

Capitolo 2
DESCRIZIONE ED ANALISI
DEL CICLO PRODUTTIVO DEI BENI

2.1 FASI PRODUTTIVE E TECNOLOGIE DI PROCESSO

2.1.1 STOCCAGGIO MATERIE PRIME PRODOTTI CHIMICI E MODELLI

2.1.1.1 Produzione e riparazione modelli in legno

Per questa fase le materie prime sono legno, stucco, vernici, resine e solventi

La quantità dei modelli in legno stoccati cambia da azienda ad azienda a seconda del tipo e della quantità di produzione e può essere notevole, infatti molte aziende fondono pezzi diversi, talvolta unici, e in tal caso per ogni pezzo è necessario un modello. Ad esempio un'azienda del comparto dispone di circa 1.000 modelli per la formatura manuale e 3.000 per la formatura automatica: i primi sono di grandi dimensioni e il 90% in legno, mentre i secondi sono di dimensione più piccola e il 50% in legno; pertanto il carico di incendio complessivo del magazzino dei modelli è notevole.

2.1.1.2 Formatura, produzione anime e preparazione terre

Le materie prime ed i prodotti chimici impiegati dipendono dal tipo di formatura e di produzione anime usato.

Nelle aziende del comparto sono presenti la formatura a verde a resine e ad anidride carbonica.

Quando in una stessa azienda sono presenti più processi di formatura, gli impianti di stoccaggio, recupero e preparazione terre sono necessariamente separati, perché nella preparazione della terra di fonderia l'unico componente comune ai tre processi è la sabbia silicea.

La sabbia silicea vergine viene fornita essiccata; un tempo era fornita in sacchi di carta, ma oggi le aziende del comparto la acquistano sfusa tramite autocisterne che caricano i silos di stoccaggio in modo pneumatico in un impianto chiuso.

A seconda del tipo di impianti di formatura a verde utilizzati, vengono aggiunti amidi pregelatinizzati come leganti organici. Il preparato viene fornito in sacchi di carta o di plastica. Si tratta di polvere o scaglie finissime di colore variabile dal bianco avorio al giallo chiaro. Questi preparati non sono più ritenuti necessari nelle aziende che dispongono di impianti di formatura automatica più moderni, in quanto questi riescono a garantire un adeguato grado di coesione della terra di fonderia durante la formatura a pressione.

Nella formatura a resina quest'ultime possono essere fornite allo stato solido, sotto forma di scaglie o polvere, in sacchi di carta o plastica o anche in contenitori di cartone o di materiali sintetici, ma più spesso le resine sono fornite allo stato liquido in soluzione alcolica, idroalcolica o emulsione acquosa, in fusti di acciaio o in apposite cisterne attrezzate per il travaso a mezzo di pompe; in ogni caso i contenitori di resine riportano l'etichettatura speciale obbligatoria per le sostanze pericolose;

La miscelazione dei componenti, che avviene in appositi impianti chiusi costituiti essenzialmente da una coclea nella quale la sabbia proveniente dai silos di stoccaggio, avviene mescolando resine e catalizzatori prelevati tramite pompe dalle cisterne di stoccaggio.

In genere, silos e cisterne sono posti in esterno, in prossimità del reparto formatura a resina, nel quale la terra miscelata giunge direttamente attraverso la coclea.

L'inibitore usato per il distacco delle incrostazioni (vedi 2.1.2.2) è un prodotto organico basico in veicolo acquoso (soluzione di trietanolamina tecnica), fornito in fusti da 20 Kg, e talvolta viene prelevato attraverso una elettrovalvola in un impianto pneumatico e spruzzato automaticamente nella coclea (dopo un certo tempo programmabile di inutilizzo della macchina stessa).

Per la formatura ad anidride carbonica il legante viene in genere fornito come soluzione acquosa fortemente alcalina, in fusti di acciaio i quali riportano la relativa etichettatura speciale obbligatoria dato che il prodotto è classificato come corrosivo.

Il nero minerale, viene fornito in sacchi. L'anidride carbonica viene fornita in bombole di acciaio contrassegnate con etichette speciali e contenenti da 10 a 30 Kg di CO₂ allo stato liquido. Talvolta sono utilizzati serbatoi di dimensioni più grandi posti all'esterno dello stabilimento e l'anidride carbonica viene condotta nel reparto produttivo tramite tubazioni (Foto 2.1.9). Si tratta di un gas liquefatto incolore e inodore.

La terra di fonderia recuperata dagli impianti di formatura e di distaffatura, viene stoccata in silos o tramogge da cui verrà prelevata per essere rimescolata.

La terra di fonderia esausta viene stoccata in depositi temporanei che generalmente si trovano all'esterno, insieme alle terre esauste possono essere stoccate anche le polveri fini recuperate dagli impianti di abbattimento delle emissioni in atmosfera.

La movimentazione delle terre esauste e delle polveri fini avviene in modi diversi nelle varie aziende del comparto. Ad esempio, in una di queste, la terra esausta viene prelevata dall'impianto mediante una pala meccanica e stoccata temporaneamente sul piazzale esterno in un box scoperto, pavimentato e delimitato su tre lati da muri in cemento. Le polveri di terra provenienti dai filtri di abbattimento vengono raccolte in cassoni metallici con fondo apribile e, una volta pieni, svuotate sul mucchio di terra esausta nello stesso box sopra descritto. La movimentazione dei cassoni metallici avviene tramite carrelli elevatori. Dal box di stoccaggio, il tutto viene quindi prelevato con la pala meccanica per riempire un cassone metallico della capacità di 25 tonnellate, del tipo idoneo per essere trasportato dal camion della ditta esterna incaricata per lo smaltimento. La movimentazione dei cassoni scarrabili, troppo grandi e pesanti per essere movimentati tramite i carrelli elevatori utilizzati dalla fonderia, viene effettuata dalla stessa ditta smaltitrice: il camion preleva il cassone pieno e lascia il cassone vuoto, effettuando per questa azienda circa due viaggi a settimana.

I catalizzatori (induritori) utilizzati nel processo cold box possono essere ammine alifatiche terziarie dal caratteristico odore di ammoniac.

Si tratta di un prodotto liquido corrosivo che in caso di contatto può provocare ustioni alla pelle e lesioni agli occhi, e in caso di inalazione di vapori può provocare irritazione delle vie respiratorie. Per lo stoccaggio si usano contenitori con bacino di contenimento per eventuali sversamenti.

Altri processi utilizzano anidride solforosa o anidride carbonica, come induritori, che vengono stoccate sia allo stato liquido sotto pressione sia allo stato gassoso in bombole.

2.1.1.3 Verniciatura Flambatura Cottura

Per la verniciatura di forme ed anime vengono applicate vernici refrattarie per impedire l'adesione del getto alla forma. La vernice, detta anche intonaco refrattario, viene fornita in polvere, pasta o liquido, pronta o da preparare con solventi organici, generalmente alcool metilico, isopropilico o isobutilico, o solvente acquoso.

L'alcool viene fornito e stoccato in fusti di acciaio o plastica o sfuso in cisterne.

I distaccanti per i modelli, costituiti da siliconi sciolti in una miscela di solventi, sono forniti in forma di emulsione o pasta entro contenitori di metallo o plastica oppure forniti allo stato liquido in fusti.

Per la Flambatura viene passata una fiamma libera su forme ed anime appena verniciate. Il flambatore è alimentato da una bombola GPL posta su un carrellino oppure da gas metano erogato da una rete di tubazione.

Lo stoccaggio delle bombole di GPL viene effettuato in locali separati ben aerati prevalentemente nella sua parte bassa, non soleggiati e lontani da fonti di calore.

2.1.1.4 Fusione

L'ossigeno liquido utilizzato per l'alimentazione della combustione nei forni fusori a gas combustibile viene stoccato in serbatoi esterni soggetti a specifiche norme di sicurezza antincendio (Circolare M.I. n.99 del 15.10.1964 e successive modificazioni); l'alimentazione dell'ossigeno ai forni avviene mediante tubazioni.

La grafite, utilizzata come ricarburante, cioè per correggere la percentuale di carbonio contenuto nella ghisa; viene fornita generalmente in sacchi da 20-25 Kg.

Inoculanti, correttivi, ricarburanti e scorificanti, vengono forniti in sacchi di piccole dimensioni 20-25 Kg. per facilitarne sia la movimentazione manuale che il dosaggio; infatti, i sacchi non vengono

aperti per rovesciarne il contenuto nel bagno di lega metallica fusa, ma, al contrario, viene gettato in essa il sacco pieno (il sacco è in genere di tela e brucia velocemente a contatto con la lega metallica fusa).

2.1.1.5 Colata

Tra i materiali impiegati per il refrattario di forni e siviere vi possono essere:

- malta refrattaria pronta all'uso: in genere a base di allumina tabulare legata chimicamente con monofosfato di alluminio e contenente come altri componenti argilla (in cui la silice presente è sotto forma combinata) e ossido di cromo trivalente (Cr_2O_3); spesso viene fornita in fustini di plastica;
- silicato di alluminio: refrattario neutro chiamato mullite (composizione chimica $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$); come impurezze contiene ossidi di ferro, di titanio, di calcio e di magnesio (Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO); normalmente viene fornito sotto forma di granuli in sacchi o fusti metallici oppure sotto forma di manufatti preformati (mattoni);
- ossido di alluminio (allumina o corindone): refrattario neutro con formula chimica Al_2O_3 all'85 - 99%, ottenuto per elettrofusione da minerali di bauxite; normalmente viene fornito in sacchi o fusti metallici o come manufatti preformati (mattoni);
- ossido di magnesio e magnesite calcinata: refrattario basico (MgO) che si presenta come polvere amorfa molto leggera e di colore bianco; viene fornito in pacchi o fusti metallici spesso miscelato con altri refrattari;
- ossido di cromo naturale (cromite): refrattario neutro fornito in sacchi o in fusti metallici o sotto forma di manufatti preformati (mattoni).

2.1.1.6 Finitura

La materia prima utilizzata per la granigliatura consiste in graniglia sferica, angolare o cilindrica di diversa granulometria, e viene fornita in sacchi di juta o di plastica.

Per il trattamento termico dei getti in olio minerale, quest'ultimo viene fornito in fusti metallici e prelevato tramite pompe. Per lo stoccaggio sono previsti bacini di contenimento per evitare sversamenti.

