

Nghiên cứu tuyển quặng đuôi mẫu công nghệ mỏ sắt Bản Luộc, tỉnh Cao Bằng bằng phương pháp nung từ hóa - tuyển từ

Phạm Hòe^{1*}, Nguyễn Đình Tiết¹, Trần Thanh Phúc², Kiều Cao Thăng³

¹Công ty Cổ phần khoáng sản và luyện kim Việt Nam

²Viện Khoa học địa chất và khoáng sản

³Công ty TNHH đầu tư và phát triển công nghệ Văn Cường

Ngày nhận bài 6/9/2016, ngày chuyển phản biện 9/9/2016, ngày nhận phản biện 25/9/2016, ngày chấp nhận đăng 12/10/2016

Để có được một sơ đồ công nghệ nung từ hóa - tuyển từ hợp lý cho quặng đuôi mẫu CNBL-I mỏ sắt Bản Luộc, nhóm nghiên cứu đã tiến hành nghiên cứu thử nghiệm các yếu tố ảnh hưởng đến các chỉ tiêu tuyển như nhiệt độ nung quặng; hàm lượng chất hoàn nguyên trong phối liệu nung (hàm lượng %C); thời gian lưu mẫu trong lò nung và nghiên cứu chế độ tuyển từ quặng sau nung. Quá trình thực hiện chỉ thu được kết quả của mẫu $M < 2$, còn mẫu $M < 0,1$ không có tính khả thi khi dùng phương pháp nung từ hóa - tuyển từ.

Kết quả nghiên cứu của mẫu $M < 2$ đã xây dựng được sơ đồ công nghệ nung từ hóa - tuyển từ tối ưu cho đuôi quặng sắt mẫu CNBL cấp hạt < 2 mm. Trên sơ đồ này đưa ra được các chỉ tiêu tuyển hợp lý như nhiệt độ nung 850° , hàm lượng chất hoàn nguyên 10%C, thời gian lưu mẫu trong lò $60'$ và tuyển từ có cường độ từ trường 800 oT. Với hàm lượng sắt nguyên khai của đuôi quặng mẫu $M < 2$ là 29,84%, sau khi tuyển từ theo sơ đồ tối ưu quy mô phòng thí nghiệm đã thu được tinh quặng có hàm lượng Fe 57-58%, tương ứng với thực thu là 75-78% và phần sản phẩm thải (đuôi) có hàm lượng Fe còn lại dưới mức cho phép (khoảng 10,55%). Đây là công nghệ hợp lý để tuyển lại quặng đuôi mẫu công nghệ Bản Luộc nhằm tận thu tài nguyên và bảo vệ môi trường.

Từ khóa: công nghệ sắt Cao Bằng, tuyển quặng đuôi, tuyển quặng sắt Bản Luộc.

Chỉ số phân loại 2.5

Đặt vấn đề

Hiện nay trên thế giới trong một số mỏ sắt magnetit có tính khả tuyển cao, việc khai thác quặng có hàm lượng Fe tối thiểu phải đạt 17% và được chế biến làm giàu theo các quy trình công nghệ khác nhau [1]. Để sản xuất sắt xộp, Công ty Cổ phần khoáng sản và luyện kim Việt Nam (MIREX) chủ yếu sử dụng nguồn quặng sắt có thành phần khoáng vật chính là magnetit (Fe_3O_4) ở Cao Bằng [2]. Quặng được khai thác chuyển về xưởng sản xuất nguyên liệu của Công ty để tuyển lấy quặng tinh có hàm lượng tổng sắt $> 65\%$ ($TFe > 65\%$) nhằm phục vụ sản xuất sắt xộp có chất lượng ($TFe \geq 90\%$).

Phần quặng thải (quặng đuôi) sau quá trình tuyển lấy quặng tinh [3] tiếp tục được gia công phân tích và thấy còn chiếm khoảng 21-22% trọng lượng mẫu nguyên

