



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

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

(11)



1-0036654

(51)^{2020.01} C04B 12/00; C04B 7/00

(13) B

(21) 1-2021-00676

(22) 05/02/2021

(45) 25/08/2023 425

(43) 25/05/2021 398

(73) Viện Khoa học Vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VN)
Viện Khoa Học Vật Liệu, số 18 Hoàng Quốc Việt, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) Phạm Ngọc Chức (VN); Đào Ngọc Nhiệm (VN); Đoàn Trung Dũng (VN); Nguyễn Thị Hà Chi (VN); Nguyễn Quang Bắc (VN); Dương Thị Lịm (VN); Phạm Ngô Nghĩa (VN); Đinh Quang Khiếu (VN).

(54) QUY TRÌNH XỬ LÝ TRO XỈ THẢI THÀNH VẬT LIỆU RẮN

(57) Sáng chế đề xuất quy trình xử lý tro xỉ thải thành vật liệu rắn bao gồm các bước:

(i) bổ sung lignin vào nước theo tỷ lệ khối lượng lignin/H₂O nằm trong khoảng từ 1/2 đến 1/4, gia nhiệt và khuấy để tạo ra dung dịch đồng nhất;

(ii) cho từ từ nanosilica, vào dung dịch lignin ở bước (i), vừa cho và vừa khuấy đều đến khi tạo thành hỗn hợp đồng nhất dạng gel lignin - nanosilica, trong đó tỷ lệ khối lượng nanosilica/lignin nằm trong khoảng từ 0,25 đến 1,0; và

(iii) trộn đều hỗn hợp gel lignin - nanosilica và tro xỉ thải, thực hiện đóng rắn để tạo ra vật liệu rắn.

Quy trình này cho phép chuyển hóa các chất thải độc hại thành các vật liệu rắn có ích trong xây dựng, đồng thời giải quyết một cách hiệu quả, kinh tế chất thải độc, ngăn được hiện tượng phát thải thứ cấp như việc thôi nhiễm kim nặng vào trong môi trường.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế thuộc lĩnh vực công nghệ môi trường, cụ thể, sáng chế đề cập đến quy trình xử lý tro xỉ thải thành vật liệu rắn, giúp xử lý tro xỉ thải thành vật liệu hữu ích, chẳng hạn như vật liệu xây dựng, xây dựng dân dụng hoặc đê kè chống xâm thực mặn, đồng thời vẫn đáp ứng các yêu cầu về mặt môi trường đối với việc phơi nhiễm chất độc hại trong tro xỉ thải ra ngoài môi trường.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Ngành công nghiệp sản xuất xi măng Pooclang đã phát triển toàn diện trong những năm gần đây. Nhu cầu về bê tông làm vật liệu xây dựng tăng lên nhanh chóng do tăng cường cơ sở hạ tầng. Tuy nhiên, việc sản xuất xi măng Pooclang tạo ra các vấn đề như phát thải CO₂, CO₂ là một trong những nguyên nhân gây nên sự nóng lên toàn cầu. Các hoạt động công nghiệp khác của con người trên trái đất tạo ra 2.500 triệu tấn chất thải mỗi năm. Để đáp ứng nhu cầu nguyên vật liệu kết dính cho phát triển hạ tầng nhưng vẫn cần đảm bảo yêu cầu cắt giảm phát thải CO₂ và các chất thải khác, có nhu cầu đối với việc thay thế xi măng truyền thống bằng các chất kết dính mới thân thiện với môi trường hơn.

Bên cạnh đó, chất thải phát sinh từ các ngành công nghiệp như tro xỉ thải từ các nhà máy nhiệt điện, nhà máy xử lý rác, nhà máy luyện kim, luyện nhôm, v.v., ngày càng lớn và việc xử lý chúng cũng trở nên phức tạp hơn. Đối với tro xỉ thải đã có nhiều phương pháp xử lý được đề xuất như chôn lấp, làm nguyên liệu sản xuất geopolyme. Trong đó, chôn lấp không được ưu tiên do tốn quỹ đất, tồn nhiều chi phí xử lý, nguy cơ phơi nhiễm các chất độc hại trong tro xỉ thải vào trong đất và nước ngầm.

