



Bài báo nghiên cứu ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG TỈ LỆ PHỐI TRỘN CỦA Bùn THẢI GIẤY LÊN ĐẶC TÍNH CƠ BẢN CỦA GẠCH SÉT NUNG

Trần Thu Trang, Nguyễn Đăng Khoa*

Trường Đại học Văn Lang, Việt Nam

*Tác giả liên hệ: Nguyễn Đăng Khoa – Email: khoa.nd@vlu.edu.vn

Ngày nhận bài: 03-4-2024; Ngày nhận bài sửa: 06-6-2024; Ngày duyệt đăng: 26-6-2024

TÓM TẮT

Tái chế, tái sử dụng các chất thải công nghiệp đã và đang được quan tâm trong nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước. Chính phủ Việt Nam đang có các chính sách khuyến khích tái chế, tái sử dụng các chất thải để giảm thiểu việc thải bỏ ra môi trường và tiết kiệm tài nguyên. Nghiên cứu này phối trộn đất sét và bùn thải giấy với các tỉ lệ phối trộn khác nhau để sản xuất gạch. Kết quả nghiên cứu cho thấy các thông số đo được là khá khả quan với TCVN 1451:1998 về chất lượng gạch nung cũng như một số chỉ tiêu của gạch đặc 45. Do đó, việc tận dụng bùn thải giấy làm gạch sét nung nên được cân nhắc để thay thế gạch truyền thống.

Từ khóa: gạch sét nung; độ bền nén; chất thải công nghiệp; bùn thải giấy; độ hút nước

1. Giới thiệu

Ngành công nghiệp giấy và bột giấy sản xuất hơn 304 triệu tấn giấy mỗi năm. Năm 2014, sản lượng giấy toàn cầu lần đầu tiên đạt 400 triệu tấn/năm. Hơn một nửa lượng giấy này được tiêu thụ ở Trung Quốc (106 triệu tấn), Mỹ (71 triệu tấn) và Nhật Bản (27 triệu tấn), và một phần nữa ở châu Âu (92 triệu tấn). Toàn bộ lục địa châu Phi chỉ chiếm 2% lượng giấy sử dụng toàn cầu, tiêu thụ vốn vẹn 8 triệu tấn mỗi năm. Châu Đại Dương và châu Mỹ Latinh chiếm khoảng 8%. Mức trung bình toàn cầu là 55 kg một người mỗi năm (Martin & Haggith, 2018).

Công nghiệp giấy là ngành chiến lược của nhiều quốc gia nhưng đồng thời, việc sản xuất giấy cũng tiêu tốn nhiều năng lượng, hóa chất và bột gỗ. Do đó, ngành công nghiệp sản xuất giấy tạo ra lượng chất thải lớn chủ yếu là CO₂ do tiêu thụ năng lượng, hoặc các dòng chất thải rắn bao gồm bùn vôi xử lý nước thải, cặn vôi, cặn rượu xanh, lò hơi và tro lò, bùn thải của máy chà sần và tàn dư chế biến gỗ. Cụ thể, năm 2005, khoảng 99,3 triệu tấn giấy được sản xuất ở châu Âu, tạo ra 11 triệu tấn chất thải và 11% dư lượng tương ứng với tổng sản lượng giấy. Sản lượng giấy tái chế, trong cùng thời kì, là 47,3 triệu tấn, tạo ra 7,7 triệu tấn chất thải rắn, chiếm 16% tổng sản lượng từ nguyên liệu thô này (Monte et al., 2009).

Cite this article as: Tran Thu Trang, & Nguyen Dang Khoa (2024). Effect of mixing ratio of paper-machine sludge on the preparation and properties of clay brick. *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 21(7), 1203-1216.

Tại Việt Nam, ngành giấy đã hình thành từ rất sớm, tuy nhiên, năng lực sản xuất bột giấy mới chỉ đáp ứng 50% nhu cầu sản xuất giấy. Theo số liệu từ Hiệp hội Giấy và Bao bì Việt Nam năm 2022, sản lượng giấy các loại dự kiến của các doanh nghiệp ngành giấy sản xuất đạt khoảng gần 7 triệu tấn (trong đó, giấy bao bì chiếm tới khoảng 6 triệu tấn). Trong 3 năm gần đây, xuất khẩu giấy của Việt Nam luôn đạt mức tăng trưởng ấn tượng trên 200%/năm (Vo et al., 2023). Tuy nhiên, ngành công nghiệp giấy và bột giấy cũng là một trong những ngành công nghiệp gây ô nhiễm nhất (Tong et al., 2020). Bùn thải giấy là chất rắn lơ lửng của nước thải sau đó được bông tụ và thu gom dưới dạng bùn nhão. Khoảng 170-600 kg phế thải bùn khô được tạo ra từ quá trình sản xuất mỗi tấn giấy. Do đó, việc phát sinh bùn khô đã gây ra những lo ngại chất thải phát sinh ra môi trường (Bajpai & Bajpai, 2015; Lou et al., 2012). Thông thường, loại chất thải này được xử lý chủ yếu bằng phương pháp chôn lấp (Rajput et al., 2012) hoặc một số phương pháp khác như chế biến thành nguyên liệu đốt, chất hấp thụ, ép bùn dạng tấm, làm nhiên liệu sản xuất gạch (Huong et al., 2023). Một số nghiên cứu khác tập trung vào bùn vôi, chất thải này cũng nằm trong bùn thải giấy, được tạo thành trong công đoạn xử lý dăm gỗ thành bột giấy. Bùn vôi đã được tái sử dụng cho nhiều ứng dụng như làm chất kết dính, sản xuất xi măng (Adu & Jolly, 2017; Frías et al., 2015). Ngoài ra, bùn vôi cũng đã được nghiên cứu để sản xuất các loại gạch sử dụng trong ngành vật liệu xây dựng (Adesanya et al., 2018; Goel & Kalamdhad, 2017; Rajput et al., 2012; Raut et al., 2011; Shakir et al., 2013; Singh et al., 2018).

Chính phủ Việt Nam đang có các chính sách khuyến khích tái chế, tái sử dụng các chất thải để giảm thiểu việc thải bỏ ra môi trường, giảm chi phí vận chuyển khi áp dụng phương pháp chôn lấp, góp phần bảo vệ môi trường và thực hiện theo các chiến lược phát triển bền vững. Gạch đất sét nung là một vật liệu truyền thống, đặc biệt thông dụng và phổ biến sử dụng trong các công trình thi công và xây dựng vì độ bền nén cũng như khả năng làm việc cao (Nguyen, 2019; Pham, 2019; Tran, 2019). Tuy nhiên, những nghiên cứu về tái sử dụng bùn thải giấy và tối ưu hoá tỉ lệ thành phần bùn thải giấy trong sản xuất gạch sét nung còn nhiều hạn chế. Do vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng tỉ lệ phối trộn của bùn thải giấy lên các đặc tính cơ bản của gạch sét nung. Từ đó, các tiềm năng về tái sử dụng chất thải của ngành giấy trong sản xuất gạch và xây dựng công trình sẽ được khẳng định rõ ràng hơn.

