

Rame , il metallo più antico

In quanto reperibile allo stato nativo sotto forma di pepite , il rame, dopo l'oro fu il primo metallo conosciuto e usato dall'uomo (età del rame), con lavorazioni a freddo per martellamento, verso la fine dell'età della pietra. Sono stati ritrovati oggetti in rame costruiti 10.000 anni fa (vedi la punta a lato).L'uso del rame aprì una nuova era dell'umanità: finì l'età della pietra (paleolitico e neolitico) ed iniziò l'età dei metalli. Fu una vera e propria rivoluzione tecnologica e sociale. Basti pensare che fino ad allora per produrre utensili erano noti essenzialmente solo due materiali inorganici:la pietra,resistente ma dura da lavorare, e l'argilla, che al contrario era facile da lavorare ma fragile .Il rame aveva due caratteristiche positive : era semplice da lavorare ed era abbastanza resistente . Successivamente gli uomini primitivi imparano l'uso delle leghe del rame come il bronzo . L'uso del bronzo è stato talmente diffuso nella storia da dare il nome ad uno stadio dell'evoluzione della civiltà umana: l'età del bronzo. L'ottone, una lega di rame e zinco, fu anche noto agli antichi greci e fu ampiamente utilizzato dai romani .In epoca romana non si faceva alcuna differenza tra il rame puro e il bronzo . Nella nostra epoca , in virtù delle proprietà caratteristiche rame assieme alle sue leghe , viene usato per la fabbricazione di una ampia gamma di prodotti .



Caratteristiche

- Il rame è l'elemento chimico di numero atomico 29. Il suo simbolo è Cu e presenta struttura reticolare cubica a facce centrate C F C .
- Il rame è un metallo rosato o rossastro (rame e oro sono gli unici due metalli colorati in natura), avente temperatura di fusione pari a 1083 °C , massa volumica di 8900 kg/m³ .
- Possiede conducibilità elettrica e termica elevatissime, superate solo da quelle dell'argento; è molto resistente alla corrosione e non è magnetico. È facilmente lavorabile, estremamente duttile e malleabile; può essere facilmente riciclato e i suoi rottami hanno un alto valore di recupero; si combina con altri metalli a formare numerose leghe metalliche (si calcola che se ne usino almeno 400), le più comuni sono il bronzo e l'ottone; tra le altre, anche i cupronichel e i cuprallumini (detti anche bronzi all'alluminio).

➤ Le proprietà caratteristiche del rame sono :

- Elevatissima conducibilità elettrica
- Elevatissima conducibilità termica
- Alta resistenza alla corrosione
- Elevata duttilità e malleabilità
- Facilmente lavorabile a caldo e a freddo
- Ampia gamma di leghe
- Facilità di riciclaggio

I minerali

- Il rame si trova quasi sempre sotto forma di minerali e molto più raramente allo stato nativo sotto forma di pepite. Le principali miniere sono situate lungo la Cordigliera delle Ande e le Montagne Rocciose: i principali Paesi estrattori sono il Cile, il Perù, gli Stati Uniti, il Canada; altre importanti miniere si trovano in Papua Nuova Guinea, Zambia, Indonesia, Australia, Paesi ex- URSS, Polonia e Finlandia. Alcune tra le principali miniere sono a cielo aperto : la miniera di El Chino nel Nuovo Messico e la miniera di Chuquibambilla in Cile .

Calcopirite (CuFeS_2)



cuprite (Cu_2O)



Produzione

- I processi produttivi per passare dal minerale al metallo puro, descritti in seguito, riguardano il caso dei **minerali solforati**, che sono i più disponibili. Il ciclo produttivo si può dividere in due fasi :
- **Prima fase** : trattamento dei minerali
- **Seconda fase** : lavorazione dei minerali ed affinaggio
- **Trattamento dei minerali**

Nella prima fase , dopo l'estrazione in miniera, i minerali vengono frantumati e macinati per ottenere una granulometria adatta agli stadi successivi, in cui si separano gli inerti dalle frazioni ricche in rame. Attraverso la flottazione le polveri emulsionate con liquidi tensioattivi vengono immerse in grandi vasche dalle quali si asporta lo stato schiumoso superficiale, ricco in rame ancora legato allo zolfo.

Si ottengono quindi dei fanghi, i quali vengono asciugati e concentrati nei passaggi successivi: dapprima meccanicamente (concentrazione) e poi termicamente (arrostimento).

