

硫化碱浸工艺处理文丘里泥回收碲、硒

宁万涛

- (1. 紫金铜业有限公司, 福建 上杭 364200;
2. 福建省铜绿色生产及伴生资源综合利用重点实验室, 福建 上杭 364200)

[摘要] 文丘里泥中含有金、银、铅、铋、砷、硒及碲等有价元素, 返回卡尔多炉熔炼时, 碲与金、银会生成化合物进入熔炼渣, 造成损失; 如果在返回卡尔多炉熔炼之前除碲, 则不但回收利用碲资源, 还增加了金银回收率。本文以某稀贵车间文丘里泥为原料, 利用硫化钠对铅的抑制浸出作用, 进行了 NaOH-Na₂S 浸出及制备二氧化碲和粗硒的试验, 实现了文丘里泥中碲和硒的回收。试验结论如下: 在氢氧化钠浓度 100 g/L、硫化钠加入量 4%、反应温度 80 ℃、碱浸 2 h 的优化条件下, 碲、硒浸出率分别可达到 90.06%、30.58%; 加入与未加硫化钠工艺相比, 粗二氧化碲品质可从 80% 提升至 90% 以上; 动力学分析结果表明, 文丘里泥硫化碱浸阶段碲的浸出受扩散模型控制。采用该工艺不但能提升金银回收率、回收碲资源, 而且还提高了生产效率, 所产出的二氧化碲纯度达到 99% 以上, 副产粗硒纯度达到 90% 以上, 经济效益显著。

[关键词] 文丘里泥; 卡尔多炉熔炼; 硫化碱浸; 碲硒回收; 二氧化碲; 粗硒; 反应动力学

[中图分类号] TF811; TF843.5; TN304.1 [文献标志码] A [文章编号] 1672-6103(2023)04-0044-07

DOI:10.19612/j.cnki.cn11-5066/tf.2023.04.006

0 引言

卡尔多炉处理铜阳极泥提取金银工艺, 具有原料适应性强、生产效率高、环保效果好等优点, 在国内外得到了广泛应用。火法冶炼过程中产生的冶炼烟气采用文丘里湿式除尘方式进行处理, 产出的湿冶炼烟尘俗称文丘里泥。文丘里泥中含有金、银、铅、铋、砷、硒及碲等有价元素^[1], 具有较高的回收价值, 常规处置方式为返回卡尔多炉处理^[2-3]。但是, 文丘里泥中存在较高含量的碲, 返回卡尔多炉熔炼会和金、银生成化合物进入熔炼渣外排, 不但造成碲资源损失, 还会影响金银回收率, 增大卡尔多炉回炉物料量, 影响处理铜阳极泥的作业效率^[4]。

多位学者对文丘里泥中碲的回收进行了研

究, 目前回收工艺主要采用酸浸及碱浸 2 种方式。胡鹏举等^[5]利用酸浸方式浸出文丘里泥中的碲, 再通过铁粉置换得到品位为 93.19% 的粗碲。袁水平等^[6]利用二级碱浸方式降低铅量, 但生产实践表明, 虽产出二氧化碲品质最高达 98.5%, 但铅、硒等物料在碱浸过程中被同步浸出, 品质难以保障。文献^[7]通过反复溶解-沉淀可实现粗二氧化碲除杂精制, 但除杂效果有限, 并且会消耗大量酸、碱, 增加成本。

本文以福建某稀贵车间卡尔多炉所产文丘里泥为原料, 利用硫化钠对铅的抑制浸出作用, 进行了 NaOH-Na₂S 浸出及制备二氧化碲和粗硒的试验, 实现文丘里泥中碲和硒的回收, 试验工艺、参数及结果对同类企业碲资源回收利用提供了参考。

1 试验

1.1 试验原料

本试验的原料为福建某稀贵车间卡尔多炉所产文丘里泥, 化学成分分析结果见表 1。从表 1 可以看出, 文丘里泥主要由碲、硒、铅、铋、砷等元素组成, 其中碲、硒、铅含量分别为 14.1%、17.9%、15.8%。

[收稿日期] 2023-02-10

[作者简介] 宁万涛(1982—), 男, 吉林省吉林市人, 硕士, 工程师, 主要从事有色金属及稀贵金属冶炼方面的技术研究。

[基金项目] 国家重点研发计划“典型稀贵新材料国家质量基础设施关键技术体系研究”(2019YFF0217100)。

[引用格式] 宁万涛. 硫化碱浸工艺处理文丘里泥回收碲、硒[J]. 中国有色冶金, 2023, 52(4): 44-50.

