

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ VÀ TÁI SỬ DỤNG MỘT SỐ LOẠI Bùn THẢI CHỨA KIM LOẠI NẶNG BẰNG ỨNG DỤNG QUÁ TRÌNH ỔN ĐỊNH HÓA RẮN

Lê Thanh Hải

Viện Môi Trường và Tài Nguyên, ĐHQG-HCM

1. MỞ ĐẦU

Chất thải công nghiệp gia tăng là hệ quả tất yếu của quá trình công nghiệp hóa. Thành phố Hồ Chí Minh là trung tâm công nghiệp của cả nước nên hằng năm một lượng rất lớn chất thải công nghiệp được phát sinh. Trong thành phần chất thải phát sinh, có thể dễ dàng nhận thấy tỷ lệ ngày càng tăng của chất thải từ hai ngành da giày và xi mạ. Việc tìm ra một biện pháp quản lý thích hợp và phương pháp xử lý hữu hiệu đối với bùn chứa kim loại nặng hiện nay là vấn đề rất bức thiết. Trong nhiều giải pháp được áp dụng, ổn định hóa rắn đã chứng minh được tính khả thi về mặt kinh tế, kỹ thuật, phù hợp với điều kiện nước ta hiện nay [1,8,9].

Năm 1999, nghiên cứu của *Nguyễn Quốc Bình, Nguyễn Văn Phước và các cộng sự* [5] cho thấy các loại bùn ngành thuộc da, xi mạ nếu nung ở nhiệt độ 600⁰C thì các kim loại nặng sẽ bị oxy hóa, khả năng hòa tan trong nước kém, nếu nung ở nhiệt độ 360⁰C thì chất hữu cơ trong chất thải chưa cháy hết và vẫn có khả năng gây ô nhiễm môi trường, tuy nhiên ô nhiễm kim loại nặng hòa tan hầu như không xảy ra và có thể xử lý bằng cách bê tông hóa. Đối với bùn thải của các nhà máy cơ khí có chứa nhiều oxit sắt, sau khi làm khô hoặc sấy sơ bộ có thể tái sử dụng cho mục đích làm gạch men, gốm sứ. Năm 2000, *Nguyễn Văn Phước và cộng sự* [6] đã nghiên cứu tái sinh bùn đỏ của nhà máy hóa chất Tân Bình để làm bột màu. Năm 2002, *Nguyễn Quốc Bình* đã tiến hành nghiên cứu tính chất của bùn khoan và tro sinh ra từ quá trình đốt rác dầu khí và qua đó đề xuất giải pháp quản lý loại hình chất thải này [4]. Bên cạnh đó một số tác giả trong và ngoài nước cũng đã tiến hành nghiên cứu áp dụng mô hình ổn định hóa rắn trong xử lý tro phát sinh từ quá trình đốt chất thải nguy hại [2,3]. Năm 2005, *Nguyễn Trung Việt, Nguyễn Ngọc Châu và cộng sự* [10] tiến hành nghiên cứu xử lý bùn thải chứa kim loại nặng bằng phương pháp ổn định hóa rắn (bê tông) đối với bùn từ công ty mực in Đức Quân và bùn dẹt nhuộm với tỷ lệ phối trộn xi măng:bùn:cát là 1:1:1. Kết quả cho thấy, nồng độ kim loại rò rỉ ra môi trường bên ngoài không vượt quá nồng độ cho phép theo TCLP và TCVN 5501-1991 nước cấp cho uống. Năm 2005, *Trần Thị Liên* đã thực hiện luận văn cao học nghiên cứu hoàn thiện công nghệ xử lý bùn khoan và tro sinh ra từ quá trình đốt rác dầu khí theo hướng tận dụng làm vật liệu xây dựng [11].

Tại Mỹ, công nghệ ổn định hóa rắn để xử lý bùn đã được phát triển từ những năm 1982. Trong số 863 địa điểm xử lý đất của khu vực Superfund thì 499 địa điểm xử lý bằng cách chôn lấp đất đi chỗ khác (58%), 157 điểm sử dụng kỹ thuật ổn định hóa rắn (18%)^[1].

2. ĐỐI TƯỢNG, MÔ HÌNH VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là bùn thải từ trạm xử lý nước thải của công ty TNHH Vĩnh Phú Hưng (Lô 11F, đường C, KCN Tân Tạo, Bình Tân) và công ty Đặng Tư Ký (Lô 24A-24B, đường số 3, KCN Lê Minh Xuân). Ngành nghề sản xuất chính của công ty Vĩnh Phú Hưng là xi mạ và của công ty Đặng Tư Ký là các loại giày da, túi xách bằng da. Thành phần bùn thải của hai công ty được thể hiện trong bảng dưới đây.

