

THỬ NGHIỆM MODULE GIỮ VÀ CHẮN ỐNG KIM LOẠI

TEST THE METAL TUBE HOLDING AND CLAMPING MODULE

Nguyễn Văn Hoàng Long, Nguyễn Khắc Nhân, Đỗ Văn Hiến, Âu Thị Kim Loan*

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

Email: 21146122@student.hcmute.edu.vn;

nhannk@hcmute.edu.vn;

hiendv@hcmute.edu.vn;

*autkl@hcmute.edu.vn

TÓM TẮT

Mục tiêu là tự động hóa quy trình bẻ ống, đảm bảo độ chính xác và đồng đều, nâng cao năng suất, tiết kiệm thời gian và giảm thiểu sai sót trong sản xuất. Máy gồm các bộ phận chính: khung máy, hệ thống cấp ống, hệ thống cán ống, hệ thống bẻ ống và hệ thống điều khiển. Máy hoạt động nhờ động cơ truyền lực qua cơ cấu đai, đưa ống vào hệ thống cán, sau đó chuyển đến bộ phận bẻ ống. Tại đây, động cơ điều khiển tấm đẩy, khiến con lăn bẻ ống di chuyển theo phương thẳng đứng. Hệ thống bẻ ống sử dụng cụm con lăn giảm ma sát, được thiết kế với hai cụm gồm hai và năm con lăn, tích hợp kiến thức chuyên môn vào quá trình thực hiện dự án. Thiết kế được thực hiện bằng phần mềm Inventor và SOLIDWORKS, đảm bảo độ chính xác và hiệu quả.

Từ khóa: Tạo hình kim loại; Sản phẩm dạng ống; Biến dạng dẻo; Ống có thành mỏng.

ABSTRACT

The purpose is to automate the pipe-breaking process, ensuring precision, consistency, enhanced productivity, time savings, and reduced manufacturing errors. The machine comprises a frame, pipe-feeding system, pipe-rolling system, pipe-breaking system, and control system. It operates using a motor that drives a belt mechanism to feed the pipe into the rolling system, then to the breaking system. The breaking system, powered by a motor, moves the plate to vertically displace the pipe-breaking roller. The pipe-breaking machine employs a friction-reducing roller assembly, designed with two clusters of two and five rollers, integrating knowledge from relevant disciplines into the project. The design is created using Inventor and SOLIDWORKS software.

Keywords: Metal forming; Tubular products; Plastic deformation; Thin-walled tubes.



1. TỔNG QUAN

Trong bối cảnh đất nước đang phát triển, lĩnh vực khoa học và công nghệ tại Việt Nam vẫn đối mặt với những thách thức. Sự phát triển của ngành công nghiệp sản xuất tại Việt Nam, đặc biệt trong các lĩnh vực như ô tô, xe máy, cơ khí và xây dựng, đã làm gia tăng nhu cầu về các sản phẩm ống kim loại với độ chính xác và chất lượng cao [1]. Ống kim loại, đặc biệt là ống thép, đóng vai trò quan trọng trong các ứng dụng kết cấu, hệ thống dẫn chất lỏng và các sản phẩm trang trí, đòi hỏi quy trình gia công hiệu quả và chính xác [2]. Tuy nhiên, các phương pháp gia công ống truyền thống như bẻ ống bằng lò nung hoặc kẹp tay thường không đáp ứng được yêu cầu về độ chính xác, tính đồng nhất và năng suất, dẫn đến chi phí sản xuất cao và khó cạnh tranh với các sản phẩm nhập khẩu [3]. Trong bối cảnh công nghiệp hóa và hiện đại hóa, việc nghiên cứu và phát triển các thiết bị tự động hóa, chẳng hạn như module giữ và chấn ống kim loại, trở thành một hướng đi chiến lược nhằm nâng cao năng lực sản xuất trong nước [4].

