

# TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÁY TÁCH BÙN CÓ ROTOR KIỂU ELIP

CALCULATION, DESIGN AND BUILDING MODEL OF FILTER SLUDGE WITH ELLIPTICAL ROTOR PROFILE

**Phạm Thị Thủy, Nguyễn Thanh Tùng**  
Trường Đại học Mở - Địa chất

## TÓM TẮT

*Bài báo trình bày phương pháp tính toán, thiết kế máy tách bùn có rotor hình elip. Trên cơ sở toán học, nghiên cứu đã chỉ ra thông số hình học tối ưu cho rotor máy tách bùn. Nội dung bài báo cũng đề cập phương pháp thiết kế các cụm chi tiết chính của máy tách bùn. Kết quả bài báo đã xây dựng được mô hình máy tách bùn có rotor kiểu elip. Kết quả này là cơ sở quan trọng cho việc chế tạo máy tách bùn rotor elip trong điều kiện ở Việt Nam.*

**Từ khóa:** Máy tách bùn; Rotor elip; Bánh răng elip.


## ABSTRACT

*The paper presents the calculation method, design filter sludge with elliptical rotor profile. Based on the geometric analysis and mathematical model, the rotor profile of filter sludge is generated. In this paper also shows design method of main machine's parts of filter sludge. The consequence of design demonstrates model of filter sludge is generated. It is based on important for manufacturing the filter sludge on conditions in Vietnam.*

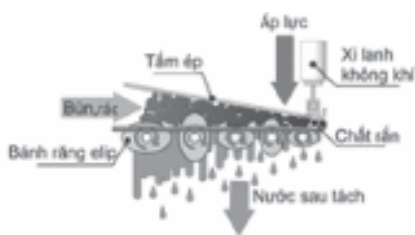
**Keywords:** Filter sludge; Elliptical rotor; Elliptical gear.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bùn thải là một phần sản phẩm cuối cùng của một quá trình xử lý nước thải. Nó gây ô nhiễm môi trường sống, môi trường làm việc. Việc xử lý ô nhiễm môi trường và hạn chế tác hại của nó tới đời sống đang được tất cả các quốc gia trên thế giới quan tâm. Đã có nhiều nghiên cứu về phương pháp xử lý bùn và tách bùn đã được công bố, chủ yếu tập trung vào các phương pháp vật lý, hoá học và sinh học nhằm chuyển hoá bùn thành các dạng không

độc hại hoặc tiêu huỷ lượng bùn phát sinh. Các nghiên cứu về thiết bị tách bùn, chúng chủ yếu được các nhà sản xuất, công ty công nghệ chế tạo nên rất ít các công bố chi tiết về loại thiết bị này. Hiện nay, một số nghiên cứu đã công bố về thiết bị tách bùn phải kể tới như: máy tách bùn kiểu trục vít, tách bùn kiểu băng tải, tách bùn kiểu chân không, tách bùn kiểu khung bản, máy tách bùn đa đĩa... Máy tách bùn kiểu trục vít cho bùn sau ép khô, vận hành máy dễ dàng nhưng trục vít mòn nhanh, dễ xảy ra hiện tượng kẹt nước, hiệu quả thấp khi ép các loại bùn mịn 

và bùn có hạt cứng [1]. Tách bùn kiểu băng tải cho năng suất và tuổi thọ thiết bị cao [2] nhưng giá thành chế tạo lớn, độ ẩm của bùn sau tách có độ ẩm cao, hiệu suất tách nước từ bùn kém. Tách bùn kiểu chân không được sử dụng phổ biến trong khai thác khoáng sản do có nhiều ưu điểm như [3]: Bùn sau tách có độ ẩm thấp (bùn khô), tách được các loại bùn mịn nhưng tuổi thọ vải lọc thấp, chi phí đầu tư và vận hành cao. Tách bùn kiểu khung bản có thể ép được nhiều loại bùn khác nhau [2], bùn sau ép có độ ẩm nhỏ nhưng năng suất ép thấp và chi phí sử dụng cao.



