

THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÁY LĂN SƠN TƯỜNG

Phạm Thị Hằng*, Kiều Văn Viên

Khoa Cơ - Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

*Tác giả liên hệ: pthang@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 11.03.2019

Ngày chấp nhận đăng: 10.05.2019

TÓM TẮT

Việc thiết kế và chế tạo máy lăn sơn tường nhằm thay thế dần sức lao động của con người và nâng cao năng suất lao động là một đòi hỏi cấp thiết từ thực tiễn. Vì vậy, máy lăn sơn tường với năng suất 54 L/h đã được nghiên cứu, thiết kế và chế tạo. Kết hợp giữa cơ sở lý thuyết, ứng dụng phần mềm thiết kế đồ họa và thực nghiệm để lựa chọn nguyên lý làm việc, thiết kế và chế tạo các bộ phận của máy lăn sơn tường. Đặc biệt, dựa trên lý thuyết về thủy lực đại cương, cơ sở thiết kế máy, các tác giả đã tính toán, thiết kế hệ thống bơm sơn tự động là loại bơm nhu động phù hợp với dung dịch sơn và hệ thống sơn. Máy lăn sơn tường năng suất 54 L/h có thể giúp người thợ sơn tăng năng suất lao động lên cao hơn thợ sơn thủ công là 3-4 lần, chất lượng bề mặt sơn không phụ thuộc tay nghề người thợ đã được chế tạo thành công. Ngoài ra, hệ thống máy khá gọn nhẹ, dễ dàng mang đi làm việc tại các công trường xây dựng.

Từ khóa: Máy lăn sơn, bơm nhu động, thiết kế máy.

Design and Fabrication of Wall Painting Machine

ABSTRACT

The objective of this study was to design and develop a wall painting equipment to gradually replace human labor and increase labor productivity. The study was conducted to design and fabricate wall painting machine with a flow of 54 liters per hour. Based on the theoretical calculation, application of graphic design software, experimentation, and the principle of working, the parts of wall painting machine were designed and fabricated. Specially, based on the theories of general hydraulics and machine design, the automatic paint pumping system, a type of peristaltic pump, was designed to be suitable for painting solution and painting system. The project has successfully fabricated the wall painting machine with the capacity of 300 m² per hour, 3-4 times higher than that of the manual painting equipment with cheap manufacturing cost. The quality of painting surface did not depend on the skill of painters. In addition, the system is quite compact, easy to move at construction place.

Keywords: Wall painting machine, peristaltic pump, designing machine.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cùng với sự phát triển của nền kinh tế Việt Nam thì nhu cầu xây dựng các công trình nhà cửa, chung cư là rất lớn. Trong đó, công việc lăn sơn tường chiếm một khối lượng đáng kể trong quá trình xây dựng nhà cửa, ngày càng được chuyên môn hóa và đòi hỏi những người thợ có tay nghề cao. Sơn tường thủ công vẫn là hình thức chủ yếu được áp dụng trong thực tế ở Việt Nam hiện nay. Tuy nhiên, phương pháp này bộc lộ nhiều nhược điểm như năng suất thấp (khoảng 70 m²/h) do phải nhúng rulo thường

xuyên vào thùng sơn. Việc nhúng rulo vào thùng cũng làm ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt sơn do lượng sơn lúc nhiều, lúc ít và phụ thuộc rất lớn vào tay nghề, kinh nghiệm của người thợ. Hơn nữa, trong quá trình sơn, do phải nhúng rulo, sơn bị rơi vãi xung quanh khu vực thi công, gây lãng phí và tốn thêm công lao động cho quá trình vệ sinh sau khi sơn.

Trên thị trường Việt Nam hiện nay đã xuất hiện các máy phun sơn được nhập khẩu từ các nước tiên tiến trên thế giới, làm tăng năng suất lao động. Tuy nhiên, bên cạnh việc giá thành khá cao thì nhược điểm lớn nhất mà rất đáng

được quan tâm đó là do sơn được phun ra dạng tia bay tự do trong không khí, người thợ phun sơn và mọi người xung quanh rất dễ hít phải. Điều này, gây nên những ảnh hưởng không tốt cho sức khỏe do tác hại của sơn gây ra. Theo thống kê của tổ chức y tế thế giới WHO (Veen *et al.*, 1999), do tiếp xúc nhiều với sơn, người thợ sơn có nguy cơ ung thư cao hơn 20% người bình thường đặc biệt là ung thư phổi; có thể bị hen suyễn, khó thở, ảnh hưởng đến khả năng sinh sản của nam giới, thậm chí có nguy cơ gây vô sinh. Ngoài ra, người thợ sơn có thể bị nhiễm độc chì, thủy ngân có trong thành phần của sơn. Đáng chú ý những độc hại do sơn gây nên càng tăng khi sử dụng máy phun sơn do người thợ sơn hít phải lượng sơn nhiều hơn so với phương pháp lăn sơn thủ công. Từ những phân tích trên, để tăng năng suất lao động và đồng thời đảm bảo sức khỏe cho người thợ sơn và môi trường xung quanh; phương pháp sơn tường bằng rulo truyền thống nhưng sơn được tự động bơm lên rulo là giải pháp tối ưu.

Việc nghiên cứu thiết kế và chế tạo các máy lăn sơn tường nhằm thay thế dần sức lao động của con người cũng nhận được sự quan tâm lớn của các nhà khoa học trên thế giới. Năm 2004, Kahane *et al.* đã nghiên cứu về tự động hóa quá trình chuyển động thẳng đứng của cần lăn sơn bằng vít dẫn hướng để phục vụ việc lăn sơn bên trong các tòa nhà. Robot lăn sơn tự động nhiều màu sắc cùng lúc đã được phát triển nghiên cứu bởi Naticchia *et al.* (2007). Việc tự động quá trình di chuyển của hệ thống thiết bị sơn tường trên nền nhà cũng đã được nghiên cứu bởi Mohamed *et al.* (2011). Đồng thời, trong nghiên cứu này, tác giả đã phát triển hệ thống bơm sơn tự động lên rulo. Vừa qua, Shimpankar *et al.* (2018) đã nghiên cứu điều khiển từ xa quá trình phun sơn để hạn chế tối đa sự tiếp xúc trực tiếp của con người song song với việc cải thiện cánh tay robot sơn tự động.

