



SUS301L不锈钢激光焊接 对接接头性能研究

罗亚坤 火巧英 孟宪伟

【摘要】 本文选用材料为轨道客车车体中用量较大的SUS301L不锈钢，通过对SUS301L三种不同调质状态下母材和激光焊接对接接头的组织和力学性能的对比分析，为今后此种不锈钢在轨道车辆车体设计中的使用提供有力的依据。

关键词： SUS301L不锈钢；调质状态；激光焊对接

1. 概述

不锈钢轨道客车以其车体轻、能耗低、耐腐蚀、安全性好、使用寿命长及综合成本低等优势成为轨道车辆的首选。本文选用材料为轨道客车车体中用量较大的SUS301L不锈钢。

SUS301L奥氏体不锈钢以其良好的塑性变形能力、耐蚀性和韧性以及优良的高、低温力学性能，目前已经成为轨道车辆普遍采用的材料。面对目前不锈钢车体生产工艺过程中存在的各种问题，不锈钢激光焊接技术的应用将成

为发展趋势。因此对SUS301L奥氏体不锈钢母材以及激光焊接头的组织与力学性能的了解也越来越重要。

2. 母材力学性能

(1) 母材组织与性能
SUS301L不锈钢有LT、DLT、

离、机器人与外围设备的距离、机器人安装高度等问题。

关于夹具设计与布置：要考虑夹具长宽高尺寸、夹具上下件便捷性、夹具与夹具工位间距、夹具与外围设备的距离等问题。

关于焊点分配：通过焊接工件时序图，做出简单的上件、启动、焊接、停止、下件等时序，保证满足生产节拍。

经验表明，机器人与工件或者其他设备之间的安全余量：机器人各轴距离限位位置留有10%以上的余量，机器人与其他设备不干涉时的至少具有30mm以上

的安全余量。

对于后期产能会出现爬坡的车型，要注意预留生产工位，如增加焊接机器人、增加焊接夹具等，以满足后期产能。

5. 结语

通过对文中门槛焊接工作站规划，并进行三维仿真，其完全满足实际生产。在工作站规划时，结合产品生产纲领、工艺要求、产品结构特点等条件，利用相关知识领域，合理布局焊接工作站，为实际生产提供有效技术支持。同时，在后期实际投产时，也应不断完善焊接机器人运

动轨迹，优化焊接工作站，以使工作站达到最优化程度。

参考文献：

- [1] 林尚杨，陈善本.焊接机器人及其应用[M].北京：机械工业出版社，2000.
- [2] 郑宏良.车身焊装生产线机器人布局设计[J].科技创新导报，2014（31）：8-9.

作者简介：徐永吉，上海屹丰汽车模具制造有限公司。

MW 20170721

ST、MT、HT五种强度级别的材料，表1为这5种强度级别不锈钢的力学性能。

表1中的5种级别的不锈钢，由于组织和成分相差不多，所以其基本物理和化学性能基本是一致的，性能上差异的最主要原因是在变形强化过程中变形量的不同，使产生的马氏体含量不同，使得力学性能上差异比较大。本试验所用材料为SUS301L系列奥氏体不锈钢，调质状态包括HT、DLT、MT，其显微组织如图1所示。

(2) 测试内容 对母材进行力学性能（抗拉强度）测试。

(3) 拉伸试验过程 第一，试验标准：引用ISO 4136《金属材料焊缝破坏性试验-横向拉伸试验》标准。

第二，试样尺寸：引用GB/T 228-2002《金属材料拉伸试样国家标准》，试样尺寸如图2所示。

第三，试验设备：WDW3200微控电子万能试验机。

第四，试验数据处理方法：

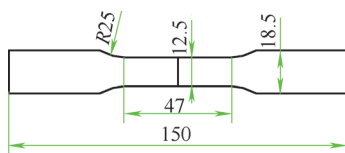


图2 拉伸试样尺寸示意

取2~3个标准试样，分别做拉伸试验，然后求取各参数值再取平均值。

第五，试验结果：2mm厚SUS301L—HT不锈钢母材两个试样的抗拉强度分别为1055.3MPa和1051.4MPa，平均抗拉强度为1053.4MPa。2mm厚SUS301L—DLT不锈钢母材两个试样的抗拉强度分别为717.1MPa和734.2MPa，平均抗拉强度为725.7MPa。2mm厚SUS301L—MT不锈钢母材两个试样的抗拉强度分别为831.7MPa和822.1MPa，平均抗拉强度为826.9MPa。

3. 激光焊接对接工艺试验

不锈钢SUS301L存在数种不同的调质状态，不同的调质状态下，其性能是不同的。本组试验中采用了SUS301L的三种调质状态进行试验，分别是HT、DLT

和MT。本试验是利用2mm厚的三种不锈钢材料，分别就对接焊接形式研究了不同母材调质状态下对焊接质量的影响。试验的实施过程中利用以前相关试验得到的优化参数进行焊接，焊前将试样用砂纸打磨，再用丙酮进行清洗。

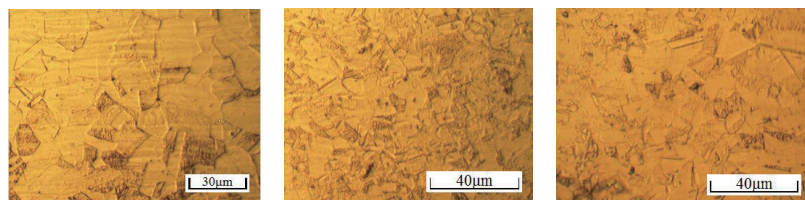
本组试验对比了三种不同母材调质状态下激光对接焊缝的质量，试验利用焊接2mmSUS301L—HT激光对接时的优化参数，试验参数如表2所示。

