



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
eCAMPUS

Corsi Pas

Problematiche nei processi di fonderia

Il ritiro

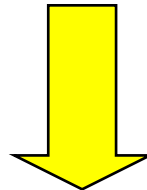


EFFETTI AL RAFFREDDAMENTO

Nel corso del raffreddamento dalla temperatura di colata a quella ambiente, si possono verificare dei fenomeni che, se non opportunamente controllati, determinano una serie di difettosità nel getto tali da renderlo non utilizzabile.

Tali effetti sono prevalentemente correlati alla:

- *contrazione volumetrica dei materiali*
- *diversa solubilità dei gas nei metalli alle varie temperature*
- *formazione di tensioni di ritiro*



Costi elevati per la loro eliminazione o scarti di produzione

EFFETTI AL RAFFREDDAMENTO

E' ben noto che il volume specifico dei metalli diminuisce al diminuire della temperatura.

Nei *metalli puri*:

il passaggio di stato si ha a T costante

Nelle *leghe metalliche*:

il passaggio di stato si ha in un ΔT

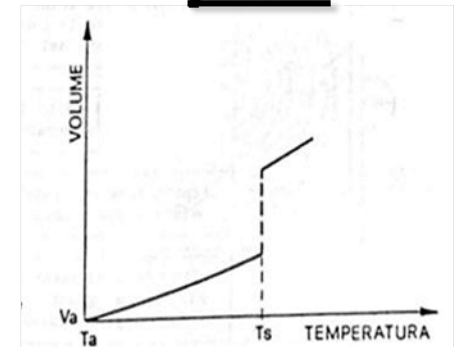
V_a = volume a T ambiente

T_a = temperatura ambiente

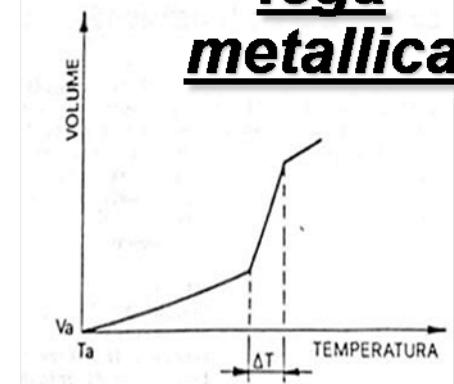
T_s = temperatura di solidificazione

ΔT = intervallo di solidificazione

metallo
puro



lega
metallica



IL RITIRO

La contrazione avviene in tre fasi:

1. allo ***stato liquido***, dopo la colata nella forma
2. alla ***solidificazione***, cioè nel passaggio dallo stato liquido allo stato solido
3. allo ***stato solido***, cioè durante il raffreddamento fino alla temperatura ambiente

Si manifesta sul getto attraverso:

- ***ritiro volumetrico***
- ***formazione di coni di ritiro***
- ***formazione di cavità di ritiro***

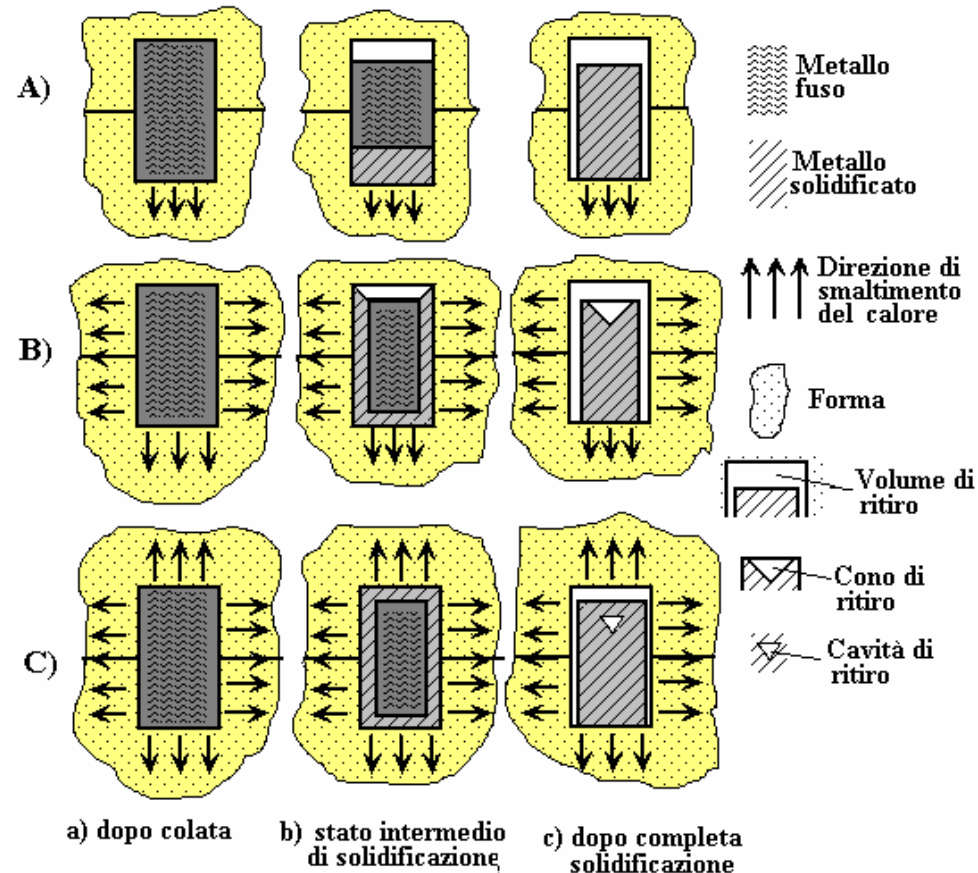
IL RITIRO

La distribuzione della perdita di volume è influenzata soprattutto dalla direzione e intensità del flusso di calore

