



# Research the slurry thickening efficiency of aluminum companies in Vietnam using experimental settling column system



Luan Van Pham <sup>1</sup>, Hai Thanh Pham <sup>1,\*</sup>, Ha Viet Le<sup>1</sup>, Nhung Thi Pham <sup>1</sup>

Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

## ARTICLE INFO

*Article history:*  
Received 08<sup>th</sup> Sept. 2023  
Revised 19<sup>th</sup> Jan. 2024  
Accepted 21<sup>st</sup> Jan. 2024

### Keywords:

Aluminium Dak Nong,  
Aluminium Lam Dong,  
Flocculant aid,  
Settling column system,  
Slurry thickening.

## ABSTRACT

*The thickening is the process of increasing the solid fraction in the slurry. The purpose of the process is to obtain a thicker sludge product and to obtain an overflow product with a minimum solid amount. The equipment used are traction thickener, cable thickener, caisson thickener, tray thickener, E-Cat thickener, lamella thickener, etc. This stage plays an essential role and greatly affects operations in mineral beneficiation factories. However, this is a problem for Aluminum companies in Vietnam because the amount of particles passing 1 mm is significantly higher than the design, leading to the overloading of thickeners. The overall productivity of the factories was affected and seriously reduced due to not being able to ensure the amount of feeding coarse particles and having to stop the operation to fix the problem. The requirement is to find and apply advanced technologies to improve the sedimentation process. This article presents the characteristics of bauxite slurry in Daknong and Lamdong companies. The amount of fine particles passing 0.02 mm reaches more than 62% (in the case of Daknong) and 72% (in the case of Lamdong) with the main minerals (gibbsite, goethite, kaolinite, ilmenite, etc.). On that basis, the survey was implemented to define the optimal type of flocculant aids (NALCO 85035 and HA - LB 080), flocculant dosage (40 grams/tons), and pH of the sludge (6.5 - 7). The obtained underflow product has a solid phase concentration of over 35% and the overflow has an amount of solid/water of less than 100 mg/l. Research was conducted on an experimental settling column system and it was recommended to pre-test a Lamella high-performance thickener for further research.*

Copyright © 2024 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*\*Corresponding author*

E - mail: phamthanhhai@gmail.com

DOI: 10.46326/JMES.2024.65(1).07



## Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>

# Nghiên cứu hiệu quả lắng đọng bùn của các công ty nhôm ở Việt Nam bằng ống lắng thí nghiệm

Phạm Văn Luận<sup>1</sup>, Phạm Thanh Hải<sup>1,\*</sup>, Lê Việt Hà<sup>1</sup>, Phạm Thị Nhung<sup>1</sup>

Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

### THÔNG TIN BÀI BÁO

### TÓM TẮT

#### Quá trình:

Nhận bài 08/9/2023

Sửa xong 19/01/2024

Chấp nhận đăng 21/01/2024

#### Từ khóa:

Chất trợ lắng,

Lắng đọng bùn,

Nhôm Đắk Nông,

Nhôm Lâm Đồng,

Ống lắng.

Quá trình lắng đọng bùn là quá trình nâng cao hàm lượng pha rắn trong bùn. Mục đích của quá trình là thu được sản phẩm bùn đặc hơn có hàm lượng rắn ở mức cần thiết và nhận được sản phẩm nước tràn có hàm lượng rắn ở mức độ tối thiểu. Các thiết bị được sử dụng là bể cô đặc, bể lắng còn sâu, bể cô đặc nhiều tầng, bể lắng Lamella, bể lắng hình chữ nhật, beelr lắng E-Cat... Công đoạn này đóng vai trò thiết yếu và ảnh hưởng lớn đến sản xuất trong các xưởng tuyển khoáng. Tuy nhiên, xử lý bùn nước (đặc biệt là bùn thải nhà máy tuyển) đang là vấn đề của các công ty nhôm ở Việt Nam. Nguyên nhân là do hàm lượng cấp hạt -1 mm tăng cao đáng kể so với thiết kế, dẫn đến quá tải các bể cô đặc. Thực tiễn sản xuất đặt ra yêu cầu phải tìm kiếm và ứng dụng các công nghệ mới nhằm cải thiện quá trình lắng đọng. Bài báo trình bày đặc điểm bùn quặng bô-xít của hai nhà máy ở Đắk Nông và Lâm Đồng. Bùn có hơn 62% cấp hạt -0,02 mm với các khoáng vật chính là gipxit, gotit, cao lanh,... Trên cơ sở đó, các khảo sát đã lựa chọn loại chất trợ lắng tối ưu (chất kết bông NALCO 85035 và HA - LB080) với tiêu hao (40 g/tấn) và độ pH của bùn (6,5÷7). Sản phẩm thu được là cặn lắng có nồng độ pha rắn trên 35% và mật độ pha rắn trong nước tràn dưới 100 mg/l. Các nghiên cứu được tiến hành trên ống lắng thí nghiệm và kiến nghị thử nghiệm bể lắng hiệu suất cao Lamella cho các nghiên cứu tiếp theo.

© 2024 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

\*Tác giả liên hệ

E - mail: [phamthanhhai@gmail.com](mailto:phamthanhhai@gmail.com)

DOI: 10.46326/JMES.2024.65(1).07

## 1. Mở đầu

Khử nước bùn mịn là quá trình tách pha rắn ra khỏi pha lỏng, nhằm mục đích thu hồi lại pha rắn, tuần hoàn nước trong và bảo vệ môi trường. Hai giai đoạn của quá trình khử nước bùn mịn là lắng đọng bùn và lọc. Trong các nhà máy tuyển, tiêu hao cho quá trình này rất tốn kém nhưng hiệu suất khử nước thường thấp. Vấn đề đầu tư cho các thiết bị khử nước bùn mịn cao vì chúng có diện tích lớn nhưng năng suất nhỏ, chi phí vận hành cũng tốn kém vì phải trải qua nhiều giai đoạn và sử dụng chất trợ lắng (Nguyễn và Phạm, 2012; Parsons và Jefferson, 2006; Wang và nnk., 2014).

Quá trình lắng đọng bùn là quá trình nâng cao tỷ lệ phần rắn sử dụng trường trọng lực hoặc trường lực ly tâm. Quá trình này nhằm thực hiện hai mục đích: thu được sản phẩm bùn đặc hơn có hàm lượng rắn ở mức cần thiết, hoặc nhận được sản phẩm nước tràn có hàm lượng rắn ở mức độ tối thiểu (Parsons và Jefferson, 2006).

Hiện nay, các công ty nhôm của Tập đoàn công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) đã vận hành sản xuất ổn định với các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật đạt yêu cầu (DNA, 2020). Sản phẩm alumin của các nhà máy có chất lượng tốt, đáp ứng những đòi hỏi khắt khe của thị trường, mang lại lợi nhuận tốt cho công ty. Tuy nhiên, năng suất thực tế của các nhà máy không đạt như thiết kế ban đầu. Nguyên nhân trực tiếp là do bể cô đặc bị quá tải dẫn đến không thể đảm bảo năng suất cấp liệu, phải giảm thời gian chạy máy thực tế để khắc phục sự cố. Vấn đề quá tải này có nguyên nhân khách quan là do tỷ lệ cấp hạt mịn trong thực tế đang cao hơn so với thiết kế. Việc tăng kích thước của bể cô đặc để giải quyết vấn đề này kéo theo rất nhiều thay đổi lớn liên quan đến chi phí đầu tư, chi phí sản xuất và diện tích mặt bằng (Vinacomin, 2020; DNA, 2020). Trong bối cảnh đó, việc tìm kiếm một số loại thiết bị lắng với hiệu suất và năng suất cao hơn, tiết kiệm chi phí sản xuất và diện tích nhà xưởng là giải pháp hợp lý hơn cả. Cơ sở của đổi mới công nghệ cũng như ứng dụng các thiết bị hiện đại ở quy mô công nghiệp phải được xuất phát từ sự hiểu biết sâu về hành vi sa lắng của các hạt khoáng vật loại này. Xuất phát từ những yêu cầu đó, việc nghiên cứu khả năng lắng đọng của vật liệu hạt mịn sau tuyển rửa, kiến nghị các giải pháp cải thiện hiệu suất của quá trình là hợp lý và cần thiết. Kết quả nghiên cứu sẽ mở ra khả năng

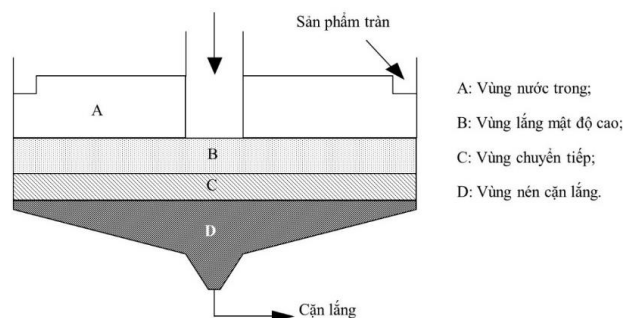
ứng dụng các công nghệ mới trong quy mô lớn hơn.

