

含低品位铜钴硫酸渣铵盐焙烧—水浸试验研究

余 洪,李若愚,程彦玲,张汉泉*

(武汉工程大学资源与安全工程学院)

摘要:含低品位铜钴硫酸渣由于嵌布粒度细、矿物组成复杂,其中的有价金属难以选择性回收利用。采用铵盐焙烧—水浸工艺选择性回收其中的铜和钴,详细研究了不同焙烧温度、焙烧时间及水浸时间、水浸温度、液固比、搅拌速率等对 Cu、Co 浸出率的影响。结果表明:含低品位铜钴硫酸渣在硫酸铵用量 20%、焙烧温度 350℃、焙烧时间 120 min 条件下进行焙烧,焙烧渣在液固比 7:1、水浸温度 60℃、搅拌速率 400 r/min 条件下搅拌浸出 120 min, Cu 和 Co 浸出率分别为 68.78% 和 60.16%。结合 SEM-EDS、热重-差热分析、化学物相分析和浸出动力学分析,探索了 Cu、Co 的回收机理,焙烧过程中硫酸铵与氧化铜、硫化铜、硫化钴等反应生成了可溶性的硫酸铜和硫酸钴,四氧化三钴被还原成了硫酸钴,焙烧后样品表面疏松多孔,从而提高了铜、钴的浸出率。

关键词:含铜钴硫酸渣;硫酸铵;焙烧;浸出;化学物相分析;热重分析;浸出机理

中图分类号:TF111

文献标志码:A

文章编号:1001-1277(2025)03-0018-07

doi:10.11792/hj20250303

引 言

铜和钴作为战略金属,在中国的国民经济和国防科技中得到了广泛应用^[1-3]。铜金属具有良好的导电性和延展性,常用在电气、航空、国防等重要领域。钴金属具有良好的铁磁性,常用作制造高温合金、磁性材料和硬质合金等。近年来,中国铜、钴等关键资源的消费量持续攀升,特别是钴作为绿色电池材料锂钴氧化物的核心元素,其需求量呈现出显著的增长趋势。然而,中国铜、钴资源的储量相对有限,尤其是钴资源的进口依赖度已超过 98%。因此,从含有低品位铜、钴等有价元素的资源中回收相关金属得到了广泛关注^[4]。

硫酸渣作为硫精矿氧化焙烧过程的副产品,通常富含铜、钴等有价金属,因此被视为一种宝贵的二次资源^[5-7],其含有的铜、钴等有价金属品位低、嵌布粒度细,采用常规物理选矿方法难以回收利用^[1,8]。因此,常采用酸浸或者铵盐浸出回收其中的铜、钴。李硕夫等^[8]研究了预浸—氧压浸出工艺处理富钴铜冶炼渣;曹耀华等^[9]研究了硫酸+亚硫酸钠作为浸出剂,浸出刚果金的氧化铜钴矿;张汉泉等^[10]采用硫酸从硫酸渣中同步浸出铜、钴,铜、钴浸出率均超过了 90%,取得了较好的浸出效果。但是,浸出过程中铁的大量溶解导致后续铜、钴分离过程中必须进行除铁处理。研究发现,采用铵盐浸出法可以显著提升铜、钴浸出

的选择性,同时有效抑制铁溶解。龚傲等^[11]研究了硫酸铵浸出非洲高硅低品位铜钴矿,铜、钴浸出率分别达到 97.29% 和 95.18%;楚广等^[12]研究了硝酸铵和氨水浸出废水处理渣中的铜、钴,铜、钴浸出率分别为 70%~80% 和 60%~70%。然而,采用铵盐浸出回收硫酸渣中的铜、钴研究较少,且直接浸出时,铜、钴的浸出率较低^[13]。因此,本研究提出采用铵盐焙烧—水浸法回收含低品位铜钴硫酸渣中的铜、钴。详细研究了硫酸铵与硫酸渣混合后的焙烧行为和浸出过程,为今后采用铵盐焙烧法回收硫酸渣中铜、钴提供理论指导。

1 试验原料及方法

1.1 试验原料

试样为湖北某硫酸厂含低品位铜钴硫酸渣,经混匀、制样后对其进行化学成分分析和 X 射线衍射(XRD)分析,结果见表 1、图 1。

表 1 含低品位铜钴硫酸渣化学成分分析结果

Table 1 Chemical composition analysis results of pyrite roasting slag containing low-grade copper and cobalt

成分	TFe	Cu	Co	S	SiO ₂	CaO	MgO
w/%	54.87	0.30	0.36	4.43	7.77	5.49	2.38

由表 1 可知:含低品位铜钴硫酸渣主要成分为铁,含铜 0.30%,含钴 0.36%。其中,铜和钴都具有一定

收稿日期:2024-11-19; 修回日期:2024-12-08

基金项目:湖北省自然科学基金联合基金项目(2024AFD165)

