

# NGUYÊN LIỆU VÀ CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT VẬT LIỆU XÂY DỰNG KHÔNG NUNG: MỘT VÀI KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM

KIỀU QUÝ NAM, NGUYỄN ÁNH DƯƠNG

*Viện Địa chất, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Chùa Láng, Hà Nội.*

**Tóm tắt:** Trong xu thế phát triển bền vững, vật liệu xây dựng không nung ngày càng được chú ý phát triển. Có ba khuynh hướng chính trong sản xuất vật liệu xây dựng không nung: 1/ Sản xuất từ xi măng và cát, mặt đá, hàm lượng xi măng lớn, có giá thành sản phẩm cao, chưa phù hợp tại các nước nghèo; 2/ Sản xuất từ puzzolan thiên nhiên và nhân tạo bằng cách tạo kết dính không nung kiểu vôi và puzzolan, giá thành rẻ, thay thế xi măng; 3/ Sản xuất theo công nghệ hóa học, dưới tên gọi “geopolymer” hay “polymer-khoáng”.

Ở Việt Nam, đây là một hướng nghiên cứu còn chưa được phát triển. Kế thừa các kết quả nghiên cứu thu được về nguyên liệu khoáng, Viện Địa chất đã nghiên cứu và đạt được những kết quả ban đầu chứng minh cho tính ưu việt của loại vật liệu này. Bài báo cũng chỉ rõ Việt Nam có tiềm năng to lớn về puzzolan thiên nhiên và nhân tạo, có thể phát triển công nghệ sản xuất vật liệu xây dựng không nung từ các loại nguyên liệu này, đặc biệt trong sản xuất polymer-khoáng.

## I. MỘT VÀI NÉT KHÁI QUÁT VỀ VẬT LIỆU XÂY DỰNG KHÔNG NUNG

Trong xu thế phát triển bền vững, vật liệu xây dựng từ nguồn đất sét nung đang dần từng bước được thay thế bằng các loại vật liệu mới thân thiện với môi trường. Trong các loại vật liệu xây dựng này phải kể tới các loại gạch không nung sau:

### 1. Gạch silicat sản xuất từ cốt liệu (cát, mặt đá) và chất kết dính, chủ yếu là xi măng

Với loại vật liệu không nung này, thành phần và tỷ lệ phối trộn giữa cốt liệu và chất kết dính tương tự như trong bê tông cốt liệu mịn thông dụng, tuy nhiên để đạt được sản phẩm cường độ cao phù hợp với yêu cầu xây dựng, hàm lượng xi măng tối thiểu phải đạt 20-25%.

Loại vật liệu này phổ biến tại các nước đang phát triển, nhưng giá thành sản phẩm cao và do đó hạn chế khả năng phát triển của nó tại các nước này.

### 2. Vật liệu xây dựng được sản xuất từ puzzolan (thiên nhiên và nhân tạo)

Puzzolan là loại vật liệu được phát hiện từ thời La Mã tại vùng Puzoli (Ý), khi tác dụng với vôi tạo nên chất kết dính thủy lực, bền vững trong môi trường nước. Với đặc tính này, puzzolan được sử dụng cùng một hàm lượng vôi nhỏ (5-7%) tùy thuộc chất lượng puzzolan để thay thế xi măng và là chất kết dính chủ đạo để sản xuất vật liệu xây dựng không nung.

Về bản chất, khi vôi tác dụng với puzzolan nhờ vào hàm lượng  $\text{SiO}_2$  và  $\text{Al}_2\text{O}_3$  hoạt tính trong puzzolan sẽ tạo thành các hydrosilicat calci kiểu C-H-S và hydroaluminat calci  $\text{C}_4\text{AH}_{13}$  hoặc  $\text{C}_2\text{AHS}_8$  hoặc dung dịch rắn giữa chúng  $\text{C}_3\text{AS}_3$ - $\text{C}_3\text{ASH}_6$ . Đây là các chất kết dính đặc trưng, cũng như khi xi măng được thủy hóa, kết rắn lại và tạo nên cường độ của sản phẩm.

Loại vật liệu này đã được sử dụng rộng rãi tại Ý, Liên Xô, Đức [2] trước đây và tại Úc, Pháp, Nhật ngày nay và đặc biệt tại các nước đang phát triển ở châu Á [1]. Đã có nhiều chương trình nghiên cứu và triển khai được thực hiện với sự tài trợ của các tổ chức quốc tế ở Thái Lan, Indonesia, Ấn Độ, v.v...

Ở nước ta, vật liệu xây dựng không nung từ puzzolan đã được khởi xướng từ những năm 1960-1980 (Đại học Bách khoa, Đại học Xây dựng), nhưng sau đó, do không nghiên cứu đồng bộ về nguồn nguyên liệu nên hướng nghiên cứu này đã bị gián đoạn đến tận những năm 1990. Tiếp đó Viện Địa chất, Viện KH&CN VN đã tiếp tục nghiên cứu và triển khai một cách toàn diện từ đặc điểm, chất lượng cũng như sự phân bố và khả năng sử dụng của các nguồn nguyên liệu [3-14].

