

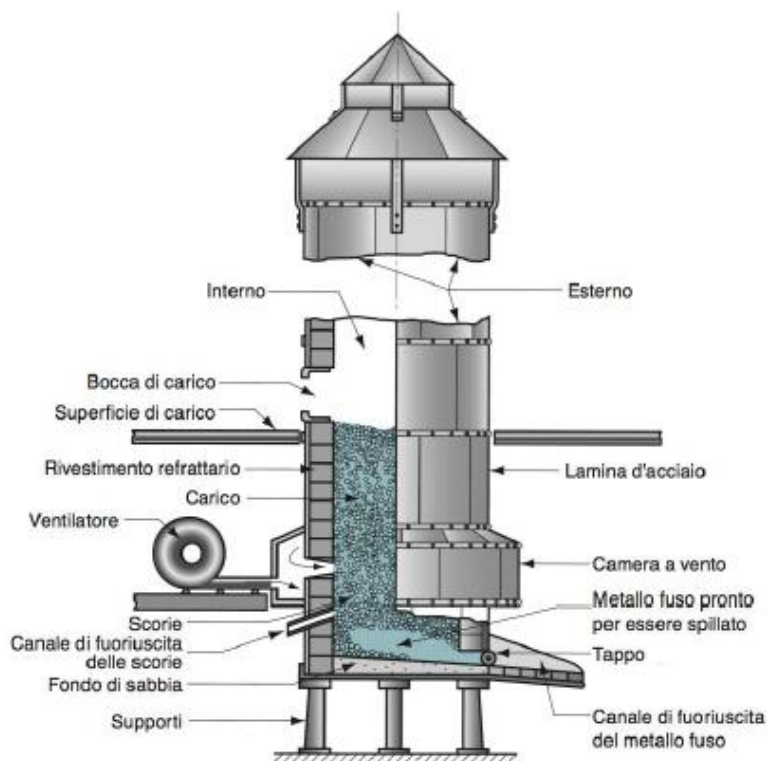
PRATICA DI FONDERIA

Forni

In tutti i processi di colata, il metallo deve essere riscaldato e portato allo stato fuso per poter essere versato nello stampo. Il riscaldamento e la fusione sono realizzati in un forno che è un'attrezzatura particolarmente costosa, anche da un punto di vista energetico. Durante lo spegnimento e l'accensione il forno non può essere usata per la produzione di pezzi perché non ha la temperatura adeguata e quindi rappresenta una perdita per l'azienda; proprio per questo motivo alcune aziende lascio i forni sempre accesi.

I forni più comunemente usati sono:

- Forni a cupola o cubilotto = è un forno verticale cilindrico dotato di un sistema di fuoriuscita del metallo alla sua base. È un forno abbastanza grande e soprattutto alto. Il carico, costituito da ferro, coke, flussante ed eventuali elementi leganti, viene inserito attraverso la bocca di carico posizionata sotto la metà dell'altezza del cubilotto. L'aria necessaria alla combustione del coke viene introdotta attraverso delle aperture nella parte inferiore della parete. Il fondente reagisce con il coke per formare le scorie che servono a coprire il metallo fuso proteggendolo dalle reazioni con l'ambiente interno al cubilotto e riducendo la perdita di calore. Tale forno viene utilizzato solo per la fusione delle ghise. In altre parole: la fusione avviene mediante la combustione di carbon coke; il carbone brucia a contatto diretto col materiale da fondere che è costituito da pani di ghisa solidi frantumati e da rottami di ghisa. Nel cubilotto viene anche introdotta una certa quantità di fondente (pietra calcarea) che ha la funzione di rendere fluide ed incorporare le scorie chiamate comunemente loppa, formate da terra, ceneri e corpi estranei. La loppa essendo notevolmente più leggera del bagno fuso galleggia in superficie e quindi, facendole fuoriuscire, scivola agevolmente sulla superficie della ghisa. Il fondente serve anche ad eliminare dal bagno di fusione lo zolfo che nuoce alla qualità della ghisa.

