

TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ CƠ CẤU TAY KẸP VÌ CHỐNG LẮP TRÊN MÁY KHOAN SANDVIK

STUDYING CALCULATE, DESIGN OF THE CLAMPING ARM MECHANISM TO INSTALL STEEL ARCH SUPPORT SYSTEM ON SANDVIK DRILLING MACHINE

TS. Nguyễn Ngọc Trung

Trường Đại học Giao thông Vận tải

Email: nntrung_mxd@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày tóm tắt về cấu tạo, nguyên lý làm việc của máy khoan lỗ Sandvik trong thi công công trình hầm. Tác giả sử dụng phần mềm Solidworks - Simulation để mô phỏng và phân tích phần tử hữu hạn cơ cấu tay kẹp vì chống lắp trên máy nhằm xác định khả năng làm việc của kết cấu thép tay kẹp đã đưa ra.

Từ khóa: Vì chống; Cơ cấu tay kẹp; Máy khoan.

ABSTRACT

This article introduces the structure as well as the working principle of the Sandvik drilling machine in tunnel construction. The author uses Solidworks - Simulation software to simulate and to conduct the finite element analysis of the clamping arm mechanism.

Keywords: Steel arch support; Clamping arm mechanism; Drilling machine.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, ở Việt Nam có hai phương pháp chính để thi công đường hầm đó là phương pháp khoan lỗ nổ mìn (NATM) và phương pháp cơ giới (dùng máy đào hầm TBM). Đặc điểm của thi công hầm đường bộ, đường sắt chủ yếu là các tuyến ngắn do đó phương pháp khoan nổ mìn được ưu tiên trong công tác thi công hầm giao thông với các ưu điểm như phù hợp với các công trình ngầm tiết diện lớn và tiết diện

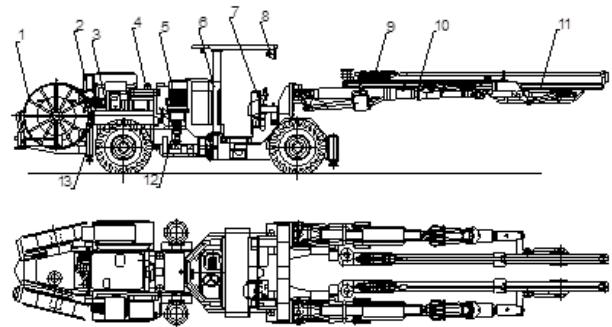
không tròn, điều kiện khối đất đá phức tạp và hay biến động, công trình ngầm phức tạp, có nhiều mặt cắt ngang, kích thước và hình dạng thay đổi [1]. Hầu hết các chủng loại máy khoan lỗ nổ mìn kiểu xoay đều được nhập khẩu từ nước ngoài, chủ yếu là từ Thụy Điển, Nhật Bản và Trung Quốc, v.v.. Khi sử dụng máy khoan nổ mìn thực hiện khoan lỗ nhanh và linh hoạt, định vị khoan nhanh, dễ dàng và chính xác, việc khoan an toàn, cho nên nhu cầu sử dụng loại thiết bị này ngày càng tăng cao trong công

tác thi công hầm giao thông. Trong quá trình thi công hầm bằng phương pháp khoan nổ mìn thì công tác gia cố đường hầm sau khi nổ mìn là rất quan trọng và chiếm một khối lượng thi công lớn từ phun lớp lót ổn định địa chất, bóc xúc vận chuyển đất đá, lắp dựng vì chống, lưới thép,... Tuy nhiên, trong quá trình thi công hầm thực tế ở Việt Nam, hầu hết các đơn vị thi công đều thực hiện việc lắp dựng vì chống hầm, lưới thép bằng phương pháp thủ công hoặc sử dụng tổ hợp nhiều thiết bị với chi phí đầu tư lớn và không đồng bộ. Việc sử dụng nhiều thiết bị cho việc lắp dựng vì chống có những hạn chế về việc lưu thông trong hầm và kinh phí đầu tư tăng hơn. Trong nước đã có một số công trình nghiên cứu về máy khoan lỗ nổ mìn kiểu xoay, tuy nhiên việc nghiên cứu này cũng chỉ dừng lại ở việc nghiên cứu để nâng cao hiệu quả sử dụng thiết bị khoan khi thi công các công trình xây dựng ở Việt Nam [2], phát triển các đầu khoan trên các máy cơ sở khác [3, 4]. Vì vậy, việc nghiên cứu, thiết kế bộ công tác trên máy khoan lỗ nổ mìn kiểu xoay Sandvik, trong đó đặc biệt là cơ cấu kẹp phục vụ cơ giới hóa lắp đặt vì chống trong thi công hầm giao thông là rất cần thiết nhằm xây dựng cơ sở khoa học cho việc chế tạo thêm bộ công tác cho thiết bị này, làm tăng năng suất và độ chính xác cho công trình, giảm chi phí khi thi công, tăng hiệu quả kinh tế.

