

Nghiên cứu đánh giá khả năng sử dụng xỉ nhôm chế tạo gạch cho các công trình văn hóa

Hoàng Vĩnh Long^{1*}, Trần Văn Bình¹, Nguyễn Thị Thanh Chúc¹, Đỗ Văn Hùng¹, Cao Đức Tâm¹

¹Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TỪ KHOẢ

Xi nhôm
Tạo hình bán khô
Gạch nung
Công trình văn hóa

TÓM TẮT

Hiện nay, nhôm được sản xuất theo hai phương pháp cơ bản: sản xuất trực tiếp từ bauxit và tái chế từ các phế liệu nhôm. Quá trình tái chế nhôm tạo ra xỉ nhôm gây ô nhiễm môi trường. Tuy nhiên chất thải này có hàm lượng oxit nhôm cao có thể trở thành loại nguyên vật liệu tiềm năng để sản xuất các loại vật liệu nung. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu sử dụng xỉ nhôm để chế tạo gạch định hướng phục vụ các công trình văn hóa. Trong nghiên cứu sử dụng xỉ nhôm với hàm lượng 40 ÷ 60%, và tạo hình mẫu gạch theo phương pháp bán khô. Kết quả cho thấy, các sản phẩm gạch có bề mặt khá đẹp, cường độ chịu nén cao khoảng 400kg/cm², và độ hút nước 10 ÷ 12% đạt yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 1451:1998. Kết quả nghiên cứu có thể góp phần vào việc giải quyết vấn đề môi trường tại các làng nghề tái chế nhôm ở Việt Nam.

KEYWORDS

Aluminium slag
Semi-dry shaping
Fired brick
Cultural Constructions

ABSTRACT

Currently, aluminum is produced by two basic methods, included: directly production from bauxite and recycling from aluminum scrap. The aluminum recycling process arises aluminum slag, which pollutes the environment. However, this waste has high aluminum oxide content and can become a potential raw material for the production of fired materials. This article presents the results of research on using aluminum slag to produce bricks oriented for cultural works. In the study, aluminum slag with a content of 40 to 60% was used, and brick samples were formed by the semi-dry method. The results show that the brick products have quite beautiful surfaces, high compressive strength of about 400kg/cm², and water absorption of 10 to 12%, meeting technical requirements according to TCVN 1451:1998. This study could contribute to solving environmental problems in aluminum recycling craft villages in Vietnam.

1. Giới thiệu

Xi nhôm là chất thải của quá trình tái chế nhôm thứ cấp. Xi nhôm được hình thành trong quá trình nhôm vụn/ nóng chảy thô và tới 40 % nhôm oxit, các muối natri clorua, kali clorua, 5÷7 % nhôm kim loại và các tạp chất (cacbua, nitrua, sunfua và photphua). Quy trình tái chế nhôm phế liệu gồm sáu bước cơ bản như sau: (1) nhôm phế liệu sẽ được nhập về từ những cơ sở thu mua phế liệu và chờ về nhà máy tái chế phế liệu; (2) tất cả các loại nhôm phế liệu đã được thu gom sẽ được phân loại theo từng nhóm và sẽ được cắt thành nhiều mảnh nhỏ cùng kích thước để có thể giảm bớt thể tích và dễ dàng hơn cho việc phân loại tái chế; (3) Làm sạch những mảnh nhôm phế liệu bằng phương pháp hóa học hoặc cơ học tùy theo nhóm nhôm phế liệu đã được phân loại; (4) Nhôm được cho vào lò nung với nhiệt độ lên đến hơn 750°C để tạo ra nhôm nóng chảy; (5) Nhôm nóng chảy được loại bỏ đi những cặn bã và tạp chất còn lại; (6) và cuối cùng là đổ nhôm vào khuôn để tạo ra sản phẩm mới theo yêu cầu và nhu cầu sử dụng. Cứ 1 tấn phế liệu tái chế, người ta có thể thu được từ 700÷850kg nhôm, còn lại 150÷300 kg là xỉ nhôm thải loại.

