

磨矿方式对菱镁矿可浮性的影响

李闯¹, 刘榴², 付亚峰², 许鹏云^{1,3}, 王余莲¹, 苏德生^{4,5}, 姜伯昭¹, 于建伟¹

1. 沈阳理工大学材料科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110159;
2. 鞍钢集团北京研究院有限公司, 北京 102200;
3. 国家电子废弃物循环利用工程技术研究中心, 湖北 荆门 448124;
4. 辽宁省超高功率石墨电极材料专业技术创新中心, 辽宁 丹东 118100;
5. 辽宁丹炭科技集团有限公司, 辽宁 丹东 118100

中图分类号: TD921.4; TD923 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2023)02-0080-07
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2023.02.012

摘要 立式辊磨机是一种集“碎、磨、烘干、分级”为一体的高效低碳型粉磨设备, 具有结构简单、可靠性高、工艺流程短、占用空间小等优点。为了考察立式辊磨机磨矿对菱镁矿可浮性的影响, 针对丹东宽甸某菱镁矿, 分别采用立式辊磨机磨矿、球磨机干式磨矿以及球磨机湿式磨矿 3 种磨矿方式, 研究对比了菱镁矿单矿物的可浮性。研究表明, 立式辊磨机磨矿下, 菱镁矿的回收率明显高于其他两种磨矿方式。通过比表面积分析、AFM 检测以及药剂吸附试验可知, 与球磨机干式磨矿和球磨机湿式磨矿相比, 立式辊磨机产品具有较高的表面粗糙度(2.76 nm)和较大的比表面积(0.259 4 m²/g), 这也导致了立式辊磨机磨矿产品对捕收剂的吸附量更大, 从而更有利于菱镁矿在油酸钠体系下的浮选。

关键词 磨矿方式; 立式辊磨机; 球磨机; 菱镁矿; 可浮性; 油酸钠

立式辊磨机是一种集“碎、磨、烘干、分级”为一体的高效低碳型粉磨设备, 因其具有结构简单、可靠性高、工艺流程短、占用空间小等优点, 得到水泥、矿渣、煤渣等行业的青睐^[1-3]。

立式辊磨机是应用高压料层粉碎原理完成对物料的加工, 其主要粉磨部件为带有液压装置的磨辊与底部的磨盘^[4](图 1)。物料在磨辊的压力作用下, 互相接触形成料床, 液压装置的压力通过磨辊传递给物料, 并在颗粒间相互传递, 颗粒在高压作用下产生裂缝、断裂、劈裂、粉碎等效果。物料每通过磨辊一次, 就会受到一次应力作用, 因而会产生破碎效果。相比于球磨机的概率冲击粉碎原理(物料受钢球冲击具有随机性, 图 2), 立式辊磨机具有更高的粉碎效率^[5-8]。

近些年来, 国内外学者针对立式辊磨机在矿业上的应用进行了一些研究。W.van Drunick、D Altun 等^[9-10]针对黄铜矿采用立式辊磨机进行了磨矿中试试验, 并对传统磨矿工艺和立式辊磨机磨矿工艺的比能耗和磨损率进行了对比, 发现使用立式辊磨机磨矿可以缩短工艺流程、提高磨矿效率, 还可以降低约 18% 的能

耗和约 38.1% 的运行成本。Reichert M 等^[11]针对两种不同类型的磁铁矿, 采用 Loesche 公司的立式辊磨机进行大量的磨矿试验, 试验表明, 通过调整立式辊磨机的磨机参数, 可以提高立式辊磨机的磨矿能耗、生产效率, 并对矿物解离产生很大的影响。付亚峰、印万忠等^[12]采用立式辊磨机对宽甸菱镁矿进行了磨矿—浮选试验研究, 研究表明, 相比于球磨机, 立式辊磨机不仅可以降低磨矿能耗, 还可以有效降低油酸钠与六偏磷酸钠用量, 并降低精矿中 CaO 品位, 提升精矿质量。施俊^[13]将立式辊磨机应用于锂辉石焙烧料的磨矿工艺, 现场实践数据表明, 立式磨系统虽然前期投资稍高, 但在后期的占地面积、电耗、易损件、检修维护、噪音、工厂环境等方面均比球磨好。

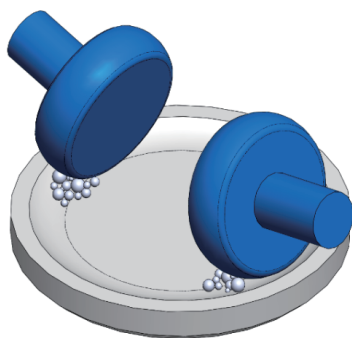
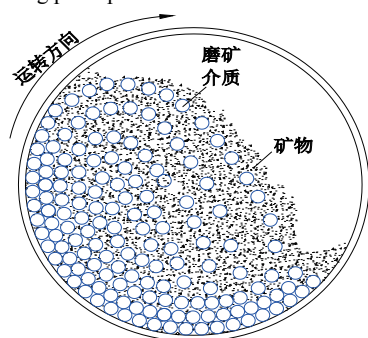
本研究针对菱镁矿采用立式辊磨机干式磨矿, 并与球磨机干式磨矿、球磨机湿式磨矿进行对比, 从而考察在油酸钠体系下不同磨矿方式对菱镁矿浮选的影响, 然后采用比表面积测定、原子力显微镜(AFM)、药剂吸附特性检测等手段, 探究磨矿方式对菱镁矿浮选的影响机理。

