

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO THIẾT BỊ SẢN XUẤT ỐNG BTCT KÍCH THƯỚC LỚN TRÊN CƠ SỞ CÔNG NGHỆ MIẾT RUNG VÀ ÉP THỦY LỰC

TS ĐỖ VĂN VŨ, THS LÊ HỒNG SƠN, KS NGUYỄN DANH TIẾN

Viện Máy và Dụng cụ công nghiệp - Bộ Công thương

Bài báo giới thiệu nguyên lý hoạt động, một số đặc điểm chính trong thiết kế, chế tạo máy rung ép hướng kính dùng cho sản xuất ống bê tông cốt thép (BTCT) kích thước lớn: xây dựng cấu hình tổng thể; tính toán các cụm truyền động và điều khiển; thiết kế chế tạo khung máy cũng như các cụm chức năng thiết yếu kèm theo như đế rung, đầu ép, hệ thống điều khiển... Những kết quả chạy thử ban đầu cho thấy, máy đáp ứng các yêu cầu đặt ra về năng suất, chất lượng sản phẩm cũng như các chỉ tiêu kỹ thuật khác.

Từ khóa: máy rung ép hướng kính, ống BTCT, truyền động thủy lực.

RESEARCH RESULTS OF DESIGNING AND MANUFACTURING RADIAL PRESS FOR PRODUCING REINFORCED CONCRETE PIPES

Summary

In the paper, some main aspects of study, design, manufacture of the radial press are presented: the operating principles; building of the general configuration of the machine; establishing the power transmission system and control system; designing the machine main frame and all other important functional modules, components, sections such as vibration compactor, press head, control system... Some preliminary testing results are introduced.

Key words: radial press, reinforced concrete pipe, hydraulic power transmission.

Đặt vấn đề

Trong thời gian qua, Viện Máy và Dụng cụ công nghiệp (Bộ Công thương) được giao thực hiện đề tài cấp nhà nước: “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị sản xuất ống bê tông cốt thép kích thước lớn, trên cơ sở công nghệ miết rung và ép thủy lực”, mã số KC.03.11/11-15, thuộc Chương trình KH&CN cấp nhà nước “Nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ cơ khí và tự động hóa” (mã số KC.03/11-15). Đây là một thiết bị thuộc nhóm các máy sản xuất cấu kiện xây dựng cỡ lớn, đã và đang được phát triển theo hướng tự động hóa với yêu cầu chất lượng sản phẩm ngày càng cao, nhằm đáp ứng nhu cầu ngày càng đa dạng và khắt khe trong xây dựng hạ tầng đô thị, công trình giao thông...

Xuất phát từ yêu cầu kỹ thuật của thiết bị, nhóm nghiên cứu đã tập trung triển khai khảo sát, nghiên cứu hàng loạt thiết bị mẫu của các hãng chế tạo máy hàng đầu trên thế giới như Hess Group, Menegotti... từ đó xây dựng được cấu hình thiết bị và tiến hành thiết kế chế tạo thành công máy ép ống BTCT hướng kính tự động, với các thông số kỹ thuật chính:

- Quy cách sản phẩm: ống BTCT chiều dài 2.500 mm, đường kính 600-1.200 mm, kết cấu các đầu ống theo TCXDVN 372-2006 [1] dành cho ống BTCT thoát nước.

- Chất lượng sản phẩm (sai lệch kích thước, hình dáng, chất lượng bề mặt trong và ngoài ống, khả năng chịu tải, độ thấm nước...) đáp ứng TCXDVN 372-2006 [1].

- Năng suất hệ thống: 17-22 ống/giờ.

