



# Fonderia

Marco Macchi

# Overview

- Fatti dell'industria della fonderia in UE
- Il processo di fonderia
  - A. Fusione
  - B. Formatura (preparazione forma)
  - C. Colata

# Fatti dell'industria della fonderia in UE

- 3 ° al mondo per fusioni ferrose e 2 ° per metalli non ferrosi.
- Nel 2005, 11,7 milioni di tonnellate di ferro.
- Maggiori produttori: Germania, Francia e Italia.
- Prevalentemente ancora un'industria delle PMI, l'80% delle aziende impiegano meno di 250 persone.
- Serve i settori dell'automotive (50%), dell'ingegneria generale (30%) e della costruzione (10%).

# Fonderie

Le **fonderie** fondono metalli ferrosi, non ferrosi e leghe e li rimodellano in prodotti vicino alla loro forma finita attraverso la **colata** e la solidificazione del metallo fuso o della lega in una **forma**.

# Processo di fonderia

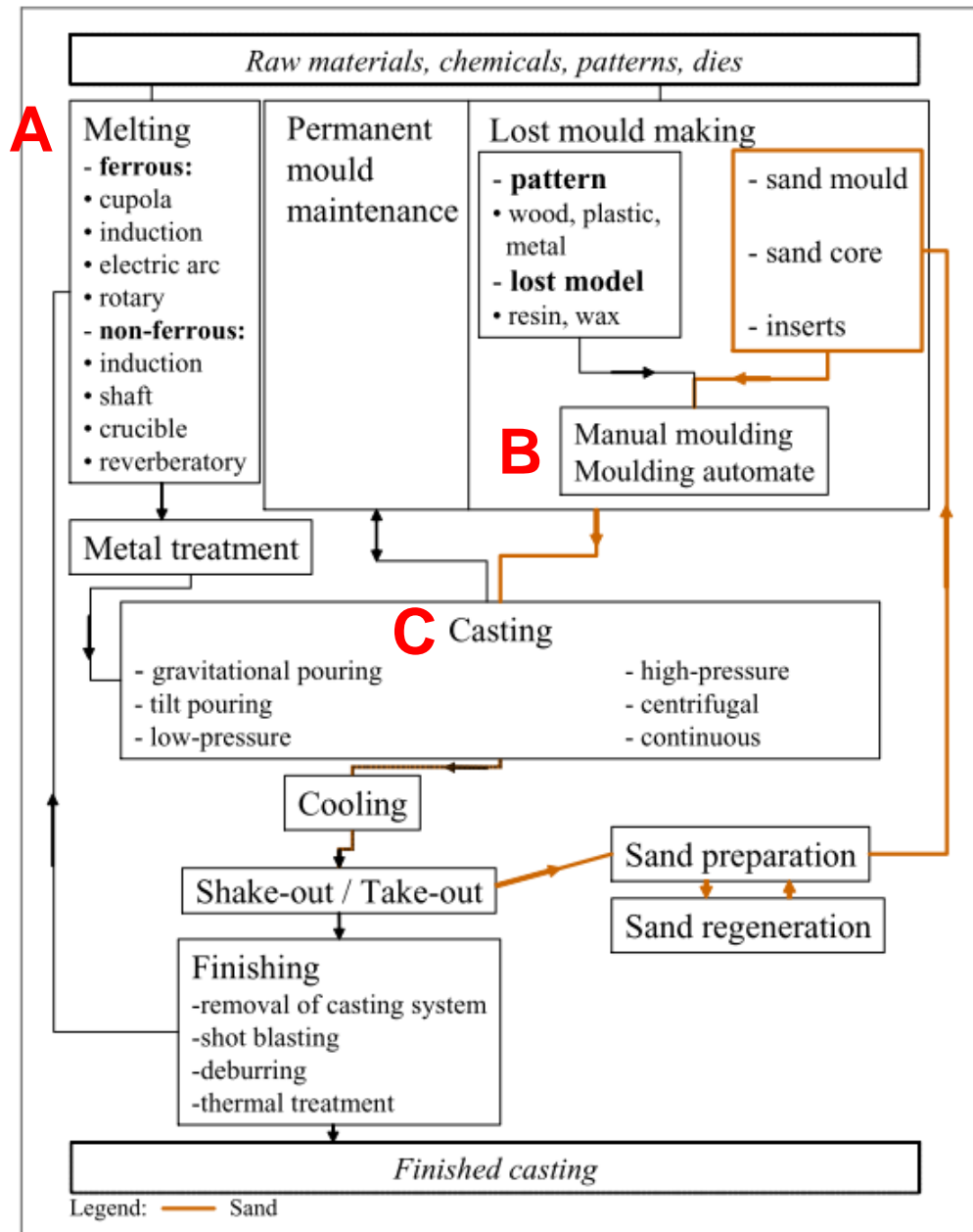
Attraverso il processo di fonderia si producono, per fusione e successiva solidificazione del metallo, i **getti**.

I getti possono essere prodotti finiti o semifiniti (statue, termosifoni, particolari microfusi, ...) o, nella maggior parte dei casi, grezzi che sono poi lavorati per asportazione di truciolo per realizzare il prodotto finito.

