

镓锗工业生产中镓锗浸出液 Fe^{2+} 氧化剂选择方案探讨

高艳芬¹ 张伟^{1,2} 张俊峰¹ 杨振宇¹ 钟湘¹ 彭明星¹ 胡立¹

(1. 深圳市中金岭南有色金属股份有限公司丹霞冶炼厂, 广东 韶关 512325;

2. 江西理工大学材料冶金化学学部, 江西 赣州 341000)

[摘要] 为了将镓锗浸出液中的 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 采用过硫酸钠、锰矿粉和过氧化氢三种工业级氧化剂进行氧化, 分别考察了氧化剂添加量、反应温度和反应时间等工艺参数对镓锗浸出液 Fe^{2+} 氧化率的影响。结果表明, 采用工业级氧化剂过硫酸钠、锰矿粉和过氧化氢三种氧化剂氧化后, 镓锗浸出液 Fe^{2+} 质量浓度均低于 0.03 g/L, 均可满足生产控制标准, Fe^{2+} 的氧化率均大于 99.75%。采用锰矿粉时, 氧化后液在萃取中无法分相; 采用工业级过氧化氢作为氧化剂的生产成本最低。综合考虑工业生产实际与生产成本, 选用工业级过氧化氢作为镓锗浸出液 Fe^{2+} 的氧化剂较为合适, 最佳氧化工艺条件为: 转速 500 r/min, 过氧化氢按理论化学反应摩尔比 4.0 添加, 反应温度 45 °C, 反应时间 20 min。在此条件下, 镓锗浸出液 Fe^{2+} 的氧化率达到了 99.82%。工业应用中, 现场需配套相应安全储存装置和执行安全使用规范, 以确保生产安全。

[关键词] 过硫酸钠; 锰矿粉; 过氧化氢; 氧化; 镓锗浸出液; Fe^{2+}

[中图分类号] TF843.1

[文献标志码] A

[文章编号] 1008-5122(2022)05-0034-08

DOI: 10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2022.05.007

0 前言

镓、锗是重要的稀散金属, 在自然界中极少有独立矿床存在, 通常伴生在有色金属矿中。由于在矿物中赋存状态的不同, 镓、锗资源伴生的矿物也不同: 镓主要集中在铝土矿、硫化铜矿和闪锌矿中, 因此 90% 的镓回收来源于氧化铝工业生产, 约 10% 来自炼锌产物; 锗主要集中在铅锌矿和煤矿中, 所占比例分别为 69% 和 17%, 所以大部分锗从锌冶炼的副产品中回收或从煤中提取^[1-5]。广东省凡口铅锌矿是我国特大型富含稀散金属镓、锗的工业矿床矿山,

含镓量和含锗量分别大于 170 g/t 和 120 g/t^[6]。国内某冶炼企业采用氧压酸浸工艺处理富含镓、锗的凡口锌精矿, 镓、锗浸出率分别为 90% 和 95%, 锌浸出液采用中和-锌粉置换工艺得到富含镓和锗的锌粉置换渣, 这些锌粉置换渣成为工业提取镓和锗的生产原料^[7]。采用稀硫酸二次浸出富含镓、锗的锌粉置换渣时, 渣中的杂质元素铁同时被浸出进入溶液中。由于锌粉置换渣呈还原态, 镓锗浸出液中的铁离子主要为二价, 为了满足后续萃取除铁工艺生产的条件, 需要尽可能地将 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+} , 且经过氧化后镓锗浸出液中的 Fe^{2+} 质量浓度要求低于 0.05 g/L, 所以采用合适的氧化剂是提取镓、锗生产中的关键环节。

当前, 工业生产中可以应用的氧化剂种类繁多, 根据氧化反应要求, 介质主要分为 3 类: 1) 酸性介质氧化剂, 如过氧化氢、过氧乙酸、重铬酸钠、硝酸、高锰酸钾、过硫酸盐等; 2) 碱性介质氧化剂, 如次氯酸钠、过碳酸钠、过硼酸钠和过硼酸钾等; 3) 中性氧化剂, 如溴、碘、氯等^[8]。考虑到工业生产的实际情况, 一方面需要避免引入其他影响镓、锗提取的杂质离子, 另外一方面需要考虑氧化剂

