

激光钎焊工艺在车身上的应用

赵广力

长城汽车股份有限公司 河北保定 071000

摘要：激光焊，作为一种新型焊接工艺，正在越来越广泛地应用在各行各业。在汽车制造领域，激光焊接工艺也正在越来越多的被各主机厂采用，但由于其工艺的复杂性，以及运营成本较高，激光焊工艺主要应用在中高端车身上。

关键词：激光钎焊；车身；工艺

激光焊接是利用高能量密度的激光束作为热源的一种高效精密焊接方法，按照工艺类别，主要分两大类，即激光熔焊和激光钎焊。本文主要针对激光钎焊工艺进行分析。

激光钎焊简介

激光钎焊也称激光填丝焊，焊接原理如图1所示，利用激光光束作为热源，聚焦后的光束照射在填充的焊丝表面上，焊丝在光束能量持续加热下熔化形成高温液态金属，液态金属浸润到被焊零件连接处，在适当的外部条件下，使之与工件间形成良好的冶金结合。

需要注意：工件间的连接是通过钎料熔融金属实

现的，且母材本身不应被激光严重熔蚀损伤。

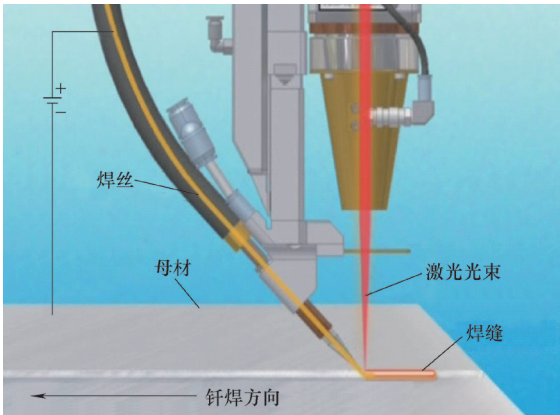


图1 激光钎焊原理

激光钎焊设备组成

激光钎焊系统组成如图2所示，主要包括以下几个部分。

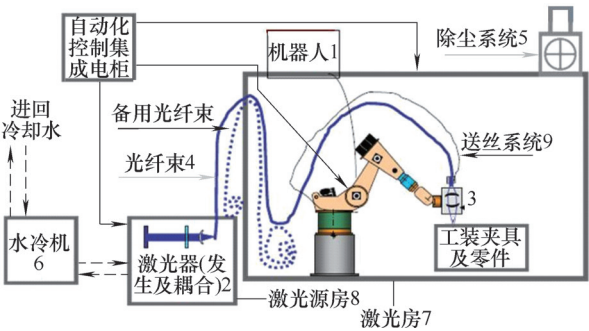


图2 激光钎焊系统

除此之外，一套完整的焊接工作站还应包括：激光焊测试台、激光源环境监测系统、激光功率自动监测仪及激光焊机器人软件功能包等。各系统主要技术要求简要如下。

(1) 激光源 采用波长 $1.07\mu\text{m}$ 左右固体激光器，使用光纤传输；建议 5kW （钢焊）， 6kW （铝焊），激光源需有功率模块扩展功能；每一路光纤出口都具备激光瞄准导引红光；可编程功率阶梯功能，可以分别进行升降。

(2) 激光头 采用光纤耦合-D型接头；光纤直径： $600\mu\text{m}$ ；光头带准直镜保护镜和聚焦镜的抽屉式保护镜；镜组设计有独立的水冷系统。

(3) 送丝机 具备填充焊丝预热的热丝系统；带有焊丝末端监控传感器，焊丝用完可报警；带有实际送丝速度检测传感器。

激光钎焊对零件工艺要求

1.在白车身上常见的焊接部位

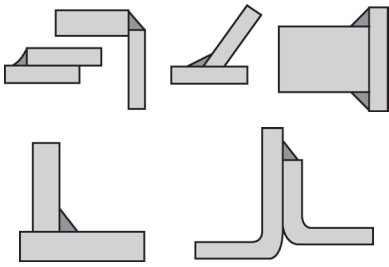
白车身焊接部位通常为顶盖与侧围搭接处、后背门上下段搭接处、侧围后部流水槽部位等。