Bảng 1. Thành phần bùn thải của công ty TNHH Vĩnh Phú Hưng và Đặng Tư Ký

Stt	Thành phần	Đơn vị	Vĩnh Phú Hưng	Đặng Tư Ký
-----	------------	--------	---------------	------------

¹ http://www.cement.org/waste/images/superfund_pie_chart.jpg&imgrefurl

1	pH	-	4,62 – 4,65	8,65 – 8,69
2	Độ ẩm	%	9	23
3	Chất rắn tổng cộng	%	91	77
4	Tro	%	60	53
5	Sắt (Fe)	mg/kg mẫu khô	Không phát hiện	-
6	Crôm (Cr)	mg/kg mẫu khô	4.656	7.274
7	Niken (Ni)	mg/kg mẫu khô	50.229	-

Hiện tại, Việt Nam chưa có tiêu chuẩn quy định đối với lượng bùn thải ra ngoài đất, ta có thể tham khảo tiêu chuẩn của EPA. Theo đó lượng kim loại nặng thải ra ở các nhà máy khảo sát rất cao với 4656 mg/kg (*Vĩnh Phú Hưng*) và 7274 mg/kg (*Đặng Tư Ký*) so với 1500 mg/kg (*tiêu chuẩn EPA*). Tương tự, nồng độ Niken cũng vượt quá tiêu chuẩn rất nhiều lần (239,2 lần) - 50229 mg/kg (*Vĩnh Phú Hưng*) so với 210 mg/kg (Tiêu chuẩn của EPA) [1].

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Mẫu bùn được lấy sau công đoạn ép bùn trong hệ thống xử lý nước thải ở dạng khô đã đóng gói;
- Mẫu được lấy và bảo quản theo TCVN 6663:2000;
- Hàm lượng kim loại nặng được xác định bằng máy hấp thụ nguyên tử AAS của Phòng thí nghiệm - Cty Môi trường Việt Úc;
- Độ bền nén được TT Tiêu Chuẩn và Đo Lường Chất Lượng 3 xác định theo TCVN 3118:1993;
- Độ rò rỉ được xác định theo phương pháp TCLP của EPA (Hoa Kỳ);
- Gạch lát đường được phân tích các chỉ tiêu: độ bền uốn; độ mài mòn; độ hút nước; độ chịu va đập xung kích; tải trọng uốn gãy toàn viên; và độ cứng lớp mặt theo TCVN 6065:1995 áp dụng với gạch xi măng lát nền;

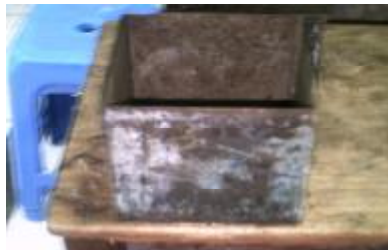
2.3. Nghiên cứu thực nghiệm

Để tiến hành nghiên cứu thực nghiệm mô hình ổn định hóa rắn, tác giả đã thực hiện các mô hình sau:

- TN1. Thực nghiệm mô hình xác định ảnh hưởng của kích thước hạt bùn đến cường độ nén của khối ổn định hóa rắn.
- TN2. Thực nghiệm mô hình xác định ảnh hưởng của kích thước hạt bùn đến độ bền nén và hàm lượng kim loại nặng của các khối vữa phối trộn xi măng:bùn.
- TN3. Thực nghiệm mô hình xác định ảnh hưởng của kích thước hạt bùn đến độ bền nén và hàm lượng kim loại nặng của các khối vữa phối trộn xi măng:bùn:cá.
- TN4. Thực nghiệm mô hình xác định ảnh hưởng của kích thước hạt bùn đến độ bền nén và hàm lượng kim loại nặng của các khối vữa phối trộn xi măng:bùn:cát:đá.
- TN5. Thực nghiệm mô hình nghiên cứu tận dụng bùn kim loại làm gạch lát đường.
- TN6. Thực nghiệm mô hình nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ trong quá trình sản xuất bột màu [6,7,10].



