

锌冶炼次氧化锌烟灰微波脱砷结块试验研究

薛平¹, 王恒辉²

(1. 江汉大学 智能制造学院, 湖北 武汉 430056;

2. 长沙有色冶金设计研究院有限公司, 湖南 长沙 410017)

[摘要] 微波脱砷具有升温快、不产生热源气体以及升温过程物料无需翻动利于物料于炉内烧块的技术优势。本文对锌冶炼次氧化锌烟灰开展砷物相化学分析、热力学计算分析以及微波脱砷结块试验研究。结果表明: 锌冶炼次氧化锌中砷的主要物相为砷(III)氧化物, 还含有少量的高价砷(V)氧化物、硫化砷以及砷酸盐; 脱砷温度升高以及脱砷时间延长有利于次氧化锌中砷的脱除。热力学分析表明, 在低温微波脱砷结块过程中, 主要发生的脱砷反应为砷(III)氧化物的挥发反应。低温微波脱砷结块试验的适宜反应条件为: 微波脱砷温度 580 °C, 脱砷时间 60 min, 结块温度 750 °C。在此条件下, 脱砷结块的烟灰平均含砷 0.87%, 脱砷率 89.29%, 结块率 72.41%。该研究对含砷固废资源化回收技术水平的提升具有重要意义。

[关键词] 微波; 脱砷; 次氧化锌烟灰; 结块; 砷氧化物; 热力学分析; 物相

[中图分类号] TF813; X756 [文献标志码] A [文章编号] 1672-6103(2023)01-0140-06

DOI: 10.19612/j.cnki.cn11-5066/tf.2023.01.018

0 引言

砷作为铅、锌、铜、金、银等有色金属矿石的伴生元素, 每年进入有色冶炼系统的砷多达 10 万 t。锌冶炼次氧化锌, 其品位一般为 45% ~ 65%。锌矿多采用密闭鼓风炉熔炼, 经冶炼后原料中约 40% 的砷进入次氧化锌中。锌冶炼厂通常会将次氧化锌返回烧块配料工序, 但存在次氧化锌配入过多会影响制粒效果进而导致脱硫效果变差的问题。此外, 锌冶炼过程由于系统长时间砷开路不足, 体系内砷累积, 使产出的粗铅、锌中含砷量增大, 对铅、锌的精炼以

及稀贵金属回收均有不利影响^[1-4]。因此, 如何清洁、高效脱除高砷次氧化锌烟灰的砷, 以提高铅、锌等有价金属回收率, 对有色金属冶炼行业具有重要意义。

从高砷次氧化锌中脱砷的方法主要有火法焙烧和湿法浸出。其中, 湿法浸出脱砷多采用水浸、酸浸和碱浸^[4-7], 具有不限规模、方案灵活等优点, 但酸性浸出存在有价金属损失较大(如锌等易溶出)、砷走向分散以及过程可能产生砷化氢等问题, 碱性浸出存在脱砷效率低(约 60%)、脱砷不彻底等问题^[8]。火法脱砷以焙烧法为主, 焙烧料在输送过程中, 部分未脱砷完全的物料, 由于机械夹带与挥发的砷氧化物一同进入收尘系统, 使得砷难以与有价金属有效分离。回转窑脱砷过程由于炉窑旋转, 产出的焙烧料为散状物料, 不适宜直接为下道工序进行还原熔炼, 还需要对焙烧料进行再处理(制粒、制砖等)后方能进入熔炼炉内熔炼。

与传统的加热方式不同, 微波加热通过微波在物质内部能量耗散来直接加热物料^[9], 升温快且过程不产生热源气体, 升温过程物料无需翻动有利于物料于炉内烧块造块。较之传统火法焙烧法, 微波脱砷热效率高, 高砷锌烟灰中的砷及其化合物经热

[收稿日期] 2022-08-05

[作者简介] 薛平(1982—), 男, 湖北荆州人, 博士, 高级实验师, 主要研究方向为有色金属资源与利用。

[通信作者] 王恒辉(1989—), 男, 浙江瑞安人, 博士, 高级工程师, 主要从事含砷有色金属冶炼和固废资源化处置技术方面的研发与设计工作。

[基金项目] 武汉科技大学耐火材料与冶金国家重点实验室开放基金资助项目(FMRU19-2); 武汉市科技局市属高校产学研项目(CXY202211); 江汉大学高层次人才科研启动项目(2018-71)。

[引用格式] 薛平, 王恒辉. 锌冶炼次氧化锌烟灰微波脱砷结块试验研究[J]. 中国有色金属, 2023, 52(1): 140-145.

