

压缩空气喷吹法制备金属锌粉的生产实践研究

姚应雄 陈先友 何成道 李 科 高占勋 王泽永

(云锡文山锌铟冶炼有限公司, 云南 文山 663701)

[摘要] 针对某冶炼公司投产初期空气喷吹法制备的金属锌粉产能和粒度无法满足生产需求的问题, 分别探究锌液温度、喷吹压力、石英管内径、喷嘴齿数、喷嘴加工和安装精度对金属锌粉产能和粒度的影响。结果表明, 在锌液温度 590 ~ 600 °C、喷吹压力 0.6 ~ 0.65 MPa、石英管内径 12 mm、内喷嘴 30 齿、外喷嘴 40 齿的工艺条件下, 锌粉产能由 20 t/d 提升至 28 ~ 30 t/d, -150 目粒度锌粉产率由 60% 提升至 80% 以上。

[关键词] 空气喷吹; 锌粉; 产能; 锌粉粒度; 锌液温度; 喷吹压力; 石英管内径; 喷嘴齿数

[中图分类号] TF123.112

[文献标志码] B

[文章编号] 1008-5122(2021)03-0018-04

DOI: 10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2021.03.005

Study on the Production Practice of Preparing Metallic Zinc Powder by Compressed Air Injection Method

YAO Ying-xiong, CHEN Xian-you, HE Cheng-dao, LI Ke, GAO Zhan-xun, WANG Ze-yong

Abstract: As the production capacity and particle size of metal zinc powder prepared by air injection method at the initial stage of production in a smelting company cannot meet the production demand, the effects of zinc liquid temperature, injection pressure, inner diameter of quartz tube, nozzle tooth number, nozzle processing and installation accuracy on the production capacity and particle size of metal zinc powder were explored. The results showed that under the process conditions of zinc liquid temperature 590 ~ 600 °C, injection pressure 0.6 ~ 0.65 MPa, quartz tube diameter 12 mm, inner nozzle 30 teeth and outer nozzle 40 teeth, the production capacity of zinc powder increased from 20 t/d to 28 ~ 30 t/d, and the yield of -150 mesh zinc powder increases from 60% to more than 80%.

Key words: air injection; zinc powder; capacity; zinc powder particle size; zinc temperature; injection pressure; inner diameter of quartz tube; nozzle tooth number

0 前言

锌粉因具有较负的标准电极电位、较大的比表面积、活泼的化学性质等特性^[1-2], 常作为置换剂广泛应用于化工、冶金行业。根据其生产方式的不同, 锌粉主要分为电炉锌粉(合金锌粉)、水雾化锌粉、空气喷吹锌粉三种。

在湿法炼锌行业中, 锌粉作为还原剂用于置换除杂或富集回收稀贵金属^[3], 如用于中性浸出液净化过程中的置换除杂、综合回收过程中的镉回收、铜

[收稿日期] 2021-01-13

[基金项目] 国家重点研发计划项目(2018YFC1900402)

[作者简介] 姚应雄(1978—)男, 云南曲靖人, 本科, 工程师, 主要从事湿法炼锌技术管理工作。

[通讯作者] 陈先友(1990—)男, 云南曲靖人, 本科, 工程师, 主要从事湿法炼锌技术管理工作。

[引用格式] 姚应雄, 陈先友, 何成道, 等. 压缩空气喷吹法制备金属锌粉的生产实践研究[J]. 有色冶金节能, 2021, 37(3): 18-21.