Dựa vào đặc tính kỹ thuật của puzzolan, công nghệ sản xuất vật liệu không nung đã được tiến hành theo các bước sau:

- a. Tạo chất kết dính thủy lực kiểu vôi-puzzolan;
- b. Tạo phối liệu (cốt liệu) theo các tỷ lệ phù hợp giữa chất kết dính/cốt liệu;
- c. Tạo hình sản phẩm theo các phương thức và độ ẩm nhất định;
- d. Bảo dưỡng sản phẩm.

Về nguyên tắc, đây là một loại bê tông cốt liệu mịn, nên sản phẩm sau khi được tạo hình cần được bảo dưỡng ở độ ẩm nhất định và thời gian để bảo dưỡng tự nhiên cũng như đối với bê tông thông thường (28 ngày).

Để rút ngắn thời gian bảo dưỡng, có thể tiến hành bảo dưỡng cưỡng bức bằng hơi nước ở nhiệt độ 80-100°C. Theo cách bảo dưỡng này, sau 4 h, cường độ sản phẩm đã đạt đến 80% so với cường độ cực đại sau 28 ngày theo phương pháp thông thường.

Loại vật liệu này có nhiều ưu điểm về giá thành, chất lượng, cũng như hạn chế được các tác động xấu của môi trường, đặc biệt tại các khu vực có nguồn nguyên liệu, và đã bước đầu được chấp nhận trên thị trường.

### **3. Vật liệu xây dựng không nung được sản xuất theo công nghệ hóa học geopolymer hay polymer-khoáng**

Chúng ta đã biết, theo thành phần hóa học, polymer được chia thành hai loại: polymer hữu cơ với thành phần chủ yếu là C, H, OH và polymer vô cơ.

Polymer vô cơ là tên thường gọi để chỉ các hợp chất polymer trong cấu trúc hóa học gồm các mắt xích cơ bản chứa các kim loại như Li, Mg, P, v.v.. Geopolymer (hay còn gọi là polymer-khoáng) là tên để chỉ một loại polymer vô cơ đặc biệt, được tạo nên bằng các phản ứng hóa học khi các loại nguyên liệu khoáng giàu thành phần oxit  $Al^{+3}$  và oxit  $Si^{+4}$  trong các cấu trúc có dạng tứ diện, tác dụng với các dung dịch silicat trong môi trường kiềm mạnh, hay đơn giản hơn đó là một loại polymer được tạo nên từ các loại khoáng chất có thành phần alumo-silicat sẵn có trong thiên nhiên hay thu được trong quá trình xử lý, chế biến nguyên liệu khoáng khác.

Tên gọi geopolymer được J. Davidovits - một nhà hóa học người Pháp đề xuất và sử dụng vào đầu những năm 70 của thế kỉ 20 [1].

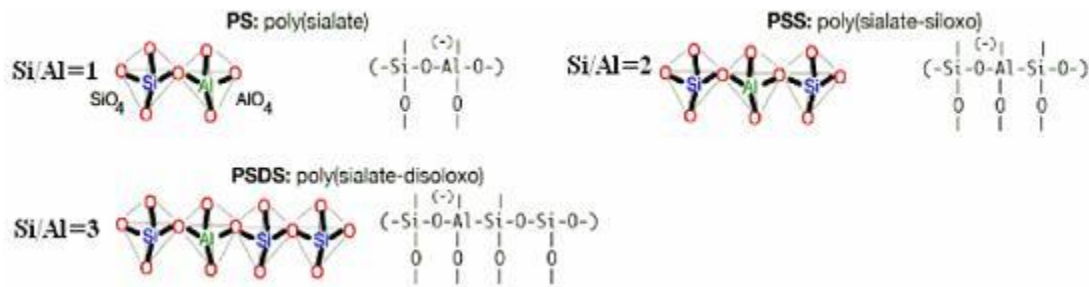
Tùy thuộc vào cách liên kết tạo nên các mắt xích cơ bản trong cấu trúc của polymer, Davidovits chia geopolymer thành các loại sau:

1. Poly(sialat) với sự lặp lại của mắt xích cơ bản (-Si-O-Al-O-);

2. Poly(sialat-silico) với mắt xích (-Si-O-Al-O-Si-O-); và

3. Poly(sialat-disilico) với sự lặp lại của mắt xích (-Si-O-Al-O-Si-O-Si-O-).

Để đảm bảo được mối liên kết này, Si và Al được sắp xếp theo cấu trúc của các khối tứ diện có cùng chung đỉnh O và các nguyên tố kiềm, kiềm-thô như K, Na, Ca, Li, v.v... sẽ được gắn kết giữa các khe hở để trung hoà điện tích âm dư thừa (Hình 1) tương tự trong cấu trúc tinh thể của khoáng vật nhóm zeolit hay felspat, nhưng khác với các khoáng vật này, geopolymer tồn tại ở trạng thái vô định hình hoặc bán kết tinh.



Hình 1. Ba hình thể cơ bản của geopolymer.

