CÔNG NGHỆ CẢM BIẾN PHÂN LOẠI QUẶNG TRÊN THẾ GIỚI VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG LÀM GIÀU SƠ BỘ QUẶNG ĐỒNG SIN QUYỀN, LÀO CAI BẰNG CÔNG NGHỆ CẢM BIẾN TIA X

KS Nguyễn Tiến Mạnh, KS Nguyễn Văn Thái,
ThS Tạ Quốc Hùng và nnk
Tổng Công ty Khoáng sản - TKV

Kết quả nghiên cứu cho thấy, nếu làm giàu sơ bộ quặng đồng Sin Quyền, Lào Cai bằng công nghệ cảm biến tia X cho kết quả: nâng cao hàm lượng đồng nguyên khai lên khoảng 40% trước khi cấp vào công đoạn nghiền - tuyển (từ 0,9% lên trên 1,2%); Điều này đặc biệt quan trọng khi điều kiện khai thác ngày càng xuống sâu, khó khăn trong quá trình xúc bốc chọn lọc dẫn đến hàm lượng đồng trong quặng nguyên khai ngày càng giảm. Loại được khoảng 20 - 40% đá thải (phi quặng) trước khi đưa vào công đoạn nghiền - tuyển. Thu hồi tối đa tài nguyên, giảm tổn thất trong quá trình khai thác.

1. Công nghệ cảm biến phân loại quặng trên thế giới

1.1. Lý thuyết chung về phương pháp tuyển cảm biến

Phương pháp phân loại quặng dựa trên sự khác nhau về đặc tính vật lý giữa các hạt và gửi tín hiệu đến một thiết bị cơ khí hoặc điện tử để loại các hạt có giá trị từ dòng quặng. Do đó, điều quan trọng là có sự khác biệt dễ thấy về đặc tính vật lý yêu cầu hiện ra bên ngoài giữa các khoáng vật có giá trị và đá thải. Quặng cần được cấp vào ở dạng đơn lớp vì phải thực hiện việc hiển thị các hạt đơn lẻ vào thiết bị phân loại.

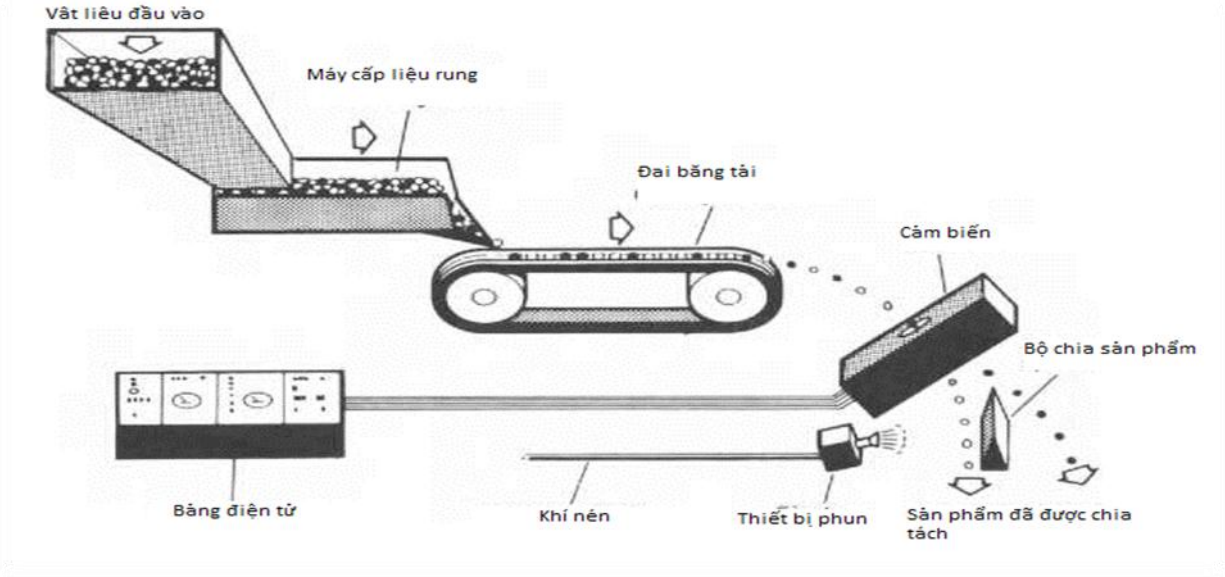
Phương pháp phân loại cảm biến là một hình thức phân loại bằng tay được cơ giới hóa, trong đó quặng được phân chia thành các thành phần có các giá trị khác nhau như việc kiểm tra bằng mắt.

