



(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)



1-0043917

(51)^{2020.01} C22B 5/12; C22B 7/00; C22B 26/12

(13) B

(21) 1-2021-03684

(22) 31/10/2019

(86) PCT/EP2019/079762 31/10/2019

(87) WO 2020/104164 28/05/2020

(30) 18207942.6 23/11/2018 EP

(45) 25/03/2025 444

(43) 27/09/2021 402A

(73) UMICORE (BE)

Rue du Marais 31, B-1000 Brussels, Belgium

(72) SCHEUNIS, Lennart (BE); CALLEBAUT, Willem (BE).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) QUY TRÌNH CÔ ĐẶC LITHI TRONG KHÓI LUYỆN KIM

(21) 1-2021-03684

(57) Sáng chế đề cập đến quy trình cô đặc lithi trong khói luyện kim. Quy trình này bao gồm các bước: - cung cấp lò chứa bể nóng chảy luyện kim; - chuẩn bị mẻ liệu luyện kim bao gồm vật liệu chứa lithi, kim loại chuyển tiếp và chất trợ chảy; - nấu chảy mẻ liệu luyện kim và chất trợ chảy trong các điều kiện khử trong lò này, từ đó thu được bể nóng chảy với pha hợp kim và xỉ; và, - tùy ý tách hợp kim và pha xỉ này; đặc trưng ở chỗ phần lớn lithi được sinh khói dưới dạng LiCl từ xỉ nóng chảy, bằng cách thêm clorua kiềm và/hoặc kiềm thổ vào quy trình này. Bằng cách sử dụng một bước nấu chảy duy nhất, thu được các kim loại chuyển tiếp có giá trị như coban và niken cũng có trong mẻ liệu luyện kim trong pha hợp kim, trong khi lithi đi theo khói. Lithi trong khói có sẵn ở dạng cô đặc, thích hợp cho quy trình gia công thủy luyện kim tiếp theo.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến quy trình cô đặc lithi trong khối luyện kim. Sau đó, lithi có thể được thu hồi từ khối này theo các nguyên tắc thủy luyện kim đã biết.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Mức tiêu thụ lithi trên thế giới đã tăng hơn gấp đôi trong thập kỷ qua. Sự gia tăng này chủ yếu là do lithi được sử dụng trong pin lithi-ion có thể sạc lại. Pin lithi-ion đã thực sự trở thành nguồn năng lượng điện được ưa chuộng trong bất kỳ trường hợp nào cần năng lượng cao hoặc công suất lớn trong các ứng dụng mà trọng lượng hoặc khối lượng ở mức cao. Sự gia tăng này có thể sẽ tiếp tục trong những năm tới: công suất toàn cầu của pin lithi-ion sẽ tung ra thị trường mỗi năm dự kiến sẽ đạt hàng trăm gigawatt-giờ vào cuối năm 2020.

Các loại hóa chất pin khác nhau đang được sử dụng, tất cả đều dựa trên quá trình oxy hóa và khử lithi. Các hợp chất catot được sử dụng rộng rãi bao gồm lithi coban oxit (lithium cobalt oxide - LCO), mangan lithi oxit (lithium manganese oxide- LMO), lithi niken mangan coban oxit (lithium nickel manganese cobalt oxide - NMC), lithi sắt photphat (lithium iron phosphate - LFP) và lithi niken coban nhôm oxit (lithium nickel cobalt aluminum oxide - NCA). Ở anot, hợp chất xen giữa lithi-graphit là điển hình, với kim loại lithi hoặc lithi titanat (lithium titanate - LTO) cũng đang được phát triển. Lithi còn được sử dụng trong chất điện phân ở dạng LiPF_6 . Mức tiêu thụ lithi hiện tại trong pin lithi-ion chiếm khoảng một nửa tổng sản lượng lithi.

Lithi cũng được sử dụng trong các sản phẩm khác như pin tiêu lithi, cũng như trong kính chứa lithi, gốm, polyme, bột đúc, hợp kim, mỡ bôi trơn và dược phẩm.

Từ những điều trên, rõ ràng là một lượng lớn lithi sẽ có sẵn trong tất cả các loại phế liệu sản xuất và hàng hóa hết hạn sử dụng. Việc thu hồi lithi đó có thể mang lại những viễn cảnh trong công nghiệp lý thú nếu các quy trình hiệu quả được phát triển.

