

城市客车焊接工艺与质量控制

陈利明, 伍豪杰, 卫琪琳, 王 锋

(中车时代电动汽车股份有限公司, 湖南 株洲 412007)

摘 要:城市客车的承载结构为型材焊接桁架结构, 由于接头特殊性 & 接头数量较多, 在实际生产过程中需按 ISO 3834 指导作业, 但同时又与该标准存在一定差异。本文主要介绍客车按 ISO 3834 实施焊接时遇到的难点及解决措施。

关键词:城市客车; ISO 3834; 焊接工艺与质量

中图分类号: U466

文献标志码: A

文章编号: 1006-3331(2024)05-0056-04

Welding Process and Quality Control of City Buses

CHEN Liming, WU Haojie, WEI Qilin, WANG Feng

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

Abstract: The bearing structure of the city bus is the truss structure with section bars welding. Due to the special characteristics and the larger number of joints, the actual production processes need to be by ISO 3834 guidance operations. There are still some differences between the actual production processes and the standard. This paper mainly introduces the difficulties encountered in the implementation of welding according to ISO 3834 and the solutions.

Key words: city bus; ISO 3834; welding process and quality

轨道交通行业在 ISO 3834^[1-2] 焊接质量体系基础上衍生出 EN 15085 体系认证, 在具体部件认证等级、质量等级、设计规范等方面作出更详细的规定, 而城市客车行业则缺少相应的要求, 在实施过程中应针对具体情况具体分析^[3-4]。

1 焊接工艺设计

ISO 3834-2^[2] 体系要求: 结构为制造商设计时, 应对设计数据进行评审, 设计过程应考虑焊接合理性。

1.1 对中碳钢材质及厚件焊接的工艺设计

为了兼顾部件耐磨性, 客车结构中常用 35#、45# 钢等中碳钢材质制作稳定杆底座、推力杆支座等重要部件, 通常厚度大于 20 mm。此类部件焊接到骨架上会出现焊缝两侧冷却速度不一致, 成分偏析等问题, 焊接裂纹倾向较大。稳定杆底座在焊后渗透检测中

发现纵向裂纹几乎贯穿整个焊缝, 如图 1 所示。因此对中碳钢及厚件材质的焊接, 应在焊接工艺设计中提出更高的焊接控制措施及检验要求。



图 1 稳定杆底座纵向裂纹

解决措施: 对中碳钢及厚件应当提出焊前表面处理要求, 必须清理干净油污、水、铁锈等杂质; 焊前应对此类部件进行 150~250 °C 预热; 应在焊接完成 24 h 后再进行相应检测, 以防止发生延迟裂纹。

1.2 焊接部件防腐蚀工艺设计

部分部件在设计过程中受车体尺寸影响, 可能出

收稿日期: 2024-02-05。

第一作者: 陈利明 (1970—), 男, 工程师; 主要从事车辆焊接工序工艺研究工作。E-mail: chenliming_cy@crrecg.cc。

现部件紧贴骨架的情况。如图2所示, 推力杆支座紧贴骨架与加强板, 贴紧部分无法焊接, 电泳漆也难以进入间隙内, 客车运行过程此处会出现腐蚀, 导致骨架强度降低。接头设计过程中应尽量避免此类结构, 若无法避免, 应当对间隙周边焊接封闭。



图2 稳定杆紧贴加强板

解决措施: 贴紧部分焊缝应首尾相连, 避免水、泥沙等杂质进入缝隙内造成腐蚀。

1.3 焊接可达性工艺设计

ISO 3834-2^[2]中5.3技术评审章节要求考虑“焊缝的位置, 可达性及次序, 包括试验和无损检测的可达性”。客车车体骨架大多为桁架结构, 存在大量斜撑, 斜撑处常有小角度焊缝; 另外, 若严格控制稳定杆安装支架等车架上重要部件的安装尺寸, 可能会出现支架距离骨架过近的情况, 此时焊缝在焊接可达性上较差, 导致焊接质量下降。

