

引用格式:王翀,董鹏,刘自亮,等. 锌精矿硫酸化焙烧工艺及其冶金过程模拟研究[J]. 有色设备,2025,39(3):76-83.

WANG Chong, DONG Peng, LIU Ziliang, et al. Simulation study on sulfating roasting process and metallurgical process of zinc concentrate[J]. Nonferrous Metallurgical Equipment,2025,39(3):76-83.

锌精矿硫酸化焙烧工艺及冶金过程模拟研究

王 翀,董 鹏*,刘自亮,左小红

(长沙有色冶金设计研究院有限公司,湖南长沙 410011)

[摘 要] 锌精矿资源日益匮乏,成分愈发复杂,加之硫酸化焙烧化学反应过程复杂,利用传统冶金计算方法开展模拟工作量大、效率低。本文介绍了硫化锌精矿硫酸化焙烧工艺、反应机理及酸化焙烧技术特点,利用 METSIM 对该工艺过程开展了详细模拟计算。着重描述了 METSIM 模型创建过程原则、步骤,硫酸化焙烧单元模块划分、过程控制。结果表明,15.7 万 t/a 硫化锌精矿硫酸化焙烧可以产出 73 804.80 t/a 焙砂,62 768.22 t/a 烟尘,SO₂ 含量为 8.8% 的烟气 48 734.22 Nm³/h;90.62% 的热收入来自于硫化物氧化分解,烟气、烟尘、焙砂、水分蒸发等物料带走了 76.63% 的热量。计算结果为硫酸化焙烧工艺设计及升级改造,设备大型化、超大型化提供了详实的理论依据。

[关键词] 锌精矿;硫酸化焙烧;反应机理;METSIM 模型;过程模拟

[中图分类号] TF812;TF801.2

[文献标志码] A

[文章编号] 1003-8884(2025)03-0076-08

DOI:10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2025.03.008

0 引言

锌精矿又称闪锌矿,其锌含量约占 50%,硫含量通常为 28%~31%,并伴有铅、镉、铜等重金属^[1]。在硫化锌精矿中提取金属锌,除“氧压浸出一锌电积”流程外,无论是采用湿法炼锌还是火法炼锌,硫化锌精矿均须经历焙烧脱硫变成氧化物。同时,根据后续冶炼方式的不同,硫化锌精矿的焙烧可以分为硫酸化焙烧(870~900℃)和氧化焙烧(1 000~1 100℃)^[2]。

随着国内锌资源的日益匮乏以及市场的快速变化,锌冶炼企业所处理的锌精矿成分日益复杂^[3]。采用 EXCEL 软件进行模拟冶金过程模拟,存在工作繁琐、计算量大、易产生计算累差等弊端,且不利于不同研究人员之间的互检互查^[4]。在此背景下,METSIM 作为一种多用途工艺过程模拟软件,被广泛应用于多种物料的干燥、焙烧、熔炼等过程模拟。

近年来,诸多研究人员利用 METSIM 软件进行了深入的研究与实践,孙海阔^[5]利用 METSIM 对红土镍矿 RKEF 工艺中的精矿干燥工序进行了模拟,得到了准确的质量平衡和热平衡数据。卢绍文等^[6]基于 METSIM 搭配控制软硬件系统,建立了竖炉过程半实物仿真系统,获得了磁选管回收率与燃烧时温度设定值之间的动态关系。杨慧兰等^[7]采用 METSIM 对脆硫铅锑矿富氧强化熔炼工艺开展了模拟,所得计算结果为冶金设计提供有力支撑。张小东等^[8]使用 METSIM 模拟 20 万 t/a 氧化镁焙烧工序,获得的物料平衡和热平衡为焙烧工艺设计提供了技术支持。赵鹏飞^[9]借助 METSIM 对红土镍矿高压酸浸系统的平衡进行模拟计算,通过物料和热量衡算为高压酸浸系统的工程化提供数据支持。

锌精矿硫酸化焙烧过程采用计算机软件模拟在国内外尚无广泛报道,近年来,长沙有色冶金设计研究院有限公司利用 METSIM 结合工程实践,积累了大量可靠的工程数据。本文拟利用 METSIM2018.06

