



转向架用S355J2W耐候钢板TIG重熔工艺的研究

尤君

【摘要】 利用TIG重熔工艺对转向架用S355J2W耐候钢板T型接头进行处理，借助金相显微镜、维氏硬度计，分析TIG重熔对焊接接头微观组织及硬度的影响，论证TIG重熔工艺在转向架用S355J2W耐候钢板焊接生产制造过程中的可行性，从而规范焊接实施基本要素。

关键词： 耐候钢；S355J2W；焊接接头；组织；硬度

1. 概述

耐候钢，即耐大气腐蚀钢，是介于普通钢和不锈钢之间的低合金钢系列。耐候钢由普通碳素结构钢添加少量的铜、镍等耐腐蚀元素而成，具有优质钢的强

韧、塑延、成形、焊割、腐蚀、高温、抗疲劳等特性，因而被广泛用于铁道、桥梁、塔架等长期暴露在大气中的钢结构中。

转向架构架作为现代轨道车辆的核心大部件，也是承受动载

荷的焊接结构，而焊接技术是这些项目执行中需要攻克的核心技术之一，因为焊接质量直接影响了列车的运行寿命、可靠性和安全性。

目前转向架构架焊接结构中

墙，考虑焊接收缩变形，头车一位端枕外需做挠度，根据以往的制造经验在枕外工装定位块上预制反变形（ $b=4\text{mm}$ ）。车体挠度的尺寸应尽量控制在中差，不可过大也不可过小，过大会因下拉值过大而影响车体的高度；过小会使车辆在满载情况下，车体中部下垂量大，缩短车体的使用寿命。车体下拉如图5所示。

车体挠度的控制不仅仅是要控制底架组成下拉的挠度，还要控制侧墙组成的挠度值，以保证在底架组成下拉状态下，侧墙组成和底架组成间装配出均匀的焊接间隙值，从而保证焊缝的质量。侧墙的挠度是通过在侧墙组

焊工装定位块上调整出反变形，型材装配时使用F型卡进行拉紧型材，使其与定位块密贴，再进行焊接。通常侧墙组焊工装的预制反变形量在8~10mm时，可实现与底架装配的最优状态。

在车体组装阶段，窗口处设置了5组侧墙窗口下拉装置（见图6所），保证侧墙装配完成后和底架间的装配间隙，也保证了焊接完成后车体挠度值的形成。

5. 结语

通过对某新型动车组铝合金车体的产品结构分析，确定了工艺制造难点，设计制造了柔性化的组焊工艺装备，制定出了合理的制造工艺流程和相应保证措



图5 车体挠度下拉装置



图6 窗口下拉装置

施，从而有效控制了制造周期，同时保证了车体的质量，顺利完成了铝合金车体的生产制造。

作者简介：张明伟等，唐山轨道客车有限责任公司。

MW 20170824

最容易萌生裂纹的部位是焊脚部位，这主要是由于焊脚部位因几何形状突变而导致产生较高的应力集中，同时焊接接头的焊脚区表面往往会存在一些焊接缺陷，如咬边等，这些缺陷对于承受动载荷的构架来说影响极大。因此，消除焊趾部位的焊接缺陷，以降低焊接接头焊脚部位的应力集中，对于提高转向架安全使用寿命具有重要的意义。

TIG重熔工艺技术是利用钨极氩弧焊钨极与工件间产生的电弧热量为热源将焊脚重新熔化，使可能存在的咬边、小夹杂等缺陷被清除，同时形成过渡均匀的重熔区，使焊缝横截面形状显著改善，减小应力集中，改善焊接接头疲劳强度。因此研究TIG重熔技术在转向架构架焊接中的运用具有重要的现实意义。

2. 试验用材料要求

(1) 母材 试验材料选用4块转向架构架焊接用S355J2W耐候钢板，产品成分及规定极限值的允许偏差执行EN10025-5标准，其化学成分如表1所示，力学性能如表2所示。

试板尺寸为350 mm × 150 mm × 12 mm，角焊缝采用MAG焊接，保护气体为80%Ar+20%CO₂，在焊接之前焊缝两侧各20mm范围内应彻底清理干净，不应有任何油脂、污渍、油漆标记、氧化皮和其他杂质。通常采用丙酮或酒精进行擦洗，必要时还需先进行打磨处理直到露出金属光泽。焊接完成后进行清渣处理。最后对两组试板焊脚进行TIG重熔，重熔位置及工艺要求如图1所示，重熔设备

