

文章编号: 1003-1545(2019)02-0086-05

建筑镀锌钢板的焊接接头组织与性能研究

张 芳

(东北石油大学秦皇岛校区 河北 秦皇岛 066004)

摘要:采用电阻点焊的方法对建筑镀锌钢板进行了焊接处理,研究了不同焊接电流条件下焊接接头力学性能和熔核区显微形貌,并分析了电流强度对镀锌钢板组织与性能的影响。结果表明,镀锌钢板基材由亮白色的马氏体和灰色的铁素体组成,岛状马氏体均匀分布在铁素体基体上;当焊接电流从8.5 kA增加至12.0 kA时,镀锌钢板焊接接头熔核区中未见焊接缺陷的存在,但是焊接电流的增加使得熔核中的柱状晶有逐渐变粗的趋势,熔核中心区域的晶粒在一定程度上得到粗化;随着焊接电流的增加,镀锌钢板的拉剪力和熔核直径呈现先增加而后降低的趋势,在焊接电流为10.5 kA时取得最大值。

关键词:镀锌钢板; 电阻点焊; 熔核区; 形貌; 性能

中图分类号: TG117.4 **文献标识码:** A

DOI:10.19515/j.cnki.1003-1545.2019.02.014

Study on Microstructure and Properties of Welded Joint of Galvanized Steel Sheet for Building

ZHANG Fang

(QinHuangDuo Department of Architecture Engineering, Northeast Petroleum University, Qinhuangdao 066004, China)

Abstract: The welding process of galvanized steel plate was carried out using the method of resistance spot welding, the micro-structure and mechanical properties of nugget zones of welded joints from different welding currents studied, and the effects of current intensity on the performance and microstructure of galvanized steel plate analyzed. The results show that the galvanized steel substrate is composed of bright white martensite and grey ferrite, and that martensite islands are uniformly distributed in the ferrite matrix; When the welding current increases from 8.5 kA to 12.0 kA, the nugget zone has no welding defects, but the increasing of the welding current makes columnar grains in the nugget becoming thicker, and grains in nugget center has been coarsened; With the increasing of welding current, tensile shear and nugget diameter of galvanized steel increase to the maximum when the current is 10.5 kA and then decrease.

Keywords: galvanized steel sheet; resistance spot welding; nugget zone; morphology; properties

表面有热浸镀或电镀锌层的焊接钢板叫镀锌钢板。热镀锌产品由于兼具基层钢板的高强度和高塑性和表面镀锌层的防腐蚀性能,因而被广泛用于建筑、家电、车船、容器制造、机电等行业^[1]。镀锌板材质在当今建筑行业的运用极为广泛,这与镀锌板材能通过阴极保护作用来防止铁质母材腐蚀有关^[2]。然而作为一种工程结构用材,镀锌钢板通常情况下也需要进行焊接处理,但是镀锌钢板由于镀层和基体材料不同,焊接工艺相对普通钢板更加复杂,焊接性能也较差^[3],因此本研究尝试采用电阻点焊的方法对镀锌钢板进行焊接处理,以期对建筑用镀锌钢板的焊接工艺和性能优化提供参考。

接工艺相对普通钢板更加复杂,焊接性能也较差^[3],因此本研究尝试采用电阻点焊的方法对镀锌钢板进行焊接处理,以期对建筑用镀锌钢板的焊接工艺和性能优化提供参考。

1 试验

试验材料为厚度为2 mm的建筑用CR590T/340Y DP镀锌钢板,主要化学成分如表1所示。

收稿日期: 2018-09-26

作者简介: 张芳, 1978年生, 女, 汉族, 河北唐山人, 硕士, 副教授, 研究方向: 防灾减灾及其材料保护等。

镀锌钢板的最大抗拉强度为 590 MPa, 最小屈服强度为 340 MPa, 其中 DP 表示双相钢。

表 1 试验用钢的化学成分(质量分数)

Table 1 Chemical compositions of test steel (w)

