

◆ La siderurgia

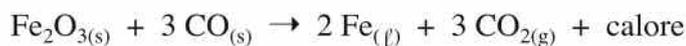
La **siderurgia** è una branca della metallurgia che porta alla formazione di ferro. Il minerale di ferro viene caricato in un reattore verticale, chiamato **altoforno**, assieme a *carbone coke* e a *calcare* (CaCO_3).

L'altoforno è una struttura verticale in acciaio a doppio tino, alta fino a 36 metri e larga circa 10, rivestita internamente di materiale refrattario per resistere alle alte temperature, che vicino ai bruciatori, arrivano a 1800 °C.

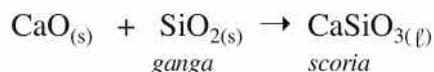
Dalla base dell'altoforno viene insufflata aria preriscaldata sui 1000 °C, per cui si verifica una reazione chimica tra l'ossigeno che sale ed il carbone che scende. Si ha formazione di monossido di carbonio $\text{CO}(\text{g})$ con sviluppo di una notevole quantità di calore:



Il monossido di carbonio riduce l'ossido di ferro a ferro metallico mediante una serie di reazioni che possono essere così riassunte:



Il calcare, CaCO_3 , che è stato caricato con il minerale di ferro, ad alta temperatura si decompone in CaO e CO_2 . Il diossido di carbonio e parte del monossido di carbonio escono dall'alto come gas d'altoforno. L'ossido di calcio, invece, si combina con la silice, che accompagna il minerale di ferro, e forma silicato di calcio, CaSiO_3 , fuso:



Alla base dell'altoforno la scoria si stratifica sul ferro, per cui è possibile la loro separazione.

Ghisa

Dal crogiolo dell'altoforno non esce ferro puro ma **ghisa**, cioè una *lega ferro-carbonio* che contiene dall'1,7 al 4,2% di C, e inoltre impurezze di silicio, fosforo, zolfo. Si ha la ghisa bianca se il carbonio è combinato come Fe_3C ("cementite"), la *ghisa grigia* se il carbonio è sotto forma grafitica. La ghisa grigia, che si presenta dura ma fragile, viene usata per preparare oggetti stampati come stufe, caldaie, macchine agricole. La ghisa bianca si ottiene raffreddando bruscamente la ghisa fusa all'uscita dell'altoforno e serve per produrre acciai.

Fig. 2.
Colata di metallo fuso.



1

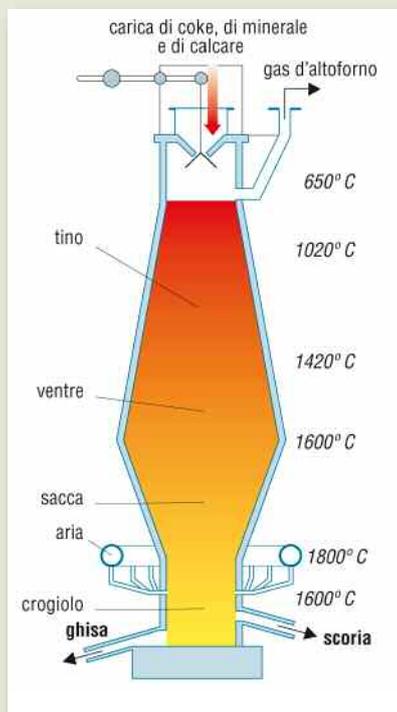


Fig. 1.
SCHEMA DI UN ALTOFORNO. Sono evidenziate le temperature corrispondenti alle diverse zone.

