

## Nghiên cứu xử lý đống rấn tro, xỉ nhiệt điện có hàm lượng than dư cao bằng chất kết dính cao lanh-kiềm Không gây ô nhiễm thứ cấp

Phương Thảo<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Thị Dung<sup>1</sup>, Trần Hồng Côn<sup>1</sup>, Công Tiên Dũng<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PTN Hóa môi trường, Khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN

<sup>2</sup>Bộ môn Hóa học, Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Đến Tòa soạn 15-5-2019; Chấp nhận đăng 25-6-2019

### Abstract

In this paper, the treatment of fly ash and bottom slag containing high unburned carbon from thermal power plant was studied by solidification with alkali activated kaolin. Sodium hydroxide, calcium hydroxide and their mixtures were selected as activators used for activation of kaolin. The study was carried out with the ratio of fly ash and bottom slag at 4/1; the ratio of residual unburned coal in ash is 10, 15, and 20%. Kaolin content was kept at 20%, NaOH and Ca(OH)<sub>2</sub> contents compared to the total mass of ash and slag were changed from 3 to 5% and from 6 to 12%, respectively. The results showed that the compressive strength of post-curing materials increased as the activated alkali content increased. Especially, the mixtures of NaOH and Ca(OH)<sub>2</sub> significantly improve the compressive strength, even with the residual coal content in ash up to 20 %. The solidification products of ash and slag by alkali activated kaolin completely did not pollute the environment secondary when they were exposed to rainwater or saltwater.

**Keywords.** Thermal power plant, fly ash, bottom slag, treatment, alkali activated kaolin.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, cả nước ta có 19 nhà máy nhiệt điện đang hoạt động, với công suất phát điện gần 14.500 MW, mỗi năm thải khoảng 15 triệu tấn tro bay và xỉ, trong đó lượng tro bay chiếm khoảng 75-80 %. Dự kiến sau năm 2020, với 43 nhà máy, lượng tro xỉ thải sẽ là hơn 30 triệu tấn mỗi năm mà hầu hết các nhà máy nhiệt điện chạy than chỉ có bãi thải chứa được trong khoảng 5 năm. Hướng xử lý lượng tro xỉ khổng lồ hiện vẫn chưa có lời giải thỏa đáng.<sup>[1]</sup>

Cho đến nay, mới chỉ có một dạng sản phẩm thương mại gạch đất không nung có nguồn gốc từ bê tông polyme. Tuy nhiên chưa được sử dụng rộng rãi trong các công trình xây dựng. Đã có một số nghiên cứu bước đầu về bê tông polyme như bê tông chịu lửa (BTCL) không xi măng của nhóm nghiên cứu ở Viện Vật liệu Xây dựng.<sup>[2]</sup> Nhóm nghiên cứu đã chế tạo thành công BTCL không xi măng ứng dụng thử vào thực tế. Một nghiên cứu khác về ứng dụng chất kết dính geopolyme là sản xuất vật liệu không nung từ phế thải tro bay và xỉ lò cao cũng đã được thực hiện năm 2011. Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được quy trình sản xuất vật liệu gạch block bê tông polyme có cường độ nén đạt > 10 MPa, có giá thành rẻ hơn gạch block bê tông xi măng cốt liệu khoảng 15%.<sup>[3]</sup> Độ bền của viên gạch không nung được gia tăng nhờ lực ép hoặc rung hoặc cả ép lẫn rung khi

tạo viên.<sup>[4]</sup>

Năm 2008, lần đầu tiên tro bay từ nhà máy nhiệt điện Phả Lại sau tuyển nổi loại bỏ than dư được sử dụng làm bê tông đầm lăn cho xây dựng nhà máy thủy điện Sơn La.<sup>[5]</sup> Đề tài đã mở ra ứng dụng rất đáng quan tâm về tro xỉ nhiệt điện; song do nhu cầu xây dựng thủy điện giảm dần (cạn nguồn) và việc phải tuyển nổi loại than dư gặp những khó khăn, cho nên vẫn không triển khai rộng rãi được. Hàng năm cả nước vẫn có hàng chục đề tài nghiên cứu và dự án tái sử dụng tro xỉ nhiệt điện nhằm xử lý số lượng tro xỉ của 19 nhà máy nhiệt điện đang hoạt động trên toàn quốc hiện đã lên đến khoảng 14,4 triệu tấn/năm.