1.2.Sự phát triển công nghệ cảm biến phân loại quặng trên thế giới

Trong quá trình làm giàu khoáng sản, phân loại quặng là một quá trình có vai trò quan trọng do loại bỏ được các hạt đá thải, làm giàu quặng, giảm khối lượng quặng đi vào khâu tiếp theo góp phần rất lớn trong việc giảm nhân công, vật liệu, thiết bị cho các công đoạn sau, tăng hiệu quả sản xuất. Trước đây, việc phân loại quặng chủ yếu sử dụng phương pháp nhìn bằng mắt thường và dùng tay lựa chọn, tốn nhiều nhân công và năng suất thấp, hiệu quả kém nên không được chú trọng, đôi khi trong sản xuất bỏ qua công đoạn này.

Biết được vai trò quan trọng của công đoạn phân loại quặng, các nhà công nghệ và sản xuất thiết bị đã nghiên cứu ra thiết bị cảm biến để phân loại quặng. Tuy nhiên, khi mới sản xuất, thiết bị có giá thành rất cao và chỉ áp dụng cho các loại kim loại quý có giá trị cao.

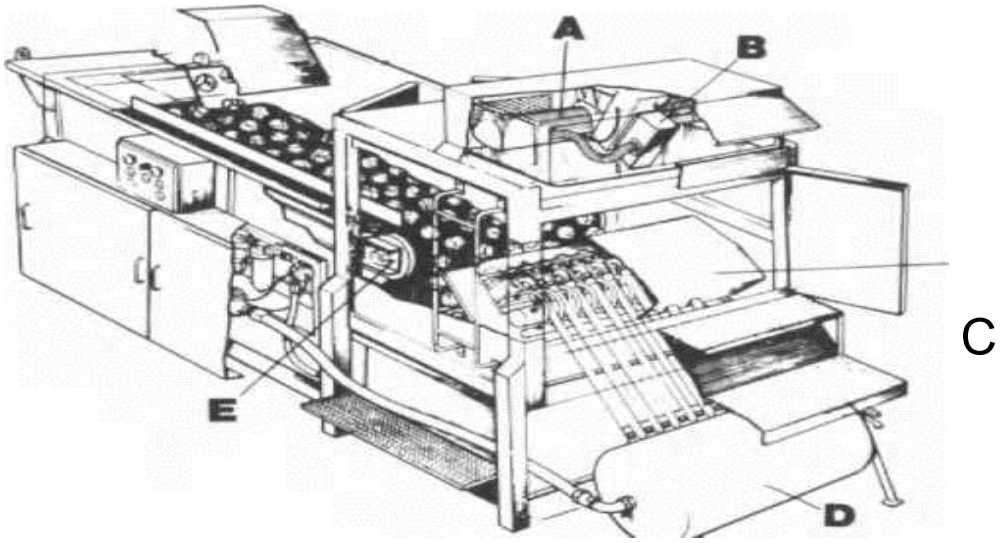
Nền tảng của máy phân loại cảm biến (Hình 1) là nguồn ánh sáng laze và bộ nhân quang nhạy bén, được sử dụng trong hệ thống quét để dò tìm ánh sáng phản chiếu ra từ bề mặt các loại vật liệu đi qua vùng phân loại. Các mạch điện tử phân tích tín hiệu bộ nhân quang; tín hiệu này thay đổi theo cường độ của ánh sáng phản chiếu và tạo ra các tín hiệu điều khiển để khởi động các van thích hợp của thiết bị loại bỏ bằng thổi khí để loại bỏ các hạt nhất định đã chọn bằng quy trình phân tích.



Hình 1. Phân loại quặng bằng cảm biến tia X

Máy phân loại có mã hiệu MB80 Sortex của Gunson (Hình 2) là loại máy phân loại đầu tiên sử dụng công nghệ vi xử lý. Máy phân loại này có thể xử lý các loại khoáng vật có cỡ hạt 10-150 mm với tốc độ cấp liệu đầu vào lên tới 150 tấn/giờ.

Vật liệu đầu vào được rung từ phễu điều áp lên đai băng rộng 0,8m, di chuyển ở tốc độ 2,1 m/giây để tạo thành một lớp đơn gồm các hạt với khoảng cách ngẫu nhiên di chuyển ở vận tốc giống nhau. Ở cuối băng, vật liệu đầu vào được đưa vào chiếu sáng tự do và đi qua vùng quan sát được chiếu sáng bằng các đèn thạch anh – halogen.

