



THIẾT KẾ MÔ PHỎNG ĐỘNG LỰC HỌC CỦA MÁY TÁCH NƯỚC LY TÂM SỬ DỤNG TRONG DÂY CHUYỀN TUYỂN THAN

Nguyễn Văn Xô

Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 18 Phố Viên, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 18/3/2025

Ngày nhận bài sửa: 23/4/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/4/2025

Tác giả liên hệ:

Email: nguyenvanxo@humg.edu.vn

TÓM TẮT

Máy tách nước ly tâm là giải pháp tốt nhất để tách một cách cơ học nước khỏi chất rắn bởi vì nó có thể khử chất nước liên tục với năng suất cao đến độ ẩm đầu ra thấp, trong khi cần ít không gian, năng lượng hoặc thời gian. Máy tách nước ly tâm được sử dụng nhiều trong công nghệ tuyển khoáng, máy làm nhiệm vụ tách (vắt) nước lẫn trong sản phẩm ra để làm giảm bớt độ ẩm của sản phẩm. Độ ẩm của sản phẩm đầu vào từ 18% - 28%, sau khi qua thiết bị vắt tách nước, độ ẩm đầu ra của sản phẩm còn $\leq 13\%$. Hiện tại loại máy này được sử dụng nhiều cho ngành than, tuy nhiên thiết bị nhập khẩu từ nước ngoài với chi phí cao và chúng ta không làm chủ được công nghệ. Trong nghiên cứu này nhóm tác giả trình bày các yếu tố chính ảnh hưởng đến máy trong quá trình làm việc và phương pháp tích hợp các phần mềm trong thiết kế 3D phân tích và mô phỏng động lực học của máy, đây có thể là cơ sở cho các nhà khoa học tham khảo trong quá trình thiết kế máy.

Từ khóa: Máy tách nước ly tâm; tính toán thiết kế; phân tích, mô phỏng động lực học.

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay than vẫn là một trong những nguồn nhiên liệu quan trọng, cung cấp năng lượng cho ngành công nghiệp, hóa chất và các ngành khác ... Do yêu cầu liên tục ngày càng tăng về chất lượng nguyên liệu đầu vào và sản phẩm cuối cùng trong ngành công nghiệp, đòi hỏi phải có công nghệ hiện đại để kiểm soát chính xác các quy trình sản xuất, trong đó độ ẩm của than được đánh giá là một trong những tiêu chí quan trọng quyết định chất lượng của sản phẩm. Vì vậy, trong dây chuyền tuyển khoáng máy tách nước là thiết bị không thể thiếu để làm giảm độ ẩm của sản phẩm đến yêu cầu cần thiết. Các thiết bị tách nước hiện nay rất đa dạng như: loại máy lọc ép, máy tách nước ly tâm trục đứng và trục ngang, máy tách nước ly tâm tần số cao [8, 9].

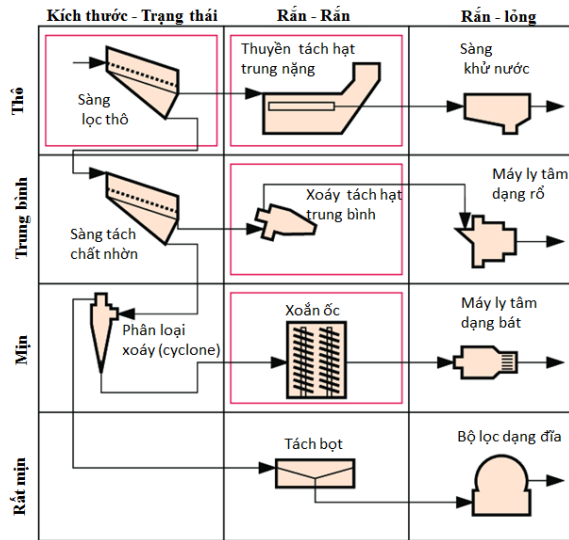
Trong các nhà máy sàng tuyển than của Tập đoàn Công nghiệp Than- Khoáng sản Việt Nam (TKV) sử dụng các máy tách nước ly tâm, tuy nhiên hiện tại trong nước chưa có những nghiên cứu và cũng chưa chế tạo thiết bị này, mà hoàn toàn nhập

khẩu từ nước ngoài, giá thành cao, gây nhiều khó khăn cho các doanh nghiệp trong quá trình sửa chữa thay thế, dẫn đến không làm chủ được kế hoạch sản xuất mà phải lệ thuộc vào nước ngoài. Vì vậy việc nghiên cứu tính toán thiết kế máy vắt ly tâm cần được quan tâm.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

