Tái sử dụng bùn thải chứa kim loại nặng để sản xuất gạch không nung trên cơ sở ổn định hóa rắn bằng xi măng và polyacrylamit

GS.TS. NGUYỄN VĂN KHÔI, ThS. TRẦN VŨ THẮNG, ThS. HOÀNG THỊ PHƯƠNG, CN. NGUYỄN VĂN MẠNH
Viện Hóa học, Viện Hàn Lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
ThS. PHAN MINH TÂN
Trường Đại học Công nghiệp Việt Trì

Ảnh hưởng của hàm lượng bùn thải đến tính chất gạch bê tông và hàm lượng kim loại nặng bị thôi nhiễm khỏi gạch đã được nghiên cứu. Cường độ uốn và cường độ nén của các mẫu gạch được xác định sau 10, 28 và 90 ngày đóng rắn. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi hàm lượng bùn thay thế cát trong gạch tăng từ 10 - 50% thì cường độ uốn và cường độ nén của các mẫu gạch giảm. Tiêu chuẩn TCVN 9239:2012 được sử dụng để xác định lượng kim loại nặng bị rửa trôi khỏi các mẫu gạch. Kết quả cho thấy, hàm lượng kim loại nặng bị rửa trôi khỏi mẫu gạch có chứa polyme là thấp hơn so với mẫu không chứa polyme và thấp hơn giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn QCVN 07: 2009/BTNMT.

Lượng bùn thải hằng năm không ngừng gia tăng do quá trình đô thị hóa và CNH. Hầu hết các kim loại nặng nguy hại (Zn, Pb, Cr, Ni, Hg, Cd, Sn và Va) đều được tìm thấy trong bùn thải với hàm lượng tương đối cao, gấp nhiều lần giới hạn cho phép [1]. Khi thải bỏ tùy tiện bùn thải vào môi trường, kim loại nặng sẽ dễ dàng phát tán sang môi trường đất, nước mặt và nước ngầm. Đây là mối nguy hiểm tiềm tàng đối với sức khỏe của con người cũng như hệ sinh thái tự nhiên. Kim loại nặng thường tồn tại trong bùn dưới 5 dạng: dạng ion; dạng liên kết cacbonate; dạng liên kết trong hoặc lớp phủ bên ngoài khối (hạt rắn với sắt oxyt và mangan oxyt; dạng liên kết trong các phức chất hữu cơ; dạng trơ, bền, giữ trong cấu trúc các hạt khoáng, không bị giải phóng trong điều kiện tự nhiên [2].

Sản xuất gạch không nung

Việc sử dụng xi măng cố định bùn thải là một giải pháp được áp dụng phổ biến trong thời gian gần đây. Joan [3] và cộng sự đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của gạch không nung từ bùn thải đến môi trường, mức độ thôi nhiễm và độc tính của kim loại nặng. Kết quả cho thấy, bùn có thể được sử dụng để sản xuất gạch không nung với hàm lượng từ 5 đến 25% khối lượng. Trên cơ sở nghiên cứu ứng dụng của bùn thải, Wells [4] và công sự đã nghiên cứu tiềm năng sử dụng bùn khô như phụ gia trong bê tông. Bùn thải được sấy khô để giảm hàm ẩm và tách các vi sinh vật. Kết quả cho thấy, cường độ nén của bê tông giản khi tăng hàm lượng bùn. Khi hàm lượng bùn trong bê tông cao hơn 10% thì thời gian đóng rắn tăng và tính chất cơ lý giảm đáng kể. Tuy nhiên, các nghiên cứu trên chỉ dừng lại ở việc cố định bùn thải bằng xi măng, không đề cập đến mức độ thôi nhiễm của kim loại nặng ra môi trường. Việc thêm polyme vào bùn thải trước khi đóng rắn để tăng hiệu quả cố định kim loại nặng do polyme có khả năng tạo phức với nhiều kim loại nặng.

Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng của bùn thải đến tính chất gạch không nung và ảnh hưởng của polyacrylamit đến khả năng cố định kim loại nặng trong bùn thải.