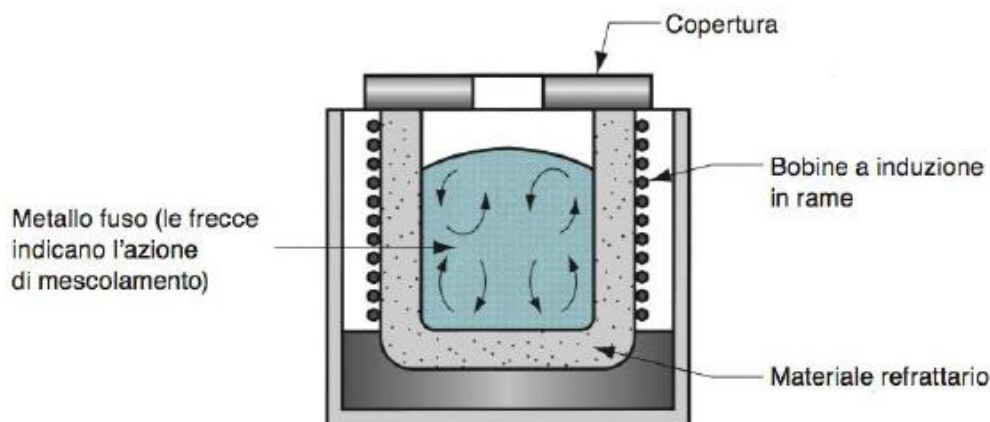


- Forni a combustibile = viene usato per la fusione di materiale non ferrosi. Contengono un piccolo focolare aperto in cui il carico metallico viene riscaldato dai bruciatori posti su un lato del forno. Ha una bassissima efficienza perché il calore viene disperso in tutte le direzioni.

- Forni a crogiolo o a combustibile a riscaldamento indiretto = questi forni fondono il metallo senza che si verifichi un contatto diretto con la miscela combustibile. Per questo motivo sono anche chiamati forni a combustibile a riscaldamento indiretto. Il materiale viene depositato all'interno del crogiolo. Il riscaldamento avviene mediante il forno all'esterno del crogiolo stesso. Esistono diversi tipi di crogiolo: estraibile, fisso e ribaltabile. Tutti utilizzano un contenitore fatto di un apposito materiale refrattario o una lega di acciaio resistente ad alta temperatura per contenere il carico. I combustibili tipici per questi forni sono il petrolio, il gas e la polvere di carbone. Sono utilizzati per i metalli non ferrosi come il bronzo, il gas e la polvere di carbone. La capacità è generalmente limitata a qualche centinaio di chili.



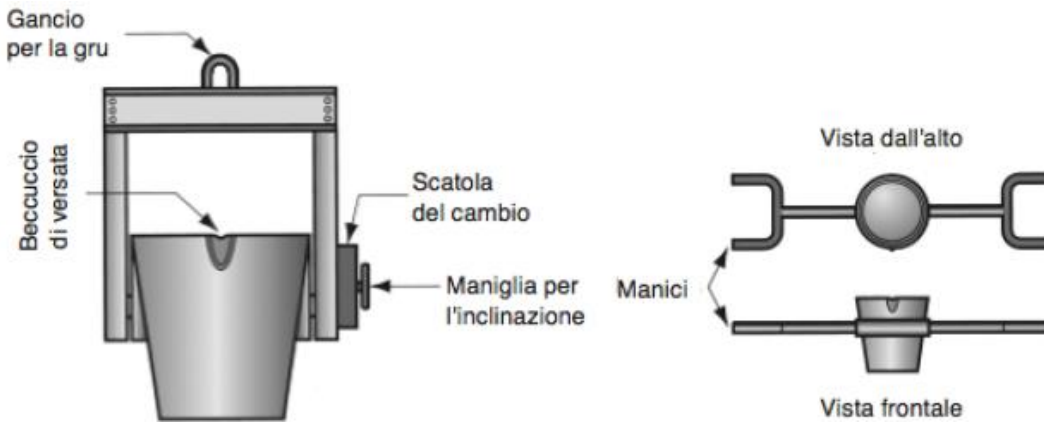
- Forni elettrici ad arco = il carico viene fuso dal calore generato da un arco elettrico che scorre tra due o tre elettrodi e il metallo del carico. Si sfrutta l'effetto Joule. Questi forni vengono usati per fondere l'acciaio. Hanno un consumo energetico molto elevato perché bisogna prendere energia elettrica che viene poi trasformata in calore.
- Forni a induzione = questi forni sono costituiti da una bobina di rame che avvolge un forno un materiale refrattario all'interno del quale è posto il materiale metallico. La bobina è alimentata da corrente alternata che genera un campo magnetico variabile; questo attraversando il metallo genera in esso delle correnti indotte che creano il surriscaldamento del materiale. Il principio di questo forno è dunque quello dell'induzione. Il campo magnetico crea anche un rimescolamento del materiale causato dalle forze di Lorentz: la temperatura sarà molto omogenea nel materiale stesso. Questo tipo di forno viene utilizzato per ghise, leghe di acciaio e alluminio.



La scelta del tipo di forno più adatto dipende da diversi fattori, come il tipo di lega da colare, le sue temperature di fusione e colata, i requisiti di capacità del forno, i costi di investimento, gestione, manutenzione e inquinamento ambientale.

