

# 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](mailto:valeri@valericonsulenza.eu)

Web: [www.valericonsulenza.eu](http://www.valericonsulenza.eu)

IL MAGNESIO E LE SUE LEGHE: UN MATERIALE PER L'INDUSTRIA MECCANICA DEL XXI SECOLO

*MAGNESIUM AD ITS ALLOYS: A MATERIAL FOR THE XXI CENTURY ENGINEERING INDUSTRY*

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*

Il magnesio non è certo un metallo nuovo: il suo ossido venne riconosciuto sin dal principio del XVIII secolo e denominato “*terra amara*”, ma noto in forma di solfato (“*sale inglese*”, o “*sale amaro*”, o “*sale di Epsom*”) dal XVII secolo, ottenuto dalle sorgenti minerali di Epsom; il primo, però, che lo distinse nettamente dall'ossido di calcio per la diversa solubilità dei suoi solfati fu il chimico scozzese Joseph Black (Bordeaux 16/4/1728 † Edimburgo 6/12/1799) nel 1755. Per ottenerlo in forma metallica, però, bisognò attendere il 1808, quando il chimico inglese Sir Humphrey Davy (Penzance 17/12/1778 † Ginevra, 29/5/1829) lo ottenne per elettrolisi; ma bisognò aspettare ancora sino sino al 1831 perché il chimico francese Antoine Alexandre Brutus Bussy (Marsiglia, 29/5/1794 † Parigi, 1/2/1882) lo preparasse come massa metallica compatta.

Trascorsero quindi due secoli tra la sua prima identificazione quale preparazione galenica all'estrazione del metallo puro dai suoi sali: ciò deriva dalla sua bassa elettronegatività (per cui elevata reattività, forte riducente per eccellenza) che fa sì che i suoi sali siano particolarmente stabili e difficili da scindere.

Tale elevata reattività è anche alla base delle difficoltà per la suo impiego, come metallo puro od alligato, nell'industria meccanica, per cui, come vedremo, sebbene il suo utilizzo abbia inizio nell'industria aeronautica sin dall'epoca del I Conflitto Mondiale, solo oggi lo si inizia a considerare come materiale metallico atto all'impiego per la fabbricazione di oggetti di largo consumo.

Eppure il magnesio non è certo un metallo raro, costituendo ben il 2,3 % in peso della litosfera, entrando nella composizione della dolomite (carbonato doppio di calcio e magnesio, con un contenuto medio di magnesio del 43 %), contenuto in grandi quantità nei depositi salini di Stassfurt,

e nell'acqua di mare che ne ha un contenuto medio dell' 1,37 %. Esso è pertanto l'ottavo elemento più abbondante nella crosta terrestre.

Per la sua estrazione si fa ricorso prevalentemente alla dolomia ed all'acqua di mare; ottenuto l'ossido, il metallo si ottiene o per via elettrolitica (con un processo piuttosto complesso), o per via silicotermica.

Il magnesio metallico, con la sua densità pari a  $1,74 \text{ kg/dm}^3$ , è il più leggero dei materiali metallici direttamente impiegabili nelle costruzioni; esso fonde a  $650^\circ\text{C}$  ed ha un punto di ebollizione di  $1'103^\circ\text{C}$ ; cristallizza nel sistema esagonale compatto, e ciò è la principale causa delle sue differenze come proprietà meccaniche rispetto all'alluminio, metallo chimicamente assai simile, ma che cristallizza nel sistema cubico a facce centrate.

Ripercorrendo per sommi capi la storia dell'uso del magnesio come metallo per costruzioni, abbiamo trovato un primo brevetto relativo ad una lega tecnologica del magnesio risalente al 1918, depositato dal sig. William R. Veazey di Cleveland (Ohio) della Dow Chemical di Midland (Michigan), il quale ottenne una prima lega tecnologica di magnesio alligandovi rame e manganese per un totale dell'1 %. La leggerezza ed il buon comportamento del metallo anche a temperature più elevate dell'alluminio stimolò le ricerche, ed avemmo negli anni successivi una serie di brevetti di leghe di magnesio anche molto avanzate. Il suo impiego nell'industria meccanica diventò massiccio quando gli aerei passano dalle iniziali strutture di legno a quelle metalliche, in particolar modo con il II Conflitto Mondiale: nel 1943 la sua produzione fu di ben 237'000 t, in parte anche utilizzate per il confezionamento di propellenti per razzi e di bombe incendiarie, ma prevalentemente impiegate nell'industria aeronautica.

