

轻合金成形制造技术浅析

王建辉 黄澜涛 张 靖

(厦门大学 福建 厦门 361005)

摘 要 轻合金具有比强度和比刚度高、密度低等优点,在追求轻量化、节能减排的今天具有广阔的应用前景,这就对其成形制造技术提出了更高的要求。在概述轻合金成形制造技术的基础上,分别对高真空压铸、半固态成形、电磁成形、超塑性成形等一系列成形技术的成形原理进行了简要分析,并阐述了这些技术在轻合金制造上的应用表现,总结了它们各自的技术优势。最后对轻合金成形技术做出了展望,指明了该技术的发展方向。

关键词 轻合金;高真空压铸;半固态成形;电磁成形;超塑性成形

DOI:10.19514/j.cnki.cn32-1628/tm.2017.24.054

0 引言

随着社会的发展及人们对可持续发展认知与思考的深入,能源与环境问题得到了广泛的关注与重视,以节能减排与环境友好为主旨的技术革命正在各领域不断酝酿与发展。轻量化技术是在保证整体性能的前提下,采用轻量化结构或使用轻量化材料等手段来实现结构重量的减轻。其能有效降低能耗,减少污染排放,是现代先进制造技术的重要发展方向。

轻合金具有密度低、比强度高等一系列优良性能,是轻量化材料的重要组成,在航空航天、交通运输、化学化工等诸多领域具有广阔的应用前景。

1 轻合金成形制造技术概述

一般而言,铝、镁、钛等密度小于 $4.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的金属被称为轻金属,它们所对应的合金即为轻合金。其中铝合金是目前应用最广泛的轻合金,导热性能好、延展性好、价格相对低廉,镁合金是最轻的结构金属,导热性好、减震性能好、电磁屏蔽能力强,钛合金耐腐蚀性好、耐热性高、低温性能好,是理想的航空材料,其无磁性在生物医药等领域应用潜力巨大^[1-2]。

轻合金成形技术主要分为铸造与塑性加工两大类^[3-6]。铸造是将金属液体灌注到与零件匹配的铸型中,待其冷却凝固后获得零件的方法。铸造成形工艺易调整,但产品质量相对较差,易出现疏松、气孔、砂眼等缺陷。在轻合金成形加工中,常用到的铸造方法有金属型铸造、压力铸造、离心铸造、真空吸铸等。塑性加工是指利用外力使得金属坯体产生一定的塑性变形以获得所需零件的方法,也称为压力加工。塑性成形效率较高,其所生产的零件强度较高、品质较好。轧制、挤压、模型锻造、板材冲压等是较为常见的塑性加工方法。但轻合金常温下成形性能较差,在塑性加工中易出现回弹及尖角破裂。总体来说,现阶段轻合金成形工艺相对复杂,成本相对较高,在一定程度上制约了轻合金的普及、推广与应用。

不断发展的加工制造需求,特别是复杂零部件与轻质结构件的加工需求,对轻合金成形技术提出了新的要求与挑战,高真空压铸、半固态成形、电磁成形、超塑性成形等一系列先进成形制造技术陆续涌现。

2 高真空压铸

高真空压铸是一类在高真空状态下进行金属液体充填的

特种压铸方法。该方法型腔内的真空度可高达90 kPa,待成形金属液中杂质气体少,可有效减少压铸件中的气孔,提高成形工件的力学性能与表面质量。基于良好的技术经济性,其在轻量化进程中发展潜力较大。据报道,美、德等国已有高真空压铸技术生产的高强度铝压铸件应用在汽车底盘悬挂系统等重要受力部件中^[7-8]。

3 半固态成形

半固态成形是在金属材料半固态状态下对其进行成形加工的技术。相比于塑性成形,其能够更容易地实现复杂结构件的加工成形,而相比于铸造,半固态成形产品显微组织较为均匀,产品缺陷少、机械性能优良,成形精度高^[9-11]。该成形方法介于铸造与塑性成形之间,利用了金属固液共存时变形抗力小、流体黏度高等特性,可以有效降低金属材料的加工温度,提高材料的成形性能。

4 电磁成形

电磁成形利用成形线圈与被加工工件间的电磁作用力来完成工件的成形加工。在成形线圈中施以脉冲电流时,将在周围空间产生变化的磁场,磁通量的变化将使置于线圈附近的待成形金属工件中感应出涡流。空间变化磁场与金属工件中感应电流之间的洛伦兹力将驱动金属工件高速变形。研究显示,电磁成形技术能够有效提高铝合金等轻金属材料的成形极限和变形均匀性,有效降低能量消耗,同时还具有消除残余应力、减小回弹、抑制起皱、改善产品表面质量、提高成材率等一系列优势^[12-14],有望突破铝合金等轻质合金在现有加工中的技术瓶颈,广泛应用于复杂零部件和轻质结构件的加工成形制造中。

5 超塑性成形

超塑性是指在一定的变形温度、较低的应变速率下,某些金属或合金呈现出极低的变形抗力与极高的流变性能的现象。利用超塑性对材料进行成形加工的技术即为超塑性成形。超塑性成形所得产品尺寸精密稳定、组织均匀、力学性能均一、残余应力小,特别适合薄壁件与复杂件的精密成形^[15-17]。此外,由于超塑性变形中金属变形抗力小,所需成形力值低,可用小吨位的设备实现大尺寸的工件成形。铝、镁、钛等轻合金均具有超塑性,轻合金超塑性成形构件在宇航及军机中已有一定应用,未来有望在交通运输、航空航天等领域进一步释放潜能。

