

铅黄铜腔体炉中钎焊工艺技术研究

胡阔鹏

航天江南集团有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i2.12945

[摘要] 结合铅黄铜焊接性能,开展腔体炉中钎焊工艺技术研究。通过设计、制作托承工装、装夹工装及定位销解决装配定位问题;用丙酮调制钎剂使焊接过程中不通入氩气亦获得良好焊缝,达到节能降耗、降低成本的目的;建立参数实现腔体炉中钎焊:通过焊后退火消除焊接应力,有效控制焊接变形;采取喷砂、电镀及浸渍DJB-823固体薄膜保护剂等表面处理杜绝腐蚀斑点的出现,保证了表面质量。

[关键词] 铅黄铜; 炉中钎焊; 工艺技术

中图分类号: P578.2+5 **文献标识码:** A

Research on Furnace Brazing Process Technology for Leaded Brass Cavities

Kuopeng Hu

Aerospace Jiangnan Group Co., Ltd.

[Abstract] Based on the welding performance of leaded brass, this study explores furnace brazing process technology for cavities. By designing and manufacturing supporting fixtures, clamping fixtures, and positioning pins, assembly and positioning issues were resolved. The use of acetone-mixed flux enabled high-quality welds without the need for argon gas during welding, achieving energy savings, reduced consumption, and lower costs. Process parameters were established to realize furnace brazing for cavities. Post-weld annealing was employed to eliminate welding stress and effectively control deformation. Surface treatments such as sandblasting, electroplating, and immersion in DJB-823 solid film protective agent were applied to prevent corrosion spots and ensure surface quality.

[Key words] leaded brass; furnace brazing; process technology

引言

腔体如图1所示,是电磁信号的传输通道,属于波导腔体范畴,材料为铅黄铜HPb59-1。腔体由组件外壳、台1、台2通过焊接连接而成,其中台2为2件分别位于外壳的对称面。

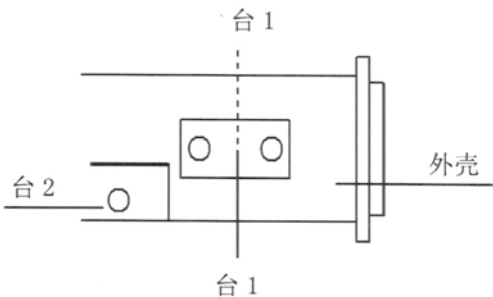


图1 腔体示意图

通常,铝合金波导腔体焊接采用真空钎焊,而铅黄铜波导腔体由于焊接过程中锌大量蒸发不仅会污染真空炉及工件表面,增加真空抽取难度,还会在焊缝产生气孔,降低焊接结构性能,

故铅黄铜HPb59-1禁止采用真空钎焊^[1],因此决定采用炉中钎焊(以下简称焊接)。

众所周知,铅黄铜难以熔合,焊缝成形差,焊接应力与应变大,铅黄铜更是具有脆性,热裂纹不可避免^[2],因此,通过开展工艺试验进行工艺技术研究尤为必要,主要包括:探索装配、定位方式;建立焊接参数;确定表面处理方式。

1 工艺试验

1.1 试验流程

试验流程为:加工样件、焊片→选择钎料、钎剂→制作工装、定位销→焊前清洗→装配→焊接→焊后清洗→退火→表面处理。

1.2 加工样件

按图1加工等效件,材料为铅黄铜HPb59-1。

1.3 选择钎料、钎剂

由于铅黄铜HPb59-1的熔点在930℃~960℃之间,因此优选银基钎料BAg56CuZnSn。

其熔点为630℃~680℃。钎剂优选QJ102,其焊接温度范围

为600℃~850℃,能有效清除母材及钎料表面氧化物,促进钎料漫流、填充,且具有良好的热稳定性能在较长时间内保护母材及钎料免于氧化,从而得到良好的焊接质量。

1.4制作工装、定位销

组件与焊片装配定位是影响焊接质量的一个重要因素,装配定位不良会导致焊缝不连续、漏焊等缺陷,如图2所示。传统的工艺方法是捆扎法,即用低碳钢丝将台1、台2、焊片与外壳进行装配定位,其缺点有3个方面:①钢丝易打滑需反复捆扎,效率低;②焊接过程中钢丝热膨胀导致钢丝松垮使得组件定位不紧固从而引起焊缝不连续、漏焊;③焊接过程中钢丝氧化、碳化会加重零件表面污染,增加焊后清洗强度。