2. NỘI DUNG

2.1. Khái niệm máy khoan lỗ nổ mìn kiểu xoay

Máy khoan nổ mìn kiểu xoay là một thiết bị quan trọng trong việc thi công công trình ngầm, đặc biệt khi áp dụng phương pháp NATM (New Austrian Tunneling Method). Máy khoan này thường được sử dụng để khoan các lỗ có độ sâu lớn để chứa thuốc nổ, phục vụ cho công tác nổ mìn trong quá trình đào hầm.



Hình 1. Cấu tạo máy khoan Sandvik DD321

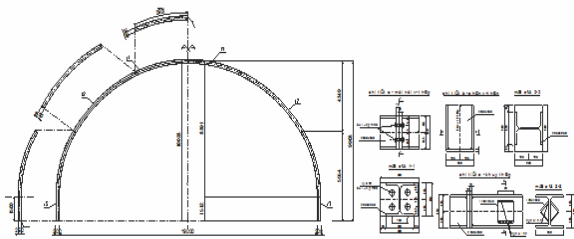
- 1 - Tang trống cuốn cáp điện và ống mềm;
- 2 - Cụm động cơ đốt trong; 3 - Động cơ xe cơ sở;
- 4 - Giá treo cầu xe; 5 - Động cơ điện dẫn động cụm bơm chính; 6 - Mái che bảo vệ;
- 7 - Cabin điều khiển; 8 - Đèn chiếu sáng;
- 9 - Đầu búa khoan; 10 - Hệ thống nâng hạ;
- 11 - Hệ thống dầm dẫn tiến; 12 - Cụm bơm chính;
- 13 - Chân đỡ thủy lực.

Máy khoan nổ mìn kiểu xoay hoạt động dựa trên nguyên lý xoay và cắt, tạo ra lỗ khoan thông qua sự xoay của mũi khoan. Mũi khoan này có thể được trang bị các loại dao cắt hoặc đầu khoan cứng, giúp phá vỡ cấu trúc của đất đá. Máy khoan này thường có khả năng khoan lỗ với đường kính và độ sâu lớn, thích hợp để cài đặt thuốc nổ trong các công trình đào hầm. Trong phương pháp NATM, công việc đào hầm thường tiến hành theo từng lớp và việc gia cố hầm được thực hiện ngay sau khi đào xong. Máy khoan nổ mìn kiểu xoay giúp khoan nhanh và hiệu quả các lỗ khoan phục vụ cho quá trình nổ mìn để phá vỡ đất đá và tạo không gian cho việc đào hầm. Sau khi đất đá bị nổ vỡ, quá trình gia cố sẽ diễn ra ngay lập tức để duy trì sự ổn định của hầm.

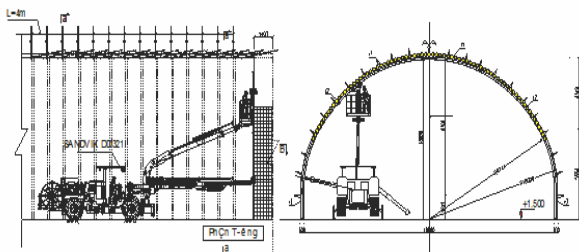
Hiệu quả cao trong công tác khoan, máy khoan nổ mìn kiểu xoay có khả năng khoan với tốc độ cao và độ chính xác lớn, giúp quá trình thi công diễn ra nhanh chóng. Độ bền cao và linh hoạt, các máy khoan này được thiết kế để làm việc trong môi trường khắc nghiệt

của công trình ngầm, chịu được va đập và áp lực từ đất đá cứng. Tiết kiệm chi phí và nhân lực, máy khoan tự động hóa nhiều công đoạn khoan, giúp tiết kiệm chi phí nhân công và rút ngắn thời gian thi công [5-7].