Quá trình polymer hóa các nguyên liệu khoáng bằng con đường hóa học kèm theo hiện tượng đóng rắn, mặt khác do được tạo nên từ các nguyên liệu khoáng nên geopolymer có độ cứng lớn, khả năng chống mài mòn, độ bền cơ học, bền nhiệt cao và có khả năng chống ăn mòn hóa chất rất lớn, mặt khác do quá trình polymer hóa xảy ra trong một thời gian nhất định nên dễ dàng thi công, do đó geopolymer được sử dụng như một loại vật liệu kết dính tương tự xi măng Portland. Chính vì vậy, nó được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khoa học và công nghệ khác nhau, như:

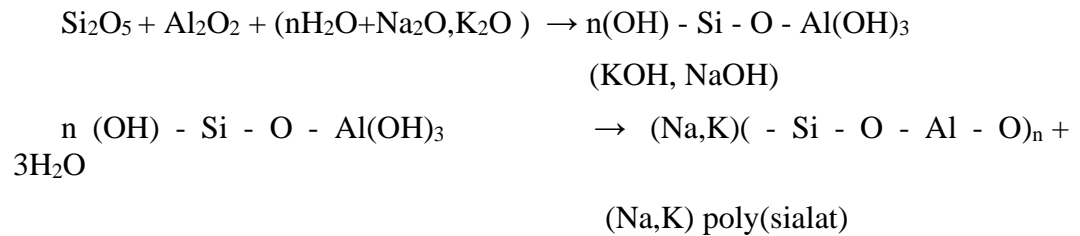
- Sản xuất vật liệu xây dựng không nung: các loại gạch ngói xây dựng;
- Làm đường giao thông;
- Sản xuất vật liệu chịu lửa, chống cháy;
- Sản xuất gốm không nung chống ăn mòn axit;
- Thay thế xi măng trong xây dựng;
- Cố kết các chất thải độc hại, bảo vệ môi trường;
- Sử dụng trong các công trình kiến trúc, tượng đài, v.v...

Mặc dù được sử dụng như xi măng, nhưng bản chất hóa học của xi măng và geopolymer hoàn toàn khác nhau.

Hiện tượng đóng rắn của xi măng diễn ra nhờ quá trình hydrat hóa của các khoáng vật silicat calci, aluminat calci để tạo nên hydrosilicat-hydroaluminat calci (CHS, AHS), là những khoáng vật kết dính đặc trưng  $n\text{CaO} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot w\text{H}_2\text{O}$ . Cũng tương tự, khi puzzolan tác dụng với hydroxit calci cũng dẫn đến một kết quả như vậy. Và điều kiện cần thiết để quá trình hydrat hóa được triệt để,  $\text{H}_2\text{O}$  là một thành phần không thể thiếu.

Trong khi đó, quá trình đóng rắn của geopolymer là nhờ vào tác động polymer hóa của các chuỗi cấu trúc kiềm - poly(sialat), kiềm-poly(sialat-silico) hay kiềm-poly(sialat-dixylico) như đã nêu trên.  $\text{H}_2\text{O}$  chỉ là dung môi để pha loãng các dung dịch kiềm, không tham gia phản ứng hóa học

trong cơ chế thành tạo của geopolymer, mà ngược lại còn được giải phóng ra khỏi phản ứng, ví dụ :



Trên thế giới, geopolymer đã được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực thực tiễn khác nhau từ những năm 70 của thế kỉ trước, đặc biệt tại Pháp [1], Bỉ, Australia, Zchech, và gần đây của các nhà khoa học Trung Quốc, Đài Loan và Thái Lan.

Nguyên liệu để tổng hợp geopolymer phổ cập nhất được các nhà khoa học và các hãng sản xuất sử dụng chủ yếu là tro bay và xỉ lò cao.

Ở Việt Nam, geopolymer tuy đã được nhắc tới nhưng nhìn chung còn là một lĩnh vực còn ở tình trạng sơ khai. GS. Trần Kim Thạch, thuộc Đại học Khoa học Tự nhiên Tp Hồ Chí Minh, đã có những đóng góp mang tính tiếp cận, khởi đầu về hướng nghiên cứu này. Nguyên liệu khoáng được ông đề cập đến là đất sét giàu kaolinit; những kết quả nghiên cứu của ông được giới thiệu mang tính chất phổ cập, quảng bá cho loại vật liệu này, tuy ông chưa có những công bố về các tính năng kĩ thuật cụ thể của các sản phẩm tạo được.

## II. MỘT VÀI KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 1. Vật liệu không nung và bê tông đầm lặn từ puzzolan thiên nhiên

Puzzolan thiên nhiên được chúng tôi nghiên cứu gồm:

- a. Các đá phun trào bazơ, như bazan lỗ rỗng, bazan bột, các sản phẩm bán phong hóa, phong hóa triệt để dưới dạng đất đỏ (ở Lâm Đồng, Gia Lai, Đắk Lắk, Đắk Nông, Quảng Trị, Nghệ An);
- b. Các đá phun trào thành phần trung tính như andesit (andesit phức hệ Bảo Lộc);
- c. Các đá phun trào thành phần axit như rhyolit và tuf của chúng (đá phun trào hệ tầng Tú Lệ);
- d. Các đá biến chất, như đá phiến silic, phiến sillimamit, đá phiến sét giàu silic, v.v...
- e. Các đá trầm tích: diatomit, radiolarit.

Đặc tính và khả năng sử dụng trong sản xuất vật liệu xây dựng không nung đã được chúng tôi giới thiệu trong các bài viết trước đây [2-12] và đã được triển khai và chuyển giao công nghệ qua các đề tài, dự án khoa học công nghệ tại một số địa phương như Lâm Đồng, Gia Lai, Quảng Trị, Nghệ An. Vật liệu xây dựng không nung từ puzzolan thiên nhiên có cường độ kháng nén có thể đạt trên 200 kg/cm<sup>2</sup> và được đánh giá theo tiêu chuẩn Việt Nam cho sản phẩm gạch lát tự chèn từ bê tông. Trong khuôn khổ của bài viết này, chúng tôi xin giới thiệu sơ lược qua kết quả thu được khi nghiên cứu sản xuất gạch lát tự chèn từ puzzolan Nghĩa Đàn (Bảng 1, 2, 3, Hình 1).

