

Nghiên cứu một số tính chất của tro xỉ đốt chất thải rắn sinh hoạt ở Việt Nam và tiềm năng sử dụng làm vật liệu xây dựng

Cao Tiến Phú^{1*}, Hoàng Lê Anh¹, Nguyễn Thị Kim¹, Lê Văn Quang¹, Huỳnh Trọng Phước²

¹ Viện Vật liệu Xây dựng; Số 235 Nguyễn Trãi, phường Thanh Xuân Trung, quận Thanh Xuân, thành phố Hà Nội

² Trường Đại học Cần Thơ; Khu II, đường 3/2, quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ

TỪ KHOÁ

Tro xỉ đốt chất thải rắn sinh hoạt
Tro bay đốt chất thải rắn sinh hoạt
Tro đáy đốt chất thải rắn sinh hoạt
Vật liệu xây dựng

TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục đích khảo sát, nghiên cứu các tính chất cơ-lý-hóa và đặc điểm vi cấu trúc của tro xỉ lò đốt chất thải rắn sinh hoạt ở Việt Nam. Hơn nữa, phân tích các thành phần nguy hại chứa trong loại tro xỉ này cũng được thực hiện dựa trên chỉ dẫn của các tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật về môi trường. Các kết quả nghiên cứu được so sánh với các quy định về kỹ thuật và môi trường để đánh giá mức chất lượng cũng như tiềm năng sử dụng tro xỉ lò đốt chất thải rắn sinh hoạt để làm nguyên liệu sản xuất các loại vật liệu xây dựng. Kết quả nghiên cứu cũng góp phần sử dụng hiệu quả nguồn tài nguyên và bảo vệ môi trường theo định hướng phát triển bền vững.

KEYWORDS

Municipal solid waste incineration ash
Incinerator fly ash
Incinerator bottom ash
Construction material

ABSTRACT

This study aims to characterize the physicochemical properties and micro-structural characteristics of municipal solid waste incineration ashes in Vietnam. In addition, hazardous components contained in the ashes are also analyzed in accordance with the guidelines of the technical and environmental regulations. The research results are then compared with the standard requirements in order to assess the quality level as well as the potential use of these ashes as raw materials for the production of construction materials. The research results further contribute to the effective use of resources and environmental protection toward sustainable development.

1. Giới thiệu

Trong nhiều thập kỷ qua, các tổ chức phi chính phủ như Ngân hàng Phát triển Châu Á, Liên hợp quốc, Ngân hàng Thế giới và các cơ quan nghiên cứu quốc tế khác đã ước tính rằng tổng lượng chất thải rắn sinh hoạt (CTRSH) được tạo ra trên toàn thế giới ở mức xấp xỉ 1,3 tỷ tấn/năm và dự kiến con số này sẽ tăng lên khoảng 2,2 tỷ tấn/năm vào năm 2025 [1]. Ở Việt Nam, cùng với quá trình phát triển của đất nước, sự gia tăng dân số và quá trình đô thị hóa diễn ra tốc độ cao, tình trạng CTRSH được xả thải một cách tự phát ở nhiều nơi đã gây ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng đến sức khỏe con người ngày một trầm trọng. Số liệu thống kê cho thấy, tổng khối lượng CTRSH phát sinh trên toàn quốc năm 2019 là 64.658 tấn/ngày [6]. Riêng thành phố Hà Nội, mỗi ngày đã thải ra khoảng 6.600 tấn CTRSH [2]. Bên cạnh đó, Sở Tài nguyên và Môi trường thành phố Hồ Chí Minh cũng có thống kê trong năm 2019 thì mỗi ngày thành phố này phát thải trung bình 9.200 tấn CTRSH [3]. Trong khi trữ lượng phát thải CTRSH đang rất lớn và có xu hướng tăng lên mỗi ngày thì tỷ lệ thu gom CTRSH tính trung bình cả nước đạt khoảng 92 % ở khu vực đô thị và chỉ khoảng 66 % ở khu vực nông thôn. Đáng lưu ý là tỷ lệ thu gom CTRSH có sự chênh lệch đáng kể giữa các địa phương. Trong thời gian qua, phần lớn lượng CTRSH này được xử lý bằng công nghệ

chôn lấp hợp vệ sinh, một phần nhỏ CTRSH được xử lý bằng công nghệ đốt, sản xuất phân bón, tái chế, nhưng tỷ lệ xử lý còn thấp [4].

Đến nay, sử dụng công nghệ đốt để xử lý CTRSH đang là xu thế chung và được sử dụng phổ biến ở nhiều nước trên thế giới bởi phương pháp này mang lại một số ưu điểm như giảm khối lượng phát thải (giảm 80–90 % thể tích thải ra), tiết kiệm được diện tích đất sử dụng để chôn lấp, giảm phát thải mùi, giảm hiệu ứng nhà kính và có thể tận dụng nhiệt để phát điện. Việc chuyển hóa chất thải thành năng lượng cũng là xu thế hiện nay, trong đó Mỹ, Châu Âu, Nhật Bản, Singapo là những nước đi đầu trong áp dụng công nghệ đốt CTRSH để phát điện. Cụ thể, tính đến năm 2019 thì Nhật Bản đã có trên 1000 nhà máy đốt rác, trong đó khoảng 380 nhà máy đốt rác phát điện [5]. Châu Âu là khu vực chiếm thị phần lớn nhất về xử lý CTRSH bằng phương pháp đốt. Vào tháng 1 năm 2018, EU đã thông qua yêu cầu giảm chôn lấp 65 % rác có khả năng phân hủy sinh học vào năm 2030 và tiến tới chỉ chôn lấp CTRSH tối đa 10 % [1]. Công suất đốt CTRSH của Trung Quốc gần 75 triệu tấn vào năm 2016 và chôn lấp vẫn là phương án xử lý CTRSH chủ đạo ở Trung Quốc. Kể từ đầu thế kỷ 21, Trung Quốc đã trở thành nước áp dụng phương pháp chuyển chất thải thành năng lượng đứng thứ tư trên thế giới (sau EU, Nhật Bản và Mỹ) [6].