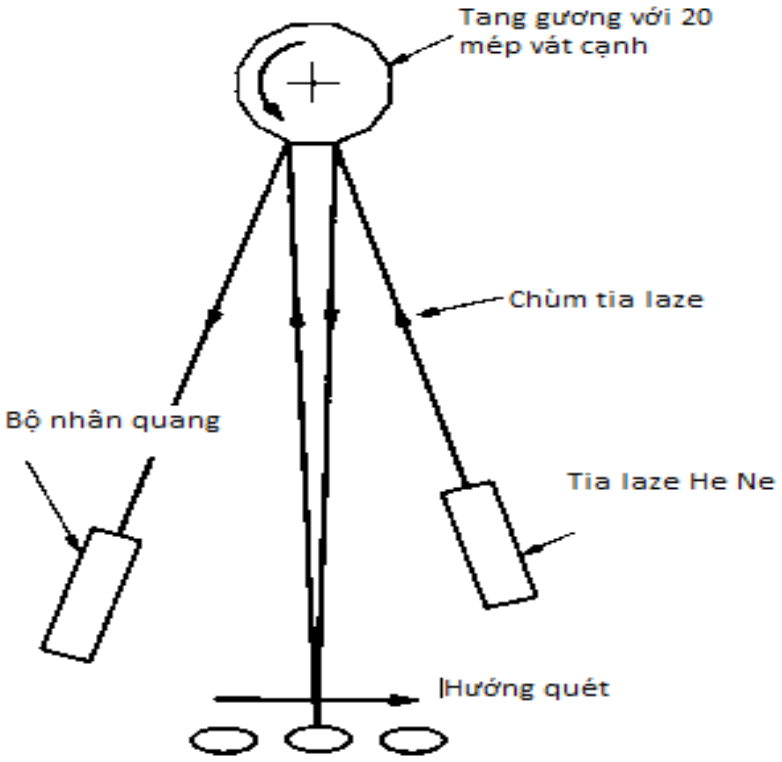


Hình 2. Máy phân loại Sortex MP80

A: Đèn thạch anh – halogen; B: Máy ảnh trạng thái rắn; C: Bờ phun; D: Bộ phận khí; E: Động cơ tang cấp liệu

Máy phân loại cảm biến Model 16 của RTZ đã được sử dụng thành công trong ngành công nghiệp kể từ năm 1976 cho nhiều loại quặng khác nhau. Hệ thống cảm biến được định vị ở điểm mà đá dời khỏi đai băng cấp liệu chính, và bao gồm một gương quay và một bộ nhân quang (Hình 3). Ánh sáng cường độ cao từ laze được phản chiếu ngoài tang gương và chiếu lên dòng quặng. Ánh sáng phản chiếu từ các hạt

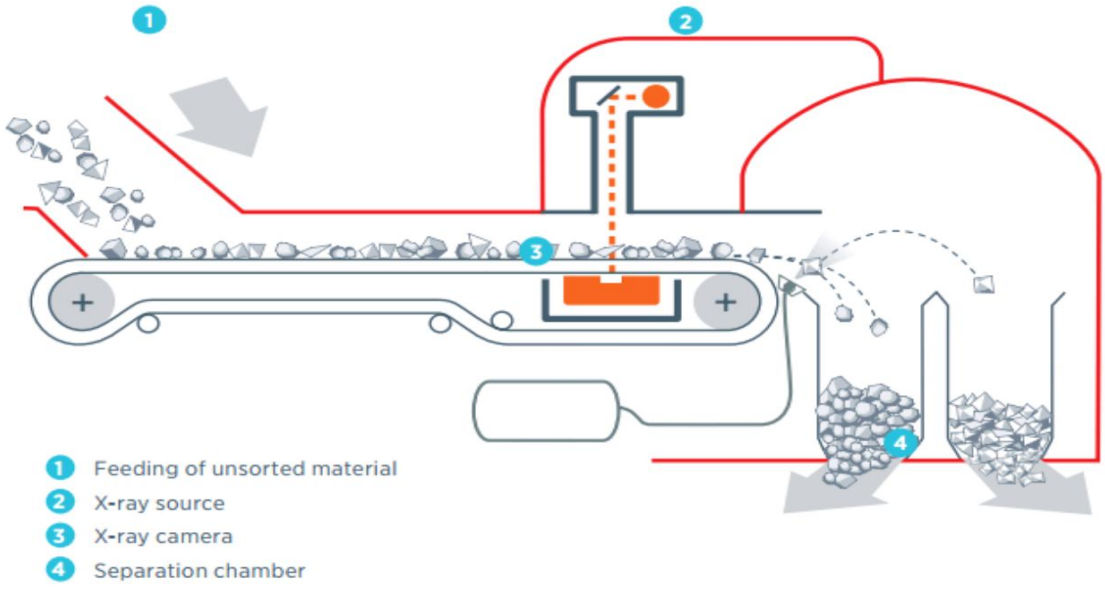
sẽ quay trở lại tang gương và đi lên bộ nhân quang từ nơi mà các xung điện được chuyển đến bộ xử lý. Số mép vát cạnh trên tang gương và tốc độ quay được thể hiện ở việc chùm tia laze quét dòng quặng 2000 lần/giây, tương ứng với mỗi lần quét 2mm chiều dài đá.



