地铁车辆侧墙门角的二次修补焊接试验

南车南京浦镇车辆有限公司 （江苏 210031） 孙景南 孟宪伟 吴 斌

1. 概述

地铁车辆的门角是侧墙的重要受力部件，由于组装焊接过程中在门角处产生应力集中现象，某项目的门角焊缝出现裂纹。据统计，出现裂纹的门角共有21个，若不进行二次修补焊接，需对整辆车的侧墙进行重新购置、加工、焊接，其成本巨大。为弥补这一损失，用现有的生产用门角进行二次焊接。为验证此方法的可行性，进行以下试验过程。

本文利用该试验方法，并使用Fooker机加工设备将原门角切除，采取新的焊接工艺进行门角重新组装焊接。

2. 材料与修补过程

（1）试验材料 本试验研究的是地铁列车用铝合金型材6005A，其化学成分如表1所示。

表1 6005A的化学成分 （质量分数） (%)

元素	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Cr
含量	0.60 ~ 0.90	≤ 0.35	≤ 0.10	≤ 0.10	0.40 ~ 0.60	≤ 0.10	≤ 0.10	≤ 0.10

侧墙整体如图1所示。

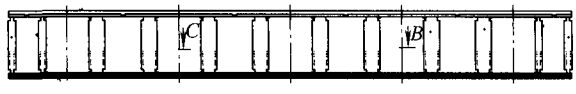

图1 侧墙整体示意

门角示意如图2所示。

（2）修补工艺过程 第一，侧墙缺陷门角的切除。门角与侧墙立柱及边梁已焊接成一个整体，采用手工方法将有裂纹的门角去除很困难，也难以保证立柱上的焊接坡口的精度。因此采用福克（Fooker）机加工设备进行机加工切除。按门角原

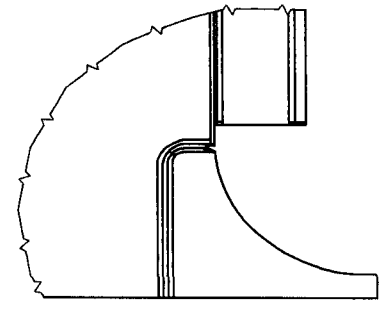

图2 门角示意

形进行门角切除，门角与边梁焊接底部预留3mm焊缝余量，以确保修补时便于手工打磨。在立柱上一侧加工焊接坡口，另一侧在修补准备时手工修磨，如图3所示。

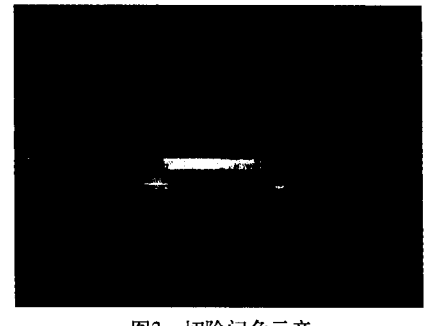

图3 切除门角示意

第二， 门角的加工。原侧墙的焊接工艺过程：①焊接立柱门角。②加工焊接后的立柱门角。③侧墙组装，焊接立柱门角和边梁的角焊缝。立柱和边梁已焊接成整体，如图4所示，门角上自带垫板，先将门角下部加工后，仍无法组装。如图5所示，只有将门角端部13mm高、3mm厚的垫板加工掉，再取另一个门角加工23mm高、3mm厚的垫板，先将垫板组装点焊到立柱上，再将加工过的门角平行于边梁推移组装到位，垫板和门角组合成一个新的门角，便于组装。