[收稿日期] 2024-10-15

[基金项目] 广西科技重大专项资助项目(桂科 AA22067076)。

[第一作者] 王翀(1992—),男,陕西渭南人,工程师,硕士,主要从事有色金属冶炼、冶金资源综合利用工艺设计及研究工作。

[通信作者] 董鹏(1982—),男,新疆乌鲁木齐人,高级工程师,硕士研究生,主要从事有色金属冶炼、冶金资源综合利用工艺设计及研究工作。

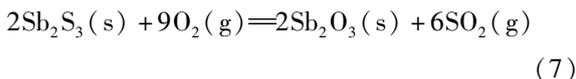
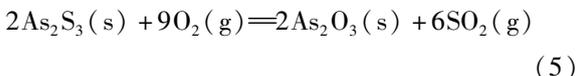
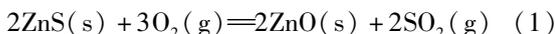
对锌精矿硫酸化焙烧过程开展模拟,以获得焙烧过程质量平衡和热量平衡计算结果,填补锌精矿硫酸化焙烧过程软件计算的空白,为硫酸化焙烧工艺设计和升级改造以及设备大型化和超大型化提供了详实的理论依据。

1 锌精矿硫酸化焙烧工艺及 METSIM 模型构成

1.1 锌精矿硫酸化焙烧工艺与原理

我国锌冶炼主要采用湿法炼锌工艺,其流程包括硫酸化焙烧—焙烧矿浸出—硫酸锌溶液净化—锌电积。图1为典型锌精矿硫酸化焙烧工艺流程,而本文仅对配料、焙烧、焙砂冷却等主要硫酸化焙烧工序进行模拟计算。

根据经验分析,锌精矿中 Zn、Pb、Cd、In、As、Sn、Sb 等元素分别以 ZnS、PbS、CdS、InS、As₂S₃、SnS₂、Sb₂S₃ 的形式存在。在硫酸化焙烧过程中,硫化物会发生氧化还原反应,被氧气氧化生成氧化物。锌精矿中硫化物在硫酸化焙烧过程中主要化学反应如式(1)~(7)所示:



Fe 主要以 Fe₇S₈ 的形式存在,同时会有少量的 Fe 会以 CuFeS₂ 和 FeS₂ 的形式存在,Fe₇S₈ 会分解生成 FeS 和 S₂,FeS₂ 会氧化分解为 Fe₂O₃ 和 SO₂。Cu 主要以 CuFeS₂ 的形式存在,CuFeS₂ 会分解生成 Cu₂S、FeS 和 S₂,Cu₂S、FeS 和 S₂ 会和氧气反应生成 CuO、Fe₂O₃ 和 SO₂。主要化学反应见式(8)~(13)。

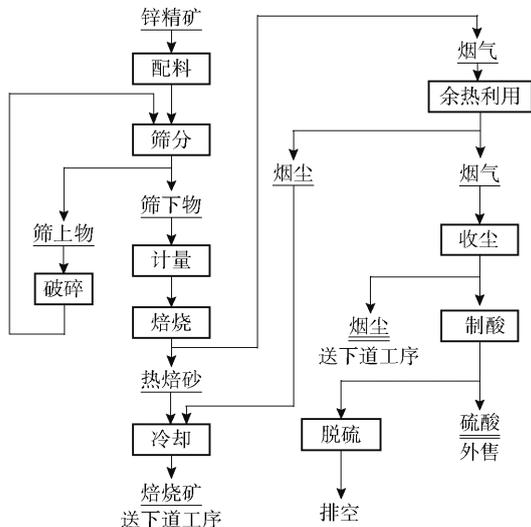
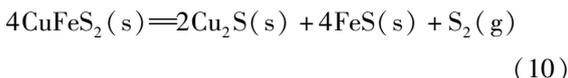
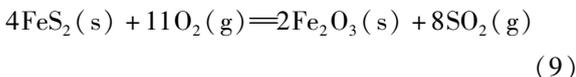
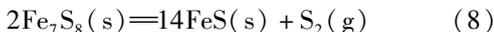
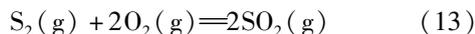
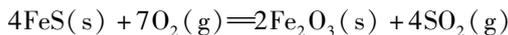
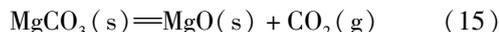
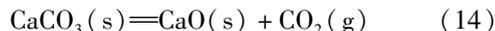


