

MÔ PHỎNG SỐ KHẢO SÁT ĐẶC TÍNH MA SÁT TRONG KHUÔN ĐÙN ÉP NHÔM ĐỊNH HÌNH AL-6063

SIMULATION FRICTION CHARACTERISTICS FOR AL-6063 ALUMINUM HOT EXTRUSION MOLD

Nguyễn Thị Ngọc Huyền¹, KS. Vũ Ngọc Phúc²

¹Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

²Trường Cao đẳng Nghề Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Trong quá trình đùn ép nhôm định hình, khuôn đùn ép là bộ phận ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng sản phẩm nhôm định hình. Thực tế, các hình dạng khuôn đã được sử dụng, sự biến dạng của phôi nhôm do ứng suất nén và cắt xảy ra ở điểm hạ bậc của khuôn đùn (vùng chịu áp lực). Giá trị của các ứng suất này tăng hoặc giảm tùy thuộc vào các thông số về vận tốc đùn ép và nhiệt độ của khuôn. Để tránh các dạng hỏng do ứng suất và ma sát gây ra thì vận tốc đùn ép và nhiệt độ của khuôn cần được xác định và điều chỉnh chính xác. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ phôi nhôm và vận tốc đùn ép đến khả năng ma sát trong khuôn đùn ép nhôm định hình, trên cơ sở mô phỏng số dòng chảy vật liệu đùn là hợp kim nhôm Al-6063. Qua đó, xác định các thông số chế tạo của khuôn đùn ép nhôm và chế độ vận hành máy đùn ép tối ưu.

Từ khóa: Khuôn đùn nhôm; Đặc tính ma sát; Al-6063; Mô phỏng số.

ABSTRACT

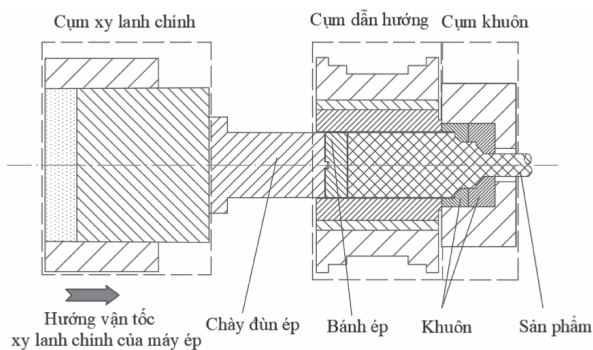
In the aluminum profile extrusion process, the extrusion die is the part that directly affects the quality of the aluminum profile. In fact, the mold shapes used, the deformation of the aluminum billet due to compressive and shear stress occurs at the lower end of the extrusion die (the pressure zone). The values of these stresses increase or decrease depending on the parameters of the extrusion speed and the temperature of the mold. In order to avoid stress and friction-induced failures, the extrusion velocity and mold temperature need to be precisely determined and adjusted. This paper presents the results of studying the influence of aluminum billet temperature and extrusion speed on the friction ability in aluminum extrusion molds on the basis of numerical simulation of extrusion material flow of Al-aluminum alloy 6063. Thereby, determining the manufacturing parameters of the aluminum extrusion mold and the optimal extrusion machine operating mode.

Keywords: Aluminum extrusion; Friction factor; Al-6063; Numerical simulation.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Phần lớn các cấu hình sản phẩm nhôm định hình được sử dụng trong ngành xây dựng được sản xuất thông qua quá trình ép đùn nóng. Phôi được làm nóng trước và có kích thước thích hợp với máy đùn ép, có thành phần chính là Al-6063 được ép bằng tác động của xy lanh chính của máy đùn ép nhôm (Main Ram), thông qua một bộ khuôn đùn (đã được làm nóng trước riêng biệt trong lò). Khuôn có thể là hình tròn hoặc hình chữ nhật và khác nhau về hình dạng từ đơn giản đến phức tạp [1].