Hình 1a. Chuẩn bị mẫu bùn



Hình 1b. Chuẩn bị đóng gạch



Hình 1c. Nung bột màu gốm sứ

Hình 1. Một số hình ảnh về mô hình ổn định hóa rắn trong xử lý bùn thải bằng kim loại

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thực nghiệm mô hình xác định ảnh hưởng của kích thước hạt bùn đến cường độ nén của khối ổn định hóa rắn phối trộn giữa bùn và xi măng

Bảng 1. Mô hình xác định ảnh hưởng của kích thước hạt bùn xi mạ đến khối ổn định hóa rắn

Ký hiệu mẫu	Tỉ lệ xi măng : bùn	Xi măng (kg)	Bùn (kg)	Nước (l)
<i>Kích thước hạt bùn: $b < 0,16 \text{ mm}$</i>				
V ₁₁	20 : 80	0,6	3,0	1,8
V ₁₂	40 : 60	2,0	3,0	2,2
<i>Kích thước hạt bùn: $0,16 \text{ mm} < b < 1 \text{ mm}$</i>				
V ₂₁	20 : 80	0,6	3,0	1,3
V ₂₂	30 : 70	1,3	3,0	1,2
V ₂₃	40 : 60	1,8	2,8	1,2
<i>Kích thước hạt bùn: $1 \text{ mm} < b < 5 \text{ mm}$</i>				
V ₃₁	30 : 70	1,3	3,0	1,2
V ₃₂	40 : 60	1,8	2,8	1,2
<i>Kích thước hạt bùn: $5 \text{ mm} < b < 9,5 \text{ mm}$</i>				
V ₄₁	30 : 70	1,3	3,0	1,2
V ₄₂	40 : 60	1,8	2,8	1,2

Bảng 2. Mô hình xác định ảnh hưởng của kích thước hạt bùn thuộc da đến khối ổn định hóa rắn

Ký hiệu mẫu	Tỉ lệ xi măng : bùn : cát	Xi măng (kg)	Bùn (kg)	Cát (kg)	Nước (l)
<i>Kích thước hạt bùn: $b < 0,16 \text{ mm}$</i>					
C ₁₁	20 : 50 : 30	1,20	3,00	1,80	1,20
C ₁₂	30 : 40 : 30	1,6521	2,20	1,65	1,60
<i>Kích thước hạt bùn: $0,16 \text{ mm} < b < 1 \text{ mm}$</i>					
C ₂₁	20 : 50 : 30	1,2	3,0	1,8	1,0
C ₂₂	30 : 40 : 30	1,5	2,0	1,5	1,0
C ₂₃	20 : 60 : 20	1,0	3,0	1,0	1,5
<i>Kích thước hạt bùn: $1 \text{ mm} < b < 5 \text{ mm}$</i>					
C ₃₁	20 : 50 : 30	1,2	3,0	1,8	1,3
C ₃₂	30 : 40 : 30	1,5	2,0	1,5	1,0
<i>Kích thước hạt bùn: $5 \text{ mm} < b < 9,5 \text{ mm}$</i>					
C ₄₁	20 : 50 : 30	1,20	3,00	1,80	0,80
C ₄₂	30 : 40 : 30	1,65	2,20	1,65	0,80
C ₄₃	20 : 60 : 20	1,00	3,00	1,00	1,00

3.2. Thực nghiệm mô hình xác định ảnh hưởng của kích thước hạt bùn đến độ bền nén và hàm lượng kim loại nặng của các khối vữa phối trộn xi măng:bùn

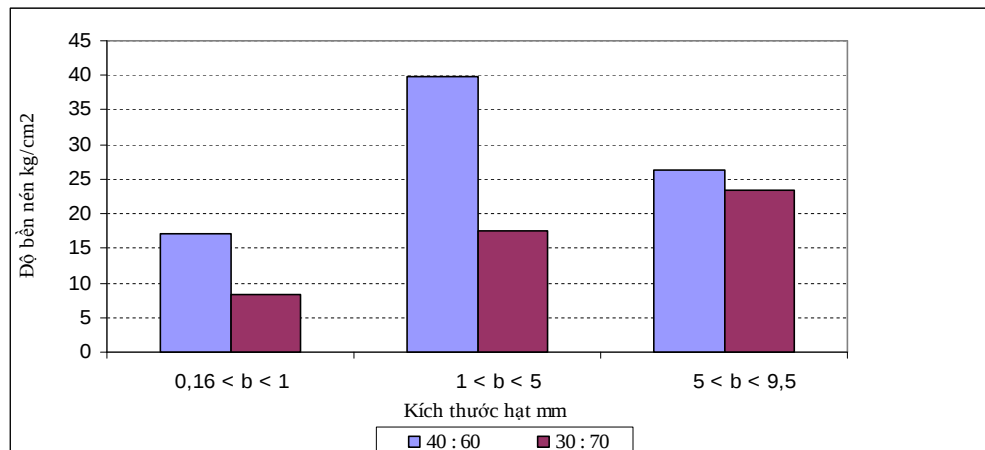
Bảng 3. Kết quả ổn định hóa rắn của các khối vữa phối trộn xi măng: bùn

