

NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ TUYỂN MẪU QUẶNG ĐỒNG VI KẼM-LÀO CAI

TS. ĐÀO DUY ANH - Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ-Luyện kim

KS. NGUYỄN VIỆT HÀ - Công ty CP TVĐT Mỏ và CN-Vinacomin

Vùng mỏ đồng (Cu) Vi Kẽm hay còn gọi là Phân vùng 5 mỏ Cu Sin Quyền thuộc địa phận xã Cốc Mỳ, huyện Bát Xát, tỉnh Lào Cai cách Thành phố Lào Cai khoảng 30 km về phía Tây Bắc. Kết quả báo cáo thăm dò đã làm rõ được cấu trúc địa chất của mỏ, khoan định được các thân quặng Cu và sơ bộ xác định được trữ lượng trên 180.000 tấn Cu kim loại cấp C₁, C₂ và một số khoáng sản đi kèm như S, TR₂O₃, Fe, Au, Ag [4]. Các nghiên cứu thành phần vật chất quặng Cu Vi Kẽm đã xác định được khoáng chứa Cu chủ yếu gồm: chalcopirit, malachit và azurit. Các khoáng có ích đi kèm chứa Au và Fe, khoáng tạp chất chủ yếu là thạch anh, canxit.

Hiện nay, nhu cầu kim loại Cu phục vụ các ngành công nghiệp trong nước cũng như xuất khẩu ngày càng tăng, trong khi đó trữ lượng khai thác vùng quặng Cu Sinh Quyền hiện tại đang giảm dần. Vì vậy, việc mở rộng vùng quặng nguyên liệu để đảm bảo hoạt động ổn định của nhà máy tuyển-luyện Cu Sin Quyền là rất cấp bách. Nghiên cứu công nghệ nhằm xác lập các điều kiện và chế độ tuyển phù hợp cho đối tượng quặng Cu Vi Kẽm có ý nghĩa cả về khoa học và thực tiễn. Kết quả nghiên cứu là cơ sở giúp cho việc định hướng các giải pháp công nghệ và thiết bị khi tiến hành khai thác, tuyển đối tượng quặng Cu này [1].

1. Mẫu nghiên cứu, thiết bị thí nghiệm và phân tích

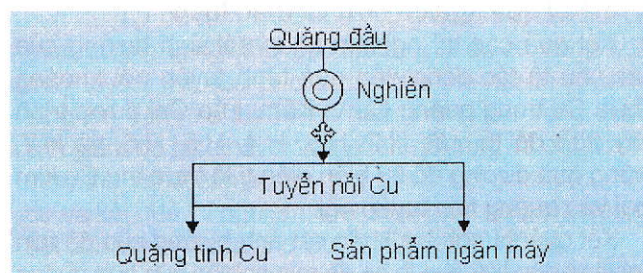
Mẫu quặng Cu dùng cho nghiên cứu công nghệ tuyển được lấy tại vùng mỏ Vi Kẽm tỉnh Lào Cai. Kết quả nghiên cứu thành phần vật chất quặng đã xác định khoáng chứa Cu là chalcopirit, azurit và malachit; khoáng có ích đi kèm chứa Fe là magnetit; khoáng chứa Au và các nguyên tố đất hiếm. Thành phần hóa học chính của mẫu quặng như sau: 0,87 % Cu; ~14 % Fe; 0,47 g/t Au; 0,7 % TR₂O₃; 50,91 % SiO₂; 3,94 % CaCO₃; và 12,55 % Al₂O₃. Khoáng chứa Cu và các kim loại khác cũng như các khoáng tạp chất xâm nhiễm mịn và đồng đều trong quặng, do đó phương pháp tuyển thích hợp nhất để thu hồi Cu từ quặng là tuyển nổi.

