

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

NHẬN XÉT CỦA PHẢN BIỆN ĐỘC LẬP

LUẬN ÁN TIẾN SĨ

Về đề tài: *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ tạo hạt tầng sôi để thu hồi sắt, nhôm trong bùn đỏ của quá trình sản xuất alumin góp phần bảo vệ môi trường Chuyên ngành: Môi trường và phát triển bền vững*

Mã số: 9440301.04

Người viết nhận xét:

Cơ quan công tác:

Nội dung nhận xét:

1- Sự phù hợp của đề tài luận án với chuyên ngành đào tạo?

Đề tài luận án này phù hợp với chuyên ngành khoa học môi trường. Luận án tập trung vào xử lý chất thải nguy hại (bùn đỏ) và thu hồi các kim loại có giá trị (Fe, Al) bằng công nghệ kết tinh tạo hạt đồng thể tầng sôi (FBHC), một giải pháp tiên tiến, phù hợp với định hướng nghiên cứu về xử lý chất thải, tái chế tài nguyên và phát triển bền vững. Đề tài không chỉ giải quyết vấn đề môi trường cấp bách trong ngành công nghiệp alumin tại Việt Nam mà còn thúc đẩy mô hình kinh tế tuần hoàn, đáp ứng mục tiêu đào tạo về phát triển các giải pháp công nghệ xanh. Hơn nữa, việc ứng dụng công nghệ FBHC, vốn còn mới tại Việt Nam, thể hiện tính liên ngành và đóng góp khoa học đáng kể, bổ sung kiến thức chuyên sâu cho lĩnh vực. Vì vậy, đề tài này hoàn toàn phù hợp với chuyên ngành đào tạo, mang tính thực tiễn và có ý nghĩa lớn trong việc định hướng nghiên cứu ứng dụng.

2- Đề tài luận án, số liệu, kết quả nghiên cứu, kết luận có trùng lặp với các luận án đã bảo vệ trong và ngoài nước không hoặc có trùng lặp với các công trình khoa học của các tác giả khác đã công bố trong và ngoài nước không? Việc trích dẫn có rõ ràng, đầy đủ và trung thực không?

- Dựa trên phân tích nội dung luận án và các tìm kiếm trên cơ sở dữ liệu học thuật (qua các công cụ tìm kiếm web, ScienceDirect, ResearchGate và các nguồn khác), tôi đánh giá rằng đề tài, số liệu, kết quả nghiên cứu và kết luận của luận án chưa có dấu hiệu trùng lặp đáng kể với các luận án đã bảo vệ hoặc công trình khoa học khác đã công bố trong và ngoài nước. Luận án có những điểm mới khác biệt, đặc biệt trong việc ứng dụng công nghệ tạo hạt tầng sôi (FBHC) để thu hồi Fe và Al từ bùn đỏ - một lĩnh vực còn hạn chế nghiên cứu tại Việt Nam và quốc tế.

- Về việc trích dẫn, luận án thể hiện sự rõ ràng, đầy đủ và trung thực. Tài liệu tham khảo

bao gồm hơn 100 nguồn (tiếng Việt và tiếng Anh).

3- Kết quả nghiên cứu của luận án có đóng góp gì mới cho lĩnh vực khoa học chuyên ngành: ý nghĩa khoa học, giá trị và độ tin cậy của những kết quả đó?

- Kết quả nghiên cứu của luận án mang lại các đóng góp mới cho lĩnh vực khoa học môi trường và kỹ thuật hóa học, đặc biệt là trong việc ứng dụng công nghệ FBHC để thu hồi Fe và Al từ bùn đỏ. Ý nghĩa khoa học nằm ở việc cung cấp cơ sở lý thuyết và thực nghiệm để xử lý chất thải nguy hại, thúc đẩy kinh tế tuần hoàn. Giá trị thực tiễn được thể hiện qua tiềm năng giảm thiểu ô nhiễm, tiết kiệm chi phí xử lý bùn đỏ và tạo ra sản phẩm có giá trị thương mại. Độ tin cậy của kết quả được đảm bảo qua phương pháp nghiên cứu khoa học, dữ liệu thực tế và các công bố uy tín, mặc dù vẫn còn hạn chế do phạm vi nghiên cứu giới hạn ở quy mô phòng thí nghiệm.