A. dispersione di calore dal fondo della forma \Rightarrow *ritiro volumetrico*

B. flusso termico dal fondo e lateralmente \Rightarrow *ritiro volumetrico e cono di ritiro*

C. flusso termico in tutte le direzioni \Rightarrow *ritiro volumetrico e cavità di ritiro*



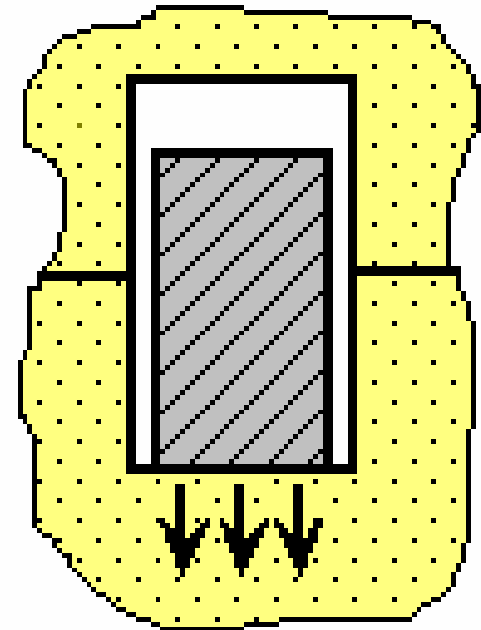
IL RITIRO VOLUMETRICO

Si manifesta come perdita fisica di volume (variabile tra l'11 e il 13%), quando si passa dalla temperatura di colata alla temperatura ambiente.

Esso si valuta come:

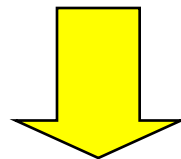
$$\frac{V_i - V_f}{V_f} \cdot 100$$

dove V_i è il volume iniziale del fuso
 V_f il volume finale del getto

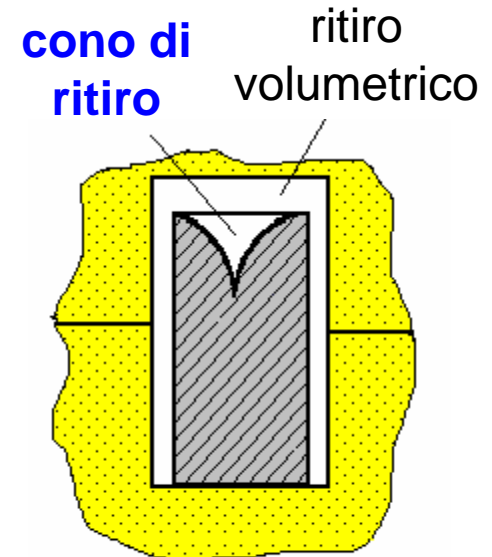


IL CONO DI RITIRO

- E' tipico delle lingottiere
- Il raffreddamento del fuso avviene per:
 - irraggiamento attraverso la superficie libera
 - conduzione attraverso le pareti (più efficace)

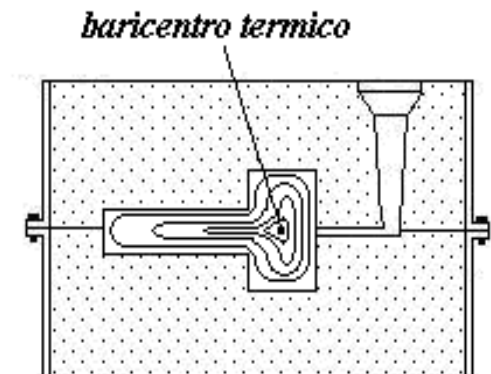
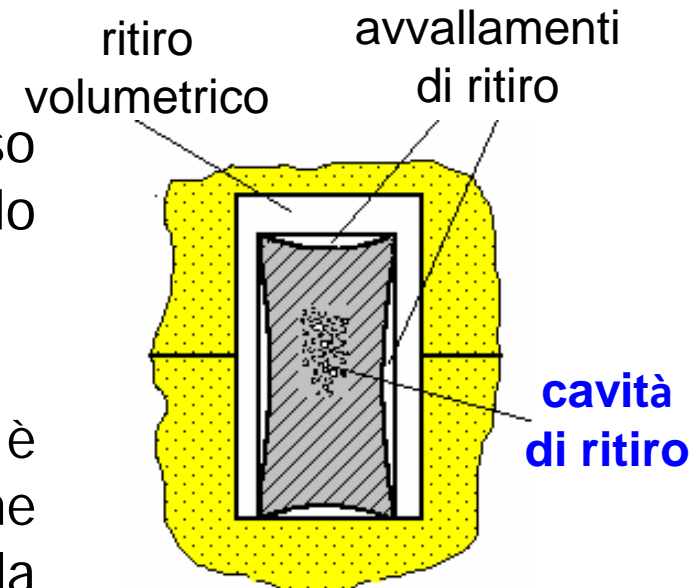


- L' inizio della solidificazione si ha sulle pareti laterali e sul fondo
- L'abbassamento del livello del liquido per la contrazione volumetrica comporta la formazione di un cono di ritiro sulla superficie superiore