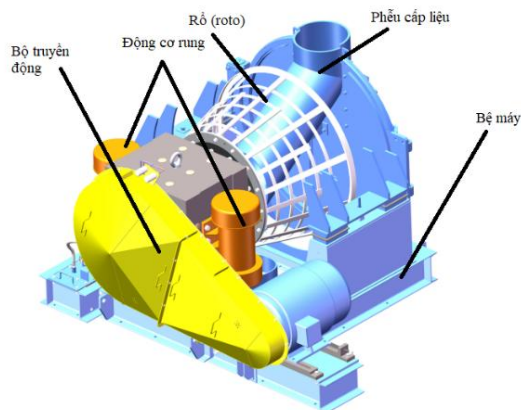
2.1. Vai trò và phân loại máy tách nước ly tâm

Trong công nghệ tuyển khoáng đa phần các khoáng sản cần phải được nghiền nhỏ với mục đích tách các hợp chất ra khỏi nhau rồi dựa vào các tính chất vật lý, hóa học ... để phân loại và làm giàu. Các chất phụ gia trong quá trình tuyển được sử dụng phổ biến nhất ở dưới dạng lỏng. Vì vậy kết thúc quá trình tuyển sản phẩm cần được sấy khô bằng các phương pháp khác nhau để phục vụ cho các công đoạn tiếp theo. Trên Hình 1 thể hiện một số sơ đồ tuyển với thiết bị tách nước ở khâu cuối.



Hình 1. Một số sơ đồ tuyển khoáng với thiết bị tách nước ở khâu cuối

Máy tách nước ly tâm được sử dụng nhiều trong công nghệ tuyển khoáng, làm nhiệm vụ tách (vắt) nước lẫn trong sản phẩm ra để làm giảm bớt

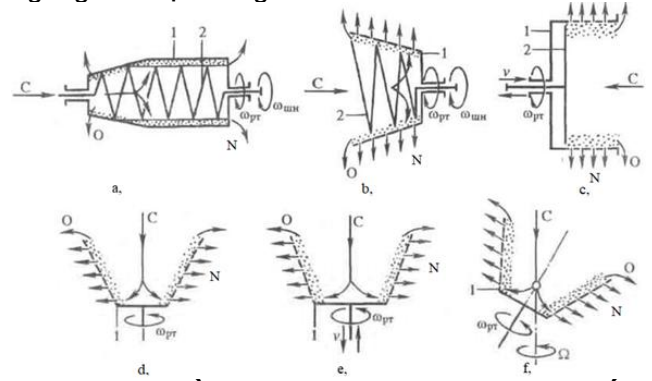


Hình 3. Sơ đồ cấu tạo của máy tách nước ly tâm

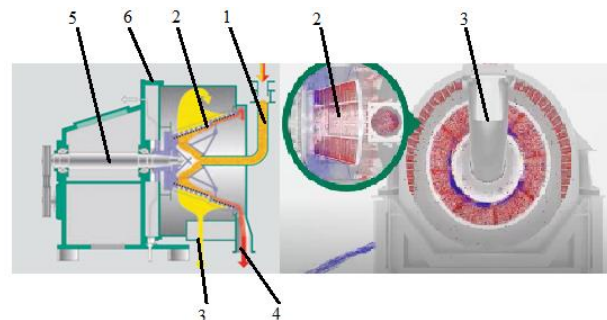
Nguyên liệu đầu vào là sản phẩm của quá trình tuyển ướt được rót qua Phễu cấp liệu (1) vào Lồng quay (2). Khi máy làm việc, động cơ điện truyền chuyển động qua Cụm truyền động (5) làm quay Lồng quay (2). Dưới tác động của lực ly tâm, các phân tử nước và hạt vật liệu có xu hướng văng ra ngoài, các hạt vật liệu được chặn lại còn các phân tử nước lọt qua khe của rô văng ra ngoài và được tháo qua Đường xả nước (3), còn vật liệu được thoát qua Đường xả liệu (4). Để tăng khả năng đẩy trượt vật liệu ra khỏi Lồng quay (2), trên Thân máy (6) bố trí động cơ gây rung làm nhiệm vụ rung đẩy sản phẩm trên mặt rô lưới và đẩy hạt vật liệu ra ngoài Đường xả liệu (4).

