



中华人民共和国国家标准

GB/T 43765—2024

航天功能镀覆层 颗粒增强金属基复合材料焊接镀覆层

Space functional coatings—Solderable coatings on particlereinforced metal matrix composites

2024-03-15发布

2024-07-01实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 技术要求 1

5 试验方法 3

6 检验规则 4

7 标识和随行文件 6

8 包装、运输和贮存 6

附录 A (规范性) 耐高温试验方法 7

附录 B (规范性) 常压热循环试验方法 8

附录 C (规范性) 释氢量测试方法 9

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。

请注意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。

本文件由全国宇航技术及其应用标准化技术委员会(SAC/TC 425)、全国金属与非金属覆盖层标准化技术委员会(SAC/TC57)提出并归口。

本文件起草单位：北京卫星制造厂有限公司、中国航天标准化研究所、中国机械总院集团武汉材料保护研究所有限公司、北京星驰恒动科技发展有限公司、中国电子科技集团公司第三十八研究所、航天材料及工艺研究所、上海航天设备制造总厂有限公司、中国科学院金属研究所、西安空间无线电技术研究所、北京遥感设备研究所、西安航天发动机有限公司。

本文件主要起草人：崔庆新、曹克宁、王冬、白晶莹、冯立、王甜甜、张德忠、杨鑫、赵激景、卢海燕、叶辉、翟运飞、王东、黄光荪、王敏、顾栩涵、杨战争、张杭、郑琰、冯磊、赵阔、易娟。

航天功能镀覆层 颗粒增强金属基复合材料焊接镀覆层

1 范围

本文件规定了颗粒增强金属基复合材料焊接镀覆层的技术要求、试验方法、检验规则、标识和随行文件及包装、运输和贮存。

本文件适用于铝基碳化硅、铜金刚石、铝硅等颗粒增强金属基复合材料电子封装用铅锡、金、化学镀镍焊接镀覆层的检验和验收,其他镀覆层的检验和验收参照使用。

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 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Db:交变湿热(12 h+12 h循环)

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分:按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB/T 3138 金属及其他无机覆盖层 表面处理 术语

GB/T 5270—2005 金属基体上的金属覆盖层 电沉积和化学沉积层 附着强度试验方法评述

GB/T 6462 金属和氧化物覆盖层 厚度测量 显微镜法

GB/T 13979 质谱检漏仪

GB/T 16745 金属覆盖层产品钎焊性的标准试验方法

GB/T 16921 金属覆盖层 覆盖层厚度测量 X射线光谱方法

GB/T 34522 航天器热真空试验方法

GB/T 34558 金属基复合材料术语

GB/T 33864 质谱仪通用规范

3 术语和定义

GB/T 3138、GB/T 34522和 GB/T 34558界定的术语和定义适用于本文件。

4 技术要求

4.1 镀覆前处理

产品在镀覆前,应先采用乙醇等溶剂或者采用其他方法去除油污后再进行镀覆处理。

4.2 镀层结构

焊接镀覆层一般由底镀层及面镀层组成,其要求如下:

- a) 底镀层应选用铜镀层或镍镀层等；
- b) 面镀层应选取铅锡、金、化学镀镍层等。

4.3 外观

4.3.1 一般要求

目视时,镀覆层色泽应均匀一致、无起泡、无针孔、无粗糙不平、无裂纹。

4.3.2 允许缺陷

镀层允许缺陷为：

- a) 由表面粗糙度、材料、状态差异导致的色泽差异；
- b) 非重要面上轻微的夹具接触痕迹；
- c) 边角与深凹处镀层颜色有差异；
- d) 直径小于或等于 6 mm,其深度大于 1倍孔径的盲孔内表面无镀层、深度大于或等于 2倍孔径的通孔(槽)内表面无镀层；
- e) 有局部镀的情况下,允许镀覆边界向非镀覆区域偏移,无设计要求时,偏移量不大于 2 mm。

