

LEGHE DEL MAGNESIO

Il magnesio e' il piu' leggero dei metalli di interesse industriale; **il peso specifico di $1,74 \text{ g/cm}^3$** e' circa i 2/3 di quello dell' alluminio, questa sua proprieta' ha dettato le sue applicazioni e quelle delle sue leghe particolarmente nell' industria automobilistica ed aeronautica, in quanto capace di fornire, a parita' di caratteristiche meccaniche con le leghe di alluminio, **riduzioni di peso del 30%**. Questa caratteristica e' particolarmente importante quando vi sono componenti che ruotano ad alta velocita' e quindi l'esigenza di ridurre al minimo l'inerzia.

Inoltre il Mg e' unico tra i metalli per la sua capacita' di assorbire energia **anelasticamente** quindi ha ottime doti di smorzamento e resistenza agli shocks, quindi si costruiscono sempre piu' "corpi" di macchine fotografiche, computers (portatili), air bags etc.

In aeronautica esistono pannelli di ali in Mg che presentano un peso ridotto del 18% rispetto le leghe di Al ed hanno già volato per centinaia di ore senza problemi.



Si deve comunque ricordare che per il magnesio

$$E = 45 \text{ GPa}$$

$$T_f = 651 \text{ C}$$

Il magnesio e' molto abbondante sulla crosta terrestre (2,7%) i minerali piu' abbondanti sono:

$\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ dolomite MgCO_3 giobertite $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ carnallite

In realta' la sorgente principale di magnesio e' l'acqua di mare (0.13 Kg/m^3).

Problemi termici e infiammabilita' polveri

Il magnesio cristallizza nel sistema esagonale ($c/a=1,624$), ha quindi tre soli piani di scorrimento contro i 12 dell'alluminio (CFC) ed e' perciò meno plastico e deformabile solo a caldo a circa 50 dalla sua T_f .

La sua resistenza a trazione e' circa 150 MPa se forgiato passa a circa 250 MPa con deformazioni del 10%

Il suo raggio atomico e' 0,32 nm sono quindi facili le soluzioni solide.

Al, Zn, Ce, Y, Ag, Th, Zr sono quelli piu' solubili mentre il Cd da' una s.s. totale (come Cu-Ni)

Molte leghe del magnesio sono invecchiabili ma i precipitati non sono efficaci come quelli che si ottengono con le leghe del Al. Nel 1937 si scoprì che lo Zr manteneva piccole le dimensioni dei grani di Mg (NB. lo Zr e' esagonale ed ha parametri di cella molto simili a quelli del Mg). Le particelle di Zr agiscono come siti di nucleazione eterogenea per i grani di Mg.

Il sistema piu' vecchio, ma ancora piu' usato per getti e' il: Mg - Al - Zn

Quello per forgiatura: Mg - 1,5 Mn

Una discussione sul comportamento delle leghe di Magnesio deve prendere in considerazione il comportamento a corrosione. La pellicola di ossido, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, che si forma, **offre una debole protezione**. I problemi inoltre si presentano in seguito **all'accoppiamento galvanico** che richiede la protezione quando si è contatto con altri metalli.

Mentre le leghe del magnesio esibiscono generalmente la buona resistenza della corrosione durante l'esposizione atmosferica, la loro predisposizione a corrosione in ambienti contenenti **cloruri** è stata una limitazione all'applicazione su larga scala di queste leghe.

Il Ferro e' l'elemento piu' deleterio per la corrosione, perché viene introdotto dalle lingottiere d'acciaio. Si pensi che l'aumento da 0.01 a 0.025% in peso di Fe fa aumentare di un ordine di grandezza la velocità di corrosione.

Spesso in lega si aggiunge **Manganese** (circa 1%) perché migliora la resistenza della corrosione delle leghe del magnesio, perché impedisce la formazione di precipitati Al_3Fe .

DESIGNAZIONE DELLE LEGHE

Non esiste una designazione internazionale, si tende ad utilizzare quella dell' ASTM

Le leghe del magnesio vengono designate con due lettere che rappresentano gli elementi piu' importanti presenti e dei numeri che ne indicano la percentuale.

A=Al B=Bi C=Cu D=Cd E=terre rare F=Fe H=Th K=Zr L=Li M=Mn N=Ni P=Pb Q=Ag
R=Cr S=Si T=Sn W=Y Y=Sb Z=Zn

Alla fine ci sono altre due lettere, la prima indica il numero della lega sviluppata, la seconda i trattamenti termici che essa ha subito.

F = nessun trattamento

H = laminazione

T = trattamento termico

T₅ = invecchiamento artificiale dopo colata

T₆ = solution hardening + tempra+invecchiamento

T₇ = " " + stabilizzazione

ES: **AZ 61 A-F**

Questa lega ha il 6% di Al, 1% di Zn e' la prima lega sviluppata con questa composizione e non ha subito alcun tipo di trattamento termico



LEGHE Mg - Al

La solubilità max. dell'alluminio è 12,7% a 437 °C ma scende al 2% a RT

Comunemente queste leghe, sviluppate in Germania durante la I guerra mondiale, contengono l' **8-9% di Al e piccole quantità di Zn e Mn** (leghe **Elektron**). Si usano fino a 120° C, se la quantità di alluminio scende a circa il 4% si possono usare fino a 150° C.

