

CHẾ TẠO HỆ TRUYỀN ĐỘNG CHO MODULE CHÂN CỦA HỆ THỐNG HEXAPOD

MANUFACTURING THE HEXAPOD MODULE

Trần Minh Thế Uyên, Bùi Chấn Thanh, Nguyễn Hộ, Nguyễn Tiến Dũng,
Phạm Quân Anh, Lê Thanh Tú, Phan Nhật Hào, Tống Huỳnh Quốc Thịnh
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Hiện nay, trên thế giới, máy uốn ống được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp và trong xây dựng, trang trí nội thất với rất nhiều chủng loại ống khác nhau có đường kính cũng như vật liệu làm ống rất đa dạng. Việc chế tạo máy uốn phù hợp với nhu cầu rất cần thiết. Trên thế giới đã có nhiều loại máy uốn khác nhau, từ thủ công, bán tự động cho đến tự động NC và CNC với các bán kính khác nhau rất đa dạng. Bài báo này nêu ra các phương án thiết kế, chế tạo đầu uốn ống, sử dụng phương pháp định lượng trong quá trình tính toán, phân tích kết hợp với thực nghiệm nhằm hoàn thiện mô hình nghiên cứu. Hệ thống đầu uốn ống sau khi thiết kế và đã được thử nghiệm với các kết cấu như đầu uốn ống và thân máy tách riêng biệt, thân máy tích hợp đầu uốn ống. Các kết cấu đầu uốn ống đã được đánh giá trực quan.

Từ khóa: Đầu uốn ống; Phương pháp định lượng; Máy uốn ống.

ABSTRACT

At present, in the world, pipe bending machines are widely used in industries and in interior decoration with many different types of pipes with diverse diameters and materials. It is very important to make a bending machine in accordance with the need. There are many different types of bending machines in the world, from manual, semi-automatic to automatic NC and CNC with different radii. This article outlines options for designing and manufacturing pipe benders, using quantitative methods in the process of calculation, analysis, and experimentation in order to complete the research model. The pipe bender system is designed and tested after being designed and tested with structures such as separating pipe bender from body, and the body integrated with the pipe bender. The pipe bend head structures were visually evaluated.

Keywords: Pipe bender; Quantitative methods; Pipe bending machines.

1. GIỚI THIỆU

Nước ta đang trên đà phát triển ngành công nghiệp nặng, lượng ống sử dụng cho các ngành công nghiệp là tương đối lớn, tuy nhiên lượng ống sản xuất trong nước phần lớn từ các loại máy uốn thủ công, bán tự động với khả năng tạo hình chưa linh hoạt và năng suất thấp không đáp ứng được nhu cầu sử dụng trong nước. Vì vậy, việc nghiên cứu chế tạo đầu uốn ống với khả năng linh động trong khả năng tạo hình linh hoạt và cho ra năng suất cao đáp ứng được nhu cầu sử dụng ống trong nước, góp phần đẩy mạnh sự phát triển ngành công nghiệp nước ta [1, 2].

Nắm bắt được tính cấp thiết, tầm quan trọng cũng như nhu cầu của thị trường trong nước, việc nghiên cứu, thiết kế và chế tạo đầu uốn ống với khả năng linh hoạt trong việc tạo hình cho ống và cho ra năng suất cao là rất cần thiết. Vì những lý do trên cùng với sự hướng dẫn của thầy Phạm Sơn Minh nên nhóm chúng em đã chọn đề tài: Chế tạo hệ truyền động cho module chân của hệ thống hexapod.

2. PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ

Việc thiết kế và chế tạo đầu uốn ống nhằm mục đích mang lại nâng cao chất lượng và hiệu suất làm việc, tạo ra nhiều sản phẩm ống đa dạng về hình dáng, góc độ. Các phương án thiết kế được đề xuất và phân tích ưu, nhược điểm như sau:

2.1. Phương án 1

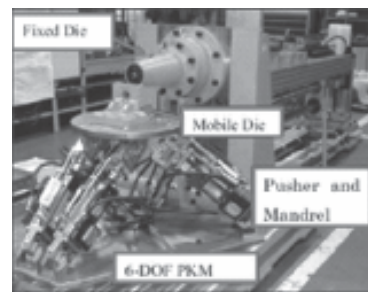
Đầu uốn ống và thân máy tách riêng biệt:

Đây là hệ thống uốn tự do Hexa-Bend được tách khỏi phần thân máy [3]. Trong hệ thống này, cơ cấu song song chủ yếu được sử