Năm 2014, Chính phủ đã ra Nghị quyết số 1696/QĐ-TTg ngày 23/9/2014 “Về một số giải pháp xử lý tro, xỉ, thạch cao của các nhà máy nhiệt điện, nhà máy hóa chất phân bón để làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng”.<sup>[6]</sup> Năm 2017, Chính phủ ra tiếp quyết định về xử lý, sử dụng tro, xỉ, thạch cao làm vật liệu xây dựng.<sup>[7]</sup>

Ngoài việc nghiên cứu theo hướng kiểm hóa tro bay để tạo vật liệu kiểu geopolyme,<sup>[8,9]</sup> hướng nghiên cứu tạo chất kết dính từ các khoáng aluminosilicat để đống rấn các loại vật chất rời như tro, xỉ, bã thạch cao phospho (phosphorous gypsum) hay đất, cát rời cũng được quan tâm.<sup>[10,11]</sup> Ở nước ta, tro và xỉ của hầu hết các nhà máy nhiệt điện đều có hàm lượng than dư (chưa cháy hết) cao hơn so với yêu cầu sử

dụng làm geopolyme hay phụ gia cho xi măng. Đây là một khó khăn trong việc xử lý, sử dụng tro xỉ nhiệt điện. Đối với chất kết dính nguồn gốc aluminosilicat, hàm lượng than dư ít ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm. Do vậy nghiên cứu điều chế và sử dụng chất kết dính loại này có nhiều ưu điểm hơn trong việc xử lý, tái sử dụng tro xỉ nhiệt điện ở nước ta.

Về mặt lý thuyết, các khoáng aluminosilicat thường có cấu trúc lớp xen kẽ giữa các lớp tứ diện  $\text{SiO}_4$  và bát diện  $\text{Al}_2\text{O}_6$ , đặc trưng như cao lanh. Các khối đa diện này đều mang điện tích âm. Trong cấu trúc của khoáng vật, các điện tích âm này được bù trừ bằng các cation như  $\text{H}^+$  hay các kim loại khác. Khi kiềm hóa, lớp bát diện nhôm sẽ tách ra tạo các phân tử mang điện tích dương và để lại lớp tứ diện silic mang điện tích âm. Các phân tử mang điện tích trái dấu này sẽ liên kết với nhau tạo những mạch polyme dài trong những điều kiện nhất định [12]. Dựa trên những cơ sở lý thuyết còn rất hạn chế về polyme vô cơ, bài báo này tập trung vào việc nghiên cứu sử dụng cao lanh chất lượng thấp làm chất kết dính để đóng rắn tro, xỉ nhiệt điện làm vật liệu xây dựng không nung.

## 2. THỰC NGHIỆM

### 2.1. Nguyên vật liệu và hóa chất

- Cao lanh được sử dụng là cao lanh thương phẩm dạng bột có thành phần  $\text{SiO}_2 > 45 \%$  và  $\text{Al}_2\text{O}_3 > 30 \%$ .

- Tro bay và xỉ lò được lấy từ nhà máy nhiệt điện Phả Lại (Phả Lại 1 và Phả Lại 2). Hàm lượng than dư của tro bay lấy từ Phả Lại 1 và Phả Lại 2 lần lượt là  $25,22 \pm 0,10 \%$  và  $14,6 \pm 0,16 \%$ . Tro bay với hàm lượng than dư khác nhau từ 10 đến 20 % được chuẩn bị bằng cách trộn tro bay Phả Lại 1 hoặc Phả Lại 2 với tro tuyển có hàm lượng than dư 4-5 % theo tỉ lệ khối lượng thích hợp để có hàm lượng than dư như mong muốn sử dụng trong nghiên cứu.

- Kiềm vôi thương mại dạng bột có thành phần  $\text{Ca}(\text{OH})_2 > 90 \%$ .

- Kiềm NaOH thương mại dạng vảy có hàm lượng NaOH  $> 98 \%$ .

