

TRƯỜNG ĐẠI HỌC HÀNG HẢI VIỆT NAM
VIỆN KHOA HỌC CƠ SỞ

THUYẾT MINH
ĐỀ TÀI NCKH CẤP TRƯỜNG

ĐỀ TÀI
PHÂN TÍCH CÁC ĐẶC TÍNH MÀNG DẦU BÔI TRƠN Ở
ĐỒ BẰNG PHƯƠNG PHÁP SỐ

Chủ nhiệm đề tài : Nguyễn Vĩnh Hải

Hải Phòng, tháng 5 / 2015

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU.....	3
1. Tính cấp thiết của đề tài	3
2. Mục đích nghiên cứu.....	3
3. Đối tượng nghiên cứu, phạm vi nghiên cứu.....	3
4. Phương pháp nghiên cứu.....	4
5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn.....	4
<i>Chương 1. BÔI TRƠN THỦY ĐỘNG.....</i>	<i>5</i>
1.1. Các phương trình cơ bản của màng dầu.....	5
1.1.1. Phương trình cơ học của màng dầu.....	5
1.2. Phương trình Reynolds tổng quát.....	11
<i>Chương 2. CÁC PHẦN MỀM TÍNH TOÁN THEO PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN</i>	<i>17</i>
2.1. Phần mềm Catia	17
2.2. Phần mềm Unigraphics NX.....	18
2.3. Phần mềm Solidworks.....	21
2.4. Phần mềm Ansys Fluent.....	23
2.5. Kết luận chương	24
<i>Chương 3. XÁC ĐỊNH CÁC ĐẶC TÍNH MANG DẦU BẰNG PHƯƠNG PHÁP SỐ.....</i>	<i>25</i>
3.1. Giả thiết bài toán	25
3.2. Quy trình thực hiện bài toán.....	25
3.3. Kết quả và thảo luận.....	29
3.3.1. Áp suất.....	29
3.3.2. Ứng suất pháp.....	32

3.3.3. Khả năng tải.....	34
3.3.4. Số đặc tính ổ trục.....	34
3.3.5 Hệ số ma sát tiêu chuẩn.....	35
3.4. Kết luận	35

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Ổ đỡ thủy động thường được dùng phổ biến trong các máy móc thiết bị. Việc nghiên cứu các đặc tính của màng dầu bôi trơn trong ổ đỡ sẽ giúp cải tiến chất lượng làm việc của ổ, làm tăng hiệu quả kinh tế của các thiết bị máy móc. Tuy nhiên để tính toán một kết cấu bôi trơn thủy động trước hết ta phải đi giải phương trình Reynolds. Phương trình Reynolds là một phương trình vi phân đạo hàm riêng cấp hai nên không có lời giải bằng giải tích trừ một số trường hợp đơn giản. Sommerfeld đã giải phương trình này bằng cách bỏ qua sự chảy đường trục (giả thiết ổ dài). Nhưng thực tế thường gặp có kích thước hữu hạn nên phải giải phương trình reynolds bằng phương pháp số như phương pháp phần tử hữu hạn, sai phân hữu hạn ...

Với sự phát triển của công nghệ thông tin, rất nhiều các phần mềm giải các bài toán chất lỏng bằng phương pháp phần tử hữu hạn được xây dựng, và nó đóng góp một phần to lớn giúp các nhà khoa học giải quyết các bài toán. Có thể kể đến như Ansys Fluent, ABAQUS, UGS NX Nastran, COSMOS/M and COSMOSWorks...

Với mục đích nghiên cứu các đặc tính của màng dầu bôi trơn trong ổ thủy động để từ đó mở rộng phạm vi hoạt động của các ổ đỡ, khi tốc độ quay tăng lên, tác giả đã sử dụng Ansys Fluent để nghiên cứu áp suất, ứng suất, khả năng mang tải, hệ số ma sát.

2. Mục đích nghiên cứu

Nghiên cứu sự phân bố áp suất của màng dầu bôi trơn tại các vị trí.
Nghiên cứu khả năng mang tải; Độ lệch tâm; hệ số ma sát.

3. Đối tượng nghiên cứu, phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu:

Nghiên cứu màng dầu của ổ đỡ thủy động

Phạm vi nghiên cứu:

Nghiên cứu áp suất, ứng suất của màng dầu, độ lệch tâm, hệ số ma sát

4. Phương pháp nghiên cứu

Áp dụng phương pháp phương pháp lý thuyết kết hợp mô phỏng số

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Tính toán được các đặc tính của màng dầu bôi trơn trong ổ đỡ thủy động sẽ là tiền đề, cơ sở để mở rộng phạm vi áp dụng của ổ đỡ, từ đó tăng hiệu quả kinh tế, và hiệu suất làm việc của máy móc thiết bị.

Chương 1. BÔI TRƠN THỦY ĐỘNG

1.1. Các phương trình cơ bản của màng dầu

1.1.1. Phương trình cơ học của màng dầu

Dòng chảy của chất lỏng Newton đặc trưng từ các phương trình cơ bản trong cơ học môi trường liên tục sau:

Phương trình bảo toàn khối lượng:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i) = 0$$

Phương trình cơ bản động lực học:

$$\rho \left(\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) = \rho f_j + \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j}$$

Luật lưu biến của chất lỏng Newton:

$$\sigma_{ij} = (-p + \lambda \theta) \delta_{ij} + 2\mu \varepsilon_{ij}$$

Phương trình bảo toàn năng lượng:

$$\rho C_p \frac{dT}{dt} = \alpha T \frac{dp}{dt} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left(K \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) + \lambda \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right)^2 + \mu \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$$

Trong đó:

x_i : biến không gian,

t : biến thời gian

U_i : thành phần vận tốc dòng chảy

ρ : khối lượng riêng

f_t : lực khối,

σ_{ij} : ten xơ ứng suất

K : hệ số dẫn nhiệt của chất lỏng,

T : Nhiệt độ,

P : áp suất thủy tĩnh

ε_{ij} : ten xơ độ biến dạng,

θ : hệ số giãn nở,

δ_{ij} : ten xơ Kronecker,

λ, μ : hằng số Navier

C_p : Nhiệt dung riêng,

α : hệ số dẫn nở nhiệt ở áp suất hằng số $\alpha = \frac{1}{p} \left(\frac{\partial p}{\partial t} \right)_p$

Bằng cách thay thế biểu diễn (2.3) vào phương trình động lực học (2.2) và bỏ qua thành phần lực khối, có phương trình Navier sau:

$$\rho \left(\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \lambda \frac{\partial^2 u_j}{\partial x_i \partial x_j} + \\ + \mu \left(\frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2} + \frac{\partial^2 u_j}{\partial x_i \partial x_j} \right) + \frac{\partial u_j}{\partial x_j} \frac{\partial \lambda}{\partial x_i} + \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial \mu}{\partial x_j}$$

Trong cơ học màng mỏng, để xét mối tương quan giữa các phương của dòng chảy người ta đặt các biến không thứ nguyên sau:

$$\bar{x}_1 = \frac{x_1}{L}, \quad \bar{x}_2 = \frac{x_2}{H}, \quad \bar{x}_3 = \frac{x_3}{L}, \quad \bar{t} = \frac{tV}{L} \\ \bar{u}_1 = \frac{u_1}{V}, \quad \bar{u}_2 = \frac{u_2 L}{VH}, \quad \bar{u}_3 = \frac{u_3}{V}, \quad \bar{\mu} = \frac{\mu}{\mu_0} \quad \text{và} \quad \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_0}$$

Trong đó kích thước và vận tốc của dòng chảy theo phương (O, \bar{x}_1) và (O, \bar{x}_3) là L và V , theo phương chiều dày màng mỏng (O, \bar{x}_2) là H và VH/L ; với L/H , μ_0 và λ_0 là độ lớn và các hằng số Navier. Phép đổi biến trên cho biểu diễn của áp suất không thứ nguyên:

$$\bar{p} = p \frac{H^2}{\mu_0 V L}$$

Trong bôi trơn thủy động V là vận tốc của bề mặt tiếp xúc. Còn trong bôi trơn thủy tĩnh, khi áp suất đầu cũng cấp là p , ta có vận tốc dòng chảy là:

Nó được viết dưới dạng có thứ nguyên:

$$V = \frac{p_x H^2}{\mu_0 L}$$

Tính đến các phép đổi biến trên, phương trình (2.5) có dạng:

$$\frac{\partial \bar{p}}{\partial \bar{x}_1} = \varepsilon \left[-\Re \left(\frac{\partial \bar{u}_1}{\partial \bar{t}} + \bar{u}_i \frac{\partial \bar{u}_1}{\partial \bar{x}_j} \right) + \varepsilon \left(\bar{\mu} + \bar{\lambda} \frac{\lambda_0}{\mu_0} \right) \frac{\partial}{\partial \bar{x}_1} \left(\frac{\partial \bar{u}_j}{\partial \bar{x}_j} \right) + \varepsilon \bar{\mu} \left(\frac{\partial^2 \bar{u}_1}{\partial \bar{x}_i^2} + \frac{\partial^2 \bar{u}_1}{\partial \bar{x}_3^2} \right) \right] + \bar{\mu} \frac{\partial^2 \bar{u}_1}{\partial \bar{x}_2^2} + \\ \varepsilon^2 \left[\frac{\lambda_0}{\mu_0} \frac{\partial \bar{\lambda}}{\partial \bar{x}_j} \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial \bar{x}_j} + 2 \frac{\partial \bar{\mu}}{\partial \bar{x}_1} \frac{\partial \bar{u}_1}{\partial \bar{x}_1} + \frac{\partial \bar{\mu}}{\partial \bar{x}_3} \left(\frac{\partial \bar{u}_1}{\partial \bar{x}_3} + \frac{\partial \bar{u}_3}{\partial \bar{x}_1} \right) \right] + \frac{\partial \bar{\mu}}{\partial \bar{x}_2} \left(\frac{\partial \bar{u}_1}{\partial \bar{x}_2} + \varepsilon^2 \frac{\partial \bar{u}_2}{\partial \bar{x}_1} \right)$$

$$\frac{\partial \bar{p}}{\partial \bar{x}_2} = \varepsilon^2 \left\{ \varepsilon \left[-\Re \left(\frac{\partial \bar{u}_2}{\partial \bar{t}} + \bar{u}_i \frac{\partial \bar{u}_2}{\partial \bar{x}_j} \right) + \varepsilon \bar{\mu} \left(\frac{\partial^2 \bar{u}_2}{\partial \bar{x}_i^2} + \frac{\partial^2 \bar{u}_2}{\partial \bar{x}_3^2} \right) \right] + \left(\bar{\mu} + \bar{\lambda} \frac{\lambda_0}{\mu_0} \right) \frac{\partial}{\partial \bar{x}_2} \left(\frac{\partial \bar{u}_j}{\partial \bar{x}_j} \right) + \bar{\mu} \frac{\partial^2 \bar{u}_2}{\partial \bar{x}_2^2} + \frac{\lambda_0}{\mu_0} \frac{\partial \bar{\lambda}}{\partial \bar{x}_2} \left(\frac{\partial \bar{u}_j}{\partial \bar{x}_j} \right) + 2 \frac{\partial \bar{\mu}}{\partial \bar{x}_1} \frac{\partial \bar{u}_1}{\partial \bar{x}_1} + \frac{\partial \bar{\mu}}{\partial \bar{x}_1} \left(\frac{\partial \bar{u}_1}{\partial \bar{x}_2} + \varepsilon^2 \frac{\partial \bar{u}_2}{\partial \bar{x}_1} \right) + \frac{\partial \bar{\mu}}{\partial \bar{x}_3} \left(\frac{\partial \bar{u}_3}{\partial \bar{x}_2} + \frac{\partial \bar{u}_2}{\partial \bar{x}_3} \right) \right\} \quad (2.6)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{p}}{\partial \bar{x}_3} = \varepsilon \left[-\Re \left(\frac{\partial \bar{u}_3}{\partial \bar{t}} + \bar{u}_i \frac{\partial \bar{u}_3}{\partial \bar{x}_j} \right) + \varepsilon \left(\bar{\mu} + \bar{\lambda} \frac{\lambda_0}{\mu_0} \right) \frac{\partial}{\partial \bar{x}_3} \left(\frac{\partial \bar{u}_j}{\partial \bar{x}_j} \right) + \varepsilon \bar{\mu} \left(\frac{\partial^2 \bar{u}_3}{\partial \bar{x}_1^2} + \frac{\partial^2 \bar{u}_3}{\partial \bar{x}_3^2} \right) \right] \\ + \bar{\mu} \frac{\partial^2 \bar{u}_3}{\partial \bar{x}_2^2} \varepsilon^2 \left[\frac{\lambda_0}{\mu_0} \frac{\partial \bar{\lambda}}{\partial \bar{x}_3} \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial \bar{x}_j} + 2 \frac{\partial \bar{\mu}}{\partial \bar{x}_3} \frac{\partial \bar{u}_3}{\partial \bar{x}_3} + \frac{\partial \bar{\mu}}{\partial \bar{x}_1} \left(\frac{\partial \bar{u}_3}{\partial \bar{x}_1} + \frac{\partial \bar{u}_1}{\partial \bar{x}_3} \right) \right] \\ + \frac{\partial \bar{\mu}}{\partial \bar{x}_2} \left(\frac{\partial \bar{u}_3}{\partial \bar{x}_2} + \varepsilon^2 \frac{\partial \bar{u}_2}{\partial \bar{x}_3} \right) \end{aligned}$$

