

NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN VỀ XỬ LÝ NƯỚC THẢI GIA CÔNG CHẾ BIẾN KHOÁNG SẢN

Lưu Quang Thủy*, Hoàng Thị Bích Hòa
Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

*Email: thuycnqn@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu, giới thiệu chung về đặc điểm, nguồn phát sinh, các tác nhân lý-hóa chính gây ô nhiễm môi trường thường có trong nước thải gia công chế biến khoáng sản; tổng quan về một số nghiên cứu và phương pháp xử lý nước thải gia công chế biến khoáng sản điển hình trên thế giới và ở Việt Nam. Một số đề xuất kiến nghị cho việc xử lý, tái chế và tái sử dụng nước thải phát sinh trong gia công chế biến khoáng sản.

Từ khóa: nước thải; gia công chế biến; môi trường; khoáng sản

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nước thải phát sinh trong gia công chế biến khoáng sản (sau đây gọi tắt là nước thải) là nước thải phát sinh trong dây chuyền công nghệ xởng tuyển khoáng (tuyển quặng và tuyển than), trong bãi thải quặng đuôi, trong kho quặng tinh và quặng nguyên khai... Nước thải có khối lượng lớn, hàm lượng chất lơ lửng cao, chứa nhiều loại chất độc hại với nồng độ thấp. Chất lượng nước thải phụ thuộc vào loại hình, phương pháp tuyển. Nước thải chủ yếu chứa các ion kim loại nặng (đồng, kẽm, chì, niken, sắt, bari, asen, cadmium,...) và các loại thuốc tuyển (xanthate, dithiophosphate, xyanua, dầu thông, axit sulfuric, ...). Hiện nay, một phần nước thải được sử dụng làm nước tuần hoàn, phần lớn được thải ra môi trường hoặc thất thoát mà không qua xử lý sẽ gây ô nhiễm môi trường, gây nguy hại cho thực vật, sinh vật và sức khỏe con người. Trên thế giới, thường sử dụng phương pháp tái chế nước thải để giảm lượng nước thải thải ra môi trường, sau đó là các biện pháp thu hồi kim loại có ích và giảm hàm lượng chất ô nhiễm trong nước thải. Có nhiều phương pháp xử lý nước thải, như: oxy hóa, lắng, trao đổi ion, hấp phụ than hoạt tính, tuyển nổi, điện phân, ... Trong giới hạn bài báo, tác giả giới thiệu tổng quan về nước thải gia công chế biến khoáng sản và một số phương pháp xử lý, nghiên cứu nước thải điển hình.

2. ĐẶC ĐIỂM NƯỚC THẢI

Trong xởng tuyển khoáng, để xử lý một tấn quặng nguyên khai thường tiêu hao một lượng lớn

nước, như: tuyển nổi từ 3,5-4,5 m³/tấn quặng, tuyển nổi- tuyển từ từ 6-9 m³/tấn quặng, tuyển nổi- tuyển trọng lực từ 27-30 m³/tấn quặng. Nước thải phát sinh trong xởng tuyển khoáng chủ yếu bao gồm: nước đập bụi trong quá trình đập, phân xởng đập sàng, nước xả sàn hành lang băng tải và trạm trung chuyển quặng, trong quá trình rửa quặng, nước làm mát bộ làm mát dầu của thiết bị, đập nghiền và thoát nước của bơm chân không, nước thải từ rửa sàn và thiết bị tại xởng sản xuất sữa vôi và thuốc tuyển, nước thải ra từ các thiết bị như bể cô đặc, thiết bị lọc quặng tinh, nước vệ sinh công nghiệp tại các phân xởng tuyển,...[2,8]

