

DP590GA 热镀锌双相钢电阻点焊 接头性能

徐士航¹,王 敏¹,施天寅¹,潘 华²,雷 鸣²

(1.上海市激光制造与材料改性重点实验室 上海交通大学,上海 200240;2.宝山钢铁股份有限公司 技术中心,上海 201900)

摘要:针对热镀锌双相钢板(DP590GA)电阻点焊接头问题,研究了接头正拉和拉剪强度随焊接电流的变化规律,并与普通双相钢板(DP590)点焊接头试验结果进行了比较,同时结合两种钢板点焊熔核尺寸随焊接电流的变化以及SEM能谱分析得出的熔合区锌残留量情况,分析了影响热镀锌钢板点焊接头强度的主要原因。结果表明:当其他焊接参数一定时,DP590GA与DP590点焊接头强度和熔核尺寸随着焊接电流的变化趋势在焊接电流各个阶段有所不同,而熔核区的残留锌量随焊接电流的减小而增加,从而揭示了锌层使点焊区域接触电阻降低和焊接电流密度减小引起的熔核直径减小、熔合区残留锌量增加以及锌层更易引起点焊飞溅三个因素在不同的焊接电流范围内对点焊接头强度的影响作用。

关键词:热镀锌;双相钢;接头强度;熔核直径;镀锌层

中图分类号:TG453⁺.9

文献标识码:A

文章编号:1001-2303(2009)10-0070-04

Properties of resistance spot welding joint of DP590GA hot galvanized dual-phase steel

XU Shi-hang¹, WANG Min¹, SHI Tian-yin¹, PAN Hua², LEI Ming²

(1.Shanghai Key Laboratory of Materials Laser Processing and Modification, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China; 2.Baosteel Technology Center, Shanghai 201900, China)

Abstract: Aiming at resistance spot welding joint of hot galvanized dual-phase(DP590GA) steel, the rule of cross-tensile strength and tensile-shear strength of the joint changing with welding current are researched, and compared with the spot-welding test result of common dual-phase plate(DP590). Meanwhile, combining facts of spot-welding nugget diameter changing with welding current and zinc residue in fusion zone by SEM spectrum analysis, main reasons that affect the strength of spot-welding joint of hot galvanized steel are analyzed. The results show that when other welding parameters are fixed, the trends of spot-welding joint strength and nugget diameter of DP590GA and DP590 changing with welding current differ at each current stage. And zinc residue in fusion zone increases with decreased welding current. It indicates three factors affect the strength of spot-welding joints differently at each stage. They are less nugget diameter caused by less contact resistance of spot-welding zone and welding current density because of zinc coating, increase of zinc residue in fusion zone, and zinc coating can cause splash in spot welding more easily.

Key words: hot galvanizing; dual-phase steel; strength of joint; nugget diameter; zinc coating

0 前言

热镀锌双相钢强度高、抗腐蚀性好,且具有良好的冲压性能,已成为未来发展轻质量、高安全性汽车的主要材料^[1]。

在汽车制造中,电阻点焊是主要的连接技术。

收稿日期:2009-03-10;修回日期:2009-09-24

作者简介:徐士航(1986—),男,湖北钟祥人,在读硕士,主要从事双相钢的电阻点焊工艺及其过程模拟的研究。

接头的强度主要是通过焊点的强度保证的,而单个焊点的强度受焊件表面质量、焊接电流、焊接时间、电极压力等工艺参数的影响。DP590GA具有高强度双相钢和热镀锌钢板双重特性,需要考虑在双相钢基体下镀锌层对接头性能的影响规律,并探究其影响机理。

热镀锌双相钢有良好的点焊性^[2],通过优化调整试验参数可拓宽其点焊的可焊性范围^[3],还能得到

合适的焊接工艺范围和相应的力学性能^[4]。对双相钢焊后进行回火处理能够消除其内应力,调整组织,从而改善点焊接头的塑性^[5]。此外,镀层对焊点力学性能的影响较明显^[4]。