# Processo di fonderia

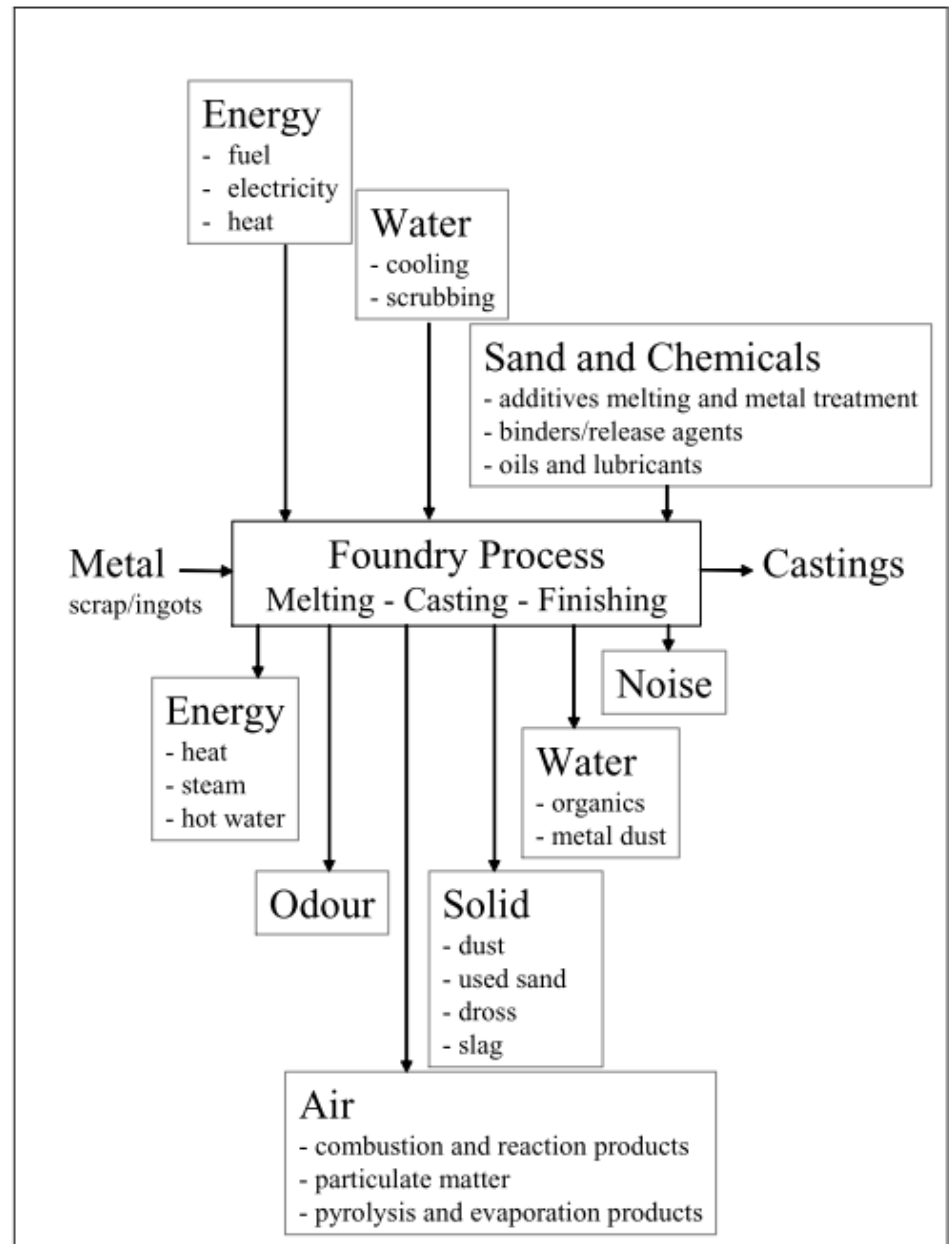
1. Progettazione del **getto**
  - Posto che il getto debba essere lavorato successivamente, le dimensioni del getto saranno maggiori di quelle del prodotto finito. Le maggiorazioni dipendono dalla forma del pezzo finito.
2. Preparazione di un negativo del pezzo finito, la **forma**, mediante due metodi base
  - Creazione di una forma transitoria in terra distrutta al momento dell'estrazione del getto. Per creare tale forma è necessario disporre di una copia del getto, il **modello**. In realtà le dimensioni del modello saranno diverse da quelle del getto per tener conto della riduzione di volume in fase di solidificazione del metallo fuso
  - Creazione di una forma permanente in materiale metallico (conchiglia) utilizzabile per più colate
3. Fusione del metallo e colata nella forma
  - Esistono allo scopo diverse tecnologie per effettuare la colata
4. Solidificazione e estrazione del getto
5. Finitura del getto
  - Smaterozzatura, sbavatura, sabbiatura, ....

# Il processo di fonderia



Source: *Ivi*, p. 13

# Overview del flusso di massa del processo di fonderia



Source: *Ivi*, p. 97



# A) Fusione e trattamento dei metalli

- Fusione e trattamento dei metalli differenti per ogni materiale
- Ad esempio, per l'acciaio:

	Cupola	Electric arc	Channel induction	Coreless induction	Rotary	Hearth type	Shaft	Crucible/Ladle
<b>Iron</b>	m	m*	h	m, h	m*	m		h
<b>Steel</b>		m		m				h
<b>Aluminium</b>			m, h	m, h	m	m	m	m, h
<b>Magnesium</b>								m, h
<b>Copper</b>			h	m, h		m		m, h
<b>Lead</b>				m, h				m, h
<b>Zinc</b>				m, h				m, h
* Less common								

Applicabilità dei tipi di forno, per fusione (m) e detenzione (h)

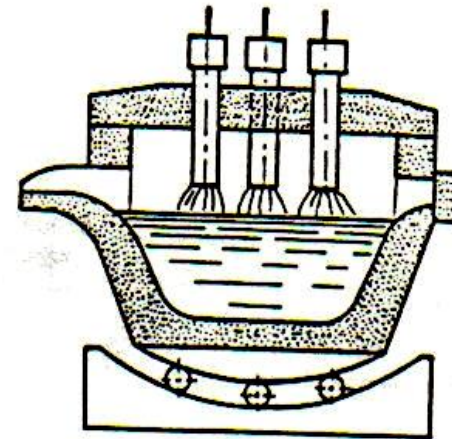
# Forno elettrico ad arco (EAF)

- Si tratta di un forno fusorio che consiste in un grande corpo rivestito in materiale refrattario a forma di ciotola con un «focolare» a forma di piatto.
- È coperto da un tetto refrattario, che ha le porte per tre elettrodi di grafite.
- In genere il diametro del guscio è tra i 2 e i 4m.
- La maggior parte delle fornaci utilizza cariche dall'alto.
- Capacità tra le 2 e le 50 tonnellate.
- Diverse capacità di raffinazione dell'EAF