Hình 1: Nguyên lý làm việc máy tách bùn rotor kiểu elip

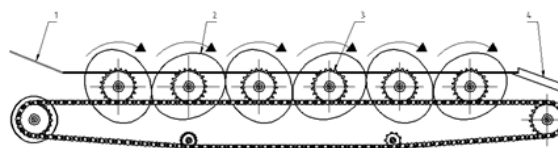
Trên thế giới, đã có nhiều nghiên cứu về phương pháp và thiết bị xử lý bùn thải. Nhóm tác giả Anne Wambui Mumbi, Li Fengting, Fridah Mwarania and Batzorig Uuganchimeg [4], nghiên cứu đã đưa biện pháp giảm tiếng ồn trong sử dụng máy trục vít để lọc tách bùn. Tác giả J. Oliver, J. Vaxelaire [5], nghiên cứu sự ảnh hưởng các yếu tố hoạt tính tới khả năng tách bùn của vải lọc trên máy tách bùn kiểu chân không. Nhóm tác giả Okada, Takeshi [6], đã nghiên cứu để tối ưu hóa biên dạng trục vít nhằm nâng cao khả năng làm việc của trục vít trong máy tách bùn kiểu trục vít. T. Remat, R. Branion [7], nghiên cứu máy tách bùn kiểu băng tải và kiểu trục vít để đánh giá hiệu quả làm việc trong quy mô phòng thí nghiệm. Hạt bùn chuyển động mạnh theo phương trọng lực nên nước từ bùn dễ dàng được tách khỏi bùn và ít xảy ra hiện tượng kẹt nước hay tắc nước.

Hiện nay, mẫu máy tách bùn theo nguyên lý làm việc của bánh răng (hình 1) đã và đang được phát triển. Các trục rotor hình elip quay cùng chiều sẽ tách được phần lớn lượng nước ra khỏi bùn. Theo nguyên lý làm việc này thì máy sẽ khắc phục được hạn chế của những máy tách bùn truyền thống như đã đề cập ở trên. Một số hãng sản xuất về máy tách bùn trên thế giới [8], [9] đã tiến hành chế tạo máy tách bùn rotor kiểu elip và đã công bố những kết quả tích cực về nó.

Dựa trên xu hướng phát triển máy tách bùn elip, nhóm tác giả tập trung vào tính toán thiết kế để xây dựng mô hình máy tách bùn kiểu elip. Nó là cơ sở quan trọng trong việc chế tạo thiết bị này trong nước.

## 2. CƠ SỞ TÍNH TOÁN THIẾT KẾ

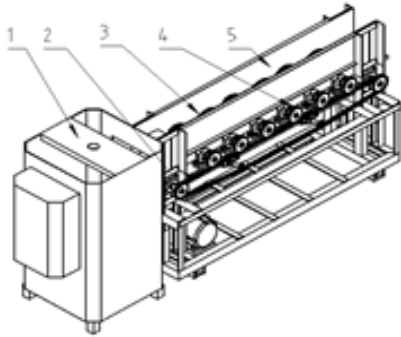
### 2.1. Nguyên lý làm việc và cấu tạo



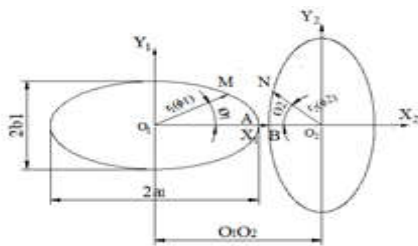
Hình 2. Nguyên lý làm việc

Với máy tách bùn kiểu rotor elip sử dụng máy bơm bơm hỗn hợp chất thải vào bể chứa. Bùn vào bể chứa được khuấy trộn bởi một hệ thống trộn nhằm đảm bảo chất rắn không bị lắng ở đáy. Hỗn hợp nước dâng lên và đi vào bộ phận tách bùn qua khu vực 1. Bộ phận tách bùn gồm các trục gắn các đĩa elip 2 quay tròn với tốc độ tương đối chậm. Chúng di chuyển nhờ động cơ giảm tốc thông qua bộ truyền xích 3. Sự chuyển động xen kẽ giữa các trục này đẩy bùn di chuyển tịnh tiến. Các đĩa trên trục quay xen kẽ, kết hợp với phần sàn tạo ra khe hở nhỏ làm thể cho nước tách ra khỏi bùn. Bùn ẩm được đưa ra từ cửa 2.

