

Alluminio e sue leghe

Alluminio è il terzo metallo più abbondante sulla crosta terrestre, ma l'estrazione del metallo richiede una notevole quantità di energia.

- elemento di numero atomico 13, con struttura a temperatura ambiente c.f.c.
- Densità $2,70 \text{ g/cm}^3$ (un terzo di quella dell'acciaio)
- Punto di fusione 660°C
- Ottima conducibilità termica
- Elevata duttilità e malleabilità
- Buona resistenza alla corrosione
- Elevata riflettività
- Al puro basse proprietà meccaniche
- Leghe di Al presentano un alto rapporto proprietà meccaniche/peso
- Si può riciclare
- Ottima saldabilità

L'alluminio primario viene prodotto mediante elettrolisi di bagni fusi costituiti da una miscela di allumina (20%) e di criolite (Na_3AlF_6), dove si ottiene la riduzione ad alluminio dell'allumina (Al_2O_3). L'allumina si ottiene per purificazione del materiale di partenza: la bauxite ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).



- 1. Frantumazione** - La bauxite viene ridotta in polvere;
- 2. Bollitura** - In un bollitore, in presenza di soda caustica, si scioglie la polvere di bauxite;
- 3. Filtraggio** - La soluzione bollita viene filtrata e calcinata ad alta temperatura per ottenere l'allumina;
- 4. Essiccazione** - In una fornace vengono fatte evaporare le parti liquide contenute nell'allumina;
- 5. Fusione** - Mediante un processo di **elettrolisi** (simile a quella del rame) l'allumina si scompone e fonde, generando l'alluminio;
- 6. Colata** - L'alluminio pastoso viene colato in appositi stampi per ottenere pani e lingotti,
- 7. Strippaggio** - I lingotti solidificati vengono trasformati in semilavorati (nastri, profilati, ...).



Leghe di alluminio

Per quanto riguarda le leghe metalliche formate dall'Alluminio, le peculiarità in comune per tutte sono:

- Bassa temperatura di fusione compresa tra i 510 ed i 650°C
- Basso peso specifico, compreso tra 2,66 e 2,85 gr/cm³
- Elevatissima conducibilità elettrica e termica
- Contenuto di Alluminio maggiore del 95%



Leghe di alluminio

- Silicio: migliora la colabilità e riduce il coefficiente di dilatazione;
- Magnesio: aumenta la resistenza alla corrosione in ambiente alcalino e in mare;
- Manganese: aumenta la resistenza meccanica e alla corrosione;
- Rame: accresce la resistenza meccanica, soprattutto a caldo;
- Zinco: soprattutto se associato al magnesio, conferisce un'elevata resistenza meccanica.

Secondo lo standard ASTM, le leghe di alluminio sono designate con due metodi differenti, uno impiegato per le quelle da utilizzare per lavorazione plastica (per la produzione di laminati, estrusi e forgiati), l'altro per quelle da fonderia (per la fabbricazione di getti) .

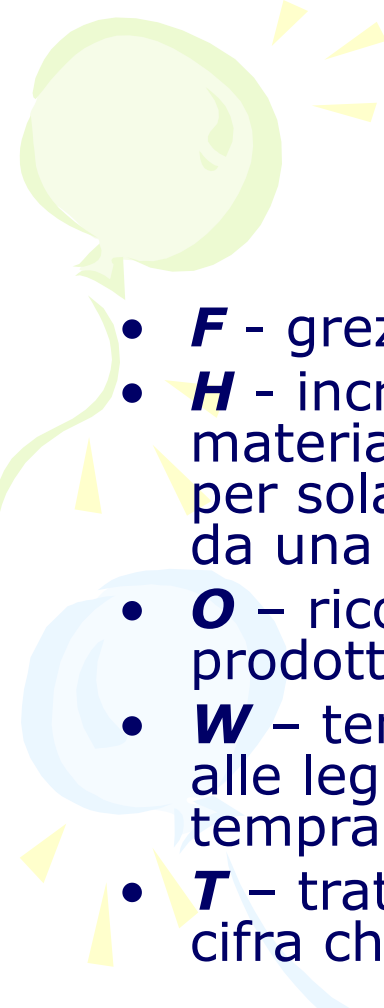
Sistema di designazione (CEN)

		Major alloying element	
WROUGHT ALLOYS*) EN AW-	1XXX	None (min. 99.00% Al)	Non-heat treatable alloys
	3XXX	Mn	
	4XXX	Si	
	5XXX	Mg	
	2XXX	Cu	Heat treatable alloys
	6XXX	Mg + Si	
	7XXX	Zn	
	8XXX	Other	

CASTING ALLOYS*) EN AB- EN AC- EN AM-	1XXX0	None (min. 99.00% Al)
	2XXX0	Cu
	4XXX0	Si
	5XXX0	Mg
	7XXX0	Zn
	8XXX0	Sn
	9XXX0	Master Alloys

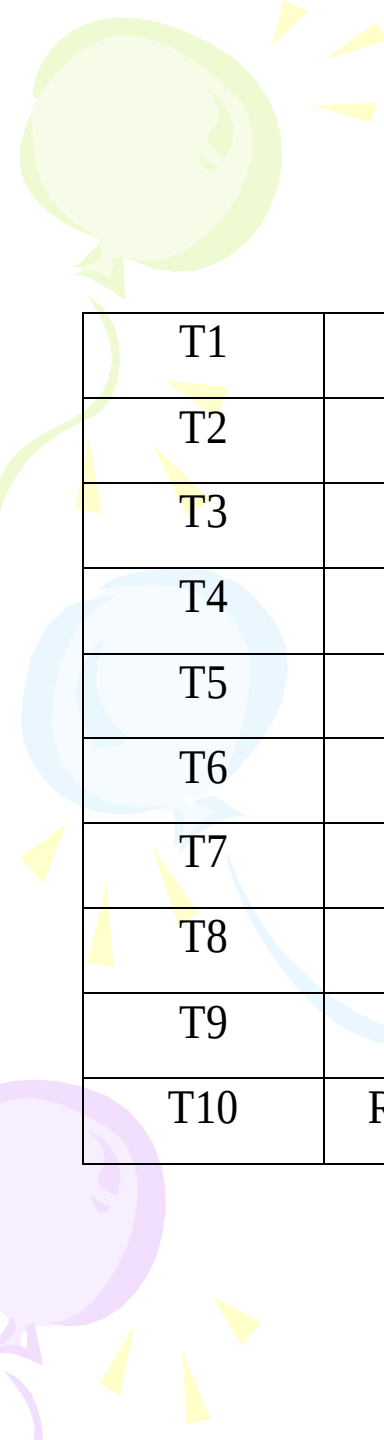
*) letters preceding the alloy numbers have the following meaning