Máy khoan nổ mìn kiểu xoay là thiết bị không thể thiếu trong việc thi công các công trình ngầm sử dụng phương pháp NATM. Nó không chỉ giúp việc khoan lỗ nổ mìn diễn ra nhanh chóng, chính xác, mà còn giúp giảm thiểu chi phí và thời gian thi công. Tuy nhiên, để đảm bảo hiệu quả, việc sử dụng máy khoan này đòi hỏi sự phối hợp chặt chẽ giữa kỹ thuật viên, công nhân và các thiết bị hỗ trợ khác.

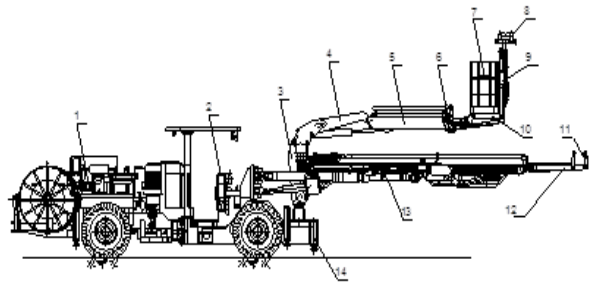


Hình 2. Cấu tạo vì chống khung thép chữ I



Hình 3. Quá trình thi công của máy khoan nổ mìn SANDVIK

Thông qua việc phân tích kết cấu vì chống và kết cấu thiết bị lắp đặt bộ công tác nâng vì chống, tác giả đưa ra phương án bố trí ba cánh tay để nâng ba vì chống cùng một lúc với một tay chính giữa có trang bị sàn công tác cho người điều khiển và 2 cánh tay kẹp ở hai bên được gắn lên các khung đỡ mũi khoan.



Hình 4. Phương án bố trí bộ công tác nâng vì chống trên máy khoan SANDVIK

- 1 - Máy cơ sở khoan nổ mìn kiểu xoay;
- 2 - Cabin điều khiển; 3 - Cần trục gập cần;
- 4 - Đốt cần gập; 5 - Đốt cần ngoài;
- 6 - Các đốt cần bên trong; 7 - Lòng công tác;
- 8 - Cơ cấu tay kẹp; 9 - Thân ống cơ cấu kẹp;
- 10 - Dầm đỡ sàn công tác; 11 - Mỏ kẹp hông;
- 12 - Tay kẹp hông; 13 - Cần khoan;
- 14 - Chân chống.

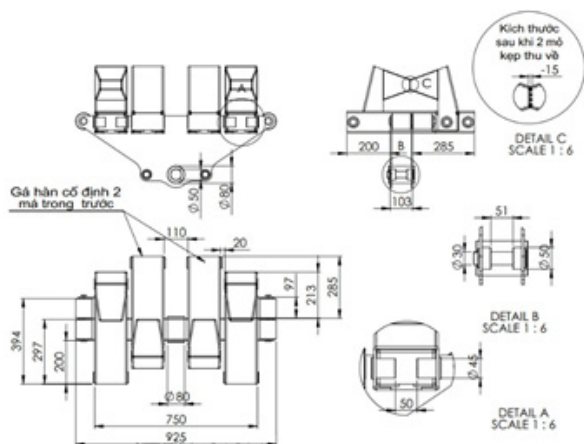
*Nguyên lý làm việc:

Máy hỗ trợ lắp đặt vì chống trong thi công công trình ngầm, hầm giao thông và đào chống lò bao gồm: Máy cơ sở (1) là máy khoan nổ mìn kiểu xoay là máy cung cấp năng lượng cho bộ công tác lắp dựng vì chống hoạt động. Hệ thống cần cẩu (3) được trang bị trên máy để giúp nâng hạ bộ công tác kẹp và lắp đặt vì chống (7). Bộ công tác lắp dựng vì chống có kết cấu và bố trí các xi lanh thủy lực giúp cho việc điều chỉnh vì chống một cách linh hoạt trong không gian theo mọi hướng. Chiều cao nâng vì chống có thể thay đổi bằng cách điều chỉnh chiều dài các đốt cần (5) và (6) kết hợp với xi lanh thủy lực nghiêng cần. Để hỗ trợ việc lắp dựng các vì chống liên kết với mặt nền, máy được bố trí thêm hai tay kẹp hông (12) lắp trên hai cần khoan của máy, các tay kẹp sẽ nâng và định vị vì chống lắp dựng trên mặt nền. Để cân bằng và tăng độ ổn định cho máy khi làm việc, cơ cấu chân chống (14) cũng được trang bị thêm trên máy.