采用松下焊机，焊接重熔参数如表3所示。

两组试板焊接完成后选取外观成形较好的一组试板取样，对所取试样依次用400[#]、600[#]、800[#]、1000[#]、1200[#]砂纸磨好后用抛光机进行抛光处理，抛至无划痕后用7%的硝酸酒精腐蚀，分别取重熔区、焊缝、重熔区-母材、焊缝-母材、母材5个区域进行金相检测，研究焊接接头区域组织的变化。采用数码金相显微镜进行金相分析（按ISO17639标准执行）；采用HVS-30维氏

硬度计进行维氏硬度检测（按ISO9015-1标准检测），加载10 kg，加载时间15 s，每间隔1 mm打一个点。

3. 试验结果及讨论

(1) 试样宏观金相观察 两组焊接试样的宏观金相如图2所示，从图中可以看出两组试样焊缝熔合良好，相比较而言第二组试样（1-004-2）TIG重熔焊缝对称性更好，有利于硬度测试的准确性，因此选取第二组试样做进一步的分析研究。

(2) 试样微观金相观察

表1 S355J2W钢板的化学成分（质量分数） (%)

C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr
≤0.16	≤0.50	0.50~1.50	≤0.030	≤0.006	0.25~0.55	0.4~0.85
Ni	Nb	Als	Ti	Mo	V	Zr
≤0.65	≤0.015~0.060	≥0.020	0.02~0.10	≤0.30	0.02~0.12	≤0.15

表2 S355J2W钢板的拉伸、弯曲性能指标

屈服强度 MPa	抗拉强度 /MPa	断后伸长率 (%)	180° 弯曲试验 弯心直径
16	16~40	≤40	2t
355	345	22	

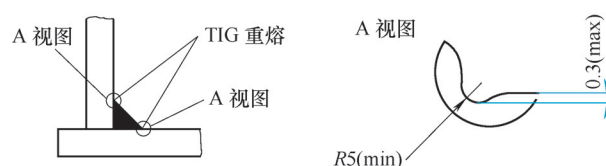


图1 TIG重熔位置及工艺要求

表3 试板焊接参数

焊接方法	焊道	焊接电压 /V	焊接电流 /A	焊接速度 /mm.s ⁻¹	热输入 /J.mm ⁻¹	保护气体流量 /L.min ⁻¹
MAG焊	1	27~31	270~310	4~5	1166~1922	18
TIG重熔	1	10~11	125~165	3~5	313~454	18

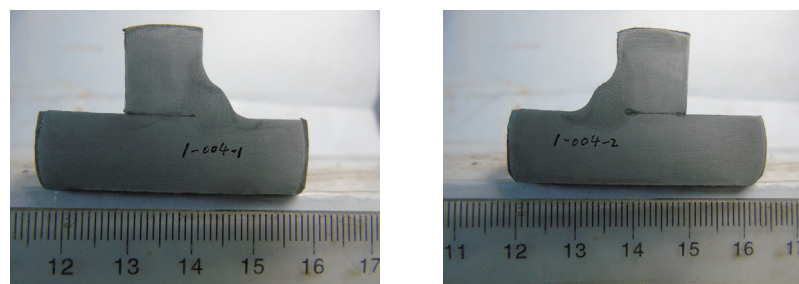


图2 试件宏观金相

TIG重熔后焊接接头母材区、母材热影响区、重熔区、重熔热影响区、焊缝区金相显微组织分别如图3~图7所示。

从图3~图7可以看出，焊接接头母材组织为白色细小呈块状均匀分布的铁素体和黑色的珠光体组成；重熔区组织为板条状马氏体和粒状贝氏体；焊缝区组织均为先共析铁素体沿柱状晶内分布，无碳贝氏体沿晶界向晶内平行生长，晶内有针状铁素体、粒状贝氏体和珠光体，

(3) 试样硬度分析 接头的硬度测试区取点位置如图8所示，各个区域硬度测试结果如表4所示。

TIG重熔后S355J2W钢板T形接头硬度的分布趋势：焊缝区硬度值较平稳，随着焊缝区域过渡到重熔区，维氏硬度值从约247HV迅速增大，最大值约为316HV，随后又从重熔区过渡到母材区，维氏硬度值迅速下降至约153HV，最后母材区域的维氏硬度值保持稳定。重熔区焊缝硬度高是由于在较高的热输入下产生了马氏体组织，而且重熔区金属液冷却速度快于焊缝的冷却速度，故增大了马氏体组织形成的趋向，同时也增大了裂纹倾向。

