

VALERI CONSULENZA INDUSTRIALE

di Gualtiero A.N. Valeri

VALERI INDUSTRIELLE BERATUNG - VALERI CONSULTATION INDUSTRIELLE

VALERI INDUSTRIAL CONSULTING - VALERI ASesoramiento INDUSTRIAL

Via Besso, 59 – P.O. Box 729 - 6903 Lugano (CH)

phone +41/91/960 05 60÷61 - fax +41/91/960 05 62

e-mail: valeri@valericonsulenza.eu

Web: www.valericonsulenza.eu

LE LEGHE SPECIALI DI MAGNESIO: UNA NUOVA FRONTIERA

SPECIAL MAGNESIUM ALLOYS: A NEW FRONTIER

Convegno “*Magnesium and Motorsport*”, Modena, 14 ottobre 2009

Gualtiero A.N. Valeri – Valeri consulenza Industriale, Lugano

Presidente della Montevenda Engineering International Association,

Fondazione per lo Sviluppo dell'Ingegneria Etica, Lugano

Quando parliamo di “*leghe speciali di magnesio*” come di una nuova frontiera, ci troviamo in realtà, più che ad affrontare un campo nuovo in assoluto, a ripercorrere criticamente 90 anni di storia delle leghe di magnesio. In tali 90 anni si sono in effetti esplorate in maniera sistematica non dico tutte, ma un gran numero di possibilità di alligare il magnesio con gli elementi metallici più comuni tanto con quelli più esotici, ottenendo spesso risultati affascinanti in termini di resistenza meccanica, di resistenza alla corrosione e di leggerezza.

Ma spesso le difficoltà di reperimento di alcuni elementi metallici, od il loro costo, o la loro difficoltà di manipolazione, od ancora la difficoltà di averli ad un sufficiente grado di purezza e, a tal grado, mantenere la lega durante la sua lavorazione, hanno fatto sì che queste leghe, magari anche in moltissimi casi oggetto di pubblicazioni e brevetti, siano finite nel dimenticatoio. Oppure, in altri casi, la loro applicazione sia stata limitata a settori particolari come quello aerospaziale o della difesa, per cui oggi si trovano magari sì accenni veloci o discussioni più approfondite nella letteratura, ma scarsità di impieghi pratici.

È anche però da sottolineare che, per un certo periodo di tempo, le leghe di magnesio ed in particolare le leghe ultraleggere sono finite nel dimenticatoio per la concorrenza crescente dei materiali compositi; per altre leghe, invece, apparirebbe che la causa di una scarsa applicazione pratica sia stata determinata da motivi strategici, in quanto la diminuzione degli studi pubblicati in merito coincide con il periodo della Guerra Fredda, quale il caso delle leghe magnesio-litio, leghe straordinariamente leggere ($d = 1,3 \text{ kg/dm}^3$) e con eccellenti proprietà meccaniche soprattutto a caldo.

Queste discontinuità nello sviluppo sono comunque un fatto ricorrente nella storia delle tecnologie; in settori diversi possiamo osservare il medesimo fenomeno nel campo dei “biocarburanti di sintesi” o della chimica farmacologia delle sostanze naturali: un periodo di ricerca e sviluppo intenso, un più o meno lungo periodo di oblio, e quindi una loro riscoperta.

Sicuramente, nel campo delle leghe di magnesio, ha giocato molto a sfavore la grande reattività del metallo e di certi suoi alliganti, il costo e la difficile reperibilità di alcuni di questi, e un non grandissimo interesse a spingersi oltre un certo limite nell'alleggerimento di certuni componenti meccanici.

Ci sono anche altri fattori che hanno giocato a sfavore, naturalmente: ad esempio, parlando di lantanidi, fino a non molto tempo fa la loro determinazione analitica era di dominio esclusivo di pochi laboratori altamente specializzati. Ed il fatto di non potere valutare con precisione la composizione di una lega ottenuta (soprattutto quanto taluni suoi componenti tendano in parte a perdersi in seguito a fenomeni di ossidazione) non gioca certo a favore di una sua corrente applicazione industriale.

Oggi, altresì, ci troviamo nella condizione che, da un lato, molte difficoltà tecnologiche sono superate o superabili, e dall'altro che è sempre più sentita l'esigenza di ridurre il peso di autoveicoli ed aeromobili per ragioni di contenimento dei consumi energetici e di emissioni nell'atmosfera, e dall'altra di garantire sicurezza e durabilità delle macchine. E pertanto molte strade percorse in passato e poi abbandonate per diversi motivi, devono e possono essere riprese alle luce delle nuove esigenze e tecnologie, ovviamente ristudiando processi e formulazioni alla luce delle conoscenze e delle esigenze attuali.