Thực nghiệm

Nguyên liệu

Bùn thải được lấy sau công đoạn ép bùn trong hệ thống xử lý nước thải ở dạng khô, hàm ẩm 8 - 10%, bùn sau đó được nghiền với kích thước 1.5 - 2.5 mm. Xi

Bảng 2.1. *Thành phần đơn phối liệu sản xuất gạch không nung*

Ký hiệu mẫu	Hàm lượng (phần % khối lượng)
R_0	20% xi măng, 10% mạt đá và 70% cát
R_{10}	10% cát trong mẫu R_0 được thay thế bằng bùn
R_{20}	20% cát trong mẫu R_0 được thay thế bằng bùn
R_{30}	30% cát trong mẫu R_0 được thay thế bằng bùn
R_{40}	40% cát trong mẫu R_0 được thay thế bằng bùn
R_{50}	50% cát trong mẫu R_0 được thay thế bằng bùn

Bảng 3.1. *Hàm lượng kim loại nặng trong mẫu bùn khô (mg/kg)*

Hg	Cr	Va	Cd	Pb	Sb	As	Ni	Se
0.67	291.3	410	22.6	363	21	423.6	892	5.2

Bảng 3.2. *Hàm lượng kim loại nặng thôi nhiễm khỏi mẫu gạch đóng rắn bằng xi măng*

Kim loại nặng	Nồng độ ngâm chiết (mg/l)				QCVN 07: 2009/BTNMT Ngưỡng nồng độ ngâm chiết, C_{tc}(mg/l)
	R_{10}	R_{20}	R_{30}	R_{40}	
Hg	0.09	0.11	0.18	0.22	0.2
Cr	3.6	4.5	5.2	6.4	5
Va	9.16	12.5	15.4	17.3	25
Cd	0.07	0.08	0.12	0.18	0.5
Pb	10.8	13.6	14.2	15.8	15
Sb	0.08	0.26	0.89	1.34	1
As	0.09	0.12	0.45	0.68	2
Ni	1.58	2.01	2.36	2.54	70
Se	0.03	0.05	0.07	0.12	1

Bảng 3.3. *Hàm lượng kim loại nặng thôi nhiễm khỏi mẫu gạch đóng rắn bằng tổ hợp polyme-xi măng*

Kim loại nặng	Nồng độ ngâm chiết (mg/l)				QCVN 07: 2009/BTNMT Ngưỡng nồng độ ngâm chiết, C_{tc+}(mg/l)
	R_{10}-M	R_{20}-M	R_{30}-M	R_{40}-M	
Hg	-	-	0.01	0.02	0.2
Cr	0.78	0.81	0.86	0.88	5
Va	1.02	2.05	2.64	3.14	25
Cd	-	-	0.02	0.02	0.5
Pb	1.35	1.56	2.12	2.87	15
Sb	-	-	-	0.02	1
As	-	-	-	0.01	2
Ni	0.04	0.07	0.12	0.14	70
Se	-	-	0.01	0.03	1

măng Portland mác PC40; đá mạt: kích thước 0 - 5 mm; cát sông: kích thước 0.14 - 5 mm; Polyacryamit (PAM): Khối lượng phân tử $1.5x10^6$ g/mol, được chế tạo tại Phòng vật liệu polymer - Viện Hóa học.

Phương pháp tiến hành

Tiến hành phối trộn bùn thải, xi măng, cát, mạt đá với các tỷ lệ khác nhau (Bảng 2.1) thêm lượng nước thích hợp, sau đó tiến hành tạo mẫu. Mỗi mẫu gạch có kích thước 400x200x200 mm, được trộn khô, sau đó thêm lượng nước vừa đủ, tiếp tục trộn đều. Sau đó mẫu được nén bằng máy ép thủy lực với lực nén 110 kg/cm^2. Mẫu sau chế tạo được dưỡng ẩm 3 ngày ở nhiệt độ môi trường (tưới 3 lần/ngày), sau đó phơi khô tự nhiên, sau 10, 28 và 90 ngày mẫu được lấy và phân tích các chỉ tiêu cơ lý (cường độ nén, cường độ uốn) và xác định hàm lượng kim loại nặng bị thôi nhiễm ra môi trường.

Chuẩn bị mẫu bù -xi măng-polyme: Các mẫu gạch không nung chứa polyme được ký hiệu R_{10}-M, R_{20}-M, R_{30}-M, R_{40}-M, R_{50}-M, lần lượt là các mẫu R_{10}, R_{20}, R_{30}, R_{40}, R_{50} trong đó hàm lượng polyme trong bùn là 100 mg/kg.

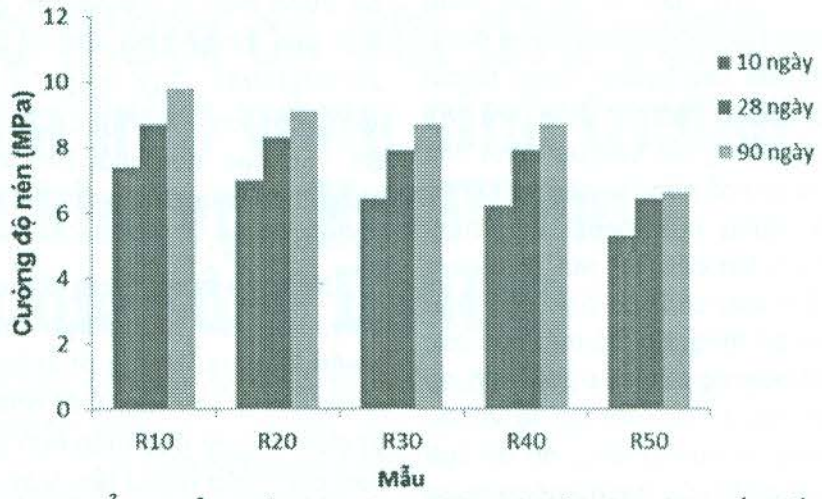
Cường độ nén và cường độ uốn của các mẫu được xác định theo TCVN 6477:2011 về gạch không nung.

