

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG MÔ HÌNH THỐNG KÊ ĐỂ TỐI ƯU QUÁ TRÌNH AGGLOMERAT HÓA ỨNG DỤNG TRONG HÒA TÁCH ĐỒNG QUẶNG URANI

TRẦN THẾ ĐỊNH, THÂN VĂN LIÊN, PHẠM THỊ THỦY NGÂN, LÊ THỊ HỒNG HÀ
Viện Công nghệ xạ hiếm, 48 Láng Hạ - Đống Đa - Hà Nội
Email: tranthedinh0802@hotmail.com

Tóm tắt: Hòa tách đồng đã được ứng dụng phổ biến để xử lý các loại quặng hàm lượng thấp do chi phí đầu tư và vận hành thấp. Quá trình agglomerat hóa thông thường được áp dụng như một giai đoạn trung gian giữa giai đoạn đập quặng và giai đoạn tạo đồng quặng trước khi tiến hành hòa tách. Các hạt mịn được gắn với các hạt thô hơn hoặc tự liên kết với nhau thành các hạt có kích thước lớn hơn trong quá trình agglomerat hóa. Nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu là xây dựng được mô hình thống kê quá trình agglomerat hóa ứng dụng trong hòa tách đồng quặng urani bán phong hóa vùng Pà Lừa - Pà Ròng nhằm tối ưu hóa giai đoạn agglomerat. Từ kết quả nghiên cứu, các tác giả đã lựa chọn được các thông số thích hợp có ảnh hưởng đến quá trình agglomerat hóa đối với quặng bán phong hóa: chi phí 20 kg H₂SO₄/tấn quặng, nồng độ H₂SO₄ 250 g/l, độ ẩm khối quặng 8%.

Từ khóa: Hòa tách đồng, quá trình agglomerat, mô hình thống kê

I. MỞ ĐẦU

Thời gian đầu tiên khi đưa phương pháp hòa tách đồng vào vận hành thương mại, tính thấm của dung dịch hòa tách qua đồng quặng đã trở thành vấn đề chính khi quặng chứa một lượng đáng kể các hạt có kích thước nhỏ. Các hạt có kích thước bé có thể chuyển động xuống phía dưới cùng với dung dịch hòa tách hoặc có thể bít kín các lỗ trong quá trình hòa tách đồng, từ đó dẫn tới vấn đề thấm không tốt và làm cho hiệu suất hòa tách đồng không cao. Quá trình agglomerat được sử dụng như là một quá trình trung gian giữa công đoạn nghiền và công đoạn xếp đồng, để xử lý hiện tượng thấm vừa nêu. Trong quá trình agglomerat, các hạt nhỏ được tập hợp lại với nhau hoặc các hạt nhỏ bám vào các hạt lớn hơn qua một quá trình xử lý để tạo ra các hạt có kích thước lớn hơn, đồng đều hơn, chịu được lực nén ép nhưng có độ thấm tốt [1 - 4].

Theo tác giả Adirek Janwong [4], thì quá trình agglomerat hóa đã được sử dụng để cải thiện cấu trúc vật lý của đồng, cải thiện động học hòa tách và làm giảm tác động môi trường trong phương pháp hòa tách đồng.

Quá trình agglomerat hóa là một trong những giải pháp có hiệu quả để nâng cao tính thấm của khối quặng, tăng cường phản ứng hòa tách trong phương pháp hòa tách đồng quặng urani hàm lượng thấp trên thế giới trên quy mô sản xuất để xử lý các loại quặng nghèo chứa đồng, vàng hay urani,... Đối tượng nghiên cứu cho quá trình agglomerat hóa chủ yếu là các loại quặng không đồng nhất có cấu trúc tối xốp dễ gây tắc, quặng chứa sét, khó hòa tách, quá trình gia công sinh hạt mịn. Quá trình agglomerat hóa thông thường được sử dụng như một giai đoạn trung gian giữa giai đoạn đập quặng và tạo đồng quặng trước khi tiến hành hòa tách. Các hạt mịn được gắn với các hạt thô hơn hoặc tự liên kết với nhau thành các hạt có kích thước lớn hơn trong quá trình agglomerat hóa. Ngoài ra quá trình này cũng tạo ra nhiều khoảng trống hơn trong hạt quặng sau khi được agglomerat hóa, cho phép tác nhân hòa tách di chuyển dễ dàng tới từng nơi trong hạt quặng, trong đồng quặng [5 - 7, 8].