Trong đó $\Re = p_0 V H / \mu_0$ là số Reynol và $\varepsilon = H/L$ là thông số tương quan kích thước giữa chiều dày màng dầu H và kích thước miền màng dầu L , ε thường là độ lớn bậc 10-3. Như vậy nếu bỏ qua các số hạng nhân với ε^2 , phương trình trên trở thành :

$$\text{Với } I = 1 \div 3 \left\{ \begin{aligned} \frac{\partial \bar{p}}{\partial \bar{x}_i} &= -\varepsilon \Re \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial \bar{t}} + \bar{u}_j \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial \bar{x}_j} \right) + \bar{\mu} \frac{\partial^2 \bar{u}_i}{\partial \bar{x}_2^2} + \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial \bar{x}_2} \cdot \frac{\partial \bar{\mu}}{\partial \bar{x}_2} \\ \frac{\partial \bar{p}}{\partial \bar{x}_2} &= 0 \end{aligned} \right. \quad (2.7)$$

Trong hệ phương trình trên số hạng chứa $\varepsilon \Re$ đặc trưng cho thành phần lực quán tính của dòng chảy. Đối với hầu hết các dòng chảy trong bôi trơn có tích số $\varepsilon \Re \ll 1$, vì vậy số hạng này đc bỏ qua. Khi đó hệ phương trình có dạng :

Với $x_2 = H_1 \quad I=J=0$

$$\text{Với } x_2 = H_2 \text{ ta có: } \left. \begin{aligned} I_2 &= \int_{H_1}^{H_2} \frac{x_2}{\mu(x_i, t)} dx_2 \\ J_2 &= \int_{H_1}^{H_2} \frac{dx_2}{\mu(x_i, t)} \end{aligned} \right\} (2.12)$$

Các thành phần vận tốc có thể viết

$$\left. \begin{aligned} u_1 &= \frac{\partial p}{\partial x_1} \left(I - \frac{JI_2}{J_2} \right) + \frac{U_{21} - U_{11}}{J_2} J + U_{11} \\ u_2 &= \frac{\partial p}{\partial x_3} \left(I - \frac{JI_2}{J_2} \right) + \frac{U_{23} - U_{13}}{J_2} J + U_{13} \end{aligned} \right\} (2.13)$$

Mặt khác, tích phân phương trình bảo toàn khối lượng trên chiều dày màng dầu ta có:

$$\int_{H_1}^{H_2} \frac{\partial \rho u_j}{\partial x_j} dx_2 + \int_{H_1}^{H_2} \frac{\partial \rho}{\partial t} dx_2 = 0 \quad (2.14)$$

Xét dấu tích phân và chú ý rằng :

$$\int_{H_1(x_1, x_3, t)}^{H_2(x_1, x_3, t)} \frac{\partial F(x_1, x_2, x_3, t)}{\partial x_1} dx_2 = \frac{\partial}{\partial x_1} \int_{H_1}^{H_2} F dx_2 - F(x_1, H_2, x_3, t) \frac{\partial H_2}{\partial x_1} + F(x_1, H_1, x_3, t) \frac{\partial H_1}{\partial x_1} \quad (2.15)$$

Ta cũng có :

$$\int_{H_1}^{H_2} \frac{\partial \rho u_2}{\partial x_2} dx_2 = \rho_2 \cdot U_{22} - \rho_1 \cdot U_{12}$$

Với ρ_1 và ρ_2 lần lượt là khối lượng riêng của chất lỏng trên bề mặt 1 và 2 .Tính đến (2.10) và (2.16) hệ (2.9) có dạng:

$$\frac{\partial}{\partial x_1} \int_{H_1}^{H_2} \rho u_1 dx_2 + \frac{\partial}{\partial x_3} \int_{H_1}^{H_2} \rho u_3 dx_2 - \rho_2 U_{21} \frac{\partial H_2}{\partial x_1} - \rho_2 U_{23} \frac{\partial H_2}{\partial x_3} + \rho_1 U_{11} \frac{\partial H_1}{\partial x_1} + \rho_1 U_{13} \frac{\partial H_1}{\partial x_3} + \rho_2 U_{22} - \rho_1 U_{12} + \frac{\partial}{\partial t} \int_{H_1}^{H_2} \rho dx_2 - \rho_2 \frac{\partial H_2}{\partial t} + \rho_1 \frac{\partial H_1}{\partial t} \quad (2.17)$$

Hai số hạng đầu sau khi tích phân phân đoạn ,nhờ quan hệ (2.10) và đặt:

$$\left. \begin{aligned} R &= \int_{H_1}^{H_2} p(x_1, \xi, x_3, t) d\xi \\ F &= \frac{1}{J_2} \int_{H_1}^{H_2} \frac{R}{\mu} dx_2 \\ G &= \int_{H_1}^{H_2} \frac{R}{\mu} \left(x_2 - \frac{I_2}{J_2} \right) dx_2 = \int_H^{H_2} \frac{R x_2}{\mu} dx_2 - I_2 F \end{aligned} \right\}$$

Được viết như sau:

$$\left. \begin{aligned} \int_{H_1}^{H_2} \rho u_1 dx_2 &= R_2 U_{21} - \frac{\partial \rho}{\partial x_1} G - (U_{21} - U_{11}) F \\ \int_{H_1}^{H_2} \rho u_3 dx_2 &= R_2 U_{31} - \frac{\partial \rho}{\partial x_3} G - (U_{23} - U_{13}) F \end{aligned} \right\}$$

Với R_2 là giá trị của hàm R viết tại mặt 2. Khi đó phương trình (2.17) được viết là như sau: Đó chính là phương trình cơ học tổng quát của màng mỏng chất lỏng nhớt:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x_1} \left(G \frac{\partial \rho}{\partial x_1} \right) + \frac{\partial}{\partial x_3} \left(G \frac{\partial \rho}{\partial x_3} \right) &= \frac{\partial}{\partial x_1} [U_{21}(R_2 - F) + U_{11}F] - \rho_2 U_{21} \frac{\partial H_2}{\partial x_1} + \rho_1 U_{11} \frac{\partial H_1}{\partial x_1} + \\ + \frac{\partial}{\partial x_3} [U_{23}(R_2 - F) + U_{13}F] &- \rho_2 U_{23} \frac{\partial H_2}{\partial x_3} + \rho_1 U_{13} \frac{\partial H_1}{\partial x_3} + \frac{\partial R_2}{\partial t} - \rho_2 \frac{\partial H_2}{\partial t} + \rho_1 \frac{\partial H_1}{\partial t} + \rho_2 U_{22} - \rho_1 U_{12} \end{aligned}$$

Từ biểu diễn của ứng suất trượt dưới đây :

$$\sigma_{12} = \mu \frac{\partial u_1}{\partial x_2} \quad \sigma_{32} = \mu \frac{\partial u_3}{\partial x_2}$$

Và tính đến biểu diễn (2.13) có được dạng ứng suất trượt như sau:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{12} &= \left(x_2 - \frac{I_2}{J_2} \right) \frac{\partial \rho}{\partial x_1} + \frac{U_{21} - U_{11}}{J_2} \\ \sigma_{32} &= \left(x_2 - \frac{I_2}{J_2} \right) \frac{\partial \rho}{\partial x_3} + \frac{U_{23} - U_{13}}{J_2} \end{aligned} \right\}$$

Phương trình (2.20) chính là phương trình tổng quát của phương trình Reynolds. Qua toàn bộ quá trình xây dựng nó chúng ta có thể thấy rằng để nhận được biểu diễn đó cần thiết ta cần thiết phải đặt ra các giả thiết sau:

Môi trường liên tục

Chất lỏng có luật chảy Newton

Chất lỏng chảy tầng

Bỏ qua lực khối

Bỏ qua lực quán tính của dòng chảy chất lỏng

Không có sự trượt giữa chất lỏng và bề mặt tiếp xúc của nó

Bỏ qua độ cong của màng chất lỏng

Chiều dày màng chất lỏng rất nhỏ so với kích thước của tiếp xúc

Trong trường hợp độ nhớt động lực học của chất lỏng μ và khối lượng riêng ρ chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ T , áp suất p và nhiệt độ T là hằng số, ta có thể viết:

$$\left. \begin{aligned} \mu &= \mu(T, p) \text{ và } \rho = \rho(T, p) \\ \text{với } T &= (x_1, x_3, t) \text{ và } p = p(x_1, x_3, t) \end{aligned} \right\}$$

khi đó

$$\left. \begin{aligned} \mu &= \mu(x_1, x_3, t) \\ \rho &= \rho(x_1, x_3, t) \end{aligned} \right\}$$

(2.23)

Quan hệ trên cho phép đơn giản hóa phương trình (2.20) và nó trở thành phương trình cơ học tổng quát của màng mỏng chất bôi trơn:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial x_1} \left[\rho \frac{(H_1 - H_2)^3}{\mu} \frac{\partial}{\partial x_1} \right] + \frac{\partial}{\partial x_3} \left[\rho \frac{(H_1 - H_2)^3}{\mu} \frac{\partial}{\partial x_3} \right] = \\ & = 6 \frac{\partial}{\partial x_1} [\rho(U_{11} + U_{12})(H_2 - H_1)] - 12\rho U_{21} \frac{\partial H_2}{\partial x_1} + 12\rho U_{11} \frac{\partial H_1}{\partial x_1} \\ & \quad + 6 \frac{\partial}{\partial x_3} [\rho(U_{13} + U_{23})(H_2 - H_1)] - 12\rho U_{23} \frac{\partial H_2}{\partial x_3} + 12\rho U_{13} \frac{\partial H_1}{\partial x_3} \end{aligned}$$

(2.24)

$$+ 12\rho(U_{22} + U_{12}) + 12(H_2 - H_1) \frac{\partial \rho}{\partial t}$$

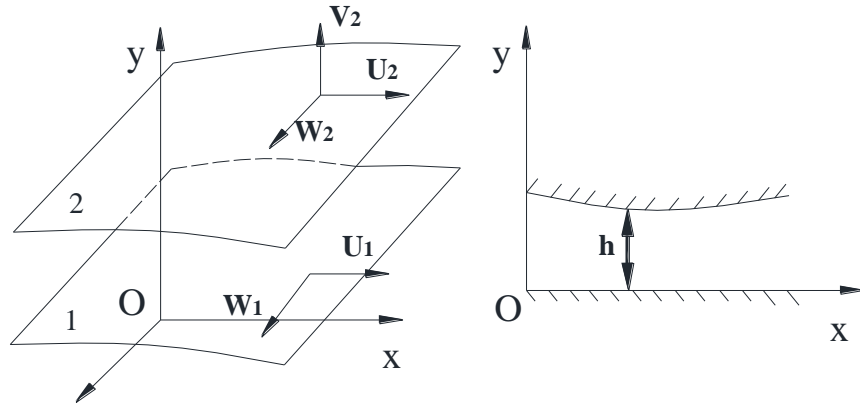
Khi đó có được biểu diễn của trường vận tốc theo các phương:

$$\left. \begin{aligned} u_1 &= \frac{1}{2\mu} \frac{\partial p}{\partial x_1} [x_2^2 - x_2(H_1 + H_2) + H_1 H_2] + \frac{U_{11} - U_{21}}{H_1 - H_2} (x_2 - H_1) + U_{11} \\ u_3 &= \frac{1}{2\mu} \frac{\partial p}{\partial x_3} [x_2^2 - x_2(H_1 + H_2) + H_1 H_2] + \frac{U_{13} - U_{23}}{H_1 - H_2} (x_2 - H_1) + U_{13} \end{aligned} \right\} \quad (2.25)$$

