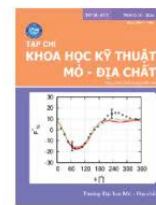




Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <https://jmes.humg.edu.vn>



Study on sedimentation of tailings sludge from bauxite processing plant of TKV's Aluminum Companies by lamella thickener



Luan Van Pham ^{1,*}, Ha Viet Le ¹, Hai Thanh Pham ¹, Dung Kim Thi Nhu ¹, Phong Ba Nguyen ², Hoang Vu Nguyen ²

¹ Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

² Vinacomin-Dak Nong Aluminium Company (DNA), Dak Nong, Vietnam

ARTICLE INFO

Article history:

Received 15th Mar. 2024

Revised 19th July 2024

Accepted 15th Aug. 2024

Keywords:

Bauxite ore washing,
Lamella thickener,
Sedimentation,
Tailings sludge.

ABSTRACT

Inclined parallel plates thickener (lamella sedimentation tank) is a new modern type of equipment for fine slurry deposition in the world. Actual use shows that the tank is very effective with fine and ultra-fine slurry. But up to now, lamella thickeners have hardly been used in the mineral processing industry in Vietnam. Currently, two bauxite ore washing factories (Dak Nong and Lam Dong Aluminum Company) are using 02 traditional thickeners with a total area of 4,400 m² to sediment slurry with a volume flow of 4,000 m³/h. However, the sedimentation efficiency is low, and the overflow water quality and discharge product concentration have not reached the design criteria. The reason is that the slurry from the two companies' washing factories contains over 60% ultra-fine particles (-0.02 mm) and the ROM ore properties have changed further compared to the design. The report presents the sedimentation results of two slurry samples with particle sizes below 1 mm, which were collected from the bauxite ore washing factory of Dak Nong and Lam Dong Aluminum Company. Tests were conducted using a laboratory Lamella sedimentation tank with a settling surface area of 0.05 m². The feed capacity to the thickener was 0.52÷0.63 m³/h (3 times higher than the theoretical calculated capacity). The 6% solid concentration of tailing slurry is separated into the overflow product (has a solid concentration in the range of 56.33÷80 mg/l) and the discharge product (with a solid concentration in the range of 35.44÷48.39%). The above preliminary results open the prospect of applying lamella sedimentation tanks to the actual slurry deposition of washing factories of Vinacomin's Aluminum Companies.

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

*Corresponding author

E - mail: phamvanluan@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2024.65(5).03



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

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



Nghiên cứu lắng đọng bùn thải xưởng tuyển rửa của các Công ty Nhôm thuộc TKV bằng bể lắng lamella phòng thí nghiệm

Phạm Văn Luận ^{1,*}, Lê Việt Hà ¹, Phạm Thanh Hải ¹, Nhữ Thị Kim Dung ¹, Nguyễn Bá Phong ², Nguyễn Vũ Hoàng ²

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

² Công ty Nhôm Đắk Nông - TKV, Đắk Nông, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:

Nhận bài 15/3/2024

Sửa xong 19/7/2024

Chấp nhận đăng 15/8/2024

Từ khóa:

Bể lắng lamella,

Bùn thải,

Lắng đọng,

Tuyển rửa quặng bauxit.

TÓM TẮT

Thiết bị lắng cô đặc dạng tấm nghiêng (bể lắng lamella) là loại thiết bị mới để lắng đọng bùn mịn trên thế giới. Nhưng đến nay, bể lắng lamella hầu như vẫn chưa được sử dụng trong ngành công nghiệp chế biến khoáng sản tại Việt Nam. Hiện nay, hai xưởng tuyển rửa quặng bauxit của Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng đang sử dụng 02 bể cô đặc truyền thống có tổng diện tích 4.400 m² để lắng đọng bùn thải với lưu lượng 4.000 m³/h. Tuy nhiên, hiệu quả lắng đọng thấp, chất lượng nước tràn và nồng độ cặn lắng chưa đạt theo thiết kế. Nguyên nhân là do bùn thải xưởng tuyển rửa của hai Công ty chứa trên 60% cấp hạt siêu mịn (<0,02 mm) và tính chất quặng nguyên khai thay đổi so với thiết kế. Nghiên cứu này trình bày kết quả lắng đọng hai mẫu bùn thải xưởng tuyển rửa quặng bauxit cấp hạt <1 mm của Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng bằng bể lắng lamella phòng thí nghiệm diện tích bề mặt lắng 0,05 m². Kết quả thí nghiệm, với năng suất cấp liệu từ 0,52÷0,63 m³/h (cao hơn 3 lần so với năng suất tính toán theo lý thuyết), từ các mẫu bùn thải có nồng độ rắn 6% đã thu được sản phẩm nước tràn có mật độ pha rắn trong khoảng 56,33÷80 mg/l và nồng độ pha rắn của cặn lắng trong khoảng 35,44÷48,39%. Các kết quả sơ bộ trên mở ra triển vọng áp dụng bể lắng lamella vào thực tế lắng đọng bùn thải xưởng tuyển rửa của các Công ty Nhôm thuộc TKV.

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

*Tác giả liên hệ

E - mail: phamvanluan@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2024.65(5).03

1. Mở đầu

Trong các nhà máy tuyển và chế biến khoáng sản bằng phương pháp ướt, các thiết bị cô đặc bùn mịn là thiết bị quan trọng và là trung tâm của khâu xử lý bùn nước. Chức năng chính của thiết bị này là thu hồi nước tuần hoàn (dung dịch, dung môi) từ bùn mịn và cô đặc bùn mịn đến nồng độ thích hợp cho các khâu công nghệ tiếp theo (tuyển nổi, lọc,...).

Hiện nay, nhiều nhà máy tuyển và chế biến khoáng sản trên thế giới sử dụng bể lắng lamella để tách pha rắn-lỏng. Đặc biệt là để cô đặc, khử nước quặng đuôi, khử slam và khử nước bùn than trong các nhà máy tuyển nổi và tuyển than,... Thiết bị này đã chứng tỏ được hiệu quả làm việc trong thực tế và ngày càng được sử dụng rộng rãi để thay thế cho thiết bị cô đặc cào tròn.