Phương pháp xử lý được quan tâm nhất hiện nay là dùng làm nguyên liệu sản xuất geopolyme. Theo đó, tro xỉ thải được trộn cùng tro bay, có thể có cả xi măng poclang để tăng cường độ và chất kiềm hoạt hóa là hỗn hợp của kiềm mạnh như NaOH và kiềm yếu như thủy tinh lỏng. Sau khi đóng khuôn, hỗn hợp vật liệu cần đóng rắn trong điều kiện nhiệt độ cao, có hơi nước (quá trình chưng

áp) để định hình và tạo độ cứng ban đầu cho vật liệu. Vật liệu thu được này vẫn có khả năng phơi nhiễm chất độc hại trong quá trình sử dụng.

Như vậy, phương pháp nêu trên vẫn thường vẫn tồn tại một số nhược điểm:

- vẫn cần sử dụng xi măng pooclang để đạt được cường độ mong muốn,
- vẫn cần sử dụng tro bay, là một nguyên liệu đang có xu hướng tăng giá do đang được ưu tiên sử dụng trong các lĩnh vực có hiệu quả kinh tế cao hơn như độn vào xi măng cường độ cao, sản xuất bê tông cường độ cao, v.v.,
- điều kiện sản xuất khắc nghiệt, tốn chi phí nên làm tăng giá thành sản phẩm,
- sản phẩm đóng rắn thu được vẫn bị phơi nhiễm chất độc hại trong quá trình sử dụng, nên vẫn chưa giải quyết triệt để vấn đề ô nhiễm môi trường.

Có nhu cầu về quy trình có thể chuyển hóa tro xỉ thải thành các vật liệu rắn hữu ích, nhưng vẫn đáp ứng yêu cầu về môi trường ở góc độ phơi nhiễm chất độc hại trong quá trình sử dụng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là giải quyết vấn đề nêu trên, tức là đề xuất quy trình xử lý tro xỉ thải thành vật liệu rắn hữu ích có quy trình sản xuất đơn giản, không sử dụng các xi măng pooclang, đồng thời hạn chế được sự phơi nhiễm kim loại độc hại từ vật liệu đóng rắn trong quá trình sử dụng.

Cụ thể, sáng chế đề xuất quy trình xử lý tro xỉ thải thành vật liệu rắn bao gồm các bước:

(i) bổ sung lignin vào nước theo tỷ lệ khối lượng lignin/H₂O nằm trong khoảng từ 1/2 đến 1/4, gia nhiệt và khuấy để tạo ra dung dịch đồng;

(ii) cho từ từ nanosilica có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 50 đến 100nm, vào dung dịch lignin ở bước (i), vừa cho và vừa khuấy đều đến khi tạo thành hỗn hợp đồng nhất dạng gel lignin – nanosilica, trong đó tỷ lệ khối lượng nanosilica/lignin nằm trong khoảng từ 0,25 đến 1,0; và

(iii) trộn đều hỗn hợp gel lignin – nanosilica và tro xỉ thải, thực hiện đóng rắn để tạo ra vật liệu rắn.

Theo một phương án ưu tiên, tỷ lệ khối lượng lignin/H₂O nằm trong khoảng từ 1/2,5 đến 1/3,5, tốt nhất là 1/3.

Theo một phương án ưu tiên, tỷ lệ khối lượng nanosilica/lignin là 0,5.

Theo một phương án ưu tiên, lượng gel lignin – nanosilica được lấy sao cho lượng lignin nằm trong khoảng từ 1 đến 7,5% khối lượng, tính theo tổng khối lượng của hỗn hợp gel lignin – nanosilica và tro xỉ thải.

Theo một phương án ưu tiên, lượng gel lignin – nanosilica là 5% khối lượng, tính theo tổng khối lượng của hỗn hợp gel lignin – nanosilica và tro xỉ thải.

Theo một phương án ưu tiên, tro xỉ thải được chọn từ nhóm bao gồm tro xỉ lò đốt rác thải sinh hoạt phát điện, tro xỉ nhà máy nhiệt điện, tro xỉ lò cao, xỉ thải luyện nhôm hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng.