Stt	Mẫu	Tỷ lệ	Kích thước (mm)	Độ bền nén (kg/cm ²)	Nồng độ Cr ³⁺ (mg/l)	Nồng độ Ni ²⁺ (mg/l)
1	V ₁₁	20 : 80	< 0.16		0.15	-
2	V ₁₂	40 : 60	< 0.16	17.0	0.14	31.27

3	V ₂₁	20 : 80	0.16 ÷ 1.0		12.19	-
4	V ₂₂	30 : 70	0.16 ÷ 1.0	8.3	0.27	27.15
5	V ₂₃	40 : 60	0.16 ÷ 1.0	12.4	0.17	31.83
6	V ₃₁	30 : 70	1 ÷ 5.0	17.6	3.24	9.18
7	V ₃₂	40 : 60	1 ÷ 5.0	39.9	4.40	4.50
8	V ₄₁	30 : 70	5 ÷ 9.5	23.4	22.66	-
9	V ₄₂	40 : 60	5 ÷ 9.5	26.3	20.01	-

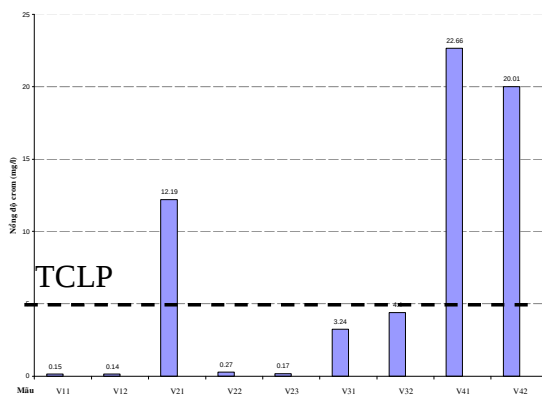
Tiêu chuẩn về độ bền nén và nồng độ Cr³⁺, Ni²⁺ đã trình bày trong mục 2.2

Dựa vào đồ thị ta thấy cường độ nén của mẫu đạt giá trị cao nhất ở tỷ lệ xi măng : bùn là 40 : 60 ứng với kích thước 1 mm < b < 5 mm (M = 39,9 kg/cm²) và thấp nhất ở tỷ lệ 30 : 70 với kích thước 0,16mm < b < 1mm (M = 8,3 kg/cm²). So sánh với TCVN 4314 : 2003 ta thấy trong các mẫu trên chỉ có mẫu V₂₂ là không đạt yêu cầu về độ bền nén của mẫu vữa (M = 8,3 kg/cm², M_{tc} = 10 kg/cm²). Qua bảng 2 có thể thấy với cùng một tỷ lệ phối trộn 30 : 70 nhưng chỉ mẫu có kích thước 1mm < b < 5mm và kích thước 5mm < b < 9,5mm đạt yêu cầu độ bền nén của mẫu vữa chứng tỏ kích thước của hạt bùn ảnh hưởng tới quá trình ổn định hóa rắn.

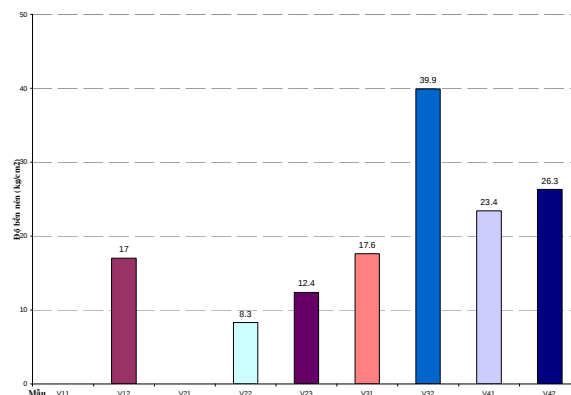


Hình 1. Đồ thị cường độ nén của các khối vữa phối trộn **xi măng:bùn** ở các kích thước hạt bùn khác nhau

Trong các mẫu thử nghiệm, có ba mẫu không đạt chỉ tiêu hàm lượng Cr³⁺ theo tiêu chuẩn TCLP của Mỹ (5 mg/l) mặc dù độ bền nén tương đối cao và ba mẫu phù hợp với tiêu chuẩn độ rò rỉ nhưng không đạt tiêu chuẩn về độ bền. Trong các mẫu đạt độ rò rỉ còn lại, chỉ có 1 mẫu (V₃₂) đạt độ bền nén cao nhất và phù hợp với tiêu chuẩn về độ rò rỉ (độ bền nén: 39.9 kg/cm², hàm lượng Crôm: 4.40 mg/l).