2

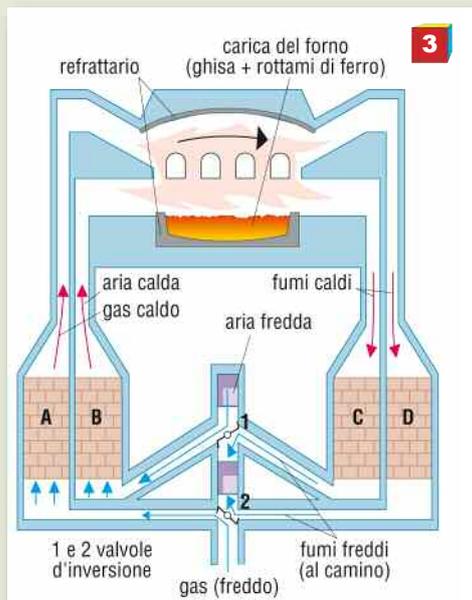


Fig. 3.
SCHEMA DI UN FORNO MARTIN-SIEMENS CON QUATTRO RECUPERATORI DI CALORE. Mediante inversione delle valvole i fumi riscaldano in una fase del processo C e D, e nella fase successiva A e B. L'aria ed il gas, nelle due fasi del processo, alternano il loro cammino in relazione a quello dei fumi.

Acciaio

L'**acciaio** è una lega Fe - C in cui il contenuto di carbonio è compreso tra lo 0,1 e l'1%. Le proprietà dell'acciaio sono determinate dal contenuto di carbonio. L'acciaio con alto contenuto di carbonio è duro e fragile; con basso o medio contenuto di carbonio l'acciaio è dolce e può essere saldato e lavorato con un utensile.

Gli acciai extradolci ($C < 0,5\%$) vengono utilizzati in fili, lamine, profilati come "acciai da costruzione". L'acciaio è usato per automobili e aeroplani, utensili da cucina, impianti idraulici, ecc.

Per soddisfare le esigenze del mercato vengono preparati anche acciai che, rispetto a quelli normali, contengono metalli speciali. Il più noto è l'*acciaio inossidabile* con il 18 % di Cr e l'8 % di Ni.

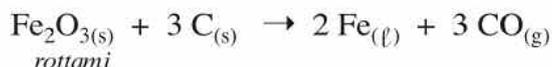
Preparazione dell'acciaio

Per la preparazione dell'acciaio si usano tre tipi di forni: *forni Martin-Siemens*, *forni elettrici*, *convertitori ad ossigeno*.

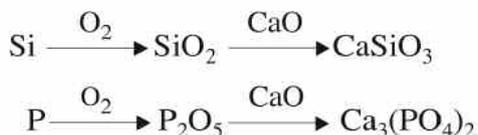
Il **forno Martin-Siemens** è una costruzione in materiale refrattario rappresentata dallo schema di **figura 3**.

Il comburente è aria calda, il combustibile è gas metano o olio combustibile.

Nei forni Martin-Siemens vengono caricati rottami di ferro e ghisa fusa. Il carbonio, contenuto nella ghisa, è il riducente degli ossidi di ferro dei rottami secondo la reazione:



Il carbonio in eccesso nella ghisa viene pertanto eliminato. Per eliminare le impurezze di P, Si, S che accompagnano la ghisa, nel forno viene aggiunto ossido di calcio in polvere (CaO) che reagisce con gli ossidi acidi delle impurezze (ad esempio SiO_2 e P_2O_5) formando i rispettivi sali: questi sotto forma di scoria galleggiano sull'acciaio.



Lo zolfo viene eliminato come gas, SO_2 .

Se si vogliono acciai speciali, si aggiungono nel forno quantità ben definite degli elementi voluti, Ni, Cr, Mn, Mo.

I **forni elettrici** hanno dimensioni inferiori rispetto ai Martin-Siemens ed il calore necessario alla fusione viene fornito dal passaggio di corrente elettrica.

I **convertitori LD ad ossigeno** sono forni a pera in cui si fa arrivare ossigeno mediante un cannello raffreddato ad acqua. La carica è fatta di ghisa e di ossido di calcio. L'ossigeno brucia le impurezze e il carbonio della ghisa con sviluppo di calore che mantiene la massa fusa. Quando il carbonio arriva alla percentuale voluta, l'acciaio viene fatto colare in appositi stampi. All'acciaio fuso possono essere aggiunti quegli elementi che ne migliorano le proprietà.



Fig. 4.
Convertitore LD ad ossigeno.



◆ Batterie e cella a combustibile

In una cella elettrochimica, tipo quelle che abbiamo studiato, la FEM con il tempo diminuisce perché varia la concentrazione degli ioni in soluzione. Per questo motivo è stato di notevole interesse progettare sorgenti portatili di energia chiamate **batterie** che mantengono il voltaggio costante nel tempo.