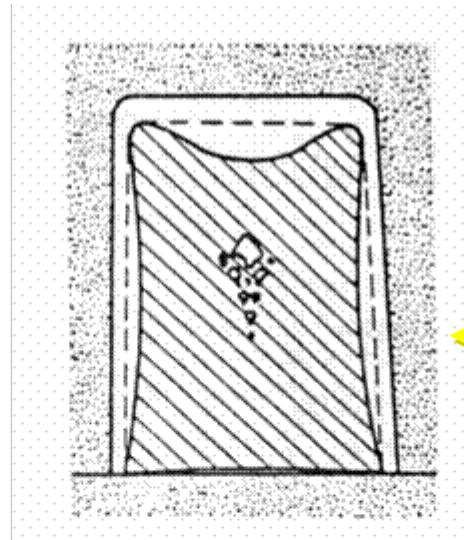


LE CAVITÀ' DI RITIRO

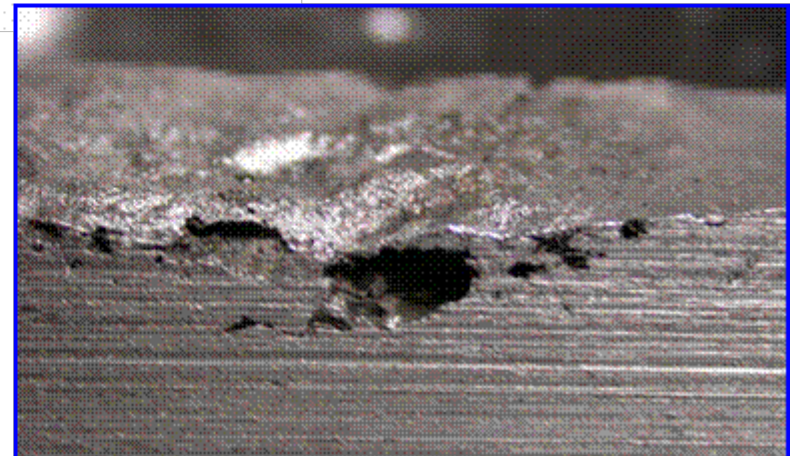
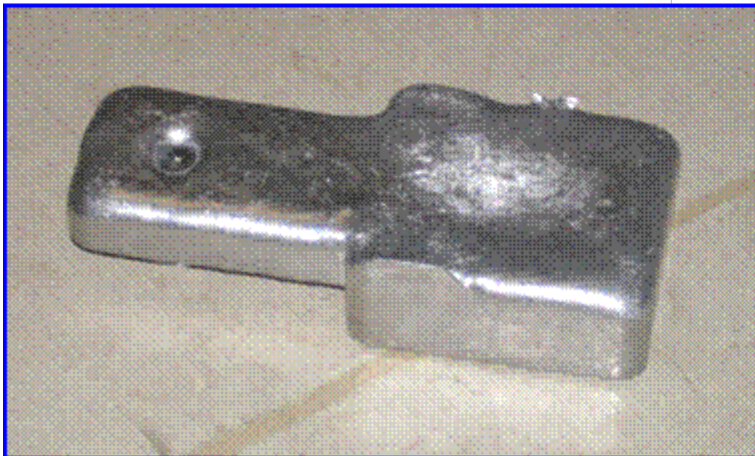
- La solidificazione procede con fronte chiuso dall'esterno verso l'interno, racchiudendo materiale ancora allo stato fuso.
- Il calore fluisce in tutte le direzioni.
- Il coefficiente di contrazione del solido è minore di quello del liquido \Rightarrow la contrazione di volume non può essere assecondata dalla contrazione del metallo solido circostante.
- La formazione delle cavità interne (**cavità di ritiro**) si avranno in corrispondenza del **baricentro termico** del getto (cioè nel punto a temperatura maggiore).



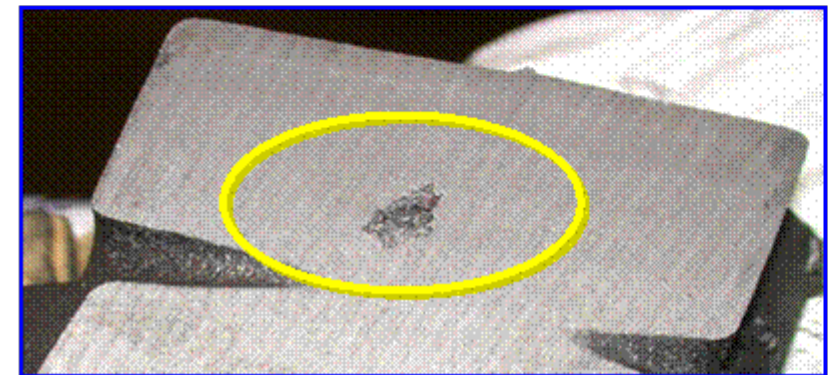
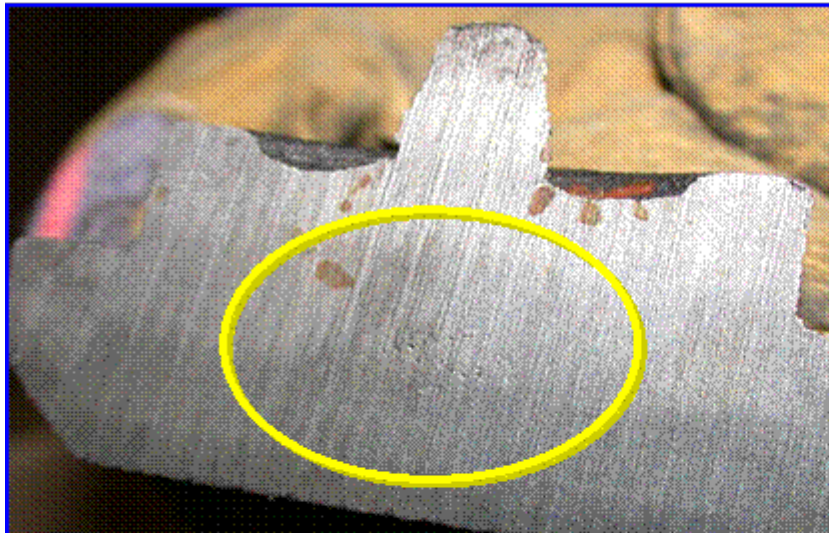
LE CAVITA' DI RITIRO



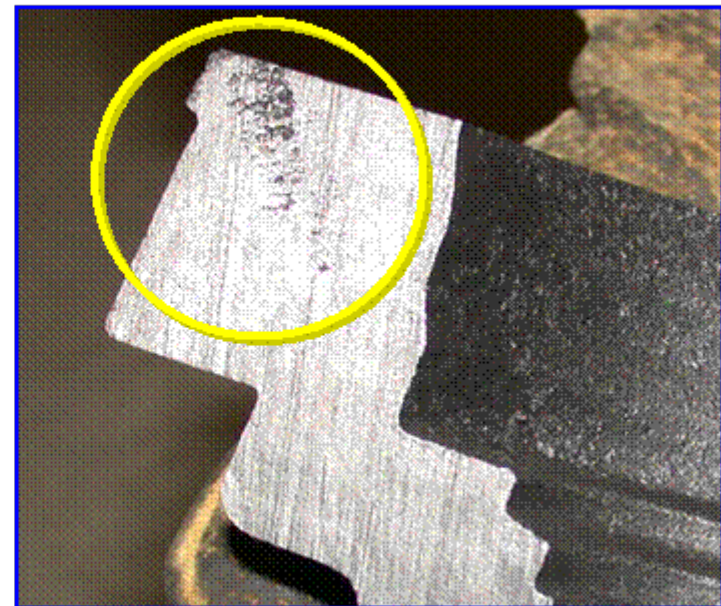
*Cavità di ritiro in
un getto non
alimentato*



