



Tạp chí điện tử
Khoa học và Công nghệ Giao thông
Trang website: <https://jstt.vn/index.php/vn>



Article info

Type of article:

Original research paper

DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2025.vn.5.4.132-142>

***Corresponding author:**

Email address:

phuongnht@tbump.edu.vn

Received: 14/10/2025

Received in Revised Form:
22/12/2025

Accepted: 24/12/2025

Fabrication of heavy metal adsorption materials in water from coal slag of the Thai Binh Thermal power plant

Part I: Fabrication of material particles and testing materials sustainability in water

Vu Thi Hue¹, Tran Thi Thu Ha², Le Lan Anh³, Pham Hong Chuyen⁴, Nguyen Thi Ha Phuong^{2,*}

¹Department of Chemistry, Faculty of Basic Science, Thai Binh University of Medicine and Pharmacy, No.373, Ly Bon Street, Hung Yen city

²Department of Sociology of Health, Faculty of Public Health, Thai Binh University of Medicine and Pharmacy, No.373, Ly Bon Street, Hung Yen city

³Department of Political Theory, Faculty of Basic Science, Thai Binh University of Medicine and Pharmacy, No.373, Ly Bon Street, Hung Yen city

⁴Department of Chemistry – Environment, Faculty of Applied Sciences, University of Transport Technology, 54 Trieu Khuc Street, 11400, Ha Noi, Viet Nam

Abstract: Coal slag is an industrial waste from thermal power plants that causes negative effects on the environment such as air pollution, soil pollution, and water pollution. Therefore, managing and recycling the coal slag is essential. Based on the knowledge of coal slag's ingredients, we conducted this study to create material granules from coal slag and the water resistance of the materials of Thai Binh Thermal Power Plant. Study results show that material granules made from coal slag and kaolin with a ratio of 10:3 were heated at 400 °C, obtaining high water sustainability.

Keywords: coal slag, material granules, wet chemistry.



Thông tin bài viết
Dạng bài viết:
Bài báo nghiên cứu

DOI:
<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2025.vn.5.4.132-142>

*Tác giả liên hệ:
Địa chỉ Email:
phuongnht@tbump.edu.vn

Ngày nộp bài: 14/10/2025
Ngày nộp bài sửa: 22/12/2025
Ngày chấp nhận: 24/12/2025

Chế tạo hạt vật liệu hấp phụ kim loại nặng trong nước từ xỉ than của nhà máy nhiệt điện Thái Bình

Phần I: Chế tạo hạt vật liệu và kiểm tra độ bền vững trong nước của hạt vật liệu

Vũ Thị Huệ¹, Trần Thị Thu Hà², Lê Lan Anh³, Phạm Hồng Chuyên⁴, Nguyễn Thị Hà Phương^{2,*}

¹Bộ môn Hóa học, Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học Y Dược Thái Bình, số 373, phố Lý Bôn, phường Trần Lãm, tỉnh Hưng Yên, 17000.

²Bộ môn Xã hội học sức khỏe, khoa Y tế công cộng, Trường Đại học Y Dược Thái Bình, số 373, phố Lý Bôn, phường Trần Lãm, tỉnh Hưng Yên, 17000.

³Bộ môn Lý luận chính trị, Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học Y Dược Thái Bình, số 373, phố Lý Bôn, phường Trần Lãm, tỉnh Hưng Yên, 17000.

⁴Bộ môn Hóa học - Môi trường, Khoa Khoa học ứng dụng, Trường Đại học Công nghệ GTVT, 54 Triều Khúc, 11400, Hà Nội, Việt Nam.

Tóm tắt: Xỉ than là chất thải công nghiệp từ các nhà máy nhiệt điện có ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường, gây ra tình trạng ô nhiễm không khí, đất đai và nguồn nước. Do đó công tác quản lý, xử lý và tái sử dụng xỉ than như một nguồn nguyên vật liệu là vô cùng quan trọng. Dựa trên kiến thức về thành phần hóa học của xỉ than và yêu cầu cấp thiết xử lý hiệu quả xỉ than thải ra từ các nhà máy nhiệt điện, nhóm nghiên cứu thực hiện nghiên cứu chế tạo hạt vật liệu từ xỉ than của nhà máy nhiệt điện Thái Bình theo phương pháp hóa ướt. Sau khi chế tạo, hạt vật liệu được kiểm tra độ bền trong nước. Kết quả thu được cho thấy mẫu hạt vật liệu chế tạo từ xỉ than của nhà máy có sử dụng chất phụ gia set-kaolin với tỷ lệ xỉ than: set-kaolin bằng 10:3 và nung ở nhiệt độ 400 °C có độ bền vững cao trong nước.

