

车用有色金属新材料的应用及发展

严伯昌

材料可以分为传统材料和新材料两大类。新材料对高科技和新技术具有非常关键的作用,是发展高科技的物质基础,掌握新材料是一个国家在科技上处于领先地位的标志之一。汽车材料的发展是汽车技术发展的重要方面。材料是汽车质量保障的基础,是研制更经济、更安全和更轻便汽车的关键一环。本文对高性能铝合金、镁合金、铜合金、钛合金材料、复合材料在汽车工业等领域中的应用与发展进行了分析。

1 铝合金材料

铝合金是汽车上应用得最快最广的轻金属,其中的关键在于铝合金本身的性能。由于它具有高强高韧、高比强度高比模、耐热耐蚀等特性一直受到世界各国的普遍重视。

目前车用铝合金已经得到广泛使用,铝合金发动机也屡屡出现。德国奥迪汽车公司在1999年推出的奥迪A2,以全新的轻量化结构,成为世界第一款大批量生产的全铝轿车。奥迪A2的车身采用全铝空间框架车身ASF。所谓ASF概念即仪表板部分由高强度铝结构支撑,空间构架由真空压铸接头的挤压成型段组成,这两者结合成很轻的铝合金车身。从前顶柱到行李舱边,包括车门手把坑都是用铝冲压成形,前柱(A柱)是采用高压铸铝新技术,这是一种用于飞行器结构的高难技术,它能够复合加强并改变材料厚度。由于奥迪A2采用ASF空间结构,使车身重量比传统钢制车身轻40%以上,只有895公斤。

美国、俄罗斯、西欧等国已开发了具有高比强度、比模量的一系列第二、第三代Al-Li合金,广泛应用于各种先进的航空或航天飞行器、低成本发射装置、超轻油箱计划以及重复使用的航天器

核心计划中。多种连续纤维增强铝基复合材料,如B/Al、SiCp/Al、C/Al等复合材料,已在一些工业发达国家开始了工业化生产及应用。世界各国也在积极采用搅拌熔铸、粉末冶金、喷射共沉积等不同方法开发各种性能的非连续增强铝基复合材料。美国是世界上铝及铝材生产和消费量最大的国家。在装备、技术水平、产品质量等各方面,在全员劳动生产率方面都居国际先进水平。

我国已经建立了比较完整的铝合金研究和生产体系,铝及铝合金材料产能达到450万吨,实际综合生产能力约350万吨。可生产18大类,200多种铝合金,2400多个品种,14000多种规格的铝及铝合金加工产品,基本能满足国民经济需求,但高性能、大规模航空用预拉伸铝合金板、高档民用板带箔材如特薄罐用铝合金板、PS基版、高压电子箔材等都达不到国际先进水平,尚不能满足需要。

我国高性能铝合金的研究开发和生产基本上是在跟踪国外技术基础上发展起来的,已能生产多种牌号的高性能铝合金并用于我国航空航天工业。我国的西南铝业公司建成了铝锂合金专用熔铸生产线;建造了具有国际先进水平的喷射成形大尺寸棒坯、管坯、板坯中试生产设备;对连续、非连续纤维及颗粒增强铝基复合材料开展了大量研究,取得了一定成果,在军工关键部件上获得应用。

我国铝合金研究开发与国际先进水平的主要差距表现在:没有完全建立结合我国资源特点具有自主知识产权的铝合金系列;热处理和加工工艺研究不够深入,严重影响铝材的品种发展;材料生产成本过高,缺乏国际竞争力;关键设备不配套,重复建设问题突出;基础研究薄弱,研发力量不够。

2 镁合金材料

镁是一种轻质的银白色金属，在镁材中添加一些其它的金属元素，例如铝、锌或者铝、锰等，它就会改变了自己的特征，变成了一种具有较高强度和刚度，具有良好铸造性能和减振性能的轻质合金材料，这些镁合金材料在现代汽车中已得到广泛的应用。

早在 20 世纪 30 年代大众汽车就使用了镁合金，后来由于镁的价格上升才停止了使用。80 年代初，由于采用新工艺，严格限制了铁、铜、镍等杂质元素的含量，使镁合金的耐蚀性得到了解决，同时成本下降又大大促进了镁合金在汽车上的应用。从 90 年代开始，欧美、日本、韩国的汽车商都逐渐开始把镁合金用于许多汽车零件上。

