

石煤钒矿的钡盐焙烧—酸浸提钒工艺研究

吴天骄^{1,2}, 康敏^{1,2}, 李和付³, 顾天宇^{1,2}, 郭拴全^{1,2}, 郭梅^{1,2}, 宁新霞^{1,2}

- 西安西北有色地质研究院有限公司, 陕西 西安 710054;
- 陕西省矿产资源综合利用工程技术研究中心, 陕西 西安 710054;
- 山阳秦鼎矿业有限责任公司, 陕西 商洛 726403)

摘要: 针对含钒物相以绢云母为主、钒以类质同象形式赋存的石煤钒矿, 研究了用重晶石焙烧—酸浸工艺从中提取钒, 考察了磨矿细度、重晶石用量、焙烧温度、焙烧时间、液固体积质量比、硫酸用量、浸出温度及浸出时间对钒浸出率的影响。结果表明: 石煤钒矿磨矿细度为 -200 目占比 70%、重晶石用量 5%、焙烧温度 850 °C、焙烧时间 16 h、液固体积质量比 2/1、硫酸用量 8%、浸出温度 25 °C 和浸出时间 2 h 条件下, 钒浸出率可达 89% 以上, 浸出效果较好。

关键词: 石煤钒矿; 焙烧; 重晶石; 提钒; 酸浸

中图分类号: TF841.3; TF803.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-2617(2025)01-0017-08

DOI: 10.13355/j.cnki.sfyj.2025.01.003

钒是一种重要的战略有色金属资源, 在工业生产中占有重要地位, 对国民经济的发展有重要影响^[1-3]。我国是世界上钒储量与产量大国^[4-6], 在目前的高质量发展阶段对钒资源需求量日渐增大, 因此提高钒资源利用效率具有重要意义。

石煤理化性质独特, 且地域差异显著, 不同区域的钒赋存状态及提取难度各异。石煤中以类质同象形式赋存于铝硅酸盐矿物中的钒含量较大, 且提取难度偏大^[7]。目前不同的提取工艺均聚焦于破坏铝硅酸盐矿物晶格结构以释放钒元素, 典型工艺包括钠化焙烧^[8-9]、复合添加剂焙烧^[10]、无盐焙烧^[11]、直接酸浸^[12-13]、硫酸熟化^[14-15]等。但随着我国环保标准要求日益严格, 上述各方法显现出诸多弊端, 如钠化焙烧因产生氯化氢、氯气等有害气体, 已禁用; 复合添加剂焙烧虽有效, 但对废气控制提出更高要求, 开发无废气污染的新型添加剂是该工艺的主流发展方向; 无盐焙烧无需使用添加剂, 生产过程中无废气产生, 但钒浸出率低于添加剂焙烧法; 直接酸浸工艺流程长, 能耗

低, 酸耗量大, 浸出液杂质较多, 后续钒的富集难度较高; 硫酸熟化工艺对温度要求较高, 易腐蚀设备, 目前的工艺体系尚不成熟。

由于石煤中含有一定量有机质, 采用添加剂焙烧工艺提钒效率高于直接浸出工艺。钡盐作为焙烧添加剂应用于石煤钒矿提钒的相关研究较多, 但目前多以工业硫酸钡为主。硫酸钡作为焙烧添加剂对于增强各类钒矿提钒作用显著, 钒浸出率一般在 75%~80% 之间^[16-17]; 但分解温度较高, 通常为 900~1 100 °C, 能耗较大且易导致石煤钒矿出现烧结, 工艺控制困难。重晶石作为钒元素最为常见的矿物形态, 其主要成分为天然的硫酸钡, 比工业硫酸钡更具经济性, 用作焙烧添加剂能有效降低焙烧温度, 减少能耗, 同时避免石煤钒矿在焙烧中出现烧结现象, 减少有害气体生成, 并能提高提钒效率。

试验针对陕西某云母型石煤钒矿, 研究了采用重晶石焙烧—酸浸工艺提钒, 旨在开发一种针对石煤钒矿的新型钡盐添加剂技术工艺, 为从该类石煤钒矿中提钒提供一种新途径。

收稿日期: 2024-07-23

第一作者简介: 吴天骄(1983—), 男, 本科, 高级工程师, 主要研究方向为选矿。

通信作者简介: 顾天宇(1999—), 男, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向为矿物资源综合利用与环境保护。E-mail: 15336150124@163.com。

1 试验部分

1.1 试验原料、设备及药剂

试验用矿石取自陕西省某石煤钒矿,以石英为主,含钒物相主要为绢云母,其中钒以类质同象形式赋存,以较难浸出的+3价形式存在,占82.64%。矿石样品在自然环境下晾干混匀后缩分备用,并从中取出代表性的矿样进行试验与理论分析。石煤钒矿的主要化学组成见表1。石煤钒矿中 V_2O_5 品位为0.85%。

