

6/ PRODUZIONE DELLA GHISA

Prende il nome di siderurgia il complesso dei procedimenti attraverso i quali i minerali di ferro vengono trasformati in ghisa, acciaio, ferro, allo stato grezzo.

La siderurgia è oggi la più importante delle industrie metallurgiche; il suo sviluppo costituisce un indice della potenza industriale di una nazione.

Dei numerosi metodi che venivano adottati per la produzione della ghisa, si è nettamente affermato l'altoforno di tipo convenzionale opportunamente modificato ed adattato, tanto che attualmente oltre il 99% della produzione mondiale di ghisa di prima fusione è ottenuta con questo metodo.

La materia prima per la fabbricazione della ghisa e dell'acciaio è costituita dai minerali di ferro nei quali l'elemento Fe è contenuto sotto forma di ossidi, carbonati o solfuri.

La ghisa ricavata mediante l'altoforno, viene trasformata poi in acciaio o in ferro con vari procedimenti di affinazione.

Minerali
di ferro

Per l'estrazione della ghisa si utilizzano i seguenti minerali:

— *Magnetite*: Fe_3O_4 (*calamita naturale*).

È il minerale più puro e più ricco: contiene circa il 72% di ferro.

— *Limonite*: $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ (*ematite gialla*).

È il minerale più diffuso; il contenuto in Fe è di circa il 58%.

— *Ematite rossa*: Fe_2O_3 (*ferro oligisto*).

È un minerale pregiato perché contiene poco fosforo, che rende fragili i prodotti derivati. Il suo tenore in ferro può raggiungere il 68%.

— *Siderite*: FeCO_3 (*carbonato di ferro*).

Il suo tenore in ferro non supera il 48%.

**Matrice
o ganga**

Nel minerale estratto dalla miniera gli ossidi ed i carbonati di ferro sono sempre accompagnati da sostanze estranee di natura silicea,

argillosa e calcarea. Il complesso di queste sostanze, denominato *ganga* o *matrice*, può raggiungere una percentuale del 40 %; la silice SiO_2 costituisce la parte preponderante.

Eliminazione della ganga

Per eliminare la ganga si ricorre all'azione dei cosiddetti *fondenti*, costituiti da sostanze che ad alta temperatura si combinano chimicamente coi componenti della ganga originando composti facilmente fusibili, aventi massa volumica allo stato fuso inferiore a quella del metallo o della lega metallica fusi, e insolubili nello stesso metallo o lega. Per tale ragione questi composti, denominati *scorie*, si separano con facilità dal metallo fuso e galleggiano sul bagno.

Il principio fondamentale sul quale è basata la *scorificazione della ganga* è quello di trasformare le sostanze da scorificare in silicati facilmente fusibili e insolubili che, galleggiando sul metallo fuso, possono essere eliminati sotto forma di scorie o *loppe*.

Fondenti

Evidentemente la natura ed il quantitativo di fondente devono essere stabiliti con molta cura, in base all'analisi chimica della ganga.

- *Per ganghe siliciose ed argillose* si usa un fondente calcareo, CaCO_3 , che, nel forno, si trasforma in CaO ;
- *per ganghe calcaree*, con poca silice, si impiega la bauxite (silicato di Al);
- *per ganghe essenzialmente calcaree* si adopera la sabbia quarzosa.

Altoforno

L'altoforno è costituito da una struttura muraria di mattoni silico-alluminosi ad alto potere refrattario, rivestita esternamente da un robusto fasciame di lamiera d'acciaio raffreddata ad acqua per evitare il rammollimento dei mattoni.

Nell'altoforno si distinguono le seguenti parti:

- *bocca di caricamento*, a forma cilindrica, per l'introduzione delle cariche di minerali, di coke e di fondente.
- *tino*, a forma tronco-conica, con la base maggiore rivolta in basso.

La forma a tino ha lo scopo di favorire la discesa delle cariche e di prolungarne la permanenza nella zona più calda a tutto favore dello sfruttamento del calore.

- *ventre*, di forma cilindrica, costituisce la zona di raccordo tra il tino e la sacca. Ha un'altezza limitata ed è la zona in cui avviene la fusione.
- *sacca*, a forma tronco-conica con sezione decrescente verso il basso; il suo allargamento verso l'alto fa diminuire la velocità dei gas prodotti dalla combustione e questi, salendo, si espandono ed investono le cariche in modo uniforme.

Al fondo della sacca è disposta la *soffieria*, che introduce l'aria necessaria alla combustione del carbone.

● *crogiolo*, è a forma cilindrica ed in esso si raccoglie la ghisa liquida. Il crogiolo è provvisto di un foro di colata per la ghisa, nella parte più bassa, e di un foro nella parte più alta, per lo scarico delle scorie che galleggiano sul bagno.

