

## TECNICHE DI FONDERIA

La fonderia è probabilmente la tecnica più antica di formatura dei metalli e consiste nell'immettere un metallo fuso in una cavità; dopo il raffreddamento del metallo si ottiene un pezzo che ricopia al positivo la forma della cavità.

La fonderia è una tecnica molto versatile; con essa è possibile costruire pezzi con peso da pochi grammi a molte tonnellate. La fonderia è molto interessante poiché **può diminuire il costo di alcune strutture ed aumentare la loro efficienza, diminuendone il peso**; inoltre essa offre una maggiore integrazione strutturale, consentendo l'eliminazione di molti sotto componenti; infine la fonderia offre al progettista una grande libertà nel disegno delle strutture, potendo aggiungere del materiale dove questo è necessario.

Un'affermazione di carattere generale è: **una struttura deve essere disegnata in funzione della tecnologia con la quale la si vuole realizzare**. Questo aspetto è particolarmente stringente nel caso della fonderia, per cui è necessario uno stretto contatto fra progettista e reparto di fonderia fin dalle prime fasi del progetto.

I principali metalli utilizzati in fonderia sono acciaio, ghisa, ottone, bronzo, leghe di alluminio, leghe di magnesio e leghe di titanio. Un metallo da fonderia deve avere una temperatura di fusione relativamente bassa, non superiore a 1500-1600°C, deve possedere una buona fluidità allo stato fuso in modo da riempire correttamente la forma e non deve presentare durante il raffreddamento fenomeni che ne diminuiscono la resistenza meccanica.

In generale, nei confronti della fonderia, si può affermare che le leghe sono più adatte dei metalli puri.

Un primo problema nella fonderia riguarda le deformazioni di origine termica. Praticamente tutti i metalli subiscono una brusca variazione di volume durante la transizione liquido/solido e questa può essere causa di difetti nei getti (getto è un pezzo grezzo ottenuto per fonderia). Raggiunto lo stato solido, il volume del getto continua a diminuire durante il raffreddamento fino alla temperatura ambiente, e questo può essere causa di ulteriori difetti.

La variazione di volume che avviene durante la solidificazione può essere compensata alimentando il getto con metallo fuso. Ciò viene realizzato predisponendo un opportuno volume di materiale, detto "materozza", dimensionato in modo da raffreddare per ultimo e quindi poter alimentare il getto con metallo fuso, fig. 1 (molte figure sono solo esplicative e quindi non necessariamente rispettano proporzioni o dettagli importanti nella fonderia, come i raggi di raccordo).

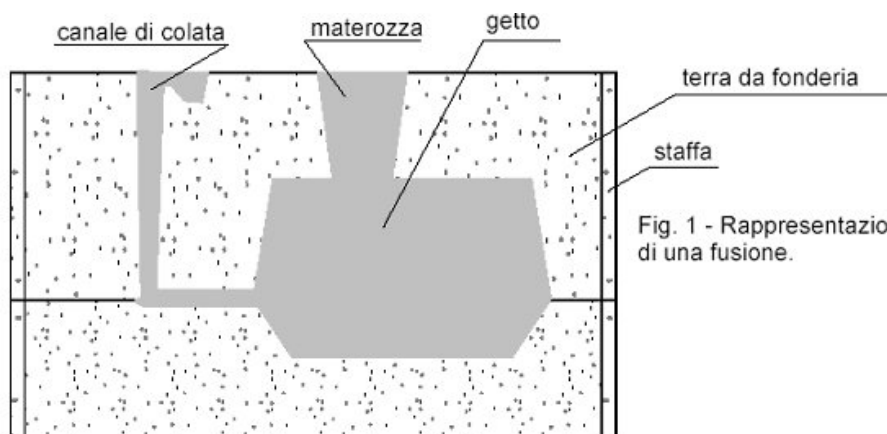


Fig. 1 - Rappresentazione schematica di una fusione.

La funzione della materozza (o delle materozze) è quindi quella di evitare le "cavità da ritiro", che altrimenti si formerebbero, come mostrato in fig. 2.