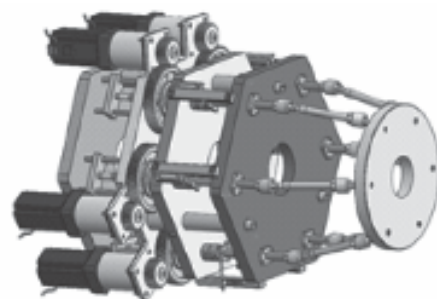
dụng để thực hiện chuyển động của khuôn uốn trong không gian, trục giá linh hoạt thường được sử dụng để giảm biến dạng và độ dày thành tại vị trí uốn [4]. Hệ thống có các thành phần cốt lõi gồm ống, khuôn uốn, ổ đỡ hình cầu, thanh dẫn hướng và cơ cấu đẩy. Khi hệ thống ở vị trí 0, tâm của ổ đỡ hình cầu, khuôn uốn, thanh dẫn hướng và cơ cấu đẩy nằm trên cùng một trục [5]. Phương án này có các ưu, nhược điểm như sau:

– Ưu điểm: Hệ thống dễ lắp đặt, chuyển động linh hoạt, độ cứng vững cao do các chi tiết tiêu chuẩn như gối đỡ được đặt trên mặt phẳng.

– Nhược điểm: Hệ thống đầu uốn tách rời thân máy nên chiếm nhiều không gian.



Hình 1. Phương án 1



Hình 2. Phương án 2

2.2. Phương án 2

Thân máy tích hợp đầu uốn ống:

Các thay đổi của phương án 2 so với phương án 1:



– Kết cấu đầu uốn ống được thiết kế tối ưu giúp hệ thống uốn có thể gắn liền với thân máy.

– Sử dụng hệ thống truyền động vít me đai ốc để điều khiển tẩm di động.

– Tẩm di động có thể chuyển động linh hoạt trong không gian bởi các khớp cầu.

* Ưu điểm:

– Tối ưu không gian nhà xưởng.

– Các chi tiết được thiết kế dễ dàng để chế tạo.

– Độ chính xác cao do đầu uốn ống, thanh dẫn hướng, cơ cấu đẩy cùng nằm trên một trục.

– Đạt được độ chính xác.

* Nhược điểm:

– Bảo trì, bảo dưỡng thường xuyên các chi tiết máy.

– Độ cứng vững thấp do các chi tiết không được đặt trên cùng mặt phẳng.

3. THIẾT KẾ VÀ TÍNH TOÁN HỆ TRUYỀN ĐỘNG

3.1. Thông số đầu vào

– Số vòng quay motor, $n_{dc} = 2000$ (rpm);

– Số vòng quay qua hộp giảm tốc, $n_{gt} = 100$ (rpm);

– Công suất trên trục bánh răng dẫn, $P = P_1 = 0,75$ (kW);

– Số vòng quay trục bánh răng dẫn, $n_{gt} = n_1 = 100$ (rpm);

– Tỷ số truyền, $u = u_{br} = 2,5$;

– Số vòng quay trục bánh răng bị dẫn, $n_2 = \frac{n_1}{u} = 40$ (rpm).

Mô-men xoắn trên trục bánh răng dẫn:

$$T_1 = \frac{9,55 \cdot 10^6 \cdot P_{dc}}{n_{gt}} = \frac{9,55 \cdot 10^6 \cdot 0,75}{100} = 71625 \text{ (N.mm)}$$

3.2. Chọn vật liệu

Bảng 1. Chọn vật liệu

	Vật liệu	Nhiệt luyện	Độ cứng	Giới hạn bền	Giới hạn chảy	$[\sigma_H]$	$[\sigma_H]_{max}$	$[\sigma_F]_{max}$
			(HB)	S_b (MPa)	S_{ch} (MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
BR dẫn	Thép C45	Tôi cải thiện	230	750	450	481,82	1260	360
BR bị dẫn	Thép C45	Tôi cải thiện	218	750	450	460	1260	360

3.3. Xác định ứng suất cho phép

Theo bảng 6.2 trang 94 [1] với thép 45, tôi cải thiện đạt độ rắn HB = (180÷350).

$\sigma_{Hlim}^0 = 2HB + 70$; $S_H = 1,1$ – Hệ số an toàn khi tính về tiếp xúc, bảng 6.2.

$\sigma_{Flim}^0 = 1,8HB$; $S_F = 1,75$ – Hệ số an toàn khi tính về uốn, bảng 6.2.