khai với hàm lượng sắt khoảng 33-35%, trong đó cấp hạt < 2 mm chiếm khoảng 8-11% với hàm lượng sắt 29,84% và cấp hạt $< 0,1$ mm chiếm khoảng 9-13% với hàm lượng sắt 35,5%. Như vậy, so với hàm lượng quặng nguyên khai được đưa vào khai thác (17%) thì còn cao chưa thể thải được. Để tránh thất thoát tài nguyên và bảo vệ môi trường, Công ty đã đề xuất và được Bộ Khoa học và Công nghệ giao thực hiện Dự án KH&CN “Hoàn thiện công nghệ sản xuất sắt xộp và nghiên cứu sử dụng sắt xộp để luyện một số thép hợp kim phục vụ kinh tế và quốc phòng” nhằm tiếp tục nghiên cứu tuyển quặng đuôi mẫu công nghệ sắt Bản Luộc, tỉnh Cao Bằng bằng phương pháp nung từ hóa - tuyển từ. Mục tiêu nghiên cứu là xác lập được các chỉ tiêu, chế độ và xây dựng được sơ đồ công nghệ tuyển để tận thu tối đa quặng tinh trong quặng đuôi mẫu CNBL-I.

*Tác giả liên hệ: hoephram@mirex.vn

Research on processing tailing ore from technological samples taken from the Ban Luoc iron mine, Cao Bang province by the magnetic roasting - magnetic processing method

Summary

In order to have a rational technological scheme of the magnetic roasting - magnetic processing method for tailing ore of Ban Luoc technological samples taken from the Ban Luoc iron mine, the authors have carried out a test research on factors influencing the processing norms such as ore burning temperature, content of originally reversed compounds in burning materials (content in %C), and time for keeping samples in furnace and a study on the regime of postburning magnetic processing. During implementation, they have received the results that only samples $M < 2$ are feasible, and the $M < 0.1$ samples are of unfeasibility when using the magnetic roasting - magnetic processing method.

Based on the results of the study on the $M < 2$ samples, a rational technological scheme of the magnetic roasting - magnetic processing method for tailing ore of Ban Luoc technological samples with < 2 mm grain size has been established. Rational processing norms have also been identified such as ore burning temperature of 850°C , the content of originally reversed components of 10%C, keeping time of samples in the furnace of 60 minutes, current strength of magnetic processing as 800 oersted. With a content of Fe crude ore of tailing sample $M < 2$ being 29.84%, after testing processing which follows the rational scheme at laboratory scale, the refined ore with Fe content of 57-58% is equivalent to the real content of 75-78%, and the Fe content of wasted (tailed) product is of under the allowed one (about 10.55%). Therefore, this is a rational technology for reprocessing of tailing samples of the Ban Luoc technological samples for by-product recovery of natural resources and environmental protection as well.

Keywords: processing of Ban Luoc iron ore, processing of tailing ore, technology for Fe from Cao Bang province.

Để áp dụng phương pháp tuyển từ đối với quặng đuôi có thành phần khoáng vật sắt không từ (hematit, gotit, limonit...) thì trước khi tuyển từ cần phải nung từ hóa phần quặng đuôi. Trong quá trình nung có chất khử, các khoáng vật sắt không từ hoặc từ yếu (Fe_2O_3) sẽ chuyển thành các khoáng vật magnetit từ mạnh (Fe_3O_4). Sau đó tiến hành tuyển từ các sản phẩm nung để thu sản phẩm có từ và tách các tạp chất. Phương pháp này được gọi là phương pháp “nung từ hóa - tuyển từ”. Nói chung hiệu suất tuyển, tỷ lệ thu hồi sắt của phương pháp nung từ hóa - tuyển từ là khả quan, được nhiều nơi áp dụng [4-8].

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Đặc điểm mẫu nghiên cứu

Mỏ sắt Bản Luộc được nghiên cứu và chọn làm mỏ đại diện cho các mỏ sắt ở Cao Bằng để tiến hành lập phương án lấy mẫu nghiên cứu công nghệ tuyển làm giàu quặng sắt phục vụ sản xuất sắt xộp [2]. Mẫu nghiên cứu có ký hiệu CNBL-I, khối lượng 10 tấn đại diện cho các thân quặng sắt trong mỏ. Việc gia công mẫu để nghiên cứu thành phần vật chất và công nghệ tuyển được tiến hành tại Trung tâm Công nghệ chế biến quặng phóng xạ thuộc Viện Công nghệ xạ hiếm.