Hình 2. Biến thiên nồng độ Cr³⁺ của các mẫu



Hình 3. Biến thiên cường độ nén của các mẫu

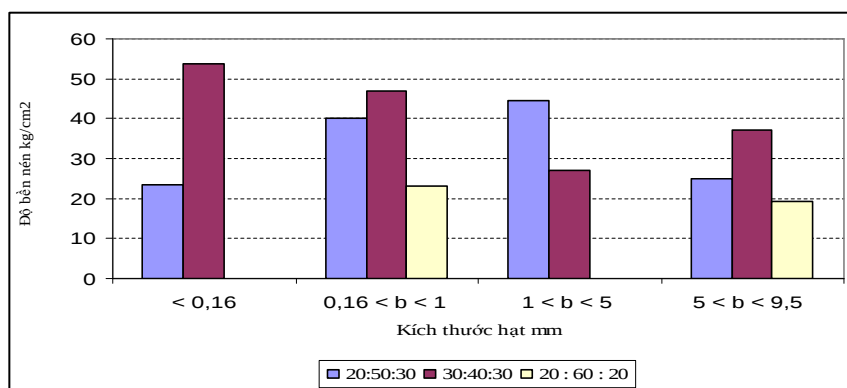
3.3. Thực nghiệm mô hình xác định ảnh hưởng của kích thước hạt bùn đến độ bền nén và hàm lượng kim loại nặng của các khối vữa phối trộn xi măng:bùn:cát

Bảng 4. Kết quả ổn định hóa rắn của các khối vữa phối trộn xi măng:bùn:cát

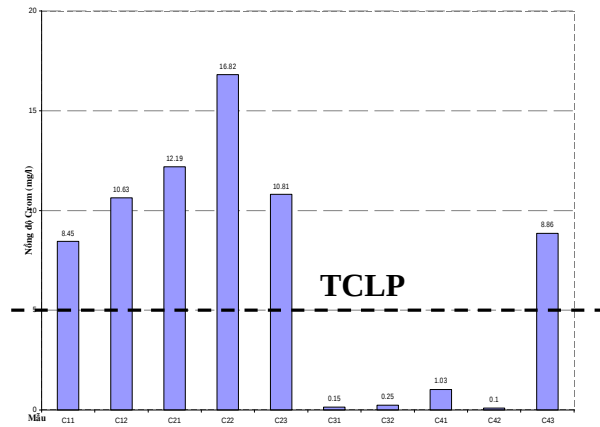
Stt	Mẫu	Tỷ lệ	Kích thước (mm)	Độ bền nén (kg/cm ²)	Nồng độ Cr ³⁺ (mg/l)	Nồng độ Ni ²⁺ (mg/l)
1	C ₁₁	20 : 50 : 30	< 0.16	23.50	8.45	-
2	C ₁₂	30 : 40 : 30	< 0.16	53.84	10.63	-
3	C ₂₁	20 : 50 : 30	0.16 ÷ 1.0	40.00	12.19	-
4	C ₂₂	30 : 40 : 30	0.16 ÷ 1.0	47.00	16.82	-
5	C ₂₃	20 : 60 : 20	0.16 ÷ 1.0	23.30	10.81	-
6	C ₃₁	20 : 50 : 30	1 ÷ 5.0	44.50	0.15	36.51
7	C ₃₂	30 : 40 : 30	1 ÷ 5.0	27.00	0.25	19.25
8	C ₄₁	20 : 50 : 30	5 ÷ 9.5	25.00	1.03	-
9	C ₄₂	30 : 40 : 30	5 ÷ 9.5	37.19	0.10	-
10	C ₄₃	20 : 60 : 20	5 ÷ 9.5	19.40	8.86	-

Tiêu chuẩn về độ bền nén và nồng độ Cr³⁺, Ni²⁺ đã trình bày trong mục 2.2

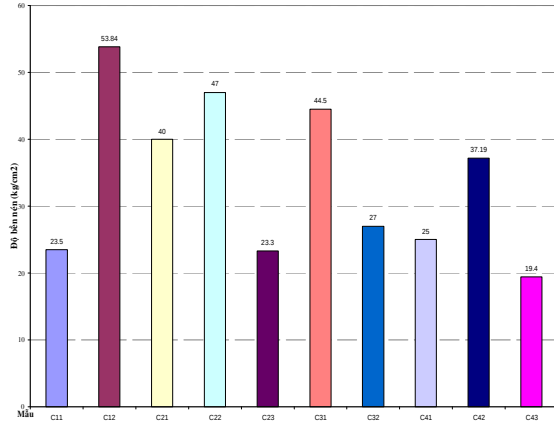
Dựa vào đồ thị ta thấy, đối với mẫu phối trộn giữa xi măng : bùn : cát thì cường độ nén của mẫu sau 28 ngày đạt giá trị tốt nhất ở tỷ lệ 30 : 40 : 30 ứng với kích thước < 0,16mm (M = 53,84 kg/cm²), và thấp nhất ở tỷ lệ 20 : 60 : 20 ứng với kích thước 5mm < b < 9,5mm (M = 19,40 kg/cm²). So sánh với TCVN 4314 : 2003 quy định đối với vữa xây dựng thì các mẫu đều đạt tiêu chuẩn quy định (M > 10 kg/cm²). Bên cạnh đó, ta cũng thấy rằng cùng một tỷ lệ nhưng với mỗi kích thước khác nhau, cường độ nén của các mẫu cũng khác nhau. Điều này chứng tỏ có sự ảnh hưởng của kích thước các hạt bùn đến cường độ nén của khối ổn định hóa rắn.



