

δ -MnO₂吸附锰矿浸出液中重金属Co²⁺、Ni²⁺的研究

贾永真¹, 李明东^{2,3}, 王松^{2,3}, 王海峰^{2,3}, 王家伟^{2,3}, 袁浩¹

(1. 贵州省化工研究院, 贵州贵阳 550002; 2. 贵州大学材料与冶金学院, 贵州贵阳 550025;

3. 贵州省冶金工程与过程节能重点实验室, 贵州贵阳 550025)

[摘要] 随着工业化程度的加快, 由重金属离子引起的环境问题日益突出, 从源头上解决重金属环境污染问题意义重大。针对锰矿浸出液中重金属Co²⁺、Ni²⁺难以去除的问题进行 δ -MnO₂吸附研究, 利用XRD、SEM、FT-IR和BET方法对 δ -MnO₂进行表征, 研究了工艺条件对 δ -MnO₂吸附锰矿浸出液中Co²⁺、Ni²⁺的影响, 根据表征结果进一步分析 δ -MnO₂的吸附行为机理。结果表明: 结晶性较差、孔隙较多的 δ -MnO₂表面存在大量羟基结构, 且孔隙结构较多, 平均孔径较大, 具有优异吸附性能的潜力。溶液pH对该吸附反应影响较大, 吸附率随着溶液pH的升高而增加; 随着反应时间的增加, 吸附率先增加后减小; 提高反应温度后吸附率提高。最佳吸附条件: 反应温度80℃、反应时间60 min、pH为7, Co²⁺和Ni²⁺的吸附率分别为96.10%、87.25%。由表征结果分析可知 δ -MnO₂吸附锰矿浸出液中的Co²⁺、Ni²⁺主要受表面羟基的作用。 δ -MnO₂对锰矿浸出液中重金属Co²⁺、Ni²⁺具有良好的吸附效果, 可减少锰矿浸出液中重金属离子的二次污染, 为源头上解决重金属离子的危害提供一定研究基础。

[关键词] δ -MnO₂; 吸附; 锰矿浸出液; 重金属

[中图分类号] X703.1; TQ424 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-829X(2022)12-0085-06

Study on adsorption of heavy metals Co²⁺ and Ni²⁺ in manganese ore leachate by δ -MnO₂

JIA Yongzhen¹, LI Mingdong^{2,3}, WANG Song^{2,3}, WANG Haifeng^{2,3}, WANG Jiawei^{2,3}, YUAN Hao¹

(1. Chemical Industry Research Institute of Guizhou Province, Guiyang 550002, China; 2. College of Materials and

Metallurgy, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 3. Guizhou Provincial Key Laboratory of

Metallurgical Engineering and Energy Saving, Guiyang 550025, China)

Abstract: Along with the rapid industrialization, the environmental problems caused by heavy metal ions are becoming more and more prominent, and it is of great significance to solve the environmental pollution of heavy metal from the source. The adsorption study of δ -MnO₂ was carried out for the problem of difficult removal of heavy metals Co²⁺ and Ni²⁺ from manganese ore leachate. δ -MnO₂ was characterized by XRD, SEM, FT-IR and BET methods. The effects of process conditions on the adsorption of Co²⁺ and Ni²⁺ in manganese ore leach solution by δ -MnO₂ were investigated. The adsorption mechanism of δ -MnO₂ was further analyzed based on the characterization results. The results showed that δ -MnO₂ was less crystalline and more porous, with a large number of hydroxyl structures on its surface, and it had more pore structures with larger average pore size, and thus had the potential for excellent adsorption performance. The solution pH had a great influence on the adsorption reaction, with the adsorption rate increasing with the increase of solution pH. As the reaction time increased, the adsorption rate increases and then decreases. The adsorption rate increased with the increase of reaction temperature. The optimum adsorption conditions were as follows: reaction temperature 80℃, reaction time 60 min, pH 7. The adsorption rates of Co²⁺ and Ni²⁺ were 96.10% and 87.25% respectively. The analysis of characterization results showed that the adsorption of Co²⁺ and Ni²⁺ in the leachate of manganese ore by δ -MnO₂ was mainly affected by surface hydroxyl groups. δ -MnO₂ had good adsorption effect on heavy metal Co²⁺ and Ni²⁺ in manganese ore leachate, which could reduce the secondary pollution of heavy metal ions in manganese ore leachate and provide a certain research

