



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0003979

(51) **B09B 3/00**
2024.01

(13) **Y**

(21) 2-2023-00403

(22) 05/06/2020

(67) 1-2020-03193

(45) 25/03/2025 444

(43) 27/12/2021 405A

(71) Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội (VN)
334 Nguyễn Trãi, quận Thanh Xuân, thành phố Hà Nội

(72) Nguyễn Ngọc Trục (VN); Hoàng Văn Hiệp (VN).

(54) **CÁT NHÂN TẠO TỪ XỈ LÒ CAO CỦA NHÀ MÁY LUYỆN GANG**

(21) 2-2023-00403

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến cát nhân tạo sản xuất từ xỉ lò cao nhà máy luyện gang dùng thay thế cát tự nhiên hoặc cát nghiền để trộn bê tông, vữa xây, cung cấp cho thị trường xây dựng. Theo đó, cát nhân tạo theo giải pháp hữu ích bao gồm hai thành phần chính: xỉ lò cao được xử lý, cát tự nhiên hoặc cát nghiền và chất phụ gia. Trong đó, xỉ lò cao được sử dụng là loại xỉ sau khi được xử lý theo các bước như: (1) sàng chọn lọc để loại bỏ thành phần hạt ngoài dải hạt cho phép trong Tiêu chuẩn Xây dựng hiện hành; (2) phun dưỡng ẩm nhằm ổn định độ pH đồng thời làm trơ xỉ, giảm tính hoạt hóa và tính nở, ổn định thể tích hạt xỉ; (3) trộn xỉ với cát tự nhiên hoặc cát nghiền theo tỉ lệ khối lượng nhất định, sau đó trộn với chất phụ gia. Cát nhân tạo sản xuất được từ xỉ lò cao nhà máy luyện gang theo giải pháp hữu ích có thể dùng thay thế cát tự nhiên hoặc cát nghiền trong các công trình xây dựng. Với quy trình sản xuất và sử dụng được đưa ra trong giải pháp hữu ích này, cát nhân tạo này hoàn toàn đáp ứng được các tiêu chuẩn xây dựng hiện hành.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến cát nhân tạo sản xuất từ xỉ lò cao của nhà máy luyện gang sau quá trình xử lý cơ lý và hóa học.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Nghiên cứu sản xuất cát nhân tạo thay thế cát tự nhiên (natural sand, NS), đáp ứng tiêu chuẩn kỹ thuật với giá thành hợp lý, gắn với phát triển bền vững nguồn tài nguyên - bảo vệ môi trường là yêu cầu thiết thực hiện nay. Đặc biệt là trong bối cảnh thiếu hụt nghiêm trọng nguồn cung cát tự nhiên do việc phát triển ồ ạt hệ thống đập thủy điện thượng nguồn tại Trung Quốc và Lào làm suy giảm mạnh mẽ nguồn phù sa cộng với nạn khai thác cát lậu bừa bãi.

Xỉ lò cao (granulated blast furnace slag, GBFS) là loại vật liệu thải sau sản xuất của nhà máy luyện gang. Xỉ lò cao không có tính chất phóng xạ, không độc hại và an toàn cho sử dụng. Thành phần hóa học và tác động môi trường của xỉ lò cao một số nhà máy gang thép tại Việt Nam được chỉ ra trong “Chỉ dẫn kỹ thuật - Xỉ gang và xỉ thép sử dụng làm vật liệu xây dựng”, được Bộ Xây dựng ban hành theo QĐ-430/QĐ-BXD ngày 16/05/2017. Theo đó, xỉ lò cao không chứa các kim loại nặng. Về tác động đến môi trường, xỉ lò cao được đánh giá thông qua nước lọc rửa qua vật liệu sử dụng xỉ lò cao. Nước rửa xỉ lò cao tạo ra môi trường kiềm với pH ban đầu có thể lên đến 8-12, sau đó giảm dần theo thời gian. Mức độ chất độc hại trong nước lọc rửa qua xỉ lò cao ở mức thấp so với quy định. Tính độc hại tác động môi trường và an toàn sử dụng đều được chứng nhận trong giới hạn an toàn.

Theo ước tính của hiệp hội thép Việt Nam, nước ta hiện có trên 10 nhà máy luyện gang thép đang hoạt động, lượng xỉ lò cao thải ra môi trường tồn dư tính đến năm 2018 là 4,23 triệu tấn gây nhiều ảnh hưởng đến hoạt động dân sinh của khu vực lân cận các nhà máy.

Một số nước trên thế giới đã thương mại hóa xỉ lò cao làm vật liệu thay thế cát tự nhiên, điển hình như Trung Quốc, Mỹ, Nhật Bản. Tuy nhiên, bí quyết công nghệ là bí mật thương mại không được chia sẻ. Do vậy, việc nghiên cứu ứng dụng xỉ lò cao thay thế cát tự nhiên cho xây dựng vẫn đang tiếp diễn trên thế giới. Ganesh

Babu và Kumar (2000) quan tâm đến tính hiệu quả của thời gian bảo dưỡng và cường độ nén của hỗn hợp bê tông trong 28 ngày ở các mức thay thế xỉ lò cao từ 10% đến 80%. Trong khi nghiên cứu của Kelly (2008) xem xỉ lò cao là vật liệu để làm cát san lấp và gia cố nền thông qua phân tích các tính chất hóa-lý, tính thấm và cường độ kháng cắt của xỉ lò cao. Từ kết quả thí nghiệm trên xỉ lò cao, Nataraja và cộng sự (2013) đã xác nhận rằng có thể trộn cát tự nhiên với xỉ lò cao trong vữa xi măng lên đến 75% mà vẫn đảm bảo được cường độ nén. Trong khi đó, lượng thay thế tương tự trong nghiên cứu của Sumana và cộng sự (2016) là 50% khối lượng cốt liệu nhỏ. Tuy nhiên, ở mỗi nước khác nhau thì chất lượng, chủng loại nguyên liệu quặng sắt và than cốc đầu vào của quá trình luyện gang và yêu cầu sản phẩm gang đầu ra là khác nhau dẫn đến chất lượng, thành phần của xỉ lò cao cũng khác nhau, chưa kể đến sự khác biệt giữa các công nghệ sản xuất (thường là bí mật của các nhà máy luyện gang).

Một số giải pháp hữu ích tiêu biểu liên quan đến việc sản xuất cát nhân tạo từ vật liệu xỉ lò cao trên thế giới phải kể đến hiện nay như patent Trung Quốc số CN110015854 của Xie Huixing (2018); patent Trung Quốc số CN107512885 của tập thể tác giả Wu Chengbing, Zhang Junbo, Yang Yulin (2016). Các giải pháp hữu ích này chủ yếu tập trung vào việc sàng lọc xỉ lò cao đồng thời căn cứ vào chất lượng xỉ và đặc trưng các loại cát tự nhiên của khu vực để đưa ra công thức trộn phù hợp, có đi kèm với các loại phụ gia thích hợp, để tạo ra bê tông thương phẩm. Tuy nhiên, việc xử lý hóa học xỉ lò cao chưa được triệt để, dễ dẫn tới nguy cơ ảnh hưởng đến chất lượng môi trường đất và nước ngầm khu vực đổ thải và lân cận.

Ở Việt Nam, các quy trình sản xuất cát nhân tạo từ xỉ lò cao đạt tiêu chuẩn xây dựng hiện nay chưa được công bố. Xỉ lò cao chỉ được ứng dụng làm phụ gia khoáng cho xi măng (Tiêu chuẩn Việt Nam 4315:2007), bê tông và vữa (Tiêu chuẩn Việt Nam 11586:2016). Việc ứng dụng xỉ lò cao sản xuất cát nhân tạo tại Việt Nam chưa được thực hiện do có nhiều khó khăn và phức tạp về công nghệ, đặc biệt khắc chế tính nở, cường độ thấp của xỉ và độ góc cạnh của hạt. Vì vậy, tại Việt Nam, có nhu cầu rất lớn trong việc tận dụng nguồn nguyên liệu là xỉ lò cao phế thải để sản xuất ra các loại vật liệu khác nhau phục vụ trong ngành xây dựng.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích nhằm sản xuất ra cát nhân tạo sử dụng trong lĩnh vực xây dựng, có các đặc điểm cơ lý, hóa học tương đương cát tự nhiên, đáp

ứng được tiêu chuẩn xây dựng hiện hành.