图1 典型锌精矿硫酸化焙烧工艺流程图

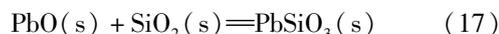
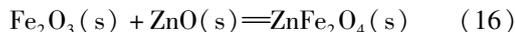
Fig. 1 Typical zinc concentrate sulfating roasting process flow chart



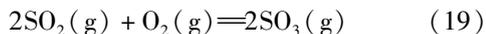
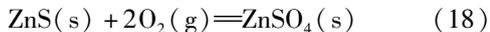
锌精矿中的脉石成分 Ca、Mg、Si 分别以碳酸盐 (CaCO₃、MgCO₃) 和 SiO₂ 的形式存在,酸化焙烧过程中碳酸盐会发生高温分解。主要发生以下反应见式(14)~(15):



在硫酸化焙烧过程中,尖晶石反应发生不可避免,即三氧化二铁和氧化锌反应会生成铁酸锌(式(16)),氧化铅和二氧化硅反应会生成硅酸铅(式(17))。为确保锌最大限度地进入酸性浸出工序浸出液中,提高锌的回收率,并保证浸出液容易澄清过滤。因此,在硫酸化焙烧过程中尽可能避免生成大量的铁酸锌和硅酸铅等难浸出过滤物质。



企业生产实践证明,在硫酸化焙烧锌精矿的过程中,由于硫化物无法全部被氧化生成氧化物,剩余的硫化物会与氧气反应生成硫酸盐,如反应方程式(18)所示。同时,硫酸化焙烧烟气中的 SO₂ 也会氧气发生反应生产 SO₃,锌精矿和空气中的水分会吸热汽化为水汽进入烟气中。反应方程见式(19)。



1.2 METSIM 模型构成

METSIM 模型由多个操作单元、物流线和控制单元构成,一个工艺过程可以由单个操作单元或多个操作单元的组合来实现,操作单元之间通过物流线进行连接,具体过程控制参数和检测参数需借助控制器来实现。

在操作单元中,可以设置工艺过程中涉及的压力、热量和化学反应等参数,如图 2 所示。工艺过程中涉及的化学反应可以在“Reactions”选项卡中输入,压力变化情况可以在“Pressure”中进行表述,热量损失或补偿可通过“Heat Bal”中进一步补充。

物流线中包含物料序号、名称、物相组成、质量流量、温度、压力、体积流量和固体含量等信息,METSIM 将物相组成划分为 8 个相态:无机固相、有机固相、无机液相、有机液相、熔融金属、熔融硫化物、熔融氧化物和气相。每种相态中包含各组分和元素的质量分数、浓度及质量流量。

表 1 混合锌精矿成分

Table 1 Composition of mixed zinc concentrate

成分	Zn	Cd	Cu	Pb	Fe	S	SiO ₂	CaO	MgO	In	Sn	Sb	As
取值	45.00	0.28	0.44	2.25	12.5	32.74	3.75	1.04	0.02	0.09	0.65	0.23	0.12

一般情况下,提高硫酸化焙烧温度有利于脱硫的进行。然而,为了获得含一定数量硫酸盐形态的焙砂,焙烧温度不易过高,以防止硫酸盐分解。焙烧温度越高,铁酸锌及硅酸锌的生成量会随着温度的升高而增加,砷和锑的脱除效果也越差,主要原因是温度升高促进了氧化锌和氧化铁之间的反应,砷和锑的三氧化物在高温下会生成不易挥发的五氧化物。

表 2 硫酸化焙烧工艺过程技术参数

Table 2 Technical parameter table of sulfation roasting process

名称	技术参数	名称	技术参数
焙烧温度/℃	850 ~ 950	硫化物含硫/%	0.30
空气过剩系数	1.20 ~ 1.30	硫酸盐含硫/%	1.10
焙烧脱硫率/%	92 ~ 97	烟尘含硫/%	2.64
焙砂产出率/%	45 ~ 50	硫化物含硫/%	0.50
烟尘产出率/%	38 ~ 42	硫酸盐含硫/%	2.14
烧成率/%	85 ~ 90	烧结烟气 SO ₂ 浓度/%	8 ~ 10
焙砂含硫/%	1.40		