## 2. Lý thuyết và thực tế áp dụng quá trình lắng đọng bùn ở Việt Nam

### 2.1. Lý thuyết về quá trình lắng đọng bùn

Các hạt khoáng có thể được lắng đọng theo bốn phương thức khác nhau. Mỗi bể lắng được thiết kế phù hợp cho từng phương thức và các trạng thái lắng đọng để áp dụng được cho từng trường hợp xảy ra. Điều này phụ thuộc chủ yếu vào độ loãng của bùn cấp liệu và sự dính kết tương đối giữa các hạt khoáng với nhau. Bốn trạng thái của quá trình lắng đọng là: rơi tự do, lắng kết bông, lắng của một khối hạt và quá trình nén cận lắng (Hardheim\_Leiblein-GmbH, 2009a; Parsons và Jefferson, 2006; Li và nnk., 2012).

Trong quá trình lắng đọng bùn tồn tại 4 vùng khác nhau như mô tả ở Hình 1. Vùng đầu tiên là vùng nước trong (A), nơi mà các quá trình lắng của các hạt rơi tự do hay khối hạt kết bông đều tạo ra trước tiên. Vùng thứ hai là vùng cận lắng mật độ cao (B) với đặc điểm nổi bật là tất cả các hạt có kích thước khác nhau đều bị lắng vào vùng có mật độ rắn như nhau (tương ứng là tốc độ lắng như nhau). Tốc độ lắng của vùng này là hàm số phụ thuộc mật độ pha rắn của các miền liền kề có cùng tỷ số lỏng/rắn. Vùng thứ ba là vùng chuyển tiếp (C) với các đặc điểm giao thoa của vùng thứ hai và vùng cuối cùng. Vùng thứ tư là vùng nén cận lắng (D), nơi các sản phẩm sẽ được tháo ra ngoài và được đưa vào các quá trình tiếp theo. Trong thực tế, kích thước của các thiết bị lắng đọng được xác định thông qua vùng nước trong và vùng lắng cận mật độ cao (Parsons và Jefferson, 2006; Wills và Finch, 2016; Li và nnk., 2012).



Hình 1. Các vùng khác nhau trong quá trình lắng đọng bùn quặng (Wills và Finch, 2016).

Các yếu tố chính ảnh hưởng đến quá trình lắng đọng bùn bao gồm: kích thước và hình dạng của hạt; thành phần độ hạt; hàm lượng pha rắn; khối lượng riêng của hạt; độ nhớt của bùn; độ pH và nhiệt độ của bùn; ảnh hưởng của một số hóa chất trong bùn đầu; yêu cầu chất lượng của các sản phẩm. Với các hạt mịn hơn có tốc độ lắng chậm hơn, chúng yêu cầu diện tích lắng cao hơn đồng thời mật độ pha rắn của sản phẩm cần thấp hơn so với các hạt thô. Các hạt có dạng hình cầu có tốc độ lắng cao hơn so với các hạt có hình dạng khác vì các hạt hình cầu có diện tích bề mặt thấp nhất. Về mật độ bùn quặng, yếu tố này ảnh hưởng đến động học của các hạt trong quá trình lắng đọng. Khi mật độ bùn đầu tăng thì tính nổi và tốc độ lắng đọng của các hạt trong bùn quặng giảm. Độ nhớt của bùn là thông số quan trọng tiếp theo, đặc biệt hơn khi lắng đọng các hạt rất mịn ( $<20 \mu\text{m}$ ). Các hợp chất hóa học được đưa vào quá trình lắng đọng sẽ góp phần tăng hiệu quả cô đặc thông qua sự hình thành các khối hạt có kích thước lớn hơn (kết tụ và kết bông) (Peng và nnk., 2020; Li và nnk., 2012). Thông số khối lượng riêng của pha rắn và của bùn ảnh hưởng đến tốc độ lắng của hạt và trở lực tác dụng lên hạt. Quan trọng hơn là khối lượng riêng của hạt ảnh hưởng đến hàm lượng pha rắn của sản phẩm cần lắng trong quá trình lắng đọng (Nguyễn và Phạm, 2012; Heredia, 2018).

## 2.2. Thiết bị lắng đọng bùn

### 2.2.1. Thiết bị lắng đọng truyền thống

Bể làm đặc bùn (bể cô đặc): đây là loại thiết bị được sử dụng chủ yếu trong các nhà máy tuyển khoáng trong và ngoài nước (Tarleton và Wakeman, 2007; Wills và Finch, 2016; Nguyễn và Phạm, 2012). Hầu hết các nhà máy tuyển khoáng tại Việt Nam đều sử dụng bể cô đặc dạng truyền thống để lắng đọng bùn mịn. Các nhà máy tuyển than Cửa Ông, Vàng Danh sử dụng bể cô đặc truyền động chu vi để lắng đọng bùn than cấp hạt -1 mm. Các nhà máy tuyển quặng đồng (Sin Quyền, Tả Phời) sử dụng bể cô đặc truyền động trung tâm để lắng đọng quặng tinh đồng trước khi lọc. Các nhà máy tuyển quặng apatit Tầng Loỏng và Bắc Nhạc Sơn sử dụng bể cô đặc truyền động chu vi để khử slam và cô đặc quặng tinh trước khi lọc. Tại nhà máy tuyển quặng bô-xit Lâm Đồng và Đắk Nông, quặng đuôi sau tuyển rửa đều được lắng đọng nối tiếp trong hai giai đoạn để thu hồi

nước tuần hoàn, trong đó giai đoạn 1 lắng đọng bằng bể cô đặc; giai đoạn 2 lắng đọng tại hồ thải quặng đuôi (Vinacomin, 2020; DNA, 2020; Nguyễn và Phạm, 2012). Nồng độ bùn vào cô đặc không thay đổi được do đặc thù sản xuất của các nhà máy. Tuy nhiên, tính chất của bùn, loại hóa chất kết bông phù hợp vẫn chưa được đánh giá. Việc vận hành sản xuất chủ yếu là dựa trên kinh nghiệm và khuyến cáo của các nhà sản xuất.

Bể lắng ngoài trời và hồ lắng bùn: các sản phẩm bùn thải mịn thường được lắng đọng trong các bể lắng ngoài trời hoặc các hồ lắng bùn. Tại Việt Nam, các hồ lắng bùn được sử dụng chủ yếu ở các nhà máy tuyển nổi quặng để lắng đọng quặng đuôi như: các nhà máy tuyển quặng apatit, đồng, chì - kẽm, bô-xit,... Còn các nhà máy tuyển than sử dụng bể lắng ngoài trời để lắng đọng lại bùn sau cô đặc (Nguyễn và Phạm, 2012; HPG, 2020; Tarleton và Wakeman, 2007). Hiệu quả lắng của loại thiết bị này không cao, khó điều chỉnh các thông số công nghệ, tốn nhiều diện tích lắng và thời gian lắng đọng kéo dài.

