

# NGHIÊN CỨU THĂM DÒ KHẢ NĂNG TUYỂN NỔI QUẶNG ĐỒNG NIKEN CAO BẰNG

STUDY AND EXPLORE CAO BANG'S NICKEL ORE FLOTATION CAPACITY

Phạm Đức Thắng<sup>1\*</sup>, Nguyễn Trung Kiên<sup>1</sup>,  
Hồ Ngọc Hùng<sup>1</sup>, Đỗ Hồng Việt<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thăm dò khả năng tuyển nổi quặng đồng niken Cao Bằng với hàm lượng quặng nguyên khai Ni = 1,18%, Cu = 0,89%. Đã xác định được chế độ tuyển hợp lý: Độ mịn nghiền 83,94% cấp hạt -0,074mm; hàm lượng R/L = 30%; môi trường tuyển pH: 8; thuốc kích động Na<sub>2</sub>S: 400g/t; thuốc tập hợp butyl xantat: 350g/t; thuốc tạo bọt dầu thông: 100g/t. Kết quả thí nghiệm thu được quặng tinh có hàm lượng Ni = 7,04%, Cu = 3,49%, tương ứng với thực thu kim loại Ni = 80,96%, Cu = 53,21%.

**Từ khóa:** Tuyển nổi, tuyển nổi đồng, tuyển nổi niken.

## ABSTRACT

This paper presents the research results of the exploration of Cao Bang nickel ore flotation capacity with the original content of Ni = 1.18%, Cu = 0.89%. Identified reasonable regimen: Crushing fineness 83.94% grain level -0.074mm; R/L content = 30%; recruitment environment pH: 8; Active drug Na<sub>2</sub>S: 400g/t; Butyl xantate: 350g/t; Pine oil foaming agent: 100g/t. Experimental results obtained ore concentrate content Ni = 7.04%, Cu = 3.49%, corresponding to the actual metal collecting Ni = 80.96%, Cu = 53.21%.

**Keywords:** Flotation, copper flotation, nickel flotation.

<sup>1</sup>Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>2</sup>Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: thangpd@ims.vast.ac.vn

Ngày nhận bài: 12/7/2019

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 18/8/2019

Ngày chấp nhận đăng: 15/10/2019

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Từ lâu niken đã là kim loại có vai trò quan trọng và được sử dụng rất rộng rãi trong các ngành kỹ thuật khác nhau như chế tạo máy, hàng không, kỹ thuật tên lửa, chế tạo ô tô, máy hoá, kỹ thuật điện, chế tạo dụng cụ, công nghiệp hoá học, dệt, dụng cụ gia đình, thực phẩm...[1].

Trữ lượng khoáng sản niken của nước ta khá nhỏ và tập trung chủ yếu ở tỉnh Sơn La: mỏ niken Bản Phúc (có khoảng 400.000 tấn niken và 50.000 tấn đồng, với hàm lượng Ni = 0,53%, hàm lượng Cu = 0,7 - 1,63%)[2]. Ngoài ra theo kết quả điều tra thăm dò địa chất, nước ta có khoảng 3,4 triệu tấn quặng tương ứng 30.000 tấn niken tồn tại ở dạng oxit và

sunfua, tuy nhiên chưa được khai thác và chế biến. Hiện nay, nguồn cung cấp niken đã không đủ để đáp ứng nhu cầu tiêu thụ đang có xu hướng gia tăng ở cả trong và ngoài nước.

Quặng niken và đồng rất đa dạng, trong đó dạng sunfua đa kim là phổ biến nhất. Quặng loại này thường chứa hàm lượng Ni từ 0,3 ÷ 4%, đồng từ 0,5 - 1,5%, sắt, ngoài ra còn chứa một số kim loại quý hiếm đi kèm như Au, Ag, Co... Công nghệ sản xuất niken được bắt đầu từ tuyển nổi tinh quặng sunfua niken và đồng; sau đó thiêu oxy hóa tinh quặng rồi nấu luyện tinh quặng ra sten; luyện chảy sten theo nhiều bước để thu được bán thành phẩm có hàm lượng niken và đồng cao làm anot cho quá trình tinh chế tiếp theo [2].