4.3.3 不准许缺陷

镀层不准许缺陷为：

- a) 对性能、使用起到重要作用的表面上局部无镀层；
- b) 严重水渍；
- c) 镀层有烧伤及裂纹；
- d) 镀层起泡、脱落。

4.4 厚度

镀层厚度应符合表 1 的规定。当需方对镀层厚度有特殊有要求时,应经供需双方协商。

表 1 焊接镀覆层厚度

单位为微米

序号	镀覆层	总厚度	面镀层厚度
1	铅锡镀覆层	20~25	7~10
2	金镀覆层	8~15	1.5~3
3	化学镀镍镀覆层	7~12	—

4.5 附着强度

经热震试验后,镀覆层外观应满足 4.3 的要求。

4.6 可焊性

基材表面金属镀覆层经过可焊性测试后,焊料覆盖层应附着牢固、光亮、平滑、均匀。

4.7 耐高温性能

镀覆层应满足以下使用温度要求：

- a) 金镀覆层 :350 ℃ ;
- b) 铅锡合金镀覆层 :150 ℃ ;
- c) 镀镍镀覆层 :350 ℃ 。

经耐高温试验后,镀覆层外观应满足 4.3 的要求。

4.8 耐交变湿热性能

经 10个循环的交变湿热试验后,目视镀覆层表面应无腐蚀。

4.9 常压热循环

经 100次常压热循环试验测试后,镀覆层外观应满足 4.3 的要求。

4.10 真空热循环

经 8.5次真空热循环试验测试后,镀覆层外观应满足 4.3 的要求。

4.11 释氢量

镀覆层的释氢量应小于 $4\,000 \times 10^{-9}$ 。

5 试验方法

5.1 外观

在光照度不低于 300lx条件下,距产品约 350 mm 处,目视检验镀覆层外观,重要部位采用 10倍 ~ 40倍显微镜检验镀覆层外观。

5.2 厚度

按照 GB/T 6462中规定的显微镜法或按 GB/T 16921中规定的 X射线光谱方法测量镀覆层厚度。仲裁时按照 GB/T 6462中规定的显微镜法执行。

5.3 附着强度

按 GB/T 5270—2005 中规定的“热震法”。金镀覆层热震试验温度为 220 ℃,铅锡合金镀覆层的热震试验温度为 150℃,镀镍镀覆层的热震试验温度为 220℃,将产品或试样采用烘箱保温 1 h,然后放入室温水中骤冷。

5.4 可焊性

按 GB/T 16745的规定执行。

5.5 耐高温性能

按附录 A 的规定执行。

5.6 耐交变湿热性能

按 GB/T 2423.4—2008中第 3章规定的方法 1执行。

5.7 常压热循环

按附录 B 的规定执行。

5.8 真空热循环

按 GB/T 34522的规定执行。

5.9 释氢量

按附录 C 的规定执行。

6 检验规则

6.1 检验分类

本文件规定的检验分类如下：

- a) 鉴定检验；
- b) 交收检验。

6.2 检验环境条件

各检验应在下列环境条件下进行：

- a) 温度：15℃～35℃；
- b) 气压：当地环境大气压；
- c) 照度：≥300lx。

6.3 检验仪器及设备要求

检验用仪器及设备应满足如下要求：

- a) 检验用仪器及设备经计量合格，并在有效期内；
- b) 量程和精度满足产品检验要求。

6.4 检验项目

检验项目以及相应试验方法和要求应符合表 2 的规定。

表 2 检验项目表

序号	检验项目	鉴定检验	交收检验	要求章条号	试验方法章条号
1	外观	●	●	4.3	5.1
2	厚度	●	●	4.4	5.2
3	附着强度	●	●	4.5	5.3
4	可焊性	●	○	4.6	5.4
5	耐高温性能	●	○	4.7	5.5
6	耐交变湿热性能	●	—	4.8	5.6
7	常压热循环	●	—	4.9	5.7
8	真空热循环	●	—	4.10	5.8
9	释氢量	●	○	4.11	5.9
注：“●”为必检项目；“○”为可选项目(供需双方协商)；“—”为不检项目。					

6.5 鉴定检验

6.5.1 检验时机

有下列情况之一时,应进行鉴定检验:

- a) 新研工艺或新建生产线初次使用前;
- b) 溶液配方、基材材料、设备或工艺流程发生重大改变时;
- c) 设备、生产线停产超过两年再重新生产时。

6.5.2 检验数量及要求

鉴定检验受检样品数应不少于 5 件。当产品数量较少、价值昂贵或在产品上不具备测试试验条件时,可用与产品材质、表面状态、加工状态一致,并与产品一起同槽处理的替代试样来测试镀层的厚度、附着强度等性能。替代试样的尺寸为 $40\text{ mm}\times 40\text{ mm}\times (1\sim 2)\text{ mm}$ 或 $(\phi 20\sim \phi 100)\text{ mm}\times (1\sim 5)\text{ mm}$ 。