### 2.2.2. Thiết bị lắng đọng năng suất cao

Bể lắng côn sâu: loại bể lắng này có giá thành vận hành và lắp đặt rẻ, chiếm ít diện tích nhà xưởng nhưng thiết bị này yêu cầu phải sử dụng một lượng lớn thuốc kết bông để tăng hiệu quả lắng đọng. Do vậy, tổng giá thành cuối cùng lại đắt, hơn nữa do cặn lắng có độ nhớt cao nên chi phí năng lượng cho quá trình khuấy cao hơn (Parsons và Jefferson, 2006; Tarleton và Wakeman, 2007; Wills và Finch, 2016). Tiêu hao thuốc kết bông đóng vai trò quan trọng trong lắng đọng. Tuy nhiên, tiêu hao kết bông và điều kiện tối ưu của các hóa chất phải được khảo sát chi tiết cho từng loại vật liệu.

Bể cô đặc nhiều tầng: loại bể này có ưu điểm là sử dụng tối đa diện tích nhà xưởng tuy nhiên lại khó sửa chữa khung cào ở tầng dưới, vận hành phức tạp, tiêu hao vận hành cao (Parsons và Jefferson, 2006; Tarleton và Wakeman, 2007; Wills và Finch, 2016).

Bể lắng lamella: đây là bể lắng dạng tấm nghiêng (lắng trong lớp mỏng). Ưu điểm của thiết bị này so với các thiết bị lắng khác là năng suất riêng cao, không có các cơ cấu truyền động, tiêu hao vận hành thấp, tốn ít diện tích nhà xưởng. Tuy nhiên, khi cấp liệu với tốc độ cao sẽ làm cho dòng chảy giữa các tấm nghiêng bị hỗn loạn (chảy rối)

làm cho các hạt rắn bị cuốn vào sản phẩm tràn (Nguyễn và Phạm, 2012; Hardheim\_Leiblein\_GmbH, 2009b; Zhou, 2012; Zhou và nnk., 2013; Wills và Finch, 2016).

### 2.2.3. Các loại bể lắng khác

Bể lắng hình chữ nhật: bể này được dùng để thu hồi các hạt có kích thước rất mịn  $1 \div 50 \mu\text{m}$ . Thiết bị này có vốn đầu tư thấp, nhưng giá thành vận hành cao, hàm lượng pha rắn của cặn lắng thấp, chất lượng nước tràn kém. Thiết bị này trước kia được dùng trong các xưởng tuyển than để khử slam. Nhưng hiện nay, hầu như không còn được sử dụng trong các xưởng tuyển khoáng trên thế giới (Wills và Finch, 2016; Tarleton và Wakeman, 2007).

Bể lắng E - Cat (bể lắng với cơ cấu nén cặn): bể có dạng hình trụ côn, giữa bể có lắp cơ cấu làm tơi xối bùn lắng (Wills và Finch, 2016; Tarleton và Wakeman, 2007).

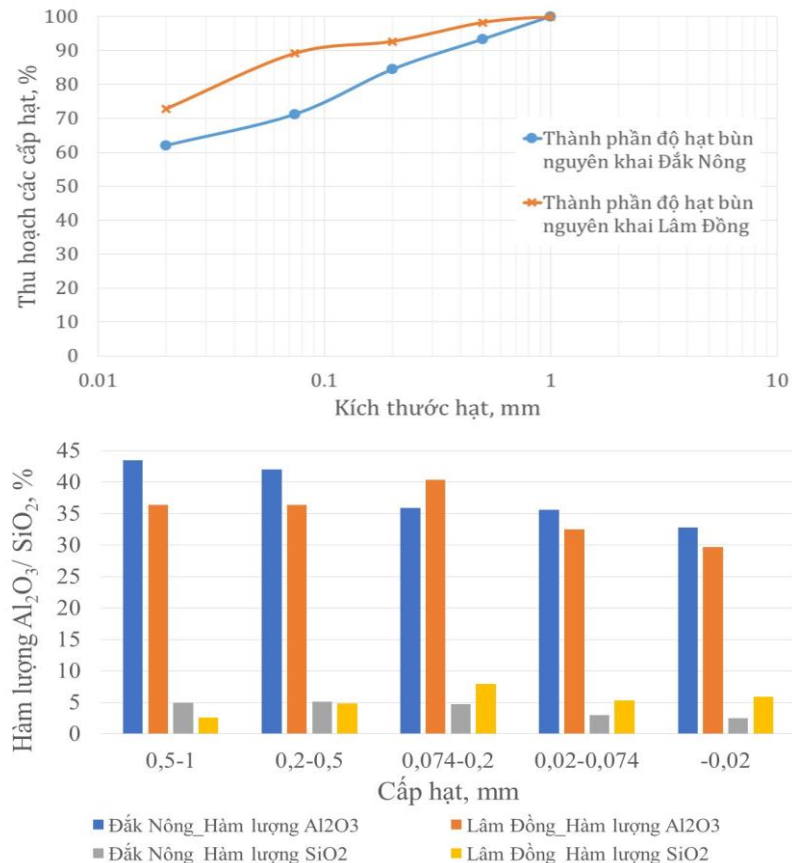
Nhìn chung, các bể lắng động bùn thường có kích thước lớn nhưng năng suất nhỏ và hiệu suất

lắng động thấp. Do đó, để tăng năng suất lắng động bùn, hiện nay các nhà máy đang có xu hướng thay thế các bể cô đặc truyền thống bằng các bể lắng có năng suất và hiệu suất lắng động cao, như: bể cô đặc nhiều tầng, bể lắng hình côn và bể lắng Lamella. Bên cạnh đó, việc nghiên cứu tính chất bùn, lựa chọn loại chất kết bông, tiêu hao kết bông, giá trị pH của bùn quyết định đến hiệu quả lắng động thực tế, là cơ sở thiết kế, chế tạo, tối ưu hóa thiết bị phù hợp cho từng loại bùn cô đặc.

## 3. Nghiên cứu tính chất mẫu bùn quặng

### 3.1. Phân tích thành phần độ hạt và phân tích hóa

Mẫu được sử dụng để nghiên cứu đó là mẫu bùn nguyên khai (cỡ hạt  $-1 \text{ mm}$ , được lấy từ quặng nguyên khai, sau đó sử dụng hệ thống sàng rửa đánh tơi và sàng  $-1 \text{ mm}$ ). Kết quả phân tích thành phần độ hạt mẫu quặng nguyên khai, bùn  $-1 \text{ mm}$  nguyên khai của các xưởng tuyển rửa Đắk Nông và Lâm Đồng cho ở Hình 2.



Hình 2. Thành phần độ hạt và hàm lượng  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  trong các mẫu Đắk Nông và Lâm Đồng.



Thu hoạch cấp hạt siêu mịn (<0,02 mm) trong quặng nguyên khai cấp cho hai công ty đều rất cao lần lượt là 72,82% với Lâm Đồng và 62,04% với Đắk Nông. Điều này chứng tỏ quặng nguyên khai chứa nhiều mùn sét.

Hàm lượng SiO<sub>2</sub> có trong bùn nguyên khai ở mức chấp nhận được với Đắk Nông (3,21%), và tương đối cao ở Lâm Đồng (5,72%). Hàm lượng này phân bố đều ở các cấp hạt khảo sát.

Cấp hạt +0,5 mm trong bùn nguyên khai có hàm lượng Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> cao, tuy nhiên, trong quá trình phân tích rây nhận thấy cấp hạt lẫn khá nhiều rễ cây.

Như vậy, có thể nhận thấy bùn bô-xít của Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng đều chứa rất nhiều cấp hạt siêu mịn (<0,02 mm). Đây là cấp hạt rất khó lắng đọng trọng lực, để thu được cặn lắng có nồng độ pha rắn cao cần diện tích lắng lớn và tốn nhiều chất trợ lắng.

