

CÔNG NGHỆ TUYỂN QUẶNG OXYT KẼM HÀM LƯỢNG KẼM THẤP VÀ GIÀU SẮT MỎ CHỢ ĐIỆN, HUYỆN CHỢ ĐỒN, TỈNH BẮC KẠN

Dương Văn Sự, Trương Thị Ái, Bùi Ba Duy,
Trần Văn Sơn, Nguyễn Hồng Hà, Phạm Thị Thủy Ngân
Viện Công nghệ Xạ hiếm, Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam
Email: sudung1991@gmail.com

Mỏ Chợ Điện là mỏ quặng đa kim với bốn nguyên tố có ích chính là kẽm, chì, sắt và mangan, ngoài ra tùy từng thân quặng còn một số nguyên tố có ích khác như thiếc, vàng, đồng,... Quặng chủ yếu tồn tại ở hai dạng là sulfua kẽm và oxyt kẽm. Trong dạng quặng oxyt lại chia ra làm hai loại là quặng oxyt kẽm màu nâu đất và quặng oxyt kẽm màu đen.

Cả hai mẫu quặng oxyt kẽm màu đen và mẫu quặng oxyt kẽm màu nâu đất có các đặc điểm chung như đã bị phong hóa khá mạnh, đặc biệt là quặng oxyt kẽm màu nâu đất. Cấp hạt mịn -0,212 mm và -0,035 mm có số lượng rất lớn, tương ứng với các tỷ lệ 31,10%; 16,46% và 37,57%; 24,45% trong tổng lượng quặng nguyên khai. Hàm lượng sắt cao phân bố không có quy luật và hàm lượng kẽm thấp tương ứng 35,30% TFe, 5,43% Zn và 25,71% TFe, 8,01% Zn. Các khoáng sắt chủ yếu ở dạng gotit $[Fe_2O_3 \cdot H_2O]$ không từ tính. Các khoáng vật quặng và phi quặng cùng đất đá xâm tán trong nhau từ mịn đến rất mịn, phần lớn nằm trong dải từ 0,2 mm đến 0,05 mm.

Quặng oxyt kẽm màu đen: Các khoáng có ích và không có ích rất đa dạng, phức tạp và chúng có quan hệ cộng sinh chặt chẽ với nhau. Khoáng kẽm chủ yếu là chalcophanit $[ZnMn_3O_7(H_2O)_3]$. Nguyên tố mangan gần như không tồn tại ở khoáng vật độc lập, mà nó tồn tại trong thành phần của khoáng vật kẽm, chiếm vị trí của kẽm trong cấu trúc tinh thể khoáng vật chalcophanit. Với các kết quả phân tích thành phần vật chất và nghiên cứu định hướng các phương pháp tuyển cho thấy đây là loại quặng đặc biệt khó tuyển và sẽ là bất khả tuyển nếu chỉ áp dụng các phương pháp tuyển cơ học truyền thống như tuyển trọng lực, nung từ hóa kết hợp tuyển từ hoặc tuyển nổi.

Quặng oxyt kẽm màu nâu đất: Khoáng kẽm chủ yếu là calamin $[Zn_4Si_2O_7(OH)_2(H_2O)]$, ngoài ra trong mẫu tồn tại rất nhiều các khoáng sét cùng đất đá. Với các kết quả phân tích thành phần vật chất và nghiên cứu định hướng các phương pháp tuyển cho thấy đây là loại quặng tương đối dễ tuyển. Bằng các phương pháp tuyển trọng lực (Rửa, đánh toi, phân cấp và tuyển đa trọng lực), nung từ hóa và tuyển từ ướt cường độ từ trường thấp (tùy từng khâu công nghệ từ 600 gauss đến 1.200 gauss) đạt được kết quả:

- Quặng tinh kẽm: Hàm lượng 25,35% Zn, 7,09% TFe, 1,18% Pb; Mức thực thu kẽm 79,94%.
- Quặng tinh sắt: Hàm lượng 62,86% TFe, 2,30% Zn, 0,283% Pb; Mức thực thu sắt 64,68%.

Đề tài có một số kiến nghị sau:

- Thực tế sản xuất với năng suất lớn, sản phẩm quặng tinh kẽm loại 1 hàm lượng kẽm nên lấy trong khoảng 20,0 - 22,0% Zn, nhằm tăng tỷ lệ thực thu kẽm tránh tổn thất tài nguyên, nâng cao hiệu quả kinh tế mà vẫn đáp ứng yêu cầu chất lượng trong sản xuất.

- Với đối tượng quặng oxyt kẽm màu đen cần được nghiên cứu đầy đủ công nghệ phối hợp các phương pháp tuyển làm giàu cơ học truyền thống như tuyển trọng lực, nung từ hóa và tuyển từ với các phương pháp hóa tuyển (thủy luyện) cũng như phương pháp hòa tuyển (nhiệt độ) nhằm tìm ra được công nghệ tuyển phù hợp nhất, kinh tế nhất, tận thu tối đa nguồn tài nguyên có ích.

- Cần triển khai nghiên cứu quy mô bán công nghiệp, nhằm đánh giá tính ổn định và tính toán hiệu quả kinh tế với sơ đồ công nghệ tuyển đã đề xuất.

Abstract:

Cho Dien deposit is a multi – metal ore mine with four main useful elements are zinc, lead, iron, manganese, in addition, depending on the ore body, there may be other useful elements such as tin, gold and copper. Ores exist mainly in two forms: zinc sulfide, zinc oxide. Zinc oxide form is divided into two types: brown zinc oxide ore and black zinc oxide ore.

Two types of zinc oxide ore have common features: highly weathered ore; high content of fines; high iron content and it is distributed without rule; low zinc content. Iron exists mainly in non-magnetic form such as goethite $[\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}]$. Valuable minerals are finely disseminated in the gangue, mainly of the grain size range of 0.2-0.05 mm.

Black zinc oxide ore: valuable mineral and gangue mineral are diverse and complex, closely associated as intergrowth. Zinc mineral is mostly chalcophanite $[\text{ZnMn}_3\text{O}_7(\text{H}_2\text{O})_3]$. Manganese element almost does not exist as an independent mineral, but exist in the composition of zinc minerals, occupying the position of zinc in the chalcophanite mineral crystal structure. The results of orientation studies showed that black zinc oxide ore is particularly difficult to enrich. Black zinc oxide ore is particularly difficult to be processed by traditional separation methods.