文丘里泥中碲元素主要以氧化物和亚碲酸盐形式存在, 硒主要以单质形式存在, 还有部分硒氧化物和亚硒酸盐, 而铅主要以铅氧化物、硫酸铅形式存在^[8-9]。

表 1 文丘里泥样品化学成分

Table 1 Chemical compositions of Venturi sludge

成分	Te	Se	Cu	Bi	Pb	As
含量	14.1	17.9	0.2	8.1	15.8	3.2

1.2 试验方法

文丘里泥硫化碱浸回收碲、硒及二氧化碲精炼的工艺流程如图 1 所示。

1) 硫化碱浸。将 100 g 文丘里泥与 NaOH 溶液混合搅拌, 同时加入一定量硫化钠抑制铅的浸出, 考察 NaOH 浓度、温度、液固比(体积质量比, 下文同)和 Na₂S 用量对硫化碱浸效果的影响。

2) 中和沉碲。向碱浸液中加入浓硫酸中和至 pH 值 5.5 ~ 6.5, 所得沉淀即为粗二氧化碲。该步骤实现了文丘里泥中碲的分离。

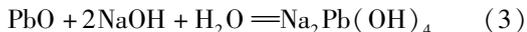
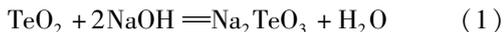
3) 酸化沉硒。向中和后液中加入硫酸酸化, 再加入亚硫酸氢钠, 所得沉淀即为粗硒。

4) 粗二氧化碲精炼。将粗二氧化碲用低碱度氢氧化钠溶液浸出, 再将浸出液用硫酸中和, 中和所得的沉淀即为精制二氧化碲。

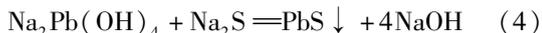
1.3 试验原理

1.3.1 硫化碱浸

文丘里泥碱浸过程中, 碲、硒及铅的氧化物在碱性条件下溶解, 分别生成亚碲酸盐、亚硒酸盐及铅羟配合离子, 发生的化学反应见式(1) ~ (3)^[10]。



其中的铅羟配合离子可与硫化钠反应生成硫化铅沉淀分离(即硫化钠抑制铅浸出), 化学反应见式(4)。



1.3.2 中和沉碲

向碱浸后液加入硫酸中和至 pH 值 5.5 ~ 6.5, 可使亚碲酸根水解生成二氧化碲沉淀, 化学反应见式(5)。

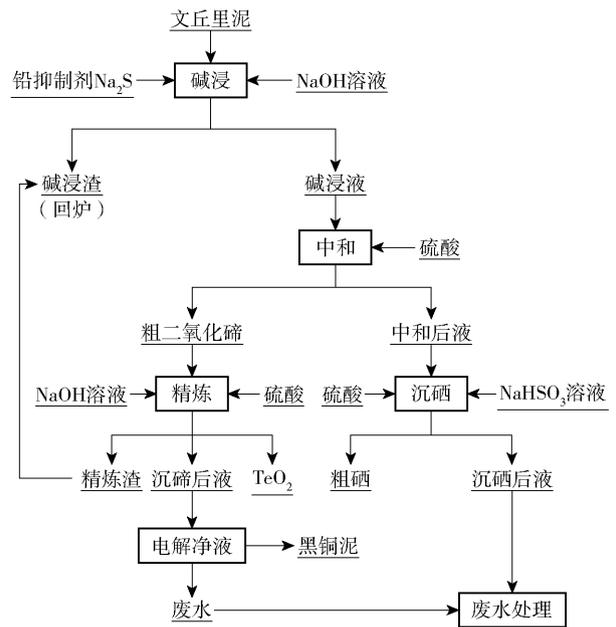
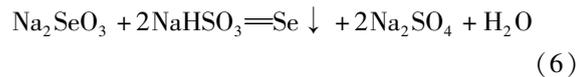


