

铝合金车身的焊接技术

崔厚学, 邹恒琪, 刘昌雄

(东风汽车有限公司 制造规划总部, 湖北 武汉 430056)

摘要:为实现节能减排,提高车辆行驶效率,轿车轻量化是必由之路,而采用铝合金材料制作车体是减轻轿车自重的有效措施。结合我国轿车行业的发展实际,综述和探索了铝合金车身的焊装技术,为实现铝合金车身的优质、高效焊接提供了现实途径。

关键词: 铝合金; 车身; 轻量化

中图分类号: TG457.14

文献标识码: B

文章编号: 1001-2303(2013)02-0034-04

DOI: 10.7512/j.issn.1001-2303.2013.02.06

Welding technologies of aluminium alloy car BIW

CUI Hou-xue, ZOU Heng-qi, LIU Chang-xiong

(Manufacturing Planning General Division, Dongfeng Motors Co., Ltd., Hubei Wuhan 430056, China)

Abstract: Lightweight is inevitable path to realize energy-saving, emission decreasing and to raise the vehicle running efficiency. At the same time, Car BIW made by aluminium alloy is the practical solution to reduce vehicle dead weight. In this paper, in cooperation of domestic existence, the welding technologies of aluminium alloy car BIW in order to realize excellent welding quality are summerised and investigated.

Key words: aluminium alloy; car BIW; light

1 中国汽车工业发展现状和前景展望

2008年底席卷全球的金融危机严重侵蚀了世界实体经济,以美、日、西欧为代表的传统汽车市场连连下挫。中国车市彰显一枝独秀,得益于国民经济的持续增长和国家应对危机的政策措施,中国汽车产销量持续增长,中国已成为世界汽车的生产和销售大国,世界汽车的发展变化如图1所示。

2 铝合金车身的发展现状和前景展望

由于中国汽车市场经由孕育、导入期逐步向普及、成熟期发展,中国汽车产销量在可预见的时间内将持续稳定增长。2000年中国汽车产销量207万辆,2010年达1800万辆,预计到2015年将达2200~2500万辆。

目前世界46%的石油为汽车所消耗,2020年预

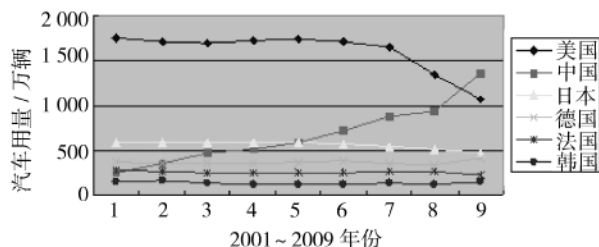


图1 世界汽车的发展变化(2001~2009销量)

计将达62%,能源危机已成为世界发展的严重制约和不安定因素。与此同时,汽车铝材需求量不断增加。单车用铝量:德国、日本146 kg/辆,美国154 kg/辆,中国127.5 kg/辆。

铝合金的重要特点是密度小,比刚度、比强度高,抗冲击性高,抗腐蚀性好,散热性好。研究表明:单车减重1%,燃油将降耗0.6%~10%;同时车身减重40%,静态扭转刚度提高40%。铝合金车身已成为轿车制造行业一个主要发展方向。德国Audi A8和东风品牌铝车身如图2、图3所示。

收稿日期: 2013-01-07

作者简介: 崔厚学(1964—),男,湖北武汉人,研究员高工,博士,主要从事汽车焊装项目规划、工艺设计、质量改善及新技术导入等工作。



图2 德国 Audi A8 全铝车身



图3 东风品牌铝车身

2 铝合金车身的焊接技术

2.1 铝合金车身可焊性分析

铝合金车身是由铝合金压铸件、铝合金挤压型材和铝合金冲压覆盖件通过各种连接技术制成的。MIG 焊、搅拌摩擦点焊、铆接等技术已开始应用于铝合金车身连接。

铝合金车身制造给焊接技术和工艺带来了很大的挑战。目前,铝合金的焊接主要存在以下问题:

(1) 铝合金焊接后将带来焊缝和热影响区(HAZ)的强度损失。厚板焊接由于温度梯度大,一般都能保证焊缝强度达到母材强度的 70%,但 3 mm 以下薄板时效强化型铝合金焊接,焊缝强度一般低于 60%。