### 3.2. Phân tích khối lượng riêng

Khối lượng riêng cũng là thông số quan trọng đối với quá trình lắng đọng, nó quyết định trị số của lực trọng trường tác dụng lên hạt khoáng. Trong quá trình lắng đọng các hạt khoáng vật có phân tách khỏi pha lỏng hay không trước tiên phụ thuộc vào khối lượng riêng của chúng. Trong tuyển khoáng thường sử dụng ba phương pháp để xác định khối lượng riêng của quặng là: phương pháp bình tỷ trọng, phương pháp chất lỏng nặng

và phương pháp chất lỏng cân. Phương pháp bình tỷ trọng được sử dụng để xác định khối lượng riêng của bùn mịn (< 3 mm), do vậy trong nghiên cứu đã sử dụng phương pháp này để xác định khối lượng riêng của bùn nguyên khai cấp -1 mm của Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng. Khối lượng riêng của bùn được xác định theo công thức (1).

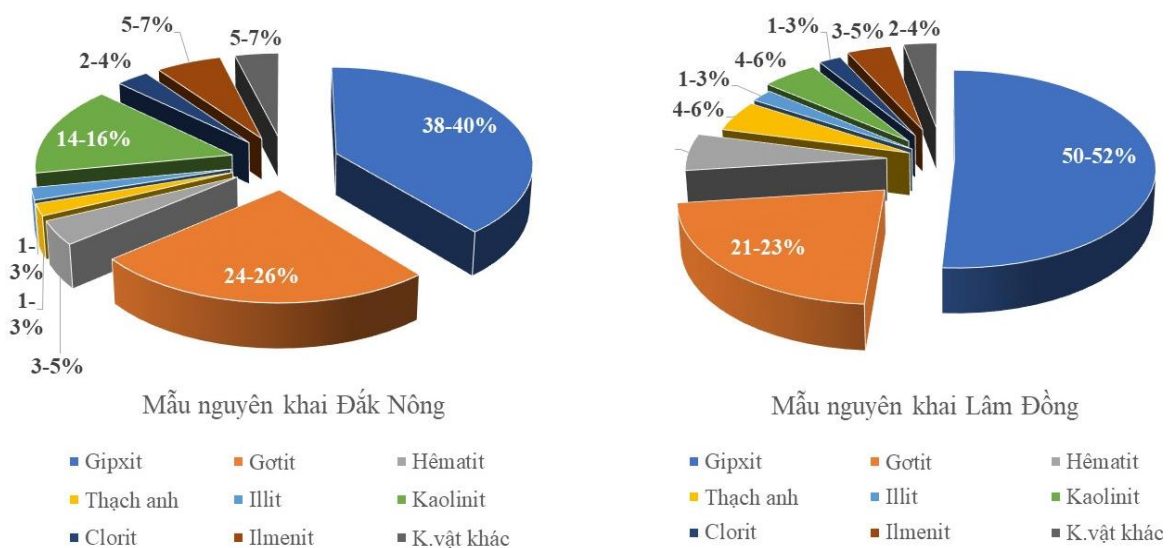
$$\delta = \frac{A_2 - A_1}{(A_4 - A_3) + (A_2 - A_1)} \quad (1)$$

Trong đó: A<sub>1</sub> - khối lượng của bình, A<sub>2</sub> - khối lượng của bình và mẫu; A<sub>3</sub> - khối lượng bình, mẫu và nước; A<sub>4</sub> - khối lượng bình + nước (đầy bình).

Chuẩn bị 3 bình thủy tinh có thể tích 100 ml và bùn nguyên khai cấp -1 mm khô. Kết quả thí nghiệm xác định khối lượng riêng trung bình của bùn quặng nguyên khai Đắk Nông và Lâm Đồng lần lượt là 2,39 và 2,72. Bùn nguyên khai của Đắk Nông có khối lượng riêng thấp hơn so với Lâm Đồng (330 kg/m<sup>3</sup>), đây cũng chính là một trong những nguyên nhân làm cho tốc độ lắng đọng bùn quặng tại Đắk Nông thấp hơn Lâm Đồng và làm tăng tiêu hao chất kết bông.

### 3.3. Phân tích thành phần khoáng vật quặng nguyên khai

Mẫu nghiên cứu bùn nguyên khai của Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng được đưa đi phân tích XRD. Kết quả phân tích cho ở Hình 3.



Hình 3. Thành phần khoáng vật của mẫu quặng nguyên khai của Đắk Nông và Lâm Đồng.

Có thể nhận thấy rằng trong các mẫu nghiên cứu chứa chủ yếu khoáng vật gipxit. Hàm lượng khoáng vật gipxit trong các mẫu của Đăk Nông thấp hơn của Lâm Đồng vào khoảng 10% (40% so với 50%).

Tạp chất  $\text{SiO}_2$  trong các mẫu bùn chủ yếu trong khoáng vật thạch anh và kaolinit. Tuy nhiên, hàm lượng hai khoáng vật này trong bùn Lâm Đồng rất ít. Còn mẫu bùn của Đăk Nông có hàm lượng khoáng vật kaolinit cao gấp đôi so với Lâm Đồng. Mẫu bùn của Đăk Nông có nhiều mùn sét hơn Lâm Đồng và khó lắng đọng hơn, đồng thời  $\text{SiO}_2$  tồn tại trong kaolinit ảnh hưởng lớn đến hiệu suất của khâu sản xuất alumin.

Tạp chất sắt trong các mẫu bùn tập trung chủ yếu trong khoáng vật goetit với hàm lượng vào khoảng 20% và ít hơn là khoáng vật hematit với hàm lượng dưới 7%. Theo kết quả phân tích thì tổng hàm lượng  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  trong các mẫu bùn của Lâm Đồng cao hơn từ 4÷6 % so với Đăk Nông.

### 3.4. Trình tự thí nghiệm

Để có cơ sở phân tích, lựa chọn thiết bị và chế độ công nghệ lắng đọng hợp lý cho bùn xường tuyến rửa của hai Công ty Nhôm Đăk Nông và Lâm Đồng, bài báo này tập trung vào nghiên cứu xác lập các chế độ công nghệ lắng đọng bùn tối ưu bằng ống lắng với các thông số loại chất trợ lắng phù hợp, tiêu hao chất trợ lắng tối ưu và giá trị pH bùn đầu (Peng và nnk, 2020).

Ống lắng hình trụ có thể tích 0,5 lít và có thang chia từ 0÷250 mm được sử dụng cho các thí nghiệm. Lượng phần rắn cần thiết được tính toán cho 0,5 lít bùn để đảm bảo nồng độ pha rắn của bùn 6% (tương đồng với thực tiễn sản xuất ở các công ty nhôm hiện nay), đổ bùn và nước vào ống lắng đến vị trí 0. Cấp chất trợ lắng theo giá trị đã tính toán. Bịt chặt ống lắng và lật đi lật lại vài lần để bùn phân tán đều trong ống lắng. Khi bùn đã phân tán đều trong ống lắng, đặt ống lắng ngay ngắn, bắt đầu quan sát và tính thời gian lắng. Vị trí I chỉ ống lắng chứa bùn quặng ở thời điểm đầu tiên. Sau một thời gian trong ống lắng xuất hiện các miền khác nhau: miền nước trong A, miền có hàm lượng rắn ban đầu B; miền chuyển tiếp C; miền cặn lắng D. Ở đáy ống đọng tạo nên một lớp những hạt thô lắng đọng nhanh (vị trí II và III). Các vị trí tiếp theo III, IV diễn ra quá trình mở rộng các miền A và D. Quá trình lắng tiếp tục thì các miền B và C biến mất, khi miền A và D tiếp xúc với nhau

quá trình nén diễn ra chậm lại. Ở vị trí V chỉ trạng thái bùn quặng tiếp tục nén cặn lắng. Quan sát sự hình thành lớp nước trong (miền A) và ghi lại mối quan hệ giữa thời gian lắng và chiều cao lớp nước trong. Thí nghiệm kết thúc khi chỉ còn miền A và miền D chiều cao lớp cặn lắng (miền D) hầu như không thay đổi. Thí nghiệm hai lần ở cùng một chế độ, nếu kết quả hai lần có sự sai khác nhiều thì tiếp tục tiến hành thí nghiệm lần thứ ba. Kết quả thí nghiệm cuối cùng là trung bình của hai lần thí nghiệm (Hình 4) (Liu và nnk., 2015; Jiang và nnk., 2010).