Trong hòa tách đồng quặng urani, thì quá trình agglomerat hóa gồm các bước sau: quặng urani đầu tiên được gia công tới cỡ hạt thích hợp, sau đó agglomerat hóa phần hạt mịn hoặc toàn bộ) trong thiết bị trống quay bằng cách bổ sung nước, tác nhân hòa tách, nếu cần thiết là thêm chất kết dính. Quặng sau khi agglomerat hóa xong, được tạo đồng và tiến hành theo phương pháp hòa tách đồng [4, 9].

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố đến quá trình agglomerat hóa đối với quặng bán phong hóa và kết quả tìm phương trình hồi qui mô tả biểu diễn hiệu suất thu hồi urani trong quá trình hòa tách đồng phụ thuộc vào các yếu tố.

II. NỘI DUNG

II.1. Đối tượng và Phương pháp

Đối tượng:

Quặng urani dạng bán phong hóa vùng Pà Lừa –Pà Rông (Quảng Nam) có hàm lượng urani là 0,0905 % U. **Dạng quặng này nằm xen kẽ ở lớp giữa và là dạng trung gian đang biến đổi từ quặng chưa phong hoá thành quặng phong hoá.** Quặng được lấy, gia công theo đúng quy trình hướng dẫn của IAEA đến kích thước thích hợp cho quá trình xử lý bằng phương pháp hòa tách đồng.

Bảng 1. Tỷ lệ các cấp hạt quặng nguyên liệu sau khi gia công

TT	Cấp hạt (mm)	Tỷ lệ khối lượng (%)	TT	Cấp hạt (mm)	Tỷ lệ khối lượng (%)
1	+10	47,3	4	+1,18 - 2,36	8,2
2	+5 - 10	12,8	5	+0,6 - 1,18	8,0
3	+2,36 - 5	5,7	6	- 0,6	18,0
				Cộng	100

Phương pháp:

- *Khảo sát quá trình agglomerat:* Số lượng mỗi mẻ thí nghiệm là 10 kg quặng đã được gia công tới cỡ hạt ≤ 1 cm (95 %) và 92g MnO₂ 85 % (MnO₂ 4 kg/tấn). Quặng và chất oxy hóa MnO₂ được trộn đều và cho vào thùng quay. Các thông số khảo sát là chi phí axit, nồng độ axit và độ ẩm của khối quặng. Khi khảo sát một yếu tố thì các yếu tố còn lại của quá trình agglomerat được cố định.

- *Thực nghiệm xử lý quặng urani đã agglomerat* bằng phương pháp hòa tách đồng với các thông số tổng chi phí axit là 40 kg H₂SO₄/tấn quặng, trong đó chi phí axit cho công đoạn agglomerat hóa chiếm khoảng 1/2 tổng chi phí axit; độ ẩm của khối quặng sau khi agglomerat là 8 %, hòa tách đồng được tiến hành với nồng độ axit 50 g/l, chi phí MnO₂ 4 kg/tấn quặng, tốc độ tưới 30 l/m².h và khối lượng quặng cho một mẻ hòa tách là 10 kg.

Hàm lượng urani trong quặng, trong dung dịch và trong bã quặng sau hòa tách được phân tích bằng phương pháp **phân tích khối phổ plasma cảm ứng ICP-MS Agilent USA 7500a** tại Viện Công nghệ xạ hiếm.

Hiệu suất thu hồi urani được xác định theo công thức: $H = (m_1/m_0) * 100\%$

Trong đó: m₀ là khối lượng urani có trong quặng đem hòa tách, m₁ là khối lượng urani thu được trong dung dịch hòa tách.