分解以及热挥发,可直接至气相,经冷却后于收尘系统中捕集砷氧化物,所得白砷产品纯度高,此外微波脱砷过程物料为静态,更利于结块过程。较之湿法脱砷,微波脱砷工艺仅有少量还原剂的配入,其试剂消耗少,砷于烟尘中富集,反应温度低,有价金属仍保留在脱砷物料中。截至目前,对锌冶炼次氧化锌烟灰微波脱砷研究鲜有报道,工艺参数对脱砷效果及其反应机理尚不明晰。基于此,本文开展锌冶炼次氧化锌烟灰砷脱除热力学分析与微波脱砷烧结试验研究,以探索脱砷反应机理与脱砷温度、时间以及结块温度对次氧化锌烟灰脱砷和结块效果的影响。

1 试验部分

1.1 原料

试验对某锌冶炼次氧化锌烟尘进行了化学元素分析和砷物相分析,结果如表1和表2所示。

表1 次氧化锌烟灰成分

Table 1 Compositions of secondary zinc oxide dust %

元素	Zn	Pb	As	C	S
含量	52.36	11.16	6.45	0.03	0.04

表2 次氧化锌烟尘中 As 的物相组成

Table 2 Material phase compositions of As in secondary zinc oxide dust %

物相	氧化砷(Ⅲ)	氧化砷(Ⅴ)	砷酸盐	硫化砷	总砷
含量	5.68	0.23	0.46	0.08	6.45

1.2 试验方法

次氧化锌烟尘经称量、配碳、研钵混匀后,装入刚玉坩埚($\phi 100 \times 150$ mm),再放入实验室用微波发生器(WY20L-04型)内,在微波频段 915 ± 25 MHz、微波功率20 kW下处理,微波升温时间控制3~10 min时,物料可由常温升至 $520 \sim 620$ °C。为确保砷挥发,需保温20~120 min。结块温度,需要在保温的基础上继续升温至 $600 \sim 900$ °C,升温时间控制在6 min,物料在此升温过程内结成块状,随后随炉冷却降温,整个过程通入空气,流量控制在100 mL/min,过程尾气及烟尘进尾气收集系统处置。试验装置示意图如图1所示。

1.3 锌、铅、砷元素及砷物相分析与计算

采用沉淀分离 Na_2EDTA 滴定法分析次氧化锌

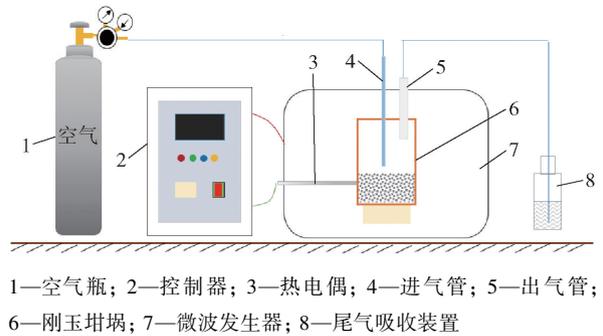


图1 微波脱砷结块试验装置示意

Fig. 1 Schematic diagram of microwave arsenic removal caking test device

中的Zn、Pb含量^[10-11]。

砷元素采用化学分析法分析各物相组成及其含量,主要步骤为将试样用6N盐酸浸取,以硫酸铜作催化剂,用次亚磷酸钠将砷还原为单质状态析出,过滤;于硫酸体系用过重铬酸钾标准溶液将砷溶解,以二苯胺磺酸钠作指示剂,用硫酸亚铁标准溶液滴定至紫色消失为终点^[12]。或采用苯基代邻氨基苯甲酸为指示剂,用硫酸亚铁铵溶液返滴定至蓝绿色消失为终点^[13]。