2.1.2 FORMATURA, PRODUZIONE ANIME E PREPARAZIONE DELLE TERRE

2.1.2.1 Produzione e riparazione modelli in legno

La produzione dei modelli in legno presenta i fattori di rischio tipici di una falegnameria. Molte fonderie producono conto terzi ed è il cliente stesso che fornisce il modello dell'oggetto che egli stesso commissiona. Talvolta possono essere realizzati modelli in fibra di vetro o in lega metallica leggera. Generalmente la produzione dei modelli avviene quindi a cura di aziende specializzate



Foto 2.1.1 Modelli in riparazione sul banco di lavoro

esterne, tuttavia in alcune fonderie, possono essere effettuate riparazioni e modifiche dei modelli in legno. I modelli vengono chiamati anche placche-modello e il reparto dove si realizzano o si riparano è chiamato modelleria.

Il tipo di legno che di solito è utilizzato per i modelli è il compensato di faggio o il cirmolo, ma talvolta sono utilizzati anche altri legni.

La riparazione dei modelli viene effettuata su un banco di lavoro (Foto 2.1.1) con utensili manuali, ma possono anche essere utilizzate macchine di falegnameria quali: sega a nastro, sega circolare, troncatrici, piallatrici manuali o automatiche, fresatrici, tornio a legno, trapani a colonna o a bandiera o manuali, toupie, scartatrici a nastro o circolari (Foto 2.1.2). Parti del modello danneggiato possono essere ricostruiti tramite calchi con l'utilizzo di resine termoindurenti.

Alcune aziende del comparto, per la pulizia dei modelli in legno dispongono di una macchina sabbiatrice.

Vengono anche effettuate operazioni di incollaggio (in genere con colla a base acquosa per legno) e stuccature con stucco per legno applicato manualmente. Una volta che lo stucco si è essiccato viene effettuata la scartatura del pezzo. Effettuata la riparazione, per ritoccare le parti del modello che sono state interessate dalla lavorazione, viene eseguita la verniciatura a pennello.

I modelli vengono stoccati su scaffalature e movimentati tramite transpalletts o con carrelli elevatori (muletti) a trazione elettrica oppure tramite carroponte.

2.1.2.2 Stoccaggio, recupero e preparazione terre

La terra di fonderia è costituita da una miscela di sabbia silicea e di agglomeranti (detti anche leganti) i quali possono essere inorganici oppure organici. Il componente di base della terra di fonderia è la sabbia silicea. Quando vengono prodotti getti in acciaio viene anche utilizzata sabbia di cromite.

Alla terra di fonderia si richiedono le seguenti proprietà:

- plasmabilità, per adattarsi alla forma del modello.
- coesione, per mantenere la forma del modello.
- refrattarietà, per resistere alla temperatura del metallo fuso.
- permeabilità, per consentire l'uscita dei gas durante la colata.

Mentre la refrattarietà e la plasmabilità possono essere attribuite essenzialmente alla silice ed all'argilla, le altre proprietà dipendono soprattutto dalle caratteristiche fisiche della terra (granulometria, omogeneità, livello di compressione, ecc...).

I componenti della terra di fonderia e le modalità della sua preparazione e movimentazione dipendono dal tipo di processo di formatura utilizzato; nelle aziende del comparto i processi sono quattro: la formatura a verde, la formatura a resina, la formatura in anidride carbonica e la formatura ad anidride solforosa.

Il primo è idoneo per le forme utilizzate negli impianti di formatura automatica impiegati per la produzione di serie di getti di piccole dimensioni; infatti in tal caso è possibile l'automazione del processo utilizzando staffe delle stesse dimensioni indipendentemente dalla dimensione dei getti. Gli altri due processi sono invece utilizzati per la formatura manuale, adottata specie in caso di produzione di getti di grandi dimensioni e/o di pezzi unici.

La sabbia silicea è in genere costituita da SiO_2 (quarzo) al 90 - 99%. Per la produzione di getti in ghisa è sufficiente una purezza al 90 - 92 %, mentre per la produzione di getti in acciaio viene utilizzata sabbia con una purezza maggiore. La parte rimanente è costituita da Al_2O_3 , FeO , $\text{CaO}+\text{MgO}$ ed alcali. La sabbia silicea ha l'aspetto di granuli di varie dimensioni e forme. Esistono vari tipi che si diversificano tra loro esclusivamente per tagli granulometrici: dalla più fine alla più grossa sono tutte comprese tra 0,1 e 0,8 mm per il 90%. In genere si utilizzano sabbie lavate e quindi a ridotta polverosità.

Una analisi di laboratorio effettuata su un campione di sabbia silicea lavata, prelevato in una azienda del comparto che utilizza solo sabbia nuova per ogni ciclo di formatura, ha evidenziato la presenza di quarzo in concentrazioni superiori al 99%; all'esame granulometrico delle particelle, il 99,7% era costituito da particelle con diametro maggiore di 125 micron, lo 0,3%

con diametro compreso tra 125 e 63 micron e tracce non dosabili con diametro inferiore a 63 micron; pertanto in questo campione la frazione respirabile risultava assente.

I componenti della terra di fonderia per la formatura a verde sono i seguenti:

- sabbia silicea (circa 95,8%);
- argilla (circa 0,07%), utilizzata come legante inorganico; si tratta di polvere di colore giallo chiaro, costituita da idrosilicati complessi di alluminio, ferro, manganese, alcali;
- nero minerale (circa 0,13%), costituito da carbon fossile in polvere del tipo litantrace a lunga fiamma, idrocarburi vari, acqua, zolfo e ceneri;



Foto 2.1.2 Sega a nastro per la riparazione dei modelli

- acqua (circa 4%).

A seconda del tipo di impianti di formatura utilizzati, vengono aggiunti amidi pregelatinizzati come leganti organici. Il preparato viene fornito in sacchi di carta o di plastica. Si tratta di polvere o scaglie finissime di colore variabile dal bianco avorio al giallo chiaro. Questi preparati non sono più ritenuti necessari nelle aziende che dispongono di impianti di formatura automatica più moderni, in quanto questi riescono a garantire un adeguato grado di coesione della terra di fonderia durante la formatura a pressione.

Sia per il fatto che il nero minerale, preso tal quale, può comportare rischio di incendio per autocombustione, sia per maggiore praticità, oggi le aziende del comparto utilizzano miscele pronte al posto dei singoli componenti di argilla e nero minerale; le miscele pronte contengono un minimo di 60% di bentonite (polvere di argilla costituita da silico-alluminati di calcio e di sodio e acqua) ed il resto di nero minerale; a volte possono anche contenere una aggiunta di resine sintetiche e/o naturali ad elevato rapporto carbonio / idrogeno.

I vari componenti sopra descritti sono aggiunti alla sabbia silicea impastando il tutto con acqua nella macchina molazzatrice.

I componenti della terra di fonderia per la formatura a resina sono sotto elencati:

- sabbia silicea;
- resine sintetiche, in genere furaniche ma talvolta anche fenoliche, fenolfuraniche, ureiche; il tipo di resina utilizzata può cambiare tra le varie aziende, o anche a seconda dei diversi tipi di produzione che possono essere richieste dal cliente; le resine fenoliche sono prodotti di condensazione tra fenolo e formaldeide, la cui composizione chimica è determinata da policondensati fenolo-formaldeide, fenolo libero, formaldeide libera, additivi di vario tipo secondo gli impieghi; la resina ureico-furanica, è una resina di condensazione tra alcool furfurilico, formaldeide e urea;
- catalizzatori, costituiti da una soluzione acquosa a bassa viscosità di acidi solfonici e solforici; in genere viene utilizzato acido paratoluensolfonico con la presenza fino ad un massimo di 1,5% di acido solforico. I catalizzatori vengono chiamati anche induritori perché servono ad accelerare la reazione chimica tra i componenti. La terra destinata alla formatura a resina viene preparata e immediatamente utilizzata perché, con il passare del tempo e quindi con l'avanzare della reazione chimica, la miscela perde la sua caratteristica di plasmabilità (la lavorazione può avvenire comunque entro 20 minuti).

In genere le terre di fonderia per la formatura a resina contengono, per 100 Kg. di prodotto, approssimativamente le seguenti quantità: 98 Kg. di sabbia silicea, 0,8÷1,2 Kg. di resina e una quantità di induritore pari al 30÷50% in peso rispetto alla resina.

La miscelazione dei componenti avviene in appositi impianti chiusi costituiti essenzialmente da una coclea nella quale la sabbia proveniente dai silos di stoccaggio viene mescolata con resine e catalizzatori prelevati tramite pompe dalle cisterne di stoccaggio. Il rapporto dei prodotti viene modificato in base alle variazioni di temperatura della terra, la quale può essere controllata tramite l'inserzione automatica di un riscaldatore / raffreddatore.

La terra di fonderia indurita che resta incrostata sulla superficie e sulle parti meccaniche interne della coclea, necessita di essere periodicamente rimossa. Tale operazione viene svolta manualmente, in genere al termine di ogni giornata lavorativa: viene aperta la coclea e mediante uno scalpello, l'addetto fa leva per rimuovere la terra indurita. Per favorire il distacco, talvolta viene utilizzato un apposito prodotto distaccante, chiamato anche inibitore in quanto neutralizza l'indurimento della terra di fonderia ottenuto per mezzo di resina e acido catalizzatore. L'inibitore è un prodotto organico basico in veicolo acquoso (soluzione di trietanolammina tecnica), fornito in fusti da 20 Kg, e talvolta viene prelevato attraverso una elettrovalvola in un impianto pneumatico e spruzzato automaticamente nella coclea (dopo un certo tempo programmabile di inutilizzo della macchina stessa).

I componenti della terra di fonderia per la formatura in anidride carbonica sono sotto elencati:

- sabbia silicea;
- legante (costituito da silicato di sodio ed altri preparati a base di silicato di sodio), con l'aggiunta di eventuali additivi organici (costituiti solitamente da carboidrati);
- nero minerale, viene aggiunto talvolta come additivo.

La miscelazione dei vari componenti della terra di fonderia per la formatura in anidride carbonica avviene in una coclea, simile a quella utilizzata per la formatura a resina, che preleva automaticamente il legante tramite una pompa; talvolta viene anche utilizzata una macchina miscelatrice manuale, dove l'aggiunta del legante viene effettuata dall'operatore tramite una brocca.