Cho đến nay, việc tái chế lithi từ các vật liệu không liên quan đến pin bị hạn chế khác nhiều trong việc gia công lại một số phế liệu sản xuất của quy trình sản xuất, như trong ngành công nghiệp thủy tinh và gốm. Do đó, dự kiến rằng trọng tâm trong tương lai sẽ là thu hồi lithi từ pin lithi-ion.

Pin lithi-ion liên quan đến các hợp chất phức tạp thường bao gồm các kim loại có giá trị đặc biệt như niken và coban. Do đó, các nghiên cứu trong lĩnh vực tái chế pin đã tập trung vào việc thu hồi các kim loại này hơn là việc thu hồi lithi. Tài liệu mô tả một số quy trình thủy luyện kim sử dụng nhiều bước chiết xuất và tinh chế để thu hồi niken và coban từ bột có nguồn gốc từ chất thải pin lithi-ion. Lithi thường được pha loãng trong dung dịch còn lại của bước thủy luyện kim cuối cùng. Thông thường, dòng dung dịch này được đưa thẳng đến nhà máy xử lý nước thải mà không tiến hành biện pháp thu hồi lithi bất kỳ. Trong một số ít trường hợp, lithi vẫn được thu hồi bằng cách kết tủa; bước này thường chỉ đạt được sản lượng thu hồi thấp, trừ khi nó được kết hợp với bước kết tinh và bay hơi tiêu tốn nhiều năng lượng.

Để thay thế quy trình thủy luyện kim hoàn toàn, người ta có thể chọn quy trình kết hợp bao gồm bước thứ nhất hỏa luyện kim. Hỏa luyện kim có lợi thế nổi tiếng là bền và linh hoạt đối với thành phần của vật liệu cung cấp cho máy, từ đó các nguyên tố cụ thể có thể dễ dàng được cô đặc vào một trong các giai đoạn luyện kim. Do đó, từ góc độ tái chế lithi, có thể xem xét đến nhiều loại phế liệu chứa lithi, bao gồm pin tiểu, pin sạc lại, kính, gốm, polyme và bột đúc.

Trong bối cảnh tái chế pin lithi-ion, việc thu hồi lithi bằng hỏa luyện kim đã được mô tả trong “Tận dụng xỉ tái chế pin” (Proceedings of the second international slag valorization symposium, pages 365-373, April 20th, 2011). Lithi là một trong những nguyên tố dễ bị oxy hóa nhất và được cho là có tác dụng với xỉ. Sau đó, quy trình thủy luyện kim được mô tả để thu hồi lithi từ xỉ. Tuy nhiên, đây là một công việc phức tạp do sự pha loãng của lithi trong xỉ dẫn đến các chất lỏng pha loãng chứa mức lithi có thể khai thác thấp.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất quy trình cô đặc lithi trong khối luyện kim, bao gồm các bước:

- cung cấp lò chứa bể nóng chảy luyện kim;
- chuẩn bị mẻ liệu luyện kim bao gồm vật liệu chứa lithi, kim loại chuyển tiếp và chất trợ chảy;
- nấu chảy mẻ liệu luyện kim và chất trợ chảy trong các điều kiện khử trong lò này, từ đó thu được bể nóng chảy với hợp kim và pha xỉ; và,
- tùy ý tách hợp kim và pha xỉ này;

đặc trưng ở chỗ phần lớn lithi được sinh khối dưới dạng LiCl từ xỉ nóng chảy, bằng cách thêm clorua kiềm và/hoặc kiềm thổ vào quy trình này.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế đề xuất giải pháp giúp giải quyết vấn đề pha loãng này bằng cách cô đặc lithi trong khối của hoạt động nấu chảy thay vì trong xỉ. Khối này được hình thành với lượng nhỏ hơn nhiều so với xỉ, do đó cung cấp sản phẩm ban đầu thú vị hơn cho quy trình thủy luyện kim. Hơn nữa, khối lithi đậm đặc có thể dễ dàng thoát ra ngoài, từ đó tạo điều kiện thuận lợi cho các bước tinh chế. Kết quả này đạt được nhờ việc bổ sung nguồn clorua thích hợp cho lò luyện.