6.5.3 合格判据

合格判据如下:

- a) 其中一个检验项目不符合要求,则判定该检验项目鉴定检验不合格;
- b) 检验项目全部符合要求,则判定鉴定检验合格。

6.6 交收检验

6.6.1 检验时机

产品交付时,应进行交收检验。

6.6.2 检验数量

6.6.2.1 组批

镀覆层按需方产品需求组批交验,同批次产品应在同一时间、同一操作者、同一槽体、同一工艺参数下完成。

6.6.2.2 抽样方案

6.6.2.2.1 镀覆层应 100%进行外观检验。

6.6.2.2.2 当产品具备检验镀层厚度的条件时,可采用产品检验镀层厚度,取样数量按照 GB/T 2828.1 中一次正常检查抽样方案(检查水平 II)执行,或由供需双方协商确定。当产品不具备检验镀层厚度的条件时,采用替代试样检验,数量为 3 件,尺寸一般为 $40\text{ mm}\times 40\text{ mm}\times (1\sim 2)\text{ mm}$ 或 $(\phi 20\sim \phi 100)\text{ mm}\times (1\sim 5)\text{ mm}$ 。

6.6.2.2.3 附着强度、可焊性、耐高温性能采用替代试样检验,数量为 3 件,尺寸一般为 $40\text{ mm}\times 40\text{ mm}\times (1\sim 2)\text{ mm}$ 或 $(\phi 20\sim \phi 100)\text{ mm}\times (1\sim 5)\text{ mm}$ 。

6.6.2.2.4 释氢量替代试样数量由供需双方协商确定。

6.6.3 合格判据

合格判据要求如下。

- a) 检验项目全部符合要求,则判定该批产品合格。
- b) 检验项目中若外观不符合要求,则判定该件产品不合格。

- c) 检验项目中若取样产品镀层厚度不符合要求,则对产品 100%进行复检,复检镀层厚度合格则判定该件产品合格,复检镀层厚度不合格则判定该件产品不合格;若替代试样镀层厚度不符合要求,且产品不具备检验镀层厚度的条件,则判定该批产品不合格。
- d) 检验项目中若附着强度不符合要求,则判定该批产品不合格。
- e) 检验项目中若可焊性不符合要求,则判定该批产品不合格。
- f) 检验项目中若耐高温性能不符合要求,则判定该批产品不合格。
- g) 检验项目中若释氢量不符合要求,则判定该批产品不合格。

7 标识和随行文件

7.1 标识

标识一般在工程图、订购单、合同或产品说明书等文件中规定,标识内容一般包括但不限于基材材料、底镀层、中间镀层及面镀层的顺序、镀层厚度。

7.2 随行文件

每批产品应附有随行文件,主要包括:

- a) 合格证;
- b) 装箱单;
- c) 试验报告;
- d) 其他随行文件。

8 包装、运输和贮存

8.1 包装

镀覆后,产品采用干净、无污染绵纸或电容器纸等进行包装,必要时采用气垫膜进行二次包装,然后放入包装箱中。

8.2 运输

在产品转运时,产品不应发生碰伤、划伤和受潮,保证包装箱无破损。

8.3 贮存

产品在贮存时,不应碰伤、划伤和受潮,保持表面干净,不应裸手触摸。

在后续使用过程中,不应将产品放置在具有粉尘等颗粒物的环境中,放置镀后产品的库房应远离含强酸等腐蚀性介质的大气环境,不应将带有镀层的产品放入剧烈的超声波环境中振荡,不应用尖锐的金属制品刺、划产品表面,以免损伤镀层。

附录 A
(规范性)
耐高温试验方法

A.1 仪器设备

耐高温试验应选用高温烧结炉、马弗炉、热处理炉或者焊接炉等仪器设备,主要性能及技术指标应满足表 A.1 的要求。

表 A.1 仪器设备的主要性能及技术指标

序号	项目	技术指标
1	温度范围	最高温度不低于 350 ℃
2	控温精度	优于 ±5 ℃
注:若镀覆层易氧化,设备内部需为真空,保护性或还原性气氛,其中真空度不低于 1.0 Pa,保护性气氛采用氮气或者氩气,还原性气氛采用氢气。		