Hiện nay, ở Việt Nam, mặc dù nhu cầu sử dụng máy lăn sơn tường là rất lớn nhưng chưa có đơn vị sản xuất trong nước nào quan tâm vấn đề này và chế tạo thành công máy lăn sơn tường. Trong khi đó, các máy móc nhập khẩu giá thành cao và không chủ động được trong khâu sửa chữa, bảo dưỡng, thay thế. Xuất phát

từ thực tế đó, nhóm tác giả tiến hành nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy lăn sơn tường có sử dụng bơm tự động sơn lên rulo nhằm nâng cao năng suất lao động và bảo vệ sức khỏe cho người thợ sơn.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Các loại sơn dùng sơn tường nhà, các loại động cơ, bơm thủy lực; các loại vật liệu dùng trong chế tạo máy: Thép cacbon, thép hợp kim, silicon.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Nghiên cứu lý thuyết

Trước hết, tiến hành tìm hiểu và lựa chọn nguyên lý làm việc của máy lăn sơn tường phù hợp để đáp ứng được yêu cầu tăng năng suất lao động, giảm bớt sức lao động của người thợ. Sau đó, tính toán thiết kế bơm, hệ thống dẫn sơn, thiết kế rulo dựa trên các cơ sở lý thuyết về động lực học chất lỏng và cơ sở thiết kế máy. Thiết lập quy trình công nghệ chế tạo các chi tiết trên cơ sở lý thuyết về công nghệ chế tạo máy.

2.2.2. Nghiên cứu thực nghiệm

Nghiên cứu thực nghiệm quy trình công nghệ chế tạo các chi tiết của máy lăn sơn tường, quy trình lắp ráp các chi tiết của máy để chế tạo ra mô hình máy hoàn chỉnh dựa trên cơ sở trang thiết bị máy móc hiện có. Tiến hành thử nghiệm máy trong điều kiện thực tế, tiếp sau là hoàn thiện thiết kế.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Lựa chọn nguyên lý làm việc cho máy lăn sơn tường

Qua việc tìm hiểu nguyên lý lăn sơn thủ công truyền thống và các máy lăn sơn, phun sơn có sẵn trên thị trường trong và ngoài nước; để đảm bảo yêu cầu về tăng năng suất lao động và bảo vệ sức khỏe người thợ lăn sơn, nhóm tác giả đã lựa chọn nguyên lý làm việc của hệ thống máy lăn sơn tường như thể hiện trong hình 1.

Hệ thống bao gồm động cơ, bơm, thùng sơn, công tắc, van điều chỉnh, đường ống dẫn sơn và rulo.

Nguyên lý làm việc như sau: Trục của bơm được nối với trục động cơ. Khi động cơ quay, làm cho trục bơm quay theo, sơn sẽ được bơm từ thùng sơn lên ống dẫn sơn. Từ ống dẫn sơn được đưa lên rulo. Việc bơm sơn sẽ được thực hiện qua bơm và điều khiển thông qua công tắc tắt/mở. Lưu lượng sơn được điều chỉnh bởi van điều chỉnh đặt gần công tắc. Người thợ lăn sơn sẽ dịch chuyển con lăn theo mặt tường cần sơn, trong khi đó, sơn được bơm liên tục lên rulo mà không phải nhúng vào thùng như phương pháp lăn sơn thủ công truyền thống. Việc này sẽ làm tăng năng suất lao động lên nhiều, làm giảm thời gian tiếp xúc với sơn cho người thợ cũng như sơn không bị rơi vãi ra xung quanh làm mất vệ sinh và hao tổn lượng sơn.

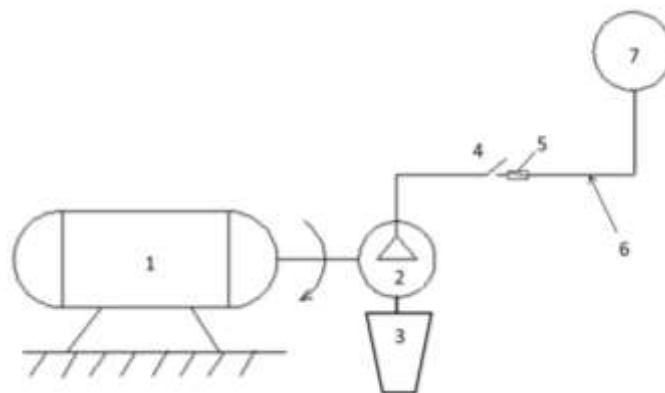
3.2. Tính toán, thiết kế các chi tiết chính của máy lăn sơn tường

3.2.1. Cơ sở tính toán, thiết kế bơm

- Phương pháp chọn bơm: Việc chọn bơm trong một hệ thống có thể bao gồm các bước chính sau: Thiết kế hệ thống bơm, lựa chọn bơm và loại truyền động, và xác định các đặc tính kỹ thuật của bơm (Trần Văn Đắc, 2013). Thiết kế hệ thống bơm nhằm để xác định các yêu cầu và điều kiện của hệ thống mà bơm hoạt động. Việc mô tả một cách toàn diện loại chất lỏng được vận chuyển phải được thực hiện, bao gồm các đặc tính kỹ thuật như độ nhớt, tỷ trọng, áp suất

