

近幾年新型鎂合金研發進展及應用

2015-03-18 中國鎂業供應鏈服務平臺

21 世紀人類對金屬結構材料提出了新的要求：新材料的研發不但要能夠適應高技術發展，滿足人類高品質生活的需求，而且要求資源豐富、高效能、低能耗、容易回收，有利於可持續發展；必須能夠滿足未來日漸苛刻的環保法規要求才能順利進入市場和應用。

鎂合金有很多特點恰好滿足上述需求，有很好的發展潛力和應用前景。因此被譽為“21 世紀的綠色工程材料”。

地殼中鎂含量豐富，約為 2.4%，在金屬元素中僅次於 Al 和 Fe 居於第三位。鎂是一種銀白色鹼土金屬，原子序數 12，化學性質非常活潑，所以通常以化合物的形式存在於自然界中。在已知礦物中，含鎂礦物約 200 多種，其中有工業應用價值的含鎂礦物有菱鎂礦 $MgCO_3$ 、含 Mg28%，白雲石($MgCO_3 \cdot CaCO_3$)含 Mg13.2%，光燒彈、照明彈、曳光彈以及陸用軍車和飛機等等。例如：B36 轟炸機用鎂量達到 8600kg。1943 年世界鎂產量達到 23 萬噸，當時美國鎂產量達到 18 萬噸，產能擴大了 10 倍。戰後 1946 年又回到 2.5 萬噸。此後，世界各國開始考慮鎂合金在民用工業的研發和應用，其用量逐漸上升。



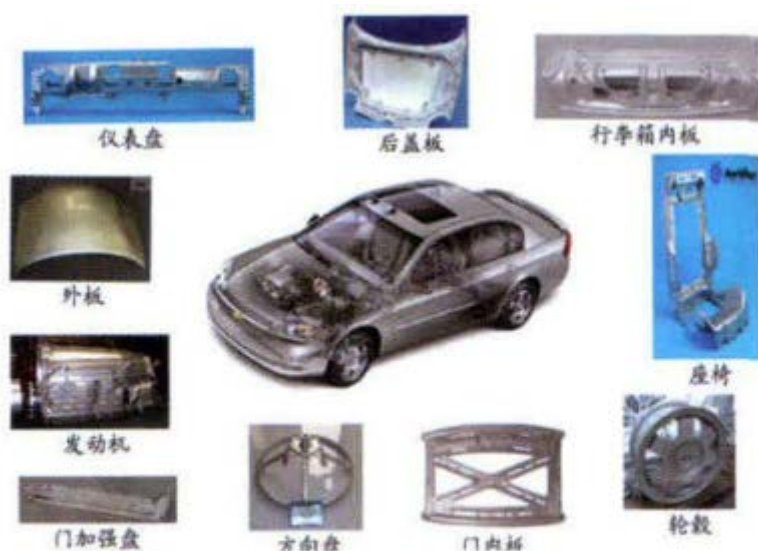
鎂合金在火炮、魚雷潛艇等武器上的應用。

1970 年的石油危機，為鎂合金在汽車行業擴大應用帶來了新的契機。因為汽車重量每降低 100kg，每公里油耗可減少 7 毫升，節約 5% 燃料;汽車自重減輕 10%，燃油效率就可以可提高 5.5%。這使鎂合金在汽車工業中的應用再次受到重視。

近 20 多年來，人們節能和環保意識進一步增強，汽車輕量化需求日益迫切。例如，歐洲 2008 年轎車 CO2 排放量上限規定為 140g/km，2012 年為 120g/km;歐洲 2010 年目標要求汽車降低燃料消耗 25%，實現 CO2 排放下降 30%。通過擴大鎂合金用量是實現減重這一目標的重要選項，全球再次掀起了鎂合金研發與應用的熱潮。以 AudA6 為例，目前單車用鎂量 14.2kg，未來目標是 50-80kg。