Thiết bị dùng cho thí nghiệm tuyển nổi Cu là hệ máy nghiền bi để giải phóng các khoáng ra khỏi nhau, các máy tuyển nổi kiểu Mekhanobr dung tích làm việc 3 lít và đa năng Denver, thuốc tuyển phù hợp nhất cho tuyển nổi khoáng sunphua là xantat [2,3]. Phân tích sản phẩm thí nghiệm tuyển được thực hiện trên các hệ phân tích quang phổ hấp thụ nguyên tử (AAS) Analytik Jena, Vario 6 bằng phương pháp Luft-C₂H₂-Flamme/50mm/IS5, và hệ quang phổ cảm ứng plasma (ICP) 90A - Na₂O₂ nung chảy đối với mẫu rắn.

Công tác thí nghiệm công nghệ tuyển được thực hiện tại Phòng thí nghiệm Nghiên cứu vật liệu khoáng, Viện Khoa học Vật liệu. Công tác phân tích mẫu được thực hiện tại Trung tâm phân tích thí nghiệm địa chất và Viện Công nghệ Môi trường-Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

2. Trình tự thí nghiệm công nghệ tuyển

Các yếu tố chính ảnh hưởng đến quá trình tuyển nổi khoáng chứa Cu bao gồm: (1) - độ hạt bùn quặng tuyển nổi, (2) - tỉ lệ rắn/lỏng của bùn quặng, (3) - pH môi trường tuyển, (4) - chi phí thuốc tập hợp, (5) - chi phí thuốc tạo bọt, (6) - thời gian tuyển nổi.



H.1. Sơ đồ tóm tắt quy trình tuyển nổi quặng Cu

Thí nghiệm công nghệ tuyển được thực hiện nhằm xác lập các điều kiện và chế độ tuyển nổi tối ưu đối với quặng chứa Cu vùng Vi Kẽm, Lào Cai. Sơ đồ nguyên tắc thí nghiệm tuyển được trình bày trong Hình 1, theo sơ đồ này, quặng chứa Cu nguyên khai được nghiền đến độ hạt giải phóng các hạt quặng Cu ra khỏi đất đá và các khoáng tạp khác sau đó đưa vào khâu tuyển nổi để thu hồi phần nổi là quặng tinh chứa Cu và sản phẩm ngấn máy là quặng đuôi chứa một lượng Cu chưa

được thu hồi, các khoáng có ích đi kèm trong quặng Cu như Fe và Au đã nêu ở trên, và đất đá thải. Các sản phẩm của thí nghiệm tuyển được sấy khô, xác định tỉ lệ thu hoạch và phân tích hóa xác định hàm lượng Cu để đánh giá hiệu quả của quá trình tuyển khi chế độ tuyển thay đổi.

Quá trình thí nghiệm tiến hành khảo sát ảnh hưởng của từng yếu tố đến tỉ lệ thực thu Cu trong quặng nguyên khai. Khi tiến hành khảo sát một yếu tố ở các giá trị đã định thì các yếu tố khác được giữ ổn định ở giá trị xác lập ban đầu cho nó hay giá trị tối ưu được xác định thông qua các thí nghiệm khảo sát trước đó. Hiệu quả của quá trình tuyển nổi được xác định theo tỉ lệ thực thu Cu kim loại có trong quặng nguyên khai vào quặng tinh tuyển nổi theo công thức sau:

$$\varphi = 100 - [(yx\beta)/\alpha] \quad (1)$$

Trong đó: φ - Tỉ lệ thực thu Cu vào quặng tinh so với quặng đầu, %; γ - Tỉ lệ thu hoạch quặng tinh Cu sau thí nghiệm tuyển nổi, %; β - Hàm lượng kim loại Cu trong quặng tinh, %; α - Hàm lượng kim loại Cu có trong quặng nguyên khai.

