

40 Materiali Metallici Ferrosi

Cenni storici

Anche se l'impiego di materiali quali il ferro, il piombo, il bronzo ed il rame è antichissimo (l'avvio alla metallurgia risale al XV a.C.), l'uso sistematico dei materiali metallici in architettura risale alla fine del Settecento.

Dopo un lungo periodo in cui le leghe metalliche vengono utilizzate per opere complementari (perni, staffe, etc.), la prima opera strutturale è il ponte ad arco in ghisa di Abram Darby, costruito tra il 1776 ed il 1779 a Coalbrookdale (UK).

Il salto di qualità si ha soltanto nella seconda metà dell'800 quando Bessemer (1855), Martins Siemens (1885) e Thomas (1879), con i loro convertitori (permettono di convertire la ghisa in acciaio) e forni consentono la produzione dell'acciaio (alla fine del XIX secolo l'acciaio sostituisce il ferro e la ghisa, permettendo di raggiungere portate significativamente più ampie). Il primato dell'industria metallurgica spetta sicuramente all'Inghilterra e, in seconda battuta, alla Francia e alla Germania: l'Italia arriva, con largo ritardo di competenze e di prodotti, soltanto a fine ottocento.

L'opera che meglio rappresenta questa nuova tecnica costruttiva è sicuramente il Crystal Palace (1851) progettato da Sir Joseph Paxton in soli otto giorni in occasione della Great Exhibition of the Works of Industry of All Nations che si tenne a Londra nel 1851. Il principio costruttivo, prodotto dalla Fonderia Fox & Henderson ed assemblato in appena quattro mesi, è un sistema ripetitivo composto da 3300 colonne di ghisa portanti, controventate con elementi a cornice di Sant'Andrea, travi a traliccio anch'esse in ghisa.

Il contributo di Paxton dà una svolta importante al modo di operare del progettista: la scelta di un reticolo modulare dettato esclusivamente da criteri di economia produttiva; la prefabbricazione standardizzata è programmata dei componenti eseguita in stabilimento; l'organizzazione del cantiere di montaggio con studio accurato dei tempi e dei metodi di lavoro e con l'impiego di mezzi tecnici specifici; l'indipendenza da forzature formali e decorative preconcepite.

Dopo tre anni dalla chiusura dell'esposizione internazionale il Crystal Palace fu smontato e ricostruito sulle colline di Sydenham: all'inaugurazione del 1854 presenziò la Regina Vittoria. La notte del 30 Novembre 1936, dopo ben 82 anni, un incendio doloso distrusse l'intera struttura del Crystal Palace.

Grattacieli

Dalla fine dell'Ottocento le strutture metalliche hanno una larga diffusione negli USA soprattutto nella realizzazione di grattacieli.

Dopo essere stato a lungo legato alla composizione tradizionale di facciata in muratura, il grattacielo diventa col passare degli anni sempre più 'leggero' e 'trasparente'.

Rispetto al calcestruzzo armato, l'utilizzo dell'acciaio, come gabbia metallica strutturale controventata, richiede una sezione ridotta (anche ai piani più bassi) e permette ampie luci e grandi spazi liberi. Il grattacielo viene concepito come una mensola infissa nel terreno che deve resistere all'inflessione nella direzione della spinta del vento.

Le Twin Towers, inaugurate il 4 Aprile 1973, si sviluppavano su 110 piani ciascuna e superavano l'altezza di 415m, con una superficie di 63,4x63,4m.

Definizioni

Sono metalli tutti quegli elementi chimici caratterizzati da:

- una **buona conducibilità termica ed elettrica**
- un'elevata **duttilità e malleabilità**
- **opacità** alla luce
- capaci di formare con l'ossigeno degli **ossidi a carattere basico**.

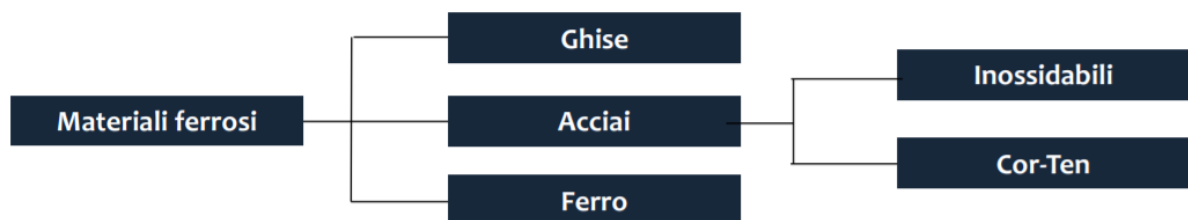
Classificati in relazione al loro peso specifico in:

- **pesanti** (ferro, piombo, rame, etc.)
- **leggeri** (alluminio, berillio, etc.)

Per **lega metallica** si intende la **combinazione di due o più metalli**. Il loro impiego è molto diffuso perché dalla combinazione di metalli si ottengono prodotti con caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche nettamente superiori a quelle dei metalli di partenza.