Dimensioni medie	Altezza totale:	22 ÷ 40 m
	altezza del crogiolo:	3 ÷ 3,50 m

Composizione delle cariche Le cariche si effettuano dall'apposito piano di caricamento, a brevi intervalli, in modo continuo e regolare. Ogni carica ha in media questa composizione:

minerale di ferro:	57%	1000 kg	4+2+1
carbone coke:	28%	500 kg	
fondente:	15%	250 kg	

Da una carica siffatta si ottengono mediamente 500 kg di ghisa.

Campagna dell'alto forno L'altoforno è a funzionamento continuo; dicesi *campagna dell'altoforno* la sua durata in servizio, variabile da 6 a 10 anni. Dopo tale periodo, si lascia spegnere il forno e si provvede al suo restauro, soprattutto della parte interna che viene danneggiata dall'azione fisica e chimica delle cariche e dall'alta temperatura. Nella maggioranza dei casi risulta economicamente più conveniente demolire il forno e ricostruirlo.

Produzione I valori medi della produzione sono:

- per piccoli altiforni: 100 ÷ 300 t nelle 24 ore;
- per grandi altiforni: 600 ÷ 900 t nelle 24 ore.

(Soffiando ossigeno, la produzione può essere raddoppiata).

Preparazione dei minerali Il minerale proveniente dalla miniera non può essere caricato direttamente nell'altoforno, sia perché frammisto a terriccio, sia perché non ha una pezzatura uniforme; viene perciò sottoposto alle seguenti operazioni preparatorie:

esposizione agli agenti atmosferici per una preventiva frantumazione e lavaggio;

frantumazione per ridurlo alla pezzatura più conveniente;

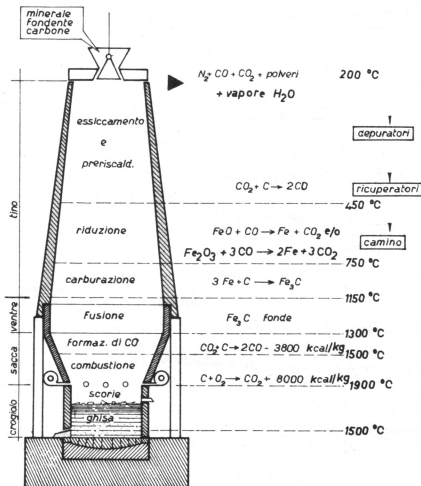
lavaggio con getto d'acqua per asportare le sostanze terrose.

Alimentazione

L'alimentazione del forno si effettua dalla bocca di caricamento introducendo cariche costituite da strati alternati di minerale di ferro, carbone coke, fondente.

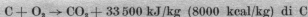
Il calore necessario al funzionamento è prodotto dalla combustione completa del carbone investito da una corrente di aria calda a circa 900 °C che arriva nella zona degli ugelli per l'azione del vento prodotto da una o più soffianti.

Schema
reazioni
principali e
temperature
medie

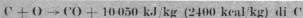


Funzionamento

Affinché si abbia la reazione di combustione completa:

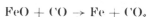


è necessario che l'ossigeno sia in eccesso, altrimenti si ottiene una combustione incompleta:



con una perdita di ben 5600 kcal per ogni kg di carbonio.

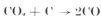
Durante il suo moto ascensionale, l'anidride carbonica (CO_2) formatasi nella zona degli ugelli incontra gli strati superiori di carbone e si trasforma in ossido di carbonio (CO). Detta reazione avviene con assorbimento di calore dall'ambiente, per cui la temperatura della zona corrispondente si abbassa fino ai 1500°C . Quando il CO arriva a circa $1/3$ dell'altezza del tino, avviene la riduzione degli ossidi di ferro del minerale in ferro puro spugnoso secondo la reazione semplificata:



oppure, più frequentemente,



Il CO_2 così ricostituito, proseguendo nel suo movimento di salita, incontra altro carbone per cui si ha, in parte:



con assorbimento di calore.

Dalla bocca del forno uscirà quindi una miscela di CO , di CO_2 e di N , insieme ad un certo quantitativo di polveri proveniente dalle cariche per la spinta dell'aria soffiata dagli ugelli.

Il ferro puro e spugnoso che ha avuto origine dalla riduzione degli ossidi non può ancora fondere, perché la temperatura della zona non è sufficientemente elevata; ma appena sarà disceso in una zona con temperatura di poco superiore ai 1000°C si combina col carbonio trasformandosi in carburo di ferro Fe_3C .

Avendo un punto di fusione assai più basso di quello del ferro, il carburo di ferro fonde e, gocciolando attraverso gli strati sottostanti, va a raccogliersi nel crogiolo.

● Il fondente incomincia ad agire intorno ai 1200°C : si combina con la ganga ed origina i silicati principalmente di calcio e di magnesio che fondono e discendono nel crogiolo dove, essendo più leggeri della ghisa e insolubili nella ghisa fusa, si portano alla superficie del bagno. In genere, lo scarico delle scorie avviene spontaneamente appena il livello raggiunge l'apposito foro.

