

某航机排气机匣焊接工艺研究

中航工业南方航空工业（集团）有限公司 （湖南株洲 412002） 聂自洋

我公司承接生产的国外某小型航空发动机排气机匣高190mm，最大直径300mm，结构复杂，材料难加工，尺寸精度要求高，外观形状如图1所示。该零件装在某型号小型航空发动机尾部，外部安装边和涡轮机匣相连接，内部装轴承固定涡轮轴用。

零件材料为高温合金Inconel 625和Inconel 718两种，由22个零件组焊而成，结构如图2所示。油管、油管支架、整流外罩、整流前罩及整流尾罩

力下降。

针对以上原因我们采取了相应的措施：①焊接时采用分段对称焊方法，焊接电流降至130A，降低焊接热输入，减小焊接变形，同时使用油压机冷压校正焊接变形，避免对焊缝进行二次加热。②使用含碳量低的H00Cr21Ni10焊丝，降低焊缝中的含碳量，焊丝的化学成分如表4所示。

采取以上措施后，链轮固定轴的晶间腐蚀倾向明显降低。客户后来也没有反映有晶间腐蚀的情况。

表4 H00Cr21Ni10焊丝的化学成分

焊丝牌号	化学成分（质量分数，%）						
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni
H00Cr21Ni10	≤0.03	≤0.06	1.0~2.5	≤0.02	≤0.03	19.5~20.0	9~11

4. 结语

（1）利用奥氏体不锈钢焊接性好的特点，将整体件改为焊接件可降低材料成本。

（2）通过合理设计焊接结构，不断完善氩弧焊焊接工艺，使焊接件性能尽可能达到整体件水平。MW

（20120713）

是冲压弯曲而成，材料为Inconel 625，安装边选用Inconel 625锻件加工而成；尾部轴承前盖、尾部轴承后盖和排气机匣壁是精密铸造而成，其中尾部轴承前盖为Inconel 718，尾部轴承后盖、排气机匣壁为Inconel 625。



图1 排气机匣外观

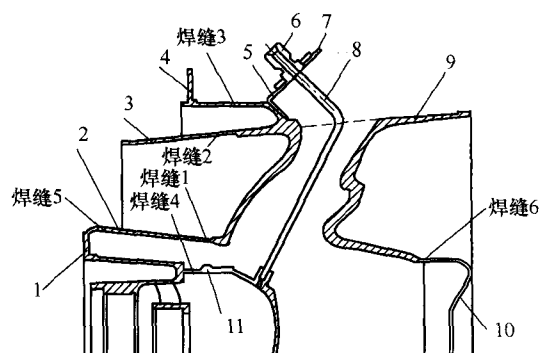


图2 零件简图

1.轴承前盖 2.整流前罩 3.整流外罩 4.安装边 5.油管支架
6.管接头 7.管套 8.油管 9.排气机匣壁 10.整流尾罩 11.轴承后盖
注：焊缝1~6均为钨极氩弧焊

1. 加工难点

（1）由于机匣结构复杂且壁薄、焊缝多、工序长，焊接时零件易变形，焊接夹具设计制造困难。

（2）图2中管道与管接头和轴承后盖连接处采用真空钎焊，钎焊后进行气密性试验，经检查发现钎焊接头处易漏气。

2. 加工路线的确定

该零件所涉及的焊接工艺有钨极氩弧焊、真空钎焊, 采取的步骤是由里向外进行氩弧焊。焊接过程中, 零件会产生变形, 所以加工基准均需在焊后按需要进行修复, 分别在零件两端进行外圆与端面的车削, 保证零件两端的同轴度与平行度。

(1) 钨极氩弧焊 该零件共有6条环形氩弧焊缝, 其中II级焊缝4条, 焊后进行X光、荧光检查, 按AWS D17.1的要求验收, 焊缝不允许存在裂纹、未熔合, 表面气孔不允许超过基体厚度的0.33倍, 内部气孔、夹渣不允许超过基体厚度的0.5倍, 相邻气孔的最小距离不超过最大气孔直径的2倍。

该零件焊缝母材厚度为1~2 mm不等, 根据以往经验, 高温合金厚度为1mm的材料焊后高度方向上收缩0.6~0.8 mm, 2 mm的材料焊后高度方向上收缩1.0~1.5 mm, 焊前在单件上将焊接高度方向的收缩预留出来, 根据要求零件还有补焊的可能性。补焊时零件还要收缩, 所以将收缩量预留为收缩量的1.5倍, 保证零件有后续的加工余量。

焊机选用美国Jetline公司的自动氩弧焊机, 焊机型号Maxstar3001LX, 经过工艺试验, 确定焊接参数, 焊缝经检验合格后制定焊接试验报告WPQR和焊接规范WPS。

焊接顺序按图3进行, 焊缝6需在真空钎焊完成后进行, 主要是考虑管子钎焊时便于钎焊接头的装配、钎料的填充。零件焊接工艺流程如下: ①焊前钳工抛光轮打磨待焊区域, 去除零件表面的氧化物、污垢等杂质, 进行超声波清洗。②装夹前丙酮擦洗待焊处、焊接夹具撑块, 要求钳工修配焊缝配合间隙 ≤ 0.10 mm, 错位 ≤ 0.15 mm。③手工氩弧焊定位, 定位焊点 ≤ 2 mm, 间距5~20 mm, 保证最准能被氩弧焊焊缝覆盖。④按照WPS调整焊接参数进行自动氩弧焊。⑤目视检查, 合格后按工艺要求进行X光、荧光检查等无损检验。

