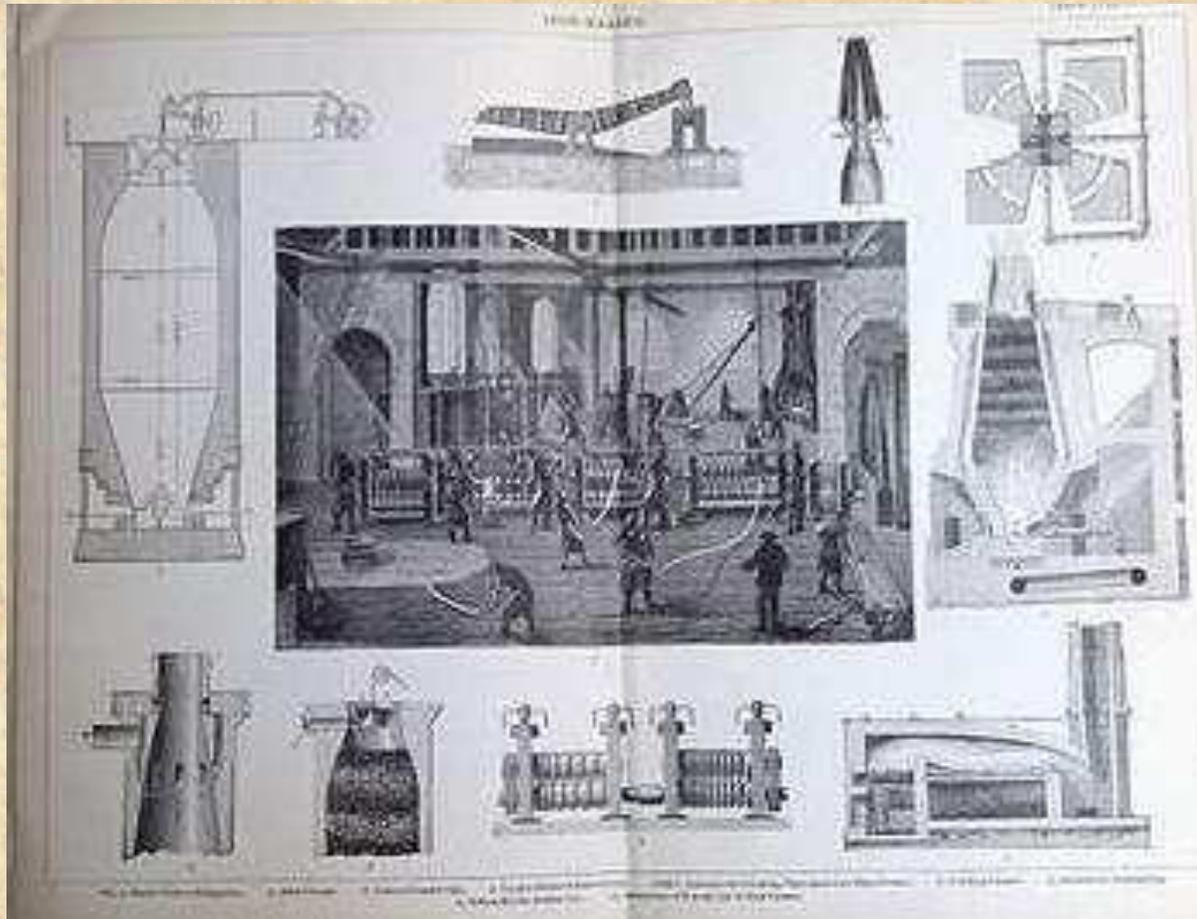


METALLI E LEGHE METALLICHE





I metalli e leghe

- **Inquadramento storico**
- **L'impiego dei metalli**
- **Il processo di produzione dei metalli**
- **Le lavorazioni dei metalli**
- **Il ferro e le sue leghe**

Inquadramento storico

I metalli sono elementi chimici ricavati dai minerali che costituiscono la crosta terrestre. Occupano un posto privilegiato tra i vari materiali perché presentano due importanti proprietà: la facile lavorabilità e la l'ottima resistenza alle sollecitazioni.

La storia più antica dell'uomo è contrassegnata dalla ricerca dei mezzi e dei sistemi per estrarre e lavorare i metalli, per produrre utensili, che sostituissero quelli in pietra ed in legno.

Questo lungo periodo è così importante per la storia della civiltà che gli storici hanno usato il nome di leghe e metalli per distinguere le grandi epoche dell'umanità: età del rame, età del bronzo ed età del ferro.

I metalli non si trovano quasi mai puri in natura, ma **mescolati ad altri minerali**: necessitano quindi di laboriosi e complicati processi di lavorazione che costituiscono la metallurgia.



6000 a.C. si iniziò ad utilizzare il rame.



Verso il 4000 a.C. venne ricavato il bronzo, una lega rame e stagno e si scoprì che mescolando metalli fusi se ne migliorano le proprietà



Elmo etrusco in ferro



Royal Botanic Garden a Kew presso Londra,(1844-48).



Crystal Palace, progettato da Joseph Paxton nel 1851,



Le Halles di Parigi: halles centrales, mercato di vendita all'ingrosso situato nel cuore della capitale francese, attraverso il progetto di Baltard (1876) vennero costruiti padiglioni in acciaio e vetro che modernizzarono e riqualificarono l'area.



Le Bon Marchè: è uno dei più grandi magazzini di Parigi.
Ristrutturato da Louis Charles Boileau in collaborazione con ingegnere strutturale A.G. Eiffel, pensarono ad una struttura nuova, di ferro e vetro, calcolata per fornire la massima illuminazione per la merce in esposizione.



FORTH BRIDGE – Firth of Forth, Scozia

La Gran Bretagna ebbe un ruolo fondamentale sia nello sviluppo della siderurgia che nella progettazione di opere ingegneristiche basate sull'utilizzo dei prodotti di tale industria.

La prima struttura costruita interamente in acciaio fu il Forth Bridge, un ponte ferroviario costruito tra il 1883 e il 1890 della lunghezza di circa 2,5 km, con luci massime di oltre 520 metri.



Museo Guggenheim, Bilbao, Spagna

Il museo, posizionato sulla riva sinistra del fiume Nervión, a Bilbao, è stato costruito per contenere una delle più importanti collezioni di arte moderna al mondo.

E' caratterizzato da undici edifici comunicanti, forme complesse e surreali, superfici curvate ed uno stupefacente scheletro in telai d'acciaio.