[基金项目] 国家自然科学基金(51764006、51864012); 贵州省科技计划项目([2016]5302、[2017]5788、[2018]5781、[2019]1411、[2019]2841)

basis for solving the hazard of heavy metal ions at source.

Key words: δ - MnO_2 ; adsorption; manganese ore leachate; heavy metal

工业化进程产生的重金属离子污染对环境及人类的健康会构成严重威胁^[1]。在锰矿浸出过程中,钴和镍等重金属杂质也会相继浸出进入锰矿浸出液中^[2],目前的生产工艺中去除重金属离子主要采用硫化物沉淀法^[3]。常用的硫化剂如 Na_2S 、 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 和福美钠(SDD)等对 Co、Ni 等重金属去除效果良好,但存在投加大、锰损失高、废渣产率大等缺点,且这些废渣没有很好的处理办法,容易造成二次污染^[4]。Co、Ni 的硫化产物主要为 NiS 、 CoS ,对水体有严重危害^[5]。重金属环境污染问题必须从源头上进行解决,寻求一种简单、经济、高效、绿色环保的重金属离子去除方法意义重大。

二氧化锰具有丰富的表面羟基,缺陷较多、比表面积大和离子交换能力强,是一种优良的吸附剂,尤其对水中重金属离子有很好的吸附效果^[6]。夏文堂等^[7-8]采用化学二氧化锰和电解二氧化锰吸附硫酸锰溶液中钼离子,取得一定效果。笔者采用 δ - MnO_2 吸附锰矿浸出液中的重金属 Co^{2+} 和 Ni^{2+} ,考察工艺条件对 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 吸附行为的影响,为解决重金属离子的危害提供一定研究基础。

1 实验部分

1.1 试剂与设备

试剂:硫酸、高锰酸钾、氨水、乙酸锰,天津市科密欧化学试剂有限公司,均为分析纯。

设备:AZ8601 型数显 pH 计,上海仪电科学仪器股份有限公司;DHG-9005A 型恒温干燥箱,上海一恒科学仪器有限公司;PL2002 型电子分析天平,梅特勒-托利多集团;HH-3 型恒温水浴锅、P4Z 型真空抽滤泵、JJ-1 型精密增力电动搅拌器,上海力辰仪器科技有限公司。

锰矿浸出液取自贵州某锰生产企业,组成包括 Mn、Fe、Ni、Mg、Ca、Cu、Na、K、As、Cr、Co、Al、Cd、Mo、V 等,其中 Co^{2+} 质量浓度为 12.2 mg/L, Ni^{2+} 质量浓度为 30.3 mg/L。

1.2 δ - MnO_2 的制备

根据文献[9]方法,以乙酸锰为锰源制备 δ - MnO_2 :分别用去离子水配制 0.1 mol/L 的高锰酸钾溶液 300 mL 和 0.15 mol/L 乙酸锰溶液 150 mL;将高

锰酸钾溶液磁力搅拌 30 min 后,加入乙酸锰溶液,在 80 °C 下磁力搅拌反应 6 h,溶液冷却至室温后抽滤,得到黑色沉淀物,用去离子水洗涤多次去除杂质离子,所得产物在 100 °C 烘干 12 h。

1.3 材料表征

采用 D8 ADVANCE 衍射分析仪(德国布鲁克公司)进行物相鉴定;采用 SU8020 扫描电镜(日本日立公司)进行微观结构分析;用 NICOLET IS 10 红外光谱仪(美国尼高力)进行 FT-IR 分析。