Cần lưu ý rằng sự hình thành và sinh khối lithi dưới dạng LiCl , sử dụng CaCl_2 dưới dạng nguồn clorua, đã được mô tả trong bối cảnh thu hồi lithi từ spodumen. Một quy trình đã được mô tả trong đó spodumen đã nghiền mịn được trộn với CaCl_2 dạng bột, hỗn hợp này sau đó được nung ở nhiệt độ cao trong pha rắn.

Quy trình nung bằng clo như vậy được bộc lộ trong US 2,561,439 và 2,627,452.

US 2,561,439 đề cập đến quy trình nung clo hóa trong chân không đối với spodumen đã được pha trộn với CaCl_2 . LiCl thoát ra, khí này được cô đặc và thu hồi.

US 2,627,452 đề cập đến quá trình chuyển đổi nhiệt sơ bộ của spodumen alfa thành beta, sau đó bổ sung CaCl_2 và bằng cách xử lý nhiệt thứ hai trong lò quay, trong đó LiCl được hình thành và bay hơi.

Quy trình nung clo hóa này cũng đã được áp dụng đối với loại xỉ chứa lithi thu được từ quy trình nấu chảy khử để thu hồi kim loại từ pin lithi đã qua sử dụng. Quy trình này được thể hiện trong CN 107964593 A, trong đó xỉ chứa lithi đã đóng rắn trước tiên được nghiền nhỏ và sau đó được trộn với clorua kim loại như CaCl_2 . Sau đó, hỗn hợp này được nung và thu được LiCl thoát ra. Tuy nhiên, quy trình gồm nhiều bước bao gồm việc sản xuất xỉ thông qua bước nấu chảy, đóng rắn xỉ này, nghiền nó, trộn lẫn nó với CaCl_2 mịn, nung hỗn hợp và thu được LiCl như vậy vừa tốn kém vừa tiêu tốn nhiều năng lượng.

Tuy nhiên, trong quy trình theo sáng chế, việc sử dụng tốt thực hiện được từ thực tế là pha lỏng thu được trong quá trình nấu chảy, cho phép thu hồi kết hợp các kim loại có giá trị như sắt, đồng, coban và niken trong pha hợp kim và lithi trong khối, trong một hoạt động duy nhất. So với quy trình đã biết được đề cập ở trên, quy trình theo sáng chế

có lợi thế về hiệu quả đáng kể vì xỉ không cần phải tách, trộn với nguồn clorua, và sau đó được làm nóng lại để thực hiện việc sinh khói LiCl.

Để đạt được mục đích này, quy trình cô đặc lithi trong khói luyện kim được mô tả, bao gồm các bước:

- cung cấp lò chứa bể nóng chảy luyện kim;
- chuẩn bị mẻ liệu luyện kim bao gồm vật liệu chứa lithi, kim loại chuyển tiếp và chất trợ chảy;
- nấu chảy liệu luyện kim và chất trợ chảy trong các điều kiện khử trong lò này, từ đó thu được bể nóng chảy với pha hợp kim và xỉ; và,
- tùy ý tách hợp kim và pha xỉ này;

khác biệt ở chỗ phần lớn lithi được sinh khói dưới dạng LiCl từ xỉ nóng chảy, bằng cách thêm clorua kiềm hoặc kiềm thổ vào quy trình này.

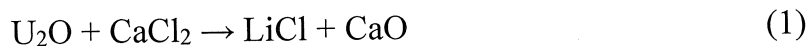
Việc bổ sung clorua dẫn đến việc sinh khói LiCl có thể được thực hiện trên xỉ nóng chảy, sau khi nó đã được tách ra khỏi hợp kim như bằng cách tháo.

Phần lớn lithi có nghĩa là ít nhất 50% khối lượng của lithi tham gia vào quy trình. Cụm từ “thêm clorua kiềm hoặc kiềm thổ” cũng có nghĩa là có thể thêm hỗn hợp clorua kiềm và kiềm thổ.

Trong quy trình này, các kim loại chuyển tiếp được quan tâm nhất là sắt, đồng, niken và coban.