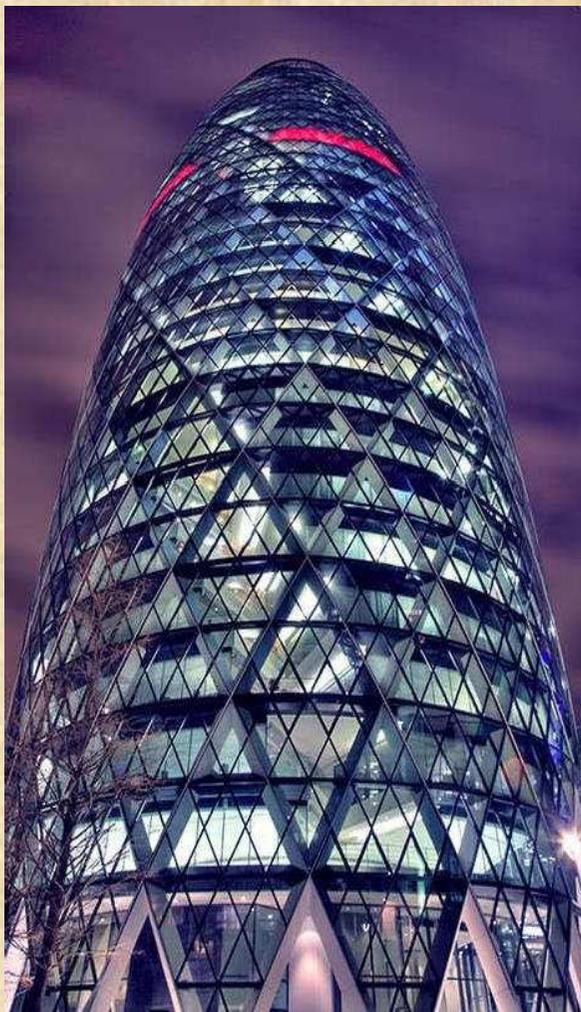
Ponte Calatrava - Reggio Emilia



Golden Gate Bridge – San Francisco



Stazione ferroviaria
di Berlino,
struttura in acciaio
e vetro



The "Gherkin" - Londra

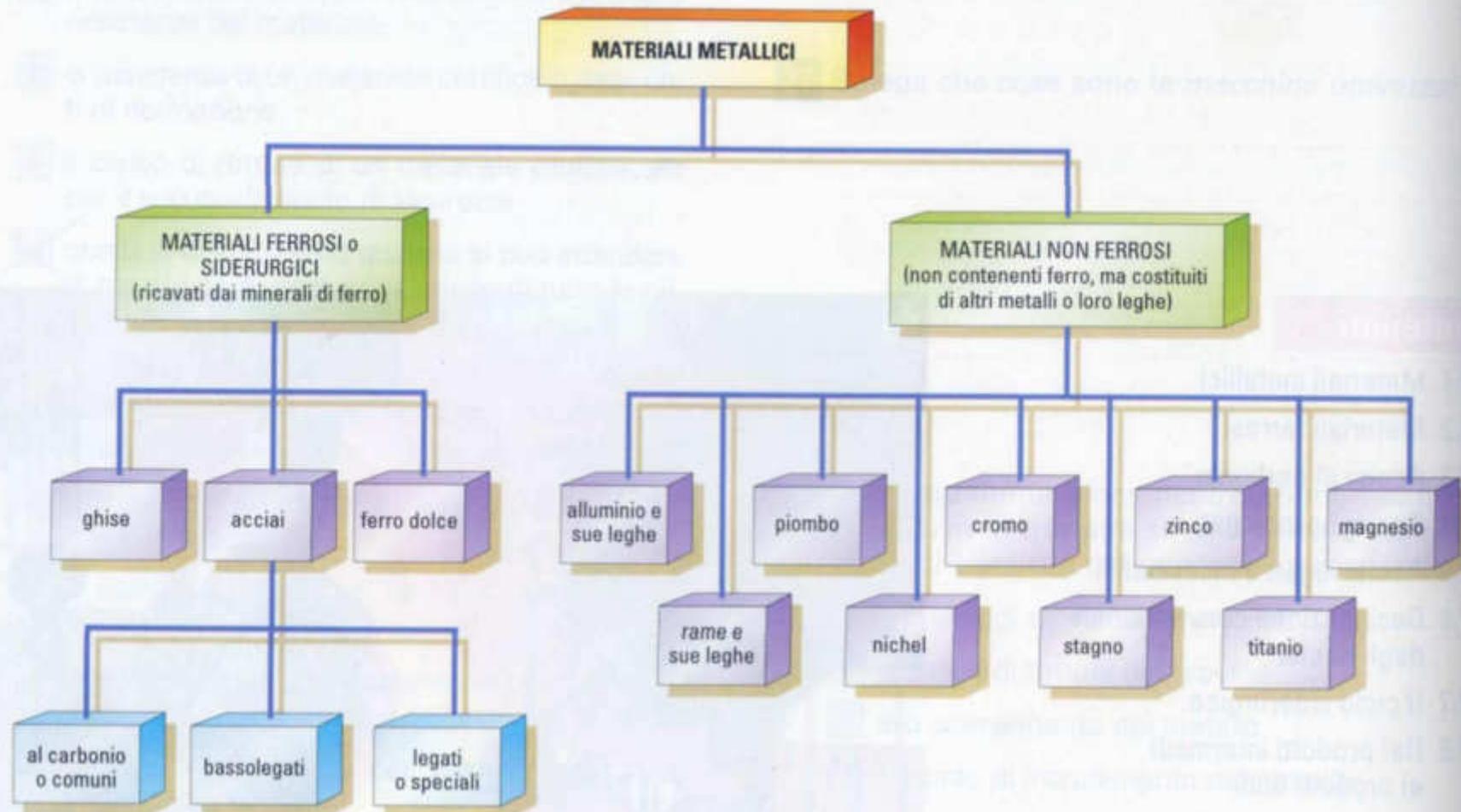


Géode - Parigi



Le torri nord e sud del complesso World Trade Center a New York presentavano una struttura portante in acciaio

Metalli e leghe



Metallurgia

La metallurgia comprende una serie di operazioni complesse per estrarre i metalli dai minerali

Metallurgia estrattiva

·Prospezione mineraria; consente di individuare la presenza di possibili giacimenti.

·Estrazione dei minerali; i minerali vengono cavati dalle miniere a cielo aperto ed in galleria.

·Arricchimento del minerale; Comprende processi di arricchimento, che permettono di separare la parte di minerale utile dalla parte sterile.

·Lavorazioni preliminari; Comprendono lavorazioni preliminari di lavaggio, cernita e frantumazione.

·Estrazione del metallo dal minerale; Il minerale è sottoposto al trattamento metallurgico consistente nell'estrazione del metallo.

Metallurgia fisica

La metallurgia fisica consente di realizzare oggetti di metallo o leghe mediante varie processi di lavorazione e consente di migliorare il comportamento meccanico del materiale mediante tecniche di trattamento.

Metallurgia secondaria

La metallurgia secondaria consente di arrivare al prodotto finito partendo dal rottame riciclato. La metallurgia di recupero risulta molto sviluppata nel settore siderurgico e in quello dell'alluminio e del rame.

