TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

Hà Nội, 12 - 11 - 2020

ERSD 2020



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

EARTH SCIENCES AND
NATURAL RESOURCES FOR
SUSTAINABLE DEVELOPMENT

TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC
KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

TIỂU BAN
VẬT LIỆU VÀ KẾT CẤU

Nghiên cứu khả năng sử dụng gạch không nung trong xây dựng ở vùng Tây Bắc Việt Nam

Tăng Văn Lâm[1,*], Nguyễn Sỹ Đức[1], Dương Hải Anh[1], Vũ Kim Diến[2], Bazhenova Sofia Ildarovna[2], Nguyễn Tài Năng Lượng[3], Nguyễn Đức Du[4]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Đại học Xây dựng Quốc gia Mát-cơ-va, Liên Bang Nga*
[3]*Đại học Phòng cháy chữa cháy*
[4]*Công ty TNHH tư vấn thiết kế xây dựng KXC. Số 13, Đường Yết Kiêu, Ngô Quyền, TP. Bắc Giang*

TÓM TẮT

Những năm gần đây, vật liệu thân thiện với môi trường với chi phí hợp lý, đặc biệt là vật liệu không nung đã phát triển mạnh mẽ và mang lại nhiều hiệu quả kinh tế - xã hội to lớn. Hiện nay, các loại vật liệu không nung đang được khuyến khích sử dụng rộng rãi trong hầu hết các công trình xây dựng. Công nghệ vật liệu không nung là công nghệ sạch, không phát thải các loại khói bụi, khí độc hại gây ô nhiễm môi trường trong quá trình sản xuất như các loại vật liệu nung truyền thống. Ngoài ra, vật liệu không nung còn tận dụng và tái sử dụng các loại phế liệu rắn công nghiệp để làm nguyên vật liệu sử dụng trong quá trình sản xuất để giảm giá thành sản phẩm. Bài báo này trình bày một số đặc điểm và lợi thế của các loại gạch đất sét không nung trong xây dựng các công trình tại khu vực vùng núi phía Bắc của Việt Nam, cũng như trình bày các giải pháp công nghệ chế tạo chúng. Từ đó đã đề xuất các giải pháp công nghệ chế tạo vật liệu này tại công trường xây dựng nhằm mục đích tận dụng các nguồn nguyên liệu sẵn có tại chỗ dẫn đến giảm giá thành sản phẩm.

Từ khóa: Vật liệu không nung; gạch đất sét không nung; ô nhiễm môi trường; chất thải công nghiệp; xây dựng bền vững.

1. Đặt vấn đề

Những năm gần đây, vật liệu thân thiện với môi trường, đặc biệt là vật liệu không nung đã phát triển mạnh mẽ. Chính phủ đã ban hành quyết định số 567/QĐ-TTg 28/4/2010 về việc phê duyệt Chương trình phát triển vật liệu xây không nung đến năm 2020. Hiện nay, việc sử dụng các loại vật liệu không nung được khuyến khích sử dụng rộng rãi trong hầu hết các công trình xây dựng (Bộ xây dựng, 2013). Công nghệ vật liệu không nung là công nghệ sạch, không phát thải các loại khí độc hại gây ô nhiễm môi trường trong quá trình sản xuất như vật liệu truyền thống (Duong và nnk, 2014; Trần Hoàng Quang, 2019). Vật liệu không nung tận dụng nguồn phế liệu trong công nghiệp để sản xuất, là sự đóng góp lớn đối với việc phát triển đô thị bền vững trong lĩnh vực xây dựng công trình (Lê Văn Quang, 2019; Akbarnezhad, Xiao, 2017).

Khu vực vùng núi phía Bắc Việt Nam có vị trí địa lý đặc biệt, diện tích rộng lớn, mật độ dân cư vừa phải và có nhiều dân tộc ít người sinh sống. Khí hậu của vùng mang đặc điểm nhiệt đới ẩm gió mùa, có mùa đông lạnh nhưng lại chịu ảnh hưởng sâu sắc của địa hình vùng núi nên mùa đông lạnh nhất Việt Nam.



Hình 1. Xây dựng công trình tại khu vực xã Pa Ủ, huyện Mường Tè, tỉnh Lai Châu.