II.2. Kết quả và thảo luận

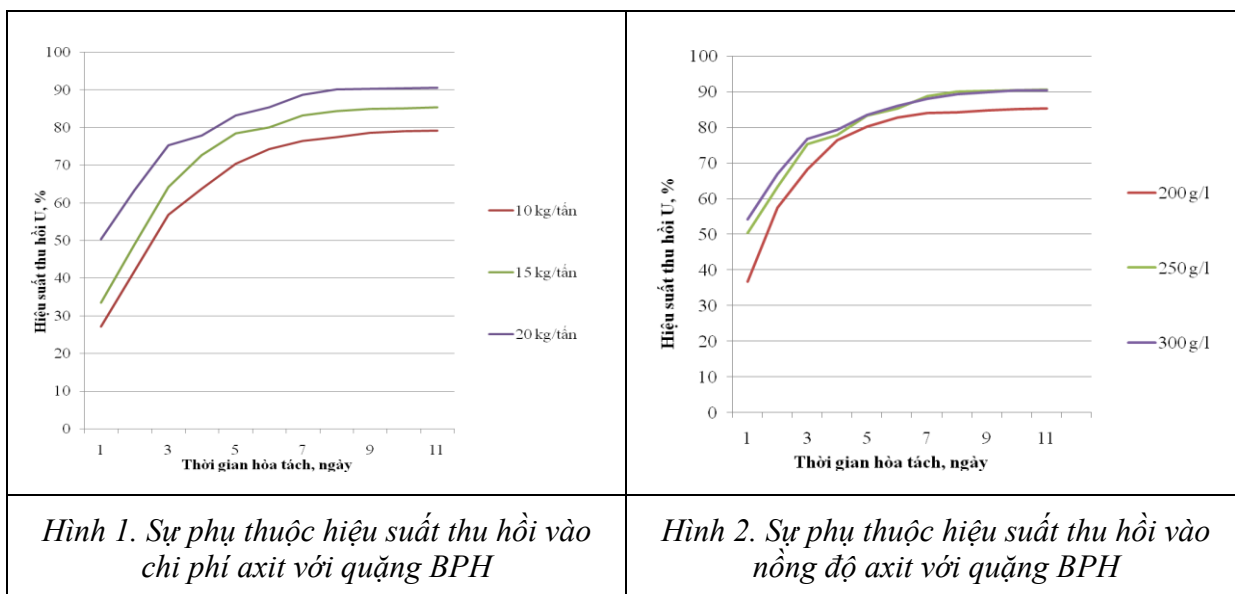
II.2.1. Kết quả nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình agglomerat hóa quặng urani vùng Pà Lừa – Pà Rông

Phần dưới đây trình bày kết quả nghiên cứu quá trình agglomerat hóa quặng urani vùng Pà Lừa – Pà Rông, trong đó tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của chi phí axit sunfuric, nồng độ axit sunfuric và độ ẩm của khối quặng.

II.2.1.1. Nghiên cứu ảnh hưởng chi phí axit dùng cho quá trình agglomerat hóa đến hiệu suất thu hồi urani bằng phương pháp hòa tách đồng:

Thí nghiệm được tiến hành như sau: Cân 10 kg quặng đã được gia công + 46 g MnO₂ 85 % (MnO₂ 4 kg/tấn), sau đó trộn đều. Tiến hành khảo sát với lượng axit thay đổi: 10, 15, 20 kg H₂SO₄/tấn quặng; nồng độ axit 250 g/l; độ ẩm là 8 %.

Sau khi agglomerat hóa xong toàn bộ, đem tiến hành hòa tách đồng trên cột. Kết quả cho thấy với chi phí axit là 20 kg/tấn quặng (**chỉ dùng cho giai đoạn agglomerat hóa**) cho hiệu suất thu hồi urani cao 90,58 % (hình 1).



II.2.1.2. Nghiên cứu ảnh hưởng nồng độ axit dùng cho quá trình agglomerat hóa đến hiệu suất thu hồi urani bằng phương pháp hòa tách đồng:

Thí nghiệm được tiến hành như sau: Cân 10 kg quặng đã được gia công + 46 g MnO₂ 85 % (MnO₂ 4 kg/tấn). Tiến hành khảo sát với nồng độ axit thay đổi: 200, 250, 300 g/l; chi phí axit 20kg/tấn quặng (**cho giai đoạn agglomerat hóa**); độ ẩm là 8 %.

Sau khi agglomerat hóa xong toàn bộ, đem tiến hành hòa tách đồng trên cột. Kết quả cho thấy với nồng độ axit là 250 g/l cho hiệu suất thu hồi urani cao nhất (xem hình 2).

II.2.1.3. Nghiên cứu ảnh hưởng độ ẩm của quặng dùng cho quá trình agglomerat hóa đến hiệu suất thu hồi urani bằng phương pháp hòa tách đồng:

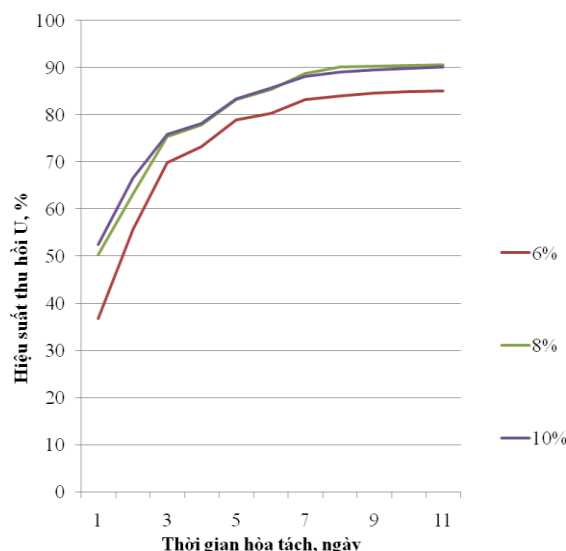
Mục tiêu của việc xác định độ ẩm khi tiến hành agglomerat hóa quặng là để sau khi trộn khối quặng càng xốp càng tốt nhằm giảm thiểu sự nén ép quặng trong quá trình tạo đồng tiếp theo. Trong quá trình tiến hành nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng của độ ẩm tới quá trình agglomerat hóa, khi độ ẩm thấp việc cấp dung dịch rất khó đều cho khối quặng, vì vậy khu vực có dung dịch sẽ vón lại và lớn dần nên hạt thu được khá lớn. Ngược lại, khi có dư dung dịch thì lại có hiện tượng các hạt dính lại với nhau và với tang quay, dẫn đến cũng không lăn theo tang quay để tạo hạt.

Thí nghiệm được tiến hành như sau: Cân 10 kg quặng đã được gia công + 46 g MnO₂ 85 % (MnO₂ 4 kg/tấn). Tiến hành khảo sát với độ ẩm thay đổi: 6, 8, 10 %; chi phí axit 20 kg/tấn quặng (**cho giai đoạn agglomerat hóa**); nồng độ axit 250 g/l.

Sau khi agglomerat hóa xong toàn bộ, đem tiến hành hòa tách đồng trên cột. Kết quả cho thấy với độ ẩm của khối quặng là 8 % cho hiệu suất thu hồi urani đạt 90,58 % (xem hình 3). Khi đó khối quặng sẽ thấm ướt hết, không có hiện tượng bị nhão, cỡ hạt quặng đều nhau.

*** Nhận xét về ưu và nhược điểm của quá trình cải tiến công nghệ (bảng so sánh) về chế độ công nghệ, chất lượng dung dịch hòa tách:**

Đã tiến hành thử nghiệm hoà tách quặng urani theo 02 phương án: *Không agglomerat hóa và có agglomerat hóa bằng phương pháp hòa tách đồng*. Quy mô mỗi cột hoà tách là 10 kg/cột quặng urani (đường kính 0,105 m, chiều cao 1,0 m). Quặng urani được đập, nghiền và sàng đến kích thước < 1 cm. Cả 2 phương án trên đều được tiến hành về cơ bản như nhau chỉ khác nhau ở chỗ: với kiểu quặng có agglomerat hóa (sau khi được trộn với MnO₂) được tưới đều với axit H₂SO₄ đặc, sau đó nạp vào cột và tưới bổ sung thêm một lượng dung dịch axit nhất định, cuối



Hình 3. Sự phụ thuộc hiệu suất thu hồi vào độ ẩm với quặng BPH

cùng là rửa quặng bằng dung dịch axit loãng và thu dung dịch chứa urani; còn đối với quặng không agglomerat hóa (sau khi được trộn với MnO₂), sau đó nạp vào cột và tưới dung dịch axit H₂SO₄ loãng qua khối quặng. Kết quả so sánh các thông số của quá trình được chỉ ra bằng bảng 2 dưới đây.

Bảng 2. So sánh các thông số của quá trình hoà tách quặng khi không agglomerat hóa và có agglomerat hóa bằng phương pháp hòa tách đồng

Các thông số	Không agglomerat	Có agglomerat
Kích thước quặng ban đầu, mm	≤ 10 (95 %)	≤ 10 (95 %)
Tiêu hao axit H ₂ SO ₄ , kg/tấn quặng	45-50	38-40
Tiêu hao chất ô xy hoá MnO ₂ , kg/tấn quặng	4	4
Thời gian hoà tách, ngày	15	11
Nồng độ Urani trong dung dịch hòa tách, g/l	0,7-1,1	0,8-1,4
Nồng độ Fe trong dung dịch hòa tách, g/l	8-11	8-10
Hiệu suất thu hồi urani, %	85,2	90,58
Thể tích dung dịch sau hòa tách, lít	3,8	3,2

Qua kết quả thí nghiệm cho thấy, các thông số của quá trình hoà tách quặng urani đã agglomerat so với quặng urani không agglomerat hóa bằng phương pháp hòa tách đồng có ưu điểm là thời gian, hiệu suất tăng hơn, tiêu hao axit thấp hơn, không bị tắc dòng, hạn chế bụi khi không tiến hành nạp quặng khô trực tiếp vào cột và bể; trong khi đó chất lượng dung dịch sau khi hòa tách không thay đổi nhiều so với quặng không được agglomerat. Tuy nhiên, quá trình này cũng làm tăng chi phí khi vận hành hệ thiết bị agglomerat, tốn thời gian chuẩn bị trước khi tiến hành hòa tách quặng.