Siderurgia

La siderurgia è un settore della metallurgia che riguarda i processi di produzione del ferro, delle ferro carbonio (acciaio e ghisa) e delle ferroleghhe. Il termine trae origine da "sidereo", proveniente "dagli astri", come il primo ferro usato dall'uomo che si trovava in superficie ed era di origine "meteoritica". Non si sa con precisione quando l'uomo scoprì il modo di estrarre metallo dai minerali di ferro.

Già nel 1000 a.C. i Greci utilizzavano trattamenti termici relativamente avanzati per rendere più resistenti le loro armi di ferro.

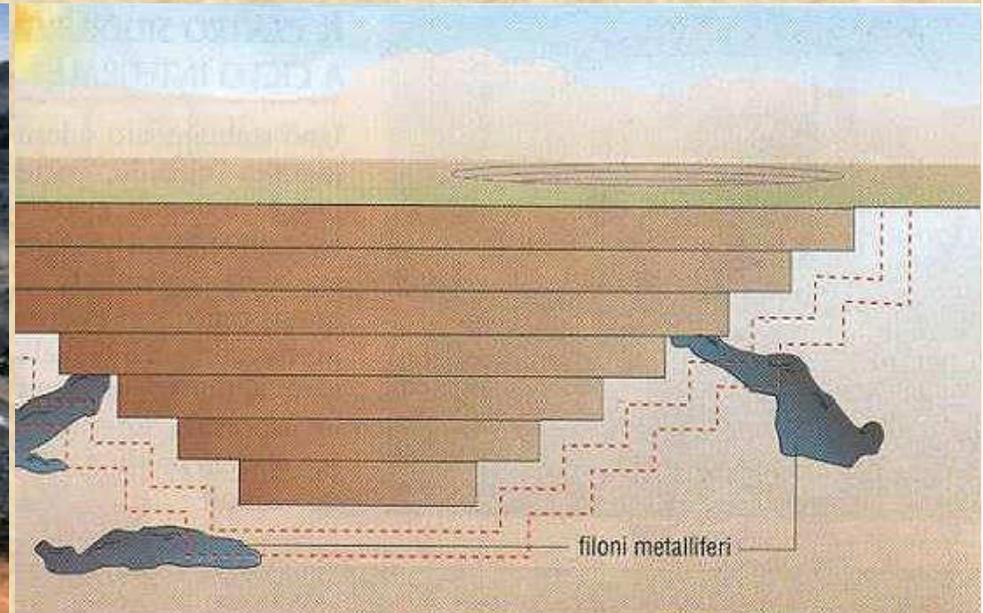
In realtà, fino al XIV secolo, il materiale che si otteneva riscaldando ad alta temperatura una massa di minerale di ferro mescolato con carbone di legna in un forno rudimentale era quasi sempre quello che oggi si chiamerebbe ferro fucinato. Il tipo di forno siderurgico più primitivo era una semplice buca scavata a ridosso di una parete rocciosa, in cui la combustione del carbone era alimentata da aria insufflata mediante mantici azionati manualmente dietro il riparo di una lastra di pietra. A partire dal XIV secolo si usarono forni più grandi (gli antenati del moderno altoforno), con sistemi di tiraggio più potenti, per forzare il passaggio dei gas di combustione attraverso la miscela di materie prime detta "carica", costituita dai minerali del ferro, calcare e carbone. Il risultato era ghisa di prima fusione, una lega che fonde a temperature più bassa rispetto all'acciaio e al ferro fucinato.

L'acciaio è una conquista recente dell'uomo; la data di riferimento può essere fissata al 1855, quanto l'inglese Bessemer trovò il procedimento (che ancora oggi porta il suo nome) per affinare la ghisa, togliendo le impurità e parte del contenuto di carbonio. Prima del 1855 le industrie siderurgiche si limitavano a produrre la ghisa con percentuale di carbonio dal 2° al 6%, che risultava di qualità diversa a seconda del contenuto di carbonio e delle varie impurezze dovute a manganese, silicio fosforo e zolfo.

Un notevole progresso era già stato raggiunto nei primi decenni del 1700 da Darby, che impiegò il carbon coke nel processo di fusione, ottenendo una ghisa di buona qualità, che permise la realizzazione di notevoli strutture architettoniche .

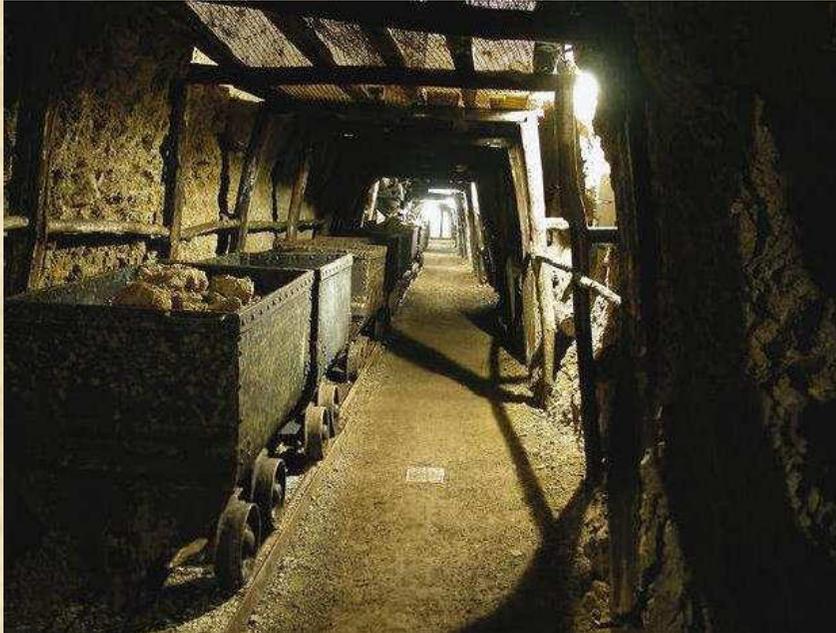
Dopo l'invenzione del procedimento Bessemer sono stati utilizzati ulteriori progressi con i forni Martin-Siemens, Thomas ed elettrici, che permettono di produrre acciai di migliore qualità, con contenuto di impurezze quasi nullo (specialmente fosforo e zolfo che sono dannosissimi) e bassissima percentuale di carbonio. La attuali tecnologie, avvalendosi di particolari trattamenti termici e di aggiunte di piccole quantità di altri materiali (nichel, manganese, cromo) hanno realizzato una vasta gamma di tipi di acciai, che uniscono all'alta resistenza migliori caratteristiche nell'utilizzazione.