bay hơi, tính kèm, khả năng ăn mòn, độ bay hơi, khả năng bắt lửa, và tính độc hại. Tùy thuộc vào các quá trình của hệ thống mà một trong các đặc tính đó sẽ có ảnh hưởng quan trọng đến việc thiết kế hệ thống bơm. Khả năng ăn mòn của chất lỏng sẽ ảnh hưởng tới việc lựa chọn vật liệu làm bơm. Nếu chất lỏng có lẫn các tạp chất, việc chọn loại đệm kín và kết cấu chống mài mòn cần phải được xem xét lại. Chất lỏng có tính chất độc hại có thể cần thiết sử dụng đệm kín kép theo quy định của nhà nước và cân nhắc các yếu tố an toàn. Các chất khí lẫn vào chất lỏng được hút vào bơm sẽ ảnh hưởng đến cột áp của bơm. Bơm phải hoạt động trong khoảng điều kiện cho phép của các đặc tính vật lý và hóa học, những ảnh hưởng khác như trong điều kiện nhiệt độ và áp suất khác đều không được chấp nhận. Các đặc tính của chất lỏng như độ nhớt, tỷ trọng, áp suất bay hơi, độ bền hóa học và tạp chất là những yếu tố quan trọng cần phải xem xét khi chọn lựa bơm.

- Đặc điểm của dung dịch sơn tường: Sơn là hợp chất hóa học bao gồm nhựa hoặc dầu chưng luyện, có màu hoặc không màu. Khi sơn lên bề mặt sản phẩm sẽ được lớp màng mỏng bám trên bề mặt, có tác dụng cách ly với môi trường khí quyển để bảo vệ và làm đẹp sản phẩm. Thành phần chủ yếu của sơn tổng hợp gồm có nitro xenlulo, nhựa tổng hợp hoặc nhựa thiên nhiên, chất làm dẻo, dung môi và chất pha loãng, sau đó cho thêm bột màu hoặc chất nhuộm. Các loại dung môi, chất pha loãng, bột màu có thành phần cho trong bảng 1 (Nguyễn Văn Lộc, 2005).



Ghi chú: 1 - Động cơ; 2 - Bơm; 3 - Thùng sơn; 4 - Công tắc; 5 - Van; 6 - Ống dẫn sơn; 7 - Rulo.

Hình 1. Sơ đồ nguyên lý máy lăn sơn tường

Bảng 1. Thành phần của các chất dung môi, pha loãng, bột màu có trong dung dịch sơn

Dung môi	Chất pha loãng	Bột màu
Các loại este	Các loại dầu từ than đá	KFe
CH ₃ COOC ₂ H ₅	C ₆ H ₆	PbC ₂ O ₄
CH ₃ COOCH(CH ₃)C ₂ H ₅	C ₆ H ₅ CH ₃	TiO ₂
CH ₃ COOC ₄ H ₉		Thuốc nhuộm amin gốc matyl chất phụ trợ
CH ₃ CO ₂ C ₅ H ₁₁		3MgO ₄ SiO ₂ H ₂ O
Các loại xeton		Al ₂ O ₃ 2SiO ₂ 2H ₂ O
CH ₃ COCH ₃		
CH ₃ COOC ₂ H ₅		
Các loại rượu		
C ₂ H ₅ OH		
C ₄ H ₉ OH		

Theo các tài liệu tra cứu, độ nhớt động lực học của sơn là 1.500 cps, khối lượng riêng là 1,35 kg/l. Do đó, độ nhớt động học của sơn là 1.111 mm²/s.

- Tổng quan về các loại bơm thủy lực

Hiện nay, trên thị trường có rất nhiều loại bơm. Thông dụng nhất là bơm piston, bơm rôto, bơm bánh răng, bơm trục vít, bơm cánh gạt,...

Bơm piston có ưu điểm là có thể tạo nên áp suất lớn, bơm được các loại chất lỏng có độ nhớt cao, cấu tạo đơn giản. Tuy nhiên, chuyển động của chất lỏng qua bơm không đều, do đó lưu lượng của bơm bị dao động. Kết cấu của bơm tương đối cồng kềnh. Do đó, bơm piston thường được sử dụng khi cần áp suất cao hoặc rất cao (từ 200 at trở lên) và lưu lượng tương đối nhỏ.

Bơm rôto là loại bơm mà trong đó bộ phận làm việc chính trực tiếp trao đổi áp năng với dòng chất lỏng qua máy là bộ phận có chuyển động quay như bánh răng, trục vít, trục quay có cánh gạt,... gọi chung là roto. Roto có chuyển động tròn đều tạo ra dòng chảy tương đối đều. Lưu lượng và áp suất của dòng chảy trong các bơm roto dao động ít hơn so với dòng chảy trong các loại bơm piston. Áp suất làm việc trong các bơm roto thường cao hơn so với các bơm cánh dẫn nhưng thấp hơn so với các bơm piston, thông thường là 20-50 at. Bơm roto có kết cấu đơn giản, kích thước nhỏ và gọn nhẹ, chỉ tiêu kinh tế tốt, làm việc chắc chắn, tin cậy và có độ

bền cao. Bơm có thể làm việc với số vòng quay lớn, ngoài ra, công suất trên một đơn vị trọng lượng lớn. Các ưu điểm chủ yếu trên đây làm cho các bơm roto được sử dụng rộng rãi trong các ngành chế tạo máy và động lực ứng với các điều kiện kỹ thuật phù hợp, trong các hệ thống truyền động và truyền lực bằng dầu hoặc trong các bộ phận điều khiển bằng các cơ cấu thủy lực.

Bơm bánh răng đơn giản thường có 2 bánh răng. Khi làm việc, bánh răng chủ động quay, kéo bánh răng bị động quay theo. Chất lỏng chứa đầy trong các rãnh giữa bánh răng và vỏ bơm sẽ được chuyển từ vùng hút đến vùng đẩy vòng theo vỏ bơm. Bơm bánh răng thường được ứng dụng trong các máy thủy lực (máy ép, máy nâng cần cẩu, máy đào đất,...), hệ thống điều khiển tự động, đặc biệt trong công nghệ người máy, trong bôi trơn các bộ phận chuyển động của các máy.