Chọn độ rắn bánh nhỏ HB₁ = 230, độ rắn bánh lớn HB₂ = 218, khi đó:

$$\begin{aligned}\sigma_{Hlim1}^0 &= 2HB_1 + 70 = 2.230 + 70 = 530 \text{ (MPa)} \\ \sigma_{Hlim2}^0 &= 2HB_2 + 70 = 2.218 + 70 = 506 \text{ (MPa)} \\ \sigma_{Flim1}^0 &= 1,8HB_1 = 1,8.230 = 414 \text{ (MPa)} \\ \sigma_{Flim2}^0 &= 1,8HB_2 = 1,8.218 = 392,4 \text{ (MPa)}\end{aligned}$$

Theo CT 6.5 trang 93 [1]:

$$\begin{aligned}N_{HO} &= 30. H_{HB}^{2,4} \\ N_{HO1} &= 30. H_{HB1}^{2,4} = 30. 230^{2,4} = 13972305 \\ N_{HO2} &= 30. H_{HB2}^{2,4} = 30. 218^{2,4} = 12286179\end{aligned}$$

Thời gian sử dụng của bánh răng: $L_H = 18000$ giờ $\Rightarrow$ Số chu kỳ làm việc là (Theo CT 6.7 trang 93 [1]):

$$\begin{aligned}N_{HE1} &= N_{FE1} = 60cn_1t = 60.1.470.18000 = 507600000 \\ N_{HE2} &= N_{FE2} = 60cn_2t = 60.1.117,5.18000 = 126900000 \\ \Rightarrow \text{Do } N_{HE1} &> N_{HO1}, \text{ do đó } K_{HL} = 1; N_{HE2} > N_{HO2}, \text{ do đó } K_{HL} = 1.\end{aligned}$$

Do độ cứng bánh răng dẫn và bánh răng bị dẫn $HB \leq 350$ nên chọn $m_F = m_H = 6$ theo trang 93.

Ứng suất tiếp xúc cho phép: Theo CT 6.1a trang 93 [1]:

$$[\sigma_H] = \sigma_{Hlim}^0 \cdot \frac{K_{HL}}{S_H}$$

$$[\sigma_{H1}] = 530 \cdot \frac{1}{1,1} = 481,82 \text{ (MPa)}$$

$$[\sigma_{H2}] = 506 \cdot \frac{1}{1,1} = 460 \text{ (MPa)}$$

Áp dụng công thức 6.12 trang 95 [1] tính ứng suất tiếp xúc cho phép bánh răng trụ răng nghiêng:

$$\begin{aligned}[\sigma_H] &= \sqrt[2]{0,5.([\sigma_{H1}]^2 + [\sigma_{H2}]^2)} \\ &= \sqrt[2]{0,5.([481,82]^2 + [460]^2)} = 471 \text{ (MPa)}\end{aligned}$$

Theo CT 6.6 trang 93 [1], tải trọng tĩnh: $N_{HE} = N_{FE}$.

Do $N_{FO} = 4.10^6$ đối với tất cả các loại thép: $N_{FE1} > N_{FO}$, do đó $K_{FL1} = 1$; $N_{FE2} > N_{FO}$, do đó $K_{FL1} = 1$.

Ứng suất uốn cho phép: Theo CT 6.1b trang 93 [1]:

$$[\sigma_F] = \sigma_{Flim}^0 \cdot \frac{K_{FC}.K_{FL}}{S_F}$$

$$[\sigma_{F1}] = 423 \cdot \frac{1,1}{1,75} = 241,714 \text{ (MPa)}$$

$$[\sigma_{F2}] = 405 \cdot \frac{1,1}{1,75} = 231,429 \text{ (MPa)}$$

Ứng suất quá tải cho phép được tính theo công thức 6.13 và 6.14 trang 95:

$$[\sigma_{H1}]_{\max} = 2,8\sigma_{ch1} = 2,8.450 = 1260 \text{ (MPa)}$$

$$[\sigma_{H2}]_{\max} = 2,8\sigma_{ch2} = 2,8.450 = 1260 \text{ (MPa)}$$

$$[\sigma_{F1}]_{\max} = 0,8\sigma_{ch1} = 0,8.450 = 360 \text{ (MPa)}$$

$$[\sigma_{F2}]_{\max} = 0,8\sigma_{ch2} = 0,8.450 = 360 \text{ (MPa)}$$



3.4. Xác định khoảng cách trục

Khoảng cách trục được xác định theo công thức 6.15a trang 96:

$$a_w = K_a(u + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1 \cdot K_{H\beta}}{[\sigma_H]^2 \cdot u \cdot \psi_{ba}}}$$

$$= 43 \cdot (2,5 + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{71625 \cdot 1,02}{482,34^2 \cdot 2,5 \cdot 0,315}} = 112,55 \text{ (mm)}$$