Estrazione dei minerali a cielo aperto

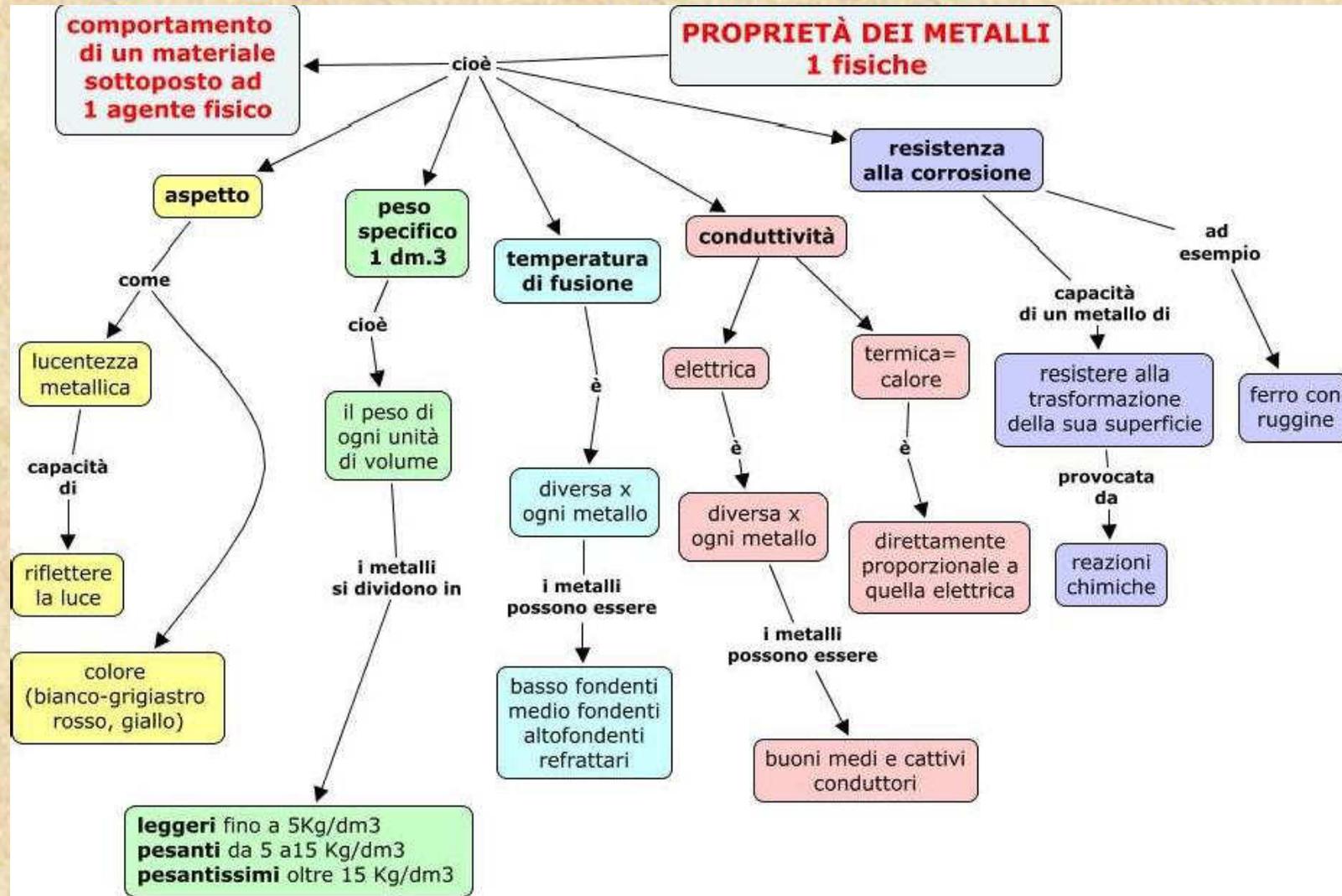


Mentre in passato l'estrazione dei minerali metalliferi avveniva in miniere sotterranee, oggi si pratica prevalentemente a cielo aperto, con minori costi e maggiore sicurezza degli operatori. Vengono scavati grandi gradoni a costituire una sorta di cono rivolto verso il basso e nelle fasi successive i gradoni si espandono verso l'esterno ed in profondità. Le rocce vengono staccate con l'uso di esplosivo e con potenti strumentazioni meccaniche. I frammenti vengono raccolti con giganteschi automezzi e trasportati verso gli stabilimenti metallurgici o siderurgici. L'estrazione dei minerali determina un **grandissimo costo ambientale** in termini di alterazione del contesto e per l'enorme quantità di scorie (rocce non sempre utilizzabili) presenti nel materiale scavato. Le rocce provenienti dalle miniere vengono selezionate e sottoposte a trattamenti preparatori come la frantumazione per ridurre la dimensione dei frammenti ed aumentare la superficie esposta ai processi successivi, l'arrostimento, che consente di eliminare alcuni materiali di scarto. Una successiva fase di arricchimento consente di aumentare la percentuale di metallo attraverso processi di varia natura.