Và ứng suất trượt theo các phương:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{12} &= \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial x_1} (2x_2 - H_1 - H_2) + \mu \frac{H_{11} - H_{21}}{H_1 - H_2} \\ \sigma_{13} &= \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial x_3} (2x_2 - H_1 - H_2) + \mu \frac{H_{13} - H_{23}}{H_1 - H_2} \end{aligned} \right\}$$

1.1.2. Phương trình Reynolds tổng quát



Hình 1.1. Hệ tọa độ Đề các

Trong bôi trơn thủy động khi coi vận tốc tại bề mặt tiếp xúc luôn tiếp xúc với chính nó và bằng cách đặt gốc của hệ trục tọa độ trên một bề mặt tiếp xúc, tức là $H_1 = 0$ và $H_2 = h$. Nếu xét trong hệ tọa độ Đề các Oxyz, điều kiện trên vận tốc viết được:

Trên mặt 1, với $y=0$ có $u=U_1$; $v=0$; $w=W_1$

Trên mặt 2, với $y=h$ có $u=U_2$; $v=0$; $w=W_2$

Với cách đặt gốc của hệ tọa độ trên mặt 1, có được $V_1=0$. Khi đó có các biểu diễn của vận tốc trong mang dầu:

$$\left. \begin{aligned} u &= \frac{\partial p}{\partial x} \left(I - \frac{I_2 J}{J_2} \right) + \frac{U_2 - U_1}{J_2} J + U_1 \\ w &= \frac{\partial p}{\partial z} \left(I - \frac{I_2 J}{J_2} \right) + \frac{W_2 - W_1}{J_2} J + W_1 \end{aligned} \right\} \quad (2.27)$$

Trong đó:

$$\left. \begin{aligned} I &= \int_0^y \frac{\xi}{\mu} d\xi & J &= \int_0^y \frac{d\xi}{\mu} \\ I_2 &= \int_0^h \frac{y}{\mu} dy & J_2 &= \int_0^h \frac{dy}{\mu} \end{aligned} \right\} \quad (2.28)$$

Và cũng từ đó có biểu diễn các ứng suất:

và các thành phần ứng suất:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{rz} &= \mu \frac{\partial u}{\partial z} = \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial r} (2z - h) + (U_2 - U_1) \frac{\mu}{h} \\ \sigma_{\theta z} &= \mu \frac{\partial v}{\partial z} = \frac{1}{2r} \frac{\partial p}{\partial \theta} (2z - h) + (V_2 - V_1) \frac{\mu}{h} \end{aligned} \right\} \quad (2.37)$$

Một số trường hợp tiếp xúc thủy động đơn giản:

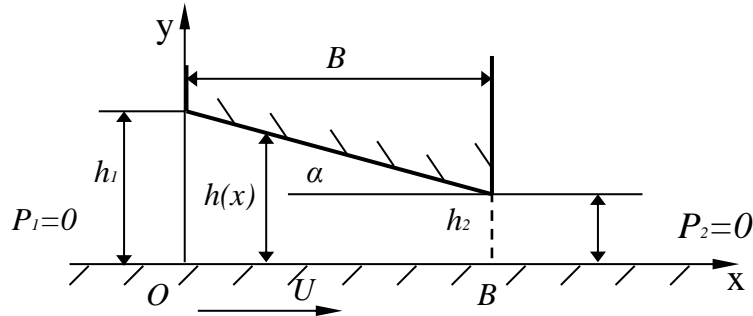
Trường hợp hai bề mặt không song song:

Hệ thống được tạo bởi hai bề mặt nghiêng không song song với nhau. Một bề mặt

dưới nằm ngang chuyển động với vận tốc $U_1 = U$. Bề mặt trên nghiêng với một góc α nhỏ

không đổi so với bề mặt nằm ngang cố định. Hai bề mặt dài vô hạn theo phương Oz.

Phương trình Reynolds được rút gọn:



Hình 1. 2. Sơ đồ biểu diễn chêm dầu

$$\frac{d}{dx} \left(h^3 \frac{dp}{dx} \right) = 6\mu U \frac{dh}{dx} \quad \Rightarrow \quad \frac{dp}{dx} = 6\mu U \frac{h-h^*}{h^3}$$

Với h^* là chiều dày màng dầu tại điểm có tọa độ x^* có đạo hàm áp suất tại đó bằng không. Chiều dày màng dầu thay đổi theo Ox được theo công thức:

$$h = h_2 + (B-x)tg\alpha$$

h_2 là chiều dày màng dầu nhỏ nhất, B là bề rộng của chêm và $tg\alpha = (h_1 - h_2)/B$. Từ đây ta có chiều dày màng dầu không thứ nguyên:

$$\bar{h} = h/h_2; a = h_1/h_2 > 1$$

Từ đây ta có: $dh = -dxtg\alpha$

Thay vào phương trình ta có được áp suất:

$$p = \frac{6\mu U}{tg\alpha} \left(\frac{1}{h} - \frac{h^*}{2h^2} + C_1 \right)$$

Điều kiện để biên về áp suất:

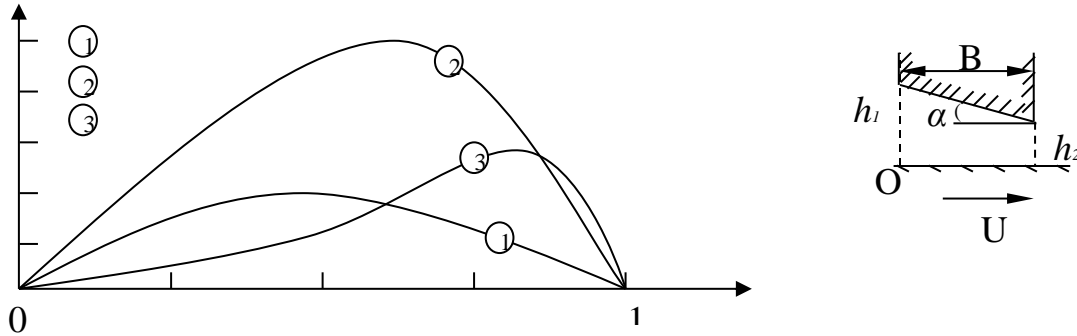
$$p = 0 \text{ tại } x = 0 \text{ có } h = h_1$$

$$p = 0 \text{ tại } x = B \text{ có } h = h_2$$

Tính được các hằng số h^* và C_1 :

$$h^* = \frac{2h_1h_2}{h_1+h_2} \quad \text{và} \quad C_1 = -\frac{1}{h_1+h_2}$$

$$p = \frac{6\mu U}{tg\alpha} \left[\frac{1}{h} - \frac{1}{h^2} \frac{h_1 h_2}{(h_1 + h_2)} - \frac{1}{h_1 + h_2} \right] ; \quad p = \frac{6\mu UB}{h_2^2(a-1)} \left[\frac{1}{h} - \frac{1}{h^2} \frac{a}{(1+a)} - \frac{1}{(1+a)} \right]$$



Hình 1. 3. Biến đổi của áp suất theo tỉ số $a = h_1/h_2$

$\bar{P} = Ph_2^2/\mu UB$

$$\bar{X} = X/B$$

Trên hình 1.3 biểu diễn sự thay đổi của áp suất không thứ nguyên

$\bar{p} = h_2^2 p / (\mu UB)$ trong các trường hợp khác nhau của hệ số a , $a = h_1/h_2$.

Đường cong áp suất đạt cực đại khi $a \approx 2,2$.

Tích phân trường áp suất trên bề mặt chêm ta được khả năng tải:

$$W = L \int_0^B p dx = \frac{-L}{tg\alpha} \int_{h_1}^{h_2} p dh \quad ; \quad W = \frac{6\mu UL}{tg^2\alpha} \left[\ln \frac{h_1}{h_2} - 2 \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2} \right]$$

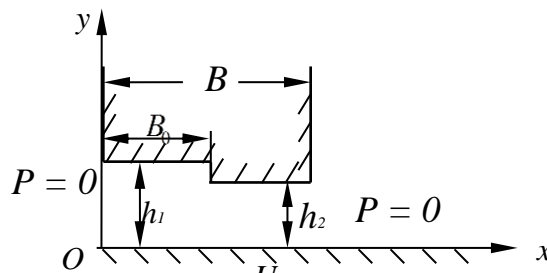
$$W = \frac{6\mu UB^2 L}{h_2^2(a-1)^2} \left[\ln a - 2 \frac{a-1}{a+1} \right]$$

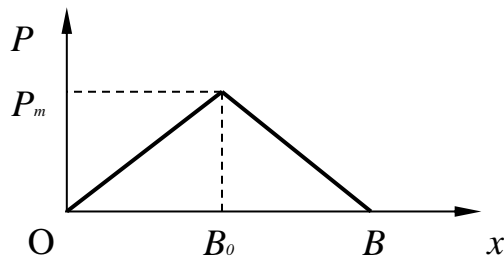
Xác định được khả năng tải không thứ nguyên $\bar{W} = h_2^2 W / (\mu ULB^2)$ đạt giá trị lớn nhất khi $a \approx 2,2$.

Trường hợp hai bề mặt song song không liên tục

Chêm dầu ở hình 2.6.a dài vô hạn theo phương Oz. Mặt trên có hai mặt bậc tương ứng

với hai chiều dày h_1 và h_2 .





Hình 1. 5. Biểu diễn áp suất

Bề rộng của mặt có chiều dày là h_1 là $x = B_0$

- Xét đoạn $0 \leq x \leq B_0$:

Phương trình Reynolds:

$$\frac{d^2 p}{dx^2} = 0 ; \text{ Tích phân ta được : } p = C_1 x + C_2$$

Các hệ số tích phân được tính dựa trên điều kiện biên:

$$p = 0 \text{ tại } x = 0; \quad p = P_m \text{ tại } x = B_0 \Rightarrow p = \frac{P_m}{B_0} x$$

- Xét đoạn $B_0 \leq x \leq B$:

Phương trình Reynolds:

$$\frac{d^2 p}{dx^2} = 0 \Rightarrow p = C_3 x + C_4$$

Các hệ số tích phân được tính dựa trên điều kiện biên:

$$p = 0 \text{ tại } x = B$$

$$p = P_m \text{ tại } x = B_0$$

$$p = \frac{P_m}{B - B_0} (B - x)$$

P_m được tính dựa trên sự bảo toàn lưu lượng tại mặt cắt có $x = B_0$

$$Q_i = L \int_0^{h_i} u_i \cdot dy$$

$$u_i = \frac{1}{2\mu} \frac{dp_i}{dx} y(y - h_i) + \frac{h_i - y}{h_i} U$$

$$Q_i = \frac{Lh_i^3}{12\mu} \frac{dp_i}{dx} + \frac{LUh_i}{2}$$

Ta có: $\frac{dp_1}{dx} = \frac{P_m}{P_o}$ và $\frac{dp_2}{dx} = \frac{-P_m}{B - B_o}$

Cân bằng lưu lượng Q_1 và Q_2 ta được:

$$Pm = 6\mu U \frac{h_1 - h_2}{\frac{h_1^3}{B_0} + \frac{h_2^3}{B - B_0}}$$

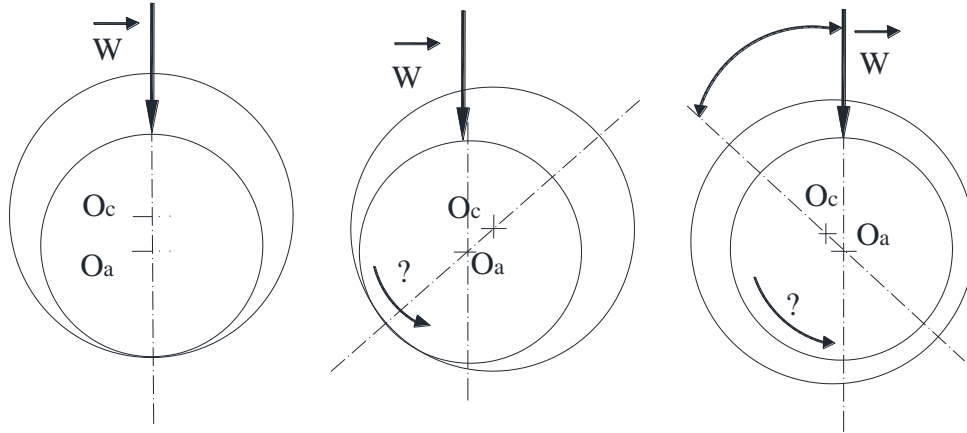
Hay $Pm = \frac{6\mu UB}{h_2^2} \frac{s(1-s)(a-1)}{a_3(1-s) + s}$ với: $a = h_1/h_2$ và $s = B_0/B$

Tải trọng trên chiều dài L là: $W = LB \frac{P_m}{2}$

Giá trị tải trọng lớn nhất tại $a = 1,866$; $s=0,718$. Trên hình 2.7 biểu diễn mối quan hệ khả năng tải không thứ nguyên với hệ số a tại giá trị $s = 0,718$.