(2) 焊接环境要求高,运行成本高。铝合金焊接受温度和湿度的影响非常大,这两种因素常导致严重的焊接问题,因此,焊接场地要保证温度和湿度符合要求。

(3) 焊接变形倾向明显。由于铝合金的热膨胀系数大,弹性模量只有钢的 1/3,同时由于热传导系数大,焊接时往往需要更大的线能量。因此,与钢相比,铝合金的焊接变形倾向更明显。

(4) 焊接接头质量控制。广义上焊接质量不仅仅是焊接接头质量的好坏,而且包括焊接材料与

母材的匹配性、耐环境能力、力学性能、抗失效性能、疲劳性能等都是焊接质量控制的概念。由于铝合金具有强氧化性,膨胀系数大,导热、导电性好,因此极易产生气孔、裂纹咬边、夹渣合金元素烧损、耐蚀性下降等焊接缺欠。由于我国还没有系统地对铝合金材料、焊接材料、接头时效性进行系统研究,各种计算完全忽略了焊接接头性能,所以焊接的风险是存在的。

(5) 焊接培训成本高,劳动力资源短缺。铝合金相比黑色金属焊接来说,培训周期长,培训材料昂贵。

(6) 环境污染问题严重。铝合金焊接烟尘对劳动者的健康危害很大,虽然采取劳动者的临近保护措施,但大环境仍不能完全消除这种危害。

3.2 铝合金车身的焊接技术

综合铝合金焊接的特点及车身焊接的成本等因素,MIG 焊和搅拌摩擦(点)焊是较为适宜的铝合金车身焊接技术。

3.2.1 铝合金车身 MIG 焊

MIG 焊起源于美国,1948 年被首次应用于工业领域。它具有焊接电弧稳定;焊缝成形均匀、美观;电弧气氛的氧化性很弱,甚至无氧化性,可以焊接许多活泼金属及其合金;焊接效率高等特点。在宝马公司 BMW-5 铝车体中,Audi-A8 铝门、铝车体焊接中就大量采用 MIG 焊(见图4)。德国、日本研究了铝钢薄板异种金属的 MIG 钎焊工艺,并应用于汽车行业。德国奥迪、美国福特公司、英国美洲豹汽车公司使用 MIG 电弧钎焊焊接车身及构件。奥地利 Fronius 公司成功开发了单枪焊丝 MIG 焊技术,该技术焊接效率高,焊接变形小,焊枪小巧可达焊接任何位置。同时,在传统 MIG 焊技术基础上,各国焊接研究者不断研究和探索 MIG 焊,出现了脉冲 MIG 焊、双丝 MIG 焊和复合热源 MIG 焊等各种新型 MIG 焊接工艺,焊接质量控制和自动化水平也在不断提高。

3.2.2 铝合金车身搅拌摩擦焊

搅拌摩擦焊技术是 20 世纪 90 年代由英国焊接研究所发明。搅拌摩擦焊依靠搅拌头的机械摩擦作用实现接头连接,搅拌头的旋转作用与焊接母材的转移过渡形成动态平衡,焊接温度低于材料熔点,属于固态连接方法。搅拌摩擦焊热输入少,温度低,材料不发生熔化,接头变形小,热影响区窄,无凝固裂纹、气孔等缺陷,焊接质量好,焊接接头外观平整,性能优良,焊后残余应力小,无需焊丝,不需气体保护,无飞溅,无辐射,是一种优质、高效、低耗的新型

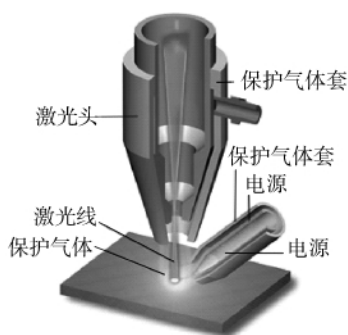


图 4 大众汽车 Phaeton 前门 (48 处激光-MIG 焊道)



