



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÌNH DƯƠNG

TẠP CHÍ

KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ

BINH DUONG UNIVERSITY
JOURNAL OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY

ISSN 1859 - 4336
Vol.2 No.2, (2020)

jst.bdu.edu.vn

The Issue is dedicated to the
80th birthday of Academician Professor
Cao Van Phuong

MỤC LỤC TABLE OF CONTENT

KHOA HỌC KỸ THUẬT – KHOA HỌC CÔNG NGHỆ TECHNICAL SCIENCES – TECHNOLOGICAL SCIENCES

- 15 MÔ HÌNH HUẤN LUYỆN TRÍ TUỆ NHÂN TẠO TỰ ĐỘNG PHÁT HIỆN VÀ 116
PHÂN LOẠI CÁC TRUY VẤN URL ĐỘC HẠI
ARTIFICIAL INTELLIGENCE TRAINING MODEL IN MALICIOUS URL
DETECTION
*Hoàng Văn Chí, Nguyễn Văn Cảnh, Lê Văn Cường,
Ngô Minh Tiến, Nguyễn Đức Dũng*
- 16 ẢNH HƯỞNG CỦA KHAI THÁC NƯỚC NGẦM ĐẾN LÚN SỤT MẶT ĐẤT 127
EFFECTS OF UNDERGROUND WATER EXPLOITATION ON THE LAND
SUBSIDENCE
Nguyễn Xuân Mãn, Nguyễn Văn Ngà, Đào Văn Tuyết, Nông Nguyễn Minh Thúy
- 17 ẢNH HƯỞNG CỦA HÀM LƯỢNG TRO BAY VÀ MÔI TRƯỜNG NHIỆT ĐỘ CAO 135
ĐẾN TÍNH CHẤT CỦA CHẤT KẾT DÍNH CHỊU NHIỆT TỪ XI MĂNG
PORTLAND
EFFECT OF FLY ASH CONTENT AND HIGH TEMPERATURE
ON PROPERTIES OF HEAT-RESISTANT BINDER FROM PORTLAND CEMENT
*Tăng Văn Lâm, Nguyễn Duyên Phong, Vũ Kim Diễm,
Boris Bulgakov, Nguyễn Văn Dương*
- 18 NGHIÊN CỨU CẤU TRÚC ĐỊA CHẤT – ĐỊA CHẤT THỦY VĂN ĐẢO PHÚ QUÝ, 144
BÌNH THUẬN BẰNG TÀI LIỆU ĐỊA VẬT LÝ RESEARCHING GEOLOGICAL
STRUCTURE – HYDROGEOLOGY OF PHU QUY ISLAND BY GEOPHYSICAL
DATA
Lê Ngọc Thanh, Nguyễn Văn Giảng, Nguyễn Quang Dũng
- 19 ĐÁNH GIÁ PHÂN BỐ KHÔNG GIAN KIM LOẠI NẶNG TRONG ĐẤT NUÔI 157
TRỒNG THỦY SẢN HUYỆN VĨNH CHÂU, TỈNH SÓC TRĂNG
EXAMINING THE SPATIAL DISTRIBUTION OF HEAVY METAL
CONCENTRATION IN SOIL FOR AQUACULTURE LAND IN VINH CHAU
DISTRICT, SOC TRANG PROVINCE
*Danh Mẫn, Đặng Hòa Vĩnh, Trần Quang Tuấn, Phạm Tuấn Nhi,
Lưu Hải Tùng, Dương Bá Mẫn, Lê Thị Liên Chi, Lê Mộng Sơn*
- 20 HAI TRITERPEN PHÂN LẬP TỪ LÁ CÂY DUNG (*Symplocos cochinchinensis*) 164
TWO TRITERPENES FROM SYMPLOCOS COCHINCHINENSIS LEAVES
*Le Van Huan, Chung Khanh Linh, Pham Thao Nguyen,
Nguyen Minh Dat, Bui Nguyen Bien Thuy*

KINH TẾ - LUẬT ECONOMICS - LAWS

- 21 MARKETING KỸ THUẬT SỐ: XU THẾ TẤT YẾU PHÁT TRIỂN DOANH NGHIỆP 169
THỜI ĐẠI CÔNG NGHỆ 4.0
DIGITAL MARKETING: IRREVERSIBLE TREND FOR BUSINESS
DEVELOPMENT IN THE ERA OF INDUSTRY 4.0
Cao Thị Việt Hương

ẢNH HƯỞNG CỦA HÀM LƯỢNG TRO BAY VÀ MÔI TRƯỜNG NHIỆT ĐỘ CAO ĐẾN TÍNH CHẤT CỦA CHẤT KẾT DÍNH CHỊU NHIỆT TỪ XI MĂNG PORTLAND

Tăng Văn Lâm^{1,2}, Nguyễn Duyên Phong¹, Vũ Kim Diên³, Boris Bulgakov³,
Nguyễn Văn Dương⁴

¹Khoa Xây dựng, Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

²Đại học Bình Dương, Bình Dương, Việt Nam

³Đại học xây dựng Moscow - Liên Bang Nga

⁴Trường cao đẳng Công nghiệp và Xây dựng, Quảng Ninh, Việt Nam

TÓM TẮT

Bài báo này đã thể hiện kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng (10÷40)% tro bay và môi trường nhiệt độ cao (200 ÷ 1000)°C đến tính chất cơ lý của chất kết dính chịu nhiệt từ xi măng Portland. Kết quả thực nghiệm đã cho thấy cường độ nén và khối lượng thể tích của các mẫu chất kết dính đã thay đổi đáng kể theo hàm lượng tro bay và theo cấp nhiệt độ nghiên cứu. Đặc biệt cường độ nén của các mẫu thí nghiệm tại 200°C và 400°C đều tăng so với cường độ nén tương ứng của chúng tại nhiệt độ thường (25°C). Nguyên nhân là do trong cấu trúc của mẫu chất kết dính đã xảy ra phản ứng hóa học giữa các khoáng của xi măng với SiO₂ hoạt tính có trong tro bay và kết quả là tại nhiệt độ này trong cấu trúc của mẫu thí nghiệm đã hình thành hai khoáng vật mới là Tobermorite (Ca₅Si₆O₁₆(OH)₂·4H₂O) và Xonotlite (Ca₆Si₆O₁₇(OH)) có dạng tinh thể, ổn định và có cấu trúc lỗ rỗng nhỏ, đã làm tăng cường độ nén của chất kết dính trong môi trường nhiệt độ cao. Tuy nhiên, ở các nhiệt độ 600°C, 800°C và 1000°C cường độ nén của chúng đã giảm do sự mất nước liên kết hóa học trong các sản phẩm thủy hóa Hidro-Silicat-Canxi, làm cho các tinh thể rỗng xốp, kém ổn định.