Máy được cấu tạo bởi các bộ phận chính như: thùng trộn 1, động cơ và bộ truyền động 2, rotor và sàng tách 3, bộ truyền xích 4 và khung máy 5.



Hình 3. Cấu tạo của máy



Hình 4. Hệ tọa độ tính

## 2.2. Tính toán xây dựng biên dạng rotor elip

Trong quá trình làm việc, các rotor quay cùng chiều và được truyền động độc lập từ bộ truyền ngoài. Biên dạng rotor quyết định khả năng tách nước thông qua khe hở biên dạng do chúng tạo ra. Chọn hệ trục tọa độ  $O_1X_1Y_1$  và  $O_2X_2Y_2$  có tâm trùng với tâm của elip (Hình 3). Một điểm M, N nằm trên elip được xác định thông qua bán kính  $r_1(\phi_1)$ , được xác định bởi phương trình:

$$r_1(\phi_1) = a_1 \left( \frac{1 - e_1^2}{1 - e_1^2 \cos^2(\phi_1)} \right)^{1/2} \text{ và } r_2(\phi_2) = a_2 \left( \frac{1 - e_2^2}{1 - e_2^2 \cos^2(\phi_2)} \right)^{1/2} \quad (1)$$

Trong đó:  $a_1$  là bán trục dài,  $b_1$  là bán trục ngắn của elip.

Tâm sai của elip được định nghĩa theo công thức:  $e = \frac{(a_1^2 - b_1^2)^{1/2}}{a_1}$ .

Khi rotor 1 quét được một cung  $S_1(S_{AM})$  thì rotor 2 cũng quét được cung  $S_2(S_{BN})$

$$S_1 = \int_0^{\phi_1} \sqrt{r_1^2 + \left( \frac{d_1}{d\phi_1} \right)^2} d\phi_1 = \int_0^{\phi_1} \left[ a_1 \left( \frac{1 - e_1^2}{1 - e_1^2 \cos^2(\phi_1)} \right)^{1/2} + \frac{e_1^4 (1 - e_1^2) \sin^2(2\phi_1)}{4(1 - e_1^2 \cos^2(\phi_1))^3} \right] d\phi_1 \quad (2)$$

$$S_2 = \int_0^{\phi_2} \sqrt{r_2^2 + \left( \frac{d_2}{d\phi_2} \right)^2} d\phi_2 = \int_0^{\phi_2} \left[ a_2 \left( \frac{1 - e_2^2}{1 - e_2^2 \cos^2(\phi_2)} \right)^{1/2} + \frac{e_2^4 (1 - e_2^2) \sin^2(2\phi_2)}{4(1 - e_2^2 \cos^2(\phi_2))^3} \right] d\phi_2 \quad (3)$$

Trong quá trình làm việc thì biên dạng 2 rotor phải đảm bảo điều kiện khe hở đều theo điều kiện đặt trước. Do vậy, cung  $r_1$  và  $r_2$  phải đảm bảo điều kiện:  $f(r_1, r_2) = f(S_i, \phi_i) = k$

Xét tại tiết diện i trên phương song song với  $O_1O_2$ , ta có:

$$k_i = O_1O_2 - r_1' \cos \phi_1 - r_2' \cos \phi_2 = O_1O_2 - a_1 \left( \frac{1 - e_1^2}{1 - e_1^2 \cos^2(\phi_1)} \right)^{1/2} - a_2 \left( \frac{1 - e_2^2}{1 - e_2^2 \cos^2(\phi_2)} \right)^{1/2} \quad (4)$$

Và khi đó điều kiện cân bằng là:

$$\frac{S_1}{r_1} = \frac{S_2}{r_2} \quad (5)$$

Theo [10] biên dạng rotor được lựa chọn như sau: Tâm sai  $e = 0,56$ ; bán trục lớn 97 mm; bán trục nhỏ 80mm và bề dày rotor 3mm.