Ước tính năm 2020, trên thế giới lượng nhôm sử dụng là 97 triệu tấn trong đó có 31 triệu tấn từ tái chế nhôm. Brazil là nước có tỷ lệ tái chế lớn nhất là 98,2 % sản lượng nhôm lon của nó, tương đương với hơn 14,7 tỷ lon nước giải khát mỗi năm, xếp hạng đầu tiên trên thế giới về tỷ lệ nhôm tái chế. Nhật Bản có tỷ lệ thu hồi đạt 82,5 % xếp thứ hai về tỷ lệ nhôm tái chế [1, 2].

Hiện nay, vẫn chưa có con số thống kê chính thức về lượng nhôm được tái chế tại Việt Nam. Tuy nhiên, theo một số thống kê sơ bộ thì ở các làng nghề có đến 95,2 % lượng phế thải kim loại đã được tái chế, mang lại khoảng 700.000 tấn sản phẩm mỗi năm. Việc tái chế nhôm hiện nay chủ yếu thực hiện tại các làng nghề, cơ sở sản xuất vừa và nhỏ gây ô nhiễm môi trường rất nhức nhối. Làng nghề Mẫn Xá- xã Văn Môn, Yên Phong, Bắc Ninh- là một trong những làng nghề tái chế chế nhôm có tiếng. Với hơn 300 hộ làm nghề cô đúc nhôm, mỗi ngày, các hộ ở đây có thể tái chế từ 500kg đến 2.000 kg phế liệu. Lượng xỉ thải nhôm bị đổ bừa bãi tạo thành núi rác thải với trữ lượng khoảng 370 nghìn tấn đã tồn tại gần 30 năm qua gây ô nhiễm môi trường trầm trọng [3, 4].

Xi nhôm có thành phần như: oxit nhôm, nhôm kim loại, các loại muối và một số tạp chất khác. Một số nghiên cứu tại Việt Nam cho

*Liên hệ tác giả: longhv@huce.edu.vn

Nhận ngày 29/06/2023, sửa xong ngày 17/05/2024, chấp nhận đăng ngày 20/05/2024

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.03.2024.574>

thấy, hàm lượng Al_2O_3 có thể lên tới 40 %. Đây có thể trở thành nguồn nguyên liệu tốt cho các lĩnh vực sản xuất vật liệu xây dựng... nhưng chưa có nhiều nghiên cứu về đối tượng này ở Việt Nam [5]. Với hàm lượng Al_2O_3 cao, xi nhôm có thể sử dụng phối hợp với các vật liệu khác để chế tạo được vật liệu gốm xây dựng có cường độ cao, bền nhiệt, chống chịu mài mòn tốt, ...[6]. Bài báo này đưa ra những kết quả nghiên cứu bước đầu đánh giá khả năng sử dụng xi nhôm chế tạo gạch sử dụng cho các công trình văn hóa.

2. Nguyên vật liệu sử dụng

2.1. Đất sét Thiện Chí (ĐS)

Trong nghiên cứu, sử dụng đất sét được lấy từ Công ty TNHH gốm Thiện Chí - Trường Sơn, An Lão, Hải Phòng. Đất sét mang về phòng thí nghiệm được sấy trong tủ sấy, rồi được gia công cơ học để các cỡ hạt lọt sàng 1mm. Hình ảnh của đất sét Thiện Chí sau khi gia công được thể hiện ở Hình 1, tính chất cơ lý được nêu trong Bảng 2 và thành phần hóa học được nêu trong Bảng 3.



Hình 1. Đất sét Thiện Chí sau khi gia công.

Bảng 1. Tính chất cơ lý của đất sét Thiện Chí.

Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thử
Màu sắc		Hồng nhạt	Quan sát
Độ ẩm tự nhiên	%	12,36	TCVN 4196: 2012
Khối lượng thể tích tự nhiên	g/cm ³	1,14	TCVN 4202: 2012
Khối lượng thể tích bột khô	g/cm ³	1,11	TCVN 4202: 2012
Khối lượng riêng	g/cm ³	2,66	TCVN 4915: 2012
Độ ẩm lẫn vữa Wlv	%	22,34	TCVN 4345: 1986

Bảng 3. Thành phần hóa của đất sét Thiện Chí và xi nhôm.