2. Vật liệu và phương pháp

2.1. Vật liệu

Đất sét có màu vàng mạ tươi được sử dụng có nguồn gốc từ thành phố Bà Rịa (Vũng Tàu) trong khi bùn thải giấy (màu xám xanh) được lấy từ Nhà máy giấy Hồng Lợi tại Khu Công nghiệp Tân Phú Trung (Hình 1). Nguyên liệu đầu vào này sẽ được phơi khô và nghiền qua rây (kích thước 425 μm) để loại bỏ các thành phần như đá, sỏi và được sấy ở 105°C trong 48 giờ. Kích thước hạt của đất sét và bùn thải giấy được xác định bằng phương pháp nhiễu xạ laze với đường kính D50 lần lượt là 7,4 và 31,8 μm . Đây là một trong những

chỉ tiêu đóng vai trò quan trọng trong việc phối trộn và có thể ảnh hưởng đến chất lượng gạch nung thành phẩm. Hàm lượng chất hữu cơ có trong bùn thải giấy được xác định vào khoảng 20,57 % và thành phần oxit của đất sét và bùn thải giấy cũng được trình bày ở Bảng 1.



Hình 1. Đất sét a) và bùn thải giấy b) sau khi được tiền xử lí

Bảng 1. Thành phần oxit (%) của đất sét và bùn thải giấy

Thành phần oxit (%)	Đất sét	Bùn thải giấy
SiO ₂	57,30	1,77
Al ₂ O ₃	19,55	1,02
Fe ₂ O ₃	8,19	0,49
CaO	0,51	43,68
K ₂ O	2,52	0,04
TiO ₂	0,98	0,34
MnO	0,06	0,02
P ₂ O ₅	0,06	0,03
SO ₃	0,19	0,31
Cr ₂ O ₃	0,02	< 0,01
CuO	0,01	< 0,01
ZnO	0,01	0,01
ZrO ₂	0,03	0,01
Thành phần mất khi nung	8,81	51,11

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp thu thập và phân tích tài liệu

Kế thừa các kết quả khảo sát, nghiên cứu khoa học đã được công bố tại các giáo trình, tạp chí khoa học trong và ngoài nước, liên quan đến thành phần, khối lượng bùn thải và công tác quản lí, xử lí bùn thải phát sinh từ các hệ thống xử lí nước thải tại các nhà máy trong các Khu công nghiệp – Khu chế xuất ở Thành phố Hồ Chí Minh. Nghiên cứu này được thực hiện trên đối tượng là bùn thải trong quá trình sản xuất giấy của nhà máy giấy Hồng Lợi, Khu Công nghiệp Tân Phú Trung, Huyện Củ Chi, Thành phố Hồ Chí Minh.

2.2.2. Phương pháp thực nghiệm

a) Lấy mẫu bùn và bảo quản

Mẫu bùn thải giấy sau công đoạn xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học được lấy trong ngày và đánh mẫu kí hiệu theo ngày, địa điểm và đối tượng phân tích theo TCVN 6663-13:2015: Chất lượng nước - Lấy mẫu - Phần 13: Hướng dẫn lấy mẫu bùn và TCVN 6663-15:2004: Chất lượng nước - Lấy mẫu. Hướng dẫn bảo quản và xử lý mẫu bùn và trầm tích. Mẫu bùn thải giấy sau khi thu gom sẽ được chứa trong bao bì PE hai lớp có thể tích từ 20 đến 30 L, trữ lạnh ở nhiệt độ 2-5°C và được phân tích trong vòng 1 tuần.

b) Phân tích thành phần và đặc tính hoá lí

Hàm lượng chất hữu cơ (% khối lượng) trong bùn thải giấy được xác định theo TCVN 6642:2000. Các thông số về phần trăm khối lượng của các hợp chất oxit có trong đất sét và bùn thải giấy được phân tích bằng phổ phát xạ huỳnh quang (XRF) tại Viện Địa chất – Viện Hàn lâm Khoa học Việt Nam. Sự phân bố kích thước hạt của đất sét và bùn giấy sau khi rây sẽ được xác định bằng máy nhiễu xạ laze (Lazer particle Size Analyzer A8470) tại Phòng Phân tích của Công ty Cổ phần Giải pháp Nông nghiệp Tiên Tiến.

c) Tổng hợp gạch sét nung

Tại Việt Nam hiện chưa ban hành các tiêu chuẩn, quy chuẩn kĩ thuật yêu cầu chất lượng về gạch nung được tái chế, sản xuất từ các loại bùn thải. Tuy nhiên, hiện nay gạch nung từ đất sét được áp dụng theo Quy chuẩn Việt Nam QCVN 16:2019/BXD được ban hành kèm Thông tư số 19/2019/TT-BXD ngày 31 tháng 12 năm 2019 của Bộ Xây dựng, có hiệu lực thi hành từ ngày 01 tháng 7 năm 2020. Theo QCVN này, gạch đất sét nung là sản phẩm được sản xuất từ đất sét (có thể thêm phụ gia), tạo hình và nung ở nhiệt độ thích hợp, được quy định theo các tiêu chuẩn về độ hút nước, độ uốn và độ nén của loại gạch nung đặc theo quy định theo các thông số. Kích thước và các yêu cầu kĩ thuật của gạch đặc đất sét nung được trình bày ở Bảng 2 và 3.