Nghiên cứu “Thử nghiệm module giữ và chấn ống kim loại” được thực hiện nhằm thiết kế, chế tạo và đánh giá hiệu quả của một module tự động hóa quy trình bẻ ống, với mục tiêu đảm bảo độ chính xác, tính đồng đều và nâng cao năng suất sản xuất [5]. Module này tích hợp các công nghệ tiên tiến từ các lĩnh vực cơ học, vật liệu, tự động hóa và điều khiển, góp phần không chỉ cải thiện chất lượng sản phẩm mà còn giảm chi phí lao động và phụ thuộc vào thiết bị nhập khẩu [6]. Về mặt khoa học, dự án mở ra cơ hội nghiên cứu sâu hơn về các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình tạo hình ống, bao gồm lực chấn, tốc độ chấn, và đặc tính vật liệu [7]. Về mặt thực tiễn, module giữ và chấn ống mang lại lợi ích kinh tế đáng kể bằng cách tối

ưu hóa quy trình sản xuất, giảm lãng phí vật liệu và nâng cao khả năng cạnh tranh của các doanh nghiệp Việt Nam trên thị trường quốc tế [8].

Quá trình bẻ ống kim loại đòi hỏi sự kiểm soát chặt chẽ các thông số kỹ thuật để đạt được hình dạng và kích thước mong muốn mà không gây ra các khuyết tật như nứt, biến dạng hoặc giảm độ dày thành ống [9]. Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng hiệu quả của quá trình bẻ ống phụ thuộc vào thiết kế hệ thống chấn, đặc tính cơ học của vật liệu, và sự ổn định của hệ thống điều khiển [10]. Tuy nhiên, việc phát triển một module tích hợp các chức năng giữ và chấn ống với khả năng tự động hóa cao vẫn là một thách thức, đặc biệt trong điều kiện sản xuất quy mô nhỏ và vừa tại Việt Nam [11]. Do đó, nghiên cứu này tập trung vào việc thiết kế một module với các thành phần chính bao gồm khung máy, hệ thống truyền động, hệ thống điều khiển, hệ thống chấn ống và hệ thống thủy lực, nhằm đảm bảo hoạt động ổn định, chính xác và linh hoạt trong các điều kiện sản xuất khác nhau [12].

Phương pháp nghiên cứu của dự án kết hợp giữa phân tích lý thuyết, mô phỏng số, thiết kế cơ khí, chế tạo và thử nghiệm thực nghiệm. Các phần mềm mô phỏng như ANSYS hoặc Solidworks được sử dụng để phân tích ứng suất và biến dạng trong quá trình chấn ống, từ đó tối ưu hóa thiết kế module [13]. Quá trình thử nghiệm thực nghiệm tập trung vào việc đánh giá hiệu quả của module trong việc giữ và chấn ống kim loại với các thông số khác nhau, bao gồm lực chấn, tốc độ chấn, và bán kính cong [14]. Kết quả nghiên cứu không chỉ cung cấp dữ liệu thực tiễn về hiệu suất của module mà còn đóng góp vào việc xây dựng khung lý thuyết cho các quy trình tạo hình ống kim loại, hỗ trợ sự phát triển của các công nghệ tự động hóa trong ngành sản xuất [15].

Về mặt kinh tế - xã hội, module giữ và chắn ống kim loại mang lại tiềm năng lớn trong việc nâng cao năng lực sản xuất trong nước, giảm chi phí nhập khẩu thiết bị và cải thiện chất lượng sản phẩm [16]. Dự án cũng góp phần thúc đẩy sự phát triển bền vững bằng cách giảm thiểu lãng phí vật liệu và tối ưu hóa quy trình sản xuất, từ đó hỗ trợ các doanh nghiệp Việt Nam đáp ứng các tiêu chuẩn kỹ thuật quốc tế [17]. Hơn nữa, nghiên cứu mở ra các hướng phát triển mới, chẳng hạn như tích hợp công nghệ điều khiển thông minh hoặc thử nghiệm với các loại vật liệu tiên tiến, nhằm tăng cường tính linh hoạt và hiệu quả của module trong các ứng dụng công nghiệp đa dạng [18].

