Materiali per l' Architettura (6CFU)
Prof. Alberto De Capua, coll. DdR Valeria Ciulla

L' ACCIAIO

- Informazioni storiche
- Informazioni specialistiche
- Informazioni sulla produzione
- Informazioni sul progetto

Seminario tematico a cura di
dott. ric. Valeria Ciulla

dArTe
Dipartimento Architettura e Territorio

Definizioni e Caratteri primari

Vengono definiti **acciai** le leghe ottenute dalla fusione di

✓ **minerali di ferro,**

✓**carbonio,**

✓ **altri elementi** importanti per l'elevata resistenza meccanica.

Il tenore del carbonio determina le proprietà dei diversi acciai. L'aggiunta di carbonio forma una soluzione solida che è

• **GHISA se contiene dal 2 al 6% di carbonio e altre impurità,**

• **ACCIAIO quando il carbonio è contenuto tra lo 0,3 e l'1,7%.**

Alla lega di ferro e carbonio possono essere aggiunti altri elementi:

- silicio, conferisce un ‘elevata resistenza ma riduce la saldabilità;
- rame, ostacola la corrosione;
- manganese e/o cromo, aumenta la durezza ma diminuisce l'elasticità;

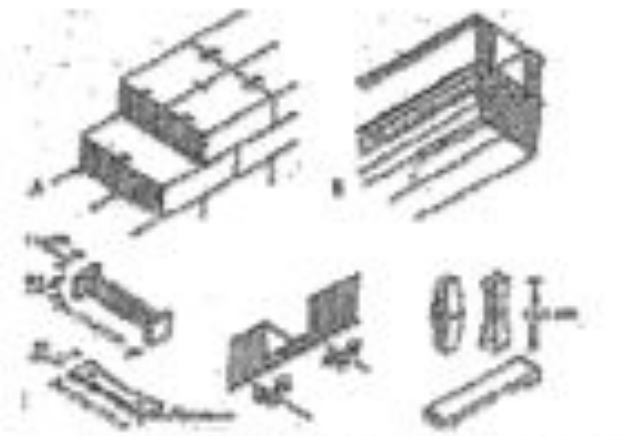
architettura pre-romana

L'impiego di materiali metallici nella costruzione di edifici risale alla preistoria.

Nel V sec. a. C. vengono utilizzate grappe di ferro per l'ancoraggio dei grandi conci squadrati nella costruzione dei templi, una tecnica in seguito adottata dai Romani.

Durante la costruzione della Chiesa di Santa Sofia a Costantinopoli (532-537 d.C.) in prossimità delle grandi volte vengono impiegati tiranti di ferro.

.



Uso del metallo nella muratura greca: grappe e travi

Santa Sofia, Istanbul (532-537), vista interna

architettura del settecento

Storicamente, l'acciaio ha come antecedenti il ferro e la ghisa, ancora oggi non perde la connotazione di loro derivato.

Intorno al 1780, la cultura architettonica si orienta verso la cosiddetta "linea tecnologica", ravvisabile

nella bellezza della semplice struttura. Nelle grandi opere si prescelgono le strutture reticolari con le quali si affronta il problema delle grandi coperture.

Si realizzano le prime opere a carattere prevalentemente ingegneristico, in larga misura ponti.

Ponte sul Wear di Sunderland, R. Burdon, 1793-96,
L=72 m ghisa e ferro puddellato

Ponte a Coalbrookdale sul Severn, A Darby, 1775-1779, L=30,6 m ghisa

architettura dell’ottocento

L’era dell'acciaio ha inizio a metà dell'800 con l’innovazione dei sistemi di produzione che ampliarono le applicazioni del materiale. Contestualmente la nascita di una nuova disciplina la scienza delle costruzioni permise il perfezionamento del calcolo delle strutture.

La vera svolta si ha nel 1856, con l'invenzione dell’inglese Bessemer del convertitore, un sistema rapido per affinare la ghisa liquida e trasformarla in acciaio.

Un ulteriore progresso avviene nel 1865 con la messa a punto del metodo Martin-Siemens, che permise di utilizzare rottami ferrosi nella produzione.

