



(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)



1-0037496

(51)^{2006.01} C01G 49/06; C21B 15/00; C22B 3/44; (13) B
C22B 3/08; C22B 3/22; C01G 9/06;
C22B 3/00

(21) 1-2019-02749

(22) 02/02/2018

(86) PCT/KR2018/001452 02/02/2018

(87) WO 2019/132105 A1 04/07/2019

(30) 10-2018-0012953 01/02/2018 KR

(45) 27/11/2023 428

(43) 30/01/2020 382A

(73) KOREA ZINC CO., LTD. (KR)

542, Gangnam-daero, Gangnam-gu, Seoul 06110, Republic of Korea

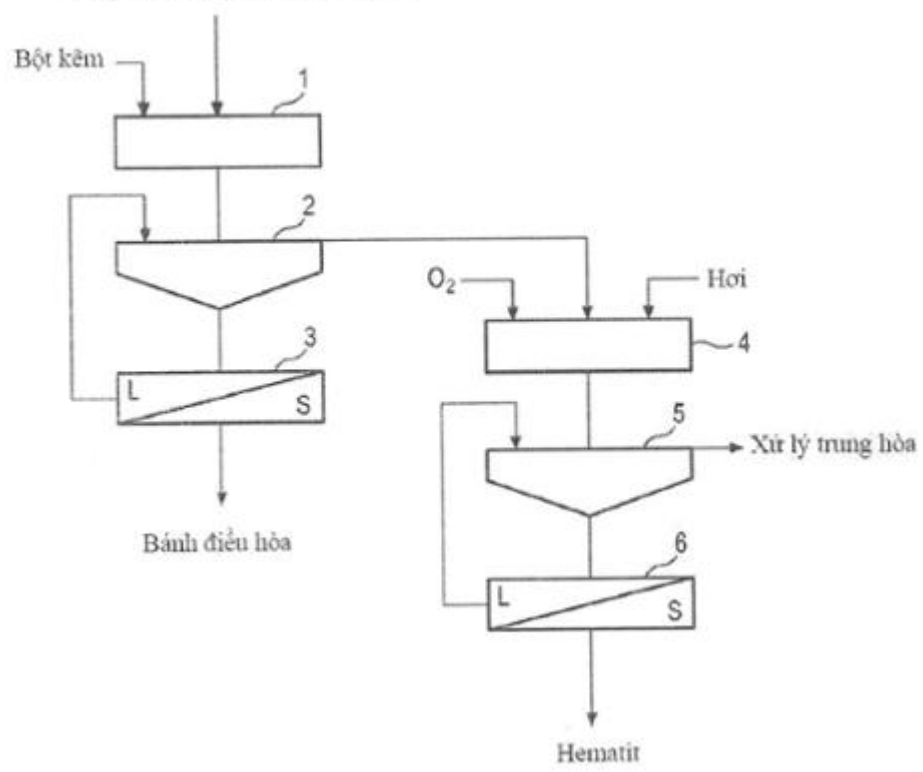
(72) LEE, Je Joong (KR).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) PHƯƠNG PHÁP THU HỒI SẮT TỪ DUNG DỊCH KẼM SULFAT

(57) Phương pháp thu hồi sắt từ dung dịch kẽm sulfat theo một phương án thực hiện sáng chế được kết hợp với thu hồi sắt từ dung dịch kẽm sulfat mà được tạo ra nhờ xử lý ngâm chiết, trong đó quặng kẽm được hòa tan trong axit sulfuric. Phương pháp bao gồm xử lý điều hòa bao gồm bước khử dung dịch đầu vào xử lý điều hòa, vốn là dung dịch kẽm sulfat, và xử lý kết tủa sắt để thu hồi sắt dưới dạng hematit, bước nén và oxy hóa dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt mà được xả ra từ việc xử lý điều hòa. Xử lý kết tủa sắt được thực hiện ở dải nhiệt độ từ 135 °C đến 150 °C và áp suất nằm trong khoảng từ 5 barg đến 10 barg. Ngoài ra, phương pháp thu hồi sắt từ dung dịch kẽm sulfat theo một phương án thực hiện sáng chế được kết hợp với thu hồi sắt từ dung dịch kẽm sulfat mà được tạo ra nhờ xử lý ngâm chiết, trong đó quặng kẽm được hòa tan trong axit sulfuric. Phương pháp bao gồm xử lý điều hòa bao gồm bước khử dung dịch đầu vào xử lý điều hòa, vốn là dung dịch kẽm sulfat, và xử lý kết tủa sắt để thu hồi sắt dưới dạng hematit, bước nén và oxy hóa dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt mà được xả ra từ việc xử lý điều hòa. Dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt có thể oxy hóa khử nhỏ hơn hoặc bằng -100 mV khi điện cực bạc/bạc clorua (Ag/AgCl) được sử dụng làm điện cực tham chiếu.

Dung dịch đầu vào xử lý điều hòa



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp thu hồi sắt sulfat (FeSO_4) chứa trong dung dịch kẽm sulfat thành sắt (III) oxit (Fe_2O_3) dưới dạng hematit.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Việc xử lý kẽm nói chung bao gồm xử lý nung để oxy hóa kẽm dạng sulfua (ZnS), xử lý ngâm chiết để hòa tan sản phẩm nung (ZnO) sinh ra trong xử lý nung trong dung dịch axit sulfuric, và xử lý điện hóa dung dịch kẽm sulfat tinh khiết mà được tạo ra qua quá trình lọc nhiều giai đoạn đối với tạp chất và kết tủa kẽm trên catot. Trong xử lý ngâm chiết, các thành phần kim loại khác nhau như sắt (Fe), đồng (Cu), niken (Ni), coban (Co), và cadimi (Cd) chứa trong quặng kẽm được ngâm chiết cùng nhau. Cụ thể là, hầu hết nồng độ kẽm sulfua ở dạng sphalerit và có thành phần sắt cao. Trong xử lý ngâm chiết, axit sulfuric còn lại trong dung dịch kẽm sulfat (axit sulfuric dư) được trung hòa nhờ sử dụng sản phẩm nung hoặc sản phẩm tương tự làm chất trung hòa.

Các phương án khác nhau được đề xuất để loại bỏ sắt ra khỏi dung dịch trung hòa kẽm sulfat chứa lượng lớn các ion sắt. Theo patent Mỹ số 4,440,569, sản phẩm nung thu được bằng cách nung kẽm sulfat được ngâm chiết dưới nhiệt độ cao và các điều kiện ngâm chiết trong axit mạnh, và được thực hiện phân tách chất rắn-chất lỏng, và sau đó axit còn lại trong dung dịch ngâm chiết được trung hòa qua xử lý khử và xử lý trung hòa. Sắt được loại bỏ dưới dạng goetit nhờ sự thủy phân từ dung dịch kẽm sulfat mà đã được thực hiện xử lý trung hòa có sử dụng sản phẩm nung.

Trong xử lý kẽm nói chung, các ion sắt đã được hòa tan trong dung dịch kẽm sulfat được loại bỏ bằng cách được kết tủa dưới dạng goetit, jarosit, hoặc hematit.

Đã được bộc lộ, theo patent Mỹ số 7,294,319, rằng khi sắt được kết tủa và được tách khỏi dung dịch kẽm sulfat, thành phần sắt bằng từ 40 đến 45% trong goetit và từ 30 đến 35% trong jarosit, trong khi đó thành phần sắt của hematit cao bằng 50 đến 60%, và thành phần kẽm bằng 2 đến 3% trong goetit, 3 đến 5% trong jarosit, và

0,5 đến 1% trong hematit. Tuy nhiên, thành phần sắt (Fe) trong kết tủa sắt dạng bánh mà được tạo ra trong xử lý kẽm nói chung bằng 22 đến 27% đối với jarosit, 30 đến 40% đối với goetit, 50 đến 60% đối với hematit, và do vậy được tạo ra dưới dạng bánh chứa các thành phần sắt thấp hơn các dạng mà đã được thể hiện theo patent Mỹ số 7,294,319 hoặc patent tương tự, ngoại trừ đối với hematit.