Produzione

➤ Affinaggio

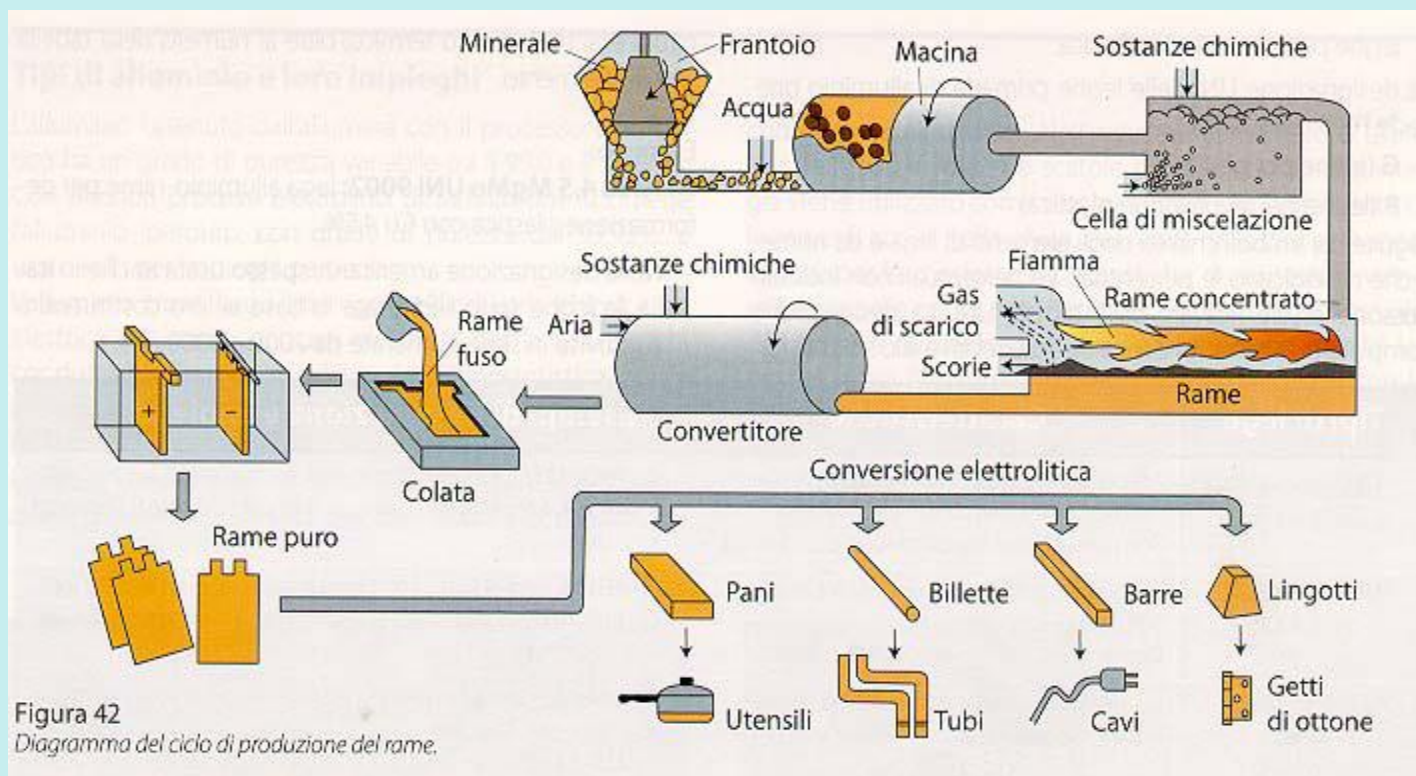
Nel forno, attraverso insufflaggio di aria o ossigeno, si ottiene la formazione di SO_2 gassosa che si separa dal metallo liquido; l'aggiunta in contemporanea di silicio permette l'eliminazione del ferro presente: la scoria, composta da silicati, galleggia e viene asportata .

La raffinazione termica prosegue attraverso ulteriore insufflaggio di ossigeno o aria; poiché si ossida parzialmente anche il bagno, si procede con il pinaggio, che consiste nell'inserire un tronco verde di pino che, bruciando, sprigiona gas riducenti e vapore.