độ ẩm của sản phẩm. Độ ẩm của sản phẩm đầu vào từ 18% - 28%, sau khi qua thiết bị vắt tách nước, độ ẩm đầu ra của sản phẩm còn $\leq 13\%$. Cấu tạo máy tách nước ly tâm thể hiện trong Hình 2 và nguyên lý hoạt động trong Hình 3 [5, 6]

Sơ đồ nguyên lý làm việc của một số máy tách nước ly tâm trình bày trên Hình 2. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy tách nước ly tâm nằm ngang thể hiện trong Hình 3.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý làm việc của một số kiểu máy tách nước ly tâm



1-Phễu cấp liệu; 2- Lồng quay; 3-Đường xả nước; 4-Đường xả liệu; 5-Cụm truyền động; 6-Thân máy

Hình 4. Nguyên lý hoạt động máy tách nước ly tâm

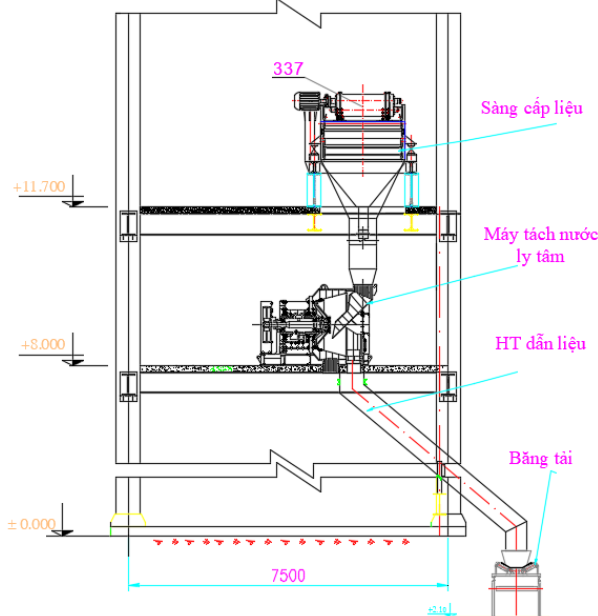
Máy tách nước ly tâm có nhiều kiểu khác nhau: Máy tách nước ly tâm trục đứng (Hình 2 d, e); máy ly tâm trục ngang (Hình 2 a, b, c); máy tách nước ly tâm trục nghiêng (Hình 2 f); máy tách nước ly tâm với lồng quay có gân xoắn (Hình 2 a,b); lồng quay vừa quay vừa tịnh tiến (Hình 2 c, e); máy tách nước ly tâm trượt hoặc rung... mỗi loại máy có những ưu nhược điểm khác nhau, tùy thuộc vào điều kiện sử dụng thực tế mà người ta chọn loại nào cho phù hợp. Tuy nhiên, theo nghiên cứu của các nhà khoa học và thực tế sử dụng máy tách nước ly tâm trục ngang và máy tách nước ly tâm trục đứng người ta thấy rằng:



- Máy ly tâm trục ngang có khối lượng nhỏ hơn 40% so với máy ly tâm đứng cùng kích thước với cùng chi phí năng lượng;

- Máy tách nước ly tâm trục ngang dễ bảo trì hơn so với máy ly tâm thẳng đứng, vì thiết kế nằm ngang không yêu cầu tháo rời toàn bộ máy.

Máy tách nước ly tâm là một thiết bị trung gian trong dây chuyền sàng tuyển than. Trong Hình 5 thể hiện bố trí máy tách nước ly tâm của Nhà máy Tuyển than II Vàng Danh. Trong dây chuyền này, than sau khi qua sàng cấp liệu thông qua hệ thống dẫn liệu sẽ được cấp đầu vào của máy tách nước, sau đó máy tách nước ly tâm sẽ làm việc để làm khô than, sau đó than khô sẽ được chuyển đến băng tải tải và vận chuyển than đến kho chứa [7].



Hình 5. Bố trí máy tách nước ly tâm trong dây chuyền Nhà máy Tuyển than II Vàng Danh

2.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến máy tách nước ly tâm trong quá trình làm việc [8]

Máy tách nước ly tâm khi làm việc chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố, sau đây là một số yếu tố chính ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả làm việc của máy:

Tốc độ quay của máy ly tâm: Tốc độ quay của máy ly tâm là một trong những yếu tố chính ảnh hưởng đến lực ly tâm tác động lên hạt than và nước. Nếu tốc độ quay quá thấp, lực ly tâm không đủ mạnh để tách nước và các tạp chất khỏi than. Ngược lại, nếu tốc độ quay quá cao, hạt than có thể bị phá vỡ và làm giảm chất lượng sản phẩm;

Bán kính của rô máy ly tâm: Bán kính của rô máy ly tâm cũng là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến lực ly tâm. Khi bán kính của rô máy ly tâm tăng lên, lực ly tâm do máy ly tâm

tạo ra cũng sẽ tăng lên và hiệu quả ly tâm sẽ tốt hơn;