表1 石煤钒矿的主要化学组成
Table 1 Main chemical composition of stone coal vanadium ore

						%
V_2O_5	Al_2O_3	ΣFe	SiO_2	Na_2O	K_2O	CaO
0.85	3.10	2.60	77.22	0.05	1.03	1.21
MgO	P_2O_5	Ba	C	S	TiO_2	LOI
0.71	0.69	0.36	0.64	0.12	0.21	3.22

主要设备:SGM2840型马弗炉(洛阳市西格马仪器制造有限公司),BHS-4型数显恒温水浴锅(上海垒固仪器有限公司),JJ-1型精密增力电动搅拌器(常州国华电器有限公司),SHZ-D(Ⅲ)型循环水式真空泵(天津华鑫仪器厂),智能型电热恒温鼓风干燥箱(琅玕实验设备有限公司)。

主要试剂:浓硫酸(分析纯,成都市科隆化学试剂有限公司),硫酸钡(分析纯,天津市恒兴化学试剂制造有限公司),氧化钙(分析纯,天津市恒兴化学试剂制造有限公司),氢氧化钠(分析纯,天津市恒兴化学试剂制造有限公司),重晶石(硫酸钡纯度>90%,陕西某钡盐厂)。

1.2 试验方法

1.2.1 焙烧试验

将石煤钒矿矿样磨矿至一定细度,称取一定质量矿样与焙烧添加剂重晶石混匀,加水造粒团球并烘干,置于瓷坩埚中,使用马弗炉在设定温度下焙烧一定时间,冷却后将焙砂破碎取样,测定 V_2O_5 品位。

1.2.2 浸出试验

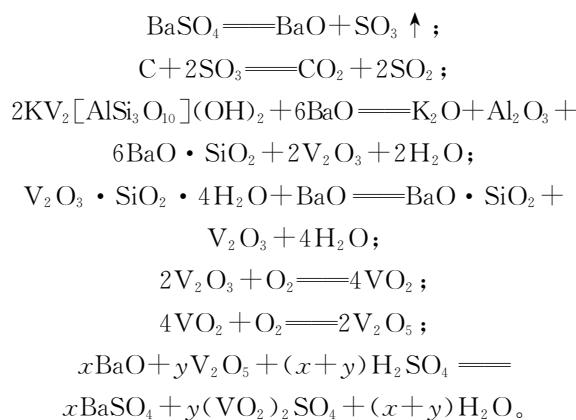
称取200g焙砂置于500mL烧杯中,加入一定量水配制成矿浆,加入一定量浸出剂,对烧杯进行密封后放入水浴锅中恒温浸出,待浸出结束后过滤,测定浸出渣中钒品位,并计算钒浸出率 η 。计算公式^[17]如下:

$$\eta = \left(1 - \frac{m_2 \omega_2}{m_1 \omega_1}\right) \times 100\%$$

式中: η —钒浸出率,%; m_1 —焙砂质量,g; ω_1 —焙砂中 V_2O_5 质量分数,%; m_2 —浸出渣质量,g; ω_2 —浸出渣中 V_2O_5 质量分数,%。

1.3 试验原理

石煤钒矿的化学组成复杂,其中通常含有铝、铁等金属氧化物。重晶石与石煤钒矿同为固体,但其焙烧反应一般认为是在气固两相中进行的。重晶石在高温条件下会受热分解为BaO和 SO_3 ,部分BaO与石煤钒矿中的石英相结合生成硅钡渣,另一部分BaO与绢云母反应,破坏绢云母中稳定的八面体构型,释放类质同象形式的钒进入反应环境,V(Ⅲ)与V(Ⅳ)会被 O_2 氧化为V(V)。部分BaO与V(V)反应生成可溶性钒酸盐,从而使得钒元素被硫酸浸出。气相中重晶石分解生成的 SO_3 具有强氧化性,主要用以分解石煤钒矿中的有机质,增大石煤钒矿比表面积,使矿物变得疏松多孔,提高钒氧化效率。重晶石焙烧—酸浸提钒主要涉及的化学反应如下:



2 试验结果与讨论

2.1 重晶石焙烧条件的确定

2.1.1 磨矿细度对钒浸出的影响

磨矿细度(-0.074mm 粒级矿石占比,下同)是影响钒浸出率的首要影响因素。在焙烧温度850℃、焙烧时间16h条件下空白焙烧后浸出,磨矿细度对钒浸出率的影响如图1所示。可知:钒浸出率随磨矿细度增大,呈先升高后降低趋势,当磨矿细度增至70%时,钒浸出率达最高。磨矿细度较小时,石煤钒矿在焙烧过程中与氧气气氛接触不充分,导致部分V(Ⅲ)无法被氧化浸出;磨矿细度过大时,石煤钒矿物层过于密闭,