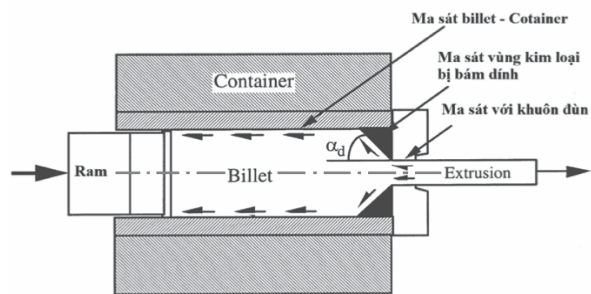
Khuôn đùn ép nhôm thuộc loại khuôn dập nóng, làm việc chịu áp lực lớn, va đập và thường xuyên chịu mài mòn tiếp xúc với phôi nhôm nóng ở nhiệt độ cao $450^{\circ}\text{C} \div 550^{\circ}\text{C}$. Khuôn có khả năng làm việc tốt phải có độ bền, độ cứng cao trong điều kiện nhiệt độ cao và bề mặt khuôn chịu mài mòn mạnh [2]. Hiệu suất đùn nhôm được đánh giá bởi các yếu tố: tỉ lệ sản phẩm đạt yêu cầu, tốc độ đùn ép và chất lượng sản phẩm. Do đó, để đảm bảo các yêu cầu trên khuôn đùn ép nhôm cần được đánh giá rất kĩ lưỡng về vật liệu làm khuôn, độ cứng khuôn, chất lượng bề mặt của khuôn [3].



Hình 1. Quy trình đùn ép nhôm định hình trực tiếp

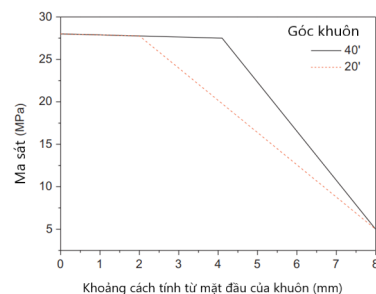
Trong quá trình đùn ép nhôm định hình trực tiếp, theo tác giả K.Saha.P phân tích ma sát và mòn trong khuôn phụ thuộc vào nhiều yếu

tố: sự tăng nhiệt độ trong khuôn, tốc độ đùn ép, hình dáng hình học của lòng khuôn, điều kiện tiếp xúc và tính chất vật liệu của khuôn thép và dòng chảy hợp kim nhôm [4, 5]. Các dạng ma sát gồm: Ma sát giữa Billet – Container, ma sát vùng kim loại bị bám dính và ma sát giữa dòng chảy vật liệu với bề mặt khuôn đùn ép, được thể hiện ở hình 2.



Hình 2. Các thành phần ma sát trong quá trình đùn ép trực tiếp

Trong các mô phỏng FE của tác giả Flitta và Sheppard nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ phôi ban đầu đến ma sát, hệ số ma sát đã được điều chỉnh, mô phỏng và thực nghiệm tại vị trí ở giai đoạn của quá trình đùn và khi áp suất đùn đạt cao nhất [6]. Kết quả cho thấy mối quan hệ tuyến tính giữa các hệ số ma sát và nhiệt độ. Một mô hình thực nghiệm của tác giả Abtahi cho ứng suất khi ma sát là tăng dần từ đầu vào các kênh dẫn vật liệu trong khuôn đùn [7]. Hình 3 đưa ra các dự đoán về ứng suất khi ma sát trong kênh dẫn nhôm.



Hình 3. Dự đoán ứng suất khi ma sát trong khuôn đùn nhôm

Mô hình ma sát này cung cấp sự linh hoạt cho hai điều kiện ma sát khác nhau trong kênh dẫn nhôm của khuôn đùn ép. Hơn nữa, với các hệ số ma sát được đơn giản hóa bằng hai hằng số, giảm thời gian tính toán cho các mô phỏng FE. Kết hợp với mô hình thực nghiệm thông qua việc thay đổi các thông số đùn ép: Vận tốc đùn ép nhôm, nhiệt độ của khuôn đùn ép. Trên cơ sở mô phỏng số, bài báo trình bày nghiên cứu sự thay đổi hệ số ma sát với hai thông số ảnh hưởng chính là nhiệt độ phối nhôm và vận tốc đùn ép trong điều kiện làm việc thực tế.

