



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

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

(11)



1-0041650

(51)^{2021.01} C04B 14/22; F27B 15/14; C03B 19/10; (13) B
C03B 5/00; C04B 103/00; C04B 111/00;
C04B 14/30; C04B 20/00; C04B 20/02;
C04B 35/626; C04B 7/43; C04B 7/44;
C09K 8/80; F27B 15/00; F27B 15/10;
B05B 7/20; B22F 3/00

(21) 1-2022-07014

(22) 29/06/2020

(62) 1-2022-00619

(86) PCT/US2020/040171 29/06/2020

(87) WO2020/264516 30/12/2020

(30) 62/867,480 27/06/2019 US; 63/004,673 03/04/2020 US; 63/025,148 14/05/2020 US

(45) 25/11/2024 440

(43) 25/04/2023 421

(73) TERRA CO2 TECHNOLOGY HOLDINGS, INC. (US)

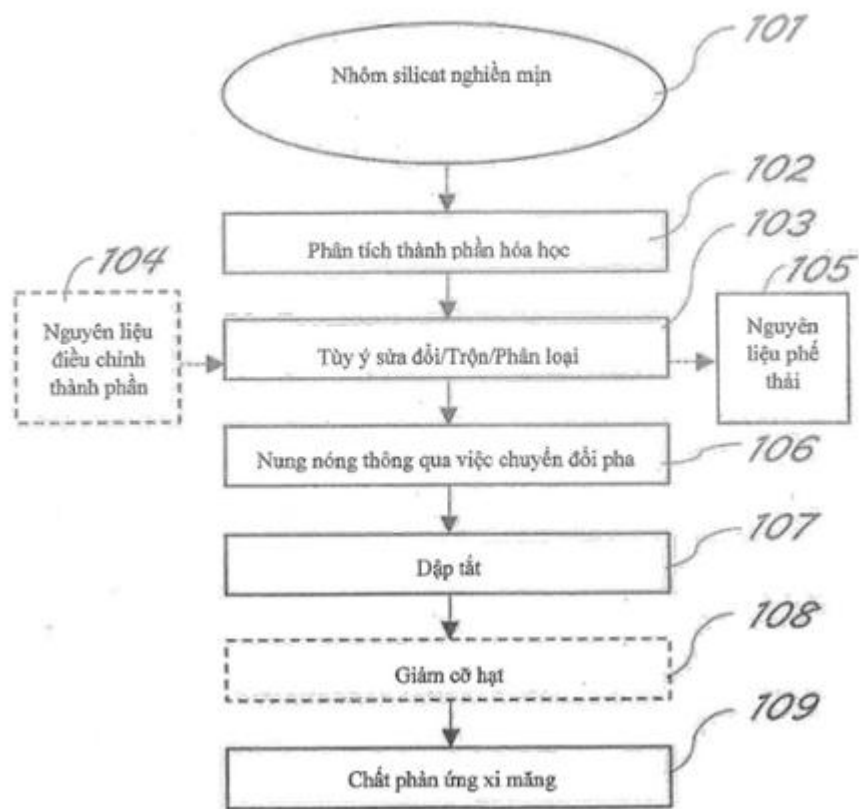
601 16th Street Suite C#324 Golden, Colorado 80401, United States of America

(72) LAKE, Donald (CA).

(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) CHẤT HOẠT HÓA XI MĂNG VÀ BÊ TÔNG ĐẶC

(57) Sáng chế đề cập đến chất hoạt hóa xi măng được sản xuất từ các nguồn nguyên liệu vô cơ dồi dào trên toàn cầu. Sáng chế cũng đề cập đến bê tông đặc làm từ chất hoạt hóa xi măng này. Chất hoạt hóa xi măng này có thể được sử dụng trong bê tông để giảm đáng kể lượng khí thải CO₂ liên quan đến việc sản xuất xi măng.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế liên quan đến lĩnh vực chất hoạt hóa xi măng, và cụ thể hơn là đến việc tạo ra chất hoạt hóa xi măng tương đối đồng nhất và nguyên liệu kết dính từ nhiều nguyên liệu thô không đồng nhất.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Bê tông đã đóng một vai trò quan trọng trong nền văn minh hàng nghìn năm và vẫn là nguyên liệu xây dựng được sử dụng phổ biến nhất. Xi măng là thành phần liên kết thiết yếu của bê tông cho phép vữa bê tông có thể chảy được đông cứng thành nguyên liệu hỗn hợp hữu ích ở nhiệt độ môi trường. Nhiều hóa chất kết dính đã được sử dụng thành công để sản xuất bê tông, nhưng xi măng poóc lăng và các biến thể của nó đã là chất kết dính bê tông chiếm ưu thế trong gần 200 năm. Bất chấp những tiến bộ về hiệu quả sản xuất và tính năng nguyên liệu, có những vấn đề quan trọng và nội tại đối với hóa học xi măng poóc lăng mà không thể giải quyết bằng bất kỳ chi phí hợp lý nào bằng các phương pháp hiện tại.

Việc sản xuất xi măng poóc lăng là một quá trình sinh ra nhiều CO₂ tạo ra khoảng 8% lượng khí thải CO₂ do con người tạo ra trên toàn cầu. Một số ước tính dự đoán rằng nhu cầu xi măng sẽ tăng 12-23% vào năm 2050. Tuy nhiên, nhu cầu tuyệt đối ngày càng tăng về xi măng đi ngược lại với nhu cầu loại bỏ cacbon hoàn toàn của nền kinh tế cũng được yêu cầu vào năm 2050 để tránh những tác động thảm khốc của biến đổi khí hậu, theo Báo cáo Khí hậu IPCC của LHQ năm 2018. Do đó, đang có nhu cầu cấp bách về việc làm giảm mạnh lượng phát thải CO₂ cụ thể của xi măng, đặc biệt là do khối lượng sản xuất tuyệt đối đang tăng lên.

Một cách mà ngành công nghiệp đã cố gắng giảm phát thải CO₂ của xi măng là phát triển xi măng geopolyme, thường là polyme vô cơ nhôm silicat được đóng rắn nhờ quá trình geopolyme hóa. Xi măng geopolyme thương phẩm đang được sử dụng ngày nay yêu cầu tiếp cận với một số chất hoạt hóa rắn cụ thể (thường là: metakaolin (MK-750), xỉ hạt lò cao nghiền mịn (ground granulated blast furnace slag, GGBFS) và tro than bay). Tuy nhiên, những chất hoạt hóa này không thể đáp ứng được quá trình toàn cầu chuyển đổi sang xi măng ít CO₂ vì nguồn cung tương đối hạn chế về địa lý và khối lượng

so với nhu cầu khổng lồ về xi măng. Ngoài ra, chi phí vận chuyển các sản phẩm này từ các địa điểm sản xuất là đáng kể so với giá trị thị trường của chúng.

Chất hoạt hóa xi măng có thể được sử dụng trong cả xi măng thủy lực và xi măng geopolyme. Chất hoạt hóa geopolyme và chất kết dính bổ sung (supplementary cementitious materials, SCM) thường được lựa chọn từ một vài chất kết dính phổ biến: tro phụ phẩm từ quá trình đốt cháy (ví dụ, tro than bay), phụ phẩm từ xỉ (ví dụ, xỉ hạt lò cao nghiền mịn), đất sét nung (ví dụ, metakaolin), và pozolan tự nhiên (ví dụ, tro núi lửa). Các chất này nói chung là hầu như không có dạng tinh thể và đôi khi dễ phản ứng trong các hệ xi măng như trong các hệ geopolyme.

Vì phần lớn các SCM được sử dụng trong xi măng thủy lực hỗn hợp là các phụ phẩm công nghiệp (ví dụ, của việc đốt than hoặc sản xuất sắt chất lượng), các đặc tính nguyên liệu của chúng phụ thuộc vào phụ phẩm công nghiệp và không đặc biệt thích hợp để làm chất hoạt hóa xi măng chất lượng. Do đó, các nguyên liệu này không có bất kỳ sự đảm bảo nào về thành phần và chất lượng lý tưởng hoặc thậm chí nhất quán, và tính phù hợp của chúng để làm chất hoạt hóa xi măng khác nhau giữa các nhà máy và theo thời gian. Cũng không có sự kiểm soát đối với vị trí sản xuất, và ngành công nghiệp bê tông thiếu kiểm soát đối với sự sẵn có trong tương lai của những chất kết dính cực kỳ quan trọng này. Sẽ có lợi hơn nhiều nếu địa điểm sản xuất có thể được lựa chọn dựa trên nhu cầu của thị trường, đặc biệt là do việc vận chuyển chất kết dính rất tốn kém.

Tro bay là phụ phẩm nhôm silicat thủy tinh một phần của quá trình đốt than. Nó thường được sử dụng như một chất phụ gia trong hỗn hợp xi măng thủy lực để cải thiện độ chảy và tạo ra phản ứng pozolan để cải thiện các đặc tính của bê tông bao gồm cường độ, khả năng chống lại phản ứng kiềm-silic oxit và các chất khác. Điều không may là, chỉ một số quy trình đốt và than nhất định mới tạo ra nguồn cung cấp tro bay phù hợp với chất lượng có thể chấp nhận được để sử dụng trong bê tông (ví dụ, tro xỉ ASTM loại C và loại F, hoặc tro CSA loại C, CI và F). Tro không được tạo ra như một SCM tối ưu; thay vào đó, quá trình đốt cháy được tối ưu hóa để phát điện và ngăn ngừa ô nhiễm: không có sự đồng nhất đảm bảo của tro phụ phẩm. Các vấn đề khác đối với tương lai của tro bay trong bê tông bao gồm sự sụt giảm đáng kể về khả năng cung cấp trong khu vực do quá trình chuyển đổi từ năng lượng than sang khí tự nhiên ở nhiều thị trường, cacbon được đưa vào sau quá trình đốt cháy có thể ảnh hưởng tiêu cực đến sự tạo khí trong bê

tông, việc thu hồi tro từ các hầm chứa sẽ tăng chi phí và chất lượng phải được xác nhận thông qua thử nghiệm trong từng trường hợp.

Xi hạt lò cao nghiền mịn (GGBFS) là phụ phẩm CaO-SiO_2 dạng thủy tinh của quy trình sản xuất sắt trong lò cao. Bê tông kết hợp GGBFS có nhiều đặc tính ưu việt bao gồm cải thiện độ bền hóa học, độ trắng, giảm nhiệt thủy hóa, giảm đến mức tối thiểu lượng khí thải CO_2 và các đặc tính có lợi khác. Điều đáng tiếc là, nguồn cung xỉ lò cao khá hạn chế do còn ít lò cao hoạt động ở hầu hết các thị trường. Do đó, GGBFS đang có nhu cầu cao như một SCM chất lượng và giá của phụ phẩm này hiện tương đương với giá của chính xi măng. Ngoài ra, nguồn cung hạn chế theo vị trí địa lý dẫn đến tình trạng thiếu hụt hoặc ít nhất là chi phí vận chuyển cao đối với nhiều thị trường bê tông địa phương. Cuối cùng, việc sản xuất gang và cung cấp xỉ lò cao từ đó không đi đôi trực tiếp với nhu cầu bê tông, khiến sản lượng cung cấp, tính sẵn có tại địa phương và giá thị trường của các loại chất phụ gia quan trọng này chủ yếu phụ thuộc vào cơ hội.

Pozolan tự nhiên là nguyên liệu silic hoặc nhôm silic có thể tham gia vào phản ứng pozolan với Ca(OH)_2 . Chúng bao gồm tro núi lửa đã được khai thác hoặc nung, đất tảo cát, kaolinit và các loại đất sét khác, MK-750 và các khoáng chất và đá tự nhiên khác phản ứng với vôi để tạo ra hợp chất silic oxit canxi ngậm nước. Pozolan tự nhiên có thể là SCM rất có hiệu quả trong bê tông, tuy nhiên chúng yêu cầu khai thác các tài nguyên không thể tái tạo và pozolan thường phải vận chuyển vượt qua khoảng cách đáng kể vì không có nhiều các mỏ này. Ngoài ra, các nguyên liệu tự nhiên thường yêu cầu quá trình xử lý đáng kể như nung để tăng cường khả năng phản ứng của pozolan tự nhiên.

Tro bay (thường có hàm lượng CaO thấp, như ở loại F), GGBFS, và một số “pozolan” tự nhiên và đã qua xử lý (ví dụ, tro núi lửa, zeolit và MK-750) cũng là chất chất hoạt hóa geopolymer phổ biến và cũng có các hạn chế tương tự về nguồn cung, vị trí địa lý, giá cả, chất lượng và tính nhất quán để ứng dụng chúng trong chất kết dính và xi măng geopolymer.

Để khắc phục các hạn chế nhất định của các nguồn cung cấp SCM và chất hoạt hóa geopolymer hiện có này, đã có một số nỗ lực được thực hiện để cải thiện các khía cạnh của phương pháp truyền thống. Mặc dù có một số cải tiến, các sản phẩm hoặc hỗn hợp nhân tạo này vẫn có nhiều khiếm khuyết, ví dụ, về khả năng phản ứng và thành phần hóa học của chất hoạt hóa để sử dụng trong hóa học geopolymer (ví dụ, tối ưu hóa chất hoạt hóa để sau đó tạo ra polymer nhôm silicat kiềm/kiềm thổ có độ phối trí cao, phân

nhánh và ba chiều). Chúng cũng yêu cầu chất phản ứng cấp phòng thí nghiệm đắt tiền và không thể sử dụng nguồn nguyên liệu dồi dào trên toàn cầu.

Ngoài ra, chất hoạt hóa xi măng thủy tinh được sản xuất trước đây có hình thái góc cạnh hoặc dạng sợi. Do đó, vữa xi măng được làm từ các chất như vậy cần nhiều nước và có khả năng thi công kém (ví dụ, với giới hạn chảy quá mức hoặc cao hơn mức độ dẻo tối ưu) là một trở ngại cho việc sử dụng bê tông trong thực tế.

Tro thiêu và silic oxit thường không có hình thái hạt góc cạnh. Tuy nhiên, các loại này không có đủ số lượng, không có thành phần hóa học thích hợp và/hoặc quá đắt để hỗ trợ cho quá trình chuyển đổi quy mô lớn sang xi măng thủy lực hoặc xi măng geopolyme tổng hợp SCM cao.

Do đó, cần có chất hoạt hóa xi măng có thể giải quyết được các vấn đề về khả năng thi công với hiệu quả ở mức độ tương tự như chất siêu dẻo và chất khử nước trong hỗn hợp xi măng poóc lăng tương đương. Cũng cần phải có một phương pháp giảm CO₂ thải ra trong quá trình sản xuất xi măng poóc lăng, và đặc biệt, cần có chất hoạt hóa xi măng được tạo ra với lượng phát thải CO₂ thấp hoặc bằng không mà có thể được sử dụng như một chất kết dính bổ sung trong xi măng thủy lực và/hoặc như một loại chất hoạt hóa geopolyme rắn.

Cũng cần có chất hoạt hóa xi măng có thể được sản xuất đại trà từ các nguồn nguyên liệu dồi dào trên toàn cầu, có khả năng phản ứng trong các hệ thống kết dính và tạo ra hỗn hợp xi măng có giới hạn chảy thấp và dễ thi công.

Hơn thế nữa, cũng có nhu cầu sản xuất chất hoạt hóa xi măng với địa điểm sản xuất có thể được lựa chọn dựa trên nhu cầu của thị trường. Đặc biệt cần có các hạt không góc cạnh hoặc các hạt thủy vi cầu có thể được sử dụng trong chất hoạt hóa xi măng, chất hoạt hóa geopolyme, chất kết dính bổ sung (SCM), hỗn hợp xi măng và bê tông.

Cũng cần sản xuất một cách kinh tế các hạt thủy tinh vi cầu như vậy, ví dụ, bằng cách sử dụng nguồn nguyên liệu dồi dào trên toàn cầu. Cũng cần có các thiết bị, hệ thống và phương pháp sử dụng quá trình nấu chảy/làm nguội nhanh ở trạng thái bay như vậy, trong đó các hạt rắn được phun thành trạng thái lơ lửng, nấu chảy ở trạng thái lơ lửng, và sau đó được làm nguội ở trạng thái lơ lửng.

Sáng chế nhằm đáp ứng các nhu cầu này và các nhu cầu khác sẽ được làm rõ trong phần mô tả sáng chế dưới đây.

Xi măng chủ yếu được sử dụng trong bê tông ngày nay là sản phẩm canxi silicat đóng rắn bằng cách hydrat hóa, được gọi là xi măng poóc lăng. Điều không may là việc sản xuất clinke xi măng poóc lăng này tạo ra lượng khí thải CO₂ (từ quá trình nung nóng đá vôi) có tác động toàn cầu (khoảng 3-5%, không tính phát thải khí nhà kính thu được từ nhiên liệu). Quá trình này được thực hiện trong một lò quay với bột thô chạy ngược dòng đến lò đốt. Quá trình này rất tốn năng lượng, tiêu thụ ~ 3-5 GJ/tấn, trong đó khoảng 1,5 GJ/tấn được sử dụng chỉ để nung đá vôi. Trong số ít các chiến lược khả thi để giảm tác động môi trường của xi măng, hóa học geopolyme cung cấp một loại xi măng thay thế khả thi trên toàn cầu với tính năng nguyên liệu và môi trường được cải thiện. Nguồn cung cấp không nhất quán và hạn chế về mặt địa lý của các chất hoạt hóa geopolyme truyền thống như tro bay và xỉ đã hạn chế việc tiêu chuẩn hóa và áp dụng bê tông geopolyme. Mặt khác, nhu cầu ngày càng tăng đối với các chất kết dính bổ sung (SCM) trong xi măng thủy lực (để nâng cao tính năng nguyên liệu và môi trường) đã làm tăng hơn nữa nhu cầu về các nguyên liệu này.

Như nêu trên, đã có nhiều nỗ lực khác nhau được thực hiện để sản xuất chất hoạt hóa xi măng. Tuy nhiên, các nỗ lực đó bị nhiều thiếu sót nghiêm trọng cản trở việc sản xuất một cách kinh tế các chất hoạt hóa xi măng dạng thủy tinh.

Ví dụ, lò nung và chén nung có lót nguyên liệu chịu lửa nhiệt độ cao đã được sử dụng để chứa trực tiếp thủy tinh nấu chảy trong nghiên cứu học thuật hiện có về chất hoạt hóa xi măng (một phần mở rộng tự nhiên của kỹ thuật sản xuất thủy tinh truyền thống). Tuy nhiên, nguyên liệu chịu lửa rắn trong nồi nấu kim loại và xung quanh các lò nung thông thường yêu cầu tốc độ làm nóng và làm nguội thấp (khoảng 10-50°C/phút) để tránh vỡ do sốc nhiệt. Lò nung chảy thông thường có khối lượng nhiệt cao khiến việc bảo trì khó khăn và tốn kém do chu kỳ khởi động và dừng lại kéo dài. Tốt hơn nếu tránh được việc nguyên liệu chịu lửa phải tiếp xúc trực tiếp với khối nóng chảy, sao cho tránh được sự phức tạp, hao mòn và thời gian khởi động và dừng lại đáng kể.

Việc làm nguội nhanh thủy tinh nóng chảy để làm chất hoạt hóa xi măng (ví dụ, xỉ lò cao) trước đây cần dùng nước, là cách thức tốn kém, hạn chế việc thu nhiệt, có thể gây ra các hậu quả tiêu cực về môi trường và có thể cản trở quá trình tách rắn/lỏng phức tạp. Các phương pháp làm nguội nhanh khối nóng chảy do đó hoặc là lãng phí hoặc là chậm, làm giảm khả năng phản ứng. Các phương pháp làm nguội nhanh khối nóng chảy trong không khí là quá chậm hoặc yêu cầu chất hóa học rất đặc biệt để đảm bảo độ nhót tan

chảy thấp khoảng 1 Pa*s hoặc ít hơn, điều này là không khả thi đối với hầu hết các nguyên liệu đầu vào mong muốn.

Các phương pháp sản xuất thủy tinh trước đây yêu cầu phải giảm cỡ hạt (nghiền) sản phẩm thủy tinh (thường là trước và sau khi xử lý nhiệt).

Do đó, vẫn cần một phương pháp thuận tiện và kinh tế để sản xuất chất hoạt hóa xi măng thủy tinh từ nguồn nguyên liệu dồi dào trên toàn cầu.

Cũng cần phải giảm đến mức tối thiểu mức tiêu thụ năng lượng và giải quyết việc độ nhớt khối nóng chảy rất cao và biến đổi mà không cần chất trợ dung.

Cũng cần có các phương pháp sản xuất các hạt thủy tinh vi cầu và các thiết bị và hệ thống hữu ích để sản xuất các hạt thủy tinh vi cầu như vậy.

Sáng chế nhằm đáp ứng các nhu cầu này và các nhu cầu khác sẽ được làm rõ trong phần mô tả các dấu hiệu của sáng chế dưới đây.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các phương án của sáng chế liên quan đến, trong số những thứ khác, nguyên liệu xi măng thay thế (alternative cement material, ACM), theo một số phương án bao gồm các hạt thủy tinh vi cầu rắn có một hoặc nhiều đặc tính sau: độ tròn trung bình ($R > 0,8$); và ít hơn khoảng 40% hạt có hình thái góc ($R < 0,7$).

Theo một số phương án, các hạt này có độ tròn trung bình (R) ít nhất là 0,9. Theo các phương án, ít hơn khoảng 30% hạt, hoặc ít hơn khoảng 25% hạt, hoặc ít hơn khoảng 20% hạt, hoặc ít hơn khoảng 15% hạt, hoặc ít hơn khoảng 10% hạt có hình thái góc ($R < 0,7$).

Theo một số phương án, các hạt này bao gồm oxit trung bình có Công thức 1: $(CaO, MgO)_a \cdot (Na_2O, K_2O)_b \cdot (Al_2O_3, Fe_2O_3)_c \cdot (SiO_2)_d$ [Công thức 1]; trong đó a nằm trong khoảng từ 0 đến 4, b nằm trong khoảng từ 0,1 đến 1, c là 1 và d nằm trong khoảng từ 1 đến 20.

Theo một số phương án, các hạt này còn có một hoặc nhiều đặc tính sau: (i) hàm lượng chất rắn vô định hình khi xác định bằng tia X nằm trong khoảng từ 45% -100%, và tốt hơn là 90-100%; và (ii) tỷ lệ thành phần mol là $(Ca, Mg)_{0-12} \cdot (Na, K)_{0,05-1} \cdot (Al, Fe^{3+})_1 \cdot Si_{1-20}$.

Theo một khía cạnh khác, một số phương án của sáng chế liên quan đến chất hoạt hóa xi măng chứa hỗn hợp các hạt thủy tinh vi cầu như được xác định dưới đây.

Theo một khía cạnh cụ thể khác, một số phương án của sáng chế đề xuất chất hoạt hóa xi măng chứa hỗn hợp các hạt thủy tinh vi cầu, các hạt này có một hoặc nhiều đặc tính sau: (i) độ tròn trung bình (R) $> 0,8$; (ii) ít hơn khoảng 20% hạt có hình thái góc ($R < 0,7$); (iii) công thức oxit 1 như được xác định trên đây; (iv) hàm lượng chất rắn vô định hình khi xác định bằng tia X 45% -100%, và tốt hơn là 90-100%,; và (v) tỷ lệ thành phần mol là $(Ca,Mg)_{0-12} \cdot (Na,K)_{0,05-1} \cdot (Al,Fe^{3+})_1 \cdot Si_{1-20}$; và (vi) hàm lượng canxi thấp khoảng $< 10\%$ khối lượng CaO, hoặc hàm lượng canxi trung gian nằm trong khoảng từ 10 đến 20% khối lượng CaO, hoặc hàm lượng canxi cao $> 30\%$ khối lượng CaO.

Theo một số phương án, chất hoạt hóa xi măng ở dạng chất rắn không kết tinh. Theo một số phương án, chất hoạt hóa xi măng ở dạng bột. Theo một số phương án, phân bố cỡ hạt với $D[3,2]$ (nghĩa là diện tích bề mặt trung bình, hoặc đường kính Sauter trung bình) nằm trong khoảng $20\mu m$ hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là nhỏ hơn $10\mu m$, hoặc tốt nhất là nhỏ hơn $5\mu m$. Theo một phương án, hỗn hợp các hạt thủy tinh vi cầu của chất hoạt hóa xi măng bao gồm oxit có công thức 1 như được xác định ở đây. Theo một số phương án, chất hoạt hóa xi măng chứa ít hơn khoảng 10% khối lượng CaO. Theo một số phương án, chất hoạt hóa xi măng chứa nhiều hơn khoảng 30% khối lượng CaO. Theo một số phương án, chất hoạt hóa xi măng này có khoảng 40-100% và tốt nhất có khoảng 80% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X, 90% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X và tối đa có khoảng 100% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X, và theo một số phương án, là 100% không kết tinh.

Theo một số phương án, chất kết dính geopolyme chứa chất hoạt hóa xi măng như được xác định ở đây. Theo một khía cạnh cụ thể khác, sáng chế đề xuất chất kết dính bổ sung (SCM) chứa chất hoạt hóa xi măng như được xác định ở đây, ví dụ SCM chứa ít nhất 20% khối lượng chất hoạt hóa xi măng.

Theo một khía cạnh cụ thể khác, một số phương án của sáng chế liên quan đến bê tông rắn chứa chất hoạt hóa xi măng như được xác định ở đây.

Theo một khía cạnh cụ thể khác, một số phương án của sáng chế liên quan đến việc sử dụng các hạt thủy tinh vi cầu như được xác định ở đây, và việc sử dụng chất hoạt hóa xi măng như đã xác định, để sản xuất chất kết dính geopolyme hoặc xi măng, xi măng thủy lực, chất kết dính bổ sung (SCM) và/hoặc bê tông rắn.

Theo một khía cạnh cụ thể khác, một số phương án sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất chất hoạt hóa xi măng từ nguyên liệu nhôm silicat, bao gồm các bước: (i) tạo ra

nguyên liệu nhôm silicat rắn; (ii) nấu chảy/làm nguội nhanh nguyên liệu nhôm silicat rắn này ở trạng thái bay để nấu chảy nguyên liệu này thành chất lỏng và sau đó làm nguội nhanh chất lỏng đó để thu được bột nấu chảy/làm nguội nhanh bao gồm các hạt thủy tinh vi cầu rắn; nhờ đó thu được chất hoạt hóa xi măng với bột của các hạt thủy tinh vi cầu nêu trên.

Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước (iii) nghiền các hạt thủy tinh vi cầu thành bột mịn hơn. Theo một phương án, bột này có mức phân bố cỡ hạt với $D[3,2]$ khoảng 20 μm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là nhỏ hơn 10 μm , hoặc tốt nhất là nhỏ hơn 5 μm .

Theo một số phương án, chất hoạt hóa xi măng thu được bằng phương pháp này có một hoặc nhiều đặc tính sau: có khả năng phản ứng trong hệ xi măng và/hoặc trong hệ geopolymer; tạo ra hỗn hợp xi măng geopolymer với giới hạn chảy thấp có thể thi công được dưới 25 Pa khi vữa xi măng có tỷ lệ mol oxit của $\text{H}_2\text{O}/(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O}) < 20$; yêu cầu hàm lượng nước trong vữa xi măng sao cho tỷ lệ số mol oxit $\text{H}_2\text{O}/(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O}) < 20$; và tạo ra một loại vữa xi măng có khả năng thi công cao hơn so với loại vữa tương đương có hình thái góc cạnh đáng kể, với cùng một hàm lượng nước.

Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước điều chỉnh thành phần của nguyên liệu nhôm silicat rắn không lý tưởng thành hàm lượng mong muốn của các nguyên tố Ca, Na, K, Al, Fe và Si. Theo một phương án, việc điều chỉnh này là việc pha trộn nguyên liệu nhôm silicat không lý tưởng với chất liệu điều chỉnh thành phần để đạt được (các) tỷ lệ mong muốn đối với một hoặc một số nguyên tố Ca, Na, K, Al, Fe và Si.

Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước phân loại nguyên liệu nhôm silicat rắn để thu được bột gồm các hạt nhôm silicat có cỡ hạt mong muốn. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước loại bỏ chất thải không mong muốn khỏi nguyên liệu nhôm silicat rắn nêu trên.

Theo một số phương án, quá trình nấu chảy ở trạng thái bay bao gồm việc nung nóng ở nhiệt độ ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ của pha lỏng để thu được chất lỏng. Theo một số phương án, nhiệt độ này nằm trong khoảng 1000-1600°C hoặc trong khoảng 1300-1550°C.

Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước bổ sung chất trợ dung vào nguyên liệu nhôm silicat rắn để giảm điểm nấu chảy của nó và/hoặc để tạo ra

enthalpy, thể tích hoặc mức khử trùng hợp chất lỏng cao hơn. Theo một số phương án, chất trợ dung được trộn với nguyên liệu nhôm silicat rắn trước hoặc trong quá trình nấu chảy.

Theo một số phương án, quá trình nấu chảy/làm nguội nhanh ở trạng thái bay bao gồm việc làm giảm nhiệt độ của khối lỏng xuống dưới nhiệt độ chuyển hóa thủy tinh để thu được chất rắn. Theo một số phương án, quá trình nấu chảy/làm nguội nhanh ở trạng thái bay bao gồm việc làm giảm nhiệt độ của khối lỏng xuống dưới khoảng 500°C , hoặc tốt hơn là dưới khoảng 200°C hoặc thấp hơn. Theo một số phương án, việc làm giảm nhiệt độ của khối lỏng bao gồm quá trình làm nguội ở tốc độ khoảng từ 102Ks^{-1} đến 106Ks^{-1} , tốt hơn là ở tốc độ $> 103,5\text{Ks}^{-1}$. Theo một số phương án, việc làm nguội nhanh được thực hiện bằng dòng không khí mát, hơi nước hoặc nước. Theo một phương án, phương pháp này còn bao gồm bước tách các hạt rắn đã được làm nguội khỏi khí nóng trong thiết bị tách xyclon.

Theo một số phương án, phương pháp sản xuất chất hoạt hóa xi măng từ nguyên liệu nhôm silicat còn bao gồm việc làm giảm cỡ hạt của bột gồm các hạt thủy tinh rắn vi cầu. Theo một số phương án, việc làm giảm cỡ hạt được thực hiện bằng cách nghiền và/hoặc phun bột trong máy nghiền bi, máy nghiền con lăn, máy nghiền con lăn đứng hoặc loại tương tự.

Theo một khía cạnh khác, một số phương án của sáng chế liên quan đến thiết bị sản xuất các hạt thủy tinh vi cầu, thiết bị này bao gồm một đầu đốt, một buồng nấu chảy và một buồng làm nguội nhanh. Buồng nấu chảy và buồng làm nguội nhanh có thể hoàn toàn riêng biệt hoặc có thể là phần thứ nhất và phần thứ hai của cùng một buồng xử lý tương ứng.

Thiết bị này có thể được cấu hình sao cho các hạt rắn được phun thành trạng thái lơ lửng, nấu chảy ở trạng thái lơ lửng, và sau đó được làm nguội ở trạng thái lơ lửng trong thiết bị này.

Theo một số phương án, đầu đốt tạo ra ngọn lửa đốt nóng các hạt rắn ở trạng thái lơ lửng đến nhiệt độ nung nóng đủ để nấu chảy hầu hết các hạt rắn nêu trên thành chất lỏng. Theo một số phương án, đầu đốt có ngọn lửa được cấp nhiên liệu bằng khí cuốn theo các hạt nguyên liệu nạo nhôm silicat về phía buồng nấu chảy/làm nguội nhanh. Khí này có thể bao gồm khí oxy hóa và nhiên liệu dễ cháy. Theo một số phương án, đầu đốt

bao gồm ít nhất một trong số ngọn đuốc plasma, đầu đốt oxy-nhiên liệu, đầu đốt nhiên liệu không khí, đầu đốt sinh khối và lò tập trung năng lượng mặt trời.

Theo một số phương án, buồng làm nguội nhanh của thiết bị này có hệ thống làm nguội để cung cấp không khí mát vào bên trong buồng làm nguội nhanh, không khí mát làm nguội các hạt nóng chảy thành các hạt thủy tinh vi cầu rắn. Theo một số phương án, hệ thống làm nguội này có vòng làm nguội bằng chất lỏng được đặt xung quanh buồng làm nguội nhanh.

Theo một số phương án, thiết bị này còn có thiết bị tách xyclon để thu thập các hạt thủy tinh vi cầu. Theo một số phương án, phương pháp sản xuất chất hoạt hóa xi măng từ nguyên liệu nhôm silicat bao gồm các bước: (i) tạo ra nguyên liệu nhôm silicat rắn; (ii) nấu chảy/làm nguội nhanh nguyên liệu nhôm silicat rắn nêu trên để nấu chảy nguyên liệu này thành chất lỏng và sau đó làm nguội nhanh khối chất lỏng đó để thu được bột nấu chảy/làm nguội nhanh bao gồm các hạt thủy tinh vi cầu rắn; nhờ đó thu được chất hoạt hóa xi măng với bột của các hạt thủy tinh vi cầu nêu trên.

Theo một số phương án, phương pháp sản xuất các hạt thủy tinh vi cầu bao gồm các bước: bố trí thiết bị nấu chảy/làm nguội nhanh ở trạng thái bay bao gồm đầu đốt, buồng nấu chảy và buồng làm nguội nhanh; tạo ra các hạt rắn; nấu chảy các hạt rắn này ở trạng thái lơ lửng trong khí được đốt bằng lò đốt nêu trên; nung nóng các hạt rắn nêu trên trong buồng nấu chảy đến nhiệt độ nung nóng cao hơn nhiệt độ của pha lỏng để thu được các hạt lỏng ở trạng thái lơ lửng; và làm nguội các hạt lỏng này ở trạng thái lơ lửng này đến nhiệt độ làm nguội thấp hơn nhiệt độ của pha lỏng để thu được bột bao gồm các hạt thủy tinh vi cầu rắn.

Theo một số phương án của các phương pháp này, các hạt rắn bao gồm nguyên liệu nhôm silicat. Theo một số phương án của các phương pháp này, nhiệt độ nung nóng nằm trong khoảng 1000-1600°C hoặc trong khoảng 1300-1550°C. Theo một số phương án của các phương pháp này, nhiệt độ làm nguội (làm nguội nhanh) là dưới khoảng 500°C hoặc dưới khoảng 200°C.