II.2.2. Xây dựng mô hình thống kê quá trình agglomerat hóa quặng urani vùng Pà Lừa – Pà Rông

Bài toán: Nghiên cứu hiệu suất thu hồi urani trong quá trình hòa tách đồng quặng urani BPH phụ thuộc vào các yếu tố: Z_1 – nồng độ axit, g/l; Z_2 – chi phí axit, kg/tấn quặng; Z_3 – độ ẩm, % trong giai đoạn agglomerat hóa [9]. Kết quả mã hóa các yếu tố được thể hiện ở bảng 3.

Bảng 3. Mã hóa các yếu tố trong quá trình hòa tách đồng quặng urani đã agglomerat hóa

Số thứ tự thí nghiệm	Các nhân tố theo tỉ lệ xích tự nhiên			Các nhân tố trong hệ mã hóa			
	Z_1	Z_2	Z_3	X_1	X_2	X_3	Y
1	200	10	6	-	-	-	76,4
2	300	10	6	+	-	-	79,8
3	200	20	6	-	+	-	84,5
4	300	20	6	+	+	-	86,2
5	200	10	10	-	-	+	77,8
6	300	10	10	+	-	+	80,1
7	200	20	10	-	+	+	87,9
8	300	20	10	+	+	+	90,3

Xác định phương trình hồi qui bậc 1 đầy đủ mô tả thực nghiệm. Với độ tin cậy thống kê $P = 95\%$

Các bước tiến hành:

Phương trình hồi qui bậc một ba nhân tố đầy đủ có dạng như sau:

$$y = b_0x_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3$$

Để thuận tiện cho việc tính toán, ma trận kế hoạch hóa thực nghiệm được mở rộng trong bảng 4.

Bảng 4. Kết quả tính toán, ma trận kế hoạch hóa thực nghiệm

Stt	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y, %
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	76,4
2	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	79,8
3	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	84,5
4	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	86,2
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	77,8
6	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	80,1
7	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	87,9
8	1	1	1	1	1	1	1	1	90,3

* **Bước 1:** Xác định các hệ số hồi quy b_i

- Xác định các hệ số b_0, b_1, b_2, b_3 :

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu}y_u}{N}$$

Áp dụng công thức: $b_i = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu}y_u}{N}$. Lần lượt thay số vào, ta tính được các kết quả sau ($N = 8$): $b_0 = 82,875$; $b_1 = 1,225$; $b_2 = 4,35$; $b_3 = 01,15$.

(N được tính theo công thức: $N = 2^n$. Trong đó, N là số số hạng của phương trình hồi quy bậc 1 - chính là số thực nghiệm phải làm; n là số nhân tố ảnh hưởng đến kết quả thực nghiệm, ở đây $n = 3$).

- Xác định các hệ số b_{12}, b_{23}, b_{13} :

Áp dụng công thức: $b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu}x_{ju}y_u}{N}$. Lần lượt thay số vào, ta tính được các kết quả sau (N = 8): $b_{12} = -0,2$; $b_{23} = 0,725$; $b_{13} = -0,05$.

- **Xác định các hệ số b_{123} :**

Áp dụng công thức: $b_{ijk} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu}x_{ju}x_{ku}y_u}{N}$. Lần lượt thay số vào, ta tính được các kết quả sau (N = 8): $b_{123} = 0,225$.

* **Bước 2:** Đánh giá tính có nghĩa của các hệ số hồi qui

Tính có nghĩa của các hệ số hồi qui được kiểm định theo tiêu chuẩn t:

$$t_{i \text{ tính}} = \frac{|b_i|}{S_{b_i}} \quad \text{Trong đó: } S_{b_i}^2 = \frac{S_0^2}{N} \quad \text{hay: } S_{b_i} = \frac{S_0}{\sqrt{N}}$$

Do vậy, ta tiến hành các bước sau:

- *Xác định giá trị S_0 :* Ta thực hiện 3 thí nghiệm lặp ở tâm, nhận được 3 giá trị $y_1^0 = 85,4$; $y_2^0 = 86,1$; $y_3^0 = 85,0$. Áp dụng công thức: $\bar{y}_u^0 = \frac{\sum_{i=1}^m y_{iu}^0}{m}$ (với m là số thí nghiệm lặp ở tâm = 3). Ta tính được $\bar{y}_u^0 = 85,5$

