

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT



BÁO CÁO HỌC THUẬT 2024

**NGHIÊN CỨU VẤN ĐỀ RUNG ĐỘNG VÀ BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC TRONG BƠM THẢI
TRO XỈ DỪNG TRONG NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN**

Người thực hiện: BÙI MINH HOÀNG

Hà Nội, 2025

BÁO CÁO HỌC THUẬT

Năm học: 2024 – 2025

Nội dung: Nghiên cứu vấn đề rung động và biện pháp khắc phục trong bơm thải tro xỉ dùng trong nhà máy nhiệt điện

Tác giả: Bùi Minh Hoàng Đơn vị: Bm Kỹ thuật cơ khí – Khoa cơ điện

1. Tổng quan:

Trong các nhà máy nhiệt điện đốt than ở Việt Nam, bơm ly tâm đóng vai trò then chốt trong hệ thống vận chuyển tro xỉ. Quá trình vận hành của các bơm này thường xuyên phải đối mặt với những thách thức từ hỗn hợp tro xỉ có tính ăn mòn và mài mòn cao. Một trong những vấn đề đáng quan ngại là sự xuất hiện và gia tăng của rung động trong quá trình vận hành. Rung động không chỉ gây ra những ảnh hưởng tiêu cực đến hiệu suất làm việc mà còn làm giảm đáng kể tuổi thọ của bơm, đồng thời tiềm ẩn những nguy cơ mất an toàn cho hệ thống và người vận hành. Do đó, việc hiểu rõ các nguyên nhân gây ra rung động, đánh giá tác động của chúng và áp dụng các biện pháp phòng ngừa, giảm thiểu hiệu quả là vô cùng quan trọng đối với các kỹ sư và chuyên gia kỹ thuật trong ngành.

2. Giới thiệu về bơm ly tâm vận chuyển tro xỉ và vấn đề rung động

2.1. Tổng quan về bơm ly tâm vận chuyển tro xỉ trong nhà máy nhiệt điện

Bơm ly tâm được sử dụng rộng rãi trong các nhà máy nhiệt điện để vận chuyển tro xỉ dưới dạng hỗn hợp lỏng và rắn (*slurry*). Ứng dụng điển hình nhất là vận chuyển tro bay và tro đáy từ các thiết bị thu gom như phễu tro, xyclon lọc bụi tĩnh điện đến các bãi chứa tro hoặc khu vực xử lý. Trong hệ thống xử lý tro xỉ ướt, tro xỉ sau khi được thu gom sẽ được hòa trộn với nước để tạo thành hỗn hợp và sau đó được bơm vận chuyển bằng đường ống đến các hồ chứa hoặc bãi thải.

