

Ảnh hưởng của nhiệt độ đến khả năng chịu nén và uốn của vữa có diatomite

Võ Hoàng Phương Duy¹, Ngô Viết Thạch¹, Nguyễn Thanh Hưng^{1*}

¹ Khoa Xây dựng, Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

TỪ KHOÁ

Vữa chịu nhiệt
Diatomite
Tro bay
Bông ceramic
Cường độ nén
Cường độ uốn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả thực nghiệm về khả năng chịu nén và uốn của vữa chịu nhiệt độ cao được chế tạo từ hỗn hợp 25% xi măng, 35% tro bay, 38% diatomite và 2% bông ceramic. Mẫu thử có kích thước 40x40x160 mm được dưỡng hộ 28 ngày, sau đó nung ở các mức nhiệt độ 200°C, 400°C, 600°C, 800°C và 1000°C trước khi xác định cường độ uốn (Rb) và cường độ nén (Rc). Kết quả cho thấy vật liệu vẫn duy trì được khả năng chịu lực trong khoảng nhiệt độ khá rộng. Cường độ uốn và cường độ nén đạt giá trị cao nhất ở 800°C. Ngược lại, ở 1000°C, các mẫu xuất hiện vết nứt và co ngót sau khi làm nguội về nhiệt độ phòng, không còn đảm bảo kích thước theo tiêu chuẩn để thí nghiệm. Kết quả nghiên cứu cho thấy vữa có diatomite duy trì được cường độ cơ học sau gia nhiệt trong khoảng 200°C-800°C, trong đó giá trị cường độ uốn và nén cao nhất đạt được ở mức nhiệt độ 800°C.

KEYWORDS

High-temperature mortar
Diatomite
Fly ash
Ceramic fiber
Compressive strength
Flexural strength

ABSTRACT

This paper presents an experimental investigation on the compressive and flexural strength of high-temperature mortar prepared from a mixture of 25% Portland cement, 35% fly ash, 38% diatomite and 2% ceramic fiber. Prism specimens with dimensions of 40 x 40 x 160 mm were cured for 28 days and then heated at 200°C, 400°C, 600°C, 800°C and 1000°C before testing. The flexural strength (Rb) and compressive strength (Rc) were determined after cooling to room temperature. The results show that the mortar can maintain its mechanical resistance over a wide temperature range. The highest values of both flexural and compressive strength were obtained after exposure to 800°C. In contrast, after heating at 1000°C, the specimens showed visible cracking and shrinkage and no longer satisfied the dimensional requirements for mechanical testing. These results indicate that the investigated diatomite mortar can retain its residual mechanical strength after exposure to temperatures from 200°C to 800°C, with the highest flexural and compressive strengths obtained at 800°C.

1. Giới thiệu

Vữa chịu nhiệt là nhóm vật liệu quan trọng trong các công trình và thiết bị làm việc trong môi trường nhiệt độ cao như lò nung, lò luyện kim, buồng đốt, ống khói, lớp bảo ôn và các cấu kiện công nghiệp có yêu cầu ổn định nhiệt. Trong điều kiện sử dụng thực tế, vật liệu gốc xi măng thường phải chịu tác động đồng thời của nhiệt độ cao, quá trình mất nước và biến dạng do giãn nở không đồng đều giữa các pha vật liệu. Khi nhiệt độ tăng, nước tự do và nước liên kết trong hồ xi măng dần bị tách ra, làm tăng độ rỗng và phát triển vi nứt trong cấu trúc vật liệu [1, 2]. Hệ quả là các tính chất cơ học, đặc biệt là cường độ nén và cường độ uốn, có thể suy giảm đáng kể sau khi vật liệu chịu ở nhiệt độ cao.

Tuy nhiên, ứng xử cơ học của vật liệu xi măng sau gia nhiệt không suy giảm tuyến tính theo nhiệt độ. Một số nghiên cứu cho thấy ở vùng nhiệt độ trung gian, vật liệu có thể xuất hiện sự phục hồi hoặc gia tăng cường độ [3-5]. Đối với vật liệu chứa tro bay, các nghiên cứu trước đây chỉ ra rằng tro bay có thể góp phần cải thiện độ đặc chắc của nền chất kết dính, đồng thời nâng cao khả năng ổn định nhiệt của

bê tông, vữa hoặc geopolimer [3-6]. Trong các hệ geopolimer hoặc chất kết dính, tro bay đóng vai trò nguồn SiO₂ và Al₂O₃ quan trọng, có khả năng chịu nhiệt tốt hơn so với một số hệ xi măng Portland thông thường [4, 5]. Điều này cho thấy việc sử dụng tro bay trong vữa chịu nhiệt là một hướng tiếp cận có cơ sở khoa học và có tiềm năng ứng dụng trong thực tế.