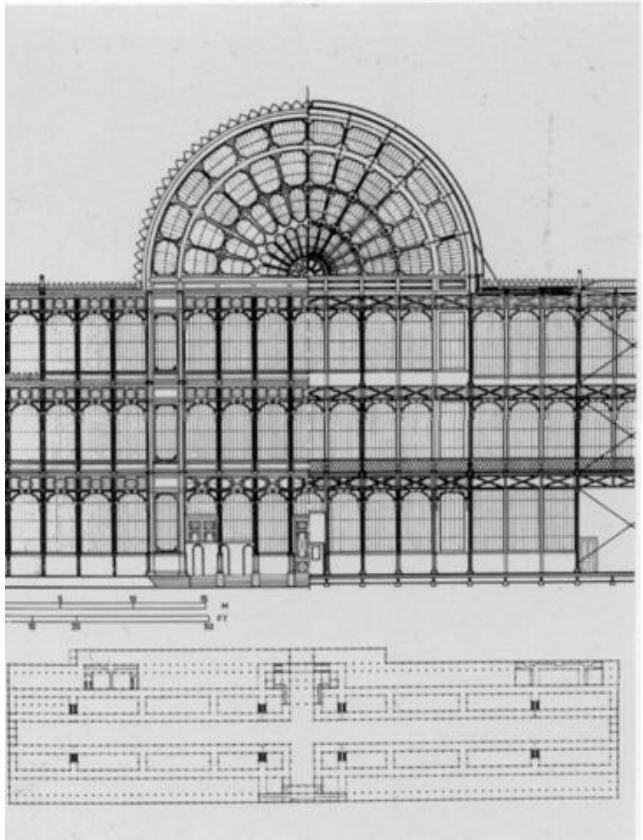
La ghisa sostituisce la pietra quale materiale di colonne ed architravi, inoltre finemente lavorata e colata in stampi è usata con forti valenze decorative.

Un ingresso della metropolitana a Parigi del 1895 c.a., in Art Nouveau o stile Liberty caratterizzato dalle linee curve e dal colore.

Foto e disegno di un convertitore di Bessemer

architettura dell'ottocento

Le sperimentazioni e le innovazioni tecnologiche interessarono edifici tipologicamente particolari: le serre; il Crystal Palace è considerato l'esempio emblematico della tecnologia dell'acciaio.



CRYSTAL PALACE, Joseph Paxton, Londra, 1851-1854

architettura dell'ottocento

L'acciaio consente, intorno al 1880, la realizzazione di una *architettura nuova* quella dei primi grattacieli americani prodotti dagli architetti della "Scuola di Chicago" di cui Louis Sullivan fu rappresentante più illustre. Ciò sancisce l'uso dell'acciaio su scala industriale.

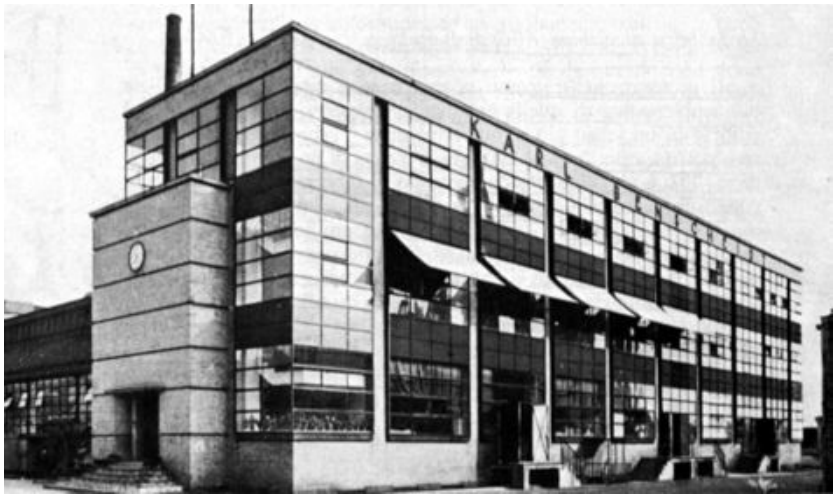
Louis Hanry Sullivan – Grandi Magazzini C.,P. & S., Chicago 1889-04

Burnham & Root – Monadnock Building, Chicago 1889-93

architettura del novecento

L'uso dell'acciaio determinò un'innovazione non solo della tecnica costruttiva ma anche dei linguaggi architettonici. Nell'edificio di Gropius, ad esempio, ciò si palesa nel rapporto tra facciata e struttura che diede inizio alla cosiddetta estetica industriale del Werkbund.

L'impiego strutturale dell'acciaio si perfeziona con Mies Van de Rohe che utilizza elementi standardizzati in acciaio da comporre modularmente. Esalta l'espressione formale dell' acciaio ricercando la poetica della semplicità e della onestà dei materiali.



Walter Gropius - Fabbrica Fagus, Alfed an der Leine 1911

Mies Van de Rohe - Seagram Building, New York 1956

Centro nazionale d'arte e di cultura Georges Pompidou, Renzo Piano – Gianfranco Franchini – Richard Rogers, Rue Beaubourg 19 Parigi, 1969-1974