目前镁合金一般用于车上的座椅骨架、仪表盘、转向盘和转向柱、轮圈、发动机气缸盖、变速器壳、离合器壳等零件，其中转向盘和转向柱、轮圈是应用镁合金较多的零件。随着技术的发展将有更多的零件用镁合金制造。镁合金零件带给汽车的好处是显而易见的：一是它的质量轻，其密度只有 1.7，是铝的 2/3，钢的 1/4，换用镁合金就能减轻整车重量，也就间接减少了燃油消耗量。二是它的比强度高于铝合金和钢，比刚度接近铝合金和钢，能够承受一定的负荷。三是它具有良好的铸造性和尺寸稳定性，易加工，废品率低，从而降低生产成本。四是它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、轮圈可以减少振动，提高汽车的安全性和舒适性。镁合金虽然有这些优点，但从成本上看它仍然高于铝合金。尽管如此，镁合金的应用前景仍然十分看好。

美国、德国、澳大利亚等国都投资数十亿美元，实施各自的镁工业研究开发计划，扩展镁合金在汽车上的应用；福特汽车公司已开始用镁合金来制造悬架零件、制动盘和制动钳等；而日本 1990 年每辆汽车用镁量仅 5 公斤，预计 2000 年底将增至 210 公斤，占汽车重量的 25%，仅次于铝材而超过钢铁的重量。

近几年我国开发了具有自主知识产权的系列镁合金专用压铸机以及镁合金熔炼系统，国内市

场占有率已达到 40%；已开发出 8 类 3C 产品和汽车、摩托车零部件，并已实现部分装车；采用下沉阴极电解新工艺，成功制备出稀土含量为 15%~20%、具有自主知识产权的低成本镁中间合金，为开发汽车动力、传动系统所需抗高温蠕变和耐腐蚀镁合金奠定基础。

我国镁工业当前与国际水平的主要差距是：高强、高韧镁合金，耐热、耐腐蚀镁合金体系方面的研究不够，尚未形成完整的合金体系；镁合金变形加工技术研究开发落后；镁合金基础理论研究不充分；镁合金材料的应用开发起步较晚，应用市场急待开发。

3 铜合金材料

美、日、欧盟、俄罗斯等国为适应电子信息产业和众多高新技术的发展，一直把高强高导铜合金作为研发的重点。国际铜合金技术发展主要集中在：超大规模集成电路引线框架用高强高导铜合金及其先进制备和精密加工技术，涉及的合金体系有 Cu-Fe-P 系、Cu-Ni-Si 系、Cu-Cr-Zr 系等，前两种合金体系已形成产业化生产规模；军事工业及电子、电工及汽车业涉及的合金体系有 Cu-Al₂O₃、Cu-TiB₂ 等。

我国铜合金材料已形成了较完整的研究开发和生产体系，基本上能研究开发、试制、生产我国工程和高技术发展所需的新型铜合金材料。在高精度铜材加工技术方面，已研制开发出厚度为 0.05mm 以下的汽车水箱用超薄铜带加工技术和产品，厚度为 13~35 μm、宽 1500mm 的电解铜箔和厚度为 6~9 μm 超薄电解铜箔加工技术和产品，成功地开发出空调器用铜合金空调管；采用挤压—轧制—拉伸工艺研究开发出外矩内圆铜合金管和特种管材，并掌握了集成电路引线框架用铜合金薄带的加工技术和产品；在特殊铜合金材料方面，已成功研究开发出汽车行业用耐磨铜合金同步齿环材料、特殊黄铜弹性材料、铜合金记忆材料、铜锰系铜合金阻尼材料及艺术铜、货币铜合金材料。

