



Chimica dei materiali

Bronzo

Il bronzo è una lega rame-altro metallo, dove il metallo aggiuntivo può essere l'alluminio, nichel, berillio e stagno, anche se spesso il termine bronzo viene inteso come la lega rame-stagno. Lo stagno aggiunto fino al 8-9% dà luogo a leghe con buone caratteristiche meccaniche e grande resistenza alla corrosione: queste leghe sono ancora lavorabili plasticamente e si possono laminare, estrudere, forgiare, stampare e trafilare. Aumentando ulteriormente il tenore di stagno, la durezza raggiunge livelli tali da consentire solo pezzi ottenuti per fusione, chiamati anche getti. A livello industriale si arriva a produrre bronzi con tenori fino al 30% di stagno.

In genere i bronzi contengono sempre elementi aggiunti oltre allo stagno:

- Il fosforo disossida e aumenta la durezza; nei bronzi al fosforo vi è un tenore dello 0,4-0,8%.
- Il piombo viene aggiunto in tenori compresi tra l'1 al 5%. Esso rimane confinato ai bordi dei grani rendendo così più facile la lavorazione alle macchine utensili. Se invece il piombo raggiunge percentuali molto più elevate (dal 10 al 30%) la lega presenta un particolare comportamento alla frizione: per questo sono impiegate per i cuscinetti.
- Lo zinco viene usato come disossidante.
- Il berillio viene aggiunto per aumentare la durezza.

Le leghe a base di rame hanno punto di fusione più basso rispetto all'acciaio, e sono più facilmente prodotte a partire dai loro costituenti. Hanno una densità superiore in media del 10% a quella dell'acciaio (alcuni tipi di bronzo contenenti molto alluminio o silicio possono essere meno densi), ma tutti i vari tipi di bronzo sono comunque più morbidi e meno resistenti di esso. Sono però più elastici e più resistenti alla corrosione, soprattutto da acqua di mare, e resistono alla fatica meglio di quanto faccia l'acciaio: sono anche dei migliori conduttori di calore ed elettricità. Una lega a base di rame costa più dell'acciaio, ma meno di una equivalente lega a base di nichel.

Durante l'**età del Bronzo** (cui diede perfino il nome), venne usato estesamente per costruire attrezzi, armi, corazze e strumenti più resistenti e leggeri di quelle in pietra o in rame. Ai metalli componenti veniva aggiunto, per lo più come impurità, anche arsenico, che contribuiva a rendere la lega ancora più dura. Questo bronzo primitivo era anche più resistente delle prime armi di ferro, per il fatto che il modo di forgiare ghisa e acciaio di buona qualità sarebbe stato scoperto solo millenni dopo. Nonostante questo però, l'età del bronzo cedette il passo all'età del Ferro, dal momento che le spedizioni di stagno attraverso il Mar Mediterraneo cessarono durante le grandi migrazioni di popolazioni che ebbero luogo nel periodo dal 1200 al 1100 a.C., rendendo estremamente difficile trovare la materia prima necessaria e causando un forte aumento dei prezzi di questo materiale. Il bronzo venne perciò usato solo per oggetti di particolare pregio, mentre per molti scopi il più debole ferro dolce era sufficientemente resistente da prenderne il posto. Per esempio, gli ufficiali dell'esercito romano avevano spade di bronzo, mentre i semplici fanti dovevano accontentarsi di spade di ferro.

Dall'inizio del XX secolo venne introdotto il silicio come principale legante del rame, ed oggi la maggior parte del bronzo per usi industriali ed artistici è in realtà una lega rame-silicio.



Dal ferro all'acciaio

- Ferro: attualmente con tale termine si intende un elemento chimico, mentre anticamente con lo stesso termine si intendeva il materiale utilizzato per forgiare manufatti, costituito da una lega ferro-carbonio, a cui in seguito fu dato il nome di acciaio. L'accezione di ferro come materiale è rimasta nel linguaggio comune, ma non è scientificamente corretta.
- Ferro battuto: è un acciaio che, rispetto all'acciaio propriamente detto, ha un basso tenore di carbonio (è quindi un ferro dolce), che lo rende insensibile alla tempra.
- Acciaio: lega ferro-carbonio, con contenuto ponderale di carbonio inferiore al 2,11%.
- Ghisa: lega ferro-carbonio, con contenuto ponderale di carbonio superiore al 2,11%. È troppo fragile per essere lavorata per forgiatura.