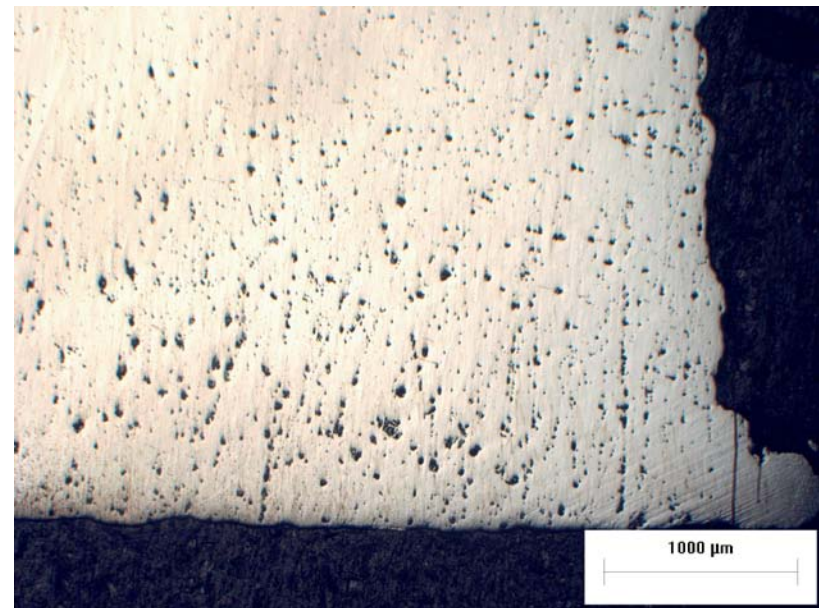
LE CAVITA' DI RITIRO



Questi pezzi sono
scarti!



LE CAVITA' DI RITIRO



Cavità di ritiro presenti in un getto in ghisa
(ingrandimento 25x)



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
eCAMPUS

Corsi Pas

Problematiche nei processi di fonderia

Gli effetti del ritiro e la sua
compensazione

EFFETTI DEL RITIRO

Le considerazioni esposte sul ritiro forniscono un quadro estremamente semplificato: gli *effetti del ritiro*, e in particolare la *formazione e la distribuzione delle cavità*, sono influenzati notevolmente anche da:

- *materiale*
- *morfologia della solidificazione*
- *forza di gravità*
- *pressione atmosferica*
- *pressione dei gas che si sviluppano nella colata*
- *materiale della forma*

L'analisi del fenomeno è quindi notevolmente più complessa.

COMPENSAZIONE DEGLI EFFETTI DEL RITIRO

Per prima cosa, gli effetti dovuti al ritiro devono essere minimizzati introducendo alcuni accorgimenti nella realizzazione della forma:

1. Il *ritiro uniforme* può essere compensato completamente mediante la cosiddetta *quota di maggiorazione di ritiro*, con la quale si costruisce il modello.



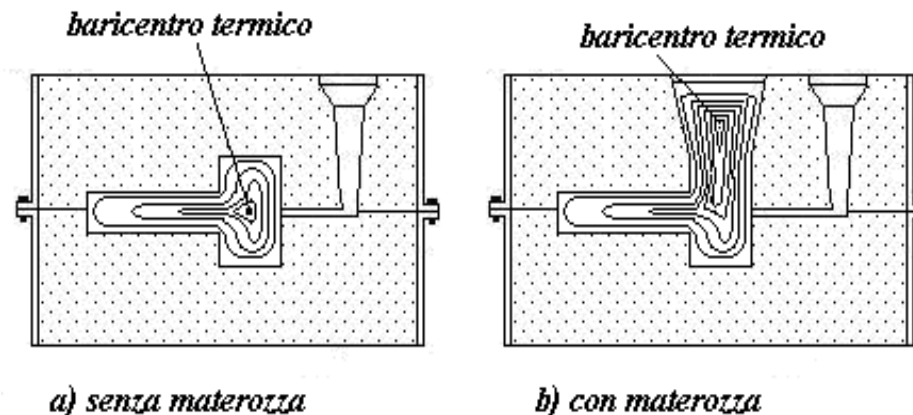
COMPENSAZIONE DEGLI EFFETTI DEL RITIRO

2. Le *cavità di ritiro* vanno invece eliminate, o quanto meno parzialmente compensate, migliorando la tecnica di alimentazione.

In particolare, nel caso della produzione di getti in forme chiuse, il sistema di colata viene progettato in modo tale che venga assicurato l'afflusso di altro metallo liquido per compensare la diminuzione di volume al raffreddamento, predisponendo opportune riserve di metallo fuso chiamate *materozze* (o alimentatori) e operando, in ogni caso, in modo da evitare che del metallo fuso rimanga completamente racchiuso da metallo già solidificato.

LE MATEROZZE

Le *materozze* sono serbatoi di fuso che, nel corso del raffreddamento, continuano a fornire il metallo fuso che viene a mancare per la contrazione volumetrica e assicurano lo spostamento del baricentro termico dal getto al loro interno \Rightarrow in questo modo, si ha la formazione della cavità di ritiro al di fuori del getto, dentro le materozze. Dopo la distaffatura, le materozze vengono rimosse.





LE MATEROZZE

Affinché le materozze svolgano efficacemente le loro funzioni, è necessario che:

- il metallo in esse contenuto solidifichi per ultimo (il *modulo di raffreddamento M* della materozza deve quindi essere superiore, cioè il baricentro termico deve essere all'interno della materozza stessa);
- esse rimangano in comunicazione con il getto fino alla completa solidificazione di quest'ultimo.

Da questo punto di vista risulta fondamentale la sezione di attacco (**collare**) della materozza con il getto, in corrispondenza della quale non devono avvenire premature solidificazioni.

IL MODULO DI RAFFREDDAMENTO M

Il *modulo di raffreddamento* è un parametro di fondamentale importanza perchè indica quanto lentamente avvenga la solidificazione.

