

文章编号:1673-9981(2010)02-0081-04

镁合金在汽车工业中的应用分析

陈 军

(广州有色金属研究院, 广东 广州 510650)

摘 要:镁合金用于汽车有助于使其质量减轻,是汽车轻量化的首选材料.对镁合金在汽车工业中的应用情况、优势及存在的问题进行了分析,提出了发展镁合金在汽车工业中应用的对策和建议.

关键词:镁合金;汽车;应用

中图分类号: TG146; U463 **文献标识码:** A

在全球气候变化深刻影响着人类生存和发展的背景下,节能、环保是当前发展低碳经济必须考虑的因素,也是关系人类可持续发展的重大问题.汽车作为主要的能耗主体之一,降低其重量是实现节能减排目标的重要措施之一.美国总统奥巴马在2009年就公布了全新的美国油耗标准和废气排放标准,新标准为未来美国小型汽车和轻型卡车制定出了清晰的“减排”和“省油”目标.镁合金在汽车轻量化的进程上是极具竞争力的材料,具有比重轻、减振、压铸成形性能好和易回收等优势.目前,全球汽车用镁正以年均20%的增长速度迅速发展^[1-2],世界各大汽车公司都把已采用镁合金零件的数量作为自身产品技术领先的标志^[2].

1 镁合金材料在汽车工业中使用的优势

镁合金是最轻的金属结构材料,镁的密度只有 1.74 g/cm^3 ,是铝的 $2/3$,钢的 $2/9$.采用镁合金能减轻整车重量,可在铝轻量的基础上再减轻 $15\% \sim 20\%$ ^[3].镁合金的比强度和比刚度远高于铝和钢^[4],镁合金的刚度随厚度的增加而成立方比增加^[5],对用镁合金制造刚性好的整体构件十分有利.镁合金还具有良好的阻尼系数,减振量大于铝合金和铸铁,用于壳体可以降低噪声,用于座椅、轮毂可以减少振

动,提高了汽车的安全性和舒适性.镁合金的熔点($650\text{ }^\circ\text{C}$)、比热熔(1.03 kJ/m^3)和相变潜热(368 kJ/kg)比较低,凝固速度快,动力学黏度低,铸造充型性好,且其切削加工速度可以比铝合金高 $2 \sim 4$ 倍,加工能量仅为铝合金的 70% ^[6]等,所以镁合金具有良好的铸造性能及加工性能.此外,镁合金还具有优异的回收再生利用的特性,其循环使用并不影响材料的性能,且再生熔解时的能耗比新材料制造所消耗的能源少得多,仅为从矿石冶炼能耗的百分几^[3],更有利于环保及资源节约.

镁合金虽然具有上述优点,但从成本上看仍然高于铝合金.由于镁合金的标准电极电位较低(-2.36 V)^[3],即使在室温下,也会与空气发生反应而被氧化,在与其它金属接触时电腐蚀问题特别突出.另外,蠕变强度低也是镁合金压铸件用于要求较高工作温度部件的另一大阻碍.

2 镁合金在汽车工业中的应用情况

目前,汽车上应用的镁合金零部件主要有两类共60多种^[7],如离合器外壳、变速箱体、发动机前盖、曲轴箱等壳体类,以及方向盘、座椅支架、仪表盘框架、转向支架、车镜支架等支架类.在材料的选择方面,用于结构件的一般以AZ系和AS系为主,而AM系镁合金主要用于装饰零件.表1为典型汽车

收稿日期:2010-03-30

作者简介:陈军(1965—),男,广西玉林人,硕士.