Trong bơm trục vít, chất lỏng truyền qua bơm theo hướng tuyến tính tạo ra một đầu cố định. Máy bơm trục vít thường có độ ồn thấp do tiếp xúc liên tục với bánh răng và rất đáng tin cậy. Hiệu quả có thể thấp, đặc biệt là trong các ứng dụng tăng độ nhớt.

Với bơm cánh gạt, chất lỏng được đưa vào buồng gạt và đẩy ra theo chiều quay của cánh gạt. Loại bơm này có ưu điểm là tiếng ồn thấp và dịch vụ đáng tin cậy. Tuy nhiên, lưu lượng do bơm cánh gạt tạo ra không đều, lúc nhiều lúc ít.

- Lựa chọn loại bơm

Trong phần nghiên cứu tổng quan như trình bày ở trên, các loại bơm thông dụng hiện nay dễ dàng được lựa chọn do có sẵn trên thị trường, mỗi loại có những ưu và nhược điểm nhất định. Với loại dung dịch dùng để sơn tường, như đã nêu ở trên, có thành phần chủ yếu là các hợp chất hữu cơ, có khả năng ăn mòn, có độ nhớt cao. Nếu dùng các loại bơm trên, nhược điểm lớn nhất có thể thấy rõ là thể tích buồng chứa sơn nhiều, sơn tiếp xúc với các chi tiết bơm rất nhiều. Điều này gây hại cho các chi tiết bằng kim loại của bơm do sơn có chứa chất ăn mòn. Hơn nữa, việc vệ sinh bơm sau mỗi lần làm việc là rất vất vả, tốn thời gian và khó làm sạch bên trong. Do đó, nếu dùng các loại bơm này để bơm sơn, sẽ ảnh hưởng đến tuổi thọ của bơm.

Một giải pháp được nhóm tác giả đưa ra là sơn sẽ được bơm vào trong ống dẫn bằng vật liệu phi kim loại và thiết kế loại bơm đẩy được sơn trong ống dẫn lên cao mà không thông qua buồng chứa của bơm. Qua tìm hiểu, nghiên cứu các tài liệu nước ngoài, loại bơm có thể đáp ứng được các yêu cầu đặt ra là bơm nhu động. Bơm nhu động là loại bơm được dùng phổ biến trên thế giới kể từ khi được cấp bằng sáng chế ở Hoa Kỳ hơn 100 năm trước (Dhuman *et al.*, 2012). Một ví dụ điển hình của bơm nhu động là hệ thống truyền máu trong y học.

Sơ đồ hoạt động của bơm nhu động được thể hiện trong hình 2. Chất lỏng được đưa vào ống mềm. Ống được đặt trong thân bơm. Roto sẽ quay nhờ truyền chuyển động từ động cơ điện, làm cho các con lăn sẽ lần lượt tác động lên ống mềm theo chu kỳ. Khi con lăn tiếp xúc với ống mềm, ống sẽ bị ép. Lực ép làm chất lỏng dịch chuyển trong ống theo chiều quay của roto. Khi con lăn không tác động vào ống, ống sẽ trở lại hình dạng ban đầu. Cứ như thế, chất lỏng được đưa qua bơm trong khi chất lỏng vẫn chảy trong ống mềm.

Bơm nhu động được thiết kế ít nhất 2 con lăn với góc chia là 180° và nhiều nhất là 8-12 con lăn. Việc tăng số lượng con lăn sẽ làm tăng tần suất xung áp suất của chất lỏng ở đầu ra của bơm, giảm biên độ của xung, làm cho lưu lượng chất lỏng bơm ra ổn định hơn. Tuy nhiên,

số lượng con lăn càng nhiều, số lần con lăn tác động lên ống mềm càng nhiều. Điều này làm giảm tuổi thọ của ống mềm. Do đó, căn cứ vào lưu lượng cần thiết, nên thiết kế bơm có số lượng con lăn không quá lớn để tăng độ bền của ống mềm dẫn chất lỏng, giảm chi phí cho bơm rất nhiều. Từ những phân tích ở trên, nghiên cứu đã lựa chọn số lượng con lăn là 3 với khoảng cách giữa các con lăn là 120° .

Một chi tiết rất quan trọng của bơm nhu động là bộ phận ống mềm dẫn chất lỏng. Việc lựa chọn vật liệu làm ống phụ thuộc vào hệ thống bơm như số con lăn, độ kín khít, tốc độ quay, cũng như loại chất lỏng, nhiệt độ của chất lỏng và độ nhớt của chất lỏng. Đặc biệt, vật liệu chế tạo ống phải phù hợp để chống lại sự ăn mòn hóa chất nếu có trong chất lỏng. Các vật liệu thường dùng là PVC, silicon, fluoro polymer (Srinivasa *et al.*, 2017). Trong đó, silicon được ứng dụng rộng rãi nhất cho bơm nhu động do có giá thành phải chăng, khả năng chịu nhiệt lên đến 220°C , có thể chứa được hóa chất ăn mòn. Từ những đặc điểm của sơn hiện có trên thị trường, các tác giả lựa chọn ống mềm silicon (Hình 3) để dẫn sơn qua bơm.

- Tính toán công suất bơm, chọn động cơ

Căn cứ vào năng suất làm việc thực tế của người thợ sơn khi lăn rulo trên mặt tường, lưu lượng cần thiết để bơm sơn lên rulo là $Q = 54 \text{ L/h} = 15.000 \text{ mm}^3/\text{s}$. Hơn nữa, chiều cao lớn nhất có thể bơm sơn lên rulo chọn là 5 m.

Chọn ống mềm silicon có đường kính trong là $d = 8 \text{ mm}$. Đường kính lớn nhất của roto được chọn là $D = 20 \text{ mm}$.