Hình 3. Máy quét chùm tia Laze Model 16

Đến nay, các nhà sản xuất thiết bị đã có nhiều cải tiến nhằm nâng cao hiệu quả và giảm giá thành thiết bị để phát triển thị trường đến các loại khoáng vật có giá trị thấp.Các thiết bị này có năng suất và độ chính xác cao, tăng hiệu quả phân loại quặng, làm giàu khoáng sản, giảm chi phí nhân công, vật tư, vật liệu, thiết bị nghiền – tuyển – luyện, tiết kiệm năng lượng, thu hồi tối đa tài nguyên khoáng sản và góp phần tăng hiệu quả sản xuất của nhà máy một cách đáng kể.

Bước đột phá của công nghệ này phải kể đến thiết bị cảm biến phân loại quặng của TOMRA.TOMRA chính là đơn vị đi đầu trong công nghệ tuyển cảm biến. Trên thế giới đã có rất nhiều quốc gia đang ứng dụng các sản phẩm thiết bị do TOMRA cung cấp như: Úc, Canada, Pháp, Đức, Nga, Nam Phi, Mỹ,… Thực tế cho thấy các thiết bị của hãng đã góp phần tiết kiệm năng lượng, giảm chi phí sản xuất và phục hồi tài nguyên cho toàn ngành khoáng sản của thế giới. Các giải pháp phân loại và làm giàu khoáng sản bằng công nghệ cảm biến của TOMRA giúp kéo dài tuổi thọ mỏ, tăng tỷ lệ lợi nhuận trên vốn đầu tư.



Hình 4. Sơ đồ nguyên lý của thiết bị tuyển cảm biến XRT

1.3. Tình hình ứng dụng công nghệ cảm biến phân loại quặng trong nước

Ở Việt Nam, cho đến nay chưa có công trình nghiên cứu khoa học nào được công bố thuộc lĩnh vực nghiên cứu của đề tài - công nghệ, thiết bị tuyển cảm biến và cũng chưa có cơ sở sản xuất nào trong nước áp dụng công nghệ này. Đây là một vấn đề mới, có ý nghĩa khoa học và khả năng áp dụng vào thực tế cao.

2. Kết quả nghiên cứu khả năng làm giầu sơ bộ quặng đồng Sin Quyền Lào Cai bằng công nghệ cảm biến tia X

2.1. Nghiên cứu thành phần vật chất mẫu quặng nguyên khai mỏ đồng Sin Quyền

2.1.1. Mẫu nghiên cứu

Mẫu quặng nguyên khai phục vụ cho công tác nghiên cứu được lấy đại diện tại mỏ đồng Sin Quyền tại hai xã Bản Vược và Cốc Mỳ, huyện Bát Xát, tỉnh Lào Cai. Mẫu được lấy trên 02 khai trường khu Đông và khu Tây, có tổng khối lượng là 5.000 kg, đảm bảo tính đại diện cho khu vực mỏ.

