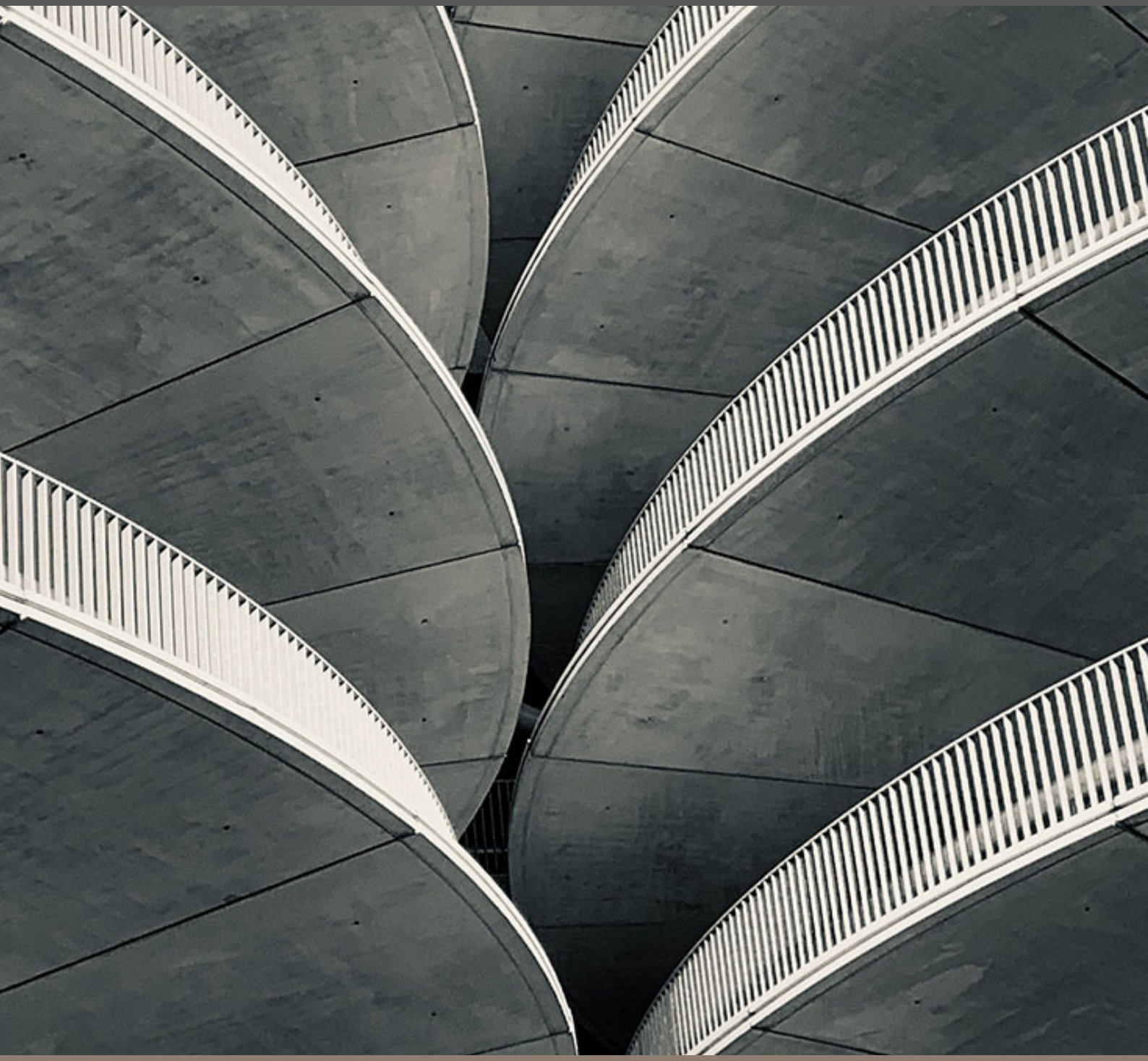
TẠP CHÍ VẬT LIỆU & XÂY DỰNG

TẠP CHÍ CỦA VIỆN VẬT LIỆU XÂY DỰNG - BỘ XÂY DỰNG

TẬP 15 SỐ 6 | (12-2025)



ISSN 1859-381X

VIỆN VẬT LIỆU XÂY DỰNG

VIETNAM INSTITUTE FOR BUILDING MATERIALS

Trụ sở chính: Số 235 đường Nguyễn Trãi, phường Thanh Xuân Trung, quận Thanh Xuân, TP. Hà Nội
Điện thoại: 024.3858.1111 * Fax: 024.3858.1112 * Email: vienvlxd@vibm.vn * Website: www.vibm.vn
Phân viện Vật liệu xây dựng miền Nam: Lô I- 3b-5, đường N6, Khu Công nghệ cao, phường Tân Phú, Tp. Thủ Đức, Tp. Hồ Chí Minh
Điện thoại: 028.37402343 * Fax: 028.37402343
Cơ sở 2 Hà Nam: Khu Tiểu thủ công nghiệp, xã Trung Lương, huyện Bình Lục, tỉnh Hà Nam

Trụ sở chính của VIBM tại Hà Nội

Viện Vật liệu xây dựng (VIBM) trực thuộc Bộ Xây dựng, được thành lập ngày 4/11/1969, là viện nghiên cứu khoa học và công nghệ Quốc gia về vật liệu xây dựng và các lĩnh vực khác bao gồm: cơ khí xây dựng, hạ tầng kỹ thuật và môi trường xây dựng; phục vụ công tác quản lý Nhà nước và phát triển ngành công nghiệp vật liệu xây dựng trên phạm vi toàn quốc.