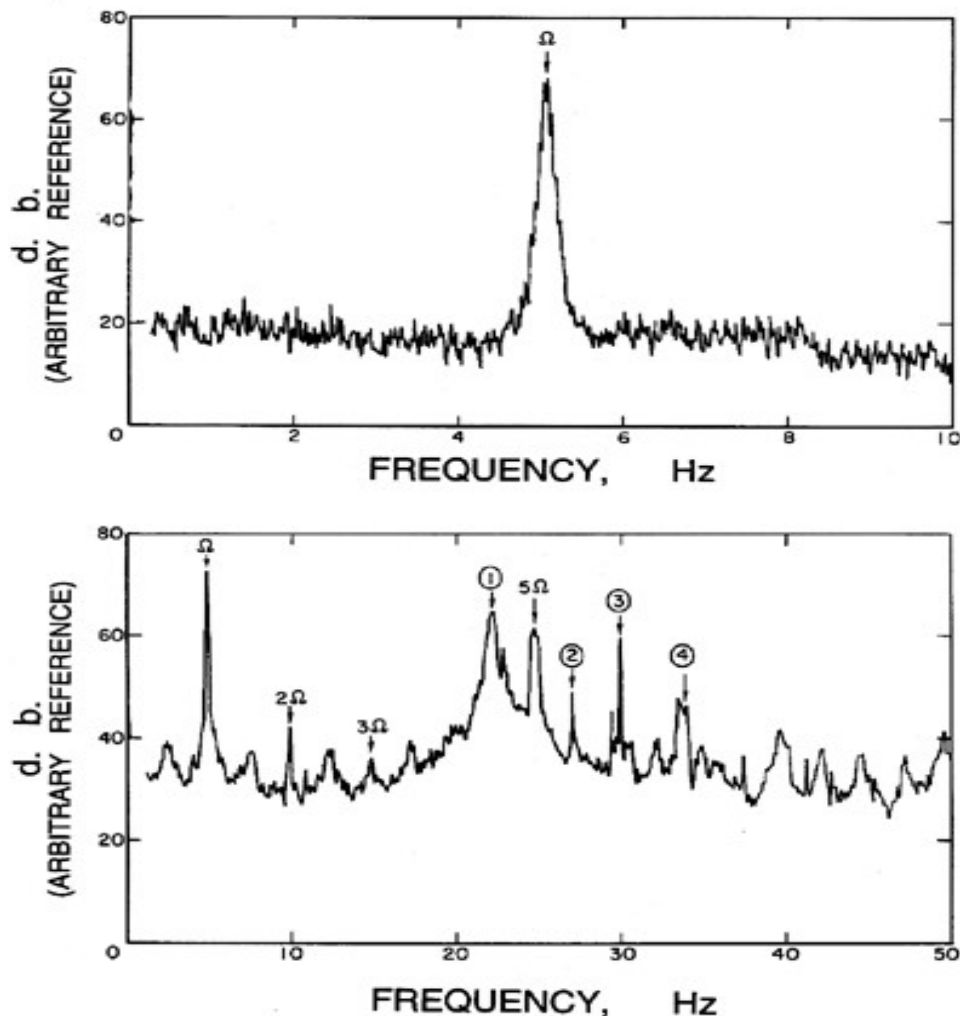
Việc sử dụng bơm ly tâm cho ứng dụng vận chuyển tro xỉ đặt ra nhiều thách thức đặc biệt.

- Thứ nhất, bản chất mài mòn cao của tro xỉ, với các hạt có độ cứng lớn, có thể gây ra sự mài mòn nghiêm trọng cho các bộ phận bên trong bơm, đặc biệt là cánh bơm, vỏ bơm và các bề mặt làm kín. Sự mài mòn này không chỉ làm giảm hiệu suất của bơm mà còn rút ngắn tuổi thọ của các bộ phận, dẫn đến chi phí bảo trì và thay thế cao.

- Thứ hai, tro xỉ có xu hướng lắng đọng và tích tụ, đặc biệt là các hạt có kích thước lớn, có thể gây tắc nghẽn trong bơm và hệ thống đường ống, làm giảm lưu lượng và tăng nguy cơ rung động bất thường.

- Thứ ba, hệ thống vận chuyển tro xỉ thường hoạt động liên tục và đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo hoạt động ổn định của nhà máy nhiệt điện. Do đó, các bơm được sử dụng phải có độ tin cậy cao và khả năng duy trì hiệu suất ổn định trong thời gian dài.

Để đáp ứng những yêu cầu khắt khe này, các nhà máy nhiệt điện thường sử dụng các loại bơm slurry chuyên dụng, được thiết kế đặc biệt để chịu được môi trường mài mòn cao. Vật liệu chế tạo các bộ phận chịu mài mòn của bơm thường là các hợp kim có độ cứng cao như gang trắng chứa crom cao hoặc được lót bằng các vật liệu đàn hồi như cao su hoặc polyurethane để tăng khả năng chống mài mòn và kéo dài tuổi thọ.