1.4 吸附实验

取 500 mL 锰矿浸出液,加入 2 g δ - MnO_2 ,用稀氨水和稀硫酸调节溶液至一定 pH。将其放入一定温度的恒温水浴锅中不断搅拌,一定时间后快速过滤。滤液中的 Ni^{2+} 和 Co^{2+} 采用 A3AFG-13 型火焰原子吸收光谱仪测定,计算 δ - MnO_2 对 Ni^{2+} 和 Co^{2+} 的吸附率。

2 结果与讨论

2.1 δ - MnO_2 的表征

对乙酸锰为锰源制备的 δ - MnO_2 进行 XRD 分析,如图 1 所示。

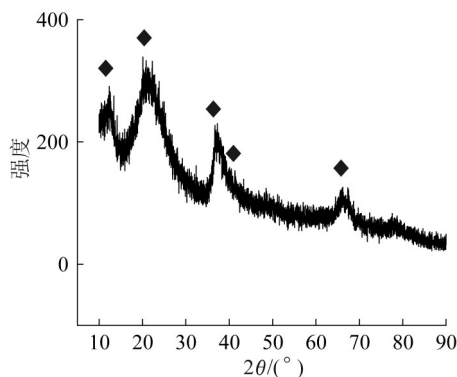


图 1 δ - MnO_2 的 XRD 谱图

Fig. 1 XRD of δ - MnO_2

由图 1 可见,各衍射峰在 12.2° 、 19.8° 、 37.6° 、 65.7° 与 δ - MnO_2 的标准卡片(JCPDS-18-0802)吻合较好,但结晶性不是很好。

δ - MnO_2 的表面形貌如图 2 所示。

由图 2 可见, δ - MnO_2 由大小不一的纳米球状颗粒堆积而成,形成一簇簇有较大空隙的层状结构,孔隙丰富,能为 Ni^{2+} 和 Co^{2+} 的吸附提供更多的吸附位点。这种

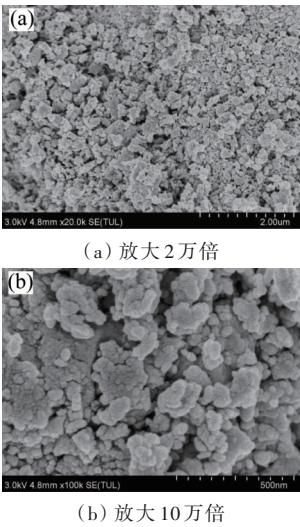


图2 δ - MnO_2 的SEM照片
Fig. 2 SEM images of δ - MnO_2

结构为 δ - MnO_2 的良好吸附性能奠定了基础。

分析了 δ - MnO_2 的红外光谱谱图,结果显示,3 405.17 cm^{-1} 处为表面羟基的伸缩振动峰,1 621.48、1 039.78 cm^{-1} 处为表面羟基弯曲振动峰,527.72 cm^{-1} 处为Mn—O晶格振动特征峰,1 409.61 cm^{-1} 附近为乙酸根离子的C—O、C—H杂峰。 δ - MnO_2 有较宽和较强的羟基振动峰,表面羟基丰富,有利于与 Ni^{2+} 和 Co^{2+} 发生表面络合反应^[10]。

δ - MnO_2 吸附脱附等温线呈第4类(见图3),存在明显的滞后环,属于 H_1 型滞后环,由具有规则形状的孔与窄孔的尺寸分布不同造成。由图3可见孔主要分布在2~10 nm。 δ - MnO_2 存在较多孔隙结构,平均孔径较大,为其优异的吸附能力提供了支持^[11]。

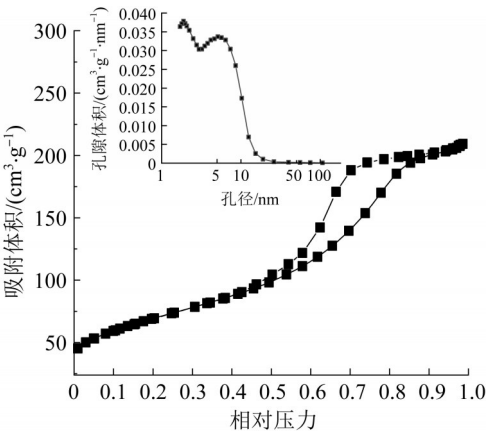


图3 δ - MnO_2 氮气吸脱附曲线及孔径分布
Fig. 3 Nitrogen adsorption-desorption curve and pore size distribution of δ - MnO_2