Istituto del Mondo Arabo, J. Nouvel, Parigi, 1981

Istituto del Mondo Arabo, J. Nouvel, Parigi, 1981

architettura contemporanea

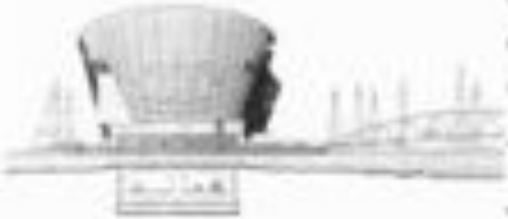
zinco

Museo ebraico, Daniel Libeskind, Berlino, 1989-1999

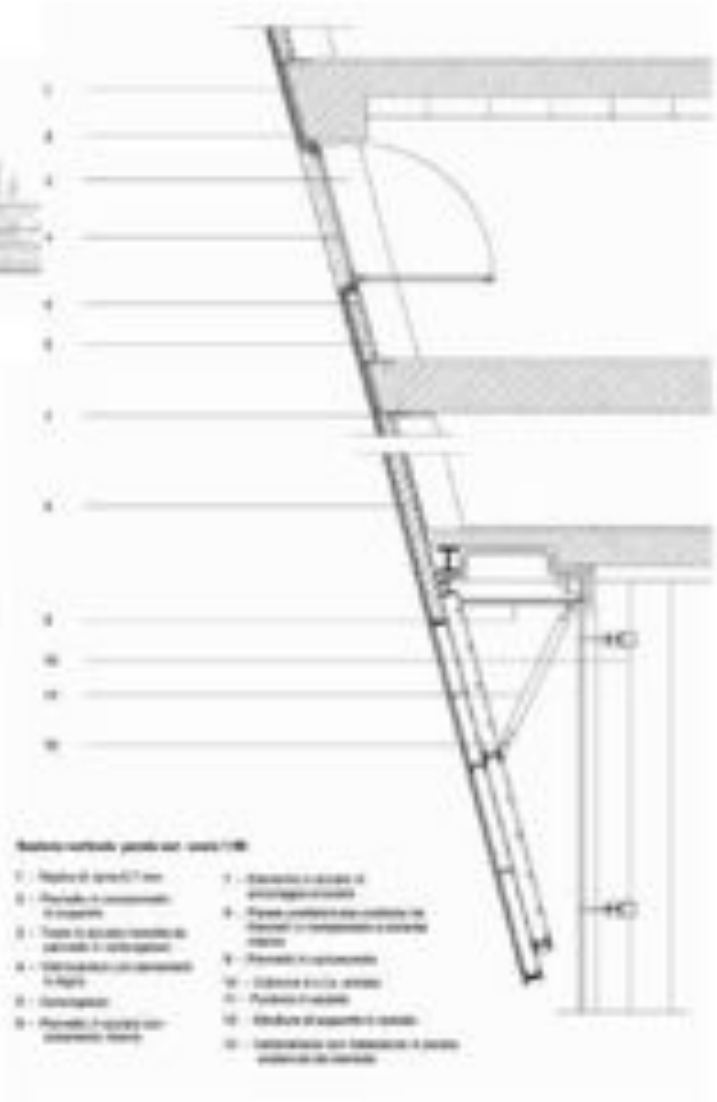
+ rame preossidato

NeMo (National Center for Science and Technology), Renzo Piano, Amsterdam, 1997

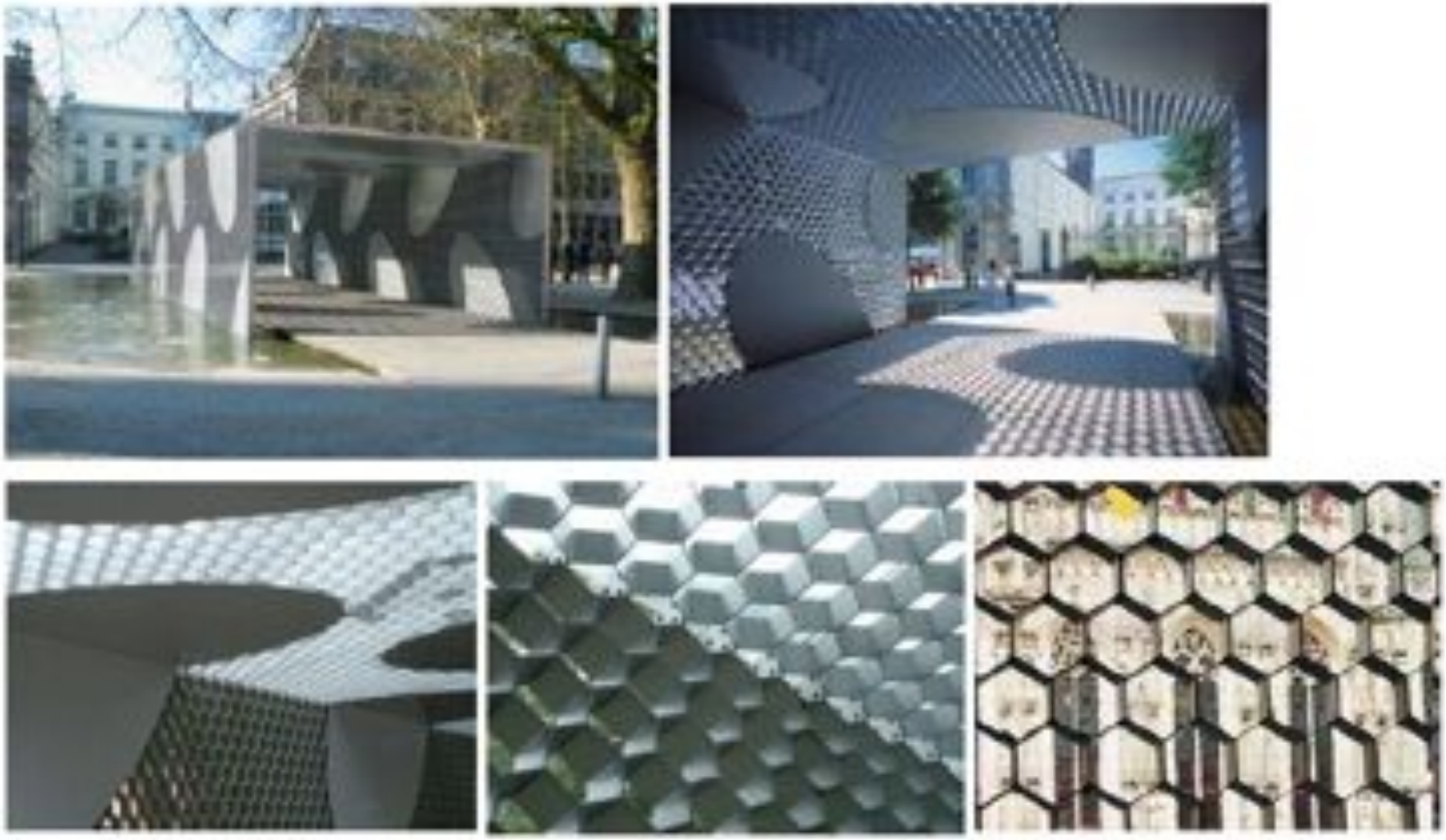
+ rame preossidato



1. Prospetti nord e sud

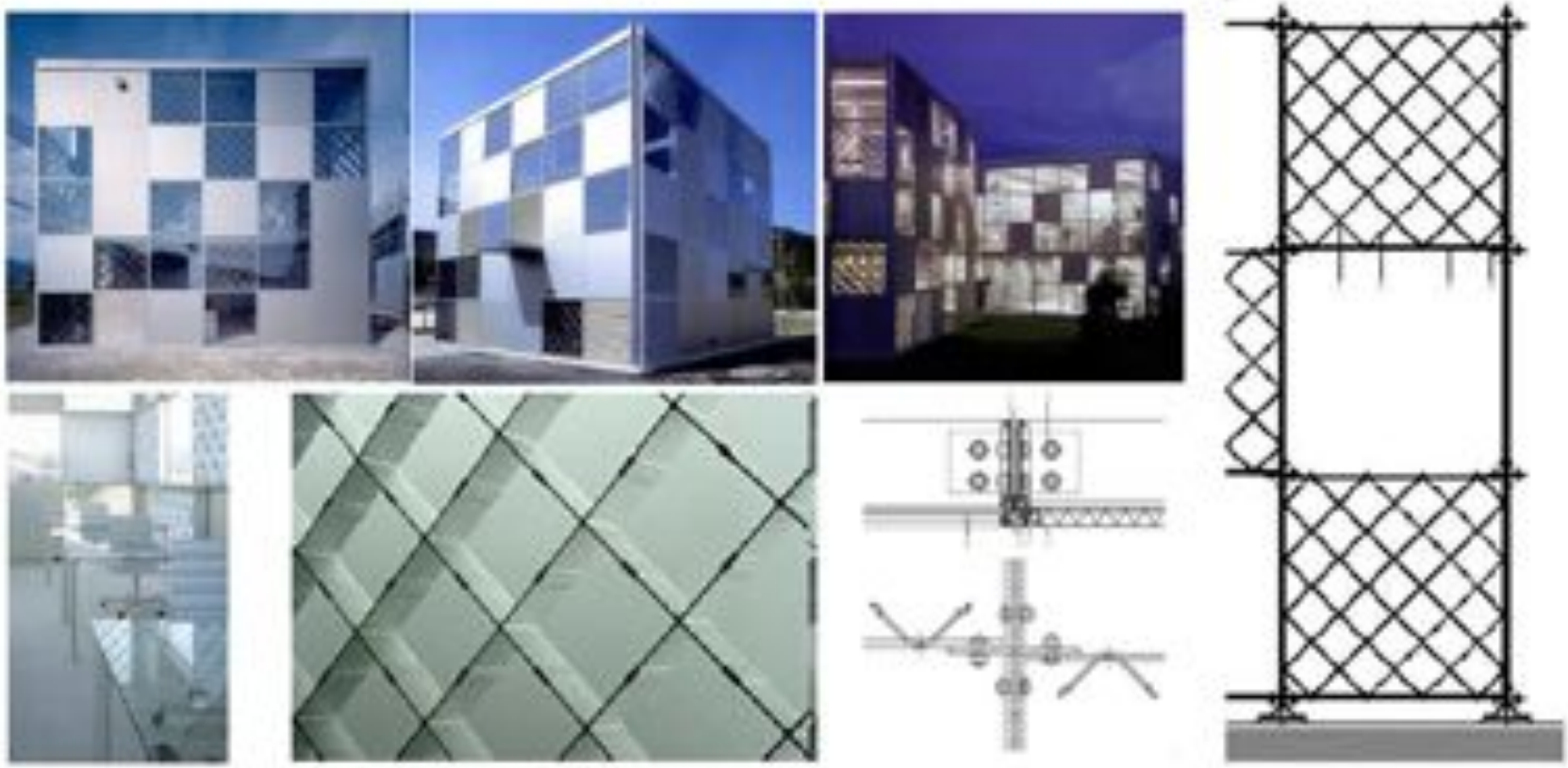


alluminio



Padiglione Bruges, Toyo Ito & Associates, Bruges, 2002

alluminio