Bên cạnh tro bay, diatomite cũng là một vật liệu nhận được nhiều quan tâm trong lĩnh vực vật liệu xây dựng. Diatomite có nguồn gốc tự nhiên, cấu trúc xốp, khối lượng riêng thấp, nhờ đó có tiềm năng cải thiện khả năng cách nhiệt, giảm khối lượng thể tích [7-10]. Đối với nguồn diatomite Phú Yên, các nghiên cứu trước cho thấy vật liệu này có cấu trúc xốp, chủ yếu ở trạng thái vô định hình và có khả năng biến đổi pha khi gia nhiệt, đặc biệt khi nhiệt độ nung tăng [11]. Ngoài ra, nghiên cứu trên diatomite An Xuân, Tuy An cũng cho thấy chế độ nung ảnh hưởng rõ đến hình thái và cấu trúc diatomite [12]. Do đó, khi sử dụng diatomite trong vữa chịu nhiệt, cần xem xét đồng thời vai trò tạo cấu trúc nhẹ, xốp và sự thay đổi vi cấu trúc của diatomite dưới tác động của nhiệt. Các nghiên cứu về việc sử dụng diatomite trong xi măng và vữa cho thấy vật liệu này có thể ảnh

*Liên hệ tác giả: nthung@hcmute.edu.vn

Nhận ngày 04/05/2026, sửa xong ngày 19/05/2026, chấp nhận đăng ngày 20/05/2026

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.04.2026.1364>

hường đáng kể đến cường độ, độ hút nước, độ bền môi trường và khả năng cách nhiệt của vữa [7-9]. Tuy nhiên, hiệu quả của diatomite phụ thuộc vào hàm lượng sử dụng, trạng thái vật liệu ban đầu, mức độ nung và sự tương tác với các thành phần khác trong hệ chất kết dính. Khi dùng với hàm lượng cao, cấu trúc xốp của diatomite có thể làm tăng lượng nước và làm giảm độ đặc chắc nếu cấp phối không được tối ưu. Vì vậy, việc kết hợp diatomite với tro bay và xi măng Portland cần được khảo sát thực nghiệm để đánh giá khả năng chịu nhiệt, cường độ cơ học và độ ổn định về thể tích.

Ngoài thành phần chất kết dính, việc bổ sung sợi phân tán là một giải pháp thường được sử dụng nhằm hạn chế nứt và cải thiện ứng xử sau gia nhiệt. Các loại sợi polymer như PP hoặc PVA có thể giúp giảm nứt ở nhiệt độ thấp và trung bình, nhưng hiệu quả bị giới hạn do hiện tượng nóng chảy hoặc phân hủy khi nhiệt độ tăng cao [13, 14]. Ngược lại, các loại sợi vô cơ chịu nhiệt, đặc biệt là bông ceramic, có khả năng duy trì ổn định ở nhiệt độ cao hơn, nhờ đó được kỳ vọng giúp hạn chế sự phát triển vết nứt, giảm co ngót nhiệt và cải thiện tính toàn vẹn của mẫu vữa sau quá trình nung. Sự kết hợp giữa xi măng, tro bay, diatomite và bông ceramic có thể tạo ra một hệ vữa nhẹ, chịu nhiệt, có khả năng duy trì cường độ cơ học trong khoảng nhiệt độ rộng.

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về vữa chứa diatomite, bê tông hoặc geopolimer chứa tro bay, cũng như vật liệu xi măng gia cường sợi chịu tác động nhiệt độ cao, các công bố về vữa kết hợp đồng thời xi măng Portland, tro bay, diatomite và bông ceramic còn hạn chế. Đặc biệt, chưa có nhiều nghiên cứu tập trung đánh giá đồng thời cường độ uốn và cường độ nén của vật liệu này sau khi tiếp xúc với các mức nhiệt lên đến 1000 °C. Bởi trong thực tế, khả năng chịu nén phản ánh khả năng chịu tải của vật liệu, trong khi khả năng chịu uốn có độ nhạy hơn với sự phát triển vi nứt và độ ổn định cấu trúc của vật liệu sau khi gia nhiệt.