收稿日期: 2023-02-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(51804200); 辽宁省重点研发计划-应用基础研究项目(2022JH2/101300111); 沈阳市科技局项目(22-322-3-03); 沈阳市中青年科技创新人才支持计划(RC220104); 辽宁省教育厅面上项目(LJKMZ20220588)

作者简介: 李闯(1984—), 男, 辽宁鞍山人, 博士, 高级工程师, 讲师, 主要从事矿物磨矿及浮选研究, E-mail: 13514209873@163.com。

通信作者: 许鹏云(1985—), 男, 江西抚州人, 工程师, 博士, 主要从事矿物粉磨及二次资源循环利用研究, E-mail: xupengyun01@163.com。

图 1 立式辊磨机工作原理^[4]Fig. 1 Working principle of vertical roller mill^[4]图 2 球磨机工作原理^[4]Fig. 2 Working principle of ball mill^[4]

1 样品性质、样品制备及研究方法

1.1 单矿物矿石性质

试验选用的菱镁矿样品取自辽宁省宽甸市, 选取纯度高且结晶好的块矿, 经圆盘破碎机破碎至 -0.6 mm 后混匀、缩分、装袋, 化学多元素分析结果见表 1, X 射线衍射分析结果见图 3。

表 1 菱镁矿样品的化学元素分析
Table 1 chemical composition analysis of magnesite sample

| 矿物 | MgO | CaO | SiO ₂ | TFe | 纯度 |
|-----|-------|------|------------------|-------|-------|
| 菱镁矿 | 47.23 | 0.36 | 0.25 | <0.05 | 99.18 |

注: MgO 纯度 = (MgO 实际品位 / MgO 理论品位) × 100%。

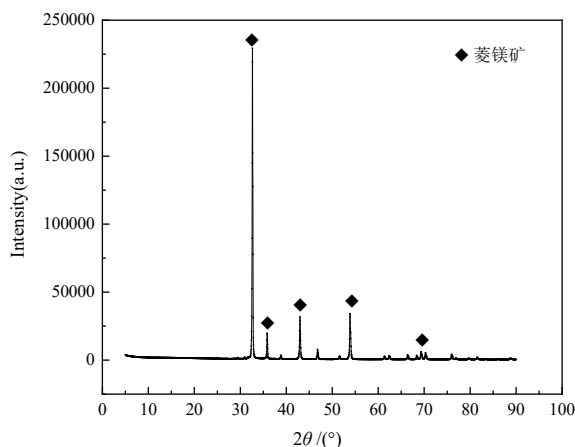


图 3 菱镁矿样品的 X 射线衍射分析图

Fig. 3 X-ray diffraction spectrum of magnesite sample

由表 1 和图 3 可知, 样品中的主要矿物为菱镁矿, 样品中 MgO 的质量分数为 47.23%, 通过计算可知, 样品中菱镁矿的纯度达到了 99.18%, 满足单矿物试验要求。

1.2 试验药剂及设备

试验中所用试剂采购自中国医药集团有限公司, 盐酸、氢氧化钠、氯化钙、氯化铁、氯化镁、六偏磷酸钠均为分析纯, 用作调整剂; 油酸钠为化学纯, 用作捕收剂; 水玻璃为工业纯, 用作调整剂。

试验中使用型号为 TM1.5 的立式辊磨机为自制设备; 卧式圆盘粉碎机型号为 XPF-175, 由江西龙中机械设备有限公司制造; XMB-70 II 型三辊四筒棒磨机, 为武汉探矿机械厂生产; 浮选设备为吉林探矿机械厂生产的 XFG 型挂槽式浮选机, 浮选槽容积为 45 mL。

1.3 单矿物立式辊磨机磨矿样品制备

TM1.5 立式辊磨机, 磨盘直径为 150 mm, 磨辊与磨盘间隙为 0.5 mm, 磨矿压力为 1 MPa。将样品持续给入 TM1.5 立式辊磨机中, 经过一次研磨后, 对磨矿产品进行筛分, 筛孔直径为 0.1 mm, 制备 -0.1 mm 全通过物料。将 0.1 mm 筛上物料再次给入立式辊磨机, 循环磨矿, 直至筛上物料质量保持稳定, 此时将筛上物料密封保存。将制得的 -0.1 mm 物料进行筛分, 筛孔尺寸为 $74\text{ }\mu\text{m}$, 测定样品的 $-74\text{ }\mu\text{m}$ 含量, 最终测定菱镁矿立式辊磨机样品的 $-74\text{ }\mu\text{m}$ 含量为 75.21%。

