

ICS 25.160.01
CCS J 33



团 体 标 准

T/CWAN 0141—2025

极异材料钎焊用钎料设计规范

Design specification for brazing filler metals of extreme heterogeneous materials

2025-05-25 发布

2025-06-01 实施

中国焊接协会 发布

目 次

前 言	2
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 设计总则	4
5 设计流程	5
6 设计要求	6
7 设计验证	6
8 设计输出报告	7
附录 A（资料性）极易材料钎焊用钎料设计输出报告	8
附录 B（规范性）极易材料钎焊接头钎着率测试方法	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。

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：中国机械总院集团郑州机械研究所有限公司、哈尔滨工业大学、核工业西南物理研究院、中铁工程装备集团有限公司、青岛海尔空调器有限总公司、中国机械总院集团宁波智能机床研究院有限公司、郑州航空工业管理学院、河南科技大学、中信重工机械股份有限公司、杭州华光焊接新材料股份有限公司、中国机械总院集团哈尔滨焊接研究所有限公司、苏州热工研究院有限公司。

本文件主要起草人：龙伟民、宋晓国、魏世忠、钟素娟、李爱国、张雷、贾连辉、李鹏远、武汉琦、金李梅、宋玉军、熊亮同、秦建、魏永强、孙晓梅、郭鹏、黄俊兰、李贺、左敦桂。

极异材料钎焊用钎料设计规范

1 范围

本文件规定了极异材料钎焊用钎料的设计总则、设计流程、设计要求、设计验证及设计输出报告等内容。

本文件适用于陶瓷-金属、无机非金属复合材料-金属、超硬材料-金属、异质轻金属等极异材料钎焊用钎料的设计。

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 1425 贵金属及其合金熔化温度范围的测定 热分析试验方法

