

**PHÂN TÍCH TRẠNG THÁI ỨNG SUẤT- BIẾN DẠNG CỦA PU LI DẪN HƯỚNG  
BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN  
AN ANALYSIS OF STRAIN-STRESS STATE OF LEADING SHEAVES BY THE  
FINITE ELEMENT METHOD**

**KS. LÊ ANH TUẤN**  
*Khoa Đóng tàu, Trường ĐHHH*

**Tóm tắt:**

Bài báo này giới thiệu quá trình phân tích trạng thái ứng suất - biến dạng của pu li dẫn hướng trong máy trục bằng phương pháp phần tử hữu hạn trên máy tính. Trước khi phân tích, một mô hình 3D đã được khởi tạo. Ưu điểm lớn nhất của phương pháp này là có thể thực hiện trên mô hình mô phỏng với đối tượng có kích thước lớn, khi mà trong điều kiện công nghiệp hoặc phòng thí nghiệm thực sự gặp khó khăn.

**Abstract:**

In this article, an analysis is made of the strain-stress state of the leading sheaves of shaft hoists with the use of computer. The finite element method and, in particular, its computer application is used. Simulation investigation of a previously designed model in a 3-D format has been performed. The approach has great advantages for large-size pieces that are extremely difficult to carry at investigation in industrial or laboratory conditions.

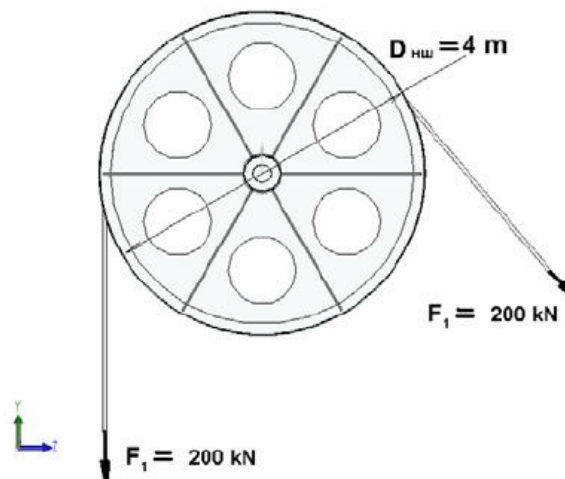
**1. Khái quát chung**

Pu li dẫn hướng được sử dụng nhiều trong các loại máy trục, đặc biệt là các loại máy trục có sử dụng truyền động cáp. Ở các loại máy trục dùng trong lĩnh vực xếp dỡ hàng hoá trên mặt đất, các pu li chuyển hướng thường có kích thước nhỏ và thường là pu li đúc. Trong quá trình tính toán thiết kế máy trục, người ta thường tính chọn pu li tiêu chuẩn theo bán kính cong của cáp thép quấn trên nó chứ không quan tâm đến điều kiện bền của pu li.

Với các loại máy trục làm việc trong môi trường đặc thù, chẳng hạn như tời nâng dùng trong công nghiệp mỏ, các loại tời nâng này thường dùng pu li chuyển hướng có kích thước đặc biệt lớn và thường là pu li hàn. Các loại pu li này thường có đường kính tiêu chuẩn từ 2 ÷ 5 m. Với kích thước lớn như vậy, khi tính toán thiết kế, cần phải kiểm tra bền pu li.

Cho đến nay, hầu hết các nghiên cứu về “pu li – cáp thép” thường chỉ quan tâm đến cải thiện điều kiện làm việc cũng như tăng độ bền, độ tin cậy cho cáp thép chứ ít khi quan tâm đến điều kiện làm việc của pu li. Mục đích của công trình này là kiểm tra các thông số về độ bền, biến dạng của pu li chuyển hướng sử dụng trong các loại tời nâng dùng trong công nghiệp mỏ. Kết quả nghiên cứu có thể áp dụng trong quá trình tối ưu hoá thiết kế pu li có kích thước lớn theo quan điểm làm tăng độ bền, độ tin cậy cũng như điều kiện làm việc của pu li. Bằng cách tối ưu thiết kế pu li, chúng ta có thể cải thiện được điều kiện làm việc của cáp thép vòng qua nó.

Nghiên cứu này được thực hiện trên mô hình pu li dùng trong tời nâng mỏ có chiều cao nâng  $H = 500$  m, tải trọng nâng ở điểm treo hàng là 160 kN (tương đương với thùng chứa hàng có thể tích từ 5 ÷ 7m<sup>3</sup>, hàng trong thùng là than được nâng từ dưới mỏ lên). Hai tời nâng lai pu li có đường kính  $D=4$ m. Cáp thép vòng qua pu li có các thông số: Trọng lượng riêng bằng 76.22 N/m,



**Hình 1**

đường kính cáp  $d = 46 \text{ mm}$ , lực gây đứt cáp  $S_d = 1470 \text{ kN}$ . Lực căng cáp lớn nhất  $S_{\max} = 200 \text{ kN}$ .

