

伺服焊枪中频直流电阻点焊优势探讨

杜伟国,张小云,陈关龙,林忠钦

(上海通用汽车有限公司 整车制造工程部,上海 201201)

摘要:随着车身轻量化发展要求,先进高强钢(AHSS)在车身制造中的应用也越来越广泛,这些新材料对焊接工艺提出了更高的要求。传统气动焊枪及交流焊机的弊端也开始日益显露,而由伺服电机驱动的新型伺服焊枪可以对电极压力、位移进行精确控制,先进中频逆变直流焊机对电流的快速响应与控制,可以大大改善新材料的焊接质量。主要介绍了集成伺服焊枪与中频直流焊机在先进高强钢,特别是双相钢点焊中的优势及应用前景。

关键词:电阻点焊;伺服焊枪;中频逆变直流;先进高强钢

中图分类号: TG438.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-2303(2009)08-0053-03

Discussion on advantage of resistance spot welding using servo gun and MFDC

DU Wei-guo, ZHANG Xiao-yun, CHEN Guan-long, LIN Zhong-qin

(Vehicle Manufacturing Engineering, Shanghai General Motors, Shanghai 201201, China)

Abstract: As the requirement of car light-weighted, advanced high strength steel(AHSS) is becoming more and more popular in automobile production. The new materials also challenge the combination technique. Traditional pneumatic welding gun and AC welding controller can not satisfy the welding of these new materials. For servo driven welding gun can control electrode pressure and position precisely, MFDC can control welding current rapidly, they can improve weld quality greatly. This paper mainly relates the advantages and foreground of servo driven welding gun and MFDC in welding AHSS, especially dual phase steels.

Key words: resistance spot welding; servo driven welding gun; MFDC; AHSS

全球能源及环境危机的日益加剧,对汽车的能耗和排放提出了更高要求,在众多的措施中,降低车体质量是节能减排最有效的途径之一。因此大量轻质高强钢材料在车身制造中得到越来越广泛的应用,如低合金高强度钢(HSLA)、双相钢(DP)、相变诱导塑性钢(TRIP)等。据欧盟一项最新研究表明,使用轻质高强材料可以将现有车身减轻约25%^[1]。目前,先进高强钢的使用约占车身总用钢量的30%左右,这个比例还将进一步扩大。

先进高强钢材料的广泛应用给车身连接和装配工艺提出了新的要求,电阻点焊作为车身制造中最重要的连接工艺,高强钢的点焊质量也变得越来越大。以镀锌钢板为例,由于锌和钢的物理特性差别较大,要求焊接电流能够高动态的精确调整,才能避免强烈的飞溅,保证焊点质量。传统的气动焊枪的电极压力由气缸驱动,无法得到精确控制和保证,老

式的交变电流焊机焊接电流不平稳,且受网压波动较大,已经无法适应新材料的焊接。近年来,新型伺服焊枪使用伺服电机驱动电极,从而能够精确地控制电极压力;中频逆变直流MFDC焊机以其快速的响应速度、平稳的电流控制,已经得到越来越广泛的重视。

1 试验系统组成

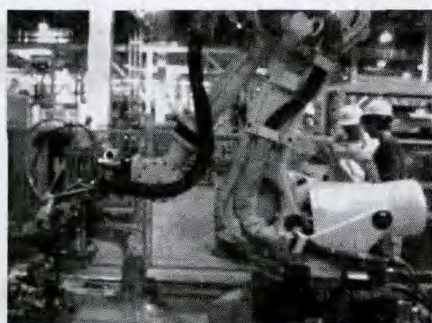
点焊试验系统由焊接机器人、伺服焊枪、焊接控制器组成,如图1所示。机器人采用日本Fanuc最新的六轴机器人R2000-iB 210F,最大承载能力2100 N,伺服焊钳由日本Obara公司研制,采用德国BOSH的变压器和二次整流管,电极进给机构则使用Roller Screw,相比传统伺服焊枪的Ball Screw传动,Roller Screw将传动机构内的点接触改进为面接触,因而具有更高的承载力和传动精度,同时寿命相比Ball Screw也有很大的提高。MFDC焊接控制器采用Medar 5000s,电流频率1 kHz。

