

ALLUMINIO E SUE LEGHE

L'alluminio è il più abbondante costituente metallico delle rocce terrestri; si ritrova generalmente come silicato, sia solo sia mescolato con altri metalli come il sodio, il potassio, il ferro, il calcio e il magnesio, ma mai allo stato libero. Il processo di estrazione dai silicati è tuttavia complesso ed estremamente costoso, pertanto la bauxite, un ossido di alluminio (Al_2O_3), rappresenta la più importante fonte commerciale del metallo e dei suoi composti.

PROPRIETÀ CHIMICHE

L'alluminio è un metallo leggero e argenteo; fonde a 660 C, bolle a 2467 C. Dal punto di vista chimico è estremamente reattivo, possiede elevata elettropositività ed è quindi un forte agente riducente. A contatto con l'aria, si ricopre rapidamente di un velo di ossido trasparente e molto resistente, che protegge la superficie dall'effetto di agenti corrosivi e dalla formazione di ruggine.

USI GENERALI

L'alluminio è un metallo particolarmente leggero, di costo modesto, duttile e malleabile, e con buone caratteristiche di resistenza alla corrosione. Per questo motivo è utilizzato nell'industria meccanica, aeronautica, e automobilistica, per la fabbricazione di parti di aerei, di vagoni ferroviari e di veicoli a motore. Inoltre presenta notevole resistenza alla corrosione per effetto dell'acqua salata e trova quindi impiego anche nell'industria navale, per la produzione di scafi per le barche e altri mezzi acquatici. L'elevata conducibilità termica rende l'alluminio un materiale adatto alla fabbricazione di utensili da cucina, e ne permette l'impiego nei motori a combustione interna. Caratterizzato da buona conducibilità elettrica, esso viene spesso utilizzato in sostituzione del rame nella trasmissione di elevati voltaggi a lunghe distanze.

L'alluminio sta diventando sempre più importante anche dal punto di vista architettonico, sia per scopi industriali sia ornamentali. Fogli di alluminio spessi 0,018 cm, ormai diffusi in tutte le case, vengono utilizzati per conservare cibo e altre sostanze. Grazie alla leggerezza, alla facilità di plasmatura e alla compatibilità con cibi e bevande, l'alluminio viene largamente impiegato nella fabbricazione di contenitori, imballaggi e lattine. Importante è pure l'uso di alluminio sotto forma di leghe che presentano migliori caratteristiche meccaniche rispetto al metallo puro.

Le sue PROPRIETÀ sono:

- Leggerezza $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$
- Ottima fusibilità
- Malleabilità e duttilità a caldo e a freddo
- Ottima truciolabilità
- Buona resistenza alla corrosione
- Scarsa resistenza meccanica

PROPRIETÀ MECCANICHE			
	A%	HB	$R_m \text{ (N/mm}^2\text{)}$
<i>Ricotto</i>	30 ÷ 50	20 ÷ 30	60 ÷ 100
<i>Incrudito</i>	5 ÷ 20	30 ÷ 50	100 ÷ 180

Per la scarsa resistenza meccanica è poco usato allo stato puro. Viene usato in lega con altri elementi: rame, silicio, magnesio, zinco che ne migliorano le proprietà. Le leghe dell'alluminio, chiamate leghe leggere, sono suddivise in **leghe da fonderia** e **leghe da lavorazione plastica**.

La sempre maggiore importanza delle leghe leggere nelle costruzioni meccaniche è motivato dai seguenti fattori:

- leggerezza che deve possedere il particolare da costruire;
- facilità di lavorazione per fusione, deformazione plastica, asportazione di truciolo;
- possibilità di utilizzo sia come *materiali definiti*: getti in terra, in conchiglia, stampati a caldo e a freddo
materiali indefiniti: laminati, trafilati, estrusi
- possibilità di protezione superficiale.

A questi vantaggi si oppongono i seguenti svantaggi:

- resistenza meccanica, durezza, resilienza inferiori, in generale, alle leghe siderurgiche.

