

ICS 25.160.01
CCS J 33



CWA

团 体 标 准

T/CWAN 0192—2026

铜磷锭坯连铸工艺规程

The continuous casting process code of practice for copper-phosphorus ingot billets

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 连铸材料	4
6 连铸设备	4
7 工艺流程	5
8 效果评价	5
9 记录要求	6
附录 A（资料性）铜磷锭坯连铸推荐工艺记录卡	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、新乡市七星钎焊科技有限公司、金华市双环钎焊材料有限公司、浙江亚通新材料股份有限公司、江苏科技大学、上海第二工业大学、河南省科学院材料研究所、浙江新锐焊接科技股份有限公司、中焊科技发展（哈尔滨）有限公司。

本文件主要起草人：黄俊兰、浦娟、蒋俊懿、董显、胡文豪、王水庆、许祥平、石晓辉、张富强、石化琦、李涛、王祯祯、张召琦、武鹏博、牛董山钰。

铜磷锭坯连铸工艺规程

1 范围

本文件规定了铜磷锭坯连铸的基本要求、连铸材料、连铸设备、工艺流程、效果评价、记录要求、工艺记录卡等。

本文件适用于铜磷锭坯的水平连铸及其它连铸方式。

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 6418 铜基钎料 第1部分

GB/T 10067.31 电热装置基本技术条件 第31部分：中频无心感应炉

YB/T 4777 连铸安全生产操作技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水平连铸 horizontal continuous casting

铸坯从结晶器至切割后输出的运行轨迹为一水平线的连铸方法。

3.2

连铸圆坯 continuous casting round billet

横截面为圆形的连铸坯。

3.3

结晶器 crystallizer

连铸机的核心部件，主要用于承接熔炼炉高温金属液并使其冷却凝固形成坯壳。

3.4

引锭杆 dummy bar

连铸机的核心部件，用于堵住结晶器的下口，并通过金属液在引锭杆头部的凝固来控制连铸过程。

3.5

拉坯速度 casting speed

单位时间内从结晶器下口拉出的锭坯长度，单位 cm/min。

3.6

锭坯直度 ingot billet straightness

1 m 长度锭坯的最大挠度。

4 基本要求

4.1 人员

4.1.1 掌握铜磷钎料圆形锭坯的水平连铸相关知识，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 掌握连铸设备的操作方法。

