stabili:

1. nucleazione omogenea;
2. nucleazione eterogenea.

Nucleazione omogenea

Essa è il tipo più semplice di nucleazione. Avviene in un **metallo fuso** quando è lo stesso metallo che favorisce la formazione di nuclei stabili da parte degli atomi. Se facciamo l'esempio classico di un metallo puro raffreddato abbondantemente al di sotto della temperatura di solidificazione di equilibrio, si vengono a creare numerosi nuclei per via del fatto che gli atomi si legano tra loro in quanto soggetti a lento movimento. Tale tipo di nucleazione richiede un elevato grado di sottoraffreddamento al di sotto della temperatura di solidificazione di equilibrio. Riportiamo in tabella alcuni valori per determinati tipi di metalli, a titolo di esempio:

Metallo	Temperatura di solidificazione [°C]	Massimo sottoraffreddamento ΔT [°C]
Fe	1535	295
Ag	962	227
Cu	1083	236
Pb	327	80

Come si vede la temperatura di solidificazione di equilibrio per alcuni metalli può assumere anche valori pari ad alcune centinaia di gradi Celsius.

Ovviamente affinché un nucleo sia stabile e possa accrescersi per formare cristalli, deve raggiungere una dimensione detta **critica**.

Laddove gli atomi, legandosi tra loro, non raggiungano la dimensione critica, questi si dicono **embrione**. Essendo, questi ultimi, instabili, si ridisciolgono e si formano continuamente nel metallo fuso.

Nella nucleazione omogenea vengono coinvolte due forme di energia:

- l'energia libera di volume rilasciata nella trasformazione da liquido a solido;
- l'energia libera di superficie necessaria a creare le superfici del nuovo solido formato dalle particelle che stanno solidificando.

L'energia che governa la trasformazione liquido-solido è l'energia libera di volume ΔG_V . Per un nucleo, immaginiamolo sferico, essa è pari a:

$$\Delta G_V = \frac{4}{3}\pi r^3 \Delta G_v$$

L'altra forma di energia è l'energia libera di superficie, γ , che si oppone alla formazione di embrioni e nuclei. Per un nucleo sferico, essa è:

$$\Delta G_s = 4\pi r^2 \gamma$$

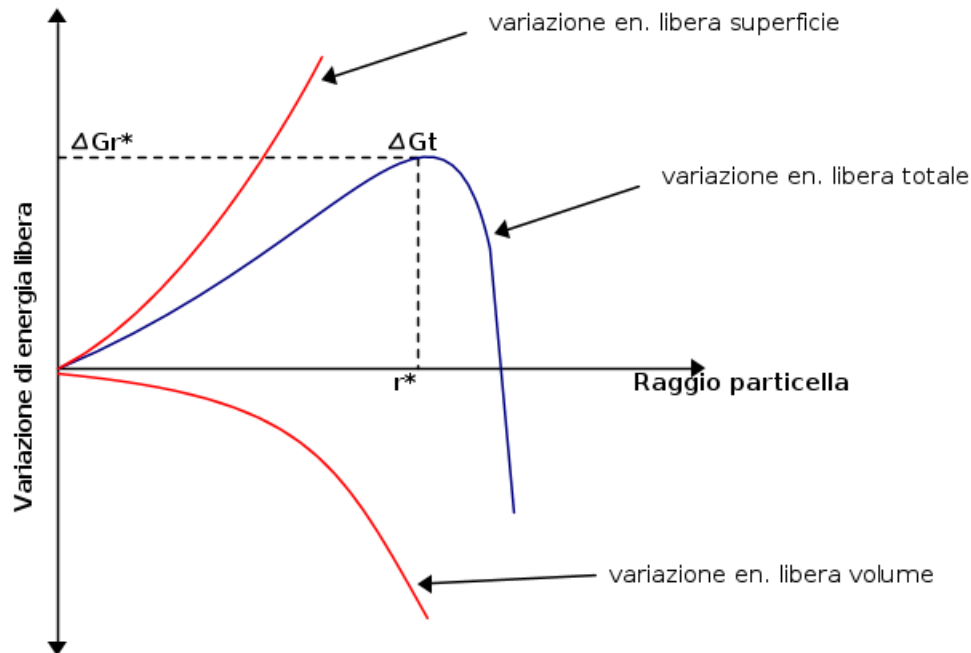
L'energia libera totale ΔG_T è la somma delle due variazioni di energia prima citate:

$$\Delta G_T = \frac{4}{3}\pi r^3 \Delta G_v + 4\pi r^2 \gamma$$

con r raggio dell'embrione o del nucleo.

Ricaviamo una relazione tra la dimensione del nucleo critico, l'energia libera di superficie e quella di volume si ottiene differenziando l'equazione precedente rispetto a r e ponendo tale differenziale uguale a zero, per poi ricavare il valore di r^* :

$$r^* = -\frac{2\gamma}{\Delta G_v}$$



Nucleazione eterogenea

Avviene nel liquido sulle pareti del contenitore o delle impurezze insolubili o più in generale su materiali che abbassano il valore dell'energia critica libera richiesta per formare un nucleo stabile.

Affinchè la nucleazione avvenga è la parete del contenitore o l'impurezza insolubile deve essere bagnata dal metallo liquido. Essa avviene proprio sull'agente nucleante solido perchè l'energia richiesta in questo caso è minore di quella utile nel caso in cui la nucleazione avvenisse nel metallo liquido (nucleazione omogenea).

Conseguenze immediate di quanto detto prima sono :

- minore variazione dell'energia libera totale;
- minore valore della dimensione critica necessaria.

Crescita dei nuclei per formare cristalli e successivamente grani

Il passo successivo è compiuto stavolta dai nuclei, i quali, crescendo, formano i **cristalli**. In ogni cristallo che solidifica gli atomi sono disposti in maniera regolare. Le orientazioni dei vari cristalli, però, non sono sempre le stesse; nonostante ciò i cristalli si uniscono tra loro e, una volta solidificati, formano i **grani**.

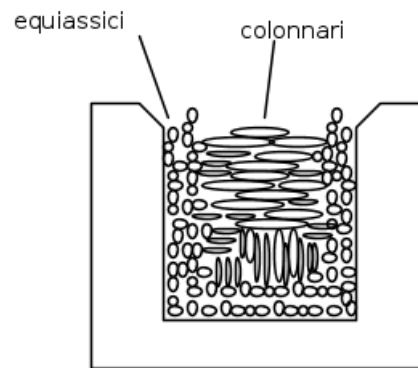
La struttura a grani può essere *fine* o *grossolana* a seconda che i siti di nucleazione durante la solidificazione siano numerosi o pochi. In genere nelle applicazioni si tende a preferire la prima tipologia di struttura, anzichè la seconda, in quanto una struttura a grana fine assicura una maggiore resistenza meccanica.

Facendo riferimento alla solidificazione in lingottiera del metallo, i grani possono essere:

- equiassici;
- colonnari.

I grani **equiassici** sono detti tali perchè crescono allo stesso modo in tutte le direzioni. Crescono per lo più a contatto con le pareti raffreddate della lingottiera per via del notevole sottoraffreddamento che si riscontra in tali zone.

I grani **colonnari** sono grani allungati, sottili e dalla forma irregolare, che si formano quando la solidificazione del metallo è lenta, quando vi è un elevato gradiente di temperatura e quando vi sono pochi nuclei. Crescono perpendicolarmente alle pareti della lingottiera.



Estratto da ["http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Asdf:brevemente-sulla-solidificazione-dei-metalli"](http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Asdf:brevemente-sulla-solidificazione-dei-metalli)