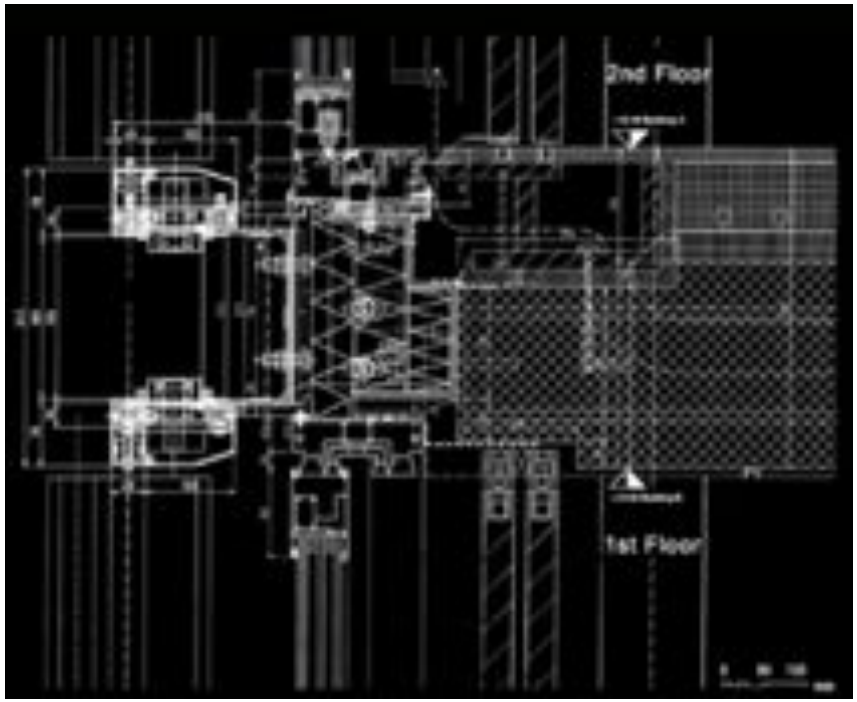
ECOMS HOUSE - Riken Yamamoto & Field Shop, Sukagawa, Giappone, 2005

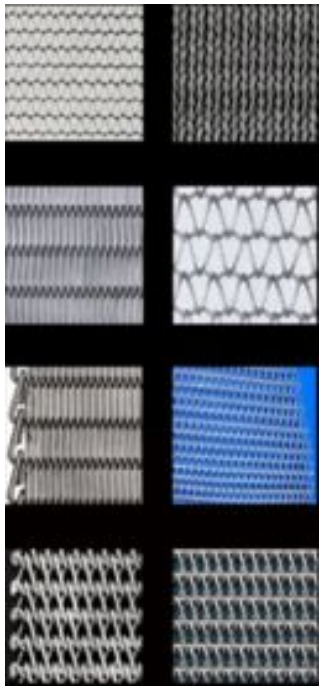
architettura contemporanea

Paul Klee Zentrum, Renzo Piano, Berna, 2001-05

I National Stadium o The Bird's Nest, Herzog e de Meuron, Pechino, 2002-08

architettura contemporanea





2 Edifici residenziali, Hohenenbul Zurigo, AGPS Architecture

Classificazione

Esistono moltissimi tipi di acciaio, le cui composizioni e denominazioni sono stabilite da apposite norme tecniche: in Europa le euronorme (EN) emesse dal Comitato Europeo di Normazione (CEN) e nel continente americano l'ASTM (American Society Testing Materials), in collaborazione con l'AISI (American Iron and Steel Institute) ed internazionalmente le ISO (International Standard Institute).

Gli acciai possono essere classificati in diverse angolazioni:

• **gruppo I** (UNI EN 10027-2): **acciai di base e di qualità**, detti anche acciai da costruzione di uso generale.

• **gruppo II**: **acciai speciali,** differiscono dagli altri acciai per la loro composizione chimica e per il trattamento termico che subiscono che conferisce a questi acciai particolari caratteristiche Meccaniche.

