

Adsorption of Nickel Ion by Magnetic Graphene Oxide in Wastewater

Huanghao Chen¹, Shuhui Huang^{1,2*}, Jiacheng Hu¹

¹School of Public Health and Management, Wenzhou Medical University, Wenzhou Zhejiang

²Zhejiang Provincial Key Laboratory of Watershed Science and Health, Wenzhou Medical University, Wenzhou Zhejiang

Email: *hshuhui@126.com

Received: Sep. 20th, 2018; accepted: Oct. 11th, 2018; published: Oct. 18th, 2018

Abstract

The adsorption behavior of magnetic graphene oxide on Ni²⁺ and the effect of different adsorption conditions were studied in wastewater. Through a series of adsorption equilibrium experiments, the effects of adsorbent dosage, adsorption time, temperature, pH value and initial concentration on Ni²⁺ adsorption were investigated. The results show that the optimum dosage of magnetic graphene oxide is 0.06 g, the adsorption equilibrium time is 120 min, and the adsorption effect is better when the medium pH is 6.0 - 8.0. When the initial pH was 6.0 and the concentration of MGO was 0.3 g/L, the removal rate of Ni²⁺ was 93.95%, and the maximum adsorption capacity of MGO was 19.05 mg/g.

Keywords

Graphene Oxide, Magnetic, Nickel, Adsorption

磁性氧化石墨烯对水中镍的吸附研究

陈黄豪¹, 黄树辉^{1,2*}, 胡家诚¹

¹温州医科大学公共卫生与管理学院, 浙江 温州

²温州医科大学浙南水科学研究院, 浙江 温州

Email: *hshuhui@126.com

收稿日期: 2018年9月20日; 录用日期: 2018年10月11日; 发布日期: 2018年10月18日

摘要

本文主要研究磁性氧化石墨烯对水体中Ni²⁺的吸附行为以及不同吸附条件下对镍吸附效果的影响。通过

*通讯作者。

一系列吸附平衡实验,探究吸附剂投加量、吸附时间、温度、pH、初始浓度等对镍吸附效果的影响。实验结果表明,在5 mg/L的Ni²⁺废水中,磁性氧化石墨烯的最佳投加量为0.06 g,吸附平衡时间为120 min,在介质pH 6.0~8.0时有比较好的吸附效果。在溶液初始pH为6.0, MGO的浓度为0.3 g/L时, Ni²⁺的去除率达到93.95%, MGO的最大吸附量为19.05 mg/g。

关键词

氧化石墨烯, 磁性, 镍, 吸附

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

镍(Ni)是一种高密度的银白色金属,它的熔沸点较高,具有亲和性和蓄积性,对人体的危害极大。电镀、机器制造业等排放的废水中常含有镍,如何高效地处理低浓度的含镍废水,是我们必需要解决的问题。

本文利用磁性氧化石墨烯来吸附镍,通过一系列吸附平衡实验,探究镍吸附过程中吸附剂投加量、吸附时间、初始 pH、镍吸附初始浓度、反应温度等对磁性氧化石墨烯、吸附效果的影响,明确磁性氧化石墨烯在镍废水治理中的工艺条件。

2. 材料与方法

2.1. 磁性氧化石墨烯的制备

室温条件下,称取一定量的氧化石墨烯(GO)溶于水溶液中,然后将 FeCl₃·6H₂O 和 FeSO₄·7H₂O,溶于超纯水后,加入到配制好的 GO 溶液中[1],迅速加入适量氨水调节溶液 pH 为 10,并在 85℃条件下持续搅拌 45 min,使溶液冷却至室温,用超纯水清洗至中性,抽气泵抽滤后,放入烘箱内干燥,将制备的磁性氧化石墨烯研磨成粉,装瓶备用。

2.2. 吸附剂投加量的研究

取浓度为 0~5 mg/L 的镍溶液若干份,实验设计不同的反应条件。分别加入不同量磁性氧化石墨烯(0~0.08 g)、不同的 pH (1~8),每隔一定吸附停留时间(5~180 min),不同反应温度(20℃~50℃),以 150 rpm 的转速在往返气浴恒温振荡器中振荡搅拌,取出过滤,测定水中残余的 Ni²⁺浓度,确定磁性氧化石墨烯的最佳投加量,反应时间, pH 和温度。

3. 结果与讨论

3.1. 吸附剂投加量对镍吸附的影响

磁性氧化石墨烯的投加量对于其吸附 Ni²⁺而言是一个重要参数。投加量的影响见图 1。图 1 的结果表明,随着磁性氧化石墨烯投加量的增加, Ni²⁺的去除率也随之增加,当磁性氧化石墨烯的投加量达到 0.3 g/L 时, Ni²⁺的去除率已基本平衡,达到了 92.87%,再增加吸附剂的用量,其去除率会相应增加一点直至平衡。