Keywords: chất kết dính chịu nhiệt, xi măng Portland, cường độ chịu nén, khối lượng thể tích, nhiệt độ cao.

EFFECT OF FLY ASH CONTENT AND HIGH TEMPERATURE ON PROPERTIES OF HEAT-RESISTANT BINDER FROM PORTLAND CEMENT

ABSTRACT

This paper has demonstrated the results of research on the effect of (10 ÷ 40)% of the fly ash content and the high temperature environment (200°C ÷ 1000°C) on the mechanical properties of the heat-resistant binder from Portland cement. Experimental results of this study have shown that the compressive strength and density of the binder samples have changed significantly with the fly ash content and the temperature level of tested. The compressive strength of the experimental samples at 200°C and 400°C increased compared with their respective compressive strength at normal temperature (25°C). The reason is that in the structure of the binder sample, a chemical reaction between the minerals of the Portland cement and the SiO₂ amorphous contained in the fly ash and as a result, at this temperature in the structure of the test sample were formed two new minerals: Tobermorite (Ca₅Si₆O₁₆(OH)₂·4H₂O) and Xonotlite (Ca₆Si₆O₁₇(OH)) are crystalline, stable and small pore structure, which increased the compressive strength of the binder in high-temperature environments. However, at temperatures of 600°C, 800°C and 1000°C their compressive strength decreased due to the loss of chemically bound water in Hydro-Silicate-Calcium products, which were made the structure of the test sample porous and unstable.

Keywords: heat-resistant binder, Portland cement, compressive strength, density, high temperature

1. Mở đầu

Theo số liệu thống kê mới nhất của Bộ Xây dựng, Việt Nam hiện nay đang có khoảng trên 80 dây chuyền sản xuất xi măng với công suất trung bình đạt 101 triệu tấn xi măng mỗi năm. Với sản lượng xi măng hiện tại Việt Nam đang xếp thứ 5 trên thế giới sau Trung Quốc, Mỹ, Nga và Ấn Độ. Với số liệu thống kê mới nhất của Bộ Xây dựng về tình hình sản xuất và tiêu thụ xi măng ở nước ta trong những năm gần đây đã tăng mạnh, trong năm 2018 là 65,08 triệu tấn, xuất khẩu 31,65 triệu tấn; đến năm 2019 tiêu thụ trong nước là 70 triệu tấn và xuất khẩu 25 triệu tấn và kế hoạch đến năm 2025 tổng lượng sản xuất xi măng có thể đạt khoảng 125 triệu tấn/năm [1]. Tuy nhiên, các loại xi măng thông thường chỉ làm việc ổn định trong điều kiện nhiệt độ thấp hơn 250°C, do đó làm hạn chế đáng kể khả năng ứng dụng của xi măng, đặc biệt trong điều kiện môi trường nhiệt độ cao [2, 3]. Do đó đối với các công trình làm việc trong môi trường nhiệt độ cao thường phải dùng các loại vật liệu chịu lửa đơn chiếc, thì công mất nhiều thời gian và giá thành cao [4, 5].

Do đó, việc nghiên cứu chế tạo chất kết dính dùng trong công nghệ sản xuất bê tông và vữa chịu nhiệt độ cao là một nhiệm vụ rất quan trọng trong bối cảnh cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư và nhu cầu về các loại vật liệu chịu nhiệt ngày càng tăng cao như hiện nay. Như đã biết, khả năng chịu nhiệt của bê tông trong môi trường nhiệt độ cao phụ thuộc nhiều vào sự biến đổi vi cấu trúc của thành phần chất kết dính và ảnh hưởng của thành phần cốt liệu khi bị nung nóng do chúng mất nước liên kết hóa học, rỗng xốp và co ngót thể tích khi chịu tác động của nhiệt độ cao [6, 7, 8].

Bên cạnh đó, theo nhiều nghiên cứu [9, 10, 11] đã chỉ ra rằng, cơ sở khoa học để tăng khả năng chịu nhiệt, chống cháy và tính chất cơ học của chất kết dính trong môi trường nhiệt độ cao, chính là sử dụng các phụ gia khoáng hoạt tính, nghiên cứu khác nhau. Các loại phụ gia này giúp làm giảm hàm lượng pha lỏng và pha dễ chảy hình thành trong vi cấu trúc của đá xi măng, vữa và bê tông khi ở nhiệt độ cao. Đồng thời nó còn bổ sung hàm lượng pha tinh thể, đặc biệt là hàm lượng Al_2O_3 và các thành phần khoáng mới, ổn định và có cấu trúc lỗ rỗng nhỏ đã làm tăng tính

chất cơ học của đá xi măng trong môi trường nhiệt độ cao.

