

**SOCIETÀ ITALIANA DI MEDICINA DEL LAVORO  
E IGIENE INDUSTRIALE**



estratto dagli atti del

**40° CONGRESSO NAZIONALE**

**Milano 27 - 29 ottobre 1977**

**volume 1° - prima giornata**

CICLO TECNOLOGICO E MAPPA DEI RISCHI  
PRESUNTI NELL'INDUSTRIA SIDERURGICA  
E NELLA FONDERIA DI GHISA E ACCIAIO

L. Bodini <sup>(1)</sup>, B. Mazza <sup>(2)</sup>, G. Nano <sup>(3)</sup>, D. Sinigaglia <sup>(2)</sup>  
e J. Alva <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> S.M.A.L. di Sesto S. Giovanni (Milano)

<sup>(2)</sup> Istituto di Chimica-Fisica, Elettrochimica e  
Metallurgia del Politecnico di Milano

<sup>(3)</sup> Istituto di Ergotecnica del Politecnico di Milano

INDICE

Produzione dei tubi	PAG. 81
Tubi senza saldatura	" 81
Tubi saldati	" 84
Area laminazione-Elementi di nocività	" 86
FONDERIA DI GHISA E DI ACCIAIO	" 97
La forma	" 97
Il metallo (o la lega) fuso	" 104
Fonderia-Elementi di nocività	" 106
BIBLIOGRAFIA	" 115

CICLO TECNOLOGICO	PAG. 5
INTRODUZIONE	" 8
AREA MATERIE PRIME ED IMPIANTI PER LA LORO PREPARAZIONE	" 12
Impianto di agglomerazione	" 15
Impianto di agglomerazione-Elementi di nocività	" 18
Cokeria	" 20
Cokeria-Elementi di nocività	" 21
AREA GHISA	" 29
Altoforno	" 29
Impianti e servizi ausiliari	" 34
Altoforno-Elementi di nocività	" 35
AREA ACCIAIO	" 38
Acciaieria L-D	" 39
Acciaieria O.B.M.	" 46
Acciaieria Martin-Siemens	" 49
Acciaieria Martin-Siemens-Elementi di nocività	" 54
Acciaieria elettrica	" 56
Acciaieria elettrica-Elementi di nocività	" 58
Colata in fossa e colata continua	" 62
Colata in fossa	" 64
Colata in fossa-Elementi di nocività	" 66
Colata continua	" 67
Colata continua-Elementi di nocività	" 70
AREA LAMINAZIONE	" 74
Laminatoio sbizzatore o di prima laminazione	" 79
Laminatoio per billette	" 79
Laminatoi per barre e profilati	" 79
Laminatoio per laminati piani	" 80
Laminatoio a freddo per laminati piani	" 80

consentito di tracciare una casistica dei rischi presunti sufficientemente varia e articolata e quindi molto meno riduttiva di quella tradizionalmente accreditata all'ambiente siderurgico considerato come entità globale e indifferenziata. Così va rilevata da un lato l'esistenza contemporanea, in molte delle posizioni di lavoro, di più rischi e fonti di affaticamento "tradizionali" (stress termici, inquinanti atmosferici, rumore, vibrazioni, situazioni pericolose, lavoro a turni, ecc.) con effetti di sinergismo, e dall'altro l'esistenza di rischi poco considerati con riferimento all'ambiente siderurgico, quali ad es. la presenza di sostanze ad azione cancerogena sia organiche (ad es. in cokeria, dalla distillazione del catrame), sia inorganiche (ad es. nella preparazione di acciai speciali legati con cromo, nichel, ecc.), o la presenza di radiazioni in alcune fasi e procedure di controllo che si vanno sempre più diffondendo (ad es. nella colata continua, nei controlli dimensionali e di qualità, ecc.).

Ma soprattutto la metodologia adottata ha consentito di analizzare l'evoluzione dell'impiantistica e dell'organizzazio-  
ne del lavoro nell'industria siderurgica nei suoi riflessi sulla nocività. Costanti di tale evoluzione, come determinata dal padronato, sono risultate:

- a) la comparsa di nuovi rischi in relazione all'affermarsi di nuove tecnologie e di nuovi impianti, o alla modifica dei precedenti. Significativo al riguardo è ad es. il passaggio dal forno Martin-Siemens al forno elettrico ad arco e successivamente al forno elettrico ad arco ad altissima potenza (forni cosiddetti UHP), che ha comportato la comparsa di un ulteriore fattore di nocività, il rumore (soprattutto nel periodo fusorio), e quindi la sua esasperazione a valori ormai insopportabili e inaccettabili. Analogamente dicasi ad es. per l'introduzione dell'insufflaggio di ossigeno nel forno Martin-Siemens o nel forno elettrico;

- b) l'esasperazione dei rischi in relazione all'aumento di potenzialità degli impianti e alla concentrazione nello stesso spazio di un sempre maggior numero di essi;

INTRODUZIONE

Scopo di questa prima relazione è di definire una mappa dei rischi presunti nell'industria siderurgica e nella fonderia di ghisa e acciaio, cioè di evidenziare i fattori di nocività ambientale quali derivano dalle tecnologie produttive utilizzate, dalla situazione impiantistica e dalla organizzazione del lavoro. Tale mappa dei rischi presunti sarà poi validata, documentata e quantificata nelle successive relazioni che verteranno sui diversi aspetti relativi da un lato all'analisi ambientale e dall'altro all'analisi medico-epidemiologica dei danni subiti dai lavoratori.

Comunque, già in questa fase iniziale del lavoro, si è cercato di superare la genericità delle rassegne ricorrenti nella letteratura "ufficiale", del tipo ad es.: "il rumore nell'industria siderurgica" e simili, facendo invece riferimento ad indagini gestite dai lavoratori o ad esperienze di corsi 150 ore sulla nocività, nelle quali il punto di partenza è stato l'analisi del ciclo produttivo per fasi, la descrizione dei relativi impianti, l'individuazione di tutte le sostanze in gioco con le loro caratteristiche chimiche e fisiche, la precisazione delle diverse mansioni e delle operazioni svolte per tempo e frequenza, nonché la definizione delle posizioni di lavoro, con l'individuazione dei gruppi operai omogenei (1).

Indagini di questo tipo sono purtroppo ancora scarse o solo parziali, soprattutto in rapporto alla vastità e importanza del settore siderurgico nel nostro paese. E' per questo che la mappa che qui si è cercato di comporre risulta ancora lacunosa in alcune fasi essenziali del ciclo produttivo, come ad esempio la conversione della ghisa in acciaio al convertitore L-D. Pur con questi limiti, la metodologia adottata ha

---

(1) Tutto ciò consente appunto di presumere i tipi di rischi, la loro entità e i tempi di esposizione.



Generalmente mancante è anche la descrizione delle mansioni per i gruisti. In questo caso il rischio (per quanto riguarda: tipi, entità, tempi di esposizione) è strettamente dipendente sia dal grado di climatizzazione, ventilazione, depurazione, insonorizzazione ecc. delle cabine, sia dall'organizzazione della produzione e del lavoro nel reparto, circostanze estremamente variabili da fabbrica a fabbrica e da reparto a reparto.

Ringraziamenti. Gli autori di questa relazione desiderano ringraziare vivamente L. Rouvery dell'Italsider di Genova, C. Barlassina dello S.M.A.L. di Sesto S. Giovanni, gli operatori dei Servizi di Medicina del Lavoro di Trieste e di Lecco e della Clinica del Lavoro dell'Università di Milano per il materiale e i suggerimenti forniti.

c) l'esasperazione dei rischi in relazione all'aumento del grado di utilizzazione degli impianti (diminuzione della loro manutenzione, lavoro a turni, straordinari, ecc.). Al riguardo si può citare in particolare la situazione nelle miniacciaierie del Bresciano, dove fino a non più di 2-3 anni fa i forni elettrici non venivano fermati neppure di domenica, e l'orario di lavoro poteva raggiungere le 12 ore giornaliere.

d) l'esasperazione dei rischi in relazione alla intensificazione dei ritmi di lavoro, all'aumento del numero delle mansioni, all'aumento della mobilità, alla diminuzione degli organici. Significativo riguardo ad alcuni di questi aspetti è ad es. il passaggio dalla colata in fossa alla colata continua. Altro esempio è il seguente: ai laminatoi la elevata saturazione dei tempi di lavoro e l'attenzione continua richiesta negli interventi su un ciclo operante ad alta velocità sono fonte di notevolissimo affaticamento psichico.

Tutto ciò va tenuto presente per un dibattito sulla prevenzione relativa ai vecchi e ai futuri impianti produttivi, che non sia meramente tecnicistico, mirante solo a correggere dei semplici "errori di progettazione", ma sappia saldarsi al patrimonio di elaborazione teorica, di mobilitazione e di lotta espresso dal movimento operaio e sindacale, dopo la svolta del 1968-69, sul problema salute-lavoro.

Osservazioni. Nel tracciare i profili delle mansioni (e dei rischi corrispondenti) si è fatto riferimento soprattutto a quelle direttamente collegate al processo produttivo. Praticamente mancante è quindi la descrizione dei lavori periodici di grande manutenzione, di rifacimento dei rivestimenti refrattari, ecc., lavori che spesso (ed anche in relazione alla loro elevata nocività) sono dati in appalto ad imprese esterne. L'influenza di queste manutenzioni sulle condizioni di lavoro degli addetti al processo produttivo è molto diversa da caso a caso, a seconda ad es. che esse vengano svolte durante i riposi festivi oppure no, in capannoni separati oppure no, ecc.

CICLO TECNOLOGICO

Uno stabilimento siderurgico è detto a "ciclo integrale" (Fig.1) quando si ottengono prodotti finiti (laminati piani, barre, tubi e profilati) partendo dalle materie prime (minerale di ferro, carbon fossile, calcare e additivi vari).

Nel caso in cui i prodotti finiti si ottengono a partire prevalentemente da rottame e, in un prossimo futuro, da minerale "preridotto" (1), lo stabilimento siderurgico viene comunemente chiamato "miniacciaio" (vedi parte interna al tratteggio di Fig. 1 (2)).

Il ciclo integrale è diviso in un certo numero di aree di lavorazione; le principali sono: 1) area materie prime; 2) area ghisa; 3) area acciaio; 4) area laminazione.

AREA MATERIE PRIME ED IMPIANTI PER LA LORO LAVORAZIONE

Nell'area materie prime (Fig.2) si distinguono i seguenti impianti:

- Impianto di scarico delle materie prime.
- Deposito e ripresa dei materiali, con gli impianti di frantumazione, di vagliatura, di essiccazione, i parchi di omogeneizzazione e gli impianti di campionatura.
- Impianto di agglomerazione.
- Cokeria ed impianti di recupero dei sottoprodotti.

(1) Nei cosiddetti processi di riduzione "diretta" il minerale di ferro viene "preridotto", tramite riducente solido o gassoso (carbone, metano, gas naturale), a un prodotto non carburato o poco carburato (detto anche "spugna di ferro"). La denominazione "diretta" si contrappone quindi a quella "indiretta" relativa al processo tradizionale di seguito descritto, che implica la produzione della ghisa liquida quale prima fase della riduzione. La riduzione diretta dei minerali di ferro si può effettuare in forni rotativi o a tino, in reattori a letto statico o a letto fluidizzato. Si prevede un notevole sviluppo delle miniacciaierie che lavorano con rottame e minerale preridotto, secondo il ciclo (più semplice di quello tradizionale): riduzione diretta-formo elettrico-colata continua-laminazione.

(2) Solitamente (vedi ad es. il caso dell'industria siderurgica bresciana) nell'area miniacciaierie manca anche lo stadio di laminazione a freddo.

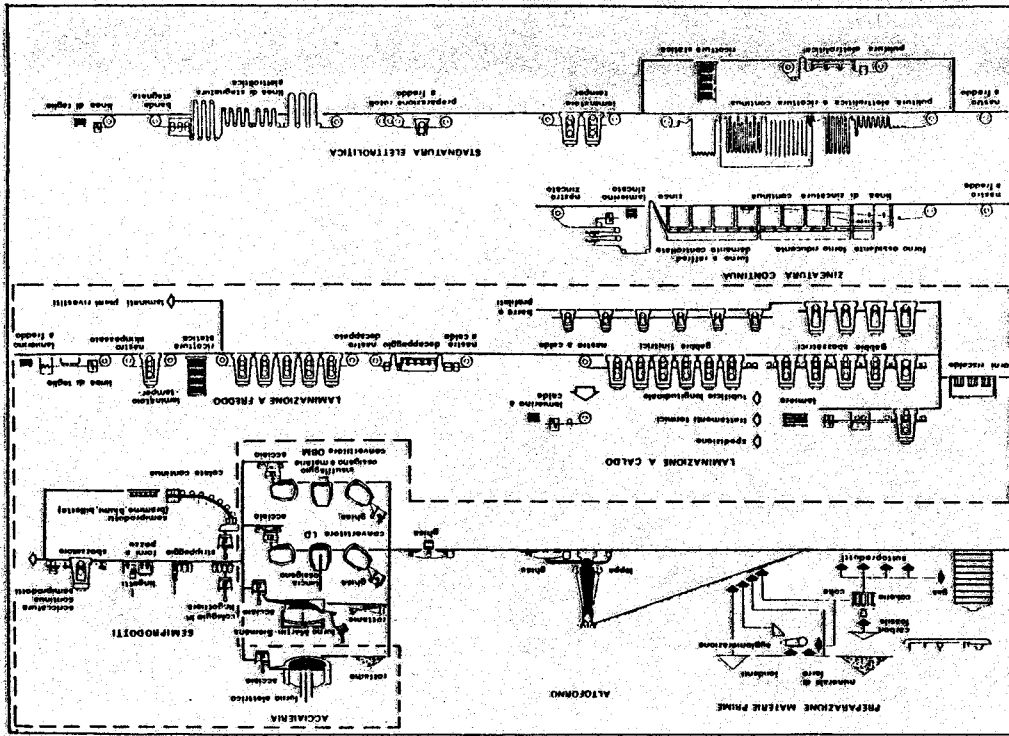


Fig. 1 - Schema di impianto siderurgico a ciclo integrale (la parte interna al tratteggio si riferisce ad una miniacciaio), (da Heisler)



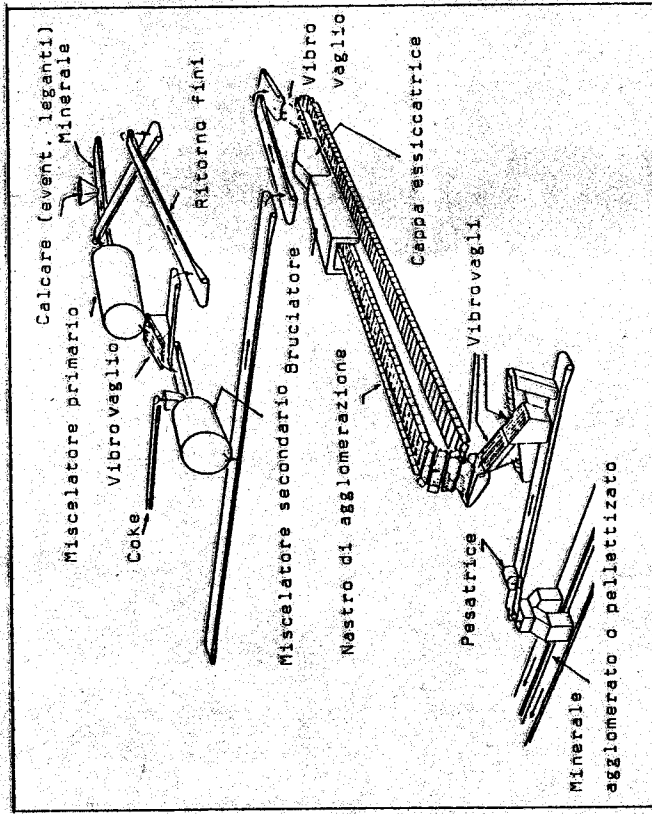


Fig. 4 - Griglia di agglomerazione.(II)

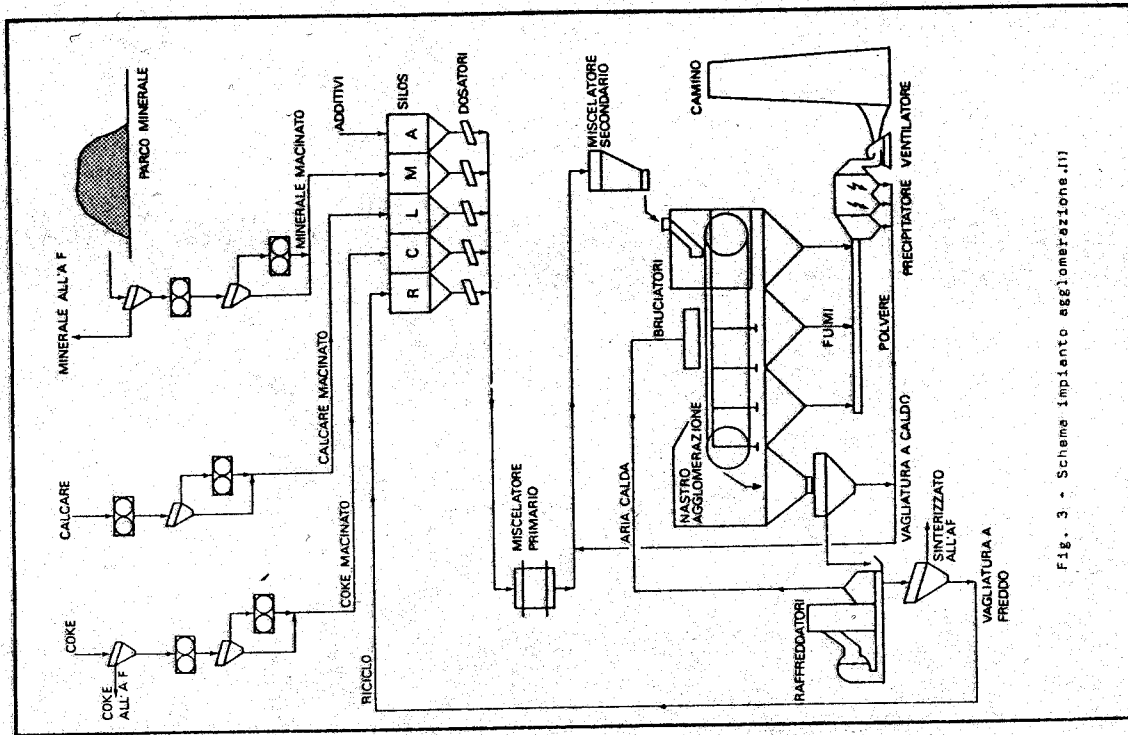


Fig. 3 - Schema impianto agglomerazione.(II)

Rischi

Il reparto agglomerazione si presenta molto omogeneo da un punto di vista ambientale, con rischi predominanti da polveri, rumore e vibrazioni praticamente diffusi sull'intera area, oltre a quelli derivanti dal lavoro a turni, quasi sempre in solitudine, in un ambiente semiaperto e quindi molto soggetto a sbalzi di temperatura.

a) Polverosità. E' presente soprattutto sul piano di cottura, al controllo e alla pulizia della zona vagli e dei nastri trasportatori che alimentano i silos d'altoforno e le linee di riciclo, sotto i dosatori, al controllo visivo del grado di riempimento dei silos. Queste operazioni, anche se discontinue, raggiungono, per l'elevata percentuale di silice libera cristallina presente (sino al 10%), alti livelli di pericolosità per gli addetti. Sono presenti inoltre nelle polveri: ossido di ferro, calcare e allumina, carbonio e altri elementi (manganeso, ecc.).

b) Rumore. E' prodotto dalle operazioni di frantumazione e di vagliatura; supera di molto, nelle zone circostanti i vagli ed i frantoi, i limiti considerati come massimi tollerabili, con valori (superiori ai 90 dbA) elevati alle frequenze medio-basse e con punte acute dovute alle fiamme del piano di cottura, ai vagli ed ai motori elettrici. Notevoli, a questo riguardo, gli effetti di affaticamento e quelli extrauditivi (bruciore di stomaco, insonnia, mal di testa, brusche variazioni d'umore presenti per es. nel 50% dei lavoratori del reparto agglomerazione dello stabilimento Italsider di Trieste).

c) Vibrazioni. Si sentono soprattutto nella direzione testapiedi sulle piattaforme metalliche presso vagli e frantoi, ma si risentono anche nelle altre zone e nelle cabine di manovra e di riposo. Queste vibrazioni possono avere un effetto di affaticamento psichico precoce, di disagio e di malessere.

scaldata ad una determinata temperatura, provocandone la incipiente fusione. Si ottiene così un materiale agglomerato che, dopo un'ulteriore frantumazione e vagliatura, viene caricato nell'altoforno (pezzatura adatta alla carica: 8-50 mm).

La parte principale dell'impianto è costituita da un forno a griglia mobile tipo Dwight-Lloyd (Fig.4), sulla quale viene depositata la miscela in dosaggio opportuno. La miscela è trasportata dal movimento della griglia sotto il fornello di accensione, dove viene riscaldata superficialmente; la combustione del coke che ne consegue si trasmette poi gradualmente agli strati sottostanti, favorita in questo da una corrente d'aria creata da cassette di aspirazione poste sotto la griglia.

Il prodotto che si ottiene è una massa spugnosa di forma irregolare e abbastanza friabile (sinterizzato non trasportabile a distanza). Si possono ottenere anche degli agglomerati sferoidali detti "pellets" (trasportabili a distanza), se sulla griglia Dwight-Lloyd vengono cotte delle pellets verdi (o "crude") previamente preparate mediante opportuni impasti dei "fini".

Impianto di agglomerazione-Elementi di nocività

Mansioni

- Addetti al controllo ed alla manutenzione di pronto intervento dei nastri, dei vagli e dei frantoi.
- Addetti alla miscela: controllano il dosaggio delle diverse sostanze della miscela da agglomerare, eseguono la pulizia dei nastri trasportatori e dei silos.
- Addetti al miscelatore: controllano il grado di umidità della miscela da agglomerare prima dell'ingresso nel miscelatore.
- Addetti al controllo dei flussi del materiale e del corretto funzionamento del nastro di cottura.

sotto la torre di spegnimento, dove viene sottoposto ad una forte pioggia d'acqua. Successivamente, mediante nastri trasportatori, il coke è inviato all'impianto di frantumazione e vagliatura e di qui ai silos di carico dell'altoforno (dimensioni del coke di carica: 20-80 mm). Il polverino ottenuto a seguito della frantumazione viene invece inviato allo impianto di agglomerazione.

Nell'impianto di recupero dei sottoprodotti (Fig. 7) vengono trattati in vari modi i prodotti della distillazione del carbon fossile<sup>(1)</sup>. Nel suo insieme l'impianto risulta costituito dalle seguenti parti: decantatore catrame, raffreddatori primari, separatore elettrostatico, distillatore ammoniacale con recupero del fenato di sodio, impianto solfato di ammonio con recupero della piridina, raffreddatori finali con recupero del benzolo (impianto benzolo) e della naftalina (impianto naftalina), gascmetro per gas di cokeria.

Il gas proveniente dai forni si raccoglie, dopo il passaggio nelle colonne montanti, nei bariletti, dove subisce una prima separazione dal catrame e un primo raffreddamento da circa 700°C a circa 80°C mediante irrorazione, con ugelli, di acqua ammoniacale di riciclo. Il gas e il vapore greggio provenienti dai singoli bariletti vengono raccolti in un collettore e convogliati ai raffreddatori primari e al separatore elettrostatico. L'acqua di lavaggio e il catrame vengono prelevati dal fondo del collettore e inviati al decantatore. L'acqua di lavaggio separata dal catrame viene in parte riciclata nei bariletti e in parte inviata agli impianti di distillazione dell'ammoniaca e di defenolizzazione. L'ammoniaca distillata va, unitamente al gas greggio, agli impianti di recupero solfato di amminio, piridina, benzolo, naftalina, ecc.

Cokeria - Elementi di nocività

Zona preparazione fossile, zona spegnimento coke e silos alimentazione altoforno

Queste due zone, a monte e a valle dell'impianto principale di distillazione, si presentano abbastanza omogenee dal punto di vista delle condizioni ambientali, con alcuni rischi

(<sup>1</sup>) Quest'impianto può essere più o meno ridotto rispetto alla descrizione qui data, in quanto alcuni recuperi possono non risultare economicamente convenienti.

### Cokeria

Nella cokeria si trasforma il carbon fossile in coke, necessario per la riduzione del minerale di ferro nell'altoforno<sup>(1)</sup>. La cokeria (Fig. 5) propriamente intesa consta di un impianto di preparazione del fossile, di una batteria di forni per coke, di un impianto di spegnimento, di evacuazione e di trattamento dello stesso, nonché di un impianto per i sottoprodotti.