Nguyên Viện trưởng Lê Trung Thành báo cáo nguyên Tổng Bí thư Nguyễn Phú Trọng, nguyên Phó Thủ tướng Trịnh Đình Dũng và nguyên Bộ trưởng Bộ Xây dựng Phạm Hồng Hà về một số hoạt động nghiên cứu khoa học trọng điểm của Viện Vật liệu xây dựng

Chức năng nhiệm vụ:

- Xây dựng chiến lược, quy hoạch, kế hoạch, chính sách phát triển, quy chuẩn, tiêu chuẩn;
- Nghiên cứu khoa học – công nghệ;
- Phân tích, thí nghiệm, kiểm định, chứng nhận hợp chuẩn – hợp quy;
- Khảo sát, thăm dò tài nguyên khoáng sản;
- Tư vấn đầu tư sản xuất, thẩm định, thiết kế và chuyển giao công nghệ;
- Sản xuất, xuất – nhập khẩu; đầu tư sản xuất, kinh doanh;
- Tổ chức thi công xây dựng;
- Đào tạo, bồi dưỡng kỹ thuật viên, công nhân vận hành; phổ biến tiêu chuẩn, quy chuẩn và văn bản pháp quy;
- Nghiên cứu thị trường, xúc tiến thương mại.

Hội thảo quốc tế về "Vật liệu xây dựng thế kỷ 21" (ICBM 2024) do Viện Vật liệu xây dựng tổ chức từ 31/10/2024 - 03/11/2024 tại Hà Nội nhân kỷ niệm 55 năm thành lập

Đơn vị thành viên:

- Phân viện Vật liệu xây dựng miền Nam
- Trung tâm Đào tạo, Truyền thông và Hợp tác quốc tế
- Trung tâm Nghiên cứu chiến lược phát triển VLXD
- Trung tâm Tư vấn và Dịch vụ kỹ thuật xây dựng
- Văn phòng chứng nhận chất lượng sản phẩm VLXD
- Trung tâm Xi măng và Bê tông
- Trung tâm Vật liệu chịu lửa và Chống cháy
- Trung tâm Gốm sứ – Thủy tinh
- Trung tâm Thiết bị, môi trường và An toàn lao động
- Trung tâm Vật liệu hữu cơ và Hóa phẩm xây dựng
- Trung tâm Kiểm định VLXD
- Trung tâm Vật liệu xây dựng công trình giao thông
- Công ty Cổ phần Vật liệu xây dựng tính năng cao (HIMAT)

Nguyên Phó Thủ tướng Trịnh Đình Dũng và Đoàn công tác của Chính phủ đến thăm và làm việc tại Viện VLXD về Chiến lược phát triển VLXD thời kỳ 2021-2030, định hướng đến năm 2050

7 Ảnh hưởng của cát nghiền đến một số tính chất của bê tông
Phan Văn Quỳnh, Nguyễn Văn Đoàn, Dương Thanh Qui

13 Nghiên cứu tận dụng xỉ đáy lò của nhà máy đốt rác sinh hoạt làm cốt liệu nhỏ trong bê tông
Nguyễn Văn Tuyến, Nguyễn Đình Giang Nam, Hoàng Vĩ Minh, Lê Văn Toàn, Trần Quốc Vinh

20 Nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của loại và hàm lượng sợi thép đến khả năng chịu kéo của bê tông cường độ siêu cao
Đặng Văn Phi

27 Nghiên cứu ứng xử chịu chọc thủng của sàn phẳng bê tông cốt thép có lỗ mở
Nguyễn Quang Sĩ, Nguyễn Hoàng Quân, Nguyễn Xuân Huy, Lê Đăng Dũng

36 Tình hình sử dụng và các giải pháp tiết kiệm năng lượng trong sản xuất clanhke xi măng tại Việt Nam
Nguyễn Văn Hoan, Phan Văn Quỳnh

41 Phân tích phản ứng động đất của cầu cọc sàn đúc sẵn
Nguyễn Quốc Tới, Nguyễn Trường Chinh

47 Vi nhựa trong nước uống: Hiện trạng và giải pháp
Phạm Văn Tới, Phạm Văn Định, Đỗ Văn Mạnh, Lê Xuân Thanh Thảo, Nguyễn Thị Thu Trang, Lê Thị Thanh An, Vũ Thị Thanh Huyền

55 Nghiên cứu đánh giá khả năng sử dụng xỉ nhiệt điện và đá bazan chế tạo xi măng theo tiêu chuẩn Châu Âu
Nguyễn Văn Hoan, Lê Văn Tiến

63 Nghiên cứu chế tạo vữa xây dựng hấp thụ khí CO_2 từ nguồn hỗn hợp tro bay nhiệt điện, cốt sợi xơ dừa và dung dịch siêu dẻo hoạt hóa
Tăng Văn Lâm, Phạm Quang Đạo, Trần Thị Kim Phụng, Đỗ Đình Hưng

70 Gạch bông trong bối cảnh phát triển vật liệu xây dựng không nung ở Việt Nam
Trần Thị Thanh Tuyền

78 Ảnh hưởng của điều kiện dưỡng hộ CO_2 đến cường độ, mức độ cacbonat hóa và biến đổi vi cấu trúc của gạch xây không nung
Lê Văn Quang, Nguyễn Huy Dũng, Huỳnh Trọng Phước

86 Nghiên cứu ứng xử kéo nhổ của đa sợi thép trong bê tông
Đặng Văn Phi, Tăng Văn Lâm, Lê Huy Việt

92 Tối ưu hình dạng kết cấu của nhóm cọc móng cầu nước sâu
Nguyễn Quốc Tới, Nguyễn Trường Chinh

97 Ứng xử chịu kéo khi uốn của dầm bê tông cốt sợi thép phân tán: Thí nghiệm và mô hình số
Lê Gia Khuyến, Vũ Việt Hưng, Nguyễn Hoàng Quân, Trần Bảo Việt

105 Nghiên cứu về đóng góp của các dự án xây dựng khi áp dụng BIM tới tăng trưởng kinh tế tại Hà Nội
Lê Minh Thoa, Lâm Hải Hòa, Nguyễn Thanh Huyền, Nguyễn Thanh Tuyền

111 Phân tích so sánh ảnh hưởng của phương pháp thi công và thời gian chờ cố kết đến ứng xử của tường vây trong công trình ngầm
Lê Đình Mạnh

121 Giải pháp công nghệ trong kiểm tra, quản lý chất lượng mối hàn nhiệt nhôm, giáp mối nóng chảy và một số hạng mục kết cấu khác tại các dự án đường sắt đô thị ở Việt Nam
Nguyễn Anh Tú, Cao Anh Tuấn, Lâm Hữu Quang

