

焊渣对镀锌汽车零件焊接缺陷的影响研究

彭周^{1,2}, 叶飞³, 崔振祥^{1,2}, 黄全伟^{1,2}, 吴彦骏^{1,2}, 马家艳¹

(1. 宝山钢铁股份有限公司 中央研究院, 上海 201900; 2. 汽车用钢开发与应用技术国家重点实验室(宝钢), 上海 201900; 3. 宝钢日铁股份有限公司, 上海 201900)

摘要: **目的** 研究白车身点焊过程中凸包缺陷产生的可能原因。**方法** 利用电镜分析了缺陷的形状特征, 用能谱分析其化学成分。在此基础上, 用金相显微镜观察缺陷处的截面, 发现与正常的金相结果比较, 晶粒明显长大。**结果** 观察到缺陷本身多呈现为灰褐色疤形, 且与正常表面形貌完全不同, 其化学成分主要为铁锰的氧化物, 区别于正常的锌层表面。点焊过程中焊渣飞溅附着在零件表面上, 其虽与零件基体连接并不紧密, 却导致与之相接触的钢板基体中的铁素体晶粒尺寸变大, 造成零件局部凸包变形。**结论** 通过及时清除附着在零件表面的氧化物焊渣, 优化焊接工艺, 可有效减少凸包缺陷的产生。

关键词: 焊渣; 镀锌板零件; 凸包

DOI: 10.3969/j.issn.1674-6457.2020.04.023

中图分类号: TG386.3⁺2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-6457(2020)04-0176-05

Effect of Welding Slag on Welding Defects of Galvanized Automobile Parts

PENG Zhou^{1,2}, YE Fei³, CUI Zhen-xiang^{1,2}, HUANG Quan-wei^{1,2}, WU Yan-jun^{1,2}, MA Jia-yan¹

(1. Central Research Institute of Baoshan Iron & Steel Co., Ltd., Shanghai 201900, China; 2. State Key Laboratory of Development and Application Technology of Automotive Steels (Baosteel), Shanghai 201900, China; 3. Baosteel Nippon Steel Co., Ltd., Shanghai 201900, China)

ABSTRACT: The paper aims to study the possible causes of convex hull defects during spot welding of BIW. The shape characteristics of the defects were analyzed by electron microscopy. It was observed that the defects were mostly grayish brown scar shape, which was completely different from the normal surface morphology. Its chemical composition was mainly Fe Mn oxide, which was different from the normal zinc layer. Although it was not tightly connected to the part's substrate, it caused the size of the ferrite grains in the substrate of the steel plates that were in contact with each other become larger, causing local convex hull deformation of the part. By removing oxide welding slag in time and optimizing the welding process, the occurrence of convex hull defects can be effectively reduced.

KEY WORDS: welding slag; galvanized steel sheet; convex hull

随着汽车工业的飞速发展,对轻量化的要求不断增加^[1-3],各种金属材料依然是车身的基础构成,冲压、焊接等成形方式依然发挥着巨大的作用^[4],其中汽车零件焊接问题一直是业界的热点^[5-6],尤其在焊接现场,焊渣对镀锌材质的影响较为显著,若不能及时清除焊接过程中产生的焊渣,不但会影响零件

焊接质量和稳定性^[7],还会对后继的涂装效果造成破坏,大大降低该部位的防腐能力,从而带来车身早期锈蚀的隐患^[8],所以注重焊渣在焊接过程中的控制对汽车生产有重要意义。文中针对某车型白车身在焊接装配过程中因焊渣导致镀锌板零件表面产生凸包缺陷进行了分析,提出了相应的解决途径。

收稿日期: 2020-03-16

作者简介: 彭周(1980—),男,博士,研究员,主要研究方向为材料成形及显微分析。

1 试验

焊机选择 DRWS-11 双头储能焊机（变压器容量为 400 kVA，电容为 1000 μ F）。选择镀锌 GI 材料，牌号为 DX56D+Z，厚度为 0.7 mm。

