



NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG THU HỒI VÀNG TRONG QUẶNG ĐUÔI CỦA NHÀ MÁY TUYỂN ĐỒNG TẢ PHỜI - LÀO CAI

Nhữ Thị Kim Dung*, Phạm Thị Nhung, Phạm Thanh Hải,
Vũ Thị Chinh, Trần Văn Được

Trường Đại học Mở - Địa chất, 18 Phố Viên, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 01/7/2025

Ngày nhận bài sửa: 28/7/2025

Ngày chấp nhận đăng: 02/8/2025

*Tác giả liên hệ:

Email: nhuthikimdung@humg.edu.com

TÓM TẮT

Công nghệ tuyển của nhà máy tuyển đồng thuộc Công ty CP Đồng Tả Phời - Vinacomin nhằm mục đích thu hồi đồng trong quặng là chủ yếu, áp dụng công nghệ tuyển nổi chọn riêng hoặc tuyển nổi tập hợp đều thu được chỉ tiêu công nghệ khá tốt, hàm lượng quặng tinh đồng sản xuất trung bình ~23% Cu đảm bảo tiêu chuẩn xuất bán, thực thu sản phẩm quặng tinh đạt trung bình $\geq 88\% \div 92\%$, hàm lượng đuôi thải $\leq 0,09\%$ Cu, hàm lượng vàng khoảng 0,1 - 0,3 g/t, hàm lượng oxit đất hiếm trong quặng đuôi khoảng 3,29%. Đồng thời, hệ số thu hồi Au trong quặng tinh đồng cũng đạt được ~60% với hàm lượng ~5 g/t Au. Trong công nghệ của Nhà máy tuyển đồng Tả Phời chưa chú trọng đến thu hồi các thành phần có ích khác, đa số các thành phần này đi theo quặng đuôi, trong đó có đồng, vàng, đất hiếm,... Mặt khác, Nhà máy tuyển đồng Tả Phời mới đi vào hoạt động từ năm 2018, nên hiện nay, tại Việt Nam chưa có nghiên cứu nào về thu hồi các thành phần có ích trong đuôi thải của Nhà máy tuyển đồng Tả Phời. Bài báo trình bày một số kết quả nghiên cứu khả năng thu hồi quặng tinh vàng trong đuôi thải của nhà máy tuyển Đồng Tả Phời nhằm tiết kiệm tài nguyên và năng lượng, giảm suy thoái môi trường, giảm chi phí xử lý và giảm lượng phế thải rắn ra môi trường, đảm bảo an toàn cho hồ thải, đồng thời giúp tăng nguồn cung cấp nguyên liệu khoáng sản cho các ngành công nghiệp chế biến tiếp theo.

Từ khóa: Tuyển nổi, hàm lượng, thực thu, quặng đuôi

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trên thế giới, từ lâu vàng đã được sản xuất ở quy mô công nghiệp, có khoảng 8 nước có sản lượng vàng lớn trên 150 T/năm. Trước đây, sản xuất vàng chủ yếu từ quặng sa khoáng. Ngày nay, sản lượng vàng chủ yếu thu hồi từ quặng gốc bằng phương pháp kết hợp tuyển trọng lực, tuyển nổi và hóa tuyển. Đặc biệt với quặng chứa vàng khó tuyển phải tiến hành xử lý bằng nhiều phương pháp tuyển kết hợp. Phương pháp xyanua và phương pháp hóa tuyển chủ yếu hiện nay trên thế giới sử dụng để thu hồi vàng do có ưu điểm nổi bật là hiệu suất thu hồi cao, năng suất lớn, vốn đầu tư thấp có thể xử lý các loại quặng vàng phân tán và loại quặng khó xử lý. Các báo cáo chủ yếu là các thông báo nghiên cứu cho từng mỏ, loại quặng riêng biệt hay là ở từng nhà máy riêng cho từng