Lưu tốc của chất lỏng trong ống mềm được tính theo công thức (Trần Văn Đắc, 2003):

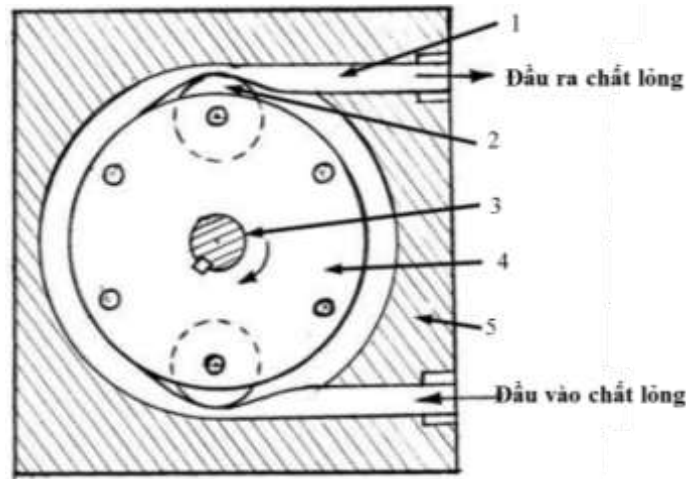
$$v = \frac{Q}{A} \quad (\text{m/s}) \quad (1)$$

Trong đó, A là tiết diện ngang của ống mềm được tính theo công thức:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi 8^2}{4} = 50,24 \quad (\text{mm}^2) \quad (2)$$

Do đó:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{15.000}{50,24} \approx 300 \left(\frac{\text{mm}}{\text{s}} \right) \quad (3)$$



Ghi chú: 1 - Ống dẫn chất lỏng; 2 - Con lăn; 3 - Trục quay; 4 - Roto; 5 - Vỏ máy.

Hình 2. Sơ đồ hoạt động bơm nhu động



Hình 3. Ống mềm silicon

Hệ số Reynolds (Trần Văn Đắc, 2003):

$$Re = \frac{vd}{\nu} \quad (4)$$

ν là hệ số nhớt động học của chất lỏng. Tra cứu tài liệu cho hệ số nhớt động học của sơn là $\nu = 1.111 \text{ mm}^2/\text{s}$

Hệ số cản ma sát của chất lỏng:

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{vd} \nu = \frac{64}{300 \times 8} \times 1.111 \approx 29,6 \quad (5)$$

Tổn thất dọc đường khi chất lỏng chuyển động trong ống:

$$h_d = \lambda \frac{L v^2}{d 2g} = 29,6 \frac{7 \times 10^3}{8} \frac{300^2}{2 \times 9,81 \times 10^3} = 119.000 \text{ (mm)} = 119 \text{ (m)} \quad (6)$$

(Chiều dài ống $L = 7 \text{ m}$)

Tổn thất cục bộ coi như bằng 0. Do đó, tổng tổn thất năng lượng là:

$$h_t = h_d \quad (7)$$

Áp dụng phương trình Bernoulli cho hai mặt cắt trước bơm và mặt cắt tại điểm cao nhất sơn được đưa lên:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_b = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_t \quad (8)$$

Áp dụng định luật bảo toàn thế năng và động năng cho hai mặt cắt, ta được phương trình sau:

$$h_b = z_2 - z_1 + h_t \quad (9)$$

$z_2 - z_1$ là chênh lệch độ cao của chất lỏng trong ống, chính bằng chiều cao cột sơn cao nhất có thể sơn được là 5 m.

$$h_b = 5 + 119 = 124 \text{ (m)}$$

Công suất cần thiết ra của bơm là:

$$P_{it} = \rho g Q h_b \quad (10)$$

Trong đó:

ρ là khối lượng riêng của sơn $1,35 \text{ kg/dm}^3$

g là gia tốc trọng trường, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$$P_{lt} = 1,35 \times 10^3 \times 9,81 \times 15.000 \times 10^{-9} \times 124 = 24,6 \text{ (W)} \quad (11)$$

Công suất cần thiết cho bơm là:

$$P_{tt} = \frac{P_{lt}}{\eta_1} \quad (12)$$

Trong đó, η_1 là hiệu suất, chọn $\eta_1 = 80\%$.

$$P_{tt} = \frac{24,6}{80\%} = 30,75 \text{ (W)} \quad (13)$$

Công suất động cơ cần thiết được tính theo Nguyễn Trọng Hiệp và Nguyễn Văn Lâm (2007) là:

$$P_{dc} = \frac{P_{tt}}{\eta_2} \quad (14)$$

Trong đó, η_2 là hiệu suất truyền động. Hiệu suất truyền động khớp nối coi như bằng 100%. Do đó công suất động cơ cần thiết là 30,75 W.

Tiếp theo tính số vòng quay của động cơ. Quỹ đường mà chất lỏng đi qua bơm theo cách sẽ bố trí được tính bằng 1/2 chu vi của đường tròn roto của bơm. Do đó, lưu lượng chất lỏng được đi qua bơm sau 1 vòng quay của roto là:

$$q = \frac{\pi d^2}{4} \pi D = \frac{\pi 8^2}{4} \pi \times 20 = 3.200 \text{ (mm}^3\text{/vòng)} \quad (15)$$

Tốc độ quay của roto cần thiết để bơm được lưu lượng Q là:

$$n = \frac{Q}{q} = \frac{15.000}{3.200} = 4,7 \text{ (vòng/s)} \quad (16)$$

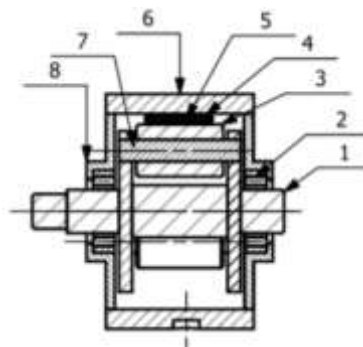
$$= 282 \text{ (vòng/phút)}$$

Đề tài lựa chọn phương pháp nối khớp cứng giữa trục động cơ và trục của bơm. Vì vậy, tỉ số truyền coi như bằng 1. Từ giá trị công suất cần thiết của động cơ và số vòng quay của động cơ như tính toán trên, chọn động cơ điện giảm tốc có công suất 35 W. Động cơ giảm tốc có số vòng quay sau khi giảm tốc là 300 vòng/phút.