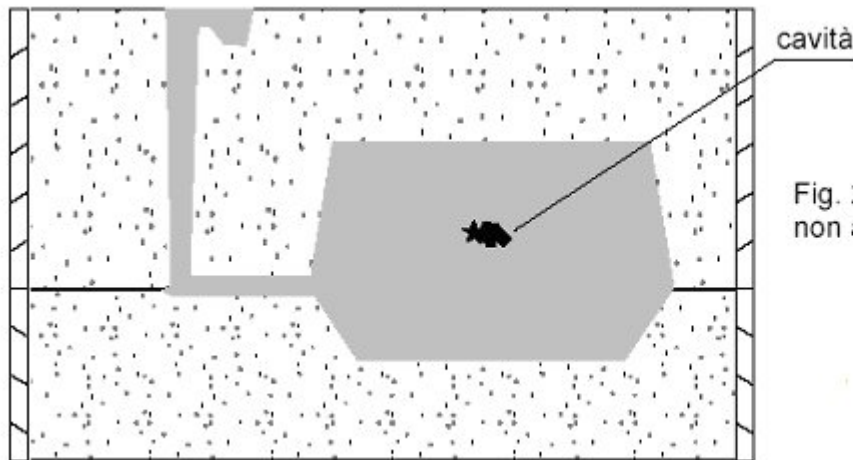


Fig. 2 - Il raffreddamento di un getto non alimentato produce cavità.

In sintesi, la funzione della materozza è quella di spostare il "baricentro termico della fusione" (area nella quale si completa la solidificazione) dal getto alla materozza stessa, fig. 3.

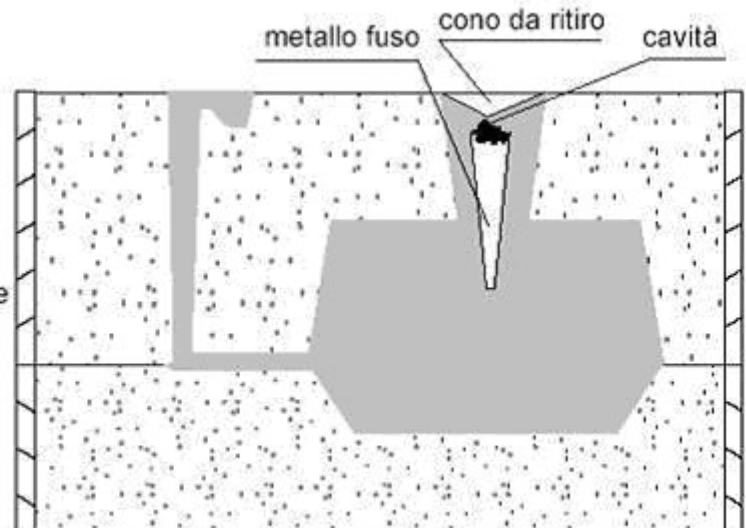


Fig. 3 - Alimentazione di un getto tramite una materozza.

La materozza viene eliminata dopo la fusione, unitamente al canale di colata. Il raffreddamento del getto non potrà mai avvenire in modo uniforme e i gradienti di temperatura che si formano durante il raffreddamento sono la causa di tensioni residue nei getti la cui entità può anche essere tale da produrre rotture nel getto (cricchiate).

Vediamo ora come si crea la forma nella quale immettere il metallo fuso.

Storicamente il primo modo è stato quello di creare detta forma nella terra; tale tecnica, **fusione in terra**, è tuttora utilizzata. Per poter realizzare la forma nella terra bisogna disporre di un "modello", cioè un pezzo uguale al pezzo che si vuole costruire; si vedrà che in realtà il modello è solo simile al pezzo che si vuole costruire. In passato i modelli venivano costruiti in legno e verniciati per limitare l'assorbimento di umidità. Oggi si preferiscono materie plastiche, legno artificiale e metalli.

Per quanto concerne le dimensioni del modello, si è parlato del ritiro che il metallo subisce durante il raffreddamento. Di tale ritiro, che per i diversi metalli è dell'ordine del 0.5-2%, si può tenere conto nel disegno del modello. Il modello è quindi leggermente più grande del pezzo finito per compensare il ritiro.

Difficilmente un pezzo fuso è anche un pezzo finito; quasi sempre sono necessarie delle lavorazioni meccaniche per ottenere precise quote e tolleranze. Sul modello dovrà quindi essere previsto un sovrametallo per consentire le successive lavorazioni. Inoltre nel disegno del modello si deve

tenere conto della necessità di estrarre il modello dalla terra senza danneggiare la cavità formata. Ciò può essere ottenuto dotando il modello di "angoli di spoglia", variabili da 0.5 a 5° in funzione della profondità dell'impronta, fig. 5. L'estrazione del modello è inoltre facilitata se il modello è costruito con ampi raggi di raccordo, come mostrato in figura.