[收稿日期] 2022-04-24

[基金项目] 国家重点研发计划项目(2021YFC2902802)

[作者简介] 高艳芬(1984—), 女, 工程师, 主要从事锌湿法冶金及伴生资源综合回收技术研究与应用。

[通讯作者] 张伟(1984—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事锌湿法冶金及伴生资源综合回收技术研究与应用。

[引用格式] 高艳芬, 张伟, 张俊峰, 等. 镓锗工业生产中镓锗浸出液 Fe^{2+} 氧化剂选择方案探讨[J]. 有色冶金节能, 2022, 38(5): 34-39.

的采购成本和储存安全,本研究选择了工业级氧化剂过硫酸钠、锰矿粉和过氧化氢三种氧化剂。通过试验探索这三种氧化剂氧化镓锗浸出液 Fe^{2+} 的最佳工艺参数,并从工业应用和生产成本等方面综合考虑选择最佳的氧化剂,以期同类企业提供经验借鉴。

1 试验部分

1.1 试验原料和试剂

镓锗浸出液为国内某锌冶炼厂硫酸浸出镓锗置换渣后的溶液,主要成分见表1。取5 L 过滤备用。

表1 镓锗浸出液主要成分

成分	Zn	Ga	Ge	Fe^{2+}	Fe^{3+}	H_2SO_4	Mn^{2+}
含量/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	13.5	1.31	0.81	12.20	1.20	25.10	1.20

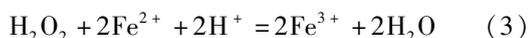
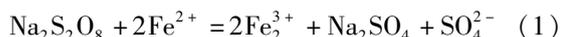
试剂:锰矿粉(化工用 MnO_2 矿粉, MnO_2 含量 $\geq 65\%$, 粒度 300 目, 湖南大吉锰业公司);过硫酸钠(工业级, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 含量 $\geq 99\%$, 福建省展化化工有限公司);过氧化氢(工业级, H_2O_2 有效含量 $\geq 30\%$, 广东韶关乳源东阳光有限公司)。

试验仪器:DF-101T 集热式恒温水浴锅(巩义市予华仪器有限责任公司), JJ-120 数显恒速电动搅拌机(巩义市予华仪器有限责任公司), JJ2000 型电子天平(常熟市双杰测试仪器厂), 玻璃仪器制品若干。

1.2 试验方法与原理

设定水浴锅恒温,使用 100 mL 量筒分次量取共计 250 mL 镓锗浸出液倒入 0.5 L 玻璃烧杯中,设定搅拌转速 500 r/min。待溶液温度达到设定温度时开始记录时间,按照理论化学反应摩尔比加入氧化剂过硫酸钠、锰矿粉和过氧化氢,在设定时间内用移液管抽取部分溶液,采用重铬酸钾标准溶液滴定法测定溶液中的 Fe^{2+} 质量浓度。

镓锗浸出液中的 Fe^{2+} 与氧化剂过硫酸钠($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$)、锰矿粉(MnO_2)和过氧化氢(H_2O_2)氧化的反应方程式^[9-11]如下:



镓锗浸出液 Fe^{2+} 氧化率的计算方法见式(4)。

$$\eta = \frac{VM_{e(a)\text{Fe}^{2+}} - VM_{e(b)\text{Fe}^{2+}}}{VM_{e(a)\text{Fe}^{2+}}} \times 100\% \quad (4)$$

式中, η 为氧化率,%; V 为镓锗浸出液体积, L, $M_{e(a)\text{Fe}^{2+}}$ 为氧化前镓锗浸出液 Fe^{2+} 质量浓度, g/L, $M_{e(b)\text{Fe}^{2+}}$ 为氧化后镓锗浸出液 Fe^{2+} 质量浓度, g/L。

2 结果与讨论

2.1 过硫酸钠氧化试验

2.1.1 过硫酸钠加入量对镓锗浸出液 Fe^{2+} 的氧化率影响

设定反应温度 50 °C, 反应时间 30 min, 开启搅拌装置至搅拌速度 500 r/min, 考察过硫酸钠加入量对镓锗浸出液 Fe^{2+} 的氧化率影响, 结果如图 1 所示。

