

风砂与石英石粉剂混合配比的设计研究

杨 佳

辽东学院 辽宁省 118003

摘要: 镍闪速炉使用熔剂主要是石英砂。由于石英砂的生产成本高使用风砂替代部分石英砂作为闪速炉熔剂可以降低镍冶炼的生产成本。风砂的成分中 SiO₂ 低于石英砂的含量。风砂的粒度大所含的水分高。风砂的湿度和粒度都需要达到要求才能用于与石英砂粉剂相混合。风砂的配入比例是依据闪速炉渣 Fe/SiO₂ 允许波动范围确定的。闪速炉渣 Fe/SiO₂ 波动在 ±0.05 范围内, 则风砂和石英砂的最大配比为 1.5/1。通过对闪速炉的定量投料, 调整闪速炉各项工艺参数和控制内容, 确定混合熔剂体系固化配比的风砂的含量。

关键词: 镍冶炼, 闪速炉, 风砂, 石英砂, 混合配比

一、前言

镍冶炼受原料品质和地理位置等多方面的影响, 生产成本较高。镍冶炼厂围绕着镍冶炼的过程, 以降低生产物料费用为突破口来降低成本。同时因受原料氧化镁波动的影响, 精矿在熔炼过程中的状况较不稳定, 特别是闪速炉渣黏度发生较大变化, 炉渣粘度增加则有色金属的含量将增加, 导致有色金属的回收率降低。镍冶炼的另一个影响炉渣的原料是 SiO₂ 的含量, SiO₂ 的含量也影响着炉渣的结果。炉渣中镍含量的降低是冶炼过程的目标, SiO₂ 含量影响闪速炉渣 Fe/SiO₂ 的含量。但是在冶炼的过程中炉渣 Fe/SiO₂ 的含量可以在 ±5% 范围内波动, 由此提出了用风砂部分替代石英石, 以降低生产物料费[1]。

镍闪速炉使用的粉状熔剂是由石英砂加工而来。为了降低闪速炉系统的炉料成本, 通过对石英砂成分, 熔剂制备系统的生产特点, 闪速炉熔炼的反应特性, 闪速炉渣型特点等多方面的分析研究, 提出采用风砂替代部分石英砂作为闪速炉熔剂。并对风砂的产地, 成分与特性做了论证。同时闪速炉贫化区配入石灰石来调整渣型, 进一步降低闪速炉渣的含镍量。

二、闪速炉风砂与石英石混合熔剂的研究

1. 镍闪速炉现存生产的状况

闪速熔炼是一种强化冶炼工艺, 其主要特点是将干燥后的精矿和粉状熔剂, 燃料及工艺风通过精矿喷嘴喷入高温反应塔内, 瞬间完成冶金物理化学反应。高温的炉渣在贫化区进一步贫化还原渣中的有价金属, 完成整个冶炼过程[2]。

传统的粉状熔剂是由粒度为 12mm 左右的石英砂经过球磨机加工而成的, 加工后的粉状熔剂含水量小于 1%, 粒度为 -60 目 (0.246mm) 大于 90%。经过仓式泵由压缩空气吹送至闪速炉炉顶的熔剂仓供闪速炉使用。表 1 为传统石英砂熔剂的化学成分。

表 1 传统石英砂熔剂的化学成分

物料	Fe	CaO	MgO	SiO ₂
石英砂熔剂	0.16	1.14	0.20	94.88

从上表可以看出, 传统石英砂熔剂中 SiO₂ 较高, 含量接近 95%。CaO 含量较低, 为 1.14%。这也成为传统粉石英砂熔剂的一个突出特点。

2. 风砂部分替代石英砂

针对闪速炉熔剂的现状与特点, 对熔剂特性, 熔炼工艺特点, 渣型特点, 熔剂制备系统等多方面进行研究。重点研究了风砂中 SiO₂ 的含量特性, 并对闪速炉工艺运行参数进行充分论证。在试验过程中通过逐步改变风砂与石英砂的配比来满足闪速炉的正常熔炼与生产。同步对闪速炉的重要工艺控制参数进行探索性试验, 考察熔剂加工系统的适应性, 最终固化一整套混合熔剂配比, 加工与应用的工艺技术条件与相对应的管理模式。