作者简介:余 洪(1986—),男,副教授,博士,研究方向为化学选矿、固废资源化综合利用、金银绿色提取与分离;E-mail:yu908250@126.com

*通信作者:张汉泉(1971—),男,教授,博士,从事复杂金属矿选冶技术研究工作;E-mail:13477022296@139.com

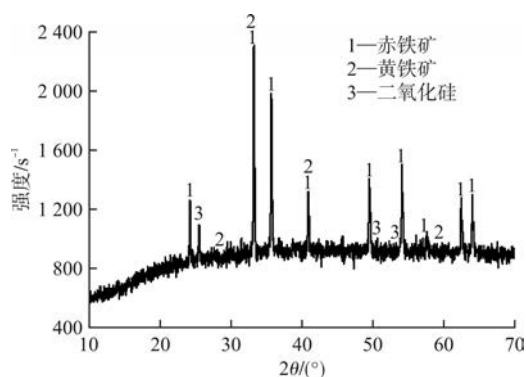


图1 含低品位铜钴硫酸渣XRD谱图

Fig. 1 XRD spectrum for pyrite roasting slag containing low-grade copper and cobalt

的回收价值。由图1可知:含低品位铜钴硫酸渣中主要矿物是赤铁矿,以及少量未被氧化的硫铁矿,脉石矿物以石英为主。由于Cu、Co含量较低,XRD谱图未能检测到Cu、Co的相关物相。

1.2 试验方法

1) 铵盐焙烧—水浸试验。称取20 g含低品位铜钴硫酸渣置于陶瓷坩埚中,按配比加入硫酸铵,充分混匀后放入马弗炉中焙烧,焙烧结束后取出自然冷却得到焙砂。取一定量焙砂放入250 mL锥形瓶中,将其置于恒温水浴锅中进行水浸,水浸结束后,固液分离,滤饼经去离子水冲洗多次后烘干并称量,计算浸出率。

2) 元素含量测定。含低品位铜钴硫酸渣中Cu、Co品位的测定使用原子吸收分光光度法。试样经烘干后,用盐酸、硝酸溶解,采用原子吸收分光光度计测定焙烧渣、浸出渣中Cu、Co含量。浸出率的计算方法见式(1)。

$$\varepsilon = (1 - \frac{\alpha m_1}{\beta m_2}) \times 100\% \quad (1)$$

式中: ε 为铜或钴的浸出率(%); α 为浸出渣铜或钴质量分数(%); β 为焙烧渣铜或钴质量分数(%); m_1 为浸出渣质量(g); m_2 为焙烧渣质量(g)。

3) 表征方法。采用JSM5510LV扫描电子显微镜观察样品表面形貌,样品中Cu、Co的化学物相分析采用文献[13]的方法,热重-差热分析采用STD-Q600同步热分析仪进行分析。

2 试验结果与讨论

试验主要研究了硫酸铵用量、焙烧温度、焙烧时间等焙烧条件,以及水浸温度、水浸时间、液固比、搅拌速率等浸出条件对含低品位铜钴硫酸渣中Cu、Co回收效果的影响。

2.1 铵盐焙烧试验

2.1.1 硫酸铵用量

在焙烧温度300℃、焙烧时间1 h条件下,考察硫

酸铵用量对Cu、Co浸出率的影响,结果见图2。

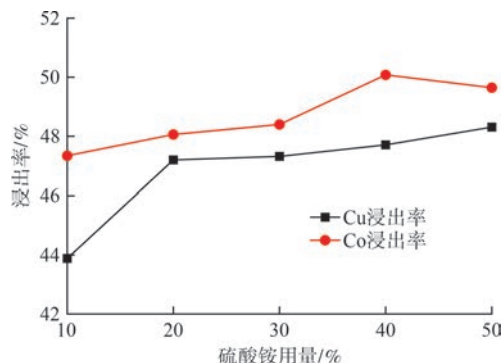


图2 硫酸铵用量对Cu、Co浸出率的影响

Fig. 2 Effect of ammonium sulfate dosage on Cu and Co leaching rates

由图2可知:硫酸铵用量由10%增加到20%时,Cu、Co浸出率分别由43.88%和47.32%增加到47.18%和48.06%;继续增加硫酸铵用量对Co浸出率影响不大。因此,后续焙烧试验硫酸铵用量为20%。

2.1.2 焙烧温度

在不同焙烧温度条件下,焙烧产物的特性会存在差异性,进而影响Cu、Co浸出效果。在硫酸铵用量20%、焙烧时间1 h条件下,考察焙烧温度对Cu、Co浸出率的影响,结果见图3。

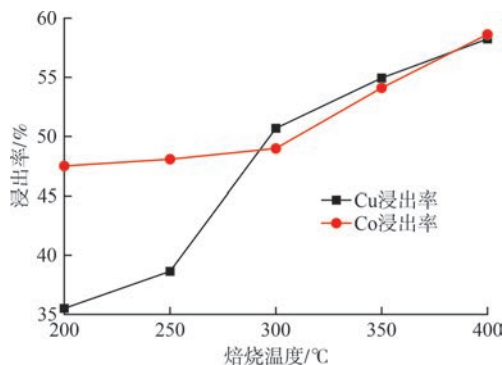


图3 焙烧温度对Cu、Co浸出率的影响

Fig. 3 Effect of roasting temperature on Cu and Co leaching rates

由图3可知:随着焙烧温度的提高,Cu、Co浸出率呈逐渐增加趋势。Cu浸出率显著增长,当焙烧温度从200℃升至350℃时,Cu浸出率从35.58%增至55.03%,Co浸出率也从47.55%增至54.14%。然而,随着焙烧温度继续升高,Cu、Co浸出率提升缓慢。结果表明,提高焙烧温度可以有效提高Cu、Co浸出率,但是在达到一定温度后,浸出率的增加幅度会减缓,而且高温下导致能耗增加。鉴于此,后续试验选择将焙烧温度保持在350℃。