2.1.2. Kết quả phân tích thành phần khoáng vật

2.1.2.1. Phân tích Rơnghen

Kết quả phân tích thành phần khoáng vật quặng nguyên khai bằng phương pháp rơnghen nhiễu xạ tia X được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Thành phần khoáng vật quặng đồng mỏ Sin Quyền

TT	Tên khoáng vật	Thành phần khoáng vật	Hàm lượng (%)
1	Mica	$KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$	31 - 33
2	Amphibol	-	15-17
3	Clorit	$Mg_2Al_3[AlSi_3O_{10}](OH)_8$	3-5

4	Thạch anh	SiO_2	7 – 9
5	Albit	$NaAlSi_3O_8$	11-13
6	Canxit	$CaCO_3$	4 – 6
7	Magnetit	Fe_3O_4	19-21
8	Chalcopyrit	$CuFeS_2$	Ít
9	Azurit	$2CuCO_3.Cu(OH)_2$	Ít

2.1.2.2. Phân tích khoáng tướng và thạch học

Kết quả nghiên cứu đặc điểm khoáng vật của mẫu quặng đồng thông qua các phân tích khoáng tướng và thạch học trên các mẫu đá lựa chọn cho thấy: Khoáng vật quặng chứa đồng mỏ Sin Quyền tại hai xã Bản Vược và Cốc Mỳ, huyện Bát Xát, tỉnh Lào Cai là quặng sunfua và quặng oxít. Tập hợp khoáng vật quặng trong các mẫu nghiên cứu bao gồm: Chalcopyrit, Magnetit, Pyrotin, Cubanit, Pyrit, Ilmenit, Sphalerit, Galenit và các phi quặng như: Thạch anh, felspat, Amphibol, Plagioclas, Orthit, Calcit, Epidot, Hornblend, Biotit, Muscovit, Apatit, Carbonat ...

2.2. Nghiên cứu thí nghiệm mẫu công nghệ

2.2.1. Thí nghiệm mẫu trên máy tuyển cảm biến tia X

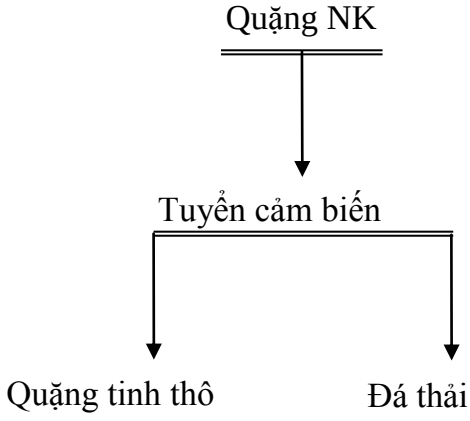
2.2.1.1. Mẫu nghiên cứu

Ngày 31 tháng 12 năm 2014, được sự đồng ý của Bộ Công Thương theo Công văn số 13358/BCT-CNNg, Tổng Công ty Khoáng sản - TKV đã tiến hành gửi mẫu quặng đồng Sin Quyền sang Úc làm thí nghiệm, mẫu quặng nguyên khai được lấy tại Mỏ đồng Sin Quyền, Lào Cai có tổng khối lượng là 02 tấn (gồm 01 tấn mẫu quặng nguyên khai cỡ hạt +8-15 mm và 01 tấn mẫu cỡ hạt +15-45 mm).

2.2.1.2. Phương pháp thí nghiệm tuyển

Công tác thí nghiệm được tiến hành trên thiết bị tuyển sử dụng công nghệ cảm biến tia X do TOMRA sản xuất, thực hiện tại cơ sở thử nghiệm của TOMRA Sorting, Wedel, Đức.

Sơ đồ nguyên tắc thí nghiệm: xem Hình 5.



Hình 5. Sơ đồ nguyên tắc thí nghiệm tuyển

2.2.2. Ket qua thı nghıệm

2.2.2.1. Thí nghiệm tuyển cấp hạt +8-15mm

* Thí nghiệm 1

Điều kiện thí nghiệm: Mẫu 1 có khối lượng 201 kg; hàm lượng đồng trong quặng nguyên khai αCu = 0,92%; tốc độ cấp liệu Q = 20 t/h; áp suất khí P = 5at; chế độ cài đặt 1. Kết quả thí nghiệm được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm tuyển mẫu 1

Tên sản phẩm	Khối lượng (Kg)	Thu hoạch (%)	Hàm lượng Cu (%)	Thực thu Cu (%)
Quặng tinh thô	75,50	37,56	2,04	83,29
Đá thải	125,50	62,44	0,25	16,71
Quặng NK	201,00	100,00	0,92	100,00

Kết quả Bảng 2 cho ta thấy: Quặng đầu vào có hàm lượng Cu = 0,92 %, sau quá trình tuyển đã loại bỏ được 62,44% khối lượng đá thải (hàm lượng Cu = 0,25%); sản phẩm quặng tinh thô nhận được có hàm lượng βCu = 2,04%, thu hoạch γ = 37,56% và thực thu εCu = 83,29%.