A.2 试验要求

- A.2.1 测试仪器设备内部应干净、无油污。
- A.2.2 测试过程中不应裸手接触镀覆层。
- A.2.3 测试过程中应保证产品之间彼此不接触,且产品不接触仪器设备的内壁。
- A.2.4 易氧化的镀覆层应在真空环境、保护性气氛环境或者还原性气氛环境中测试。
- A.2.5 耐高温试验若在空气条件下进行,则同一产品的耐高温性能的检验次数原则上应不大于 1 次。

A.3 试验步骤

A.3.1 空气条件

- A.3.1.1 设定仪器设备的测试温度。
- A.3.1.2 当测试设备达到设定温度后,保温 15 min 以上。
- A.3.1.3 打开测试设备,放入待测试产品。
- A.3.1.4 当测试设备重新达到设定温度后,保温 5 min~10 min。
- A.3.1.5 取出产品,冷却至室温。
- A.3.1.6 检验产品外观。

A.3.2 真空、还原性气体或者保护性气体条件

- A.3.2.1 打开测试设备,放入待测试产品。
- A.3.2.2 测试设备抽真空,通入保护性气体或还原性气体。
- A.3.2.3 设定仪器设备的测试温度。
- A.3.2.4 当测试设备达到设定温度后,保温 15 min 以上。
- A.3.2.5 将待测试产品随炉冷却至室温,取出产品。
- A.3.2.6 检验产品外观。

附 录 B
(规范性)
常压热循环试验方法

B.1 仪器设备

- B.1.1 热循环装置应有两个不同温度的恒温区域,且能使替代试样快速地(10 s内)从一个恒温区转移至另一个恒温区,替代试样的转移采用人工或机械的方法。
- B.1.2 高温恒温区的温度应能达到 200℃,低温恒温区的温度应能达到 -160℃,如采用浸入液氮的方法,低温温度可达到 -196℃。
- B.1.3 恒温区温度控制精度:高温区 $\pm 2^{\circ}\text{C}$,低温区 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

B.2 试验条件

- B.2.1 替代试样的高温值和低温值应符合镀覆层技术要求,一般高温为 100℃,低温为 -100℃或 -196℃。
- B.2.2 热循环次数应符合镀覆层技术要求,一般为 100次~300次。
- B.2.3 替代试样尺寸一般为 40 mm×40 mm×2 mm。

B.3 试验程序

- B.3.1 将替代试样安装在支架上,装入热循环装置中。
- B.3.2 当高、低温区温度达到技术要求规定的温度后,开始热循环试验。
- B.3.3 记录循环次数和试验温度。
- B.3.4 试验完成后,目视检查替代试样表面镀覆层无开裂、剥落、气泡、变色等现象。

附 录 C
(规范性)
释氢量测试方法

C.1 测试原理

根据测试目的,设计制作被测试样和密封腔体,将被测试样置于密封腔体内进行气密封焊形成测试样品,根据设定的激发释氢条件对测试样品进行激发释氢,测得被测试样释放的氢气含量。

C.2 总体要求

C.2.1 人员

测试人员:

- a) 应掌握组件封装、测试相关的基础知识,并经过岗位技术培训,经考核合格后,持证上岗;
- b) 应熟练掌握相关设备和仪器的操作方法;
- c) 应了解相关管理制度,并自觉遵守人员着装和污染防治的各项规定;
- d) 应严格按照封装、测试要求进行操作,并按规定填写记录。

C.2.2 环境

氢气气氛测试环境温度应为 20℃~28℃,相对湿度 40%~70%。

C.2.3 材料

测试中用到的各类材料应符合相关要求,并检验合格。

C.2.4 设备和仪器

C.2.4.1 一般要求

设备应定期进行检定,仪器应定期进行计量校准,设备和仪器均应在有效期内使用。

C.2.4.2 常用设备和仪器

常用设备和仪器应符合表 C.1 的规定,满足表 C.1 技术要求的各类设备和仪器也允许使用。

表 C.1 常用设备和仪器

序号	设备仪器和名称	技术要求	用途
1	高速铣	加工精度优于 ±0.02 mm	材料、盒体、盖板等加工
2	加工中心	加工精度优于 ±0.05 mm	穿刺孔加工
3	精雕机	重复定位精度优于 ±0.005 mm	密封盒体或组件开盖
4	三坐标测量仪	测头 φ0.2 mm~φ10 mm,测量精度优于 0.001 mm	加工尺寸、精度测量和检验
5	烘箱	量程:室温至 300℃;温控精度:±4%	激发烘焙