某车企的一款车型侧围零件采用镀纯锌 GI 材料，钢板厚度为 0.7 mm，与非镀锌材料相比，在进行焊接镀锌材料零件时，通常会增加焊接电流达到焊接效果，所采用的焊接参数为 $C=0.2$ F， $U_c=350$ V，最高峰值接近 85 kA，但这容易同时产生大量焊渣飞溅，溅出的高温残渣粘附到零件表面进而影响零件质量（见图 1，其中灰色斑点就是粘附在表面的焊渣），导致需增加人工打磨工序来保证效果（见图 2）。焊装现场反馈焊渣飞溅到侧围上边梁正面时有渣斑出

现，经打磨后，表面不会凹凸变形（见图 3），但当焊渣飞溅到反面时就导致了零件表面出现凸包变形（见图 4），打磨后也不易消除影响。



图 1 侧围 B 柱正面焊渣飞溅形貌
Fig.1 Morphology of welding slag spatter on the front side of side pillar B

表 1 DX56D+Z 镀锌钢板的化学成分
Tab.1 Chemical composition of DX56D+Z galvanized steel sheet

元素	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu
质量分数/%	0.001	0.0083	0.089	0.014	0.0055	0.021	0.01



图 2 焊渣返修打磨后的形貌
Fig.2 Morphology after removal of welding slag and grinding

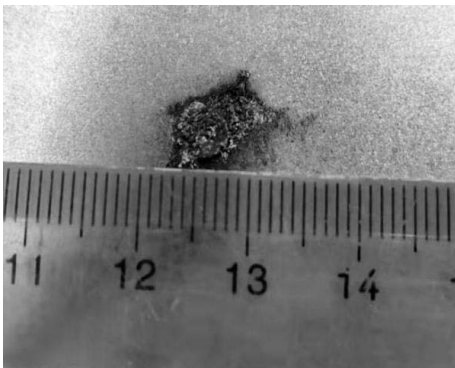


图 3 侧围上边梁内侧焊渣形貌
Fig.3 Morphology of welding slag inside the rood side rail of side wall

电镜观察缺陷处的表面形貌，用能谱确定其成分，用蔡司 Axio Lab 金相显微镜分析截面金相组织。

将缺陷部位取样后，置入酒精中浸泡并在超声波下清洗，后用扫描电镜观察形貌并分析成分，发现缺陷部位的表面有明显的附着物，如图 5 所示，而正常部位的表面较为光滑，为正常的辊印状态，如图 6 所示。对缺陷部位进行能谱分析，其表面主要为氧化铁（见图 7），而正常部位主要为锌层（见图 8），可见缺陷区域的表面附着物和正常锌层有明显差异。

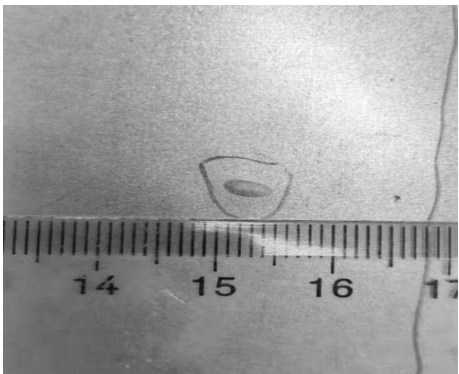


图 4 侧围上边梁内侧焊渣对应的正面凸包形貌
Fig.4 Front convex hull morphology corresponding to welding slag inside the roof side rail of side wall

2 结果与分析

2.1 微观分析及结果

对缺陷部位取样后，用 FEI Quanta-400 环境扫描

将缺陷部位制备截面金相试样，磨制、抛光后，用金相显微镜观察形貌，试样再经质量分数为 3% 的硝酸酒精试剂浸蚀后，观察金相组织，发现缺陷部位的截面形貌显示焊渣与基体呈分离状态（见图 9），可见焊渣与基体之间的附着力不大，对其对应的金相