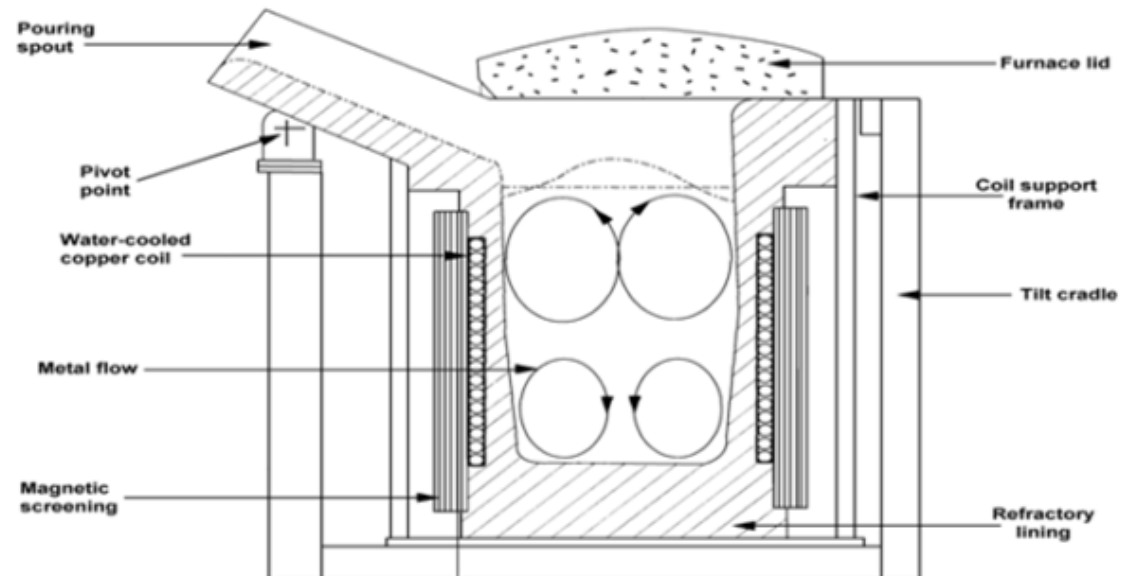
# Forno elettrico ad arco

- Il calore è generato dall'innesco di archi voltaici tra elettrodi di grafite che vengono calati dall'alto e la massa metallica contenuta nel crogiolo rivestito di refrattario



# Forno ad induzione

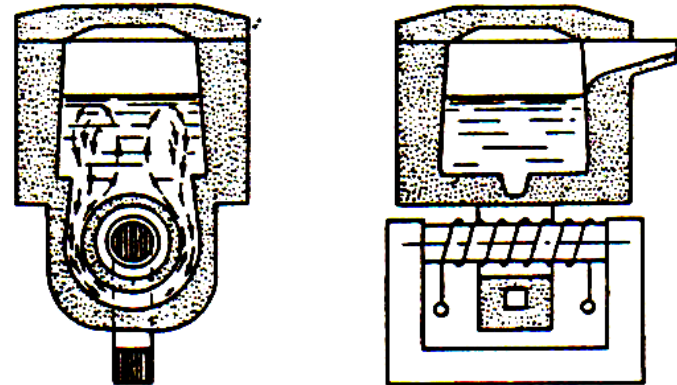
- È un forno fusorio contenente una batteria in rame raffreddata ad acqua, il cui interno è rivestito internamente con materiale refrattario.
- La capacità del forno va dai 10 kg alle 30 tonnellate.



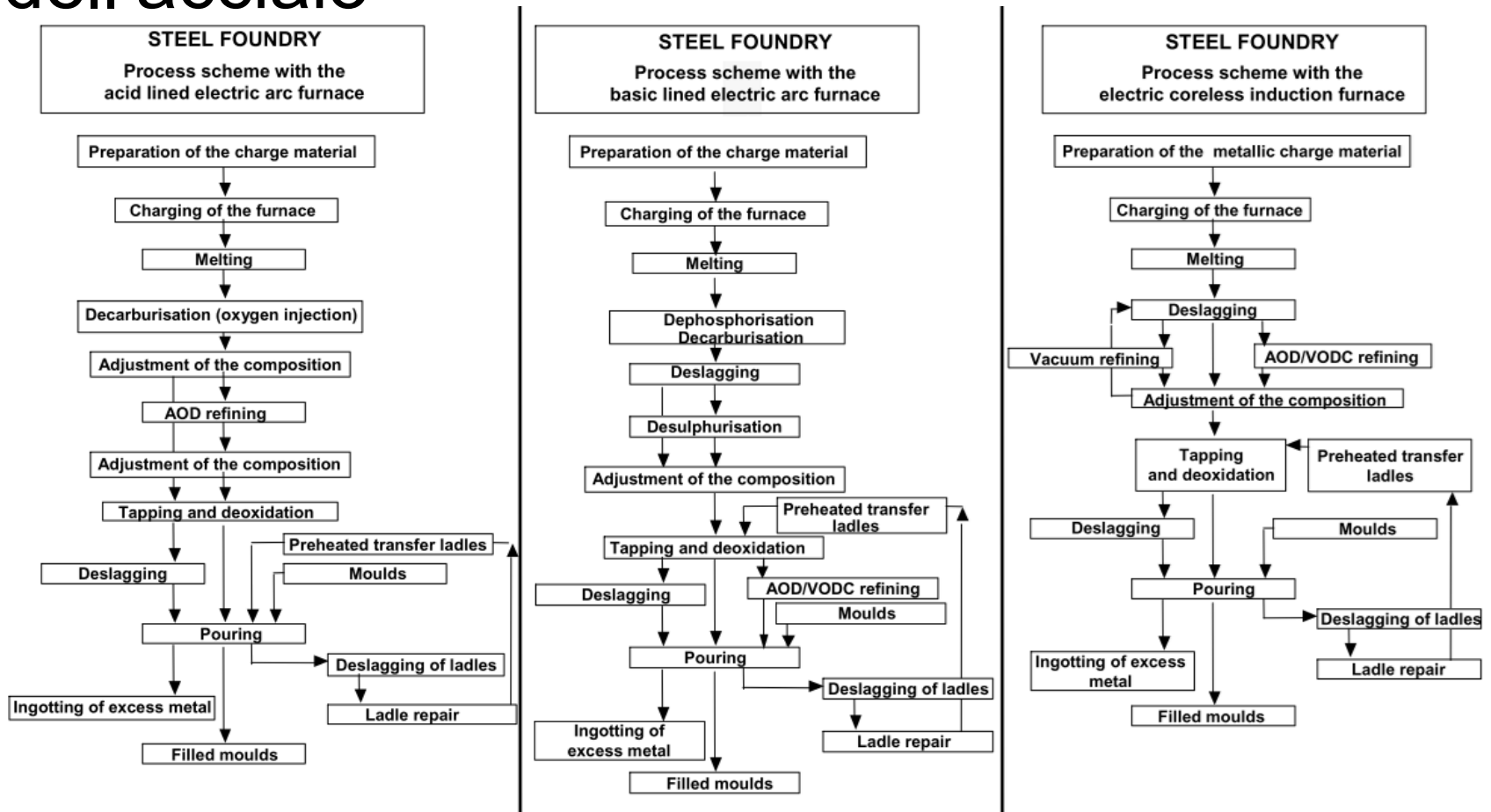
Source: European Commission, 2005, Reference document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry, p.37

# Forno elettrico a induzione

- Il campo magnetico è creato da un avvolgimento primario e da uno secondario che avvolge il materiale da fondere
- Il crogiolo è rivestito da materiale refrattario circondato da tubi di rame a spirale ove circola la corrente alternata ed è raffreddato ad acqua



# Diagrammi di flusso del processo per la fusione e il trattamento dei metalli dell'acciaio



Source: *Ivi*, p. 18

## B) Tecniche di formatura

- Processo di creazione di una forma in cui verrà inserito il metallo fuso.
- Attenzioni speciali includono:
  - Ottenimento precisione dimensionale
  - Ottenimento superficie liscia
  - Evitare i difetti di fusione, ad es. crepe, fori di spillo, ecc.
- Tipi di forme: a perdere e permanenti, cioè monouso e multiuso.