Theo một số phương án của các phương pháp này, quá trình làm nguội bao gồm việc cung cấp không khí mát vào bên trong buồng làm nguội nhanh. Theo một số phương án, các phương pháp này còn bao gồm bước thu gom bột bằng thiết bị tách xyclon.

Các khía cạnh bổ sung của sáng chế theo một số phương án liên quan đến việc sử dụng thiết bị như được xác định ở đây, đặc biệt là thiết bị có ít nhất một trong số các

ngọn đuốc plasma, một đầu đốt nhiên liệu oxy, một đầu đốt nhiên liệu không khí, một đầu đốt sinh khối, và một lò tập trung năng lượng mặt trời, để sản xuất các hạt thủy tinh vi cầu bằng cách sử dụng quá trình nấu chảy/làm nguội nhanh ở trạng thái bay.

Các khía cạnh bổ sung của sáng chế theo một số phương án liên quan đến việc sử dụng thiết bị như được xác định ở đây, đặc biệt là thiết bị có ít nhất một trong số các ngọn đuốc plasma, đầu đốt nhiên liệu oxy, đầu đốt nhiên liệu không khí, đầu đốt sinh khối, và lò tập trung năng lượng mặt trời, để sản xuất chất hoạt hóa xi măng từ nguyên liệu nhôm silicat bằng phương pháp nấu chảy/làm nguội nhanh ở trạng thái bay.

Các khía cạnh, các ưu điểm và các dấu hiệu bổ sung của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng hơn khi đọc phần mô tả các phương án ưu tiên được lấy làm ví dụ và không giới hạn phạm vi của sáng chế dưới đây.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sẽ hiểu rõ hơn về các dấu hiệu, các ưu điểm và nguyên lý của sáng chế bằng cách đọc phần mô tả chi tiết dưới đây theo các phương án minh họa và các hình vẽ kèm theo:

FIG.1 là sơ đồ thể hiện quy trình sản xuất chất hoạt hóa xi măng bắt đầu từ nguyên liệu nhôm silicat rắn, theo một số phương án;

FIG.2 là tập hợp bốn sơ đồ ba thành phần CaO , MgO - SiO_2 - $(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})$ - $(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$, theo một số phương án;

FIG.3 là sơ đồ bốn thành phần (CaO, MgO) - $(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$ - $(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})$ - (SiO_2) trong không gian ba chiều sử dụng cùng một dữ liệu thành phần nguyên liệu được vẽ đồ thị trên FIG.2, theo một số phương án;

FIG.4 là biểu đồ phân bố cỡ hạt so sánh phân bố cỡ hạt hình cầu và góc đối với bột thủy tinh núi lửa tự nhiên có bán trên thị trường (hình thái góc) và các hạt được tạo ra theo Ví dụ 1 (hình thái hình cầu). Phần trăm thể tích của các hạt nằm dưới một đường kính nhất định (trục y) được cung cấp dưới dạng một hàm của đường kính hạt tính bằng micromet (trục x). Các máy vi ảnh điện tử chứng minh hình thái hạt của các mẫu này.

FIG.5 là đồ thị cung cấp sự so sánh phân bố độ tròn hạt (R) của các loại bột khác nhau, theo một số phương án; (211-218, 519, 520, như được xác định dưới đây) trước khi xử lý (501) và sau (502) xử lý theo Ví dụ 1-8, theo một số phương án. Phân tích hình ảnh được sử dụng để xác định các trị số R từ ảnh vi chụp của cùng một loại bột được thể hiện trên FIG.6 và FIG.7 theo phương pháp của Takashimizu & Liyoshi (Takashimizu, Y., Liyoshi, M. (2016). Tham số mới của độ tròn R: độ tuần hoàn đã được hiệu chỉnh theo tỷ

lệ co. Tiến bộ trong Khoa học Trái đất và Hành tinh 3, 2. <https://doi.org/10.1186/s40645-015-0078-x>). Cũng xem Bảng 17 để biết thêm dữ liệu chính xác. Để thuận tiện, hai mẫu tro bay loại F cũng được bao gồm; 519 (B-FA) tro bay thụ hưởng được bán bán trên thị trường và 520 (L FA) tro bay không thụ hưởng trực tiếp từ nhà máy điện than.

FIG.6 là bảng thể hiện một bộ sưu tập các cặp máy ảnh vi điện tử so sánh các hạt chưa xử lý (501) và các hạt đã xử lý (502) từ các nguyên liệu khác nhau (211-218 như được xác định dưới đây) như được mô tả trong Ví dụ 1 đến Ví dụ 8. Chiều rộng trường nhìn đối với các tấm riêng lẻ là 140 μm

FIG.7 là bảng thể hiện hình ảnh của hai tro bay loại F, một tro trực tiếp từ nhà máy điện than ở Nova Scotia (L-FA; 520) và tro bay thương mại khác đã được thụ hưởng để loại bỏ than hoạt tính và các chất gây ô nhiễm khác (B-FA; 519). Chiều rộng trường nhìn đối với từng tấm là 140 μm .

FIG.8 là sơ đồ của hệ thống sản xuất chất hoạt hóa xi măng vi cầu thủy tinh, theo một phương án của sáng chế.

FIG.9A và FIG.9B là một ảnh và hình vẽ minh họa tương ứng, lần lượt của ngọn lửa đốt (dưới cùng) đi vào buồng nung chảy/làm nguội (trên cùng) với các hạt nguyên liệu nạm nhôm silicat bị cuốn theo, theo một phương án của sáng chế.

FIG.10 là hình vẽ dạng sơ đồ của thiết bị nấu chảy ở trạng thái bay được cải tiến có các vòng thu hồi nhiệt để giảm đến mức tối thiểu năng lượng đầu vào và phát thải CO_2 , theo một phương án của sáng chế.

FIG. 11 minh họa tập hợp đầy đủ các đại diện ba thành phần của một Hỗn hợp mới cho Si, Al, Fe, Ca+Mg và Na+K; theo một số phương án;

FIG.12 minh họa các sơ đồ ba thành phần cho một Hỗn hợp mới cho Si; theo một số phương án;

FIG.13 minh họa các sơ đồ ba thành phần cho một Hỗn hợp mới cho Al; theo một số phương án;

FIG.14 minh họa các sơ đồ ba thành phần cho một Hỗn hợp mới cho Fe; theo một số phương án;

FIG.15 minh họa sơ đồ ba thành phần cho một Hỗn hợp mới cho Ca+Mg; theo một số phương án;

FIG.16 là sơ đồ dùng để mô tả quy trình sản xuất một loại bê tông xi măng thay thế bằng cách sử dụng một lò nung nhỏ khi bay phi tập trung tương đối nhỏ, theo một số phương án;

FIG.17 là sơ đồ thể hiện việc phân phối xi măng thông thường và tổng hợp trong chuỗi cung ứng xi măng poóc lăng lò nung tập trung hiện đại, theo một số phương án;

FIG.18 là sơ đồ thể hiện ưu điểm vận chuyển của việc tập hợp các lò nung nhỏ nguyên liệu xi măng thay thế (ACM) tại các mỏ đá tổng hợp theo một phương pháp phân cấp mới, theo một số phương án;

FIG.19 là sơ đồ thể hiện các ưu điểm vận chuyển của việc bố trí các lò nung nhỏ nguyên liệu xi măng thay thế (ACM) tại các nhà máy sản xuất bê tông theo một phương pháp phân cấp mới, theo một số phương án; và

FIG.20 là sơ đồ thể hiện ưu điểm vận chuyển của việc định vị các lò nung nhỏ nguyên liệu xi măng thay thế (ACM) theo cách phân cấp mới tại các địa điểm độc lập trong vùng lân cận của các mỏ đá tổng hợp và các nhà máy sản xuất bê tông, theo một số phương án.

Các chi tiết khác của sáng chế và các ưu điểm của nó sẽ trở nên rõ ràng từ phần mô tả chi tiết dưới đây theo một số phương án.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần mô tả chi tiết sáng chế dưới đây cung cấp sự hiểu biết tốt hơn về các dấu hiệu và các ưu điểm của nó theo các phương án được bộc lộ ở đây. Mặc dù phần mô tả chi tiết này bao gồm nhiều phương án cụ thể, các phương án này chỉ được đưa ra theo cách làm ví dụ và không nên được hiểu là giới hạn phạm vi sáng chế được bộc lộ ở đây.

Trong phần mô tả sáng chế dưới đây theo các phương án, việc dựa vào các hình vẽ kèm theo là cách minh họa làm ví dụ mà sáng chế theo các phương án có thể được thực hiện. Điều này sẽ được hiểu rằng sáng chế theo các phương án khác có thể được thực hiện mà không chệch khỏi phạm vi của sáng chế được bộc lộ.

Các hạt thủy tinh vi cầu

Theo một số phương án sáng chế liên quan đến việc sản xuất và sử dụng các hạt thủy tinh vi cầu rắn. Như được giải thích chi tiết hơn dưới đây, khía cạnh có liên quan liên quan đến chất hoạt hóa xi măng bao gồm hỗn hợp hoặc các hạt thủy tinh vi cầu như vậy.

Theo sáng chế, các hạt thủy tinh vi cầu rắn là những hạt tròn có tính cầu cao.

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “độ tròn” và đơn vị tương ứng “R” được dùng để chỉ độ tròn như được xác định bởi Takashimizu & Ilyoshi (2016). Các trị số cần thiết để tính R có thể được xác định bằng cách thực hiện việc phân tích hình ảnh trên các máy đo quang thích hợp của bột. R (độ tròn) cung cấp một phép đo định lượng thuận tiện về độ tròn có tương quan cao với “độ tròn” của Krumbein (Krumbein, WC (1941) Phép đo và ý nghĩa địa chất của hình dạng và độ tròn của các hạt trầm tích. *Journal of Sedimentary Petrology* 11:64–72. <https://doi.org/10.1306/D42690F3-2B26-11D7-8648000102C1865D>.)

Theo một số phương án, các hạt thủy tinh vi cầu có độ tròn trung bình (R) ít nhất là 0,9 (Độ lệch chuẩn <0,15).

Theo một số phương án, các hạt thủy tinh vi cầu có độ tròn khối (R) ít nhất là 0,8 (Độ lệch chuẩn <0,15).

Theo một số phương án, các hạt thủy tinh vi cầu có độ tròn khối (R) ít nhất là 0,7, hoặc 0,6 hoặc 0,5 (Độ lệch chuẩn <0,15).

Theo một số phương án, hỗn hợp các hạt thủy tinh vi cầu có ít hơn khoảng 50% hạt, hoặc ít hơn khoảng 40% hạt, hoặc ít hơn khoảng 30% hạt, hoặc ít hơn khoảng 25% hạt, hoặc ít hơn khoảng 20 % hạt, hoặc ít hơn khoảng 15% hạt, hoặc ít hơn khoảng 10% hạt có hình thái góc (ví dụ, $R < 0,7$).

Theo một số phương án, hỗn hợp hoặc các hạt thủy tinh vi cầu được tạo ra ở dạng bột có mức phân bố cỡ hạt với $D[3,2]$ nằm trong khoảng 20 μ m hoặc nhỏ hơn, tốt hơn có khoảng 10 μ m hoặc nhỏ hơn, hoặc tốt nhất là nhỏ hơn khoảng 5 μ m.

Theo một số phương án, các hạt thủy tinh vi cầu là chất rắn không kết tinh.

Theo một số phương án, các hạt thủy tinh vi cầu bao gồm oxit có Công thức 1: $(\text{CaO}, \text{MgO})_a \cdot (\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})_b \cdot (\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)_c \cdot (\text{SiO}_2)_d$ [Công thức 1] trong đó a nằm trong khoảng từ 0 đến 4, b nằm trong khoảng từ 0,1 đến 1, c là 1 và d nằm trong khoảng từ 1 đến 20.

Theo một số phương án, các hạt thủy tinh vi cầu có một hoặc nhiều đặc tính sau: (i) hàm lượng từ 45% -100%, và tốt nhất là 90-100%, chất rắn vô định hình khi xác định bằng tia X; và (ii) tỷ lệ thành phần mol của $(\text{Ca}, \text{Mg})_{0-12} \cdot (\text{Na}, \text{K})_{0,05-1} \cdot (\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_1 \cdot \text{Si}_{1-20}$.

Theo một số phương án, các hạt thủy tinh vi cầu là hạt vô định hình khi xác định bằng tia X chiếm lượng 40-100%, tốt hơn nữa là vô định hình khi xác định bằng tia X chiếm lượng 80 đến 100% và theo một số phương án chiếm lượng 100% không kết tinh.

Theo một số phương án, các hạt này chứa ít hơn khoảng 10% khối lượng CaO.

Theo một số phương án, các hạt này chứa nhiều hơn 30% khối lượng CaO.

Theo một số phương án, các hạt này chứa hàm lượng canxi cao với thành phần mol của $\text{Si}/(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})$ nằm trong khoảng từ 1-20, và hàm lượng CaO nằm trong khoảng 10- 50% khối lượng, tốt hơn có khoảng 20-45% khối lượng.

Theo một số phương án, các hạt này chứa hàm lượng canxi trung gian với thành phần mol của $\text{Si}/(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})$ nằm trong khoảng từ 1-20, và hàm lượng CaO nằm trong khoảng 10- 20% khối lượng.

Như được mô tả dưới đây, các hạt thủy tinh vi cầu có thể được sản xuất theo cách có lợi từ các nguyên liệu vô cơ phong phú trên toàn cầu như nguyên liệu nhôm silicat. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “nguyên liệu nhôm silicat” được dùng để chỉ nguyên liệu bao gồm nhôm hoặc nhôm và sắt, và silic đioxit được chọn từ đá và khoáng chất tự nhiên, nguyên liệu nạo vét, chất thải khai thác bao gồm đá và khoáng chất, thủy tinh thải, nguyên liệu bị ô nhiễm chứa nhôm silicat và phụ phẩm công nghiệp nhôm-silic. nguyên liệu nhôm silicat theo sáng chế tốt nhất là ở dạng chất rắn kết tinh (ví dụ, ít nhất 50% khối lượng, hoặc ít nhất 60% khối lượng, hoặc ít nhất 70% khối lượng, hoặc ít nhất 80% khối lượng, hoặc ít nhất 90% khối lượng, hoặc 100% khối lượng chất rắn kết tinh). Theo một số phương án, nguyên liệu nhôm silicat có ít nhất 2% khối lượng (Na_2O , K_2O), hoặc ít nhất 3% khối lượng (Na_2O , K_2O), hoặc ít nhất 4% khối lượng (Na_2O , K_2O), hoặc ít nhất 5% khối lượng (Na_2O , K_2O), ít nhất 6% khối lượng (Na_2O , K_2O), hoặc ít nhất 7% khối lượng (Na_2O , K_2O), hoặc ít nhất 8% khối lượng (Na_2O , K_2O), hoặc ít nhất 10% khối lượng (Na_2O , K_2O), hoặc ít nhất 12% khối lượng (Na_2O , K_2O), hoặc ít nhất 15% khối lượng (Na_2O , K_2O), hoặc ít nhất 20% khối lượng (Na_2O , K_2O). Trong một số trường hợp, nguyên liệu vô cơ không đồng nhất và các hạt thủy tinh được tạo ra đồng nhất hơn nguyên liệu, như được thể hiện trong quá trình đồng nhất một phần trong quá trình nấu chảy. Tức là, hơn 10% các hạt được tạo ra nằm trong một phạm vi công thức trung gian mới.

Theo một số phương án, nguyên liệu nhôm silicat được chọn từ trầm tích nạo vét, bê tông phá hủy, chất thải của mỏ, đất sét băng, trầm tích băng, trầm tích phù sa, đá và hỗn hợp khoáng, ví dụ, đá và hỗn hợp khoáng bao gồm một số hoặc tất cả các nguyên tố Ca, Mg, Na, K, Fe, Al và Si. Các nguyên liệu nhôm silicat này có rất nhiều ở nhiều vùng địa lý khác nhau.

Như được mô tả dưới đây, thành phần nguyên tố của nguyên liệu thô có thể được phân tích và tối ưu hóa cho các mục đích sử dụng mong muốn. nguyên liệu có thể được phân tích bằng các phương pháp định lượng hoặc bán định lượng như XRF, XRD, LIBS, EDS, phân tích hóa học ướt và nhiều phương pháp hiện có khác để xác định thành phần nguyên tố của nguyên liệu.

Như được mô tả dưới đây, các hạt thủy tinh vi cầu có thể được tạo ra bằng cách sử dụng một quy trình hoặc phương pháp để xử lý nhiệt hóa khi bay như nấu chảy ở trạng thái bay/làm nguội và/hoặc tan chảy huyền phù, để nấu chảy thành chất lỏng các nguyên liệu vô cơ ban đầu và sau đó làm nguội chất lỏng thành các hạt rắn. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “nấu chảy/làm nguội ở trạng thái bay” hoặc “tan chảy huyền phù” dùng để chỉ một quá trình trong đó các hạt rắn được phun thành trạng thái lơ lửng, nấu chảy ở trạng thái lơ lửng, và sau đó được làm nguội ở trạng thái lơ lửng để thu được bột.

Theo một số phương án, cụm từ “các hạt thủy tinh vi cầu” bao gồm các hạt như được xác định ở đây là hạt được tìm thấy trong bột do trực tiếp tạo ra từ quá trình nấu chảy/làm nguội nhanh khi bay. Theo các phương án, cụm từ “các hạt thủy tinh vi cầu” được dùng để chỉ các hạt thu được sau quá trình nghiền hoặc xay (ví dụ, máy nghiền hàm, máy nghiền va đập, v.v.) của bột thu được sau quá trình nấu chảy/làm nguội nhanh khi bay.

Như được mô tả dưới đây, các hạt thủy tinh vi cầu có nhiều công dụng bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, hoặc ở việc tạo ra chất hoạt hóa xi măng, cũng như trong việc tạo ra chất kết dính hoặc xi măng geopolyme, như hoặc trong việc chuẩn bị xi măng thủy lực, như hoặc trong việc chuẩn bị các chất kết dính bổ sung (SCM), và trong quy trình sản xuất bê tông rắn.

Một việc sử dụng bổ sung có thể là phân bón hoặc cải tạo đất, ví dụ, như một chất thay thế cho "bụi đá".

Chất kết dính

Một số phương án được mô tả ở đây liên quan đến bột chất hoạt hóa xi măng bao gồm các hạt thủy tinh vi cầu như được xác định ở đây.

Sáng chế theo một số phương án cũng liên quan đến chất kết dính hoặc xi măng geopolyme, xi măng thủy lực, chất kết dính bổ sung (SCM), hỗn hợp bê tông thủy lực và bột bê tông rắn chứa các hạt thủy tinh vi cầu như được xác định ở đây.

Hình thái của hạt ảnh hưởng đáng kể đến các tính chất vật lý và việc xử lý vữa xi măng. Do đó, hình thái độ tròn cao của các hạt theo sáng chế có lợi cho việc tăng khả năng làm việc, tính lưu động và/hoặc giảm nhu cầu nước đối với hỗn hợp xi măng geopolyme. Đặc biệt, việc có độ tròn cao làm giảm ứng suất chảy và độ nhớt của hỗn hợp xi măng bằng cách giảm ma sát giữa các hạt. Ngoài ra, hình thái hình cầu làm giảm nhu cầu nước bằng cách cải thiện việc đóng gói đối với phân bố cỡ hạt nhất định.

Như được minh họa trên FIG.2 và FIG.3, thành phần của chất hoạt hóa xi măng theo các phương án của sáng chế khác với các nguyên liệu kết dính hiện có. Thật vậy, khi xem xét sự kết hợp của các ba thành phần của các nhóm nguyên tố (CaO, MgO), (Al_2O_3 , Fe_2O_3), (Na_2O , K_2O) và (SiO_2), các phương án của chất hoạt hóa xi măng 201 chiếm một vị trí trên các hình vẽ này mà là khác biệt và khác biệt với tro bay (C và F) 202, xỉ hạt lò cao nghiền mịn (GGBS hoặc GGBFS) 203, metakaolin 204, và xi măng Pooclang 205.

Ví dụ về thành phần nguyên liệu cụ thể được thể hiện trên FIG.2: đá bọt núi lửa 211 (Ví dụ 1), đá bazan 212 (Ví dụ 2), đá bazan thứ hai 213 (Ví dụ 3), mẫu quặng đuôi 214 (Ví dụ 4), trầm tích nạo vét 215 (Ví dụ 5), quặng tuyển nổi đồng nghiền nhỏ 216 (Ví dụ 6), bê tông phá hủy 217 (Ví dụ 7), bụi máy nghiền cốt liệu diorit 218 (Ví dụ 8).

Có lợi, nếu chất hoạt hóa xi măng được tạo ra từ đá, khoáng chất và các hợp chất có thành phần thích hợp trên toàn cầu. Bằng cách này, nguồn nguyên liệu dồi dào có thể không cần vận chuyển quá xa đến cơ sở chế biến hoặc nhà máy xi măng. Trong một số trường hợp, một nhà máy xi măng được xây dựng tại vị trí nguyên liệu.

Theo một số phương án, chất hoạt hóa xi măng này là hỗn hợp các hạt thủy tinh vi cầu như được xác định ở đây và còn có một hoặc nhiều đặc tính sau: (i) ở dạng chất rắn không kết tinh; (ii) ở dạng bột; (iii) có sự phân bố cỡ hạt có $D[3,2]$ khoảng $20\mu\text{m}$ hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là nhỏ hơn $10\mu\text{m}$, hoặc tốt nhất là nhỏ hơn $5\mu\text{m}$; (iv) bao gồm oxit có Công thức 1, như được xác định ở đây; (v) hàm lượng 45% -100%, và tốt nhất là 90-100%, chất rắn vô định hình khi xác định bằng tia X; (vi) tỷ lệ thành phần mol của $(\text{Ca}, \text{Mg})_{0-12} \cdot (\text{Na}, \text{K})_{0,05-1} \cdot (\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_1 \cdot \text{Si}_{1-20}$; (vii) chứa ít hơn khoảng 10% khối lượng CaO; (viii) bao gồm hơn khoảng 30% khối lượng CaO; (ix) bao gồm thành phần mol của $\text{Si}/(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})$ trong khoảng 1-20, và hàm lượng CaO trong khoảng 10-50% khối lượng, tốt nhất trong khoảng 20-45% khối lượng; (x) bao gồm thành phần mol của $\text{Si}/(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})$ trong khoảng 1-20, và hàm lượng CaO trong khoảng 10-20% khối lượng; (xi) là 40-

100% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X, tốt hơn là trên 80%, trên 90%, và trong một số trường hợp, tối đa có khoảng 100% vô định hình khi xác định bằng tia X, và trong một số trường hợp, là 100% không kết tinh; (xii) có sự phân bố cỡ hạt với $D[3,2]$ khoảng 20 μm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn có khoảng 10 μm hoặc nhỏ hơn, hoặc tốt nhất là nhỏ hơn khoảng 5 μm .

Trong một số trường hợp, hàm lượng CaO thấp hơn khoảng 30% khối lượng để giảm tác động CO_2 của xi măng bằng cách tránh nhu cầu phân hủy canxi có nguồn gốc cacbonat.

Theo một số phương án, chất hoạt hóa xi măng chứa ít hơn khoảng 10% khối lượng CaO. Theo một số phương án, chất hoạt hóa xi măng chứa nhiều hơn khoảng 30% khối lượng CaO. Trong một số trường hợp, thành phần của chất hoạt hóa xi măng theo tỷ lệ mol của (Na, K) và Ca có thể thay đổi để có được những ưu điểm nhất định tùy thuộc vào yêu cầu của chất kết dính. Ví dụ, chất hoạt hóa xi măng với ít hơn 10% khối lượng CaO thích hợp để sử dụng trong geopolyme nhiệt luyện và làm chất thay thế tro bay. Theo cách khác, chất hoạt hóa xi măng với lượng lớn hơn khoảng 30% khối lượng CaO có đặc tính thủy lực và có thể được thêm vào nhựa polyme để cho phép xi măng geopolyme đóng rắn ở nhiệt độ môi trường, và thay thế trực tiếp xỉ lò cao trong xi măng poóc lăng hỗn hợp.

Theo một số phương án, chất hoạt hóa xi măng này là chất hoạt hóa xi măng chứa ít canxi với thành phần mol của $\text{Si}/(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})$ trong khoảng 1-20 và với hàm lượng CaO là nhỏ hơn 10% khối lượng. Tốt hơn, nếu chất hoạt hóa xi măng như vậy là chất vô định hình khi xác định bằng tia X với lượng 40-100%, tốt hơn có khoảng 80% đến 100% chất vô định hình khi xác định bằng tia X, và theo một số phương án là 100% không kết tinh. Chất hoạt hóa xi măng có hàm lượng canxi thấp như vậy có thể tìm thấy nhiều ứng dụng công nghiệp, ví dụ, như một chất phụ gia pozolan trong xi măng thủy lực, và/hoặc làm chất phản ứng trong chất kết dính và xi măng geopolyme.

Theo một số phương án, chất hoạt hóa xi măng này là chất hoạt hóa xi măng chứa nhiều canxi với thành phần mol của $\text{Si}/(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})$ trong khoảng 1-20, và hàm lượng CaO trong khoảng 10- 50% khối lượng, tốt hơn trong khoảng 20-45% khối lượng. Tốt hơn, nếu chất hoạt hóa xi măng như vậy là 40-100% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X, tốt hơn nữa có khoảng 80-100% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X, thậm chí tốt hơn là 100% không kết tinh. Chất hoạt hóa xi măng chứa nhiều canxi như vậy có

thể được sử dụng trong nhiều ứng dụng công nghiệp, ví dụ, chất phụ gia thủy lực trong xi măng thủy lực hỗn hợp, và/hoặc làm chất phản ứng trong chất kết dính và xi măng geopolymer.

Theo một số phương án, chất hoạt hóa xi măng này là chất hoạt hóa xi măng chứa canxi trung gian với thành phần mol $\text{Si}/(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})$ trong khoảng 1-20, và hàm lượng CaO trong khoảng 10-20% khối lượng. Tốt hơn là chất hoạt hóa xi măng như vậy có khoảng 40-100% và tốt hơn là có khoảng 80% đến 100% chất vô định hình khi xác định bằng tia X, và thậm chí tốt hơn là 100% không kết tinh. Chất hoạt hóa xi măng chứa canxi trung gian như vậy có thể được sử dụng trong nhiều ứng dụng công nghiệp, ví dụ, chất hoạt hóa xi măng với các đặc tính thủy lực và pozolan trung gian mong muốn, đặc biệt là trong các ứng dụng polyme đóng rắn ở nhiệt độ môi trường.

Theo một số phương án, hàm lượng Na, K trong chất hoạt hóa xi măng được tối ưu hóa. Điều này có thể có lợi cho các ứng dụng SCM trong đó vôi tự do trong xi măng thủy lực sẽ trao đổi với các chất kiềm hòa tan và phối hợp với các phân tử silicat thu được từ chất hoạt hóa xi măng để tạo ra một số mức độ trùng hợp Nhôm silicat kiềm tương đối ổn định, cải thiện đáng kể tính chất hóa học của xi măng thủy lực truyền thống. Theo các phương án, hàm lượng Na, K được tối ưu hóa do chất phản ứng geopolymer có hàm lượng Na, K đáng kể yêu cầu chất làm cứng silic oxit ít hòa tan hơn mức cần thiết, do đó làm giảm yêu cầu silic oxit hòa tan (và chi phí) của thiết kế hỗn hợp polyme.

Phương pháp sản xuất

Các hạt thủy tinh vi cầu như được xác định ở đây, cũng như các hỗn hợp chứa các hỗn hợp tương tự như chất hoạt hóa xi măng, chất kết dính hoặc xi măng geopolymer, xi măng thủy lực, chất kết dính bổ sung (SCM) và bê tông có thể được sản xuất bằng cách sử dụng bất kỳ phương pháp hoặc quy trình thích hợp nào.

FIG.1 thể hiện các bước làm ví dụ cần thiết để sản xuất chất hoạt hóa xi măng từ nguyên liệu nhôm silicat theo một số phương án. Tóm lại, một loại bột nguyên liệu nhôm silicat 101 được nghiền mịn được chọn và thành phần hóa học của nó được phân tích 102 và đánh giá. nguyên liệu có thể được phân tích bằng bất kỳ phương pháp định lượng hoặc bán định lượng thích hợp nào như XRF, XRD, LIBS, EDS, phân tích hóa học ướt và nhiều phương pháp hiện có khác để xác định thành phần nguyên tố của nguyên liệu.

Nếu hỗn hợp đã chọn không được chấp nhận, nguyên liệu được cải biến, pha trộn theo tùy chọn (ví dụ, trong thùng trước khi xử lý nhiệt hóa), ví dụ, thông qua việc bổ

sung nguyên liệu điều chỉnh thành phần 104 (xem dưới đây) hoặc được phân loại 103 và chất thải bất kỳ không mong muốn có thể bị loại bỏ.

Nguyên liệu nhôm silicat rắn thu được bao gồm bột có thành phần mong muốn được nung nóng tiếp theo 106 và các hạt riêng lẻ hoặc kết tụ hạt được nấu chảy thành chất lỏng ở dạng huyền phù. Tiếp theo, các hạt chất lỏng ở dạng huyền phù được làm nguội 107 để thu được bột bao gồm các hạt thủy tinh vi cầu rắn. Tiếp theo, bột được tùy ý nghiền và/hoặc nghiền thành bột (một phần hoặc toàn bộ) 108 nếu muốn giảm cỡ hạt và/hoặc để tối ưu hóa khả năng phản ứng và thu được chất hoạt hóa xi măng 109.

Về việc bổ sung chất liệu điều chỉnh thành phần 104, như được sử dụng ở đây, cụm từ "chất liệu điều chỉnh thành phần" được dùng để chỉ bất kỳ nguyên liệu rắn hoặc lỏng nào có thành phần thích hợp để ưu tiên thay đổi thành phần khối lượng hoặc bề mặt của nguyên liệu nhôm silicat liên quan đến một hoặc một số nguyên tố Ca, Na, K, Al, Fe và Si.

Nguyên liệu điều chỉnh thành phần chứa canxi (Ca) có thể bao gồm muối canxi bao gồm CaCO_3 , Ca(OH)_2 , CaO , CaCl_2 , CaF_2 , khoáng chất và hợp chất canxi silicat, khoáng chất và hợp chất canxi nhôm silic oxit, sản phẩm xi măng poóc lăng phế thải, các sản phẩm xi măng thủy lực thải, wollastonite, gehlenit, và các thành phần khoáng nhóm melilit khác.

Nguyên liệu điều chỉnh thành phần mà chứa nhôm (Al) có thể bao gồm đá sáng, khoáng chất, đất, trầm tích, phụ phẩm và các hợp chất bao gồm một hoặc nhiều kaolinit, halloysit và các khoáng sét giàu nhôm/ngheo kiềm khác, Al_2SiO_5 đa hình, cloritoit, staurolit, garnet, corundum, mulit, gelenit, diaspore, boehmit, gibsit và nephelin và các feldspat khác. Các nguyên liệu khác có thể được sử dụng bao gồm nhôm kim loại, bauxit, alumin, bùn đỏ (bã thải của nhà máy luyện alumin).

Nguyên liệu điều chỉnh thành phần chứa sắt (Fe) có thể bao gồm đá giàu sắt, khoáng chất, đất, trầm tích, phụ phẩm và các hợp chất như olivin, khoáng chất clorit (chamosite, clinocllore, v.v.), pyroxen, lưỡng cực, goethite, hematit, magnetit, ferrihydrit, lepidicrocite và các thành phần sắt oxy-hydroxit khác, đất sét giàu sắt và khoáng chất phyllosilic oxit, quặng sắt và sắt nguyên tố.

Về việc nung nóng 106, quá trình nung nóng được thực hiện để đạt đến nhiệt độ nung nóng cao hơn nhiệt độ pha lỏng để thu được chất lỏng, ví dụ, ở khoảng 1000-1600°C, hoặc khoảng 1300-1550°C. Bất kỳ phương pháp hoặc thiết bị thích hợp nào

cũng có thể được sử dụng để nung nóng và thu được chất lỏng bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn, ở sự tan chảy ở trạng thái bay (tức là sự tan chảy huyền phù). Điều này có thể đạt được bằng cách sử dụng thiết bị nấu chảy ở trạng thái bay có, ví dụ, một hoặc nhiều ngọn đuốc plasma, vòi đốt nhiên liệu oxy, vòi đốt nhiên liệu không khí, vòi đốt sinh khối, lò tập trung năng lượng mặt trời. Thông thường, nhiệt độ lò 1000-1600°C là cần thiết, và điển hình nhất là 1300-1550°C, để nhanh chóng thu được các hạt pha lỏng mong muốn ở dạng huyền phù. Theo các phương án, thiết bị được chọn sao cho tan chảy càng nhanh càng tốt. Dưới đây mô tả một ví dụ về thiết bị và phương pháp nấu chảy ở trạng thái bay thích hợp.

Về việc làm nguội 107, theo một số phương án, bước làm nguội bao gồm việc làm giảm nhiệt độ của chất lỏng xuống nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ chuyển hóa thủy tinh, ví dụ, ở khoảng 500°C hoặc thấp hơn, hoặc tốt hơn là dưới khoảng 200°C hoặc thấp hơn. Theo các phương án, quá trình làm nguội được thực hiện nhanh chóng, tức là nhiệt độ được giảm với tốc độ khoảng 10^2 Ks^{-1} - 10^6 Ks^{-1} (tốt nhất là ở tốc độ $> 10^{3,5} \text{ Ks}^{-1}$). Bất kỳ phương pháp thích hợp nào cũng có thể được sử dụng để làm nguội bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn, ở việc cho nguyên liệu tan chảy tiếp xúc với một luồng không khí mát thích hợp, với hơi nước hoặc với nước để tạo ra chất rắn không kết tinh.

Nếu muốn, có thể thêm chất liệu trợ dung vào nguyên liệu nhôm silicat rắn để giảm điểm tan chảy của nó và/hoặc để tạo ra sự khử chất lỏng. nguyên liệu hạ điểm nóng chảy có thể được trộn với nguyên liệu nhôm silicat rắn trước khi nung nóng / nấu chảy hoặc trong quá trình nung nóng / nấu chảy. Các chất liệu trợ dung phổ biến có thể tạo ra sự khử nước trong quá trình làm tan chảy và/hoặc nhiệt độ tan chảy thấp hơn bao gồm CaF_2 , CaCO_3 , thủy tinh thải, thủy tinh, frit thủy tinh, các khoáng chất có tính kiềm (ví dụ, fenspat, zeolit, đất sét và các khoáng chất fenspat), muối borat, hợp chất halogen (muối mang florua và clorua) và muối canxi.