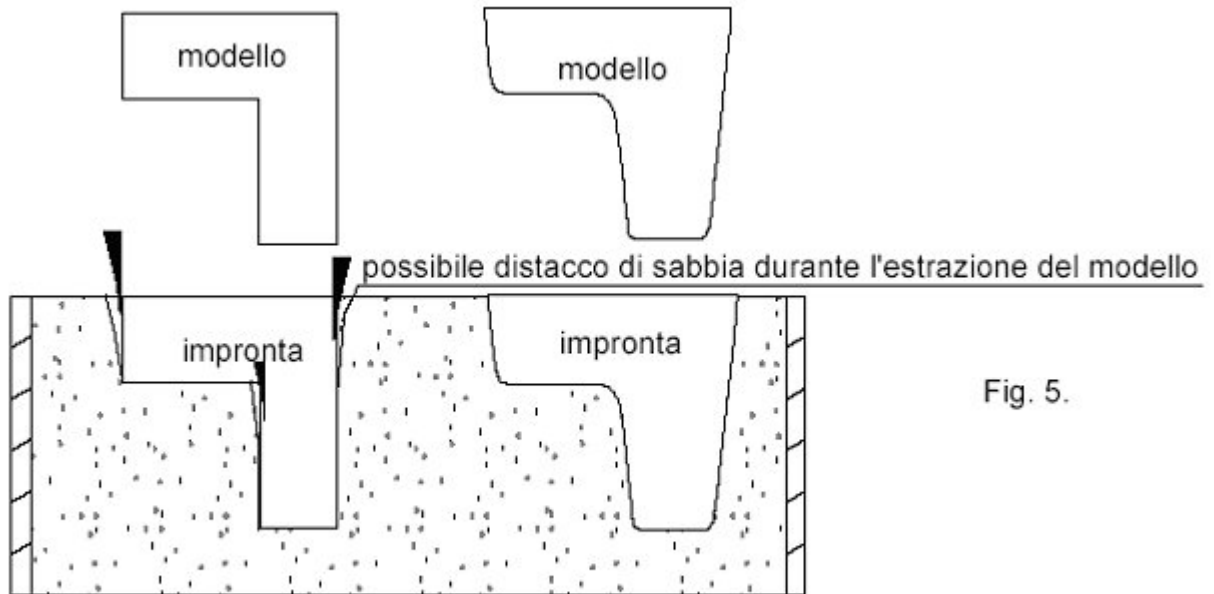
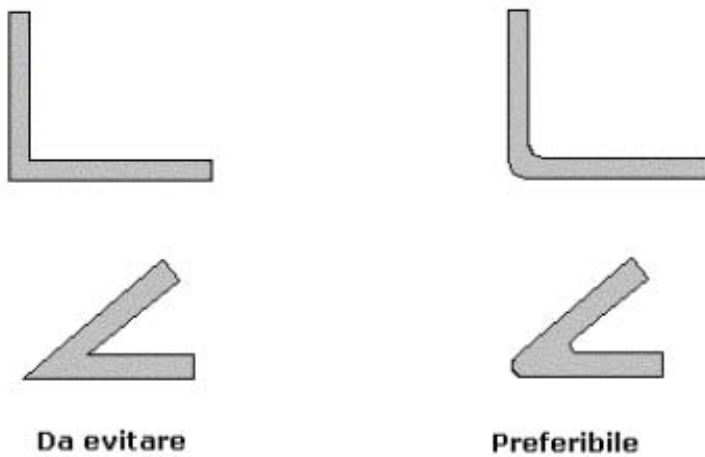


Fig. 5.

Ampi raggi di raccordo migliorano inoltre il modo di raffreddamento del getto, diminuendo quindi le tensioni residue, ed evitando cricature.

Fig. 6a



Anche aree di transizione fra zone del getto a diverso spessore e uniformità degli spessori evitano la formazione di cricature e vuoti da ritiro.

L'estrazione del modello è possibile solo in assenza di **sottosquadri**; in questo modo vengono denominate quelle zone del modello che risultano essere in ombra rispetto alla direzione di estrazione del modello stesso, fig. 8a. I sottosquadri in alcuni casi possono essere eliminati cambiando il piano di separazione del modello (questo non è il caso di fig. 8a), oppure modificando il disegno del getto, fig. 8b, o ancora ricorrendo a modelli smontabili e ricomponibili tramite spine o piccole slitte, fig. 8c. In alcuni casi è anche possibile eliminare un problema di sottosquadro inserendo un secondo elemento, detto anima, fig. 8d.