阻碍反应物与氧气接触,同样使氧化反应不完全,且过大的磨矿细度会增加预处理成本。故试验确定 70% 为最佳磨矿细度。

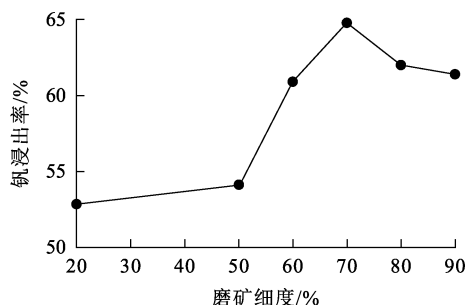


图 1 磨矿细度对钒浸出率的影响
Fig. 1 Effect of grinding fineness on leaching rate of vanadium

2.1.2 焙烧添加剂种类对钒浸出的影响

焙烧能使石煤钒矿中 V(III) 和 V(IV) 转化为高价态的 V(V), 是将难溶硅铝酸盐矿物转化为可溶性钒酸盐的有效途径。在焙烧温度 850 °C、焙烧时间 16 h、焙烧添加剂用量 5% 条件下焙烧后浸出, 不同种类焙烧添加剂对钒浸出率的影响如图 2 所示。

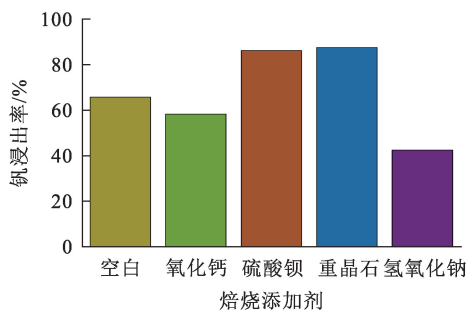


图 2 不同种类焙烧添加剂对钒浸出率的影响
Fig. 2 Effect of different types of roasting additives on leaching rate of vanadium

由图 2 可知: 空白焙烧对绢云母中的硅铝酸盐晶格有一定破坏作用, 钒浸出率为 65.08%; 而以氧化钙、氢氧化钠作焙烧添加剂时, 钒浸出率比空白焙烧更低, 说明钙化焙烧与钠化焙烧的工艺路线并不适用于以绢云母形式赋存的类质同象形式钒的提取; 以硫酸钡、重晶石作焙烧添加剂时, 钒浸出率分别为 85.51%、86.84%, 说明硫酸钡、重晶石对石煤钒矿中的钒浸出有明显促进作用。考虑到重晶

石经济性更好, 故选择重晶石为焙烧添加剂。

2.1.3 重晶石用量对钒浸出的影响

添加适量的重晶石, 能在焙烧过程有效破坏石煤钒矿中的云母类矿物并氧化钒元素, 有利于后续浸出。在焙烧温度 850 °C、焙烧时间 16 h 条件下焙烧后浸出, 重晶石用量对钒浸出率的影响如图 3 所示。

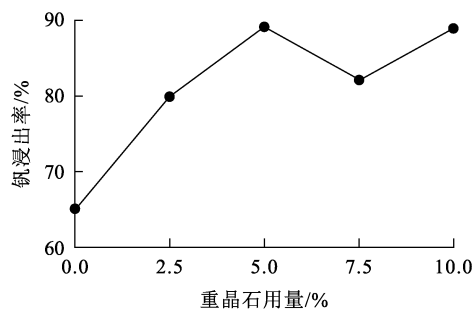


图 3 重晶石用量对钒浸出率的影响
Fig. 3 Effect of barite dosage on leaching rate of vanadium

由图 3 可知: 在重晶石用量小于 5% 范围内, 随重晶石用量增加, 钒浸出率呈上升趋势, 用量大于 5% 后钒浸出率增加不明显, 在 82%~89% 范围内波动。为确保重晶石在高温下分解时不会因为过量而出现烧结现象, 进而避免钒被包裹而影响浸出, 同时兼顾工艺的经济性, 故选择重晶石用量 5% 进行后续试验。

2.1.4 焙烧温度对钒浸出的影响

焙烧温度决定相关反应和物相变化发生的可能性, 适宜的焙烧温度有利于钒元素有效浸出。在焙烧时间 16 h、重晶石用量 5% 条件下焙烧后浸出, 焙烧温度对钒浸出率的影响如图 4 所示。