Per ottenere la massima purezza del rame, è necessario fare una raffinazione elettrolitica: il rame ottenuto viene dissolto in una vasca contenente una soluzione conduttrice e viene depositato selettivamente su un catodo: i metalli meno nobili presenti restano in soluzione, quelli più nobili precipitano. I catodi ottenuti sono costituiti da rame puro al 99,97%, in lastre di 96 cm x 95 cm x 1cm, dal peso di circa 100 kg; sono una materia prima commerciabile nelle borse merci di New York, Londra e Shanghai. Il rame elettrolitico così ottenuto non è ancora pronto per essere lavorato direttamente, deve essere rifuso per farne billette .

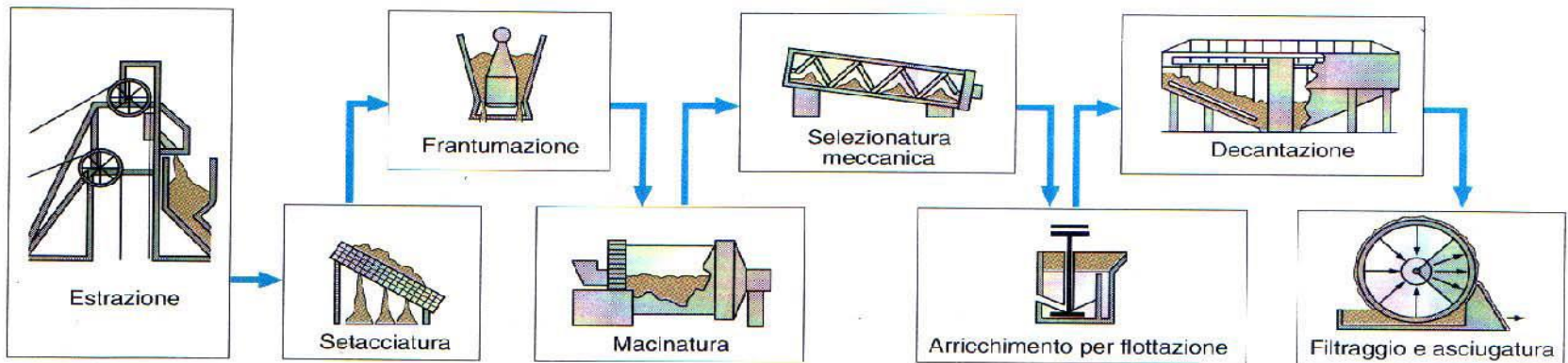
Diagramma del Ciclo Produzione del Rame

- Nella figura seguente sono riportate graficamente le varie operazioni necessarie per trasformare i minerali del rame, ricavati dalle miniere in rame puro e successivamente in semilavorati.



I minerali più usati sono i materiali contenenti zolfo (calcopirite e la bornite) che vengono frantumati e macinati per ottenere una granulometria adatta agli stadi successivi; in pratica si separano gli inerti dalle frazioni ricche in rame. Attraverso la flottazione le polveri emulsionate con liquidi tensioattivi vengono immerse in grandi vasche dalle quali si asporta lo stato schiumoso superficiale, ricco in rame ancora legato allo zolfo .Si ottengono quindi dei fanghi, i quali vengono asciugati e concentrati nei passaggi successivi: dapprima meccanicamente (concentrazione) e poi termicamente (arrostitimento).

