

ICS 25.160.01
CCS J 33



CWA

团 体 标 准

T/CWAN 0194—2026

铜磷细丝拉拔工艺规程

Standard for fine copper-phosphorus wire drawing process

2026-02-27 发布

2026-04-01 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	3
5 材料要求	4
6 拉拔设备	4
7 工艺流程	4
8 效果评价	6
9 结果记录	6
附录 A（资料性）常见缺陷及原因分析	7

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、浙江亚通新材料股份有限公司、上海第二工业大学、新乡市七星钎焊科技有限公司、河南省科学院材料研究所、金华市双环钎焊材料有限公司、青岛海尔空调器有限总公司、山东索力得焊材股份有限公司、聚力新材料科技（日照）有限公司、北京金威焊材有限公司、中焊科技发展（哈尔滨）有限公司、山东大学。

本文件主要起草人：钟素娟、司浩、董显、蒋俊懿、浦娟、谢昆、石晓辉、王水庆、许祥平、张富强、关常勇、石化琦、聂孟杰、李涛、张召琦、信国松、李伟、方乃文、武鹏博、邹勇。

铜磷细丝拉拔工艺规程

1 范围

本文件规定了铜磷合金细丝（丝径范围为 0.6 mm~1.0 mm）的基本要求、材料要求、拉拔设备、工艺流程、效果评价及结果记录等内容。

本文件适用于以铜磷合金线坯为原料，通过拉拔方式生产高精度、高表面质量细丝的制造过程。

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 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法

GB/T 6418.1 铜基钎料

GB/T 8170 数值修约规则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

拉拔 drawing

将线坯通过模孔塑性变形，使其截面减小、长度增加，并获得所需形状、尺寸和性能的加工方法。

3.2

道次加工率 reduction of area per pass

每一道次拉拔前后截面积减少的百分比。

3.3

在线加热 in-line annealing

在拉拔过程中，为消除加工硬化、提高材料塑性而进行的热处理。

4 基本要求

4.1 人员

4.1.1 掌握铜磷钎料细丝拉拔相关知识，并经过专业培训。

4.1.2 掌握环境保护和职业健康安全的相关知识，能解决工艺过程中出现的问题。

4.1.3 掌握拉丝设备的操作方法。

4.1.4 能够按照工艺要求进行操作，并填写工艺记录卡。

4.2 环境

4.2.1 工作场所整洁有序、照明良好。

4.2.2 作业区域干净、物料摆放整齐。

4.2.3 厂房设有通风及除尘装置。

4.3 安全

4.3.1 设备电源可靠接地，并定期进行安全检查。

4.3.2 操作人员应严格按照说明书及安全操作规程使用相关设备。

4.3.3 无水乙醇、丙酮等易燃易爆品的使用和存放应遵守工厂安全管理的有关规定。

5 材料要求

5.1 化学成分

钎料金属化学成分应符合 GB/T 6418.1 中表 4 的规定。

5.2 坯料状态

坯料应为软态或轻度硬态，表面应光滑、清洁，无裂纹、起皮、夹渣等缺陷。

6 拉拔设备

6.1 拉丝机

将金属线坯强制通过一个或多个逐级变小的模具孔，使其直径或截面被压缩、长度被延伸，可以生产出符合细金属丝，带有调速、收卷等功能的设备。

6.2 高温油箱

具备精确温控系统的油箱，拉丝模可固定于油箱内特定位置，确保铜磷细丝拉拔区完全浸没在恒温油浴中。

6.3 加热电源

可以使用电加热方式对铜磷线坯进行加热的设备，提高铜磷合金塑性，若使用高频整流电源，则频率 50 kHz~100 kHz，转换效率 $\geq 85\%$ ；电极材料为镀镍铜轮，宽度 \geq 丝径 3 倍。

7 工艺流程

7.1 油浴加热式铜磷细丝拉拔工艺

7.1.1 油浴加热式工艺流程

铜磷细丝的油浴加热式工艺流程见图 1。

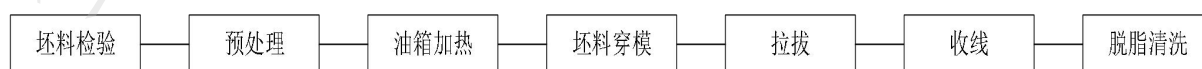


图 1 油浴加热式工艺流程

7.1.2 坯料准备与检验

7.1.2.1 核对坯料的材质，保证牌号正确。

7.1.2.2 对坯料进行抽样检测，包括直径和表面质量。

7.1.3 坯料预处理

7.1.3.1 将确定好材质的坯料通过酸溶液（如 15%~30%的硫酸溶液）浸泡清洗，浸泡时间根据丝材表面氧化皮去除程度选择，一般为 40 min~60 min。