Tiếp theo áp dụng công thức: $S_0^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (y_{iu}^0 - \bar{y}_u^0)^2}{m - 1}$. Ta tính được $S_0^2 = 0,31$

- *Xác định S_{b_i} :* Áp dụng công thức: $S_{b_i} = \frac{S_0}{\sqrt{N}}$. Ta tính được $S_{b_i} = 0,197$

- *Xác định $t_{i \text{ tính}}$:* Theo công thức: $t_{i \text{ tính}} = \frac{|b_i|}{S_{b_i}}$. Ta tính được $t_0 = 420,77$; $t_1 = 6,22$; $t_2 = 20,09$; $t_3 = 5,84$; $t_{12} = 1,02$; $t_{13} = 0,25$; $t_{23} = 3,68$; $t_{123} = 1,14$.

- *Xác định t tra bảng:* Với P = 95%, f = m-1 = 3-1 = 2. Tra bảng 2 chiều ta có: $t_{0,95}(2) = 4,30$. Như vậy, t_{12} , t_{13} , t_{23} và t_{123} đều nhỏ hơn $t_p(f)$, do đó các hệ số b_{12} , b_{13} , b_{23} và b_{123} cũng đều bị loại ra khỏi phương trình hồi qui. Phương trình với các hệ số hồi qui còn lại có dạng: $\hat{y} = 82,875 + 1,225 * x_1 + 4,35 * x_2 + 1,15 * x_3$

* **Bước 3:** Đánh giá tính phù hợp của phương trình hồi qui thu được

Bảng 5. Kết quả tính toán tính phù hợp của phương trình hồi qui thu được

Stt	x_0	x_1	x_2	x_3	y_u	\hat{y}_u	$(y_u - \hat{y}_u)^2$
1	1	-1	-1	-1	76,4	76,15	0,0625
2	1	1	-1	-1	79,8	78,6	1,44
3	1	-1	1	-1	84,5	84,85	0,1225
4	1	1	1	-1	86,2	87,3	1,21
5	1	-1	-1	1	77,8	78,45	0,4225
6	1	1	-1	1	80,1	80,9	0,64
7	1	-1	1	1	87,9	87,15	0,5625
8	1	1	1	1	90,3	89,6	0,49

Với \hat{y}_u : Kết quả thực nghiệm thứ u tính theo phương trình hồi qui sau khi đã loại bỏ các hệ số không có nghĩa. y_u : Kết quả thực nghiệm thứ u.

- *Xác định $S_{\text{phù hợp}}$* theo phương trình: $S_{\text{phù hợp}}^2 = \frac{\sum_{u=1}^N (y_u - \hat{y}_u)^2}{N - L}$

Với $N = 8$, $L = 4$ (số hệ số của phương trình hồi qui \hat{Y} tìm được). Thay số vào ta có $S^2_{\text{phù hợp}} = 1,24$.

- *Xác định $F_{\text{tính}}$* (Phân phối Fisher) theo phương trình:
$$F_{\text{tính}} = \frac{S^2_{\text{phù hợp}}}{S^2_0}$$

Thay số vào ta được $F_{\text{tính}} = 3,99$.

- *Xác định $F_{\text{tra bảng}}$* : Với $P = 95\%$, $\alpha = 0.05$; $f_1 = N-L = 8-4 = 4$; $f_2 = m-1 = 3-1 = 2$.

Tra bảng ta xác định được $F_{0,95}(4,2) = 19.25$

- *Kiểm định*: Do $F_{\text{tính}} = 3,99 < 19.25 = F_{\text{tra bảng}}$, do đó phương trình hồi qui tìm được mô tả đúng thực nghiệm: $\hat{Y} = 82,875 + 1,225 * x_1 + 4,35 * x_2 + 1,15 * x_3$

Đây là phương trình mô tả sự phụ thuộc của hiệu suất thu hồi urani vào nồng độ axit, chi phí axit, và độ ẩm trong giai đoạn agglomerat hóa. Ngoài ra hiệu suất thu hồi urani còn phụ thuộc vào các yếu tố (nồng độ axit, chi phí axit, tốc độ tưới,..) trong giai đoạn tiếp theo là giai đoạn tiến hành hòa tách đồng quặng sau khi được agglomerat hóa. Tuy nhiên khi khảo sát sự phụ thuộc của hiệu suất thu hồi urani vào nồng độ axit, chi phí axit, và độ ẩm trong giai đoạn agglomerat hóa, ta cố định các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất thu hồi trong giai đoạn hòa tách đồng.

