

SOLIDIFICAZIONE

Introduzione

Il primo passaggio di fase da tenere in considerazione e che ci dà l'idea dei parametri che influenzano la nucleazione e l'accrescimento è la solidificazione. Nel passaggio da liquido a solido si possono ottenere due tipi di prodotti:

1. Getti = pezzi ottenuti colando il metallo in uno stampo che ne conferisce la forma semi definitiva
2. Lingotti/billette = pezzi ottenuti con deformazione plastica dopo la solidificazione del metallo

In entrambe queste casistiche il metallo passa da una situazione in cui non esiste un ordine tra gli atomi a una situazione in cui ogni atomo occupa una posizione specifica. Il passaggio richiede dunque un'organizzazione dell'edificio cristallino che non è banale.

La solidificazione è un fenomeno esotermico che mette in gioco un quantitativo di energia. Per capire se un cristallo rimane stabile o no è necessario valutare il sistema proprio da un punto di vista energetico. Se il bilancio energetico è positivo si nucleerà un nuovo grano altrimenti no.

Inoltre il raggio del grano che si viene a formare dipenderà dallo stesso contenuto energetico: quanto più si è lontani dall'equilibrio tanto più al sistema converrà nucleare a raggi piccoli, tanto più si è vicini all'equilibrio tanto più al sistema converrà nucleare a raggi molto grandi (accrescimento di un unico grano).

Un'altra cosa importante da sottolineare è che tutto ciò che è già solidificato facilita la solidificazione.

A contatto con le pareti della forma in cui è stato colato il metallo si solidifica rapidamente (zona fredda) perché le pareti sono a temperatura ambiente o solo leggermente superiore, e come risultato, il fuso sviluppa una pelle con grani equiassici. I grani crescono in direzione opposta alla direzione di scambio termico con la forma. I grani con orientazione favorevole, chiamati *grani colonnari*, crescono in modo preferenziale.

In generale è possibile affermare che la solidificazione dei metalli e delle leghe avviene in due diverse fasi:

1. Nucleazione = spontanea aggregazione di atomi nella massa liquida per formare i nuclei
2. Accrescimento = crescita dei nuclei fino a completa solidificazione del getto.

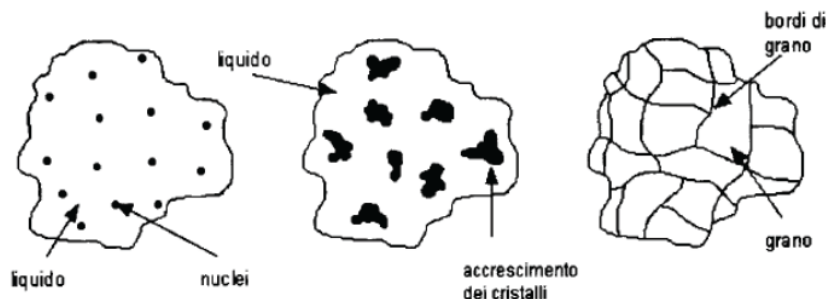
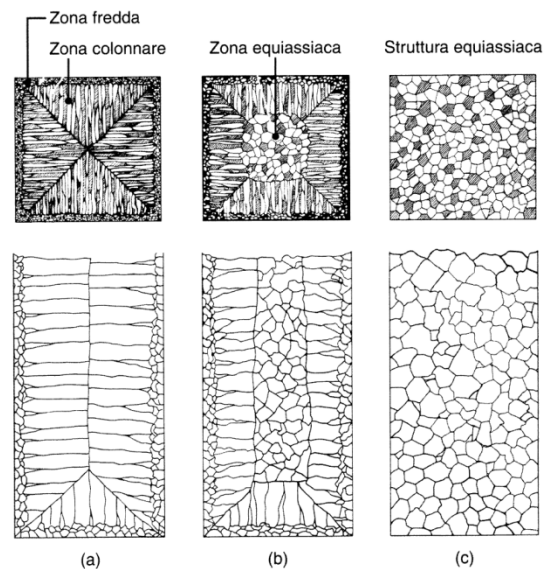
Nucleazione

Il termine nucleazione si riferisce alla formazione dei primi cristalli di dimensione nanometri dal metallo fuso. In generale il termine si riferisce allo stato iniziale in cui ha la formazione della seconda fase. Un metallo solidifica quando la temperatura del liquido è inferiore alla temperatura di fusione o, da un punto di vista energetico, quando l'energia associata alla struttura cristallina è minore dell'energia del liquido. La fase di nucleazione è responsabile della struttura iniziale, della dimensione del grano e della distribuzione spaziale delle fasi.