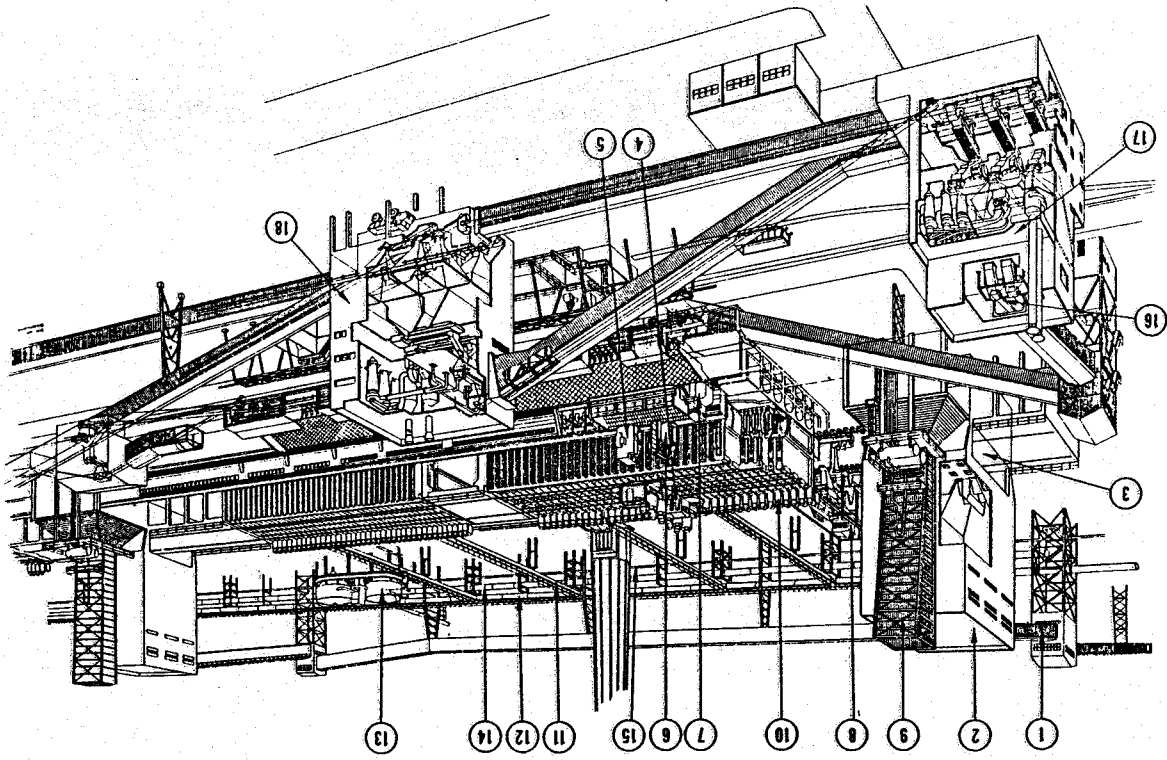
Dal parco di raccolta il fossile "tout venant" viene inviato mediante nastri trasportatori all'impianto di preparazione dove subisce una prima vagliatura e frantumazione (fino a dimensioni inferiori a 40 mm); viene poi separato da materiali estranei di grosse dimensioni (ad es. pezzi di ferro, di legno, ecc.) ed infine passa ad una nuova serie di vagliature che separano il fossile di pezzatura fine (circa 3 mm) da quello di pezzatura maggiore; quest'ultimo, dopo una ulteriore frantumazione, viene introdotto con il fine nei silos primari. Da questi il fossile viene prelevato e mandato a dei mescolatori dove sono fatte aggiunte di acqua o di olio minerale per ottenere la densità voluta; il fossile è poi pesato ed infine raccolto nei silos di carica dei forni.

I forni (Fig. 6) sono in generale costituiti da una serie di celle in muratura refrattaria disposte in parallelo e raggruppate in un certo numero di batterie. Le batterie vengono caricate dall'alto e riscaldate con gas di cokeria, gas d'altoforno o con gas miscelato, fatti bruciare e circolare in opportune camere disposte tra una cella di distillazione e l'altra. Dal carbone, portato ad una temperatura di circa 1000°C in pratica assenza di aria, si liberano sostanze volatili essenzialmente costituite da idrocarburi, sostanze ammine, niacali, solforate (nelle forme ridotte), ed una notevole quantità di gas di cokeria. Dopo circa 18 ore di permanenza nei forni il carbone si trasforma in coke; si procede allora allo svuotamento delle celle con un'apposita macchina (detta "sforatrice") che spinge orizzontalmente il coke facendolo cadere su carri che lo trasportano, ancora incandescente,

(<sup>1</sup>) La trasformazione è necessaria soprattutto per conferire al carbone resistenza meccanica e reattività adeguate.

Fig. 5 - Cokeria - Legenda (II)

- 1) Nastri trasportatori fossile
- 2) Torre fossile
- 3) Stazione di carica del fossile
- 4) Carro di carica
- 5) Macchina leva-porte
- 6) Carric guida coke
- 7) Carro spegnimento coke
- 8) Sforatrice
- 9) Torre di spegnimento coke
- 10) Colonne montanti e bariletti
- 11) Tubazione di aspirazione gas e vapori
- 12) Collettore gas e vapori
- 13) Decantatori
- 14) Collettore gas depurato
- 15) Tubazione vapore
- 16) Nastri trasportatori coke "tout venant"
- 17) Impianto vagliatura e frantumazione
- 18) Stazione smistamento e carica del coke





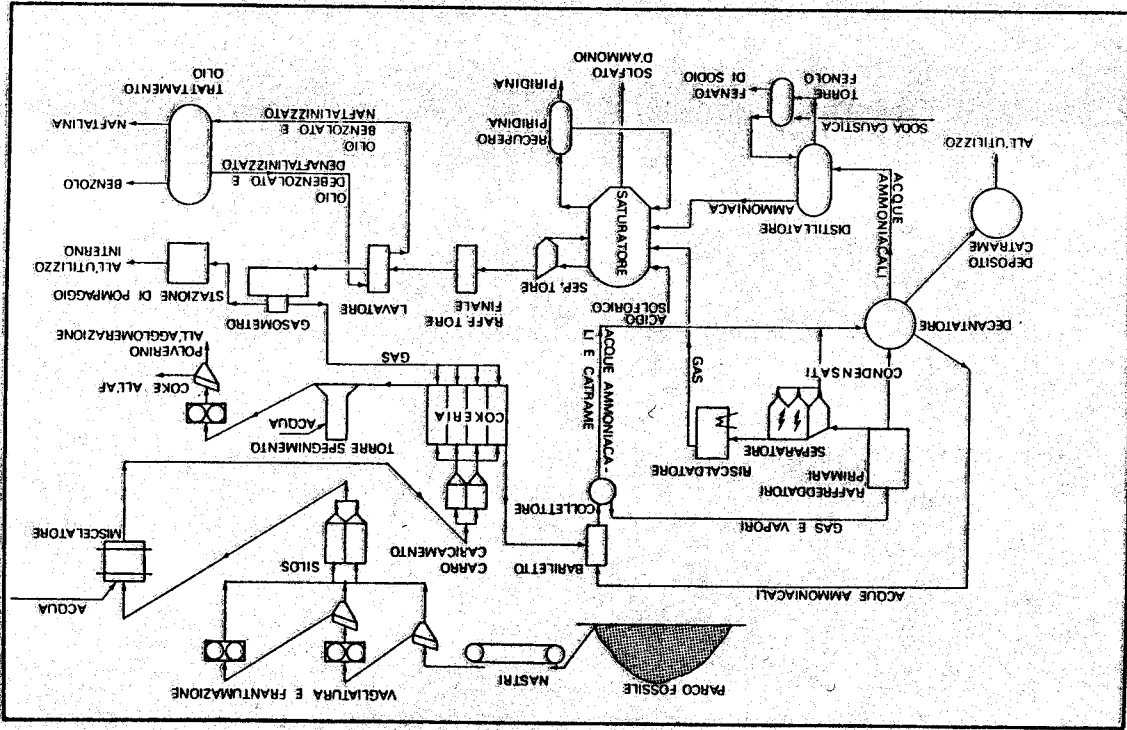


Fig. 7 - Schema cokeria e impianti di recupero. III

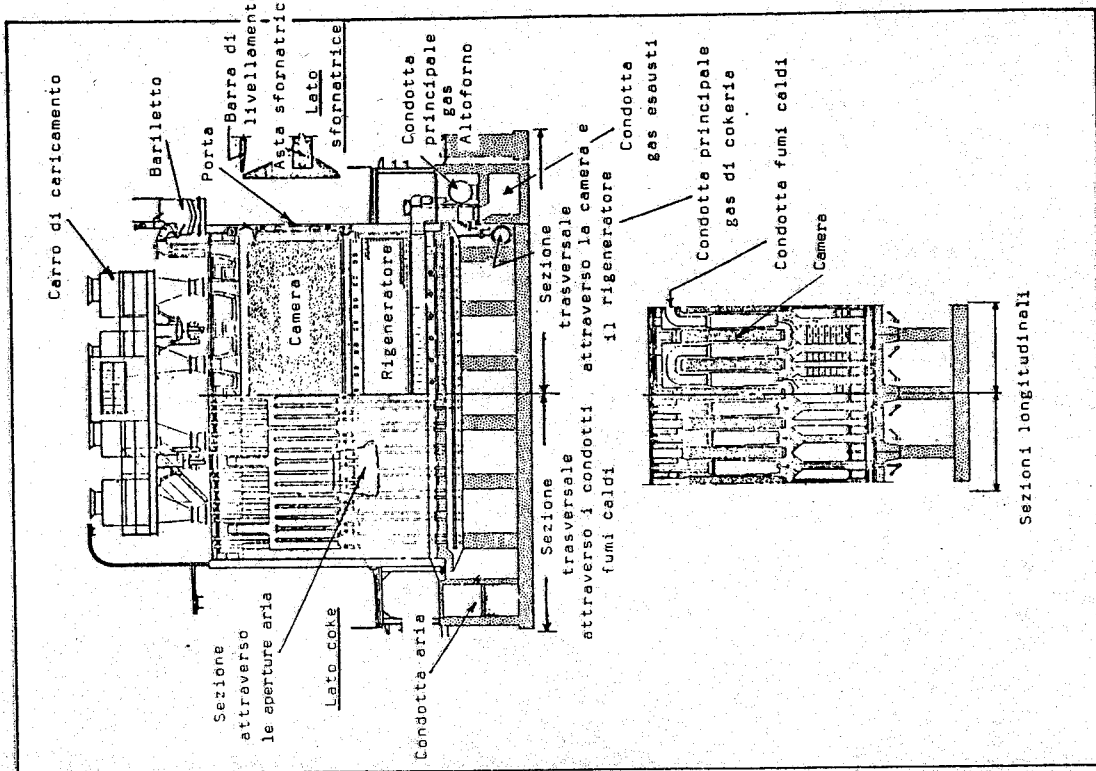


Fig. 6 - Sezioni di un forno per coccizzazione carbon-fossile. II



Rischi

a) Inquinamento chimico e polverosità. In questa zona esiste un inquinamento "normale di fondo" per perdite continue di gas e di vapori dovute alla non perfetta tenuta degli impianti (fughe dai coperchi del piano di caricamento, dalle porte delle camere, dalle colonne montanti e dai tappi dei bariletti), i cui effetti sono spesso peggiorati dall'aumento del ritmo di produzione. E' presente inoltre un inquinamento "specifico di mansione", come ad es. durante le operazioni di introduzione del fossile nella camera di distillazione, di eliminazione manuale del catrame dal fondo dei bariletti, di pulizia con aria compressa di varie parti di impianto, e di manutenzione.

Gli inquinanti sono sia di tipo inorganico (ossido di carbonio, idrogeno solforato, ammoniacca, acido cloridrico) che di tipo organico (prodotti di distillazione del catrame); di questi ultimi, i principali sono riportati in Tab.1.

Tab.1 - Principali prodotti organici di distillazione del catrame.

Benzolo C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	p-Cresolo C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CH <sub>3</sub> OH	Dibenzofurano C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> O
Toluolo C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	" "	Fluorene (C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
piridina C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	Naftalina C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	Carbazolo (C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> NH
p-Xilolo C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Chinolina C <sub>9</sub> H <sub>7</sub> N	Fenantrene C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>
" "	Isochinolina C <sub>9</sub> H <sub>7</sub> N	Antracene C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>
" "	o-Metinaftalina C <sub>10</sub> H <sub>7</sub> CH <sub>3</sub>	Acridina C <sub>13</sub> H <sub>9</sub> N
Fenolo C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	" "	Crisene C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>
o-Cresolo C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub>	Acenafrene C <sub>10</sub> H <sub>6</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	

E' stata rilevata in particolare la presenza di idrocarburi aromatici policiclici a nota azione cancerogena<sup>(1)</sup>. Inoltre al po-

(1) Il IIT (Bureau International du Travail) riporta un aumento di frequenza dei tumori bronchiali statisticamente significativo tra i lavoratori delle cokerie, soprattutto tra gli addetti al piano di caricamento, e dei tumori alla vescica (probabilmente da betanftilamina presente come prodotto di distillazione del catrame) tra gli addetti al controllo dei livelli del catrame nei decantatori (v.avanti).

predominanti (polvere, rumore e vibrazioni) praticamente difusi sull'intera zona e con la caratteristica del lavoro a turni, in solitudine, in ambiente semiaperto e quindi molto soggetto a sbalzi termici. I problemi ambientali sono in parte ridotti poichè le attività sono prevalentemente di controllo (discontinue e limitate nel tempo).

Zona distillazione fossile

Mansioni

- Addetti alla carica dei forni: mediante macchina caricatrice introducono il fossile dai silos nelle camere di distillazione.
- Addetti al piano di caricamento: provvedono all'apertura e chiusura delle camere di distillazione, alla pulizia del piano, al controllo della circolazione dell'acqua ammoniacale, ecc.
- Addetti ai bariletti di recupero dei vapori provenienti dai forni a seguito della distillazione del fossile.
- Addetti alla macchina sfornatrice: a distillazione avvenuta provvedono ad azionare l'asta sfornatrice che spinge fuori il coke incandescente facendolo cadere sul carro che lo porta allo spegnimento.
- Addetti al carro-spegnimento e posizionamento canale coke: provvedono alle operazioni di apertura della camera (dalla parte opposta a quella su cui si trova la sfornatrice) ed al trasporto del coke allo spegnimento.
- Addetti rampa: provvedono alla ripartizione del coke spento sui nastri che lo avviano ai silos finali di alimentazione dell'altoforno.
- Addetti inversione: provvedono al preriscaldamento delle camere dei forni.
- Addetti al ripristino delle strutture in refrattario (stipiti e porte delle camere, ecc.).

AREA GHISA

L'area ghisa è costituita dall'altoforno e dagli impianti ausiliari.

Altoforno

L'altoforno (Fig.8) è un grande reattore chimico costituito da un involucro metallico a struttura autoportante con colonne di sostegno, rivestito internamente con materiale refrattario. In esso, attraverso una serie di reazioni, il minerale di ferro, in presenza di coke e fondenti (calcare) si trasforma in ghisa (lega di ferro-carbonio-silicio ed altri elementi, con tenore di carbonio maggiore del 2%), la quale con un successivo processo di conversione verrà poi trasformata in acciaio (lega di ferro-carbonio ed altri elementi di lega, con tenore di carbonio minore del 2%). L'altoforno funziona in continuo; la sua "campagna" si aggira sui 7-8 anni. Al termine di ogni campagna viene rifatto il rivestimento refrattario.

Nell'altoforno si distinguono, dall'alto in basso: la bocca, il timo, il ventre, la sacca e il crogiolo (Fig.9). Il caricamento avviene dall'alto mediante un sistema di nastri o di ceste trasportatrici (dette skip) che versano, in sequenza, il calcare, il minerale e il coke in una tramoggia di carico costituita da due campane metalliche che, aprendosi alternativamente, permettono l'alimentazione continua senza lasciare fuoriuscire i gas d'altoforno. La carica, nella sua lenta discesa (7-8 ore), subisce una serie di trasformazioni chimico-fisiche (Fig.10): l'essiccazione (e il previo riscaldamento), la riduzione indiretta (ad opera dell'ossido di carbonio) e diretta (ad opera del carbonio) del minerale di ferro, la carburazione e alligazione del ferro con formazione di ghisa liquida, la formazione della "loppa" (scoria d'altoforno), la combustione del coke ad opera dell'aria preriscaldata insufflata (il cosiddetto "vento"), la separazione della ghisa dalla loppa (quest'ultima più leggera galleggia sul bagno di ghisa in fondo al crogiolo).

sto di lavoro di caricamento può verificarsi un inquinamento da polveri di carbone con valori che per es. nella cokeria dello stabilimento Italsider di Trieste superano di 5-10 volte i MAC e con percentuali di silice libera intorno al 4%. E' pure possibile l'inquinamento da amianto proveniente dalle guarnizioni delle porte dei forni durante la loro sostituzione (1).

b) Condizioni microclimatiche. Sono sfavorevoli per il lavoro a turni in ambiente semiaperto (sbalzi termici, umidità, ecc.) per la presenza di alte temperature raggianti sul piano di caricamento (la temperatura del piano dove stazionano gli addetti è di circa 80°C), per la presenza di superfici metalliche calde, come le colonne montanti e i bariletti.

c) Rumore. E' dovuto all'uso di vibratori nell'operazione di caricamento dei forni, alle pulizie mediante aria compressa, ecc.

d) Abbagliamenti e sbalzi di luce. Si hanno ad es. durante le ore notturne per il passaggio del coke incandescente.

e) Lavori faticosi. Si hanno, in condizioni ambientali sfavorevoli (per caldo ed inquinamento), durante la pulizia del piano di caricamento, dei bariletti, ecc.

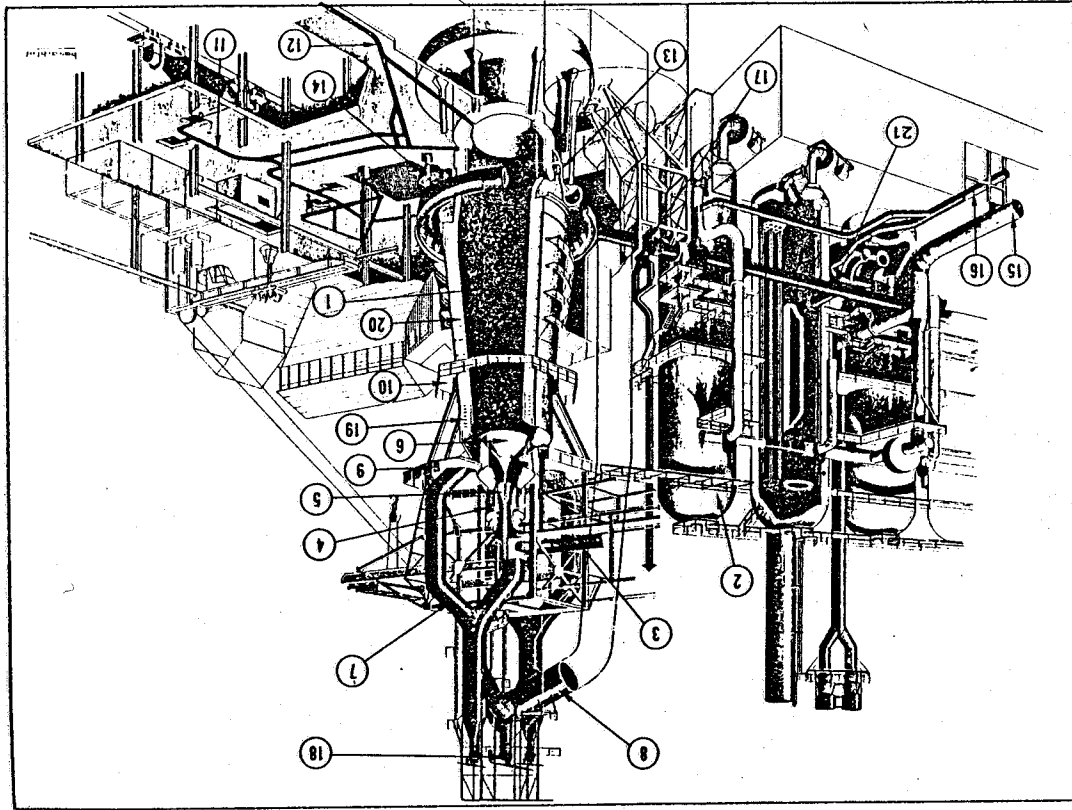
Zona recupero sottoprodotti

I lavoratori interessati hanno generalmente mansioni di controllo del regolare funzionamento delle pompe di riciclo delle acque ammoniacali e dei compressori del gas di cokeria. I rischi sono quindi legati al rumore dei compressori, alle fughe accidentali di gas e di vapori (per cattiva tenuta dei tubi e delle guarnizioni delle pompe) ed alla esposizione a prodotti di distillazione che possono avere azione cancerogena, come nell'operazione di controllo del livello del catrame (caldo) nei decantatori.

(1) La presenza contemporanea di idrocarburi aromatici policiclici cancerogeni ed asbesto determina un effetto di sinergismo.

Fig. 8 - Altoforno - Legenda (1)

- 1) Altoforno
- 2) Cowper
- 3) Nastro di carica
- 4) Distributore rotante
- 5) Camoana piccola
- 6) Camoana grande
- 7) Tubo salita gas d'altoforno
- 8) Tubo discesa gas d'altoforno
- 9) Piastraforma di carico
- 10) Passerella di servizio termocoppie
- 11) Canale di colata ghisa
- 12) Canale di colata loppa
- 13) Tubiere porta vento
- 14) Macchina a tappare
- 15) Tubazione gas d'altoforno
- 16) Tubazione vento freddo
- 17) Valvoia "Snort" (di riduzione della pressione)
- 18) Valvoie "Bleeder" (di sfogo)
- 19) Piastra di usura
- 20) Casette di raffreddamento
- 21) Tubazione vento caldo





Il sistema di caricamento dell'altoforno avviene mediante trasportatori a nastro (in alcuni impianti usano gli skip) che convogliano le materie prime alla bocca del forno. Ciascun altoforno è servito da un proprio fabbricato con i silos del minerale, dell'agglomerato, del coke e degli additivi (calcare, quarzite, dolomite, minerali di manganese).

I Cowper sono degli scambiatori di calore a impilaggio di refrattari e servono per il riscaldamento del vento da circa 1000°C a circa 1100°C. Il riscaldamento dei Cowper è realizzato bruciando in essi una miscela di gas d'altoforno (750-800 Kcal/Nm<sup>3</sup>) e di gas di cokeria (4200 Kcal/Nm<sup>3</sup>). Ogni altoforno può essere servito da 3 o 4 Cowper; nell'esercizio a tre Cowper uno funziona a vento e due a gas, nell'esercizio a quattro Cowper due funzionano a vento e due a gas. Dal Cowper il vento caldo viene mandato ai distributori, dove può venire umidificato e arricchito con nafta, gas di cokeria, metano e ossigeno.

Soffianti. Il vento freddo viene inviato ai Cowper da soffianti mosse generalmente da turbine a vapore.  
L'impianto di depurazione del gas d'altoforno è costituito da un primo stadio a secco di depurazione grossolana (ad es. camere a polvere), da un intermedio a umido (tipo tubo di Venturi) e da uno finale elettrostatico di depurazione fine.

Altoforno - Elementi di nocività

Zona silos di carica dell'altoforno

Mansioni

- Addetti silos: provvedono al controllo del regolare funzionamento dei nastri per la carica in continuo dell'altoforno e al caricamento delle ceste per la carica in discontinuo.

Rischi

Inquinamento da polveri e gas provenienti dalle altre zone dell'altoforno; rumore e vibrazioni del carro di pesata (se la carica avviene in modo discontinuo).

La temperatura nell'altoforno cresce con continuità dallo alto verso il basso: da circa 250°C (zona di caricamento) fino a circa 2000°C al piano delle tubiere di immissione della aria calda (zona di combustione coke). Il raffreddamento, impiegante acqua, è realizzato, per il tino, il ventre e la sacca, con cassette di raffreddamento in rame e, per il crogiolo, con piastre interne di raffreddamento in ghisa e cassonetti esterni in lamiera, sistemati al di sotto delle tubiere. L'azione refrigerante è particolarmente intensa nella parte bassa del tino e nel ventre, dove si riscontra una maggior usura del refrattario.

