

TÍNH TOÁN XI LẠNH THỦY LỰC ÁP LỰC CAO SỬ DỤNG TRONG THIẾT BỊ CHỐNG GIỮ HẦM LÒ

ThS. ĐOÀN NGỌC CẢNH
Viện Khoa học Công nghệ Mỏ-Vinacomin
ThS. TRẦN THẾ HÙNG
Viện Công nghệ-Tổng cục CNQP

Do yêu cầu tăng cường cơ giới hóa khai thác than, việc cung cấp, sửa chữa, phục hồi các loại xy lanh thủy lực chịu áp lực cao, đường kính lớn trong các thiết bị chống đỡ ở các công ty than hầm lò tăng lên nhanh chóng. Nội dung bài báo trình bày những vấn đề cơ bản liên quan tới việc tính toán xy lanh thủy lực chịu áp suất cao sử dụng trong các vì chống này. Đây là vấn đề rất cấp thiết đối với các cơ sở thiết kế, chế tạo, thử nghiệm nhằm đẩy nhanh chương trình nội địa hóa các thiết bị khai khoáng.

1. Nội dung nghiên cứu thiết kế

Để chủ động cung cấp các loại xy lanh thủy lực chế tạo trong nước cho thiết bị chống giữ hầm lò, Viện KHCN Mỏ đã thực hiện đề tài: "Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo cột và cụm xy lanh thủy lực của giàn chống tự hành sử dụng trong công nghệ khai thác hạ trần thu hồi than nóc các mỏ than hầm lò". Cột chống xy lanh thủy lực dưới đây là một trong những sản phẩm của đề tài. Bài báo sẽ trình bày các tính toán kiểm tra cơ bản về xy lanh thủy lực (xem kết cấu H. 1) và sơ đồ lực (H. 2) tác dụng lên cột chống của giàn chống tự hành Vinaalta.

1.1. Tính toán lực đẩy lớn nhất của xy lanh

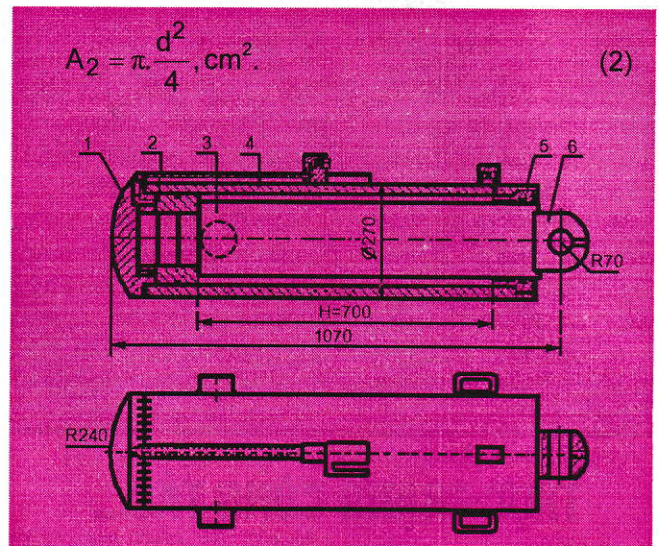
Các thông số cơ bản của xy lanh bao gồm: R - Lực đẩy tác dụng lên xy lanh; D - Đường kính lòng xy lanh; d - Đường kính cần piston; A₁ - Diện tích làm việc phía đuôi xy lanh; A₂ - Diện tích mặt cắt ngang cần piston; F₁ - Lực đẩy của xy lanh theo chiều tiến cần piston; F₂ - Lực đẩy xy lanh theo chiều lùi cần piston; F₃ - Lực đẩy của xy lanh khi áp suất lớn nhất (P_{Max}); P - Áp suất làm việc của xy lanh.

Diện tích tiết diện ngang của xy lanh:

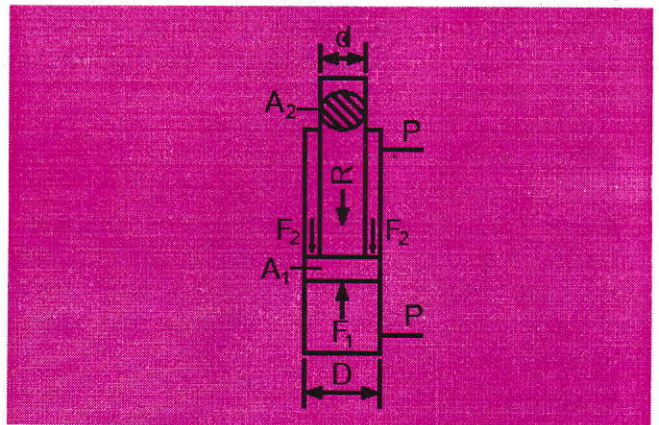
$$A_1 = \pi \cdot \frac{D^2}{4}, \text{ cm}^2. \quad (1)$$

