ICS 77.120.60
CCS H 62

T/CS

团 体 标 准

T/CS 582—2026

锌冶炼铁渣富氧熔炼—烟化还原技术

Oxygen-enriched smelting and fuming reduction technology for zinc smelting iron residue

2026－09－11 发布 2026－09－11 实施

中国商品学会 发 布

目　　次

前言 II
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　场地、设备和人员 2
5　原料接收与储存 2
6　工艺流程 2
7　成品质量 4
8　环境保护 4
9　安全 5

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。

本文件由青海湘和有色金属有限责任公司提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：青海湘和有色金属有限责任公司、南丹县南方有色金属有限责任公司、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司丹霞冶炼厂、青海西矿稀贵金属有限公司、矿冶科技集团有限公司。

本文件主要起草人：石云章、章小兵、贾玉龙、王永爱、田发赟、杨泽、晁华宁、王刚、顾煜臻、马鹏、钟震宾、王铧泰、孔会民、占焕武、王智、邓磊、曾一涛、孔航迪、刘超、陈菁。

锌冶炼铁渣富氧熔炼—烟化还原技术

1 范围

本文件规定了锌冶炼铁渣富氧熔炼—烟化还原技术的场地、设备和人员、原料接收与储存、工艺流程、成品质量、环境保护、安全的要求。

本文件适用于以锌冶炼铁渣为原料，采用富氧熔炼—烟化还原技术进行固废减量、有价金属回收及烟气污染控制的生产企业和工程项目。

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 5085.3 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别

GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB 16297 大气污染物综合排放标准

GB 18597 危险废物贮存污染控制标准

GB 55037 建筑防火通用规范

HJ/T 299 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

锌冶炼铁渣 zinc smelting iron residue

湿法炼锌过程产生的含铁尾矿渣、硫渣、中和渣等固体废物。

注：湿法炼锌包括氧压浸出和常规浸出。

3.2

低温干化 low-temperature drying

利用熔炼烟气余热换热产生的蒸汽作为热源，对锌冶炼铁渣进行脱水处理，以降低铁渣含水率、满足后续熔炼入炉工况要求、减少烟气含水负荷的工艺过程。

3.3

富氧侧吹熔炼 oxygen-enriched side-blown smelting

采用侧吹送风方式向熔炼炉内鼓入富氧空气，强化炉料的氧化脱硫反应，调控以铁橄榄石为主的渣相，稳定熔炼工况，使炉料在熔融状态下完成脱硫及造渣的工艺过程。

3.4

烟化还原 fuming reduction

将富氧熔炼产生的高温熔渣送入烟化炉，在还原气氛下使锌、铅等有价金属挥发并以氧化锌形式回收。

3.5

协同还原熔炼 synergistic reduction smelting

将烟化炉渣与原生铁精矿按一定比例混合，以碳质还原剂进行高温还原，生产金属铁或含铁产品。

3.6

全流程烟气同步脱硫脱重金属 whole-process flue gas simultaneous desulfurization and heavy metal removal

采用硫化铵溶液作为吸收剂，对富氧熔炼、烟化还原及协同还原过程产生的烟气进行多级吸收，同步脱除 SO_2 和重金属。

4 场地、设备和人员

4.1 场地

4.1.1 生产场地应远离居民区、水源地等环境敏感区域，符合 GB 55037 及当地规划要求。
4.1.2 生产场地应按原料堆场、生产区、产品库房等进行分区布置，场地地面应进行硬化、防渗处理，场地应设置围堰及渗滤液收集系统。
4.1.3 应按 GB 18597 的规定设置危险废物暂存间。

4.2 设备

4.2.1 应配备以下核心设备：
a) 低温干化装置（含蒸汽换热系统、刮板输送机）；
b) 富氧侧吹熔炼炉；
c) 烟化还原炉；
d) 协同还原熔炼炉（可与烟化炉或独立还原炉结合）；
e) 烟气多级吸收净化系统（含硫化铵溶液吸收塔、循环槽、烟气分析仪）；
f) 除尘系统（电收尘或袋式收尘）。
4.2.2 关键设备应具备温度、压力、流量等在线监测与自动控制功能。