回收过程中的三价铁还原等。因需求量大、成本占比高,大多数湿法炼锌企业都配套了锌粉生产系统。目前,湿法炼锌企业普遍采用压缩空气喷吹法(有些企业采用压缩氮气喷吹法)和水雾化法两种工艺生产锌粉^[4]。这两种工艺具有投资少、工艺流程短、产品纯度高、生产成本低等优点。

某公司拥有年产10万t锌的湿法炼锌系统,采用压缩空气喷吹法生产金属锌粉,车间设置1台640 kW工频熔锌感应电炉、喷嘴、锌粉沉降仓、收尘、旋振筛等设备。金属锌粉主要用于中性浸出液置换除杂和镉回收过程,日需求量约30 t,其中-150目(106 μm)粒度锌粉要求占比在80%以上。投产初期,因未能完全掌握锌粉生产关键工艺参数和影响机理,锌粉产能仅约20 t/d,-150目粒度锌粉产率约60%,锌粉产量和粒度不能满足生产要求,需外购部分电炉锌粉辅助,导致生产成本升高,影响企业经济效益。

因此,该公司在生产实践过程中,对金属锌粉生产关键工艺参数开展了系列单因素试验,研究了锌液温度、喷吹压力、石英管内径、喷嘴齿数、喷嘴加工和安装精度对锌粉产能和粒度的影响,对各个工艺参数进行优化确定。在最佳工艺参数组合条件下,锌粉产能和品质得到明显提升,满足生产需求,降低了锌冶炼生产成本。

1 压缩空气喷吹法生产工艺

压缩空气喷吹法生产金属锌粉的原理如下:在喷枪的特定结构下,高速压缩空气气流在石英玻璃管内形成负压,将锌液从熔锌池吸进喷嘴,同时喷枪内的二次风将锌液粒化将其冷却形成锌粉;在冷却过程中,锌粉被喷吹到锌粉沉降仓内,并在沉降仓内收集,然后通过旋振筛筛分出不同粒度的锌粉产品,+60目(245 μm)粗颗粒锌粉返回感应电炉。压缩空气喷吹锌粉的工艺流程如图1所示。

2 锌粉产能和粒度的影响因素分析与讨论

2.1 锌液温度

在喷吹压力0.5~0.55 MPa、石英管内径10 mm、喷嘴齿组合25/30(内喷嘴25齿,外喷嘴30齿)条件下进行试验,研究不同锌液温度对锌粉产能和粒度的影响,结果如图2所示。

由图2可知,锌液温度越高,锌粉产能越大,-150目粒度锌粉产率越高。这是因为锌液温度越

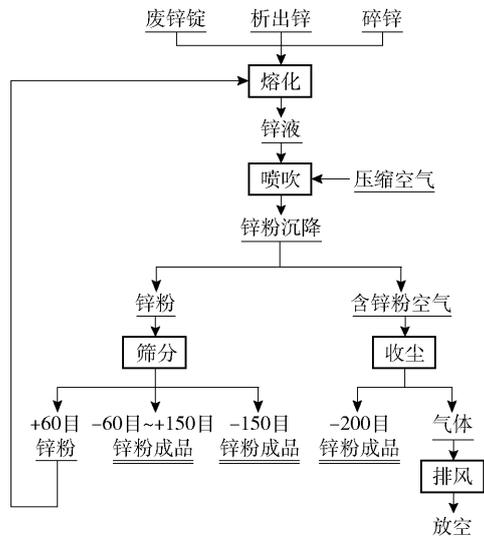


图1 空气喷吹锌粉工艺流程

高,锌液粘度越小,流动性越好,石英管单位时间内的虹吸量就越大;同时,锌液被压缩风破碎的粒度也就越小^[5],细锌粉产率也就越高。生产中,当温度为530~550℃时,锌液流动性差,在喷吹过程中易凝固堵塞石英管,频繁更换石英管会导致锌粉产能偏低,产量仅为10~12 t/d,且-150目粒度锌粉产率为50%~55%;随着温度升高,产能提升显著,当锌液温度为590~600℃时,锌粉日产量达到20~25 t/d,-150目粒度锌粉产率可达75%,完全满足生产需求。但温度过高时,锌液氧化率加大^[6],不仅增加电能消耗及生产成本,还会导致沉降仓内压力和温度升高,加大安全风险。因此,生产中锌液温度以590~600℃为宜。