Cùng xu thế với thế giới, các dự án đầu tư xử lý CTRSH bằng công nghệ đốt cũng đang được đầu tư, xây dựng nhiều ở Việt Nam.

*Liên hệ tác giả: phuvlx@gmail.com

Nhận ngày 17/01/2022, sửa xong ngày 21/02/2022, chấp nhận đăng 04/04/2022

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.02.2022.260>

Cuối năm 2019, thành phố Hồ Chí Minh đã khởi công hai nhà máy xử lý CTRSH theo công nghệ đốt phát điện với tổng công suất 4.000 tấn/ngày (Công ty Tâm Sinh Nghĩa và Công ty Viestar) tại Khu liên hợp xử lý chất thải Tây Bắc (huyện Củ Chi); khởi công một nhà máy xử lý, tái chế chất thải công nghiệp và chất thải nguy hại với công suất 500 tấn/ngày (Công ty Cổ phần Mộc An Châu) tại Khu liên hợp xử lý chất thải Đa Phước (huyện Bình Chánh). Dự kiến trong thời gian tới, thành phố Hồ Chí Minh sẽ tiến hành khởi công xây dựng Nhà máy xử lý chất thải Tasco có công suất xử lý CTRSH là 500 tấn/ngày tại Khu liên hợp xử lý chất thải Tây Bắc [3]. Bên cạnh đó, thành phố Hà Nội cũng đang xây dựng nhà máy đốt CTRSH tại khu xử lý rác Nam Sơn. Nhà máy này có công suất xử lý 4.000 tấn rác/ngày, sử dụng công nghệ đốt rác bằng lò ghi cơ học của Bỉ. Thành phố Cần Thơ cũng đã xây dựng nhà máy đốt rác phát điện, lượng rác thải sinh hoạt nhận trung bình mỗi ngày là hơn 400 tấn.

Tại các vùng nông thôn ở các tỉnh, các cấp huyện, xã cũng đầu tư xây dựng các nhà máy đốt CTRSH để giảm thiểu lượng CTRSH chôn lấp. Một số đơn vị chuyên cung cấp lò đốt CTRSH có thể kể đến như Công ty cổ phần Năng lượng và Môi trường Bách khoa Hà Nội, Công ty TNHH Tân Thiên Phú và một số lò đốt của các công ty khác. Các lò đốt CTRSH cho các huyện, thị xã có công suất đốt thường nhỏ hơn 5 tấn/giờ. Cần lưu ý rằng quá trình đốt CTRSH sẽ sinh ra một số chất thải rắn được gọi chung là tro xỉ, chia làm hai loại là tro bay (là loại phát thải bụi mịn thu được từ thiết bị lọc bụi của nhà máy) và tro đáy (là loại thải phẩm thu được ở đáy lò của nhà máy).

2. Đặc điểm tro xỉ đốt CTRSH và nghiên cứu tái sử dụng làm vật liệu xây dựng

2.1. Đặc điểm của tro xỉ đốt CTRSH

2.1.1. Tro bay đốt CTRSH

Các tính chất của tro bay đốt CTRSH thay đổi theo sự thay đổi của thành phần chất thải, mùa vụ, điều kiện đốt, mức độ lọc khí thải, v.v. Trong loại tro bay đốt CTRSH này thường chứa một lượng lớn thành phần nguy hại như kim loại nặng và dioxin. Các thành phần nguy hại này bị chặn lại bởi hệ thống lọc, dẫn đến chúng được làm giàu trong tro bay đốt CTRSH. Bên cạnh đó, trong tro bay đốt CTRSH cũng chứa lượng lớn các nguyên tố dễ bay hơi (clo, lưu huỳnh, kali và natri) làm ảnh hưởng lớn đến việc xử lý và sử dụng tro bay đốt CTRSH. Đặc biệt, việc đốt chất dẻo có chứa clo và chất thải nhà bếp có hàm lượng muối và clo đã làm tăng đáng kể các khó khăn trong việc xử lý và sử dụng tro bay đốt CTRSH [6,7].

2.1.2. Tro đáy đốt CTRSH

Tro đáy đốt CTRSH chứa chủ yếu các chất vô cơ. Sự thay đổi khối lượng, thành phần của tro đáy tùy thuộc công nghệ lò đốt, loại rác và điều kiện xử lý khi đốt. Tro đáy đốt CTRSH có các thành phần chủ yếu là thủy tinh, sắt kim loại, khoáng chất, gốm, kim loại màu và chất hữu cơ chưa cháy. Phần tro đáy đốt CTRSH có kích thước 4 đến

25 mm chủ yếu là pha thủy tinh (dạng gốm và khoáng tạo thành từ quá trình cháy CTRSH), phần này có thể phù hợp để tái sử dụng làm vật liệu xây dựng. Sắt kim loại tập trung trong phần có kích thước hạt khoảng 1 - 6 mm (chiếm khoảng 6 %). Một phần nhỏ của tro đáy đốt CTRSH có kích thước dưới 1 mm tập trung các kim loại nặng [8]. Tro đáy đốt CTRSH có thành phần hóa tương tự như thành phần đất, hàm lượng kim loại kiềm, kiềm thổ, kim loại nặng có hàm lượng nhỏ và giao động trong khoảng hẹp. Tất cả kim loại nặng chứa trong tro đáy đốt CTRSH không tác động, ảnh hưởng đến môi trường vùng chôn lấp hoặc vật liệu có sử dụng loại tro này [9].