* Thí nghiệm 2

Điều kiện thí nghiệm: Mẫu 2 có khối lượng 195,5 kg; hàm lượng αCu = 0,92%; tốc độ cấp liệu Q = 20 t/h; áp suất khí P = 5at; chế độ cài đặt 2. Kết quả thí nghiệm thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm tuyển mẫu 2

Tên sản phẩm	Khối lượng (Kg)	Thu hoạch (%)	Hàm lượng Cu (%)	Thực thu Cu (%)
Quặng tinh thô	97,00	49,62	1,71	92,22
Đá thải	98,50	50,38	0,15	7,78
Quặng NK	195,50	100,00	0,92	100,00

Kết quả Bảng 3 cho ta thấy: Quặng đầu vào có hàm lượng Cu = 0,92 %, sau quá trình tuyển đã loại bỏ được 50,38% khối lượng đá thải (hàm lượng Cu = 0,15%); sản phẩm quặng tinh thô nhận được có hàm lượng βCu = 1,71%, thu hoạch γ = 49,62% và thực thu εCu = 92,22%.

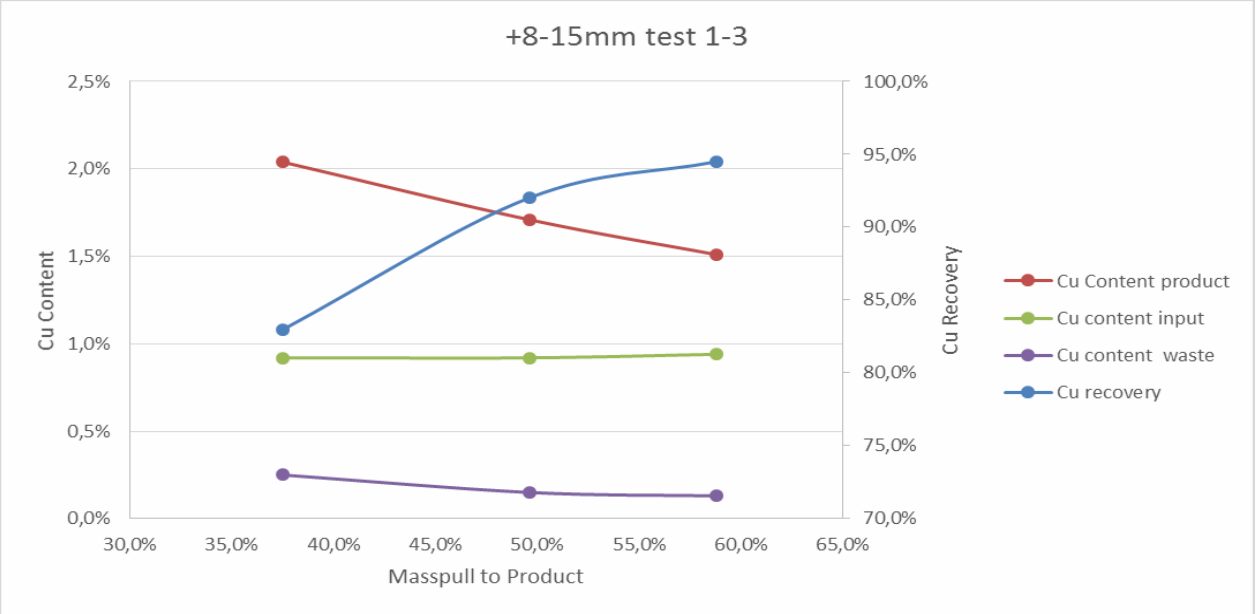
* Thí nghiệm 3

Điều kiện thí nghiệm: Mẫu 3 có khối lượng 214 kg; hàm lượng αCu = 0,94%; tốc độ cấp liệu Q = 20 t/h; áp suất khí P = 5at; chế độ cài đặt 3. Kết quả thí nghiệm thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm tuyển mẫu 3

Tên sản phẩm	Khối lượng (Kg)	Thu hoạch (%)	Hàm lượng Cu (%)	Thực thu Cu (%)
Quặng tinh thô	126,00	58,88	1,51	94,58
Đá thải	88,00	41,12	0,13	5,42
Quặng NK	214,00	100,00	0,94	100,00

Kết quả Bảng 4 cho ta thấy: Quặng đầu vào có hàm lượng Cu = 0,94 %, sau quá trình tuyển đã loại bỏ được 41,12% khối lượng đá thải (hàm lượng Cu = 0,13%); sản phẩm quặng tinh thô nhận được có hàm lượng βCu = 1,51%, thu hoạch γ = 58,88% và thực thu εCu = 94,58%.