● La colata della ghisa si effettua ad intervalli regolari di 4-8-12 ore, a seconda della potenzialità dell'altoforno.

Soffieria

È costituita da numerosi ugelli radiali, costruiti in acciaio speciale ad alto tenore di cromo, resistente ad elevate temperature. L'aria calda viene spinta negli ugelli per mezzo di grossi turboventilatori ad una pressione piuttosto bassa, circa 0,5 atmosfere.

Raffreddamento

A causa delle alte temperature in gioco, è necessario raffreddare con un velo d'acqua la parte inferiore del tino, la sacca, la zona degli ugelli, gli ugelli stessi e il crogiolo.

Carbone adoperato

Si adopera carbone di legna o carbone coke. Si ricorre al carbone di legna, che non contiene zolfo né fosforo, quando si vogliono ottenere ghise pure e pregiate. Il carbone di legna è adatto per forni non troppo alti, ma è molto caro.

Quasi tutti gli altiforni a forte produzione impiegano carbone coke, meno costoso e più resistente allo schiacciamento, ottenuto dalla distillazione secca dei carboni fossili, generalmente litantrace.

Requisiti

Il coke metallurgico deve possedere:

alta resistenza allo schiacciamento, per sopportare il peso delle cariche;
elevato potere calorifico, non inferiore a $27\,200\text{ kJ/kg}$ (6500 kcal/kg);
contenuto minimo di fosforo e zolfo, perché tali elementi passando nella ghisa, le impartiscono fragilità e la rendono poco adatta al getto;
contenuto minimo di umidità, di sostanze volatili e di ceneri.

Consumo

In media occorrono $800 \div 1000\text{ kg}$ di carbone per 1000 kg di ghisa prodotta.

Negli altiforni moderni con insufflazione di ossigeno il consumo di carbone coke si riduce di circa il 20%.

Colata della ghisa

La ghisa liquida uscente dall'altoforno può essere indirizzata, per mezzo di appropriati canaletti, entro piccole fosse praticate direttamente nel piazzale di colata, il cui fondo è costituito da sabbia silicea. In questo modo si ottengono i cosiddetti *pani* di ghisa che hanno un peso di circa 50 kg ciascuno.

Quando invece si deve procedere alla immediata fabbricazione dell'acciaio, la ghisa liquida viene raccolta nei *mescolatori*, che sono grossi recipienti metallici rivestiti internamente di refrattario.

Dai mescolatori la ghisa viene poi versata nei *convertitori* o nei forni a riverbero, che la trasformano in acciaio.

Recupero del calore

I gas uscenti dalla bocca dell'altoforno vengono utilizzati come combustibile per riscaldare l'aria di alimentazione e per altre necessità relative all'impianto.

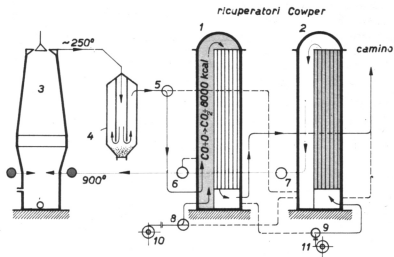
I *recuperatori di calore* sono costituiti da una torre ripiena per circa $3/4$ di mattoni refrattari forati e rivestita da un fasciame di lamiera. La parte vuota forma un condotto verticale che prende il nome di *camera a fuoco*. Ogni altoforno è provvisto di almeno due torri che

funzionano alternativamente: prima da recuperatore di calore e poi da riscaldatore dell'aria di alimentazione.

I gas provenienti dalla bocca dell'altoforno vengono dapprima depurati dalle polveri e poi introdotti in un recuperatore dove si fa arrivare l'aria esterna mediante una soffiante. L'ossido di carbonio contenuto nei gas si combina con l'ossigeno dell'aria producendo una notevole quantità di calore che riscalda il recuperatore. Dopo un certo tempo i gas vengono deviati in un secondo recuperatore mentre nel primo si soffia aria esterna che, circolando nel recuperatore, si riscalda fino ad una temperatura di $\sim 950^{\circ}\text{C}$; con quest'aria si alimenta l'altoforno. Il ciclo si ripete ad intervalli di circa 4 ore.

Per garantire all'impianto di riscaldamento un buon margine di sicurezza, ogni altoforno può avere a disposizione tre ed anche quattro recuperatori.

**Schema
di impianto
con
recuperatori
Cowper**



1. recuperatore in riscaldamento; 2. recuperatore in soffiatura; 3. altoforno; 4. depuratore delle polveri; 5. valvola inversione gas proveniente dall'altoforno; 6 e 7. valvole per invio aria calda all'altoforno; 8 e 9. valvole per invio aria nei recuperatori; 10 e 11. soffianti.