



某车型镀锌板螺柱焊接失效分析

马涛 李淑苹 杜法刚 魏庆丰

【摘要】 本文通过开展螺柱焊的研究，从焊接工艺、接头宏微观表征角度分析螺柱焊失效的原因和性能，从而提升了螺柱焊接质量，减少对焊接螺钉的CO₂焊补焊，降低成本并获得最佳工艺参数。

关键词： 螺柱焊；焊接工艺；焊接质量；金相分析

1. 概述

随着汽车行业产品车身材料升级，镀锌板、热成形板等高强板大量使用，如：某MPV车型高强板应用比例达43%，现有螺柱焊焊接后经常出现假焊、虚焊现象，已难以保证焊接质量。根据公司规划，在未来五年内，通过应用新型装备实现生产线“节能、环保、减排”的目标，提高产品质量，降低成本。

2016年年初，基于我公司某电动车项目对车身合计97个螺柱焊接状态进行了一次排查，整体的合格率在78%。为了保证总装内外饰件的安装，所有此97个螺柱均采用CO₂焊进行加固。根据统计，采用CO₂焊加固螺柱平均每个螺柱会增加成本约1.5元，以该电动车车型合计97个螺柱，产生费用约150元，与公司“节能、环保、减排”的目标相悖。

2. 试验方案

(1) 试验设备及材料 根据

相关试验目的，试验母材选用目前公司乘用车项目前围板常用材料。牌号为DC54+ZF的镀锌板，如表1所示。焊接螺柱采用镀铜钢质带法兰螺柱，焊接设备为深圳鸿柏DSP高频逆变螺柱焊机。

(2) 试验方案 采用13组不同的焊接参数（见表2）在试板上焊接螺柱。在螺柱上打紧螺

母，然后用扭力扳手拧紧螺母，直至植焊钉脱落或滑牙。由于螺柱本身强度无法达到试片破坏时的强度，故参考螺柱安装内外饰件时的扭矩要求，即：扭矩一般在8~10N·m。本次试验定义扭矩<10N·m且螺柱脱落即为不合格。

在力学性能测试时，有两组

表1 镀锌板的化学成分（质量分数） (%)

材质	牌号	C	Mn	P	S	Alt	Ti
镀锌板	DC54D+ZF	≤0.01	0.3	0.025	0.02	0.015	0.1

表2 焊接参数及扭矩值

序号	引弧电流/A	引弧时间/ms	焊接电流/A	焊接时间/ms	扭矩/N·m
1	60	50	900	22	10
2	60	50	1000	22	8
3	100	50	900	22	—
4	80	50	900	22	—
5	60	40	900	22	6
6	60	60	900	22	—
7	100	60	900	22	—
8	60	50	800	22	—
9	60	50	700	22	—
10	60	50	600	22	—
11	60	50	900	17	—
12	60	50	700	30	6

工艺能满足要求的扭矩 ($M \geq 8N \cdot m$), 有两组达到 $6N \cdot m$, 其他均施加扭力就在焊缝处折断, 焊接接头的扭矩均不能保证螺柱与板材的有效结合, 如图1所示。

(3) 分析方法 ①宏观观察: 螺柱焊失效后的宏观形貌分析。②金相显微镜: 对断裂接头截面形貌及缺陷观察。③SEM: 对螺柱焊失效接头断面分析。④综合分析各因素变量, 从而建立工艺、宏微观表征和性能之间联系, 并获得最佳焊接参数

3. 分析过程

(1) 焊接接头宏观形貌分析 观察已经掉落的螺柱焊接头板材表面 (见图2), 未发现焊穿的试样, 目视焊接接头板材表面, 在焊接热输入量较小的试样上, 明显板材金属未熔化, 有的试样还有铜层, 而随着热输入量增大, 板材表面金属可以看出金属撕裂的断面形貌。对比图2试样状态和表2的13组焊接工艺, 发现增大引弧电流或引弧时间, 螺柱焊接头力学性能反而降低; 降低焊接电流和焊接时间, 力学性能也会随之降低。

(2) 金相显微镜分析 将没有完全断开的1[#]、2[#]、5[#]、12[#]试样沿板材和螺柱截面剖开, 经超声波清洗、镶样、打磨、抛光、腐蚀, 在金相显微镜下观察试样断面形貌, 如图3所示。