鎂合金在汽車框架上的應用

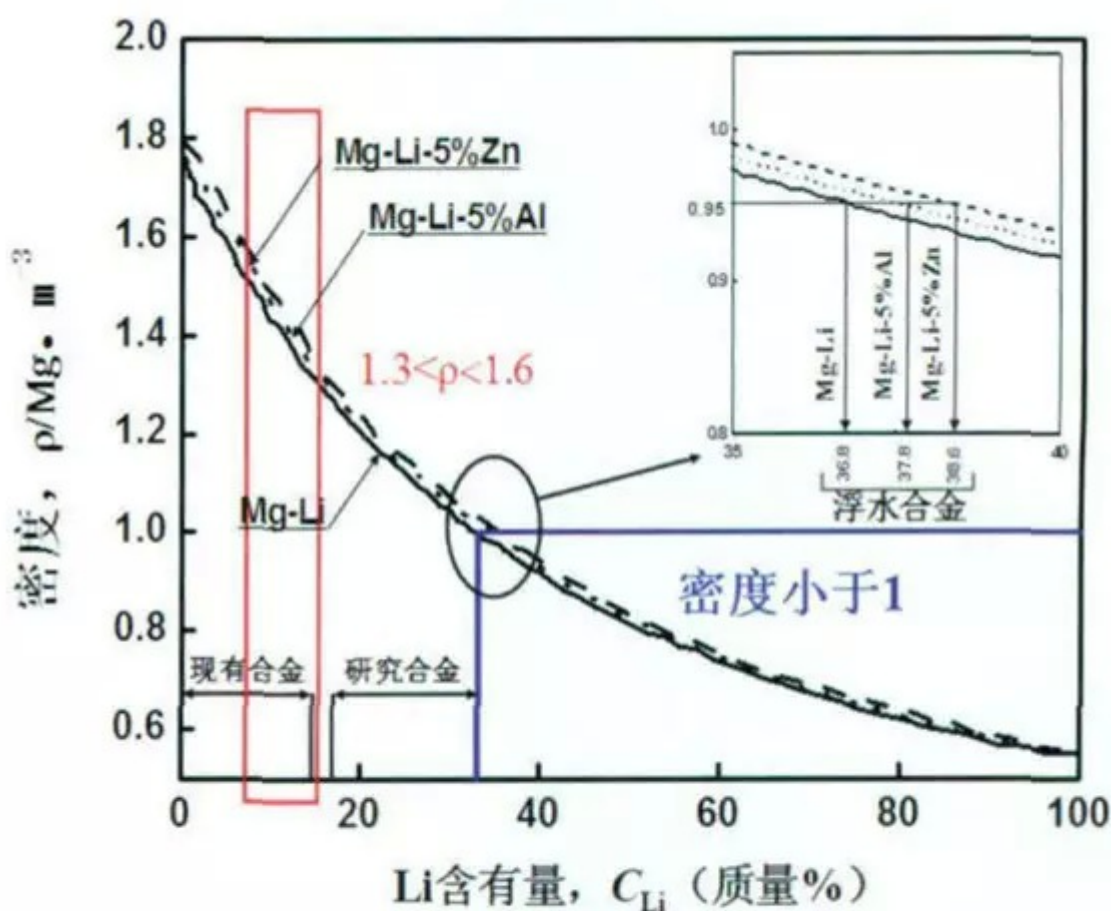


在轎車上可能或已在部分車型上採用的鎂合金的部件

1980 年全球原鎂產量達到了 32 萬噸，到 2014 年已增加到 87.39 萬噸。十分明顯，鎂合金正日漸擴大其應用範圍。總體來看，形成這種趨勢的驅動力主要來源於經濟和國防需求，技術瓶頸的突破為降低成本和提高服役的可靠性提供了必要的支撐。

近幾年新型鎂合金研發進展及應用

一、Mg-Li 系高塑性超輕鎂合金研發 Li 元素的加入能夠改變鎂的晶格常數、甚至晶體結構，使 Mg-Li 合金具有良好的熱、冷加工性能(鍛造、擠壓、軋製等)和低溫超塑性，人們已研發出超輕的鎂合金，下圖是 Mg-Li 合金的比重隨 Li 含量的變化，隨 Li 含量增加，其比重顯著減小。



Mg-Li合金中Li含量与密度的关系图

中国镁业供应链服务平台

據陝鎂電商瞭解，目前在美國、俄羅斯等部分零件上 Mg-Li 合金已經得到工業應用，與航空鋁合金密度比較，Mg-Li 合金作為最輕的金屬結構材料在航空航太領域具有很大的應用潛力。