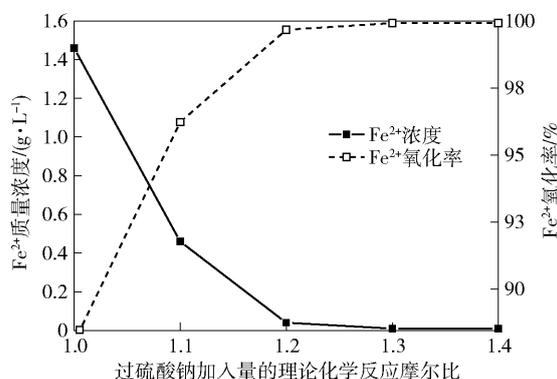


图1 过硫酸钠加入量对镓锗浸出液 Fe^{2+} 的氧化率影响

从图 1 可知,随着过硫酸钠加入量的不断增加,镓锗浸出溶液中 Fe^{2+} 质量浓度逐渐降低, Fe^{2+} 氧化率逐渐升高;当过硫酸钠按照理论化学反应摩尔比 1.2 加入时,镓锗浸出溶液中 Fe^{2+} 质量浓度为 0.04 g/L, Fe^{2+} 的氧化率为 99.67%;进一步增加过硫酸钠至理论化学反应摩尔比 1.3 时,镓锗浸出溶液中 Fe^{2+} 的质量浓度为 0.01 g/L, Fe^{2+} 的氧化率升高了 0.25%,达到了 99.92%。综合考虑,过硫酸钠按理论化学反应摩尔比 1.2 加入为宜。

2.1.2 反应时间对镓锗浸出液 Fe^{2+} 氧化率的影响

过硫酸钠添加量按照理论化学反应摩尔比 1.2 加入,设定反应温度 50 °C,开启搅拌装置至搅拌速度 500 r/min,考察反应时间对镓锗浸出液 Fe^{2+} 的氧化率影响,结果如图 2 所示。

从图 2 可知,随着反应时间的延长,镓锗浸出溶液中 Fe^{2+} 质量浓度逐渐降低;当反应时间为 50 min 时, Fe^{2+} 质量浓度为 0.06 g/L, Fe^{2+} 的氧化率为 99.51%;当反应时间增加至 60 min 时, Fe^{2+} 质量浓度下降至 0.03 g/L, Fe^{2+} 的氧化率升高了

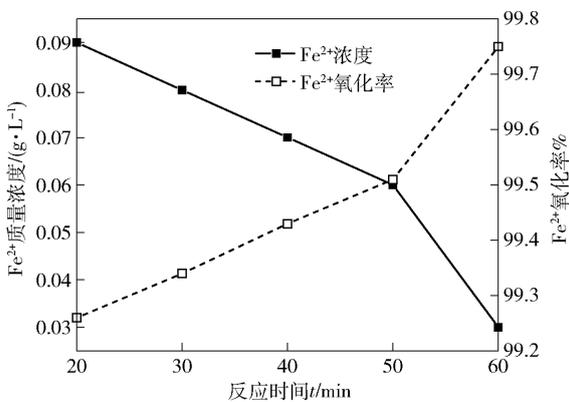


图2 反应时间对镓锗浸出液 Fe²⁺ 的氧化率影响

0.24%，达到 99.75%。综合考虑，反应时间选择 60 min 为宜。

2.1.3 反应温度对镓锗浸出液 Fe²⁺ 的氧化率影响

过硫酸钠添加量按照理论化学反应摩尔比 1.2 加入，设定反应时间 60 min，开启搅拌装置至搅拌速度 500 r/min，考察反应温度对镓锗浸出液 Fe²⁺ 的氧化率影响，结果如图 3 所示。