2.2. Nghiên cứu tro xỉ đốt CTRSH làm vật liệu xây dựng

2.2.1. Nghiên cứu sử dụng tro bay đốt CTRSH

Tro bay đốt CTRSH có thể sử dụng cho nhiều loại sản phẩm khác nhau trong đó phổ biến là sản phẩm bê tông xi măng và gạch bê tông. Các nghiên cứu sử dụng tro bay và tro đáy đốt CTRSH cho bê tông chỉ ra rằng tro bay đốt CTRSH có thể thay thế một phần xi măng và tro đáy đốt CTRSH có thể thay thế một phần hay toàn bộ cốt liệu cho bê tông có yêu cầu cường độ thông thường. Bên cạnh đó, tro bay và tro đáy đốt CTRSH còn được sử dụng làm phụ gia khoáng. Một số nghiên cứu sử dụng hỗn hợp tro bay và tro đáy đốt CTRSH làm vật liệu xây dựng.

Bertolinia và cộng sự [6] đã nghiên cứu ảnh hưởng của việc thay thế một phần xi măng poóc-lăng bằng tro bay và tro đáy từ các lò đốt CTRSH. Nhóm nghiên cứu đã xử lý tro bay bằng cách rửa để giảm hàm lượng clorua, trong khi tro đáy đốt CTRSH được nghiền khô hoặc nghiền ướt để làm phụ gia khoáng. Zeng và cộng sự [10] đã nghiên cứu chế tạo bê tông trong đó sử dụng tro bay và tro đáy đốt CTRSH để lần lượt thay thế xi măng và cốt liệu tự nhiên ở các tỷ lệ tương ứng là 10, 20, 30, và 40 % theo khối lượng. Các hỗn hợp bê tông có độ sụt thí nghiệm trong khoảng 3 - 5 cm và các mẫu bê tông có kích thước 150 × 150 × 150 mm được chuẩn bị để xác định cường độ nén ở tuổi 28 ngày. Kết quả nghiên cứu cho thấy, bê tông đạt cấp C30 ứng với tỷ lệ thay thế tro bay và tro đáy đốt CTRSH tương ứng là 30 % và 20 %. Đặc biệt là nồng độ rửa trôi của các kim loại nặng Cu, Zn, Pb, Cr, và Cd trong các mẫu bê tông sử dụng tro bay và tro đáy đốt CTRSH được xác định là nhỏ hơn giá trị giới hạn quy định đối với hàm lượng rửa trôi các nguyên tố nguy hại trong chất thải rắn.

Tro bay đốt CTRSH được xử lý bằng các bước như rửa muối kiềm hoàn tan; cố định kim loại nặng và hóa rắn bằng các phương pháp khác nhau để đạt được độ cứng nhất định. Hỗn hợp sau khi xử lý được nghiền thành cỡ hạt nhỏ hơn 1,5 mm. Tất cả hạt sau khi xử lý ổn định, tính chất cơ lý được thử nghiệm và phân tích các tính chất: khả năng phản ứng kiềm, hàm lượng chất hữu cơ và sự rửa trôi kim loại đạt yêu cầu. Tính chất vật lý, cơ học và hóa học tốt nhất có thể đạt được với quá trình xử lý ổn định bằng xi măng, vôi và natri silicat [11].

2.2.2. Nghiên cứu sử dụng tro đáy

Do tro đáy đốt CTRSH không có thành phần nguy hại vượt ngưỡng quy chuẩn kỹ thuật môi trường nên số lượng nghiên cứu sử dụng làm vật liệu phong phú hơn tro bay đốt CTRSH. Liên đoàn các nhà máy sản xuất năng lượng từ chất thải Châu Âu đã đề xuất ưu tiên sử dụng tro đáy đốt CTRSH là thay thế cát và sỏi. Ở Châu Âu, tro đáy đốt CTRSH được ứng dụng chủ yếu trong xây dựng đường, làm lớp phủ các bãi chôn lấp, làm hàng rào cản tiếng ồn và làm cốt liệu trong bê tông nhựa đường và bê tông không tiếp xúc trực tiếp với nước ngầm. Ở Hà Lan và Đan Mạch, lượng tro đáy đốt CTRSH được tái sử dụng ở mức tương ứng 80 % và 98 %, chủ yếu là vật liệu đắp và vật liệu cho xây dựng vỉa hè [12]. Một số nghiên cứu chỉ ra rằng tro đáy đốt CTRSH có độ bền cắt cao với khả năng chịu nén thấp nên lý tưởng để sử dụng trong xây dựng đập và các ứng dụng công trình dân dụng khác. Tro đáy đốt CTRSH có thể được sử dụng thay thế cho cốt liệu. Phần lớn tro đáy đốt CTRSH được sử dụng làm cốt liệu trong bê tông có kích thước hạt từ 2 - 40 mm. Tro đáy đốt CTRSH cũng đã được xử lý bằng vôi hoặc xi măng và được sử dụng làm vật liệu san lấp trong xây dựng đường cao tốc [13].

Ngoài ra, tro đáy đốt CTRSH cũng được sử dụng làm thành phần chất kết dính với hàm lượng tro đáy đốt CTRSH trong xi măng được kiểm soát dưới mức 30 % theo khối lượng để sản xuất xi măng hỗn hợp có cường độ 32,5 MPa. Nồng độ rửa trôi kim loại nặng của hỗn hợp xi măng và tro đáy đốt CTRSH thấp hơn nhiều so với tiêu chuẩn Quốc gia Trung Quốc GB 5085.3-2007 [14]. Tro đáy đốt CTRSH có ảnh hưởng đáng kể đến các đặc tính của bê tông khi được sử dụng để thay thế cốt liệu nhỏ. Để sử dụng nó làm vật liệu xây dựng thay thế

nhằm giảm tiêu thụ vật liệu tự nhiên và giảm lượng chất thải rắn để chôn lấp, tro đáy đốt CTRSH cần phải được xử lý để nâng cao chất lượng. Tro đáy đốt CTRSH cho thấy cần nhiều nước hơn để giữ ẩm bề mặt hạt; các hạt mịn tro đáy đốt CTRSH có hình dạng hạt góc cạnh, điều này sẽ làm tăng ma sát giữa các hạt, do đó làm giảm tính linh động của hỗn hợp bê tông [15]. Như vậy, cách thích hợp để tái chế tro đáy đốt CTRSH là sử dụng nó trong bê tông như một nguyên liệu tái chế, nhưng cần phải có các biện pháp xử lý thích hợp [16].