Từ khóa: xỉ than, hạt vật liệu, hóa ướt.

1. Giới thiệu

Xỉ than là chất thải công nghiệp được thải ra sau các quá trình sản xuất điện từ các nhà máy nhiệt điện. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng xỉ than có ảnh hưởng tiêu cực đến các khía cạnh khác nhau của đời sống. Đối với môi trường, xỉ than thải thẳng ra môi trường sẽ gây tình trạng ô nhiễm không khí, đất đai và nguồn nước. Các chất độc hại chưa được xử lý tồn tại trong xỉ than có

thể là nguyên nhân phá hủy sự sống của các loài sinh vật, vì sinh vật có lợi tồn tại trong môi trường [1–3]. Đối với con người, người dân sinh sống tại các khu vực gần nhà máy nhiệt điện có nguy cơ phơi nhiễm với bụi tồn tại trong không khí có nguồn gốc từ các bãi chứa tro, xỉ. Bên cạnh đó, các chất độc hại chưa qua xử lý trong xỉ than có thể là nguyên nhân gây ra các bệnh lý da liễu, bệnh lý đường hô hấp và hệ tim mạch, tình trạng

còi xương và chậm phát triển ở trẻ nhỏ.

Trong kỹ thuật, cần phân biệt rõ hai khái niệm "tro" và "xỉ". Cả hai đều là những chất (cùng với nhiều chất khác) được thải ra trong quá trình phát điện và thuộc loại chất thải rắn. Trong đó, "tro" thải ra theo đường khói, hay còn gọi là "tro bay"; còn "xỉ" được thải qua đáy của lò hơi, hay còn gọi là "xỉ đáy lò". Tỷ lệ chất rắn thải ra dưới dạng "tro bay" hay "xỉ đáy lò" phụ thuộc vào công nghệ đốt của lò hơi, nhưng "tro bay" thường lớn hơn "xỉ đáy lò".

Xỉ than thường được chia thành 2 loại:

Xỉ than thô (xỉ): Là 10-15% các chất vô cơ không cháy và bị kết dính dưới đáy tạo thành tro than có cấu trúc xốp, loại này thường được sử dụng nhiều trong các công trình xây dựng.

Xỉ than mịn (tro bay): Là 80-85% các chất vô cơ không cháy còn lại sẽ tạo thành khói và bay ra ngoài loại này thường được dùng trong công nghiệp sản xuất xi măng, bê tông,...[1].

Xỉ than là sản phẩm phụ từ quá trình đốt than ở nhiệt độ cao (thường trên 1000 °C), nên bản chất của nó đã khá ổn định về mặt hóa học. Dựa trên các nghiên cứu, việc sấy xỉ than ở nhiệt độ cao (< 600 °C), chủ yếu nhằm loại bỏ độ ẩm hoặc nước hấp phụ, mà không gây ra biến đổi về thành phần hóa học.

Thống kê chỉ ra rằng mỗi năm các nhà máy nhiệt điện trên cả nước thải ra môi trường một khối lượng lớn tro xỉ than. Trên cả nước hiện có 25 nhà máy nhiệt điện đang hoạt động với tổng lượng tro xỉ thải ra môi trường năm 2020 là 12,45 triệu tấn. Đến năm 2030, các nhà máy nhiệt điện trên cả nước được dự đoán sẽ thải ra khoảng 16,74 triệu tấn tro, xỉ [4]. Trong đó, 66,0% tổng lượng phát thải tập trung tại khu vực miền Bắc. Theo thống kê năm 2020, nhà máy Nhiệt điện Thái Bình sử dụng khoảng 1,6 triệu tấn than mỗi năm và phát thải 90 nghìn tấn xỉ than và 350 nghìn tấn tro. Lượng lớn tro, xỉ than thải ra từ các nhà máy nhiệt điện có tác động tiêu cực đến môi trường cũng như sinh vật đã đặt ra yêu cầu cần xử lý hiệu quả nhằm bảo vệ môi trường.

Nghiên cứu phân tích thành phần cơ bản của xỉ than thải ra từ một số nhà máy nhiệt điện sử

dụng lò hơi đốt than phun (PC) cho thấy tỷ lệ Al_2O_3 là 11,0-22,8% và tỷ lệ Fe_2O_3 là 6,3-10,3%. Bên cạnh đó, xỉ than thải ra từ một số nhà máy nhiệt điện sử dụng lò hơi tầng sôi tuần hoàn (CFB) có tỷ lệ Al_2O_3 là 13,0-23,8% và tỷ lệ Fe_2O_3 là 3,7-6,7% [4]. Tỷ lệ thành phần các oxide kim loại trên trong xỉ than gần giống với đá Bazan [5,6]. Kết quả từ một số nghiên cứu đã cho thấy đá Bazan với các tâm hấp phụ ion kim loại có khả năng hấp phụ tốt các ion kim loại nặng trong nước thải [7,8]. Do đó nhóm nghiên cứu tiến hành nghiên cứu chế tạo hạt vật liệu có khả năng hấp phụ ion kim loại nặng trong nước thải từ xỉ than của nhà máy Nhiệt điện Thái Bình.