1.4 单矿物球磨机磨矿样品制备

样品经圆盘破碎机粉碎后, 每次取 15 g 样品, 给入 XMB-70 II 型三辊四筒棒磨机, 采用 250 mL 容积的铁材质磨矿罐进行磨矿。分别进行干式磨矿与湿式磨矿, 其中每次湿式磨矿中加入 10 mL 去离子水。选取球磨磨矿产品的 $-74\text{ }\mu\text{m}$ 含量与立式辊磨机样品试验数据较一致。

1.5 浮选试验方法

单矿物浮选试验在实验室 XFG 型挂槽浮选机上进行, 每次加入 3.75 g 单矿物样品, 添加去离子水至 45 mL 刻度线, 浮选机转速设置为 1992 r/min, 转动叶轮搅拌 2 min 后, 用 HCl 或 NaOH 调节矿浆溶液 pH 值并继续调浆 2 min, 随后按顺序依次加入浮选调整剂、捕收剂等药剂, 刮泡 3 min。将浮选泡沫产品和槽内剩余产品分别烘干称重, 计算浮选回收率, 试验流程如图 4 所示。

2 试验结果与分析

2.1 矿浆 pH 值对菱镁矿浮选的影响

针对 3 种不同磨矿方式下的菱镁矿开展了矿浆

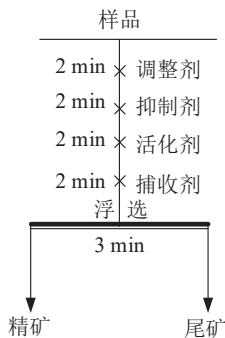


图 4 单矿物浮选试验流程
Fig. 4 Flow chart of single mineral flotation test

pH 值的浮选条件试验, 试验过程中菱镁矿样品为 3.75 g, 油酸钠质量浓度为 200 mg/L, 试验结果如图 5 所示。

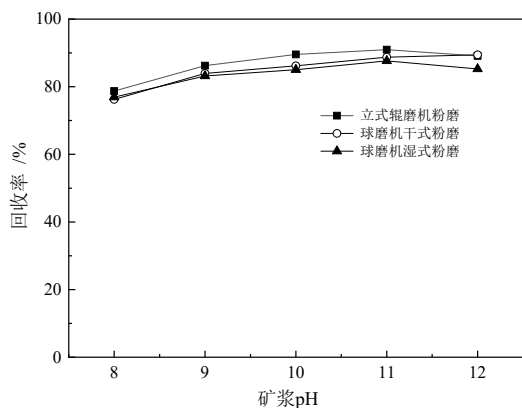


图 5 矿浆 pH 值与矿物回收率的关系
Fig. 5 Relationship between recovery of minerals and pH

由图 5 浮选结果可知, 随着矿浆 pH 值逐渐从 8 增大到 11 时, 3 种磨矿方式下菱镁矿的浮选回收率均呈上升趋势, 且对比可知立式辊磨磨矿的菱镁矿回收率较高; 当矿浆 pH 值从 11 增大到 12 时, 菱镁矿回收率均呈下降趋势, 表明高 pH 值会削弱油酸钠对菱镁矿的捕收能力。此外对比可知, 在碱性条件下球磨干式磨矿的浮选回收率略高于球磨湿式磨矿。

2.2 捕收剂对菱镁矿浮选的影响

捕收剂油酸钠用量对菱镁矿的浮选行为有重要影响, 在 pH 值为 11 时开展了油酸钠的用量条件试验, 结果如图 6 所示。

由图 6 可知, 随着油酸钠用量增加到 200 mg/L, 3 种磨矿方式下菱镁矿的回收率均逐渐上升, 而当油酸钠用量继续增加时, 菱镁矿回收率变化不大; 此外, 通过对比可以发现, 立式辊磨磨矿下菱镁矿的回收率均大于球磨干式磨矿及湿式磨矿方式下的菱镁矿回收率, 且球磨干式磨矿回收率略大于球磨湿式磨矿回收率。

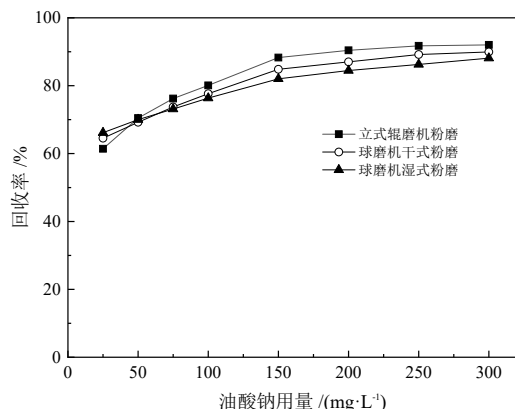


图 6 油酸钠用量与矿物回收率的关系
Fig. 6 Relationship between recovery of minerals and sodium oleate dosage