Giải pháp hữu ích đề xuất sản xuất cát nhân tạo được từ xỉ lò cao để thay thế cát tự nhiên hoặc cát nghiền dùng trong sản xuất bê tông hoặc vữa xây, sử dụng cho các công trình xây dựng dân dụng, nhà cao tầng, cầu kiện công trình giao thông, thủy lợi, đê kè biển, đường giao thông nông thôn, trong đó cát nhân tạo này bao gồm: xỉ lò cao với lượng từ 9% đến 78% khối lượng, cát tự nhiên hoặc cát nghiền với lượng từ 90% đến 20% khối lượng, naphthalen-sulfonat-formaldehyt hoặc lignosulfonat (ASTM C494 – 97, type G) với lượng từ 1 đến 2% khối lượng.

Theo một khía cạnh của giải pháp hữu ích, xỉ lò cao được sử dụng là loại xỉ đã được xử lý từ quy trình xử lý, chế biến bao gồm các bước sau:

Sàng lọc xỉ lò cao bằng hệ thống máy sàng rung, công suất lớn, để loại bỏ thành phần hạt ngoài dải hạt cho phép trong Tiêu chuẩn Xây dựng hiện hành (tiêu chuẩn cát xây dựng TCVN 7570:2006); sau đó được xử lý theo quy trình riêng; rồi trộn với cát tự nhiên hoặc cát nghiền theo tỉ lệ xác định, cụ thể:

(1) Xỉ từ nhà máy được hong khô, đưa vào bãi chứa, chuyển theo băng tải 1 vào xilô phân phối;

(2) Xỉ từ xilô phân phối rót từ từ lên sàng rung 5 mm để loại bỏ hạt kích thước lớn tương đương sạn dăm, phần hạt tương đương sạn dăm chảy theo băng tải 2 ra bãi thải chứa hạt thô;

(3) Xỉ sau khi qua sàng rung 5mm được dẫn chảy theo băng tải 3 đi vào khu vực xử lý;

(4) Tại khu vực xử lý, tiến hành phun dưỡng ẩm xỉ với nước chứa axit yếu để làm giảm tính kiềm của xỉ lò cao trong khoảng thời gian 1-4 tuần nhằm giảm pH của xỉ từ mức kiềm xuống mức trung tính ($\text{pH} = 7$), đồng thời làm xỉ trở nên trơn, giảm tính hoạt hóa và tính nở. Cụ thể, khí CO_2 từ máy nén khí sẽ được sục trực tiếp vào đường ống dẫn nước xử lý để trở thành dung dịch xử lý có độ pH khoảng 5,6-6,0 (hoặc thấp hơn). Dung dịch này được phun lên xỉ thông qua giàn phun bằng ống thép có đầu phun nước tự động, cho đến khi xỉ ướt hoàn toàn thì dừng lại. Cách 8 giờ phun một lần, thực hiện trong 1-4 tuần để làm giảm độ pH của xỉ còn xấp xỉ 7. Xử lý xong, tiến hành tháo khô nước, để hong khô gió tự nhiên;

(5) Xỉ lò cao đã hong khô sau xử lý được trộn đều với cát tự nhiên hoặc cát nghiền theo tỉ lệ khối lượng: từ 9% đến 78% khối lượng xỉ lò cao đã xử lý, từ 90%

đến 20% khối lượng cát tự nhiên hoặc cát nghiền. Thời gian trộn hỗn hợp xi và cát từ 2-10 phút, sử dụng máy trộn công suất lớn hoặc trộn bằng xilô. Nhờ việc trộn như vậy, hạt cát sẽ lấp vào góc lõm của hạt xi làm tăng cường độ chịu lực, hạn chế tính nở, giảm tính góc cạnh hạt của cát xỉ lò cao;

(6) Hỗn hợp thu được sau khi trộn kỹ xi và cát được bổ sung từ 1 đến 2% khối lượng chất phụ gia naphthalen-sulfonat-formaldehyt (ASTM C494-97, loại F), hoặc lignosulfonat (ASTM C494 - 97, loại G), tiếp tục trộn kỹ, thu được cát thành phẩm. Việc bổ sung chất phụ gia làm tăng độ dẻo và hiệu quả bám dính, tăng tính công tác, giảm lượng nước trộn, tăng cường độ bê tông hoặc vữa xây đóng rắn. Hỗn hợp thu được sau khi trộn đều được xem là cát nhân tạo thành phẩm.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1: Phân bố thành phần hạt của xỉ lò cao (GBFS) tại nhà máy luyện gang

Hình 2: Mối quan hệ giữa tỉ lệ phần trăm xỉ lò cao (GBFS) trong hỗn hợp bê tông với khối lượng thể tích

Hình 3: Mối quan hệ giữa tỉ lệ phần trăm xỉ lò cao (GBFS) trong hỗn hợp bê tông và độ sụt, tỉ lệ nước/xỉ măng = 0,56 – 0,66

Hình 4: Mối quan hệ giữa tỉ lệ phần trăm xỉ hạt lò cao (GBFS) trong hỗn hợp bê tông với thời gian đông kết

Hình 5: Mối quan hệ giữa tỉ lệ phần trăm xỉ hạt lò cao (GBFS) trong hỗn hợp bê tông và độ tách nước

Hình 6: Cường độ kháng nén của bê tông đóng rắn trường hợp lượng nước thay đổi (cát tự nhiên – NS và xỉ lò cao – GBFS)

Hình 7: Cường độ kháng uốn của bê tông đóng rắn trong trường hợp tỉ lệ nước/xỉ măng = 0,56-0,66, độ sụt $\approx 9\text{cm}$ (cát tự nhiên – NS và xỉ lò cao – GBFS)

Hình 8: Sơ đồ mô tả hệ thống xử lý xỉ lò cao

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Một trong những lưu ý quan trọng khi thực hiện nghiên cứu sản xuất cát nhân tạo từ xỉ lò cao là cát nhân tạo sau khi được tạo ra phải đáp ứng được các tiêu chuẩn xây dựng hiện hành, đặc biệt là trong việc sản xuất, đúc trộn bê tông thương phẩm phục vụ cho các công trình, cơ sở hạ tầng khác nhau.

Xi lò cao được tạo ra trong quá trình sản xuất gang. Xi nóng chảy từ lò cao được tháo chảy ra các mương dẫn và được phun nước với áp lực cao để làm lạnh nhanh tạo nên các hạt giống như hạt cát với cấu trúc xốp rỗng. Các hạt xi này trộn với nước tạo nên hỗn hợp lỏng được bơm ra bãi khử nước, tại đó các hạt xi được để ráo nước tự nhiên. Qua các nghiên cứu của các tác giả giải pháp hữu ích, xi lò cao thường có hàm lượng canxi oxit lớn, CaO từ 40% - 48%, SiO₂ từ 35% - 38%, Al₂O₃ từ 6% - 18%, và tổng hàm lượng CaO + MgO thường đạt 40% - 50% hay cao hơn nữa. Như vậy, có thể coi xi lò cao như là một loại vật liệu có tính kiềm cao, mô-đun kiềm M_k từ 0,9 - 1,2 và mô-đun hoạt tính M_a từ 0,16 - 0,53. Chúng được coi là có hoạt tính thuỷ lực cao, có khả năng tự đông rắn như xi măng pooclan. Hoạt tính thuỷ lực này được tăng lên đáng kể khi xi lò cao được hoạt tính hoá bằng kiềm - sulfat. Những loại xi kiềm cao có mô-đun hoạt tính M_a càng lớn và càng nhiều hàm lượng pha thuỷ tinh (pha lỏng) thì thể hiện hoạt tính thuỷ lực càng mạnh, có khả năng dính kết với nhau thành một khối vật liệu có cường độ chịu lực cao. Ngoài ra, xi lò cao có cấu trúc vô định hình, hạt góc cạnh, cường độ thấp là những trở ngại lớn khi thay thế cát tự nhiên.

Chính vì các đặc tính trên, xi lò cao nếu không được xử lý cẩn thận sẽ gây ô nhiễm môi trường, cụ thể như: Ảnh hưởng của xi lò cao đến môi trường khi sử dụng làm vật liệu xây dựng được đánh giá thông qua nước chiết rửa qua vật liệu sử dụng xi. Đặc điểm chung tác động đến môi trường xung quanh của xi lò cao là tạo ra môi trường kiềm với pH ban đầu có thể lên đến 8-12, sau đó giảm dần theo thời gian. Xi lò cao khi chưa được xử lý có thể tạo ra nước lọc rửa có màu vàng/xanh, có mùi khí sulfua trong khi xi thép tạo ra nước có màu trắng. Mức độ chất độc hại trong nước lọc rửa qua các loại xi thường ở mức thấp so với quy định.

Giải pháp hữu ích hướng đến một trong những vấn đề cốt lõi đó là khắc chế được tính hoạt hóa, nở của silic và canxi oxit, đảm bảo cát nhân tạo sản xuất từ xi lò cao có chất lượng và đặc tính tương đương với cát tự nhiên.