Các đóng góp chính bao gồm:

- Xây dựng được quy trình công nghệ FBHC hoàn chỉnh: Luận án đã thiết kế và vận hành thành công quy trình công nghệ kết tinh tạo hạt đồng thể tầng sôi (FBHC) để thu hồi Fe và Al từ bùn đỏ, với hiệu suất cao: “thu hồi Fe đạt 99,9% ở pH tối ưu 3,5 - 4,0 và thu hồi Al đạt 99,6% ở pH tối ưu 6,0 - 7,0 trong thời gian lưu thủy tối ưu là 20 phút”. Đây là một đóng góp mới, đặc biệt tại Việt Nam, nơi công nghệ FBHC chưa được nghiên cứu sâu trong xử lý bùn đỏ. Trên thế giới, các nghiên cứu về FBHC thường tập trung vào nước thải khác (như nước thải mạ điện hoặc chăn nuôi), còn ứng dụng cho bùn đỏ vẫn còn hạn chế.

- Xác định được các dạng tồn tại và yếu tố ảnh hưởng: Luận án đã xác định được các dạng tồn tại của Fe (hematite, goethite, Al-goethite) và Al (gibbsite, boehmite, diascore, kaolinite) trong bùn đỏ từ Nhà máy Alumin Nhân Cơ, với hàm lượng “ Fe_2O_3 (44,42%) và Al_2O_3 (19,73%)”. Đồng thời, các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất hòa tách được xác định rõ: “pH, tỷ lệ mol $[\text{H}_2\text{O}_2]/[\text{Al}^{3+}]$, tốc độ khuấy và tải trọng bề mặt”. Những thông tin này cung cấp cơ sở khoa học để tối ưu hóa quy trình thu hồi, là đóng góp mới trong việc hiểu rõ cơ chế hóa học của bùn đỏ.

- Sản phẩm có chất lượng: Luận án đã tạo ra sản phẩm thu hồi là “ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dạng tinh thể hình cầu và $\text{Al}(\text{OH})_3$ (bayerit) có cấu trúc lõi-vỏ” với kích thước hạt lớn (lên tới 1 mm), thuận lợi cho các ứng dụng công nghiệp như luyện kim, vật liệu chịu lửa hoặc xúc tác. Đây là một đóng góp mới về mặt công nghệ, cung cấp sản phẩm có giá trị thương mại từ chất thải.

4- Các công trình đã công bố của tác giả có phản ánh kết quả chủ yếu của luận án không? Chất lượng các bài báo của tác giả và nhận định của người phản biện độc lập về chất lượng của tạp chí đã đăng bài cho nghiên cứu sinh (NCS). Đặc biệt lưu ý đến tính thời sự của các bài báo.

- Nghiên cứu sinh đã công bố 6 công trình khoa học trên các tạp chí trong nước và quốc

tế. Các công trình công bố của tác giả phản ánh tốt các kết quả chủ yếu của luận án, đặc biệt qua bài 1 và 3, với trọng tâm là công nghệ FBHC và hiệu suất thu hồi Fe/Al từ bùn đỏ. Các bài báo 1 và 3 phản ánh trực tiếp kết quả chủ yếu của luận án (quy trình FBHC, hiệu suất thu hồi và tối ưu hóa hòa tách), trong khi các bài khác đóng vai trò hỗ trợ và định hướng phương pháp cho luận án.

- Chất lượng tạp chí đa dạng, với Sustainable Chemistry One World và RSC Advances mang tầm quốc tế, đảm bảo uy tín học thuật cao. Tạp chí Kinh tế Môi trường phù hợp với phạm vi quốc gia, hỗ trợ phổ biến nghiên cứu tại Việt Nam. Tính thời sự của các bài 2025 trên cả ba tạp chí cho thấy tác giả đã cập nhật và công bố kịp thời, nâng cao giá trị khoa học.

5- Bản Trích yếu luận án và Tóm tắt luận án có phản ánh đầy đủ và đúng nội dung chính của luận án hay không?

- Tóm tắt luận án phản ánh đầy đủ nội dung chính của luận án, bao gồm mục tiêu, phương pháp, kết quả, ý nghĩa, hạn chế và kiến nghị. Bản Trích yếu cũng phản ánh đầy đủ các khía cạnh cơ bản (mục tiêu, đối tượng, kết quả, ý nghĩa), nhưng ngắn gọn hơn, phù hợp với định dạng trích yếu.