Do đó, phương pháp hiệu quả nhất để loại bỏ sắt đã được hòa tan trong dung dịch kẽm sulfat trong xử lý kẽm có thể là loại bỏ sắt dưới dạng hematit, mà đạt sản lượng bánh ít nhất trên một tấn sắt và đạt được sự thất thoát thấp nhất của kim loại có giá trị.

Tuy nhiên, quá trình điều chế goetit và jarosit về cơ bản được thực hiện dưới áp suất khí quyển, trong khi quá trình sản xuất hematit yêu cầu các điều kiện phản ứng nhiệt độ cao, áp suất cao.

Nhà máy tinh luyện kẽm Ruhr-Zink ở Đức đã thực hiện xử lý loại bỏ sắt dưới dạng hematit ở nhiệt độ bằng 180 đến 200 °C và áp suất bằng 18 barg nhờ sử dụng dung dịch kẽm sulfat có nồng độ kẽm bằng 140 g/l (E. Ozberk, etc., Hydrometallurgy, 39, 1995).

Tuy nhiên, độ hòa tan của kẽm sulfat cao bằng khoảng 180 g/l ở nhiệt độ phòng, nhưng được hạ xuống đến khoảng 105 g/l ở 180 °C và khoảng 85 g/l ở 200 °C, sao cho kẽm quá bão hòa được kết tủa thành muối của kẽm sulfat monohydrat ($\text{ZnSO}_4\text{H}_2\text{O}$), mà dính với phần bên trong của thiết bị và thường dẫn đến sự hư hại của thiết bị.

Theo patent Nhật Bản số 3,197,288, phản ứng được thực hiện trong 2 giờ dưới các điều kiện về nhiệt độ bằng 200 °C và áp suất riêng oxy bằng 18 barg nhờ sử dụng dung dịch xử lý chứa 25 g/l sắt và có nồng độ kẽm nhỏ hơn hoặc bằng 100 g/l, và do vậy hematit chứa 52% sắt được kết tủa và được tách. Tuy nhiên, khi nồng độ kẽm sulfat trong dung dịch xử lý được hạ xuống, quy mô của thiết bị mà cần có để tạo ra lượng kẽm định trước được tăng, và sự vận hành thiết bị và chi phí đầu tư tăng. Do vậy hiệu quả kinh tế giảm.

Như được thể hiện trong các patent nêu trên, do việc xử lý kết tủa và loại bỏ

sắt chứa trong dung dịch kẽm sulfat dưới dạng hematit trong lĩnh vực kỹ thuật được thực hiện dưới các điều kiện nhiệt độ cao và áp suất cao, tiêu tốn lượng lớn năng lượng. Do độ hòa tan của kẽm sulfat là thấp dưới các điều kiện nêu trên và nồng độ kẽm của dung dịch xử lý được duy trì bằng hoặc thấp hơn nồng độ định trước, số lượng các thiết bị như các lò phản ứng và các bơm tăng lên trong xử lý kẽm và độ chịu nhiệt và độ chịu áp suất cao hơn được yêu cầu cho các thiết bị. Do vậy các chi phí đầu tư và vận hành là cao, tốc độ xử lý giảm do thiết bị thường xuyên hỏng hóc, và chi phí sửa chữa tăng, và do vậy hiệu quả kinh tế rất thấp.

Để thực hiện phản ứng dưới các điều kiện nhiệt độ cao và áp suất cao, thiết bị nồi hấp được thiết lập đến áp suất cao đáng kể, cần có thiết bị để cấp dung dịch xử lý cần cấp vào nồi hấp ở áp suất rất cao, và các thiết bị bổ sung như thiết bị xả nén để xả dung dịch xử lý đã phản ứng ra khỏi nồi hấp. Do các thiết bị áp suất cao này được thiết lập đến áp suất cao, các thiết bị có chi phí cao và thường xuyên hỏng, đây là nhược điểm rất lớn về mặt kinh tế.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Một khía cạnh của sáng chế là đề xuất phương pháp thu hồi sắt từ dung dịch kẽm sulfat, trong đó lượng bánh được tạo ra có thể được giảm và hematit có tốc độ thu hồi kim loại giá trị cao có thể được tạo ra khi thu hồi sắt chứa trong dung dịch kẽm sulfat.

Ngoài ra, khía cạnh khác của sáng chế là đề xuất phương pháp để thu hồi sắt từ dung dịch kẽm sulfat, trong đó phương pháp có thể được thực hiện dưới các điều kiện nhiệt độ và áp suất thấp hơn nhiệt độ và áp suất trong lĩnh vực kỹ thuật này và chất lượng của hematit có thể được cải thiện khi thu hồi sắt chứa trong dung dịch kẽm sulfat.

Phương pháp thu hồi sắt từ dung dịch kẽm sulfat theo một phương án thực hiện sáng chế được kết hợp với thu hồi sắt từ dung dịch kẽm sulfat mà được tạo ra nhờ xử lý ngâm chiết trong đó quặng kẽm được hòa tan trong axit sulfuric. Phương pháp bao gồm xử lý điều hòa bao gồm bước khử dung dịch đầu vào xử lý điều hòa, vốn là dung dịch kẽm sulfat, và xử lý kết tủa sắt để thu hồi sắt dưới dạng hematit,

bước nén và oxy hóa dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt mà được xả ra từ việc xử lý điều hòa. Xử lý kết tủa sắt được thực hiện ở dải nhiệt độ từ 135 °C đến 150 °C và áp suất nằm trong khoảng từ 5 barg đến 10 barg.

Phương pháp thu hồi sắt từ dung dịch kẽm sulfat theo một phương án thực hiện sáng chế được kết hợp với thu hồi sắt từ dung dịch kẽm sulfat mà được tạo ra nhờ xử lý ngâm chiết trong đó quặng kẽm được hòa tan trong axit sulfuric. Phương pháp bao gồm xử lý điều hòa bao gồm bước khử dung dịch đầu vào xử lý điều hòa, vốn là dung dịch kẽm sulfat, và xử lý kết tủa sắt để thu hồi sắt dưới dạng hematit, bước nén và oxy hóa dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt mà được xả ra từ việc xử lý điều hòa. Dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt có thể oxy hóa khử nhỏ hơn hoặc bằng -100 mV khi điện cực bạc/bạc clorua (Ag/AgCl) được sử dụng làm điện cực tham chiếu.

Chất khử có thể được đưa vào ở bước khử dung dịch đầu vào xử lý điều hòa, và thế oxy hóa khử có thể được điều chỉnh nhờ sử dụng chất khử.

Chất khử có thể bao gồm bột kẽm.

Dung dịch xử lý sau khi điều hòa có thể được tạo ra ở bước khử dung dịch đầu vào xử lý điều hòa, và dung dịch xử lý sau khi điều hòa có thể được xử lý nhờ sử dụng thiết bị cô đặc và bộ lọc, sao cho dung dịch đã được xả có thể được sử dụng làm dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt và chất rắn có thể có thể được xả dưới dạng bánh điều hòa.

Dung dịch xử lý sau sự kết tủa sắt được tạo ra ở bước nén và oxy hóa dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt, và dung dịch xử lý sau sự kết tủa sắt có thể được xử lý trong thiết bị cô đặc và bộ lọc, sao cho dung dịch đã được xả có thể được chuyển đến xử lý trung hòa và chất rắn có thể được xả dưới dạng sắt oxit.

Dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt có thể có pH nằm trong khoảng từ 3 đến 5,5.

Dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt có thể có nồng độ kẽm nằm trong khoảng từ 120 g/l đến 150 g/l.

Dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt có thể có nồng độ sắt nằm trong khoảng

từ 5 g/l đến 20 g/l.

Thời gian xử lý của xử lý kết tủa sắt có thể nằm trong khoảng từ 30 phút đến 3 giờ.

Oxy và hơi có thể được đưa vào ở bước nén và oxy hóa dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt.

Nồi hấp có thể được sử dụng ở bước nén và oxy hóa dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt.

Bước nén và oxy hóa dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt được thực hiện trong thiết bị nồi hấp, và thiết bị nồi hấp có thể bao gồm nồi hấp, bình xả nhanh mà dung dịch xử lý được cấp từ nồi hấp đến đó, bộ gia nhiệt được tạo kết cấu để gia nhiệt dung dịch xử lý nhờ sử dụng hơi sinh ra từ bình xả nhanh, và bộ trao đổi nhiệt được tạo kết cấu để thực hiện trao đổi nhiệt nhờ sử dụng hơi cho đến khi nhiệt độ phản ứng cuối cùng của dung dịch xử lý được đạt tới.

Bình xả nhanh có thể được bố trí theo số lượng lớn.

Theo sáng chế, so với tình trạng kỹ thuật, lượng năng lượng tiêu thụ để tạo ra hematit có thể được giảm nhờ thu hồi sắt dưới dạng hematit dưới các điều kiện nhiệt độ thấp và áp suất thấp.

Ngoài ra, theo sáng chế, so với tình trạng kỹ thuật, nồng độ kẽm trong dung dịch đầu vào xử lý có thể được tăng, và bằng cách giữ nồng độ kẽm trong dung dịch xử lý đầu vào cao hơn trong lĩnh vực kỹ thuật, các thiết bị để xử lý kẽm có thể được giảm và chi phí vận hành có thể được giảm bằng cách tạo thuận lợi cho sự vận hành thiết bị.

Ngoài ra, theo sáng chế, so với tình trạng kỹ thuật, do thiết bị bổ sung để tăng áp suất không cần thiết và công suất của thiết bị xả nén để giảm áp suất trong xử lý sau kết tủa sắt có thể được giảm, chi phí vận hành có thể được giảm.

Trong trường hợp của jarosit, lượng sắt trong kết tủa mà được sinh ra trong xử lý kẽm thấp bằng 30 đến 40%, khiến cho khó sử dụng jarosit làm sản phẩm, và trong trường hợp của goetit, thành phần của kẽm trong kết tủa cao bằng 8 đến 13%. Do vậy việc xử lý bổ sung để thu hồi kẽm là cần thiết. Tuy nhiên, theo sáng chế, có thể

thu hồi sắt dưới dạng hematit có chất lượng cao (tức là, có thành phần sắt cao và thành phần kẽm thấp) dưới các điều kiện nhiệt độ thấp và áp suất thấp. Do đó, theo sáng chế, sắt, vốn là sản phẩm phụ của việc xử lý kẽm, có thể được thu hồi dưới dạng hematit có giá trị thị trường cao và do vậy có thể đảm bảo tính khả thi về kinh tế bằng cách bán hematit cho ngành công nghiệp thép làm nguyên liệu thô mà cấu thành quặng sắt và bán hematit cho ngành công nghiệp xi măng làm nguyên liệu có bổ sung sắt.

Ngoài ra, bằng cách sử dụng nhiệt mà được phát ra từ bình xả nhanh và bộ làm mát trong quá trình gia nhiệt dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt (dung dịch cấp cho nồi hấp), có thể thu hồi lớn hơn hoặc bằng 90% năng lượng của dung dịch xử lý xả ra khỏi nồi hấp, và do vậy có thể tiết kiệm lớn hơn hoặc bằng 80% hơi dùng để duy trì nhiệt độ phản ứng ở nhiệt độ cao.

Ngoài ra, nhờ tạo kết cấu bình xả nhanh theo hai giai đoạn và điều chỉnh nhiệt độ và áp suất của mỗi bình xả nhanh, có thể cải thiện tốc độ thu hồi của hơi hoặc thành phần tương tự. Bằng cách gia nhiệt trực tiếp dung dịch xử lý trong bộ gia nhiệt nhờ sử dụng hơi sinh ra trong bình xả nhanh, có thể làm giảm sự thất thoát năng lượng và làm giảm dung dịch kẽm sulfat cấp vào nồi hấp.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

FIG.1 là lưu đồ xử lý để thu hồi sắt dưới dạng hematit theo một phương án thực hiện sáng chế;

FIG.2 là đồ thị thể hiện độ rộng phổ thu được từ phổ nhiễu xạ tia X (XRD: X-ray diffraction spectroscopy) của kết tủa sắt theo nhiệt độ phản ứng;

FIG.3 là đồ thị thể hiện độ rộng phổ thu được từ phổ nhiễu xạ tia X của vật liệu được tạo ra và dính với thành lò phản ứng; và

FIG.4 là sơ đồ lắp của thiết bị nồi hấp theo một phương án thực hiện sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Nói chung, việc xử lý kẽm, sắt (Fe) và đồng (Cu) cũng được ngâm chiết cùng với axit sulfuric trong quá trình ngâm chiết vật liệu kẽm thô trong axit sulfuric, và sắt trong trạng thái Fe (III) chứa trong dung dịch ngâm chiết được giảm thành Fe (II)

nhờ sử dụng chất khử như kẽm sulfat. Axit sulfuric còn lại trong dung dịch khử được trung hòa đến dải pH trung tính hơn nhờ sử dụng chất trung hòa như sản phẩm nung, và sau đó được thực hiện phân tách chất rắn-chất lỏng để thu được dung dịch kẽm sulfat trung hòa.

Lượng đáng kể Fe (II) được hòa tan trong dung dịch kẽm sulfat trung hòa, và được cấp vào quá trình tách sắt để loại bỏ sắt.

Đồng chứa trong dung dịch xử lý đang tách sắt được tách riêng bởi sự phân tách chất rắn-chất lỏng, và sau đó chất khử được bổ sung vào đó để làm giảm và làm kết tủa đồng (Cu) đã hòa tan dưới dạng đồng sulfat (CuSO_4) dưới dạng bột đồng (Cu), vốn là bột đồng kim loại, nhờ đó loại bỏ được đồng. Tuy nhiên, trong quá trình tách sắt nêu trên, các thành phần như Cu (II) chứa trong dung dịch xử lý có tác dụng làm chất xúc tác để oxy hóa nhanh Fe (II) thành Fe (III) trong phản ứng kết tủa của sắt để tạo điều kiện thuận lợi cho việc sản xuất jarosit. Do vậy các nhiệt độ cao hơn và các áp suất cao hơn được yêu cầu để kết tủa sắt từ dung dịch kẽm sulfat dưới dạng hematit.

Mục đích của sáng chế là làm giảm nhiệt độ và áp suất phản ứng của xử lý kết tủa sắt đến mức thấp hơn các nhiệt độ và áp suất của tình trạng kỹ thuật. Để giảm nhiệt độ và áp suất phản ứng, cần điều hòa dung dịch kẽm sulfat trung hòa để loại bỏ các thành phần xúc tác. Ngoài ra, ngay cả khi lượng nhỏ Fe (III) có mặt trong dung dịch, cần giảm hoàn toàn Fe (III) thành Fe (II) trong dung dịch kẽm sulfat để được cấp vào xử lý kết tủa sắt.

FIG.1 là lưu đồ xử lý để thu hồi sắt dưới dạng hematit theo một phương án thực hiện sáng chế.