Ở Việt Nam có một vài công trình nghiên cứu tuyển quặng đồng - niken và một số nhà máy đã đi vào hoạt động song vẫn chỉ dừng lại ở những mỏ quặng giàu tự nhiên. Hiện nay nhà máy khai thác và chế biến niken ở Bản Phúc - Sơn La với công suất khoảng 600.000 tấn/năm. Công nghệ tuyển gồm: đập, nghiền, sàng, phân cấp, tuyển nổi với quặng đầu có hàm lượng Ni = 1 - 2%, Cu = 0,5 - 1% thu được quặng tinh có Ni = 9,5 - 10%, Cu = 6 - 7% [3].

Để nâng cao giá trị kinh tế, tiềm năng của tài nguyên và đáp ứng nhu cầu về chất lượng của nguyên liệu niken cho luyện kim, việc nghiên cứu các hướng công nghệ tuyển, các khả năng thu hồi quặng tinh chứa niken đạt chất lượng tiêu chuẩn là rất cần thiết. Vì vậy nghiên cứu thăm dò tuyển quặng đồng niken mỏ Cao Bằng là hết sức cần thiết [4].

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu tổng quan về các phương pháp tuyển quặng đồng niken. Các phương pháp phân tích khoáng tướng thạch học, ronghen để xác định thành phần khoáng vật trong mẫu nghiên cứu.

Nghiên cứu thành phần độ hạt và phân tích hóa để xác định hàm lượng niken có trong mẫu và sự phân bố hàm lượng niken giữa các cấp hạt.

Nghiên cứu xác định ảnh hưởng của nồng độ pha rắn trong bùn quặng, thuốc điều chỉnh môi trường (pH), thuốc kích động, thuốc tập hợp đến quá trình tuyển nổi. Để lựa chọn được điều kiện tối ưu cho quá trình tuyển nổi đạt hiệu quả cao nhất:

- Mật độ của bùn ảnh hưởng rất đa dạng đến tuyển nổi. Nếu tăng quá mức mật độ bùn sẽ gây khó khăn cho việc thông khí cho bùn và việc tuyển nổi các hạt lớn, thúc đẩy mạnh hơn việc làm nổi các hạt mịn của đất đá, do đó làm giảm chất lượng quặng tinh. Tuyển nổi trong bùn loãng thường cho phép thu được quặng tinh sạch hơn, nhưng khi đó thực thu sẽ giảm [5].

- Thuốc điều chỉnh pH môi trường có ảnh hưởng lớn đến quá trình tuyển nổi, làm thay đổi dạng tồn tại của thuốc tập hợp trong nước, tách các ion không cần thiết và cũng hấp phụ trực tiếp các ion H<sup>+</sup> và ion OH<sup>-</sup> lên các khoáng vật. Vì vậy, thuốc điều chỉnh pH môi trường làm thay đổi tính nổi của các khoáng vật một cách gián tiếp, chủ yếu thuốc làm thay đổi thành phần ion của bùn tuyển nổi.

- Thuốc tập hợp là những chất hữu cơ được sử dụng với mục đích làm kị nước một cách lựa chọn đối với khoáng vật nhờ sự hấp thụ các phân tử hoặc ion của chúng trên bề mặt khoáng vật. Nhiệm vụ làm kị nước của thuốc là giảm đến mức tối thiểu tính dính nước của các khoáng vật.

- Thuốc tạo bọt làm tăng cường độ phân tán và ổn định của các bóng khí trong bùn và nâng cao độ bền của bọt khoáng hóa. Các bóng khí khoáng hóa tạo ra trên bề mặt bùn cần có tốc độ vỡ nhất định, bọt vỡ nhanh là bọt dòn, vỡ chậm là bọt bền do đó giúp quá trình tuyển nổi các hạt khoáng kị nước được tách ra hiệu quả nhất.