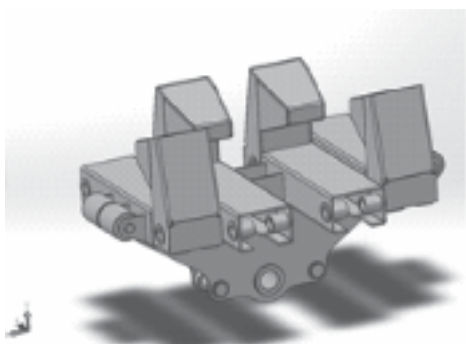
2.2. Phân tích phần tử hữu hạn cơ cấu tay kẹp vì chống

2.2.1. Mô hình hình học của tay kẹp vì chống



Hình 5. Tổng thể của tay kẹp vì chống.

Tác giả tiến hành xây dựng mô hình 3D tay kẹp vì chống lắp trên máy khoan lỗ nổ mìn Sandvik dựa trên các kích thước ở Hình 5 để tiến hành việc phân tích, tính toán ở các bước sau. Mô hình 3D tay kẹp vì chống được trình bày ở dưới đây.



Hình 6. Mô hình 3D của tay kẹp vì chống trên phần mềm Solidworks.

2.2.2. Đặc điểm vật liệu

Vật liệu mà tác giả chọn cho các phần tử của tay kẹp vì chống đều là thép có các đặc tính

như sau: Mô đun đàn hồi: $E = 2,1.10^{11}$ (N/m²); Hệ số Poissons: $\mu = 0,28$; Mô đun cắt: $7,9.10^{10}$ (N/m²); Khối lượng riêng: 7850 (kg/m³); Cường độ kéo: 723.825.600 (N/m²).

2.2.3. Trường hợp tổ hợp tải trọng

Để xác định lực cản tác dụng vào má kẹp vì kèo, ta xét trường hợp làm việc cụ thể của máy khi máy cần huy động một lực giữ vì kèo chống tải 700kg thì lực kẹp mà xi lanh thủy lực kẹp cọc cần tạo được xác định ra như sau:

Trọng lượng của vì kèo chống: $P_{vk} = 700 \times 9,81 = 6867$ N.

Để có thể đảm bảo giữ được vì kèo chống thì bộ phận kẹp cần tạo ra lực ma sát đủ lớn:

$$F_{\Sigma ms} \geq P_{vk}$$

Để đảm bảo độ tin cậy cao cho lực ôm kẹp vì kèo chống tránh sự trượt vì kèo, nên lấy hệ số an toàn cần thiết là $k = 1,3$. Do đó, lực giữ vì kèo chống lớn nhất của cơ kẹp:

$$F_{\Sigma ms} = 1,3 \times P_{vk} = 1,3 \times 6867 = 8927$$
 N

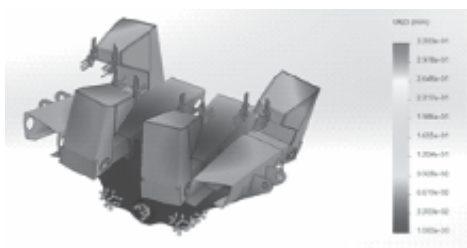
Lực kẹp của giá đỡ vòm thép được sinh ra bởi lực ma sát giữa các hàm kẹp và giá đỡ vòm thép (thiết bị kẹp được trang bị bốn xi lanh kẹp). Lực ma sát tạo ra bởi một xi lanh đơn có thể được xác định như sau:

Giả sử lực ma sát được tạo ra bởi một xi lanh là:

$$F_{ms} = \mu \times F_{kẹp}$$

Trong đó:

- F_{ms} : Lực ma sát do một má kẹp tạo ra;
- μ : Hệ số ma sát giữa má kẹp và vì kèo



Hình 11. Kết quả chuyển vị của tay kẹp vì chống trong trường hợp kẹp vì chống và nâng lên.