本课题由福建省软科学计划项目(2016R0084)资助

小线径铝漆包线电机定子工艺关键点分析

漆凌君

(珠海凯邦电机制造有限公司, 广东 珠海 519100)

摘要:首先分析了铝漆包线的物理和化学特性,然后对直径1.0 mm以下铝漆包线电机定子的工艺及关键点控制进行了详细说明。

关键词:小线径;铝线电机;接线工艺;脱漆粉;双壁热缩管

DOI:10.19514/j.cnki.cn32-1628/tm.2017.24.055

0 引言

家用电器行业使用的电机绕组一般采用铜漆包线或铝漆包线,铝漆包线电机因材料成本优势在电机行业占有不可替代的地位。铝具有硬度小及在空气中极易氧化等特点,导致铝漆包线电机对加工工艺要求非常严格。本文主要研究分析直径1.0 mm以下铝漆包线电机生产中各种关键的质量控制工艺,通过合理应用焊接材料及全新焊接工艺,有效解决变形、氧化等难题,使铝线电机的性能既可靠又安全。

1 铝漆包线分析

1.1 物理特性

从表1可知,铝的抗拉强度和伸长率较低,铝漆包线相对于铜漆包线在加工过程中更容易受损,如产生小缺口,铝线还会产生氧化,运转时间一长,极易过热烧断,使用寿命变短,铝漆包线的漆皮附着比铜线差,折几下易脱漆皮,易产生匝间不良,铝线抗拉强度小,机器绕线时一用张紧力,易断易损易

拉细,铝的熔点低,焊接过程中容易烧断。

表1 铜和铝特性比较

参数	铝	铜
比重/(g/cm ³)	2.70	8.89
电阻率/(Ω·mm ² /m)	0.027 40	0.017 24
抗拉强度/MPa	68~107	215~265
伸长率/%	≥8	≥20
熔点/℃	660	1 084

1.2 化学特性

铝金属很活泼,容易氧化,尤其是在高温下,会生成Al₂O₃,导致上锡困难,出现焊接不良、虚焊现象,所以铝漆包线应用的好坏关键就在于如何解决连接点焊接问题。

目前市面上很多铝助焊剂都是偏酸性的,对铝线本身腐蚀比较严重,导致铝线电机出货后焊点腐蚀,变成粉末。另外,铜线和铝线接头不宜直接连接,具体原因如下:(1)铜跟铝属于不同的元素,铜的金属惰性要大于铝,即铜的化学活性要较

6 结语

随着原料成本的降低及技术的进步,轻合金将拥有更加广阔的应用前景。轻合金成形制造是我国制造与装备领域未来重要的需求之一,而航空航天、交通运输及武器制造等领域的不断发展也将对轻合金成形技术提出了新的要求,高性能、高精度、高可靠性的大尺寸整体构件成形技术,高效率、自动化的成形装备以及系统性的数值仿真研究方法将会是轻合金成形技术的重要发展方向。

[参考文献]

- [1] 王渠东,王俊,吕维洁.轻合金及其工程应用[M].北京:机械工业出版社,2015.
- [2] 彭晓东,刘江.轻合金在汽车工业中的应用[J].汽车工艺与材料,1999(1):1-5.
- [3] 杨合,李落星,王渠东,等.轻合金成形领域科学技术发展研究[J].机械工程学报,2010,46(12):31-42.
- [4] 骆锐,李强,孙忠刚,等.轻金属前沿制造技术的研究进展[J].轻金属,2011(4):3-6.
- [5] 朱亚哲,李保成,张治民.镁合金的特点及其塑性加工技术研究进展[J].热加工工艺,2012,41(1):88-91.
- [6] 南海.轻合金精密铸造技术[J].新技术新工艺,2009(2):9-12.
- [7] 林海,万里,刘后尧,等.高真空压铸铝合金轿车底盘部件的压铸工艺试验及优化[J].铸造,2011,60(1):42-46.
- [8] 罗爱华,SACHDEV A K,POWELL B R.汽车轻量化先进铸造技

术[J].铸造,2011,60(2):113-119.

- [9] 孟毅.半固态成形工艺特点及发展现状[J].精密成形工程,2016,8(4):21-27.
- [10] 赵大志,路贵民.半固态成形轻合金的发展状况[J].铸造,2007,56(6):572-577.
- [11] 李元东,刘兴海,张心龙,等.变形铝合金半固态近净成形研究进展[J].特种铸造及有色合金,2014,34(5):471-479.
- [12] 陈晓伟,王文平,万敏,等.平板件电磁成形技术的研究进展[J].稀有金属材料与工程,2015,44(2):514-520.
- [13] PSYK V,RISCH D,KINSEY B L,et al. Electromagnetic forming—a review[J]. Journal of Materials Processing Technology,2011,211(5):787-829.
- [14] 刘大海.5052铝合金板材磁脉冲辅助冲压成形变形行为及机理研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2010.
- [15] 吴晓炜,王勇,梁海建,等.铝合金覆盖件快速超塑性成形技术[J].塑性工程学报,2012,19(1):1-5.
- [16] 郝新,马志超,郭洪飞,等.大型钛合金零件内加热超塑性成形模具设计[J].锻压技术,2006,31(3):89-91.
- [17] 陈振华,刘俊伟,陈鼎,等.镁合金超塑性的变形机理、研究现状及发展趋势[J].中国有色金属学报,2008,18(2):193-202.

收稿日期:2017-07-07

作者简介:王建辉(1992—),男,福建漳州人,硕士,研究方向:无线能量传输、先进成形制造。