Theo một phương án được ưu tiên, clorua kiềm hoặc kiềm thổ có thể được đưa vào lò dưới dạng một phần của mẻ liệu luyện kim, dưới dạng một phần của chất trợ chảy, hoặc được thêm riêng vào xỉ lỏng trong hoặc sau khi nấu chảy.

Hệ số tỷ lượng của clorua được xác định theo các phản ứng:



trong trường hợp của CaCl_2 hoặc MgCl_2 , tương ứng.

Lượng clorua theo hệ số tiêu tỷ lượng giúp các phản ứng này tiếp tục hoàn thành. Tốt hơn là, lượng clorua được thêm vào nên ít nhất là theo hệ số tỷ lượng với lithi trong khói. Tốt hơn nữa là, nên sử dụng lượng dư theo hệ số tỷ lượng lớn hơn 10%.

Khi muốn có sản lượng rất cao, thì lượng clorua được thêm vào ít nhất phải là theo hệ số tỷ lượng với lithi trong xỉ. Tốt hơn nữa là, nên sử dụng lượng dư theo hệ số

tỷ lượng lớn hơn 10%. Điều này, kết hợp với việc sử dụng CaCl_2 , sẽ đảm bảo sản lượng sinh khối lithi lớn hơn 80%, hoặc thậm chí lớn hơn 90%.

Nguồn clorua được ưu tiên là MgCl_2 , tốt hơn là CaCl_2 . Các clorua này có nhiệt độ sôi cao tương ứng là 1412°C và 1935°C ở áp suất bình thường, đảm bảo các clorua này luôn sẵn có để phản ứng với lithi bị oxy hóa trong xỉ ở nhiệt độ hoạt động của lò luyện.

Quy trình này đặc biệt thích hợp để cô đặc lithi có trong các vật liệu cũng chứa niken và/hoặc coban. Sau đó, pO_2 được duy trì ở mức đủ thấp để khử phần lớn ít nhất một trong số niken và coban về trạng thái kim loại, cho phép các nguyên tố này đi theo pha hợp kim. Phần lớn có nghĩa là ít nhất 50% khối lượng kim loại tham gia vào quy trình.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này biết cách thay đổi thế oxy hóa-khử bằng cách điều chỉnh tỷ lệ giữa chất oxy hóa như không khí hoặc O_2 và chất khử. Chất khử điển hình là khí tự nhiên hoặc than đá, nhưng cũng có thể là các thành phần kim loại như nhôm, cacbon nguyên tố và chất dẻo có trong liệu luyện kim. Thế oxy hóa-khử có thể được xác định bằng cách theo dõi sản lượng của các kim loại như niken và coban đối với hợp kim.

Lithi, chất dễ bị oxy hóa, được cho là có tác dụng định lượng trong xỉ. Sau đó, nó sẽ phản ứng với clorua được thêm vào tạo thành LiCl , chất này bay hơi dưới dạng khói.

Do đó, quy trình này được điều chỉnh đặc biệt để xử lý các vật liệu chứa lithi bao gồm pin lithi, phế liệu hoặc chất thải sản xuất của chúng.

LiCl đi theo khói có thể được tách và thu thập từ khí ống lò bằng cách sử dụng các hoạt động của bộ phận thông thường như thiết bị lọc, bộ lọc túi, thiết bị kết tủa tĩnh điện và bình xyclon.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Pin hết hạn sử dụng có thành phần theo Bảng 1 được cắt nhỏ để cho phép thao tác và định lượng dễ dàng hơn.

Sau đó, một bể nóng chảy được chuẩn bị trong nồi nấu alumin (nhôm oxit) 2 L, trong đó 400 g xỉ ban đầu được nung nóng và nấu chảy trong lò cảm ứng ở nhiệt độ 1500°C . Xỉ ban đầu này là kết quả của hoạt động trước đó và được sử dụng để cung cấp

bể chứa chất lỏng mà pin có thể được thêm vào. Thành phần của xỉ được nêu trong Bảng 2.

Khi xỉ được nấu chảy, pin được thêm vào cùng với đá vôi và cát chảy. Việc thêm vào này được thực hiện từ từ trong khoảng thời gian 2 giờ. Trong thời gian này, O₂ được thổi với tốc độ 160 L/giờ trên bề để đốt cháy Al kim loại và cacbon có trong pin.