### 2.2. Điều chế chất kết dính cao lanh - kiềm

Cao lanh dạng bột và dung dịch kiềm với các nồng độ khác nhau được trộn đều với tỷ lệ rắn – lỏng là 1/2 theo khối lượng và cho vào ống hình trụ có chia vạch đến 0,1 ml; khuấy đều trong khoảng 30 phút bằng máy khuấy đa tầng cánh; sau đó để yên theo chiều thẳng đứng. Hỗn hợp được đo độ trương nở, nồng độ silicat và aluminat tự do và được gửi mẫu đi

đo độ nhớt động lực tại Phòng Thí nghiệm Trọng điểm công nghệ lọc hóa dầu – Viện Hóa học Công nghiệp Việt Nam theo thời gian sau mỗi ngày; đồng thời sau mỗi lần đo, hỗn hợp được khuấy đều lại rồi để yên để đo các thông số ở cùng một thời gian của ngày tiếp theo.

### 2.3. Đánh giá khả năng xử lý đóng rắn tro xỉ nhiệt điện của chất kết dính cao lanh – kiềm

Chất kết dính được trộn đều với tro, xỉ nhiệt điện có hàm lượng than dư khác nhau để tạo ra một hỗn hợp có độ ẩm từ 15-17 %; sau đó đem ép thành những viên chuẩn có kích thước 50x50x50 mm, viên vật liệu được bảo dưỡng khô (không tiếp xúc với nước) và được đo cường độ chịu nén sau mỗi tuần.

Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng than dư trong tro xỉ được khảo sát trong khoảng 10 đến 20 %; ảnh hưởng của hàm lượng kiềm được khảo sát đối với  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  từ 6 đến 12 % và đối với NaOH là từ 3 đến 5 % so với tổng khối lượng tro và xỉ.

### 2.4. Đánh giá khả năng gây ô nhiễm thứ cấp của vật liệu

Vật liệu sau đóng rắn và bảo dưỡng khô 28 được đem ngâm trong nước mưa nhân tạo và nước muối pha 2,5 % NaCl trong vòng 24 giờ. Dung dịch nước sau đó được lọc qua giấy băng xanh và phân tích các chỉ tiêu có khả năng gây ô nhiễm từ tro, xỉ và chất kết dính.

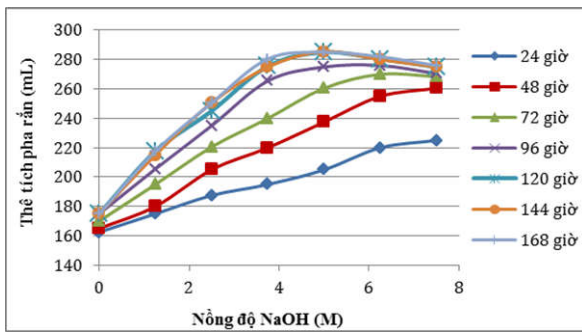
## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng kiềm đến độ trương nở của cao lanh, nồng độ silicat aluminat tự do và độ nhớt của chất kết dính cao lanh-kiềm

Nghiên cứu được thực hiện như trình bày trên mục 2.2. Kết quả về ảnh hưởng của nồng độ NaOH đến khả năng trương nở của cao lanh theo thời gian được thể hiện trên hình 1. Từ kết quả trên hình 1 cho thấy, môi trường có nồng độ NaOH tăng từ 0,00 đến 7,50 M ảnh hưởng rõ rệt đến độ trương nở của cao lanh theo thời gian. Kết quả cũng cho thấy sau bốn đến năm ngày và ở nồng độ NaOH xung quanh 5,00 M cho độ trương nở cao nhất. Ở những giá trị nồng độ NaOH cao hơn, thể tích pha rắn có chiều hướng giảm, không có nghĩa là độ trương nở giảm đi mà do một phần cao lanh đã tan ra pha nước.