**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1. Nghiên cứu thành phần vật chất mỏ niken Cao Bằng**

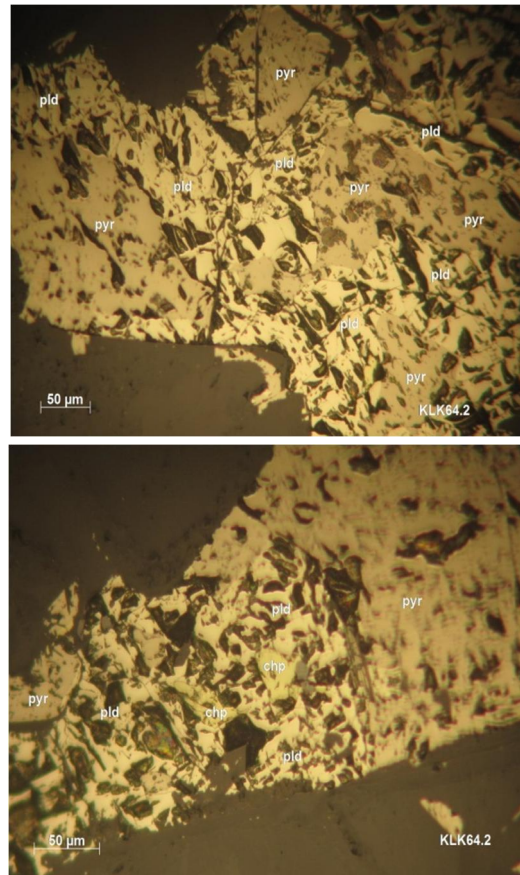
Mẫu nghiên cứu được lấy đại diện ở mỏ niken Cao Bằng với khối lượng mẫu nghiên cứu 500kg. Mẫu nghiên cứu đem gia công nghiền lọc lấy mẫu phân tích rơnghen nhiễu xạ tia X trên máy D8-Advance với sai số ± 2%, kết quả được trình bày ở bảng 1. Phân tích khoáng vật, thạch học thành phần khoáng vật, phân tích hóa tại Trung tâm Phân tích thí nghiệm địa chất. Kết quả phân tích được trình bày ở bảng 1, 2 và hình 1.

Bảng 1. Kết quả thành phần khoáng vật mẫu nghiên cứu

Khoáng vật	Công thức hoá học	Hàm lượng (%)
Clorit	(Mg,Fe) <sub>6</sub> (Si,Al) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>	7 - 9
Thạch anh	SiO <sub>2</sub>	26 - 28
Albit	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	12 - 14
Gơtit	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	10 - 12
Amphibole		3 - 5
Chalcocopyrit + Calcit	CuFeS <sub>2</sub> + CaCO <sub>3</sub>	2 - 4
Pyrit	FeS <sub>2</sub>	7 - 9
Pyrotin	Fe <sub>1-x</sub> S	7 - 9
Magnetit	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	3 - 5
Pentlandit	(Fe,Ni) <sub>9</sub> S <sub>8</sub>	4 - 6
Chalcocit	Cu <sub>2</sub> S	3 - 5

Bảng 2. Kết quả phân tích hóa mẫu nghiên cứu

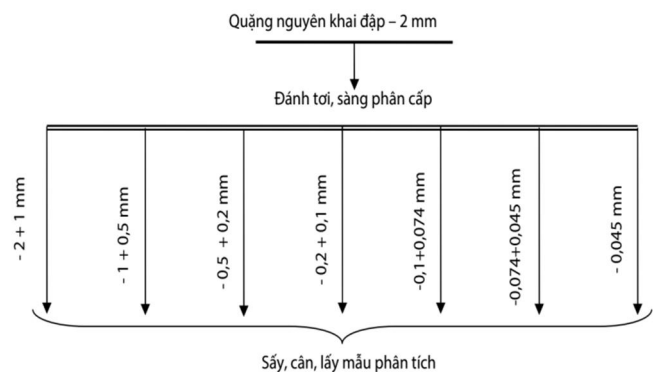
Thành phần	Ni	Cu	Co	SiO <sub>2</sub>	S
Hàm lượng	1,18	0,89	0,02	42,18	2,08



Hình 1. Pentlandit (pld)-Pyrotin (pyr)-chalcocopyrit (chp) hạt tha hình xâm tán thành ổ nhỏ trong đá

Thành phần chính trong mẫu nghiên cứu gồm: Các khoáng vật kim loại chủ yếu là Pyrotin, pentlandit, chalcocopyrit, gơtit, magnetit, pyrit. Khoáng vật phi quặng gồm: Clorit, Thạch anh, Albit... Trong đó, khoáng vật pentlandit tồn tại ở dạng hạt và tập hợp hạt tha hình với kích thước 0,1 - 0,5mm và xâm nhiễm mịn trong đất đá.

