

Nghiên cứu ảnh hưởng của độ dài thành cửa khuôn đến độ nhám bề mặt sản phẩm và áp lực ép khi ép chảy thanh hợp kim nhôm

Studying the effects of the bearing length on the surface roughness and extrusion pressure of extruded aluminum alloy bar

Nguyễn Trọng Mai^{1,*}, Trần Đức Quý¹, Phạm Văn Nghệ²

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

*Email: trongmai85@gmail.com

Mobile: 0979099869

Tóm tắt

Từ khóa:

Áp lực ép; Độ dài thành cửa khuôn; Độ nhám bề mặt sản phẩm; Ép chảy hợp kim nhôm.

Độ dài thành cửa khuôn là thông số quan trọng ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt sản phẩm. Mặt khác độ dài thành cửa khuôn còn ảnh hưởng đến áp lực ép, từ đó ảnh hưởng đến tuổi bền của khuôn. Áp lực ép tăng thì tuổi bền của khuôn giảm và ngược lại. Xác định được mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt sản phẩm, áp lực ép với độ dài thành cửa khuôn sẽ tìm ra độ dài thành cửa khuôn hợp lý, đảm bảo độ nhám bề mặt theo yêu cầu kỹ thuật sản phẩm, đồng thời giảm áp lực ép để tăng tuổi bền khuôn. Bằng lý thuyết kết hợp thực nghiệm, tác giả xây dựng hàm hồi quy thực nghiệm mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt sản phẩm, áp lực ép với độ dài thành cửa khuôn. Kết quả nghiên cứu là cơ sở thiết kế độ dài thành cửa khuôn hợp lý đảm bảo độ nhám bề mặt sản phẩm và giảm áp lực khi ép chảy thanh hợp kim nhôm.

Abstract

Keywords:

Aluminum alloy extrusion; Bearing length; Extrusion pressure; Surface roughness.

Bearing length is an important parameter affecting the surface roughness of the product. On the other hand, the bearing length affects the extrusion pressure, thereby affecting the life of the die. Increased extrusion pressure reduces the life of the die and vice versa. Determining the relationship between surface roughness, extrusion pressure and the bearing length will consequently find out the appropriate bearing length, ensuring the surface roughness in accordance with the technical requirements of the product, while reducing the extrusion pressure to increase the life of the die. Through theory and practice, the author develops the regression function of the relationship between surface roughness, extrusion pressure and bearing length. The result of this research is the basis for designing the appropriate bearing length to ensure the surface roughness and reduce the extrusion pressure when extruding the aluminum alloy bars.

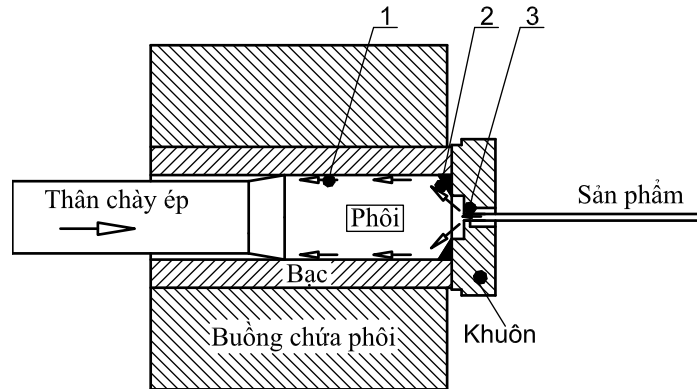
Ngày nhận bài: 16/7/2018

Ngày nhận bài sửa: 06/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. GIỚI THIỆU