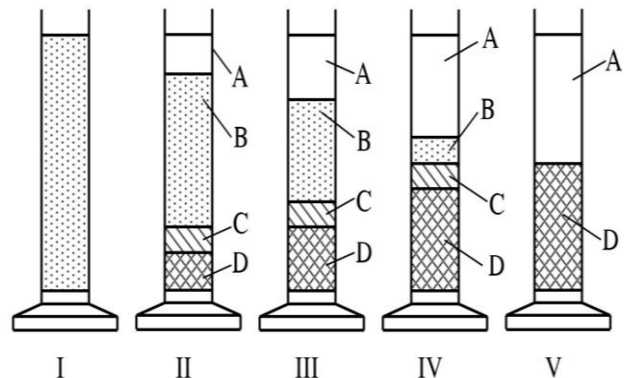
Kết quả thí nghiệm lắng đọng bùn được biểu diễn dưới dạng đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa tốc độ lắng với thời gian lắng. Chất lượng các sản phẩm được biểu thị bằng nồng độ pha rắn của cặn lắng ( $\rho$ , %), mật độ pha rắn trong lớp nước trong ( $C$ , g/l).

## 4. Kết quả và thảo luận

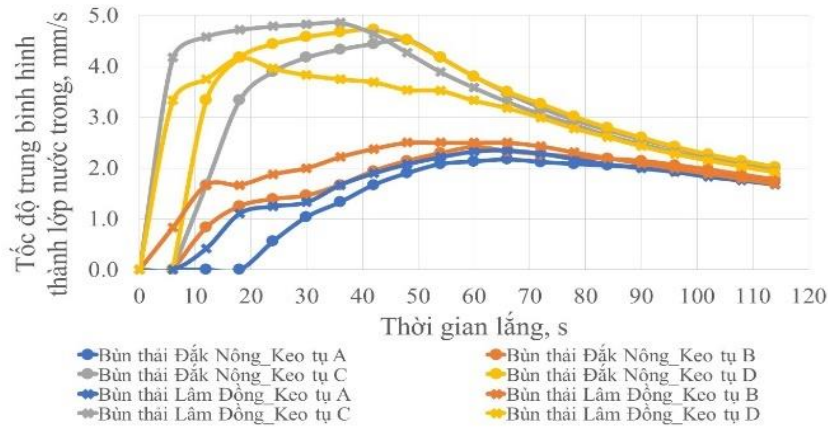
### 4.1. Nghiên cứu xác định loại chất kết bông

Hiện nay có rất nhiều loại kết bông, mỗi loại kết bông phù hợp trợ lắng cho những khoáng vật nhất định. Các loại kết bông dùng trong nghiên cứu bao gồm: Polyacrylmid (A); Polyacrylat (B); NALCO 85035 (C - được Bateco cung cấp và đang sử dụng tại các nhà máy); HA-LB080 (D - được cung cấp bởi Hansol - Trung Quốc).

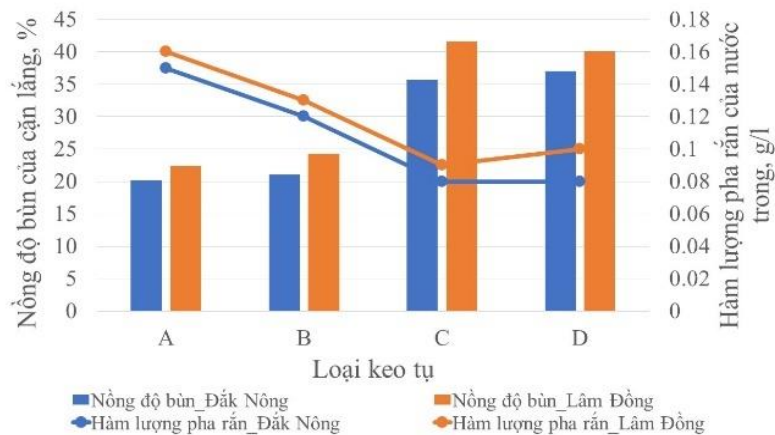
Điều kiện thí nghiệm: tiêu hao kết bông 40 g/t; pH bùn quặng 6,5÷7,0; các chất trợ lắng sử dụng là: A, B, C và D. Kết quả thí nghiệm cho ở các Hình 5, 6.



Hình 4. Quá trình lắng đọng bùn trong ống.



Hình 5. Tốc độ trung bình hình thành lớp nước trong theo thời gian lắng.



Hình 6. Chất lượng nước trong và cặn lắng với các loại kết bông khác nhau.

Nhận thấy khi sử dụng kết bông A và B để lắng đọng bùn quặng đuôi thu được tốc độ lắng đọng; nồng độ pha rắn trong cặn lắng và chất lượng lớp nước trong thấp hơn nhiều so với kết bông C và D.

Kết bông C cho hiệu quả lắng đọng bùn quặng đuôi của Lâm Đồng tốt hơn so với kết bông D. Cụ thể: khi sử dụng kết bông C thì chỉ cần 60 giây chiều cao lớp nước trong đã đạt 215 mm và bắt đầu vào thời gian nén bùn, còn kết bông D cần đến 72 giây mới đạt chiều cao lớp nước trong 215 mm. Đồng thời, nồng độ pha rắn trong cặn lắng khi sử dụng C cao hơn (41,64% so với 40,05%), chất lượng lớp nước trong tốt hơn (0,09 g/l so với 0,1 g/l) và tốc độ lắng đọng bùn cặn ở thời điểm kết thúc thí nghiệm cũng cao hơn (10,25 m/h so với 9,39 m/h).

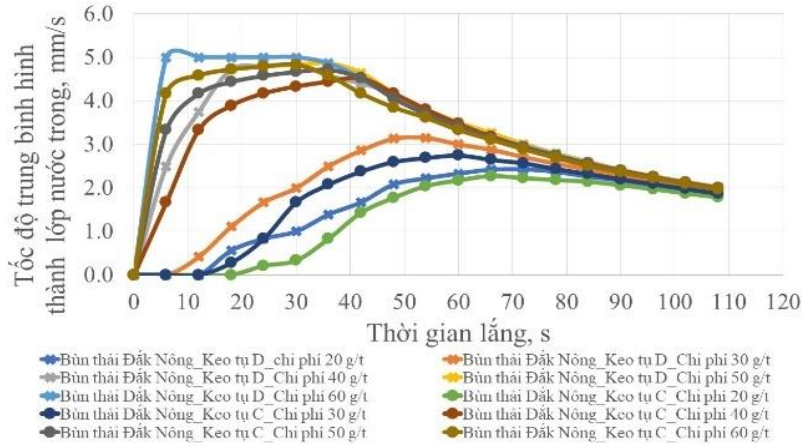
Kết bông D để lắng đọng bùn quặng đuôi của Đắc Nông lại tốt hơn so với kết bông C. Cụ thể: khi sử dụng kết bông D để lắng đọng bùn thải Đắc

Nông thì chỉ cần mất 60 giây chiều cao lớp nước trong đã đạt 210 mm, còn kết bông C cần 66 giây để đạt chiều cao lớp nước trong như trên. Đồng thời, nồng độ pha rắn trong cặn lắng cao hơn (37,07% so với 35,75%) và tốc độ lắng đọng bùn cặn ở thời điểm kết thúc thí nghiệm cũng cao hơn (10,06 m/h so với 8,64 m/h).