4.3 人员

4.3.1 主要操作人员应经专业培训，掌握富氧熔炼、烟化还原及烟气净化工艺原理与操作规程。
4.3.2 特种作业人员应持有效操作资格证书。
4.3.3 应配备专职安全与环境管理人员。

5 原料接收与储存

5.1 原料接收

5.1.1 原料为湿法炼锌产生的铁渣（尾矿渣、硫渣、中和渣等），进厂前应提供成分分析报告。
5.1.2 每批次原料应检测含水率、锌（Zn）、铅（Pb）、铁（Fe）、硫（S）、镉（Cd）、砷（As）、汞（Hg）等主要成分及浸出毒性（按 HJ/T 299、GB 5085.3）。
5.1.3 浸出毒性中锌（总锌）超过 100 mg/L、镉（总镉）超过 1 mg/L 或汞（总汞）超过 0.1 mg/L 的，应作为危险废物管理。

5.2 原料储存

5.2.1 原料应储存于封闭或半封闭料仓，避免雨水浸淋和扬散。
5.2.2 不同批次、不同来源的原料应分区堆放，标识清晰。
5.2.3 料仓底部应设渗滤液收集沟和收集池，渗滤液应返回生产系统或达标处理。

6 工艺流程

6.1 工艺流程图

锌冶炼铁渣富氧熔炼—烟化还原技术应至少包含低温干化预处理、富氧熔炼脱硫、烟化还原提锌、烟化炉渣与原生铁精矿协同还原熔炼、全流程烟气同步脱硫脱重金属五个步骤，工艺流程图见图 1。

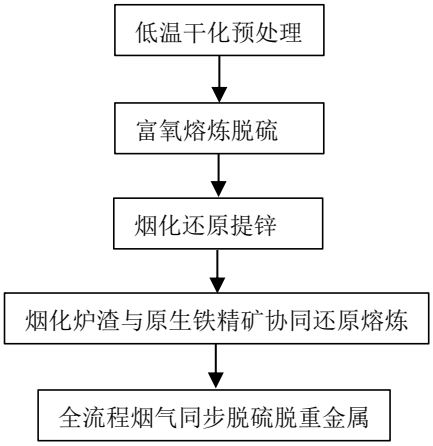


图 1　工艺流程图

6.2　低温干化预处理

6.2.1　应采用熔炼烟气余热换热产出的蒸汽（压力 0.4 MPa～0.6 MPa，温度 150 ℃～180 ℃）作为干化热源。
6.2.2　干化装置应设置 Z 型刮板或等效输送结构，提高物料翻动与热交换效率。
6.2.3　处理后铁渣含水率应不大于 18%。
6.2.4　每处理 100 t 湿基铁渣，产生的蒸汽冷凝水应回收利用。

6.3　富氧熔炼脱硫

6.3.1　将干化后的铁渣与石英石、煤等按配料比混合，加入富氧侧吹熔炼炉。
6.3.2　熔炼温度宜控制在 1 250 ℃～1 350 ℃，富氧空气浓度 25%～35%，鼓入压力应保证熔体充分搅动。
6.3.3　渣系调控应符合以下要求：

a)　Fe/Si 比控制在 0.8～1.2；
b)　Ca/Si 比控制在 0.4～0.6；
c)　以形成铁橄榄石（Fe_2SiO_4）为目标，减少磁性铁（Fe_3O_4）生成。

6.3.4　脱硫率应不小于 90%，产生的 SO_2 烟气送入制酸系统或直接进入烟气净化单元。

6.4　烟化还原提锌

6.4.1　富氧熔炼炉排出的高温熔渣（约 1 250 ℃～1 300 ℃）应通过渣溜槽直接进入烟化炉。
6.4.2　烟化炉内应保持还原气氛（CO 体积分数 3%～8%），炉温控制在 1 150 ℃～1 250 ℃。
6.4.3　烟化周期宜为 60 min～90 min，还原剂（煤粉或焦炭）投加量为渣量的 5%～10%。
6.4.4　烟尘经收尘系统收集得到氧化锌产品，其 ZnO 含量应不小于 60%。
6.4.5　烟化炉水淬渣应进一步处理或用于协同还原炼铁。