Brown zinc oxide ore: zinc minerals are mostly calamine $[\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})]$. Besides, this ore contains a lot of clay mineral and rock. Based on results of researching of separation methods, it can be said that brown zinc oxide ore is relatively easy for separation. Using a combination of methods including gravity separation (washing, shaking, classification and multi-gravity separation), the magnetization process by heating, wet magnetic separation with low field intensity (600 - 1200 gauss), the recovery yields reached: 79,94% with fine zinc ore (zinc content of 25,35%; TFe content of 7,09%; lead content of 1,18%) and 64,68% with fine iron ore (TFe content of 62,86%; zinc content of 2,30%; lead content of 0,283%).

Recommendations:

1. In industrial production, with zinc concentrate products of type 1, zinc content should be in the range of 20.0 - 22.0% (by the weight) not only for increasing the yield of zinc recovery, but also for avoiding resource loss and still meeting the requirements of quality for production.
2. With the black zinc oxide ore, it is necessary to study comprehensively the technology, in which traditional mechanical enrichment methods such as gravity separation, magnetization heating process and magnetic separation or flotation combined with the chemical separation methods (hydrometallurgy) as well as separation methods by temperature to find the most suitable and economical technology, recovering maximum useful mineral resources.
3. It is necessary to study at semi-industrial scale, in order to assess the stability and calculate economic efficiency with the suggested milling technology layout.

CÔNG NGHỆ TUYỂN QUẶNG OXYT KẼM HÀM LƯỢNG THẤP MỎ CHỢ ĐIỆN, HUYỆN CHỢ ĐỒN, TỈNH BẮC KẠN

Dương Văn Sự, Bùi Ba Duy, Trương Thị Ái,
Trần Văn Sơn, Nguyễn Hồng Hà, Phạm Thị Thủy Ngân
Viện Công nghệ Xạ hiếm, Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam
Email: sudung1991@gmail.com

Tóm tắt

Mỏ Chợ Điện là mỏ quặng đa kim, quặng chủ yếu tồn tại ở hai dạng là sulfua kẽm và oxyt kẽm. Trong dạng quặng oxyt lại chia ra làm hai loại là quặng oxyt kẽm màu nâu đất và quặng oxyt kẽm màu đen.

Cả hai loại quặng oxyt có các đặc điểm chung như đã bị phong hóa khá mạnh, cấp hạt mịn chiếm tỷ lệ rất lớn. Hàm lượng sắt cao và hàm lượng kẽm thấp. Các khoáng sắt chủ yếu là không từ tính. Các khoáng vật quặng và phi quặng cùng đất đá xâm tán trong nhau từ mịn đến rất mịn.

Quặng oxyt màu nâu đất: Khoáng kẽm chủ yếu là calamin, ngoài ra trong mẫu tồn tại rất nhiều các khoáng sét cùng đất đá. Đây là loại quặng tương đối dễ tuyển. Với các phương pháp tuyển trọng lực, nung từ hóa và tuyển từ ướt đạt được kết quả: Quặng tinh kẽm hàm lượng 25,35% Zn với mức thực thu 79,94% và quặng tinh sắt hàm lượng 62,86% TFe với mức thực thu 64,68%.

Quặng oxyt kẽm màu đen: Các khoáng có ích và không có ích rất đa dạng, phức tạp và chúng có quan hệ cộng sinh chặt chẽ với nhau. Khoáng kẽm chủ yếu là chalcophanit. Nguyên tố mangan gần như không tồn tại ở khoáng vật độc lập, mà nó tồn tại trong thành phần của khoáng vật kẽm, chiếm vị trí của kẽm trong cấu trúc tinh thể khoáng vật chalcophanit. Đây là loại quặng đặc biệt khó tuyển và sẽ là bất khả tuyển nếu chỉ áp dụng các phương pháp tuyển cơ học truyền thống.

Từ khóa: Mỏ Chợ Điền; quặng đa kim; quặng tinh thô; quặng tinh; quặng thải; sàng quay đánh to; tuyển đa trọng lực; nung từ hóa; tuyển từ ướt.

1. Mở đầu

Vùng mỏ Chợ Điền là mỏ quặng đa kim với bốn nguyên tố có ích chính là kẽm, chì, sắt và mangan, ngoài ra tùy từng thân quặng còn một số nguyên tố có ích khác như thiếc, vàng, đồng,... Quặng chủ yếu tồn tại ở hai dạng là sulfua kẽm và oxyt kẽm, trong dạng quặng oxyt lại chia ra làm hai loại là quặng oxyt kẽm màu nâu đất và quặng oxyt kẽm màu đen. Quặng oxyt màu nâu đất dễ tuyển hơn, còn quặng oxyt màu đen thuộc dạng đặc biệt khó tuyển.

Cả hai loại quặng oxyt có các đặc điểm chung là đã bị phong hóa khá mạnh; đặc biệt là quặng oxyt kẽm màu nâu đất, cấp hạt mịn chiếm tỷ lệ khá lớn. Các khoáng sắt chủ yếu là không có từ tính và từ tính rất yếu. Các khoáng vật quặng và phi quặng cùng đất đá xâm tán trong nhau từ mịn đến rất mịn.

Với loại quặng oxyt màu đen có hàm lượng sắt rất cao, hàm lượng kẽm rất thấp và cả hai nguyên tố sắt, kẽm phân bố không có quy luật. Các khoáng kẽm có trong mẫu rất đa dạng và phức tạp, chủ yếu là chalcophanit và một lượng nhỏ là các khoáng calamin, smitsonit, zincit, hydrozincit. Nguyên tố mangan gần như không tồn tại ở khoáng vật độc lập, mà nó tồn tại trong thành phần của khoáng vật kẽm, chiếm vị trí của kẽm trong cấu trúc tinh thể khoáng vật chalcophanit và hàm lượng mangan gấp ba lần hàm lượng kẽm. Nếu phân loại khoáng vật theo hàm lượng có ích thì khoáng vật chalcophanit là khoáng vật mangan và màu đen của quặng là màu đặc trưng của khoáng vật mangan.

Với loại quặng oxyt màu nâu đất có hàm lượng sắt tương đối cao và phân bố không có quy luật, hàm lượng kẽm thấp và phân bố tỷ lệ thuận với kích thước các cấp hạt. Có ba loại khoáng kẽm tồn tại trong quặng, chủ yếu là calamin cùng một lượng nhỏ là smitsonit và chalcophanit. Khác với loại quặng màu đen, thì trong loại quặng màu nâu đất tồn tại rất nhiều các khoáng sét cùng đất đá; màu nâu đất của quặng là màu đặc trưng của các khoáng sét và đất đá.