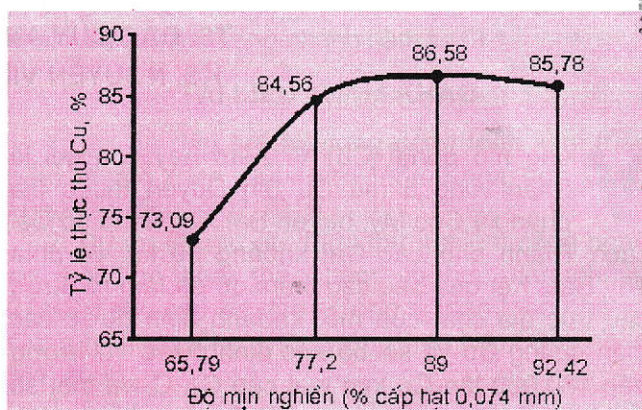
Để thực hiện các thí nghiệm công nghệ tuyển nổi quặng chứa Cu Vi Kẽm, dựa trên các tài liệu công nghệ đã công bố trong và ngoài nước, xác lập các giá trị ban đầu cho các yếu tố ảnh hưởng như sau: tỉ lệ rắn/lỏng của bùn quặng là 30 %; pH môi trường tuyển trong khoảng 8-9; chi phí thuốc tập hợp là 50 g/t, ngoài ra có sử dụng thêm một lượng cố định trong tất cả các thí nghiệm là 20 g/t AP_2 và 50 g/t dầu hỏa; chi phí thuốc tạo bọt là 30 g/t; thời gian tuyển nổi 5 phút. Trong các thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố đến quá trình tuyển nổi, các giá trị tối ưu được lựa chọn dựa trên sự cân bằng cả về mặt kỹ thuật và kinh tế.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

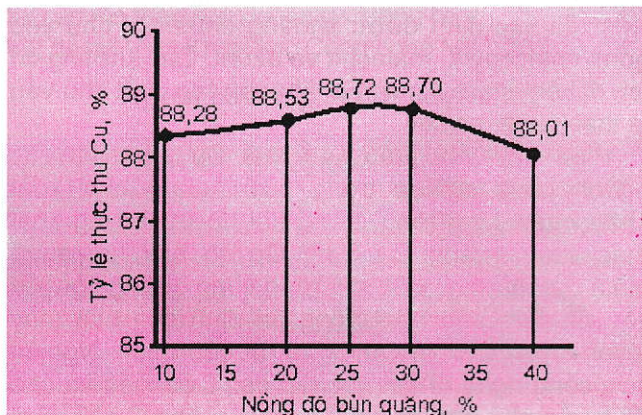
Kết quả các thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố tác động đến quá trình tuyển nổi khoáng chứa Cu trong quặng Cu Vi Kẽm, Lào Cai được trình bày trên đồ thị các H.2, H.3, H.4, H.5, H.6, và H.7, thông qua đường đồ thị biểu diễn tỉ lệ thực thu Cu kim loại vào quặng tinh tuyển nổi.

Kết quả thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của độ mịn nghiền trong H.2 cho thấy, độ mịn nghiền của bùn quặng có ảnh hưởng rõ rệt đến tỉ lệ thực thu kim loại Cu trong tuyển nổi. Khi tăng tỉ lệ cấp hạt -0,074 mm từ 65,79 lên 89 % thì thực thu kim loại Cu tăng từ 73,06 % lên 86,58 %; tuy nhiên khi tỉ lệ cấp hạt -0,074 mm tăng lên trên 92 % thì thực thu Cu lại giảm nhẹ. Vấn đề này được hiểu là, khi tăng độ mịn nghiền đồng nghĩa với việc tăng lượng khoáng vật chứa Cu được giải phóng ra khỏi các liên kết với tạp chất, làm tăng diện tích bề mặt tiếp xúc của khoáng chứa Cu với các loại thuốc tuyển do đó hiệu quả tuyển nổi tăng, tuy nhiên khi tiếp tục tăng độ mịn nghiền

làm cho hàm lượng mùn trong bùn quặng tăng cao, ảnh hưởng xấu tới quá trình tiếp xúc của khoáng vật cần thu hồi với thuốc tuyển cũng như với bóng khí, làm cho hiệu quả tuyển nổi giảm. Do đó, độ mịn nghiền hợp lý đối với mẫu quặng Cu Vi Kẽm cho tuyển nổi Cu vào khoảng 89 % cấp -0,074 mm, độ mịn nghiền này được sử dụng cho các thí nghiệm khảo sát các yếu tố tiếp theo.