镁合金件及应用材料^[4,7-9]。

表 1 典型汽车镁合金件及材料

Table 1 Classical magnesium alloy auto parts and their materials

传动系统	引擎系统	车体系统	底盘系统
齿轮箱外壳 (AZ91D)、离合器外壳 (AZ91D)、变速箱外壳 (AZ42)、电机支架、叶片导向器、离合器活塞 (AS41A)	气冷汽车引擎 (AS41A)、发动机支撑架 (AE44)、汽缸盖 (AZ42)、油泵外壳、进气歧管 (AZ91HP)、汽缸体 (AZ91D)、发动机油盆、阀盖、轮盖 (AZ91D)、节流阀体、凸轮轴盖	门框 (AM50/60)、仪表板 (AM60B)、座椅框架 (AM60B)、移动式车顶架、后掀门架、车门内侧 (AM20)、安全气囊外壳、加油箱盖、车灯外壳、引擎盖、车顶板 (AM50/60)、前置架支撑组件、车身骨架、反射镜架、座桥安全带零部件、空调机外壳	转向架 (AZ91D)、锁架外壳、方向盘 (AM50/60)、轮圈 (AZ91D)、刹车及离合器踏板托架 (AZ91B)、操纵杆零部件、ABS 框架、托架等

汽车轻量化对节能减排的作用明显。据报道^[7-10],车体重量每减少 100 kg,百公里油耗可减少 0.7 L,每节约 1 L 燃料可减少排放 CO₂ 2.5 g,年排

放量减少 30% 以上。汽车重量的减轻还可以减少刹车惯性和提高加速性能,从而改善其操控性能。部分零件采用镁合金材料后的质量减轻效果列于表 2。

表 2 部分汽车零部件采用镁合金材料后的质量减轻效果^[3,11-13]

Table 2 The lightweight effect of some auto parts of vehicles made of magnesium alloy

汽车零部件	原用材料	原质量/kg	改用镁合金后质量/kg	减重效果/%
发动机缸体	铝合金	22	19	14
变速器壳体	铝合金	21.5	15	30
油底壳	铝合金	3	2	33
轮毂	铝合金	23	18	22
	钢	36	18	50
框架	铝合金	14.4	7.3	50
方向盘	钢	4.0	0.9	78
脚踏板	钢	5.0	1.1	72
阀体零件	锌合金	2.5	0.7	72

目前,北美和欧洲的平均单车镁合金用量约为 3.8 kg,德国大众汽车公司的帕萨特单车镁合金用量为 14 kg,美国通用和福特汽车公司的单车镁合金用量为 3 kg^[7],预计在 2012 年单车镁合金用量将提高至 30 kg,2015 年达到 100 kg。

我国镁合金在汽车上的应用主要有变速箱体及壳盖、离合器外壳及壳盖、泵体、方向盘、气缸盖罩、汽车轮毂、仪表盘、汽车座椅架和防护杠等零件^[10],单车镁合金用量平均不足 1 kg,镁合金汽车压铸件的年产量不到 4000 t,主要是上海乾通汽车配件有限公司为上海大众桑塔纳轿车配套生产变速箱壳体和上盖(压铸法),重量约为 8.5 kg。在一汽大众公司

引进的奥迪 A6 高档轿车中,虽然整车采用了 48 kg 左右的镁合金零部件,但因为国内无配套产品供应,不得不全部依赖进口。一汽集团的红旗、捷达、宝来轿车以及解放中、重型卡车,为提高产品的技术含量和竞争力,正逐步使用镁合金材料的零部件。

从表 3 也可看出,我国镁合金在汽车工业中的应用存在一定差距。尽管国内各汽车企业和部分高校、科研院所都在积极研究开发镁合金汽车零部件,但与欧美汽车企业相比,仍然有较大的差距。国内只有少数企业开发生产镁合金零部件,如上海大众主要是以变速箱外壳为主,一汽主要生产 JM1 大马力柴油发动机气门室罩盖及汽缸盖、脚踏板、方向盘

等,东风集团尽管开发出了9类16种镁合金汽车零件,但仅有8种镁合金踏板得以应用。

表3 近年汽车上镁合金用量情况^[14-15]

Table 3 Amount of magnesium alloys in motor vehicles in recent years kt

地区	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
北美	65	72	78	86	/	/	/
欧洲	50	55	60	66	/	/	/
中国	/	/	5	12	25	36	49

表4是汽车上常用镁合金件的生产工艺,由表4可看出,目前汽车用镁合金零部件的生产工艺以压力铸造为主,压力铸造仍然是镁合金产品较理想的生产工艺。

表4 汽车上镁合金件的生产工艺^[16]