本研究通过实验测试和比较了 DP590GA 与 DP590 点焊接头正拉和拉剪强度,以及相应的熔核直径随焊接电流的变化曲线,同时测试了不同焊接规范参数下 DP590GA 点焊接头中锌的残留情况,探讨了镀锌层引起的焊接电流密度变化以及熔核中的残留锌对 DP590GA 点焊接头性能的影响,研究结果可以用于指导 DP590GA 热镀锌双相钢点焊工艺参数的优化选择。

1 试验方案

1.1 试验样品

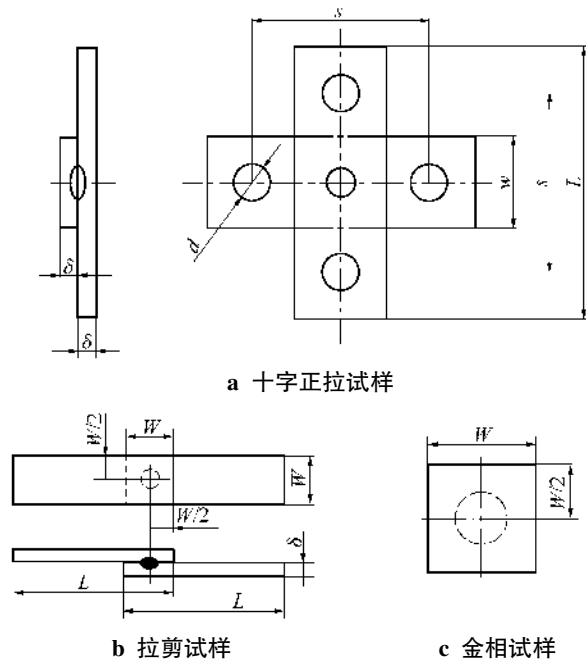
试验采用宝钢提供的强度为 590 MPa 的合金化热镀锌双相钢板,牌号 DP590GA,板厚 1.4 mm,其表面热镀锌层厚度 55 g/m²。选取强度接近、板厚相同的冷轧双相钢板 DP590 的点焊数据与前者进行比较,找出热镀锌双相钢板点焊接头强度随焊接电流变化的特点。

试验样品有三种类型:正拉试样、拉剪试样和金相试样。其中,正拉试样的尺寸标准如图 1a 所示,分别由两块 50 mm×150 mm 的矩形钢板正交叠放点焊而成,固定圆孔直径 $d=20$ mm,两固定圆孔中心距 $s=100$ mm;拉剪试样的试样尺寸如图 1b 所示,为两块 40 mm×125 mm 的矩形钢板搭接点焊而成,搭接区 $W=40$ mm;金相试样尺寸如图 1c 所示,为 25 mm×25 mm 的正方形钢板焊接, $W=25$ mm。三种试样的厚度 $\delta=1.4$ mm。

1.2 点焊工艺

在电阻点焊工艺中,可方便调控的 3 个焊接参数分别是:焊接电流、电极压力和焊接时间。在本试验中固定电极压力 4 kN,焊接时间 20 cyc,改变焊接电流从未形成合格熔核的最小电流逐步递增直到焊接过程中产生较大的飞溅为止对其进行点焊操作,从而制得 DP590GA 钢板点焊接头的拉伸试验样品,同时每间隔一个电流强度制备一个金相样品。

为保证焊接条件的一致性,焊接前先检查试样,剔除表面生锈和有严重缺陷的样品钢片,并且将实验试样用软布擦拭干净,将两片试样按特定要求重叠,放入预制的夹具中以保证钢片位置正确、焊点位置固定,再将夹具板放入点焊位置,在设定的焊接



