

Nghiên cứu ảnh hưởng của quy trình công nghệ tới sai số gia công đường ống tàu thủy

■ TS. NGÔ GIA VIỆT

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

TÓM TẮT: Quá trình đa dạng hóa và hiện đại hóa chức năng của các loại tàu thủy và công trình ngoài khơi kéo theo các yêu cầu về việc tăng cường số lượng và sự phức tạp của hệ thống đường ống. Hiện nay, việc ứng dụng các công nghệ, phần mềm hiện đại cho phép thiết kế hệ thống đường ống trên tàu thủy một cách chi tiết. Toàn bộ các ống riêng lẻ của hệ thống đường ống được mô tả thông qua các bản vẽ với đầy đủ kích thước cụ thể. Mặc dù vậy, vẫn còn tồn tại một lượng lớn các ống không thể gia công trực tiếp theo bản vẽ thiết kế do không thể dự đoán được các sai số có thể phát sinh trong quá trình gia công. Trong bài báo, tác giả tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của các quy trình công nghệ tới sai số gia công ống, trên cơ sở đó xây dựng công thức chung mô tả miền sai số có thể phát sinh trong quá trình gia công. Kết quả nghiên cứu cho phép dự đoán các phương án bù hòa sai số đường ống ngay từ giai đoạn thiết kế, có ý nghĩa quan trọng nhằm tăng cường khả năng lắp ráp chính xác của hệ thống đường ống.

TỪ KHÓA: Hệ thống đường ống, sai số, thiết kế tàu thủy, quy trình công nghệ, mô tả toán học.

ABSTRACT: The process of diversifying and modernizing the functions of ships and offshore structures entails requirements for increasing the number and complexity of pipeline systems. Currently, the application of modern technologies and software allows to design the pipeline system on ships in detail. All individual pipes of the pipeline system are described through drawings with full specific dimensions. Even so, there are still a large number of pipes that cannot be directly machined according to the design drawings because the errors that may arise in the machining process cannot be predicted. In the article, the author focuses on studying the influence of technological processes on pipe machining errors, on that basis, builds a general formula describing the error domain that may arise in the machining process. The research results allow predicting the options for compensating for pipeline errors right from the design stage, which is important

to enhance the ability to accurately assemble the pipeline system.

KEYWORDS: Piping system, error, ship design, technological process, mathematical description.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

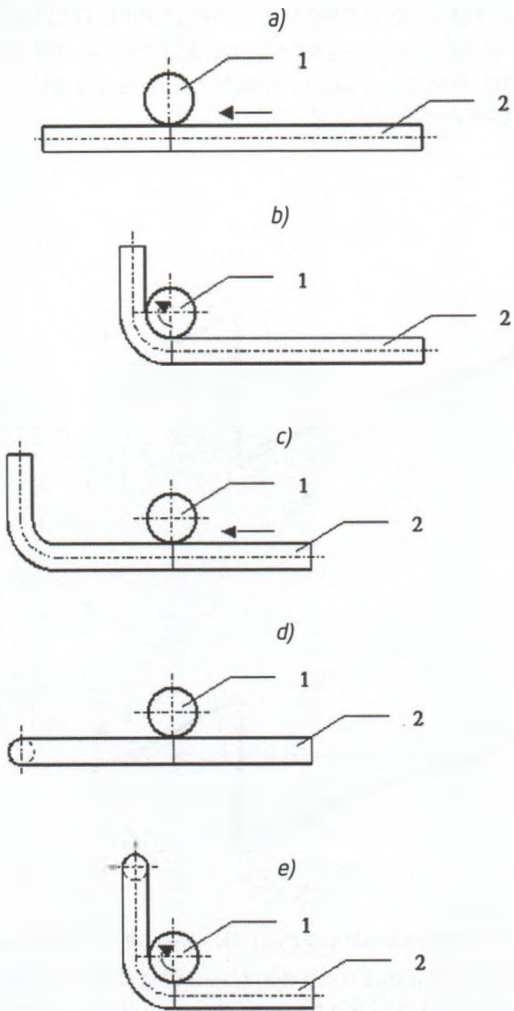
Thiết kế hệ thống đường ống, đặc biệt trong ngành công nghiệp đóng tàu, là lĩnh vực phức tạp và đòi hỏi trình độ chuyên môn cao. Quá trình đa dạng hóa thiết kế và hiện đại hóa chức năng của các loại tàu thủy và công trình ngoài khơi kéo theo các yêu cầu về việc tăng cường số lượng và sự phức tạp của hệ thống đường ống.