Trữ lượng quặng sulfua kẽm ngày càng cạn kiệt, công nghiệp khai thác và chế biến quặng sulfua kẽm Việt Nam đang bước vào giai đoạn cuối. Dạng quặng oxyt kẽm hàm lượng kẽm thấp trữ lượng còn rất lớn, hiện nay Công ty Cổ phần Kim loại màu Thái Nguyên chỉ khai thác chọn lọc và chế biến loại quặng oxyt kẽm màu nâu đất với hàm lượng kẽm cao và hàm lượng sắt thấp.

Năm 2017 Viện Công nghệ xạ hiếm phối hợp với Công ty Cổ phần Kim loại màu Thái Nguyên nghiên cứu làm giàu đối tượng quặng này với đề tài “Nghiên cứu phương pháp tuyển từ để thu tinh quặng công nghiệp từ quặng kẽm hàm lượng thấp tại mỏ Chợ Điền, huyện Chợ Đồn, tỉnh Bắc Kạn”. Việc nghiên cứu công nghệ làm giàu quặng oxyt kẽm hàm lượng kẽm thấp và giàu sắt có ý nghĩa quan trọng, sẽ chủ động nguồn nguyên liệu đầu vào cho Công ty về lâu dài, đưa ra được công nghệ thu hồi các nguyên tố có ích được hiệu quả, tận thu tối đa, sử dụng tổng hợp và hợp lý nguồn tài nguyên có ích.

2. Kết quả nghiên cứu thành phần vật chất

2.1. Mẫu công nghệ quặng oxyt kẽm màu đen

2.1.1. Kết quả phân tích khoáng vật

Qua kết quả nghiên cứu các phương pháp phân tích ronghen (Bảng 1), khoáng tương và trọng sa đề tài có những nhận xét sau:

➤ Các khoáng sắt tồn tại chủ yếu ở dạng không có từ tính là gotit và một lượng nhỏ có từ tính yếu là hematit;

➤ Các khoáng kẽm có trong mẫu rất đa dạng và phức tạp như chalcophanit, calamin, smitsonit, zincit, hydrozincit. Chúng được thành tạo có quan hệ cộng sinh chặt chẽ và xen lẫn, xâm tán trong các khoáng tạp cùng đất đá từ mịn đến rất mịn (0,2 mm đến 0,05 mm);

➤ Mangan hầu như chỉ tồn tại trong khoáng vật chalcophanit $[ZnMn_3O_7(H_2O)_3]$, nó tham gia và chiếm vị trí của kẽm trong cấu trúc tinh thể khoáng vật chalcophanit với hàm lượng gấp ba lần hàm lượng kẽm;

➤ Tính sơ bộ thì chalcophanit chiếm số lượng lớn nhất, khoảng 70 % đến 85 % trong tổng số các khoáng vật chứa kẽm. Trong khoáng vật sạch chalcophanit thì hàm lượng kẽm đạt cao nhất là 15,36 % Zn và hàm lượng mangan là 45,39 % Mn. Như vậy nếu chỉ áp dụng các phương pháp làm giàu cơ học truyền thống thì hàm lượng kẽm trong quặng tinh cuối cùng khó có thể cao hơn 17,0 % Zn. Nếu phân loại khoáng vật theo hàm lượng có ích thì khoáng vật chalcophanit phải là khoáng vật mangan và màu đen của quặng là màu đặc trưng của khoáng vật mangan.

➤ Mangan là kim loại đen, vì vậy nếu áp dụng phương pháp nung từ hóa, thì chalcophanit cũng trở thành khoáng vật có từ tính. Sau đó áp dụng phương pháp tuyển từ thì hiệu quả phân tuyển và chất lượng các sản phẩm quặng tinh cũng không cao.

Bảng 1. Kết quả phân tích ronghen hai mẫu quặng oxyt kẽm

TT	Thành phần khoáng vật	Khoảng hàm lượng (~%)	
		Quặng oxyt kẽm màu đen	Quặng oxyt kẽm màu nâu đất
1	Chalcophanit - $ZnMn_3O_7(H_2O)_3$	16÷18	2÷4
2	Hemimorphit (Calamin) - $Zn_4Si_2O_7(OH)_2(H_2O)$	6÷8	17÷19
3	Smithsonit - $ZnCO_3$	Ít	5÷7
4	Gotit - $Fe_2O_3.H_2O$	34÷36	31÷33
5	Hematit - Fe_2O_3	14÷16	4÷6
6	Thạch anh - SiO_2	4÷6	-
7	Felspat - $K_{0,5}Na_{0,5}AlSi_3O_8$	4÷6	-
8	Illit - $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$	9÷11	19÷21
9	Clorit - $Mg_2Al_3[AlSi_3O_{10}](OH)_8$	-	4÷6
10	Talc - $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$	-	≤1
11	Gipxit - $Al(OH)_3$	-	1÷3
12	Amphibol - $(Mg, Fe).[Si_4O_{11}]_8.(OH)_3$	-	≤1
13	Canxit - $CaCO_3$	-	≤1
14	Vô định hình	Có	-

2.1.2. Kết quả phân tích hóa học đa nguyên tố

Kết quả phân tích hóa đa nguyên tố hai mẫu quặng oxyt kẽm được cho trong Bảng 2. Kết quả phân tích hóa cho thấy các nguyên tố có ích bao gồm sắt, mangan, kẽm và chì. Hàm lượng sắt và mangan rất cao, hàm lượng kẽm và chì thấp, còn các nguyên tố khác không đáng kể.

Bảng 2. Kết quả phân tích hóa đa nguyên tố hai mẫu quặng oxyt kẽm

TT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Chỉ tiêu phân tích	Zn	TFe	Mn	Cu	Pb	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	S	P
Quặng oxyt kẽm màu đen, %	5,43	35,30	14,08	0,097	3,59	0,48	2,07	4,34	0,16	0,033
Quặng oxyt kẽm màu nâu đất, %	8,01	25,71	3,32	0,032	0,899	0,06	8,15	11,50	<0,01	0,038

2.1.3. Kết quả phân tích thành phần độ hạt

Phân tích thành phần độ hạt cho kết quả: phân bố thu hoạch theo các cấp không có quy luật; hàm lượng kẽm và sắt phân bố gần như đồng đều ở tất cả các cấp hạt; thu hoạch cấp hạt mịn -0,2 mm và -0,035 mm trong quặng nguyên khai tương ứng chiếm 31,10 % và 16,46 %, chứng tỏ quặng oxyt kẽm màu đen đã bị phong hóa khá nhiều.