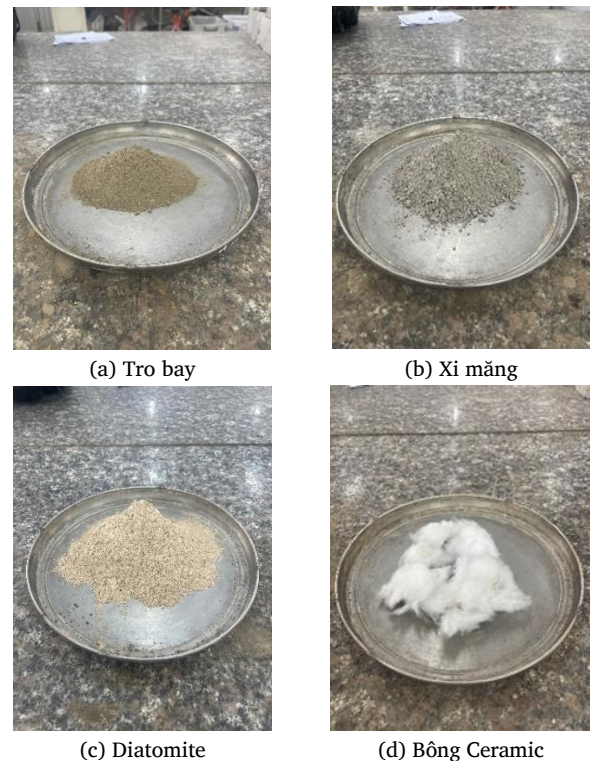
Do vậy, nghiên cứu này nhằm khảo sát sự ảnh hưởng của nhiệt độ đến cường độ nén và cường độ uốn của vữa có diatomite, được chế tạo từ hỗn hợp gồm 25 % xi măng Portland, 35 % tro bay, 38 % diatomite và 2 % bông ceramic. Các mẫu vữa có kích thước 40x40x160 mm được dưỡng hộ 28 ngày, sau đó gia nhiệt ở các mức 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C và 1000 °C trước khi xác định cường độ uốn và cường độ nén. Mục tiêu của nghiên cứu là làm rõ xu hướng biến đổi cơ học của vữa theo nhiệt độ, xác định khoảng nhiệt độ mà vật liệu còn duy trì được khả năng chịu lực, đồng thời đánh giá hiện tượng nứt và co ngót ở vùng nhiệt độ cao. Kết quả nghiên cứu góp phần bổ sung dữ liệu thực nghiệm cho hướng phát triển vữa chịu nhiệt có sử dụng phế thải công nghiệp và sợi vô cơ chịu nhiệt trong điều kiện Việt Nam.

2. Chương trình thí nghiệm

2.1. Vật liệu

Xi măng PCB 40 được sử dụng trong nghiên cứu này, xi măng đóng vai trò chất kết dính, tạo liên kết cho hỗn hợp vữa ở điều kiện

thường, hàm lượng xi măng ở mức 25 %. Tro bay loại F được lấy từ nhà máy nhiệt điện, được sử dụng với tỷ lệ 35 %. Diatomite sử dụng là loại đá diatomite tự nhiên có nguồn gốc từ Phú Yên, Việt Nam có khối lượng thể tích xốp đạt 0,424 g/cm³. Diatomite được sử dụng với hàm lượng 38 % nhằm tận dụng cấu trúc xốp để cách nhiệt và chịu được nhiệt độ cao. Bông ceramic, thành phần chủ yếu là Al₂O₃, SiO₂, chịu được nhiệt độ làm việc đến trên 1000 °C. Bông ceramic được sử dụng với hàm lượng 2 % theo khối lượng tổng hỗn hợp khô. Hàm lượng này được tính trên tổng khối lượng các vật liệu rắn khô gồm xi măng Portland, tro bay, diatomite và bông ceramic đóng vai trò cốt sợi phân tán, giúp hạn chế sự phát triển của vết nứt do chênh lệch giãn nở nhiệt giữa trong quá trình gia nhiệt và làm nguội, từ đó duy trì tính toàn vẹn cấu trúc của mẫu vữa. Trong hình 1 thể hiện mẫu tro bay (a), xi măng (b), diatomite (c), bông ceramic (d) được sử dụng trong nghiên cứu này.