Nhiệt độ: Nhiệt độ ảnh hưởng đến độ nhớt của nước và các tạp chất. Sự thay đổi nhiệt độ có thể ảnh hưởng đến độ hòa tan và tốc độ phản ứng của các chất trong mẫu, từ đó ảnh hưởng đến hiệu quả tách. Thông thường, việc giữ nhiệt độ ly tâm trong phạm vi phù hợp có thể cải thiện hiệu quả ly tâm, nếu nhiệt độ quá thấp, nước và các tạp chất có thể không được tách ra khỏi than. Ngược lại, nếu nhiệt độ quá cao, nước có thể bốc hơi và làm giảm hiệu quả của quá trình tách;

Độ pH: Độ pH của nước ảnh hưởng đến tính ion của các tạp chất. Nếu độ pH quá cao hoặc quá thấp, các tạp chất có thể không được tách ra khỏi than;

Kích thước hạt than: Kích thước hạt than ảnh hưởng đến khả năng tách nước và các tạp chất. Nếu kích thước hạt quá nhỏ, chúng có thể không được tách ra khỏi nước. Ngược lại, nếu kích thước hạt quá lớn, chúng có thể không được tách ra khỏi các tạp chất;

Lượng nước và tạp chất: Lượng nước và tạp chất trong tuyển than ảnh hưởng đến hiệu quả của quá trình tách. Nếu lượng nước và tạp chất quá nhiều, quá trình tách có thể không đạt hiệu quả cao;

Trọng lượng riêng của vật liệu: Trọng lượng riêng của vật liệu cũng là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến hiệu quả làm việc của máy ly tâm. Nếu vật liệu có trọng lượng riêng càng lớn thì đòi hỏi lực ly tâm càng cao;

Cấu trúc và hình dạng vật liệu: Cấu trúc và hình dạng vật liệu khác nhau sẽ có tác động khác nhau đến hiệu ứng ly tâm. Cấu trúc và hình dạng của vật liệu khác nhau thì yêu cầu về lực ly tâm cũng sẽ khác nhau;

Độ tinh khiết của vật liệu: Độ tinh khiết của vật liệu cũng sẽ ảnh hưởng đến hiệu quả làm việc của máy ly tâm. Nếu độ tinh khiết của vật liệu không cao thì khả năng làm việc của máy ly tâm cũng sẽ bị ảnh hưởng;

Độ nhớt của huyền phù: Khi độ nhớt của huyền phù cao hơn, tốc độ lắng của các hạt sẽ chậm hơn, điều này có thể cần lực ly tâm cao hơn và thời gian ly tâm lâu hơn;

Hình dáng của lồng quay: Hình dáng của lồng quay khác nhau thì hiệu quả làm việc của máy cũng khác nhau. Một lồng quay có thiết kế đặc biệt có thể cải thiện hiệu suất của máy và tách các mẫu có trọng lượng khác nhau;

Thời gian ly tâm: Thời gian ly tâm là thời gian mẫu quay trong máy ly tâm. Độ dài của thời gian ly tâm sẽ ảnh hưởng đến mức độ lắng của các hạt, độ dài của thời gian ly tâm thường cần được xác



định dựa trên đặc tính của mẫu và hiệu quả tách mong muốn. Các hạt lớn hơn có thể cần thời gian ly tâm lâu hơn để lắng hoàn toàn.

2.3 Thiết kế và mô phỏng động lực học của máy tách nước ly tâm

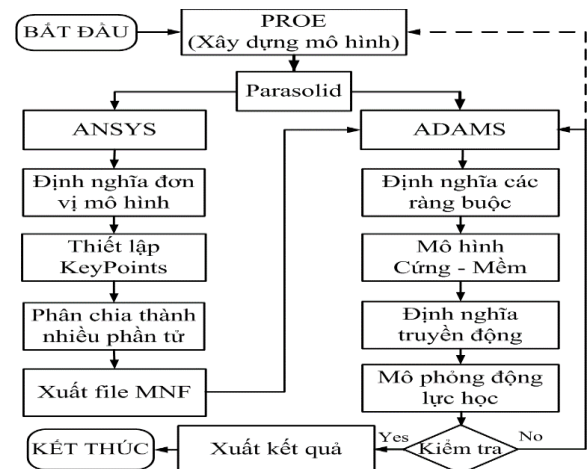
2.3.1. Phương pháp tích hợp các phần mềm để thiết kế 3D và mô phỏng động lực học của máy [10,11]

Hiện nay có rất nhiều phần mềm để thiết kế, phân tích và mô phỏng máy, mỗi phần mềm có những tính năng mạnh, yếu khác nhau, trong Bảng 1 đưa ra một số so sánh tính năng cơ bản của 3 phần mềm điển hình trong thiết kế, phân tích, và mô phỏng đang được sử dụng nhiều là PROE/Creo, MSC ADAMS, ANSYS

