

ĐẶC ĐIỂM KẾT CẤU VÀ THIẾT KẾ MÔ HÌNH MÁY TÁCH Bùn PHÂN CẤP

STRUCTURAL FEATURES AND DESIGN OF A MULTI-STAGE SLUDGE SEPARATION MACHINE

Nguyễn Thanh Tùng
Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp tính toán và thiết kế máy tách bùn phân cấp dựa trên cơ sở lý thuyết và mô hình toán học. Nghiên cứu đã xác định các thông số hình học phù hợp cho trục vít và cụm sàng rung nhằm nâng cao hiệu quả tách bùn. Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được mô hình hoàn chỉnh của máy tách bùn phân cấp, tạo nền tảng quan trọng cho việc phát triển và chế tạo máy tách bùn phân cấp phù hợp với điều kiện thực tế tại Việt Nam.

Từ khóa: Máy tách bùn phân cấp; Trục vít ép; Sàng rung.

ABSTRACT

The paper presents a method for calculating and designing a multi-stage sludge separator based on theoretical foundations and mathematical modeling. The study identified suitable geometric parameters for the screw shaft and vibrating screen assembly to enhance sludge separation efficiency. The research results led to the development of a complete model of the multi-stage sludge separator, providing an important basis for the development and fabrication of a multi-disc screw sludge separator adapted to practical conditions in Vietnam.

Keywords: Multi-stage sludge separator; Screw press; Vibrating screen.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, 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. Bùn thải gây nên ô nhiễm nguồn nước, đất. Nó ảnh hưởng nghiêm trọng đến hệ sinh thái và sức khỏe cộng đồng. Vấn đề là làm thế nào để tách riêng bùn và nước để có thể áp dụng các biện pháp công nghệ nhằm biến chúng thành các thành phần thân thiện với môi trường đang là vấn đề cần được giải quyết một triệt để. Máy

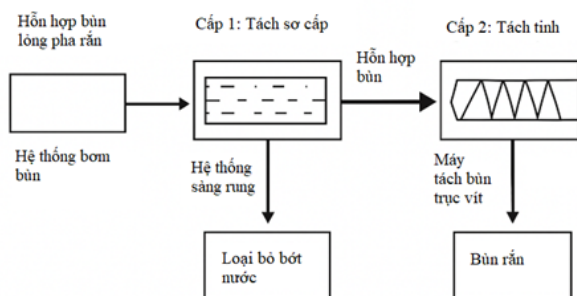
tách bùn là một trong các giải pháp đang được áp dụng. Một số loại máy tách bùn như máy tách bùn chân không, máy tách bùn băng tải [1-2], khi làm việc chúng tồn tại các nhược điểm như hiệu suất tách bùn thấp, tuổi thọ thiết bị không cao, chi phí sử dụng cao và mỗi thiết bị chỉ phù hợp với một số loại bùn nhất định. Trong nghiên cứu của mình, một số nhóm tác giả cũng công bố các nghiên cứu về các giải pháp [3-6] như nâng cao khả năng vận tải và tối ưu hóa thông số trục vít trong máy tách bùn trục vít hoặc bổ sung các yếu tố hoạt tính tới

khả năng tách bùn của vải lọc trên máy tách bùn kiểu chân không. Tuy nhiên, các cải tiến đều dựa trên đặc điểm của phương pháp tách bùn đơn lẻ nên hiệu quả phụ thuộc nhiều vào đặc điểm kết cấu của thiết bị tách bùn. Dựa trên các thử nghiệm ban đầu của nhóm tác giả, để nâng cao hiệu quả tách bùn bằng sử dụng thiết bị tách bùn, quá trình được thực hiện qua hai bước: Bước 1: Tách sơ bộ, tại bước này nước sẽ được tách một phần ra khỏi bùn dựa trên công nghệ rung lắc. Một lượng nước đáng kể sẽ được tách ra và bùn trở lên khô hơn sẽ được tiến hành tách ở bước tiếp theo. Bước 2: Bùn được tách và ép khô nhờ máy tách bùn trục vít, các cải tiến về kết cấu cụm tách ép dạng trục vít và cụm vỏ thoát nước sẽ nâng cao hiệu quả làm việc của máy. Hệ thống tách bùn 2 cấp sẽ khắc phục được nhược điểm của các máy tách ép bùn như đã nêu trên, nó tạo ra bùn với độ ẩm thấp, chi phí vận hành bảo dưỡng thấp và khắc phục được các hiện tượng kẹt nước khi vận hành.