EN = European Standard
A = Aluminium
B = Ingot
C = Cast Alloy
M = Master Alloy
W = Wrought Alloy

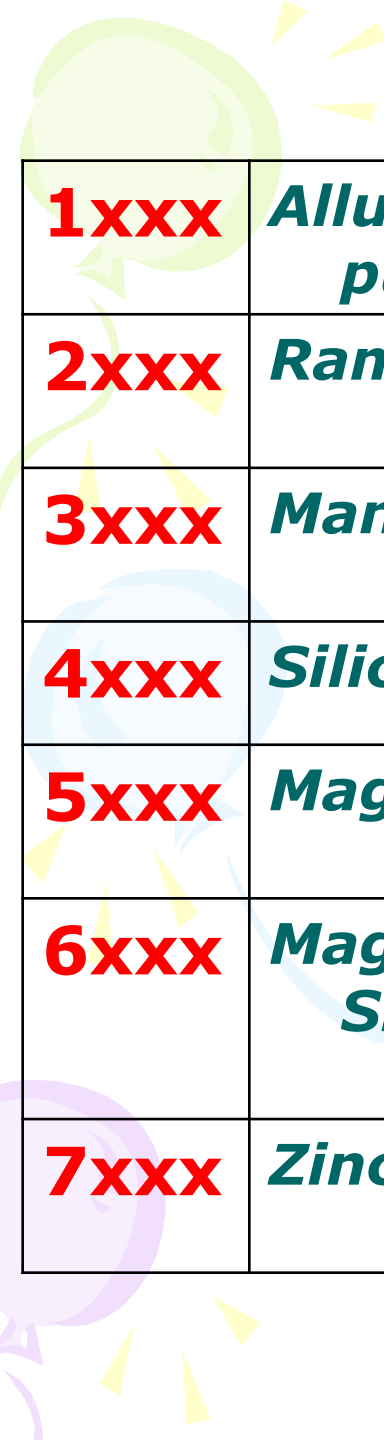
- 
- **F** - grezzo di colata.
 - **H** - incrudito per deformazione a freddo. Definisce i materiali le cui proprietà meccaniche sono state aumentate per sola deformazione plastica a freddo. H è sempre seguito da una o più cifre
 - **O** – ricotto, cristallizzato (definisce la qualità più dolce dei prodotti semilavorati)
 - **W** – temprato e invecchiato naturalmente. Si applica solo alle leghe che invecchiano a temperatura ambiente dopo tempra di solubilizzazione.
 - **T** – trattato termicamente. La lettera T è seguita da una cifra che va dall'1 al 10.



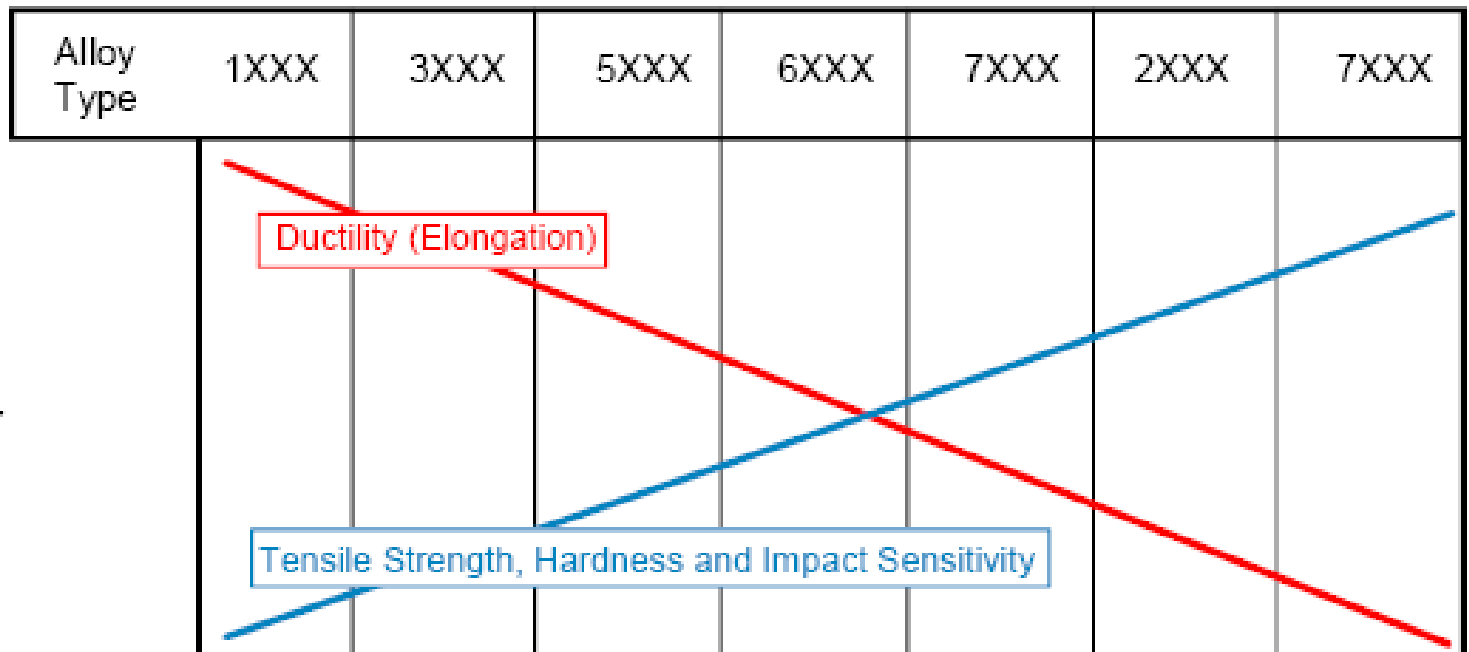
Ad esempio una lega 2024-T3 identifica una lega solubilizzata a caldo, lavorata a freddo ed invecchiata naturalmente, e così via.