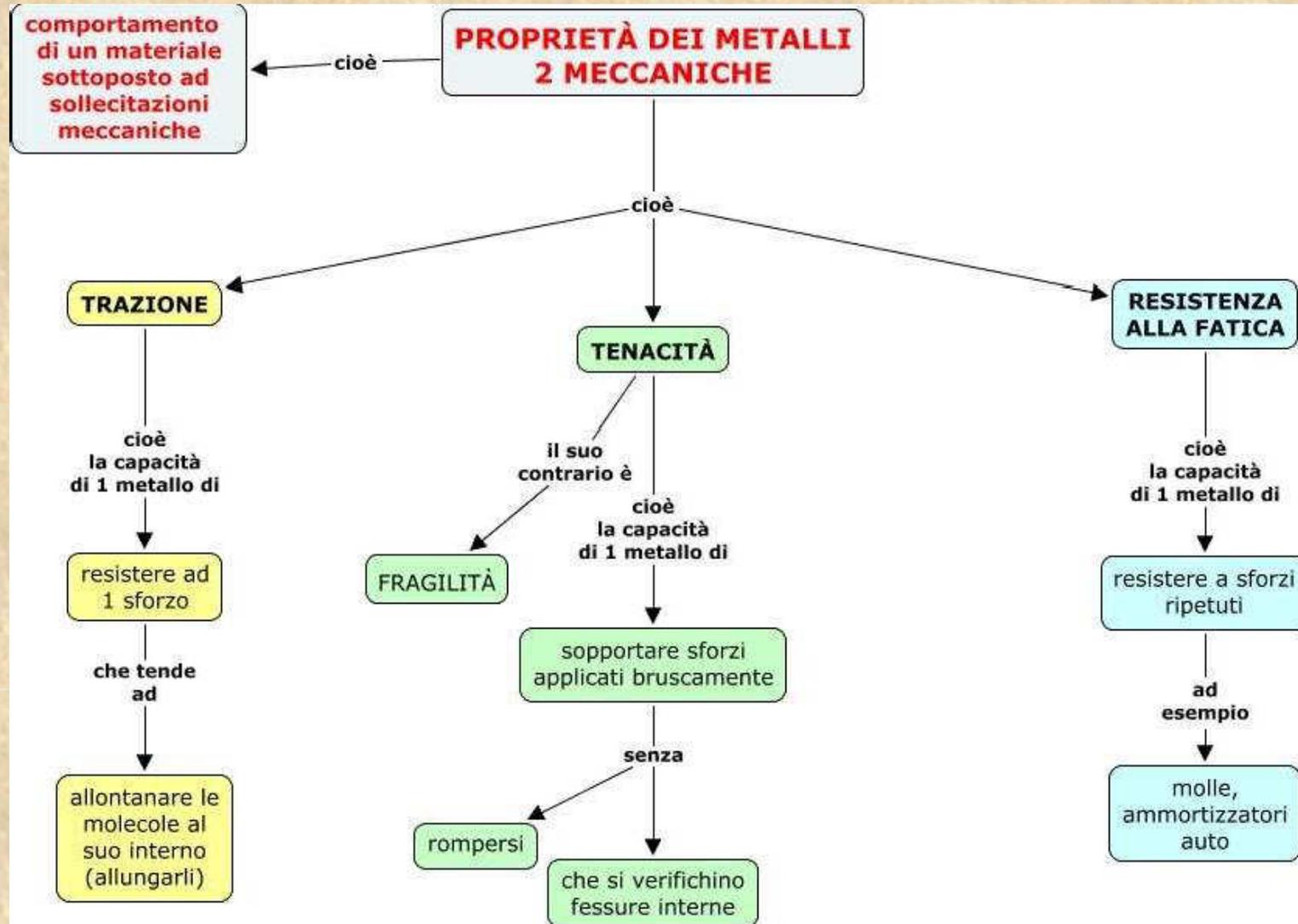
Estrazione in miniera



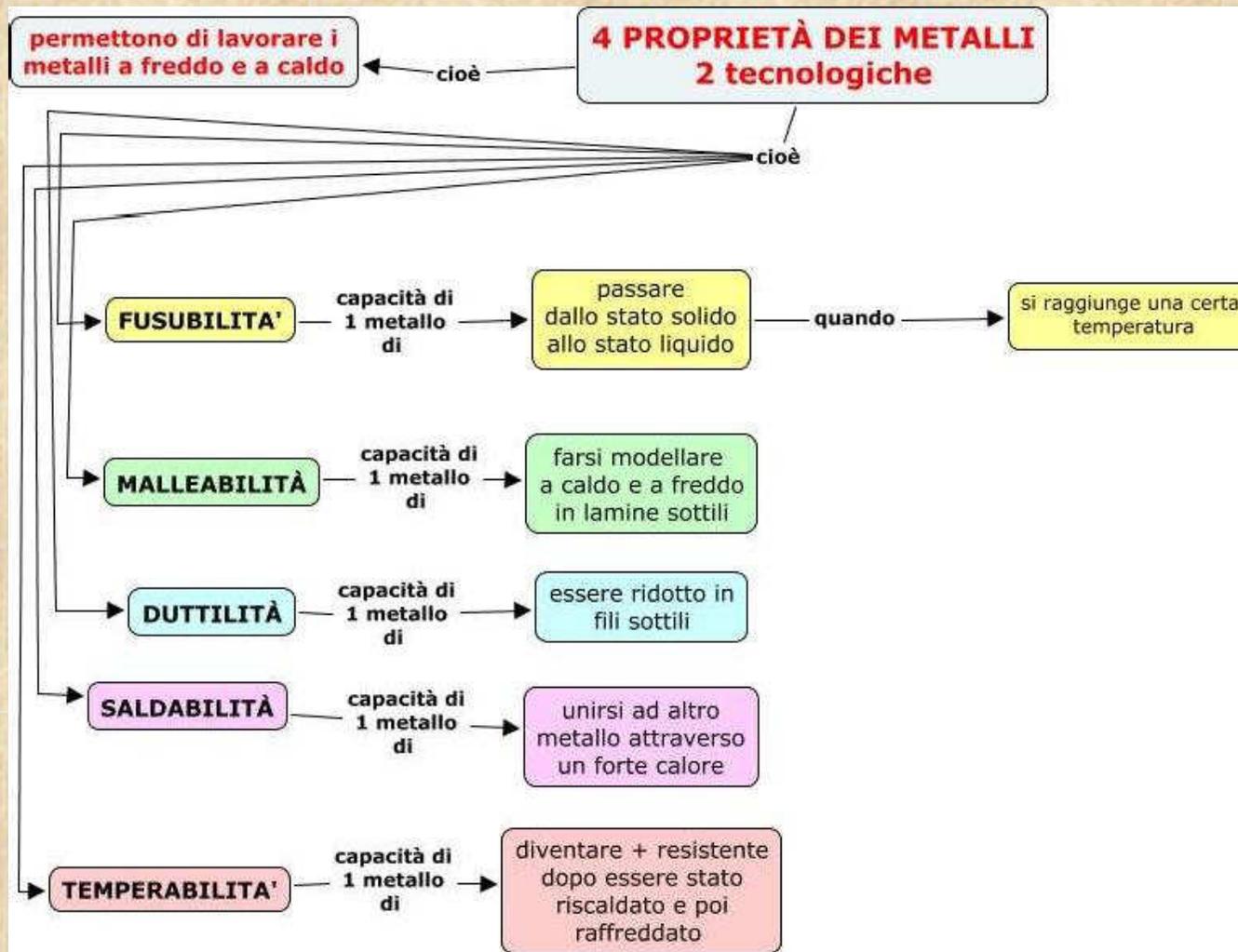
PROPRIETÀ FISICHE



PROPRIETA' MECCANICHE



PROPRIETA TECNOLOGICHE



Il ferro e le sue leghe

Il ferro è uno dei metalli più diffusi ed abbondanti in natura ed il più importante nel settore dell'industria. Viene estratto dalla magnetite, ematite, limonite siderite e pirite che sono i minerali più ricchi di ferro. In natura **si trova allo stato puro soltanto come ferro meteoritico** in rari frammenti.

Il ferro allo stato puro non viene utilizzato, mentre trovano vasto impiego le sue leghe di ferro e carbonio.

Le ghise hanno un tenore di carbonio che varia dal 2,06 al 6,67 %. Gli acciai hanno un tenore di carbonio inferiore al 2,06 %.

La ghisa

L'estrazione del ferro viene fatta nell'altoforno ed il primo prodotto che si ottiene è la ghisa madre o greggia che si suddivide in ghisa da fonderia e ghisa d'affinazione.

La ghisa da fonderia è colata in lingotti e fatta solidificare; viene fusa nuovamente per ottenere una ghisa di seconda fusione.

La ghisa d'affinazione è inviata in acciaieria per l'affinazione che la trasformerà in acciaio.

Le scorie del processo di estrazione sono utilizzate nella produzione del cemento siderurgico.