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: lamvantang@gmail.com

Hạ tầng của khu vực vùng núi phía Bắc còn nhiều hạn chế, đường xá khó đi và bị chia cắt bởi nhiều đồi núi, sông ngòi. Dân cư sống không tập trung và đa phần là các dân tộc ít người nên hạn chế về kỹ thuật xây dựng. Do đó, việc sử dụng nguồn nguyên liệu có sẵn tại chỗ để sản xuất vật liệu xây dựng có chất lượng cao, giá thành rẻ và chế tạo đơn giản là một trong những ưu thế to lớn dành cho xây dựng trong những địa bàn vùng núi đi lại khó khăn, hiểm trở (Dự án xây dựng, 2013).

Việc sử dụng các loại vật liệu xây dựng truyền thống như tre nứa, tuy giá thành rẻ, nhưng qua thời gian sử dụng đã bộ lộ nhiều nhược điểm, không phù hợp kết cấu bao che xung quanh và tuổi thọ công trình thấp (Dhonde B.N. và nnk, 2017; Kiều Quý Nam, 2006). Do vậy, việc nghiên cứu loại vật liệu xây dựng thay thế các loại vật liệu xây dựng truyền thống, có các tính năng tốt, tiện lợi và có giá thành hợp lý sẽ đem lại lợi ích cho người sử dụng và đáp ứng nhu cầu phát triển của xã hội. Giải pháp sử dụng các loại vật liệu gạch đất sét không nung, có thành phần chính là đất sét tại chỗ và xi măng Portland, là giải phải xây dựng mang lại nhiều hiệu quả kinh tế, kỹ thuật và thực tiễn (Vũ Minh Đức, 1999; Kiều Quý Nam, Nguyễn Ánh Dương, 2010).

Từ thực tiễn sử dụng, khi so sánh một số phương pháp xây dựng công trình Trường học cho trẻ em vùng núi tại khu vực Pa Ủ, Mường Tè - Lai Châu, đã cho thấy được một số nhận xét cơ bản nêu trong Bảng 1.

Bảng 1. So sánh các phương pháp xây dựng nhà một tầng

Phương pháp xây dựng	Vật liệu chính	Đặc điểm
Vật liệu tre nứa truyền thống 	+ Nhà gỗ xẻ, lắp ráp. + Nhà phên tre. + Nhà đất với phương pháp làm thấp. + Mái lá, mái tôn hoặc mái bằng tấm lợp fibro xi măng.	- Các nhà trên hầu hết đều bị gió lùa, dễ tốc mái, và cách nhiệt kém. - Với nhà đất có mái lá thì phương pháp thủ công, chất lượng kém, nhanh hư hỏng. - Chi phí xây dựng: rẻ.
Bao tải đất 	+ Nhà bao tải đất (Earth bag). + Cột gỗ. + Mái tôn.	- Nhồi đất vào bao tải, mỗi bao như là một viên gạc rất lớn. - Rất dễ làm, thi công nhanh nhưng năng nề thi công khó khăn. - Tường dầy, có thể gác thẳng vì kèo hay hoặc xà gồ chịu lực. - Khó tạo hình kết cấu bao che. - Chi phí xây dựng: rẻ.
Gạch đất sét nung 	+ Nhà gạch đất sét nung. + Cột bê tông (hoặc cột gạch). + Mái tôn hoặc mái bằng tấm lợp fibro xi măng.	Tất cả các vật liệu phải mua tại Mường Tè và vận chuyển tới Pa Ủ. - Chi phí cho vật liệu và vận chuyển lớn. - Khả năng tự xây dựng thấp (phải thuê thợ xây dựng). - Dễ tạo hình kết cấu bao che, kết cấu chắc chắn. - Chi phí xây dựng: Đắt hơn.
Gạch đất sét không nung 	+ Gạch đất sét không nung. + Cột bê tông. + Mái tôn.	- Vật liệu sản xuất tại chỗ, không phải vận chuyển. - Gạch không nung, không tốn nhiên liệu và không ô nhiễm môi trường. - Máy ép gạch nhỏ gọn, chắc chắn có thể sử dụng lâu dài. - Dễ làm. - Dễ tạo hình kết cấu bao che, kết cấu chắc chắn. - Chi phí xây dựng: rẻ

Trong những năm gần đây, trên thế giới đã ứng dụng nhiều vật liệu không nung vào trong xây dựng các công trình thân thiện với môi trường. Theo (Andabati, 2009; Lewis, 2009) cho rằng ngành công nghiệp Xây dựng và quá trình xây dựng được coi là một nhân tố then chốt trong phát triển bền vững, có khả năng tác động đáng kể xã hội và môi trường sống (Shelter Initiative for Climate Change Mitigation). Giống như ở Uganda (Lewis, 2009), kỹ thuật xây dựng truyền thống thường tiêu tốn rất nhiều gỗ và quá trình tái thiết có nguy cơ lớn làm sự suy thoái môi trường sống. Một khía cạnh quan trọng của xây dựng bền vững là việc sử dụng các công nghệ thích hợp để giúp bảo vệ môi trường, giá cả hợp lý và tạo ra các cơ hội tái sử dụng các loại phế thải, phế liệu hiện có của các ngành công nghiệp, giảm ô nhiễm môi trường.