Tổng biên tập
TS. Lưu Thị Hồng
Phó Tổng biên tập
TS. Vũ Văn Dũng

Hội đồng khoa học
PGS.TS. Lê Trung Thành (Chủ tịch)
GS.TS. Nguyễn Việt Anh
PGS.TS. Huỳnh Đăng Chính
PGS.TS. Tạ Ngọc Dũng
GS.TS. Thái Hoàng
TS. Ứng Quốc Hùng
GS.TS. Phạm Huy Khang
GS.TS. Trần Đại Lâm
GS.TS. Nguyễn Tố Lăng
PGS.TS. Lương Đức Long
PGS.TS. Bùi Công Quang
GS.Nguyễn Văn Tuấn
GS.TS. Ngô Tuấn
TS. Trần Bá Việt
PGS.TS. Vũ Quốc Vương
PGS.TS. Dirk Schwede
GS.TS. Е.В.Королев
GS.TS. Ippei Maruyam
GS.TS. Johann Plank
GS.TS. Marios Soutsos
GS. Michael A. Waibel

Tòa soạn và trị sự
235 Nguyễn Trãi, Khương Đình, Hà Nội
Tel: 024 3 8582217
Fax: 024 3 8581112
E-mail: contact@jomc.vn
Website: https://jomc.vn
Giấy phép xuất bản:
Số 564/GP-BTTT ngày 03/12/2020

VẬT LIỆU & XÂY DỰNG
Tạp chí Vật liệu và Xây dựng
ISSN 1859 - 381X
Website: www. jomc.vn

Nghiên cứu chế tạo gạch không nung hấp thụ khí CO_2 từ nguồn hỗn hợp tro bay nhiệt điện đốt rác, cốt sợi xơ dừa và dung dịch kiềm hoạt hóa

Tăng Văn Lâm [1*], Phạm Quang Đạo [1], Trần Thị Kim Phụng [1], Đỗ Đình Hưng[2]

[1] Trường Đại học Mỏ - Địa chất

[2] Chi nhánh Trường Sơn 97 - Tổng công ty Xây dựng Trường Sơn (Binh đoàn 12)

TỪ KHOÁ

Vật liệu xây dựng xanh
Tro bay nhiệt điện
Cốt sợi xơ dừa
Dung dịch kiềm hoạt hóa
Gạch không nung hấp thụ CO_2

TÓM TẮT

Nhà máy điện rác Greenstar (Bắc Ninh) mỗi năm phát sinh hơn 4.000 tấn tro bay, chủ yếu chôn lấp gây lãng phí tài nguyên và ô nhiễm. Nghiên cứu này đề xuất chế tạo gạch không nung hấp thụ CO_2 từ hỗn hợp tro bay nhiệt điện, xỉ lò cao, sợi xơ dừa và dung dịch kiềm hoạt hóa (NaOH, Na_2SiO_3) làm chất hoạt hóa geopolymer. Các cấp phối vật liệu được thiết kế theo TCVN hiện hành, tạo mẫu và thí nghiệm xác định các chỉ tiêu cơ lý (cường độ nén, uốn, khối lượng thể tích, độ hút nước, độ rỗng) cũng như khả năng hấp thụ CO_2. Kết quả cho thấy các mẫu gạch đều đạt mác M100, cường độ nén từ 12,7 ÷ 14,5 MPa, bề mặt nhẵn, độ hút nước thấp và độ rỗng giảm còn 6,5 ÷ 10,9%. Đặc biệt, các viên gạch rỗng chế tạo từ cấp phối Mix-ID-04 hấp thụ trung bình 12,5 ÷ 14,2 g CO_2/viên trong vòng 20 ÷ 30 phút thí nghiệm, nhờ phản ứng cacbonat hóa của $Ca(OH)_2$, tro bay và xỉ lò cao. Nghiên cứu chứng minh tính khả thi của việc kết hợp phế thải công nghiệp và phụ phẩm nông nghiệp để sản xuất gạch không nung hấp thụ CO_2, góp phần giảm phát thải khí nhà kính, tiết kiệm tài nguyên và hướng tới mục tiêu Net Zero 2050.

KEYWORDS

Green construction materials
Fly ash
Coconut fiber
Alkaline solution
CO_2-absorbing non-fired bricks

ABSTRACT

The Greenstar waste-to-energy plant (Bac Ninh) generates more than 4.000 tons of fly ash annually, most of which is landfilled, causing resource wastage and environmental pollution. This study proposes the development of CO_2-absorbing non-fired bricks using a mixture of fly ash, ground granulated blast furnace slag, coconut fiber and an alkaline solution (NaOH, Na_2SiO_3) solution serving as a geopolymer activator. Mix proportions were designed according to Vietnamese standards (TCVN), followed by sample preparation and testing of physical–mechanical properties (compressive strength, flexural strength, bulk density, water absorption, porosity) as well as CO_2 uptake capacity. The results show that all brick samples met grade M100 with compressive strengths ranging from 12,7 to 14,5 MPa, smooth surfaces, low water absorption and reduced porosity (6,5 ÷ 10,9%). Notably, hollow bricks produced with Mix-ID-04 absorbed an average of 12,5 ÷ 14,2 g CO_2 per brick within 20 ÷ 30 minutes of testing, attributed to the carbonation of $Ca(OH)_2$, fly ash and slag. This research demonstrates the feasibility of combining industrial waste and agricultural by-products to manufacture CO_2-absorbing non-fired bricks, contributing to greenhouse gas reduction, resource conservation and the pursuit of the Net Zero 2050 target.

1. Giới thiệu

Trong bối cảnh toàn cầu đang đối diện với những tác động nặng nề của biến đổi khí hậu, việc kiểm soát và giảm thiểu phát thải khí CO_2 trở thành một trong những thách thức quan trọng hàng đầu. Theo công bố của Liên Hợp Quốc, lượng khí thải CO_2 cần giảm 45 % vào năm 2030 so với mức năm 2010 và hướng tới mục tiêu phát thải ròng bằng 0 (Net Zero) vào năm 2050. Đặc biệt, ngành xây dựng – vốn tiêu thụ lượng lớn vật liệu truyền thống như xi măng, gạch nung – được xem là một trong những lĩnh vực phát thải CO_2 nhiều nhất, do quá trình sản xuất xi măng và đốt nhiên liệu hóa thạch gây ra hiệu ứng nhà kính và các hệ lụy môi trường khác.