Mẫu sử dụng để nghiên cứu tuyển thử nghiệm là sản phẩm đuôi của các quá trình tuyển mẫu CNBL-I gồm hai cấp hạt là < 2 mm (gọi là mẫu $M < 2$) và cấp hạt $< 0,1$ mm (gọi là mẫu $M < 0,1$). Mẫu $M < 2$ có trọng lượng 80 kg, $M < 0,1$ có trọng lượng 30 kg được tiến hành gia công giảm lượ và gửi phân tích ronghen, hóa học. Từ các kết quả phân tích nhận thấy, quặng đuôi mẫu CNBL-I có thành phần khoáng vật chủ yếu là gotit, hematit, sét nhiều, xâm tán (bảng 1); hàm lượng sắt là 29,84% đối với mẫu $M < 2$ và 35,50% đối với mẫu $M < 0,1$ (bảng 2), do đó đã chọn phương pháp nung từ hóa - tuyển từ làm phương pháp tuyển thử nghiệm cho phần đuôi quặng sắt CNBL-I.

Bảng 1: kết quả phân tích ronghen đuôi quặng nguyên khai mẫu CNBL-I

| Ký hiệu mẫu | Thành phần khoáng vật và khoáng hàm lượng (%) của đuôi quặng nguyên khai | | | | | | | |
|-------------|--|---------|----------|-----------|-------|----------|--------|-----------------|
| | Gotit | Hematit | Magnetit | Thạch anh | Illit | Kaolinit | Gipxít | Khoáng vật khác |
| M < 2 | 34-36 | 12-14 | 10-12 | 20-22 | 4-6 | 4-6 | 2-4 | 4%Ca |
| M < 0,1 | 42-44 | 10-12 | - | 6-8 | 11-13 | 20-22 | 2-4 | Mon |

Bảng 2: kết quả phân tích hóa toàn diện đuôi quặng nguyên khai mẫu CNBL-I

| Ký hiệu mẫu | Hàm lượng chỉ tiêu phân tích (%) | | | | | | | | | | |
|-------------|----------------------------------|--------------------------------|-------|------|------------------|------|------|-------|-------|--------------------------------|------|
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | TFe | Mn | TiO ₂ | CaO | MgO | S | P | Cr ₂ O ₃ | MKN |
| M < 2 | 39,32 | 3,44 | 29,84 | 0,69 | 0,793 | 6,96 | 0,25 | <0,01 | 0,034 | 0,018 | 5,04 |
| M < 0,1 | 19,44 | 13,01 | 35,50 | 0,48 | 0,67 | 1,42 | 0,42 | <0,01 | 0,135 | 0,043 | 8,69 |

Phương pháp nghiên cứu

- Thu thập các tài liệu đã công bố về công nghệ tuyển quặng sắt bằng phương pháp nung từ hóa - tuyển từ trong nước và trên thế giới.

- Nghiên cứu thực nghiệm trong phòng nhằm xác lập tính ổn định của công nghệ và dây chuyền thiết bị tuyển.

- Để có được một sơ đồ tuyển tương đối hợp lý theo phương pháp nung từ hóa - tuyển từ, chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu và thử nghiệm các yếu tố ảnh hưởng tới chỉ tiêu tuyển và chọn những điều kiện tốt nhất để làm điều kiện cho quá trình tuyển đã chọn. Các yếu tố ảnh hưởng đến chỉ tiêu tuyển có nhiều nhưng chúng tôi chỉ chọn những yếu tố có tính chất quyết định ảnh hưởng tới sự tăng/giảm của các chỉ tiêu nghiên cứu được triển khai theo các bước: nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ nung đến chỉ tiêu tuyển; nghiên cứu ảnh hưởng của lượng cacbon cho vào mẫu nung đến các chỉ tiêu tuyển; nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian lưu mẫu trong lò đến các chỉ tiêu tuyển; nghiên cứu chế độ tuyển từ quặng sau nung.

Quá trình nghiên cứu thí nghiệm, phân tích các mẫu hóa toàn diện và phân tích nhiễu xạ ronghen được tiến hành ở Trung tâm Phân tích thí nghiệm địa chất thuộc Tổng cục Địa chất khoáng sản. Các thiết bị chính phục vụ cho thí nghiệm là lò nung 1000°C, tủ sấy, khay nung và máy tuyển từ 138T- CЭM.

Trình tự nghiên cứu

- + Cân khối lượng mẫu đem nung.
- + Cân khối lượng than cần trộn vào mẫu (tùy từng thí nghiệm mà có khối lượng than khác nhau).
- + Trộn đều mẫu và than.
- + Cho mẫu đã trộn đều vào khay nung và đặt trong lò nung.