Trong xử lý kẽm, dung dịch kẽm sulfat được điều chế để ngâm chiết các vật liệu thô chứa kẽm, như kẽm sulfat, sản phẩm nung thu được bằng cách nung kẽm sulfat, hoặc kẽm ferit, trong axit sulfuric ở áp suất khí quyển. Axit sulfuric còn lại trong quá trình ngâm chiết trước tiên được trung hòa nhờ sử dụng sản phẩm nung để loại bỏ tạp chất ra khỏi đó. Các thành phần sắt đã được ngâm chiết với nó trong quá trình ngâm chiết nguyên liệu thô không kết tủa trong xử lý trung hòa, và do vậy các

thành phần sắt còn lại trong dung dịch xử lý sau khi trung hòa.

Tham chiếu đến Fig.1, dung dịch kẽm sulfat được cấp vào việc xử lý điều hòa làm dung dịch đầu vào xử lý điều hòa. trong việc xử lý điều hòa, dung dịch đầu vào xử lý điều hòa được cấp vào bể điều hòa 1, và được xả dưới dạng bánh điều hòa trong bộ lọc 3 bằng thiết bị cô đặc 2, và dung dịch xử lý sau khi điều hòa được chuyển thành xử lý kết tủa sắt để được đưa vào dưới dạng dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt.

Trong xử lý kết tủa sắt, dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt được cấp vào cho bể kết tủa sắt 4, phần chất rắn được điều chế dưới dạng hematit bằng thiết bị cô đặc 5 và bộ lọc 6, và dung dịch được chuyển thành xử lý trung hòa dưới dạng dung dịch xử lý kết tủa sắt trước đó.

Theo sáng chế, các thành phần xúc tác như đồng được loại bỏ nhờ sử dụng chất khử trong dung dịch đầu vào xử lý điều hòa trung hòa để thu hồi sắt dưới dạng hematit ở các nhiệt độ thấp hơn và các áp suất thấp hơn so với các nhiệt độ và các áp suất trong kỹ thuật đã biết, và việc xử lý điều hòa được thực hiện để làm giảm Fe (III) có lượng rất nhỏ thành Fe (II).

Việc xử lý điều hòa bao gồm bước giảm mà được thực hiện bằng cách đưa vào chất khử, và thế oxy hóa khử (ORP) của dung dịch xử lý sau khi điều hòa được điều chỉnh bằng cách thay đổi loại và lượng chất khử đầu vào. Ngoài ra, chất khử được cấp vào cho bể điều hòa 1 mà dung dịch đầu vào xử lý điều hòa được đưa vào đó.

Dung dịch xử lý sau khi điều hòa là dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt của xử lý kết tủa sắt, là quá trình tiếp theo.

Theo sáng chế, thế oxy hóa khử của dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt được điều chỉnh đến nhỏ hơn hoặc bằng -100 mV. Cụ thể hơn là, thế oxy hóa khử được điều chỉnh đến nhỏ hơn hoặc bằng -400 mV. Khi thế oxy hóa khử cao hơn -100 mV, một lượng jarosit được trộn với nó, và do vậy thành phần sắt của bánh kết tủa sắt có thể được giảm để nhỏ hơn 50%. Khi thế oxy hóa khử cao hơn -100 mV, các điều kiện nhiệt độ cao và áp suất cao là cần thiết để tạo ra hematit.

Mặt khác, khi thế oxy hóa khử nhỏ hơn hoặc bằng -100 mV, môi trường khử chiếm ưu thế rất lớn, và hematit có thể được tạo ra ở nhiệt độ thấp và áp suất thấp so với trường hợp trong đó thế oxy hóa khử cao hơn -100 mV. Trong trường hợp này, thành phần sắt trong kết tủa sắt có thể lớn hơn hoặc bằng 50%.

Khi thế oxy hóa khử thấp hơn hoặc bằng -400 mV, hematit chất lượng cao hơn được tạo ra ở nhiệt độ tương đối thấp và áp suất thấp.

Để giảm hơn nữa thế oxy hóa khử, lượng chất khử đầu vào có thể được tăng, sao cho thế oxy hóa khử có thể được điều khiển khi xét đến hiệu quả kinh tế.

Độ pH của dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt được điều chỉnh đến khoảng 3 đến 5,5.

Khi độ pH của dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt nhỏ hơn 3, axit sulfuric chứa trong dung dịch đầu vào xử lý điều hòa phản ứng với chất khử, nhờ đó tăng lượng chất khử mà được sử dụng. Khi độ pH vượt quá 5,5, kẽm kết tủa dưới dạng muối kẽm sulfat ($n\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot m\text{ZnSO}_4$), dẫn đến sự thất thoát của kẽm trong dung dịch xử lý, và muối kẽm kết tủa có thể trở thành nguyên nhân làm giảm tốc độ vận hành thiết bị do dính với thiết bị trong xử lý kết tủa sắt.

Lượng chất khử đầu vào có thể được thay đổi tùy thuộc vào hợp phần của dung dịch đầu vào xử lý điều hòa, như nồng độ của Fe (III) và đồng (Cu) chứa trong dung dịch đầu vào xử lý điều hòa. Lượng chất khử đầu vào có thể được xác định tùy thuộc vào trị số thế oxy hóa khử (ORP: Oxidation-Reduction Potential).

Đối với chất khử, chất khử vô cơ, như bột kẽm hoặc nhôm, hoặc chất khử hữu cơ có thể được sử dụng. Bột kẽm là chất khử thích hợp do độ khử cao của nó. Khi kẽm sulfat có độ khử yếu được sử dụng làm chất khử, không giống theo sáng chế, trị số ORP được hạ xuống chỉ bằng khoảng 200 mV và có thể được điều chỉnh đến nhỏ hơn hoặc bằng 0 mV.

Các thành phần như đồng chứa trong dung dịch đầu vào xử lý điều hòa được kết tủa dưới dạng bột đồng có thành phần đồng cao trong việc xử lý điều hòa và được xả dưới dạng bánh điều hòa. Do đó, sau khi dung dịch đầu vào xử lý điều hòa được thực hiện phân tách chất rắn-chất lỏng, đồng có thể được thu hồi trong quá

trình thu hồi đồng. Theo sáng chế, bột đồng có thể được thu dưới dạng sản phẩm phụ trong việc xử lý điều hòa, là bước xử lý sơ bộ của xử lý kết tủa sắt.

Dung dịch xử lý sau khi điều hòa mà được tạo ra qua quá trình này được chuyển đến xử lý kết tủa sắt để tạo ra sắt chứa trong đó dưới dạng hematit.

Xử lý kết tủa sắt bao gồm bước nén và oxy hóa trong đó oxy và hơi được đưa vào.

Nồng độ kẽm trong dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt được điều chỉnh bằng khoảng 120 g/l đến 150 g/l. Khi nồng độ của kẽm trong dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt vượt quá khoảng 150 g/l, muối của kẽm sulfat monohydrat (ZSM) có thể được tạo ra ở dải nhiệt độ từ khoảng 135 °C đến 150 °C, là điều kiện nhiệt độ của xử lý kết tủa sắt theo sáng chế. Khi nồng độ của kẽm trong dung dịch xử lý kết tủa sắt nhỏ hơn khoảng 120 g/l, quy mô của thiết bị để tạo ra cùng một lượng kẽm phải được tăng, vốn là không mong muốn do sự vận hành thiết bị và chi phí đầu tư thiết bị cũng tăng.

Nồng độ sắt của dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt được điều chỉnh to khoảng 5 g/l đến 20 g/l. Mặc dù không có vấn đề đối với việc sản xuất và chất lượng của hematit ngay cả ở nồng độ sắt thấp, khi nồng độ sắt trong dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt nhỏ hơn khoảng 5 g/l, việc xử lý không có tính kinh tế về mặt hiệu suất vận hành. Khi nồng độ sắt của dung dịch xử lý sau khi điều hòa vượt quá 20 g/l, nồng độ axit trong dung dịch xử lý sau phản ứng kết tủa sắt được tăng và do vậy sắt tốc độ kết tủa giảm. Do đó, khi jarosit được tạo ra, thành phần sắt trong kết tủa sắt có thể được giảm.