Qua nghiên cứu một số tài liệu liên quan đến việc nghiên cứu sử dụng tro bay và tro đáy đốt CTRSH, có thể thấy rằng tro xi đốt CTRSH có tiềm năng sử dụng làm vật liệu xây dựng. Nghiên cứu để tái sử dụng tro xi đốt CTRSH vừa có tính cấp thiết về xử lý tái chế chất thải và có ý nghĩa thực tiễn nhằm sử dụng phù hợp nguồn “tài nguyên”. Trong nghiên cứu này, để xem xét khả năng tái sử dụng tro xi phát thải từ đốt CTRSH, nhóm nghiên cứu đã khảo sát, đánh giá các tính chất của tro xi của nhà máy đốt rác phát điện Cần Thơ (lượng phát thải từ nhà máy khoảng 60 tấn tro đáy và khoảng 6 tấn tro bay/ngày) để từ đó sẽ có những phân tích và định hướng cho việc sử dụng chúng để nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng.

3. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

3.1. Vật liệu

Tro bay (Hình 1) và tro đáy (Hình 2) của nhà máy đốt rác phát điện Cần Thơ được lấy điển hình để thí nghiệm và phân tích các đặc tính.



Hình 1. Tro bay đốt CTRSH.



Hình 2. Tro đáy đốt CTRSH.

3.2. Phương pháp nghiên cứu

3.2.1. Chuẩn bị mẫu

Mẫu tro bay đốt CTRSH được lấy ở kho của nhà máy chưa qua xử lý có màu hồng nhạt, dạng bột mịn như thể hiện ở Hình 1. Mẫu tro đáy đốt CTRSH (Hình 2) được lấy nhiều điểm, trộn đều tạo thành mẫu gộp, thực hiện các phương pháp chia mẫu đại diện, thu gọn mẫu để thực hiện các thí nghiệm, phân tích.

3.2.1. Các thí nghiệm phân tích mẫu

Tro bay và tro đáy đốt CTRSH được thực hiện xác định, phân tích thành phần hóa bằng phương pháp hóa học cơ bản. Thành phần cỡ hạt và phân bố kích thước hạt tro bay đốt CTRSH được phân tích bằng phương pháp tán xạ laser (sử dụng thiết bị HORIBA LA 960). Thành phần hạt tro đáy đốt CTRSH được xác định bằng phương pháp sàng theo TCVN 7572:2006 [17]. Một số tính chất khác của tro xi cũng được xác định theo quy định của cốt liệu bê tông như phản ứng kiềm silic, hàm lượng ion Cl⁻ (theo TCVN 7572:2006 [17]). Phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD) được sử dụng để xác định các thành phần

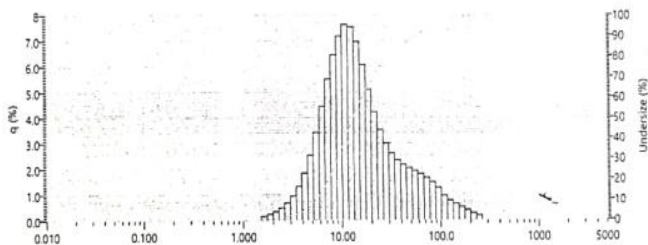
khoáng trong tro xi. Phương pháp chụp ảnh vi cấu trúc bề mặt (SEM) được thực hiện để nghiên cứu hình dạng và kích thước hạt tro bay đốt CTRSH. Ngoài ra, các thành phần nguy hại trong tro bay và tro đáy đốt CTRSH cũng được xác định theo quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia QCVN 07:2009/BTNMT [18]. Trên cơ sở nghiên cứu các tính chất cơ bản của tro bay và tro đáy đốt CTRSH, đánh giá tiềm năng và phương pháp xử lý phù hợp đối với tro bay và tro đáy đốt CTRSH để sử dụng làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng.

4. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

4.1. Kết quả nghiên cứu về tro bay đốt CTRSH

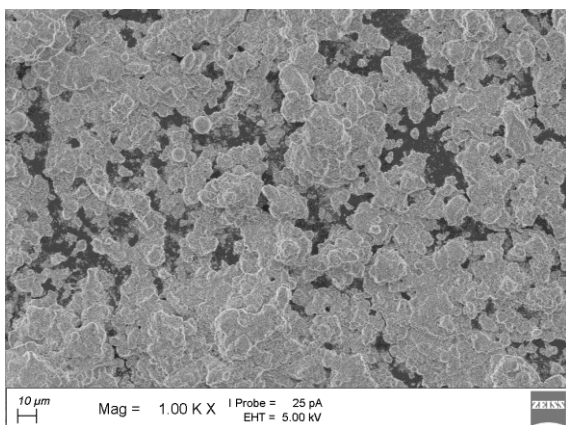
Tro bay đốt CTRSH hiện được cho là chất thải rắn nguy hại, nên việc sử dụng làm nguyên liệu sản xuất sản phẩm vật liệu xây dựng là chưa được phép. Tuy nhiên, tiềm năng sử dụng tro bay đốt CTRSH làm nguyên liệu cho ngành vật liệu xây dựng cần được xem xét dựa trên các đặc tính cụ thể của nguồn tro bay này.

Kết quả phân tích thành phần cỡ hạt và phân bố kích thước hạt tro bay đốt CTRSH trong nghiên cứu này được thể hiện ở Hình 3. Có thể thấy rằng hạt tro bay đốt CTRSH tương đối mịn, độ chụm cỡ hạt lớn nhất là 0,11 mm; kích thước hạt trung bình là 24 µm, mẫu tro bay này có đến 50% cỡ hạt có kích thước nhỏ hơn 13,1 µm.



Hình 3. Biểu đồ phân bố cỡ hạt tro bay đốt CTRSH.