Do đó, đối với nhiều dự án xây dựng tại các khu vực vùng núi, có địa hình khó khăn, mục tiêu đặt ra là sử dụng biện pháp xây dựng phù hợp với một số tiêu chí với các tiêu chí như sau (Dự án xây dựng, 2013):

1. Rẻ, nhiều người có thể tham gia xây dựng, thi công nhanh gọn.

2. Vật liệu tại chỗ, không tốn nhiều công sức hay chi phí cho vận chuyển.

3. Dễ làm, người dân địa phương sẽ dễ dàng tiếp cận và sử dụng được phương pháp xây dựng.

Áp dụng gạch đất sét không nung thay cho gạch nung thông thường để xây dựng trường tiểu học số 1 và số 2 Pa Ủ, tại địa điểm xã Pa Ủ, huyện Mường Tè, tỉnh Lai Châu, trên cơ sở một số lý do sau:

(i)- Nhà nội trú nằm trong khuôn viên khu đất trường học, có diện tích hạn chế, gần khu vực đất sét đỏ, tơi xốp và có độ ẩm nhỏ.

(ii)- Với phương án gạch đất sét kết hợp với trang trí, các mảng tường sẽ được trang trí linh hoạt hơn, phù hợp với không gian cho trẻ em.

(iii)- Khi sử dụng gạch đất và vữa đất sẽ có rất nhiều cách trang trí sinh động.

Từ dự án trên đã thấy rõ được nhiều ưu điểm nổi bật của loại vật liệu không nung kết hợp từ đất sét đỏ và xi măng Portland theo phương pháp bán khô, đặc biệt là sản xuất ngay tại công trường xây dựng.

Cùng với đó, theo Thông tư số: 09/2012/TT-BXD ngày 28 tháng 11 năm 2012 quy định về việc "*Sử dụng vật liệu xây không nung*" (Bộ Xây dựng, 2013) đã nêu rõ:

1. Các công trình xây dựng được đầu tư bằng nguồn vốn Nhà nước theo quy định hiện hành bắt buộc phải sử dụng vật liệu xây không nung theo lộ trình:

+ Tại các đô thị loại 3 trở lên trong cả nước phải sử dụng 100% vật liệu xây không nung kể từ ngày 15 tháng 01 năm 2013.

+ Tại các khu vực còn lại phải sử dụng tối thiểu 50% vật liệu xây không nung kể từ ngày 15 tháng 01 năm 2013 đến hết năm 2015, sau năm 2015 phải sử dụng 100%.

2. Các công trình xây dựng từ 9 tầng trở lên không phân biệt nguồn vốn, từ nay đến năm 2015 phải sử dụng tối thiểu 30% và sau năm 2015 phải sử dụng tối thiểu 50% vật liệu xây không nung loại nhẹ trong tổng số vật liệu xây (tính theo thể tích khối xây).

Qua một số tóm lược trên có thể thấy rằng việc sử dụng các loại gạch đất sét không nung từ nguồn đất sét đỏ sẵn có tại các địa phương kết hợp với xi măng để sản xuất vật liệu không nung là rất quan trọng và có ý nghĩa thực tiễn lớn, đặc biệt là giảm phát thải các loại khói bụi và khí độc gây ô nhiễm môi trường, phù hợp với chủ trương của các Bộ ngành liên quan.

2. Đặc điểm khi sử dụng gạch đất sét không nung

Theo các nghiên cứu (Bùi Văn Chén và Đào Tiến Đạt, 1985; Vũ Minh Đức, 2010) khi sử dụng gạch đất sét không nung trong các công trình xây dựng có đặc điểm chính như sau:

+ Trên 80% là nguyên liệu đất sét tại chỗ nên không phải vận chuyển vật liệu từ nơi khác đến,

+ Gạch không cần nung luyện, không tốn nhiên liệu đốt, không phát thải khí độc hại nên không ô nhiễm môi trường sống.