2.3 调整剂质量浓度对菱镁矿浮选的影响

2.3.1 六偏磷酸钠质量浓度对菱镁矿浮选的影响

试验过程中油酸钠用量为 200 mg/L, 矿浆 pH 值为 11, 试验结果见图 7。

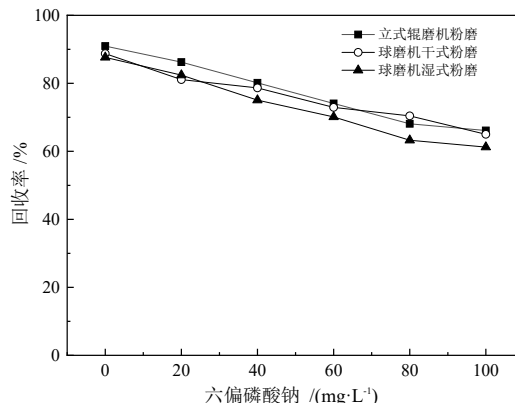


图 7 六偏磷酸钠质量浓度与矿物回收率的关系
Fig. 7 Relationship between recovery of minerals and sodium hexametaphosphate mass concentration

由图 7 可知, 在油酸钠浮选体系下, 调整剂六偏磷酸钠对 3 种磨矿方式产生的菱镁矿均产生抑制作用。通过对比可以发现, 六偏磷酸钠对球磨湿式磨矿的抑制作用更强, 立式辊磨磨矿产品的回收率略高于其他两种磨矿方式。当六偏磷酸钠质量浓度从 0 mg/L 增加到 80 mg/L 时, 3 种磨矿方式下的菱镁矿浮选回收率急剧下降, 其后随着六偏磷酸钠质量浓度的增加, 菱镁矿回收率下降不明显。

2.3.2 水玻璃用量对菱镁矿浮选的影响

试验过程中油酸钠用量为 200 mg/L, 矿浆 pH 值为 11, 试验结果见图 8。

由图 8 可知, 油酸钠浮选体系下, 调整剂水玻璃对 3 种磨矿方式的菱镁矿均产生较大程度的抑制作用。通过对比可以发现, 水玻璃对球磨湿式磨矿的抑

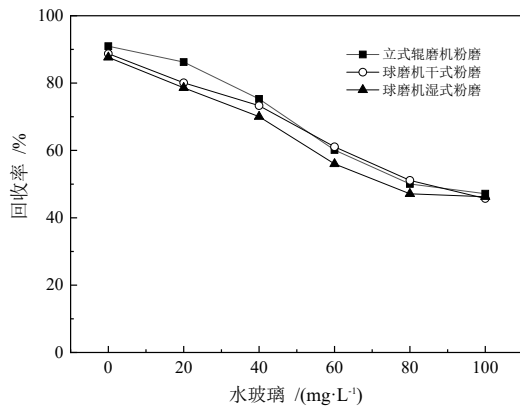


图 8 水玻璃用量与菱镁矿回收率的关系

Fig. 8 Relationship between recovery of magnesite and sodium silicate dosage

制作用更强, 立式辊磨机磨矿产品的回收率略高于其他两种磨矿方式。当水玻璃质量浓度从 0 mg/L 增加到 80 mg/L 时, 3 种磨矿方式下的菱镁矿浮选回收率急剧下降, 其后随着六偏磷酸钠质量浓度的增加, 菱镁矿回收率下降不明显。

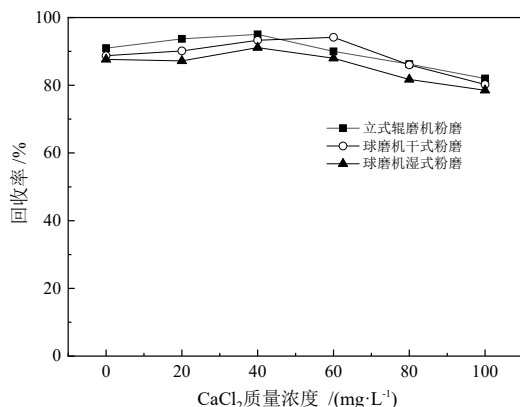
2.4 金属阳离子对菱镁矿浮选的影响

在菱镁矿的浮选分离过程中, 常见脉石矿物白云石、蛇纹石等盐类矿物在水溶液中极易发生水解而产生 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等金属阳离子, 以及在传统的球磨机磨矿中极易混入的 Fe^{3+} 等, 上述金属阳离子及其羟基络合物在浮选矿浆中易吸附在矿物及气泡表面, 从而对浮选过程中菱镁矿的回收率产生影响^[12]。

2.4.1 CaCl_2 质量浓度对菱镁矿浮选回收率的影响

试验条件为油酸钠用量 200 mg/L, 矿浆 pH 值为 11, 分别对比了 CaCl_2 质量浓度 0 mg/L、20 mg/L、40 mg/L、60 mg/L、80 mg/L、100 mg/L 条件下 3 种菱镁矿磨矿产品浮选回收率的影响, 试验结果如图 9 所示。