Ngay từ những năm 70 của thế kỷ trước các nhà tuyển than khu vực Kentucky (Mỹ) đã sử dụng bể lắng lamella để cô đặc bùn than. Công ty Chapperal Coal, Kentucky sử dụng bể lamella có công suất 3.600 m³/giờ để lắng đọng bùn than có nồng độ pha rắn ban đầu từ 8÷10%. Tháng 8 năm 1976, Công ty Mary Helen Coal, Kentucky đã lắp đặt bể lắng lamella có công suất 190 m³/h để lắng đọng bùn than có nồng độ pha rắn 10%. Các bể lắng lamella sử dụng tại các nhà máy tuyển than trên đều cho hiệu quả lắng đọng cao với hàm lượng pha rắn trong nước tràn dưới 0,5 g/l và nồng độ pha rắn trong cặn lắng trên 30% (Russell, 1977).

Công ty chuyên chế biến cát Kies und Beton AG, Thụy Sĩ có năng suất 200 t/h, nước sau quá trình chế biến chứa nhiều sét và phù sa. Trước đây nhà máy sử dụng bể cô đặc kết hợp với máy lọc ép để xử lý nước nhưng do nhu cầu sử dụng nước ngày càng gia tăng nên sự kết hợp trên không còn hiệu quả, bể cô đặc thường xuyên bị quá tải. Vào năm 2009, nhà máy đã lắp đặt thiết bị lamella của hãng Leiblein GmbH, công suất 200 m³/h để xử lý nước. Sau quá trình lắp đặt, hiệu quả khử nước của nhà máy đã tăng đáng kể, nước sạch của bể lamella có thể sử dụng tuần hoàn được ngay. Nếu so sánh với bể cô đặc truyền thống có cùng năng suất trên thì phải cần bể đường kính 16 m, nhưng bể lamella chỉ cần diện tích 4 x 4 m, đồng thời chi phí keo tụ thấp hơn khoảng 30% (Leiblein GmbH and Hardheim, 2009a).

Công ty M + R GmbH chuyên tái chế kim loại từ rác thải điện tử và phế liệu chứa kim loại. Trong quá trình xử lý xỉ FeSi, nước thải được tạo ra chứa đầy các hạt bùn siêu mịn. Nước thải phải được làm sạch và loại bỏ các hạt mịn để có thể tái sử dụng tuần hoàn. Để xử lý nước thải, nhà máy đã sử dụng 02 bể lamella của hãng Leiblein có tổng diện tích lắp đặt 5 x 8 m với công suất xử lý 260 m³/h. Nước sau quá trình xử lý được sử dụng làm nước tuần hoàn và chi phí keo tụ giảm 30% so với bể cô đặc khác (Leiblein GmbH, Hardheim, 2009b).

Cho đến nay đã có hơn 100 loại bể lamella khác nhau đã được sử dụng trong 40 nhà máy tuyển khoáng ở Trung Quốc để khử slam, cô đặc quặng tinh, cô đặc quặng đuôi,... Như nhà máy tuyển quặng sắt Panzhihua, Trung Quốc đã sử dụng bể lắng lamella để cô đặc quặng đuôi của của nhà máy tuyển. Từ quặng đuôi có nồng độ pha rắn khoảng 30%, sau khi cô đặc bằng bể lamella thu được cặn lắng có nồng độ pha rắn trên 70% và nước tràn có hàm lượng pha rắn dưới 0,3 g/l (Zhou và nnk., 2012; 2013).

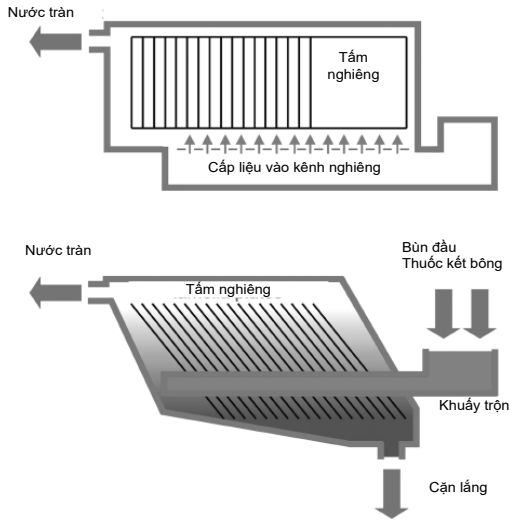
Bể lắng lamella đầu tiên được sử dụng ở Việt Nam là tại Nhà máy chế biến quặng tinh sắt Minh Sơn (Công ty cổ phần đầu tư khoáng sản An Thông, Tập đoàn Hòa Phát) để lắng đọng bùn thải của nhà máy với công suất khoảng 400 m³/h. Nhưng hiện nay, thiết bị này đã chuyển sang Nhà máy chế biến tinh quặng sắt Tùng Bá để cô đặc quặng đuôi với công suất khoảng 200 m³/h với nồng độ pha rắn 15÷20 %, sau khi lắng thu được cặn có nồng độ pha rắn trên 50%. Trong quá trình tháo lắp và vận chuyển bể lắng lamella từ Minh Sơn sang Tùng Bá hầu hết các tấm nghiêng bị hỏng, nhưng nhà máy chưa thay thế, đồng thời do không dùng chất trợ lắng trong quá lắng đọng nên nước tràn của bể lắng lamella này chưa đủ điều kiện dùng làm nước tuần hoàn mà cần phải thêm một khâu xử lý nữa (Nhà máy chế biến tinh quặng sắt Tùng Bá, 2020).