Bảng 1. Các chỉ tiêu kỹ thuật cơ bản của puzzolan từ bazan Nghĩa Đàn

Các chỉ tiêu	Đơn vị tính	Puzzolan Nghĩa Đàn	Tiêu chuẩn ASTM C618-97
--------------	-------------	--------------------	-------------------------

Tổng SiO <sub>2</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	71-72	>70
SO <sub>3</sub>	%	0,12	<4
Độ ẩm	%	1,25	3
Mất khi nung	%	6,5	10
Hoạt tính cường độ ở 28ngày	%	82,67	75

**Bảng 2. Đặc điểm khoáng vật, hóa học và kỹ thuật của đá bazan bột**

Một số đặc điểm của bazan bột	Vùng Đồi Trọc	Vùng Núi Tiên
Thành phần khoáng vật chủ yếu	Plagioclas, pyroxen olivin, thủy tinh núi lửa	Plagioclas, pyroxen olivin, thủy tinh núi lửa
Thành phần hóa học (%)	SiO <sub>2</sub> - 45,65; SO <sub>3</sub> - 0,09 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 14,33; Na <sub>2</sub> O- 2,55 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 11,03; MgO- 4,39 CaO- 11,01; TiO <sub>2</sub> - 3,62 K <sub>2</sub> O- 1,25; MKN- 2,28	SiO <sub>2</sub> - 44,95; SO <sub>3</sub> - 0,04 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 15,76; Na <sub>2</sub> O- 1,34 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 12,5; MgO- 3,58 CaO- 7,86; TiO <sub>2</sub> - 3,36 K <sub>2</sub> O- 1,46; MKN- 6,25
Độ hoạt tính (mgCaO/g.pg)	45 - 69	66 - 72
Độ lỗ rỗng (%)	33 - 59	27,8 - 62,1
Khối lượng thể tích (g/cm <sup>3</sup> )	1,20 - 1,40	1,11 - 2,61
Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> )	2,90 - 2,92	2,91 - 2,93
Hàm lượng thủy tinh (%)	36-45	36-46

**Bảng 3. Kết quả thử nghiệm gạch không nung từ puzzolan bazan vùng Nghĩa Đàn**

STT	Hình mẫu gạch	Kích thước (mm)	Cường độ kháng nén (kg/cm <sup>2</sup> )	Độ hút nước (%)	Độ mài mòn g/cm <sup>2</sup>	Độ cứng bề mặt
1	Hình chữ nhật	200×100×55	216,1	11	0,31	Đạt
2	Hình lục lăng	70×70×58	220,3	10,5	0,25	Đạt
3	Hình lục lăng	90×90×58	222,8	10,3	0,23	Đạt



**Hình 1. Sân nhà văn hóa Long Hạ, xã Nghĩa Mỹ, Nghĩa Đàn, Nghệ An được lát bằng gạch không nung làm bằng puzzolan.**

Ngoài ra, puzzolan thiên nhiên tại một số vùng như Nghĩa Đàn đã được chúng tôi giới thiệu, thử nghiệm sử dụng trong thi công với công nghệ bê tông đầm lăn tại nhà máy thủy điện Bản Vẽ; kết quả được thể hiện trong các Bảng 4 và 5.

## 2. Vật liệu geopolimer

Xuất phát từ những nghiên cứu về lý thuyết và ứng dụng thực tiễn từ nguồn nguyên liệu puzzolan trong sản xuất vật liệu xây dựng không nung, trong xây dựng các công trình thủy điện theo phương pháp bê tông đầm lăn đã được chúng tôi giới thiệu, chúng tôi đã nghiên cứu sử dụng bazan bột, tro bay, tro trấu làm nguồn nguyên liệu chủ đạo để thử nghiệm tính khoa học và khả thi của loại vật liệu này. Kết quả thử nghiệm đã khẳng định tính khả thi, ưu việt của các loại nguyên liệu sử dụng.

Nguyên liệu chủ yếu được chúng tôi nghiên cứu sử dụng làm chất kết dính gồm puzzolan nhân tạo: tro bay, tro trấu dồi dào sẵn có.

**2.1. Tro trấu:** Trấu là sản phẩm phụ thu được tại các nhà máy xay xát gạo, đặc biệt rất sẵn có tại các nước nông nghiệp phát triển ở châu Á, như Ấn Độ, Thái Lan, Việt Nam, Indonesia. Trên thế giới, tro trấu đã được nghiên cứu sử dụng ở nhiều quốc gia như Mỹ, Nhật Bản. Trấu đã được sử dụng làm nhiên liệu cho các tuabin hơi nước, các nhà máy phát điện công suất thấp một cách có hiệu quả tại các nước Mỹ, Nhật, Thái Lan, Ấn Độ trong những chương trình phát triển năng lượng của Liên Hiệp Quốc.