a 十字正拉试样

b 拉剪试样

c 金相试样

图 1 试验样品示意

Fig.1 Sketch of test specimen

参数下,启动点焊机使上下电极闭合压住试样并通电流完成焊接,下一次焊接重复以上过程。

为了保证实验数据的准确可靠性,每个焊接参数下分别重复焊接 3 个相同的正拉和拉剪试样。

2 焊接试验结果及讨论

2.1 接头强度比较

在电极压力 4 kN、焊接时间 20 cyc 下,两种母材强度相同的钢板 DP590GA 和 DP590 的正拉强度和拉剪强度曲线如图 2 所示。

两种板材的强度随电流变化规律相似,都是先升高达到最大值后开始下降,但 DP590GA 表现出小电流阶段和强度达到峰值后的接头强度随焊接电流变化率大的趋势,相比较而言 DP590 的强度随着焊接电流增加在整个区间内都较为均匀平缓。这个现象可以认为小电流阶段热镀锌双相钢板表面的镀锌层对接头质量的影响较大,其原因可能是镀锌层对起始接触电阻、焊接电流密度有较大的影响,且小电流也不利于锌从熔核中挤出;同时也说明热镀锌双相钢板在大电流下更易产生焊接飞溅并严重影响接头性能。

此外,从图 2 中也明显发现:在相同的焊接参数下,DP590GA 的点焊接头强度明显低于 DP590,其强度从小电流时降低约 40%到最大值时降低约

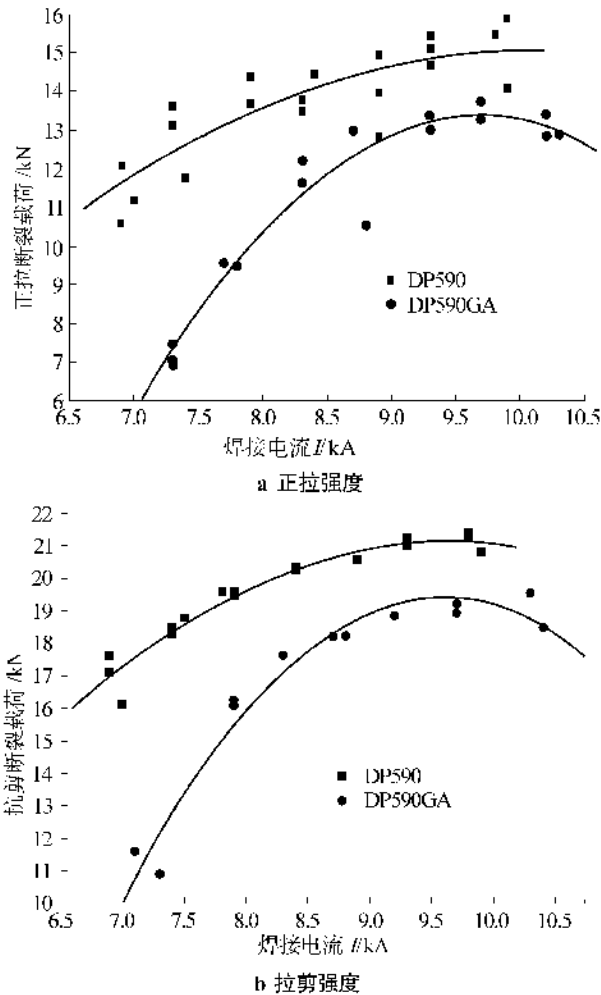


图 2 DP590GA 和 DP590 的接头强度比较(4 kN, 20 cyc)
Fig.2 Comparison of joint strength between DP590GA and DP590(4 kN, 20 cyc)

10%,这也进一步说明热镀锌双相钢板表面的镀锌层对点焊接头性能的影响较大。因此,根据图 2 的试验数据测算,对 DP590GA 点焊时,在一定的焊接电流范围内,为了达到与 DP590 同等的接头强度,必须将焊接电流提高约 20%。

2.2 熔核尺寸对接头强度的影响

热镀锌层对点焊接头形成机理及强度的影响主要体现在三个方面:

(1)接触电阻降低。由于镀锌层的存在,在电极压力作用下,焊件之间为镀层的相互接触。由于热镀锌层硬度低,电阻率也低,从而减小了焊接开始时焊件的接触电阻,进而导致发热量降低,不利于熔核形成。