Bảng 1: Tính năng của một số phần mềm

Tiêu chí	PROE / Creo	MSC ADAMS	ANSYS
Chức năng chính	Thiết kế CAD 3D, mô hình hóa tham số	Mô phỏng động lực học hệ đa vật thể (MBD)	Phân tích phần tử hữu hạn (FEA), mô phỏng đa vật lý
Thiết kế hình học (CAD)	★★★★★ Hệ CAD mạnh mẽ	★ Giao diện đơn giản, không chuyên về CAD	★★ Tích hợp cơ bản trong ANSYS SpaceClaim
Phân tích tĩnh (Stress, biến dạng)	★★ Tích hợp cơ bản (Creo Simulate)	✗ Không hỗ trợ trực tiếp	★★★★★ Mạnh, chính xác, chuyên sâu
Phân tích động lực học (MBD)	★★ Có module cơ bản	★★★★★ Hàng đầu trong MBD	★★ Có nhưng yếu hơn ADAMS
Phân tích dao động (Modal, Harmonic)	★★ Ở mức trung bình	★★★★ Phân tích chuyển động tạo dao động	★★★★★ Chuyên sâu, chi tiết
Phân tích mô phỏng tiếp xúc (contact)	★★ Cơ bản	★★★★★ Rất chi tiết trong mô phỏng va chạm	★★★★★ Mô phỏng tiếp xúc phi tuyến chính xác
Phân tích nhiệt (Thermal)	★★ Có trong gói mở rộng	✗ Không hỗ trợ	★★★★★ Mạnh mẽ với mô phỏng nhiệt - kết cấu

Qua bảng so sánh ta thấy, phần mềm PROE/Creo rất mạnh về thiết kế 3D, tuy nhiên tính năng phân tích và mô phỏng không mạnh bằng phần mềm ANSYS và MSC ADAMS; phần mềm ANSYS rất mạnh về phân tích kết cấu nhưng không mạnh về xây dựng mô hình 3D và mô phỏng; phần mềm MSC ADAMS rất mạnh về mô phỏng động lực học của máy nhưng không mạnh về tính năng xây dựng mô hình 3D và phân tích kết cấu. Để sử dụng được các tính năng mạnh của các phần mềm khi giải các bài toán mô phỏng động lực học phức tạp thì ta sẽ phải tích hợp các phần mềm như sơ đồ Hình 6.



Hình 6. Sơ đồ tích hợp các phần mềm để thiết kế 3D mô phỏng động lực học

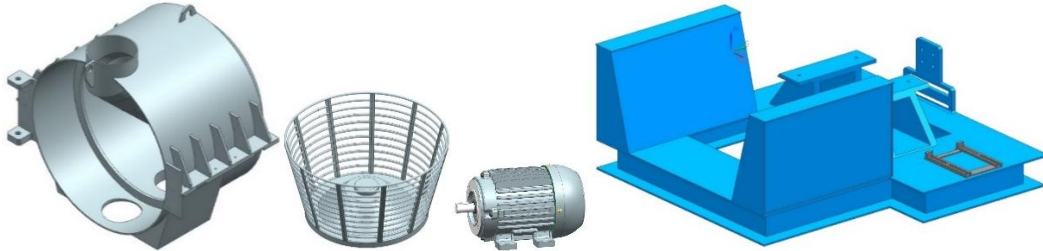


2.3.2 Thiết kế 3D và mô phỏng động lực học của máy tách nước ly tâm [1, 2, 10, 11]

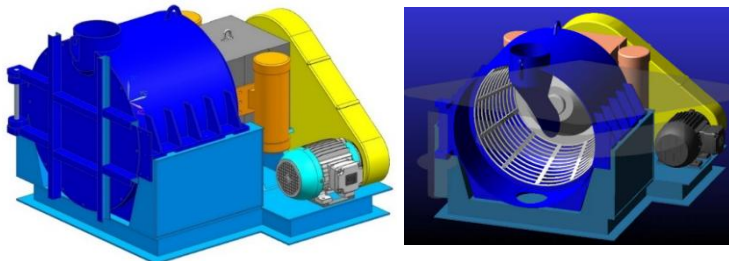
Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đi tính toán thiết kế máy tách nước ly tâm có các thông số kỹ thuật cơ bản như sau: Năng suất 50 t/h; Tốc độ quay của rô 300 vg/phút; Góc nghiêng của lồng quay 13°; Kích thước khe lưới rô 0,3 ÷ 0,5 mm; Cỡ hạt dầu vào ≤ 13 mm; Độ ẩm vật liệu đầu vào

18÷28 %; Độ ẩm vật liệu đầu ra ≤ 13% và tích hợp các phần mềm PROE, ANSYS, MSC ADAMS để mô phỏng động lực học của máy.