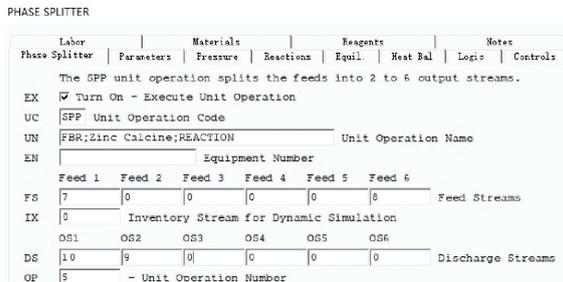


图 2 操作单元模块界面

Fig. 2 Operation unit module interface

METSIM 控制器种类多样,有固含量、pH 和反馈控制器等,主要是通过“Value Functions”和“Set Point”实现过程控制。

2 锌精矿硫酸化焙烧工艺过程模拟

2.1 原料成分及主要过程参数

某项目混合锌精矿(干基)成分如表 1 所示,该项目每年处理锌精矿 157 020 t/a(干基),精矿含水 8% ~ 9%,硫酸化焙烧系统每年工作 300 d,实行 24 h 连续作业。

焙烧温度还取决于原料成分、粒度和含水量,特别是杂质元素铅、硅和铁的含量。国内主要湿法炼锌企业锌精矿硫酸化焙烧温度大多在 800 ~ 1 000 ℃ 范围内。本项目后续浸出工序采用高温高酸浸出工艺,要求焙砂残硫含量尽可能低。考虑到铁、硅含量对焙砂质量的影响,因此锌精矿硫酸化焙烧温度按照 850 ~ 950 ℃ 进行模拟计算,硫酸化焙烧工艺过程的具体技术参数如表 2 所示。

2.2 METSIM 过程模拟

METSIM 模型创建过程通常遵循以下原则：①绘制初步的工艺流程框图 (BFD) 和工艺流程图 (PFD), 图中应包括主要设备、物流名称和物流编号；②根据原料元素成分特点, 查阅相关资料文献和网站, 确定原料物相组成, 列出工艺过程涉及的反应方程, 并明确工艺过程控制参数；③根据以上信息选择合适的模拟操作单元, 输入对应的物流信息、反应方程和控制参数；④校验输入数值和过程控制参数, 对模型进行初步计算并检查结果, 经多次调试后得到终版模型；⑤根据需要将计算结果输出为客户指定格式及内容的图表。图 3 展示了利用 METSIM 进行模拟的一般过程。