3.2.2. Thiết kế các bộ phận chính của hệ thống

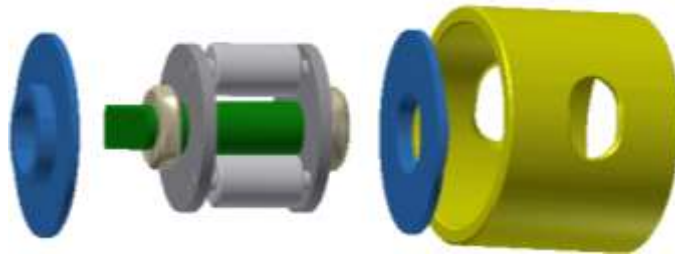
Sơ đồ cấu tạo của bơm thủy lực được thể hiện như hình 4. Hệ thống bao gồm trục bơm được nối với trục động cơ điện thông qua khớp nối cứng. Trục được đặt trong hai ổ bi đỡ. Bơm được thiết kế gồm có 3 bạc lăn đối xứng cách nhau 120°. Khe hở giữa roto và vỏ bơm được đặt ống mềm, ống mềm có chứa dung dịch sơn. Hình ảnh mô phỏng 3D cấu tạo bơm thủy lực được thể hiện trong hình 5.

Nguyên lý làm việc của bơm tương tự như trình bày trong hình 2. Khi trục bơm quay, roto có gắn bạc lăn sẽ quay theo. Đến vị trí bạc lăn tiếp xúc với ống mềm, do đường kính roto tăng nên bạc lăn sẽ ép ống mềm, làm cho dung dịch sơn trong ống bị ép theo chiều quay roto. Cứ như thế, sơn được đẩy đi trong ống mềm. Ống mềm được luồn bên trong cần sơn và đưa sơn lên rulo. Cần sơn được thiết kế dạng trục rỗng, gồm 2 đoạn trục được lồng vào nhau và dùng chốt hãm để điều chỉnh chiều dài cần sơn theo mong muốn.

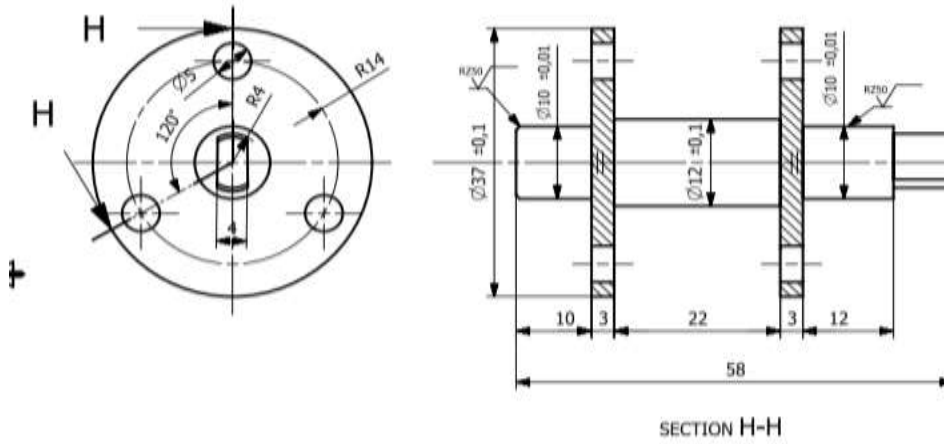


Ghi chú: 1 - Trục bơm; 2 - Ổ bi; 3 - Bạc lăn; 4 - Ống mềm; 5 - Dung dịch sơn; 6 - Vỏ guồng bơm; 7 - Trục bạc lăn; 8 - Gối đỡ ổ bi.

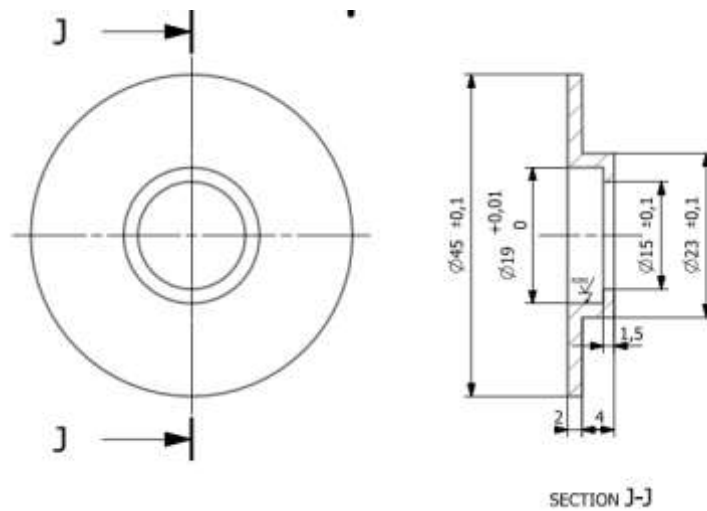
Hình 4. Sơ đồ cấu tạo bơm thủy lực



Hình 5. Hình ảnh 3D mô phỏng cấu tạo bơm thủy lực



Hình 6. Trục bơm



Hình 7. Gối đỡ ổ bi

Căn cứ vào công suất của bơm, lựa chọn các kích thước của bơm sao cho nhỏ gọn, dễ dàng vận chuyển. Bản vẽ thiết kế trục bơm được thể hiện trong hình 6. Vật liệu chế tạo trục bơm là thép C45. Trục được đỡ bởi hai ổ bi. Lựa chọn ổ bi số hiệu 6800. Dựa vào kích thước vòng bi tiêu

chuẩn và lựa chọn kiểu lắp, gối đỡ ổ bi được thiết kế như trong hình 7

Qua nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm nhóm tác giả lựa chọn con lăn dạng bạc lăn. Bạc lăn lắp trên với trục của bạc lăn, có thể chuyển động quay quanh trục của bạc lăn trong quá

trình tác động vào ống mềm của bơm. Do đó, giảm ma sát lăn với ống mềm, làm tăng hiệu suất làm việc của máy cũng như tăng tuổi thọ của ống mềm. Bạc được chế tạo riêng, sau đó lắp trên trục được hàn cứng với trục bơm. Vật liệu chế tạo bạc lăn là thép hợp kim. Bản vẽ thiết kế của bạc lăn được thể hiện trong hình 8.

