

客车碳钢与不锈钢车架焊接工艺分析

杨 乐, 伍豪杰, 陈文志, 陈建邦, 巴峻峰

(中车时代电动汽车股份有限公司, 湖南 株洲 412007)

摘 要:分析碳钢车架、不锈钢车架焊接前与焊接后的尺寸变化量,并根据车架焊接收缩量制定车架焊接工艺放量参数,解决车架长度尺寸偏差较大的问题。

关键词:客车车架; 碳钢; 不锈钢; 焊接; 收缩量

中图分类号:U466

文献标志码:A

文章编号:1006-3331(2023)05-0056-03

Analysis of Welding Process of Carbon Steel and Stainless Steel Frame of Coaches

YANG Le, WU Haojie, CHEN Wenzhi, CHEN Jianbang, BA Junfeng

(CRRC Electric Vehicle Co., Ltd., Zhuzhou 412007, China)

Abstract: The authors analyze the size change of carbon steel frame and stainless steel frame before and after welding and formulate the frame welding process release parameter according to the frame welding shrinkage to solve the problem of larger deviation of frame length and size.

Key words: coach frame; carbon steel; stainless steel; welding; shrinkage

目前我国客车有碳钢车架和不锈钢车架两种,国内订单一般采用碳钢车架;国外订单对产品质量、防腐性能要求高,一般采用不锈钢车架^[1-5]。这两种车架的制作方法均以焊接为主,焊接工艺存在一定的收缩量^[6-12],想要保证车架成品尺寸符合设计要求,需分析焊接收缩量,并在工装上提前预留,从而保证最终产品尺寸。本文以我司三段车架制作为例,分析其在工位胎具上的放量要求,以抵消车架焊接时产生的焊接收缩量。

1 碳钢车架焊接工艺分析

1.1 碳钢车架焊接收缩量

1)前段车架焊接收缩量分析。在前段车架工位选取同一位置(如图1所示),随机测量6组前段车架只是点焊固定时的焊前尺寸(即焊前尺寸),并对测量位置做标记,等前段车架满焊焊接完成后再复测焊后尺寸(即焊后尺寸),对比此处前后尺寸变化得出前段车架焊接收缩量,具体值见表1。

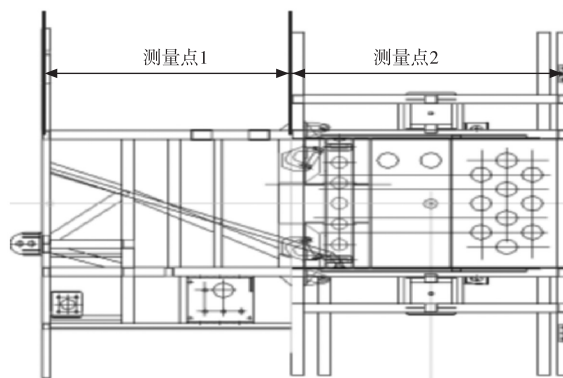


图1 前段车架测量示意图

表1 前段车架焊接收缩量

位置	焊前尺寸(6组 数据平均值)/mm	焊后尺寸(6组 数据平均值)/mm	收缩量/ mm
测量点1	1 361.7	1 360.1	1.6
测量点2	1 223.3	1 221.5	1.8

2)中段车架焊接收缩量分析。在中段车架工位选取同一位置(如图2所示),随机测量6组中段车架只是点焊固定时的焊前尺寸,并对测量位置做标记,等中段车架满焊焊接完成后再复测焊后尺寸,对比此

收稿日期:2023-06-07。

第一作者:杨 乐(1994—),男,助理工程师;主要从事客车车身工艺研究与开发等工作。E-mail:yangle.cy@crrecg.cc。

处前后尺寸变化得出中段车架焊接收缩量, 具体值见表 2。

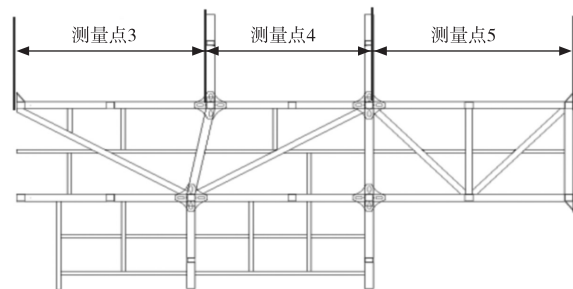


图 2 中段车架测量示意图

表 2 中段车架焊接收缩量

位置	焊前尺寸(6组 数据平均值)/mm	焊后尺寸(6组 数据平均值)/mm	收缩量/ mm
测量点 3	1 375.8	1 375	0.8
测量点 4	1 215.5	1 214.8	0.7
测量点 5	1 450.9	1 450.1	0.8