(2)焊接电流密度变小。在点焊过程中,由于镀锌层的熔点较低,其受热熔化早于钢板,熔化的金属

液体被挤压到接头塑性环之外^[6],增加了焊件的接触面积,使得焊接电流密度减小,电流场分布不均匀,影响了熔核的形成及其大小。

(3)焊接时,如果镀锌层液体未能及时被挤出焊接间的接合面,而进入熔核区域,将产生结晶裂纹等缺陷,严重影响接头性能。

为了研究上述(1)、(2)两方面在 DP590GA 点焊中的影响,进一步比较了 DP590GA 和 DP590 两种钢板在同样焊接参数下(4 kN, 20 cyc)的熔核直径,如图 3 所示。

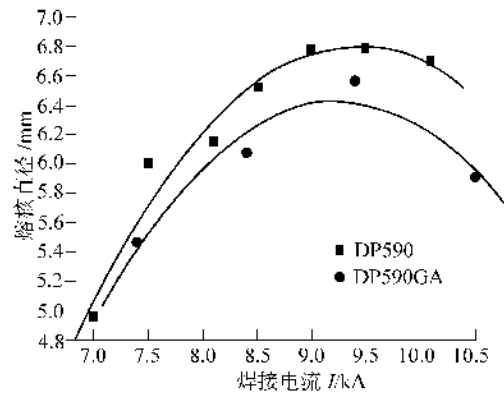


图 3 DP590GA 和 DP590 熔核直径比较(4 kN, 20 cyc)
Fig.3 Comparison of nugget diameter between DP590GA and DP590 (4 kN, 20 cyc)

由图 3 可见,两种钢板熔核直径随焊接电流的变化规律与接头强度的试验结果基本吻合,都是随着焊接电流的增大而变大,并且都在相近的焊接电流处出现峰值;同时发现,采用相同焊接规范时,DP590GA 的点焊熔核直径整体上比 DP590 的小,最大直径处约小 6.25%,相应的焊点熔核面积减小 12.8%,但是在小电流阶段差别较小。由此可见,在一定的焊接电流范围内,熔核尺寸是影响热镀锌双相钢板点焊接头正拉强度和拉剪强度的一个重要因素,而在小电流阶段,除了熔核尺寸外,可能还有其他因素起着较大的作用,而这些因素都与镀锌层的存在有关。

2.3 熔核中的残留锌对接头强度的影响

为了探索热镀锌层对点焊接头形成机理和强度影响的第三方面的因素,选取了焊接参数为电极压力 4 kN,焊接时间 15 cyc、20 cyc 的点焊接头横截面金相试样做 SEM 区域能谱分析,如图 4 所示,其结果如表 1 所示。分析区域在熔合区取 3 个点(图 4 中+号附近内)测锌的含量,取其平均值作为该组焊接参数下熔合区的锌残留量。