Hiện nay, việc ứng dụng các công nghệ, phần mềm hiện đại cho phép thiết kế hệ thống đường ống trên tàu thủy một cách chi tiết. Toàn bộ ống riêng lẻ của hệ thống đường ống được mô tả thông qua các bản vẽ với đầy đủ kích thước cụ thể. Mặc dù vậy, vẫn còn tồn tại một lượng lớn các ống không thể gia công trực tiếp theo bản vẽ thiết kế [1-3]. Một lý do quan trọng dẫn đến vấn đề trên là việc không thể dự đoán chính xác các sai số có thể phát sinh trong quá trình gia công ống. Đây là vấn đề thật sự cấp thiết, đòi hỏi các phương án giải quyết nhằm giảm bớt sự gián đoạn trong quy trình thiết kế - gia công - lắp ráp hệ thống đường ống, hướng tới mục tiêu rút ngắn thời gian thi công đóng tàu [4-5]. Trong bài báo, tác giả đề xuất nghiên cứu ảnh hưởng của các quy trình công nghệ tới sai số gia công ống, thông qua đó xây dựng cơ sở lý thuyết nhằm xác định miền sai số phát sinh trong quá trình gia công, cho phép dự đoán các phương án bù hòa sai số và tăng cường tính chính xác lắp ráp của hệ thống đường ống ngay trong giai đoạn thiết kế.

2. QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ ĐƯỜNG ỐNG

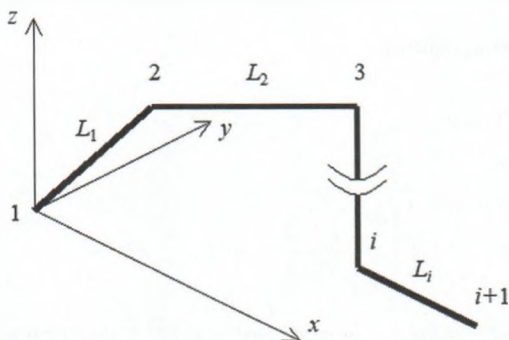
Quá trình công nghệ gia công ống bao gồm hai quy trình chính - cắt và uốn ống nhằm thu được đoạn ống thành phẩm với kích thước và hình dáng thiết kế bất kỳ [6-8]. Uốn ống được thực hiện trên các máy uốn dạng điều chỉnh thủ công, bán tự động và tự động, đi kèm quá trình cắt trên các máy cắt chuyên dụng. Trong đó, mỗi thiết bị tương ứng với một sai số nhất định nằm trong miền sai số cho phép.

Quy trình công nghệ gia công ống được thực hiện qua các bước: đẩy tịnh tiến, uốn, đảo chiều và cắt. Sai số gia công trong từng công đoạn ảnh hưởng trực tiếp tới sai số cuối cùng của đoạn ống thành phẩm.



a - Đẩy tịnh tiến 1; b - Uốn; c - Đẩy tịnh tiến 2; d - Đảo chiều; e - Uốn
Hình 2.1: Quy trình công nghệ gia công ống

Độ chính xác trong quá trình gia công ống được xác định bởi tương quan giữa tọa độ của hai đầu ống [9-10]. Nhằm đánh giá chính xác ảnh hưởng của các quá trình công nghệ tới sai số gia công ống, xét một tuyến ống có hình dáng thiết kế bất kỳ trong hệ không gian ba chiều XYZ.