Nguyễn và nnk. (2012) đã sử dụng bể lắng lamella phòng thí nghiệm có diện tích 0,05 m² để lắng đọng bùn than cỡ hạt dưới 0,1 mm vùng Quảng Ninh. Theo kết quả thí nghiệm từ các mẫu bùn than nồng độ rắn trong khoảng 60÷120 g/l sau quá trình lắng đọng đã thu được sản phẩm nước tràn có nồng độ bùn <20 g/l khi không có thuốc keo tụ và xấp xỉ 0 g/t khi có thuốc keo tụ. Tùy theo từng mẫu bùn than mà năng suất cấp liệu vào máy nằm trong khoảng 0,64÷1,44 m³/h tương

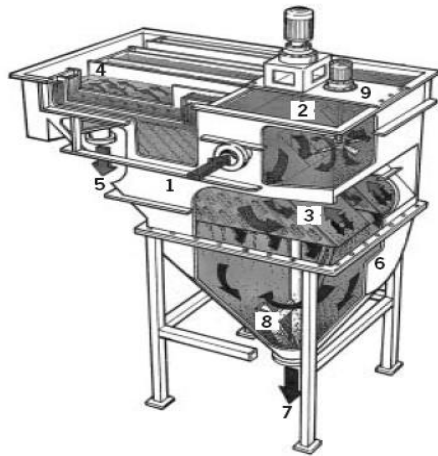
ứng với năng suất theo phần rắn nằm trong khoảng 0,04÷0,09 t/h và năng suất riêng theo phần rắn nằm trong khoảng 0,8÷3,73 t/m².h. Kết quả nghiên cứu cho thấy so với các thiết bị lắng thông thường thì thiết bị lắng lamella có năng suất riêng cao hơn hẳn (Nguyễn và nnk, 2012).

2. Cơ sở lý thuyết của bể lắng lamella

Bể lắng lamella hay còn gọi là bể lắng dạng tấm nghiêng, bể lắng trong lớp mỏng, là loại thiết bị có hiệu suất và năng suất riêng cao đồng thời



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý của bể lắng lamella.



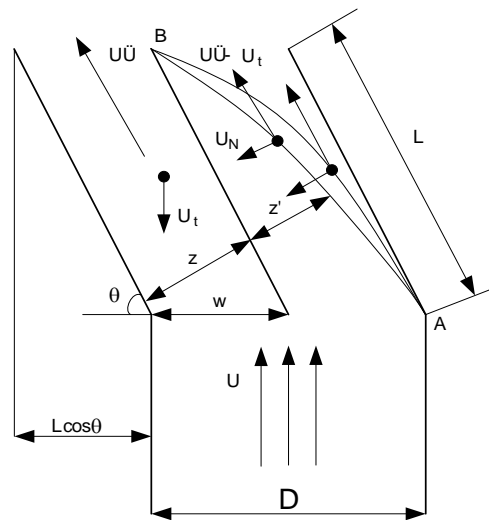
- 1. Ống cấp liệu; 2. Bùng khuấy trộn với thuốc kết bông; 3. Các tấm nghiêng; 4. Nước tràn; 5. Ống tháo nước tràn; 6. Phễu chứa cặn lắng; 7. Ống tháo cặn lắng; 8. Cánh khuấy

Hình 2. Bể lắng lamella.

tiết kiệm diện tích nhà xưởng. Sơ đồ cấu tạo và nguyên lý làm việc được trình bày ở Hình 1, 2.

Thiết bị có phần trên là hình hộp xiên và phần dưới là hình tháp (chóp). Ở phần hình trụ phía trên người ta lắp các tấm song song với nhau có khoảng cách 20÷50 mm và nghiêng một góc 50÷60°. Bùn cấp liệu được cấp qua ống cấp liệu ở đáy phần hình trụ, sau đó chuyển động theo hướng lên trên đi qua không gian giữa các tấm nghiêng. Nước được làm trong thoát qua máng tràn ở phía trên. Các hạt rắn lắng đọng do trọng lực, trượt trên các tấm nghiêng vào ngăn chứa bùn và được tháo tải ở đáy. Diện tích bề mặt lắng trong thiết bị lắng lamella bằng tổng các hình chiếu của các tấm nghiêng. Ưu điểm của thiết bị này so với các thiết bị lắng khác: năng suất riêng cao, chi phí 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 chảy rối làm cho các hạt rắn bị cuốn vào sản phẩm tràn (Bary và nnk., 2016; Tarleton và nnk., 2007; Laskovski và nnk., 2006).

Quỹ đạo chuyển động của hạt trong kênh nghiêng có hai hướng chuyển động: song song (U' - U_t) và vuông góc (U_N) với các tấm nghiêng, do vậy các hạt rắn chỉ cần lắng một đoạn rất ngắn trước khi chúng rơi xuống bề mặt của các tấm nghiêng, rồi đi vào lớp cặn lắng và trượt xuống dưới đi vào vùng cặn lắng (Hình 3). (Galvin và nnk., 2002; Nguyen và nnk., 2001).



Hình 3. Mô hình chuyển động của hạt trong kênh nghiêng.

Chức năng của tấm lamella (tấm nghiêng) là tăng cường quá trình lắng đọng các hạt vật liệu khi chúng đi theo dòng nước ngược qua không gian của các kênh tạo nên giữa các tấm nghiêng.

Mô hình chuyển động của hạt vật liệu qua không gian lamella được trình bày tại Hình 3.

Để tăng khả năng lắng đọng cho hạt khoáng cần tăng tổng diện tích bề mặt lắng theo phương ngang của các tấm nghiêng. Trong thiết bị lamella đã sử dụng một loạt các tấm nghiêng để tăng năng suất của thiết bị và người ta đã đưa ra thông số “tăng năng suất” của thiết bị F. F là tỷ số giữa diện tích theo phương ngang của các tấm nghiêng so với diện tích phía dưới các tấm nghiêng theo phương ngang của thiết bị. Diện tích của các tấm nghiêng theo phương ngang (A_h) được xác định như sau (Laskovski và nnk., 2006; Ziolo, 1996; Galvin và nnk., 2002; Nguyen và nnk., 2001; Rajasekharan, 2007):

$$A_h = wD + DL\cos\theta \quad (1)$$

Trong đó: D - chiều ngang của bể lamella; w - chiều rộng của các kênh; L - chiều dài của tấm nghiêng; θ - góc nghiêng của tấm nghiêng so với phương ngang.