Ký hiệu	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	SO ₃	TiO ₂	MKN
ĐS	78,04	11,47	0,91	0,55	1,01	0,13	3,03	0	0,31	3,61
XN	6,55	73,61	0,97	4,16	0,28	1,83	1,89	0,43	0,05	9,37

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Quy trình chế tạo mẫu thí nghiệm

Quy trình chế tạo mẫu thí nghiệm gồm 4 bước chính:

- Bước 1. Chuẩn bị phối liệu: nguyên liệu được sấy, đập, nghiền và sàng đảm bảo cỡ hạt. Sau đó, phối liệu đất sét và xi nhôm được

2.2. Xi nhôm (XN)

Đề tài sử dụng xi nhôm được lấy từ làng Mãn Xá, xã Văn Môn, huyện Yên Phong tỉnh Bắc Ninh. Xi nhôm đem về được sấy trong tủ sấy và gia công cơ học để hạt lọt quá sàng 1,25 mm. Hình ảnh của xi nhôm sau khi gia công được thể hiện ở Hình 2, tính chất cơ lý được nêu trong Bảng 2 và thành phần hóa học được nêu trong Bảng 3.

Từ kết quả xác định thành phần hóa, có thể thấy hàm lượng oxit Al_2O_3 trong xi nhôm rất cao 73,61 %. Đây là chỉ số quan trọng cho thấy khả năng sử dụng xi nhôm chế tạo các loại vật liệu nung nói chung và gạch nói riêng. Nhưng hàm lượng oxit Al_2O_3 cũng sẽ làm cho nhiệt độ nung tăng lên.



Hình 2. Xi nhôm sau khi gia công.

Bảng 2. Tính chất cơ lý của xi nhôm.

Các chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thử
Độ ẩm tự nhiên	%	4,67	TCVN 7572-7: 2006
Màu sắc		Xám	Quan sát
Khối lượng riêng	g/cm ³	2,39	TCVN 7572-5: 2007
Khối lượng thể tích bột khô	g/cm ³	0,868	TCVN 7572-6: 2007

trộn với tỷ lệ nhất định, trộn ẩm theo độ ẩm tạo hình, rồi đem đi ủ trong túi nilông kín trong 2 ngày.

- Bước 2. Tạo hình mẫu: Sau khi ủ, phối liệu được đánh tơi. Phối liệu được rải vào khuôn có kích thước chiều rộng x chiều dài x chiều cao = 50x50x150 mm, rồi đưa đi máy ép, ép phối liệu để tạo hình được mẫu có kích thước 50x50x50 mm.

- Bước 3: Sấy khô mẫu: Các mẫu sau tạo hình có thể đưa đi sấy khô bằng tủ sấy ở 100 ÷ 105 °C đến khối lượng không đổi.

- Bước 4: Nung mẫu: Mẫu sau khi sấy được nung trong lò điện, chọn nhiệt độ nung lớn nhất là 1150 °C, thời gian hằng nhiệt là 3,15 h.

3.2. Xác định cấp phối chế tạo gạch

Trong nghiên cứu này, để đánh giá khả năng sử dụng xỉ nhôm chế tạo gạch, đã sử dụng thành phần phối liệu với tỷ lệ ĐS/XN là 40/60, 50/50, 60/40 tương ứng với ký hiệu cấp phối là CP1, CP2 và CP3 như Bảng 4. Thành phần hóa của phối liệu sau khi nung được tính toán được nêu trong Bảng 5.

Bảng 4. Các cấp phối nghiên cứu.

Cấp phối thí nghiệm	CP1	CP2	CP3
Tỷ lệ ĐS/XN	40/60	50/50	60/40

Bảng 5. Thành phần hóa của các cấp phối (%).

Oxit	Cấp phối		
	CP1	CP2	CP3
SiO ₂	38,20	45,69	53,08
Al ₂ O ₃	52,96	45,92	38,97
CaO	1,03	1,01	1,00
MgO	2,95	2,54	2,14
K ₂ O	0,62	0,70	0,77
Na ₂ O	1,25	1,06	0,87
Fe ₂ O ₃	2,55	2,66	2,76
SO ₃	0,28	0,23	0,18
TiO ₂	0,17	0,19	0,22

3.3. Xác định tính chất của phối liệu

Phối liệu được khảo sát để tìm độ ẩm tạo hình theo phương pháp bán khô hợp lý. Sau khi trộn và ủ, phối liệu được quan sát ngoại quan và xác định khối lượng tích xốp theo TCVN 7572-6: 2007.

