

镀锌钢板的电阻点焊工艺参数优化

赵 涛¹, 薛国宪², 徐道荣²

(1. 安徽江淮汽车股份有限公司, 安徽 合肥 230022; 2. 合肥工业大学 材料科学与工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘 要:文章针对汽车制造工业中广泛应用的电阻点焊热浸镀锌钢板工艺,在常规参数的基础上,通过实验选出一组优化参数,并考察在优化参数下连续焊接时电极寿命、焊接质量及焊接过程的稳定性;将优化参数与另一组常规参数(连续焊接时电极损耗速率、焊点外观及强度、焊接过程的稳定性)进行对比,最终得出了满意的结果。

关键词:电阻点焊; 热浸镀锌钢; 工艺参数

中图分类号: TG438. 2

文献标识码: A

文章编号: 1003-5060(2006)04-0437-03

Optimization of technologic parameters of the resistance spot welding process of galvanized steel plates

ZHAO Tao¹, XUE Guo-xian², XU Dao-rong²

(1. Anhui Jianghuai Automobile Group Ltd., Hefei 230022, China; 2. School of Material Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: This paper is on the technology of resistance spot welding of hot-dipped galvanized steel plates which is widely used in the automobile industry. On the basis of a group of standardized parameters, a group of improved parameters is determined through orthogonal tests. The electrode life, weld quality and stability during the welding process are investigated under the conditions of the improved welding parameters. A comparison is made between the improved parameters and another group of standardized ones with regard to the electrode wear velocity, weld surface and strength, and stability during the continual welding. The improved parameters are found to be better than standardized ones.

Key words: resistance spot welding; hot-dipped galvanized steel; technologic parameter

0 引 言

为了提高汽车的耐蚀性及使用寿命,镀锌钢板得到了广泛的应用^[1],国外已经由热镀锌板向镀锌铝板和热镀锌板发展^[2]。20 世纪 70 年代,欧美各国开始在车身上采用镀锌钢板^[3],而且在汽车行业的应用比例不断增长。1998 年,美国用于汽车制造业的镀锌钢板达到 240 万 t,占镀锌板总量的 30%。欧洲汽车工业 1987 年消耗镀锌板

130 t,占镀锌板总消耗量的 26%。日本在 1980 年消耗的镀锌板总量高达 140 t^[4]。

近年来,各国焊接工作者就镀锌钢板的焊接工艺规范及电极寿命等问题开展了大量的研究^[5]。随着镀锌钢板的大量采用,汽车车身薄壁件的焊接质量问题比较突出。由于每辆轿车有 3 500~5 000 个焊点,而轿车的生产模式一般都采用大批量自动化生产,因此对镀锌钢板可焊性恶化带来一系列的问题^[6]。

收稿日期:2005-05-10;修改日期:2005-11-01

作者简介:赵 涛(1975—),男,安徽蒙城人,安徽江淮汽车股份有限公司工程师。

在汽车制造中,电阻点焊仍是主要的生产工艺^[7]。由于热镀锌板镀层厚、耐蚀性强及成本低,因此汽车车身以热镀锌为主,其中热镀锌占全部镀锌量的 90%以上^[8]。

1 研究方案

(1) 采用低碳钢板的加热方式,通过实验选取一组常规的规范参数,使电极在此规范参数下能焊出合格的焊点,并考察在此常规参数下连续焊接时焊点质量变化及电极寿命。

(2) 采用上升的加热方式,试焊出合适的规范参数,并通过正交试验法对参数进一步优化,在此参数下保证焊接质量稳定、强度高及外形美观,并在尽可能多的焊点同时使电极磨损减慢及电极寿命延长。然后考察优化参数下连续焊接时焊点质量变化及电极寿命,并将 2 组参数在各个方面展开对比。

(3) 对焊接过程中的一些现象进行分析。

2 镀锌钢板电阻点焊工艺参数选取

2.1 镀锌钢板的选取

为了实现优质焊接,必须选择合适的工艺规范参数,而点焊规范工艺参数的选取取决于金属材料的性质、板厚以及所使用设备。点焊时,当电极材料、端面形状和尺寸选定以后,焊接规范参数的选择主要考虑焊接电流、电极压力及焊接时间,这是形成点焊接头的 3 大要素。采用上升加热方式进行焊接试验,预热电流参数为 4 950 A,电流上升时间为 0.12 s,电流保持时间为 0.08 s。预热参数不变,对焊接参数进行正交试验优化。