Diện tích theo phương ngang của phần phía dưới các tấm nghiêng đều có giá trị là wD. Do đó giá trị F được viết lại như sau:

$$F = \frac{wD + DL\cos\theta}{wD} = 1 + \frac{L\cos\theta}{w} \quad (2)$$

Gọi z là khoảng cách giữa các tấm nghiêng, ta có: $z = w\sin\theta$ hay $w = z/\sin\theta$, thay vào phương trình (2), ta có:

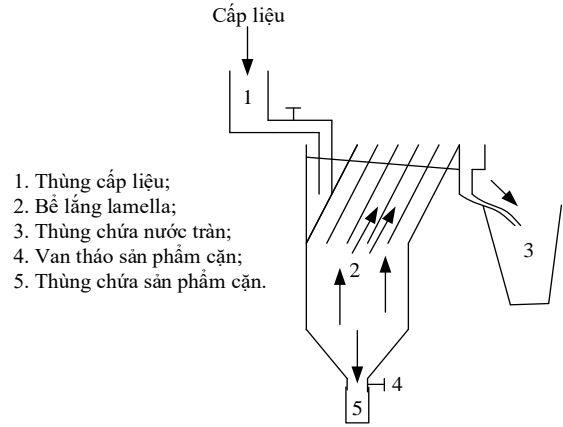
$$F = 1 + \frac{L}{z}\cos\theta\sin\theta \quad (3)$$

Thông số F thể hiện năng suất của bể lắng lamella cao hơn so với các bể lắng đọng bùn khác, các hệ thống khác có $F = 1$, nhưng bể lắng lamella có $F > 1$ do có bố trí thêm các tấm nghiêng.

Từ phân tích trên nhận thấy, bể lắng lamella có hai ưu điểm nổi bật so với các bể lắng khác là thời gian lắng của hạt ngắn hơn và diện tích lắng cao hơn. Do đó, bể lắng lamella có năng suất lớn hơn khi cùng diện tích chiếm chỗ nhà xưởng và cho phép thu được nước tuần hoàn có chất lượng cao hơn.

3. Mẫu và thiết bị thí nghiệm

3.1. Thiết bị thí nghiệm



Hình 4. Sơ đồ thiết bị thí nghiệm lắng đọng bùn bằng bể lắng lamella 0,05 m².

Bể lắng lamella phòng thí nghiệm gồm: 2 ngăn lắng, mỗi ngăn có tiết diện 200x100 mm sâu 400 mm, khoảng cách giữa 2 ngăn 50 mm, bên trong mỗi ngăn có lắp hệ các tấm nghiêng với chiều rộng của kênh 20 mm (Hình 4). Sơ đồ thiết bị thí nghiệm cho ở Hình 4. Nước trong của quá trình thí nghiệm liên tục chảy vào thùng chứa 3. Khi nước tràn bắt đầu chảy trên miệng bể, bắt đầu mở van 4 để tháo sản phẩm cặn lắng vào thùng chứa 5. Khi dừng cấp liệu đóng van 4 để lấy thùng chứa cặn 5.

3.2. Mẫu thí nghiệm

Mẫu thí nghiệm là cấp hạt -1 mm được tách ra từ quặng nguyên khai của Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng. Tính chất của mẫu nghiên cứu được cho ở các Bảng 1, 2, 3.

Từ kết quả phân tích mẫu bùn nguyên khai của Lâm Đồng và Đắk Nông nhận thấy: Cả hai loại mẫu bùn đều chứa từ 60% đến trên 70% cấp hạt -0,02 mm và bùn nguyên khai của Lâm Đồng có khối lượng riêng lớn hơn của Đắk Nông; Khoáng vật sét trong mẫu nghiên cứu chủ yếu là gotit và kaolin, tuy nhiên khoáng vật kaolin trong mẫu bùn Đắk Nông cao hơn nhiều so với Lâm Đồng. Như vậy có thể thấy 02 mẫu nghiên cứu đều thuộc loại khó lắng đọng và mẫu bùn Đắk Nông khó lắng đọng hơn so với Lâm Đồng.

Bảng 1. Tỷ trọng của mẫu nghiên cứu.

Loại mẫu	Lần 1	Lần 2	Lần 3	TB
Đắk Nông	2,42	2,37	2,39	2,39
Lâm Đồng	2,65	2,72	2,78	2,72

Bảng 2. Thành phần độ hạt mẫu nghiên cứu.

Cấp hạt, mm	Lâm Đồng			Đắk Nông		
	Thu hoạch, %	Hàm lượng, %		Thu hoạch, %	Hàm lượng, %	
		Al ₂ O ₃	SiO ₂		Al ₂ O ₃	SiO ₂
0,5-1	1,78	36,43	2,54	6,70	43,44	4,87
0,2-0,5	5,57	36,42	4,78	8,84	42,04	5,15
0,074-0,2	3,52	40,34	7,96	13,26	35,86	4,72
0,02-0,074	16,31	32,47	5,34	9,16	35,58	2,96
-0,02	72,82	29,65	5,84	62,04	32,84	2,47
Cộng	100,00	30,98	5,72	100,00	35,02	3,21

Bảng 3. Thành phần khoáng vật của mẫu nghiên cứu.

Loại mẫu	Thành phần khoáng vật và khoáng hàm lượng (~%)								
	Gipxit	Gotit	He- matit	Thạch anh	Illit	Kao- linit	Clorit	Ilme- nit	K.vật khác
Đắk Nông	38÷40	24÷26	3÷5	1÷3	1÷3	14÷16	2÷4	5÷7	-
Lâm Đồng	50÷52	21÷23	5÷7	4÷6	1÷3	4÷6	1÷3	3÷5	Felspat

3.3. Điều kiện thí nghiệm

Trong quá trình thí nghiệm đã dùng 02 loại keo tụ sau:

NALCO 85035 (C), đang được Bateco cung cấp và sử dụng tại các nhà máy.

HA-LB080 (D) loại này được cung cấp bởi Hansol - Trung Quốc.