loại quặng [2],[4]. Phần lớn quặng vàng trên thế giới là quặng gốc và được đập nghiền - tuyển bằng phương pháp tuyển nổi, kết hợp trọng lực để thu được quặng tinh đạt yêu cầu cung cấp cho luyện kim. Quặng sa khoáng thường được tuyển bằng phương pháp trọng lực. Có rất nhiều mỏ đã sử dụng thành công máy tuyển Knelson để tuyển vàng như: Mỏ Morila (Mali), Serra Grande (Braxin), Surrise Dam, Kunada Gold, WMC (Australia), Norilsk Nickel (Nga), BHP Tintaya (Peru), Geita (Tanzania)... Thực thu vàng đạt trên 30%. Mỏ BHP Tintaya (Peru) [5] là mỏ đồng sunfua có hàm lượng Cu 1,5%; 0,35g/t Au, có thành phần khoáng gần giống với quặng đồng Sin Quyền. Trước năm 1988, mỏ chỉ dùng phương pháp tuyển nổi để tuyển đồng và vàng, đạt mức thực thu đồng 90%, thực thu vàng xấp xỉ 60%. Sau khi đưa máy tuyển trọng lực



Knelson KC-XD 48 vào lưu trình tuyển trọng lực, trước khâu tuyển nổi cho kết quả thực thu vàng tăng lên 5%.

Tại Việt Nam, công nghệ tuyển quặng vàng thường áp dụng là dùng các máy đập hàm, đập búa để đập quặng xuống độ hạt -2 mm và tuyển trên máng đãi thủ công. Đôi khi còn nghiền lại quặng trung gian tới -0,5 mm và tuyển tiếp trên bàn đãi, quặng tinh được xử lý tiếp bằng thủy ngân để thu hồi vàng. Ở một số xí nghiệp quốc doanh từ năm 1996 đã áp dụng cả phương pháp tuyển nổi kết hợp với tuyển trọng lực để thu hồi vàng (Công ty 392 và Xí nghiệp khai thác vàng Trà Nắng) [2]. Ở các hộ tư nhân khai thác tự do thường áp dụng phương pháp khai thác chọn lọc, sau đó dùng đập thủ công, đập bằng máy đập búa và tuyển trên máng đãi thủ công, quặng tinh vàng đem hỗn hống thủy ngân, hòa tách bằng xyanua hoặc nung luyện để thu hồi vàng [7], vì thế khả năng thu hồi còn thấp. Đối với các mỏ sa khoáng tỉ lệ thu hồi chỉ đạt 50 - 60 %, còn đối với vàng gốc chỉ tiêu này chỉ đạt 30-50 %, do đó dẫn đến tổn thất lớn về tài nguyên khoáng sản.

Vấn đề thu hồi quặng tinh vàng từ đuôi thải quá trình tuyển của các nhà máy tuyển đồng bước đầu đã được nghiên cứu trong nước với các kết quả đầy hứa hẹn, tuy nhiên các nghiên cứu, công nghệ mới với khả năng thu hồi vàng cao hơn vẫn luôn là vấn đề dành được sự quan tâm đặc biệt của các cơ quan quản lý nhà nước cũng như các nhà khoa học. So với các công nghệ thu hồi vàng trên thế giới hiện nay, tỉ lệ thu hồi vàng từ quặng đuôi thải