INFLUENZA DEGLI ELEMENTI PRESENTI NELLE LEGHE LEGGERE

ELEMENTO	Simbolo chimico	Effetti sull'ALLUMINIO
RAME	Cu	Aumenta in proporzione alla quantità la resistenza meccanica e la durezza. Migliora la lavorabilità alle macchine utensili. Diminuisce la resistenza alla corrosione.
MAGNESIO	Mg	Aumenta la resistenza meccanica e la durezza. Migliora la lavorabilità alle macchine utensili, la duttilità e la resistenza alla corrosione. Aumenta il ritiro dei getti.
SILICIO	Si	Aumenta la resistenza meccanica. Forte diminuzione della lavorabilità alle macchine utensili. Diminuisce di poco la resistenza alla corrosione.
MANGANESE	Mn	Aumenta la resistenza meccanica e la resilienza. Migliora la duttilità e la resistenza alla corrosione.
ZINCO	Zn	Aumenta la resistenza meccanica e la deformabilità. Forte diminuzione della resistenza alla corrosione. Aumenta la fragilità a caldo. Rende la lega autotemperante.
FERRO	Fe	Aumenta le proprietà meccaniche anche a caldo. Riduce la fragilità a caldo. Favorisce il distacco dallo stampo dei pezzi pressofusi.

La NUOVA DESIGNAZIONE delle leghe leggere prevede

Per le **leghe da fonderia** (UNI EN 178-2)

- il prefisso EN
- la lettera A che indica alluminio
- la lettera C che indica per getti
- il simbolo chimico dell'alluminio Al
- i simboli degli elementi in lega seguiti, ognuno, da numeri che esprimono il tenore, in percentuale in massa, riportati in ordine decrescente.

Esempi: **EN AC-Al Mg 7,5 Fe** **EN AC-Al Si 13** **EN AC- Al Cu 10 Ni Si Mg**

Per le **leghe da lavorazione plastica** (UNI EN 573-2)

- il prefisso EN
- la lettera A che indica alluminio
- la lettera W che indica prodotti semilavorati
- il simbolo chimico dell'alluminio Al
- i simboli degli elementi in lega seguiti, ognuno, da numeri che esprimono il tenore, in percentuale in massa, riportati in ordine decrescente.

Esempi: **EN AW-Al Zn 5 Mg 1,5** **EN AW-Al Cu 4 Si Mg** **EN AW- Al Mg 5**

LEGHE LEGGERE DA FONDERIA

Presentano elevata fusibilità e colabilità e un basso coefficiente di ritiro che le rendono particolarmente adatte alla produzione di getti.

Leghe alluminio-rame (Cu = 3 ÷ 12%)

Il rame aumenta la resistenza meccanica e la resistenza al calore

$$R_m = 200 \div 350 \text{ N/mm}^2 \qquad \text{HB} = 80 \div 120$$

Suoi nomi commerciali sono TERMAFOND, ALCUFOND; vengono usate per pistoni, ruote di autoveicoli.

Designazione

Vecchia (UNI 3039)
G-Al Cu 10

Nuova
EN AC-Al Cu 10

Leghe leggera da fonderia con 10% di rame (termafond) con buona resistenza al calore

Leghe alluminio-magnesio (Mg = 3 ÷ 10%)

Il rame aumenta la resistenza meccanica ma soprattutto la resistenza alla corrosione

$$R_m = 180 \div 250 \text{ N/mm}^2 \qquad \text{HB} = 60 \div 80$$

Suo nome commerciale: CORROFOND.

Designazione

Vecchia
G-Al Mg 7

Nuova
EN AC-Al Mg 7

Leghe leggera da fonderia con 7% di magnesio (corrofond) con buona resistenza alla corrosione

Leghe alluminio-silicio (Si = 4,5 ÷ 20%)

Il silicio aumenta la fluidità della lega allo stato liquido e la rende adatta alla produzione di getti di forma complessa e con piccoli spessori

$$R_m = 160 \div 200 \text{ N/mm}^2 \qquad \text{HB} = 50 \div 60$$

Suo nome commerciale: SILUMIN.

Designazione

Vecchia
G-Al Si 13

Nuova
EN AC-Al Si 13

Leghe leggera da fonderia con 13% di silicio (silumin) con elevata colabilità, adatta per getti di forma complessa

LEGHE LEGGERE DA LAVORAZIONE PLASTICA

Sono utilizzate per produzione di barre, tubi, profilati, fili, lamiere ottenuti mediante lavorazione per deformazione plastica: laminazione, trafilatura, estrusione, stampaggio.

Leghe alluminio-rame (Cu = 3 ÷ 5%)

Hanno una buona resistenza meccanica dopo bonifica

$$R_m = 400 \div 500 \text{ N/mm}^2 \qquad \text{HB} = 100 \div 140$$

Suoi nomi commerciali sono AVIONAL, DURALLUMINIO, RECIDAL; vengono usate nell'industria aeronautica e per motoveicoli leggeri.