2. Phương pháp/ Phân tích

2.1. Nguyên vật liệu

Xỉ than được lấy từ các nhà máy Nhiệt điện Thái Bình. Hóa chất được sử dụng trong quá trình nghiên cứu bao gồm nước cất 2 lần và set-kaolin ở dạng tinh khiết phân tích. Set-kaolin được sử dụng trong quá trình chế tạo nhằm tăng độ bền và khả năng hấp phụ ion kim loại nặng cho hạt vật liệu [9,10].

2.2. Cơ sở của quy trình chế tạo hạt vật liệu

2.2.1. Cơ sở lựa chọn tỷ lệ set-kaolin

Trong nghiên cứu này, tỷ lệ set-kaolin được lựa chọn bao gồm 10%, 20% và 30% lần lượt đại diện cho các mức độ thấp, trung bình và cao giúp đánh giá xu hướng thay đổi tính chất hạt vật liệu theo hàm lượng set-kaolin. Các nghiên cứu trước đây thường thử nghiệm tỷ lệ set-kaolin trong khoảng từ 5% đến 40% để tìm điểm tối ưu [11].

- Tỷ lệ set-kaolin thấp (10%) phù hợp khi cần giữ cấu trúc xốp của xỉ than để hấp phụ vật lý.
- Tỷ lệ set-kaolin trung bình (20%) thường là điểm cân bằng giữa độ bền và khả năng hấp phụ của hạt vật liệu.
- Tỷ lệ set-kaolin cao (30%) giúp tăng cường độ bền cơ học và hoạt động của nhóm chức năng bề mặt (-OH từ kaolinite) của hạt vật liệu.

Từ đó nhóm nghiên cứu thử nghiệm các tỷ lệ 10%, 20% và 30% set-kaolin là tỷ lệ nằm trong

khoảng cho kết quả tốt cả về độ bền và hiệu quả hấp phụ ion kim loại nặng, đồng thời hạn chế tình trạng giảm diện tích bề mặt riêng gây ra bởi tình trạng tỷ lệ set-kaolin quá cao làm tắc bề mặt hấp phụ của hạt vật liệu.

2.2.2. Cơ sở lựa chọn nhiệt độ nung

Xỉ than chứa các oxide kim loại (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO) ổn định ở mức nhiệt độ trung bình ($300\text{-}400\text{ }^\circ\text{C}$), nhưng có thể mất một phần nhóm chức bề mặt nếu nung ở nhiệt độ quá cao ($> 600\text{ }^\circ\text{C}$).

Ở mức nhiệt $300\text{-}400\text{ }^\circ\text{C}$, set-kaolin trải qua quá trình mất nước liên kết, giúp cải thiện cấu trúc xốp và tăng nhóm chức bề mặt ($-\text{OH}$) nhưng chưa gây chuyển hóa hoàn toàn thành metakaolin (hiện tượng thường xảy ra ở nhiệt độ $500\text{-}600\text{ }^\circ\text{C}$).

Như vậy, nhiệt độ nung từ $300\text{-}400\text{ }^\circ\text{C}$ được lựa chọn nhằm các mục đích:

- Tăng cường liên kết giữa xỉ than và set-kaolin, tạo hạt vật liệu có độ bền cơ học cao.
- Tạo cấu trúc vi xốp và trung bình xốp, tăng diện tích bề mặt riêng thường từ $10\text{-}50\text{ m}^2/\text{g}$.
- Tránh phá hủy các nhóm chức bề mặt ($-\text{OH}$) quan trọng cho quá trình hấp phụ ion kim loại nặng như Pb^{2+} , Cd^{2+} , ...

Bên cạnh đó, kết quả từ các nghiên cứu trước đây đã cho thấy vật liệu được nung ở nhiệt độ $300\text{-}400\text{ }^\circ\text{C}$ đạt hiệu quả hấp phụ tốt mà không tiêu tốn quá nhiều năng lượng giúp tiết kiệm chi phí cho quá trình chế tạo [11].