2.2 δ - MnO_2 对 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 的吸附性能研究

通过控制不同的反应时间、反应温度和反应pH,测定 δ - MnO_2 对 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 的吸附率,分析工艺条件对 δ - MnO_2 吸附性能的影响。

2.2.1 反应pH对吸附性能的影响

当反应时间为30 min,反应温度为60 $^{\circ}\text{C}$,反应pH分别为1、2、3、4、5、6、7、8时,pH对 δ - MnO_2 吸附锰矿浸出液中 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 的吸附率的影响如表1所示。

表1 不同pH下 δ - MnO_2 对 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 的吸附率
Table 1 Adsorption rates of δ - MnO_2 on Co^{2+} and Ni^{2+} at different pH

pH	1	2	3	4	5	6	7	8
Ni^{2+} 吸附率/%	16.57	17.42	19.85	21.27	23.82	61.60	68.17	80.42
Co^{2+} 吸附率/%	28.55	34.87	38.05	42.60	50.65	78.50	86.65	95.52

由表1可见,随着溶液pH的升高, δ - MnO_2 对 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 的吸附率逐渐增加,pH高于5时, Co^{2+} 和 Ni^{2+} 吸附率有明显的增加趋势;pH升高到8时, Co^{2+} 和 Ni^{2+} 的吸附率分别达到95.525%、80.425%,整体来看 Co^{2+} 比 Ni^{2+} 更容易被 δ - MnO_2 吸附。结合 δ - MnO_2 的表征结果,可知其表面存在大量羟基和缺陷,在低pH下表面羟基更容易与 H^{+} 发生质子化反应^[12]形成 OH_2^{+} ,从而使表面带正电,与 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 发生静电排斥。锰矿浸出液pH一般在5左右,调节溶液pH超过5后,随着 OH^{-} 的增加,表面羟基与溶液中 OH^{-} 结合发生去质子化形成带负电的 O^{-} ,能与阳离子发生表面络合反应,大量吸附溶液中的 Co^{2+} 和 Ni^{2+} ^[13]。考虑到 Mn^{2+} 在溶液pH超过7时开始水解,因此选择适宜pH为7。

2.2.2 反应时间对吸附性能的影响

当反应pH为7,反应温度为60 $^{\circ}\text{C}$,反应时间分别为5、10、20、30、60、90、150 min时,不同反应时间下 δ - MnO_2 对锰矿浸出液中 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 的吸附率如表2所示。

表2 不同反应时间下 δ - MnO_2 对 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 的吸附率
Table 2 Adsorption rates of δ - MnO_2 on Co^{2+} and Ni^{2+} at different reaction time

反应时间/min	5	10	20	30	60	90	150
Ni^{2+} 吸附率/%	22.62	44.1	59.25	68.17	78.82	75.97	74.82
Co^{2+} 吸附率/%	54.15	67.95	81.35	86.65	93.45	87.95	82.22

由表2可知,随着反应时间的增加, δ - MnO_2 对 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 的吸附率先增加后降低,当反应时间为

60 min时,吸附率达到最高。吸附反应前30 min内进行较快,这是由于反应初期 δ - MnO_2 表面存在大量羟基及其他吸附位点^[14],能吸附更多的 Co^{2+} 和 Ni^{2+} ,随着吸附位点被逐渐占据,吸附速度减缓,反应60 min时吸附量达到饱和。此后继续增加反应时间,溶液中的其他离子将与被吸附的 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 发生离子交换反应,且存在脱附情况,使吸附率下降。因此适宜的反应时间为60 min。