## 2. Các bước phân tích

Quá trình phân tích trạng thái ứng suất của pu li trên máy tính gồm hai bước:

- Xây dựng mô hình pu li.
  - Phân tích trạng thái ứng suất của pu li bằng phương pháp phần tử hữu hạn.
- Cả hai bước trên đều được thực hiện trên máy tính bằng hai phần mềm riêng biệt.

**a. Xây dựng mô hình:** Hình thực của pu li dẫn hướng được mô phỏng trên máy tính bằng mô hình 3D với đầy đủ các thông số hình học cũng như các biên dạng của pu li, đảm bảo các thông số đầu vào trên máy tính là sát với hình thực của pu li nhất. Mô hình 3D của pu li được xây dựng bằng phần mềm SOLIDS WORKS. Hình 1 thể hiện mô hình mô phỏng pu li được làm bằng thép tấm và hàn lại với nhau.

**b. Phân tích mô hình:** Hiện nay, có nhiều phần mềm chuyên dùng để phân tích kết cấu dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn. Sau khi thử phân tích sơ bộ trạng thái ứng suất của pu li bằng các phần mềm như: ANSYS, COSMOS M, COSMOS WORKS và DESIGNER SPACE, chúng tôi quyết định chọn hai phần mềm để thực hiện là COSMOS WORKS 6 và DESIGNER SPACE. Khi thực hiện, chúng tôi nhận thấy phần mềm DESIGNER SPACE gặp trở ngại khi rời rạc hóa đối tượng, chẳng hạn như khi chia lưới đối tượng, trong trường hợp các phần tử của đối tượng sau khi chia có kích thước tương đối lớn thì các phần tử thành mỏng có biên dạng tương đối phức tạp. Cuối cùng chúng tôi quyết định chọn phần mềm COSMOS WORKS 6. Các kết quả cần đạt được sau phân tích tích là:

- Xác định ứng suất tương đương theo von Mises.
- Xác định hệ số an toàn theo các lý thuyết của Mises, Henkey và Treska.
- Xác định các biến dạng tĩnh.

Theo Mises - Henky, giới hạn đàn hồi của vật liệu được xác định bằng tỉ số giữa độ lớn ứng suất Mises tương đương và ứng suất cho phép [1], hay:

$$\sigma_{\text{von}} \geq \sigma_{\text{lim}}$$

Với  $\sigma_{\text{lim}}$  là ứng suất phá hỏng vật liệu.

Ứng suất Mises có thể biểu diễn thông qua ba thành phần ứng suất chính:

$$\sigma_{\text{von}} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2}} \quad (1)$$

Hệ số an toàn FOS (Factor of Safety) được xác định theo von Mises là:

$$\text{FOS} = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{\sigma_{\text{von}}} \text{ hay } \frac{1}{\text{FOS}} = \frac{\sigma_{\text{von}}}{\sigma_{\text{lim}}} \quad (2)$$

Theo thuyết bền ứng suất tiếp lớn nhất, hay còn gọi ứng suất Treska, ta có:

$$\tau_{\text{max}} \geq \frac{\sigma_{\text{lim}}}{2}$$

Ở đây,  $\tau_{\text{max}}$  có thể được biểu diễn thông qua  $\tau_{1,2}$ ,  $\tau_{2,3}$  hoặc  $\tau_{1,3}$ . Trong đó:

$$\tau_{1,2} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}; \quad \tau_{2,3} = \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{2}; \quad \tau_{1,3} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}; \quad (3)$$

Như thế, Hệ số an toàn được xác định theo lý thuyết của Treska là:

$$\text{FOS} = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{2 \cdot \tau_{\text{max}}} \text{ hay } \frac{1}{\text{FOS}} = \frac{2 \cdot \tau_{\text{max}}}{\sigma_{\text{lim}}} \quad (4)$$

Hệ số an toàn FOS được tính toán một cách tự động trên môi trường COSMOS WORKS 6, hệ số an toàn này được COSMOS WORKS 6 thể hiện trên các giá trị ứng suất cục bộ nhỏ nhất và ứng suất tối hạn của vật liệu.

**c. Hiện thị các thông số của kết quả phân tích:** Việc phân tích mô hình được thực hiện trên môi trường COSMOS WORKS 6 theo trình tự dưới đây:

- Xác lập chính xác các thông số thể hiện tính chất của vật liệu gồm: mô đun đàn hồi của vật liệu (E), hệ số Poisson ( $\mu$ ). Vật liệu của đối tượng phân tích được xem là đồng nhất, đẳng hướng.