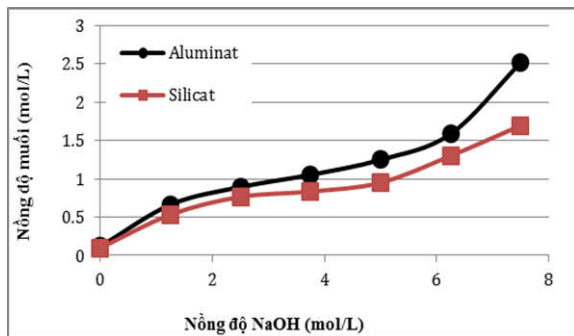
Điều này được làm rõ khi phân tích nồng độ silicat và aluminat tự do trong pha nước. Kết quả đo nồng độ silicat và aluminat trong pha nước được thể hiện trên hình 2 cho thấy ở khoảng nồng độ NaOH lớn hơn 5,00 M, nồng độ silicat và aluminat tự do

tan ra pha nước có sự tăng đột biến; đồng thời ở mọi nồng độ NaOH, khả năng tan của nhôm oxit luôn lớn hơn của silic oxit trong cấu trúc mạng của cao lanh. Sự giải phóng của nhôm và silic từ cao lanh thể rắn dưới dạng các gốc muối đơn tự do hay ở dạng tập hợp như những phần tử polyme là yếu tố rất quan trọng trong quá trình đông rắn tro xỉ sau này sẽ được thảo luận ở các mục sau.



Hình 1: Ảnh hưởng của nồng độ NaOH đến khả năng trương nở của cao lanh

Ảnh hưởng của hàm lượng kiềm đến độ nhớt của chất kết dính cao lanh – kiềm được đo ở thời điểm sau 120 giờ khi dung dịch cao lanh – kiềm được cho là đã ổn định và các quá trình đã đạt tới trạng thái cân bằng. Kết quả đo độ nhớt của chất kết dính được thể hiện trên hình 3.

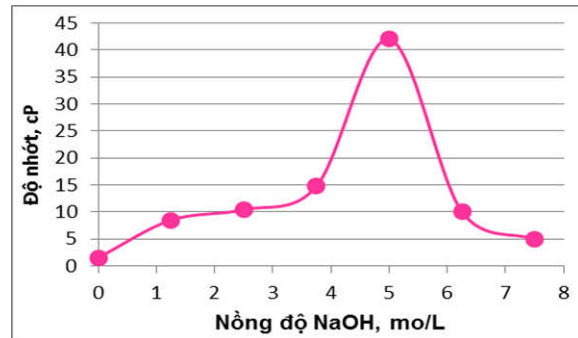


Hình 2: Ảnh hưởng của nồng độ NaOH đến nồng độ silicat và aluminat tự do (120 giờ)

Từ kết quả trên hình 3 cho thấy độ nhớt của chất kết dính có sự tăng đột biến khi nồng độ NaOH trong dung dịch tăng từ 3,75 mol/L lên 5,00 mol/L; sau đó nếu nồng độ NaOH tiếp tục tăng thì độ nhớt của dung dịch lại giảm nhanh.

Điều này có thể lý giải do ở nồng độ kiềm NaOH xung quanh 5,00 mol/L lớp nhôm, silic oxit được bóc tách khỏi các hạt cao lanh còn ở dạng polyme là cao nhất nên dung dịch có hiện tượng đặc quánh và đạt độ nhớt cao nhất. Trước đó do hàm lượng polyme tăng chậm cùng với sự trương nở của cao lanh nên độ nhớt chỉ tăng từ từ; còn khi nồng độ NaOH lớn hơn 5,00 mol/L, các phần tử ở dạng

polyme bị phá vỡ do kiềm hòa tan các mắt xích  $AlO_4$  mang điện tích dương liên kết với  $SiO_4$  mang điện tích âm thành các gốc muối aluminat và silicat tự do, khiến độ nhớt của dung dịch giảm nhanh chóng. Như vậy có thể thấy rằng ở nồng độ NaOH 5,00 mol/L dung dịch có các phần tử ở dạng polyme cao nhất.



Hình 3: Ảnh hưởng của nồng độ NaOH đến độ nhớt của dung dịch (120 giờ)

Khi thay thế NaOH bằng  $Ca(OH)_2$ , do độ tan của vôi có giới hạn và pH tối đa chỉ đạt giá trị 11-12; cho nên những biến thiên về độ trương nở, nồng độ silicat và aluminat tự do, độ nhớt của dung dịch... không thể hiện một quy luật rõ ràng nào cả. Hiện tượng này cũng thể hiện khi thay một phần NaOH bằng  $Ca(OH)_2$ . Tuy nhiên cường độ chịu nén của các vật liệu sử dụng chất kết dính cao lanh – NaOH; cao lanh –  $Ca(OH)_2$  và cao lanh – NaOH –  $Ca(OH)_2$  có những khác biệt rất rõ rệt.

