

V300–Zefiro转向架构架典型接头焊接工艺

但楚臣　杨黎明

【摘要】本文针对某出口高铁用V300–Zefiro转向架构架的典型焊缝，制定了相应的焊接工艺，并对典型焊缝进行了外观检查、金相检测与硬度测定；经过分析：焊缝表面无缺陷，成形良好；焊接接头焊缝区、热影响区、母材区分界明显，熔合线清晰，熔合良好，无缺陷；焊缝平均硬度值高于母材硬度，焊接接头具有良好的使用性能。

1. 概述

我公司承揽的出口高铁用V300—Zefiro转向架构架项目，该转向架构架设计持续运行速度为300km/h，为高速转向架构架，采用H型箱型焊接设计结构（见图1）。该高速转向架结构设计复杂，焊接质量要求高，其主体结构采用的是厚10～50mm、牌号为S355J2+N热轧结构钢，整个结构共有400多条焊缝，焊缝接头形式以对接、T形

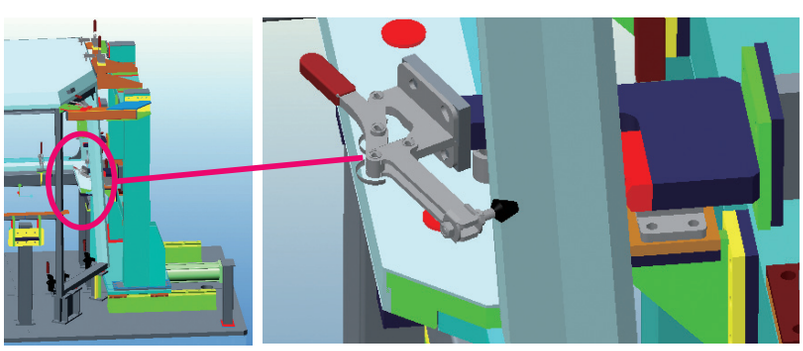


图 4

案中所采用的水平式快速夹可以轻松解决该问题，增加了进出通道的可用宽度，体现了快速夹使用灵活多变的特点。

4. 结语

通过上述三个案例，我们可以发现，快速夹的引入使焊接工装的设计制作更加便捷有效，既可以通过选用不同形制的快速夹组合成特定的紧固结构，也可以对现有形制的快速夹进行改造满足使用需求。快速夹的使用也在很大程度上减轻了作业者的劳动强度，提升了工作效率。快速夹作为一类标准化夹具，虽然形制样式基本确定，但其使用方法却灵活多变，需要工程技术人员在实际使用中更多的去尝试和验证。

除此之外，随着柔性系统的概念引入焊接工装设计，快速夹的应用将得到更大的拓展。柔性系统可以通过各个部分的重新组合实现更多更高效的使用状态，从而节约成本，提高效率，而快速夹其自身的特点便有很强的灵活性和适应性，与柔性系统的概念不谋而合。随着快速夹自身也在不断的发展和演变，目前气动、液压快速夹也已经得到逐步推广，为焊接工装的设计和制造升级提供了更广阔的空间。

参考文献：

[1]梁坚.应用于汽车行业的快速夹具[J].汽车实用技术，1998：Z1.

[2]方和平.柔性夹具的发展与应用[J].现代制造工程，2004：01.

作者简介：郑宏祥等，山东彩桥驾驶室有限公司。

MW 20160322



图1 V300—Zefiro高速转向架构架

接、角接为主，部件组装焊接完成后整体机加工。

由于V300—Zefiro转向架构架的结构特点及特殊质量要求，我们特针对构架关键部位的典型焊缝接头（对接接头、T型接头、“十”字型接头）在进行工艺分析并制定焊接参数后，选取模拟构架中对应的典型焊缝接头进行切割取样，并对相应的典型焊缝进行如下检测分析。

2. 构架母材及焊材选用

V300—Zefiro高速转向架构架所采用的主要材料为热轧结构钢，其化学成分如表1所示；构架所用S355J2钢板的部分力学性能如表2所示；生产中选用的焊丝G3Si1化学成分组熔敷金属力学性能典型值分别如表3、表4所示。