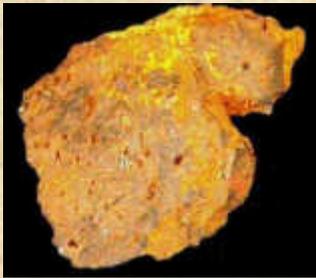
MINERALI DEL FERRO



Magnetite; è il minerale più ricco di ferro. E' composto da ferro (circa 72%) ed ossigeno. I principali giacimenti si trovano in Sardegna ed Isola d'Elba .



Hematite; composto di ferro ed ossigeno, di colore rosso se ridotto in polvere. E' uno dei migliori minerali per l'estrazione del ferro a causa del suo basso tenore d'impurità (specialmente fosforo). Contiene circa il 69% di ferro.



Limonite; composto di ferro, ossigeno ed idrogeno. Prende il suo nome dal caratteristico colore giallo. Contiene circa il 59% di ferro, ma ha anche un elevato tenore di fosforo .



Pyrite; composto di ferro e zolfo presenta una colorazione giallo ottone. Contiene circa il 46% di ferro.



Siderite; composto di ferro, carbonio e ossigeno. Contiene circa il 42% di ferro

La ghisa

La ghisa è una lega ferro carbonio, con una percentuale di carbonio pari a circa 2- 6,67% e piccole percentuali di altri elementi.

Si ottiene rifondendo la ghisa greggia che fuoriesce dall'altoforno. Le **caratteristiche principali** della ghisa sono le seguenti:

- .È fragile e dura;
- .Resiste poco a trazione e a flessione, mentre ha un'ottima resistenza a compressione;
- .Ha una buona resistenza alla corrosione;
- .Non può subire lavorazioni plastiche perché non è malleabile né a caldo né a freddo;
- .Ha un'ottima fusibilità: fonde a temperatura non particolarmente elevata 1100 – 1200 °C, è fluida, da' getti compatti e consente di realizzare *pezzi fusi* di seconda fusione anche complicati.



PRODUZIONE E COMPOSIZIONE DELL'ACCIAIO

L'acciaio è una lega composta principalmente da ferro e carbonio, ottenuta per cottura in altoforno di opportune quantità di minerale di ferro, coke (combustibile) e calcare.

All'interno dell'altoforno si raggiungono temperature massime di circa 1600 °C al fine di permettere lo svilupparsi delle diverse reazioni chimiche che portano alla formazione di ghisa grezza elemento alla base del processo produttivo dell'acciaio.

La carica dell'altoforno

Minerali di ferro: rappresentano i portatori di ferro, si presentano inizialmente allo stato di ossidi e vengono successivamente trasformati dal gas riducente.

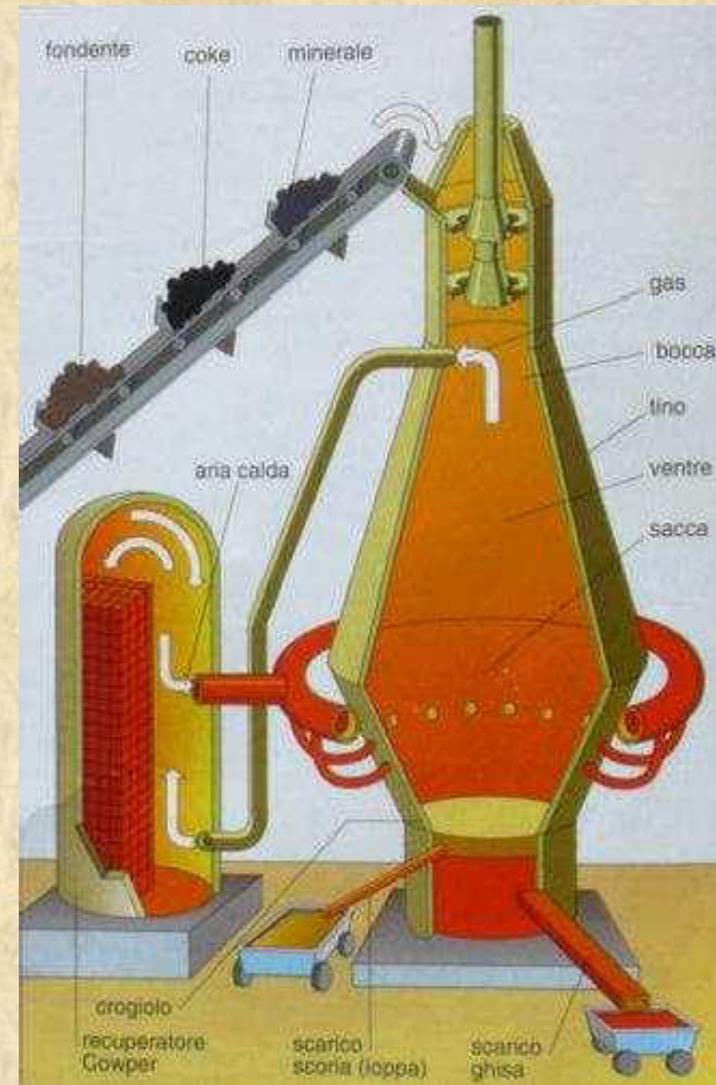
Fondenti (calcare): i fondenti svolgono un ruolo fondamentale nel processo in quanto rendono fusibili le impurità presenti permettono di limitare al minimo la presenza di imperfezioni nelle strutture cristalline

Coke: combustibile fossile che in altoforno assolve a diverse funzioni:

- Fornisce il calore necessario alla fusione dei minerali.
- Fornisce il gas riducente necessario alla trasformazione degli ossidi di ferro in ferro metallico.
- Fornisce il carbonio necessario alla carburazione della ghisa e alla riduzione di alcuni elementi di lega
- Sostiene la carica fino alla parte bassa dell'altoforno essendo l'unico materiale a non fondere

L'altoforno

- 0 – 200 °C: essiccazione materiali di carica
- 200 – 800 °C: graduale inizio dei processi di riduzione degli ossidi
- 800 – 1200 °C: decomposizione dei carbonati, carburazione del ferro metallico, processi di riduzione degli ossidi
- 1200 – 1600 °C: completamento della riduzione degli ossidi di ferro,
- formazione delle prime fasi liquide metalliche e non metalliche (loppa)
- Nel *crogiolo* si raccolgono ghisa e loppa allo stato liquido le quali vengono separate per mezzo di opportuni sistemi di incanalamento.



Fasi di produzione dell' acciaio

1-Produzione della ghisa grezza in altoforno

2-Affinazione

3-Colata e solidificazione

4-Lavorazione

1-Produzione della ghisa

Il prodotto di cottura dell'altoforno, secondo i processi precedentemente esposti, è costituito da ghisa grezza la quale andrà opportunamente trattata al fine di limitare le quantità di carbonio e ottenere così l'acciaio.

2-Affinazione

Durante questa fase la ghisa subisce un processo di “conversione” che prevede:

- La riduzione delle percentuali di elementi quali silicio, manganese, zolfo e fosforo;
- La riduzione di tenore di carbonio il quale non deve superare il 2,06 % in peso.