Il modulo di raffreddamento M si esprime come:

$$M = \frac{V}{S}$$

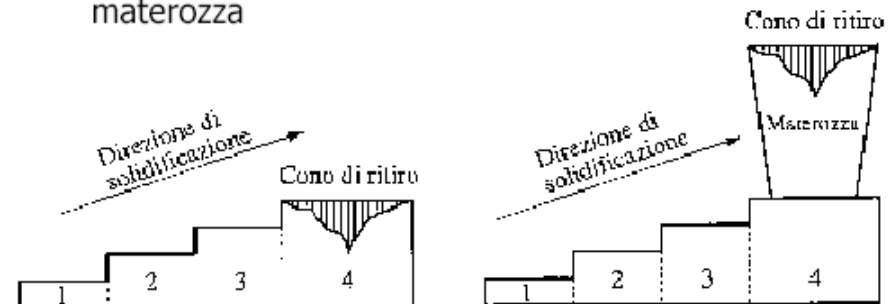
dove V è il volume e S la superficie.

Maggiore è il modulo di raffreddamento, maggiore è il tempo necessario alla solidificazione.

IL MODULO DI RAFFREDDAMENTO M

Scomponendo il getto nelle varie parti corrispondenti alle variazioni di spessore, bisogna fare in modo che *il modulo di raffreddamento di ciascuna parte aumenti continuamente nella direzione delle materozze* (generalmente dall'interno all'esterno del getto): in questo modo si è ragionevolmente sicuri che l'ultima zona che solidificherà sarà la massa più vicina alla materozza.

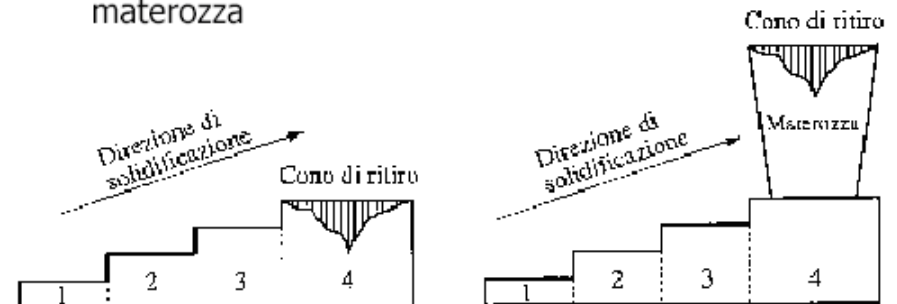
suddividere il getto in parti a modulo termico crescente verso la materozza



IL MODULO DI RAFFREDDAMENTO M

Se è la materozza ad avere il modulo di raffreddamento M maggiore dell'ultima area del getto, il ritiro volumetrico si dovrebbe chiudere all'interno della materozza stessa, evitando i problemi di porosità internamente al getto.

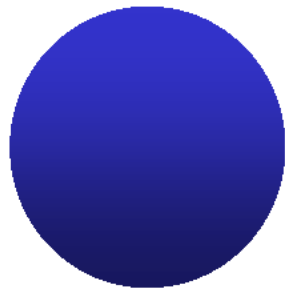
suddividere il getto in parti
a modulo termico crescente verso la
materozza



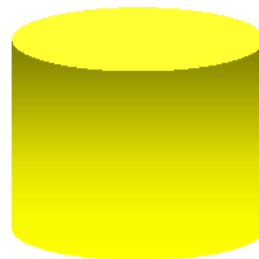
IL MODULO DI RAFFREDDAMENTO M

Dal punto di vista del modulo di raffreddamento la materozza ideale è quella di forma sferica, in quanto presenta il valore di M maggiore.

Tale forma è troppo difficile da realizzare per cui le materozze sono tipicamente cilindriche o coniche.



$$M = 0.2 \cdot \sqrt[3]{V}$$



$$M = 0.18 \cdot \sqrt[3]{V}$$



$$M = 0.17 \cdot \sqrt[3]{V}$$



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
eCAMPUS

Corsi Pas

Problematiche nei processi di fonderia

Le materozze

LE MATEROZZE

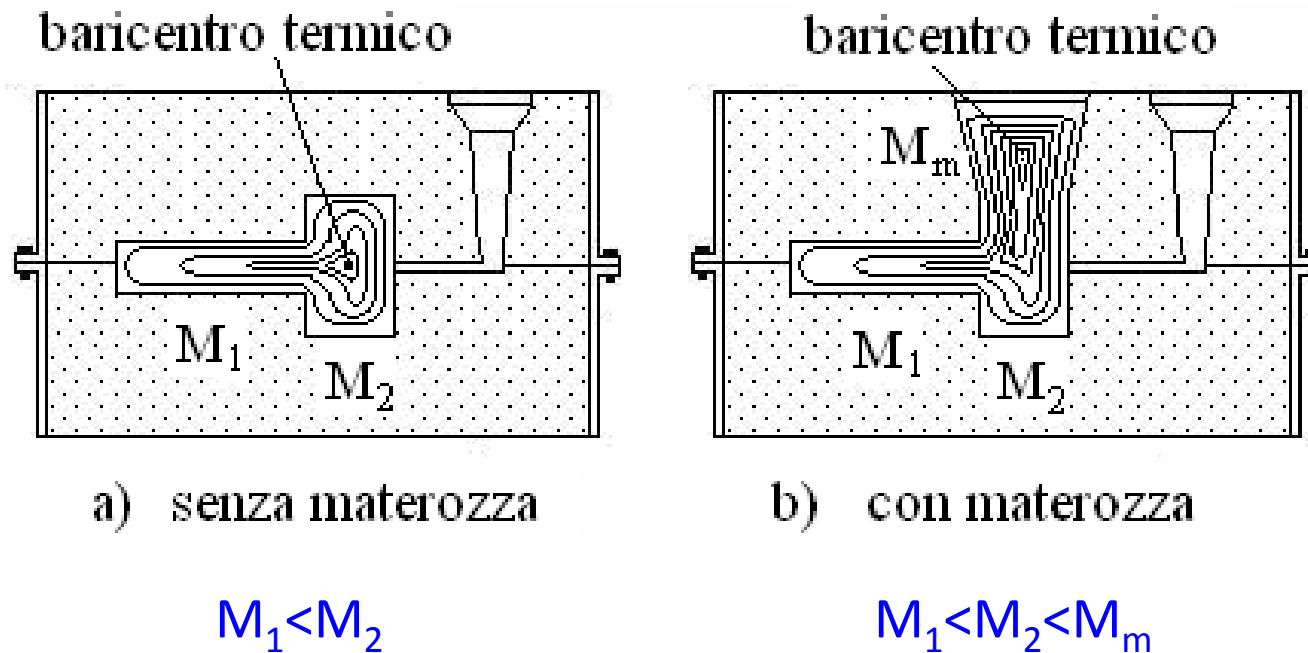
Il posizionamento delle materozze (che potranno essere, secondo la complessità del getto, più di una) dovrà perturbare l'equilibrio termico e spostare il baricentro termico all'interno di una di esse: sarà lì che si formerà la cavità, rendendo il getto esente da difetti