3. 典型焊接接头焊接工艺的制定

（1）典型焊接接头模型选取 V300—Zefiro转向架构架为高速动车组用，质量要求高，不仅要求焊缝零缺陷，而且还必须具有良好的性能。因此，该构架在批量生产前，我们选取模拟构架中的典型焊接接头（对接接头、T型接头、“十”字型接头）作为试验模型进行了焊工艺分析及制定，三种接头的坡口形式及焊道分布如图2~图4所示。

（2）焊接参数 S355J2+N

表1 钢板S355J2化学成分(EN 10025)（质量分数） （%）

牌号	C	Si	Mn	P	S	N	Cu	脱氧方式	CEV
S355J2	0.2	≤0.55	≤1.60	≤0.025	≤0.025	—	≤0.4	全镇静钢	0.45

表2 钢板S355J2部分力学性能

牌号	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa ≤16/mm	16~40/mm	断后伸长率（%）
S355J2	470~630	≥355	≥345	≥22

表3 焊丝G 3Si1化学成分(ISO14341)（质量分数） （%）

牌号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	V	Al
G 3Si1	0.09	0.87	1.46	0.011	0.011	0.04	0.02	0.07	< 0.01	< 0.01	< 0.01

表4 焊丝G 3Si1熔敷金属力学性能(ISO14341)（典型值）

牌号	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	断后伸长率（%）
G 3Si1	550	430	30

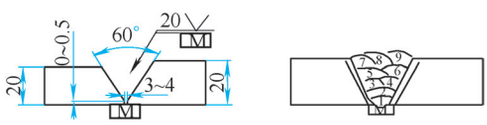


图2 对接接头坡口形式及焊道分布

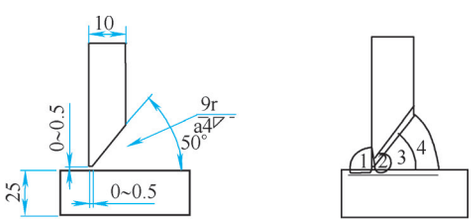


图3 T型接头坡口形式及焊道分布

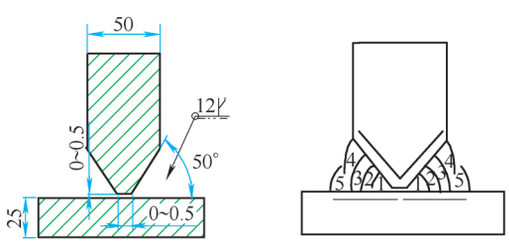


图4 “十”字型接头坡口形式及焊道分布

钢相对应国内含Cu、P的低合金耐蚀钢，其焊接性基本相似。由于焊缝和熔合线附近的裂纹倾向大，因此在制定焊接参数时需要考虑如下因素：①严格控制碳含量（w_C<0.12%，w_{C+P}<0.25%）。②采用小热输入，合理设计接头形式，避免在大拘束度条件下的焊接，降低焊接应力。③添加细化晶粒的合金元素，使偏析层减薄。

考虑到上述因素，先按照标准ISO15614—1进行焊接工艺评定试验后，针对上述三种接头制定了对应的焊接参数，分别如表5~表7所示。

（3）注意事项 第一，施焊前，将待焊坡口表面及其两侧

表5 对接接头焊接参数

焊道	工艺方法	焊材规格/mm	焊接电流/A	电弧电压/V	电流种类/极性	焊接速度/mm·s^{-1}	气体流量/L·min^{-1}
1	135	ISO14341 G3Si1 ϕ1.2	255±15	28±2	DCEP/+	6±0.5	20~25
2~6	135		235±15	25±2	DCEP/+	5.5±1	
7~9	135		255±15	28±2	DCEP/+	6±0.5	

表6 T型接头焊接参数

焊道	工艺方法	焊材规格/mm	焊接电流/A	电弧电压/V	电流种类/极性	焊接速度/mm·s^{-1}	气体流量/L·min^{-1}
1	135	ISO14341 G 3Si1 ϕ1.2	255±15	28±2	DCEP/+	6±0.5	20-25
2	135		255±15	28±2	DCEP/+	6±0.5	
3	135		235±15	25±2	DCEP/+	5.5±1	
4	135		255±15	28±2	DCEP/+	6±0.5	