Diện tích tiết diện ngang của cần piston:

$$A_2 = \pi \cdot \frac{d^2}{4}, \text{ cm}^2. \quad (2)$$



H. 1. Kết cấu xy lanh cột chống: 1 - Nắp dưới, 2 - Piston, 3 - Cần piston, 4 - Ống xy lanh, 5 - Nắp trên; 6 - Đầu nối.



H.2. Mô hình lực tác dụng lên xy lanh cột chống

Lực tác dụng vào piston khi làm việc theo chiều tiến của cần piston:

$$F_1 = (P \cdot A_1 \cdot 0,95). \quad (3)$$

Tại đây: 0,95 là hiệu suất chuyển đổi giữa cơ khí

và thủy lực.

Lực tác dụng vào piston khi làm việc theo chiều lùi của cần piston:

$$F_2 = [P \cdot (A_1 - A_2) \cdot 0,95]. \quad (4)$$

Ở đây: P - Áp suất làm việc của xy lanh.

Lực tác dụng lớn nhất vào piston khi cần piston

Bảng 1. Các thông số tính toán của xy lanh

Tên cụm xy lanh	D (cm)	d (cm)	P (MPa)	P _{max} (MPa)	A1 (cm ²)	A2 (cm ²)	F1 (KN)	F2 (KN)	F3 (KN)
Xy lanh cột điều khiển nâng hạ dàn	Φ22	Φ18	32	42	380,1	254,5	1155	382	1516

Qua Bảng tính toán lực tác dụng trên, lực chống giữ của xy lanh cột điều khiển nâng hạ dàn ở áp suất làm việc là $F_3 = 115,6$ tấn lớn hơn tải trọng lớn nhất tác dụng lên một cột chống trong điều kiện làm việc tại mỏ than ($R_{1\max} = 109,5$ tấn), đã tính tới hệ số an toàn).

1.2. Tính toán chiều dày thành ống xy lanh

Theo lý thuyết sức bền và yêu cầu an toàn đối với xy lanh thủy lực trong hầm lò, chiều dày thành ống được tính trên cơ sở áp suất tính toán bằng 1,5 lần áp suất làm việc lớn nhất của xy lanh: $P = (1,5 \cdot P_{\max})$.

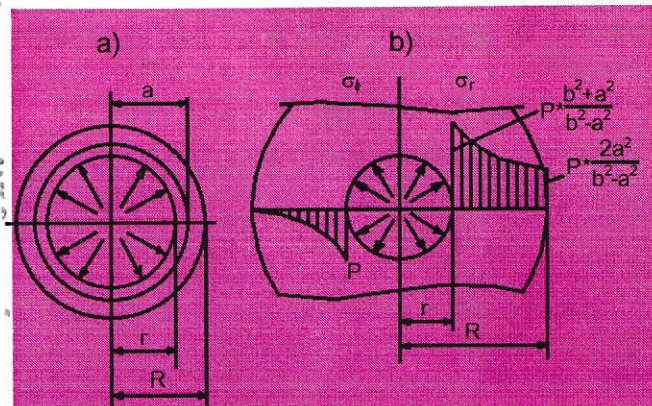
Xét ống có bán kính trong r, bán kính ngoài $R = r + t$, chịu áp suất bên trong P. Ứng suất theo phương hướng kính và phương vòng tại một phần tử trên ống có bán kính a được xác định:

$$\sigma_r = \left(\frac{P \cdot r^2}{R^2 - r^2} \right) \left(1 - \frac{R^2}{a^2} \right);$$

$$\sigma_\phi = \left(\frac{P \cdot r^2}{R^2 - r^2} \right) \left(1 + \frac{R^2}{a^2} \right). \quad (6)$$

Để đảm bảo độ bền, ứng suất tương đương theo thuyết bền ứng suất tiếp lớn nhất phải không vượt quá giá trị ứng suất cho phép ống:

$$\sigma_{td} = \sigma_r - \sigma_\phi < [\sigma]. \quad (7)$$



H.3. Mô hình và biểu đồ ứng suất trên ống

tiến là:

$$F_3 = (P_{\max} \cdot A_1 \cdot 0,95). \quad (5)$$

Ở đây: $P_{\max}$ - Giá trị áp suất lớn nhất của xy lanh.