Như đã đề cập ở trên, để xem xét về hình thái bề mặt của hạt tro bay đốt CTRSH, phương pháp SEM đã được sử dụng. Ảnh chụp SEM của các hạt tro bay đốt CTRSH (Hình 4) cho thấy các hạt tro bay tương đối đồng đều, kích thước hạt khoảng 10 µm.



Hình 4. Hình ảnh SEM hạt tro bay đốt CTRSH.

Thành phần kim loại nặng là một chỉ tiêu hết sức quan trọng cần phải đánh giá đối với loại tro xi từ lò đốt CTRSH. Trong nghiên cứu này, thành phần kim loại nặng chứa trong tro bay đốt CTRSH được xác định và trình bày ở Bảng 1. Các kết quả phân tích cho thấy hàm lượng tuyệt đối và hàm lượng ngâm chiết của một số kim loại nặng chủ yếu trong tro bay đốt CTRSH vượt ngưỡng quy định trong quy chuẩn QCVN 07:2009/BTNM [18]. Do đó, loại tro bay này nhất thiết phải được xử lý trước khi muốn sử dụng làm sản phẩm vật liệu xây dựng.

Bảng 1. Thành phần kim loại nặng trong tro bay đốt CTRSH.

| TT | Tên chỉ tiêu | Nồng độ ngâm chiết (mg/L) | Hàm lượng tuyệt đối (ppm) |
|----|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | Antimony | 0,003 | 15,6 |
| 2 | Asen (As) | 0,010 | 11,2 |
| 3 | Bari (Ba) | 2,511 | 208,8 |
| 4 | Bạc (Ag) | <0,001 | 43,3 |
| 5 | Beryn (Be) | <0,001 | 0,14 |
| 6 | Cadimi (Cd) | 0,003 | 152,6 |
| 7 | Chì (Pb) | 2,856 | 812,2 |
| 8 | Coban (Co) | 0,011 | 4,5 |
| 9 | Kẽm (Zn) | 0,42 | 1532 |
| 10 | Molybden (Mo) | 0,082 | 2,5 |
| 11 | Niken (Ni) | 0,012 | 18,5 |
| 12 | Selen (Se) | 0,004 | <1 |
| 13 | Tali (Tl) | 0,033 | <1 |
| 14 | Thủy Ngân (Hg) | 0,305 | 1,11 |
| 15 | Vanadi (V) | <0,01 | 10,7 |
| 16 | Crom VI (Cr VI) | 0,800 | <6 |
| 17 | pH (tính kiềm/tính axit) | - | 11,6 |

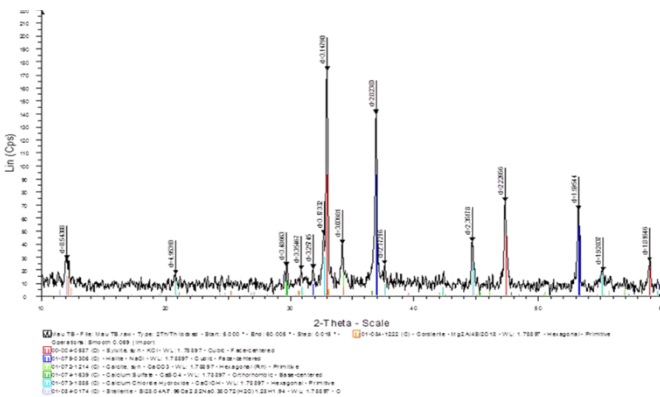
Trong nghiên cứu này, thành phần hóa học của tro bay đốt CTRSH được phân tích bằng phương pháp phân tích hóa ướt với kết quả phân tích được tổng hợp ở Bảng 2. Có thể thấy rằng loại tro bay này có lượng mất khi nung rất lớn (43,22 %) trong khi tổng hàm lượng các oxit chính ($SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$) lại rất thấp (chỉ 7,81 %). Thêm một chỉ tiêu đáng lưu ý là hàm lượng Cl⁻ của tro bay đốt CTRSH ở mức khá cao (đến 23,42 %).

Bên cạnh đó, thí nghiệm xác định nhiệt độ nóng chảy của tro bay cũng được thực hiện theo chỉ dẫn của TCVN 4917:2011 [19]. Kết quả thí nghiệm cho biết nhiệt độ nóng chảy của tro bay đốt CTRSH là 1090 °C.

Các khoáng chủ yếu có trong tro bay đốt CTRSH được phân tích bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD). Giản đồ XRD của mẫu tro bay đốt CTRSH được thể hiện ở Hình 5. Tro bay đốt CTRSH chứa các khoáng Halite (NaCl chiếm khoảng 16 %), Sylvite (KCl chiếm khoảng 19 %, Calcite chiếm khoảng 4 %, Calcium sulfate $CaSO_4$ chiếm khoảng 8 %), Calcium Chloride Hydroxide (CaCl₂-H chiếm khoảng 11 %, pha vô định hình chiếm khoảng 35 %).

Bảng 2. Thành phần hóa học tro bay đốt CTRSH.

| TT | Tên chỉ tiêu | Đơn vị | Kết quả |
|----|--|--------|---------|
| 1 | Lượng mất khi nung (LOI) | % | 43,22 |
| 2 | SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ | % | 7,81 |
| 3 | CaO | % | 27,30 |
| 4 | MgO | % | 1,03 |
| 5 | SO ₃ | % | 4,82 |
| 6 | K ₂ O | % | 5,58 |
| 7 | Na ₂ O | % | 7,90 |
| 8 | TiO ₂ | % | 0,14 |
| 9 | Cl ⁻ | % | 23,42 |
| 10 | CaO _{td} | % | 0,00 |
| 11 | Hàm lượng kiềm hòa tan của tro bay sau 28 ngày, Na ₂ O _{td} | % | 12,16 |



Hình 5.Giản đồ XRD của tro bay đốt CTRSH.