La terra di fonderia eccedente dai vari impianti di formatura e di distaffatura (descritti più avanti), viene recuperata tramite tramogge poste sotto gli impianti stessi ed inviata, tramite nastri trasportatori o un sistema pneumatico, ad un impianto di recupero che può essere composto da varie parti (deferizzatore, vaglio, trituratore, rigeneratore, ecc...) meglio descritte più avanti. La terra recuperata ritorna quindi ad essere stoccata in silos o tramogge dalle quali sarà prelevata per essere rimescolata. Alcune aziende utilizzano per la formatura sempre terre nuove e vendono le terre di recupero ad altre fonderie. Altre aziende invece aggiungono alla terra recuperata una certa parte di sabbia nuova e la quantità di terra eccedente viene via via tolta dall'impianto e temporaneamente stoccata in attesa della sua destinazione finale.

Una fonderia del comparto si affida ad una azienda esterna che si occupa di prelevare la terra da rigenerare, e la riporta rigenerata alla stessa fonderia.

Vediamo ora più in dettaglio alcune delle macchine e impianti che sono stati sopra citati.

Macchina per molazzatura

Serve per macinare e umidificare la terra con acqua. È anche chiamata molazza rotativa o molazzatrice ed è costituita da una grande vasca in ghisa nella quale si trovano gli organi lavoratori (Foto 2.1.3). Essi possono essere due pesanti molazze di ghisa con la corona fusa in conchiglia, assai larga, che rotolano a velocità regolabile a distanza diversa rispetto all'asse di rotazione in modo da occupare tutta la lunghezza della vasca.

Gli organi lavoratori della molazzatrice possono anche essere delle pale montate radialmente su un cilindro rotante posto nell'asse centrale della tazza, anch'essa rotante e dotata di un rasatore di fondo.

Alla macchina molazzatrice il caricamento (dall'alto) e il riporto della terra macinata (dal basso) avviene tramite nastri trasportatori aperti o sistemi pneumatici

La macchina è dotata di impianto di aspirazione localizzata che convoglia gli inquinanti verso l'impianto di abbattimento.



Foto 2.1.3 Macchina molazzatrice

Macchina per analisi e controllo automatico della preparazione terre

È una macchina moderna che può essere abbinata alla molazzatrice al fine di effettuare il controllo automatico nella preparazione della miscela costituiva della terre di formatura. La macchina controlla la temperatura in entrata ed in uscita, l'umidità in entrata ed in uscita, effettua l'analisi della coesione a verde, valuta la compattabilità e regola la quantità di acqua e di additivi da aggiungere alla miscela.

Oltre a consentire un controllo migliore della qualità di produzione, la macchina consente anche il miglioramento delle performance ambientali.

Impianti di trasporto e recupero terra

Consistono generalmente di nastri trasportatori di gomma, a cielo libero o carenati, che possono correre per alcuni tratti in posizione sopraelevata (Foto 2.1.4) e in altri tratti in cunicoli sotto il piano del pavimento, come ad esempio al recupero terre dalla distaffatrice.

Un nastro di trasporto terra è composto da un certo numero di rulli e da un tamburo, mosso a sua volta da un motore con interposto un riduttore. Dopo un certo numero di ore sarà sicuramente necessario effettuare interventi di manutenzione dell'impianto, quali ad esempio: cambiare l'olio al riduttore, sostituire i cuscinetti dei supporti del tamburo, i rulli di trascinamento nastro e in seguito il nastro stesso.

Se la terra trasportata cade dal nastro e si accumula sul pavimento, specie nei tratti sotterranei, si può determinare l'ingolfamento ed il blocco del nastro trasportatore può dar luogo a emissioni di polveri diffuse.

Il recupero delle terre utilizzate per la formatura a resina, le quali sono più secche di quelle della formatura a verde, può prevedere impianti pneumatici al posto dei nastri trasportatori.



Foto 2.1.4 Impianto a nastro sopraelevato per il trasporto della terra dalla miscelazione alla formatura.

Impianto di deferrizzazione

Questo impianto serve per separare eventuali parti ferrose contenute nella terra recuperata dalla distaffatura, e può trovarsi talvolta sotto il piano del pavimento. È costituito da un tamburo dotato di elettrocalamite sul quale scorre un nastro posto ortogonalmente al di sopra del nastro di trasporto della terra e dal quale estrae i materiali ferrosi in essa contenuti. Essi vengono attirati magneticamente verso l'alto sul nastro del deferrizzatore e al termine del nastro cadono in un cassone di raccolta attraverso uno scivolo (Foto 2.1.5).

Vagli vibranti

Hanno lo scopo di classificare per grossezza la terra recuperata dalla distaffatura, dopo la deferrizzazione. I vagli vibranti sono costituiti da due crivelli inclinati sovrapposti ai quali è applicato un movimento a scossa alternativo, in modo che le zolle dure (ad esempio parti di anime non frantumate) rimangono nel vaglio, mentre la terra più fine prosegue nell'impianto di recupero fino ai silos di stoccaggio.

Le zolle dure recuperate dal vaglio vengono smaltite oppure inviate alla macchina trituratrice.

Macchina trituratrice



Foto 2.1.5 Deferrizzatore ortogonale al nastro trasportatore con in primo piano lo scivolo di raccolta del metallo.

Ha lo scopo di sminuzzare le zolle dure della terra di fonderia recuperata dalla distaffatura, dopo la deferrizzazione. Essa è costituita da due cilindri dentati contrapposti e da una doccia oscillante che consente l'avanzamento della terra.

Impianti di rigenerazione delle terre recuperate

Per la rigenerazione delle terre utilizzate per la formatura a resina, è necessario spogliare i granuli di sabbia dalla resina che si è depositata su di essi. Per farlo vengono impiegati sostanzialmente due tipologie di impianti: meccanico o termico. Il primo tipo funziona per attrito, sbattendo la terra entro impianti pneumatici dove la resina viene aspirata e inviata ad un filtro a maniche e quindi smaltita; questa tecnologia è ritenuta idonea per le terre a resina da utilizzare per la produzione di getti di ghisa. Nell'impianto di tipo termico, invece, la resina viene bruciata raggiungendo così una maggiore efficienza di rigenerazione, come è necessario per la produzione di getti in acciaio.

Vediamo più in dettaglio com'è fatto l'impianto di una azienda del comparto per il recupero e la rigenerazione meccanica delle terre utilizzate per la formatura a resina per la produzione di getti di ghisa: la terra proveniente dalla griglia distaffatrice cade in una tramoggia che alimenta una macchina chiamata frantoio che trita le zolle facendole diventare più piccole, segue un sistema pneumatico di trasporto fino ad un ciclone nel quale avviene uno sbattimento della terra che determina la spogliatura dei granuli della terra stessa dal composto che si è formato per la reazione di resina e induritore; a questo punto la terra cade in un vaglio il quale la separa in tre parti: una parte è ottenuta per aspirazione ed è costituita dalle polveri fini, mentre le altre due parti sono ottenute per vagliatura e sono zolle dure e terra rigenerata. Quest'ultima viene quindi inviata ad un raffreddatore ed infine, sempre con sistema pneumatico, ai silos di stoccaggio.

La terra recuperata varie volte a ciclo chiuso presenta la caratteristica che i suoi granuli diventano via via più piccoli, pertanto si ottengono forme che hanno perso parte della loro permeabilità ai gas, la quale è una delle caratteristiche fondamentali che si richiedono alle forme realizzate con la terra di fonderia. Pertanto di volta in volta nella preparazione delle terre di fonderia è necessario aggiungere alle terre recuperate una certa parte di sabbia nuova. La conseguenza è che la quantità di terra eccedente dall'impianto chiuso ed automatico di recupero, rigenerazione e stoccaggio della terra, deve essere tolta dall'impianto. Si ha così la produzione di terre di fonderia esauste che necessitano di un deposito temporaneo prima di essere avviate alla loro destinazione finale.

2.1.2.3 Formatura meccanica “a verde”

La forma viene ottenuta costipando la terra nella staffa. Le staffe sono appositi telai in ferro, ghisa o acciaio, che servono per ottenere la forma, introducendo in esse il modello e costipando la terra di fonderia tutto intorno ad esso.

La formatura a verde è detta anche formatura meccanica, in quanto viene eseguita tramite apposite macchine formatrici che scuotono e comprimono la terra intorno al modello.

In alcune aziende, tra le più piccole del comparto, la formatura meccanica avviene tramite l'azionamento manuale della macchina formatrice per ogni singola forma da produrre. La staffa viene riempita in parte per caduta dalla tramoggia di carico, in parte per deposizione manuale. Gli addetti alla formatura meccanica con macchine ad azionamento manuale prendono le staffe vuote e le pongono sul piano della macchina, sorvegliano la caduta della terra dai silos nella staffa e dopo l'azione della macchina formatrice controllano la costipazione della terra intorno al modello. L'addetto comanda quindi il capovolgimento della staffa eseguito dalla macchina formatrice stessa la quale inizia a vibrare per favorire l'estrazione del modello. Per ogni getto che si vuole produrre è necessario realizzare due metà forme le quali, una volta chiuse manualmente dagli addetti tramite grappe, costituiscono il guscio nel quale sarà colata la lega metallica fusa.

