

中重型货车车门 激光飞行焊接工艺研究

解庆超, 曹先锋, 王杰美, 何座城, 孙荆浩

中国重汽集团工艺工匠研究院 山东 济南 250000

摘要: 使用激光飞行焊接方法, 对重型货车车门用1.25mmDC01和1.25mmDC05冷轧板进行焊接。探究激光焊接工艺参数对激光飞行焊接接头外观及性能影响规律, 从而优化焊接工艺, 提高焊接接头质量和力学性能。进一步获得合适的飞行焊接工艺窗口, 为商用车重型货车车门内板激光焊接工艺的实际生产应用及优化提供有价值的理论指导。

关键词: 激光飞行焊; 重型货车车门; 焊接接头; 工艺参数

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.z1.008

随着汽车行业的快速发展, 白车身焊接技术日益多样化, 包括弧焊、电阻点焊、激光飞行焊等。其中激光飞行焊接凭借着高质量、高效率、低变形等优势, 在商用车白车身制造中逐渐受到关注。激光飞行焊作为一种优质高效的焊接技术, 能够实现非接触式焊接, 在振镜不移动的情况下, 可通过振镜内部反射镜的高速运动, 进行激光扫描焊接。

本文通过调整焊接速度、激光功率、焦距等关键参数, 同时结合力学性能测试、外观分析等探究焊接质量, 经过多次试验获得了一个适合中重型货车车门DC01和DC05冷轧板用的激光飞行焊接工艺窗口, 为商用车中重型货车车门内板激光焊接工艺的实际生产应用及优化提供理论依据。

试验材料及设备

1. 试验材料

本次试验根据重型货车车门内板工件焊接试验实际情况进行相关试验, 试验材料与车门工件使用材料完全相同, 试验所使用的板材为1.25mmDC01和1.25mmDC05冷轧板, 尺寸均为160mm×50mm, 冷轧板的主要成分见表1。

表1 试验用材料化学成分 (w_i : %)

	C	Mn	P	S	Fe
DC01	0.1	0.5	0.035	0.025	余量
DC05	0.08	0.3	0.02	0.02	余量

2. 焊接方法及设备

本试验中采用机器人激光飞行焊接平台进行激光焊接工艺试验，焊接平台如图1所示。其中设备的主体包括：Blackbird公司生产的intelliWELD II 3D振镜激光焊接头、锐科RFL-C8000XZ光纤激光器、汉立HL-8000- QG2/2水冷机、KUKA六轴机器人与捷豹LS-15空压机，并可通过RobotSyncUnit用户软件编辑程序控制3D振镜激光焊接头进行焊接。

试验所使用的试板尺寸均为160mm×50mm，试验中将两试板错边叠放，并用夹具夹紧，确保两试板间间隙在0.2mm以内，振镜激光飞行焊接工艺激光束扫描轨迹为螺旋线，具体扫描路径如图2所示。



图1 机器人激光飞行焊接平台

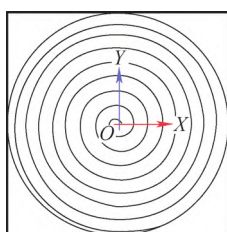


图2 激光束扫描轨迹

3. 力学性能测试方法及设备

按照ANSI/AWS/SAE/D8.9-97标准制备拉伸剪切试样，测试不同工艺参数下焊点的最大抗拉伸剪切力，焊接接头拉伸剪切试样尺寸如图3所示。

本试验中焊接接头的力学性能测试均在MTS C45 万能试验机上进行，设备如图4所示。设备力学性能测试范围：1~100kN，位移分辨率：0.04μm，力值误差：±0.5%。焊接接头拉伸剪切试样于室温下进行测试，位移速度为2mm/min，拉剪力取相同焊接工艺参数下的3组接头计算得到平均值。

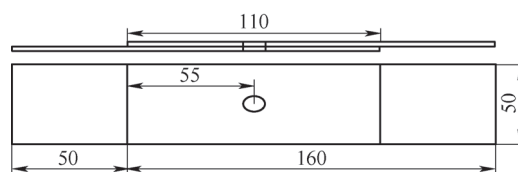


图3 焊接接头拉伸剪切试样尺寸



图4 万能试验机

4. 微观组织分析方法及设备

试验中微观组织分析均在Axio Observer 7m金相显微镜上进行，设备如图5所示。



图5 金相显微镜

微观组织分析的样件是在焊点直径处切割取样、制样、磨抛后完成的。

结果与分析

本次试验采用正交试验方法，试验中采用点螺旋形式对试板进行激光飞行焊接，扫描方式为顺时针由内向外扫描，螺旋线外部闭合，研究了激光焊接工艺参数对焊接接头表面形貌及力学性能的影响规律。

1. 工艺参数研究

对于冷轧钢板的激光飞行焊接，焊接速度、激光

功率、离焦量是影响激光飞行焊接质量的关键工艺参数。经过预试验后，获得了一个合适的工艺窗口，试验数据如下。

不同工艺参数下拉伸剪切力见表2。不同工艺参数下本次试验焊点正面、背面及截面形貌图见表3。

2. 试验分析

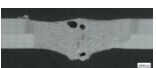
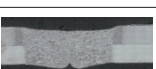
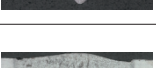
(1) 激光功率对力学性能的影响 由图6中可以看出，激光功率由5600W增加到6000W时，拉伸剪切性能下降；激光功率由6000W增加到6200W时，拉伸剪切性能增加；6200W时最高，当激光功率继续增加时，力学性能变差。