Mức độ thôi nhiễm kim loại nặng: Độ thôi nhiễm kim loại nặng từ gạch không nung được tiến hành theo tiểu chuẩn ngâm chiết TCVN 9239-2012.

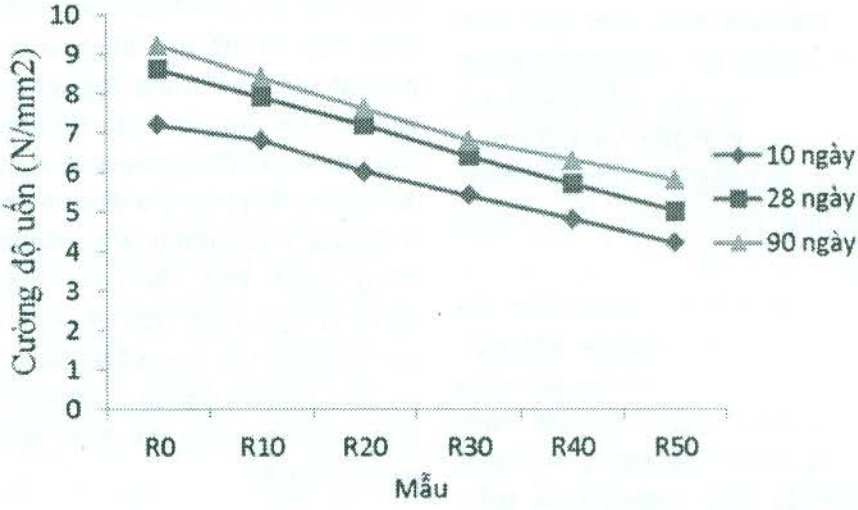
Kết quả và thảo luận

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng bùn và thời gian đóng rắn đến cường độ nén của gạch không nung được trình bày trong Hình 3.1.

Hình 3.1. *Ảnh hưởng của hàm lượng bùn và thời gian đóng rắn đến tính chất gạch không nung*



Hình 3.2. *Ảnh hưởng của hàm lượng bùn và thời gian đóng rắn đến cường độ uốn của mẫu gạch*



Cường độ nén là một chỉ tiêu quan trọng ảnh hưởng đến độ bền và khả năng ứng dụng của gạch không nung. Kết quả Hình 3.1 cho thấy cường độ nén của các mẫu giảm khi tăng hàm lượng bùn trong mẫu. Mức độ suy giảm cường độ nén của mẫu sau 90 ngày đóng rắn là cao hơn so với mẫu 28 ngày đóng rắn. Sau 28 ngày đóng rắn, cường độ nén giảm 19.4% ở mẫu R_{40} và 35.4 % với mẫu R_{50}. Sự suy giảm cường độ nén khi tăng hàm lượng bùn trong mẫu có thể giải thích là do hàm lượng hữu cơ trong bùn và do độ bền kết cấu hạt bùn yếu hơn so với độ bền kết cấu hạt cát.

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng bùn và thời gian đóng rắn đến cường độ uốn của mẫu gạch không nung được trình bày trong Hình 3.2.

Kết quả Hình 3.2 cho thấy cường độ uốn của tất cả các mẫu giảm khi tăng hàm lượng bùn trong mẫu. Sau 28 ngày đóng rắn, cường độ uốn cao

nhất đạt được với mẫu R_{10} và thấp nhất là mẫu R_{50}. Điều này được giải thích là do bê tông đóng rắn có cấu trúc dạng đông kết của các hydrat canxi silicat và canxi hydroxit liên kết với nhau bằng lực Var Der Wal, lực này có khả năng bị phá vỡ khi có tác dụng của ngoại lực, hình thành lên các vết nứt tế vi làm giảm tính chất cơ học của hỗn hợp bê tông. Khi có mặt của các hạt bùn có kết cấu yếu hơn so với cát, thì các vết nứt tế vi này sẽ có xu hướng tăng, do đó tính chất cơ lý của gạch không nung giảm khi tăng hàm lượng bùn trong mẫu.

