

# 分离型热管散热器真空钎焊

许先果

重庆 重庆大学 (630044)

吴育东

湖南 株洲电力机车研究所 (412100)

**摘要** 结合分离型热管散热器的结构特点及使用性能, 对选用真空钎焊所涉及的钎焊接头设计、焊接材料选择、焊件表面制备等方面进行了深入地分析、研究和设计, 对钎焊工艺过程、温度、加热时间、加热速度等参数采用微机控制。试验结果和产品应用情况表明, 可获得满意的钎焊质量。

**关键词** 真空钎焊 热管散热器 微机控制

采用热管新技术所研究开发设计的用于某新产品的新型分离型热管散热器, 其主要结构为: 由上下联箱 (壁厚为 4 mm)、上下联箱连接相通所用的 60 根直径 16 mm、壁厚 1 mm 的换热管、换热管套有的 45 片厚度 0.5 mm 翅片。翅片、上下联箱底板上均开有一定的间距的 60 个孔, 与换热管分别相连。热管散热器的主要结构如图 1 所示。

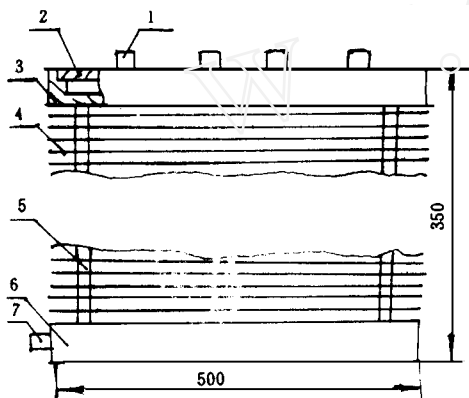


图 1 热管散热器主要结构

1. 排气管 2. 3. 联箱端板、底板

4. 翅片 5. 换热管 6. 下联箱 7. 水联接管

翅片、联箱和换热管的材质均为紫铜, 翅片与换热管、换热管与上下联箱底板的连接均采用焊接。综上所述, 热管散热器的结构复杂, 焊缝部位分布密集, 焊接量大, 多为薄片薄壁管的焊接, 焊接方法不当或规范参数不妥, 焊后变形较大。其中, 薄片翅片的焊后变形不仅影响相关结构尺寸, 而且还会影响热管的传热性能。

为满足分离型热管散热器的使用要求, 焊后不仅要求翅片与管的焊接牢固, 满足散热器配置于某产品用于机车运行所具有的振动条件下长期工作, 使用寿命不低于 3 000 h, 同时上下联箱与换热管的钎缝焊后需承受 0.25 MPa 的水压试验, 水压试验 24 h 内, 0.25 MPa 的压力无明显下降。整个装置系统真空抽至  $133.322 \times 10^{-3}$  Pa, 关闭阀门在 24 h 内真空度若有下降, 但不得低于  $133.322 \times 10^{-2}$  Pa。

根据分离型热管散热器的结构特点和使用性能要求, 对热管散热器决定采用真空钎焊, 一次完成主要钎缝部位的焊接, 即 45 片翅片与 60 根换热管的 2 700 个管片接缝焊和 60 根换热管与上下联箱底板的 120 个管板接缝焊。

## 1 焊接接头的设计

### 1.1 管板接头设计

上下联箱底板钻孔孔径为 16.1 mm, 以保证换热管的插入及钎焊间隙的预留。此外, 分别在上下联箱底板钻孔的一侧倒角 15° 倒角高度 1.5 mm, 为预置钎料和钎料流入管板接缝提供方便。

### 1.2 翅片与换热管接头设计

翅片采用两次加工完成, 第一次为钻孔, 孔径 12 mm, 第二次采用冲模扩孔, 使翅片孔径 16.1 mm, 并获得翅片钝边高度为 2.0 mm。冲模扩孔后的翅片与换热管连接上部可方便地预置钎料, 翅片钝边高度有利于扩大与换热管的接触面积, 从而增加钎缝面积, 提高钎缝强度。