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tập trung vào tính toán thiết kế để xây dựng mô hình máy tách bùn phân cấp. Nó là cơ sở quan trọng trong việc chế tạo thiết bị này trong nước.

2. ĐẶC ĐIỂM THIẾT KẾ MÁY TÁCH Bùn PHÂN CẤP

2.1. Nguyên lý làm việc

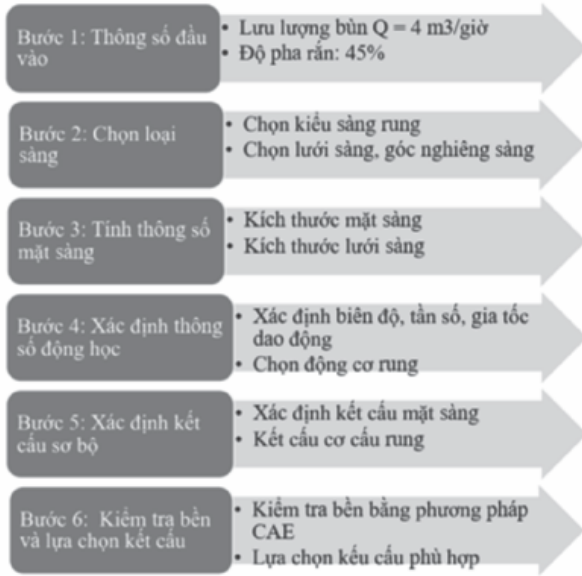


Hình 1. Sơ đồ nguyên lý

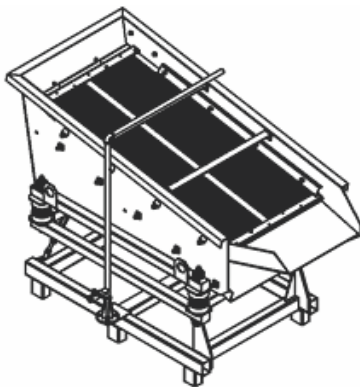
Hệ thống tách bùn phân cấp được thiết kế nhằm tách riêng pha rắn và pha lỏng trong bùn thải. Quá trình tách được thực hiện liên tục qua hai giai đoạn, gồm tách sơ cấp và tách thứ cấp nhằm nâng cao độ khô của bùn rắn đầu ra. Trước tiên, hỗn hợp bùn loãng được chuyển vào bồn khuấy trộn bằng thiết bị bơm bùn. Đồng thời, bơm định lượng sẽ bơm hóa chất polymer đã được pha loãng với nồng độ 0,1-0,2% vào bồn khuấy trộn. Tại đây, bùn loãng và polymer được trộn đều đảm bảo nồng độ bùn đầu vào tương đối ổn định và bùn được keo tụ tạo bông. Ở giai đoạn tách sơ cấp, hỗn hợp bùn được bơm bộ phận tách sơ cấp 1 (hình 1) sử dụng sàng rung tách trọng lực. Giai đoạn này chủ yếu có nhiệm vụ loại bỏ một phần nước lẫn trong hỗn hợp bùn thông qua cơ chế sàng lọc cơ học. Kích thước khe sàng trong giai đoạn này thường nằm trong khoảng 0,5-1,0 mm, cho phép giữ lại phần lớn chất rắn có kích thước lớn và giảm tải cho bộ phận tách thứ cấp. Dòng vật liệu sau tách sơ cấp được dẫn tới bộ phận tách thứ cấp, nơi sử dụng cơ cấu vít ép đa đĩa để tách tinh. Trục vít ở đây dùng bước vít thay đổi nhỏ dần về phía các đĩa vít cuối, làm áp suất bên trong tăng lên do thể tích nhỏ dần tạo áp lực để tách nước ra khỏi bùn. Nước được tách ra khỏi bùn qua các kẽ hở giữa các đĩa. Bùn khô sẽ di chuyển ra đầu còn lại của máy ép nhờ chuyển động quay tịnh tiến của trục vít và chuyển động của đĩa ép thẳng lại chuyển động tịnh tiến của trục vít. Bùn sau khi ép sẽ được thu gom và vận chuyển bằng thùng chứa hoặc hệ thống vít.

