NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CAD/CAE/CAM THIẾT KẾ, CHẾ TẠO KHUÔN ÉP CHẢY HỢP KIM NHÔM CHO SẢN PHẨM CÓ PROFILE PHỨC TẠP

APPLICATION RESEARCH CAD/CAE/CAM DESIGN, MANUFACTURE DIE ALUMINUM EXTRUSION FOR PRODUCTS WITH COMPLEX PROFILE

Lê Hồng Vỹ[1], Nguyễn Hữu Tuyển[1], Nguyễn Văn Khải[1], Lưu Văn Sơn[1], Nguyễn Trọng Mai[2,*]

TÓM TẮT

Nội dung bài bào này trình bày về nghiên cứu ứng dụng CAD/CAE/CAM thiết kế, chế tạo khuôn ép chảy thanh hợp kim nhôm cho sản phẩm có profile phức tạp. Những nội dung cơ bản được nghiên cứu gồm ứng dụng phần mềm Solidworks để thiết kế khuôn, ứng dụng phần mềm Qform để mô phỏng quá trình đùn nhôm và ứng dụng phần mềm NX để gia công khuôn.

Từ khóa: Khuôn ép chảy thanh hợp kim nhôm, Qform.

ABSTRACT

The content of this article presents the application research of CAD/CAE/CAM to design, manufacture aluminum die extrusion for products with complex profiles. The basic contents studied include application of Solidworks software for die design, application of Qform software to simulate aluminum extrusion process and application of NX software for die manufacturing.

Keywords: Aluminum die extrusion, Qform.

[1]Lớp CK7 - K11, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội
[2]Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội
[*]Email: Trongmai85@gmail.com

1. GIỚI THIỆU

Ngành đùn nhôm trên thế giới đã ra đời và phát triển từ lâu. Với các đặc tính của nhôm và hợp kim của nhôm có trọng lượng riêng nhỏ, cơ tính tốt, có thể biến dạng nóng và nguội rất tốt. Nhiều loại hợp kim nhôm có khả năng chịu ăn mòn tốt. Nhìn chung tất cả các hợp kim nhôm không từ tính và có độ dẫn điện, dẫn nhiệt tốt. Do có nhiều ưu điểm nên nhôm và hợp kim của nó được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau như: Ngành thiết bị công nghiệp, giao thông vận tải, xây dựng và trang trí nội thất,... ở khắp mọi nơi trên thế giới.

Trước đây khi người ta thiết kế khuôn, rồi đến chế tạo khuôn, sau đó mang đi thử, nếu mà không được thì quay lại hiệu chỉnh thiết kế gây tốn kém về chi phí cũng như thời gian trong quá trình chế tạo và thử khuôn. Những năm gần đây thì các phần mềm mô phỏng quá trình đùn nhôm ra đời (Qform) thì người ta sẽ thiết kế sau đó cho vào phần mềm mô phỏng thử, nếu thấy không hợp lý thì quay lại hiệu chỉnh, thiết kế và mô phỏng lại. Quá trình mô phỏng lại thay cho quá trình chế tạo và mang đi thử. Như vậy sẽ làm giảm tốn kém về chi phí và thời gian.

2. THIẾT KẾ KHUÔN

2.1. Cơ sở thiết kế khuôn

2.1.1. Đối với BG

- Chức năng: Phân chia dòng và dẫn nhôm vào khuôn, tạo hình dáng hình học và bề mặt bên trong cho profile.

- Thiết kế:

Tuỳ theo dạng kết cấu sản phẩm mà người thiết kế tạo ra hình dáng hình học các lỗ dẫn nhôm cũng như cách bố trí các lỗ trên B.G. Trên nguyên tắc phải tạo ra tính đồng đều trên toàn bộ bề mặt ép nhôm, phải phù hợp với loại billet. Bố trí các cầu giữa các lỗ phải đủ cứng vững khi đùn ép thông thường khoảng 35 - 45mm đối với máy 7", bố trí các điểm nối nhôm càng vào các vị trí góc hoặc vị trí bề mặt không quan trọng càng tốt. Bề mặt lối dẫn nhôm vào có đường kính ngoại tiếp nhỏ hơn đường kính của billet. Do khuôn Hollow phức tạp hơn khuôn SOLID nên khi thiết kế phải tính toán lượng nhôm vào từng vị trí và bố trí buồng nhôm sao cho phù hợp với đặc tính của từng khuôn, thông thường độ cao của buồng nhôm khoảng 12 - 20mm do đó chân của bearing cũng có kích thước tương tự, tuỳ theo kết cấu và kích thước của profile [1].