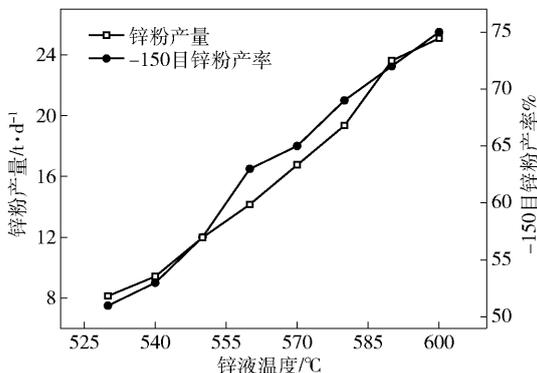


图2 锌液温度对产能和粒度的影响

2.2 喷吹压力

在锌液喷吹温度590~600℃、石英管内径10 mm、喷嘴齿组合25/30条件下进行试验,研究不同喷吹压力对锌粉产能和粒度的影响,试验结果如图3所示。

图3表明,随着喷吹压力的增加,锌粉产量逐渐

升高^[7], -150 目粒度锌粉产率也随之升高,这是因为喷吹压力越大,锌液虹吸速率越快,单位时间内的产量就越高,且锌液粒化地越细。当喷吹压力升至 0.6 MPa 时,锌粉产量约 19 t/d, -150 目粒度锌粉产率约 75%;当喷吹压力继续升高至 0.7 MPa 时,锌粉产量和 -150 目粒度锌粉产率升高趋势趋于平稳,说明此时继续增加喷吹压力对指标提升已无实际意义,而且喷吹压力过大容易导致虹吸断流,影响生产稳定性,同时易造成进气管接头脱落,引发安全事故。因此,综合考虑确定喷吹压力为 0.6 ~ 0.65 MPa。

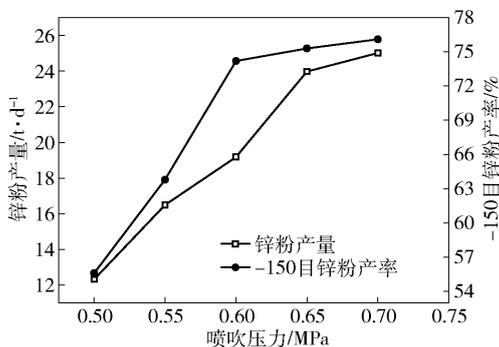


图3 喷吹压力对产能和粒度的影响

2.3 石英管内径

在锌液温度为 590 ~ 600 °C、喷吹压力为 0.6 ~ 0.65 MPa、喷嘴齿组合 25/30 条件下进行试验,研究不同石英管内径对锌粉产能和粒度的影响,试验结果如图 4 所示。

图 4 表明,随着石英管内径的增加,锌粉产量明显增加,-150 目粒度锌粉产率小幅增涨,这是因为石英管内径越大,单位时间内的虹吸量越大,产量就越高,-150 目粒度锌粉产率相应增加,但增加幅度较小,主要因为管径的增加弱化了喷吹压力,导致粗锌粉产率也有所增加^[8]。当石英管内径为 12 mm 时,产量超过了 23 t/d,-150 目粒度锌粉产率超过 76%;当石英管内径继续增加至 13 mm 时,产量可达到 25 t/d 以上,但 -150 目粒度锌粉产率降低至 72% 左右,无法利用的 +60 目粗锌粉产率明显增加。因此,石英管内径以 12 mm 为宜。

2.4 喷嘴齿数

在喷吹温度 590 ~ 600 °C、喷吹压力 0.6 ~ 0.65 MPa、石英管内径 12 mm 条件下进行试验,研究不同喷嘴齿组合对锌粉产能和粒度的影响,试验结果如图 5 所示。喷嘴外形图(气流分布器)如图 6 所示。