(2) 焊接速度对力学性能的影响 由图7中可以看出，焊接速度为200mm/s时，力学性能最佳；随着焊接速度由200mm/s增加到210mm/s时，力学性能下降；增加到230mm/s时，力学性能有所增加。随着焊接速度

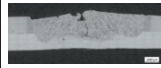
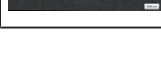
表2 不同工艺参数拉伸剪切力表

编号	激光功率 /W	焊接速度 / (mm/s)	离焦量 /mm	最大力 F_m /N
1	5600	200	-9	5999.79
2	5600	210	-6	7315.35
3	5600	220	-3	7867.71
4	5600	230	0	7966.11
5	5600	240	3	8482.20
6	5800	210	-3	7714.00
7	5800	220	0	8080.69
8	5800	230	3	6357.80
9	5800	240	-9	6924.12
10	5800	200	-6	6856.92
11	6000	220	3	7193.25
12	6000	230	-9	8257.34
13	6000	240	-6	4810.44
14	6000	200	-3	9056.23
15	6000	210	0	5174.98
16	6200	230	-6	8133.82
17	6200	240	-3	5946.54
18	6200	200	0	7042.05
19	6200	210	3	7823.98
20	6200	220	-9	9026.17
21	6400	240	0	7369.84
22	6400	200	3	8349.52
23	6400	210	-9	9345.61
24	6400	220	-6	3906.70
25	6400	230	-3	7294.39

表3 正交试验焊点表面形貌

编号	正面	背面	截面
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			

(续)

编号	正面	背面	截面
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			

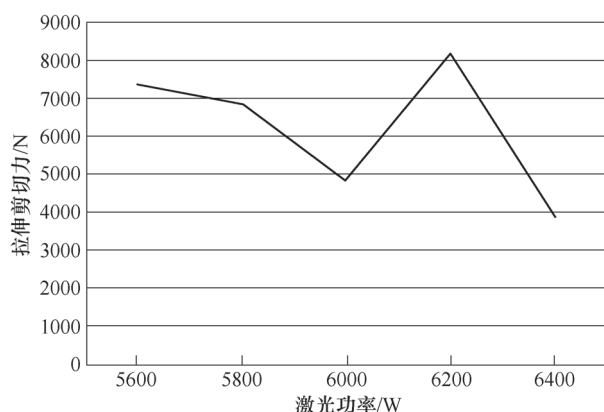


图6 激光功率对力学性能的影响规律

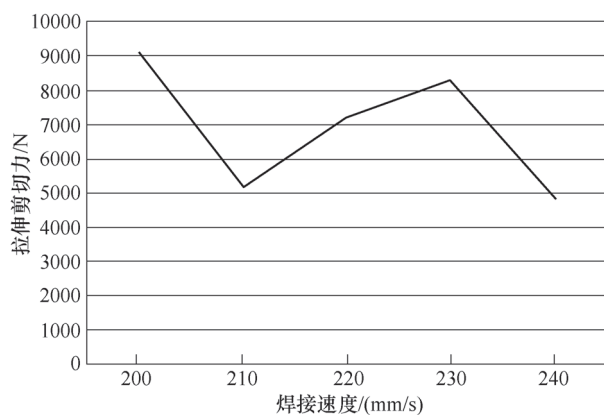


图7 焊接速度对力学性能的影响规律

增加到240mm/s时,力学性能下降。

(3) 离焦量对力学性能的影响 由图8可以看出,随离焦量由-9mm增加到+3mm时,力学性能先增加后减小,并无明显规律,因此并未观察到离焦量与力学性能之间的关系。

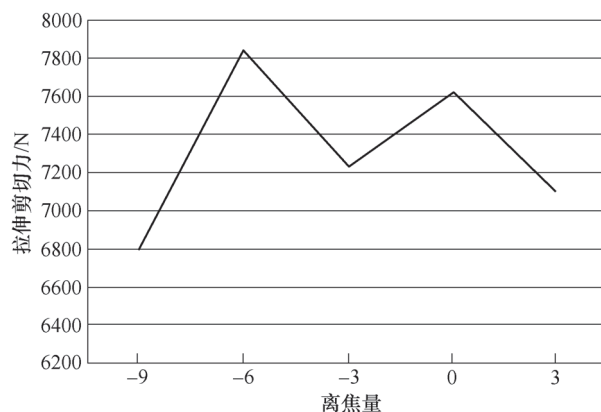


图8 离焦量对力学性能的影响规律

结语

成功实现了中重型货车车门板的激光飞行焊,在200~240mm/s的焊接速度和5.6~6.4kW的焊接功率参数范围内,通过优化调节各项工艺参数,获得了表面形貌良好、力学性能达标的焊点。

通过对比激光飞行焊接焊点强度高于电阻点焊焊点强度,试验中激光飞行焊接焊点最大拉力为同等条件下电阻点焊焊点的1.2~1.58倍,从性能角度上说明激光飞行焊可替代电阻点焊实现中重型货车车门的焊接。

参考文献:

- [1] 赵广力.激光飞行焊在白车身上的应用[J].汽车工艺师, 2023 (7) : 9-13.
- [2] 汤星.基于振镜系统的激光飞行焊接技术研究[D].广东工业大学, 2021.
- [3] 张妍.激光焊接在白车身上的应用现状[J].电焊机, 2016, 46 (3) : 122-126.
- [4] 姜海涛.激光飞行焊接技术在汽车焊接领域的应用[J].金属加工 (热加工), 2017 (16) : 10-12. **AUTO1950**