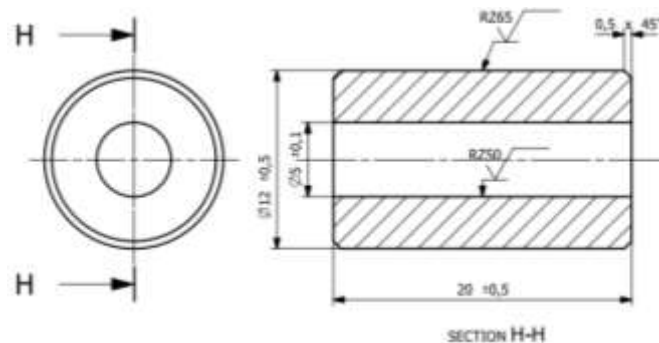
Bạc lăn được lắp trên trục bạc. Vật liệu chế tạo trục là thép hợp kim. Bản vẽ thiết kế trục bạc được thể hiện trong hình 9.

Một chi tiết quan trọng khác của hệ thống máy lăn sơn là rulo. Do sơn được tự động bơm lên rulo mà không nhúng sơn trong thùng như phương pháp lăn sơn truyền thống, nên cần của rulo được thiết kế dạng trục rỗng, nối thông với ống dẫn sơn. Phía trên rulo, ống trong được khoan các lỗ nhỏ, mật độ đều nhau để đảm bảo lượng sơn thấm qua con lăn được đều khắp bề mặt. Lỗ được thiết kế đảm bảo không quá to làm lượng sơn ra quá nhiều so với lưu lượng cần thiết, gây vương vãi, lãng phí. Đồng thời, nếu kích thước lỗ quá bé thì dung dịch sơn dễ bị tắc và không đảm bảo lượng sơn thấm qua rulo. Bằng thực nghiệm, nhóm tác giả chọn đường kính lỗ là 4 mm. Bản vẽ cấu tạo của rulo được thể hiện trong hình 10.

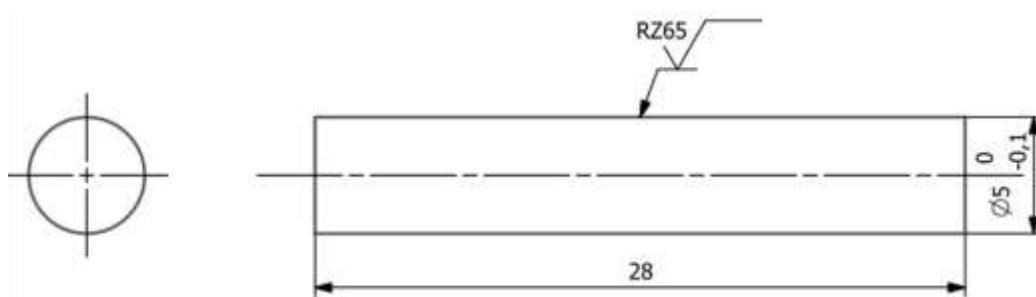
3.3. Mô hình máy và thông số kỹ thuật

Dựa trên các bản vẽ thiết kế và cơ sở lý thuyết về công nghệ chế tạo máy, các chi tiết đã được chế tạo, kiểm tra và lắp ráp, tạo thành hệ thống các bộ phận lăn sơn tường. Sau đó, máy được thử nghiệm thực tế tại các công trình xây dựng để hoàn thiện thiết kế, đưa ra mẫu máy lăn sơn như trong hình 11. Qua khảo nghiệm cho thấy máy làm việc ổn định, năng suất lên

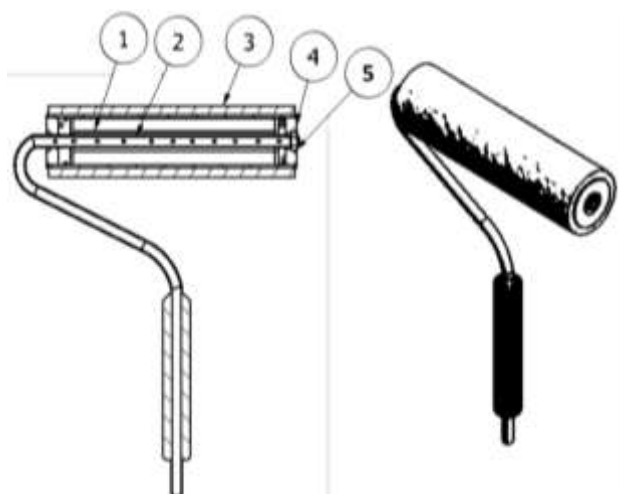
tới 300 m²/h, cao hơn năng suất thợ sơn thủ công là 3-4 lần. Ưu điểm có thể thấy rất rõ của máy lăn sơn tường là chất lượng bề mặt sơn không phụ thuộc tay nghề người thợ, bất kỳ người trong độ tuổi lao động nào cũng có thể lăn sơn mà không đòi hỏi kinh nghiệm do lượng sơn được bơm ra rulo rất đều. Chất lượng bề mặt sơn được thể hiện trong hình 12. Hơn nữa, do cần bơm sơn dài, độ cao có thể sơn lớn nhất lên đến 5 m nên người thợ sơn có thể sơn được hành trình dài và ở vị trí cao mà không phải đứng lên ghế, dễ gây nguy hiểm, tai nạn lao động. Việc không phải nhúng sơn cũng làm cho sơn không bị rơi vãi xung quanh, vừa không tốn công lao động vệ sinh công nghiệp, vừa không gây lãng phí sơn. Ngoài ra, hệ thống khá gọn nhẹ, dễ dàng mang đi làm việc tại các công trường xây dựng. Đặc biệt, bơm nhu động làm việc rất ổn định, hiệu quả, phù hợp và không phải tốn quá nhiều công cho việc vệ sinh. Việc vệ sinh ống sơn khá đơn giản và nhanh chóng bằng cách nhúng ống dẫn sơn ở đầu vào của bơm vào một thùng nước sạch. Nước trong thùng được bơm nhu động bơm dẫn hết chiều dài ống dẫn sơn và làm sạch ống. Tuy nhiên, một nhược điểm của bơm nhu động là khá ồn trong quá trình làm việc. Ngoài ra, khâu chuẩn bị máy sẽ tốn nhiều công sức hơn so với sơn thủ công. Tuy nhiên, với việc sử dụng máy lăn sơn, năng suất lao động của người thợ được tăng thêm nhiều nên tổng thời gian chi phí cho quá trình sơn sẽ được giảm đi. Hơn nữa, với những ưu điểm nổi bật như đã nêu ở trên, việc tiêu tốn thêm thời gian để chuẩn bị cho công việc lăn sơn là chấp nhận được và việc sử dụng máy móc thay thế sức lao động của con người trong những môi trường độc hại là rất cần thiết.