Nella parte alta dell'altoforno sono disposte le tubazioni per il recupero e la depurazione del gas (il cosiddetto "gas povero") che si forma durante il processo e che viene generalmente utilizzato dopo miscelazione con gas di cokeria.

La ghisa e la loppa vengono colate separatamente in distinti canali di colata attraverso opportune aperture a diversa altezza. La ghisa viene colata sia in speciali carri ferroviari, rivestiti di materiale refrattario ("carri-siluro"), che la trasportano in acciaieria ancora allo stato fuso, sia in conchiglie nelle quali solidifica in forma di pani. La loppa dopo colatura può essere messa a parco oppure essere granulata mediante violenti getti di acqua, ed essere, in questo secondo caso, utilizzata per pavimentazione stradale o per la fabbricazione del cemento d'altoforno.

Impianti e servizi ausiliari

Gli impianti e i servizi ausiliari fondamentali sono (Fig.11): il sistema di caricamento dell'altoforno, i Cowper per il riscaldamento dell'aria soffiata, le soffianti, il campo di colata, le vasche di granulazione della loppa, l'impianto di preparazione delle terre e di formazione dell'impasto occorrente alla tappatura dei fori di colata e al rifacimento dei canali di colata, l'impianto di depurazione del gas d'altoforno.

il controllo di qualità, ecc.

- Addetti raffreddamento altoforno (acquaiooli): devono, dai terzini, controllare il regolare funzionamento dei sistemi di raffreddamento del mantello dell'altoforno. Sono inoltre addetti al recupero del polverino separato dal gas che esce dall'altoforno.

Rischi

- a) Condizioni microclimatiche. Sono sfavorevoli per gli ambienti semi-aperti e per le alte temperature raggiunti durante la colata.
- b) Inquinamento chimico. Durante la colata e lo spegnimento l'opera si hanno alte concentrazioni di ossido di carbonio, anidride solforosa, arsina, acido cianidrico. Altro elemento che contribuisce all'inquinamento chimico è la evaporazione a caldo dei componenti il catrame (precedentemente visti in cokeria) il quale costituisce, insieme alle terre refrattarie, l'impatto per i canali di colata e la tappatura dell'altoforno a colata conclusa.

Gli acquaiooli, che lavorano tra l'altro in modo isolato, sono esposti a continue fughe di ossido di carbonio, con concentrazioni sino a decine di volte i MAC, durante le operazioni di controllo dai terrazzini del regolare raffreddamento del mantello dell'altoforno e nello scarico del polverino (operazione discontinua).

c) Polverosità. L'elevata percentuale di silice libera cristallina, ancora presente nelle terre usate come refrattari sul piano di colata, espone gli addetti ad un notevole rischio di pneumoconiosi.

Inoltre l'operazione di scarico del polverino dagli impianti di depolverazione gas, anche se discontinua, espone gli acquaiooli ad elevate concentrazioni di polveri.

d) Abbagliamenti e sbalzi di luce. Sono dovuti alla colata.

e) Rumorosità. E' dovuta a situazioni occasionali come la tappatura per aprire i fori di colata.

Comuni a tutti i lavoratori sono i rischi derivanti dal lavoro a turni, dalla presenza di cabine inadeguate, non isolate dalla atmosfera altamente inquinata del reparto.

Zona Cowper

Gli addetti al Cowper controllano gli impianti di preriscaldamento dell'aria comburente, in ambiente termicamente condizionato (per salvaguardare i pannelli di comando e le sofisticate apparecchiature presenti). Non sono quindi ipotizzabili rischi particolari.

Zona impasto terre

Mansioni

- Addetti impasto: provvedono alla miscelazione delle sabbie refrattarie con leganti organici (catrame) per renderle adatte alla costruzione dei canali di colata della ghisa e del tappo di chiusura della bocca dell'altoforno.

Rischi

a) Polverosità. Per la modalità di esecuzione delle operazioni di prelievo terre dai depositi, messa a cumulo, prima mescolatura e miscelazione a caldo con catrame in impastatrici aperte, gli operatori sono esposti a notevoli quantità di polveri provenienti dalle sabbie refrattarie (sabbie contenenti percentuali di silice libera intorno al 50-70%, oltre a ferro, zirconio, titanio, alluminio, calcio, argilla, ecc.).

b) Inquinamento chimico. E' dovuto a vapori organici provenienti dal catrame grezzo all'atto della formazione dell'impatto. Nell'atmosfera dell'ambiente di lavoro si sono trovati in questa fase vapori di benzolo, toluolo, xilolo, isopropilbenzolo, cresolo, decalina, naftalina e derivati.

Zona di colaggio ghisa (comprensiva anche di raffreddamento altoforno e depolverazione gas altoforno)

Mansioni

- Addetti al colaggio: presiedono al complesso delle operazioni di colaggio e in particolare all'apertura ed alla successiva tappatura del forno con impasti di terre refrattarie e catrame, alla manutenzione ed al ripristino dei canali di colata, al prelievo di campioni di ghisa durante la colata per

AREA ACCIAIO

La conversione o affinazione della ghisa per ottenere acciaio consiste nella riduzione del tenore di carbonio, silicio e manganese e nella eliminazione delle impurezze (ad es. zolfo, fosforo, idrogeno e azoto) in essa contenute. Durante la conversione vengono aggiunti correttivi o elementi di lega per conferire determinate proprietà all'acciaio.

Nella fabbricazione dell'acciaio in generale si distinguono

due periodi:

- a) un primo periodo di ossidazione del bagno metallico, ottenuto o con insufflazione d'ossigeno puro (convertitori L-D, O.B.M., forni Martin-Siemens (M-S) ed elettrici), o con l'azione ossidante della fiamma (forni M-S) o con la aggiunta di minerale (forni M-S ed elettrici) o con più sistemi congiunti;
- b) un secondo periodo di riduzione, durante il quale si esegue la disossidazione del bagno generalmente con aggiunta di leghe ferro-silicio-manganese o ferro-silicio-manganese alluminio.

Durante il primo periodo la maggior parte degli elementi, oltre il ferro, contenuti nella carica vengono ossidati ed eliminati quasi completamente dal bagno. Poiché il bagno è mantenuto in forte effervescenza dallo sviluppo di ossido di carbonio, è possibile, in questo periodo, la diminuzione dei gas disciolti e delle inclusioni non metalliche in sospensione.

Alla fine del primo periodo il bagno contiene sempre disciolta una certa quantità di ossido di ferro che viene ridotto nel secondo periodo. Durante quest'ultimo avviene anche la desolforazione (eliminazione di zolfo sotto forma di solfuri di calcio e di manganese che passano nella scoria sovrastante il bagno) ed inoltre si fanno le aggiunte degli elementi di lega al fine di ottenere la composizione chimica prefissata per l'acciaio da produrre. Il secondo periodo può anche mancare se, come generalmente accade, la disossidazione viene

effettuata in secchia, oppure essere estremamente breve (ad es. quando le leghe disossidanti vengono aggiunte nei forni poco prima di colare).

Negli stabilimenti a ciclo integrale vengono in generale applicati due processi di fabbricazione dell'acciaio: il processo con il convertitore L-D e quello con il convertitore O.B.M. (il forno M-S tende ad essere sostituito). Nelle miniacciaierie si usa quasi esclusivamente il forno elettrico (anche qui il forno M-S tende a scomparire).

Acciaieria L-D (1)

Nell'acciaieria L-D (Fig.12) il convertitore è costituito da un involucro metallico rivestito internamente di materiale refrattario aperto nella parte superiore e con il fondo semisferico (Fig.13). Esso può arrivare a una capacità di 350 t di acciaio fuso.

Le principali operazioni del processo L-D sono: la carica, il soffiaggio dell'ossigeno e la colata in siviera (Fig.14). La carica, effettuata con il convertitore inclinato, viene fatta inizialmente con rottame (circa il 25% della carica metallica totale), poi con una prima parte di calce e quindi con la ghisa liquida. Finito il caricamento il convertitore viene raddrizzato, la lancia dell'ossigeno (raffreddata internamente con acqua) viene abbassata fino a circa un metro e mezzo dalla superficie del bagno e si inizia il "soffiaggio" con ossigeno puro al 99,5% (durante questa fase viene completata l'aggiunta di calce). La reazione tra l'ossigeno e gli elementi presenti nella ghisa liquida è molto violenta e sviluppa una grande quantità di calore che viene utilizzato per fondere la carica solida e per innalzare la temperatura del bagno fino a circa 1600°C.

Le operazioni di caricamento e di soffiaggio (con trasformazione della ghisa in acciaio) sono molto rapide. Dopo circa 30 min. si rialza la lancia, si inclina il convertitore

(1) Da Linz e Donawitz, città austriache dove, intorno al 1950, furono installate le prime acciaierie di questo tipo su scala industriale.



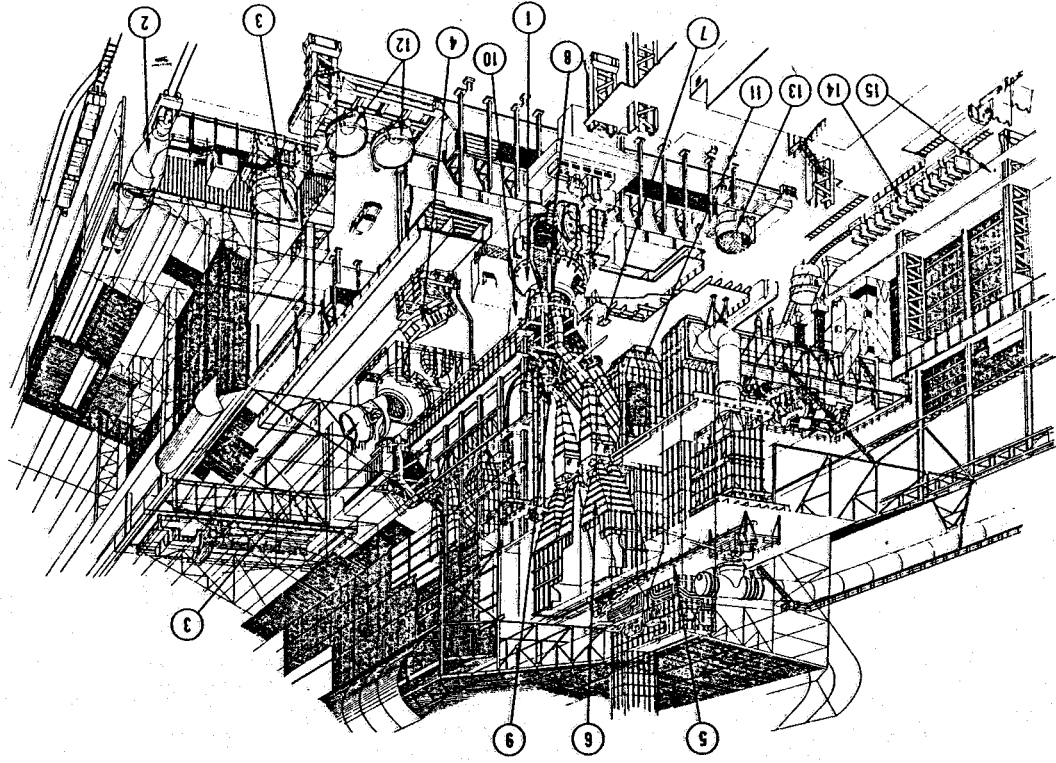


Fig. 12 - Acciaieria L-D - Legenda (1)

- 1) Convertitore L-D
- 2) Carro siluro
- 3) Siviera di carica ghisa
- 4) Cassone di carica rottame
- 5) Nastri alimentazione minerale
- 6) Silos minerale
- 7) Bocca per additivi
- 8) Lancia ossigeno
- 9) Carro porta lancia
- 10) Cappe mobile
- 11) Caldaia di recupero
- 12) Siviere scoria
- 13) Siviera acciaio
- 14) Lingottiere
- 15) Palco di colata





dal lato fossa di colata e si versa l'acciaio dal foro di colata nella siviera. Ruotando il convertitore dal lato opposto si versa dalla bocca la scoria in una "paola". La dissidazione e l'aggiunta degli elementi di lega avviene nella siviera.

Nell'acciaieria L-D viene utilizzato un calcolatore di processo in tempo reale (Fig.15), la cui funzione principale consiste nel determinare la quantità della carica e dello ossigeno necessari per ottenere, conoscendo la composizione chimica della ghisa e del rottame di partenza, una data quantità di acciaio di composizione chimica e temperatura finale prefissate.

L'acciaieria L-D è divisa in tre campate (Fig. 16): la prima del rottame, la seconda dei convertitori e la terza di colata; ci possono essere anche una campata per la preparazione delle lingottiere e una per la slingottatura. Nella campata del rottame ci sono le attrezzature per la carica del rottame (riciclo interno dell'acciaieria, come: residui di colaggio, spuntature varie, ecc.) e della ghisa. Nella campata dei convertitori ci sono: i silos degli additivi completi di sistema di caricamento, le lance per il soffiaggio dell'ossigeno e le apparecchiature per la manovra e la sostituzione di queste ultime, l'impianto di captazione, raffreddamento e depurazione dei fumi.

I piani di lavoro (generalmente quattro) sono posti uno a circa 10 m per seguire la conversione e la colata, uno a circa 20 m per il rifacimento del rivestimento del convertitore (1), uno a circa 30 m a livello delle tramogge di carico degli additivi e l'ultimo sopra i silos degli additivi.

(1) Indicativamente, ogni 500 colate circa.

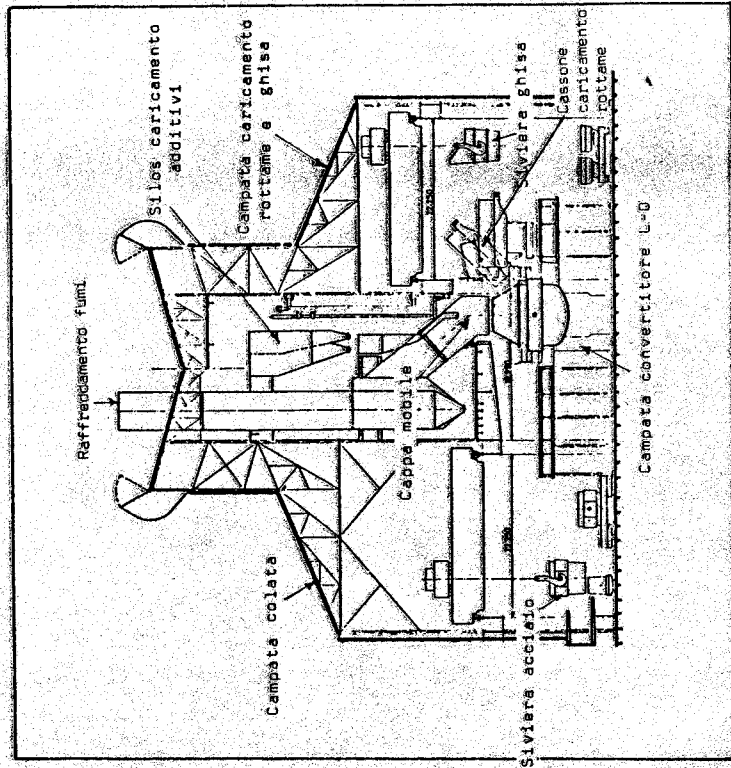


Fig. 16 - Sezione trasversale acciaieria L-D (1)

Acciaieria O.B.M. (1)

Il convertitore O.B.M. differisce da quello L-D essenzialmente perché l'ossigeno viene insufflato dal basso invece che dall'alto. Nei convertitori O.B.M. (Fig.17), l'ossigeno viene quindi introdotto direttamente all'interno del bagno metallico, invece che attraverso la scoria (come avviene nel processo L-D); anche gli additivi (calce, fluorina) vengono introdotti dal fondo e non dalla bocca. Queste due caratteristiche hanno determinato il successo del processo O.B.M.. In fatti, rispetto al processo L-D, aumenta la resa di conversione e il grado di desolfurazione e diminuiscono le spese di impianto per la trasformazione dell'acciaieria M-S, dal momento che viene eliminata la necessità di sopraelevare la campata dei forni per alloggiare le lance dell'ossigeno e l'impianto di alimentazione degli additivi. Occorre infine tener presente che, essendo l'ossigeno immesso non solo direttamente all'interno del bagno, ma anche in una zona relativamente estesa di quest'ultimo (tramite un sistema di 12-16 tubiere), vengono più facilmente raggiunte le condizioni di omogeneità della composizione chimica del bagno metallico e di equilibrio di scambio tra bagno e scoria. Ciò comporta un andamento del soffiaggio più tranquillo (senza proiezione di metallo e scoria) e quindi la possibilità di adottare un soffiaggio più veloce.

L'acciaieria O.B.M. è divisa in cinque campate (Fig.18): la prima del rottame, la seconda dei convertitori, la terza di carica, la quarta di colata e la quinta di preparazione lingottiere e di servizio alla colata continua. Nella prima vengono riempiti i cassoni rottame prelevando questo ultimo dai vagoni provenienti dal parco rottami. Nella seconda avviene la conversione. Nella terza si effettua il travaso della ghisa liquida dai carri siluro alla secchia, l'eliminazione della scoria d'altoforno galleggiante sulla ghisa contenuta in quest'ultima (skimming) e la carica del

(1) Da: Oxygen Boden Max-Hütte= fondo ad ossigeno Max-Hütte (la società tedesca che per prima ha messo in funzione, nel 1967, questo tipo di convertitore).

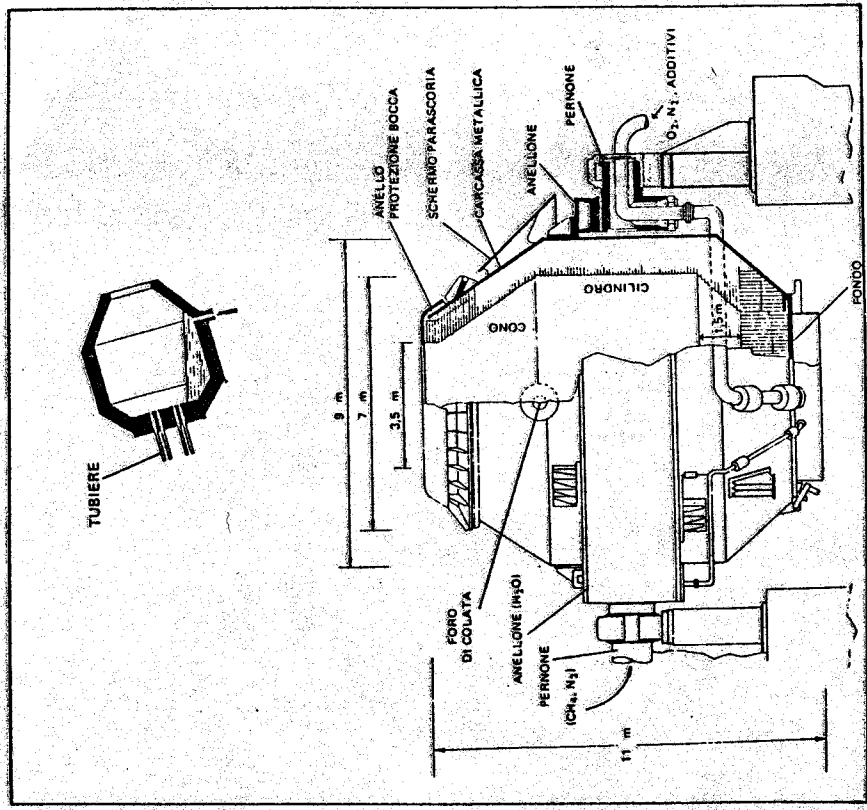


Fig. 17 - Il convertitore O.B.M. (3)

convertitori (con rottame più ghisa liquida); nella terza camera si svolgono anche le operazioni degli addetti ai convertitori (prelievo provini, riparazione a spruzzo del rivestimento del convertitore). Nella quarta camera l'acciaio viene colato dalla siviera nei lingotti; nel caso di colata continua esso viene prima sottoposto al trattamento di "stirring" con gorgogliamento di argon (per omogeneizzare la temperatura di colata). Nell'ultima camera vengono infine approntati i treni-lingottiere per la fossa ed effettuate le operazioni di smistamento delle siviere alla colata continua.

Acciaieria Martin-Siemens (M-S)

I forni M-S, anche se non vengono più installati e se nei processi di ristrutturazione degli impianti siderurgici tendono a essere sostituiti, continueranno ad essere usati ancora per un certo periodo di tempo, per cui meritano una breve trattazione.

Il forno M-S è costituito da un grande bacino (detto sua la (1)) di forma quasi rettangolare molto allungata, contenente il bagno metallico, al di sopra del quale si trova la camera di combustione (Figg. 19 e 19 bis). Da un lato della camera di combustione viene immesso il combustibile (nafta, gas, metano) e l'aria comburente; da aperture simmetriche a quelle di accesso del combustibile escono i prodotti di combustione (fumi) che, mediante appositi condotti, attraversano dall'alto in basso un impilleggio di mattoni refrattari e sboccano nelle cosiddette camere (o pozzi) scorie (una ad ogni testata del forno) dove, per effetto della diminuzione di velocità, si raccolgono polveri, colaticci e spruzzi di scoria trascinati dal flusso dei fumi stessi.

Attraverso un sistema di valvole e di serrande i fumi caldi ven-

(1) La sua ha una vita molto lunga, dell'ordine delle migliaia di colate.