Hình 2.2: Vị trí ống trong hệ không gian ba chiều
Độ dài đoạn ống:

$$L_i = \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2 + (z_{i+1} - z_i)^2}$$

Tọa độ một vị trí bất kỳ trên đoạn ống:

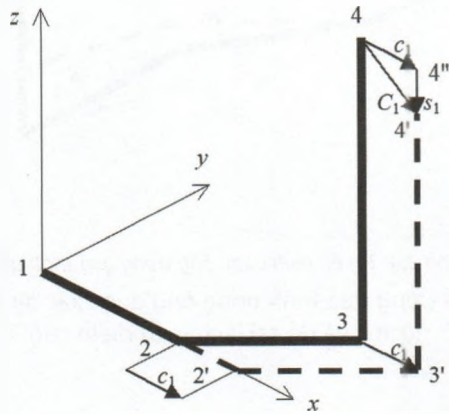
$$X_1 = L_1 \cdot \cos(\alpha), \quad Y_1 = L_1 \cdot \cos(\beta), \quad Z_1 = L_1 \cdot \cos(\gamma)$$

Trong đó: α, β và γ - Lần lượt là góc hợp bởi đoạn ống thẳng với các trục X, Y và Z.

* Ảnh hưởng của quá trình đẩy tịnh tiến tới sai số gia công ống:

Sai số tại một điểm bất kỳ trên đoạn ống được xác định bởi công thức (Hình 2.3):

$$x\Delta_1 = x_2 - x_1, \quad y\Delta_1 = y_2 - y_1, \quad z\Delta_1 = z_2 - z_1$$



Hình 2.3: Ảnh hưởng của quá trình đẩy tịnh tiến tới tọa độ đầu ống

Sai số tịnh tiến được xác định bởi công thức [1]:

$$x\Delta_1 = (x_2 - x_1) \cdot \left(-1 + \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 + c_1}}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}}\right)$$

$$y\Delta_1 = (y_2 - y_1) \cdot \left(-1 + \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 + c_1}}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}}\right)$$

$$z\Delta_1 = (z_2 - z_1) \cdot \left(-1 + \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 + c_1}}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}}\right)$$

Sai số cuối cùng trên toàn đoạn ống do ảnh hưởng của quá trình đẩy tịnh tiến được quy định bởi độ lệch tọa độ điểm cuối đoạn ống xét trong hệ không gian ba chiều XYZ:

$$\frac{X_3}{L_3} = -\frac{x s_1}{c_1} \Rightarrow x s_1 = -X_3 \cdot \frac{c_1}{L_3}$$

$$\frac{Y_3}{L_3} = -\frac{y s_1}{c_1} \Rightarrow y s_1 = -Y_3 \cdot \frac{c_1}{L_3}$$

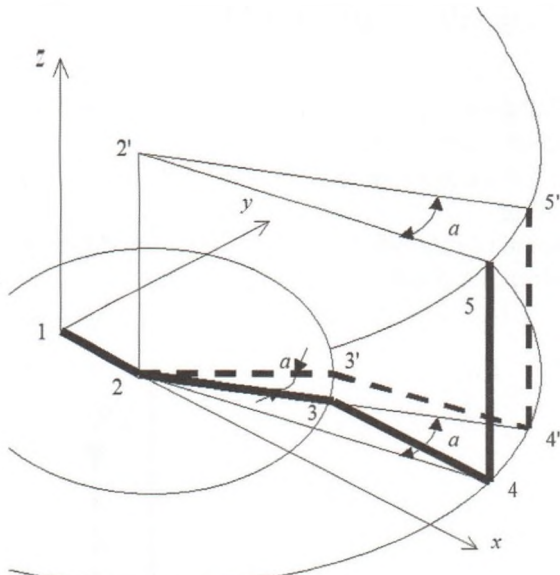
$$\frac{Z_3}{L_3} = -\frac{z s_1}{c_1} \Rightarrow z s_1 = -Z_3 \cdot \frac{c_1}{L_3}$$