Il tenore di carbonio e la presenza di impurità vengono limitati per mezzo di un convertitore ad ossigeno:

la ghisa grezza, insieme a rottame di acciaio, viene caricata nel convertitore nel quale viene insufflato ossigeno puro ad alta temperatura che reagisce con il bagno di ghisa formando ossido di ferro che a sua volta reagisce con il carbonio dando ferro metallico e ossido di carbonio.

3-Colata e Solidificazione

L'acciaio viene successivamente colato nelle lingottiere e, una volta solidificato, è pronto per la lavorazione.

4-Lavorazione

Lavorazione a caldo → Lo scopo di questa lavorazione è di modificare la forma del manufatto

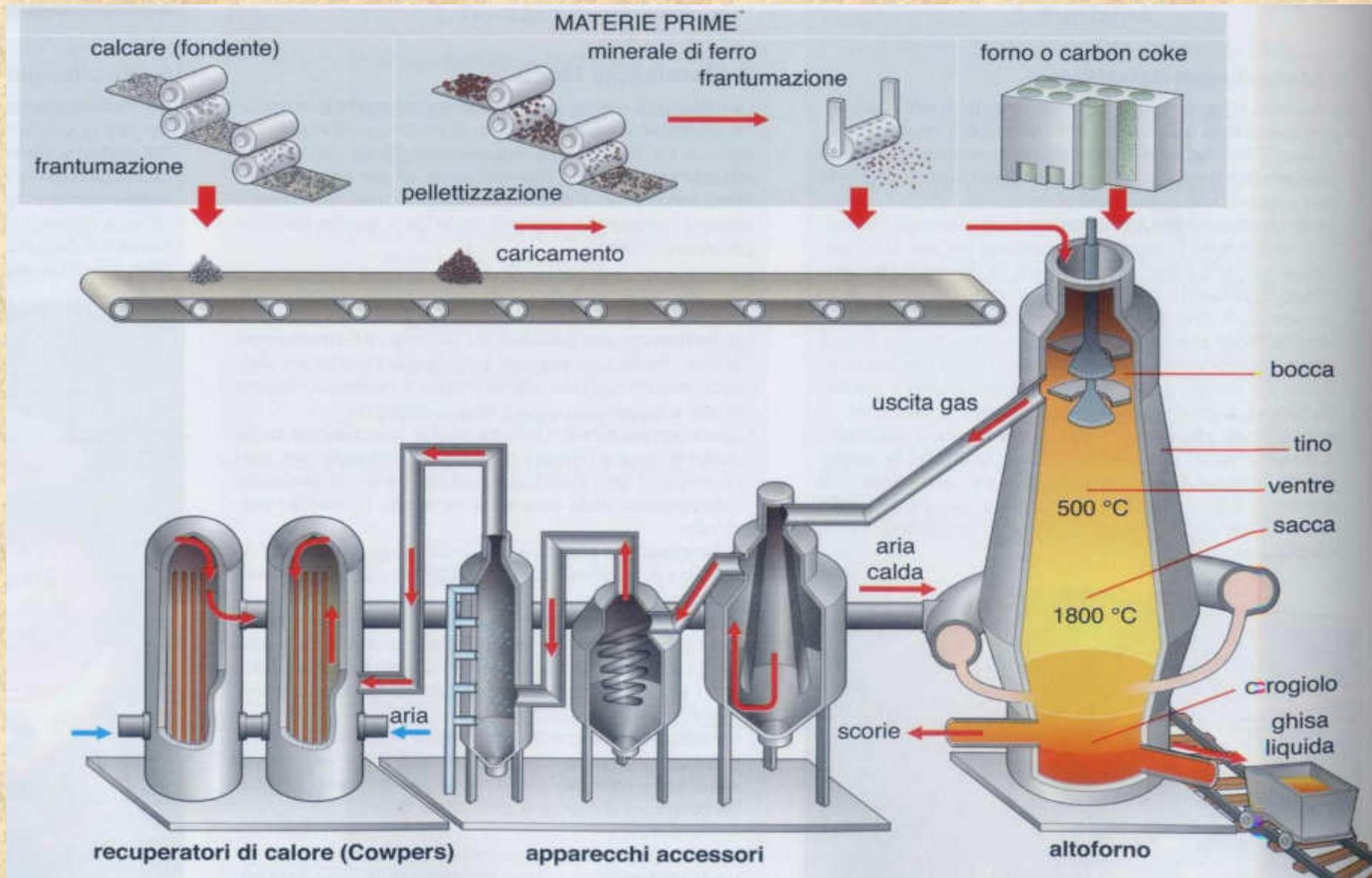
oltre ad intervenire sulla struttura di solidificazione migliorando così le proprietà meccaniche del materiale.

Lavorazione a freddo (Incrudimento) → Fenomeno metallurgico per cui un materiale risulta rafforzato in seguito a deformazione plastica a freddo.



La colata può essere fatta nelle lingottiere oppure la colata continua trasforma in un unico passaggio l'acciaio liquido in un semilavorato mentre gli altri tipi di colata richiedono lavorazioni aggiuntive.

Il ciclo siderurgico – Fusione della ghisa e raccolta della loppa



Acciai inossidabili

- **Acciaio inox o acciaio inossidabile è il nome dato correntemente agli acciai ad alto tenore di cromo**, per la loro proprietà di **non arrugginire** se esposti all'aria e all'acqua. Sono una classe estremamente importante di acciai, usata per gli scopi più disparati.
- Tipi di acciaio inossidabile:
 - Acciaio inox martensitico, magnetico e resistente,
 - Acciaio inox ferritico, hanno buona resistenza alla corrosione
 - Acciaio inox austenitico, hanno resistenza alla corrosione, facilità di ripulitura e ottimo coefficiente igienico, facilmente lavorabile. *Gli impieghi di questi acciai sono molto vasti: pentole e servizi domestici, finiture architettoniche e prodotti e utensili per usi alimentari;*
 - Acciaio inox ad alta temperatura. Le proprietà fondamentali sono: resistenza all'ossidazione (sfaldatura) ad alta temperatura, buona resistenza meccanica alle alte temperature.
 - Acciaio inox superferritico. Le proprietà fondamentali sono le stesse degli acciai inox ferritici, ma hanno saldabilità scarsa o discreta.