C	Mn	Al	Si	P	S	Mo	Cr	Fe	%
0.09	1.68	0.02	0.34	0.010	0.009	0.01	0.16	余量	

将镀锌钢板切割成 100 mm × 30 mm 的长方形, 经过表面打磨、清水冲洗和丙酮超声处理后吹干备用。采用 PH5-6088 型点焊机对建筑用镀锌钢板进行点焊, 点焊试件的示意图如图 1 所示, 焊接电流控制在 8.5 kA ~ 12.0 kA, 焊接时间为 20 cyc(1 cyc = 20 ms), 电极压力为 4 kN, 每组试件在同一参数下取 3 个平行试件进行试验。

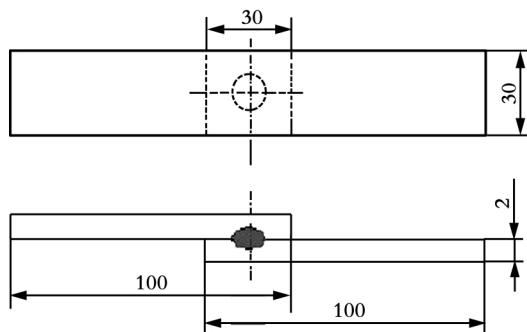


图 1 镀锌钢板点焊试件的示意图

Fig. 1 Schematic drawing of galvanized steel sheet spot welding specimen

显微形貌观察和面扫描分析在日立 S-4300 型扫描电子显微镜上进行; 物相分析在荷兰帕纳科公司 panalytical B. V. 型 X 射线衍射分析仪上进行; 焊接接头的拉剪试验在 CSS-55200 电子万能拉伸试验机上进行, 拉伸速率为 5 mm/min, 设备最大载荷为 100 kN; 显微硬度测试采用 CK-8 型数显维氏硬度计进行测量, 加载载荷为 200 g, 保持载荷时间为 10 s, 母材和熔核区每间隔 0.5 mm 进行测试。