modificazione della distribuzione di temperatura
dovuta alla presenza della materozza

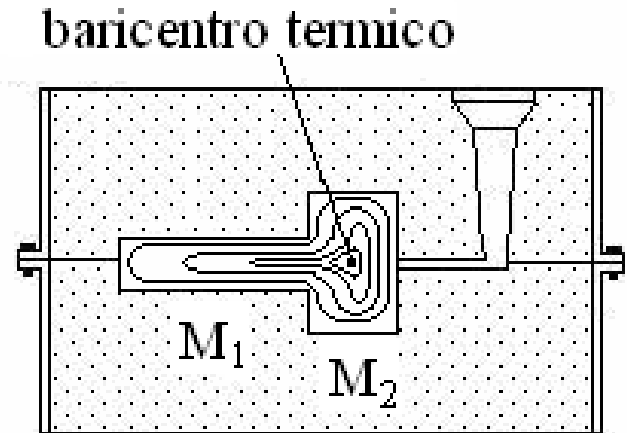
LE MATEROZZE

Questo concetto risulta più evidente analizzando la figura seguente.



LE MATEROZZE

Ipotizzando che la solidificazione inizi alle pareti della cavità e che l'asportazione termica sia uniforme in tutte le direzioni, il fronte di solidificazione (Figura a) avanzerà secondo le isoterme di raffreddamento, nel verso delle temperature più elevate.

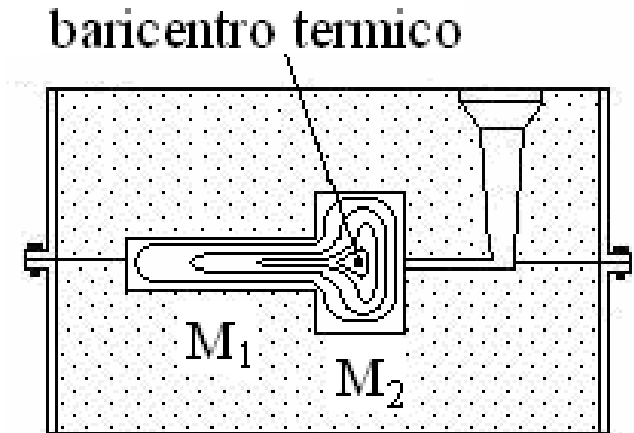


a) senza materozza

$$M_1 < M_2$$

LE MATEROZZE

La solidificazione si completerà prima nella parte sinistra del getto, che presenta modulo di raffreddamento M_1 più basso, e successivamente nella parte massiccia di destra con modulo M_2 : il fronte di solidificazione andrà progressivamente avanzando verso il baricentro termico. Nella zona circostante il baricentro termico, rimarrà del metallo fuso racchiuso da metallo solido con conseguente formazione di cavità di ritiro.

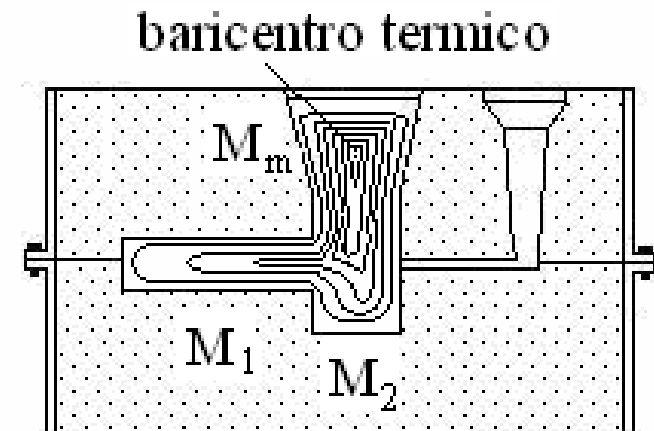


a) senza materozza

$$M_1 < M_2$$

LE MATEROZZE

Prevedendo, invece, la presenza della materozza con modulo di raffreddamento M_m , maggiore di M_1 e M_2 , la solidificazione procederà dalla parte sinistra del getto, con modulo di raffreddamento M_1 , e successivamente nella parte massiccia di destra con modulo M_2 (Figura b).

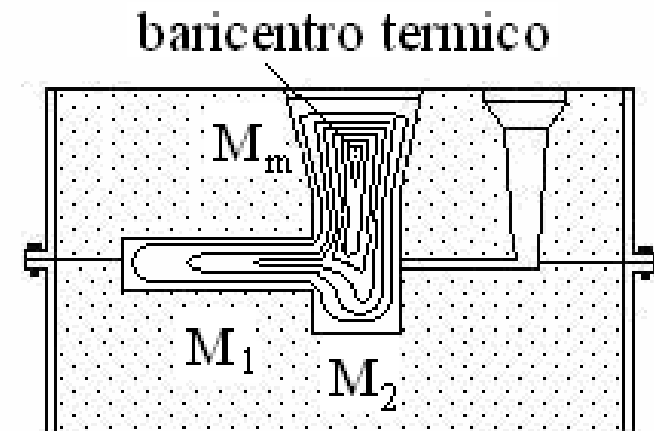


b) con materozza

$$M_1 < M_2 < M_m$$

LE MATEROZZE

La solidificazione si ultimerà nella materozza, che ha modulo di raffreddamento M_m più alto, dove andranno a formarsi le cavità di ritiro. In questo modo il difetto, all'interno della materozza, verrà rimosso.