T1	Raffreddamento da fuso ed invecchiamento naturale
T2	Raffreddamento da fuso e ricottura
T3	Solubilizzazione, lavorazione a freddo ed invecchiamento naturale
T4	Solubilizzazione ed invecchiamento naturale
T5	Raffreddamento veloce da fuso ed invecchiamento artificiale
T6	Solubilizzazione ed invecchiamento artificiale
T7	Solubilizzazione, invecchiamento artificiale e stabilizzazione
T8	Solubilizzazione, lavorazione a freddo ed invecchiamento artificiale
T9	Solubilizzazione, invecchiamento artificiale e lavorazione a freddo
T10	Raffreddamento veloce ad alta T, invecchiamento artificiale e lavorazione a freddo



1xxx	Alluminio puro	Resistenza alla corrosione, basse proprietà meccaniche
2xxx	Rame	Alta resistenza e lavorabilità, sensibile alla corrosione.
3xxx	Manganese	Resistenza alla corrosione, buona lavorabilità, medie resistenze
4xxx	Silicio	Non usate come prodotti estrusi
5xxx	Magnesio	Ottima resistenza alla corrosione, saldabile, medie resistenze
6xxx	Magnesio e Silicio	Le più comuni, ottime combinazioni di proprietà
7xxx	Zinco	Alta durezza e lavorabilità, scarsa resistenza alla corrosione



CHEMICAL CODE

Al

Al Mn

Al Mg

Al Mg Si

Al Zn Mg

Al Cu
Mg Si

Al Zn
Mg Cu

STRENGTH

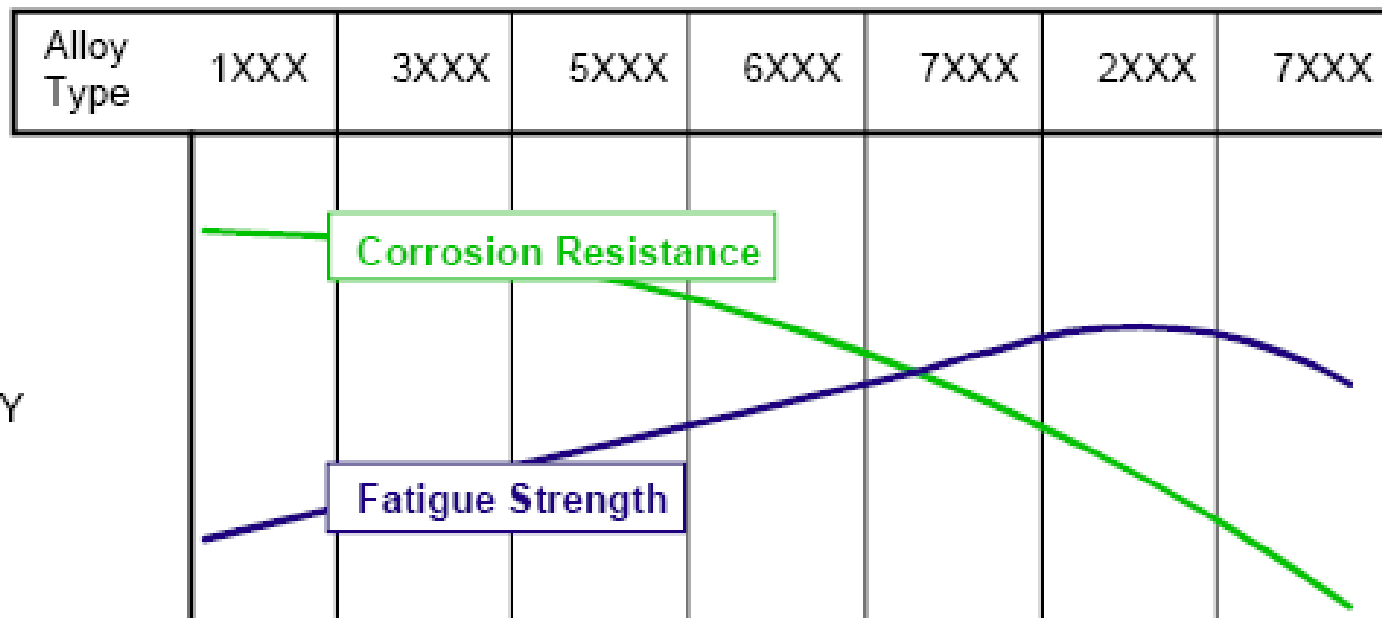
Soft

Low

Medium

Medium High

High



CHEMICAL CODE

Al

Al Mn

Al Mg

Al Mg Si

Al Zn Mg

Al Cu
Mg Si

Al Zn
Mg Cu

STRENGTH

Soft

Low

Medium

Medium High

High



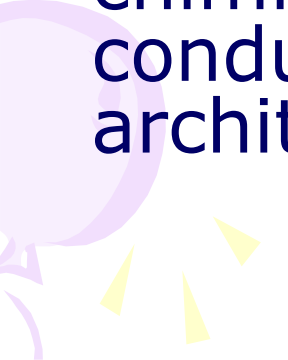
Serie 1000

(Alluminio industrialmente puro - almeno 99%)

- eccellente resistenza alla corrosione
- conducibilità termica ed elettrica elevate
- buona lavorabilità
- caratteristiche meccaniche piuttosto basse.

Le caratteristiche meccaniche possono essere aumentate mediante incrudimento.

Le principali applicazioni comprendono impianti chimici, corpi riflettenti, scambiatori di calore, conduttori e condensatori elettrici, applicazioni architettoniche e decorative.