Trong đó:

$K_a = 43 \text{ MPa}^{1/3}$ (bảng 6.5 trang 96 [1])
– Hệ số phụ thuộc vật liệu cặp bánh răng, loại răng thẳng hoặc nghiêng, Bảng 6.5

Tra bảng 6.6 trang 97 [1], chọn $\psi_{ba} = 0,315$.

$$\psi_{bd} = 0,53 \cdot \psi_{ba} \cdot (u_1 + 1) = 0,53 \cdot 0,315 \cdot (2,5 + 1) \approx 0,584$$

Tra bảng 6.7 trang 98 [1], chọn $K_{H\beta} = 1,02$.
 $\Rightarrow$ Chọn $a_w = 115 \text{ (mm)}$

4. GIA CÔNG VÀ LẮP RÁP CÁC CHI TIẾT

Sau khi gia công các chi tiết được lắp đặt lên hệ thống khung như hình 4, toàn bộ quá trình uốn ống sẽ được điều khiển thông qua việc lập trình motor. Toàn bộ hệ thống được cố định chắc chắn trên khung máy. Động cơ xoay kết hợp cùng hộp giảm tốc điều khiển cơ cấu bánh răng, vít-me tịnh tiến lên xuống sẽ làm cho hệ thống uốn tạo hình ống theo ý muốn của người điều khiển. Quá trình tịnh tiến sẽ được định vị bằng các bộ thước quang. Toàn bộ hệ thống điều khiển được bố trí gọn gàng xung quanh tấm giữ. Điều này góp phần độ bền cho hệ thống còn làm tăng tính thẩm mỹ, tránh việc các chi tiết va đập, chòng chẹo lên nhau. Tấm giữ thực hiện chức năng uốn, tạo hình cho ống được nằm tách biệt đảm bảo độ chính xác cho toàn bộ quá trình ống từ đầu vào đến đầu ra.

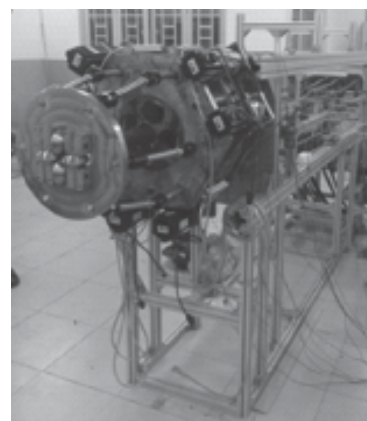
Kết quả uốn và tạo hình được thể hiện rõ ở hình 5-6.

5. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, phương án thiết kế hệ thống Hexapod thực hiện uốn ống lệch tâm đã được đề xuất và phân tích. Các chi tiết được tính toán và gia công cẩn thận trước khi chế tạo. Hệ thống sau khi chế tạo đã trải qua quá trình thực nghiệm, kiểm tra chất lượng thành phẩm. Kết quả cho thấy được hệ thống rất linh hoạt trong quá trình tạo hình với góc độ uốn từ 30 đến 60 độ, bề mặt chuyển tiếp vẫn giữ được cơ tính vật liệu còn đảm bảo tính thẩm mỹ cho sản phẩm. Nhìn chung sản phẩm được hoàn thiện rất tốt, có thể đưa vào ứng dụng trong các lĩnh vực công nghiệp. ❖



Hình 3. Cơ cấu truyền động



Hình 4. Hệ thống Hexapod



Hình 5. Sản phẩm đầu ra



Hình 6. Ống uốn thành phẩm

Ngày nhận bài: 22/7/2023
Ngày phản biện: 03/8/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. T.V. Trường, N.A. Tú, P.X. Trường, Đ.M. Tuấn, L.T. Toàn, N.X. Chung; *Nghiên cứu và chế tạo máy uốn ống 3D CNC*.
- [2]. ThS. Nguyễn Văn Thành, ThS. Nguyễn Trường Giang; *Giáo trình công nghệ uốn NC*, NXB. Lao động Xã hội.
- [3]. H. Goto, Ken Ichiryu, H. Saito, Yuu Ishikura, Y. Tanaka; *Applications with a new 6-dof bending machine in tube forming processes*.
- [4]. A. Tomizawa, S. Hartanto, K. Uematsu and N. Shimada; *Crash Characteristics of Partially Quenched Curved Products by Three-Dimensional Hot Bending and Direct Quench*.
- [5]. T. Li, H. Wang, A.A. El-Aty, J. Tao, W.B. Wei, Y. Qin, X.Z. Guo; *Theoretical modelling and finite element simulation of AA6061 involute components based on 3D free bending process*.