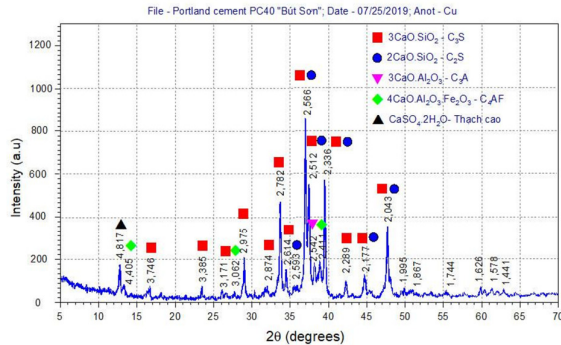
Một trong các loại phụ gia khoáng nghiên cứu mìn thông dụng là tro bay – phế thải của các nhà máy nhiệt điện sử dụng nhiên liệu là than đá. Tro bay là bụi khí thải dưới dạng hạt mịn thu được từ quá trình đốt cháy nhiên liệu than đá trong các nhà máy nhiệt điện chạy than, là phế thải thoát ra từ buồng đốt qua ống khói nhà máy [13, 14]. Theo ước tính, lượng tro bay thải ra trên toàn cầu vào khoảng trên 700 triệu tấn/năm [15, 16]. Tại Việt Nam, lượng tro bay hàng năm khoảng 25,4 triệu tấn [14]. Do đó, lượng tro bay, bụi, và khí độc thải ra hàng năm từ các nhà máy nhiệt điện đã ảnh hưởng không nhỏ đến môi trường cũng như điều kiện sống của con người. Vì vậy việc sử dụng tro bay làm chất kết dính thay thế một phần xi măng trong sản xuất bê tông và vữa, đặc biệt là trong công nghệ vật liệu chịu nhiệt, là một cách để bảo vệ môi trường cũng như tiết kiệm nguồn nguyên vật liệu tự nhiên, góp phần thúc đẩy sản xuất vật liệu xanh và công trình xây dựng bền vững trong tương lai.

Ở Việt Nam hiện nay chưa có các phương pháp thử nghiệm tiêu chuẩn để xác định đầy đủ ảnh hưởng của điều kiện nhiệt độ cao đến các tính chất cơ - lý - hóa của bê tông và vữa xi măng. Mặt khác, trong xây dựng các công trình chịu nhiệt và chịu lửa công nghiệp như là các lò nung, các thiết bị nhiệt... hàng năm hầu như vẫn phải nhập khẩu các sản phẩm chịu nhiệt và chịu lửa từ nước ngoài, làm tăng giá thành đầu tư các nhà máy sản xuất [3, 5, 8].

Vì vậy, trong nghiên cứu này tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của tro bay nhiệt điện Vĩnh Tân 4 và môi trường nhiệt độ cao (200°C ÷ 1000°C) đến tính chất của chất kết dính chịu nhiệt từ xi măng Portland. Đồng thời giải thích cơ chế tăng tính chất cơ học của mẫu thí nghiệm trong môi trường nhiệt độ cao nhờ sự hình thành các khoáng mới trong cấu trúc của mẫu chất kết dính, đồng thời định hướng các nghiên cứu tiếp theo về khả năng sử dụng chất kết dính chịu nhiệt trong chế tạo bê tông và vữa chịu nhiệt nhằm nâng cao khả năng làm việc của xi măng Portland trong môi trường nhiệt độ cao cho vật liệu và cấu kiện xây dựng công trình trong giai đoạn hiện nay.

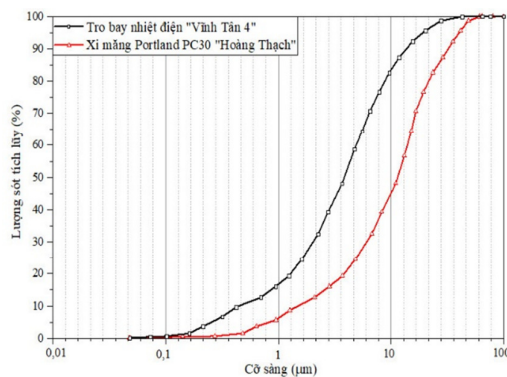
2. Vật liệu sử dụng

(2.1) - Xi măng Portland PC30 (X) Hoàng Thạch, khối lượng riêng $3,15 \text{ g/cm}^3$ và khối lượng thể tích ở trạng thái tự nhiên là 1600 kg/m^3 . Cường độ nén tiêu chuẩn ở tuổi 28 ngày là $36,8 \text{ MPa}$. Thành phần khoáng vật của xi măng Portland Hoàng Thạch được xác định theo phương pháp thí nghiệm tia Rơn-ghe (X-ray diffraction - XRD) và đã được thể hiện trên hình 1.

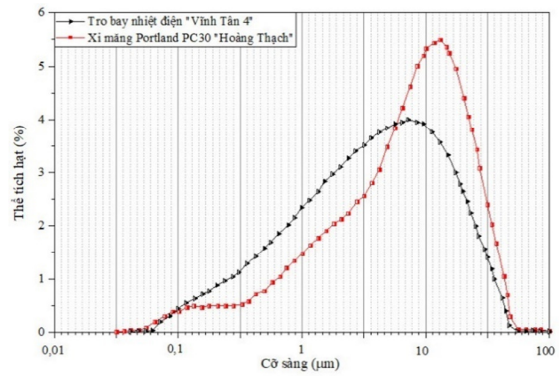


Hình 1. Biểu đồ nhiễu xạ Rơn-ghe (XDR) của xi măng Portland PC30 Hoàng Thạch

(2.2) - Tro bay (TB) nhiệt điện Vĩnh Tân 4 loại F, tổng hàm lượng $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 82,25\%$, lượng mất khi nung (MKN) = $10,05\%$. Tro bay có khối lượng thể tích 712 kg/m^3 và khối lượng riêng là 2350 kg/m^3 . Sử dụng phương pháp phân tích laze trên máy BT-9300Z, thành phần hạt của tro bay và xi măng được thể hiện trên hình 2 và hình 3.



Hình 2. Biểu đồ thành phần hạt của của tro bay và xi măng



Hình 3. Phân bố thành phần hạt của của tro bay và xi măng

(2.3) - Nước sử dụng thỏa mãn các yêu cầu của TCVN 4506-2012 được sử dụng để làm nước nhào trộn hỗn hợp chất kết dính và bảo dưỡng các mẫu thí nghiệm sau khi tạo hình.

3. Phương pháp và thiết bị nghiên cứu

3.1. Xác định thành phần hạt của xi măng, tro bay và silica fume theo phương pháp laze trên thiết bị BT-9300Z.

3.2. Lượng nước tiêu chuẩn và thời gian đông kết của hỗn hợp chất kết dính được xác định theo TCVN 6017:2015.

3.3. Cường độ nén của mẫu chất kết dính chịu nhiệt được xác định trên mẫu hình lập phương với kích thước $2 \times 2 \times 2 \text{ cm}$ theo phương pháp nhanh đáp ứng yêu cầu của TCVN 6061:2011. Thiết bị thí nghiệm là hệ thống thủy lực Controls Advantest 9 với tốc độ nén ổn định là 200 N/s .