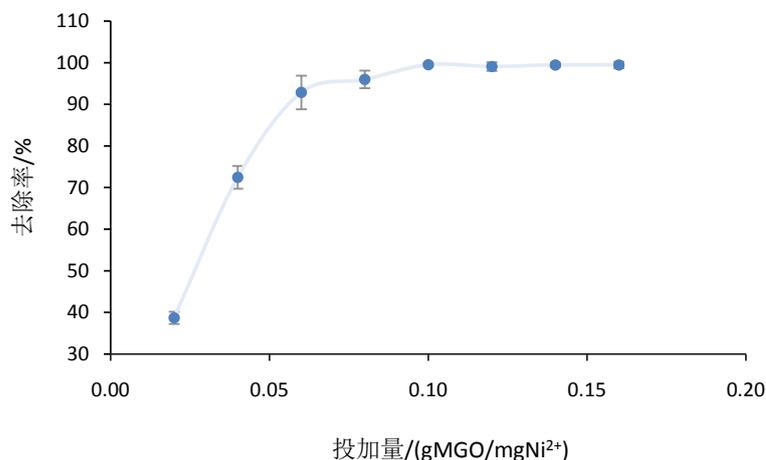


Figure 1. Effect of adsorbent addition on Ni²⁺ adsorption

图 1. 吸附剂投加量对于 Ni²⁺ 吸附的影响

出现这种变化的原因是一定量的磁性氧化石墨烯的吸附位点数量基本是一致的，通过增加吸附剂的投加量，提供给 Ni²⁺ 的吸附位点也相应增多，因此 Ni²⁺ 的被吸附量增加，其去除率增大。而当吸附剂的投加量过量时，Ni²⁺ 基本都被吸附，而磁性氧化石墨烯的结合位点不能被全部利用，造成吸附剂浪费。

3.2. 吸附时间的影响

吸附剂对 Ni²⁺ 的吸附达到平衡稳定的时间的实验结果，见图 2。由图 2 可知，0~30 min 内，磁性氧化石墨烯对 Ni²⁺ 的吸附效果显著，其去除率上升明显，达到了 75% 以上；30~120 min 内，Ni²⁺ 的去除率仍在缓慢上升；在 120 min 以后吸附量饱和。实验中为使反应能充分进行，即磁性氧化石墨烯吸附 Ni²⁺ 的含量饱和，我们选取的实验吸附时间为 120 min。

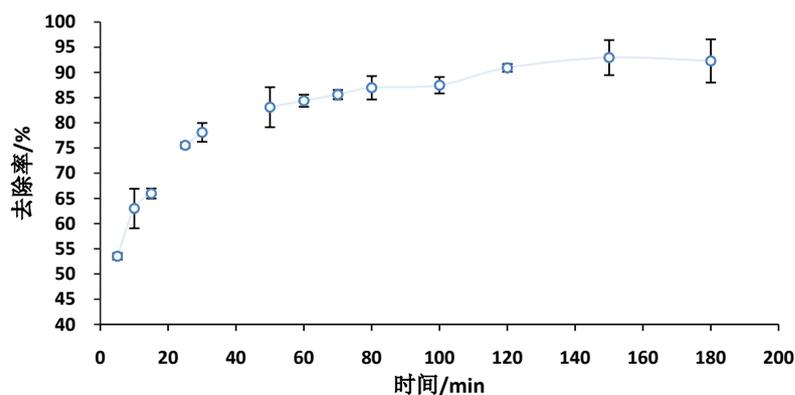


Figure 2. Effect of time on Ni²⁺ adsorption

图 2. 吸附时间对于 Ni²⁺ 吸附效果的影响

3.3. 反应温度对镍吸附的影响

反应温度对 MGO 吸附 Ni²⁺ 效果的影响如图 3 所示。在 20℃~50℃ 的范围内，随着温度的上升，MGO 对 Ni²⁺ 的吸附效果将逐步下降，但影响效果不明显。根据吸附质分子与吸附剂表面分子的相互作用强度不同，吸附可分为物理吸附和化学吸附。随着温度的上升，吸附量减少，越过最低点后，氢分子活化产生化学吸附。随温度增高，活化分子增多，故吸附量随温度上升而增加，到最高点后，化学吸附达到平