图 5 表明,随着喷嘴齿数的增加,锌粉产量逐渐降低,但 -150 目粒度锌粉产率明显增加。由图可

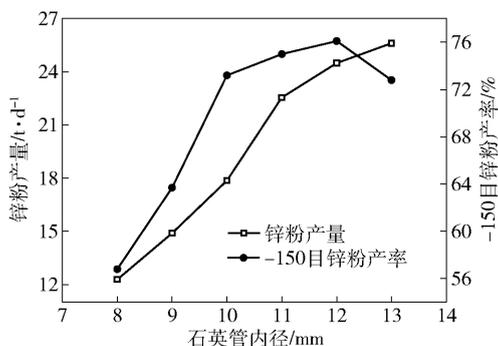


图4 石英管内径对产能和粒度的影响

以看出,当喷嘴齿数增加至 30/40 时,锌粉产量约为 29.5 t/d,-150 目粒度锌粉产率约为 82%,产量和粒度要求均达到生产需求。当喷嘴齿数为 35/45 时,锌粉产量降至 28.5 t/d,-150 目粒度锌粉产率增加至 85% 以上。此外,35/45 的喷嘴齿数分布较密,齿壁较薄,在高温、高压工作条件下,容易损坏,若频繁更换,则不利于生产的稳定。综上所述,选定 30/40(内喷嘴 30 齿、外喷嘴 40 齿)的喷嘴齿组合较为适宜。

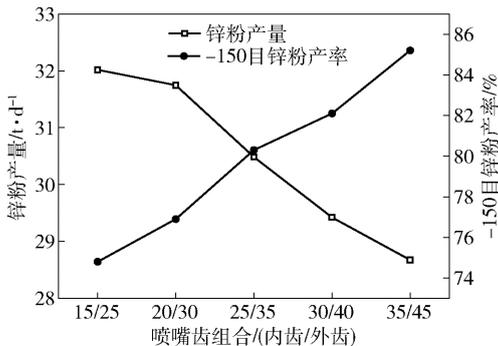


图5 喷嘴齿数对产能和粒度的影响



上为外喷嘴;下为内喷嘴

图6 喷嘴结构

2.5 喷嘴的加工和安装精度

喷嘴的加工和安装精度也是影响锌粉产能和粒度的重要因素^[9]。加工精度主要体现为喷嘴流道形式、流道角度、流道深度、流道分布均匀性、流道光滑度。研究表明,喷嘴采用 U 型流道(原为矩形流

道), 倾斜 $60^\circ \pm 5^\circ$, 深 $1 \sim 1.5$ mm, 流道分布越均匀, 越光滑, 锌粉产量越高, 粒度越细。采用这种高精度的喷嘴, 锌粉产能显著提升 $5\% \sim 10\%$ 。

喷嘴在上齿和下齿的配合须垂直无倾斜, 否则将影响气流分布的均匀性, 从而降低细锌粉产率。石英管安装时, 需垂直于喷嘴横截面, 即与喷嘴内腔平行, 且石英管与喷嘴内腔间隙用石棉绳或柔性石墨垫子填充密封稳固, 否则石英管在喷吹过程中受到气流的冲击易晃动或者断裂, 导致锌液流量波动, 不仅降低锌粉产能和细锌粉产率, 也影响生产稳定性和增加生产成本^[10]。此外, 石英管安装时, 石英管锌液出口端适当超过出气点 $1 \sim 2$ mm, 有利于增加细锌粉产出率。

3 工业验证试验

根据单因素条件试验结果, 金属锌粉生产工艺条件优化为: 锌液温度 $590 \sim 600$ °C, 喷吹压力 $0.6 \sim 0.65$ MPa, 石英管内径 12 mm, 内喷嘴 30 齿、外喷嘴 40 齿。在此工艺条件下进行工业验证试验(24 h 生产制), $1 \sim 3$ 月份为单因素试验生产数据, $4 \sim 9$ 月份为最优工艺条件组合验证试验生产数据, 生产情况见表 1。

表 1 2020 年 1~9 月金属锌粉生产情况

月份	产能/ t·d ⁻¹	金属 Zn 含 量/%	+60 目 产率/ %	-60 目 ~ +150 目 产率/%	-150 目 产率/ %	-200 目 产率/ %
1 月	21.55	99.23	9.54	16.37	68.14	5.95
2 月	20.84	99.54	7.35	12.79	72.24	7.62
3 月	23.14	99.30	6.26	8.23	76.37	9.14
4 月	27.64	99.52	2.54	7.11	80.23	10.12
5 月	28.61	99.35	1.78	5.69	82.69	9.84
6 月	30.25	99.45	1.64	7.49	79.63	11.24
7 月	29.32	99.34	1.31	2.52	84.32	11.85
8 月	30.45	99.24	1.84	3.99	82.14	12.03
9 月	31.64	99.63	2.32	3.38	83.54	10.76