# Allestimento della forma

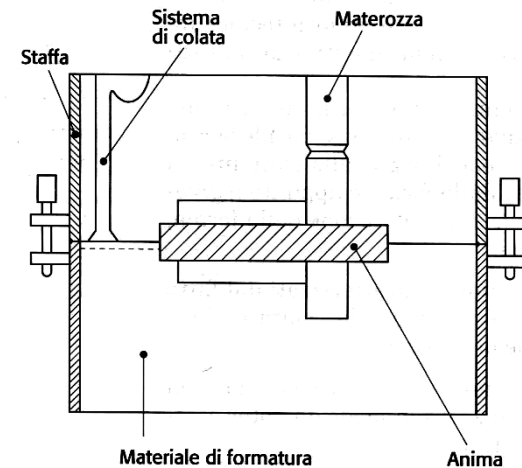
Oltre al modello, altri elementi necessari per l'allestimento della forma sono:

- Staffe di formatura: telai in acciaio per contenere il materiale di formatura
- Sistema di colata: sistema di canalizzazioni da predisporre a ridosso della forma per consentire al materiale di colata di fluire all'interno
- Sistema di solidificazione: serbatoi (materozze) per l'accumulo del materiale fuso in eccesso. Le materozze servono anche per la compensazione dei ritiri e per motivi tecnici (p.e.: spostamento del baricentro termico) che condizionano il risultato



# Staffe

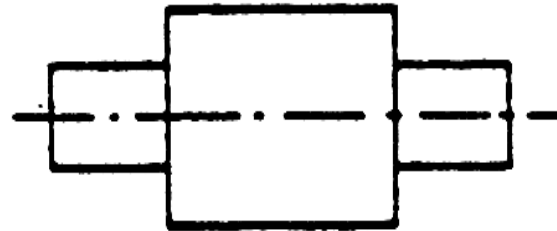
- Sono dei telai metallici utilizzati per contenere la terra di formatura durante la composizione della forma e durante la colata
- Hanno apposite “orecchie” laterali per potere essere allineate in fase di composizione della forma.



# Ciclo di formatura in terra

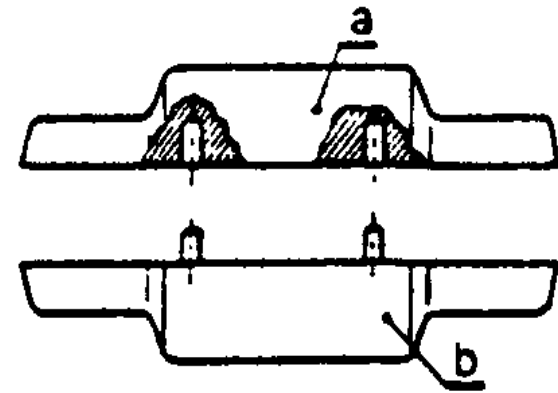
Le fasi di un ciclo di formatura in terra

Il pezzo da realizzare per fusione



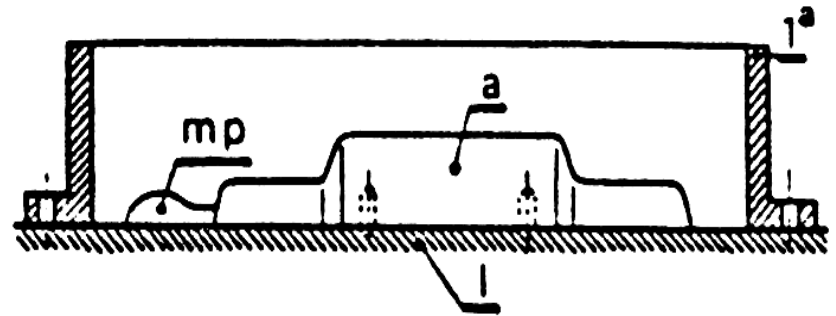
# Ciclo di formatura - 1

Tenendo conto del ritiro, dei sovrametalli e per facilitare l'estrazione del modello dalla forma, si costruisce un modello scomponibile in due parti, in questo caso praticamente uguali. La parte (a) presenta dei fori di riferimento nei quali si infileranno i relativi pioli della parte (b)



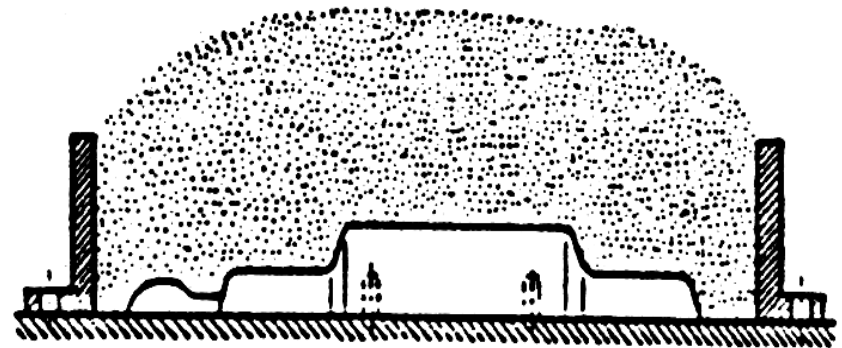
# Ciclo di formatura - 2

Si appoggia il semimodello a con i fori di riferimento su un piano di lavoro ponendovi accanto il modello del piede di colata (mp). Si dispone attorno la prima staffa.