Hình 1. Phổ rung động ở một bơm ly tâm rung động vận hành ở 300 v/ph

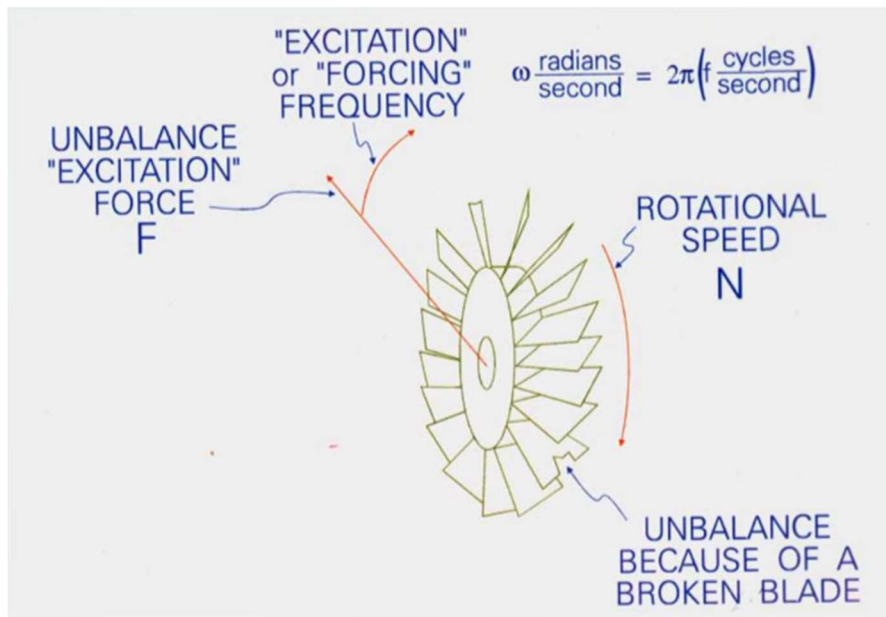
2.2. Các nguyên nhân gây rung động trong bơm ly tâm vận chuyển tro xỉ

Rung động trong bơm ly tâm vận chuyển tro xỉ có thể xuất phát từ nhiều nguyên nhân khác nhau, được phân loại thành các nhóm chính như nguyên nhân cơ học, thủy lực, kết cấu và liên quan đến động cơ.

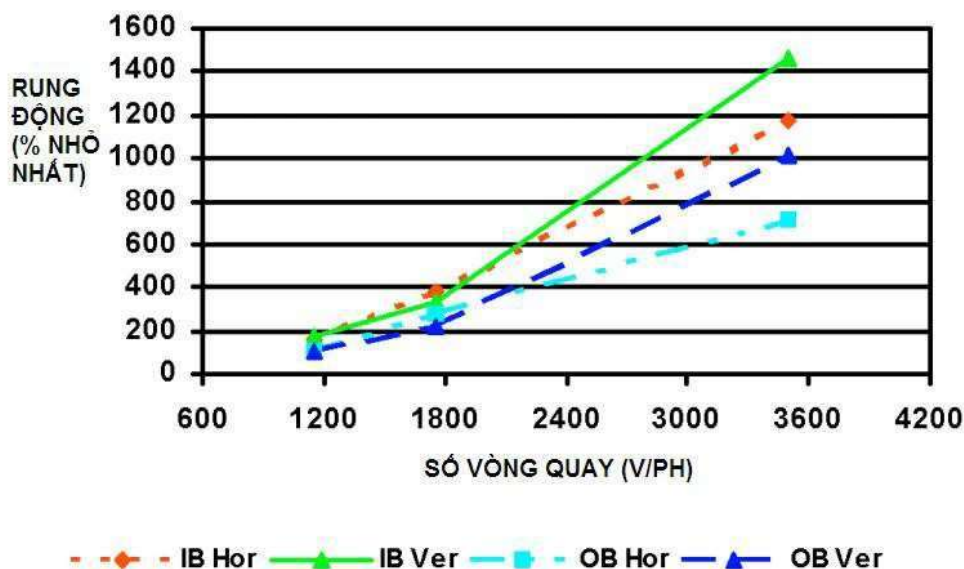
2.2.1. Nguyên nhân cơ học: là một trong những nhóm nguyên nhân phổ biến nhất gây ra rung động.

