

文章编号: 1001-3806(2008)03-0334-03

高强度镀锌钢板激光焊接接头的耐蚀性研究

伍强^{1,2}, 徐兰英³, 陈根余², 龚金科², 李力钧²

(1. 广东技术师范学院机电学院, 广州 510635; 2. 湖南大学汽车车身先进设计制造国家重点实验室, 长沙 410082; 3. 华南理工大学机械工程学院, 广州 510640)

摘要: 为了研究焊接接头的耐腐蚀性能, 采用质量分数为 0.03 的盐水, 对不同激光工艺参数的焊接件进行了腐蚀试验, 取得了激光焊接接头腐蚀后的质量变化量和试件腐蚀前后的金相图。研究结果表明, 在不同工艺参数的条件下, 激光焊接高强度镀锌钢板接头的腐蚀速度不同, 但平均速度与母材的腐蚀速度大体相当, 不会影响材料的抗腐蚀性能。

关键词: 激光技术; 激光焊接; 高强度镀锌钢; 接头的耐蚀性**中图分类号:** TG456.7**文献标识码:** A

Corrosion property of the laser welded joint of high-strength galvanized sheet

WU Qiang^{1,2}, XU Lan-ying³, CHEN Gen-yu², GONG Jin-ke², LI Li-jun²

(1. School of Mechanical & Electronic Engineering, Guangdong Polytechnic Normal University, Guangzhou 510635, China; 2. State Key Laboratory of Advanced Design and Manufacture for Vehicle Body, Hunan University, Changsha 410082, China; 3. School of Mechanical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: During laser welding of high-strength galvanized steel, the galvanized layer is inevitably lost due to burn. To study the resisting causticity of the joint, salt water with the mass fraction of 0.03 is used in the corrosion test for the samples welded under different laser parameters. The metallography of the workpiece was obtained before and after corrosion respectively. The test results indicate that the corrosion rate of the joint between the high-strength galvanized steels welded by laser under different welding parameters is different, but the average corrosion rate is coincident with that of substance and never debasing causticity.

Key words: laser technique; laser welding; welding zinc coated high strength steel; corrosion property of the joint

引言

汽车的轻量化是降低油耗的主要途径之一, 因而也是减少尾气排放的最有效对策, 由此极大地促进了高强度钢板的制造及应用技术的进步^[1]。随着环境因素的恶化, 如工业污染、太阳辐射、道路石击、海洋性空气和北方地区冬季道路防滑盐的使用等, 都加速了汽车车体的腐蚀^[2-4]。在此背景下, 具有优良的抗腐蚀性能的高强度镀锌钢板成为汽车车身的主要用材^[5]。

在汽车车身薄板的焊接方面, 激光焊接因具有明显的技术优势面逐步取代传统的焊接方式^[6-8]。但是, 激光焊接时, 接头附近的镀锌层不可避免地被烧损, 材料的防护层遭到破坏, 焊接件的耐蚀性能将面临严峻的挑战, 然而, 目前关于激光焊接车身用高强度镀锌钢板耐蚀性的研究并不多见。作者在车身用高强度镀锌

钢板激光焊接试验的基础上, 对焊接接头的耐蚀性能作了试验研究, 为激光焊接高强度镀锌钢板的应用与研究奠定基础。

1 激光焊接的试验条件及焊接方法

试验所用的激光器为自制的 PHC-1500 折叠式准封离型 CO₂ 激光器, 连续输出的激光模式为 TEM₀₁, 光束发散半角 $\alpha \approx 1.1 \text{ mrad}$, 焦深 $z \approx 3 \text{ mm}$, 聚焦透镜是焦距 $f = 127 \text{ mm}$ 的硒化锌透镜, 聚焦前的光束直径约 22 mm, 焦斑直径为 0.42 mm。

试验中所用的焊接材料是汽车专用的高强度热浸镀锌冷轧钢板 (DOGAL 800DP), 抗拉强度为 800 MPa ~ 950 MPa。材料的化学成分 (质量分数) 见表 1。