1.2. Cơ sở tính toán ổ đỡ thủy động.

Ổ đỡ thủy động thường được dùng phổ biến trong các máy móc thiết bị. Đơn giản nhất là một trục quay trong một bạc đỡ thường là bằng đồng, trong có chất bôi trơn.



Hình 1. 6. Sơ đồ vị trí khi khởi động ổ

Trong một vài cơ cấu nó có một giải pháp công nghệ rất tốt. Người ta thường dùng cho các mô tơ nhiệt, máy nén, trục có vận tốc quay cao, bộ biến tốc, tàu hoả, tàu thuỷ,...vv. Một ổ đỡ bao gồm hai chi tiết, trục nói chung bằng thép, bán kính R_a và bạc bằng đồng bán kính R_c chiều dài L . Vì vậy trên sơ đồ giới thiệu ổ có thể giảm lược bằng hai vòng tròn lân cận đặc trưng bằng ba toạ độ lớn:

- Khe hở bán kính: $C = R_c - R_a$
- Khe hở tương đối: $\varepsilon = C/D$
- Tỷ số L/D (chiều dài và đường kính của ổ)

Hình 1.6 mô tả 3 pha người ta quan sát được khi khởi động của một ổ đỡ. Các điểm O_c, O_a lần lượt là tâm bạc và tâm trục.

W là tải trọng bên ngoài tác dụng lên trục. Ở vị trí dừng (hình 1.6.1) trục và bạc tiếp xúc với nhau cả hai đều chịu tác dụng của W , khi đó khoảng các O_c, O_a bằng khe hở bán kính, ở vị trí khởi động (hình 1.6.2) trục lăn trượt trong ổ vào quãng không gian hội tụ tạo bởi bề mặt trục và bạc. Đến một lúc nào đó tốc độ quay đạt một giá trị nhất định thì trong ổ hình thành trường áp suất chống lại tải trọng bên ngoài (hình 1.6.3)

Với một tốc độ quay ổn định và tải trọng không đổi thì tâm trục O_a có một vị trí cố định bên trong bạc.

Kết luận: Để tính toán được các thông số của màng dầu bôi trơn, ta cần sử dụng các phương pháp số để tính toán, nhằm tăng độ chính xác.

Chương 2. CÁC PHẦN MỀM TÍNH TOÁN THEO PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN

2.1. Phần mềm Catia

Phần mềm Catia là một phần mềm hỗ trợ cho công việc thiết kế các chi tiết máy của người kỹ sư thiết kế. Ngoài ra Catia còn cung cấp chức năng lắp ghép các chi tiết máy rời rạc thành một cụm chi tiết, một cơ cấu máy hay một máy cơ khí hoàn chỉnh. Và sau đó, người sử dụng phần mềm Catia có thể mô phỏng chuyển động của cụm chi tiết, cơ cấu hay máy cơ khí đã lắp ráp ở trên một cách sinh động. [7]

Sự chuyển đổi giữa các môi trường làm việc trong Catia hết sức linh hoạt bằng cách sử dụng thanh công cụ Start giúp cho người thiết kế cảm thấy thoải mái và tiết kiệm được nhiều thời gian.

Các modul của phần mềm [7]

Mechanical Deign: Modul này cho phép xây dựng các chi tiết, các sản phẩm lắp ghép trong cơ khí.

Shape Design and Styling: Modul này cho phép thiết kế các bề mặt có biên dạng, kiểu dáng phức tạp trong lĩnh vực thiết kế vỏ ô tô, tàu biển, máy bay,...

Analysis: Module cho phép tính toán kiểm tra và mô phỏng chi tiết chịu tải trọng trong môi trường kết cấu liên tục hoặc trong môi trường nhiệt độ. Từ đó cho phép tối ưu kết cấu

Manufacturing: Modul này cho phép mô phỏng quá trình gia công chế tạo chi tiết thông qua việc lựa chọn dao, chế độ cắt, gá đặt từ đó cho phép người thiết kế lựa chọn quá trình chế tạo hợp lý nâng cao chất lượng gia công và tiết kiệm vật liệu.

Equipments and systems: Cho phép xây dựng các trang thiết bị, các hệ thống của một nhà máy theo tiêu chuẩn.

Plant Engineering: Cho phép thiết kế mặt bằng xưởng, nhà máy, dây chuyền sản xuất.

Đây là một phần mềm rất mạnh có khả năng giải quyết nhiều bài toán nên yêu cầu cấu hình máy tính phải đảm bảo. Các đối tượng mà CATIA có khả năng làm việc là:

Thiết kế cơ khí: Thiết kế chi tiết và các cơ cấu tổ hợp các sản phẩm dập tấm, bề mặt và khung dây, thiết kế khuôn, thiết kế tàu thủy, ô tô, máy bay v.v...

Thiết kế các kiểu dáng hình học 3D với những mặt cong bất kỳ.

Phân tích kết cấu bằng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM).

Gia công CNC.

Thiết kế nhà xưởng.

Thiết kế hệ thống điện, điện tử, thủy lực.

Mô phỏng động học.

2.2. Phần mềm Unigraphics NX

NX là hệ thống **CAD/CAM/CAE** mạnh hiện nay để mô hình hoá ba chiều các sản phẩm cơ khí. Hệ thống này là công cụ hỗ trợ cho nhà thiết kế thực hiện công việc thiết kế sản phẩm một cách nhanh chóng và chính xác [8]

Phục vụ thiết kế, mô phỏng, lập trình gia công..., cho các ngành công nghiệp sản xuất hàng gia dụng và dân dụng (balo, dày dép), máy công cụ, máy công nghiệp, ô tô, xe máy, đóng tàu cho tới các ngành công nghiệp hàng không thiết kế máy bay, công nghệ vũ trụ.... Nhờ vào giải pháp tổng thể, linh hoạt và đồng bộ của mình mà NX được các tập đoàn lớn trên thế giới (Boeing, Suzuki, nissan, Nasa...) sử dụng. Đặc biệt ở Nhật bản, Đức, Mỹ và Ấn Độ thì Unigraphics NX có thị phần lớn nhất so với tất cả các phần mềm CAD/CAM khác. Với 51 triệu licensed đã được phát hành với hơn 51.000 khách hàng trên toàn thế giới. NX không chỉ đứng đầu về mặt công nghệ mà còn đứng đầu về lượng licensed đã được phát hành. [8]

Các mô đun của phần mềm

Bao gồm 7 mô đun

Model

Là mô đun giúp người sử dụng tạo các khối hình học, các chi tiết máy dưới dạng 3D

Mô đun này gồm 9 lựa chọn nhỏ cho người sử dụng

Model: tạo các chi tiết riêng rẽ.

Assembly: Tạo một thiết bị bằng các nối ghép các chi tiết riêng rẽ đã tạo ở phần Model hoặc tạo trực tiếp trên môi trường Assembly.

Shape Studio: Tạo các chi tiết từ các mặt cong, mặt cong có thể là các mặt cong cơ bản hoặc mặt cong không cơ bản.

NX Sheet metal: Tạo các chi tiết dạng tấm kim loại. Chuyên cung cấp giải pháp thiết kế các chi tiết dạng tấm tiêu chuẩn hóa với các góc bẻ, bán kính góc lượn hay các mép gấp theo tiêu chuẩn quốc tế hoặc do người thiết kế đặt ra. Phần mềm hỗ trợ đưa ra các tư vấn về kỹ thuật khi người thiết kế chọn nhầm chỉ tiêu kỹ thuật

Aero Sheet Metal: Tạo các chi tiết dạng tấm nhưng có các mặt là các mặt cong.

Routing Logical: Tạo các sơ đồ đi ống từ thư viện của phần mềm. Phần mềm tư vấn các đường đi tối ưu của đường ống trong các hệ thống, tính toán và đưa ra bảng thống kê về kích thước, khối lượng và các thông số kỹ thuật của đường ống và các thiết bị, phân tích định hướng và kiểm tra dòng chảy dựa trên hệ thống tổng thể của đường ống

Routing Mechanical: Thiết kế đường ống cơ khí.

Routing Electrical: Tạo các sơ đồ điện từ thư viện phần mềm. Cho phép tính toán thiết kế các hệ thống mạch điện, đường dây điện và các thiết bị điện một cách nhanh chóng. Phần mềm tự động tối ưu hoá đường đi của các dây dẫn, tiết kiệm thời gian và tăng tính khoa học, thẩm mỹ.

Black: Tạo chi tiết từ một file thiết kế trắng

Drawing

Là mô đun giúp người thiết kế nhanh chóng tạo ra các bản vẽ kỹ thuật 2D từ khối vật thể đã được xây dựng ở mô đun Model

Mô đun này không chỉ giúp tạo các hình chiếu cơ bản mà còn tạo các hình cắt, hình cắt trích, hình chiếu riêng phần, ghi kích thước, dung sai...

Mô đun này bao gồm 5 lựa chọn cho các khổ giấy vẽ từ A0 đến A4. Các khung bản vẽ được mặc định đi kèm với khổ giấy, tuy nhiên người dùng hoàn toàn có thể thay đổi khung bản vẽ cũng như các tiêu chuẩn bản vẽ.

Simulation

Là mô đun giúp người thiết kế mô phỏng và kiểm tra các tính toán của các bài toán thiết kế. Mô đun này được xây dựng để tính toán bài toán thiết kế trong nhiều lĩnh vực như Điện tử, sức bền, dòng chảy...

Manufacturing

Mô đun giúp người thiết kế dễ dàng trong thiết lập chương trình, nhiều chiến lược giúp tối ưu đường chạy dao,... hỗ trợ Machine Tool Simulation giúp mô phỏng gia công bằng mô hình máy thực, giúp chúng ta kiểm soát tốt hơn và hạn chế được nguy cơ va đập xảy ra khi gia công. Đặc biệt NX hỗ trợ lập trình gia công rất tốt cho máy phay 4 trục và 5 trục. Thư viện postprocessor có nhiều post của các hệ điều hành nổi tiếng và thông dụng.

Inspection

Mô đun này giúp người thiết kế kiểm duyệt lại các thiết kế theo các tiêu chuẩn

Mechantronics Concept Design

Ship Structures

Mô đun này dành riêng cho thiết kế kết cấu tàu thủy, giúp người dùng nhanh chóng đưa ra các phương án thiết kế kết cấu và thử nghiệm qua mô phỏng.