+ Điều chỉnh nhiệt độ của lò nung ở các cấp nhiệt độ khác nhau cho từng thí nghiệm đặt ra.

+ Sau khi đạt đến nhiệt độ cần thiết lưu mẫu trong lò khoảng 30, 60, 90 phút tùy từng thí nghiệm đặt ra.

+ Tắt lò và để mẫu nguội đến nhiệt độ phòng.

+ Cân và xác định khối lượng mẫu sau nung.

+ Tuyển từ bằng máy tuyển từ nam châm vĩnh cửu với cường độ từ trường 800 otxtet.

+ Cân xác định khối lượng quặng tinh quặng đuôi sau tuyển từ.

Kết quả và thảo luận

Đối với mẫu M < 0,1

Mẫu M < 0,1 sau khi nung ở các cấp nhiệt độ: 700, 750, 800, 850°, được tuyển từ ướt đều cho kết quả không khả quan. Chúng tôi đã làm rất nhiều thí nghiệm, tuyển lại quặng tinh nhiều lần nhưng hàm lượng sắt trong quặng tinh không cao. Các quặng tinh có hàm lượng sắt chỉ từ 44,39 đến 45,27%. Hàm lượng sắt trong quặng đuôi còn nhiều, từ 25,05 đến 35,02% (bảng 3).

Bảng 3: kết quả phân tích hóa các sản phẩm mẫu M < 0,1 sau khi nung - tuyển từ ở các cấp nhiệt độ khác nhau

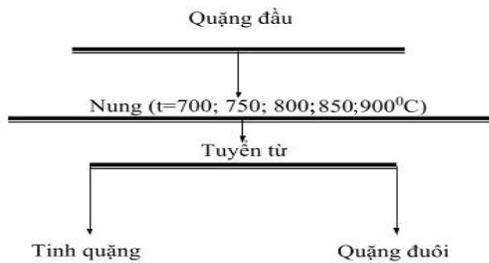
| STT | Nhiệt độ nung | Sản phẩm | Hàm lượng (%) | | |
|-----|---------------|------------|---------------|--------------------------------|------------------|
| | | | TFe | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ |
| 1 | 700° | Quặng tinh | 44,39 | 9,17 | 19,88 |
| | 700° | Quặng đuôi | 35,02 | 13,68 | 22,90 |
| 2 | 750° | Quặng tinh | 45,27 | 12,21 | 18,62 |
| | 750° | Quặng đuôi | 31,81 | 13,54 | 23,10 |
| 3 | 800° | Quặng tinh | 45,17 | 12,88 | 20,22 |
| | 800° | Quặng đuôi | 29,73 | 12,58 | 22,36 |
| 4 | 850° | Quặng tinh | 45,07 | 12,55 | 20,18 |
| | 850° | Quặng đuôi | 25,05 | 13,19 | 25,22 |

Điều này chứng tỏ quặng sắt xâm nhiễm rất mịn nên khi tuyển từ quặng sau nung thường bị bó từ, làm cho các khoáng vật không từ cũng đi vào tinh quặng, dẫn đến hiệu quả phân tuyển không tốt.

Do mẫu M < 0,1 không có tính khả thi khi dùng phương pháp nung từ hóa - tuyển từ nên chúng tôi không nghiên cứu tiếp các yếu tố ảnh hưởng đến các chỉ tiêu tuyển mà chỉ tập trung nghiên cứu vào mẫu M < 2.

Đối với mẫu $M < 2$

Thí nghiệm được thực hiện với các mẫu quặng, các mẫu đầu thực hiện với nhiệt độ nung thay đổi 700°C, 750°C, 800°C, 850°C và 900°C, với thời gian lưu mẫu 60 phút trong lò kín. Sau khi chọn được chế độ nhiệt tối ưu, nung tiếp các mẫu quặng ở nhiệt độ đã chọn và thay đổi hàm lượng cacbon từ 5%, 7%, 10%, 12% để chọn hàm lượng chất hoàn nguyên tối ưu. Khi chọn được nhiệt độ và hàm lượng cacbon tối ưu, tiến hành nung tiếp các mẫu quặng với thời gian lưu mẫu trong lò khác nhau 45', 60', 90', từ đó chọn được thời gian nung tối ưu. Khi chọn được nhiệt độ nung, hàm lượng cacbon, thời gian lưu mẫu trong lò nung, tiến hành nghiên cứu các chế độ tuyển từ quặng sau nung. Việc nung trong lò kín để đảm bảo điều kiện thiếu oxy và không cháy than. Sơ đồ thí nghiệm nung ở các cấp nhiệt độ khác nhau thể hiện trên hình 1.