Classificazione in base al contenuto di carbonio

si classificano in:

- **extradolci: utilizzati per lamiere, tubi, bulloni;**
- **dolci: utilizzati per chiodi, ferri da costruzione;**
- **semiduri: utilizzati per componenti di macchine;**
- **duri: utilizzati per rotaie, cavi metallici, tondini per c.a.;**
- **extraduri: utilizzati per coltelli, seghe, molle.**

→ se il contenuto di carbonio è molto *basso si hanno metalli teneri e plastici,*

→ se il contenuto di carbonio è *elevato si hanno metalli duri e fragili.*

Classificazione in base alla composizione chimica

Oltre al carbonio possono essere presenti degli ulteriori elementi alliganti aggiunti per lo più sotto forma di ferroleghe. In base alla composizione chimica gli acciai si possono distinguere in :

•**acciai di base debolmente legati**: sono acciai nel quale i tenori degli elementi di lega rientrano nei limiti indicati dalla UNI EN 10020, non è richiesta alcuna prescrizione di qualità che comporti precauzioni speciali durante il processo produttivo.

• **acciai legati o speciali:** sono acciai per i quali almeno un limite indicato dalla UNI EN 10020 viene superato. Contengono, oltre al ferro ed al carbonio, silicio, manganese, nichel, cromo, che conferiscono particolari caratteristiche meccaniche/chimiche.

Sono detti *altolegati o bassolegati a seconda se la percentuale degli altri elementi supera o* meno la soglia del 5%.

Caratteristiche fisiche

• **PESO SPECIFICO e di VOLUME**. Il peso specifico dell'acciaio 7860 kg/m3 (valore della densità) X 9,8 m/s^2 (costante di accelerazione gravitazionale terrestre).

• **COEFFICIENTE di DILATAZIONE TERMICA**. Il coefficiente di dilatazione termica, è una variazione frazionale nella lunghezza di un barra per grado di variazione nella temperatura, nell'acciaio è pari a 12. La dilatazione termica dei corpi, quantificata da questo coefficiente, indica il variare delle proprie dimensioni all'aumentare della temperatura, nell'acciaio è un dato importante in quanto influisce sulla progettazione strutturale.

• **COEFFICIENTE di CONDUCIBILITA'o CONDUTTIVITA' TERMICA**. L'acciaio ha un'elevata conduttività termica, quindi, produce perdita di calore per riscaldamento e formazione di condensa sulle superfici fredde dell'acciaio

Caratteristiche meccaniche

Negli acciai la resistenza meccanica a rottura non è elevata, ma gli acciai speciali presentano, invece, valori del carico di rottura più elevati ed hanno migliori prestazioni grazie all'aggiunta, nella lega, di manganese, silicio ecc.

• **RESISTENZA A TRAZIONE, FLESSIONE, TAGLIO, TORSIONE**. L'acciaio presenta elevata resistenza a trazione ed agli sforzi longitudinali o trasversali.

• **RESISTENZA AL FUOCO**. L'acciaio non brucia e non conduce il fuoco perché è un materiale non combustibile, tuttavia le sue proprietà meccaniche variano sensibilmente in funzione della temperatura.

Si definisce resistenza al fuoco di un elemento strutturale la sua attitudine a conservare: stabilità "R", tenuta "E", isolamento termico "I" (REI). L'intervallo di tempo in cui un elemento strutturale sottoposto all'azione del fuoco non viene danneggiato è definito "durata di resistenza al fuoco". I provvedimenti applicabili per la protezione antincendio possono essere di tipo: isolante; schermante; sottraente di calore. Attraverso ad esempio:

- rivestimenti specifici aderenti o scatolari, come intonaci applicati a spruzzo;
- vernici intumescenti, materiali che alle alte temperature si rigonfiano creando una struttura cellulare a strati sovrapposti e stagni di elevatissimo potere coibente;
- soluzioni strutturali ibride, profilati inseriti in getti di calcestruzzo.

Caratteristiche meccaniche

• **RESISTENZA ALLA CORROSIONE**. Per corrosione si intende la reazione misurabile, di un materiale metallico con il suo ambiente che modifica il materiale in maniera negativa.

- *c. chimica*,cioè diretta tra ferro ed ossigeno con formazione di ossido di ferro che diventa significativa a temperature elevate;

-*c. elettrochimica o fisica*, cioè la reazione che si verifica a temperatura ambiente in presenza di ossigeno e di acqua

La corrosione è influenzata dalla composizione chimica dell'atmosfera, dalla composizione chimica dell'acciaio e degli elementi di lega, dalla situazione metereologica e dagli "attacchi climatici", dai rivestimenti.

Nelle costruzioni gli elementi di acciaio sono protetti con dei rivestimenti/pitture applicate dopo aver preparato opportunamente la superficie.

Caratteristiche tecniche e tecnologiche

Le principali caratteristiche tecniche e tecnologiche dell'acciaio riguardano proprietà importanti per la lavorazione del materiale e per l'impiego del materiale, tra queste:

• **SALDABILITÀ**. Gli acciai utilizzati nelle costruzioni sono tutti saldabili, questa caratteristica è condizionata dalla % di carbonio, infatti, sopra lo 0,3% di carbonio diminuiscono saldabilità ed allungamento percentuale.