của mỏ đồng Sin Quyền tại Việt Nam là rất thấp (~16%), tương ứng hàm lượng ~40 g/t Au. Nếu muốn thực thu cao hơn (~30%) thì hàm lượng Au chỉ đạt ~14 g/t [1],[3]. Với thực thu vàng thấp như vậy, nếu áp dụng công nghệ vào thực tế sản xuất sẽ lãng phí tài nguyên, quặng tinh đem luyện không mang lại hiệu quả kinh tế. Vì hàm lượng vàng trong các đuôi thải của nhà máy tuyển nổi đồng thường rất thấp (~0,1 g/t). Theo các kết quả phân tích vàng trong quặng đầu và quặng đuôi của Nhà máy tuyển đồng Tả Phời năm 2022 - 2024, hàm lượng vàng lần lượt là ~0,3 g/t và ~0,1 g/t, nên mục đích phát triển nghiên cứu là tập trung thu hồi tối đa quặng tinh vàng từ đuôi thải, hàm lượng Au ở mức độ vài gam/tấn, sau đó quặng tinh vàng sẽ tiếp tục đem chế biến để thu hồi vàng kim loại. Do đó, cần thiết phải nghiên cứu làm chủ công nghệ thu hồi quặng tinh vàng từ đuôi thải của nhà máy tuyển đồng với mức thực thu cao hơn nhằm tận thu tài nguyên, bảo vệ môi trường.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Sử dụng phương pháp phân tích, phương pháp thực nghiệm trong phòng để xác định thành phần, đặc điểm các khoáng vật có trong quặng đuôi, xác định mức phân bố Au trong từng cấp hạt; từ đó tiến hành nghiên cứu áp dụng công nghệ tuyển để tìm ra các thông số hợp lý có thể thu hồi tối đa được quặng tinh vàng.

Các thiết bị chính được dùng trong thí nghiệm được trình bày trên các Hình 1, 2 và 3.

Máy tuyển Knelson		
	Từ khóa	Knelson
	Mô tả thiết bị	Máy tuyển trọng lực Knelson sử dụng lực ly tâm để tuyển tách và phân chia các hạt khoáng cỡ hạt mịn
	Thông số kỹ thuật	Xuất xứ: Úc NS: 0 - 45 kg/h D _{quặng} : < 1,7 mm Mật độ bùn: 0-75% rắn LxWxH: 510x650x530
	Ghi chú	Knelson Gravity

Hình 1. Hình ảnh và thông số kỹ thuật máy tuyển Knelson



Bàn đãi (Bùn và cát)		
	Từ khóa	Bàn đãi
	Mô tả thiết bị	Bàn đãi là thiết bị tuyển trọng lực sử dụng để tuyển tách các hạt khoáng có tỷ trọng khác nhau
	Thông số kỹ thuật	Xuất xứ: Úc Diện tích mặt: 0,8 m ² Motor: 0,37 kW Mật độ bùn: 25-30% rắn Nước rửa: 6-12 lít/phút NS: 1-20 kg/h Hai loại: Bàn đãi bùn và cát LxWxH: 2350x830x1450
	Ghi chú	Shaking Table

Hình 2. Hình ảnh và thông số kỹ thuật thiết bị bàn đãi

Máy tuyển nổi		
	Từ khóa	Tuyển nổi
	Mô tả thiết bị	Máy tuyển nổi cơ giới thí nghiệm của Đức, có thể điều chỉnh tốc độ khuấy và tự hút tạo bóng khí theo yêu cầu; sử dụng để tuyển tách các khoáng vật có tính kỵ nước
	Thông số kỹ thuật	Xuất xứ: Đức Thể tích ngăn: 2 lít Tốc độ khuấy: 100 – 1500 vòng/phút
	Ghi chú	Flotation

Hình 3. Hình ảnh và thông số kỹ thuật máy tuyển nổi

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc điểm mẫu quặng đuôi tuyển nổi đồng Tả Phời

Mẫu quặng đuôi được trộn đều, giản lược, lấy các mẫu phân tích khoáng vật, phân tích hóa, phân tích rây xác định thành phần độ hạt và sử dụng cho các thí nghiệm.

Kết quả phân tích thể hiện trong các Bảng 1, 2 và 3.