Nhận xét: Với trường hợp phân lực do lực kẹp và trọng lượng vì chống tạo ra tác dụng vào tay kẹp, ta có thể thấy ứng suất lớn nhất phát sinh trên thân tay kẹp vì chống có giá trị $\sigma = 155,9 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ tại vị trí liên kết giữa má kẹp và thân tay kẹp. So sánh với giá trị ứng suất cho phép của vật liệu lựa chọn $[\sigma] = 250 \text{ [N/mm}^2\text{]}$, kết cấu tay kẹp vì chống đảm bảo điều kiện chịu lực. Chuyển vị lớn nhất tại đỉnh của thân tay kẹp vì chống, giá trị chuyển vị lớn nhất ở đây là 0,33 mm.

Như vậy, với các kết quả ở trên, kết cấu tay kẹp vì chống lắp trên máy khoan kiểu xoay mà tác giả đã đưa ra hoàn toàn đảm bảo điều kiện làm việc.

3. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này trình bày một phân tích toàn diện về trạng thái chịu tải của cụm tay kẹp vì chống bằng thép, được lắp trên máy khoan lỗ kiểu xoay SANDVIK. Cụm cơ cấu này được thiết kế để tạo điều kiện thuận lợi cho việc cơ giới hóa lắp đặt vì chống bằng thép trong quá trình xây dựng đường hầm giao thông và hoạt động khai thác tại các mỏ than ở Việt Nam. Phân tích cho thấy cụm tay kẹp vì chống không chỉ linh hoạt trong quá trình vận hành mà còn đáp ứng các yêu cầu về độ bền với biên độ an toàn đủ lớn. Các giá trị ứng suất tối đa, độ dịch chuyển và hệ số an toàn đều nằm trong giới hạn cho phép.

Kết quả của nghiên cứu này cung cấp những thông tin có giá trị về thiết kế và hiệu suất của cơ cấu tay kẹp vì chống. Những kết quả này có thể được áp dụng trong quá trình chế tạo cụm này và làm nền tảng để tối ưu hơn nữa thiết kế của cơ cấu này trong tương lai, giúp cơ cấu này an toàn hơn, hiệu quả hơn và đáng tin cậy hơn. Cần nghiên cứu thêm để đánh giá hiệu suất của cơ cấu trong các điều kiện tải khác nhau và để nghiên cứu tác động của các yếu tố môi trường đến tuổi thọ của cụm cơ cấu này. ❖

Ngày nhận bài: 20/3/2025

Ngày phản biện: 08/4/2025

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Li Y., Ma F., Geng X. J., “Effect of annular clearance inside the double damping chamber on the dynamic characteristics of a rock drill damping system”. Univ. Sci. Tech. Beijing, 2014, 36: pp. 1676-1682.
- [2]. Bùi Văn Trầm, Chu Văn Đạt, Nguyễn Văn Quyền, Nguyễn Lâm Khánh, “Nghiên cứu động lực học của bộ giá đỡ máy khoan nổ mìn kiểu xoay đập do Việt Nam chế tạo”. Hội nghị Khoa học và Công nghệ toàn quốc về Cơ khí lần thứ V – VCME 2018.
- [3]. Tân, N. V. và cộng sự, “Nghiên cứu thiết kế bộ giá khoan chuyên dụng phục vụ thi công hầm khẩu độ vừa và nhỏ”. Đề tài NCKH cấp Học viện Kỹ thuật Quân sự, 2005.
- [4]. Hiền Đ. C., “Nghiên cứu thiết kế thiết bị khoan thi công đường hầm quân sự khẩu độ vừa và nhỏ”. Đề tài NCKH nhánh độc lập cấp nhà nước, mã nhánh đề tài ĐTĐL-05G/03, 2009.
- [5]. Seo J., Noh D.K., Lee G.H., et al., “A percussion performance analysis for rock-drill drifter through simulation modeling and experimental validation”. Int. J. Precis. Eng. Manufact. 2016, 17: pp. 163-170.
- [6]. G. Cavanough, M. Kochanek, J. Cunningham, I. Gipps, “A self-optimizing control system for hard rock percussive drilling”. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2008, 13(2): pp. 153–157. DOI: 10.1109/TMECH.2008.918477.
- [7]. Seo J., Park J.S., Kim H., et al., “Experimental evaluation of percussion performance for rock-drill drifter”. J. Biosyst. Eng., 2015, 40: pp. 1-9.