Các tính chất cơ lý và hoạt tính của tro bay đốt CTRSH cũng được nghiên cứu, cụ thể là: Các tính chất độ ẩm ứng với giới hạn chảy thấp, độ ẩm giới hạn chảy lẫn và độ dẻo của tro bay đốt CTRSH đã được thử nghiệm với các kết quả tương ứng là 29,7 %, 25,7 % và 4 %. Kết quả này cho thấy độ dẻo của tro bay đốt CTRSH là rất thấp, tro có độ xốp và nhu cầu nước cao. Ngoài ra, thử nghiệm chỉ số hoạt tính của tro bay đốt CTRSH đối với xi măng được thực hiện (theo TCVN 6882:2016 [20]). Chỉ số hoạt tính cường độ với xi măng poóc-lăng tuổi 28 ngày (I_R) là tỷ số giữa độ bền nén của mẫu xi măng poóc-lăng pha 20 % tro bay đốt CTRSH ở 28 ngày (R_B) và độ bền nén của mẫu xi măng poóc-lăng gốc ở cùng tuổi (R_A) tương ứng, tính bằng phần trăm (%), được xác định theo công thức:

$$I_R = \frac{R_B}{R_A} \times 100 \quad (1)$$

Xi măng poóc-lăng gốc được sử dụng trong nghiên cứu này là xi măng PC, thương hiệu Nghi sơn có các chỉ số kỹ thuật như Bảng 3.

Bảng 3. Các tính chất của xi măng PC Nghi Sơn.

| TT | Chỉ tiêu kỹ thuật | Kết quả | Phương pháp thử |
|----|--|--------------|-----------------|
| 1 | Độ mịn theo phương pháp Blaine, cm ² /g | 3650 | TCVN 4030:2003 |
| 2 | Độ mịn theo lượng sót sàng 0,09 mm, % | 0,1 | TCVN 4030:2003 |
| 3 | Thời gian đông kết, phút - Bắt đầu - Kết thúc | 130 160 | TCVN 6017:2015 |
| 4 | Cường độ chịu nén, MPa - 3 ngày - 28 ngày | 39,3 64,3 | TCVN 6016: 2011 |
| 5 | Độ ổn định thể tích theo phương pháp Le Chaterlier, mm | 0,5 | TCVN 6017:2015 |
| 6 | Hàm lượng SO ₃ , % | 1,30 | TCVN 141:1998 |

Kết quả thí nghiệm xác định được chỉ số hoạt tính cường độ ở tuổi 28 ngày của maauc tro bay đốt CTRSH là $I_R = 34,8$ %. Theo quy định của tiêu chuẩn TCVN 6882:2016 [20] thì tro bay đốt CTRSH không đạt yêu cầu về hoạt tính phụ gia khoáng cho xi măng.

4.2. Kết quả nghiên cứu về tro đáy đốt CTRSH

Thành phần hạt và các tính chất cơ lý của tro đáy đốt CTRSH được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 7572:2006[17] với các kết quả thí nghiệm được tổng hợp ở Bảng 4.

Bảng 4. Các tính chất cơ lý của tro đáy đốt CTRSH.

| Các tính chất | Đơn vị | Kết quả thí nghiệm |
|-------------------------|-------------------|--------------------|
| Cỡ hạt nhỏ hơn 5 mm | % | 69,4 |
| Cỡ hạt 5 - 10 mm | % | 18,7 |
| Cỡ hạt 10 - 20 mm | % | 7,5 |
| Cỡ hạt lớn hơn 20 mm | % | 4,4 |
| Khối lượng thể tích xốp | kg/m ³ | 912 |
| Khối lượng riêng | g/cm ³ | 2,52 |
| Độ hút nước | % | 12,5 |
| Độ mài mòn Los Angeles | % | 55,4 |

Lưu ý: Thí nghiệm xác định độ mài mòn Los Angeles trong nghiên cứu này (Bảng 4) được thực hiện cho hạt tro đáy đốt CTRSH có kích thước lớn hơn 5 mm.

Các thành phần nguy hại trong tro đáy đốt CTRSH được xác định bằng phương pháp US EPA Method 1311 và SMEWW 3125B:2012. Kết quả thí nghiệm (Bảng 5) cho thấy hàm lượng tuyệt đối và nồng độ ngậm chiết các kim loại nặng trong tro đáy đốt CTRSH là thấp hơn nhiều so với giới hạn quy định ở QCVN 07:2009/BTNMT [18]. Vì vậy, có thể kết luận rằng tro đáy đốt CTRSH là chất thải rắn không nguy hại.

Bảng 5. Thành phần kim loại nặng trong tro đáy đốt CTRSH.

| TT | Tên chỉ tiêu | Nồng độ ngậm chiết (mg/L) | Hàm lượng tuyệt đối (ppm) |
|----|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | Antimony | 0,002 | 22,9 |
| 2 | Asen (As) | 0,009 | 10,7 |
| 3 | Bari (Ba) | 2,604 | 209,8 |
| 4 | Bạc (Ag) | < 0,001 | 37,2 |
| 5 | Beryn (Be) | < 0,001 | 0,14 |
| 6 | Cadimi (Cd) | 0,002 | 144,4 |
| 7 | Chì (Pb) | 0,170 | 774,6 |
| 8 | Coban (Co) | 0,009 | 4,3 |
| 9 | Kẽm (Zn) | 0,279 | 1,476 |
| 10 | Molybden (Mo) | 0,075 | 2,4 |
| 11 | Niken (Ni) | 0,013 | 15,8 |
| 12 | Selen (Se) | 0,007 | 2,5 |
| 13 | Tali (Tl) | 0,023 | < 1 |
| 14 | Thủy Ngân (Hg) | 0,024 | 0,86 |
| 15 | Vanadi (V) | < 0,01 | 10,5 |
| 16 | Crom VI (Cr VI) | 0,400 | < 6 |
| 17 | pH (tính kiềm/tính axit) | - | 11,5 |

Thành phần hóa học của tro đáy đốt CTRSH được phân tích bằng phương pháp hóa ướt với kết quả phân tích tổng hợp ở Bảng 6. Kết quả ở Bảng 6 cho thấy thành phần hóa học tro đáy đốt CTRSH chủ yếu các oxit thông thường nên có thể xem xét thay thế được cho các nguyên liệu có thành phần tương đương.