砷脱除率采用式(1)进行计算。

$$\eta = \frac{m_{i0} - m_{i1}}{m_{i0}} \times 100\% \quad (1)$$

式中: η 为砷的脱除率,%; m_{i0} 为反应前砷元素的重量,g; m_{i1} 为反应后砷元素的重量,g。

结块率采用式(2)进行计算。

$$\theta = \frac{m_b}{m_b + m_p} \times 100\% \quad (2)$$

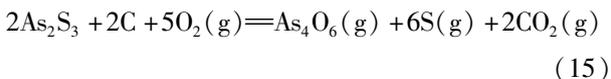
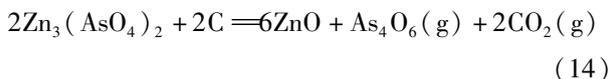
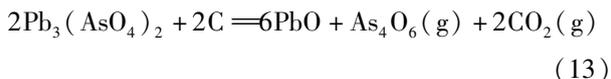
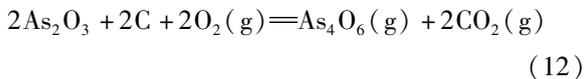
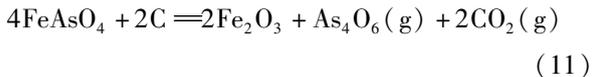
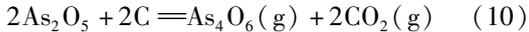
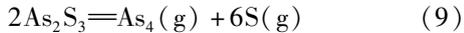
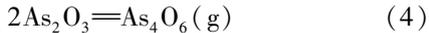
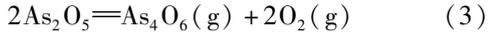
式中: θ 为结块率,%; m_b 为块料的重量,g; m_p 为粉料的重量,g。

2 结果与讨论

2.1 热力学分析

次氧化锌中As的物相组成主要有 $\text{As}_2\text{O}_3(\text{s})$ 、 $\text{As}_2\text{O}_5(\text{s})$ 、 $\text{As}_2\text{S}_3(\text{s})$ 和砷酸盐,其中砷酸盐主要有 FeAsO_4 、 $\text{Pb}_3(\text{AsO}_4)_2$ 、 $\text{Zn}_3(\text{AsO}_4)_2$ 3种形式。 $\text{As}_2\text{O}_3(\text{s})$ 升温易挥发变成气相,但是 $\text{As}_2\text{O}_3(\text{g})$ 只存在于高温气相中, 800 °C以下为 $\text{As}_4\text{O}_6(\text{g})$, 1800 °C以上为 $\text{As}_2\text{O}_3(\text{g})$ ^[14]。根据次氧化锌中As的物相组成以及砷氧化物的高温特性,采用HSC Chemistry 6.0对次氧化锌中含砷物相可能发生的反应进行热力学计算

分析,可能发生的反应见式(3)~(15),经热力学计算绘图,结果如图2和图3所示。



能均大于0,表明这5个反应在热力学上不易发生,对比反应(3)也可得出, As_2O_5 较之 As_2O_3 更为稳定,不易分解。此外,砷酸盐在无碳参与下,难以发生脱砷反应。

实际生产过程中,锌冶炼次氧化锌中会含有少量的残碳,因此,热力学计算考虑碳参与反应,其计算结果如图3所示。

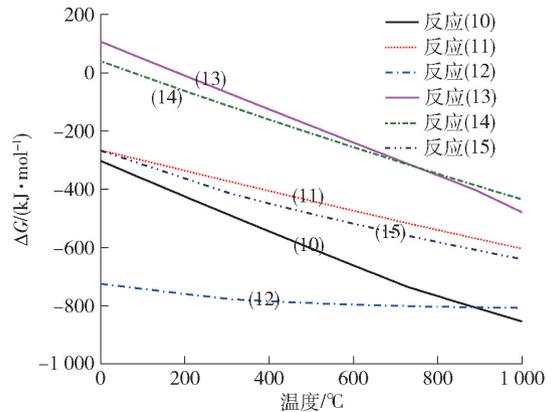


图3 碳参与下砷物相的热力学分析

Fig.3 Thermodynamic analysis of arsenic phase with carbon

由图可知,当温度高于78℃,反应(14)的吉布斯自由能小于0,温度大于182℃,反应(13)的吉布斯自由能小于0,表明 $\text{Pb}_3(\text{AsO}_4)_2$ 、 $\text{Zn}_3(\text{AsO}_4)_2$ 在相对低温条件下易分解脱砷。此外,反应(10)~(12)以及反应(15)的吉布斯自由能在温度0~1000℃条件下,均小于0,表明这些反应在本研究温度范围内较易发生。比对图2还可得出,当碳参与反应,能够大幅度降低含砷物相的分解气化温度,有利于砷的脱除,砷的化合物 As_2O_5 、 FeAsO_4 、 As_2O_3 、 $\text{Pb}_3(\text{AsO}_4)_2$ 、 $\text{Zn}_3(\text{AsO}_4)_2$ 、 As_2S_3 均可以在较低温度条件下发生砷的脱除反应,其中最易发生的反应为 As_2O_3 在碳参与下生成气态 As_4O_6 。