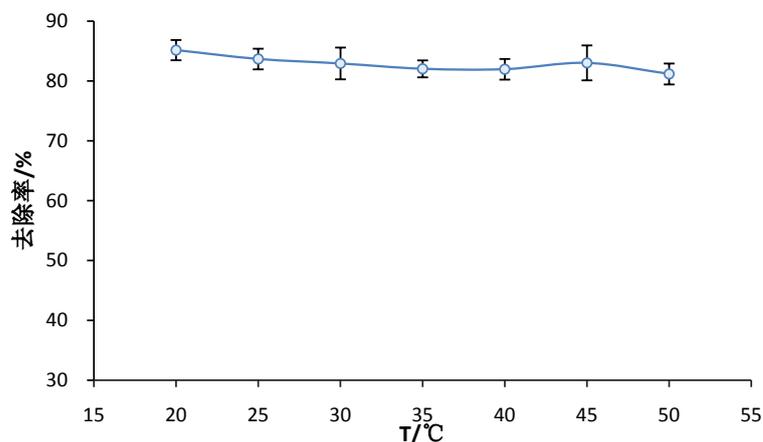


Figure 3. Effect of temperature on Ni²⁺ adsorption
图 3. 温度对于 Ni²⁺ 吸附的影响

衡。但由于化学吸附放热，故而温度继续上升，吸附量又开始下降，平衡向解析方向移动[2]。一般而言，大多数溶质在 73~173 K 范围内，随温度升高，吸附剂上的吸附量增大。但实际操作时的温度常在 273 K 以上，所以对于大多数吸附剂而言，当温度上升时，粒子运动越剧烈吸附剂吸附效果越差。

3.4. 初始 pH 对镍吸附的影响

由图 4 可知，pH 增大，Ni²⁺ 的去除率也会增大至达到近 100%。在 pH 为 3~6 时，去除率明显升高；pH 为 7~9 时，去除率仍在缓慢上升；pH 达到 9 之后，溶液中的 Ni²⁺ 基本完全去除。研究表明，低 pH 值不利于吸附过程的进行。氢离子与 Ni²⁺ 在吸附时会发生竞争[3]，从而影响 Ni²⁺ 的去除率。具体表现为：pH 较低时，H⁺ 在溶液中占主导地位，使得镍很难与磁性氧化石墨烯中的结合位点(羧基)发生离子交换或者络合[4]；随着 pH 的升高，H⁺ 的影响减弱，MGO 上的结合位点也相应增加(酚、羟基等)，Ni²⁺ 逐渐被吸附；当 pH 大于 7 之后，溶液中的 OH⁻ 浓度逐渐增加[3]，溶液中的 Ni²⁺ 与 OH⁻ 反应生成氢氧化镍沉淀，从而表现为，Ni²⁺ 的去除率增加。为防止镍发生沉淀反应影响实验结果，实验 pH 为 6。

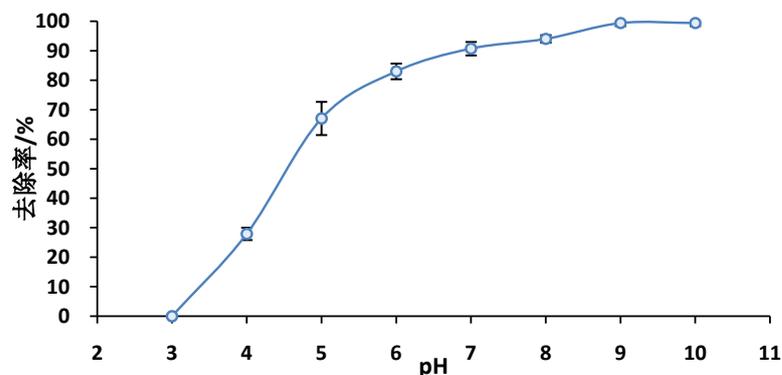


Figure 4. Effect of pH on Ni²⁺ adsorption
图 4. pH 对 Ni²⁺ 吸附的影响

4. 小结

MGO 吸附 Ni²⁺ 的最佳吸附时间为 120 min。温度对 MGO 吸附 Ni²⁺ 的影响不明显。pH 对磁性氧化石墨烯吸附效果具有较大影响，在 pH 3~6 范围内，随着 pH 的增大，镍的去除率增大明显，在 6~11 范围

内, 随着 pH 的增大, 溶液中镍的去除率稳步增大并逐渐趋于稳定。

基金项目

温州市科技局(20170013), 温州医科大学本科生校级课题(wyx2017101039), 温州医科大学公共与卫生管理学院(wgxy2016008)。

参考文献

- [1] 杨姗也, 王祥学, 陈中山, 等. 四氧化三铁基纳米材料制备及对放射性元素和重金属离子的去除[J]. 化学进展, 2018, 30(2/3): 225-242.
- [2] 汤炆斌, 黄树辉, 洪博, 等. 改性骨炭对含锌废水的吸附研究[J]. 广东微量元素科学, 2016, 23(1): 24-28.
- [3] Zhao, D., Gao, X., Wu, C., *et al.* (2016) Facile Preparation of Amino Functionalized Graphene Oxide Decorated with Fe₃O₄ Nanoparticles for the Adsorption of Cr(VI). *Applied Surface Science*, **384**, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.05.022>
- [4] Yamaguchi, N.U., Bergamasco, R. and Hamoudi, S. (2016) Magnetic MnFe₂O₄-Graphene Hybrid Composite for Efficient Removal of Glyphosate from Water. *Chemical Engineering Journal*, **295**, 391-402. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.03.051>

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7613, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ms@hanspub.org