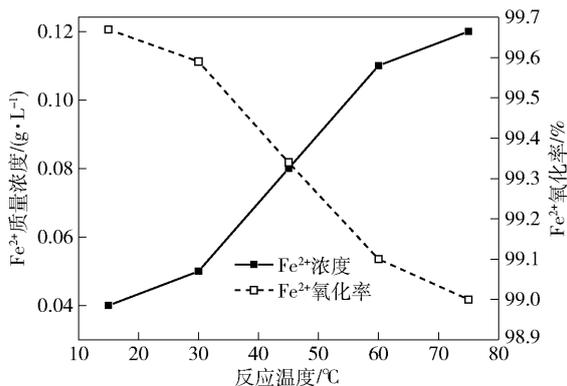


图3 反应温度对镓锗浸出液 Fe²⁺ 的氧化率影响

由图 3 可知，随反应温度的升高，镓锗浸出液中 Fe²⁺ 质量浓度不断升高。当反应温度为 15 °C 时，镓锗浸出液 Fe²⁺ 质量浓度为 0.04 g/L，Fe²⁺ 的氧化率为 99.67%；当反应温度升高至 75 °C 时，Fe²⁺ 质量浓度升高至 0.12 g/L，Fe²⁺ 的氧化率降低了 0.67%，为 99.0%。由此可见，反应温度的升高对过硫酸钠氧化镓锗浸出液 Fe²⁺ 有明显的抑制作用，主要原因为过硫酸钠具有强氧化性，随着反应温度的不断升高，氧化能力不断增强，氧化选择性降低，温度升高后，除了 Fe²⁺ 外，还会氧化镓锗浸出溶液中的 Mn²⁺ 等其他杂质离子，直接导致过硫酸钠参与 Fe²⁺ 氧化的化学反应摩尔比下降，从而影响了镓锗浸出液 Fe²⁺ 的氧化率。综合考虑，反应温度选用 45 °C 为宜。

2.2 锰矿粉氧化试验

2.2.1 锰矿粉加入量对镓锗浸出液 Fe²⁺ 的氧化率影响

设定反应温度 50 °C，反应时间 30 min，开启搅拌装置至搅拌速度 500 r/min，考察锰矿粉加入量对镓锗浸出液 Fe²⁺ 的氧化率影响，结果如图 4 所示。

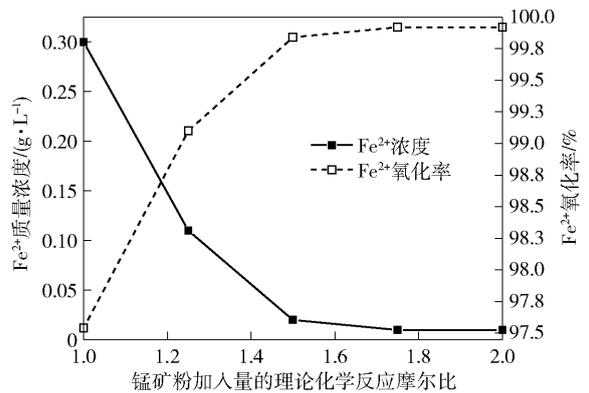


图4 锰矿粉加入量对镓锗浸出液 Fe²⁺ 的氧化率影响

从图 4 可知，随着锰矿粉加入量的不断增加，镓锗浸出溶液 Fe²⁺ 质量浓度逐渐降低，Fe²⁺ 的氧化率逐渐升高；当锰矿粉加入量按理论化学反应摩尔比 1.5 加入时，Fe²⁺ 质量浓度为 0.02 g/L，Fe²⁺ 的氧化率为 99.84%，进一步增加锰矿粉至理论化学反应摩尔比 1.75 时，Fe²⁺ 的质量浓度下降至 0.01 g/L，Fe²⁺ 的氧化率升高了 0.08%，达到 99.92%。综合考虑，锰矿粉按理论化学反应摩尔比 1.5 加入为宜。

2.2.2 反应时间对镓锗浸出液中 Fe²⁺ 的氧化率影响

锰矿粉按照理论化学反应摩尔比 1.5 加入，反应温度 50 °C，开启搅拌装置至搅拌速度 500 r/min，考察反应时间对镓锗浸出液 Fe²⁺ 的氧化率影响，结果如图 5 所示。