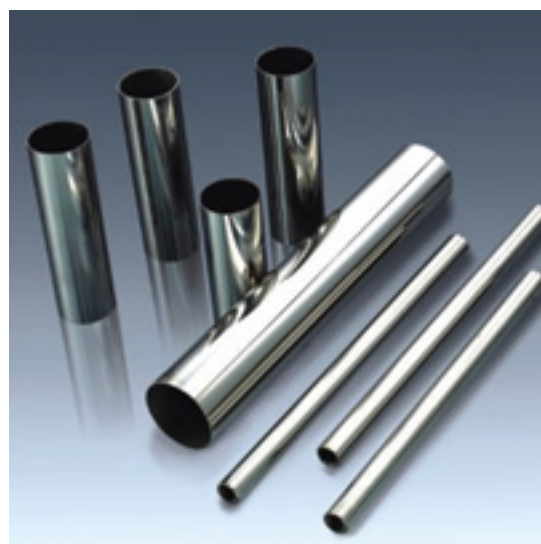
2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Quá trình tạo hình kim loại tấm, cụ thể là sản phẩm dạng tấm mỏng, dựa trên nguyên lý biến dạng dẻo, trong đó vật liệu được định hình thông qua các lực cơ học mà không làm hỏng cấu trúc. Trong nghiên cứu này, phương pháp phủ lưới được áp dụng để phân tích và xác định các thông số tối ưu cho quá trình tạo hình tấm inox 201, một vật liệu được chọn nhờ độ bền cao, khả năng chống biến dạng tấm ăn mòn, và độ dẻo dai phù hợp. Phương pháp phủ lưới cho phép mô phỏng và đánh giá các thông số đầu vào, đảm bảo độ chính xác trong thực nghiệm.

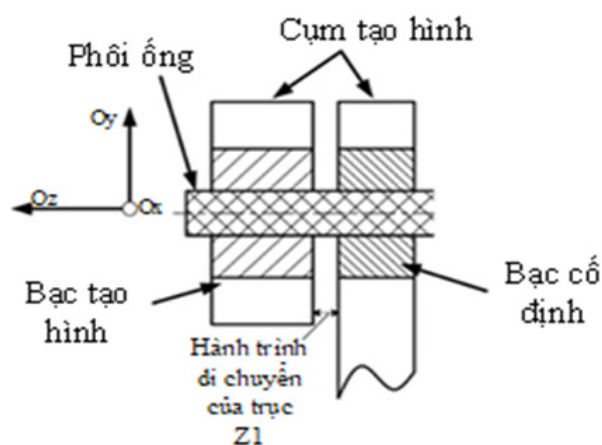
Các thông số chính ảnh hưởng đến quá trình tạo hình bao gồm: (1) khoảng cách tịnh tiến tấm (4-20 mm), xác định quãng đường tấm di chuyển sau mỗi lần ép; (2) khoảng cách từ ngàm đến con lăn ép (30-54 mm), phụ thuộc vào vị trí ngàm và khối dẫn hướng; (3) hành trình ép (3-5 mm), là khoảng cách con lăn di chuyển để tạo biến dạng mà không gây đàn hồi hoặc phá hủy vật liệu. Các thông số này được xác định qua thực nghiệm trên máy ép, với dữ

liệu đầu vào được nhập và xử lý bằng phần mềm Excel để xây dựng biểu đồ miền, phân tích mối quan hệ giữa đầu vào và đầu ra.

Vật liệu inox 201 có đường kính tấm tiêu chuẩn 10 mm, phù hợp với thiết kế máy và yêu cầu kỹ thuật. Kết quả đo bán kính trong và ngoài của sản phẩm sau ép được phân tích kỹ lưỡng, đảm bảo độ chính xác và đồng nhất. Nghiên cứu này cung cấp cơ sở lý thuyết để tối ưu hóa quy trình, giảm thiểu lãng phí, và nâng cao chất lượng sản phẩm tấm mỏng trong sản xuất công nghiệp.