Chức năng của phần mềm

Phục vụ thiết kế, mô phỏng, lập trình gia công..., cho các ngành công nghiệp sản xuất hàng gia dụng và dân dụng (balo, dày dép), máy công cụ, máy công nghiệp, ô tô, xe máy, đóng tàu cho tới các ngành công nghiệp hàng không thiết kế máy bay, công nghệ vũ trụ....Nhờ vào giải pháp tổng thể, linh hoạt và đồng bộ của mình mà NX được các tập đoàn lớn trên thế giới (Boeing, Suzuki, nissan, Nasa...) sử dụng. Đặc biệt ở Nhật bản, Đức, Mỹ và Ấn Độ thì Unigraphics NX có thị phần lớn nhất so với tất cả các phần mềm CAD/CAM khác . Với 51 triệu licensed đã được phát hành với hơn 51.000 khách hàng trên toàn thế giới . NX không chỉ đứng đầu về mặt công nghệ mà còn đứng đầu về lượng licensed đã được phát hành.

NX là hệ thống **CAD/CAM/CAE** mạnh nhất hiện nay để mô hình hoá ba chiều các sản phẩm cơ khí. Hệ thống này là công cụ hỗ trợ cho nhà thiết kế thực hiện công việc thiết kế sản phẩm một cách nhanh chóng và chính xác. Hơn thế nữa, tính mở và tính tương thích của **NX** cho phép nhiều phần mềm ứng dụng khác có

thể chạy trực tiếp trên môi trường của nó như **Autodesk Inventor, Catia, Pro-E, Solid Edge, CADKEY, SolidWorks, Cimatron, ...** kết xuất ra các file định dạng chuẩn để người sử dụng có thể khai thác mô hình trong môi trường các phần mềm phân tích khác.

Quản lý vòng đời sản phẩm: NX là một phần của PLM, quản lý toàn bộ vòng đời của sản phẩm từ yêu cầu ban đầu, thông qua thiết kế, chế tạo, bảo trì và tái chế.

Thiết kế sản phẩm đáp ứng qua mọi giai đoạn: từ giai đoạn ý tưởng đến thành phẩm: Teamcenter được sử dụng để kiểm soát truy cập dữ liệu của các tập tin NX. Teamcenter cho phép người dùng làm việc trên thiết kế nhiệm vụ song song thay vì thiết kế theo quá trình tuần tự. Ví dụ, trong khi một số người dùng thiết kế các sản phẩm thì những người dùng khác có thể bắt đầu mô phỏng yếu tố phân tích hữu hạn hoặc các nghiên cứu gia công.

Sản phẩm lắp ráp mới có thể chứa các bộ phận sử dụng lại từ mẫu thiết kế trước đó vì vậy bộ phận tiêu chuẩn và các bộ phận từ thiết kế trước cần được sửa đổi. Ngoài ra, các bộ phận mới cần được thiết kế từ đầu. NX sẽ giúp bạn thiết kế và chỉnh sửa các bộ phận trong bối cảnh lắp ráp để tạo ra bộ phận phù hợp thích hợp (thao tác.avi)

2.3. Phần mềm Solidworks

SolidWorks phần mềm thiết kế ba chiều được sử dụng rất rộng rãi trong các lĩnh vực khác nhau như xây dựng, kiến trúc, cơ khí... được sử dụng các công nghệ mới nhất về lĩnh vực đồ họa máy tính. Phần mềm SolidWorks do hãng Dassault systemn phát triển là một trong những phần mềm thiết kế uy tín nhất trên thế giới. Phần mềm này cho phép người sử dụng xây dựng các mô hình chi tiết 3D, lắp ráp chúng lại với nhau thành một bộ phận máy hoàn chỉnh, kiểm tra động học, cung cấp thông tin về vật liệu... [9]

SolidWorks có thể xuất ra các file dữ liệu định dạng chuẩn về hình học (IGES, STEP) để người sử dụng có thể khai thác mô hình trong môi trường các phần mềm phân tích khác như ANSYS, ADAMS, Pro-Casting... [9]

Chức năng CAD. (Computer Aided Design) [9]

Các khối được xây dựng trên cơ sở kỹ thuật parametric, mô hình hóa.

Chức năng báo lỗi giúp người sử dụng dễ dàng biết được lỗi khi thực hiện lệnh.

Bảng FeatureManager design tree cho phép ta xem các đối tượng vừa tạo và có thể thay đổi thứ tự thực hiện các lệnh.

Các lệnh mang tính trực quan làm cho người sử dụng dễ nhớ.

Dữ liệu được liên thông giữa các môi trường giúp cập nhật nhanh sự thay đổi của các môi trường.

Với các tính năng thiết kế tiện ích giúp người sử dụng thiết kế một cách có hiệu quả một bản vẽ kỹ thuật:

Hệ thống quản lý kích thước và ràng buộc trong môi trường vẽ phác giúp người sử dụng tạo các biên dạng một cách dễ dàng và tránh được các lỗi khi tạo biên dạng.

Công cụ hiệu chỉnh sử dụng rất dễ dàng giúp ta có thể hiệu chỉnh các đối tượng một cách nhanh chóng.

Trong môi trường thiết lập bản vẽ kỹ thuật (Drawing) cho phép ta tạo các hình chiếu các chi tiết hoặc các bản lắp với tỉ lệ và vị trí do người sử dụng quy định mà không ảnh hưởng đến kích thước.

Chuyển đổi ngôn ngữ Text với các thứ tiếng khác nhau.

Công cụ tạo kích thước tự động và kích thước theo quy định của người sử dụng.

Tạo các chú thích cho các lỗ một cách nhanh chóng.

Chức năng ghi độ nhám bề mặt, dung sai kích thước và hình học được sử dụng dễ dàng.

Các công cụ thiết kế bản vẽ lắp:

Các chi tiết 3D sau khi thiết kế xong có thể lắp ráp lại với nhau tạo thành một bộ phận máy hoặc một máy hoàn chỉnh.

Xây dựng các đường dẫn thể hiện quy trình lắp ghép.

Xác định các bậc tự do cho chi tiết lắp ghép.

Chức năng CAE (Computer Aided Engineering) [9]

Có thể thực hiện được những bài toán phân tích vô cùng phức tạp như

Phân tích tĩnh học

Phân tích động học

Phân tích động lực học

Phân tích dao động.

Phân tích nhiệt học.

Phân tích sự va chạm của các chi tiết.

Phân tích thủy khí động học.

Bên cạnh những modul phân tích này thì Cosmos còn cho phép thực hiện nhiều bài toán khác nữa. Nói chung là chương trình tính toán nhanh và cho phép thực hiện phân tích cụm rất nhiều chi tiết, với các thông số kết quả là: ứng suất, sức căng, chuyển vị, hệ số an toàn kết cấu ...

Tính lực và tính bền cho chi tiết.

2.4. Phần mềm Ansys Fluent

ANSYS FLUENT là một phần mềm với những khả năng mô hình hóa một cách rộng rãi các đặc tính vật lý cho mô hình dòng chảy chất lưu, rối, trao đổi nhiệt và phản ứng được áp dụng trong công nghiệp từ dòng chảy qua cánh máy bay đến sự cháy trong 1 lò lửa, từ các cột bọt khí đến các đệm dầu, từ dòng chảy của các mạch máu cho đến việc chế tạo các vật liệu bán dẫn và từ thiết kế các căn phòng sạch cho đến các thiết bị xử lý nước thải. Các mô hình đặc biệt giúp cho phần mềm có khả năng mô hình hóa buồng cháy động cơ cylinder, khí động học sự truyền âm, máy cánh và các hệ thống đa pha nhằm phục vụ cho việc mở rộng khả năng của phần mềm.

Các bộ giải kỹ thuật tiên tiến giúp đưa ra những kết quả CFD nhanh và chính xác, lưới chuyển động hay biến dạng và khả năng tăng tốc chạy song song. Các chức năng người dùng định nghĩa cho phép bổ sung những mô hình mới hay những tương tác người dùng trên mô hình đang tồn tại. Những khả năng thiết lập bộ giải tương tác, quá trình giải và hậu xử lý của ANSYS FLUENT làm cho dễ dàng có thể tạm dừng tính toán, kiểm tra kết quả với quá trình hậu xử lý đã được phân tích, thay đổi bất cứ thiết lập nào và sau đó tiếp tục tính toán với từng ứng dụng. Các tệp dữ liệu và các trường hợp tính có thể được đọc vào ANSYS CFD-Post với mục

đích phân tích kỹ hơn bằng các công cụ xử lý kết quả tiên tiến. Ta có thể xem xét đánh giá song song các trường hợp khác nhau.

Sự sát nhập của ANSYS FLUENT vào ANSYS Workbench sẽ cung cấp cho người sử dụng với 2 hướng kết nối tới toàn bộ hệ thống CAD, xây dựng và thay đổi về hình học một cách hữu hiệu với ANSYS DesignModeler , và những công nghệ chia lưới tiên tiến trong ANSYS Meshing. Những chức năng cơ bản này cũng cho phép dữ liệu và kết quả được chia sẻ giữa các ứng dụng bằng cách kéo và thả dễ dàng, cho tới việc sử dụng một phép giải dòng chảy chất lỏng với các điều kiện biên của mô phỏng về kết cấu cơ khí.

Sự kết hợp của những lợi ích này với hàng loạt các khả năng mô hình hóa mô hình vật lý và những kết quả CFD nhanh chóng, chính xác, phần mềm ANSYS FLUENT cung cấp các kết quả dưới dạng một trong những gói phần mềm toàn diện nhất cho quá trình mô hình hóa CFD trên thế giới hiện nay.

Phần mềm ANSYS FLUENT có khả năng mô hình hóa các mô hình vật lý cần thiết cho các mô hình dòng chảy, rối, truyền nhiệt, và phản ứng.

2.5. Kết luận chương

Từ những yêu cầu của bài toán đặt ra, nghiên cứu phân tích khả năng của phần mềm, tác giả sử dụng phần mềm Ansys Fluent để xác định các đặc tính của màng dầu bôi trơn ổ đỡ thủy động.

Chương 3. XÁC ĐỊNH CÁC ĐẶC TÍNH MANG DẦU BẰNG PHƯƠNG PHÁP SỐ

3.1. Giả thiết bài toán

Đường kính ổ trục trượt $D = 50 \text{ mm}$;

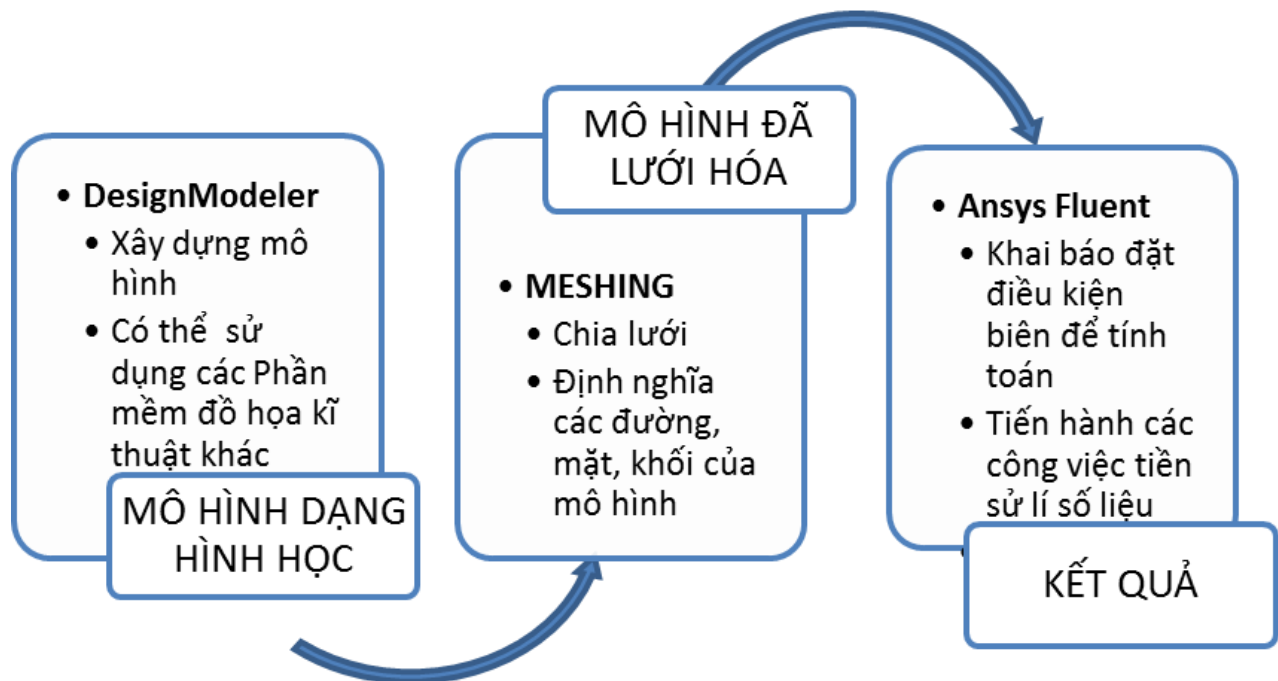
Độ dày màng dầu $R = 0.025 \text{ mm}$;