Colata

Le siviere ricevono il metallo dal forno e rendono più comodo il trasferimento negli stampi. Il principale problema che comporta l'uso delle siviere è la formazione di ossidi e la conseguente introduzione del metallo fuso ossidato nello stampo; questo genera pezzi difettosi. Per ovviare a questo problema le siviere sono state progettate in modo da versare il metallo liquido dal fondo, poiché la superficie è la zona dove si accumulano gli ossidi. A volte si usano filtri e disossidanti.



Finitura e trattamenti termici

Dopo che il pezzo è solidificato e rimosso dallo stampo, di solito sono richiesti un certo numero di passaggi aggiuntivi che permettono poi di ottenere il pezzo finale. Queste fasi sono:

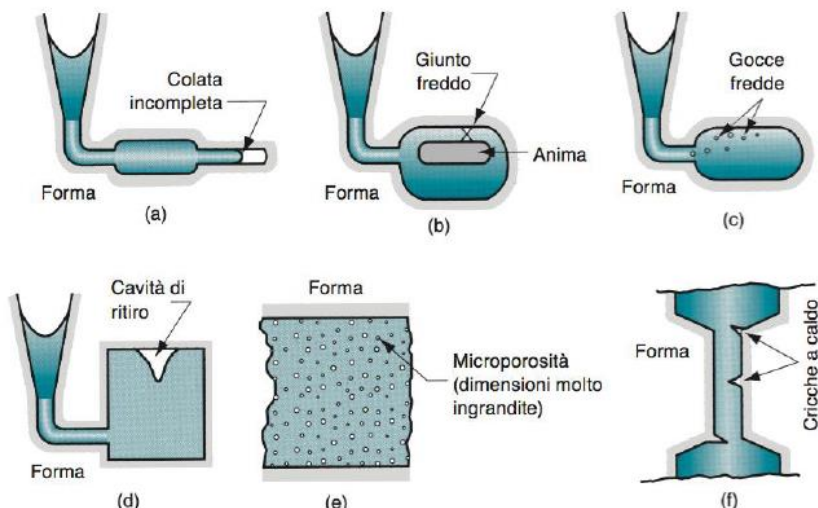
1. Sbavatura
2. Rimozione dell'anima
3. Pulizia della superficie
4. Ispezione
5. Riparazione
6. Trattamento termico

I primi 5 passaggi vengono indicati in fonderia sotto il nome di finitura. La misura in cui sono necessarie queste operazioni aggiuntive varia a seconda del processo di colata e del metallo. Quando richieste, queste operazioni sono di solito ad alta intensità di manodopera e costose.

Difetti dei getti

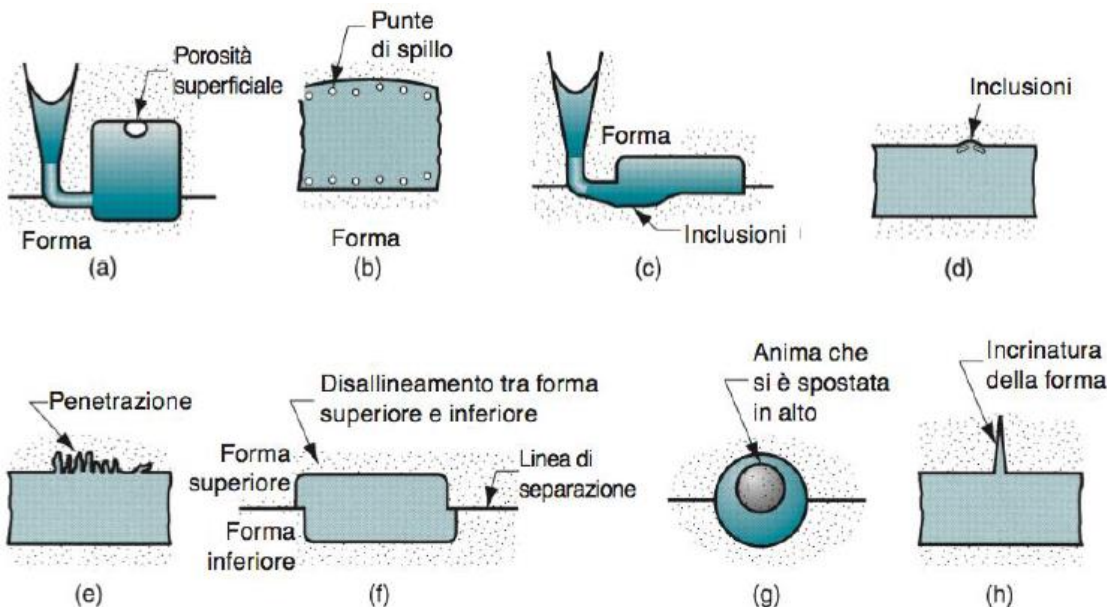
Vediamo ora i problemi che si possono riscontrare in un peso a valle della fonderia:

- a. Colata incompleta = il materiale non raggiunge tutte le zone
- b. Giunto freddo = il materiale arriva a una temperatura non sufficientemente alta quindi è già in atto il processo di solidificazione. Si hanno due fronti di materiale metallico in contatto. L'interfaccia in quella zona è di discontinuità
- c. Gocce fredde = inclusioni dovute ad una colata avvenuta ad una turbolenza troppo alta. Zone di discontinuità delle proprietà meccaniche del getto.
- d. Cavità di ritiro
- e. Microporosità
- f. Cricche a caldo = fenomeno piuttosto simile delle cricche dovute al ritiro che si hanno però in fase di raffreddamento liquido causate da zone aventi moduli termici differenti



Elenchiamo ora i difetti tipici della colata in sabbia, dovuto dunque all'uso delle forme in sabbia:

- Porosità superficiale = bassa fuoriuscita di gas
- Punte di spillo = porosità generata dall'idrogeno che ha bassa solubilità
- Inclusioni = dovute a un cedimento della forma
- Inclusioni = causate dalla sabbia cedevole
- Inclusioni irregolari dovute magari alla non corretta compattazione della sabbia
- Inclusioni = causate dal moto relativo delle semistaffe durante la colata
- Spostamento in alto dell'anima
- Incrinatura della forma



Metodi di ispezione in fonderia

A valle del processo di colata vengono effettuate delle verifiche per controllare la qualità del pezzo. Le analisi possono essere fatte su base campionata, analizzando cioè una un campione del lotto, o su tutta la produzione; evidentemente converrà effettuare alcuni tipi di ispezione solo su un campione, mentre altri su tutto il lotto. L'ispezione viene effettuata mediante tre diversi test:

- Ispezione visiva = durante questo test l'operatore analizza dal punto di vista estetico e dei marco difetti se sono presenti delle problematiche nel pezzo. Questo metodo di analisi permette di identificare, ad esempio, colate incomplete, giunti freddi e difetti superficiali gravi
- Misurazione dimensionale geometrica = durante questo test si controlla che le tolleranze sia stata raggiunte; è possibile effettuarlo tramite l'uso del calibro o altri strumenti più automatizzati come sistemi di visione (laser scanner)
- Test metallurgici, chimici e fisici = queste analisi servono per misurare le difettosità superficiali micro e i difetti interni; servono quindi per misurare la qualità intrinseca della colata. Generalmente i test utilizzati in questa fase dell'ispezione sono non distruttivi (NDT).

Tra queste prove ricordiamo:

- Prove in pressione per la localizzazione di perdite nei grezzi
- Metodi radiografici / test mediante particelle magnetiche (Le particelle metalliche si concentrano nelle zone in cui sono presenti delle cricche) / test tramite penetranti fluorescenti / test mediante ultrasuoni (si sottopone il getto a ultrasuoni): questi tipi di test vengono usati per rilevare sia difetti superficiali che interni della colata.
- Prove per determinare le proprietà meccaniche, come ad esempio la prova a trazione

Metalli da fonderia

I materiali tipici della colata in terra sono

- Acciaio = si cola relativamente bene in terra
- Ghisa = grazie anche all'eventuale fluidità e alla relativamente contenuta temperatura di fusione, si cola facilmente in terra
- Alluminio = le leghe di alluminio si possono colare in terra, con qualche difficoltà in più legata alla porosità da gas
- Leghe di rame = bronzi e ottoni si colano facilmente in terra (fonderia artistica)

I prodotti che meglio si prestano alla colata in terra sono caratterizzati da:

- Geometria anche complessa ma con pareti non particolarmente sottili
- Tolleranze geometriche imposte di circa +/- 0,5%-2% della quota
- Finitura superficiale imposta di carica $R_a=12-24 \mu m$
- Pesi medio-grandi
- Numerosità bassa (pezzo singolo) media o alta
- Non richiede un'elevata sensibilità di progetto

Progettazione

Durante la progettazione occorre tenere presente alcuni elementi estremamente importanti quali:

- Angoli di sforno = facilitano l'estrazione del modello dalla forma senza cedimenti della sabbia circostante
- Raggi di raccordo = devono essere previsti in fase di progettazione del getto per evitare i passaggi bruschi tra zone aventi moduli termici estremamente diversi. I raggi di raccordo non possono essere troppo piccoli per problemi di:
 - Eccessiva differenza di velocità di solidificazione e raffreddamento
 - Eccessiva intensificazione degli sforzi per effetti di intaglio troppo pronunciati
 - Eccessiva fragilità della forma e possibilità di rottura durante il passaggio del liquido