Từ phương trình hồi qui tìm được, các hệ số b_0, b_1, b_2, b_3 dương cho ta thấy rằng muốn tăng giá trị của thông số tối ưu hóa cần tăng giá trị của z_1, z_2 và z_3 . Qua đó, nếu ta tiếp tục tăng nồng độ axit, chi phí axit và độ ẩm của khối quặng, thì sẽ làm tăng hiệu suất thu hồi urani. Tuy nhiên điều này cũng sẽ dẫn đến một số nguyên nhân sau:

- Do chi phí axit và nồng độ axit có ảnh hưởng đến sự phân bố kích thước hạt tạo thành khi agglomerat hóa quặng. Kết quả thực nghiệm cho thấy, khi sử dụng dung dịch axit sunfuric nồng độ 250 g/l, với chi phí 10 kg H_2SO_4 /tấn quặng thì không đủ làm ướt quặng do đó không quan sát thấy xuất hiện agglomerat. Khi sử dụng dung dịch axit sunfuric nồng độ 250 g/l, với chi phí 20 kg H_2SO_4 /tấn quặng thì thấy xuất hiện sự tạo hạt.

Thực nghiệm cho ta thấy điều kiện hoà tách tại nồng độ axit 200 g/l cho hiệu suất thu hồi urani thấp hơn so với điều kiện hoà tách tại nồng độ axit 250 g/l. Còn tại điều kiện hoà tách tại nồng độ axit 300 g/l cho hiệu suất thu hồi urani cao hơn so với điều kiện hoà tách tại nồng độ axit 250 g/l, nhưng khi đó trong dung dịch hoà tách xuất hiện nhiều sắt, SO_4^{2-} và các tạp chất có hại khác sẽ gây ảnh hưởng đến quá trình trung hoà tách tạp chất sau này.

Chi phí axit phụ thuộc rất nhiều vào thành phần khoáng vật, hóa học và độ hạt quặng. Chỉ tiêu này là thông số rất quan trọng trong việc đánh giá giá trị kinh tế của quặng, vì vậy việc khảo sát để xác định chi phí axit thích hợp cần thực hiện một cách cẩn thận và với mẫu quặng đại diện cho cấp quặng. Theo các công trình nghiên cứu tại Viện Công nghệ xạ hiếm cho thấy: hấp dung urani của nhựa trao đổi ion có thể giảm tới 30% hoặc hơn khi nồng độ các tạp chất sắt, nhôm, silic, sunfat,... tăng tương ứng lên đến 9-10 g/l; 7 g/l; 2 g/l; 100-120g/l,... (hấp dung urani từ 62-63 g/l nhựa giảm xuống tới 42-44 g/l nhựa) [1].

Do đó phải lựa chọn được nồng độ và chi phí axit thích hợp để một mặt tránh tiêu hao axit không cần thiết, mặt khác việc tăng nồng độ tạp chất trong dung dịch có ảnh hưởng rất lớn tới quá trình xử lý dung dịch sau đó.

- Độ ẩm phụ thuộc vào loại quặng và thành phần cấp hạt. Mục tiêu của việc xác định độ ẩm khi tiến hành agglomerat hóa quặng là để sau khi trộn khối quặng càng xốp càng tốt nhằm giảm thiểu sự nén ép quặng trong quá trình tạo đồng tiếp theo. Khi độ ẩm thấp việc cấp dung dịch rất khó đều cho khối quặng, vì vậy nơi có dung dịch sẽ vón lại và lớn dần nên hạt thu được khá lớn, các hạt sẽ không được dính chặt với nhau, khi hòa tách sẽ dễ dàng tan ra nhanh, làm ảnh hưởng đến tốc độ dòng chảy, dẫn đến hiệu suất thu hồi urani thấp. Ngược lại,

khi có dư dung dịch thì lại có hiện tượng các hạt kết lại với nhau, ảnh hưởng đến quá trình hòa tách đồng, làm cho độ nén của đồng tăng, ảnh hưởng đến khả năng hòa tách quặng. Kết quả cho thấy với độ ẩm của khối quặng là 8 % là phù hợp.

Như vậy dựa vào kết quả thực nghiệm, nhóm tác giả đã lựa chọn ở điều kiện nồng độ axit H_2SO_4 250 g/l, chi phí axit H_2SO_4 20 kg/tấn quặng và độ ẩm của khối quặng 8 % dùng trong giai đoạn agglomerat hóa cho hiệu suất thu hồi urani là 90,58 %, để có thể phù hợp với điều kiện thực tế cho quá trình hòa tách đồng quặng cát kết urani vùng Pà Lừa – Pà Rông, cũng như quá trình làm giàu, làm sạch dung dịch hòa tách sau này.