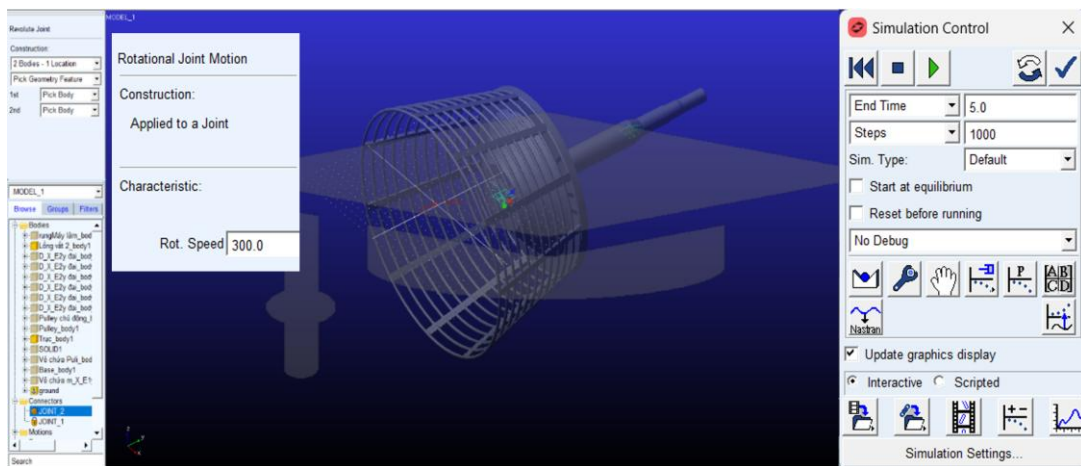
Trên cơ sở các thông số đầu vào đã tính toán thiết kế được mô hình 3D và mô phỏng động lực học của máy từ đó lựa chọn được thông số hợp lý của máy. Một số kết quả thể hiện trên các Hình 7 - Hình 15.



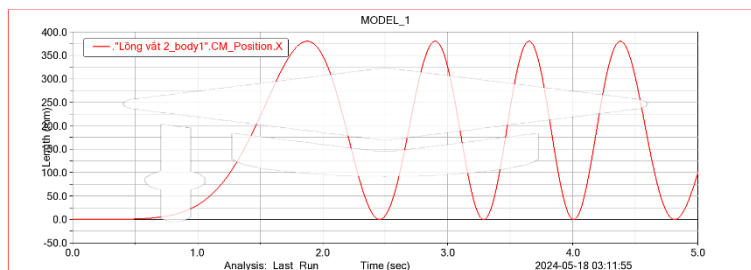
Hình 7. Một số chi tiết, cụm chi tiết của máy được xây dựng bằng phần mềm CREO



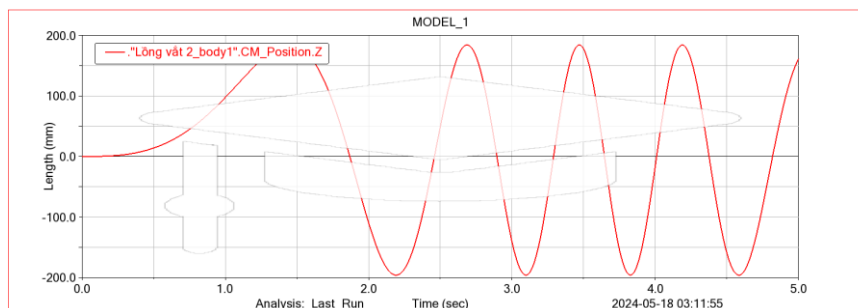
Hình 8. Mô hình 3D hoàn chỉnh của máy tách nước ly tâm được thiết kế bằng phần mềm PROE



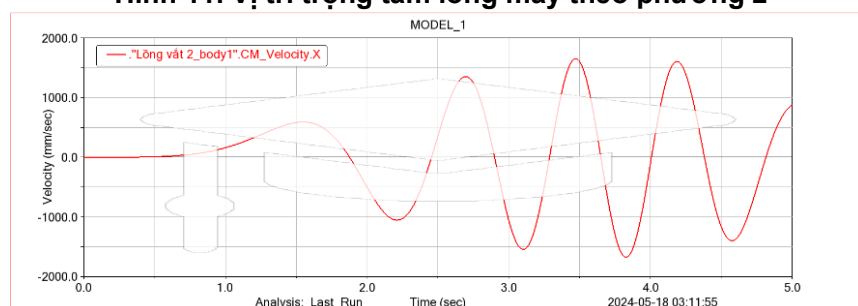
Hình 9. Tích hợp các phần mềm PROE, ADAMS, ANSYS để thiết kế mô phỏng động lực học của máy