## 3. TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ KẾT CẤU MỘT SỐ CƠ CẤU CHÍNH

### 3.1. Tính chọn động cơ và thông số cơ bản

Bùn thải được chọn là loại phổ biến với độ pha rắn trung bình 45%; Năng suất tách nước  $Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ; tiết diện khoang tách bùn A: 150 mm x 3600 mm; bề dày lớp bùn: 100 mm;

Vận tốc chảy lớn nhất:



$$v_{\max} = \frac{Q}{A} = \frac{2,5}{0,1.0,15.3600} = 0,47(\text{m/s}) \quad (6)$$

Vận tốc nhỏ nhất của bùn bằng vận tốc quay của trục rotor khi bùn nằm trên đĩa elip và được trục rotor luân chuyển.

Vận tốc nhỏ nhất:

$$v_{\min} = \frac{\pi.D.n}{60.1000} = \frac{3,14.1,6.7}{60.1000} = 0,07(\text{m/s}) \quad (7)$$

Với D là bán trục ngắn của đĩa elip; n là số vòng quay của trục.

Gia tốc của rotor

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0,4}{4,28} \approx 0,1(\text{m/s}^2) \quad (8)$$

Trong đó:  $\Delta v$  là biến thiên tốc độ;  $\Delta t$  là khoảng biến thiên thời gian.

Lực đẩy bùn:

$$F = 6.m.a = 6.0,1.300 = 180(\text{N}). \quad (9)$$

Xét hiệu suất của các bộ phận truyền:

$$\eta = \eta_x^2 \cdot \eta_{\text{ol}}^{10} = 0,95^2 \cdot 0,99^{10} = 0,82$$

Công suất mà động cơ phải chịu:

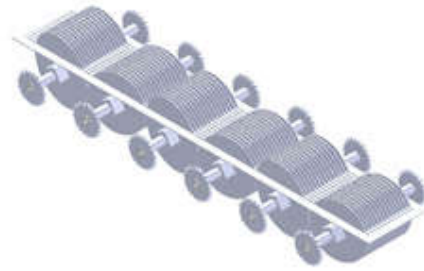
$$P = \frac{F.v}{1000.\eta} = \frac{180.0,47}{1000.0,82} = 0,103(\text{kW}) \quad (10)$$

### 3.3. Tính chọn các kết cấu cơ bản của máy

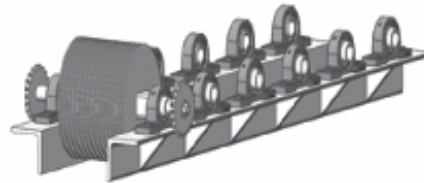
#### 3.3.1. Cụm trục rotor

Thông số tính toán: Công suất trên trục

$P = 0.12 \text{ KW}$ , số vòng quay  $n = 7$  vòng/phút; Số dây rotor: 6. Các bước tính toán: Chọn vật liệu cho cụm trục: SUS316; Phân tích động lực học tác động lên cụm trục; Xây dựng biểu đồ momem; tính toán kết cấu trục; Số đĩa rotor trên trục 14; Kết quả tính trục thể hiện như hình 4 và hình 5.



Hình 5. Cụm rotor



Hình 6. Kết cấu đỡ cụm rotor

#### 3.3.2. Tính chọn bộ truyền xích

Thông số tính toán: Công suất  $P = 0.11 \text{ KW}$ ; Tỷ số truyền  $u = 1$ ; Số vòng quay  $n = 7$  vòng/phút. Các bước tính toán: Chọn vật liệu xích: C45; Chọn loại xích B40; Phân tích lực và xây dựng biểu đồ lực tác động lên xích; Kiểm tra độ bền xích theo độ bền tiếp xúc và khả năng kéo. Kết quả tính toán cho loại xích:

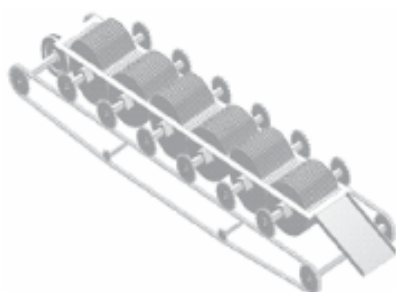
Bảng 1. Thông số xích:

Loại xích	Bước xích	Số răng xích	Khoảng cách trục
B60	19.05 mm	Z = 21	1270 mm

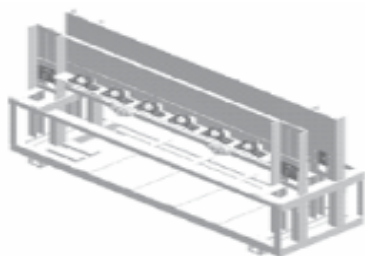
Kết cấu bố trí bộ truyền xích như hình 7.