工业验证试验数据表明, 经过工艺优化, 金属锌粉产能由 $1 \sim 3$ 月份的平均 21.84 t/d 增加至 $4 \sim 9$ 月份的平均 29.65 t/d, 提升了 35.76% ; -150 目粒度锌粉产率由 $1 \sim 3$ 月份的平均 72.25% 增加至 $4 \sim 9$ 月份的平均 82.09% , 提升了 13.62% , 且锌粉含锌量在 99% 以上。

采用压缩空气喷吹法生产金属锌粉, 锌粉产能、 -150 目粒度锌粉产率、锌粉纯度完全满足湿法炼

锌生产需求, 且结果重现性较好, 实现了锌粉 100% 自给自足, 进一步降低了锌冶炼生产成本, 为企业降本增效起到了积极作用。

4 结论

1) 采用压缩空气喷吹法制备金属锌粉, 为提高锌粉产能及 -150 目锌粉产出率, 考察了锌液温度、喷嘴压力、石英管内径等因素对产品的影响。试验结果表明金属锌粉的最佳生产工艺条件为: 锌液温度控制在 $590 \sim 600$ °C、喷吹压力 $0.6 \sim 0.65$ MPa、石英管内径 12 mm、内喷嘴 30 齿、外喷嘴 40 齿。

2) 喷嘴采用 U 型流道、流道倾斜 $60^\circ \pm 5^\circ$ 、深 $1 \sim 1.5$ mm、流道分布均匀且加工精度高的喷嘴, 锌粉产能可提升 $5\% \sim 10\%$ 。

3) 喷嘴和石英管高精度安装以及石英管锌液出口端适当超过出气点 $1 \sim 2$ mm, 有利于增加细锌粉产率。

通过上述工艺参数优化及喷嘴改进, 操作条件和技术经济指标相对较好。空气喷吹锌粉平均产量达 29.65 t/d, -150 目粒度锌粉平均产出率达 82.09% , 锌粉含锌大于 99% , 满足生产需求。

[参考文献]

- [1] 郭天立, 杨如中, 单胜军, 等. 喷吹锌粉生产实践[J]. 有色矿冶, 2002, 18(4): 38-41, 49.
- [2] 胡慧茹, 尚青亮, 何萧含, 等. 气体雾化法制备锌粉及其性能研究[J]. 热加工工艺, 2016, 45(18): 112-116.
- [3] 熊家政, 张恩明, 李雨薇, 等. 一种新型水雾化锌粉制取与输送工艺及装置[J]. 有色金属, 2012, 2(1): 44-48.
- [4] 邢雪青, 吴忠华. 一种纳米锌粉制备方法: CN 111390194 A[P]. 2020-07-10.
- [5] 姚凤霞, 李龙. 水力雾化锌粉的生产与应用[J]. 有色设备, 2018, 33(5): 38-42.
- [6] 王凤朝. 锌粉生产工艺选择分析[J]. 有色冶金设计与研究, 2013(6): 26-28.
- [7] 张玮, 尚青亮, 刘捷, 等. 气雾化法中气体压力对制备锌粉的影响[J]. 热加工工艺, 2017, 46(6): 75-77.
- [8] 陈文汨, 万新华, 孙英樱. 制备雾化锌粉技术研究[J]. 有色金属(冶炼部分), 2001, 1(2): 36-38.
- [9] 周永良, 夏天. 一种锌粉雾化喷头: CN 210548122 U [P]. 2020-05-19.
- [10] 陈文汨, 万新华. 喷嘴结构和工艺参数对雾化锌粉粒度的影响[J]. 中国有色金属学报, 2001, 11(5): 852-857.