2.1.4. Kết quả phân tích từ

Mẫu quặng nguyên khai đưa thí nghiệm phân tích từ đã được gia công xuống -0,2 mm. Thí nghiệm được tiến hành trên máy phân tích từ ống.

Phân tích từ cho thấy hàm lượng sắt và kẽm trong sản phẩm có từ và không từ không khác biệt nhau nhiều, kết quả này phù hợp với kết quả phân tích khoáng vật. Vì các khoáng sắt tồn tại chủ yếu ở dạng không từ tính và từ tính yếu là gotit và hematit, một điểm nữa là khoáng chancophanit là loại khoáng chứa rất nhiều mangan cũng có từ tính rất yếu. Nếu dùng phương pháp tuyển từ, kê cả quặng có được nung từ hóa thì cũng không hiệu quả.

Từ các kết quả phân tích thành phần vật chất cho thấy mẫu quặng oxyt kẽm màu đen là loại quặng đa kim rất phức tạp và thuộc loại đặc biệt khó tuyển.

2.2. Mẫu công nghệ quặng oxyt kẽm màu nâu đất

2.2.1. Kết quả phân tích khoáng vật

Cũng như mẫu quặng oxyt màu đen, bằng phương pháp phân tích ronghen (Bảng 1), khoáng tương, trọng sa mẫu quặng oxyt kẽm màu nâu đất cho kết quả và đề tài có những nhận xét sau:

➤ Các khoáng sắt tồn tại chủ yếu ở dạng không từ tính là gotit và một lượng rất nhỏ có từ tính yếu là hematit;

➤ Có ba loại khoáng kẽm tồn tại trong mẫu, nhưng chủ yếu là calamin $Zn_4Si_2O_7(OH)_2(H_2O)$ cùng một lượng rất nhỏ là smitsonit và chalcophanit. Cũng như loại quặng màu đen, chúng được thành tạo xen lẫn và xâm tán trong đất đá cùng các khoáng khác từ mịn đến rất mịn (0,2 mm đến 0,05 mm);

➤ Một điểm khác biệt so với quặng oxyt kẽm màu đen là trong quặng oxyt kẽm màu nâu đất tồn tại rất nhiều các khoáng sét cùng đất đá, đặc điểm này cho thấy đây là đối tượng quặng tương đối dễ tuyển và màu nâu đất của quặng là màu đặc trưng của các khoáng sét và đất đá.

2.2.2. Kết quả phân tích hóa học đa nguyên tố

Kết quả phân tích hóa đa nguyên tố được cho trong Bảng 2. Kết quả phân tích hóa cho thấy các nguyên tố có ích bao gồm sắt, mangan và kẽm. Hàm lượng sắt tương đối cao, hàm lượng kẽm và mangan thấp, còn các nguyên tố khác không đáng kể.

2.2.3. Kết quả phân tích thành phần độ hạt

Phân tích thành phần độ hạt cho thấy: (1) Phân bố thu hoạch theo các cấp không có quy luật; (2) Hàm lượng sắt phân bố gần như đồng đều ở tất cả các cấp hạt, còn hàm lượng nguyên tố kẽm phân bố tỷ lệ thuận với kích thước các cấp hạt; (3) Thu hoạch cấp hạt mịn -0,2 mm và -0,035

mm tương ứng chiếm 37,57 % và 24,45 %, chứng tỏ quặng oxyt kẽm màu nâu đất đã bị phong hóa rất mạnh.

2.2.4. Kết quả phân tích từ

Mẫu quặng nguyên khai đưa thí nghiệm phân tích từ đã được gia công xuống -0,2 mm. Thí nghiệm được tiến hành trên máy phân tích từ ống. Phân tích từ cho thấy hàm lượng sắt và kẽm trong sản phẩm có từ và không từ đã có sự khác biệt nhau nhiều, đặc biệt là ở nấc cường độ từ trường cao 5.000 gauss. Lý do có thể là mẫu quặng nâu đất có rất ít khoáng chancophanit là loại khoáng chứa mangan có từ tính rất yếu. Đối tượng quặng màu nâu đất này nếu áp dụng phương pháp nung từ hóa và sau đó là tuyển từ ướt với cường độ từ trường thấp sẽ rất hiệu quả.

Từ các kết quả phân tích thành phần vật chất cho thấy mẫu quặng oxyt kẽm màu nâu đất là loại quặng đa kim tương đối phức tạp nhưng thuộc loại tương đối dễ tuyển.

3. Kết quả nghiên cứu, thí nghiệm điều kiện công nghệ tuyển

3.1. Thí nghiệm điều kiện trên thiết bị rửa, sàng quay đánh toi

Với lý do cả hai loại quặng: đã bị phong hóa khá mạnh đặc biệt là loại quặng màu nâu đất. Các cấp hạt mịn -0,2 mm hoặc -0,035 mm chiếm tỷ lệ rất lớn, tương ứng trong hai loại quặng màu đen và nâu đất là 31,10 %; 16,46 % và 37,57 %; 24,45 %; các khoáng có ích và các khoáng tạp cùng đất đá xen lẫn, xâm tán trong nhau mịn đến rất mịn từ 0,2 mm đến 0,05 mm. Vì vậy chọn khâu đầu tiên trong sơ đồ công nghệ là phương pháp đánh toi, rửa và phân cấp, nhằm tách riêng rẽ cấp hạt mịn nguyên sinh -0,2 mm để xử lý riêng tránh bị quá nghiền. Kết quả thí nghiệm điều kiện rửa, đánh toi hai mẫu quặng ở giá trị tối ưu cho trong Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm điều kiện rửa, đánh toi hai mẫu quặng ở giá trị tối ưu

TT	Các chỉ tiêu, yếu tố hoặc điều kiện công nghệ đạt được trong nghiên cứu, thí nghiệm	Đơn vị tính	Giá trị đạt tối ưu	
			Quặng oxyt kẽm màu đen	Quặng oxyt kẽm màu nâu đất
1	Tỷ lệ R/L trong tang quay	-	1,0/1,2	
2	Chi phí nước rửa ở khâu sàng quay và sàng rung	m ³ /tấn	5,5	6,5
3	Áp lực nước rửa ở sàng quay và sàng rung	at	2,0÷2,5	
4	Thời gian đánh toi	phút	5,0	6,0
5	Tốc độ quay của tang máy đánh toi (bằng khoảng 118,0 % tốc độ quay có lợi (n _{c.lợi} =55 v/ph).	v/ph	65	
6	Thu hoạch cấp hạt -0,2 mm đã tách được	%	32,23	38,69

3.2. Thí nghiệm điều kiện trên thiết bị tuyển đa trọng lực

Máy tuyển đa trọng lực (MGS) của hãng Mozley (Anh) là thiết bị tuyển hiện đại, phù hợp với đối tượng quặng mịn và có tỷ trọng cao mà các thiết bị trọng lực khác tuyển không có hiệu quả như bàn đãi bùn, cyclon, vít xoắn. Cả hai mẫu công nghệ được rửa, đánh toi, đập, sàng, nghiền hợp lý xuống -0,2 mm và được đưa tuyển trên thiết bị đa trọng lực. Kết quả thí nghiệm điều kiện trên máy MGS hai mẫu quặng ở giá trị tối ưu cho trong trong Bảng 4.