Le leghe metalliche più diffuse sono:

- **ottone** (rame+ zinco)
- **bronzo** (rame+ stagno)



Con il termine **materiali ferrosi** o prodotti siderurgici si definiscono quei prodotti metallici ottenuti da *minerali di ferro per funzione in altoforno*.

I materiali ferrosi, **a seconda del tenore di carbonio** ovvero della percentuale di carbonio contenuto nella massa ferrosa, si distinguono in tre gruppi: **ghise, acciai, ferro dolce**.

MENO CARBONIO

Lavorabile e Plastico

PIÙ CARBONIO

Duro e Fragile

Ghisa

La ghisa è formata da Ferro con alto tenore di Carbonio (>2%)

I primi elementi costruttivi metallici introdotti nell'edilizia dalla rivoluzione industriale sono delle colonne in ghisa, che trovarono largo impiego fin dal 1780 per grandi opere (ponti, acquedotti, ferrovie, etc.) e coperture a grandi luci.

La ghisa è il primo prodotto di fusione ottenuto dall'altoforno, con un elevato tenore di carbonio (2-5,5%) si distingue in due gruppi:

- **ghisa bianca**, se il carbonio è presente sotto forma di carburo di ferro (detta anche *cementite*), che è di colore bianco
- **ghisa grigia o nera**, se il carbonio è presente sotto forma di *grafite*, che è di colore nero

Le principali caratteristiche della ghisa sono:

- buona resistenza a compressione (35-45kg/mm²)
- nessuna resistenza a trazione
- fragilità (per questo motivo deve essere formata in stampi)
- scarsissima capacità a essere saldate (nella pratica costruttiva le ghise non sono mai saldate)
- buona conducibilità elettrica
- ottima conducibilità termica

Acciaio

L'acciaio è il **secondo prodotto di fusione ottenuto dall'altoforno, derivato dalla ghisa per decarburazione in acciaieria**, con un **tenore medio di carbonio (0,1-1,5%)**: siccome fino **all'1,7-1,8%** di carbonio si ha un **miglioramento della resistenza e una riduzione dell'allungamento, questo valore rappresenta il limite oltre il quale la lega non è più fucinabile (cioè lavorabile plasticamente a caldo) e quindi si passa dagli acciai alle ghise.**

Come per la ghisa, anche per l'acciaio il differente contenuto di carbonio determina prodotti con caratteristiche molto diverse tra loro: si può comunque affermare che l'acciaio è un materiale assolutamente isotropo, quindi presenta lo stesso comportamento meccanico in tutte le direzioni e ha la stessa rilevante resistenza a compressione e a trazione. (3 volte quella del calcestruzzo e 5/6 il laterizio)

n.	Materiale	Densità (kg/m ³)	Modulo di elasticità (kg/cm ³)	Resistenza a compressione (kg/cm ²)	Resistenza a trazione (kg/cm ²)
1.	Acciaio	7.860	2.039.400	1.547	1.547
2.	Calcestruzzo	2.400	221.479	325-525	-
3.	Laterizio	1.800	84.380	250-350	-
4.	Legno (Quercia)	6-800	11.000	58	90

Caratteristiche dei principali materiali edili (i valori indicati sono medi).

L'acciaio per l'edilizia è normato a livello europeo degli **Eurocodici** per la progettazione degli elementi strutturali. In base alle caratteristiche qualitative del prodotto, soprattutto in funzione del loro contenuto di Carbonio, è possibile riconoscere:

1. **Acciai Commerciali** (A00)
2. **Acciai Comuni** (A34-A37)
3. **Acciai Di Qualità** (Aq34, Aq42, Aq50, Aq60, Aq70)
Acciai per cui è necessario garantire proprietà aggiuntive (solitamente chimiche e fisiche) oltre a quelle di resistenza meccanica.
4. **Acciai Speciali**
Acciai per cui è necessario garantire proprietà aggiuntive (solitamente chimiche e fisiche) oltre a quelle di resistenza meccanica, destinati ad applicazioni o a trattamenti particolarmente impegnativi.

Il famoso **Beaubourg**, progettato da Renzo Piano, Richard Rogers, Gianfranco Franchini e Peter Rice per Ove Arup, è un centro culturale voluto dal presidente francese George Pompidou che accoglie tra i suoi servizi un museo, una biblioteca e diverse gallerie.

Il progetto del gruppo italiano è stato scelto tra i 681 progetti che hanno partecipato ad un concorso la cui giuria era presieduta da Jean Prouvé.

La struttura (166,4x44,8m, altezza interpiano di 7-10,5m) è composta da articolazioni di acciaio. Le facciate longitudinali sono caratterizzate da una controventatura con tiranti disposti diagonalmente, mentre la struttura principale portante è costituita da 13 telai (ognuno formato da colonne verticali, fasce reticolari, **gerberette** o articolazioni Gerber) disposti ad interasse di 12,80m. Le gerberette sono particolari tipi di travi isostatiche in acciaio stampato, con forma ottimale per gli sforzi che deve sopportare. La struttura principale di 48m, interamente realizzata in officina, è costituita da doppi tubi di opportune dimensioni quale briglia superiore e inferiore legate tra loro da una intralicciatura semplice. **Tutte le aste sollecitate a compressione sono composte da tubi circolari mentre tutte le aste sollecitate a trazione sono composte da barre piene** (i giunti della capriata sono realizzati in acciaio stampato).