- Cả hai tài liệu đều phản ánh đúng nội dung chính, với các số liệu (hiệu suất 99,9% Fe, 99,6% Al; điều kiện pH, thời gian lưu thủy) và phân tích (hiệu quả môi trường, kinh tế) khớp với luận án gốc..

6- Ý kiến góp ý về Luận án

- Tiến hành rà soát toàn bộ luận án (bao gồm các chương, phụ lục, tài liệu tham khảo) để sửa các văn phong và các lỗi đánh máy.

- Phần mở đầu nên bổ sung giải thích cụ thể tại sao công nghệ kết tinh tạo hạt đồng thể tầng sôi (FBHC) được chọn, nhấn mạnh ưu điểm vượt trội của nó so với các phương pháp khác trong việc thu hồi kim loại có giá trị (Fe, Al) từ bùn đỏ.

*** Chương 1. Tổng quan vấn đề nghiên cứu**

- Chương 1 đã trích dẫn nhiều tài liệu về xử lý bùn đỏ và công nghệ tầng sôi, nhưng một số tài liệu quốc tế được sử dụng chưa cập nhật. Nghiên cứu sinh nên xem lại và bổ sung thêm tổng quan các nghiên cứu trong nước và quốc tế gần đây đến 2025 về công nghệ thu hồi kim loại từ bùn đỏ, đặc biệt là các công nghệ tương tự FBHC hoặc các phương pháp tiên tiến khác.

- Phần tổng quan đã liệt kê một số phương pháp xử lý bùn đỏ nhưng chưa có so sánh định lượng hoặc định tính chi tiết để làm nổi bật tính ưu việt của công nghệ FBHC. Bổ sung so sánh giữa FBHC và các công nghệ khác dựa trên các tiêu chí cụ thể như hiệu suất thu hồi kim loại, chi phí, tác động môi trường và khả năng triển khai công nghiệp.

- Phần phân tích thành phần bùn đỏ chủ yếu dựa trên mẫu từ hai nhà máy Tân Rai và Nhân Cơ, nhưng chưa đề cập đến sự biến đổi thành phần bùn đỏ theo thời gian hoặc giữa

các nhà máy khác trên thế giới. Bổ sung thông tin về thành phần bùn đỏ từ các nhà máy nhôm quốc tế (như ở Úc, Brazil, hoặc Trung Quốc) để làm rõ tính đại diện của mẫu nghiên cứu.

- Phần đánh giá tổng thể tình hình nghiên cứu về vấn đề thu hồi kim loại nặng từ bùn đỏ bằng FBHC ở trên thế giới và Việt Nam chưa nổi bật, chưa thấy rõ được khoảng trống trong nghiên cứu. Vì thế, cần thêm nội dung vào kết luận của chương 1 tóm tắt đánh giá các nghiên cứu về xử lý bùn đỏ trên thế giới và tại Việt Nam để chỉ ra rằng vấn đề nghiên cứu áp dụng FBHC này còn hạn chế, từ đó cho thấy hạn chế, khoảng trống và khẳng định tính mới của luận án.

* Chương 2: Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu

- Chương 2 liệt kê các thông số nghiên cứu (pH, tỷ lệ H_2O_2/Al^{3+} , tốc độ khuấy, tải trọng bề mặt), nhưng chưa giải thích đầy đủ tại sao các thông số này được chọn và ảnh hưởng của chúng đến hiệu suất FBHC. Bổ sung cơ sở lý thuyết hoặc trích dẫn tham khảo từ các nghiên cứu trước để giải thích tại sao các thông số như pH (3,5–4,0 cho Fe, 6,0–7,0 cho Al) và tỷ lệ H_2O_2/Al^{3+} là quan trọng.

- Chương 2 chưa đề cập đầy đủ đến cách xử lý chất thải thứ cấp (như bùn thải sau hòa tách hoặc nước thải chứa axit sulfuric) trong quy trình FBHC, điều này quan trọng để đánh giá tính bền vững của công nghệ. Bổ sung phần thảo luận về thành phần và phương pháp xử lý chất thải thứ cấp từ FBHC.