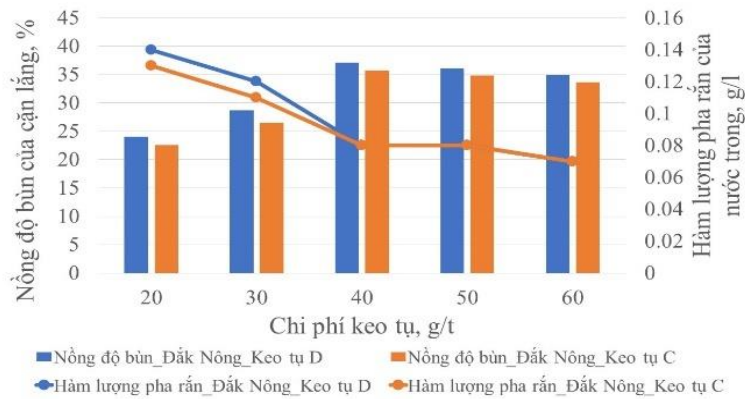
Ở cùng một chế độ thí nghiệm thì tốc độ lắng đọng và nồng độ pha rắn trong cặn lắng khi lắng đọng bùn quặng đuôi của Đắc Nông thấp hơn so với Lâm Đồng. Ngược lại, chất lượng nước trong lại cao hơn.

Từ kết quả thí nghiệm chọn kết bông D để lắng đọng bùn thải của Công ty Nhôm Đắc Nông và kết bông C để lắng đọng bùn thải của Công ty Nhôm Lâm Đồng. Tuy nhiên, để đánh giá chính xác hơn hiệu quả của kết bông C và D khi lắng đọng bùn thải, chọn cả hai loại kết bông trên cho các thí nghiệm tiếp theo.





Hình 7. Tốc độ trung bình hình thành lớp nước trong theo thời gian lắng bùn Đăk Nông với các tiêu hao kết bông khác nhau.



Hình 8. Chất lượng nước trong và cặn lắng khi lắng động bùn Đăk Nông với các tiêu hao kết bông khác nhau.

**4.2. Nghiên cứu xác định tiêu hao chất kết bông tối ưu**

Tiêu hao kết bông ảnh hưởng đến chất lượng lớp nước trong, nồng độ cặn lắng và mật độ pha rắn trong nước trong. Khi tiêu hao kết bông ở mức thấp, chất lượng lớp nước trong giảm, tốc độ lắng động và nồng độ cặn lắng thấp. Ngược lại, tiêu hao kết bông quá cao thì nồng độ cặn lắng cũng giảm, đồng thời lớp nước trong chứa kết bông còn dư làm giảm chất lượng nước tuần hoàn và ảnh hưởng đến hiệu quả của các khâu sử dụng nước tuần hoàn.

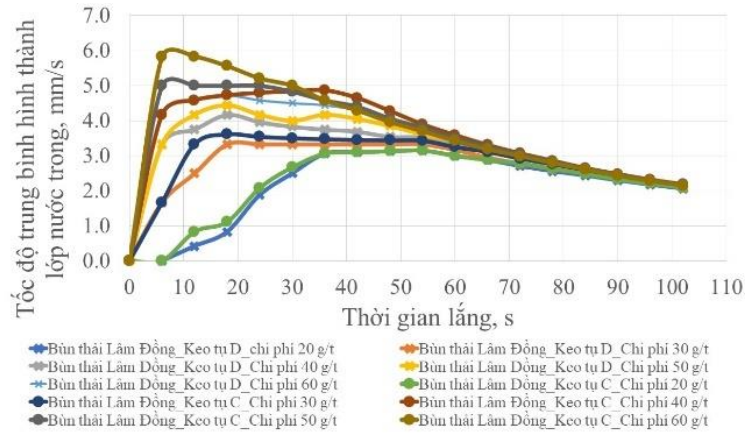
Điều kiện thí nghiệm: các chất trợ lắng sử dụng là C và D; pH bùn quặng 6,5÷7,0; tiêu hao kết bông thay đổi lần lượt là: 20; 30; 40; 50 và 60 g/t. Kết quả thí nghiệm cho ở các Hình 7÷10.

Nhận thấy tốc độ hình thành lớp nước trong tăng tỷ lệ thuận với tiêu hao kết bông. Ngoại trừ, ở tiêu hao kết bông 60 g/t tốc độ hình thành lớp nước trong lớn nhất chỉ ở 60 giây đầu tiên, ở thời gian lắng tiếp theo tốc độ hình thành lớp nước trong thấp lại hơn so với tiêu hao 50 g/t.

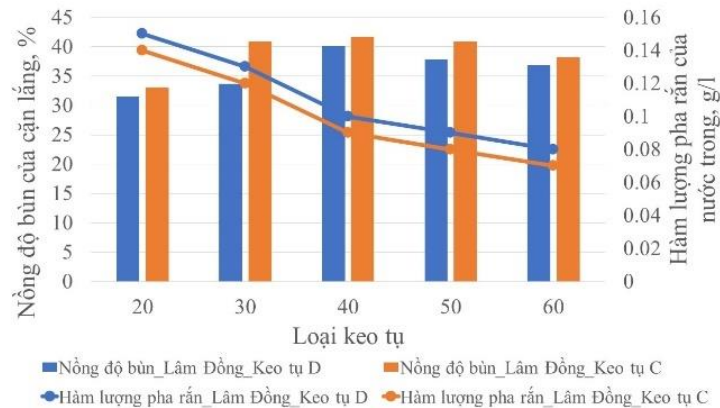
Tăng tiêu hao kết bông thì mật độ pha rắn trong lớp nước trong giảm dần.

Nồng độ pha rắn trong cặn lắng tăng dần khi tăng tiêu hao kết bông từ 20 g/t đến 40 g/t. Nếu tiếp tục tăng tiêu hao kết bông lên trên 40 g/t thì nồng độ pha rắn của cặn lắng lại giảm. Chứng tỏ khi sử dụng nhiều kết bông, các bông cặn nén không chặt nên làm giảm nồng độ pha rắn trong cặn lắng.

Ở tiêu hao kết bông 30 g/t, bùn thải của Công ty Nhôm Lâm Đồng đều cho các chỉ tiêu lắng động cao hơn so với bùn thải Đăk Nông và gần như đã đạt giá trị tối ưu.



Hình 9. Tốc độ trung bình hình thành lớp nước trong theo thời gian lắng bùn Lâm Đồng với các tiêu hao kết bông khác nhau.



Hình 10. Chất lượng nước trong và cặn lắng khi lắng động bùn Lâm Đồng với các tiêu hao kết bông khác nhau.

Các thí nghiệm đều chứng tỏ bùn thải của Đắc Nông và Lâm Đồng cho kết quả lắng tốt nhất ở tiêu hao kết bông từ 40÷50 g/t. Tiêu hao kết bông tối ưu để lắng động bùn thải của Lâm Đồng và Đắc Nông là 40 g/t. Cụ thể: khi lắng động bùn thải Đắc Nông với kết bông D ở tiêu hao 40 g/t thu được nồng độ cặn lắng; hàm lượng pha rắn và tốc độ lắng ở thời điểm kết thúc thí nghiệm lần lượt là: 37,07%; 0,08 g/l và 10,06 m/h; khi lắng động bùn thải Đắc Nông với kết bông C ở tiêu hao 40 g/t thu được nồng độ cặn lắng; hàm lượng pha rắn và tốc độ lắng ở thời điểm kết thúc thí nghiệm lần lượt là: 41,64%; 0,09 g/l và 10,25 m/h; khi lắng động bùn thải Lâm Đồng với kết bông D ở tiêu hao

40 g/t thu được nồng độ cặn lắng; hàm lượng pha rắn và tốc độ lắng ở thời điểm kết thúc thí nghiệm lần lượt là: 40,05%; 0,1 g/l và 9,39 m/h. Kết bông C có hiệu quả lắng động bùn thải Lâm Đồng cao hơn so với kết bông D. Ngược lại, bùn thải Đắc Nông lại có hiệu quả lắng cao với kết bông D. Ở cùng chế độ công nghệ lắng động: tốc độ lắng động và nồng độ pha rắn trong cặn lắng của bùn thải Đắc Nông thấp hơn so với Lâm Đồng, nhưng hàm lượng pha rắn trong nước trong lại thấp hơn. Tiêu hao kết bông khi lắng động bùn thải Lâm Đồng thấp hơn so với Đắc Nông. Chứng tỏ bùn thải của công ty Nhóm Đắc Nông và Lâm Đồng có tính chất lắng động khác nhau.