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm điều kiện trên máy MGS hai mẫu quặng ở giá trị tối ưu

TT	Các chỉ tiêu, yếu tố hoặc điều kiện công nghệ đạt được trong nghiên cứu, thí nghiệm	Đơn vị tính	Giá trị đạt tối ưu	
			Quặng	Quặng oxyt

			oxyt kẽm màu đen	kẽm màu nâu đất
1	Hàm lượng kẽm trong quặng đầu	%	5,43	8,01
2	Hàm lượng sắt trong quặng đầu		35,30	25,76
3	Mật độ pha rắn trong dung dịch bùn quặng đầu vào		20,0	
4	Tốc độ quay của tang tuyển	v/ph	250	
5	Góc nghiêng của tang tuyển	độ	3,0	
6	Tỷ lệ thực thu kẽm trong sản phẩm nặng	%	>83,0	>91,0
7	Tỷ lệ thực thu sắt trong sản phẩm nặng		>88,0	>94,0

3.3. Thí nghiệm điều kiện nung từ hóa truyền thống kết hợp tuyển từ ướt cường độ từ trường thấp

Quặng đưa thí nghiệm nung từ hóa là sản phẩm tổng khoáng vật nặng (quặng tinh thô) của khâu tuyển đa trọng lực. Lò nung dùng trong thí nghiệm nung từ hóa là loại lò điện trở 1.200 độ Lenton (CHLB Đức).

Để đánh giá được điều kiện hay chế độ tối ưu của quá trình nung từ hóa thì cần phải kết hợp với khâu tuyển từ ướt cường độ từ trường thấp và sản phẩm sau nung được đưa đi phân tích ronghen để nhận biết được sự chuyển hóa các khoáng sắt không có từ tính và có từ tính yếu sang khoáng sắt có từ tính mạnh là magnetit.

Sản phẩm sau nung được tách than và đưa tuyển từ ướt với cường độ từ trường thấp 900 gauss. Các yếu tố, chế độ tối ưu chính ảnh hưởng đến chất lượng nung và kết quả thí nghiệm điều kiện nung từ hóa truyền thống được cho trong Bảng 5 và Bảng 6. Kết quả phân tích ronghen sản phẩm sau nung được cho trong Bảng 7.

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm nung từ hóa hai mẫu quặng ở chế độ tối ưu

TT	Loại quặng	Chất khử	Tỷ lệ phối trộn chất khử, %	Nhiệt độ nung, độ	Thời gian nung, phút
1	Oxyt kẽm màu đen	Than hoạt tính HTV	10,0	870	90
2	Oxyt kẽm màu nâu đất		8,0	730	

Bảng 6. Kết quả thí nghiệm điều kiện nung từ hóa truyền thống hai mẫu quặng ở chế độ tối ưu

TT	Loại quặng	Sản phẩm	Thu hoạch, %	Hàm lượng, %		Thực thu, %	
				TFe	Zn	TFe	Zn
1	Oxyt kẽm màu đen	Sản phẩm sau nung	86,82	54,98	9,43	100,00	100,00
		Mất khi nung	13,18	0,00	0,00	0,00	0,00
		Có từ	65,23	61,72	8,05	84,35	64,11
		Không từ	20,36	34,59	14,05	14,75	34,93
		Bùn quặng cực mịn	1,23	34,76	6,37	0,90	0,96
Quặng vào			100,00	47,73	8,91	100,00	100,00
2	Oxyt kẽm màu nâu đất	Sản phẩm sau nung	84,27	37,46	15,84	100,00	100,00
		Mất khi nung	15,73	0,00	0,00	0,00	0,00
		Có từ	42,83	66,15	6,28	89,74	20,15
		Không từ	40,73	7,47	26,09	9,64	79,60
		Bùn quặng cực mịn	0,71	27,52	4,76	0,62	0,25
Quặng vào			100,00	31,57	13,35	100,00	100,00

Bảng 7. Kết quả phân tích ronghen mẫu quặng tinh trước và sau khi nung từ hóa

TT		Thành phần khoáng vật	Khoảng hàm lượng, %	
			Oxyt kẽm màu đen	Oxyt kẽm màu nâu đất
1	Quặng trước khi nung	Chalcophanit - $ZnMn_3O_7 \cdot 3H_2O$	7,0÷9,0	-
		Hemimorphit (Canamin) - $Zn_4(SiO_7)(OH)_2$	4,0÷6,0	16,0÷18,0
		Smithsonit - $ZnCO_3$	3,0÷5,0	14,0÷16,0
		Gotit - $Fe_2O_3 \cdot H_2O$	31,0÷33,0	34,0÷36,0
		Hematit - Fe_2O_3	8,0÷10,0	12,0÷14,0
		Lepidocrocit - $FeO \cdot OH$	1,0÷3,0	-
		Thạch anh - SiO_2	6,0÷8,0	14,0÷16,0
		Amphibol - $(Mg, Fe) \cdot [Si_4O_{11}]_8 \cdot (OH)_3$	-	≤1,0
2	Quặng sau khi nung	Smithsonit - $ZnCO_3$	2,0÷4,0	-
		Willemit - $Zn(SiO_4)$	-	35,0÷37,0
		Magnetit - Fe_3O_4	38,0÷40,0	40,0÷42,0
		Hematit - Fe_2O_3	6,0÷8,0	-
		Thạch anh - SiO_2	1,0÷3,0	8,0÷10,0
		Khoáng sét	6,0 - 8,0	7,0 - 9,0

Qua kết quả thí nghiệm điều kiện nung từ hóa rồi tuyển từ ướt cường độ từ trường thấp có thể kết luận:

➤ Nung từ hóa quặng oxyt kẽm màu đen các chỉ số nhiệt độ và chất khử ở chế độ tối ưu cao hơn nhiều so với quặng oxyt kẽm màu nâu đất (870⁰C và 10% than HTV so với 730⁰C và 8,0% than HTV). Như vậy có thể nói năng lượng cho chuyển đổi các khoáng sắt trong quặng oxyt kẽm màu đen cao hơn nhiều quặng oxyt kẽm màu nâu đất - Điều này càng khẳng định quặng oxyt kẽm màu đen thuộc loại đặc biệt khó tuyển và khó tuyển hơn nhiều quặng oxyt kẽm màu nâu đất.