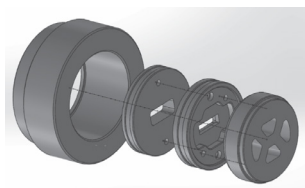
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Xây dựng mô hình mô phỏng

Mục tiêu của nghiên cứu là xác định được bộ thông số vận hành máy đùn ép nhôm công nghiệp đảm bảo chất lượng sản phẩm nhôm định hình đạt năng suất yêu cầu. Mô phỏng FE để xác định ma sát ảnh hưởng đến độ biến dạng của sản phẩm trong các trường hợp ma sát khác nhau phụ thuộc vào hai thông số chính sau:

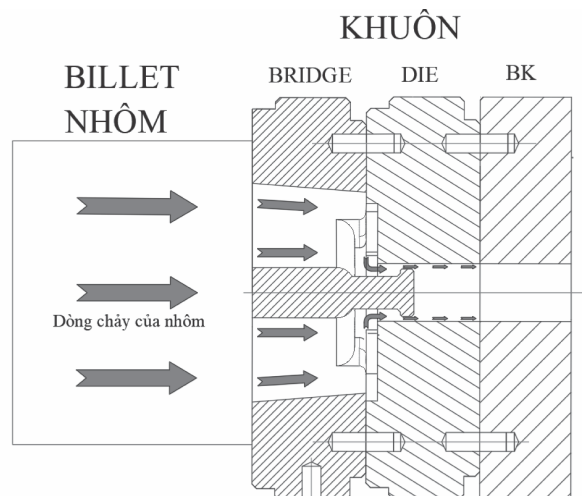
- Vận tốc đùn ép của xy lanh chính: 3 mm/s; 4 mm/s; 5 mm/s.
- Nhiệt độ của khuôn trong quá trình đùn ép: 450°C; 500°C; 520°C.

Trong nghiên cứu này, các phần của khuôn được mô hình hóa ở dạng 3D và lắp ghép thành khuôn hoàn chỉnh được thể hiện trên hình 4.



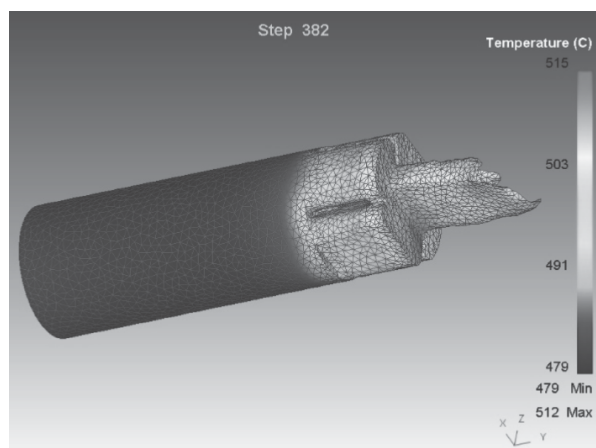
Hình 4. Mô hình khuôn 3D trên Solidworks

Sơ đồ dòng chảy nhôm trong quá trình đùn ép được biểu diễn ở hình 5:



Hình 5. Sơ đồ dòng chảy của nhôm trong quá trình đùn

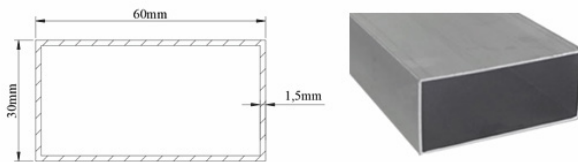
Mô hình được xét trong trường hợp có thể biến dạng, mô phỏng quá trình đùn ép nhôm định hình thông qua phần mềm ABAQUS. Vật liệu đùn và thuộc tính vật liệu làm khuôn được gán cho từng bộ phận của mô hình. Việc chia lưới mô hình và điều kiện biên có thể đưa ra kết quả chính xác được thể hiện ở hình 6. Quá trình tối ưu hóa cần rất nhiều thời gian để đưa ra một lưới mô hình phù hợp cho quá trình đùn.



Hình 6. Mô hình phần tử hữu hạn của quá trình ép đùn

2.2. Thiết bị thực nghiệm

• Sản phẩm là hộp nhôm định hình Al-6063 kích thước 60 x 30mm, dày 1,5mm, có bản vẽ chi tiết như hình 7:



Hình 7. Bản vẽ và hình dáng sản phẩm thực nghiệm

• Bộ khuôn đùn ép thực nghiệm là khuôn SOLID được thể hiện ở hình 8.



