

铝合金液冷冷板的搅拌摩擦焊

冯杏梅¹, 简波², 冯展鹰¹, 谭锦红²

(1.南京电子技术研究所, 江苏 南京 210013; 2.中国搅拌摩擦焊中心, 北京 100024)

摘要:针对钎焊工艺条件下铝合金液冷冷板钎焊缝存在的技术问题,对比分析了搅拌摩擦焊工艺技术在铝合金液冷冷板焊接应用上的技术优势,指出了采用搅拌摩擦焊工艺进行铝合金液冷冷板非实体结构的焊接时,要获得满意的接头焊接质量的前提是结构需满足一定的焊接接头设计要求。在试验基础上对搅拌摩擦焊的6063铝合金液冷冷板焊接表面压入量、焊接变形情况、焊接匙孔处理方法、焊接接头耐压性能和焊接接头组织状况进行了分析研究。

关键词:铝合金冷板;搅拌摩擦焊;钎焊

中图分类号: TG453+.9

文献标识码: A

文章编号: 1001-2303(2008)05-0038-03

Application of FSW technology on the cold aluminum board

FENG Xing-mei¹, JIAN Bo², FENG Zhan-ying¹, TAN Jin-hong²

(1.Nanjing Research Institute of Electronic Technology, Nanjing 210013, China; 2.China FSW Center, Beijing 100024, China)

Abstract: In allusion to existing problems in the brazing of cold Aluminum board, the advantages of FSW technology applying on it were analyzed in this paper. Based on experiments, indicating some requirements of welding joint structure of non-solid state cold Aluminum board must be met under FSW for satisfied quality. The plunge depth, deformation, processing methods of key hole, pressure tightness and microstructure of the FSW joint of the 6063 cold Aluminum board were studied.

Key words: aluminum cooling board; friction stir welding(FSW); brazing

0 前言

固态有源相控阵雷达阵面的电子元器件导热的铝合金液冷冷板,具有加工精度高、结构复杂、冷却效率高的特点,冷板在高低温、冲击震动等苛刻工况下,须承受1.5~2 MPa 液压而不允许出现泄漏现象,因此冷板表面焊缝不仅要求可靠连接,而且要求达到较高的强度指标。一直以来,底板和盖板结构设计的铝合金液冷冷板多采用铝钎焊工艺进行焊接^[1],如图1所示。

1 钎焊工艺存在的问题

钎焊工艺灵活,焊接变形小,可成批生产,生产效率^[2],但存在接头强度低,对零件加工和装配要求高的问题,尽管可以通过前期控制冷板盖板及底板零件精度来保证冷板的装配效果,但钎焊加热过程中结构的变形使盖板与冷板底板之间形成了复

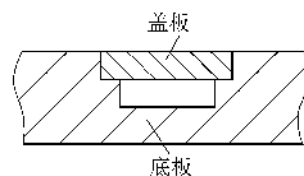


图1 液冷冷板水道剖面结构

杂的配合效果,最显著的问题是冷板整条焊缝的配合间隙不一致,难以保证复杂的曲线焊缝得到一致的连接深度和强度,同时钎焊过程中部分钎剂钎料极易渗流到液流通道中占据水道截面,从而影响冷板的流量,如图2所示。

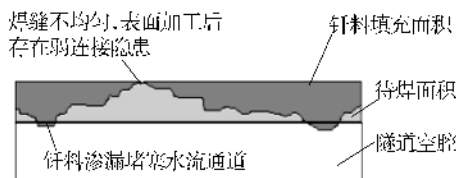


图2 冷板钎焊焊缝存在的问题

随着雷达技术指标不断提高,各种元器件的集成度也大大提高,冷板表面元器件的贴装方式从单

收稿日期:2007-12-03

作者简介:冯杏梅(1967—),女,江苏南京人,高级工程师,硕士,主要从事焊接工艺及专项课题研究。

面逐步发展到双面,这就要求冷板在钎焊后对包括钎缝表面的上下面进行铣加工,以达到一定的贴装平面度要求,由于钎焊缝上部致密的圆角钎缝被加工去除带来了冷板的泄漏问题,因此双面贴装液冷冷板的报废率一直持续不下。

2 采用搅拌摩擦焊技术焊接铝合金冷板的技术优势和问题

2.1 技术优势

搅拌摩擦焊技术是一项固相连接技术,与钎焊方法相比,该焊接方法不需焊料、焊剂,不会出现冷板水道的异物堵塞现象,将搅拌摩擦焊技术应用于铝合金液冷冷板构件的焊接可以解决钎焊工艺存在的以下技术问题。

(1)钎焊结构冷板钎缝强度低,搅拌摩擦焊焊缝可达到或接近母材强度。

(2)钎焊结构冷板焊缝致密性欠佳,搅拌摩擦焊

工艺可保证整个焊缝接头获得均匀一致的焊接深度和锻造态的致密焊缝组织,保证了冷板双面加工后的焊缝的密封性。

(3)钎焊冷板材料仅限于 6063 及 3A21 铝合金材料,采用搅拌摩擦焊工艺后可采用高强度铝合金材料制造冷板。

(4)冷板钎焊前后需要严格清洗,搅拌摩擦焊焊前不需要严格的表面清洗去除氧化膜,焊后无需清洗,简化了冷板制造工艺。

2.2 冷板搅拌摩擦焊主要技术问题

(1)冷板搅拌摩擦焊结构与工艺性研究。

由于搅拌摩擦焊过程中要求对工件施加一定的压力,因此待焊工件必须具有一定的刚性,搅拌摩擦焊较适合实体构件的焊接,对于铝合金冷板这种内部有空腔结构的非实体构件焊接时较大的 Z 向压力容易导致焊缝隧道及局部塌陷,从而造成焊缝缺陷及内腔成形不良,如图 3 所示。