L' Al migliora la resistenza alla corrosione atmosferica del magnesio, ne aumenta il limite di snervamento ma diminuisce la duttilità.

Le caratteristiche meccaniche sono mediocri, allo stato di getto hanno resistenze di circa 170 MPa se forgiati raggiungono i 300 MPa con allungamenti rispettivamente del 3 e 12%

La lega più usata è la **AZ 91 C (Mg - 9Al - 0,7Zn - 0,2Mn)**

La resistenza alla corrosione è ridotta dalla presenza di **impurezze** che agiscono da catodi rispetto al Mg (fondamentalmente **Fe**, Cu, Si e Ni). Leghe più pure quali **AZ 91 D** (0,004% Fe max., 0,001 Ni, 0,015 Cu, 0,17 Mn min.) sono le più usate attualmente in quanto hanno una resistenza alla corrosione in acqua salata che è 100 volte superiore a quella della AZ91C.

LEGHE Mg - RE

ZE 41 (Mg - 4,2Zn - 1,3Ce - 0,6Zr)

buona resistenza fino a 150 C (scatole di trasmissione degli elicotteri, parti di motori e carlinghe di aerei)

ZE 33 (Mg - 2,5Zn - 3Ce - 0,6Zr)

usata fino a 250 C

Una recente innovazione usa l' **ittrio** che e' solubile fino al 12,5%. Il problema e' che l'ittrio e' altofondente (1500 C) e molto affine all'ossigeno. Si preferisce quindi usare leghe Y - Nd - Er.

Si ha invecchiamento che e' dovuto al composto: $Mg_{12}NdY$

La prima lega in commercio e' stata la:

WE 54

(Mg - 5,25Y - 3,5RE - 0,45Zr)

RE = 1,5-2% Nd

snervamento = 200 MPa rottura = 275 MPa deformazione = 4%

Per migliorare la resistenza al creep (**fino a 350 C**) si utilizzano leghe al **torio**, si migliora anche la colabilità e la possibilità di saldarle. La situazione migliora ancora se si aggiunge anche lo **zinco**.

L'invecchiamento è dovuto al: **Mg_3Th e $Mg_{23}Th_6$** .

HK 31 (Mg - 3Th - 0,7Zr)

HZ 32 (Mg - 3Th - 2,2Zn - 0,7Zr)

ZH 62 (Mg - 5,7Zn - 1,8Th - 0,7Zr)

snervamento = 150 MPa rottura = 240 MPa

*Queste leghe hanno applicazioni in **campo militare** ma le leghe con il torio sono ritenute radioattive e quindi molto costose.*

Le leghe contenenti terre rare aumentano la loro resistenza se si introduce dell' **argento**. **QE 22** (Mg - 2,5Ag - 2Nd - 0,7Zr)

Si forma il composto **$Mg_{12}Nd_2Ag$** .

L' Ag incrementa la resistenza meccanica del 50 % inoltre ogni punto percentuale di Ag fa diminuire – all'incirca – la velocità di corrosione della lega di un 30 %.

Mg-Li (dette anche leghe super leggere, densità anche 1,3 g/cm³)

Per ottenere ulteriori diminuzioni del peso delle leghe Al-Li non è possibile esagerare con il contenuto di Li, in quanto si causerebbe la formazione della fase δ AlLi, con conseguente peggioramento delle proprietà meccaniche

L'aggiunta di Li in percentuale in peso del 10% ad una lega a base di Mg provoca una stabilizzazione della struttura b.c.c. rispetto a quella h.c.p., con conseguente aumento della duttilità, vista la maggior deformabilità intrinseca di questa struttura. Inoltre si ha la formazione di diverse microstrutture a due fasi, con conseguente aumento dello sforzo di snervamento e aumento della percentuale di allungamento uniforme ottenibile (deformazioni 30-40% e resistenza 170-180 MPa)

Però queste leghe presentano anche notevoli problemi.

Infatti data l'indipendenza della solubilità dalla temperatura, non è possibile effettuare un indurimento per precipitazione, per cui la resistenza meccanica non è elevata. Inoltre queste leghe soffrono il creep, data la bassa temperatura di fusione. Il problema dell'impossibilità di effettuare precipitation hardening può essere risolto con l'aggiunta di altri elementi in lega; ad esempio, l'aggiunta di Al porta ad indurimento per soluzione e, per quantità superiori al 2% in peso, alla formazione delle fasi **Li₂MgAl** (metastabile, si dissolve facilmente) e **LiAl** (che però porta a fragilità). Un aumento delle proprietà del materiale è ottenuto mediante una solidificazione rapida, che porta ad una modifica microstrutturale favorevole ad una maggiore resistenza meccanica.