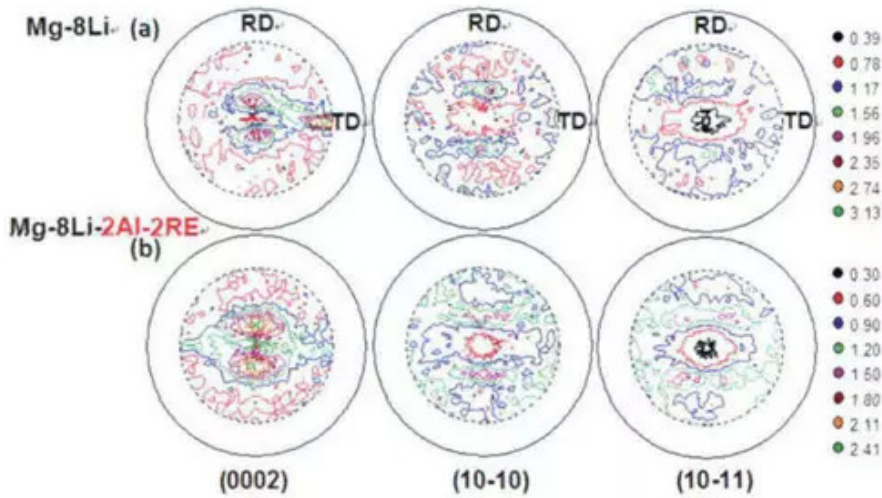
合金类型	合金牌号	合金成分	密度/g·cm ⁻³	Δρ/% (相对于镁)
Mg-Li合金	LA 141	Mg-14Li-1Al	1356	-22
	LA 191A	Mg-9Li-1Al	1476	-16
	LA Z933A	Mg-9Li-3Al-3Zn	1578	-9
		Mg-14Li-0.5Si	1329	-24
		Mg-14Li-5Zn-3Al-2Si	1495	-14
Al-Li合金	8090	Al-2.5Li-0.8Mg-1.2Cu-0.1Zr	2.491~2.547	42~48
一般轻合金	7075	Al-(5.1~6.1)Zn-(2.1~2.9)Mg-(1.2~2.0)Cu-(1.6~1.7)其它	2.796~2.879	61~65
	AZ80A	Mg-8.5Al-10.5Zn-0.2RE	1799	3

部分工业用Mg-Li合金与航空铝合金密度比较。

中国镁业供应链服务平台

中國科學院金屬研究所設計了超輕 Mg-Li 的成分，研發了熔煉、熔鹽保護技術，克服了氧化、消除了夾雜、研發的鑄造成形技術，保證了鑄件的緻密性。在此基礎上研究了稀土 RE 對 Mg-Li 合金組織的影響。SEM 試驗結果表明，軋製後鎂鋰合金板材的顯微組織中形成較多的 MgAlRE 相，並且主要分佈在 β 相中，α-Mg 中只有少量 AlLiRE。合金中 α 鎂的纖構被弱化，強度降低，並且基面極值向軋向 RD 和橫向 TD 的偏轉角度增大。添加 Al 和 RE 後，合金的屈服強度和抗拉強度提高一倍，同時伸長率基本保持不變。這是由於第二相強化有利於提高屈服強度，纖構弱化增加了伸長率。金屬所研發的鎂鋰合金比重約為鋁合金的 50-60%，強度相當於鑄造 Al-Si 合金的水準。

轧制后镁锂合金板材的组织，Al RE元素的作用

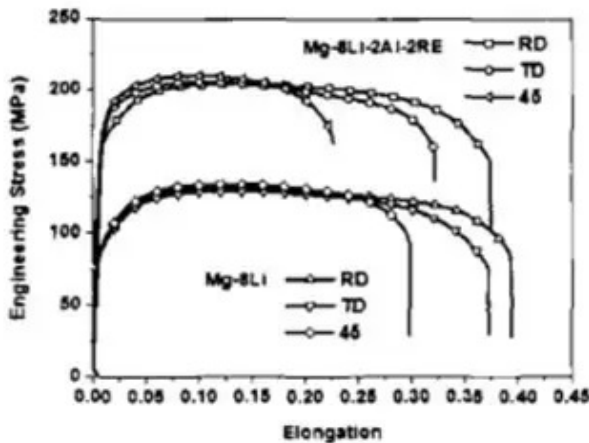


添加Al和RE后，合金中 α 镁的组织被弱化，强度降低，并且向RD和TD的偏转角度增大。（极图的最大极密度值降低）

镁锂合金板材组织的弱化

中国镁业供应链服务平台

轧制后Mg-Li基合金板材的力学性能



- 添加Al和RE后，合金的屈服强度和抗拉强度提高一倍，同时伸长率基本保持不变。
- 屈服强度的提高是第二相强化引起的，高的伸长率则是由于组织弱化和随机化引起的。

启示：Mg-Li合金添加RE后，通过弥散强化和组织弱化，可以保证Mg-Li合金的塑性，且提高合金的强度。

镁锂合金板材的强韧化

中国镁业供应链服务平台