

# 铝-镀锌钢板脉冲旁路耦合电弧 MIG 焊搭接接头力学性能研究

王 钊<sup>1</sup>, 石 玦<sup>2</sup>, 周浩康<sup>1</sup>, 吕文涛<sup>1</sup>, 陆晓辉<sup>1</sup>

(1. 江苏省特种设备安全监督检验研究院苏州分院, 江苏 苏州 215128;  
2. 兰州理工大学有色金属合金及加工教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730050)

**摘 要:** 文章介绍了脉冲旁路耦合电弧 MIG 焊的基本原理, 利用该系统对铝、镀锌钢板进行搭接焊接实验, 得到了成型优良焊缝。利用万能式样拉伸机对搭接接头进行了力学性能测试, 发现绝大多数断裂发生在焊缝热影响区, 接头最高抗拉剪强度为 83.7MPa, 接头力学性能较好。

**关键词:** 铝-镀锌钢板; 脉冲旁路耦合电弧 MIG 焊; 搭接接头; 抗拉剪强度

随着环境保护日益成为当今社会重视的焦点, 以及汽车、高速列车等交通运输工具对性能提升的不断追求, 如何在提高车辆性能的同时降低车身重量, 减少废气排放成为了科研机构, 汽车制造企业高度关注的研究课题。铝是目前应用最广泛的有色金属之一, 因此实现“铝+钢”的焊接可有效解决上述问题<sup>[1-2]</sup>。但是, 由于铝和钢的熔点、线膨胀系数等热物理能差异较大, 且铝、钢接触面上容易形成脆而硬的金属间化合物, 严重影响接头的力学性能, 实现铝-钢的有效焊接较为困难<sup>[3-4]</sup>。本文利用脉冲旁路耦合电弧 MIG 焊的方法对铝、镀锌钢板进行搭接实验, 得到了成型优良的焊缝, 同时利用电子万能拉伸机对接头进行了力学性能测试, 发现断裂主要发生热影响区, 接头力学性能较好。

## 1 脉冲旁路耦合 MIG 焊实验系统

图 1 为脉冲旁路耦合电弧 MIG 焊的系统原理图, 该焊接方式将 MIG 焊枪作为主路, 旁路耦合一个 TIG 焊枪, 各焊接回路中的电流关系如下:

$$I_{bm} = I - I_{bp} \quad (1)$$

其中:  $I$  为焊丝熔化电流,  $I_{bp}$  为旁路电弧电流, 两者之差  $I_{bm}$  为流入母材电流。该焊接系统在总电流保证焊丝高熔敷率的前提下, 通过调节旁路电流和主路电流, 可以起到调节母材电流的作用, 从而实现在大电流高熔敷率条件下合理控制母材热输入, 有利于铝-钢焊接的进行。系统主路电源为 DALEX VIRO MIG-400L 数字脉冲焊机, 旁路电源采用一台开放接口的数字脉冲焊机, 此外还包括工业控制计算机、采集卡等硬件系统和基于 xPC 的快速原型软件系统等。