Hình 1: sơ đồ nung - tuyển từ quặng đuôi mẫu CNBL-I cấp hạt $M < 2$ ở các cấp nhiệt độ khác nhau

Từ các kết quả thí nghiệm nhận thấy Mẫu $M < 2$ khi nung ở nhiệt độ 850°C, hàm lượng cacbon 10%, thời gian lưu mẫu trong lò 60' cho hiệu quả tốt nhất. Sản phẩm quặng tinh thu được khi tuyển từ có mức thu hoạch là 40,49% với hàm lượng sắt là 57,49%, tương ứng với mức thực thu 78,76% (bảng 4, 5) và thành phần khoáng vật được thể hiện trong bảng 6.

Bảng 4: kết quả thí nghiệm tuyển từ quặng sắt $M < 2$ (850°C, 10% C, lưu 60')

| Sản phẩm | Thu hoạch (%) | Hàm lượng Fe (%) | Thực thu (%) |
|------------|---------------|------------------|--------------|
| Quặng tinh | 40,49 | 57,49 | 78,76 |
| Đuôi | 59,51 | 10,55 | 21,24 |
| Tổng | 100,00 | 29,55 | 100,00 |

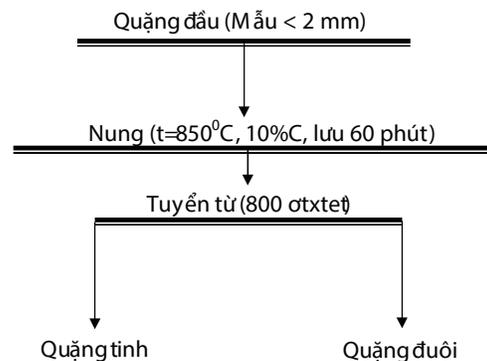
Bảng 5: kết quả phân tích hóa tinh quặng mẫu $M < 2$ (850°C, 10% C, lưu 60')

| Sản phẩm | Hàm lượng (%) | | |
|------------------------------------|---------------|--------------------------------|------------------|
| | TFe | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ |
| Quặng tinh (850°C, 10% C, lưu 60') | 57,49 | 3,16 | 11,50 |

Bảng 6: kết quả phân tích ronghen tinh quặng mẫu $M < 2$ (850°C, 10% C, lưu 60')

| Ký hiệu mẫu | Thành phần khoáng vật và khoáng hàm lượng (%) | | | | | | |
|-------------|---|--|---|-------------------------------|---------|-----------------|----------|
| | Magnetit (Fe ₃ O ₄) | Maghemit (γ-Fe ₂ O ₃) | Hematit (Fe ₂ O ₃) | Thạch Anh (SiO ₂) | Felspat | Kaolinit+Clorit | Amphibol |
| M < 2-TQ | 38-40 | 23-25 | 20-22 | 2-4 | 2-4 | 2-4 | 1-3 |

Trong nghiên cứu chế độ tuyển từ sau nung đã làm các thí nghiệm: mẫu sau nung được phân cấp hạt hẹp, sau đó tuyển từ và tinh quặng tuyển từ lại được tuyển lại nhiều lần cũng cho kết quả không tốt hơn nhiều so với tuyển từ một lần. Ngoài ra, còn thí nghiệm nghiền mẫu quặng đã nung rồi đem tuyển từ nhưng cũng không mang lại kết quả tốt hơn so với không nghiền quặng, mặt khác thu hoạch và hàm lượng sắt trong quặng đuôi lại tăng lên. Vì vậy, sơ đồ công nghệ nung - tuyển từ tối ưu cho đuôi quặng sắt mẫu CNBL cấp hạt < 2 mm được thể hiện như hình 2.