Khi đốt trấu ở một điều kiện thích hợp sẽ thu được một loại tro trấu với những đặc tính puzzolan điển hình. Thông thường, trấu chỉ chiếm khoảng 22% trong quá trình xay xát gạo. Bản thân trấu có thành phần chủ yếu gồm 75% celulos và các chất hữu cơ khác, còn lại khoảng 25% các chất vô cơ khác cùng với hơi nước, v.v... Trấu sau khi đốt sẽ cho khoảng 25% tro. Như vậy, cứ 1 tấn thóc sau khi xay xát sẽ thu được khoảng 220 kg trấu. Sau khi đốt trấu, sẽ thu được khoảng 55 kg tro. Tuy khối lượng thu được không lớn, nhưng với tổng sản lượng lúa được xay xát, lượng tro trấu sẽ trở nên một nguồn phế liệu ảnh hưởng tới môi trường, nếu nó không được xử lý triệt để.

Thành phần hóa học của trấu bao gồm chủ yếu là  $\text{SiO}_2$  (70-90%) tùy thuộc từng loại lúa. Ngoài ra, còn có một phần nhỏ oxit sắt ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), nhôm ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), calci ( $\text{CaO}$ ), magesi ( $\text{MgO}$ ), v.v...

Chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu tạo tro trấu ở nhiều vùng khác nhau, trong bài viết này chỉ trình bày một vài nét về tro trấu vùng Quảng Trị.

Thành phần hóa học của tro trấu vùng Quảng Trị:

$\text{SiO}_2$	80,2%	$\text{TiO}_2$	0,54%
$\text{Al}_2\text{O}_3$	9,95 %	Pb	0,003%
FeO	2,11 %	Cu	0,01 %
$\text{K}_2\text{O}$	2,1 %	MKN	4,21%
$\text{Na}_2\text{O}$	0,3%		

Nếu không chế được điều kiện thiêu đốt, tro trấu là một nguồn puzzolan chất lượng tốt, vì bản thân tro trấu được tạo nên từ silic vô định hình và nó được sử dụng như một phụ gia đặc trưng. Mặt khác, kích thước của tro trấu lại mịn hơn hàng trăm lần so với xi măng (Hình 2), nên cũng như metakaolin nó có khả năng lấp đầy các lỗ rỗng trong bê tông, giảm nhiệt thủy hóa của xi măng, tăng cường độ chặt sít, tăng cường độ và sức bền chịu axit, sulfat, chlor, tăng cường khả năng

chống thấm, phù hợp với môi trường nước biển. Ngoài ra, do có khả năng chịu nhiệt tốt, toai, xốp, nhẹ nên tro trấu còn được dùng trong sản xuất chất cách nhiệt, trong các lớp phủ kim loại, v.v...

**2.2. Tro bay:** Tro bay là những phần mịn còn sót lại sau khi than cục hoặc than bột bị đốt cháy. Thông thường, tro bay có cỡ hạt rất nhỏ và mịn hơn cả xi măng Tro bay được chúng tôi nghiên cứu được lấy từ nhà máy nhiệt điện Phả Lại (Hình 3).

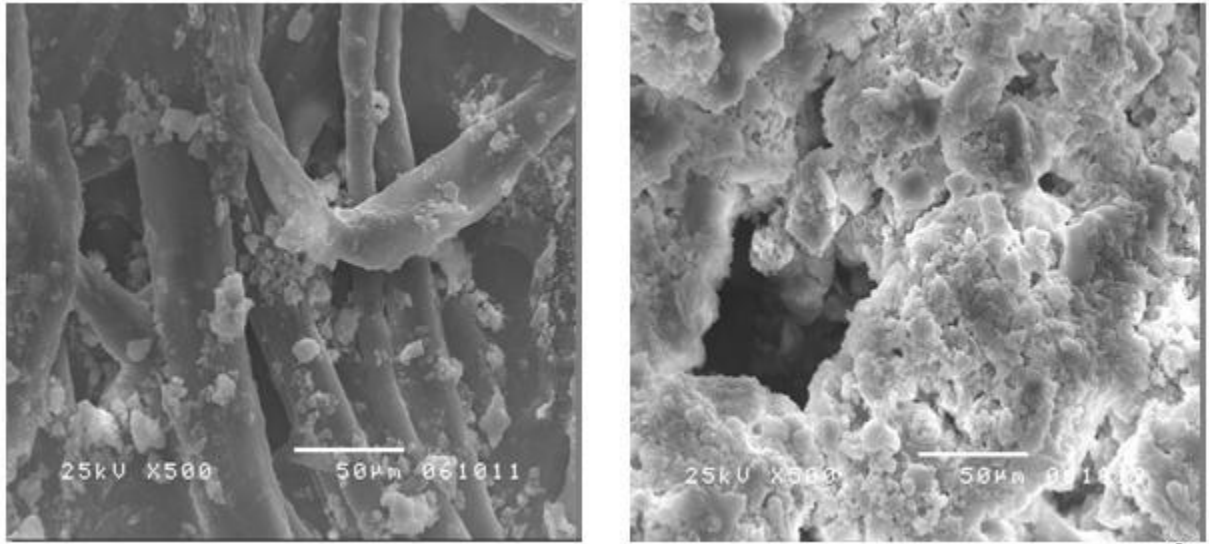
Thành phần chính của tro bay là các hạt SiO<sub>2</sub> vô định hình (thể thủy tinh); ngoài ra còn có thể có thêm một số thành phần khác như hematit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) và magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), than chưa cháy hết (C) và một vài chất kết tinh khác hình thành trong quá trình tro bay nguội lạnh (Bảng 6).