4.1.4 能够按照工艺要求进行操作，并填写工艺记录卡。

4.1.5 能够按照 YB/T 4777 的规定应对连铸过程中突发状况。

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 连铸材料

5.1 化学成分

铜磷锭坯化学成分应符合 GB/T 6418.1 中表 4 的规定。

5.2 温度要求

金属液温度应维持在比液相线温度高 150 °C~300 °C 之间。

6 连铸设备

6.1 熔炼炉

应符合 GB/T 10067.31 的规定，坩埚容量推荐为 100 Kg~300 Kg，加热功率推荐为 50 kW~300 kW。

6.2 结晶器

由高纯石墨内衬和外部水冷铜套或钢套组成，为整体固定式，内衬长度推荐为 200 mm~300 mm 之间，应无锥或锥度为 0.05 °~1 °。

6.3 冷却系统

结晶器的冷却水流量推荐为 0.3 m³/h~3 m³/h，进水温度推荐为 15 °C~30 °C，温差 ≤ 5 °C；水压推荐

为 0.2 MPa~0.4 MPa，应设置流量计与低流量报警。

6.4 牵引机

由密封装置、引锭杆、引锭杆存放位置、拉矫机等核心组件组成。拉坯速度推荐为 0 cm/min~30 cm/min。

6.5 锯切机

切割锭坯断面直径：30 mm~100 mm；被割铸坯长度：50 mm~300 mm；锯片机械切割。

6.6 引锭杆

引锭杆材质为碳钢，引锭杆与结晶器之间间隙控制在 0.5 mm~5 mm。引锭杆水平装入，其中心线与结晶器中心线的距离应小于 5 mm。

7 工艺流程

铜磷锭坯的连铸工艺流程见图1。



图1 工艺流程

7.1 原料准备

按成分配比称量配置纯铜、铜磷合金等原材料。

7.2 高温熔炼

7.2.1 将准备好的纯铜和其它原材料（铜磷合金除外）同时放入熔炼炉的坩埚内加热至高温，使其完全熔化成金属液。

7.2.2 将金属液快速升温至 1000 °C~1200 °C 下加入铜磷合金，充分搅拌金属液，静止 8 min~20 min，使其均匀化

7.3 保温精炼

加入木炭或硼砂覆盖，防止金属液长时高温氧化，取样快速在线分析磷含量，不足时补加磷合金，过量时用纯铜稀释。当金属液温度稳定保持在比液相线温度高 150 °C~300 °C 时，静置时间≥10 min 后准备连铸

7.4 凝固成型

启动牵引机构，使金属液注入结晶器，通过水冷铜套或钢套快速冷却，形成初生坯壳。

7.5 连续拉坯

7.5.1 开始拉坯，拉坯模式可设置为拉-停或拉-停-反推，并设置拉坯速度。

7.5.2 将凝固的锭坯壳连续从结晶器拉出，同时通过矫直辊消除锭坯弯曲，确保尺寸精度。

7.6 定长切割

7.6.1 打开切割装置，设置切割长度 50 mm~300 mm

7.6.2 切割成所需铜磷锭坯。

8 效果评价

8.1 表面质量

8.1.1 锭坯表面需目视检测，应光滑、洁净。

8.1.2 不允许存在直径超过 0.5 mm 的气孔、划痕或深度超过 0.5 mm 的表面缺欠。

8.2 尺寸公差

直径允许偏差为 ± 0.25 mm、直线度允许偏差每米不超过 1.5 mm。

8.3 内部缺陷

单根锭内夹渣总量不超过单根锭重的 0.01%。

8.4 化学成分

各炉次之间 P 元素含量的波动范围为 $\pm 0.2\%$ 、Ag 元素含量的波动范围为 $\pm 0.2\%$ ，其他元素含量波动范围 $\pm 0.1\%$ ，杂质总量应不大于 0.25%。

8.5 低倍组织

在锭坯尾端 100 mm 处取样，采用超声波和金相分析等方法分析锭坯内部的偏析、疏松、夹杂物分布和晶粒结构等特征，内部组织要均匀，疏松或非金属夹杂物尺寸应 < 20 μm 。

8.6 力学性能

测试锭坯的拉伸强度、硬度和塑性等性能指标应满足设计要求。

9 记录要求

连铸工艺记录至少应包括以下内容：

- a) 操作者姓名及操作日期；
- b) 钎料牌号及投料重量；
- c) 连铸锭坯规格及成品重量；
- d) 连铸设备型号及功率；
- d) 连铸工艺参数；
- e) 质量检验结果；
- f) 异常情况记录。

附录 A
(资料性)
铜磷锭坯连铸推荐工艺记录卡

铜磷锭坯连铸工艺记录卡如表A.1所示。

表A.1 铜磷钎料锭坯连铸工艺卡

编号：

铜磷钎料牌号		锭坯规格		
锭坯序号		炉次编号		
液相线温度/℃		投料重量 /kg		
连铸设备型号		成品重量 /kg		
连铸设备功率		操作人及日期		
连铸工艺参数：				
金属液温度/℃				
拉坯模式				
拉坯速度cm/min				
结晶器水流量 m ³ /h				
造渣剂牌号				
质量检验结果：				
序号	检验项目	取样数量	取样部位	检验结论
1	表面质量			
2	尺寸公差			
3	化学成分			
4	低倍组织			
5	力学性能			
异常情况记录：				
不合格品处理结论：				