

Research on Recycling of Sulphur and Iron from Tailings of Xitieshan Pb-Zn Mines

Ming Zhang, Gaoqi Chen, Lv Ji, Yongzhong Jia

Qinghai Innovation Mining Development Co. Ltd., Xining
Email: jinhesun@163.com

Received: Mar. 20th, 2013; revised: Apr. 14th, 2013; accepted: Apr. 22nd, 2013

Copyright © 2013 Ming Zhang et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: S and Fe elements were enriched in tailings of Xitieshan Pb-Zn mines. It was beneficial to recover the S and Fe for economy and environment. The process route and characteristics of sulphuric acid and pig iron were presented concisely. The products were produced by using tailings of Xitieshan Pb-Zn mines as raw materials by Qinghai Innovation Mining Development Co. Ltd. The results can be helpful to comprehensive utilization of tailings of other Pb-Zn mines.

Keywords: Tailings of Pb-Zn Mines; Sulphuric Acid; Pig Iron

锡铁山铅锌矿尾矿中硫与铁的回收利用研究

张 铭, 陈高琪, 纪 律, 贾永忠

青海创新矿业开发有限公司, 西宁
Email: jinhesun@163.com

收稿日期: 2013 年 3 月 20 日; 修回日期: 2013 年 4 月 14 日; 录用日期: 2013 年 4 月 22 日

摘 要: 锡铁山铅锌尾矿中富含硫和铁, 对其回收可产生良好的经济效益和社会效益, 本文介绍了青海创新矿业开发有限公司利用锡铁山铅锌尾矿生产硫酸及利用亚硫酸渣生产生铁的工艺路线和特点, 对于国内其它铅锌尾矿的综合利用具有重要的借鉴意义。

关键词: 铅锌尾矿; 硫酸; 生铁

1. 引言

青海锡铁山铅锌矿床位于柴达木盆地北缘, 是我国年采选矿量最大的铅锌矿, 伴生有金、锡、铁、硫、镓、铟、锗等十余种元素^[1]。在锡铁山铅锌矿选冶过程中, 每年要产生 15 万吨废弃的铅锌尾矿, 铅锌尾矿中富含硫和铁, 这造成了极大的资源浪费, 同时又要花费大量排污和治理资金, 不利于当地的自然环境保护^[2]。

倪青林采用螺旋溜槽, 对铅锌尾矿泥砂分选后, 再进行浮选, 获得含硫 31.22% 的混合硫精矿^[3]。王志刚

通过对铅锌尾矿工艺矿物学研究, 通过技术攻关有效回收了铅锌尾矿中的锌、硫和磁铁矿^[4]。冯忠伟等采用硫化矿优先混浮 - 混浮精矿锌硫分离 - 氧化铅矿硫化浮选的工艺流程处理铅锌尾矿, 有效的回收了其中的铁闪锌矿、硫铁矿和氧化铅矿^[5]。牟联胜采用重 - 浮联合混选, 混选精矿磨矿脱泥后精选, 混合精矿分离铅、锌、硫的工艺, 用硫化 - 黄药法回收氧化铅矿、硫化铅矿, 获得了铅精矿、锌精矿、硫精矿等产品^[6]。

本研究以锡铁山铅锌尾矿为原料, 生产硫酸, 并将硫酸渣用于生产生铁, 实现了资源的充分利用, 不仅可以缓解铅锌矿选矿企业造成的环境压力, 而且

可以为下游硼酸产业提供硫酸等生产原料。据测算，西部矿业年销售硫精矿可增加收入 750 万元，节约排污费用 225 万元。大柴旦地区硼酸厂从硫酸厂购进原料后，年节约运费 1000 多万元^[2]，下游的其他企业也因运距缩短及产业聚集效应使效益得到大幅提高，促进了柴达木循环经济圈有色金属产业的健康有序发展。

2. 工艺流程

2.1. 硫酸生产工艺

硫酸生产的工艺流程如图 1 所示。主要分为如下六个工段：

1) 原料工段

采用与硫精砂粒度相近的尾矿库矿渣掺和，控制原料含 S 量在 $30\% \pm 2\%$ 。尾砂由汽车运入原料场，经抓斗起重机送入矿贮斗，通过输送机输送至打砂机，将成团的尾砂打碎，经震动筛进行筛分。震动筛筛下的细粒度尾砂送入焙烧工段。

2) 焙烧工段

来自原料工段的尾矿砂含硫 30%、含水 $\leq 8\%$ ，经加料贮斗由皮带机加入沸腾炉焙烧，炉温控制在 $860^{\circ}\text{C} \sim 890^{\circ}\text{C}$ 。炉气进入旋风除尘器，然后进入电除尘器进一步除尘，电除尘器出口含尘 $\leq 1 \text{ g/Nm}^3$ ，出口温度 $\geq 280^{\circ}\text{C}$ ，进入净化工段内喷文氏管。