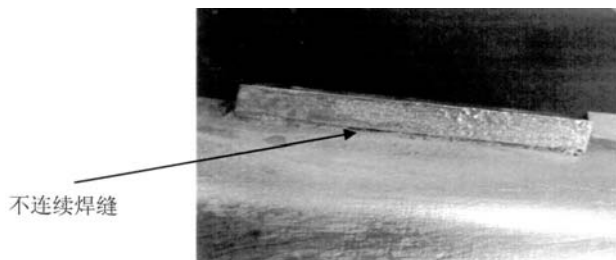


图2 焊缝不连续示意图

为解决上述问题,根据零件结构特点及尺寸要求,设计并制作工装、定位销,以保证组件装配定位质量。

(1)托承工装。如图3所示,置于炉膛有效加热区,用来放置零件使其在焊接过程中稳固,材料选用密度小、价格便宜、易加工且耐火耐高温的莫来石。

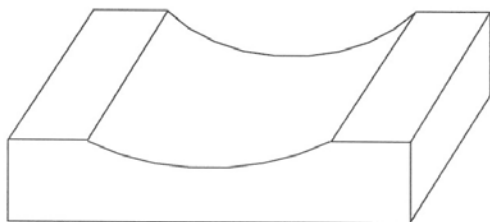


图3 托承工装示意图

(2)装夹工装。如图4所示,其作用是装配时保证组件及焊片贴合紧密、紧固。装夹工装由U型夹1、U型夹2及螺钉组成,U型夹1装夹台1、U型夹2装夹台2,材料为不锈钢0Cr18Ni9Ti,螺钉选用不锈钢标准件M6x25。装夹工装与组件装夹如图5所示。

经现场装配验证,本装夹工装具有操作简便、快捷、效率高等优点,同时保证组件与焊片贴合紧密、紧固效果。

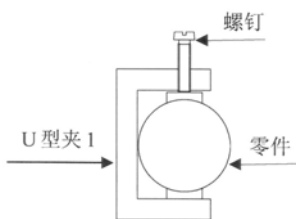


图4-1 U型夹1示意图

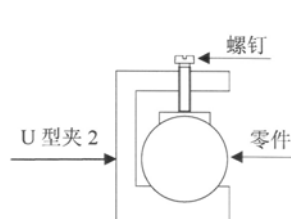


图4-2 U型夹2示意图

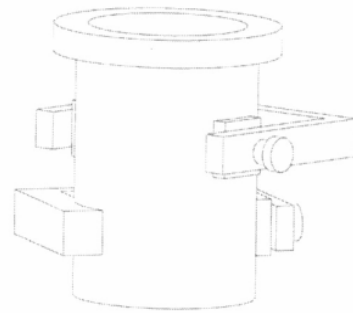


图5 装夹工装装夹示意图

(3)定位销,如图6所示,其尺寸与组件上的螺纹孔匹配,加工成0.035的锥度便于操作,材料优选碳弧气刨碳棒,碳弧气刨碳棒熔点高达3500℃,在焊接过程中不与组件反应、粘连,且焊后容易取出,不损伤螺纹孔。

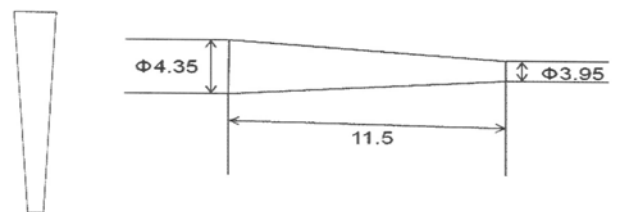


图6-1定位销示意图

$$\text{锥度} = \frac{4.35 - 3.95}{11.5} = 0.035$$

图6-2定位销示意尺寸

1.5焊前清洗

焊前清洗的目的是去除组件及焊片的氧化物及污渍,以充分保证焊接过程中焊料的浸润、填充,从而保障焊接质量。具体操作如下:

(1)将焊片置于瓷盘,倒入丙酮浸泡5min~8min,丙酮的量以刚好淹没焊片为宜,然后用镊子取出焊片置于料盘,自然晾干1min~2min;

(2)用小号毛刷蘸取丙酮擦拭组件焊接部位2遍~3遍,然后自然晾1min~2min。

1.6装配

(1)用定位销通过组件螺纹孔将组件与焊片装夹定位;

(2)用装夹工装对组件装夹紧固,目测组件无缝隙;

(3)将钎剂倒入干净的器具里,然后倒入离子水,用小号毛笔搅拌1min~2min,使钎剂均匀;

(4)用小号毛笔蘸取钎剂,沿着焊缝均匀涂抹2遍~3遍。

1.7焊接

实现焊接的关键是焊接参数的确立,钎料Bag56CuZnSn的熔点为630℃~680℃,钎剂QJ102的焊接温度为600℃~850℃,故

选择焊接温度范围为775℃～850℃，开展焊接工艺试验以优选参数。焊接参数及试验结果列于表1。

表1 焊接参数及结果

焊接炉次	保温温度 / ℃	保温时间 / min	焊接结果
1	850	15	焊缝不连续严重，钎料漫流严重
2	820	12	焊缝稍有不连续，钎料漫流严重
3	800	11	焊缝连续，钎料漫流较严重
4	785	10	焊缝连续，钎料漫流较轻微
5	780	10	焊缝连续，钎料漫流较轻微
6	780	9	焊缝连续，钎料漫流较轻微
7	775	9	焊缝连续，钎料漫流轻微
8	775	8	焊缝连续，钎料漫流轻微
9	775	7	焊缝稍不连续，钎料漫流较轻微
10	770	8	焊缝稍不连续，钎料漫流较轻微
备注	保温阶段通入气，氩气消耗量为(60L~80L) / 炉		

从表1焊接结果可见：

①最优参数：焊接温度：775℃～785℃；保温时间为7min～9min；②氩气消耗量大，按3元 / L计算，一炉氩气费用为180元～240元。

表2 焊接参数及结果

焊接炉次	保温温度 / ℃	保温时间 / min	焊接结果
1	775	9	焊缝连续, 无漏焊
2	778	9	焊缝连续, 无漏焊
3	780	8	焊缝连续, 无漏焊
4	782	8	焊缝连续, 无漏焊
5	785	8	焊缝连续, 无漏焊
6	785	7	焊缝连续, 无漏焊
合格率%		100	
备注	保温阶段, 未通入氩气		

从表2焊接结果可见：

为了节省成本，经分析，改进钎剂调制方法即用丙酮代替离子水调制，充分利用丙酮去油除污效用，有效保证钎剂对组件及钎料油污、氧化物的去除作用，使得焊接过程中不通入氩气也能

保证钎料的充分填充，从而得到良好焊缝。为此，按表2进行验证，焊接参数及结果列于表2。

①焊接温度：775℃～785℃、保温时间为7min～9min可靠；②保温阶段不通入氩气，能得到合格焊缝，节能降耗，降低成本。

1.8焊后清洗

焊接后，必须将焊渣、钎剂残余物进行清除^[2]，如果清除不彻底不仅会腐蚀焊缝，降低焊缝强度，而且会导致在表面处理工序难以将其有效清除，最终导致零件出现腐蚀斑点，严重影响表面质量。根据零件材料及钎剂性质，采取如下方式进行清洗：

①按柠檬酸：水为20g：100g的比例配制柠檬酸溶液，加热沸腾后，将样件放入煮洗15min～20min，期间翻动样件3次～4次；②在流动的清水下用钢丝刷刷洗焊缝，然后用压缩空气吹干腔体内、外水分。此方法成本低，操作简便，效果好。