Tốc độ quay $n = 3000 \text{ rpm}$;

Độ nhớt của dầu nhớt $\mu = 1.06 \text{ Pa}$ với khả năng tải không đổi là 25 Mpa

3.2. Quy trình thực hiện bài toán

Để thực hiện bài toán, tác giả sử dụng Ansys Fluent, quy trình thực hiện bài toán như sau (hình 3.1)



Hình 3. 1. Quy trình phân tích bài toán bằng Ansys

Trước tiên trong mô phỏng cần có mô hình, Ansys cung cấp phần mềm DesignModeler để người dùng có thể xây dựng các mô hình dạng hình học của mô hình nghiên cứu. Design Modeler có đầy đủ các công cụ vẽ đồ họa để có thể xây

dựng được các mô hình từ đơn giản tới phức tạp. Người dùng cũng có thể sử dụng bất cứ phần mềm đồ họa kỹ thuật nào để xây dựng mô hình để đưa vào mô phỏng. Các phần mềm hỗ trợ trực tiếp như: ACIS, CATIA V5 (Spatial and CAPRI), IGES, Parasolid, Pro/ENGINEER, Solid Edge, SolidWorks, and STEP.

Mô hình dạng hình học xây dựng được sẽ được chuyển sang bước lưới hóa trong phần MESHING. Nó cung cấp khả năng linh hoạt trong việc chia lưới cho mô hình hoàn chỉnh, bao gồm cả khả năng sử dụng lưới phi cấu trúc có thể tạo được lưới cho các mô hình hình học phức tạp tương đối dễ dàng. Các loại lưới hỗ trợ bao gồm 2D: hình tam giác, tứ giác; 3D: tứ diện, lục diện, kim tự tháp, nôm, đa diện, và hỗn hợp

Căn bản lý thuyết xử lý tính toán trong Fluent

Fluent sử dụng phương pháp thể tích hữu hạn để giải các phương trình mô tả đặc tính cho các bài toán khác nhau, trong phạm vi bài toán mô phỏng dòng chảy thì phương trình cơ bản chính là phương trình liên tục:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{V}) = 0$$

Với chất lỏng không nén được, ta có các phương trình Navier-Stokes và phương trình năng lượng:

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad}p + \nu \Delta \vec{V}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \text{div}(\vec{V}(\rho E + p)) = \text{div}\left(k_{\text{eff}} \nabla T - \sum_j h_j \vec{J}_j + (\vec{t}_{\text{eff}} \vec{V})\right) + S_h$$

Trong đó: ρ : khối lượng riêng

\vec{V} : vectơ vận tốc

ν : hệ số nhớt động học

\vec{F} : lực khối đơn vị

p : áp suất

E : nhiệt dung riêng của chất lỏng

K_{eff} : hệ số dẫn nhiệt hiệu dụng

\vec{J}_j : thông lượng khuếch tán

S_h : bao hàm nhiệt của phản ứng hoá học và các nguồn nhiệt khác

Mô hình k- ϵ mô hình bán thực nghiệm cho nên có nhiều hằng số được định nghĩa trước đòi hỏi người sử dụng phải hiểu rõ bài toán. Mô hình này áp dụng việc giải độc lập hai phương trình chuyển động với năng lượng động học rối (k) và tỉ lệ khuếch tán của nó (ϵ):

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \epsilon - Y_M + S_k$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \epsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \epsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} (G_k + C_{3\epsilon} G_b) - C_{2\epsilon} \rho \frac{\epsilon^2}{k} + S_\epsilon$$

Trong đó: μ_t : độ nhớt rối

G_k : thể hiện sự phát sinh năng lượng động học rối do gradient vận tốc trung bình.

G_b : sự phát sinh năng lượng động học do sức nổi

Y_M : thể hiện sự dẫn nở biến đổi trong dòng chảy rối nén được

$C_{1\epsilon}$, $C_{2\epsilon}$ là các hằng số ($C_{1\epsilon}=1,44$; $C_{2\epsilon}=1,92$)

$C_{3\epsilon}$: thể hiện mức độ chịu ảnh của ϵ vào sức nổi

σ_k ; σ_ϵ là số Prandtl rối của k và ϵ ($\sigma_k=1$; $\sigma_\epsilon=1,3$)

S_k ; S_ϵ : là đại lượng do người dùng định nghĩa

Ở đây đã sử dụng hai giả thiết quan trọng là:

- Dòng chảy rối hoàn toàn
- Bỏ qua ảnh hưởng của độ nhớt phân tử.

Các bước tiến hành giải các phương trình này là:

Sử dụng lưới chia mô hình thành các thể tích hữu hạn, rời rạc.

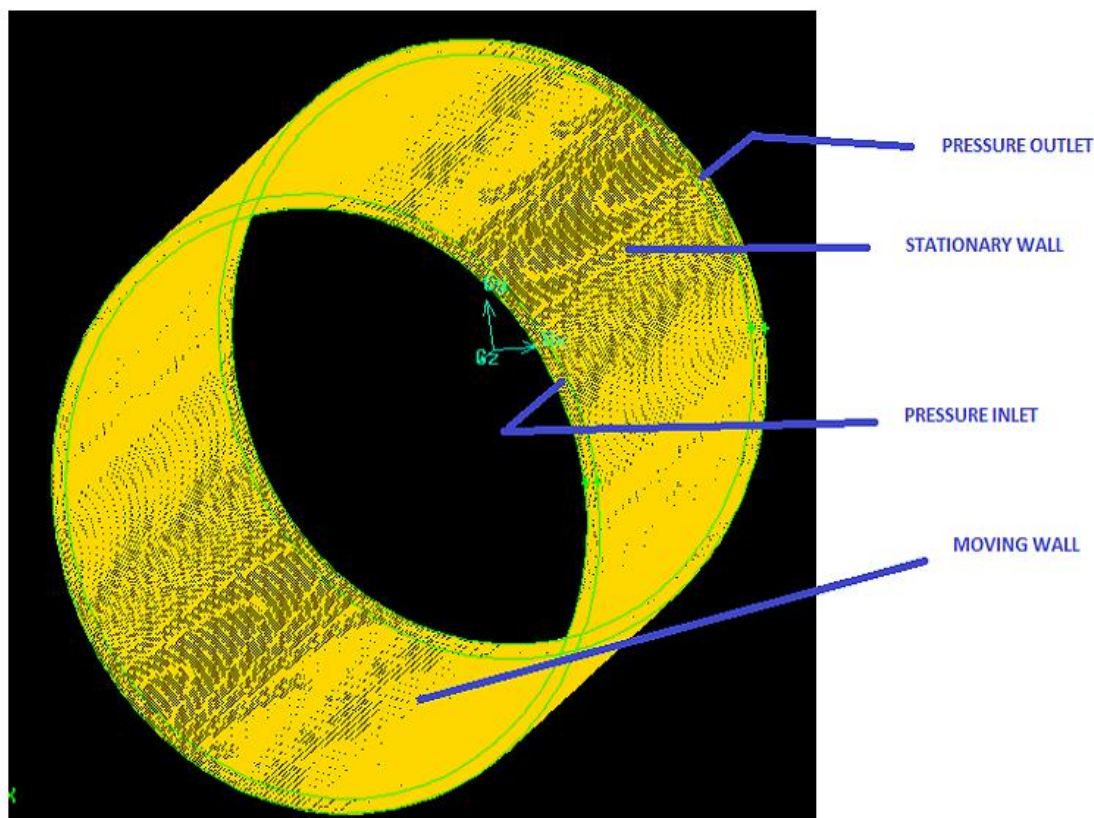
Tích phân các phương trình theo từng thể tích hữu hạn để xây dựng các phương trình đại số cho các biến độc lập như vận tốc, áp suất, nhiệt độ cũng như các đại lượng vô hướng khác.

Tuyến tính hoá các phương trình rời rạc và giải các hệ phương trình tuyến tính.

Các bước tiến hành với Ansys Fluent như sau:

Bước 1: Thiết lập mô hình 3D cho bài toán (Hình 3.2.)

Bước 2: Chia lưới sử dụng Ansys Meshing (Hình 3.2.)



Hình 3. 2. Mô hình 3D và chia lưới.

Bước 3: Tạo dữ liệu dòng chảy trong Ansys Fluent, bao gồm: Đặt thuộc tính vật liệu và điều kiện biên trong ống; Đặt các thông số đầu vào cho đường ống và bắt đầu quá trình tính toán.

Các phương trình Navier-Stokes được giải quyết trong trạng thái ổn định, có tính đến các trọng lực. Áp lực vận hành lên tới 101.325 Pa. Để đơn giản hóa mô hình hình học, một bên giải rãnh được sử dụng như một đầu vào chất bôi trơn và đầu còn lại là một lối thoát. Các điều kiện biên là: "áp lực đầu ra" với áp lực đo được tại điểm không Pascal và "áp lực đầu vào" với một giá trị thích hợp dẫn đến tốc độ dòng chảy chất bôi trơn bên cánh phải. Vỏ chịu lực được mô phỏng như một "bức tường đứng yên". Màng dầu được mô hình hóa như một "dòng di chuyển".

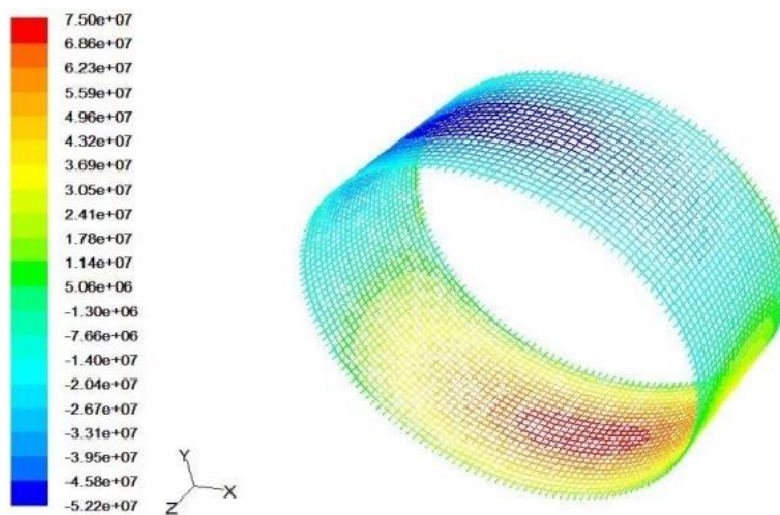
với một tốc độ quay tuyệt đối 3000 rpm. Trục quay được thiết lập tương đương với giá trị của độ lệch tâm.