Đối với bước 108 tùy ý nghiền và/hoặc nghiền thành bột, việc này có thể được thực hiện bằng bất kỳ phương pháp hoặc thiết bị thích hợp nào bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn, ở máy nghiền bi, máy nghiền con lăn và máy nghiền con lăn đứng. Tốt hơn là, cỡ hạt được giảm để thu được bột mịn hữu ích trong các ứng dụng kết dính. Việc thu được một loại bột mịn hơn có thể là hữu ích để tăng diện tích bề mặt và tạo ra tốc độ phản ứng cao hơn, như được mô tả trong Ví dụ 9. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ có thể xác định cỡ hạt của các hạt mong muốn cho một nhu cầu cụ thể,

có cân nhắc đến sự đánh đổi kinh tế giữa việc mất hình thái hình cầu / khả năng làm việc, chi phí mài và các yêu cầu về hiệu suất cuối cùng. Theo các phương án, bột có mức phân bố cỡ hạt với $D[3,2]$ khoảng $10\mu\text{m}$ hoặc nhỏ hơn, hoặc tốt hơn là nhỏ hơn $5\mu\text{m}$. Cỡ hạt như vậy nói chung là mong muốn để đảm bảo đủ khả năng phản ứng và tính chất vật liệu nhất quán.

Sử dụng nguyên liệu nhôm silicat

Như được mô tả ở đây, theo một số phương án sáng chế liên quan đến việc sử dụng nguyên liệu nhôm silicat để sản xuất các hạt thủy tinh vi cầu rắn và chất hoạt hóa xi măng không kết tinh như được xác định ở đây.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế liên quan đến việc sử dụng quá trình xử lý nhiệt hóa khi bay của nguyên liệu nhôm silicat để tạo ra các hạt thủy tinh vi cầu rắn và/hoặc chất hoạt hóa xi măng rắn. Các hạt thủy tinh và chất hoạt hóa xi măng rắn được mô tả ở đây có thể được sử dụng theo cách có lợi như một chất kết dính bổ sung thay thế (SCM) trong xi măng thủy lực hỗn hợp và/hoặc làm chất hoạt hóa rắn polyme trong chất kết dính polyme (do đó loại bỏ sự cần thiết của một số hoặc tất cả MK-750, tro bay, GGBFS, và các chất hoạt hóa rắn thông thường khác).

Theo một khía cạnh khác, sáng chế liên quan đến việc sử dụng nguyên liệu nhôm silicat để sản xuất ít nhất một trong số các chất kết dính bổ sung (SCM) và chất phản ứng geopolyme bao gồm các hạt thủy tinh vi cầu rắn và/hoặc chất hoạt hóa xi măng không kết tinh như được xác định ở đây.

Sử dụng các hạt thủy tinh vi cầu và chất hoạt hóa xi măng

Một khía cạnh của các phương án được mô tả liên quan đến sự liên quan rộng rãi của các hạt thủy tinh vi cầu rắn và chất hoạt hóa xi măng được mô tả ở đây. Các hỗn hợp thích hợp của chất hoạt hóa xi măng được thiết kế có thể được sử dụng thay thế cho nhau với tỷ lệ đáng kể trong cả xi măng geopolyme và xi măng thủy lực (tức là xi măng phản ứng với nước).

Do đó, sáng chế theo một số phương án là xi măng geopolyme và xi măng thủy lực chứa ít nhất 5% khối lượng, hoặc ít nhất 10% khối lượng, hoặc ít nhất 15% khối lượng, hoặc ít nhất 20% khối lượng, hoặc ít nhất 25% khối lượng, hoặc ít nhất 30% khối lượng, hoặc ít nhất 40% khối lượng, hoặc ít nhất 50% khối lượng, hoặc ít nhất 60% khối lượng, hoặc ít nhất 70% khối lượng, hoặc ít nhất 80% khối lượng, hoặc ít nhất 90% khối

lượng, hoặc nhiều hơn, các hạt thủy tinh vi cầu rắn và/hoặc chất hoạt hóa xi măng như được xác định ở đây.

Theo một số khía cạnh, sáng chế theo một số phương án được mô tả ở đây liên quan đến chất kết dính bổ sung (SCM) chứa chất hoạt hóa xi măng như được xác định ở đây. Theo một số phương án, SCM chứa khoảng 5% khối lượng đến 50% khối lượng (tốt nhất là chứa ít nhất 20% khối lượng) các hạt thủy tinh vi cầu rắn và/hoặc chất hoạt hóa xi măng như được xác định ở đây.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế theo một số phương án được mô tả ở đây liên quan đến chất kết dính bổ sung (SCM) có một hoặc nhiều đặc tính sau: nó chứa ít hơn khoảng 35% khối lượng CaO, với hàm lượng đáng kể của Na+K (ví dụ, ít nhất 2% khối lượng, tốt nhất là chứa ít nhất 5% khối lượng) và hàm lượng Al (ví dụ, ít nhất 5% khối lượng) và ở dạng chất rắn không kết tinh.

Theo một khía cạnh khác, theo một số phương án sáng chế liên quan đến bê tông rắn, chứa các hạt thủy tinh vi cầu rắn và/hoặc chất hoạt hóa xi măng như được xác định ở đây, tức là chứa khoảng 5% khối lượng đến 50% khối lượng (tốt nhất là chứa ít nhất 10% khối lượng, hoặc ít nhất 20% khối lượng, ít nhất 30% khối lượng, hoặc ít nhất 40% khối lượng) các hạt thủy tinh rắn vi cầu và/hoặc chất hoạt hóa xi măng như được xác định ở đây.

Theo một khía cạnh khác, theo một số phương án sáng chế liên quan đến bê tông polyme rắn chứa khoảng 5% khối lượng đến 50% khối lượng (tốt nhất là chứa ít nhất 10% khối lượng, hoặc ít nhất 20% khối lượng, ít nhất 30% khối lượng, hoặc ít nhất 40% khối lượng) của các hạt thủy tinh rắn vi cầu và/hoặc chất hoạt hóa xi măng như được xác định ở đây.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này cần phải hiểu rằng sáng chế theo các phương án tạo ra theo cách có lợi các phương tiện để sản xuất chất hoạt hóa xi măng CO₂ thấp đa năng từ các nguyên liệu tự nhiên dồi dào, rẻ tiền. Một ưu điểm đáng kể khác là việc tạo ra một chất phản ứng duy nhất đáp ứng các tiêu chuẩn đặc điểm kỹ thuật ngày nay cho các SCM thay thế, đồng thời đáp ứng nhu cầu của thị trường polyme đang phát triển. Hơn nữa, chất hoạt hóa xi măng được tạo ra từ các nguyên liệu thô đa dạng, không đồng nhất, và thông qua các quy trình được mô tả, tạo ra nguyên liệu phản ứng đồng nhất hơn và thích hợp làm chất hoạt hóa xi măng.

Cần phải hiểu rằng, một ưu điểm của các hệ thống và phương pháp được mô tả ở đây là cung cấp sự kiểm soát đối với thành phần cuối cùng của chất hoạt hóa xi măng, do đó tạo ra chất phản ứng có thành phần dự đoán được, điều này là rất quan trọng đối với ngành công nghiệp. Thành phần phù hợp như vậy không có sẵn trong các chất hoạt hóa xi măng hiện có khác, vì chúng thường thu được từ các phụ phẩm công nghiệp. Theo các phương án được mô tả ở đây, có thể cải biến các nguyên liệu nạp cục bộ khi cần thiết để tiêu chuẩn hóa hiệu suất cho các ứng dụng nhất định. Ví dụ, trong SCM đối với xi măng Poocăng, có thể mong muốn hạn chế hàm lượng kiềm, nhưng trong hệ thống polyme, có thể mong muốn có hàm lượng kiềm cao và giảm bớt nhu cầu về chất làm cứng silic oxit kiềm. Trong cả hai trường hợp, các cải biến thành phần có thể được mong muốn để hạn chế sự biến đổi thành phần của nguyên liệu.

Một mối quan tâm đáng chú ý khác đối với hóa học của chất phản ứng polyme là hàm lượng canxi không bền. Việc điều chỉnh hàm lượng canxi và pha chứa canxi đều là những biến quan trọng để điều chỉnh tốc độ tăng cường độ trong các điều kiện nhiệt độ khác nhau và tính chất nguyên liệu cuối cùng của xi măng geopolyme. Các phương pháp được mô tả ở đây có thể tạo ra một số hỗn hợp có lợi nhất định của chất hoạt hóa xi măng vì cầu mà hiện nay chất hoạt hóa xi măng dựa trên phụ phẩm không thể thực hiện được.

Thiết bị, phương pháp và hệ thống nấu chảy ở trạng thái bay

Sáng chế theo các phương án cũng liên quan đến thiết bị, hệ thống và các phương pháp có liên quan để sản xuất nhiệt hóa chất hoạt hóa xi măng thủy tinh có hình thái hình cầu.

Theo một số phương án, thiết bị được tạo cấu hình để nấu chảy/làm nguội nhanh ở trạng thái bay. Theo một số phương án, như sáng chế theo phương án được minh họa trên FIG.9A và FIG.9B, thiết bị 900 bao gồm: một đầu đốt 809; và buồng nấu chảy kết hợp với buồng làm nguội nhanh 902. Theo một số phương án, buồng nấu chảy và buồng làm nguội nhanh có thể lần lượt là thứ nhất và các phần của cùng một buồng 902. Theo một số phương án, buồng nấu chảy và buồng làm nguội nhanh là các buồng liên tiếp riêng biệt.

Như được minh họa, thiết bị 900 được tạo cấu hình để nấu chảy/làm nguội nhanh ở trạng thái bay. Các hạt nguyên liệu nạp Nhôm silicat 903 đi vào buồng nấu chảy/làm nguội nhanh (trên cùng; 902) lơ lửng trong ngọn lửa 901 đốt cháy khí oxy hóa 807 bằng

nhiên liệu dễ cháy 808. Các hạt nguyên liệu nạp nhôm silicat 903 bị cuốn theo đầu phun venturi vào khí oxy hóa và tan chảy ở trạng thái huyền phù trong quá trình đốt cháy về phía buồng nấu chảy/làm nguội nhanh 902 khi chúng bị đốt nóng và cuối cùng tan chảy, trên sự chuyển pha lỏng. Khí có thể bao gồm khí oxy hóa, bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở oxy, không khí trộn với nhiên liệu dễ cháy, bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở propan, metan, nhiên liệu hydrocacbon lỏng, than đá, khí tổng hợp, sinh khối, bùn than-nước và hỗn hợp của chúng. Tốt hơn là, ngọn lửa 901 được làm ổn định bởi một luồng không khí làm nguội 904 hình khuyên để bảo vệ buồng nấu chảy/làm nguội nhanh 902 và ngăn không cho các hạt dính vào thành trong 905 của buồng nấu chảy/làm nguội nhanh 902.

Trong thiết bị 900, các hạt nóng chảy được làm nguội tiếp theo bằng cách làm nguội trong không khí khi huyền phù trở nên hỗn loạn ở phần cuối của buồng nấu chảy/làm nguội nhanh 902. Việc làm nguội/làm nguội các hạt nóng chảy có thể được cung cấp bởi không khí làm nguội được đưa trực tiếp vào buồng nấu chảy/làm nguội nhanh 902 và/hoặc bằng hệ thống làm nguội tùy chọn, ví dụ, vòng làm nguội bằng chất lỏng xung quanh phần làm nguội của buồng nấu chảy/làm nguội nhanh 902 (không được thể hiện). Các hạt nóng chảy có thể được làm nguội hoặc làm nguội thành bột rắn không kết tinh và có thể tạo ra bột bao gồm các hạt thủy tinh vi cầu. Thiết bị này còn có thể bao gồm bộ tách xyclon tùy chọn hoạt động dưới lực hút từ máy thổi ly tâm để thu bột chứa các hạt thủy tinh vi cầu (không được thể hiện).

Thiết bị 900 hoặc thiết bị tương tự có thể được sử dụng trong các hệ thống khác nhau để sản xuất chất hoạt hóa xi măng vi cầu thủy tinh. FIG.8 minh họa dưới dạng sơ đồ hệ thống làm ví dụ 800 để sản xuất chất hoạt hóa xi măng vi cầu thủy tinh, trong một số trường hợp, tạo ra bột chất phản ứng thủy tinh vi cầu 109.

Sáng chế theo phương án được minh họa trên FIG.8, hệ thống 800 bao gồm mạch xay 801 để thu được bột nguyên liệu là nhôm silicat 101. Nguyên liệu thô nhôm silicat 802 được đưa đến máy nghiền hàm hoặc máy nghiền 803 để tạo ra nguồn cấp liệu có cỡ hạt phù hợp 804 cho phép nghiền mịn trong máy nghiền bi 805. Sản phẩm thu được là bột nguyên liệu thô nhôm silicat 101 được nghiền mịn.

Bột nguyên liệu thô nhôm silicat được nghiền mịn 101 tiếp theo được cuốn vào khí oxy hóa (ví dụ, oxy) 807, và trộn với nhiên liệu dễ cháy (ví dụ, propan) 808 trong một đầu đốt 809 được gắn với vòng làm nguội bằng chất lỏng 810 cho ngọn đuốc có tuổi

tho dài. Không khí làm nguội ở nhiệt độ môi trường xung quanh 811 được đưa vào, tốt nhất là gần đầu đốt 809 và chảy xuống bên ngoài các thành của buồng nấu chảy/làm nguội nhanh 812 để ngăn không cho các hạt nóng chảy dính vào thành của đầu đốt 809. Có thể làm nguội thành này bằng không khí làm nguội, và/hoặc bằng vòng làm nguội chất lỏng tùy chọn 813. Các hạt nóng chảy được làm nguội bằng không khí làm nguội khi huyền phù trở nên hỗn loạn ở cuối buồng nấu chảy/làm nguội nhanh nhanh. Có thể sử dụng máy tách xyclon 814, được vận hành dưới lực hút từ máy thổi ly tâm 815 để thu bột chất phản ứng thủy tinh vi cầu 109.

Thiết bị được minh họa trên FIG.9 và hệ thống được minh họa trên FIG. FIG.8 đã được sử dụng thành công để tạo ra các hạt thủy tinh vi cầu rắn, và chất hoạt hóa xi măng chứa chất tương tự, như được xác định ở đây và được mô tả trong các ví dụ sau. Các thông số vận hành liên quan đến quá trình đốt cháy khí propan và oxy gần đúng (không đo được tỷ lệ khối lượng chính xác). nguyên liệu nạp bột 101 đi vào đầu đốt từ bộ phân tán khí nén được nạp bằng bộ nạp rung. Huyền phù của nguyên liệu nạp và không khí cháy bao gồm một khối lượng gần bằng nhau của oxy và nguyên liệu nạp dạng bột; ví dụ, 1 g nguyên liệu nạp nhôm silicat lơ lửng trong 1 g oxy.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này cần phải nhận thấy rằng thiết bị, hệ thống và thông số được minh họa là những thiết bị và hệ thống hữu ích tiềm năng được bao gồm trong sáng chế. Ví dụ, theo các phương án khác, các hạt rắn bay ở trạng thái huyền phù trong khí mang và được đốt nóng bởi một hoặc nhiều nguồn năng lượng. Năng lượng để nấu chảy có thể được cung cấp bởi một hoặc sự kết hợp của các nguồn nhiệt có nhiệt độ cao thích hợp như plasma (phóng điện hồ quang hoặc ghép cảm ứng), nung nóng cảm ứng điện, nung nóng điện trở, nung nóng vi sóng, chiếu xạ mặt trời hoặc nhiệt từ các phản ứng hóa học (ví dụ, đốt cháy). Một số nguồn năng lượng trong số này có thể làm giảm lượng khí thải CO₂ của quá trình, nhưng chi phí phát thải CO₂ phải được cân nhắc dựa trên chi phí riêng của từng nguồn năng lượng. Ở nhiều khu vực pháp lý ngày nay, các nguồn năng lượng rẻ nhất dựa trên nhiên liệu hydrocacbon dễ cháy. Do đó, việc lựa chọn nguồn năng lượng chủ yếu được quyết định bởi giá cả và chi phí phát thải CO₂ trong một khu vực pháp lý nhất định.

Các yếu tố kinh tế và chính trị hiện nay quy định rằng tốt nhất là các hạt rắn bay ở trạng thái huyền phù trong khí sao cho quá trình đốt cháy làm nóng các hạt rắn đến nhiệt độ cao hơn nhiệt độ chuyển pha lỏng.

Mặc dù đầu đốt nhiên liệu oxy đã được sử dụng trong các ví dụ được cung cấp, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này cần phải nhận thấy rằng việc lựa chọn nhiên liệu đốt chỉ có tầm quan trọng thứ yếu miễn là sự nung nóng thích hợp xảy ra. Bất kỳ nguồn nhiệt nào từ quá trình đốt cháy, plasma, năng lượng mặt trời tập trung, hạt nhân và những nguồn khác, đều có thể.

Theo một số phương án, tốt hơn là sử dụng đầu đốt nhiên liệu không khí để tránh chi phí làm giàu oxy. Khi không khí, chỉ bao gồm khoảng 23% khối lượng oxy, được đốt cháy bằng nhiên liệu (ví dụ, propan hoặc metan), tỷ lệ không khí-nhiên liệu cao hơn nhiều (~ 4-5 lần) để duy trì sự đốt cháy xấp xỉ theo phương pháp cân bằng. Tỷ lệ nhiên liệu không khí cao hơn dẫn đến nhiệt độ ngọn lửa thấp hơn. Do đó, nên điều chỉnh phù hợp lưu lượng khối lượng bột nguyên liệu để đảm bảo các hạt được làm nóng vượt quá độ rắn của chúng, và tốt nhất là gần hoặc cao hơn nhiệt độ lỏng của chúng (1000-1600°C, và thường lớn hơn 1200°C).

FIG.10 minh họa một phương án khác của thiết bị và hệ thống nấu chảy/làm nguội nhanh khi bay phù hợp với các phương án được mô tả ở đây. Nạp liệu 101 đi qua van 1002 và đi vào xyclon 1003, nơi nó được làm nóng trước bằng cách trao đổi nhiệt với khí nóng. Van 1004 mét bột nguyên liệu thành khí nóng (ví dụ, không khí đốt) chảy qua đường ống 1025. Khí đốt và huyền phù nguyên liệu nạp được dẫn qua một đầu đốt 1005, trong đó khí dễ cháy được đưa qua đường ống 1006. Một buồng nấu chảy hình trụ 1007 được tạo cấu hình để nhận dòng nóng của khí (ví dụ, khí cháy) cuốn theo các hạt nhôm silicat trong các giai đoạn tan chảy khác nhau 1008. Buồng nấu chảy 1007 bao gồm một vỏ hình trụ 1009 bằng nguyên liệu thích hợp như thép và một lớp lót bên trong bằng nguyên liệu chịu lửa thích hợp 1010. Buồng nấu chảy 1007 cũng được bảo vệ bên trong bởi một luồng không khí mát (không khí làm dịu sơ cấp) 1011 được bơm vào từ vòng phân phối phía trên 1012. Luồng không khí làm nguội bên trong buồng nấu chảy 1007 xung quanh các thành buồng bên trong theo dòng chảy tầng hoặc xoáy 1013 mà không trộn lẫn đáng kể với dòng tan chảy trung tâm các hạt lơ lửng 1008. Luồng không khí này cũng bảo vệ lớp lót chịu lửa bên trong 1010 và hạn chế thất thoát nhiệt.

Tiếp theo, các hạt nóng chảy 1008 đi vào buồng làm nguội nhanh hoặc vùng làm nguội 1014 nơi các hạt tương tác với không khí làm nguội sơ cấp 1013 và không khí làm nguội thứ cấp tùy chọn 1015 đi qua bộ phân phối 1016 và được bơm 1017 vào buồng làm nguội nhanh 1014.

Các hạt rắn nóng, nguội 1018 chảy lơ lửng qua đường ống 1019 và được tách khỏi khí nóng trong bộ tách xyclon 1020. Các hạt thủy tinh rắn nóng đi qua van 1021, trao đổi nhiệt với không khí đốt mát 1024, và được tách ra trong không khí đốt làm nóng sơ bộ xyclon 1022. Van 1023 điều chỉnh áp suất và cho phép thu sản phẩm thủy tinh vi cầu 109. Bộ tách xyclon 1003, 1020, 1022 cũng hoạt động như bộ trao đổi nhiệt rắn / khí cho các vòng thu hồi nhiệt quan trọng giúp tăng hiệu quả năng lượng của quá trình. Trong xyclon 1020, khí nóng từ buồng nấu chảy 1007 được tách ra khỏi chất rắn và những khí này làm nóng sơ bộ bột nguyên liệu làm nguội 101 trước khi tách trong xyclon 1003. Khí thải trao đổi nhiệt 1027 báo cáo đến hệ thống xả phù hợp (ví dụ, nhà bao và quạt gió) hoặc chuyển sang các giai đoạn tiếp theo của xyclon trao đổi nhiệt. Trong lốc xoáy 1022, các hạt được làm nguội nóng 1018 trao đổi nhiệt với không khí đốt nguội 1024 và không khí đốt được làm nóng trước được sử dụng để chuyển bột nguyên liệu đã được làm nóng trước vào buồng nấu chảy 1007, do đó làm giảm đáng kể lượng năng lượng phải thêm vào để đạt được sự tan chảy của các hạt lơ lửng.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1: Giảm ứng suất năng suất bằng các hạt hình cầu tổng hợp

Để chứng minh sự cải thiện đối với độ nhót hỗn hợp xi măng geopolyme, quy trình sau đã được sử dụng. Bột thủy tinh núi lửa nghiền thành bột thương mại có thành phần oxit SiO_2 -73,77%; Al_2O_3 -11,82%, Fe_2O_3 -1,42%; MgO -0,1%; CaO -0,28%; Na_2O -4,22%; K_2O -4,09% được mua có đường kính hạt trung bình $D[3,2]$ là 10 micromet và hình thái góc đặc trưng của bột nghiền mịn. Mẫu bột thủy tinh núi lửa 402 (Hình 4) được xử lý bằng phương pháp nung chảy khi bay đã được bộc lộ này để tạo ra bột 403 tan chảy/làm nguội tối ưu, có cỡ hạt trung bình $D[3,2]$ là 11 micromet, và về cơ bản hình thái hình cầu đặc trưng bởi độ tròn $R > 8$ (xem Hình 4). Cụ thể hơn, bột thủy tinh núi lửa tự nhiên (hình thái góc cạnh) đã được xử lý bằng bộ máy như trong hình. 8 và HÌNH. 9. Đầu đốt là một đầu đốt oxy-propan thương mại kiểu QHT-7/hA của Công cụ hàn & cắt Thượng Hải Hoạt động với việc nạp bột đã cải biến, đầu đốt được bắn vào một buồng nấu chảy bằng thép với các thành làm nguội bằng nước và nhiệt độ hạt vượt quá mức lỏng trung bình nhiệt độ của nguyên liệu, khoảng 1300°C theo ước tính từ dữ liệu thành phần. Người ta giải thích rằng nhiệt độ của chất lỏng bị vượt quá dựa trên i) hình thái vi cầu là kết quả của sức căng bề mặt trong pha lỏng, ii) thành phần đồng nhất (dưới hình ảnh điện tử tán xạ ngược) và iii) sự vắng mặt của các hạt chưa tan chảy hoặc tan chảy

một phần trong chất phản ứng cuối cùng. Trong thí nghiệm này, đầu đốt không được đặt chặt vào buồng nấu chảy, và do đó không khí làm nguội được phép chạy vào dọc theo các thành của buồng nấu chảy, chỉ làm nguội bột tan chảy sau thời gian lưu trú đủ để cho phép tan chảy. Bột nóng đã làm nguội được tách khỏi khí cháy nóng bằng xyclon như trong FIG.8 và bột thủy tinh được thu thập để thử nghiệm. Sản phẩm thu được trong ví dụ này là thủy tinh tổng hợp có tính cầu cao ($D[3,2] = 11$ micromet) có thành phần tương đương và phân bố cỡ hạt gần tương đương (Hình 4) làm nguyên liệu thô.

Bột thủy tinh khoáng vi cầu có số mol $\text{Si}/(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})$ là 19,68, và công thức chất hoạt hóa xi măng có số mol là $(\text{Ca}, \text{Mg})_{0,12} \cdot (\text{Na}, \text{K})_{0,89} \cdot (\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_1 \cdot \text{Si}_{19,68}$ và CaO là 0,28% khối lượng (CaO, MgO là 0,38%).

Thí nghiệm so sánh hai chất phản ứng polyme với các hạt có thành phần tương đương và phân bố cỡ hạt gần tương đương (được xác nhận bằng phân tích cỡ hạt nhiễu xạ laze, Hình 4). biến duy nhất được thay đổi mạnh mẽ là hình thái hạt.

Các loại bột được trộn riêng biệt dưới dạng bột nhão kết dính polyme bằng cách sử dụng thiết kế hỗn hợp dưới đây được tối ưu hóa để sử dụng nước tối thiểu cho thủy tinh núi lửa góc cạnh (“Hỗn hợp A”):

Một hỗn hợp 99,5 g được tạo ra gồm 1,77 mol nước, 0,12 mol $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, 0,82 mol SiO_2 và 0,08 mol $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$. Nguồn cung cấp $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ là thủy tinh xi măng hoặc thủy tinh núi lửa. Nguồn của SiO_2 cũng là chất hoạt hóa xi măng hoặc thủy tinh núi lửa và silic oxit kali. Nguồn kali oxit là kali silic oxit và kali hydroxit. Tỷ lệ số mol oxit của mỗi hỗn hợp được đưa ra trong Bảng 1, được thể hiện dưới đây.

Hỗn hợp hình cầu A quá lỏng khi được trộn với tỷ lệ khối lượng tương tự như Hỗn hợp góc A, có tính hoạt động rất kém ngay cả ở hàm lượng nước rất cao là 40% khối lượng H_2O . Đáng ngạc nhiên là Hỗn hợp hình cầu B, chỉ chứa 15% khối lượng H_2O , có khả năng làm việc tuyệt vời như được chỉ ra bởi ứng suất năng suất thấp ~ 6 Pa.

Bột hình cầu thủy tinh được trộn lại với một lượng chất hoạt hóa rắn giống hệt nhau, nhưng tỷ lệ chất làm cứng silic oxit và nước thấp hơn (“Hỗn hợp B”):

Người ta tạo ra 79 g hỗn hợp gồm 0,73 mol nước, 0,11 mol $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, 0,8 mol SiO_2 và 0,08 mol $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$. Nguồn $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ là chất hoạt hóa xi măng hình cầu. Nguồn của SiO_2 cũng là chất hoạt hóa xi măng hình cầu và silic oxit kali. Nguồn kali oxit là kali silic oxit và kali hydroxit. Tỷ lệ số mol oxit của mỗi hỗn hợp được đưa ra trong Bảng 1, được thể hiện dưới đây.

Một thử nghiệm độ sụt hình nón nhỏ (như được mô tả bởi Tan et al. 2017) đã được sử dụng để xác định ứng suất chảy gần đúng cho hỗn hợp bột dạng góc A (bán kính rải 24 mm) và hỗn hợp bột hình cầu B (bán kính rải 60 mm). Bột góc tạo ra một khối lượng chảy không cắt với ứng suất chảy gần đúng là 425 Pa hoặc lớn hơn (được tính bằng phương trình dòng chảy sục 10 được xây dựng trong Pierre và cộng sự 2013 (Pierre, A., Lanos, C., & Estellé, P (2013). trong chất làm cứng silic oxit hòa tan) nhưng đã tạo ra một chất lỏng nhựa dễ rót với ứng suất chảy chỉ xấp xỉ 6,5 Pa (được tính bằng phương trình dòng chảy lan rộng 2 trong Tan và cộng sự 2017 (Tan, Z., Bernal, SA, & Provis, JL (2017). Quy trình thử nghiệm độ sụt nhỏ có thể lặp lại để đo ứng suất chảy của bột nhão xi măng. Tạp chí Materials and Structures, 50 (6), 235).

Bảng 1: Tỷ lệ số mol oxit của hỗn hợp

Tỉ lệ Mol	“Hỗn hợp A” có góc	“Hỗn hợp A” hình cầu	“Hỗn hợp B” hình cầu
(Na ₂ O,K ₂ O)/SiO ₂	0,14	0,14	0,14
SiO ₂ /(Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃)	11,72	11,72	10
H ₂ O/(Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃)	22,125	22,125	9,125
(Na ₂ O,K ₂ O)/(Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃)	1,63	1,63	1,375
H ₂ O/(Na ₂ O,K ₂ O)	15,65	15,65	7,05
H ₂ O trong bột nhão (% khối lượng)	40%	40%	15%
Giới hạn chảy (Pa)	425	<1	6

Hỗn hợp góc A và Hỗn hợp hình cầu B được nung nóng và đóng rắn trong hộp kín ở 80°C trong 6 giờ. Dạng dán góc cứng kém, có thể là do hàm lượng nước cao, trong khi dạng bột nhão hình cầu cứng lại thành chất rắn giống như gốm sứ với bề mặt bóng mịn.

Ví dụ 2: Bazan “FC”

Đá bazan Oligocen được lấy mẫu ở Vancouver, BC. Thành phần khoáng vật của đá bị chi phối bởi plagioclase, diopside và pha giống như đất sét có khả năng là sản phẩm phong hóa (Bảng 2, được xác định bằng XRD với quá trình tinh chế Rietveld). Thành phần oxit nguyên tố chính được đưa ra trong Bảng 3.

Bảng 2: Thành phần khoáng của mẫu bazan

Pha	% khối lượng
albit thấp (calcian)	56,2
điopsit	13,5
đất sét (mẫu montmorilonit)	12,5
forsterit (ferian)	5,0
Ilit/muscovit 2M1	2,6
lizardit 1T	1,7

Pha	% khối lượng
ilmenit	1,7
quartz	1,6
calcit	1,5
ulvospinel (ferian)	1,4

Bảng 3: Thành phần oxit của bazan “FC” (XRF)

Oxit	% khối lượng
SiO ₂	48,13
Al ₂ O ₃	15,97
Fe ₂ O ₃	11,99
MnO	0,16
MgO	7,83
CaO	9,51
Na ₂ O	2,77
K ₂ O	0,5

Bazan được nghiền trong máy nghiền hàm, sau đó nghiền thành bột trong máy nghiền đĩa, và tiếp tục giã trong máy nghiền vòng thành bột có cỡ hạt trung bình khoảng 10 μm . Bột được đưa qua thiết bị thủy tinh hóa làm nóng nguyên liệu qua quá trình chuyển đổi chất lỏng đến 1450°C, sau đó là bước làm nguội nhanh. Kính thu được là 96,7% vô định hình khi xác định bằng tia X (Bảng 4).

Bảng 4: Phân tích thủy tinh bazan bằng phương pháp XRD-Rietveld (đỉnh corundum)

Pha	% khối lượng
vô định hình	96,7
sắt-alpha (từ phương tiện nghiền)	1,9
thạch anh	1,4

Bột thủy tinh bazan vi cầu có số mol Si/(Al,Fe³⁺) là 6,93 và chất hoạt hóa xi măng có công thức mol là (Ca,Mg)_{3,15}•(Na, K)_{0,21}•(Al,Fe³⁺)₁•Si_{6,93} và CaO là 9,51% khối lượng (CaO, MgO là 17,3%).

Các hạt riêng lẻ được quan sát thấy có tính cầu cao và độ tròn trung bình R là > 0,8 (như đã xác định trước đó), và D[3,2] là 10,5 μm .

Điều chế 131g hỗn hợp từ 1,31 mol nước, 0,1 mol Na₂O + K₂O, 0,88 mol SiO₂ và 0,24 mol Al₂O₃ + Fe₂O₃. Nguồn cung cấp Al₂O₃ + Fe₂O₃ là bột bazo vi cầu thu được ở trên. Nguồn cung cấp SiO₂ cũng là bột bazo và kali silic oxit. Nguồn kali oxit là kali silic oxit và kali hydroxit. Tỷ lệ số mol oxit được đưa ra trong Bảng 5, được thể hiện dưới đây.

Bảng 5: Tỷ lệ số mol oxit

(Na ₂ O,K ₂ O)/SiO ₂	0,11
SiO ₂ /(Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃)	3,67
H ₂ O/(Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃)	5,45
(Na ₂ O,K ₂ O)/(Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃)	0,42
H ₂ O/(Na ₂ O,K ₂ O)	13,76
Giới hạn chảy (Pa)	21,7

Thử nghiệm hình nón có độ sụt nhỏ được thực hiện trên vữa xi măng geopolyme và kết quả là đường kính chảy là 98,4 mm và ứng suất chảy tính là 21,7 Pa. 110 g cát được thêm vào hồ, sau đó là 6 giờ đóng rắn kín ở 80°C. Cường độ nén của một khối mẫu vữa được xác định là 19 MPa.

Ví dụ 3: Đá bazan “BD”

Bazan dạng bột “BD” bán trên thị trường có thành phần oxit được đưa ra trong Bảng 6, được thể hiện dưới đây.

Bảng 6: Thành phần oxit của bazan “BD” (XRF)

Oxit	% khối lượng
SiO ₂	49,77
Al ₂ O ₃	14,42
Fe ₂ O	11,18
MgO	4,38
CaO	9,66
Na ₂ O	2,62
K ₂ O	0,63

Bột được đưa qua thiết bị thủy tinh hóa làm nóng nguyên liệu thông qua sự thay đổi pha lỏng đến 1450°C, sau đó là bước làm nguội nhanh chóng. Sự tan chảy thành công qua pha lỏng đã được chứng minh đối với hầu hết các hạt bằng hình thái hạt khối hình cầu cao.

Bột chất phản ứng bazo vi cầu "BD" có số mol Si/(Al, Fe³⁺) là 7,84, và chất hoạt hóa xi măng có công thức mol là (Ca,Mg)_{2,66}•(Na,K)_{0,23}•(Al,Fe³⁺)₁•Si_{7,84} và CaO là 9,66% khối lượng (CaO, MgO là 14,04%). Các hạt riêng lẻ được quan sát thấy có tính cầu cao và mịn, độ tròn R lớn hơn 0,8, và D[3,2] là 8,0 µm khi đo bằng nhiễu xạ laze.