La quantità correlata alla fase di generazione dei nuclei è il sottoraffreddamento

$\Delta T = T_{\text{raffreddamento}} - T_{\text{liquidus}}$. In generale quindi:

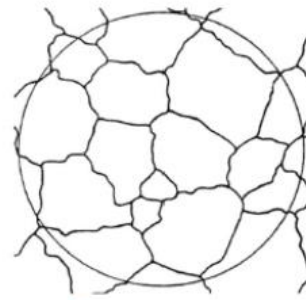
esiste un tipo di nucleazione detta eterogenea che si attiva su siti preferenziali quali impurezze presenti nel bagno metallico o sulle pareti dello stampo. Questi siti preferenziali abbassano l'energia libera richiesta per formare nuclei stabili. Per la solidificazione sarà dunque richiesto un minor sottoraffreddamento.



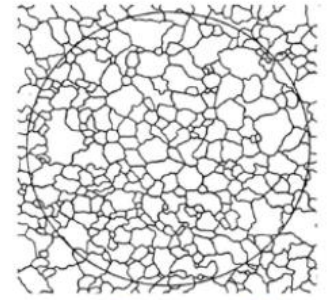
Accrescimento

Una volta che il nucleo è formato si accresce, in modo particolare accresce per apporto di atomi alla superficie solida. La velocità di crescita dipende dalla facilità con cui un atomo può liberarsi dal liquido, attraversare l'interfaccia e formare i nuovi legami caratteristici del solido. Un nucleo nello specifico accresce fino ad occupare tutto lo spazio disponibile e formar il grano. Una microstruttura può essere a:

- Grano grosso = basso numero di grossi grani
- Grano fine = alto numero di piccoli grani



metallo a grano grosso



metallo a grano fine

Segregazione

Nel diagramma di equilibrio si suppone che ci sia la possibilità per gli atomi di diffondere in modo da rendere omogenea la composizione: in realtà l'accrescimento avviene per strati contigui senza redistribuzione del soluto; si ha dunque un'eterogeneità (non si ha tempo infinito quindi non si ha l'omogeneità) che prende il nome di segregazione. La segregazione è quindi il fenomeno chimico-fisico per cui in una soluzione solida vi sono variazioni localizzate della composizione chimica. Le segregazioni si accentuano per velocità di raffreddamento elevate e dipendono dal fatto che la diffusione non è completa. Esistono due tipi di segregazione:

1. Macrosegregazione = differenza di composizione tra centro e superficie di un lingotto. Quando una lega solidifica in condizioni di non equilibrio, dato che gli elementi alliganti sono più solubili nel liquido che nel solido, si ha un arricchimento degli elementi di lega nella parte che solidifica per ultima.
2. Microsegregazione = differenza di composizione tra il centro e il bordo del singolo grano. Nei diagrammi di equilibrio si suppone che ci sia la possibilità per gli atomi di diffondere in modo da rendere omogenea la composizione. Ipotesi più difficile da riscontrare nel solido: l'accrescimento avviene per strati continui senza redistribuzione del soluto.

Se si volesse evitare questo fenomeno sarebbe necessario fornire più calore e più tempo al sistema. Il processo di fornire temperatura prende il nome di omogeneizzazione poiché, appunto, rende la lega più omogenea dal punto di vista della struttura chimica. I principali effetti di segregazioni che vanno tenuti presenti sono quelli che derivano da elementi quali il fosforo e lo zolfo: in alcune regioni dei lingotti o dei grani ci possono essere variazioni di composizione chimica così elevati che si modificano completamente i diagrammi di stato.