Tại các thành phố lớn ở Việt Nam đang thải ra một lượng rác thải sinh hoạt rất lớn, trên 60.000 tấn/ngày, trong đó khu vực đô thị chiếm 60 %. Hiện khoảng 71 % rác thải được xử lý bằng chôn lấp, 16 % bằng compost và 13 % bằng đốt và các phương pháp khác, song tỷ lệ thu gom, xử lý vẫn chưa đạt 100 % [1, 2, 3]. Vấn đề xử lý rác luôn là một bài toán khó cả về môi trường và kinh tế đối với các nước đang phát triển như Việt Nam. Theo Bộ Khoa học và Công nghệ, công nghệ đốt chất thải để tạo ra điện ngày càng được áp dụng rộng rãi do có một số ưu điểm nổi bật so với các công nghệ khác, như giảm được 90 ÷ 95 % thể tích và khối lượng chất thải; có thể tận dụng nhiệt; giảm phát thải khí nhà kính so với biện pháp chôn lấp và hạn chế ô nhiễm thứ cấp [3].

*Liên hệ tác giả: tangvanlam@humg.edu.vn
Nhận ngày 29/09/2025, sửa xong ngày 28/10/2025, chấp nhận đăng ngày 29/10/2025
Link DOI: https://doi.org/10.54772/jomc.06.2025.1105

Hiện nay, Việt Nam đã đưa vào vận hành nhiều nhà máy điện rác như Sóc Sơn (Hà Nội, 4.000 tấn/ngày, 75 MW), Vĩnh Tân (Bình Thuận, 600 tấn/ngày, 30 MW), Phù Ninh (Phú Thọ, 500 tấn/ngày, 25 MW), Củ Chi (TP. Hồ Chí Minh, 1.000 tấn/ngày, 50 MW),... [4]. Trong đó, Nhà máy điện rác Sóc Sơn (thuộc Khu liên hợp xử lý chất thải rắn Nam Sơn-Hà Nội) hiện đang vận hành 3/5 lò đốt, xử lý được khoảng 3.000 tấn rác/ngày đêm. Theo lãnh đạo nhà máy, nếu được cấp phép hoạt động hết công suất 5/5 lò đốt sẽ xử lý được khoảng 4 ÷ 5 nghìn tấn rác/ngày đêm [5]. Hà Nội đã tập trung triển khai công nghệ hiện đại nhất để xử lý rác thải, dự kiến giai đoạn đến năm 2030, thành phố sẽ giải phóng mặt bằng để kêu gọi đầu tư các nhà máy xử lý chất thải rắn theo công nghệ hiện đại.

Vừa qua tại Bắc Ninh, Nhà máy xử lý chất thải rắn sinh hoạt, chất thải công nghiệp phát điện (nhà máy điện rác Greenstar) đã chính thức đi vào vận hành. Đây là nhà máy điện rác đầu tiên của tỉnh Bắc Ninh đi vào hoạt động. Nhà máy điện rác Greenstar có chức năng xử lý chất thải công nghiệp và chất thải sinh hoạt với công suất 180 tấn rác/ngày đêm; công suất phát điện là 6,1 MW [6]. Nhiều nước tiên tiến trên thế giới nhận định, việc xây dựng nhà máy điện rác là một giải pháp hiệu quả, góp phần giảm thiểu lượng rác thải chôn lấp, giảm thiểu ô nhiễm môi trường và phát thải khí nhà kính [7, 8].

Tuy nhiên, các nhà máy điện rác hiện đang phát sinh lượng lớn tro xỉ – sản phẩm phụ của quá trình đốt rác – có nguy cơ gây ô nhiễm thứ cấp. Cụ thể, Nhà máy Sóc Sơn phát sinh khoảng 260.000 tấn/năm, trong khi Nhà máy Greenstar thải ra 10 ÷ 20 tấn/ngày [9]. Do đó, vấn đề tái sử dụng triệt để các chất thải rắn phát thải từ các nhà máy điện rác, giảm ảnh hưởng đến môi trường thứ cấp là một vấn đề cần thiết và thời sự hiện nay.

Trong những năm gần đây, thành phần sử dụng tro bay nhiệt điện và xỉ luyện kim, bột gốm sứ… ngày càng được sử dụng phổ biến và đa dạng hơn trong thành phần của bê tông, vữa xây dựng và gạch xây không nung [10, 11]. Trong năm 2024, vật liệu xây dựng hấp thụ khí CO_2 được chế tạo từ nguồn hỗn hợp phế thải công nghiệp, cốt sợi phân tán và dung dịch kiềm đã bắt đầu được nghiên cứu ở Việt Nam [12]. Tuy nhiên, những nghiên trước đây hầu như chưa tập trung vào nghiên cứu khả năng hấp thụ khí thải CO_2 và sử dụng các thành phần tro bay và xỉ của nhà máy đốt rác phát điện để chế tạo các chủng loại sản phẩm vữa xây dựng.

Xuất phát từ thực tiễn đó, nghiên cứu này nhằm chế tạo gạch xây không nung có khả năng hấp thụ khí CO_2 từ hỗn hợp tro bay điện rác, cốt sợi xơ dừa và dung dịch kiềm hoạt hóa. Với mục tiêu vừa tận dụng phế thải công nghiệp và phụ phẩm nông nghiệp sẵn có ở Việt Nam, vừa cải thiện các tính chất cơ lý của gạch, đồng thời nâng cao khả năng hấp thụ CO_2, góp phần giảm phát thải khí nhà kính và hướng tới mục tiêu Net Zero 2050.