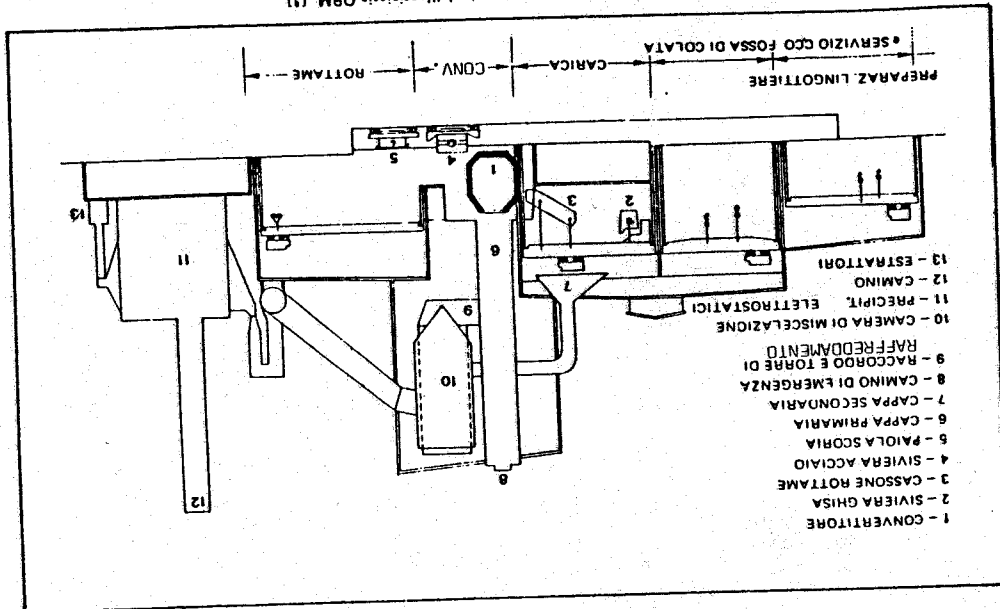
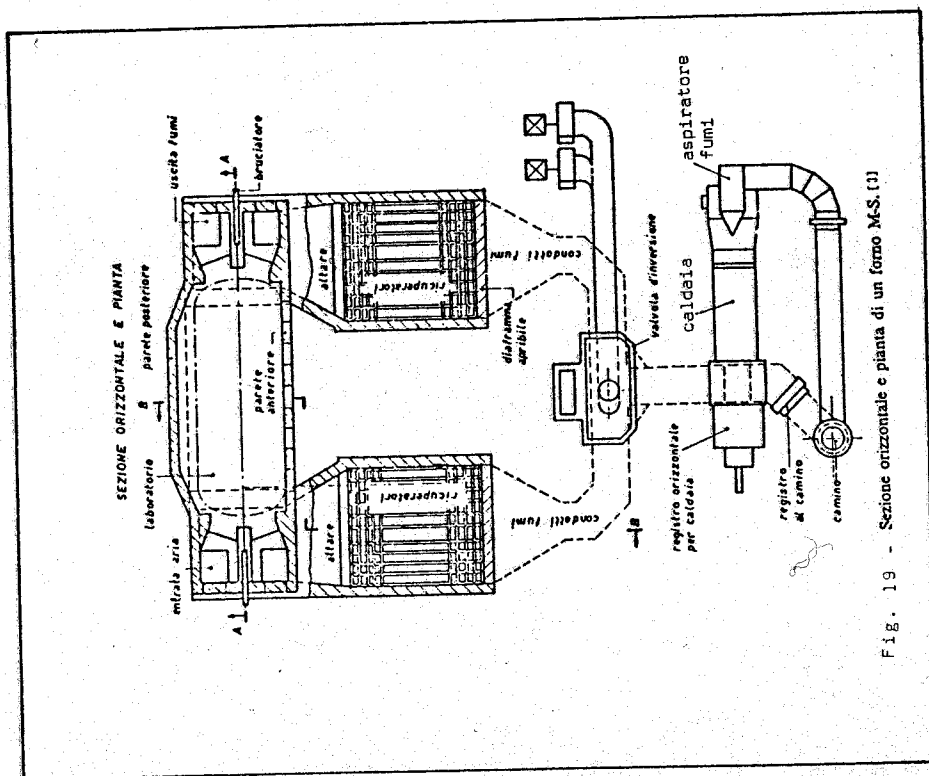
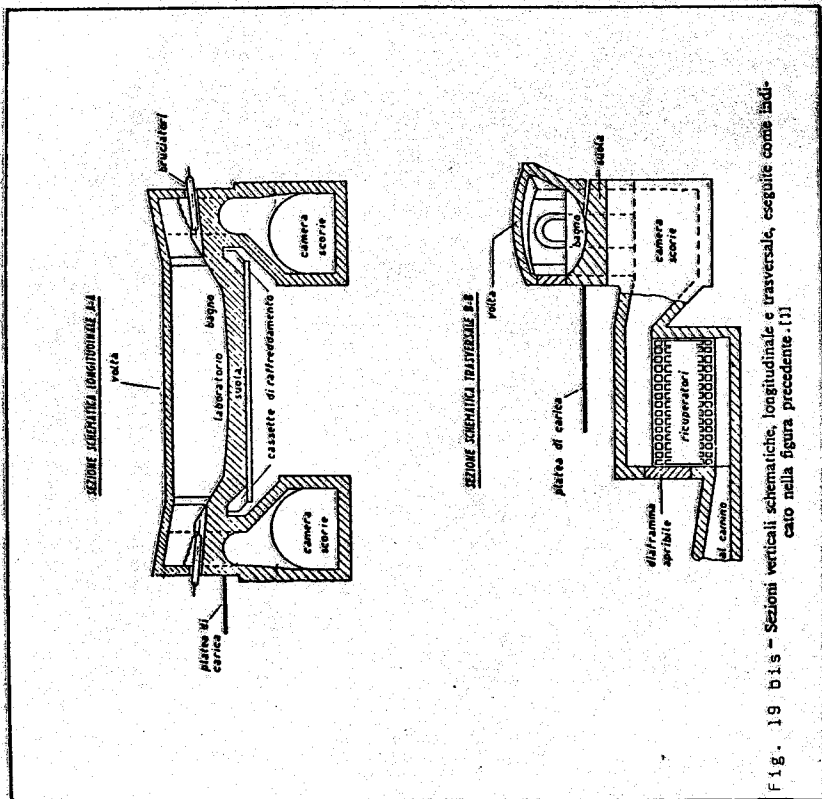


Fig. 18 - Sezione trasversale dell'acciaieria OBM. (13)



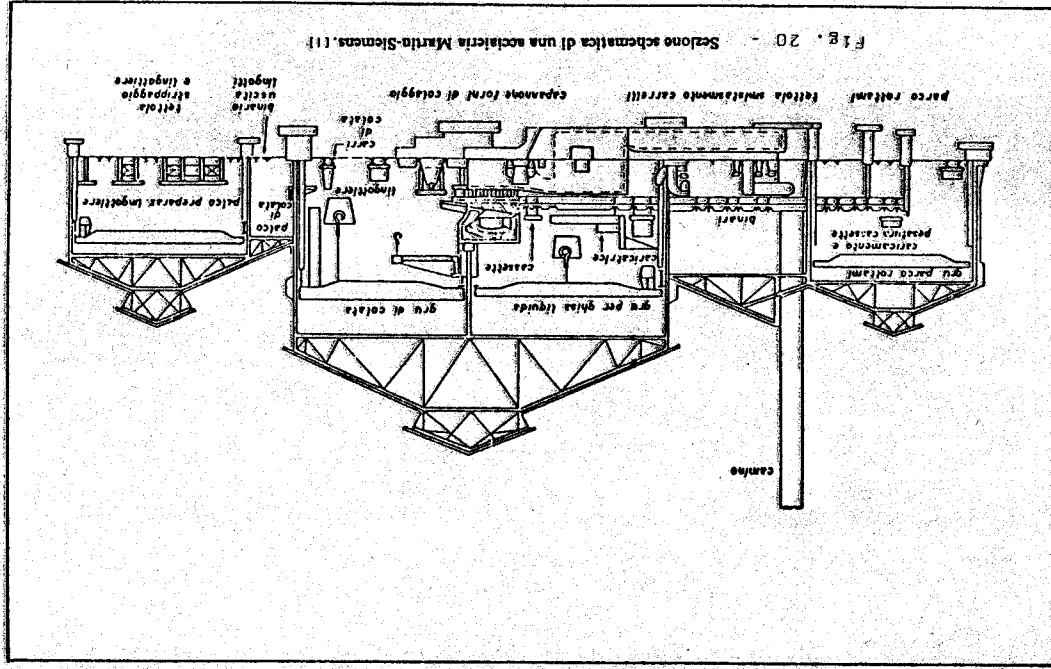
gono poi immessi alternativamente in una delle due camere di recupero del calore (dette anche "rigeneratori" o recuperatori di calore), mentre nell'altra arriva l'aria da preriscaldare. Invertendo ogni 20-30 min. il ciclo, si riesce a preriscaldare l'aria comburente ad una temperatura tale da portare il bagno metallico a circa 1600-1700°C. L'ulteriore calore sensibile dei fumi, prima della loro uscita dal camino, viene recuperato in una caldaia a vapore.

Poichè nel forno M-S si ha apporto di energia termica dallo esterno tramite un processo di combustione, esso può essere alimentato, oltre che a carica prevalente di ghisa liquida (come avviene nell'ambito di un centro a ciclo integrale), anche a carica solida (o fredda) di rottame (come avviene appunto nel ricupero di rottame). Oltre alla carica metallica, altre sostanze introdotte sono gli scorieficianti, quali calce o calcare, e gli ossidanti, quali minerali di ferro, scaglie di laminazione, ecc.

La carica del forno M-S avviene mediante 3-7 aperture situate dal lato platea, mentre lo spillaggio avviene dal lato opposto mediante un foro ed un canale di colata. Nei forni di maggiori dimensioni si possono ottenere fino a 900 t di acciaio per colata. Oggi, per una più rapida affinazione del bagno, si è esteso l'uso di ossigeno che viene introdotto da apposite aperture praticate nella volta del forno (od anche nelle porte o nelle testate). A titolo di esempio l'intervallo di tempo da colata a colata per un forno M-S di 200 t di capacità è dell'ordine di 8 ore e può essere ridotto a circa 5 ore con l'adozione dell'insufflaggio di ossigeno. La dissossidazione e l'aggiunta degli elementi di lega viene generalmente effettuata in siviera.

L'acciaiera M-S (Fig.20) differisce da quelle precedentemente viste essenzialmente per il parco rottami e per il campione forni che comprende anche la platea di carica posta a 6-7 m da terra. Nel parco rottami, mediante apposite attrezzature, si procede allo scarico dei materiali di varia

Fig. 20 - Sezione schematica di una acciaiera Martin-Siemens. (1)



Zona caricamento

A differenza del forno elettrico dove il caricamento avviene dalla volta del forno, per mezzo di grosse ceste, nel M-S il caricamento avviene per mezzo di cassette portate all'imbocco dei portelli da una caricatrice automatica. Anche se questa operazione, ripetuta decine di volte, è abbastanza riparata, le condizioni reali di carica (da vicino e con prolungati tempi di permanenza del forno a porte aperte) espongono a sbalzi termici, polverosità e radiazioni calorifiche che vengono avvertiti su tutto il piano di lavoro.

Zona forni

Mansioni

- Addetti forni M-S: controllano alla fine della colata lo stato del forno (pareti, suola, ecc.); procedono, a forno caldo, alle sue riparazioni con dolomite e magnesite; chiudono il foro di colata e ne riparano il canale; controllano la carica e la marcia del forno; misurano la temperatura del bagno e prelevano i campioni per le analisi; preparano e introducono le aggiunte (scorie, elementi di lega, ossidanti); costruiscono lo scaldino di dolomite all'ingresso delle porte del forno; immettono ossigeno nel bagno; eseguono l'apertura del foro di colata (il cosiddetto bussaggio); controllano il colaggio nella secchia; vi aggiungono eventuali elementi (disossidanti o di lega quali nichel, cromo, piombo, zolfo, ecc.); eseguono la scorifica del bagno.

Rischi

a) Condizioni microclimatiche. Sono sfavorevoli per la presenza di sbalzi termici (i forni M-S sono spesso in zone semiaperte) e di temperature radianti elevatissime, nonché per il dispendio energetico che sovraccarica ulteriormente l'apparato cardio-circolatorio degli operai.

provenienza, alla messa in pezzatura dei rottami di grosse dimensioni mediante cesolatura o taglio con cannello ossia cetileno, alla pressatura del rottame leggero e voluminoso, allo stivamento secondo un'adeguata classifica, al riempimento delle cassette di carica. Sulla platea di carica, con apposite macchine, si provvede all'afferraggio, all'introduzione e al rovesciamento delle cassette di rottame nel forno. Nel caso di caricamento di ghisa liquida prodotta dallo altoforno, vi deve essere un carroponete per il trasporto della siviera e il rovesciamento della ghisa in uno speciale canale adattato a una porta del forno M-S.

Acciaieria Martin-Siemens - Elementi di nocività

Parco rottami

Il parco rottami (scarico, messa in pezzatura, selezione, ecc.) presenta alcune caratteristiche comuni sia nell'acciaieria Martin-Siemens che in quella al forno elettrico. Nella maggioranza delle situazioni esso è situato in zone aperte o semiaperte, con pavimentazione in terra battuta, sconsigliata, disseminata di residui di rottame. Anche se gran parte del movimento delle cariche è svolto da gru (le cui cabine sono spesso soggette a rumore, vibrazioni, polverosità) esistono mansioni specifiche a "terra" di selezione e di controllo qualità dei rottami, nonché di preparazione delle cariche. Queste mansioni vengono svolte dai lavoratori in zone non protette da sbalzi termici, soggette a rumore, polverosità (soprattutto dovuta a ossidi di ferro), a caduta di materiali dalla elettrocalamita o dalle benne durante il trasferimento del rottame. Il rottame scelto e pesato viene poi posto in cassette (di carica del forno M-S) o in ceste (di carica del forno elettrico). Nel caso dell'uso di quest'ultime vi sono le operazioni di aggancio degli spicchi e di spalatura del fondo delle ceste, lavori eseguiti al loro interno in condizioni di alta temperatura (a ceste ancora calde), di mancanza d'aria e di inalazione di polveri e fumi.

- b) Polverosità e inquinamento chimico. Sono presenti durante le operazioni di rifacimento del rivestimento refrattario, di prelievo e di controllo delle aggiunte degli elementi in secchia.
- c) Schizzi di acciaio fuso.

Acciaieria elettrica

I forni elettrici (Fig.21) attualmente utilizzati sono ad arco diretto a suola non conduttrice, trifasi (con tre elettrodi). In essi cioè l'arco scocca direttamente tra la estremità di un elettrodo e la carica metallica e la fusione di quest'ultima avviene principalmente per effetto del calore irradiato dall'arco. Il ritorno della corrente avviene attraverso un altro elettrodo senza interessare la suola.

La carica nei forni elettrici (rottame, o in prospettiva anche spugna di ferro preridotta; minerale di ferro e calce in dosaggio opportuno) si effettua dall'alto per mezzo di opposte ceste con fondo apribile, manovrate dalla gru di servizio; a questo scopo si sollevano gli elettrodi e si sposta lateralmente la volta del forno. Il colaggio dell'acciaio fuso viene fatto inclinando il forno mediante un sistema di pistoni idraulici che fanno scorrere su delle guide la culla su cui poggia il forno.

La volta del forno è dotata di tre fori per il passaggio degli elettrodi ed eventualmente di un quarto foro per l'aspirazione dei fumi che si liberano. Gli elettrodi sono posizionabili in altezza in funzione dell'andamento del processo metallurgico (regolazione automatica) e delle esigenze connesse alla marcia del forno, come ad es. la carica (regolazione manuale). I collegamenti tra forno e trasformatore sono fatti, oltre che con conduttori rigidi, anche con conduttori flessibili che consentono le diverse manovre.

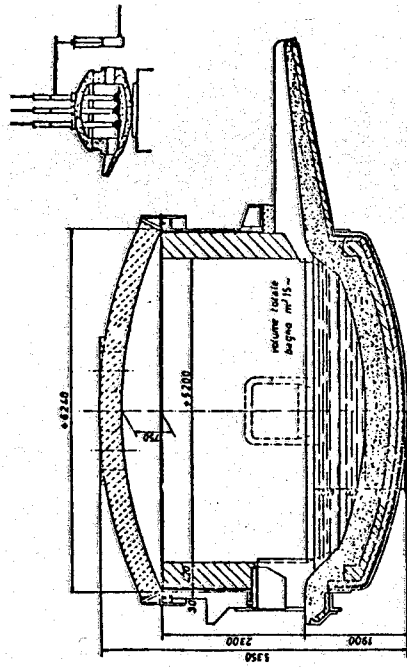


Fig. 21 - Dimensionamento di massima di un forno elettrico ad arco trifase da 100 t.(1)

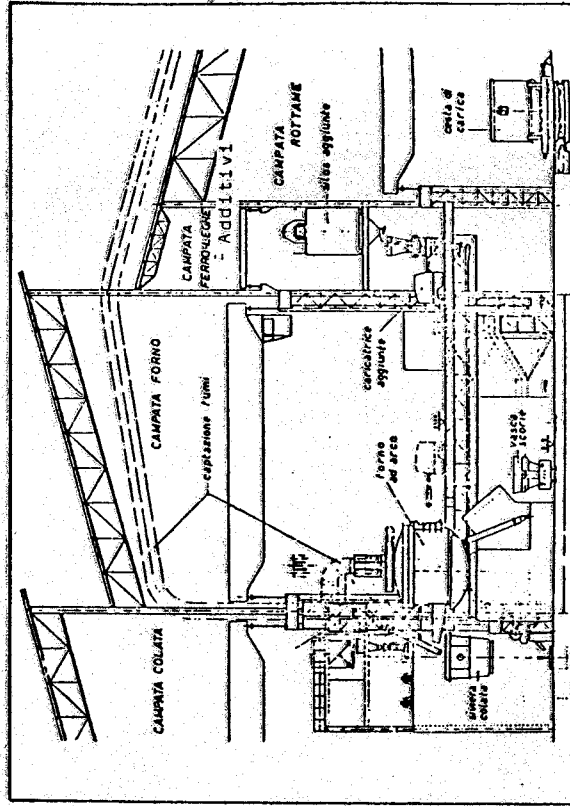


Fig. 22 - Sezione schematica trasversale della parte centrale di una acciaieria elettrica con forno ad arco trifase da 150 t.(1)



Zona forni

Anche se all'inverno del gruppo esistono divisioni di man-  
sione che si ripercuotono su livelli e qualifiche, si può  
parlare sostanzialmente di una unica figura di addetto ai  
forni. L'acquisizione di professionalità nella "pratica"  
e la reale intercambiabilità nelle operazioni (pur se spes-  
so non riconosciuta) rendono nei fatti "omogenea" l'espo-  
sizione ai rischi.

Mansioni

- Addetti ai forni: innanzitutto devono controllare lo sta-  
to del forno, chiudere il foro di colata, procedere ad e-  
ventuali riparazioni minute; durante la carica e la fusio-  
ne devono azionare i comandi automatici di apertura e chiu-  
sura della volta del forno per permettere il caricamento  
con le ceste, controllare i quadri elettrici nella cabina  
di manovra, controllare il processo di fusione, fare le  
prime scorfiche dopo l'aggiunta della calce e dello spa-  
tofluore, eseguire i prelievi di campioni per le analisi  
e controllare la temperatura del bagno (queste due ultime  
operazioni vengono eseguite più volte durante il processo  
e cioè: dopo la fusione, durante l'affinazione, prima del-  
la colata). Gli addetti ai forni devono anche insufflare  
ossigeno con la lancia immersa nel bagno; devono prepara-  
re le ferro-leghe che possono venire immerse o nel forno  
o direttamente in secchia; devono aprire il foro di cola-  
ta e controllare la colata in secchia; alla fine devono  
procedere alla riparazione del canale di colata. Esisto-  
no inoltre una serie di mansioni discontinue legate a in-  
convenienti di marcia (come ad esempio l'estrazione di  
un elettrodo rotto nel forno, il suo ricambio), o ad ope-  
razioni di pulizia (come il soffiaggio della volta).

Gli addetti ai forni scorie sono adibiti alla conduzio-  
ne dei forni per la fusione della calce.

- Addetti alla caricatrice: manovrano la caricatrice da una  
cabina (che dovrebbe essere isolata); prelevano dai si-  
los calce e minerali per fare le aggiunte ai forni di

Il forno elettrico è dotato di un foro e di un canale di  
colata, nonché di una porta di lavoro (due nei forni di mag-  
giore capacità). Quest'ultima, diametralmente opposta al ca-  
nale di colata, serve per la scorfica del bagno e per la  
aggiunta delle materie usate nell'affinazione (ossigeno,  
calce, calcate, carbone, ferroleghe, ecc.).

Materiali di consumo nel forno elettrico sono: la grafi-  
te degli elettrodi (5 Kg/t di acciaio) ed i refrattari (si-  
licoalluminosi per la volta, blocchi di dolomite catramata  
per il tino, pigiate di dolomite e di magnesite per la suo-  
la). La durata dei refrattari del tino e della volta è del-  
l'ordine del centinaio di colate.

La capacità di un forno elettrico può variare da qualche  
decina fino anche a 300 t di acciaio liquido ottenibile per  
ogni colata, con intervalli di tempo da colata a colata del  
l'ordine di 3 ore od anche meno, ottenuti forzando al massi-  
mo la potenza elettrica assorbita nel periodo fusorio (for-  
ni "Ultra High Power": UHP).

Nell'acciaieria elettrica (Fig.22) si distingue: il par-  
co rottami, la campata forni, la fossa di colata ed eventual-  
mente un'ulteriore campata sia per operazioni ausiliarie (ad  
es. preparazione lingottiere), sia per l'immagazzinamento  
dei refrattari, delle ferro-leghe e additivi ed eventualmen-  
te degli elettrodi. I forni sono allineati ed ognuno è ser-  
vito da una propria cabina elettrica. Nella campata di cola-  
ta si travasa l'acciaio fuso dal forno alla siviera e da  
quest'ultima alle lingottiere. In questa campata si ripara-  
no e si rifanno le secchie; possono inoltre trovar posto gli  
impianti di colata sotto vuoto e di colata continua.

Acciaieria elettrica - Elementi di nocività

L'esercizio del forno elettrico comporta tutta una serie di  
rischi come rumorosità elevatissima, bagliori, polverosità,  
vibrazioni, alcuni dei quali avvertibili in tutta l'acciaie-  
ria e che coinvolgono anche i lavoratori presenti al parco  
rottami, nella fossa di colata, ecc.

tuttavia quando la volta è ruotata (ad es. caricamento materiale, riparazioni, ecc.) o il forno è basculato (ad es. colata), l'inquinamento è ancora elevato. In alcune acciaierie si tende a porre una cappa supplementare sopra al forno per consentire una migliore captazione degli inquinanti.

I tipi di inquinanti presenti variano a seconda della qualità dell'acciaio prodotto; la quantità degli inquinanti dipende dalla fase del ciclo produttivo (è maggiore durante le cariche delle ceste, la fusione e l'immissione di ossigeno). Le polveri sono costituite da particelle finissime, in gran parte derivanti dalla condensazione di vapori metallici. La loro composizione chimica media può essere così espressa: ossidi di ferro (30-35%), silice (10%), ed il restante variabile tra ossidi di zinco, alluminio, magnesio, manganese, piombo e vanadio e composti di cromo, nichel, fluoro, ecc. I gas nocivi emessi sono: ossido di carbonio, di azoto, anidride solforosa e anidride solforica.

Esistono inoltre una serie di operazioni che espongono gli addetti ai forni ad inquinamento per così dire "acuto", come l'estrazione e la sostituzione dell'elettrodo, lo spillaggio dei campioni per l'analisi, il caricamento, il rifacimento del rivestimento (con uso anche di catrame), la riparazione dei canali e il bussaggio, l'immissione di elementi di lega in siviera, il soffiaggio della volta con aria compressa, l'insufflazione di ossigeno. Il grado di esposizione all'inquinamento (e alle temperature radianti) dipende dalle modalità di effettuazione di queste operazioni e dal loro grado di meccanizzazione (ad es. lo spillaggio dei campioni di analisi si può fare con il mestolo o con la lancia aspirante a distanza; il caricamento di ferro-leghe e di scorie può avvenire manualmente con la pala o con cassette comandate da una cabina; l'immissione dell'ossigeno può essere fatta con lancia a mano o con lancia meccanizzata; analogamente esistono modalità di rifacimento del rivestimento dei forni con pigiate preformate).

fusione e agli eventuali forni scorie.  
- Addetti agli elettrodi: provvedono all'allungamento e al montaggio completo degli elettrodi.

Rischi

a) Rumorosità. Durante il processo il rumore dovuto all'arco elettrico subisce delle notevoli variazioni (vedi Tab.2).

Tab. 2 - Misure di rumorosità su un forno elettrico ad arco da 120 t della acciaieria Falck Concordia di Sesto S. Giovanni.

Rumore di fondo	78-84 dbA
Fusione 1a cesta	96-108 dbA
Fusione 1a cesta (rumori impulsivi)	115-118 dbL hold peak
Fusione 2a cesta	88-96 dbA
Fusione 3a cesta	82-96 dbA
Fusione 3a cesta (1)	94-104 dbA
Insufflazione ossigeno	92-104 dbA
Durante l'affinazione	82-90 dbA

(1) Con il forno contiguo all'inizio della fusione

Elementi peggiorativi, che portano ad un aumento del rumore, sono: la presenza contemporanea di più forni elettrici vicini (ovviamente sfasati) e l'aumento di capacità del forno (ad es. nei grandi forni elettrici da 200-300 t i livelli di rumore rimangono quasi costantemente sopra 100 dbA, variando ovviamente a seconda della fase del processo). Il numero e la complessità delle mansioni dei fonditori richiede inoltre un tempo di permanenza sulla platea forni anche nelle fasi più rumorose. Le caratteristiche spettrali del rumore, con elevatissimi valori alle basse frequenze; l'impulsività e la presenza di vibrazioni (soprattutto quando il forno elettrico è sorretto da una incastellatura meccanica) hanno un'influenza peggiorativa sugli effetti extrauditivi del rumore.

b) Inquinamento chimico e polverosità. Il quarto foro nella volta (non presente ovunque) e la relativa estrazione dei fumi primari ha ridotto notevolmente l'inquinamento;

c) Condizioni microclimatiche. Generalmente si tratta di ambienti di lavoro semi-aperti, percorsi da notevoli flussi d'aria ed esposti a sbalzi termici. L'irraggiamento termico è notevolissimo in tutte le operazioni vicine al forno (prelievo dei campioni, misurazione della temperatura del bagno, eliminazione della scoria dalla porta del forno, lancio di dolomite, caricamenti a mano, riparazioni del rivestimento a forno caldo, estrazione e cambio dell'elettrodo, bussaggio, ecc.).

d) Lavori faticosi. La maggioranza delle operazioni presentano rischi per l'elevato sforzo fisico che comporta un ulteriore sovraccarico all'apparato cardio-circolatorio.

e) Ustioni. Si hanno rischi da ustione specialmente quando si effettua l'apertura del foro di colata e l'insufflaggio dell'ossigeno (per il pericolo di fiammate).

f) Abbagliamenti e sbalzi di luce. Sono presenti in tutte le operazioni vicino ai forni.

Esistono inoltre pericoli derivanti dai numerosi carichi sovrapposti e pericoli da operazioni eseguite stando al bordo del forno (soffiaggio della volta, segnalazione elettrodo rotto, sostituzione dell'elettrodo, ecc.).