Hình 1. Các nguyên liệu thí nghiệm.

Hỗn hợp vữa chịu nhiệt độ cao có thành phần Diatomite được thiết kế theo tỷ lệ khối lượng như trong bảng 1.

Bảng 1. Tỷ lệ thành phần cấp phối vữa.

Xi măng Portland	Tro bay	Diatomite	Bông ceramic	W/D
25 %	35 %	38 %	2 %	0,6

Trong bảng 1, hàm lượng xi măng Portland, tro bay, diatomite và bông ceramic được tính theo phần trăm khối lượng tổng hỗn hợp khô.

W/D là tỷ lệ khối lượng nước trên tổng khối lượng vật liệu rắn khô.

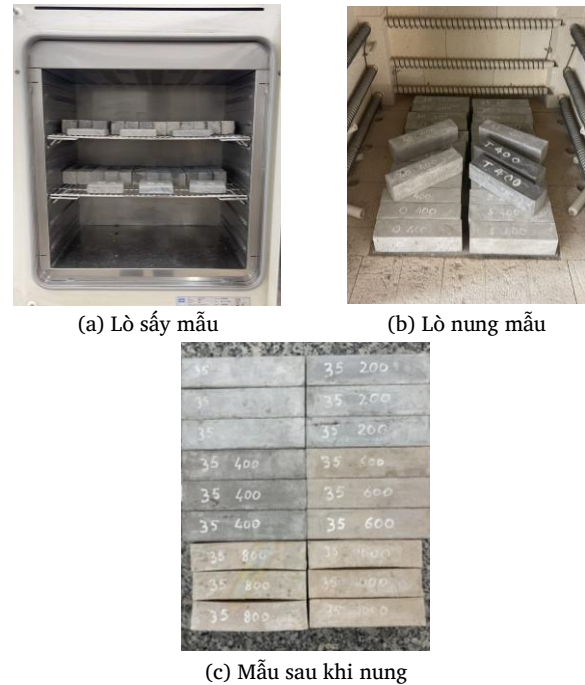
2.2. Mẫu thí nghiệm

Mẫu vữa được chuẩn bị theo tiêu chuẩn TCVN 3121-2:2022 [15]. Mẫu thử được đúc bằng khuôn có kích thước 40x40x160 mm (Hình 2), trong quá trình chế tạo, các mẫu được kiểm soát để bảo đảm độ đồng đều về mật độ và hạn chế khuyết tật bề mặt. Sau khi tạo hình, mẫu được dưỡng hộ trong điều kiện tiêu chuẩn trong 28 ngày.



Hình 2. Tạo mẫu vữa kích thước 40x40x160 mm.

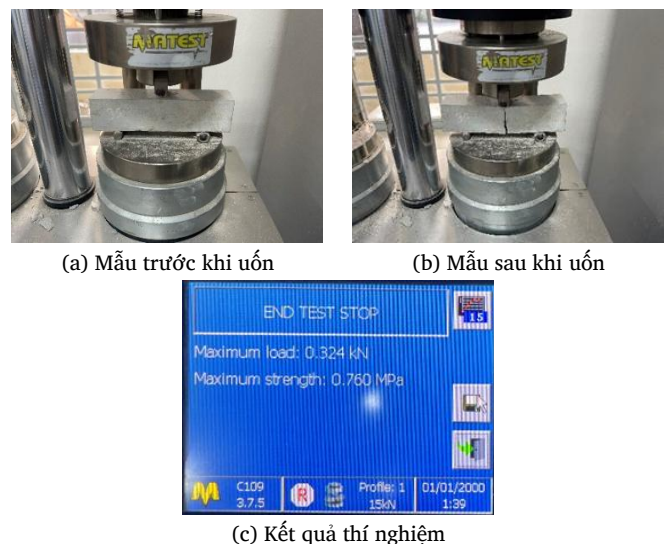
Các mẫu sau khi bảo dưỡng, được nung với các mức nhiệt độ 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C và 1000 °C với chế độ gia nhiệt được kiểm soát, giữ ở nhiệt độ 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C và 1000 °C trong 2 giờ. Khoảng thời gian này giúp giảm chênh lệch nhiệt độ giữa bề mặt và lõi mẫu, bảo đảm mẫu đạt trạng thái ổn định nhiệt tương đối trước khi làm nguội và thí nghiệm cơ học. Mặt khác, thời gian giữ nhiệt 2 giờ đủ để các biến đổi do nhiệt như mất nước, thay đổi cấu trúc nền chất kết dính và phát triển vi nứt diễn ra, nhưng không quá dài để tạo thêm ảnh hưởng nhiệt kéo dài ngoài phạm vi khảo sát. Sau đó để nguội tự nhiên về nhiệt độ phòng (Hình 3). Ở mỗi mức nhiệt độ, 3 mẫu được thí nghiệm để có cơ sở so sánh. Khối lượng trung bình của mẫu đo được là 394 g. Với nhóm mẫu gia nhiệt 1000 °C, sau khi làm nguội, mẫu nứt co ngót không còn đảm bảo kích thước để xác định cường độ uốn và cường độ nén theo tiêu chuẩn. Cường độ uốn (R_b) và cường độ nén (R_c) được xác định theo TCVN 3121-11:2022 [16], đây là tiêu chuẩn áp dụng cho vữa đóng rắn và là cơ sở để so sánh các nhóm mẫu trong nghiên cứu này.