Theo một phương án ưu tiên, trong bước (iii) còn bao gồm việc bổ sung tới 6% khối lượng chất kiềm hoạt hóa là hỗn hợp của (tính theo tỷ lệ phần khối lượng): 1 phần khối lượng lignin, 4 phần khối lượng NaOH, 9 phần Na₂SiO₃, 1 phần khối lượng Na₂CO₃, và 8 phần khối lượng H₂O.

Mô tả chi tiết sáng chế

Quy trình theo sáng chế sẽ được mô tả một cách chi tiết theo từng công đoạn và điều kiện thực hiện ưu tiên.

Sáng chế, khác biệt ở chỗ, sử dụng gel lignin - nanosilica thay thế các chất đóng rắn thông thường, để đóng rắn tro xỉ thải thành vật liệu rắn. Gel lignin – nanosilica được tạo ra theo cách như sau.

Trước hết, bổ sung lignin vào nước theo tỷ lệ khối lượng lignin/H₂O nằm trong khoảng từ 1/2 đến 1/4, gia nhiệt và khuấy để tạo ra dung dịch đồng nhất. Nếu lượng nước bổ sung không đủ, chẳng hạn dưới tỷ lệ H₂O/lignin 2/1, thì sẽ tạo ra gel quá đặc trong bước trộn với nanosilica, cấu trúc của gel cũng không được hoàn thiện, dẫn đến vật liệu tạo thành sau khi trộn với tro xỉ thải không đáp ứng yêu cầu kỹ thuật. Nếu lượng nước bổ sung quá nhiều, chẳng hạn như lớn hơn tỷ lệ H₂O/lignin 4/1, thì gel trong bước trộn với nanosilica tiếp theo sẽ quá loãng, dẫn đến vật liệu tạo ra không ổn định được cấu trúc, không tạo thành vật

liệu rắn mong muốn. Để thuận lợi cho việc tạo ra dung dịch đồng nhất, thường thực hiện kết hợp việc gia nhiệt và khuấy trộn. Nhiệt độ, tốc độ khuấy và thời gian khuấy không bị hạn chế miễn là đạt được mục đích tạo ra dung dịch đồng nhất. Tốt nhất nếu dung dịch được gia nhiệt ở nhiệt độ trong khoảng từ 60 đến 90°C, và khuấy trong thời gian từ 1 đến 2 giờ.

Sau khi tạo ra dung dịch lignin trong nước đồng nhất, bổ sung từ từ nanosilica vào dung dịch này, khuấy để tạo ra hỗn hợp dạng gel lignin – nanosilica. Thời gian khuấy phụ thuộc vào lượng dùng nanosilica và khoảng phân bố cỡ hạt của silica, miễn sao tạo ra gel đồng nhất. Cỡ hạt của silica nằm trong khoảng nanomet, tức là không lớn hơn 100nm, tốt hơn là có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 50 đến 100nm. Vì ở kích thước từ 50nm đến 100nm là kích thước thích hợp để các tiểu phân này điền đầy vào các lỗ trống củ tro xỉ thải làm cho vật liệu dễ dàng kết khối với nhau. Lượng nanosilica được bổ sung theo tỷ lệ khối lượng nanosilica/lignin nằm trong khoảng từ 0,25 đến 1,0. Lượng nano silica nhỏ hơn sẽ không đủ để kết khối các tro xỉ thải. Lượng nanosilica lớn hơn sẽ dẫn đến chi phí cao cho nguyên liệu cũng như khó đóng rắn các tro xỉ thải. Để tăng tốc quá trình này, việc gia nhiệt có thể được áp dụng tương tự như quá trình hòa tan lignin vào nước.

Lignin và nanosilica là các nguyên liệu thương mại có bán sẵn trên thị trường Việt Nam.