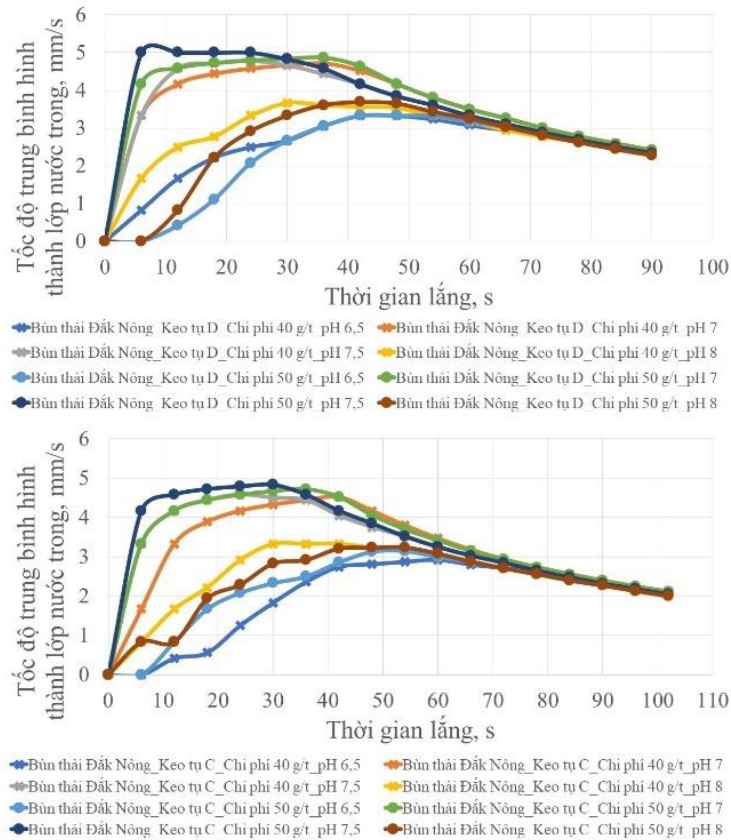
Từ kết quả thí nghiệm chọn tiêu hao kết bông khi lắng động bùn thải của Công ty Nhóm Đắc Nông là 40÷50 g/t, của Lâm Đồng 30÷40 g/t cho các thí nghiệm thay đổi độ pH của bùn đầu.

**4.3. Nghiên cứu xác định độ pH của môi trường tối ưu**

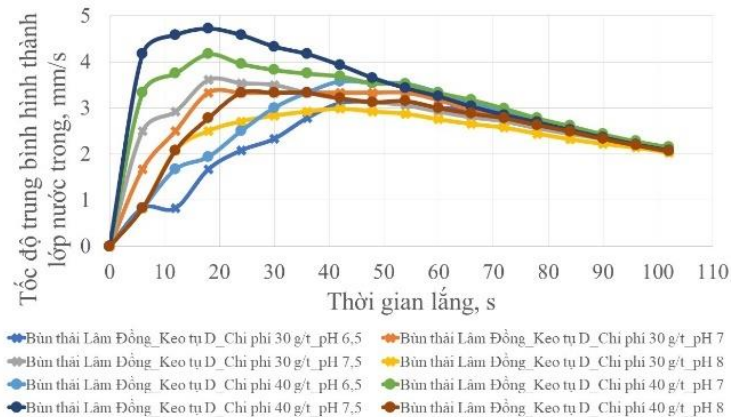
Nếu phân loại chất kết bông theo môi trường làm việc thì có 3 loại: chất kết bông làm việc trong môi trường axit; trong môi trường trung tính và bazơ. Mỗi một loại chất kết bông chỉ có hiệu quả trong môi trường có độ pH nhất định. Do đó, cần

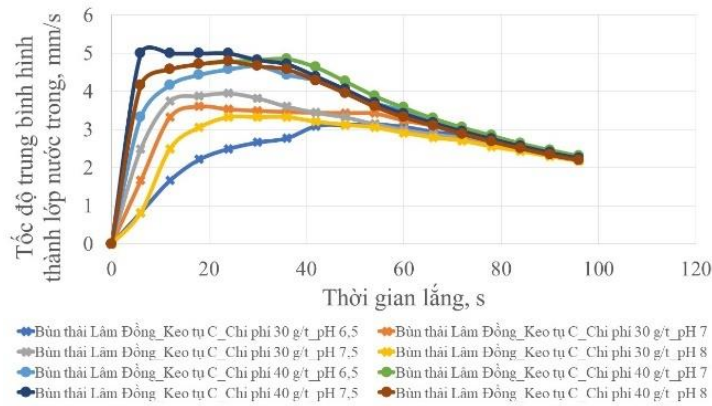
xác định độ pH tối ưu của bùn thải khi sử dụng chất trợ lắng. Bùn thải của hai nhà máy hiện đang có tính axit nhẹ (pH = 6÷6,5), để tăng pH của bùn quặng trong quá trình thí nghiệm sử dụng NaOH.

Điều kiện thí nghiệm bao gồm các hóa chất sử dụng là C và D; tiêu hao kết bông thay đổi lần lượt là 30 và 40g/t, pH bùn quặng thay đổi lần lượt từ 6÷6,5; 6,5÷7,0; 7,0÷7,5 và 7,5÷8. Kết quả thí nghiệm cho ở các Hình 11÷13.

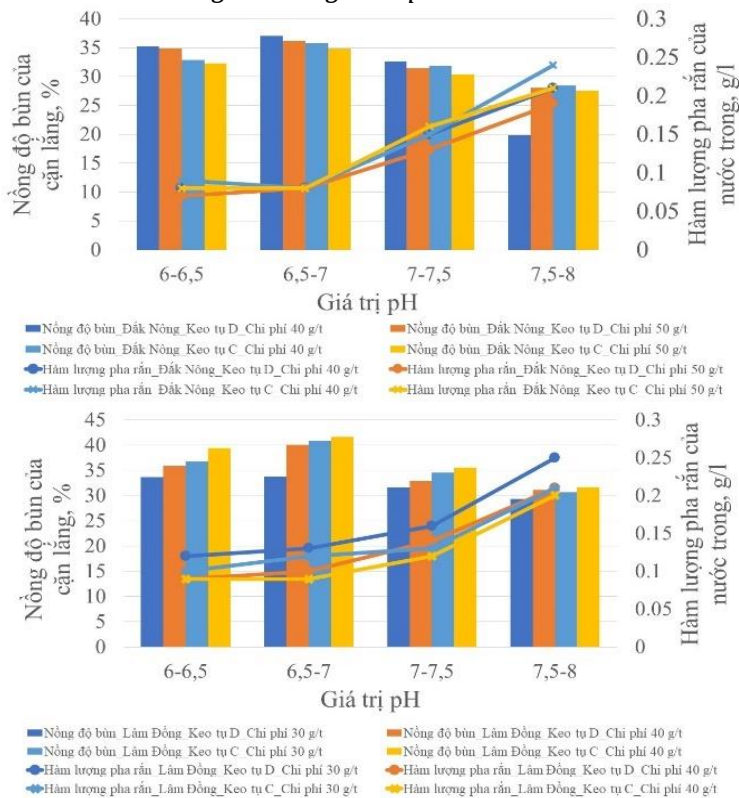


Hình 11. Tốc độ trung bình hình thành lớp nước trong theo thời gian lắng của bùn thải Đăk Nông với các giá trị pH khác nhau.





Hình 12. Tốc độ trung bình hình thành lớp nước trong theo thời gian lắng của bùn thải Lâm Đồng với các giá trị pH khác nhau.



Hình 13. Chất lượng nước trong và cặn lắng khi lắng động bùn Đăk Nông (trái) và Lâm Đồng (phải) với các giá trị pH khác nhau.

Khi thay đổi độ pH của bùn đầu, có thể thấy tốc độ lắng động của bùn chậm nhất ở pH = 6÷6,5. Ở các giá trị pH trên 7 thì nồng độ cặn lắng giảm dần và hàm lượng pha rắn trong lớp nước trong tăng dần. Chứng tỏ ở môi trường bazơ hiệu quả làm việc của các chất trợ lắng D và C kém hiệu quả, đồng thời trong môi trường bazơ bùn phân tán mạnh hơn nên khó lắng động và làm giảm chất lượng lớp nước trong.