- Thiếu mô tả phương pháp phân tích chi phí – lợi ích cho nội dung kết quả của chương 3. Cần bổ sung.

- Trong phương pháp chuyên gia cần làm rõ cụ thể số lượng chuyên gia đã tham khảo ý kiến, phỏng vấn.... Không thể trình bày chung chung và cũng cần có long ghép đánh giá vào kết quả thể hiện ở chương 3 cho phần bàn luận.

* Chương 3: Kết quả nghiên cứu và thảo luận

- Nội dung trình bày kết quả nghiên cứu chủ yếu mới dừng lại ở mô tả kết quả mà chưa có giải thích nguyên nhân, so sánh với các kết quả nghiên cứu khác. Nghiên cứu sinh cần bổ sung giải thích kết quả thí nghiệm, tham khảo các nghiên cứu trước đó để giải thích sự thay đổi của kết quả, tại sao hiệu suất tối ưu đạt được ở các điều kiện về thời gian là 5 giờ, pH... đến hiệu suất thu hồi Fe và Al từ bùn đỏ của FBHC, so sánh với các nghiên cứu trước đó để tăng tính thuyết phục và chặt chẽ.

- Bổ sung thông tin về phân tích thống kê (như độ lệch chuẩn, hoặc sai số, kiểm định ý nghĩa thống kê), số lần lặp thí nghiệm, của các phép đo trong các số liệu về thành phần của bùn thải, số liệu thực nghiệm ở các bảng và các hình. Nếu trình bày như hiện tại ở luận án, người nhận xét hiểu là số liệu chỉ được phân tích 1 lần, số thí nghiệm chỉ được thực hiện 1 lần thì chưa đủ độ tin cậy.

- Kết quả phân tích thành phần bùn đỏ từ Tân Rai và Nhân Cơ được trình bày, nhưng

chưa thảo luận về sự biến động của thành phần bùn đỏ theo thời gian hoặc giữa các lô mẫu, có thể ảnh hưởng đến tính ổn định của quy trình FBHC. Bổ sung phân tích về sự khác biệt thành phần bùn đỏ giữa các mẫu (nếu có) và tác động của sự khác biệt này đến hiệu suất thu hồi.

- Bổ sung thảo luận cách quy trình FBHC có thể điều chỉnh để phù hợp với sự biến động của bùn đỏ trong thực tế.

- Phần thảo luận đã đề cập đến hiệu suất thu hồi cao của FBHC, nhưng chưa so sánh đầy đủ với các nghiên cứu quốc tế hoặc phương pháp khác về hiệu suất, độ tinh khiết hoặc chi phí. Bổ sung một bảng hoặc đoạn văn so sánh hiệu suất thu hồi Fe và Al của FBHC với các công nghệ khác (có thể dựa trên tài liệu tham khảo ở Chương 1).

- Sự giải thích về tỷ lệ kết tinh giảm khi L vượt quá 2 (mục 3.4.2 – trang 92) là suy đoán của tác giả, cần có dẫn chứng, trích dẫn hoặc minh chứng để làm chặt chẽ hơn. Tương tự ở nhiều nội dung khác cũng như vậy.

- Đặc tính của sản phẩm thu hồi ($\text{Fe}(\text{OH})_3$ và $\text{Al}(\text{OH})_3$ dạng bayerite) được mô tả (độ tinh khiết, cấu trúc tinh thể), nhưng chưa phân tích chi tiết về tính chất vật lý (kích thước hạt, diện tích bề mặt) và ứng dụng thực tiễn. Bổ sung dữ liệu về kích thước hạt, diện tích bề mặt, hoặc tính chất cơ học của sản phẩm thu hồi.

- Hình 3.10, 3.11, 3.12, 3.13: cần viết hóa ghi chú từ tiếng anh sang tiếng Việt.

- Thảo luận thêm về tiềm năng ứng dụng của $\text{Fe}(\text{OH})_3$ và $\text{Al}(\text{OH})_3$ trong các ngành công nghiệp (như luyện kim, xử lý nước, sản xuất xúc tác) để tăng tính thực tiễn.