Do điều kiện sản xuất thực tế tại nhà máy nên nồng độ pha rắn trong bùn thải trước khi lắng đọng đều ổn định quanh giá trị 6%. Đồng thời, cả hai Công ty đều sử dụng nước tuần hoàn nên bùn thải có giá trị nằm trong khoảng pH = 6,5÷7,0. Vì vậy, để phù hợp với điều kiện sản xuất, trong quá trình thí nghiệm cố định nồng độ pha rắn và pH của bùn ở giá trị trên. Các thông số thay đổi trong quá trình thí nghiệm lắng đọng bùn bằng bể lắng lamella là loại keo tụ, chi phí keo tụ và lưu lượng bùn cấp liệu, cụ thể như sau:

Loại keo tụ: C và D.

Chi phí keo tụ thay đổi lần lượt là: 20; 30; 40 và 50 g/t; (Phạm và nnk., 2024).

Lưu lượng cấp liệu thay đổi lần lượt là: 6,25; 8,7; 10,5 và 18,18 l/phút.

Kết quả của các thí nghiệm được đánh giá thông qua hàm lượng pha rắn trong nước tràn (C, mg/l) và nồng độ pha rắn trong cặn lắng (ρ , %).

4. Kết quả thí nghiệm và thảo luận

Kết quả thí nghiệm lắng đọng bùn thải của các Công ty Nhôm thuộc TKV ở các chế độ công nghệ khác nhau cho ở các đồ thị ở các Hình 5÷8.

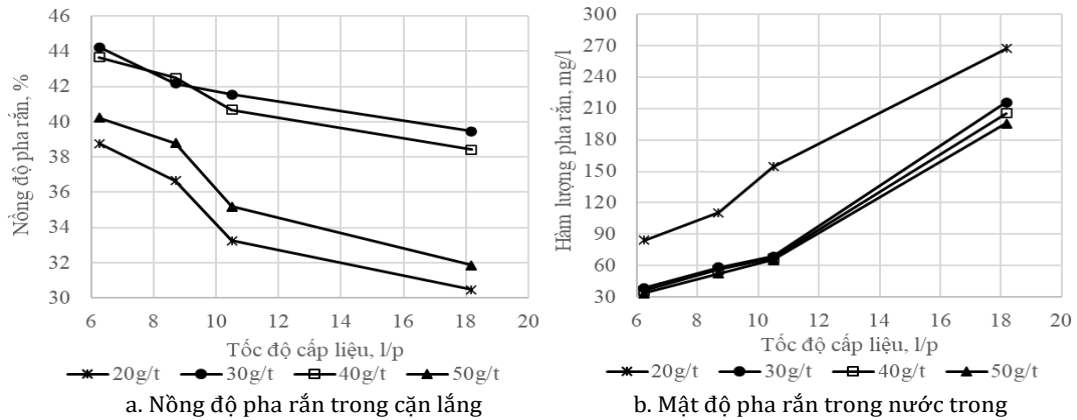
Từ kết quả thí nghiệm thay đổi loại chất trợ lắng, chi phí chất trợ lắng và lưu lượng bùn cấp liệu khi lắng đọng bùn thải xưởng tuyển rửa của Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng bằng bể lắng lamella 0,05 m², có một số nhận xét sau:

Tăng lưu lượng bùn cấp liệu ở tất cả các thí nghiệm đều cho nồng độ pha rắn của cặn lắng giảm dần và hàm lượng pha rắn trong nước tràn tăng dần. Ở trong giải cấp liệu từ 6,25÷10,5 l/phút và với chi phí keo tụ 30÷50 g/t đều cho kết quả lắng đọng rất tốt. Cụ thể cặn lắng đều có nồng độ pha rắn trên 35% và mật độ pha rắn trong nước tràn dưới 80 mg/l. Tốt hơn kết quả thí nghiệm trong ống lắng (Phạm và nnk., 2024).

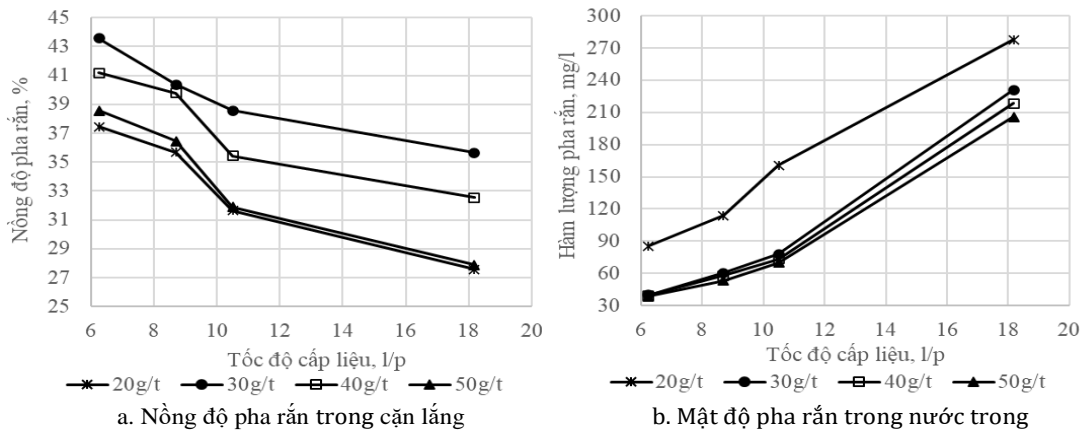
Ở tất cả các thí nghiệm khi tăng chi phí keo tụ thì hàm lượng pha rắn trong nước tràn giảm dần nhưng nồng độ pha rắn trong cặn lắng cũng giảm dần. Chi phí keo tụ tối ưu nằm trong khoảng 30÷40 g/t.

Kết quả thí nghiệm cũng cho thấy keo tụ D có hiệu quả lắng đọng bùn Đắk Nông tốt hơn so với keo tụ C. Ngược lại, bùn thải Lâm Đồng lại có hiệu quả lắng đọng tốt hơn khi dùng keo tụ C.