**Bảng 1. Thành phần khoáng vật mẫu quặng đuôi**

Thành phần khoáng vật	Khoảng hàm lượng (%)
Mica (Illit) – $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$	33 – 35
Amphibon	11 – 13
Clorit – $Mg_2Al_3[AlSi_3O_{10}](OH)_8$	4 – 6
Thạch anh – SiO_2	10 – 12
Felspat – $K_{0,5}Na_{0,5}AlSi_3O_8$	1 – 3
Albit – $NaAlSi_3O_8$	25 – 27
Canxit – $CaCO_3$	4 – 6
Maghemit – γFe_2O_3	1 – 3
Pyrotin – $Fe_{1-x}S$	≤ 1
Chalcopyrit – $CuFeS_2$	≤ 1

Bảng 2. Thành phần hóa học mẫu quặng đuôi

STT	Chi tiêu phân tích	Đơn vị	Hàm lượng
1	Al_2O_3	(%)	13,46
2	CaO		1,24
3	TFe_2O_3		7,32
4	K_2O		1,31
5	MgO		4,47
6	MnO		0,06
7	P_2O_5		0,22
8	TiO_2		0,82
9	Ag	(ppm)	< 2
10	Au		< 0,1
11	As		< 20
12	B		< 10
13	Ba		157,3
14	Be		< 5
15	Bi		< 10
16	Cd		< 2
17	Ce		181,8
18	Co		32,6
19	Cr		143,5
20	Cu		572,4
21	Ga		< 10
22	Ge		< 20
23	La		96,2
24	Li		7,7
25	Mo		< 5
26	Nb		16,9



27	Ni	42,7
28	Pb	8,3
29	Sb	< 10
30	Sc	< 5
31	Sn	< 10
32	Sr	243,5
33	Ta	< 10
34	V	121,6
35	W	< 20
36	Y	32,7
37	Zn	66,7

Bảng 3. Kết quả phân tích thành phần độ hạt mẫu quặng đuôi

Cấp hạt,mm	Thu hoạch,%	Thu hoạch lũy tích,%	Hàm lượng Au,g/t	Tỷ lệ thu hồi Au,%	Tỷ lệ thu hồi lũy tích,%
+0,2	8,22	8,22	0,15	12,33	12,33
0,1-0,2	20,01	28,23	0,07	14,01	26,34
0,074-0,1	16,74	44,97	0,07	11,72	38,06
0,04-0,074	17,61	62,58	0,07	12,33	50,39
0,02-0,04	8,17	70,75	0,07	5,72	56,11
-0,02	29,25	100	0,15	43,89	100
Tổng	100	-	0,1	100	-

***Nhận xét:**

Kết quả phân tích thành phần vật chất mẫu quặng đuôi tuyển nổi đồng Tả Phời cho thấy vẫn còn một lượng khoáng vật sulfua đồng là chalcopirit, kèm với pyrit, pyrotin. Hàm lượng vàng trong quặng đuôi khoảng 0,1g/t. Vàng thường đi kèm với các khoáng vật sulfua, nên muốn thu hồi vàng, cần nghiên cứu phương án tuyển tách các khoáng vật sulfua ra khỏi các khoáng vật đất đá.

Đề tài định hướng dùng phương pháp tuyển trọng lực (Knelson, bàn đãi) và phương pháp tuyển nổi để tuyển quặng đuôi nhà máy tuyển nổi đồng Tả Phời, nhằm thu hồi tối đa quặng tinh chứa vàng.

3.2. Kết quả thí nghiệm

3.2.1. Thí nghiệm trên thiết bị Knelson

Các thông số công nghệ như sau: Lưu lượng nước: 3,6 m³/h; Nồng độ cấp quặng: 60%; Khối lượng quặng đưa tuyển: 1 kg; Lực ly tâm thay đổi: 30 g, 50 g, 70 g, 90 G.