焙烧所用的空气，由空气鼓风机送入沸腾炉。

沸腾炉、旋风除尘器的矿尘、矿渣，经冷却后与电除尘器排出的矿尘送至矿渣增湿器，经增湿降温后送入矿渣仓库或集中堆放，作为副产品运出。

为充分利用沸腾炉的余热资源，在沸腾炉附近建有余热锅炉，产生的蒸汽用于其它生产工序段。

3) 净化工段

由焙烧工段电除尘器送来的炉气，进入内喷文氏管，喷淋约 5% 硫酸，使炉气温度由 300°C 冷却至 65°C ，然后进入泡沫塔，用 2%~3% 硫酸洗涤，以进一步除去矿尘(单质硫)及其它杂质。再经铅制间冷却器冷却，并使气体降温至 40°C ，入电除雾器除去三氧化硫雾。出口气体酸雾含量 0.03 g/Nm^3 以下。经净化后的气体进入干吸工段干燥塔。净化后气体含尘 $\leq 0.002 \text{ g/Nm}^3$ 、含雾 $\leq 0.03 \text{ g/Nm}^3$ 、含水 $\leq 0.1 \text{ g/Nm}^3$ 。

4) 干吸工段

自净化工段电除雾器来的气体，补充适量空气，控制二氧化硫浓度 7% 后，进入干燥塔，干燥塔塔内

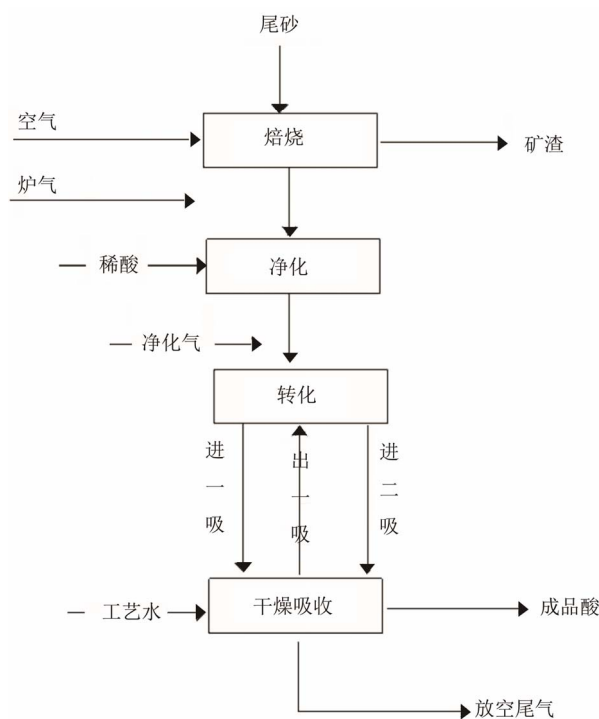


Figure 1. Sulfuric acid production process
图 1. 硫酸生产工艺流程

用 93% 硫酸喷淋，吸收水分后的酸自塔底流出，进入循环槽，配入第一吸收塔引来的 98% 硫酸，以维持循环酸的浓度，再用泵打入酸冷却器，冷却后送入干燥塔。当产 93% 硫酸时，一部分 98% 酸串至干燥塔循环槽，增多的 93% 硫酸从系统中引出，作为成品酸；当产 98% 硫酸时，增多的 93% 硫酸全部串入第一吸收塔循环槽。

经转化工段转化器一次转化后的气体，进入第一吸收塔。吸收后的气体经金属丝网除沫器去酸沫，返回转化器进行第二次转化。

第一吸收塔淋洒 98.3% 硫酸，吸收三氧化硫后由塔底流出，进入循环槽，配入干燥塔引来的 93% 硫酸以维持循环酸浓度，不足部分加入清水，然后经循环泵送入酸冷却器冷却后进入第一吸收塔进行循环。增多的 98% 硫酸一部分串入干燥塔循环，另一部分作为成品酸送成品计量槽。

自转化工段引来的经二次转化后的转化气进入第二吸收塔吸收，经过第二吸收塔吸收后的气体进入第三吸收塔再次吸收，尾气经金属丝网除沫器除去酸沫后由烟囱排出放空。尾气中二氧化硫含量经检测约为 260 mg/m^3 ，远低于国家标准排放要求。

第一、二、三吸收塔结构同干燥塔，淋洒 98.3% 硫酸。吸收三氧化硫后自塔底流出至循环槽，用泵送入酸冷却器冷却后进行第二、三吸收塔进行循环。在一般情况下，用加清水的方法来维持第二、三吸收塔酸的浓度。