观察上述4个试样可以发现, 在性能比较好的1[#]和2[#]试样, 板材减薄较多, 这是因为板材金属与螺柱金属在焊接时形成了熔池, 在电流作用下两种金属

混合凝固。5[#]和12[#]试样, 由于板材减薄较少, 在焊接时仅有少量板材金属与螺柱金属形成熔池, 所以其焊接接头的结合力较弱。

观察100X和200X的焊接接头形貌, 可以发现, 1[#]、5[#]、12[#]在焊缝中间都有亮的或灰暗色的“夹层”, 使用扫描电镜对该接头进行能谱分析, 此“夹层”为纯铜或铜铁合金层。性能较好的1[#]和2[#], 此夹层的量较少, 而

5[#]和12[#]则较多。

(3) 扫描电镜分析 对图2中所示的焊接接头采用扫描电镜进行分析: 由2[#]试样断口可以发现, 焊缝上具有较多未焊合区域, 断口局部有大量的浅韧窝, 断口局部有裂纹, 如图4所示。

观察3[#]断口试样可以发现 (见图5), 焊缝上有两个焊点, 一个是引弧电流形成的, 另一个是主焊接电流形成的焊点。

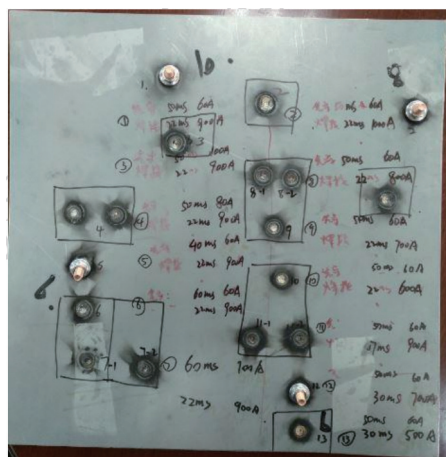


图1 螺柱焊试样信息

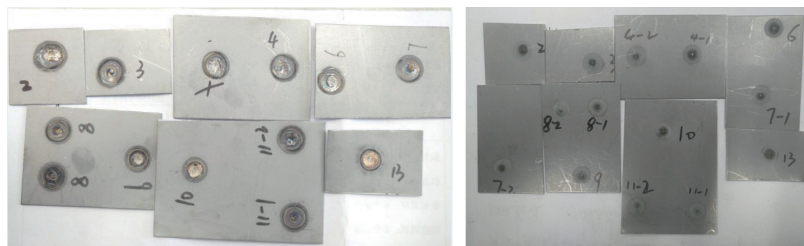


图2 焊接接头板材正反面

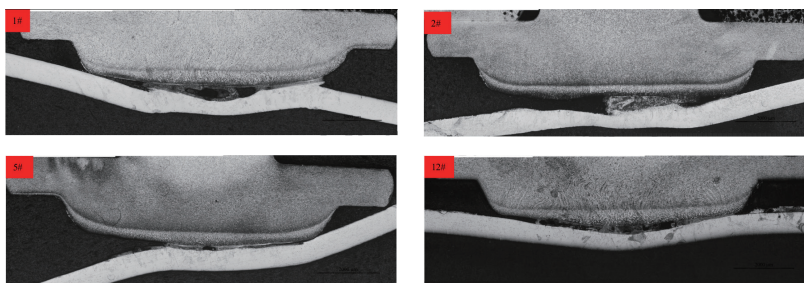


图3 焊接接头宏观形貌

这个焊点大部分未使两侧金属相互熔合，局部有气孔，焊合的区域有少量韧窝，大部分区域是原始结晶胞状组织。

观察4[#]断口试样可以发现，实际形成两个焊点，一个是引弧电流形成的，另一个是主焊接电流形成。A、C处铜含量较多，B处未发生金属的粘连，仅含有微量的Zn元素，如图6所示。