2.2.3. Cơ sở lựa chọn tạo hạt vật liệu dạng hạt

Nhóm nghiên cứu lựa chọn tạo vật liệu dưới dạng hạt thay vì dạng bột vì mục tiêu chính của vật liệu hấp phụ ion kim loại nặng (như Pb^{2+} , Cd^{2+} ...) là ứng dụng thực tế trong hệ thống xử lý nước thải công nghiệp hoặc sinh hoạt, nơi cần cân bằng giữa hiệu suất hấp phụ và tính khả thi kỹ thuật. Việc giữ vật liệu ở dạng bột có thể mang lại hiệu suất cao hơn ở quy mô phòng thí nghiệm do diện tích bề mặt lớn, nhưng gặp nhiều hạn chế trong ứng dụng thực tế. Dưới đây là các lý do chính để chọn dạng hạt, được hỗ trợ bởi các nghiên cứu và ứng dụng công nghiệp:

- Dễ dàng tách và thu hồi vật liệu sau hấp

phụ:

- Dạng bột dễ bị phân tán trong dung dịch nước, dẫn đến khó tách khỏi nước thải sau quá trình hấp phụ (cần sử dụng phương pháp phức tạp như ly tâm hoặc lọc màng, tốn kém và không phù hợp cho quy mô lớn).

- Dạng hạt (kích thước $0.1\text{-}1\text{ mm}$) cho phép tách dễ dàng bằng cách lọc thông thường, lắng tự nhiên.

- Phù hợp với ứng dụng công nghiệp và hệ thống lọc thực tế:

- Trong các hệ thống xử lý nước thải (như cột lọc cố định hoặc bể phản ứng), dạng hạt giúp duy trì lưu lượng nước ổn định mà không gây tắc nghẽn hoặc áp suất cao. Dạng bột dễ gây tắc nghẽn đường ống hoặc lọc, dẫn đến gián đoạn vận hành.

- Tăng độ bền và khả năng tái sử dụng: Dạng bột dễ bị mài mòn hoặc phân hủy trong dòng chảy mạnh, dẫn đến giảm tuổi thọ. Dạng hạt có độ bền cơ học cao hơn, dễ tái tạo bằng dung dịch axit/kiềm mà không mất hình dạng.

- An toàn và thân thiện với môi trường: Dạng bột có nguy cơ phát tán bụi hoặc hạt mịn vào không khí/môi trường trong quá trình sản xuất và sử dụng, gây hại cho sức khỏe người lao động hoặc ô nhiễm thứ cấp. Dạng hạt giảm thiểu rủi ro này, phù hợp với các quy định an toàn lao động và môi trường (ví dụ: ISO 14001).

Việc tạo hạt là một bước quan trọng để tối ưu hóa khả năng ứng dụng thực tế và đảm bảo tính ổn định thủy động học của vật liệu trong các hệ thống xử lý nước liên tục, chấp nhận một sự đánh đổi nhỏ về dung lượng hấp phụ cực đại để đạt được hiệu suất vận hành bền vững [11].

2.2.4. Cơ sở phương pháp đánh giá độ bền của hạt vật liệu trong nước

Cơ chế vật liệu bị phá vỡ trong môi trường nước không chỉ do một tác nhân mà là sự kết hợp của các yếu tố, trong đó sự khuếch tán của nước đóng vai trò chủ đạo trong cơ chế vật lý-hóa học. Xỉ than và sét-kaolin là các vật liệu có cấu trúc xốp. Khi ngâm trong nước, các phân tử nước sẽ khuếch tán sâu vào bên trong cấu trúc xốp. Nước tương

tác với các thành phần hóa học (đặc biệt là các oxide hoặc muối tan) chưa phản ứng hết, gây ra sự giãn nở thể tích cục bộ. Sự lấp đầy nước tạo ra áp suất bên trong (áp suất sừng phòng) và làm giảm lực liên kết nội tại của vật liệu. Khi áp suất này vượt quá độ bền kéo của vật liệu, hạt sẽ nứt vỡ và tan rã (mất cấu trúc).

Độ bền của hạt vật liệu phụ thuộc chủ yếu vào sự ổn định của cấu trúc xốp sau khi khuếch tán nước. Quan sát độ bền bằng mắt thường và qua kính hiển vi tại các mốc thời gian khác nhau.

- Tiêu chí tan rã: Khi hạt vật liệu bị mất hình dạng ban đầu, nứt vỡ, chuyển thành bùn hoặc bột mịn lắng dưới đáy, hoặc làm đục nước rõ rệt.

- Tiêu chí không tan rã: Hạt vật liệu duy trì hình dạng, kích thước ban đầu, không làm đục nước [11].