5) 转化工段

来自干吸工段干燥塔的二氧化硫气体浓度 7% 的气体，进入二氧化硫鼓风机。升压后经第三换热器，第一换热器，预热至 430℃，进入转化器进行第一次转化，经一、二、三段触媒层反应，转化率达 93% 的转化气，进入第三换热器的管内换热降温后送入第一吸收塔，经过吸收后的气体再经第五换热器和第二换热器，预热至 425℃ 进入转化器的第四段和第五段触媒层进行第二次转化，总转化率达 $\geq 99.3\%$ ，二次转化气经第五换热器的管内换热后进入第二、三吸收塔进行第二、三次吸收。

6) 成品工段

来自干吸工段的成品酸(98%硫酸或 93%硫酸)在计量槽计量之后由酸泵送入成品库储存或送到装车高位槽装车外运。

2.2. 生铁生产工艺

硫酸渣主要成分为铁红(三氧化二铁)及其它杂质。

1) 筛分: 将硫酸渣中的大颗粒物及低品位矿分选出去，提高硫酸渣中铁的含量，再将硫酸渣进行分级、浮选。

2) 烧结: 将分选好的硫酸渣(铁精粉)加入碳粉、石灰和粘合剂造成球，进入烧结过程中，烧结后产出物为烧结矿、球团矿。

3) 冶炼: 将烧结矿、石灰和焦炭按比例加入高炉冶炼，最终生产出生铁。高炉中的煤气引入烧结过程中循环使用，不仅能节约能源还能避免污染。

2.3. 工艺特点

本工艺根据所处高原缺氧环境和锡铁山铅锌尾矿组成特点采取了针对性的措施:

1) 根据矿样分析报告认为: 锡铁山铅锌尾矿含 Pb、Zn 偏高，不适宜用来制造硫酸，采用与原料粒度相近的尾矿库矿渣掺和，控制原料含 S 量在 $30\% \pm 2\%$ 。

2) 根据尾砂粒度细、易粘结的特点，采用可靠的

的技术对沸腾炉进行设计。

炉体: 钢衬隔热纤维砖和火砖，次扩大型，扩大角 16°，炉用异型砖砌筑。扩大部位设置二次装置，以解决原料过细的矛盾。

风帽: 高密度布置，优化物料流化质量。材质选用使用寿命 5 年以上的耐热耐磨不锈钢。帽型选用“帽顶拆卸”型，小孔风带选用 45 m/s，保证空气分布均匀，消除风帽漏灰和烧结现象。

沸腾床直径: 根据原料平均产料度和国内外生产实践，硫精砂焙烧沸腾床气速一般为 1.2~2.0 m/s，本工艺气速为 1.6 m/s，比较适中。

3) 炉气净化工序，采用“绝热蒸发封闭洗工艺”，每生产 1 吨硫酸，只排出 5% 的稀酸约 50 kg，其中主要含有氧化铁泥，整个系统无排污点。系统设置增强型间冷器和高效电除雾器，使烟气得到高度的净化，保证排空尾气无白烟冒出，达清爽透明的程度。

4) 干吸工序，采用多点分酸，高效能两次吸收塔，流程为“塔-槽-泵-器-塔”，吸收效率 $> 99.9\%$ ，烟囱看不到白烟。尾气中二氧化硫含量经检测约为 260 mg/m^3 ，远低于国家标准排放要求。

3. 结论

青海创新矿业开发有限公司以硫精砂和尾矿库矿渣为原料，建立了铅锌尾矿资源综合利用的产业技术链，实现了对铅锌尾矿、硫酸渣的高效综合利用，开发了硫酸、生铁等多种产品，消除了工业废渣造成的环境隐患。通过铅锌尾矿的综合开发利用，使工业废渣变成了资源，达到了废弃物“零排放”的要求，将尾矿对环境的污染降到最低程度，实现了产业发展、资源综合利用和环境保护的有机统一。

参考文献 (References)

- [1] 谢铿, 温建康, 华一新. 锡铁山锌精矿稀散金属综合利用前景分析[J]. 金属矿山, 2008, 1: 128-130.
- [2] 安世远. 锡铁山矿业尾渣各得其“所”[J]. 中国环境报, 2005, 6: 60.
- [3] 倪青林. 某铅锌尾矿综合回收利用工艺研究[J]. 山西冶金, 2012, 3: 3-6.
- [4] 王志刚. 福建某铅锌尾矿综合利用[A]. 2009 年度中国有色金属工业企业管理现代化成果、优秀论文集[C]. 北京, 2010: 330-332.
- [5] 冯忠伟, 宁发添, 蓝桂密, 董明传. 贵州某铅锌尾矿中铅锌硫的综合回收[J]. 金属矿山, 2009, 4: 157-161.
- [6] 牟联胜. 某铅锌尾矿综合回收铅锌硫的生产实践[J]. 中国矿山工程, 2011, 40(4): 16-20.