Sau lần thêm phế liệu pin cuối cùng, CO được thổi qua bể với tốc độ 60 L/giờ trong 30 phút để thu được bể đồng nhất và cố định mức khử cuối cùng. Lấy mẫu hợp kim và xỉ. Mức cân bằng khối lượng của xỉ và hợp kim được thể hiện trong Bảng 2. Sản lượng được tính toán chỉ dựa trên các pha hợp kim và xỉ, do đó loại bỏ tổn thất (nhỏ) hoặc chuyển tiếp sang pha khí.

Bảng 1: Thành phần của pin

	Al	Co	Cu	Ni	Li
Pin (% khối lượng)	7	16	9	2,5	2,5

Bảng 2: Mức cân bằng vật liệu chi tiết của hoạt động nấu chảy trước khi thêm clorua

Đầu vào	Khối lượng (g)	Al (% khối lượng)	Si (% khối lượng)	Ca (% khối lượng)	Co (% khối lượng)	Cu (% khối lượng)	Ni (% khối lượng)	Li (% khối lượng)
Xỉ ban đầu	400	20	13	19	0,2	-	0,1	3,8
Pin	1000	7	-	-	16	9	2,5	2,0
Đá vôi	300	-	2,2	38,0	-	-	-	-
Cát	100	-	46,7	-	-	-	-	-

Đầu ra	Khối lượng (g)	Si (% khối lượng)	Ca (% khối lượng)	Co (% khối lượng)	Cu (% khối lượng)	Ni (% khối lượng)	Li (% khối lượng)	Al (% khối lượng)
Hợp kim	270	0,0	0,0	58,1	33,1	8,8	0,0	0,0
Xỉ	950	11,0	19,9	0,5	0,1	0,1	3,8	15,7

Đầu ra	Khối lượng (g)	Si (%) khối lượng)	Ca (%) khối lượng)	Co (%) khối lượng)	Cu (%) khối lượng)	Ni (%) khối lượng)	Li (%) khối lượng)	Al (%) khối lượng)
Sản lượng	22	0,0	0,0	97,2	99,0	94,6	0,0	0,0
Xi	78	100,0	100,0	2,8	1,0	5,4	100,0	100,0

Khi vẫn ở 1500°C , argon được thổi với tốc độ 60 L/giờ qua bể chất lỏng để đảm bảo trộn xỉ. Từ thí nghiệm này, rõ ràng là nếu không thêm clorua, Li sẽ vẫn còn trong xỉ.

Bắt đầu mỗi lần từ xỉ chứa lithi theo Bảng 2 ở trên, 4 thí nghiệm khác nhau được thực hiện, chỉ khác nhau về tổng lượng CaCl_2 được thêm vào. 4 lượng này đại diện cho clorua 0%, 60%, 100% và 120% cần cho phản ứng theo hệ số tỷ lệ với Li có trong xỉ. Trong những giờ đầu tiên, cứ 5 phút một lần, CaCl_2 được thêm vào từ từ với 12 lần thêm bằng nhau. Trước khi thử nghiệm, CaCl_2 được làm khô ở nhiệt độ 150°C để loại bỏ lượng nước dư thừa. Xi được để phản ứng thêm 30 phút sau lần thêm CaCl_2 cuối cùng, trong khi vẫn tiếp tục thổi khí Ar.

Mẫu xỉ được lấy trước khi thêm CaCl_2 , sau lần thêm cuối cùng và 30 phút sau lần thêm cuối cùng. Kết quả được thể hiện trong Bảng 3, cùng với sản lượng tổng thể của Li đối với khói.

Đối với việc thêm lượng dưới hệ số tỷ lệ là 60%, tất cả CaCl_2 phản ứng với Li trong xỉ để tạo thành LiCl dễ bay hơi. Tuy nhiên, 100% lượng CaCl_2 theo hệ số tỷ lệ không đủ để làm bay hơi lithi bằng định lượng. Lượng theo hệ số siêu tỷ lệ là 120%, tương đương với lượng vượt quá 20%, đạt được sản lượng lithi là 96%.

Các mẫu khói đều cho thấy nồng độ lithi là 15%, tương ứng với hàm lượng LiCl lớn hơn 90%. Phần còn lại chủ yếu là CaCl_2 hiện diện do sự chuyển dịch cơ học.