Hay dưới dạng:

$$C_i \begin{pmatrix} x c_i \\ y c_i \\ z c_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{pmatrix} \cdot \left(-1 + \frac{|L_i| + c_i}{|L_i|}\right) + s_i$$

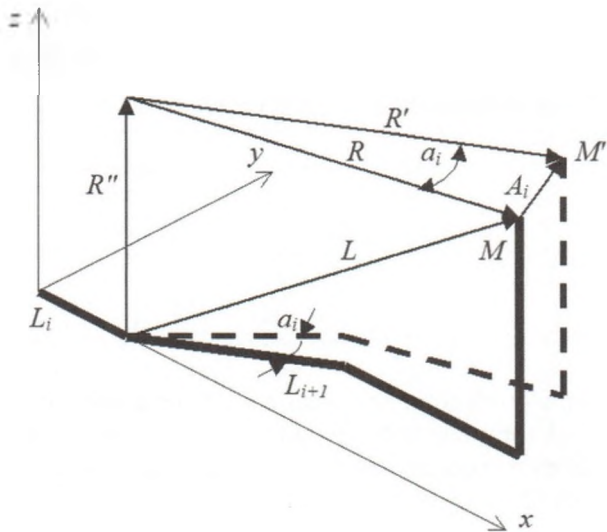
* Ảnh hưởng của quá trình uốn tới sai số gia công ống:

Xét một đoạn ống với tuyến hình lý thuyết 1-2-3-4-5. Vị trí điểm uốn tại điểm 2 xoay quanh trục 22' đi qua điểm 2 và vuông góc với mặt phẳng XY. Do ảnh hưởng của sai số trong quá trình uốn, tuyến hình thực tế của đoạn ống nhận được là 1-2-3'-4'-5' (Hình 2.4).



Hình 2.4: Tuyến hình đoạn ống trong quá trình uốn

Sai số trong quá trình uốn ống được xác định bởi hai yếu tố: góc lệch a và độ sai lệch vị trí điểm cuối đoạn ống MM' (Hình 2.5).



Hình 2.5: Độ lệch đoạn ống trong quá trình uốn

Theo [1], sai số trên đoạn ống sau quá trình uốn được xác định bởi hệ phương trình tuyến tính sau:

$$\left. \begin{aligned} \cos \left(a_i + \arccos \left(\frac{M \cdot (L - R)}{|M| \cdot |L - R|} \right) \right) &= \frac{M \cdot R'}{|M| \cdot |R'|} \\ |L - R''| &= |R'| \\ R' \cdot M \cdot (L - R'') &= 0 \end{aligned} \right\}$$

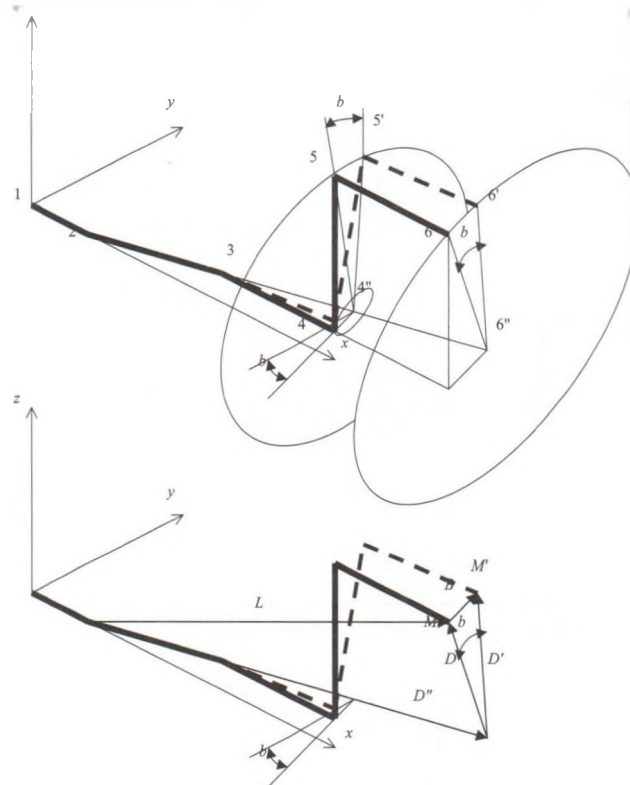
Tương đương với hệ nghiệm sau:

$$L \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x - x_{i+1} \\ y - y_{i+1} \\ z - z_{i+1} \end{pmatrix}$$

$$R'' \begin{pmatrix} X'' \\ Y'' \\ Z'' \end{pmatrix} = N \begin{pmatrix} Nx \\ Ny \\ Nz \end{pmatrix} \cdot \frac{(L_i \times L_{i+1}) \cdot L}{|L_i \times L_{i+1}|} ; N = (L \times (L_i \times L_{i-1}))$$

* Ảnh hưởng của quá trình đảo chiều tới sai số gia công ống:

Đối với các ống có bố trí các đoạn ống nằm ở cả hai chiều trong hệ không gian XYZ, tại vị trí điểm uốn cần phải quay đảo chiều ống theo góc quay xác định. Đảo chiều ống có thể tạo ra các dạng sai số góc, ảnh hưởng đến phương của đoạn ống ngay sau vị trí điểm uốn và tọa độ của điểm cuối đoạn ống (Hình 2.6).



Hình 2.6: Ảnh hưởng của quá trình đảo chiều tới sai số gia công ống

Sai số trong quá trình đảo chiều ống được xác định bởi sai số góc b và độ lệch tại vị trí điểm cuối đoạn ống, được xác định bởi hệ phương trình tuyến tính sau [1]:

$$\left. \begin{aligned} \cos \left(b_i + \arccos \left(\frac{N'' \cdot (L - D'')}{|N''| \cdot |L - D''|} \right) \right) &= \frac{N'' \cdot D'}{|N''| \cdot |D'|} \\ |L - D''| &= |D'| \\ D' \cdot N'' \cdot (L - D'') &= 0 \end{aligned} \right\}$$

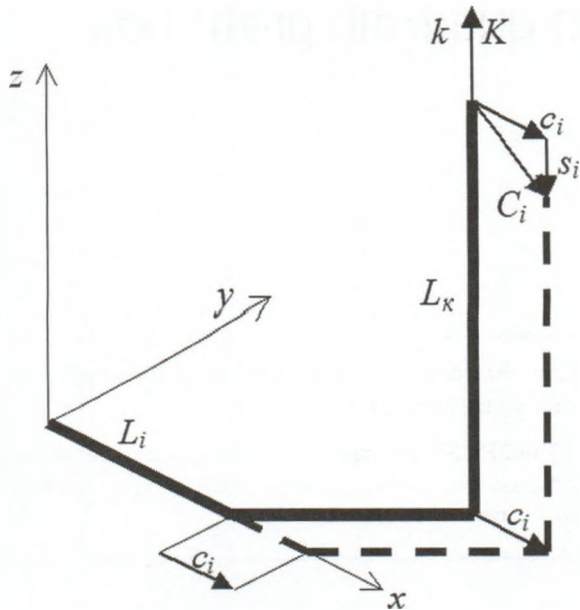
Tương đương:

$$L \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x - x_{i+1} \\ y - y_{i+1} \\ z - z_{i+1} \end{pmatrix}$$

$$D'' \begin{pmatrix} X'' \\ Y'' \\ Z'' \end{pmatrix} = N'' \begin{pmatrix} Nx \\ Ny \\ Nz \end{pmatrix} \cdot \frac{L_{i+1} \cdot L}{|L_{i+1}|} ; N'' = L_{i+1} \times L$$

* Ảnh hưởng của quá trình cắt tới tính chính xác gia công ống:

Sai số cắt chỉ ảnh hưởng tới độ dài chính xác của đoạn ống tại vị trí điểm cắt, tương tự như quá trình đẩy tịnh tiến (Hình 2.7).