Để xác định sự phân bố các thành phần trong quặng, đã tiến hành phân tích thành phần độ hạt mẫu nghiên cứu theo từng cấp hạt hẹp với bộ rây tiêu chuẩn. Các cấp hạt này được cân trọng lượng để tính tỉ lệ phân bố của quặng sau đó được phân tích hóa để xác định tỉ lệ phân bố. Quá trình tiến hành phân loại và lấy mẫu phân tích được thực hiện như trong sơ đồ hình 2.



Hình 2. Sơ đồ phân tích thành phần độ hạt

Bảng 3. Kết quả phân tích thành phần độ hạt

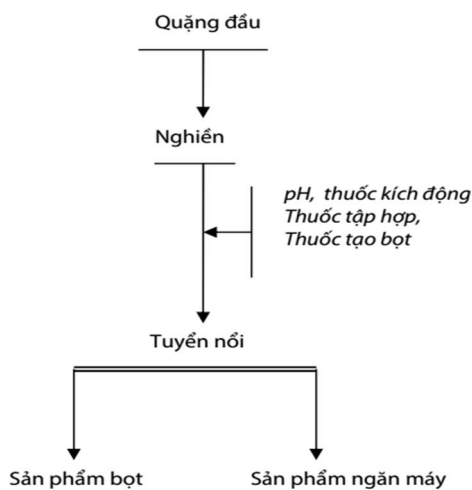
STT	Cấp hạt (mm)	Thu hoạch (%)	Hàm lượng (%)		Thực thu (%)	
			Ni	Cu	Ni	Cu
1	-2 + 1	32,32	1,17	0,86	32,05	31,23
2	-1 + 0,5	25,91	1,21	0,88	26,57	25,62
3	-0,5 + 0,2	8,71	1,18	0,93	8,71	9,1
4	-0,2 + 0,1	14,05	1,15	0,92	13,69	14,52
5	-0,1 + 0,074	4,47	1,25	0,87	4,74	4,37
6	-0,074 + 0,045	5,8	1,09	0,91	5,36	5,93
7	-0,045	8,74	1,2	0,94	8,89	9,23
<b>Quặng nguyên khai</b>		<b>100</b>	<b>1,18</b>	<b>0,89</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Kết quả phân tích thành phần độ hạt (bảng 3) cho thấy, hàm lượng các nguyên tố Ni, Cu, Co phân bố tương đối đồng đều trong các cấp hạt, tập trung chủ yếu ở các cấp hạt thô, cần phải đập nghiền để giải phóng ra đất đá.

Từ kết quả nghiên cứu thành phần vật chất, mẫu nghiên cứu quặng niken mỏ Cao Bằng ở dạng sunfua, vì vậy ta sử dụng phương pháp tuyển nổi để thu hồi niken. Mặt khác theo kết quả phân tích thành phần độ hạt, phân tích khoáng tương các khoáng vật có ích xâm nhiễm khá mịn. Mẫu nghiên cứu cần được nghiền mịn giải phóng các khoáng vật có ích ra khỏi đất đá sau đó sử dụng phương pháp tuyển nổi để tách chúng ra khỏi nhau.

**3.2. Kết quả nghiên cứu điều kiện**

Để thăm dò khả năng tuyển nổi khoáng vật đồng niken và xác định các chế độ tuyển tối ưu, tiến hành thí nghiệm khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng đến quá trình tuyển nổi như: nồng độ pha rắn trong bùn quặng, thuốc điều chỉnh môi trường (pH), thuốc kích động, thuốc tập hợp, thuốc tạo bọt... Thí nghiệm được tiến hành theo sơ đồ hình 3.