Table 4 Production process of magnesium alloy auto parts

典型应用零件	生产工艺
转向管柱、转向机壳、后视镜框、门手柄	压力铸造
座椅骨架、仪表板骨架、车门框架、车顶窗框	压力铸造
制动和离合器踏板支架、座椅底座	压力铸造
变速器壳体、离合器盖、分动器壳、发动机气室罩盖	压力铸造
机油盘	压力铸造
进气歧管	重力铸造
前端支架	压力铸造
轮毂	压力铸造
整车开闭件内板	压力铸造

3 镁合金在汽车工业应用中存在的问题

镁合金零部件应用于汽车上具有许多优势,全球汽车用镁量正以年均20%的速度增长。近年来,我国的汽车企业及相关研究机构也相当重视汽车用产品的研发及应用研究,尽管汽车上使用镁合金件的数量越来越大,但其应用还存在一些问题。

(1)耐腐蚀性问题:镁合金具有较低的电极电位,与其它金属接触时易产生微电腐蚀和应力腐蚀,一定程度上限制了镁合金的广泛应用。

(2)耐热性问题:目前多数镁合金的耐热性较差,室温下具有良好的综合机械性能,但温度较高时,性能急剧下降。如铸造性能良好的Mg-Al基合金(AZ系和AM系),在温度高于120℃时机械性能急剧下降,高温蠕变抗力不足常用铝合金的1/10。只有提高镁合金的耐热性能,才能更广泛地用于要求耐高温如发动机等零部件。

(3)合金牌号少:目前汽车中应用的镁合金95%为压铸镁合金,可用的镁合金牌号太少,常用的仅十几种,难以满足各种产品对材料的要求。特别是缺少耐高温的压铸镁合金。

(4)生产成本高:镁合金的单位质量价格比铝合金高,一方面是由于原镁的生产成本高,能耗较大;另一方面受镁合金的特性和加工工艺影响,特别是镁合金的压铸模具成本比较高,导致单个零件的成本增加^[16]。

(5)生产安全性问题:镁合金的化学性质活泼,非常容易氧化、燃烧,导致镁合金无法在大气条件下直接进行熔炼和浇注。氧化燃烧现象一直困扰着镁合金的生产,阻碍了镁合金产品的大规模应用。特别是机加工过程产生的大量粉尘和碎屑,是引起燃烧和爆炸的最大安全隐患。

(6)没有足够的性能数据库:目前镁合金基础数据不够,无负责收集、整理和宣传生产数据的机构,无系统的力学性能测试数据,在腐蚀、热膨胀和模具设计等方面数据也不够。

此外,目前国内对镁合金零部件生产的认识仍显不足,生产镁合金零件的理论水平和生产工艺与技术装备水平还不高,产品结构及产业结构不太合理,资源分散,没有形成规模化生产等。我们必须正视这些问题所在,寻求解决问题的对策,将中国的镁资源优势转化为技术优势和经济优势,扩大镁合金在汽车工业中的应用。

4 对策和建议

随着汽车工业的快速发展,我国已经成为世界第一的汽车生产和销售大国。据中汽协发布的信息,2009年中国汽车产销分别完成1379.10万辆和1364.48万辆,同比增长48.30%和46.15%。2010年中国汽车工业仍将呈现较好的发展态势,预计全年汽车产销增长10%左右,有望达到1500万辆^[17]。如何推动镁产业技术和应用在汽车工业中的发展,

使之与我国汽车生产大国和镁资源大国的地位相符。我们必须加强如下几方面的工作:

(1)目前镁合金产业存在产业结构与产品结构需要优化升级,生产工艺和技术装备整体水平不高、资源利用率低等问题,需要发挥政府部门的协调引导作用,在政策上给予适当的支持。

(2)加强镁合金的基础研究,研发自主牌号的新型镁合金(如耐热镁合金、高强耐蚀镁合金等)。通过对现有合金成分的优化,特别是对AZ、ZK系合金进行改性,以改善合金的高温性能和耐腐蚀性能。