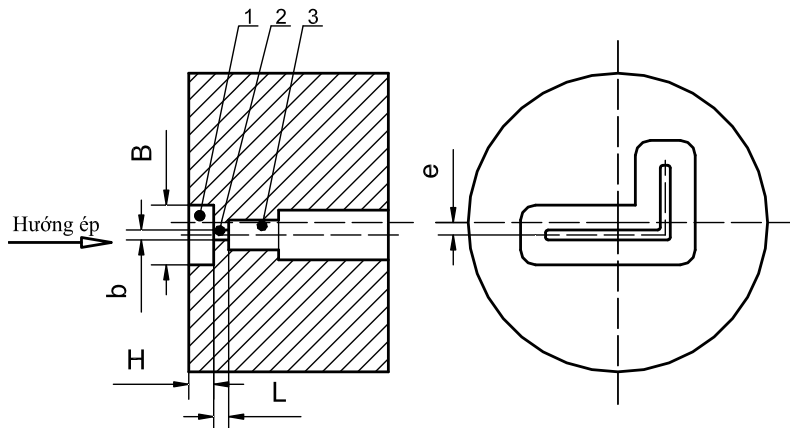
Trong quá trình ép chảy phôi qua khuôn tạo thành sản phẩm thanh hợp kim nhôm, dòng chảy kim loại chịu ảnh hưởng của ma sát với thành ống chứa phôi, vùng kim loại chết và với bề mặt khuôn như thể hiện trên hình 1 [1,4,7].



1. Ma sát phôi - ống chứa phôi; 2. Ma sát phôi - vùng kim loại chết; 3. Ma sát phôi - khuôn

Hình 1. Ma sát trong quá trình ép chảy thuận thanh hợp kim nhôm

Khuôn ép thanh hợp kim nhôm đặc có cấu tạo gồm các thành phần chính như hình 2 [4,5].

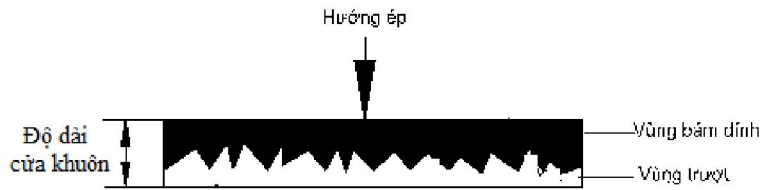


1. Vùng dẫn nhôm; 2. Cửa khuôn; 3. Vùng thoát; B. Độ rộng vùng dẫn; H. Độ sâu vùng dẫn; b. Độ rộng cửa khuôn; e. Khoảng cách cửa khuôn với tâm khuôn; L. Chiều dài thành cửa khuôn.

Hình 2. Cấu tạo khuôn ép thanh hợp kim nhôm đặc

Kích thước, hình dáng cửa khuôn là yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến kích thước và biên dạng sản phẩm. Chiều dài thành cửa khuôn ảnh hưởng đến ma sát của dòng chảy kim loại với bề mặt thành cửa khuôn, dẫn đến ảnh hưởng đến sự thay đổi áp lực ép của máy và sự thay đổi chiều dài vùng bám dính/vùng trượt trên bề mặt thành cửa khuôn như trên hình 3 [4,5].

Sự thay đổi áp lực ép sẽ ảnh hưởng đến sự biến dạng đàn hồi của khuôn và tuổi bền của khuôn. Sự thay đổi chiều dài vùng bám dính/vùng trượt trên bề mặt thành cửa khuôn sẽ tác động đến độ nhám trên bề mặt sản phẩm [4,6]. Do đó, cần thiết phải nghiên cứu xác định mối quan hệ áp lực ép, độ nhám bề mặt sản phẩm với chiều dài thành cửa khuôn. Trên cơ sở đó xác định được chiều dài thành cửa khuôn hợp lý để đảm bảo độ nhám bề mặt sản phẩm và giảm áp lực ép.

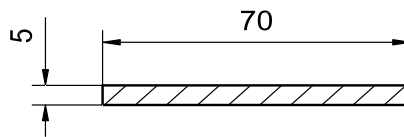


Hình 3. Hình thành vùng bám dính/vùng trượt trên bề mặt thành cửa khuôn.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Các điều kiện thực nghiệm

Biên dạng sản phẩm thanh hợp kim nhôm thí nghiệm có tiết diện được thể hiện trên hình 4.