2.2.3 反应温度对吸附性能的影响

当反应pH为7,反应时间为60 min,反应温度分别为20、35、50、65、80、95 $^{\circ}\text{C}$ 时,反应温度对 δ - MnO_2 吸附锰矿浸出液中 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 的吸附率的影响如表3所示。

表3 不同温度下 δ - MnO_2 对 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 的吸附率

Table 3 Adsorption rates of δ - MnO_2 on Co^{2+} and Ni^{2+} at different temperatures

温度/ $^{\circ}\text{C}$	20	35	50	65	80	95
Ni^{2+} 吸附率/%	62.65	68.37	74.37	80.20	86.75	87.25
Co^{2+} 吸附率/%	72.57	77.55	80.87	91.77	95.72	96.10

由表3可以看出, δ - MnO_2 对 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 的吸附率随反应温度的升高而增加,当温度达到80 $^{\circ}\text{C}$ 后,吸附率基本不再变化。 δ - MnO_2 吸附主要依靠表面羟基的络合作用,反应温度越高,溶液中 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 运动越剧烈,与羟基结合的可能性越高,因此升高温度有利于反应的进行^[15]。

综上,适宜的工艺条件:反应温度80 $^{\circ}\text{C}$ 、反应时间60 min、pH为7,此时 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 的吸附率为96.10%、87.25%。

2.3 吸附产物表征

为进一步验证 MnO_2 的吸附行为,对 δ - MnO_2 在反应温度80 $^{\circ}\text{C}$ 、反应时间60 min、pH为7条件下吸附后的产物进行XRD分析,如图4所示。

由图4可见,吸附后的产物为 δ - MnO_2 、 Mn_3O_4 和 MnOOH 。在硫酸锰溶液中 Mn^{2+} 水解生成不稳定的 $\text{Mn}(\text{OH})_2$,极易被空气中的氧进一步氧化为 Mn_3O_4 和 MnOOH 。图4中产物杂峰较多,且 δ - MnO_2 衍射峰不明显,可能是其表面吸附大量阳离子所致。吸附后的 δ - MnO_2 的FT-IR谱图如图5所示,可以明显看出表面羟基在3400、1600 cm^{-1} 处的振动峰减弱,在2653.68、1083.17、2032.90 cm^{-1} 附近出现新的振动峰,说明 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 等重金属离子与 δ - MnO_2 表面羟基发生络合反应,被吸附在其表面^[16]。500~600 cm^{-1}