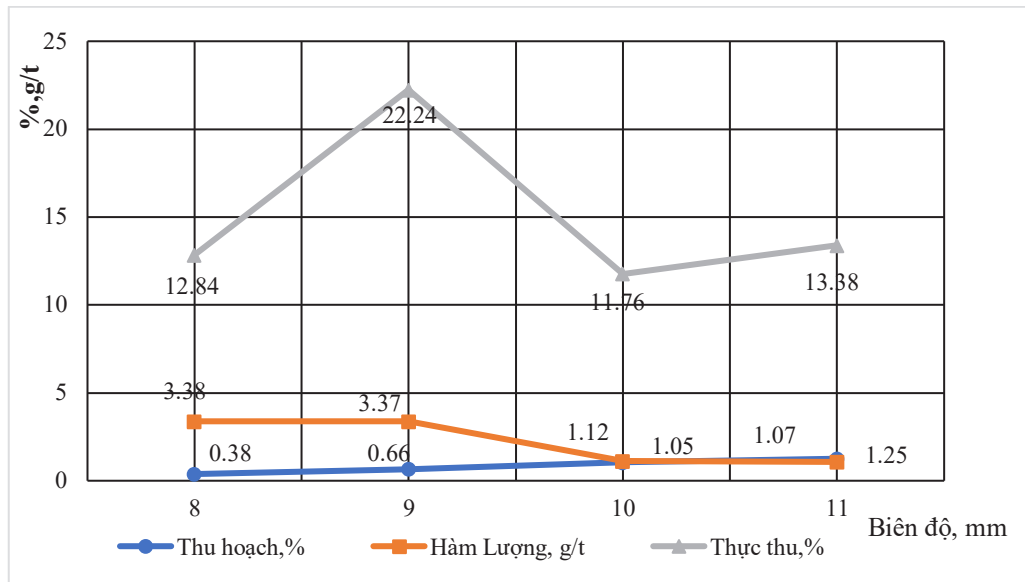
Quan sát quá trình thí nghiệm trên thiết bị Knelson và lấy mẫu các sản phẩm phân nặng và

phần nhẹ đem phân tích hàm lượng Au cho thấy quá trình phân tuyển trên thiết bị Knelson phòng thí nghiệm của Bộ môn Tuyển khoáng chưa hiệu quả, có thể do thiết bị, hoặc hàm lượng vàng trong mẫu quá thấp, hàm lượng Au ở các sản phẩm phân nặng và nhẹ khác nhau không nhiều. Kết quả tuyển ở lực ly tâm 70 G cho quặng tinh vàng có hàm lượng cao nhất là 0,52 g/t và thực thu ~80%. Đề tài đã thử nghiệm với 2 lần tuyển tinh trên máy Knelson nhưng cũng chỉ thu được quặng tinh vàng với hàm lượng ~0,8 g/t chưa đạt mục tiêu đề ra.

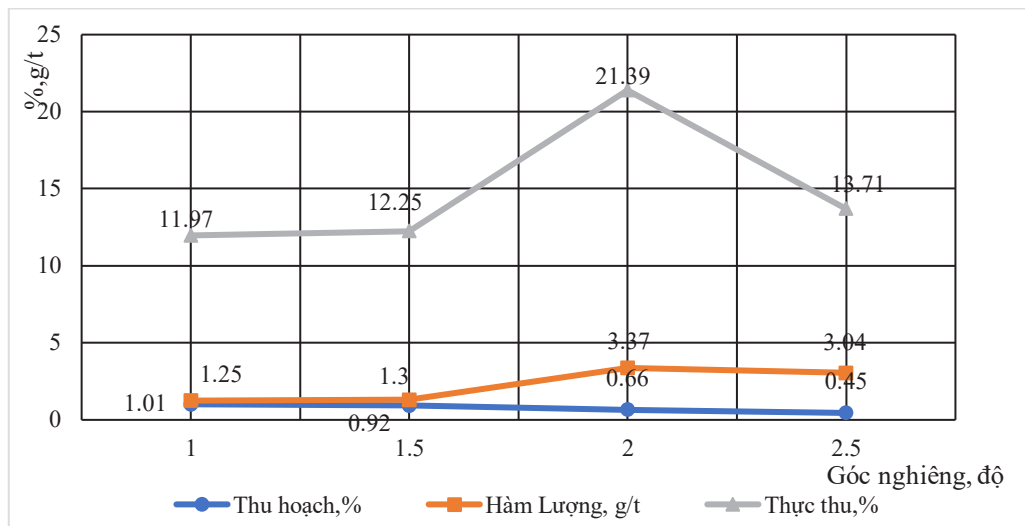
3.2.2. Thí nghiệm trên thiết bị bàn đãi

Mẫu quặng đuôi đưa tuyển trên bàn đãi để lấy ra 4 sản phẩm: quặng tinh, trung gian, đuôi và mùn. Các sản phẩm sấy khô, cân, tính thu hoạch, lấy mẫu phân tích hóa xác định hàm lượng Au.