根据硫酸化焙烧工艺特点, 将混料、焙烧、焙砂冷却等工序作为单元模块进行 METSIM 模拟, 对各

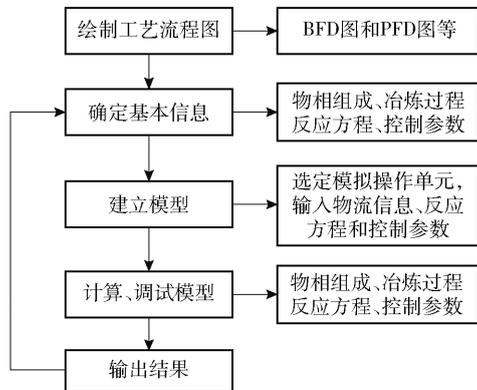


图 3 METSIM 模拟的一般过程

Fig. 3 The general process of METSIM simulation

模块进行过程控制模拟。METSIM 模拟界面和控制参数, 分别如图 4 和表 3 所示。

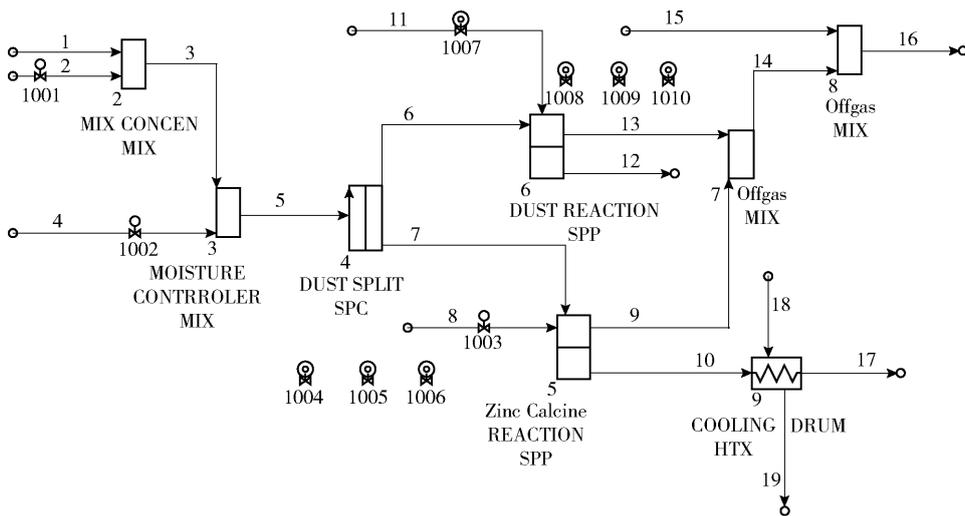


图 4 METSIM 模拟界面

Fig. 4 METSIM simulation interface

3 METSIM 模拟结果与分析

采用 METSIM 对硫酸化焙烧工艺进行模拟, 以某项目处理混合锌精矿 157 020 t/a(干基) 为基准, 得到烧结过程质量平衡、热量平衡和焙烧烟气成分。锌精矿焙烧工序的质量平衡表和热量平衡表分别见表 4~5, 焙烧烟气组成见图 5。

根据表 4 可知, 锌精矿硫酸化焙烧过程利用 METSIM 进行物料质量衡算可以实现质量完全平衡。硫酸化焙烧年处理锌精矿 157 020.05 t(干基), 可以产出焙砂 73 804.80 t, 烟尘 62 768.22 t, 焙砂产

出率 47%, 烟尘产出率 40%, 烧成率 87%, 烟气量为 48 734.22 Nm³/h, 烟气含硫 9.56%。原料中 55% 的 Zn、Cu、Fe 会在酸化焙烧过程中停留在比重较重的焙砂中, 其余 45% 会随着烟尘进入烟气中; Pb 和 As 在焙砂中的分配率分别约为 50% 和 35%, S 在焙砂和烟尘中的分配率分别为 2.01% 和 3.23%, 大部分的 S 进入了焙烧烟气。项目实际投产后, 157 020.05 t(干基) 锌精矿, 可以产出焙砂 75 102.69 t, 烟尘 63 624.524 t, 焙砂产出率 47.83%, 烟尘产出率 40.52%, 烧成率 88.35%, 烟气量为 53 214.36 Nm³/h。

表3 METSIM 控制器参数
Table 3 METSIM controller parameter table

控制器类型	控制器功能	参数设计
PSC	模拟精矿含 5% 水	CN:1001,OP:2,SN:2,SP:0.95
PSC	模拟入炉物料含 8% 水	CN:1002,OP:3,SN:4,SP:0.92
FBC	生成焙砂的焙烧烟气中 O ₂ 体积浓度 4.12%	CN:1003,OP:5,NO:5,SN:s8,LV:1,HV:500, VF:c39 VCMF s9,SP:0.0412,SL:1
FBC	焙砂中硫化物含硫 0.3%	CN:1004,OP:5,NO:5,SN:0,LV:0.01,HV:1, VF:(÷ / (c2 VCWT s10) (VSTR s10)) × 32 ÷ 97.4,SP:0.003,SL: - 1
FBC	焙砂中硫酸盐含硫 1.1%	CN:1005,OP:5,NO:5,SN:0,LV:0.01,HV:1, VF:(÷ / (c3 VCWT s10) (VSTR s10)) × 32 ÷ 161.4,SP:0.011,SL:1
FBC	生成焙砂的精矿中的硫转化为焙烧烟气 SO ₂ 的比例 97%	CN:1006,OP:5,NO:5,SN:0,LV:0.01,HV:1, VF:(÷ / (c41 VCWT s9) (e16 VEFR s9)) × 32 ÷ 64,SP:0.97,SL: - 1
FBC	生成烟尘焙烧烟气中氧气体积浓度 4.12%	CN:1007,OP:6,NO:6,SN:s11,LV:1,HV:500, VF:c39 VCMF s13,SP:0.0412,SL:1
FBC	烟尘中硫化物含硫 0.5%	CN:1008,OP:6,NO:6,SN:0,LV:0.01,HV:1, VF:(÷ / (c2 VCWT s12) (VSTR s12)) × 32 ÷ 97.4,SP:0.005,SL: - 1
FBC	烟尘中硫酸盐含硫 2.14%	CN:1009,OP:6,NO:6,SN:0,LV:0.01,HV:1, VF:(÷ / (c3 VCWT s12) (VSTR s12)) × 32 ÷ 161.4,SP:0.0214,SL:1
FBC	生成烟尘的精矿中的硫转化为焙烧烟气 SO ₂ 的比例 97%	CN:1010,OP:6,NO:6,SN:0,LV:0.01,HV:1, VF:(÷ / (c41 VCWT s13) (e16 VEFR s13)) × 32 ÷ 64,SP:0.97,SL: - 1