表 C.1 常用设备和仪器 (续)

序号	设备仪器和名称	技术要求	用途
6	手套箱紧密激光焊接系统、微量湿度分析仪、氧气分析仪	手套箱工作气体:氮气,氩气,氮气惰性气体环境,气体经纯化系统处理后在手套箱内的水氧浓度: $H_2O \leq 1\,000 \times 10^{-9} (v)$, $O_2 \leq 1\,000 \times 10^{-9} (v)$ 真空烘箱工作温度:室温至 150℃	封焊之前的脱水汽烘焙 组件封焊 气密箱体密封
7	氮质谱检漏仪及真空试验箱	GB/T 13979	氮泄漏检测
8	加压箱	最高能耐 5 个大气压	充氮加压
9	质谱仪	GB/T 33864	气氛检测

C.3 样件设计与制作

C.3.1 样件设计

C.3.1.1 被测试样

C.3.1.1.1 被测试样分类与要求

C.3.1.1.1.1 被测试样是用作释氢量测试的试样,分为 3 类:材料类、零部件类、组件类。

C.3.1.1.1.2 被测试样的外观、尺寸、镀层附着力、可焊性等性能应满足相应组件产品规范的要求。

C.3.1.1.1.3 被测试样的材料、加工工艺和流程应与需要考核或评价的产品一致。

C.3.1.1.2 材料类被测试样

测试材料的释氢量时,需要将被测材料制作成一定尺寸、规格的试样,置于盒体中密封后进行激发释氢及测氢。

C.3.1.1.3 零部件类被测试样

测试组件内零部件的释氢量时,需要将零部件置于盒体中密封后进行激发释氢及测氢,除另有规定外,零部件被测试样应是与实际产品的零部件材料、结构及工艺相同。

C.3.1.1.4 组件类被测试样

直接用于测试组件释氢量的被测试样件,该类试样直接进行气密封装,除另有规定外,组件被测试样应是与实际组件产品材料、结构及工艺相同。

C.3.1.2 密封腔体

C.3.1.2.1 密封腔体用途与分类

C.3.1.2.1.1 密封腔体是用作封装被测试样并进行激发释氢及测氢的试验件。

C.3.1.2.1.2 密封腔体分 3 类:标准小盒、I 型模拟样件和 II 型模拟样件。

C.3.1.2.2 标准小盒

C.3.1.2.2.1 标准小盒是用作密封被测试样的标准密封腔体。

- C.3.1.2.2.2 标准小盒材料应选择氢在其内表面扩散及吸附能力低的金属,如铝合金或玻璃等。
- C.3.1.2.2.3 采用易于加工和密封的铝合金材料制作标准小盒,其材料牌号、制作要求等按 C.3.2.2执行。
- 以上被测试样及标准小盒的测试类别、测试目的和要求应符合表 C.2 的规定。

表 C.2 各类样件的测试类别、测试目的和要求

测试类别	测试目的	密封腔体	被测试样	工艺方法	激发释氢条件
标准释氢量测试	评价材料或工艺的标准释氢能力	标准小盒	标准表面积： 70 cm ² , 体积 不大于 5 cm ³	被评价工艺	激发温度 激发时间 (参考表 C.5 中的 考核温度和时间)
	评价器件的标准释氢能力	标准小盒	—	—	