a. *Mất cân bằng rôto*: xảy ra do sự mài mòn không đều của cánh bơm dưới tác động của dòng chảy tro xỉ. Các hạt tro xỉ có tính mài mòn cao có thể làm mòn một số khu vực của cánh bơm nhanh hơn các khu vực khác, dẫn đến sự phân bố khối lượng không đồng đều và gây ra rung động ở tần số tương ứng với

tốc độ quay của bơm. Ngoài ra, cánh bơm có thể bị hư hỏng hoặc bị tắc nghẽn bởi các hạt tro xỉ có kích thước lớn, cũng gây ra tình trạng mất cân bằng.

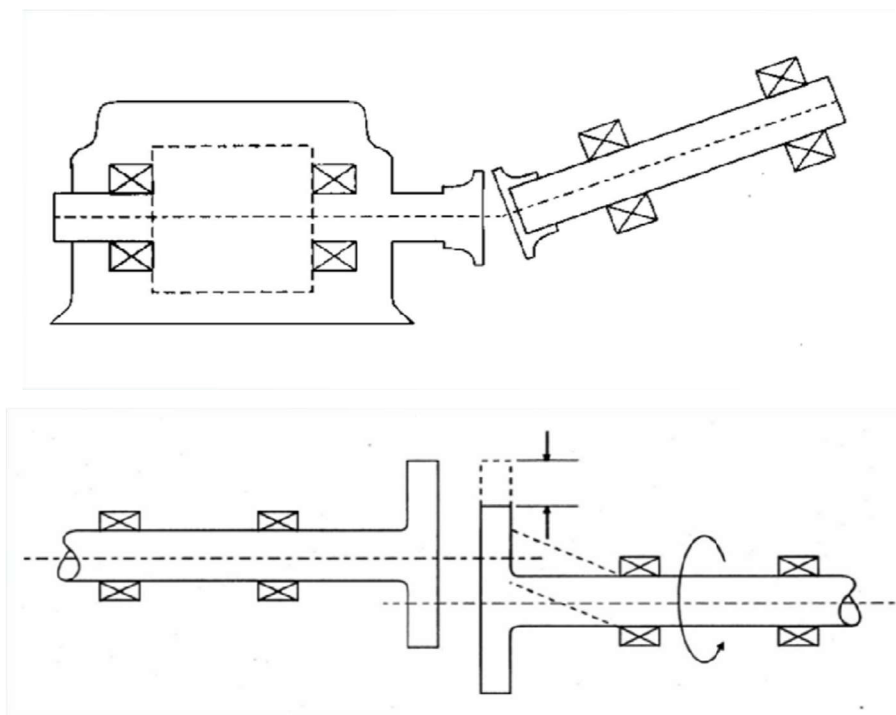


Hình 2. Mất cân bằng roto gây lực ly tâm (F)



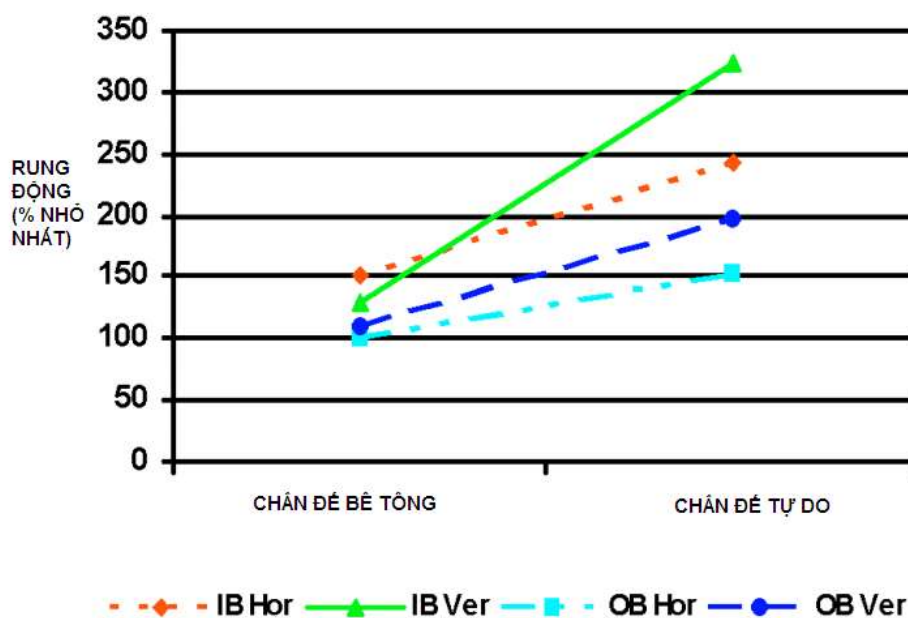
Hình 3. Mối liên quan giữa số vòng quay của bơm và rung động