Parte estremamente importante nel quadro della nocività è costituita dall'alimentazione incongrua e dal lavoro a turni con i conseguenti disturbi del sonno e la limitazione delle relazioni sociali.

Dei rischi presenti nel parco rottami si è già detto a proposito dell'acciaieria Martin-Siemens.

Colata in fossa e colata continua

Alla fine della conversione l'acciaio viene versato nella secchia o siviera (grosso recipiente in lamiera di acciaio rivestita internamente di refrattario; Fig.23) e, dal fondo di questa, nelle lingottiere (in ghisa), attraverso uno scambiatore tubolare refrattario detto "busetta" (che viene sostituito dopo ogni colata). La chiusura e l'apertura del foro di colata della siviera può essere fatta mediante un

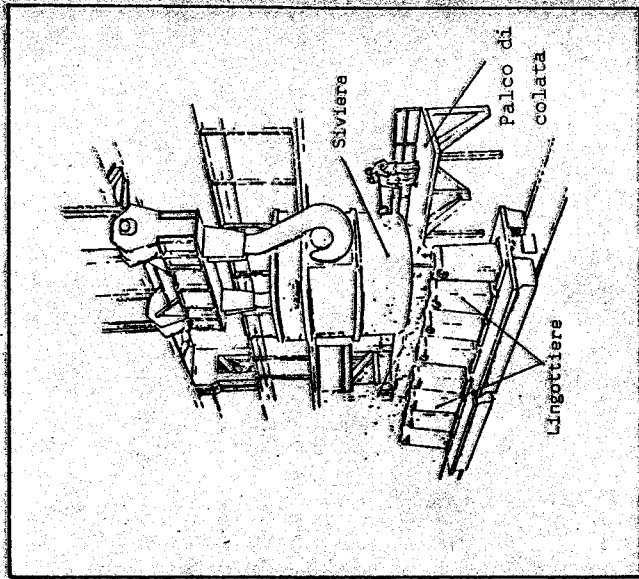


Fig. 23 - Colata diretta. (1)

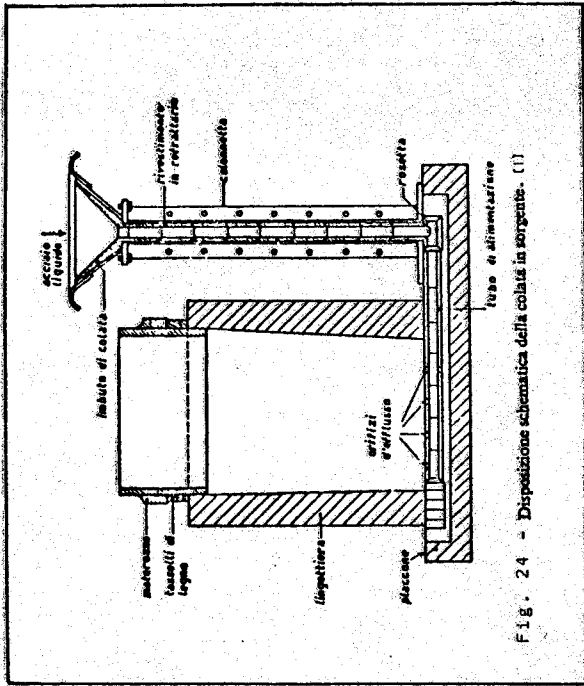


Fig. 24 - Disposizione schematica della colata in sorgente. (1)

tappo che costituisce la parte terminale di un'asta metallica (protetta da un rivestimento refrattario) manovrabile dall'esterno, oppure attraverso una cassetta esterna a colazione di fori per scorrimento reciproco di piastre di refrattario speciale, comandabile pneumaticamente (quest'ultimo metodo è il migliore perchè evita gli inconvenienti derivanti dalla rottura dell'asta o dall'incaglio del tappo).

Il colaggio dell'acciaio può essere fatto in diversi modi di cui i principali sono: la colata in fossa e la colata continua. La scelta dell'uno o dell'altro metodo varia in ragione del tipo di acciaio, della produttività e del costo dell'impianto. Nel caso di colata in fossa va tenuto presente che l'acciaio liquido non può essere tenuto in siviera più di 40-50 min.; una permanenza più lunga provocherebbe infatti un eccessivo deterioramento del refrattario ed una eccessiva diminuzione di temperatura del baglio con il pericolo di una parziale solidificazione e quindi con maggiori difficoltà nelle operazioni di apertura e chiusura della busetta.

Il colaggio in fossa può essere fatto in diretta (versando cioè l'acciaio direttamente nelle lingottiere; Fig.23) o in sorgente. Quest'ultimo metodo (Fig. 24) permette di colare contemporaneamente più lingotti (da 4 a 8 e anche più) attraverso la cosiddetta "colonnetta", che è un tubo verticale rivestito di refrattario collegato con ciascuna lingottiera da un canale orizzontale in refrattario.

Il colaggio in sorgente si usa generalmente quando il forno o il convertitore è di grande potenzialità e/o quando necessitano lingotti di piccole dimensioni.

Colata in fossa. Per colata in fossa si intende comunemente sia la colata in fossa tradizionale che la colata su caltri. Nella prima, tutte le operazioni (preparazione delle lingottiere, colaggio e strippaggio) vengono eseguite nella fossa, mentre, nella seconda, in fossa si esegue solo la colata; le altre operazioni vengono infatti eseguite in altre campate.

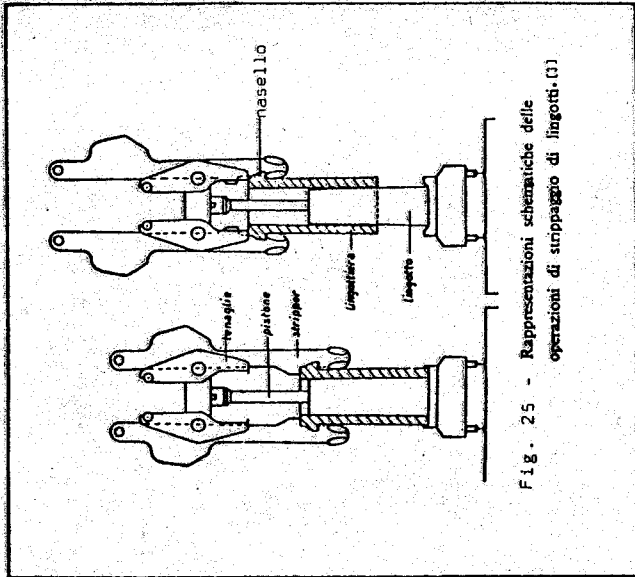


Fig. 25 - Rappresentazioni schematiche delle operazioni di strippaggio di lingotti. (1)

chia, controllare la colata dalla piattaforma, buttare le polveri esotermiche, strappare i lingotti e provvedere al cambio delle placche e colonne.

- Addetti manutenzione secchia: devono eseguire la sfiatura del fondo secchia, devono puntare il tappo (questa operazione viene fatta entrando nella secchia calda; più recentemente, con l'uso di scaricatori a cassetto, è stata eliminata) e devono provvedere alle riparazioni minuite. Se l'acciaio è prodotto al forno M-S, la pulizia della secchia dalla scoria residua è molto più lunga e faticosa. Il rifacimento del rivestimento della secchia viene fatto usando ancora materiali con alta percentuale di silice libera.

Rischi

- a) Condizioni microclimatiche. Sono sfavorevoli per l'esposizione ad elevate temperature (in modo particolare per gli addetti alla fossa tradizionale e gli addetti alla secchia).
- b) Polverosità e inquinamento chimico. Gli addetti sono esposti a fumi e polveri (ossidi di ferro, elementi di lega, silice, ecc.). Inoltre sono esposti ai vapori dei solventi tossici usati nella laccatura lingottiere.
- c) Rumore. Se a monte della fossa di colata c'è il forno elettrico, il reparto colaggio risente della rumorosità del forno.
- d) Schizzi di acciaio fuso.

Colata continua(1). Nel colaggio in continuo si ottengono i semiprodotti bramme, blumi e billette direttamente dall'acciaio fuso, saltando così tutti i passaggi intermedi necessari nel colaggio tradizionale (strippaggio, riscaldamento nei forni, sbazzatura, spuntature).

(1) La diffusione industriale del processo di colaggio in continuo dell'acciaio ha luogo negli anni '60.

Per colare, la siviera viene trasportata con una gru alla fossa di colata; lo scaricatore posto sul fondo della siviera viene posizionato sul lingotto (colata in diretta) o sulla colonnetta (colata in sorgente) e viene aperto azionando un comando elettroidraulico (scaricatore a cassetto). Questa operazione viene ripetuta fino a che tutte le lingottiere sono riempite e la siviera è vuota. Terminato il colaggio, la siviera viene completamente svuotata dalle scorie capovolgendola su un apposito recipiente chiamato "paioia".

Le lingottiere passano poi allo strippaggio dove, avvenuta la solidificazione dell'acciaio, si procede all'estrazione del lingotto (Fig.25). Questa operazione viene eseguita da un carroonte, chiamato "stripper", dotato di una grossa tenaglia che afferra e solleva le lingottiere per i "haselli", mentre un'asta posta al centro della tenaglia tiene fermo il lingotto sulla piastra. I lingotti così estratti passano ai forni di riscaldamento e quindi al laminatoio sbazzatore. Le lingottiere a loro volta passano alla preparazione, dove vengono pulite con una spazzola ad espansione manovrata da un carroonte e lasciate raffreddare. Vengono ancora pulite con un getto d'aria e infine ricoperte con una lacca protettiva che impedisce l'incollamento dell'acciaio che entra ed evita difetti superficiali nei lingotti.

Colata in fossa - Elementi di nocività

Mansioni

- Addetti colata in fossa tradizionale: piazzano nella fossa di colata placche, colonnette e lingottiere; aprono e chiudono il tappo della secchia; sono addetti allo strippaggio lingotti, al taglio delle "radici" (a caldo), alla laccatura lingottiere con solventi nocivi. Se a monte vi è un forno M-S devono anche togliere le scorie dal fondo secchia.

- Addetti colata su carro: devono piazzare le lingottiere sui carri, manovrare l'apertura e la chiusura della sec-

Il processo di colata continua (Fig. 26) consiste nel versare l'acciaio liquido in una lingottiera di rame, raffreddata internamente mediante circolazione di acqua. La forma e le dimensioni della lingottiera si possono variare così da ottenere semiprodotto di forma e sezione diverse. Il raffreddamento ad acqua della lingottiera asporta una grande quantità di calore e provoca la solidificazione dello strato superficiale (la cosiddetta "pelle") del semiprodotto (1); la solidificazione è completata da spruzzatori ad acqua (raffreddamento secondario) che investono la superficie del semiprodotto durante la sua discesa attraverso tutta una serie di coppie di rulli (2). Il semiprodotto viene poi tagliato alla lunghezza voluta per mezzo della macchina ad ossitaglio o per mezzo di una cesoia ed inviato al parco di accatastamento.

La colata continua richiede una temperatura di colaggio più elevata, più rigorosamente controllata e distribuita omogeneamente, da un lato perchè la siviera impiega in generale un tempo più lungo per arrivare alla postazione di colata, e dall'altro perchè l'acciaio viene prima versato nella cosiddetta "paniera" (3), da dove passa poi nella lingottiera. L'omogeneizzazione della temperatura in siviera si ottiene facendo gorgogliare dell'argon (eventualmente sotto vuoto) nel bagno metallico; tale operazione viene chiamata "stirring". Le colate in continuo devono rispettare orari determinati per permettere la lavorazione in sequenza (colata "continua-continua").

(1) Per evitare la rottura della pelle solidificata a causa dello incollamento dell'acciaio alla superficie della lingottiera, quest'ultima è dotata di un moto oscillante alterno di discesa e salita (di 20-25 mm).

(2) Ovviamente è necessario a partire da una "falsa-bramma" di acciaio già solida, lentamente sfilata dalla lingottiera.

(3) Lo scopo del passaggio intermedio attraverso la paniera è di effettuare l'alimentazione della lingottiera con battente ferrostatico costante, indipendentemente dal livello dell'acciaio in siviera. Dalla paniera si dipartono le diverse linee di colata (sempre più di una per macchina).

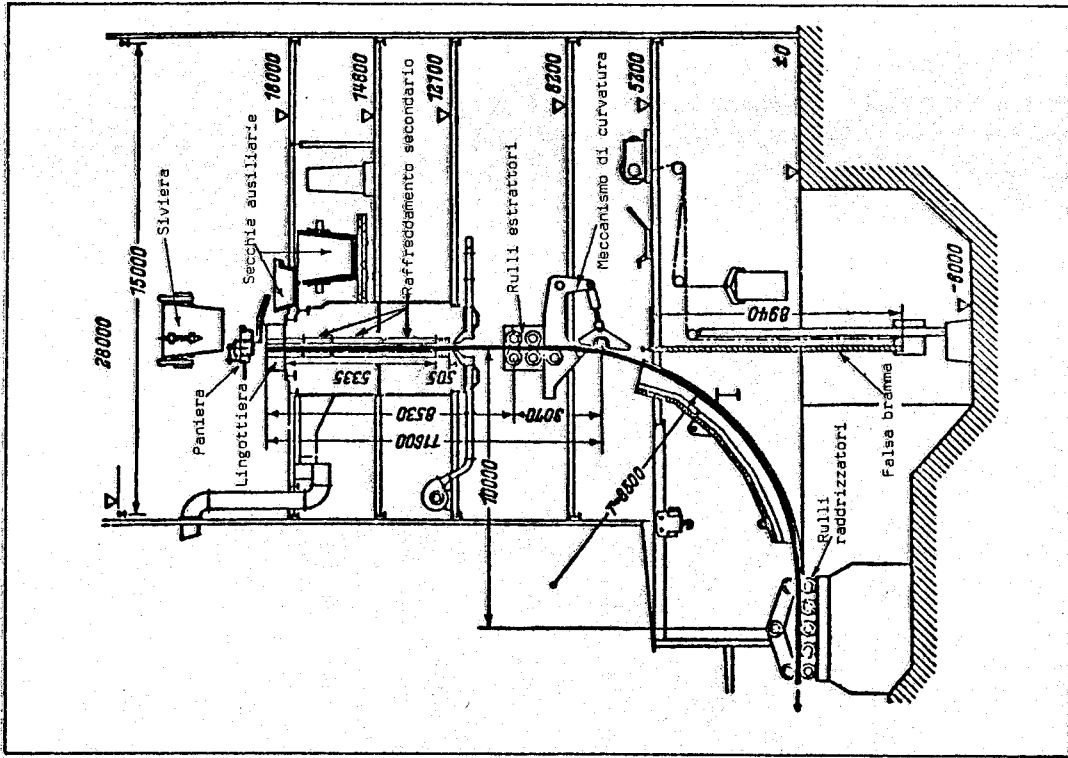


Fig. 26 - Sezione trasversale di un impianto di colata continua. (5)

E' infine necessario ricordare che a tutt'oggi si hanno grosse difficoltà a colare in continuo acciaio effervescente destinato allo stampaggio e che non si possono colare molti tipi di acciai speciali.

Le macchine di colata continua si distinguono, a seconda della conformazione geometrica, in macchine a lingottiera e linea verticale (Fig. 27-A), macchine a lingottiera verticale e linea curva (Fig. 27-B), macchine a lingottiera e linea curva monocentrica (Fig. 27-C) e macchine a lingottiera e linea curva policentrica (Fig. 27-D). Osservando la fig. 27 si nota come la macchina A è sviluppata in altezza circa il doppio della macchina D; ora, se si tiene conto che la pressione del battente ferrostatico operante sulla pelle del semiprodotto in via di solidificazione è proporzionale al dislivello tra il pelo libero dell'acciaio in lingottiera e il posizionamento dei rulli estrattori, si vede come il rischio di rottura della pelle ("break-out"), con conseguente fuoriuscita dell'acciaio liquido, sia più elevato nella macchina A che in quella D (1).

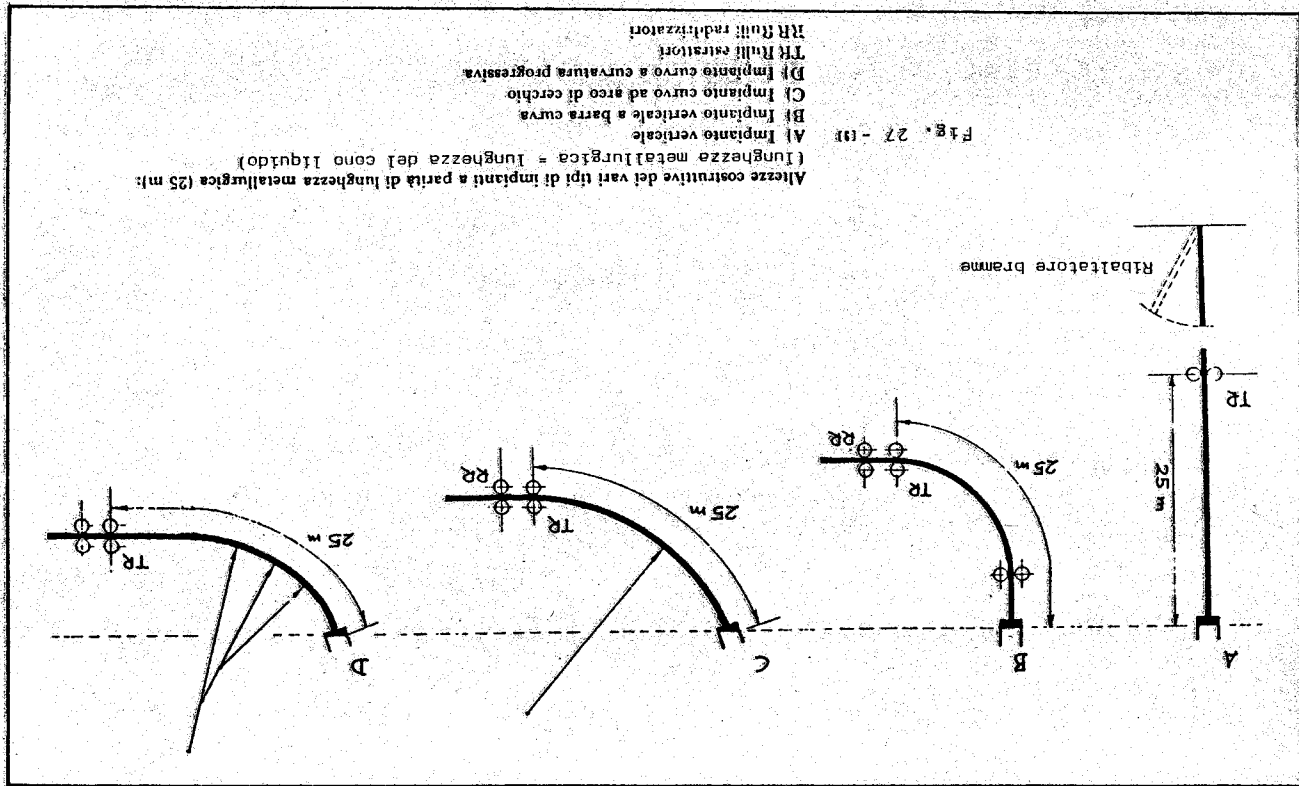
Colata continua- Elementi di nocività

Mansioni

Tutti i colatori all'arrivo della secchiadi colata devono controllare la temperatura dell'acciaio ed eventualmente omogeneizzarla insuffiando argon nel bagno. Negli intervalli sostituiscono le paniere, posizionano la falsa-bramma, rifanno il tappo della secchia. Devono intervenire in caso di inconvenienti di marcia (rottura dello strato corticale solidificato con spargimento di acciaio fuso, disincagliamento della via a rulli, ecc.).

- Addetti secchia: controllano su una piattaforma la colata ed il livello di acciaio nella paniera.

(1) A parte l'ovvio svantaggio della macchina A derivante dalla realizzazione di costruzioni notevolmente sopraelevate o di scavi veramente impegnativi. Riguardo quest'altro aspetto è da rilevare che la riduzione di altezza delle macchine di colata continua è utile soprattutto quando si debba installarle in capannoni preesistenti.



Altezze costruttive dei vari tipi di impianti a parità di lunghezza metalurgica (25 m): (lunghezza metalurgica = lunghezza del cono liquido)

A) Impianto verticale a barra curva  
B) Impianto curvo ad arco di cerchio  
C) Impianto curvo a curvatura progressiva  
D) Impianto curvo a curvatura progressiva  
TR Rulli estrattori  
RR Rulli riduttori

Fig. 27 - 191



- Addetti paniera: controllano visivamente il battente (livello) di acciaio nella lingottiera, gettano polvere di grafite e lubrificanti per migliorare lo strato corticale solidificato, tolgono le scorie dalla lingottiera.
- Addetti raddrizzamento bramme: lavorano in cabine di controllo e in platea colata continua per aiutare in operazioni varie.
- Addetti taglio bramme: controllano da cabine l'operazione di taglio delle bramme.
- Addetti refrattari: lavorano generalmente sulla platea della colata continua. Sono addetti al raffreddamento (con aria compressa), al rifacimento e al controllo riscaldamento (con bruciatori) dell'interno delle paniere.

#### Rischi

Molti elementi di nocività dipendono strettamente dall'organizzazione del lavoro. Con il processo di colata continua gli organici sono diminuiti, ma ritmi, carichi e saturazione dei tempi di lavoro sono aumentati. La tendenza al raddoppio (o più) delle linee di colaggio, come pure la adozione della colata continua-continua comportano un peggioramento dei fattori di nocività (temperature radianti, rumorosità, polverosità, ecc.), se non sono accompagnate da sostanziali aumenti di organico e da radicali miglioramenti ambientali.

- a) Condizioni microclimatiche. Sono sfavorevoli per l'esposizione a temperature raglianti elevate (45-55°C) durante tutto il turno, con punte fino a 80°C per operazioni specifiche come la scorifica lingottiera e il rifacimento interno paniera.
- b) Radiazioni. Tutti gli addetti sono esposti a radiazioni per l'uso di isotopi radioattivi di cobalto nel controllo del livello dello acciaio in lingottiera (specialmente durante il cambio e la pulizia delle lingottiere, dove sono posizionate le sorgenti di cobalto).
- c) Rumore. E' elevato durante la colata (88-94 dbA). Sono inoltre esposti ad alti livelli di rumorosità gli addetti taglio bramme.

- d) Polverosità. E' dovuta all'uso di refrattari (cromite, magnesite, materiali silico-aluminosi, ecc.) e alla grafite che viene gettata nella lingottiera. La polverosità è peggiorata dalla mancanza di mezzi protettivi.
- e) Inquinamento chimico. E' dovuto alla presenza di fumi metallici (piombo, manganese, ecc.).
- f) Schizzi di acciaio fuso. Sono possibili per la rottura della pelle e per l'esplosione delle scorie e della lingottiera.
- g) Abbagliamenti e sbalzi di luce.



(cesoie volanti fra una gabbia e l'altra, seghe a disco dopo l'ultima gabbia) dei laminati, nonché di placche di raffreddamento.

Durante la laminazione i lingotti e/o i laminati subiscono la "scagliatura" (eliminazione della scaglia di ossidi formatasi durante la permanenza nei forni di riscaldamento e/o durante la laminazione). Tale operazione si esegue in apposite gabbie, dette rompiscaglia, poste prima delle gabbie di laminazione, oppure mediante un discagliatore idraulico (serie di ugelli eroganti acqua ad altissima pressione) posto sulla via a rulli.

Sui semiprodotti viene eseguita anche l'operazione di condizionatura superficiale per eliminare i difetti (quali cricche, sfoglie, ricalcature, ecc.) preesistenti nel lingotto o insorti nella fase di riscaldamento o durante la laminazione al treno sbizzatore. Tale trattamento viene eseguito con canello ossiacetilenico ("fiammatura"), con fresatrice, con scalpello pneumatico o con una molatrice. I primi due metodi si possono applicare sul semiprodotto sia caldo che freddo, gli ultimi due soltanto sul semiprodotto freddo.

La fiammatura (che può essere eseguita manualmente o in apposite macchine, dette "scarfer", inserite lungo la via a rulli) asporta con fiamma lambente la parte difettosa lasciando un solco raccordato sul laminato. La fresatura (eseguita con macchina conosciuta col nome di "billetter") elimina il difetto attraverso l'asportazione di truciolo con una testa ruotante provvista di un certo numero di utensilli da taglio, la quale viene spostata in altezza e nel senso trasversale al movimento del semiprodotto sottostante. La scorricatura, con scalpello pneumatico a mano, opera sostanzialmente nel modo della fresatura, ma non consente ovviamente la stessa produzione dei sistemi sopra descritti e non è adatta per acciai molto duri. In questi casi si ricorre più efficacemente alla molatura, la quale può essere praticata con macchine automatiche (caso degli acciai speciali) o a mano (molatrice di tipo "pensile").