3.4. Xác định tính chất của mẫu gạch mộc

Mẫu gạch mộc sau khi tạo hình và sau khi sấy được xác định khối lượng thể tích (KLTT) bằng cách toán từ số liệu cân khối lượng và đo kích thước 3 cạnh của mẫu. KLTT được tính là giá trị trung bình KLTT của 3 mẫu.

Độ co thể tích là giá trị trung bình độ co thể tích của 3 mẫu, được xác định theo công thức:

$$C_s = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \times 100\%$$

Trong đó: V1- thể tích mẫu trước khi sấy

V2- thể tích mẫu sau khi sấy

3.5. Xác định tính chất của mẫu gạch sau khi nung

Các mẫu sau khi nung được lấy ra khỏi lò nung. Sau đó, tiến hành đánh giá đặc điểm, tính chất về ngoại quan và các tính chất cơ lý của mẫu. Mẫu gạch được xác định KLTT theo TCVN 6355-5:2009; xác định độ hút nước theo TCVN 6355-4:2009; và cường độ nén theo TCVN 4345: 1986.

4. Kết quả nghiên cứu và bàn luận

4.1. Tính chất của phối liệu

Trong phương pháp tạo hình bán khô, yêu cầu phối liệu cần có tính dính kết tạo khối khi nắm chặt, và dễ bờ tơi khi đập nhẹ. Qua kết quả thực nghiệm, ta thấy khi phối liệu có độ ẩm thích hợp trong nghiên cứu này từ 9 ÷ 11 %.

Bảng 6. Đặc điểm các phối liệu tương ứng với các độ ẩm khác nhau.

Phối liệu	Đặc điểm	Độ ẩm, %	
		W = 9 %	W = 11 %
CP1	Màu sắc	Màu nâu xám	Màu nâu sậm
	Trạng thái	Rời tơi, vón cục rất ít, không dính kết	Rời, có vón cục nhưng không đều
CP2	Màu sắc	Màu nâu nhạt	Màu nâu xám
	Trạng thái	Rời tơi, vón cục ít, không dính kết	Rời, có vón cục nhưng không đều
CP3	Màu sắc	Màu nâu xám	Màu nâu đậm
	Trạng thái	Rời tơi, vón cục ít, không dính kết	Rời, có vón cục nhưng không đều

KLTT của các phối liệu ở các độ ẩm tạo hình khác nhau được nêu trong Bảng 7. KLTT phối liệu giữa các cấp phối và độ ẩm khác nhau đạt khoảng 857 ÷ 980 kg/cm³. Ở cùng một tỉ lệ ĐS/XN, khi độ ẩm phối liệu tăng từ 9 % đến 11 % thì KLTT của phối liệu có xu hướng tăng, do nước chui vào lỗ rỗng và làm tăng KLTT của hạt.

Bảng 7. Khối lượng thể tích của các phối liệu.

Cấp phối	Khối lượng thể tích của phối liệu, kg/m ³	
	W = 9 %	W = 11 %
CP1	857	880
CP2	951	971
CP3	964	980

4.2. Tính chất của mẫu gạch mộc

Mẫu gạch mộc sau khi tạo hình có hình dáng vuông vắn, bề mặt nhẵn phẳng, có màu xám đen (xem Hình 3).

Các tính chất cơ lý của mẫu gạch mộc được thể hiện ở Bảng 8 và Hình 4. Độ co thể tích của các mẫu gạch mộc khá nhỏ 0,67 % ÷ 3,5 %, có thể do vai trò là phụ gia gây của xỉ nhôm. Kết quả cho thấy,