2 结果与分析

对建筑用镀锌钢板的表面形貌进行观察, 结果如图 2 所示。可以发现, 镀锌钢板基材由亮白

色的马氏体和灰色的铁素体组成, 岛状马氏体均匀分布在铁素体基体上。这是马氏体双相钢的典型特征^[4], 亮白色的岛状马氏体含量约占 21%。

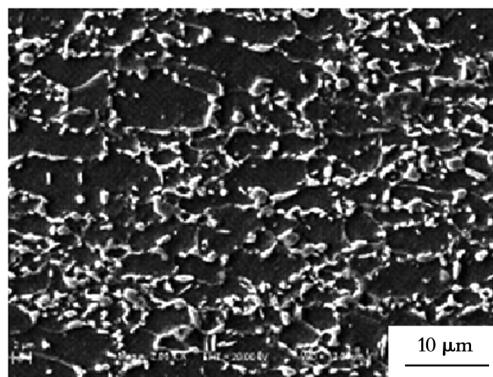


图 2 建筑用镀锌钢板的 SEM 形貌

Fig. 2 SEM morphology of zinc coated steel sheet

对建筑用镀锌钢板进行 X 射线衍射分析, 结果如图 3。基体组织主要由铁素体(F) 和马氏体(M) 组成, 这与扫描电镜显微结果一致。

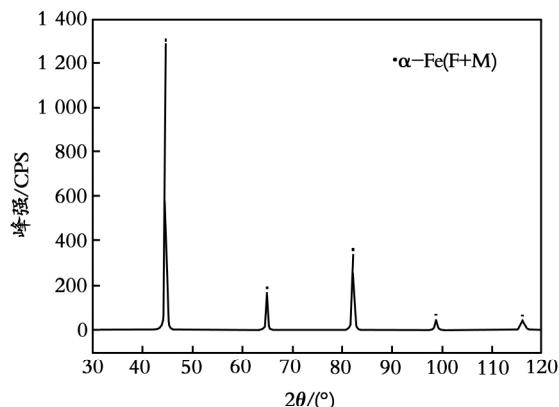


图 3 建筑用镀锌钢板的 X 射线衍射图谱

Fig. 3 X-ray diffraction pattern of galvanized steel sheet for building

在焊接电流为 8.5 kA 时对镀锌钢板焊接接头截面进行扫描电镜显微形貌观察并进行元素面扫描分析，结果如图 4 所示。可以发现，在对镀锌钢板进行点焊接过程中，在重力和表面张力的作用下，表面镀锌层凝固成了锌岛，与镀锌钢板基材之间

有明显界限，最表层区域还有一定开裂。元素面扫描分析结果表明，外层区域主要由 O、Fe 和 Zn 元素组成，其含量分别为 8.6%、15.4% 和 66.0%，且 Zn 元素主要分布在外表层区域，这是液态锌冷却过程中凝固形成的^[5]。

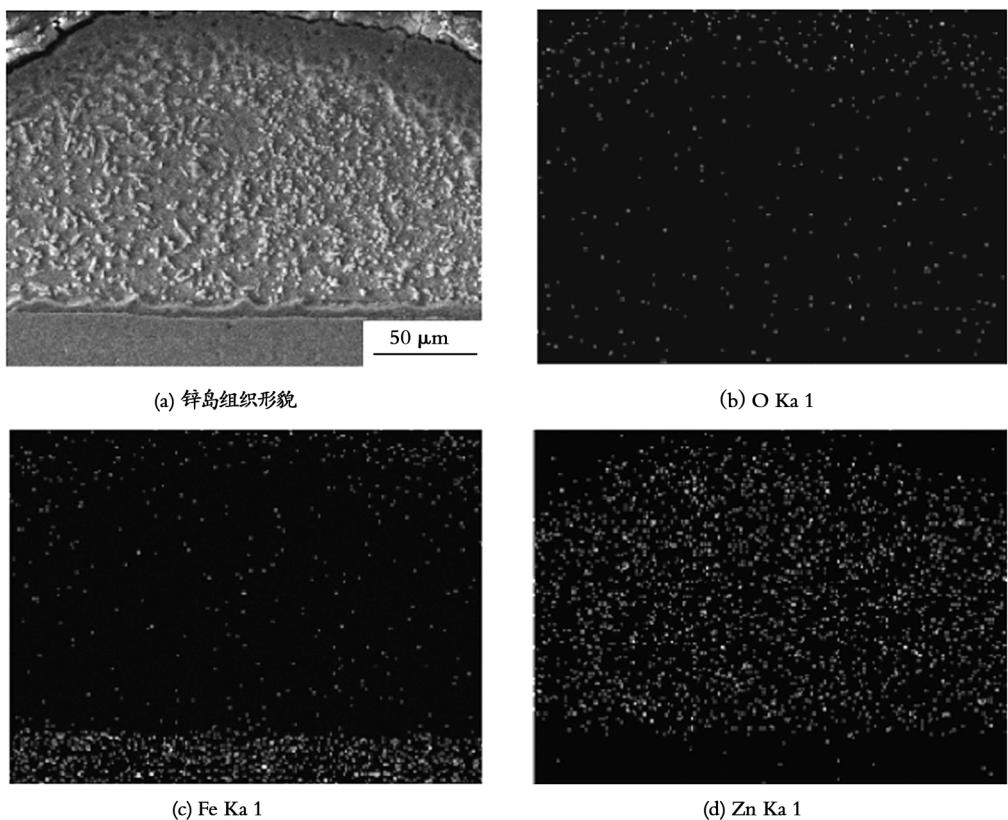


图 4 镀锌钢板焊接接头截面显微形貌和能谱分析

Fig. 4 Sectional morphology and energy spectrum analysis of galvanized steel sheet