3.4. Nhiệt độ khảo sát trong nghiên cứu gồm: Nhiệt độ trong phòng thí nghiệm là 25°C và nhiệt độ cao: 200°C , 400°C , 600°C , 800°C và 1000°C (trong thiết bị sấy XMTA từ 200°C ÷ 300°C và thiết bị nung Laboratory Muffle Furnaces là 400°C , 600°C , 800°C và 1000°C).

3.5. Sử dụng phương pháp phân tích nhiệt vi sai (TG, DTA, DTG) trên thiết bị Labsys Evo S60/58988 để xác định sự mất khối lượng của các khoáng trong đá xi măng và tro bay của các mẫu nghiên cứu ở 1000°C .

Quá trình thực hiện thí nghiệm trên thiết bị sấy, thiết bị nung, hệ thống uốn và nén liên hợp (Controls Advantest) tại phòng thí nghiệm của bộ môn Công nghệ bê tông và chất kết dính –

Trường Đại học Xây dựng Moscow - Liên Bang Nga.

4. Cấp phối của vữa xi măng nghiên cứu

Với mục đích nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng tro bay nhiệt điện đến tính chất của chất kết dính chịu nhiệt, trong nghiên cứu này tro bay nhiệt điện "Vĩnh Tân 4" được thay thế trong xi măng là 0; 10; 20; 30 và 40% hàm lượng xi măng Portland. Lượng nước tiêu chuẩn và thời gian đông kết của hỗn hợp chất kết dính được xác định theo TCVN 6017:2015. Sau khi nhào trộn, hỗn hợp chất kết dính được tạo hình viên mẫu hình lập phương với kích thước 2x2x2 cm theo phương pháp nhanh. Tổng cộng 30 viên mẫu thực nghiệm cho 5 cấp phối, mỗi cấp phối vữa có 6 viên, theo đúng yêu cầu của TCVN 6061:2011 và quá trình chế tạo và bảo dưỡng tuân theo yêu cầu TCVN 2682:2009. Các mẫu chất kết dính sau khi tạo hình được bảo dưỡng ở điều kiện tiêu chuẩn (nhiệt độ $25\pm 2^\circ\text{C}$ và độ ẩm trên

90%). Sau 28 ngày bảo dưỡng, các mẫu chất kết dính được đưa đi xác định các tính chất ở nhiệt độ thường ($25\pm 2^\circ\text{C}$). Đồng thời, các mẫu thí nghiệm được nghiên cứu trong môi trường nhiệt độ cao với các cấp nhiệt khác nhau. Các cấp nhiệt độ nghiên cứu gồm có: 200, 400, 600, 800 và 1000°C với tốc độ nâng và hạ nhiệt là $5^\circ\text{C}/\text{phút}$, hằng nhiệt trong 4 giờ. Sau khi gia nhiệt, mẫu được làm nguội đến nhiệt độ phòng thí nghiệm, sau đó xác định khối lượng thể tích và cường độ nén.

5. Kết quả thực nghiệm và thảo luận

Các kết quả thực nghiệm thu được của các mẫu chất kết dính từ hỗn hợp xi măng Portland và tro bay đã được thể hiện trong các bảng 1, 2 và trên hình 4, 5 và 6.

5.1. Các tính chất của chất kết dính chịu nhiệt ở điều kiện nhiệt độ thường (nhiệt độ 25°C)

Bảng 1. Tính chất của chất kết dính chịu nhiệt ở điều kiện nhiệt độ thường

Ký hiệu	$\frac{TB}{X}$	Tính chất của hỗn hợp chất kết dính			Tính chất của chất kết dính	
		Lượng nước tiêu chuẩn (%)	Thời gian đông kết (phút)		Cường độ nén ở tuổi 28 ngày (MPa)	Khối lượng thể tích (kg/m^3)
			Bắt đầu	Kết thúc		
Mẫu 1	0	26,8	125	200	36,8	2020
Mẫu 2	0,1	27,1	138	210	35,4	1965
Mẫu 3	0,2	27,5	145	220	34,1	1940
Mẫu 4	0,3	28,2	165	230	30,5	1860
Mẫu 5	0,4	29,5	180	245	27,9	1835

Từ kết quả thí nghiệm thể hiện trong bảng 1 cho thấy, khi tăng hàm lượng tro bay thì lượng nước tiêu chuẩn, thời gian bắt đầu và kết thúc đông kết của hỗn hợp chất kết dính đều tăng dần. Kết quả này có thể được giải thích là do tro bay nằm ở dạng bột mịn, mịn hơn cả xi măng (xem trên biểu đồ của hình 1) làm tăng tỷ diện tích bề mặt, nên lượng cần nước của hỗn hợp chất kết dính tăng theo và kéo dài thời gian đông kết của hỗn hợp này. Mặt khác, do lượng tro bay đưa vào trong hỗn hợp đã làm giảm lượng hồ xi măng, dẫn tới số lượng tinh thể của các sản phẩm thủy hóa ở dạng Hidro Silicat Canxi ($\text{xCaO.ySiO}_2.\text{zH}_2\text{O}$ - C.S.H) ít đi, làm cho sự phát triển của mạng lưới mầm tinh thể của hỗn hợp chất kết dính diễn ra chậm hơn [5, 9].

Hơn nữa, từ kết quả thí nghiệm trên bảng 1 cũng có thấy rõ, khi tăng hàm lượng tro bay thì cường độ nén của mẫu chất dính có xu hướng giảm dần ở điều kiện nhiệt độ thường. Trong điều kiện này, vai trò của tro bay chủ yếu là phụ gia khoáng trợ, chỉ có tác dụng điền đầy, mức độ hoạt tính puzzolanic không đáng kể. Khi thay thế càng nhiều tro bay thì đồng thời hàm lượng xi măng trong hỗn hợp chất kết dính giảm, đó là nguyên nhân dẫn tới cường độ nén ở tuổi 28 ngày tại 25°C suy giảm của các mẫu chất kết dính [17, 18].