Hình 1. Ống inox 201

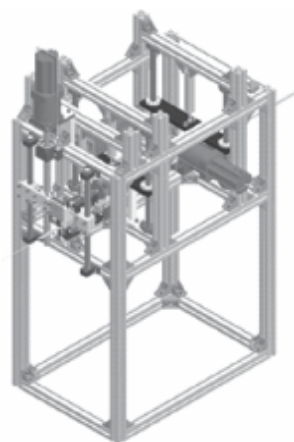


Hình 2. Phương pháp tạo hình

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp thực nghiệm được tiến hành để chế tạo và thử nghiệm module bẻ ống tròn, đảm bảo quá trình uốn ống inox 201 đạt độ chính xác và hiệu quả. Module được lắp ráp từ các bộ phận chính: khung máy, hệ thống kẹp, hệ thống truyền động, hệ thống bẻ và hệ thống điều khiển. Khung máy sử dụng nhôm định hình 40x40mm với các chiều dài khác nhau (1100mm, 670mm, 420mm, 190mm, 770mm, 360mm), kết hợp 90 ke góc vuông 40x40 và 200 bộ bulong lục giác M8, con trượt, long đền phẳng để tạo cấu trúc chắc chắn, chống rung. Hệ thống kẹp gồm xi lanh khí nén thực hiện chuyển động tịnh tiến để kẹp ống, kết hợp giá đỡ và con lăn giảm ma sát, cho phép ống di chuyển ngang dễ dàng. Hệ thống truyền động sử dụng động cơ ECMA-C20807-RS, khớp nối trục mềm và vít me để truyền lực chính xác. Hệ thống bẻ bao gồm cụm con lăn bẻ trên tấm di động và trục vít me cố định bằng gối đỡ, tạo chuyển động tịnh tiến. Hệ thống điều khiển sử dụng tủ điện, van 5/2 và màn hình cảm ứng để nhập thông số như góc bẻ, tốc độ và lực uốn.

Quá trình gia công các chi tiết như thanh trượt, gá động cơ, đỡ con lăn, gá xi lanh, trục con lăn, thanh đẩy được thực hiện qua các nguyên công phay, khoan, tiện và taro, sử dụng các dao cụ như dao phay mặt đầu, dao phay ngón, mũi khoan xoắn. Mỗi nguyên công được định vị chính xác bằng phiến tì, chốt tì hoặc mâm cặp 3 chấu, đảm bảo hạn chế bậc tự do cần thiết. Thực nghiệm được tiến hành trên máy uốn ống, đo đặc bán kính trong và ngoài của ống sau uốn, phân tích dữ liệu bằng Excel để tối ưu hóa thông số (khoảng cách tịnh tiến 4-20mm, khoảng cách ngàm đến con lăn 30-54mm, hành trình uốn 3-5mm). Kết quả đảm bảo độ đồng nhất và chất lượng sản phẩm.



Hình 3. Mô hình thí nghiệm



Hình 4. Đo bán kính cong của ống

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả thực nghiệm được phân tích bằng phần mềm Excel để xây dựng biểu đồ miền, nhằm xác định mối quan hệ giữa các thông số đầu vào và bán kính cong của ống inox 201, đồng thời đánh giá ảnh hưởng của chúng đến quá trình sản xuất. Các thông số đầu vào bao gồm khoảng cách tịnh tiến (a), hành trình chần (c), và khoảng cách ngàm (b). Thực nghiệm được tiến hành qua ba trường hợp (TH1, TH2, TH3) với các giá trị thông số khác nhau để đánh giá sự thay đổi của bán kính cong.

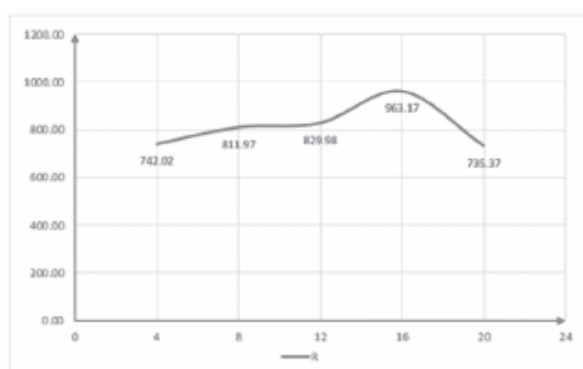
Trường hợp 1 (TH1): Với các thông số $a = 12 \text{ mm}$, $c = 3 \text{ mm}$, $b = 30 \text{ mm}$, bán kính cong của ống đạt giá trị lớn nhất trong TH1, thể hiện độ cong tối ưu. Ngược lại, khi $a = 4 \text{ mm}$,

$b = 30$ mm, $c = 3$ mm, bán kính cong đạt giá trị nhỏ nhất, cho thấy độ cong kém hơn. Biểu đồ miền được xây dựng trên Excel minh họa rõ sự thay đổi này, giúp xác định các thông số tối ưu cho quá trình uốn.