2.2 微波升温条件对脱砷与结块的影响

微波脱砷试验每组量取500g锌冶炼次氧化锌烟尘,微波升温时间控制在3~8min,脱砷温度范围为400~620℃。脱砷时间控制在20~120min,再升温结块的终点温度控制在600~900℃。

2.2.1 微波脱砷时间对脱砷率的影响

图4为脱砷停留时间对砷脱除率的影响,由图可知,微波脱砷温度520℃,结块温度700℃条件下,随着脱砷时间由20min延长至60min,砷的脱除

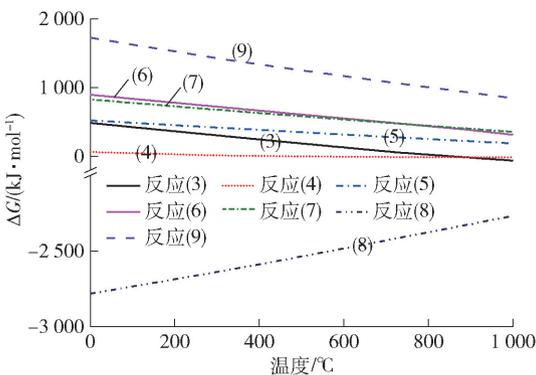


图2 无碳参与下砷物相的热力学分析

Fig.2 Thermodynamic analysis of arsenic phase without carbon

由图2可知,在温度0~1000℃,反应(8)的吉布斯自由能小于0,表明当氧气参与反应时, As_2S_3 易发生反应生成 $\text{As}_4\text{O}_6(\text{g})$,此过程由于可能会有 O_2 参与反应,使得该反应相对容易发生。而反应(3)~(7)中,仅有反应(4)在温度高于508℃后,其吉布斯自由能才小于0,即固相 As_2O_3 生成气相的 As_4O_6 有温度要求,需高于508℃才能发生反应。其他反应(3)、反应(5)~(7)、反应(9)的吉布斯自由

率由 79.99% 升至 87.43%。表明次氧化锌中砷在该温度下能较快发生反应, 气化挥发, 且随着时间的延长, 脱砷效率显著提升; 进一步增加脱砷停留时间, 脱砷效率增长缓慢, 反应时间为 120 min 时, 砷的脱除率为 87.95%。因此, 合适的脱砷时间为 60 min。

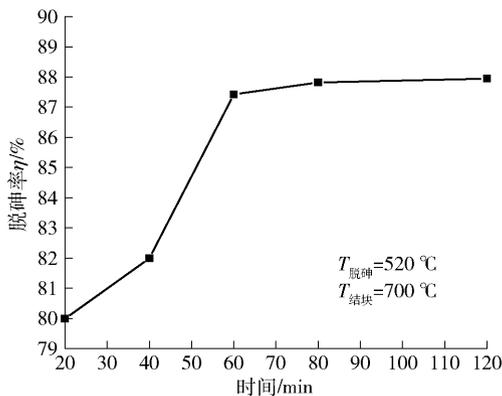


图4 脱砷停留时间对脱砷率的影响

Fig. 4 Effect of arsenic removal retention time on arsenic removal rate

2.2.2 微波脱砷温度和结块温度的影响

固定微波脱砷时间为 60 min, 在结块温度 700 °C 条件下, 考察温度对脱砷率的影响, 结果见图 5 左侧折线; 在微波脱砷时间 60 min、脱砷温度 580 °C 条件下, 考察温度对结块率的影响, 结果如图 5 右侧折线所示。