Hình 4. Biên dạng mặt cắt ngang sản phẩm thanh hợp kim nhôm thí nghiệm

$$\text{Tỷ lệ ép [4,5]: } K = \frac{S_{\text{container}}}{S_{\text{profile}} \cdot N} = \frac{(3,14 \cdot 90 \cdot 90)}{(3,14 \cdot 70 \cdot 5 \cdot 1)} = 23 \quad (1)$$

Trong đó K: tỷ lệ ép; $S_{\text{container}}$: diện tích tiết diện ống chứa phôi;

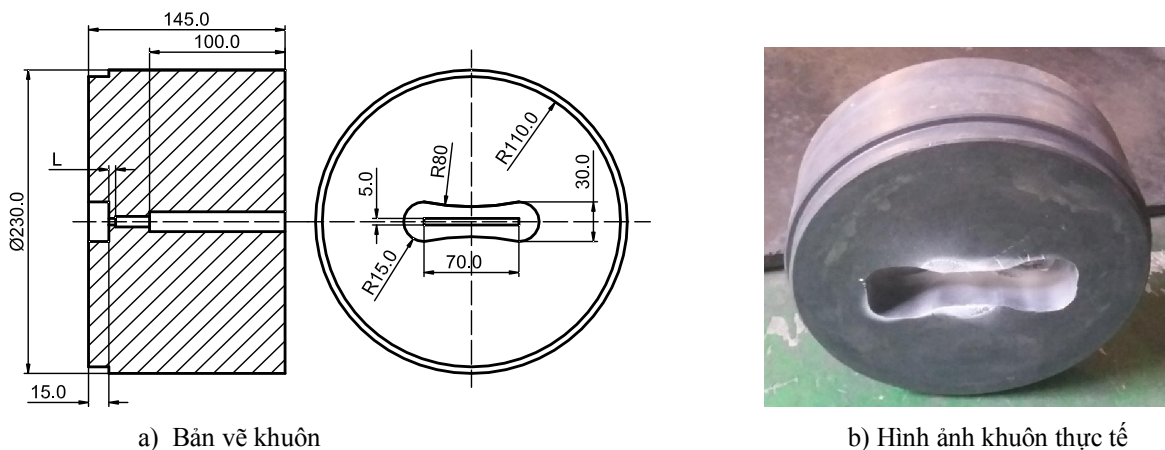
S_{profile} : diện tích tiết diện sản phẩm; N: số cửa khuôn.

Phôi ép có đường kính phôi $\varnothing 180$ mm; chiều dài phôi 500 mm; vật liệu phôi là hợp kim nhôm 6061 có thành phần hóa học như bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hóa học vật liệu phôi ép [2]

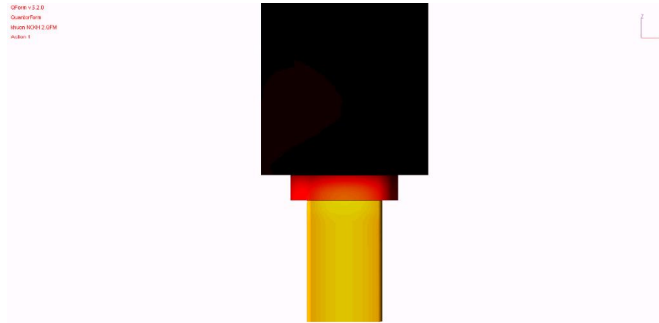
Phôi	Thành phần nguyên tố							
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Khác
6061	0,5	0,7	0,3	0,15	0,9	0,12	0,25	

Khuôn thí nghiệm có cấu tạo được thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Khuôn thí nghiệm

Khuôn thí nghiệm được thiết kế đảm bảo cân bằng dòng chảy thông qua phương án thiết kế hợp lý vùng dẫn nhôm, còn chiều dài thành cửa khuôn không đổi tại các vị trí trên cửa khuôn. Khi thay đổi chiều dài thành cửa khuôn ở các mẫu khuôn thí nghiệm, khuôn được kiểm tra quá trình cân bằng dòng chảy bằng phần mềm mô phỏng số Qform trước khi chế tạo. Kết quả mô phỏng cho thấy với cùng thiết kế vùng dẫn nhôm hợp lý ban đầu, khi thay đổi chiều dài thành cửa khuôn L ít làm ảnh hưởng đến quá trình cân bằng dòng chảy.



Hình 6. Mô phỏng thử khuôn quá trình ép với Qform extrusion

Chiều dài thành cửa khuôn L của các bộ khuôn thí nghiệm thay đổi lần lượt là $L/b = 0; 1; 2; 3; 4$ (b là độ rộng cửa khuôn). Tất các thông số khác của khuôn, vật liệu phôi và chế độ ép, máy ép... được giữ cố định.