(3)开发高效、环保的生产工艺技术,如镁熔体气体保护技术、镁合金熔体净化、细化技术、高性能镁合金挤压加工技术、镁合金高效短流程近净成形技术等加工工艺技术及能有效地提高镁合金耐腐蚀性的表面处理技术,以提高镁合金产品的性能及生产效率,降低生产成本。

总之,镁合金以其显著的减重效果、良好的铸造和尺寸稳定性、优良的抗振性及可回收再生性等特性,已成为汽车制造业最具潜力的结构材料。特别是大力提倡发展低碳经济的今天,镁合金是汽车轻量化中取代钢铁及部分铝合金的首选材料,各国也把单车镁合金用量作为汽车先进性的标志之一。我国已发展成为汽车生产和销售大国,同时又是镁资源储量大国,镁合金的发展有可靠的市场需求和原料来源。只有产学研等多方面的通力合作,加强政策引导及新产品、新工艺的研发,紧跟国际上汽车用材的发展趋势,才能大力发展镁合金在汽车工业上的应用。

参考文献:

- [1] 陆刚. 铝、镁、钛合金材料在汽车工业中的应用和发展[J]. 上海有色金属, 2006, 27(2): 43-48.
- [2] 刘倩, 单忠德. 镁合金在汽车工业中的应用现状与发展趋势[J]. 铸造技术, 2007, 28(12).
- [3] 范军锋, 陈铭. 中国汽车轻量化之路初探[J]. 铸造, 2006, 55(10): 995-1003.
- [4] 李明惠. 镁合金材料在轿车轻量化中的应用[J]. 广东交通职业技术学院学报, 2002(1): 44-47.
- [5] 彭敏红, 谢冰. 镁合金在汽车工业中的应用前景[J]. 湖北汽车, 2002(3): 30-32.
- [6] 彭建, 张丁非, 谢槐元, 等. 国内汽车镁合金应用展望[J]. 材料导报, 2004, 18(8A): 193-195.
- [7] 张春香, 陈培磊, 陈海军, 等. 镁合金在汽车工业中的应用及其研究进展[J]. 铸造技术, 2008, 29(4): 531-535.
- [8] 刘倩, 单忠德. 镁合金在汽车工业中的应用现状与发展趋势[J]. 铸造技术, 2007, 28(12): 1668-1671.
- [9] 杜理平, 廖君. 镁合金在车用轻量化材料中的应用[J]. 浙江水利水电专科学校学报, 2008, 20(1): 60-62.
- [10] 彭岳华. 镁合金材料在汽车中的应用[J]. 汽车与配件, 2008(20): 46-47.
- [11] 陈虎. 镁合金的研究及其在汽车轻量化中的应用[J]. 企业技术开发, 2009, 28: 17-19.
- [12] 冯美斌, 褚东宁, 敖炳秋, 等. 世界汽车镁合金材料技术的新进展[J]. 汽车工艺与材料, 2008, (3): 1-6.
- [13] 柴跃生, 孙刚, 梁爱生. 镁及镁合金生产知识问答[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2005.
- [14] 敖炳秋. 轻量化汽车材料技术的最新动态[J]. 汽车工艺与材料, 2002(8): 1-21.
- [15] 佟国栋. 国内外铝镁材料在汽车零部件上的应用现状及发展趋势[EB/OL]. [2006-07-14]. <http://www.ep365.net/homepage/show.php?id=1152807184>.
- [16] 贺岩松, 杨诚. 镁合金在轻量化汽车中的应用[J]. 汽车工艺与材料, 2002(6): 25-27.
- [17] 中国汽车工业协会. 中汽协召开09年度产销信息发布会[EB/OL]. [2010-01-11]. http://www.chinacapac.com/news_list.asp?id=373.

Application analysis of magnesium alloy in automotive industry

CHEN Jun

(Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals, Guangzhou 510650, China)

Abstract: Magnesium alloy is a light metal material which can reduce automotive weight and is regarded as the first and promising material used in automotive industry. The application, advantages and existing problems of magnesium alloy in automobile industry are discussed in this paper. Measures and suggestions for developing magnesium alloy in automotive industry are proposed.

Key words: magnesium alloy; automotive; application