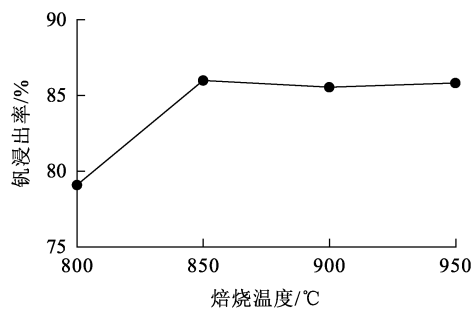


图 4 焙烧温度对钒浸出率的影响
Fig. 4 Effect of leaching temperature on leaching rate of vanadium

由图 4 可知:钒浸出率随焙烧温度升高而升高,当升至 850 °C 时,钒浸出率达最高;继续升温,浸出率升幅不明显。为避免烧结现象发生,以及防止钒被包裹,焙烧温度不宜过高,故确定 850 °C 为最佳焙烧温度。

2.1.5 焙烧时间对钒浸出的影响

焙烧时间决定相关反应和物相变化的进行程度,适宜的焙烧时间既能保证钒有效浸出,又可降低能耗。在焙烧温度 850 °C、重晶石用量 5% 条件下焙烧后浸出,焙烧时间对钒浸出率的影响如图 5 所示。

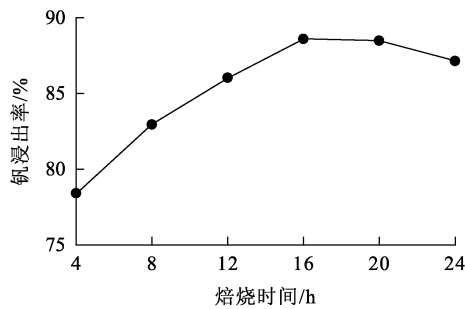


图 5 焙烧时间对钒浸出率的影响

Fig. 5 Effect of roasting time on leaching rate of vanadium

由图 5 可知:焙烧时间在 4~16 h 范围内,随焙烧进行,钒浸出率不断升高,并在焙烧 16 h 达最高,说明焙烧低于 16 h 时,钒氧化及硅铝酸盐矿物晶格转化程度均不完全;焙烧 16 h 后,钒浸出率先保持稳定后略有下降,说明继续延长焙烧时间对钒浸出率影响不大。故选择 16 h 为最佳焙烧时间。

2.1.6 焙烧条件综合试验

通过以上焙烧条件试验得出最佳焙烧工艺条件为:重晶石用量 5%,焙烧温度 850 °C,焙烧时间 16 h。在该条件下对石煤钒矿进行综合条件试验,并对比分析焙砂与原矿中钒价态及物相,以验证焙烧工艺的可行性与稳定性。结果如图 6、7 所示。

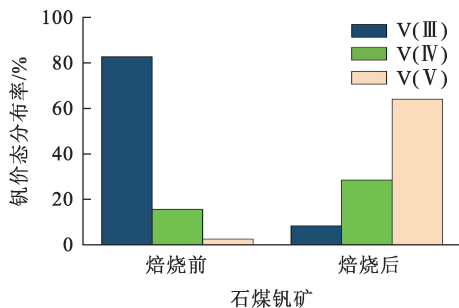


图 6 石煤钒矿焙烧前、后钒价态对比

Fig. 6 Comparison of vanadium valence state before and after roasting of stone coal vanadium ore

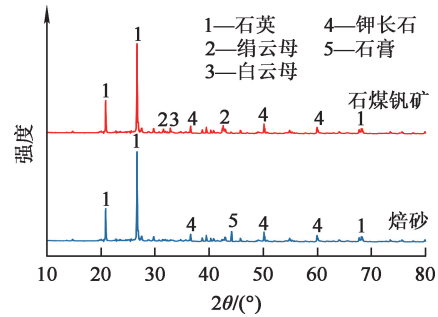


图 7 石煤钒矿焙烧前、后的 XRD 图谱

Fig. 7 XRD patterns of stone coal vanadium ore before and after roasting of stone coal vanadium ore

由图 6 可知:在焙烧过程中,石煤钒矿中的钒氧化效果较好,大部分 V(III) 转化为易被浸出的 V(IV) 和 V(V),这表明焙烧有利于石煤钒矿中以类质同象形式赋存的钒被氧化,以便后续有效提取。

由图 7 可知:石煤钒矿经焙烧后,绢云母与白云母等物相消失,硅铝酸盐矿物晶格被明显破坏,有利于后续钒的浸出;焙砂中出现石膏物相,表明重晶石在高温分解后释放的气态硫化物与石煤钒矿中的金属氧化物(CaO 等)反应生成新的金属硫化物(CaSO₃、CaSO₄ 等),焙烧过程可有效固硫,对大气环境无污染。