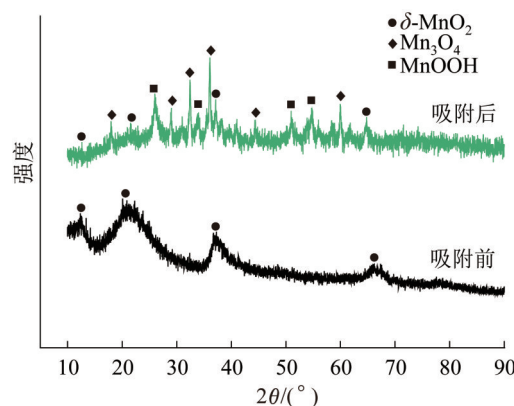


图4 吸附后 δ - MnO_2 的XRD谱图

Fig. 4 XRD patterns of δ - MnO_2 after adsorption

附近Mn—O晶格振动特征峰发生偏移并增加,这是反应生成的 Mn_3O_4 和 MnOOH 所致。

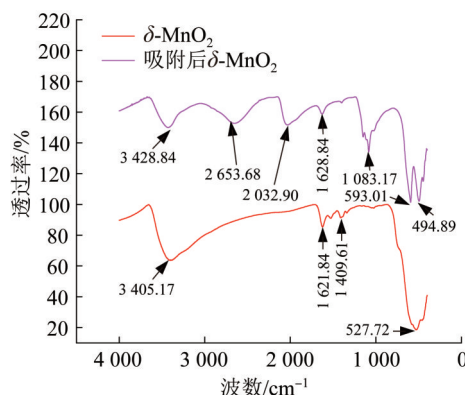
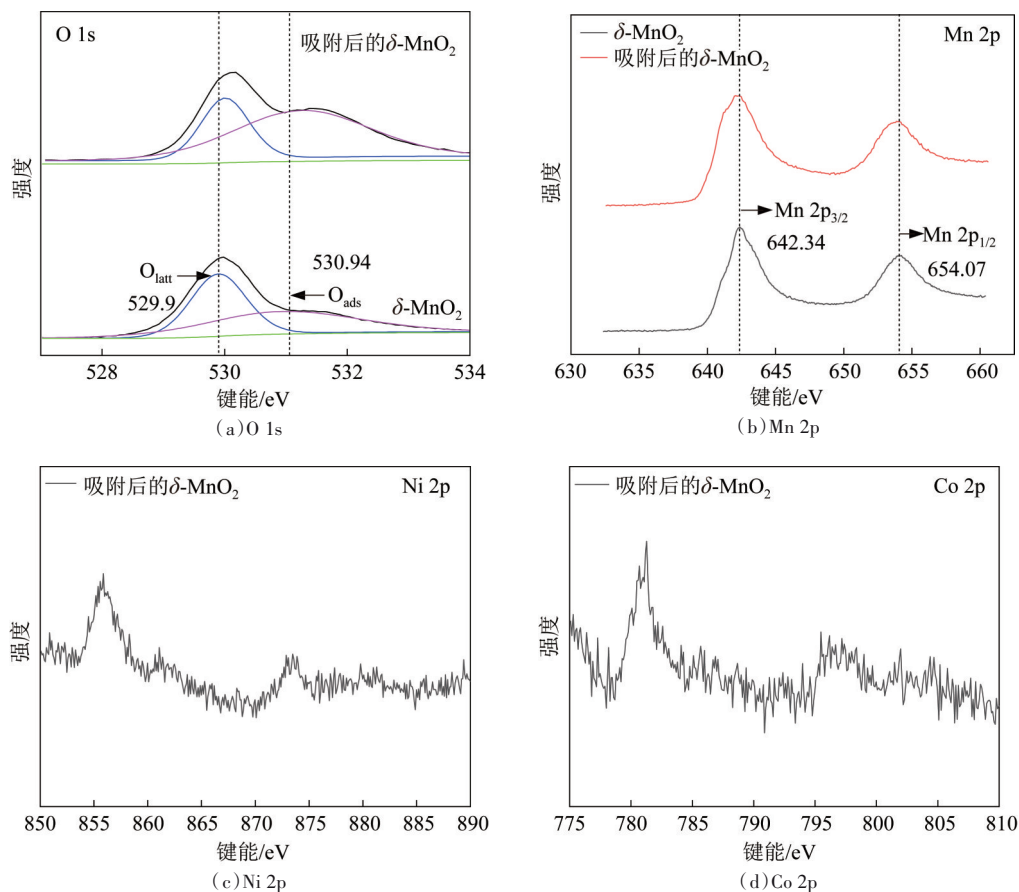


图5 吸附前后 δ - MnO_2 的FT-IR谱图

Fig. 5 FT-IR spectra of δ - MnO_2 before and after adsorption

δ - MnO_2 吸附前后的XPS谱图如图6所示。

从图6(a)可知吸附反应后 δ - MnO_2 的结构氧无明显变化,但吸附氧的比例大大增加;在吸附过程中,表面羟基与 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 等金属离子(M)反应后形成 MOH ,而 MOH 中的氧只存在于 MnO_2 表面,属于吸附氧,因此随着吸附的进行,吸附氧含量不断增加^[17]。由图6(b)可以发现吸附后的 δ - MnO_2 Mn 2p键能减小,说明低价Mn的比例增加,这与 MnO_2 吸附 Mn^{2+} 以及吸附过程产生的 Mn_3O_4 和 MnOOH 有关。图6(c)、图6(d)可验证 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 被 MnO_2 所吸附,由于 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 的被吸附量相对吸附剂本身较小,2p峰并不明显,根据结合能大小可推测Co、Ni的化合价为二价,进一步说明 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 的吸附主要受表面羟基络合作用。