1.3.1 斜撑角度影响焊接可达性

当斜撑与纵梁、横梁形成的夹角过小时, 焊丝干伸长度无法达到焊丝直径1~1.2倍的要求。如图3所示, 夹角角度为30°时, 焊丝干伸长度约为35 mm, 远大于直径1.0 mm焊丝焊接时所需干伸长度要求的10~12 mm。焊后由宏观金相试验可知, 焊缝根部存在空腔, 焊缝与母材熔深不足, 并伴有根部开裂, 如图4所示^[5]。



图3 30°斜撑焊接时
焊丝干伸长度

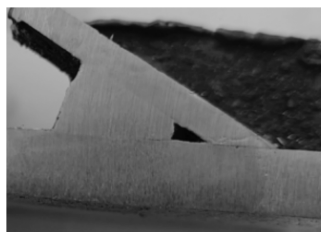


图4 30°接头焊缝
宏观金相

解决措施: 接头设计过程中应避免出现小角度斜撑接头(如图5所示)。可通过将单根斜撑变为多根斜撑的方式增加斜撑角度(如图6所示), 或在斜撑端头增加垂直向斜撑的方式增加斜撑角度(如图7所示)。宏观金相试验结果证明, 当斜撑角度达到 $\geq 45^\circ$ 时方能获得较好的熔深(如图8所示)。

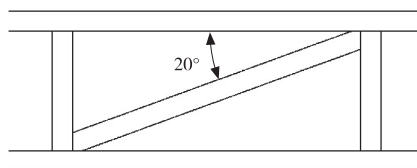


图5 原斜撑角度

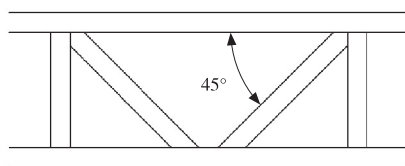


图6 改进斜撑角度1

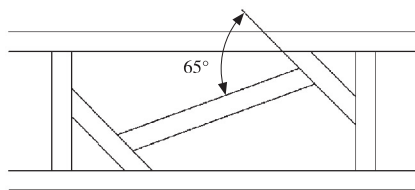


图7 改进斜撑角度2

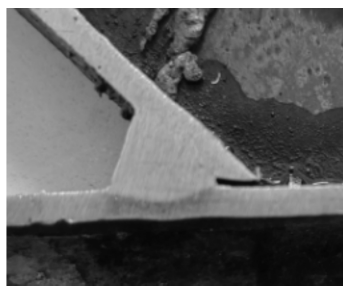


图8 45°接头焊缝宏观金相

1.3.2 部件间隙影响焊接可达性

由于车架上一些重要部件安装支架需要保证相对尺寸的准确, 往往在胎膜上与骨架整体组对后再加焊。如图9所示, 8 mm厚度支架距离骨架焊缝的距离仅为3 mm, 会形成窄而深的接头, 焊接电弧无法熔化根部母材, 造成未熔合。尽管盖面焊缝熔合良好, 但在客车后续运行过程中, 未熔合开裂处会出现应力集中, 导致横梁断裂。

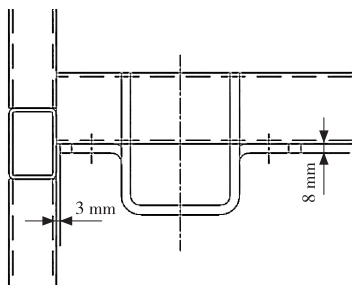


图9 8 mm厚支架距离骨架3 mm

解决措施:如图10所示,当支架厚度 >3 mm,图纸设计时应确保 $L_1 \geq L_2$ 。若无法满足上述条件,则支架边界需倒角,确保焊接电弧与母材表面形成较大的角度。