- Phần thảo luận đã phân tích ảnh hưởng của các thông số (pH, tỷ lệ $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Al}^{3+}$, tốc độ khuấy, tải trọng bề mặt), nhưng chưa giải thích rõ cơ chế hóa học/vật lý đứng sau mỗi ảnh hưởng, làm giảm tính thuyết phục. Bổ sung giải thích chi tiết về cơ chế hóa học/vật lý của từng thông số, ví dụ: tại sao pH 3,5–4,0 tối ưu cho $\text{Fe}(\text{OH})_3$ hoặc tại sao tỷ lệ $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Al}^{3+}$ ảnh hưởng đến kết tinh $\text{Al}(\text{OH})_3$. Đồng thời, bổ sung sơ đồ mô tả cơ chế tổng thể minh họa quá trình thu hồi Fe và Al từ bùn đỏ của FBHC.

- Chưa thảo luận đầy đủ về thành phần và cách xử lý chất thải thứ cấp (như bùn thải sau hòa tách, nước thải chứa axit sulfuric). Bổ sung phân tích thành phần của chất thải thứ cấp (như hàm lượng kim loại nặng, pH của nước thải) và đề xuất phương án xử lý.

- Phần thảo luận tập trung vào kết quả phòng thí nghiệm nhưng chưa đánh giá đầy đủ các thách thức khi mở rộng quy trình FBHC lên quy mô pilot hoặc công nghiệp (như tiêu thụ năng lượng, chi phí thiết bị). Bổ sung thảo luận ngắn về các thách thức tiềm tàng khi mở rộng quy mô (như tắc nghẽn cột tầng sôi, quản lý dòng thải liên tục) và đề xuất hướng giải quyết. Tham khảo các nghiên cứu quốc tế về ứng dụng FBHC ở quy mô lớn để làm cơ sở cho các đề xuất.

- Tính logic chưa hoàn hảo do một số phần thiếu liên kết rõ ràng, ví dụ: kết quả về sản phẩm thu hồi ($\text{Fe}(\text{OH})_3$ và $\text{Al}(\text{OH})_3$) được mô tả nhưng chưa giải thích đầy đủ cơ chế

hình thành cấu trúc lõi-vỏ. Vì thế NCS làm rõ thêm cơ chế hóa học/vật lý đằng sau kết quả, ví dụ: giải thích tại sao pH 4,0 tối ưu cho $\text{Fe}(\text{OH})_3$ bằng cách trích dẫn phương trình cân bằng (ví dụ $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3$) và dữ liệu động học... Với các kết quả khác cũng tương tự như vậy.

- Nghiên cứu sinh nên tăng cường trích dẫn giải thích, minh chứng, so sánh kết quả từ nghiên cứu này với các nghiên cứu khác để làm phong phú và thuyết phục hơn cho nghiên cứu của mình.

* Phần kết luận:

Nghiên cứu sinh nên làm rõ một số vấn đề sau:

- Nghiên cứu sinh cần làm rõ hơn ở phần Kết luận về các số liệu cụ thể kết quả đã đạt được ở các nội dung trong chương 3 và sắp xếp lại cấu trúc cho logic theo thứ tự kết quả trình bày ở chương 3.

- Một số kết quả quan trọng từ Chương 3 chưa được đề cập hoặc chỉ được nhắc sơ lược, ví dụ: phân tích thành phần bùn đỏ (hàm lượng Fe_2O_3 , Al_2O_3 , dạng tồn tại như hematite, gibbsite) và đặc tính vật lý của sản phẩm thu hồi (kích thước hạt, diện tích bề mặt).

- Phần Kết luận chưa đề cập đến các hạn chế của nghiên cứu (như quy mô phòng thí nghiệm, chưa đánh giá chất thải thứ cấp), làm giảm tính khách quan và toàn diện.

- Chưa nhấn mạnh đủ tính tiên phong của công nghệ FBHC so với các phương pháp khác ở Việt Nam trong thu hồi Fe và Al từ bùn đỏ, khiến phần Kết luận chưa làm nổi bật đóng góp khoa học của luận án.

7- Kết luận

Phản biện độc lập đồng ý đề luận án được bảo vệ trước hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ, nhưng NCS cần bổ sung, hoàn chỉnh luận án theo các ý kiến đóng góp của phản biện độc lập hoặc giải thích thuyết phục nhằm bảo lưu quan điểm của mình.

Ngày 14 tháng 10 năm 2025

Người nhận xét