3.3. Kết quả và thảo luận

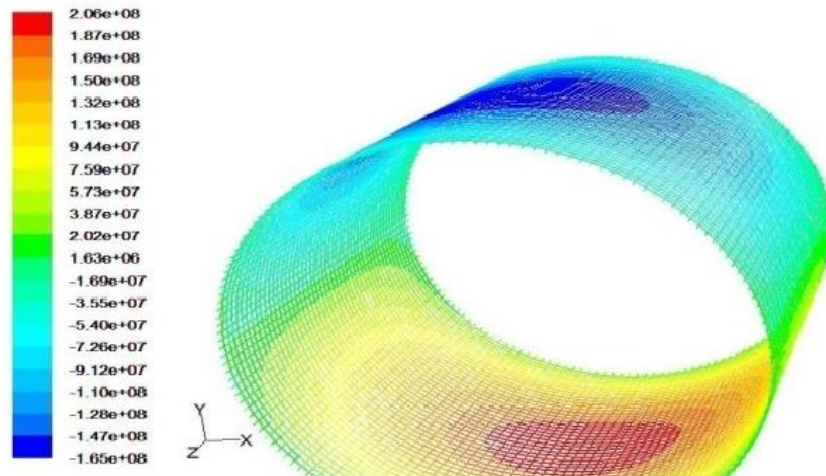
Ta xem xét phản ứng tức thời của một màng bôi trơn mỏng trên ổ trục trượt với điều kiện không ổn định. Đường kính ổ trục trượt $D = 50 \text{ mm}$; rãnh xuyên tâm $R = 0.025 \text{ mm}$; tốc độ quay $n = 3000 \text{ rpm}$; độ nhớt của dầu nhớt $\mu = 1.06 \text{ Pa}$ với khả năng tải không đổi là 25 MPa .

3.3.1. Áp suất

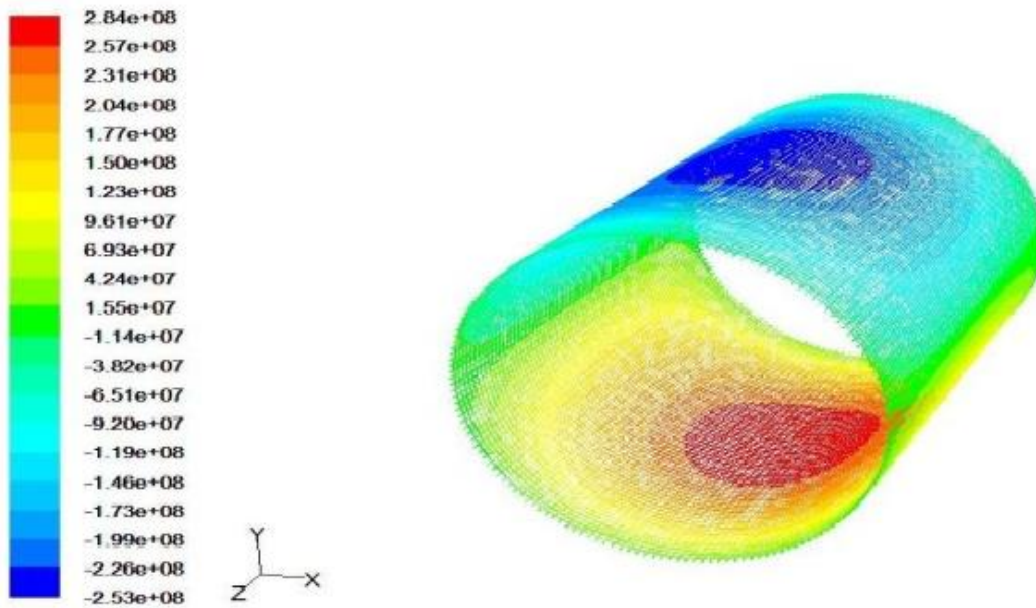
Áp suất tĩnh và tổng áp lực biến đổi trên các thành ổ trục được thể hiện trong hình 3.3 ; 3.4 ; 3.5 ; 3.6 ; 3.7 và các đường thay đổi áp suất tương ứng với thời gian được trình bày trong hình 3.8. Áp lực tĩnh và Tổng số tối đa được đưa ra trong Bảng 3.1.



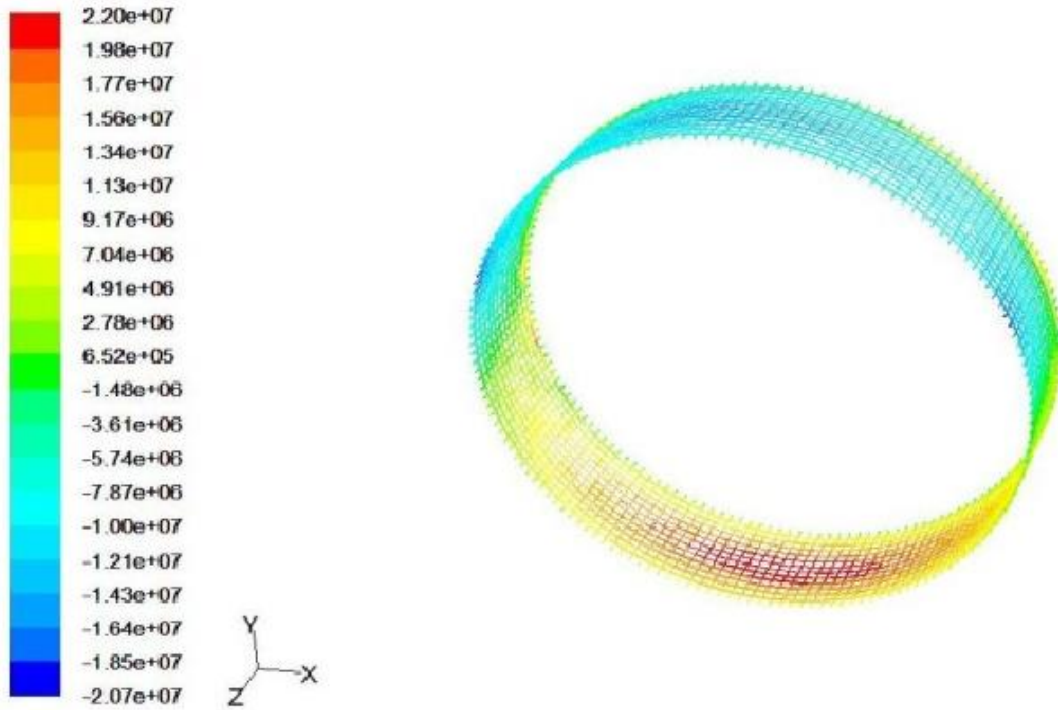
Hình 3. 3. Áp suất tĩnh màng dầu khi $L/D = 0,5$



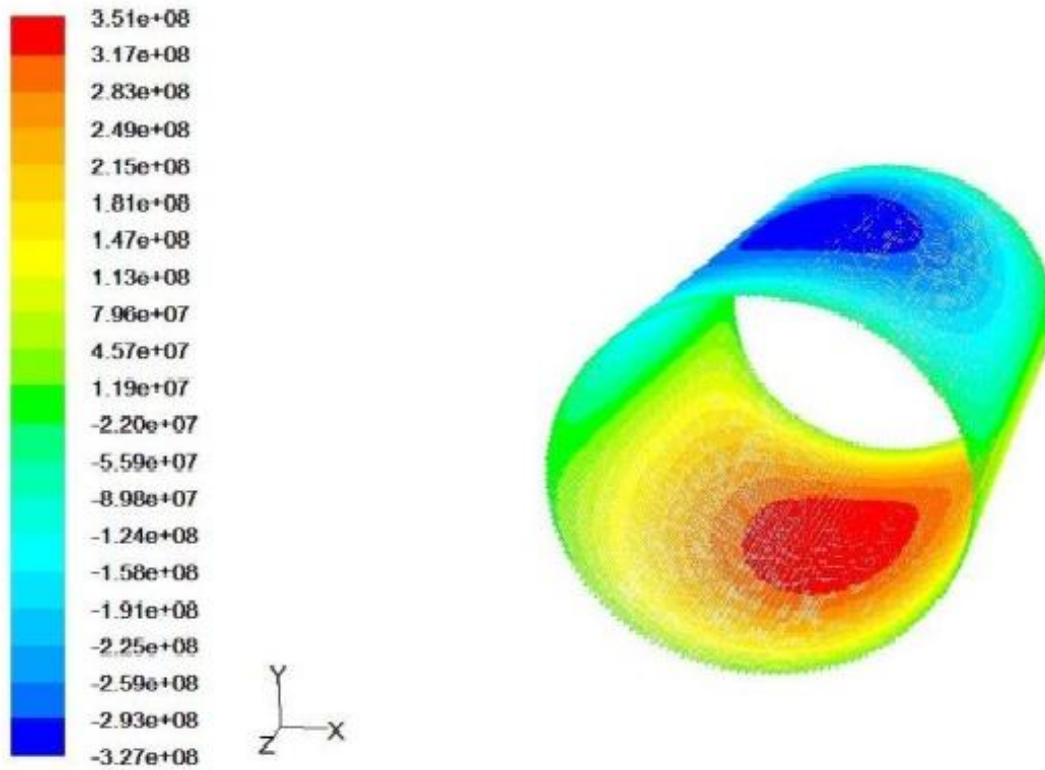
Hình 3. 4. Áp suất tĩnh màng dầu khi $L/D = 1$



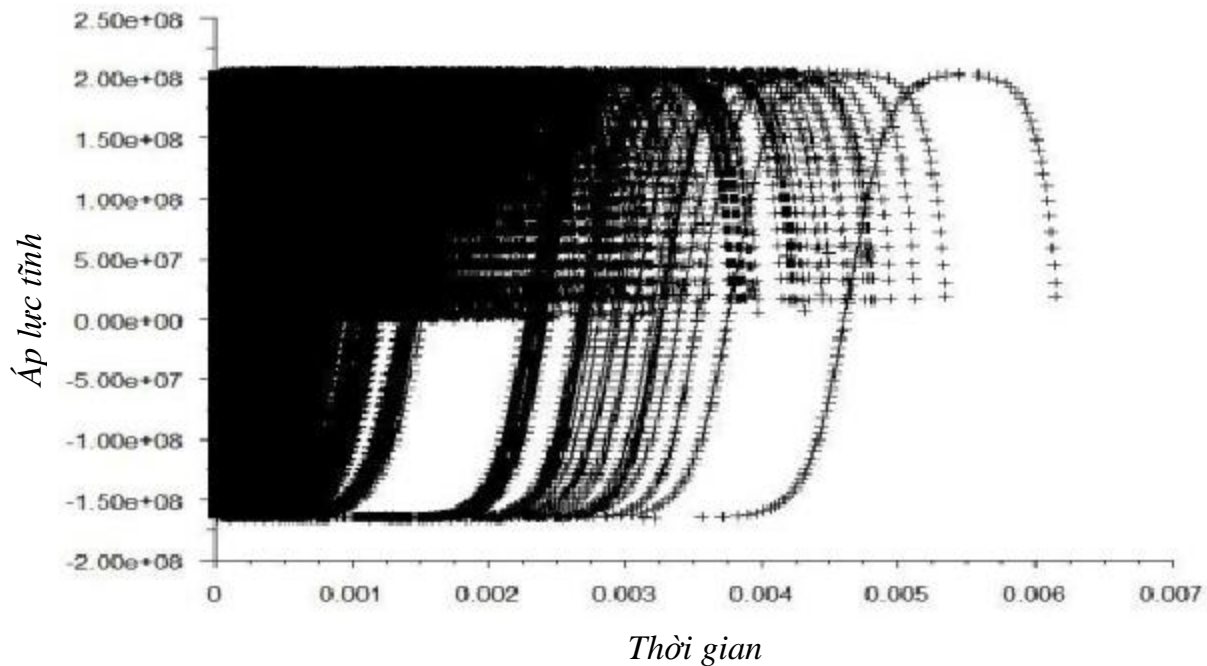
Hình 3. 5. Áp suất tĩnh màng dầu khi $L/D = 1,5$