Bước thực hiện nén và oxy hóa ở nhiệt độ cao và áp suất cao ở bước kết tủa sắt có thể được thực hiện nhờ sử dụng nồi hấp.

Theo sáng chế, mặc dù dung dịch kẽm sulfat có nồng độ kẽm cao nằm trong khoảng từ khoảng 120 g/l đến 150 g/l trong dung dịch xử lý được sử dụng ở bước kết tủa sắt nhờ sử dụng nồi hấp, sắt được thu hồi dưới dạng hematit ở dải nhiệt độ từ khoảng 135 °C đến 150 °C và ở áp suất nằm trong khoảng từ khoảng 5 barg đến 10 barg, vốn thấp hơn nhiệt độ và áp suất trong lĩnh vực kỹ thuật. Theo một phương án

ưu tiên, thời gian xử lý nồi hấp để thu hồi sắt bằng khoảng 30 phút đến 3 giờ.

Khi áp suất bên trong nồi hấp nhỏ hơn 5 barg, áp suất riêng của oxy bên trong nồi hấp được hạ xuống nhỏ hơn hoặc bằng 2 barg và tốc độ loại bỏ sắt giảm. Trong khi đó, khi áp suất bên trong nồi hấp vượt quá 10 barg, cần tăng áp lực của oxy và dung dịch kẽm được cấp đến nồi hấp đến lớn hơn hoặc bằng 13 barg, cao hơn áp suất bên trong nồi hấp, vốn có thể làm tăng chi phí đầu tư thiết bị.

Khi nhiệt độ bên trong nồi hấp nhỏ hơn khoảng 135 °C, jarosit bắt đầu được tạo ra dưới dạng kết tủa sắt, và thành phần sắt trong kết tủa sắt có thể được giảm để nhỏ hơn 50%. Khi nhiệt độ bên trong nồi hấp cao hơn 150 °C, không có ảnh hưởng gì đến việc sản xuất hematit. Tuy nhiên, kẽm quá bão hòa trong dung dịch xử lý được kết tủa thành kẽm sulfat monohydrat, nhờ đó làm tăng thành phần kẽm của kết tủa sắt và làm giảm tương đối thành phần sắt. Ngoài ra, kẽm sulfat monohydrat có thể dính với thành trong của nồi hấp hoặc với ống dưới dạng muối, mà có thể gây ra các vấn đề trong các thiết bị. Xem xét độ giảm tốc độ thu hồi kẽm do sự kết tủa của kẽm sulfat monohydrat, sẽ thích hợp nếu dải nhiệt độ bên trong nồi hấp nằm trong khoảng từ 135 °C đến 150 °C.

Ngoài ra, ở nhiệt độ bằng khoảng lớn hơn hoặc bằng 60 °C, độ hòa tan của kẽm sulfat giảm khi nhiệt độ tăng. Trong lĩnh vực kỹ thuật, dải nhiệt độ để tạo ra hematit bằng khoảng lớn hơn hoặc bằng 180 °C, nhưng theo sáng chế, hematit có thể được tạo ra ở dải nhiệt độ từ khoảng 135 °C đến 150 °C.

Do đó, theo sáng chế, có thể tăng nồng độ kẽm trong dung dịch xử lý đầu vào bằng cách thực hiện việc xử lý thu hồi sắt dưới dạng hematit ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ trong lĩnh vực kỹ thuật. Bằng cách giữ nồng độ kẽm cao hơn trong lĩnh vực kỹ thuật, có thể làm giảm quy mô của các thiết bị sản xuất kẽm và làm giảm chi phí vận hành bằng cách tạo thuận lợi cho sự vận hành thiết bị.

Ngoài ra, hematit được tạo ra trong xử lý kết tủa sắt có thể được tách khỏi dung dịch kẽm sulfat qua thiết bị cô đặc 5 và bộ lọc 6, và có thể không được cấp vào xử lý kết tủa sắt thành các hạt.

Do đó, sáng chế khắc phục các vấn đề như làm suy giảm hiệu suất vận hành

và tốc độ mòn thiết bị tăng do tăng các hạt rắn trong dung dịch xử lý, mà có thể được tạo ra khi hematit đã được tạo ra lại đi vào xử lý kết tủa sắt thành các hạt.

Dưới đây, thành phần theo phương án thực hiện của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết.

Ví dụ 1

Ở ví dụ 1, việc sử dụng dung dịch kẽm sulfat, mà được điều chế bằng cách điều chỉnh ORP bằng cách thay đổi lượng đầu vào của bột kẽm vào trong mỗi dung dịch đầu vào xử lý điều hòa đã được trung hòa, tức là, dung dịch ngâm chiết kẽm sulfat, hiệu suất phản ứng kết tủa sắt tùy thuộc vào trị số ORP được quan sát ở các điều kiện phản ứng bằng 140 °C và 7 barg bên trong nồi hấp. Khi bột kẽm được đưa vào, ORP của dung dịch kẽm sulfat tiếp tục được giảm và Fe (II) trở nên bền hơn trong quá trình này. Phản ứng kết tủa sắt ở ví dụ 1 được thực hiện mà không đưa vào các hạt hematit.

Hiệu suất phản ứng kết tủa sắt được quan sát việc sử dụng dung dịch kẽm sulfat, ORP của nó được điều chỉnh nằm trong dải từ +200 mV đến -400 mV (so với Ag/AgCl) khi điện cực bạc/bạc clorua (Ag/AgCl) được sử dụng làm điện cực tham chiếu, dưới các điều kiện phản ứng bằng 140 °C và 7 barg. ORP trong việc xử lý điều hòa được điều chỉnh bằng cách thay đổi lượng đầu vào của bột kẽm, và thành phần sắt trong kết tủa sắt được phân tích đương lượng sử dụng phổ ICP-AES.

Bảng 1

	Ví dụ so sánh 1	Ví dụ so sánh 2	Ví dụ theo sáng chế 1	Ví dụ theo sáng chế 2	Ví dụ theo sáng chế 3
ORP (mV)	+200	0	-100	-200	-400
Sắt kết tủa (%)	35,3	45,4	52,1	55,9	56,6
Sự kết tủa của Jarosit	○	△	X	X	X

Bảng 1 thể hiện xử lý kết tủa sắt tùy thuộc vào trị số ORP theo Ví dụ 1.

Theo bảng 1, trong trường hợp của dung dịch kẽm sulfat mà không được thực hiện xử lý điều hòa (Ví dụ so sánh 1), kết tủa sắt được kết tủa thành jarosit vàng nhạt, và thành phần sắt rất thấp, tức là, 35,3%. Mặt khác, khi dung dịch kẽm sulfat được thực hiện điều hòa dưới điều kiện mà ORP nhỏ hơn hoặc bằng 0 mV (so với Ag / AgCl) được sử dụng, thành phần sắt bằng 45,4%, và có thể thu được hematit chứa lượng nhỏ jarosit. Dưới điều kiện mà ORP nhỏ hơn hoặc bằng -100 mV (so với Ag/AgCl), có thể thu được hematit có thành phần sắt lớn hơn hoặc bằng 52%.

Ví dụ 2

Ở ví dụ 2, hiệu suất phản ứng kết tủa sắt tùy thuộc vào nhiệt độ phản ứng được quan sát ở dải nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 120 °C việc sử dụng dung dịch kẽm sulfat chứa 145 g/l của kẽm dưới áp suất bằng 7 barg. Phản ứng kết tủa sắt ở ví dụ 2 được thực hiện mà không đưa vào các hạt hematit.