Nội dung nghiên cứu

Chọn lựa công nghệ và thiết bị

Để thực hiện chế tạo ống BTCT theo các nguyên lý miết, rung và ép phối hợp, có nhiều công nghệ và thiết bị hiện đại khác nhau như: công nghệ rung bàn; công nghệ rung lõi cố định đồng thời trên toàn bộ chiều dài ống, ép miết định hình đầu ống (gọi tắt là công nghệ rung miết lõi cố định); công nghệ rung lõi di động dọc theo chiều dài ống, ép miết định hình đầu ống (gọi tắt là công nghệ rung miết lõi di động); công nghệ ép hướng kính di động dọc theo chiều dài ống, rung bàn kết hợp ép miết định hình đầu ống (gọi tắt là công nghệ rung ép hướng kính). Trong các công nghệ nêu trên, công nghệ rung ép hướng kính là một công nghệ mới được phát triển, có nhiều ưu điểm nổi bật: công suất nguồn ép giảm, kết cấu khuôn đơn giản, chất lượng sản phẩm tăng, năng suất sản phẩm tăng nhờ chu trình sản xuất rút ngắn, thích hợp nhất cho cỡ ống đường kính trung bình... (bảng 1). Đây chính là công nghệ và thiết bị được nhóm nghiên cứu lựa chọn để phát triển, trên cơ sở máy mẫu của hãng Schlosser-Pfeiffer, CHLB Đức.

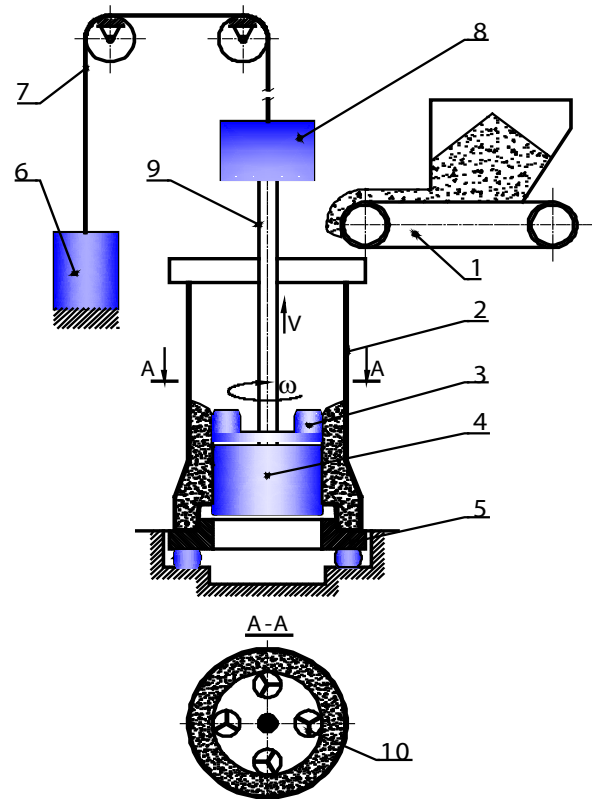
Bảng 1: so sánh các chỉ tiêu theo định lượng [1, 2, 3, 4]

STT	Công nghệ	Chỉ tiêu kỹ thuật				Chỉ tiêu kinh tế
		Độ chặt	Độ cứng (S)	Cường độ nén (MPa)	Độ chống thấm	
1	Rung bàn	$K = 0,93$	60	41,6	B10	11,40
2	Rung miết	$K = 0,95$	60-100	44,8	B10	9,03
3	Rung ép hướng kính	$K = 0,98$	150-200	49,9	B10	8,04