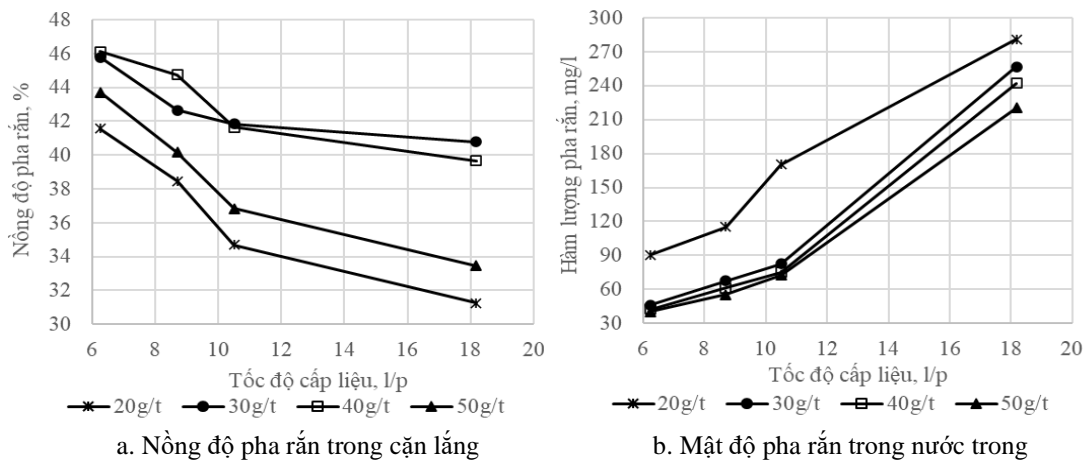
Lắng đọng bùn bằng bể lắng lamella có chi phí keo tụ thấp hơn so với thực tế sản xuất tại các nhà máy 30÷40 g/t so với 50 g/t; đồng thời nồng độ



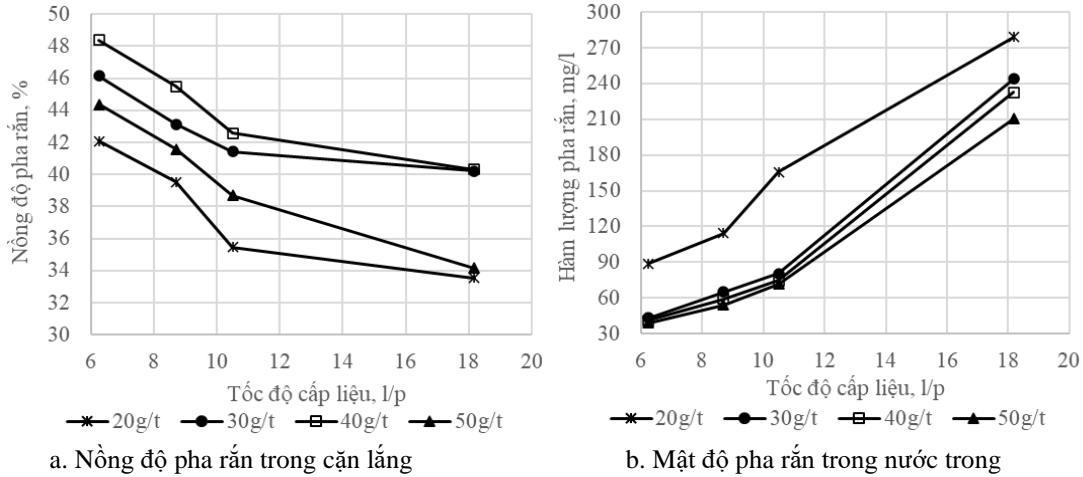
Hình 5. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của các chỉ tiêu công nghệ lắng đọng vào tốc độ cấp liệu và chi phí keo tụ D khi lắng đọng bùn thải Đắc Nông.



Hình 6. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của các chỉ tiêu công nghệ lắng đọng vào tốc độ cấp liệu và chi phí keo tụ C khi lắng đọng bùn thải Đắc Nông.



Hình 7. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của các chỉ tiêu công nghệ lắng đọng vào tốc độ cấp liệu và chi phí keo tụ D khi lắng đọng bùn thải Lâm Đồng.



Hình 8. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của các chỉ tiêu công nghệ lắng đọng vào tốc độ cấp liệu và chi phí keo tụ C khi lắng đọng bùn thải Lâm Đồng.

pha rắn của cặn lắng trong quá trình thí nghiệm cũng cao hơn so với thực tế sản xuất, trên 35% so với 16÷18% (Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng báo cáo sản xuất, 2022).

5. Tính toán năng suất bể lắng lamella theo lý thuyết và số liệu thực nghiệm

5.1. Năng suất bể theo lý thuyết

Vì bùn thải Đắk Nông khó lắng đọng hơn so với Lâm Đồng và hai nhà máy có công suất tương tự nhau nên trong phần này chỉ tính năng suất theo số liệu thí nghiệm bùn thải Đắk Nông. Năng suất theo lý thuyết của bể lắng được dựa theo mô hình nguyên lý chuyển động của hạt khoáng trong kênh nghiêng trình bày ở Hình 3, công thức liên hệ giữa tốc độ chuyển động của chất lỏng theo phương thẳng đứng và tốc độ rơi (U_t) của hạt khoáng ranh giới được tính theo công thức Stokes như công thức (4) (Nguyễn và nnk., 2012; Tarleton và nnk., 2007; Laskovski và nnk., 2006; Galvin và nnk., 2002; Nguyen và nnk., 2001).

$$U_t = \frac{0,545 \cdot d^2 (\delta - 1000)}{\mu}, m/s \quad (4)$$

Trong đó: d - đường kính hạt khoáng, m; δ - khối lượng riêng pha rắn, $\delta = 2390 \text{ kg/m}^3$; μ - độ nhớt của nước, $\mu = 0,001 \text{ kg/m.s}$

Gọi: $C_{đầu}$ - nồng độ rắn bùn đầu, g/l và $C_{đầu} = 60 \text{ g/l}$; δ - khối lượng riêng pha rắn, g/ml và $\delta = 2,39 \text{ g/ml}$; S - diện tích lắng theo phương nằm ngang, m^2 và $S = 0,05 \text{ m}^2$; $V_{đầu}$ - năng suất thiết bị

theo bùn đầu, m^3/h ; $V_{tràn}$ - năng suất nước tràn, m^3/h ; q - năng suất riêng theo rắn, $t/(m^2.h)$; R - tỷ lệ lỏng/rắn các sản phẩm; Q - năng suất theo rắn, t/h .