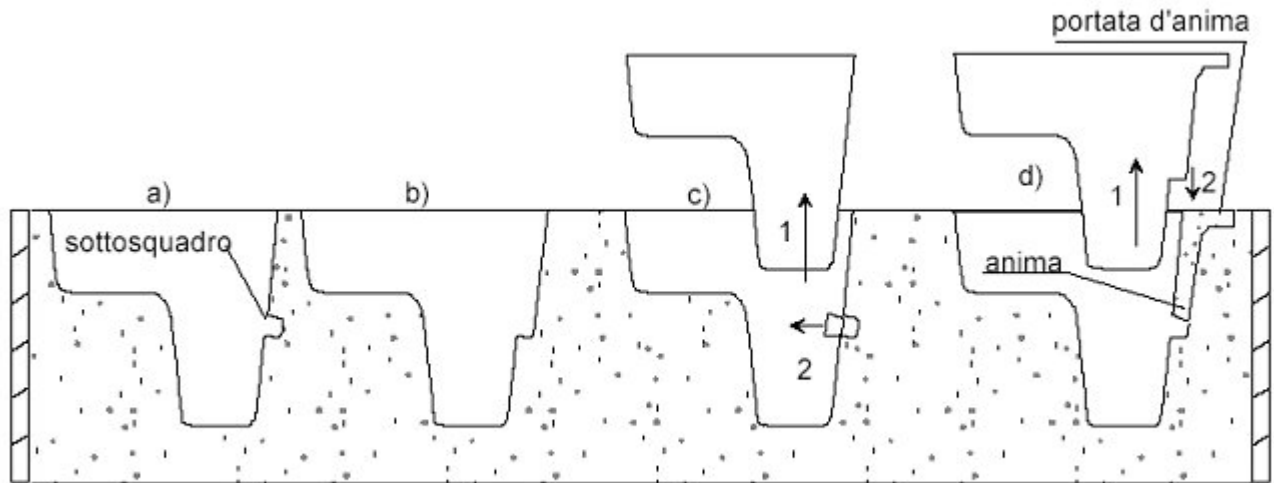


Fig. 8.

Un'anima è un blocchetto di sabbia da fonderia sagomato con una apposita forma, detta "**cassa d'anima**"; per poter correttamente appoggiare e riferire un'anima nella forma è necessario creare una "portata d'anima", fig. 8d. A questo punto il modello differisce dal pezzo finito anche per la presenza delle portate d'anima.

Questa descritta è una applicazione particolare di un'anima. L'uso più comune delle anime è quello di creare delle cavità, ad esempio grossi fori, come illustrato in fig. 9. L'anima è più leggera del metallo fuso, per cui è soggetta ad una spinta idrostatica non trascurabile. Al fine di evitare la flessione, o peggio la rottura dell'anima, questa può essere armata internamente con tondino metallico.

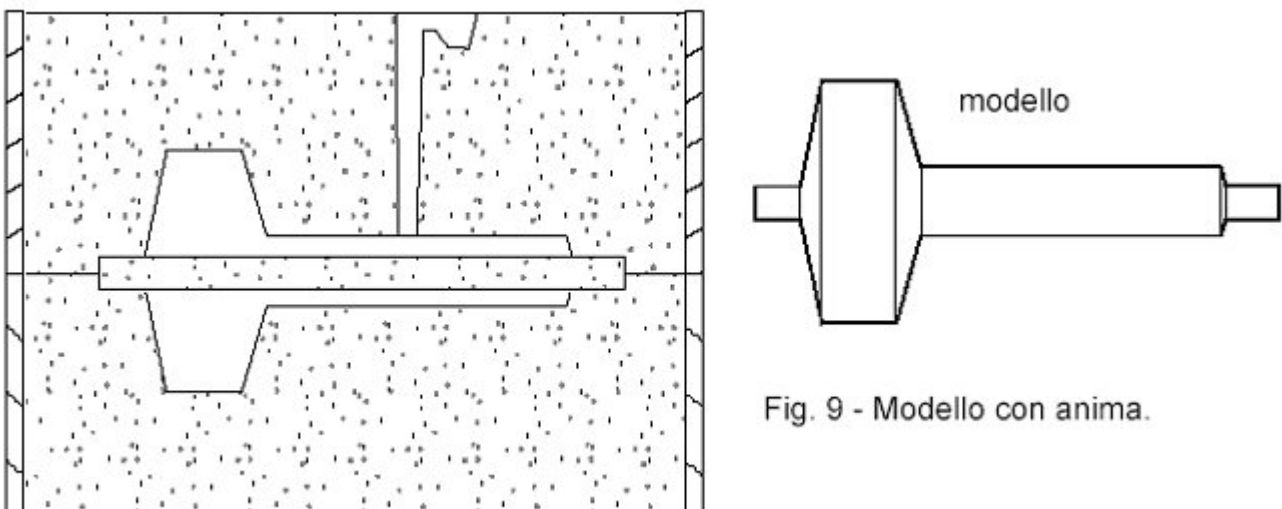


Fig. 9 - Modello con anima.

#### Accessori per l'allestimento della forma.

**Staffe.** Il primo elemento per l'allestimento di una forma sono le staffe. La staffa è un contenitore senza fondo, in genere costruito in ferro, dotato di due fori con i quali è possibile riferire correttamente due staffe, fig. 10. Le staffe sono disponibili in diverse dimensioni, in funzione delle dimensioni del getto che deve essere realizzato (a richiesta possiamo fornirVi le dimensioni delle staffe solitamente usate nella nostra azienda).