5.2. Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay nhiệt điện đến cường độ nén và khối lượng thể tích của chất kết dính ở các cấp nhiệt độ khác nhau

Ảnh hưởng của môi trường nhiệt độ cao trong

nghiên cứu này gồm 4 cấp nhiệt lần lượt là 200, 400, 600, 800 và 1.000°C, tốc độ nâng và hạ nhiệt là 5°C trong mỗi phút, hằng nhiệt 4 giờ

trong thiết bị nung Laboratory Muffle Furnaces đến nhiệt độ 1000°C. Kết quả đo trực tiếp từ thực nghiệm đã được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Tính chất của chất kết dính chịu nhiệt ở các cấp nhiệt độ khác nhau

Ký hiệu	$\frac{TB}{X}$	Cường độ nén ở tuổi 28 ngày (MPa)						Khối lượng thể tích (kg/m ³)					
		R_n^{25}	R_n^{200}	R_n^{400}	R_n^{600}	R_n^{800}	R_n^{1000}	γ_0^{25}	γ_0^{200}	γ_0^{400}	γ_0^{600}	γ_0^{800}	γ_0^{1000}
Mẫu 1	0	36,8	50,6	50,1	31,8	14,5	6,0	2020	1770	1631	1575	1549	1500
Mẫu 2	0,1	35,4	51,9	52,7	37,7	21,3	8,5	1965	1572	1520	1500	1445	1412
Mẫu 3	0,2	34,1	48,3	51,3	36,0	23,4	11,4	1940	1530	1462	1450	1407	1389
Mẫu 4	0,3	30,5	44,6	47,0	33,4	24,1	13,9	1860	1481	1394	1386	1358	1325
Mẫu 5	0,4	27,9	41,7	44,0	29,5	23,9	13,2	1835	1425	1307	1298	1286	1250

5.2.1. Với khối lượng thể tích của mẫu thí nghiệm

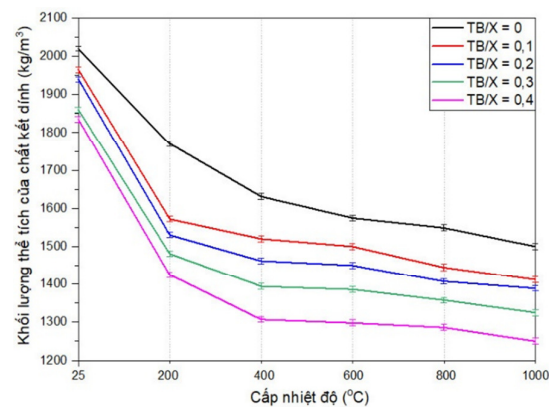
Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay và môi trường nhiệt độ cao đến khối lượng thể tích của mẫu chất kết dính được thể hiện trong bảng 2 và hình 4. Từ kết quả thu được có thể nhận thấy, ở cùng một cấp nhiệt độ thì giá trị khối lượng thể tích của mẫu chất kết dính giảm dần khi tăng hàm lượng tro bay từ 0% đến 40% vì giá trị khối lượng thể tích của tro bay nhỏ hơn của xi măng. Trường nhiệt độ càng tăng thì giá trị khối lượng thể tích của mẫu chất kết dính cũng theo xu hướng giảm dần, có thể giải thích điều này như sau:

- Khi tăng nhiệt độ từ 25°C đến 200°C, trong vi cấu trúc của mẫu chất kết dính chịu nhiệt có sự thoát nước từ các mao quản và các lỗ rỗng, khối lượng thể tích của mẫu chất kết dính chịu nhiệt giảm mạnh.

- Tiếp tục tăng nhiệt độ từ 200°C đến 400°C, lượng nước hấp phụ trong mẫu thí nghiệm tách ra, đồng thời có sự mất khối lượng khi nung do lượng nước hóa học trong vi cấu trúc bắt đầu bay hơi và quá trình Cacbonat hóa xảy ra mạnh mẽ. Kết quả là làm khối lượng thể tích của mẫu thí nghiệm trong điều kiện nhiệt độ này giảm mạnh từ 3-8%, các đường đồ thị trên hình 4 có độ dốc lớn.

Khi tăng nhiệt độ trong các cấp nhiệt 400°C-600°C, 600°C-800°C và 800°C-1000°C trong vi cấu trúc của mẫu chất kết dính đã không có hiện tượng mất nước lý học, sự giảm khối lượng ở đây chỉ do sự tách nước hóa học trong các

khoảng C.S.H – sản phẩm thủy hóa của xi măng Portland với nước. Vì vậy, sự suy giảm khối lượng thể tích giảm dần, chỉ dao động từ 1-3% trong mỗi cấp nhiệt độ [8, 17].

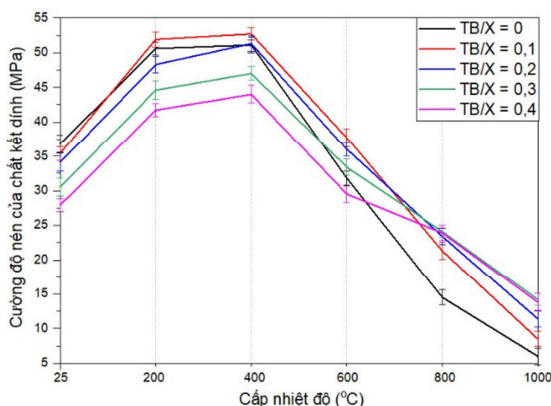


Hình 4. Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay và các cấp nhiệt độ nung khác nhau đến khối lượng thể tích của mẫu thí nghiệm

5.2.2. Với cường độ nén

Khi nung nóng đến nhiệt độ từ 200°C đến 400°C thì cường độ chịu nén của đá chất kết dính tăng dần. Nguyên nhân là do xảy ra sự mất nước tự do, mật nước vật lý trong cấu trúc, làm cho mẫu chất kết dính co lại đã làm tăng độ chặt. Đồng thời nước tự do tách ra trong môi trường nhiệt độ cao có tác dụng thúc đẩy quá trình thủy hóa lần hai của phần xi măng chưa được thủy hóa với nước ở điều kiện thường, kết quả là trong khoảng nhiệt độ này các sản phẩm do sự thủy hóa lần hai đã làm tăng cường độ nén của mẫu chất kết dính (xem trên hình 5). Quá trình này được gọi là quá trình "tự chưng

hấp" của chất kết dính trong môi trường nhiệt độ cao.