4. 结语

(1) T形接头焊缝区组织均为先共析铁素体沿柱状晶内分布，无碳贝氏体沿晶界向晶内平行生长，晶内有针状铁素体、粒状贝氏体和珠光体；TIG重熔区组织为板条状马氏体和粒状贝氏体。

(2) TIG重熔区的硬度值高于焊缝区及重熔热影响区，一定

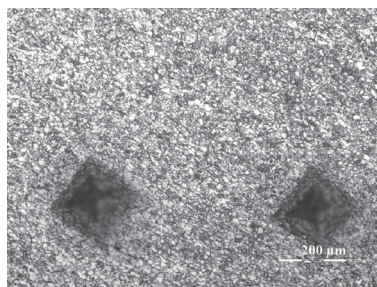


图3 母材组织

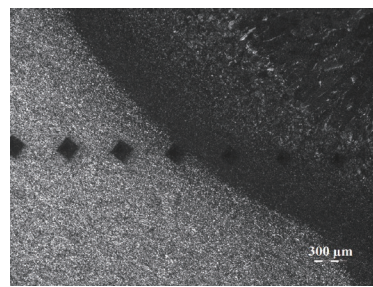


图4 母材热影响区组织

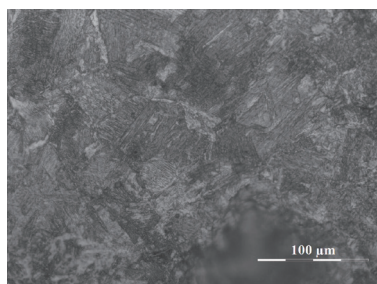


图5 重熔区组织

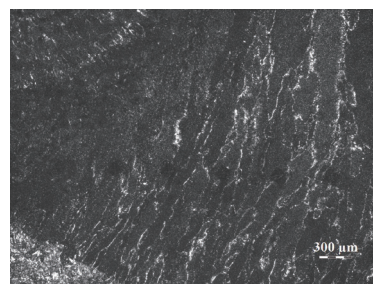


图6 重熔热影响区组织

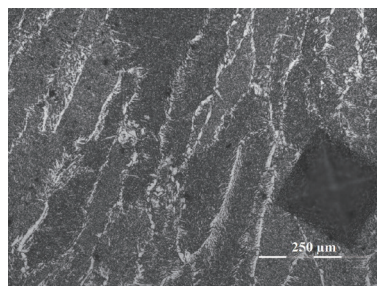


图7 焊缝区组织

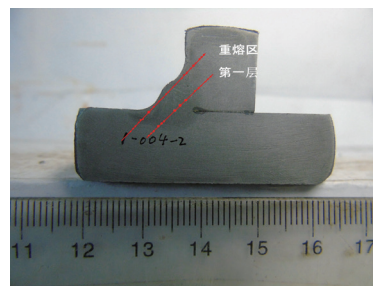


图8 硬度取点位置示意

表4 硬度测试结果 (HV)

位置	1母材[PM]	2热影响区[HAZ]	3焊缝[WM]	4热影响区[HAZ]	5母材[PM]
第一层	160、154、157	247、236、242	240、252、249	244、266、281	162、158、161
位置	母材	重熔热影响区(母材)	重熔区焊缝	重熔热影响区(焊缝)	焊缝
重熔区	154、142、156	226、239、233	316、296、298	261、273、276	244、246、253
	165、168、161	268、276、232	292、264、294	259、259、253	

程度上提高了焊接接头的强度，但同时也增大了裂纹倾向。因此，TIG重熔需要选择合适的焊接参数，以控制重熔区马氏体组织的形成。

参考文献：

- [1] Dahle T. Design fatigue strength of TIG -dressed welded joints in high-strength steels subjected to spectrum

loading[J]. International Journal of Fatigue, 1998, 20(33): 677-681.

- [2] 吕一仕，等. TIG熔修后T形接头的焊接残余应力及消除[J]. 焊接学报，2012，33(9): 37-40.

作者简介：尤君，中车南京浦镇车辆有限公司。

MW 20170815