Để đạt được mục đích nêu trên, giải pháp hữu ích đề xuất cát nhân tạo từ xi lò cao bao gồm: xi lò cao với lượng từ 9% đến 78% khối lượng, cát tự nhiên hoặc cát nghiền với lượng từ 90% đến 20% khối lượng, bổ sung phụ gia naphtalen-sulfonat-formaldehyt (ASTM C494-97, loại F) hoặc lignosulfonat (ASTM C494-97, loại G) với lượng từ 1 đến 2% khối lượng.

Cát nhân tạo sản xuất từ xỉ lò cao được sử dụng theo giải pháp hữu ích thu được từ quy trình xử lý bao gồm các bước:

- + Xỉ lò cao được sàng rung để loại bỏ thành phần hạt ngoài dải hạt cho phép trong Tiêu chuẩn Xây dựng hiện hành.

- + Thực hiện quá trình phun dưỡng ẩm xỉ với mục đích làm giảm pH của xỉ từ 10-12 xuống 7; đồng thời làm trơ hóa xỉ, làm giảm tính hoạt hóa và tính trương nở.

- + Trộn xỉ lò cao đã qua xử lý với cát tự nhiên hoặc cát nghiền theo tỉ lệ thể tích phù hợp. Hạt cát lấp vào góc lõm hạt xỉ làm tăng cường độ cát xỉ lò cao, hạn chế nở, giảm tính góc cạnh hạt.

- + Sử dụng phụ gia naphtalen-sulfonat-formaldehyt (ASTM C494-97, loại F) hoặc lignosulfonat (ASTM C494-97, loại G) để tăng hiệu quả bám dính, tăng tính công tác, và giảm nước dùng để trộn trong quá trình tạo vữa hoặc bê tông có sử dụng cát nhân tạo.

Công đoạn sàng tuyển: Xỉ lò cao được sàng rung để loại bỏ hạt quá thô nhằm chọn lọc được dải hạt phù hợp với Tiêu chuẩn Xây dựng hiện hành (trong khoảng rây từ 0,14mm-5mm).

Công đoạn dưỡng ẩm: công đoạn có ý nghĩa quyết định thành công của việc sản xuất cát nhân tạo. Thiết bị sử dụng gồm máy bơm nước, máy nén - máy sục khí CO₂, giàn phun tự chế với ống thép và đầu phun nước tự động.

Công đoạn thay thế từng phần cát-xỉ: Công đoạn này cần đảm bảo sự chính xác về trọng lượng hoặc thể tích nguyên liệu đầu vào. Thiết bị có thể dùng máy trộn công suất lớn hoặc trộn bằng xi lô.

Công đoạn phối hợp phụ gia naphtalen-sulfonat-formaldehyt (ASTM C494-97, loại F) hoặc lignosulfonat (ASTM C494-97, loại G) để tăng hiệu quả bám dính, tăng tính công tác, giảm lượng nước trộn của bê tông hoặc vữa xây, từ đó tăng cường độ bê tông hoặc vữa xây khi đóng rắn.

Về quy trình xử lý cơ-lý và hóa học xỉ lò cao được thực hiện chi tiết như sau:

Công đoạn 1: Xỉ lò cao sau khi được vận chuyển, tập kết sẽ được đưa đến hệ thống sàng rung cùng băng tải để loại bỏ các cấp hạt không cần thiết, cụ thể công đoạn này:

(1) Xỉ từ nhà máy được hong khô, đưa vào bãi chứa, chuyển theo băng tải 1

vào xilô phân phối;

(2) Xi từ xilô phân phối rót từ từ lên sàng rung 5 mm để loại bỏ hạt kích thước lớn tương đương sạn dăm, phần hạt tương đương sạn dăm chảy theo băng tải 2 ra bãi thải chứa hạt thô;

(3) Xi sau khi qua sàng rung 5mm được dẫn chảy theo băng tải 3 đi vào khu vực xử lý;

(4) Tại khu vực xử lý, tiến hành phun dưỡng ẩm xi với nước chứa axit yếu để làm giảm tính kiềm của xi lò cao trong khoảng thời gian 1-4 tuần nhằm giảm pH của xi từ mức kiềm xuống mức trung tính ($\text{pH} = 7$), đồng thời làm xi trở nên trơn, giảm tính hoạt hóa và tính nở. Cụ thể, khí CO_2 từ máy nén khí sẽ được sục trực tiếp vào đường ống dẫn nước xử lý để trở thành dung dịch xử lý có độ pH khoảng 5,6-6,0 (hoặc thấp hơn). Dung dịch này được phun lên xi thông qua giàn phun bằng ống thép có đầu phun nước tự động, cho đến khi xi ướt hoàn toàn thì dừng lại. Cách 8 giờ phun một lần, thực hiện trong 1-4 tuần để làm giảm độ pH của xi còn xấp xỉ 7. Xử lý xong, tiến hành tháo khô nước, để hong khô gió tự nhiên.

Công đoạn 2: Sau thời gian hong khô, tiến hành cho cát tự nhiên hoặc cát nghiền vào trộn với xi theo tỉ lệ khối lượng phù hợp: xi lò cao với lượng từ 10% đến 78% khối lượng, cát tự nhiên hoặc cát nghiền với lượng từ 90% đến 20% khối lượng. Quá trình trộn diễn ra trong 2-10 phút. Khi trộn hạt cát sẽ lấp vào góc lõm của hạt xi làm tăng cường độ chịu lực, hạn chế tính nở của bê tông/vữa, giảm tính góc cạnh và thoi dẹt của tập hợp hạt cát nhân tạo. Công đoạn này cần đảm bảo sự chính xác về tỉ lệ nguyên liệu đầu vào theo khối lượng hoặc thể tích tương ứng. Bên cạnh đó, hệ thống máy sàng và máy trộn cũng phải đáp ứng đạt điều kiện công suất lớn phù hợp với yêu cầu về thời gian và khối lượng sản xuất thực tế.

Công đoạn 3: Công đoạn phối hợp phụ gia naphtalen-sulfonat-formaldehyt (ASTM C494-97, loại F), hoặc lignosulfonat (ASTM C494-97, loại G) được sử dụng để tăng hiệu quả bám dính, cường độ chịu nén và giảm nước trộn.

Kết quả thu được là cát nhân tạo thân thiện với môi trường, chất lượng tương đương với cát tự nhiên và trọng lượng nhẹ hơn cát tự nhiên từ 12-15%.

Tùy theo mục đích sử dụng cát nhân tạo (sử dụng trong các công trình xây dựng dân dụng, nhà cao tầng, cầu kiện công trình giao thông, thủy lợi, đê, kè biển, đường giao thông nông thôn, v.v.) mà tỉ lệ trộn giữa cát tự nhiên hoặc cát nghiền

với xi lò cao là khác nhau. Giá trị tham khảo các thông số kỹ thuật của hỗn hợp bê tông và mẫu bê tông đóng rắn sử dụng cát nhân tạo với các tỉ lệ phối trộn như trên Bảng 1 dưới đây.

Bảng 1: Thành phần cấp phối cho 0,1m³ bê tông

Nhóm mẫu	Xi măng PC40 (kg)	Đá dăm (kg)	Cát (kg)			Nước trộn (l)
			Tổng	Cát tự nhiên	Xi lò cao	
M0 (100/0)	35,2	110,4	72,2	72,2	0	19,8
M1 (40/60)	35,2	110,4	72,2	43,3	28,9	21,6
M2 (50/50)	35,2	110,4	72,2	36,1	36,1	22,6
M3 (60/40)	35,2	110,4	72,2	28,9	43,3	23,1

Chế tạo các hỗn hợp bê tông được ký hiệu M0, M1, M2, M3. Trong đó, M0 là hỗn hợp đối chứng (mẫu so sánh - 100% cát tự nhiên). Các nhóm mẫu M1, M2, M3 sử dụng cát nhân tạo với tỉ lệ phần trăm xi lò cao/cát tự nhiên thay đổi tương ứng là 40/60, 50/50 và 60/40. Đá dăm dùng cho hỗn hợp bê tông có đường kính tối đa 20mm. Lượng xi măng sử dụng không đổi ở mọi cấp phối. Tỷ lệ nước/xi măng dao động từ 0,56 đến 0,66 nhằm giữ cho độ sụt ban đầu của hỗn hợp bê tông khoảng 9,0cm và độ sụt sau 30 phút khoảng 6,0-6,5cm trong tất cả các mẫu thử nghiệm. Lượng vật liệu phục vụ tính toán tính theo tổng 1m³ bê tông (Bảng 1). Những vật liệu này được phối trộn để thực hiện các thí nghiệm liên quan và đúc thành mẫu bê tông đóng rắn kích thước 150 x 150 x 150mm cho thử nghiệm cường độ kháng nén và 150 x 150 x 300mm để thử nghiệm cường độ kháng uốn.