3) 后段车架焊接收缩量分析。在后段车架工位选取同一位置(如图 3 所示), 随机测量 6 组后段车架只是点焊固定时的焊前尺寸, 并对测量位置做标记, 等后段车架满焊焊接完成后再复测焊后尺寸, 对比此处前后尺寸变化得出后段车架焊接收缩量, 具体值见表 3。

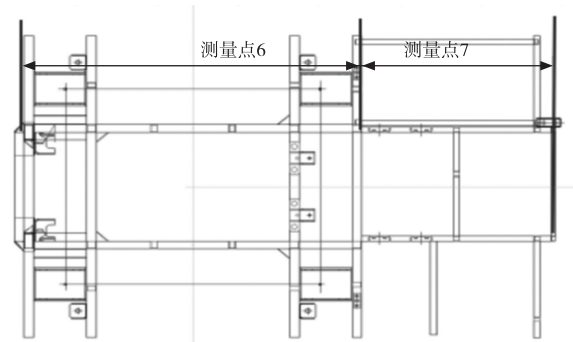


图 3 后段车架测量示意图

表 3 后段车架焊接收缩量

位置	焊前尺寸(6组 数据平均值)/mm	焊后尺寸(6组 数据平均值)/mm	收缩量/ mm
测量点 6	2 161.3	2 159.3	2
测量点 7	1 241.8	1 241.1	0.7

4) 三段合并后车架焊接收缩量分析。在车架合并焊接工位选取同一位置(如图 4 所示), 随机测量 6 组车架只是点焊固定时的焊前尺寸, 并对测量位置做好标记, 等车架满焊焊接完成后再复测焊后尺寸, 对比此处前后尺寸变化得出合并后车架焊接收缩量, 具体值见表 4。因车架三个分段已提前满焊焊接, 该处收缩量只需考虑中段车架左右两侧的焊缝。在计算合并工艺放量时以中段几个空挡累计公差为计算依据。

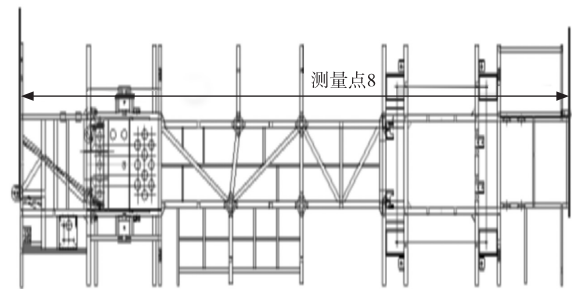


图 4 车架合并后测量点示意图

表 4 车架合并焊接收缩量

位置	焊前尺寸(6组 数据平均值)/mm	焊后尺寸(6组 数据平均值)/mm	收缩量/ mm
测量点 8	10 021	10 018.9	2.1

1.2 焊接放量分析

由以上数据可知, 焊接收缩量不是一个固定值, 而是在一定范围内波动。为保证车架长度尺寸在设计公差范围内, 取车架成品公差; 如某车型车架公差要求为 $(0, +7)$ mm, 取公差中间值 $+3.5$ mm 为控制值, 规定车架焊接放量值 = 焊接收缩量 + 产品公差中间值^[13]。其中, 焊接收缩量符号为“+”, 产品公差中间值为最大极限偏差与最小极限偏差之和的一半。

我司为保证车窗玻璃安装时不与骨架干涉, 侧围每个门窗的公差规定为 $(0, +1)$ mm, 对应的车架每个空挡横梁之间的公差要求也为 $(0, +1)$ mm, 车架总长也应走正公差。测量现有车架成品总长和每个空挡的尺寸为负公差, 对比测量尺寸与理论尺寸, 发现车架成品尺寸都偏小, 走的是负公差。经分析造成该现象的原因是设计胎具时没预留焊接收缩量。

部分测点的焊接放量计算如下:

测量点 1 处的放量值为: $1.6 \text{ mm} + (1/2) \text{ mm} =$

2. 1 mm,取整在工装上的放量值为 2 mm。

测量点 2 处的放量值为: $1.75\text{ mm}+(1/2)\text{ mm}=2.25\text{ mm}$,取整在工装上的放量值为 2 mm。

测量点 7 处的放量值为: $0.66\text{ mm}+(1/2)\text{ mm}=1.16\text{ mm}$,取整在工装上的放量值为 1 mm。

测量点 8 处的放量值为: $2.08\text{ mm}+(3/2)\text{ mm}=3.58\text{ mm}$,取整在工装上的放量值为 4 mm。

根据以上结果得出工艺放量值,设计车架胎具时提前编制车架放量图,如图 5 所示。设计工装图纸时按照车架放量图进行设计,在工装上预留焊接收缩量,一线作业人员根据工装图纸尺寸建工装,按照图纸尺寸进行放量。最后做出的车架产品保证尺寸在 $(0,+7)\text{ mm}$ 这个公差范围内。根据放量值公式,也可得出其他碳钢的焊接放量值,碳钢车架一个焊接接头的焊接收缩量一般按 0.7 mm 来计算,再结合产品的公差,带入放量值公式即可得出其他车型的焊接工艺放量值。

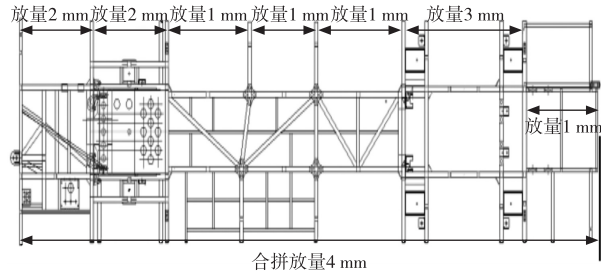


图 5 碳钢车架工艺放量示意图

2 不锈钢车架焊接收缩量分析

分析不锈钢车架焊接收缩量的方法跟碳钢车架的一样,也是测量同一位置焊接前后的尺寸差值(如图 6 所示),得出不锈钢车架的焊接收缩量,具体值见表 5,根据放量值公式计算出不锈钢车架的焊接工艺放量值,如图 7 所示。

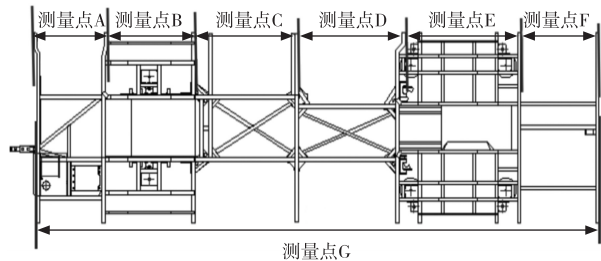


图 6 不锈钢车架测量示意图

表 5 不锈钢车架焊接收缩量

位置	焊前尺寸(6组数据平均值)/mm	焊后尺寸(6组数据平均值)/mm	收缩量/mm
测量点 A	1 030	1 026.5	3.5
测量点 B	1 277.5	1 274.2	3.3
测量点 C	1 415	1 413.6	1.4
测量点 D	1 410.5	1 409.2	1.3
测量点 E	1 760	1 756.4	3.6
测量点 F	1 760	1 756.4	3.6
测量点 G	1 099	1 095.5	3.5

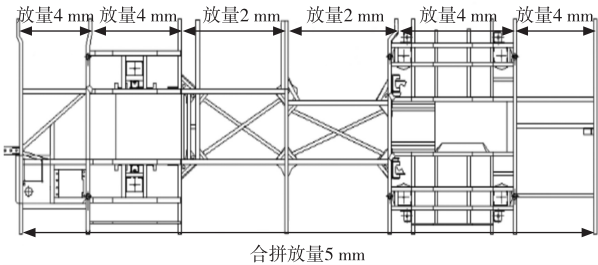


图 7 不锈钢车架工艺放量示意图

3 结 论

1) 从数据结果可知,碳钢车架每个焊接接头的焊接收缩量在 0.5~1 mm 之间;不锈钢车架每个焊接接头的焊接收缩量为 1~2 mm。根据车架焊接放量值公式可知,在车架结构类似、公差要求相同的情况下,不锈钢车架的焊接工艺放量值是碳钢车架的 2 倍。

2) 影响焊接工艺放量值的因素较多,比如母材的膨胀系数、焊接人员的焊接手法、焊接时的电流电压、焊接时母材之间预留的间隙、工艺撑铆焊的位置等,这些因素都会影响焊接收缩量,进而影响焊接工艺放量值。

参考文献:

[1] 贾小平,张扬明. 客车车身焊接工艺与焊装质量控制[J]. 安徽科技,2021(3):52-53.
[2] 崔勇,陈引生,于虹. 客车车身焊接工艺及焊装质量的控制措施[J]. 现代制造技术与装备,2017(11):96-97.