C.3.2 样件制作

C.3.2.1 被测试样

被测试样标准表面积应为 70 cm², 体积不大于 5 cm³, 外观应无明显变形、无损坏, 以能够表征材料或试样本身释氢特性为准则。

试样表面积不能与标准表面积相同时, 按面积比例将实际释氢量测试结果换算成标准释氢量。

C.3.2.2 标准小盒

标准小盒材料明细见表 C.3。

表 C.3 标准小盒材料明细

序号	名称	材料
1	盒体	6061
2	盖板	4047

标准小盒内部腔体容积为 24.65 cm³, 盒体和盖板外形尺寸应分别满足图 C.1 和图 C.2 的要求。

单位为毫米

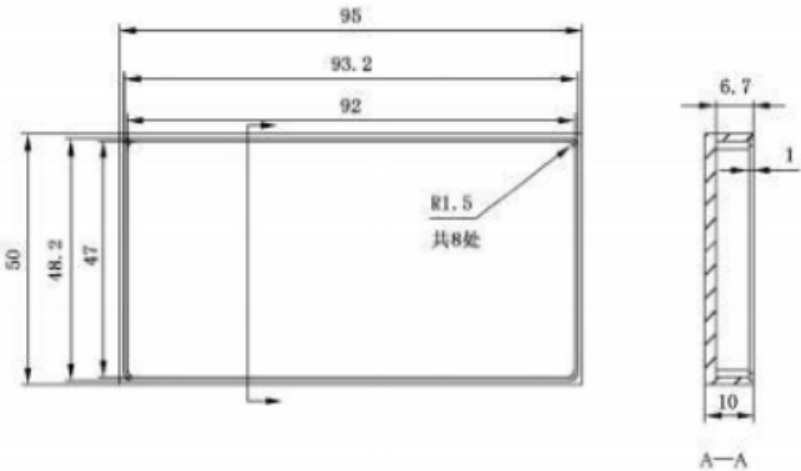


图 C.1 标准小盒盒体图

单位为毫米

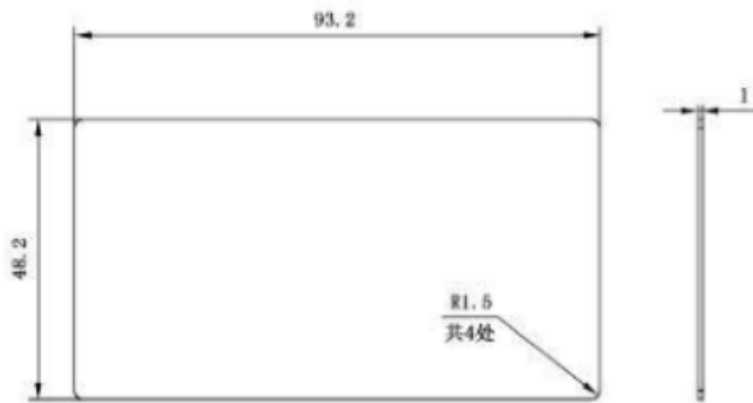


图 C.2 标准小盒盖板图

C.3.2.3 密封

- C.3.2.3.1 密封气氛宜优先选择氩气。
- C.3.2.3.2 密封前,应保证被测试样表面清洁,不应存在任何影响气氛测量精度的污染或损坏。
- C.3.2.3.3 密封后气密性应符合表 C.4漏率测试加压条件。

表 C.4 漏率测试加压条件

测试样件内腔容积 V/cm ³	加压条件			拒收漏率极限 Pa·m ³ /s
	加压压力 Pa	加压时间 h	最大停留时间 h	
<0.40	(4.14±0.14) × 10 ⁵	2~2.2	1	1.0×10 ⁻⁸
≥0.40	(2.07±0.14) × 10 ⁵	4~4.4	1	5.0×10 ⁻⁸

C.3.3 测试样品制备及检验

C.3.3.1 制备方法

- C.3.3.1.1 将被测试样和密封腔体(含盒体和盖板)放置于真空箱内进行脱水汽烘焙,烘焙温度为 1 000 ℃,烘焙时间应以能够有效脱除样品中的水汽为准。
- C.3.3.1.2 将被测试样密封至密封腔体内,形成测试样品。
- C.3.3.1.3 脱水汽烘焙具有一定的除氢作用,当用于比较不同材料或零部件之间的释氢量测试时,脱水汽烘焙的温度、时间、真空度等应保持一致;当用于鉴定试验时,应注明密封前经历的脱水汽烘焙条件。

C.3.3.2 检验

- C.3.3.2.1 试样加工完成后分别进行细检漏和粗检漏,气密性应符合 C.3.2.3.3 的要求。
- C.3.3.2.2 气密性检验不合格,可重新进行密封并检验合格后方可进行后续试验和测试。