2. Nguyên vật liệu sử dụng và tiêu chuẩn áp dụng

2.1. Nguyên vật liệu sử dụng

2.1.1. Vật liệu bột khoáng

Trong nghiên cứu này đã sử dụng các thành phần vật liệu bột khoáng như sau:

a) Tro bay

Tro bay của nhà máy điện đốt rác Greenstar được dùng làm thành phần bột khoáng hoạt tính để sản xuất các sản phẩm gạch xây không nung. Tro bay loại F, đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật quy định trong tiêu chuẩn TCVN 10302:2014 (Hình 1.a).

b) Xỉ lò cao Hòa Phát

Xỉ lò cao nghiền mịn S95 dùng trong thành phần của hỗn hợp vật liệu bột khoáng để sản xuất các sản phẩm gạch xây không nung. Xỉ lò cao đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật quy định trong tiêu chuẩn TCVN 11586:2016 (Hình 1.b).

c) Bột vôi $Ca(OH)_2$

Bột vôi $Ca(OH)_2$ là một hỗn hợp dạng bột rất mịn có màu trắng. Thành phần chủ yếu là $Ca(OH)_2$ dao động khoảng trên 90 %. Hạt bột vôi có đường kính trung bình nhỏ hơn 20 µm. Bột vôi trong bài báo này thỏa mãn yêu cầu của TCVN 2231:2016 (Hình 1.c).

2.1.2. Cốt liệu sử dụng

Trong giới hạn của nghiên cứu sử dụng hỗn hợp các loại cốt liệu như sau:

a) Bột gốm sứ TOTO

Bột gốm sứ TOTO là sản phẩm phụ từ quá trình sản xuất các sản phẩm thiết bị sứ vệ sinh của nhà máy TOTO tại Khu công nghiệp Bắc Thăng Long – Đông Anh – Hà Nội. Sản phẩm này đặc biệt hướng tới ứng dụng trong lĩnh vực vật liệu xây dựng tái chế, vật liệu hấp thụ CO_2 hoặc thay thế cát, xi măng trong thành phần gạch xây không nung và được sử dụng là cốt liệu nhỏ (Hình 2.a).

Tại nhà máy TOTO khu công nghiệp Bắc Thăng Long, khối lượng bột thải từ các sản phẩm sứ vệ sinh (bồn cầu, chậu rửa, bồn tắm, v.v.) ước tính hàng trăm tấn mỗi năm [13]. Phế phẩm này được đi qua các khâu gia công nghiền mịn để thu được bột gốm sứ TOTO nghiền mịn với tỷ diện bề mặt riêng khoảng 300 ÷ 600 m^2/kg tùy theo mức độ nghiền và có chứa khoảng 55 ÷ 65 % thành phần SiO_2 hoạt tính.

b) Cốt liệu đá mạt

Đá mạt từ đá vôi là sản phẩm phụ thu được trong quá trình nghiền – sàng – gia công đá xây dựng từ đá vôi tự nhiên. Đá mạt từ đá vôi với kích thước hạt 0 ÷ 5,0 mm, thành phần khoáng chủ yếu là $CaCO_3$ được sử dụng là thành phần chịu lực trong sản phẩm gạch không nung (Hình 2.b).

c) Phế thải hạt xỉ từ than tổ ong sau khi đã sử dụng

Phế thải hạt xỉ từ than tổ ong sau khi đã sử dụng thu được bằng cách gia công các viên than tổ ong sau khi đã sử dụng (Hình 3). Thành phần này có kích thước khá lớn dao động từ 0 ÷ 5,0 mm và được sử dụng là thành phần hạt thô trong sản phẩm gạch rỗng không nung. Ngoài ra, do thành phần xỉ hạt từ than tổ ong có độ rỗng lớn, sẽ góp phần hấp thụ khí thải CO_2 được thuận lợi hơn.

d) Sợi xơ dừa

Sợi xơ dừa là sợi tự nhiên thu được từ vỏ quả dừa già. Đây là loại sợi lignocellulose bền chắc, có nguồn cung dồi dào ở Việt Nam, đặc biệt là các tỉnh miền Tây như Bến Tre, Trà Vinh, ... Sợi xơ dừa có đường

kính trong khoảng từ 100 ÷ 300 μm và chiều dài từ 10 ÷ 30 mm. Sợi xơ dừa được sử dụng trong nghiên cứu này nhằm mục đích chống nứt sớm của sản phẩm gạch xây không nung (Hình 4).

2.1.3. Dung dịch kích hoạt

Dung dịch kích hoạt trong nghiên cứu này sử dụng gồm 02 thành phần chính là dung dịch NaOH nồng độ 10 M và dung dịch Na_2SiO_3 có tỷ số SiO_2/Na_2O = 2,5.

a) Dung dịch NaOH

Dung dịch NaOH nồng độ 10 M thu được khi pha chế NaOH dạng khan với nước để thu được nồng độ mol/lít hợp lý. Natri hydroxit (NaOH) có tên khoa học là Sodium Hydroxide, thường được gọi là xút, có công thức hóa học là NaOH, đáp ứng yêu cầu kỹ thuật quy định trong tiêu chuẩn TCVN 3793:1983 - Natri hydroxit kỹ thuật - yêu cầu kỹ thuật (Hình 5).

b) Natri silicat

Dung dịch Natri silicat dạng lỏng có tên khoa học là Sodium Silicate hay còn gọi là waterglass, thường được gọi là thủy tinh lỏng với công thức hóa học là Na_2SiO_3 hay $Na_2O.xSiO_2.yH_2O$. Natri silicat cần đảm bảo tỷ lệ theo khối lượng SiO_2/Na_2O = 2,5 và đáp ứng yêu cầu kỹ thuật trong tiêu chuẩn 64TCN 38:1986 - Natri silicat (Hình 6).

2.1.4. Nước

Nước sạch sinh hoạt dùng để chế tạo sản phẩm gạch xây không nung. Nước dùng phải là nước sạch đảm bảo yêu cầu theo tiêu chuẩn kỹ thuật quy định trong TCVN 4506 : 2024.

Theo các tiêu chuẩn này, nước uống, nước máy, nước sinh hoạt có thể được dùng làm nước nhào trộn mà không cần phải kiểm tra.

a). Tro bay điện đốt rác GreenStar b). Xỉ lò cao Hòa Phát c). Bột vôi $Ca(OH)_2$

Hình 1. Các loại vật liệu sử dụng trong nghiên cứu.

a) Bột gốm sứ TOTO b) Cốt liệu đá mạt

Hình 2. Bột gốm sứ TOTO và cốt liệu đá mạt.