当前与国际水平的主要差距是：高强高导精密铜合金材料基础研究薄弱，研究缺乏系统性；精密加工技术落后，尚不能规模化生产超薄铜带；制

备方法原理与技术研究落后, 先进制备技术研究差距更大。

4 钛合金材料

钛材料的轻质、高强度等性能早已为汽车制造商所注目。目前的赛车几乎都使用了钛材。汽车用钛部件主要包括: 阀: 美国利用钛合金制作进、排气阀较普遍, 利用钛合金制作汽车阀, 不仅可以减轻重量, 延长使用寿命, 而且可靠性高, 还可节省燃油。连杆: 用钛合金制造连杆对减轻发动机重量最有效, 能大大提高性能。还有其他部件, 包括汽车上的螺栓、螺母等连接件和离合器圆盘、压力板等变速器零部件, 都可利用钛合金制造。采用旋转型法制造的钛合金离合器外壳, 与钢制外壳相比, 可以大大减轻飞轮的冲击破坏。

国外钛工业主要集中在美国、俄罗斯和日本三个国家。由于军事需求减少, 近 10 年来世界钛材产量一直徘徊在 5 万吨左右。生产技术方面, 克劳尔法仍是生产海绵钛的主导工艺, 电子束冷床炉熔炼技术已在钛铸锭的制备上进行了商业化应用, 大型锻件和精密锻造技术正在不断地发展, 激光成形等近净成形技术正在不断地得到应用。一些常规加工技术如锻造、轧制等已完全实现了计算机自动控制。钛合金材料在非航空应用比例为 50%~60%, 航空应用为 40%~50%。钛在航空上的应用比例美国、俄罗斯等国远远高于日本和中国, 约占到了 70%~80%。日本则以非航空应用为主, 约占 90%。钛在生物学上的应用受到世界各国的普遍关注。新型医用钛合金、高温钛合金、高强钛合金、低成本钛合金等合金研究比较活跃, 新的制备、成形加工技术方兴未艾。

世界钛技术的发展趋势: 钛的低成本化制备、加工技术, 包括海绵生产、钛合金材料设计及加工过程等的低成本化; 大型优质钛合金坯料制备技术, 包括单次冷床炉熔炼直接轧制技术, 钛带连续加工生产等; 近净成形技术, 包括激光成形、精密铸造、精密模锻、超塑成形 / 扩散连接、喷射成形等; 钛的推广应用技术, 包括生物医用钛、汽车用钛、建筑用钛等。

我国钛合金的应用主要以非航空为主, 占 85%

以上, 航空航天占 13%, 产品品种主要包括锻件、棒丝、管、板等。在民用钛方面, 除了传统的石油、化工、电力等用钛外, 体育、医疗器械、装饰、建筑等行业也正在成为钛材新的应用领域。

目前, 我国形成了较为完善的钛工业体系。2002 年海绵钛和钛加工材达到了 3680 吨和 4163 吨的历史最好水平。据估计, 我国海绵钛和钛加工材的实际消费能力已达到 8000 吨和 7000 吨。

在生产技术方面, 我国引进了电子束冷床炉熔炼技术、快锻技术、精密锻造技术等, 并加以消化和吸收, 对于推动我国钛加工技术进步起到了十分重要的作用。另外, 我国钛的精密铸造技术、超塑成形 / 扩散连接技术, 激光成形技术等也取得了长足的发展。

在研究与开发方面, 我国强化了自主知识产权意识, 已研制的钛合金有 50 余种, 有 20 多种列入国家标准, 形成了近 20 余种具有我国自主知识产权的钛合金。目前, 我国正致力于 4 种钛合金的研究与开发, 即高温钛合金、结构钛合金、耐蚀钛合金和功能钛合金, 并且已取得显著进展。

我国与世界先进钛工业差距主要是: 海绵钛生产规模小, 能耗和生产效率低; 缺乏先进的大型钛合金熔炼技术和装备, 对高熔点、易偏析合金大规模铸锭成分均匀性及缺陷控制等有差距; 设备加工能力和加工过程的自动控制水平低, 产品性能不稳定、成材率低; 应用水平较低, 军事用钛比例低, 民用钛领域相对较窄; 基础研究薄弱, 原创性和革命性的材料设计、工艺少。

5 有色金属复合材料

有色金属复合材料分为金属基复合材料和层状金属复合材料两大类。

金属基复合材料经过二十几年的研究发展, 目前已进入全盛时期, 正向商业化生产和应用迅速迈进。颗粒增强铝基复合材料是金属基复合材料中最成熟的一个品种, 美国、加拿大已有小批量生产, 该种复合材料所用的增强体主要为 SiC 和 Al_2O_3 , 基体主要为铝合金, 制造工艺主要是粉末冶金工艺和液相复合法, 如 20%SiC 颗粒增强 6061 铝合金已经在超大规模集成电路基板、各种结构