Trường hợp 2 (TH2): Ở trường hợp này, khi $a = 16$ mm, $c = 4$ mm, $b = 36$ mm, bán kính cong đạt giá trị lớn nhất, cho thấy hiệu quả uốn cao. Trong khi đó, với $a = 8$ mm, $b = 36$ mm, $c = 4$ mm, bán kính cong đạt giá trị thấp nhất, thể hiện độ cong không đạt yêu cầu. Biểu đồ miền của TH2 cung cấp cái nhìn chi tiết về mối quan hệ giữa các thông số và kết quả uốn.

Trường hợp 3 (TH3): Với $a = 16$ mm, $c = 5$ mm, $b = 42$ mm, bán kính cong đạt giá trị lớn nhất trong TH3, đảm bảo độ cong lý tưởng. Tuy nhiên, khi $a = 20$ mm, $b = 42$ mm, $c = 5$ mm, bán kính cong giảm xuống mức thấp nhất, cho thấy hiệu quả uốn giảm. Biểu đồ miền của TH3 tiếp tục khẳng định tầm quan trọng của việc lựa chọn thông số phù hợp.

Kết quả thực nghiệm cho thấy các thông số đầu vào có ảnh hưởng rõ rệt đến bán kính cong và chất lượng sản phẩm. Việc sử dụng biểu đồ miền giúp tối ưu hóa quy trình, giảm thiểu sai sót và nâng cao hiệu quả sản xuất ống thành mỏng.



Hình 5. Ảnh hưởng của độ dịch chuyển đến bán kính cong của ống

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu chế tạo module bể ống tròn đã mang lại kết quả đáng kể, góp phần tối ưu hóa quy trình uốn ống inox 201 trong sản xuất công nghiệp. Module bao gồm khung máy, hệ thống kẹp, truyền động, bể ống và điều khiển, đảm bảo tự động hóa, độ chính xác và hiệu quả cao. Thực nghiệm cho thấy các thông số như khoảng cách tịnh tiến (4-20 mm), hành trình chân (3-5 mm) và khoảng cách ngàm (30-54 mm) ảnh hưởng lớn đến bán kính cong. Phân tích biểu đồ miền trên Excel xác định các giá trị tối ưu, như $a = 12$ mm, $c = 3$ mm, $b = 30$ mm ở TH1, đạt độ cong lớn nhất, trong khi các giá trị không phù hợp làm giảm hiệu quả.

Nghiên cứu cung cấp cơ sở lý thuyết và thực tiễn để cải thiện quy trình uốn ống thành mỏng, giảm lãng phí vật liệu, tiết kiệm chi phí so với nhập khẩu và nâng cao năng lực sản xuất trong nước. Phương pháp phủ lưới và phân tích Excel đảm bảo độ chính xác trong tối ưu hóa thông số. Module đáp ứng nhu cầu đa dạng trong các ngành ô tô, xe máy, cơ khí, xây dựng, đồng thời mở ra hướng nghiên cứu mới về tự động hóa.

Hạn chế của nghiên cứu nằm ở phạm vi thử nghiệm, chủ yếu tập trung vào inox 201. Tương lai, việc thử nghiệm thêm vật liệu khác, cải tiến thiết kế hoặc tích hợp công nghệ điều khiển tiên tiến có thể nâng cao hiệu suất và tính linh hoạt, góp phần thúc đẩy ngành công nghiệp chế tạo phát triển bền vững.

(*) Đóng góp của tác giả:

- Hình thành ý tưởng và mục tiêu nghiên cứu: Trần Minh Thế Uyên;

- Thực hiện nghiên cứu, thu thập dữ liệu

liệu, phân tích dữ liệu, viết và chỉnh sửa bài báo: Nguyễn Văn Hoàng Long, Nguyễn Khắc Nhân, Đỗ Văn Hiến, Âu Thị Kim Loan.