1.1 伺服焊枪结构特性

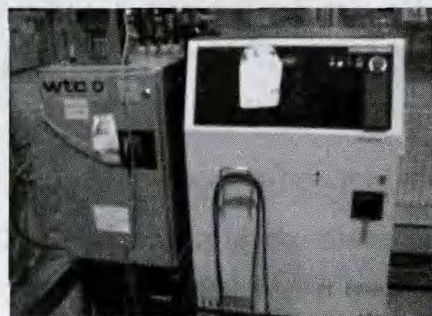
伺服焊枪由伺服电机驱动电极进行加压焊接

收稿日期:2008-04-26;修回日期:2009-05-16

作者简介:杜伟国(1970—),男,四川南充人,硕士,主要从事白车身焊接和总装技术的研究工作。



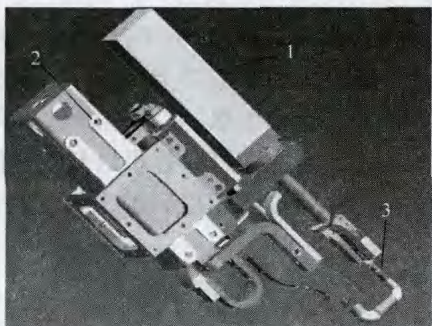
a 伺服焊枪和焊接机器人



b 机器人控制器和 MFDC 焊接控制器

图 1 伺服焊枪 MFDC 点焊系统

过程,如图 2 所示。在伺服焊枪动作过程中,伺服电机的旋转量和旋转速度决定了电极的进给量和进给速度;电机转矩决定了点焊电极压力,转矩则由通入伺服电机的电流来控制^[2]。因此,伺服焊枪的结构特性决定了它能够有效控制电极位移和电极压力。



1—伺服电机与 Roller screw; 2—变压器; 3—电极。

图 2 伺服焊枪结构

1.2 中频直流 MFDC 焊机特性

传统工频交流电阻焊机因负载功率因数低,会对电网造成不利影响,所以改善电阻焊机的电效率成为研究重点。现采用两种方法:一是采用二次侧整流,二是提高变压器频率。MFDC 电阻焊控制电源是由三相交流电经整流电路成为脉动直流电,再经由功率开关器件组成的逆变电路变成中频方波接入变压器,降压后整流成脉动较小的直流电供给电极对工件进行焊接,如图 3 所示。逆变器通常采用电流

反馈脉宽调制 PWM 获得稳定的恒电流输出^[3]。

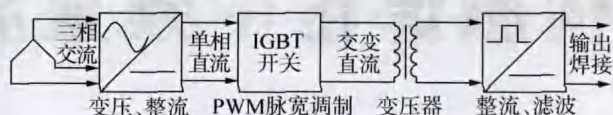


图 3 MFDC 中频直流焊接示意

与工频交流点焊机比较,中频逆变直流焊机具有以下几方面优势:

(1)焊接质量。工频交流焊机的调节周期较长,对 50 Hz 的电网,焊接时间调节分辨率为 20 ms。逆变直流点焊机时间调节分辨率可达 0.25 ms(4 kHz 逆变频率),控制精度高。逆变焊机反馈控制的响应速度明显加快,输出稳定性好。工频交流焊机由于电流过零的影响,热效率低,用晶闸管调节电流,当电流百分比偏小时,过零时间长,影响更大;逆变直流点焊机输出电流为脉动直流,在回路电感的作用下为连续直流输出,热效率高,焊接热输入稳定。

(2)焊接速度。工频交流焊机由于电流过零的影响,加热时间相对较长。逆变电阻点焊机为直流输出,加热集中,焊接时间缩短。

(3)节能效果。工频交流点焊机工作在 50 Hz,变压器损耗大,焊机功率因数低,回路损耗大。逆变焊机变压器工作在较高频率(1~4 kHz),损耗较小,直流输出改善功率因数,节能效果明显。

(4)设备体积与质量。工频交流焊机的变压器铁心较大,相同功率条件下设备较笨重。逆变直流电阻点焊机变压器铁心大大减小,设备较轻巧。

2 试验方案与结果对比

为了比较传统焊接设备与新型焊接设备在焊接高强钢时的差别,针对北美通用汽车公司 0.8 mm 热镀锌双相钢 DP600(屈服强度 600 MPa),试验对比气动焊枪+交流焊机与伺服焊枪+MFDC 焊机对焊点强度、焊接窗口宽度(Weld lobe)、电极磨损的影响。具体实验方案及结果如下。

2.1 焊点强度比较

使用北美通用焊接规范,0.8 mm 热镀锌高强钢板材,电极压力为 304 kgf,焊接时间 12 cycle(对应直流 240 ms),根据不同电极磨损程度下的焊接电流步增程序,电流为 9~12 kA。根据此规范,在固定电极压力与焊接时间的状况下,分别使用传统气动 AC 焊枪和伺服 DC 焊枪,焊接电流从 9 kA 递增到 12 kA,步增为 0.5 kA,每组电流重复 6 次试验取平均值,然后对焊点进行力学性能检测,测量其焊点强度与