**Bảng 4. Thử nghiệm cường độ kháng nén mẫu bê tông đầm lăn ở các tỷ lệ phối trộn khác nhau**  
(Thử nghiệm theo tiêu chuẩn ASTM 1170 và 1176)

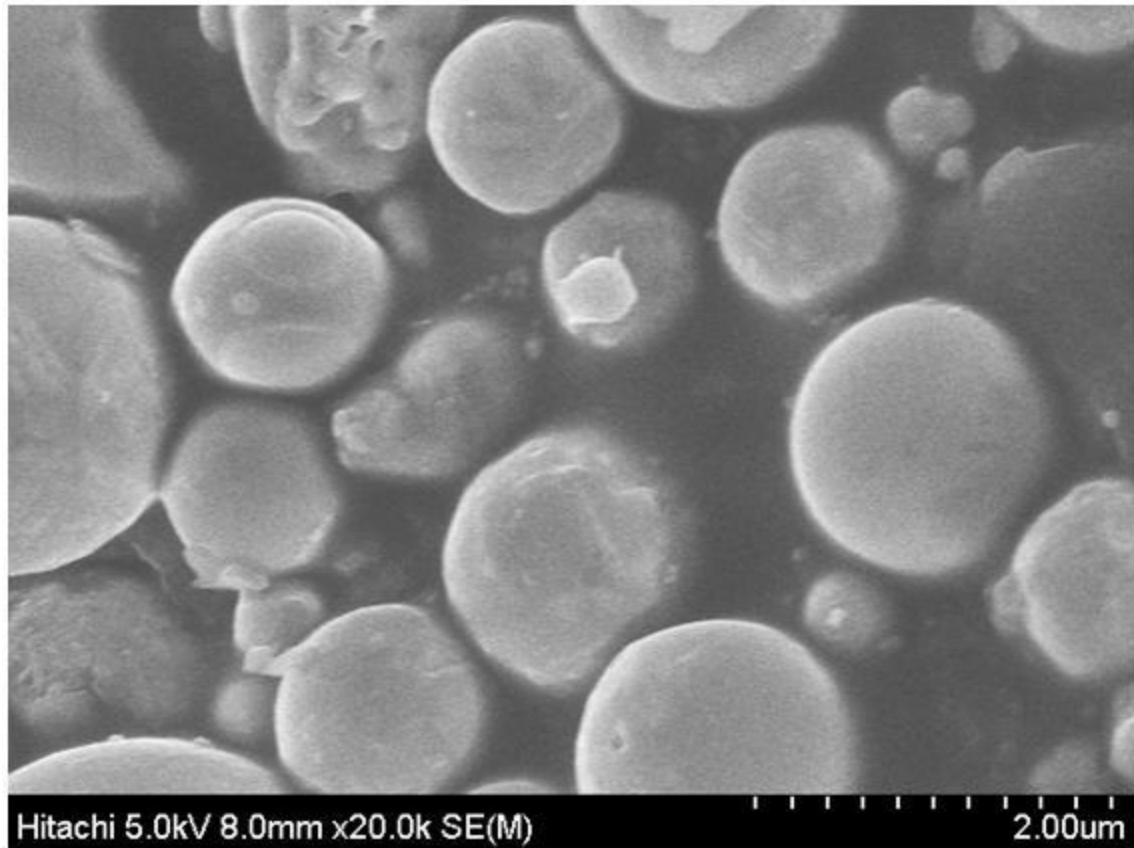
Loại bazan	Số hiệu mẫu	Thành phần phối trộn					Thời gian (s)	Cường độ (MPa)		
		Xi măng (kg)	Puzzolan (kg)	Phôi gia công (kg)	Tỷ lệ c/c+®	Nội lực (kg)		7	28	
Bazan phong ho,	BPH1	90	110	2,1	0,37	135	16	14,8	17,0	
	BPH2	90	130	1,5	0,37	157	11	9	12,4	
	BPH3	80	120	1,4	0,37	157	10	8,9	12,0	
	BPH4	70	130	1,4	0,37	155	30	6,5	9,4	
Bât	B1	90	130	1,5	0,37	157	11	9	12,4	
	B2	80	120	1,4	0,37	157	10	8,9	12,0	
	B3	70	130	1,4	0,37	155	30	6,5	9,4	

**Bảng 5. Kết quả nén mẫu bê tông đầm lăn sử dụng puzzolan từ bazan Nghĩa Đàn thiết kế cho công trình thủy điện Bản Vẽ**  
(Thử nghiệm theo tiêu chuẩn ASTM 1170 và 1176)

Ký hiệu mẫu	Xi măng (kg)	Puzzolan (kg)	Phôi gia		Tỷ lệ c/(c+®)	Nội lực (kg)	Thời gian (s)		Cường độ kháng nén (MPa)					Cường độ kháng nén (MPa)	
			(l/m <sup>3</sup> )	Loại			5', 30'	7	8	9	10	15	20	28	80
BV1	90	110	2,1	TM20	0,37	135	13	13	14,8	17,0	21,9	24,8			
BV2	90	150	2,8	Comp las	0,37	135	14	14	14,7	15,3	21,3	27,8			0,90
BV3	100	140	2,9	Comp las	0,37	135	13	13	11,4	15,2	11,2	20,3		0,88	0,99



Hình 2. Cấu tạo của tro trấu dưới kính hiển vi điện tử.