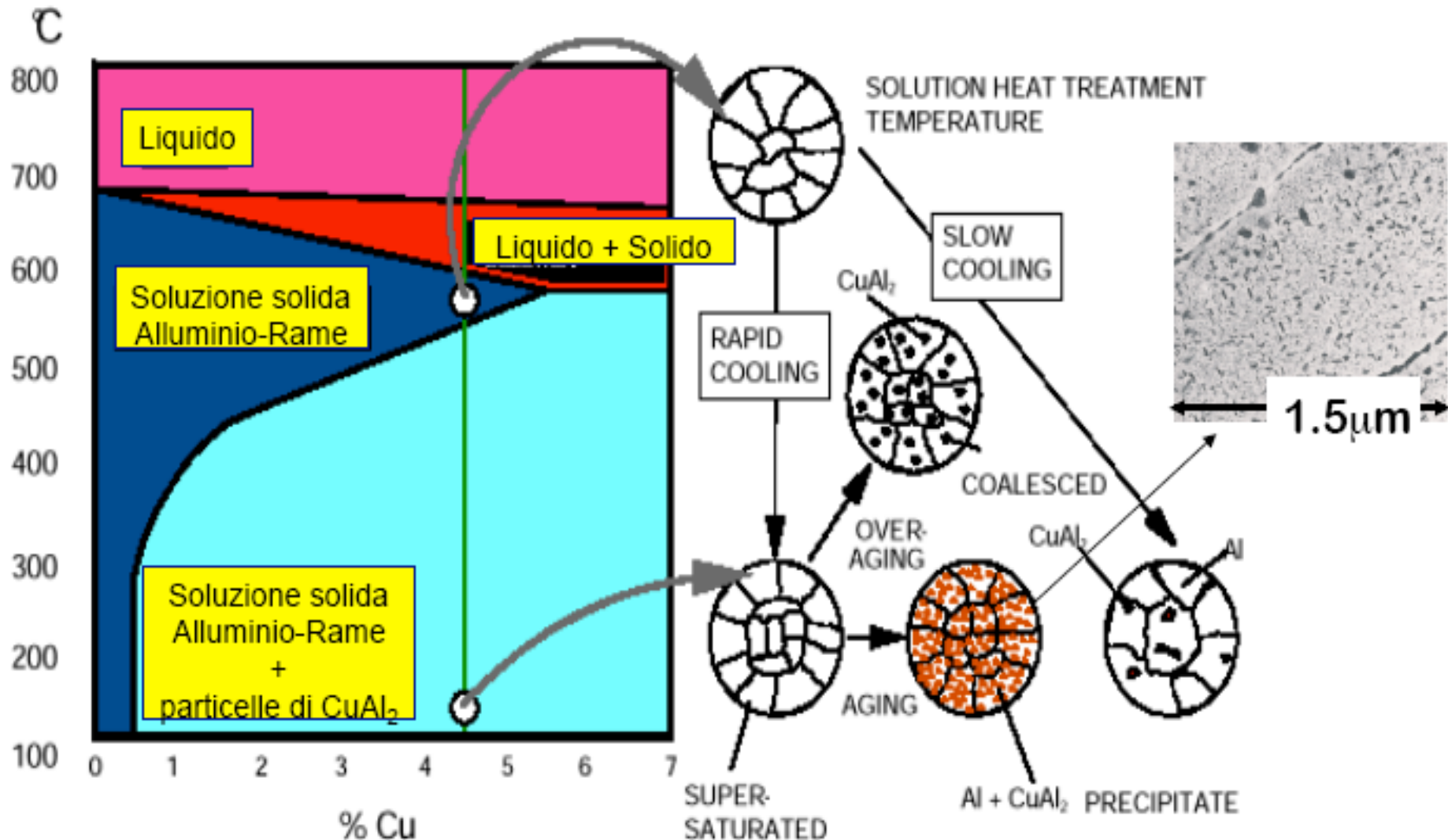
Serie 2000

Il principale elemento di lega è il Rame

- Leghe da trattamento termico (trattamento di solubilizzazione, tempra ed invecchiamento).
- Dopo trattamento termico presentano caratteristiche meccaniche confrontabili con quelle degli acciai al carbonio.
- Resistenza alla corrosione meno elevata di quella di altre leghe di Alluminio;
- Utilizzate per parti e strutture che richiedono elevati rapporti resistenza/peso (ruote di velivoli e mezzi di trasporto terrestre, strutture aeronautiche, sospensioni automobilistiche) per temperature di impiego fino a circa 150 °C.
- Eccellente lavorabilità alle macchine utensili e (tranne la lega 2219) da limitata saldabilità per fusione.
- Caratteristiche meccaniche medio alte.

Serie 2000

- Il sistema Alluminio - Rame possiede un eutettico Al-AlCu₂ alla temperatura di 548 °C e alla composizione 33% di Cu in peso.
- L'indurimento di queste leghe avviene per precipitazione.



Serie 3000

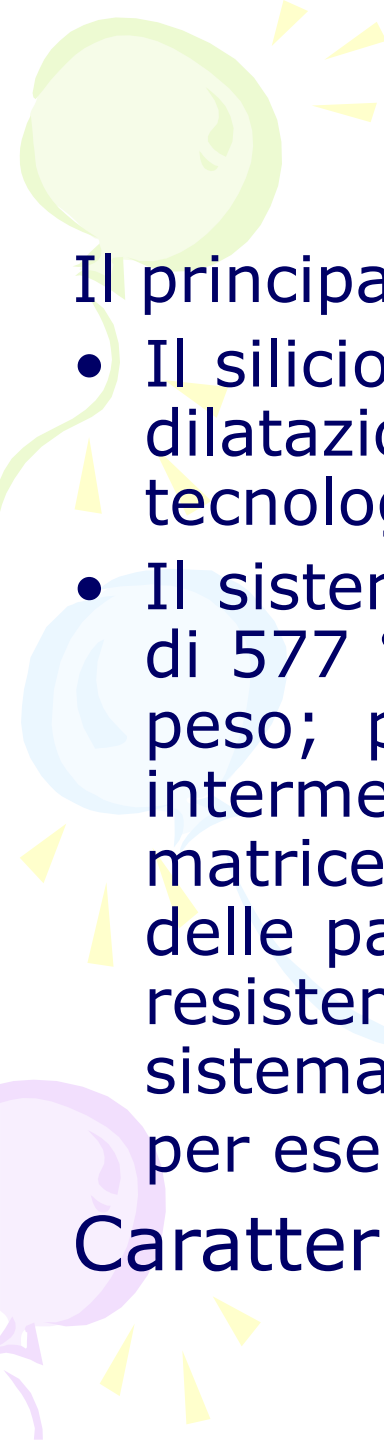
Il principale elemento in lega è **il Manganese**