### 3.2. Ảnh hưởng của chất kết dính đến cường độ chịu nén của vật liệu sau đông rắn

Để đánh giá ảnh hưởng của chất kết dính đến độ bền (cường độ chịu nén) của vật liệu được đông rắn từ tro xỉ nhiệt điện, tỷ lệ tro bay trên xỉ đáy lò được lấy theo thực tế thông thường tại các nhà máy là 4/1; tỷ lệ than dư trong tro xỉ là 10; 15 và 20 %; hàm lượng cao lanh 20 %; hàm lượng NaOH từ 3 đến 5 %; hàm lượng  $Ca(OH)_2$  từ 6 đến 12 % của tổng khối lượng tro và xỉ. Ảnh hưởng của hàm lượng NaOH đến cường độ chịu nén của vật liệu đông rắn được khảo sát theo tỷ lệ phối liệu như trên bảng 1.

Kết quả trên bảng 1 cho thấy hàm lượng NaOH tăng thì cường độ chịu nén của vật liệu tăng. Nhưng nếu hàm lượng NaOH tăng cao thì giá thành xử lý sẽ tăng theo đáng kể vì NaOH là phối liệu có giá cao nhất; đồng thời trên bề mặt vật liệu xuất hiện hiện tượng “mốc cacbonat” và tăng giá trị pH của môi trường nước khi lần đầu tiên vật liệu ngâm trong nước.

Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng  $Ca(OH)_2$  đến cường độ chịu nén của vật liệu sau đông rắn

cũng được tiến hành với tỷ lệ các phối liệu như nghiên cứu đối với NaOH nhưng với hàm lượng kiềm  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  từ 6 đến 12 %. Kết quả được thể hiện trên bảng 2.

*Bảng 1: Ảnh hưởng của hàm lượng NaOH đến cường độ chịu nén của vật liệu sau đóng rắn*

Hàm lượng (kg)	Phối liệu					
	Tro bay	Xi	Cao lanh	NaOH	Nước/Rắn (%)	CĐ nén (MPa)
Hàm lượng cacbon trong tro, xi: 10%						
TXCX 1-1	80	20	20	3	18	6,96
TXCX 1-2	80	20	20	4	19	8,34
TXCX 1-3	80	20	20	5	20	11,15
Hàm lượng cacbon trong tro, xi: 15%						
TXCX 2-1	80	20	20	3	18	6,10
TXCX 2-2	80	20	20	4	19	7,81
TXCX 2-3	80	20	20	5	20	10,05
Hàm lượng cacbon trong tro, xi: 20%						
TXCX 3-1	80	20	20	3	18	5,65
TXCX 3-2	80	20	20	4	19	7,26
TXCX 3-3	80	20	20	5	20	9,60

*Chú thích: TXCX 1-1 đến 1-3: các mẫu vật liệu đóng rắn từ tro, xi, cao lanh, xút NaOH với hàm lượng NaOH thay đổi từ 3 đến 5% và hàm lượng than dư trong tro là 10%; TXCX 2-1 đến 2-3 và TXCX 3-1 đến 3-3: tương tự như các mẫu TXCX 1-1 đến 1-3 về hàm lượng xút nhưng với hàm lượng than dư trong tro, xi thay đổi là 15 và 20%.*

Đối với việc đóng rắn tro và xi nhiệt điện bằng chất kết dính cao lanh – kiềm vôi, kết quả cũng cho thấy khi hàm lượng vôi tăng thì cường độ chịu nén của sản phẩm đóng rắn tăng. Như vậy, trong cả hai trường hợp sử dụng kiềm là NaOH hay  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  đều cho thấy kiềm là tác nhân chủ chốt tạo ra sự kết dính thông qua việc bóc tách các lớp bát diện  $\text{AlO}_4$  ra khỏi lớp tứ diện  $\text{SiO}_4$  trong cao lanh để hình thành các polyme có khả năng đóng rắn các hạt tro, xi. Bên cạnh đó, các kết quả cũng cho thấy rằng, hàm lượng than dư chưa cháy hết trong tro, xi nhiệt điện tuy có ảnh hưởng đến cường độ chịu nén của sản phẩm đóng rắn tro xi, nhưng vẫn có thể đóng rắn tốt khi chiếm tới 20 %, một hàm lượng cao trong thực tế cản trở các ứng dụng khác của tro, xi nhiệt điện.