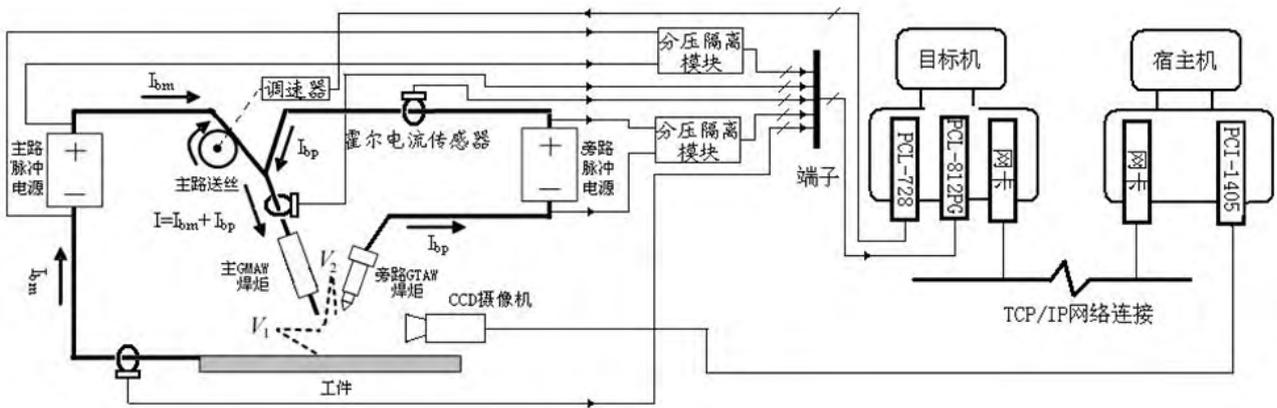


图 1 脉冲旁路耦合电弧 MIG 焊 (Pulsed DE-GMAW) 试验系统结构图

## 2 铝-镀锌钢板搭接工艺实验

### 2.1 试验工艺及参数

利用上述焊接系统对铝与镀锌钢板进行搭接工艺实验,焊接前首先用丙酮溶液对板材进行清洗,消除板材表面油污,焊接时将铝板搭接在镀锌钢板上,重叠厚度为10mm,形式如图2所示。实验铝板为1060纯铝板(规格200mm×

80mm×1mm),钢板为镀锌层厚度100g/m<sup>2</sup>的Q235板。主、旁路保护气均为氩气,气流量分别为20L/min、5L/min。实验共分四组进行,总电流分别为61A、54A、62A、50A,在保持总电流不变的情况下调节旁路电流,以改变母材热输入,具体电流参数见表1。

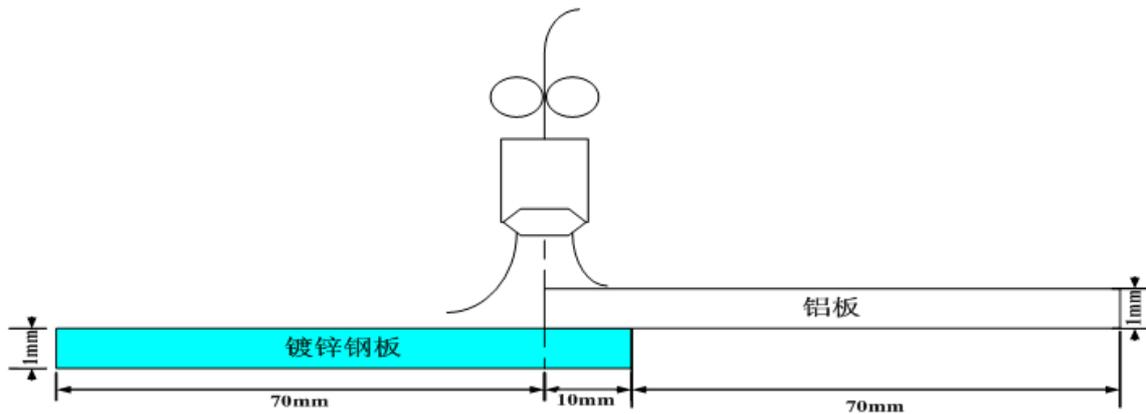


图2 铝-镀锌钢板搭接焊接示意图

表1 铝-镀锌钢板搭接工艺参数

总电流 (A)	旁路平均电流 (A)	主路平均电流 (A)	脉冲频率(Hz)	脉冲占空比	焊接速度 (m/min)
61	0	60	80	16%	0.5/0.6/0.7
	24	40		14%	
	30	34		14%	
	40	24		14%	
54	0	54		18%	0.5/0.6
	16	38		15%	
	27	27		15%	
62	40	14		15%	0.5/0.6/0.7
	30	32	14%		
50	20	30	8%	0.4/0.5/0.6	