2.1.3 焙烧时间

在硫酸铵用量20%、焙烧温度350℃条件下,考察焙烧时间对Cu、Co浸出率的影响,结果见图4。

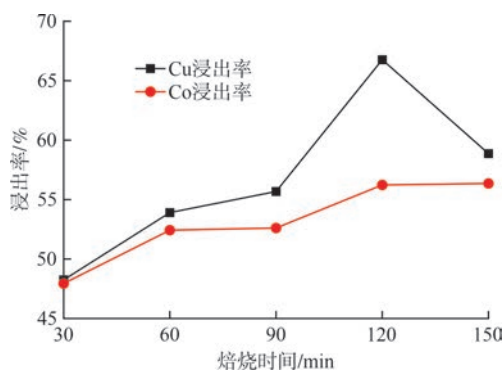


图4 焙烧时间对Cu、Co浸出率的影响

Fig. 4 Effect of roasting time on Cu and Co leaching rates

由图4可知:当焙烧时间为30~90 min时,Cu、Co浸出率分别从48.25%和47.93%增加到55.72%和52.60%;延长焙烧时间至120 min,Cu浸出率为66.76%,Co浸出率为56.20%。进一步延长焙烧时间,Cu浸出率下降,钴浸出率基本保持不变,说明此时Cu、Co浸出率达到上限。结果表明,延长焙烧时间有利于反应的充分进行,但焙烧时间过长,不同焙烧产物之间会发生二次化学反应,从而影响铜浸出率。综合考虑,焙烧时间以120 min为宜。

2.2 水浸试验

2.2.1 水浸时间

在液固比5:1、水浸温度80℃、搅拌速率400 r/min的浸出条件下,考察水浸时间对Cu、Co浸出效果的影响,结果见图5。

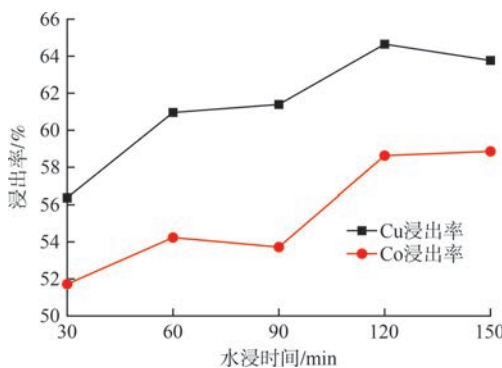


图5 水浸时间对Cu、Co浸出率的影响

Fig. 5 Effect of water leaching time on Cu and Co leaching rates

由图5可知:当水浸时间由30 min延长至120 min,Cu、Co浸出率分别由56.35%和51.71%增加到64.91%和58.64%;继续延长水浸时间至150 min,Cu、Co浸出率分别为63.78%和58.85%。因此,后续试验选择水浸时间为120 min。

2.2.2 水浸温度

水浸温度过低会导致硫酸渣中Cu、Co难以浸出,而过高的水浸温度则会产生较大能耗,所以选择合适的水浸温度极为重要。在液固比5:1、水浸时间120 min、搅拌速率400 r/min条件下,考察水浸温度对

Cu、Co浸出率的影响,结果见图6。

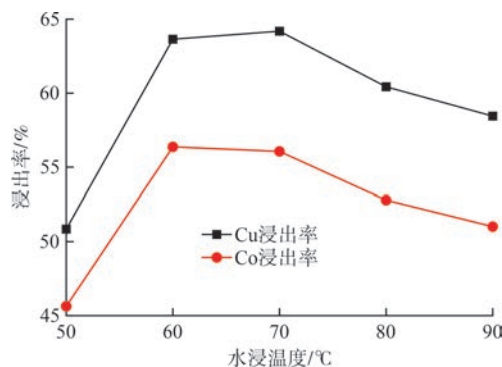


图6 水浸温度对Cu、Co浸出率的影响

Fig. 6 Effect of water leaching temperature on Cu and Co leaching rates

由图6可知:当水浸温度从50℃增加到60℃,Cu、Co浸出率分别从50.86%和45.61%增加到63.63%和56.42%;升高水浸温度至70℃,Cu、Co浸出率分别为64.21%和56.04%;继续升高水浸温度,Cu、Co浸出率开始降低。因此,后续试验选择水浸温度为60℃。

2.2.3 液固比

液固比影响试剂与矿石的接触反应速率,从而影响浸出率。在水浸温度60℃、水浸时间120 min、搅拌速率400 r/min条件下,考察液固比对Cu、Co浸出率的影响,结果见图7。