镍闪速炉的混合粉状熔剂具有相对应的 SiO₂ 成分。在目前熔剂制备系统完全可以进行加工与制备, 对闪速熔炼反应的影响波动较

小, 能够长周期使用于镍闪速炉。

根据镍闪速熔炼系统综合的状况, 对镍闪速炉熔剂相关技术进行分析, 石英石溶剂的成分是 SiO₂。用风砂替代部分石英石的关键点在于其配比后的 SiO₂ 含量。表 2 是风砂与石英石溶剂成分、粒度对比。风砂中 SiO₂ 的含量在 60~80% 的范围内, 含水量和力度都大于石英石溶剂[3]。风砂中的含水量和粒度能够用物理的方法达到要求值。以 Fe/SiO₂ 的含量可以在 ±5% 范围内波动的条件为依据, 初步确定风砂的配合量。

3. 风砂加工

闪速炉因其特殊的工艺特点, 所以对入炉物料品质, 粒度和含水都有较高的要求。表 2 是石英砂和风砂特性的对比。

表 2 石英砂和风砂成份、粒度对比

项目	SiO ₂ 含量 (%)	H ₂ O 含量 (%)	粒度
石英砂	92	≤1	-60 目 ≥90%
风砂	60~80, 平均约 70	6 左右	≤1mm

镍闪速炉的混合粉状熔剂与石英石溶剂应该有相对应的 SiO₂ 成分。根据闪速炉的特殊工艺特点, 进入闪速炉的物料品质, 粒度和含水量都要达到使用要求。

由表 2 可知风砂的含水量和粒度不能满足闪速炉熔剂入炉要求。因此风砂不能直接作为入炉物料进入闪速炉内。风砂要经过干燥和球磨机加工成粉剂才可以作为闪速炉熔剂使用。通过配比混合机混合后由上料系统进入配料仓[4]。

4. 风砂与石英砂配比与计算

闪速炉渣 Fe/SiO₂ 控制范围是 1.00~1.30, 根据炉况控制要求随时进行调节, 以保证炉渣的最优控制, 在生产控制过程中允许渣 Fe/SiO₂ 波动范围是 ±0.05。石英粉含 SiO₂ 非常稳定, 保障了闪速炉渣 Fe/SiO₂ 的稳定控制。而风砂含 SiO₂ 存在一定的波动, 最低 60%、最高 80%、平均为 70%。由于闪速炉渣 Fe/SiO₂ 必须控制在允许波动范围内, 所以风砂的配入比例是有所限制的[5]。

表 3 闪速炉干精矿成份

项目	Ni	Cu	Fe	SiO ₂
%	9.14	5.29	35	6.6

假定精矿处理量为 100t、低镍品位为 40%、低镍镍含 Fe 为 30%、渣 Fe/SiO₂ 控制要求为 1.15 ± 0.05。

低镍镍产率 = (9.14 + 5.29) ÷ 40 = 36.1%。

炉渣中含 Fe = 100 × 35% - 100 × 36.1% × 30% = 24.17 (t)。

系统投入熔剂含 SiO₂ 量为:

24.17 / (1.15 ± 0.05) = X + 100 × 6.6%

X = 14.417^{+0.956}_{-0.875}

闪速炉允许入炉熔剂含 SiO₂ 百分比波动范围为: x%^{+6.63%}_{-6.07%}。

假定风砂和石英砂的最大配比为 y/1, 根据风砂和石英砂化学成份及入炉熔剂含 SiO₂ 最大波动范围可得:

入炉熔剂含 SiO₂ 为: $(0.92+0.7y) / (1+y) = x\%$
 风砂配比上限 y₁ 为:
 $(0.92+0.7y_1) / (1+y_1) = x\% = ((0.92+0.8y_1) / (1+y_1)) + 6.63\%$
 y₁=1.967。
 风砂配比上限 y₂ 为:
 $(0.92+0.7y_2) / (1+y_2) = x\% = ((0.92+0.6y_2) / (1+y_2)) - 6.07\%$
 y₂=1.545

由以上可知, 保证闪速炉渣 Fe/SiO₂ 波动在 ±0.05 范围内。则风砂和石英砂的最大配比为 1.5/1。如果配比偏大则极易引起炉渣 Fe/SiO₂ 失控, 渣型会出现大幅度波动。

5. 风砂的来源

沙漠风砂资源十分丰富, 因此具备大量开采与使用的条件。风砂粒度在 1mm 以下、含水 6% 左右、SiO₂ 含量为 60% ~ 80%, 稍作加工处理即可使用。风砂粒度在 1mm 以下、含水 6% 左右、SiO₂ 含量为 60% ~ 80%, 稍作加工处理即可使用。风砂的原料采购成本为 19.35 元/吨, 远远低于粒石英砂采购价, 如果可以实现风砂替代石英砂, 则每年节约的费用将会非常可观。

三、新型混合熔剂制备与应用过程

1. 新型混合熔剂的制备流程

以闪速炉 5 天的混合熔剂供应量为例。风砂仓储量约为 600t。在试验研究的前期风砂日需求量约为 120t。

风砂与石英砂的配比主要由容积料仓体积按数量要求进行配比。表 4 是风砂与石英砂比重对比。

表 4 风砂与石英砂比重对比

	风砂	石英砂
比重	1.73	1.70

风砂和石英砂按照一定配比经球磨机加工后由仓式泵通过管道吹送至闪速炉顶的熔剂仓, 然后经由风根秤, 配加料刮板进入到闪速炉内。制备与输送流程见下图。

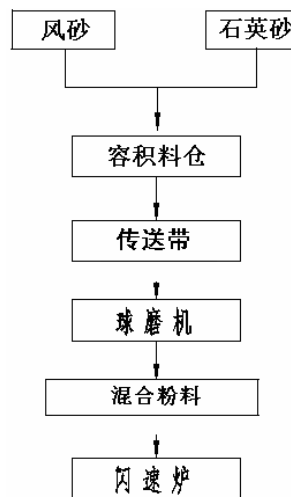


图 1 混合熔剂的制备、输送流程

2. 新型混合熔剂制备与应用过程的研究

为确保闪速炉正常稳定运行混合熔剂中风砂的配比需要在应用过程中逐渐探索。初期试验将其配比定为三个阶段, 每阶段时间为 5 天。具体安排如表 5 所示:

表 5 混合熔剂配比研究进度安排表

试验阶段	试验时间	风砂与石英砂配料体积比
第一阶段	5 天	1: 2
第二阶段	5 天	1: 1
第三阶段	5 天	1.5: 1

3. 新型混合熔剂的进一步探索与固化应用

闪速炉系统混合熔剂中风砂与石英砂的配比 1.5: 1。并经过了长时间的验证与使用, 固化为镍闪速炉新型混合熔剂的最终配比。混合熔剂配比固化后, 闪速炉工艺参数较为稳定。见表 6。

表 6 风砂与石英砂配比为 1.5: 1 闪速炉的参数

序号	参数名称	单位	数值	序号	参数名称	单位	数值
1	投料量	t/h	80	8	低镍硫品位	%	40.4
2	熔剂率	%	16.3	9	低镍硫温度	℃	1224
3	粉煤	t/h	2.5	10	低镍硫面	mm	600
4	重油量	kg/h	200	11	渣铁硅比	1	1.12
5	烟灰量	t/h	7.2	12	渣温	℃	1379
6	总风量	Nm ³ /h	28000	13	渣面高度	mm	1360
7	风速	m/s	80	14	沉淀池熔体面	mm	1470

混合熔剂体系固化后, 闪速炉以 80t/h 投料。闪速炉各项工艺参数控制均有所调整。整体后的参数基本没有出现大的波动, 主要体现在以下几点:

- a. 风砂配入量的提高, 闪速炉熔剂率上升;
- b. 反应塔粉煤投入量有一定下降;

- c. 烟灰产量与烟灰投入量变化不大;
- d. 闪速炉三个主要参数低镍硫面、渣面、熔体面能够稳定控制。

4. 新型混合熔剂对系统经济技术指标和能耗的影响

研究过程中经济技术指标和能耗均较为稳定, 应用风砂部分替代石英砂闪速炉能源消耗和经济技术指标对比如表 7 所示:

表 7 风砂部分替代石英砂经济技术指标及能耗变化 (85t 投料)

技术经济指标		石英砂	风砂与石英砂混合	变化量	变化百分比
项目	单位				
熔剂制备系统生产时间	h/d	13.2	11.7	-1.5	-11.36%
熔剂制备系统产量	t/d	278	247	-31.0	-11.15%
熔剂制备小时产能	t/h	21.06	21.11	0.1	0.24%
反应塔熔剂率	%	16.3	16.3	0.0	0.00%
反应塔粉煤投入量	t/h	2.5	2.5	0.0	0.00%
氧单耗	Nm ³ /t	163	150	-13.0	-7.98%
反应塔重油量	kg/h	200	200	0.0	0.00%
沉淀池块煤量	t/h	1.42	1.7	0.3	19.72%
贫化区块煤量	t/班	10.2	11.5	1.3	12.75%
贫化区电单耗	KWh/t	83	92	9.0	10.84%

从表 7 可以看出:

- a. 风砂进入熔剂制备系统以后, 熔剂系统产量有较小幅度的升高, 主要是受风砂粒度、含水量、球磨机的研磨效率影响;
- b. 风砂成分稳定后, 反应塔的熔剂率保持不变;
- c. 风砂进入系统后, 反应塔燃料投入量基本没有变化。
- d. 沉淀池、贫化区还原剂投入量和贫化区电单耗均有不同程度的升高。

四、结论

镍闪速炉风砂替代石英砂生产模式, 是在镍闪速熔炼炉传统熔剂体系的基础上得到的。混合熔剂的适用性与闪速炉渣型为研究关键点。综合考虑闪速熔炼系统的安全稳定运行、能耗的降低、指标的优化、有价金属的回收等诸多方面, 制定出应用于生产实践的风砂和石英砂混合熔剂。

配比偏大则容易引起炉渣 Fe/SiO_2 失控, 渣型会出现大幅度波动。

风砂与石英砂的化学成分相比是有差别的。风砂的成分中 SiO_2 低于石英砂的含量。风砂的粒度大所含的水分高。风砂的湿度和粒

度都需要达到要求才能用于与石英砂粉剂相混合。

风砂的配入比例是依据闪速炉渣 Fe/SiO_2 允许波动范围确定的。闪速炉渣 Fe/SiO_2 波动在 ± 0.05 范围内, 则风砂和石英砂的最大配比为 1.5/1。配比偏大容易引起炉渣 Fe/SiO_2 失控, 渣型会出现大幅度波动。

风砂替代石英砂生产模式要求对生产工艺过程和控制内容作出相应调整满足镍闪速熔炼炉的要求。

参考文献:

- [1]徐亚飞, 吕希唐, 云南冶金, VOL.28 No.2.1999.4
 - [2]康龙田, 曹战民, 武世民, 乔芝郁, 北京科技大学学报, Vol, 24 No.3, 2002.4
 - [3]李徽文, 刘明宝, 印万忠, 现代矿业, 第 3 期, 2012.3
 - [4]盛广宏, 翟建平, 金属矿山, 第 352 期, 2005.第 2 期
 - [5]何焕华, 蔡乔方, 中国镍钴冶金, 北京, 中国冶金工业出版社。2000
- 作者简介: 杨佳, 女, 1965.4, 汉, 辽宁省沈阳市, 本科, 教授, 研究方向: 机械设计制造及数控技术。