由表 5 可知, 锌精矿硫酸化焙烧过程热量收支基本维持平衡, 总热收入和总热支出数值均为 21 240. 856 MJ/h。烧结体系热收入主要以硫化物 (ZnS、FeS₂ 和 FeS) 氧化的反应热为主, 贡献由大至

小分别为 ZnS 氧化、FeS 氧化和 FeS₂ 氧化, 占整体热量收入的 90. 62%, 其中, ZnS 氧化生成 ZnO 占热收入的 55. 18%, ZnS 氧化生成 ZnSO₄ 占热收入的 6. 53%, FeS 氧化生成 Fe₂O₃ 占热收入的 21. 01%,

表4 锌精矿硫酸化焙烧工艺过程物料平衡
Table 4 Material balance table of zinc concentrate sulfation roasting process

名称	物料序号	t/a	温度/ ℃	Zn		Pb		Cu		
				t/a	wt%	t/a	wt%	t/a	wt%	
投入	锌精矿	3	157 020. 05	40	70 659. 02	45. 00	3 532. 95	2. 25	219. 83	0. 14
	锌精矿含水	2 + 4	13 653. 92	40						
	空气 Nm ³ /h	8 + 11 + 15	47 276. 99	50						
	合计				70 659. 02		3 532. 95		219. 83	
产出	焙砂	17	73 804. 80	950	38 862. 46	52. 66	1 766. 48	2. 39	120. 91	0. 16
	烟尘	12	62 768. 22	980	31 796. 56	50. 66	1 766. 48	2. 81	98. 92	0. 16
	烟气 Nm ³ /h	16	48 734. 22	905						
	合计				70 659. 02		3 532. 95		219. 83	

续表 4

名称	物料序号	t/a	温度/ ℃	Fe		S		As		
				t/a	wt%	t/a	wt%	t/a	wt%	
投入	锌精矿	3	157 020.05	40	19 627.51	12.50	51 411.24	32.74	191.26	0.12
	锌精矿含水	2+4	13 653.92	40						
	空气 Nm ³ /hr	8+11+15	47 276.99	50						
	合计				19 627.51		51 411.24		191.26	
产出	焙砂	17	73 804.80	950	10 795.13	14.63	1 035.02	1.40	66.94	0.09
	烟尘	12	62 768.22	980	8 832.38	14.07	1 659.91	2.64	124.32	0.20
	烟气 Nm ³ /hr	16	48 734.22	905			48 716.31	9.56		
	合计				19 627.51		51 411.24		191.26	

表 5 锌精矿硫酸化焙烧工艺过程热平衡

Table 5 Heat balance table of zinc concentrate sulfation roasting process

项目	热收入		项目	热支出	
	1 000 kJ/h	占比%		1 000 kJ/h	占比%
ZnS 氧化生成 ZnO	11 720.91	55.18	烟气带走热	12 973.851	61.08
ZnS 氧化生成 ZnSO ₄	1 386.44	6.53	烟尘带走热	1 146.338	5.40
ZnO 和 Fe ₂ O ₃ 转化成 ZnO·Fe ₂ O ₃	6.11	0.03	焙砂带走热	1 271.687	5.99
FeS ₂ 氧化生成 Fe ₂ O ₃	1 678	7.90	水分蒸发带走热	885.22	4.17
FeS 氧化生成 Fe ₂ O ₃	4 463.31	21.01	碳酸盐分解	143.32	0.67
分解硫燃烧	1 036.86	4.88	炉顶及炉壁散热	1 011.44	4.76
PbS 氧化生成 PbO·SiO ₂	196.70	0.93	剩余热	3 809	17.93
CdS 氧化生成 CdO	42.10	0.20	合计	21 240.856	100.00
Cu ₂ S 氧化生成 CuO	24.44	0.12			
SO ₂ 生成 SO ₃	195.48	0.92			
其他反带入热量	442.23	2.08			
精矿带入的显热	25.26	0.12			
空气带入的显热	0.327	0.00			
水分带入的显热	22.689	0.11			
合计	21 240.856	100.00			