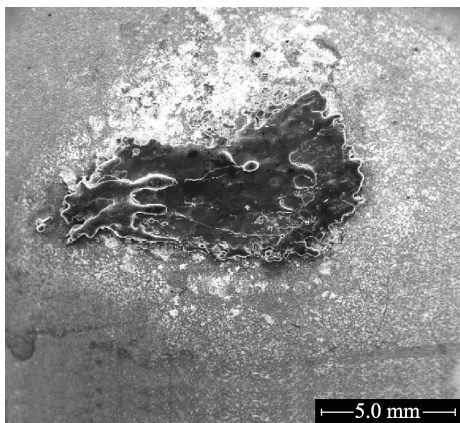


图5 缺陷部位表面形貌
Fig.5 Surface topography of defect site

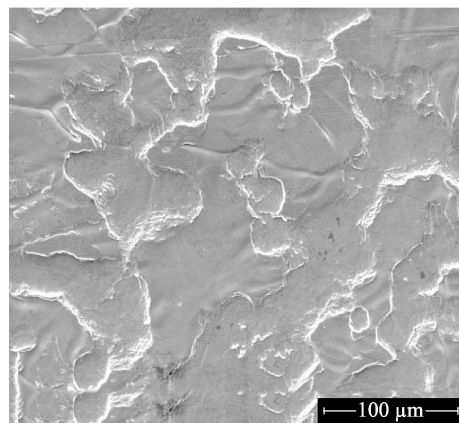


图6 正常部位表面形貌
Fig.6 Surface topography of normal part

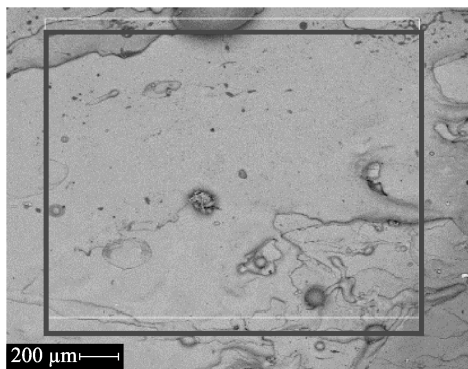


图7 缺陷部位的能谱分析结果
Fig.7 Spectroscopic analysis results of defect site

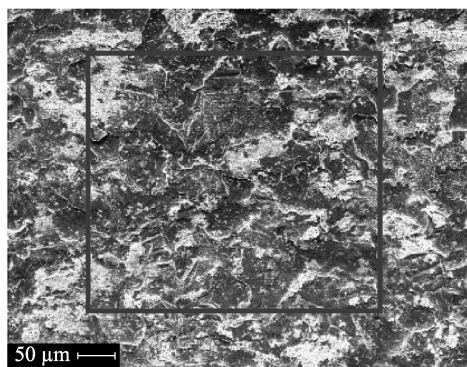
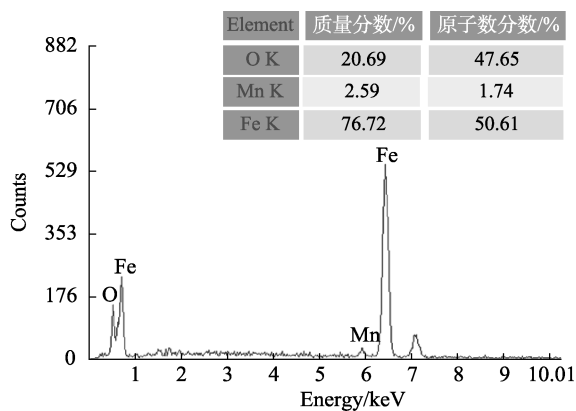