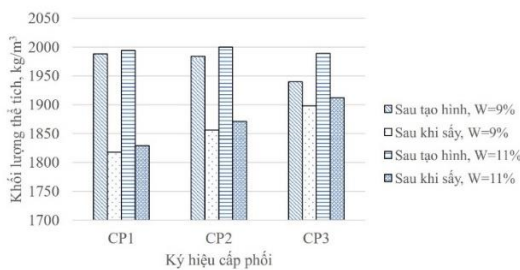
các mẫu gạch có độ ẩm tạo hình 11 % có KLTT lớn hơn so với mẫu gạch có độ ẩm tạo hình là 9 %. Sự khác nhau này tương ứng với kết quả xác định KLTT phối liệu ở phần trên, đồng thời cũng cho thấy độ ẩm tạo hình hợp lý hơn là 11 %. Một điểm đáng lưu ý là khi hàm lượng đất sét tăng lên thì sự giảm KLTT do quá trình sấy của các mẫu có xu hướng giảm xuống, cụ thể: tính trung bình độ giảm KLTT ở hai độ ẩm tạo hình với các mẫu có tỷ lệ ĐS/XN = 40/60; 50/50; 60/40 lần lượt là 8,4 %; 6,5 % và 3,0 %. Điều này có thể được giải thích do xi nhôm có độ rỗng nên khi hàm lượng xi nhôm càng nhỏ thì lượng hút nước giảm dẫn đến lượng nước bay hơi khi sấy giảm và làm cho sự suy giảm KLTT trong quá trình sấy giảm xuống khi hàm lượng xi nhôm tăng lên, tương ứng hàm lượng đất sét giảm xuống.



Hình 3. Mẫu gạch mộc.

Bảng 8. Các tính chất cơ lý của mẫu gạch mộc ở các độ ẩm tạo hình

Ký hiệu	9 %			11 %		
	Khối lượng thể tích, kg/m ³		Độ co thể tích, %	Khối lượng thể tích, kg/m ³		Độ co thể tích, %
	Sau khi tạo hình	Sau khi sấy		Sau khi tạo hình	Sau khi sấy	
CP1	1988	1818	0,67	1994	1829	3,22
CP2	1984	1856	3,50	2000	1871	1,30
CP3	1940	1898	2,21	1989	1912	1,20



Hình 4. Biểu đồ khối lượng thể tích của mẫu gạch mộc.

4.3. Tính chất của gạch sau khi nung

Ta thấy, các mẫu gạch có sử dụng xi nhôm sau khi nung trong lò điện có màu ghi ánh vàng ngả sang màu nâu, có điểm hạt màu gỉ sắt, bề mặt phẳng nhưng hơi sần sùi, hình dáng vuông vắn (xem Hình 4).



Hình 4. Mẫu sau khi nung.

Các tính chất cơ lý của mẫu gạch sau khi nung được thể hiện trong Bảng 9. KLTT của các mẫu gạch sau nung tăng theo hàm lượng đất sét sử dụng, đồng thời KLTT của các mẫu gạch đều nhỏ hơn 1800 kg/m³. Điều này khẳng định thêm tính rỗng xốp của xi nhôm. Độ hút nước của các mẫu gạch chênh lệch nhau không nhiều khoảng 10 ÷ 12 %. Đặc biệt cường độ nén của các mẫu thí nghiệm đều rất cao 361 ÷ 485 kG/cm². Giá trị độ hút nước và cường độ nén của các mẫu gạch sau nung đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật đối với gạch đặc theo TCVN 1451:1998.

Các mẫu gạch có cường độ nén cao, không có hiện tượng bị cong vênh khi nung. Như vậy có thể thấy vai trò của xi nhôm như là một phụ gia gây, đồng thời với hàm lượng oxit nhôm cao góp phần nâng cao cường độ của các mẫu gạch.

Sau khi có kết quả nghiên cứu trong phòng thí nghiệm, nhóm đề tài lựa chọn CP3 ở độ ẩm 11 % để chế tạo thử nghiệm sản phẩm gạch có hình hoa văn nổi trên bề mặt tại Công ty TNHH gốm Thiện Chí. Rút kinh nghiệm từ kết quả thí nghiệm trong phòng, hạt xi nhôm được đập nghiền, sàng với cỡ hạt nhỏ hơn 1mm để tạo độ sắc nét cho hoa văn, đồng thời tạo bề mặt sản phẩm nhẵn.