➤ Với đối tượng quặng oxyt kẽm màu đen: *Sẽ là bất khả tuyển nếu chỉ dùng phương pháp tuyển trọng lực, nung từ hóa và tuyển từ (các phương pháp tuyển cơ học truyền thống).*

➤ Nung từ hóa quặng oxyt kẽm màu nâu đất với các điều kiện yếu tố tối ưu trên kết hợp phương pháp tuyển từ ướt cường độ từ trường thấp đạt chất lượng rất tốt. Làm giàu đối tượng này chỉ cần dùng các phương pháp tuyển cơ học truyền thống.

Vì vậy phần còn lại của báo cáo tập thể tác giả chỉ trình bày các nghiên cứu quặng oxyt kẽm màu nâu đất.

4. Kết quả nghiên cứu công nghệ tuyển mẫu quặng oxyt kẽm màu nâu đất

4.1. Cơ sở lựa chọn sơ đồ công nghệ tuyển và các thiết bị tuyển

➤ Quặng oxyt kẽm màu nâu đất là đối tượng quặng đa kim tương đối phức tạp, xếp theo thứ tự giảm dần về hàm lượng các nguyên tố có ích là sắt-kẽm-mangan. Hàm lượng sắt cao (25,71 % TFe), hàm lượng kẽm và mangan thấp (8,01 % Zn; 3,32 % Mn). Các nguyên tố khác tồn tại trong rất nhiều loại khoáng vật khác nhau nhưng không đáng kể.

➤ Khoáng kẽm có trong mẫu ở ba dạng chính, chiếm đại đa số là calamin và số ít là smithsonit và số rất ít là chalcophanit.

➤ Các khoáng sắt tồn tại chủ yếu ở hai dạng không có từ tính và từ tính rất yếu là goetit và lượng nhỏ là hematit. Đặc điểm này thích hợp khi áp dụng phương pháp nung từ hóa kết hợp phương pháp tuyển từ ướt với cường độ từ trường thấp.

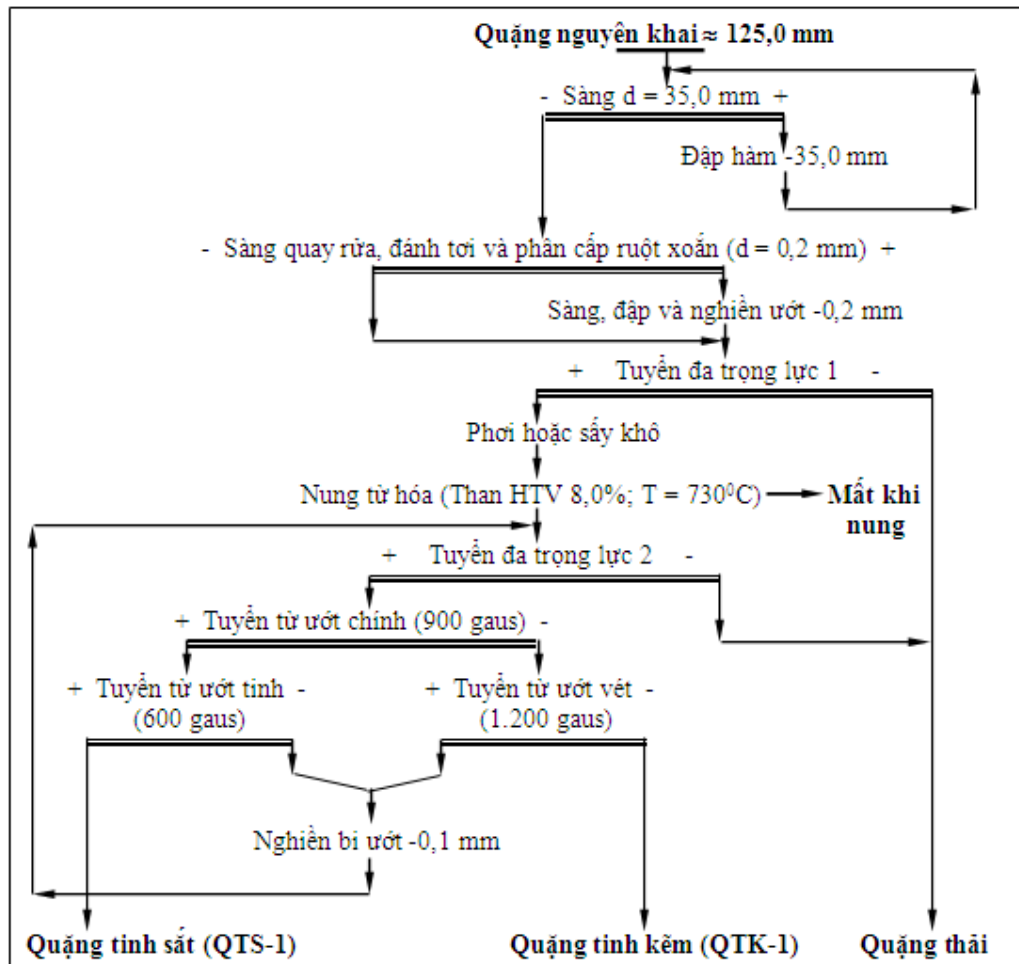
➤ Các khoáng sét cùng đất đá chiếm tỷ lệ trong mẫu quặng với số lượng lớn. Đặc điểm này cho thấy đây là quặng tương đối dễ tuyển và có thể áp dụng phương pháp tuyển trọng lực khá tốt.

➤ Các khoáng vật có ích và các khoáng tạp cùng đất đá xâm tán trong nhau tương đối mịn đến rất mịn, chủ yếu nằm trong dải từ 0,2 mm đến 0,05 mm.