Đã tiến hành thí nghiệm xác định biên độ dao động và góc nghiêng mặt bàn tối ưu. Tần số dao động mặt bàn: 100 lần/phút. Kết quả thí nghiệm thể hiện trên Hình 4 và 5.



Hình 4. Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng biên độ dao động đến kết quả tuyển bần đăi



Hình 5. Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng góc nghiêng đến kết quả tuyển bần đăi

Từ kết quả thí nghiệm trên bần đăi chọn được biên độ dao động mặt bần tối ưu là 9 mm và góc nghiêng tối ưu là 2 độ. Tại đó thu được quặng tinh vàng với các chỉ tiêu: Thu hoạch 0,66%; hàm lượng 3,37g/t Au; thực thu ~30%.

Chế độ thuốc tuyển nổi như sau [6]: CaO: 2000 g/t (pH = 9); Na₂S: 300 g/t; CuSO₄: 100 g/t; Butylxantat/dibutylditiophosphat ammoni: 50/50 g/t; Dầu thông: 10 g/t.

Kết quả tuyển cho ở Bảng 4.

3.2.3. Thí nghiệm tuyển nổi

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm tuyển nổi mẫu quặng đầu

Sản phẩm	Thu hoạch, %	Hàm lượng Au, g/t	Thực thu, %
Quặng tinh	2,11	1,56	32,9
Đuôi thải	97,89	0,02	67,1
Cộng	100	0,1	100



Kết quả tuyển nổi sơ bộ đạt được như sau: Quặng tinh vàng có hàm lượng là 1,56 g/t, thực thu ~33% và đuôi thải có hàm lượng là 0,02 g/t Au.

4. KẾT LUẬN

➤ Thành phần vật chất mẫu quặng đuôi tuyển nổi đồng Tả Phời gồm một lượng khoáng vật sulfua đồng là chalcopyrit, kèm với pyrit, pyrotin; khoáng vật đất đá chủ yếu là thạch anh và silicat. Hàm lượng đồng và vàng trong quặng đuôi lần lượt là ~0,06% và 0,1 g/t;

➤ Nghiên cứu đã sử dụng phương pháp tuyển trọng lực (Knelson, bàn đãi) và tuyển nổi nhằm thu hồi quặng tinh vàng từ quặng đuôi của Nhà máy tuyển đồng Tả Phời;

➤ Quá trình phân tuyển trên thiết bị Knelson chưa đạt hiệu quả;

➤ Các điều kiện công nghệ tối ưu tuyển trên bàn đãi: Biên độ 9 mm, tần số 100 lần/phút, góc nghiêng 2 độ. Quặng tinh thu được có hàm lượng vàng 3,37 g/t Au, thực thu ~30%;

➤ Kết quả tuyển nổi đạt được như sau: Quặng tinh vàng có hàm lượng là 1,56 g/t, thực thu ~33%;