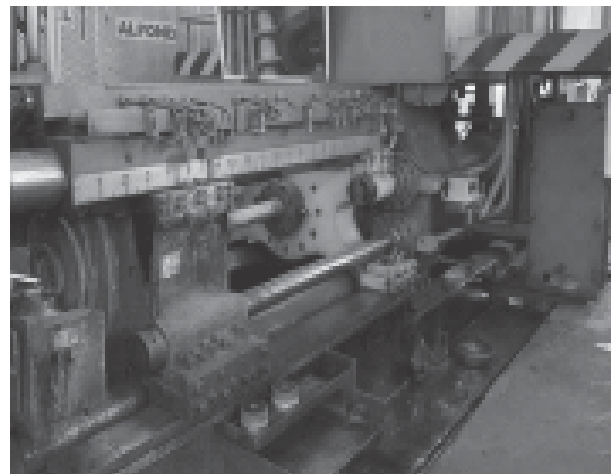
Hình 8. Bộ khuôn đùn ép nhôm định hình

- Thành phần vật liệu làm khuôn: Thép SKD 61 [8].
- Độ cứng của khuôn: Kiểm tra độ cứng đạt 50-55 HRC.
- Độ bóng của khuôn: Độ phẳng toàn bộ bề mặt ngoài đạt độ nhám cấp độ 7 và độ bóng bề mặt lỗ dẫn nhôm đạt cấp độ 7.
- Độ chính xác hình học hình dạng của lỗ đùn nhôm: $\pm 0,01\text{mm}$.
- **Vật liệu đùn ép:** Billet nhôm Al-6063 [9].

• **Yêu cầu sản phẩm** nhôm định hình sau khi đùn ép theo TCXDVN 330:2004 đạt các chỉ tiêu về chất lượng như sau:

- Độ bền kéo: $\geq 165\text{ N/mm}^2$;
- Độ dẫn dài tương đối: $\geq 8\%$;
- Độ cứng: $\geq 58\text{ HV}$;
- Dung sai cho phép kích thước mặt cắt ngang: $\pm 0,61\text{ mm}$;
- Dung sai cho phép độ phẳng bề mặt: $0,4\%$;
- Độ cong sản phẩm: $< 0,7 \times L$ (với L là chiều dài sản phẩm).

• Máy đùn ép 800T tại Công ty Cổ phần Nhôm Đô Thành được sử dụng để tiến hành thực nghiệm và đánh giá thể hiện ở hình 9:

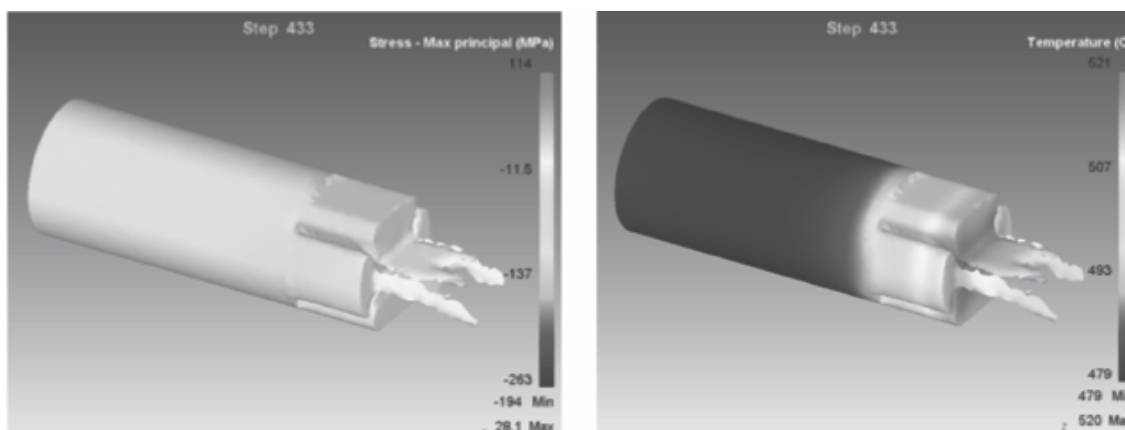


Hình 9. Máy đùn ép 800T loại đùn ép trực tiếp

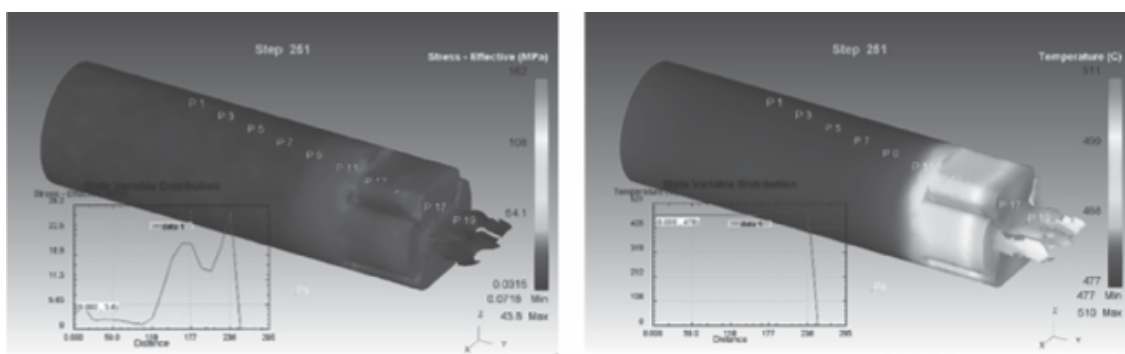
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Trong quá trình mô phỏng, điều kiện biên hoặc tải trọng trên mô hình được thay đổi trên mô hình cho phép nhà thiết kế biện minh và xác định các tương tác giữa các bộ phận của mô hình, cũng như trợ giúp để hoàn thiện quá trình đùn. Phân tích này minh họa cách các bài toán đùn có thể được mô phỏng bằng ABAQUS được thể hiện trên hình 10, 11, 12 với các giá trị hệ số ma sát: 0,25; 0,5; 0,75 [10].

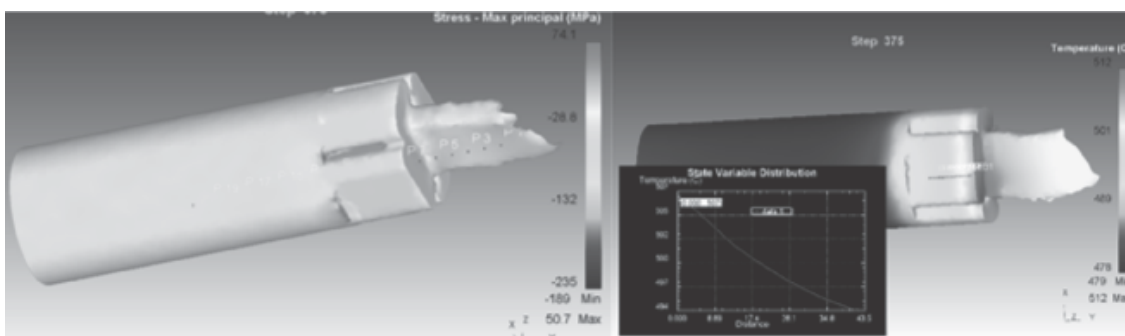




Hình 10. Mô phỏng quá trình đùn với hệ số ma sát $\mu = 0,75$



Hình 11. Mô phỏng quá trình đùn với hệ số ma sát $\mu = 0,5$

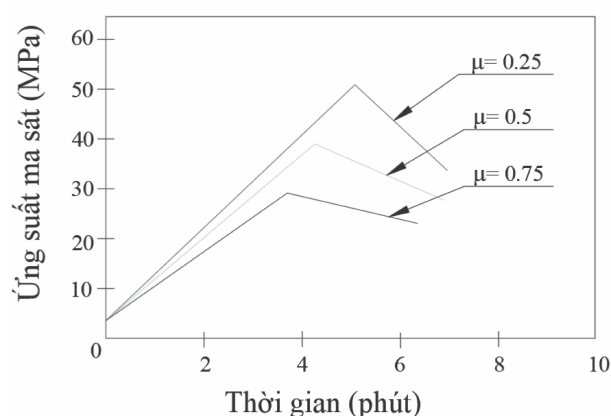


Hình 12. Mô phỏng quá trình đùn với hệ số ma sát $\mu = 0,25$

Từ kết quả mô phỏng FE cho thấy, với hệ số ma sát $\mu = 0,25$, phân bố ứng suất trong quá trình đùn của hai trường hợp vận tốc là khác nhau. Giá trị ứng suất cao nhất trong mô hình hệ số ma sát $\mu = 0,25$ là 50,7 Mpa. Giá trị cao này của ứng suất xảy ra ở các điểm đùn, nơi có ma sát là lớn nhất. Các giá trị cao của