Sau khi hòa tách đồng, tiến hành rửa bã và phân tích hàm lượng urani trong bã quặng. Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng urani trong bã quặng $< 0,01$ % U. Do vậy, việc lựa chọn được các yếu tố thích hợp trong giai đoạn agglomerat hóa đã giúp cho quá trình hòa tan các khoáng chứa urani nhanh hơn, triệt để hơn.

III. KẾT LUẬN

Đã nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số đến quá trình agglomerat hóa quặng urani vùng Pà Lừa – Pà Rông và lựa chọn được các thông số thích hợp quặng BPH: tác nhân là axit H_2SO_4 , chi phí tác nhân 20 kg H_2SO_4 /tấn quặng, nồng độ tác nhân 250 g/l, độ ẩm khối quặng 8 %. Kết quả nghiên cứu cho thấy quặng urani được agglomerat cho hiệu suất thu hồi urani cao hơn so với quặng urani chưa agglomerat.

Đã tìm được phương trình hồi qui tìm được mô tả đúng thực nghiệm quá trình agglomerat hóa biểu diễn hiệu suất thu hồi urani trong quá trình hòa tách đồng quặng urani BPH phụ thuộc vào các yếu tố: nồng độ axit, chi phí axit, và độ ẩm trong giai đoạn agglomerat hóa: $\hat{y} = 82,875 + 1,225 * x_1 + 4,35 * x_2 + 1,15 * x_3$.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Thân Văn Liên (2013), *Xử lý mẫu công nghệ thu nhận urani*, Báo cáo Nhiệm vụ KHCN cấp Nhà nước 2012, Hà Nội.
- [2] Thân Văn Liên (2016), *Nghiên cứu cải tiến công nghệ xử lý quặng urani nghèo bằng phương pháp hòa tách thấm sử dụng quá trình agglomerat hóa quặng đầu vào*, Báo cáo Đề tài KHCN cấp Bộ, Viện CNXH - Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam.
- [3] Jacques THIRY – Nicolas DURUPT AREVA NC (2010), *Heap leaching of low grade uranium ore in Somair*, Business Group Mines SEPA - Service d'Etude de Procédés et Analyses, IAEA – Technical Meeting on Low grade Uranium Ore.
- [4] Adirek Janwong (December 2012), *The agglomeration of nickel laterite ore*, Department of Metallurgical Engineering - The University of Utah.
- [5] Luiz Alberto Gomiero (2009), *Uranium Production in Caetité*, Indústrias Nucleares do Brasil S/A - INB - www.inb.gov.br, Unidade de Caetité – BA, Caetité, Bahia State – Brazil.
- [6] Bouffard, S.C. (2005), *Review of agglomeration practice and fundamentals in heap leaching*, Mineral Processing & Extractive Metallurgy Review 26, 233-294.
- [7] Bouffard, S.C. (2008), *Agglomeration for heap leaching: Equipment design, agglomerate quality control, and impact on the heap leaching process*, Minerals Engineering, 21, 1115-1125.
- [8] Thien Vethosodsakda (2012), *Evaluation of crushed ore agglomeration, liquid retention capacity, and column leaching*, Master of Science, Department of Metallurgical Engineering - The University of Utah.
- [9] Lê Đức Ngọc (2011), *Nhập môn Xử lý số liệu và Kế hoạch hoá thực nghiệm*- Khoa Hoá, Đại học Quốc gia Hà Nội.

Title of article: *Study on statistical model building to optimization of agglomeration for application to heap leaching of uranium ore*

MSc. Tran The Dinh, Prof. Dr. Than Van Lien, Eng. Pham Thi Thuy Ngan, Le Thi Hong Ha

Abstract: Heap leaching has been commonly used to treat low ores due to its low capital and operating costs. The agglomeration process is generally used as the intermediate process between crushing and stacking. Fine particles are attached to the coarser particles or bonded together to form bigger particles during the agglomeration. This research was conducted to build a statistical model of the agglomeration for applications in heap leaching of semi-weathered uranium ores in Pa Lua - Pa Rong area, aiming at optimising the agglomeration stage. Based on the results obtained, we has selected the suitable parameters which affect the agglomeration process of semi-weathered ores as follows: consumption of 20 kg H₂SO₄ per a tonne of uranium ore, concentration of 250 g H₂SO₄ per litre, ore moisture of 8%.

Keywords: *Heap leaching, agglomeration process, statistical model.*