Sau khi thu được lignin – nanosilica đồng nhất, gel này sẽ được sử dụng như là chất đóng rắn để đóng rắn các tro xỉ thải. Về mặt nguyên tắc, nó có vai trò tương tự như là các chất đóng rắn kiềm hoạt hóa trong sản xuất geopolymer, vì vậy, bên cạnh việc đóng rắn tro xỉ thải, nó được dự đoán là có thể dùng làm chất đóng rắn đối với các loại nguyên liệu nhôm silicat khác. Hỗn hợp gel lignin – nanosilica được trộn đều với tro xỉ thải, thực hiện đóng rắn để tạo ra vật liệu rắn. Việc đóng rắn được diễn ra ở điều kiện bình thường, không cần thực hiện việc nén ép hoặc dưỡng hộ bằng chưng áp hơi nước như các loại geopolymer khác. Tỷ lệ trộn được tính toán để hỗn hợp sau trộn có độ ẩm phù hợp với các quá trình gia công sản xuất, cũng như đảm bảo cân bằng đương lượng để vật liệu tro

xỉ thải được đóng rắn hoàn thiện cố định đầy đủ trong khung mạng polyme của lignin-silica. Lượng gel lignin – nanosilica được lấy sao cho lượng lignin (sau khi trộn với tro xỉ thải) nằm trong khoảng từ 1 đến 7,5% khối lượng, tốt nhất là 5% khối lượng, tính theo tổng khối lượng của hỗn hợp gel lignin – nanosilica và tro xỉ thải.

Tro xỉ thải thích hợp dùng trong sáng chế là các tro xỉ thải không cần tuyển phân loại để tiết kiệm chi phí sản xuất và tránh phát thải thứ cấp ra ngoài môi trường. Tro xỉ thải được chọn từ nhóm bao gồm tro xỉ lò đốt rác thải sinh hoạt phát điện, tro xỉ nhà máy nhiệt điện, tro xỉ lò cao, xỉ thải luyện nhôm hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng. Các loại tro xỉ thải khác có bản chất tương tự có thể được sử dụng mà không bị hạn chế ở các loại đã nêu trên. Tốt hơn nếu tro xỉ thải bao gồm tro xỉ thải của quá trình luyện nhôm. Xỉ thải trong quá trình luyện nhôm chứa hàm lượng lớn Al_2O_3 do đó thích hợp sử dụng để bổ sung vào làm vật liệu đóng rắn. Theo một phương án, tro xỉ thải là hỗn hợp của tro xỉ lò đốt rác thải sinh hoạt phát điện với lượng nằm trong khoảng từ 35 đến 65% khối lượng; xỉ lò cao từ 20 đến 50% khối lượng; xỉ thải luyện nhôm chứa hàm lượng lớn Al_2O_3 nằm trong khoảng 25 đến 45% khối lượng. Tốt hơn nữa nếu tro xỉ thải là hỗn hợp của 50% tro xỉ lò đốt rác thải sinh hoạt phát điện, 35% xỉ lò cao và 15% xỉ thải của quá trình luyện nhôm.

Theo một phương án được ưu tiên, trong bước (iii) còn bao gồm việc bổ sung tới 6% khối lượng chất kiềm hoạt hóa là hỗn hợp của (tính theo tỷ lệ phần khối lượng): 1 phần khối lượng lignin, 4 phần khối lượng NaOH , 9 phần Na_2SiO_3 , 1 phần khối lượng Na_2CO_3 , và 8 phần khối lượng H_2O .

Vật liệu đóng rắn thu được từ quy trình của sáng chế được sử dụng trong môi trường dân sinh hoặc sử dụng làm bê tông ngăn xâm thực mặn. Vật liệu này đáp ứng được các yêu cầu về cường độ và yêu cầu về phơi nhiễm chất độc hại như các kim loại nặng ra ngoài môi trường.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sáng chế mô tả chi tiết một số khía cạnh bằng các ví dụ thực hiện sáng chế như sau.

Ví dụ 1:

Khuấy đều dung dịch nước với tốc độ 250 vòng/phút chưa gia nhiệt. Sau đó, cho từ từ 100g lignin vào 300g H₂O cho đến khi hết 100g lignin và khuấy thêm 10 phút. Sau khi kết thúc quá trình trên bắt đầu gia nhiệt ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 70°C để hòa tan hoàn toàn lignin. Sau khoảng thời gian 2 giờ lignin sẽ tan hoàn toàn và tạo thành dung dịch lignin đồng nhất.

Từ dung dịch lignin đồng nhất thu được tiến hành cho từ từ 50g nanosilica vào và khuấy liên tục và gia nhiệt ở 70°C trong 2, thu được 450g gel lignin – nanosilica.