L'acciaio inox è utilizzato anche nel settore dell' edilizia per

- *Resistenza alla corrosione;*
- *Elevate caratteristiche meccaniche;*
- *Elevata deformabilità prima della rottura;*
- *Capacità di assorbire grandi quantità di energia (applicato quindi come materiale antisismico, poiché è in grado di dissipare l' energia prodotta dal sisma "trasformandola" in energia di deformazione).*

Negli eventi sismici uno dei danni più frequenti è costituito dagli incendi che si sviluppano successivamente; l'acciaio inossidabile risponde anche a questo requisito, *ha infatti un'elevata resistenza al fuoco.*

Caratteristiche delle strutture in acciaio

- **L'acciaio è un materiale isotropo**, avente proprietà tecnologiche e meccaniche costanti e facilmente controllabili in qualsiasi momento. Esso resiste ugualmente bene a sforzi di trazione o di compressione, a sforzi longitudinali o trasversali.
- E' il materiale che meglio resiste a sforzi alternati e ad azioni dinamiche; trova impiego nella costruzione di ponti ferroviari e di edifici sorgenti in zone sismiche. Lo scheletro metallico è nettamente superiore a quella degli altri sistemi costruttivi, ciò è dovuto sia al minore peso della costruzione, che risulta proporzionale alle azioni sismiche, sia all'elevata plasticità della struttura, capace di subire senza rompersi deformazioni anche notevoli.
- Le strutture in acciaio, hanno peso assai inferiore rispetto a quello degli altri tipi di costruzione,cosicchè risulta minore il carico trasmesso alle fondazioni.
- Inoltre, nel caso di cedimenti del terreno, la struttura metallica,elastica e plastica, si deforma senza provocare il crollo dell' edificio

TRATTAMENTI DELL'ACCIAIO

L'acciaio può essere sottoposto a trattamenti che agiscono sulla struttura cristallina, modificandone le caratteristiche fisiche e meccaniche in modo da renderlo idoneo a vari impieghi.

Le proprietà modificabili sono: la durezza, la resistenza alle sollecitazioni, la tenacità, la lavorabilità all'utensile e la malleabilità.

TRATTAMENTI TERMICI

La **tempra** Consiste nel riscaldare l'acciaio ad una temperatura di 800 – 900°C e nel raffreddarlo bruscamente per immersione in acqua o olio. La struttura originaria viene trasformata in una struttura cristallina molto fine, che aumenta la durezza e la resistenza meccanica del materiale, rendendolo però più fragile. In pratica il materiale si comporta come se avesse un più alto tenore di carbonio.

Rinvenimento Consiste nel riscaldamento del pezzo precedentemente sottoposto a tempra, lasciandolo raffreddare lentamente. Consente di diminuire la fragilità eliminando le tensioni interne, aumentando la tenacità e la lavorabilità senza influire sulle maggiori resistenze meccaniche raggiunte con la tempra.

Bonifica consiste nell'eseguire in successione i trattamenti di tempra e rinvenimento.

Ricottura Consiste nel riscaldare il materiale a 900°C, mantenendolo a tale temperatura fino a quando tutta la massa abbia raggiunto lo stesso equilibrio termico e nel lasciarlo raffreddare lentamente fino alla temperatura ambiente. Si ottiene così, senza intaccarne la resistenza, un materiale più omogeneo, e deformabile, che si presta ad ulteriori lavorazioni meccaniche.

Sculture in bronzo

La tecnica della cera persa

Il processo della fusione a cera persa è una tecnica scultorea nata durante l'età del Bronzo, ed utilizzata da Greci, Romani e molte altre popolazioni e culture, dai Cinesi, agli Aztechi fino agli Egizi.

Il metodo della fusione a cera persa prevede la creazione di un modello in cera, utilizzato per realizzare poi, all'esterno, uno stampo in creta o argilla. Nello stampo si praticano due fori da cui si lascia scendere la cera una volta fusa.

Successivamente si esegue lo stesso processo scaldando però il bronzo, oppure un altro metallo, ed una volta fuso lo si fa scendere nello stampo di cui prenderà la forma.

L'utilità di questo metodo sta soprattutto nella possibilità di realizzare forme geometriche di particolare complessità, o ricche di intersezioni, scanalature, raccordi o nervature. Si è notato che l'utilizzo di questo processo è fondamentale quando si trattano metalli, poiché la resa qualitativa è maggiore, e non presenta difetti o irregolarità.

Tuttora utilizzato in gioielleria questo processo consente di realizzare manufatti particolarmente ricchi di intrecci.

In questo caso si prevede la realizzazione a mano di un modello in cera del gioiello finale, cui vengono aggiunti due canali in cera. Sul modello si crea poi uno stampo in gesso che messo in forno a 200 ° lascerà uscire la cera fusa. A questo punto si elimina uno dei due canali, e si lascia colare nello stampo il metallo prescelto, anch'esso fuso. Una volta raffreddato lo stampo in gesso viene rotto, portando alla luce il gioiello.



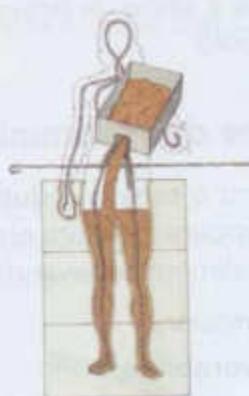
1. Modello e calco

Il modello in creta viene ricoperto da un calco in gesso a blocchi separabili.



2. Cera

I blocchi, separati, sono rivestiti da un sottile strato di cera.



3. Riempimento

Il calco è ricomposto e riempito di terra refrattaria. Se necessario si inserisce un telaio metallico.



4. Modello in cera

I blocchi sono rimossi: le forme del modello appaiono ora come uno strato di cera che ricopre la terra refrattaria.



5. Canali

Una rete di canali in cera è realizzata per creare lo spazio di colata del bronzo fuso.



6. Calco di fusione



7. Cera persa



8. Fusione



9. Taglio dei canali

Raffreddato il bronzo



10. Rifiniture

La statua viene ripulita

Fasi operative della tecnica della cera persa

- 1) viene eseguito un modello in creta delle stesse dimensioni e forme da realizzare in bronzo;
- 1) viene realizzato un calco di gesso attorno al modello;
- 1) viene smontato il calco e separato in due parti, e dopo aver distrutto il modello in creta, viene versato al suo interno un sottile strato di cera
- 4) vengono rimontate le due valve intorno ad una intelaiatura di ferro, e viene versata all'interno della terra refrattaria
- 4) seccata la terra refrattaria, viene rimosso il calco e si libera il modello di terra rivestito di cera
- 4) viene creata attorno al modello una rete di cilindri di cera, che serviranno in seguito per fare entrare il bronzo fuso nelle varie parti del modello
- 4) il modello con i cilindri di cera viene ricoperto da uno strato di gesso, mattoni spezzettati e sabbia, ed avvolto da staffe metalliche, lasciando liberi soltanto i canali di cera
- 4) il calco viene fuso a 200-300°, la cera si scioglie e viene così lasciata libera l'intercapedine tra il modello di terra e lo strato di gesso
- 4) a 1100° viene fuso il bronzo e colato all'interno dell'intercapedine al posto della cera fusa
- 4) Atteso il raffreddamento del bronzo, si rompe il calco di fusione, si libera la statua e si tagliano i canali di bronzo. La statua viene ripulita, eliminando i difetti di fusione e svuotandola della terra refrattaria. Le parti decorative vengono rifinite a mano, con l'incisione di ciglia