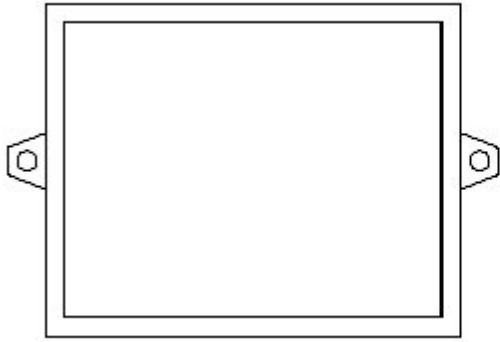


Fig. 10 - Staffa.

**Canale di colata.** Per poter riempire correttamente la forma, questa deve essere dotata di un canale, che inizia con un piccolo bacino, la cui funzione è quella di rallentare la caduta del metallo fuso che altrimenti potrebbe danneggiare la forma, asportando sabbia, che successivamente rimarrebbe intrappolata nel getto. Dal bacino parte il canale verticale, di sezione decrescente in modo da evitare la formazione di moti turbolenti, che favorirebbero il trasporto di aria verso la forma, con possibile formazione di soffiature nel getto. Dal piede del canale parte un tratto orizzontale che si attacca al getto, fig. 11.

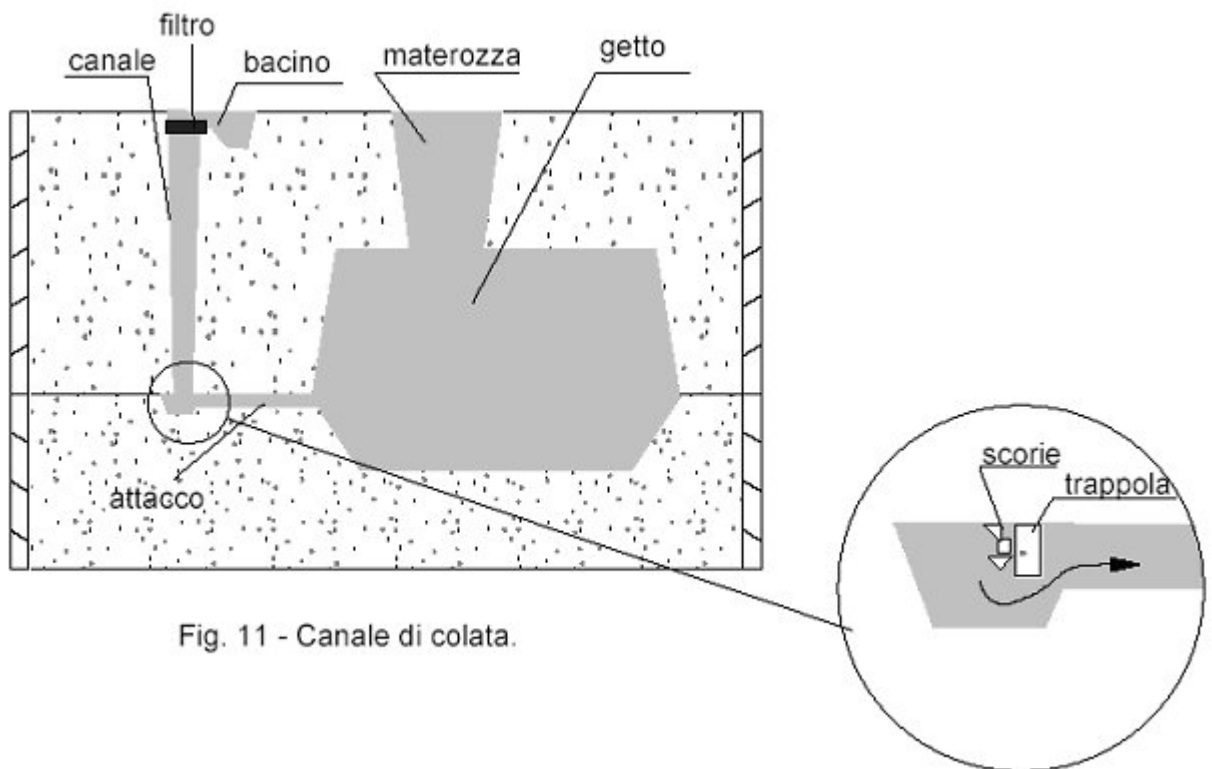


Fig. 11 - Canale di colata.