表7 “十”字型接头焊接参数

焊道	工艺方法	焊材规格/mm	焊接电流/A	电弧电压/V	电流种类/极性	焊接速度/mm·s^{-1}	气体流量/L·min^{-1}
1	135	ISO14341 G 3Si1 ϕ1.2	255±15	28±2	DCEP/+	6±0.5	20~25
2~3	135		255±15	25±2	DCEP/+	5.5±1	
4~5	135		235±15	28±2	DCEP/+	6±0.5	

20~30mm内进行打磨清理，直至露出金属光泽为止，同时检查是否完全除去焊缝坡口及其周围表面的油污、杂质等。

第二，进行焊接设备例行检查，定期更换送丝软管、导电嘴等部件，检查焊枪喷嘴是否清理干净等；同时正式焊接前进行试焊，对焊接设备的状态、焊接电弧稳定性进行确认。

第三，焊接过程中一般不需要预热（环境温度低于5℃时需要预热），对厚度>20mm的材料可以预热到100~200℃；同时焊缝在进行多层焊接时，层间温度控制在200℃以内，可用专用红外线测温仪进行温度的测量控制。

第四，多层焊道焊接时，注意层间焊道之间的打磨清理，尤其要注意根部焊道及背面第一层清根焊缝的打磨清理要彻底。

第五，禁止在母材上引弧、收弧，须设置专用的引弧板、引出板（其长度要求>30mm，且和待焊焊缝接头具有相同的坡口准备）。

第六，从事对应接头电弧焊作业的焊接人员应具有ISO9606－1焊工资质，焊工资格证要满足对应工序WPS的作业要求。

4. 试验结果及分析

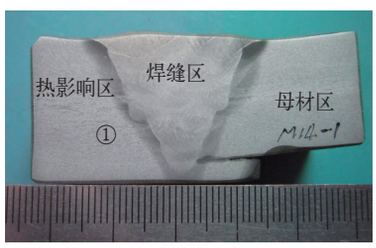
（1）外观检测 通过对相应焊接接头焊缝表面目视检查，焊缝表面成形良好，未出现咬边、未熔合、裂纹、焊瘤及气孔等缺陷。

（2）宏观金相检测分析 通过观察图5中的各焊接接头宏观形貌照片，可以看到：各焊接接头的母材区、热影响区、焊缝区可以清晰地区分开，焊缝轮廓（熔合线）也可清晰地观察到，焊缝区熔合良好，无焊接缺陷出现，说明给定的焊接参数适合S355J2+N钢板的焊接。

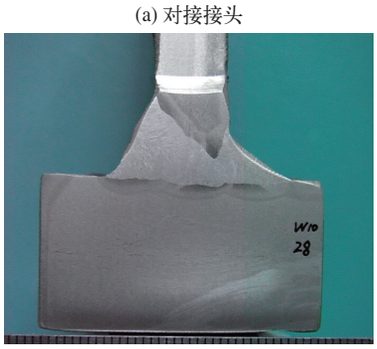
对焊缝在母材中的熔合线深度进行测量，发现大部分熔合线深度在0.1~0.4mm，可知焊接接头处熔合相对良好。根据经验，熔合线深度大于0.5mm时熔合程度更佳，焊接接头性能也更好。如图5a中的①处熔合线深度及图5c中②处熔合线深度可达0.6mm，熔合良好。经过以上分析，可知焊接参数还可进一步优化。

（3）硬度检测及接头性能分析 按照标准ISO 9015—1要求对各上述焊接接头进行硬度试验检测，并采用载荷HV10对接头横截面各区域进行维氏硬度测定。各焊接接头不同区域选取2~3条测试线进行硬度测定，观察分析其硬度变化规律。

图6a是对接接头硬度测定点分布示意，母材①向母材②过渡，五个区域分别标记为1、2、3、4、5，每个区域选三个点测定并取平均值；结果显示，焊接接头的硬度平均值变化规律：焊缝 > 热影响区 > 母材。焊缝区硬