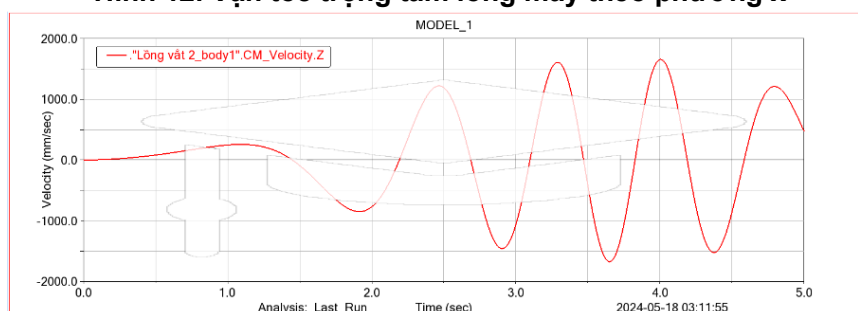
Hình 10. Vị trí trọng tâm lồng máy theo phương x



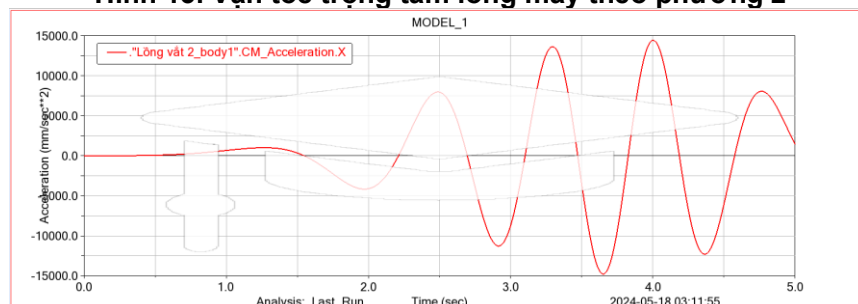
Hình 11. Vị trí trọng tâm lồng máy theo phương z



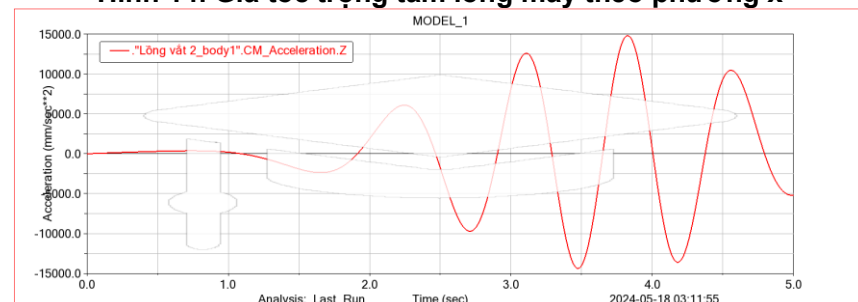
Hình 12. Vận tốc trọng tâm lồng máy theo phương x



Hình 13. Vận tốc trọng tâm lồng máy theo phương z



Hình 14. Gia tốc trọng tâm lồng máy theo phương x



Hình 15. Gia tốc trọng tâm rô máy theo phương z



3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Khi máy ly tâm làm việc sẽ chịu ảnh hưởng của nhiều tham số: Tốc độ quay của máy ly tâm; Bán kính của lồng quay máy ly tâm; Nhiệt độ; Kích thước hạt than; Lượng nước và tạp chất; Trọng lượng riêng của vật liệu; Cấu trúc và hình dạng vật liệu; Độ tinh khiết của vật liệu; Độ nhớt của huyền phù; Hình dáng của rô máy (roto); Thời gian ly tâm... vì vậy việc tính toán thiết kế máy ly tâm rất phức tạp, người thiết kế phải cân nhắc trong trường hợp cụ thể khi máy làm việc để thiết kế hợp lý.

Hiện tại có rất nhiều phần mềm thiết kế 3D, phân tích, mô phỏng... tuy nhiên mỗi phần mềm sẽ có tính năng ưu việt khác nhau (Bảng 1), khi thiết kế 3D, phân tích và mô phỏng động lực học của máy thì ta nên sử dụng tích hợp các phần mềm như sơ đồ hình 6 để giải các bài toán phức tạp.