熔核尺寸,结果如图4所示。对应试片尺寸如图5所示,38 mm×100 mm的试片,搭接尺寸38 mm。

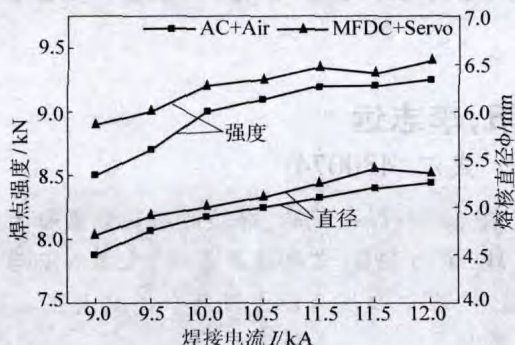


图4 新旧焊接设备焊接质量对比

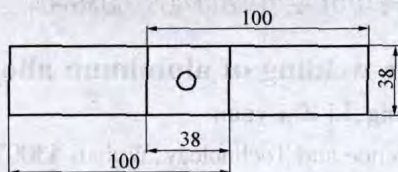


图5 试片尺寸

由图4可以看出,相同焊接参数下,伺服焊枪+MFDC焊点强度和熔核直径都要大于气动焊枪+AC焊机(焊点强度平均提高0.3 kN,熔核直径平均增加0.2 mm),主要是因为使用MFDC焊接时,电流平稳,能量稳定集中,在焊接有镀层的高强钢时,能够有效减少和避免飞溅,提高焊点强度。

2.2 焊接窗口比较

焊接窗口是反映某种板材可焊性的量化指标,高强钢由于其本身组织特性,再加上镀层的影响,可焊性会比普通低碳钢差很多,传统焊枪的弊端就会暴露出来。为此,通过试验来对比新旧焊接设备对高强钢可焊性的影响。

针对0.8 mm双相钢DP600,在焊接压力304 kgf下,焊接窗口左边界以 $5\sqrt{t} \approx 4.5$ mm熔核为限,右边界以发生强烈飞溅(飞溅距离大于5 m)为限,确定该电极压力下的焊接窗口,如图6所示。从图6可知,伺服焊枪+MFDC焊机的可焊性范围比气动焊枪+AC焊机要宽很多(平均宽度增加0.4 kA),这是因为新设备能明显提高焊点质量,有效抑制焊接飞溅的缘故。利用伺服焊枪的电极压力调节功能,焊接窗口宽度还能进一步得到扩展。

2.3 电极磨损比较

新材料的使用给电极磨损带来了很大的问题,镀层的存在加剧了电极头的损耗,伺服焊枪的电极位置控制功能可以实现电极与工件的软接触,大大缓解了对电极头的冲击,有效提高电极寿命。

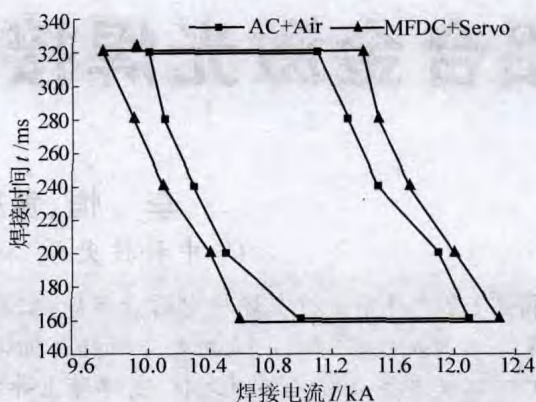


图6 新旧焊接设备可焊性窗口对比

相同焊接条件下($I=10$ kA, $T=240$ ms, $P=3\ 040$ N, $v=20$ 焊点/min) 新旧设备对电极头磨损的比较如图7所示,从图7可知,新设备可以有效减缓电极磨损,以电极头端面直径增加20%为例(从5 mm磨损至6 mm),伺服焊枪+MFDC焊机的焊点数约为800点,而传统气动焊枪+AC焊机的焊点数只有600点左右。

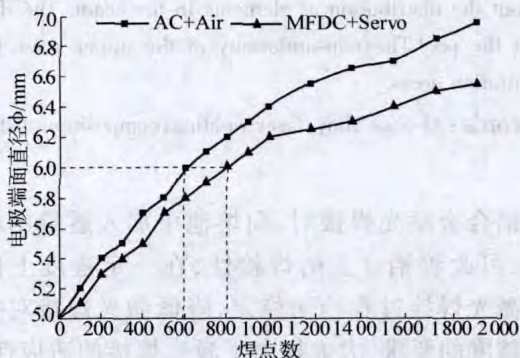


图7 新旧焊接设备电极磨损对比

3 结论

综上所述,使用新型伺服焊枪+MFDC焊机,可以有效解决高强钢的焊接问题,提高焊接质量,扩展可焊性范围,减少电极头磨损。随着轻质高强钢在车身应用越来越广泛,伺服焊枪和MFDC焊机必将取代传统的气动焊枪和工频交流焊机,成为车身生产线上主要的焊接设备。

参考文献:

- [1] ULSAB-AVC Consortium[R]. Technical Transfer Dispatch #6 (Body Structure Materials), 2001.
- [2] 张小云, 张延松, 陈关龙. 基于焊点压痕的伺服焊枪点焊质量在线检测方法[J]. 焊接学报, 2006, 27(10): 57-60
- [3] 王东, 冯晓云. 中频逆变直流电阻焊优势探讨[J]. 电焊机, 2006, 36(1): 41-43.