L'acciaio si può già ottenere a 750 °C (colore rosso vivo), direttamente dal minerale, riscaldandolo con carbone di legna. Successivamente la massa spugnosa viene sottoposta a battitura (pudellaggio), allo scopo di eliminare le scorie e viene ripiegata più volte su sé stessa fino a ottenere il prodotto finito (acciaio a pacchetto), che viene eventualmente sottoposto a brusco cambiamento di temperatura (tempra o tempra). Tale procedura è ancora impiegata in Giappone per ottenere acciai da lama. Infatti, grazie alle loro proprietà meccaniche, le armi in "ferro" (acciaio) prevalsero su quelle in bronzo (di più antica invenzione). Non va confusa l'età del ferro con quella dell'acciaio: infatti, poiché il ferro puro fonde a circa 1538 °C, ha scarsissime proprietà tecnologiche e presenta una elevata facilità ad ossidarsi, fu prima scoperto e utilizzato l'acciaio (che presenta una temperatura di fusione più bassa e migliore resistenza alla corrosione), ovvero la combinazione a caldo del ferro e del carbonio.

- La storia della metallurgia del ferro cominciò nella **preistoria**, molto probabilmente tramite l'uso del ferro presente nei meteoriti.
- Le leghe di ferro cominciarono ad apparire nel **XII secolo a.C.** in India, Anatolia, nel Caucaso e nell'Africa Sub-Sahariana.
- Durante il **periodo medioevale**, furono trovati in **Europa** i mezzi per produrre il ferro battuto dalla ghisa (in questo contesto era conosciuto come "pig iron", traducibile come "ghisa grezza") usando forni di pudellaggio. Per tutti questi processi era necessario il carbone vegetale come combustibile. L'acciaio (con un contenuto in carbonio inferiore rispetto alla ghisa grezza, ma più elevato di quello del ferro battuto) veniva anch'esso prodotto nell'antichità.
- Il metodo di produzione per carburazione delle barre di ferro fu sviluppato nel XVII secolo d.C.



- Durante la **Rivoluzione industriale** vennero sviluppati nuovi metodi per produrre il ferro in barre senza carbone e questi vennero poi applicati per produrre l'acciaio.
- Nei tardi **1850**, Henry Bessemer inventò un nuovo processo per fabbricare l'acciaio, il quale consisteva nel soffiare aria attraverso la ghisa grezza per produrre acciaio dolce. Questo ed altri processi del successivo XIX secolo hanno fatto in modo che la tecnica del ferro battuto venisse abbandonata nella produzione industriale.

Ghisa

La ghisa (detta anche fino all'Ottocento ferraccio per la minore qualità e la peggiore lavorabilità rispetto al ferro dolce) è una lega ferro-carbonio a tenore di carbonio relativamente alto (> 2,06% fino al 6%) ottenuta per riduzione o comunque trattamento a caldo dei minerali di ferro. La produzione della ghisa avviene generalmente per riduzione degli ossidi di ferro mediante combustione di carbone a contatto degli stessi, in apparecchiature chiamate altiforni. La lavorazione inizia con la preparazione della cosiddetta "carica", ossia un composto di minerale ferroso, di carbone a basso contenuto di zolfo (solitamente coke) e calcare, dopodiché questa introdotta dalla bocca dell'altoforno posta alla sua cima da montacarichi a piano inclinato.

All'interno, l'aria calda proveniente dal Cowper surriscalda il coke, che diventa subito incandescente grazie all'ossigeno in esso contenuto. Grazie alla formazione di monossido di carbonio (CO) avviene la seguente reazione: $FeO + CO \rightarrow Fe + CO_2$, ossia si separa l'ossigeno dal ferro presente nei minerali caricati. Intanto l'ossido di carbonio, salendo verso la bocca dell'altoforno, si scinde parzialmente in anidride carbonica e in carbonio libero (C), producendo molto calore; la corrente calda dei gas nell'ultima parte del tino dell'altoforno riscalda i materiali solidi freddi provocandone la disidratazione. Il ferro contenuto nel minerale, quando raggiunge lo stato fuso, cola verso il basso raccogliendosi in appositi contenitori.

Il processo è continuo, lo si interrompe solo quando la struttura del forno, dopo anni d'utilizzo, va rivestita nuovamente con materiale inerte o riparata. L'estrazione della ghisa fusa (spillatura) e delle scorie avviene col forno acceso. La spillatura avviene solitamente ogni 3-4 ore, ma tra il caricamento e l'estrazione del prodotto finito si calcola che intercorrano 6 ore. Durante la colata all'esterno il vento caldo proveniente dal Cowper viene arrestato (il crogiolo rimane caldo per circa un'ora senza aria calda). La ghisa prodotta viene messa in lingottiere e lasciata raffreddare, dopodiché può essere inviata all'acciaieria o alla fonderia o ancora lavorata ulteriormente e venduta così com'è. L'impiego principale della ghisa è quello intermedio nella produzione di acciaio, che si ottiene per decarburazione della ghisa in apparecchiature (convertitori) in cui viene insufflato ossigeno (o aria): questo, combinandosi con il carbonio, ne riduce il tasso nel metallo fuso e viene evacuato come anidride carbonica. Per le caratteristiche di grande fluidità, la ghisa è usata in larga misura nella produzione di getti di fusione. Rispetto all'acciaio dolce (C<1,5%), la ghisa presenta maggiore durezza e quindi resistenza all'abrasione, e minore resilienza e quindi maggiore fragilità.