• **PLASTICITÀ**. Nelle deformazione dell'acciaio si distingue tra la deformazione a caldo e la deformazione a freddo. Quest'ultima deve essere intesa come deformazione al di sotto della temperatura di ricristallizzazione e, a seconda del grado di deformazione, determina una alterazione delle proprietà. Questo incrudimento è soggetto col tempo a un processo di invecchiamento e porta a una ulteriore fragilità, che danneggia soprattutto la saldabilità del prodotto. Attraverso una seconda lavorazione come la ricottura o la bonifica è possibile eliminare tali svantaggi.

• **DUREZZA**. Può essere determinata in modo non distruttivo, comunica l'omogeneità del materiale, la sua resistenza alla trazione ed eventualmente la sua resistenza all'usura.

Processo di produzione

Durante tutto il processo d'affinazione della ghisa in acciaio, si toccano temperature prossime ai 1750 °C, per la fabbricazione dell'acciaio sono state usate diverse tecniche di l'affinazione della ghisa:

• Nel processo al forno Martin-Siemens vengono introdotti:

- ghisa liquida,
- rottami di ferro,
- scoria basica.

l'affinazione avviene in due tempi distinti.

- 1° Ossidazione del bagno di metallo fuso all'interno del forno,
- 2° Desolforazione del bagno e la liberazione degli ossidi di ferro.

Quest'ultima operazione avviene all'interno di una siviera dove è colato il metallo fuso. Dopo la colata e la creazione della scoria (scorificazione), il metallo è lasciato riposare in modo che si liberino i rimanenti gas in esso contenuti, dopodiché si procede al colaggio nelle lingottiere in cui si verifica il raffreddamento e la solidificazione.

Processo di produzione

In relazione al prodotto finale si parla di:

- **Fucinatura o forgiatura a freddo** (elementi cilindrici, poligonali);
- **Fucinatura o forgiatura a caldo** (elementi cavi);
- **Stampaggio;**
- **Laminazione;**
- **Profilatura** (elementi a T, doppio T, L, U);
- **Punzonatura (semilavorati curvi);**
- **Formazione di tubi;**
- **Piegatura;**
- **Trafilatura.**

Prodotti

I **semilavorati** si distinguono in base alle sezioni: s. a sezione quadrata, a sezione rettangolare, appiattiti; sbozzati per profilati; per tubi senza saldatura.

I **pezzi finiti** si ricavano: per colata dell'acciaio in sabbia, dai semilavorati per ulteriore lavorazione plastica, attraverso asportazione di materiale.

I **prodotti da carpenteria** sono detti profilati o putrelle, hanno sezione trasversale a doppio T (serie NP-IPEHE), a T, ad L, a C ecc. Possono essere variamente combinati per la formazione di strutture composte.

Impieghi

Gli acciai vengono utilizzati:

- nelle opere di carpenteria metallica, strutture spaziali e sistemi costruttivi reticolari;
- nelle opere di lamiera, chiusure orizzontali;
- nel cemento armato e nel c.a. precompresso;
-come materiali di rivestimento e arredamento;

Le attuali norme classificano gli **acciai da carpenteria** in:

- **acciaio tipo** I (extra dolce, dolce o ferro), indicato con i simboli Fe37 e Fe45, facilmente saldabile e con un elevato limite di snervamento.
- **acciaio tipo II** (semiduro e duro), indicato con i simboli da Fe52 a Fe65 e di scarsa saldabilità.
- **acciai speciali** denominati Ex-ten, e Triten, consentono di ottenere strutture con peso limitato poiché possiedono un elevato limite di snervamento, con l'aggiunta di rame e cromo assumono una discreta resistenza all'ossidazione (CorTen, Itacor e patinabili).

Impieghi

Gli acciai da cemento armato vengono prodotti per trafilatura in barre tonde e lisce o ad aderenza migliorata; hanno diametri variabili da 4mm a 34mm.

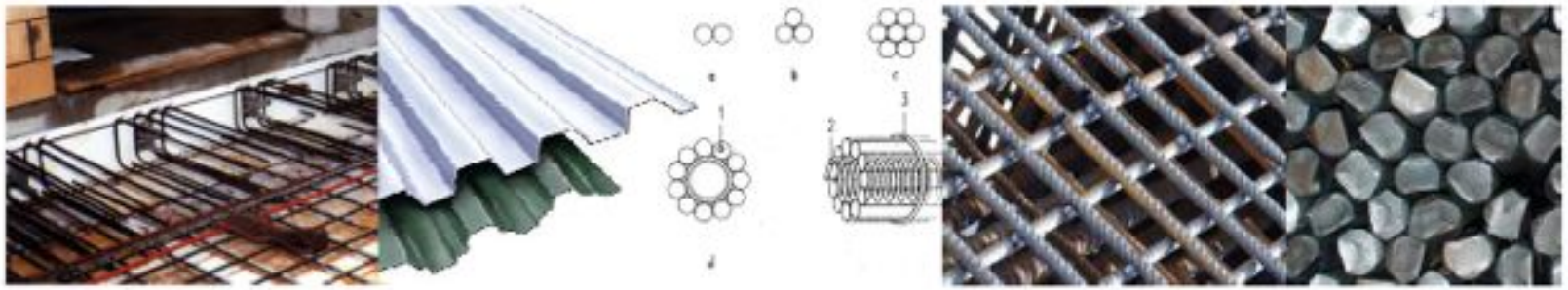
Gli acciai da precompresso, sono acciai speciali prodotti a freddo in fili di circa 2÷3mm di diametro, di elevata resistenza a rottura, in seguito avvolti ad elica (trefoli).