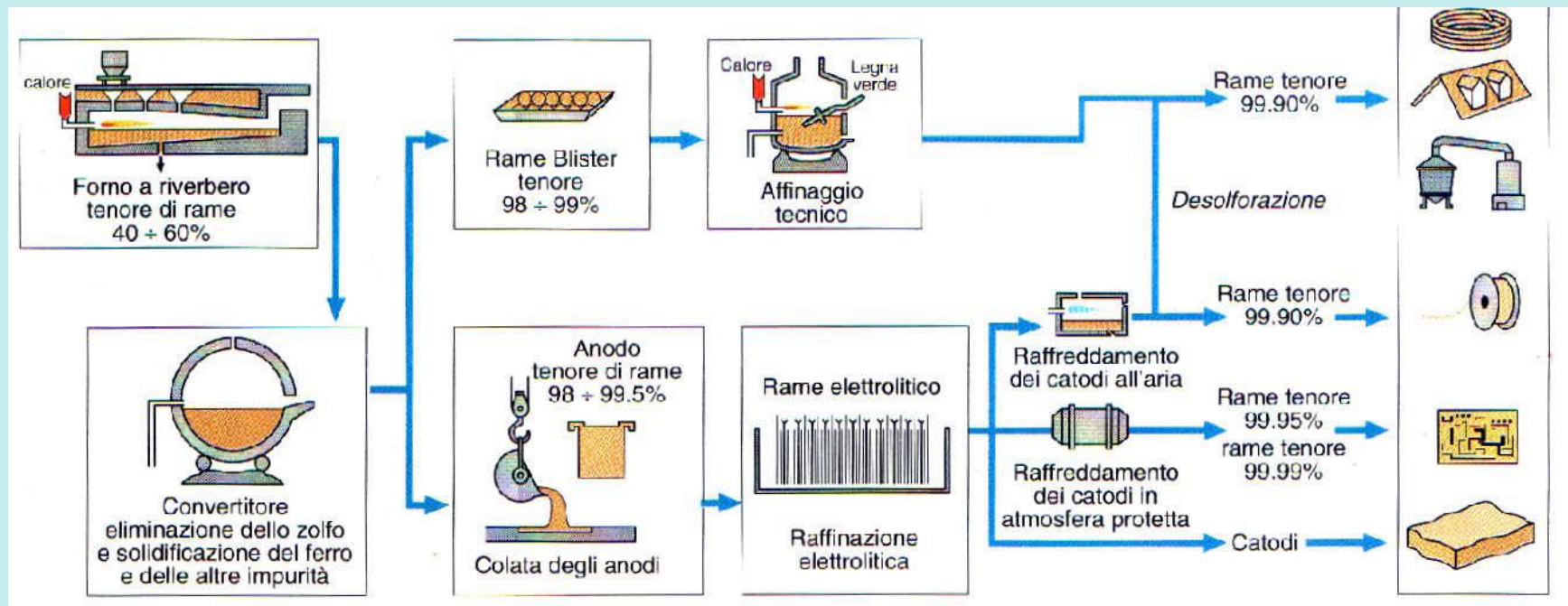
TRATTAMENTO DEI MINERALI



Impianto Affinazione

- In un forno si realizza la raffinazione termica con lo scopo di eliminare lo zolfo : attraverso insufflaggio di aria o ossigeno, si ottiene la formazione di SO_2 (anidride solforosa) gassosa che si separa dal metallo liquido;l'aggiunta in contemporanea di silicio permette l'eliminazione del ferro presente: la scoria, composta da silicati, galleggia e viene asportata.
- La raffinazione termica prosegue attraverso ulteriore insufflaggio di ossigeno o aria; poiché si ossida parzialmente anche il bagno, si procede con il cosiddetto pinaggio, che consiste nell'inserire un tronco verde di pino che, bruciando, sprigiona gas riducenti e vapore.
- Per ottenere la massima purezza del rame, è necessario fare una raffinazione elettrolitica: il rame ottenuto viene dissolto in una vasca contenente una soluzione conduttrice e viene depositato selettivamente su un catodo: i metalli meno nobili presenti restano in soluzione, quelli più nobili precipitano. I catodi ottenuti sono costituiti da rame puro al 99,97%, in lastre di 96 x 95 x 1 cm, dal peso di circa 100 kg. Il rame elettrolitico così ottenuto non è ancora pronto per essere lavorato direttamente, deve essere rifuso per farne billette.