6.5　烟化炉渣与原生铁精矿协同还原熔炼

6.5.1　烟化炉水淬渣与原生铁精矿（TFe≥60%）按质量比（2～4）:1 混合。
6.5.2　加入焦炭或煤粉作为还原剂，还原剂质量宜为混合物料总质量的 12%～15%。
6.5.3　还原熔炼温度应控制在 1 050 ℃～1 150 ℃，还原时间 60 min～90 min。
6.5.4　铁回收率应不小于 75%，还原铁产品金属化率不小于 85%。
6.5.5　还原熔炼产生的渣经检测无害化后可作建材原料或安全堆存。

6.6　全流程烟气同步脱硫脱重金属

6.6.1　富氧熔炼、烟化还原、协同还原产生的含 SO_2 及重金属烟气应全部接入吸收净化系统。
6.6.2　吸收剂采用硫化铵[$(NH_4)_2S$]溶液，浓度宜为 0.05 mol/L～0.6 mol/L，采用二级或三级串联吸收。

6.6.3 吸收工艺应符合以下要求：

a) 一级吸收：0.025 mol/L （$(NH_4)_2S$ 溶液；

b) 二级吸收：0.05 mol/L～0.1 mol/L （$(NH_4)_2S$ 溶液；

c) 吸收温度：室温（15 ℃～30 ℃）。

6.6.4 吸收后尾气应符合表 1 的规定。

表 1 吸收后尾气指标

项目	指标
二氧化硫（SO_2）/（mg/Nm^3）	≤100
铅（Pb）/（mg/Nm^3）	≤2.0
镉（Cd）/（mg/Nm^3）	≤0.05
砷（As）/（mg/Nm^3）	≤0.40
汞（Hg）/（mg/Nm^3）	≤0.05

6.6.5 吸收液失效后应再生或作为废水处理，不应直接外排。

7 成品质量

7.1 氧化锌产品

7.1.1 氧化锌产品应符合表 2 的规定。

表 2 氧化锌产品成品质量

项目	指标
氧化锌（ZnO）含量/（w/%）	≥70.0
铅（Pb）含量/（w/%）	≤8.0
水分/（w/%）	≤2.0
细度（-0.075 mm）/（w/%）	≥90

7.1.2 其他杂质要求可由供需双方协商。

7.2 还原铁产品

7.2.1 协同还原熔炼产出的还原铁产品应符合表 3 的规定。

表 3 还原铁产品成品质量

项目	指标
金属铁（Fe）含量/（w/%）	≥80
硫（S）含量/（w/%）	≤0.05
磷（P）含量/（w/%）	≤0.08

7.2.2 还原铁产品可作为炼钢原料或铸造原料。

8 环境保护

8.1.1 重金属烟气排放应符合 GB 16297 及地方标准要求。熔炼、烟化工序应设置密闭收集系统，减少无组织扬尘和重金属逸散，实现有组织排放与无组织排放双重管控。

8.1.2 废水排放应符合地方标准要求。生产废水应循环使用，实现零排放或减量化。

8.1.3 固体废物应按危险废物和一般工业固体废物分类管理。烧后渣（协同还原渣、水淬渣）若浸出毒性低于 GB 5085.3 限值，可按一般工业固废处置或利用。

8.1.4 厂界噪声应符合 GB 12348 的要求。

8.1.5 应建立环境监测制度，定期对烟气、废水、厂界噪声、地下水进行监测。

9 安全

9.1 熔炼、还原、烟气处理等高温区域应设置防护隔离、警示标识及应急冷却装置。
9.2 富氧设备及管道应防油脂、防静电，严格按照富氧安全规程操作。
9.3 硫化铵溶液储存区应设置通风、防泄漏围堰及洗眼器，操作人员应佩戴耐酸碱防护用品。
9.4 生产现场应配备 CO、SO_2、H_2S 等有毒有害气体报警装置。
9.5 特种设备（压力容器、起重机械等）应定期检验，安全附件齐全有效。
9.6 应制定安全生产应急预案，并定期组织演练。