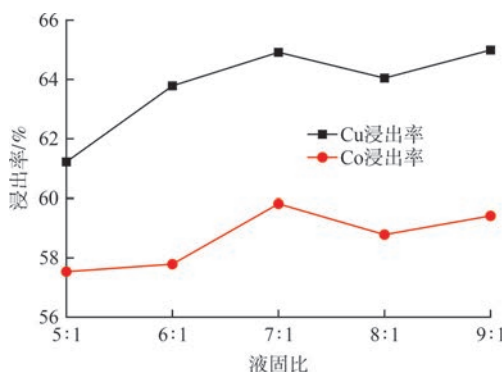


图7 液固比对Cu、Co浸出率的影响

Fig. 7 Effect of liquid-solid ratio on Cu and Co leaching rates

由图7可知:液固比的变化对Cu、Co浸出率略有影响。液固比从5:1提高到7:1,Cu、Co浸出率分别从61.23%和57.54%提高至64.91%和59.83%。继续增大液固比,Cu、Co浸出率略微降低。这可能是由于随着液固比的提高,矿浆的浓度降低,导致浸出强度减弱,从而影响了Cu、Co浸出率。此外,液固比过大会稀释溶液中的Cu、Co离子浓度,影响后续操作过程。因此,后续试验选择液固比为7:1。

2.2.4 搅拌速率

在水浸过程中,需要对矿浆进行搅拌,使矿物与浸出剂及氧气更好接触,促进矿物溶解。在水浸温度60℃、水浸时间120 min、液固比为7:1条件下,考察搅

拌速率对 Cu、Co 浸出率的影响,结果见图 8。

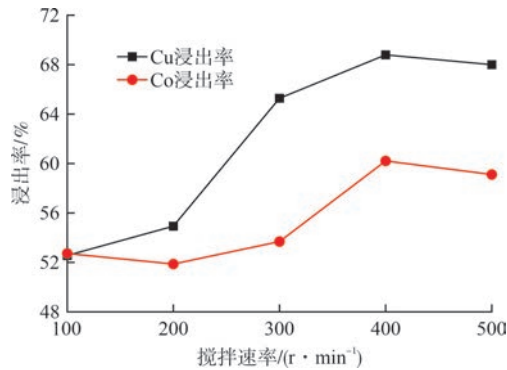


图 8 不同搅拌速率对 Cu、Co 浸出率的影响

Fig. 8 Effect of different stirring rates on Cu and Co leaching rates

由图 8 可知:将搅拌速率从 100 r/min 增加到 400 r/min, Cu、Co 浸出率分别从 52.64 %和 52.72 %提高到 68.78 %和 60.16 %,这是因为搅拌能使固体原料

均匀分散在整个浸出体系中,从而增加了固-液界面的接触面积,促进了反应的进行。继续提高搅拌速率, Cu、Co 浸出率略有下降。综合考虑,最佳搅拌速率为 400 r/min。

3 焙烧机理分析

试验研究发现,含低品位铜钴硫酸渣在最佳焙烧工艺和水浸工艺条件下, Cu、Co 浸出率分别达到 68.78 %和 60.16 %,采用铵盐焙烧—水浸工艺,实现了 Cu、Co 的综合回收。为探明铵盐焙烧对提升 Cu、Co 浸出率的影响机制,探讨了含低品位铜钴硫酸渣的铵盐焙烧机理。

3.1 表面形貌分析

采用扫描电子显微镜-能量分散谱仪(SEM-EDS)分析了含低品位铜钴硫酸渣,以及在最佳焙烧条件下添加硫酸铵焙烧后样品的形貌,结果见图 9、图 10。

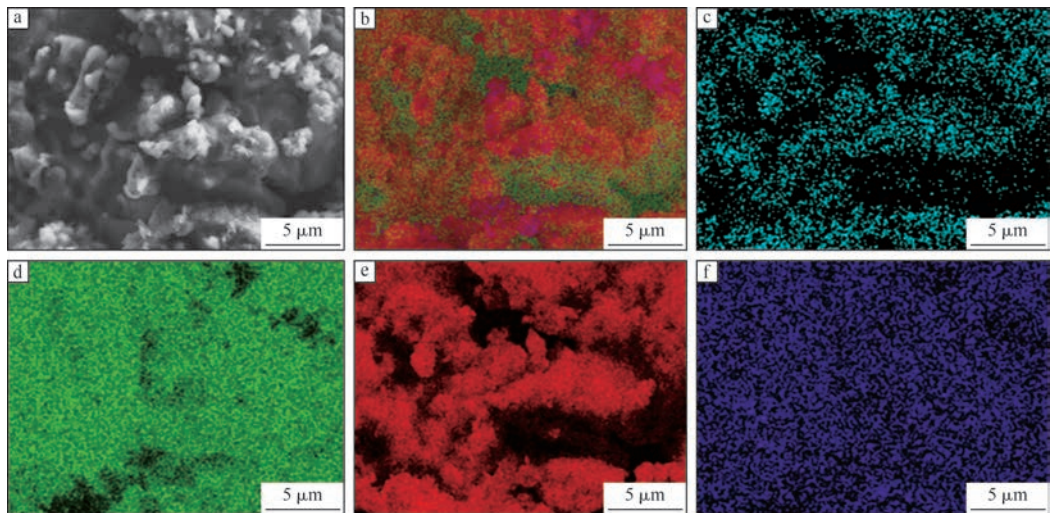


图 9 含低品位铜钴硫酸渣 SEM-EDS 图

Fig. 9 SEM-EDS image of pyrite roasting slag containing low-grade copper and cobalt