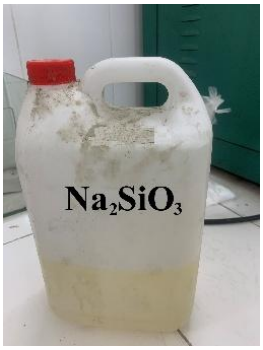
Hình 3. Phế thải hạt xỉ từ than tổ ong sau khi đã sử dụng.

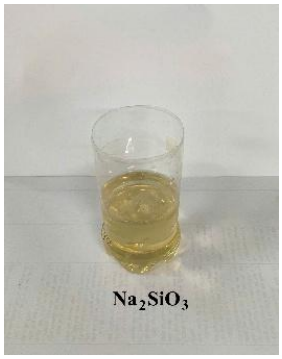
Hình 4. Sợi xơ dừa chống nứt.

NaOH dạng khan

Dung dịch NaOH 10 M

Hình 5. Dung dịch NaOH 10 M sử dụng trong nghiên cứu.





Hình 6. Dung dịch Na_2SiO_3 dạng lỏng.

Hình 7. Nguyên vật liệu sử dụng.

2.2. Phương pháp tính toán cấp phối của hỗn hợp vật liệu hấp thụ CO_2

Cấp phối của sản phẩm trong nghiên cứu này được xác định dựa trên sự tham khảo cấp phối của một số nghiên cứu ở Việt Nam và trên thế giới kết hợp với việc điều chỉnh từ quá trình thực nghiệm. Tỷ lệ thành phần nguyên vật liệu được lựa chọn sử dụng trong nghiên cứu này như sau:

- Tổng khối lượng của hỗn hợp vật liệu sau khi nhào trộn đồng nhất khoảng 2400 kg/m^3;

- Cường độ nén của sản phẩm vật liệu xây dựng sau khi hấp thụ khí thải CO_2 và được bảo dưỡng tiêu chuẩn trong 28 ngày đạt mác gạch không nung M100 với giá trị trung bình trên 10 MPa;

- Tổng khối lượng vật liệu bột khoáng sử dụng là 700 kg/m^3;

- Tổng khối lượng dung dịch hoạt hóa sử dụng là 600 kg/m^3;

- Tỷ lệ khối lượng dung dịch Na_2SiO_3 trên khối lượng dung dịch NaOH 10 M (Na_2SiO_3/NaOH) được sử dụng là Na_2SiO_3/NaOH = 2,5.

- Các mẫu thí nghiệm có sự thay đổi thành phần khối lượng của xỉ lò cao và tro bay nhà máy điện đốt rác Greenstar. Đồng thời, thành phần cốt liệu cũng có sự điều chỉnh thay đổi hàm lượng đá mạt với hàm lượng bột gốm sứ TOTO.

Thành phần cấp phối nguyên vật liệu sử dụng để chế tạo thử nghiệm một số mẫu sản phẩm vật liệu xây dựng đã được trình bày trong Bảng 1.

Kết quả thực nghiệm trình bày trong Bảng 2 và 3 cho thấy các mẫu gạch Mix-ID-01 đến Mix-ID-05 đều đạt được những yêu cầu kỹ thuật của gạch xây loại rỗng không nung theo TCVN 6477:2016. Điểm nổi bật đầu tiên là tất cả các mẫu đều đạt hoặc vượt mác M100, với cường độ nén ở trạng thái tự nhiên dao động trong khoảng 12,7 ÷ 14,5 MPa.

Quan sát thành phần vật liệu từ Bảng 1 cho thấy có xu hướng giảm dần hàm lượng đá mạt từ mẫu Mix-ID-01 đến Mix-ID-05, trong khi lượng bột gốm sứ tăng lên tương ứng. Sự điều chỉnh này làm giảm tỷ lệ hạt thô và tăng tỷ lệ vật liệu mịn trong hỗn hợp, từ đó ảnh hưởng đáng kể đến cấu trúc vi mô và các đặc tính vật lý của sản phẩm. Cụ thể, với hàm lượng bột mịn cao hơn đã giúp lấp đầy lỗ rỗng tốt hơn, tạo nên sản phẩm có bề mặt nhẵn, phẳng, giảm đáng kể độ rỗng và độ hút nước [14, 15]. Điều này được thể hiện rõ qua các kết quả: độ rỗng giảm từ 10,91 % xuống 6,51 % và độ hút nước từ 15,04 % xuống còn 9,5 % khi so sánh Mix-ID-01 với Mix-ID-05.

Sự cải thiện này còn góp phần nâng cao giá trị cơ học của sản phẩm. Cường độ nén và cường độ kéo khi uốn có xu hướng tăng ở các mẫu có độ đặc chắc cao hơn, như Mix-ID-03 đến Mix-ID-05. Bên cạnh đó, bề mặt sản phẩm cũng được cải thiện rõ rệt về ngoại quan – từ tình trạng nhám và nhiều lỗ rỗng ở mẫu Mix-ID-01, đến bề mặt nhẵn và đồng nhất ở các mẫu Mix-ID-04 và Mix-ID-05, cho thấy hiệu quả của vật liệu mịn trong cấp phối.

2.3. Xác định khối lượng CO_2 được hấp thụ vào các mẫu gạch xây không nung

Để đánh giá khả năng hấp thụ CO_2, nhóm nghiên cứu tiến hành thí nghiệm theo các bước:

+ *Bước 1:* Chuẩn bị và trộn hỗn hợp gồm tro bay, xỉ lò cao, bột vôi, bột gốm và xơ dừa với dung dịch kiềm hoạt hóa. Chia hỗn hợp vật liệu thành 2 mẫu ký hiệu là Mẫu 1 và Mẫu 2. Cân kiểm tra khối lượng hỗn hợp vật liệu trong Mẫu 1 và Mẫu 2 rồi điều chỉnh để khối lượng hai mẫu này bằng nhau. Ký hiệu khối lượng hai mẫu ban đầu bằng $\mathbf{m_1}$.

+ *Bước 2:* Sục trực tiếp khí CO_2 vào hỗn hợp vật liệu đã trộn trong Mẫu 1 theo một tốc độ cố định, sau khoảng 20 ÷ 30 phút thấy hỗn hợp vật liệu trong Mẫu 1 cứng lại. Cân hỗn hợp vật liệu trong Mẫu 1 sau khi sục khí CO_2 và ký hiệu là $\mathbf{m_2}$. Điều này chứng tỏ Mẫu 1 đã có sự hấp thụ khí thải CO_2, vật liệu rắn chắc lại và khối lượng đã tăng từ $\mathbf{m_1}$ đến $\mathbf{m_2}$.