图8 正常部位的能谱分析结果
Fig.8 Energy spectrum analysis results of normal parts

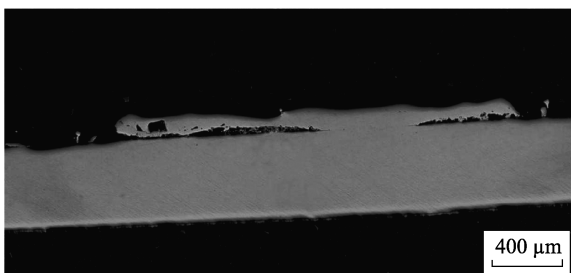
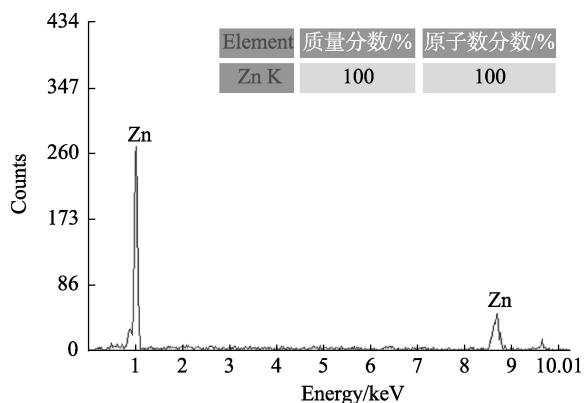


图9 缺陷部位截面抛光图
Fig.9 Polished section of defect site

组织进行分析,发现焊渣区域为马氏体,与焊渣相接的基体组织主要为铁素体,且晶粒尺寸明显变大(见图10—13)。

2.3 讨论

在焊接过程中,工件之间焊接面的紧密贴合是焊接电流顺利通过焊接界面形成焊点的基础,也是得到可靠焊接质量的基础保障,即工件焊接面的平面度对焊接质量有着决定性的影响^[9]。焊装时的焊渣温度大

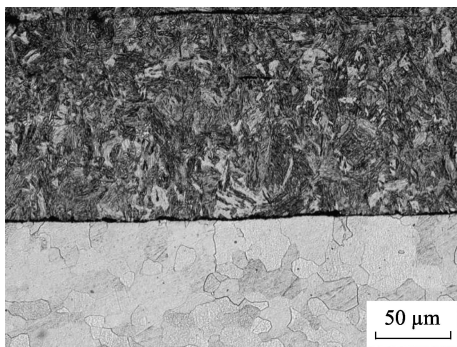


图10 缺陷部位截面金相
Fig.10 Metallographic section of defect site

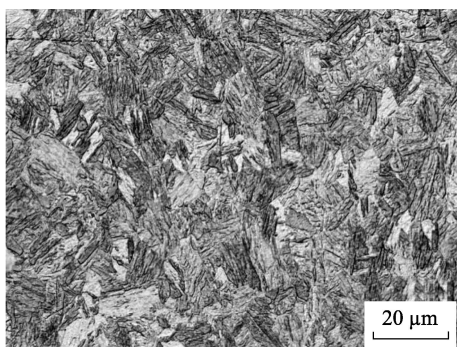


图11 缺陷部位焊渣的微观组织
Fig.11 Microstructure of welding slag at defect site

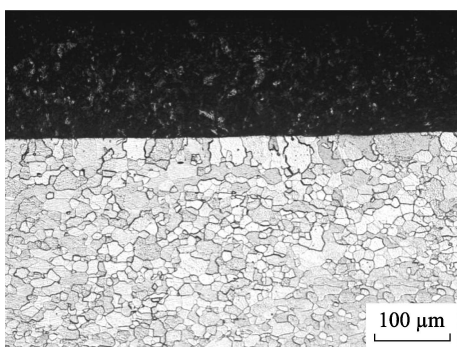


图12 缺陷部位基体的微观组织
Fig.12 Microstructure of matrix at defect site

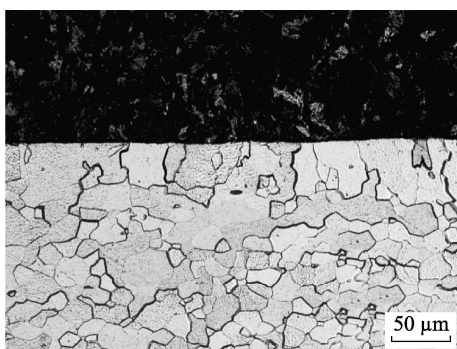


图13 缺陷部位与焊渣相接的基体组织放大图
Fig.13 Enlarged photo of matrix structure of defect site connected with welding slag