Khi đó thể tích pha rắn và nước trong 1 lít bùn đầu tính theo công thức (5) và (6):

$$V_{rắn} = C_{đầu} / \delta, ml \quad (5)$$

$$V_{nước} = 1000 - V_{rắn} = 1000 - C_{đầu} / \delta, ml \quad (6)$$

Tỷ lệ L/R của bùn đầu được tính theo công thức (7):

$$R_{đầu} = V_{nước} / C_{đầu} \quad (7)$$

Giả sử tất cả chất rắn trong bùn đầu đi vào cặn lắng thì thể tích nước tràn được tính theo công thức (8):

$$V_{tràn} = Q_{đầu} (R_{đầu} - R_{cặn}) \quad (8)$$

Để đảm bảo các hạt có kích thước lớn hơn kích thước hạt ranh giới không đi vào sản phẩm tràn thì phải thỏa mãn điều kiện $V_{tràn} > U \cdot S > F \cdot S \cdot U_t(d)$ hay trong điều kiện cân bằng:

$$V_{tràn} = Q_{đầu} (R_{đầu} - R_{cặn}) = F \cdot S \cdot U_t(d) \quad (9)$$

hay $Q_{đầu} = F \cdot S \cdot U_t(d) / V_{tràn} \quad (10)$

Năng suất riêng của bể theo diện tích lắng theo phương ngang sẽ theo công thức (11):

$$q_{đầu} = Q_{đầu} / S = F \cdot U_t(d) / (R_{đầu} - R_{cặn}) \quad (11)$$

Khi lắng đọng bùn không sử dụng keo tụ có thể lấy $d = 0,01 \text{ mm}$ và $\delta = 2,39 \text{ t/m}^3$ (theo số liệu thí nghiệm), thay vào công thức (4) ta được $U_t(d) = 0,0000763 \text{ m/s} = 0,275 \text{ m/h}$.

Diện tích lắng theo tấm nghiêng: Thay các giá trị L , z và θ vào công thức (3), ta được $F = 9,6$.

Trong trường hợp lắng đọng bùn mịn và trong điều kiện không sử dụng keo tụ có thể lấy $d = 0,01\text{mm}$ nên $U_{t(0,01)} = 0,275\text{ m/h}$ và các giá trị thực tế của bùn quặng đuôi $\delta = 2,39\text{ t/m}^3$; $R_{c\grave{a}n} = 1,85$ (tương ứng với $\rho_{c\grave{a}n} = 35\%$, số liệu thí nghiệm).

Khi đó theo công thức (11) ta có năng suất riêng của máy theo lý thuyết là :

$$q_{\text{đầu}} = 9,6 \cdot 0,275 / ((1000 - C_{\text{đầu}}/2,39) / C_{\text{đầu}} - 1,85) = 2,64 / ((1000 - 60/2,39) / 60 - 1,85) = 0,18\text{ t/m}^2.\text{h}$$

Năng suất thiết bị theo phần rắn được tính theo công thức (10):

$$Q_{\text{đầu}} = S \cdot q_{\text{đầu}} = 0,05 \cdot 0,18 = 0,009\text{ t/h}$$

Năng suất thiết bị theo bùn được tính như sau:

$$V_{\text{đầu}} = Q_{\text{đầu}} \cdot R_{\text{đầu}} + Q_{\text{đầu}} / \delta = 0,009 \cdot 16,25 + 0,009 / 2,4 = 0,154\text{ m}^3/\text{h}$$

5.2. Năng suất bể theo số liệu thí nghiệm

Theo số liệu thực tế lưu lượng bùn cấp vào bể tối ưu nằm trong khoảng $8,7 \div 10,5\text{ l/phút}$, tương ứng $0,52 \div 0,63\text{ m}^3/\text{h}$. Mà tỷ số L/R bùn đầu là $16,25$ nên năng suất theo pha rắn của thiết bị thực tế sẽ là: $(0,52 - 0,63) / (16,25 + 1/2,39) = (0,031 - 0,038)\text{ t/h}$.

Do diện tích của bể lắng thí nghiệm là $0,05\text{ m}^2$, khi đó năng suất riêng theo pha rắn và bùn theo số liệu thực tế sẽ là:

$$q = (0,031 - 0,038) / 0,05 = (0,62 - 0,76)\text{ t/m}^2.\text{h}$$

$$v = (0,52 - 0,63) / 0,05 = (10,4 - 12,6)\text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$$

Từ kết quả tính toán năng suất thiết bị theo lý thuyết (không sử dụng keo tụ) và thực tế (sử dụng keo tụ), đã xác định được năng suất của bể lắng lamella khi lắng đọng bùn thải xường tuyển rửa

Bảng 4. Năng suất bể lắng lamella $0,05\text{ m}^2$ theo lý thuyết và thực tế.

Phương pháp tính	V, m^3/h	Q, t/h
Theo lý thuyết	0,154	0,009
Theo số liệu thí nghiệm	$0,52 \div 0,63$	$0,031 \div 0,038$

của Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng như Bảng 4.

Từ Bảng 4, nhận thấy năng suất khi thí nghiệm thực tế (sử dụng keo tụ) cao hơn gấp 3 lần so với tính toán theo lý thuyết. Chứng tỏ bùn thải của Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng có thể lắng đọng tốt bằng thiết bị lamella khi sử dụng thêm chất trợ lắng.

6. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu lắng đọng bùn thải xường tuyển rửa của Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng, nhóm tác giả rút ra một số kết luận sau:

Bùn nguyên khai cấp -1 mm của Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng chứa trên 60% cấp hạt $-0,02\text{ mm}$. Khoáng vật trong bùn chủ yếu là gipxit, gotit, kaolin,... và khối lượng riêng của bùn vào khoảng $2,39 \div 2,5\text{ t/m}^3$. 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.