Bảng 2. Kích thước gạch đặc đất sét nung (mm)

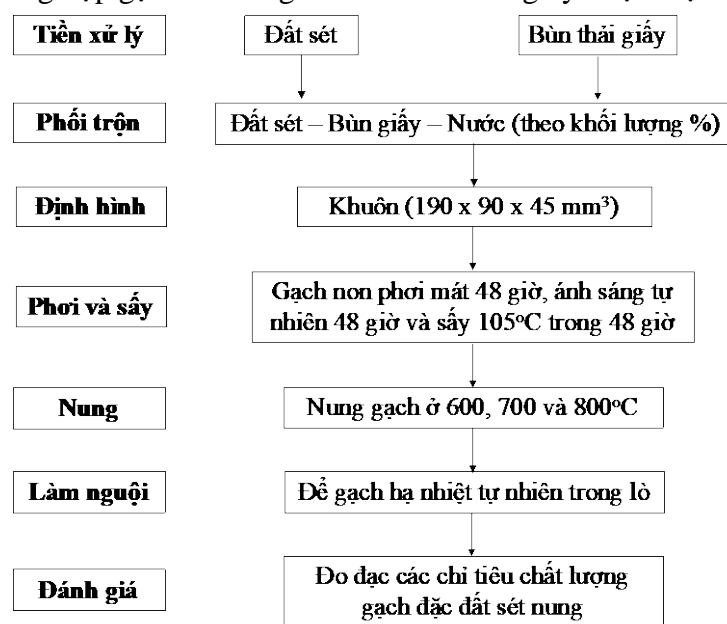
Tên kiểu gạch	Dài	Rộng	Dày
Gạch đặc 60	220	105	60
Gạch đặc 45	190	90	45

Bảng 3. Quy chuẩn gạch theo từng mức gạch

Mức gạch	Cường độ nén (MPa)		Cường độ uốn (MPa)		Độ hút nước	Độ co
	Trung bình cho 5 mẫu thử	Nhỏ nhất cho 1 mẫu thử	Trung bình cho 5 mẫu thử	Nhỏ nhất cho 1 mẫu thử		
M200	20	15	3,4	1,7	Không lớn hơn 16 %	Không lớn hơn 0,02 % (tính theo mm/ m)
M150	15	12,5	2,8	1,4		
M125	12,5	10	2,5	1,2		
M100	10	7,5	2,2	1,1		
M75	7,5	5	1,8	0,9		
M50	5	3,5	1,6	0,8		

Mác gạch được đặt theo là đại lượng về cường độ nén hay độ cứng của gạch. Ví dụ mác M75 tức là khi nén 5 mẫu thì giá trị trung bình lớn hơn hoặc bằng 7,5 MPa. Kí hiệu quy ước cho gạch đặc đất sét nung được ghi theo thứ tự: Tên kiểu gạch – mác gạch – số hiệu của tiêu chuẩn này. Ví dụ: Gạch đặc dày 60 mm, mác 200 kí hiệu là: Gạch đặc 60 – M200 – TCVN 1451:1998.

Quy trình tổng hợp gạch sét nung có chứa bùn thải giấy được thực hiện như sau:



Hình 2. Quy trình tổng hợp gạch nung có chứa bùn thải giấy

Quy trình sản xuất gạch nung gồm 5 giai đoạn:

❖ Chuẩn bị nguyên liệu

Gạch nung là vật liệu xây dựng được sản xuất từ nguyên liệu chính là đất sét. Thành phần chính của đất sét là các khoáng aluminosilicat ngậm nước. Đất sét có những đặc tính ưu việt như độ dẻo, độ co, độ phân tán, khả năng chịu lửa tốt.

❖ Nhào trộn

Quá trình nhào trộn sẽ làm tăng tính dẻo và độ đồng đều cho đất sét. Giúp cho quá trình tạo hình được dễ dàng. Công đoạn này thường dùng các loại máy cán thô, cán mịn, máy nhào trộn, máy một trục hoặc hai trục để nghiền đất. Bùn thải và đất sét được phối trộn theo tỉ lệ trong Bảng 4 và nhào trong khoảng 1 giờ để hỗn hợp đồng nhất. Sau đó, hỗn hợp đất sét – bùn được cho vào khuôn với kích thước 190 x 90 x 45 mm³ để định hình.

Bảng 4. Thông số mô hình thí nghiệm

Nghiệm thức	Tỉ lệ bùn giấy (%)	Khối lượng (g)			Thời gian nung (giờ)	Nhiệt độ nung (°C)
		Đất sét	Bùn	Nước		
1	0	1200	0	400	6	600
						700
						800

				600
2	1	1188	12	700
				800
				600
3	5	1140	60	700
				800
				600
4	10	1080	120	700
				800

(Giá trị nước thêm vào không tính vào thành phần khối lượng (%) trên tổng số khối lượng)

❖ **Phơi sấy**

Khi mới được tạo hình gạch có độ ẩm rất lớn. Nếu đem nung ngay gạch sẽ bị nứt do mất nước đột ngột. Vì vậy, phải phơi sấy để giảm độ ẩm, giúp cho sản phẩm có độ cứng nhất định. Tránh biến dạng khi xếp vào lò nung. Nếu phơi gạch tự nhiên trong giàn hoặc ở ngoài sân thì thời gian cụ thể là 7-14 ngày. Sau đó, thời gian và nhiệt độ sấy khô định hình khung được cố định tại 48 giờ trong mát, 48 giờ dưới ánh sáng mặt trời và 48 giờ tại 105°C.

❖ **Nung gạch**

Giai đoạn khi gạch đã khô và đạt được độ cứng nhất định thì sẽ tháo khuôn và cho gạch vào lò nung. Đây là công đoạn vô cùng quan trọng, quyết định chất lượng của toàn bộ mẻ gạch. Quá trình nung gạch nhiệt độ nung ở 600-800° C và nung trong 6 giờ, đây là quá trình biến đổi của các thành phần khoáng chất, tạo ra sản phẩm có cường độ cao, màu sắc đỏ của gạch cũng sinh ra từ đây.

❖ **Làm nguội và ra lò**

Tiếp theo quá trình nung kết thúc đó là bước làm nguội. Khi làm nguội phải thực hiện từ từ. Không làm nguội đột ngột để tránh nứt sản phẩm, khi ra lò nhiệt độ của gạch đạt khoảng 50°C.

d) *Phân tích và đánh giá đặc tính gạch nung*

Gạch sau khi nung sẽ được đánh giá chất lượng theo các chỉ tiêu phân tích đối với gạch nung đặc về cường độ nén và độ hút nước theo TCVN 1451:1998.