Hình 6. Đồ thị so sánh các chỉ tiêu của 3 thí nghiệm với cấp hạt +8-15mm

Trên đồ thị Hình 6 cho ta thấy kết quả thí nghiệm 3 đạt được các chỉ tiêu công nghệ tuyển khoáng là tốt nhất: Sản phẩm quặng tinh thô có hàm lượng Cu = 1,51%, thu hoạch γ = 58,88% và thực thu kim loại đồng cao nhất εCu = 94,58% trong khi đó hàm lượng kim loại đồng trong đá thải cũng đạt giá trị thấp nhất θCu = 0,13%.

2.2.2.2. Thí nghiệm tuyển cấp hạt +15-45mm

* Thí nghiệm 4

Điều kiện thí nghiệm: Mẫu 4 có khối lượng 274,5 kg; hàm lượng αCu = 1,03%; tốc độ cấp liệu Q = 55 t/h; áp suất khí P = 6at; chế độ cài đặt 1. Kết quả thí nghiệm thể hiện trong Bảng 5.

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm tuyển mẫu 4

Tên sản phẩm	Khối lượng (Kg)	Thu hoạch (%)	Hàm lượng Cu (%)	Thực thu Cu (%)

Quặng tinh thô	95,00	34,61	2,12	82,87
Đá thải	179,50	65,39	0,46	7,13
Quặng NK	274,50	100,00	1,03	100,00

Kết quả Bảng 5 cho ta thấy: Quặng đầu vào có hàm lượng Cu = 1,03 %, sau quá trình tuyển đã loại bỏ được 65,39% khối lượng đá thải (hàm lượng Cu = 0,46%); sản phẩm quặng tinh thô nhận được có hàm lượng βCu = 2,12%, thu hoạch γ = 34,61% và thực thu kim loại εCu = 82,87%.

* Thí nghiệm 5

Điều kiện thí nghiệm: Mẫu 5 có khối lượng 237 kg; hàm lượng αCu = 1,04%; tốc độ cấp liệu Q = 55 t/h; áp suất khí P = 6at; chế độ cài đặt 2. Kết quả thí nghiệm thể hiện trong Bảng 6.

Bảng 6. Kết quả thí nghiệm tuyển mẫu 5

Tên sản phẩm	Khối lượng (Kg)	Thu hoạch (%)	Hàm lượng Cu (%)	Thực thu Cu (%)
Quặng tinh thô	114,00	48,10	1,84	85,92
Đá thải	123,00	51,90	0,31	4,08
Quặng NK	237,00	100,00	1,04	100,00

Kết quả Bảng 6 cho ta thấy: Quặng đầu vào có hàm lượng Cu = 1,04 %, sau quá trình tuyển đã loại bỏ được 51,90% khối lượng đá thải (hàm lượng Cu = 0,31%); sản phẩm quặng tinh thô nhận được có hàm lượng βCu = 1,84%, thu hoạch γ = 48,10% và thực thu εCu = 85,92%.

* Thí nghiệm 6

Điều kiện thí nghiệm: Mẫu 6 có khối lượng 291 kg; hàm lượng αCu = 1,06%; tốc độ cấp liệu Q = 55 t/h; áp suất khí P = 6at; chế độ cài đặt 3. Kết quả thí nghiệm được thể hiện trong Bảng 7.

Bảng 7. Kết quả thí nghiệm tuyển mẫu 6

Tên sản phẩm	Khối lượng (Kg)	Thu hoạch (%)	Hàm lượng Cu (%)	Thực thu Cu (%)
Quặng tinh thô	167,50	57,56	1,70	92,31
Đá thải	123,50	42,44	0,19	7,69
Quặng NK	291,00	100,00	1,06	100,00

Kết quả Bảng 7 cho ta thấy: Quặng đầu vào có hàm lượng Cu = 1,06 %, sau quá trình tuyển đã loại bỏ được 42,44% khối lượng đá thải (hàm lượng Cu = 0,19%); sản phẩm quặng tinh thô nhận được có hàm lượng βCu = 1,70%, thu hoạch γ = 57,56% và thực thu εCu = 92,31%.