GB/T 11363 钎焊接头强度试验方法

GB/T 11364 钎料润湿性试验方法

GB/T 33148 钎焊术语

T/CWAN 0116 金属材料焊接接头残余应力X射线测试方法

3 术语和定义

GB/T 33148 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

极异材料 extreme heterogeneous materials

由两种或两种以上成分、结构以及物理性质差异极大的材料组合成的材料体系。

3.2

钎料设计 brazing filler metals design

依据母材特性、钎焊工艺和接头性能要求，对钎料成分、性能及相关特性进行针对性的设计和优化的过程。

3.3

钎焊接头形式 the forms of brazed joints

钎焊过程中被连接零件相互结合的方式，包括对接接头、搭接接头、T形接头、角接接头、套接接头等。

3.4

润湿性 wettability

钎焊时，液态钎料对母材浸润和附着的能力，通常以润湿角或铺展面积来衡量。

3.5

铺展性 spreadability

液态钎料在母材表面上润湿铺展的能力，通常以一定质量钎料熔化后覆盖在母材表面的面积来衡量。

3.6

热胀系数 coefficient of thermal expansion

用于衡量材料在温度变化时尺寸膨胀或收缩程度的物理量。

3.7

液相线温度 liquidus temperature

钎料开始凝固的温度。

3.8

固相线温度 solidus temperature

钎料开始熔化的温度。

3.9

熔化温度范围 melting temperature range

固相线温度和液相线温度之间的间隔。

3.10

残余应力 residual stress

钎焊结束后残留在钎焊接头及附近区域的应力。

4 设计总则

4.1 考虑母材特性及钎焊接头形式

4.1.1 尽量选择与极异母材成分相近或与母材形成良好冶金结合的元素作为主要成分，以增强钎料与母材的相容性。

4.1.2 确保钎料的液相线温度低于极异母材固相线温度，并保留安全温度裕度。

4.1.3 钎料的热胀系数应尽量接近被焊极异母材，焊后接头的残余应力应尽可能小。

4.1.4 钎料的结构形态应与钎焊接头形式相匹配或便于添加。

4.2 考虑钎焊工艺性

4.2.1 钎料应在极异母材表面具有良好的润湿性和铺展性。

4.2.2 钎料应在极异母材表面具备良好的流动性，以便在钎焊过程中迅速填充接头间隙。

4.2.3 钎料应与加热方式相适应，如真空钎焊不应含蒸气压高的元素。

4.3 考虑钎焊接头性能指标

4.3.1 应考虑钎焊接头的钎着率、剪切强度、气密性等主要性能指标。

4.3.2 应考虑接头实际服役工况的耐高温、抗腐蚀、抗氧化等特殊性能需求。

4.4 考虑钎料成本和可加工性

4.4.1 在满足性能要求下尽量选择成本较低的钎料成分。

4.4.2 钎料应具有良好的成形加工性，以便制成与接头形式相匹配的丝、棒、片、箔、粉等型材。

5 设计流程

极异材料钎焊用钎料的设计流程如图 1 所示。

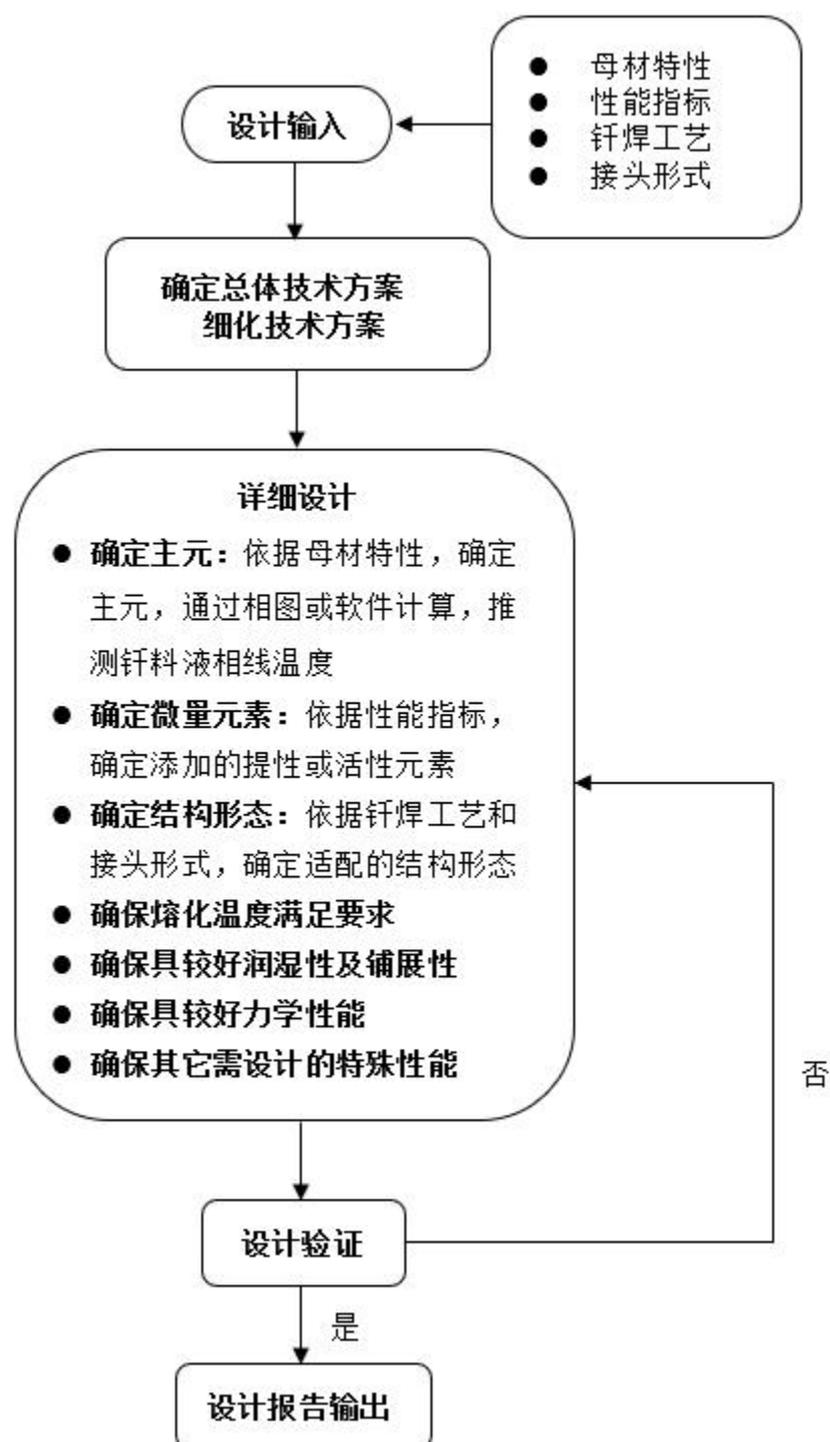


图 1 钎料的设计流程图

6 设计要求

6.1 钎料的熔化温度

6.1.1 钎料的液相线温度要低于被焊极异母材固相线温度至少 100~200℃。

6.1.2 钎料的熔化温度范围要尽可能窄。

6.2 钎料的钎焊工艺性

6.2.1 钎料在被焊极异母材上润湿铺展性要好（见图 2），钎料的润湿角应小于 45°。