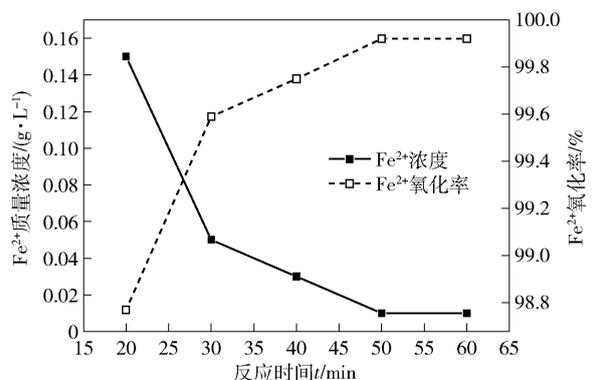


图5 反应时间对镓锗浸出液 Fe²⁺ 的氧化率影响

由图 5 可知，随着反应时间的延长，镓锗浸出液

中 Fe^{2+} 质量浓度不断下降。当反应时间为 50 min 时, Fe^{2+} 质量浓度为 0.01 g/L, Fe^{2+} 的氧化率为 99.92%; 反应时间增加至 60 min, 镓锗浸出液 Fe^{2+} 质量浓度没有变化, Fe^{2+} 的氧化率没有升高。综合考虑, 反应时间选用 50 min 为宜。

2.2.3 反应温度对镓锗浸出液 Fe^{2+} 的氧化率影响

锰矿粉按照理论化学反应摩尔比 1.5 加入, 设定反应时间 50 min, 开启搅拌装置至搅拌速度 500 r/min, 考察反应温度对镓锗浸出液中 Fe^{2+} 的氧化率影响, 结果如图 6 所示。

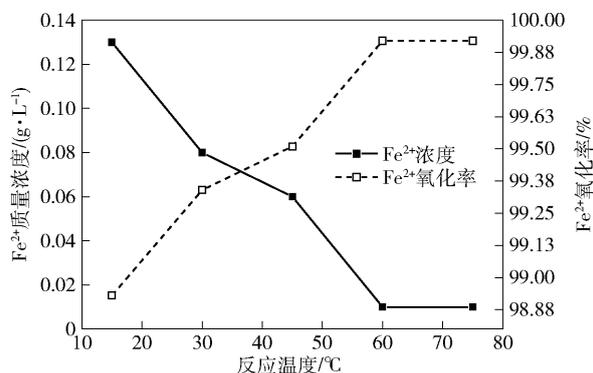


图 6 反应温度对镓锗浸出液中 Fe^{2+} 的氧化率影响

由图 6 可知, 随着反应温度的升高, 镓锗浸出液中 Fe^{2+} 质量浓度不断降低。当反应温度为 15 °C 时, Fe^{2+} 质量浓度为 0.13 g/L, Fe^{2+} 的氧化率为 98.93%; 当温度升高至 60 °C 时, Fe^{2+} 质量浓度下降至 0.01 g/L, Fe^{2+} 的氧化率升高了 0.99%, 达到 99.92%; 继续提高反应温度至 75 °C, Fe^{2+} 质量浓度未降低, Fe^{2+} 的氧化率保持不变。综合考虑, 反应温度以 60 °C 为宜。

2.3 过氧化氢试验

2.3.1 过氧化氢加入量对镓锗浸出液 Fe^{2+} 的氧化率影响

设定反应温度 50 °C, 反应时间 30 min, 开启搅拌装置至 500 r/min, 考察过氧化氢加入量对镓锗浸出液 Fe^{2+} 的氧化率影响, 结果如图 7 所示。

由图 7 可知, 随着过氧化氢加入量的不断增加, 镓锗浸出溶液中 Fe^{2+} 质量浓度逐渐降低, Fe^{2+} 的氧化率逐渐升高。当过氧化氢加入量按理论化学反应摩尔比 3.0 加入时, Fe^{2+} 质量浓度为 0.1 g/L, Fe^{2+} 的氧化率为 99.20%; 继续加大过氧化氢用量, Fe^{2+} 的氧化率继续增加; 当过氧化氢加入量按理论化学反应摩尔比 4.0 加入时, 镓锗浸出溶液中 Fe^{2+} 质量浓度为 0.01 g/L, Fe^{2+} 的氧化率升高了 0.55%, 达到