变形，焊完后可松开。③夹具与机床连接部位要求配合良好，能快速固定，零件环形焊缝的中心与焊接机床旋转中心同轴。④由于零件较小，要求夹具尽量轻巧。

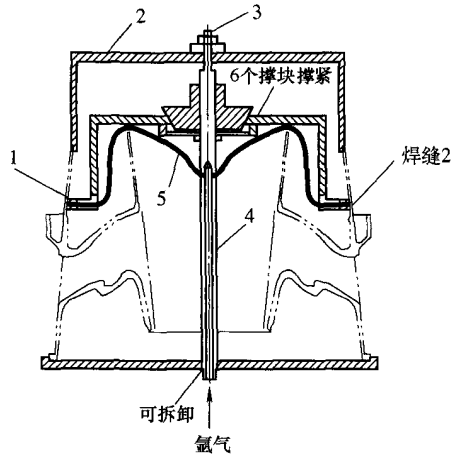

图4 焊缝2零件装夹示意
1.纯铜 2.盖板 3、4.主轴 5.气管

（2）真空钎焊 钎焊温度在1050～1080℃之间，选用镍基钎料，图2中的支架钎焊需满足力学性能要求，焊缝抗拉强度为基体材料的75%，油管钎焊处需要进行气密性试验，要求在0.7MPa的压力下保持3min不漏气。

钎焊完成后进行的气密性试验一旦发现漏气，由于零件结构的限制将无法进行补焊，零件将直接报废。经过多次试验，从以下4个方面进行解决。

第一，控制油管钎焊处焊前配合间隙在0.05～0.10mm以内，机械加工时严格控制与油管相配处的孔尺寸大小，对于超差的部位需钳工修配油管直径；

第二，焊前应将零件清洗干净，去除污染物，将钎焊部位打磨光滑露出金属光泽，去除表面氧化膜，油管刷镀镍镀层0.005mm，可增加钎焊时钎料高温状态熔化的湿润性。

第三，选三类镍基钎料：厚度0.04mm的非晶态钎料、厚度0.15mm粘带钎料和膏状钎料。油管两端钎焊前，先在油管钎焊处的外圆上缠绕一圈非晶态钎料，装配完成后再添加膏状钎料、阻流剂；对于支架，先用电阻焊将非晶态钎料压在支架钎焊面上，氩弧焊定位前在支架间隙处贴上粘带钎料，最后添加膏状钎料和阻流剂。

第四，为保证三个油管的位置度，设计了一套氩弧焊定位夹具，钎料填充后前将管道和管接头进行钨极氩弧焊定位。

经过多次试验，解决了零件压力试验漏气、焊后油管的位置度的问题。在后续几批零件的加工过程中，零件真空钎焊工序合格率达到100%。

3. 结语

该零件属于典型的中小航空发动机机匣类零件，该类零件的焊接需着重解决先后顺序、焊接夹具、焊接参数等方面的问题，以减少薄壁零件的焊接变形，保证焊接质量。产品最终达到了图样设计要求，钨极氩弧焊达到了AWS D17.1的要求，真空钎焊达到了AWS C3.6的要求，产品顺利交付。

MW（20110823）

（上接第59页）

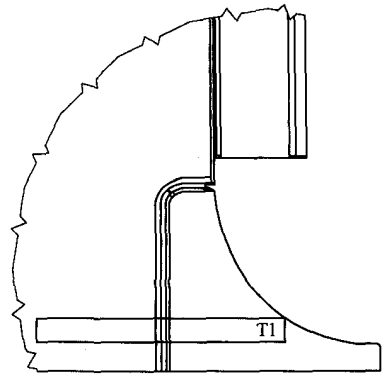

图6 拉伸试验取样示意

T1试样抗拉强度R_m=187MPa，断口位置在热影响区上靠立柱一侧，离焊缝边缘6mm处。

T2试样抗拉强度R_m=192MPa，断口位置在热影响区上靠立柱一侧，离焊缝边缘8mm处。

经过6次焊接试验后取样做拉伸试验，试验结果合格，焊缝的最低强度均能达到母材强度的60%～70%。

4. 结语

根据试验结果可知：修补后的门角焊接质量完好，经100%的着色探伤检验，未发现裂纹和气孔等超标缺陷，符合ISO 10042 标准中的C级标准。经过再加工、再焊接过程，能够与原结构要求的焊接强度保持一致，焊缝最低强度可达母材强度的60%~70%。侧墙门角经焊接修复后，可以满足设计与工艺的要求。MW （20120713）