ORP được điều chỉnh đến -400 mV (so với Ag / AgCl) có sử dụng bột kẽm làm chất khử, dung dịch kẽm sulfat có nồng độ kẽm bằng 145 g/l, nồng độ sắt bằng 12,4 g/l, và độ pH bằng 4,5 được cấp vào nồi hấp, phản ứng được thực hiện trong 2 giờ ở trạng thái trong đó nhiệt độ phản ứng được điều chỉnh đến 120 °C đến 160 °C ở áp suất bằng 7 barg, và sau đó nhiệt độ được giảm đến nhiệt độ phòng. Dung dịch sau phản ứng chứa hematit được thực hiện phân tách chất rắn-chất lỏng nhờ sử dụng thiết bị lọc chân không và thành phần sắt trong kết tủa sắt được phân tích đương lượng sử dụng phổ ICP-AES.

Bảng 2

		Ví dụ so sánh 3	Ví dụ so sánh 4	Ví dụ theo sáng chế 4	Ví dụ theo sáng chế 5	Ví dụ theo sáng chế 6	Ví dụ so sánh 5
Nhiệt độ (°C)		120	130	135	140	150	160
Dung dịch	Sắt (g/l)	2,1	1,6	0,7	0,5	0,4	0,4

sau phản ứng	Axit sulfuri c (g/l)	14,3	19,2	20,9	21,2	21,5	21,5
Sắt kết tủa (%)		38,7	45,3	55,7	56,6	57,7	58,4
Tốc độ kết tủa sắt (%)		83,1	87,1	94,4	96,0	96,8	96,8
Sự tạo ra Jarosit		○	△	X	X	X	X
Sự tạo ra ZSM		X	X	X	X	X	○

Bảng 2 thể hiện xử lý kết tủa sắt tùy thuộc vào nhiệt độ phản ứng theo ví dụ 2.

Theo bảng 2 và Fig.2, sắt được kết tủa dưới dạng bột màu nâu vàng nhạt ở 120 °C, và cấu trúc tinh thể của kết tủa thu được được phân tích sử dụng phổ nhiễu xạ tia X (XRD). Kết quả là, quan sát được rằng jarosit được tạo ra. Ở 130 °C, hầu hết sắt được kết tủa dưới dạng hematit, nhưng ở dạng trong đó jarosit được chứa cùng với hematit. Ở nhiệt độ cao hơn 135 °C, hematit có thành phần sắt lớn hơn hoặc bằng 55% thu được mà không cần tính đến nhiệt độ phản ứng.

Tuy nhiên, ở 160 °C, độ hòa tan của kẽm sulfat chứa trong dung dịch phản ứng được giảm đáng kể, và thành phần kẽm quá bão hòa được kết tủa và dính với thành trong và đáy của nồi hấp. Các tinh thể của kết tủa đã được kết tủa được quan sát sử dụng phổ nhiễu xạ tia X, và kết quả là, quan sát được rằng kết tủa là kẽm sulfat monohydrat (ZSM, $\text{ZnSO}_4\text{H}_2\text{O}$) như được thể hiện trên Fig.3. ZSM kết tủa có thể dính vào bên trong của các ống và thiết bị, mà có thể giảm năng suất thiết bị.

Do đó, khi nồng độ kẽm trong dung dịch kẽm sulfat bằng 145 g/l, có thể làm kết tủa và thu hồi sắt trong dung dịch kẽm sulfat dưới dạng hematit khi nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 135 °C dưới áp suất bằng 7 barg.

Ví dụ 3

ORP được điều chỉnh đến -400 mV (so với Ag / AgCl) có sử dụng bột kẽm làm chất khử, dung dịch kẽm sulfat có nồng độ kẽm bằng 145 g/l, nồng độ sắt bằng 12,4 g/l, và độ pH bằng 4,5 được cấp vào nồi hấp, và phản ứng được thực hiện trong 2 giờ ở trạng thái trong đó áp suất được điều chỉnh bằng 5 barg đến 15 barg bằng cách đưa vào oxy ở nhiệt độ bằng 145 °C, sau đó nhiệt độ được làm mát đến nhiệt độ phòng. Phản ứng kết tủa sắt ở ví dụ 3 được thực hiện mà không đưa vào các hạt hematit.

Bảng 3

		Ví dụ so sánh 6	Ví dụ theo sáng chế 7	Ví dụ theo sáng chế 8	Ví dụ theo sáng chế 9	Ví dụ theo sáng chế 10	Ví dụ theo sáng chế 11
Áp suất		3 barg	5 barg	7 barg	8 barg	10 barg	15 barg
Dung dịch sau phản ứng	Sắt (g/l)	3,5	1,2	0,5	0,5	0,4	0,4
	Axit sulfuric (g/l)	17,1	21,2	21,2	21,5	22,1	22,3
Sắt kết tủa (%)		49,2	50,1	56,6	56,9	57,2	58,2
Tốc độ kết tủa sắt (%)		71,8	90,3	96,0	96,1	96,8	97,1
Sự tạo ra Jarosit		X	X	X	X	X	X
Sự tạo ra ZSM		X	X	X	X	X	X

Bảng 3 liên quan đến xử lý kết tủa sắt tùy thuộc vào áp suất theo Ví dụ 3.

Theo bảng 3, hematit có thành phần sắt lớn hơn hoặc bằng 50% trong kết tủa sắt thu được ở áp suất bằng lớn hơn hoặc bằng 5 barg.

Theo bộ lộ của các ví dụ từ 1 đến 3, xử lý kết tủa sắt được thực hiện ở trạng

thái trong đó không có hạt hematit bất kỳ được đưa vào. Quan sát được rằng hematit được tạo ra ở nhiệt độ xử lý tương đối thấp (nằm trong khoảng từ khoảng 135 °C đến 150 °C) và áp suất (nằm trong khoảng từ khoảng 5 barg đến 10 barg) ngay cả nếu không có hạt hematit bất kỳ được đưa vào.

FIG.4 là sơ đồ lắp của thiết bị nôi hấp theo một phương án thực hiện sáng chế.

Tham chiếu đến Fig.4, thiết bị nôi hấp bao gồm nôi hấp 30 được tạo kết cấu để đưa vào oxy đến đó để oxy hóa Fe (II) chứa trong dung dịch kẽm sulfat nhằm tạo ra hematit, các bình xả nhanh thứ nhất 32 và thứ hai 33 được tạo kết cấu để xả nén dung dịch áp phản ứng suất cao xả ra khỏi nôi hấp 30 đến áp suất khí quyển, và bộ làm mát 34 được tạo kết cấu để làm mát dung dịch kẽm sulfat đã được xả nén có nhiệt độ bằng khoảng 100 °C mà được xả nén ở các bình xả nhanh sao cho dung dịch kẽm sulfat đã được xả nén có thể được lọc nhờ sử dụng bộ lọc ép.

Dung dịch xử lý được gia nhiệt phần lớn có tác dụng làm dung dịch trao đổi nhiệt của bộ làm mát 34 và sau đó được gia nhiệt bởi các bình xả nhanh thứ nhất 32 và thứ hai 33 bằng cách sử dụng hơi được thu hồi trong các bộ gia nhiệt thứ nhất 35 và thứ hai 36. Sau đó, dung dịch xử lý được gia nhiệt đến nhiệt độ phản ứng cuối cùng trong bộ trao đổi nhiệt 38 được tạo kết cấu để trao đổi nhiệt bằng cách sử dụng hơi, và sau đó được cấp vào nôi hấp 30.