Designazione

Vecchia (UNI 3565)
P-Al Cu 4 Mg Mn

Nuova
EN AW-Al Cu 4 Mg Mn

Leggera da lavorazione plastica con 4% di rame e presenze di magnesio e manganese (avional) con buona resistenza meccanica ($R_m = 400 \div 500 \text{ N/mm}^2$)

Leghe alluminio-zinco (Zn = 5 ÷ 8%)

Lo zinco aumenta molto la resistenza meccanica dopo bonifica; buona la resistenza alla corrosione.

$$R_m = 500 \div 700 \text{ N/mm}^2 \qquad \text{HB} = 150 \div 200$$

Suo nome commerciale è ERGAL

Designazione

Vecchia
P-Al Zn 7,8 Mg 2,5 Cu

Nuova
EN AW-Al Zn 7,8 Mg 2,5 Cu

Leggera da lavorazione plastica con 7,8% di zinco, 2,5% di magnesio e presenze di rame (ergal) con ottima resistenza meccanica ($R_m = 500 \div 700 \text{ N/mm}^2$)

Altre leghe da lavorazione plastica sono:

- ⇒ leghe Al Mn nome commerciale ALUMAN utilizzate per parti strutturali poco sollecitate
- ⇒ leghe Al Mg nome commerciale PERALUMAN utilizzate per parti strutturali poco sollecitate; sono resistenti alla corrosione in ambiente marino
- ⇒ leghe Al Si Mg nome commerciale ANTICORODAL utilizzate per parti strutturali quando contengono poco silicio, per pistoni fucinati o stampati a caldo quando contengono molto silicio
- ⇒ leghe Al Zn Mg Cu nome commerciale ERGAL impiegate nelle costruzioni avio-auto-moto

RAME E SUE LEGHE

Le fonti principali di rame sono la calcopirite (Cu Fe S_2 , solfato misto di rame e ferro) e la calcosina (Cu_2S solfato di rame).

PRODUZIONE DEL RAME

La bassa concentrazione di rame nei minerali da cui viene estratto impone diversi stadi di lavorazione. I minerali vengono frantumati e macinati prima di essere introdotti nella camera di flottazione, dove il rame si separa dal resto dei frammenti, che precipitano. La polvere arricchita di rame passa nel forno a riverbero dove buona parte delle impurità viene rimossa sotto forma di gas. Si ottiene una miscela di rame e ferro, detta metallina, sopra la quale galleggiano delle scorie che vengono eliminate, mentre il resto della fusione raggiunge un convertitore. Il rame fuso viene colato in stampi e ulteriormente purificato per elettrolisi prima di essere usato per produrre utensili o cavi elettrici.

USI

Il rame fonde a circa $1083\text{ }^\circ\text{C}$, bolle a circa $2595\text{ }^\circ\text{C}$. È caratterizzato da elevata conducibilità termica ed elettrica, buona resistenza alla corrosione, malleabilità, duttilità, ma anche bellezza, e trova quindi moltissime applicazioni. Allo stato puro viene utilizzato prevalentemente per condutture elettriche. Sottili fili conduttori estremamente resistenti sono impiegati sia come cavi esterni sia per gli impianti elettrici domestici, in lampade e dispositivi come generatori, relè, elettromagneti e strumenti per telecomunicazioni.

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 sue PROPRIETÀ sono:

- Massa volumica $\rho = 8800\text{ kg/m}^3$
- Scarsa fusibilità
- Malleabilità e duttilità a caldo e a freddo
- Buona saldabilità
- Buona resistenza alla corrosione
- Media resistenza meccanica

PROPRIETÀ MECCANICHE			
	A%	HB	R_m (N/mm ²)
<i>Ricotto</i>	30 ÷ 45	40 ÷ 60	200 ÷ 250
<i>Incrudito</i>	5 ÷ 20	60 ÷ 90	300 ÷ 450

Viene usato in lega con altri elementi: zinco, stagno, alluminio che ne migliorano le proprietà. Fra le leghe più usate nell'industria meccanica si distinguono gli ottoni, i bronzi, i cuprallumini.

La DESIGNAZIONE delle leghe del rame prevede:

- la lettera **P** per le leghe da lavorazione plastica, la lettera **G** per le leghe da fonderia
- il simbolo del rame **Cu**
- i simboli degli elementi in lega seguiti, ognuno, da numeri arrotondati all'unità che esprimono il tenore in percentuale.