Il canale di colata e l'attacco orizzontale fanno parte degli accessori della fonderia; vengono montati separatamente e presentano i giusti angoli di sforno in modo da poterli togliere senza danneggiare la forma. Per fusioni complesse o molto grandi dal canale di colata parte una canalizzazione di distribuzione che alimenta il getto in diversi punti. In alcuni casi si possono avere anche più canali di colata, che vengono riempiti da più addetti. Il canale di colata viene completato con un filtro in materiale ceramico, la cui funzione è quella di trattenere la scoria ed evitare quindi la sua inclusione nel getto. Poiché la scoria ha peso specifico inferiore rispetto al metallo, questa può essere trattenuta anche con opportune "trappole", come mostrato in fig. 11.

**Materozza.** Si è detto che la funzione della materozza è quella di spostare il baricentro termico dal getto alla materozza stessa, in modo da inglobare i difetti nella materozza, che successivamente sarà eliminata. Questo può essere ottenuto con una materozza di dimensioni adeguate, ma anche diminuendo la dispersione termica della materozza tramite una coibentazione, oppure adot-

tando una materozza cieca, che non comunicando con l'esterno presenta una minore dispersione termica, fig. 12.

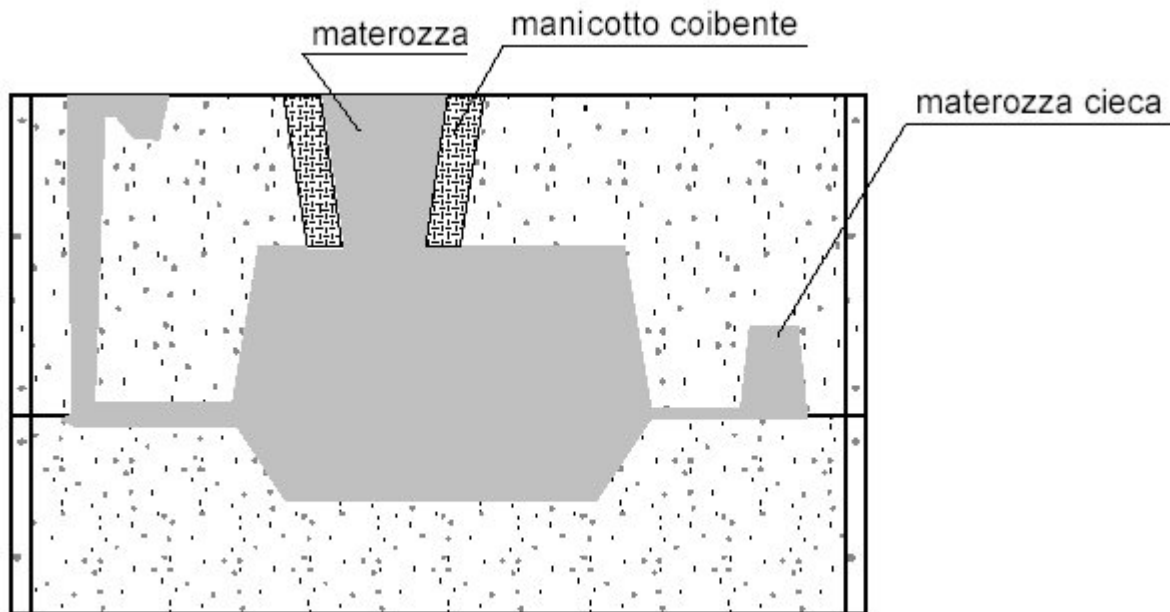


Fig. 12 - Coibentazione della materozza e materozza cieca.

Il baricentro termico può anche essere spostato utilizzando elementi metallici di raffreddamento del getto, in modo da favorire il raffreddamento verso la materozza, fig. 13.