Hỗn hợp tro xỉ thải bao gồm: 50% khối lượng là xỉ lò đốt rác thải sinh hoạt phát điện, 15% khối lượng là xỉ thải của quá trình luyện nhôm, 35% khối lượng là xỉ lò cao.

Trộn đều 900g tro xỉ thải nêu trên với 450g gel lignin – nanosilica để tạo ra hỗn hợp đồng nhất. Rót vào khuôn lập phương để tạo ra các khối bê tông.

Các mẫu bê tông này được đem đi khảo sát cường độ nén, kết quả được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1: Tính chất của bê tông được chế tạo cơ sở gel lignin – nanosilica với tro xỉ thải

Kích thước mẫu bê tông	Cường độ nén sau 7 ngày (MPa)	Cường độ nén sau 28 ngày (MPa)
150x150x150mm	20,15	27,50

Kết quả thử nghiệm cho thấy cường độ nén của mẫu bê tông chế tạo từ gel lignin – nanosilica với tro xỉ thải có cường độ nén đạt 27,5 MPa sau 28 ngày tuổi.

Mẫu bê tông được chế tạo từ vật liệu đóng rắn trên cơ sở gel lignin – nanosilica với tro xỉ thải được thử nghiệm để đánh giá sự thôi nhiễm các kim loại nặng độc hại trong môi trường nước và trong môi trường chứa axit H₂SO₄ 0,1N trong 28 ngày và trong 64 ngày (tỷ lệ thể tích mẫu bê tông/nước hoặc axit là 1/10). Kết quả thử nghiệm được nêu trong bảng 2:

Bảng 2: Nồng độ các kim loại sau thời gian ngâm chiết 28 ngày và 64 ngày
trong môi trường nước

TT	Nguyên tố	Nồng độ kim loại sau khi ngâm chiết ở 28 ngày	Nồng độ kim loại sau khi ngâm chiết ở 64 ngày	Giới hạn nồng độ kim loại cho phép của vật liệu xây dựng (tiêu chuẩn Decree on Soil Quality DSQ của Hà Lan)
1	As	20,11	67,19	260
2	Cd	1,05	2,56	3,8
3	Cr	0,63	3,89	120
4	Cu	4,18	5,17	98
5	Ni	0,08	0,19	81
6	Pb	12,54	40,24	400
7	Zn	40,78	126,16	800

Các số liệu trên Bảng 1 chứng tỏ rằng nồng độ các kim loại nặng ngâm chiết ra từ mẫu bê tông thu được từ quy trình của sáng chế tăng lên sau thời gian ngâm chiết từ 28 ngày lên 64 ngày. Tuy nhiên, nồng độ kim loại nặng vẫn nhỏ hơn nhiều so với giới hạn quy định bởi (tiêu chuẩn Decree on Soil Quality DSQ của Hà Lan).

Các số liệu thử nghiệm mẫu bê tông với dung dịch H_2SO_4 0,1N (tỷ lệ thể tích mẫu bê tông/dung dịch axit là 1/10). Kết quả thử nghiệm được nêu trong bảng 3:

Bảng 3: Nồng độ các kim loại sau thời gian ngâm chiết 28 ngày và 64 ngày
trong môi trường axit

TT	Nguyên tố	Nồng độ kim loại sau khi ngâm chiết ở 28 ngày	Nồng độ kim loại sau khi ngâm chiết ở 64 ngày	Giới hạn nồng độ kim loại cho phép của vật liệu xây dựng (tiêu chuẩn Decree on Soil Quality DSQ của Hà Lan)
----	-----------	---	---	---

				Hà Lan)
1	As	68,44	76,43	260
2	Cd	2,66	2,88	3,8
3	Cr	3,76	4,05	120
4	Cu	5,43	5,93	98
5	Ni	0,12	0,34	81
6	Pb	38,23	46,82	400
7	Zn	132,14	140,86	800

Các số liệu trên bảng 2 cho thấy nồng độ các kim loại nặng giải phóng sau khi ngâm chiết với dung dịch axit H_2SO_4 0,1N ở 64 ngày nhỏ hơn nhiều so với giới hạn quy định bởi (tiêu chuẩn Decree on Soil Quality DSQ của Hà Lan).