Ma con la fine delle ostilità, la complessità del suo impiego ne fecero scendere rapidamente la produzione che, nel 1963, si è ridotta a 140'000 t.

Con il venire meno di ragioni correlate al controllo strategico del metallo e l'affinarsi delle tecnologie, la sua produzione ha raggiunto attualmente un incremento del 10 % all'anno: nel 1990 fu di 350'000 t, e nel 2005 di ben 500'000 t. Il suo prezzo è oggi inferiore a quello dell'alluminio (peraltro, cosa da non trascurare, il magnesio – contrariamente all'alluminio – è completamente atossico, ed anche la sua produzione è “pulita”).

Considerando acciaio, alluminio e magnesio, esso è quello dei tre che ha il più alto rapporto tra resistenza e peso; e, come detto, le leghe di magnesio hanno generalmente un comportamento migliore ad elevate temperature rispetto a quelle di alluminio, soprattutto quando alligate, ad esempio, con i lantanidi.

Le leghe di magnesio hanno un peso specifico compreso tra 1,75 ed 1,85 kg/dm<sup>3</sup>; ma leghe speciali, quali quelle di magnesio-lito, possono arrivare ad avere un peso specifico pari ad 1,3 kg/dm<sup>3</sup>.

È certo che l'industria metalmeccanica dovrà fare più di un passo in avanti, rispetto agli attuali processi di produzione, per giungere ad un impiego massiccio di simili leghe: ma pensiamo ai vantaggi, in termini di risparmio energetico e di riduzione delle emissioni, che una consistente riduzione della massa degli autoveicoli può avere in futuro; e nell'industria aeronautica (dove nei prossimi dieci anni dovranno essere prodotte 25'000 nuove aeromobili, in parte per sostituire il parco esistente), dove la riduzione del peso dell'aeromobile di 1 kg comporta un risparmio, nella vita utile del veivolo, di circa 1 t di carburante.

Il magnesio inoltre presenta un altro vantaggio “ambientale” importante: la capacità di assorbire le vibrazioni, e dunque di ridurre il rumore prodotto dalle parti meccaniche in movimento. Ma questo comporta anche una maggiore durata delle macchine stesse.

Pertanto non solo già oggi stiamo assistendo ad un rapido incremento dell'impiego tecnologico di questo metallo, ma esso ha delle caratteristiche che ne fanno facilmente prevedere la crescita esponenziale del suo impiego già in un prossimo futuro. Crescita che addirittura potrebbe essere accelerata dalla crisi globale odierna, in quanto è proprio nei periodi di grandi crisi che abbiamo potuto osservare i più rapidi cambiamenti della struttura produttiva, delle tecnologie, ma anche delle strutture sociali (tre fattori tra loro intimamente interconnessi).

Quando mi è capitato, negli ultimi mesi, di parlare di impieghi del magnesio e delle sue leghe nella produzione, le obiezioni che ho più spesso sentito dai colleghi sono stata quelle relative alla sua facile corrodibilità e della sua alta reattività, che complica i processi produttivi.

Sarebbe troppo lungo soffermarsi in dettaglio, in questa sede, su quelli che sono i fenomeni di corrosione a cui sono soggette le parti realizzate in magnesio e sui meccanismi coinvolti.

Ma basti dire che anche il magnesio, come l'alluminio, si passiva all'aria formando una pellicola di struttura complessa ma prevalentemente costituita da ossido ed idrossido di magnesio, e che l'ossido di magnesio, contrariamente all'ossido di alluminio, non è anfotero, per cui, mentre la pellicola di passivazione che si forma sul magnesio diviene instabile solo in ambiente acido, quella che si forma sull'alluminio è soggetta ad instabilità sia in ambiente marcatamente acido che marcatamente alcalino. In pratica, un buon manufatto in magnesio, è almeno altrettanto resistente alla corrosione che un manufatto in altre leghe leggere, e sicuramente più resistente alla corrosione di un manufatto realizzato in un acciaio ordinario.