Bảng 3: Hàm lượng Li của xỉ theo hàm thời gian và hệ số tỷ lệ (CaCl_2)

CaCl_2	Hàm lượng Li trong xỉ	Sản lượng Li đối với khói
-----------------	-----------------------	---------------------------

Hệ số tỷ lượng	Trước khi thêm	Sau lần thêm cuối cùng	30 phút sau lần thêm cuối cùng	
0%	3,8	3,8	3,7	3%
60%	3,8	1,8	1,5	60%
100%	3,8	1,3	0,78	79%
120%	3,8	1,5	0,17	96%

Tương tự 4 thí nghiệm với CaCl_2 , 2 thí nghiệm được thực hiện bằng cách sử dụng MgCl_2 . Kết quả được thể hiện trong Bảng 4. Sản lượng lithi thấp hơn rõ rệt, mặc dù vẫn đạt yêu cầu, đặc biệt là khi sử dụng hệ số tỷ lượng 200%.

Bảng 4: Hàm lượng Li của xỉ theo hàm thời gian và hệ số tỷ lượng (MgCl_2)

MgCl_2	Hàm lượng Li trong xỉ			Sản lượng Li đối với khối
Hệ số tỷ lượng	Trước khi thêm	Sau lần thêm cuối cùng	30 phút sau lần thêm cuối cùng	
100%	3,8	2,2	1,9	51%
200%	3,8	1,0	0,8	78%

NaCl cũng được thử nghiệm như tác nhân clo hóa, thu được sản lượng 26% khi sử dụng hệ số tỷ lượng 100%. Việc thêm NaCl 250% theo hệ số siêu tỷ lượng sẽ thu được sản lượng đạt yêu cầu từ 50% trở lên. Điều này được thể hiện trong Bảng 5.

Bảng 5: Hàm lượng Li của xỉ theo hàm thời gian và hệ số tỷ lượng (NaCl)

NaCl	Hàm lượng Li trong xỉ			Sản lượng Li đối với khối
Hệ số tỷ lượng	Trước khi thêm	Sau lần thêm cuối cùng	30 phút sau lần thêm cuối cùng	
100%	3,8	3,0	2,8	26%
250%	3,8	2,1	1,8	53%

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình cô đặc lithi trong khối luyện kim, bao gồm các bước:

- cung cấp lò chứa bể nóng chảy luyện kim;
- chuẩn bị mẻ liệu luyện kim bao gồm vật liệu chứa lithi, kim loại chuyển tiếp và chất trợ chảy;
- nấu chảy mẻ liệu luyện kim và chất trợ chảy trong các điều kiện khử trong lò này, từ đó thu được bể nóng chảy với hợp kim và pha xỉ; và
- tùy ý tách hợp kim và pha xỉ này;

đặc trưng ở chỗ phần lớn lithi được sinh khối dưới dạng LiCl từ xỉ nóng chảy, bằng cách thêm clorua kiềm và/hoặc kiềm thổ vào quy trình này.

2. Quy trình theo điểm 1, trong đó clorua kiềm và/hoặc kiềm thổ được thêm vào quy trình dưới dạng một phần của mẻ liệu luyện kim, hoặc dưới dạng một phần của chất trợ chảy, hoặc được thêm vào xỉ lỏng trong hoặc sau khi nấu chảy.

3. Quy trình theo điểm 1 hoặc điểm 2, trong đó clorua kiềm và/hoặc kiềm thổ được thêm vào với lượng tương ứng với lượng dư theo hệ số tỷ lượng đối với Li trong khối.

4. Quy trình theo điểm 3, trong đó lượng dư theo hệ số tỷ lượng của clorua kiềm và/hoặc kiềm thổ lên tới ít nhất 10%.

5. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ điểm 1 đến 4, trong đó clorua kiềm và/hoặc kiềm thổ là CaCl_2 .

6. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó vật liệu chứa lithi cũng chứa niken và/hoặc coban, và trong đó $p\text{O}_2$ được duy trì đủ thấp để khử phần lớn ít nhất một trong số niken và coban thành pha hợp kim.

7. Quy trình theo điểm 6, trong đó vật liệu chứa lithi bao gồm pin Li, phế liệu hoặc chất thải sản xuất của chúng.