图6 δ - MnO_2 吸附前后的XPS谱图Fig. 6 XPS spectra of δ - MnO_2 before and after adsorption

3 结论

以乙酸锰为锰源制备了 δ - MnO_2 , XRD、SEM、FT-IR和BET表征结果表明 δ - MnO_2 结晶性差, 孔隙丰富, 表面存在大量羟基, 平均孔径较大。在 δ - MnO_2 吸附锰矿浸出液 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 的过程中, 溶液pH对吸附反应影响较大, 吸附率随着溶液pH的升高而增加, 随反应时间的增加吸附率先增加后减少, 增加反应温度后吸附率提高, 最佳吸附条件: 反应温度80℃、反应时间60 min、pH为7, Co^{2+} 和 Ni^{2+} 的吸附率为96.10%和87.25%。对吸附前后 δ - MnO_2 进行XRD、FT-IR和XPS分析得知 Co^{2+} 和 Ni^{2+} 的吸附主要受表面羟基的络合作用。

参考文献

- [1] 邓琳静, 刘艳霖, 幸嘉瑜, 等. 水体重金属污染处理研究进展[J]. 广东化工, 2020, 47(19): 104-106.
DENG Linjing, LIU Yanlin, XING Jiayu, et al. Research progress in treatment of heavy metal pollution in water[J]. Guangdong Chemical Industry, 2020, 47(19): 104-106.

- [2] 幸卫鹏, 王海峰, 王家伟, 等. 玉米秸秆还原浸出软锰矿优化试验研究[J]. 湿法冶金, 2017, 36(3): 179-182.
XING Weipeng, WANG Haifeng, WANG Jiawei, et al. Optimization experiment on reduction leaching of pyrolusite using corn stalk[J]. Hydrometallurgy of China, 2017, 36(3): 179-182.
- [3] 田佳瑜, 王海峰, 况顺达, 等. 硫化物去除硫酸锰溶液中重金属的研究[J]. 有色金属(冶炼部分), 2019(12): 6-10.
TIAN Jiayu, WANG Haifeng, KUANG Shunda, et al. Study on removal of heavy metals from manganese sulfate solution by sulfide[J]. Non-ferrous Metals (Extractive Metallurgy), 2019(12): 6-10.
- [4] 陆凤. 贵州典型锰矿区锰渣重金属污染特征及环境效应[D]. 贵阳: 贵州大学, 2018.
LU Feng. Characteristics of heavy metal pollution and environmental effects from manganese residues in typical manganese mining area in Guizhou[D]. Guiyang: Guizhou University, 2018.
- [5] 陆凤, 陈森, 陈兰兰. 贵州松桃某电解锰企业锰渣重金属污染特征及对植物生长的毒性效应[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(5): 124-129.
LU Feng, CHEN Miao, CHEN Lanlan. Characteristics of heavy metal pollution in manganese residues of electrolytic manganese in Songtao, Guizhou and its toxic effects on plant growth[J]. Science