Invece, caso più generale, l'operazione di formatura meccanica è eseguita con un impianto automatico nel quale il riempimento della staffa con la terra è completamente automatico e la macchina formatrice è collegata ad un sistema di scorrimento automatico delle staffe che hanno sempre le stesse dimensioni, indipendentemente dalla dimensione dei getti. Per questo motivo la

formatura automatica a verde è utilizzata per la produzione in serie di getti di piccole o medie dimensioni. In questo tipo di impianti, la macchina formatrice è dotata di sistemi automatici di ribaltamento e chiusura delle staffe; le staffe pronte (contenenti ognuna la forma di terra a verde)

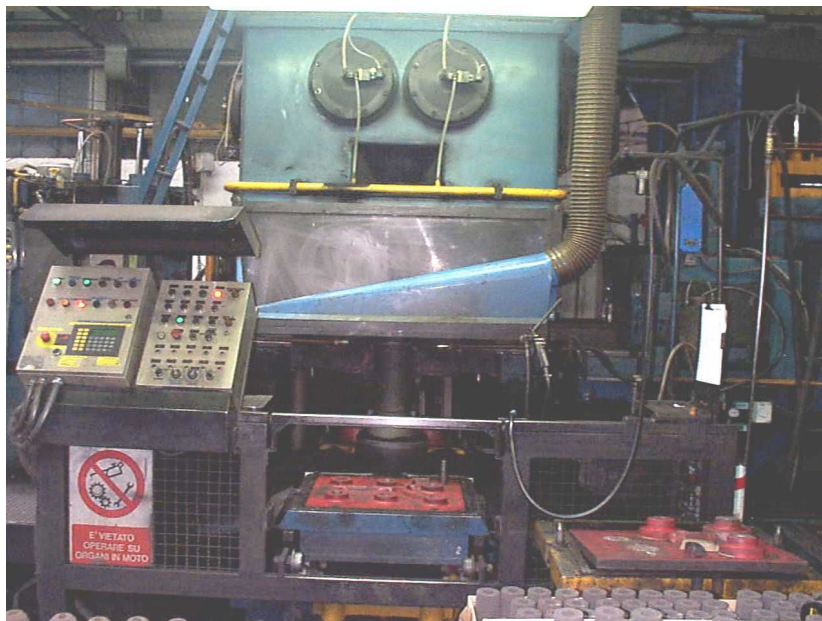


Foto 2.1.6 Macchina formatrice a pressione con aspirazione localizzata in impianto automatico

avanzano in modo automatico fino alla zona dove avverrà la colata (paragrafo 2.1.4) e, dopo il raffreddamento, fino alla distaffatura (paragrafo 2.1.4.2). Gli addetti alla formatura automatica sovrintendono al funzionamento dell'impianto; sostituiscono i modelli quando viene avviata la formatura per un nuovo tipo di getto; programmano le frese robotizzate che eseguono nelle forme i fori di colata e di sfiato dei gas; a impianto fermo svolgono le operazioni di ramolaggio.

Per entrambi i tipi di formatura meccanica sopra descritti, sui modelli è in genere preventivamente applicato un preparato, chiamato distaccante per modelli, che ha la funzione di favorire il distacco del modello dalla forma. Gli addetti applicano il distaccante manualmente a spruzzo o a pennello e



Foto 2.1.7: Carro su rotaia (chiamato in gergo cammello) con braccio mobile per riempimento delle staffe grandi con terra di fonderia nel reparto di formatura manuale (in posizione di scarico nelle staffe, con operatore a bordo).

l'operazione è ripetuta dopo un certo numero di cicli di formatura (vedere il paragrafo 2.1.2.7 relativo alla fase verniciatura).

In genere la fase formatura non viene appaltata a ditte esterne.

Vediamo più in dettaglio alcune macchine ed attrezzature utilizzate in questa fase lavorativa.

Macchina formatrice

Ha lo scopo di costipare la terra attorno al modello posto nelle staffe. La macchina può essere del tipo a presso-scossa o a sola pressione. La separazione del modello dalla staffa avviene successivamente.

La macchina di formatura del tipo a presso-scossa esegue il rapido susseguirsi di colpi provocati da un sistema ad azionamento pneumatico e, quasi contemporaneamente, comprime a forte pressione l'insieme della terra che sovrasta il modello.

La macchina di formatura del tipo a pressione (Foto 2.1.6) permette di ottenere lo stesso risultato ma è meno rumorosa e più sicura dal punto di vista del rischio di infortuni.

Alla macchina formatrice può essere abbinata una fresa automatica che, con un braccio robotizzato, effettua nelle forme i fori attraverso i quali dovrà essere versata la lega metallica fusa e i fori di sfianto dei gas che si produrranno nella forma al momento del contatto di quest'ultima con la lega fusa. Questa macchina permette di calibrare i fori in funzione della quantità di metallo fuso che deve essere introdotto nelle forme e quindi di ridurre la dimensione delle materozze. Le materozze verranno poi separate dal getto durante la fase smaterozzata e poi nuovamente fuse in forno (questo materiale da fondere viene anche chiamato boccame). L'ottenimento di materozze più piccole permette di ottimizzare il processo e risparmiare energia nella fase fusione dovendo fondere meno materiale per produrre lo stesso pezzo.

2.1.2.4 Formatura manuale in sabbia-resina

La formatura a resina è detta anche formatura manuale perché viene effettuata manualmente (a differenza della formatura a verde dove invece si utilizzano le macchine formatrici).

La formatura a resina è prevalentemente utilizzata per la produzione di getti di medie / grandi dimensioni e/o la cui produzione non è in serie.



Foto 2.1.8 Riempimento staffe con terra di fonderia nel reparto di formatura manuale con impianto fisso. Si noti il tubo di colore grigio argenteo per l'aspirazione localizzata sulla bocca di uscita della terra dal mescolatore a coclea.

Gli addetti posano il modello dentro la staffa e lo riempiono con la terra di fonderia che è stata preventivamente mescolata con prodotti leganti, quali resina e acido catalizzatore, tramite un apposito miscelatore, dotato di un quadro di gestione e controllo dell'impianto da cui si possono rilevare i parametri di funzionamento. La formatura a resina differisce dalla formatura a verde, oltre che per i componenti della terra (vedere il paragrafo 2.1.2.4), anche per il fatto che i leganti vengono aggiunti alla sabbia immediatamente prima della formatura in appositi impianti di

miscelazione.

Anche nel caso della formatura manuale così come per la formatura meccanica, prima che il modello sia posato dentro la staffa, gli addetti applicano su quest'ultimo dei prodotti specifici chiamati distaccanti che hanno lo scopo di favorire il distacco del modello dalla forma a indurimento avvenuto. L'applicazione dei distaccanti per modelli è effettuata dagli addetti a spruzzo o a pennello (vedere il paragrafo 2.1.2.7).

Il riempimento delle staffe avviene per caduta dall'alto della terra di fonderia dall'impianto di mescolamento. Nelle aziende del comparto è presente uno due sistemi di riempimento sotto descritti:

- Impianto fisso dotato di braccio mobile.
In questo caso le staffe vengono portate in prossimità dell'impianto fisso di riempimento, entro il raggio di azione del braccio mobile; questo sistema è il più diffuso tra le aziende del comparto.
- Carro mobile su rotaia (chiamato cammello).
In questo caso le staffe da riempire sono posizionate ai lati di un percorso lungo in quale viene spostato un carro mobile che, una volta riempito di terra prelevata dai silos tramite una tramoggia, riempie a sua volta le staffe tramite un braccio mobile.

Una volta riempita la staffa, gli addetti spianano la terra a mano e, per rendere più uniforme e consistente la terra costipata intorno al modello, talvolta la staffa è posta su piani vibranti; per lo stesso scopo gli addetti utilizzano anche pestelli pneumatici: si tratta di lunghi martelli pneumatici il cui utensile è costituito da un pestello in acciaio che viene posto in rapido movimento alternato. Per la movimentazione delle staffe sono in genere utilizzati carroponte.

La composizione e la preparazione della terra di fonderia per la formatura a resina sono state descritte al paragrafo 2.1.2.2. Lo stesso processo può essere utilizzato per produrre forme o anime, come descritto al paragrafo 2.1.2.6.

2.1.2.5 Formatura manuale in anidride carbonica

Il processo di formatura manuale in CO_2 viene utilizzato per la realizzazione di pezzi di grandi dimensioni. Il processo di formatura manuale in CO_2 è analogo, per quanto riguarda le operazioni manuali, a quello della formatura manuale a resina. La differenza consiste nella diversa composizione della terra di fonderia (vedere il paragrafo 2.1.2.2) e per il fatto che, in questo caso, l'indurimento avviene per insufflazione di anidride carbonica nella staffa piena di terra di fonderia.

L'anidride carbonica viene fornita in bombole di acciaio contrassegnate con etichette speciali e contenenti da 10 a 30 Kg. di CO_2 allo stato liquido. Talvolta sono utilizzati serbatoi di dimensioni più grandi posti all'esterno dello stabilimento e l'anidride carbonica viene condotta nel reparto produttivo tramite tubazioni (Foto 2.1.9). Si tratta di un gas liquefatto incolore e inodore.

Anche per questo tipo di formatura sui modelli vengono applicati prodotti distaccanti per favorire il distacco del modello dalla forma. Allo scopo viene utilizzata grafite argentea in polvere o licopodio in polvere applicati tal quali. Talvolta la grafite argentea viene diluita con nafta ed applicata a pennello.

2.1.2.6 Produzione di anime

Quando il getto che si intende produrre presenta delle cavità interne oppure dei profili non realizzabili con la formatura semplice, vengono utilizzate delle apposite anime. L'anima è una forma che riproduce esattamente le parti cave dell'oggetto che si intende produrre. Essa verrà



Foto 2.1.9 Serbatoio esterno dell'anidride carbonica.

quindi introdotta nella staffa all'interno della forma durante la fase di ramolaggio successivamente descritta.

L'anima si ottiene costipando la terra in un contenitore di metallo o di legno detto cassa d'anima, nel quale sono previsti spazi vuoti in corrispondenza delle suddette parti cave; la cassa d'anima è tenuta chiusa da pistoncini pneumatici ed è dotata di estrattori.

Ogni cassa d'anima ha al suo interno una sagoma diversa da tutte le altre, a seconda della forma dell'anima che si vuole realizzare, pertanto le casse d'anima sono soggette ad essere inserite e tolte dalle macchine spara anime secondo le esigenze di produzione. Dopo essere state utilizzate le casse d'anima vengono riposte dagli addetti su apposite scaffalature. La movimentazione di casse d'anima e anime è svolta manualmente e/o con l'utilizzo di ausili meccanici, ad esempio paranchi o transpalletts.

Prima di essere utilizzate, spesso le anime vengono verniciate con la stessa vernice refrattaria utilizzata per le forme.

Le anime possono anche essere composte da più parti da assemblare e in tal caso gli addetti incollano le varie parti utilizzando pistole per colla a caldo. Il caricamento della pistola avviene inserendo una cartuccia piena di colla solida che viene resa liquida solo e durante la pressione dell'apposito pulsante (grilletto).

L'addetto alla formatura delle anime è chiamato animista ed il reparto è chiamato animisteria. Questa produzione può avvenire con diversi procedimenti alternativi. Più processi di formatura delle anime possono essere presenti contemporaneamente nella stessa azienda, ma ancora più spesso per la produzione di anime le aziende del comparto ricorrono a ditte esterne specializzate.

Produzione anime a resina: le tecniche di produzione sono manuali ed eseguite a banco con procedure analoghe a quelle impiegate per le forme in resina, la differenza è che, invece di riempire la staffa, si riempie la cassa d'anima.