- Il Manganese aumenta la resistenza meccanica delle leghe lavorate e riduce la sensibilità alla corrosione intergranulare ed alla stress-corrosione.
- L'eventuale presenza di composti intermetallici causa una diminuzione di duttilità.
- Le leghe Al-Mn formano un eutettico alla temperatura di 658 °C e per una composizione del 2% in manganese; la fase intermetallica che si separa è $MnAl_6$. Questo sistema si trova raramente in equilibrio e il Manganese, che ha una solubilità molto ridotta nell'Alluminio, non è portato in soluzione solida nella percentuale prevista dal diagramma di stato, e così $MnAl_6$ appare come microcostituente anche per percentuali molto basse di manganese; infatti è usato in percentuali di poco superiori all'1% in peso nelle leghe non trattabili termicamente e in quantità maggiori nelle leghe trattabili al calore.

Usate per la resistenza alla corrosione

Adatte per uso alimentare

Caratteristiche meccaniche basse

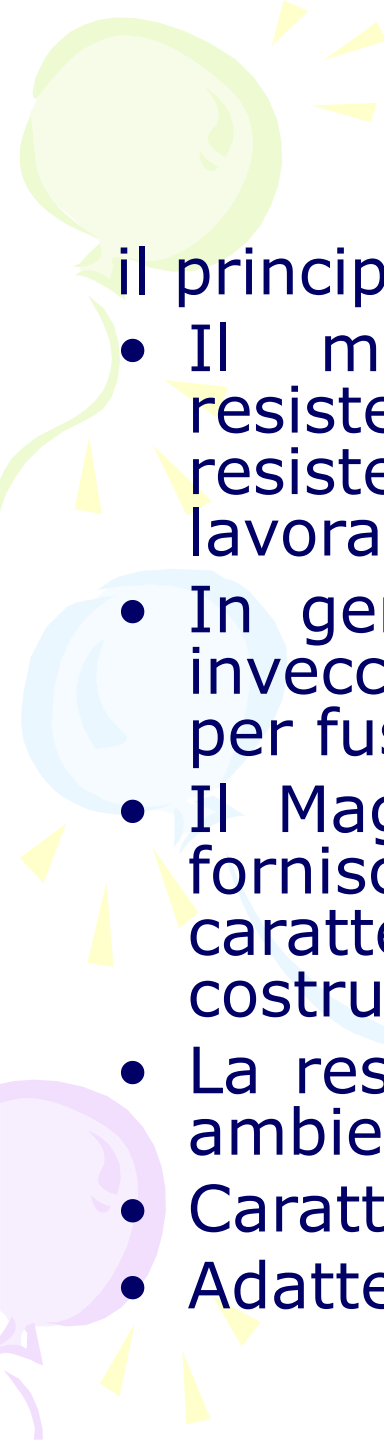


Serie 4000

Il principale elemento di lega è il **Silicio**

- Il silicio aumenta la fluidità e riduce il coefficiente di dilatazione termica (proprietà molto utile nella tecnologia dei getti e nelle saldature)
- Il sistema Al-Si forma un eutettico alla temperatura di 577 °C ad una percentuale di silicio dell'11.7% in peso; poiché questo sistema non forma composti intermetallici, il Silicio precipita direttamente dalla matrice della soluzione solida primaria. La durezza delle particelle di Silicio conferisce infine una buona resistenza all'usura. Nell'uso commerciale a questo sistema vengono aggiunti altri elementi in lega quali per esempio il Rame e il Magnesio

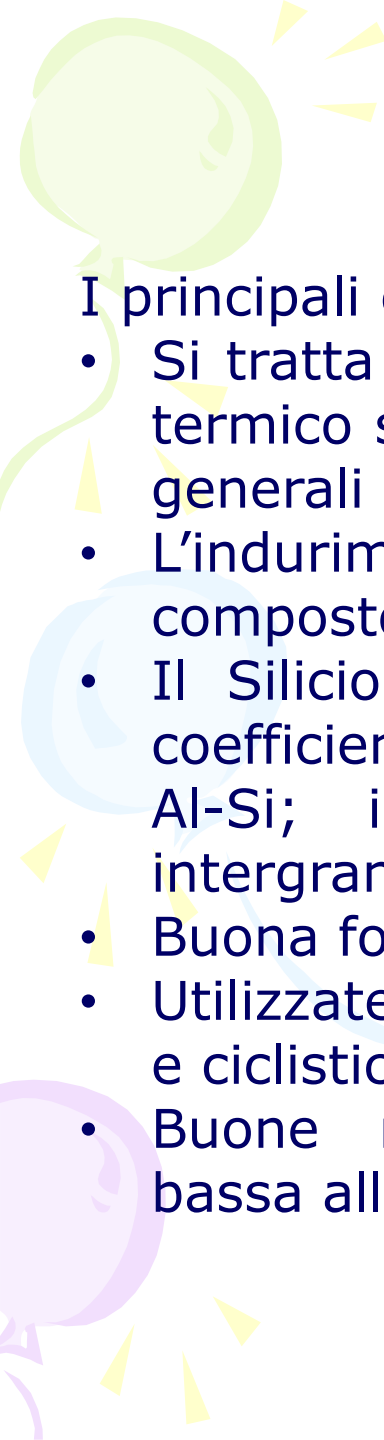
Caratteristiche meccaniche medio alte.



Serie 5000

il principale elemento di lega è il Magnesio.

- Il magnesio conferisce doti particolari di resistenza alla corrosione, oltre a buona resistenza a caldo ed ottime doti di duttilità e lavorabilità.
- In genere non richiede trattamento termico di invecchiamento e presentano buona saldabilità per fusione.
- Il Magnesio, oltre alla resistenza a corrosione, fornisce anche una buona saldabilità: queste caratteristiche vengono sfruttate nella costruzione delle carrozzerie in Alluminio.
- La resistenza alla corrosione è elevata, anche in ambiente marino.
- Caratteristiche meccaniche medie.
- Adatte all'uso alimentare.