Nghiên cứu thay thế một phần NaOH bằng  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  để đóng rắn tro, xi nhằm giảm giá thành sản phẩm đóng rắn; thí nghiệm được thực hiện với phối liệu như trên bảng 3 cùng kết quả về cường độ chịu nén.

*Bảng 2: Ảnh hưởng của hàm lượng  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  đến cường độ chịu nén của vật liệu sau đóng rắn*

Hàm lượng (kg)	Phối liệu					
	Tro bay	Xi	Cao lanh	Vôi	Nước/Rắn (%)	CĐ nén (MPa)
Hàm lượng cacbon trong tro, xi: 10%						
TXCV 1-1	80	20	20	6	20	6,4
TXCV 1-2	80	20	20	9	21	8,2
TXCV 1-3	80	20	20	12	22	10,8
Hàm lượng cacbon trong tro, xi: 15%						
TXCV 2-1	80	20	20	6	20	5,8
TXCV 2-2	80	20	20	9	21	7,2
TXCV 2-3	80	20	20	12	22	9,6
Hàm lượng cacbon trong tro, xi: 20%						
TXCV 3-1	80	20	20	6	20	5,2
TXCV 3-2	80	20	20	9	21	6,8
TXCV 3-3	80	20	20	12	22	8,5

*Chú thích: TXCV 1-1 đến 1-3: các mẫu vật liệu đóng rắn từ tro, xi, cao lanh, vôi với hàm lượng vôi thay đổi từ 6 đến 12% và hàm lượng than dư trong tro là 10%; TXCV 2-1 đến 2-3 và TXCV 3-1 đến 3-3: tương tự như các mẫu TXCV 1-1 đến 1-3 về hàm lượng vôi nhưng với hàm lượng than dư trong tro, xi thay đổi là 15 và 20%.*

Từ kết quả trên bảng 3 cho thấy sự có mặt cả xút và vôi đã cải thiện đáng kể cường độ chịu nén của sản phẩm đóng rắn. Với 6 kg vôi và 1 kg xút đóng rắn 100 kg tro xi đã cho cường độ chịu nén tới xấp xỉ 8 MPa. Hiện tượng “mốc cacbonat” trên bề mặt cũng được loại trừ.

### 3.3. Đánh giá mức độ an toàn môi trường của vật liệu

Để kiểm tra khả năng thôi nhiễm của các yếu tố có khả năng gây ô nhiễm môi trường, các viên vật liệu

được đóng rắn sau 28 ngày lưu dưỡng sẽ được ngâm trong nước mưa nhân tạo và nước muối có nồng độ NaCl 2,5% với tỷ lệ rắn, lỏng là 1/2, dung dịch được

khuấy trộn đều liên tục. Sau mỗi 24 giờ, dung dịch nước được lấy đi đo pH và một số kim loại như kết quả được thể hiện trên bảng 4 và 5.

Bảng 3: Ảnh hưởng của tỷ lệ hỗn hợp kiềm vôi và xút đến cường độ chịu nén

Hàm lượng (kg)	Phối liệu	Tro	Xi	Cao lạnh	Xút	Vôi	Nước	CĐ nén (MPa)
TXCXV 1		80	20	20	1	6	20	7,9
TXCXV 2		80	20	20	2	6	20	12,8
TXCXV 3		80	20	20	3	6	20	16,0
TXCXV 4		80	20	20	4	6	20	18,4

Chú thích: TXCXV 1 đến 4: Các mẫu vật liệu đóng rắn từ tro, xi, cao lạnh, xút, vôi với hàm lượng xút thay đổi từ 1 đến 4% so với tổng khối lượng tro và xi.