Acciaio

Acciaio è il nome dato ad una lega composta principalmente da ferro e carbonio, quest'ultimo in percentuale non superiore al 2,11%: oltre tale limite, le proprietà del materiale cambiano e la lega assume la denominazione di ghisa. Il carbonio si presenta esclusivamente sotto forma di cementite (o carburo di ferro Fe_3C). Le particelle di cementite presenti nella microstruttura dell'acciaio, in determinate condizioni, bloccano gli scorrimenti delle dislocazioni, conferendo all'acciaio caratteristiche meccaniche migliori di quelle del ferro puro.

Gli acciai sono leghe sempre plastiche a caldo, cioè fucinabili, a differenza delle ghise.

L'importanza dell'acciaio è enorme, i suoi usi sono innumerevoli, come anche le varietà in cui esso viene prodotto: senza la disponibilità di acciaio in quantità e a basso costo, la rivoluzione industriale non sarebbe stata possibile. Col passare del tempo le tecniche di produzione dell'acciaio si sono andate perfezionando e settorializzando, per cui ai nostri giorni esistono molteplici tipologie di acciai, ciascuna relativa a diverse esigenze progettuali e di mercato.

Gli elementi leganti, oltre a permettere di diminuire la concentrazione di carbonio alla quale si ha la massima tenacità, hanno le seguenti funzioni:

- nichel: favorisce tenacità e temprabilità;
- cromo: favorisce la temprabilità;
- molibdeno: opera contro lo svilupparsi della malattia di Krupp (fragilità al rinvenimento);
- manganese: migliora la temprabilità;
- vanadio: affina la grana cristallina.

Acciaio inox

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: il cromo, ossidandosi a contatto con l'ossigeno, si trasforma in ossido di cromo (CrO_2) che aderisce al pezzo, impedendone un'ulteriore ossidazione (tale fenomeno è noto come passivazione). Sono una classe estremamente importante di acciai, usata per gli scopi più disparati: a partire dalla loro scoperta nel 1913, e grazie soprattutto ai successivi progressi della metallurgia fra gli anni '40 e '60, hanno ampliato il loro sviluppo e le loro applicazioni; tuttora vengono perfezionati e adattati alle richieste dei vari settori industriali, come il petrolifero/petrochimico, minerario, energetico, nucleare ed alimentare.

Latta

Con il termine di latta si intende la lamiera di ferro sulla cui superficie venga depositato uno strato sottile di stagno. Se lo strato viene applicato mediante elettrolisi, il materiale prende il nome di banda stagnata. Il procedimento, introdotto nel 1321, consente di ottenere contenitori nello stesso tempo con la robustezza del ferro e la resistenza alla corrosione dello stagno. Queste caratteristiche resero la latta un materiale molto utilizzato fino a tempi recenti per contenere e trasportare alimenti e per realizzare piccoli oggetti di uso quotidiano e giocattoli.

Il successivo sviluppo tecnologico, che ha portato alla produzione a basso costo di lamiere in alluminio o di acciaio anche del tipo inossidabile, ha drasticamente ridimensionato l'impiego della latta nelle conserve alimentari, mentre per le altre applicazioni si è massicciamente fatto ricorso alle materie plastiche. Infatti, da un lato lo stagno è più costoso, dall'altro è meno adatto per alcuni usi alimentari. I progressi, però della metallurgia hanno riguardato anche la banda stagnata e si è avuta una inversione di tendenza con recupero di alcune posizioni, soprattutto nei confezionamenti dove è importante la perfetta saldatura. Per i giocattoli, tranne casi rarissimi, la sostituzione con plastica dei metalli è avvenuta non solo per ragioni di costo, ma anche di sicurezza.



Vetro

Da un punto di vista chimico-fisico il vetro è un materiale solido amorfo, che viene prodotto dalla rapida solidificazione di materiale viscoso. Comunemente con il termine vetro si intende in particolare il **vetro siliceo**, utilizzato ad esempio nella costruzione degli edifici, come contenitore o nella manifattura di elementi decorativi.

In forma pura, il vetro è trasparente, duro, pressoché inerte dal punto di vista chimico e biologico, e presenta una superficie molto liscia. Queste caratteristiche ne fanno un materiale utilizzato in molti settori; ma nello stesso tempo il vetro è fragile e tende a rompersi in frammenti taglienti. Questi svantaggi possono essere modificati, in parte o interamente, con l'aggiunta di altri elementi chimici o per mezzo di trattamenti termici.