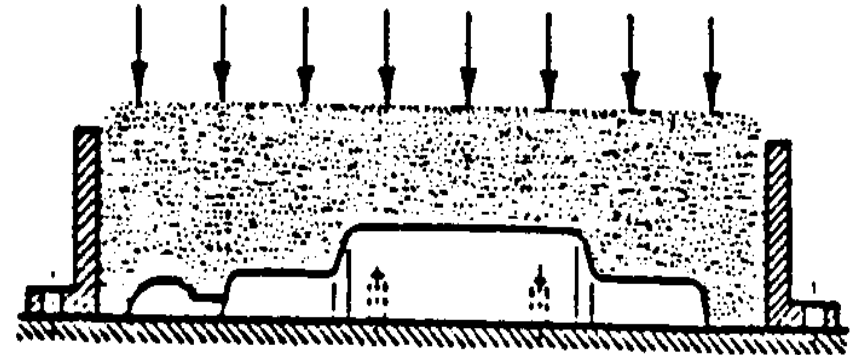


# Ciclo di formatura - 3

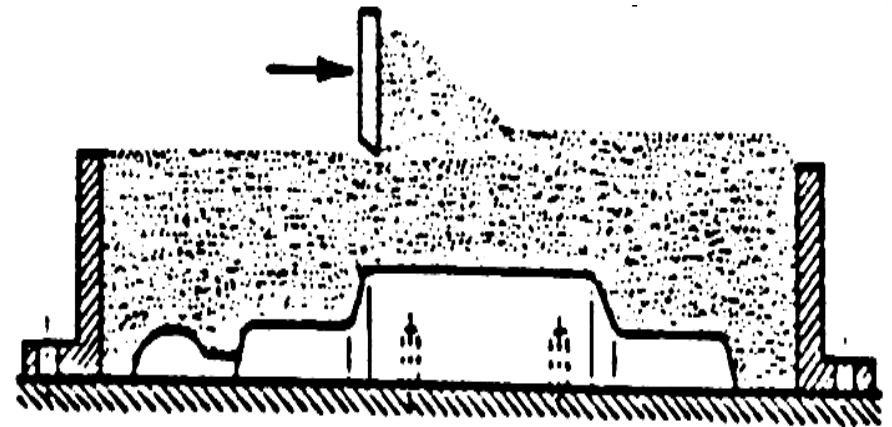
Dopo avere cosparso il modello di polveri che impediscono l'incollaggio della terra sul modello e ne facilitano l'estrazione, si riempie la staffa con terra da fonderia



# Ciclo di formatura - 4

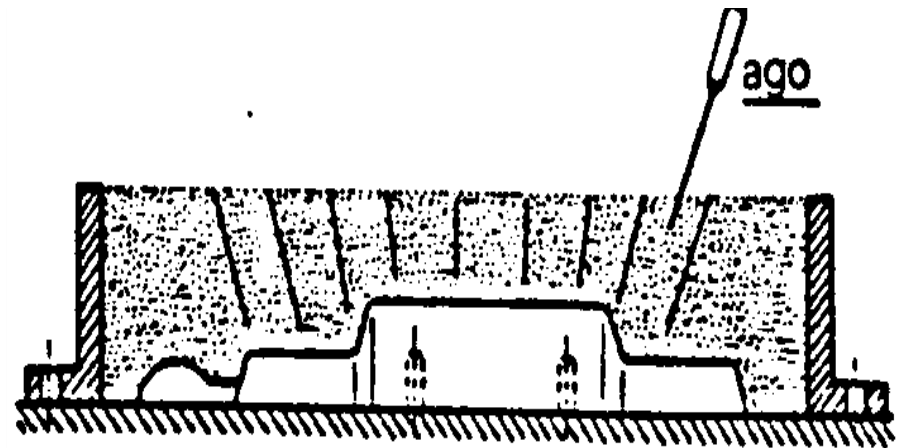


Si comprime la terra meccanicamente e si spiana la superficie superiore asportando la terra in eccesso



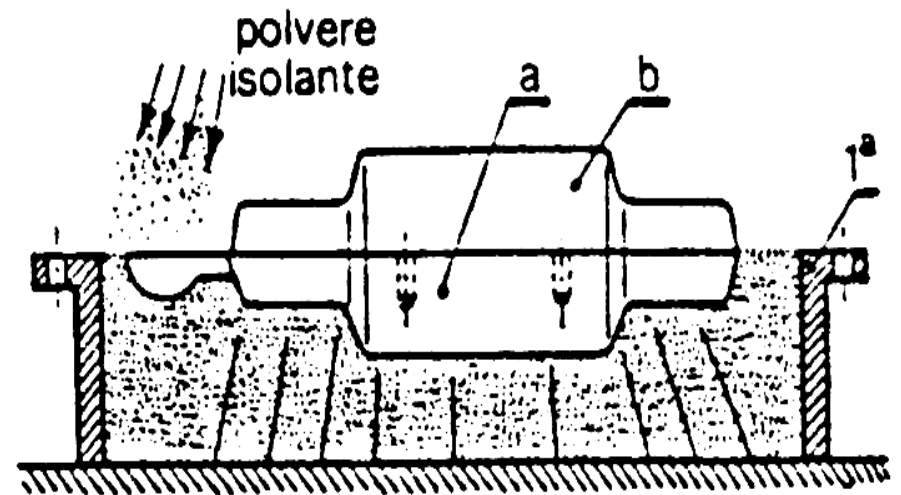
# Ciclo di formatura - 5

Si fora la forma in vari punti, senza danneggiare il modello, in modo da consentire la fuoriuscita dei gas che si generano durante la colata. La permanenza di tali gas potrebbe generare difetti nel getto.



# Ciclo di formatura - 6

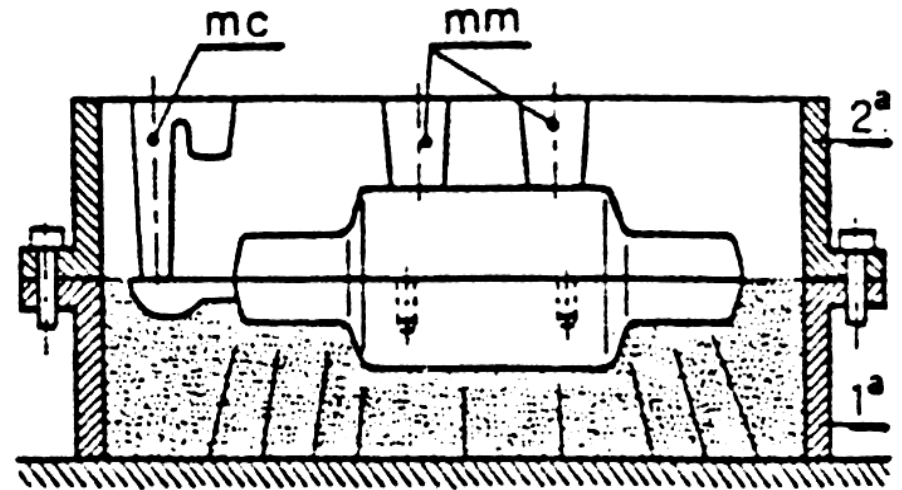
Si capovolge la prima staffa, si sovrappone al semimodello a il semimodello b sfruttando fori e pioli di riferimento. Si cosparge il piano di separazione con polvere isolante.