(a)



(b)

Hình 4: Hiện tượng “mốc cacbonat” xuất hiện trên bề mặt vật liệu chỉ sử dụng xút TXCX (a) và biến mất trên bề mặt vật liệu sử dụng phối hợp xút, vôi TXCXV (b)

Bảng 4: Giá trị pH pha nước khi ngâm vật liệu sau đóng rắn 28 ngày

Thời gian (giờ)	pH mẫu				
	24	48	72	96	120
Nước mưa nhân tạo, pH 6,5					
TXCX 2-2	11,5	9,6	9,0	8,6	8,5
TXCV 2-2	8,1	7,5	7,32	7,32	7,32
TXCXV 2	10,4	9,0	8,8	8,4	8,2
Nước muối 2,5%					
TXCX 2-2	11,2	8,8	8,4	8,1	8,0
TXCV 2-2	7,8	7,2	7,0	7,0	7,0
TXCXV 2	10,2	8,6	8,4	8,2	8,0

Như trên bảng 4 cho thấy, hầu như tất cả các sản phẩm đóng rắn tro, xi chỉ sau lần thứ ba tiếp xúc với nước (24 giờ), pH của pha nước đã đạt tiêu chuẩn xả thải đối với nước thải công nghiệp (QCVN 40:2011/BTNMT). Riêng đối với sản phẩm đóng rắn chỉ có sử dụng Ca(OH)<sub>2</sub> thì ngay lần ngâm trong nước đầu tiên, pH đã đạt chuẩn thải và các sản phẩm có mặt của Ca(OH)<sub>2</sub> thì hầu hết là sau lần ngâm thứ hai pH đã đạt tiêu chuẩn xả thải đối với nước thải công nghiệp.

Đối với các nguyên tố có khả năng gây ô nhiễm nước từ sản phẩm đóng rắn tro xi, kết quả phân tích pha nước ngâm sản phẩm (trên bảng 5) cho thấy nồng độ của các nguyên tố quan tâm đều nằm dưới ngưỡng cho phép đối với nước thải công nghiệp theo QCVN 40:2011/BTNMT.

Về mặt lý thuyết, khi tro xi được đóng rắn dưới dạng như các khối bê tông cùng với các tác nhân cố định các chất có nguy cơ gây ô nhiễm môi trường thì sẽ ngăn cản được sự thôi nhiễm của chúng ra môi trường nước và không khí. Trong nghiên cứu này, hai tác nhân là độ kiềm, ion Ca<sup>2+</sup> và quá trình cacbonat hóa là các tác nhân chủ yếu được sử dụng để cố định các yếu tố có thể gây ô nhiễm môi trường của vật liệu sau đóng rắn. Với giá trị pH trên 10 khi trộn và gia công vật liệu, tất cả các kim loại nặng trong tro, xi hầu hết ở dạng oxit đều hầu như được cố định. Còn đối với các anion như asenat, photphat,... khi có mặt của Ca<sup>2+</sup> sẽ được chuyển thành các muối hầu như không tan trong nước. Riêng đối với Pb và một số kim loại có tính lưỡng tính, sau khi đóng rắn, các phân tử này sẽ chuyển về dạng muối cacbonat có độ tan cực kỳ thấp.

Từ những kết quả nghiên cứu trình bày ở trên có thể khẳng định rằng sản phẩm đóng rắn tro xi nhiệt điện bằng chất kết dính cao lạnh – kiềm không gây ô

nhiễm môi trường thứ cấp khi sản phẩm tiếp xúc với nước mưa hay nước mặn.

**Bảng 5:** Nồng độ các chất có khả năng gây ô nhiễm nước của vật liệu tro, xỉ sau đóng rắn 28 ngày khi ngâm trong nước (mg/L)

Nồng độ	Fe	Mn	Ni	Cr	As	Cd	Cu	Pb	Hg
Nước mưa nhân tạo, pH 6,5									
TXCX 2-2	0,05	<0,03	<0,01	<0,01	0,09	<0,0002	<0,02	<0,0006	<0,0002
TXCV 2-2	0,04	<0,03	<0,01	<0,01	0,006	<0,0002	<0,02	<0,0006	<0,0002
TXCXV 2	0,04	<0,03	<0,01	<0,01	0,045	<0,0002	<0,02	<0,0006	<0,0002
Nước muối 2,5 %									
TXCX 2-2	0,08	0,05	<0,01	<0,01	0,10	<0,0002	<0,02	<0,0006	<0,0002
TXCV 2-2	0,06	0,04	<0,01	<0,01	0,008	<0,0002	<0,02	<0,0006	<0,0002
TXCXV 2	0,07	0,04	<0,01	<0,01	0,050	<0,0002	<0,02	<0,0006	<0,0002