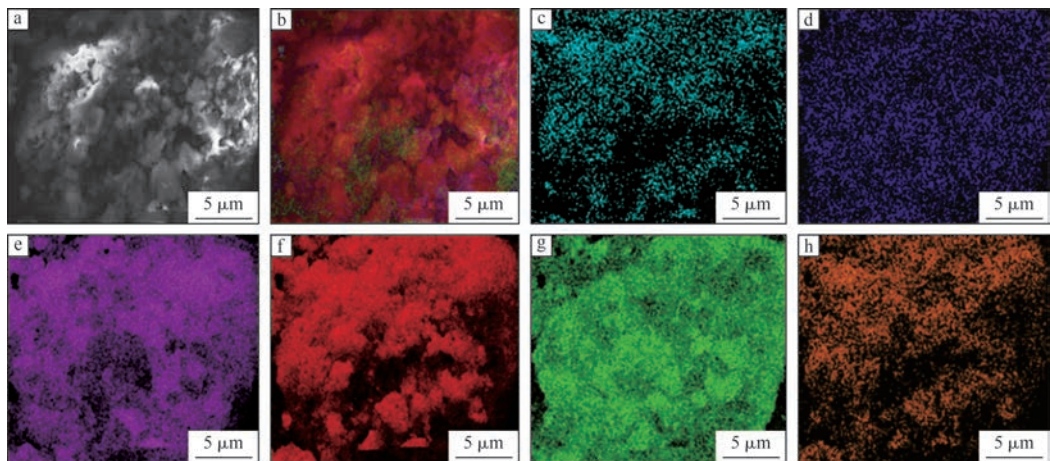


图 10 含低品位铜钴硫酸渣铵盐焙烧渣 SEM-EDS 图

Fig. 10 SEM-EDS image of ammonium salt roasting slag of pyrite roasting slag containing low-grade copper and cobalt

由图 9、图 10 可知:铵盐焙烧前,含低品位铜钴硫酸渣粒度较细,表面较为光滑,颗粒间空隙较少。添加硫酸铵进行焙烧后,含低品位铜钴硫酸渣颗粒间发

生了团聚,表面变得粗糙多孔,且可以看出 Cu 和 N 的映射出现明显重叠,表明添加硫酸铵焙烧后, Cu 和 (NH₄)₂SO₄ 发生了反应,可能生成了 CuSO₄ 等易溶于

水的物质。铵盐焙烧过程中,Cu 和 Co 与 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 反应生成了易溶于水的盐,且提高了硫酸渣颗粒表面的粗糙度,增加了硫酸渣与浸出液的接触面积,提升了 Cu、Co 浸出率。

3.2 化学物相分析

由于 Cu 和 Co 的含量较低,SEM 难以观察到 Co 的

变化。因此,研究采用化学物相分析法,分析不同温度下铵盐焙烧—水浸前后含低品位铜钴硫酸渣中 Cu 和 Co 的物相变化,结果见图 11、图 12。

由图 11 可知:焙烧温度由 250 ℃ 升高到 350 ℃,焙烧渣中可溶性铜(主要为硫酸铜)分布率增加了 10.4 个百分点左右,结合氧化铜分布率降低,自由氧化