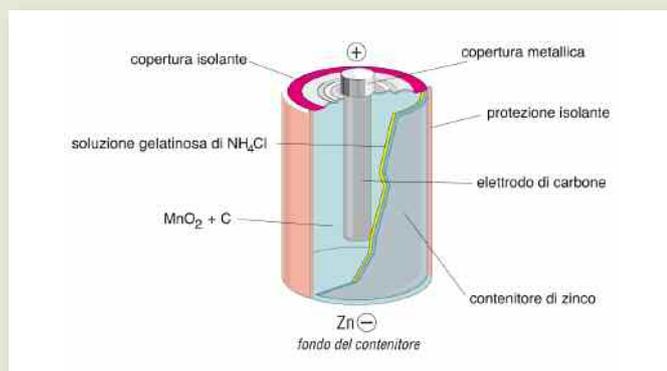
Le batterie vengono classificate in *primarie* (non ricaricabili) e *secondarie* (ricaricabili).

Batterie primarie

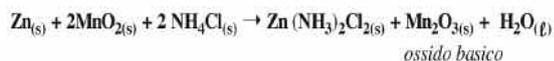
Le **batterie primarie** (o **pila primarie**) comprendono la *pila a secco Leclanché* e quelle da essa derivate.

Pila a secco

La pila a secco fu inventata nel 1866 da *George Leclanché* (1839-1882) da cui il nome di **pila Leclanché**.



La reazione chimica globale viene così rappresentata:



È l'energia chimica della reazione che si trasforma in energia elettrica.

La FEM della pila Leclanché è di 1,5 volt.

Pile alcaline

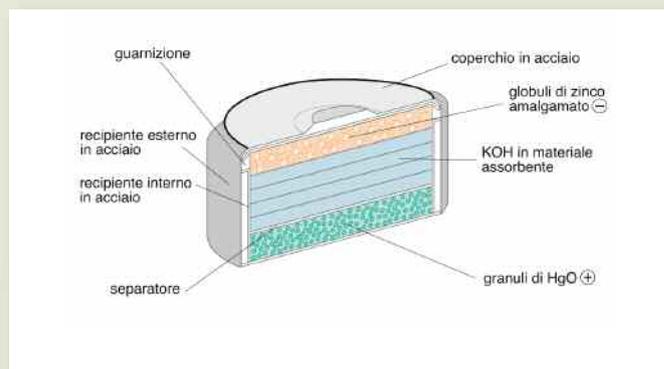
Le pile Leclanché più moderne hanno come elettrolita KOH, che sostituisce NH_4Cl , per cui si parla di **pila alcaline** (o batterie alcaline).

Queste pile hanno una durata maggiore poiché KOH si consuma più lentamente nel tempo.

La FEM ha una maggiore stabilità, perché produce una corrente più uniforme, ed è di 1,5 volt circa.

Pila a bottone

Sono pile alcaline anche quelle a **"bottone"** che vengono adoperate per piccole calcolatrici e macchine fotografiche. I materiali attivi sono lo zinco in polvere, che costituisce il polo negativo, ed HgO con il 5 % di C che costituisce il polo positivo, mentre l'elettrolita è KOH al 40 %. Le pile a bottone hanno una FEM di 1,34 V che si mantiene costante nel tempo.



Batterie secondarie

Le **batterie secondarie** (o **pila secondarie**) comprendono le *batterie al litio*, al *nichel-cadmio* e al *piombo*, che, come si è detto, sono ricaricabili. In questi casi, la reazione della pila può essere invertita facendo passare corrente elettrica attraverso la batteria. Il processo è detto **"ricarica"**.

Batteria al litio

La **batteria al litio** è molto leggera perché il litio ha una bassa densità ($d = 0,534 \text{ g/cm}^3$).

L'anodo in una batteria al litio è fatto di *litio metallico*. Il catodo consiste di ioni litio in un reticolo di CoO_2 . La FEM è di 3,4 V.

Batterie al Nichel-cadmio

Le **batterie al Nichel-cadmio** sono molto leggere e sono usate in molte apparecchiature elettroniche portatili (ad esempio cordless telefonici, telefoni cellulari, videocamere).