2.2. Tính chọn hệ thống sàng rung sơ cấp

Bùn thải được chọn là loại phổ biến với độ pha rắn trung bình 45%; Năng suất lựa chọn $Q = 4,0 \text{ m}^3/\text{h}$. Các bước tính toán cụm sàng rung được thể hiện như sơ đồ hình 2.



a. Sơ đồ các bước tính toán



b. Cụm sàng rung

Hình 2. Sơ đồ bước tính hệ thống sàng rung

2.3. Tính chọn thông số trục vít cụm máy tách bùn trục vít

Theo [5], năng suất của vít tải Q (tấn/h) được xác định qua công thức sau:

$$Q = 60 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \cdot n \cdot \rho \cdot k_c \cdot k_n \quad (1)$$

Trong đó: D - Đường kính vít tải (mm), p - Bước vít trung bình (mm), ρ - Khối lượng riêng của vật liệu vận chuyển (kg/mm^3), k_c - Hệ

số chứa đầy tiết diện máng, phụ thuộc vật liệu, lấy $k_c = 2,9$; k_n - Hệ số phụ thuộc góc nghiêng ρ độ của vít tải, chọn $\beta = 20^\circ$ thì $k_n = 0,65$; n - Số vòng quay vít tải (vòng/phút), $n = \frac{k_v}{\sqrt{D}}$ với k_v là hệ số phụ thuộc vật liệu với bùn loãng, lấy $k_v = 1,8$.

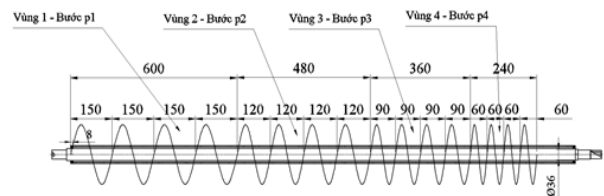
$$D = \left(\frac{Q}{37,7 \cdot k_v \cdot k_c \cdot k_n \cdot \rho} \right)^{2/5} = 0,2054 \text{ m}$$

chọn $D = 0,2 \text{ m} = 200 \text{ mm}$ (2)

Đường kính trong trục vít sẽ là:

$$d = 3,3 \cdot D = 3,3 \cdot 200 = 60 \text{ (mm)} \quad (3)$$

Để tạo ra lực ép, để tách nước ra được hiệu quả thì thể tích buồng ép được giảm dần về cuối giai đoạn ép. Bước vít thay đổi dần, $P_1 = 150 \text{ mm}$, $P_2 = 120 \text{ mm}$, $P_3 = 90 \text{ mm}$, $P_4 = 60 \text{ mm}$.



Hình 3. Kết cấu trục vít ép

Góc xoắn vít thay đổi theo bước vít:

$$\tan \alpha = p / \pi \cdot D \quad (4)$$

Bảng 1. Thông số trục vít và góc xoắn

Bước vít P (mm)	150	120	90	60
Góc xoắn vít (độ)	13,43	10,82	8,16	5,45

2.4. Tính chọn động cơ trục vít và các thông số động học khác

Vận tốc bùn đầu vào trục vít:



$$v_{1-\max} = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}} = 1,83(\text{m/s}) \quad (5)$$

Trong đó, A là diện tích mặt cắt ngang khoang tách bùn.

Với lượng bùn khô tách ra có độ ẩm 30% thì lượng nước tách ra 70% thì lưu lượng đầu ra của máy $Q' = 0,3.Q = 1,2 \text{ m}^3/\text{h}$.