Điều chế 116g hỗn hợp gồm 1,53 mol nước, 0,09 mol Na₂O + K₂O, 0,75 mol SiO₂ và 0,17 mol Al₂O₃ + Fe₂O₃. Nguồn cung cấp Al₂O₃ + Fe₂O₃ là bột bazo vi cầu đã được điều chế ở trên. Nguồn cung cấp SiO₂ cũng là bột bazo và kali silic oxit. Nguồn kali oxit là kali silic oxit và kali hydroxit. Tỷ lệ số mol oxit được đưa ra trong Bảng 7.

Bảng 7: Tỷ lệ số mol oxit

$(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})/\text{SiO}_2$	0,11
$\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$	4,41
$\text{H}_2\text{O}/(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$	9,00
$(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})/(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$	0,53
$\text{H}_2\text{O}/(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})$	18,06

110 g cát được thêm vào hỗn hợp, và mẫu được đúc thành các khuôn hình khối, sau đó là 6 giờ đông rắn kín ở 80°C. Từ ba mẫu, cường độ nén trung bình của vữa được xác định là 27,4 MPa với độ lệch tiêu chuẩn là 2,22 MPa.

Ví dụ 4: Quặng đuôi của than

Một mẫu quặng đuôi được lấy từ Cape Breton, NS bao gồm khoảng 60% than còn lại và 40% nguyên liệu khoáng. Phần vô cơ có thành phần oxit được đưa ra trong Bảng 8, được thể hiện dưới đây.

Bảng 8. Thành phần oxit của quặng đuôi than (XRF)

Oxit	% khối lượng (trung bình của 2 mẫu)
SiO_2	52,48
Al_2O_3	21,76
Fe_2O_3	15,74
MgO	1,29
CaO	1,57
Na_2O	0,28
K_2O	3,08

Quặng đuôi của than khô với D[3,2] đo được là 9,9 μm được đưa qua thiết bị thủy tinh hóa đốt cháy than dư và làm nóng nguyên liệu vô cơ thông qua sự thay đổi pha lỏng đến 1450°C, sau đó là bước làm nguội nhanh. Phần than trong nguyên liệu đầu vào đã bổ sung năng lượng đáng kể cho quá trình: năng lượng ngọn lửa tăng ít nhất 46% khi xử lý quặng đuôi so với đá bazan “trơ” được xử lý ở cùng tốc độ dòng chảy khối lượng.

Sự tan chảy thành công qua pha lỏng đã được chứng minh đối với các hạt vô cơ bằng hình thái hạt khối hình cầu cao, với độ tròn trung bình (R) > 0,8, và D[3,2] là 11,2 μm .

Bột chất phản ứng quặng đuôi vi cầu có mol $\text{Si}/(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})$ là 5,66, và chất hoạt hóa xi măng công thức mol là $(\text{Ca}, \text{Mg})_{0,38} \cdot (\text{Na}, \text{K})_{0,10} \cdot (\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_1 \cdot \text{Si}_{5,66}$ và CaO là 1,7% khối lượng (CaO, MgO là 2,56%).

Điều chế 45 g hỗn hợp chứa 0,57 mol nước, 0,04 mol $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, 0,42 mol SiO_2 và 0,12 mol $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$. Nguồn cung cấp $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ là bột vi cầu quặng đuôi than đã điều chế ở trên. Nguồn cung cấp SiO_2 cũng là bột quặng đuôi than và natri silic oxit.

Nguồn cung cấp natri oxit là natri silic oxit và natri hydroxit. Tỷ lệ số mol oxit được đưa ra trong Bảng 9, được thể hiện dưới đây.

Bảng 9: Tỷ lệ số mol oxit

$(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})/\text{SiO}_2$	0,11
$\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$	4,45
$\text{H}_2\text{O}/(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$	4,85
$(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})/(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$	0,49
$\text{H}_2\text{O}/(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})$	14,25

Hỗn hợp này được đúc thành một khuôn hình khối, sau đó là 6 giờ đóng rắn kín ở nhiệt độ 80°C. Mẫu được làm nhỏ và được phát hiện có cường độ nén là 21 MPa và bề mặt bóng như gốm.

Ví dụ 5: Trầm tích nạo vét

Một mẫu trầm tích được lấy từ giữa Cảng Vancouver, BC để đại diện cho một ví dụ về trầm tích nạo vét. Mẫu có thành phần oxit được đưa ra trong Bảng 10, được thể hiện dưới đây.

Bảng 10. Thành phần oxit của trầm tích (XRF)

Oxit	% khối lượng
SiO_2	67,06
Al_2O_3	12,69
Fe_2O_3	5,62
MgO	2,4
CaO	2,98
Na_2O	2,69
K_2O	1,64

Mẫu được làm khô và được phát hiện có đường kính trung bình khối lượng, D50, là 47 μm . Tiếp theo, mẫu được sàng để loại bỏ các hạt không lọt qua 75 μm .

Bột này được đưa qua thiết bị thủy tinh hóa làm nóng nguyên liệu thông qua sự thay đổi pha lỏng đến 1450°C, sau đó là bước làm nguội nhanh.

Sự tan chảy thành công qua pha lỏng đã được chứng minh cho hầu hết các hạt bằng hình thái hạt khối hình cầu cao. Bột chất phản ứng trầm tích vi cầu có mol $\text{Si}/(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})$ là 11,49 và chất hoạt hóa xi măng có công thức mol là $(\text{Ca}, \text{Mg})_{1,55} \cdot (\text{Na}, \text{K})_{0,51} \cdot (\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_1 \cdot \text{Si}_{11,49}$ và CaO là 4,42% khối lượng (CaO, MgO là 7,14%).

Các hạt riêng lẻ có tính cầu cao và mịn, với độ tròn trung bình (R) > 0,8 và D[3,2] là 11,8 μm .

98g hỗn hợp được tạo ra gồm 0,89 mol nước, 0,09 mol $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, 0,8 mol SiO_2 và 0,13 mol $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$. Nguồn $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ là bột trầm tích vì cầu đã chuẩn bị ở trên. Nguồn cung cấp SiO_2 cũng là bột trầm tích và kali silic oxit. Nguồn kali oxit là kali silic oxit và kali hydroxit. Tỷ lệ số mol oxit được đưa ra trong Bảng 11.

Bảng 11: Tỷ lệ số mol oxit

$(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})/\text{SiO}_2$	0,12
$\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$	6,15
$\text{H}_2\text{O}/(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$	6,85
$(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})/(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$	0,69
$\text{H}_2\text{O}/(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})$	9,19

110g cát được thêm vào hỗn hợp, và mẫu được đúc thành một khuôn hình khối, sau đó là 6 giờ đóng rắn kín ở 80°C . Cường độ nén của khối vừa được xác định là 25MPa.

Ví dụ 6: Quặng đuôi của mỏ đồng

Một mẫu chất thải tuyển nổi bằng đồng nghiền nhỏ đã được mua lại từ Argentina để đại diện cho một ví dụ về nguyên liệu phế thải nhôm silicat dồi dào trên toàn cầu. Mẫu có thành phần oxit được đưa ra trong Bảng 12, được thể hiện dưới đây.

Bảng 12. Thành phần oxit của trầm tích (XRF)

Oxit	% khối lượng
SiO_2	70,98
Al_2O_3	15,26
Fe_2O_3	2,64
MgO	1,18
CaO	1,09
Na_2O	2,75
K_2O	3,44

Mẫu được sàng để loại bỏ các hạt không lọt qua $75\ \mu\text{m}$. Bột này được đưa qua thiết bị thủy tinh hóa làm nóng nguyên liệu thông qua sự thay đổi pha lỏng đến 1450°C , sau đó là bước làm nguội nhanh. Sự tan chảy thành công qua pha lỏng đã được chứng minh đối với hầu hết các hạt bằng hình thái hạt khối hình cầu cao.

Bột chất phản ứng quặng đuôi vì cầu có số mol $\text{Si}/(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})$ là 14,2 và chất hoạt hóa xi măng có công thức mol là $(\text{Ca}, \text{Mg})_{0,6} \cdot (\text{Na}, \text{K})_{0,5} \cdot (\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_1 \cdot \text{Si}_{14,2}$ và CaO là 1,94% khối lượng (CaO , MgO là 4,87%).

Các hạt riêng lẻ có tính cầu cao và mịn, độ tròn trung bình (R) lớn hơn 0,8 và $D[3,2]$ là $11,4\ \mu\text{m}$.

Điều chế 103,6 g hỗn hợp gồm 0,76 mol nước, 0,11 mol $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, 1,04 mol SiO_2 và 0,13 mol $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$. Nguồn cung cấp $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ là bột quặng đuôi vì cầu được điều chế ở trên. Nguồn cung cấp SiO_2 cũng là bột quặng đuôi và silic oxit kali. Nguồn kali oxit là kali silic oxit và kali hydroxit. Tỷ lệ số mol oxit được đưa ra trong Bảng 13, được thể hiện dưới đây.

Bảng 13: Tỷ lệ số mol oxit

$(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})/\text{SiO}_2$	0,10
$\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$	8,64
$\text{H}_2\text{O}/(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$	7,78
$(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})/(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$	0,89
$\text{H}_2\text{O}/(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})$	9,67

110 g cát được thêm vào hỗn hợp, và mẫu được đúc vào khuôn hình khối, sau đó là 6 giờ đông rắn kín ở 80°C . Cường độ nén của khối vữa được xác định là 18 MPa.

Ví dụ 7: Bê tông thải

Kết cấu lõi bê tông được lấy mẫu từ một công trường xây dựng chung cư trung tầng ở Vancouver, BC. nguyên liệu có thành phần oxit được đưa ra trong Bảng 14, được thể hiện dưới đây.

Bảng 14. Thành phần oxit của bê tông kết cấu (XRF)

Oxit	% khối lượng
SiO_2	56,61
Al_2O_3	13,94
Fe_2O_3	5,15
MgO	1,42
CaO	12,55
Na_2O	3,55
K_2O	1,48

Mẫu được sàng để loại bỏ các hạt không lọt qua $75\ \mu\text{m}$. Bột này được đưa qua thiết bị thủy tinh hóa làm nóng nguyên liệu thông qua sự thay đổi pha lỏng đến 1450°C , sau đó là bước làm nguội nhanh.

Sự tan chảy thành công qua pha lỏng đã được chứng minh cho hầu hết các hạt bằng hình thái hạt khối hình cầu cao.

Bột chất phản ứng bê tông vi cầu có số mol $\text{Si}/(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})$ là 12,3 và công thức mol của chất hoạt hóa xi măng này là $(\text{Ca}, \text{Mg})_{3,06} \cdot (\text{Na}, \text{K})_{0,7} \cdot (\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_1 \cdot \text{Si}_{12,3}$ và CaO là 12,55% khối lượng (CaO, MgO là 13,97%).

Các hạt riêng lẻ có tính cầu cao và mịn, độ tròn trung bình (R) lớn hơn 0,8 và $D[3,2]$ là $10,0\ \mu\text{m}$.

100 g hỗn hợp được tạo ra chứa 1,27 mol nước, 0,08 mol $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, 0,73 mol SiO_2 và 0,13 mol $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$. Nguồn cung cấp $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ là bột bê tông vi cầu đã được chuẩn bị ở trên. Nguồn cung cấp SiO_2 cũng là bột bê tông và kali silic oxit. Nguồn kali oxit là kali silic oxit và kali hydroxit. Tỷ lệ số mol oxit được đưa ra trong Bảng 15, được thể hiện dưới đây.

Bảng 15: Tỷ lệ số mol oxit

$(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})/\text{SiO}_2$	0,11
$\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$	7,59
$\text{H}_2\text{O}/(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$	10,79
$(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})/(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$	0,86
$\text{H}_2\text{O}/(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})$	15,46

100 g cát được thêm vào hỗn hợp, và mẫu được đúc thành một khuôn hình khối, sau đó là 6 giờ đóng rắn kín ở 80°C . Cường độ nén của khối vữa được xác định là 27 MPa.

Ví dụ 8: Cốt liệu khai thác đá

Bụi của máy nghiền granodioritic từ một mỏ đá tổng hợp gần Vancouver, Canada đã được lấy mẫu cho thí nghiệm sau. Mẫu có thành phần oxit (SEM-EDX) xấp xỉ SiO_2 -73%; Al_2O_3 -15%, Fe_2O_3 -3%; MgO -0%; CaO -2%; Na_2O -3%; K_2O -4%. Đá được tiếp tục nghiền và xay thành bột mịn hoàn toàn có độ dày 75 μm .

Bột tạo ra được xử lý bằng thiết bị thủy tinh hóa khi bay làm nóng nguyên liệu thông qua sự thay đổi pha lỏng đến 1450°C , sau đó là bước làm nguội nhanh.

Sự tan chảy thành công qua pha lỏng đã được chứng minh đối với hầu hết các hạt bằng hình thái hạt khối hình cầu và rất mịn.

Các hạt riêng lẻ có tính cầu cao và mịn, độ tròn trung bình (R) lớn hơn 0,8 và $D[3,2]$ là 9,3 μm . Bột chất phản ứng thủy tinh granodiorit vi cầu có số mol $\text{Si}/(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})$ là 16,0 và công thức mol chất hoạt hóa xi măng là $(\text{Ca}, \text{Mg})_{2,5} \cdot (\text{Na}, \text{K})_{4,4} \cdot (\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_1 \cdot \text{Si}_{16,0}$ và CaO 2% khối lượng (CaO , MgO 2%).

105 g hỗn hợp được tạo ra chứa 1,53 mol nước, 0,1 mol $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, 0,93 mol SiO_2 và 0,12 mol $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$. Nguồn cung cấp $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ là bột tổng hợp vi cầu đã chuẩn bị ở trên. Nguồn cung cấp SiO_2 cũng là bột tổng hợp và kali silic oxit. Nguồn kali oxit là kali silic oxit và kali hydroxit. Tỷ lệ số mol oxit được đưa ra trong Bảng 16.

Bảng 16: Tỷ lệ số mol oxit

(Na ₂ O,K ₂ O)/SiO ₂	0,1
SiO ₂ /(Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃)	8,0
H ₂ O/(Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃)	10,8
(Na ₂ O,K ₂ O)/(Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃)	0,9
H ₂ O/(Na ₂ O,K ₂ O)	12,9

Hỗn hợp trên được đúc dưới dạng bột nhão vào một khuôn hình khối, sau đó là 24 giờ đông rắn kín ở nhiệt độ 80°C. Cường độ nén của khối dán được xác định là 11 MPa, thể hiện rằng nguyên liệu đạt được độ bền khi xử lý nhiệt, như mong đợi. Cường độ tương đối thấp hơn có thể được giải thích là do không có cát (như trong vữa) và hàm lượng khoáng thạch anh không tan chảy cao hơn so với các ví dụ khác (thạch anh tan chảy ở > 1600°C), hoạt động như một chất độn tương đối trơ.

Tóm tắt các ví dụ từ 1 đến 8

Bảng 17 dưới đây tóm tắt những phát hiện chính của ví dụ 1-8 và cũng cung cấp so sánh với hiệu suất của hai tro bay; một loại tro bay loại F có bán trên thị trường đã được thụ hưởng (B-FA), và tro bay có thành phần loại F được lấy mẫu trực tiếp từ một nhà máy điện than ở Nova Scotia, Canada. FIG.5 thể hiện trực quan các phân bố độ tròn tria R.

Bảng 17: Tóm tắt các ví dụ từ 1 đến 8

Ví dụ	Mẫu	Nguyên liệu	Loại	Cỡ hạt D[3,2] (µm)	R (Độ tròn)			Độ bền nén của vữa (MPa)
					Trung bình	StDev	N	
1	PUM-1	Đá bột	Nguyên liệu đã	11,0	0,79	0,21	201	<1
			được xử lý		0,86	0,11	128	11
2	B-FC	Bazan	Nguyên liệu đã	10,5	0,80	0,15	151	19
			được xử lý		0,89	0,10	160	
3	BD-1	Bazan	Nguyên liệu đã	8,0	0,75	0,16	1326	27
			được xử lý		0,91	0,08	230	
4	VJ	Quặng đuôi than	Nguyên liệu đã	11,2	0,73	0,17	561	21
			được xử lý		0,89	0,06	652	
5	FRS	Trầm tích mỏ đồng	Nguyên liệu		0,79	0,66	2383	
6	LA-01	Quặng đuôi	Nguyên liệu đã	11,4	0,68	0,21	1414	18
			được xử lý		0,90	0,08	294	

Ví dụ	Mẫu	Nguyên liệu	Loại	Cỡ hạt D[3,2] (μm)	R (Độ tròn)			Độ bền nén của vữa (MPa)
					Trung bình	StDev	N	
7	SC-01	Bê tông phá hủy	Nguyên liệu đã được xử lý	10,0	0,78 0,88	0,14 0,10	627 238	27
8	SV-AGG	Cốt liệu Felsic	Nguyên liệu đã được xử lý	9,3	0,78 0,88	0,16 0,07	2564 951	11
	L-FA	Tro bay (Loại F)	Trực tiếp từ nhà máy điện	3,9	0,83	0,13	1505	2,2
	B-FA	Tro bay (Loại F)	Được thụ hưởng	5,1	0,87	0,07	797	23

R - độ tròn (không đơn vị), theo định nghĩa của Takashimizu & Iiyoshi (2016), n - số hạt được phân tích.

Ví dụ 9: Sử dụng chất hoạt hóa xi măng tổng hợp làm SCM thay thế

Mẫu bazan vi cầu “BD” của Ví dụ 3 ở trên được xử lý thêm bằng cách nghiền bột trong máy nghiền vòng trong 5 phút, làm cho các hạt thô nhất bị vỡ và do đó làm tăng diện tích bề mặt phản ứng. Cỡ hạt D[3,2] được xác định là 3,6 μm bằng phân tích nhiễu xạ laser. Điều thú vị là các quả cầu nhỏ <10 μm có xu hướng hoạt động như ổ bi trong máy nghiền và chống vỡ. Chỉ số hoạt độ độ bền của chất phản ứng được so sánh với tro bay loại F chất lượng cao có bán trên thị trường với thành phần oxit SiO_2 -52,09%; Al_2O_3 -18,58%, Fe_2O_3 -4,25%; MgO -2,98%; CaO -10,25%; Na_2O -6,03%; K_2O -1,72%.

Theo ASTM C618, các hình khối 50 mm được đúc bằng hỗn hợp đối chứng xi măng poóc lăng, xi măng pooc lăng với tro bay (thay thế 20% và 40%) và xi măng pooc lăng với bột phản ứng xi măng BD (thay thế 20% và 40%). Bảng 18 cung cấp kết quả cường độ nén ở 7 và 28 ngày. Hiệu suất của hỗn hợp BD ở mức thay thế 20% có thể so sánh với tro bay Loại F thương mại và chỉ số hoạt động cường độ ở mức chấp nhận được. Hỗn hợp BD dễ dàng sử dụng được và trộn lẫn mà không gặp khó khăn gì. Đáng chú ý, cả chất phản ứng BD và tro bay đều tạo ra cường độ vữa rất hữu dụng lớn hơn 40 MPa sau 28 ngày ở mức thay thế 40% xi măng poóc lăng. Do đó, chất hoạt hóa xi măng BD có thể được coi là một chất thay thế tro bay thích hợp về độ bền nén.

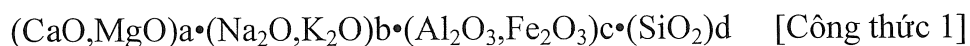
Bảng 18: Cường độ của xi măng poóc lăng với bột chất hoạt hóa xi măng BD

	Cường độ nén		Chỉ số hoạt động nén	
	7 ngày	28 ngày	Tỉ lệ với đối chứng (7 ngày)	Tỉ lệ với đối chứng (28 ngày)
Đối chứng	45,4	60,8		
FA-20	38,6	48,4	85%	79%
FA-40	29,2	42		
BD-20	38,4	50,8	84%	83%
BD-40	26,4	44		
Yêu cầu tối thiểu của ASTM C618			75%	75%

Nguyên liệu xi măng

Theo một số phương án, một phương pháp sản xuất và sử dụng chất hoạt hóa xi măng mới, chất phản ứng polyme và chất kết dính bổ sung (SCM) cung cấp những ưu điểm đáng kể so với các phương pháp và công thức đã biết.

Theo một số phương án, chất hoạt hóa xi măng bao gồm oxit có công thức 1:



trong đó: a bằng từ 0 đến 4,

b bằng từ 0,1 đến 1,

c bằng 1, và

d bằng từ 1 đến 15.

Có lợi, nếu chất hoạt hóa xi măng phù hợp với sáng chế được tạo ra từ nhiều đá, khoáng chất và hợp chất có thành phần thích hợp. Tốt hơn là hàm lượng CaO thấp hơn khoảng 30% khối lượng để giảm tác động CO₂ của xi măng.

Theo một số phương án, chất hoạt hóa xi măng ở dạng chất rắn không kết tinh. Theo các phương án, chất hoạt hóa xi măng ở dạng bột có mức phân bố cỡ hạt có D50 (đường kính trung bình) xấp xỉ 20μm hoặc nhỏ hơn, hoặc tốt hơn là nhỏ hơn 10μm.

Theo các phương án, chất hoạt hóa xi măng có ít nhất một trong các đặc tính sau: hàm lượng từ 45% -100%, và tốt nhất là 90-100%, chất rắn vô định hình khi xác định bằng tia X; và tỷ lệ thành phần mol của $(\text{Ca}, \text{Mg})_{0-12} \cdot (\text{Na}, \text{K})_{0,05-1} \cdot (\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_1 \cdot \text{Si}_{1-20}$.

Theo một số phương án, chất hoạt hóa xi măng chứa ít hơn khoảng 10% khối lượng CaO. Theo một phương án khác, chất hoạt hóa xi măng chứa nhiều hơn khoảng 30% khối lượng CaO. Thành phần của chất hoạt hóa xi măng theo tỷ lệ mol của (Na, K) và Ca có thể thay đổi để có được những ưu điểm nhất định tùy thuộc vào yêu cầu của chất kết dính. Ví dụ, chất hoạt hóa xi măng với ít hơn 10% khối lượng CaO thích hợp để

sử dụng trong geopolymer nhiệt luyện và làm chất thay thế tro bay. Theo cách khác, chất hoạt hóa xi măng với lượng lớn hơn khoảng 30% khối lượng CaO có đặc tính thủy lực và có thể được thêm vào nhựa polymer để cho phép xi măng geopolymer đóng rắn ở nhiệt độ môi trường, và thay thế trực tiếp xỉ lò cao trong xi măng poóc lăng hỗn hợp.

Theo một số phương án, chất hoạt hóa xi măng này là chất hoạt hóa xi măng chứa ít canxi với thành phần mol $\text{Si}/(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})$ nằm trong khoảng 1-20 và với hàm lượng CaO nhỏ hơn 10% khối lượng. Tốt hơn là chất hoạt hóa xi măng như vậy có 40-100% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X, tốt hơn nữa có khoảng 80 - 100% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X, thậm chí tốt hơn là 100% không kết tinh. Chất hoạt hóa xi măng có hàm lượng canxi thấp như vậy có thể tìm thấy nhiều ứng dụng công nghiệp, ví dụ, như một chất phụ gia pozolan trong xi măng thủy lực, và/hoặc làm chất phản ứng trong chất kết dính và xi măng geopolymer.

Theo một phương án khác, chất hoạt hóa xi măng này là chất hoạt hóa xi măng chứa nhiều canxi với thành phần mol $\text{Si}/(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})$ nằm trong khoảng 1-20, và hàm lượng CaO nằm trong khoảng 10-50% khối lượng, tốt hơn có khoảng 20- 45% khối lượng. Tốt hơn là chất hoạt hóa xi măng như vậy là 40-100% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X, tốt hơn nữa có khoảng 80-100% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X, thậm chí tốt hơn là 100% không kết tinh. Chất hoạt hóa xi măng chứa nhiều canxi như vậy có thể được sử dụng trong nhiều ứng dụng công nghiệp, ví dụ, chất phụ gia thủy lực trong xi măng thủy lực hỗn hợp, và/hoặc làm chất phản ứng trong chất kết dính và xi măng geopolymer.

Theo một phương án khác, chất hoạt hóa xi măng này là chất hoạt hóa xi măng chứa canxi trung gian với thành phần mol $\text{Si}/(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})$ nằm trong khoảng từ 1-20, và hàm lượng CaO nằm trong khoảng 10-20% khối lượng. Tốt hơn là chất hoạt hóa xi măng như vậy có khoảng 40-100% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X, và tốt hơn có khoảng 80 - 100% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X, và tốt hơn nữa là 100% không kết tinh. Chất hoạt hóa xi măng chứa canxi trung gian như vậy có thể tìm thấy nhiều ứng dụng công nghiệp, ví dụ, chất hoạt hóa xi măng với các đặc tính thủy lực và pozolan trung gian mong muốn.

Một ưu điểm quan trọng của việc tối ưu hóa Na / K trong chất hoạt hóa xi măng phù hợp với hiện tại là: 1) Các ứng dụng SCM trong đó vô tự do trong xi măng thủy lực sẽ trao đổi với các chất kiềm hòa tan và phối hợp với các phân tử silicat từ chất hoạt hóa

xi măng để tạo ra một số trùng hợp nhôm silicat kiềm tương đối ổn định giúp cải thiện đáng kể các tính chất hóa học của xi măng thủy lực truyền thống; và 2) thực tế là chất phản ứng polyme có hàm lượng Na / K đáng kể yêu cầu chất làm cứng silic oxit ít hòa tan hơn mức cần thiết, do đó làm giảm yêu cầu silic oxit hòa tan (và chi phí) của thiết kế hỗn hợp polyme.

Phương pháp chuẩn bị

Theo một số phương án, nguyên liệu nhôm silicat được chọn làm nguyên liệu thô để sản xuất chất hoạt hóa xi măng. FIG.1 thể hiện các bước làm ví dụ cần thiết để sản xuất chất hoạt hóa xi măng từ nguyên liệu nhôm silicat, theo một phương án của sáng chế.

Tóm lại, một nguyên liệu nhôm silicat 101 được chọn, và thành phần hóa học của nó được phân tích 102 và đánh giá. nguyên liệu có thể được phân tích bằng bất kỳ phương pháp định lượng hoặc bán định lượng phù hợp nào như XRF, XRD với Rietveld Refinement, LIBS, EDS, phân tích hóa học ướt và nhiều phương pháp hiện có khác để xác định thành phần nguyên tố của nguyên liệu.

Nếu hỗn hợp đã chọn không được chấp nhận, thì nguyên liệu sẽ được cải biến, pha trộn (ví dụ, trong thùng trước khi xử lý nhiệt hóa), hoặc được phân loại 103, ví dụ, thông qua việc bổ sung nguyên liệu điều chỉnh thành phần 104. Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “chất liệu điều chỉnh thành phần” đề cập đến bất kỳ nguyên liệu rắn hoặc lỏng nào có thành phần thích hợp để ưu tiên thay đổi thành phần khối của nguyên liệu nhôm silicat liên quan đến một hoặc một số nguyên tố Ca, Na, K, Al, Fe và Si.

Như đã mô tả trên đây, các chất liệu điều chỉnh thành phần đưa vào canxi (Ca) có thể bao gồm CaCO_3 , Ca(OH)_2 , CaO , CaCl_2 , các hợp chất và khoáng canxi silicat, các hợp chất và khoáng chất canxi nhôm silic oxit, các sản phẩm xi măng poóc lăng phế thải, wollastonite, gehlenit, và các thành phần khoáng chất nhóm melilit khác

Như đã mô tả trên đây, các chất liệu điều chỉnh thành phần chứa nhôm (Al) có thể bao gồm đá sáng, khoáng chất, đất, trầm tích, phụ phẩm và các hợp chất bao gồm một hoặc nhiều kaolinit, halloysit và các chất giàu nhôm/kiềm khác - các khoáng chất đất sét, Al_2SiO_5 đa hình, chloritoid, staurolite, garnet, corundum, mullite, gehlenite, diaspore, boehmite, gibbsite, nepheline và các feldspat trị khác. Các nguyên liệu khác có thể được sử dụng bao gồm nhôm kim loại, bauxit, alumin, bùn đỏ (bã thải của nhà máy luyện alumin).

Như đã mô tả trên đây, các chất liệu điều chỉnh thành phần chứa sắt (Fe) có thể bao gồm đá, khoáng chất, đất, trầm tích, phụ phẩm và các hợp chất như olivin, khoáng chất clorit (chamosite, clinochlore, v.v.) giàu sắt.), pyroxenes, amphibol, goethit, hematit, magnetit, ferrihydrit, lepidicrocite và các hỗn hợp sắt oxy-hydroxit khác, đất sét giàu sắt và khoáng chất phyllosilic oxit và sắt nguyên tố.

Phân loại 105 cũng có thể được sử dụng như một phương pháp điều chỉnh thành phần 103 và bất kỳ chất thải không mong muốn nào cũng có thể bị loại bỏ.

Nguyên liệu nhôm silicat dạng rắn thu được bao gồm hỗn hợp mong muốn được nung nóng tiếp theo 106. Quá trình nung nóng được thực hiện để đạt đến nhiệt độ nung nóng ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ của pha lỏng để thu được chất lỏng, ví dụ ở khoảng 1000-1600°C, hoặc khoảng 1300 -1550°C. Bất kỳ phương pháp hoặc thiết bị thích hợp nào cũng có thể được sử dụng để nung nóng và để thu được chất lỏng bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở việc nấu chảy ở trạng thái bay và/hoặc tan chảy theo mẻ. Điều này có thể đạt được bằng cách sử dụng, ví dụ, lò plasma, lò nhiên liệu oxy, lò hồ quang, lò âm vang, lò quay và/hoặc lò năng lượng mặt trời. Thông thường, nhiệt độ lò nung 1000-1600°C là cần thiết, và điển hình nhất là 1300-1550°C, để có được pha lỏng mong muốn.

Nếu muốn, có thể thêm nguyên liệu trợ dung vào nguyên liệu nhôm silicat rắn để giảm điểm tan chảy của nó và/hoặc để tạo ra sự khử chất lỏng. nguyên liệu hạ điểm nóng chảy có thể được trộn với nguyên liệu nhôm silicat rắn trước khi nung nóng (ví dụ, bình) hoặc trong quá trình nung nóng. Các nguyên liệu trợ dung phổ biến có thể tạo ra sự khử nước trong quá trình làm tan chảy và/hoặc nhiệt độ tan chảy thấp hơn bao gồm CaF_2 , CaCO_3 , thủy tinh thải, thủy tinh, frit thủy tinh, các khoáng chất có tính kiềm (ví dụ, fenspat, zeolit, đất sét và các khoáng chất fenspat), muối borat, hợp chất halogen (muối mang florua và clorua) và muối canxi.

Tiếp theo, chất lỏng nhôm silicat được làm nguội 107 để thu được chất rắn. Theo các phương án, bước làm nguội bao gồm việc làm giảm nhiệt độ của chất lỏng xuống dưới nhiệt độ chuyển hóa thủy tinh, ví dụ ở 500°C trở xuống, hoặc tốt hơn là dưới 200°C hoặc thấp hơn. Theo các phương án, quá trình làm nguội được thực hiện nhanh chóng, tức là nhiệt độ được giảm với tốc độ khoảng 10^2 Ks^{-1} - 10^6 Ks^{-1} (tốt nhất là ở tốc độ $> 10^{3,5} \text{ Ks}^{-1}$). Bất kỳ phương pháp thích hợp nào cũng có thể được sử dụng để làm nguội như, nhưng không chỉ giới hạn ở, việc cho nguyên liệu tan chảy tiếp xúc với một luồng không khí mát thích hợp, với hơi nước hoặc với nước để tạo ra chất rắn không kết tinh.

Tiếp theo, chất rắn được nghiền và/hoặc nghiền thành bột để giảm cỡ hạt 108 và thu được chất hoạt hóa xi măng 109. Việc này có thể được thực hiện bằng phương pháp hay thiết bị thích hợp bất kỳ bao gồm, nhưng không giới hạn ở, máy nghiền con lăn và máy nghiền con lăn đứng. Tốt hơn là cỡ hạt được giảm để thu được bột mịn hữu ích trong các ứng dụng kết dính. Theo các phương án, bột có mức phân bố cỡ hạt có D50 (đường kính trung bình) khoảng 20 μ m trở xuống, hoặc tốt hơn là nhỏ hơn 10 μ m. Cỡ hạt như vậy nói chung là mong muốn để đảm bảo đủ khả năng phản ứng và các đặc tính nguyên liệu nhất quán.

Công dụng của chất hoạt hóa xi măng

Một khía cạnh liên quan liên quan đến sự phù hợp rộng rãi của chất hoạt hóa xi măng được mô tả ở đây. Các hỗn hợp thích hợp của chất hoạt hóa xi măng được thiết kế có thể được sử dụng thay thế cho nhau với tỷ lệ đáng kể trong cả xi măng geopolyme và xi măng thủy lực (tức là xi măng phản ứng với nước).

Do đó, các phương án được mô tả ở đây bao gồm xi măng geopolyme và xi măng thủy lực chứa ít nhất 5% khối lượng, hoặc ít nhất 10% khối lượng, hoặc ít nhất 15% khối lượng, hoặc ít nhất 20% khối lượng, hoặc ít nhất 25% khối lượng, hoặc ít nhất 30% khối lượng, hoặc ít nhất 40% khối lượng, hoặc ít nhất 50% khối lượng, hoặc ít nhất 60% khối lượng, hoặc ít nhất 70% khối lượng, hoặc ít nhất 80% khối lượng, hoặc ít nhất 90% khối lượng, hoặc nhiều hơn, của chất hoạt hóa xi măng như được mô tả ở đây.

Theo một khía cạnh khác, theo một số phương án sáng chế liên quan đến chất kết dính bổ sung (SCM) chứa chất hoạt hóa xi măng như được xác định ở đây. Theo các phương án, SCM bao gồm khoảng 5% khối lượng đến 50% khối lượng (tốt nhất là chứa ít nhất 20% khối lượng) của chất hoạt hóa xi măng như được xác định ở đây.

Theo một khía cạnh khác, theo một số phương án sáng chế liên quan đến chất kết dính bổ sung (SCM) bao gồm một hoặc nhiều đặc tính sau: nó chứa ít hơn khoảng 35% khối lượng CaO, với hàm lượng đáng kể của Na/K (ví dụ, ít nhất 2% khối lượng, tốt nhất là chứa ít nhất 5% khối lượng) và hàm lượng Al (ví dụ, ít nhất 5% khối lượng) và ở dạng chất rắn không kết tinh.