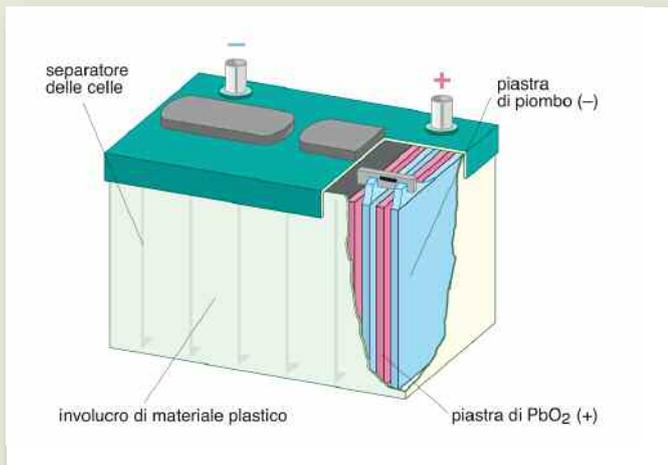
In queste batterie si verifica l'ossidazione del cadmio e la riduzione dell'ossido di nichel (III) in ambiente alcalino.

Le batterie Ni-cad producono una FEM quasi costante di 1,4 V.

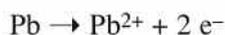
I composti del cadmio sono tossici.

Batteria al piombo (o accumulatore)

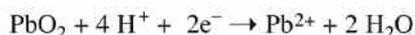
La batteria delle automobili è una **batteria al piombo**. Molte batterie d'auto di questo tipo contengono sei celle che generano 2 V ciascuna per un totale di 12 V. Una batteria al piombo, mostrata in *figura*, presenta piastre di piombo (Pb) alternate con piastre di ossido di piombo (IV) (PbO₂), tutte immerse in H₂SO₄.



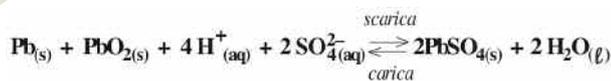
Nella *fase di scarica*, cioè quando la batteria eroga corrente, si ha l'ossidazione:



Gli elettroni ceduti dal piombo, seguendo il circuito esterno di utilizzazione, arrivano alle lastre di PbO₂ e danno luogo alla reazione di riduzione che coinvolge anche gli ioni H⁺ dell'elettrolita:



La reazione globale è così rappresentata:



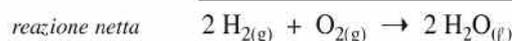
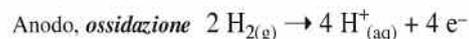
Questa reazione è *reversibile*, per cui una batteria al piombo può essere *ricaricata* facendo passare un flusso di elettroni nel verso opposto a quello di scarica, riformando le condizioni di partenza. Normalmente la dinamo dell'automobile provvede alla ricarica, ma si può ricorrere anche alla corrente della rete una volta che è stata resa continua

Cella a combustibile

In una **cella a combustibile** i reagenti (l'idrogeno come combustibile, e l'ossigeno come ossidante) sono riforniti continuamente alla cella da due serbatoi esterni.

La cella trasforma l'energia dei reagenti direttamente in elettricità mediante una reazione che non è di combustione.

Nella cella a combustibile l'idrogeno arriva all'anodo della cella, e l'ossigeno (o aria) al catodo dove si verificano le seguenti reazioni:



Le reazioni ai due elettrodi avvengono in presenza di catalizzatori.

La cella usa idrogeno gas che all'anodo si converte in ioni idrogeno ed elettroni. Gli elettroni fluiscono attraverso il circuito esterno e sono consumati al catodo dall'ossigeno che, combinandosi con gli ioni H⁺, produce acqua.

I protoni, formati all'anodo, arrivano al catodo per diffusione, attraversando una speciale membrana, **PEM** (*proton exchange membrane*).

La FEM di questa cella è circa 0,9 V. Le celle a combustibile idrogeno-ossigeno sono state usate dalla NASA nei progetti *Gemini* e *Apollo*, e nei programmi dello *Space Shuttle*. In alcuni prototipi di automobili, le case costruttrici alimentano gli autoveicoli con celle a combustibile.