石煤焙烧前后钒价态转化与 XRD 图谱说明所用焙烧工艺可行,试验结果稳定,有利于后续钒浸出。

2.2 浸出条件的确定

用最佳焙烧条件下所得焙砂进行钒浸出试验。考察相关因素对浸出的影响。

2.2.1 液固体积质量比对钒浸出的影响

液固体积质量比是决定浸出剂浓度的首要因素,对浸出效果有重要影响。在浸出温度 60 °C、硫酸用量 10%、浸出时间 2 h 条件下,液固体积质量比对钒浸出率的影响如图 8 所示。

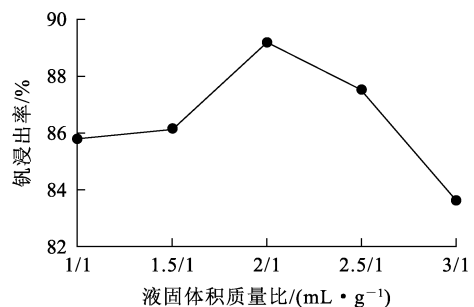


图 8 液固体积质量比对钒浸出率的影响

Fig. 8 Effect of liquid volume to solid mass ratio on leaching rate of vanadium

由图 8 可知,钒浸出率随液固体积质量比增大呈先升高后降低趋势,在 2/1 处达峰值。这是因为液固体积质量比过低时,矿浆黏度过大,传质速度受限,矿物与浸出剂没有良好的反应环境,导致钒浸出率较低;而液固体积质量比过大,浸出剂浓度会降低,不足以满足钒浸出所需浸出条件,钒浸出率也会随之降低。故选择 2/1 为最佳液固体积质量比。

2.2.2 硫酸用量对钒浸出的影响

石煤钒矿在浸出时,反应界面的浸出剂浓度是影响钒浸出速率的重要因素。在浸出温度 60 °C、液固体积质量比 2/1、浸出时间 2 h 条件下,硫酸用量对钒浸出率的影响如图 9 所示。

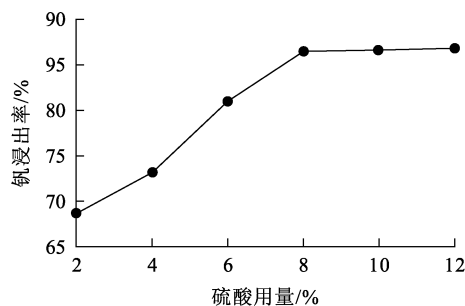


图 9 硫酸用量对钒浸出率的影响

Fig. 9 Effect of sulfuric acid dosage on leaching rate of vanadium

由图 9 可知:随硫酸用量增大,钒浸出率明显升高;硫酸用量增至 8% 后,继续加大硫酸用量,钒浸出率升高不明显。这是因为酸度过高会使矿物样品中的其他成分进入浸出液,造成杂质含量增加^[18-19],这不仅会降低钒产品纯度,还会增加后续分离提取钒难度^[20-21]。故选择 8% 为最佳硫酸用量。

2.2.3 浸出温度对钒浸出的影响

浸出温度作为重要影响因素,主要对反应的速率和扩散速率产生影响。在液固体积质量比 2/1、硫酸用量 8%、浸出时间 2 h 条件下,浸出温度对钒浸出率的影响如图 10 所示。可知:随浸出温度升高,钒浸出率仅有小幅波动,且并未见明显升高,该规律也证实焙烧已达到预期效果。一般而言,升高温度有利于破坏矿物内部的化学键,增多动能大于等于活化能的分子数目;但试验中发现,随温度升高,浸出剂气化现象加剧,导致矿浆

更加黏稠,不利于传质,进而使钒浸出率下降。综合考虑钒浸出率与能耗,故选择 25 °C 为最佳浸出温度。

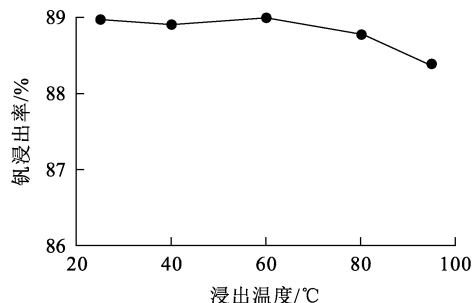


图 10 浸出温度对钒浸出率的影响

Fig. 10 Effect of leaching temperature on leaching rate of vanadium

2.2.4 浸出时间对钒浸出的影响

浸出时间对浸出过程的影响规律能反映钒浸出完成程度,足够的浸出时间是保证浸出反应完全的前提条件。在液固体积质量比 2/1、硫酸用量 8%、浸出温度 25 °C 条件下,浸出时间对钒浸出率的影响如图 11 所示。