b. *Lệch trục* giữa bơm và động cơ: do lắp đặt ban đầu không chính xác, ứng suất từ hệ thống đường ống hoặc sự giãn nở nhiệt trong quá trình vận hành. Rung động do lệch trục thường xuất hiện ở tần số gấp đôi hoặc gấp ba lần tốc độ quay. Trong môi trường nhà máy nhiệt điện, sự chênh lệch nhiệt độ có thể đáng kể, do đó cần đặc biệt chú ý đến ảnh hưởng của nhiệt độ cao của tro xỉ (nếu có) đến sự giãn nở nhiệt và nguy cơ gây lệch trục.



Hình 4. Mất đồng tâm trục giữa bơm và máy dẫn động

c. *Lỏng lẻo cơ khí*: trong các bộ phận như bu lông móng, vỏ bơm hoặc ổ trục cũng có thể tạo ra rung động. Rung động do lỏng lẻo có thể xuất hiện ở nhiều tần số khác nhau. Trục bơm bị cong do ứng suất quá mức hoặc va đập cũng là một nguyên nhân gây rung động lớn.

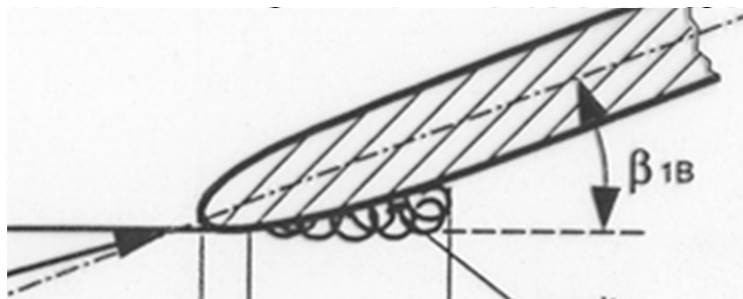


Hình 5. Mối quan hệ của rung động và độ cứng vững của chân đế máy bơm

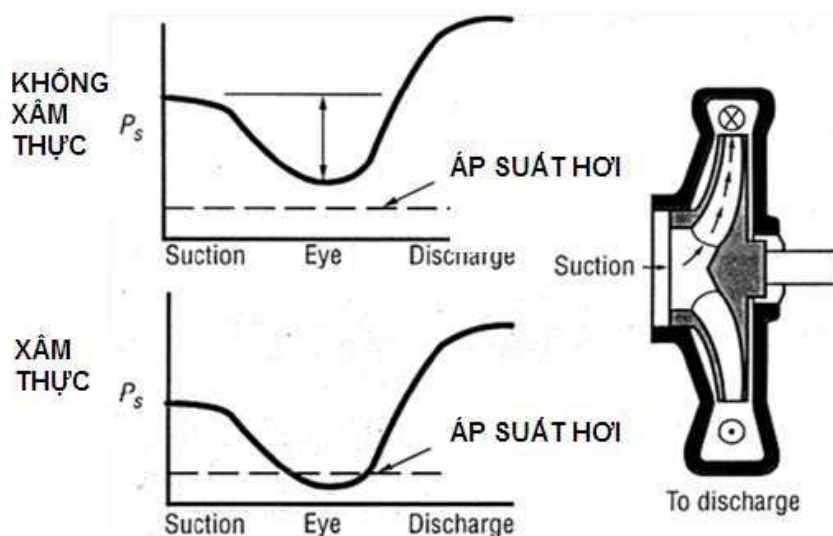
c. Các vấn đề liên quan đến ổ trục: như ổ trục bị hỏng, mòn, bôi trơn không đủ hoặc lắp đặt sai cách, là một nguồn rung động phổ biến, thường xuất hiện ở các tần số đặc trưng cho lỗi ổ trục. Việc bôi trơn đầy đủ và đúng cách là rất quan trọng để giảm thiểu rung động do các vấn đề về ổ trục.