图 1 硫化碱浸工艺处理文丘里泥回收碲、硒工艺流程

Fig. 1 Process flow of recovering tellurium and selenium by sulfuric-alkaline leaching in venturi sludge and refining of tellurium dioxide

1.3.3 酸化沉硒

向中和后液中继续加入硫酸酸化至 pH 值为 1.0, 再加入亚硫酸氢钠将亚硒酸还原成硒单质, 化学反应见式(6)。



1.3.4 粗二氧化碲精炼

粗二氧化碲中含有铜、铅、砷、硒等杂质元素。根据相关热力学数据^[11], 在低碱度条件下, TeO₂ 会优先与氢氧根反应生成亚碲酸根离子, 形成亚碲酸钠过饱和状态, 砷、硒与碲一同浸出, 铜、铅等杂质元素仍留在碱浸渣中。在使用硫酸中和浸出液沉碲过程中, 砷、硒溶解度受 pH 值影响较小, 依旧留在溶液中, 碲与硒、砷得到进一步分离, 沉淀即为精制二氧化碲。

2 试验结果与分析

2.1 硫化碱浸

2.1.1 氢氧化钠浓度对浸出的影响

在碱浸液固比 5:1、浸出温度 80 ℃、硫化钠加

入量为文丘里泥量的 4%、浸出时间 2 h 的条件下,考察不同浓度氢氧化钠对碲、硒、铅浸出效果的影响,结果如图 2 所示。

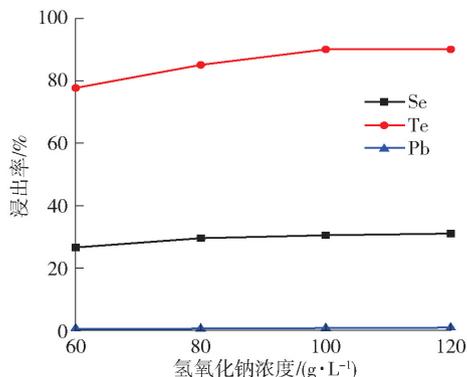


图 2 氢氧化钠浓度对浸出的影响

Fig. 2 Effect of sodium hydroxide concentration on leaching

从图 2 中可以看出,铅基本不被浸出,碲的浸出率远大于硒和铅。铅主要与硫化钠形成沉淀被抑制浸出。硒浸出率相对较低,主要是由于文丘里泥中的大部分硒以单质形式存在而未被溶出。碲、硒的浸出率整体上随着氢氧化钠浓度的提升而提高,氢氧化钠浓度从 60 g/L 增加至 100 g/L,碲浸出率从 77.64% 增加至 90.06%,硒浸出率从 26.54% 增加至 30.58%,这是由于增大反应物氢氧化钠浓度有利于促进反应(1)~(2)正向进行。当氢氧化钠浓度大于 100 g/L 时,两者浸出率增长放缓,表明此时浸出反应已趋于平衡。除此之外,氢氧化钠浓度过高会导致后续溶液中产生的盐分较多,从而影响回收碲、硒的品质,因此碱浸阶段取氢氧化钠浓度为 100 g/L。

2.1.2 温度对浸出的影响

在碱浸液固比 5:1、氢氧化钠浓度 100 g/L、硫化钠加入量 4%、浸出时间 2 h 的条件下,考察不同碱浸温度对碲、硒、铅浸出效果的影响,结果如图 3 所示。

从图 3 中可以看出,温度从 60 °C 升至 90 °C,铅的浸出率依然保持在极低水平,碲浸出率从 84.53% 增长至 89.06%,硒浸出率从 27.89% 增长至 31.25%。温度升高可以降低碱浸反应的活化能从而促进碱浸反应,但是在所设温度范围内,升温对碲、硒浸出的促进作用并不明显。考虑到氢氧化钠溶解同样也会放热,并且后续中和