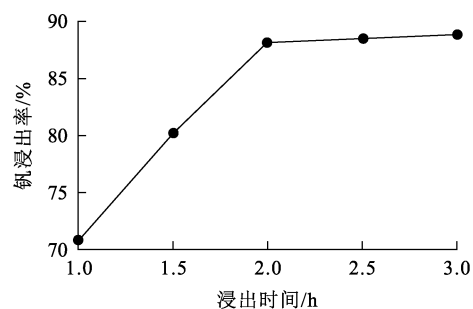


图 11 浸出时间对钒浸出率的影响

Fig. 11 Effect of leaching time on leaching rate of vanadium

由图 11 可知:钒浸出率随浸出时间延长而升高,浸出 2 h 时,钒浸出率达最高;之后继续延长浸出时间,钒浸出率基本保持不变。综合考虑能耗等因素,确定 2 h 为最佳浸出时间。

2.3 综合条件试验

通过以上焙烧与浸出的条件试验确定最佳工艺参数为:重晶石用量 5%,焙烧温度 850 °C,焙烧时间 16 h,液固体积质量比 2/1,硫酸用量 8%,浸出温度 25 °C,浸出时间 2 h。在该条件下对石

煤钒矿进行 3 组平行综合条件试验以验证该工艺的可行性与稳定性,结果见表 2。浸出渣与浸出液中钒价态分析结果如图 12 所示。浸出液的成分见表 3, pH=1.95~2.38。

表 2 综合条件试验结果
Table 2 Test results of Comprehensive condition

试验序号	钒浸出率/%
1	89.66
2	89.35
3	90.08
平均	89.70

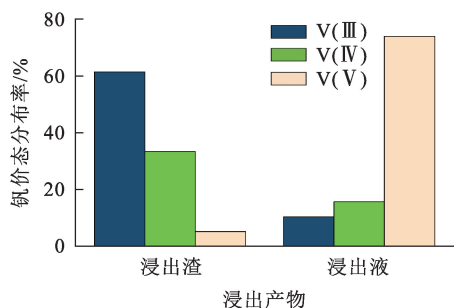


图 12 石煤钒矿焙烧—浸出产物的钒价态分析结果

Fig. 12 Analysis results of vanadium valence of roasting—leaching products from stone coal vanadium ore

表 3 浸出液的化学成分

Table 3 Chemical composition of leaching solution g/L

V(III)	V(IV)	V(V)	Al(III)	Fe
0.90	1.58	7.42	2.03	2.54

由表 2 可知:3 组试验的钒浸出率相差不大,平均浸出率为 89.70%,说明该工艺较稳,浸出效果较好。

由图 12 可知:浸出渣中未被浸出的钒主要以 V(III)为主,说明少部分的 V(III)由于在石煤钒矿中被包裹严重,难以被有效氧化,因此滞留在浸出渣中;浸出液中的钒以高价态 V(V)为主,经过重晶石焙烧后,大部分钒被氧化为 V(V),并得以有效浸出。

由表 3 可知:浸出液中杂质种类较少,含量也较低,可直接对钒进行富集,无须额外净化处理。

3 结论

以重晶石为焙烧添加剂的焙烧—酸浸工艺适

用于从含钒物相为绢云母、钒以类质同象形式存在的石煤钒矿中提取钒。在重晶石用量 5%、焙烧温度 850 °C、焙烧时间 16 h、液固体积质量比 2/1、硫酸用量 8%、浸出温度 25 °C、浸出时间 2 h 最佳工艺条件下,钒浸出率可达 89% 以上,效果较好。该工艺生产成本低且对环境友好,能为石煤钒矿提钒提供一定理论与实际生产参考。

参考文献:

[1] LONG T, GU T Y, LUUKKANEN S J, et al. Synergistic mechanism of sodium fluorosilicate and sodium chlorate in the extraction of vanadium from stone coal[J]. JOM, 2024, 76:3372-3384.

[2] 王浩, 卢明亮, 万贺利. 提钒工艺研究现状及进展[J]. 河北冶金, 2021(12):6-9.
WANG Hao, LU Mingliang, WAN Heli. Research status and progress of vanadium extraction process [J]. Hebei Metallurgy, 2021(12):6-9.

[3] 张一敏, 包申旭, 刘涛, 等. 我国石煤提钒研究现状及发展[J]. 有色金属(冶炼部分), 2015(2):24-30.
ZHANG Yimin, BAO Shenxu, LIU Tao, et al. Research status and prospect of vanadium extraction from stone coal in China[J]. Nonferrous Metals(Extractive Metallurgy), 2015(2):24-30.