Produzione anime con metodo Ashland: si producono con un processo a freddo, chiamato cold box, con macchine automatiche chiamate spara anime, dove la terra viene costipata nella cassa d'anima per mezzo di aria compressa. In questo procedimento si utilizza sabbia di fonderia mescolata a resina tramite un mescolatore automatico analogo a quello visto per la formatura a resina, posto in ambiente chiuso e senza la necessità della presenza dei lavoratori. La resina impiegata è a due componenti: uno è generalmente una resina fenolica disciolta in un apposito solvente (in genere esteri altobollenti) e l'altro componente è costituito da poliisocianati anch'essi disciolti in un solvente (in genere miscele di idrocarburi aromatici altobollenti). Il punto di infiammabilità di questi agglomeranti è intorno a 45 - 50 °C. Il mescolatore alimenta direttamente la cassa d'anima tramite un comando posto sulla macchina spara anime. Una volta riempita la cassa d'anima con la miscela sabbia-resina, essa viene fatta reagire tramite l'insufflazione di un opportuno catalizzatore gassoso, che ne produce l'indurimento. I catalizzatori usati, nel processo cold box, sono ammine alifatiche e altri gas come SO₂ e CO₂. Le ammine sono di sostanze infiammabili e tali da poter formare miscele esplosive, vengono diluite mediante anidride carbonica. Una volta indurita, l'anima pronta viene quindi estratta dallo stampo tramite appositi estrattori. L'addetto sovrintende al funzionamento della macchina la quale è posta sotto aspirazione.

La potenzialità produttiva delle macchine cold box in una azienda del comparto è di 100 t. di sabbia al mese.

Produzione anime con metodo Shell-moulding: si producono con un processo a caldo, chiamato hot box, nelle macchine spara anime, usando una miscela pronta costituita da granuli di sabbia prerivestita di resine termoindurenti. Più in dettaglio, i granuli sono di varie dimensioni, forniti asciutti in sacchi di carta o di plastica o in contenitori metallici e non; essi sono costituiti da vari tipi di sabbia (di silice, cromite, zirconio, olivina, fosfatite, allumina, ecc...), prerivestita di leganti organici (resina fenolica secca 2÷4 % in peso; resina termoindurente tipo novolacca ottenuta

facendo reagire fenolo e formaldeide; esametilentetrammina come catalizzatore; lubrificanti quali stearato di zinco o di calcio).

Il prodotto viene soffiato (sparato) all'interno di una cassa d'anima riscaldata ad una temperatura dell'ordine dei 250 °C, tramite una resistenza elettrica oppure tramite bruciatori a gas combustibile. Con l'alta temperatura il prerivestimento dei granuli scioglie, facendo in modo che gli stessi si incollino tra loro, determinando così l'indurimento. Una volta indurita, l'anima pronta viene quindi estratta dallo stampo tramite appositi estrattori. L'addetto sovrintende al funzionamento della macchina la quale è posta sotto aspirazione.

La potenzialità produttiva delle macchine hot box in una azienda del comparto è di 30 t. di sabbia al mese.



Foto 2.1.10 Reparto formatura anime in ceramica. In primo piano una cassaforma sulla rulliera di movimentazione. Sullo sfondo il mescolatore (in alto) e la macchina per il riempimento delle casse d'anima (sotto).

Produzione anime in ceramica: questo tipo di formatura delle anime è utilizzato raramente nelle aziende del comparto; l'attività consiste nel miscelare, mediante un mescolatore fisso (Foto 2.1.10), le materie prime per la produzione della ceramica, versare la miscela allo stato liquido nelle casseforme precedentemente preparate (per favorire il distacco della forma dalla cassaforma sulla superficie interna di quest'ultima si applica un distaccante), sottoporre a centrifugazione le casseforme allo scopo di fare occupare dal liquido tutti gli spazi interni della cassaforma; ad indurimento avvenuto, le forme così prodotte vengono scassettate, eventualmente ritoccate, ed infine introdotte in un apposito forno di cottura alimentato a gas metano.

Come materie prime per la preparazione della miscela, un tempo erano utilizzati prodotti sfusi che venivano dosati dagli addetti: il 75% della miscela era costituita da silice elettrofusa (grado di purezza del 99,7%, fornita in tre differenti granulometrie: quella con granulometria più piccola aveva un grado di finezza di circa 300 mesh) e il restante 25% era costituito da silicato di zirconio (in tracce erano presenti anche ossidi metallici).

Negli ultimi anni, i suddetti componenti da miscelare (75% silice elettrofusa + 25% di polvere di zirconio) sono stati sostituiti con una miscela pronta costituita da 75% di allumina (Al_2O_3) e il restante 25% da silice (anche in questo caso con la presenza in tracce di ossidi metallici).

Distaccanti per casse d'anima

Come sopra descritto, sia per cold box che per hot box vengono utilizzate le macchine spara anime. Per facilitare il successivo distacco delle anime dalle relative casse d'anima, si utilizzano appositi distaccanti che, in genere, vengono applicati manualmente a pennello.

Il riempimento della cassa d'anima con la terra, costipata tramite aria compressa, avviene dall'alto tramite una tramoggia.

2.1.2.7 Verniciatura - flambatura - cottura

La verniciatura può inserirsi in più punti del ciclo produttivo:

- verniciatura dei modelli, a seguito di riparazioni;
- applicazione di distaccanti sui modelli per favorire il distacco del modello dalla forma;
- verniciatura sui getti finiti, quando richiesta dal cliente; viene generalmente appaltata a ditte esterne, ma talvolta viene effettuata in azienda;
- verniciatura su forme ed anime, viene effettuata all'interno dell'azienda, a meno che non venga appaltata all'esterno anche la produzione delle anime (in tal caso arrivano in azienda già verniciate).



Foto 2.1.11 Anime di varie dimensioni appoggiate su pancali di legno per la loro movimentazione con il carrello elevatore.

L'applicazione dei distaccanti sui modelli può avvenire in ogni tipologia di formatura. La natura del distaccante, ed anche la sua modalità di applicazione, può cambiare a seconda del tipo di formatura nella quale viene utilizzato il modello; ad esempio una azienda del comparto, applica il distaccante a spruzzo sui modelli utilizzati per la formatura a verde ed a pennello su quelli per la formatura a resina.

I distaccanti per modelli sono in genere siliconi (polisiloxano meno del 5%) sciolti in una miscela di solvente (principalmente eptani 80 - 85%), dall'aspetto di liquido incolore; una volta applicati, i distaccanti formano sui modelli una pellicola trasparente che rende possibile più cicli di formatura senza che vi restino aderenze della terra di fonderia. In genere i modelli in legno necessitano di una applicazione più frequente; la frequenza di applicazione può dipendere anche dalla geometria del modello stesso.

L'occasionale verniciatura dei getti di ghisa riguarda in genere l'applicazione di vernici antiruggine sintetiche fornite allo stato liquido in recipienti metallici. Ad esempio una azienda del comparto utilizza tre tipi di vernici antiruggine sintetiche in solvente organico, la cui composizione è diversa, ma in ogni caso il formulato è esente da cromo e piombo:

- il tipo grigio chiaro contiene: xilene e miscela di isomeri (18%), nafta (9,5%);
- il tipo giallo contiene: xilene e miscela di isomeri (18%), nafta pesante idrodesolforata (10%);
- il tipo rosso contiene: 1,2,4 - trimetilbenzene (5%), toluene (7%), xilene e miscela di isomeri (7%), nafta pesante idrodesolforata (8%), nafta aromatica leggera (9%).

La verniciatura di forme e anime è una operazione funzionale al ciclo produttivo per quelle realizzate con la formatura a resina, in quanto, a differenza delle forme realizzate a verde con impianti automatici, necessitano di essere sottoposte a finitura mediante l'applicazione di vernici refrattarie, allo scopo di impedire l'adesione del getto alla forma. In questo caso la vernice impiegata è detta anche intonaco refrattario, può essere di vario tipo e fornita in polvere, pasta o liquido, pronta o da preparare a base di solventi organici o la cui diluizione avviene con solvente acquoso.

In caso di intonaco refrattario a base alcolica, la composizione chimica è determinata da:

- una carica minerale (esempio: grafite, olivina, cromite, mica, silicato di zirconio e di sodio, ecc...);
- sospensivi (spesso si tratta di carbossimetilcellulosa, alginati sodici e resine di vario tipo);
- diluenti (alcool metilico o isopropilico o isobutilico, acetone, trielina, ecc...);
- eventuali anti fermentativi (benzoato di sodio, ecc...).

La preparazione dell'intonaco refrattario a base alcolica talvolta avveniva in fonderia ad esempio utilizzando mica



Foto 2.1.12 Vasca di verniciatura delle anime con vernici refrattarie all'acqua, dotata di mescolatore

macinata e alcool; la mica è un prodotto non combustibile costituito da silicati di alluminio e potassio di forma cristallina, dall'aspetto di polvere fine di colore giallognolo fornita generalmente in sacchi di carta.

Oggi, invece, viene più spesso utilizzato intonaco refrattario in alcool ed in azienda viene effettuata semplicemente una diluizione del prodotto con aggiunta di alcool. L'alcool viene fornito in fusti di acciaio o plastica o allo stato sfuso in cisterne. Ad esempio una azienda del comparto utilizza un intonaco in forma di pasta di consistenza cremosa, composto da: grafite argentea a medio tenore di carbonio, resine fenoliche modificate, alcool metilico, bentoni attivati. La pasta viene diluita con un diluente alcolico composto da una miscela di: alcool metilico (50%), alcool isopropilico, alcoli superiori aromatici 3% massimo. L'applicazione della vernice viene eseguita a spruzzo con pistole ad aria compressa oppure a pennello.

Dopo la verniciatura viene effettuata la flambatura che consiste nel passare una fiamma libera su forme e anime appena verniciate. In tal modo la componente alcolica della vernice si incendia e la combustione dà luogo ad un indurimento della forma o (dell'anima) aumentandone la resistenza. Una piccola azienda che effettua fusione e colata una volta alla settimana, anziché effettuare la flambatura subito dopo l'applicazione



Foto 2.1.13 Introduzione manuale delle anime nelle forme (linea di formatura automatica).

della vernice, la lascia essiccare per evaporazione ed al più, poco prima della colata, effettua una breve flambatura.