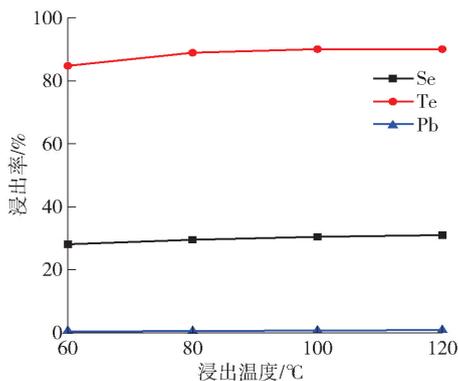


图 3 温度对浸出的影响

Fig. 3 Effect of temperature on leaching

阶段加入浓硫酸会大量放热,易造成溶液沸腾,不利于生产应用,综合考虑,选取碱浸温度为 80 °C 较合适。

2.1.3 液固比对浸出的影响

在氢氧化钠浓度 100 g/L、浸出温度 80 °C、硫化钠加入量 4%、浸出时间 2 h 的条件下,考察不同液固比对浸出效果的影响,结果如图 4 所示。

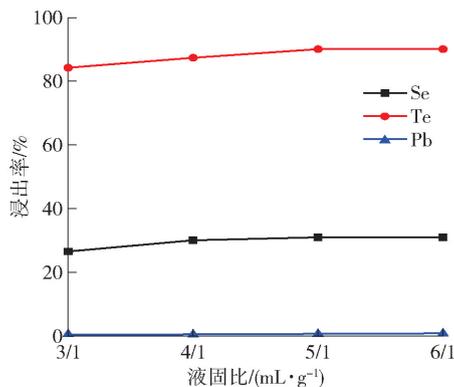


图 4 液固比对浸出的影响

Fig. 4 Effect of solid-liquid ratio on leaching

从图 4 中可以看出,液固比从 3:1 增加到 6:1,碲的浸出率上升较明显,从 84.53% 上升至 90.21%。液固比较低时,一方面溶液中氢氧根离子含量不足,固体颗粒反应溶解不充分,另一方面反应过程中浆液浓度较高,降低了离子的扩散速率,反应程度下降,因此通过适当增加液固比,可提高浸出率。在液固比 5:1 时,浸出率可达到 90.06%,相比于 6:1 时浸出率 90.21%,浸出程度变化非常小,且当液固比为 6:1 时会增加后续废水处理量,综合考虑,选取液固比为 5:1 较合适。

2.1.4 硫化钠对浸出的影响

在碱浸液固比 5:1、氢氧化钠浓度 100 g/L、浸出温度 80 °C、浸出时间 2 h 的条件下,考察不同硫化钠加入量对浸出率的影响,结果如图 5 所示。

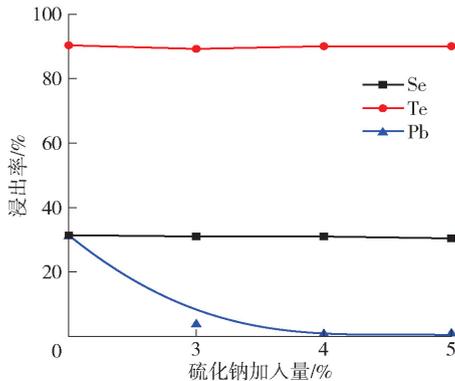
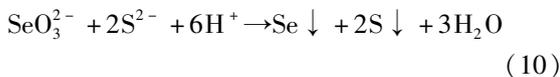
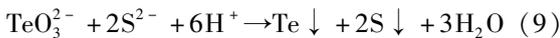


图 5 硫化钠加入量对浸出的影响

Fig. 5 Effect of sodium sulfide addition on leaching

从图 5 数据中可以看出,硫化钠对硒、碲的浸出几乎没有影响,但对铅的影响效果非常明显。未加硫化钠,铅的浸出率达到 31.27%。硫化钠加入量为 4% 时,铅浸出率从 31.47% 降至 0.64%,表明硫化钠的加入能够有效抑制铅的浸出。增大硫化钠用量达 5% 及以上时,得到的粗二氧化碲产品开始夹杂黑色产物,主要是由于过量的硫化钠会进入碱浸液中,在碱浸液中和阶段发生副反应,见式(9)~(10)。