2.激光钎焊搭接边类型

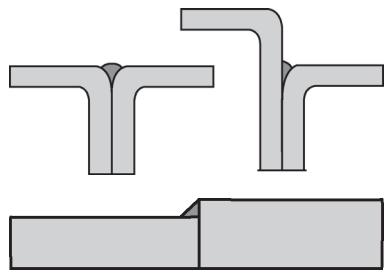
白车身激光钎焊搭接边主要分两种：角接、卷边对接两种类型，如图3所示。

卷边对接接头尺寸要求如图4和表1所示。

角接接头尺寸要求如图5和表2所示。



a) 角接对接



b) 卷边对接

图3 激光钎焊搭接示意

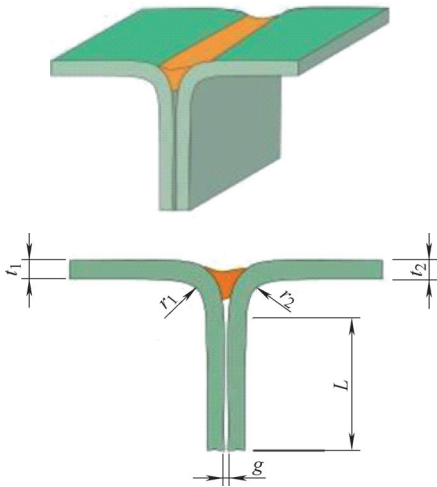


图4 卷边对接接头示意

表1 卷边对接接头尺寸

缩写	含义	尺寸/mm
t_1	厚度1	$t_1 > 0.6$
t_2	厚度2	$t_2 > 0.6$
r_1	半径1	$2.5 < r_1 < 4$
r_2	半径2	$2.5 < r_2 < 4$
g	间隙	$g < 0.2$ (目标 $g = 0$)
L	边缘	$L > 7$

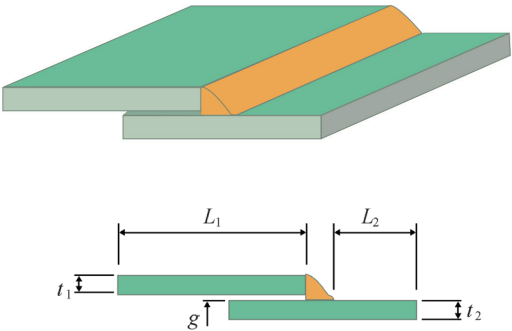


图5 角接头示意

表2 角接头尺寸

缩写	含义	尺寸
t_1	厚度1	$t_1 > 0.6\text{mm}$
t_2	厚度2	$t_2 > 0.6\text{mm}$
g	间隙	$g < 0.5\text{mm}$ (目标 $g = 0$)
L_1	边缘	$L_1 > 7\text{mm}$
L_2	边缘	$L_2 > 2\text{mm}$

激光钎焊常见缺陷及影响因素

1. 钎焊填充材质要求

CuSi₃是汽车行业使用的标准填充金属丝。应根据材料厚度、搭接结构、焊接速度来选择金属丝直径，可选用不同直径的金属丝： $\phi 1.0\text{mm}$ 、 $\phi 1.2\text{mm}$ 和 $\phi 1.6\text{mm}$ 。一般的选取规则，卷边对接形式的焊缝优先选用 $\phi 1.6\text{mm}$ 直径焊丝，角接形式的焊缝优先选用 $\phi 1.2\text{mm}$ 直径焊丝。

2. 影响焊接质量主要因素：

影响激光钎焊焊接质量的主要工艺参数包括如下：

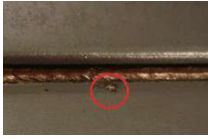
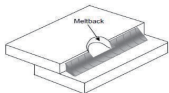
- 1) 激光参数：激光功率、焊接速度、光斑直径。
- 2) 送丝参数：送丝速度、热丝电流。
- 3) 焊接姿态：焊接角度。
- 4) 母材结构：零件结构及尺寸。
- 5) 工装：夹具机构及状态。