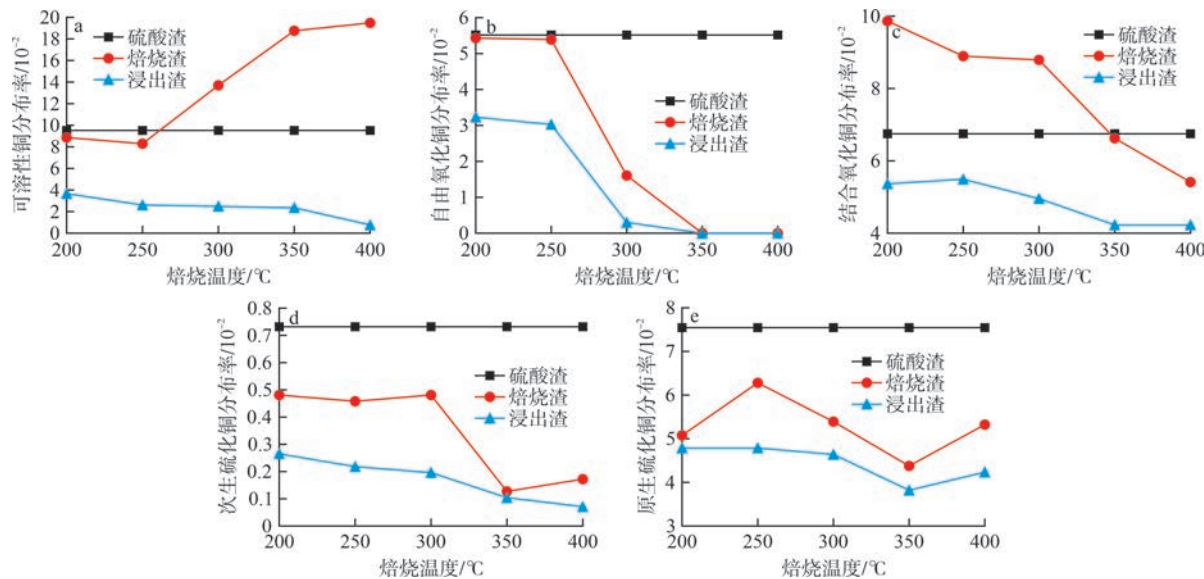


图 11 不同焙烧温度下铵盐焙烧—水浸前后含低品位铜钴硫酸渣中 Cu 物相变化

Fig. 11 Phase change of Cu in pyrite roasting slag containing low-grade copper and cobalt before and after ammonium salt roasting-water leaching at different roasting temperatures

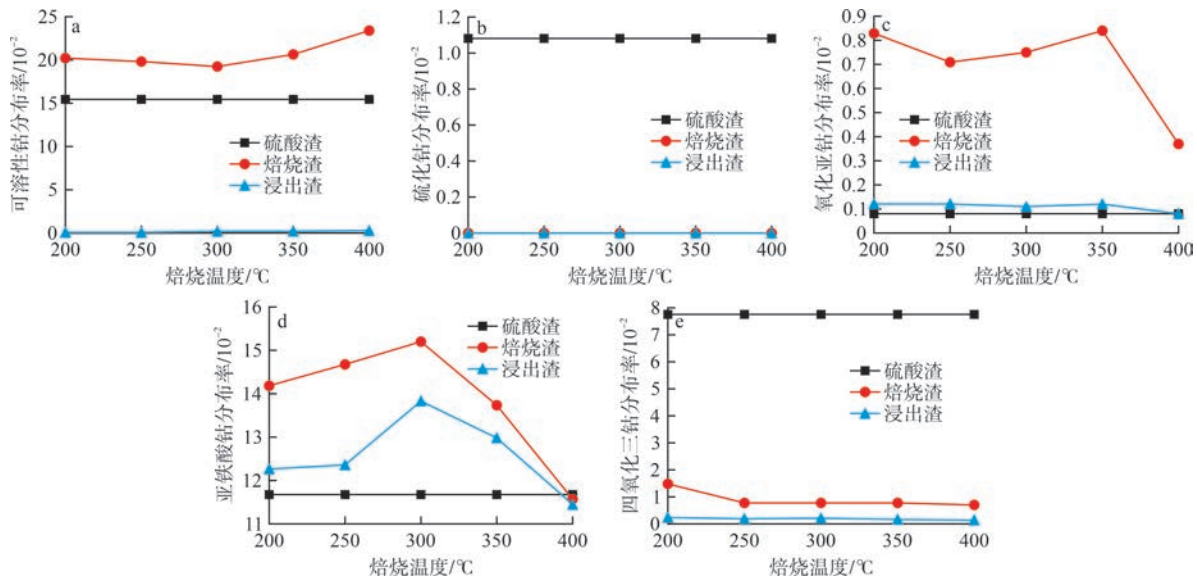


图 12 不同焙烧温度下铵盐焙烧—水浸前后含低品位铜钴硫酸渣中 Co 物相变化

Fig. 12 Phase change of Co in pyrite roasting slag containing low-grade copper and cobalt before and after ammonium salt roasting-water leaching at different roasting temperatures

铜分布率降低了 5.3 百分点。当焙烧温度高于 350 ℃ 时,焙烧渣中自由氧化铜消失,焙烧渣中次生硫化铜和原生硫化铜的分布率始终低于硫酸渣,且二者的分布率随焙烧温度的升高而不断升高,这是由于经过焙烧之后,氧化铜和硫化铜主要转化为硫酸盐,浸出之后可溶性铜大部分被浸出,还有少量的残留可能是被

包裹导致难以浸出,自由氧化铜完全被浸出,结合氧化铜和次生硫化铜较难浸出。

由图 12 可知:随着焙烧温度的升高,焙烧渣中可溶性钴分布率不断增加;当焙烧温度为 350 ℃ 时,可溶性钴分布率增加了约 5 百分点。焙烧渣中的可溶性钴分布率始终高于硫酸渣,而四氧化三钴和硫化钴

的分布率始终低于焙烧渣,表明焙烧过程中 Co_3O_4 被低价硫还原后与硫酸铵反应生成了可溶性钴。从浸出渣的物相变化可以看出,浸出后可溶性钴和氧化亚钴完全浸出,亚铁酸钴浸出前后分布率变化不大,表明亚铁酸钴较难浸出。