- Xác lập tối ưu các thông số tải trọng ngoài, các điều kiện biên của đối tượng sao cho thể hiện một cách chính xác nhất lực đàn hồi thực tế giữa các phần tử trong đối tượng và giới hạn số bậc tự do của hệ. Chú ý rằng tải trọng ngoài tác dụng trên phần biên tiếp xúc với cáp thép phân bố theo quy luật hàm cosin. Còn vùng biên tiếp xúc với trục (lỗ) có chuyển vị của các nút bằng không. Chú ý thêm, tải ngoài tác dụng lên đối tượng phải tạo thành hệ lực cân bằng. Như thế, các điều kiện biên và tải ngoài được xác lập trên mô hình đối tượng là:

+ Tải ngoài là tải phân bố trên bề mặt rãnh quán cáp của pu li với góc ôm cáp là  $140^{\circ}$ .

+ Vùng có chuyển vị của các nút bằng không là bề mặt lỗ của pu li (hình 2).

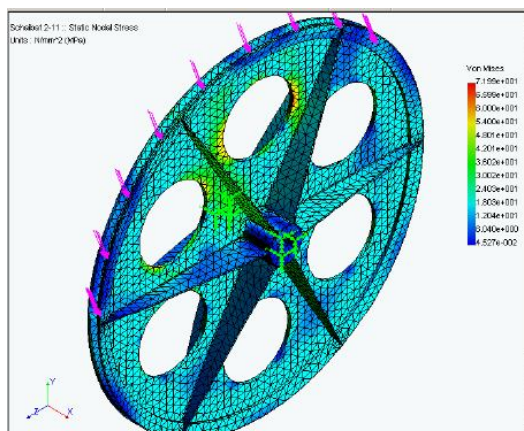
- Chia lưới đối tượng, xác lập số phần tử hữu hạn, số nút, hình dáng và kích thước của các phần tử, khoảng cách giữa các nút.

### 3. Kết quả và phân tích kết quả

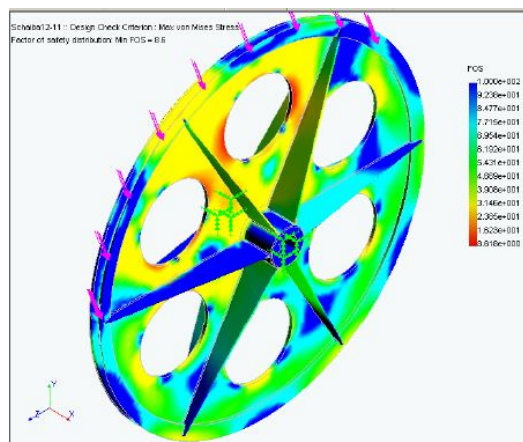
Kết quả đầu tiên đạt được sau khi phân tích mô hình là trạng thái ứng suất của đối tượng, được thể hiện trên hình 2 và 3. Hình 2 thể hiện mô hình chia lưới, chia đối tượng thành các phần tử hữu hạn với các thông số:  $b = 87.5$  mm,  $N_p = 45195$  nút và  $N_e = 23007$  phần tử. Ứng suất tương đương theo Mises lớn nhất bằng 7.2 MPa tập trung tại vùng vành của lỗ giảm trọng lượng trên thân pu li (hình 2). Ứng suất trên bề mặt rãnh quán cáp không vượt quá  $1.5 \div 2$  MPa. Các giá trị này nhỏ hơn rất nhiều so với giới hạn bền của vật liệu chế tạo pu li (nhôm kết cấu). Cụ thể:

- Giới hạn bền:  $\sigma_s = 620$  MPa

- Giới hạn chảy:  $\sigma_s = 724$  MPa



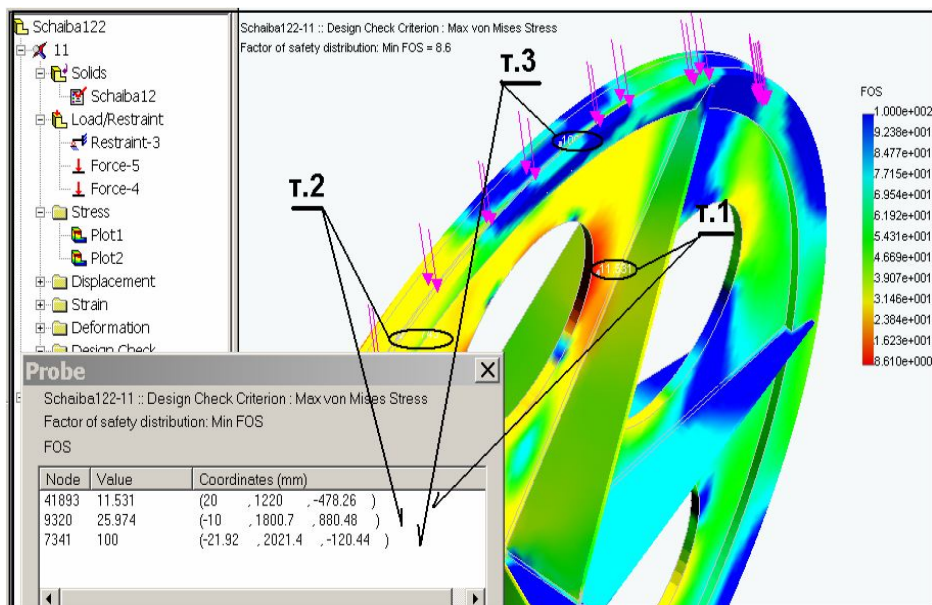
Hình 2



Hình 3

Hệ số an toàn FOS được thể hiện trên hình 3. Giá trị nhỏ nhất của hệ số an toàn của pu li là  $FOS = 8.6$  cũng ở vùng biên của lỗ giảm trọng lượng của pu li (hình 3). Các kết quả trên hình 3 cũng cho thấy ứng suất tương đương trong rãnh quán cáp của pu li không được vượt quá 30 MPa.

Hình 4 thể hiện sự phân bố hệ số an toàn FOS trên pu li chuyển hướng. Hệ số an toàn nhỏ nhất là ở vùng 1 được khoanh tròn như trên hình 4 tương ứng với hệ số an toàn nhỏ nhất là  $FOS_{\min} = 11$ , vùng này nằm trên bề mặt lỗ giảm trọng lượng của pu li. Các hệ số an toàn lớn nhất phân bố ở vùng khoanh tròn 2 và 3, các hệ số an toàn tương ứng trên các vùng này lần lượt là  $FOS_{\max 1} = 26$  và  $FOS_{\max 2} = 100$ . Các vùng này (2&3) nằm trên rãnh quán cáp của pu li.



Hình 4

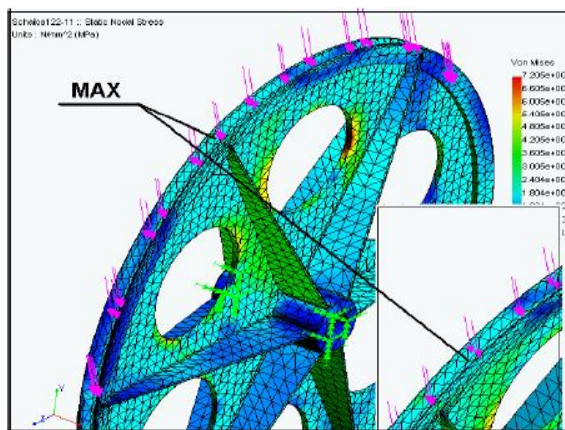
Hình 5 thể hiện sự phân bố ứng suất tương đương trên pu li. Ở đây, giá trị lớn nhất của ứng suất được xác định là nằm trên rãnh quán cáp với giá trị ứng suất thay đổi trong khoảng từ 6 ÷ 8 MPa.

#### 4. Kết luận

a. Việc phân tích trạng thái ứng suất và độ bền của các tiết máy hình khối nói chung, pu li chuyển hướng nói riêng bằng phương pháp phần tử hữu hạn được thực hiện trên môi trường COSMOS 6 cho kết quả có độ tin cậy cao, và có thể thực hiện việc phân tích trên các mô hình có kích thước lớn. Phân tích trạng thái ứng suất của chi tiết hình khối là rất khó khăn nếu áp dụng phương pháp tính bằng giải tích thông thường.

b. Để giảm sự mài mòn cho cả rãnh pu li lẫn cáp thép thì phải tính toán thiết kế sao cho ứng suất trên bề mặt rãnh pu li ở trong giới hạn thích hợp, nó phụ thuộc không chỉ vào sự biến dạng trên bề mặt rãnh pu li mà còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác. Vì vậy, ứng suất và biến dạng trên pu li chưa phải là điều kiện đủ trong việc tính toán thiết kế pu li dẫn hướng.

c. Khi thiết kế pu li dẫn hướng cho tời nâng, cần mô phỏng kết cấu thực của pu li và phân tích độ bền, trạng thái ứng suất của nó trên máy tính với mục đích là tối ưu hoá sự phân bố ứng suất và biến dạng của pu li chuyển hướng.



Hình 5

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. R. C. Hibbeler. Mechanics of Materials. Prentice Hall. 1994.
- [2]. Các phần mềm: SOLIDS WORKS, ANSYS, COSMOS M, COSMOS WORKS và DESIGNER SPACE.

Người phản biện: TS. Lê Viết Lượng