2.2.3. Thí nghiệm mẫu bằng phương pháp tuyển thủ công

Nhóm nghiên cứu đã triển khai thí nghiệm tuyển mẫu quặng nguyên khai bằng phương pháp tuyển thủ công (chọn tay) dựa trên sự khác biệt về màu sắc và tỷ trọng của các khoáng vật quặng và phi quặng. Với mục đích nhằm kiểm tra các thí nghiệm được thực hiện trên thiết bị tuyển cảm biến. Mẫu nghiên cứu được lấy tại băng tải số 3, trong trạm truyền tải BO3 của nhà máy và cho phân cấp thành các cấp hạt, lựa chọn cấp hạt 15-45mm tiến hành thí nghiệm. Kết quả thí nghiệm được thể hiện dưới Bảng 8.

Bảng 8. Kết quả thí nghiệm bằng phương pháp tuyển chọn tay

Tên sản phẩm	Khối lượng (Kg)	Thu hoạch (%)	Hàm lượng Cu (%)	Thực thu Cu (%)
Quặng tinh thô	803,5	67,81	1,21	96,28
Đá thải	382,0	32,19	0,10	3,72
Quặng NK	1185,0	100,00	0,85	100,00

Kết quả thí nghiệm cho thấy đã loại bỏ được 32,19% lượng đá thải (hàm lượng đồng trong đá thải đạt 0,10%Cu). Thu hoạch quặng tinh thô đạt 67,81%, hàm lượng đồng 1,21% Cu và thực thu kim loại đồng đạt khá cao 96,28%.

2.3.4. Đánh giá kết quả thí nghiệm

Quặng nguyên khai sau quá trình gia công và phân cấp đến cỡ hạt +8-15 mm và +15-45 mm, qua thiết bị tuyển TOMRA COM Ter XRT được phân loại thành hai sản phẩm là đá thải và sản phẩm quặng tinh thô chứa các kim loại có ích. Kết quả thí nghiệm đã làm giàu sơ bộ, loại bỏ ~50% lượng đá thải (hàm lượng đồng trong đá thải đạt 0,13-0,46% Cu); sản phẩm quặng tinh được nâng cao từ 0,94 (1,06) % Cu lên 1,5 (2,3) % Cu; thực thu kim loại đồng đạt trung bình khoảng 90%.

Sau nhiều thí nghiệm cho thấy, máy tuyển cảm biến tia X làm việc hiệu quả nhất đối với quặng có cấp hạt 15-45mm. Khi đó loại bỏ được khoảng 42,44 % lượng đá thải (hàm lượng đồng trong đá thải thấp 0,19%) thu hoạch57,56% và thực thu kim loại đồng 92,31%.

3. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy: Làm giàu sơ bộ quặng đồng Sin Quyền, Lào Cai bằng công nghệ cảm biến tia X cho kết quả rất tốt: nâng cao hàm lượng đồng nguyên khai lên khoảng 40% trước khi cấp vào công đoạn nghiền - tuyển (từ 0,9% lên trên 1,2%); Điều này đặc biệt quan trọng khi điều kiện khai thác ngày càng xuống sâu, khó khăn trong quá trình xúc bốc chọn lọc dẫn đến hàm lượng đồng trong quặng nguyên khai ngày càng giảm. Loại được khoảng 20 - 40% đá thải (phi quặng) trước khi đưa vào công đoạn nghiền - tuyển. Thu hồi tối đa tài nguyên, giảm tổn thất trong quá trình khai thác./.

Tài liệu tham khảo

1. Test report sorting of copper Sin Quyen Vietnam copper, si.A. Sabine Nölte. Wedel, 12.6.2015;

2. Ревнивсев, Рыбаков, Леман. Ренгентнорадиометрическое обогащение комплектных руд цветных и редких металлов, Недра, 1990;

3. Мокроусов,.Лилеев. Радиометрическое обогащение нерадиометрических руд, Недра 1979;

4. Wills, Mineral Processing Technology, 2006;

5. Tài liệu trên www.tomra.com

Preliminary results of the study on x-ray sensor based sorting at Sin Quyền, Lào Cai copper ore processing plant

The research results show that preconcentration of Sin Quyền, Lào **Cai** *crushed copper ores, before feeding to the mill, by X-ray sensor sorting technuques may increase the copper content about 40% (from 0.9% to over 1.2%. This is especially important as the mining operations are getting deeper and more difficult for selective mining and copper content in run of mine ore is decreased; About 20 - 40% of waste (non-ore) can be removed before feeding to the grinding circuit; and Help to maximize resource utilization and mininize losses during mining.*

Keywords: X-ray sensor sorting, copper ore, Sin Quyền, crushed ores.