

近几年新型镁合金研发进展及应用

2015-03-18 中国镁业供应链服务平台

21 世纪人类对金属结构材料提出了新的要求：新材料的研发不但要能够适应高技术发展，满足人类高质量生活的需求，而且要求资源丰富、高效能、低能耗、容易回收，有利于可持续发展;必须能够满足未来日渐苛刻的环保法规要求才能顺利进入市场和应用。

镁合金有很多特点恰好满足上述需求，有很好的发展潜力和应用前景。因此被誉为“21 世纪的绿色工程材料”。

地壳中镁含量丰富，约为 2.4%，在金属元素中仅次于 Al 和 Fe 居于第三位。镁是一种银白色碱土金属，原子序数 12，化学性质非常活泼，所以通常以化合物的形式存在于自然界中。在已知矿物中，含镁矿物约 200 多种，其中有工业应用价值的含镁矿物有菱镁矿 $MgCO_3$ 、含 Mg28%，白云石($MgCO_3 \cdot CaCO_3$)含 Mg13.2%，光烧弹、照明弹、曳光弹以及陆用军车和飞机等等。例如：B36 轰炸机用镁量达到 8600kg。1943 年世界镁产量达到 23 万吨，当时美国镁产量达到 18 万吨，产能扩大了 10 倍。战后 1946 年又回到 2.5 万吨。此后，世界各国开始考虑镁合金在民用工业的研发和应用，其用量逐渐上升。



镁合金在火炮、鱼雷潜艇等武器上的应用。

陕镁V言

1970 年的石油危机，为镁合金在汽车行业扩大应用带来了新的契机。因为汽车重量每降低 100kg，每公里油耗可减少 7 毫升，节约 5%燃料;汽车自重减轻 10%，燃油效率就可以可提高 5.5%。这使镁合金在汽车工业中的应用再次受到重视。

近 20 多年来，人们节能和环保意识进一步增强，汽车轻量化需求日益迫切。例如，欧洲 2008 年轿车 CO₂ 排放量上限规定为 140g/km，2012 年为 120g/km;欧洲 2010 年目标要求汽车降低燃料消耗 25%，实现 CO₂ 排放下降 30%。通过扩大镁合金用量是实现减重这一目标的重要选项，全球再次掀起了镁合金研发与应用的热潮。以 AudA6 为例，目前单车用镁量 14.2kg，未来目标是 50-80kg。



镁合金在汽车框架上的应用。陕镁V言

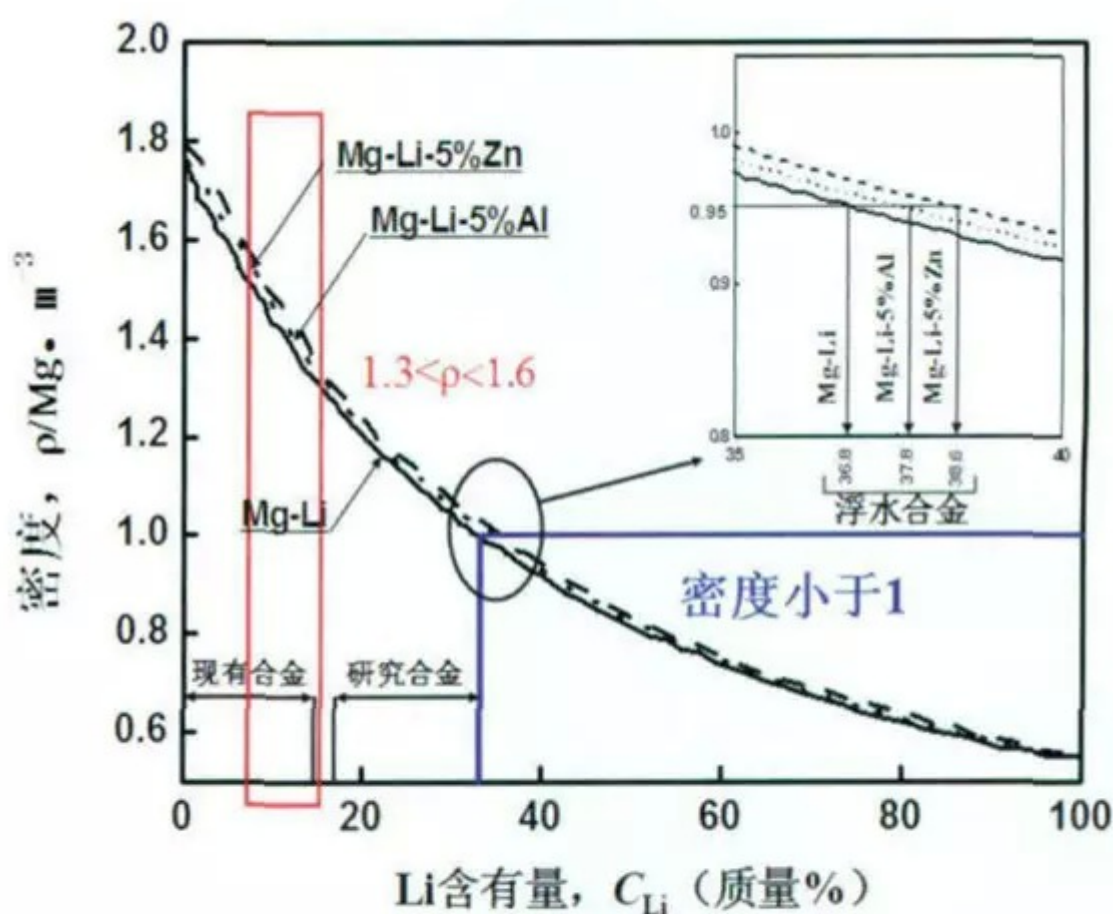


在轿车上可能或已在部分车型上采用的镁合金的部件。陕镁V言

1980 年全球原镁产量达到了 32 万吨，到 2014 年已增加到 87.39 万吨。十分明显，镁合金正日渐扩大其应用范围。总体来看，形成这种趋势的驱动力主要来源于经济和国防需求，技术瓶颈的突破为降低成本和提高服役的可靠性提供了必要的支撑。