Nguyên lý làm việc của máy rung ép hướng kính ống BTCT

Khuôn ống (2) được đặt thẳng đứng và đồng trục với trục dẫn động (9), đầu quay ép (3+4). Trục (9) được cấp và duy trì mômen, tốc độ quay cần thiết theo yêu cầu công nghệ từ nguồn dẫn động (8). Tại vị trí làm việc ban đầu, đầu quay ép ở vị trí dưới cùng của khuôn. Hỗn hợp bê tông được máy nạp (1) rót vào lòng khuôn (2). Khuôn (2) được đặt thẳng đứng trên bàn rung (5). Đầu tiên, phối hợp với chuyển động quay tại chỗ của đầu quay ép, bàn rung hoạt động với tần số và cường độ thích hợp để làm chặt hỗn hợp và tạo hình cho phần loe của đầu ống. Khi phần loe của đầu ống đã được làm chặt tới một áp suất P_{sp} cần thiết cho trước, bàn rung dừng hoạt động và đầu quay ép (3+4) được nâng dần lên phía trên bên trong khuôn (2). Tốc độ quay của đầu quay ép cũng tăng lên và giữ ở một giá trị ổn định nhờ nguồn dẫn động (8), qua đó thực hiện việc ép hướng kính tạo hình phần thân ống. Cụm đầu quay ép gồm

có các cánh gạt (10), con lăn ép (3) và ống là nhẵn (4). Đầu ép vừa tịnh tiến, vừa quay tròn trong lòng khuôn. Do chuyển động quay tròn của đầu ép nên hỗn hợp bê tông vừa bị ép bởi lực quán tính ly tâm của cánh gạt (10), vừa bị ép do con lăn (3). Để đảm bảo độ chặt của bê tông trên toàn bộ thân ống, phải duy trì không đổi lực ép, cũng tức là duy trì áp suất P_{ep} của các con lăn ép (3) lân cận giá trị P_{sp} trong suốt quá trình tạo hình thân ống.



Hình 1: sơ đồ nguyên lý máy rung ép hướng kính ống BTCT

Tuy nhiên, trong quá trình vận hành, lượng bê tông cấp vào khuôn có thể bị thay đổi (do những nhiễu động ẩm, mật độ, tốc độ máy nạp...), từ đó dẫn tới biến động P_{ep} và qua đó tới độ nén chặt bê tông. Có một số phương pháp dùng để điều chỉnh P_{ep} như điều khiển tốc độ nạp của máy nạp liệu (1), điều khiển tốc độ quay trục ép (9)... trong đó công nghệ hay được sử dụng là điều chỉnh tốc độ nâng V của đầu quay ép sao cho phù hợp với sự biến động của P_{ep} thông qua cơ cấu nâng hạ (6), đồng thời giữ không đổi vận tốc quay ω của đầu quay ép và tốc độ cấp bê tông từ máy nạp.

Kết quả

Công suất dẫn động trục ép

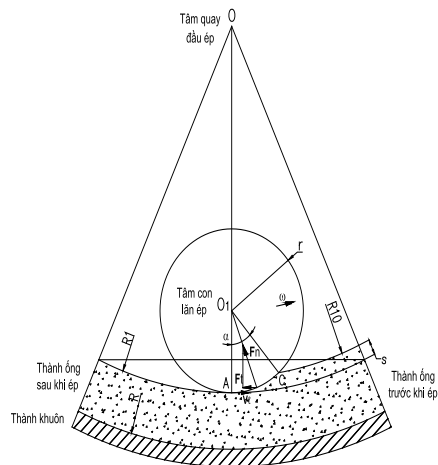
Tính toán lý thuyết được rút ra từ sơ đồ hình 2:

$$N_{PRLT} = F_{\Sigma} \cdot V_l = [k_{ms} + \sin(\alpha/2)] \cdot p_{ep} \cdot Z \cdot \alpha \cdot r \cdot l \cdot V_l \quad (1)$$

Trong đó, F_{Σ} là tổng hợp lực cản đặt lên mỗi con lăn theo phương V_l (bao gồm F_t và lực ma sát F_{ms}); k_{ms} là hệ số ma sát lăn giữa thép và hỗn hợp bê tông (~0,1 với bê tông có độ sụt không quá 1÷2 cm); p_{ep} là áp suất làm chặt ống; α là góc ép; r là bán kính con lăn ép; Z là số con lăn ép; l là chiều cao con lăn ép; tốc độ quay trục ép $\omega = V_l / (R_l - r)$; V_l là tốc độ dài của con lăn; tốc độ nâng đầu quay ép $v_{rl} = l \cdot Z \cdot \omega / 2\pi m_p$ [5]; số lần ép trên mỗi điểm m_p (lấy từ 40÷60).

$$\text{Tính theo công thức kinh nghiệm [5]: } N_{PR} = 2\pi \cdot R \cdot k_N \quad (2)$$

Trong đó, k_N là công suất trên đơn vị chiều dài, lấy bằng 15 kW/m với ống có cốt thép, 17 kW/m với ống không cốt thép; R là bán kính ngoài ống BTCT.