Theo phương án thực hiện này, bình xả nhanh được tạo kết cấu để được chia thành bình xả nhanh thứ nhất 32 và bình xả nhanh thứ hai 33 để cải thiện hiệu suất nhiệt do vậy để cải thiện tốc độ thu hồi hơi khi dung dịch xử lý được gia nhiệt bởi hơi sinh ra trong bình xả nhanh. Ở thời điểm này, hơi sinh ra có thể giảm tới mức thấp nhất sự thất thoát năng lượng bằng cách gia nhiệt trực tiếp dung dịch xử lý nhờ sử dụng bộ gia nhiệt thứ nhất 35 và bộ gia nhiệt thứ hai 36, mà được nối tương ứng với bình xả nhanh thứ nhất 32 và với bình xả nhanh thứ hai 33. Như được mô tả trên đây, theo phương án thực hiện này, bằng cách đưa vào dung dịch xử lý vào trong nôi hấp thông qua ba bước gia nhiệt, có thể thu hồi lớn hơn hoặc bằng 90% năng lượng của dung dịch xử lý xả ra khỏi nôi hấp, và do vậy có thể làm giảm lượng hơi dùng để duy trì nhiệt độ phản ứng ở nhiệt độ cao khoảng lớn hơn hoặc bằng 80%.

Mặc dù sáng chế đã được mô tả liên quan đến một số phương án thực hiện của nó, cần hiểu rằng các biến thể khác nhau và các thay đổi có thể được thích hợp mà không nằm ngoài ý tưởng và phạm vi của sáng chế, vốn có thể được hiểu rõ bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật mà sáng chế thuộc về lĩnh vực kỹ thuật đó. Cũng cần hiểu rằng các biến thể này và các thay đổi nằm trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp thu hồi sắt từ dung dịch kẽm sulfat mà được tạo ra nhờ xử lý ngâm chiết trong đó quặng kẽm được hòa tan trong axit sulfuric, phương pháp bao gồm các bước:

điều hòa dung dịch đầu vào xử lý điều hòa, vốn là dung dịch kẽm sulfat, bao gồm bước điều khiển thế oxy hóa khử của dung dịch đầu vào xử lý điều hòa,

trong đó bước điều khiển tạo ra dung dịch xử lý sau khi điều hòa; và

kết tủa sắt để thu hồi sắt dưới dạng hematit, bao gồm nén và oxy hóa dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt,

trong đó bước kết tủa được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 135°C đến 150°C và áp suất nằm trong khoảng từ 5 barg đến 10 barg.

trong đó dung dịch xử lý sau khi điều hòa được sử dụng như dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt, và

trong đó dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt có thể oxy hóa khử nhỏ hơn hoặc bằng -100 mV khi như được đo nhờ sử dụng điện cực bạc/bạc clorua (Ag/AgCl) làm điện cực tham chiếu.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dung dịch xử lý sau sự kết tủa sắt được tạo ra ở bước nén và oxy hóa dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt, phương pháp này còn bao gồm các bước:

xử lý dung dịch xử lý sau sự kết tủa sắt nhờ sử dụng dụng cụ cô đặc và lọc,

trong đó dung dịch được xả từ bước xử lý dung dịch xử lý sau sự kết tủa sắt được chuyển đến xử lý trung hòa, và chất rắn sinh ra từ bước xử lý dung dịch xử lý sau sự kết tủa sắt được xả dưới dạng sắt oxit.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt có pH nằm trong khoảng từ 3 đến 5,5.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt có nồng độ kẽm nằm trong khoảng từ 120 g/l đến 150 g/l.
5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt có nồng độ sắt nằm trong khoảng từ 5 g/l đến 20 g/l.
6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó thời gian xử lý của xử lý kết tủa sắt nằm trong khoảng từ 30 phút đến 3 giờ.
7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó oxy và hơi được đưa vào ở bước nén và oxy hóa dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt.
8. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nồi hấp được sử dụng ở bước nén và oxy hóa dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt.
9. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước nén và oxy hóa dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt được thực hiện trong thiết bị nồi hấp, và
 - trong đó thiết bị nồi hấp bao gồm:
 - nồi hấp;
 - bình xả nhanh mà dung dịch xử lý được cấp từ nồi hấp đến đó;
 - bộ gia nhiệt được tạo kết cấu để gia nhiệt dung dịch xử lý nhờ sử dụng hơi sinh ra từ bình xả nhanh; và
 - bộ trao đổi nhiệt được tạo kết cấu để thực hiện trao đổi nhiệt nhờ sử dụng hơi cho đến khi nhiệt độ phản ứng cuối cùng của dung dịch xử lý được đạt tới.
10. Phương pháp theo điểm 9, trong đó bình xả nhanh được bố trí theo số lượng lớn.
11. Phương pháp thu hồi sắt từ dung dịch kẽm sulfat mà được tạo ra nhờ xử lý ngâm chiết trong đó quặng kẽm được hòa tan trong axit sulfuric, phương pháp bao gồm các bước:

điều hòa dung dịch đầu vào xử lý điều hòa, vốn là dung dịch kẽm sulfat, bao gồm bước điều khiển thế oxy hóa khử của dung dịch đầu vào xử lý điều hòa, trong đó bước điều khiển tạo ra dung dịch xử lý sau khi điều hòa,

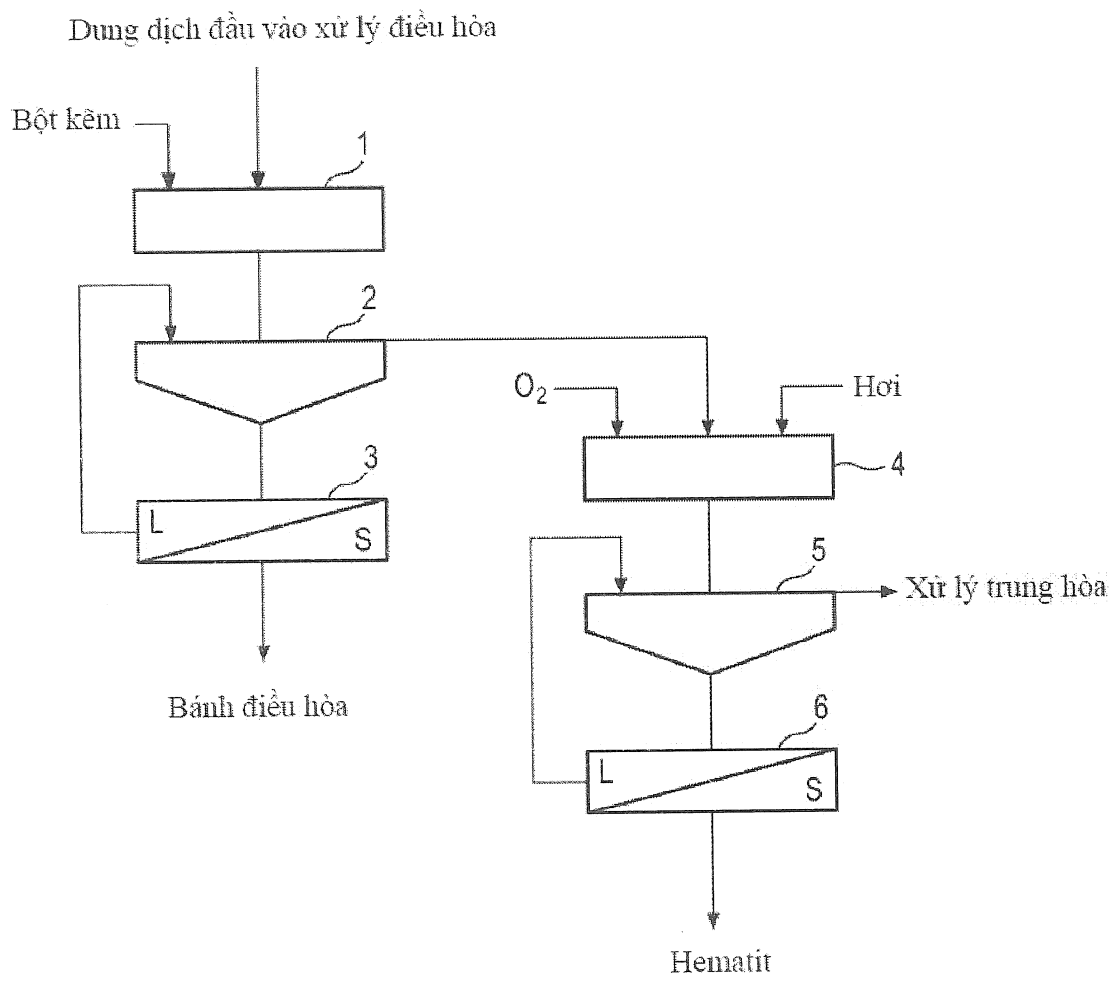
xử lý dung dịch xử lý sau khi điều hòa nhờ sử dụng dụng cụ cô đặc và lọc, trong đó dung dịch đã được xả từ bước xử lý dung dịch xử lý sau khi điều hòa được sử dụng làm dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt, và chất rắn sinh ra từ bước xử lý dung dịch xử lý sau khi điều hòa được xả dưới dạng bánh điều hòa; và