Impianto Affinazione



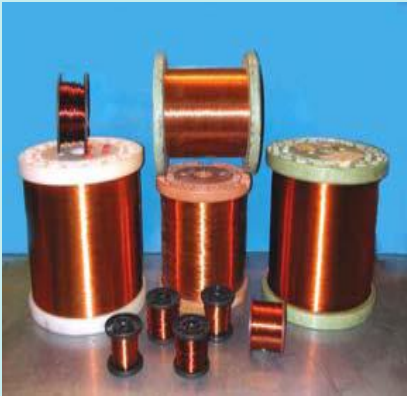
Impiego del rame

- Il rame, puro e ridotto in **fili**, trova la sua maggiore applicazione per la produzione e l'utilizzo **dell'energia elettrica** (ma non per il trasporto: i cavi sospesi degli elettrodotti a media ed alta tensione non sono di rame ma di alluminio, per via della maggiore resistenza meccanica offerta da questo metallo) e nella manifattura dei **circuiti stampati per elettronica**.
- In **architettura** il rame è impiegato per eseguire tetti e coperture, gronde, scossaline, pluviali ed altri elementi di lattoneria. Questo metallo è apprezzato per il suo colore, che cambia nel tempo se esposto agli agenti atmosferici: prima imbrunisce, fino a diventare marrone scuro, poi con l'ossidazione diventa gradualmente verde.
- I **tubi di rame** vengono usati per trasportare acqua potabile, gas combustibili, gas medicali, acqua per il riscaldamento e fluidi per **condizionamento e refrigerazione**; infatti il rame è impermeabile ai gas, è facilmente piegabile, resiste alla corrosione e non invecchia se esposto alla radiazione solare. Grazie alla sua eccellente conduttività termica è uno dei materiali che rende più efficiente lo scambio di calore: per questo lo si utilizza negli scambiatori di calore, nei pannelli solari e nei pannelli radianti a parete e a pavimento.

Impiego del rame

- Il rame è molto usato dagli **artigiani**, **dagli artisti** e dai designer per il suo colore e la sua facile lavorabilità che lo rendono adatto per molti usi ornamentali: si può facilmente ricavarne piastre, cornici, medaglie e oggetti da arredamento.
- Il rame è usato per coniare monete fin dall'antichità: già Servo Tullio (IV sec. A.C.) ordinò di coniare monete di rame, le "pecuniae". Al giorno d'oggi le monete da 10, 20 e 50 centesimi e da 1 e 2 euro sono in lega di rame, mentre quelle da 1, 2 e 5 centesimi sono semplicemente di acciaio ramato esternamente.
- Un'**automobile** può contenere, a seconda del modello, dai 15 ai 28 kg di rame, che si trovano soprattutto nei cavi e nelle apparecchiature elettriche.
- Il rame, insieme ad alluminio e zinco, viene utilizzato anche in applicazioni tecnologicamente avanzate, come per esempio nelle **leghe a memoria di forma**, che assumono due forme diverse a seconda se sono al di sopra o al di sotto di una certa temperatura.
- Un'altra applicazione particolare è nel campo della superconduzione; nei materiali superconduttori ad alta temperatura la **superconduzione** è spesso dovuta all'esistenza di piani atomici paralleli di rame e ossigeno.

Prodotti in rame



Prodotti in rame

Fili rame -Tubi e barre -Tegole

Moneta da 1 centesimo

Antiche monete



Leghe del rame

- Fin dai primi tempi i metallurghi fecero esperimenti cercando di combinare il rame con altri metalli. La scoperta più importante fu la lega derivata dalla combinazione di rame e stagno: il bronzo. È interessante il fatto che, al contrario di noi, gli antichi non fecero mai distinzioni fra il rame puro e le leghe derivate dalla sua combinazione con altri metalli.
- Il rame puro è molto tenero e per essere lavorato deve essere indurito; al contrario le leghe di rame sono dure e resistenti, hanno elevata resistenza elettrica e di conseguenza non possono essere utilizzate come materiale conduttore. Le più importanti leghe sono :
 - **Ottoni**, leghe di rame e zinco
 - **Bronzi**, leghe di rame e stagno
 - **Cuprallumini** , leghe di rame ed alluminio , noti anche come bronzo all' alluminio.
 - **Cupronichel** , una lega formata da rame e nichel.
 - **Alpacche** , formate da rame nichel e zinco , chiamate anche argentoni.

Leghe del rame

- Il rame viene anche utilizzato in lega con oro, argento e nichel, ed è un importante costituente di leghe come il metallo Monel, il metallo per proiettili, e l'argento tedesco.
- La prima lega metallica preparata dall'uomo è stata il bronzo formato da rame e stagno, che venne usato nella preistoria durante l'età del Bronzo. Durante questo periodo storico, cui diede perfino il nome, venne usato per fare attrezzi, armi, corazze e strumenti più resistenti e leggeri di quelle in pietra o in rame. Ai metalli componenti veniva aggiunto, perlopiù come impurità, anche arsenico, che contribuiva a rendere la lega ancora più dura.

➤ Confronto Leghe rame ed Acciaio

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 hanno durezza e resistenza inferiori a quelle di un acciaio. 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.