Các tác nhân gây ô nhiễm chính trong nước thải chủ yếu gồm: (1) chất rắn lơ lửng thường có đặc điểm chung là tính ổn định cao, khó phân tách, ảnh hưởng trực tiếp đến điều kiện sinh sống của sinh vật dưới nước, đặc biệt hàm lượng các ion kim loại nặng gây nguy hại cho nguồn nước; (2) xanthate là chất bột màu vàng nhạt, có mùi hăng, dễ phân tách, không ổn định trong nước, dễ hòa tan trong nước, trong môi trường axit phân ly thành CS₂ là tác nhân gây ra ô nhiễm lưu huỳnh cho môi trường; (3) dithiophosphate là chất lỏng nhờn màu đen, ít tan trong nước và có mùi của hydro sunfua, thành phần gây ô nhiễm chính là photpho; (4) dầu thông là chất lỏng trong suốt màu nâu nhòen, không tan trong nước, không độc hại, tuy nhiên, dầu thông là thuốc tạo bọt nên làm thay đổi tính chất bề mặt của nước; (5) hợp chất xianua (CN⁻) là hóa chất độc hại có khả năng ảnh hưởng đến môi trường và sức khỏe con người. Nó có thể gây ra các vấn đề khác nhau

như: gây ô nhiễm môi trường nói chung, làm giảm lượng oxy có sẵn trong nước, gây ra các vấn đề về sức khỏe như ngộ độc và đau đầu; (6) hydro sunfua được tạo thành bởi các anion S^{2-} và HS^- trong nước thải có tính axit, ảnh hưởng đến hệ hô hấp, hệ tim mạch của con người, đến khả năng sinh trưởng của thực vật và sinh vật; (7) kali dicromat có màu đỏ cam, không mùi, có vị đắng, tan tốt trong nước, hợp chất này và tất cả các hợp chất có gốc cromat đều được coi là mối nguy tiềm ẩn, tác nhân gây ung thư cho con người do chứa lượng độc tính cao và khả năng ăn mòn nếu thâm nhập vào bên trong cơ thể; (8) kim loại nặng, khi nồng độ trong nước đạt 0,01-10 mg/L có thể xảy ra tác dụng độc hại, một số ion kim loại nặng sẽ bị chuyển hóa thành các hợp chất hữu cơ kim loại độc hại hơn, kim loại nặng xâm nhập vào cơ thể con người, chúng có thể tích tụ ở một số cơ quan trong cơ thể, gây ngộ độc mãn tính; (9) các hợp chất axit và kiềm thải vào vùng nước sẽ làm thay đổi độ pH của vùng nước, phá hủy tác dụng đệm tự nhiên, ức chế sự phát triển của vi sinh vật, cản trở quá trình tự làm sạch của vùng nước, đất bị nhiễm axit hoặc kiềm [8].

3. CÁC PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ NƯỚC THẢI

3.1. Phương pháp vật lý

Phương pháp vật lý còn được gọi là phương pháp xử lý cơ học. Ưu điểm của nó là đơn giản, dễ thực hiện và tiết kiệm. Chủ yếu dùng để phân tách chất rắn lơ lửng trong nước thải và thu hồi các chất có ích. Thường sử dụng các phương pháp như: trọng lực, ly tâm, lọc...

3.2. Phương pháp hoá học

Phương pháp hóa học chủ yếu xử lý nước thải chứa các chất ô nhiễm hòa tan hoặc dạng keo. Phương pháp này, không chỉ có thể tách các chất ô nhiễm ra khỏi nước thải mà còn thay đổi tính chất các chất gây ô nhiễm, như giảm độ pH của nước thải, loại bỏ ion kim loại, chất oxy hóa và một số chất hữu cơ..., phương pháp này có hiệu quả cao hơn so với phương pháp vật lý, tuy nhiên, có chi phí vận hành cao, yêu cầu quản lý và vận hành nghiêm ngặt. Thường sử dụng các phương pháp sau:

- Phương pháp trung hòa: lợi dụng nguyên lý trung hòa axit-bazơ để loại bỏ axit hoặc kiềm dư trong nước thải, từ đó thu được nước thải có tính trung tính hoặc gần trung tính. Nước thải có tính axit, thường có ba phương pháp trung hòa là trung hòa với nước thải có tính kiềm, dùng hóa chất để

trung hòa và trung hòa bằng lọc. Nước thải có tính kiềm, thường có hai phương pháp trung hòa là trung hòa với nước thải có tính axit và sử dụng hoá chất để trung hòa.

