

## 2. Leghe ferro carbonio: storia del processo produttivo

L'uso dei metalli ha segnato da sempre e tanto profondamente lo sviluppo socioeconomico e culturale delle civiltà, che alcuni periodi preistorici e protostorici (*età*) portano il nome dei metalli via via scoperti e utilizzati: *età del rame, età del bronzo, età del ferro*.

In Europa, dove l'inizio dell'età del ferro è fatto risalire al XII secolo a.C., lo sviluppo recente delle tecniche siderurgiche è talmente legato a quello della società industriale e alla storia moderna che la sua trattazione merita un approfondimento.

Le reazioni chimiche che consentono l'estrazione del ferro dal materiale grezzo sono semplici e, più o meno empiricamente, note da secoli; il procedimento di base, tuttora invariato, consiste nel fondere ad alta temperatura una *carica*, costituita da una miscela di minerali di ferro e di carbone.

Componendosi con il carbonio, l'ossigeno contenuto negli ossidi di ferro si libera sotto forma di gas (anidride carbonica), lasciando sul fondo del forno una massa fusa composta prevalentemente da ferro puro.

### ■ Fusione

Per secoli la fusione fu eseguita nelle fucine, in piccoli forni detti *bassi fuochi*, trattando modeste quantità di minerale per volta. Le temperature raggiunte, di circa 900 °C, non consentivano di ottenere un prodotto fluido, ma solo una massa incandescente e plastica, da forgiare per battitura. I manufatti ottenuti, soprattutto armi e attrezzi, erano in genere *temprati*, cioè raffreddati rapidamente in acqua o olio, per aumentarne durezza e resistenza (►1).

Agli inizi del '700 Abraham Darby sostituì al carbone di legna il carbone *coke*, prodotto dalla combustione del carbone fossile di miniera, di cui l'Inghilterra era particolarmente ricca. La fusione del materiale grezzo venne spostata in grandi forni verticali (**altiforni**), in cui si caricavano dall'alto strati alternati di coke e di minerale di ferro. Successivamente alla carica venne aggiunto calcare, capace di agire come *fondente*, cioè di abbassare la temperatura di fusione. Dal basso si insufflava aria, che dal 1859 cominciò a essere preriscaldata in grandi tubi verticali riempiti di mattoni refrattari, detti, dal nome dell'inventore, *torri Cowper*. Queste torri lavorano in batteria e funzionano in modo alternato: mentre in alcune i mattoni sono riscaldati dai fumi emessi dall'altoforno, in altre i mattoni già riscaldati cedono calore all'aria da immettere nell'altoforno.

La temperatura raggiunta nell'altoforno (circa 1900 °C) porta alla formazione di una massa fusa composta da ferro e da una certa percentuale di carbonio, dal 2% fino al 5% circa.

Questa lega ferro-carbonio, detta **ghisa**, è un materiale duro e resistente, ma, proprio per l'alto contenuto di carbonio, fragile e poco saldabile; con la ghisa furono comunque costruite opere molto ardite (►FIGURA 1).

### ■ Conversione

Gli sforzi successivi si concentrarono sui tentativi di ridurre il tenore di carbonio nella ghisa, facendo bruciare il carbonio in eccesso dall'ossigeno dell'aria (*decarbrazione* o *affinazione*). Nel 1856 Henry Bessemer realizzò, a questo scopo, il



►1 I *trattamenti termici*, che agiscono sulla struttura cristallina dei materiali ferrosi migliorandone le caratteristiche fisiche e meccaniche, sono rimasti sostanzialmente gli stessi dei tempi antichi. Oltre alla *tempra* comprendono il *rinvenimento* (riscaldamento fino a 600 °C e successivo lento raffreddamento), la *bonifica* (tempra + rinvenimento) e la *ricottura* (riscaldamento fino a 900 °C e successivo lentissimo raffreddamento).

**FIGURA 1** L'iron bridge è un ponte di ghisa sul fiume Severn, Inghilterra; progettato e costruito nel 1779 dalla famiglia Darby, è il primo ponte metallico nella storia delle costruzioni.

**FIGURA 2** Convertitore Bessemer, museo di Kelham Island, Sheffield, Inghilterra.



Paul Broadbent/Shutterstock



Günther Larsson

primo **convertitore**: un recipiente metallico a forma di tino, rivestito internamente di materiale refrattario, che poteva ruotare nel piano verticale (► FIGURA 2). La ghisa, prelevata dall'altoforno con il suo alto contenuto di carbonio (*ghisa madre* o *di prima fusione*), viene versata nel convertitore dove è investita da un flusso di aria calda. Quando la temperatura raggiunge i 1800 °C la maggior parte del carbonio presente si lega all'ossigeno dell'aria e viene eliminato sotto forma di gas (anidride carbonica). La massa fusa che rimane nel recipiente, recuperata inclinando il convertitore, può essere ancora ghisa (*ghisa secondaria* o *di seconda fusione*) con tenore di carbonio compreso tra il 2% e il 4% circa) oppure **acciaio**, con un tenore di carbonio inferiore al 2%.

Con il processo Bessemer i materiali ferrosi, prodotti su vasta scala e a basso prezzo, furono impiegati per fabbricare cannoni, ferrovie, caldaie, locomotive, navi, automobili; ma anche serre, stazioni, ponti, costruzioni monumentali (basta ricordare la torre Eiffel, 1888). La produzione mondiale annua passò da 22000 t nel 1860 a 28 milioni di tonnellate nel 1900.

La rapidità del processo Bessemer, che durava circa un quarto d'ora, era tale da non permettere il controllo e l'eventuale correzione della composizione della massa fusa. Inoltre, era possibile trattare solo ghisa madre e non i rottami di ferro che, già a metà dell'Ottocento, cominciavano a essere disponibili in grande quantità. Si passò quindi ai convertitori Martin-Siemens, molto più grandi, che trattavano insieme ghisa madre e rottami con un processo di affinazione più lento (circa due ore).

Alla metà del secolo scorso, infine, entrano in funzione i *convertitori a ossigeno*, nei quali si introduce dall'alto ossigeno puro; sono di questo tipo i convertitori *LD* (dal nome delle due città austriache, Linz e Donawitz, in cui furono sperimentati). Tuttora usati, sono capaci di trattare insieme ghisa madre e rottami, solo rottami o direttamente minerale grezzo, rendendo di fatto inutile l'uso dell'altoforno.