3. 常见质量缺陷及原因分析

表3 常见质量缺陷及原因分析

序号	焊接缺陷	图片	可能原因分析
1	连续间歇性漏焊		1) 光斑焦点位置偏离 2) 机器人焊接姿态不当 3) 激光光斑直径过小
2	焊缝偏移		1) 偏执力设置不合理 2) 平衡力需要重新校准 3) 防护镜片污损 4) 光、丝位置不对中 5) 送丝速度过慢，送丝不畅或者速度设置过低 6) 母材位置或间隙超差
3	气孔		1) 激光功率与焊接速度不匹配（功率过大） 2) 焊缝间隙波动超幅，导致焊接参数不匹配 3) 焊缝表面有油污
4	锯齿边		1) 光斑与丝对中偏差 2) 光斑直径过小 3) 激光功率不足，导致融池流动性不够
5	焊缝未熔合		1) 焊丝预热不足，焊丝能量吸收不足 2) 机器人焊缝跟踪的姿态不当 3) 光斑对中不好，光能量不能正常熔化焊丝
6	焊缝堆积		送丝量过大，与功率不匹
7	焊缝凹陷		1) 激光功率过大 2) 激光功率过大 3) 激光功率过大 4) 母材搭接间隙异常

(续)

序号	焊接缺陷	图片	可能原因分析
8	焊缝表面高低不平(波浪、线状瑕疵等)		1) 导丝嘴磨损造成出丝抖动。 2) 光头保护镜片污损,造成透光率波动 3) 激光功率不足 4) 母材搭接面凹凸不平
9	飞溅		1) 激光功率过大 2) 热丝电流过大 3) 母材表面不清洁
10	残留钎焊丝		1) 未能正常激光剪丝; 2) 起弧点关光延时和关丝延时设置不当
11	咬边		1) 咬边处能量密度过大; 2) 光斑两侧能量不均匀

专用切割机按照标准进行切割焊缝试样,通过金相分析仪进行金相分析,根据得出的金相报告报告来判定激光焊缝的焊接质量。

(1) 衡量指标:对质量的影响-强度

(2) 要求水平:如图6所示,宏观金相分析要求水平:其中 $a \geq 0.7t_{\min}$, $b \geq 0.7t_{\min}$ ($t_{\min}$ 为工件厚度)。

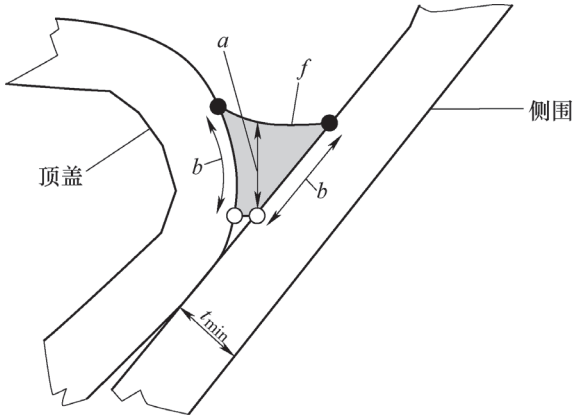


图6 金相试验检查要素

4.金相试验检查

以行业内应用最广泛的顶盖激光钎焊为例进行取样,进行质量判定。焊缝的质量判定由专业人员使用

5.返修方法

由于不同的主机厂,所以对缺陷判定及返修存在一定的差异,表4的返修方法供参考。

表4 常见缺陷及返修方法

序号	缺陷名称	返修方法
1	焊缝中断 焊缝偏移	中断在10mm以内: 1) 打磨中断的两端并清理干净 2) 涂双组分胶,宽度与焊缝类似
		中断在60mm以内: 1) 用TIG焊机进行焊缝修补每段修补长度控制在10mm以内 2) 补焊后焊缝间距小于10mm 3) 打磨补焊焊缝 4) 补双组分胶
		中断超过60mm:导出至线下,待生产间隙进行激光补焊
2	气孔	涂双组分胶,宽度与气孔缝类似
3	焊缝未熔合	1) 打磨未熔合区域的焊缝金属 2) 返修参照焊缝中断实施
4	焊缝堆积 焊缝表面不规则	1) 使用砂轮机打磨焊缝的不规则处 2) 检测焊缝外观上的左右对称性
5	焊缝凹陷	1) 用TIG焊机进行焊缝修补 2) 打磨补焊焊缝 3) 补双组分胶
6	飞溅	用抛光机对焊缝周围进行抛光(顶盖和侧围上的飞溅必须清除)
7	有残留钎丝	使用砂轮机打磨残留焊丝

结语

新工艺发展日新月异,为提升焊接质量,提前

规避问题,缩短调试周期,需要不断的研究激光焊工艺。 **AUTO1950**