2.2.2. Nguyên nhân thủy lực:

a. *Xâm thực*: là một hiện tượng xảy ra khi áp suất của chất lỏng giảm xuống dưới áp suất hơi tại một điểm nào đó trong bơm, tạo ra các bọt khí. Khi các bọt khí này di chuyển đến vùng có áp suất cao hơn, chúng sẽ vỡ ra đột ngột, gây ra các xung lực mạnh và rung động, kèm theo tiếng ồn đặc trưng. Rung động do xâm thực thường có tần số cao. Trong bơm vận chuyển tro xỉ, xâm thực có thể xảy ra do nhiều yếu tố, bao gồm cột áp hút thực dương (NPSH) không đủ, sự tắc nghẽn dòng chảy do tro xỉ tích tụ hoặc vận hành bơm ngoài điểm làm việc có hiệu suất cao nhất. Sự có mặt của các hạt rắn trong slurry tro xỉ có thể làm thay đổi đặc tính dòng chảy và áp suất cục bộ, có khả năng làm trầm trọng thêm hiện tượng xâm thực.



Hình 6. Bong bóng khí (hiện tượng xâm thực cánh bơm)



Hình 7. Ảnh hưởng của xâm thực tới áp suất làm việc của bơm

b. *Xung động dòng chảy*: có thể phát sinh khi bơm hoạt động gần điểm đóng van hoặc do các vấn đề trong hệ thống đường ống, tạo ra rung động dạng sin với tần số liên quan đến tốc độ quay và số cánh bơm, nhưng biên độ có thể không ổn định.

c. *Tái tuần hoàn dòng chảy* bên trong bơm, đặc biệt khi vận hành ở lưu lượng thấp, cũng có thể là một nguồn gây ra rung động.

d. *Nhiều loạn dòng chảy* do thiết kế đường ống không tối ưu (ví dụ: quá nhiều khuỷu hoặc đường kính ống nhỏ) hoặc do sự hiện diện của các hạt rắn trong slurry có thể tạo ra rung động. Vận tốc hút cao và cấu hình đường ống phức tạp có thể làm tăng nhiều loạn dòng chảy và gây ra rung động.

2.2.3. Nguyên nhân kết cấu: bao gồm các vấn đề liên quan đến nền móng và hệ thống đường ống. Nền móng không đủ độ cứng vững, bị lỏng lẻo hoặc không được thiết kế phù hợp có thể khuếch đại rung động từ bơm. Nếu rung động theo phương thẳng đứng đo được cao hơn phương ngang, cần đặc biệt kiểm tra nền móng và độ chặt của các bu lông. Các vấn đề liên quan đến hệ thống đường ống, chẳng hạn như ứng suất quá mức, sự cộng hưởng tần số với rung động của bơm hoặc việc đường ống không được cố định chắc chắn, cũng có thể gây ra hoặc làm tăng rung động.

2.2.4. Nguyên nhân liên quan đến động cơ: Sự mất cân bằng rôto của động cơ, các vấn đề về ổ trục động cơ hoặc các lỗi điện bên trong động cơ có thể tạo ra rung động và truyền sang bơm.