分别取硫化钠加入量 4% 和不加硫化钠的碱浸液,加入硫酸中和至 pH 值 5.5~6.5,得到粗二氧化碲,成分分析结果见表 2。

表 2 硫化钠对粗二氧化碲成分的影响

Table 2 Effect of sodium sulfide on tellurium dioxide compositions %

样品编号	TeO ₂	Cu	Pb	As	Se
1#	90.14	0.14	1.07	0.12	0.16
2#	90.24	0.11	0.84	0.19	0.35
3#	91.24	0.18	0.95	0.24	0.21
4#	79.94	0.23	15.1	1.04	0.51

1#~3#粗二氧化碲样品制备过程中硫化钠加入量为 4%,产品中铅含量小于 1%。4#粗二氧化碲样品制备过程中未加入硫化钠,产品中铅含量达 15.1%。数据表明,加入硫化钠后,粗二氧化碲中 Pb 含量得到明显降低,Cu、As 也有一定的下降,表明加入硫化钠可有效提升粗二氧化碲纯度。

2.1.5 文丘里泥硫化碱浸动力学分析

由于碲的回收为本文研究重点,因此研究了硫化碱浸过程中碲的浸出动力学。文丘里泥硫化碱浸过程属于液-固非均相反应,该反应主要分 3 步:①液相中的钠离子及氢氧根离子通过液膜层向文丘里泥颗粒表面扩散;②氢氧根离子和钠离子与颗粒表面二氧化碲发生反应;③文丘里泥表面生成亚碲酸根离子,并扩散到液相中。该反应可采用收缩未反应核模型描述^[12]。

该浸出模型主要有表面化学反应控制及扩散控制 2 种,对应的动力学方程分别见式(11)、式(12)^[13-14]。

$$1 - (1 - x)^{1/3} = k_1 t \quad (11)$$

$$1 + 2(1 - x) - 3(1 - x)^{2/3} = k_2 t \quad (12)$$

式中: x 为不同时间下文丘里泥浸出率,%; t 为浸出时间,min; k_1 为受化学反应控制模型的速率常数; k_2 为受扩散反应控制模型的速率常数。

为确定文丘里泥碱浸过程中的动力学参数,在氢氧化钠浓度 100 g/L、液固比 5:1、硫化钠加入量为 4% 的条件下,考察温度及时间对碲浸出率的影响,结果如图 6 所示。

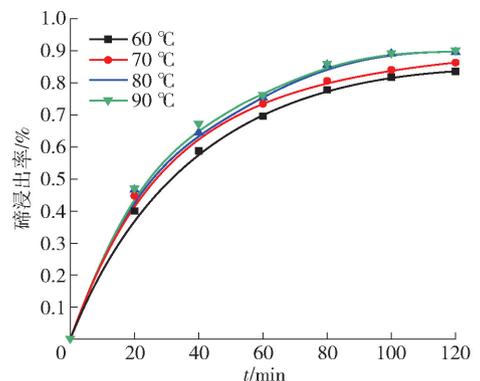


图 6 不同温度下时间对碲浸出率的影响

Fig. 6 Effect of temperature and time on the leaching rate of tellurium

将图 6 中的数据分别代入式(11)和式(12)进

行线性拟合,拟合结果分别如图 7 和图 8 所示。从图可知,式(11)动力学模型不同温度下拟合结果 R^2 为 0.944、0.948、0.949、0.941;式(12)动力学模型相应温度下拟合结果 R^2 分别为 0.968、0.971、0.960、0.955,均高于式(11)拟合结果,表明文丘里泥碱浸过程受扩散控制。