Quá trình chế tạo thử nghiệm cho thấy phối liệu có khả năng tạo hình tốt, hoa văn sắc nét. Các mẫu được đặt ở vị trí khác nhau của xe goòng khi sấy và nung trong lò tuynel. Sau khi nung, mẫu sản phẩm có màu sắc khá đẹp, tuy nhiên không thật đồng nhất (xem Hình 6). Điều này có thể do ảnh hưởng của môi trường nung, cần phải được nghiên cứu thêm để có thể điều khiển được màu sắc của sản phẩm.

Bảng 9. Các tính chất lý của mẫu gạch sau khi nung ở các độ ẩm tạo hình.

Ký hiệu	W = 9 %			W = 11 %		
	Khối lượng thể tích, kg/m ³	Độ hút nước, %	Cường độ nén, kG/cm ²	Khối lượng thể tích, kg/m ³	Độ hút nước, %	Cường độ nén, kG/cm ²
CP1	1617	11,58	361	1651	12,01	397
CP2	1704	10,73	422	1665	11,23	405
CP3	1739	10,13	485	1681	10,58	476



Hình 6. Mẫu sản phẩm gạch chế tạo thử nghiệm.

5. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu đạt được có thể rút ra một số kết luận như sau:

- Xi nhôm từ làng Mẫn Xá, xã Văn Môn, huyện Yên Phong tỉnh Bắc Ninh có hàm lượng oxit Al₂O₃ rất cao gần 70 %. Loại chất thải này có thể sử dụng là nguyên liệu để nghiên cứu chế tạo nhiều loại vật liệu xây dựng.
- Với hàm lượng xi nhôm sử dụng 40 ÷ 60 %, các mẫu gạch có cường độ nén cao 361 ÷ 485 kG/cm² và độ hút nước 10 ÷ 12 % đáp ứng yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 1451:1998.
- Các mẫu sản phẩm chế tạo thử nghiệm có màu sắc khá đẹp, hoa văn sắc nét, bề mặt nhẵn phù hợp để chế tạo gạch cho các công trình văn hóa. Tuy nhiên cần tiếp tục nghiên cứu để có thể kiểm soát được màu sắc sản phẩm.

Tài liệu tham khảo

- [1]. E. M. M. Ewais, N. M. Khalil, M. S. Amin, Y. M. Z. Ahmed, and M. A. Barakat, "Utilization of aluminum sludge and aluminum slag (dross) for the manufacture of calcium aluminate cement," *Ceramics International*, vol. 35, pp. 3381-3388, 2009.
- [2]. P. E. Tsakiridis, "Aluminium salt slag characterization and utilization – A review," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 217-218, pp. 1-10, 2012.

- [3]. Thái Sơn, Hiếu Phan, "Ô nhiễm môi trường tại làng nghề Mẫn Xá", Báo Nhân dân <https://nhandan.vn/o-nhiem-moi-truong-tai-lang-nghe-man-xa-post693898.html>
- [4]. Minh Châu, "Kỳ 5 Ô nhiễm tại làng nghề Mẫn Xá, Bắc Ninh: Nỗi lòng người dân và "bí ẩn" và rùi ro," Báo Tri thức và cuộc sống, <https://vietcleanair.vn/ky-5-o-nhiem-tai-lang-nghe-man-xa-bac-ninh-noi-long-nguoi-dan-va-bi-an-nui-tro-xi/>
- [5]. Phan Thị Thanh Hà, Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu công nghệ xử lý bã thải xi nhôm thu hồi phèn nhôm của quá trình tái chế nhôm phế liệu, 2009.
- [6]. Vũ Minh Đức, Công nghệ gốm xây dựng, Hà Nội, NXB Xây dựng, 1999.
- [7]. TCVN 4196:2012, Đất xây dựng - Phương pháp xác định độ ẩm và độ hút ẩm trong phòng thí nghiệm.
- [8]. TCVN 4202:2012, Đất xây dựng - Phương pháp xác định khối lượng thể tích trong phòng thí nghiệm.
- [9]. TCVN 4195:2012, Đất xây dựng - Phương pháp xác định khối lượng riêng trong phòng thí nghiệm.
- [10]. TCVN 4345:1986, Đất sét để sản xuất gạch, ngói nung - phương pháp thử cơ lý.
- [11]. TCVN 7572:2006, Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử.
- [12]. TCVN 6355:2009, Gạch xây - Phương pháp thử.