型材和耐磨部件方面获得满意的使用效果。

层状金属复合材料的研究和开发及生产得到各国的高度重视,美国将复合板定为七大金属材料之一,日本复合材料产量已突破 90 万吨,俄罗斯、英国、韩国也大力发展层状金属复合材料。

铝基复合材料的强度、弹性模量、耐磨性与耐热性均优于铝合金材料,可以用于汽车发动机和驱动部件的连杆、活塞、凸轮轴、摇臂与汽缸套等零件。正在研究的颗粒(Al_2O_3 , SiC)强化、纤维强化、晶须(SiC)强化铝基复合材料都具有应用潜力,但其循环利用性还必须深入研究。

有色金属复合材料的发展趋势为:结构型复合材料向兼容功能型的方向发展;低成本多种技术融合的工艺技术;工艺的进一步优化和稳定;根据材料的特殊要求,对 MMCs 进行设计,包括宏观、细观、微观设计;新型复合材料的研究,包括梯度复合材料、纳米复合材料、仿生复合材料等。

我国金属基复合材料在材料的组织性能、复合材料界面等方面的研究工作接近了国外先进水平,金属基复合材料用增强剂、硼纤维、SiC 纤维、SiC 晶须等性能达到了国际先进水平。连续纤维增

强铝合金 B/Al、SiC/Al 等的研究接近美国水平,晶须和颗粒增强铝合金已得到应用。我国层状金属复合材料品种已比较齐全,目前应用最广的是化工用钛-钢复合板、电力工业用的铝-铜复合双金属等。我国层状金属复合材料研究水平与国外差距不大,但生产技术、品种、规格和质量差距大,自给量不到 20%,远不能满足国内需求。

与国际先进水平的差距主要为:制备工艺不成熟,材料性能不稳定;成本太高,不能大批量供应;缺乏根据需要进行 MMCs 的理论设计。

参考文献

- [1]肖纪美. 材料的应用与发展. 北京:宇航出版社,1998
- [2]周达飞. 材料概论. 北京:化学工业出版社,2000
- [3]杨瑞成,蒋成禹,初福民. 材料科学与工程导论. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2002
- [4]杨瑞成,丁旭,季根顺等. 机械工程材料. 第二版. 重庆:重庆大学出版社,2004
- [5]王放民. 材料家族的发展. 上海:上海科技文献出版社,2000
- [6]杨瑞成,邓文怀,冯辉霞. 工程设计中的材料选择与应用. 北京:化学工业出版社,2004

日本研究人员利用微波制造生铁

彭永清 编译

最近,日本东京工业大学从事物质科学研究的永田和宏教授与石崎幸太郎研究员等人通过研究,开发出一种可以利用电子测距仪所使用的微波,从铁矿石里精制出纯度极高的生铁的新技术。用这种新技术来制铁的话,可以使所消耗的能源减少到原来的一半。

现在钢铁厂所采用的方法,是在铁矿石中加入焦炭,并经 1000 多度的高温加热,通过焦炭产生的一氧化碳来将铁矿石中的主要成分氧化铁进行还原,这样制造出生铁。但这种方法所消耗的能源就占了整个制铁企业所使用能源的约 70%,可见其能源的消耗之大。因此,从防止地球变暖方面来说,这种新技术是取而代之的最佳方法,需要尽快将其用于实践。

研究小组所注意到的是一种 12 厘米的微波,这种微波可以让物质自身发热,因而可以省去从外部进行加热的工序。当铁矿石在功率为 3 千瓦的微波的连续照射下自身发热并且温度达到约 650℃时,就会发生化学反应(以往所使用的方法需要达到 1000 多度)。而经过约 1 个小时的照射后,研究人员成功地从 330 克铁矿石和煤的混合物里精制出 175 克生铁。

由于用电子测距仪只能对含有水的物质进行加热,对缺乏水分的铁矿石则无法加热。因此,今后还需研制开发出可以大量处理铁矿石的新型炼钢炉,才可以将这种新技术真正运用于实际的生产中。

(译自日本《每日新闻》2007 年 3 月 19 日)