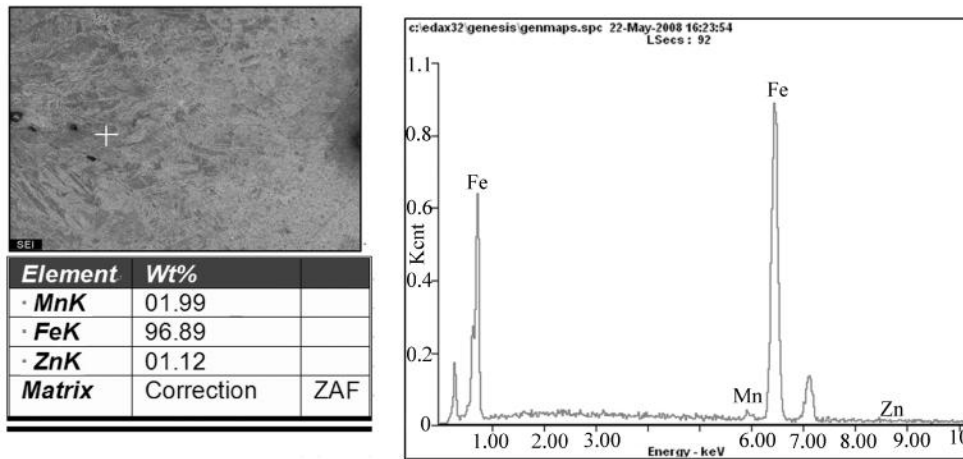


图 4 试样 4051 的区域能谱分析结果

Fig.4 SEM spectrum analysis of Sample 4051

表 1 不同焊接参数下熔核区的锌残留情况

Tab.1 Residual zinc in nugget with different welding specification

试样 编号	电极压力 F/kN	焊接时间 t/cyc	焊接电流 I/kA	熔核区锌残留量 w(Zn)/%			
				平均	点1	点2	点3
4031	4	20	8.5	2.50	3.50	1.97	2.05
4051	4	20	9.5	1.30	1.12	1.30	1.49
4131	4	15	8.5	1.21	1.45	1.06	1.11
4151	4	15	9.4	1.00	0.82	1.38	0.79

通过比较这四组参数下接头中锌残留量,发现在相同电极压力和焊接时间下,焊接电流越大锌残留越少。虽然前面已证明热镀锌双相钢板点焊接头强度降低主要是由于锌层使焊接过程中接触电阻降低和电流密度减小引起的熔核直径减小所致,但也说明在小电流阶段锌残留是其不可忽视的因素,这是由于在小电流情况下,锌的熔化速度较慢,而熔核结晶时间又较短,使液态锌没有足够的时间完全挤出熔核,因此熔合区的残留锌量较多,从而影响接头强度。如果焊接电流足够大,能使熔点较低的锌和锌铁合金迅速熔化,更容易在电极的压力下被挤出熔核的塑性环范围,从而减少熔合区的锌含量,保证接头有足够的强度。而在相同焊接压力和焊接电流下,焊接时间的增加却使锌残留量增加,这一现象至今未有较好的解释,可能是由于时间延长使得熔化了了的锌通过扩散深入母材,最终与熔合区的母材一起结晶而残留其中的缘故。

3 结论

(1)热镀锌双相钢(DP590GA)点焊接头性能受焊接参数的影响和普通双相钢(DP590)基本一致。

随着焊接电流变大,熔核直径增大,接头强度也升高,在达到峰值后开始下降。但在相同焊接规范时,DP590GA 的点焊接头强度要比对应的 DP590 低约 10%~40%。

(2)热镀锌双相钢(DP590GA)点焊接头强度降低的主要原因是:小电流阶段,熔合区残留锌量较多起主要作用;中等电流阶段,由于锌层使焊接过程中接触电阻降低和电流密度减小引起的熔核直径减小为主要因素;大电流时,热镀锌双相钢更容易产生飞溅使接头强度降低。

(3)点焊 DP590GA 的焊接规范更窄,在相同的电极压力和焊接时间下,需要更大的焊接电流,建议比对应的普通双相钢板提高约 20%。

参考文献:

- [1] 康永林,邝 霜,尹显东,等.汽车用双相钢板的开发与研究进展[J].汽车工艺与材料,2006(5):1-5.
- [2] MURALI D, TUMULURU. Resistance spot welding of coated high-strength dual-phase steels[J]. Welding Journal, 2006, 85(8): 1-7.
- [3] Nigel Scotchmer. Widening the welding lobe of advanced high strength steels in the resistance spot welding process[N]. BAM, 2005: 1-11.
- [4] 傅延安,张 红,潘 华.热镀锌双相高强钢电阻点焊力学性能的研究[J].宝钢技术,2005(1):46-49.
- [5] 张继诚,符仁钰,张 梅,等.焊接及焊后热处理对双相钢组织和性能的影响[J].热处理,2005, 20(4): 17-20.
- [6] Harlin N, Jones T B, Parker J D. Weld growth mechanism of resistance spot welds in zinc coated steel[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2003(143-144): 448-453.