2.2 正交试验

以 0.8 mm 厚双面热浸镀锌钢板为试验材料,镀层厚度为 8.3×10^{-3} mm,预选 3 组工艺参数作正交试验(见表 1 所列),选取 L9(34)正交表见表 2 所列。

表 1 正交试验参数选取

参数	1	2	3
焊接电流/A	7 100	6 800	6 500
焊接时间/s	0.12	0.16	0.2
焊接压力/kN	1.7	1.6	1.5

表 2 镀锌钢板焊接结果正交试验

序	A /kN	B /s	C /A	外观	直径 /mm	飞溅及 黏损	总分
1	1.7	0.12	7 200	7	8	无	15
2	1.7	0.16	6 800	8	6	无	14
3	1.7	0.2	6 500	10	3	无	13
4	1.6	0.12	6 800	6	4	无	10
5	1.6	0.16	6 500	9	2	无	11
6	1.6	0.2	7 200	3	10	飞溅-2	11
7	1.5	0.12	6 500	6	1	无	7
8	1.5	0.16	7 200	1	9	无	10
9	1.5	0.2	6 800	2	7	黏结-2	7
A ₁	42	33	33				
A ₂	29	35	31				
A ₃	24	22	31				

2.3 参数选取

通过试验分析可以判断,在 9 个试验点中,综合分数最高的是 1 号试验,其次是 2 号,因此最好的优化参数组合为 $A_1B_1C_1$,次最优组合为 $A_1B_2C_1$ 。综合考虑焊接时间在 8 周波和 6 周波时,总的分数分别为 35 分和 32 分,因此选择的焊接参数如下: A_1 为 1.7 kN, B_2 为 0.16 s, C_1 为 7 200 A。在这参数下试焊,有稍微飞溅现象,因此电流 $I_2=7\ 100$ A,其余参数不变。再进行试焊,结果无飞溅现象,无铜色及黏结,压痕合适,经剥离试验检验焊点强度及熔核尺寸合格。推荐的点焊头尺寸中熔核直径为 $(3.5+1)$ mm,压痕深度为 0.16 mm。因此,最终确定焊接压力 $p=1.7$ kN,焊接时间 $t=0.16$ s,焊接电流 $I_2=7\ 100$ A。当焊接压力为 1.7 kN 时的极差为 18,焊接时间极差为 4,焊接电流的极差为 5。从正交设计的极差分析可知,影响 0.8 mm 的镀锌钢板焊点质量最大的是焊接压力,其次是焊接电流和焊接时间。

3 2 种参数下焊点质量及电极寿命对比

在遵循点焊镀锌钢板规范要求的基础上,首先采用低碳钢板的加热方式,即采用一次电流 I_1 完成焊接,再采用二次电流 I_2 作为缓冷电流,减少焊点的裂纹及气孔倾向。通过普通的工艺参数的选取办法确定一组常规参数,在此参数下可以完成合格的焊点。接着考察这组常规参数在连续焊接过程中的焊点质量变化以及电极寿命,并将常规参数下的试验结果与优化参数下的试验结果做比较和分析。