6[#]和7[#]试样断口形貌相似，表面弥散分布大量的引弧结的颗粒，有效承载面积较小，力学性能较差，如图7所示。

观察8[#]断口试样，结合多点能谱可以发现，整个焊缝都分布着Cu元素，局部含有少量的Zn元素。观察9[#]断口试样可以发现，在焊缝中心处引弧结颗粒弥散分布，局部Cu元素含量较高，在焊缝边部分布多道裂纹。观察10[#]断口试样，焊接接头中心部位有未焊合区域，在A、B、C三点打能谱可知，Cu元素含量在A、C两点处较多，A点靠近板材母材处，此处的Cu元素主要是由于焊接过程中螺柱上的铜熔化流动产生，随着距离板材母材距离加大，Zn含量逐渐减少，焊缝中部的Zn大部分已经蒸发，残留微量Zn元素，如图8所示。

观察13[#]断口试样，焊接接头中心部位有未焊合区域，由B点能谱可知，焊点上大部分都是Cu层，焊接时未熔开，结合13[#]试样焊接工艺可知，焊接电流仅500A，不足以使螺柱表面的Cu镀层熔化开，因此试样的力学性能很差，如图9所示。

同时，对未完全断开的试样1[#]、2[#]、5[#]、12[#]试样在扫描电镜

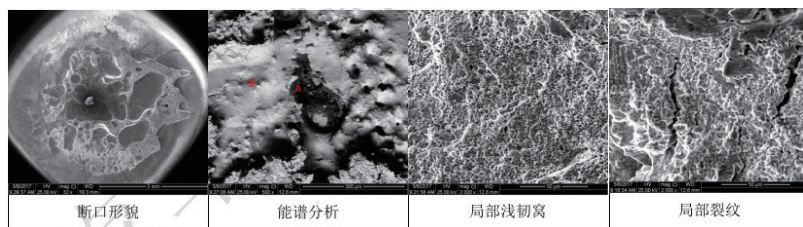


图4 2[#]焊缝接头断口试样

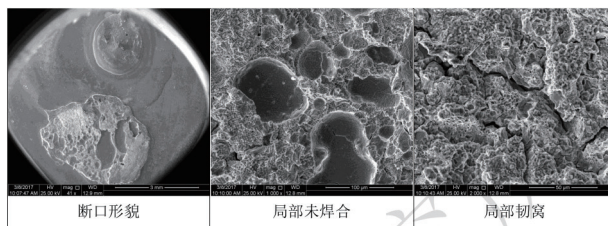


图5 3[#]焊缝接头断口试样

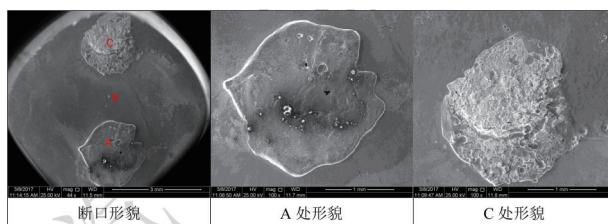


图6 4[#]焊缝接头断口试样

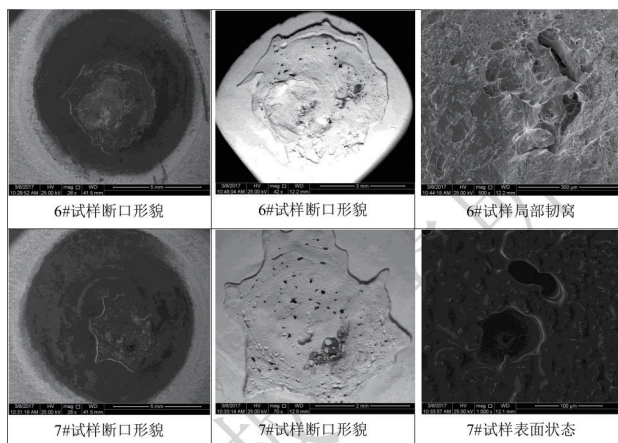


图7 6[#]和7[#]焊缝接头断口试样

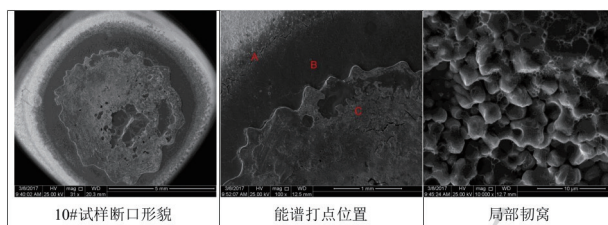


图8 10[#]焊缝接头断口试样

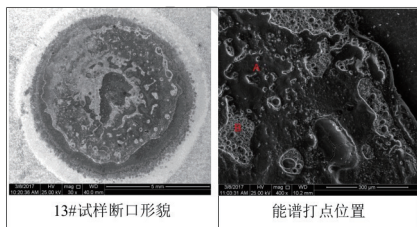


图9 13#焊缝接头断口试样

下观察,发现在焊接结合面处存在Cu-Fe合金层。1#试样位于焊接接头的边部,局部位置带有Cu夹层;2#试样Cu含量较少,但是在Cu元素已经沿晶界扩散,此位置处容易产生裂纹。

观察发现5#和12#试样焊缝形貌相似,焊缝呈现多层结构。电镀铜的钢质螺柱镀层的结构:最外层为纯铜、中间为铜铁合金、钢基体。呈现多层形貌的原因主要是焊缝形成的过程,首先引弧结破裂,镀锌板材上的锌层挥发,大部分挥发到空气中,极少部分挥发到铜镀层上,引弧结外部的一部分铜先接触到板材,然后钢质螺柱中心部位熔化的钢流入到焊缝,螺柱原有的铜镀层还保留在原来的位置。因此,整个焊缝呈现多层结构,此多层结构中,Cu含量较多的部位未实现真正意义上的焊接,其承受扭转载荷的能力较弱。

