

ICS 25.160.10

CCS J 33



CWA

团 体 标 准

T/CWAN 0087—2023

钛合金板翅式换热器芯体推荐钎焊工艺规程

Recommended brazing process specification for titanium alloy plate-fin heat exchanger cores

2023-12-11 发布

2023-12-31 实施

中国焊接协会 发布

目 次

| | |
|-------------------|----|
| 前 言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 基本要求 | 1 |
| 5 钎焊材料 | 2 |
| 6 设备与工装 | 2 |
| 7 钎焊工艺过程 | 3 |
| 8 钎焊质量要求 | 4 |
| 9 检验 | 5 |
| 10 包装、运输和贮存 | 5 |

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国焊接协会提出并归口。

本文件起草单位：洛阳船舶材料研究所（中国船舶集团有限公司第七二五研究所）、郑州机械研究所有限公司、中国机械总院集团哈尔滨焊接研究所有限公司、河南科技大学、北京星航机电装备有限公司、郑州航空工业管理学院、哈尔滨工业大学、哈尔滨职业技术学院、新乡航空工业（集团）有限公司、江苏科技大学、北部湾大学、合肥工业大学、华北水利水电大学。

本文件主要起草人：廖志谦、胡伟民、秦建、余魏、吕逸帆、刘希林、雷小伟、高福洋、高奇、杨胜利、刘千里、沈元勋、黄瑞生、钟素娟、徐锴、马佳、于奇、潘建军、魏世忠、武鹏博、宋晓国、张丽霞、刘万村、方乃文、樊喜刚、魏永强、马一鸣、罗玖田、刘大双、王星星。

钛合金板翅式换热器芯体推荐钎焊工艺规程

1 范围

本文件规定了钛合金板翅式换热器芯体钎焊工艺的术语和定义、基本要求、钎料选择、钎焊工艺的
施工过程、质量要求、检验及包装、运输和贮存等内容。

本文件适用于钛合金板翅式换热器芯体的钎焊工艺与质量控制。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中、注日期的引用文件、
仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件、其最新版本（包括所有的修改单）适用于
本文件。

GB/T 1452 夹层结构平拉强度试验方法

GB/T 1453 夹层结构或芯子平压性能试验方法

GB/T 1457 夹层结构滚筒剥离强度试验方法

GB/T 3621 钛及钛合金板材

GB/T 3622 钛及钛合金带、箔材

GB/T 5193 钛及钛合金加工产品超声检验方法

GB/T 8180 钛及钛合金加工产品的包装、标志、运输和贮存

GB/T 33148 钎焊术语

GB/T 38982 钛及钛合金加工产品外形尺寸检测方法

JB/T 6966 钎缝外观质量评定方法

3 术语和定义

GB/T 33148 界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

板翅式换热器 plate-fin heat exchanger

一种间壁式换热器、主要由隔板、翅片、封条、导流片等零件组装后进入钎焊炉钎焊而成。

3.2

塌陷 subside

钎焊过程中、由于内部翅片强度不够发生倒伏、使钛合金换热器芯体整体下凹。

4 基本要求

4.1 人员

- 4.1.1 掌握真空钎焊相关知识、经专业培训后持证上岗。
- 4.1.2 掌握环境保护和职业健康安全相关知识、能解决工艺过程中出现的问题。
- 4.1.3 掌握真空钎焊设备、仪器操作方法。
- 4.1.4 按照工艺要求进行操作、并填写工艺记录表。

4.2 环境

- 4.2.1 工作场所整洁有序、照明良好。
- 4.2.2 工作台面干净、物料摆放整齐。
- 4.2.3 钎焊厂房设有通风装置、防火防爆措施。

4.3 安全

- 4.3.1 设备电源应可靠接地、定期对水、电、气进行安全检查。
- 4.3.2 设备在检定合格期内、按使用说明书及安全操作规程使用。
- 4.3.3 易燃易爆品的管理应遵守工厂技术安全的有关规定。

5 钎焊材料

5.1 母材

钛合金板材应符合 GB/T 3621 的规定、钛合金箔应符合 GB/T 3622 的规定。

5.2 钎料

- 5.2.1 钎料形态包括丝、棒、箔、粉、颗粒及预成型等、推荐选用箔状及粉状钎料。
- 5.2.2 钎料推荐选用液相线温度在 940°C 以下的钛基与钛锆基钎料、牌号及主要成分参照表 1。