- Phương pháp kết bông: sử dụng hoá chất (chất kết bông), làm cho các hạt mịn (độ hạt khoảng 1-100 μ m), hạt keo liên kết thành các hạt có kích thước lớn dạng xốp (dạng bông) từ đó làm tăng hiệu quả tách pha rắn ra khỏi nước thải. Phương pháp này còn được áp dụng để khử nước các sản phẩm tuyển, có thể sử dụng độc lập hoặc kết hợp với phương pháp khác. Ưu điểm là thiết bị đơn giản, dễ dàng làm chủ được quy trình và bảo dưỡng, công nghệ linh hoạt; nhược điểm là chi phí cao, lượng cặn lắng lớn và khó xử lý.

- Phương pháp kết tủa hóa học: cơ chế của phương pháp này là việc thêm vào nước thải các hóa chất để làm kết tủa các chất hòa tan trong nước thải hoặc chất rắn lơ lửng sau đó loại bỏ chúng thông qua quá trình lắng cặn. Các phương pháp kết tủa hóa học thường được sử dụng như: kết tủa trung hòa, bết kết tủa sunfua, đồng kết tủa ferrit.

- Phương pháp oxi hóa khử là cách xử lý nước thải bằng hóa chất như khí hoặc dạng lỏng clo, clorat canxi, dioxit clo, hypoclorit, natri, bicromat kali, pemanganat kali, ozon, oxi không khí... Quá trình này biến chất độc hại thành dạng ít độc hại hơn và loại bỏ chúng khỏi nước thải.

- Phương pháp điện hóa là phương pháp hóa lý tái chế nước thải. Quá trình xử lý điện hóa nước thải diễn ra dưới tác động của dòng điện, sử dụng các điện cực hòa tan và không hòa tan. Loại xử lý nước thải này thuộc phương pháp không dùng thuốc thử và thông qua sử dụng một dòng điện nên rất thuận tiện và dễ dàng kiểm soát và tự động hóa.

3.3. Phương pháp hóa lý

Xử lý nước thải bằng phương pháp hóa lý là việc đưa vào nước thải một chất nào đó để tạo ra một phản ứng cụ thể giữa chất được đưa vào với các tạp chất có trong nước thải nhằm loại bỏ những tạp chất đó ra khỏi nước thải một cách hoàn toàn, thường sử dụng các phương pháp sau:

- Phương pháp hấp phụ là sử dụng các chất hấp phụ dạng xốp, nhiều lỗ để hấp phụ các chất vô cơ, hữu cơ để hòa tan trong nước thải lên bề mặt chất hấp phụ và loại bỏ chúng. Phương pháp này còn có tác dụng đối với nước thải có vi rút, vi khuẩn và vi sinh vật. Các chất hấp phụ thường được sử dụng

trong xử lý nước thải, gồm than hoạt tính, diatomite (thành phần chính là silic oxit), silica gel...

- Phương pháp trao đổi ion: sử dụng các chất trao đổi ion để tách các chất có hại trong nước thải và thay thế bằng các ion khác có cùng điện tích và với lượng tương đương. Phương pháp này, thường được sử dụng để xử lý sâu, triệt để nước thải. Có bốn loại chất trao đổi ion: zeolite tự nhiên, zeolite nhân tạo, than sunfat hóa và nhựa trao đổi ion.

- Phương pháp tách màng là công nghệ cao được phát triển nhanh chóng trong những thập kỷ gần đây, có ưu điểm là vận hành dễ dàng, thiết bị nhỏ gọn, môi trường làm việc an toàn, tiết kiệm năng lượng tiêu thụ. Thường được sử dụng là phương pháp thẩm thấu ngược, điện phân, siêu lọc.