➤ Quặng tinh vàng thu được từ các thí nghiệm điều kiện trên máy Knelson, bàn đãi và tuyển nổi có hàm lượng và thực thu còn thấp, nên cần tiếp tục nghiên cứu các sơ đồ tuyển trọng lực – tuyển nổi để nâng cao các chỉ tiêu tuyển và thu hồi tối đa quặng tinh vàng từ quặng đuôi của Nhà máy tuyển đồng Tả Phời □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ngô Ngọc Định và nnk (2011). *Nghiên cứu tận thu các nguyên tố có ích trong quá trình tuyển và luyện quặng đồng Sin Quyền*. Báo cáo tổng kết Đề tài mã số ĐT.04.10/ĐMCNKK
- [2]. Trần Thị Hiền và nnk (2011). *Nghiên cứu tính khả tuyển mẫu quặng vàng thuộc đề án thăm dò vàng gốc Đak Blô, xã Đak Blô, huyện Đak Glei, tỉnh Kon Tum*. Viện KH&CN Mỏ - Luyện kim
- [3]. Tạ Quốc Hùng và nnk (2016). *Hoàn thiện dây chuyền sản xuất để thu hồi khoáng vật có ích và xử lý bùn nước trong nhà máy tuyển nổi đồng Sin Quyền, Lào Cai*. Dự án SXTN. Tổng Công ty Khoáng sản - TKV
- [4]. Nguyễn Hoàng Sơn và nnk (2009). *Nghiên cứu công nghệ tuyển luyện quặng vàng gốc Attapu - Lào*. Hội Tuyển khoáng Việt Nam.
- [5]. Valentin Choquenaira Bombilla (2002). Thu hồi vàng bằng trọng lực trong lưu trình tuyển đồng tại mỏ BHP Tintaya (Peru)- Báo cáo hội nghị Tuyển- Luyện Quốc gia Peru lần thứ VIII
- [6]. S.M Bulatovic (2007). *Handbook of flotation Reagents*. Elsevier.
- [7]. Nadia Lotter (2005). *Cyanide volatilisation from gold leaching operation and tailings storage facilities*. PhD thesis. Uni. of Pretoria

LỜI CẢM ƠN

Nội dung bài báo được hỗ trợ từ đề tài nghiên cứu cấp cơ sở của Trường Đại học Mỏ - Địa chất, mã số T25-28.

STUDY ON THE POSSIBILITY OF GOLD RECOVERY FROM TAILINGS AT TA PHOI COPPER PROCESSING PLANT – LAO CAI

Dung Kim Thi Như*, Nhung Thi Pham, Hai Thanh Pham,
Thi Chinh Thi Vu, Duoc Van Tran

Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien Str., Ha Noi, Vietnam

ARTICLE INFOR

TYPE: Research Article

Received: 01/7/2025

Revised: 28/7/2025

Accepted: 02/8/2025

*Corresponding author:

Email: nhuthikimdung@humg.edu.com

**ABSTRACT**

The beneficiation technology employed at the copper ore processing plant of Ta Phoi Copper Joint Stock Company is primarily aimed at recovering copper from ores. Both selective flotation and bulk flotation technologies have been applied, yielding relatively good technical indicators. The average copper concentrate grade reaches approximately 23% Cu, meeting export standards, while the average copper recovery rate in concentrate is around 88%–92%. The copper content in the tailings is $\leq 0.09\%$ Cu. Additionally, the tailings contain approximately 0.1–0.3 g/t of gold and about 3.29% of rare earth oxide (REO). Furthermore, the gold recovery in the copper concentrate is around 60%, with an average grade of $\sim 5\text{g/t Au}$. Currently, the beneficiation process at Ta Phoi Copper Processing Plant does not focus on the recovery of other valuable components. Most of these elements, including copper, gold, rare earth elements,..., remain in the tailings. Since the Ta Phoi Copper Processing Plant only recently commenced operations in 2018, there have been no studies in Vietnam specifically targeting the recovery of valuable components from its tailings. This paper presents several research findings on the potential recovery of gold from the tailings of the Ta Phoi Copper Processing Plant. The aim is to conserve natural resources and energy, reduce environmental degradation, lower treatment costs, minimize the discharge of solid waste into the environment, and ensure the safety of the tailings storage facility. At the same time, it seeks to enhance the supply of mineral raw materials for downstream processing industries.

Keywords: flotation, grade, recovery, tailings

@ Vietnam Mining Science and Technology Association