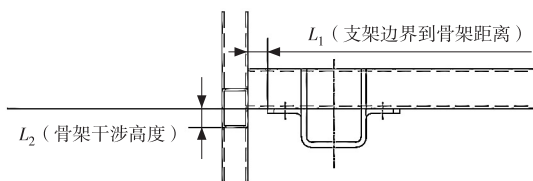


图10 支架与骨架焊缝距离改进

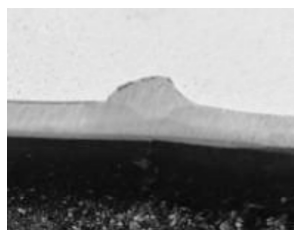
2 生产过程焊接质量控制

ISO 3834-2^[2]中5.3技术评审章节要求考虑“坡口及焊缝的尺寸、细节”,客车车体生产过程受工装及装配关系影响,部分焊缝难以达到理想的熔深。

2.1 型材对接接头熔深不足

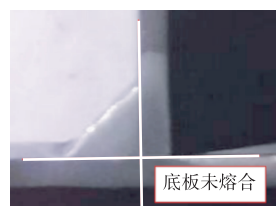
由于客车车身骨架型材焊接接头数量及种类众多,焊接时基本不会开坡口。如图11所示,当型材对接接头未开坡口焊接时,若壁厚 ≥ 3 mm的方管对接焊缝不留间隙,会出现熔深无法抵达接头根部的现象。

解决措施:如图12所示,通过工作试件验证,壁厚 ≥ 3 mm的方管对接焊缝如果保持1~2 mm坡口间隙,能够获得较好的熔深。

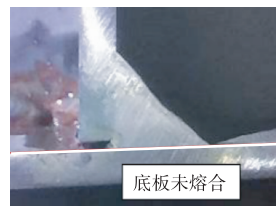
图11 型材对接焊缝
熔深不足图12 型材对接焊缝
1 mm 间隙熔深

2.2 T型焊缝立向下焊接熔深不足

车体在单片制作时存在大量T型角接焊缝立向下焊接位置,用160 A、170 A、180 A、190 A、200 A电流参数分别验证T型角接焊缝立向下焊接熔深,如图13所示。



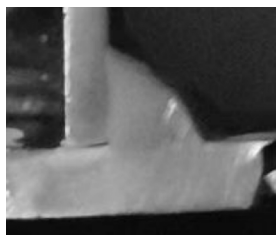
(a) 160 A



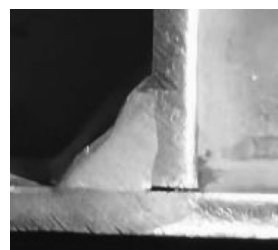
(b) 170 A



(c) 180 A



(d) 190 A



(e) 200 A

图13 立向下T型接头

从宏观金相看,180 A及以下焊接参数难以对母材进行有效熔合;190~200 A电流熔深略有增加,但存在未熔合风险。主要原因如下:立向下焊接时,熔池受重力影响下坠,焊接参数越大,下坠速度越快,焊接速度相应加快,但热输入无法增加,导致熔深不足。

解决措施:立向下焊接增加摆动,单位长度热输入增大,用160 A、180 A、200 A电流参数进行验证,如图14所示。增加摆动后,两侧母材熔深显著改善,接头可靠性得到提升。