3.4. Phương pháp sinh hóa

Xử lý nước thải bằng phương pháp sinh hóa là sử dụng vi sinh vật trong môi trường tự nhiên để oxy hóa, phân hủy các chất hữu cơ và một số chất vô cơ (hợp chất lưu huỳnh và sunfua) trong nước thải và chuyển hóa chúng thành các chất ổn định và không độc hại. Ưu điểm là hiệu quả xử lý cao, đầu tư ít, vận hành đơn giản.

4. MỘT SỐ NGHIÊN CỨU VỀ XỬ LÝ NƯỚC THẢI

Có nhiều phương pháp xử lý nước thải, tuy nhiên, khi sử dụng một phương pháp rất khó để đạt được kết quả như mong muốn. Hiện nay, trên thế giới có nhiều nghiên cứu về nước thải chế biến khoáng sản và hầu hết đều sử dụng kết hợp các phương pháp khác nhau để tiến hành nghiên cứu, cụ thể một số nghiên cứu điển hình như: Zhao Yongbin và Yuan Zengwei đã sử dụng phối hợp giữa $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ và polyacrylamide (PAM) để kết bông, sau đó sử dụng phương pháp hấp phụ than hoạt tính để xử lý nước thải, kết quả cho thấy các chỉ tiêu của nước thải sau xử lý đều đáp ứng tiêu chuẩn của quốc gia về xả thải nước thải; Xie Guanyan và Sun Shuiyu đã sử dụng polyiron và polyaluminum làm chất keo tụ (kết bông) và sử dụng công nghệ kết bông- kết tủa- hấp phụ để xử lý nước thải, sau khi xử lý bằng công nghệ kết bông- kết tủa- hấp phụ, chất lượng nước thải đạt tiêu chuẩn xả thải; Gao Suifeng, Zhang Lin và cộng sự đã sử dụng vôi và polyacrylamide làm chất kết bông sau đó sử dụng quá trình lọc để xử lý nước thải sau tuyển đồng, kết quả cho thấy nồng độ chất rắn lơ lửng trong nước thải sau xử lý khoảng 33mg/L, đáp ứng yêu cầu tái sử dụng; Zhang Xuehong, Chen

Zhiqiang và nnc đã sử dụng sắt clorua làm chất keo tụ và áp dụng quy trình lắng sơ bộ- kết bông- lắng để xử lý nước sau tuyển quặng vonfram, kết quả chất lượng nước thải sau xử lý đạt tiêu chuẩn xả thải; Zhang Jinglai sử dụng phương pháp kết tủa sunfua để xử lý nước thải sau tuyển quặng đồng, kết quả hàm lượng các ion Cu^{2+} , Fe^{3+} , SO_4^{2-} trong nước thải giảm mạnh [5,6,7]; Maree, Gerber và Melarel đã sử dụng vi sinh vật trong điều kiện yếm khí (kỵ khí) để xử lý nước thải sau chế biến quặng vàng, kết quả giá trị pH tăng từ 5,3 lên 7,0, nồng độ ion SO_4^{2-} từ 2050mg/L giảm xuống 100mg/L, giá trị COD từ 3300mg/L xuống 1662mg/L; hệ thống công nghệ vi sinh để xử lý nước thải có tính axit tại mỏ Xiaoban và Gahara của Nhật Bản được đã được áp dụng và hoạt động hiệu quả [4]. Gần đây có một số nghiên cứu đã sử dụng phương pháp đất ngập nước nhân tạo để xử lý nước thải, đất ngập nước nhân tạo là hệ sinh thái có nhiều chức năng và giá trị sử dụng, phương pháp đã lợi dụng tổng hợp các tính chất về vật lý, hóa học và sinh vật trong hệ sinh thái, thông qua các quá trình kết tủa, hấp phụ, phân hủy vi sinh vật, nitrat hóa, khử nitrat và hấp phụ thực vật để loại bỏ chất rắn lơ lửng, chất hữu cơ, N, P, kim loại nặng... trong nước thải, cụ thể: áp dụng phương pháp đất ngập nước để xử lý nước thải sau tuyển quặng chì, kẽm, kết quả cho thấy hiệu suất loại bỏ các tạp chất như COD, SS, Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} lần lượt là 92,19%, 99,62%, 93,98%, 97,02%, 96,87%, 96,39%; khi áp dụng để xử lý nước thải quặng sắt có tính axit, kết quả độ pH của nước thải tăng từ 2,6 lên 6,1 và hiệu suất loại bỏ các tạp chất Cu^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} lần lượt là 99,7%, 99,8%, 70,9%.