Trên cơ sở đó, giải pháp hữu ích tiến hành các thí nghiệm thực tế dùng để kiểm chứng sự phù hợp của xi lò cao (đã qua xử lý) dùng trong xây dựng theo tiêu chuẩn hiện hành bao gồm:

- + Xác định khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông (theo TCVN 3108:1993).
- + Xác định độ tách nước của hỗn hợp bê tông (TCVN 3105-1993).
- + Xác định độ sụt hỗn hợp bê tông sau trộn (TCVN 3016-1993).
- + Xác định độ hút nước của cốt liệu (TCVN 7572-4:2006).
- + Xác định thời gian đông kết (TCVN 9338:2012).
- + Xác định cường độ nén của bê tông đóng rắn (TCVN 3118 -1993).
- + Xác định cường độ kháng uốn của bê tông đóng rắn (TCVN 3121-11:2003).

Kết quả thử nghiệm:

Bảng 2. Các thông số kỹ thuật của hỗn hợp bê tông và mẫu bê tông đóng rắn sử dụng cát nhân tạo với tỉ lệ phối trộn khác nhau

Tiêu chí (dùng trong trộn bê tông)	Đơn vị tính	Kết quả thí nghiệm tại các nhóm mẫu			
		M0	M1	M2	M3
Khối lượng thể tích xốp	(kg/m ³)	2473	2375	2350	2340
Độ tách nước	%	0,15	0,32	0,24	0,37
Độ sụt ban đầu (tỉ lệ nước/xi măng = 0,56)	cm	9,0	2,5	2,0	1,7
Độ sụt sau 30 phút (tỉ lệ nước/xi măng = 0,56)	cm	7,0	1,0	0,7	0,5
Cường độ kháng nén (28 ngày tuổi, tỉ lệ nước/xi măng = 0,56)	MPa	33,6	32,7	32,0	31,6
Cường độ kháng uốn	MPa	6,68	5,58	5,33	5,13
Thời gian bắt đầu đông kết	Phút	310	317	319	323
Thời gian kết thúc đông kết	Phút	390	395	400	400

Trên bảng 2, M0, M1, M2, M3 cũng chính là ký hiệu các hỗn hợp bê tông trên Bảng 1. Nghĩa là, M0 là hỗn hợp đối chứng hay mẫu so sánh, sử dụng 100% cát tự nhiên. M1, M2, M3 là các hỗn hợp bê tông sử dụng cát nhân tạo với tỉ lệ phần trăm xỉ lò cao/cát tự nhiên thay đổi tương ứng là 40/60, 50/50 và 60/40.

Kết quả thử nghiệm với hỗn hợp bê tông và mẫu bê tông đóng rắn sử dụng cát nhân tạo theo các tỉ lệ xỉ lò cao/cát tự nhiên khác nhau (M1, M2, M3) được so sánh với mẫu đối chứng (M0). Có thể nhận thấy rằng, trong các thử nghiệm trên, khi tỉ lệ xỉ lò cao dùng phối trộn càng tăng thì: Khối lượng thể tích bê tông càng giảm, hay bê tông càng nhẹ hơn; Độ sụt ban đầu và độ sụt sau 30 phút đều giảm mạnh, ảnh hưởng đến tính công tác của bê tông; thời gian bắt đầu đông kết tăng lên tỉ lệ thuận với lượng xỉ lò cao trong cát, thời gian kết thúc đông kết cũng tăng theo nhưng mức tăng không đáng kể; cường độ kháng uốn và kháng nén của bê tông đóng rắn giảm dần khi lượng xỉ lò cao tăng dần, mặc dù vậy các cường độ này vẫn nằm trong ngưỡng an toàn cho phép trong các tiêu chuẩn xây dựng hiện hành. Như vậy, các thử nghiệm trên đều cho thấy xỉ lò cao sau xử lý dùng phối trộn với cát tự nhiên để tạo thành cát nhân tạo đều phù hợp cho mục đích xây dựng, mặc dù một số thông số thay đổi nhưng đều chấp nhận được. Các thử nghiệm trên chưa áp dụng với trường hợp hỗn hợp M1, M2, M3 có chất phụ gia. Nếu bổ sung chất phụ gia, tính công tác

của hỗn hợp bê tông sẽ tốt hơn, độ sụt sẽ tăng lên, hỗn hợp bê tông linh động hơn, có thể chảy đến mọi vị trí bên trong khuôn đúc cũng như dễ dàng di chuyển trong ống bơm phụt vữa (trong thi công nhà cao tầng), đồng thời giảm được lượng nước trộn. Nói cách khác, khi đó tính công tác của hỗn hợp bê tông dùng cát nhân tạo M1, M2, M3 sẽ tiệm cận các giá trị của mẫu đối chứng M0.

Giải pháp hữu ích được xây dựng với các yếu tố khác biệt như sau:

+ Lần đầu tiên tại Việt Nam xây dựng được quy trình xử lý xỉ lò cao phục vụ sản xuất cát nhân tạo cung cấp cho thị trường vật liệu xây dựng, sử dụng tại chỗ xỉ lò cao tại các nhà máy luyện gang tại Việt Nam. Sản phẩm cát nhân tạo từ xỉ lò cao được nghiên cứu trên cơ sở tính toán, phân tích các đặc tính cơ học-vật lý của hạt xỉ, các tính chất-thành phần hoá học của xỉ lò cao sau khi qua lò nung và thải ra môi trường căn cứ theo các tiêu chuẩn, quy chuẩn xây dựng hiện hành (tiêu chuẩn cát xây dựng TCVN 7570:2006; Chỉ dẫn kỹ thuật – xỉ gang và xỉ thép sử dụng làm vật liệu xây dựng, ban hành theo Quyết định số 430/QĐ-BXD).

+ Lần đầu tiên xây dựng quy trình sản xuất cát từ xỉ lò cao định hướng có giá thành thấp hơn, trọng lượng nhẹ hơn, chi phí vận chuyển thấp hơn, giảm chi phí xây dựng gián tiếp, tăng tuổi thọ công trình, thân thiện môi trường, không phát thải CO₂, có khả năng thay thế cát tự nhiên, góp phần chống biến đổi khí hậu, giảm thiên tai, bảo vệ môi trường và hệ sinh thái, tạo việc làm cho lao động nông thôn.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Dưới đây là ví dụ minh họa nhằm làm sáng tỏ bản chất của giải pháp hữu ích, phạm vi của giải pháp hữu ích không bị hạn chế bởi ví dụ cụ thể này.

Ví dụ 1: Sản xuất cát nhân tạo không sử dụng chất phụ gia, dùng cát nhân tạo làm cốt liệu bê tông, đánh giá khả năng của cát nhân tạo qua hỗn hợp bê tông và bê tông đóng rắn

Sử dụng xỉ lò cao của nhà máy luyện gang thuộc công ty trách nhiệm hữu hạn Gang thép Tuyên Quang để sản xuất cát nhân tạo. Xỉ được xử lý bằng sàng rung gắn động cơ, chọn lọc phân đoạn, lấy cấp hạt trong khoảng từ 0,14mm đến 5mm; phun dưỡng ẩm với nước có sục CO₂ trong 7 ngày, mỗi ngày phun 3 lần. Xỉ lò cao sau xử lý được hong khô gió, rồi trộn với cát tự nhiên theo tỉ lệ khối lượng 1:1. Trường hợp này không sử dụng chất phụ gia (0% khối lượng chất phụ gia). Chi tiết quy trình xử lý xỉ lò cao để sản xuất cát gồm các bước sau:

a) Quy trình xử lý xỉ lò cao: xỉ lò cao sau khi được vận chuyển, tập kết sẽ được đưa đến hệ thống sàng rung để loại bỏ các cấp hạt ngoài dải hạt cho phép trong Tiêu chuẩn Xây dựng hiện hành (tiêu chuẩn cát xây dựng TCVN 7570:2006), tiến hành xử lý bao gồm các bước sau:

(1) Xỉ lò cao lấy về từ bãi chứa xỉ tại nhà máy gang thép Tuyên Quang được hong khô, đưa vào bãi chứa nguyên liệu thô có mái che. Dùng máy xúc lật đưa xỉ lên băng tải 1 để chuyển vào xilô phân phối;

