

对不锈钢地铁波纹板缝焊工艺的探讨

宋元元

北京中车长客二七轨道装备有限公司, 北京 100068

[摘要] 不锈钢材质具有耐热、耐高温、耐腐蚀、塑性好、延展性能好等特点, 不锈钢地铁车体主要采用不锈钢波纹板作为车顶顶板和底架地板。基于此, 文章主要分析不锈钢地铁车体波纹板缝焊工艺, 并从具体的焊接工艺入手, 分析提升不锈钢地铁车体波纹板缝焊效果的策略。

[关键词] 不锈钢; 地铁; 车体; 波纹板; 缝焊工艺

DOI: 10.33142/ec.v2i9.678

中图分类号: U270.32

文献标识码: A

Discussion on Seam Welding Technology of Stainless Steel Metro Bellows

SONG Yuanyuan

Beijing Zhongche Changke 27 Track Equipment Co., Ltd., Beijing, 100068 China

Abstract: Stainless steel has the characteristics of heat resistance, high temperature resistance, corrosion resistance, good plasticity and good ductility. Based on this, this paper mainly analyzes the process of corrugated plate seam welding of stainless steel subway body, and analyzes the strategy of improving the welding effect of corrugated plate of stainless steel subway body from the specific welding technology.

Keywords: Stainless steel; Metro; Vehicle body; Corrugated plate; Seam welding process

引言

波纹板作为不锈钢地铁车体的一种型材, 具有良好的耐热、耐高温、耐腐蚀、防火性能、轻量化性能等, 同时, 这种型材后期维护的成本比较低, 出现故障的概率比较小, 应用在轨道交通车辆中, 有着良好的使用性能与经济性能。缝焊工艺是进行不锈钢车体波纹板焊接的主要方式之一, 本文主要以中车长春轨道客车股份有限公司生产的某车型不锈钢车体为案例进行分析, 探讨缝焊工艺的实际焊接效果。

1 概述

波纹板是地铁车体当中的重要基础组成部分之一, 主要分波纹顶板和波纹地板两种, 其中波纹顶板用于车顶盖板, 起到封顶、遮挡和承载小悬挂件的作用, 而波纹地板用于底架封板, 是地板布的基础部件, 间接承载了乘客的重量, 是乘客在乘坐地铁过程当中接触的位置最多的车体部分之一。缝焊技术对于整个不锈钢波纹板的材料规格制造要求比较高, 利用缝焊可以大大提高焊接的一体化程度。

缝焊是指工件在两个旋转的盘状电极(滚盘)间通过, 形成一条焊点前后搭接的连续焊缝。它以圆盘形电极代替点焊的圆柱形电极, 与工件做相对运动。焊件装配成搭接或斜对接头并置于两滚轮电极之间, 滚轮加压焊件并转动, 连续或断续送电, 形成一条连续焊缝的电阻焊方法, 称为缝焊。缝焊是用一对滚盘电极代替点焊的圆柱形电极, 与工件作相对运动, 从而产生一个个熔核相互搭叠的密封焊缝的焊接方法。

2 缝焊工艺要点

缝焊工艺的控制要点主要包含: 电流控制、焊接时间控制、电机力控制、电机轮宽度控制、休止时间控制、点距大小控制、分流控制等等。

2.1 缝焊设备

中车长春轨道客车股份有限公司使用的是日本某公司生产的缝焊设备, 如图 1 所示。这台设备主要有缝焊机、逆变式电源控制系统、走行系统、工装系统几个主要的单元组成, 这些单元系统可以无缝连接, 实现对焊接车辆波纹顶板与波纹地板的搭接焊缝焊接。工人可以利用这个一体化缝焊机器, 进行手动操作与连续断点操作的自动切换, 实现对时间、空间的自由选择。通过左右点焊以及连续缝焊的方式, 对于波纹顶板和波纹地板进行焊接质

量控制。



图1 中车长春轨道客车股份有限公司使用的缝焊设备

2.2 缝焊操作时间

案例所选的工厂使用的缝焊设备额定容量为 280kVa，最大输出为 280kVa，最大短路电流为 22000A，最大加压力为 12kN。

本台操作设备可以适应于多种型号的不锈钢车体项目波纹顶板和波纹地板的焊接，一般来说，如果波纹地板焊道总长为 42 米，波纹顶板焊道总长为 40 米，则整台设备的车缝焊接焊道长度即为 82 米。