Hình 5. Giá trị cường độ nén của chất kết dính chịu nhiệt tại các cấp nhiệt độ khác nhau

Bên cạnh đó trong cấp nhiệt độ từ 200°C đến 400°C có sự tương tác giữa SiO_2 hoạt tính trong tro bay với CaO tự do và các khoáng thủy hóa Hidro Silicat canxi của xi măng để tạo ra các khoáng mới cải thiện cấu trúc của mẫu thí nghiệm. Nhiều nghiên cứu [19, 20, 21] đã cho thấy ở môi trường nhiệt độ cao và có hơi nước tách ra, trong vi cấu trúc của mẫu chất kết dính (xi măng và phụ gia khoáng như: tro bay, tro trấu, silica fume) đã xảy ra phản ứng thủy hóa giữa các khoáng thủy hóa của xi măng với SiO_2 hoạt tính để tạo thành hai khoáng mới là Tobermorite - $\text{Ca}_5\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ và Xonotlite - $\text{Ca}_6\text{Si}_6\text{O}_{17}(\text{OH})_2$. Các khoáng này có dạng tinh thể, ổn định và có cấu trúc lỗ rỗng nhỏ, đã làm tăng cường độ nén của chất kết dính trong khoảng nhiệt độ 200°C - 400°C.

Ở trên 400°C, mẫu thí nghiệm không có tro bay có cường độ suy giảm mạnh nhất, chỉ còn lại 86% cường độ ở nhiệt độ 25°C, trong khi đó cường độ nén của các mẫu thí nghiệm khác có tác dụng của thành phần tro bay tại 600°C vẫn tiếp tục tăng nhẹ so với cường độ ở 25°C.

Sau đó, khi nhiệt độ tăng từ 600°C đến 1.000°C, cường độ của các mẫu thực nghiệm giảm mạnh nhất. Nguyên nhân của hiện tượng này là sự mất nước hóa học trong các sản phẩm thủy hóa Hidro Silicat Canxi đã làm cho các tinh thể rỗng xốp. Tại 1000°C, các mẫu thí nghiệm có 0%, 10%, 20%, 30% và 40% tro bay cho cường độ nén của chất kết dính đạt 16%, 24%, 33%, 46% và 49% so với cường độ ở

nhiệt độ 25°C. Từ đó đã cho thấy vai trò của tro bay trong thành phần chất kết dính chịu nhiệt, khi hàm lượng tro bay tăng thì đã giảm sự suy giảm cường độ nén của mẫu chất kết dính thí nghiệm. Lúc này, hàm lượng tro bay càng lớn thì thành phần khó chảy từ oxit Al_2O_3 đóng vai trò là các khung cốt liệu dẫn tới có cường độ cao hơn.

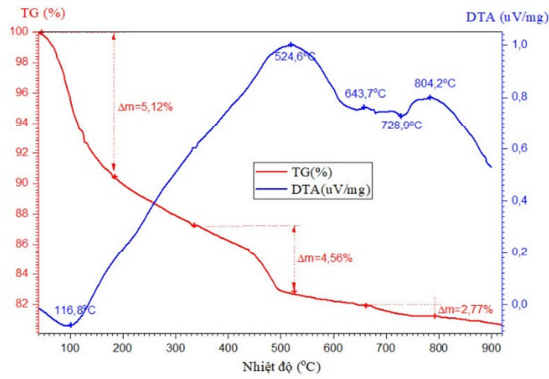
5.3. Phân tích nhiệt vi sai của mẫu thí nghiệm

Để biện giải cho việc tăng cường độ nén ở tuổi 28 ngày của mẫu chất kết dính chịu nhiệt tại cấp nhiệt độ 400°C, trong nghiên cứu này đã tiến hành phân tích nhiệt vi sai để đánh giá vi cấu trúc của mẫu đối chứng và mẫu thí nghiệm có chứa 10%. Kết quả phân tích nhiệt vi sai TG và DTA của mẫu thí nghiệm đã thu được kết quả như trong hình 6. Từ biểu đồ phân tích nhiệt vi sai chỉ rõ các pic nhiệt (trên đường cong DTA) và sự suy giảm khối lượng (trên đường cong TG) của mẫu thí nghiệm như sau:

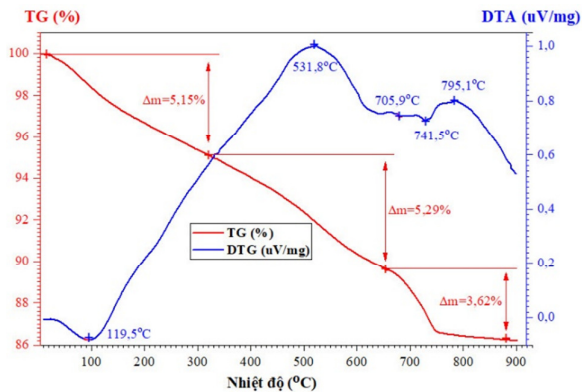
- Trong khoảng nhiệt độ 20°C ÷ 120°C có hiệu ứng nhiệt và bắt đầu mất nước lý học, khối lượng mẫu giảm nhanh. Đó là nguyên nhân làm cho khối lượng thể tích của mẫu giảm dần. Tuy nhiên sự mất khối lượng của mẫu chất kết dính có chứa 10% tro bay cao hơn mẫu đối chứng.

- Trong khoảng nhiệt độ từ 120°C đến 530°C đã có hiệu ứng thu nhiệt, thể hiện trên đường DTA. Trong giai đoạn này vẫn có hiện tượng mất nước lý học và bắt đầu có sự mất nước hóa học của các khoáng Hidro silicat canxi, sản phẩm của xi măng thủy hóa. Khối lượng mẫu có 10% tro bay giảm một lượng $\Delta m_1 = 5,15\%$; trong khi đó mẫu đối chứng cũng giảm một lượng $\Delta m_2 = 5,12\%$ (trên biểu đồ TG). Trong khoảng nhiệt độ này đã tạo thành hai khoáng mới là Tobermorite và Xonotlite trong vi cấu trúc của chất kết dính.