Theo một khía cạnh khác, theo một số phương án sáng chế liên quan đến bê tông rắn, chứa chất hoạt hóa xi măng như được mô tả ở đây, tức là chứa khoảng 5% khối lượng đến 50% khối lượng (tốt nhất là chứa ít nhất 20% khối lượng) của chất hoạt hóa xi măng như được mô tả ở đây.

Theo một khía cạnh khác, theo một số phương án sáng chế liên quan đến xi măng thủy lực hỗn hợp có thể phân biệt được với xi măng poóc lăng. Ví dụ, quang phổ ^{29}Si NMR trạng thái rắn có thể phân biệt xi măng thủy lực trộn với sắt thấp (<5% khối lượng) theo sáng chế từ xi măng poóc lăng (có thành phần chất kết dính CSH chiếm ưu thế) bằng số lượng và kiểu kết nối của tứ diện silic oxit trong xi măng đóng rắn. Thật vậy, các pha chất kết dính xi măng poóc lăng đóng rắn được đặc trưng bởi các vị trí phối trí thấp và ngậm nước (Q1, Q1 (OH), Q2 và Q2 (OH)), sự thay thế Al tứ diện không đáng kể và không có sự phối trí cao hơn (tức là không có vị trí Q3 và Q4). Xi măng thủy lực trộn với chất hoạt hóa xi măng theo sáng chế sẽ thể hiện các vị trí điển hình liên quan đến CSH ở trên ngoài các tính năng độc đáo như: thay thế nhôm (ví dụ Q2 (1 Al)) và mức độ phối hợp “cao hơn” so với Portland xi măng (tức là phân nhánh). Ví dụ, xi măng thủy lực hỗn hợp theo sáng chế có thể có ít nhất mức phối hợp Q3 (ví dụ, (Q3 (2 Al), Q3 (1 Al), Q3 (0 Al))). Theo các phương án, xi măng thủy lực hỗn hợp theo sáng chế chứa một tỷ lệ có thể đo được (> 1% khối lượng) của liên kết ngang ba chiều (vị trí Q4) mà không được biết đến trong xi măng thủy lực thông thường. Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề cập đến chất kết dính geopolyme chứa chất hoạt hóa xi măng như được xác định ở đây, nghĩa là chứa khoảng từ 5% khối lượng đến 90% khối lượng (tốt nhất là chứa ít nhất 20% khối lượng, ít nhất 30% khối lượng, ít nhất 50% khối lượng, ít nhất 75% khối lượng) của chất hoạt hóa xi măng như được xác định ở đây.

Theo một khía cạnh khác, theo một số phương án sáng chế liên quan đến bê tông polyme rắn chứa khoảng 5% khối lượng đến 50% khối lượng (tốt nhất là chứa ít nhất 20% khối lượng) của chất hoạt hóa xi măng như được xác định ở đây.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này cần phải hiểu rằng sáng chế này cung cấp các phương tiện để sản xuất chất hoạt hóa xi măng CO_2 thấp đa năng từ các nguyên liệu tự nhiên phong phú, rẻ tiền. Một ưu điểm đáng kể khác là việc tạo ra một chất phản ứng duy nhất đáp ứng các tiêu chuẩn đặc điểm kỹ thuật ngày nay cho các SCM thay thế, đồng thời đáp ứng nhu cầu của thị trường polyme đang phát triển.

Nguyên liệu nhôm silicat

Một số phương án xử lý nhiệt hóa nguyên liệu nhôm silicat để tạo ra chất hoạt hóa xi măng rắn có thể được sử dụng làm chất kết dính bổ sung thay thế (SCM) trong xi măng thủy lực hỗn hợp và/hoặc làm chất hoạt hóa rắn polyme trong chất kết dính polyme (do đó loại bỏ sự cần thiết của một số hoặc tất cả MK-750, tro bay, GGBFS, và các chất hoạt hóa rắn thông thường khác).

Trong một số trường hợp, nguyên liệu nhôm silicat được sử dụng để sản xuất chất hoạt hóa xi măng không kết tinh như được xác định ở đây. Theo một số phương án, nguyên liệu nhôm silicat được sử dụng để sản xuất ít nhất một trong số chất kết dính bổ sung (SCM) và chất phản ứng geopolymer.

Như được sử dụng ở đây, cụm từ "nguyên liệu nhôm silicat" chỉ nguyên liệu bao gồm nhôm và/hoặc Fe^{3+} , và silic đioxit được chọn từ đá và khoáng chất tự nhiên, nguyên liệu nạo vét, chất thải khai thác bao gồm đá và khoáng chất, thủy tinh thải, chứa nhôm silicat nguyên liệu bị ô nhiễm và các phụ phẩm công nghiệp có chất silic. nguyên liệu nhôm silicat theo sáng chế tốt nhất là ở dạng chất rắn kết tinh (ví dụ, ít nhất 50% khối lượng, hoặc ít nhất 60% khối lượng, hoặc ít nhất 70% khối lượng, hoặc ít nhất 80% khối lượng, hoặc ít nhất 90% khối lượng, hoặc 100% khối lượng chất rắn kết tinh). Theo các phương án, nguyên liệu nhôm silicat có ít nhất 2% khối lượng (Na_2O , K_2O), hoặc ít nhất 3% khối lượng (Na_2O , K_2O), hoặc ít nhất 4% khối lượng (Na_2O , K_2O), hoặc ít nhất 5% khối lượng (Na_2O , K_2O), ít nhất 6% khối lượng (Na_2O , K_2O), hoặc ít nhất 7% khối lượng (Na_2O , K_2O), hoặc ít nhất 8% khối lượng (Na_2O , K_2O), hoặc ít nhất 10% khối lượng (Na_2O , K_2O), hoặc ít nhất 12% khối lượng (Na_2O , K_2O), hoặc ít nhất 15% khối lượng (Na_2O , K_2O), hoặc ít nhất 20% khối lượng (Na_2O , K_2O).

Theo một số phương án, nguyên liệu nhôm silicat được chọn từ trầm tích nạo vét, bê tông phá hủy, chất thải mỏ, đất sét băng, trầm tích băng, trầm tích phù sa, đá và hỗn hợp khoáng, ví dụ đá và hỗn hợp khoáng chất bao gồm một số hoặc tất cả các nguyên tố Ca, Na, K, Fe, Al và Si.

Theo một số phương án, nguyên liệu nhôm silicat được chọn làm nguyên liệu thô để sản xuất chất hoạt hóa xi măng. nguyên liệu có thể được phân tích bằng các phương pháp định lượng hoặc bán định lượng như XRF, XRD với Rietveld Refinement, LIBS, EDS, phân tích hóa học ướt và nhiều phương pháp hiện có khác để xác định thành phần nguyên tố của nguyên liệu.

Ví dụ 10: Sử dụng trầm tích nạo vét

Một mẫu trầm tích được lấy từ vùng hạ lưu thủy triều của sông Fraser, Vancouver, BC. Mẫu bao gồm cát mịn, phù sa và các phần nhỏ cỡ hạt đất sét. Thành phần khoáng vật học của mẫu được đưa ra trong Bảng 19 (được xác định bằng XRD với tinh chế Rietveld) và thành phần oxit của các nguyên tố chính được ước tính từ khoáng vật học (Bảng 20).

Bảng 19: Thành phần khoáng vật của mẫu trầm tích sông Fraser

Pha	% khối lượng
thạch anh thấp	42
andesin	16
ít albit	13
ilit/musc 2m1	11
clinoclo	5
augit	4
orthoclaza	4
actinolit	4
dolomit	2
kaolinit	2

Bảng 20. Thành phần oxit (ước tính từ khoáng vật học)

Oxit	% khối lượng
SiO ₂	73,0
Al ₂ O ₃	11,9
Fe ₂ O ₃	0,2
FeO	1,5
MnO	0,0
MgO	3,1
CaO	3,3
Na ₂ O	2,6
K ₂ O	1,4
CO ₂	0,9
H ₂ O	2,2

Trầm tích sông Fraser (FRS) được làm khô, phân loại, và phần đi qua 120µm được đưa đến thiết bị thủy tinh hóa làm nóng nguyên liệu qua điểm tan chảy đến 1450°C, sau đó là bước làm nguội để làm nguội bột. Bột thủy tinh FRS thu được được nghiền trong máy nghiền bi đến D50 < 20µm. Thành phần vô định hình trong tia X của bột thu được là 52%. Kết quả khoáng vật học thể hiện số mol Si/(Al, Fe³⁺) ước tính là 11,46, và công thức mol của chất hoạt hóa xi măng là (Ca,Mg)_{1,25}•(Na,K)_{0,34}•(Al,Fe³⁺)₁•Si_{11,46} và CaO của 3,3% khối lượng. Chất này có thể được coi là “chất hoạt hóa xi măng ít Ca”.

Chất kết dính polyme nhiệt luyện: 5 phần chất hoạt hóa xi măng Ca thấp được trộn với 1 phần dung dịch kali silic oxit (tỷ lệ mol SiO₂:K₂O = 1,45). Hỗn hợp được trộn đều, cho vào khuôn đậy kín và bảo dưỡng ở nhiệt độ 80°C trong 4 giờ. Keo đông cứng thu được đạt được cường độ nén ít nhất 20 MPa trong thử nghiệm nén xi lanh.

Chất kết dính polyme đóng rắn trong môi trường: 5 phần chất hoạt hóa xi măng Ca thấp được trộn với 1 phần dung dịch kali silic oxit (tỷ lệ mol SiO₂:K₂O = 1,45), 1 phần nước và 1,5 phần CaSiO₃ nghiền mịn. Dung dịch silic oxit được trộn với bột

CaSiO_3 và để phản ứng trong 15 phút. Hỗn hợp thu được được trộn kỹ với bột thủy tinh FRS và nước, sau đó được đặt trong một khuôn kín và bảo dưỡng ở 20°C trong 7 ngày. Keo đông cứng thu được đạt được cường độ nén ít nhất 20 MPa trong thử nghiệm nén xi lanh.

Ứng dụng SCM đóng rắn từ môi trường xung quanh trong xi măng poóc lăng: một loạt các viên vữa xi măng pooc lăng hình khối được đúc từ hỗn hợp xi măng và cát theo tỷ lệ 50:50. Chất hoạt hóa xi măng ít Ca được thay thế ở 0%, 20%, 40%, 60% và 80% thay cho xi măng poóc lăng trong hỗn hợp vữa. Các hình khối được bảo dưỡng trong 7 ngày ở độ ẩm 100% và cường độ nén của các khối được thể hiện trong Bảng 21. Việc thay thế tới 60% xi măng poóc lăng thông thường (“OPC”) mang lại cường độ nén có thể sử dụng được cho nhiều ứng dụng đồng thời giảm lượng khí CO_2 một cách tương ứng của vữa.

Bảng 21: Cường độ nén 7 ngày, ứng dụng SCM

Chất hoạt hóa xi măng FRS (%)	Cường độ nén (MPa $\pm$ 10)
0% (100% OPC)	40
20% (80% OPC)	37,5
40% (60% OPC)	30
60% (40% OPC)	15
80% (20% OPC)	3,5

Ví dụ 11: Sử dụng bê tông đã phá hủy

Một lõi bê tông kết cấu được lấy mẫu từ một dự án phát triển nhà ở trung tầng năm 2019 ở Vancouver, BC. Thành phần khoáng của bê tông (bao gồm cả cốt liệu mịn và thô) được đưa ra trong Bảng 22 (XRD với tinh chế Rietveld), và thành phần nguyên tố dạng khối được tính từ khoáng vật học trong Bảng 23.

Bảng 22: Khoáng vật học của mẫu bê tông

Pha	% khối lượng
ít albit (canxi)	31
ít thạch anh CSH	21
ít albit	11
orthoclaza	8
calcit	8
*Đánh giá keo estimate	6
clinozoisit	3
actinolit	3
clinoclor II	3
biotit 1M	2
etringite	2
C2S beta	2
brownmillerit (Al)	1
thạch cao	1

Bảng 23: Thành phần oxit (ước tính từ khoáng vật học)

Oxit	% khối lượng
SiO ₂	64
Al ₂ O ₃	13
Fe ₂ O ₃	0
FeO	1
MnO	0
MgO	2
CaO	11
Na ₂ O	5
K ₂ O	2
CO ₂	4
H ₂ O	4

Bê tông được nghiền và nghiền thành bột có cỡ hạt D50 khoảng 20 μ m. Bột được đưa qua thiết bị thủy tinh hóa làm nóng nguyên liệu qua điểm tan chảy đến 1450°C, sau đó là bước làm nguội. Các hạt thủy tinh thu được được nghiền mịn thành bột có D50 khoảng 5 - 15 μ m.

Kết quả khoáng vật học của loại bột này có số mol Si/(Al, Fe³⁺) ước tính là 9,88, và thành phần mol chất hoạt hóa xi măng là (Ca,Mg)_{2,79}•(Na,K)_{0,55}•(Al,Fe³⁺)₁•Si_{9,88} và CaO là 11% khối lượng. Chất này có thể đủ tiêu chuẩn làm “chất hoạt hóa xi măng Ca trung gian”.

Xi măng geopolyme đóng rắn trong môi trường: Xi măng được trộn kỹ theo khối lượng bằng cách sử dụng thủy tinh bột bê tông (2,5 phần), dung dịch kali silic oxit với tỷ lệ mol SiO₂:K₂O = 1,45 (0,74 phần) và nước (0,08 phần). Sau đó, hỗn hợp này được đặt trong khuôn hình trụ và đóng rắn ở 20°C. Thời gian đông kết được ước tính bằng thử nghiệm xuyên kim Vicat. Thời gian thiết lập ban đầu xảy ra ở phút 51 và thời gian thiết lập cuối cùng là 195 phút.

Cường độ nén của hỗn hợp vữa bao gồm 50:50 xi măng geopolyme đóng rắn trong môi trường xung quanh được đo bằng các xi lanh nén đến khi hỏng. Sau 3 ngày, cường độ nén đạt được khoảng 25 MPa và độ bền kéo xấp xỉ 2 MPa (theo phương pháp hình trụ chia đôi).

Để kiểm tra hiệu suất nhiệt cao, một mẫu bê tông kết cấu ban đầu và hình vẽ trụ đúc polyme có đường kính 1 cm đã được nung ở nhiệt độ 750°C trong không khí trong 2

giờ. Bê tông xi măng poóc lăng bị biến chất và biến thành bột khi xử lý, nhưng trụ vữa polyme vẫn nguyên vẹn không có vết nứt hoặc khuyết tật nhìn thấy được.

Các phương pháp, hệ thống, thiết bị và công thức mới được thể hiện ở đây cung cấp nhiều lợi ích như được thể hiện chi tiết xuyên suốt. Trong một số trường hợp, công thức và quy trình mới tạo ra dạng hạt, bột hoặc chất phản ứng đặc biệt hữu ích để thay thế cho các chất chất phụ gia kết dính truyền thống trong xi măng thủy lực hoặc xi măng geopolyme. Công thức mới có thể bao gồm thành phần mol, trong đó:

$$\frac{Si}{Si + Al + Fe + (Ca + Mg) + (Na + K)} = 0,295 \text{ đến } 0,605$$

$$\frac{Al}{Si + Al + Fe + (Ca + Mg) + (Na + K)} = 0,190 \text{ đến } 0,340$$

$$\frac{Fe}{Si + Al + Fe + (Ca + Mg) + (Na + K)} = 0 \text{ đến } 0,16$$

$$\frac{Ca + Mg}{Si + Al + Fe + (Ca + Mg) + (Na + K)} = 0 \text{ đến } 0,215, \text{ và}$$

$$\frac{Na + K}{Si + Al + Fe + (Ca + Mg) + (Na + K)} = 0,04 \text{ đến } 0,24$$

Mặc dù các công thức mới được thể hiện ở đây dẫn đến một nguyên liệu duy nhất đặc biệt phù hợp cho các mục đích được mô tả xuyên suốt, nhưng có thể khó phân biệt nguyên liệu theo các phạm vi nguyên tố riêng lẻ của nó hoặc một vùng trên sơ đồ ba thành phần, do các biểu đồ ba thành phần được giới hạn trong việc hình dung chính xác ba bộ phận cấu thành và tất cả các bộ phận nguyên tố của tổng cấu tạo có mối quan hệ phụ thuộc lẫn nhau.

Vì các hỗn hợp địa hóa được phân loại là "dữ liệu thành phần", một sự chuyển đổi (phép biến đổi logratio tập trung - CLR) từ không gian Simplex sang không gian Euclide đã được áp dụng cho các thành phần gồm 7 phần, bảo toàn thông tin được mã hóa trong các thành phần mol theo cách các phương pháp thống kê tiêu chuẩn có thể xử lý.

Trên đại diện CLR của dữ liệu hóa học, một phân loại rừng ngẫu nhiên đã được hoàn thành và từ mô hình dự đoán này, bộ phân loại 8 quy tắc (được thể hiện dưới đây) đã được trích xuất. Sử dụng bộ quy tắc này, tro bay và các thành phần nguyên liệu thô được mô tả sẽ được tách biệt, mặc dù thực tế là có thể có sự chồng chéo về thành phần giữa các nguyên liệu này trên sơ đồ ba thành phần. Mô hình phân loại như vậy rất hữu ích để biểu thị hoặc phân loại chính xác các thành phần vượt quá dữ liệu 3 chiều.

Mô hình hóa công thức và chất liệu mới.

Chất phản ứng thủy tinh được mô tả (“Novel Feedstock”, hoặc nguyên liệu kết dính thay thế “ACM”) được phân biệt với tro bay ở một số đặc điểm quan trọng, như lịch sử nhiệt độ thời gian, khả năng sản xuất ở gần như bất kỳ vị trí nào và giá trị tương đối thấp hơn của các chất ô nhiễm kim loại nặng có vấn đề. Thành phần hóa học của nguyên tố chính theo các phương án được mô tả ở đây cũng dễ dàng được phân biệt về mặt thống kê với tro bay bằng cách sử dụng các quy tắc thành phần. Bằng cách lấy ví dụ, một mô hình thống kê đã được xây dựng bằng cách sử dụng dữ liệu thành phần tro bay từ các tài liệu, và dự kiến các thành phần nguyên liệu thô phù hợp như được mô tả ở đây. Các quy tắc phân loại được tạo ra từ một mẫu phụ làm dữ liệu huấn luyện và được thử nghiệm trên các hỗn hợp còn lại (tro bay và các hỗn hợp mới được mô tả ở đây) để đánh giá độ chính xác và khả năng dự đoán của các quy tắc phân loại. Trong mô hình dưới đây, tro bay được dự đoán chính xác 94% thời gian trên 331 thành phần tro bay trên toàn cầu từ các tài liệu, và 6% còn lại được phân loại là “nằm ngoài bộ quy tắc”. Không có mẫu tro bay nào bị phân loại nhầm thành nguyên liệu địa chất nguyên liệu mới được mô tả ở đây. Mô hình đã được áp dụng cho hơn 70.000 thành phần nguyên liệu địa chất tự nhiên phù hợp với phạm vi thành phần mol được bộc lộ và mô hình dự đoán nguyên liệu mới được mô tả ở đây với tỷ lệ thành công là 99%. Dưới 1% các tác phẩm thuộc thể loại “nằm ngoài bộ quy tắc”. Rõ ràng là có sự khác biệt đáng kể và có thể dự đoán được giữa các nguyên liệu thô mới được mô tả ở đây và các nguyên liệu khác bằng chất phản ứng sản phẩm, như tro bay. Chỉ riêng thành phần, được biểu diễn bằng tọa độ tỷ lệ log căn giữa (CLR) có độ chính xác cao trong việc phân biệt hóa học của các hạt thủy tinh được mô tả từ tro bay.

Ứng dụng của mô hình

Để áp dụng mô hình dưới đây:

1. Đo thành phần hóa học số lượng lớn của một mẫu thủy tinh nhất định bằng bất kỳ phương pháp phân tích thích hợp nào và cung cấp% số mol của Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na và K.
2. Chuyển đổi dữ liệu mol sang tọa độ CLR cho 7 phân tử.
3. Áp dụng tuần tự các điều kiện sau để dự đoán mẫu thử lần lượt là Tro bay, hay chất phản ứng Terra.

Lưu ý: Nếu một điều kiện không được thỏa mãn, hãy áp dụng điều kiện tiếp theo. Nếu không có điều kiện nào áp dụng cho bố cục nhất định, ELSE dự đoán rằng mẫu nằm ngoài bộ quy tắc của mô hình và không thể dự đoán một cách chắc chắn.

Quy tắc

1. Đối với nguyên liệu thủy tinh với khối lượng lớn CaO oxit tương đương $< 35\%$ khối lượng, AND

2. Tỷ lệ phần trăm mol Si/Al > 2 ,

Đáng chú ý, Quy tắc 1 ở trên có thể được sử dụng để loại trừ xỉ làm nguyên liệu thô và Quy tắc 2 có thể được sử dụng để loại trừ metakaolin, kaolinit và các nguyên liệu thô giàu đất sét 1:1 khác. Áp dụng các điều kiện sau cho các hỗn hợp mẫu phân tử đóng, được biến đổi CLR bằng cách sử dụng logic IF (điều kiện = TRUE), THEN (dự đoán), ELSE (chuyển sang điều kiện tiếp theo) như thể hiện trong Bảng 24 dưới đây:

Bảng 24

Điều kiện	Dự báo
Si $>0,40109$ & Si $\leq 1,18718$ & Al $\leq 0,52677$ & Al $\leq 0,40675$ & Ca $\leq -0,40656$ & Ca $\leq -0,7324$	Nguyên liệu mới
Al $>0,5364$ & Al $>0,55929$ & Ca $>-4,65173$ & Na $\leq -1,2763$ & Mg $\leq -0,7076$ & K $>-4,1446$	Tro bay
Si $>0,43721$ & Fe $\leq 0,31807$ & Fe $>-2,32162$ & Ca $\leq -0,08759$ & Mg $>-1,80049$ & Mg $>-1,47036$	Nguyên liệu mới
Al $\leq 0,52677$ & Ca $\leq -0,31475$ & K $>-1,52367$	Nguyên liệu mới
Si $\leq 0,44413$ & K $\leq -2,12091$	Tro bay
Fe $>-1,19597$ & Ca $\leq -0,36227$ & Na $>-1,79741$ & Na $\leq -0,18124$ & Mg $>-2,7976$ & K $\leq -1,87031$	Nguyên liệu mới
Al $>0,5364$ & Fe $>-2,59819$ & Mg $\leq -0,7076$ & Mg $>-6,29972$ & Mg $\leq -0,93309$ & K $>-4,10525$	Tro bay
Ngoài ra	Ngoài luật quy định

FIG.11 minh họa vùng của các thành phần mol mới gồm 7 phần trong một tập hợp đầy đủ các sơ đồ ba thành phần. Các khu vực được khoanh tròn nêu bật sự khác biệt giữa Novel Feedstock và các mẫu tro bay toàn cầu từ tài liệu. Ví dụ, được minh họa, hàng trên cùng của bốn biểu đồ ba thành phần đại diện cho phối cảnh Si và được thể hiện chi tiết hơn trên FIG. 12. Với sự việc đề cập đến các FIG.11-15, đường viền màu đen của các mẫu biểu thị chất kết dính thay thế ("ACM") được mô tả ở đây, nguyên liệu này cũng có thể được gọi là nguyên liệu nạp mới. Các thành phần ACM của các ví dụ 1-8 được thể hiện dưới dạng các chấm đen được dán nhãn với số tương ứng với thành phần ví dụ (các số và thành phần được tóm tắt trong Bảng 17). Đường viền màu xám thể hiện trong các

hình thể hiện khoảng tin cậy 90% của các mẫu tro bay, dựa trên 331 mẫu duy nhất (giống như đã được phân loại bằng cách sử dụng mô hình thống kê ở trên).

Hàng thứ hai của số liệu trên FIG. 11 biểu diễn sơ đồ ba thành phần từ phối cảnh Al và được thể hiện chi tiết hơn trên FIG.13.

Hàng thứ ba của hình trên FIG. 11 đại diện cho sơ đồ ba thành phần từ quan điểm Fe, và được thể hiện chi tiết hơn trên FIG. 14.

Cuối cùng, hàng cuối cùng của FIG. 11 biểu diễn giản đồ ba thành phần từ quan điểm Ca+Mg và được thể hiện chi tiết hơn trên FIG. 15.

FIG.11-15 minh họa nguồn cấp liệu mới vì nó liên quan đến các thành phần tro bay toàn cầu và thể hiện rõ ràng rằng hai quần thể vật chất rất dễ phân biệt với nhau ngay cả trên biểu đồ ba thành phần theo mol nguyên tố. Các khu vực chồng chéo rõ ràng giữa nguyên liệu nạp mới và tro bay được chỉ ra là được phân biệt trong mô hình phân loại cỡ hạt cao hơn được cung cấp ở đây. Các nguyên liệu nạp mới hoặc ACM được mô tả ở đây không đặc biệt bền với kiềm và tham gia phản ứng với các hydroxit kiềm hoặc vôi làm chất phản ứng.

FIG.16 minh họa sơ đồ quy trình của quá trình 1600 sản xuất một loại bê tông xi măng thay thế bằng cách sử dụng một lò nung nhỏ khi bay phi tập trung tương đối nhỏ. Lò nung nhỏ có thể được đặt ở bất kỳ nơi nào thích hợp, và do cỡ hạt và tính chất của lò nung nhỏ, đặc biệt thích hợp để được bố trí tại một mỏ đá tổng hợp, tại một nhà máy sản xuất bê tông, giữa một mỏ đá và một nhà máy sản xuất bê tông, hoặc bất kỳ vị trí thích hợp nào khác để giảm đến mức tối thiểu, hoặc ít nhất là giảm thời gian và khoảng cách vận chuyển thường cần cho các nhà máy sản xuất bê tông dựa trên xi măng poóc lăng.

Tại khối 1602, tổng hợp nhôm silicat được cung cấp, như được mô tả ở đây. nguyên liệu tổng hợp có thể là bất kỳ nguyên liệu nhôm silicat thích hợp nào và có thể được khai thác cụ thể cho mục đích đã định, hoặc có thể là nguyên liệu phế thải, như quặng mỏ, bê tông đất hoặc một số loại cốt liệu khác. Tại khối 1604, nguyên liệu nhôm silicat được nghiền thành bột, như được mô tả ở đây.

Tại khối 1606, nguyên liệu nhôm silicat đã xay có thể được lưu trữ, vận chuyển hoặc cung cấp cho đầu vào của một lò nung nhỏ như được mô tả ở đây. Ở khối 1608, năng lượng được thêm vào cốt liệu nhôm silicat đã xay, như đốt hỗn hợp không khí / nhiên liệu, đèn khò, nhiệt công nghiệp hoặc một số dạng năng lượng khác để tăng nhiệt độ của cốt liệu. Theo một số phương án, các hạt nhôm silicat được cải biến, pha trộn tùy

ý (ví dụ, trong thùng trước khi xử lý nhiệt hóa), ví dụ, thông qua việc bổ sung chất liệu điều chỉnh thành phần để đạt được (các) tỷ lệ mong muốn đối với một hoặc một số các nguyên tố Ca, Mg, Na, K, Al, Fe, Si.

Tại khối 1608, năng lượng làm cho kết hợp nhôm silicat tan chảy, trong một số trường hợp, xảy ra ở trạng thái bay, như khi tập hợp bị cuốn vào trong một cột không khí và/hoặc không khí / nhiên liệu trong một buồng nấu chảy.

Tại khối 1612, sau khi cốt liệu được nấu chảy và làm nguội, nguyên liệu thô trở thành các hạt nhôm silicat thủy tinh. Trong một số trường hợp, các hạt về cơ bản là hình cầu với độ tròn $R > 0,8$.

Tại khối 1614, các hạt được kết hợp với các thành phần khác tại một trạm trộn bê tông, có thể được kết hợp với lò nung nhỏ trong một số trường hợp. Tại khối 1616, Chất phụ gia có thể được thêm vào bê tông, như chất làm cứng, chất ninh kết trong môi trường xung quanh, chất phụ gia, chất hóa dẻo, nguyên liệu gia cố, và những thứ tương tự. Tại khối 1618, cát và cốt liệu thô có thể được thêm vào xi măng như đã biết trong lĩnh vực này.

Tại khối 1620, hỗn hợp bê tông cuối cùng được hình thành và sẵn sàng sử dụng.

Theo một số phương án, phương pháp sản xuất xi măng này làm giảm khoảng cách vận chuyển xi măng (và do đó chi phí) so với phương pháp thông thường. Một số phương án cho phép sản xuất phi tập trung nguyên liệu xi măng thay thế (ACM) gần với mỏ đá tổng hợp nhôm silicat và nhà máy sản xuất bê tông. ACM này có thể được sử dụng theo cách có lợi làm chất phản ứng chính trong công thức xi măng thay thế thích hợp có thể được sử dụng để sản xuất bê tông tiết kiệm chi phí và giảm CO₂.

Ngoài ra, ACM có thể được sử dụng làm chất kết dính bổ sung thay thế (ASCM) để thay thế một phần xi măng poóc lăng trong bê tông thông thường và do đó giảm chi phí và tác động môi trường của bê tông tạo ra.

FIG.17 minh họa một nhà máy xi măng Pooc lăng điển FIG.1702 trong đó xi măng thường có thể được vận chuyển trên một quãng đường dài để đến các nhà máy sản xuất bê tông 1704. Tương tự, cốt liệu từ các mỏ đá 1706 cũng có thể được vận chuyển một quãng đường dài để đến đích tại các nhà máy sản xuất bê tông 1704. Thời gian và năng lượng để vận chuyển các sản phẩm dày đặc và khổng lồ này làm tăng đáng kể chi phí liên quan đến sản xuất bê tông cũng như góp phần vào việc phát thải CO₂ tổng thể liên quan đến sản xuất bê tông.

FIG.18 minh họa một cách bố trí thay thế 1800 sử dụng ACM được mô tả ở đây. Trong một số trường hợp, một lò nung nhỏ 1802 ACM có thể được đối chiếu tại địa điểm tổng hợp 1706. Bằng cách này, nguyên liệu nhôm silicat được khai thác tại mỏ tổng hợp 1706 có thể được xử lý tại chỗ của ACM lò nung nhỏ 1802 mà không cần vận chuyển cốt liệu đến một địa điểm xa. Sau đó, ACM và cốt liệu đủ có thể được gửi đến trạm trộn bê tông 1704, có thể ở gần hơn nhiều.

FIG.19 minh họa một thỏa thuận thay thế 1900 sử dụng ACM được mô tả ở đây. Theo phương án được minh họa, và ACM lò nung nhỏ 1802 có thể được gắn với trạm trộn bê tông 1704. Do đó, cốt liệu từ mỏ đá tổng hợp 1706 có thể được chuyển đến nhà máy sản xuất bê tông 1802 và cốt liệu có thể được sử dụng bởi ACM lò nung nhỏ 1802 như được mô tả trong tài liệu này, và cũng được sử dụng làm cốt liệu thô trong hỗn hợp bê tông.

FIG.20 minh họa một cách bố trí thay thế 2000 sử dụng ACM được mô tả ở đây. Trong phương án được minh họa, ACM lò nung nhỏ 1802 nằm giữa mỏ đá tổng hợp 1706 và nhà máy sản xuất bê tông 1704. Theo cách bố trí này, cốt liệu có thể được phân phối đến ACM lò nung nhỏ, sử dụng cốt liệu để tạo ra ACM như được mô tả ở đây và ACM và cốt liệu bổ sung có thể được vận chuyển đến nhà máy sản xuất bê tông.

Kiến trúc lò nung nhỏ cho phép một hệ thống phân tán tận dụng tính chất nhỏ hơn và thậm chí di động của lò nung nhỏ ACM. Thay vì chỉ dựa vào một nhà máy xi măng Pooclang tập trung duy nhất phải vận chuyển xi măng đi đường dài, một số loại xe tải nhỏ ACM có thể thay thế một nhà máy xi măng Pooclang và giảm đáng kể thời gian và chi phí vận chuyển. Các phương án được minh họa của FIGS 17-20 cung cấp một kiến trúc nhanh nhẹn, hiệu quả và giảm đến mức tối thiểu chất thải bằng cách đặt lò nung nhỏ ACM gần mỏ đá tổng hợp, nhà máy sản xuất bê tông hoặc cả hai.

Các thành phần nguyên liệu nạp phù hợp và quá trình chuyển đổi nguyên liệu thô thành các hạt thủy tinh vi cầu đã được bộc lộ trong đơn tương ứng của Người nộp đơn số 62/867.480, nộp vào ngày 27.06.2019 và số 63/004.673, nộp ngày 03.04.2020, toàn bộ thông tin bộc lộ trong đó được tổng hợp bằng cách viện dẫn. Nguyên liệu thô thích hợp thường là đá và khoáng chất có tỷ lệ cả ôxit nhôm và ôxit silic. Nguyên liệu cốt liệu xây dựng thông thường được sử dụng trong bê tông phù hợp, kinh tế và có vị trí thuận tiện để sử dụng làm nguyên liệu xi măng lý tưởng. Trước đây, người ta không thể chế tạo chất kết dính từ nguyên liệu nhôm silicat tinh thể thông thường như vậy.

Một ưu điểm đặc biệt của việc sử dụng cốt liệu nhôm silicat làm nguyên liệu cho ACM là nguyên liệu có sẵn rất rẻ và dồi dào.

Một ưu điểm cụ thể khác là các mỏ đá tổng hợp nhôm silicat tồn tại rộng rãi và nói chung không cần cho phép các mỏ đá mới sản xuất ACM theo phương pháp hiện tại ở hầu hết các thị trường.

Một ưu điểm cụ thể khác của việc sử dụng cốt liệu nhôm silicat làm nguyên liệu ACM là một lò nung nhỏ (ví dụ, được mô tả trong đơn tương ứng của Người nộp đơn số 63/004,673) có thể được bố trí tại hoặc rất gần mỏ đá tổng hợp, hoặc nhà máy sản xuất bê tông, hoặc do đó giảm đến mức tối thiểu chi phí vận chuyển xi măng. Ưu điểm lớn này có được là do xi măng từ các lò nung lớn tập trung đi xa hơn trung bình từ 5-10 lần so với cốt liệu (nguồn cung được phân cấp); một hệ quả tự nhiên của tính sẵn có rộng rãi, giá tổng hợp thấp và giá tổng hợp vận chuyển cao.