Hình 3. Quá trình xử lý nhiệt mẫu thí nghiệm.

2.3. Thí nghiệm mẫu

Thí nghiệm uốn: Cường độ uốn (R_b) được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 3121-11:2022 [16] bằng phương pháp uốn ba điểm trên mẫu 40x40x160 mm. Mẫu được đặt nằm ngang trên hai gối tựa cố định, khoảng cách giữa hai gối là 100 mm. Tải trọng tập trung được đặt vuông góc vào giữa nhịp, tốc độ gia tải được duy trì đều và liên tục cho đến khi mẫu phá hoại (Hình 4), kết quả R_b tại mỗi mức nhiệt độ là giá trị trung bình của ba mẫu thử.



Hình 4. Thí nghiệm uốn.

Thí nghiệm nén: Sau khi hoàn thành thí nghiệm uốn, hai nửa mẫu được nén để xác định cường độ nén (R_c) theo TCVN 3121-11:2022 [16] (Hình 5). Mẫu được đặt vào thiết bị nén với diện tích chịu lực tiêu chuẩn 40x40 mm. Tải trọng nén được tăng đều và liên tục cho đến khi mẫu bị phá hoại. Cường độ nén R_c được biểu thị theo đơn vị N/mm². Giá trị R_c tại mỗi mức nhiệt độ được lấy trung bình từ sáu lần thí nghiệm.



(a) Mẫu trước khi nén

(b) Mẫu sau khi nén



(c) Kết quả thí nghiệm

Hình 5. Thí nghiệm nén.

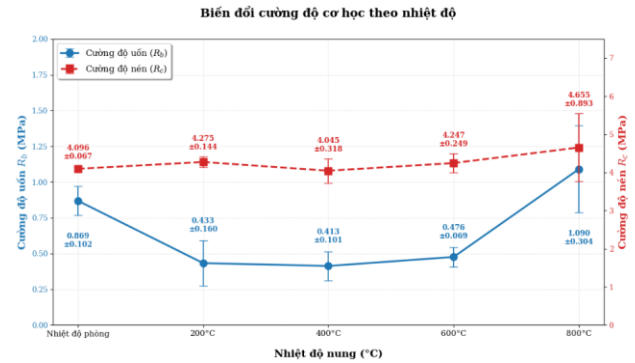
3. Kết quả và thảo luận

Ở nhiệt độ phòng, cường độ uốn trung bình của mẫu đạt 0,869 N/mm², khi nhiệt độ 200 °C, giá trị này giảm xuống còn 0,433 N/mm²; khi nhiệt độ 400 °C cường độ uốn tiếp tục duy trì ở mức thấp, khoảng 0,413 N/mm². Sự suy giảm này có thể do ở giai đoạn gia nhiệt ban đầu, nước tự do và nước liên kết trong nền xi măng bị thoát ra. Điều này làm tăng độ rỗng, phát triển vi nứt và làm giảm khả năng chịu uốn của vữa, phù hợp với các kết quả nghiên cứu trước đây về vữa xi măng và vữa có diatomite khi chịu nhiệt độ cao [1, 2, 7]. Khi nhiệt độ 600 °C, cường độ uốn có tăng và đạt 0,476 N/mm², nhiệt độ 800 °C, cường độ uốn tăng rõ rệt và đạt 1,090 N/mm², đây là giá trị cao nhất trong khoảng nhiệt được khảo sát.