Serie 6000

I principali elementi di lega sono ***Silicio e Magnesio***.

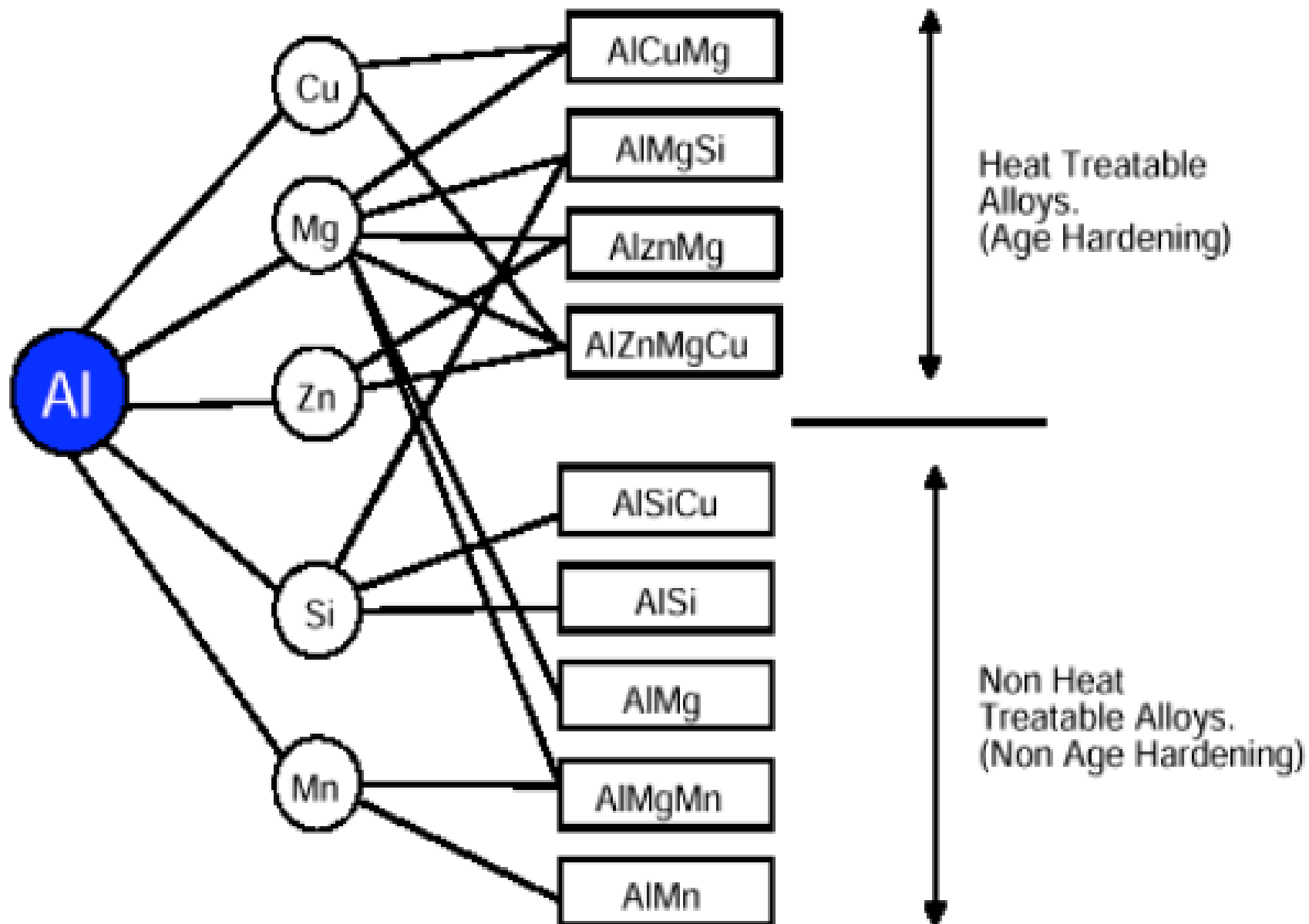
- Si tratta di leghe da trattamento termico; dopo trattamento termico sviluppano caratteristiche meccaniche intermedie, in generali inferiori a quelle delle leghe della serie 2000.
- L'indurimento avviene soprattutto per precipitazione del composto Mg_2Si .
- Il Silicio, infine, aumenta la fluidità del fuso e riduce il coefficiente di dilatazione, come già detto anche per le leghe Al-Si; inoltre aumenta la resistenza alla corrosione intergranulare tipica di questa lega.
- Buona formabilità, lavorabilità, truciolabilità e saldabilità.
- Utilizzate per applicazioni architettoniche, telai motociclistici e ciclistici, strutture saldate in genere, infissi.
- Buone resistenze meccaniche, sensibilità relativamente bassa alla tempra, buona resistenza alla corrosione.