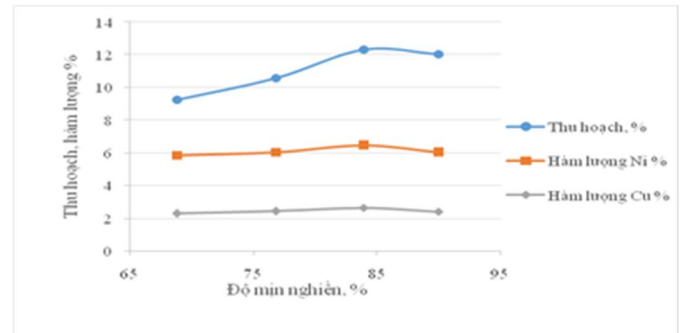
Hình 3. Sơ đồ thí nghiệm tuyển đồng niken

**3.2.1. Thí nghiệm xác định ảnh hưởng của thời gian nghiền**

Mẫu nghiên cứu có khối lượng 1kg đưa vào máy nghiền bi sắt có dung tích 7 lít. Tỷ lệ bi : quặng : nước là 15:1:1. Thời gian nghiền thay đổi từ 10, 15, 20, 25 phút, xác định tỷ lệ

cấp hạt -0,074mm tương ứng là 68,84; 76,83; 83,94; 90,02%. Tiến hành thí nghiệm tuyển theo sơ đồ thí nghiệm hình 3.

Kết quả ảnh hưởng của thời gian nghiền được thể hiện trên đồ thị hình 4.



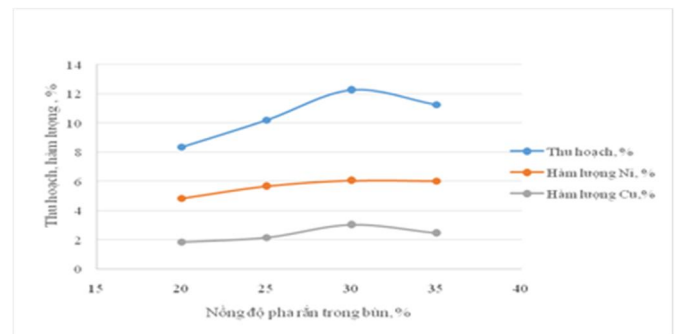
Hình 4. Đồ thị ảnh hưởng của thời gian nghiền

Kết quả thí nghiệm nghiền tối ưu cho thấy độ mịn nghiền 83,94% cấp hạt -0,074mm là tốt nhất, quặng tinh thu được có hàm lượng Ni = 6,45%, Cu = 3,04% ứng với thực thu Cu = 36,54%, Ni = 67,34%. Nếu tiếp tục tăng thời gian nghiền nhận thấy các chỉ tiêu giảm đáng kể. Vậy chọn thời gian nghiền tối ưu là 20 phút.

**3.2.2. Thí nghiệm xác định nồng độ pha rắn trong bùn quặng**

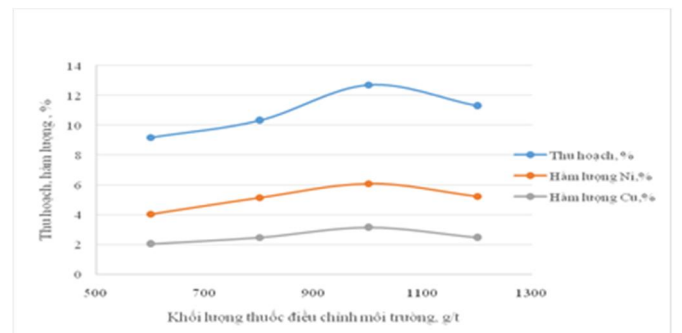
Để làm rõ ảnh hưởng của nồng độ bùn quặng đến các chỉ tiêu công nghệ, tiến hành nghiên cứu các mức nồng độ bùn từ 20% đến 35%. Kết quả thí nghiệm nồng độ pha rắn tối ưu là 30%.