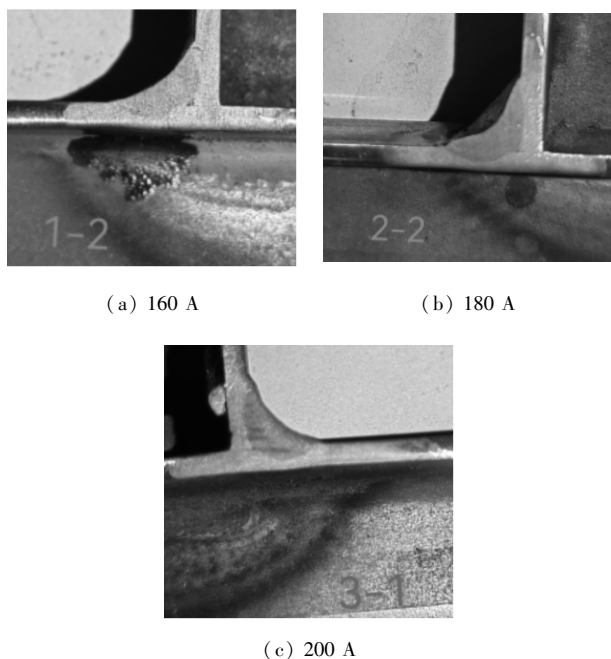


图14 立向下摆动焊

3 焊接过程检验

ISO 3834-2^[2]中5.3技术评审章节要求考虑“试验及检验”。目前客车行业在焊缝检验方面没有明确的检验等级分级,实际操作过程中,不同焊缝具体检验类型、检验比例、合格标准没有明确规定。解决措施:对焊缝进行分级,按车身焊缝关键程度及车体CAE强度分析结果进行焊缝质量分级。

3.1 1级焊缝检验要求

1级焊缝为车身关键承载部位,如推力杆支座、减振器支座等动载承载部位及CAE强度分析得出的车体应力集中部位焊缝。1级焊缝检验要求如下:

1) 目视检验要求:对所有零件焊缝及零件与骨架连接焊缝进行100%检测,按ISO 5817《焊缝缺欠等级》-level B级进行验收^[6]。

2) 渗透探伤检验要求:机器人焊接时,对同程序前3件焊缝进行渗透探伤检测;手工焊接时按50%的比例进行抽检。

3.2 2级焊缝检验要求

2级焊缝为骨架主体承载部分,如侧围通体立柱、腰梁、车架主纵梁及牛腿、前后围轮廓骨架、顶盖

弯梁及以上各部合装所形成焊缝。2级焊缝仅进行目视检验,检验要求如下:按ISO 5817《焊缝缺欠等级》-level C级进行验收^[6],对所有焊缝进行5%的抽检。若每人每天焊缝合格率低于90%,抽检比例翻倍。

3.3 3级焊缝检验要求

3级焊缝为六大片各部件次一级骨架,如地板骨架、侧围斜撑、前围雨刮器骨架等所形成的焊缝。3级焊缝仅进行目视检验,检验要求如下:按ISO 5817《焊缝缺欠等级》-level C级进行验收^[6],对所有焊缝进行1%抽检。若每人每天焊缝合格率低于90%,抽检比例翻倍。

3.4 4级焊缝检验要求

4级焊缝为车内、舱体封板等焊缝。4级焊缝检验要求如下:由焊缝检验人员现场随机抽查,按ISO 5817《焊缝缺欠等级》-level D级进行验收^[6],若不合格,现场整改。

4 结束语

ISO 3834焊接质量体系针对焊接的规范较为笼统,各行业需根据自身实际情况进行细化。

参考文献:

- [1] 国际标准化组织. 金属材料的熔化焊质量要求. 第1部分:质量要求的适当等级的选择标准;第2版:ISO 3834-1—2005[S]. 日内瓦:ISO, 2005:1-6.
- [2] 国际标准化组织. 金属材料的熔化焊质量要求. 第2部分:完整质量要求;第2版:ISO 3834-2—2005[S]. 日内瓦:ISO, 2005:1-8.
- [3] 李玉良. 浅谈ISO 3834-2国际焊接质量体系认证[J]. 中国高新技术企业, 2012(3):67-69.
- [4] 董晓强, 何颖, 朴东光. ISO焊接质量要求系列标准的转化及应用[J]. 焊接, 1997(3):30-31.
- [5] 段凯杨, 刁九龙, 戈兆文. 焊接工程质量与焊接工程文件[J]. 中国特种设备安全, 36(2):14-18.
- [6] 国际标准化组织. 焊缝缺欠等级;第4版:ISO 5817—2023[S]. 日内瓦:ISO, 2023:3-19.