Máy ép thuận SAMWOO ở nhà máy Hyundai Aluminum Vina được thể hiện trên hình 7.



Hình 7. Máy ép thí nghiệm SAMWOO

Máy đo nhám Mitutoyo SJ-400 được thể hiện trên hình 8 để đo độ nhám của sản phẩm.



Hình 8. Máy đo nhám Mitutoyo SJ-400

Thông số đo độ nhám bề mặt R_a theo tiêu chuẩn ISO; chiều dài chuẩn 0,8 mm; loại đầu đo kim cương; đo tiếp xúc; áp lực đo 0,75 N; tốc độ 0,05 mm/s.

Áp lực ép được đo bởi máy ép, hiển thị trực tiếp trên bảng điều khiển của máy.

2.2. Phương pháp thực nghiệm

Mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt, áp lực ép với chiều dài thành cửa khuôn là hàm số có dạng: $R_a = f(L/b)$ (2)

$$P = f(L/b) \quad (3)$$

Để xác định mối quan hệ theo phương trình (2) và (3), tiến hành thực nghiệm thay đổi chiều dài thành cửa khuôn L theo quy hoạch thực nghiệm [3] như trong bảng 2. Giá trị L/b nằm trong miền giới hạn $0 \leq L/b \leq 4$ [4]. Mỗi khuôn thí nghiệm, để máy chạy khoảng 5 phôi thì bắt đầu lấy mẫu sản phẩm để tiến hành đo độ nhám ngang bề mặt tại vị trí chính giữa của sản phẩm, đồng thời ghi lại áp lực ép hiển thị trên máy.

Sau khi có kết quả thí nghiệm, tiến hành xử lý số liệu để tìm phương trình biểu diễn mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt sản phẩm, áp lực ép với chiều dài thành cửa khuôn.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

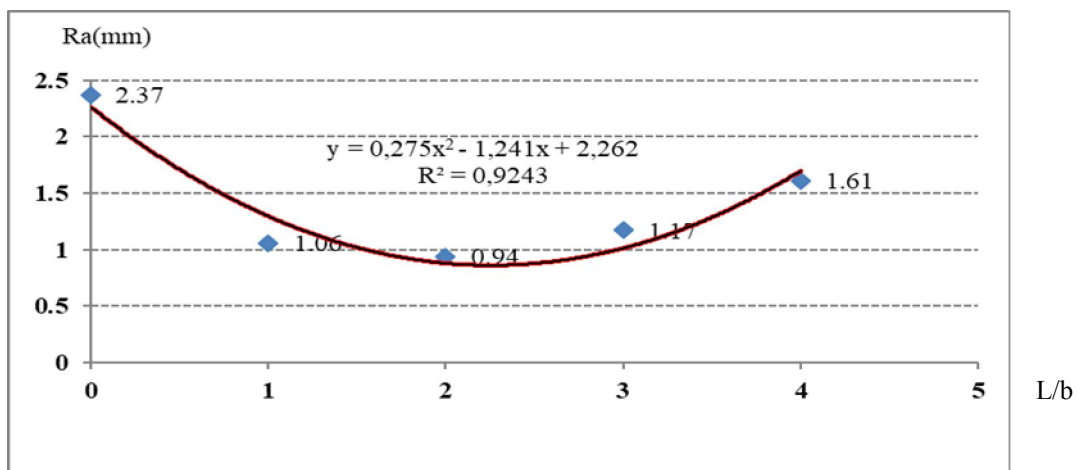
Kết quả đo độ nhám các mẫu sản phẩm thí nghiệm và áp lực ép của máy được thể hiện trên bảng 2.