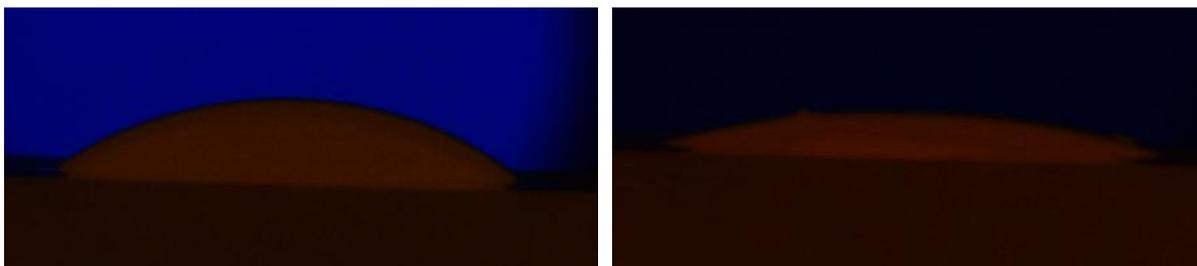


图 2 钎料的润湿铺展形貌

6.2.2 钎料在被焊极异母材上流动性要好，钎料的填缝长度应不小于设计要求。

6.3 钎焊接头的主要性能指标

6.3.1 钎焊接头的钎着率应满足设计要求，一般不应小于 80%。

6.3.2 钎焊接头的剪切强度应满足设计要求。

6.3.2 钎焊接头的残余应力应满足设计要求。

7 设计验证

7.1 钎料的熔化温度

按照 GB/T 1425 的规定执行。

7.2 钎料的润湿角

具体按照 GB/T 11364 的规定执行，匹配真空钎焊工艺的钎料需在真空电阻炉中试验。

润湿角 α 的测量采用在试样铺展润湿的最高点虚线初刨开（见图 3），刨切面制成金相样后拍照、用绘图软件测量。



图 3 钎料的润湿铺展示意图

7.3 钎焊接头的钎着率

按照附录 B 的规定执行。

7.4 钎焊接头的剪切强度

按照 GB/T 11363 的规定执行。

7.5 钎焊接头的残余应力

按照 T/CWAN 0116 的规定执行。

8 设计输出报告

设计的极异材料钎焊用钎料需输出定型钎料产品。输出报告中应包含下来信息：

- a) 钎料的主元素及其含量；
- b) 钎料的微量元素含量或活性元素含量；
- c) 钎料的结构形态；
- d) 钎料的熔化温度；
- e) 钎料的定型型号；
- f) 钎料推荐的适用范围；
- g) 钎料推荐的钎焊工艺；
- h) 定型日期；
- i) 钎焊注意事项。

附录 A
(资料性)

极易材料钎焊用钎料设计输出报告

钎料设计输出报告记录格式见表A.1所示。

表A.1 极易材料钎焊用钎料设计输出报告

钎料成分	主元素及含量 (wt%)				
	微量元素及含量 (wt%)				
结构形态	带或箔				
	丝或棒				
	粉或膏				
熔化温度	液相线温度 (°C)				
	固相线温度 (°C)				
	熔化温度范围 (°C)				
钎料型号	应标识主元素含量、微量元素含量、结构形态、熔化温度				
推荐的钎焊适用范围	适配的极易材料种类				
	适配的极易材料结构				
	适配的极易材料尺寸				
推荐的钎焊工艺	火焰钎焊				
	感应钎焊				
	真空钎焊	钎焊温度 (°C)	保温时间 (min)	升温速率 (°C/min)	降温速率 (°C/min)
钎焊注意事项	注1:				
	注2:				
	注3:				
操作人员/定型日期					

附录 B
(规范性)
极易材料钎焊接头钎着率测试方法

B.1 试样

取样位置根据不同检验部位要求进行。沿着被焊极异母材的焊缝中心截面（ABCD切割面）等间距切开，获得2~3个平行焊缝平面，将2~3个平行焊缝平面作为试样。（见图B.1）。

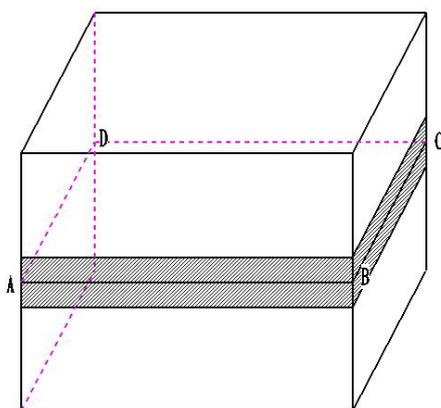


图 B.1 取样示意图

B.2 清洗

将多个试样焊缝平面用丙酮擦干净、干燥。

B.3 试验步骤

- 1) 将试样置于5~10倍的体式显微镜载物台上；
- 2) 观察截面上焊缝的夹杂、气孔、缩松等缺欠位置；
- 3) 测量焊缝的实际面积。由公式B.1计算得到接头钎着率 A 。为提高准确性。同时测量5组，取其平均值。

B.4 试验结果的表述

按下式计算试样接头钎着率 A ：

$$A = \frac{S_1}{S_2} \times 100\% \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- A — 接头钎着率（%）；
- S_1 — 截面上实测有效焊面积之和（ mm^2 ）；
- S_2 — 截面上理论计算焊缝面积之和（ mm^2 ）。