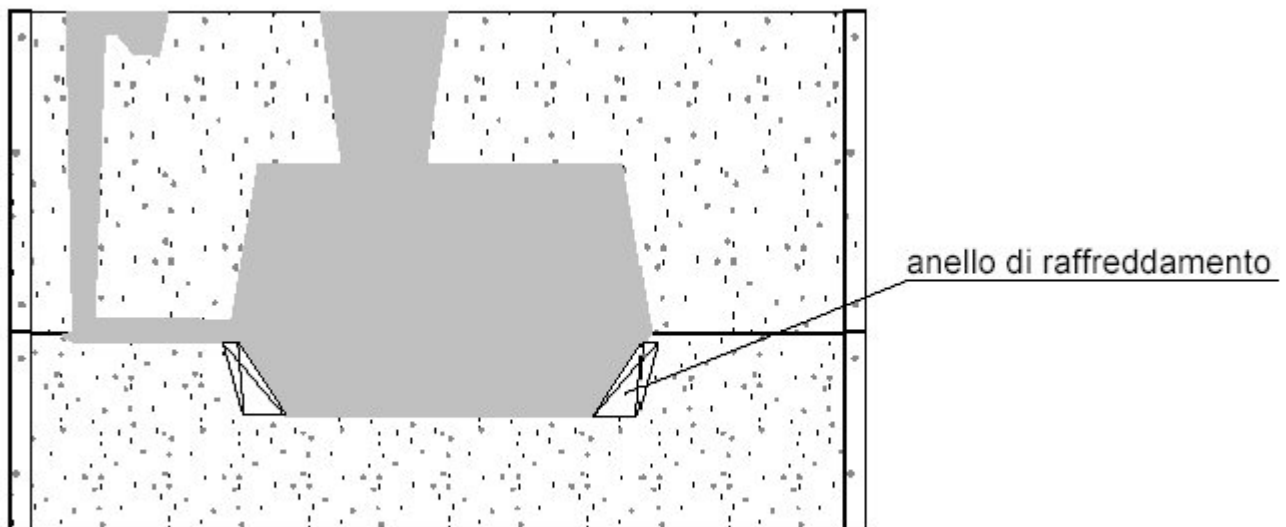


Fig. 13 - Uso di elementi di raffreddamento del getto.

**Materiale per l'allestimento della forma.** La terra da fonderia è costituita da sabbia di quarzo impastata con argilla e alcuni additivi; il rapporto sabbia/argilla è circa 10/1. I granelli di sabbia possono essere di diverse forme e dimensioni; ciascuna granulometria è adatta per certe applicazioni. L'argilla è tipicamente bentonite e la sua funzione è quella di conferire plasticità e coesione alla sabbia. All'impasto si aggiungono anche additivi per migliorarne le proprietà e una piccola quantità di acqua per aumentare la coesione e la plasticità. Forme di grandi dimensioni vengono successivamente essiccate in forno (formatura a secco) e questo ne aumenta notevolmente la consistenza, mentre forme di piccole dimensioni possono essere usate direttamente (formatura a verde).

Vediamo ora le diverse fasi per la preparazione manuale della forma in terra necessaria per la costruzione del tubo flangiato rappresentato in fig. 9. Si costruisce un modello diviso in due metà. Il corretto accoppiamento delle due parti del modello è garantito da alcune spine coniche. Si posiziona un semi-modello su un piano, unitamente all'attacco di colata, fig. 15a.