2.3. Quy trình thực nghiệm

2.3.1. Chế tạo hạt vật liệu từ xỉ than của nhà máy nhiệt điện Thái Bình

Mẫu xỉ than được lấy từ nhà máy Nhiệt điện Thái Bình được chia thành 2 dạng bao gồm dạng thô và dạng mịn. Trong đó, mẫu xỉ than ở dạng thô được loại bỏ phần tạp chất không nghiền cứu trong đề tài như rễ và lá cây, đá cứng, các loại tạp chất hữu cơ, rác thải sinh hoạt, ...). Những mẫu xỉ than ở dạng ướt khi lấy về sẽ được phơi khô ngoài nắng hoặc sấy khô trong tủ sấy nhằm làm giảm tối đa độ ẩm của mẫu. Cụ thể, với hình thức sấy khô bằng cách phơi nắng, nhóm nghiên cứu lấy khoảng 10 kg mẫu đem rải trên bạt có diện tích 15 m² trải trên nền xi măng phẳng và khô tại khu vực thoáng gió, có nắng và không bị mây che phủ. Thời gian phơi tùy thuộc vào độ ẩm ban đầu của mẫu, đồng thời các phần tạp chất không nghiền

cứu cũng được loại bỏ. Đối với hình thức sấy bằng tủ sấy, sau khi loại bỏ các tạp chất không nghiền cứu, mẫu được cho vào các khay với khối lượng phù hợp và cho vào tủ sấy, sấy ở nhiệt độ không quá 60 °C để không làm biến đổi các thành phần có trong mẫu. Thời gian sấy mẫu dưới nắng dao động trong khoảng 1–2 ngày, thời gian sấy mẫu trong tủ sấy dao động trong khoảng 2 – 3 ngày.

Mẫu xỉ than sau khi được loại bỏ tạp chất, giảm tối đa độ ẩm và tách thành các phần có kích thước phù hợp với ($\Phi \leq 3$ cm) sẽ được nghiền bằng máy nghiền. Mẫu xỉ than được nghiền theo nhiều cấp độ khác nhau để đạt hiệu suất cao nhất. Sau khi nghiền, nhóm nghiên cứu dùng rây 0,4135 để tách mẫu đạt yêu cầu (kích thước $\Phi \leq 0,4$ mm) khỏi hỗn hợp (hình 1). Tiếp tục lặp lại quy trình cho đến khi lượng mẫu không lọt rây còn rất ít không đủ đưa vào máy nghiền trong một lần chạy mẫu thì sẽ sử dụng cối đồng để nghiền phần còn lại. Việc nghiền bằng cối chỉ sử dụng với lượng mẫu nhỏ, hoặc máy nghiền không thể nghiền đến kích thước quá nhỏ. Có hai hình thức nghiền bằng cối, đó là nghiền bằng cối đồng và bằng cối mã não. Lượng mẫu đưa vào nghiền bằng cối phải có khối lượng nhỏ (≤ 10 g đối với cối đồng, ≤ 2 g đối với cối mã não) để đạt được hiệu quả cao về độ đồng đều về kích thước vật liệu và thời gian. Riêng đối với mẫu nghiền bằng cối mã não, kích thước vật liệu tối thiểu phải là $\Phi \leq 0,4$ mm trước khi cho vào nghiền, và thời gian cho một mẻ nghiền tối thiểu là khoảng 20 phút cho 2 g mẫu với lực tay đều và mạnh.

Mẫu xỉ than đạt yêu cầu được đựng trong các bao nylon lớn khoảng 15 kg và được trộn đều trước mỗi lần lấy mẫu nhằm đảm bảo tính đại diện cho túi mẫu.



Hình 1. Mẫu xỉ than sau khi nghiền

Trong quá trình nghiên cứu, mẫu xỉ than dùng để chế tạo hạt vật liệu được chia thành 2 loại. Loại 1 không chứa chất phụ gia (ký hiệu XT-NM), loại 2 có sử dụng chất phụ gia là set-kaolin (ký hiệu XT-Kn với n là tỷ lệ set-kaolin) trong quá trình chế tạo hạt vật liệu. Mẫu hạt vật liệu loại 2 là xỉ than trộn cùng chất phụ gia set-kaolin theo 3 tỷ lệ khác

nhau là 10%, 20% và 30%, mỗi tỷ lệ chất phụ gia sẽ cho ra một loạt mẫu hạt vật liệu tương ứng. Thành phần hóa học và tính chất vật lý của các mẫu hạt vật liệu này được đưa ra ở bảng 1.