Hình 2: sơ đồ mô tả các thông số quá trình quay ép của đầu ép

Từ các điều kiện cụ thể của bài toán, xác định được công suất ép lớn nhất bằng 75 kW, tương ứng với dải áp suất ép 160÷170 bar, tốc độ quay trục ép 90 vòng/phút, đường kính ống max 1.200 mm, tốc độ nâng trục ép ~ 2,1 cm/s.

Hệ thống truyền động đầu quay ép

Xuất phát từ yêu cầu truyền động quay đầu quay ép: công suất lớn (tới hàng trăm kW), dải thay đổi công suất và tốc độ rộng (tỷ số giá trị max/min tới 300%), vị trí đặt cơ cấu truyền động trên đầu trục có cao độ lớn dễ gây dao động lớn nếu có khối lượng lớn..., nên đề tài chọn phương án thực hiện dẫn động đầu quay ép bằng sử dụng động cơ thủy lực có bộ điều chỉnh tốc độ thay vì dùng động cơ điện truyền động qua hộp giảm tốc cơ khí và điều khiển tốc độ thông qua biến tần. Mặc dù phương án sau có thể kinh tế hơn khi đầu tư, nhưng với phương án đã chọn, người dùng sẽ có lợi vì chi phí năng lượng giảm, năng suất hệ thống tăng, hệ

thống vận hành ổn định hơn.

Đề tài đã xây dựng hệ truyền động thủy lực mạch kín trên cơ sở bộ đôi bơm thủy lực piston hướng trục thay đổi lưu lượng kiểu 90L075 (variable displacement axial piston pump) và động cơ thủy lực piston hướng trục uốn thay đổi lưu lượng kiểu 51D160 (variable displacement bent axis piston motor) của hãng Sauer-Danfoss, cùng các phần tử thủy lực, điện phụ trợ cho điều khiển lưu lượng và trạng thái, giám sát quá trình như van tỷ lệ, cảm biến áp suất, cảm biến tốc độ động cơ, các van điện từ, van an toàn... Toàn bộ quá trình điều khiển tự động mạch động lực được tích hợp trên hệ thống điều khiển của toàn máy với nền tảng là bộ điều khiển lập trình S7-300 của Siemens [6].