+ Máy nén - ép gạch nhỏ gọn, dễ chế tạo và có thể sản xuất thủ công ngay tại công trường.

+ Thiết bị bền chắc, có thể sử dụng lâu dài.

+ Chi phí sản xuất thấp và thời gian thi công nhanh gọn.

3. Công nghệ sản xuất

3.1. Nguyên liệu sử dụng

- Nguyên liệu chế tạo chủ yếu là đất sét và đất đồi có sẵn ngay tại công trường.
- Chất kết dính là các loại xi măng Portland hỗn hợp PCB30 hoặc PCB40 và nước.

Trong công nghệ này, đất sét đóng vai trò là cốt liệu, chiếm thể tích lớn nhất trong sản phẩm, khoảng 80%. Còn xi măng và nước có vai trò là hỗn hợp chất kết dính, liên kết các hạt đất sét lại với nhau, tạo ra cường độ của sản phẩm mà không cần phải nung luyện.



Hình 2. Nguyên vật liệu chế tạo

3.2. Công nghệ chế tạo

a) Với sản xuất thủ công tại công trường khi áp dụng theo phương pháp ép bán khô:

1. Trộn hỗn hợp nguyên liệu gồm đất sét đã khai thác và bảo quản, xi măng Portland với nhau theo một tỷ lệ từ 20÷30% xi măng. Đối với trường hợp đất sẽ quá khô, hỗn hợp phối liệu có thể phải bổ sung thêm nước để cho xi măng thủy hóa, trong trường hợp hỗn hợp đất sẽ có độ ẩm từ 10-15% thì phối liệu không cần bổ sung thêm nước nhào trộn từ bên ngoài.

2. Đổ hỗn hợp phối liệu trên vào khuôn máy ép gạch.

3. Dùng lực của tay tì vào cánh tay đòn, sinh ra lực ép gạch với cường độ từ 4÷8 MPa để lèn chặt hỗn hợp phối liệu và tạo ra cường độ ban đầu cho viên mộc.

4. Mở khuôn của máy nén.

5. Lấy viên gạch mộc đất sét vừa tạo hình ra phơi và tĩnh định tự nhiên trong khoảng thời gian 2 - 4 tuần trước khi xây dựng (khoảng 28 ngày) nhằm mục đích cho xi măng thủy hóa với nước, tạo ra cường độ cao nhất của sản phẩm.

Với công nghệ sản xuất thủ công ngay tại công trường, công suất của một máy tạo hình và ba nhân công trong một ngày khoảng 200 ÷ 400 viên gạch.



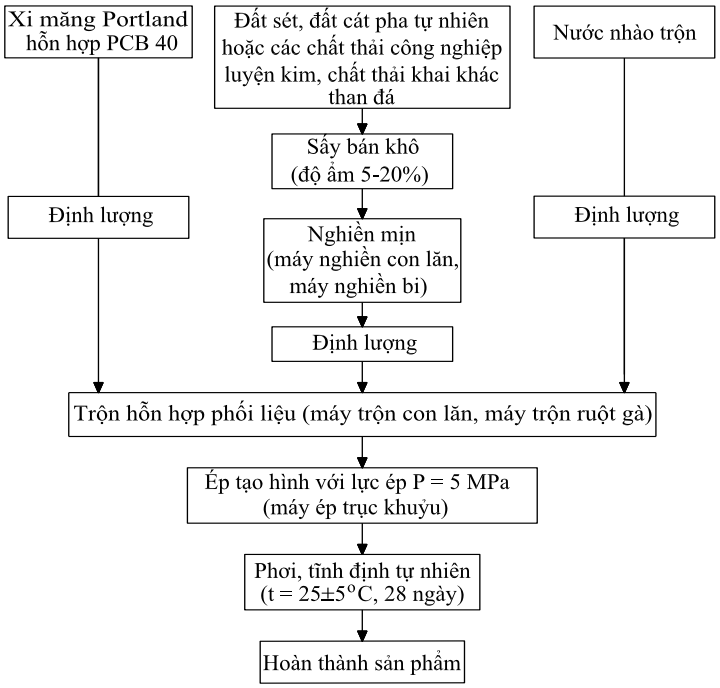
Hình 3. Công nghệ sản xuất gạch đất sét không nung tại công trường



Hình 4. Gạch đất sét không nung

b) Sản xuất công nghiệp trong nhà máy:

Để bảo đảm quá trình sản xuất được liên tục, tăng công suất chế tạo, ta có thể chế tạo sản phẩm trong nhà máy. Một khía cạnh khác cũng rất quan trọng, sản xuất trong nhà máy có thể tận dụng được các loại nguyên liệu có độ ẩm cao hơn, hoặc có thể tái sử dụng các loại chất thải rắn công nghiệp (xỉ lò cao, tro bay, bùn thải), phế liệu khai thác than - khoáng sản để làm nguyên vật liệu cho quá trình sản xuất (Duong và nnk, 2014; Lê Văn Quang, 2019; Kiều Quý Nam, 2006; Vũ Minh Đức, 2010). Sơ đồ công nghệ sản xuất gạch đất sẽ không nung theo phương pháp bán khô được sơ bộ đưa ra như trong hình 5.



Hình 5. Sơ đồ công nghệ sản xuất gạch đất sẽ không nung theo phương pháp bán khô

Trong phương án công nghệ sản xuất nêu trên cần phải lưu ý các vấn đề sau:

- Do nguyên liệu chính là đất sét có độ ẩm thay đổi tùy theo địa hình và phụ thuộc vào thời tiết, do đó cần bố trí thiết bị sấy sơ bộ để đưa đất sét về dạng bán khô, có độ ẩm dao động trong khoảng 5÷20% trước khi đưa nguyên liệu đi nghiền nhỏ. Nếu sử dụng các loại đất đồi, có độ ẩm thấp, đất tơi xốp thì có thể sử dụng ngay, không qua giai đoạn sấy và nghiền sơ bộ (Bùi Văn Chén, Đào Tiến Đạt, 1985).
- Khi nguyên liệu chính là các loại phế thải, phế liệu khai thác than đá, chúng có chứa các khoáng đá cứng, vì vậy cần gia công đập hàm để làm giảm kích thước nguyên liệu (Andabati, 2009).
- Cần tạo ra một cấp hạt phối liệu nhất định nhằm mục đích tăng khả năng liên kết của đất sét với chất kết dính và quá trình tạo hình sản phẩm được dễ dàng. Do đó phải gia công nguyên liệu qua máy nghiền con lăn hoặc máy nghiền bi.
- Do sản phẩm không có quá trình nung luyện, có khả năng dính kết thấp, lượng chất kết dính chỉ chiếm khoảng 10÷25% khối lượng đất sét. Vì vậy để đảm bảo cho xi măng thủy hóa tạo ra cường độ cho sản phẩm, theo nghiên cứu của (Lewis, 2009), người ta phải đưa thêm vào một lượng nước nhào trộn, chiếm khoảng 10÷15% khối lượng đất sét. Nếu trong thành phần đất sét có sẵn một lượng ẩm nhất định thì không cần phải đưa thêm vào lượng nước này.
- Trong phương án trên, sản phẩm được tạo hình theo phương pháp ép bán khô trên máy ép trục khuỷu. Gạch sau khi ép được đưa đi tĩnh định và phơi sấy tự nhiên trong nhà xưởng với thời gian 28 ngày để xi măng thủy hóa tối đa với nước tạo ra cường độ cao nhất cho sản phẩm. Nếu sử dụng phương pháp sấy nhân tạo có thể rút ngắn thời gian bảo dưỡng sản phẩm xuống còn 1÷2 tuần.

4. Kết luận

Từ quá trình nghiên cứu, rút ra một số kết luận như sau:

- Các sản phẩm xây từ đất sét không nung, có bề mặt bằng phẳng, ít cong vênh. Nên có thể kết hợp vừa bao che vừa trang trí, không cần lớp vữa áo trát bên ngoài.
- Quá trình sản xuất đơn giản, không cần nung luyện, sản phẩm có chất lượng đồng đều, không có các loại phế phẩm khi nung.
- Không phát thải các loại khí độc hại, giảm ô nhiễm môi trường.
- Công nghệ sản xuất tại công trường rất phù hợp với thi công ở các khu vực vùng núi, có địa bàn hiểm trở và các công trình có chi phí xây dựng thấp.

Một điểm cần lưu ý đối với gạch đất sét không nung đó là sản phẩm này kém bền nước so với các loại vật liệu nung khác, vì vậy đối với những kết cấu thường xuyên tiếp xúc trực tiếp với nước hoặc thường xuyên ẩm ướt thì cần phải có các lớp phủ thích hợp cho các loại sản phẩm này.