对不同焊接电流作用下的镀锌钢板焊接接头熔合区形貌进行观察，如图 5 所示。当焊接电流为 8.5 kA 时，镀锌钢板焊接头熔核区呈现出板条状马氏体形态，除此之外没有发现熔核缺陷存在；当焊接电流增加至 10.5 kA 时，镀锌钢板焊接头熔核区主要由马氏体 + 铁素体组成，且马氏体含量相对焊接电流为 8.5 kA 时有所降低，熔合区同样

没有发现焊接缺陷存在；继续增加焊接电流至 12.0 kA 时，熔合区组织主要由板条马氏体组成。对比分析可见，当焊接电流从 8.5 kA 增加至 12.0 kA 时，镀锌钢板焊接接头熔核区中都未见焊接缺陷的存在，但是焊接电流的增加使得熔核中的柱状晶有逐渐变粗的趋势，熔核中心区域的晶粒在一定程度上得到粗化。

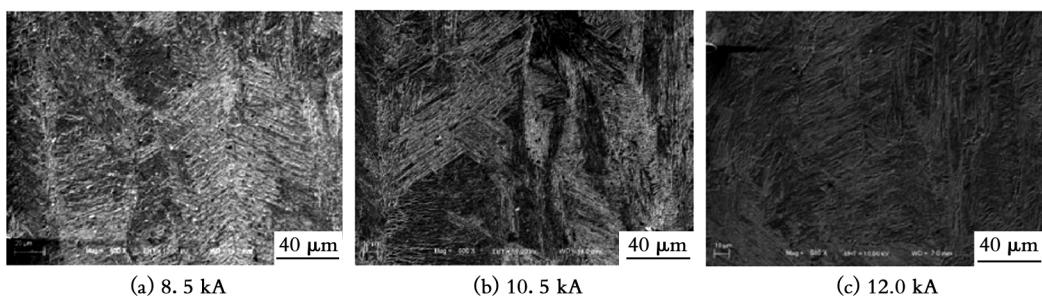


图5 不同焊接电流作用下镀锌钢板焊接接头熔核区形貌

Fig. 5 Morphologies of welded joints of galvanized steel sheets under different welding currents

图6为镀锌钢板拉剪力和熔核直径随焊接电流的变化曲线。可以看出，随着焊接电流的增加，镀锌钢板的拉剪力呈现先增加而后降低的趋势，在焊接电流为10.5 kA时拉剪力取得最大值，继续增加焊接电流，镀锌钢板的拉剪力反而降低；随着焊接电流的增加，镀锌钢板的熔核直径呈现先增加而后降低的趋势，在焊接电流为10.5 kA时取得最大值，这与拉剪力随着焊接电流的变化趋势基本保持一致，即在熔核直径最大的焊接电流作用下，镀锌钢板的拉剪力达到最大。

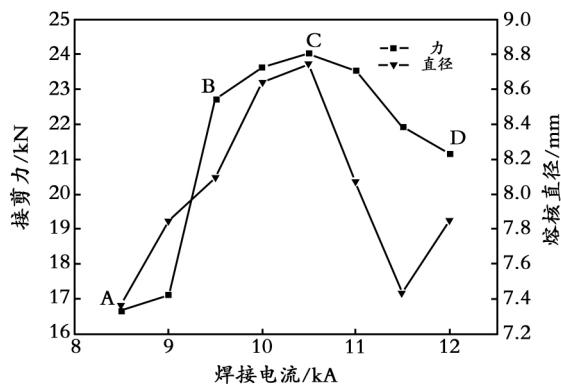
图6 焊接电流对镀锌钢板拉剪力和熔核直径的影响
Fig. 6 Effects of welding current on the tensile strength and diameter of the nugget of galvanized steel sheet

图7为不同焊接电流作用下镀锌钢板焊接接头处的显微硬度随离熔核中心距离的变化曲线。可以看出，镀锌钢板母材的显微硬度在200 HV左右，而焊接接头熔合区显微硬度相对较高。