Il flambatore è una attrezzatura atta a produrre una fiamma alimentata a GPL da una bombola posta su un carrellino, oppure a gas metano tramite una rete di tubazioni che corrono lungo lo stabilimento. La parte di collegamento tra la fiaccola in metallo e la bombola (o la tubazione aziendale) è costituita da un tubo di gomma con caratteristiche idonee al trasporto del gas.

In caso di intonaco refrattario diluito in solvente acquoso, nella composizione sono sempre presenti pigmenti di grafite, comunque, data la varietà dei prodotti, per le caratteristiche e le etichettature delle vernici si rimanda alle schede di sicurezza del fornitore. In questo caso la verniciatura delle forme viene effettuata a pennello o a spruzzo, mentre la verniciatura delle anime avviene generalmente per immersione in una apposita vasca, dotata di un mescolatore – agitatore della vernice (Foto 2.1.12). Per l'immersione delle anime nella vasca viene utilizzato un apparecchio di sollevamento (paranco). Dopo la verniciatura per immersione, le anime vengono sottoposte a essiccazione tramite cottura in appositi forni. L'eliminazione di ogni residuo di umidità è necessario per non compromettere la qualità del getto. I forni di cottura (chiamati anche stufe), sono in genere alimentati a combustibile (metano o GPL), sono dotati di un pannello di controllo con indicatori e regolatori di tempo e temperatura del trattamento.

2.1.2.8 Ramolaggio

Il ramolaggio è una operazione che consiste nel rifinire le forme, eventualmente pulirle dalla polvere che può essere rimasta su di esse, introdurre le anime quando necessarie, praticare i fori di colata e di fuoriuscita dei gas. Questa fase viene eseguita dopo la costipazione della terra nella staffa, in ciascun tipo di formatura.

Talvolta, nella linea di formatura manuale, anziché applicare sulle forme vernici refrattarie, venivano utilizzati fogli di fibre minerali artificiali (fibre ceramiche) per isolare la terra costituente la forma dalla lega metallica allo stato fuso che verrà colata in essa. Una volta che due semi-staffe contenenti le rispettive semi-forme sono state preparate come sopra descritto, si provvede ad unire le due parti in modo da costituire il guscio nel quale colare la lega metallica fusa. Per sigillare le due parti talvolta sono impiegati collanti e cordoli bituminosi o argillosi. Ad esempio una azienda del comparto utilizza cordoli sigillanti



Foto 2.1.14 Operazioni di ramolaggio (linea di formatura manuale).

costituiti da un impasto a base di oli minerali paraffinici, silicati refrattari e

fibre naturali (senza amianto).

Per le operazioni di movimentazione possono essere utilizzati carroponte o paranchi a bandiera. Specie in caso di staffe grandi, la colata può avvenire nello stesso luogo dove è stato effettuato il ramolaggio. Per questo motivo la staffa viene talvolta appoggiata in una zona del pavimento sul quale è stato predisposto un letto di terra di fonderia, in genere delimitato da assi di legno (Foto 2.1.14).

Nella linea di formatura automatica (formatura a verde) solo l'eventuale immissione dell'anima avviene manualmente (Foto 2.1.13); non vengono applicate vernici refrattarie sulle forme, ed è l'impianto stesso che pratica i fori di colata ed effettua automaticamente la rotazione di una semi-staffa, la sovrapposizione di una semi-staffa sull'altra e l'avanzamento delle staffe fino alla zona dove avverrà la colata.

2.1.3 FUSIONE DEL METALLO E TRATTAMENTO DEL METALLO FUSO

La fusione consiste nel riscaldare le materie prime per portarle dallo stato solido allo stato liquido ed innalzare la temperatura della lega metallica fino a quella richiesta per la colata. La temperatura alla quale viene portata la lega fusa è superiore alla sua temperatura di fusione, in modo che essa si



Foto 2.1.15 Impianto di caricamento dei forni con elettromagnete per la presa dei pani di ghisa dal loro deposito. La cabina dell'operatore alla gru è climatizzata.

mantenga liquida, anche dopo essere stata travasata nelle siviere, fino a che la colata nelle forme non sia stata completata.

La fusione avviene entro forni fusori, rivestiti internamente di materiale refrattario; essi vengono caricati con le materie prime necessarie quali: ghisa in forma di lingotti o pani, tornitura di ghisa, barre o pezzi di rottame meccanico, ritorni dal processo produttivo (materozze, scarti, ecc...), carbonio, silicio, manganese.

Nel bagno di lega metallica fusa vengono aggiunti periodicamente, in forno e/o in siviera:

- inoculanti e correttivi (leghe di ferro - silicio con altri metalli quali stagno, nichel, lega al magnesio, alluminio, rame) che servono a conferire al getto le proprietà meccaniche desiderate. Più precisamente per inoculazione si intende l'aggiunta ai bagni di ghisa (grigia o sferoidale) di determinati prodotti aventi proprietà germinanti allo scopo di favorire la precipitazione della grafite. Tali prodotti a base di silicio contengono in genere elementi attivi: alluminio (Al), calcio (Ca), stronzio (Sr), manganese (Mn), zirconio (Zr), ecc... Tali elementi hanno spiccate capacità disossidanti e formano ossidi stabili. L'effetto dell'inoculazione diminuisce col tempo, per questo è importante colare la ghisa al più presto, dopo aver effettuato l'inoculazione.
- grafite, utilizzata come ricarburante, cioè per correggere la percentuale di carbonio contenuto nella ghisa;
- scorificanti, quali: silicati minerali, fluoruro di sodio, cloruro di sodio, castina, carbonato di calcio e magnesio; tali sostanze servono a fare aggregare le impurezze contenute nel metallo per poi eliminarle più facilmente.

Il caricamento dei forni fusori avviene generalmente in modo meccanico dall'alto. L'impianto di caricamento è diverso a seconda del tipo di forno e della capacità produttiva; può essere costituito da trasportatori a nastro, piccoli vagoni, carro mobile con piano vibrante, caricatore ribaltabile, gru dotata di elettrocalamita (Foto 2.1.15). In genere l'elettrocalamita è dotata di display gigante che indica il peso sollevato.

L'aggiunta di inoculanti, correttivi, ricarburanti e scorificanti è in genere effettuata manualmente dagli addetti, i quali gettano in forno e/o in siviera i materiali suddetti o con un badile (in caso di materiali sfusi palabili) o a sacchi (in caso di materiali insaccati). In genere i sacchi sono di piccole dimensioni per facilitarne



Foto 2.1.16 Forno a gas per il preriscaldamento del rottame

sia la movimentazione manuale che il dosaggio; infatti, i sacchi non vengono aperti per rovesciarne il contenuto nel bagno di lega metallica fusa, ma, al contrario, viene gettato in essa il sacco pieno (il sacco è in genere di tela e brucia velocemente a contatto con la lega metallica fusa); questa prassi è seguita sia per praticità e velocità, sia per evitare l'esposizione dei lavoratori alle polveri dei materiali contenuti nei sacchi, che si avrebbe nel caso fosse necessario aprire i sacchi e rovesciarne il contenuto.

Durante la produzione della lega, le sue caratteristiche vengono tenute sotto controllo servendosi di attrezzature usa e getta quali crogioli e termocoppie. Campioni di metallo vengono prelevati per essere inviati all'analisi nel laboratorio aziendale.

Nei forni elettrici, una volta che la lega è stata fusa, prima di procedere alla spillata dal forno in siviera, si provvede alla scorificazione, cioè alla rimozione delle scorie eventualmente presenti, le quali, grazie all'impiego dei prodotti scorificanti sopra elencati, si portano sulla superficie del bagno fuso. La rimozione delle scorie avviene facendole cadere in un contenitore metallico che poi viene rimosso con il carrello elevatore o con un carroponte dotato di elettromagnete. Per facilitare la scorificazione dal forno, talvolta sono utilizzate strutture su ruote in modo che l'addetto possa operare da una posizione sopraelevata. Nei forni rotativi invece la scorificazione del forno avviene al termine della spillata.

Talvolta, prima di essere introdotto nel forno fusorio, il rottame viene sottoposto ad un trattamento di preriscaldamento attraverso un apposito forno, allo scopo di eliminare l'eventuale umidità residua (Foto 2.1.16).

La fase fusione non viene appalta, in quanto è la fase centrale di tutto il ciclo produttivo.

Forni fusori

I forni fusori possono essere classificati in due categorie principali:

- forni elettrici, nei quali il calore è fornito dalla energia elettrica che viene trasformata in energia termica secondo sistemi diversi (a resistenza, ad arco, a induzione). Esistono forni che lavorano alla frequenza di rete (50 Hz), altri che lavorano a frequenza variabile (150 ÷ 300 Hz) con controllo automatico per adattare la potenza a seconda dello stato della ghisa in fusione ed altri ancora che lavorano a frequenze relativamente più alte (500 o 1.200 Hz).

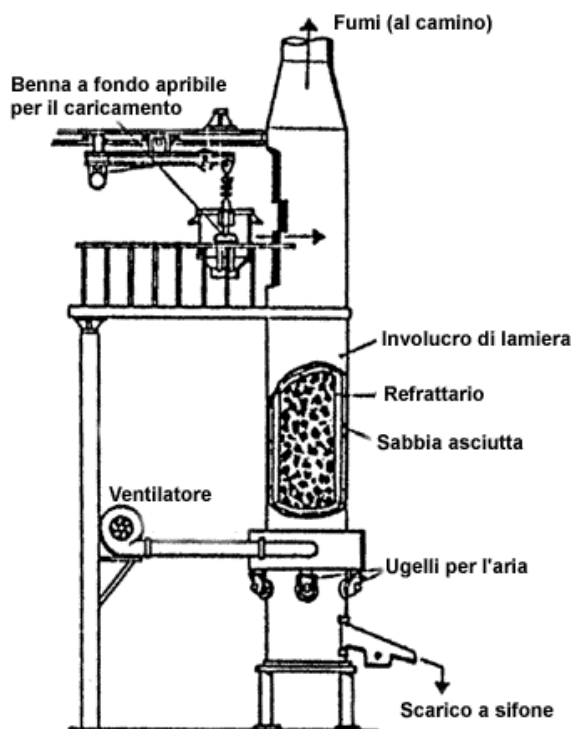


Foto 2.1.17 Schema di un forno a cubilotto.