Bronzo

- I **bronzi** sono leghe metalliche costituite da **rame** e **stagno** miscelati in varie percentuali (Sn fino al 25-30%), pur potendo contenere anche altri costituenti. Il colore varia dal rosso rame (con Sn meno del 5%), al **giallo oro** (con Sn 5 - 10%), al **giallo chiaro** (Sn 10 - 25%) e infine al **bianco** (Sn più del 25%).
- Una caratteristica fondamentale dei bronzi è la loro maggior durezza e resistenza rispetto al rame. Le caratteristiche meccaniche variano notevolmente in funzione del tenore di Sn e di altri componenti.
- Il **bronzo** si ottiene per fusione e successivo raffreddamento dei metalli costituenti (Cu, Sn, Zn, Pb). Il bronzo è una lega molto fusibile.
- In commercio, si trova sotto forma di pani, barre, profilati, nastri, fili, semilavorati ottenuti da lavorazione plastica, rottami.
- **Nell'industria meccanica**, si usano bronzi con tenore di Sn dal 6 al 16%. Normalmente, i bronzi a basso tenore di stagno (sino a 6 - 8%) vengono classificati per un impiego in **lavorazioni plastiche** (piegatura, imbutitura, trafilatura).



Bronzo

- I **bronzi** con tenore di stagno dall'8% al 20% vengono impiegati per **lavorazioni di fusione** (in getti) e sono quelli più utilizzati nella costruzione di corpi per **valvole**, **rubinetti** e corpi per ruote dentate; un particolare tipo di bronzo con stagno dal 20% al 30% viene utilizzato per la costruzione di **campane**.
- Per le **monete e le medaglie** si usa un contenuto di stagno variabile tra il 3 e l'8 per cento: in questo intervallo la resistenza all'usura e alla corrosione si accompagnano ad una discreta coniabilità.
- Il bronzo è molto usato , fin dall'antichità , dagli **scultori** per le loro opere, perché molte leghe di bronzo hanno l'insolita e molto utile proprietà di espandersi lievemente poco prima di solidificare, riempiendo ogni minimo vuoto dello stampo che le contiene.
- Il bronzo è anche utilizzato per la produzione di alcuni strumenti musicali, come piatti per la batteria e orchestra e altri strumenti quali trombe e sax.



Bronzo comuni e speciali

- Sono dette bronzi comuni le leghe composte solo da Cu-Sn e bronzi speciali le leghe Cu-Sn con altri elementi in lega utilizzati per migliorare le caratteristiche meccaniche e tecnologiche. Le denominazioni commerciali dei bronzi allo stagno sono ad esempio: bronzo navale, per rubinetteria, per oggetti comuni, da ingranaggi, de ingranaggi duri, per cuscinetti a frizione, per campano, d'arte, per monete.
- Quando lo stagno è sostituito in parte da altri metalli (eccettuato lo zinco), si ottengono bronzi speciali, quali: bronzo allo stagno, al nichel, al berillio, al ferro, d'alluminio, al fosforo, ecc. Trai bronzi speciali, citiamo, ad esempio:
 - bronzo al cadmio, per conduttori elettrici;
 - bronzo al cobalto, mollo resistente alla corrosione;
 - bronzo alla grafite, autolubrificante per supporti;
 - bronzo al manganese, a più componenti, con contenuto in Mn fino al 30%, unitamente a Ni, Al, Fe, Si: trova impiego sottoforma di per resistori elettrici: bronzo al piombo, per cuscinetti sottoposti a forti sollecitazioni;
 - bronzo al silicio, resistente a forti sollecitazioni e alla corrosione;

Bronzo comuni e speciali

- Sono anche usate leghe di rame in cui lo stagno manca del tutto e che impropriamente sono chiamate bronzi speciali :
- **Cupralluminio** lega di rame ed alluminio (Al fino al 12%) ; è molto resistente alla corrosione ed alle sollecitazioni meccaniche ;quelli a basso tenore di alluminio (Al) sono usati nell'industria chimica quelli a più alto tenore di (Al)sono usati per motori a combustione interna (sedi di valvole, alberi di eliche, ingranaggi).
- **Alpacca** lega di rame + zinco + nichel (Zn fino al 20% e Ni fino al 30%) . Si usa per chiavi , rivetti , contatti elettrici.
- **Cupronichel** lega di rame e nichel (Ni fino al 30%) ; resistente alla corrosione marina e si usa per impianti di dissalazione , condensatori marini.