管板接头设计如图 2 所示, 翅片与换热管接头设计如图 3 所示。

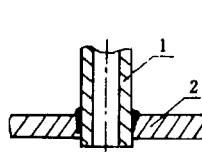


图 2 管板接头设计

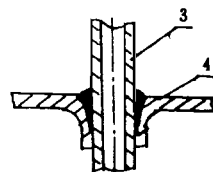


图 3 管片接头设计

1. 换热管 2. 联箱底板 3. 换热管 4. 翅片

## 2 钎料的选择和预置

### 2.1 钎料的选择

由于热管散热器上下联箱、换热管和翅片的材质均为紫铜, 所选择的钎料与紫铜的润湿性及填充性要好; 为满足振动条件下钎缝应具有较高强度和塑性, 真空钎焊使用的钎料应

不含挥发元素, 钎焊前能快速和方便地预置钎料, 钎焊后水压试验和气密试验后, 上下联箱还需与端盖火焰钎焊, 故选择的钎料为熔点较高、焊丝直径为 1.0 mm 的 BA g50Cu。

## 2.2 钎料的预置

### (1) 翅片与换热管钎缝的钎料预置

将所选择的钎料丝绕成内径为 16 mm 的圆环, 圆环圈数为 1.5 圈, 套入换热管并预置于管和翅片的上部连接处。

### (2) 换热管与上下联箱底板钎缝的钎料预置

将所选择的钎料丝绕成内径为 16 mm 的圆环, 因上下联箱底板孔的长度尺寸为 4.0 mm, 故管与板接缝的填充金属所需较多。所以圆环的圈数增至为 2.75 圈, 再套入换热管预置于管与联箱底板的上部连接处。

## 3 焊件表面制备、装配及钎料预置和装炉

### 3.1 焊件表面制备

热管散热器的所有部件包括翅片、换热管和上下联箱底板, 在真空钎焊前都必须进行表面油污清除、去表面氧化膜、中和光泽处理和烘干等工序。

(1) 表面油污清除 采用丙酮有机溶剂浸泡 7 min 后, 用干净棉纱擦去油污, 再用清水将焊件上的处理液清洗干净。

(2) 清除表面氧化膜 将焊件放入含 12% HCl 水溶液浸泡 8 min, 随后用 60℃ 的温水将焊件上的残留酸液冲洗干净。

(3) 中和光泽处理 将焊件放入 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 水溶液浸泡 6 min 后, 用 60℃ 的温水将焊件上残留液冲洗干净。

(4) 烘干 将中和光泽处理后的焊件随即放入 110℃ 的烘箱内, 烘干焊件表面的水分。

经过表面处理后的焊件应用清洁干燥的封闭容器保存和运送, 存放时间不超过 24 h, 尽快完成钎焊, 以减少焊件重新被污染和氧化的可能性。

### 3.2 散热器装配和钎料预置

散热器装配和钎料预置的顺序为: 固定下联箱底板, 将换热管分别插入底板的对应孔中, 校正好换热管与底板的装配尺寸后, 再将绕制成 2.75 圈内径为 16 mm 的钎料丝圆环套入相应管上并预置于管板相接的上侧一端。再套入第一层翅片, 并注意将翅片倒角部位置于上方, 校正翅片与底板的间距尺寸后, 将绕制成 1.5 圈内径为 16 mm 的钎料丝圆环套入换热管并预置于翅片与管相接的上侧一端。在此之后, 套入第二层翅片, 并校正第二层翅片与第一层翅片的间距尺寸, 预置钎料焊丝的方法如前所述。依此顺序, 直至套入最后一层翅片和预置钎料焊丝后, 在换热管上装入联箱底板, 并校正好该联箱底板与最后一层翅片的间距尺寸, 再在管板连接上侧一端套入 2.75 圈内径为 16 mm 的钎料圆环, 并紧靠管板连接部位。