Đối với cường độ nén, mẫu ở điều kiện thường đạt trung bình 4,096 N/mm². Sau khi nung ở nhiệt độ 200 °C, cường độ nén tăng nhẹ và đạt 4,275 N/mm², khi nung ở nhiệt độ 400 °C giá trị này giảm còn 4,045 N/mm² nhưng chưa có sự suy giảm lớn. Ở nhiệt độ 600 °C, cường độ nén được phục hồi và đạt 4,247 N/mm² và nhiệt độ 800 °C cường độ nén đạt 4,655 N/mm², đây là giá trị cao nhất trong các mức nhiệt đã được khảo sát.

Đối với nhóm mẫu nung ở nhiệt độ 1000 °C kết quả quan sát cho thấy sau khi nung và để nguội tự nhiên về nhiệt độ phòng, cả ba mẫu đều xuất hiện vết nứt, co ngót không đủ kích thước mẫu theo tiêu chuẩn. Vì vậy, ở mức nhiệt này không xác định cường độ uốn

(R_b) và cường độ nén (R_c) theo TCVN 3121-11:2022[16]. Do vậy, ở mức nhiệt độ 1000 °C mẫu vữa xuất hiện vết nứt và co ngót so với các mức nhiệt thấp hơn do giữ ở nhiệt độ 1000 °C trong 2 giờ, các mẫu vữa có xu hướng thay đổi màu sắc theo mức nhiệt khi tăng (Hình 3c).



Hình 6. Biểu đồ đường thể hiện sự thay đổi cường độ uốn (R_b) và cường độ nén (R_c) theo nhiệt độ.

Dựa trên kết quả trong bảng 2, cho thấy cường độ uốn R_b giảm mạnh khi nhiệt độ tăng từ nhiệt độ phòng lên 400 °C, giảm tới hơn 50 %, cho thấy vật liệu rất nhạy cảm với nhiệt độ khi chịu uốn. Ở 600 °C, R_b hồi phục nhẹ, ở 800 °C, R_b tăng lên 1,090 N/mm² tương ứng 25,4 %, chứng tỏ vật liệu có khả năng tăng cường độ uốn ở nhiệt độ cao. Ngược lại, cường độ nén R_c biến động ít, tăng nhẹ ở 200 °C và 600 °C, giảm nhẹ ở 400 °C, và tăng rõ rệt ở 800 °C lên 4,655 N/mm² tương ứng 13,6 % so với nhiệt độ phòng. Nhìn chung, khả năng chịu uốn giảm mạnh ở nhiệt độ trung bình nhưng phục hồi ở nhiệt độ cao, trong khi khả năng chịu nén ổn định và cải thiện ở nhiệt độ cao, phản ánh sự khác biệt trong ứng xử của vật liệu dưới tác dụng nhiệt.

Kết quả ở nhiệt độ 400 °C và 800 °C là hai điểm đáng chú ý của nghiên cứu. Ở 400 °C, cường độ uốn R_b đạt giá trị thấp nhất, chỉ còn 0,413 N/mm², giảm 52,5 % so với mẫu ở nhiệt độ phòng. Trong khi đó, cường độ nén R_c chỉ giảm nhẹ còn 4,045 N/mm², tương ứng mức giảm 1,3 %. Sự khác biệt này cho thấy cường độ uốn nhạy cảm hơn với hư hại do nhiệt so với cường độ nén. Nguyên nhân có thể do trong khoảng 200 °C-400 °C, sự thoát nước tự do trong nền xi măng làm tăng độ rỗng, đồng thời thúc đẩy sự phát triển vi nứt. Khi chịu uốn, các vi nứt này dễ mở rộng tại vùng chịu kéo, làm R_b suy giảm mạnh. Ngoài ra, do diatomite Phú Yên có cấu trúc xốp và hệ mao quản phát triển [11], quá trình thoát ẩm trong hệ lỗ rỗng có thể làm vật liệu nhạy hơn với hư hại khi chịu uốn.