Như vậy, nghiên cứu được thực hiện trên 4 mẫu hạt vật liệu với tỷ lệ chất phụ gia khác nhau bao gồm:

Bảng 1. Ký hiệu của các mẫu hạt vật liệu theo thành phần cấu tạo

STT	Ký hiệu mẫu hạt vật liệu	Thành phần
1	XT-NM	600 g xỉ than mịn nguyên mẫu (cỡ hạt 0,4 mm)
2	XT-K10	350 g xỉ than mịn nguyên mẫu (cỡ hạt 0,4 mm) + 35 g set-kaolin (cỡ hạt 0,2 mm) + 150 mL nước cất
3	XT-K20	350 g xỉ than mịn nguyên mẫu (cỡ hạt 0,4 mm) + 70 g set-kaolin (cỡ hạt 0,2 mm) + 160 mL nước cất
4	XT-K30	350 g xỉ than mịn nguyên mẫu (cỡ hạt 0,4 mm) + 105 g set-kaolin (cỡ hạt 0,2 mm) + 170 mL nước cất

Sau đó, mẫu trộn được cho vào cối của máy ép (cối có các lỗ nhỏ đường kính 2 mm) để tiến hành ép thành dạng sợi tròn dài (nhóm nghiên cứu tạm gọi là hạt vật liệu). Mẫu sẽ được ép làm nhiều lần với lượng mẫu vừa đủ để quá trình ép hạt diễn ra thuận lợi. Mẫu được ép ra sẽ được hứng trên giấy bìa cứng được đặt trên một tấm gỗ cùng kích thước. Sau khi mẫu hạt vật liệu được rải đều và kín trên toàn bộ mặt giấy bìa cứng sẽ chuyển sang tờ bìa cứng khác. Mẫu nghiên cứu sau đó được phơi nắng, để ở nơi khô ráo, thoáng gió để chờ nung. Quá trình chế tạo hạt vật liệu được mô tả qua hình

2. Với từng loạt mẫu, chia đều khối lượng thành 4 phần tương đối đều nhau và đem nung ở các nhiệt độ lần lượt là: nhiệt độ phòng, 300 °C, 350 °C và 400 °C. Tiến hành nung mẫu ở các nhiệt độ 300 °C, 350 °C và 400 °C trong thời gian 3 giờ ở nhiệt độ cài đặt với thời gian lên nhiệt độ cài đặt là khoảng 15 phút. Như vậy sau quá trình chế tạo, nhóm nghiên cứu thu được 16 mẫu vật liệu được ký hiệu khác nhau như ở bảng 2. Hình ảnh mẫu hạt vật liệu trước và sau nung được đưa ra ở hình 3. Mẫu vật liệu sau nung để tránh hút ẩm, chúng được bảo quản trong bình hút ẩm như hình 4.



Hình 2. Ép tạo hạt vật liệu

Bảng 2. Ký hiệu của các mẫu hạt vật liệu theo thời gian nung

Nhiệt độ nung (°C)	Nguyên mẫu	Ký hiệu mẫu hạt vật liệu		
		Tỷ lệ set-kaolin		
		10	20	30
25	NM-1	XT-KT10-1	XT-KT20-1	XT-KT30-1
300	NM-2	XT-KT10-2	XT-KT20-2	XT-KT30-2
350	NM-3	XT-KT10-3	XT-KT20-3	XT-KT30-3
400	NM-4	XT-KT10-4	XT-KT20-4	XT-KT30-4



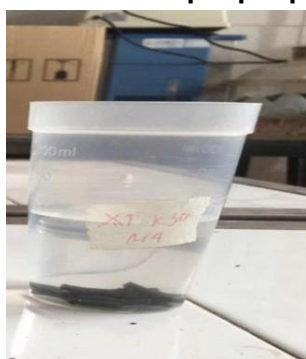
a. Trước khi nung



b. Sau khi nung

Hình 3. Vật liệu chế tạo được**Hình 4.** Mẫu hạt vật liệu được bảo quản sau khi nung

2.3.2. Thí nghiệm xác định khả năng chịu nước của hạt vật liệu

**Hình 5.** Thí nghiệm kiểm tra độ bền của hạt vật liệu trong nước

Hạt vật liệu được thử độ bền trong nước thường. Cân khoảng 1 g hạt vật liệu cho vào lọ nhựa thể tích 50 mL. Đổ đầy $\frac{3}{4}$ lọ, đậy nắp kín, dán nhãn và ghi đầy đủ thông tin mẫu. Cho lên máy lắc 2 giờ theo dõi màu sắc nước, độ tan rã của vật liệu trong vòng 5 giờ, 12 giờ, 1 ngày, 10 ngày, 20 ngày, 30 ngày. Quá trình thí nghiệm được mô tả qua hình 5.

