

环境温度对CRH6型转向架侧梁焊后长度收缩量的影响

付浩, 王宽, 刘斌, 夏有庭

中车南京浦镇车辆有限公司 江苏南京 210031

摘要: CRH6型转向架侧梁焊接板件采用SMA490BW耐候钢, 焊接过程中一些因素会影响侧梁焊后长度收缩量, 如焊接顺序、参数等。而在产品实际生产过程中, 不止焊接顺序会对收缩量产生影响, 生产区域的环境温度季节性变化也会对侧梁的收缩量产生规律性的影响。通过以实际生产为基础, 统计分析侧梁尺寸数据与环境温度的关系, 找到控制侧梁长度收缩量的有效方法。

关键字: 焊接收缩; 环境温度; 尺寸控制

1 序言

CRH6城际动车组转向架应用于珠江三角洲城际轨道交通“穗莞深”项目, 该项目属于企业生产转型的一个产品, 标志着中车南京浦镇车辆有限公司从生产地铁、大铁路产品跨入生产高速列车的行列。该项目在制造、技术、材料等方面有别于地铁项目, 质量控制上也会有所区别。本文着重从侧梁焊接收缩量不断变化的角度, 分析出其焊接变形与环境温度变化的关系, 并通过随环境温度变化而采取相应措施的方法来改善焊接变形, 从而减少不合格品的产生。

2 侧梁的结构和制造工艺

2.1 侧梁的结构

转向架作为高速列车实现高速、重载的部件之一, 其性能直接影响高速列车运行的安全性。侧梁作为构架的主要承载结构, 主体为焊接而成, 所选焊接板材为SMA490BW耐候钢(即耐大气腐蚀钢)。该钢种在融入现代冶金新机制、新技术和新工艺后得以可持续发展和创新, 属世界超级钢技术前沿水平的系列钢种之一, 由普通碳素钢添加少量Cu、Ni、Cr等耐腐蚀元素而成(见表1), 具有优质钢的强韧、塑延、成形、焊割、磨蚀、高温及疲劳等特性(见表2)。焊接材料匹配CHW-55CNH焊

丝^[1]。

表1 SMA490BW耐候钢化学成分(质量分数)(%)

C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni
≤0.16	≤0.050	0.050~1.50	≤0.03	≤0.03	0.20~0.55	0.40~0.80	≤0.65

表2 SMA490BW耐候钢力学性能

屈服强度 /MPa	抗拉强度 /MPa	伸长率 (%)	-40℃冲击 吸收能量/J
350	490~630	≥22	281.67

碳素钢的性能会随着温度的变化而变化, 一般情况下(-10~40℃), 随着温度的降低, 钢的塑性会降低, 抗拉强度和屈服强度会增强, 意味着钢材变硬变脆, 不易变形; 随着温度的升高, 钢的塑性会增强, 抗拉强度和屈服强度会降低, 意味着钢材变“软”, 容易产生变形^[2]。

CRH6侧梁安装尺寸如图1所示, 外形类似于弓形, 为箱形断面(见图2), 侧梁内腔作为气室。这种结构易导致侧梁焊接后在长度方向产生较大收缩^[3]。

2.2 侧梁的制造工艺

侧梁组装采用分步组焊方式, 主要以手工MAG焊为主, 保护气体采用80%Ar+20%CO₂, 侧梁外体长焊缝采用机械手焊接。工艺设计时考虑焊后长度方向会收缩, 侧梁组装时在长度方向有12mm工艺