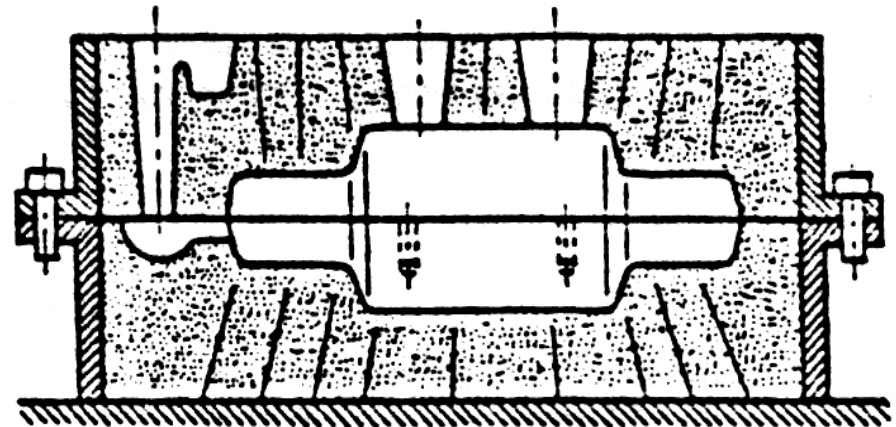


# Ciclo di formatura - 7

Si sovrappone la seconda staffa centrandola rispetto alla prima con i perni di riferimento. Si dispongono i modelli del canale di colata mc e della materozze mm.

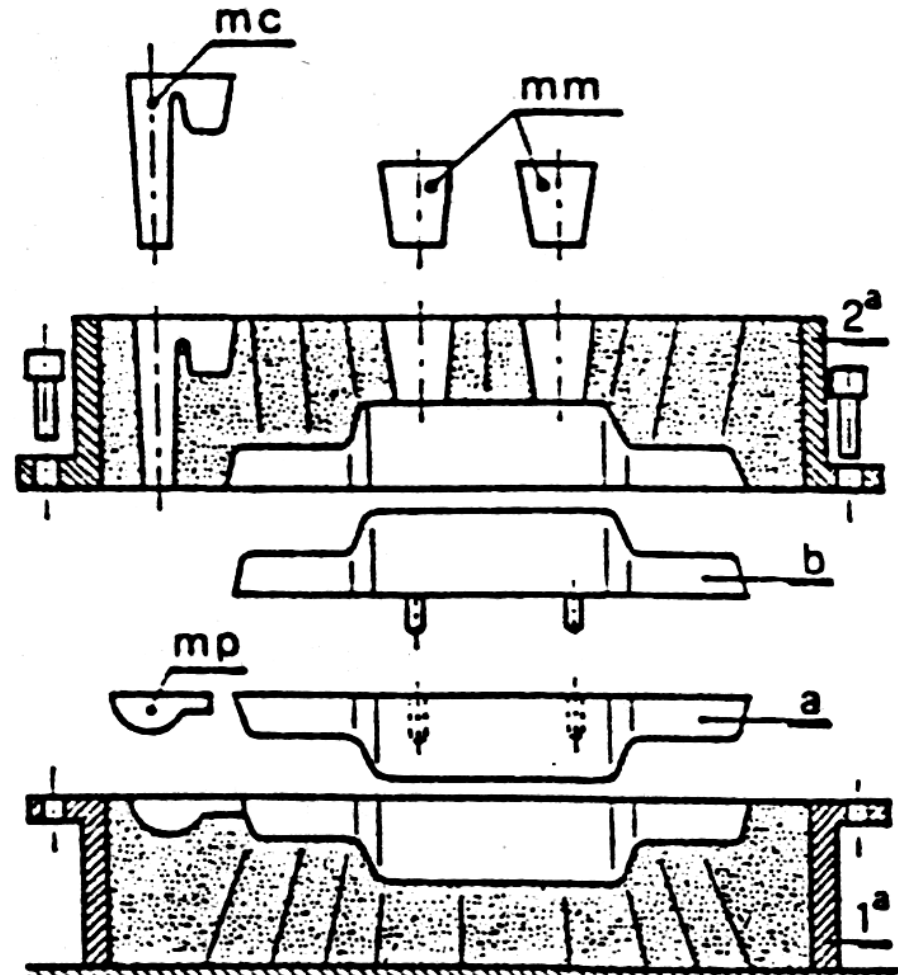


Si procede con il riempimento della staffa con la terra, con la compressione, con la spianatura e con la foratura (vedi fasi precedenti).



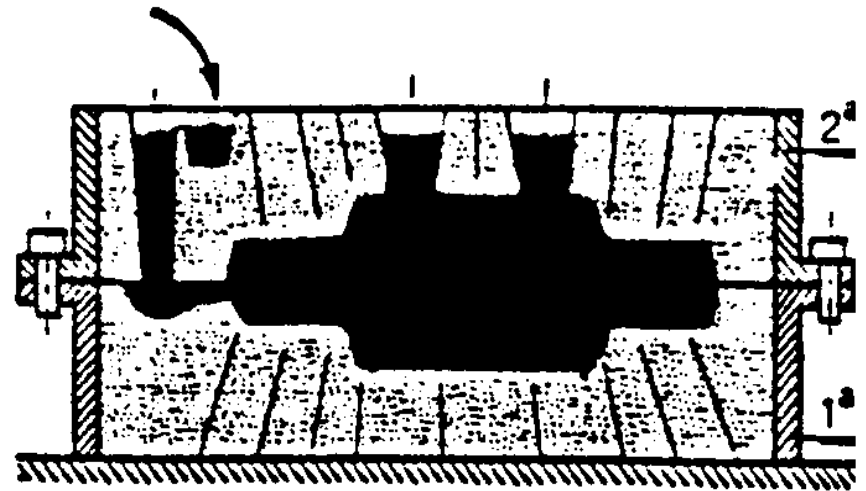
# Ciclo di formatura - 8

Si separano le due staffe, si estraggono tutti i modelli facendo attenzione a non rovinare la forma. Si ripara, eventualmente la forma.