3. Kết quả

Theo dõi độ bền vững trong nước của mẫu hạt vật liệu nguyên mẫu (XT-NM) cho thấy: sau 30 phút, tất cả các hạt vật liệu nguyên mẫu được nung ở các mức nhiệt độ 25 oC, 300 oC, 350 oC và 400 oC đều tan rã trong nước. Do đó không cần tiếp tục thử nghiệm độ bền vững trong nước của mẫu hạt vật liệu này nữa. Kết quả khảo sát được đưa ra ở bảng 3

Bảng 3. Bảng theo dõi độ tan rã của các mẫu hạt vật liệu nguyên mẫu

Mẫu hạt vật liệu	Thời gian theo dõi					
	5 giờ	12 giờ	1 ngày	10 ngày	20 ngày	30 ngày
NM-1	T*	-	-	-	-	-
NM-2	T	-	-	-	-	-
NM-3	T	-	-	-	-	-
NM-4	T	-	-	-	-	-

T* = tan rã

Theo dõi độ bền vững trong nước của các

mẫu hạt vật liệu chứa 10% set-kaolin cho thấy: sau 10 ngày, tất cả các mẫu hạt vật liệu đều tan rã trong nước. Kết quả khảo sát được đưa ra ở bảng 4.

Bảng 4. Bảng theo dõi độ tan rã của các mẫu hạt vật liệu chứa 10% set-kaolin

Mẫu hạt vật liệu	Thời gian theo dõi					
	5 giờ	12 giờ	1 ngày	10 ngày	20 ngày	30 ngày
XT-KT10-1	KT*	KT	T*	-	-	-
XT-KT10-2	KT	KT	KT	T	-	-
XT-KT10-3	KT	KT	KT	T	-	-
XT-KT10-4	KT	KT	KT	T	-	-

KT* = Không tan rã, T* = tan rã

Theo dõi độ bền trong nước của mẫu hạt vật liệu chứa 20% set-kaolin cho thấy: sau 10 ngày, chỉ có các hạt vật liệu chế tạo ở nhiệt độ phòng tan rã trong nước. Các mẫu hạt vật liệu được nung ở các

mức nhiệt 300 °C, 350 °C và 400 °C không bị tan rã trong nước. Tuy nhiên, sau 20 ngày quan sát, nhóm nghiên cứu thấy các mẫu hạt vật liệu được nung ở các mức nhiệt 300 °C, 350 °C và 400 °C đều tan rã trong nước. Kết quả khảo sát được đưa ra ở bảng 5.

Bảng 5. Bảng theo dõi độ tan rã của các mẫu hạt vật liệu chứa 20% set-kaolin

Mẫu hạt vật liệu	Thời gian theo dõi					
	5 giờ	12 giờ	1 ngày	10 ngày	20 ngày	30 ngày
XT-KT20-1	KT*	KT	KT	T*	-	-
XT-KT20-2	KT	KT	KT	KT	T	-
XT-KT20-3	KT	KT	KT	KT	T	-
XT-KT20-4	KT	KT	KT	KT	T	-

KT* = Không tan rã, T* = tan rã

Theo dõi độ bền trong nước của mẫu hạt vật liệu chứa 30% set-kaolin cho thấy: sau 20 ngày,

mẫu hạt vật liệu được chế tạo tại nhiệt độ phòng bị tan rã trong nước. Sau 30 ngày, các mẫu hạt vật liệu nung ở nhiệt độ 300 °C và 350 °C đều tan rã

trong nước. Mẫu hạt vật liệu XT-K30 chứa 30% set-kaolin, được nung ở nhiệt độ 400 °C không bị tan rã trong nước. Kết quả khảo sát được đưa ra ở bảng 6.

Sau khi theo dõi độ tan rã của các mẫu hạt vật

liệu trong vòng 30 ngày, nhóm nghiên cứu lựa chọn mẫu hạt vật liệu XT-K30 nung ở 400 °C để tiến hành các thí nghiệm tiếp theo nhằm xác nhận khả năng hấp phụ kim loại nặng trong nước của hạt vật liệu.

Bảng 6. Bảng theo dõi độ tan rã của các mẫu hạt vật liệu chứa 30% set-kaolin

Mẫu hạt vật liệu	Thời gian theo dõi					
	5 giờ	12 giờ	1 ngày	10 ngày	20 ngày	30 ngày
XT-KT30-1	KT*	KT	KT	KT	T*	-
XT-KT30-2	KT	KT	KT	KT	KT	T
XT-KT30-3	KT	KT	KT	KT	KT	T
XT-KT30-4	KT	KT	KT	KT	KT	KT

4. Kết luận

Sau khi thực hiện các thí nghiệm kiểm tra độ bền trong nước của 16 mẫu hạt vật liệu, nhóm nghiên cứu đi đến kết luận: Sự có mặt của chất phụ gia (set – kaolin) đóng vai trò giúp tăng độ bền trong nước của hạt vật liệu. Kết quả thử độ bền trong nước cho thấy mẫu có nhiệt độ nung cao bền vững trong nước hơn so với các mẫu nung ở nhiệt độ thấp.