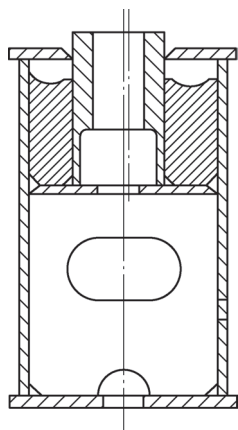


图1 CRH6侧梁安装尺寸

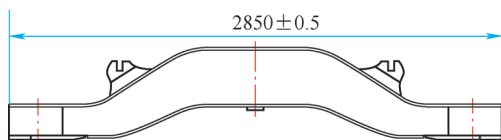


图2 CRH6侧梁断面

放量。经工艺验证，规定了严格的焊接顺序，也采用了相应的工装夹具来对侧梁进行刚性固定，一定程度上保证了侧梁焊后收缩量受控。

焊后采用三维划线仪进行侧梁各关键尺寸的测量，检查是否符合工艺要求，超差尺寸需进行调修处理。

3 侧梁焊后变形问题及分析

3.1 侧梁焊接变形的部分原因

侧梁经过成熟的工艺支持及焊接过程控制，原则上产品在长度方向的收缩量不易出现大批量的不合格品。通常情况下产品出现收缩量不合格的现象有以下几个方面的原因。

1) 组装时，若员工将尺寸量错（较少见）或工装定位出现变动，则会导致产品的尺寸在初始状态就已经不合格，易出现单个或小批量的不合格品。

2) 在焊接过程中，员工未按工艺要求的顺序和参数进行焊接，或未控制层间温度，也会使焊接收缩不受控。

3) 在焊接过程中，产品刚性固定工装未夹紧而松动，或焊后产品未完全冷却就拆除工装，使得工装的刚性固定失去作用^[4]，均会导致收缩不受控。

以上几种情况导致的焊接变形不受控一般都是偶发性事件，出现的概率相对较低，形成大批量不

合格品的可能性较小。通过加强焊接过程控制可以避免问题的再次发生。

在实际的生产过程中，CRH6侧梁长度收缩量却经常出现大批量的不合格品，严重影响了产品的质量和生产效率。

3.2 侧梁划线尺寸批量超差问题

CRH6项目侧梁在划线时，长度方向尺寸经常会出现大批量的超差，长度尺寸时而超上限，时而超下限，即使严格控制焊接过程，长度尺寸也会超上下限。经在CRH6项目生产线上长期的观察和研究，发现超差现象并不是无序的，而是有一定规律性且有迹可循的，即长度尺寸的变化和环境温度的变化存在一定的关系，随季节温度的变化而产生有规律的变化。

4 选样尺寸数据统计与分析

4.1 试验选择准备

为得出侧梁焊接长度变形与环境温度的关系，以CRH6项目生产中随选生产的40根侧梁作为试验数据的来源，组装时其尺寸均严格控制在公差中值状态（ 2850 ± 0.5 ）mm以内（侧梁组装时的工艺长度为 $2850\text{mm} \pm 2\text{mm}$ ），如图2所示。焊后侧梁划线检测长度方向的工艺尺寸应为 $2838.0 \sim 2844.0\text{mm}$ ，尺寸超差即为不合格。

试验地点为CRH6侧梁焊接厂房，厂房内为封闭空间，有温度监测，厂房内温度随季节而变化，其温度可视为焊接的环境温度。

4.2 试验数据统计

记录统计该40根侧梁的编号，焊接时的日期、环境温度以及焊接完成后的长度尺寸数据。

将侧梁焊后尺寸按升序排列后，得出更直观的数据（见表3）。侧梁长度升序排列，意味着表中侧梁的序号越大，长度越长。其中A-15-265号侧梁因为当时侧梁焊接机械手频繁故障，侧梁焊接过程不停地中断，所以该侧梁数据不具代表性，不能参与统计分析，需排除在统计数据外。从表3中可以看出温度随长度的增加有下降的趋势。