2.2.3. *Phương pháp tổng hợp, xử lý số liệu và so sánh*

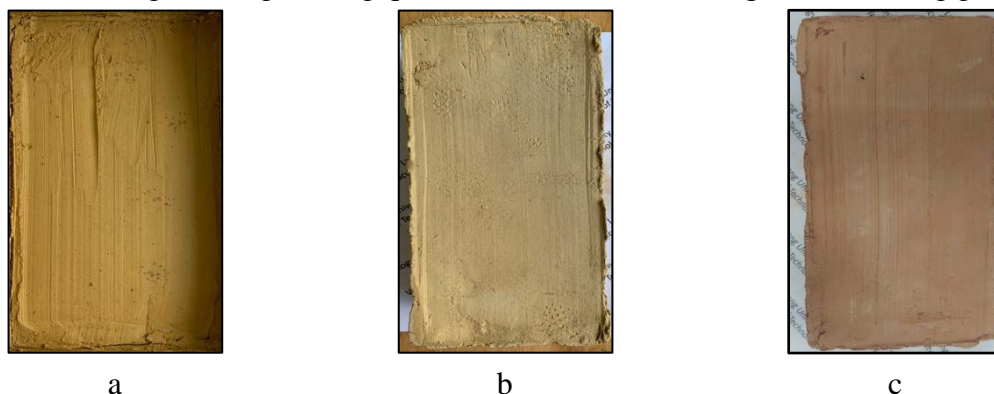
Sau khi phân tích kết quả thí nghiệm, thực hiện so sánh, đánh giá sai số, độ lặp và xử lý số liệu dùng phần mềm excel. So sánh kết quả với các tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành để đánh giá kết quả thực hiện.

3. Kết quả và thảo luận

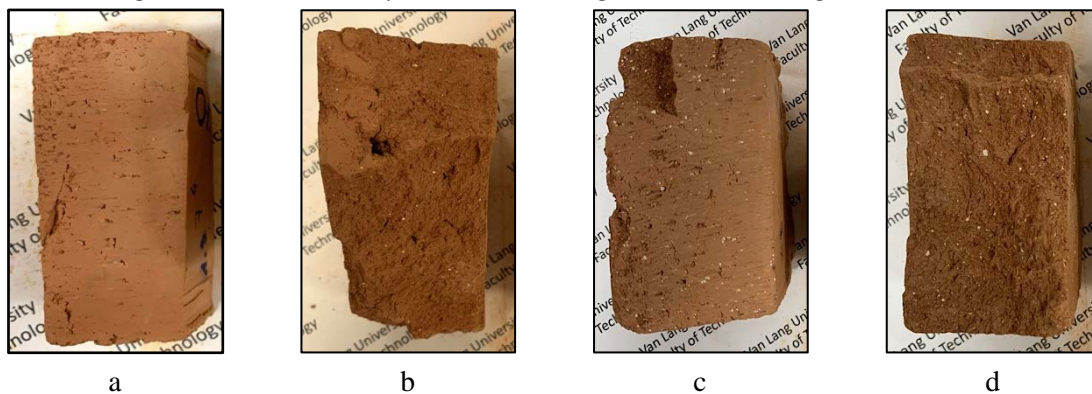
3.1. Đánh giá cảm quan về gạch nung

Hỗn hợp đất sét và bùn giầy sau khi trộn với nước sẽ có màu nâu sậm. Sau quá trình phơi mát, phơi khô và sấy ở 105°C sẽ chuyển thành màu vàng trắng. Hiện tượng có thể dễ hiểu là do quá trình thất thoát nước dưới tác động của nhiệt và gió, các hạt sét mất nước và do đó, màu sắc cũng như khối lượng của gạch non có sự thay đổi (Hình 2). Tiếp theo là quá

trình nung gạch trong lò điện từ 600-800°C. Gạch sau khi nung ở nhiệt độ cao sẽ chuyển sang màu xám nâu. Sau quá trình làm nguội tự nhiên sẽ chuyển sang màu đỏ gạch. Đây là kết quả thường thấy ở các lò nung. Trong quá trình nung, khoáng sắt có trong thành phần đất sét bị biến đổi tạo màu đỏ gạch (Hình 4). Ở Hình 4 a), chỉ có đất sét là cốt liệu làm nên gạch nung, bề mặt cắt ngang cho thấy cấu trúc đặc chắc và mịn. Khi có sự phối trộn với bùn giấy, dễ thấy rằng cấu trúc của gạch đặc nung trở nên xốp và ít đồng nhất hơn. Hơn nữa, các phần bùn giấy phối trộn (màu trắng) xuất hiện với mật độ ngày càng nhiều khi tăng nồng độ phối trộn từ 1 đến 10%. Mặc dù, sau khi nung ở nhiệt độ cao, các phần bùn giấy vẫn còn phân bố trong cấu trúc của gạch nung. Những quan sát trên có thể ảnh hưởng đến chất lượng gạch nung.



Hình 3. Gạch non đúc trong khuôn a),
gạch non sau khi sấy ở 105°C b) và gạch sau khi nung ở 800°C c)



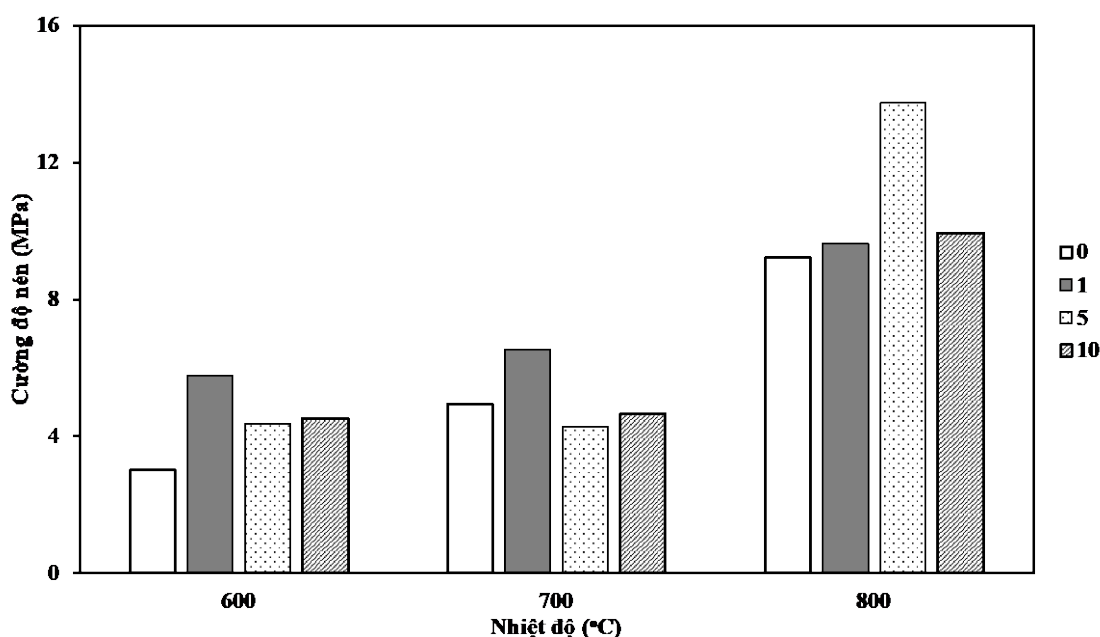
Hình 4. Mặt ngang ngang của gạch nung ở 800°C
với tỉ lệ phối trộn bùn thải giấy lần lượt là 0 % a), 1 % b), 5 % c) và 10 % d)

3.2. Đặc tính của gạch nung sau phối trộn

3.2.1. Độ bền nén

Gạch xây dùng cho kết cấu thường chịu nén là chủ yếu, cường độ chịu nén cũng là một chỉ tiêu quan trọng để đánh giá mác và chất lượng của gạch. Khi tăng nhiệt độ nung tỉ trọng giảm nếu tỉ lệ bùn phối trộn tăng. Đồng thời nếu như bùn giấy phối trộn vào nhiều hơn trong hỗn hợp sét thì độ bền nén sẽ giảm.