### 3.3 装炉

首先将不锈钢盘放入真空室, 再在不锈钢盘上面放入高温陶瓷垫片, 最后将完成组装和钎料预置完备的热管散热器水平放置在垫片上。

## 4 钎焊工艺过程及微机监控

对于热管散热器的真空钎焊, 由于散热器各部件厚度相差较大, 如翅片厚度仅为 0.5 mm, 上下联箱底板厚度为 4 mm, 所以真空钎焊工艺参数的选取是否合理, 如焊件的加热温度、加热时间、加热速度和保温时间等规范参数的大小对保证钎接头质量都有重要的影响。由于热管散热器的翅片较薄及应用在机车振动条件下工作, 所以在焊接过程中, 要采取措施减少焊接变形和保证接头的强度。加热温度过高, 容易导致钎料与母材的相互作用过强, 产生脆性化合物层、晶间渗入等问题, 影响接头强度降低。同时, 过快的加热速度, 对厚薄相差较大的散热器部件, 会因焊件温度不均而产生内应力, 致使焊件变形, 尤其是翅片的焊接变形最为显著, 从而破坏散热器的结构尺寸和使用性能。

针对热管散热器的结构特点和钎缝形式, 在对翅片、换热管及上下联箱底板分别所作的钎焊工艺试验, 综合分析焊件的加热温度、加热时间、加热速度和保温时间等参数对钎缝质量影响相关的工艺后, 制定了热管散热器的真空钎焊工艺过程和工艺参数。首先开动装配好散热器的真空炉的机械真空泵, 待系统达到约 5 Pa 后接通扩散泵, 将真空度抽至 15.0 MPa 时, 开始升温加热。升温加热的温度、加热的速度及加热的时间和保温时间的关系如图 4 所示。整个钎焊工艺过程和主要规范参数由微机监控。钎焊后为加快真空炉的冷却速度, 可向真空炉通入 Ar 气, 待真空室温度低于 60℃ 后, 热管散热器出炉。

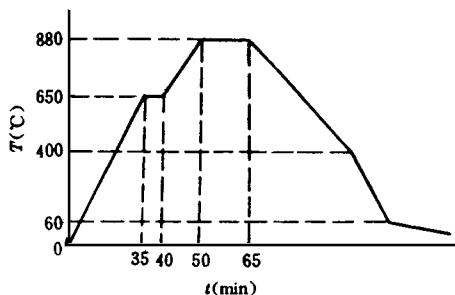


图4 热管散热器真空钎焊温度时间关系曲线

## 5 焊后检漏及补焊和联箱端板钎接

(1) 将真空钎焊后的热管散热器置于专用设计的检漏试验台上, 从下方的供水管送入自来水, 等水从上方的排水管道出后, 关闭排水阀, 使系统压力保持 0.25 MPa, 再关闭供水阀, 仔细检查各管板焊口有无液体渗出, 凡有泄漏处, 采用钎料 BA g40CuZnCd、焊丝直径为 1.0 mm, 火焰钎焊逐一补焊。上述工作反复进行, 直到能持续 10 min 将水压维持在 0.25 MPa, 方可认为水压试验合格。

(2) 采用钎料 BA g40CuZnCd, 焊丝直径为 1.0 mm 的火焰

# LF<sub>2</sub> 铝镁合金料仓壳体的人工 TIG 焊

曹维睿

甘肃兰州 兰化化工建设公司(210047)

**摘要** 针对 LF<sub>2</sub> 铝镁合金料仓壳体焊接变形大等特殊问题, 采用了相应的手工 TIG 焊接工艺, 平焊时在焊缝背面加置不锈钢垫板, 横焊时在焊缝内侧增设金属胀圈, 封底层时用氩弧重熔法焊接, 有利地控制了焊接变形。经实际应用, 焊接质量达到了设计要求。