Đối với hỗn hợp vật liệu trong Mẫu 2 được sử dụng làm mẫu đối chứng, không sục khí CO_2 vào trong Mẫu 2. Cân khối lượng hỗn hợp vật liệu trong Mẫu 2 thấy rằng hỗn hợp vật liệu có khối lượng không thay đổi. Điều này chứng tỏ Mẫu 2 đã không có sự hấp thụ khí thải CO_2.

+ *Bước 3:* Khối lượng khí CO_2 (m_{CO2}) đã được các mẫu sản phẩm gạch xây loại rỗng không nung hấp thụ vào trong vòng 20 ÷ 30 phút được xác định theo công thức (1):

$$\mathbf{m_{CO2} = m_2 - m_1\ (g)} \quad (1)$$

Trong đó:

m_1: là khối lượng ban đầu của mẫu (g);

m_2: là khối lượng của mẫu sau khi đã hấp thụ khí CO_2 trong vòng 20 ÷ 30 phút (g).

Hình 8. Thí nghiệm xác định khả năng hấp thụ khí CO_2 của sản phẩm.

Trong nghiên cứu này đã sử dụng cấp phối vật liệu Mix-ID-04 để tạo hình một số mẫu gạch rỗng loại 02 lỗ và loại 06 lỗ trong điều kiện phòng thí nghiệm để đánh giá khả năng hấp thụ khí CO_2.

Khối lượng khí CO_2 và khối lượng phế thải dùng trong một số mẫu sản phẩm gạch xây loại rỗng không nung được trình bày trong Bảng 4.

Bảng 1. Thành phần cấp phối nguyên vật liệu chế tạo hỗn hợp vật liệt hấp thụ CO_2.

Ký hiệu mẫu	Cấp phối nguyên vật liệu chế tạo hỗn hợp vật liệu hấp thụ CO_2 (kg/m^3)									
	Xỉ lò cao	Tro bay	Bột vôi $Ca(OH)_2$	Bột gốm sứ	Xỉ hạt than tổ ong	Đá mạt	Sợi xơ dừa	Dung dịch NaOH (10M)	Dung dịch Na_2SiO_3	Tổng cộng
Mix-ID-01	400	150	150	300	200	550	50	150	450	2400
Mix-ID-02	350	200	150	310	200	540	50	150	450	2400
Mix-ID-03	300	250	150	320	200	530	50	150	450	2400
Mix-ID-04	250	300	150	330	200	520	50	150	450	2400
Mix-ID-05	200	350	150	340	200	510	50	150	450	2400

Bảng 2. Tính chất vật lý của sản phẩm gạch xây không nung.

STT	Các chỉ tiêu kỹ thuật	Mix-ID-01	Mix-ID-02	Mix-ID-03	Mix-ID-04	Mix-ID-05
1	Khối lượng mỗi viên gạch (gam)	2306	2315	2310	2320	2311
2	Độ rỗng (%)	10,91	7,80	7,05	6,88	6,51
3	Độ hút nước (%)	15,04	14,25	10,5	9,8	9,5
4	Yêu cầu về ngoại quan	Bề mặt viên gạch nhám hơn, nhiều lỗ rỗng	Bề mặt viên gạch ít nhám hơn, các lỗ rỗng giảm dần	Bề mặt viên gạch nhẵn, phẳng và không có lỗ rỗng	Bề mặt viên gạch nhẵn, phẳng và không có lỗ rỗng	Bề mặt viên gạch nhẵn, phẳng và không có lỗ rỗng

Bảng 3. Giá trị cường độ nén, cường độ kéo khi uốn của mẫu gạch không nung.

STT	Các chỉ tiêu kỹ thuật	Mix-ID-01	Mix-ID-02	Mix-ID-03	Mix-ID-04	Mix-ID-05
1	Cường độ kéo khi uốn ở trạng thái tự nhiên tại tuổi 28 ngày (MPa)	1,95	2,02	2,12	2,10	2,09
2	Cường độ nén ở trạng thái tự nhiên tại tuổi 28 ngày (MPa)	12,7	14,0	13,5	14,5	12,8

Bảng 4. Khối lượng khí CO_2 và khối lượng phế thải đã được sử dụng trong một số mẫu sản phẩm gạch xây loại rỗng không nung.

STT	Tên sản phẩm	Hình ảnh sản phẩm	Kích thước sản phẩm (cm)/thể tích sản phẩm (cm^3)	Khối lượng khí CO_2 đã hấp thụ (gam)	Khối lượng các loại phế thải đã được sử dụng (gam)
1	Gạch không nung 02 tiêu chuẩn		6,5x10x20/ *1 300*	12,5	1 450
2	Gạch không nung block 06 lỗ theo chiều dọc		6,5x10x20/ 1 300	13,0	1 380
3	Gạch không nung block 06 lỗ theo chiều ngang		10x10x20/ 2 000	14,2	1 650

Từ kết quả thu được trong điều kiện phòng thí nghiệm đã cho thấy, sản phẩm gạch xây không nung được chế tạo trong điều kiện phòng thí nghiệm đã sử dụng một lượng lớn các loại phế thải và có khả năng hấp thụ khí CO_2. Với loại gạch rỗng hai lỗ kích thước 65x100x200 mm đã tái sử dụng 1450 gam phế thải và hấp thụ 12,5 gam khí CO_2. Với loại gạch rỗng 06 lỗ theo chiều dọc kích thước 6,5x10x20 cm đã tái sử dụng 1380 gam phế thải và hấp thụ 13,0 gam khí CO_2. Với loại gạch rỗng 06 lỗ theo chiều ngang kích thước 10x10x20 cm đã tái sử dụng 1650 gam phế thải và hấp thụ 14,2 gam khí CO_2. Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng chế tạo được vật liệu hấp thụ khí CO_2 từ các nguồn phế thải công nghiệp như tro bay, xỉ lò cao, bột gốm sứ TOTO, bột vôi, xỉ than tổ ong và sợi xơ dừa tại Việt Nam.