3.3 热重-差热分析

硫酸铵和含低品位铜钴硫酸渣(质量比1:4)在空气气氛下,升温速率为 $10\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$,温度 $30\text{ }^\circ\text{C} \sim 400\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下的吸/放热曲线、质量变化曲线见图13。

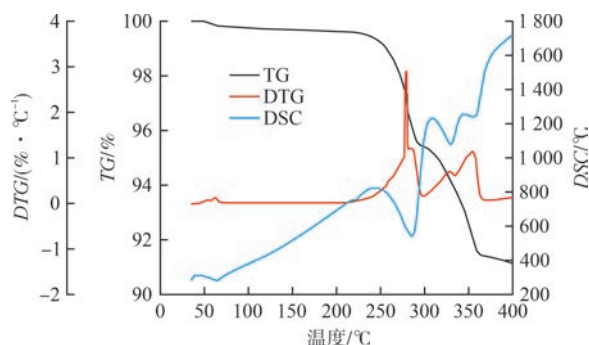
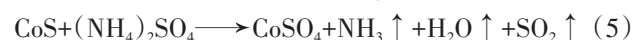
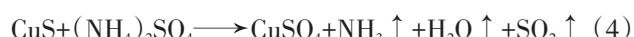
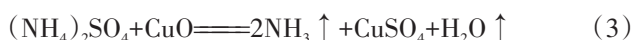
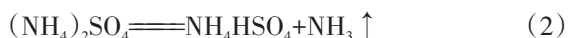


图13 混合物热重-差热曲线

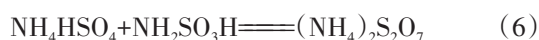
Fig. 13 Thermogravimetric-differential thermal curve of the mixture

由图13可知:硫酸铵的分解过程分为3个阶段,焙烧温度 $220\text{ }^\circ\text{C} \sim 320\text{ }^\circ\text{C}$,硫酸铵分解为硫酸氢铵;焙烧温度 $320\text{ }^\circ\text{C} \sim 390\text{ }^\circ\text{C}$,焙烧产物硫酸氢铵开始分解,生成焦硫酸铵;焙烧温度 $390\text{ }^\circ\text{C} \sim 420\text{ }^\circ\text{C}$,焦硫酸铵进一步分解,产物为气体^[14-17]。

由硫酸铵与硫酸渣的热重-差热分析结果可知: $60\text{ }^\circ\text{C}$ 左右出现了 9.648 J/g 的脱水吸热峰,此吸热峰是硫酸渣和硫酸铵的混合物体系脱除了0.2个百分点左右的吸附水;随着焙烧温度的升高, $222\text{ }^\circ\text{C}$ 附近出现 3.27 J/g 的分解吸热峰,此峰为硫酸铵的分解;继续升高焙烧温度至 $245\text{ }^\circ\text{C} \sim 304\text{ }^\circ\text{C}$,出现一个 48.262 J/g 的熔融吸热峰,体系质量下降了约4个百分点,DTG曲线上出现了最大分解速率的失重峰,且是多个峰叠加,表明此温度范围内可能多个反应同时进行。可能发生的反应见式(2)~(5)。



$335\text{ }^\circ\text{C}$ 附近出现的 42.047 J/g 的熔融吸热峰,是硫酸铵的分解产物 NH_4HSO_4 和 $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$ 生成中间产物 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_7$ 所导致(见式(6))。生成的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_7$ 具有还原性,可将四氧化三钴等高价态难溶性钴盐还原为低价态的硫酸钴等易溶性钴盐,从而提高了Co的浸出率。



$335\text{ }^\circ\text{C} \sim 400\text{ }^\circ\text{C}$ 出现了3.25百分点的失重,是由 NH_4HSO_4 的继续分解导致的^[18-19],在DSC曲线上, $357\text{ }^\circ\text{C}$ 附近有一个焓值为 22.241 J/g 的分解吸热峰,反应见式(7)。



结合物相分析结果,焙烧温度为 $200\text{ }^\circ\text{C} \sim 350\text{ }^\circ\text{C}$,可溶性铜、钴分布率增加,主要是硫酸铵分解产物与Cu、Co发生反应,生成了 CuSO_4 和 CoSO_4 ,且高价态的钴盐被还原成低价态的钴盐,从而提高了硫酸渣中Cu、Co浸出率。

4 结 论

1)含低品位铜钴硫酸渣在硫酸铵用量20%,焙烧温度 $350\text{ }^\circ\text{C}$ 、焙烧时间120 min条件下进行焙烧,焙烧渣在液固比7:1、水浸温度 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 、搅拌速率400 r/min条件下搅拌浸出120 min,Cu、Co浸出率分别达到68.78%和60.16%。采用铵盐焙烧—水浸工艺,实现了Cu、Co的综合回收。

2)SEM-EDS、热重-差热分析及物相分析等结果表明,在焙烧过程中,硫酸铵与氧化铜、硫化铜、硫化钴等化合物发生反应,导致可溶性硫酸铜和硫酸钴的生成。硫酸铵的分解产物 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_7$ 展现出还原性,能够将四氧化三钴还原为硫酸钴。此外,焙烧后的样品表面呈现疏松多孔的结构特征。这些因素的综合作用显著提升了铜和钴的浸出率。