Kết quả thí nghiệm được thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Đồ thị ảnh hưởng của nồng độ pha rắn

**3.2.3. Thí nghiệm xác định ảnh hưởng thuốc điều chỉnh môi trường**

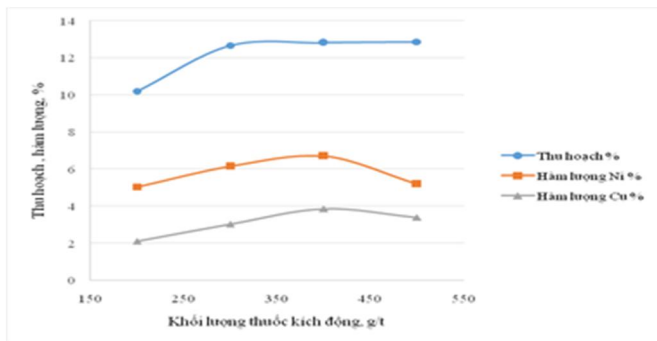


Hình 6. Đồ thị ảnh hưởng thuốc điều chỉnh môi trường

Tiến hành thay đổi khối lượng thuốc điều chỉnh môi trường (NaOH) từ 600g/t đến 1200g/t; Kết quả được thể hiện ở hình 6 ta nhận thấy với khối lượng NaOH = 1000 g/t tương ứng với pH = 8 là tốt nhất. Tại đó sản phẩm bột thu được có hàm lượng Ni = 6,08%, Cu = 3,12% tương ứng với mức thực thu Ni = 65,54%, Cu = 42,08%.

**3.2.4. Thí nghiệm xác định ảnh hưởng thuốc kích động**

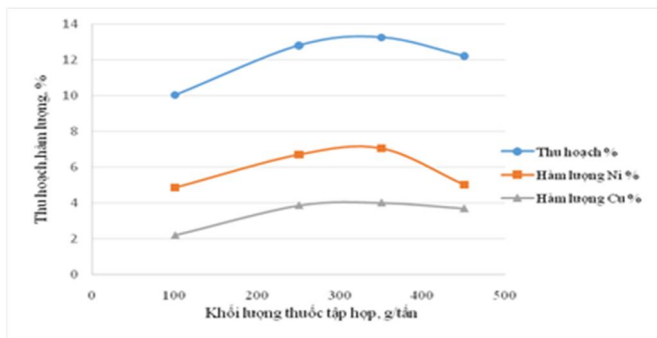
Các thí nghiệm xác định ảnh hưởng của thuốc kích động Na<sub>2</sub>S đến các chỉ tiêu tuyển cho thấy với khối lượng thuốc kích động Na<sub>2</sub>S = 400g/t là tối ưu, sản phẩm bột thu được hàm lượng K<sub>2</sub>O 6,38% với thực thu là 90,13% (hình 7). Sản phẩm bột thu được có hàm lượng Ni = 6,7% và Cu = 3,16%.



Hình 7. Đồ thị ảnh hưởng thuốc kích động

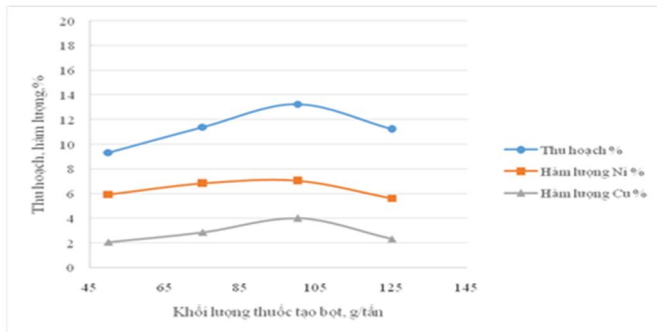
**3.2.5. Thí nghiệm xác định ảnh hưởng thuốc tập hợp**

Thay đổi khối lượng thuốc butyl xantat từ 100g/tấn đến 450g/tấn. Kết quả thí nghiệm hình 8 cho thấy, thuốc tập hợp tối ưu là 350 g/tấn. Sản phẩm bột thu được có hàm lượng Ni và Cu cao nhất.