Một ưu điểm cụ thể khác của việc sử dụng cốt liệu nhôm silicat làm nguyên liệu ACM là các mỏ đá thường có sẵn nguyên liệu phụ phẩm dồi dào có sẵn “đặc điểm kỹ thuật”, có nghĩa là không có cách sử dụng phổ biến cho cấp phối cụ thể đó, mặc dù các nguyên liệu đó thường có chung thành phần giống hệt nhau với các sản phẩm khai thác đá chính. Các nguyên liệu phụ như vậy có sẵn rất rẻ ở cả các mỏ đá dăm, cũng như các mỏ đá cát và sỏi.

Một ưu điểm cụ thể khác của các lò quay nhỏ ACM phi tập trung là chi phí vốn trên một đơn vị sản lượng được kỳ vọng sẽ tương tự như các lò nung xi măng quay thông thường, mặc dù quy mô tuyệt đối của yêu cầu vốn là khoảng 1/10 so với sản xuất xi măng Poóc lăng.

Một ưu điểm đặc biệt khác của các lò nung nhỏ ACM phi tập trung là chi phí hoạt động trên một đơn vị thông lượng dự kiến sẽ không vượt quá chi phí tương ứng trong sản xuất xi măng Pooclăng. Do đó, sản xuất ACM có chi phí cạnh tranh với xi măng Pooclăng ở quy mô sản xuất nhỏ hơn, nhưng yêu cầu chi phí vận chuyển thấp hơn 5-10 lần.

Sáng chế bao gồm các Điều được đánh số dưới đây.

Điều 1. Các hạt thủy tinh vi cầu rắn, trong đó các hạt này chứa một hoặc nhiều đặc tính sau: độ tròn trung bình (R) $> 0,8$; và ít hơn khoảng 40% hạt có hình thái góc ($R < 0,7$).

Điều 2. Các hạt theo điều 1, trong đó các hạt nêu trên có độ tròn trung bình (R) ít nhất là 0,9.

Điều 3: Các hạt theo điều 1 hoặc 2, trong đó ít hơn khoảng 30% hạt, hoặc ít hơn khoảng 25% hạt, hoặc ít hơn khoảng 20% hạt, hoặc ít hơn khoảng 15% hạt, hoặc nhỏ hơn khoảng 10% hạt có hình thái góc ($R < 0,7$).

Điều 4. Các hạt theo điều bất kỳ trong số các điều từ 1 đến 3, trong đó các hạt này bao gồm oxit trung bình Công thức 1: $(\text{CaO}, \text{MgO})_a \cdot (\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O})_b \cdot (\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)_c \cdot (\text{SiO}_2)_d$ [Công thức 1] trong đó a khoảng 0 đến 4, b khoảng 0,1 đến 1, c là 1 và d khoảng 1 đến 20.

Điều 5. Các hạt theo điều bất kỳ trong số các điều từ 1 đến 4, trong đó các hạt này bao gồm một hoặc nhiều đặc tính sau: (i) hàm lượng chất rắn vô định hình khi xác định bằng tia X nằm trong khoảng 45% -100%, và tốt hơn là 90-100%; và (ii) tỷ lệ thành phần mol là $(\text{Ca}, \text{Mg})_{0-12} \cdot (\text{Na}, \text{K})_{0,05-1} \cdot (\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_1 \cdot \text{Si}_{1-20}$.

Điều 6. Các hạt theo điều bất kỳ trong số các điều từ 1 đến 5, trong đó các hạt nêu trên là 40-100% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X, tốt hơn nữa có khoảng 80-100% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X, thậm chí tốt hơn là 100% không phải kết tinh.

Điều 7. Các hạt theo điều bất kỳ trong số các điều từ 1 đến 6, trong đó các hạt này chứa ít hơn khoảng 10% khối lượng CaO.

Điều 8. Các hạt theo điều bất kỳ trong số các điều từ 1 đến 6, trong đó các hạt này chứa nhiều hơn khoảng 30% khối lượng CaO.

Điều 9. Các hạt theo điều bất kỳ trong số các điều từ 1 đến 6, trong đó hạt này có hàm lượng canxi cao với thành phần mol $\text{Si}/(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})$ từ 1 đến 20 và hàm lượng CaO khoảng 10-50% khối lượng, tốt nhất có khoảng 20-45% khối lượng.

Điều 10. Các hạt theo điều bất kỳ trong số các điều từ 1 đến 6, trong đó hạt này có hàm lượng canxi trung gian với thành phần mol $\text{Si}/(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})$ từ 1 đến 20 và hàm lượng CaO trong khoảng 10- 20% khối lượng.

Điều 11. Chất hoạt hóa xi măng bao gồm hỗn hợp các hạt thủy tinh vi cầu như được xác định theo một trong số các điều từ 1 đến 10.

Điều 12. Chất hoạt hóa xi măng chứa hỗn hợp các hạt thủy tinh vi cầu, trong đó các hạt này bao gồm một hoặc nhiều đặc tính sau: (i) độ tròn trung bình (R) $> 0,8$; (ii) ít hơn khoảng 20% hạt có hình thái góc ($R < 0,7$); (iii) công thức oxit 1 như được xác định

trong điểm 4; (iv) hàm lượng chất rắn vô định hình khi xác định bằng tia X nằm trong khoảng 45% -100%, và tốt hơn là trong khoảng 90-100%.; và (v) tỷ lệ thành phần mol là $(\text{Ca},\text{Mg})_{0-12} \cdot (\text{Na},\text{K})_{0,05-1} \cdot (\text{Al},\text{Fe}^{3+})_1 \cdot \text{Si}_{1-20}$; và (vi) hàm lượng canxi thấp khoảng $<10\%$ khối lượng CaO, hoặc hàm lượng canxi trung gian khoảng 10 đến 20% khối lượng CaO, hoặc hàm lượng canxi cao $> 30\%$ khối lượng CaO.

Điều 13. Chất hoạt hóa xi măng theo điều 12, trong đó chất hoạt hóa xi măng này ở dạng chất rắn không kết tinh

Điều 14. Chất hoạt hóa xi măng theo điều 12 hoặc 13, trong đó chất hoạt hóa xi măng này ở dạng bột.

Điều 15. Chất hoạt hóa xi măng theo điều bất kỳ trong số các điều từ 12 đến 14, trong đó chất hoạt hóa xi măng này có mức phân bố cỡ hạt với D[3,2] khoảng 20 μm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là nhỏ hơn 10 μm , hoặc tốt nhất là 5 μm hoặc ít hơn.

Điều 16. Chất hoạt hóa xi măng theo điều bất kỳ trong số các điều từ 12 đến 15, trong đó hỗn hợp các hạt này bao gồm oxit có Công thức 1: $(\text{CaO},\text{MgO})_a \cdot (\text{Na}_2\text{O},\text{K}_2\text{O})_b \cdot (\text{Al}_2\text{O}_3,\text{Fe}_2\text{O}_3)_c \cdot (\text{SiO}_2)_d$ [Công thức 1] trong đó a nằm trong khoảng từ 0 đến 4, b khoảng 0,1 đến 1, c là 1 và d khoảng từ 1 đến 20.

Điều 17. Chất hoạt hóa xi măng theo điều bất kỳ trong số các điều từ 12 đến 16, trong đó chất hoạt hóa xi măng này chứa ít hơn khoảng 10% khối lượng CaO.

Điều 18. Chất hoạt hóa xi măng theo điều bất kỳ trong số các điều từ 12 đến 16, trong đó chất hoạt hóa xi măng này chứa nhiều hơn khoảng 30% khối lượng CaO.

Điều 19. Chất hoạt hóa xi măng theo điều bất kỳ trong số các điều từ 12 đến 16, trong đó chất hoạt hóa xi măng này là chất hoạt hóa xi măng chứa nhiều canxi với thành phần mol của $\text{Si}/(\text{Fe}^{3+},\text{Al})$ nằm trong khoảng từ 1-20 và hàm lượng CaO trong khoảng 10- 50% khối lượng, tốt nhất có khoảng 20-45% khối lượng.

Điều 20. Chất hoạt hóa xi măng theo điều bất kỳ trong số các điều từ 12 đến 16, trong đó chất hoạt hóa xi măng này là chất hoạt hóa xi măng chứa canxi trung gian với thành phần mol của $\text{Si}/(\text{Fe}^{3+},\text{Al})$ nằm trong khoảng từ 1-20 và hàm lượng CaO trong khoảng 10- 20% khối lượng.

Điều 21. Chất hoạt hóa xi măng theo điều bất kỳ trong số các điều từ 12 đến 20, trong đó chất hoạt hóa xi măng này có khoảng 40-100% và tốt nhất có khoảng 80- 100% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X, và tốt hơn nữa là 100% không kết tinh..

Điều 22. Chất kết dính geopolymer chứa chất hoạt hóa xi măng như được xác định theo một trong số các điều từ 11 đến 21.

Điều 23. chất kết dính bổ sung (SCM) chứa chất hoạt hóa xi măng như được xác định theo một điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 đến 21.

Điều 24. SCM theo điểm 23, có ít nhất 20% khối lượng chất hoạt hóa xi măng nêu trên.

Điều 25. Một loại bê tông rắn, chứa chất hoạt hóa xi măng như được xác định theo một trong số các điều từ 11 đến 20.

Điều 26. chất kết dính bổ sung (SCM) và/hoặc bê tông rắn.

Điều 27. Phương pháp sản xuất chất hoạt hóa xi măng từ nguyên liệu nhôm silicat, bao gồm các bước: (i) tạo ra nguyên liệu nhôm silicat rắn; (ii) nấu chảy/làm nguội nhanh nguyên liệu nhôm silicat rắn nêu trên để nấu chảy nguyên liệu này thành chất lỏng và sau đó làm nguội chất lỏng đó để thu được bột nấu chảy/làm nguội nhanh bao gồm các hạt thủy tinh vi cầu rắn; do đó thu được chất hoạt hóa xi măng với bột của các hạt thủy tinh vi cầu nêu trên.

Điều 28. Phương pháp theo điều 27, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước (iii) nghiền bột của các hạt thủy tinh vi cầu thành bột mịn hơn.

Điều 29. Phương pháp theo điều 27 hoặc 28, trong đó bột nêu trên có sự phân bố cỡ hạt với $D[3,2]$ nằm trong khoảng $20\mu\text{m}$ hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là nhỏ hơn $10\mu\text{m}$, hoặc tốt nhất là nhỏ hơn $5\mu\text{m}$.

Điều 30. Phương pháp theo điều bất kỳ trong số các điều từ 27 đến 29, trong đó các hạt này bao gồm một hoặc nhiều đặc tính sau: độ tròn trung bình (R) ít nhất là 0,7; ít hơn khoảng 20% hạt có hình thái góc cạnh; công thức oxit 1 như được xác định trong điểm 4; hàm lượng 45% -100%, và tốt nhất là 90-100%, chất rắn vô định hình khi xác định bằng tia X; tỷ lệ thành phần mol của $(\text{Ca}, \text{Mg})_{0-12} \cdot (\text{Na}, \text{K})_{0,05-1} \cdot (\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_1 \cdot \text{Si}_{1-20}$; và hàm lượng canxi nhỏ hơn khoảng 10% khối lượng CaO .

Điều 31. Phương pháp theo điều bất kỳ trong số các điều từ 27 đến 30, trong đó chất hoạt hóa xi măng bao gồm một hoặc nhiều đặc tính sau: phản ứng trong hệ xi măng và/hoặc trong hệ geopolymer; cung cấp hỗn hợp xi măng geopolymer giới hạn chảy thấp có thể thi công được dưới 25 Pa khi vữa xi măng có tỷ lệ mol oxit của $\text{H}_2\text{O}/(\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O}) < 20$; yêu cầu hàm lượng nước trong vữa xi măng sao cho tỷ lệ số mol oxit $\text{H}_2\text{O}/(\text{Na}_2\text{O},$

K_2O) < 20; và cung cấp một loại vữa xi măng có khả năng gia công cao hơn so với một loại hồ tương đương có hình thái góc cạnh đáng kể, với cùng một hàm lượng nước.

Điều 32. Phương pháp theo điều bất kỳ trong số các điều từ 27 đến 31, bao gồm bước điều chỉnh thành phần của nguyên liệu nhôm silicat rắn không lý tưởng thành hàm lượng mong muốn của các nguyên tố Ca, Mg, Na, K, Al, Fe, và Si.

Điều 33. Phương pháp theo điều 32, trong đó bước điều chỉnh nêu trên bao gồm việc trộn nguyên liệu nhôm silicat không lý tưởng nêu trên với chất liệu điều chỉnh thành phần để đạt được (các) tỷ lệ mong muốn đối với một hoặc một số nguyên tố Ca, Mg, Na, K, Al, Fe và Si.

Điều 34. Phương pháp theo điều bất kỳ trong số các điều từ 27 đến 33, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước phân loại nguyên liệu nhôm silicat rắn nêu trên để thu được bột gồm các hạt nhôm silicat có cỡ hạt mong muốn.

Điều 35. Phương pháp theo điều bất kỳ trong số các điều từ 27 đến 34, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước loại bỏ chất thải không mong muốn ra khỏi nguyên liệu nhôm silicat rắn nêu trên.

Điều 36. Phương pháp theo điều bất kỳ trong số các điều từ 27 đến 35, trong đó sự tan chảy ở trạng thái bay bao gồm việc nung nóng ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ pha lỏng để thu được chất lỏng.

Điều 37. Phương pháp theo điều 36, trong đó nhiệt độ nêu trên là khoảng 1000-1600°C, hoặc khoảng 1300-1550°C.

Điều 38. Phương pháp theo điều bất kỳ trong số các điều từ 27 đến 37, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước thêm chất hạ điểm nóng chảy vào nguyên liệu nhôm silicat rắn để giảm điểm tan chảy của nó và/hoặc để tạo ra entalpy, thể tích hoặc sự khử trùng hợp chất lỏng lớn hơn.

Điều 39. Phương pháp theo điều 38, trong đó nguyên liệu hạ điểm nóng chảy được trộn với nguyên liệu nhôm silicat rắn nêu trên trước hoặc trong quá trình nấu chảy nêu trên.

Điều 40. Phương pháp theo điều bất kỳ trong số các điều từ 27 đến 39, trong đó quá trình nấu chảy/làm nguội nhanh ở trạng thái bay bao gồm việc làm giảm nhiệt độ của chất lỏng nêu trên xuống dưới nhiệt độ chuyển hóa thủy tinh để thu được chất rắn.

Điều 41. Phương pháp theo điều 40, trong đó quá trình nấu chảy/làm nguội nhanh ở trạng thái bay nêu trên bao gồm việc làm giảm nhiệt độ của chất lỏng nêu trên xuống dưới khoảng 500°C, hoặc tốt hơn là dưới khoảng 200°C hoặc thấp hơn.

Điều 42. Phương pháp theo điều 41, trong đó việc làm giảm nhiệt độ của chất lỏng nêu trên bao gồm quá trình làm nguội ở tốc độ khoảng 10^2 Ks^{-1} đến 10^6 Ks^{-1} , tốt hơn là ở tốc độ $> 10^{3,5} \text{ Ks}^{-1}$.

Điều 43. Phương pháp theo điều 41, trong đó quá trình làm nguội bao gồm một luồng không khí mát, hơi nước hoặc nước.

Điều 44. Phương pháp theo điều bất kỳ trong số các điều từ 27 đến 43, trong đó phương pháp này còn bao gồm cả việc làm giảm cỡ hạt của bột nêu trên của các hạt thủy tinh rắn vi cầu.

Điều 45. Phương pháp theo điều 44, trong đó việc làm giảm cỡ hạt bao gồm việc nghiền và/hoặc nghiền thành bột nêu trên trong thiết bị bất kỳ trong số máy nghiền bi, máy nghiền con lăn, máy nghiền con lăn đứng.

Điều 46. Phương pháp theo điều bất kỳ trong số các điều từ 27 đến 45, trong đó phương pháp này còn bao gồm cả việc tách các hạt rắn đã được làm nguội ra khỏi khí nóng trong thiết bị tách xyclon.

Điều 47. Thiết bị sản xuất các hạt thủy tinh vi cầu bao gồm: một đầu đốt; một buồng nấu chảy; và một buồng làm nguội nhanh.

Điều 48. Thiết bị theo điều 47, trong đó buồng nấu chảy và buồng làm nguội nhanh lần lượt là phần thứ nhất và phần thứ hai của cùng một buồng.

Điều 49. Thiết bị theo điều 47 hoặc 48, trong đó thiết bị này được tạo cấu hình sao cho các hạt rắn được phun thành trạng thái lơ lửng, nấu chảy ở trạng thái lơ lửng, và sau đó được làm nguội ở trạng thái lơ lửng trong thiết bị này.

Điều 50. Thiết bị theo điều bất kỳ trong số các điều từ 47 đến 49, trong đó đầu đốt này tạo ra ngọn lửa đốt nóng các hạt rắn ở trạng thái lơ lửng đến nhiệt độ nung nóng đủ để làm tan chảy về cơ bản các hạt rắn nêu trên thành chất lỏng.

Điều 51. Thiết bị theo điều bất kỳ trong số các điều từ 47 đến 50, trong đó đầu đốt này bao gồm ngọn lửa được cấp nhiên liệu bằng khí cuốn các hạt nguyên liệu năp nhôm silicat về phía buồng nấu chảy/làm nguội nhanh.

Điều 52. Thiết bị theo điều 51, trong đó khí bao gồm khí oxy hóa và nhiên liệu dễ cháy.

Điều 53. Thiết bị theo điều bất kỳ trong số các điều từ 47 đến 52, trong đó buồng làm nguội nhanh này bao gồm hệ thống làm nguội để cung cấp không khí mát vào bên trong buồng làm nguội nhanh, không khí mát này làm nguội các hạt nóng chảy thành các hạt thủy tinh vi cầu rắn.

Điều 54. Thiết bị theo điều 53, trong đó hệ thống làm nguội bao gồm một vòng làm nguội bằng chất lỏng được đặt xung quanh buồng làm nguội nhanh.

Điều 55. Thiết bị theo điều bất kỳ trong số các điều từ 47 đến 54, trong đó thiết bị này còn bao gồm bộ tách xyclon để thu thập các hạt thủy tinh vi cầu.

Điều 56. Thiết bị theo điều bất kỳ trong số các điều từ 47 đến 55, trong đó đầu đốt có ít nhất một trong số một ngọn đuốc plasma, một đầu đốt nhiên liệu oxy, một đầu đốt nhiên liệu không khí, một đầu đốt sinh khối và một lò tập trung năng lượng mặt trời.

Điều 57. Phương pháp sản xuất chất hoạt hóa xi măng từ nguyên liệu nhôm silicat, bao gồm các bước: (i) tạo ra nguyên liệu nhôm silicat rắn; (ii) nấu chảy/làm nguội nhanh nguyên liệu nhôm silicat rắn nêu trên để nấu chảy nguyên liệu này thành chất lỏng và sau đó làm nguội chất lỏng đó để thu được bột nấu chảy/làm nguội nhanh bao gồm các hạt thủy tinh vi cầu rắn; do đó thu được chất hoạt hóa xi măng với bột của các hạt thủy tinh vi cầu nêu trên.

Điều 58. Phương pháp sản xuất các hạt thủy tinh vi cầu, bao gồm các bước: bố trí thiết bị nấu chảy/làm nguội nhanh ở trạng thái bay, thiết bị này bao gồm một đầu đốt, một buồng nấu chảy và một buồng làm nguội nhanh; tạo ra các hạt rắn; cho các hạt rắn này chảy ở dạng huyền phù trong khí được đốt bằng lò đốt nêu trên; nung nóng các hạt rắn nêu trên trong buồng nấu chảy đến nhiệt độ nung nóng cao hơn nhiệt độ của pha lỏng để thu được các hạt lỏng ở trạng thái lơ lửng; làm nguội các hạt chất lỏng này ở dạng huyền phù đến nhiệt độ làm nguội dưới pha lỏng để thu được bột bao gồm các hạt thủy tinh vi cầu rắn.

Điều 59. Phương pháp theo điều 58, trong đó buồng nấu chảy và buồng làm nguội nhanh lần lượt là các phần của cùng một buồng.

Điều 60. Phương pháp theo điều 58 hoặc 59, trong đó nhiệt độ nung nóng nêu trên là khoảng 1000-1600°C, hoặc khoảng 1300-1550°C.

Điều 61. Phương pháp theo điều bất kỳ trong số các điều từ 58 đến 60, trong đó nhiệt độ làm nguội dưới 500°C hoặc dưới 200°C.

Điều 62. Phương pháp theo điều bất kỳ trong số các điều từ 58 đến 61, trong đó các hạt rắn này bao gồm nguyên liệu nhôm silicat.

Điều 63. Phương pháp theo điều bất kỳ trong số các điều từ 58 đến 62, trong đó đầu đốt này bao gồm ngọn lửa được cấp nhiên liệu bằng khí cuốn các hạt rắn về phía buồng nấu chảy.

Điều 64. Phương pháp theo điều 63, trong đó khí bao gồm khí oxy hóa và nhiên liệu dễ cháy.

Điều 65. Phương pháp theo điều bất kỳ trong số các điều từ 58 đến 64, trong đó bước làm nguội này bao gồm việc cung cấp không khí mát vào bên trong buồng làm nguội.

Điều 66. Phương pháp theo điều bất kỳ trong số các điều từ 58 đến 65, trong đó phương pháp này còn bao gồm cả việc thu gom bột nêu trên bằng thiết bị tách xyclon.

Điều 67. Sử dụng thiết bị có ít nhất một trong số một ngọn đuốc plasma, một đầu đốt oxy-nhiên liệu, một đầu đốt nhiên liệu không khí, một đầu đốt sinh khối và một lò tập trung năng lượng mặt trời, để sản xuất các hạt thủy tinh vi cầu.

Điều 68. Sử dụng thiết bị có ít nhất một trong số một ngọn đuốc plasma, một đầu đốt oxy-nhiên liệu, một đầu đốt nhiên liệu không khí, một đầu đốt sinh khối và một lò tập trung năng lượng mặt trời, để sản xuất chất hoạt hóa xi măng từ nguyên liệu nhôm silicat

Điều 67. Tất cả các hợp chất mới, hỗn hợp, quy trình, thiết bị, phương pháp, hệ thống và cách sử dụng cơ bản như ở đây được mô tả trước đây với các tham chiếu cụ thể đến các Ví dụ và Hình vẽ.

Các đề mục có ở đây để tham khảo và để trợ giúp việc xác định các phần nhất định. Các đề mục này không nhằm giới hạn phạm vi của các khái niệm được mô tả trong đó và các khái niệm này có thể có khả năng áp dụng trong các phần khác trong toàn bộ bản mô tả này. Do đó, sáng chế không được dự định bị giới hạn ở các phương án được thể hiện ở đây mà được dành cho phạm vi rộng nhất phù hợp với các nguyên lý và dấu hiệu mới được bộc lộ ở đây.

Các dạng số ít bao gồm các số nhiều tương ứng trừ khi ngữ cảnh quy định rõ ràng khác. Do đó, ví dụ, việc đề cập đến "một hạt thủy tinh vi cầu rắn" bao gồm một hoặc các hạt như vậy, và việc đề cập đến "phương pháp" bao gồm việc đề cập đến các bước và phương pháp tương đương mà những người có kỹ năng thông thường trong lĩnh vực này có thể cải biến hoặc được thay thế cho các phương pháp được mô tả ở đây.

Trừ khi có quy định khác, tất cả các số thể hiện số lượng thành phần, điều kiện phản ứng, nồng độ, đặc tính, v.v. được sử dụng trong Bản mô tả này và Yêu cầu bảo hộ phải được hiểu là được cải biến trong mọi trường hợp bằng từ “khoảng”. Ít nhất, mỗi tham số số ít nhất phải được hiểu theo số lượng các chữ số có nghĩa được đưa ra và bằng cách áp dụng các kỹ thuật làm tròn thông thường. Do đó, trừ khi được chỉ ra điều ngược lại, các tham số số được nêu trong Bản mô tả này và Yêu cầu bảo hộ kèm theo là các trị số gần đúng có thể thay đổi tùy thuộc vào các tính chất cần đạt được. Mặc dù phạm vi số và thông số thiết lập phạm vi rộng của các phương án là các trị số gần đúng, nhưng các trị số được nêu trong các ví dụ cụ thể được đưa ra chính xác nhất có thể. Tuy nhiên, bất kỳ trị số nào cũng đều chứa một số lỗi nhất định do các biến thể trong thí nghiệm, phép đo thử nghiệm, phân tích thống kê, v.v..

Cần phải hiểu rằng các ví dụ và phương án được mô tả ở đây chỉ nhằm mục đích minh họa và các cải biến hoặc thay đổi khác nhau một chút của chúng sẽ được đề xuất cho người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này và sẽ được bao gồm trong sáng chế và phạm vi của Yêu cầu bảo hộ kèm theo. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ nhận ra rằng quy trình hoặc phương pháp bất kỳ được bộc lộ ở đây đều có thể được cải biến theo nhiều cách. Các thông số của phương pháp và trình tự của các bước được mô tả và/hoặc minh họa ở đây chỉ được đưa ra để làm ví dụ và có thể thay đổi theo ý muốn. Ví dụ, trong khi các bước được minh họa và/hoặc được mô tả ở đây có thể được thể hiện hoặc bàn luận theo một thứ tự cụ thể, thì những bước này không nhất thiết phải được thực hiện theo thứ tự được minh họa hoặc bàn luận.

Các phương pháp làm ví dụ khác nhau đã được mô tả và/hoặc được minh họa ở đây cũng có thể bỏ qua một hoặc nhiều bước được mô tả hoặc minh họa ở đây hoặc bao gồm các bước bổ sung ngoài những bước đã được bộc lộ. Ngoài ra, một bước của phương pháp bất kỳ như được bộc lộ ở đây có thể được kết hợp với một hoặc nhiều bước của phương pháp bất kỳ khác như được bộc lộ ở đây.

Trừ khi có ghi chú khác, các cụm từ “được kết nối với” và “được kết hợp với” (và các dẫn xuất của chúng), như được sử dụng trong Bản mô tả này và Yêu cầu bảo hộ, sẽ được hiểu là cho phép cả trực tiếp và gián tiếp (tức là thông qua các yếu tố hoặc thành phần khác) sự liên quan. Ngoài ra, các từ số ít, như được sử dụng trong Bản mô tả này và Yêu cầu bảo hộ, được hiểu là có nghĩa là “ít nhất một trong số.” Cuối cùng, để dễ sử dụng, các từ ngữ “bao gồm” và “có” (và các dẫn xuất của chúng), như được sử dụng

trong Bản mô tả này và Yêu cầu bảo hộ, có thể thay thế cho nhau và sẽ có cùng nghĩa với cụm từ “bao gồm”.

Bộ xử lý như được bộc lộ ở đây có thể được tạo cấu hình với các hướng dẫn để thực hiện một hoặc nhiều bước bất kỳ của phương pháp bất kỳ như được bộc lộ ở đây.

Như được sử dụng ở đây, từ “hoặc” được sử dụng hoàn toàn để chỉ các mục thay thế và kết hợp.

Như được sử dụng ở đây, các ký tự như chữ số đề cập đến các phần tử tương tự.

Sáng chế theo các phương án của nó đã được thể hiện và mô tả như được nêu ở đây và chỉ được đưa ra để làm ví dụ. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ nhận ra nhiều sự thích nghi, thay đổi, biến thể và thay thế mà không chệch khỏi phạm vi của sáng chế. Sáng chế theo một số phương án khác và sự kết hợp của sáng chế theo các phương án được bộc lộ ở đây có thể được sử dụng mà không chệch khỏi phạm vi của sáng chế và các sáng chế được bộc lộ ở đây. Do đó, phạm vi của các sáng chế được bộc lộ này sẽ được xác định duy nhất bởi phạm vi của Yêu cầu bảo hộ kèm theo và các đối tượng tương đương của chúng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Chất hoạt hóa xi măng, bao gồm:

các hạt thủy tinh vi cầu có độ tròn trung bình $(R) > 0,7$, và thành phần mol chứa Si và Al và tùy ý một hoặc nhiều nguyên tố trong số Fe, Ca, Mg, Na, và K, trong đó:

$$\text{khoảng } 0,4 < \frac{\text{Si}}{\text{Si} + \text{Al} + \text{Fe} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}} < \text{khoảng } 0,9;$$

$$\text{khoảng } 0,1 < \frac{\text{Al}}{\text{Si} + \text{Al} + \text{Fe} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}} < \text{khoảng } 0,3.$$

2. Chất hoạt hóa xi măng theo điểm 1, trong đó chất hoạt hóa xi măng này có dạng bột.
3. Chất hoạt hóa xi măng theo điểm 1 hoặc 2, trong đó chất hoạt hóa xi măng có ít nhất khoảng 40% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X.
4. Chất hoạt hóa xi măng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó các hạt thủy tinh vi cầu chiếm ít nhất khoảng 40% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X.
5. Chất hoạt hóa xi măng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó các hạt thủy tinh vi cầu có độ tròn trung bình (R) ít nhất bằng 0,9.
6. Chất hoạt hóa xi măng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó ít hơn khoảng 50% các hạt thủy tinh vi cầu có độ tròn trung bình (R) nhỏ hơn 0,7.
7. Chất hoạt hóa xi măng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó các hạt thủy tinh vi cầu có đường kính Sauter trung bình $D[3,2]$ bằng hoặc nhỏ hơn khoảng 20 micromet.
8. Chất hoạt hóa xi măng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7. trong đó thành phần mol thỏa mãn điều kiện:

$$0 < \frac{\text{Fe}}{\text{Si} + \text{Al} + \text{Fe} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}} < \text{khoảng } 0,2.$$

9. Chất hoạt hóa xi măng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, trong đó thành phần mol thỏa mãn điều kiện:

$$0 < \frac{\text{Ca}+\text{Mg}}{\text{Si}+\text{Al}+\text{Fe}+\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Na}+\text{K}} < \text{khoảng } 0,4.$$

10. Chất hoạt hóa xi măng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, bao gồm ít hơn khoảng 10% khối lượng CaO.

11. Chất hoạt hóa xi măng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10, trong đó thành phần mol thỏa mãn điều kiện:

$$\text{khoảng } 0,01 < \frac{\text{Na}+\text{K}}{\text{Si}+\text{Al}+\text{Fe}+\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Na}+\text{K}} < \text{khoảng } 0,2.$$

12. Chất hoạt hóa xi măng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11, trong đó chất hoạt hóa xi măng này hầu như không chứa tro bay.

13. Chất hoạt hóa xi măng, bao gồm:

các hạt thủy tinh vi cầu có độ tròn trung bình (R) $> 0,7$, và thành phần mol chứa Si và Al và tùy ý một hoặc nhiều nguyên tố trong số Fe, Ca, Mg, Na, và K, trong đó:

$$\text{khoảng } 0,4 < \frac{\text{Si}}{\text{Si}+\text{Al}+\text{Fe}+\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Na}+\text{K}} < \text{khoảng } 0,9;$$

$$\text{khoảng } 0,1 < \frac{\text{Al}}{\text{Si}+\text{Al}+\text{Fe}+\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Na}+\text{K}} < \text{khoảng } 0,3; \text{ và}$$

trong đó chất hoạt hóa xi măng này có tỷ lệ mol $\text{Si}/(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})$ nằm trong khoảng từ 1 đến 20, và hàm lượng CaO bằng hoặc ít hơn khoảng 10% khối lượng.

14. Chất hoạt hóa xi măng theo điểm 13, trong đó chất hoạt hóa xi măng này có dạng bột.

15. Chất hoạt hóa xi măng theo điểm 13 hoặc 14, trong đó chất hoạt hóa xi măng này có ít nhất khoảng 40% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X.

16. Chất hoạt hóa xi măng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 15, trong đó các hạt thủy tinh vi cầu chiếm ít nhất khoảng 40% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X.

17. Chất hoạt hóa xi măng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 16, trong đó các hạt thủy tinh vi cầu có độ tròn trung bình (R) ít nhất bằng 0,9.
18. Chất hoạt hóa xi măng, bao gồm:
 các hạt thủy tinh vi cầu có độ tròn trung bình (R) > 0,7, và thành phần mol chứa Si và Al và tùy ý một hoặc nhiều nguyên tố trong số Fe, Ca, Mg, Na, và K, trong đó:
- $$\text{khoảng } 0,4 < \frac{\text{Si}}{\text{Si}+\text{Al}+\text{Fe}+\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Na}+\text{K}} < \text{khoảng } 0,9;$$
- $$\text{khoảng } 0,1 < \frac{\text{Al}}{\text{Si}+\text{Al}+\text{Fe}+\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Na}+\text{K}} < \text{khoảng } 0,3; \text{ và}$$
- trong đó chất hoạt hóa xi măng này có tỷ lệ mol Si/(Fe³⁺, Al) nằm trong khoảng từ 1 đến 20, và hàm lượng CaO nằm trong khoảng từ 20% đến khoảng 45% khối lượng.
19. Chất hoạt hóa xi măng theo điểm 18, trong đó chất hoạt hóa xi măng có ít nhất khoảng 40% ở dạng vô định hình khi xác định bằng tia X.
20. Bê tông đặc, bao gồm từ khoảng 5% đến khoảng 50% khối lượng là chất hoạt hóa xi măng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 19.