FeS₂氧化生成 Fe₂O₃占热收入的 7.90%。由于化学反应中原子或分子的重新排列和化学键的形成需要能量,而这个过程中释放出的能量以热能的形式表现出来。硫化物氧化分解均为放热反应,会释放出大量热量。

烧结过程热支出以烟气、烟尘、焙砂、水分蒸发

等物料带走显热为主,占整体热支出的 76.63%,其中烟气带走热量占热支出的 61.08%,烟尘带走热量占热支出的 5.40%,焙砂带走热量占热支出的 5.99%,水分蒸发带走热量占热支出的 4.17%。锌精矿硫酸化焙烧过程会鼓入一定量的热空气,随着硫化物的氧化分解,会生成大量含 SO₂的高温酸化

焙烧烟气带走大部分热量;锌精矿在入炉前含有大8%~9%的水分,高温下物料中的水分会吸热汽化为水蒸气带走一部分热量。同时,17.93%的剩余热量余热利用也是需要重点关注问题,工程实践过程中通常利用余热锅炉回收该部分热量,1 Nm³酸化焙烧烟气可产生0.5~0.6 kg 蒸汽(3.9 MPa)。

从图5可知,模拟结果与实际生产数据相差不大,焙烧烟气除N₂外,SO₂浓度最高为8.8%,CO₂浓度最低为0.18%,SO₂浓度误差为1.93%。工业制酸系统对SO₂浓度浓度的要求通常为6%左右,满足制酸系统对烟气SO₂浓度要求,且较高的SO₂浓度能够提高制酸系统的反应效率,有助于控制制酸系统的安全风险。SO₃浓度为0.27%,虽然在较低温度(500~600℃)下,SO₂的稳定性低于SO₃,但是在高温(800~950℃)焙烧过程中,SO₃稳定性下降,并转化为SO₂。

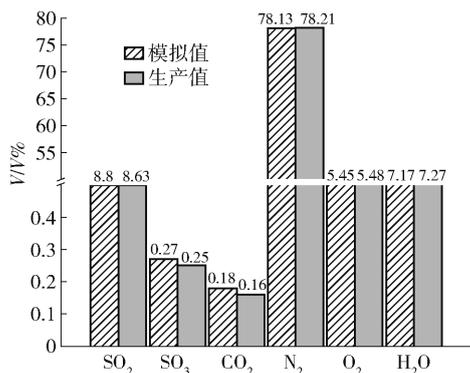


图5 焙烧烟气组成

Fig. 5 Composition of roasting flue gas

相较于传统的基于EXCEL冶金计算方法,METSIM软件模拟具有成本低、节约时间、可实现性强等优点。METSIM能够有效指导工程设计与实践,使得在项目实际建成前就能获得更为准确、详尽的数据。

4 结论

本文针对硫化锌精矿硫酸化焙烧工艺中物料平衡、热平衡精准计算及工艺优化的工程需求等问题开展了相关研究。采用METSIM工程模拟软件,对

15.7万t/a硫化锌精矿的硫酸化焙烧工艺进行全流程模拟计算,重点分析了焙烧过程中的物料分布与热传递特性,包括焙砂、烟尘的产出量,烟气的组分及流量,以及热收入与热损失的构成比例。

计算数据显示,焙烧过程年产出焙砂73 804.80 t、烟尘62 768.22 t,产生烟气量为48 734.22 Nm³/h且SO₂含量达8.8%;热收入中90.62%来自硫化物氧化分解反应,而76.63%的热损失主要通过烟气、烟尘、焙砂及水分蒸发等物料的显热形式散失。