Es.: **P-Cu Al8 Fe3**

G-Cu Zn36 Si1 Pb1

OTTONI

Sono leghe del rame contenente zinco in quantità variabile dal 4 al 40%. L'aggiunta di zinco:

- abbassa il punto di fusione, la massa volumica, il modulo di elasticità;
- aumenta la durezza e la resistenza meccanica.

In generale sono malleabili, fusibili, con buona resistenza alla corrosione e discrete proprietà meccaniche.

Allo stato *ricotto*: $R_m = 350 \div 400\text{ N/mm}^2$ HB = 80 ÷ 100
Allo stato *incrudito*: $R_m = 400 \div 600\text{ N/mm}^2$ HB = 100 ÷ 180

C L A S S I F I C A Z I O N E O T T O N I		
OTTONI DA LAVORAZIONE PLASTICA	Sono malleabili a freddo e a caldo. Sono usati per pezzi fucinati, lamiere, barre, bulloneria, tubi per scambiatori di calore.	P-Cu Zn37 P-Cu Zn40
OTTONI DA FONDERIA	Sono usati per la produzione di articoli idraulici, maniglie, ecc.	G-Cu Zn40 G-Cu Zn36
OTTONI SPECIALI	Al piombo	Sono più lavorabili alle macchine utensili, particolarmente malleabili. Sono usati per bulloneria, morsetti, boccole, ecc.
	Ad alta resistenza	Hanno elevata resistenza meccanica $R_m = 600 \div 700 \text{ N/mm}^2$ e buona resistenza alla corrosione. Sono utilizzati per costruzioni navali.
		P-Cu Zn40 Pb2 P-Cu Zn36 Pb3 G-Cu Zn38 Pb2 P-Cu Zn28 Sn1 P-Cu Zn32 Mn3 Al2 Fe Ni

BRONZI

Sono leghe del rame contenente stagno in quantità variabile dal 2 al 12% con eventuale presenza di altri elementi (bronzi speciali). Le proprietà della lega dipendono dalla percentuale di stagno: aumentando la percentuale di stagno aumentano la durezza, la resistenza meccanica e la fusibilità, mentre diminuiscono l'allungamento e la malleabilità a freddo.

In generale presentano discrete proprietà meccaniche, più basse rispetto agli ottoni.

$$\begin{array}{ll} \text{Allo stato } \textit{ricotto}: & R_m = 200 \div 300 \text{ N/mm}^2 \quad \text{HB} = 60 \div 80 \\ \text{Allo stato } \textit{incrudito}: & R_m = 300 \div 500 \text{ N/mm}^2 \quad \text{HB} = 80 \div 140 \end{array}$$

C L A S S I F I C A Z I O N E B R O N Z I		
BRONZI DA LAVORAZIONE PLASTICA	Contengono stagno in percentuale dal 2 al 8%. Sono malleabili a freddo. Sono usati per lamiere, medaglie, fili, molle.	P-Cu Sn7
BRONZI DA FONDERIA	Contengono stagno in percentuale dal 10 al 12%. Sono usati per la produzione di getti navali, giranti di pompe, valvole, cuscinetti, ruote dentate.	G-Cu Sn12 G-Cu Sn10 Zn2
BRONZI SPECIALI	Al piombo	Il piombo migliora le proprietà antifrizione (resistenza ad usura). Sono usati per supporti, boccole.
	Allo zinco	Lo zinco aumenta la durezza e la fusibilità della lega rendendola adatta alla produzione di getti di forma complessa. Sono utilizzati per valvole, pompe.
		G-Cu Sn8 Pb15 G-Cu Sn5 Pb20 G-Cu Sn10 Zn2

CUPRALLUMINI

Sono leghe del rame contenente alluminio in quantità variabile dal 4 al 14% con eventuale presenza di altri elementi. Presenta buone proprietà meccaniche anche a caldo ($R_m = 400 \div 800 \text{ N/mm}^2$, $\text{HB} = 110 \div 320$, resistenza ad usura), ottima resistenza alla corrosione, buona saldabilità. È fusibile, ma si può fucinare. Si usano per bulloneria, valvole, ruote dentate, eliche navali.

Es.: **P-Cu Al8** **G-Cu Al9 Fe3**

Notizie e proprietà più dettagliate si trovano nei manuali specialistici.