Ở nhiệt độ 800 °C, cả R_b và R_c đều đạt giá trị cao nhất trong các mức nhiệt khảo sát. Cường độ uốn đạt 1,090 N/mm², tăng 25,4 % so với mẫu ở nhiệt độ phòng, trong khi cường độ nén đạt 4,655 N/mm², tăng 13,6 %. Điều này cho thấy sau giai đoạn suy giảm ở vùng nhiệt độ trung gian, hệ vữa có khả năng phục hồi và cải thiện cơ tính ở 800 °C. Các nghiên cứu trước cho thấy diatomite Phú Yên có thể chuyển dần từ trạng thái vô định hình sang pha có mức độ kết tinh cao hơn khi

nung [11], trong khi diatomite An Xuân cũng có sự thay đổi hình thái rõ rệt theo chế độ nung [12]. Bên cạnh đó, nghiên cứu về Fe_2O_3 -diatomite Phú Yên cho thấy diatomite có hệ lỗ rỗng phát triển và có thể đóng vai trò pha nền trong các hệ vật liệu chức năng [17]. Vì vậy, sự tăng cường độ ở 800 °C có thể là kết quả tổng hợp của sự đặc chắc

cục bộ, biến đổi vi cấu trúc của diatomite và hiệu ứng gia cường của bông ceramic. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này chưa đi sâu phân tích đánh giá XRD hoặc SEM, nên vấn đề này sẽ được phân tích làm rõ hơn trong các nghiên cứu tiếp theo.

Bảng 2. So sánh sự thay đổi của cường độ uốn (Rb) và cường độ nén (Rc) của các mẫu so với mẫu ở nhiệt độ phòng.

Mẫu	Rb (N/mm ²)	Rc (N/mm ²)	Chênh lệch Rb (%)	Chênh lệch Rc (%)
Nhiệt độ phòng	0,869	4,096	0,0	0,0
200 °C	0,433	4,275	50,2	4,4
400 °C	0,413	4,045	52,5	1,3
600 °C	0,476	4,247	45,2	3,7
800 °C	1,090	4,655	25,4	13,6

4. Kết luận

Hỗn hợp vữa trong nghiên cứu này gồm 25 % xi măng, 35 % tro bay, 38 % diatomite và 2 % bông ceramic cho hiệu quả cao trong việc duy trì độ bền cơ học khi chịu nhiệt độ cao. Tro bay và diatomite giúp tăng cường cấu trúc, bông ceramic có vai trò hạn chế nứt và co ngót khi nung ở nhiệt độ cao.

Kết quả cường độ uốn (Rb) và cường độ nén (Rc) của vữa chịu nhiệt phụ thuộc vào nhiệt độ nung, khi nhiệt độ từ 200 °C đến 400 °C, cường độ giảm nhẹ. Tuy nhiên, từ 600 °C cả Rb và Rc bắt đầu phục hồi và đạt giá trị cao nhất ở 800 °C, cho thấy vữa tính chất cơ học tốt trong khoảng nhiệt độ này.

Ứng xử của vữa ở nhiệt độ 400 °C, cường độ uốn suy giảm mạnh trong khi cường độ nén gần như được duy trì, cho thấy khả năng chịu uốn nhạy hơn với vi nứt do nhiệt, ở nhiệt độ 800 °C cả Rb và Rc đều đạt giá trị cao nhất, qua đó cho thấy hệ vữa có khả năng phục hồi và cải thiện cơ tính ở nhiệt độ 800 °C.

Ở nhiệt độ 1000 °C, các mẫu vữa xuất hiện vết nứt và co ngót không đạt tiêu chuẩn về kích thước, dẫn đến không xác định được cường độ uốn và nén, do giữ ở nhiệt độ 1000 °C trong 2 giờ. Kết quả này cho biết tầm quan trọng của việc xác định khoảng nhiệt độ làm việc an toàn của vữa khi chịu nhiệt độ cao.