(4) 分析 试样中发现有的试样形成两个焊点,一个来自引弧电流,另一个来自焊接电流,说明在焊接过程中可能存在焊接不连续或焊枪与工件不垂直的现象,或者焊接过程中焊枪抖动导致断弧。在焊接过程中,保持焊枪与工件垂直,需避免引弧电流和焊接电流不在一个位置。

由力学性能检测结果可知,引弧电流和引弧时间对焊接接头

的力学性能有一定影响,引弧电流和引弧时间不宜过大;焊接电流和焊接时间对焊接接头的力学性能有较大影响。最佳参数的选择建议在焊接电流1000A、焊接时间22ms基础上,增大焊接电流和焊接时间,并检测力学性能是否达标。

焊接热输入量较小时,螺柱上的Cu层不易熔化,而且在焊缝中间形成Cu夹层,直接导致焊接接头力学性能较差。焊接热输入量较大时,Cu层和挥发到铜层的Zn容易排出焊缝。

从检测试样的结果来看,焊缝中Cu元素含量较少时,力学性能较好。

4. 结语

螺柱焊接在汽车焊接中有重要地位,本次的试验是基于螺柱焊焊接技术进行深入研究。通过此次研究,发现了影响螺柱焊接质量问题的主要影响因素及采取的措施,从而得出最佳焊接参数。

此研究成果已成功运用于我公司新上市的某款SUV项目,该项目主机厂需在镀锌板上焊接螺柱37颗,目前已完全取消CO₂焊的加固工作。按每颗螺柱加固成本1.5元计算,每台车节约成本55元。按年产10万台计算,每年可节省成本550万元。同时提升了产品质量,有力的支撑了公司

未来五年“节能、环保、减排”的目标。

作者简介:马涛等,安徽江淮汽车集团股份有限公司。

MW 20170814

《金属加工(冷加工)》 2017年第18期要目

- 盆形钣金冲压件转为机械加工
- 工艺方法
- 薄壁钛合金球壳封头的数控
- 加工工艺
- 地铁电动机吊挂内圆弧加工
- 工艺方案探索
- 卧式加工中心高精度同轴孔
- 调头加工找正方法
- 撞针加工快转位偏心车夹具设计
- 铣削前轴拳头面与钻主销孔
- 组合机床
- 利用非专用模具二次压制
- 封头要点
- 卡箍双边弯曲成形模块
- 研究与设计
- 环形零件内壁孔钻削方法
- FGH97材料性能及切削参数选择
- 特形工件圆锥的切削
- 再研磨前绳槽刀失效模式分析
- 在西门子828D系统上实现轴承
- 磨床消空程功能
- SINUMERIK 840Dsl系统龙门
- 铣各铣头的功能检验
- 数控磨床磨削力自适应控制方法
- TY160液力换挡变速箱设计改进
- 泵轴断裂的原因分析与预防
- 工艺措施