



团 体 标 准

T/CWAN 0193—2026

Pd 基高温钎料熔炼工艺规范

Melting process specification for palladium-based high-temperature brazing filler metal

2026-02-27 发布

2026-03-01 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 基本要求 | 4 |
| 5 原料配制及预处理 | 4 |
| 6 熔炼设备 | 4 |
| 7 高温钎料熔铸 | 5 |
| 8 铸锭处理 | 6 |
| 9 质量检验 | 6 |
| 10 标识和贮存 | 7 |
| 11 技术安全 | 7 |
| 附录 A（资料性）Pd 基高温钎料成分 | 12 |

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、哈尔滨工业大学郑州高等研究院、浙江亚通新材料股份有限公司、北京星航机电装备有限公司、中焊科技发展（哈尔滨）有限公司、金华市双环钎焊材料有限公司、北部湾大学。

本文件主要起草人：聂孟杰、李爱国、李云月、钟素娟、刘德运、刘平、何鹏、辛雨奇、蒋俊懿、李爱民、武鹏博、黎泉。

Pd 基高温钎料熔炼工艺规范

1 范围

本文件规定了 Pd 基高温钎料熔炼的基本要求、原料配制及预处理、熔炼设备、高温钎料熔铸锭、铸锭处理、质量检验、标识和贮存、技术安全等内容。

本文件适用于指导 Pd 基高温钎料熔炼工艺与铸锭质量控制。

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 1420 海绵钯

GB/T 26016 高纯镍

GB/T 28908 高纯金属铬

GB/T 39987 钯锭

YS/T 1197 钯化合物化学分析方法 金、银、铂、铑、铱、钌、铅、镍、铜、铁、锡、铬、锌、镁、锰、铝、钙、钠、硅、铋、钾、镉的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法

JB/T 14409 钎料熔化温度范围试验方法

3 术语和定义

下列术语与定义适用于本文件。

3.1

高温钎料 high-temperature brazing filler metal

钎焊温度高于 1000 °C 的钎料合金。

3.2

浇铸温度 pouring temperature

钎料合金浇铸成形时熔融合金的温度。

3.3

过热度 superheat

钎料浇铸温度与钎料液相线温度的差值。

3.4

缩孔深度 Shrinkage cavity depth

铸锭表面至缩孔最深处的距离。

4 基本要求

4.1 人员

- (1) 人员应掌握金属熔炼相关知识，并经过专业岗位技术培训，经考核合格后，持岗位资格证上岗。
- (2) 人员应严格按照高温钎料的熔炼要求进行培训和考试，考试合格后进行操作；
- (3) 人员熟悉高温钎料熔炼设备的操作；
- (4) 人员掌握用电安全知识。

4.2 设备

设备应在检定合格期内，应严格按使用说明书及安全操作规程使用。

4.3 场地

场地照明、通风、灭火装置应齐全且功能正常。

5 原料配制及预处理

Pd 基高温钎料所用原料可选用纯金属、相应合金或部分回炉料，具体应符合以下要求。

5.1 原料要求

- (1) 钯的成分应符合 GB/T 1420 海绵钯、GB/T 39987 钯锭的规定；
- (2) 镍的成分应符合 GB/T 26016 高纯镍的规定；
- (3) 铬的成分应符合 GB/T 28908 纯金属铬的规定；
- (4) 其他原料成分应符合相应标准的规定。

5.2 回炉料要求

- (1) 回炉料应单独重熔除渣后方可配入新料；
- (2) 处理后的回炉料主元素含量需经 ICP 检测，确定具体范围；回炉料杂质元素总含量应小于 0.5%；
- (3) 每炉回炉料用量不应超过总量的 30%。

5.3 原料预处理

原料及回炉料应进行严格预处理，去除表面油污、氧化层以及其它杂质，以保证熔炼后铸锭的纯度。

5.4 配料计算

根据目标 Pd 基高温钎料成分，计算出所用原料、回炉料的具体重量。常见的基高温钎料具体成分见附录 A。

6 熔炼设备

6.1 设备选择

Pd 基高温钎料熔炼可采用电弧熔炼、感应熔炼、磁悬浮熔炼等设备，具体选择方式如表 1 所示。

表 1 Pd 基高温钎料熔炼设备选择

| 钎焊设备 | 优缺点 | 推荐使用范围 |
|--------|---|---|
| 真空电弧熔炼 | 优点：熔炼速度快、操作灵活，适合多种成分高温钎料快速熔炼 缺点：无法浇铸，形状固定 | 1.用于多品种、小批量实验室高温合金熔炼 2.用于中间合金配料 |
| 真空感应熔炼 | 优点：熔炼重量大，高温钎料合金可浇铸成形，方便加工 缺点：设备昂贵复杂、熔炼周期长、需配置水冷坩埚或陶瓷坩埚 | 1.用于产品的批量化生产； 2.用于浇铸成形产品； 3.易于实现自动化生产 |
| 磁悬浮熔炼 | 优点：钎料洁净度高 缺点：设备昂贵、熔炼成本高，浇铸残留较多 | 1.适合生产对高温钎料洁净度要求高的产品； 2.用于产品的批量化生产 |

6.2 设备要求

- (1) 熔炼设备应具备精确的温度控制和气氛控制功能；
- (2) 新设备或经改造、升级的设备在安装完成后，应进行相应的功能与状态验证；
- (3) 设备应制定并实施维护保养的计划，对用于控制熔炼工艺参数的关键部件进行定期维护与检查，确保设备处于良好运行状态。