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm độ nhám R_a và áp lực ép P

STT	Khuôn 1	Khuôn 2	Khuôn 3	Khuôn 4	Khuôn 5
L/b	0	1	2	3	4
R_a (μm)	2,37	1,06	0,94	1,17	1,61
P (N/cm^2)	198	200	204	207	212

Dựa vào kết quả thí nghiệm trên bảng 2, sử dụng phần mềm Excel [10] ta xây dựng được đồ thị như trên hình 9 và phương trình biểu diễn mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt R_a với tỷ lệ chiều dài/độ rộng thành cửa khuôn (L/b) như sau:

$$R_a = 0,275(L/b)^2 - 1,241(L/b) + 2,262 \quad \text{với độ tin cậy } R^2 = 0,9243 \quad (4)$$

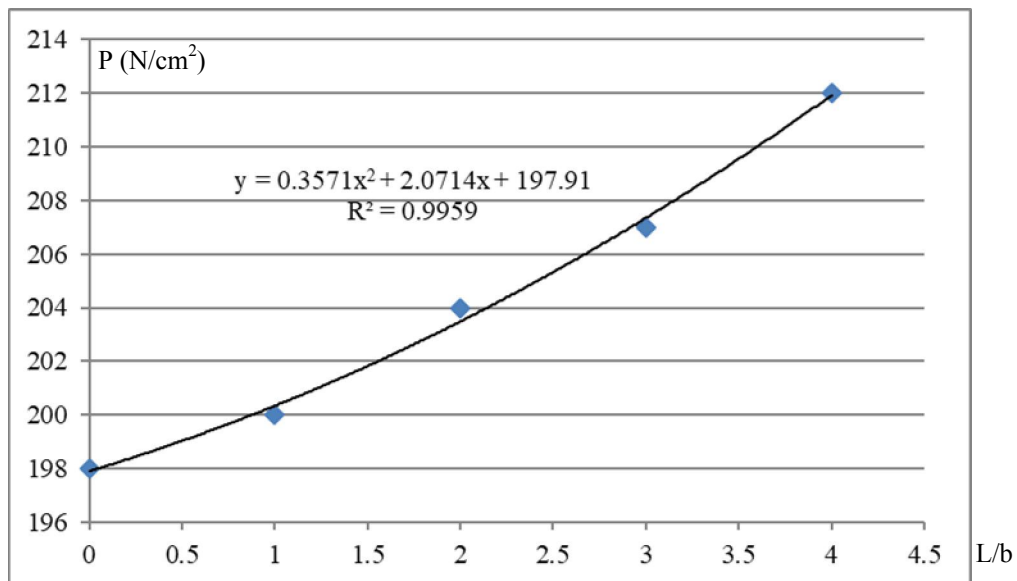


Hình 9. Mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt R_a với tỷ lệ chiều dài/độ rộng thành cửa khuôn L/b

Nhìn vào đồ thị trên hình 9 ta thấy độ nhám bề mặt sản phẩm lớn nhất khi thành cửa khuôn có chiều dài $L = 0$ ($L/b = 0$). Nguyên nhân do thành cửa khuôn không hình thành khu vực ôxit bám dính, các hạt bám dính hình thành ở thành cửa khuôn sẽ nhanh chóng bị rời ra, tác động lên bề mặt sản phẩm làm cho bề mặt sản phẩm trở nên nhám lớn. Khi tăng dần chiều dài thành cửa khuôn giúp hình thành khu vực trượt trên bề mặt thành cửa khuôn, các hạt bám dính bị tách rời giảm làm cho độ nhám bề mặt sản phẩm giảm, đạt giá trị nhỏ nhất ở khu vực $L/b = 2$ ($L = 10$ mm). Sau giai đoạn này, nếu tiếp tục tăng chiều dài thành cửa khuôn lại làm tăng ma sát và gia tăng nhiệt độ ép. Các hạt bám dính được hình thành lại tăng lên dẫn đến độ nhám bề mặt sản phẩm tăng. Như vậy độ nhám bề mặt sản phẩm đạt giá trị nhỏ nhất trong khu vực chiều dài thành cửa khuôn $L = 10$ mm ($L/b = 2$).

Dựa vào bảng kết quả thí nghiệm trên bảng 2, sử dụng phần mềm Excel [10] ta xây dựng được đồ thị như trên hình 10 và phương trình biểu diễn mối quan hệ giữa áp lực ép P với tỷ lệ chiều dài/độ rộng thành cửa khuôn (L/b) như sau:

$$P = 0,3571 (L/b)^2 - 2,0714(L/b) + 197,91 \quad \text{với độ tin cậy } R^2 = 0,9959 \quad (5)$$



Hình 10. Mối quan hệ giữa áp lực ép P với tỷ lệ chiều dài/độ rộng thành cửa khuôn L/b