In tempi recenti, inoltre, ci sono stati nuovi ed interessantissimi sviluppi in questo settore. Tra questi l'introduzione di nanoparticelle, ad esempio di ossido di ittrio e di ossido di zirconio, nelle leghe di magnesio al fine di aumentarne la resistenza meccanica sotto sforzo alle temperature elevate, oppure l'annegamento in esse di fibre ceramiche con particolari processi di formatura dei pezzi.

Non sarà del tutto inutile riepilogare gli elementi leganti di cui, in 90 anni, si è studiato l'effetto sul magnesio: l'alluminio, il manganese, lo zinco, il silicio, il rame, il nichel, il cromo, l'argento, il berillio, il calcio, il litio, il cerio ed altri lantanidi (tra cui segnatamente il lantanio, il neodimio ed il praseodimio), il torio, l'ittrio, lo zirconio, lo scandio, l'antimonio, il bismuto, lo stagno, il piombo, nonché il tallio ed il cadmio. Di molti altri si è studiato comunque l'effetto, quantomeno quando essi potevano costituire delle impurezze che andavano a far scadere certe proprietà delle leghe ottenute e dunque il modo per eliminarli o neutralizzarne l'effetto negativo.

Se facciamo riferimento all'industria automobilistica, ad esempio, ed a quanto si riporta più frequentemente nelle pubblicazioni sulle applicazioni delle leghe di magnesio in questo settore, si potrebbe dire che gli alliganti più comuni siano: alluminio, manganese, zinco e silicio.

Partendo da questa considerazione, e dal contesto di certi brevetti e pubblicazioni, potremmo, in un certo modo, dire che le leghe del magnesio con l'argento, il litio, lo scandio, il torio ed i lantanidi possano definirsi come “*leghe speciali*”, anche se tale definizione è ampiamente discutibile e non è possibile definire un confine ben preciso tra queste e le leghe “*ordinarie*”.

Taluni altri elementi sono invece troppo solubili e contemporaneamente troppo tossici per essere oggi utilizzati in maniera compatibile con i criteri di protezione della salute dei lavoratori oggi dati per irrinunciabili, segnatamente, tra quelli citati, il cadmio ed il tallio.

Un elemento come il berillio, invece, a nostro avviso, per le quantità minime di impiego (dell'ordine delle ppm o meno) e l'altissima temperatura di ebollizione (2'961°C) non costituisce un pericolo nell'impiego nelle leghe di magnesio. Esso è sì tossico e cancerogeno, ma se inalato, mentre, ad esempio, non è assorbito attraverso lo stomaco e l'intestino. Esso ha l'importante proprietà di inibire la possibilità di ossidazione del magnesio e delle sue leghe sia durante le colate che durante le lavorazioni, e di aumentarne la resistenza alla corrosione.

Circa il torio, quando si parla della sua possibilità di essere alligato con il magnesio – sempre per rimanere nell'ambito tossicologico – la critica che viene mossa è che esso è un elemento radioattivo. Tuttavia si sottolinea che esso è aggiunto a tenori massimi del 2÷4 %, e che esso ha, in effetti, un tempo di dimezzamento pari a circa 14'000'000'000 anni, per cui circa tre volte quello dell'uranio-238: la sua radioattività è dunque tale da non modificare particolarmente il fondo naturale. Quali vantaggi, esso incrementa notevolmente la durezza della lega e la sua resistenza alla fatica ad alte temperature: per cui delle proprietà decisamente interessanti. Il suo impiego in questo senso risale ai primi anni '60 del secolo appena concluso, unitamente al litio, ed il primo brevetto che abbiamo trovato risale al 1963, in ambito militare.

L'argento è un alligante estremamente interessante, anche se il suo peso specifico (10,49 kg/dm³) contrasta un poco con gli obiettivi che si ci pone impiegando le leghe di magnesio, ovvero la leggerezza. Ma esso ha due interessanti proprietà come alligante del magnesio: ovvero quella incrementarne la resistenza meccanica del 50 % ed oltre, e quella di aumentarne straordinariamente la resistenza alla corrosione: ogni punto percentuale di argento aggiunto fa diminuire – all'incirca – la velocità di corrosione della lega di un 30 %. In una lega, ad esempio, in certe condizioni, la velocità di corrosione portava ad una deplezione di 65,8 mg/cm²/d di metallo nel magnesio puro, e di 17,3 mg/cm²/d di metallo in una lega con il 4 % di argento. I primi studi in merito risalgono agli

anni '30 del secolo appena concluso, ed un primo brevetto al riguardo data al 1936, depositato dalla Dow Chemical di Midland (Michigan). È descritto come impiegato sino ad una concentrazione massima del 12 %.