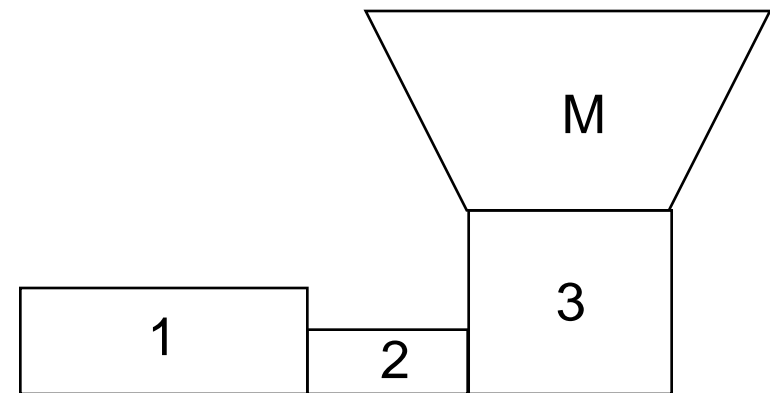
b) con materozza

$$M_1 < M_2 < M_m$$

LE MATEROZZE

Se zona d'influenza materozza < estensione getto \Rightarrow modifiche progettuali getto con variazioni di sezione per garantire M crescenti verso le materozze

NO!



Soluzioni:

- diminuzione dello spessore 1
- aumento dello spessore 2
- predisposizione della materozza in 1



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
eCAMPUS

Corsi Pas

Problematiche nei processi di fonderia

Lo sviluppo dei gas nella
solidificazione: le soffiature

GAS NEI METALLI

Allo stato liquido, un materiale metallico ha una forte tendenza a catturare i gas dell'ambiente.

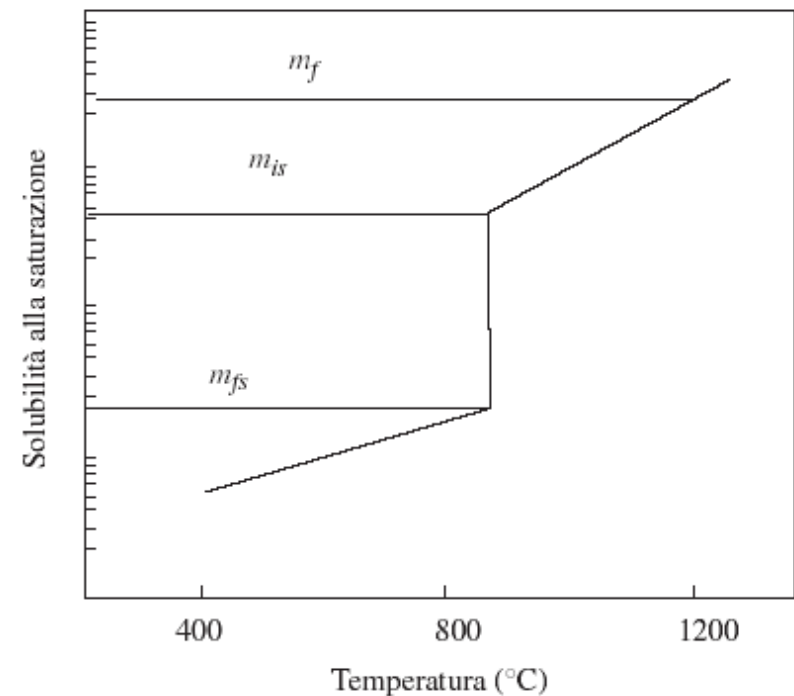
Tali gas, nella successiva solidificazione, danno luogo a varie problematiche, come le *soffiature*.

La conoscenza del meccanismo con cui avviene l'assorbimento dei gas fornisce le indicazioni e gli accorgimenti che in fonderia consentono di evitare i problemi derivanti dalla presenza dei gas nel fuso.

GAS NEI METALLI

La solubilità dei gas catturati dal metallo nella fusione (m) è la quantità di gas solubile alla saturazione

- m_f = solubilità del metallo allo stato fuso
- m_{is} = solubilità del metallo all'inizio della solidificazione
- m_{fs} = solubilità del metallo alla fine della solidificazione

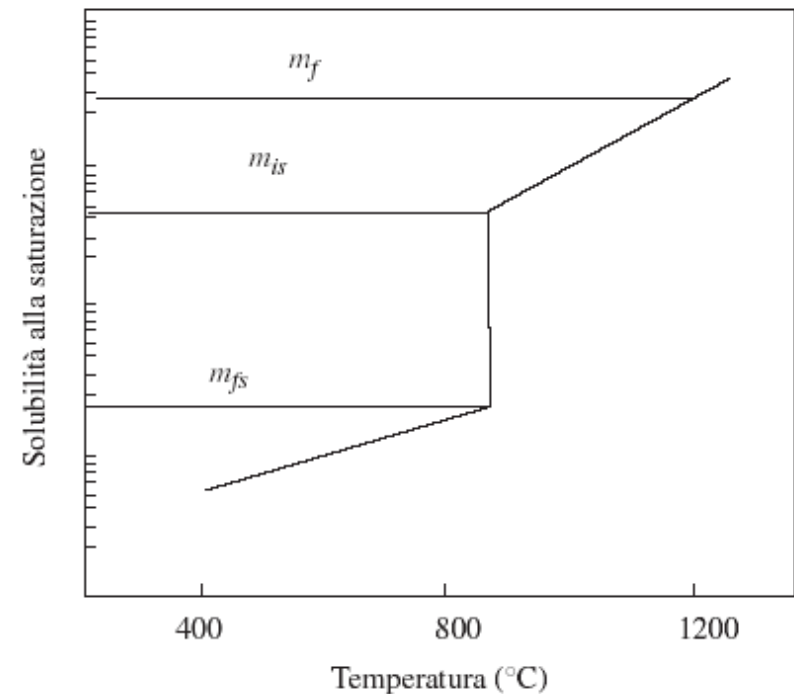




GAS NEI METALLI

Fase liquida:

- riduzione di m con T
- quantità di gas $m_f - m_{is}$ in condizioni di soluzione sovrasatura \Rightarrow si ha lo sprigionamento del gas assorbito dal metallo nell'atmosfera.