Ở giá trị pH = 7,0÷7,5 bùn có tốc độ lắng nhanh hơn so với các giá trị pH khác ở trong khoảng 30÷36 giây đầu tiên. Sau đó tốc độ lắng giảm dần và thấp hơn so với pH = 6,5÷7,0.

Khi lắng động bùn thải Đăk Nông và Lâm Đồng với kết bông C và D thì bùn có các chỉ tiêu lắng động tốt nhất ở pH = 6,5÷7,0.



#### 4.4. Thảo luận

Bùn thải xường tuyển rửa của hai Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng có tính chất khác nhau nên cần sử dụng chất trợ lắng khác nhau và ở tiêu hao khác nhau. Đồng thời, các chỉ tiêu lắng đọng khi lắng đọng hai loại bùn này cũng khác nhau.

Khi lắng đọng bùn thải Lâm Đồng nên dùng kết bông C (NALCO 85035, đang được Bateco cung cấp và sử dụng tại nhà máy) với tiêu hao nằm trong khoảng 30÷40 g/t.

Khi lắng đọng bùn thải Đắk Nông nên dùng kết bông D (HA-LB080, cung cấp Hansol - Trung Quốc) với tiêu hao nằm trong khoảng 40÷50 g/t;

Kết quả lắng đọng bùn thải Đắk Nông với kết bông D ở tiêu hao 40 g/t và pH = 6,5÷7,0 thu được nồng độ cặn lắng; hàm lượng pha rắn và tốc độ lắng ở thời điểm kết thúc thí nghiệm lần lượt là: 37,07%; 0,08 g/l và 10,06 m/h.

Khi lắng đọng bùn thải Lâm Đồng với kết bông C ở tiêu hao 40 g/t và pH = 6,5÷7,0 thu được nồng độ cặn lắng; hàm lượng pha rắn và tốc độ lắng ở thời điểm kết thúc thí nghiệm lần lượt là: 41,64%; 0,09 g/l và 10,25 m/h.

#### 5. Kết luận và kiến nghị

Bùn nguyên khai cấp -1 mm của quặng bô-xit cấp cho Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng chứa trên 62,04% cấp hạt -0,02 mm. Khoáng vật trong bùn chủ yếu là gipxit, gotit, cao lanh,... và khối lượng riêng của bùn vào khoảng 2,4÷2,5 t/m<sup>3</sup>. Có thể khẳng định, đây là loại bùn khó lắng đọng do chứa nhiều cấp hạt siêu mịn và các khoáng vật sét. Nếu lắng đọng bằng các thiết bị thông thường sẽ tốn nhiều diện tích lắng đọng và hiệu suất lắng đọng thấp.

Khi lắng đọng bùn trong môi trường tĩnh bằng ống lắng đã xác định được các chế độ công nghệ tối ưu: loại kết bông C và D; tiêu hao kết bông 40 g/t và pH của bùn quặng nằm trong khoảng 6,5÷7,0. Khi đó thu được cặn lắng có nồng độ pha rắn trên 35% và mật độ pha rắn trong nước tràn dưới 100 mg/l.

Dựa trên các thông số công nghệ tối ưu cho quá trình lắng trong ống thí nghiệm và tốc độ sa lắng của các hạt khoáng, bùn quặng nên được nghiên cứu lắng đọng trên các thiết bị tiên tiến nhằm đánh giá khả năng ứng dụng trong thực tế.

Từ đó có các tính toán và phát triển ở quy mô bán công nghiệp và sản xuất công nghiệp.

Bể lắng Lamella với các ưu điểm vượt trội về hiệu quả lắng đọng, năng suất riêng cao, yêu cầu về diện tích nhà xưởng nhỏ đang được ứng dụng nhiều trong các xường tuyển khoáng. Nhóm tác giả kiến nghị thử nghiệm loại bể lắng này trong các nghiên cứu tiếp theo ở quy mô phòng thí nghiệm và bán công nghiệp.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu được tiến hành với sự hỗ trợ tài chính của đề tài mã số KC.01D04-22/21-25 thuộc chương trình đề tài KH&CN cấp Tập đoàn của Tập đoàn công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam. Nhóm tác giả đồng thời gửi lời cảm ơn sâu sắc đến Ban giám đốc, cán bộ công nhân thuộc công ty Nhôm Đắk Nông - TKV và công ty TNHH MTV Nhôm Lâm Đồng đã tạo điều kiện khảo sát thực địa và cung cấp mẫu nghiên cứu.

#### Đóng góp của tác giả

Phạm Thanh Hải - lên kế hoạch thí nghiệm, xử lý số liệu, tiến hành thí nghiệm và viết bản thảo; Phạm Văn Luận - lên ý tưởng nghiên cứu, thiết kế các thí nghiệm, phân tích các số liệu, viết và chỉnh sửa bản thảo; Lê Việt Hà, Phạm Thị Nhung - tiến hành các thí nghiệm.

#### Tài liệu tham khảo

- DNA. (2020). *Báo cáo sản xuất, năm 2018, 2019 và 2020*. Đắk Nông: công ty Nhôm Đắk Nông.
- Hardheim\_Leiblein\_GmbH. (2009a). *Lamella separator for sedimentation*. AT Mineral processing.
- Hardheim\_Leiblein-GmbH. (2009b). *Washing water treatment at a recycling company*. AT Mineral processing.
- Heredia, R. (2018). *Basics in Minerals Processing*. Metso.
- HPG. (2020). *Nhà máy chế biến tinh quặng sắt Tùng Bá*. Hà Giang: Báo cáo sản xuất.
- Jiang, Y., Wang, Y., Yang, J., & Yu, Y. (2010). The sedimentation tests on the tailings from bauxite direct flotation. *Light Metal*, Vol. 12. pp. 7-10.



- Li, H., Ma, J., Zhang, Q., & Bian, H. (2012). Flocculation sedimentation experiment of high mud content, low grade surface solid potassium deposit in Mahai salt lake. *Journal of Salt Journal of Salt*, Vol. 20(1): pp. 34-39.
- Liu, J., Wang, X., Lin, C., & Miller, J. (2015). Significance of particle aggregation in the reverse flotation of kaolinite from bauxite ore. *Minerals Engineering*, Vol. 78, pp. 58-65.
- Nguyễn, H. S., & Phạm, V. L. (2012). Nghiên cứu lắng đọng một số mẫu bùn than mịn vùng Quảng Ninh trong thiết bị thí nghiệm lắng cô đặc dạng tấm nghiêng. *Tạp chí KHTK Mỏ - Địa chất*, Số 37.
- Parsons, S. A., & Jefferson, B. (2006). *Introduction to potable water treatment processes*, Blackwell Publishing Ltd.
- Peng, Y., Jin, D., & Li, J. W. (2020). Flocculation of mineral processing wastewater with. *6th International Conference on Energy Science and Chemical Engineering*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.
- Tarleton, E. S., & Wakeman, R. J. (2007). *Solid/Liquid Separation: Equipment Selection and Process Design*. Elsevier.
- Vinacomin. (2020). *Thuyết minh Thiết kế cơ sở nhà máy tuyển bauxit Tân Rai và Nhân Cơ*. Hà Nội: ập đoàn công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam.
- Wang, C., Harbottle, D., Liu, Q., & Xu, Z. (2014). Current state of fine mineral tailings treatment: A critical review on theory and practice. *Minerals Engineering*, Vol. 58: pp. 113-131.
- Wills, B. A., & Finch, J. A. (2016). *Mineral Processing Technology*, Eighth Edition. Elsevier.
- Zhou, X. (2012). Study on the vibration lamella thickener and its application in mineral processing plant. *Applied Mechanics and Materials*, Vols 215-216, pages 333-341.
- Zhou, X., & etc. (2013). Paste thickening of iron tailings with vibrating lamella thickener. *Advanced Materials Research*, Vols, 690-693, pp 3570-3575.