➤ Thu hoạch các cấp hạt mịn -0,2 mm, -0,075 mm và -0,035 mm có số lượng rất lớn tương ứng là 37,57%, 32,56% và 24,45%, chứng tỏ rằng quặng oxyt kẽm màu nâu đất đã bị phong hóa rất mạnh. Khâu đầu tiên trong công nghệ cần áp dụng đánh toi, rửa và phân cấp để tách riêng cấp hạt nguyên sinh -0,2 mm tránh bị quá nghiền. Kết quả thí nghiệm định hướng trên thiết bị sàng quay đánh toi rất hiệu quả - Ở các chế độ tối ưu đã tách được cấp -0,2 mm với thu hoạch > 38,0%.

➤ Phân bố thu hoạch theo các cấp hạt không có quy luật. Hàm lượng kẽm phân bố có quy luật, tỷ lệ thuận với kích thước hạt. Hàm lượng sắt phân bố gần như đồng đều ở tất cả các cấp hạt. Đặc điểm này cho thấy với nguyên tố kẽm có thể lợi dụng cấp hạt để phân tuyển.

➤ Thí nghiệm điều kiện trên thiết bị tuyển đa trọng lực, bản dải bùn với cỡ hạt đưa tuyển -0,2 mm thì thiết bị tuyển đa trọng lực thể hiện tính ưu việt hơn hẳn. Vì vậy đề tài lựa chọn thiết bị tuyển đa trọng lực.



Hình 1: Sơ đồ công nghệ tuyển quặng oxyt kẽm màu nâu đất

➤ Các khoáng sắt và khoáng kẽm đều có tỷ trọng cao từ 3,3 đến 5,7, các khoáng tạp nhẹ cùng đất đá đều có tỷ trọng nhỏ hơn 2,5. Vì vậy có thể dùng phương pháp tuyển trọng lực và cụ thể là thiết bị đa trọng lực để tách thải đại bộ phận các khoáng tạp nhẹ cùng đất đá ở ngay sau khâu công nghệ rửa và đánh toi.

➤ Kết quả nung từ hóa đạt hiệu quả rất cao, gần như tất cả các khoáng sắt có từ tính yếu và rất yếu chuyển thành khoáng sắt có từ tính mạnh là magnetit. Chất khử dùng trong nung từ hóa thích hợp là than hoạt tính HTV với các điều kiện tối ưu như: Tỷ lệ phối trộn than là 8,0 %; Nhiệt độ nung là 730 °C; Thời gian nung là 90 phút.

➤ Kết quả thí nghiệm điều kiện tuyển từ quặng sau nung đã kết luận: Chỉ có thể áp dụng phương pháp tuyển từ ướt với cường độ từ trường thấp cho đối tượng quặng sau nung, tùy từng khâu công nghệ cường độ từ trường từ 600 đến 1.200 gauss.

➤ Quặng trung gian tổng hợp của các khâu tuyển từ hoặc tuyển đa trọng lực cần được gộp chung và nghiền ướt xuống cỡ hạt -0,1 mm nhằm phá vỡ tiếp các kết hạch mịn hơn, quặng sau nghiền đưa trở lại khâu công nghệ tuyển trước nhằm tận thu kẽm và sắt.

Từ những đặc điểm về thành phần vật chất quặng, những luận giải và kết quả thí nghiệm điều kiện các phương pháp tuyển cùng với nội dung cũng như mục tiêu nghiên cứu - Đề tài nghiên cứu kết hợp các phương pháp tuyển, lựa chọn các thiết bị tuyển, đã đề xuất tuyển thí nghiệm và đã lựa chọn được sơ đồ công nghệ tuyển phù hợp nhất với mẫu quặng oxyt kẽm màu nâu đất được giới thiệu trên Hình 1.

4.2. Kết quả nghiên cứu công nghệ tuyển

Đề tài đã tuyển thí nghiệm mẫu quặng oxyt kẽm màu nâu đất theo sơ đồ công nghệ Hình 1 ở quy mô phòng thí nghiệm mở rộng, kết quả thí nghiệm được cho trong Bảng 8.

Kết quả phân tích hóa đa nguyên tố các sản phẩm quặng tinh và quặng thải cho trong Bảng 9. Kết quả phân tích ronghen mẫu quặng tinh kẽm và quặng tinh sắt cho trong Bảng 10.

Bảng 8. Kết quả thí nghiệm mẫu quặng oxyt kẽm màu nâu đất theo sơ đồ Hình 1

TT	Khâu tuyển và sản phẩm	Thu hoạch, %	Hàm lượng, %		Thực thu, %	
			Zn	TFe	Zn	TFe
1	<i>Sàng quay rửa, đánh toi và phân cấp ruột xoắn</i>					
1.1	Cấp +0,20 mm	53,79	11,70	25,02	78,54	52,35
1.2	Cấp -0,20 mm	46,21	3,72	26,51	21,46	47,65
	Quặng vào	100,00	8,01	25,71	100,00	100,00
2	<i>Tuyển đa trọng lực 1</i>					
2.1	Tổng khoáng vật nặng 1 (Quặng tinh thô)	64,04	11,12	29,85	88,90	74,35
2.2	Tổng khoáng vật nhẹ 1 (thải 1)	35,96	2,47	18,34	11,10	25,65
	Quặng vào	100,00	8,01	25,71	100,00	100,00
3	<i>Nung từ hóa</i>					
3.1	Sản phẩm sau nung	55,29	12,87	34,58	88,90	74,36
3.2	Mất khi nung	8,75	0,00	0,00	0,00	0,00
	Quặng vào	64,04	11,12	29,85	88,90	74,35

4	<i>Tuyển đa trọng lực 2</i>					
4.1	Tổng khoáng vật nặng 2	62,56	13,27	33,81	103,66	82,26
4.2	Tổng khoáng vật nhẹ 2 (thải 2)	3,58	3,10	19,50	1,39	2,72
Quặng vào		66,14	12,72	33,03	105,04	84,98
5	<i>Tuyển từ ướt chính 900 gaus</i>					
5.1	Sản phẩm có từ	27,94	2,70	61,13	9,40	66,44
5.2	Sản phẩm không từ	34,62	21,81	11,75	94,25	15,82
Quặng vào		62,56	13,27	33,81	103,66	82,26
6	<i>Tuyển từ ướt 1.200 gaus</i>					
6.1	Quặng tinh kẽm QTK-1	25,26	25,35	7,09	79,94	6,96
6.2	Trung gian 1	9,36	12,25	24,33	14,31	8,86
Quặng vào		34,62	21,81	11,75	94,25	15,82
7	<i>Tuyển từ ướt tinh 600 gaus</i>					
7.1	Quặng tinh sắt QTS-1	26,45	2,30	62,86	7,58	64,68
7.2	Trung gian 2	1,49	9,80	30,47	1,82	1,77
Quặng vào		27,94	2,70	61,13	9,40	66,44
8	Quặng thải tổng hợp (thải 1 + thải 2)	39,54	2,53	18,44	12,48	28,36
Quặng nguyên khai		100,00	8,01	25,71	100,00	100,00