H.2. Ảnh hưởng của độ mịn nghiền đến tỉ lệ thực thu Cu

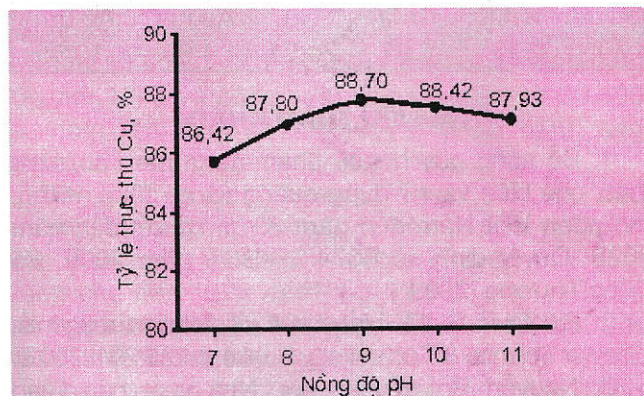


H.3. Ảnh hưởng của tỉ lệ rắn/lỏng bùn tuyển nổi đến tỉ lệ thực thu Cu

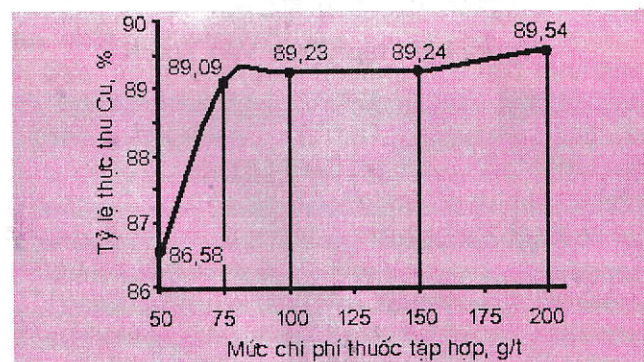
Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của nồng độ bùn quặng đến tỉ lệ thực thu kim loại Cu trong quặng tinh trên H.3 cho thấy, khi nồng độ bùn tuyển nổi thấp, chất lượng quặng tinh tốt hơn so với nồng độ bùn tuyển nổi cao. Khi tăng nồng độ bùn thì chất lượng quặng tinh giảm dần do tỉ lệ bùn càng cao thì khả năng mùn tạp đi vào sản phẩm bột tuyển nổi càng tăng. Tuy nhiên do nồng độ bùn tuyển gắn liền với năng suất khâu tuyển, do đó không thể tuyển ở nồng độ bùn thấp. Căn cứ vào kết quả tuyển thu được thì nồng độ bùn quặng ở mức 30 % tỉ lệ rắn cho tỉ lệ thực thu kim loại hợp lý nhất so với các tỉ lệ khác, do đó nồng độ rắn/lỏng bùn quặng tuyển nổi 30 % được sử dụng cho các thí nghiệm khảo sát tiếp theo.

H.5 biểu diễn mối quan hệ tương hỗ giữa mức chi phí thuốc tập hợp và hiệu suất của quá trình tuyển nổi khoáng chứa Cu. Kết quả thí nghiệm đã khẳng định