Ở Việt Nam, chủ yếu là các nghiên cứu sử dụng tảo hạt hoạt tính, sinh học, công nghệ sinh học kỵ khí (yếm khí) vi tảo kết hợp màng lọc, bức xạ ion hóa... để xử lý nước thải sinh hoạt. Có rất ít các nghiên cứu xử lý nước thải chế biến khoáng sản, trong đó: TS. Lê Bình Dương đã nghiên cứu ứng dụng chế phẩm nano sắt để xử lý nước thải có hàm lượng kim loại nặng cao trong ngành khai thác than- khoáng sản [3]; Tập đoàn TKV đã xây dựng 50 trạm xử lý nước thải trong hoạt động sản xuất than, trong đó 47 trạm xử lý nước thải mỏ, 03 trạm xử lý nước thải công nghiệp, với tổng công suất trên 50.000 m^3/h tương ứng khoảng hơn 200 triệu $m^3/năm$. Nước thải mỏ đã qua xử lý bảo đảm quy chuẩn môi trường quy định trước khi xả thải ra môi trường [1].

Tóm lại, do thành phần nước thải phát sinh trong gia công, chế biến khoáng sản phức tạp và đa dạng nên để đạt được kết quả xử lý tốt hơn cần tiến hành nghiên cứu chuyên sâu về chất lượng nước thải và các thành phần của chúng để lựa chọn và xác định các phương pháp xử lý tương ứng.

5. KẾT LUẬN

1. Để gia công chế biến một tấn quặng nguyên khai thường tiêu hao một lượng lớn nước, như: tuyển nổi từ 3,5-4,5 m³/tấn quặng, tuyển nổi- tuyển trọng lực từ 6-9 m³/tấn quặng, tuyển nổi- tuyển trọng lực từ 27-30 m³/tấn quặng, do đó, phát sinh một khối lượng lớn. Nước thải thường chứa nhiều ion kim loại nặng như: đồng, kẽm, chì, niken, sắt, bari, asen, cadmium,... và các loại thuốc tuyển như: xanthate, dithiophosphate, xyanua, dầu thông, axit sulfuric,

dicromat, ... gây nguy hại cho môi trường và sức khỏe con người.

2. Có nhiều phương pháp xử lý và tái chế nước thải, tuy nhiên, để nâng cao hiệu quả xử lý, thường phối hợp các phương pháp để xử lý một loại nước thải nhất định.

3. Trên thế giới, có rất nhiều các nghiên cứu về xử lý nước thải gia công chế biến khoáng sản và đã được áp dụng hiệu quả trong thực tế, tuy nhiên ở Việt Nam có rất ít các nghiên cứu về đối tượng này.