焊接夹具要设计合理, 为保证焊后同轴度、轮廓度等几何公差, 轴向方向靠撑块撑紧、盖板压紧定位, 焊后在零件同轴度达不到要求的情况下, 可以钳工校正, 在滚圆机上对焊缝进行滚压。以焊缝2为例进行分析, 夹具示意如图4所示, 为减轻焊接夹具重量, 定位的地板采用铝合金制造, 夹具6个

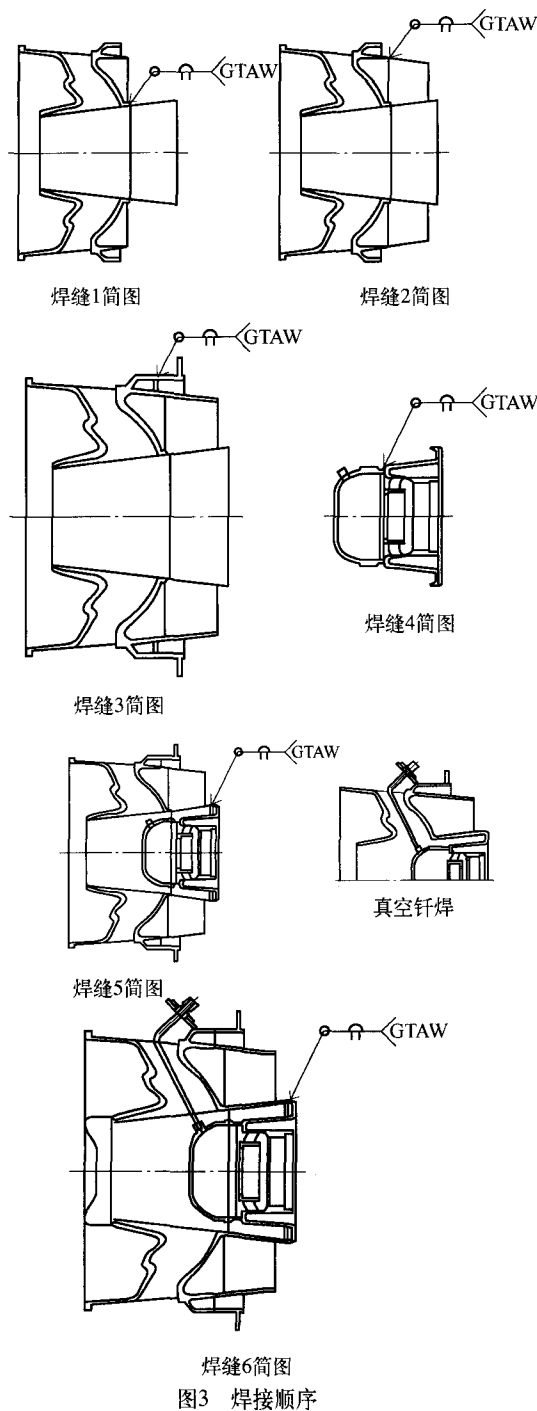


图3 焊接顺序

支撑块撑紧焊缝部位的材料选用纯铜, 焊缝背面通氩气的U形槽根据母材厚度进行设计。

经过工艺试验, 总结自动钨极氩弧焊焊接夹具设计的几个要点: ①氩气要能顺利通到焊缝背面, 对焊缝进行保护, 6个撑块出来的氩气流量要均匀, 大小一致。②要求装卸方便, 防止零件装上焊接完成后, 由于结构限制或者焊接变形拆不下来, 如图4主轴设计成可拆卸, 撑块焊接时可约束焊接

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。

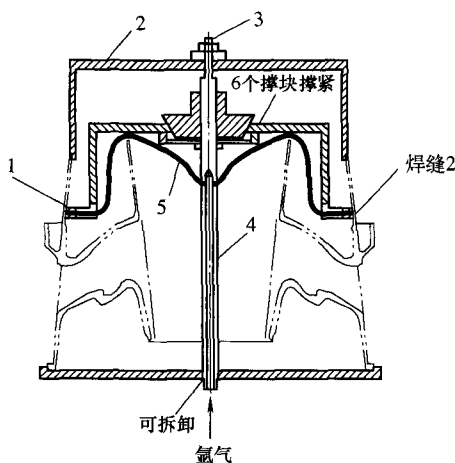


图4 焊缝2零件装夹示意
1.纯铜 2.盖板 3、4.主轴 5.气管

(2) 真空钎焊 钎焊温度在 $1050 \sim 1080^{\circ}\text{C}$ 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 $0.05 \sim 0.10\text{mm}$ 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)

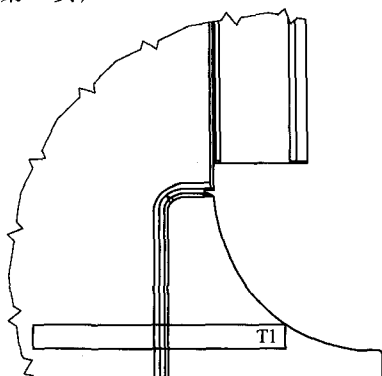


图6 拉伸试验取样示意

T1试样抗拉强度 $R_m=187\text{MPa}$,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 $R_m=192\text{MPa}$,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 $60\% \sim 70\%$ 。

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 $60\% \sim 70\%$ 。侧墙门角经焊接修复后,可以满足设计与工艺的要求。**MW** (20120713)