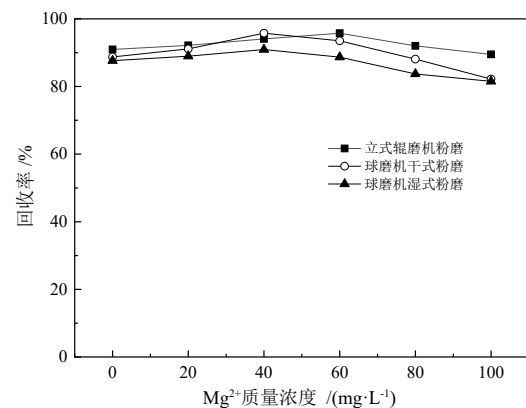
由图 9 可以看出, 随着 CaCl_2 质量浓度的增加, 3

图 9 CaCl_2 质量浓度对菱镁矿回收率的影响Fig. 9 Relationship between recovery of magnesite and CaCl_2 mass concentration

种磨矿方式下菱镁矿的回收率均先逐渐增大随后缓慢降低。通过对比可以发现, 球磨湿式磨矿产品的回收率最低, 其他两种磨矿方式的回收率相差并不大。当 CaCl_2 质量浓度增加到 60~80 mg/L 时, 3 种磨矿方式下菱镁矿浮选回收率达到最高, 而随着 CaCl_2 的进一步增加, 菱镁矿回收率轻微下降。

2.4.2 MgCl_2 浓度对菱镁矿浮选回收率的影响

试验条件为油酸钠用量 200 mg/L, 矿浆 pH 值为 11, 分别进行了 MgCl_2 质量浓度 0 mg/L、20 mg/L、40 mg/L、60 mg/L、80 mg/L、100 mg/L 条件下菱镁矿磨矿产品的浮选试验, 结果如图 10 所示。

图 10 MgCl_2 浓度对菱镁矿回收率的影响Fig. 10 Relationship between recovery of magnesite and MgCl_2 mass concentration

根据图 10 可知, 随着 MgCl_2 质量浓度的增加, 菱镁矿回收率先稍微增加, 随后略微下降。但当 MgCl_2 质量浓度达到 60 mg/L 时, 立式辊磨产品的回收率与其他两种磨矿方式的差距逐开始产生, 其后随着 MgCl_2 质量浓度的增加, 立式辊磨磨矿下的菱镁矿回收率下降趋势变缓。

2.4.3 FeCl_3 浓度对菱镁矿浮选回收率的影响

试验条件为油酸钠用量 200 mg/L, 矿浆 pH 值为 11, 加入 FeCl_3 溶液, 分别进行了 FeCl_3 质量浓度 0 mg/L、20 mg/L、40 mg/L、60 mg/L、80 mg/L、100 mg/L 条件下菱镁矿磨矿产品的浮选试验, 结果如图 11 所示。

根据图 11 可知, 随着 FeCl_3 质量浓度的增加, 3 种磨矿方式下菱镁矿回收率均逐渐降低。随着 FeCl_3 质量浓度从 0 mg/L 增加到 100 mg/L, 立式辊磨磨矿下菱镁矿的回收率从 90.96% 下降到 70.45%, 而球磨干式磨矿下回收率从 88.74% 下降到 68.39%, 球磨湿式磨矿下回收率从 87.65% 下降至 65.34%。整体而言, 在相同 FeCl_3 质量浓度条件下, 立式辊磨磨矿下菱镁矿的回收率高于球磨磨矿。

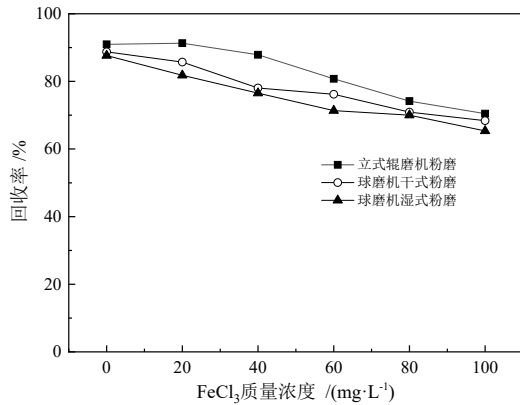


图 11 FeCl₃ 质量浓度对矿物回收率的影响
 Fig. 11 Relationship between recovery of minerals and FeCl₃ mass concentration

3 磨矿产品特性分析及机理研究

3.1 磨矿产品比表面积分析

利用自动比表面积测定仪(FBT-9)对磨矿产品颗粒的比表面积进行测定,考察立式辊磨机磨矿对矿物颗粒比表面积的影响,试验结果见表 2。

表 2 各磨矿产品比表面积值 / (m²·g⁻¹)
 Table 2 Specific surface area of grinding products

| 磨矿方式 | 球磨湿式 | 球磨干式 | 立式辊磨 |
|------|---------|---------|---------|
| 菱镁矿 | 0.203 1 | 0.202 3 | 0.259 4 |