Trong bài viết này tác giả đã sử dụng phần mềm CREO để thiết kế mô hình 3D của máy tách nước ly tâm có năng suất 50 t/h như yêu cầu, bằng cách xây dựng các chi tiết, cụm chi tiết (Hình 7) sau đó lắp ghép chúng lại với nhau thành máy hoàn chỉnh (Hình 8)

Sử dụng phương pháp tích hợp các phần mềm (Hình 6), trên cơ sở mô hình 3D máy thiết kế trong phần mềm PROE (Hình 8), tác giả đã tích hợp với MSC ADAMS, ANSYS và đã thiết lập các ràng buộc là các tham số đầu vào của máy (tốc độ quay của máy, thời gian, trọng lượng,...) để xây dựng được mô hình mô phỏng (Hình 9), sau đó tiến hành

chạy mô phỏng, kết quả mô phỏng cho ta tất cả các thông số động lực học của máy (Hình 10 ÷ Hình 15 là một số kết quả điển hình);

Từ kết quả cho thấy, đối với lồng máy:

- Biên độ dao động trọng tâm lớn nhất: theo phương x (0÷370 mm); theo phương z (-198 ÷ 198 mm);

- Vận tốc trọng tâm lớn nhất: 1,6 m/s

- Gia tốc trọng tâm lớn nhất: 15 m/s²

Biên độ dao động, vận tốc, gia tốc trọng tâm lồng máy của máy khi bắt đầu khởi động thì chưa ổn định, sau một thời gian ngắn rất ngắn thì máy sẽ chạy ổn định.

4. KẾT LUẬN

➤ Bài viết đã nêu ra nguyên lý hoạt động của máy tách nước ly tâm; phân loại máy và đã phân tích khả năng làm việc của từng loại; sau đó đã nêu ra một số yếu tố ảnh hưởng chính đến máy trong quá trình làm việc đây là các vấn đề quan trọng khi tính toán thiết kế máy;

➤ Bài viết cũng đã nêu ra phương pháp tích hợp các phần mềm (PROE, ADAMS, ANSYS) để sử dụng tính năng ưu việt của chúng trong thiết kế 3D, phân tích và mô phỏng động lực học của máy, phương pháp này rất hữu ích trong khi giải các bài toán phức tạp;

➤ Một số kết quả nghiên cứu của bài viết là những cơ sở quan trọng để tính toán thiết kế máy tách nước ly tâm, có thể làm tài liệu tham khảo cho các nhà thiết kế máy □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Trọng Hiệp (1997). *Chi tiết máy, tập 1*. Nhà xuất bản Giáo dục. Hà Nội.
- [2]. Nguyễn Trọng Hiệp (1997). *Chi tiết máy, tập 2*. Nhà xuất bản Giáo dục. Hà Nội.
- [3]. Nguyễn Văn Khang (2012). *Cơ học kỹ thuật*. Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.
- [5]. Лукьяненко В.М Таранец А.В. (1988). *Центрифуги: Справ. изд.-М.: Химия, -384*.
- [5]. 施震荣, (2003). 工业离心机选用手册. 化学工业出版社.
- [6]. 本社, (1974). 离心机标准. 出版社: 技术.
- [7]. 编委会, (1979). 机械工程手册第 78 篇离心机 阀门 试用本. 出版社: 机械工业.
- [8]. 张宇亭 著, (2019). TK-C500 土工离心机实验室的建设与应用. 出版社: 人民交通出版社股份有限公司.
- [9]. 全国化工设备设计技术中心站机泵技术委员会, (2014). 工业离心机和过滤机选用手册. 化学工业出版社.
- [10]. 李曾刚, (2009), ADAMS 入门详解与实例, 国防工业出版社.
- [11]. 孙海波、陈功(2008), Pro/Engineer WildFire 4.0 三维造型及应, 东南大学出版社.



DYNAMIC SIMULATION DESIGN OF CENTRIFUGAL DEWATERING MACHINE USED IN COAL PREPARATION LINE

Xo Van Nguyen

Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien St., Ha Noi, Vietnam

ARTICLE INFOR

TYPE: Research Article

Received: 18/3/2025

Revised: 23/4/2025

Accepted: 28/4/2025

Corresponding author:

Email: nguyenvanxo@humg.edu.vn

ABSTRACT

Centrifugal dewatering machine is the best solution for mechanical separation of water from solids because it can continuously dewater with high efficiency to low output moisture, while requiring little space, energy or time. Centrifugal dewatering machine is widely used in mineral processing technology, the machine has the task of separating (squeezing) water mixed in the product to reduce the product moisture. The moisture of the input product is from 18% - 28%, after passing through the dewatering device, the output moisture of the product is $\leq 13\%$. Currently, this type of machine is widely used in the coal industry, however, the it is imported from abroad with high cost and we cannot master the technology. In this study, the authors present the main factors affecting the machine during the working process and the method of integrating software in 3D design, analysis and simulation of machine dynamics, this can be the basis for scientists to refer to in the process of machine design.

Keywords: *centrifugal dewatering machine, design calculation, analysis, dynamic simulation.*

@ Vietnam Mining Science and Technology Association