3.1 电极端头直径变化比较

按照优化参数和常规参数进行连续焊接试验,直至电极不能焊出合格焊点为止,绘出电极端头直径变化趋势,如图1所示。

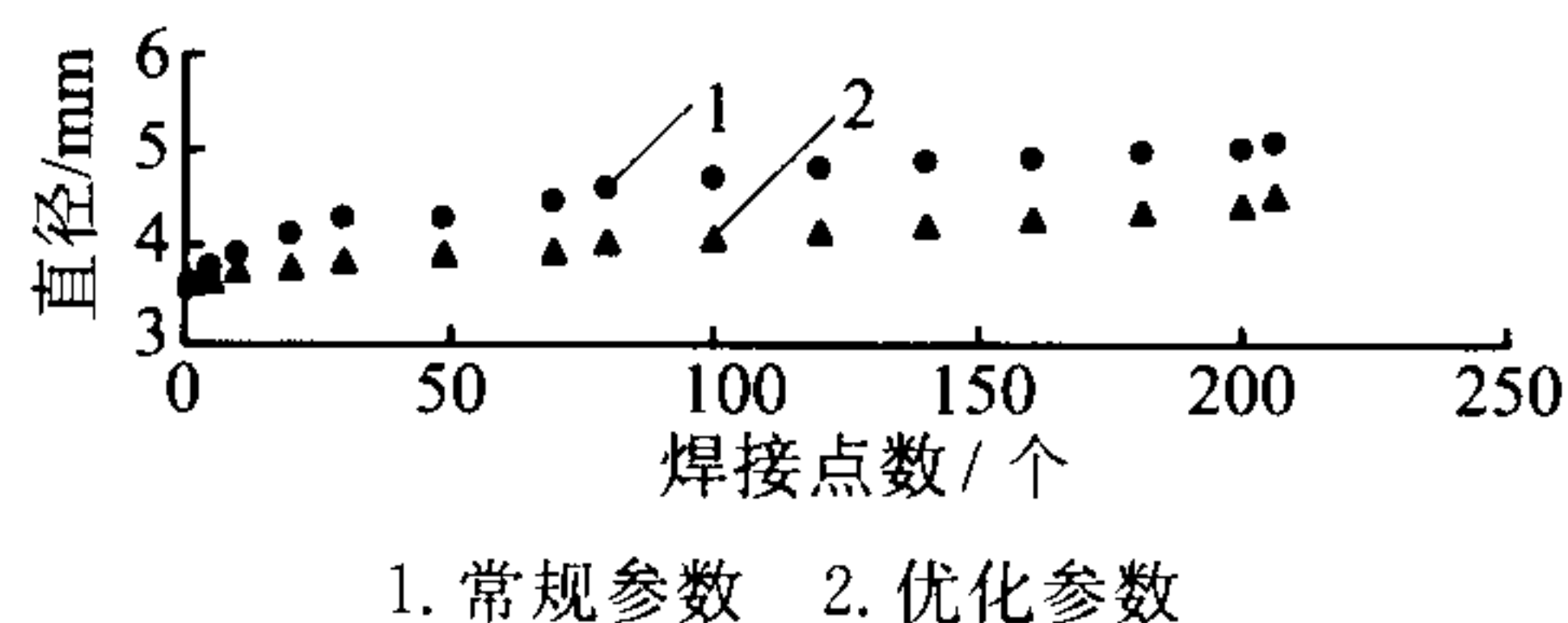


图1 电极端头直径随焊接点数变化图

由图1可以看出,优化参数下电极端头直径增大比常规参数平缓,而电极端头直径变化可以体现电极面扩张的速率,优化电极下电极面扩张比常规参数慢,因此电极磨损更慢。产生这种现象是因为常规参数下缓冷电流的存在,使电极上的铜与镀锌层反应时间延长,铜锌合金的产生量增大,加快了电极的磨损。从这方面看,优化参数优于常规参数。