[参 考 文 献]

- [1] 李祥,马保中,马玉天,等.复杂铜钴共生矿伴生稀有金属回收综述[J].工程科学学报,2024,46(8):1349-1357.
- [2] 李云鹏,杨文化,吴凯.国外铜矿石浮选药剂优化试验研究[J].黄金,1-8[2024-12-03].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/22.1110.TF.20241122.1838.004.html>.
- [3] 黄一东.某铜矿提铜降硅试验研究[J].黄金,2024,45(5):40-43.
- [4] HUANG Y K, ZHANG Z F, CAO Y J, et al. Overview of cobalt resources and comprehensive analysis of cobalt recovery from zinc plant purification residue—A review [J]. Hydrometallurgy, 2020, 193:105327.
- [5] 王建政,朱德兵,孔令强,等.某铜钴精矿硫酸化焙烧—酸浸试验研究[J].黄金,2020,41(12):69-71,88.
- [6] 常耀超,王云,余群波.制酸烧渣综合回收铜钴实验[J].有色金属(冶炼部分),2010(5):12-14.
- [7] JIANG T, TU Y K, SU Z J, et al. A novel value-added utilization process for pyrite cinder: Selective recovery of Cu/Co and synthesis of iron phosphate[J]. Hydrometallurgy, 2020, 193:105314.
- [8] 李硕夫,朱景和.富钴铜冶炼渣预浸—氧压浸出工艺研究[J].有色金属(冶炼部分),2024(5):34-38.
- [9] 曹耀华,王威,刘红召,等.刚果(金)某铜钴矿浸出新工艺[J].矿产综合利用,2024,45(1):135-138.

- [10] 张汉泉,李梦飞,杨帆,等.含铜钴硫酸渣中铜钴同步浸出试验研究[J].烧结球团,2023,48(1):86-92.
- [11] 龚傲,吴选高,喻小强,等.选择性还原氨浸从高硅低品位铜钴矿中提取铜、钴的工艺及其浸出动力学[J].过程工程学报,2020,20(10):1 156-1 165.
- [12] 楚广,陈小红,杨天足.从废水处理渣中选择性浸出钴铜研究[J].安全与环境学报,2014,14(2):179-182.
- [13] ZHANG H Q, CHEN G H, CAI X, et al. The leaching behavior of copper and iron recovery from reduction roasting pyrite cinder[J]. Journal of Hazardous Materials, 2021, 420: 126561.
- [14] 张明珠,朱国才.循环利用氯化铵从氧化铜钴矿中回收铜钴[J].金属矿山,2012(5):88-91.
- [15] 刘科伟,陈天朗.硫酸铵的热分解[J].化学研究与应用,2002,20(6):737-738,765.
- [16] 范芸珠,曹发海.硫酸铵热分解反应动力学研究[J].高校化学工程学报,2011,25(2):341-346.
- [17] 孙晨藤.铵盐与氧化铜、硫化铜焙烧行为研究[D].沈阳:东北大学,2018.
- [18] 周娟.高铁硫化铜铅矿焙烧—浸出分离铜研究[D].昆明:昆明理工大学,2016.
- [19] 黄志鹏.铜镍硫化矿硫酸铵焙烧过程金属组元转化研究[D].沈阳:东北大学,2019.

Experimental study of ammonium salt roasting–water leaching on pyrite roasting slag containing low-grade copper and cobalt

Yu Hong, Li Ruoyu, Cheng Yanling, Zhang Hanquan

(School of Resources & Safety Engineering, Wuhan Institute of Technology)

Abstract:Pyrite roasting slag containing low-grade copper and cobalt poses challenges in the selective recovery of valuable metals due to its fine-grained texture and complex mineral composition. This study employs ammonium salt roasting–water leaching to selectively recover copper and cobalt. The effects of roasting temperature, roasting time, water leaching time, water leaching temperature, liquid-solid ratio, and stirring rate on Cu and Co leaching rates were systematically investigated. Cu and Co leaching efficiencies reached 68.78 % and 60.16 %, respectively, under the conditions: 20 % ammonium sulfate dosage, roasting at 350 °C for 120 min, followed by leaching at a liquid-solid ratio of 7 : 1, temperature of 60 °C, 400 r/min stirring rate for 120 min. Mechanisms of Cu and Co recovery were explored via SEM–EDS, thermogravimetric–differential thermal analysis, chemical phase analysis, and leaching kinetics. The roasted sample exhibits a porous and loose surface structure. During the roasting process, ammonium sulfate reacts with copper oxide, copper sulfide, and cobalt sulfide during roasting to form soluble copper sulfate and cobalt sulfate, while cobalt tetroxide is reduced to cobalt sulfate, enhancing metal leaching.

Keywords: pyrite roasting slag containing copper and cobalt; ammonium sulfate; roasting; leaching; chemical phase analysis; thermogravimetric analysis; leaching mechanism