Lời cảm ơn

Công trình này thuộc đề tài mã số: SV2026-357 được tài trợ bởi Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

- [1]. O. Park, S. Han, I. Choi, S.-i. Kim, and S. Choi, "Influence of elevated temperature on the microstructures and mechanical properties of cement-based mortar with sands and refractory materials," *Journal of the Korean Ceramic Society*, vol. 61, no. 6, pp. 1050-1057, 2024, DOI: 10.1007/s43207-024-00415-8.
- [2]. M. Saridemir and A. Yildirim, "Effect of elevated temperatures on

- properties of high strength mortars containing ground calcined diatomite with limestone sand," *Journal of Building Engineering*, vol. 56, p. 104748, 2022, DOI: 10.1016/j.jobee.2022.104748.
- [3]. N. Degirmenci and A. Yilmaz, "Use of diatomite as partial replacement for Portland cement in cement mortars," *Construction and Building Materials*, vol. 23, no. 1, pp. 284-288, 2009, DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2007.12.008.
- [4]. J. Zhao et al., "Effect of elevated temperature on mechanical properties of high-volume fly ash-based geopolymer concrete, mortar and paste cured at room temperature," *Polymers*, vol. 13, no. 9, p. 1473, 2021, DOI: 10.3390/polym13091473.
- [5]. D. L. Kong and J. G. Sanjayan, "Effect of elevated temperatures on geopolymer paste, mortar and concrete," *Cement and concrete research*, vol. 40, no. 2, pp. 334-339, 2010, DOI: 10.1016/j.cemconres.2009.10.017.
- [6]. Y. Xu, Y. Wong, C. S. Poon, and M. Anson, "Impact of high temperature on PFA concrete," *Cement and concrete research*, vol. 31, no. 7, pp. 1065-1073, 2001, DOI: 10.1016/S0008-8846(01)00513-0.
- [7]. C. Alonso and L. Fernandez, "Dehydration and rehydration processes of cement paste exposed to high temperature environments," *Journal of materials science*, vol. 39, no. 9, pp. 3015-3024, 2004, DOI: 10.1023/B:JMSC.0000025827.65956.18.
- [8]. B. Yilmaz and N. Ediz, "The use of raw and calcined diatomite in cement production," *Cement and Concrete Composites*, vol. 30, no. 3, pp. 202-211, 2008, DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2007.08.003.
- [9]. H. Y. Zhang, V. Kodur, B. Wu, L. Cao, and F. Wang, "Thermal behavior and mechanical properties of geopolymer mortar after exposure to elevated temperatures," *Construction and Building Materials*, vol. 109, pp. 17-24, 2016, DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.01.043.
- [10]. M.-G. Lee et al., "Mechanical and thermal insulation performance of waste diatomite cement mortar," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 25, pp. 4739-4748, 2023, DOI: 10.1016/j.jmrt.2023.06.246.
- [11]. B. H. Đ. Sơn, N. T. N. Trinh, N. Đ. Ngọc, and Đ. Q. Khiếu, "So sánh các đặc trưng hóa lý hai loại diatomite Phú Yên và diatomite Merck," (in Vietnamese), *Tạp chí Đại học Thủ Dầu Một*, no. 2(21), pp. 38-42, 2015.
- [12]. T. N. Anh, T. T. Hiến, and Đ. S. Dương, "Công nghệ chế biến khoáng diatomit mỏ An Xuân, Tuy An, Phú Yên thành chất cải tạo đất," (in Vietnamese), *Công nghiệp Mỏ*, no. 6, pp. 31-37, 2022.
- [13]. Z. Pan and J. G. Sanjayan, "Stress-strain behaviour and abrupt loss of stiffness of geopolymer at elevated temperatures," *Cement and Concrete Composites*, vol. 32, no. 9, pp. 657-664, 2010, DOI:

10.1016/j.cemconcomp.2010.07.010.

- [14]. C. Ge, X. Chen, Y. Gong, X. Kong, and F. Chen, "Effect of high temperature on micro-structure and mechanical properties of fiber-reinforced cement-based composites," *Crystals*, vol. 14, no. 9, p. 778, 2024, DOI: 10.3390/cryst14090778.
- [15]. TCVN 3121-2:2022, Vữa xây dựng - Phương pháp thử - Phần 2: Lấy mẫu và chuẩn bị mẫu thử. Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội, Việt Nam.
- [16]. TCVN 3121-11:2022, Vữa xây dựng - Phương pháp thử - Phần 11: Xác định cường độ uốn và nén của vữa đóng rắn. Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội, Việt Nam.
- [17]. P. V. Viet, D. V. Chuyen, N. Q. Hien, N. N. Duy, and C. M. Thi, "Visible-light-induced photo-Fenton degradation of rhodamine B over Fe₂O₃-diatomite materials," (in English), *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, vol. 5, pp. 308-315, 2020, DOI: 10.1016/j.jsamd.2020.07.007.