Thay số liệu vào công thức từ (1) đến (5) ta tính được các giá trị lực tác dụng lên xy lanh như trong Bảng 1.

Theo biểu đồ ứng suất trong H.3, tại $a = r$ ứng suất tương đương là lớn nhất:

$$\sigma_{td} = \sigma_r - \sigma_\phi = \left(\frac{2 \cdot P \cdot R^2}{R^2 - r^2} \right) < [\sigma]. \quad (8)$$

Thay $R = (a + t)$ vào (8), tính được chiều dày thành ống xy lanh:

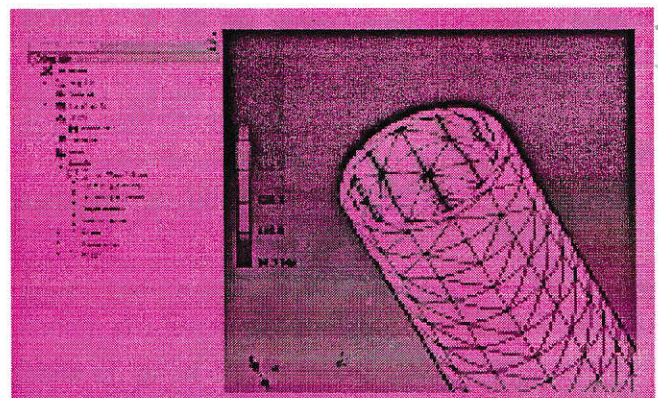
$$t \geq r \cdot \left(\sqrt{\frac{[\sigma]}{[\sigma] - 2 \cdot P}} - 1 \right). \quad (9)$$

Trong đó: t - Chiều dày thành ống xy lanh, mm; r - Bán kính trong của ống xy lanh, mm; P - Áp suất tính toán cho chiều dày ống xy lanh; $[\sigma]$ - Ứng suất cho phép của vật liệu chế tạo ống xy lanh, N/mm^2 .

Đối với vật liệu chế tạo ống xy lanh là vật liệu cứng chịu phá hủy do bền, ta có:

$$[\sigma] = \frac{\sigma}{\eta} = \frac{600}{1,5} = 400 N/mm^2. \quad (10)$$

Thay các số liệu vào công thức (8), tính được chiều dày $t \geq 22,9$ mm. Với các loại ống sẵn có sẵn có trên thị trường ta chọn loại ống $t = 25$ mm.



H.4. Phân bố ứng suất trên ống xy lanh

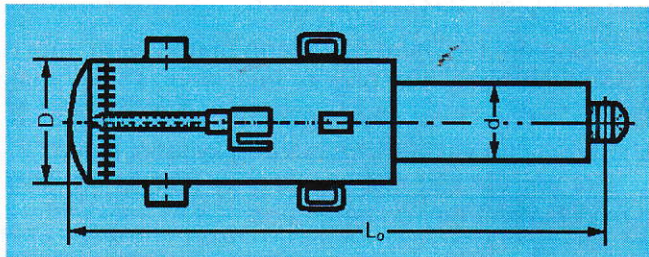
Sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (phần mềm ANSYS) với các chế độ tải trọng lên xy lanh. Vật liệu xy lanh là thép ST52 DIN 2393 có ứng suất bền $\sigma_b = 600$ MPa; ứng suất chảy $\sigma_c = 355$ MPa; độ dẫn dài $\delta = 22\%$ và hệ số an toàn $n = 1,5$; mô đun

đàn hồi $E=2,1.105 \text{ MPa}$; hệ số Poát xông $\mu=0,3$. Từ hình ảnh trong H.4 cho thấy các giá trị ứng suất cực trên ống xy lanh đều nhỏ hơn giới hạn cho phép của vật liệu chế tạo ống xy lanh là 600 MPa .

1.3. Kiểm tra điều kiện ổn định của xy lanh

Kết cấu xy lanh thủy lực có khả năng chịu kéo/nén đúng tâm tốt, tuy nhiên khả năng chịu uốn của vỏ và cần xy lanh không tốt đặc biệt trong trường hợp xy lanh duỗi dài.