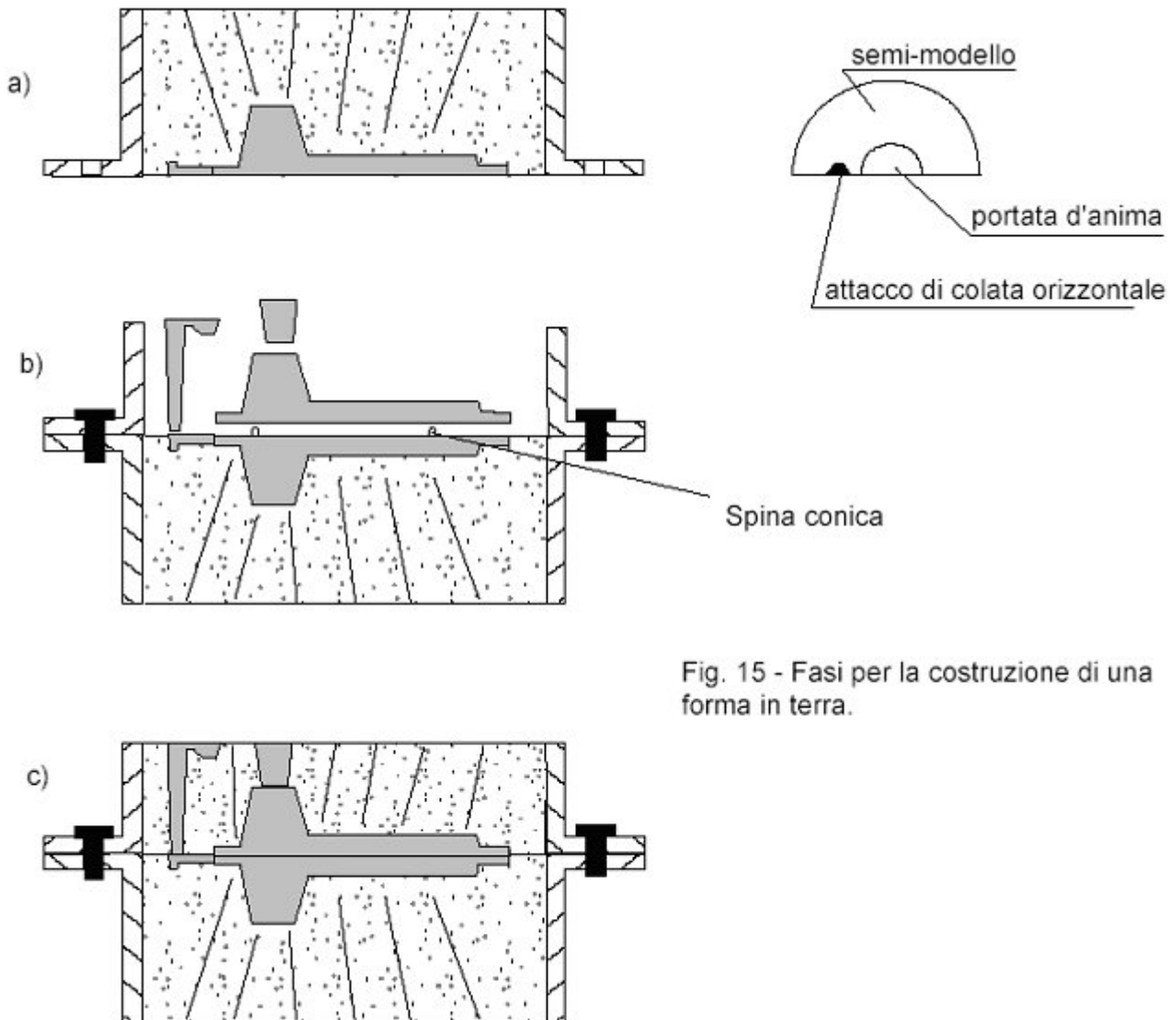
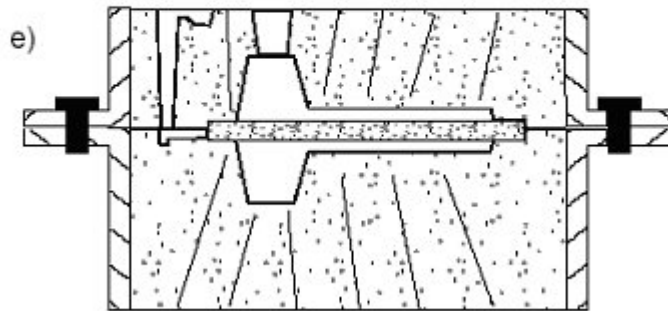
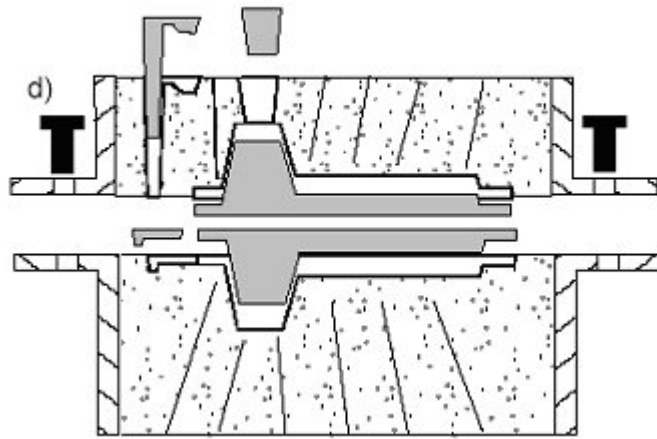


Fig. 15 - Fasi per la costruzione di una forma in terra.

In questo caso è necessario spostare lateralmente l'attacco di colata per non interferire con la portata d'anima. Si circonda il semi-modello con una staffa, si riempie la staffa di terra da fonderia e si compatta. Anche se la terra da fonderia presenta una certa porosità, per cui i gas possono essere espulsi, si creano nella terra dei fori con un lungo spillo per facilitare la fuoriuscita dei gas. Si capovolge la staffa, fig. 15b; si monta la seconda metà del modello insieme alla materozza e al canale di colata. Sul piano di separazione fra le due staffe si sparge una sostanza in polvere (anche sabbia non impastata) per facilitare la successiva apertura delle staffe. Si riempie anche la seconda staffa con terra, si pressa e si praticano i fori di sfiato, fig. 15c.



Si apre la forma e si tolgono le due metà del modello, l'attacco laterale, il canale di colata e la materozza. Separatamente in una cassa d'anima si è preparata l'anima che viene appoggiata all'interno nella forma. Si richiudono le staffe; in questa fase è fondamentale il riferimento delle staffe che viene garantito dalle due spine esterne, fig. 15e. A questo punto si può versare il metallo fuso.

*Ringraziamo il Prof. Agostino Lanciotti, del Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale dell'Università di Pisa, che ci ha permesso di utilizzare il materiale qui riportato.*