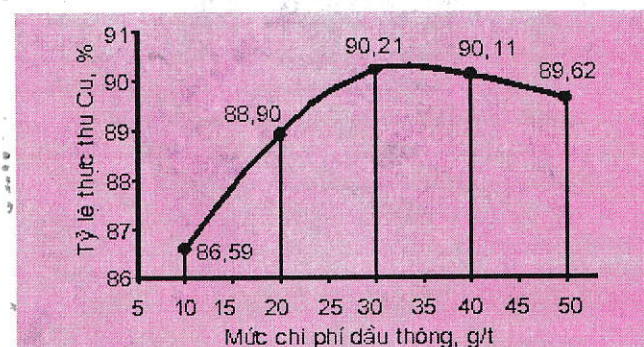
thuốc tập hợp là yếu tố có ảnh hưởng lớn đến khả năng nổi của các khoáng vật trong bùn quặng tuyển nổi. Khi mức chi phí thuốc tập hợp tăng từ 50 g/t đến 200 g/t thì thực thu kim loại Cu trong phần nổi so với quặng đầu tăng từ 86,58 % lên đến 89,54 %; tuy nhiên đồ thị cũng thấy rằng, từ mức chi phí thuốc tập hợp 100 g/t cho tới mức 200 g/t thì thực thu Cu trong phần nổi tăng không đáng kể. Do đó, xét mức cân bằng giữa chỉ tiêu kỹ thuật và chi phí tuyển hợp lý, lựa chọn mức chi phí thuốc tập hợp cho tuyển nổi khoáng chứa Cu trong quặng Vi Kẽm trong khoảng từ 75-100 g/t, giá trị này được áp dụng cho các thí nghiệm khảo sát công nghệ tiếp theo.



H.4. Mối quan hệ giữa pH môi trường tuyển và tỉ lệ thực thu Cu

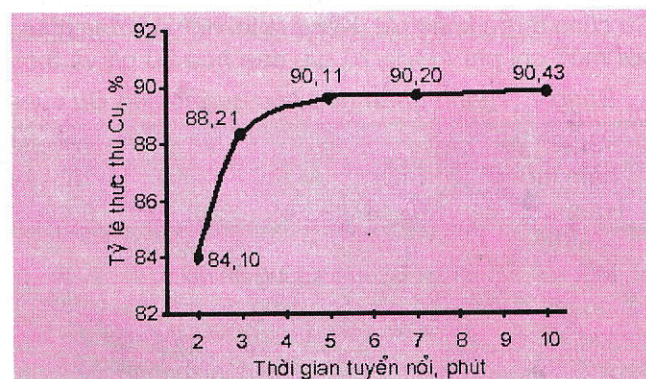


H.5. Ảnh hưởng của chi phí thuốc tập hợp đến tỉ lệ thực thu Cu



H.6. Ảnh hưởng của mức chi phí dầu thông đến tỉ lệ thực thu Cu

Đồ thị H.4 biểu diễn mối quan hệ giữa pH môi trường tuyển và tỉ lệ thực thu Cu đã cho thấy khoáng chứa Cu nổi tốt trong khoảng pH từ 9 đến 10, khi tính kiềm của bùn tuyển càng tăng thì tính nổi chọn riêng của khoáng chứa Cu càng thể hiện rõ. Do đó, chọn giá trị pH môi trường tuyển trong khoảng từ 9 đến 10 cho các thí nghiệm khảo sát tiếp theo.



H.7. Ảnh hưởng của thời gian tuyển nổi đến tỉ lệ thực thu Cu

Trong quá trình tuyển nổi thuận khoáng sunphua chứa Cu, ngoài các thuốc thuộc nhóm thuốc tập hợp với chức năng tạo bề mặt kỵ nước cho khoáng vật cần tuyển nổi thì thuốc tạo bọt với chức năng tạo ra các hạt bọt trong bùn quặng để các hạt khoáng bám dính vào và nổi lên cũng có ảnh hưởng lớn đến hiệu suất quá trình tuyển. Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của thuốc tạo bọt tới hiệu suất thu hồi kim loại Cu trong phần nổi trên H.6 cho thấy, khi mức chi phí dầu thông tăng từ 10 g/t lên tới 30 g/t thì thực thu Cu so với quặng đầu tăng từ 86,59 % lên mức 90,21 %; khi tăng tiếp chi phí dầu thông lên mức 40 g/t và 50 g/t thì thực thu Cu trong phần nổi có chiều hướng giảm là do khi lượng bóng khí quá nhiều trong bùn quặng đã làm tăng khả năng đi vào phần nổi của mùn quặng cũng như các khoáng khác có trong gang máy tuyển, kết quả là cho dù mức thu hoạch phần nổi tăng lên đáng kể tuy nhiên hàm lượng Cu trong quặng tinh giảm do tạp chất đi vào phần nổi tăng và dẫn tới tỉ lệ thực thu kim loại trong quặng tinh cũng giảm theo. Căn cứ và kết quả thí nghiệm, lựa chọn mức chi phí thuốc tạo bọt cho tuyển nổi quặng Cu Vi Kẽm từ 30-40 g/t.