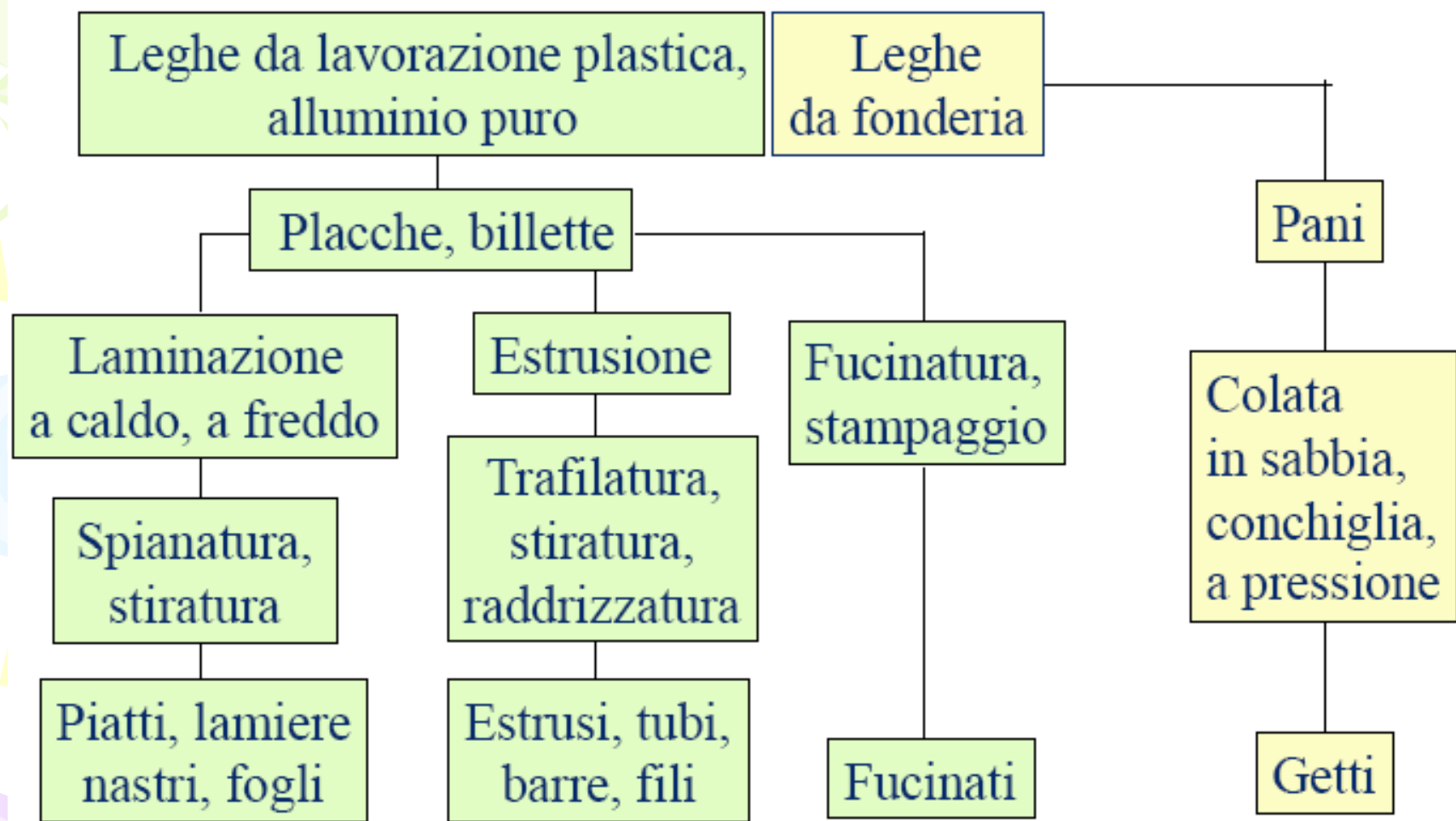
Serie 7000

Il principale elemento di lega è lo Zinco

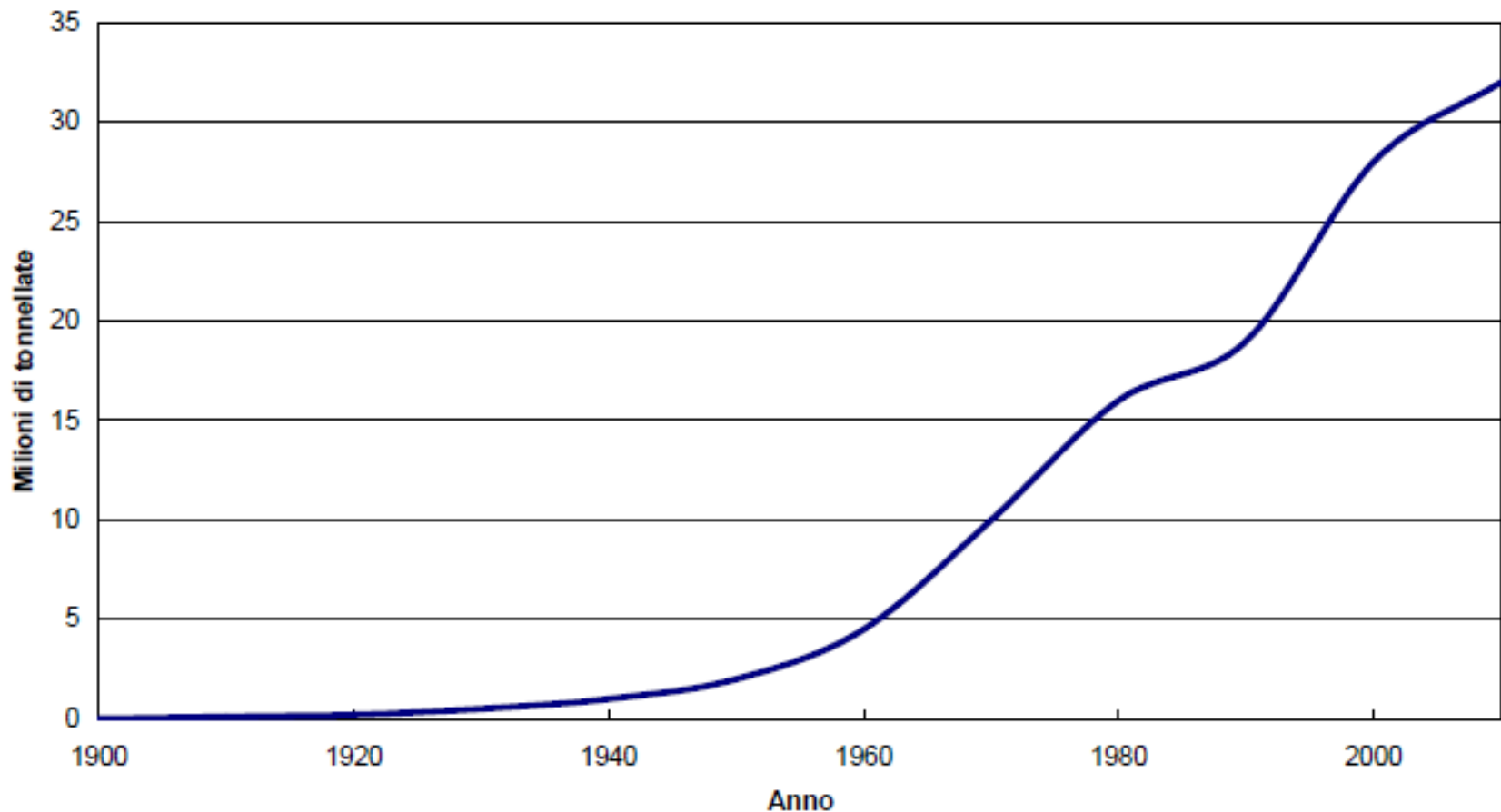
Alle leghe binarie Al-Zn vengono preferite leghe Al-Zn-Mg.