Table 1 Composition of tested materials/mass fraction

C	Si	Mn	P	S	Cr
≤ 0.0018	≤ 0.005	≤ 0.02	≤ 0.00025	≤ 0.00015	≤ 0.008

1. 工件尺寸为 100 mm × 30 mm × 1.5 mm, 对接焊接方式。为减少焊接缺陷, 焊前用丙酮清洗焊接部位。实验装置原理示意图如图 1 所示。

采用自制的夹具固定工件, 以保证工件的焊缝均

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50575070)

作者简介: 伍强 (1967-), 男, 博士, 现主要从事汽车车身先进设计制造技术的研究。

E-mail: wuqiang20008@163.com

收稿日期: 2007-03-19; 收到修改稿日期: 2007-07-12

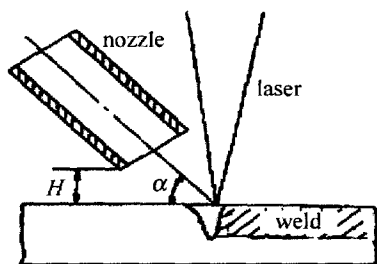


Fig. 1 Experimental set-up

匀平整,对接焊缝焊前的间隙被控制在 0.10mm 以内。

Table 2 Processing parameter of laser welding

number of samples	speed of welding/ ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$)	side blown gas flux/($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	side blown angle/($^\circ$)	defocusing amount/mm	power/W
1 [#]	0.4	1.2	20	0.2	1000
2 [#]	1.0	1.8	40	-0.4	1300

采用 Ar 气作为焊接保护气体和等离子体控制气,焦点设置在试件的上表面接缝处,激光焊接的工艺参数如表 2 所示。焊接得到的焊件的焊缝均匀平整,外观质量良好,沿垂直于焊缝方向切割焊接工件,制作腐蚀试样 1[#],2[#]进行腐蚀试验,如图 2 所示。



Fig. 2 Welding jointing pictures

2 激光焊接接头的耐蚀性试验

2.1 试验样品

试验样品号为 1[#],2[#]和 3[#]待腐蚀试件的属性如表 3 所示,其中 3[#]试样为高强度镀锌钢母材,以作腐蚀对比分析。

Table 3 Properties of the test sample

properties	number of samples		
	1 [#]	2 [#]	3 [#]
mass/g	2.1767	2.1154	2.1114
area/($\text{mm} \times \text{mm}$)	12.5 × 9.5	13 × 11.5	11 × 10
state of joint	wider welding seam	narrower welding seam	weldless

2.2 实验方法

高强度镀锌钢板激光焊接接头的腐蚀试验的步骤如下:(1)表面处理。先把样品用金相砂纸打磨掉表面的锈蚀产物,露出基体表面。去除一边的焊接氧化皮。用丙酮清洗样品表面多次,并在蒸馏水中超声清洗 15min,取出烘干。(2)盐水溶液的配制。称取 6.1856g NaCl,加蒸馏水配制 200mL 的质量分数为 0.03 的 NaCl 水溶液, pH 值为 7.0。(3)浸泡。把上述经表面处理的样片,浸泡在第(2)步所制备的盐水溶液中,以 7d 为一个周期,即浸泡 1d,晾干 6d,干湿比为 6:1。

2.3 实验结果

本实验的观察结果分为 5 级,具体如下:0 级:完好,无白色沉淀及其它附着物;1 级:有少量白色沉淀物生成;2 级:大量白色沉淀物生成,且有逸出;3 级:有较小面积黄色锈迹生成(或点蚀);4 级:有较大面积(大于 1/3)锈迹生成(局部变黄);5 级:大面积锈蚀。表 4 为实验样品的质量变化情况。试件腐蚀记录见表 5。

Table 4 Weight change of the samples

property	number of samples		
	1 [#]	2 [#]	3 [#]
loss/g	0.0036	0.002	0.0022

Table 5 Corrosion record of the samples

record	number of samples		
	1 [#]	2 [#]	3 [#]
the sixth cyclic	1	2	3
	2	2	3
	3	2	3
	4	2	3
	5	3	3
	6	3	3
	7	3	3