ứng suất (thể hiện ở độ phân giải cao) là kết quả của sự tương tác và giao thoa giữa phiến nhôm và khuôn trong khu vực chịu lực và sự chuyển dịch của các hạt là nguyên nhân trực tiếp. Trường hợp vận tốc đùn ép quá lớn sẽ ảnh hưởng đến sự điền đầy của sản phẩm như trong hình 10 và hình 11.

Sự phân bố ứng suất chính ở các giai đoạn khác nhau của quá trình đùn trên phối được mô tả trên hình 13.



Hình 13. Giá trị đường phân bố ứng suất theo thời gian của 3 trường hợp

Trong hình này, ứng suất lớn nhất được quan sát đối với trường hợp khi hệ số ma sát là $\mu = 0,25$, và ứng suất tối thiểu được tìm thấy trong khuôn với hệ số ma sát là $\mu = 0,75$. Việc phân tích cũng được thực hiện đối với tất cả các giá trị đầu ra từ phân tích phần tử hữu hạn, bao gồm biến dạng vật liệu, ứng suất và biến dạng hiệu quả và lực đùn. Nhiệt độ cao nhất xuất hiện ở bề mặt của chi tiết gia công, do biến dạng dẻo và gia nhiệt ma sát, và ngay sau vùng giảm hướng tâm của khuôn.

Sau quá trình thực nghiệm, ta kiểm tra và đánh giá khuôn trong từng trường hợp cụ thể về chất lượng sản phẩm (sử dụng các thiết bị đo lường kiểm tra các yêu cầu sản phẩm theo TCXDVN 330:2004), độ mài mòn và bề mặt khuôn sau quá trình đùn ép. Xác định được bộ thông số vận hành hợp lý cho bộ khuôn đùn sản phẩm nhôm hộp vận tốc đùn ép là 3 mm/s; Nhiệt độ khuôn đùn ép là 500°C.

Ngày nhận bài: 06/9/2022

Ngày phản biện: 17/9/2022

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Arif AFM, Sheikh AK, Qamar SZ; *A study of die failure mechanisms in aluminum extrusion*. Journal of Materials Processing Technology. 2003;134(3):318-28.
- [2]. Chiếu LT; *Khảo sát và phân tích nguyên nhân các sai hỏng phổ biến khi sử dụng khuôn đùn ép khung nhôm*. Journal of science and technology of metals. 2006;06:21-4.
- [3]. Qamar SZ, Chekotu JC, Qamar SB; *Effect of Shape Complexity on Ram Pressure and Metal Flow in Aluminum Extrusion*. Jom. 2019;71(12):4378-92.
- [4]. K.Saha P; *Aluminum Extrusion Technology*: ASM International; 2000.
- [5]. Pradip K.Saha; *Thermodynamics and tribology in aluminum extrusion*. Elsevier Science SA. 1997;218:179-90.
- [6]. Wang L, Yang H; *Friction in aluminium extrusion - part 2: A review of friction models for aluminium extrusion*. Tribology International. 2012;56:99-106.
- [7]. Flitta, sheppard; *Nature of friction in extrusion process and its effect on material flow*. Materials Science and Technology. 2003;19:837-46.
- [8]. Lin Y-C, Chen H-M, Chen Y-C; *Analysis of microstructure and wear performance of SiC clad layer on SKD61 die steel after gas tungsten arc welding*. Materials & Design. 2013;47:828-35.
- [9]. Wu G, Wang X, Ji C, Gao Z, Jiang T, Zhao C, et al.; *Anti-blast properties of 6063-T5 aluminum alloy circular tubes coated with polyurea elastomer: Experiments and numerical simulations*. Thin-Walled Structures. 2021;164.
- [10]. Magid HM, Sulaiman S, Ariffin MKAM, Baharudin BTHT; *Stress analysis of forward aluminium extrusion process using finite element method*. Materials Research Innovations. 2014;18(sup2):S2-611-S2-5.