约为 700°C ，远大于锌的熔点 420°C 左右。当零件表面处于一个开放的环境中，当焊渣飞溅到侧围上边梁

正面时，在飞溅的过程中就开始降温，到达零件表面上的温度已经有所下降，与零件接触后黏附在零件表面，所以对零件的表面影响相对有限。当焊渣飞溅到相对密闭的侧围上边梁反面时，由于飞溅时间距离短、焊渣面积变大、温度集中、散热缓慢，焊渣就会在零件反面形成热影响区，从而导致零件正面出现锌层熔化和热变形，呈现出一定的凸包现象，而与材料本身无关。类似现象，赵前进^[7,9]在空调器零件的系列焊接试验中都有观察发现。由于焊渣在内表面不便于及时清理，随着焊渣的不断积累，对焊接电流的流通阻碍也会逐渐加深，电极表面也会损伤严重，造成较深的焊接凹坑，影响焊接质量。

为减少这种内表面的焊渣损伤，更考虑到现场工作的可行性和安全性，可在生产现场设置防焊渣飞溅的临时简易挡斗的同时，在焊接零件表面涂抹一定的防飞溅液来降低焊渣对零件内侧表面的热影响，此类办法在城市轨道交通系统的焊接上也得到了较充分的应用^[10]，并不影响焊接质量^[11-14]，在白车身焊接上的应用效果良好^[15]，值得推广。

3 结论

汽车零部件的焊接质量不但直接影响到使用寿命和涂装性能，更会影响到安全可靠。对焊渣飞溅到零件表面引起的缺陷进行了分析，建议在零件的反面涂抹防飞溅液来降低焊渣对零件内侧表面的热影响，同时在生产现场设置防焊渣飞溅的临时简易挡斗，发现表面聚集较多的灰黑色的铁锰氧化物焊渣（不但影响零件美观，且容易在零件表面结疤）时，就需用细砂纸打磨电极及时清除，都能较为有效地提高焊接效果，保证焊接质量。

参考文献：

- [1] 杨天云, 张晴朗, 杨兵, 等. CAE 在汽车座椅轻量化设计中的应用[J]. 精密成形工程, 2012, 4(1): 73—77.
YANG Tian-yun, ZHANG Qing-lang, YANG Bing, et al. Application of CAE to Automotive Seat Back for Weight Reduction[J]. Journal of Netshape Forming Engineer, 2012, 4(1): 73—77.
- [2] 夏益新, 王娜, 陈新平, 等. 热冲压和液压成形技术在宝钢汽车轻量化服务中的应用及发展趋势[J]. 精密成形工程, 2017, 9(6): 104—110.
XIA Yi-xin, WANG Na, CHEN Xin-ping, et al. Application and Development Trend of Lightweight Technology for Vehicle with Hot Stamping and Hydroforming in Baosteel[J]. Journal of Netshape Forming Engineer, 2017, 9(6): 104—110.
- [3] 詹梅, 邢路, 高鹏飞, 等. 轻量化拼焊板构件塑性成形研究进展[J]. 精密成形工程, 2019, 11(5): 1—12.