AREA LAMINAZIONE

La laminazione consiste nel comprimere l'acciaio tra due cilindri rotanti in senso inverso che lo fanno avanzare per attrito riducendone la sezione e, qualora i cilindri siano sagomati, facendogli assumere il profilo voluto. I lingotti, provenienti dall'acciaieria, vengono così trasformati in forme commerciali adatte ad ulteriori lavorazioni o all'impiego diretto.

I lingotti vengono innanzitutto uniformemente riscaldati (a circa 1300°C) in forni a pozzo (i più grandi) o in forni a spinta (i più piccoli). Di qui vengono portati al treno sbizzatore (Fig. 28) (treno "blooming" per blumi, treno "slabbing" per bramme) che, dopo una serie di passaggi da una parte all'altra dei cilindri, li trasforma in blumi (semiprodotti a sezione quadrata) e in bramme (semiprodotti a sezione rettangolare). Gli sbizzati così ottenuti (oppure ottenuti direttamente in colata continua), dopo essere stati tagliati alla lunghezza voluta, passano ai successivi treni di laminazione dai quali escono i prodotti finiti (laminati piani a caldo o a freddo, tondi, barre, profilati, ecc.).

Il treno di laminazione (Fig. 29) è costituito essenzialmente da una o più gabbie di laminazione, dagli organi di trasmissione e dal macchinario elettrico. La gabbia è formata da una robusta intelaiatura metallica costituita da due montanti sostenenti i cilindri di laminazione lisci (per lamiere, nastri, ecc.) o scanalati (per barre e profilati) (Figg. 30, 31). I cilindri sono di ghisa comune, più spesso di ghisa "temprata" (o "conchigliata"), eventualmente legata, o di acciaio in getto.

Gli impianti di laminazione sono inoltre dotati di vie a rulli, di dispositivi per la rotazione (ribaltatori), per lo spostamento (perpendicolare alla direzione di laminazione) ne: manipolatori e trascinatori) e per il taglio a caldo

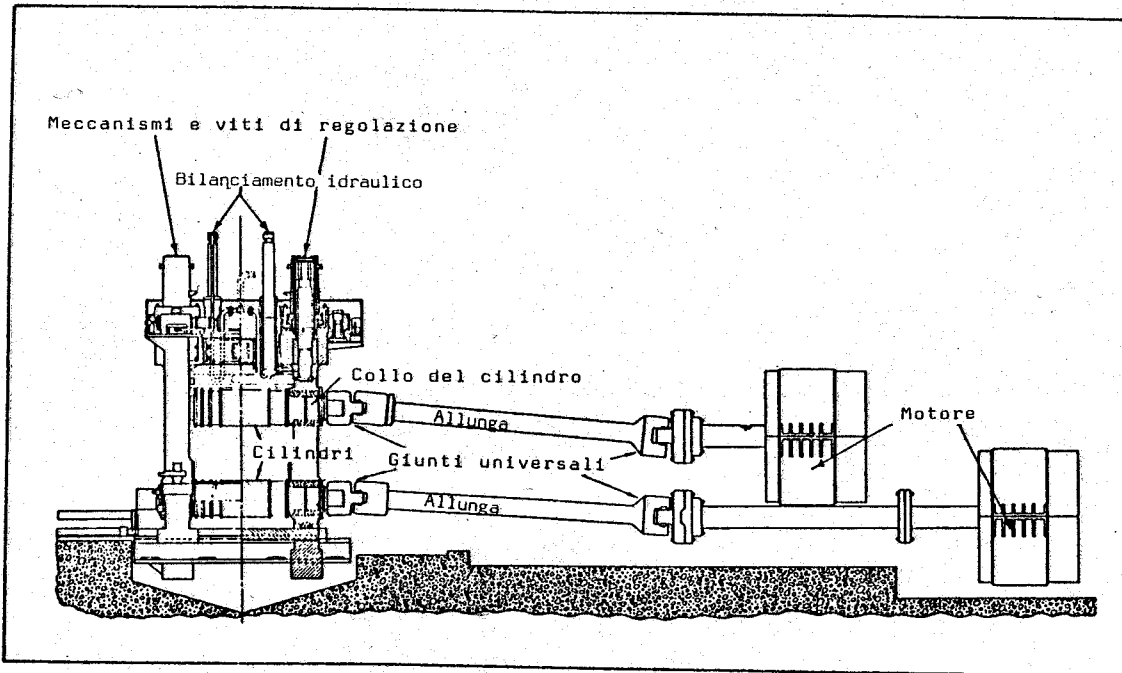


Fig. 28 - Treno sbozzatore. (1)

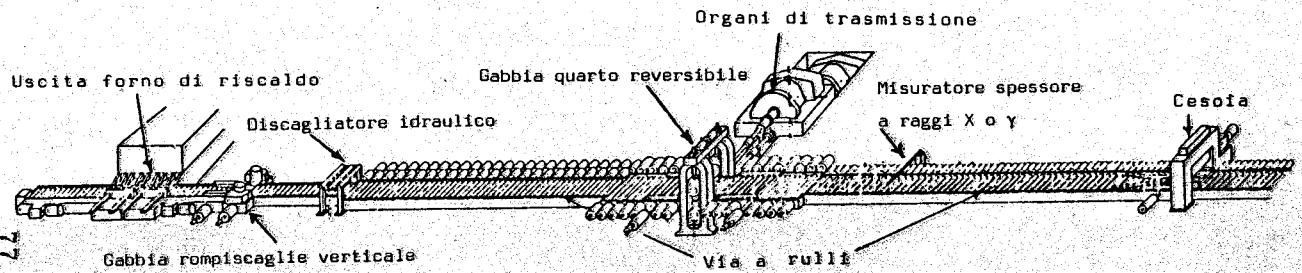


Fig. 29 - Schema generale del treno lamiera. (1)

La ricerca dei difetti nei semiprodotti viene affidata all'esame visivo dell'operatore, in generale (nel caso di semiprodotti freddi) dopo un decapaggio o una sabbiatura. Il primo (che si esegue in un bagno acido, ad es. soluzione di acido solforico al 10% a caldo (60-70°C); soluzione di acido cloridrico a freddo; soluzione di acido cloridrico e acido nitrico a freddo, ecc.) consiste in una semplice immersione per un certo tempo del materiale da osservare. La seconda (che è comunque meno efficace del primo) consiste in un lancio di particelle di graniglia di acciaio sul materiale introdotto nella cosiddetta "camera di sabbiatura". In alcuni casi si accoppiano i due metodi (prima la sabbiatura e poi il decapaggio).

Laminatoio sbazzatore o di prima laminazione. Il laminatoio sbazzatore ha lo scopo di ridurre i lingotti in sbazzati di sezione quadrata (di lato non inferiore a circa 120 mm) o rettangolare (fino a circa 1500 mm di larghezza e di spessore non inferiore a 100 mm). La gabbia del laminatoio sbazzatore è in generale a due cilindri (gabbia a "duo") a rotazione invertibile e regolabili in altezza (Fig. 28).

Laminatoio per billette. Il laminatoio per billette ha lo scopo di trasformare i blumi in billette (semiprodotti a sezione quadrata di lato da circa 50 mm a circa 120 mm e di lunghezza fino a 10 m).

Laminatoi per barre e profilati. In questi laminatoi si ottengono profilati di forma desiderata (ferri a U, a L, a T; rotaie; travi del tipo normale, ad ali larghe, ecc.) o barre (tonde, quadrate, esagonali, ecc.; dimensione caratteristica, diametro o lato: 10-150 mm). Nei laminatoi per barre e profilati si incontra frequentemente la disposizione dei cilindri a "trio" (Figg. 30, 31): il massello da laminare viene introdotto ad es. nello spazio fra il cilindro inferiore e quello medio; successivamente viene afferrato in coda e sollevato, rientrando a ritroso nello spazio fra il cilindro medio e quello superiore, e così via.

Per i grossi profilati si parte da blumi i quali, dopo riscaldamento in forni continui, passando in generale in treni a tre gabbie di cui la prima e la seconda funzionano da sbazzatrici intermedia e preparatrice, e la terza produce i pro-

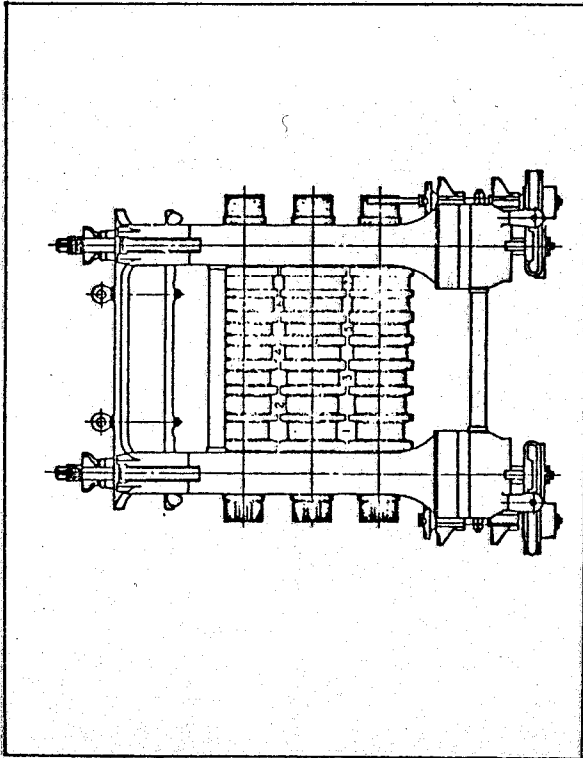


Fig. 30 - Gabbia a trio. III

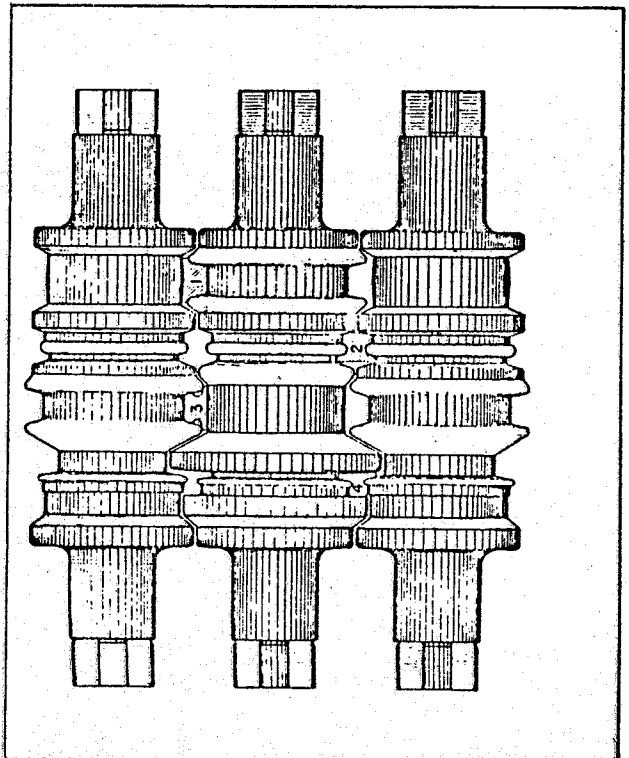


Fig. 31 - Passaggi per ottenere un profilato. III 78

filati nella sezione finale. Per i profilati piccoli e medi si usano treni di venti o più gabbie in generale disposte in continuo (in ciascuna delle quali si effettua un solo passaggio)<sup>(1)</sup>.

Laminatoio per laminati piani. Le bramme destinate alla produzione di lamiera (spessore: <4->10 mm) e nastri avvolti in rotoli ("collis"), dopo condizionatura superficiale e riscaldamento in forni a spinta vengono nuovamente laminate in gabbie di diverso tipo, a cilindri lisci. Ad es. si usano gabbie del tipo a "quarto" (Figg. 1 e 29), composte cioè di quattro cilindri sovrapposti: i cilindri che operano la laminazione sono i due mediani, mentre i due cilindri esterni hanno solamente funzione di sostegno. In tal modo è possibile ridurre il diametro dei due cilindri di lavoro, con il vantaggio di rendere più rapida la laminazione; inoltre, la presenza dei cilindri di sostegno consente una pressione di esercizio maggiore. Laminatoio a freddo per laminati piani. I rotoli destinati alla laminazione a freddo (Fig.1) vengono prima decappati per togliere la scaglia di laminazione e quindi mandati ad una prima laminazione a freddo. I rotoli possono poi proseguire lungo la linea di laminazione a freddo oppure passare alla linea dei cosiddetti prodotti "rivestiti". Nel primo caso, poiché l'acciaio "incrudisce" (ovvero aumenta le proprietà di resistenza alla deformazione), viene sottoposto ad un trattamento intermedio di ricottura in forni ad atmosfera controllata che lo rende sottoponibile ad operazioni di deformazione plastica ulteriore, come per es. un profondo stampaggio. Per rispettare una particolare finitura superficiale a un certo livello di proprietà meccaniche resistenziali, il rotolo viene ancora "skin-passato" in un laminatoio cosiddetto "temper"<sup>(2)</sup>.

(1) Un particolare tipo di laminatoio per tondo è quello per "vergella" (tondo da 5-13 mm di diametro, avvolto in matasse). Il laminatoio a "serpentaggio", usato nel passato a tale scopo, è stato progressivamente sostituito dal laminatoio in continuo, che oggi arriva a velocità di uscita del tondo di 30 e più m/sec, con pesi delle matasse fino anche a 600 Kg. In questo laminatoio si parte da billette di 70-100 mm di lato, riscaldate in forni a spinta.

(2) Si tratta in sostanza di una laminazione superficiale a freddo.

I rotoli per laminati piani rivestiti dopo la prima laminazione a freddo vengono inviati alla linea che li trasforma in lamierino zincato o in banda stagnata. Nel primo caso, dopo una serie di condizionamenti superficiali (ricottura, prima ossidante e poi riducente, con raffreddamento controllato), il lamierino viene immerso in una vasca contenente zinco fuso e poi raffreddato, passivato, spianato e dopo oliatura riavvolto in rotoli o tagliato. Nel secondo caso, dopo pulitura elettrolitica e ricottura in forni a campana o in linea, il lamierino viene "skinpassato" al laminatoio "temper", ed inviato alle vasche di deposizione elettrolitica dello stagno; passa poi in una torre di riscaldamento per ottenere uno strato di stagno brillante e compatto; di qui in vasche di passivazione e di oliatura; infine viene tagliato in fogli.

Produzione dei tubi. I tubi si dividono in tubi senza e con saldatura. L'ottenimento dei primi è effettuato tramite laminatoi e/o presse partendo da lingotti o da semiprodotti (tondi se la perforazione viene eseguita al laminatoio; quadri se alla pressa). L'ottenimento dei tubi saldati si realizza partendo da lamiera (per tubi con saldatura longitudinale) o da rotoli (per tubi con saldatura elicoidale).

Tubi senza saldatura. Nella lavorazione si distinguono tre operazioni basilari: la perforazione del lingotto o del semiprodotto (con ottenimento del foro); l'allungamento (con assottigliamento della parete del tubo); la calibrazione (con raggiungimento delle dimensioni e tolleranze finali).

La perforazione, che permette di avere il cosiddetto "forato", si realizza con un opportuno laminatoio (per es. il laminatoio "obliquo" Mannesmann) o con una pressa (idraulica o ad estrusione); l'allungamento si effettua con un laminatoio (per es. "a tappo", oppure "a passo di pellegriano"<sup>(1)</sup>) la calibrazione infine si esegue ancora con un la-

(1) Tale denominazione (tre passi avanti e due indietro) deriva dal modo in cui procede la lavorazione. Il forato viene infilato su un mandrino e spinto elasticamente, da apposito apparecchio, fra una coppia di cilindri sovrapposti ed aventi un particolare profilo di canale con sezione variabile. Tali cilindri ruotano, in sen-

minatoio (calibratore propriamente detto, oppure riduttore, oppure riduttore e stiratore).

Nella Fig. 32 sono schematizzati da sinistra a destra i diversi stadi che permettono di passare da un tondo ad un tubo. La barra a sezione circolare, previamente punzonata al centro, viene riscaldata in un forno circolare a suola ruotante; di qui viene inviata al laminatoio obliquo (o perforatore) dove, passando attraverso due cilindri tronco-conici<sup>(1)</sup> ruotanti nello stesso senso, viene fatta ruotare ed avanzare contro un mandrino a punta. Quest'ultimo, unitamente allo schiacciamento ed allargamento, produce la foratura della barra. All'uscita dal laminatoio obliquo il tubo passa tra i due cilindri<sup>(2)</sup> del laminatoio a tappo e viene trasformato in un tubo a parete più sottile e di lunghezza maggiore. Ancora caldo il tubo passa attraverso i due cilindri<sup>(3)</sup> della gabbia lisciatrice dove, oltre ad aversi un ulteriore lieve allungamento e a una riduzione dello spessore delle pareti, vengono lisciate le superfici interna ed esterna del tubo stesso. Di qui infine il tubo attraversa una gabbia finitrice<sup>(4)</sup> che lo porta a una dimensione compresa nelle tolleranze richieste.

(se gue nota pagina precedente)

so opposto fra di loro, in modo che il forato, quando è in presa coi cilindri, venga respinto col mandrino in senso contrario a quello di normale avanzamento, il quale ultimo è invece possibile nel setto di canale a sezione maggiore (cosiddetta "porta vuota"). Il forato in laminazione ha quindi un movimento alternativo di avanzamento e di ritorno: l'avanzamento è sempre leggermente superiore al ritorno, per cui la risultante è un avanzamento complessivo per gradi.

(1) Con gli assi inclinati da parti opposte rispetto all'asse orizzontale centrale (assi obliqui).

(2) Scanalati tonde. In questo laminatoio il tubo subisce un doppio passaggio, il secondo dei quali dopo esser stato risospinto completamente indietro da una coppia di cilindri di ritorno (non indicata in Fig. 32) ed aver subito una rotazione di 90° attorno al suo asse.

(3) Ancora con assi obliqui.

(4) Ancora con cilindri scanalati tonde. In realtà si hanno più gabbie, ognuna a 90° rispetto alla contigua. Il numero delle gabbie è diverso a seconda che il treno sia semplicemente calibratore od anche riduttore (del diametro del tubo), essendo molto maggiore nel secondo caso.

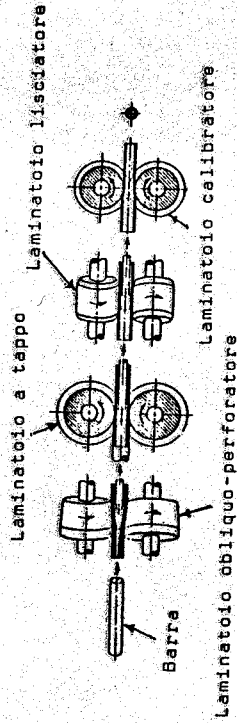


Fig. 32 - Ottenimento dei tubi non saldati.<sup>(4)</sup>

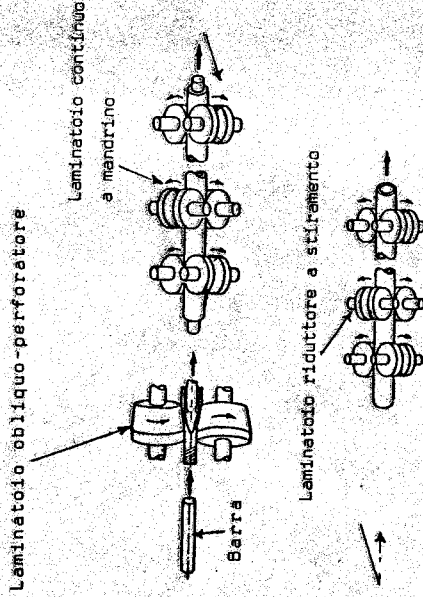


Fig. 33 - Ottenimento in continuo dei tubi non saldati.<sup>(4)</sup>

Lo schema di un laminatoio continuo per tubi senza saldatura è riprodotto a titolo di esempio in Fig. 33, dove sono evidenziati anche il laminatoio obliquo (a diverse gabbie in serie), e quello calibratore (ovvero riduttore-stiratore<sup>(1)</sup>), pure a diverse gabbie in serie).

Tubi saldati. Un laminatoio per la produzione di tubi saldati è costituito da un'area di stoccaggio della lamiera o dei rotoli, la linea di produzione vera e propria ed una eventuale area per le prove di controllo non distruttivo e di collaudo. Così, seguendo a titolo esemplificativo una delle linee di produzione dei tubi a saldatura longitudinale dell'impianto a ciclo integrale dell'Italsider di Taranto, si possono evidenziare le seguenti operazioni, come schematicamente illustrato nella Fig. 34.

a) Preparazione delle lamiere: le lamiere vengono stoccate da gru (a diversi magneti) in relazione alla loro dimensione e composizione chimica. Quindi passano alla macchina cosiddetta "turnover" che le ribalta di 180°, operazione necessaria per potere eliminare gli effetti di spigolo causati dalla macchina di sbavatura e di taglio. Poi passando ad una macchina piattatrice dove, mediante due torrette mobili dotate di opportuni utensili da taglio, subiscono la sgrassatura e la smussatura di entrambi gli spigoli. Infine le lamiere vengono inviate alla macchina piegatrice degli spigoli, macchina costituita da due gabbie di cilindri sagomati in relazione al diametro del tubo da produrre.

b) Formatura: la lamiera con gli spigoli smussati e lievemente incurvati viene sagomata in due opportune presse assumendo prima la forma ad "U" e poi quella ad "O".

c) Saldatura: la lamiera sagomata ad "O" viene prima saldata manualmente alle estremità per puntatura e poi saldata

(<sup>1</sup>) In questo laminatoio si applica, oltre che una pressione di laminazione fra i cilindri, anche una tensione al tubo da gabbia a gabbia, ottenuta giocando sulle velocità di trascinamento di ogni coppia di cilindri. Si ha quindi riduzione sia del diametro che dello spessore del tubo.

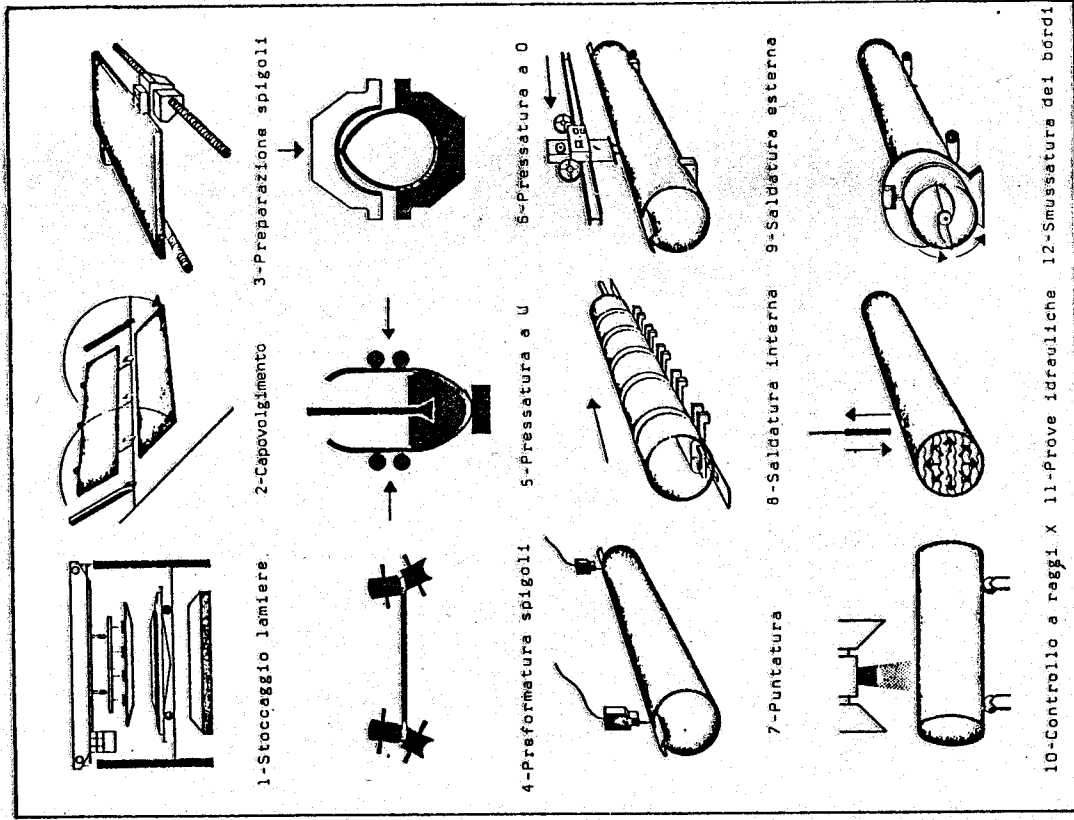


Fig. 34 - Rappresentazione schematica delle operazioni per l'ottenimento di tubi saldati.(1)

ta internamente ed esternamente con saldatrici automatiche ad arco sommerso movibili lungo l'asse del tubo.