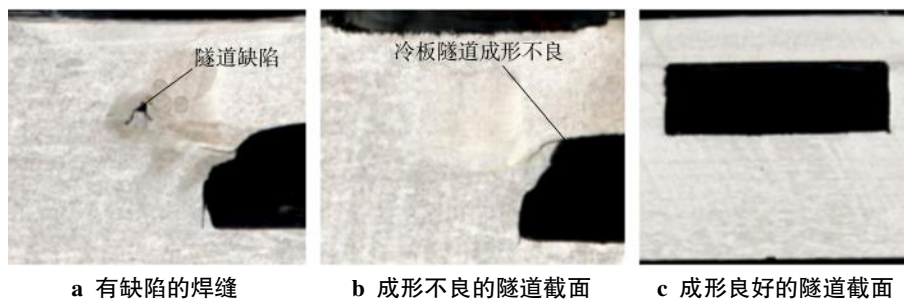


图 3 冷板焊缝接头剖面(15x)

通过对不同结构比例的冷板接头试件进行搅拌摩擦焊焊接试验,全面考察冷板焊缝成形效果,尤其将冷板各个技术特征部位,如盖板转角,搅拌头引入处、引出处进行解剖观察,最终掌握了搅拌摩擦焊工艺下的冷板接头形式和结构设计比例,如照片(图 4)在正确的焊接工艺参数下可获得满意的冷板焊接效果。



图 4 冷板解剖样件

观察图 5 冷板 X 射线无损探伤底片,冷板内腔

隧道均匀一致,隧道边缘成像清晰,无任何异物和焊缝缺陷,内部弯曲转角处成形理想。



图 5 冷板 X 射线探伤底片

(2)冷板搅拌摩擦焊焊缝成形及变形状况。

搅拌摩擦焊后的铝合金冷板表面焊缝特征与熔焊和钎焊焊缝明显不同,焊接过程中在轴向顶锻压力及搅拌头轴肩的作用下,焊缝表面向下有 0.2~0.5 mm 的下压量,可通过在冷板盖板结构设计中加

入一定的尺寸余量进行补偿。

尽管搅拌摩擦焊属于固相焊接,焊接温度相对较低(小于 490 ℃)^[1],但由于冷板焊缝集中在冷板单侧面,焊后表面仍有一定的平面变形,变形大小与冷板盖板厚度、焊缝布局密集程度有直接关系,焊接变形可通过焊后机械校正或热校平进行矫正,焊接过程中采用刚性夹具夹持可改善冷板平面度。

(3)搅拌摩擦焊焊后匙孔的处理。

由于搅拌摩擦焊焊后搅拌头的回抽,难免在冷

板焊缝末端留有“匙孔”,对于冷板收尾部分的焊接匙孔可采用以下工艺措施解决:**a.**引出板将匙孔引出并加工去除;**b.**搅拌摩擦塞焊补焊;**c.**将匙孔留在冷板待加工的减轻孔及安装孔的位置。

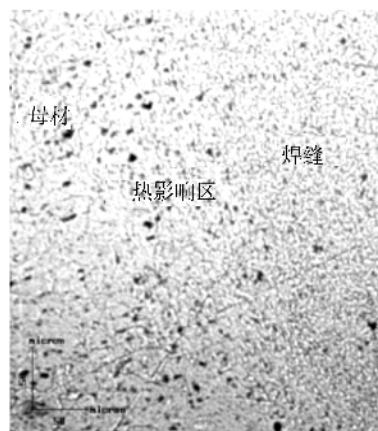
3 冷板金相试验及打压试验

3.1 冷板接头组织

图 6a 为 6063 铝合金冷板母材的金相组织,图 6b 为铝合金冷板搅拌焊接头的金相组织。



a 6063 铝合金母材组织



b 冷板焊缝接头组织

图 6 冷板接头组织照片

由于搅拌摩擦焊过程中热输入少,铝合金导热性良好,冷板搅拌摩擦焊接头不存在明显的热影响区,无晶粒长大的现象,热影响位置具有与母材相同的微观组织;焊缝区晶粒尺寸远小于母材晶粒尺寸,因此接头强度高。

3.2 冷板压力试验

将搅拌摩擦焊的铝合金冷板进行打压试验和流量检测,如图 7 所示。冷板加载 1.5 MPa, 15 min 后冷板表面无突起变形,焊缝无渗漏,冷板流量达标;连续加载到 4 MPa 冷板仍保持良好工作状态。

4 结论

(1)搅拌摩擦焊工艺焊接铝合金时,具有接头强度高、焊接变形小、焊缝一致性强、密封性能好且易于实现不同牌号铝合金焊接等优点,可用于高性能铝合金构件的焊接。

(2)采用合理的结构设计和工艺参数可获得焊缝成形美观、密封性良好的铝合金液冷冷板;冷板收尾的匙孔问题可以通过塞焊、引出板等工艺措施方法予以解决。

(3)搅拌摩擦焊的双面加工冷板密封及承载性



图 7 冷板打压照片

能远远超过设计要求,质量稳定,产品合格率可达 95%以上。

参考文献:

- [1] 宋君.相控阵雷达冷板的加工技术研究[J].电子机械工程,2002,18(3):59-62.
- [2] 余红华.铝钎焊技术在电子产品中的应用[J].电子机械工程,2003,19(3):55-59.
- [3] 王希靖.搅拌摩擦焊接头的温度检测[J].电焊机,2004,34(1):22-24.