Vận tốc bùn đầu ra trực vít:

$$v_{2-\max} = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}} = 0,55(\text{m/s}) \quad (6)$$

Tốc độ trực vít được tính theo vận tốc đầu ra:

$$n = \frac{60000.v}{\pi.D} = 5,25 (\text{Vòng/phút}) \quad (7)$$

Công suất trên trực vít tải xác định theo:

$$P = c_0 \cdot \frac{QL}{360} + \frac{QH}{360} = 0,945 \text{ KW} \quad (8)$$

Trong đó: Q - Năng suất của vít tải (kg/giờ); L - Chiều dài vận chuyển (m), H - Chiều cao vận chuyển (m); c_0 - Hệ số lực cản, liệu với bùn loãng, lấy $c_0 = 36$.

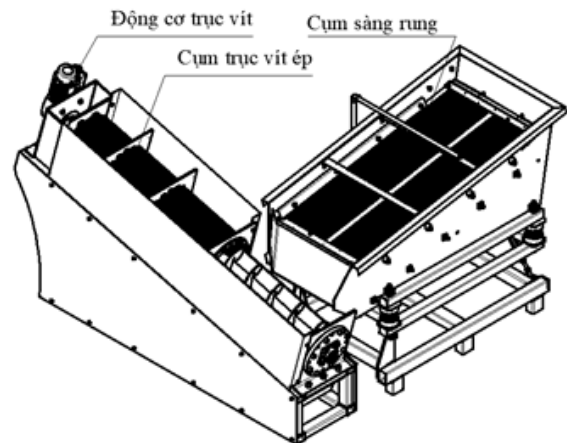
Hiệu suất chung của hệ thống:

$$\eta = \eta_{ol} \cdot \eta_{kn} \cdot \eta_{ck} = 0,72 \quad (9)$$

Công suất động cơ:

$$P_{dc} = \frac{P}{\eta} = \frac{0,945}{0,72} = 1,31 \text{ KW} \quad (10)$$

Từ kết quả tính chọn cụm sàng rung, cụm trực vít và lựa chọn một số kết cấu chính, mô hình máy tách bùn phân cấp được trình bày như hình 4.



Hình 4. Mô hình máy tách bùn phân cấp

Mô hình máy tách bùn phân cấp hoàn thiện bao gồm cụm sàng rung tách bùn sơ cấp và cụm trực vít đa đĩa tách tinh làm khô bùn.

3. KẾT LUẬN

Dựa trên nguyên lý làm việc và đặc điểm cấu tạo máy tách bùn, nhóm tác giả tập trung tính toán động lực học hình thành trục vít của máy tách bùn. Từ đó, nhóm tập trung tính toán thiết kế và xây dựng mô hình các cụm sàng rung, cụm truyền động trục vít, lựa chọn cụm khung máy và cuối cùng là bản vẽ hoàn chỉnh (hình 4). Mô hình máy tách bùn phân cấp là tài liệu quan trọng phục vụ quá trình chế tạo trong trong thời gian tới.

Lời cảm ơn:

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Mở - Địa chất đã hỗ trợ nguồn lực để thực hiện nghiên cứu cơ sở này, mã đề tài T25-01.❖

Ngày nhận bài: 03/11/2025

Ngày phản biện: 12/11/2025

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Lưu Ngọc Vĩnh và Công ty cổ phần thiết kế công nghiệp hóa chất, “*Nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị lọc chân không thùng quay*”, 2019.
- [2]. Nguyễn Văn Thom, Luận văn thạc sĩ khoa học với đề tài: “*Nghiên cứu đánh giá xử lý bùn đỏ Tây Nguyên*”. Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, 2015.
- [3]. Anne Wambui Mumbi, Li Fengting, Fridah Mwarania and Batzorig Uganchimeg, “*An assessment of multi-plate screw press in dewatering process of sludge treatment*”. Int. J. Adv. Res. 5(12), p. 740-747, 2015.
- [4]. “*The Prediction of Filter Belt Press Dewatering Efficiency for Activated Sludge by Experimentation on Filtration Compression Cells*”, Technology, E., & Universit, O. (2016).
- [5]. Okada, Takesi, “*New Screw Press Sludge Dewatering Equipment. Reduction of Sludge Moisture Content with a Minimum of Operator Maintenance*”. Japan Tappi Journal, 51, p. 351-356, 2017.
- [6]. T. Remat, R. Branion, “*A laboratory sludge press for characterizing sludge dewatering*”. Water Science and Technology, vol 35, p. 189-196, 2007.