Dựa vào Hình 5, ở các nhiệt độ nung khác nhau cho thấy rằng cường độ nén có chứa bùn giấy tăng so với mẫu gạch 0%. Tăng nhiệt độ cường độ nén tăng là do giảm độ xốp và tăng khối lượng riêng khi tăng nhiệt độ. Mật độ của gạch tăng lên khi nhiệt độ giảm cùng với tăng cường độ nén. Mác gạch được đặt theo là đại lượng về cường độ nén hay độ cứng của gạch. Dựa vào cường độ nén đó, ta có được những mác gạch M200, M125, M100, M75, M50. Ví dụ Mác 75 là khi nén 1 mẫu thì giá trị trung bình lớn hơn hoặc bằng 5 MPa. Khi gạch sét được nung ở nhiệt độ khoảng 600°C, khoáng kaolin sẽ chuyển sang khoáng metakaolin. Điều này được thể hiện là phổ của kaolin biến mất khi nhiệt độ nung tăng dần. Nhiệt độ tăng từ 600 lên 800 thì nhiệt độ nung ở 800 °C có cường độ nén cao hơn nhiệt độ nung 600 lên 700, còn ở nhiệt độ 600 °C thì cường độ nén thấp. Nhìn vào Hình 5, có thể thấy được cường độ nén bị giảm khi tỉ lệ bùn tăng lên. Trên thực tế, cường độ nén cao nhất, 21,94 MPa, được ghi lại ở phần trăm phụ gia nhỏ nhất 1%. Trong khi tỉ lệ phụ gia 10% là tỉ lệ cao nhất, cường độ nén ở mức 18,38 MPa. Việc giảm tỉ lệ đất trong gạch mẫu, khi tăng hàm lượng phụ gia bùn, làm giảm cấu trúc khoáng tinh thể. Kết quả là, điều này làm giảm độ bền nén của mẫu. Ngoài việc giảm cường độ nén khi hàm lượng bùn tăng lên.

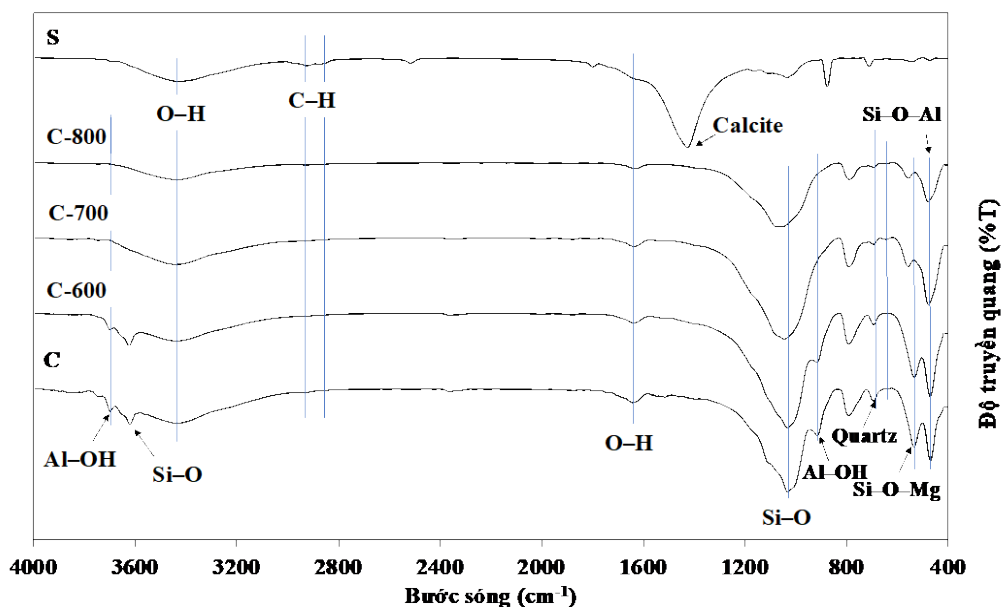


Hình 5. Cường độ nén của gạch sét nung tại các nhiệt độ nung khác nhau

Quang phổ hồng ngoại FT-IR các phân tử thông qua chiếu xạ với ánh sáng hồng ngoại. Việc sử dụng quang phổ FT-IR để phân tích xúc tác hoạt động ngày càng trở nên phổ biến vì nó có thể xác định liên kết hóa học trong phân tử bằng cách tạo ra tia hồng ngoại của quang phổ. Hình 6 thể hiện phổ hồng ngoại của đất sét, bùn giấy và gạch sét nung ở nhiệt độ 600 (C-600), 700 (C-700) và 800°C (C-800). Đối với bùn giấy, phổ IR ghi nhận sự rung động tại các bước sóng 3408, 2918, 2858 cm^{-1} tương ứng với các gốc chức O-H và C-H trong cấu trúc xenlulo. Ngoài ra bước sóng tại 1425 cm^{-1} cho thấy sự xuất hiện của khoáng calcite. Trong trường hợp của sét (C), dễ thấy các đỉnh tại các bước sóng 3450, 3622 và 3695 cm^{-1}

đại diện cho các liên kết O–H, Si–O và Al–OH. Bước sóng tại 1029 và 916 cm^{-1} cũng cho thấy liên kết Si–O và Al–OH. Thêm vào đó, liên kết Si–O–M cũng được xác định tại 534 cm^{-1} . Thành phần chính trong sét là Quartz cũng được tìm thấy tại bước sóng 698 cm^{-1} . Liên kết Si–O–Al cũng được xác định tại 472 cm^{-1} . Ngoài ra tại bước sóng 1637 cm^{-1} cũng cho thấy sự xuất hiện của gốc O–H trong các phân tử nước tự do (Heithem B. Hadjltarief et al., 2017)

Ngoài ra, có thể thấy khi sét được nung từ 700°C trở lên, một số liên kết tại các bước sóng sẽ có sự dịch chuyển và thậm chí là giảm cường độ hoặc biến mất. Một số gốc chức như Al–OH đã biến mất trong trường hợp của mẫu C-700 và C-800. Ngoài ra liên kết Si–O có xu hướng giảm cường độ cũng như phổ của quartz. Đặc biệt liên kết Si–O–M có sự dịch chuyển về bước sóng cao hơn, cho thấy có sự chuyển hoá trong liên kết cũng như thay đổi thành phần khoáng trong quá trình nung.