- forni alimentati a combustibile, che si suddividono in: forni a cubilotto (spesso chiamati semplicemente cubilotti) alimentati a carbone (coke metallurgico); forni rotativi alimentati in genere a gas metano e ossigeno liquido. Il cubilotto (Foto 2.1.17) è costituito da un corpo cilindrico o svasato a forma di cono, realizzato con speciali mattoni refrattari e quasi sempre rivestito da una armatura di lamiera d'acciaio raffreddata con acqua. Inferiormente vi è il crogiolo in cui si raccoglie il metallo fuso. Il cubilotto può essere semplice o con avanforno (avancrogiuolo). Le scorie di fusione vengono allontanate in continuo mediante apposite uscite sul corpo del forno. Il cubilotto viene caricato dall'alto, in genere tramite una benna a fondo apribile. La carica avviene alternando strati di metallo da fondere con strati di combustibile consistente in carbone coke metallurgico su un letto già acceso. Mediante una apposita tubazione ed ugelli raffreddati ad

acqua, il comburente (aria) viene insufflato sopra il letto acceso per innescare la combustione. La temperatura massima raggiunge $1.500 \div 1.550$ gradi centigradi nella zona compresa tra i 50 - 90 centimetri al di sopra degli ugelli. L'accensione dei forni a cubilotto alimentati a carbone può avvenire tramite bruciatore a gasolio. I forni a cubilotto possono essere classificati di tipo a vento freddo oppure a vento caldo. Per vento si intende l'aria comburente che viene immessa che può essere a temperatura ambiente o preriscaldata. Il vento caldo è ottenuto dai gas provenienti dalla marcia del cubilotto stesso che vengono recuperati e, attraverso impianti di depolverizzazione, vengono nuovamente immessi nella zona di fusione del forno tramite gli ugelli della camera del vento. Talvolta il preriscaldamento dell'aria può avvenire con apparecchiature sussidiarie indipendenti dal cubilotto. Il cubilotto a vento caldo migliora il rendimento termico e permette notevoli capacità orarie di produzione.

Il forno rotativo è costituito da un corpo cilindrico rivestito di materiale refrattario. Ad una estremità del cilindro si trova la bocca di caricamento, mentre all'altra estremità si trova la bocca di spillata del metallo fuso. La bocca di spillata viene chiusa con un coperchio sul quale è posto il bruciatore alimentato in genere a gas metano (o GPL) e ossigeno liquido. Il coperchio con il bruciatore viene movimentato grazie ad un supporto a bandiera. Durante la fusione il forno viene mantenuto in posizione orizzontale e posto in rotazione; viene inclinato durante le operazioni di caricamento e di scorifica o spillata. Il consumo di energia elettrica per mantenere in rotazione il forno elettrico è poco significativo rispetto al consumo energetico di metano e ossigeno liquido per la fusione.

Il forno fusorio impiegato può dipendere dalle particolari applicazioni in relazione al tipo di lega da fondere, al tipo di produzione (piccola/grande, continua/intermittente, costante/variabile), alla qualità del prodotto fuso, alla disponibilità della fonte calorica, alle scelte aziendali.

I forni fusori sono dotati di impianti di raffreddamento ad acqua. L'acqua utilizzata viene preventivamente addolcita ed il raffreddamento dell'acqua avviene tramite radiatori posti generalmente all'esterno dello stabilimento e collegati ai forni tramite un circuito idrico costituito da tubazioni interrate. Un gruppo elettrogeno garantisce il funzionamento dell'impianto di raffreddamento anche in caso di mancanza di energia elettrica.



Foto 2.1.18 Forni elettrici ad induzione visti da sopra dotati di cappe mobili di aspirazione e postazione di controllo schermata (i quadri di comando di tutto l'impianto si trovano in una cabina insonorizzata a lato della piattaforma). Il forno di destra è pieno di lega metallica fusa pronta per essere spillata mentre il forno di sinistra è al momento inattivo e si nota che in esso è inserita la fiaccola accesa per mantenere caldo il refrattario.

2.1.4 COLATA

Dopo la scorificazione in forno della lega metallica fusa, viene effettuata la spillata (Foto 2.1.20) cioè il metallo fuso viene versato dal forno fusorio in contenitori chiamati siviere (Foto 2.1.19); si tratta di contenitori metallici di varia grandezza, rivestiti internamente di materiale refrattario, dai quali la lega metallica fusa viene successivamente versata nelle forme. Quest'ultima operazione viene chiamata colata.

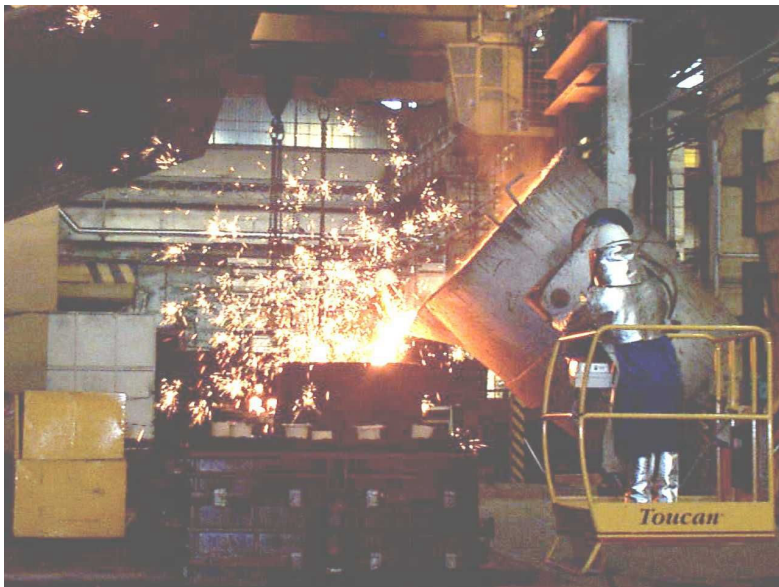


Foto 2.1.19 Colata effettuata mediante carrello mobile.

Prima della colata, nelle siviere può avvenire una seconda scorificazione (la prima era avvenuta al forno fusorio). Per effettuare la scorificazione in siviera, dopo avere introdotto in essa i prodotti scorificanti, l'operatore interviene manualmente tramite un'asta di acciaio in cima alla quale è fissata una paletta, anch'essa in acciaio, che fa scorrere sulla superficie del metallo fuso in modo da raccogliere le scorie galleggianti e, tirandole verso di sé, le fa cadere in una apposita fossa o contenitore metallico.

Le siviere piene vengono quindi trasportate alle linee di colata nelle forme, già predisposte durante

l'operazione di ramolaggio (paragrafo 2.1.2.8).

La movimentazione delle siviere piene di metallo fuso avviene mediante ausili meccanici di diverso tipo e, a seconda della modalità di movimentazione della siviera, cambia la modalità di esecuzione



Foto 2.1.20 spillatura del metallo fuso dal forno in siviera di grandi dimensioni.

della operazione di colata della lega metallica fusa nella forma. Riportiamo la descrizione di alcune delle diverse modalità attuate nelle aziende del comparto:

- quando è utilizzato un paranco, l'addetto comanda lo scorrimento lungo una monorotaia aerea tramite una pulsantiera elettrica e poi effettua manualmente il rovesciamento della siviera piena, tramite un apposito volante di cui è dotata la siviera stessa; talvolta questa operazione è svolta da due addetti.
- quando è utilizzata una gru, l'operazione è simile alla precedente, con la differenza che in questo caso è presente un terzo operatore alla guida della gru;
- quando sono utilizzati carrelli elevatori o carri di colata su rotaia (entrambi ad alimentazione elettrica), la siviera è montata a bordo del mezzo che è guidato da un operatore e il rovesciamento avviene tramite l'azionamento di appositi comandi dalla postazione di guida (Foto 2.1.19);
- quando è utilizzato un sistema costituito da una postazione di colata appesa su una monorotaia, l'operatore è seduto alla postazione di manovra e la siviera è montata a bordo della postazione stessa.

2.1.4.1 Manutenzione forni e siviere

Gli aspetti più importanti della manutenzione per una fonderia in terra di seconda fusione sono



Foto 2.1.21 Molazza per la preparazione della terra refrattaria (macchina con protezioni rimosse).

relativi alla manutenzione dei forni e delle siviere che necessitano di rifacimento periodico del refrattario. Questo comporta la precedente demolizione del refrattario vecchio tramite l'utilizzo di martelli pneumatici sui quali vengono montati utensili di diverse forme per meglio rimuovere il refrattario e le scorie metalliche. Mentre nei forni elettrici il rifacimento del refrattario avviene ogni qualche mese, per i cubilotti e i forni rotativi è necessaria una parziale manutenzione del refrattario alla fine di ogni giornata di lavoro (o

all'inizio della successiva in caso siano presenti due forni che vengono utilizzati alternativamente). Nei

forni rotativi questa operazione viene effettuata mediante l'introduzione nel forno parzialmente ancora caldo di una miscela costituita da terra francese, terra refrattaria e castina; tale miscela viene fatta sciogliere e quindi nuovamente solidificare in un punto del forno progressivamente diverso ogni giorno. In tale modo, si ottiene ciclicamente il completo e continuo rifacimento del refrattario del forno. Periodicamente è comunque necessaria la demolizione del refrattario per sostituirlo completamente.

La terra refrattaria (detta pigiata) che viene applicata con l'ausilio di dime e poi compressa, leggermente umida, con utensile pneumatico da un operatore che lavora stando all'interno del forno. Con lo stesso sistema viene periodicamente rifatto l'anello refrattario della bocca del forno, soggetto a particolare usura.

Per la preparazione della terra refrattaria viene talvolta utilizzata una apposita molazza (Foto 2.1.21).

Fra i materiali impiegati per il refrattario di forni e siviere vi possono essere:

- malta refrattaria pronta all'uso, in genere a base di allumina tabulare legata chimicamente con monofosfato di alluminio e contenente come altri componenti argilla (in cui la silice presente è sotto forma combinata) e ossido di cromo trivalente (Cr_2O_3);
- silicato di alluminio. Si tratta di un refrattario neutro chiamato mullite (composizione chimica $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) e come impurezze ossidi di ferro, di titanio, di calcio e di magnesio (Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO);



Foto 2.1.22 Rifacimento quotidiano del refrattario del cubilotto: un addetto preleva dalla pala meccanica la terra refrattaria facendone delle palle con le mani e le porge ad un altro addetto che si trova dentro il cubilotto.