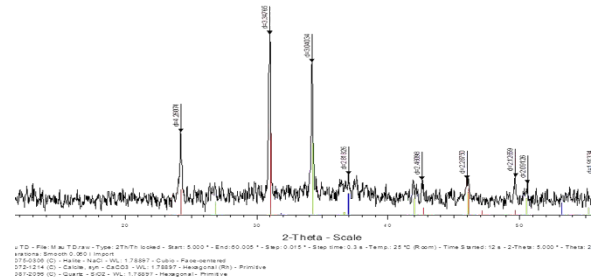
Bảng 6. Thành phần hóa học cơ bản của tro đáy đốt CTRSH.

| TT | Chỉ tiêu phân tích | Đơn vị | Kết quả |
|----|--------------------------------|--------|---------|
| 1 | Lượng mất khi nung (LOI) | % | 5,73 |
| 2 | SiO ₂ | % | 52,84 |
| 3 | Fe ₂ O ₃ | % | 3,44 |
| 4 | Al ₂ O ₃ | % | 7,77 |
| 5 | CaO | % | 19,32 |
| 6 | MgO | % | 2,02 |
| 7 | SO ₃ | % | 0,75 |
| 8 | K ₂ O | % | 1,64 |
| 9 | Na ₂ O | % | 3,51 |
| 10 | TiO ₂ | % | 0,44 |
| 11 | Hàm lượng ion Cl ⁻ | % | 1,33 |
| 12 | Hàm lượng silic hòa tan | mMol/l | 105 |
| 13 | Độ giảm kiềm | mMol/l | 269 |

Tương tự như đối với tro bay, thí nghiệm xác định nhiệt độ nóng chảy của tro đáy đốt CTRSH được thực hiện theo phương pháp tiêu chuẩn TCVN 4917:2011 [19]. Kết quả thí nghiệm xác định được

tro đáy đốt CTRSH nóng chảy ở nhiệt độ 1210 °C.

Thành phần các khoáng có trong tro đáy đốt CTRSH được phân tích bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (Hình 6), sử dụng thiết bị D8 ADVANCE của hãng BRUCKER. Tro đáy đốt CTRSH chứa lượng lớn các khoáng có cấu trúc vô định hình (khoảng 68 %), Calcite (khoảng 18 %), Silic dạng Quartz (khoảng 13 %) và lượng nhỏ muối chứa kiềm NaCl.



Hình 6. Giản đồ XRD của tro đáy đốt CTRSH.

Ngoài ra, nghiên cứu này cũng thực hiện xử lý hàm lượng ion Cl⁻ trong tro đáy đốt CTRSH thông qua phương pháp rửa bằng nước sạch. Sau 4 lần rửa thì hàm lượng ion Cl⁻ trong tro đáy đốt CTRSH giảm từ 1,33 % xuống chỉ còn 0,079 %.

5. Kết luận

Trong nhiều năm qua, trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu tái sử dụng tro xỉ đốt CTRSH làm vật liệu xây dựng được thực hiện và kết quả nghiên cứu cho thấy việc tái chế tro xỉ để tái chế làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng là phù hợp. Có nghiên cứu sử dụng cả tro bay và tro đáy đốt CTRSH làm nguyên liệu nhưng hầu hết là nghiên cứu riêng việc tái sử dụng tro đáy hoặc tro bay đốt CTRSH vì hai loại vật liệu này có những tính chất và thành phần khác nhau.

Ở Việt Nam, khối lượng tro đáy và tro bay đốt CTRSH thải ra ngày càng nhiều. Với công suất đủ lớn của các nhà máy xử lý CTRSH thì tổng trữ lượng tro xỉ phát thải cũng đủ để sử dụng làm nguyên liệu sản xuất sản phẩm vật liệu xây dựng trên dây chuyền công nghiệp.

5.1. Kết luận về tro bay đốt CTRSH

Tro bay đốt CTRSH chứa nhiều thành phần kim loại nặng và lượng lớn các muối kiềm chứa ion Cl⁻. Với kích thước hạt tương đối mịn có cấu trúc vô định hình, tro bay đốt CTRSH có thể sử dụng thay thế một phần xi măng trong chế tạo bê tông thông thường; các hạt tro bay này có khả năng phân tán và lấp lên các lỗ rỗng, góp phần nâng cao cường độ của bê tông. Tuy nhiên, với cấu trúc hạt xốp, việc sử dụng tro bay đốt CTRSH có thể làm tăng nhu cầu nước để đảm bảo độ sụt cho hỗn hợp bê tông.

Để sử dụng tro bay đốt CTRSH làm nguyên liệu cho bê tông và gạch bê tông thì cần nghiên cứu sử dụng phương pháp tiền xử lý phù hợp nhằm nâng cao hiệu quả về mặt kỹ thuật và đảm bảo an toàn về

môi trường. Nhiệt độ nóng chảy của tro bay đốt CTRSH khá thấp nên có thể xử lý bằng phương pháp nhiệt cũng chế tạo được cốt liệu cho bê tông và gạch bê tông. Mặt khác, phải đảm bảo hàm lượng ion Cl⁻ không vượt quá giới hạn của các quy định, yêu cầu kỹ thuật cho sản phẩm tương ứng. Hiện tại, tro bay đốt CTRSH đang được quy định là chất thải rắn nguy hại, nên việc ứng dụng trực tiếp làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng sẽ còn nhiều vướng mắc.

5.2. Kết luận về tro đáy đốt CTRSH

Dựa trên kết quả phân tích các tính chất cơ lý cho thấy, tro đáy đốt CTRSH phù hợp làm cốt liệu thay thế cốt liệu nhỏ trong bê tông và gạch bê tông. Với cỡ hạt của tro đáy đốt CTRSH hiện tại thì phương pháp xử lý chế tạo hạt cốt liệu nhỏ từ tro đáy đốt CTRSH là không quá phức tạp.