Ottoni

- Gli **ottoni** sono leghe metalliche costituite da **rame e zinco** (Zn fino a circa il 50%), ma possono contenere anche altri metalli.
- Il colore degli ottoni comuni varia da un **rosso rame** (*basso tenore di zinco*), a un **giallo oro caldo** (*medio tenore di zinco*) , a un **colore giallo oro freddo** (*alto tenore di zinco*). L'ottone contenente oltre il 67% di Cu si chiama spesso tombacco (ottone rosso) e similoro.
- A seconda della percentuale di zinco, fino a un massimo del 48%, si distinguono ottoni α (con tenore di zinco fino al 33%) e ottoni $\alpha\beta$ (con tenore di zinco da 33% a 48%).
- L'ottone possiede buone proprietà meccaniche e un'ottima resistenza alla corrosione ; Le caratteristiche meccaniche dell'ottone variano notevolmente a seconda della composizione . Gli ottoni possono subire il trattamento di ricottura . Gli ottoni sono in parte induribili e possono presentare un comportamento simile agli acciai.



Ottoni

- La lavorabilità alle macchine utensili delle leghe binarie rame-zinco è buona, ma la tenacità provoca la formazione di trucioli molto lunghi; allora si aggiunge del piombo che, si disperde ai bordi dei grani: così i trucioli diventano molto corti o addirittura polverosi e gli utensili subiscono un'usura e un riscaldamento minori, con conseguente miglioramento della qualità e della velocità della lavorazione. Gli ottoni al piombo sono denominati anche ottoni secchi. Alla lega possono essere aggiunti altri elementi per ottenere determinate proprietà:

L'ottone si ottiene per fusione e successivo raffreddamento dei costituenti (Cu, Zn, Pb fino al 3%). Il piombo viene aggiunto per migliorare la truciolabilità (ottone al piombo) nelle lavorazioni con macchine automatiche. In commercio, gli ottoni si trovano sotto forma di pani, getti, lastre, lamiere, nastri, bandelle, semilavorati ottenuti da laminazione plastica, tubi senza saldatura, fili, molle, rottami.



Ottoni comuni e speciali

- Oltre agli ottoni comuni si usano anche gli speciali ottenuti con aggiunta di altri elementi . I principali campi di utilizzo sono:
- **elettricità** (apparecchiature elettriche, interruttori, contatti, portalampada).
- **autotrasporti** (radiator, impianti elettrici).
- **settore marino** (scambiatori, piastre).
- **munizionamento** (bossoli).
- **idrosanitaria** (rubinetti, valvole, radiator, tubazioni).
- **industria chimica** (scambiatori).
- **industria meccanica** (bulloni, viti, ingranaggi, minuterie metalliche).
- **edilizia e arredamento** (cerniere, serramenti, elementi di mobili, maniglie).
- **monetazione e simili** (monete, targhe, medaglie, decorazioni).
- **strumenti musicali** (gli ottoni).

Ottoni comuni e speciali

- Gli **ottoni** contenenti al 10 al 20% di zinco, molto plastici, sono nominati similori, per via della colorazione simile a quella dell'oro. Vengono impiegati in bigiotteria.
- Gli ottoni che hanno percentuali maggiori di zinco, sopra il 25-30%, hanno caratteristiche meccaniche più elevate: vengono usati per parti di oggetti che necessitano resistenza. Quello al 28% viene usato per i bossoli dei cannoni e cartucceria, quello al 33%, ottimamente lavorabile, è raccomandato per i laminati destinati a pezzi imbutiti, molle e tubi.
- L'ottone **CuZn40 (ottone Muntz)** è utilizzato per i pezzi finiti a **caldo: barre di grande diametro, piastre tubiere, pezzi stampati.** Gli ottoni al piombo (**CuZn38Pb2, CuZn39Pb2 e CuZn40Pb2 i più usati**) sono impiegati per i pezzi lavorabili al tornio, come valvole e rubinetti.
- Il **CuZn19Sn** viene usato per la produzione di strumenti **musicali: che in gergo vengono anche chiamati gli ottoni Le monete da 10, 20 e 50 centesimi di euro sono in CuAl5Zn5Sn1** (lega nordic Gold), mentre la parte gialla delle monete da 1 e 2 euro è in **CuZn20Ni5**