- ossido di alluminio (allumina o corindone): si tratta di un refrattario neutro con formula chimica Al_2O_3 all'85 - 99% e ottenuto per elettrofusione da minerali di bauxite;
- ossido di magnesio e magnesite calcinata: si tratta di un refrattario basico (MgO) che si presenta come polvere amorfa molto leggera e di colore bianco;
- ossido di cromo naturale (cromite): è un refrattario neutro.

Per essiccare perfettamente il refrattario delle siviere prima di essere utilizzate (al fine di evitare schizzi di metallo fuso al momento del loro riempimento) viene acceso un fuoco di legna dentro la siviera per un tempo di 4 – 6 ore e poi, immediatamente prima del suo utilizzo, viene riscaldata per circa un ora mediante un flambatore. In genere le aziende hanno sostituito l'utilizzo della legna da ardere con sistemi più moderni che prevedono un impianto apposito per il trattamento termico del refrattario delle siviere tramite fiamma alimentata a gas metano.

2.1.4.2 Distaffatura – Disterratura – Smaterozzatura

Dopo la colata, le staffe vengono lasciate raffreddare (fino a 200-300°C), in una apposita zona adiacente all'impianto di distaffatura.



Foto 2.1.23 Disterratura con attrezzi manuali di un getto di grandi dimensioni realizzato tramite colata della lega metallica in una forma realizzata con il processo di formatura manuale in anidride carbonica

La distaffatura consiste nell'estrarre la forma dalla staffa e quindi il getto dalla forma tramite specifici impianti, i quali in genere sono diversi a seconda della provenienza delle staffe dalla linea di formatura automatica o dalla linea di formatura manuale.

Le staffe provenienti dalla linea di formatura automatica, le quali sono tutte della solita dimensione, vengono fatte avanzare automaticamente su binari dalla zona dove si sono raffreddate fino alla distaffatrice la quale in questo caso è anche chiamata pugno essendo essenzialmente costituita da un pistone ad azionamento pneumatico, che scende fino a sfiorare la staffa. I bracci della macchina che sostengono la staffa la sollevano velocemente verso il pugno

facendo sì che esso sfondi la staffa. In tale modo la terra di fonderia e il getto cadono su una griglia vibrante che ha la funzione di fare rimanere il getto su di essa, mentre la terra cade al di sotto della griglia stessa dove viene recuperata, i getti che restano sulla griglia vengono inviati alla zona di prelevamento tramite un trasportatore corrugato talvolta anch'esso grigliato e vibrante per favorire la disterratura, cioè la rimozione della terra rimasta ancora attaccata al getto.

Talvolta, per una migliore disterratura, i getti distaffati provenienti dalla linea di formatura automatica vengono introdotti in un disterratore a tamburo rotante e all'uscita inviati su un trasportatore corrugato in una zona dove gli addetti prelevano i getti, mentre le zolle di terra eventualmente rimasta sul trasportatore avanzano fino a cadere in un sistema di raccolta.

Per prelevare getti di dimensioni contenute, talvolta gli addetti utilizzano un'asta d'acciaio



Foto 2.1.24 Prelevamento dei pezzi dalla griglia vibrante all'uscita della distaffatura

con la punta ricurva con cui agganciarli (Foto 2.1.24) oppure una lunga pinza pneumatica sostenuta da un paranco.

Talvolta i getti distaffati provenienti dalla linea di formatura automatica, anziché essere prelevati dagli addetti dal trasportatore, vengono fatti cadere in un cassone metallico il quale, una volta riempito, viene portato tramite un carrello elevatore a trazione elettrica, al reparto dove vengono effettuate le successive lavorazioni sui getti (smaterozzatura, sbavatura, ecc...).

Spesso anche per i getti usciti dal disterratore rotante, specie in caso che presentino cavità, è necessario completare manualmente l'eliminazione della terra residua.

La distaffatura di getti di grandi dimensioni contenuti nelle staffe provenienti dalla formatura manuale, essendo queste di dimensioni diverse tra loro, non può essere effettuata tramite avanzamento su binari fino alla macchina pugno; pertanto, dopo il raffreddamento, le staffe grandi vengono movimentate con l'ausilio di carroponte fino alla distaffatrice, in questo caso costituita da una griglia vibrante di grandi dimensioni, sulla quale viene appoggiata la staffa. La forma contenente il getto viene estratta dalla staffa per effetto delle vibrazioni della griglia stessa. Anche in questo caso, mentre il getto resta sulla griglia, la terra cade sotto di essa e viene recuperata

Per la disterratura dei getti di grande dimensioni quali quelli provenienti dalla linea di formatura manuale, non può essere utilizzato il disterratore rotante, pertanto l'operazione viene eseguita manualmente dagli addetti i quali utilizzano attrezzi manuali, come martello e scalpello e/o martellini pneumatici.



Foto 2.1.25 Rottura manuale delle materozze di pezzi piccoli in una azienda caratterizzata da una produzione limitata

La smaterozzatura consiste nella separazione delle materozze dal getto, cioè nella eliminazione della parte di fusione compresa tra il foro di colata e l'oggetto che si desidera ottenere. La smaterozzatura viene eseguita con diverse modalità, ad esempio, in caso di fusioni di più pezzi piccoli in una unica staffa uniti a grappolo dalle materozze, gli operatori intervengono con la mazza per rompere le materozze e separare i getti dal grappolo (Foto 2.1.25). Altrimenti, per i getti di medie e grandi dimensioni, il taglio delle materozze avviene utilizzando macchine ed attrezzature quali troncatrice, sega circolare portatile, canello

ossiacetilenico, smaterozzatrici a cuneo. I getti e le materozze vengono gettati dagli addetti in cassoni metallici separati che poi verranno movimentati con carrelli elevatori a trazione elettrica.

2.1.5 FINITURA

2.1.5.1 Granigliatura sabbiatura

La granigliatura e la sabbiatura consistono nel pulire e lucidare i getti, dopo averli privati delle materozze, investendoli con un getto di graniglia di acciaio o di sabbia abrasiva.

Questa operazione viene eseguita tramite macchine dette granigliatrici o sabbiatrici.

La graniglia può essere sferica angolare o cilindrica di diversa granulometria, e viene fornita in sacchi di juta o di plastica.

Le macchine granigliatrici o sabbiatrici possono essere di diversi tipi a seconda delle dimensioni dei pezzi da trattare. Sono dotate di turbine che sparano ad alta velocità un flusso di graniglia contro i pezzi, ripulendone e lucidandone la superficie. Possono essere individuate due categorie:

- a tappeto: vengono utilizzate per getti piccoli; sono costituite da una camera nella quale i getti vengono rimescolati tramite un tappeto rotante, sotto l'azione della graniglia sparata su di essi; i getti vengono introdotti in un caricatore automatico che si alza per rovesciarli nella macchina e poi ritorna nella posizione di riposo, quindi viene chiuso il coperchio e avviata la macchina;
- a tunnel: vengono utilizzate per getti di medie dimensioni i quali vengono appesi ai ganci di un trasportatore e trasferiti all'interno di un tunnel, dove vengono investiti dalla graniglia; talvolta anziché essere direttamente appesi ai ganci del carroponte, i pezzi possono essere disposti su una rastrelliera dotata di più ripiani, la quale viene appesa al carroponte.



Foto 2.1.26 Sabbiatrice a tappeto durante il caricamento dei getti. Si noti il caricatore automatico a sollevamento pneumatico (a sinistra) ed il coperchio scorrevole aperto (in alto)

2.1.5.2 Sbavatura

La sbavatura è l'operazione durante la quale si provvede alla rifinitura e levigatura, nonché alla eliminazione delle bave di metallo che si formano sui getti in prossimità dei punti di unione delle due semi-staffe. Questa fase lavorativa, detta anche smerigliatura o molatura, viene eseguita generalmente con mole a nastro, a disco e mole portatili. In alcuni casi possono essere utilizzate anche sbavatrici automatiche. Dopo la lavorazione i pezzi di piccole dimensioni vengono ammucchiati gettandoli in cassoni metallici, o appoggiati su pancali di legno che poi verranno movimentati tramite carrelli elevatori.



Foto 2.1.27 Addetto alla sbavatura dei getti con mola portatile

I composti utilizzati come abrasivi delle mole sono in genere costituiti da:

- abrasivi: carburo di silicio; corindoni (naturali o sintetici), vari ossidi TiO_2 , SiO_2 , FeO .
- agglomeranti: gommalacca, gomma, resine sintetiche termoindurenti;

La gommalacca è generalmente costituita dai seguenti componenti:

- secrezione cereo-resinosa di origine animale prodotta da vari insetti (65-80%);
- sostanze cerosi insolubili in alcool (4-8%); altre sostanze quali coloranti, alluminose, zuccheri, ecc...

La gomma è costituita da caucciù o gomme sintetiche. Le resine sintetiche termoindurenti sono resine fenoliche ed altri fenoplastici.

2.1.5.3 Trattamenti termici sui getti

I getti prodotti possono presentare delle tensioni superficiali a causa della diversa velocità di raffreddamento del metallo colato nella forma che è maggiore dalla parte esterna rispetto alla parte interna della staffa. Queste tensioni superficiali determinano la possibilità di deformazione o anche di rottura del getto qualora esso venga sottoposto a lavorazioni meccaniche, specialmente in caso tali lavorazioni consistano nella asportazione di metallo dalla parte superficiale del pezzo.

Pertanto per conferire migliori proprietà meccaniche al pezzo, esso può essere sottoposto ad un apposito trattamento termico che consiste in un riscaldamento e successivo raffreddamento controllato in forno (generalmente alimentato a gas metano), onde rendere omogenea la struttura del pezzo ed eliminare quindi le tensioni superficiali. Si attua così quello che viene chiamato trattamento termico di distensione.

Il trattamento termico può avvenire prima o dopo la smaterozzatura/sbavatura o anche sia prima che dopo. La scelta dell'ordine delle fasi del ciclo può essere determinata, oltre che da motivi tecnologici, anche a seconda che il trattamento termico o le lavorazioni meccaniche siano appaltate a ditte esterne i cui costi sono determinati in genere sulla base del peso del getto ed il peso si riduce dopo l'asportazione delle materozze e delle bave.

Per il trattamento termico può essere adottata anche la tecnica del raffreddamento in olio minerale per ottenere un raffreddamento uniforme e rapido (si effettua così un trattamento termico di tempra dei getti). Allo scopo i getti caldi appena usciti dal forno di trattamento termico vengono immersi in una vasca riempita di olio minerale puro dotata di un sistema di raffreddamento a ciclo chiuso con serpentine ad acqua.