Các kết quả thí nghiệm lắng đọng bùn bằng bể lắng lamella rất khả quan. Khi lắng đọng ở chế độ tối ưu với keo tụ D và C ở chi phí $30 \div 40\text{ g/t}$ và lưu lượng cấp liệu $8,7 \div 10,5\text{ l/phút}$, thu được nồng độ pha rắn của cặn lắng nằm trong khoảng $35,44 \div 48,39\%$ và mật độ pha rắn trong nước trong nằm trong khoảng $56,33 \div 80\text{ mg/l}$. Kết quả thí nghiệm tốt hơn so với thực tế sản xuất tại hai nhà máy.

Theo kết quả tính toán năng suất của bể lắng lamella diện tích lắng $0,05\text{ m}^2$ theo lý thuyết và thực tế thí nghiệm nhận thấy: năng suất thực tế của bể cao hơn gấp 3 lần so với tính toán theo lý thuyết; cụ thể năng suất theo lý thuyết $0,154\text{ m}^3/\text{h}$, còn năng suất theo kết quả thí nghiệm là $0,52 \div 0,63\text{ m}^3/\text{h}$. Chứng tỏ bùn thải xường tuyển rửa của Công ty Nhôm Đắk Nông và Lâm Đồng có thể lắng đọng tốt bằng bể lắng lamella;

Hiện nay, hai nhà máy đang dùng 02 bể cô đặc cào tròn có diện tích lắng 4.400 m^2 để lắng đọng $4.000\text{ m}^3/\text{h}$ (năng suất theo pha rắn $230 \div 260\text{ t/h}$). Nếu sử dụng bể lắng lamella để lắng đọng bùn thải cho 02 Công ty sẽ giảm được diện tích xây dựng và cho hiệu quả lắng đọng cao hơn. Tuy nhiên, để sớm đưa bể lắng lamella vào thực tế sản xuất cần qua thí nghiệm bán công nghiệp, để khẳng định được tính ưu việt của bể so với bể cô

đặc cào tròn khi lắng đọng bùn thải xưởng tuyển quặng bauxit.

Đóng góp của các tác giả

Phạm Văn Luận - lập dàn ý, viết phần tổng quan, nội dung, phân tích thảo luận, xử lý số liệu; Phạm Thanh Hải - tham gia thu thập, xử lý dữ liệu, viết phần tóm tắt và làm thí nghiệm; Lê Việt Hà - làm thí nghiệm lắng đọng và xử lý số liệu; Nhữ Thị Kim Dung - sửa dàn ý và biên tập lại bài báo; Nguyễn Bá Phong và Nguyễn Vũ Hoàng - cung cấp số liệu tại thực tế nhà máy và tham gia lấy mẫu thí nghiệm.

Lời cảm ơn

Nhóm nghiên cứu xin chân thành cảm ơn Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam đã tài trợ kinh phí cho nhóm nghiên cứu thông qua đề tài Tập đoàn mã số: KC.01D04-22/21-25. Ngoài ra, chúng tôi cũng xin cảm ơn Công ty Nhôm Đắc Nông và Lâm Đồng đã tích cực giúp đỡ chúng tôi trong việc lấy mẫu và khảo sát thực tế tại nhà máy.

Tài liệu tham khảo

- 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, trang 44-48.
- Phạm, V. L., Phạm, T. H. và nnk., (2024). Nghiên cứu hiệu quả lắng đọng bùn của các Công ty Nhôm ở Việt Nam bằng ống lắng thí nghiệm. *Tạp chí KHTK Mỏ - Địa chất*. Số 65, kỳ I, trang 74 – 87.
- Nhà máy chế biến tinh quặng sắt Tùng Bá (2020). Báo cáo sản xuất năm 2020.
- Công ty Nhôm Đắc Nông và Lâm Đồng (2022). Báo cáo sản xuất năm 2022.
- Barry, A. Wills, James, A. Finch (2016). *Wills' Mineral Processing Technology*. Eighth Edition, Elsevier, pp 418 – 428.
- Tarleton, E. S., Wakeman, R. J. (2007). *Solid/Liquid Separation: Equipment Selection and Process Design*, Elsevier, pp 1 – 10.
- Laskovski, D., Duncan, P., Stevenson, P., Zhou, J., Galvin, K.P. (2006). Segregation of hydraulically suspended particles in inclined

channels. *Chemical Engineering Science*, Vol 61, Issue 22, pp 7269-7278

- Ziolo, J. (1996). Influence of the system geometry on the sedimentation effectiveness of lamella settlers. *Chemical Engineering Science*, Vol 51, pp149-153.
- Galvin, K.P., Pratten, S.J., Lambert, N., Callen, A.M., Lui, J. (2002). Influence of a jiggling action on the gravity separation achieved in a teetered bed separator, *Minerals Engineering*, Vol 15, Issue 12, pp 1199-1202.
- Nguyen, T.L., G., Galvin, K. P. (2001). Particle classification in the reflux classifier, *Minerals Engineering*, Vol 14, Issue 9, pp 1081-1091.
- Leiblein GmbH, Hardheim (2009a). Lamella separator for sedimentation, *AT Mineral processing*, Issue 10. https://www.at-minerals.com/en/artikel/at_Lamella_separator_for_sedimentation-319158.html.
- Leiblein GmbH, Hardheim (2009b). Washing water treatment at a recycling company. *AT Mineral processing*, Issue 12. https://www.at-minerals.com/en/artikel/at_2009-12_Washing_water_treatment_at_a_recycling_company-780968.html.
- Rajasekharan, P. A. (2007). *Fine particle classification using dilute fluidized beds*, University of Missouri – Rolla, A thesis Master of science in chemical engineering.
- Zhou, X. L., Long, Z. Y., Hu, W. Y., Zhang, X. M., Shi, Z. X., Sun, D. Y., & Zhang, W. B. (2012). Study on the vibration lamella thickener and its application in mineral processing plant. *Applied Mechanics and Materials*, 215, 333-341.
- Zhou, X. L., Xie, Q. C., Zhang, X. M., Shi, Z. X., Tian, C. Q., Chen, L. Z., & Sun, D. Y. (2013). Paste thickening of iron tailings with vibrating lamella thickener. *Advanced Materials Research*, 690, 3570-3575.
- Russell, L. C. (1977). *Performance of lamella thickeners in coal preparation plants*. (<https://www.911metallurgist.com/lamella-thickeners/>).