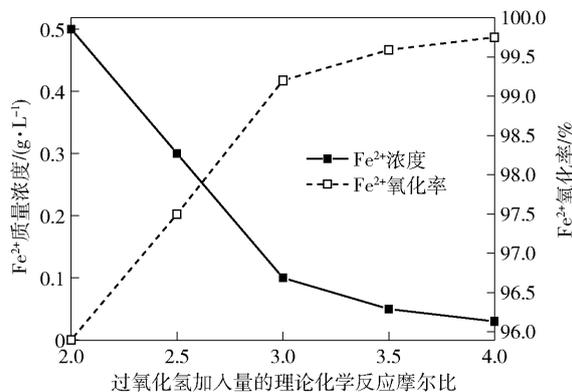


图 7 过氧化氢加入量对镓锗浸出液 Fe^{2+} 的氧化率影响了 99.75%。结合考虑, 过氧化氢按理论化学反应摩尔比 4.0 加入为宜。

2.3.2 反应时间对镓锗浸出液 Fe^{2+} 的氧化率影响

过氧化氢添加量按照理论化学反应摩尔比 4.0 加入, 设定反应温度 50 °C, 开启搅拌装置至搅拌速度 500 r/min, 考察反应时间对镓锗浸出液 Fe^{2+} 的氧化率影响, 结果如图 8 所示。

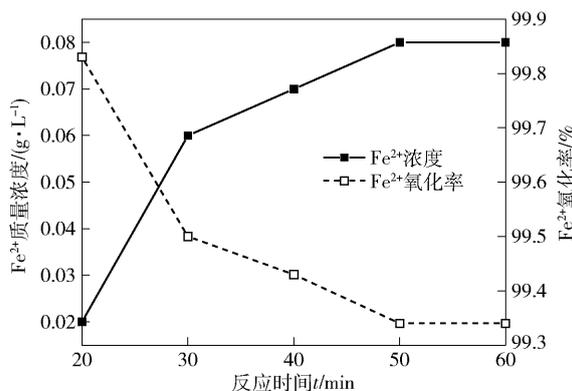


图 8 反应时间对镓锗浸出液 Fe^{2+} 的氧化率影响

由图 8 可知, 随着反应时间的延长, 镓锗浸出溶液 Fe^{2+} 质量浓度不断升高。反应时间为 20 min 时, 镓锗浸出液 Fe^{2+} 质量浓度为 0.02 g/L, Fe^{2+} 的氧化率为 99.83%; 增加反应时间至 60 min, Fe^{2+} 质量浓度增加至 0.08 g/L, Fe^{2+} 的氧化率下降了 0.49%, 为 99.34%。综合考虑, 反应时间选用 20 min 为宜。

2.3.3 反应温度对镓锗浸出溶液 Fe^{2+} 氧化率影响

过氧化氢按照理论化学反应摩尔比 4.0 加入, 设定反应时间 20 min, 开启搅拌装置至搅拌速度 500 r/min, 考察反应温度对镓锗浸出溶液中 Fe^{2+} 氧化率影响, 结果如图 9 所示。