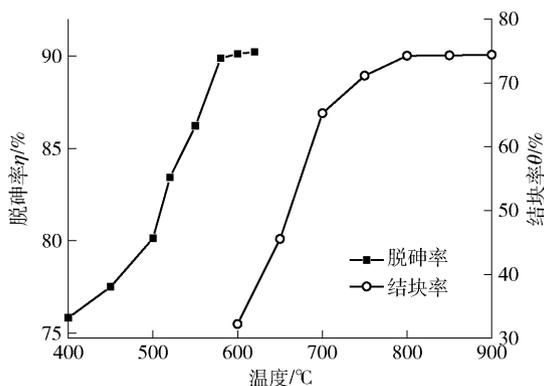


图5 不同温度对脱砷率和结块率的影响

Fig. 5 Effect of different temperatures on arsenic removal rate and caking rate

由图可知, 在脱砷率方面, 随着温度由 400 °C 升至 500 °C, 其脱砷率上升较为缓慢, 由 75.84% 增至 80.13%; 继续提升温度, 脱砷率会随温度的升高快

速上升, 当温度升温至 580 °C, 所得脱砷率为 89.88%; 继续升高温度至 620 °C, 脱砷率未明显升高。在结块率方面, 当结块温度为 600 °C 时, 其结块率仅有 32.22%; 而结块温度提升至 700 °C 后, 结块率迅速增至 65.26%; 随后继续升高温度, 结块率的增加幅度有所下降, 当结块温度为 750 °C 时, 结块率为 71.15%; 再次提升结块温度, 对结块率提高并不显著, 当结块温度为 900 °C 时, 结块率为 74.40%。

锌冶炼次氧化锌烟尘中砷主要以砷的氧化物存在, 表 2 显示 88% 以上的 As 是以 As_2O_3 形式存在。 As_2O_3 随着温度的升高蒸气压会升高, 260 °C 时的蒸气压达到了 2 093 Pa^[10], 表明了 As_2O_3 在温度较低的情况下很容易气化, 即反应 $As_2O_3 \rightarrow As_4O_6(g)$ 的实际发生温度远低于图 2 计算的 508 °C。本研究的脱砷温度范围为 400 ~ 620 °C, 超过了该气化温度近 200 °C, 利于锌冶炼次氧化锌中的砷氧化物的挥发。图 5 表明, 当脱砷温度低于 500 °C 时, As 脱除率也达到了 70% 以上, 表明了锌冶炼次氧化锌在低温情况下也存在大量的砷挥发到气相中, 根据图 2 和图 3 的热力学分析, 这部分砷主要为砷(III)氧化物的挥发。随着温度的进一步提高, 除了砷氧化物的气化挥发外, 还包含在残碳作用下的高价砷氧化物以及硫化砷的氧化挥发反应, 见式(10)~(15)。由图 4 和图 5 可知, 当脱砷率大于 88%, 即高于了砷的氧化物的占比时, 脱砷反应除了砷氧化物的气化挥发反应外, 还应包括砷酸盐或硫化砷中砷的气化分解反应, 而这部分的砷较之砷(III)氧化物挥发要难, 是含砷物料提高砷脱除率的关键所在。由于硫化砷较砷酸盐气化分解的吉布斯自由能更负, 此时主要发生式(15)反应。生产实践过程中往往不需要将砷彻底脱除, 未结块的粉料可返回微波脱砷结块工序, 或根据需要单独增设制粒工序, 再对其进行熔炼回收有价金属。合适的脱砷温度 580 °C, 结块温度 750 °C。

3 综合试验条件验证

综合考量微波温度、脱砷时间、结块温度条件试验结果, 本试验锌冶炼次氧化锌脱砷结块的最适宜条件为微波脱砷温度 580 °C, 脱砷时间 60 min, 结块温度 750 °C。在此条件下, 进行 3 组平行试验, 结果如表 3 所示。由表可知次氧化锌烟尘经微波脱砷结块后, 平均含砷 0.87%, 脱砷率 89.29%, 结块率 72.41%。

表3 微波脱砷平行试验结果

Table 3 Parallel test results of microwave arsenic removal

试验	烟灰含砷/%	脱砷率/%	结块率/%
组1	0.86	89.33	72.23
组2	0.88	89.09	73.12
组3	0.85	89.46	71.89
平均	0.87	89.29	72.41