3. Kết luận và kiến nghị

3.1. Kết luận

Từ kết quả thực nghiệm trong điều kiện phòng thí nghiệm đã rút ra một số kết luận như sau:

Trên cơ sở các nguồn phế thải công nghiệp như tro bay, xỉ lò cao, bột gốm sứ TOTO, bột vôi, xỉ than tổ ong và sợi xơ dừa đã chế tạo được sản phẩm gạch xây không nung có khả năng hấp thụ khí thải CO_2, góp phần tiết kiệm tài nguyên và bảo vệ môi trường.

Các mẫu gạch chế tạo đạt mác M100, có cường độ nén từ 12,7 đến 14,5 MPa, bề mặt sản phẩm nhẵn, độ hút nước và độ rỗng thấp, phù hợp với tiêu chuẩn gạch xây loại rỗng không nung theo TCVN 6477:2016.

Sản phẩm có khả năng hấp thụ khí CO_2 được giải thích là do có chứa các thành phần hoạt tính như $Ca(OH)_2$, tro bay và xỉ lò cao, đặc biệt là trong môi trường chứa thành phần phụ gia kiềm hoạt hóa. Qua thí nghiệm cho thấy khả năng hấp thụ CO_2 trung bình từ 12,5 g/viên đến 14,2 g/viên, góp phần giảm phát thải khí nhà kính và hướng đến Net-zero vào năm 2050 ở Việt Nam.

Từ kết quả bước đầu thu được có thể thấy, sản phẩm gạch xây nghiên cứu trong bài báo phù hợp với định hướng phát triển vật liệu xanh, không nung, giảm phát thải CO_2 trong xây dựng, có thể áp dụng tại các địa phương có nguồn vật liệu sẵn có và triển khai thử nghiệm ở quy mô nhỏ.

3.2. Kiến nghị

Đề nghị tiếp tục thực hiện các nghiên cứu mở rộng về ảnh hưởng của từng loại vật liệu phế thải (như tro bay, xỉ than, bột gốm sứ, bột vôi...) đến khả năng hấp thụ khí CO_2 và cường độ của sản phẩm gạch;

Đồng thời nên khảo sát thêm các tỷ lệ cấp phối khác để lựa chọn phương án tối ưu hơn về kỹ thuật và giá thành;

Cần nghiên cứu các giải pháp để sản xuất được sản phẩm gạch xây không nung hấp thụ khí CO_2 trong điều kiện doanh nghiệp sản xuất với các thiết bị máy móc công nghiệp.

Tài liệu tham khảo

[1]. Quốc hội Việt Nam, (2023). https://quochoi.vn/tintuc/Pages/tin-hoat-dong-cua-quoc-hoi.aspx?ItemID=82916

[2]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, (2023). https://monre.gov.vn/Pages/tinh-hinh-phat-sinh-chat-thai-ran-thong-thuong.aspx

[3]. Bộ Khoa học và Công nghệ, (2024). https://www.most.gov.vn/vn/tin-tuc/20559/cong-nghe-dot-chat-thai-phat-dien-tren-the-gioi-va-tai-viet-nam.aspx

[4]. Lê Văn Tuấn, Nguyễn Quốc Toản, (2021). *Giải pháp thúc đẩy sử dụng tro, xỉ nhà máy nhà máy điện đốt rác than làm vật liệu xây dựng trong xu thế nền kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam.* Tạp chí Xây dựng, số 10/2021. Trang 176-182.

[5]. Công ty cổ phần Năng lượng môi trường Thiên Ý, (2023). *Báo cáo tổng kết sản xuất của Công ty cổ phần Năng lượng môi trường Thiên Ý (Hà Nội),* đơn vị vận hành Nhà máy điện rác Sóc Sơn năm 2023.

[6]. Nhà máy điện rác Ngôi sao xanh, (2023). *Báo cáo sản xuất của Nhà máy điện rác Ngôi sao xanh-GCEP (Bắc Ninh)*, đơn vị vận hành Nhà máy điện rác Ngôi Sao Xanh (Greenstar) năm 2023.

[7]. Tang V.L., Nguyen T.D., Bulgakov B.I., & Aleksandrova O.V. (2025), Low carbon footprint building materials using industrial waste. Nanotechnologies in Construction, 17(1), 83–94.

[8]. Shi C., Qu B., Provis J.L. (2019), Recent progress in low-carbon binders. Cement and Concrete Research, 122, pp. 227-250.

[9]. Nhà máy điện rác Ngôi sao xanh, (2024). *Thư ngỏ đề nghị nghiên cứu xử lý và tái sử dụng các phế thải của Nhà máy điện rác Ngôi sao xanh-GCEP* (Bắc Ninh) ngày 26/01/2024.

[10]. T.V. Lam, B. Bulgakov, Y. Bazhenov, O. Aleksandrova, P.N. Anh, (2018). *Effect of rice husk ash on hydrotechnical concrete behavior*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 365 (2018), doi:10.1088/1757-899X/365/3/032007

[11]. Duxson, P., et al. (2007), Geopolymer technology: The current state of the art. Journal of Materials Science, 42(9), 2917–2933.

[12]. Tăng Văn Lâm (2024), Vật liệu xây dựng hấp thụ khí thải carbon từ phế thải công nghiệp. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam – VJST, ngày 22/3/2024.

[13]. Tăng Văn Lâm, Nguyễn Văn Mạnh, Bulgakov Boris Igorevich (2023), Ảnh hưởng bột gốm sứ TOTO đến các tính chất của bê tông cường độ cao hạt mịn sử dụng cát nghiền từ đá vôi. Tạp chí Vật liệu & Xây dựng, 13(6),34–41.

[14]. Lâm N.T., Kiên T.T., Đại B.D., (2021). *Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng hàm lượng lớn tro bay của nhà máy nhiệt điện Quảng Ninh.* Tạp Chí Khoa Học Công Nghệ Xây Dựng (TCKHCNXD) - ĐHXDHN, 15(6V), Trang 1-11.

[15]. Nguyễn Như Quý, Mai Quế Anh, (2020*). Lý thuyết bê tông*. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 2020, 210 Tr.