Do vậy cần kiểm tra độ ổn định của xy lanh khi duỗi dài, làm việc ở trạng thái chịu uốn lớn nhất. Tùy thuộc độ mảnh của thanh có thể xác định điều kiện ổn định của xy lanh theo công thức Euler, kiểm tra theo ứng suất cho phép hoặc tính ổn định theo qui phạm. Với trường hợp cột chống xy lanh thủy lực của giàn chống định vị hai đầu là gối tựa và gối xoay, chiều dài tương đương khi tính ổn định $L_k = L_0$. Khi cần piston duỗi ra ở vị trí chống giữ khả năng bị mất ổn định lớn hơn vì vậy để đơn giản hóa trong quá trình tính toán và đảm bảo an toàn về độ ổn định ta lấy đường kính cần piston làm dữ liệu tính độ ổn định của xy lanh.



H.5. Sơ đồ lắp ráp của xy lanh

Xác định độ mảnh tổng quát λ :

$$\lambda = L_k \sqrt{\frac{F}{I}} \quad (11)$$

Độ mảnh giới hạn của cần piston:

$$\lambda_0 = \pi \sqrt{\frac{E}{0,8 \cdot R_e}} \quad (12)$$

Trường hợp $\lambda \geq \lambda_0$ lực tới hạn chịu nén được xác định theo công thức Euler:

$$P_{th} = \frac{\pi^2 E \cdot I}{L_k^2}, \text{ KN.} \quad (13)$$

Trường hợp $\lambda < \lambda_0$, thanh bị phá hỏng do không đủ độ bền trước khi mất ổn định, lực tới hạn chịu nén được xác định theo công thức:

$$P_{th} = \varphi \cdot F \cdot [\sigma], \text{ KN.} \quad (14)$$

Lực tới hạn cho phép là:

$$F_{th} = \frac{P_{th}}{v}, \text{ KN.} \quad (15)$$

Tại đây: φ - Hệ số giảm ứng suất cho phép, phụ thuộc độ mảnh và vật liệu; v - Hệ số an toàn

Mômen quán tính I với tiết diện tròn:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}, \text{ mm}^4. \quad (16)$$

Trong đó: $E=210.000 \text{ N/mm}^2$ - Môđun đàn hồi của thép cán piston; L_k - Chiều dài thu gọn khi nén, $L_k \approx \mu \cdot L_0$; μ - Hệ số thu gọn chiều dài phụ thuộc vào liên kết ở hai đầu thanh, được xác định theo phương pháp định vị xy lanh; $[\sigma]=400 \text{ N/mm}^2$, Ứng suất cho phép của vật liệu chế tạo cần piston; F - Diện tích tiết diện cần pittông, mm^2 ; d - Đường kính cần piston, mm .

Thay các giá trị vào công thức tính được $F_{th}=5089,2 \text{ kN}$. So sánh với lực tác dụng lớn nhất tác dụng lên cần piston (5), Xy lanh làm việc ổn định.

2. Kết luận

Bài báo đã trình bày khái quát phương pháp, trình tự và kết quả tính toán thiết kế cột xy lanh thủy lực lắp đặt trên giàn chống tự hành sử dụng trong hầm lò. Các kết quả tính toán phù hợp với các lý thuyết về sức bền vật liệu và các tài liệu kỹ thuật được công bố trong và ngoài nước. Bên cạnh sản phẩm cột chống thủy lực, một số cụm xy lanh thủy lực khác của giàn chống cũng đã được thiết kế tính toán và chế tạo thử nghiệm. Hiện các sản phẩm đang được lắp đặt thử nghiệm trong lò chợ khai thác của Công ty than Nam Mẫu. Các số liệu theo dõi đánh giá cho thấy thiết bị làm việc ổn định, đảm bảo tốt các thông số kỹ thuật yêu cầu của giàn chống. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phan Kỳ Phùng; Thái Hoàng Phong. Giáo trình sức bền vật liệu. NXB Đà Nẵng 2005.
2. Nhữ Phương Mai. Lý thuyết đàn hồi. NXB Giáo dục. 2009.
- 3 Thái Thế Hùng, Trần Đình Long và NNK. Bài tập sức bền vật liệu. NXB Khoa học Kỹ thuật Hà Nội. 2008.

Người Biên tập: Đào Đức Tạo

SUMMARY

The article provides an overview of methods, procedures and results calculated hydraulic cylinder columns mounted on self-advancing shield supports using at the underground mines.