将该类数据用折线图的形式（见图3）表现出来后，可明显地看出温度呈现规律性的变化，图中横坐标为侧梁长度升序排列序号，纵坐标为温度，可以看出温度和尺寸存在一定关系。

表3 CRH6侧梁焊后尺寸变化记录表

序号	侧梁编号	焊后侧梁总长/mm	环境温度/℃	焊接日期/月·日	备注
1	A-15-080	2836.9	27	5.28	
2	A-15-077	2837.1	26	5.27	
3	A-15-186	2838.0	29	7.20	
4	A-15-212	2838.5	30	8.13	
5	A-15-187	2838.6	29	7.21	
6	A-15-066	2838.8	25	5.20	
7	A-15-086	2838.8	26	6.01	
8	A-14-060	2839.2	20	10.08	
9	A-15-207	2839.3	33	8.06	
10	A-14-027	2840.0	25	9.16	
11	A-16-073	2840.2	15	3.21	
12	A-15-213	2840.3	27	8.11	
13	A-15-304	2840.3	15	11.01	
14	A-16-043	2840.4	16	2.26	
15	A-15-081	2840.5	26	5.29	
16	A-15-223	2840.7	26	8.21	
17	A-15-224	2840.7	25	8.24	
18	A-15-163	2840.8	28	7.11	
19	A-16-101	2840.9	24	6.06	
20	A-15-429	2841.2	12	12.10	
21	A-15-188	2841.3	29	7.21	
22	A-15-474	2841.8	10	12.30	
23	A-16-082	2842.0	17	5.11	
24	A-16-029	2842.6	8	1.27	
25	A-15-281	2842.7	18	10.13	
26	A-15-404	2843.3	10	12.01	
27	A-15-403	2843.8	9	12.01	
28	A-15-234	2844.0	25	8.31	
29	A-16-012	2844.2	6	1.18	
30	A-15-346	2844.5	14	11.15	
31	A-16-215	2844.5	15	11.14	
32	A-15-348	2844.6	13	11.16	
33	A-15-356	2844.6	12	11.18	
34	A-15-363	2844.8	12	11.19	
35	A-15-463	2844.8	8	12.24	
36	A-16-236	2844.8	14	12.19	
37	A-15-360	2845.1	10	11.19	
38	A-17-006	2845.5	13	2.22	
39	A-16-250	2845.6	9	1.29	
40	A-15-265	2845.7	22	9.20	焊接多次中断

注：焊后侧梁总长尺寸按升序排列。

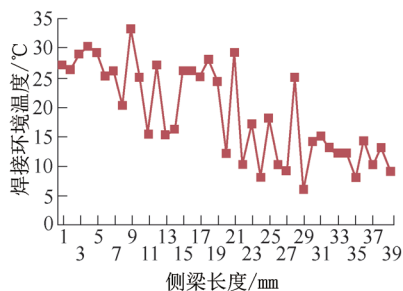


图3 环境温度与侧梁焊后长度方向尺寸关系

4.3 数据分析

分析可知，侧梁焊后长度尺寸随着环境温度的变化而变化，且变化有一定规律，环境温度越高，则焊后收缩量越大，即侧梁越短，相反环境温度越低，侧梁收缩量越小，即侧梁越长。环境温度与焊后收缩量成正比。

环境温度升高，钢的塑性增强，抗拉强度和屈服强度降低，材料更易变形，因此焊接后侧梁更容易变形，收缩量大，反之环境温度降低，钢材不易变形，收缩量小。碳素钢性能与环境温度的关系与试验结果相吻合。

温度与尺寸可粗略地看成线性关系，根据线性方程简单分析得出计算公式为

$$d=0.13T-2.67$$

式中 d ——组装时侧梁长度公差值（mm）；

T ——环境温度（℃），一般为5~35℃。

假设环境温度 T 为10℃，则组装公差 d 按-1.37mm执行，侧梁长度组装尺寸可控制在（2850-1.37）mm=2848.63mm。

5 结束语

1) 随环境温度升高，侧梁焊后收缩量呈升高趋势，反之亦然。

2) 焊接过程的中断会对焊后收缩造成一定影响。

3) CRH6侧梁组装时，长度尺寸可以随温度变化而变化，温度升高时，长度尺寸组装趋向上限，温度降低时，长度尺寸组装趋向下限。在实际生产中，中东南京浦镇车辆有限公司已采用该种方式，效果良好。

参考文献：

- [1] 张平利，汤文飞.浅谈Q450NQR1耐候钢在铁路货车制造过程中焊接变形的控制[J].金属加工（热加工），2011（9）：46-47，50.
- [2] 武永寿，刘拥军，马寅.环境温度对Q345C钢MAG焊接头力学性能的影响[J].电焊机，2016，46（10）：40-44.
- [3] 束德林.金属力学性能[M].北京：机械工业出版社，1987：31-78.
- [4] 黄国定.怎样防止焊接应力与变形[M].北京：机械工业出版社，1982.