表 1. 钛合金换热器芯体钎焊推荐用钛基与钛锆基钎料

| 牌号 | 合金元素含量（质量分数、%） | | | | 熔化温度/°C | 钎焊温度/°C |
|-----------------|----------------|-------|-------|----|---------|---------|
| | Zr | Cu | Ni | Ti | | |
| BTi-2(MBF-5006) | — | 15 | 25 | 余量 | 901~914 | 930~950 |
| MBF-5011 | | 18.5 | 27.5 | | 910~920 | 970~980 |
| MBF-5012 | | 20 | 20 | | 915~936 | 950 |
| Type 1515 | 35 | 15 | 15 | | 770~820 | 850~950 |
| CTEMET 1406 | 62 | 13 | 14 | | 770~833 | 860~890 |
| Ti47Zr16Cu25Ni | 15~17 | 24~26 | 11~13 | | 898 | 930~950 |
| Ti57Zr11Cu20Ni | 10~12 | 19~22 | | | 816~817 | 850~910 |

6 设备与工装

6.1 真空钎焊炉

真空钎焊炉的有效加热区尺寸应满足工件的使用要求、真空钎焊炉最高温度 1200 °C、温控精度 ± 3 °C；极限真空度 1.0×10^{-4} Pa、真空钎焊炉的升温及冷却速率应满足钎焊热循环的要求。当真空钎焊炉未使用时间超过一个月时、使用前应进行烘炉操作。

6.2 辅助设备

超声波清洗机、点焊机、喷砂机等辅助设备应满足钛合金板翅式换热器芯体真空钎焊工艺要求。

6.3 工装

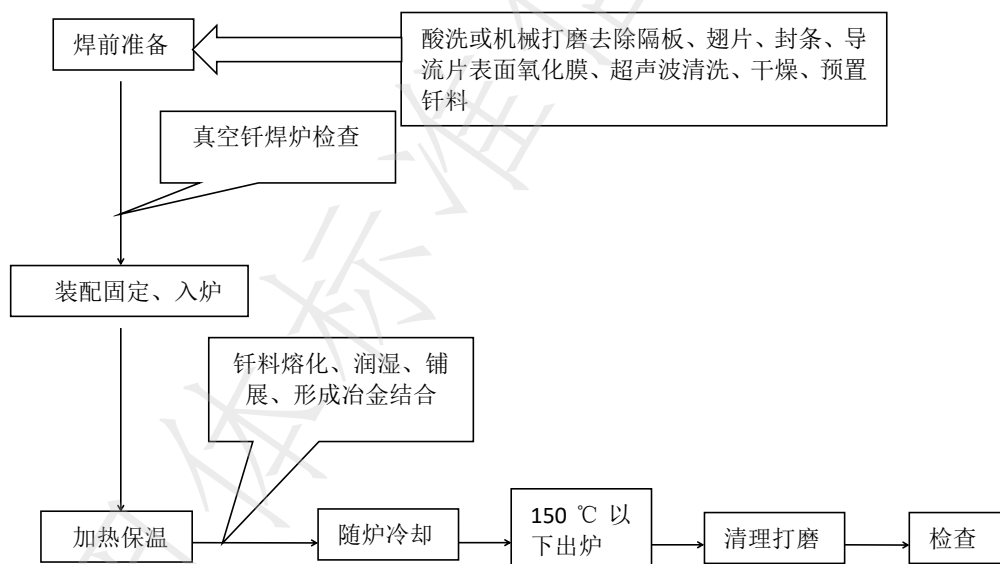
6.3.1 工装在钎焊钎焊过程中应保持尺寸稳定性和足够的强度、刚度、并有保持合适钎缝间隙的能力。