图 5 搅拌摩擦点焊设备

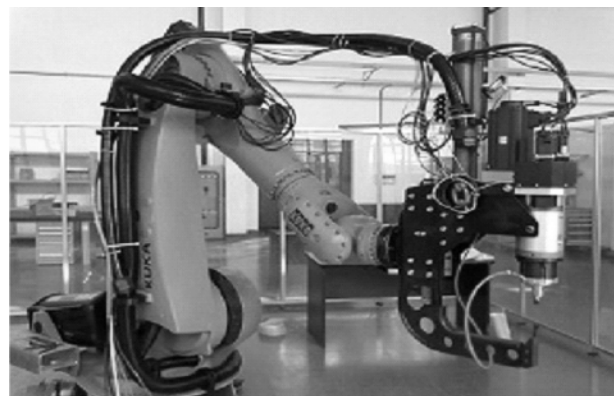
焊接方法,非常适用于铝合金车身的焊接。

随着铝合金应用范围日益扩大,铝合金搅拌摩擦焊技术在航天、船舶、交通运输、储运设备等领域也得到了极大的应用。如挪威 MARINE 公司应用于舰船铝合金甲板、侧板等流水线结构件的焊接;日本 HITACHI 公司用于列车车体铝合金大壁板的快速低成本制造;麦道公司用于火箭、飞机等的大型高强铝合金燃料储箱;波音公司的 DELTA II 型和 W 型火箭已全部实现搅拌摩擦焊制造;大众公司等应用于汽车悬架、轻合金车轮、铝合金车身等汽车部件的焊接;欧洲空客公司开始将搅拌摩擦焊方法应用于 A350 等大型民用飞机的制造。

搅拌摩擦点焊(FSSW)可分为直插式搅拌摩擦点焊(日本 Mazda 汽车公司于 1993 年发明)和填充式搅拌摩擦点焊(德国 GKSS 研究中心于 1999 年发明)。

与传统电阻点焊等连接技术比较,搅拌摩擦点焊(FSSW)具有以下优点:缺陷少、变形小,焊接质量稳定;节省能源、降低成本;工艺过程简单易行;连搅拌头工作寿命长;工作环境清洁。

日本 Mazda 公司在搅拌摩擦点焊技术研究开发方面处于世界前列。2003 年该公司已经将 FSSW 技术用于 RX-8 发动机罩和后门的生;后又与日本川崎重工合作,研制了固定式搅拌摩擦点焊设备(见图 5)和与机器人结合的搅拌摩擦点焊焊枪机构。2005 年,Mazda 公司又将 FSSW 技术用于钢和铝合金构建的连接。2005 年 1 月,美国 Feng 等人报道了采用 FSSW 技术进行高强度钢薄板焊接可行性的研究结果,采用带有退出孔的搅拌摩擦点焊方法对 600 MPa 的双相钢和 1 310 MPa 的马氏体钢进行焊接试验,在 2~3 s 的焊接时间内可获得固态冶金连接,其结果为充分利用高强度钢车体材料的优势提供了试验依据。



3.3 国内现有工作基础及发展方向

国内一些大学和研究所在铝合金焊接性、焊接材料、焊接工艺以及工业自动化方面做了许多基础研究,对推动汽车中的铝合金关键焊接技术做了很好的准备。如兰州理工大学在铝合金 MIG 熔池图像形态学处理、视觉传感、焊接熔宽控制系统上开展了研究。上海航天制造设备总厂研制了 FSSW-SK-002、003、004 搅拌摩擦点焊设备。

国内铝合金车身焊接的主要方向是:

(1)建立铝合金车身焊装线,至少应具备年产 3 万台整车的生产能力;同时开发单排和双排车共线的柔性焊装线,能够实现铝合金车身焊接自动补偿和控制,能够实现两种以上车型的混线切换,并保证骨骼精度合格率大于等于 90%,车身配合精度大于等于 85%,弧光烟尘符合国标控制,符合操作人员电磁健康要求;同时建立焊接工艺数据库,形成相应的技术规范与标准。按照精益生产和节拍平衡原则,合理布置全铝车身焊接自动化生产线。

(2)试验并完成全铝车身 MIG 焊的自动跟踪控制设备,建立铝合金焊接变形的夹具控制系统,搭建铝合金车身的全息检测系统。根据各个部件的材

料、形状和强度要求,结合数值分析技术,制定合理的焊接工艺和规范并形成技术标准;包括 MIG 焊接电流、电压、焊接速度、焊接道次、接头形式、保护气氛、焊丝种类及焊丝直径。