Hình 3. 6. Áp suất tĩnh màng dầu khi $L/D = 0,25$



Hình 3. 7. Áp suất tĩnh màng dầu khi $L/D = 2$



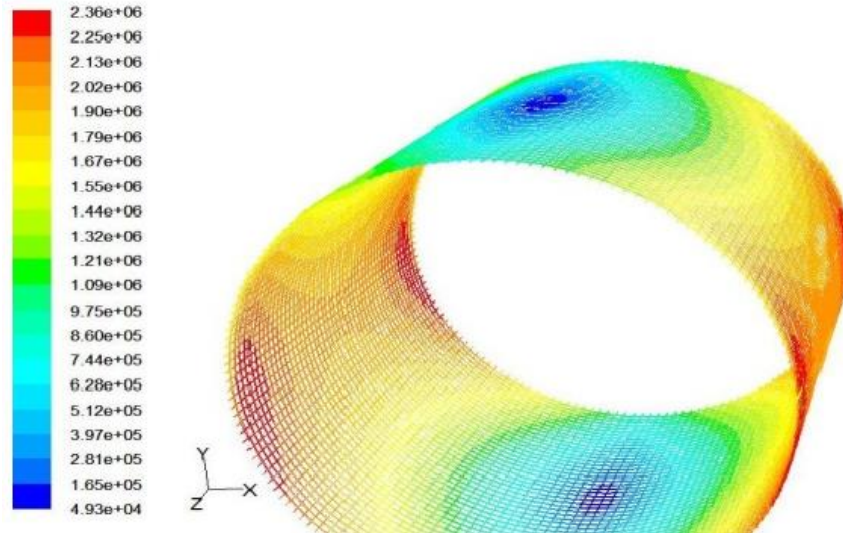
Hình 3. 8. Biểu đồ đường Áp lực tĩnh theo thời gian

Bảng 3. 1. Áp suất tĩnh lớn nhất và Tổng áp suất

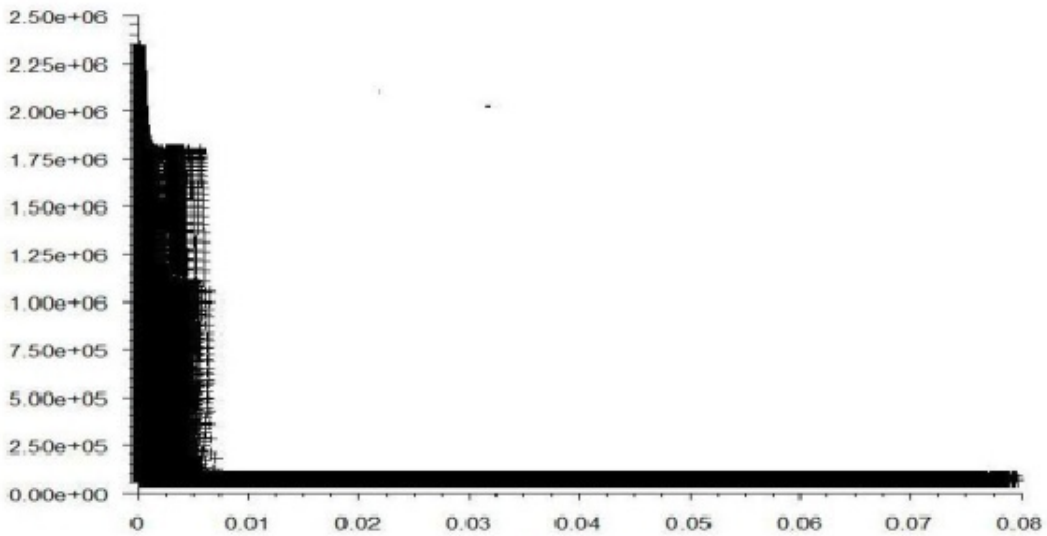
Tỉ số L/D	Áp lực tĩnh lớn nhất (Pa)	Tổng áp lực lớn nhất (Pa)
0,25	$2,195 \cdot 10^7$	$4,252 \cdot 10^7$
0,5	$7,500 \cdot 10^7$	$7,540 \cdot 10^7$
1	$2,057 \cdot 10^8$	$2,057 \cdot 10^8$
1,5	$2,840 \cdot 10^8$	$2,844 \cdot 10^8$
2	$3,506 \cdot 10^8$	$3,506 \cdot 10^8$

3.3.2. Ứng suất pháp

Ứng suất pháp trên ngỗng trực và thành ổ được thể hiện trong bảng 3.2 . Hình 3.9 biểu thị sự phân bố ứng suất pháp dọc theo thành ổ với tỷ số L/D là 1. Và Biến thiên của đường ứng suất pháp trên thành công thể hiện trên hình 3.10. Từ đồ thị đường ứng suất chúng ta có thể thấy sau 0,04 giây ứng suất pháp ổn định . Ứng suất pháp lớn nhất và nhỏ nhất cho tất cả các tỉ lệ L\D thể hiện trong bảng 3.2.



Hình 3. 9. Biểu đồ phân bố ứng suất pháp



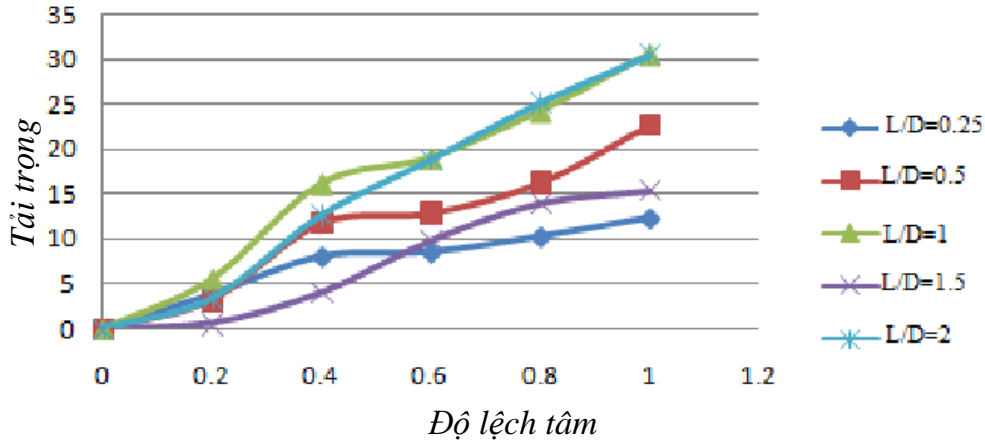
Hình 3. 10. Đường ứng suất pháp phân bố theo thời gian

Bảng 3. 2. Sự biến thiên ứng suất pháp ở các tỷ số L/D khác nhau

Tỷ số L/D	Ứng suất nhỏ nhất (Pa)	Ứng suất lớn nhất (Pa)
0,25	51843,33	2489254
0,5	54218,66	2423201
1	49343,11	2364375
1,5	47613,75	2348063
2	40331,52	2335389

3.3.3. Khả năng tải

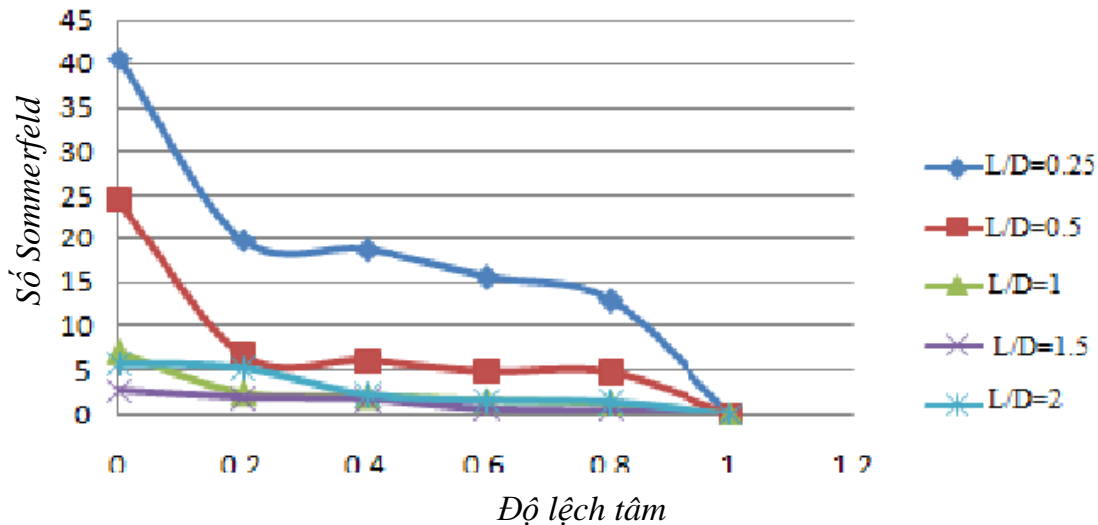
Năng lực tải thứ nguyên của ổ trục chịu ảnh hưởng bởi tỷ lệ L / D . Kết quả cho thấy những giá trị độ lệch tâm khác nhau trên đồ thị. (Hình 3.11)



Hình 3. 11. Mối liên hệ giữa độ lệch tâm và khả năng tải

3.3.4. Số đặc tính ổ trục

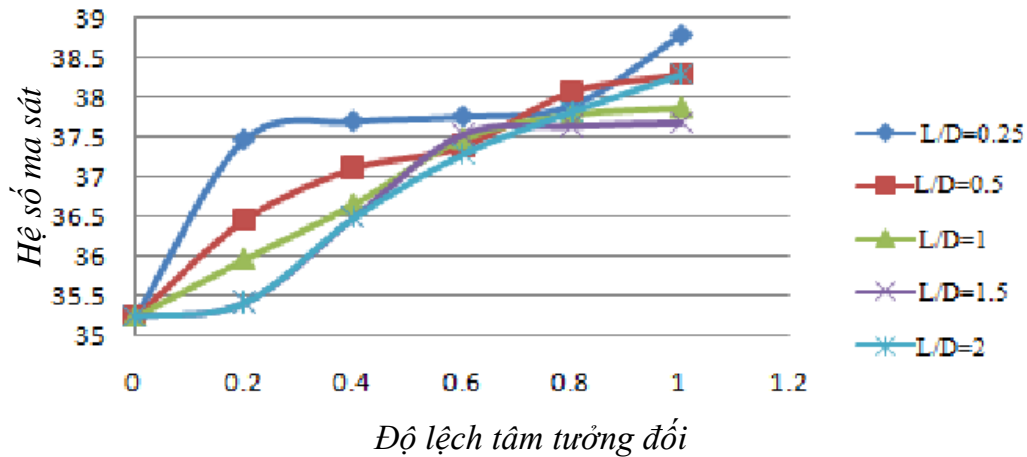
Số Sommerfeld đó là biến số chính trong thiết kế của ổ trục trượt và các giá trị của nó được phát hiện với những tỷ lệ L / D khác nhau và thể hiện trong đồ thị dưới đây khi độ lệch tâm biến thiên từ 0 đến 1. (Hình 3.12)



Hình 3. 12. Số Sommerfeld và độ lệch tâm

3.3.5 Hệ số ma sát tiêu chuẩn.

Biểu đồ biểu thị mối liên hệ giữa hệ số ma sát tiêu chuẩn và độ lệch tâm khi tỷ số L/D khác nhau.



Hình 3. 13. Mối liên hệ giữa hệ số ma sát tiêu chuẩn với độ lệch tâm

3.4. Kết luận

Ảnh hưởng động lực học của màng dầu ổ trượt được nghiên cứu. Từ đồ thị áp suất, đã chứng minh rằng Áp suất lớn nhất, ổ đỡ có thể chịu đựng được với sự tăng của tỷ số L/D. Áp suất lớn nhất tại vị trí có chiều dày màng dầu là nhỏ nhất. Nó có thể được quan sát rằng ứng suất pháp phát triển trên các thành của ổ đỡ là tĩnh sau 0,04 giây và nó giảm khi tăng tỷ số L/D. Khả năng mang tải được chứng minh là tốt khi tỷ số L/D là 1.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

- Đề tài đã tính toán được các đặc tính của màng dầu bôi trơn ổ thủy động bằng phương pháp phần tử hữu hạn
- Các kết quả nghiên cứu của đề tài có ý nghĩa lớn trong việc mở rộng phạm vi sử dụng của ổ

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. N. X. Toàn, Công nghệ bôi trơn, Hà Nội: NXB Bách Khoa, 2007.
- [2]. Ansys Inc, *Ansys mechanical APDL Structure analysis guide*, 2013
- [3]. Trần Ích Thịnh, Ngô Như Khoa, Phương pháp phần tử hữu hạn, NXB Hà Nội, 2007.
- [4]. T. J. R. Hughes, The finite element method, Chicago: Dover Publication, 2000.