**关键词** 铝镁合金 料仓壳体 手工 TIG 焊 工艺 变形控制

铝合金具有优良的耐腐蚀性能及导热性能, 低温时机械性能良好, 密度小, 容易进行压力加工, 因而在石化、机械、航天等工业部门得到了广泛应用。关于铝合金的焊接, 除了手工电弧焊、脉冲氩弧焊、气焊以外, 手工 TIG 焊是较为完善、应用最为广泛的方法。但由于铝合金的热膨胀系数大、导热系数大, 而弹性模数较小, 因此在焊接过程中焊接变形较大, 其中以焊缝的凸凹变形即翘曲变形与收缩变形最为严重, 因此给焊接质量的保证带来很多困难。日前, 兰化化工建设公司南京指挥部在承担扬子石化公司塑料厂聚乙烯装置改造工程的铝镁合金料仓的焊接中, 成功地采用了手工 TIG 焊。

## 1 料仓结构

材质: 二号防锈铝 (LF<sub>2</sub>) (以下简称板材), 规格:  $\delta = (8/10/12)$  mm; 结构形式: 正圆锥形仓顶、圆柱形筒体、偏心锥底。

## 2 焊接机具及相关用料

焊接电源设备采用国产交流氩弧焊机 (型号为 BX<sub>3</sub>-500-2)。所用氩气纯度不低于 99.96%, 含水量不大于 50 mg/m<sup>3</sup>。若氩气中杂质与含水量超标, 则直接影响焊接质量。根据焊丝含镁量等于或稍高于母材含镁量的原则, 选用 S331 焊

丝, 电极材料为直径 5.0 mm 国产铈钨棒。

## 3 焊接工艺参数

3.1 制定焊接工艺的依据 根据供货板材的规格画出排版图, 按照排版图下料产生壳体组对带板上的瓣片。各带板上的瓣片按一定顺序组对焊接后, 留一道纵缝, 该带板在卷板机上卷制成形, 最后进行剩余纵缝的焊接和各带板组对后产生的环缝的焊接。由于板材厚度不同 (共有 8、10、12 mm 三种), 焊接时施焊方位也不尽相同, 所以制定了相应的焊接工艺。在指导焊工培训工作中, 不断调整和改进有关工艺参数, 焊工经考试合格后方可正式上岗进行焊接。

3.2 焊接工艺 板材各带板上的瓣片组对的纵缝平焊、环缝横焊、纵缝立焊及焊道顺序示意图见图 1。焊接工艺见表 1。

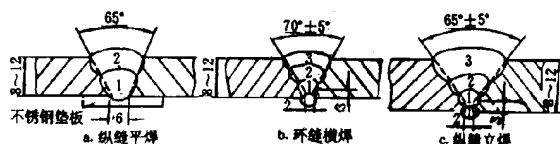


图 1

钎焊, 将上下联箱端板焊上后, 将上下联箱端板上的蒸汽管与回液管端头以上述火焰钎焊密封, 从排气管处抽真空到  $133.322 \times 10^{-3}$  Pa, 用氦质谱检漏仪检查有无漏点。若发现漏点, 立即标明并采用前述火焰钎焊补焊。补焊完毕, 将系统真空抽至  $133.332 \times 10^{-3}$  Pa, 关闭阀门, 在 24 h 内真空度下降, 但不低于  $133.322 \times 10^{-2}$  Pa。

## 6 结论

(1) 对于结构复杂、焊缝密集、焊缝数量多、焊接变形要求较高的热管散热器, 选用真空钎焊, 一次完成主焊缝, 既能保证焊接质量, 又极大地节约了工时, 具有较大的经济效益。

(2) 分离型热管散热器经真空钎焊小批量生产后, 与某产品配套使用, 在机件振动的工作条件下使用效果良好。

(3) 为进一步减少翅片真空钎焊过程中的变形, 可在真空钎焊前, 在翅片间周边位置加入一定数量的衬块, 待钎焊后将衬块取出。

## 参考文献

- 1 美国焊接学会钎焊委员会 钎焊手册 北京: 国防工业出版社, 1982
- 2 邓健 钎焊 北京: 机械工业出版社, 1979
- 3 邬振耀等 制冷与空调 上海: 上海交通大学出版社, 1991  
(收稿日期: 1996-10-24)