2.3. Ảnh hưởng của rung động đến hiệu suất và tuổi thọ của bơm:

Rung động trong bơm ly tâm vận chuyển tro xỉ có thể gây ra nhiều hậu quả tiêu cực, ảnh hưởng đến cả hiệu suất hoạt động và tuổi thọ của thiết bị.

2.3.1. Gây hư hỏng các bộ phận của bơm:

- Ổ trục là một trong những bộ phận chịu ảnh hưởng lớn nhất, rung động có thể gây ra mài mòn nhanh chóng, rỗ bề mặt và giảm tuổi thọ. Thậm chí, rung động có thể gây ra các biến dạng dẻo trên bề mặt ổ trục.
- Phốt cơ khí cũng rất nhạy cảm với rung động, rung động có thể làm hỏng phốt, dẫn đến rò rỉ chất lỏng và giảm hiệu suất làm kín. Rung động có thể gây ra chuyển động lớn của trục, làm hỏng phốt.
- Cánh bơm cũng có thể bị nứt, vỡ, đặc biệt khi rung động kết hợp với tác động của xâm thực và mài mòn do tro xỉ. Nghiên cứu cho thấy kích thước vết nứt ở cánh bơm tăng lên có thể làm tăng biên độ rung động.
- Vỏ bơm cũng có thể bị mỏi kim loại và nứt vỡ do rung động mạnh.
- Trục bơm là bộ phận chịu tải trọng lớn và rung động có thể gây ra mỏi và gãy trục.
- Ngoài ra, rung động còn có thể ảnh hưởng đến các bộ phận khác như vòng bi, vòng đệm và khớp nối.

2.3.2. Giảm hiệu suất hoạt động của bơm:

- Rung động làm giảm độ chính xác và ổn định của bơm, dẫn đến giảm lưu lượng, áp suất và hiệu suất tổng thể.
- Sự mài mòn do rung động và tác động của tro xỉ làm tăng khe hở giữa các bộ phận, gây rò rỉ nội bộ và giảm hiệu suất bơm.

2.3.3. Giảm tuổi thọ của bơm:

- Rung động liên tục gây ra ứng suất và mài mòn cho các bộ phận, làm giảm đáng kể tuổi thọ của bơm và tăng chi phí bảo trì, thay thế.
- Rung động có thể rút ngắn tuổi thọ của các bộ phận quan trọng.

2.3.4. Gây tiếng ồn và vấn đề an toàn cho người vận hành và các thiết bị xung quanh: gây khó chịu cho người vận hành và ảnh hưởng đến môi trường làm việc. Trong một số trường hợp, rung động mạnh có thể gây ra *vấn đề an toàn* cho người vận hành và các thiết bị xung quanh.

Tóm lại, tác động của rung động trong bơm vận chuyển tro xỉ không chỉ giới hạn ở hư hỏng cơ học mà còn ảnh hưởng đến hiệu suất, tuổi thọ và an toàn vận hành, đòi hỏi sự quan tâm đặc biệt từ các nhà máy nhiệt điện.

3. Các biện pháp giảm thiểu và phòng ngừa rung động

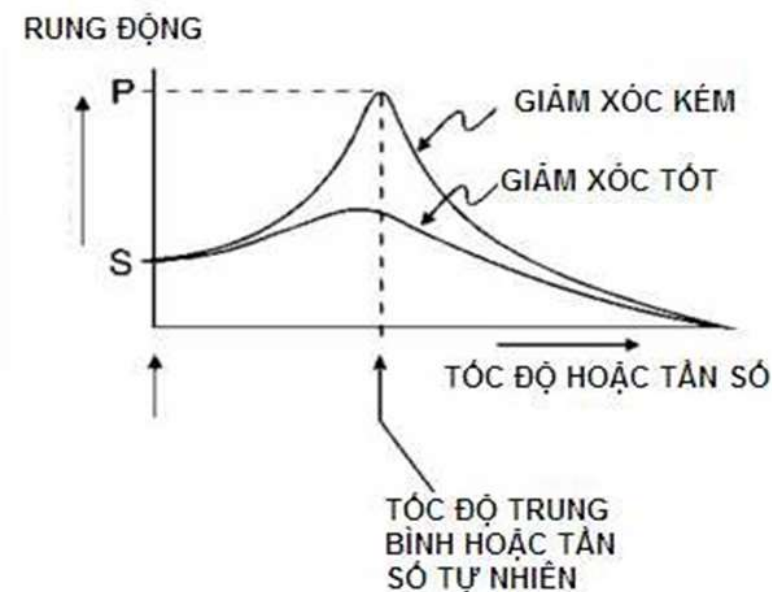
Để giảm thiểu và phòng ngừa rung động trong bơm ly tâm vận chuyển tro xỉ, cần áp dụng một loạt các biện pháp kỹ thuật và quản lý.