近几年新型镁合金研发进展及应用

一、Mg-Li 系高塑性超轻镁合金研发 Li 元素的加入能够改变镁的晶格常数、甚至晶体结构，使 Mg-Li 合金具有良好的热、冷加工性能(锻造、挤压、轧制等)和低温超塑性，人们已研发出超轻的镁合金，下图是 Mg-Li 合金的比重随 Li 含量的变化，随 Li 含量增加，其比重显著减小。



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

据陕镁电商了解，目前在美国、俄罗斯等部分零件上 Mg-Li 合金已经得到工业应用，与航空铝合金密度比较，Mg-Li 合金作为最轻的金属结构材料在航空航天领域具有很大的应用潜力。

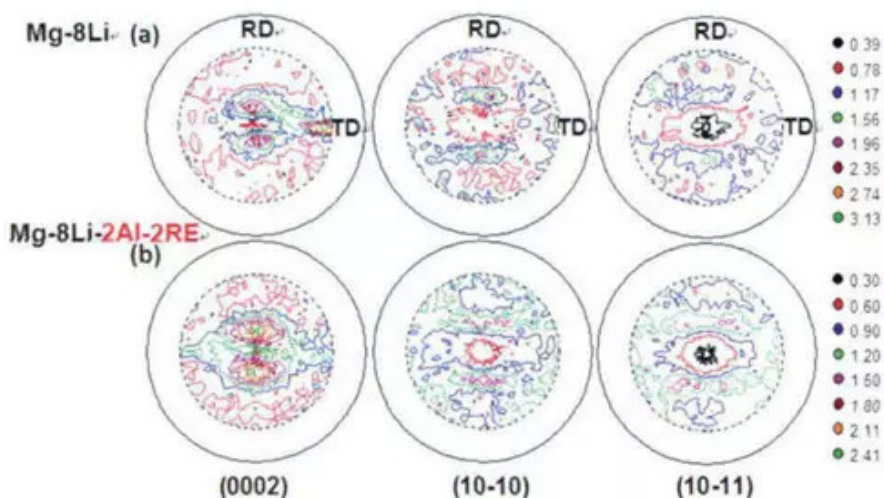
合金类型	合金牌号	合金成分	密度/g·cm ⁻³	Δρ/% (相对于镁)
Mg-Li合金	LA141	Mg-14Li-1Al	1356	-22
	LA191A	Mg-9Li-1Al	1476	-16
	LAZ933A	Mg-9Li-3Al-3Zn	1578	-9
		Mg-14Li-0.5Si	1329	-24
		Mg-14Li-5Zn-3Ag-2Si	1495	-14
Al-Li合金	8090	Al-2.5Li-0.8Mg-1.2Cu-0.1Zr	2.491~2.547	42~48
一般轻合金	7075	Al-(5.1~6.1)Zn-(2.1~2.9)Mg-(1.2~2.0)Cu-(0.6~1.7)其它	2.796~2.879	61~65
	AZ80A	Mg-8.5Al-0.5Zn-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

中国科学院金属研究所设计了超轻 Mg-Li 的成分，研发了熔炼、熔盐保护技术，克服了氧化、消除了夹杂、研发的铸造成形技术，保证了铸件的致密性。在此基础上研究了稀土 RE 对 Mg-Li 合金组织的影响。SEM 试验结果表明，轧制后镁锂合金板材的显微组织中形成较多的 MgAlRE 相，并且主要分布在 β 相中，α-Mg 中只有少量 AlLiRE。合金中 α 镁的组织被弱化，强度降低，并且基面极值向轧向 RD 和横向 TD 的偏转角度增大。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。这是由于第二相强化有利于提高屈服强度，组织弱化增加了伸长率。金属所研发的镁锂合金比重约为铝合金的 50-60%，强度相当于铸造 Al-Si 合金的水平。

轧制后镁锂合金板材的织构，Al RE元素的作用

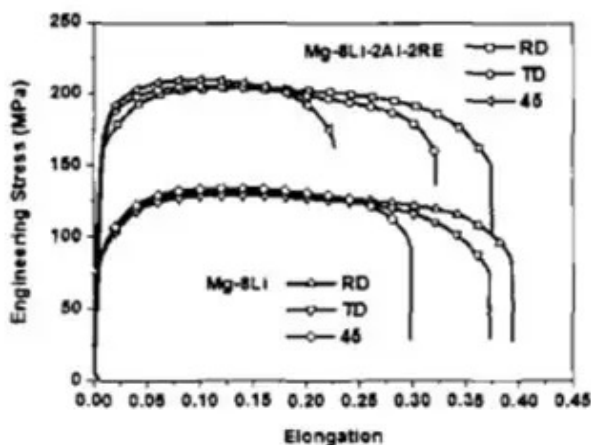


添加Al和RE后，合金中 α 镁的织构被弱化，强度降低，并且向RD和TD的偏转角度增大。（极图的最大极密度值降低）

镁锂合金板材织构的弱化

中国镁业供应链服务平台

轧制后Mg-Li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织构弱化和随机化引起的。

启示：Mg-Li合金添加RE后，通过弥散强化和织构弱化，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