7 高温钎料熔铸

7.1 熔铸准备

- (1) 检查所有原料状态，表面潮湿的原料不应直接加入；
- (2) 将所有原料进行重量复检，确保配料准确；
- (3) 涉及浇铸时，需事先对所用模具进行烘干处理，烘干温度应为 150 °C~200 °C，烘干时间不应少于 2 h。

7.2 装炉

- (1) 按回炉料、中间合金、纯金属的顺序，将所有原料依次装入坩埚中进行熔炼。对于含有 Cr 元素的钎料需采用陶瓷坩埚或水冷坩埚；
- (2) 选用陶瓷坩埚加热时，需严格控制加热速度，防止加热过快导致坩埚破裂。陶瓷坩埚推荐加热速度如表 2 所示。

表 2 陶瓷坩埚推荐加热速度

| 序号 | 温度范围 | 推荐加热速度 °C/min |
|----|--------|---------------|
| 1 | ≤500°C | 5~8 |

| | | |
|---|------------|------|
| 2 | 500~800℃ | 8~10 |
| 3 | 800~1000℃ | 5~8 |
| 4 | 1000~1400℃ | 5 |
| 5 | >1400℃ | 3 |

7.3 加热熔化

(1) 按照设备操作流程, 进行抽真空、充氩气、加热等操作;

(2) 采用真空熔炼设备、磁悬浮熔炼设备时, 待原料全部熔化后保温 30 min 后, 保温期间熔池温度波动应 $\leq \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, 真空度应 $\leq 5\text{ Pa}$;

(3) 采用真空电弧熔炼设备时, 冷却后需将铸锭翻面, 进行至少 3 次熔炼以确保成分均匀。

7.4 浇铸

(1) 保温时间结束后, 提升设备功率, 使合金温度达到浇铸温度, 浇铸时的过热度应控制在 100°C - 150°C 之间;

(2) 浇铸时应平稳、连续, 避免卷入气体和夹杂物。

7.5 取样及清理

(1) 产品随炉冷却至室温, 取出铸锭并钻取检测试样;

(2) 收集浇铸时产生的废料, 并清理熔炼设备。

8 铸锭处理

8.1 氧化物处理

铸锭表面均应光滑、平整, 呈银白色光泽。对于少量的氧化物, 可采用机械打磨方式去除; 氧化物较多的铸锭, 根据成分检测结果判定是否报废。

8.2 缩孔处理

通过浇铸获得的铸锭需对缩孔进行切除, 铸锭切口应平整、无缩孔残留。

8.2 表面裂纹处理

铸锭表面裂纹均需处理。对于细小的表面裂纹(深度 $\leq 1\text{ mm}$), 可采用打磨、铣削等机械方式除去; 对于较深裂纹(深度 $> 1\text{ mm}$), 需采用切割方式除去。

9 质量检验

9.1 成分检测

(1) 熔炼后的铸锭分别取头部、中部、尾部进行成分分析, 任意两点的主元素偏差小于 0.5 %。不满足要求时, 可取双倍样品进行重复检测, 如仍不合格则判定该铸锭不合格;

(2) 成分检测方法按照 YS/T 1197 的相关规定进行。

9.2 熔化温度检测

(1) 对熔炼后的高温钎料进行熔化温度检测;

(2) 熔化温度检测方式应按照 JB/T 14409 的相关规定执行。

9.3 外观质量检验

- (1) 铸锭表面质量应在自然光或日光灯下目视检查；
- (2) 铸锭表面不应有裂纹、冷隔、夹杂、缩松等明显缺陷。

10 标识和贮存

10.1 产品标识

标识内容需包含铸锭名称、型号规格、生产批号、净重等关键信息，确保产品的可追溯性。

10.2 贮存条件

- (1) 产品应存放于干燥、通风的室内环境；
- (2) 贮存环境的相对湿度应 $\leq 45\%$ RH；
- (3) 贮存温度范围推荐为 $5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

11 技术安全

- (1) 熔炼操作应严格遵守工厂技术安全的有关规定；
- (2) 熔炼过程中使用的氩气、酒精等易燃易爆物品的管理应严格遵守工厂技术安全的有关规定；
- (3) 工装、夹具、工具等必须定置摆放；
- (4) 安装熔炼设备的厂房应有通风装置；
- (5) 熔炼操作前，应仔细检查熔炼设备的水冷系统；
- (6) 设备检修时，必须切断总电源开关并挂上检修牌。

附录 A
(资料性)
Pd 基高温钎料成分

Pd 基高温钎料成分见表 A.1。

表 A.1 Pd 基高温钎料成分

| 牌号 | 成分(质量分数, %) | | | | | | | 熔化温度/°C | |
|----------|-------------|-------|----|-----------|------|-----|-----|----------------|----------------|
| | Pd | Ni | Ag | Cr | Si | B | Mn | T _s | T _L |
| PN 1 | 60.0 | 40 | - | - | - | - | - | 1237 | 1237 |
| Pd36 | 36.8 | 余量 | - | 1.0 | 2.2 | 2.4 | - | 818 | 992 |
| NiPd-1 | 34.78 | 余量 | - | 10.4 | 7.8 | 2.2 | - | 832 | 914 |
| NiPd-2 | 19.6 | 余量 | - | 8.8 | 6.4 | 2.5 | - | 838 | 966 |
| SCP5 | 5.0 | - | 95 | - | - | - | - | 970 | 1010 |
| SCP6 | 18.0 | - | 82 | - | - | - | - | 1080 | 1090 |
| SPM1 | 20.0 | - | 75 | - | - | - | 5.0 | 1000 | 1120 |
| SPM2 | 33.0 | - | 64 | - | - | - | 3.0 | 1180 | 1200 |
| ПЖК-1000 | 余量 | 30~35 | | 17.0~22.0 | <0.2 | - | - | 1235 | 1250 |