结果表明,METSIM凭借先进的工程数字技术,实现了对复杂焙烧工艺的快速精准计算,显著提升了计算过程的可追溯性、结果查询的便捷性及数据导出的高效性。同时,该模拟系统对工程师的APL语言编程能力有较高要求,需通过编程开发实现计算结果的定制化输出,为后续工艺参数优化及智能化控制系统开发提供了数据支撑与技术参考。

[参考文献]

- [1] 李忠于. 锌精矿沸腾焙烧两个关键工艺参数的选取[J]. 化学工业与工程技术,2004(3):21-23,57.
- [2] 左小红. 鲁奇式沸腾炉在锌精矿沸腾焙烧中的推广应用[J]. 湖南有色金属,2001(4):21-23.
- [3] 郭韵,张福建,张栩宁,等. 复杂锌精矿沸腾焙烧的行为研究[J]. 矿产综合利用,2022(4):71-74.
- [4] 王明,谌启明. METSIM冶金过程模拟系统在工程设计中的应用[J]. 稀有金属与硬质合金,2009,37(4):64-67.
- [5] 孙海阔. METSIM在红土镍矿回转窑-电炉(RKEF)工艺中的模拟应用[J]. 中国有色冶金,2013,42(5):101-104.
- [6] 卢绍文,丁进良,刘琳琳. 竖炉焙烧过程METSIM动态模拟[J]. 化工学报,2015,66(1):244-250.
- [7] 杨慧兰,魏欣欣,王玮. 脆硫铅锑矿连续熔炼工艺及其冶金过程模拟[J]. 有色冶金设计与研究,2016,37(2):21-23.
- [8] 张小东,赵飞燕,王永旺,等. METSIM在菱镁矿焙烧氧化镁中的应用[J]. 煤炭与化工,2020,43(6):129-133,154.
- [9] 赵鹏飞. 基于METSIM的红土镍矿高压酸浸平衡模拟计算[J]. 有色设备,2023,37(2):70-76.

Simulation study on sulfating roasting process and metallurgical process of zinc concentrate

WANG Chong, DONG Peng^{*}, LIU Ziliang, ZUO Xiaohong

(Changsha Engineering & Research Institute of Nonferrous Metallurgy Co., Ltd., Changsha 410000, China)

Abstract: The resources of zinc concentrate are becoming increasingly scarce and the composition is becoming more complex as well as the chemical reaction process of sulfation roasting, using traditional metallurgical calculation methods for simulation is labor-intensive and inefficient. This article introduces the sulfurization roasting process, reaction mechanism and acidification roasting technology characteristics of zinc sulfide concentrate, and carries out detailed simulation calculation of this process using METSIM. The principle, steps, module division and process control of METSIM model creation are emphatically described. The results show that the sulfuric acid roasting of 157 000 t/a zinc sulfide concentrate can produce 73 804.80 t/a roasted sand, 62 768.22 t/a smoke dust, and 48 734.22 Nm³/h of flue gas with SO₂ content of 8.8%. 90.62% of the heat income comes from the oxidation and decomposition of sulfides, with materials such as flue gas, smoke, roasted sand, and water evaporation taking away 76.63% of the heat. This provides a detailed theoretical basis for the design and upgrading of the sulfurization roasting process, and the large-scale and super-large-scale equipment.

Keywords: zinc concentrate; sulfating roasting; reaction mechanism; METSIM model; process simulation



敬告读者

为了加快稿件处理速度,缩短稿件出版周期,方便广大作者投稿及查询稿件处理情况。本刊开通由中国知网提供的“腾云”网络采编系统,作者投稿请注册并登录本刊主页上的“作者投稿系统”进行相关操作,网址 <https://yssb.cbpt.cnki.net/>。注册登录后可以向本刊投稿并查询稿件处理状态。请勿重复注册,否则可能导致您的信息查询不完整。

本刊文章数字版可在中国知网(<http://www.cnki.net>)、万方数据知识服务平台(<https://www.wanfang-data.com.cn/>)、维普网(<http://www.cqvip.com/>)下载使用。本刊从未委托任何单位或个人组稿或代收、代转稿件,作者咨询投稿事宜请拨打编辑部办公电话 010-63936591 联系。

《有色设备》编辑部