Il vetro comune è costituito quasi esclusivamente da **diossido di silicio (SiO₂)** (chiamato anche silice, gli stessi componenti della forma cristallina più comune che è il quarzo e cioè atomi di silicio e di ossigeno) e dalla sua forma policristallina, la sabbia. In forma pura, la silice ha un punto di fusione di circa 2000 °C ma spesso durante la produzione del vetro vengono aggiunte altre sostanze per abbassare questa temperatura. Una di queste è la soda (carbonato di sodio Na₂CO₃) oppure la potassa (carbonato di potassio K₂CO₃) che abbassano il punto di fusione a circa 1000 °C. Poiché la presenza di soda rende il vetro solubile in acqua (caratteristica certo non desiderabile), viene aggiunta anche calce (ossido di calcio, CaO) per ripristinare l'insolubilità.

Vetri speciali

- Il vetro al **piombo** come il **crystallo al piombo** o vetro Flint è più brillante, perché il suo indice di rifrazione è aumentato. Anche il bario aumenta l'indice di rifrazione.
- Il **boro** è aggiunto per migliorare le caratteristiche termiche ed elettriche, come nel caso del **vetro Pyrex**.
- L'**ossido di torio** produce un elevatissimo indice di rifrazione ed è usato per la produzione di **lenti di alta qualità**.
- L'aggiunta di alte quantità di **ferro** provoca l'assorbimento della radiazione infrarossa, come nei filtri per l'assorbimento di calore nei **proiettori cinematografici**.
- Con il **cerio** si ottiene un forte assorbimento delle radiazioni ultraviolette, ottenendo vetri in grado di offrire protezione dalla radiazioni ultraviolette ionizzanti (es. filtro UV delle macchine fotografiche).
- **Metalli e ossidi metallici** vengono aggiunti nella produzione del vetro per **dare o alterare il colore**. Il manganese in piccole quantità neutralizza il verde causato dalla presenza di ferro, mentre in quantità elevate dà il colore ametista. Similmente il selenio in piccole dosi è usato per decolorare, mentre in quantità elevate dona colore rosso. Piccole concentrazioni di cobalto (0,025-0,1%) danno colore blu. Ossido di stagno con ossidi di arsenico e antimonio danno un vetro bianco opaco, usato nei laboratori di Venezia per imitare la porcellana.

Cristallo e vetro pregiato (due sinonimi molto diversi)

Un cristallo (dal greco κρύσταλλος, krýstallōs, ghiaccio) è un oggetto solido costituito da atomi, molecole e/o ioni aventi una disposizione geometricamente regolare, che si ripete indefinitamente nelle tre dimensioni spaziali, detta reticolo cristallino o reticolo di Bravais. In altre parole è una formazione minerale solida che ha una disposizione periodica e ordinata di atomi ai vertici di una struttura reticolare, che si chiama reticolo cristallino; la presenza di tale organizzazione atomica conferisce al cristallo una forma geometrica definita.

Il termine cristallo può essere impropriamente utilizzato come sinonimo di **vetro pregiato** con il quale si producono articoli per la casa, calici, bicchieri e altri prodotti di particolare valore. La caratteristica principale che distingue il cristallo dal vetro è che il cristallo "suona", la materia prima che origina queste qualità è l'ossido di piombo (PbO).

Varichina

L'ipoclorito di sodio è il sale di sodio dell'acido ipocloroso. La sua formula chimica è NaClO. Una soluzione al 5% circa di ipoclorito di sodio in acqua è nota come candeggina, varechina, nettorina o conegrina; una soluzione di colore giallo dal caratteristico odore penetrante. Puro, è un sale pentaidrato (NaClO·5 H₂O) che fonde a circa 18°C ed è particolarmente instabile. Sia per sfregamento che per riscaldamento a temperature superiori a 35°C può decomporsi in maniera anche violenta. Proprio per questo non è mai commercializzato e impiegato puro, ma viene invece usato in soluzione acquosa, a concentrazione generalmente non superiore al 25%. Viene ottenuto per gorgogliamento del cloro nell'idrossido di sodio secondo la reazione $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{NaClO} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$.

Essendo il sale ottenuto da una base forte neutralizzata con un acido debole, impartisce all'acqua una reazione alcalina; una soluzione di 160 g in un litro d'acqua ha pH 12 a 20°C.

Per via della loro azione ossidante, le soluzioni di ipoclorito di sodio sono usate principalmente come sbiancanti e disinfettanti. L'ipoclorito di sodio è un battericida, uno sporicida, un fungicida ed un virocidico. L'ipoclorito di sodio in soluzione è utilizzato comunemente anche per la normale pulizia di superfici lavabili. La sua efficacia però è praticamente nulla sullo sporco. Infatti essa sbianca le superfici trattate dando l'illusione del pulito ma senza essere in grado di rimuoverlo.