- Technology and Engineering, 2018, 18(5): 124-129.
- [6] 肖勇, 郝慧茹, 李军, 等. 不同晶型二氧化锰去除孔雀石绿的研究[J]. 工业水处理, 2022, 42(8): 142-148.
- XIAO Yong, HAO Huiru, LI Jun, et al. Study on removal of malachite green by different crystalline manganese dioxide [J]. Industrial Water Treatment, 2022, 42(8): 142-148.
- [7] 夏文堂, 赵中伟, 任正德. 电解二氧化锰生产过程中硫酸锰溶液深度除钼的试验研究[J]. 中国锰业, 2008, 26(4): 30-33.
- XIA Wentang, ZHAO Zhongwei, REN Zhengde. A exploratory research on deep removal trace molybdenum from manganese sulfate solution with powder electrolytic manganese dioxide [J]. China's Manganese Industry, 2008, 26(4): 30-33.
- [8] 夏文堂, 赵中伟, 陈爱良. 化学二氧化锰作硫酸锰溶液除钼剂的研究[J]. 电池工业, 2008, 13(6): 363-366.
- XIA Wentang, ZHAO Zhongwei, CHEN Ailiang. Research on chemical manganese dioxide adsorbent for removing molybdenum from manganese sulfate solution [J]. Chinese Battery Industry, 2008, 13(6): 363-366.
- [9] WEI Chunguang, XU Chengjun, LI Baohua, et al. Preparation and characterization of manganese dioxides with nano-sized tunnel structures for zinc ion storage [J]. Journal of Physics and Chemistry of Solids, 2012, 73(12): 1487-1491.
- [10] XU Meng, WANG Hongjie, LEI Di, et al. Removal of Pb(II) from aqueous solution by hydrous manganese dioxide: Adsorption behavior and mechanism [J]. Journal of Environmental Sciences, 2013, 25(3): 479-486.
- [11] WANG Xingpu, HUO Shuhui, WANG Rongfang, et al. Synthesis of high surface area mesoporous MnO₂ via a "metastable" aqueous interfacial reaction [J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2017, 503: 76-85.
- [12] TAMURA H, ODA T, NAGAYAMA M, et al. Acid-base dissociation of surface hydroxyl groups on manganese dioxide in aqueous solutions [J]. Journal of the Electrochemical Society, 1989, 136(10): 2782-2786.
- [13] 汤鸿霄. 环境水质学的进展: 颗粒物与表面络合(上) [J]. 环境科学进展, 1993, 1(1): 25-41.
- TANG Hongxiao. Advances in environmental aquatic quality science: Particulates and surface complexation, I [J]. Advances in Environmental Science, 1993, 1(1): 25-41.
- [14] BONDAR Y V, ALEKSEEV S A. Synthesis and evaluation of manganese dioxide with layered structure as an adsorbent for selective removal of strontium ions from aqueous solution [J]. SN Applied Sciences, 2020, 2(8): 1-9.
- [15] PENG Liang, ZENG Qingru, TIE Boqing, et al. Manganese dioxide nanosheet suspension: A novel absorbent for cadmium (II) contamination in waterbody [J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2015, 456: 108-115.
- [16] 马俊平, 赵秋宇, 王晨, 等. 二氧化锰基纳米材料对重金属离子的去除及机理研究进展 [J]. 环境化学, 2020, 39(3): 687-703.
- MA Junping, ZHAO Qiuyu, WANG Chen, et al. Removal of heavy metal ions by manganese dioxide-based nanomaterials and mechanism research: A review [J]. Environmental Chemistry, 2020, 39(3): 687-703.
- [17] AJITH N, BHATTACHARYYA K, IPTE P R, et al. Interaction of arsenic (III) and arsenic (V) on manganese dioxide: XPS and electrochemical investigations [J]. Journal of Environmental Science and Health. Part A, Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering, 2019, 54(4): 277-285.
- [作者简介] 贾永真(1987—), 工程师。E-mail: 348056928@qq.com。
通讯作者: 袁浩, 高级工程师。E-mail: 479839861@qq.com。
[收稿日期] 2022-10-30(修改稿)

·水处理知识讲座·

什么是水的化学除盐处理?

随着锅炉向高温高压化迅速发展, 对于锅炉补给水水质的要求也越来越高, 需要把水中的盐类几乎除尽。为此, 阴、阳离子交换技术得到迅速的发展。如用H型阳离子交换剂与水中的各种阳离子进行交换而放出H⁺; 而用OH型阴离子交换剂与水中的各种阴离子

交换而放出OH⁻。这样, 当水经过这些阴、阳离子交换剂的交换处理后, 就会把水中的各种盐类基本除尽。这种方法就称为水的化学除盐处理。

(摘自《工业水处理技术问答及常用数据》)