#### 4. KẾT LUẬN

Tro xỉ nhiệt điện có hàm lượng than dư cao hơn 6% không thể sử dụng làm phụ gia xi măng hay xi măng đầm lãn; nhưng có thể xử lý đóng rắn bằng các chất kết dính cao lanh – kiềm (NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub>) hay hỗn hợp cả hai. Chất kết dính sử dụng cao lanh với hỗn hợp NaOH và Ca(OH)<sub>2</sub> có ưu điểm hơn việc đóng rắn chỉ sử dụng một loại kiềm duy nhất, đó là có cường độ chịu nén cao hơn, giảm chi phí khi sử dụng hoàn toàn kiềm NaOH và không gây ô nhiễm môi trường thứ cấp. Loại sản phẩm này có thể ứng dụng gia công làm vật liệu không nung hay làm nền cứng cho các công trình hay đường giao thông. Đóng rắn bằng chất kết dính cao lanh - kiềm cho phép xử lý tro, xỉ nhiệt điện có tính khả thi cao, không gây ô nhiễm môi trường thứ cấp.

**Lời cảm ơn.** Nghiên cứu được hoàn thành với sự hỗ trợ của đề tài NCKH mã số ĐT-CNMT.01.17. Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn các ý kiến phản biện và nhận xét góp phần nâng cao chất lượng bài báo.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Davidovits J., Geopolymer chemistry and sustainable development. The poly(sialate) terminology: a very useful and simple model for the promotion and understanding of green-chemistry, in Proceedings of 2005 geopolymer conference, 9-15, **2005**.
- Pacheco-Torgal Fernando, Castro-Gomes João & Jalali Said. Alkali-activated binders: A review Part 1. Historical background, terminology, reaction mechanisms and hydration products, *Construction and Building Materials*, **2008**, 22(2008), 1305-1314.
- Fha, in the USA recently published a Technical Briefing on geopolymer concrete (2010).
- Lloyd N. A. & Rangan B. V., Geopolymer Concrete with Fly Ash, in 2nd Int. Conf. on Sustainable Construction Materials and Technologies, ed J Zachar P Claisse, T R Naik, E Ganjian (Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italy) (2010).
- Boutterin C., Davidovits J., Geopolymeric Cross-Linking (LTGS) and Building materials, *Geopolymer*, **1988**, 88(1), 79-88.
- Decision No.452/QĐ-ttg, April 22, **2017**.
- Resolution of Government No.1696/QĐ-TTg September 23, **2014**.
- VnExpress.net, March 14, **2008**. (<http://vnexpress.net/tin-tuc/khoa-hoc/nguoi-bien-tro-xi-nhiet-dien-thanh-vat-lieu-quy-2103109.html>).
- Dang Trung Quy: Study to use glass from electric - electronic waste to produce non-baked light materials for construction applications, Master thesis, Vietnam National University, Hanoi, **2013**.
- Hoan Nguyen Van, Research on production of unburnt materials from fly ash and blast furnace slag using geopolymer adhesives, Vietnam Institute for Building Materials, **2012**.
- Ximangvn, Successful fabrication of non-cement refractory concrete (2012).
- Thoroughly treatment of flyash from coal-fired thermal power plants, the Ministry of Construction Information page, July 1, **2016**. (<http://moc.gov.vn/en/web/guest/trang-chi-tiet/-/tin-chi-tiet/Z2jG/299847/306486/xu-ly-triet-de-tro-xi-cua-cac-nha-may-nhiet-dien-chay-than.html>).

**Liên hệ: Phuong Thảo**

Khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội  
Số 19, Lê Thánh Tông, Hoàn Kiếm, Hà Nội, Việt Nam  
E-mail: phuongthao@hus.edu.vn; Điện thoại: +84- 904321981.