Nhìn vào đồ thị trên hình 10 ta thấy áp lực ép tỷ lệ thuận với chiều dài thành cửa khuôn. Khi chiều dài thành cửa khuôn tăng trong khoảng từ 0 đến $L/b = 1$ thì áp lực ép tăng chậm hơn khi tỷ $L/b \geq 1$ vì khi tỷ lệ $L/b \geq 1$ làm diện tích bề mặt thành cửa khuôn tăng nhanh dẫn đến ma sát của dòng chảy kim loại với bề mặt thành cửa khuôn tăng theo, từ đó tác động đến áp lực ép.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu, thực nghiệm và xử lý số liệu thực nghiệm đã xác định được mối quan hệ toán học giữa độ nhám bề mặt sản phẩm thanh hợp kim nhôm R_a , áp lực ép P với chiều dài thành cửa khuôn khi ép thanh hợp kim nhôm vật liệu 6061.

$$R_a = 0,275(L/b)^2 - 1,241(L/b) + 2,262 \text{ (}\mu\text{m)}$$

$$P = 0,3571 (L/b)^2 - 2,0714(L/b) + 197,91 \text{ (N/cm}^2\text{)}$$

Nhìn vào đồ thị trên hình 9 ta thấy độ nhám bề mặt sản phẩm lớn nhất khi thành cửa khuôn có chiều dài $L = 0$ ($L/b = 0$). Khi tăng L/b , độ nhám bề mặt sản phẩm giảm dần đạt giá trị nhỏ nhất trong khu vực có chiều dài thành cửa khuôn $L = 10$ mm ($L/b = 2$). Sau đó nếu tiếp tục tăng chiều dài thành cửa khuôn thì độ nhám bề mặt sản phẩm lại tiếp tục tăng.

Nhìn vào đồ thị trên hình 10 ta thấy áp lực ép tăng tỷ lệ thuận với chiều dài thành cửa khuôn. Ảnh hưởng của chiều dài thành cửa khuôn đến áp lực ép trong khoảng từ $0 \leq L/b \leq 1$ thì nhỏ hơn khi tỷ $L/b \geq 1$.

Để giảm độ nhám bề mặt cho sản phẩm, đồng thời giảm áp lực ép để tăng tuổi bền của khuôn thì chiều dài thành cửa khuôn nên chọn trong khoảng $1 \leq L/b \leq 2$.

Kết quả nghiên cứu giúp cho việc tính toán, lựa chọn chiều dài thành cửa khuôn hợp lý nhằm đảm bảo độ nhám bề mặt sản phẩm và giảm áp lực ép của máy để tăng tuổi bền của khuôn.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả cảm ơn sự hỗ trợ của nhà máy nhôm EUROHA và Hyundai Aluminum Vina trong nghiên cứu.

DANH MỤC KÝ HIỆU

P	: Áp lực ép (N/cm^2)
R_a	: Độ nhám bề mặt sản phẩm thanh hợp kim nhôm (μm)
L	: Chiều dài thành cửa khuôn (mm)
b	: Độ rộng cửa khuôn (mm)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phạm Văn Nghệ, Nguyễn Đắc Trung, Lê Trung Kiên, *Công nghệ gia công áp lực*, NXB Bách khoa, 2016.
- [2]. Đỗ Ngọc Tú, *Vật liệu học*, NXBGD, 2013.
- [3]. Trần Văn Địch, *Nghiên cứu độ chính xác gia công bằng thực nghiệm*, NXBKHK, 2003.
- [4]. Pradip K. Saha, *Aluminum Extrusion Technology*, ASM International 2000.
- [5]. Bauser, *Extrusion Second Edition*, ASM International 2006.
- [6]. Per Thomas Moe, *Pressure and Strain Measurement During Hot Extrusion of Aluminium*, Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU), 2005.
- [7]. Liliang Wang, *Modelling of friction for high temperature extrusion of aluminium alloys*, PhD thesis Delft University of Technology, China, 2012.
- [8]. Koopman, Albertus Johannes, *Analysis tools for the design of aluminium extrusion dies*, PhD thesis, University of Twente, Enschede, The Netherlands, 2008.
- [9]. *Qform Extrusion* 2017.
- [10]. *Microsoft Office Excel* 2017.