3.2 熔核直径变化比较

按照优化参数和常规参数进行焊接试验,绘出熔核直径随焊接点数的变化,如图2所示。

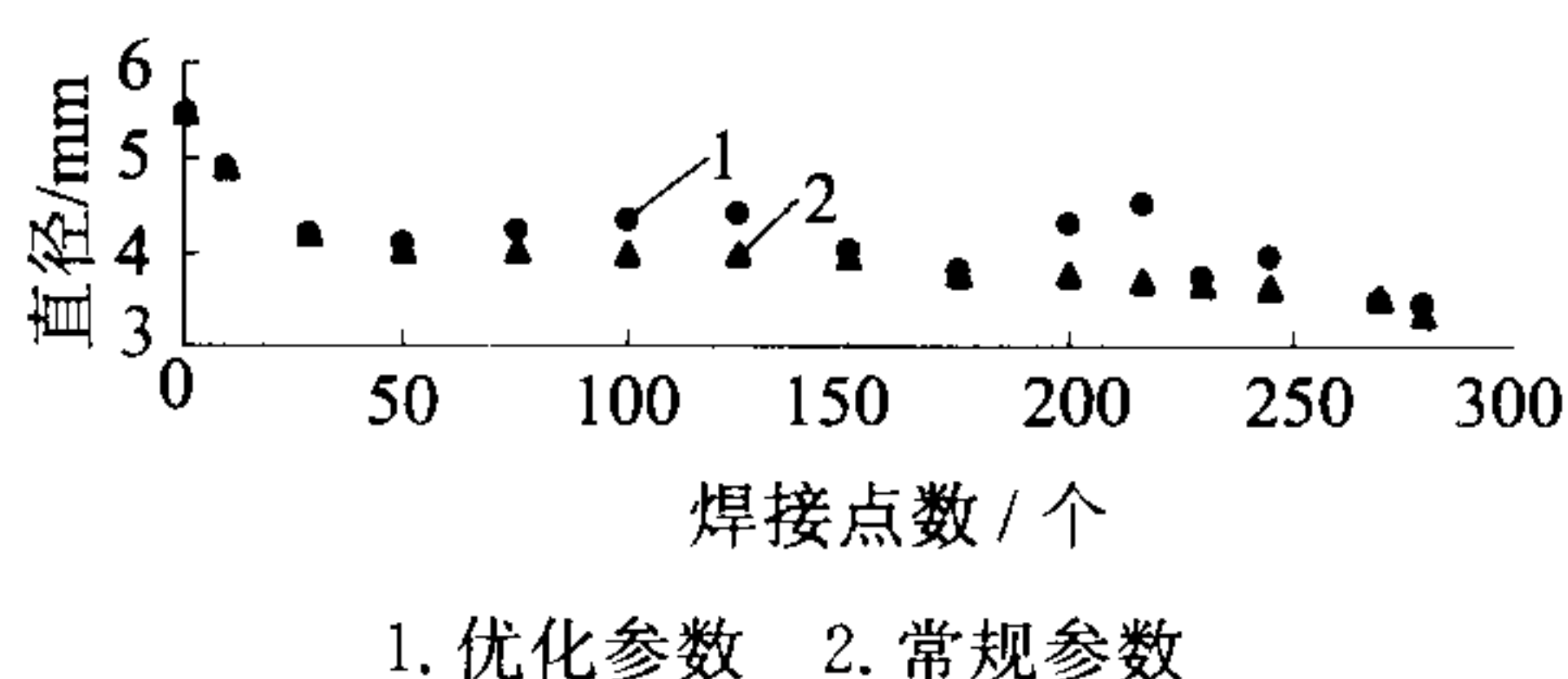


图2 熔核直径与焊接点数的关系

从焊接过程分析,随着焊接过程的进行,焊接电极的端头直径不断加大,常规参数下的电极直径加大较快。随着电极直径的加大,电流密度下降,因此在常规参数下熔核直径应小于优化参数下的熔核直径,试验的结果也验证了此观点。由图2可知,不论是优化参数还是常规参数下的焊接,熔核直径变化的基本趋势是随焊接点数的增加,熔核直径逐渐下降。但是存在一定程度的波动,在焊接过程中熔核会有增有减,并不是一直恒定地减小,这与焊接过程中电极面的凹坑形成及“自愈合”有关。但是,仍可以看出,优化参数下熔核直径值整体高于常规参数,而熔核直径是影响

焊点强度的一个重要指标。

3.3 焊接过程稳定性比较

(1) 焊接初期。焊接刚开始的几十个焊点,常伴随飞溅、铜色及少量黏结发生。

(2) 稳定期。没有飞溅、黏结及铜色,焊接质量稳定的时期。

(3) 末期。焊接寿命最后阶段,重新出现飞溅、铜色及黏损的时期。

在实际焊接过程中,2种参数在不同阶段所占的比例明显不同。优化参数初期占13.03%,稳定期占3.8%,末期占3.17%;常规参数初期占33.01%,稳定期占64.08%,末期占2.91%。

4 结 论

(1) 通过试验检测方法,对镀锌钢板的电阻点焊工艺进行参数优化,确定了特定工况条件下的最优点焊工艺参数。

(2) 除了初、末期优化参数的飞溅较常规参数大外,优化参数下的焊接过程稳定性、焊接前后质量变化率、电极端头直径、电流密度及熔核直径随焊接点数的变化、焊点外观、熔核的金相照片以及电极寿命等方面均优于常规参数。

(3) 在优化参数下电极完成的合格焊点共275个,多于文献中提到的200个左右焊点。

[参 考 文 献]

- [1] 王敏. 镀锌钢板点焊工艺研究[J]. 汽车工艺与材料, 1999, (5): 4—8.
- [2] 邹桂明. 国内镀锌钢板镀层发展方向[J]. 四川冶金, 2003, (5): 25—27.
- [3] Koenitzer J. Schmitz hund klotzki[J]. Stahlund Eisen, 1984, 104(8): 381—386.
- [4] 张益明. 耐蚀镀锌钢板在汽车工业中应用的进展[J]. 腐蚀与防护, 1999, (11): 483—487.
- [5] 王敏. 新型工业材料的点焊工艺研究现状[J]. 电焊机, 2001, (12): 9—11.
- [6] Chatterjee K L, Waddell W. Electrode wear during spot welding of coated steel[J]. Weld & Material Fabrication, 1996, (3): 110—115.
- [7] 阎俊霞. 电阻点焊工艺参数正交试验优化设计[J]. 河北科技大学学报, 2003, 24(2): 39—42.
- [8] 朱立. 热镀锌钢板的生产概述[J]. 鞍钢技术, 1999, (2): 57—59.

(责任编辑 吕杰)