Hình 2.7: Ảnh hưởng của quá trình cắt tới sai số gia công ống

Sai số cắt được xác định bởi công thức:

$$K \begin{pmatrix} xk \\ yk \\ zk \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_k \\ Y_k \\ Z_k \end{pmatrix} \cdot \left(-1 + \frac{|L_x| + k}{|L_x|} \right)$$

3. KẾT LUẬN

Nội dung công bố tập trung nghiên cứu về ảnh hưởng của các quy trình công nghệ tới sai số gia công đường ống tàu thủy. Kết quả nghiên cứu được thể hiện trong các nội dung sau:

- Xây dựng cơ sở lý thuyết nhằm đánh giá ảnh hưởng của các quy trình công nghệ tới sai số gia công ống;
- Xây dựng mô hình toán học cho phép xác định miền sai số của đoạn ống sau quá trình gia công, dưới ảnh hưởng từ các sai số riêng lẻ.

Kết quả nghiên cứu là cơ sở nhằm dự đoán các phương án bù hòa sai số ngay trong giai đoạn thiết kế, cho phép nâng cao tỉ lệ ống được gia công trực tiếp tại xưởng trên cơ sở các thông số thiết kế, giảm số lượng ống cần hiệu chỉnh kích thước trong quá trình lắp ráp, góp phần rút ngắn thời gian thi công hệ thống đường ống nói riêng và thi công đóng tàu nói chung.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT21-22.35.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Ngo G V. (2020), *The Use of Polymer Composite Materials in the Manufacturing Technology of the Ship System Pipelines*, Key Engineering Materials, 839, 63-67.
- [2]. Ngo G V. (2020), *The Selection of Parameters for Automatic Welding of the Nuclear Reactors Pipelines*, Materials Science Forum, 989, 760-765.
- [3]. Ngo G V. (2020), *Automated Orbital Welding of Carbon and Low-Alloy Steels Pipelines with Small Diameter*, Materials Science Forum, 989, 766-771.

[4]. OSHA (Occupational Safety and Health Administration) (2014), *Shipyards Industry Standards*, U. S. Department of Labor, 312 p.

[5]. Rouse S. (2018), *Offshore pipeline decommissioning: Scale and context* / S. Rouse, P. Hayes, I. M. Davies, T. A. Wilding // Marine Pollution Bulletin, vol.129, Is. 1, pp.55-64.

[6]. OCT 5.95057-90, *Системы судовые и системы судовых энергетических установок*, Типовой технологический процесс изготовления и монтажа трубопроводов, РТП НПО «Ритм».

[7]. РД 5Р.0005-93, *Системы судовые и системы судовых энергетических установок*, Требования к проектированию, изготовлению и монтажу труб по эскизам и чертежам с координатами трасс трубопроводов, СПб.: ЦНИИТС.

[8]. Hyundai engineering Co. Ltd. (2006), *Piping design handbook*, Hyundai Co. Ltd publication, 162 p.

[9]. Сахно К.Н. (2016), *Исследование компенсационных возможностей прямых труб в трассах с погибами* / К. Н. Сахно, Нго Жа Вьет // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология, Астрахань, № 1, С.29-37.

[10]. Сахно К. Н. (2017), *Технология изготовления и монтажа трасс трубопроводов по проектной информации* / К. Н. Сахно, Во Куанг Чунг, Нго Вьет Жа // Естественные и технические науки. Серия: технические науки. - Изд. "Спутник+", №.2 (104), С.103-108.

Ngày nhận bài: 01/6/2022

Ngày chấp nhận đăng: 25/6/2022

Người phản biện: PGS. TS. Đào Văn Biên

PGS. TS. Nguyễn Thái Dương