- ZHAN Mei, XING Lu, GAO Peng-fei, et al. Advances in Plastic Forming of Light-weight Components with Tailor Welded Plate[J]. Journal of Netshape Forming Engineer, 2019, 11(5): 1—12.
- [4] 钟茂莲. 高强度汽车钢板冲压成型的主要问题及模具对策[J]. 精密成形工程, 2014, 6(3): 20—30.
- ZHONG Mao-lian. Key Problems of High-Strength Steel in Stamping Forming Process and Corresponding Die Countermeasures[J]. Journal of Netshape Forming Engineer, 2014, 6(3): 20—30.
- [5] 于清峻. 探析金属材料焊接成型中的主要缺陷及控制措施[J]. 科技创新与应用, 2013(11): 82—83.
- YU Qing-jun. Analysis of Main Defects and Control Measures in Welding of Metal Materials[J]. Technology Innovation & Application, 2013(11): 82—83.
- [6] 于哲, 薛川. 探析金属材料焊接成型中的主要缺陷及控制措施[J]. 新材料与新技术, 2017, 43(11): 92—93.
- YU Zhe, XUE Chuan. Analysis of Main Defects and Control Measures in Welding of Metal Materials[J]. New Material & New Technology, 2017, 43(11): 92—93.
- [7] 赵前进, 闵生. 焊渣对热镀锌钢板凸点焊质量影响的研究[J]. 家电科技, 2015(11): 74—75.
- ZHAO Qian-jin, MIN Sheng. Study of the Impact of Welding Slag on the Quality of the Convex Welding of Galvanized Steel Sheet[J]. Journal of Appliance Science & Technology, 2015(11): 74—75.
- [8] 羊福华. 解决电泳车身焊渣缺陷的研究[J]. 汽车工艺与材料, 2020(1): 21—25.
- YANG Fu-hua. Research on Solving Electrode Body Slag Defects[J]. Automobile Technology & Material, 2020(1): 21—25.
- [9] 闵生, 赵前进. 焊接面平面度对热镀锌钢板凸点焊质量影响的研究[J]. 家电科技, 2015(10): 70—72.
- MIN Sheng, ZHAO Qian-jin. Study of the Impact of Welding Interface Flatness on the Quality of the Convex Welding of Galvanized Steel Sheet[J]. Journal of Appliance Science & Technology, 2015(10): 70—72.
- [10] 李凯, 何广忠, 闫占奇, 等. 防飞溅剂性能及其对焊接质量影响的评价方法[J]. 城市轨道交通研究, 2019(2): 76—78.
- LI Kai, HE Guang-zhong, YAN Zhan-qi, et al. Evaluation of Anti-spatter Agent Performance and Its Effect on Welding Quality[J]. Urban Mass Transit, 2019(2): 76—78.
- [11] 何正文, 吕纯洁, 李继新, 等. 焊接防飞溅剂对低合金高强钢焊接质量的影响[J]. 金属加工(热加工), 2017(8): 14—16.
- HE Zheng-wen, LYU Chun-jie, LI Ji-xin, et al. The Effect of Anti-spatter on the Welding Quality of Low Alloy High Strength Steel[J]. Metal Working (Hot Working), 2017(8): 14—16.
- [12] 张瑞, 宫涛, 刘春英, 等. 焊接防飞溅涂料的选择及应用[J]. 金属加工(热加工), 2011(20): 40—41.
- ZHANG Rui, GONG Tao, LIU Chun-ying, et al. Selection and Application of Anti Spatter Coating for Welding[J]. Metal Working (Hot Working), 2011(20): 40—41.
- [13] 卢源. 浅析焊接防飞溅剂对气体保护焊焊接质量的影响[J]. 金属加工(冷加工), 2016(S1): 577—578.
- LU Yuan. Analysis of the Influence of Welding Anti Spatter on the Welding Quality of Gas Shielded Welding[J]. Metal Working (Cold Working), 2016(S1): 577—578.
- [14] 沈根平. 不锈钢板焊接技术的应用研究[J]. 内燃机与配件, 2019(2): 93—95.
- SHEN Gen-ping. Application Research of Stainless Steel Plate Welding Technology for Chemical Ship[J]. Internal Combustion Engine & Parts, 2019(2): 93—95.
- [15] 姜东旭, 魏丽盟. 白车身电阻焊焊接飞溅控制[J]. 江西建材, 2017(23): 292.
- JIANG Dong-xu, WEI Li-meng. Spatter Control of Resistance Welding in BIW[J]. Jiangxi Building Materials, 2017(23): 292.