Hình 4. Đồ thị cường độ nén của các khối vữa phối trộn xi măng:bùn:cát ở các kích thước hạt bùn khác nhau



Hình 4. Biến thiên nồng độ Cr^{3+} của các mẫu



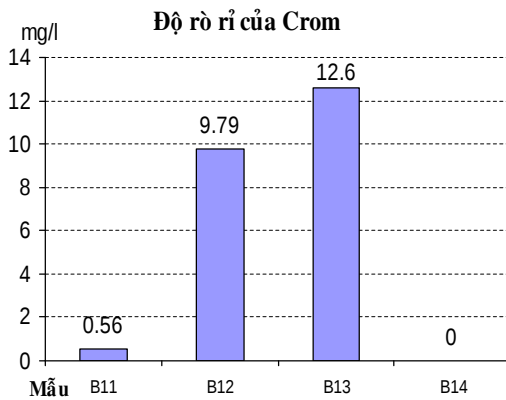
Hình 5. Biến thiên cường độ nén của các mẫu

3.4. Thực nghiệm mô hình xác định ảnh hưởng của kích thước hạt bùn đến độ bền nén và hàm lượng kim loại nặng của các khối vữa phối trộn xi măng:bùn:cát:đá

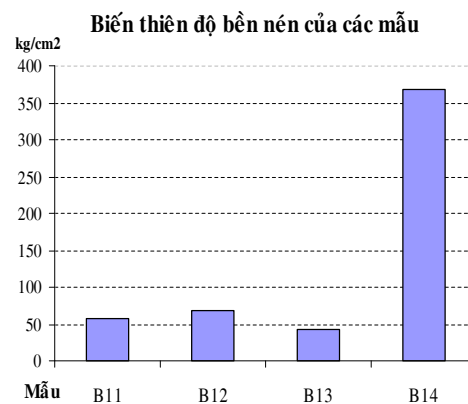
Bảng 5. Kết quả ổn định hóa rắn của các khối vữa phối trộn xi măng:bùn:cát:đá

Mẫu	Tỷ lệ bùn thay cát	Xi măng (kg)	Bùn (kg)	Cát (kg)	Đá (kg)	Nước (kg)	Độ bền nén (kg/cm²)	Độ rò rỉ của Cr^{3+} (mg/l)
B ₁₁	20 %	0,88	0,32	1,28	4,10	1,00	57	0,56
B ₁₂	50 %	0,98	0,90	0,90	4,50	1,00	69	9,79
B ₁₃	100 %	0,98	1,80	-	4,50	1,00	42	12,60
B ₁₄	0%	0,88	-	1,80	4,50	1,00	369	-

Khi sử dụng bùn thay cát, cường độ nén của khối ổn định hóa rắn giảm đi rất nhiều. Khi không sử dụng bùn thay cát thì cường độ nén của khối bê tông rất cao (369 kg/cm²), đạt tiêu chuẩn quy định đối với bê tông⁽¹⁾ nhưng khi sử dụng bùn thay cát, cường độ nén của khối ổn định hóa rắn giảm và không đủ tiêu chuẩn quy định đối với bê tông. Vì vậy không nên sử dụng bùn để thay thế cát khi phối trộn bê tông.



Hình 6. Biến thiên nồng độ Cr^{3+} của các mẫu



Hình 7. Biến thiên cường độ nén của các mẫu

Dựa vào đồ thị ta thấy, trong 3 mẫu chỉ có 1 mẫu đạt tiêu chuẩn hàm lượng crôm theo tiêu chuẩn TCLP là B₁₁ (0,56 mg/l). Và trong 3 mẫu được phân tích, không có mẫu nào đạt tiêu chuẩn

⁽¹⁾ Tiêu chuẩn xi măng Pooc lăng của Việt Nam

về độ bền nén. Điều này cho thấy, không nên ổn định hóa rắn bùn bằng cách phối trộn bê tông vì hiệu quả không cao và chi phí xử lý thì tốn kém.