由表 2 可知,菱镁矿在 3 种磨矿方式下的磨矿产品的比表面积差距较大,总体来讲,立式辊磨机磨矿产品的比表面积要高于其他两种磨矿方式,球磨湿式磨矿与球磨干式磨矿产品的比表面积相差不大。

3.2 磨矿产品表面粗糙度分析

利用原子力显微镜(AFM)对磨矿产品颗粒表面粗糙度进行了表征,考察立式辊磨机磨矿对矿物颗粒表面粗糙度的影响,试验结果见表 3 和图 12~图 14。

由表 3 及图 12~图 14 可以看出,对于菱镁矿,立

表 3 磨矿产品表面粗糙度 Ra /nm

Table 3 Surface roughness of grinding products

| 磨矿方式 | 球磨湿式 | 球磨干式 | 立式辊磨 |
|------|------|------|------|
| 菱镁矿 | 1.50 | 1.56 | 2.76 |

注: Ra-在取样长度L内轮廓偏距绝对值的算术平均值, nm。

式辊磨产品表面粗糙度是其他两种磨矿方式产品的 1.8 倍左右,而球磨湿式磨矿与球磨干式磨矿产品的表面粗糙度相差不大,分别为 1.50 nm 与 1.56 nm。

3.3 磨矿产品药剂吸附特性分析

利用傅立叶交换红外光谱仪(Nicolet iS 10),采用剩余浓度法,测定油酸钠体系中 3 种磨矿产品矿物颗粒对浮选药剂的吸附量,考察不同磨矿方式下矿物颗粒对药剂吸附特性的影响。

不同捕收剂质量浓度在菱镁矿表面的吸附量如图 15 所示。

由图 15 可以看出,随着初始质量浓度的增加,油酸钠对 3 种磨矿方式下菱镁矿颗粒表面的吸附量都逐步增加,在油酸钠初始质量浓度为 30 mg/L 时,3 种磨矿方式下油酸钠在菱镁矿颗粒表面的吸附量基本没有差距,随着油酸钠初始质量浓度的增加,3 种磨矿方式下油酸钠在菱镁矿颗粒表面的吸附量之间的差距逐渐拉大,立式辊磨磨矿条件下,油酸钠在菱镁矿颗粒表面的吸附量要明显大于其他两种磨矿方式。

4 结论

(1)选取纯度 99.18% 且结晶好的菱镁矿块矿作为单矿物,开展油酸钠体系下不同磨矿方式(立式辊磨机磨矿、球磨机干式磨矿和球磨机湿式磨矿)对菱镁矿浮选行为影响的试验研究。浮选条件试验表明,立式辊磨机磨矿产品的回收率基本都高于球磨干式磨矿和湿式磨矿,该磨矿方式更有利于菱镁矿在油酸钠体系下的浮选。

(2)3 种磨矿方式中,立式辊磨机磨矿产品的表面粗糙度要明显大于球磨湿式磨矿和球磨干式磨矿样

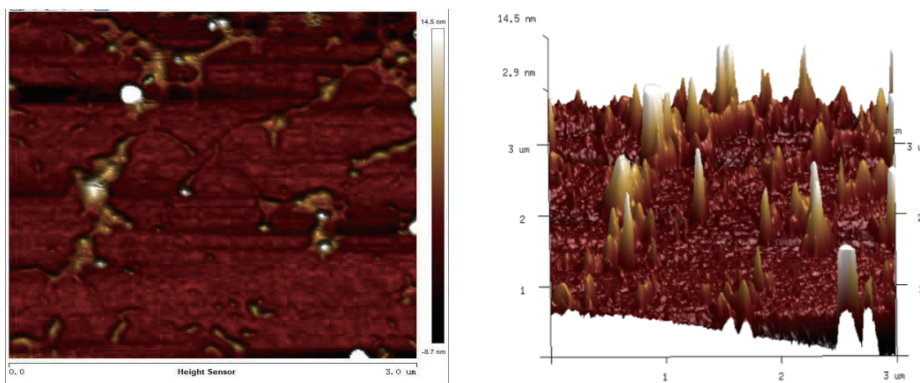


图 12 菱镁矿球磨湿磨产品三维形貌
 Fig. 12 Three-dimensional morphology of magnesite wet grinding by ball mill