Quando andiamo a parlare di leghe tra magnesio e litio entriamo nel dominio, se il litio è aggiunto in quantità massicce, delle leghe ultraleggere, in quanto la loro densità può scendere a 1,3 kg/dm³, ovvero il 25 % in meno delle leghe di magnesio ordinarie. Solitamente, parlando del litio come alligante del magnesio, si sottolinea che esso riduce sì molto la densità della lega, ne aumenta la duttilità, ma anche ne diminuisce le caratteristiche meccaniche. Altresì, il primo brevetto reperito in questo ambito (anno 1948), sottolinea la proprietà del litio di ridurre il creep a temperatura ambiente della lega. Unitamente al torio, poi, ne aumenta la durezza e la stabilità a temperature elevate. Si tratta, in questi casi, di leghe che comprendono quantità variabili (solitamente sino al 5 %) anche di alluminio, zinco, zirconio, torio, argento e talvolta cadmio. La quantità di litio può arrivare al 13,5 %, generalmente compresa tra il 10 ed il 13 %. Si nota che il litio è il più leggero tra tutti i metalli, non solo in termini di densità (0,53 kg/dm³, cioè circa due volte più leggero dell'acqua), ma anche ha il più basso peso atomico (P.A. 6,9, nella tavola periodica è terzo dopo l'idrogeno e l'elio), e pertanto ha proprietà del tutto particolari. Pur essendo un metallo – come tutti i metalli alcalini – molto reattivo, e purtuttavia meno reattivo, ad esempio, del sodio.

Le particolari caratteristiche conferite dall'aggiunta di lantanidi al magnesio vengono osservate sin dagli anni '20 del secolo appena concluso. Segnatamente il primo brevetto che parla di una lega magnesio-cerio è depositato nel 1929 in Germania. In questo brevetto ed in alcuni immediatamente successivi, il cerio è aggiunto in tenori che posso arrivare anche al 12 % (a partire da un 2 %), anche se le aggiunte non sono di solo cerio, ma di misch metal. L'obiettivo è sempre quello di incrementare le proprietà meccaniche delle leghe di magnesio a temperature elevate (200÷300°C). Ma già in quegli anni l'attenzione si sofferma anche sull'effetto degli altri elementi della serie dei lantanidi: si determina il contenuto di lantanio, di disprosio, di samario e, nel 1949, un brevetto parla di leghe di magnesio con neodimio, praseodimio e lantanio, con tenori, rispettivamente, dello 0,54 % di neodimio e dello 0,12 % di praseodimio e di lantanio. In questo caso si ci sofferma sulla resistenza al creep della lega ottenuta sino a 315°C. Negli ultimissimi tempi si ritorna nuovamente su tali leghe: un brevetto cinese dello scorso anno parla di una lega con tenori del sino al 2,6 % di cerio e di lantanio; e nel 2006 un brevetto australiano torna ancora su leghe di magnesio con neodimio (sino al 2,1 %), cerio e lantanio.

Lo scandio conferisce alle leghe di magnesio duttilità, e ne incrementa la resistenza alla fatica; non abbiamo riferimenti precisi in merito, anche perché, a quanto pare, la difficoltà di reperimento (è un metallo presente in maniera quasi ubiquitaria sulla crosta terrestre, ma in concentrazioni

piccolissime, salvo che in taluni particolari minerali) ne hanno limitato sinora l'impiego esclusivamente al settore militare, come peraltro le leghe alluminio-scandio impiegate in ambito missilistico.

Leghe di magnesio con litio e con i lantanidi presentano certo una qualche difficoltà di manipolazione, data la grande reattività di questi elementi. Ma le tecnologie attualmente disponibili sono tali da permettere di superare questi problemi. Per cui, se mezzo secolo fa - ed oltre - era ancora un problema la manipolazione di tali leghe, oggi si può pensare che i problemi connessi alla loro lavorazione non siano molto superiori a quelli delle altre leghe di magnesio, soprattutto a fronte della possibilità di studiare nuove leghe – ed abbiamo visto che siamo in una fase decisamente effervescente delle ricerche in questo senso – più stabili di fronte all'ossidazione e processi di formatura quali il tixomolding (che esclude la liquefazione completa del metallo), la cui possibilità applicazione a questo particolare ambito va certamente indagata con diligenza ed attenzione.

In questa breve relazione si è voluto esporre solo per sommi capi quali siano le possibilità di ottenere leghe di magnesio anche molto particolari ed a quali prestazioni si possa arrivare con questo metallo. Chiaramente una trattazione approfondita richiederebbe un intero trattato, ma qui ora si è voluta solo dare una panoramica molto generale del settore, semplificando molti aspetti, tratteggiando la tecnologia e la storia dello sviluppo di queste leghe e soprattutto facendone intravedere le ampie possibilità di applicazione.

Gualtiero A.N. Valeri