3.5. Thực nghiệm mô hình nghiên cứu tận dụng bùn kim loại làm gạch lát đường

Sau khi thử nghiệm độ bền nén của các khối ổn định hóa rắn, sử dụng tỉ lệ ổn định hóa rắn có độ bền nén cao nhất của các khối vữa đem phối trộn làm gạch block 20 và 30. Sau đó đem gạch đi thử các chỉ tiêu cơ lý.

Mỗi viên gạch được thực hiện với 3 lớp: lớp màu, lớp hồ khô và lớp hồ ướt. Trong đó lớp hồ ướt được phối trộn theo tỷ lệ tốt nhất được rút ra từ các kết quả từ mô hình ổn định hóa rắn. Thành phần nguyên liệu làm gạch được trình bày trong bảng 5.

Bảng 6. Thành phần phối trộn nguyên liệu làm gạch block

	Xi măng trắng (g)	Bột đá (g)	Màu (g)	Nước (ml)	Xi măng đen (g)	Cát (g)	Bùn (g)
<i>Thành phần phối trộn nguyên liệu làm gạch block 20</i>							
Màu	300	300	15	200	-	-	-
Hồ khô	-	-	-	-	100	400	-
Hồ ướt	-	-	-	300	400	-	600
<i>Thành phần phối trộn nguyên liệu làm gạch block 30</i>							
Màu	300	300	15	200	-	-	-
Hồ khô	-	-	-	-	100	400	-
Hồ ướt	-	-	-	350	300	300	600



Hình 8. Gạch block được phối trộn từ xi măng:bùn:cát

3.6. Thực nghiệm mô hình nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ trong quá trình sản xuất bột màu [7]

Mẫu bùn thải được cho vào nước ngâm trong 2 giờ. Sau đó đổ nước, cho vào nồi nung bằng đất, bỏ vào tủ nung và nung trong thời gian 24 giờ lấy ra để nguội, cho vào bình hút ẩm trong 1h, đem cân, nghiền mẫu và rây ở kích thước 0,076 mm. Thành phần khối lượng bùn thải trước và sau khi nung như sau:

Bảng 7. Thành phần khối lượng bùn thải trước và sau khi nung

Mẫu	Nhiệt độ nung ($^{\circ}\text{C}$)	KL trước khi nung (g)	KL sau khi nung (g)
1	670	269	99
2	1.100	234	89
3	1.100	206	90



Hình 9. Bùn thuộc da nung ở 1.100°C**Hình 10.** Bùn xi măng nung ở 1.100°C

4. CÁC KẾT LUẬN CHÍNH TỪ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Kích thước hạt bùn ảnh hưởng rất lớn đến khả năng ổn định hóa rắn. Xét về mặt kinh tế và độ bền nên chọn tỷ lệ phối trộn **xi măng:bùn** là **40:60** cho các loại bùn có kích thước **1÷5mm** và **30:70** cho các loại bùn có kích thước **5÷9mm**.

Thành phần vữa gồm **xi măng:bùn:cát** tốt nhất nên chọn tỷ lệ phối trộn **30:40:30** cho kích thước hạt bùn **<0,16mm**. Ở tỷ lệ này độ bền nén của khối vữa đạt giá trị lớn nhất ($53,84\text{kg/cm}^2$) nhưng lượng bùn xử lý chỉ chiếm 40% khối lượng. Lượng bùn xử lý đạt hiệu quả cao hơn khi kích thước hạt bùn nằm trong khoảng **1÷5mm** vì khi đó tỷ lệ phối trộn đạt **20:50:30** (xi măng:bùn:cát) và độ bền nén tương đối cao ($44,50\text{kg/cm}^2$). Tóm lại, với thành phần bùn có kích thước nhỏ (**<1mm**) nên chọn tỷ lệ phối trộn là **30:40:30** còn với thành phần bùn có kích thước lớn (**>1mm**) nên chọn tỷ lệ phối trộn là **20:50:30** vì ở các tỷ lệ này khối vữa có độ bền nén cao và khối lượng bùn xử lý lớn.

Không nên sử dụng mô hình ổn định hóa rắn sử dụng xi măng, bùn, cát, đá vì không đạt chỉ tiêu độ bền nén cũng như chỉ tiêu độ rơ rí.

Xét về hiệu quả kinh tế, xử lý bùn thải bằng phương pháp ổn định đóng rắn với thành phần phối trộn là xi măng-bùn với kích thước lỗ rây bùn (b): $1\text{mm} < b < 5\text{ mm}$ có giá thành là 1.303.000 đồng và 1.803.000 đồng với thành phần phối trộn là xi măng-bùn-cát và kích thước lỗ rây (b) : $1\text{mm} < b < 5\text{ mm}$.