(3)根据各个部件精度要求,利用数值模拟技术建立车身中铝合金焊接接头的焊接变形数据库,并据此合理设计车身焊接工装夹具、检具,控制焊接变形。

(4)将弧焊机器人系统及机器人搅拌摩擦焊设备引入全铝车身焊接生产线,开发焊接自适应及质

量控制系统,实现焊接自动化,提高生产效率。

(5)将搅拌摩擦点焊设备批量装备于车身焊接线中,实现国产设备关键技术的突破;形成达到国际品质的铝合金焊接示范工程。FSSW 接头结构、焊点位置布置、搅拌头几何形状、搅拌针伸出长度、搅拌停留时间、回压距离、旋转速度等;研究并试制完成国产化的 FSSW 焊接设备(焊针寿命大于2 000件),达到国际领先水平。

铝合金车身焊接的人机控制环境和系统开发技术路线如图6所示。

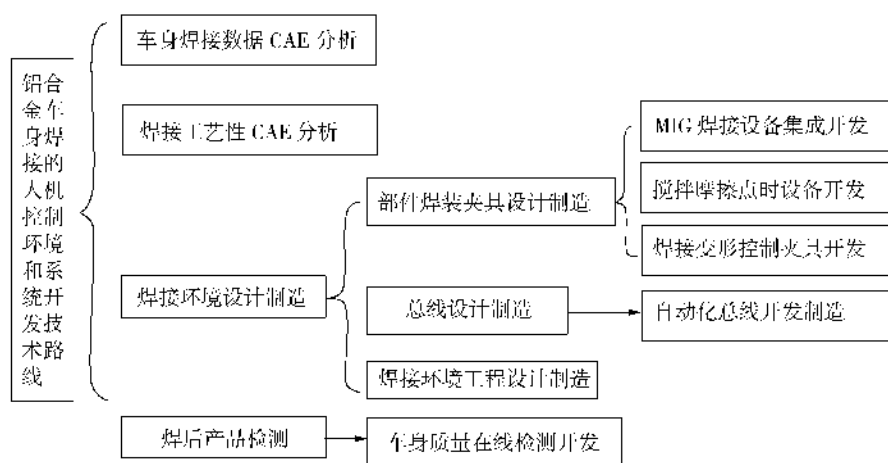


图5 铝合金车身焊接的人机控制环境和系统开发技术路线

Page 33 计算出电网电压、电流(包括零序电流)、功率因数、无功功率、有功功率、电压电流、1~64次谐波等负荷参数值,存储并送参量到显示单元显示,同时根据现场的实际情况通过控制器键盘设置参数来控制电容投切。实现分补、共补同时控制。在被谐波污染的电网中,一般在电容器上串联电抗,以抑制和防止谐波放大。本系统采用实时跟踪监测电网中的谐波量的方法,在电网中的谐波量超出设定值时,停止投入电容器,并报警信号。

4 结论

DSP 在电阻焊控制器的应用极大地推进了点焊过程的发展,DSP 的高速运算和通信能力适应了汽车点焊生产控制信息化、智能化的发展需求,有效的提高焊点质量,强化了电阻电焊过程的监控管理,对提高车身质量有着重要意义。基于 DSP 的低压动态无功功率补偿控制器为汽车焊接供电电源的无功补偿提供了有利的核心设备,为安全精确补

偿、有效节能生产提供了保障。DSP 的应用为精细点焊控制、改善焊接质量、提高信息化管理水平提供了一系列全面的解决方案。

参考文献:

- [1] 万 斌.镀锌钢板电阻点焊电流增益补偿曲线优化[J].长江大学学报自然科学版(理工卷),2010(3):312-314.
- [2] 孔 谅,王 敏,陈轩庭.压力焊在现代汽车车身制造中的应用和发展[J].焊接,2010(3):28-32.
- [3] 胡德安 张伟 陈益平.基于 CAN 总线的车身点焊监控系统设计[J].制造业自动化,2011(14):77-80.
- [4] 梅冬胜,张忠典,李冬青,等.焊装车间生产过程监控系统及其信息分析[J].焊接,2011(10):45-48.
- [5] 曹 键,陈关龙,李永兵,等.轿车车身点焊信息计算机管理系统的开发[J].机械制造,2004(8):66-68.
- [6] 刘黎明,刘涤尘.智能式动态无功补偿装置的研究[J].电力自动化设备,2002,22(8):28-31.
- [7] 赵世廉.TMS320X240x DSP 原理及应用开发指南[M].北京:北京航空航天大学出版社,2007.