Hình 3. Tro bay từ nhà máy nhiệt điện Phả Lại.

Tro bay là một loại puzzolan nhân tạo nên có tính puzzolan cao. Ngoài ra tùy theo thể loại, tro bay có thể có tính kết dính nhẹ hoặc không có tính kết dính khi ngâm nước.

Tro bay được sử dụng lần đầu tiên trong bê tông năm 1930 tại Mỹ. Nhưng những công trình nghiên cứu có giá trị mới chỉ được bắt đầu tại trường Đại học Tổng hợp bang California vào năm



1937 do R.E. Davis thực hiện. Nhưng bước đột phá mạnh nhất trong việc sử dụng tro bay trong bê tông được đánh dấu vào năm 1948 khi lần đầu tiên tro bay được sử dụng trong xây dựng đập Hungry Horse Dam với khối lượng 120.000 t và từ đó việc sử dụng tro bay càng ngày càng được mở rộng trong lĩnh vực sản xuất xi măng cũng như bê tông.

Nhờ có các tính chất puzzolan, cộng thêm kích thước hạt mịn, bên cạnh lợi ích kinh tế, sinh thái, tro bay còn cải thiện đáng kể chất lượng công trình của bê tông, giảm được co ngót thể tích, nhiệt lượng khi kết khối và tăng cường khả năng chống thấm của công trình và do đó tăng cường sức bền bề mặt cả bê tông.

**Bảng 6. Thành phần hóa học và chất lượng của tro bay Phả Lại trước khi được tuyển lọc**

TT	ChØ tỉ <sup>a</sup> u	Đơn vị	Hàm lĩng	Hàm lĩng trung b×nh
1	SiO <sub>2</sub>	%	50,86 - 52,90	51,73
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		21,73 - 24,89	23,22
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		4,57 - 4,96	4,89
4	TiO <sub>2</sub>		0,52 - 0,83	0,68
5	CaO		0,68 - 0,87	0,79
6	MgO		0,85 - 1,22	1,06
7	K <sub>2</sub> O		3,22 - 4,25	3,66
8	Na <sub>2</sub> O		0,18(0,81) - 1,2	0,69
9	MKN		16,34 - 22,0	18,68
10	§é Ęm		1 - 4	3
11	§é mPn		10,50 - 22,0	16,8
12	Tỷ trắng	g/cm <sup>3</sup>	2,15 - 2,261	2,23
13	Høt tÝnh cøng ®é	7 nguy	%	76 - 85
		28 nguy		80 - 90

Sau khi được tuyển lọc, hàm lượng SiO<sub>2</sub> đạt trên 90% và lượng mất khi nung chỉ còn dưới 6%.

Ngoài tro bay của nhà máy nhiệt điện Phả Lại, hiện tại ở nước ta còn có nguồn tro bay từ nhà máy nhiệt điện Na Dương và Cao Ngạn với khối lượng khoảng 300.000 t/năm, nhưng chất lượng thấp hơn, với hàm lượng SiO<sub>2</sub> ban đầu chỉ đạt 34-35 %.

### 3. Thử nghiệm sản xuất geopolimer từ puzzolan

#### 3.1. Hóa chất sử dụng : Dung dịch kiềm và silicat

**3.2. Phương pháp thử nghiệm:** Vật liệu xây dựng geopolimer được chúng tôi chế tạo thử nghiệm gồm các bước sau:

a. Tạo dung dịch kiềm tính với nồng độ dung dịch thích hợp. Nhằm kiểm nghiệm và kế thừa các nghiên cứu đã được công bố, chúng tôi lựa chọn dung dịch với nồng độ 8 M..

b. Tạo nguyên liệu khoáng với độ hoạt tính thích hợp từ các nguồn puzzolan Nghĩa Đàn và tro bay (tro trấu) theo tỷ lệ 1/1 với lý do puzzolan để tăng thêm độ hoạt tính cho nguyên liệu.

c. Tỷ lệ nguyên liệu khoáng (làm chất kết dính)/cốt liệu (cát): 1/2.

d. Tỷ lệ phối trộn nguyên liệu và dung dịch kiềm: 6/1 (ép bán khô), 2/1 (đổ rót).

e. Tạo phản ứng polymer hóa, tạo hình sản phẩm.

Sản phẩm thử nghiệm được chúng tôi tạo hình theo 2 phương pháp: đổ theo khuôn và ép bán khô (Hình 4).

Kết quả thử nghiệm cũng chỉ rõ với phương pháp đổ rót thời gian đóng rắn của sản phẩm thay đổi từ 48 đến 72 giờ.

Trái lại với phương pháp ép bán khô, sản phẩm sau khi ép đã có cường độ cao và chỉ cần bảo dưỡng sau 1 tuần. Chúng tôi cũng đã thử nghiệm rút ngắn quá trình polymer hóa của các sản phẩm bằng cách duy trì sản phẩm ở nhiệt độ 80-100°C. Thời gian đóng rắn của sản phẩm đã rút xuống còn 10 giờ với sản phẩm đổ rót.

Cường độ sản phẩm được tạo ra theo hai phương pháp không thay đổi nhiều (Bảng 7).