- d) Finitura: sul tubo saldato ed eventualmente espanso mediante un sistema idraulico viene eseguita la smussatura delle facce di estremità, in modo da predisporre il tubo alla successiva saldatura in "campo", come ad es. nella messa in opera di una "pipeline". Intercalate alle operazioni sopradette vi sono i controlli non distruttivi ed i collaudi.

Area laminazione - Elementi di nocività

Zona forni di riscaldamento

Mansioni

- Cruista : svolge le operazioni di prelievo materiale (lingotti, bramme, ecc.), di apertura del coperchio, di carica del forno dall'alto (nel caso di forno a pozzo) o di carica delle placche di traslazione (nel caso di forno a spinta), di estrazione dei pezzi incandescenti.

- Addetti forni di riscaldamento: controllano le operazioni sopradette; controllano la temperatura del forno; comandano da terra le placche di traslazione e gli spintori (nel caso di forni a spinta); controllano le operazioni di riscaldamento e di sfornamento del materiale.

Rischi

a) Condizioni microclimatiche. Sono sfavorevoli per sbalzi termici e temperature raggianti elevate soprattutto nei forni a spinta più antiquati dove i fornitori devono stazionare a pochi metri dalla bocca del forno, vicino al caricamento frontale ed allo sfornamento dei pezzi incandescenti. Nei forni più automatizzati gli addetti comandano spintori e placche di traslazione da cabine generalmente climatizzate. Molte operazioni comunque li costringono ad uscire, come il controllo della temperatura con apparecchi e/o mediante l'osservazione

del colore dei lingotti incandescenti e come le operazioni di disincaaglio del materiale nel caso di anomalie di marcia.

- b) Polverosità. E' presente soprattutto nelle operazioni di apertura della volta dei forni (forni a pozzo) e durante il caricamento del materiale. Si tratta prevalentemente di ossidi di ferro, anche se nel trattamento di acciai legati è presumibile un inquinamento da altri elementi (cromo, nichel, manganese, piombo, ecc.). Notevolissimo il rischio pneumoconiotico nelle operazioni di rifacimento del rivestimento dei forni di riscaldamento, costituito da materiale siliceo, silico-alluminoso, magnesite, ecc.
- c) Inquinamento chimico. E' dovuto soprattutto ai gas usati e prodotti nel processo produttivo (ossigeno, anidride solforosa, ossido di carbonio, anidride carbonica, idrogeno, gas, metano, ecc.) che fuoriescono dai camini dei forni.
- d) Rumorosità. E' abbastanza elevata durante la carica dei forni. Ci possono essere rumori di fondo dovuti ai bruciaci

Zona treno sbozzatore

Mansioni

- Addetti treno sbozzatore: controllano l'arrivo sulla via a rulli del materiale incandescente che proviene dai forni di riscaldamento; lo pesano (controllo del rendimento); sorvegliano la frantumazione automatica della scoria (scagliatura); regolano i cilindri sbozzatori che portano a misura (riduzione di spessore, allungo, ecc.) il materiale; controllano la prima "intestatura volante" che viene fatta con cesole automatiche; compiono o sorvegliano alcune operazioni di manutenzione, ad es. il cambio dei cilindri, e operazioni straordinarie come il disincaaglio del materiale, ecc.



e) Abbagliamenti e sbalzi di luce. Sono dovuti al continuo passaggio di materiale incandescente. Sono particolarmente dannosi e fastidiosi durante il turno notturno.

Zona condizionamento

Il condizionamento del materiale può essere effettuato manualmente con cannello ossiacetilenico e ossipropanico, oppure in modo meccanizzato con macchine apposite: scarfer, pelatrici, billetter, molatrici, ecc. Gli elementi di nocività sono piuttosto diversi nei due casi.

Mansioni

- Addetti al condizionamento manuale: devono evidenziare le alterazioni superficiali del materiale, fiammarlo colmandone e spianandone le cricche o le soluzioni di continuità mediante fusione più o meno profonda dello strato superficiale.

- Addetti al condizionamento automatico: devono sorvegliare, generalmente da cabine, il funzionamento delle macchine usate per il condizionamento: scarfer, molatrici, pelatrici, billetter, ecc.

Rischi

L'operazione di condizionamento manuale è sicuramente una delle più nocive di tutta l'industria siderurgica ed è, infatti, disertata dai giovani operai, per i quali maggiore è la sensibilità per l'ambiente di lavoro. I principali elementi di nocività sono passati in rassegna qui di seguito.

a) Condizioni microclimatiche. Sono estremamente sfavorevoli sia per la presenza di forti sbalzi di temperatura, correnti d'aria, umidità, che per il notevolissimo irraggiamento termico (50-80°C al posto di lavoro) dovuto all'uso del cannello ed alla temperatura del materiale da condizionare, spesso semi-incandescente.

Rischi

Anche se la maggior parte delle operazioni è di controllo e si svolge in cabine generalmente climatizzate, moltissime volte durante il turno gli addetti al treno sbozzatore (e così dicasi per tutte le gabbie di laminazione) devono uscire direttamente sugli impianti esponendosi a numerose fonti di nocività: sbalzi termici, calore, umidità, rumore, inquinamento ambientale, ecc.

a) Condizioni microclimatiche. Sono sfavorevoli per gli sbalzi termici presenti (tra temperatura della cabina ed esterno), per l'umidità elevata (ad es. nell'operazione di scagliatura automatica si usano sovente ugelli con acqua ad altissima pressione) e per l'esposizione ad energia raggiante nelle operazioni di controllo vicino all'impianto o nelle operazioni di disincaiglio del materiale incandescente (1200-1300°C).

b) Stress e fatica nervosa. E' dovuta all'attenzione continua richiesta in tutte le operazioni dove la saturazione dei tempi è molto elevata. Il lavoro su pezzi incandescenti, che passano a notevole velocità e devono essere controllati, è fonte di notevolissimo affaticamento psichico, soprattutto durante il turno notturno.

c) Lavori faticosi. Anche se le operazioni sono automatizzate, frequenti sono gli interventi manuali degli operatori: il cambio cilindri non automatizzato, le operazioni di disincaiglio del materiale incandescente che deve essere imbragato, tagliato con cannello ossiacetilenico, ecc. Ovviamente gli "incagli" variano a seconda del ritmo di produzione richiesto e della velocità di funzionamento degli impianti.

d) Polverosità e inquinamento chimico. L'inquinamento da polveri è prodotto nelle operazioni di scagliatura, sbazzatura e intestatura. Anche in questo caso vale il discorso precedente: si tratta generalmente di ossidi di ferro, con in più altri elementi variabili a seconda della composizione dell'acciaio sbozzato (cromo, nichel, manganese, vanadio, molibdeno, piombo, ecc.).

Per quanto riguarda invece il condizionamento automatico (macchine, scarfer, molatrici, pelatrici, billetter, ecc.), la nocività di questi posti di lavoro dipende sia dal grado di meccanizzazione e dal non isolamento delle cabine di comando delle macchine, sia dalle fonti di rischio presenti (inquinamento, rumore, umidità, ecc.). In alcuni casi, ad es. al parco tondi o al parco blumi, è notevolissima la rumorosità ambientale dovuta alla caduta dei pezzi dal piano di condizionamento alla fossa da dove vengono prelevati per essere stoccati.

Zona laminazione

Mansioni

- Addetti a "terra": sono gli addetti al controllo gabbie, gli imbragatori, i manutentori, gli addetti agli impianti ausiliari (raffreddamento ad acqua, lubrificazione, ventilazione, ecc.) e i preparatori cilindri. Questo gruppo è formato da lavoratori che hanno mansioni diverse, ma che nel complesso sono esposti a fattori di nocività simili.

Rischi

- a) Condizioni microclimatiche. Sono estremamente sfavorevoli sia per gli sbalzi termici presenti che per l'altissima umidità, dovuta tra l'altro all'uso di acqua per il raffreddamento dei cilindri di laminazione. Il continuo passaggio di grandi quantità di materiale incandescente, sul quale spesso occorre intervenire manualmente (operazioni di disincaglio), comporta un surriscaldamento ambientale notevole ed espone gli addetti ad alte temperature ragianti.
- b) Polverosità. Vedi zona treno sbozzatore.
- c) Inquinamento chimico. E' dovuto all'uso di oli di laminazione; interessa soprattutto i manutentori e gli addetti al cambio dei cilindri.

b) Polverosità e inquinamento chimico. L'operazione di condizionamento manuale, se non si usa il cannello con aspirazione incorporata, sviluppa una notevole quantità di polveri e fumi metallici, oltre che di gas (gas nitrosi, anidride solforosa, ecc.). La composizione degli inquinanti varia a seconda del materiale trattato. La lavorazione di acciai legati comporta un inquinamento da piombo, cromo, nichel, vanadio, ecc., elementi che hanno una azione tossica specifica. Spesso le bramme provengono da parchi all'aperto ove sono state depositate e sono quindi ricoperte da strati di ruggine.

c) Rumorosità. E' soprattutto dovuta al funzionamento del cannello (rumore bianco di circa 95 dBA). La presenza di macchine automatiche di condizionamento nella stessa zona di lavoro aumenta ovviamente il rumore di fondo, che colpisce particolarmente gli addetti al condizionamento manuale non protetti da cabine.

d) Lavori faticosi. Molti sono gli elementi di affaticamento fisico in questo tipo di operazione: l'uso di abiti molto pesanti (in fibra di amianto, come per tutte le lavorazioni che espongono a materiale incandescente), dell'elmo e della visiera; il peso del cannello (intorno a 8-10 Kg); le posizioni di lavoro scomode per molte ore al giorno. Tutti questi elementi, uniti agli stress termici ed all'elevata rumorosità ambientale, sono fonte di notevole affaticamento per l'apparato cardio-circolatorio.

e) Abbagliamenti e sbalzi di luce. Sia il lavoro di controllo (spesso su materiale ancora incandescente) che la fiammatura espongono gli addetti ad un notevole affaticamento visivo e a lesioni da energia raggiante. Frequentissimi tra questi lavoratori i disturbi visivi.

f) Schizzi di acciaio fuso.

\* Addetti ai palchi di manovra: a questo gruppo appartengono i lavoratori che controllano, da cabine di manovra poste sopra le gabbie, il funzionamento del treno di laminazione. Sono responsabili del controllo visivo dell'operazione e del quadro di comando della velocità di laminazione; della regolazione dei rulli tenditori; degli impianti di raffreddamento; del funzionamento dei cilindri; degli spessori dei laminandi, ecc. Durante le operazioni di manutenzione e di cambio cilindri (per usura e per cambio di profilo) e nelle emergenze (disincagli, rotture, ecc.) si spostano sull'area di laminazione a "terra".

Rischi

Anche per questi lavoratori, che stazionano per tutto l'orario di lavoro in cabine, i fattori di nocività sono legati al grado di climatizzazione, di insonorizzazione, di ventilazione e di depurazione della cabina.

- a) Stress e fatica nervosa. E' dovuta allo sforzo visivo richiesto, alla continua attenzione per le frequenti regolazioni, per la tempestività dell'intervento su un ciclo ad alta velocità, per la saturazione dei tempi di lavoro. Questi elementi sono peggiorati durante il turno notturno.
- b) Abbagliamenti e sbalzi di luce. Sono dovuti al continuo controllo visivo del materiale incandescente che passa ad alta velocità.
- c) Condizioni microclimatiche. Ci possono essere notevoli sbalzi di temperatura tra ambienti climatizzati (cabine di manovra) ed ambiente esterno.

Zona finale del treno di laminazione (ritiro produzione e stoccaggio)

La zona finale del treno di laminazione comprende la zona aspi avvolgitori per il nastro e la vergella, oppure la zona di placche per l'arrivo dei semiprodotti, dei tondi, ecc.

- d) Rumorosità. E' costantemente al di sopra dei limiti massimi, superando i 100-110 dbA all'imbocco delle gabbie.
- e) Stress e fatica nervosa. E' dovuta, soprattutto per gli addetti al controllo a "terra", alla continua attenzione richiesta per le frequenti regolazioni eseguite sul ciclo ad alta velocità ed in un ambiente estremamente sfavorevole per quanto riguarda le condizioni di nocività presenti (surriscaldamento, inquinamento e rumorosità).

f) Infortuni. C'è un pericolo costante di infortuni, anche gravi, per fuoriuscita del laminando dalle linee di laminazione e per il pericolo di ustioni da contatto con materiale incandescente.

g) Lavori faticosi. Molte operazioni (manutenzione, cambio cilindri, disincaglio del materiale) che comportano notevoli sforzi fisici sono eseguite in posizioni scomode e a contatto con materiali incandescenti. Ancora oggi in alcuni laminatoi (ad es. sui treni vergella) l'operazione di imbocco del laminando, in uscita da una gabbia, nella successiva, viene eseguita manualmente. L'operaio deve afferrare "al volo" il tondo incandescente con una grossa tenaglia e, con la sola forza delle braccia, riuscire a curvarla per l'imbocco nel canale successivo (operazione di serpentaggio). E' evidente il continuo pericolo cui è esposto il lavoratore ("serpentatore") ed il grado di affaticamento richiesto.

Su altri treni di laminazione alcune operazioni di traslazione laterale del laminando sono aiutate dagli addetti ("attrappori") con pinze molto grosse. Anche in questo caso ci sono pericoli di infortuni, sforzi fisici, stress termici e affaticamento nervoso per la notevole attenzione richiesta.

h) Abbagliamenti e sbalzi di luce. Sono dovuti alla presenza di materiale incandescente che si muove ad alta velocità.

re durante il sollevamento del forno, il posizionamento delle campane di raffreddamento e le operazioni di controllo. La circolazione di aria, quando è usata nel raffreddamento, provoca inoltre fastidiose e pericolose correnti che contribuiscono ad aggravare il disagio termico.

b) Inquinamento chimico. Proviene dal ciclo di lavorazione nel quale sono utilizzati e prodotti gas (ossigeno, azoto, idrogeno, ossido di carbonio, anidride carbonica), dai bruciatori dei forni, dallo scarico dei gas combusti attraverso i camini (frequentemente in reparto), dall'espulsione dei gas dai generatori di atmosfera controllate all'atto del loro avviamento. La presenza di tenori di ossido di carbonio piuttosto elevati per tutto l'orario di lavoro comporta un rischio di intossicazione cronica, oltre che di eventuali rischi di intossicazione acuta.

c) Polverosità. E' soprattutto presente nel rifacimento e sostituzione del materiale per la "tenuta" delle basi dei forni. Il materiale è composto da sabbia, lana di vetro e di roccia, composti di calcio, ecc.

d) Rumorosità. E' in genere elevata ed è dovuta ai sistemi di raffreddamento ed al funzionamento dei forni.

Zona di decappaggio

Mansioni

- Addetti al decappaggio: sorvegliano l'arrivo del materiale da trattare (nastro, filo, ecc.); lo movimentano con gru, carrelli, ecc; lo immergono nelle vasche di decappaggio (contenenti acido solforico, nitrico, cloridrico, ecc.) e successivamente in quelle di lavaggio.

Rischi

a) Inquinamento chimico. In questi reparti, soprattutto se non ci sono impianti di aspirazione potenti sulle vasche di decappaggio, è presente un notevole inquinamento da

Mansioni

- Addetti al ritiro produzione: sono addetti al controllo della produzione finita, alla sua legatura e imbragatura, alla marcatura e alle operazioni di stoccaggio.

Rischi

Essendo situata alla fine del treno di laminazione, tutta l'area risente delle condizioni generali di nocività del reparto (calore, rumore, inquinamento). Aspetti particolari di nocività delle mansioni considerate sono legati allo sforzo fisico richiesto, ad es. per la legatura dei rotoli e per la marcatura del materiale. Notevoli i rischi di infarto: ustioni per contatto con materiale incandescente; tagli dovuti al maneggio di nastri, fili, reggette, materiali di legatura dei rotoli, ecc.

Zona forni di ricottura (nella linea di laminazione a freddo)

Mansioni

- Addetti ai forni a campana: sorvegliano il sollevamento del forno ed il suo trasferimento su altra base, le operazioni di scarico del materiale raffreddato e di carico di quello da trattare (operazioni eseguite dal gruista). Provvedono all'immissione della miscela di gas protettivo e sorvegliano la fase di ricottura che dura 12-24 ore. Al termine di quest'ultima sorvegliano il sollevamento del forno, il posizionamento della campana e la circolazione del gas di raffreddamento. Sono addetti anche al controllo dei generatori.

Rischi

a) Condizioni microclimatiche. Sono sfavorevoli per i forni che lavorano alle basi dei forni in zone spesso anguste. In particolare sono esposti ad alte temperature

FONDERIA DI CHISA E DI ACCIAIO

In fonderia, a differenza di altri processi di fabbricazione, la sagoma dell'oggetto viene pressochè definita dopo la colata e la successiva solidificazione del getto. L'ottenimento del getto grezzo di fusione richiede la presenza di due elementi fondamentali: la forma ed il metallo (o la lega) fuso.

In Fig. 35 si schematizza in forma semplificata il processo di fonderia che, come si può notare, presuppone diverse operazioni, ovvero la preparazione del modello dell'oggetto, la preparazione delle anime, la formatura, la fusione e la colata della lega, la distaffatura, la sbavatura, la molatura ed altre operazioni ausiliarie.

La forma

Per ricavare la forma è innanzitutto indispensabile disporre di un modello che raffiguri l'oggetto. Il modello, che viene fatto normalmente in legno, è diviso in due parti secondo i criteri di estraibilità. Quando, per ricavare una determinata forma, la estraibilità non è possibile, si ricorre all'impiego delle cosiddette "anime", di cui si parlerà più avanti.

Il processo per ottenere la forma (detto di "formatura") implica l'impiego di un impasto fluido o semifluido (detto "terra di formatura") che, ricoprendo il modello, lo riproduce fedelmente e contemporaneamente abbia una resistenza tale da permettere sia l'estrazione del modello senza lacerazioni o distruzione dell'impronta, sia la conservazione di quest'ultima durante la colata e la solidificazione successiva del metallo.

La sostanza a tale scopo più usata è la sabbia silicea, molto abbondante in natura, che per soddisfare le richieste sopradette viene mescolata con i "leganti". Questi ultimi sono principalmente di due tipi:

- a) sostanze argillose (silico-alluminati di calcio e di sodio); tra queste la più usata è la bentonite (o montmorillonite) per le sue capacità leganti con il minimo di aggiunta di acqua (3-4%);

vapori acidi (spesso caldi). Frequenti tra i lavoratori i disturbi respiratori, digestivi e oculari.

- b) Condizioni microclimatiche. Sono generalmente piuttosto sfavorevoli per la presenza di sbalzi termici e forte umidità.

Ciò comporta un peggioramento delle condizioni di inquinamento dei reparti ed un aggravamento delle malattie all'apparato respiratorio e osteo-articolare.

- c) Infortuni. E' alto il rischio di infortuni per la presenza di vasche di acido ad alta concentrazione.

- d) Rumorosità. E' generalmente non molto elevata. Può essere presente una rumorosità dovuta agli impianti di ventilazione forzata o ad altri impianti vicini.



costo. Nella formatura dei getti grossi, la terra viene preparata con una maggior quantità d'acqua (5-8%) e la forma viene poi essiccata a 200-300°C (formatura "a secco"). Se la operazione di essiccamento è evitata, come è normale nei getti piccoli, la formatura è chiamata a "verde". Durante la formatura si preferisce a volte disporre di uno strato di terra "nuova" a diretto contatto col modello onde ottenere una migliore superficie del getto. Questa terra è nella pratica chiamata di "contatto" o di "modello". Sopra quest'ultima si versa la terra di riempimento delle staffe, prelevandola per ragioni economiche da quella di ricupero e di riciclo.

Se si usano i leganti chimici, la preparazione della terra è limitata ad un semplice mescolamento della sabbia e del legante chimico (1-2% nel caso delle resine; 4-6% nel caso del silicato di sodio; 8-10% nel caso del cemento). Il catalizzatore, quando usato, si aggiunge in un secondo tempo. In certe applicazioni, specie per getti grossi, le forme e le anime sono preparati con una sostanza più refrattaria della silice, come per es. la sabbia di zirconio (ossido di zirconio) e l'olivina (silicato di ferro e magnesio), ovviamente di costi più elevati.

La formatura a mano (Fig.36) ha inizio con la posa del modello di un telaio metallico, detto "staffa", chiuso lateralmente per contenere la terra. Questa viene prima pressata contro il modello fino a riempimento della staffa, poi livellata, e la parte in eccesso viene recuperata. A questo punto si procede all'estrazione del modello dopo il capovolgimento della staffa. Si ripete il procedimento sopra descritto con l'altra metà del modello e si predispongono i canali di adduzione del metallo liquido alla forma o i canalini destinati a facilitare la fuoriuscita del gas durante la colata. Si procede infine alla chiusura delle due metà della staffa, eventualmente dopo la messa in sede dell'anima (operazione di "ramolaggio") e si esegue la colata.

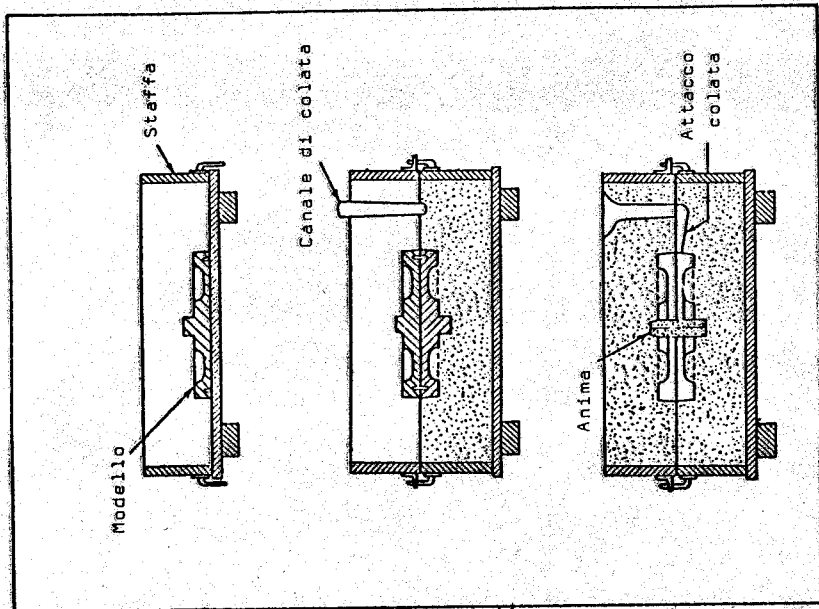


Fig. 36 - Preparazione manuale delle staffe. (1)



La formatura può essere eseguita a mano oppure a macchina, a seconda dei livelli di produzione o della grandezza del getto. Il tipo di macchina usato dipende dal legante impiegato. Così, nel caso dei leganti argillosi, dove la resistenza della forma è legata direttamente alla pressatura della terra, si adoperano usualmente macchine a compressione e a scuotimento con funzionamento pneumatico (Fig.37). Poiché queste macchine non sono adatte per i grossi getti, dati i pesi in gioco, vengono allora sostituite da macchine a lancio di terra (Fig.38) (la cosiddetta "sandslinger"), oppure dai normali pestelli pneumatici. Nel caso dei leganti chimici, per i quali la pressatura della terra non è così importante, la macchina di formatura vera e propria non esiste; si riempie la forma con l'impasto e, nel caso in cui la reazione di indurimento avvenga a caldo, si riscalda il modello (in questo caso metallico).

Le anime permettono di ricavare le parti dell'oggetto che, dovendo restare vuote, non si possono ottenere tramite la formatura diretta. Esse sono preparate in modelli, detti "casse d'anima", impiegando sabbia silicea e leganti chimici (a differenza della formatura, in cui è ancora preminente l'impiego dei leganti argillosi). La scelta dei soli leganti chimici si giustifica per le condizioni più gravose che le anime devono sopportare sia durante la loro manipolazione (rischio di rottura), sia durante la solidificazione della colata, giacché il metallo caldo le ricopre completamente. Le anime possono essere fatte a mano oppure, a macchina; in quest'ultimo caso il riempimento delle casse d'anima con la sabbia si esegue in macchine soffiatrici chiamate spara-anime (Fig.39).