(2) Xỉ từ xilô phân phối rót từ từ lên sàng rung có gắn động cơ. Mắt lưới sàng rung là 5,0mm để loại bỏ phần hạt thô trên 5,0mm, phần hạt thô này sẽ đổ lên băng tải 2 ra bãi chứa riêng (dùng cho các mục đích khác). Do xỉ lò cao có rất ít hạt mịn nên không cần dùng sàng mắt lưới 0,14mm để loại bỏ hạt mịn dưới 0,14mm;

(3) Xỉ sau khi qua sàng rung 5mm được dẫn chảy theo băng tải 3 đi vào khu vực xử lý;

(4) Tại khu vực xử lý, rải xỉ đều trên mặt bằng rồi tiến hành phun dưỡng ẩm với nước chứa axit yếu để làm giảm tính kiềm của xỉ lò cao trong khoảng thời gian 1 tuần nhằm giảm pH của xỉ từ mức kiềm xuống mức trung tính ($\text{pH} = 7$), đồng thời làm xỉ trở nên trơ, giảm tính hoạt hóa và tính nổ. Cụ thể, khí CO_2 từ máy nén khí sẽ được sục trực tiếp vào đường ống dẫn nước xử lý để trở thành dung dịch xử lý có độ $\text{pH} = 5,6$. Dung dịch này được phun lên xỉ thông qua giàn phun bằng ống thép có đầu phun nước tự động, cho đến khi xỉ ướt hoàn toàn thì dừng lại. Cách trung bình 8 giờ phun một lần, thực hiện trong 7 ngày liên tục để làm giảm độ pH của xỉ còn xấp xỉ 7. Xử lý xong, tiến hành tháo khô nước, để hong khô gió tự nhiên;

b) Quy trình trộn đều xỉ lò cao đã qua xử lý với cát tự nhiên hoặc cát nghiền để trở thành cát nhân tạo thương phẩm:

Xỉ lò cao đã hong khô sau xử lý được trộn đều với cát tự nhiên theo tỉ lệ khối lượng 1:1. Thời gian trộn hỗn hợp xỉ và cát trong 5 phút. Hỗn hợp này là cát nhân tạo thành phẩm.

Bê tông sử dụng cát nhân tạo như trên có thể dùng cho các công trình xây dựng dân dụng, công nghiệp, các cấu kiện công trình giao thông, thủy lợi, đê, kè sông, biển. Thành phần hỗn hợp bê tông được chế tạo trong ví dụ này cụ thể như sau:

- Xi măng PC40: 35,2 kg

- Đá dăm: 110,4 kg
- Cát tự nhiên: 36,1 kg
- Xi lò cao đã xử lý: 36,1 kg
- Phụ gia : 0,0 kg
- Nước trộn: 22,6 lít.

Theo đó, giá trị các thông số kỹ thuật của hỗn hợp bê tông tươi và bê tông đóng rắn được cung cấp trên bảng 3 dưới đây.

Bảng 3. Các thông số kỹ thuật của hỗn hợp bê tông và bê tông đóng rắn sử dụng cát nhân tạo (tỉ lệ khối lượng xi lò cao và cát tự nhiên = 1:1)

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Khối lượng thể tích xốp	(kg/m ³)	2350
Độ tách nước	%	0,24
Độ sụt ban đầu (tỉ lệ nước/xi măng = 0,56)	cm	2,0
Độ sụt sau 30 phút (tỉ lệ nước/xi măng = 0,56)	cm	0,7
Cường độ kháng nén (28 ngày tuổi, tỉ lệ nước/xi măng = 0,56)	MPa	32,0
Cường độ kháng uốn	MPa	5,33
Thời gian bắt đầu đông kết	Phút	319
Thời gian kết thúc đông kết	Phút	400

Giá trị các chỉ tiêu thu được của bê tông tươi đáp ứng được yêu cầu xây dựng thực tế cho hầu hết các công trình nói chung. Thời gian bắt đầu và kết thúc đông kết dài hơn thông thường nhưng không đáng kể. Khối lượng thể tích của bê tông sử dụng cát nhân tạo chỉ có 2350 kg/m³, nhẹ hơn bê tông thông thường. Cường độ kháng nén của bê tông đóng rắn 28 ngày tuổi đạt 32MPa phù hợp với tiêu chuẩn xây dựng. Tuy nhiên, độ sụt ban đầu và độ sụt sau 30 phút khá thấp, điều này có nghĩa độ linh động thấp, nên sẽ gây khó khăn cho việc bơm hút cơ giới đưa bê tông từ mặt đất lên tầng cao (tính công tác kém), do đó việc thi công các công trình nhà cao tầng sẽ bị hạn chế.

Ví dụ 2: Sản xuất cát nhân tạo có sử dụng chất phụ gia, dùng cát nhân tạo làm cốt liệu bê tông, đánh giá khả năng của cát nhân tạo qua hỗn hợp bê tông và bê tông đóng rắn

Trong ví dụ này, các thông số về khối lượng, cách thức thực hiện, thành phần, đặc điểm nguyên liệu thô và các bước của quy trình xử lý xỉ lò cao để sản xuất cát nhân tạo hoàn toàn giống như Ví dụ 1, cụ thể:

a) Quy trình xử lý, chế biến xỉ lò cao: xỉ lò cao sau khi được vận chuyển, tập kết sẽ được đưa đến hệ thống sàng rung cùng băng tải để loại bỏ các cấp hạt ngoài dải hạt cho phép trong Tiêu chuẩn Xây dựng hiện hành (tiêu chuẩn cát xây dựng TCVN 7570:2006), rồi tiến hành xử lý. Cụ thể bao gồm các bước sau:

(1) Xỉ từ nhà máy được hong khô, đưa vào bãi chứa, chuyển theo băng tải 1 vào xilô phân phối;

(2) Xỉ từ xilô phân phối rót từ từ lên sàng rung 5 mm để loại bỏ hạt sạn dăm, phần hạt sạn dăm chảy theo băng tải 2 ra bãi chứa sạn dăm;

(3) Xỉ lọt sàng rung 5mm được chảy trực tiếp theo băng tải 3 sang máy sàng thối 0,14mm để loại bỏ hạt mịn hơn 0,14mm; phần hạt quá mịn đi qua máy được thối vào các túi chứa rồi chảy theo băng tải 4 ra bãi thải;

(4) Xỉ sau khi qua sàng rung 5mm và máy sàng thối 0,14mm được chảy theo băng tải 5 đi vào khu vực xử lý;

(5) Tại khu vực xử lý, tiến hành phun dưỡng ẩm xỉ với nước chứa axit yếu để làm giảm tính kiềm của xỉ lò cao trong khoảng thời gian 1-4 tuần nhằm giảm pH của xỉ từ mức kiềm xuống mức trung tính ($\text{pH} = 7$), đồng thời làm xỉ trở nên trợ, giảm tính hoạt hóa và tính nở. Cụ thể, khí CO_2 từ máy nén khí sẽ được sục trực tiếp vào đường ống dẫn nước xử lý để trở thành dung dịch xử lý có độ pH khoảng 5,6-6,0 (hoặc thấp hơn). Dung dịch này được phun lên xỉ thông qua giàn phun bằng ống thép có đầu phun nước tự động, cho đến khi xỉ ướt hoàn toàn thì dừng lại. Cách 8 giờ phun một lần, thực hiện trong 1-4 tuần để làm giảm độ pH của xỉ còn xấp xỉ 7. Xử lý xong, tiến hành tháo khô nước, để hong khô gió tự nhiên.

b) Quy trình trộn đều xỉ lò cao đã qua xử lý với cát tự nhiên hoặc cát nghiền để trở thành cát nhân tạo thương phẩm:

Xỉ lò cao đã hong khô sau xử lý được trộn đều với cát tự nhiên hoặc cát nghiền theo theo tỉ lệ khối lượng 48:50, 2% là của phụ gia naphtalen-sulfonat-

formaldehyt loại F, thời gian trộn từ 2-10 phút. Khi trộn hạt cát sẽ lấp vào góc lõm của hạt xỉ làm tăng cường độ chịu lực, hạn chế tính nở của bê tông/vữa, giảm tính góc cạnh hạt và thoi dẹt của tập hợp hạt cát nhân tạo. Công đoạn này phải đảm bảo sự chính xác về tỉ lệ nguyên liệu đầu vào theo khối lượng hoặc thể tích tương ứng.