母材不同调质状态的焊缝表面形貌如图3所示，焊缝横截面形貌如图4所示。从图中可以发现，在母材不同的调质状态下，焊缝的表面成形、焊缝的横截面形貌差别不大。图中的焊缝表面颜色的差别是由于焊接过程中保护气流的影响，与母材无关。

三种不同母材调质状态下，焊缝中心区和热影响区显微组织如图5所示。热影响区为焊缝区与母材过渡区域，HAZ（热影响区）与焊缝区域有一条明显的熔合线分开，可以清楚的看到熔合线，焊缝中晶粒的结晶方向是垂直于熔合线而指向焊缝中心的。在焊接热源的作用下，热影响区的晶粒发生回复和再结晶并不断长大，晶粒尺寸具有粗大的趋势，且距离焊缝越近晶粒尺寸粗化越明显。热影响区组织不均匀，导致该区域的性能也不均匀，在承受载荷时往往成为接头性能薄弱环节。拉伸时大部分试样断在热影响区说明了这一点。对比三种不同母材调质状态下焊接得到的焊缝显微组织，发现三

表1 5种不同强度级别SUS301L不锈钢的力学性能

材料	调质代号	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率 (%)
SUS301L—LT	—	≥215	≥550	≥45
SUS301L—DLT	1/4H	≥345	≥690	≥40
SUS301L—ST	1/2H	≥410	≥552	≥35
SUS301L—MT	3/4H	≥480	≥820	≥25
SUS301L—HT	H	≥685	≥930	≥20



(a) HT (b) DLT (c) MT

图1 三种不同SUS301L的显微组织

者之间几乎是没有什么差别的。

拉伸试验不同调质状态下母材的焊缝强度值如表3所示。由表3可以看出,当母材为301L—

HT时焊缝强度达到979.8MPa,为母材的93%;母材为301L—DLT时,焊缝强度为715.2MPa,达到母材的98%;母材为301L—

MT时,焊缝强度为784.3MPa,是母材强度的95%。由此可见,利用此前得到的优化焊接参数,由三种材料得到的焊缝的强度均可达到母材强度的93%以上。

4. 结语

SUS301L不锈钢三种调质状态下,HT状态下金属的抗拉强度最高,MT状态次之,DLT状态最低。三种不同调质状态下激光焊接对接焊缝的表面成形、焊缝的横截面形貌差别不大,表面成形良好;三种不同母材调质状态下激光焊对接焊接得到的焊缝显微组织基本无差别;利用此前得到的优化焊接参数,由三种材料得到的对接焊缝的抗拉强度均可达到母材强度的93%以上,DLT状态下可以达到母材的98%。

通过试验结果,可以对SUS301L不锈钢三种调质状态下母材和激光焊对接接头的组织与性能有一定的了解,对今后不锈钢车体制造的材料选择方面有积极的指导意义。

参考文献:

- [1]薛克仲.城市轨道交通车辆车体材料选择[J].城市轨道交通研究,2003(1):14-19.
- [2]堵耀庭,张其枢.不锈钢焊接[M].北京:机械工业出版社,2000.

作者简介:罗亚坤等,中车南京浦镇车辆有限公司。

表2 母材不同调质状态对激光对接的影响试验参数

激光功率 /W	焊接速度 /m·min ⁻¹	离焦量 /mm	保护气体流量 /L·min ⁻¹	激光倾角 (°)	母材
3500	3.0	+4	25	0	HT、DLT、MT

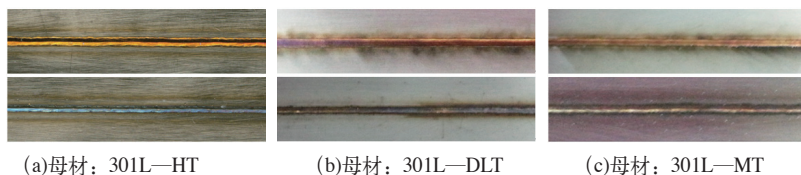


图3 不同母材调质状态下的焊缝表面形貌

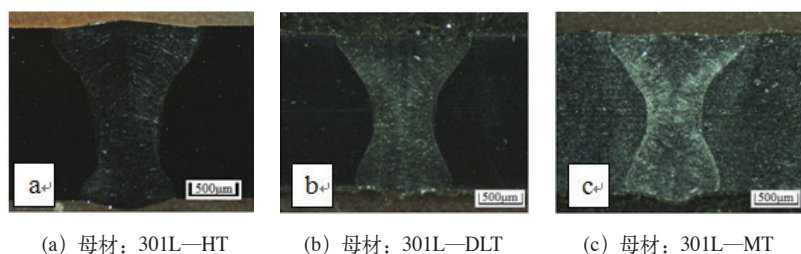


图4 不同母材调质状态下的焊缝截面形貌

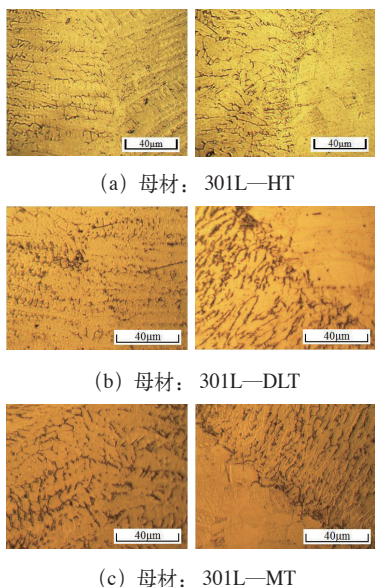


图5 不同母材焊缝中心区及热影响与组织

表3 三种调质状态下的焊缝强度

母材调质状态	HT	DLT	MT
焊缝抗拉强度/MPa	979.8	715.2	784.3