Kết quả phân tích quá trình thôi nhiễm kim loại nặng trong mẫu bùn ban đầu, mẫu bùn đóng rắn bằng xi măng và mẫu bùn đóng rắn bằng hỗn hợp xi măng-polyme được trình bày trong Bảng 3.1 - 3.3.

Theo kết quả phân tích độ thôi nhiễm của mẫu bùn khô ban đầu (Bảng 3.1), nhiều kim loại nặng được phát hiện với hàm lượng cao. Hàm lượng kim loại nặng bị thôi nhiễm khỏi mẫu gạch đóng rắn bằng xi măng (Bảng 3.2) thấp hơn so với mẫu bùn ban đầu. Điều này có thể được giải thích là do quá trình ổn định này dựa trên sự hình thành canxi silicat hydrat ($CaO.SiO_2.nH_2O$), ettringite hydrate ($3CaO.Al_2O_3.3CaSO_4.32H_2O$) và monosulphate ($3CaO.Al_2O_3.CaSO_4.12H_2O$) trong chất nền, do có khả năng phản ứng hydrat hóa của xi măng Portland, và do đó kim loại nặng cả về mặt vật lý hay hóa học đều được cố định trong các vật liệu nền, giảm khả năng thất thoát ra môi trường. Hàm lượng kim loại nặng thôi nhiễm khỏi mẫu tăng khi tăng hàm lượng bùn. Cụ thể, hàm lượng của Va, Cd, As, Ni và Se trong mẫu R_{40} thấp hơn giới hạn cho phép theo QCVN 07: 2009/BTNMT. Tuy nhiên, hàm lượng các kim loại Hg, Cr, Pb và Sb vẫn cao hơn giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn QCVN 07: 2009/BTNMT.

Kết quả trong Bảng 3.3 cho thấy, khi hàm lượng bùn thấp, nhiều kim loại không phát hiện. Hàm lượng kim loại thôi nhiễm từ mẫu R_{40}-M đều thấp hơn giới hạn cho phép nhiều lần. Vậy, có thể thấy rằng polyme có vai trò làm tăng tính ổn định của kim loại nặng trong tổ hợp đóng rắn. Điều này có thể giải thích là do polyme có khả năng tạo phức với các ion kim loại, do đó kim loại được cố định trong tổ hợp đóng rắn. Vật liệu thu được thân thiện với môi trường. Vậy, bằng công nghệ hóa rắn bùn thải bằng xi măng kết hợp với polyme cố định kim loại nặng, nguy cơ thôi nhiễm kim loại nặng từ bùn thải nguy hại đã được giải quyết triệt để.

Kết luận

Nghiên cứu đề cập đến ảnh hưởng của hàm lượng bùn thải đến tính chất gạch không nung và hiệu quả cố định kim loại nặng bằng polyme và xi măng.

Thành phần của bùn là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến chất lượng gạch không nung. Cường độ nén và cường độ uốn được xác định sau 10, 28 và 90 ngày đóng rắn. Kết quả cho thấy, khi hàm lượng bùn tăng thì cường độ nén và cường độ uốn tương ứng giảm. Với mẫu gạch R_{40} cho tính chất cơ lý phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 6477:2011, có cường độ nén bằng 7.83 MPa với mác gạch $M_{7.5}$ (cường độ nén tiêu chuẩn bằng 7.5 MPa).

Hàm lượng kim loại nặng thôi nhiễm được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 9239:2012. Kết quả cho thấy hàm lượng kim loại nặng thôi nhiễm của mẫu chứa polyme thấp hơn mẫu không chứa polyme. Hàm lượng kim loại nặng thôi nhiễm khỏi mẫu chứa polyme là rất thấp, thấp hơn giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn QCVN 07:2009/ BTNMT.

Tài liệu tham khảo

[1]. C. Nilsson, H. Dahlstr#m, (2005), *"Treatment and Disposal Methods for Wastewater Sludge in the Area of Beijing, China,"* Master Thesis. Published. Lund University.

[2]. M. H. Al-Malack, N. S. Abuzaid, A. Bukhari, and M. H. Essa, (2002), *"Characterization, utilization, and disposal of municipal sludge: the state of the art,"* The Arabian Journal for Science and Engineering, Volume 27, Number 1B.

[3]. Joan, A.C. and V.C. Lazaro,(2012), *Environmental effects of using clay bricks produced with sewage sludge: Leachability and toxicity studies.* J. Waste Manage. 32 (6): 1202-1208.

[4]. Valls, S., A. Yague, E. Vazquez and F. Albareda, (2005), Durability of concrete with addition of dry sludge from waste water treatment plants. Cement Concrete Res., 35: 1064-1073.

[5]. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9239:2012 - *Chất thải rắn - quy trình chiết độc tính.*■