4. Để đáp ứng yêu cầu các tiêu chuẩn về nước thải thải ra môi trường (Luật Bảo vệ môi trường 2020), cần có những nghiên cứu chuyên sâu về xử lý nước thải cho từng đối tượng nước thải; đầu tư hệ thống xử lý nước phù hợp với loại hình, đặc tính nước thải, lượng nước thải gia công chế biến khoáng sản phát sinh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Thị Phương, Vũ Thị Ánh Tuyết, Nguyễn Thị Mai (2023). *Xử lý nước thải mỏ- Nhiệm vụ quan trọng trong thực hiện chiến lược phát triển ngành than*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ QUI
2. Khánh Vy (2022). *Nâng cao năng lực xử lý nước thải mỏ*. <https://www.thanthonghat.vn/tin-tuc-tkv/nang-cao-nang-luc-xu-ly-nuoc-thai-mo-8907.html>
3. Lê Bình Dương. *Nghiên cứu ứng dụng chế phẩm nano sắt để xử lý nước thải có hàm lượng kim loại nặng cao*. <https://khcncongthuong.vn/tin-tuc/t3458/nguyen-cuu-ung-dung-che-pham-nano-sat-de-xu-ly-nuoc-thai-co-ham-luong-kim-loai-nang-cao.html>
4. Maree J.P. Al (1987). *Biological Treatment of Mining Effluents*. Environ tech Letters
5. Zhao Yongbin, Yuan Zengwei, et al (2001). *Research on treatment of mineral processing wastewater by coagulation and adsorption*. Journal of Guangdong University of Technology
6. Xie Guangyan, Sun Shuiyu, etc (2002) *Research and practice on the reuse and treatment of mineral processing wastewater*. Environmental pollution control technology and equipment
7. Xu Guoqiang (2005). *Research and engineering practice on treatment technology of high suspended solids ore dressing wastewater*. Mining and Metallurgy
8. Yang Lifang (2008). *Study on the rheological characteristics of flocculation and dehydration of phosphate ore gravity separation wastewater and sludge transportation in Florida (doctoral thesis)*, USA. Kunming University of Science and Technology

Thông tin của tác giả:

TS. Lưu Quang Thủy

Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Điện thoại: +(84).912.272.046 Email: thuycnqn@gmail.com

TS. Hoàng Thị Bích Hòa

Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Điện thoại: +(84).888.113.836 Email: hoahtb@qui.edu.vn

AN OVERVIEW STUDY ON THE TREATMENT OF WASTEWATER FROM MINERAL PROCESSING

Information about authors:

Luu Quang Thuy, Ph.D., Quang Ninh University of Industry. Email: thuycnqn@gmail.com

Hoang Thi Bich Hoa, Ph.D., Quang Ninh University of Industry. Email: hoahthb@qui.edu.vn

ABSTRACT:

The article provides a comprehensive analysis of the characteristics, origins, and agents responsible for wastewater contamination. It also presents an overview of the research conducted on mineral processing wastewater treatment technologies, both globally and specifically in Vietnam. Several suggestions for the management, reutilization, and disposal of mineral processing wastewater.

Keywords: wastewater; treatment; ecosystem; mineral

REFERENCES

1. Nguyen Thi Phuong, Vu Thi Anh Tuyet, Nguyen Thi Mai (2023). *How to treat wastewater from mines - an important task in implementing the strategy for the development of Coal industry*. Journal of Science and Technology QUI
2. Khanh Vy (2022). *Improve mine wastewater treatment capacity*. <https://www.thanthonghat.vn/tin-tuc-tkv/nang-cao-nang-luc-xu-ly-nuoc-thai-mo-8907.html>
3. Le Binh Duong. *Research on application of iron nano products to treat wastewater with high heavy metal content*. <https://khncongthuong.vn/tin-tuc/t3458/nghien-cuu-ung-dung-che-pham-nano-sat-de-xu-ly-nuoc-thai-co-ham-luong-kim-loai-nang-cao.html>
4. Maree J.P. Al (1987). *Biological Treatment of Mining Effluents*. Environ tech Letters
5. Zhao Yongbin, Yuan Zengwei, et al (2001). *Research on treatment of mineral processing wastewater by coagulation and adsorption*. Journal of Guangdong University of Technology
6. Xie Guangyan, Sun Shuiyu, etc (2002) *Research and practice on the reuse and treatment of mineral processing wastewater*. Environmental pollution control technology and equipme
7. Xu Guoqiang (2005). *Research and engineering practice on treatment technology of high suspended solids ore dressing wastewater*. Mining and Metallurgy
8. Yang Lifang (2008). *Study on the rheological characteristics of flocculation and dehydration of phosphate ore gravity separation wastewater and sludge transportation in Florida (doctoral thesis)*, USA. Kunming University of Science and Technology

Ngày nhận bài: 10/5/2024;

Ngày gửi phản biện: 20/5/2024;

Ngày nhận phản biện: 21/5/2024;

Ngày chấp nhận đăng: 27/5/2024.