C.4 激发释氢条件

C.4.1 通则

- C.4.1.1 组件释氢由零部件在镀镍过程中的吸氢引起,释氢机理为镍基,其激发释氢条件设定根据

C.5.2的规定。有特殊需要时,可由订购方提供激发释氢条件。
C.4.1.2 其他类型的释氢情况,其等效激发释氢温度和时间应按照 C.5 的规定和方法执行。

C.4.2 镍基释氢

C.4.2.1 激发释氢条件

激发释氢条件的设定根据测试目的确定,典型等效激发释氢温度和时间按照表 C.5 选择。
针对释氢量,应综合考虑组件的工作温度、时间及内部材料的耐温性设定相应的激发释氢温度 T_2 ,时间参数应根据组件实际工况(工作温度、工作时间和非工作温度、非工作时间)按照 C.4.2.2 等效换算公式计算出等效考核时间 t_2 。
激发释氢温度原则上不应高于 300℃,激发释氢时间选择原则上不低于等效考核时间 t_2 。

表 C.5 典型等效激发释氢温度、时间关系

序号	考核温度 ℃	等效考核时间 h
1	110	908
2	125	535
3	150	240
4	200	63
5	250	22

C.4.2.2 等效考核时间换算依据

镍基激发释氢试验的温度(T_2)和时间(t_2)参数依据组件产品具体工作温度(T_1)和全寿命周期(t_1),按照释氢等效换算关系,用公式(1)计算得出。

$$t_2 \geq t_1 \exp \left[\frac{K}{T_1} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \right]$$

.....(1)

式中：
 t_2 — 等效考核时间,单位为小时(h)；
 t_1 — 全寿命周期,单位为小时(h)；
 T_1 — 工作温度,单位为绝对温度(K)；
 T_2 — 激发释氢温度,单位为绝对温度(K)；
 K — 常数,数值为 -5.39×10^3 。

等效考核时间关系式解释为:条件(T_1, t_1)下壳体释氢总量与条件(T_2, t_2)下壳体释氢总量相等。
典型等效激发释氢温度、时间关系见表 C.5。

C.4.3 非镍基释氢

C.4.3.1 按释氢速率测试原理,搭建高真空释氢速率测试平台,测试工况温度下和激发释氢考核温度下的氢来源释氢速率。根据产品的耐温情况,设定氢来源合适的激发释氢温度,记为 T_2 ,避免过高的激发温度给氢来源材料或工件的其他性能带来损害。

C.4.3.2 搭建释氢速率测试平台,实测具体氢来源在工况温度和设定考核温度下的释氢速率,根据产 品全寿命周期,按照全寿命周期、工况温度下的释氢量与设定考核温度、考核时间下的释氢量相等建立 等效关系,计算确定激发释氢时间,记为 τ_2 。

C.4.3.3 T_2 和 τ_2 即为等效产品全寿命周期内释氢量的激发释氢温度和时间条件。

C.5 测试程序

C.5.1 样件测试流程见图 C.3。

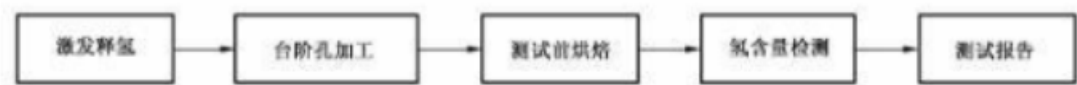


图 C.3 样件测试流程图

C.5.2 将测试样品置于高温烘箱中进行连续激发释氢烘焙。

C.5.3 测试样品穿刺孔加工,孔深及孔径应满足水汽检测设备要求。

C.5.4 对内部气氛进行检测。

C.6 测试记录与报告

C.6.1 测试报告内容

一般包括：

- a) 被测试样名称；
- b) 测试内容及要求；
- c) 测试方法、测试结果及其分析；
- d) 测试单位、测试者、测试日期；
- e) 记录测试样品氢含量、水汽含量及密封气体含量等测试数据。

C.6.2 测试结果有效性判定

当密封气体体积分数高于 95%、水汽体积分数低于 0.5%(或组件产品详细规范规定的水汽含量要 求)时,视为释氢量测试有效。