kết tủa sắt để thu hồi sắt dưới dạng hematit, bao gồm nén và oxy hóa dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt,

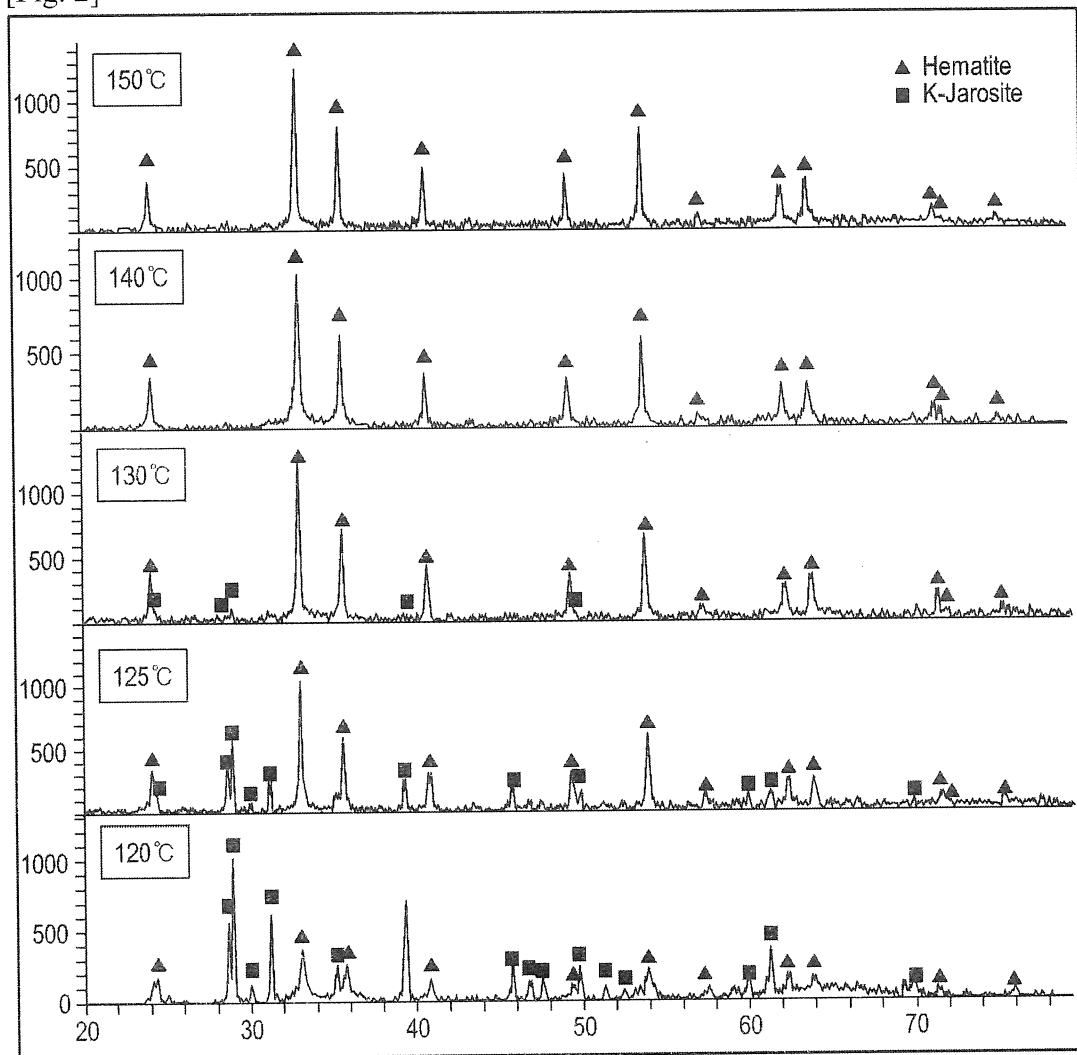
trong đó bước kết tủa được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 135°C đến 150°C và áp suất nằm trong khoảng từ 5 barg đến 10 barg, và

trong đó dung dịch đầu vào xử lý kết tủa sắt có thế oxy hóa khử nhỏ hơn hoặc bằng -100 mV khi như được đo nhờ sử dụng điện cực bạc/bạc clorua (Ag/AgCl) làm điện cực tham chiếu.

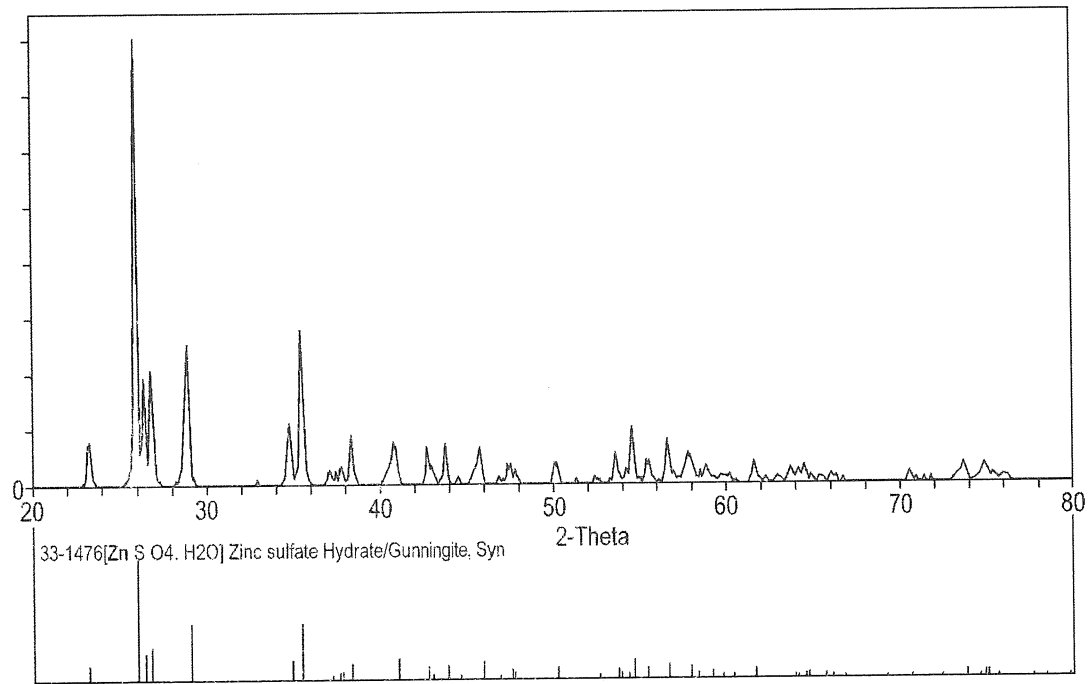
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]