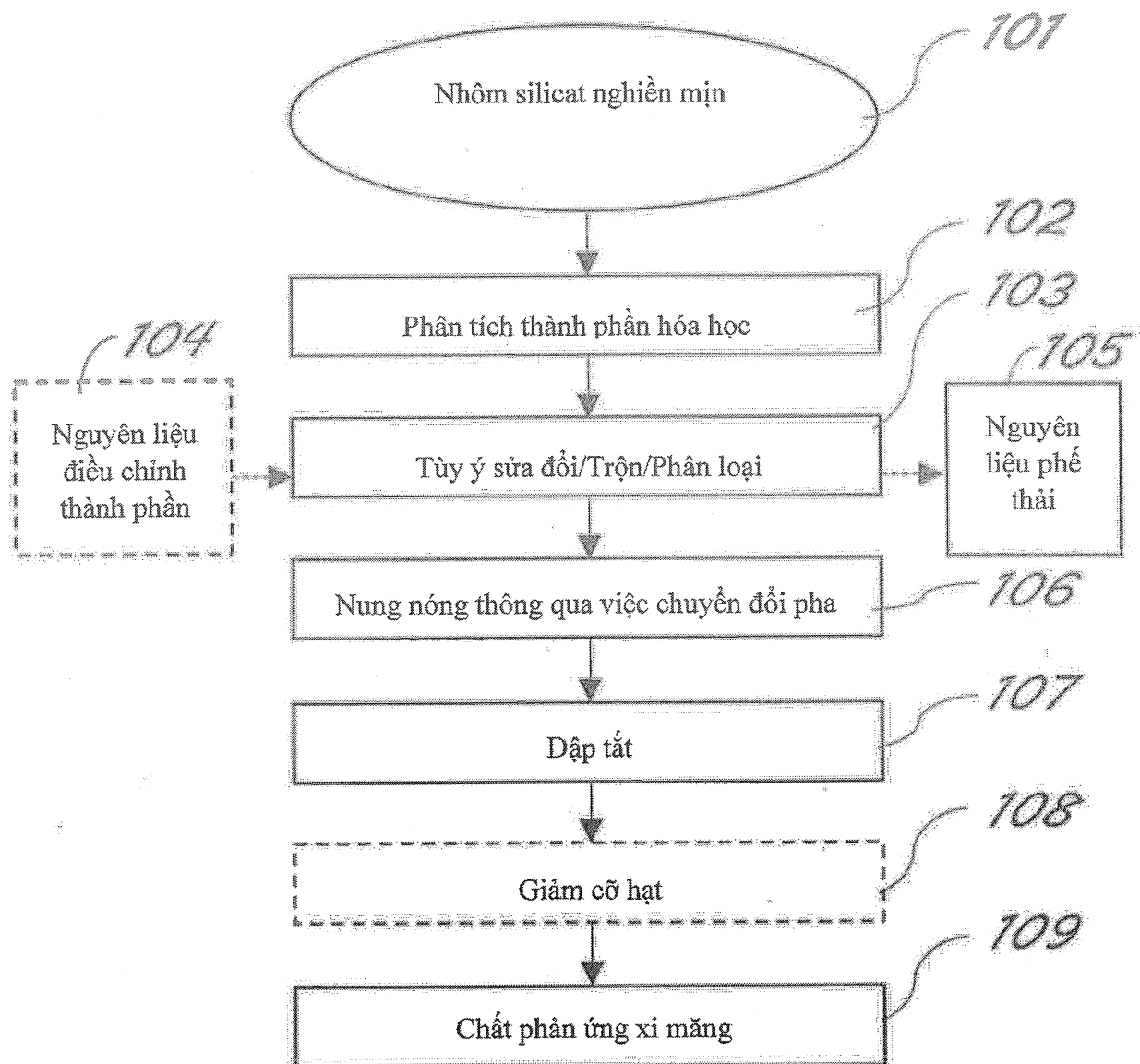


FIG.1

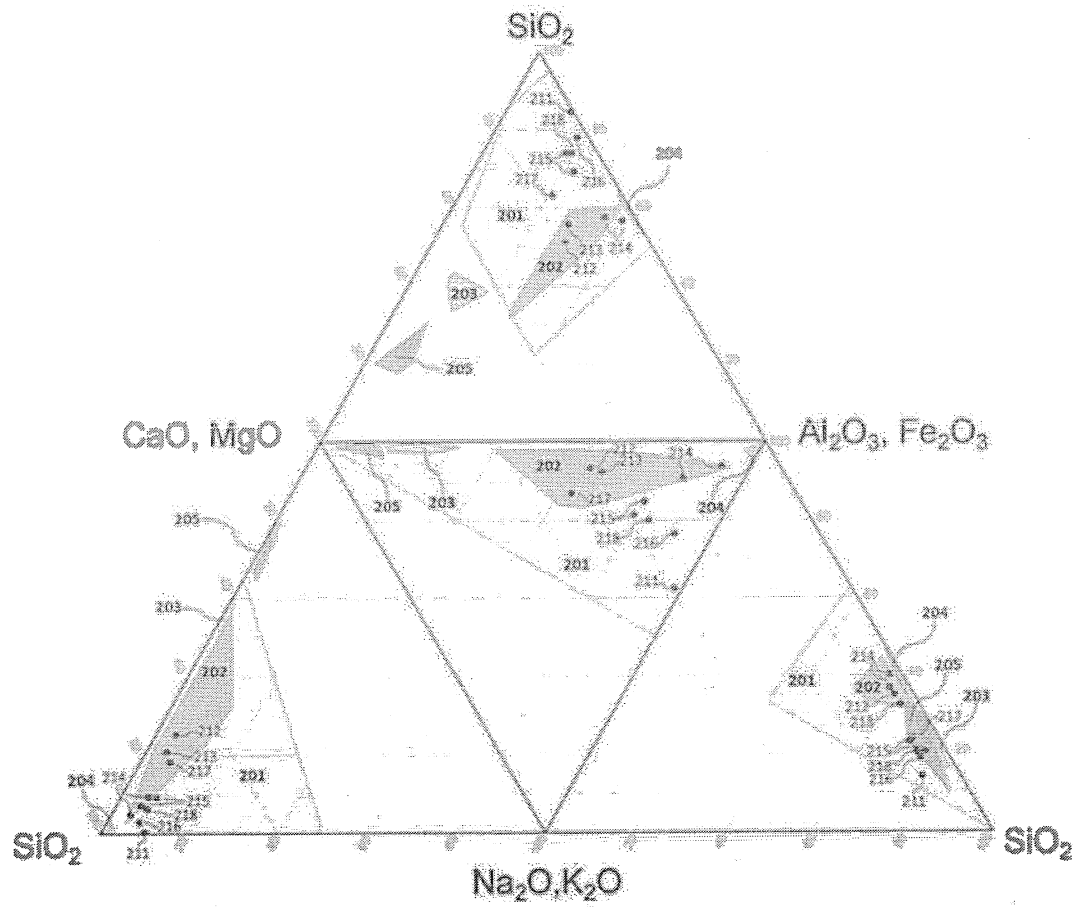


FIG. 2

3/20

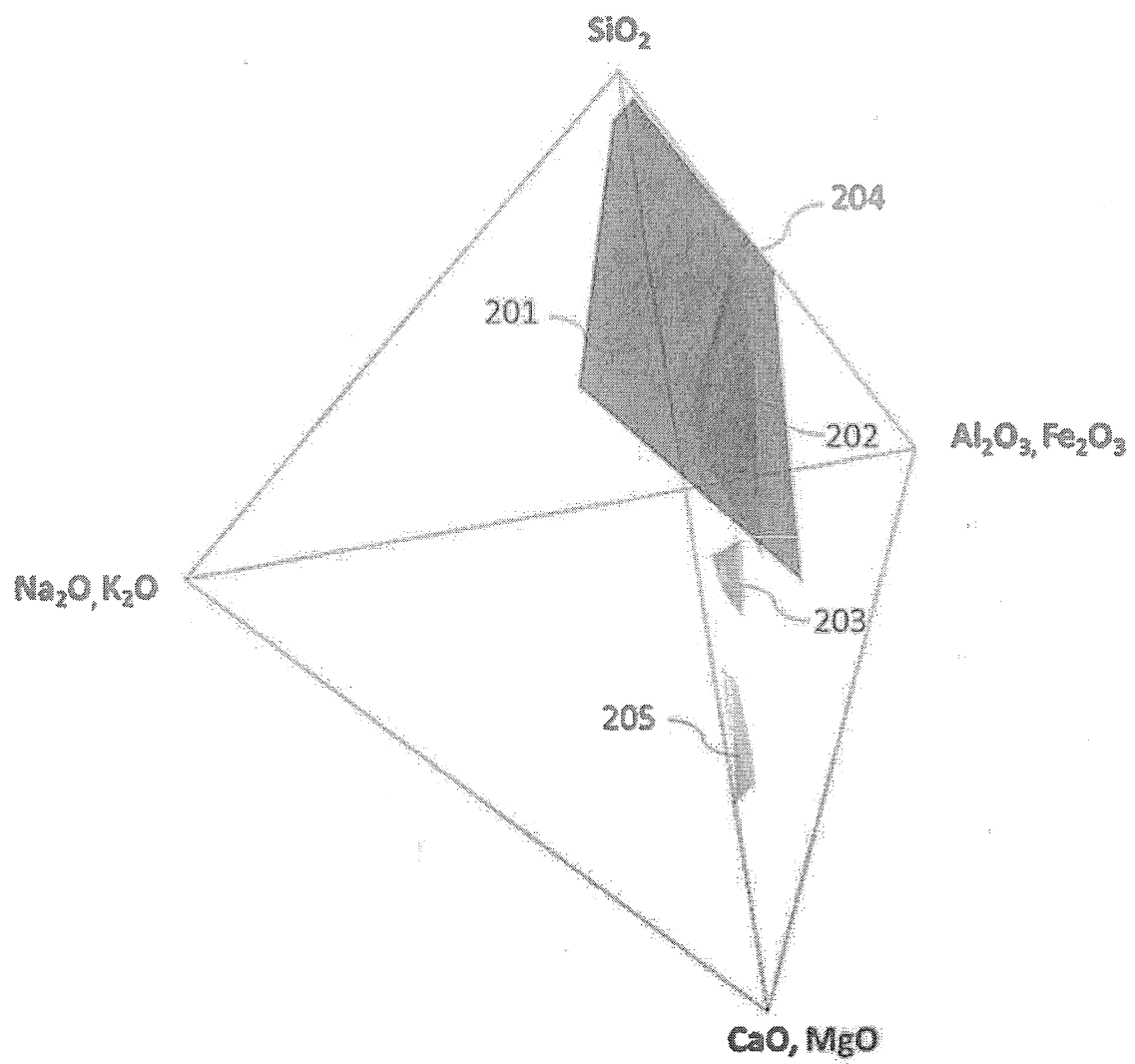
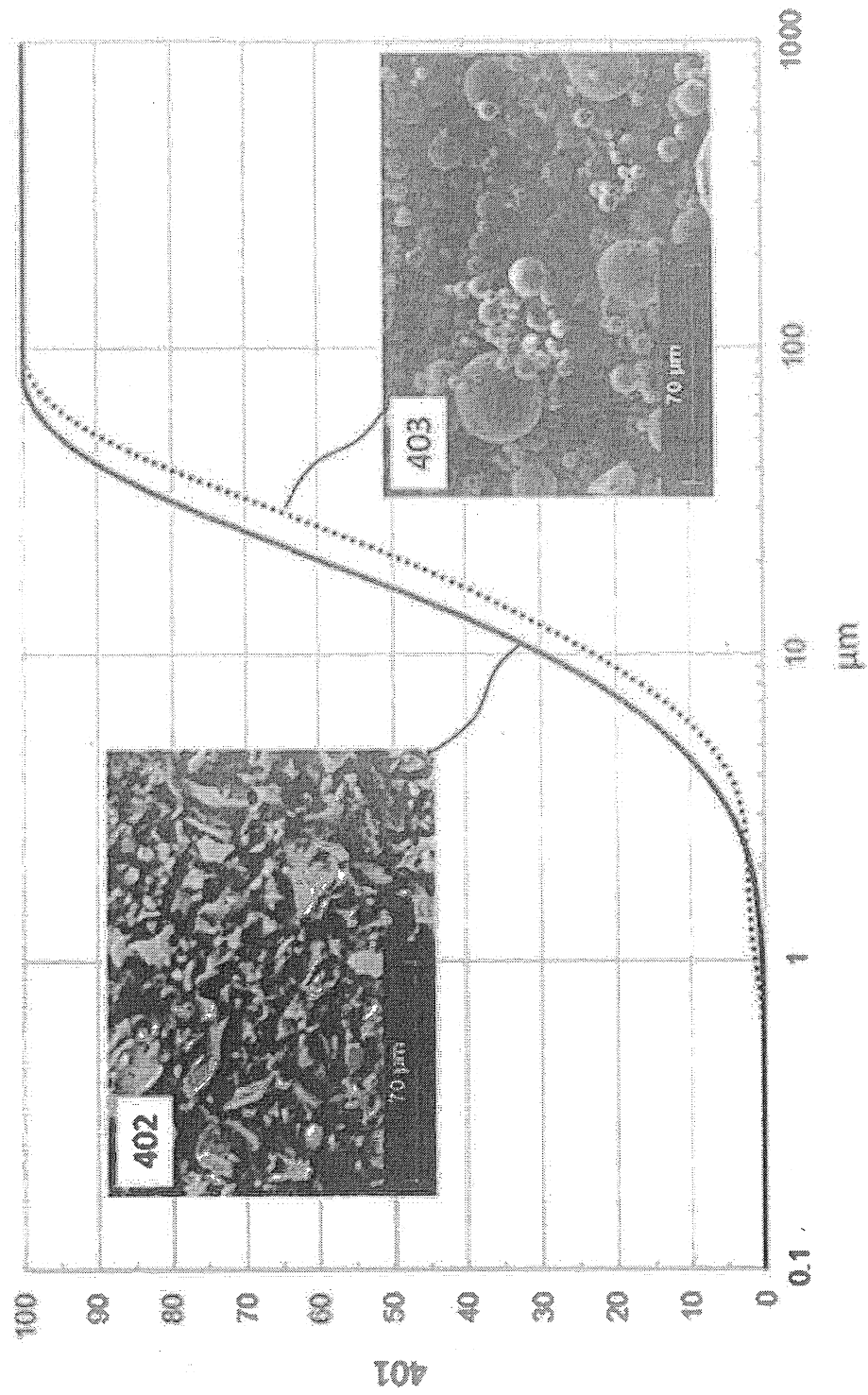


FIG.3

4 / 20



5/20

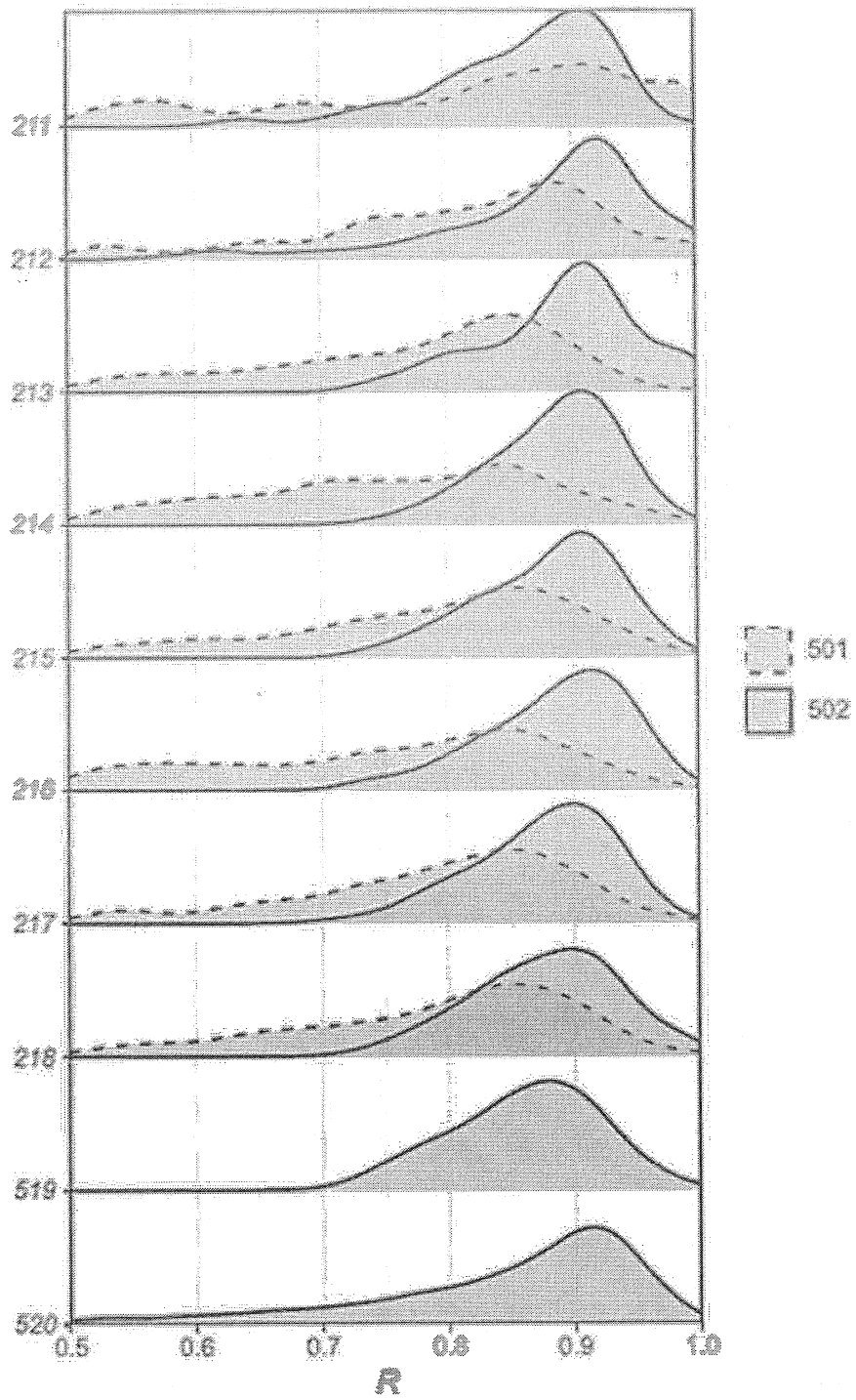


FIG.5

6/20

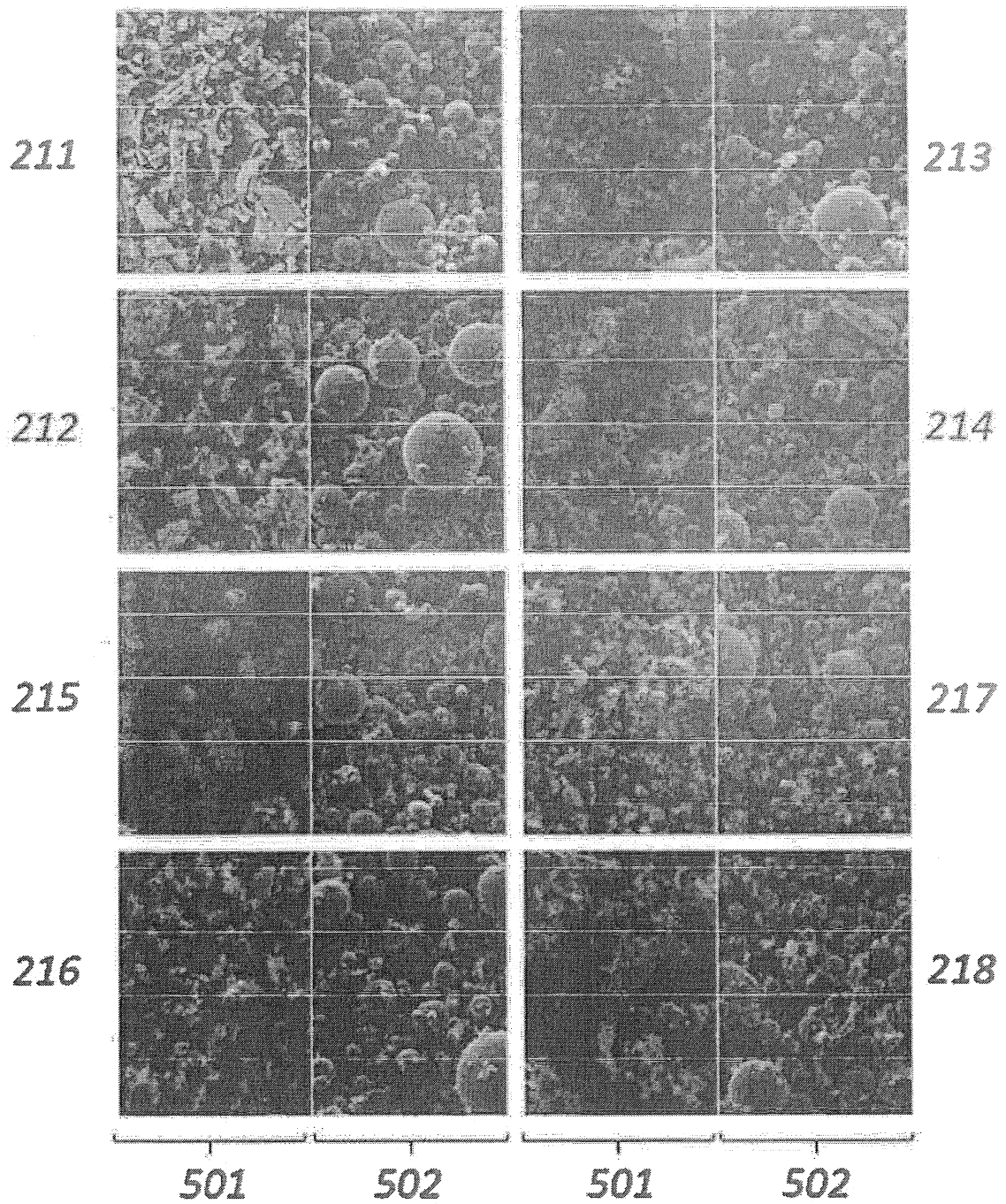
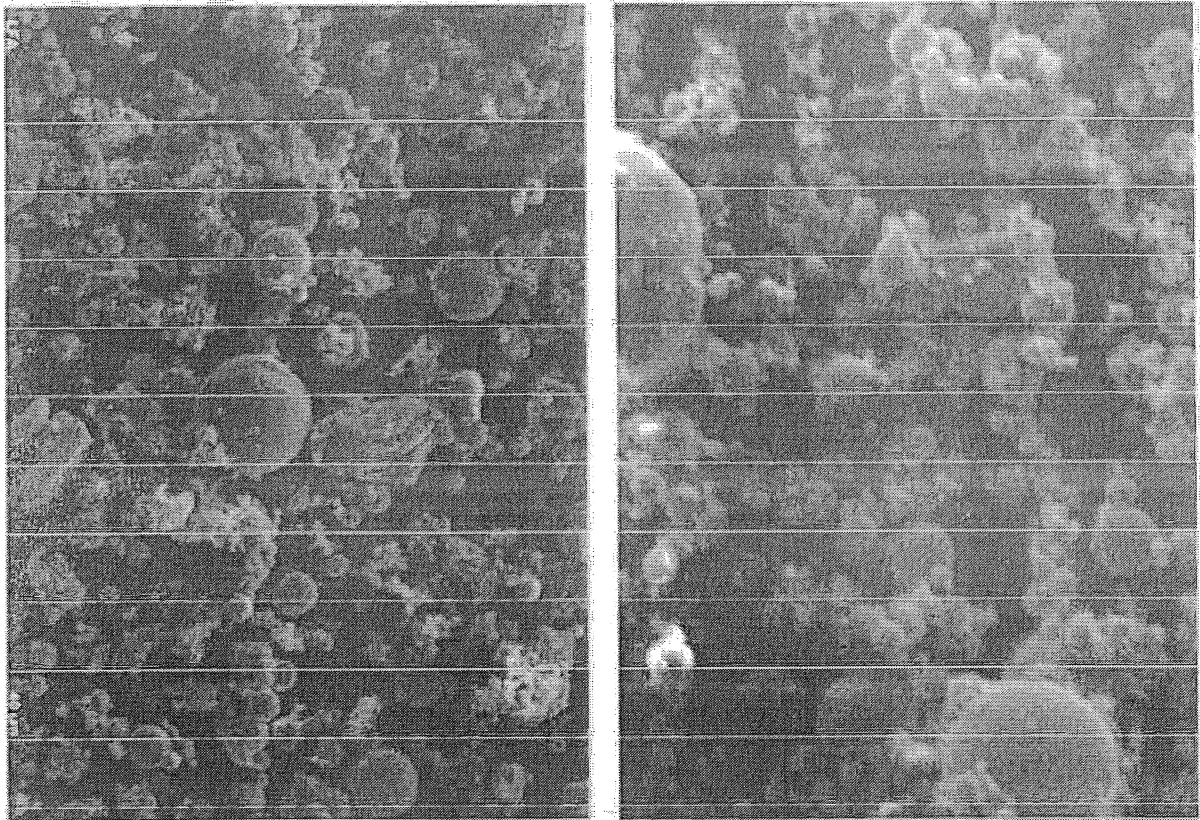


FIG.6

7/20



520

519

FIG.7

8/20

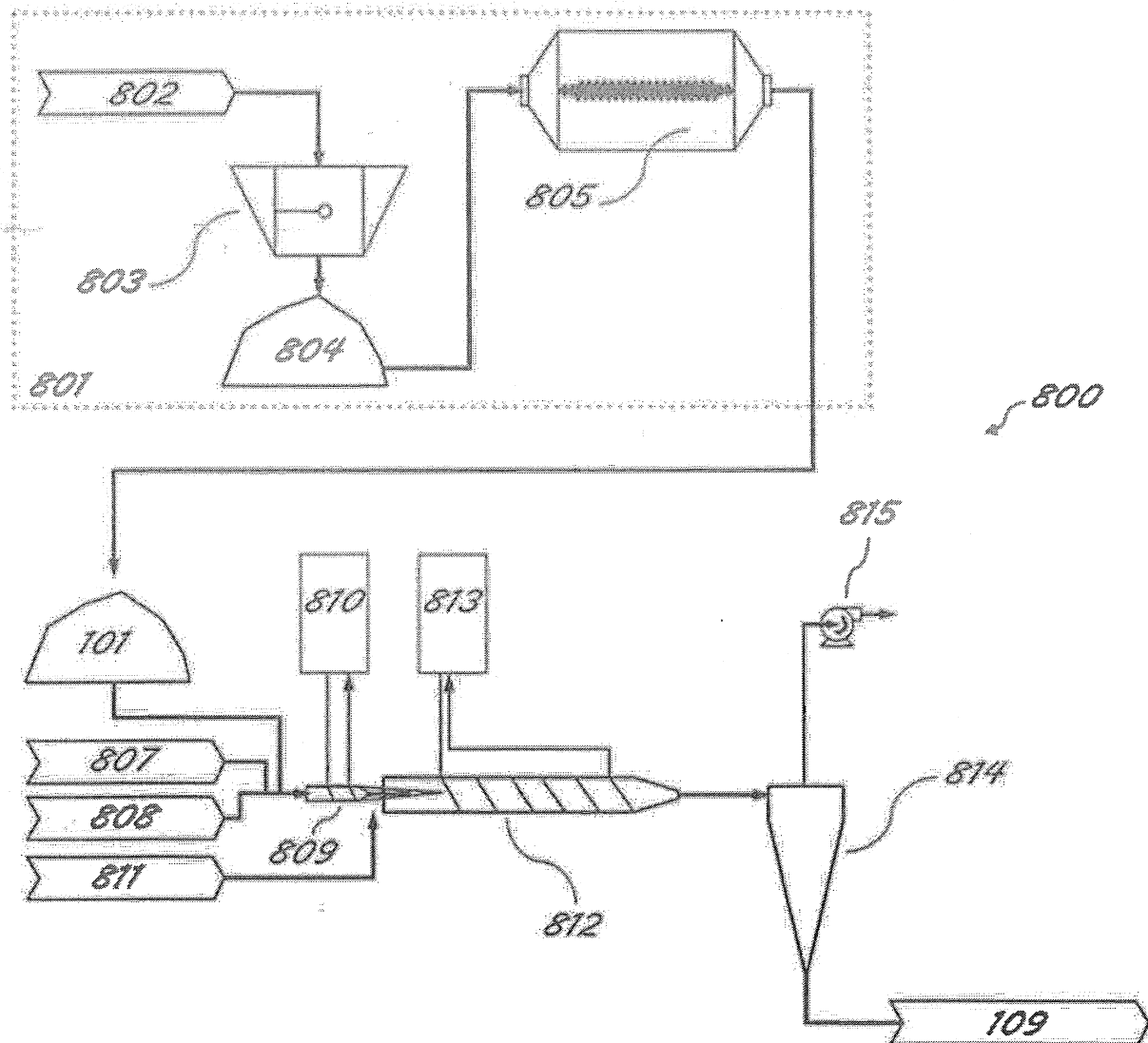


FIG.8

9/20

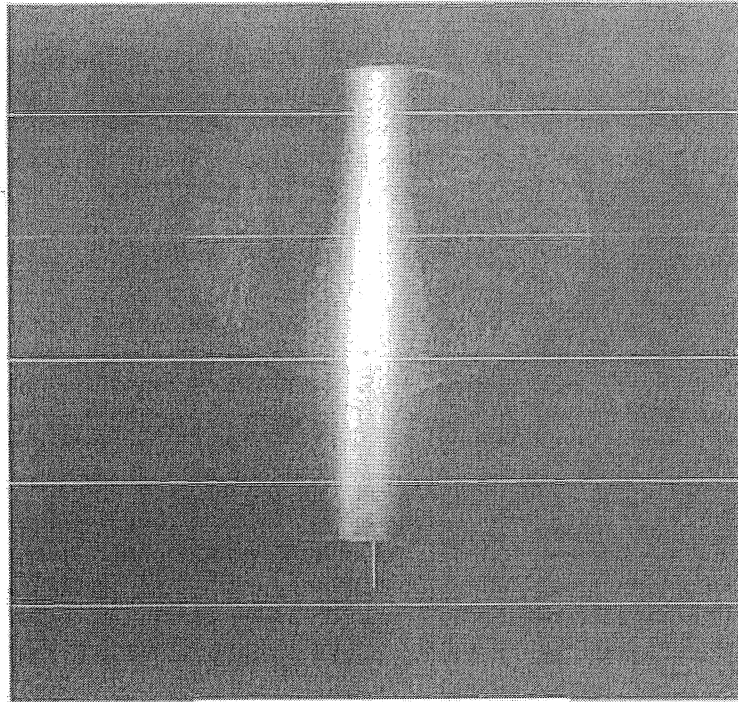


FIG. 9A

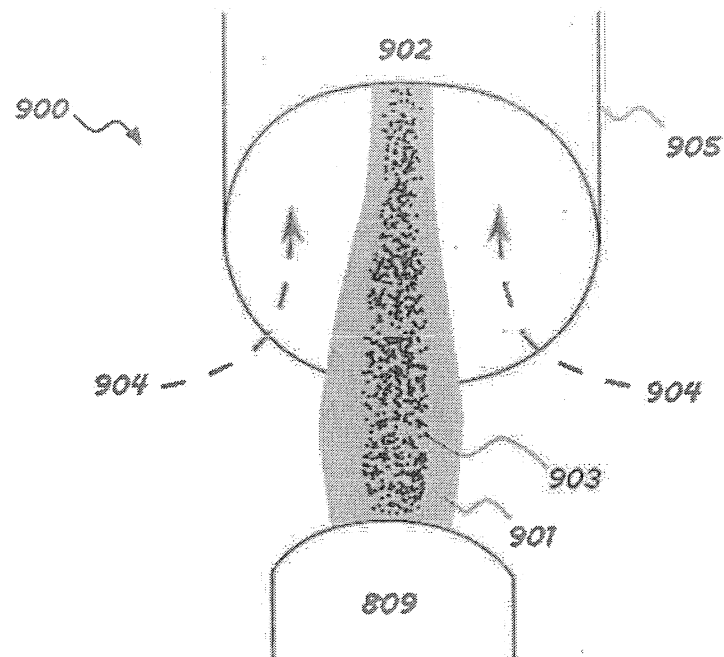


FIG. 9B

10/20

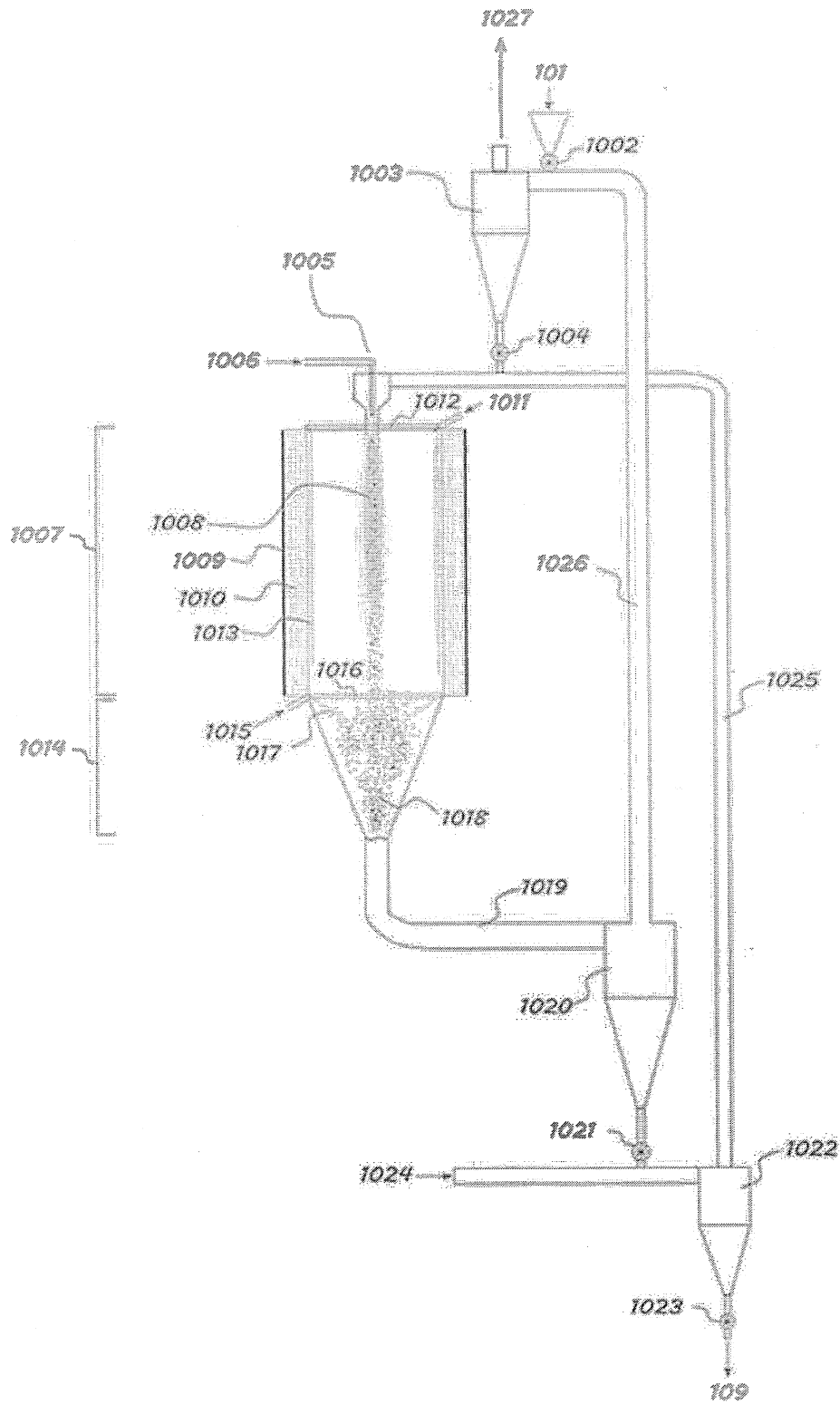
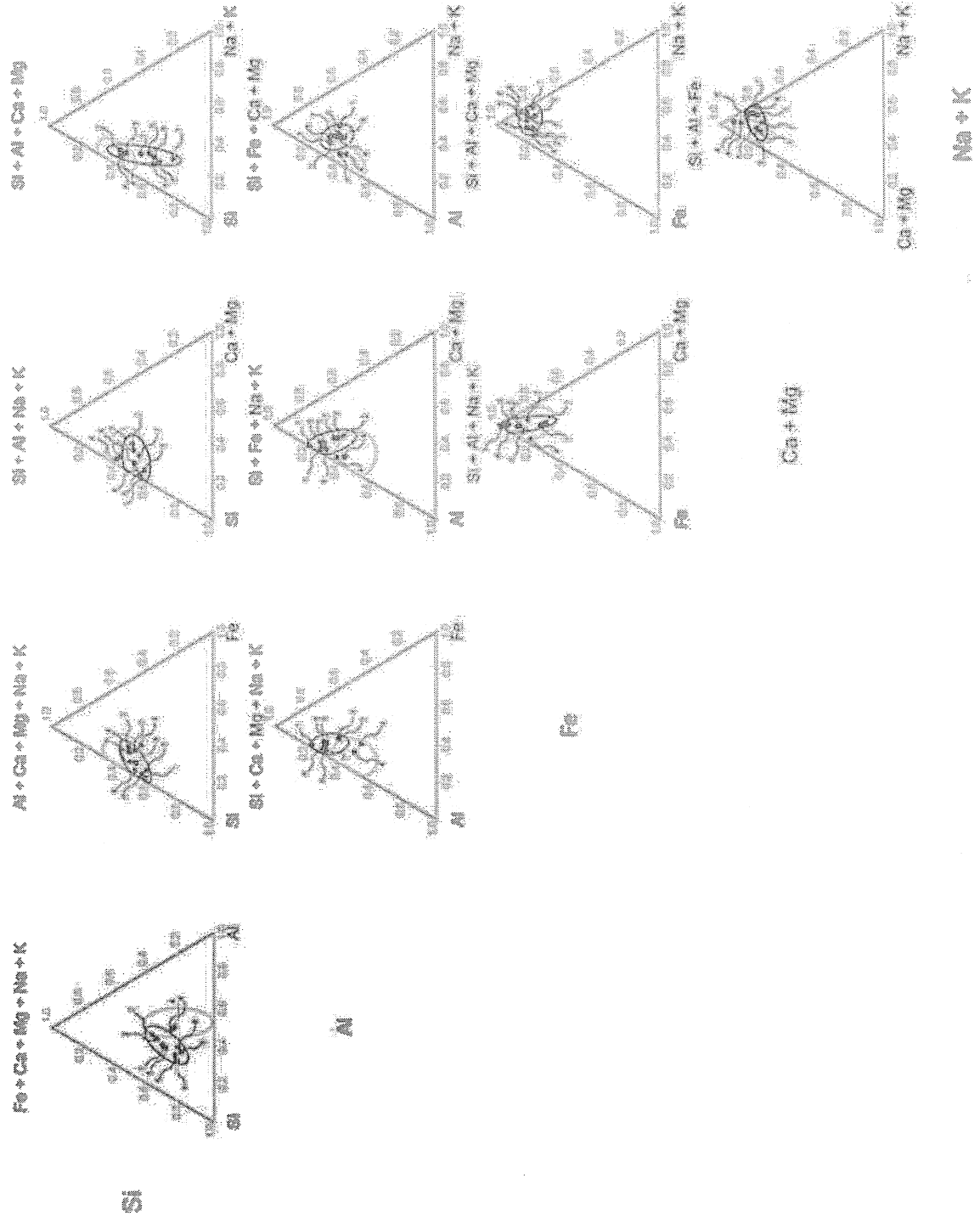