- (9):48-49.
- [4] MOINUDDIN Q S, HAMEED S S, DEWANGAN K A, et al. A study on weld defects classification in gas metal arc welding process using machine learning techniques[J]. Materials Today: Proceedings, 2021, 43: 623-628.
- [5] 杨春利,林三宝. 电弧焊基础[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2003:71-75.
- [6] CASALINO G, HU S J, HOU W. Deformation prediction and quality evaluation of the gas metal arc welding butt weld[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B-Journal of Engineering Manufacture, 2003, 217(11): 1615-1622.
- [7] 那景新,幕文龙,袁正,等. 焊接工艺对客车骨架 T 形接头强度的影响[J]. 中国公路学报,2018,31(1):137-142.
- [8] 彭斌,周平香,赵霞. 汽车车架焊接变形及控制方法[J]. 热加工工艺,2011,40(7):164-165.
- [9] LIU Yong, WANG Ping, FANG Hongyuan, et al. Mitigation of residual stress and deformation induced by TIG welding in thin-walled pipes through external constraint[J]. Journal of Materials Research and Technology,2021(15):4636-4651.
- [10] PILKINGTON A,DYERSON R. Extending simultaneous engineering: Electric vehicle supply chains and new product development[J]. International Journal of Technology Management, 2002(23): 74-88.
- [11] 李占文,李树立. 焊接结构变形控制与矫正[M]. 北京:化学工业出版社,2008:214-215.
- [12] 吕治威. 浅谈客车电泳后侧围蒙皮质量的改善[J]. 企业技术开发,2016,35(12):100-101.
- [13] GREBEN' KOV K S, SHATSOV A A, LARININ M D, et al. Strain hardening of low-carbon martensitic steels[J]. The Physics of Metals and Metallography, 2013(114): 868-876.
- [14] 吴江枫,许亮,刘其源,等. 1Cr18Mn18N 钢护环热成型工艺及冷变形强化[J]. 金属热处理,2019,44(11):171-174.
- [15] JOU MIN. Real time monitoring weld quality of resistance spot welding for the fabrication of sheet metal assemblies[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2003, 132(1-3): 102-113.
- [16] 沈阳飞机工业(集团)有限公司. 薄壁蒙皮内置加强筋镜像激光焊接变形抑制方法:202210712191.9[P]. 2022-09-06.
- [17] HERU S, TRIYONO T, MUHAYAT N. Design and Application of The Stretching Technology on the Welding Process of Stiffened Sheet Metal Structure[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014(493): 541-545.
- [18] 南京金龙客车制造有限公司. 一种铝合金车身侧围蒙皮粘接结构:201721288369.2[P]. 2018-05-29.

(上接第 58 页)

- [3] 韩利,陈忠,任文超,等. 全承载客车底架制作工艺方法[J]. 安徽科技,2019(3): 55-56.
- [4] 曹磊,郭旭红. 全承载纯电动公交车车架设计与分析[J]. 机械制造,2018,56(2):12-14.
- [5] 孙苏华,张利. 全承载不锈钢客车车身制造工艺[J]. 安徽科技,2010(4):43-44.
- [6] 冯朝明,周勇,郭帅. 不锈钢客车车体制造工艺深析[J]. 机电信息,2019(20):79-80.
- [7] 吴自龙. 探讨客车不锈钢车身制造工艺[J]. 时代汽车,2021(5):125-126.
- [8] 郭士彬,宋鹏,孟繁祎. 轨道客车不锈钢车体焊接工艺分析[J]. 科技创新导报,2021,18(8):72-74.
- [9] 王志超. 焊接工艺对不锈钢焊接变形的影响及对策分析[J]. 中国科技期刊数据库工业版 A,2021(4):37-39.
- [10] 马春辉,刘永超,孙泽新,等. 汽车车架焊接工艺和工装设计研究[J]. 产品可靠性报告,2023(1):36-37.
- [11] 刘承. 客车生产制造工艺的研究与应用[J]. 汽车测试报告,2021(20):35-36.
- [12] 陈丽丽. 轨道客车不锈钢车体焊接工艺[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(2):72-74.
- [13] 高建路. 客车底盘车架焊接结构分析及其精度工艺保证[J]. 客车技术与研究,2008,30(2):53-55.