**Bảng 7. Kết quả thử nghiệm đặc tính cơ lý của sản phẩm geopolimer làm từ puzzolan**

STT	Phương pháp sản xuất	Cường độ kháng nén (kg/cm <sup>2</sup> )	Độ hút nước (%)	Độ mài mòn (g/cm <sup>2</sup> )	Độ cứng bề mặt
1	Rót khuôn	170	9,86	0,32	Đạt
2	Nén ép bán khô	140,2	9,02	0,28	Đạt



Hình 4. Sản phẩm geopolimer sản xuất từ puzzolan tự nhiên: a) Theo phương pháp nén ép bán khô; b. Theo phương pháp rót khuôn.

### III. KẾT LUẬN

Qua nhiều đề tài nghiên cứu và triển khai công nghệ đã được triển khai, tuy ở mức độ còn hạn chế ban đầu, nhưng có thể khẳng định:

1. Nước ta có tiềm năng to lớn về puzzolan thiên nhiên và nhân tạo.
2. Các sản phẩm thử nghiệm cho thấy có thể phát triển sản xuất vật liệu xây dựng không nung, đảm bảo các đòi hỏi của kỹ thuật xây dựng

3. Đặc biệt, có thể phát triển geopolimer - một loại vật liệu mới, thân thiện với môi trường, có khả năng thay thế dần vật liệu từ đất sét nung truyền thống, nhưng không thích hợp trong xu thế phát triển bền vững.

## VĂN LIỆU

1. Cheng T.W., Chiu J.P., 2003. Fire-resistant geopolimer produced by granulated blast furnace slag. *Mineral Engineering*, 16 : 205-210.

2. Davidovitch J., Comrie D.C., Paterson J.H., Ritcey D.J., 1990. Geopolymeric concretes for environmental protection. *Concrete Intern.*, p. 30-40.

3. Kiều Quý Nam (Chủ biên), 1985. Báo cáo Bản chất puzzolan Long Khê - Bái Đền - Thanh Hóa. *Lưu trữ Viện Địa chất, Hà Nội.*

4. Kiều Quý Nam (Chủ biên), 1989. Báo cáo Đánh giá tiềm năng, chất lượng khoáng sản sét và phụ gia puzzolan lãnh thổ Tây Nguyên. *Lưu trữ Viện Địa chất, Hà Nội.*

5. Kiều Quý Nam (Chủ biên), 1997. Báo cáo Đánh giá chất lượng, khoanh vùng phân bố puzzolan khu vực thị xã Pleiku, từ đó đề xuất công nghệ sản xuất gạch không nung và khả năng sử dụng chúng để nâng cấp cải tạo hệ thống sân bãi trường học và mạng lưới giao thông nông thôn. *Lưu trữ Viện Địa chất, Hà Nội.*

6. Kiều Quý Nam (Chủ biên), 1999. Điều tra nguồn nguyên liệu puzzolan và đề xuất giải pháp công nghệ sản xuất vật liệu xây dựng không nung tỉnh Lâm Đồng. *Lưu trữ Viện Địa chất, Hà Nội.*

7. Kiều Quý Nam, Đậu Hiền, Trần Thị Sáu, 2000. Một số kết quả nghiên cứu về chất lượng, tiềm năng và khả năng sử dụng của puzzolan các thành tạo bazan vùng Pleiku. *TC Địa chất, A/259 : 27-32. Hà Nội.*

8. Kiều Quý Nam, 2001. Puzzolan Việt Nam - Tiềm năng và khả năng sử dụng. *TC Địa chất, A/267 : 106-110. Hà Nội.*

9. Kiều Quý Nam (Chủ biên), 2001. Báo cáo Thử nghiệm công nghệ sản xuất vật liệu xây dựng không nung từ puzzolan Lâm Đồng với quy mô bán sản xuất trong xây dựng dân dụng và giao thông nông thôn. *Lưu trữ Viện Địa chất, Hà Nội.*

10. Kiều Quý Nam, 2002. Môi trường quan giữa thành phần hóa học, cấu trúc đá với hoạt tính puzzolan trong bazan Kainozoi tại Lâm Đồng. *TC Các Khoa học về TĐ, 24/4 : 341-347. Hà Nội.*

11. Kiều Quý Nam (Chủ biên), 2004. Báo cáo Hoàn thiện Quy trình công nghệ sản xuất vật liệu không nung từ puzzolan Lâm Đồng. *Lưu trữ Viện Địa chất, Hà Nội.*

12. Kiều Quý Nam (Chủ biên), 2004. Báo cáo Ứng dụng kỹ thuật tiên bộ, xây dựng mô hình sản xuất vật liệu xây dựng không nung tại chỗ cho vùng nông thôn, miền núi tỉnh Quảng Trị. *Lưu trữ Viện Địa chất, Hà Nội.*

13. Kiều Quý Nam (Chủ biên), 2006. Báo cáo Nghiên cứu, đánh giá đặc điểm tiềm năng nguyên liệu và xây dựng quy trình công nghệ sản xuất gạch lát tự chèn không nung từ puzzolan khu vực Pleiku, Buôn Ma Thuật. *Lưu trữ Viện Địa chất, Hà Nội.*

14. Kiều Quý Nam, 2006. Nghiên cứu sử dụng puzzolan trong sản xuất vật liệu xây dựng không nung. *TC Địa chất, A/293 : 16-24. Hà Nội.*