FIG.10

11 / 20



12/20

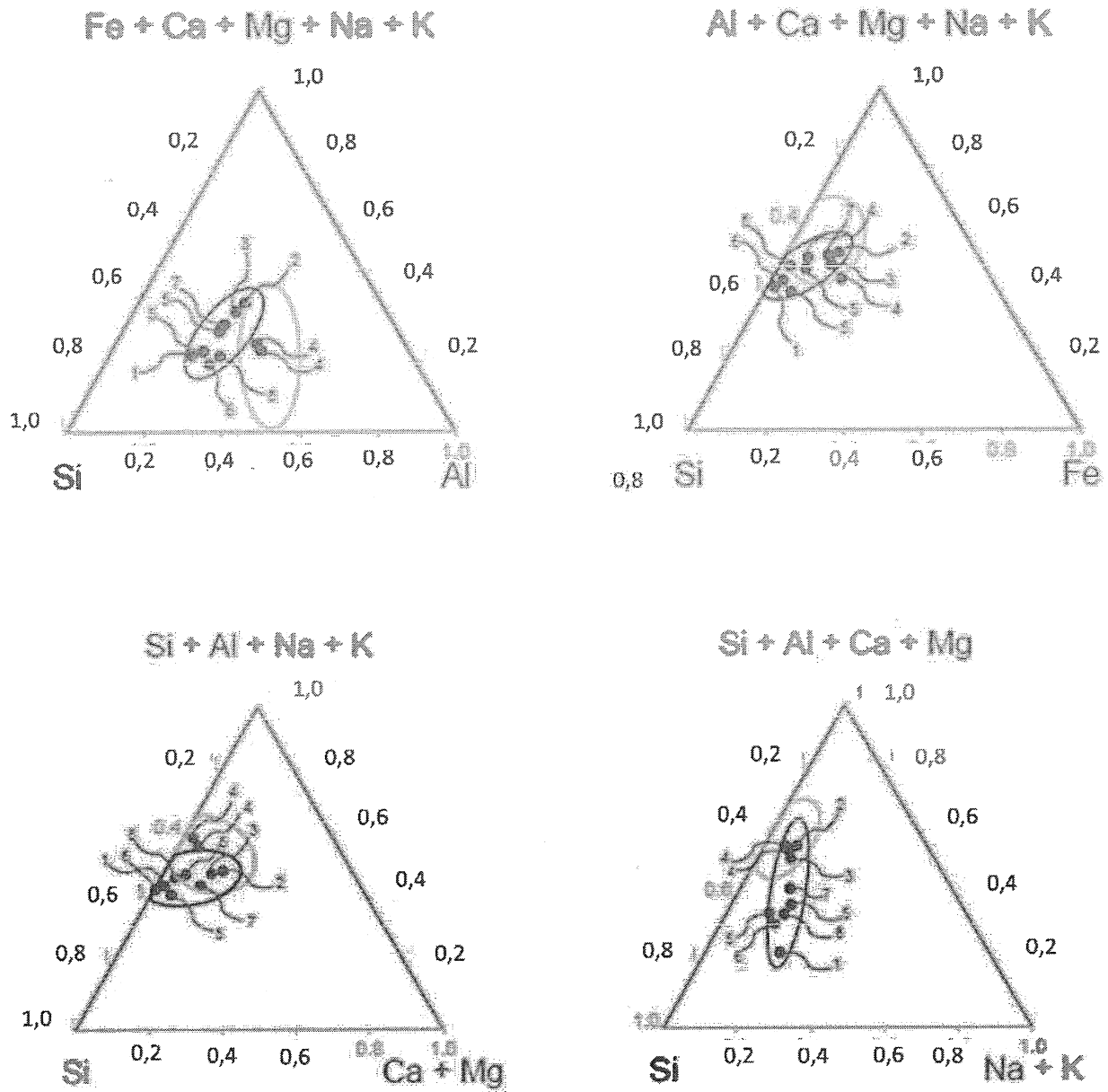


FIG.12

13/20

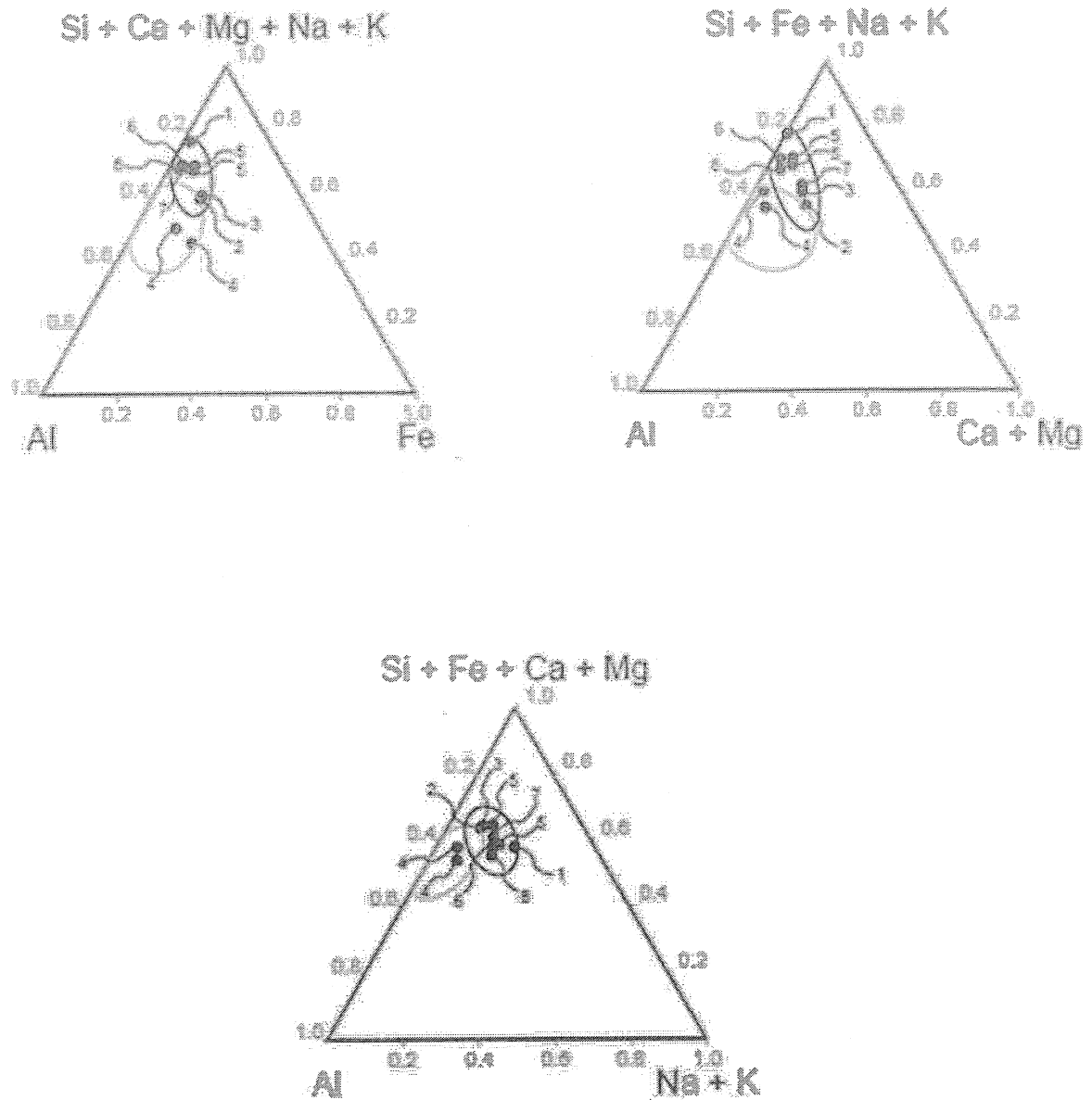


FIG.13

14/20

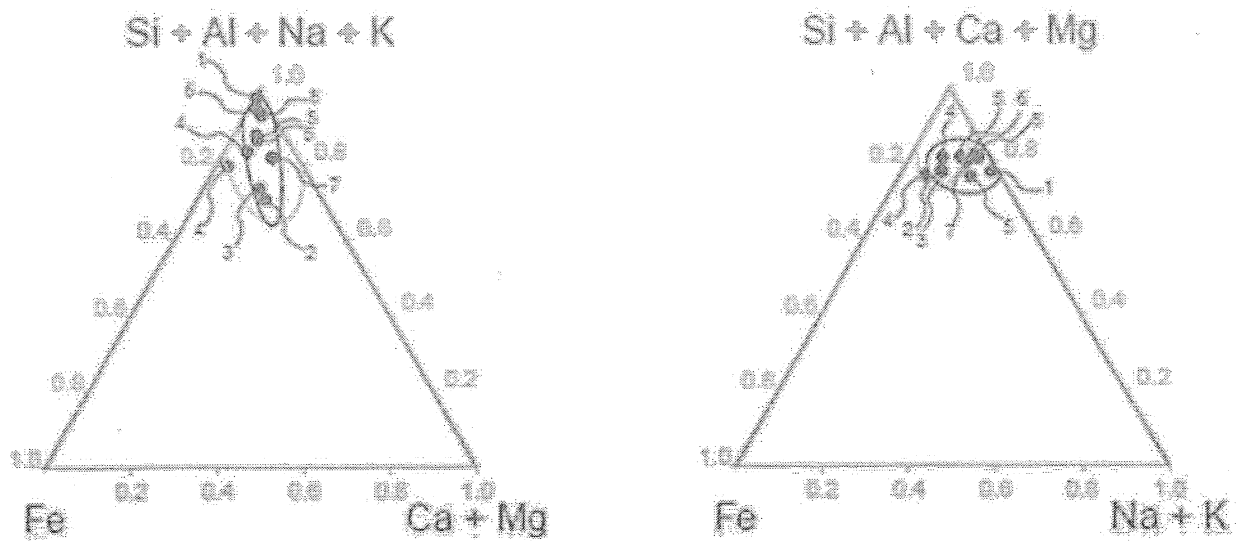


FIG.14

15/20

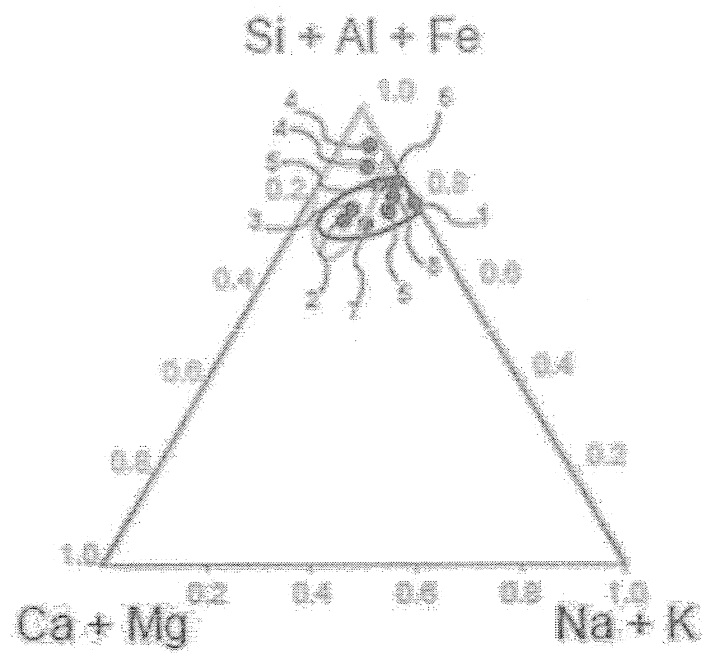


FIG.15

16/20

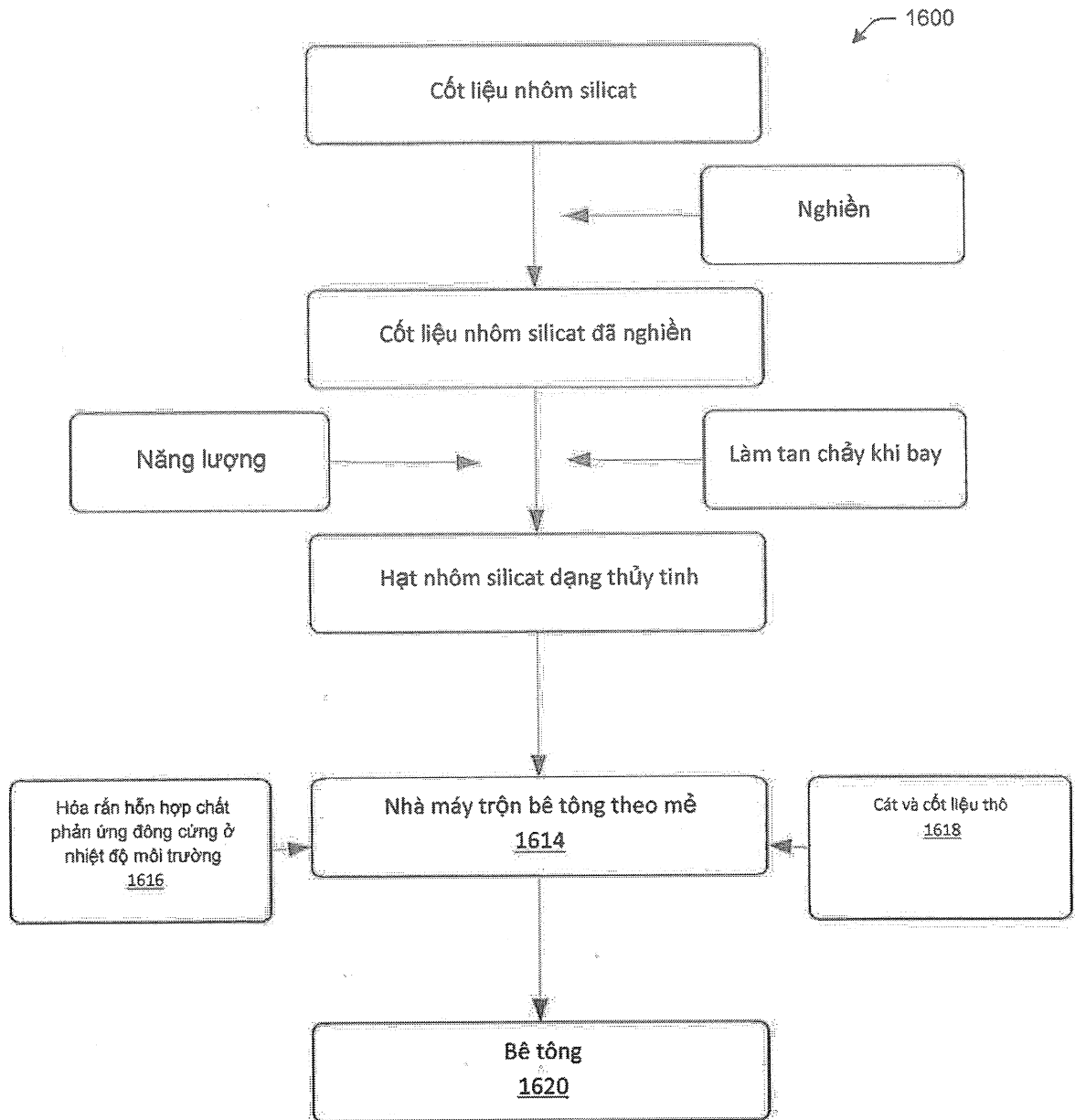


FIG.16

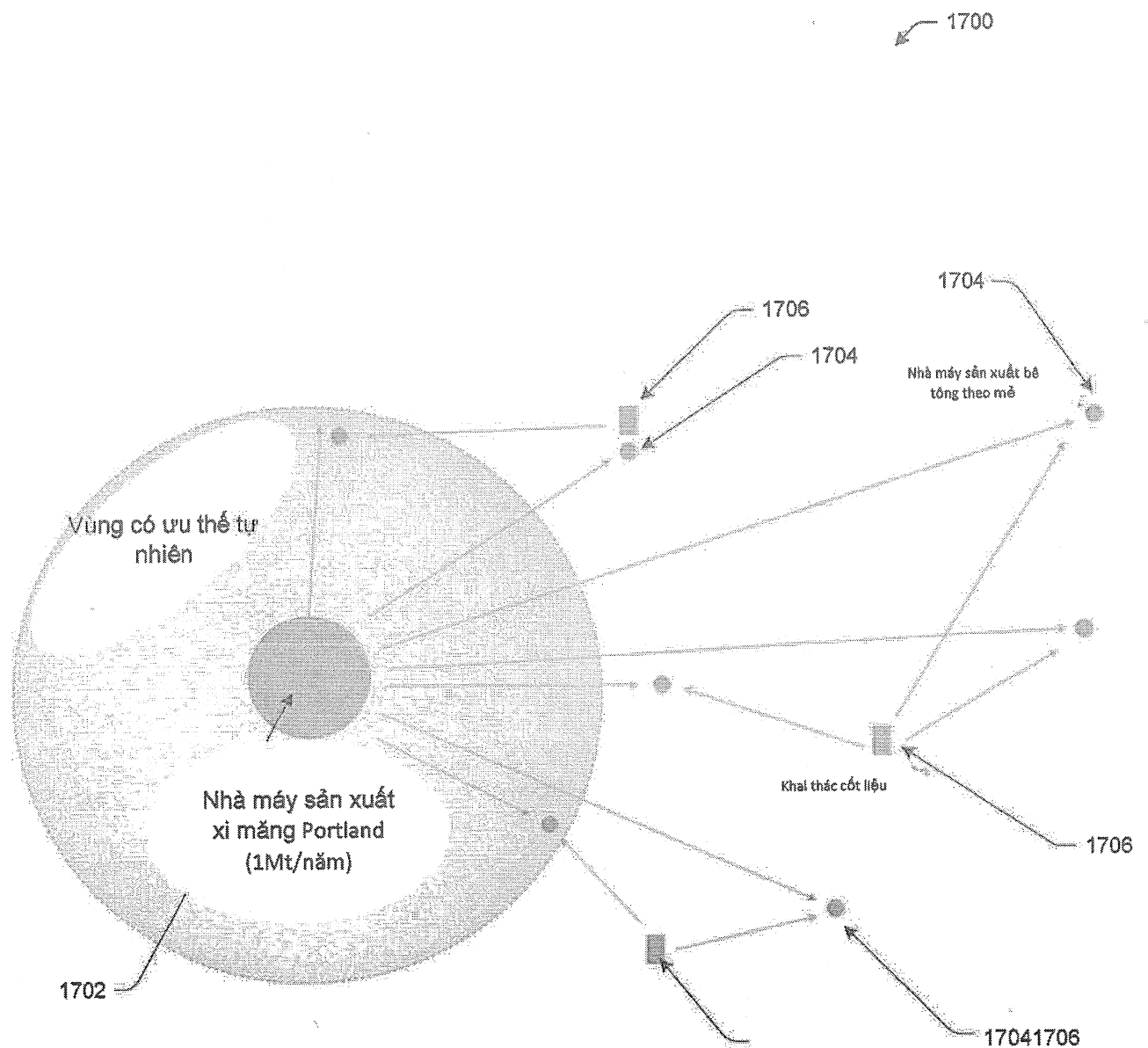


FIG. 17

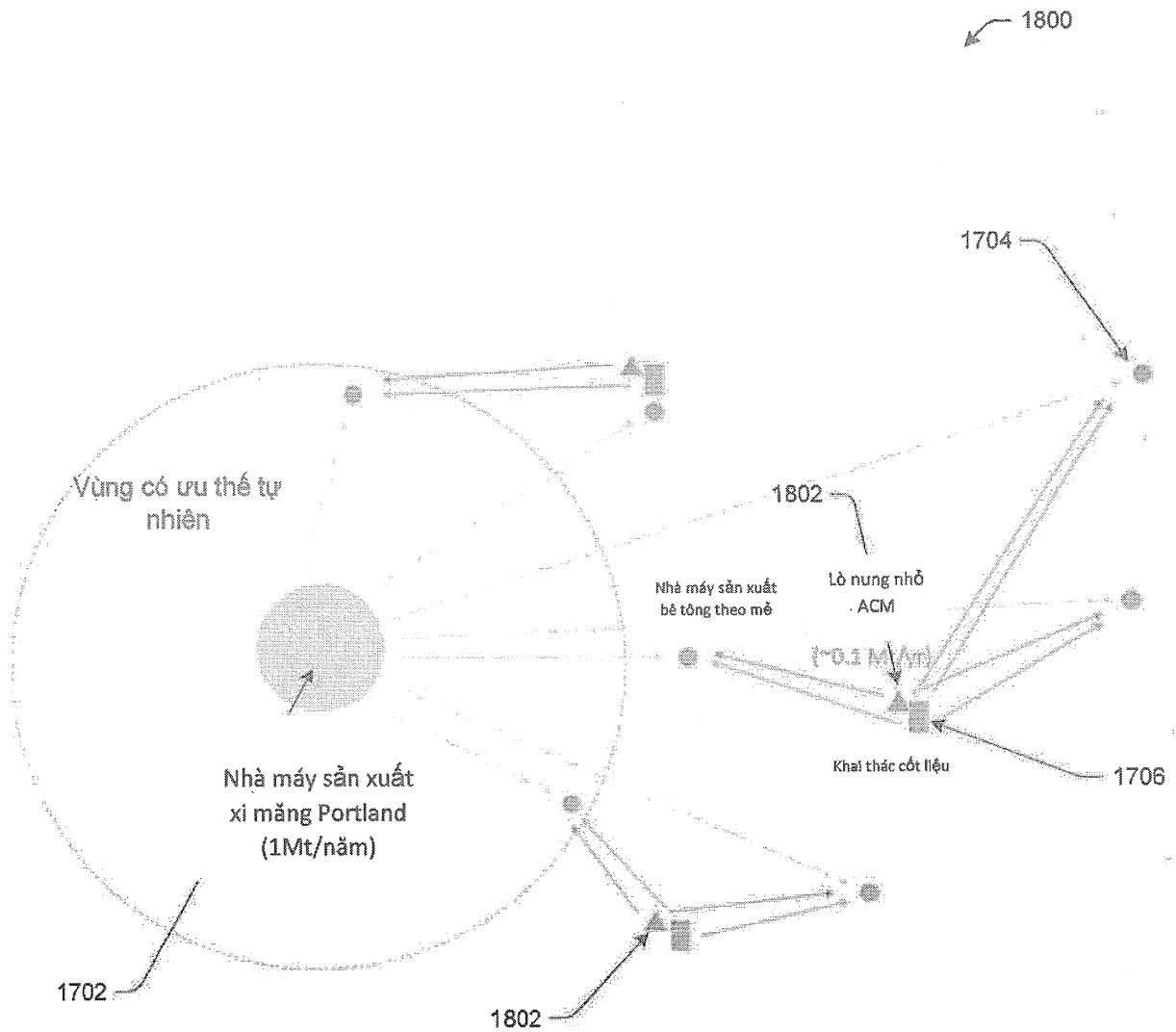


FIG.18

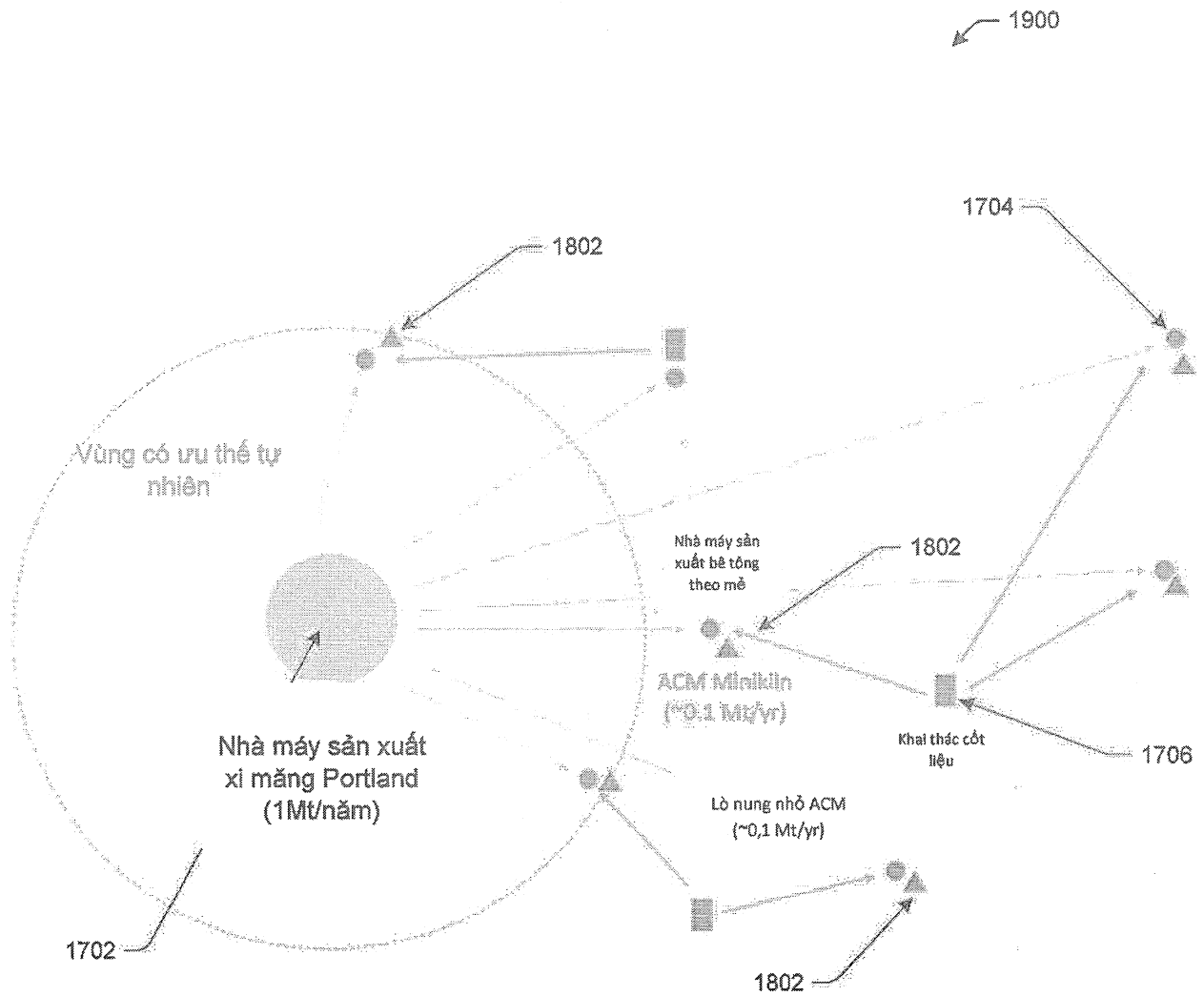


FIG.19

20/20

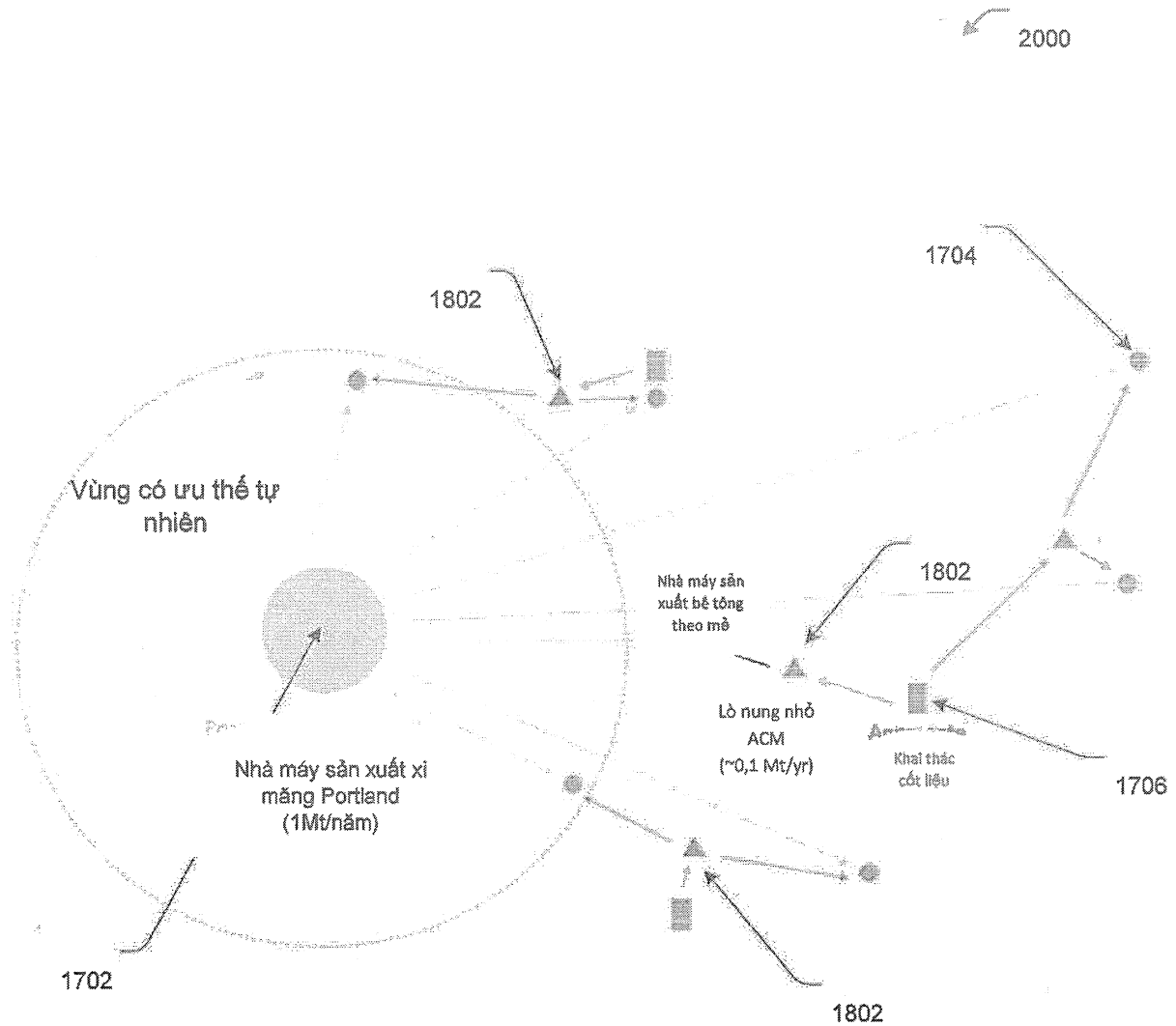


FIG. 20