由图 9 可知, 随反应温度升高, 镓锗浸出溶液 Fe^{2+} 质量浓度不断升高。当温度为 15 °C 时, Fe^{2+} 质

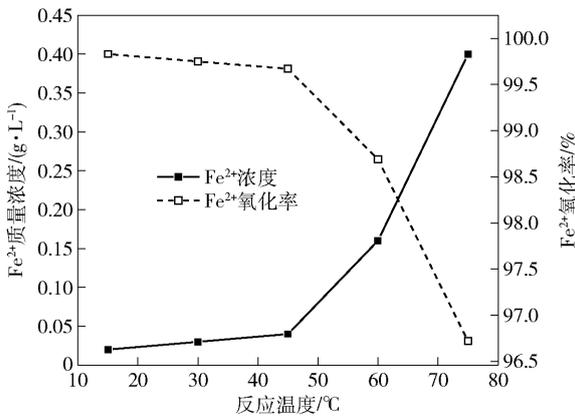


图9 反应温度对镓锗浸出液 Fe²⁺ 的氧化影响

量浓度为 0.02 g/L, Fe²⁺ 的氧化率为 99.83%; 继续升高反应温度至 60 °C 时, Fe²⁺ 质量浓度升高至 0.16 g/L, 低于生产工艺控制标准, Fe²⁺ 的氧化率下降了 1.14%, 为 98.69%。升高反应温度不利于 Fe²⁺ 的氧化, 主要原因是过氧化氢性质不稳定, 升高温度加速了有效成分 H₂O₂ 的分解反应, 降低了参与氧化还原过程反应的过氧化氢有效分量, 直接导致了镓锗浸出液 Fe²⁺ 的氧化率下降。根据工业生产的实际情况, 反应温度选择 45 °C 为宜。

3 综合扩大试验

经过上述单因素试验, 不同的氧化剂氧化镓锗浸出液 Fe²⁺ 的最优工艺条件见表 2。

表 2 氧化镓锗浸出液 Fe²⁺ 的最优工艺条件

项目	过硫酸钠	锰矿粉	过氧化氢
理论化学反应摩尔比	1.2	1.5	4.0
反应时间/min	60	50	20
反应温度/°C	45	60	45

按照表 2 中三种氧化剂氧化镓锗浸出液 Fe²⁺ 的最优操作条件, 分别取 1L 镓锗浸出液进行试验, 结果见表 3。由表 3 可知, 采用上述三种氧化剂, 镓锗浸出溶液中的 Fe²⁺ 浓度均可以达到工业生产的工艺控制标准。

为了确保氧化后液的萃取性能, 采用以 P507 + N235 为主要萃取体系的有机相进行萃取试验。萃取试验条件如下: 相比 (O/A) 为 2:1, 混合时间 15 min, 萃取温度 35 °C。记录不同氧化剂氧化镓锗浸出液与有机相萃取混合后的澄清分相时间, 结果见表 3。

表 3 不同氧化剂扩大试验结果及萃取混合后分相时间

项目	过硫酸钠	锰矿粉	过氧化氢
镓锗浸出液 Fe ²⁺ 氧化率/%	99.84	99.75	99.91
氧化后镓锗浸出液 Fe ²⁺ 质量浓度/g·L ⁻¹	0.02	0.03	0.01
萃取分相时间/min	3	无法分相	3

由表 3 可知, 锰矿粉氧化镓锗浸出液 Fe²⁺ 得到的溶液与 P507 + N235 萃取体系进行萃取混合, 澄清时无法正常分相, 主要原因是工业产品锰矿粉含有 10% 的二氧化硅杂质, 氧化过程中二氧化硅进入溶液形成硅胶, 硅胶与萃取有机相形成乳状物, 导致无法正常分相。

以市场采购价格工业过硫酸钠 10 600 元/t, 过氧化氢 1 800 元/t, 锰矿粉 3 600 元/t 计算, 氧化每千克 Fe²⁺, 生产成本分别为 17 940 元、4 190 元和 1 640 元。因此, 从生产成本方面分析, 采用过氧化氢的生产成本最低。从安全环保角度分析, 锰矿粉为工业产品, 安全风险最低, 过硫酸钠和过氧化氢均为强氧化剂, 且过氧化氢通过液体罐车或立方桶运输, 运输和使用过程较更为繁琐, 管理更为严格; 另外, 过硫酸钠和过氧化氢均需要专用的储存场地, 执行严格的使用规范, 增加了生产管理难度。

综合以上方面考虑, 在提取镓锗工业生产中, 最终选择了工业级过氧化氢作为镓锗浸出液 Fe²⁺ 的氧化剂。

4 结论

采用工业级过硫酸钠、锰矿粉和过氧化氢三种氧化剂进行氧化镓锗浸出液中 Fe²⁺ 的试验。试验结果表明, 氧化后镓锗浸出液中的 Fe²⁺ 质量浓度均低于工艺标准 0.05 g/L, Fe²⁺ 的氧化率均超过 99.75%。从工业实际生产现状与生产成本综合考虑, 选用工业过氧化氢作为镓锗浸出液 Fe²⁺ 的氧化剂, 最佳氧化工艺条件为: 转速 500 r/min, 过氧化氢按照理论化学反应摩尔比 4.0 加入, 反应温度 45 °C, 反应时间 20 min。工业应用中, 采用工业级过氧化氢生产成本最低, 但需要在生产现场建立专用储存场所和执行严格的使用规范, 从而确保生产过程安全可控。