Tro đáy đốt CTRSH chứa một lượng muối clorua dễ hòa tan, vì vậy việc sử dụng tro đáy đốt CTRSH làm nguyên liệu sản xuất bê tông cần quan tâm đến hàm lượng ion Cl⁻. Có thể dễ dàng xử lý để giảm hàm lượng ion Cl⁻ và hàm lượng kiềm trong tro đáy đốt CTRSH bằng phương pháp rửa bằng nước và gia công đến kích thước hạt phù hợp. Bên cạnh đó, tro đáy đốt CTRSH cũng chứa một lượng nhỏ các kim loại nặng. Các kim loại này có khả năng phản ứng sinh khí (như nhôm kim loại) gây nở nứt kết cấu bê tông, đây cũng là vấn đề cần quan tâm khi sử dụng tro đáy đốt CTRSH làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng. Nhiệt độ nóng chảy của tro đáy đốt CTRSH cũng không cao, có thể dễ dàng chế tạo cốt liệu có độ đồng nhất và có các tính chất cơ lý tốt bằng phương pháp nung chảy tro đáy đốt CTRSH thành cốt liệu gốm, tuy nhiên phương pháp này sẽ tốn nhiều chi phí hơn. Tương tự như tro bay, tro đáy đốt CTRSH cũng có cấu trúc hạt xốp với nhiều góc cạnh; do đó, việc sử dụng tro đáy đốt CTRSH cũng sẽ làm tăng nhu cầu nước để đạt được độ sụt cần thiết cho hỗn hợp bê tông cũng như đạt độ ẩm cần thiết để tạo hình gạch bê tông.

Tài liệu tham khảo

[1]. Rogoff M. J. (2019), *The current worldwide WTE trend*, Link: <https://www.mswmanagement.com>, Truy cập ngày 14/01/2022.

[2]. Hồng Vân, Bông Mai (2020), *Từ năm 2021, rác thải sinh hoạt của Hà Nội sẽ đi về đâu?*, Link: <https://nhandan.com.vn>, Truy cập ngày 14/01/2022.

[3]. Nguyễn Quỳnh (2020), *TP.HCM phấn đấu 80 % rác thải sinh hoạt được xử lý bằng công nghệ mới và tái chế*, Link: <https://baotainguyenmoitruong.vn>, Truy cập ngày 14/01/2022.

[4]. Báo cáo hiện trạng Môi trường Quốc gia năm 2014, chuyên đề Chất thải rắn sinh hoạt, Bộ Tài Nguyên Môi trường, Hà Nội, Việt Nam.

[5]. Klein C. (2021), *Number of waste incineration facilities Japan FY 2010-2019*, Link: <https://www.statista.com>, Truy cập ngày 14/01/2022.

[6]. Bertolinia L., Carsana M., Cassago D., Curzio A. Q., Collepardi M. (2004), MSWI ashes as mineral additions in concrete, *Cement and Concrete Research* 34, pp. 1899-1906.

[7]. Zhang M., Guo M., Zhang B., Li F., Wang H., Zhang H. (2020), Stabilization of heavy metals in MSWI fly ash with a novel dithiocarboxylate-functionalized polyaminoamide dendrimer, *Waste*

Management 105, pp. 289-298.

[8]. Li X. Q., Lv Y., Ma B. Q., Chen Q. B., Yin X. B., Jian S. W. (2012), Utilization of municipal solid waste incineration bottom ash in blended cement, *Journal of Cleaner Production* 32, pp. 96-100.

[9]. Holmes N., O'Malley H., Cribbin P., Mullen H., Keane G. (2016), Performance of masonry blocks containing different proportions of incinerator bottom ash, *Sustainable Materials and Technologies* 8, pp. 14-19.

[10]. Zeng C., Lyu Y., Wang D., Ju Y., Shang X., Li L. (2020), Application of fly ash and slag generated by incineration of municipal solid waste in concrete. *Advances in Materials Science and Engineering* 2020, pp. 7802103.

[11]. Taurino R., Karamanova E., Barbieri L., Atanasova-Vladimirova S., Andreola F., Karamanov A. (2017), New fired bricks based on municipal solid waste incinerator bottom ash, *Waste Management & Research* 35(10), pp. 1055-1063.

[12]. Collivignarelli C., Sorlini S. (2002), Reuse of municipal solid wastes incineration fly ashes in concrete mixtures, *Waste Management* 22(8), pp. 909-912.

[13]. An J., Kim J., Golestani B., Tasneem K. M., Muhit B. A. A., Nam B. H., Behzadan A. H. (2014), *Evaluating the use of waste-to-energy bottom ash as road construction materials (BDK78-977-20)*, Office of Materials, State of Florida Department of Transportation, Florida.

[14]. Asian Development Bank (2017), *TA-8963 PRC: Sustainable management of fly ash from municipal solid waste incineration (49019-001)*, China Urban Construction Design & Research Institute Co., Ltd.

[15]. Miro, D. C. (2017), *Municipal waste incinerator ash in manufactured aggregate*, in: Characterisation of Mineral Wastes, Resources and Processing technologies – Integrated waste management for the production of construction material.

[16]. Müller U., Rübner K. (2006), The microstructure of concrete made with municipal waste incinerator bottom ash as an aggregate component, *Cement and Concrete Research* 36(8), pp. 1434-1443.

[17]. TCVN 7572:2006, *Cốt liệu cho bê tông và vữa – Phương pháp thử*, Hà Nội, Việt Nam.

[18]. QCVN 07L2009/BTNMT, *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về ngưỡng chất thải nguy hại*, Hà Nội, Việt Nam.

[19]. TCVN 4917:2011, *Than đá và cốc – Xác định tính nóng chảy của tro*, Hà Nội, Việt Nam.

[20]. TCVN 6882:2016, *Phụ gia khoáng cho xi măng*, Hà Nội, Việt Nam.