[4] 吴优, 陈东辉, 刘武汉, 等. 2022 年全球钒工业发展报告[J]. 钢铁钒钛, 2023, 44(6):1-8.
WU You, CHEN Donghui, LIU Wuhan, et al. Global vanadium industry development report 2022 [J]. Iron Steel Vanadium Titanium, 2023, 44(6):1-8.

[5] 陈东辉. 钒产业 2020 年年度评价[J]. 河北冶金, 2021(12):33-43.
CHEN Donghui. Annual evaluation of vanadium industry in 2020[J]. Hebei Metallurgy, 2021(12):33-43.

[6] 胡艺博, 叶国华, 王恒, 等. 钒市场分析与石煤提钒工艺进展[J]. 钢铁钒钛, 2019, 40(2):31-40.
HU Yibo, YE Guohua, WANG Heng, et al. Market analysis of vanadium and progress on technologies of vanadium extraction from stone coal [J]. Iron Steel Vanadium Titanium, 2019, 40(2):31-40.

[7] 胡洋, 何东升, 王梦涛, 等. 含钒云母在硫酸溶液中的溶解行为[J]. 矿冶工程, 2019, 39(4):102-105.
HU Yang, HE Dongsheng, WANG Mengtao, et al. Dissolution behavior of vanadium-containing mica in sulfuric acid solution[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2019, 39(4):102-105.

[8] 李长玲, 杨春平, 何慧军, 等. 石煤高温水浸提钒工艺试验研究[J]. 湿法冶金, 2014, 33(5):343-346.
LI Changling, YANG Chunping, HE Huijun, et al. Extraction of vanadium from stone coal by high-temperature leac-

- hing with water[J]. Hydrometallurgy of China, 2014, 33(5):343-346.
- [9] 杨道印,胡嘉. 石煤钒矿焙砂稀酸浸出液常温直接沉淀法提取高纯 V_2O_5 [J]. 湿法冶金, 2016, 35(2):116-119.
YANG Daoyin, HU Jia. Direct precipitation of vanadium from dilute acidic leaching solution of stone coal calcine at room temperature[J]. Hydrometallurgy of China, 2016, 35(2):116-119.
- [10] 宋昌淑,叶国华,亢选雄,等. 石煤钒矿焙烧提钒的研究进展[J]. 钢铁钒钛, 2023, 44(4):33-40.
SONG Changxu, YE Guohua, KANG Xuanxiong, et al. Research progress in vanadium extraction from stone coal vanadium ore by roasting[J]. Iron Steel Vanadium Titanium, 2023, 44(4):33-40.
- [11] 王祥,吴天娇. 用空白焙烧—酸浸工艺从石煤钒矿中提取钒[J]. 湿法冶金, 2024, 43(3):224-229.
WANG Xiang, WU Tianjiao. Leaching of vanadium from stone coal vanadium ore by blank roasting—acid leaching process[J]. Hydrometallurgy of China, 2024, 43(3):224-229.
- [12] 郭继科. 从难处理脱碳石煤发电物料中强化提取钒[J]. 湿法冶金, 2016, 35(1):40-45.
GUO Jike. Leaching of vanadium from refractory stone coal decarburization and electricity generation[J]. Hydrometallurgy of China, 2016, 35(1):40-45.
- [13] 郝文彬,李云宵,范建斌,等. 一种石煤钒矿酸浸提钒试验研究[J]. 化学工程与装备, 2021(8):17-18.
HAO Wenbin, LI Yunxiao, FAN Jianbin, et al. Experimental study on acid leaching of vanadium from stone coal vanadium ore[J]. Chemical Engineering & Equipment, 2021(8):17-18.
- [14] 曹欢,靳建平,赵笑益,等. 石煤钒矿低温硫酸熟化-水浸提钒工艺[J]. 矿产综合利用, 2024, 45(3):75-80.
CAO Huan, JIN Jianping, ZHAO Xiaoyi, et al. Low temperature sulfuric acid ripening-water leaching for vanadium extraction from stone coal vanadium ore[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2024, 45(3):75-80.
- [15] 王明,程倩,齐建云,等. 石煤钒矿硫酸低温熟化—柱浸提钒工艺[J]. 矿冶, 2020, 29(3):62-67.
WANG Ming, CHENG Qian, QI Jianyun, et al. Process of vanadium extraction from stone coal vanadium ore by sulfuric acid low temperature curing and column leaching[J]. Mining and Metallurgy, 2020, 29(3):62-67.
- [16] 朱军,康敏,李维亮,等. 粘土钒矿钡盐焙烧—酸浸提钒工艺研究[J]. 材料导报, 2020, 34(24):24061-24067.
ZHU Jun, KANG Min, LI Weiliang, et al. Study on extracting vanadium by adding barium sulfateroasting-acid leaching from clay vanadium ore[J]. Materials Reports, 2020, 34(24):24061-24067.
- [17] 郭拴全,牛芳银,康敏,等. 钡盐焙烧—酸浸某高碳页岩钒矿脱碳渣工艺研究[J]. 湿法冶金, 2023, 42(6):568-573.
GUO Shuanquan, NIU Fangyin, KANG Min, et al. Treating decarbonized slag of high carbon shale vanadium ore by barium salt roasting—acid leaching[J]. Hydrometallurgy of China, 2023, 42(6):568-573.
- [18] CHEN Z Y, YE G H, XIANG P Z, et al. Effect of activator on kinetics of direct acid leaching of vanadium from clay vanadium ore[J]. Separation and Purification Technology, 2022, 281. DOI:10.1016/j.seppur.2021.119937.
- [19] HE Y, ZHANG Y M, ZHENG Q S, et al. Simultaneous stripping and regeneration of chelate structure of vanadium through vanadium reduction and conversion in vanadium-bearing shale extraction [J]. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2023, 11. DOI: 10.1016/j.jece.2023.110923.
- [20] LI X B, DENG Z G, WEI C, et al. Solvent extraction of vanadium from a stone coal acidic leach solution using D2EHPA/TBP: continuous testing[J]. Hydrometallurgy, 2015, 154:40-46.
- [21] CHEN X X, WANG H, YAN B J. Sulfuric acid leaching and recovery of vanadium from a spinel concentrate beneficiated from stone coal ore[J]. Hydrometallurgy, 2020, 191. DOI:10.1016/j.hydromet.2019.105239.