Fra i prodotti di acciaio in forma di lamiera vi sono le lamiere "grecate" e quelle "ondulate".

Connessioni

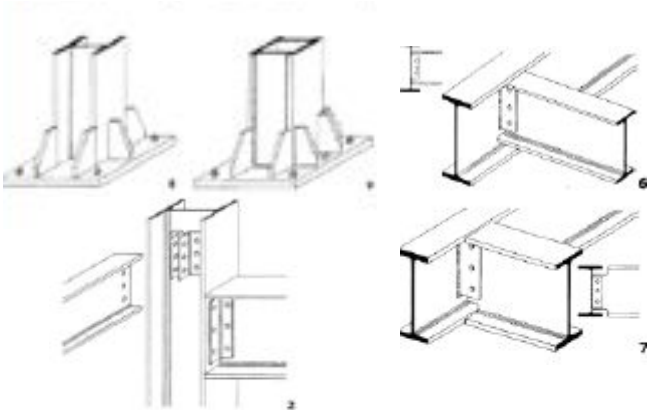
I collegamenti possono essere realizzati per:

- **chiodatura:** si effettua forando i due elementi da unire e facendovi passare il chiodo, la cui estremità viene ribattuta, assicurando il collegamento;
- **bullonatura:** viene eseguita impiegando viti e bulloni**;**
- **saldatura**: unione stabile e continua lungo la superficie di contatto, ottenuta mediante l'azione del calore;
- **incollaggio:** si utilizzano adesivi acrilici, vinilici, epossidici, fenolici.

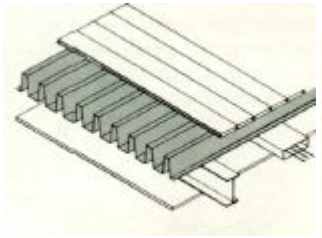


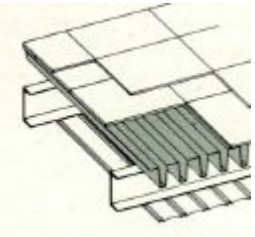
Elementi Tecnici

STRUTTURA PORTANTE Grazie alle sue caratteristiche meccaniche l'acciaio è usato per realizzare strutture dotate di leggerezza rispetto alla capacità portante. Il nodo trave-pilastro è la tipologia strutturale tradizionalmente usata nell'edilizia in acciaio: è il punto più problematico, dove la presenza di sforzi in direzioni diverse rende necessaria una progettazione accurata.



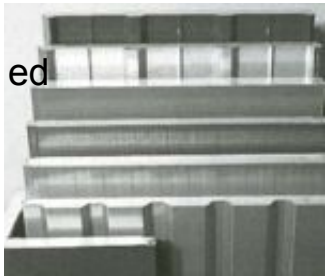
CHIUSURE ORIZZONTALI Solaio in lamiera semplice o grecata collaborante con getto in cls

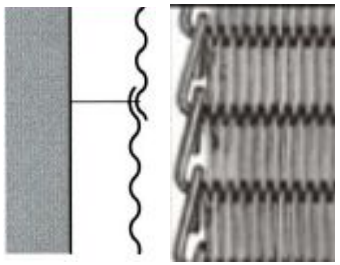




CHIUSURE VERTICALI

- **elementi sandwich** in cui due lamiere metalliche sono accoppiate ed interposte da uno strato di materiale isolante;
- **facciate metalliche**
- **tessuti metallici**





COPERTURE

Riferimenti bibliografici

• Tatano Valeria (a cura di), *Dal manuale al web. Cultura tecnica, informazione tecnica e produzione edilizia per il progetto di architettura,* officina edizioni, 2007, (1.5 *Le materioteche)*

• Hegger Ausch-Schwelk Fuchs RosenKranz, *Atlante die materiali,Torino 2006, Utet*

• A.A.V.V., *Atlante delle facciate,Torino 2006, Utet*

• A.A.V.V., *Atlante dell' acciaio,Torino 1999, Utet*

• Negro A., *Tecnologia dei materiali da costruzione , Torino 86,* ed. Libreria Cortina (in particolare: capp. 1,2,3,4)

• Maura G., *Materiali per l'edilizia , Roma 1988, ed. DEI (in* particolare capp. I, II, III)

• Schafer, Stefan-(2003), *Finiture in metallo per facciate*, Detail, n. 1-2, gennaio-febbraio 2003

Riferimenti sitografici

• www.iuav.it/artec