1.9退火

按表3参数，进行退火，其目的是去除焊接应力，稳定尺寸。结果表明，该参数合理，达到退火效果。

表3 退火参数

保温温度 / ℃	保温时间 / h	结果
280	2	表面未出现起皮、起皱、开裂，无变形

1.10表面处理

表面处理是为了防止表面出现腐蚀斑点(见图7)，既防腐又美观。因此采取2项防护措施。



图7 表面腐蚀斑点

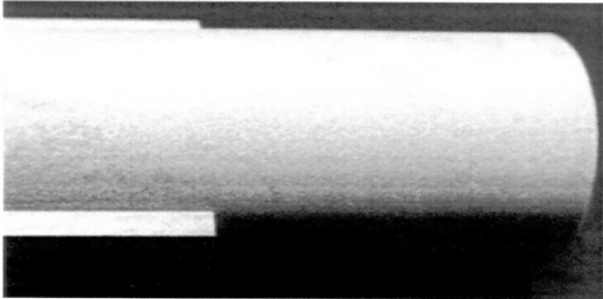


图8 合格表面

①在退火后立即进行喷砂，进一步清除焊缝焊渣、钎剂残余物；②电镀Ep. Ag7. BR，以提高防腐性、美观，见图8；③浸渍DJB-823固体薄膜保护剂工序，进一步加强表面保护。

2 验证

(1)按上述工艺方法,跟踪4批次产品500件焊接,结果统计表4。

表4 焊接参数及结果

数量 / 件	保温温度 / ℃	保温时间 / min	结果
500	775~785	7~9	焊缝连续: 表面未出现腐蚀斑点
合格率/%		100	

(2)随机抽取入库6个月的产品1件,目测表面未见腐蚀斑点,见图9;用线切割将焊接部位切割开目测: 焊缝连续。

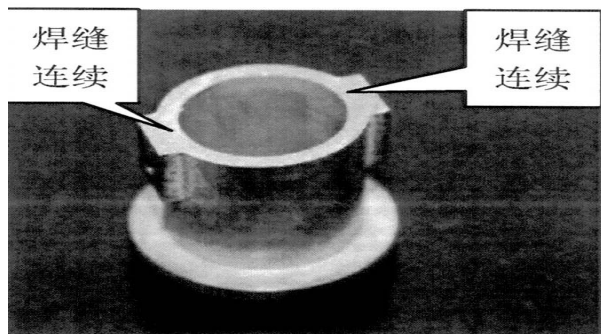


图9 线切割后焊缝截面

3 结论

结合铅黄铜HPb59-1焊接性能,开展了腔体炉中钎焊工艺技

术研究。通过设计、制作托承工装、装夹工装及定位销解决了装配定位问题;用丙酮调制剂使得焊接过程中不通入氩气完全能获得合格焊缝,达到节能降耗、降低成本的目的;建立焊接参数实现了腔体炉中钎焊,保证了生产顺利进行;通过焊后退火有效消除焊接应力,有效控制焊接变形、稳定尺寸;采取喷砂、电镀以及浸渍DJB-823固体薄膜保护剂等表面处理从根本上杜绝了腐蚀斑点的出现,从而保证了表面质量。
该工艺方法具有经济性、可靠性及稳定性,同时对类似材料及类似零件的炉中钎焊也具有借鉴作用。

[参考文献]

[1]于核准贵州航天工业有限责任公司及一致行动人公告贵州航天电器股份有限公司收购报告书并豁免其要约收购义务的批复[J].中国证券监督管理委员会公告,2009,(08):38.
[2]王洪光,实用焊接工艺手册[M].北京:化学工业出版社,2010.
[3]姬雄帅,孙良,周勇,等.亚共晶铝铜钎料炉中钎焊工艺研究[J/OL].热加工工艺,1-5[2025-04-09].
[4]李文学,李杰.铝钎焊接技术在铝壳体中的应用[J].科学技术创新,2020,(35):189-190.

作者简介:

胡阔鹏(1989--),男,汉族,山东泰安人,硕士,工程师,主要研究方向:材料加工工艺研究。