- Trong khoảng nhiệt độ 530°C ÷ 745°C, khối lượng của mẫu có 10% tro bay tiếp tục giảm mạnh nhất với $\Delta m_1 = 5,29\%$; trong khi đó mẫu đối chứng đã giảm một lượng nhỏ hơn $\Delta m_2 = 4,56\%$ (trên biểu đồ TG). Các mẫu thí nghiệm lúc này có màu xám nhạt.



Hình 6. Phân tích nhiệt vi sai của mẫu đối chứng không có tro bay



Hình 7. Phân tích nhiệt vi sai của mẫu nghiên cứu có chứa 10% tro bay theo khối lượng

- Trong khoảng nhiệt độ $745^{\circ}\text{C} \div 805^{\circ}\text{C}$ và đạt đến trên 900°C trong mẫu có hiệu ứng thu nhiệt do có sự phân hủy của gốc Cacbonat trong các khoáng CaCO_3 và MgCO_3 . Khi đó giá trị mất khối lượng của mẫu có 10% tro bay giảm dần đạt đến $\Delta m_1 = 3,62\%$; nhưng mẫu đối chứng chỉ giảm một lượng $\Delta m_2 = 2,77\%$. Do quá trình nhiệt phân và quá trình mất nước hóa học nên cấu trúc của chất kết dính từ hỗn hợp xi măng Portland và tro bay rỗng xốp hơn, đồng thời mẫu đã chuyển từ màu xám nhạt sang hồng nhạt.

Nguyên nhân dẫn đến sự suy giảm khối lượng của các mẫu thí nghiệm được giải thích là do ở các mẫu có phụ gia quá trình hydrat hóa các khoáng gốc diễn ra nhanh hơn, đặc biệt là mẫu có chứa 10% tro bay, đã tạo ra nhiều hơn các khoáng ngậm nước như: CSH và CSH thứ sinh, Ettringite, hydrocanxi monosunfo aluminat, Portlandite... nên sự giảm khối lượng tại các pic nhiệt khi nung là lớn hơn so với mẫu đối chứng [21, 22].

6. Kết luận

Dựa trên kết quả 30 mẫu thí nghiệm của 5 cấp phối chất kết dính chịu nhiệt có thể rút ra các kết luận sau:

(1) Sử dụng nguyên liệu sẵn có ở Việt Nam gồm: xi măng Portland PC30 và phế thải tro bay nhiệt điện có thể chế tạo được chất kết dính chịu nhiệt làm việc được ở điều kiện nhiệt độ từ 200°C đến 1000°C với cường độ nén ở tuổi 28 ngày tương ứng giảm từ 14 MPa xuống 6 MPa.

(2) Ở cùng một cấp nhiệt, khi hàm lượng tro bay tăng lên thì khối lượng thể tích và cường độ chịu nén của mẫu chất kết dính giảm. Khi nhiệt độ càng cao thì khối lượng thể tích và cường độ nén của các mẫu thí nghiệm có sự suy giảm. Đến 400°C , mức độ giảm khối lượng thể tích chậm dần, trong khi đó cường độ nén của đá chất kết dính lại tăng với các mức khác nhau, phụ thuộc vào hàm lượng tro bay. Trên 400°C thì khối lượng thể tích và cường độ chịu nén giảm mạnh. Từ 600°C đến 1000°C là khoảng nhiệt độ thể hiện rõ ảnh hưởng của hàm lượng phụ gia tro bay đưa vào chất kết dính. Đến 1000°C , mẫu không có tro bay gần như bị phá hủy hoàn toàn, cường độ còn lại chỉ khoảng 6 MPa, trong khi đó các mẫu đá chất kết dính với hàm lượng tro bay thích hợp, đã tạo ra khoáng mới và đồng thời bổ sung thành phần khó chảy Al_2O_3 , có khả năng bền nhiệt, cấu trúc tinh thể đặc chắc và có cường độ cao, khiến tốc độ suy giảm cường độ của đá chất kết dính ở giai đoạn này có xu hướng giảm dần.

(3) Từ kết quả phân tích nhiệt vi sai đã cho thấy: ở mẫu chất kết dính chứa 10% tro bay có sự mất khối lượng do nhiệt lớn hơn so với mẫu đối chứng không có tro bay. Nguyên nhân này được giải thích là do ở các mẫu có phụ gia khoáng, quá trình hydrat hóa các khoáng gốc diễn ra nhanh hơn, đã tạo ra nhiều hơn các khoáng Silicat Canxi ngậm nước như: CSH và CSH thứ sinh, Ettringite, hydrocanxi monosunfo aluminat, Portlandite... nên sự giảm khối lượng tại các pic nhiệt khi nung là lớn hơn.

Trong giai đoạn hiện nay, Việt Nam đã và đang định hướng theo nền kinh tế tuần hoàn, tiết kiệm nguồn tài nguyên, giảm trách nhiệm pháp lý về bảo vệ môi trường và quản lý chất thải rắn. Bên cạnh đó, việc tái sử dụng các loại

chất thải công nghiệp nói chung và tro bay nhiệt điện nói riêng trong sản xuất vật liệu xây dựng cơ bản là phù hợp với xu hướng phát triển chung của thế giới, đó là sản xuất và sử dụng các loại vật liệu xanh và thân thiện môi trường với chi phí hợp lý. Việc sử dụng nguồn phế thải rắn công nghiệp để chế tạo chất kết dính chịu nhiệt để xây dựng các công trình chịu nhiệt độ cao mang lại hiệu quả kinh tế, kỹ thuật và thực tiễn to lớn, đồng thời góp phần giải quyết vấn đề môi trường, tiết kiệm nguyên vật liệu tự nhiên và giảm giá thành sản phẩm.

Kiến nghị: Trong nghiên cứu mới chỉ ở mức độ sử dụng một loại phụ gia khoáng là tro bay nhiệt điện, nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng tro bay đến các tính chất cường độ chịu nén và khối lượng thể tích của đá chất kết dính. Hướng nghiên cứu tiếp sẽ kết hợp các loại phụ gia khoáng khác nhau nhằm phát huy hiệu quả của mỗi loại ở các cấp nhiệt độ, đồng thời nghiên cứu ảnh hưởng đến nhiều tính chất khác nhau của đá chất kết dính chịu nhiệt, nhằm mục tiêu là chế tạo bê tông chịu nhiệt sử dụng cho các kết cấu làm việc ở điều kiện nhiệt độ cao đến 1.000°C hoặc cao hơn, đáp ứng nhu cầu về vật liệu chịu nhiệt.