Hình 8. Bạc lăn



Hình 9. Trục bạc lăn



Ghi chú: 1 - Ống lót; 2 - Ống cấp sơn; 3 - Bông rulo; 4 - Bích chặn đầu; 5 - Ecu M8.

Hình 10. Cấu tạo của rulo sơn mặt phẳng



Hình 11. Máy lăn sơn tường được chế tạo



Hình 12. Bề mặt tường khi được sơn

Qua khảo nghiệm và hoàn thiện thiết kế, máy lăn sơn từ kết quả nghiên cứu của nhóm nghiên cứu hoàn toàn có thể áp dụng thực tế phục vụ

ngành công nghiệp xây dựng trong khi giá thành máy chỉ khoảng 1,6 triệu đồng, khá rẻ so với các loại máy phun sơn nhập khẩu trên thị trường.

Bảng 2. Các thông số kỹ thuật của máy

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Năng suất	L/h	54
Công suất động cơ	W	35
Năng suất thợ sơn khi sử dụng máy lăn sơn	m ² /h	300
Chiều dài ống dẫn sơn	m	7
Chiều cao tối đa có thể sơn	m	5

4. KẾT LUẬN

Máy lăn sơn tường với năng suất 54 L/h đã được tính toán thiết kế và chế tạo thành công. Đặc biệt, hệ thống bơm nhu động phù hợp các đặc tính của dung dịch sơn tường đã tính toán thiết kế. Đây là loại bơm khá mới mẻ ở Việt Nam và chưa được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu nhiều. Qua khảo nghiệm cho thấy máy làm việc ổn định, năng suất cao hơn thợ sơn thủ công là 3-4 lần. Ưu điểm có thể thấy rõ của máy lăn sơn tường này là chất lượng bề mặt sơn không phụ thuộc tay nghề người thợ, có thể sơn được hành trình dài và ở vị trí cao mà không phải đứng lên ghế, dễ gây nguy hiểm, tai nạn lao động. Việc không phải nhúng sơn cũng làm cho sơn không bị rơi vãi xung quanh, vừa không tốn công lao động vệ sinh công nghiệp, vừa không gây lãng phí sơn. Ngoài ra, hệ thống khá gọn nhẹ, dễ dàng mang đi làm việc tại các công trường xây dựng trong khi giá thành khá rẻ so với các loại máy phun sơn có sẵn trên thị trường. Qua khảo nghiệm và hoàn thiện thiết kế, máy lăn sơn từ kết quả nghiên cứu của các tác giả hoàn toàn có thể áp dụng thực tế phục vụ ngành công nghiệp xây dựng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Dhumal S.R. & Kadam S.S. (2012). Design and development of rotary peristaltic pump. *Int. J. Sci. Adv. Tech.* 2(4): 157-163.
- Kahane B. & Rosenfeld Y. (2004). Balancing human-and-robot integration in building task, *Compt-Aided Civ. Inf.* 19: 393-410.
- Mohamed T.S., Mohamed A.A., Ahmed A.R. & Ahmed A.A. (2011). Development of roller-based interior wall painting robot, *Int. J. Mech. Mecha. Eng.* 5(11): 1785-1792.
- Naticchia B., Giretti A. & Carbonari A. (2007). Set up of an automated multi-color system for interior wall painting, *Int. J. Adv. Rob. Sys.* 4(4): 407-416.
- Nguyễn Trọng Hiệp và Nguyễn Văn Lắm (2007). Thiết kế chi tiết máy. Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
- Nguyễn Văn Lộc (2005). Kỹ thuật sơn. Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
- Shimpankar P.R., Sarode N.A., Jadhav D.K., Shirsath B.M. & Gujrathi T.V. (2018). Wall painting robot. *Int. J. Sci. Res. Dev.* 5(12): 116-119.
- Srinivasa Rao P., Reddy B. & Reddy V.D. (2017). Design and development of advanced rotary peristaltic pump. *Int. J. Mech. Eng. Tech.* 8(6): 695-703.
- Trần Văn Đắc (2003). Thủy lực đại cương. Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
- Veen Van M.P., Fortezza F., Bloemen H.J.Th. & Kliet J.J. (1999). Indoor air exposure to volatile compounds emitted by paints: experiment and model. *J. Exp. Ana. Env. Epi.* 9: 569-674.