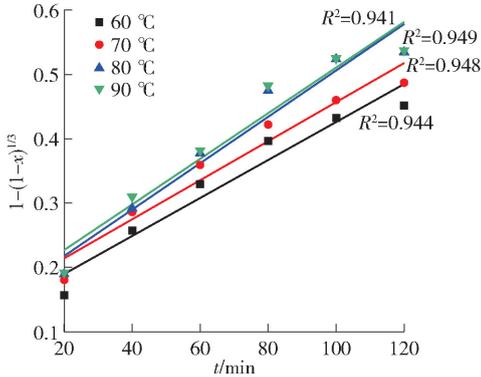


图 7 不同温度下 $1 - (1 - x)^{1/3}$ 与时间的关系曲线

Fig.7 Relationship between $1 - (1 - x)^{1/3}$ and t at different temperatures

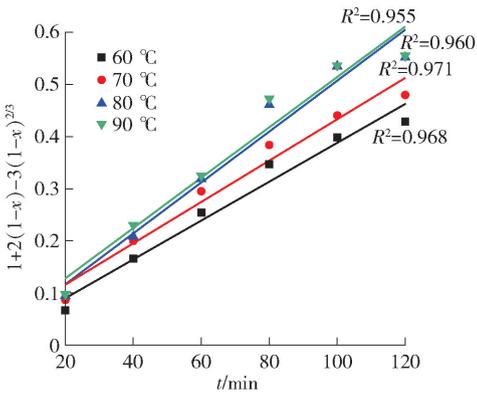


图 8 不同温度下 $1 + 2(1 - x) - 3(1 - x)^{2/3}$ 与时间的关系曲线

Fig.8 Relationship between $1 + 2(1 - x) - 3(1 - x)^{2/3}$ and t at different temperatures

2.2 粗二氧化碲精炼

将粗二氧化碲用 28 g/L 氢氧化钠溶液在常温条件下进行碱浸,液固比 15:1,浸出时间 1 h。碱浸后液成分如表 3 所示,从表中数据可以看出,浸出液中杂质离子含量较低。

向碱浸后液加入硫酸中和至 pH 值 5.5 ~ 6.5,亚碲酸根水解生成二氧化碲沉淀,从而制得精二氧

化碲,TeO₂含量大于 99%,详细成分见表 4。

表 3 粗二氧化碲浸出液成分

Table 3 Compositions of crude tellurium dioxide leached solution mg/L

成分	Te	Cu	Pb	As	Se	Au	Ag
含量	44 523	<0.05	2.05	128.9	67	<0.05	<0.05

表 4 精二氧化碲成分

Table 4 Compositions of refined tellurium dioxide %

成分	TeO ₂	Cu	Pb	As	Se
含量	99.82	0.005	0.008	0.052	0.009

中和沉碲后液中仍含约 900 mg/L 的碲。为实现碲资源的深度利用,沉碲后液将排往电解净液工序,通过诱导电积法将碲以及杂质富集到黑铜泥中处理。

2.3 沉硒

向文丘里泥碱浸-中和后液(中和后液成分见表 5)中加入硫酸酸化至 pH 值为 1.0,再按照反应式(6)加入 1.7 倍理论值的亚硫酸氢钠并在 80 °C 下还原,硒的还原率为 99.67%。得到的粗硒成分见表 6,3 批次的粗硒中硒含量均大于 90%,可直接作为产品外售。

表 5 中和后液成分

Table 5 Compositions of solution after neutralization mg/L

成分	Se	Te
含量	40 962.84	707.45

表 6 粗硒化学成分

Table 6 Chemical compositions of crude selenium %

样品编号	Se	Te	As	Pb	Cu
1#	94.35	0.02	0.014	0.003	0.012
2#	93.42	0.08	0.002	0.008	0.006
3#	95.61	0.13	0.004	0.006	0.002

沉硒后液成分见表 7,相较于中和后液,沉硒后液中的硒碲含量明显降低,硒含量为 399.90 mg/L,碲含量为 10.33 mg/L,排往废水处理站进行进一步除杂。

表7 沉硒后液成分

Table 7 Compositions of solution after preparing

crude selenium mg/L

成分	Se	Te	As	Pb	Cu
含量	399.90	10.33	1278.92	174.61	349.32

3 结论

本文以福建某稀贵车间卡尔多炉所产文丘里泥为原料,利用硫化钠对铅的抑制浸出作用,进行了NaOH-Na₂S浸出及制备二氧化碲的试验,得到以下结论。

1)在氢氧化钠浓度100 g/L、硫化钠加入量4%、液固比5:1、反应温度80℃、碱浸2h的优化条件下,文丘里泥中的碲、硒浸出率分别可达到90.06%、30.58%。