- Si tratta di leghe da trattamento termico.
- Queste leghe sviluppano le caratteristiche meccaniche più elevate tra le leghe d'Alluminio;
- Lo Zinco aumenta la resistenza e la durezza.
- Le leghe Al-Zn-Mg, trattate termicamente, hanno la più elevata resistenza a trazione di tutte le leghe di alluminio.
Precipitazione di $MgZn_2$.
- Le leghe con le caratteristiche meccaniche più elevate possono presentare sensibilità a tensocorrosione; per questo motivo sono stati sviluppati trattamenti "stabilizzanti" specifici.
- Presentano buona lavorabilità alle macchine utensili e, nella maggior parte dei casi, scarsa saldabilità per fusione.
- Vengono utilizzate per strutture aeronautiche e di mezzi di trasporto, ed in generale per parti molto sollecitate.





Produzione mondiale di alluminio



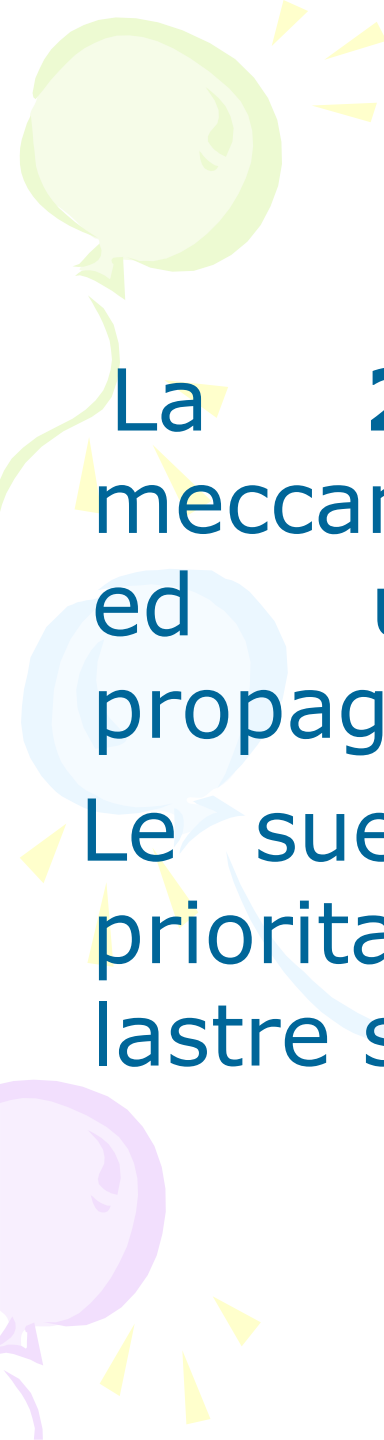


Utilizzo Leghe di Al

AA 1050; AA 1070; AA 1080

Il metallo **1050** , avente titolo superiore a 99,50% è quello più usato. Esso rappresenta un buon compromesso tra i valori di resistenza meccanica, l'idoneità alla deformazione plastica e la proprietà dell'aspetto.

I campi dell'applicazione sono molteplici: imballaggio, edilizia, alette e tubi per scambiatori di calore, conduttori elettrici, etc.



Utilizzo Leghe di Al

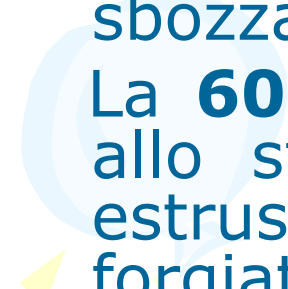
La **2024** presenta caratteristiche meccaniche superiori, una buona tenacità ed una buona resistenza alla propagazione delle cricche.

Le sue applicazioni sono da ricercarsi prioritariamente in campo aeronautico: lastre sottili e medie e prodotti estrusi.



Utilizzo Leghe di Al

La **6082** allo stato fisico T6 è molto utilizzata nei veicoli industriali, nelle costruzioni ferroviarie e navali, nelle applicazioni meccaniche in genere e per sbozzati da forgiatura.



La **6061** è una lega a media resistenza meccanica allo stato fisico T6. È disponibile sotto forma di estrusi (barre, profili, tubi), trafilati, laminati e forgiati. È utilizzata per strutture a media resistenza con buone caratteristiche di anticorrosione. Le sue applicazioni sono da ricercarsi nel campo dei trasporti industriali e ferroviari, degli oleo-gasdotti, dei tubi per mobili ed in altri impieghi meccanici.



Utilizzo Leghe di Al

Legha 7075 : Le proprietà meccaniche dipendono molto dal trattamento termico.

- **7075-O**

La lega 7075 (7075-O temper) ha massimo carico di rottura di 276 MPa, e massimo carico snervamento di 145 MPa. Il materiale ha una elongazione massima del 9–10%.

- **7075-T6**

- *La lega 7075-T6 ha un carico di rottura massimo di 510–572 MPa e di snervamento di 434–503 MPa. Allungamento del 5–11%.
(solubilizzato, temprato ed invecchiato artificialmente)*

- **7075-T651**

- *La lega 7075-T651 ha un carico di rottura massimo di 462–538 MPa e di snervamento di 372–462 MPa. Allungamento 3–9%.
(solubilizzato, temprato, detensionato per stiramento e quindi invecchiato artificialmente alla massima resistenza meccanica).*

- **Nomi commerciali**

Il 7075 è venduto sotto vari nomi commerciali Zicral, Ergal e Fortal Constructal. Alcune leghe serie 7000 sono vendute per stampi con nomi commerciali: Alumecc 79, Alumecc 89, Contal, Certal, Alumould, Hokotol.

7075 principalmente utilizzata in campo aeronautico