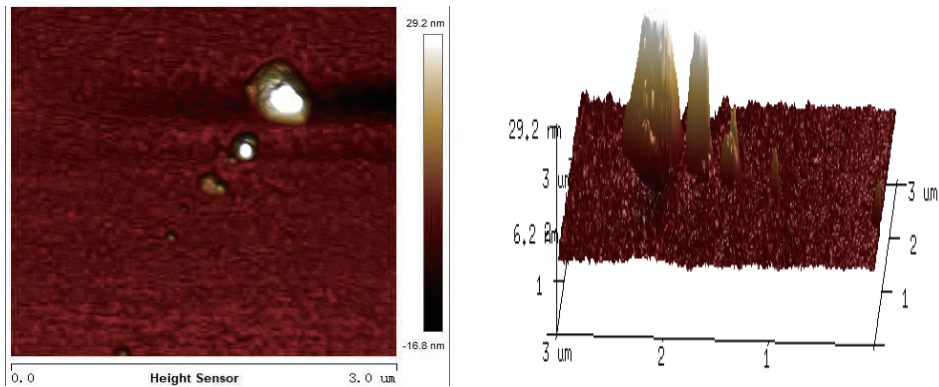


图 13 菱镁矿球磨干磨产品三维形貌

Fig. 13 Three-dimensional morphology of magnesite dry grinding by ball mill

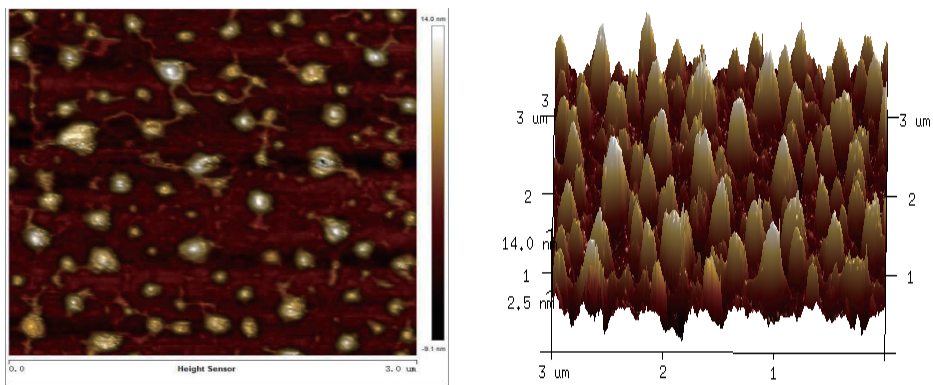


图 14 菱镁矿立式辊磨产品三维形貌

Fig. 14 Three-dimensional morphology of magnesite grinding by vertical roller

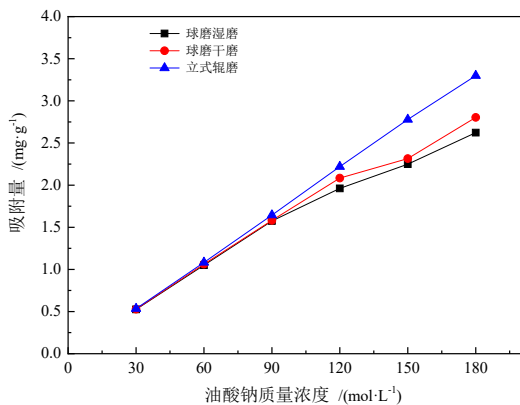


图 15 不同捕收剂质量浓度在菱镁矿表面的吸附量

Fig. 15 Adsorption capacity of different collector mass concentration on magnesite surface

品; 比表面积也要略高于其他两种磨矿方式。立式辊磨机磨矿产品较高的表面粗糙度(2.76 nm)和较大的比表面积(0.259 4 m²/g)提升了浮选过程中油酸钠的吸附能力, 从而提高了菱镁矿的回收率, 这是立式辊磨机磨矿产品浮选效果更佳的主要原因。

参考文献:

[1] 李光业, 孔金山, 于炳运. 立式辊磨机在煤基活性炭行业中的应用[J]. 矿山机械, 2019, 47(8): 34-38.
LI G Y, KONG J S, YU B Y, et al. Application of vertical roller mill in coal-based activated carbon industry[J]. Mining & Processing

Equipment, 2019, 47(8): 34-38.
[2] 陈作炳, 印世杰, 项勤. 立式辊磨机健康状态综合评价与预测研究[J]. 机械设计与制造, 2019(6): 252-255.
CHEN Z B, YIN S J, XIANG Q, et al. Research on comprehensive evaluation and prediction of health state for vertical roller mill[J]. Machinery Design & Manufacture, 2019(6): 252-255.
[3] 柴星腾, 聂文海, 秦中华, 等. 水泥辊磨技术的新进展[J]. 水泥技术, 2018(8): 21-25.
CHAI X T, NIE W H, QIN Z H, et al. New developments in cement roller mill technology[J]. Cement Technology, 2018(8): 21-25.
[4] 李闯, 许鹏云, 孙传尧, 等. 立式辊磨机对菱镁矿磨矿及浮选效果的影响[J]. 金属矿山, 2022(2): 131-138.
LI C, XU P Y, SUN C Y, et al. Effect of vertical roller mill on grinding and flotation of magnesite[J]. Metal Mine, 2022(2): 131-138.
[5] 张志鹏, 周强, 肖庆飞, 等. 基于磨矿动力学某铜矿磨矿介质配比优化试验研究[J/OL]. 矿产保护与利用: 1-12[2023-03-18].
ZHANG Z P, ZHOU Q, XIAO Q F, et al. Experimental study on optimization of grinding medium ratio of some copper mine based on grinding kinetics[J/OL]. Conservation and Utilization of Mineral Resources: 1-12[2023-03-18].
[6] 毛勇, 王泽红, 田鹏程, 等. 磨矿对矿物浮选行为的影响及助磨剂的作用[J]. 矿产保护与利用, 2020, 40(6): 162-168.
MAO Y, WANG Z H, TIAN P C, et al. Effect of grinding process on mineral flotation behavior and the role of grinding aids[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2020, 40(6): 162-168.
[7] 宁江峰, 李茂林, 崔瑞, 等. 磨矿方式对方解石颗粒形貌及浮选行为的影响[J]. 矿产保护与利用, 2020, 40(2): 51-55.
NING J F, LI M L, CUI R, et al. Effect of grinding method on particle