Kiến nghị: Cần tiếp tục nghiên cứu thêm các tính chất khác của gạch đất sẽ không nung, đồng thời so sánh hiệu quả kinh tế và kỹ thuật với các loại vật liệu không nung khác trong xây dựng các công trình xanh phù hợp với điều kiện khí hậu của Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

Akbarnezhad A., Xiao, J., 2017. Estimation and minimization of embodied carbon of buildings: a review. *Buildings,* 7(1): 5.

Andabati D. (2009). Construction Manual. Double Interlocking Rectangular Blocks for House Construction. *In Good Earth Trust*.

Bộ xây dựng, 2013. *Thông tư số: 09/2012/TT-BXD ngày 28 tháng 11 năm 2012* "Quy định sử dụng vật liệu xây không nung trong các công trình xây dựng.

Bùi Văn Chén, Đào Tiến Đạt, 1985. *Kỹ thuật sản xuất gạch không nung*, NXB Xây dựng, Hà Nội.

Duong N.A., Nam K.Q., Anh T.T., 2014. Red basaltic soils-the raw material source for production of non-calcined brick. *Vietnam Journal of Earth Sciences*, 36(3): 214-220.

Dhonde B.N., Panchal V.R., Thakker J.N., 2017. Parametric Study on Eco-Friendly Bricks. *Kalpa Publications in Civil Engineering*, 1: 490-494.

Dự án xây dựng, 2013. *Nhà nội trú cho học sinh tiểu học xã Pa Ủ, huyện Mường Tè, tỉnh Lai Châu*. Từ tháng 3 đến tháng 11 năm 2013.

Vũ Minh Đức,1999. *Công nghệ Gốm Xây dựng*. Nhà xuất bản Xây dựng.

Vũ Minh Đức, 2010. *Sử dụng phế thải trong công nghệ gốm*. Tài liệu cao học trường đại học Xây dựng.

Lewis D., 2009. Interlocking Stabilised Soil Blocks. *In Appropriate earth technologies in Uganda*. 22.

Kiều Quý Nam, Nguyễn Ánh Dương, 2010. Nguyên liệu và công nghệ sản xuất vật liệu xây dựng không nung - một vài kết quả thử nghiệm. *Tạp chí Địa chất, loạt A* (322 12 2010), Tr. 54-65.

Kiều Quý Nam, 2006. Nghiên cứu sử dụng puzơlan trong sản xuất vật liệu xây dựng không nung. *Tạp chí Địa chất, loạt A* (293/3-4), Tr. 16-24.

Trần Hoàng Quang, 2019. Nghiên cứu sử dụng đất Feralit trên địa bàn xã Hà Bầu, huyện Đăk Đoa, tỉnh Gia Lai có gia cố vôi để sản xuất gạch xây không nung. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Bách khoa-Đại học Đà Nẵng.

Lê Văn Quang, 2019. *Nghiên cứu chế tạo gạch xây không nung hệ geopolymer từ bùn đỏ tân rai Lâm Đồng*. Luận văn tiến sĩ kỹ thuật. VIện khoa học công nghệ xây dựng - IBST.

ABSTRACT

Research on the possibility of using non-fired clayey soil bricks for building construction projects in the Northwest region of Vietnam

Tang Van Lam[1,*], Nguyen Sy Đuc[1], Duong Hai Anh[1], Bazhenova Sofia Ildarovna[2],
Nguyen Tai Nang Luonng[3], Nguyen Duc Du[4]

[1]Hanoi University of Mining and Geology, 18 Pho Vien, Duc Thang, Bac Tu Liem, Ha Noi, Vietnam
[2]National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation
[3]University of Fire prevention and Fighting
[4]KXC construction design consultancy company limited, 13, Yet Kieu Street, Ngo Quyen, Bac Giang City

In recent years, environmentally friendly materials with reasonable costs, especially non-fired materials, have strongly developed and have great socio-economic effects. Currently, non-fired materials are being encouraged to be widely used in most construction projects. Unburnt material technology is a clean, environmentally friendly technology and energy efficiency as traditional clay bricks. In addition, non-fired materials are also reused industrial solid waste as raw materials used in the production process to reduce product costs. This paper presents some features and advantages of non-fired clayey soil bricks in the construction of buildings in the northern mountainous regions of Vietnam, as well as presents technological solutions making them possible. Since then, it has proposed the technology of manufacturing this non-fired materials at the construction site with the aim of making use of local and available raw materials to reduce product costs.

Keywords: Non-fired materials; non-fired clayey soil bricks; Environmental pollution; industrial waste; sustainable construction.

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG



ISBN 978-604762277-1