(a) 对接接头



(b) T型接头



(c) “十”字型接头

图5 宏观金相照片

度值最大，这是因为细晶强化作用：焊缝区晶粒细小并且分布均匀；而且焊丝起到了添加合金元素的作用，强化作用明显，故焊缝区硬度平均值最大。

另外，在焊缝区、热影响区及母材区，盖面层硬度平均值大于打底层，这是因为打底层焊缝受到填充层及盖面层等多道焊缝的多次后热作用，焊接过程中温度非常高，打底层焊缝发生回复作用，硬度值出现一定程度的下降。母材①硬度平均值低于母材②硬度平均值，这是由母材①板厚较大，散热慢，软化作用明显的结果。

综上，焊接接头处硬度平均值高于母材，而一般情况下强度与硬度成正比例关系，因此焊接接头强度大于母材强度，焊接接头具有良好的使用性能。

图7是T型接头硬度测定点分布示意，硬度测定方法及区域划分与图6完全相同。结果显示，T型接头硬度平均值变化趋势与对接接头基本一致。母材①硬度平均值大于母材②，这是因为本试验中规定：CEV≤0.45时，板厚≥20mm时，需要预热，以防止冷裂纹；母材②受到预热作用，而母材①不需要预热，故母材①的硬度平均值较母材②高。

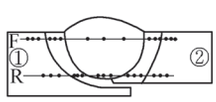


图6 对接接头硬度测定

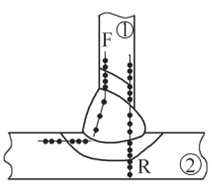


图7 T型接头硬度测定

图8是“十”字型焊接接头硬度测定点分布示意，母材①向母材②过渡，五个区域分别标记为1、2、3、4、5； F、R代表焊接接头两侧盖面层硬度平均值变化规律，M代表焊接接头打底层位置硬度平均值变化规律。

图8与图7相比，焊缝区硬度平均值下降明显，这是由于上半个T型接头的焊接热量对下半个T型接头产生预热作用，使下半个T型接头焊缝冷速下降，并且又受到后续焊接过程中的多次高温作用，焊缝区会发生回复现象，出现软化，硬度平均值出现下降（最大下降幅度达36HV），但仍高于母材硬度平均值。“十”字型焊缝相对于T型焊缝结构复杂，焊缝受到的热作用加强，焊缝硬度平均值出现下降。

在焊接过程中一定要控制好温度，预热及层间温度都会对焊接接头的强度产生较大影响。过高的预热温度及层间温度都会造成焊接接头性能下降，因此要特别注意层间温度的控制，在实际生产中，层间温度均控制在150~200℃。

综上分析，无论哪种焊接接头，焊缝区及热影响区的平均硬度值都大于母材硬度值，说明焊缝区具有一定的强度，并且高于母材的强度。该焊接工艺可以使

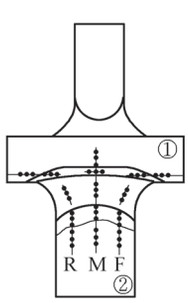


图8 “十”字型接头硬度测定

S355J2+N钢焊接接头具有良好的使用性能，可以应用于V300—Zefiro高速转向架构架的焊接。

5. 结语

（1）在制定的焊接工艺条件下，焊接接头焊缝外观成形良好，未出现咬边、气孔、裂纹及焊瘤等焊接缺陷。

（2）焊接接头横截面焊缝区、热影响区、母材区分界明显，熔合线清晰，熔合良好，未出现气孔、裂纹、夹杂及夹渣等焊接缺陷。

（3）通过对V300—Zefiro转向架构架典型接头（对接、T型接头、“十”字型接头）焊缝的宏观金相分析可知，焊接接头大部分熔合线深度在0.1~0.4mm之间，未达到焊缝接头最佳熔合状态，因此焊接参数还可以进一步优化。

（4）焊接接头焊缝区硬度平均值高于母材硬度平均值，即焊接接头具有一定的强度，说明该焊接工艺可以应用于V300—Zefiro转向架构架焊接。

（5）焊接接头的设计情况会对焊缝硬度平均值产生比较大的影响，建议产品设计过程中务必简化焊接接头的设计。

参考文献：

[1] 雷毅.金属焊接[M].青岛：中国石油大学出版社，2011.

[2] 于启湛,史春元.耐热金属的焊接[M].北京：机械工业出版社，2009.

作者简介：但楚臣等，中车四方车辆有限公司技术工程部。

MW 20160301