Hệ thống điều khiển tốc độ nâng đầu ép

Đề tài chọn phương pháp điều khiển tốc độ nâng đầu ép để duy trì áp suất nén ổn định trong quá trình tạo thành ống BTCT. Cơ sở trước tiên của phương pháp này là quan hệ tuyến tính thuận giữa áp suất đầu nén tạo trên ống P_{ep} và áp suất thủy lực P_{tl} của động cơ thủy lực quay đầu nén: $P_{ep} = K \cdot P_{tl}$. Như vậy, việc duy trì P_{ep} bằng P_{sp} cho trước được quy về điều chỉnh P_{tl} bám theo giá trị đặt P_{sp} . Hệ số K được tính toán, xác định và kiểm tra qua thực nghiệm cho từng hệ thống, đặc trưng cho cấu tạo đầu quay ép, kiểu loại và cấu tạo động cơ thủy lực. Cơ sở thứ hai là đặc tính cơ của hệ thống, với mối quan hệ tỷ lệ nghịch giữa tốc độ nâng đầu quay ép v_{rl} với áp suất ép P_{ep} . Với những lý do tương tự như khi chọn hệ dẫn động đầu quay ép, đề tài cũng chọn phương án thủy lực cho dẫn động nâng hạ đầu quay ép. Do vậy, có thể thay thế đại lượng cần điều khiển là tốc độ nâng v_{rl} bằng lưu lượng dầu Q_{dn} cấp cho xi lanh nâng. Từ đó, bài toán điều khiển quy về điều khiển lưu lượng dầu Q_{dn} nhằm duy trì áp suất thủy lực động cơ dẫn động đầu quay ép P_{tl} theo giá trị yêu cầu P_{sp} . Để thực hiện nhiệm vụ này, các tác giả đã xây dựng một mạch điều khiển vòng kín tiêu chuẩn kiểu P (điều khiển tỷ lệ) bao gồm van tỷ lệ Rexroth 4WRBA cấp dầu cho xi lanh nâng, cảm biến áp suất Hydac HAD-4744 trên động cơ quay đầu ép, mô đun điều khiển tỷ lệ tích hợp trên S7-300 của toàn máy với tín hiệu vào là P_{tl} , tín hiệu ra I_{in} cho điều khiển độ mở van tỷ lệ trên [6, 7].

Tính toán thiết kế để rung định hình đầu ống BTCT

Để xác định công suất rung cũng như sự phân bố nguồn gây rung nhằm đảm bảo độ chặt đồng đều trên toàn chu vi đầu ống trong thời gian công nghệ xác định, nhóm nghiên cứu đã xác định được nguồn rung gồm bốn đầu rung lệch tâm RZ165K với công suất

0,96 kW, lực ly tâm 1.650 kP mỗi đầu phân bố đều trên mặt dưới tấm đế rung đường kính 1.650 mm.

Chọn vật liệu và công nghệ chế tạo các cụm máy chính

Trục dẫn động đầu quay ép bằng thép cacbon trung bình hợp kim thấp Crom-Niken 40CrNi, tôi cải thiện đạt độ cứng 230 HB, đảm bảo độ bền, độ dai tổng hợp cao nhất cho dạng trục dài, lớn và chịu lực uốn xoắn phức tạp, hệ số mỏi cao.

Đầu lăn ép bằng thép các bon thấp hợp kim thấp Crom-Mangan 18CrMn chuyên dụng thấm cacbon và tôi ram thấp cho hiệu quả chịu mài mòn bề mặt cao, đồng thời vẫn có độ dai va đập của lõi đảm bảo trong điều kiện hoạt động của đầu ép.

Khung chính của máy với nhiệm vụ đỡ và định vị các chi tiết cấu thành của máy nên được thiết kế cứng vững, đảm bảo các cụm thiết bị chính để rung, phân phối liệu và đầu quay ép hoạt động ổn định và chính xác trong các chuyển động tạo hình, đồng thời khung được chia thành các modul để thuận tiện cho quá trình vận chuyển, lắp đặt sau này. Để đạt độ chính xác chế tạo các phần tử khung được tổ hợp bằng công nghệ hàn MAG, các bề mặt dẫn hướng và định vị được thực hiện trên máy doa và phay giường chuyên dụng cỡ lớn.

Hệ thống điều khiển máy

Hệ thống điều khiển máy được thiết kế, xây dựng và tích hợp trên cơ sở bộ điều khiển số lập trình modul dòng S7-300 của Siemens [6]. Bộ xử lý trung tâm là CPU315-2 PN/DP cấu hình mạnh (bộ nhớ 384 kB, tốc độ xử lý 0,05 ms/1.000 lệnh, kết nối mạng công nghiệp PROFINET, cấu hình đa tầng tới 32 modul chức năng các loại, hỗ trợ điều khiển thời gian thực RT/IRT...), kết hợp màn hiển thị - thao tác MP377 12" kiểu graphic, cảm ứng, được cấu hình và lập trình tích hợp trên phần mềm STEP7 v.5.5 cho S7/C7/M7 và WinCC flexible ES (2008 - SP2 Advanced) cho lập trình giao diện người - máy HMI của Siemens. Các thiết bị đo lường, các cảm biến, cơ cấu chấp hành được kết nối và quản lý trên mạng công nghiệp đặc dụng ASI của Siemens. Phần mềm thu thập, điều khiển, giám sát và xử lý tự động toàn bộ các cụm thiết bị của máy đã được đề tài soạn thảo, lập trình, chạy thử và hiệu chỉnh trên các phần mềm mô phỏng chuyên dụng của Siemens trước khi kiểm tra và đưa vào vận hành chính thức trên máy thực.