Quá trình theo dõi độ bền trong nước của 16 mẫu hạt vật liệu từ xỉ than của nhà máy nhiệt điện Thái Bình cho thấy: mẫu hạt vật liệu XT-K30 nung ở 400 °C không bị tan rã trong nước sau 30 ngày. Kết quả này phù hợp với thực tế các mẫu được nung ở nhiệt độ cao có độ bền trong nước cao hơn so với các mẫu được nung ở nhiệt độ thấp. Các mẫu vật liệu với tỷ lệ set – kaolin lần lượt là 10%, 20% và 30% cũng cho thấy mẫu hạt vật liệu nung ở nhiệt độ cao bền vững trong nước hơn so với mẫu nung ở nhiệt độ thấp. Kết quả mẫu hạt vật liệu xỉ than trộn 30% vật liệu kết dính và nung ở nhiệt độ 400 °C có độ bền vững trong nước tốt nhất.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu được hoàn thành dưới sự hỗ trợ kinh phí của Đề tài cấp sở sở chuyên sâu trọng điểm mã số CSA.2022.03. Nhóm nghiên cứu xin gửi lời cảm ơn chân thành đến các cán bộ tại Bộ môn Hoá học, Trường Đại học Y Dược Thái Bình

đã hỗ trợ nhóm trong quá trình chế tạo và phân tích mẫu.

Tài liệu tham khảo

- [1] O. Popov, A. Iatsyshyn, V. Kovach et al. (2021). Effect of power plant ash and slag disposal on the environment and population health in Ukraine. *Journal of Health and Pollution*, 11(31). <https://doi.org/10.5696/2156-9614-11.31.210910>
- [2] K. Ramachandra, US. Eshwar, G. Jagadish et al. (2022). Assessment of health status and impact of pollution from thermal power plant on health of population and environment around the plant in Udipi district, Karnataka. *Indian Journal of Public Health*, 66(2), 91-97. https://doi.org/10.4103/ijph.ijph_1422_20
- [3] P. Gopinathan, T. Subramani, S. Barbosa et al. (2023). Environmental impact and health risk assessment due to coal mining and utilization. *Environmental Geochemistry and Health*, 45, 6915-6922. <https://doi.org/10.1007/s10653-023-01744-z>
- [4] T.D Nghĩa. Tro xỉ và sử dụng tro xỉ của nhà máy nhiệt điện than. (2020). *Tạp chí điện tử Công nghiệp môi trường*. [online] Available at: <https://congnghiepmoitruong.vn/tro-xi-va-su-dung-tro-xi-cua-nha-may-nhiet-dien-than-5463.html>
- [5] A. Yilmaz. (2022). Engineering properties of

- basalt aggregates in terms of use in granular layers of flexible pavements. *Case Studies in Construction Materials*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01182>
- [6] K.S.Y. Hessen. (2025). Application of basalt as building material. Helwan University. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30767.44960/1>
- [7] N.S. Ammar, A.I.M Ismail, O.I. El-Shafey. (2016). Engineering behavior influence of basaltic rocks on the adsorption of heavy metal ions. *Desalination and Water Treatment*, 57(11). <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.1003101>
- [8] A.M. Zayed, M.F. Hussein, B.S. Metwally et al. (2025). Tailoring innovative adsorbents from discarded weathered basalt waste by calcination and activated carbon impregnation for efficient Fe (III) and Zn (II) remediation. *Applied water science*, 15(68). <https://doi.org/10.1007/s13201-025-02388-3>
- [9] A. Anam, N. Gamit, V. Prajapati et al. (2023). An overview of kaolin and its potential application in thermosetting polymers. *Materials Today Communications*, 36. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2023.106827>
- [10] S. Khan, S. Ajmai, T. Hussain, M.U. Rahman. (2023). Clay-based materials for enhanced water treatment: adsorption mechanisms, challenges, and future directions. *Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences*, 11, 219 - 234. <https://doi.org/10.1007/s43994-023-00083-0>
- [12] T.T.C. Loan, H.T.T. Thủy, H.T.T. Trang. (2020). Nghiên cứu ứng dụng sét kaolin và vỏ trấu làm vật liệu lọc nước dưới đất nhiễm mangan. *Tạp chí Khí tượng thủy văn*. 712(04), 17-22. <http://tapchikttv.vn/article/870>