2)碱浸阶段通过加入硫化钠可显著抑制铅的浸出,与未加硫化钠工艺相比,粗二氧化碲纯度可从80%提升至90%以上。

3)动力学分析结果表明,文丘里泥硫化碱浸阶段碲的浸出受扩散模型控制。

4)利用低浓度氢氧化钠溶液碱浸-中和对粗二氧化碲进行精炼,可显著提升二氧化碲品质,TeO₂含量可达99%以上。

5)文丘里泥硫化碱浸后,硒也能得到回收,产出的粗硒品质在90%以上。

6)经统计,稀贵车间每年可处理400 t文丘里泥,经硫化碱浸处理后减重约31%,每年可减少入炉物料近116 t,能够有效提升卡尔多炉生产效率,节约生产能耗,并且可通过回收碲和硒提升经济效益。

[参考文献]

[1] 代献仁. 铜陵有色卡尔多炉渣中稀贵元素的预富集试验[J]. 金属矿山, 2016(5): 200-203.
DAI Xianren. Experimental study on the preconcentration of rare precious metals in Kaldor slag of Tongling[J]. Metal Mine, 2016(5): 200-203.

[2] 王海荣. 卡尔多炉吹炼工艺动力学分析与实践研究[J]. 中国有色冶金, 2018, 47(1): 17-20.
WANG Hairong. Dynamic analysis and practice research of Kaldor furnace blowing process[J]. China Nonferrous Metallurgy, 2018, 47(1): 17-20.

[3] 宗红星, 赵学军, 胡爱琳, 等. 卡尔多炉处理铜阳极泥的炉渣性能调控[J]. 中国有色冶金, 2023, 52(2): 39-47.

ZONG Hongxing, ZHAO Junxue, HU Ailiin, et al. Regulation on slag performance of Kaldor furnace for copper anode slime smelting [J]. China Nonferrous Metallurgy, 2023, 52(2): 39-47.

[4] 李春侠, 周斌. 卡尔多炉处理铜阳极泥工艺中碲元素的反应机理及分布状态[J]. 中国有色冶金, 2015, 44(6): 43-47.
LI Chunxia, ZHOU Bin. Reaction mechanism and distribution status of tellurium element in the process of copper anode slime treatment by Kaldor furnace[J]. China Nonferrous Metallurgy, 2015, 44(6): 43-47.

[5] 胡鹏举, 谢祥添, 布金峰. 从文丘里泥中回收硒、碲工艺研究[J]. 世界有色金属, 2020, 552(12): 294-296.
HU Pengju, XIE Xiangtian, BU Jinfeng. Study on the recovering selenium and tellurium from venturi slime[J]. World Nonferrous Metals, 2020, 552(12): 294-296.

[6] 袁水平, 熊家春. 文丘里泥提碲生产实践[J]. 有色金属(冶炼部分), 2017(5): 25-27.
ZHONG Shuiping, XIONG Jiachun. Production practice of tellurium extraction from venturi slime[J]. Nonferrous Metals(Extractive Metallurgy), 2017(5): 25-27.

[7] 吴远桂, 谈定生. 从碲渣中提取二氧化碲的试验研究[J]. 上海有色金属, 2012, 33(2): 59-61.
WU Yuanguai, TAN Dingsheng. Research on the extraction of tellurium dioxide from tellurium slag[J]. Shanghai Nonferrous Metals, 2012, 33(2): 59-61.

[8] 何绪文, 胡建龙, 李静文, 等. 硫化物沉淀法处理含铅废水[J]. 环境工程学报, 2013, 7(4): 1394-1398.
HE Xuwen, HU Jianlong, LI Jingwen, et al. Treatment of wastewater containing lead by sodium sulfide precipitation [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2013, 7(4): 1394-1398.

[9] 李春侠, 陈继平. SO₂还原碲的热力学分析及应用研究[J]. 中国有色冶金, 2019, 48(1): 56-59.
LI Chunxia, CHEN Jiping. Thermodynamic analysis and application Research for Se reduced by SO₂[J]. China Nonferrous Metallurgy, 2019, 48(1): 56-59.