[参考文献]

- [1] 李芳琴, 李建武, 代涛, 等. 锗资源供需形势及回收再利用前景研究[J]. 中国矿业, 2019, 28(7): 70-74.

- [2] 张伟,吴才贵,张俊峰,等. 从锌精矿回收制备高纯镓工艺设计与应用研究[J]. 有色金属(冶炼部分),2020(4):41-46.
- [3] 张伟,宫晓丹,周科华,等. 锌粉置换镓锗渣加压氧化浸出的生产实践[J]. 有色金属科学与工程,2020,11(5):142-147.
- [4] 陈少纯. 稀散金属冶金手册[M]. 长沙:中南大学出版社,2018:333-360.
- [5] 张登凯. 锌挥发窑渣综合利用研究[D]. 长沙:中南大学,2004.
- [6] 刘侦德,谢雪飞,伍敬峰,等. 凡口铅锌矿稀散金属选矿回收实践[J]. 有色金属(选矿部分),2002(2):9-12,27.
- [7] 左小红. 硫化锌精矿两段逆流氧压浸出原理及综合回收镓锗工艺研究[J]. 湖南有色金属,2009,25(1):26-28.
- [8] 吴国庆等. 无机化学(第四版)上册[M]. 北京:高等教育出版社,2004:201-250.
- [9] 黄伟英,刘菲,鲁安怀,等. 过氧化氢与过硫酸钠去除有机污染物的进展[J]. 环境科学与技术,2013,36(9):88-95.
- [10] 蒋慧灵,臧娜,钱新明,等. 过硫酸钠和过硫酸钾的热稳定性分析[J]. 化工学报,2006(12):2798-2800.
- [11] 王吉坤. 铅锌冶炼生产技术手册[M]. 北京:冶金工业出版社,2012:460-463.

Discussion on Selection of Fe^{2+} Oxidant in Gallium and Germanium Leaching Solution in Industrial Production

GAO Yan-fen, ZHANG Wei, ZHANG Jun-feng, YANG Zhen-yu, ZHONG Xiang, PENG Ming-xing, HU Li

Abstract: To oxidize Fe^{2+} in Ga and Ge leaching solution to Fe^{3+} , industrial oxidants such as sodium persulfate, manganese ore powder and hydrogen peroxide were used for oxidation. The effects of oxidant addition, reaction temperature and reaction time on the oxidation rate of Fe^{2+} in Ga and Ge leaching solution were investigated respectively. The results show that the mass concentration of Fe^{2+} in Ga and Ge leaching solution oxidized by industrial oxidants sodium persulfate, manganese ore powder and hydrogen peroxide is $\leq 0.03 \text{ g/L}$, which can meet the production control standard of less than 0.05 g/L , and the oxidation rate of Fe^{2+} is more than 99.75%. When manganese ore powder is used as oxidant, the oxidized solution cannot be separated during re extraction. The cost of using industrial grade hydrogen peroxide as oxidant is the lowest. According to the actual situation of industrial production and the comprehensive consideration of production cost, it is more appropriate to select industrial hydrogen peroxide as the oxidant. The optimal oxidation process conditions are: rotational speed of 500r/min, hydrogen peroxide addition amount of theoretical chemical reaction molar ratio of 4.0, reaction temperature of $45 \text{ }^\circ\text{C}$, and reaction time of 20 min. Under these conditions, the oxidation rate of Fe^{2+} in Ga and Ge leaching solution reached 99.82%. In industrial applications, the corresponding safety storage devices required on site and the safe use specifications shall be implemented, so as to ensure production safety.

Key words: sodium persulfate; manganese ore powder; hydrogen peroxide; oxidation; gallium and germanium leaching solution; Fe^{2+}