### 3.3.3. Cụm khung và sàng tách

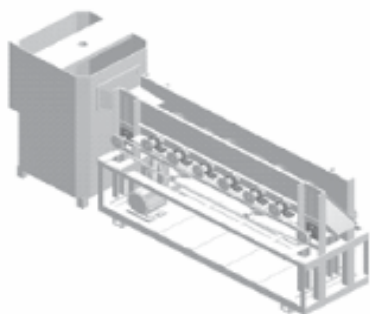
Sàng tách tạo không gian đỡ hỗn hợp bùn nước, nó còn tạo không gian chuyển động của rotor. Khe hở giữa sàng tách và rotor đảm bảo quá trình tách nước ra khỏi bùn, nó được tính toán trong khoảng 0,3 – 0,5 mm. Khung máy đỡ cụm rotor và cùng nó tạo ra không gian chứa bùn. Tính toán khung máy thực hiện qua các bước: Chọn vật liệu SUS304; phân tích động lực học tác động lên khung; xây dựng biểu đồ lực tác dụng lên khung; lựa chọn kết cấu khung. Kết quả như hình 8.



Hình 7. Bố trí bộ truyền xích



Hình 8. Khung máy



Hình 9. Mô hình máy tách bùn

## 4. KẾT QUẢ

Dựa trên nguyên lý làm việc và đặc điểm cấu tạo máy, nhóm tác giả tập trung tính toán động lực học hình thành biên dạng rotor dạng elips. Từ đó, nhóm tập trung tính toán thiết kế và xây dựng mô hình các cụm rotor, cụm truyền động truyền xích, cụm khung máy và cuối cùng là bản vẽ lắp hoàn chỉnh (hình 8). Bản vẽ lắp là tài liệu quan trọng phục vụ quá trình chế tạo trong thời gian tới. ❖

Ngày nhận bài: 04/5/2021

Ngày phản biện: 17/5/2021

### Tài liệu tham khảo:

- [1]. É. L. R. L. Bouchaib El idrissi, "Dewatering Parameters in a Screw Press and their influence on the screw press outputs," Chemical Engineering Research and Design, 2019.
- [2]. Nguyễn Văn Thơm; "Nghiên cứu đánh giá xử lý bùn đỏ tây nguyên", Luận văn Thạc sỹ, Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, 2015.
- [3]. L. N. Vinh; "Nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị lọc chân không thùng quay" 2009.
- [4]. L. F. F. M. a. B. U. Anne Wambui Mumbi, "An assessment of multi-plate screw press in dewatering process of sludge treatment," Int. J. Adv. Res. 5(12), 2015, pp. 740-747,.
- [5]. J. v. J. oliver, "The Prediction of Filter Belt Press Dewatering Efficiency for Activated Sludge By Experimentation on Filtration Compression Cells," Technology and Engineering Universit, 2016.
- [6]. T. Okada, "New Screw Press Sludge Dewatering Equipment. Reduction of Sludge Moisture Content with a Minimum of Operator Maintenance..," vol. 51, no. JAPAN TAPPI JOURNAL. , pp. . 351-356, 2017.
- [7]. R. B. T. Remat, " A laboratory sludge press for characterizing sludge dewatering,," water science and Technology,, Vols. Vol 35,, pp. P 189-196,, 2007.
- [8]. <http://kendensha.com>.
- [9]. <http://tridentprocesses.com>.
- [10]. Đ. K. B. ., T. L. N. T. T. Phạm Thị Thủy; "Phân tích ảnh hưởng của biên dạng rotor kiểu elip tới khả năng làm việc của máy tách bùn", Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 2020.
- [11]. "The Prediction of Filter Belt Press Dewatering Efficiency for Activated Sludge By Experimentation on Filtration Compression Cells,," Technology, Vols. E., & Universit, O. , 2015.