3 激光焊接接头的耐蚀性分析与讨论

锌是一种柔软、低强度的金属,在自然环境下,特别在大气环境中,其化学性能稳定。图 3 说明锌在不同 pH 值的水溶液中的腐蚀变化情况^[9],与铁相比, pH 值在

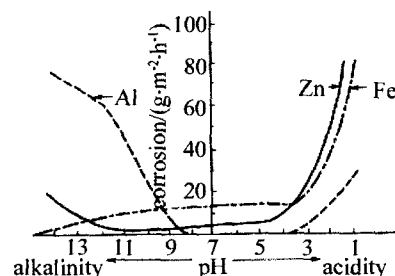


Fig. 3 Corrosivity comparison of Zn, Al, Fe in the varied pH water solution

4~12 的范围内,锌的耐腐蚀性能很优良。工业大气环境中,锌的腐蚀速率大约在 $15\mu\text{m/a}$,而在海洋和洁净的农村大气环境,其腐蚀速率仅为上述工业大气的 1/5 左右。

锌的另一个特点是其电化学保护性能。锌电极的标准电位为 -0.736V (标准氢电极),当镀在钢铁制品上时,是一种阳极性镀层,可以对钢铁基体实现牺牲性

阳极保护。激光焊接高强度镀锌钢的焊缝表面狭窄,由于激光的辐照而使其表面的镀锌层部分蒸发,显露在基体表面,但因为锌的上述电化学性能,仍能对这些裸露的焊缝部位进行有效的保护,使之在较长时间内不会严重腐蚀。

金属腐蚀程度的大小,根据腐蚀破坏形式的不同,有各种不同的评定方法。对于全面腐蚀来说,通常用平均腐蚀速度来衡量。失重法就是根据腐蚀后试样质量的减少量来评定腐蚀速度的一种方法,即:

$$v = (m_0 - m_1) / St \quad (1)$$

式中, v 为腐蚀速度,单位为 $g/(m^2 \cdot h)$; m_0 为试样腐蚀前的质量,单位为 g ; m_1 为试样清除腐蚀产物后的质量,单位为 g ; S 为试样表面积,单位为 m^2 ; t 为腐蚀时间,单位为 h 。

由(1)式计算得到 1[#], 2[#] 腐蚀试件及母材 3[#] 的腐蚀速度如表 6 所示。

Table 6 Corrosion rate of the samples

number of samples	1 [#]	2 [#]	3 [#]
corrosion rate/($g \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$)	0.0301	0.0133	0.0198

由表 6 可知,激光焊接高强度镀锌钢的工艺参数不同,焊接得到的试件的腐蚀速度不同。1[#] 试件的腐蚀速度高于 3[#] 母材,2[#] 试件的腐蚀速度低于母材,两者

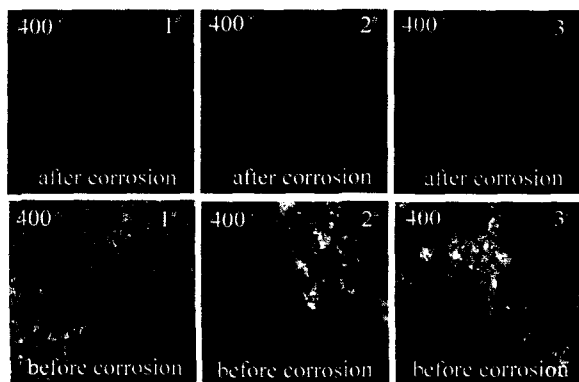


Fig. 4 Pictures of welded seam after and before corrosion

的均值与母材的腐蚀速度大体相当。

图 4 为试件腐蚀前后的金相图。试验 6 周后,尽管腐蚀后的照片被 $ZnCl_2$, $Zn(OH)_2$ 或 $NaCl$ 等白色结晶物挡住,试件表面仅有较小面积黄色锈迹生成(或点蚀),而且焊接试件的腐蚀情况和母材一样,即焊缝没有改变材料的抗腐蚀性能。