Extraction of Vanadium from Stone Coal Vanadium Ore by Barium Salt Roasting—Acid Leaching Process

WU Tianjiao^{1,2}, KANG Min^{1,2}, LI Hefu³, GU Tianyu^{1,2}, GUO Shuanquan^{1,2},
GUO Mei^{1,2}, NING Xinxia^{1,2}

- (1. Xi'an Northwest Nonferrous Geological Research Institute Co., Ltd., Xi'an 710054, China;
2. Shaanxi Engineering and Technology Research Center for Comprehensive Utilization of Mineral Resources, Xi'an 710054, China
3. Shanyang Qinding Mining Co., Ltd., Shangluo 726403, China)

Abstract: Extracting vanadium from stone coal vanadium ore with sericite as the main material and vanadium in the form of isomorphous vanadium by barium salt roasting—acid leaching was studied. The

effects of grinding fineness, dosage of barite, roasting temperature, roasting time, liquid volume to solid mass ratio, sulfuric acid dosage, leaching temperature and leaching time on vanadium leaching rate were investigated. The results show that the vanadium leaching rate can reach 89% under the conditions of grinding fineness of -200 meshes of 70%, barite content of 5%, roasting temperature of 850 °C, roasting time of 16 h, liquid volume to solid mass ratio of 2.0, sulfuric acid dosage of 8%, leaching temperature of 25 °C and leaching time of 2 h. The leaching effect is good.

Key words: stone coal vanadium ore; roasting; barite; extraction of vanadium; acid leaching

欢迎订阅 2025 年《铀矿冶》

《铀矿冶》创刊于 1982 年,季刊,中国核学会铀矿冶学会主办,为中国科技核心期刊和原子能技术类的核心期刊。《铀矿冶》是以应用技术为主、兼顾基础理论的综合性科技刊物,主要刊登放射性金属、贵金属、稀土、稀有金属和有色金属等矿石的采矿、选矿、冶金及有关矿山地质、物理探矿、矿山测量、安全防护、分析检测、设备仪表、有机材料、环境保护、自动控制、计算机应用、技术经济分析等方面的科技成果、先进技术、综合述评、工作简报和动态等,可供从事矿冶生产、科研、设计、教学的科技、管理人员及化学、化工、地质等相关专业人员的参阅。

《铀矿冶》为中国科技论文统计源和中文核心期刊,《中国期刊全文数据库》《中文科技期刊数据库》《中国核心期刊(遴选)数据库》《中国学术期刊综合评价数据库》《中国学术期刊检索与评价数据库》收录期刊,《万方数据——数字化期刊群》全文上网期刊,美国《Chemical Abstracts》来源期刊。

《铀矿冶》为大 16 开,2025 年每期 10.00 元,全年 40.00 元,自办发行。欲订者可与编辑部联系。

通信地址:北京市通州区九棵树 145 号《铀矿冶》编辑部

邮政编码:101149

开户银行:工行北京九棵树支行

开户名:核工业北京化工冶金研究院

账号:0200 0498 0900 8800 221(请注明汇款用途)

联系电话:010-51674124

电子信箱:youkuangye@126.com

联系人:吕志新

投稿网址:https://ykyi.cbpt.cnki.net