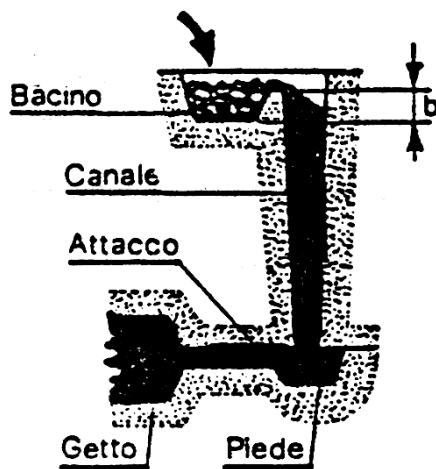
# Ciclo di formatura - 9

Si sovrappongono le staffe centrando con i perni di riferimento. Si è così pronti per la colata. Naturalmente, prima di chiudere le staffe si devono posizionare le anime, qualora fossero previste.

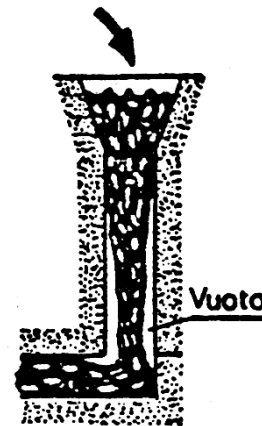


# Il sistema di colata

- È definito tale l'insieme delle canalizzazioni che permettono alla lega liquida di riempire la forma
- Per la progettazione del canale di colata: è fondamentale l'esperienza accumulata (Regole pratiche per progettare il sistema di colata)



Disposizione  
corretta



Disposizione non  
corretta. Si formano  
bolle d'aria che  
entrano nella forma

# Forma a perdere

- Uso singolo, cioè distrutto dopo il versamento.
- Generalmente fatto di sabbia (diversi tipi), che può essere legato chimicamente, legato all'argilla o non legato.

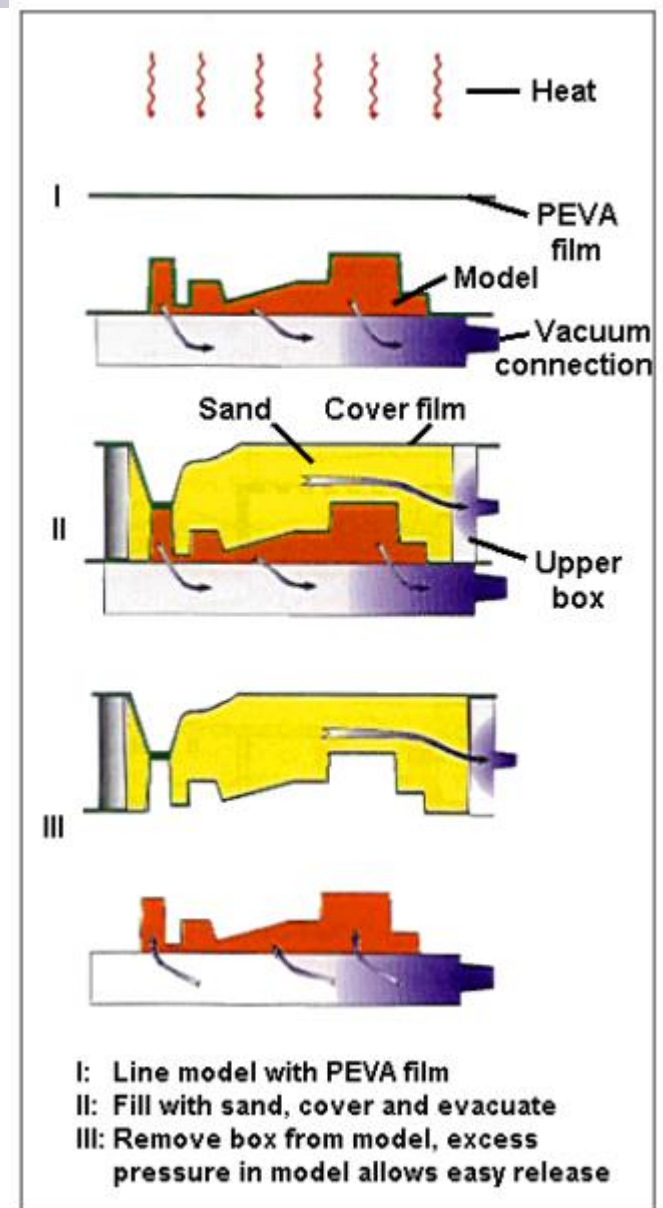
vs

# Forma permanenti

- Usi multipli.
- Tipicamente metallico.
- Utilizzato per fusione a gravità e a bassa pressione, pressofusione e colata centrifuga.

# Esempio: formatura sotto vuoto (sabbia)

- La formatura della sabbia comporta l'uso di grandi volumi di sabbia, con rapporti di peso tra sabbia e metallo liquido che vanno generalmente da **1:1 a 20:1**.