Lời cảm ơn:

Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh đã tài trợ kinh phí cũng như hỗ trợ trong quá trình thực hiện nghiên cứu này. Bài báo này là sản phẩm của đề tài NCKH với mã số: SV2025-352. ❖

Ngày nhận bài: **05/5/2025**

Ngày phản biện: **19/5/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Murata, M., & Kuboki, T. (2015), “*60 Excellent Inventions in Metal Forming*”. Springer Berlin Heidelberg.
- [2]. Guo, X. (2019), “*3D complex component twisting formation system and method based on double-arm robot*”. China Patent 109175037 (Issued January 11, 2019).
- [3]. “*Laser-assisted metal spinning of challenging materials*” (2014). Procedia Engineering, 81, 2385-2390. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.07.288>
- [4]. Note: *Original reference provided no author for this entry.* The title is used in place of the author where necessary in APA
- [5]. Kleiner, M., Tekkaya, A. E., Becker, D., Pietzka, D., & Schikorra, M. (2009), “*Combination of curved profile extrusion and composite extrusion for increased lightweight properties*”. Journal of the Institute of Engineering & Production, 3, 63-68. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2009.05.006>
- [6]. Cai, Z. Y., Lin, L., Wu, S. H., & et al. (2011), “*Process Control and CAD Software Development for Continuous Flexible Forming*”. China Mechanical Engineering.
- [7]. Grieco, A., Pacella, M., & Blaco, M. (2017), “*Image based quality control of free-form profiles in automatic cutting processes*”. Procedia CIRP, 62, 405-410. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.12.001>
- [8]. Belongie, S., Malik, J., & Puzicha, J. (2006), “*Shape matching and object recognition using shape contexts*”. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2(4), 509-522.
- [9]. Zhu, M., Wang, W., Li, X., & et al. (2011), “*Digital, Flexible and Precise Forming Technology of Sheet Metal in Large Airliner*”. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics.
- [10]. Zhong, J., Xu, T., Wang, W., & et al. (2021), “*Use of database and small punch test to estimate true stress-plastic strain curve of steels*”. International Journal of Pressure Vessels and Piping, 2021, Article 104370. <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2021.104370>
- [11]. Fan, X. G., & Yang, H. (2011), “*Internal-state-variable based self-consistent constitutive modeling for hot working of two-phase titanium alloys coupling microstructure evolution*”. International Journal of Plasticity, 27(11), 1833-1852. <https://doi.org/10.1016/j.ijplas.2011.04.004>
- [12]. Zhao, G., Lu, C., Zhang, R., & et al. (2017), “*Uneven plastic deformation behavior of high-strength cast aluminum alloy tube in multi-pass hot power backward spinning*”. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 88(1-4). <https://doi.org/10.1007/s00170-016-8796-7>
- [13]. Chen, Y., Wen-Chen, X., Shan, D. B., & et al. (2011), “*Microstructure evolution of TA15 titanium alloy during hot power spinning*”. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 21(supp-S2), s323-s327. [https://doi.org/10.1016/S1000-4229\(11\)60269-0](https://doi.org/10.1016/S1000-4229(11)60269-0)
- [14]. Kubota, H., Tomizawa, A., Yamamoto, K., & et al. (2014), “*Finite element analysis of three-dimensional hot bending and direct quench process considering phase transformation and temperature distribution by induction heating*”. ISIJ International, 54(8), 1856-1865. <https://doi.org/10.2355/isijinternational.54.1856>
- [15]. Uematsu, K., Tomizawa, A., Shimada, N., & et al. (2015), “*Development of three-dimensional hot bending and direct quench using robot*”. ICIIBMS, 165-171. <https://doi.org/10.1109/ICIIBMS.2015.7405781>
- [16]. Murata, M., Kuboki, T., & Takahashi, K. (2007), “*Characteristics of Tube Bending by MOS Bending Machine*”. In Proceedings of the 2nd International Conference on New Forming Technology (pp. 135-144). Bremen, Germany. https://doi.org/10.1007/978-3-540-75217-2_14
- [17]. Billur, E., & Schieck, F. (2019), “*Hot Stamping of Ultra High-Strength Steels*”. Springer Nature Switzerland AG.
- [18]. Murata, M. (1992). “*Penetration Bending Method and Penetration Bending Machine Therefor: USA, US5111675 (A)*” [Patent]. United States Patent and Trademark Office. (Issued May 12, 1992).