3.1. Cân bằng rôto: là một nguyên công quan trọng để giảm rung động do mất cân bằng.

Cần thực hiện cân bằng tĩnh và động cho cả rôto của bơm và động cơ. Nếu phát hiện mất cân bằng đáng kể ở cánh bơm, cần phải cân bằng lại cánh bơm.

3.2. Căn chỉnh trục: chính xác giữa bơm và động cơ là rất quan trọng để tránh rung động và mài mòn cho ổ trục và phốt. Việc sử dụng công cụ căn chỉnh laser được khuyến nghị để đạt được độ chính xác cao.

3.3. Lắp đặt đúng cách: theo tiêu chuẩn của nhà sản xuất, đảm bảo nền móng vững chắc và không có ứng suất đường ống quá mức là một yếu tố cơ bản để tránh rung động. Cần đặc biệt chú ý đến việc siết chặt bu lông neo và kiểm tra độ đồng tâm.



Hình 8. Mối liên quan giữa tốc độ (hoặc tần số) với rung động

3.4. Bôi trơn đúng loại và định kỳ cho ổ trục giúp giảm ma sát và rung động. Việc sử dụng dầu bôi trơn không đạt tiêu chuẩn có thể dẫn đến rung động nghiêm trọng.

3.5. Vấn đề về dòng chảy và xâm thực cần được khắc phục. Đảm bảo cột áp hút thực dương (NPSH) đủ cho bơm là cần thiết để ngăn chặn hiện tượng xâm thực. Thiết kế đường ống cần được tối ưu hóa để giảm thiểu tổn thất áp suất và nhiễu loạn dòng chảy. Vận hành bơm gần điểm làm việc có hiệu suất cao nhất (BEP) giúp tránh tái tuần hoàn và xung động dòng chảy. Vận hành ngoài BEP có thể gây ra bất ổn thủy lực.

3.6. Cải thiện kết cấu bằng cách đảm bảo độ cứng vững của nền móng và hệ thống đỡ bơm, đường ống cũng góp phần giảm rung động. Việc kiểm tra và siết chặt các bu lông và mối nối định kỳ là cần thiết.

3.7. Việc lựa chọn bơm phù hợp với đặc tính của hỗn hợp tro xỉ (độ mài mòn, kích thước hạt, nồng độ) và điều kiện vận hành (lưu lượng, áp suất) là một biện pháp phòng ngừa quan trọng. Cần chọn bơm có khả năng chịu được độ mài mòn của hỗn hợp rắn - lỏng. Trong một số trường hợp, có thể xem xét các biện pháp *xử lý sơ bộ tro xỉ* để giảm độ mài mòn và nguy cơ tắc nghẽn.

3.8. Bảo trì thường xuyên để phát hiện sớm các dấu hiệu mài mòn, lỏng lẻo hoặc hư hỏng và có biện pháp khắc phục kịp thời là rất quan trọng để duy trì hiệu suất và tuổi thọ của bơm. Cần chú ý đến các dấu hiệu mài mòn như rò rỉ quá mức.

4. Ứng dụng trong đào tạo:

- Báo cáo trên ứng dụng trong công tác giảng dạy môn học
- Đề xuất xây dựng quy trình chế tạo, kiểm tra, vận hành, bảo dưỡng hệ thống bơm và đường ống nói chung;