Hình 6. Phổ hồng ngoại FTIR

Sự kết hợp của phụ gia bùn nhà máy giấy dẫn đến việc giảm độ bền cơ học của gạch. Trên thực tế, cường độ nén được ghi nhận đã giảm so đối với các mẫu đối chứng, với 0% phụ gia với 10% tỉ lệ phụ gia bùn.

Jahagirdar et al. đã thảo luận về việc tái sử dụng bùn nhà máy dệt trong gạch đất sét nung (Jahagirdar et al., 2013). Bùn của nhà máy dệt đã được trộn cùng với tỉ trọng khác nhau (5% đến 35%) dưới dạng thô trong nghiên cứu này. Gạch được nung ở 600°C đến 800°C và trong 8, 16 và 24 giờ. Dựa trên kết quả, bùn dệt có thể được thêm đến 15% vì nó cho cường độ nén ở trên 3.5MPa và tỉ lệ hấp thụ nước cũng nhỏ hơn 20%. Theo (Herek et al., 2012) nghiên cứu về kết hợp bùn giặt dệt vào một viên gạch cho thấy rằng bùn có thể được kết hợp lên đến 20% về tính chất cơ học. Cường độ nén của gạch đối chứng là 3,73MPa và 4,62MPa cho gạch bùn. (Baskar et al., 2006), cũng thảo luận về đặc điểm và tái sử dụng bùn thải của

nhà máy xử lý nước thải dệt nhuộm trong đất sét gạch. Trong nghiên cứu này, thành phần bùn được phối trộn từ 3% đến 30% và nhiệt độ nung khoảng 200°C đến 800°C. Các cường độ nén từ 4,24MPa đến 3,54MPa thỏa mãn Cục Tiêu chuẩn Ấn Độ (BIS). Tỷ lệ lượng bùn tối đa có thể được thêm vào là từ 6% đến 9%.

Kỹ thuật sản xuất gạch nung địa phương là phương pháp làm gạch đã được biết đến, đặc biệt là ở Thị trấn Jimma. Phương pháp sản xuất gạch địa phương được tiến hành bằng cách đốt nhiều loại gỗ. Nhưng phương pháp nung gạch này bằng cách đốt gỗ sẽ ảnh hưởng đến môi trường. Việc khó kiểm soát nhiệt độ sẽ dẫn đến gạch bị cháy không đồng đều. Mục tiêu chính của nghiên cứu thử nghiệm này là so sánh cường độ nén của gạch đất sét nung tại địa phương và gạch đất sét ổn định tại địa phương. Cụ thể, các tính chất chỉ số của đất được sử dụng để sản xuất gạch, cường độ nén của gạch đất sét nung tại địa phương và gạch đất sét ổn định đã được xác định và so sánh với các thông số kỹ thuật tiêu chuẩn. Nghiên cứu này, nó đã được sử dụng nội dung của chất ổn định cho xi măng và vôi lần lượt là 10%, 12% và 14%. Tỷ lệ trộn áp dụng 1:9, 1:7 và 1:6 theo thể tích đất sét với chất ổn định 10%, 12% và 14%. Dựa trên kết quả vào ngày thứ 28, thử nghiệm cường độ nén trung bình, gạch đất sét ổn định 10%, 12% và 14% xi măng có cường độ nén lần lượt là 2,91MPa; 3,28MPa và 3,79MPa, tốt hơn cường độ nén trung bình của gạch đất sét nung cục bộ là 2,73MPa. Mặt khác, ngày thứ 28 có nghĩa là cường độ nén của các viên gạch đất sét ổn định lần lượt là 2,19MPa; 2,51MPa và 2,69MPa.

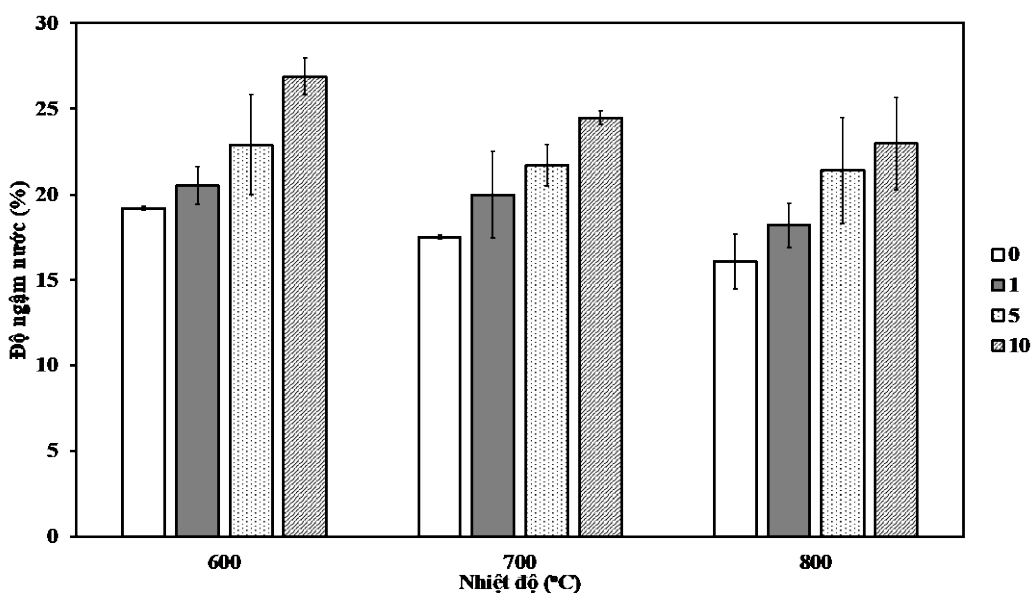
Kết quả cường độ nén trung bình của gạch đất sét nung là 2,73MPa và kết quả cường độ nén của CSCB với 10% xi măng là 2,01MPa; 2,47MPa và 2,91MPa tại ngày thứ 7, ngày thứ 14 và 28. Dựa trên những kết quả này, cường độ nén của các viên gạch đất sét nung ít hơn, kết quả cường độ nén của 10% xi măng ổn định gạch đất sét ngày thứ 28 là 0,18MPa. Có thể thấy rằng bằng cách ổn định đất sét với 10% xi măng có thể đạt được độ bền tốt hơn so với cường độ nén gạch đất sét nung tại địa phương. Điều này có nghĩa là, các nhà sản xuất gạch có thể sản xuất nhiều gạch hơn trong một khoảng thời gian ngắn hơn phương pháp sản xuất gạch truyền thống. Tương tự như vậy, cường độ nén với 12% CSCB có cường độ nén trung bình 2,53MPa; 2,77MPa và 3,28MPa ở ngày thứ 7, ngày thứ 14 và ngày thứ 28. Tương tự, kết quả cho thấy rằng tại ngày thứ 14 và ngày thứ 28 kết quả cường độ nén cao hơn các viên gạch đất sét nung tại địa phương. Nói cách khác, 12% CSCB ngày thứ 28 có cường độ nén lớn hơn các viên gạch đất sét nung khác với cường độ nén trung bình là 0,55MPa. Đối với 14% CSCB, có kết quả cường độ nén là 2,95MPa; 3,28MPa và 3,79 MPa, tất cả các viên gạch đất sét có độ nén cao hơn nhiều so với gạch đất sét nung tại địa phương, có cường độ nén trung bình là 2,73MPa.