Điều này có thể do sự có mặt của gel lignin – nanosilica hạn chế sự thôi nhiễm kim loại nặng ra môi trường bên ngoài. Tác giả sáng chế cho rằng sự có mặt của gel lignin – nanosilica sẽ tăng cường khả năng kết dính trong quá trình chế tạo vật liệu do gel nanosilica có chứa nhóm OH liên tạo liên kết, giảm tỷ lệ nước trong quá trình phối trộn chế tạo vật liệu đóng rắn. Ngoài ra, nanosilica rất dễ tạo thành các nhóm - OH trên bề mặt và tạo thành các liên kết với các kim loại nặng độc hại khác như Ni, As, Pb, Cd, Hg. Do đó, khi sử dụng nanosilica còn có tác dụng lưu trữ kim loại nặng như Ni, As, Pb, Cd, Hg có trong chất thải xỉ lò đốt rác, xỉ lò cao và xỉ thải luyện nhôm tránh thôi nhiễm ra môi trường bên ngoài gây ô nhiễm thứ cấp.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Quy trình theo sáng chế sẽ tận dụng được nguyên liệu tro xỉ thải, giải quyết được bài toán xử lý chất thải phát sinh trong quá trình sản xuất. Đây là nguồn nguyên liệu phát thải lớn hàng năm với lượng khoảng 15 – 20 triệu tấn/năm, sáng chế có ý nghĩa về vấn đề bảo vệ môi trường. Ngoài ra, vật liệu đóng rắn trên cơ sở gel lignin – nanosilica với tro xỉ thải dùng để sản xuất bê tông có thể sử dụng được cho môi trường dân sinh và có thể được sử dụng trong môi trường chịu xâm thực như kè đê ven biển, cửa sông chịu xâm thực mặn.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình xử lý tro xỉ thải thành vật liệu rắn bao gồm các bước:

(i) bổ sung lignin vào nước theo tỷ lệ khối lượng lignin/H₂O nằm trong khoảng từ 1/2 đến 1/4, gia nhiệt và khuấy để tạo ra dung dịch đồng nhất;

(ii) cho từ từ nanosilica, vào dung dịch lignin ở bước (i), vừa cho và vừa khuấy đều đến khi tạo thành hỗn hợp đồng nhất dạng gel lignin – nanosilica, trong đó tỷ lệ khối lượng nanosilica/lignin nằm trong khoảng từ 0,25 đến 1,0; và

(iii) trộn đều hỗn hợp gel lignin – nanosilica và tro xỉ thải, thực hiện đóng rắn để tạo ra vật liệu rắn.

2. Quy trình xử lý tro xỉ thải thành vật liệu rắn theo điểm 1, trong đó tỷ lệ khối lượng lignin/H₂O tốt hơn nếu nằm trong khoảng từ 1/2,5 đến 1/3,5, tốt nhất là 1/3.

3. Quy trình xử lý tro xỉ thải thành vật liệu rắn theo điểm 1 hoặc 2, trong đó tỷ lệ khối lượng nanosilica/lignin là 0,5.

4. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó lượng gel lignin – nanosilica được lấy sao cho lượng lignin nằm trong khoảng từ 1 đến 7,5% khối lượng, tính theo tổng khối lượng của hỗn hợp gel lignin – nanosilica và tro xỉ thải.

5. Quy trình theo điểm 4, trong đó lượng gel lignin – nanosilica là 5% khối lượng, tính theo tổng khối lượng của hỗn hợp gel lignin – nanosilica và tro xỉ thải.

6. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó tro xỉ thải được chọn từ nhóm bao gồm tro xỉ lò đốt rác thải sinh hoạt phát điện, tro xỉ nhà máy nhiệt điện, tro xỉ lò cao, xỉ thải luyện nhôm hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng.

7. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó trong bước (iii) còn bao gồm việc bổ sung tới 6% khối lượng chất kiềm hoạt hóa là hỗn hợp của (tính theo tỷ lệ phần khối lượng): 1 phần khối lượng lignin, 4 phần khối lượng NaOH, 9 phần Na₂SiO₃, 1 phần khối lượng Na₂CO₃, và 8 phần khối lượng H₂O.