Le negative esperienze del passato furono in effetti derivate dalla presenza di impurezze nel metallo (in primis ferro, rame, nichel e cobalto, che devono essere contenuti in determinati limiti – o bloccati con opportuni alliganti), o da difetti derivanti dalla fusione, quali le inclusioni di ossidi.

I moderni processi di produzione, con l'utilizzo di leghe primarie molto pure, fusioni operate in atmosfere protette che oramai garantiscono la massima protezione dall'ossidazione dell'atmosfera (il magnesio, oltre a reagire con l'ossigeno, si combina ad alte temperature anche con l'azoto), sistemi avanzati di pressocolata e l'introduzione relativamente recente della tecnica del tixomolding – che permette di formare il metallo senza passare attraverso una sua completa liquefazione – hanno annullato praticamente tutti i vecchi problemi, ed un manufatto realizzato in lega di magnesio può presentare una resistenza alla corrosione almeno pari a quella di un manufatto realizzato in leghe di alluminio.

A questo aggiungiamo la possibilità di trattamenti superficiali, galvanici o con particolari operazioni di verniciatura, che, se operati su superfici prive di difetti quali sono quelle oggi ottenibili, possono dare risultati circa la resistenza alla corrosione un tempo impensabili.

Circa le problematiche di lavorazione, in parte abbiamo già visto come sono esse state superate. Ma anche le più comuni lavorazioni con asportazione di truciolo possono avvenire, con un minimo di precauzioni, in completa sicurezza.

Ad esempio il magnesio, cui sia aggiunta una quantità minima di berillio come alligante, sia durante le operazioni di fusione, sia dopo, nel corso delle lavorazioni, forma uno strato di passivazione superficiale di eccezionale stabilità, per cui viene meno il tradizionale pericolo delle particelle minute di magnesio (o dei bagni di magnesio fuso) di avvampare. Il parlare di “berillio” può generare preoccupazioni di ordine tossicologico: ma qui parliamo di un metallo aggiunto in quantità minime e disciolto in maniera stabile nella lega. Pertanto non più preoccupante del nichel contenuto in un qualunque acciaio inossidabile: e ricordiamo che il nichel non solo è notoriamente un metallo tossico in forma ionica, ma anche che ne bastano 10 ppm per inibire un qualunque processo fermentativo (e dunque molti processi enzimatici, il che determina la sua tossicità anche a livello ambientale).

Senza dilungarsi troppo oltre, in questa relazione che vuole solo introdurre l'argomento e mostrare quali possono essere le prospettive di sviluppo delle applicazioni nel settore meccanico del magnesio e delle sue leghe, vogliamo accennare in chiusura ad un altro importante aspetto.

La scarsa resistenza a fatica di molti materiali metallici è associata alla presenza di microdifetti nella struttura cristallina delle leghe, con segregazione di fasi poco coese tra granulo e granulo,

inclusione di ossidi ed altre impurezze, o distacchi tra gli stessi per lavorazioni mediante deformazione – o per colata – inadeguate.

La possibilità di lavorare leghe di magnesio ad alta purezza e mantenere tale purezza nel corso della lavorazione (peraltro, parlando dei processi di colata, il magnesio discioglie il ferro dei crogioli, degli stampi e degli altri apparecchi in misura minima, contrariamente all'alluminio) e l'accoppiamento di questo con la tecnologia del tixomolding che permette di arrivare a strutture metallografiche assolutamente particolari ed omogenee della lega, fa sì che i manufatti in leghe di magnesio possono raggiungere una resistenza a fatica assai più elevata di molte altre leghe leggere, con non solo incremento della durabilità dei manufatti e delle macchine, ma anche con notevole aumento della sicurezza delle cose e delle persone.

E comunque la durabilità è un altro importante fattore di risparmio energetico e di tutela dell'ambiente, dato che maggiore è la durata di un manufatto, minore sarà l'impatto sull'ambiente del suo ciclo di “nascita e morte”: e di per sé l'allungamento della sua vita utile di per sé un risparmio di energia.

Sono tutte queste prospettive così seducenti per il tecnologo, che bene ci dovrebbero indurre ad intensificare i nostri sforzi per superare tutte quelle difficoltà di organizzazione della produzione e di investimento economico che oggi ci separano ancora da un impiego massiccio del magnesio nella produzione automobilistica, di macchine, così come di altri oggetti di uso quotidiano.

*Gualtiero A.N. Valeri*