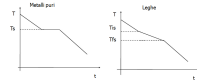




# FONDERIA II/ TECNOLOGIE MECCANICHE

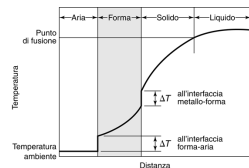


## SOLIDIFICAZIONE (1)



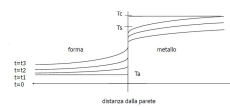
Nel caso ideale di metalli puri si osserva una sola temperatura di solidificazione. Nel caso di leghe binarie se ne osservano due, una per il materiale altofondente, l'altra per quello bassofondente: c'è un intervallo tra inizio e fine solidificazione.

Nel caso reale un metallo a contatto con una forma non solidifica istantaneamente



Dall'esterno verso l'interno all'aria contribuisce allo scambio termico per convezione, individuando un  $\Delta T$  all'interfaccia forma-aria; la forma contribuisce per conduzione determinando un secondo  $\Delta T$ , procedendo verso l'interno si incontra in prossimità della parete, una prima fase solida ed infine il metallo liquido da solidificare.

La forma tende a scaldarsi ed il metallo a raffreddarsi



Per  $t = 0$  la differenza tra la temperatura di colata e quella ambientale è massima; più tempo trascorre dalla fine della colata e minore diviene la differenza di temperatura fino ad arrivare al raffreddamento completo.

## NUCLEAZIONE & CRESCITA (2)

Un'importante aspetto da tenere in considerazione durante la solidificazione è la morfologia del materiale



La solidificazione avviene attraverso la formazione di germi di solidificazione attorno ai quali si formeranno le celle elementari che comporranno il reticolo cristallino.

La logica dietro la solidificazione è la seguente:

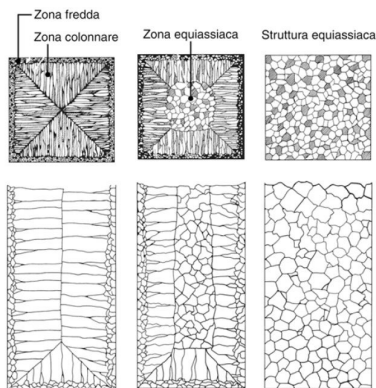
Temperature crescenti portano ad una maggiore mobilità atomica a cui si lega una maggior probabilità di incontrare germi, per stabilizzare i germi in celle stabili è necessario continuare a raffreddare, a questo punto si aprono due vie:

- Raffreddamento lento: minor numero di germi, minor numero di grani, maggior dimensione del grano e materiale dal comportamento meccanico peggiore
- Sottoraffreddamento: maggior numero di germi, maggior numero di grani, minore dimensione del grano, ma possibilità di incorrere in pericolose tensioni di raffreddamento

Si ottiene sempre un materiale policristallino.

## STRUTTURA FINALE (3)

In dipendenza delle condizioni di raffreddamento si possono verificare principalmente tre casi.



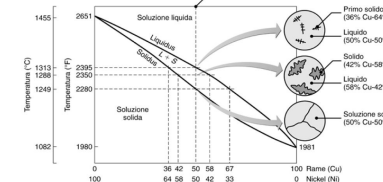
Il primo che si incontra è il caso in cui dopo il raffreddamento istantaneo della pelle esterna si continua costantemente a sottrarre calore, i grani avranno una direzione di crescita preferenziale e saranno colonnari.

Nel secondo caso il metallo attorno al cuore è tutto alla stessa temperatura senza una direzione di solidificazione preferenziale. Questo identifica un materiale meno resistente al cuore, è anche per questo che per caratterizzare un materiale non bastano le prove di durezza superficiali.

Nel terzo caso la struttura è totalmente equiassica e isotropa, sintomo di una solidificazione veloce senza alcun tipo di direzionalità.

## SOLIDIFICAZIONE DELLE LEGHE BINARIE (4)

L'intervallo all'interno del quale avviene la solidificazione di una lega binaria dipende dalla percentuale degli elementi che la compongono.



Una lega binaria è caratterizzata da un materiale altofondente che solidifica per primo ed un bassofondente che solidifica per ultimo.

Partendo da una temperatura alla quale entrambi sono in fase liquida e raffreddando, la lega finale di arricchisce di materiale bassofondente a scapito di quello altofondente.

Per determinare la percentuale di metallo presente nella lega si può utilizzare la regola della leva

$$\frac{S}{L+S} = \frac{C_L - C_0}{C_L - C_S}$$

Se la solidificazione avviene lentamente gli strati esterni si arricchiscono notevolmente di materiale alto-fondente e quelli interni di materiale basso-fondente; se la solidificazione è rapida la composizione del pezzo risulta invece essere omogenea.

Inoltre maggiore è la differenza di temperatura di fusione dei componenti, maggiore sarà il pericolo di un sotto-raffreddamento composizionale; colando infatti

una lega in una lingottiera fredda si avrà un fronte di solidificazione che avanza rapidamente dalla superficie della forma verso il centro della colata. Il raffreddamento, essendo veloce, porterà ad una sovra-saturazione di materiale basso-fondente che tenderà ad essere rilasciato nel liquido antistante il fronte di solidificazione. Si avrà un liquido più ricco di materiale basso-fondente ed un solido più ricco di materiale altofondente.

Quando comincia il raffreddamento si ha uno spostamento di materiale alto-fondente verso l'esterno con una conseguente migrazione di materiale basso-fondente verso la zona centrale: questo è il meccanismo di formazione delle dendriti.

È possibile che due dendriti si incrocino e includano una sacca di materiale basso-fondente che, raffreddandosi e ritirandosi, lascerà un vuoto.

Per evitare la formazione di dendriti si scelgono metalli dalle temperature di fusione simili e stampi in forma permanente così da avere una rapida solidificazione sempre facendo attenzione all'instaurarsi di tensioni residue.

Le dendriti risentono della natura della forma:

- Transitoria: dendriti di dimensione maggiore, la velocità di solidificazione è bassa e predomina la velocità del sotto-raffreddamento composizionale;
- Permanente: conduzione termica elevata con velocità di solidificazione del getto maggiore; le dendriti non hanno il tempo necessario per formarsi.

## DENDRITI (5)

I problemi causati dalle dendriti sono:

- Porosità
- Anisotropia
- Disomogeneità
- Inneschi a frattura

Per ovviare a tale problema si ricorre a trattamenti termici quali la ricottura e la normalizzazione.