4 结 论

盐水腐蚀试验表明,激光焊接高强度镀锌钢板的工艺参数不同,焊接件的腐蚀速度不同,试件腐蚀速度的平均值与母材的腐蚀速度大体相当,说明狭窄的激光焊接接头没有破坏高强度镀锌钢板的耐腐蚀性能。

参 考 文 献

- [1] XIONG J G, HU L J, LIU J H, *et al.* Study on laser welding of zinc coated steel and the effects of zinc vaporization [J]. *Laser Technology*, 1998, 22(1): 26-28 (in Chinese).
- [2] HUANG J Zh. Current status and develop-ment of corrosion and coating protection technology in automobile [J]. *Automobile Technology & Material*, 2006(8): 1-7 (in Chinese).
- [3] HONG N F. Corrosion of chlorine deicers and discussion on test methods [J]. *Industrial Construction*, 2006, 36(10): 61-64 (in Chinese).
- [4] ZHANG D Sh, ZANG J. A study on the corro-sion form and corrosion part of the automobile [J]. *Journal of Heilongjiang Institute of Technology*, 2006, 20(1): 67-70 (in Chinese).
- [5] WU Q, CHEN G Y, WANG G, *et al.* CO₂ laser welding of zinc coated high strength steel [J]. *Chinese Journal of Laser*, 2006, 33(8): 1133-1138 (in Chinese).
- [6] WANG J Ch. Development and expectation of laser welding technology [J]. *Laser Technology*, 1998, 22(1): 26-28 (in Chinese).
- [7] LIU J Ch, LI L J, ZHU X D, *et al.* Discussion on laser welding combined with other heat resources [J]. *Laser Technology*, 2003, 27(5): 486-489 (in Chinese).
- [8] SUI B, DU D, CHANG B H, *et al.* Visual information model for assembly Process of body-in-white [J]. *Transactions of the China Welding Institution*, 2003, 24(5): 25-28 (in Chinese).
- [9] LIAN J Ch. Flame plating technology [M]. Changsha: National Defence Industry Press, 1978: 223 (in Chinese).

(上接第 329 页)

- [6] ZHOU J G, DU G Q, ZHANG Y W. Electromagnetic modes of thickness-modulated dual-periodic one-dimensional photonic crystals [J]. *Acta Optica Sinica*, 2005, 54(8): 3703-3707 (in Chinese).
- [7] DU G Q, LIU N H. Optical transmission spectra of one-dimensional photonic crystals with a mirror symmetry [J]. *Acta Physica Sinica*, 2004, 53(4): 1095-1097 (in Chinese).
- [8] HUANG H J, OUYANG Z B, XU G W. Investigation of perfect multi-channel filtering properties of complex-period photonic crystals [J]. *Journal of Optoelectronics & Laser*, 2003, 13(1): 50-53 (in Chinese).
- [9] MAO H B, YANG C L, LAI Z S. Theoretical study of the tunable optical filter properties based on photonic crystals [J]. *Acta Physica Sinica*, 2004, 53(7): 2201-2205 (in Chinese).
- [10] TIAN G X, WU Y G, WANG Z S. Design and modification of double channel of one-dimensional photonic crystal [J]. *Acta Optica Sinica*, 2005, 25(5): 661-664 (in Chinese).
- [11] QIAN X Z. New type of photonic crystal tunable filter [J]. *Semiconductor Optoelectronics*, 2005, 26(5): 382-385 (in Chinese).
- [12] HUANG J J, LI G, CHEN M, *et al.* Simulation dispersion properties of photonic crystal fiber [J]. *Laser Technology*, 2006, 30(4): 432-435 (in Chinese).
- [13] XIE Y M, LIU Zh D, WANG H Q. Local defect modes in photonic crystals with negative refractive index structural defects [J]. *Laser Technology*, 2006, 30(2): 195-198 (in Chinese).
- [14] BORN M, WOLF E. Principles of optics [M]. 7th ed. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2006: 615-619 (in Chinese).
- [15] BORN M, WOLF E. Principles of optics [M]. 7th ed. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2006: 51-61 (in Chinese).