Tính toán chi phí xử lý bùn thải bằng phương pháp ổn định hóa rắn dựa trên kết quả tối ưu của quá trình nghiên cứu là tỷ lệ phối trộn giữa xi măng và Bùn là 40 : 60; với kích thước lỗ rây bùn (b): $1\text{mm} < b < 5\text{ mm}$ và tỷ lệ phối trộn giữa xi măng, bùn, cát, lần lượt là 30 : 40 : 30; với kích thước lỗ rây bùn (b): $1\text{mm} < b < 5\text{ mm}$. Bên cạnh đó, sản phẩm sau khi ổn định đóng rắn có thể tận dụng làm gạch lát đường và làm chất màu gốm sứ.

Một số định hướng cho các nghiên cứu tiếp theo:

- Khuyến khích việc nghiên cứu thu hồi kim nặng từ nước thải;
- Tiếp tục nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần hữu cơ và hàm lượng của một số muối kim loại trong bùn lấy từ hệ thống xử lý nước thải bằng phương pháp ổn định hóa rắn tới sản phẩm hóa rắn (bê tông);
- Tiếp tục nghiên cứu mô hình ổn định hóa rắn phối trộn vữa với nhiều tỷ lệ nữa sao cho chi phí ổn định hóa rắn là thấp nhất;
- Tiếp tục nghiên cứu khả năng ứng dụng bùn thải chứa kim loại nặng làm gạch và chất màu, vì theo hướng này sẽ giảm được chi phí xử lý bùn và mang lại lợi ích kinh tế rất cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Charles M.Wilk, *Applying solifcation/stabilization treatment to brownfield projects*, (2002).
- [2]. K.S Sajwan et al, *Assessing the feasibility of land application of fly ask, sewage sludge and their mixtures*, (2002).
- [3]. Nguyễn Quốc Bình, *Nghiên cứu đặc tính tro sinh ra từ quá trình đốt chất thải nguy hại-kiến nghị biện pháp quản lý*, Tạp chí PTKH&CN-ĐHQG số 07/2004, (2004).
- [4]. Nguyễn Quốc Bình, *Nghiên cứu tính chất của bùn khoan và tro sinh ra từ quá trình đốt rác dầu khí-Kiến nghị biện pháp quản lý*, Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học và Công nghệ lần thứ 8, ĐHBK-ĐHQG-HCM, (2002).

- [5]. Nguyễn Quốc Bình, Nguyễn Văn Phước, *Hiện trạng một số loại chất thải rắn công nghiệp tỉnh Đồng Nai & Đề xuất công nghệ xử lý*, Hội thảo công nghệ xử lý và quản lý chất thải công nghiệp nguy hại cho vùng kinh tế trọng điểm phía Nam, (2000).
- [6]. Nguyễn Văn Phước và cộng sự, *Nghiên cứu công nghệ chế biến bột màu từ bùn đỏ của nhà máy hóa chất Tân Bình*, Hội thảo môi trường 2000 về khoa học và công nghệ môi trường, TP.Hồ Chí Minh, (2000).
- [7]. Lê Văn Thanh, Nguyễn Minh Phương, *công nghệ sản xuất chất màu gốm sứ*, Nhà Xuất Bản Xây Dựng Hà Nội, (2004).
- [8]. Nguyễn Đăng Anh Thi, *Nghiên cứu phương án xử lý bùn kim loại sinh ra từ hệ thống xử lý nước thải xi mạ*, Luận văn cao học, (2001).
- [9]. Lâm Minh Triết-Lê Thanh Hải, *Giáo trình Quản Lý Chất Thải Nguy Hại*, Nhà xuất bản Xây Dựng, (2006).
- [10]. Nguyễn Trung Việt, Nguyễn Ngọc Châu, *Khảo sát, đánh giá hiện trạng xử lý nước thải chứa kim loại nặng từ các cơ sở, xí nghiệp vừa và nhỏ trên địa bàn thành phố Hồ Chí Minh, nghiên cứu khả năng thu hồi tái sử dụng kim loại*, Trường Đại học Văn Lang, (2005)
- [11]. Trần Thị Liên, *Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ xử lý bùn khoan và tro sinh ra từ quá trình đốt rác dầu khí theo hướng tận dụng làm vật liệu xây dựng*, Viện Môi Trường và Tài Nguyên., (2005).
- [12]. Các bộ tiêu chuẩn TCVN 5501:1991, TCVN 6663:2000, TCVN 5979:1995, TCVN 3118:1993, TCVN 6065:1995, TCVN 3121-11:2003, và TCVN 4314:2003.