Hỗn hợp này gọi là cát nhân tạo. Sản xuất bê tông từ cát nhân tạo sử dụng cho các công trình dân dụng, nhà cao tầng hoặc các cấu kiện công trình giao thông, thủy lợi, đê, kè biển. Lượng phụ gia naphtalen-sulfonat-formaldehyt loại F được trộn vào trong quá trình sản xuất bê tông là 0,361kg. Cụ thể, hỗn hợp bê tông có thành phần như sau:

- Xi măng PC40: 35,2 kg
- Đá dăm: 110,4 kg
- Cát tự nhiên: 36,1 kg
- Xỉ lò cao đã xử lý: 36,1 kg
- Phụ gia naphtalen-sulfonat-formaldehyt loại F: 0,361 kg
- Nước trộn: 22,6 lít.

Theo đó, giá trị các thông số kỹ thuật của hỗn hợp bê tông và bê tông đóng rắn được cung cấp trên bảng 3 dưới đây. Có thể nhận thấy, các giá trị thu được hoàn toàn đáp ứng yêu cầu xây dựng thực tế, trong đó cường độ kháng nén của bê tông 28 ngày tuổi.

Bảng 4. Các thông số kỹ thuật của hỗn hợp bê tông và bê tông đóng rắn sử dụng cát nhân tạo có chất phụ gia (tỉ lệ xỉ lò cao/cát tự nhiên /phụ gia= 49,5/50/0,5)

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Khối lượng thể tích xấp	(kg/m ³)	2350
Độ tách nước	%	0,19
Độ sụt ban đầu (tỉ lệ nước/xi măng = 0,56)	cm	8,1
Độ sụt sau 30 phút (tỉ lệ nước/xi măng = 0,56)	cm	6,0
Cường độ kháng nén (28 ngày tuổi, tỉ lệ nước/xi măng = 0,56)	MPa	32,4
Cường độ kháng uốn	MPa	5,44
Thời gian bắt đầu đông kết	Phút	316
Thời gian kết thúc đông kết	Phút	395

Sự khác biệt của ví dụ 2 so với ví dụ 1 đó là bổ sung quy trình trộn đều xỉ lò cao đã qua xử lý với cát tự nhiên hoặc cát nghiền, kết hợp sử dụng chất phụ gia, cụ

thể xỉ lò cao đã hong khô sau xử lý được trộn đều với cát tự nhiên theo tỉ lệ khối lượng: 49,5% xỉ lò cao, 50% cát tự nhiên. Chất phụ gia được sử dụng là naphtalen-sulfonat-formaldehyt loại F, tỉ lệ 0,5%, thời gian trộn là 5 phút. Hỗn hợp này là cát nhân tạo thành phẩm hoàn chỉnh.

Kết quả đánh giá hỗn hợp bê tông và bê tông đóng rắn cho thấy, giá trị các chỉ tiêu cơ-lý của bê tông sử dụng cát nhân tạo có 0,5% chất phụ gia đã tiệm cận gần với giá trị tương ứng của bê tông với 100% cát tự nhiên (Bảng 2). Cát nhân tạo sử dụng chất phụ gia đáp ứng được yêu cầu xây dựng thực tế cho hầu hết các công trình nói chung. Thời gian bắt đầu và kết thúc đông kết đã giảm đáng kể. Cường độ kháng nén và kháng uốn của bê tông đóng rắn 28 ngày tuổi có tăng hơn so với trường hợp không có chất phụ gia, mặc dù mức tăng không nhiều do chất phụ gia chỉ ảnh hưởng gián tiếp đến cường độ. Độ sụt ban đầu và độ sụt sau 30 phút đã tăng lên đáng kể, gần với điều kiện thi công thực tế và có thể bơm hút đưa vữa lên tầng cao dễ dàng hơn.

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Giải pháp hữu ích có tính mới và độc đáo. Hiện nay, cát tự nhiên đang ngày càng khan hiếm, việc tận dụng các nguồn phế thải công nghiệp làm vật liệu xây dựng có ý nghĩa to lớn cả về các khía cạnh kinh tế - xã hội, tài nguyên, môi trường. Việc xử lý xỉ lò cao thành cát nhân tạo thay thế cát tự nhiên dùng trong xây dựng các công trình dân dụng, nhà cao tầng, cầu kiện công trình giao thông, thủy lợi, đê, kè biển, đường giao thông nông thôn, v.v. lại càng có ý nghĩa thiết thực. Giải pháp hữu ích được thực hiện với công nghệ sáng tạo, đảm bảo các tiêu chí: sử dụng nguồn nguyên liệu là phế thải công nghiệp phổ biến, có sẵn, dễ thực hiện trong điều kiện Việt Nam, chất lượng và chỉ tiêu kỹ thuật của cát nhân tạo đều nằm trong giới hạn cho phép của các tiêu chuẩn hiện hành, giá thành cạnh tranh tốt với cát tự nhiên.

Những ưu thế của kết quả giải pháp hữu ích về mặt công nghệ so với sản phẩm tương tự trên thị trường:

+ Tận dụng nguồn xỉ lò cao nhà máy luyện gang - một dạng phế thải công nghiệp, để sản xuất cát nhân tạo thay thế cát tự nhiên dùng trong lĩnh vực xây dựng, góp phần giảm thiểu tác động từ việc quá tải các chức năng môi trường khu vực đổ thải, góp phần bảo vệ và tiết kiệm tài nguyên.

+ Chất lượng sản phẩm cát nhân tạo sản xuất từ xỉ lò cao tương đương cát tự nhiên, trọng lượng nhẹ hơn cát tự nhiên từ 10-15%; các chỉ tiêu kỹ thuật đáp ứng tốt Tiêu chuẩn Xây dựng hiện hành, bao gồm tiêu chuẩn TCVN 7570:2006.

Kết quả nghiên cứu đã tạo ra được sản phẩm cát nhân tạo sản xuất từ xỉ lò cao, có thể đáp ứng tốt các yêu cầu về kỹ thuật và hiệu quả kinh tế để thay thế cát tự nhiên. Sản phẩm cát nhân tạo là lời giải mới triển vọng cho bài toán khan hiếm cát xây dựng ở nước ta hiện nay; góp phần phát triển kinh tế - hạ tầng, bảo vệ tài nguyên - môi trường và chống biến đổi khí hậu.

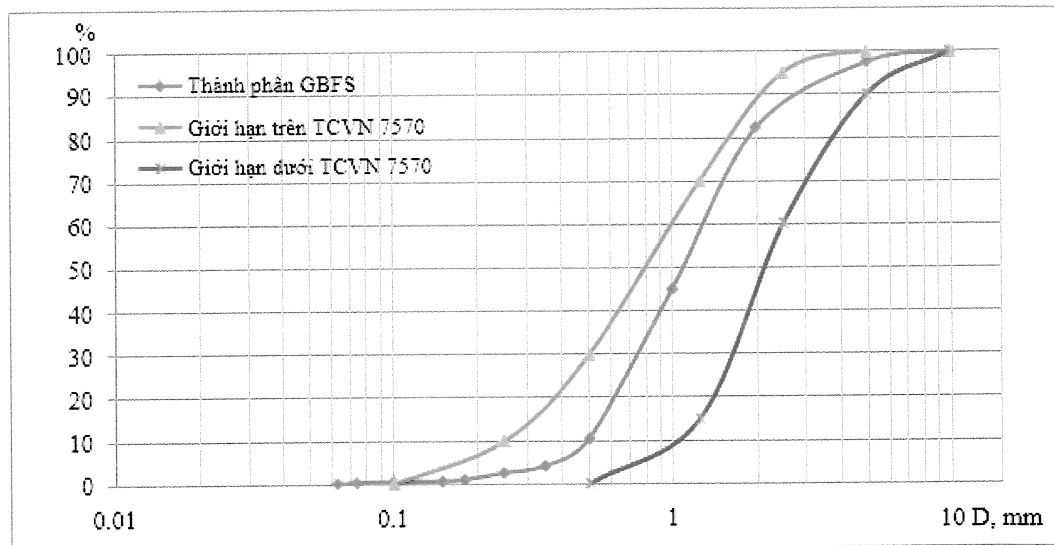
Yêu cầu bảo hộ

1. Cát nhân tạo được sản xuất từ xỉ lò cao để thay thế cát tự nhiên hoặc cát nghiền dùng trong sản xuất bê tông hoặc vữa xây, sử dụng cho các công trình xây dựng dân dụng, công nghiệp, cầu kiện công trình giao thông, thủy lợi, đê kè biển, đường giao thông nông thôn; cát nhân tạo sản xuất từ xỉ lò cao của nhà máy luyện gang thu được sau quy trình xử lý, chế biến bao gồm các bước sau:

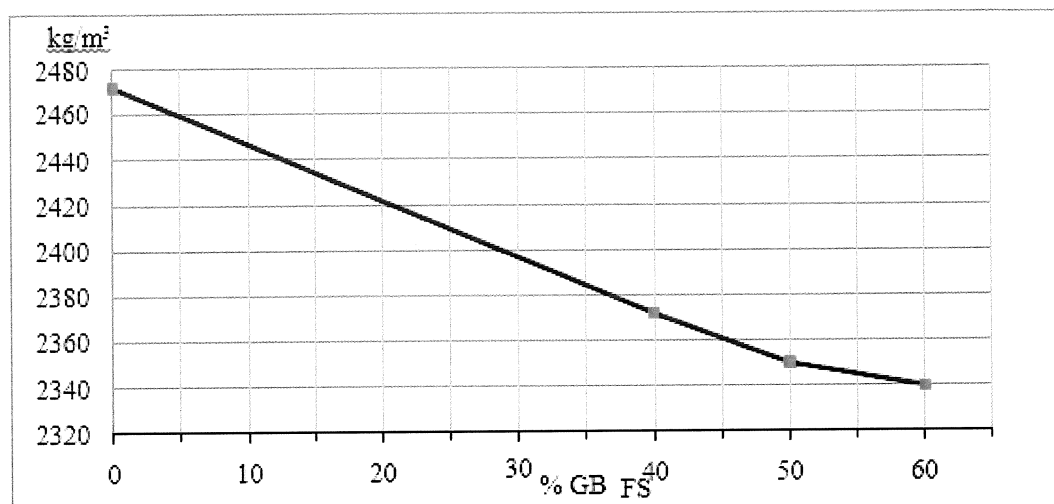
- bước 1) xỉ lò cao lấy về từ nhà máy luyện gang được hong khô, chuyển vào bãi chứa nguyên liệu thô, rồi đưa lên băng tải 1 để chuyển vào xilô phân phối; xỉ từ xilô phân phối được rót từ từ lên sàng rung có mắt lưới 5,0mm để loại bỏ phần hạt thô trên 5,0mm, phần hạt thô này được chuyển lên băng tải 2 ra bãi thải riêng; xỉ lọt sàng rung 5,0mm được dẫn theo băng tải 3 đi vào khu vực xử lý; tại khu vực xử lý, rải xỉ đều trên mặt bằng với chiều dày thích hợp rồi tiến hành phun dưỡng ẩm với nước chứa axit yếu trong khoảng thời gian từ 1 đến 4 tuần để làm giảm tính kiềm của xỉ lò cao xuống mức trung tính ($\text{pH} = 7$), đồng thời làm xỉ trở nên trơ, giảm tính hoạt hóa và tính nở; cụ thể, sử dụng khí CO_2 qua máy nén khí, sục trực tiếp vào đường ống dẫn nước xử lý để trở thành dung dịch xử lý có độ pH khoảng 5,6-6,0, dung dịch này được phun lên xỉ thông qua giàn phun bằng ống thép có đầu phun nước tự động, cho đến khi xỉ ướt hoàn toàn thì dừng lại; cách trung bình 8 giờ phun một lần, thực hiện trong 1-4 tuần liên tục; xử lý xong, tiến hành tháo khô nước, để hong khô gió tự nhiên;

- bước 2) sau thời gian hong khô, tiến hành cho cát tự nhiên hoặc cát nghiền vào trộn với xỉ theo tỉ lệ: xỉ lò cao với lượng từ 9% đến 78% khối lượng, cát tự nhiên hoặc cát nghiền với lượng từ 90% đến 20% khối lượng; trộn đều trong thời gian từ 2-10 phút; công đoạn này cần đảm bảo sự chính xác về tỉ lệ nguyên liệu đầu vào theo khối lượng hoặc thể tích tương ứng; và

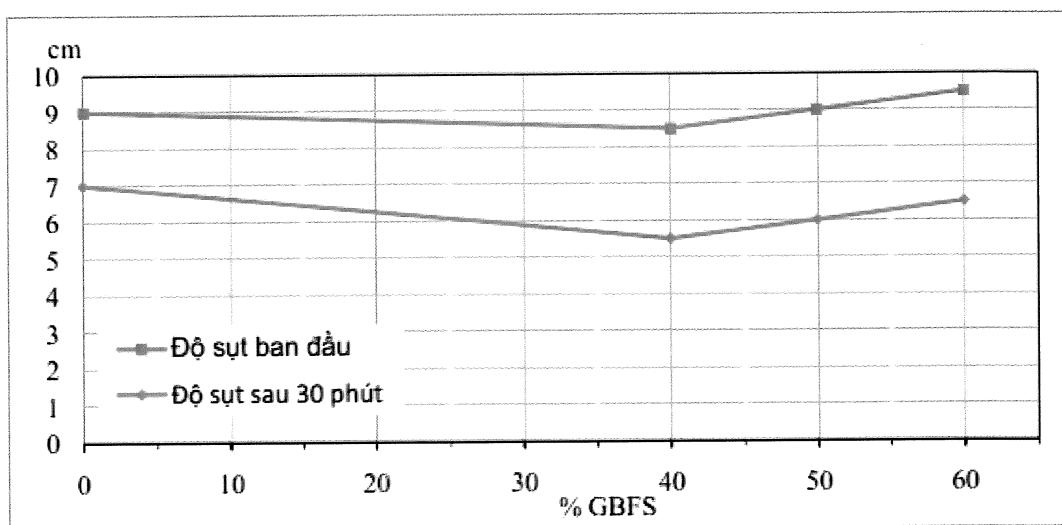
- bước 3) hỗn hợp thu được sau bước 2 được bổ sung chất phụ gia naphthalen-sulfonat-formaldehyt (ASTM C494-97, loại F), hoặc lignosulfonat (ASTM C494-97, loại G) với lượng từ 0% đến 2% khối lượng hỗn hợp, tiếp tục trộn đều, thu được cát nhân tạo thành phẩm.