REFERENCES

- [1] Bộ Xây dựng, Phê duyệt Chiến lược phát triển vật liệu xây dựng Việt Nam thời kỳ 2021-2030, định hướng đến năm 2050. Quyết định số 1266/QĐ-TTg ngày 18/08/2020.
- [2] Y. N. Chan, X. Luo, W. Sun, Compressive strength and pore structure of high-performance concrete after exposure to high temperature up to 800°C, *Cement and Concrete Research*, 2000, 30, 247-251.
- [3] Đỗ Thị Phụng, Lê Văn Trí, Vũ Minh Đức, Tối ưu hóa thành phần hạt tro xỉ nhiệt điện sử dụng làm cốt liệu cho bê tông chịu nhiệt, *Tạp Chí Khoa Học Công Nghệ Xây Dựng- ĐHXD*, 2019, 13(5V), 124-132.
- [4] Nguyễn Văn Đồng, Nguyễn Nhân Hòa, Nguyễn Ngọc Lâm, Bùi Thị Hoa, Vũ Minh Đức, Nghiên cứu chế tạo bê tông chịu nhiệt sử dụng xỉ măng poóc lăng hỗn hợp, *Tạp Chí Khoa Học Công Nghệ Xây Dựng - ĐHXD*, 2018, 4(2).
- [5] Vũ Minh Đức, Nghiên cứu vữa chịu nhiệt (chống cháy) sử dụng cho các công trình xây dựng, *Tạp Chí Khoa Học Công Nghệ Xây Dựng - ĐHXD*, 2018, 2(1).
- [6] I. Pundene, V. Antonovich, R. Stonis, Effect of composite deflocculant on the properties of medium-cement heat-resistant concrete, *Refract Ind Ceram*, 2009, 50, 441–444.
- [7] R. Boris, V. Antonovich, R. Stonis et al, Effect of Holding Temperature on Properties of Different Types of Heat-Resistant Concrete, *Refract Ind Ceram*, 2014, 54, 397–400
- [8] Tăng Văn Lâm, Nguyễn Tài Năng Lượng, Cơ sở khoa học của việc sử dụng phụ gia khoáng nghiền mịn để chế tạo bê tông và vữa chịu nhiệt, *Tạp chí phòng cháy và chữa cháy*, 2018, 108, 36-37.
- [9] Vũ Minh Đức. Công nghệ bê tông chịu nhiệt. Bài giảng dành cho học viên Cao học ngành Vật liệu Xây dựng, Trường đại học Xây dựng, Hà Nội, 2010).
- [10] I. Netinger, I. Kesegic, I. Guljas, The effect of high temperatures on the mechanical properties of concrete made with different types of aggregates, *Fire Safe*, 2011, 46, 425–430.
- [11] D. Tomasz, J. Wioletta, T. Mariusz, K. Artur, G. Jerzy, Š. Ritoldas, Effects of High Temperature on the Properties of High Performance Concrete, *Procedia Engineering*, 2017, 172, 256-263.
- [12] Tang Van Lam, Ngo Xuan Hung, B.I. Bulgakov, O.V. Aleksandrova, O.A. Larsen, A.Y. Orekhova, A.A. Tyurina, Use of ash and slag waste as additional cementing material, *Scientific-theoretical journal "Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov"*, 2018, 8, 10-18. DOI: 10.12737 / article_5b6d58455b5832.12667511. (In Russian)

- [13] Lê Văn Quang, Nguyễn Chí Dũng, Xu hướng ứng dụng tro, xỉ nhiệt điện trong sản xuất vật liệu xây dựng, Báo cáo phân tích xu hướng công nghệ. TP.Hồ Chí Minh, 2019, 63 Tr.
- [14] Lê Văn Quang, Mai Ngọc Tâm, Phạm Đức Nhuận, Nguyễn Ngọc Nam, Phạm Tuấn Anh và nnk, Nghiên cứu, sử dụng tro bay nhiệt điện chế tạo vật liệu và giải pháp thi công lớp phủ chống phát tán ô nhiễm và cứng hóa cho các bãi chứa chất thải rắn công nghiệp, TP. Hồ Chí Minh, 2019, 52 Tr.
- [15] Gengying Li, Properties of high-volume fly ash concrete incorporating nano-SiO₂, Cement and Concrete Research, 2004, 34, 6, 1043-1049.
- [16] Rafat Siddique, Performance characteristics of high-volume Class F fly ash concrete, Cement and Concrete Research, 2004, 34, 3, 487-493.
- [17] Lam Tang Van, Dien Vu Kim, Tho Vu Dinh, Bulgakov Boris Igorevich, Bazhenova Sophia Ildarovna, Luong Nguyen Tai Nang, Effects of high temperature on high performance fine-grained concrete properties, Advances in Intelligent Systems and Computing, 2019, 982(01), 660–672.
- [18] O. Dügenci, T. Haktanir, F. Altun, Experimental research for the effect of high temperature on the mechanical properties of steel fibre-reinforced concrete, Constr. Build. Mater. 2015, 75, 82–88.
- [19] Q. Ma, R. Guo, Z. Zhao, Z. Lin, K. He, Mechanical properties of concrete at high temperature: A review, Constr. Build. Mater, 2015, 93, 371–383.
- [20] N. H. Parameshwar, C. Y. Subhash, Effect of different curing regimes and durations on early strength development of reactive powder concrete, Construction and Building Materials, 2017, 154, 72-87.
- [21] C. Tam, V. W. Tam, Microstructural behaviour of reactive powder concrete under different heating regimes, Mag. Concr. Res, 2012, 64, 259-267.
- [22] M. Abdelaty, Compressive strength prediction of Portland cement concrete with age using a new model, HBRC journal, 2014, 10(2), 145-55

Liên hệ: **Tăng Văn Lâm**

Đại học Mỏ - Địa Chất

Số 18 Phố Viên - Phường Đức Thắng - Q. Bắc Từ Liêm - Hà Nội

E-mail: lamvantang@gmail.com