表4为回转窑法脱砷与本研究采用的微波脱砷技术特点。回转窑脱砷过程由于物料翻滚,烟尘量大,所得烟尘中As含量低,此外还存在回转窑结圈影响生产的问题。微波脱砷较之回转窑脱砷,工艺过程为静态加热,产生的烟尘量小,烟尘中As含量高,杂质含量少,基本不存在物料结圈/堵窑的风险;此外,微波脱砷之后还可以通过再升温实现脱砷物料的结块过程,所得脱砷块状物料可作为后续火法熔炼提取有价金属的原料,起到节能的效果。

表4 2种脱砷工艺特点

Table 4 Characteristics of arsenic removal process

脱砷工艺	回转窑脱砷 ^[14]	微波脱砷
工艺参数	温度 ≥ 750 ℃,脱砷率80%~90%	脱砷温度580℃,脱砷率89.21%
工艺特点	加热不匀,要翻滚物料,烟尘量大 烟尘含砷低,需二次富集砷 易发生堵窑现象,影响正常生产 不允许物料结块,熔炼工序需二次结块,浪费能源	选择性通过物料内容和分子发生加速振动来加热物料,烟气、烟尘量小,环保效果明显 烟尘砷含量高 设备对物料没翻滚要求,采用带式或环形设备脱砷,无物料堵塞风险 脱砷过程允许结块,达到节能效果

4 结论

本文开展了锌冶炼次氧化锌烟灰微波脱砷结块试验研究,得到以下主要结论。

1) 锌冶炼次氧化锌中砷的主要物相为砷(Ⅲ)氧化物,还含有少量的高价砷(Ⅴ)氧化物、硫化砷以及砷酸盐。热力学表明,在低温微波脱砷结块过程中,主要发生的脱砷反应为砷(Ⅲ)氧化物的挥发反应。

2) 脱砷温度升高以及脱砷时间延长有利于次氧化锌中砷的脱除,低温微波脱砷:结块的适宜反应条件为:微波脱砷温度580℃,脱砷时间60min,结块温度750℃。在此条件下,脱砷结块的烟灰平均含砷0.87%,脱砷率89.29%,结块率72.41%。

微波脱砷结块方法在实现微波清洁、高效脱砷的同时,脱砷物料再升温达到结块效果,可作为后续火法熔炼提取有价金属的原料,提高了铅、锌等有价金属回收率,对含砷固废资源化回收技术水平的提升具有重要意义。

[参考文献]

- [1] 曾平生,戴孟良. 次氧化锌脱砷新工艺研究[J]. 有色金属(冶炼部分), 2008(3): 16-18.
ZENG Pingsheng, DAI Mengliang. New technical study on arsenic removing from crude zinc oxide[J]. Nonferrous Metals (Extractive Metallurgy), 2008(3): 16-18.
- [2] 李夏林. 韶冶铅锌密闭鼓风炉熔炼砷的分布及行为[J]. 中国有色冶金, 1995, 24(1): 27-28.
LI Xialin. Distribution and behavior of arsenic during lead-zinc smelting process of imperial smelting furnace in Shaoguan smelter [J]. China Nonferrous Metallurgy, 1995, 24(1): 27-28.
- [3] 陈世民,程东凯,李裕后,等. 高砷次氧化锌综合回收试验研究[J]. 有色矿冶, 2001, 17(5): 29-32.
CHEN Shimin, CHENG Dongkai, LI Yuhou, et al. Study of comprehensive recovery of high-content As Waltz zinc oxide[J]. Non-Ferrous Mining and Metallurgy, 2001, 17(5): 29-32.
- [4] 刘志宏,张鹏,李玉虎,等. 高砷次氧化锌混合碱浸出脱砷试验研究[J]. 湿法冶金, 2009, 28(4): 4.
LIU Zhihong, ZHANG Peng, LI Yuhu, et al. Study on leaching dearsenication from Waltz zinc oxide containing high As by Na₂S-NaOH mixed alkali [J]. Hydrometallurgy of China, 2009, 28(4): 4.
- [5] 赵玉娜,朱国才. 白烟灰浸出液砷与锌的分离与回收[J]. 矿冶, 2006, 15(4): 84-87.
ZHAO Yuna, ZHU Guocai. Recovery and separation of As and Zn from the leaching solution of white ash [J]. Mining & Metallurgy, 2006, 15(4): 84-87.
- [6] 戴学瑜. 从含砷物料中湿法提取优质As₂O₃的设计与生产[J]. 稀有金属与硬质合金, 2000(2): 34-37.
DAI Xueyu. A wet process for extracting As₂O₃ from As-containing material: design consideration and production [J]. Rare Metals and Cemented Carbides, 2000(2): 34-37.
- [7] 张晓峰,曹佐英,肖连生,等. 焙烧对高砷白烟灰中铜浸出率的影响及其热力学分析[J]. 矿冶工程, 2012, 32(5): 86-89.
ZHANG Xiaofeng, CAO Zuoying, XIAO Liansheng, et al. Effects on copper leaching rate in high-arsenic copper smelting ash by roasting and its thermodynamics [J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2012, 32(5): 86-89.