Bùn đá là một loại bùn khác được nghiên cứu bởi (Rajgor & Pitroda, 2013) được sử dụng trong gạch đất sét. Thay đổi tỷ lệ đá bùn 10%, 20%, 30%, 40%, 50% và 60% kết hợp trong những viên gạch đất sét. (Hii et al., 2013), đã thảo luận về việc tái sử dụng bùn khử muối cho gạch. Bùn khử mặn đã được làm khô và nghiền thành bột mịn trước khi trộn với

đất sét với tỉ lệ trộn lần lượt là 0%, 10%, 20%, 30% và 40% tính theo trọng lượng. Trung bình cường độ nén đã giảm lần lượt từ 8MPa, 3MPa và 2MPa cho gạch bùn 0%, 10% và 20%.

3.2.2. Độ hút nước

Thông số độ hút nước, là một chỉ số về khả năng chống chịu với các điều kiện môi trường xung quanh là một thử nghiệm quan trọng đối với gạch nung. Độ hút nước là yếu tố chính ảnh hưởng đến độ bền của gạch. Độ hút nước là tỉ lệ khối lượng nước ngấm vào mẫu ngấm dưới nước trong một thời gian nhất định dưới áp suất thông thường và khối lượng mẫu sấy khô đến khối lượng không đổi ở nhiệt độ 105 ÷ 110 °C. Độ hút nước của gạch có liên quan đến các tính chất cơ lí của gạch, đặc biệt là cường độ. Độ hút nước của gạch càng lớn, thì cường độ gạch càng thấp khi ngấm nước, và hệ số mềm càng nhỏ. Như vậy độ hút nước cũng là một chỉ tiêu đánh giá phẩm chất của gạch. Độ hút nước có hai cái để thấy là tỉ lệ phối trộn bùn và nhiệt độ. Khi tỉ lệ phối trộn bùn càng tăng thì độ hút nước càng nhiều vì trong bùn giấy có chứa xenlulo là một polyme ưa nước.



Hình 7. Độ ngấm nước của gạch sét nung tại các nhiệt độ nung khác nhau

Nhìn vào Hình 7, có thể thấy độ hút nước phụ thuộc vào tỉ lệ phối trộn và nhiệt độ nung của gạch. Khi tỉ lệ phối trộn bùn càng tăng thì độ hút nước càng nhiều vì trong bùn giấy có chứa xenlulo là một polyme ưa nước. Độ hút nước liên quan đến độ bền gạch, nung ở nhiệt độ càng cao thì độ hồ càng giảm độ xốp dẫn đến giảm khả năng hút nước. Nhiệt độ nung tăng dần đến giảm tỉ lệ hấp thụ nước của mẫu gạch. Sự gia tăng tỉ lệ hấp thụ nước được cho là liên quan đến sự gia tăng độ rỗng biểu kiến trong kết cấu gạch nung.

4. Kết luận

Sau các kết quả nghiên cứu về gạch nung từ bùn thải, với các tỉ lệ phối trộn giữa đất sét và bùn khác nhau, có thể thấy được tính khả quan của việc phối trộn bùn và đất sét để sản xuất gạch thông qua các chỉ số đo được là khá phù hợp với TCVN 1451:1998 về chất lượng gạch nung, gạch phối trộn bùn được nghiên cứu và đánh giá theo các chỉ tiêu của Gạch

đặc 45 với kích thước lần lượt là 190; 90; 45 (mm) (Dài; Rộng; Cao). Các chỉ tiêu cho ra được là khá khả quan so với TCVN 1451:1998. Có thể áp dụng để thay thế gạch truyền thống, đáp ứng được vấn đề nan giải hiện nay là tái sử dụng năng lượng xanh giúp bảo vệ môi trường. Song một vấn đề mới được đặt ra, đó là chi phí vận chuyển. Chi phí vận chuyển là vấn đề khi chi phí sản xuất ra một viên gạch bùn có thể cao hơn so với chi phí sản xuất một viên gạch thông thường. Do đó nên việc đưa bùn thải cho việc tái sử dụng để phối trộn và sản xuất gạch nung từ bùn thải không khả quan cho việc thương mại. Do thời gian thực hiện nghiên cứu ngắn nên chưa thể thực hiện hết các thí nghiệm đánh giá về các tiêu chuẩn của gạch nung, quy trình thực hiện theo quy mô phòng thí nghiệm nên chưa có các thiết bị hiện đại để phục vụ trong quá trình thí nghiệm. Vì vậy, để có thể hoàn chỉnh nghiên cứu và đạt hết các TCVN 1451-1998 về gạch nung cần có thêm thời gian và cần có thêm một số TCVN về gạch nung sau:

- Khối lượng thể tích;
- Độ co ngót;
- Khuyết tật ngoại quan.

❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Adesanya, E., Ohenoja, K., Luukkonen, T., Kinnunen, P., & Illikainen, M. (2018). One-part geopolymer cement from slag and pretreated paper sludge. *Journal of Cleaner Production*, 185, 168-175. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.007>
- Adu, C., & Jolly, M. (2017). *Developing fiber and mineral based composite materials from paper manufacturing by-products*. Paper presented at the Sustainable Design and Manufacturing 2017: Selected papers on Sustainable Design and Manufacturing 4. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57078-5_41
- Bajpai, P., & Bajpai, P. (2015). Generation of waste in pulp and paper mills. *Management of pulp and paper mill waste* (pp. 9-17). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-11788-1>
- Baskar, R., Begum, K., & Sundaram, S. (2006). Characterization and reuse of textile effluent treatment plant waste sludge in clay bricks. *J Univ Chem Technol Metall*, 41(4), 473-478.
- Frías, M., Rodríguez, O., & De Rojas, M. S. (2015). Paper sludge, an environmentally sound alternative source of MK-based cementitious materials. A review. *Construction and Building Materials*, 74, 37-48. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.10.007>
- Goel, G., & Kalamdhad, A. S. (2017). An investigation on use of paper mill sludge in brick manufacturing. *Construction and Building Materials*, 148, 334-343. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.087>

- Herek, L. C., Hori, C. E., Reis, M. H. M., Mora, N. D., Tavares, C. R. G., & Bergamasco, R. (2012). Characterization of ceramic bricks incorporated with textile laundry sludge. *Ceramics International*, 38(2), 951-959. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2011.08.015>
- Hii, K., Mohajerani, A., Slatte, P., & Eshtiaghi, N. (2013). Reuse of desalination sludge for brick making. In *Chemeca 2013: Challenging Tomorrow* (pp. 485-490): Engineers Australia Barton, ACT. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.882497340280083>
- Jahagirdar, S., Shrihari, S., & Manu, B. (2013). Reuse of textile mill sludge in burnt clay bricks. *International Journal of Advanced Technology in Civil Engineering*, 2(1), 96-99.
- Lou, R., Wu, S., Lv, G., & Yang, Q. (2012). Energy and resource utilization of deinking sludge pyrolysis. *Applied Energy*, 90(1), 46-50. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.12.025>
- Martin, J., & Haggith, M. (2018). The State of the Global Paper Industry: Shifting Seas: New Challenges and Opportunities for Forests. *People and the Climate, Environmental Paper Network*.
- Monte, M. C., Fuente, E., Blanco, A., & Negro, C. (2009). Waste management from pulp and paper production in the European Union. *Waste management*, 29(1), 293-308. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.02.002>
- Nguyen, V. H. (2019). Đánh giá tình hình và hiệu quả sử dụng gạch xây đối với các công trình xây dựng trên địa bàn thành phố Trà Vinh [Assessing the situation and efficiency of using construction bricks for construction works in Tra Vinh city]. *Da Nang University of Science and Technology city*. <http://tainguyenso.dut.udn.vn/handle/DUT/1152>
- Pham, N. L. (2019). Khảo sát đánh giá và đề xuất giải pháp nâng cao chất lượng một số sản phẩm vật liệu xây dựng không nung sản xuất trên địa bàn huyện Mộ Đức và các vùng lân cận [Survey and evaluate and propose solutions to improve the quality of some unburnt construction materials produced in Mo Duc district and surrounding area]. *Da Nang University of Science and Technology city*. <http://tainguyenso.dut.udn.vn/handle/DUT/905>
- Rajgor, M., & Pitroda, J. (2013). Stone sludge: Economical solution for manufacturing of bricks. *International journal of innovative technology and exploring engineering*, 2(5), 16-20.
- Rajput, D., Bhagade, S., Raut, S., Ralegaonkar, R., & Mandavgane, S. A. (2012). Reuse of cotton and recycle paper mill waste as building material. *Construction and Building Materials*, 34, 470-475. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.02.035>
- Raut, S. P., Ralegaonkar, R. V., & Mandavgane, S. A. (2011). Development of sustainable construction material using industrial and agricultural solid waste: A review of waste-create bricks. *Construction and Building Materials*, 25(10), 4037-4042. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.04.038>
- Shakir, A. A., Naganathan, S., & Mustapha, K. N. B. (2013). Development of bricks from waste material: A review paper. *Australian Journal of basic and applied sciences*, 7(8), 812-818.
- Singh, S., Kulkarni, S., Kumar, V., & Vashistha, P. (2018). Sustainable utilization of deinking paper mill sludge for the manufacture of building bricks. *Journal of Cleaner Production*, 204, 321-333. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.028>
- Tong, T. K., Lanh, Pham, T. V. L., & Bui, D. D. (2020). Nghiên cứu sử dụng phế thải bùn vôi của nhà máy giấy để sản xuất gạch không nung [Research on using marlstone waste from paper factory to produce non-fired bricks]. *Construction Journal*, (12), 54-58.

- Tran, H. G. (2019). Nghiên cứu sử dụng nguồn đất Feralit trên địa bàn xã Hà Bầu, huyện Đak Đoa, tỉnh Gia Lai để sản xuất gạch xây không nung [Study on using feralite soil source in Ha Bau commune, Dak Doa district, Gia Lai province to produce unburnt bricks]. *Da Nang University of Science and Technology city*. <http://tainguyenso.dut.udn.vn/handle/DUT/2195>
- Vo, T. T. H., Huynh, D. A. T., Phan, N. T. V., Tran, Q. T. V., Nguyen, T. T. T., Le, N. P. T., Le, T. N. T., Huynh, Q., & Nguyen, D. Q. (2023). Chuyển hóa cellulose trong bùn giấy thành glucose bằng phương pháp thủy phân với acid phosphoric [Phosphoric Acid Hydrolysis for Cellulose-to-Glucose Conversion in Paper Waste Sludge]. *Environment Journal*, 9, 26-31.

**EFFECT OF MIXING RATIO OF PAPER-MACHINE SLUDGE
ON THE PREPARATION AND PROPERTIES OF CLAY BRICK**

*Tran Thu Trang, Nguyen Dang Khoa**

Van Lang University, Vietnam

**Corresponding author: Nguyen Dang Khoa – Email: khoa.nd@vlu.edu.vn*

Received: April 03, 2024; Revised: June 06., 2024; Accepted: June 26, 2024

ABSTRACT

Recycling and reusing industrial waste has gained significant attention in both national and international research. In line with this, the Vietnamese government has implemented policies to encourage recycling and reuse of industrial waste to reduce environmental impact and conserve natural resources. This study explores the production of clay bricks by incorporating paper-machine sludge at various mixing ratios. The results show the measured parameters generally meet the criteria of TCVN 1451:1998 for fired brick quality, as well as certain specifications for solid bricks 45. Therefore, the use of paper-machine sludge in the production of fired clay bricks presents a viable alternative to traditional brick manufacturing.

Keywords: clay brick; compressive strength; industrial waste; paper-machine sludge; water absorption