假设整台设备的点焊速度为每分钟 4 米。缝焊速度为每分钟 2 米，辅助时间为工作时间的 1/2，经过测算，焊缝操作的具体时间=点焊时间+缝焊时间+辅助时间，约为 1.5 小时。

在实际焊接之前，工人要通过这样的时间控制，计算好缝焊施工的具体进度，按照生产计划严格进行缝焊流程安排，避免由于时间控制不合理影响工程交付，或者导致工程的焊接质量变更，影响最终的交付计划。

2.3 电流控制

在焊接的过程当中，技术人员要根据点距大小，控制好电流的分开速度。例如，如果休止时间降低 5%，相应的相同条件下，焊件点焊时就应该增大电极力 15%到 40%。只有进行相应的数据控制，才能够减少飞溅，消除波纹板内部的不均匀收缩现象，避免收缩性缺陷的出现，导致电极力相应增大。

在进行缝焊施工的过程当中：（1）从电流的分布与散热条件入手，分析电极轮的直径，对具体焊接元件使用效果的影响，并提高散热效率。（2）分析目前三个条件对于散热参数的具体影响。假设散热参数为 I_1 ，则在焊缝基本不变的前提下，电极力作用效果越好，电流密度就会越大，焊接过程当中飞溅情况就会越少，裂纹、缩孔出现的概率就会越低，这样就会显著提高不锈钢波纹板焊接的质量，延长电机轮的使用寿命。

3 缝焊材料控制

目前，随着轨道交通车体材料要求的不断提高，很多企业在生产的过程当中都选用专用的不锈钢材料作为缝焊波纹板操作的一体化材料^[1]。例如，日本为城轨车辆专项研制的 SUS301 号钢材，这种钢材不仅具有非常强的应力分解能力，还具有良好的延展性能，可以在高强度的冲压试验下，具有良好的点焊焊接性和延展度，可适应于多种焊接方式。现代车体的不锈钢波纹顶板和波纹地板要在满足对应材料硬度的条件下，进行相应的焊接操作。

3.1 厚度控制

技术人员要选择厚度在 0.6 mm 到 0.9 mm 之间的不锈钢材料，以中车长春轨道客车股份有限公司生产缝焊设备所选用的波纹板材料为例，如图 2 所示，该企业选择的波纹地板材质一个波峰波谷的宽度为 90 mm，厚度为 0.6 mm；不论是波纹地板，还是波纹顶板，延展率都可以在 5%左右。不仅可以保障在长的材料范围内具有良好的平整度，还可以

适用于多种连接方式。

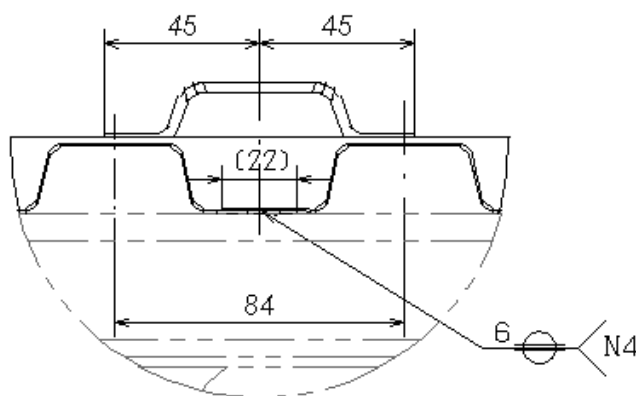


图2 波纹板参数示意图

3.2 焊接方式

这种钢材含有的变形马氏体非常少，在焊接的过程当中发生变形与弯折的现象比较少，基本上不会出现晶间腐蚀现象，所以无论是应用点焊技术、氩弧焊技术、电弧焊技术、缝焊技术，都可以对于这种材料起到良好的焊接效果。在未来，技术人员还要不断对钢材料进行升级，尽可能的保障钢材料强度的情况下降低延伸率。例如，采用冷弯工艺等等，对钢材料的断面进行升级，保障各类板材的压延率控制在一定的范围之内，提高焊接的一体化程度。

4 波纹板的焊接质量控制

对于薄壁结构的波纹板，要控制好焊接质量。相对于电弧焊和手工焊来说，缝焊质量更高，控制难度更低，可以显著降低塌陷、烧穿等缺陷。同时，通过这种焊接还可以大量减少焊后的修补工作，提高整个焊接的经济性程度。

首先，在焊接之前，工作人员要做好细致的检查工作，通过模块式工作流程划分，确保所有机械台为排水通畅，无杂物，做好清理准备工作。根据图纸和工艺文件的具体要求，检查对波纹板的形状、尺寸、规格、公差、数量、材料等等。