Acciai in Edilizia

In edilizia l'acciaio più impiegato è caratterizzato dalla sigla **Fe360**: questo valore indica **la resistenza a trazione dell'acciaio ovvero $360\text{N/mm}^2 = 36\text{kg/mm}^2$** .

*Aggiungendo soltanto l'1,5% di manganese si ottiene il **Fe510** ovvero l'acciaio ad alta resistenza.*

In relazione alla quantità di carbonio, ottengo acciai comuni che possono essere extra-dolci (meno C, miglior allungamento, per elementi piccoli e sottili) o extra-duri (più C, minore allungamento, per utensileria, cavi e rotaie).

Per migliorare le prestazioni dell'acciaio a parità di tenore di carbonio si possono aggiungere altri minerali. Gli acciai speciali più diffusi, in cui il totale dei leganti non supera il 50%, sono:

1. **Acciaio inossidabile** (detto anche **Inox**), con *cromo* (11-30%), *nickel* e *molibdeno*
2. il **Cor-ten**, con *silicio*, *manganese* e *rame*

L'acciaio è un materiale incombustibile ma, purtroppo, l'azione del fuoco riduce enormemente la resistenza del materiale (a 500°C la resistenza è ridotta del 50%).

n.	Tipo di acciaio	Contenuto di carbonio (%)	Allungamento (%)	Principali impieghi
1.	Extra dolce	0,10-0,15	22-36	Fili, chiodi, viti, lamiere, etc.
2.	Dolce	0,16-0,30	15-22	Tondini, tubi, profilati, etc.
3.	Semiduro	0,31-0,45	10-15	Macchinari, cavi, utensili, etc.
4.	Duro	0,46-0,65	7-10	Rotaie, sfere, seghe, cavi, etc.
5.	Extra duro	oltre 0,65	3-7	Utensileria per il taglio, etc.

Classificazione e principali impieghi degli acciai comuni.

Acciaio Cor-Ten

Il Cor-ten, ottenuto dalla combinazione di acciaio, silicio, manganese e rame, è stato brevettato dalla United States Steel Corporation (U.S.S.) nel 1933.

Deve la sua affermazione alle due principali caratteristiche che lo distinguono ovvero:

- **Elevata resistenza alla corrosione (CORrosion resistance)**
- **Elevata resistenza meccanica (TENSile strength)**

Il cor-ten, che può essere *impiegato con notevoli riduzioni di spessore e conseguenti diminuzioni di peso*, consente ***l'utilizzazione anche allo stato 'nudo'***: il cor-ten infatti si riveste di una patina uniforme e resistente, costituita dagli ossidi dei suoi elementi di lega, che impedisce il progressivo estendersi della corrosione e ***che varia di tonalità con il passare del tempo*** (solitamente ha una gradevole colorazione bruna).

In relazione alla diversa **composizione chimica e allo spessore**, esistono tre tipi di cor-ten che presentano ***differenti caratteristiche di resistenza alla corrosione atmosferica e di resistenza meccanica*** ovvero:

- Tipo A, particolarmente adatto per applicazioni architettoniche
- Tipi B e C, che meglio si prestano nel caso di strutture fortemente sollecitate.

La composizione chimica del **cor-ten A**, comunemente denominata 'al fosforo', conferisce a questo tipo di acciaio una resistenza ***una resistenza all'attacco degli agenti atmosferici circa otto volte superiore a quella di un comune acciaio al carbonio.***

Ferro

Il ferro (dal latino *ferrum*), non allo stato puro ma sotto forma di minerale, è il minerale più diffuso nel pianeta (35,6% della massa) e la sua trasformazione comporta un processo chimico che si attiva ad alte temperature in presenza di carbone.

Per ferro dolce si intende **l'ultimo prodotto di fusione ottenuto dall'altoforno**, derivato dalla ghisa per

decarburazione totale in ferriera, con un ***bassissimo tenore di carbonio (inferiore allo 0,1%).***

Si tratta di un materiale scarsamente utilizzato a causa delle sue **limitate prestazioni meccaniche**: in edilizia il ferro non viene quasi mai impiegato (il 'ferro' utilizzato in edilizia è sempre acciaio). Comunemente la parola 'ferro' è usata quindi per indicare le 'leghe di ferro' a bassa resistenza definiti acciai dolci.

le principali caratteristiche del ferro dolce sono:

- elevata duttilità e malleabilità (è facilmente riducibile in fili e fogli)
- elevato coefficiente di allungamento (40% circa)
- scarsa resistenza a rottura (27kg/mm^2 circa)
- buona conducibilità elettrica
- ottima conducibilità termica

Allo stato puro il ferro α si cristallizza in un reticolo cubico concentrato con un atomo al centro e gli altri otto disposti sui vertici, il ferro γ si cristallizza invece in un reticolo cubico a facce centrali con sei atomi disposti al centro delle facce e gli altri otto sui vertici: il passaggio dal ferro α al ferro γ si ottiene alla temperatura di 906°C .