### 2.2 焊缝成型及焊接接头组成

焊接完成后,焊缝成型及接头形貌如图3所示,从图片可以看出铝板、镀锌钢板表面均匀平整,无明显焊接变形,

焊缝成型美观。同时,钢板表面光亮依旧,说明焊接过程中镀锌层的烧损较少,这有利于钢板腐性能的保持。

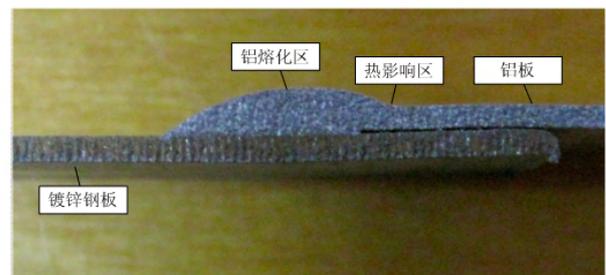


图3 铝-钢脉冲旁路耦合电弧MIG焊搭接焊缝及接头剖面图

### 3 铝-镀锌钢板搭接接头力学性能实验

根据焊接参数不同,实验共得到 26 块铝-钢搭接焊缝式样,依次截取规格为 100mm×10mm×1mm 的拉伸式样,并利用万能式样拉伸机对式样抗拉强度进行检测,统计断裂位置及断裂强度。由于断口总是发生在接头组织最脆弱的地方,因此统计接头断裂形式及位置对评价接头力学性能具有重要意义<sup>[5-7]</sup>。实验结果表明:26 组数据中,断裂发生在焊缝热影响区的有 20 组,断裂在铝母材基体及焊缝金属间化合物层的式样各 3 组,约 77%的式样断裂发生在接头的热影响

区。

同时,实验得到的接头抗拉剪强度数据如表 2 所示。铝-钢接头抗拉剪强度分布在 55.3~83.7MPa 之间,平均值为 72.7MPa。其中,抗拉剪强度超过 70MPa 的共有 19 组,占总数的 73.1%。最大抗拉剪强度为 83.7MPa,达到了母材强度的 76.1% (铝板抗拉剪强度为 110MPa),结合上述断裂位置统计表明,通过脉冲旁路耦合 MIG 焊得到的铝-钢搭接接头力学性能良好。

表 2 不同焊接参数下的接头力学性能

总电流(A)	旁路平均电流 (A)	主路平均电流 (A)	脉冲频率(Hz)	脉冲占空 比	焊接速度 (m/min) /接头强度 (MPa)			
					0.4	0.5	0.6	0.7
61	0	60	80	16%	/	55.3	65.4	70.0
	24	40		14%	/	71.2	77.3	75.5
	30	34		14%	/	70.1	67.2	73.1
	40	24		14%	/	65.1	67.3	78.2
54	0	54		18%	/	70.4	77.3	/
	16	38		15%	/	74.0	76.8	/
	27	27		15%	/	77.1	76.3	/
	40	14		15%	/	72.2	73.4	/
62	30	32		14%	/	68.8	69.5	76.3
50	20	30		8%	78.2	83.7	79.5	/

### 4 实验结论

(1) 铝-镀锌钢板脉冲旁路耦合电弧 MIG 焊搭接焊缝成形美观,板材热变形小,钢板镀锌层烧损少,说明该焊接系统可以实现铝、钢异种金属的有效连接。

(2) 焊接得到的接头抗拉剪强度较高,最高可到 83.7MPa,为母材铝板强度的 76.1%,接头力学性能较好。

### 参考文献

- [1] 陈健, 浦娟, 吴铭方, 等. 铝及铝合金与钢连接技术研究进展[J]. 江苏科技大学学报, 2008, 22(2): 39-44.
- [2] 刘绪功, 王洪志, 康剑. 汽车覆盖件冲压工艺设计系统及其应用[J]. 机械工人冷加工, 2006(4): 22-25.

- [3] 雷振, 秦国梁, 林尚扬. 铝与钢异种金属焊接的研究与发展概况[J]. 焊接, 2006(4): 16-20.
- [4] 李亚江, 王娟, 刘强. 有色金属焊接及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 251-256.
- [5] 张洪涛, 何鹏, 石常亮. CMT 法连接锻铝 6061 和镀锌钢板异种金属接头缺陷形成原因分析//全国钎焊新技术学术会议论文集[C]. 2006: 34-39.
- [6] 亨利 G, 豪斯特曼 D. 宏观断口学及显微端口学[M]. 曾祥华, 等, 译. 北京: 机械工业出版社, 1990: 5-90.
- [7] 刘继华, 李获, 刘培英. 热处理对 7075 铝合金应力腐蚀及断口形貌的影响[J]. 材料热处理学报, 2010, 31(1): 113-115.