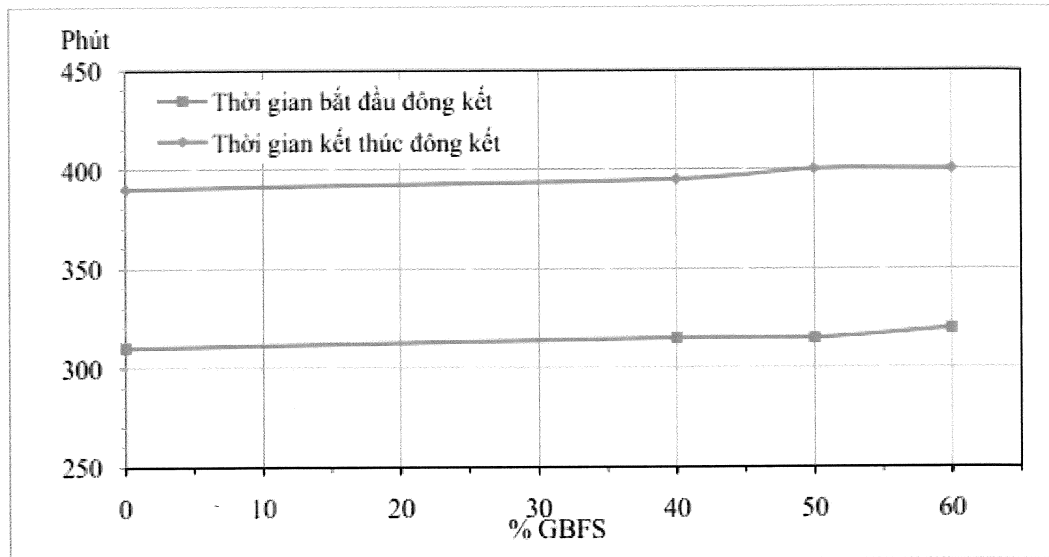
Hình 1



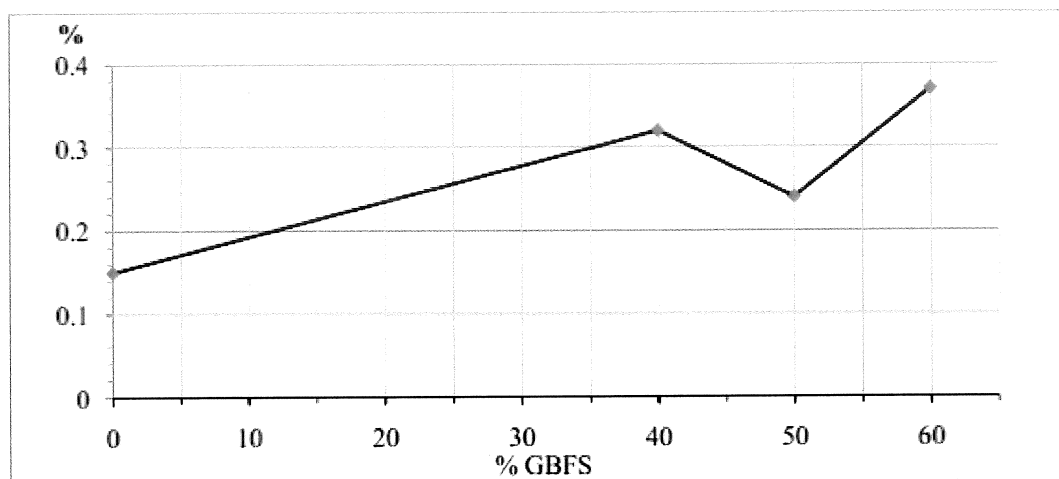
Hình 2



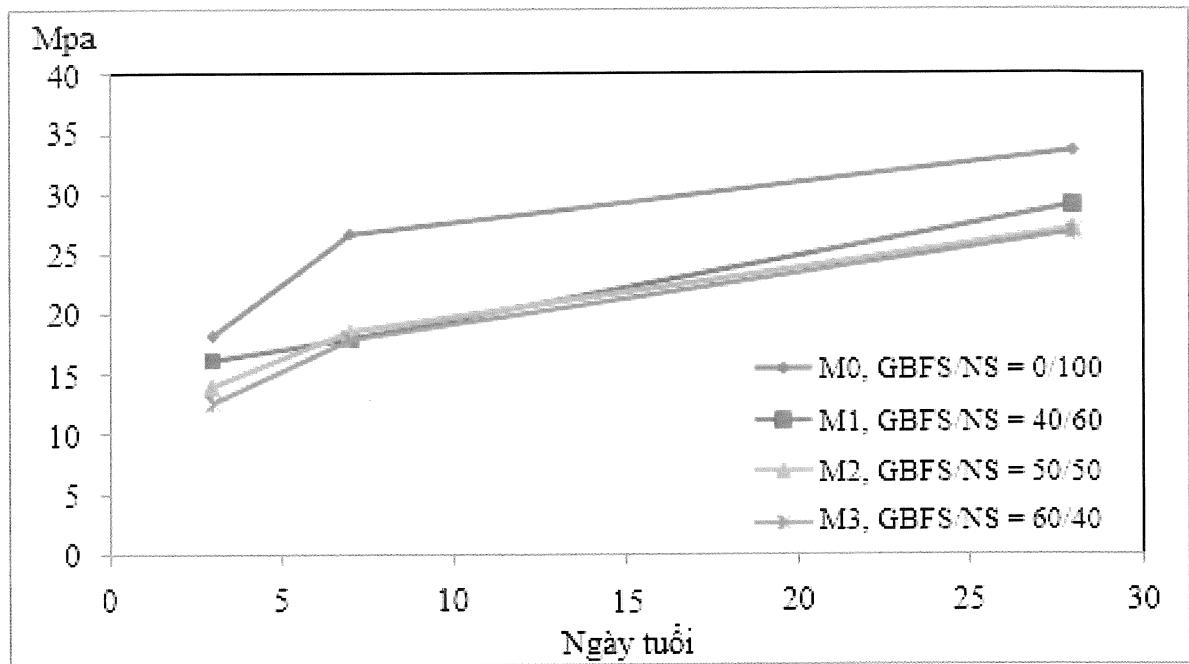
Hình 3



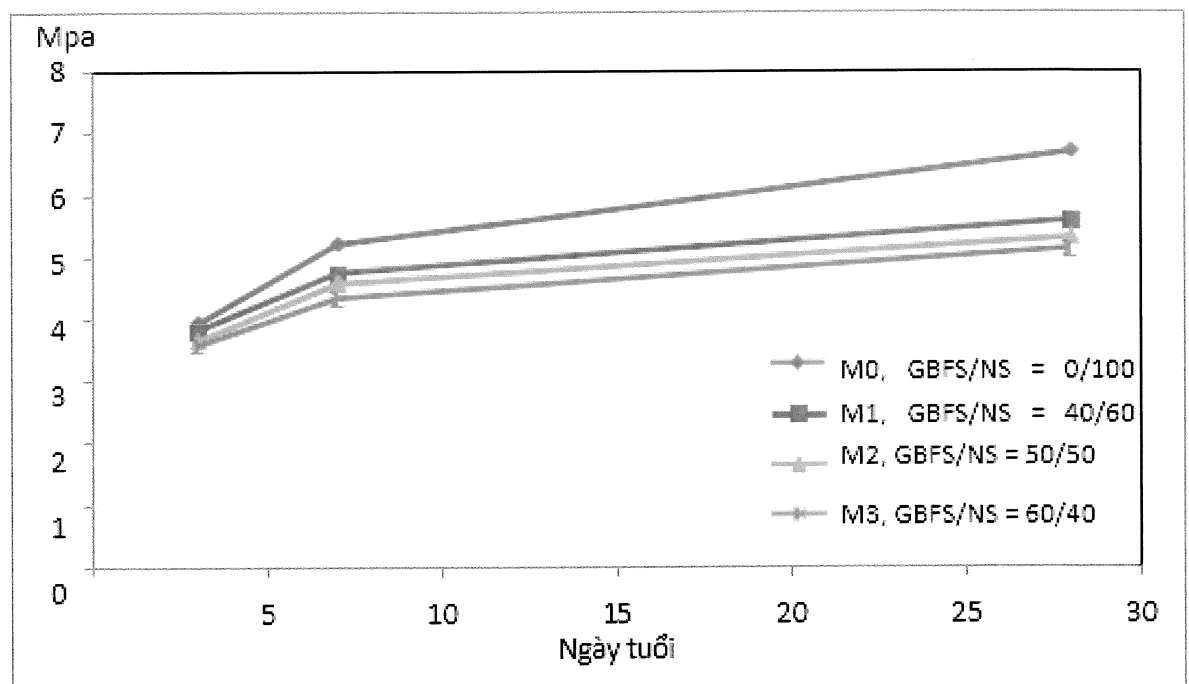
Hình 4



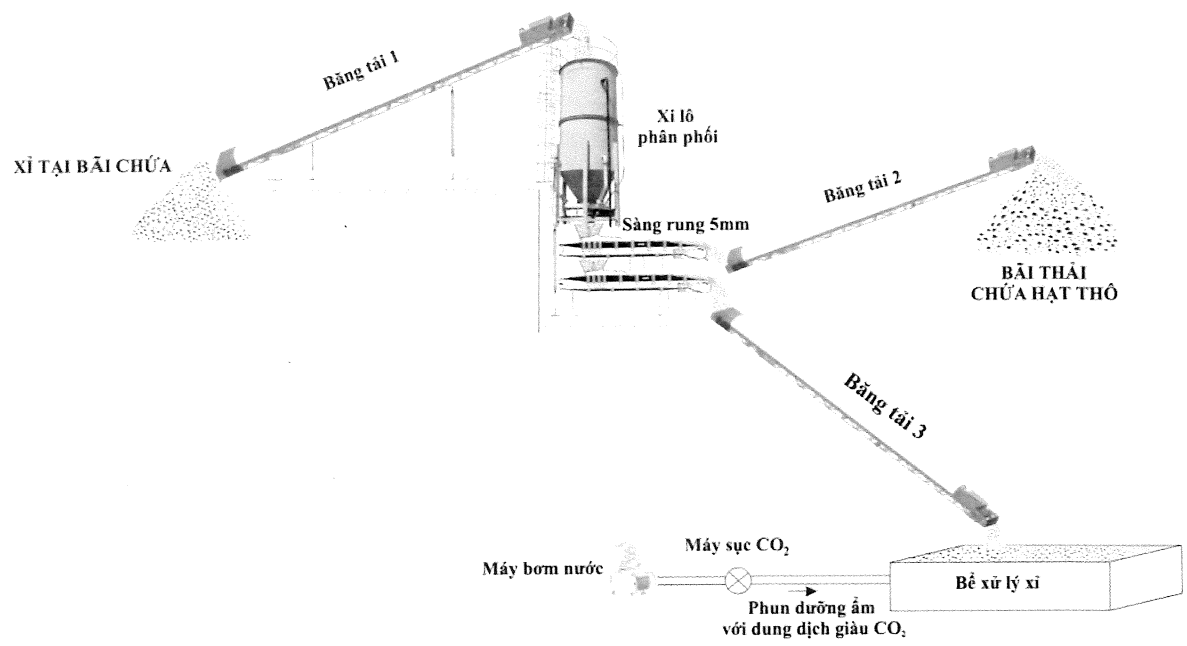
Hình 5



Hình 6



Hình 7



Hình 8