Máy được lắp đặt chạy thử với sản phẩm có kích thước D1.200 x 2.500, trên cơ sở chạy thử tại xưởng thực nghiệm, nhóm đề tài đã có được những kết quả

ban đầu như sau: tìm được các thông số công nghệ của máy như mối quan hệ giữa độ nén chặt của bê tông và tốc độ chuyển động lên xuống của đầu quay ép cũng như lưu lượng cấp vật liệu từ phễu chứa xuống lòng khuôn. Trên cơ sở các thông số công nghệ có được, đã tối ưu hóa phần mềm điều khiển hệ thống, hợp lý hóa quy trình chế tạo, lắp đặt và vận hành thiết bị.

Kết luận

Bước đầu, máy rung ép hướng kính ống BTCT cỡ lớn đã được các nhà khoa học thuộc Viện Máy và Dụng cụ công nghiệp thiết kế chế tạo và chạy thử đạt các chỉ tiêu đề ra, với các thông số kỹ thuật tương đương với các máy cùng loại của nước ngoài. Về chỉ tiêu kinh tế, sơ bộ tính toán cho thấy, nếu được sản xuất loạt nhỏ, có thể giảm giá thành máy so với nhập ngoại ít nhất 30%. Điều này cho thấy tính khả thi của việc sản xuất hàng loạt các thiết bị sản xuất ống BTCT kích thước lớn tiếp theo khi có nhu cầu của thị trường. Trên cơ sở đó, nhóm nghiên cứu đề xuất cần nghiên cứu thiết kế các mẫu máy cỡ nhỏ hơn và lớn hơn để hoàn thiện thiết kế gam máy rung ép hướng kính, với nhiều lựa chọn về kết cấu, chủng loại và giá thành cho khách hàng, đáp ứng nhu cầu đa dạng của thị trường; nghiên cứu hoàn thiện công nghệ chế tạo, lắp ráp và thử nghiệm để sớm có thể tiến hành sản xuất loạt nhỏ và trung bình cho cả gam máy, phục vụ rộng rãi cho các ngành xây dựng và giao thông.

Tài liệu tham khảo

- [1] Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam: TCXDVN 372:2006 "Ống BTCT thoát nước" - 2006.
- [2] Các tiêu chuẩn quốc gia và tiêu chuẩn ngành của Việt Nam về bê tông, vật liệu cho sản xuất bê tông: TCVN 3107-1993, TCVN 3116-1993.
- [3] Tài liệu nội bộ, các bài báo đã công bố của một số nhà máy trong nước đã và đang ứng dụng các công nghệ sản xuất ống bê tông lõi thép như Nhà máy bê tông Amaccas, Nhà máy bê tông đúc sẵn Hùng Vương...
- [4] Giáo trình Vật liệu xây dựng - Trường Đại học Xây dựng miền Trung, 2004.
- [5] Trần Thiệu Xuân, Trần Văn Tuấn, Nguyễn Thị Thanh Mai, Nguyễn Kiểm Anh: Máy sản xuất vật liệu và cấu kiện xây dựng - Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 2000.
- [6] Tài liệu kỹ thuật của các hãng Hess Group, Menegotti, Sauer-Dafoss, Siemens, MathWorks.
- [7] Trần Xuân Tuyền: Hệ thống điều khiển tự động thủy lực - Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2002.