6.3.2 工装采用热容量小、不污染钎焊环境的材料、推荐采用高温铸钢。

7 钎焊工艺过程

7.1 钎焊工艺流程

钛合金板翅式换热器芯体真空钎焊工艺流程见图1。



7.2 操作工艺内容

7.2.1 焊前准备

7.2.1.1 根据GB/T 38982检测方法测量翅片、封条、隔板尺寸、将超出图纸公差范围的翅片、封条、隔板做报废处理。

7.2.1.2 钛合金零件酸洗或机械打磨后进行超声清洗、酒精浸泡、干燥备用。

7.2.1.3 片状或箔状钎料应裁剪成与钎焊面相近片状备用、粉状钎料应与粘结剂调制成膏状备用。

7.2.2 装配固定

7.2.2.1 按照图纸要求进行装配与固定、严格控制翅片、封条和隔板的安放次序和相互位置。

7.2.2.2 将钎料预置于隔板上、再依次放置翅片和封条、隔板、翅片、封条按图纸顺序依次摆放。

7.2.2.3 钎缝间隙一般控制在0.03 mm~0.15 mm、其最佳间隙数值应由试验评审后确定。

7.2.2.4 当采用箔状钎料时、可采用点焊机进行钎料定位。

7.2.2.5 根据实际情况确定钎料用量、防止钎料无序流动。

7.2.3 序间检查

组件装配、固定后应符合技术文件要求、钎料摆放使用应符合工艺要求。

7.2.4 钎焊加热

7.2.4.1 入炉

待焊钛合金板翅式换热器芯体送入真空钎焊炉后、在真空钎焊炉底座铺设海绵钛。抽真空、待真空压强不大于 $1 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 后方可加热升温。

7.2.4.2 钎焊温度

钎焊温度应比钎料液相线高 $30 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、推荐选用钎料的钎焊温度范围可参照表1。

7.2.4.3 加热速度和保温时间

加热速度和保温时间需结合钛合金板翅式换热器芯体体积大小等因素综合考虑。真空钎焊钛合金板翅式换热器芯体时、推荐加热速度和保温时间如表2。

表2. 真空钎焊钛合金板翅式换热器芯体推荐加热速度和保温时间

| 钎焊方法 | 芯体体积 (cm^3) | 推荐加热速度 ($^{\circ}\text{C}/\text{min}$) | 推荐保温时间 (min) |
|------|------------------------|--|--------------|
| 真空钎焊 | ≥ 1000 | 10~20 | 30~50 |
| | < 1000 | 20~30 | 10~30 |

7.2.5 随炉冷却

钎焊结束后工件随炉冷却至 $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下方可从真空钎焊炉中取出。

7.2.6 焊后处理

钛合金板翅式换热器芯体表面多余的钎料可采用磨削或锉修的方法进行修正。

7.3 钎焊工艺验证

7.3.1 当出现下列情况之一时均应进行真空钎焊工艺验证：

- a) 新产品投产；
- b) 钎焊材料、钎焊温度等工艺参数变化；
- c) 更换钎焊材料生产厂家；
- d) 采用新的真空钎焊炉；
- e) 真空钎焊炉大修、改造或搬迁；
- f) 超过一月未使用的真空钎焊炉重新投入使用。

7.3.2 钎焊工艺验证应采用工件或与工件母材和钎料相同的钎焊试件进行。

7.3.3 钎焊工艺验证确定的工艺参数应纳入工件的钎焊生产工艺文件中、钎焊工艺验证试验结果应按规定记录并存档。

8 钎焊质量要求

8.1 尺寸及偏差

应根据GB/T 38982规定方法检查钛合金板翅式换热器芯体尺寸及公差是否满足图样要求、焊后需进行加工钛合金板翅式换热器芯体应保证有足够的余量以满足最终尺寸要求。

8.2 外观质量

8.2.1 钎缝外露部位均应有钎料、钎缝应光滑连续。

8.2.3 钎缝不允许存在以下缺欠

8.2.3.1 影响使用的过烧、焊瘤、未焊透、溶蚀等缺欠。

8.2.3.2 钛合金隔板与内部翅片脱焊、钎缝处存在穿透性缺欠。

8.2.3.3 钛合金板翅式换热器芯体内部翅片被压溃、钛合金板翅式换热器芯体整体产生塌陷缺欠。

8.2.4 钛合金板翅式换热器芯体应通过密封性试验、具体打压压力及保压时间要求应由供需双方协商确定。

8.2.5 钛合金板翅式换热器芯体力学性能应由供需双方协商确定。

9 检验

9.1 检验规则

9.1.1 钛合金板翅式换热器芯体在焊前准备、装配与固定、焊后处理后均应进行检验。

9.1.2 钎缝应进行 100%目视外观检验、必要时使用 5~10 倍放大镜观察、对于有阻挡视线、不能直接目视的部位可采用反光镜观察。

9.2 检验方法

9.2.1 外观检验按照 JB/T 6966 的规定执行。

9.2.2 裂纹、疏松和气孔等表面缺欠采用渗透法检验。

9.2.3 钎缝的内部缺欠按照 GB/T 5193 的规定执行。

9.2.4 使用专用打压平台进行打压。

9.2.5 平拉强度测试按照 GB/T 1452 的规定执行、平压强度测试按照 GB/T 1453 的规定执行、滚筒剥离强度测试按照 GB/T 1457 的规定执行。

10 包装、运输和贮存

产品的包装、运输和贮存应符合GB/T 8180的相关规定。