La verniciatura a spruzzo o a pennello viene eseguita sulle forme e sulle anime quando necessario; consiste nell'applicazione di sostanze come grafite, silice, ossido di zirconio, ecc., con i seguenti scopi:

- a) evitare il contatto diretto tra la forma ed il metallo quando c'è una certa reattività tra loro (accorgimento quasi sempre necessario nella fonderia di acciaio);

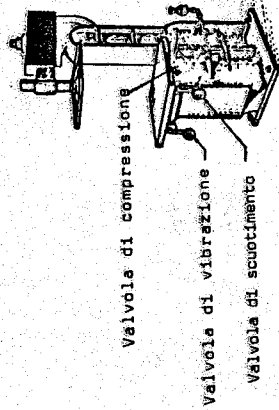


Fig. 37 - Macchina formatrice a scuotimento e schiacciamento.(1)

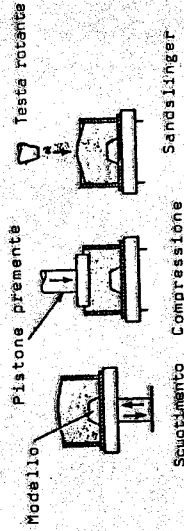


Fig. 38 - Confronto schematico fra diverse macchine formatrici.(1)

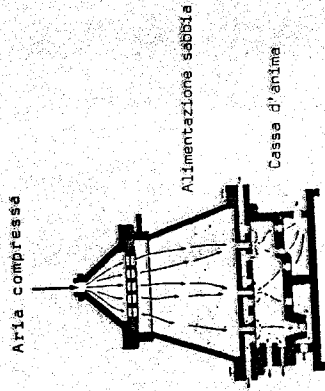


Fig. 39 - Macchina spara-anime.(1)

- b) migliorare la refrattarietà delle sabbie quando le temperature in gioco sono molto elevate (accorgimento ancora necessario nella fonderia di acciaio e attuata in generale per le sole anime e per le forme più grandi nella fonderia di ghisa);
- c) migliorare la "pelle" del getto.

Il metallo (o la lega) fuso

La preparazione del bagno metallico viene fatta in forni di tipo diverso (a seconda della temperatura di fusione della lega e del tipo di combustibile impiegato). Tra i più diffusi sono: i forni elettrici (sia ad arco che ad induzione), impiegati per leghe con relativamente alti punti di fusione (oltre i 1000°C) come le ghise, l'acciaio, ecc.; i forni del tipo rotativo o a riverbero riscaldati a gasolio o a gas; e infine il cubilotto (forno a tino) alimentato a coke (Fig. 40), usato esclusivamente nella fonderia di ghisa.

La materia prima impiegata nei forni può essere di tre tipi: il metallo di prima fusione, il rottame ed il boccame o i recuperi della fonderia stessa. La prevalenza dell'una o dell'altra materia prima è definita dalle esigenze di composizione chimica del getto.

Il metallo o la lega fusi vengono spillati dal forno nella siviera dove, nel caso della ghisa sferoidale, viene eseguito il trattamento al magnesio e dove è pure comune la aggiunta di ferro-leghe per migliorare le proprietà meccaniche e/o fisiche dei getti. La siviera viene poi trasportata in vicinanza delle staffe e, per inclinazione della siviera stessa, il metallo liquido viene versato nella forma attraverso i canali ivi predisposti. Molto spesso si cosparge il metallo fuso, affiorante alla superficie della staffa, di polveri esotermiche aventi lo scopo di rallentare la solidificazione delle cosiddette "materozze", previste nella forma per garantire la non difettività dei getti.

A solidificazione avvenuta si procede all'operazione di "distaffatura", cioè all'eliminazione delle staffe e della terra. Questa operazione viene eseguita normalmente su griglie vibranti; la terra viene raccolta nella parte inferiore-

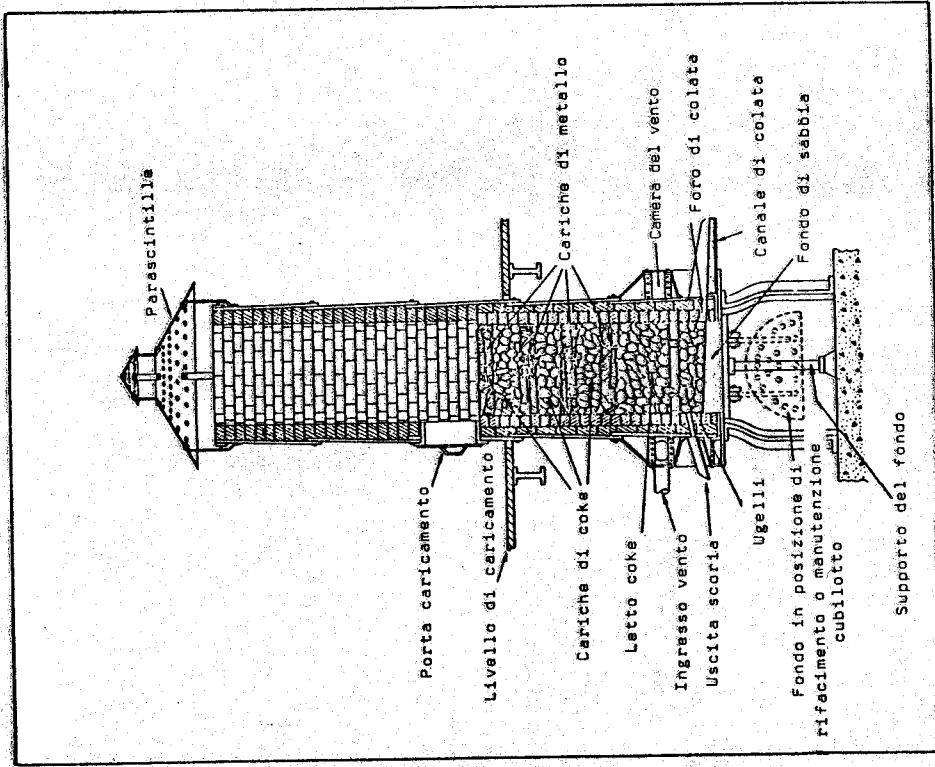


Fig. 40 - Sezione di un cubilotto.(1)

- b) Inquinamento chimico. E' dovuto alle resine e alle vernici, con conseguenti problemi di irritazione e fenomeni allergici.
- c) Rumore. E' dato dalle macchine utensili (pialle, frése, seghe, ecc.); raggiunge valori elevati.
- d) Illuminazione. E' frequentemente inadeguata al lavoro di precisione richiesto.

Zona preparazione terre di formatura

Mansioni

- Addetti agli impasti: sorvegliano l'impasto delle terre (per le forme e le anime) in mescolatori (o molazze) spesso aperti.

Rischi

a) Polverosità. E' dovuta alla terra di formatura, provenienti per la maggior parte dai recuperi interni (distaffatura) e generalmente costituita da una miscela a base di sabbia silicea, con forte rischio di pneumoconiosi. Anche i leganti inorganici aggiunti (bentonite, argilla, ecc.) comportano un aumento dei rischi per l'apparato bronchopolmonare.

b) Inquinamento chimico. E' dovuto all'aggiunta di leganti, anche di tipo organico (oli vegetali, resine fenoliche, ureiche, gliceroftaliche, furaniche, ecc.), di additivi o di catalizzatori (ad es. l'acido paratoluensolfonico) alla terra di formatura. L'utilizzo delle resine e dei catalizzatori nel processo produttivo ha comportato ulteriori elementi di nocività: aumento dei ritmi per il rapido indurimento di forme ed anime, aumento dell'inquinamento ambientale e dei fattori di disagio (mal di testa, nausea, disturbi digestivi, ecc.) per gli odori delle sostanze usate, nonché per la loro capacità di irritazione e di allergizzazione (muose oculari e respiratorie).

re e convogliata tramite nastri trasportatori alla rigenerazione ed al successivo impiego; il getto viene invece portato alle macchine granigliatrici o sabbiatrici dove si segue appunto l'operazione di granigliatura, allo scopo di eliminare ogni residuo di terra (1). Per eliminare i canali di colata, le materozze e le bave di metallo (che restano attaccate al getto) è necessario procedere all'operazione di "smaterozzatura", taglio dei canali e sbavatura. Queste operazioni possono richiedere l'impiego di dischi da taglio e di mole per rendere pressochè liscia la superficie. In molti casi la smaterozzatura e l'eliminazione di canali vengono realizzate con colpi di mazza.

Alla fine può seguire un'operazione di collaudo del getto, cioè una verifica della non difettività interna o esterna tramite l'impiego di tecniche rientranti nei cosiddetti controlli non distruttivi (per es. i raggi X, gli ultrasuoni, ecc.), oppure attraverso prove chiamate distruttive, quali il sezionamento o la pressatura del getto. In questa fase viene anche controllata l'idoneità strutturale tramite l'analisi metallografica. Sovente i getti costosi con difetti in superficie vengono "ricuperati" tramite saldatura, preceduta in genere da una molatura per eliminare le cricature od altri difetti.

Fonderia - Elementi di nocività

Zona preparazione modelli

Mansioni

- Addetti preparazione modelli: incidono, tagliano e preparano i modelli che sono generalmente in legno. Si tratta quindi di un lavoro di precisione tipo falegnameria.

Rischi

a) Polverosità. E' dovuta al legno e al gesso.

(1) La sterratura, come operazione separata, esiste soltanto nelle fonderie di getti grossi oppure nelle fonderie non meccanizzate.

Zona formatura

Mansioni

- Addetti formatura a mano: posano il modello entro la staffa, che poi riempiono con terra proveniente per caduta dai silos; spianano la terra e la modellano a mano e con pestelli e pilette pneumatiche, posizionano le anime, controllano la pressatura ed il livellamento, capovolgono le staffe, ritirano il modello e chiudono la forma.

Rischi

- a) Polverosità e inquinamento chimico. E' dovuto alle terre di formatura ed ai leganti (v.sopra).
- b) Lavoro faticoso. E' dovuto alle posizioni scomode ed allo sforzo fisico per la frequente carenza di mezzi di sollevamento e trasporto delle staffe e durante l'operazione di ramolaggio.
- c) Vibrazioni. Sono dovute al frequente uso di strumenti vibranti, ad es. pestelli e pilette.

- Addetti alla formatura a macchina: prendono le staffe vuote e le pongono sul piano della macchina, sorvegliano la caduta della terra dai silos nella staffa, la spargono a mano, controllano la sua costipazione, la pressatura, il capovolgimento delle staffe, le successive vibrazioni per l'estrazione del modello, che viene poi pulito con aria compressa e spruzzato di liquido favorente il distacco. La staffa viene poi posta su di una via a rulli verso la zona di colaggio.

Rischi

a) Rumore. E' molto elevato durante la vibrazione e la pressatura (95-110 dBA). Questi livelli sonori sono peggiorati dalla presenza contemporanea di più macchine formatrici nel reparto.

- b) Polverosità e inquinamento chimico. E' dovuto alla terra di formatura e ai leganti (v.sopra).
- c) Lavoro faticoso. E' dovuto alla posizione di lavoro costantemente eretta e alla fatica fisica per il frequente spostamento manuale delle staffe.

- Addetti formatura con il metodo shell-molding: controllano l'indurimento a caldo delle anime.

Rischi

- a) Condizioni microclimatiche. Sono sfavorevoli per l'esposizione a temperature radianti elevate (40 -60°C) durante la estrazione delle anime dalla macchina, funzionante a caldo.
- b) Inquinamento chimico. E' dovuto alle esalazioni provenienti dai gusci e dalle anime (fenolo, formaldeide, ammoniacca, ecc.)
- Addetti alla formatura automatica. In alcune fonderie altamente meccanizzate, dove la prima parte del processo produttivo (carica della terra nelle staffe, pressatura della terra, spostamento delle staffe alla zona di colata) è eseguita meccanicamente, gli addetti azionano i comandi che controllano le fasi ora descritte, ed in più ricoprono a spruzzo il modello con il liquido favorente il distacco.

Rischi

Tra i vari tipi di formatura, quella automatica presenta dei rischi minori, in relazione alla meccanizzazione delle fasi più pesanti, mantenendo però, per il ritmo generalmente più elevato, un aspetto di nocività legato alla organizzazione del lavoro.

Zona fusione

Mansioni

- Addetti ai forni. A seconda dell'organizzazione del lavoro nelle fonderie ci sono lavoratori con mansioni specifiche fisse (caricamento, fusione, manutenzione e rifacimenti interni al forno, ecc.), oppure lavoratori che ruotano su

Zona colaggio

Mansioni

- Addetti alla colata: controllano il metallo fuso che viene colato dal forno nella siviera, movimentano quest'ultima con gru e con carrelli portandola in prossimità delle staffe, la inclinano e versano il metallo fuso negli appositi canali; cospargono di polvere esotermica la superficie affiorante del metallo fuso.

Rischi

Generalmente la nocività cui sono esposti i colatori risente delle condizioni generali dell'ambiente di fonderia: polveri, rumore, carenza di spazio che rende pericoloso e disagiato il lavoro. In particolare i colatori sono esposti ai seguenti rischi.

a) Condizioni microclimatiche. Sono sfavorevoli per sbalzi termici ed irraggiamento durante le operazioni di trasporto della siviera e di colaggio.

b) Inquinamento chimico e polverosità. Durante la colata nelle staffe è presente una forte dispersione di fumi contenenti ossidi metallici e prodotti di decomposizione termica dei leganti organici (resine e catalizzatori) delle terre. Il contenuto dei fumi (tossico, irritante, allergizzante) varia a seconda del tipo di resina usata. Ad es. nel caso di resine poliuretatiche si possono avere dispersioni di acido cianidrico, trietilamina e forse monomero isocianico; nel caso di resine fenoliche, dispersioni di fenolo; nell'uso di resine gliceroftaliche, di acroleina; nel caso di resine furaniche, di alcool furfurilico, formaldeide, ecc. Notevoli sono le quantità di ossido di carbonio, anidride solforosa, gas nitrosi. L'insieme dei fattori irritanti si unisce all'effetto delle polveri presenti in fonderia nel determinare per tutti i lavoratori, ed in particolare per i colatori, un rischio rilevante di patologia polmonare cronica ostruttiva.

tutte le piazze di lavoro, e le cui mansioni non differiscono di molto da quelle precedentemente descritte nella acciaieria.

Rischi

a) Condizioni microclimatiche. Sono sfavorevoli per la presenza di sbalzi termici (soprattutto per gli addetti al parco rottami, carbone, coke e al caricamento dei forni) e per l'esposizione a temperature radianti elevate durante alcune operazioni vicino al forno (quali lo spillaggio, prove, la scorifica, l'aggiunta delle ferro-leghe, il bushaggio, il controllo colata in siviera, la chiusura del foro e il rifacimento del canale di colata), oppure nella operazione di rifacimento della suola del forno (operazione eseguita spesso ogni giorno a forno non completamente raffreddato).

b) Polverosità. E' dovuta alla presenza di refrattari con notevoli percentuali di silice libera e quindi con forte rischio di pneumoconiosi, soprattutto nelle operazioni di rifacimento interno di siviere e forni. Sono pure presenti fumi metallici (ferro, manganese alluminio ed eventualmente cromo, piombo, ecc.) durante la fusione.

c) Inquinamento chimico. E' dovuto ai gas provenienti dai cubilotti (ossido di carbonio, anidride solforosa, ammoniacca, ecc.) ed all'uso di composti catramosi nelle pigiate di chiusura dei fori e nel rifacimento dei canali di colata.

d) Vibrazioni. Nelle fasi di rifacimento interno dei cubilotti e delle siviere si usano strumenti vibranti (martello e scalpello pneumatici).

e) Abbagliamenti e sbalzi di luce.

f) Infortuni. Si hanno soprattutto nelle operazioni vicine al forno e nell'operazione di controllo (visivo) del livello di carica nel cubilotto, che in alcune fonderie viene ancora eseguito dall'alto, stando sulla bocca del cubilotto.

d) Condizioni microclimatiche. Sono sfavorevoli per la presenza di irraggiamento dato che le staffe, soprattutto se di grandi dimensioni, non sono spesso sufficientemente raffreddate.

#### Zona sterratura

##### Mansioni

- Addetti alla sterratura: liberano il getto dalle anime e dalla terra residua usando scalpelli, martelli pneumatici e mazze.

##### Rischi

- a) Polverosità. Sono presenti polveri con elevate percentuali di silice libera, ferro e metalli tossici.
- b) Rumore. E' elevato (superiore ai 95 dBA) per l'uso di strumenti come martelli, ecc.
- c) Lavoro faticoso. E' dovuto all'artigianalità, alla pesantezza degli strumenti, alla costante stazione eretta.
- d) Vibrazioni. Sono dovute all'uso di strumenti vibranti per molte ore al giorno.
- e) Condizioni microclimatiche. Sono sfavorevoli per l'umidificazione dei getti e dei pavimenti, eseguita per diminuire la dispersione di polveri durante le operazioni di sterratura.
- f) Infortuni. Frequenti, sono dovuti all'instabilità delle carcasse e dei getti, ai dislivelli del pavimento (quasi sempre coperto in modo non uniforme di terra), ecc.

#### Zona sabbiatura

##### Mansioni

- Addetti alla sabbiatura: devono caricare e scaricare i pezzi da sabbiare nelle apposite camere ("box"). L'operazione viene eseguita normalmente con l'uso di gru, muletto, carrelli, ecc. Devono pulire anche le retine delle sabbiatrici.

c) Abbagliamenti e sbalzi di luce.

d) Schizzi di metallo fuso. Sono possibili durante i tragitti resi spesso precari dall'esiguità di spazio, dall'accatastamento di materiali, dalla presenza di staffe, ecc.

Elementi di ulteriore rischio si trovano nelle operazioni di colaggio in fonderie meccanizzate. L'operazione di spillaggio e di travaso del metallo fuso sul treno di colata, che scorre su rotaia a ritmi elevati, è continua e costringe gli addetti ad esporsi in grado elevato alle fonti di nocività precedentemente descritte.

#### Zona distaffatura

##### Mansioni

- Addetti alla distaffatura: controllano la posa (eseguita dal gruista) delle staffe sulla griglia che vibra per il tempo necessario affinché le staffe stesse liberino il getto dalla terra che lo contiene. Talvolta devono intervenire manualmente coibendo le staffe con una mazza per liberare il getto dalla staffa e dalla terra. Eseguono anche il recupero della terra ed il controllo dei nastri trasportatori.

##### Rischi

- a) Rumore. E' elevatissimo sia nel caso della distaffatura a griglia (100-115 dBA), che durante l'uso di mazze (105-110 dBA).
- b) Polverosità e inquinamento chimico. E' presente inquinamento da terre di fonderia e c'è la presenza di fumi e gas provenienti dai getti e dalle terre addittivate ancora calde, sia durante la distaffatura che nelle operazioni di recupero della terra e nel controllo dei nastri trasportatori (lavoro spesso isolato).
- c) Lavori faticosi e sforzi fisici intensi. Sono presenti non solo nelle operazioni eseguite manualmente, ma anche in quelle "meccanizzate", per l'insufficienza dei mezzi di trasporto e movimentazione delle staffe e dei getti.

Rischi

I rischi per la salute dipendono dal grado di isolamento delle cabine di sabbiatura. Sono presenti rumore, vibrazioni e rischio di infortuni per fuoriuscita di graniglia di acciaio (che oggi ha praticamente sostituito la sabbia di quarzo) da fessure della camera di sabbiatura. In molte situazioni la vicinanza con le operazioni di sterratura comporta, anche per i sabbiatori, notevoli rischi per l'inquinamento da polveri. Alcune volte sono necessari notevoli sforzi fisici.

Zona sbavatura

Mansioni

- Addetti alla sbavatura: eseguono la rifinitura del getto con mole (fisse o flessibili) e con scalpelli pneumatici, tagli con cannello, ecc.

Rischi

- a) Rumore. Molto elevato, è dovuto agli utensili usati: mole (104-110 dBA), martelli (105-110 dBA), cannello (90-95 dBA).
- b) Polverosità. Anche in questa operazione si ha presenza di polveri con silice libera cristallina, ossidi di ferro, polveri di mola, ecc.
- c) Lavori faticosi. Per lo spostamento manuale dei getti, per il ritmo elevato e la posizione di lavoro scomoda, costantemente eretta.

BIBLIOGRAFIA

1. United States Steel: The Making, Shaping and Treating of Steel, Ed. by H.E. Mc Gannon, USS Co., Pittsburgh, Pa. 1964.
2. G. Violi: Processi siderurgici, Etas Kompass, Milano, 1972.
3. W. Nicodemi, R. Zoja: Processi e impianti siderurgici, Tamburini, Milano, 1974.
4. B.H. Amstead, P.F. Ostwald, M.L. Begeeman: Manufacturing Processes, Wiley, New York, 1977.
5. M. Gatti: Tecnologia dell'acciaio (con appendice sui metalli non ferrosi), Dispensa al corso, Politecnico di Milano, 1973.
6. Bollettino Tecnico Finsider: Numero speciale (No. 217) sul Centro Siderurgico di Taranto, Cosisider, Genova, 1965.
7. Italsider: Medium and Large Diameter Welded Steel Pipes, Genova, 1973.
8. Italmimpianti: Perspective Representation of Industrial Plants Designed and Constructed by Italmimpianti, Genova, 1977.
9. Italsider, Centro Siderurgico Oscar Sinigaglia: Acciaieria O.B.M., Cornigliano (Genova), 1977.
10. P. Lerza. Il rischio pneuconlogeno nell'industria siderurgica, Atti del 350 Congresso Nazionale della Società Italiana di Medicina del Lavoro, Pisa, 1-3 Novembre 1972.
11. P. Lerza, L. Mettrico, G. Orengo, G. Roghi: Il rumore nell'industria siderurgica, Seminario ENPI, Università di Genova, 1973-74.



17. S.M.A.L. di Sesto S.Giovanni: Relazione dell'indagine effettuata presso la fonderia dello stabilimento E.Marelli di Sesto S.Giovanni, 1975-76; Relazione su alcuni aspetti delle condizioni sanitarie dei lavoratori della fonderia E.Marelli di Sesto S.Giovanni, 1976.
18. Seminario Chimici: Processi produttivi, organizzazione del lavoro e ambiente di lavoro nel ciclo di produzione dell'acciaio, Dispensa al corso 150 ore sulla Metallurgia tenuto nel 1974 al Politecnico di Milano, CNBP, Milano, 1975 (1a Ed.), 1977 (2a Ed.).
19. S.M.A.L. di Sesto S.Giovanni: Dispensa per il corso 150 ore sulla nocività nell'industria siderurgica a Sesto S.Giovanni, 1977.
20. Associazione Piemontese di Medicina ed Igiene del Lavoro: Riunione dedicata all'industria siderurgica, Notiziario N° 6, 1975.

12. S.M.d.L. di Trieste: Condizioni di lavoro e di salute nel reparto cokeria dell'Italsider di Trieste, 1975; Condizioni di lavoro e di salute nel reparto agglomerazione minerali dell'Italsider di Trieste, 1976; Condizioni di lavoro e di salute nel reparto altoforni dell'Italsider di Trieste, 1976.
13. S.M.A.L. di Sesto S.Giovanni: Relazione sull'indagine effettuata presso il reparto acciaierie dello stabilimento Falck Concordia, 1973; Relazione sui risultati forniti dalle indagini effettuate dallo S.M.A.L. sulle condizioni microclimatiche e di rumorosità dell'acciaieria Falck Concordia, 1974; Misure di microclima nel reparto acciaieria Falck Concordia e considerazioni sui rischi connessi, 1975; Incidenza delle broncopneumopatie e cardiopatie tra i lavoratori dello stabilimento Falck Concordia, reparto acciaieria, 1975; Risultati dell'indagine audiometrica eseguita sui 448 lavoratori dell'acciaieria Falck Concordia, 1976; Relazione sull'indagine effettuata presso il parco sabei dello stabilimento Falck Union, 1977.
14. S.M.A.L. di Sesto S.Giovanni: Relazione sull'indagine condotta presso la ditta Transider di Sesto S.Giovanni, 1976.
15. Sezione Igiene Industriale del Laboratorio di Igiene e di Profilassi di Brescia: Relazione sull'indagine ambientale effettuata presso lo stabilimento A.T.B. di Brescia, 1976.
16. S.M.A.L. di Lecco: Indagine di medicina e di igiene del lavoro presso la ditta WIMS di Valmadra, 1976; Indagine di medicina e di igiene del lavoro presso la ditta Il Celettto di Lecco, 1977; Indagine di medicina e di igiene del lavoro presso la fonderia La cascata di Calolziocorte 1977.