- morphology and flotation behavior of calcite[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2020, 40(2): 51–55.
- [8] 鄢富坤, 肖庆飞, 罗春梅. 现阶段我国磨矿设备的研究进展及发展方向[J]. 矿产综合利用, 2013(2): 12–16.
- YAN F K, XIAO Q F, LUO C M. Research progress and development direction of grinding equipments in China at present stage[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2013(2): 12–16.
- [9] Drunick W V, Gerold C, Palm N. Implementation of an energy efficient dry grinding technology into an anglo american zinc beneficiation process[C]. International Mineral Processing Congress; IMPC 2010.
- [10] D ALTUN, GEROLD C, BENZER H, et al. Copper ore grinding in a mobile vertical roller mill pilot plant[J]. International Journal of Mineral Processing, 2015, 136: 32–36.
- [11] REICHERT M, GEROLD C, FREDRIKSSON A, et al. Research of iron ore grinding in a vertical-roller-mill[J]. Minerals Engineering, 2015, 73: 109–115.
- [12] 付亚峰, 印万忠, 姚金, 等. 宽甸某低品级菱镁矿立式辊磨—浮选试验研究[J]. 金属矿山, 2016(2): 103–107.
- FU Y F, YIN W Z, YAO J, et al. Research on low-grade magnesite from Kuandian vertical roller mill-flotation experiment[J]. Metal Mine, 2016(2): 103–107.
- [13] 施俊. 立式辊磨机在新能源锂盐行业的应用[J]. 陶瓷, 2022(5): 46–48.
- SHI J. Application of vertical roller mill in lithium industry of new energy[J]. Ceramics, 2022(5): 46–48.

Effect of Grinding Methods on Floatability of Magnesite

LI Chuang¹, LIU Liu², FU Yafeng², XU Pengyun^{1,3}, WANG Yulian¹, SU Desheng^{4,5}, JIANG Bozhao¹, YU Jianwei¹

1. School of Materials Science and Engineering, Shenyang Ligong University, Shenyang 110819, China;

2. Ansteel Beijing Research Institute CO., LTD. Beijing 102200, China;

3. National Engineering Research Center of WEEE Recycling Engineering, Jingmen 448124, China;

4. Liaoning Province Ultra high Power Graphite Electrode Material Professional Technology Innovation Center, Dandong 118100, China;

5. Liaoning Dan Carbon Group Corporation Limited, Dandong 118100, China

Abstract: Vertical roller mill is a high-efficiency and low-carbon grinding equipment integrating "crushing, grinding, drying and grading". It has the advantages of simple structure, high reliability, short process flow and small space occupation. The effect of vertical roller mill grinding, ball mill dry grinding and ball mill wet grinding on the floatability of magnesite was carried out for a magnesite in Kuandian, Dandong. The results showed that the recovery rate of magnesite in vertical roller mill grinding was significantly higher than that in other two grinding methods. According to specific surface area analysis, AFM detection and reagent adsorption test, compared with ball mill dry grinding and ball mill wet grinding, vertical roller grinding products had higher surface roughness (2.76 nm) and larger specific surface area (0.259 4 m²/g). This also led to a greater adsorption capacity of collectors on the grinding products of vertical roller mills, which was more conducive to the flotation of magnesite in the sodium oleate system.

Keywords: grinding method; vertical roller mill; ball mill; magnesite; floatability; sodium oleate

引用格式: 李闯, 刘榴, 付亚峰, 许鹏云, 王余莲, 苏德生, 姜伯昭, 于建伟. 磨矿方式对菱镁矿可浮性的影响[J]. 矿产保护与利用, 2023, 43(2): 80–86.

LI Chuang, LIU Liu, FU Yafeng, XU Pengyun, WANG Yulian, SU Desheng, JIANG Bozhao, YU Jianwei. Effect of grinding methods on floatability of magnesite[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2023, 43(2): 80–86.