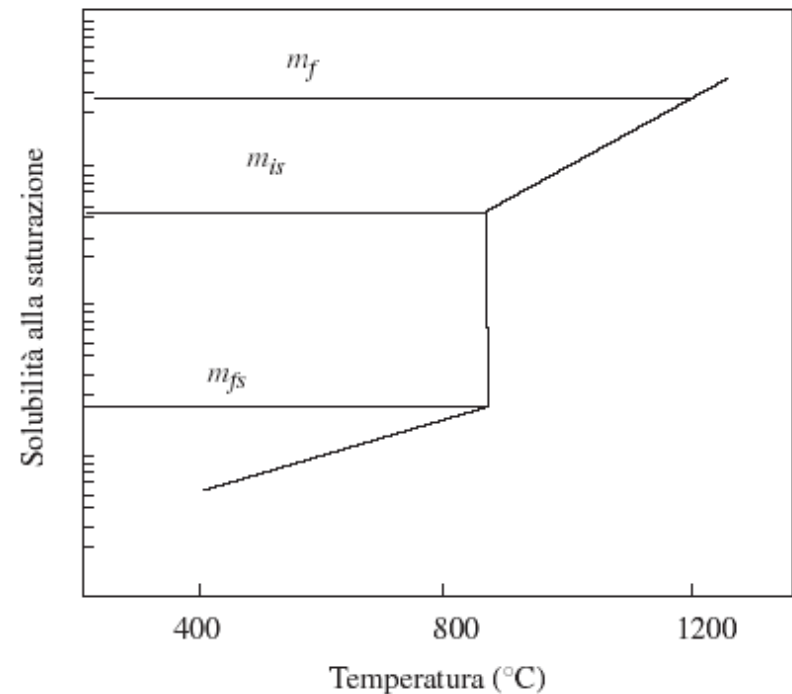




GAS NEI METALLI

Solidificazione:

- forte riduzione di m ($m_{is} - m_{fs}$)
- possibilità di intrappolamento dei gas liberati all'interno del metallo solidificato sotto forma di bolle (*soffiature*).



GAS NEI METALLI

Nella pratica della fonderia occorre limitare al minimo l'assorbimento di gas durante il riscaldamento, la fusione e la colata.

- Ciò si ottiene evitando eccessivi surriscaldamenti del metallo al di sopra della temperatura di fusione.
- Inoltre, l'assorbimento di gas da parte del metallo liquido richiede inoltre un certo tempo. La quantità totale assorbita risulta, quindi, a parità di altre condizioni, tanto più bassa quanto meno prolungata è la permanenza del metallo fuso nell'atmosfera dalla quale è possibile l'assorbimento.



SOFFIATURE

- m è dipendente anche dalla pressione (*legge di Henry*)

$$m = K\sqrt{p}$$

- Lo sviluppo di gas è facilitato dalla riduzione di pressione nel fuso intrappolato nel solido (che porterà alla formazione delle soffiature)



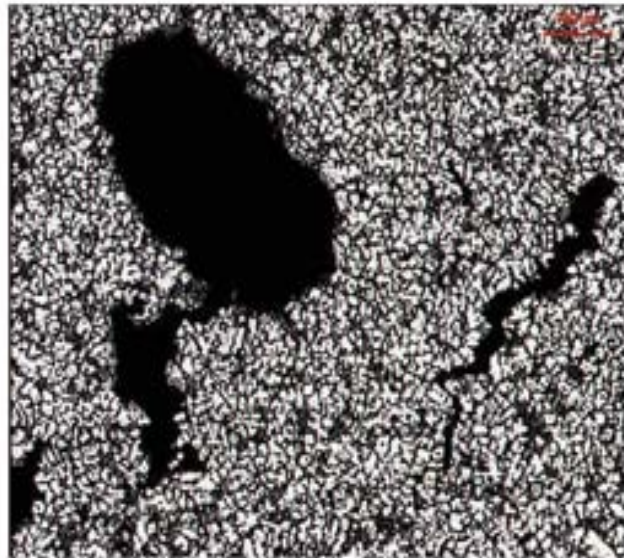
SOFFIATURE

Gli effetti nocivi della porosità e soffiatura in un getto si possono, in una certa misura, evitare facendo sì che, per tutta la durata della solidificazione, in ogni punto della massa ancora liquida agisca una ***pressione idrostatica*** atta ad impedire, o almeno a ridurre, lo sviluppo dei gas eventualmente disciolti.

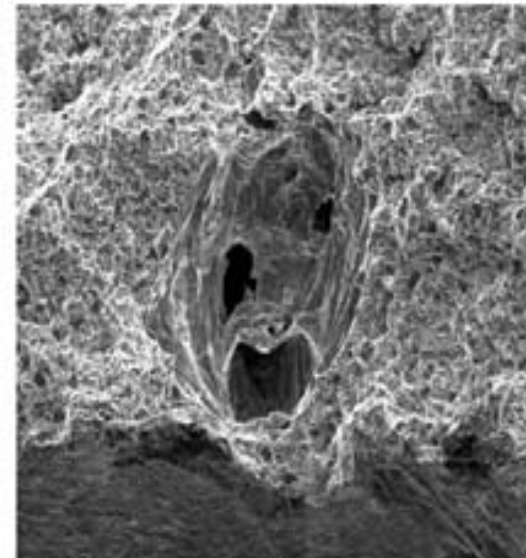
A parte il caso della produzione di getti per colata sotto pressione, in cui queste condizioni vengono realizzate nel modo più efficace, risultati positivi in tal senso si ottengono munendo i getti di alimentatori di opportuna altezza.

SOFFIATURE

In figura sono mostrate due immagini ottenute attraverso microscopio ottico e microscopio elettronico a scansione (SEM) di una soffiatura.



Microscopia ottica



Microscopia elettronica
a scansione



SOFFIATURE

La presenza delle soffiature comporta:

- *la diminuzione delle sezioni resistenti*
- *l'azione come concentratori delle tensioni*

Si comprende, quindi, come sia inevitabile lo scarto del getto.