- [8] LI Yuhu, LIU Zhihong, ZHAO Zhongwei, et al. Determination of arsenic speciation in secondary zinc oxide and arsenic leachability [J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2012, 22(5):1209-1216.
- [9] 吴国元, 戴永年. 微波能在冶金中的应用[J]. 有色矿冶, 1998(5):41-45.
WU Guoyuan, DAI Yongnian. Application of microwave energy in metallurgy[J]. Non-Ferrous Mining and Metallurgy, 1998(5):41-45.
- [10] 锌精矿化学分析方法 第1部分: 锌量的测定 沉淀分离 Na₂EDTA 滴定法和萃取分离 Na₂EDTA 滴定法: GB/T 8151.1—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
Chemical analysis methods of zinc concentrates Part 1: determination of zinc content precipitation separation Na₂EDTA titration and extraction separation Na₂EDTA titration GB/T 8151.1—2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2013.
- [11] 混合铅锌精矿化学分析方法 第1部分: 铅量与锌量的测定 沉淀分离 Na₂EDTA 滴定法: YS/T 461.1—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
Methods for chemical analysis of mixed lead zinc concentrates Part 1: determination of lead and zinc content precipitation separation Na₂EDTA titration: YS/T 461.1—2013[S]. Beijing: Standards Press of China, 2014.
- [12] 朱香. 冶炼过程中砷的化学物相分析[J]. 有色矿冶, 1988(6):50-55.
ZHU Xiang. Chemical phase analysis of arsenic in smelting process [J]. Non-Ferrous Mining and Metallurgy, 1988(6):50-55.
- [13] 金精矿化学分析方法 第3部分: 砷量的测: GB/T 7739.3—2019[S].
Methods for chemical analysis of gold concentrates Part 3: determination of arsenic content: GB/T 7739.3—2019[S].
- [14] 水志良, 陈起超, 水浩东. 砷化学与工艺学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2014.
SHUI Zhiliang, CHEN Qichao, SHUI Haodong. Arsenic chemistry and technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2014.

Experimental study on microwave arsenic removal and agglomeration from secondary zinc oxide dust in zinc smelting

XUE Ping¹, WANG Henghui²

(1. School of Intelligent Manufacturing, Jiangnan University, Wuhan 430056, China;

2. CIN Engineering Co., Ltd., Changsha 410017, China)

Abstract: Microwave arsenic removal has the technical advantages of fast temperature rise, no heat source gas and no turnover of materials during temperature rise, which is conducive to sintering agglomeration of materials in the furnace. The chemical arsenic phase analysis, thermodynamic calculation, and microwave arsenic-removal agglomeration test were carried out on the secondary zinc oxide dust from zinc smelting. The results showed that the main material phase of arsenic in zinc smelting secondary zinc oxide dust was arsenic (III) oxide, and also contained a small amount of high valence arsenic (V) oxide, arsenic sulfide and arsenate; and the increase of arsenic removal temperature and the prolongation of arsenic removal time were beneficial to the removal of arsenic from secondary zinc oxide. The thermodynamic analysis of arsenic removal by microwave showed that the arsenic removal reaction mainly occurred at low temperature. The suitable reaction conditions for low temperature microwave arsenic removal test were as follows: microwave arsenic removal temperature 580 °C, arsenic removal time 60 min and agglomeration temperature 750 °C. Under these conditions, the average arsenic content in the final dust agglomeration was 0.87%, the arsenic removal ratio was 89.29%, and the agglomeration ratio was 72.41%. The study is of great significance to improve the technical level of arsenic containing solid waste recycling.

Key words: microwave; arsenic removal; secondary zinc oxide dust; agglomeration; arsenic (III) oxide; thermodynamic analysis; material phase