其次，技术人员可以通过焊接参数调节的方式，对焊接质量、生产效率以及设备保护问题进行提前分析，找到可以实现各种参数平衡的一个节点。例如，技术人员可以通过参数模拟方式搭建有限元分析模型，对焊接的时间、焊接人员的操作水平进行一体化分析^[2]。

最后，技术人员通过外观控制与尺寸控制，避免由于焊接规格不一致，导致焊接缝隙变大，焊接质量变差等等，通过自动化控制进行相应的焊接热参数分析，对整个顶板结构暴露在外的缝焊焊缝，进行相关的浇水试漏试验。图3为中车长春轨道客车股份有限公司某车型不锈钢波纹板缝焊操作示意图。



图3 不锈钢波纹板缝焊操作示意图

5 不锈钢地铁波纹板缝焊工艺过程

5.1 开工准备

在开工之前,工人要进行质量确认,按照以下步骤进行:

根据 ISO14273 的相关测试标准,选择一个符合规格的试验片,例如厚度在 1.5 mm,宽度在 45mm 左右的试验片,通过参数位置调整,进行板后配合匹配检查。

按照 0.6 mm+0.6 mm 的相关试验点选择标准,进行试验片的相关拉伸试验,并在试验之后将试验的参数,细致地填入到试验单当中。

针对检验合格的试验片进行严格记录,保障合格的材质可以顺利进入到点焊施工当中,对不合格的材料重新进行参数调整,反复测试,拉伸能力,直到合格之后才可以开始工作^[3]。

焊接前焊件表面必须进行全部或局部(沿焊缝宽约 20mm)清理;滚轮电极必须经常修整。

5.2 波纹板组焊方式

在进行波纹板组装过程中,技术人员将两张工料,放置于系统工作台上,再用夹紧机构进行两端夹紧,避免材料发生晃动。

对搭板的波纹板系统进行点固,将缝焊机从点焊模式切换成连续缝焊模式,对波纹顶板和波纹地板进行缝焊焊接。

再通过人工取出的方式将这些焊接之后的工件取出,减少操作过程中的人工干预,提高焊接的安全性。

5.3 焊接过程控制

第一,在吊装波纹板过程中,技术人员要通过位置控制以及操作之后的检查,保障焊机可以恢复到原始的操作位置,并通过对支撑架系统、夹击系统、吊装系统、长度控制系统、搭接系统的位置调节,按照施工计划,图纸当中的相关尺寸,对第二次焊接进行严格的质量控制。

第二,在缝焊焊接的过程中,可以通过自动点焊模式,找到电机轮和导轮的最高位置,一般来说这个位置通常在 70mm 左右,进入到点焊位置之后,技术人员可以通过左右移动各自通电,对点焊固定位置进行相关的连续模式调整,通过左右两次连续缝焊操作,将需要的波纹顶板和波纹地板运送到指定的位置,再通过加装一片波纹板的方式,来控制吊装的距离,进行第二道缝焊操作。

5.4 焊后检验

在焊接之后,技术人员要对焊接的质量结果进行反复测试,根据焊接图纸当中的相关尺寸,以及焊缝自检的相关尺寸,对波纹板的尺寸规格、形位、公差进行实物检验,保障每一条波纹板的缝焊两端,在注水 30 分钟之后,均不发生任何渗漏现象,才可以达到设计和工艺要求的相关标准。

6 结论

综上所述,轨道交通在未来的城市发展当中,应用范围会越来越广,缝焊工艺在不锈钢波纹板当中的重要性也会逐渐提升。从本文的分析可知,研究缝焊工艺,有利于提升不锈钢地铁车体波纹板焊接技术,加强缝焊工艺的理论研究,可进一步提高不锈钢波纹板缝焊质量,对于实际生产具有指导意义。

[参考文献]

- [1]刘朋,杜鹏飞.冷弯薄壁型钢墙体抗剪性能有限元分析[J].沈阳工业大学学报,2019(06):1-7.
 - [2]尹光荣,温生亮,李拓夷.SACS 软件考虑波纹板强度的结构设计方法研究[J].中国勘察设计,2019(06):90-93.
 - [3]王文琴,王昭漫,李玉龙.电阻缝焊法制备铁基 WC/金属双层涂层及其摩擦行为[J].金属学报,2019,55(04):537-546.
- 作者简介:宋元元(1985.9-) 毕业学校:大连交通大学,现就职于北京中车长客二七轨道装备有限公司工程技术部,职务:车体工艺主管