Bảng 9. Kết quả phân tích hóa đa nguyên tố các sản phẩm quặng tinh, quặng thải

TT	Chi tiêu phân tích	Quặng tinh sắt QTK-1; %	Quặng tinh kẽm QTS-1; %	Quặng thải tổng hợp QTH-TH; %
1	Zn	25,35	2,30	3,35
2	TFe	7,09	62,86	19,09
3	Pb	1,18	0,283	0,383
4	Mn	2,34	2,57	0,548
5	Cu	0,059	-	-
6	CaO	1,26	0,158	-
7	SiO ₂	36,64	2,48	-
8	Al ₂ O ₃	4,79	0,57	-
9	S	<0,01	<0,01	< 0,01
10	P	0,028	0,002	0,017
11	As	-	-	< 0,01
12	Hg	-	-	< 0,05

Bảng 10. Kết quả phân tích ronghen mẫu quặng tinh QTS-1, QTK-1

TT	Ký hiệu mẫu	Thành phần khoáng vật	Khoảng hàm lượng, %
1	Quặng tinh kẽm QTK-1	Oxyt kẽm - ZnO	24,0÷26,0
		Willemit - Zn ₂ (SiO ₄)	11,0÷13,0
		Franklinit - (Zn,Mn)Fe ₂ O ₄	1,0÷3,0
		Hematit - Fe ₂ O ₃	6,0÷8,0
		Thạch anh - SiO ₂	20,0÷22,0
		Illit - Kal ₂ [AlSi ₃ O ₈].(OH) ₂	18,0÷20,0
		Canxit - CaCO ₃	2,0÷4,0
		Cristobalit (SiO ₂) + Ramsdelit (MnO ₂)	4,0÷6,0
2	Quặng tinh sắt QTS-1	Magnetit - Fe ₃ O ₄	75,0÷77,0
		Hematit - Fe ₂ O ₃	9,0÷11,0

5. Kết luận, kết quả và kiến nghị

5.1. Kết luận và kết quả

➤ Quặng oxyt kẽm mỏ Chợ Điền có hai loại là quặng oxyt kẽm màu nâu đất và quặng oxyt kẽm màu đen. Hai loại quặng này về cơ bản có thành phần vật chất rất khác biệt nhau.

➤ Đối tượng quặng oxyt kẽm màu đen - Với các kết quả nghiên cứu thành phần vật chất, kết quả nghiên cứu định hướng và nghiên cứu điều kiện các phương pháp tuyển cùng mục tiêu, nội dung nghiên cứu của đề tài đã cho thấy:

- Quặng oxyt kẽm màu đen phức tạp cũng như khó tuyển hơn rất nhiều mẫu quặng oxyt kẽm màu nâu đất và thuộc loại đặc biệt khó tuyển.

- Sẽ bất khả tuyển nếu chỉ dùng các phương pháp tuyển cơ học truyền thống như tuyển trọng lực, nung từ hóa và tuyển từ.

➤ Đối tượng quặng oxyt kẽm màu nâu đất là loại quặng tương đối dễ tuyển và sơ đồ công nghệ phối hợp các phương pháp tuyển phù hợp nhất được giới thiệu trên Hình 1.

➤ Với mẫu quặng oxyt kẽm hàm lượng thấp màu nâu đất mỏ Chợ Điền, huyện Chợ Đồn, tỉnh Bắc Kạn khi tuyển theo sơ đồ công nghệ Hình 1 đã đạt được các loại quặng tinh có chất lượng như sau:

- Quặng tinh kẽm với hàm lượng $\beta_{Zn} = 25,35\%$ Zn; $\beta_{Fe} = 7,09\%$ TFe; $\beta_{Pb} = 1,18\%$ Pb; mức thực thu kẽm $\varepsilon_{Zn} = 79,94\%$.

- Quặng tinh sắt với hàm lượng $\beta_{Fe} = 62,86\%$ TFe; $\beta_{Zn} = 2,30\%$ Zn; $\beta_{Pb} = 0,283\%$ Pb; mức thực thu sắt $\varepsilon_{Fe} = 64,68\%$.

5.2. Kiến nghị

➤ Thực tế sản xuất với năng suất lớn, sản phẩm quặng tinh kẽm loại 1 hàm lượng kẽm nên lấy trong khoảng 20,0 - 22,0% Zn, nhằm tăng tỷ lệ thực thu kẽm tránh tổn thất tài nguyên mà vẫn đáp ứng yêu cầu chất lượng trong sản xuất.

➤ Với đối tượng quặng oxyt kẽm màu đen cần được nghiên cứu đầy đủ công nghệ phối hợp các phương pháp tuyển làm giàu cơ học truyền thống như tuyển trọng lực, nung từ hóa và tuyển từ hoặc tuyển nổi với các phương pháp hóa tuyển (thủy luyện) cũng như phương pháp hòa tuyển (nhiệt độ) nhằm tìm ra được công nghệ tuyển phù hợp nhất, kinh tế nhất, tận thu tối đa nguồn tài nguyên có ích.

➤ Cần nghiên cứu quy mô bán công nghiệp, nhằm đánh giá tính ổn định và tính toán hiệu quả kinh tế với sơ đồ công nghệ tuyển đã đề xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Thị Hiền. Báo cáo “Nghiên cứu công nghệ tuyển quặng ôxit kẽm (dưới 10 %) mỏ Chợ Điền phục vụ yêu cầu sản xuất bột kẽm” - Viện Khoa học Công nghệ Mỏ-Luyện kim, năm 2007.

2. Bùi Tiến Hải. Báo cáo “Nghiên cứu công nghệ tuyển thu hồi các kim loại thiếc, sắt trong đới mũ sắt khu Lũng Cháy và Suối Teo mỏ kẽm chì Chợ Điền” - Công ty Cổ phần Kim loại màu Thái Nguyên, năm 2016.

3. Dương Văn Sự - Báo cáo “Nghiên cứu phương pháp tuyển từ để thu tinh quặng công nghiệp từ quặng kẽm hàm lượng thấp tại mỏ Chợ Điền, huyện Chợ Đồn, tỉnh Bắc Kạn” - Viện Công nghệ Xạ hiếm, Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam, năm 2018.