Hình 2: sơ đồ nung - tuyển từ tối ưu quặng đuôi mẫu CNBL cấp hạt < 2

Các chỉ tiêu công nghệ đạt được như sau:

| Tên sản phẩm | Hàm lượng TFe (%) | Thực thu (%) |
|----------------|-------------------|--------------|
| Tinh quặng sắt | 57-58 | 75-78 |

Kết luận và kiến nghị

- Mẫu M < 0,1 sau khi nung ở các cấp nhiệt độ: 700, 750, 800, 850°C, sau đó tuyển từ ướt đều cho kết quả không khả quan. Điều này chứng tỏ quặng sắt xâm nhiễm rất mịn nên khi tuyển từ quặng sau nung thường bị bó từ, làm cho các khoáng vật không từ cũng đi vào tinh quặng, dẫn đến hiệu quả phân tuyển không tốt.

- Kết quả nghiên cứu với mẫu M < 2 đã xây dựng được sơ đồ công nghệ nung từ hóa - tuyển từ tối ưu cho đuôi quặng sắt mẫu CNBL cấp hạt < 2 mm. Sơ đồ này đã đưa ra được các chỉ tiêu tuyển hợp lý như nhiệt độ nung 850°C, hàm lượng chất hoàn nguyên 10% C, thời gian lưu mẫu trong lò 60' và tuyển từ có cường độ từ trường 800 oTstet.

- Các kết quả nghiên cứu cho thấy, dùng phương pháp nung từ hóa đã thu được tinh quặng sắt có hàm lượng 57-58% với mức thực thu đạt 78%. Đây là công nghệ hợp lý để tuyển lại quặng đuôi mẫu công nghệ Bản Luộc (CNBL-I) nhằm tận thu tài nguyên và bảo vệ môi trường.

Lời cảm ơn

Tập thể tác giả xin cảm ơn Bộ KH&CN về sự giúp đỡ kinh phí và tạo mọi điều kiện thuận lợi cho Đề tài: “Nghiên cứu công nghệ tuyển làm giàu quặng sắt để sản xuất sắt xộp của Công ty Cổ phần khoáng sản và luyện kim Việt Nam” thuộc Dự án Hoàn thiện công nghệ sản xuất sắt xộp và nghiên cứu sử dụng sắt xộp để luyện một số thép hợp kim phục vụ kinh tế và quốc phòng. Các tác giả cũng xin cảm ơn Trung tâm Công nghệ chế biến quặng phóng xạ thuộc Viện Công

nghệ xạ hiểm (Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam, Bộ KH&CN), bộ phận tuyển khoáng và phân tích thí nghiệm của Trung tâm Phân tích thí nghiệm địa chất thuộc Bộ Tài nguyên và Môi trường; cảm ơn các nhà khoa học đã có những ý kiến đóng góp quý báu cho bài báo.

Tài liệu tham khảo

- [1] Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam (2002), *Tài nguyên quặng sắt Việt Nam*.
- [2] Phạm Hòa và nnk (2005), *Khảo sát đánh giá các mỏ sắt ở Cao Bằng nhằm lựa chọn mỏ đại diện để lấy mẫu nghiên cứu công nghệ*, Sở KH&CN tỉnh Cao Bằng và Công ty Cổ phần khoáng sản và luyện kim Việt Nam.
- [3] Phạm Hòa và nnk (2016), *Báo cáo tổng hợp kết quả nghiên cứu tính khả tuyển và tuyển thăm dò mẫu CNBL bằng nhiều phương pháp tuyển khác nhau*, Công ty Cổ phần khoáng sản và luyện kim Việt Nam.
- [4] V.L. Egorov (1977), *Các phương pháp tuyển từ, tuyển điện và đặc biệt để tuyển quặng*, Nedra.
- [5] Bùi Danh Phong và nnk (1976), *Báo cáo kết quả nghiên cứu khả năng tuyển quặng sắt Vũ Lao - Bảo Hà - Yên Bái*, Trung tâm Phân tích thí nghiệm địa chất.
- [6] Lâm Văn Đồng và nnk (2011), *Báo cáo nghiên cứu tính khả tuyển quặng mỏ Làng Vinh - Làng Cọ - Lào Cai*, Viện Khoa học công nghệ mỏ - Vinacomin.
- [7] Trần Văn Lùng (2008), *Tuyển từ, tuyển điện và các phương pháp tuyển khác*, Nhà xuất bản Giao thông vận tải.
- [8] Trần Thị Thanh Phúc và nnk (2015), *Nghiên cứu mẫu kỹ thuật laterit xác định tính khả tuyển, khả năng thu hồi tinh quặng sắt đáp ứng yêu cầu sử dụng trong luyện kim*, Viện Khoa học địa chất và khoáng sản Việt Nam.