[10] 吴克富, 贾启金, 李家合. 提高粗硒品位的生产实践[J]. 有色金属(冶炼部分), 2021(1): 72-74.
WU Kefu, JIA Qiqin, LI Jiahe. Plant practice to improve grade of crude selenium [J]. Nonferrous Metals(Extractive Metallurgy), 2021(1): 72-74.

[11] 马玉天, 龚竹青, 武俊, 等. 从高铅碲渣中浸出碲的热力学分析及实验[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2006(3): 498-504.
MA Yutian, GONG Zhuqing, WU Jun, et al. Thermodynamic analysis and experimental studies of leaching lead-rich tellurium slag[J]. Journal of Central South University (Science and Technology), 2006(3): 498-504.

[12] H H Wang, G Q Li, D Zhao, et al. Dephosphorization of high phosphorus oolitic hematite by acid leaching and the leaching kinetics[J]. Hydrometallurgy, 2017, 171: 61-68.

[13] Harshit Mahandra, Ahmad Ghahreman. A sustainable process for selective recovery of lithium as lithium phosphate from spent LiFePO₄ batteries[J]. Resources, Conservation and Recycling,

2021, 175:105883.

[14] C F Dickinson, G R Heal. Solid - liquid diffusion controlled rate equations[J]. Thermochemica Acta, 1999, 340: 89 - 103.

Recovering tellurium and selenium by sulfuric-alkaline leaching in Venturi sludge

NING Wantao

(1. Zijin Copper Co. Ltd., Shanghang 364200, China;

2. Fujian Key Laboratory for Green Production of Copper and Comprehensive Utilization of Associated Resources, Shanghang 364200, China)

Abstract: There are valuable elements such as gold, silver, lead, bismuth, arsenic, selenium and tellurium in Venturi sludge. When it is returned to Kaldor furnace for smelting, tellurium forms compounds with gold and silver in Venturi sludge, and enter smelting slag, resulting in loss. If tellurium is removed before Venturi sludge returning to Kaldor furnace, not only the tellurium resource is recycled, but also the gold and silver recovery rate is increased. In this paper, by using the inhibition of lead leaching by sodium sulfide, the experiment of NaOH-Na₂S leaching Venturi sludge and preparation of tellurium dioxide and crude selenium was carried out. The following conclusions are obtained. The leaching rate of tellurium and selenium can reach 90.06% and 30.58% respectively under the optimum conditions of sodium hydroxide concentration of 100 g/L, sodium sulfide addition of 4%, reaction temperature of 80 °C and alkali leaching for 2 h. Compared with the process without sodium sulfide, the quality of crude tellurium dioxide can be increased from 80% to more than 90%. The results of kinetic analysis show that the leaching of tellurium in the sulfide alkali leaching stage of Venturi sludge is controlled by the diffusion model. This process can not only improve the recovery rate of gold and silver, recover tellurium resources, but also improve the production efficiency. The purity of tellurium dioxide produced is more than 99%, and the purity of crude selenium by-product is more than 90%. The economic benefit is remarkable.

Key words: Venturi sludge; Kaldor furnace smelting; sulfidation alkali leaching; tellurium selenium recovery; tellurium dioxide; selenium; reaction kinetics

多家有色企业上榜 2023 年《财富》世界 500 强

8月2日,《财富》杂志发布2023年世界500强排行榜,我国9家有色企业上榜,分别是:中国五矿集团有限公司(65位)、正威国际集团有限公司(124位)、中国铝业集团有限公司(166位)、江西铜业集团有限公司(171位)、山东魏桥创业集团有限公司(172位)、青山控股集团有限公司(257位)、金川集团股份有限公司(289位)、紫金矿业集团股份有限公司(373位)、铜陵有色金属集团控股有限公司(436位)。

据悉,2023年《财富》世界500强排行榜企业的营业收入总和约为41万亿美元,比上年增长8.4%。进入排行榜的门槛(最低销售收入)也从286亿美元跃升至309亿美元。受全球经济下行影响,今年所有上榜企业的净利润总和同比减少6.5%。今年我国共有142家企业上榜,上榜数量连续5年位居各国之首。

(资料来源:中国有色金属报)