高。熔核边缘的显微硬度相对熔核中心的显微硬度略高，这主要是由于熔核边缘的电流密度比平均电流密度更大，在金属液体凝固过程中会造成更大的温度梯度，从而产生更多的硬度相对较高的马氏体^[6-7]。从显微硬度反映出来

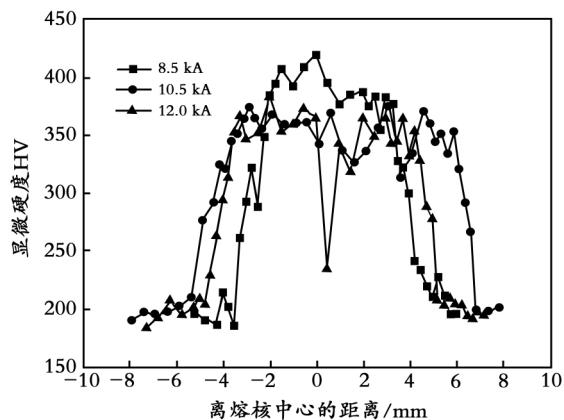
图7 不同焊接电流作用下的显微硬度
随着离熔核中心距离的变化曲线

Fig. 7 The variation of the microhardness with the distance from the centers of the weld under different welding currents 的热影响区宽度结果来看，焊接电流为8.5 kA时的热影响区宽度最窄，焊接电流为12.0 kA时宽度较大，而焊接电流为10.5 kA时的热影响区宽度最大。焊接电流为8.5 A、10.5 A和12.0 A时的平均显微硬度分别为367 HV、355 HV和351 HV，显微硬度主要与显微组织中的马氏体含量以及晶粒大小、焊接缺陷多少等有关，但是并不是显微硬度越高，拉剪力越大。

3 结论

(1) 镀锌钢板基材由亮白色的马氏体和灰色的铁素体组成，岛状马氏体均匀分布在铁素体基体上。

(2) 当焊接电流从 8.5 kA 增加至 12.0 kA 时，镀锌钢板焊接接头熔核区中未见焊接缺陷的存在，但是焊接电流的增加使得熔核中的柱状晶有逐渐变粗的趋势，熔核中心区域的晶粒在一定程度上得到粗化。

(3) 随着焊接电流的增加，镀锌钢板的拉剪力呈现先增加而后降低的趋势，在焊接电流为 10.5 kA 时拉剪力取得最大值；随着随着焊接电流的增加，镀锌钢板的熔核直径呈现先增加而后降低的趋势，在焊接电流为 10.5 kA 时取得最大值。

参考文献：

- [1] 王青春, 张文金, 陈启健. Cu 对镀锌钢板焊接头组织和性能的影响 [J]. 铸造技术, 2014, 35 (7): 1541—1543.
- [2] ZHANG X Y, CHEN G L, ZHANG Y S. Improvement of resistances spot weldability for dual-phase (DP600) steel using servogun [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2009, 209 (5): 2672—2675.
- [3] 蒋贤海, 谌小平. 焊接速度对高强镀锌钢板激光焊接头组织和性能的影响 [J]. 热加工工艺, 2015, 44 (15): 185—187.
- [4] 贾松青, 张永强, 刘兴全. 热镀锌 TRIP 钢点焊焊接裂纹分析 [J]. 电焊机, 2015, 45 (8): 145—149.
- [5] 陈立伟, 姜秋月, 于燕. 镀锌钢板激光焊焊接接头组织与性能 [J]. 热加工工艺, 2016, 45 (15): 222—224.
- [6] 李旭. 镀锌钢板的激光焊接工艺研究 [J]. 焊接技术, 2016, 45 (1): 49—51.
- [7] POURANVARI M, MARASHI S P H, MOUSAVIZADEH S M. Dissimilar resistance spot welding of DP600 dual phase and AISI 1008 low carbon steels: correlation between weld microstructure and mechanical properties [J]. Ironmaking & Steelmaking, 2011, 38 (6): 471—480.

(编辑: 许紫娟)