Ảnh hưởng của thời gian tuyển nổi đến tỉ lệ thực thu Cu trong quặng tinh so với quặng đầu được phản ánh trên đồ thị H.7. Từ đồ thị thấy rằng, tỉ lệ thực thu Cu trong quặng tinh tỉ lệ thuận với thời gian tuyển nổi. Khi thời gian tuyển tăng từ 2 phút lên 10 phút thì thực thu Cu trong quặng tinh so với quặng đầu tăng từ 84,10 % lên 90,43 %, tuy nhiên từ mức thời gian tuyển 5 phút đến 10 phút thì tỉ lệ thực thu Cu trong quặng tinh tăng lên không nhiều (0,22 %), có thể hiểu rằng hầu hết khoáng chứa Cu đã được thu hồi vào phần nổi sau thời gian tuyển 5 phút. Do vậy, lựa chọn thời gian tuyển nổi

5 phút là giá trị phù hợp cho các thí nghiệm tuyển nổi quặng Cu vùng Vi Kẽm tỉnh Lào Cai.

Ngoài khảo sát các yếu tố chính ảnh hưởng tới hiệu suất quá trình tuyển nổi khoáng chứa Cu trong quặng Cu vùng Vi Kẽm như đã trình bày ở trên, một số các yếu tố khác cũng được khảo sát như: ảnh hưởng của thuốc AP_2 , chi phí dầu hỏa hay thời gian khuấy tiếp xúc thuốc tập hợp tới hiệu suất tuyển nổi Cu cũng được khảo sát. Kết quả thí nghiệm đã chỉ ra, với mức chi phí AP_2 là 20 g/t, dầu hỏa 50 g/t và thời

gian khuấy tiếp xúc thuốc tập hợp 3 phút là thích hợp để quá trình tuyển nổi Cu vùng Vi Kẽm cho hiệu suất thu hồi tốt. Thí nghiệm kiểm tra được thực hiện nhiều lần để đánh giá tính ổn định của quá trình tuyển với các điều kiện và chế độ tuyển đã xác lập. Kết quả thí nghiệm đã khẳng định các điều kiện xác lập cho tuyển nổi Cu vùng Vi Kẽm, Lào Cai là phù hợp và quá trình tuyển cho kết quả ổn định. Sản phẩm quặng tinh Cu thu được từ quá trình tuyển nổi có thành phần hóa học như trong Bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hóa học quặng tinh Cu vùng Vi Kẽm, Lào Cai

Giá trị về hàm lượng	Thành phần hóa học quặng tinh Cu (%)								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	ΣFe	TiO ₂	S	TR ₂ O ₃	CaO	Cu	Au (g/t)
Hàm lượng	10.44	2.49	32.19	0.42	23.20	0.30	1.91	24.51	4.69
									10.65

Một số thí nghiệm tuyển từ cũng đã được thử nghiệm với quặng đuôi tuyển nổi, ở cường độ máy tuyển >600 oested, nồng độ bùn đưa tuyển ~10 % pha rắn, đã thu được 9 % khối lượng so với quặng đầu khoáng chứa Fe đi kèm trong quặng Cu với hàm lượng Fe trên 64 % (tương đương thực thu 40 % Fe), đủ tiêu chuẩn quặng Fe cho luyện kim. Các thí nghiệm tuyển với bàn đãi cũng thu được khoáng chứa Au với tỉ lệ thu hoạch trên 1 %, hàm lượng Au trên 10 g/t với mức thu hoạch Au so với quặng đầu khoảng 26 %.