Hình 8. Đồ thị ảnh hưởng thuốc tập hợp

**3.2.6. Thí nghiệm xác định ảnh hưởng thuốc tạo bọt**



Hình 9. Đồ thị ảnh hưởng thuốc tạo bọt

Thí nghiệm tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của dầu thông đến các chỉ tiêu tuyển. Kết quả hình 9 cho thấy, với khối lượng dầu thông 100g/t là tốt nhất. Sản phẩm bột thu được có hàm lượng Ni = 7,04% và Cu = 3,49%.

**4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ**

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu thành phần vật chất và đặc điểm mẫu đồng niken Cao Bằng đã lựa chọn được phương pháp tuyển và các chế độ tuyển tối ưu. Từ quặng nguyên khai có hàm lượng Ni = 1,18%, Cu = 0,89% sau khi tuyển thu được quặng tinh có hàm lượng Ni = 7,04%, Cu = 3,49%, tương ứng với mức thực thu kim loại Ni = 80,96%, Cu = 53,21%. Với điều kiện tối ưu như sau: thuốc điều chỉnh môi trường là NaOH = 1000g/t, Na<sub>2</sub>S = 400g/t, butylxantat = 350g/t, thuốc tạo bọt dầu thông là 100g/t.

Kết quả phân tích phần hóa học, đánh giá chất lượng sản phẩm tinh quặng tuyển nổi cho thấy, hàm lượng kim loại (Ni + Cu) > 7% đạt yêu cầu làm nguyên liệu cho luyện kim. Tuy nhiên trong phạm vi nghiên cứu chỉ là nghiên cứu thăm dò các điều kiện và các chế độ tuyển, thí nghiệm với lượng mẫu nhỏ. Vì vậy cần được nghiên cứu sâu hơn để đưa ra công nghệ tuyển hợp lý tối ưu nhất để đánh giá khách quan hơn làm cơ sở cho việc áp dụng vào thực tiễn mang lại hiệu quả tốt nhất.

**LỜI CẢM ƠN**

Nghiên cứu này được tài trợ kinh phí từ đề tài Sở Khoa học Công nghệ Cao Bằng "Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ nấu luyện sten chất lượng cao từ nguồn quặng sunfua đa kim niken-đồng Cao Bằng" (Quyết định phê duyệt số: 121/QĐ-SKHCN).

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Nguyễn Đức Vận, 1999. *Hóa học vô cơ. T2 Các kim loại điển hình*. NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Đinh Phạm Thái, Nguyễn Kim Thiết, 1997. *Lý thuyết các quá trình điện phân*. NXB Giáo dục.
- [3]. Nguyễn Bơi, 1998. *Giáo trình tuyển nổi*. NXB Hà Nội.
- [4]. Alafara A. Baba, Kuranga I. Ayinla, 2012. *A review on novel techniques for chalcopyrite ore processing*. International journal of mining engineering and mineral processing, 1(1): 1-16. DOI:10.5923/j.mining.20120101.01
- [4]. Vũ Tân Cơ - Viện Luyện kim màu. *Báo cáo Tổng kết đề tài: Nghiên cứu công nghệ tuyển quặng đồng - niken Bản Phúc - Sơn La*. MS: 24C.03.01b.1989.
- [5]. Phạm Đức Thắng và cộng sự, 2015. *Nghiên cứu công nghệ điều chế kim loại đồng và niken điện phân từ quặng sunfua đa kim Bản Phúc Sơn La*. Báo cáo đề tài cấp nhà nước năm 2015 đã được nghiệm thu.
- [6]. Hồ Ngọc Hùng, 2012. *Nghiên cứu công nghệ tuyển quặng đồng An Lương - Yên Bái*. Đề tài cơ sở Viện Khoa học vật liệu.

**AUTHORS INFORMATION**

Pham Duc Thang<sup>1</sup>, Nguyen Trung Kien<sup>1</sup>, Ho Ngoc Hung<sup>1</sup>, Do Hong Viet<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Materials Science, Vietnam Academy of Science and Technology

<sup>2</sup>Hanoi University of Industry