7.1.3.2 随后用清水充分冲洗去除余酸，进行下一步骤，若不立即进行拉拔，则需用完全烘干水分备用。

7.1.4 油箱加热

预先将油箱加热开启，将油箱中油温设置在 130 °C~280 °C 之间，待油箱中加热至设定温度并稳定至少 30 分钟。

7.1.5 坯料穿模

将丝材穿过设定直径的拉丝模，穿线时确保丝材正确穿过模孔和油箱内导轮系统。拉丝模材料一般为聚晶或合金材质，根据磨损程度定期更换。

7.1.6 拉拔

7.1.6.1 根据坯料直径和材质状态决定每道次模具孔径，将道次加工率控制在 5%~20% 之间，每次直径减少建议 0.04 mm~0.08 mm。

7.1.6.2 拉拔速度设置为 0.3 m/s~1.0 m/s，根据丝材拉拔的断丝程度和直径减少量可进行调整。

7.1.6.3 拉拔过程中若发生断丝，在去除断口附近可能受损的丝段后，可使用对焊机进行对接，并重新穿模后方可继续拉拔。

7.1.6.4 拉拔后线材应尺寸均匀，表面光滑、无划伤等缺陷，严格控制成品尺寸公差，通常要求达到 ± 0.01 mm 或更高精度。

7.1.7 收线

7.1.7.1 丝材经拉拔后丝材收至盘装，在拉丝模与收线盘应使丝材经过布类物品擦拭，预先除去丝材表面部分油脂。

7.1.7.2 线盘应整齐，无交叉、乱线现象。

7.1.8 脱脂清洗

7.1.8.1 使用脱脂清洗剂清除丝材表面油污，确保丝材表面洁净；

7.1.8.2 脱脂后对丝材进行多次清洗，干燥后产出成品或继续拉拔至目标丝径。

7.2 电加热式铜磷细丝拉拔工艺

7.2.1 电加热式工艺流程

铜磷细丝的电加热式工艺流程见图 2。



图2 电加热式工艺流程

7.2.2 坯料准备与检验

7.2.2.1 核对坯料的材质，保证牌号正确。

7.2.2.2 对坯料进行抽样检测，包括直径和表面质量。

7.2.3 坯料预处理

7.2.3.1 将确定好材质的坯料通过酸溶液（如 15%~30%的硫酸溶液）浸泡清洗，浸泡时间根据丝材表面氧化皮去除程度选择，一般为 40 min~60 min。

7.2.3.2 随后用清水充分冲洗去除余酸，进行下一步骤，若不立即进行拉拔，则需用完全烘干水分备用。

7.2.4 加热

7.2.4.1 将处理好的线材穿过加热电源的前后电极，启动电源，对线材进行加热，提高线材塑性。

7.2.4.2 输出电压与拉丝速度联动，由拉丝速度反馈调节电源输出电压，电压选择范围为 10 V~16 V，使丝材表面的温度范围控制在 130 °C~280 °C 之间。

7.2.5 坯料穿模

将退火后塑形较好的丝材穿过聚晶模具或硬质合金模具，应使用润滑剂对丝材与模具进行润滑，保证充分润滑和冷却。

7.2.6 拉拔

7.2.6.1 根据坯料直径和材质状态决定每道次模具孔径，将道次加工率控制在 5%~20% 之间，每次直径减少建议 0.04 mm~0.08 mm。

7.2.6.2 拉拔速度设置为 0.3 m/s~0.8 m/s，根据丝材拉拔的断丝程度和直径减少量可进行调整。

7.2.6.3 拉拔后线材应尺寸均匀，表面光滑、无划伤等缺陷，严格控制成品尺寸公差，通常要求达到 ± 0.01 mm 或更高精度。

7.2.6.4 拉拔过程中若发生断丝，在去除断口附近可能受损的丝段后，可使用对焊机进行对接，并重新穿模后方可继续拉拔。

7.2.7 收线清洗

7.2.7.1 丝材经拉拔后丝材收至盘装，线盘应整齐，无交叉、乱线现象。

7.2.7.2 对尺寸达标的丝材进行清洗、烘干，产出成品或转入其他工序使用；尺寸未达标的丝材继续进行拉拔至目标丝径。

8 效果评价

8.1 尺寸公差

每轴丝取样间隔 ≤ 200 m，任一卷内直径极差 ≤ 0.015 mm，用千分尺测量直径。

8.2 表面质量

目视检查表面裂纹、起皮、划伤等缺陷。

8.3 力学性能

按 GB/T 228.1 规定抽样进行拉伸试验，测定抗拉强度、断后伸长率，符合产品标准要求。

9 结果记录

- a) 工序名称、工序编号；
- b) 材料规格、牌号、用量；
- c) 加热电压、拉拔速度；
- d) 道次见面率、总加工率；
- e) 成品尺寸规格。

全国团体标准信息平台

附录 A
(资料性)
常见缺陷及原因分析

铜磷细丝拉拔常见缺陷及原因见表A.1。

表 A.1 铜磷细丝拉拔常见缺陷及原因

缺陷类型	现象描述	主要原因分析
表面划伤	丝材表面有连续或断续的直线沟痕	1. 模具内孔磨损、崩裂或有异物 2. 润滑不良或润滑剂不洁
线径不均匀	丝材直径呈周期性不均匀	1. 拉拔速度与收线速度不匹配, 张力不稳 2. 坯料本身硬度不均匀
氧化变色	丝材表面发黑、发暗	1. 丝材清洗不干净, 残留酸液 2. 退火温度过高
断线	拉拔过程中丝材断裂	1. 道次减面率过大 2. 材料塑性不足 (退火不充分) 3. 坯料有内部缺陷 4. 模具工作锥角 $>16^\circ$ 时, 铜磷合金变形区过长易断