5. Kết luận và kiến nghị

Quá trình nghiên cứu công nghệ tuyển mẫu quặng Cu vùng Vi Kẽm đã đạt được kết quả khả quan với hầu hết các chỉ tiêu kỹ thuật-công nghệ của quá trình tuyển và sản phẩm quặng tinh thu được ở mức cao, cho phép kết luận như sau: (1) - Quặng chứa Cu vùng Vi Kẽm, Lào Cai có thành phần phức tạp với nhiều loại khoáng vật đi kèm trong mẫu như: chalcopirit, azurit, malachit, manhetit, thạch anh...; (2) - quặng Cu Vi Kẽm có khả năng tuyển làm giàu quặng tinh đến hàm lượng đáp ứng tiêu chuẩn cho khâu luyện kim bằng phương pháp tuyển nổi với các điều kiện và chế độ tuyển như sau: nghiền quặng đến độ hạt giải phóng các khoáng chứa Cu (~90 % cấp -0,074 mm), nồng độ bùn quặng đưa tuyển 30 % pha rắn, chi phí thuốc tập hợp 75 g/t, AP_2 20 g/t, dầu hỏa 50 g/t; pH = 8-9, dầu thông 30 g/t, thời gian tuyển nổi 5 phút và tuyển tinh 2 khâu; (3) - 40 % Fe có trong quặng đầu đã được thu hồi ở cường độ máy tuyển từ 600 oested và sản phẩm có hàm lượng Fe trên 64 %; (4) - quặng tinh chứa Au cũng được tận thu từ đuôi tuyển nổi và tuyển từ có hàm lượng trên 10 % Au với mức thu hoạch trên 1 % hay khoảng 26 % Au có trong quặng đầu được thu hồi ở khâu này.

Để triển khai kết quả nghiên cứu vào sản xuất cần có những nghiên cứu chi tiết hơn, khảo sát tất cả các yếu tố ảnh hưởng tới quá trình tuyển nổi cũng như cần thực hiện các thử nghiệm ở quy mô lớn hơn để thu thập các thông số cho quá trình triển khai công nghệ tiếp theo. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bổ sung quy hoạch phân vùng thăm dò, khai thác, chế biến và sử dụng quặng vàng, đồng, niken, molipden Việt Nam đến năm 2015, có xét đến năm 2025. Quyết định số 6074/QĐ-BCT năm 2009. Bộ Công Thương. 2009.
2. Bulatovic S. M. Handbook of flotation reagents. Elsevier Science & Technology Books. p 235-291. 2007.
3. Nguyễn Bội. Tuyển nổi. Nhà xuất bản Giao thông Vận tải. 1998.
4. Trần Văn Trị (chủ biên). Tài nguyên khoáng sản Việt Nam. Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam. 2000.

Người biên tập: Trần Văn Trạch

SUMMARY

The copper ore of Vi Kẽm region, Lào Cai province contains mainly copper minerals such as: chalcopirite, azurite and malachite; accompanied valuable minerals including: magnetite, gold and RE; and gangue minerals involve: quartz, calcite, apatite and feldspar. Experiments for technological processing revealed that the optimal processing conditions for beneficiation the Vi Kẽm copper ore are as follows: butyl xanthate 75-100 g/t, AP_2 20 g/t, kerosene 50 g/t; pH=8-9, frother 30 g/t, and 2 fine processing stages. At these processing conditions, more than 90 % of Cu in raw ore recovered to the concentration containing chemical composition: Cu > 24 %, Au ~4.7 %, Ag ~10 %, S~23 %, và SiO₂ ~ 10%. The accompanied valuable minerals are also recovered (about 26 % Au and 40 % Fe in raw ore) from the floatation residual by gravity and magnetic processes.