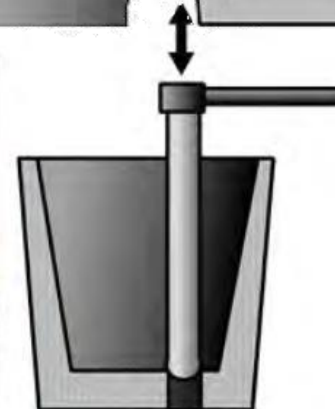
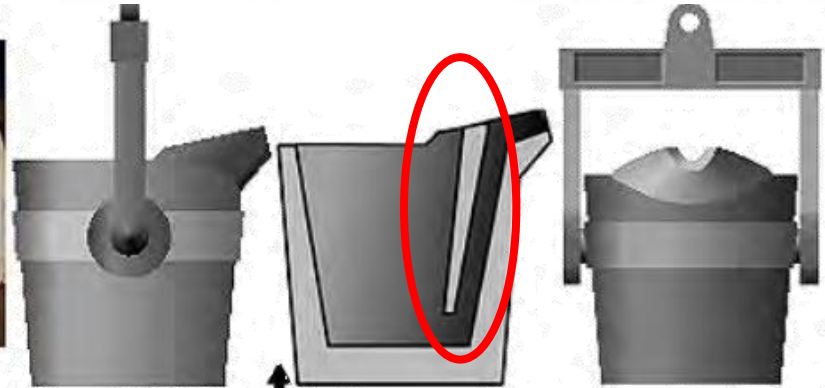
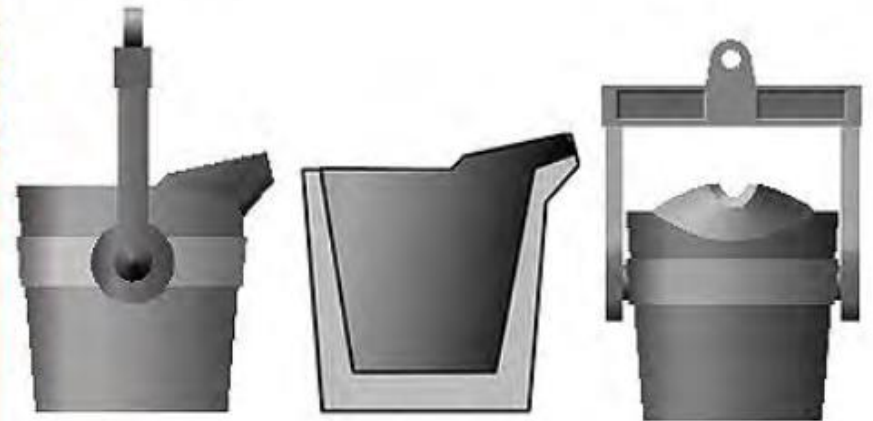
Source: Hoppenstedt, 2002; European Commission, 2005, Reference document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry, p.ii, 64

# C) Colata

- Il **versamento** è l'attività centrale nella produzione di getti.
- La forma finita viene riempito con il metallo liquido sotto gli effetti delle forze gravitazionali o centrifughe o della pressione.
- Dopo il versamento, il getto viene raffreddato per consentire la solidificazione e viene quindi rimosso dalla forma per un ulteriore raffreddamento e trattamento.

# Versamento

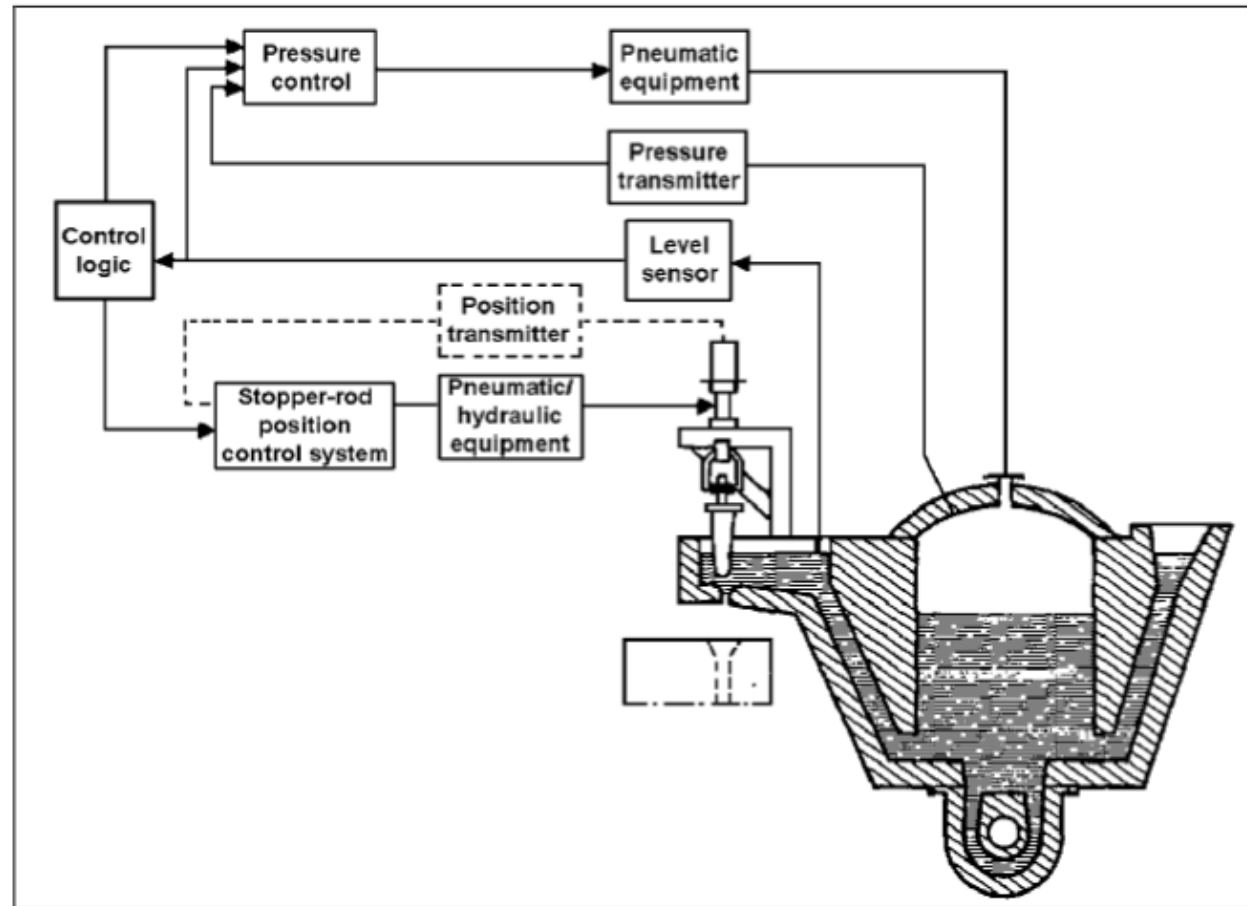
- Siviera per il versamento del metallo fuso.
- Siviera anti scoria per versare metallo fuso.
- Siviera con foro situato sul fondo





# Versamento

- Le linee automatiche di colata sono spesso dotate di un forno per il versamento.
- Il metallo viene versato durante un periodo definito sollevando un tappo



# Solidificazione (1° Raffreddamento)

- La lunghezza della linea di raffreddamento determina la temperatura finale del getto nel punto di scuotimento.
- Questa temperatura deve essere sufficientemente bassa da fornire al getto una forza sufficiente durante lo scuotimento e un'ulteriore manipolazione.
- I grandi stampi non vengono spostati durante il raffreddamento. Il tempo di raffreddamento può arrivare a diversi giorni

Source: European Commission, 2005, Reference document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry, p.81