Trong khi thiết kế nếu như chi tiết quá lớn mà lại làm cho billet nhỏ thì phải tạo góc côn cho các lỗ dẫn nhôm vào, tuỳ thuộc từng loại khuôn mà sẽ tạo ra những góc côn khác nhau, thông thường < 25^0. Khi thiết kế một khuôn mà bố trí hai chi tiết đối xứng nhau thì thông thường thiết kế theo hai buồng nhôm được phân cách bằng một gờ ở giữa cao khoảng 7 - 12mm, để phân tách dòng nhôm được đồng đều trên toàn bộ khuôn.

Độ dày của BG còn phụ thuộc vào hình dáng hình học của profile, đối với những profile kích thước lớn mà đùn trên máy có billet nhỏ thì sẽ phải làm các lỗ côn, để giảm

độ côn của thành các lỗ thì tăng độ dày của B.G lên, và khi đó có thể sẽ không cần BK nữa vì tổng kích thước của BG + DIE đúng bằng kích thước cho phép [1].

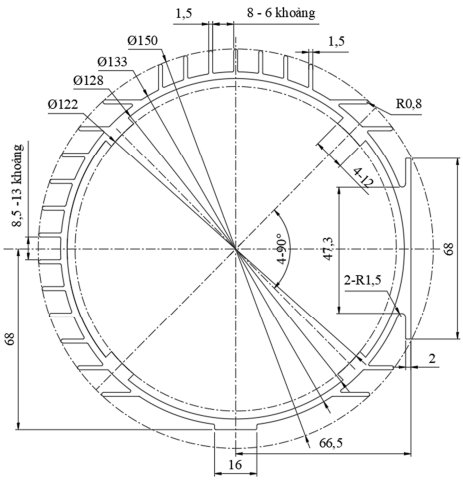
2.1.2. Đối với DIE

- Chức năng: Tạo ra hình dáng hình học bề mặt bên ngoài của profile.

- Thiết kế:

Tuỳ thuộc vào kích thước và hình dáng của profile mà khi thiết kế sẽ lựa chọn kích thước và hình dáng buồng nhôm cho phù hợp. Kích thước lắp ghép giữa B.G với DIE là +0,05. Từ kích thước của profile ta offset ra một lượng là 3,5 - 4mm để cho nguyên công phay, giảm bớt lượng dư cho nguyên công EDM, chiều sâu của nguyên công phay phụ thuộc vào chiều dài của bearing và chiều cao của buồng nhôm (nếu có). Chiều dài của bearing theo lỗ dẫn nhôm vào và theo hình dáng hình học của profile, tuy nhiên chiều dài của bearing phụ thuộc vào dòng chảy của nhôm, nếu bearing dài chảy chậm, bearing ngắn chảy nhanh [1].

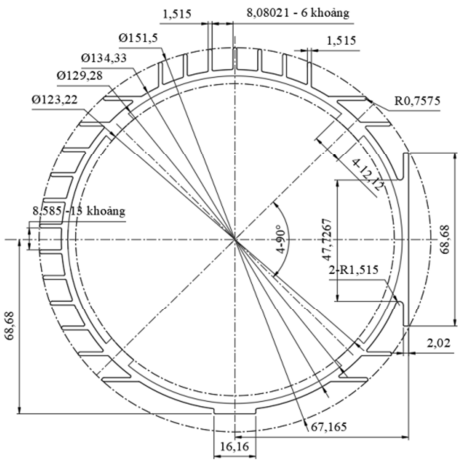
2.2. Thiết kế khuôn



Hình 1. Bản vẽ biên dạng sản phẩm

Bước 1: Xác định kích thước cửa khuôn

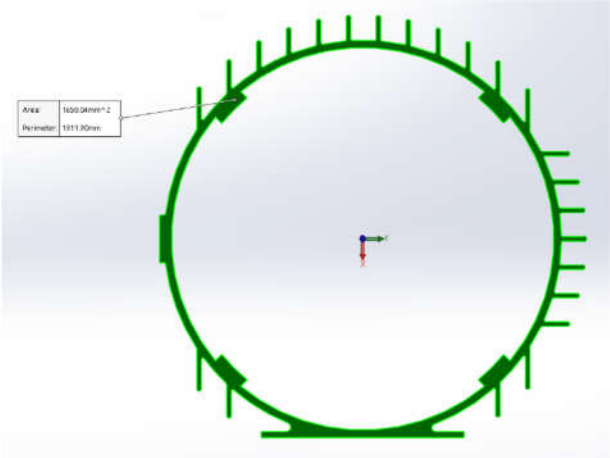
Phóng to bản vẽ tiết diện sản phẩm lên 1,01 là kích thước thực tế của cửa khuôn (độ co ngót của nhôm là 1%) [1].



Hình 2. Biên dạng cửa khuôn

Bước 2: Tính số cửa khuôn

Sử dụng phần mềm Solidworks 2016 ta tính được $S_{profile}$ là: $S_{profile}$ = 1650,04 (mm^2)



Hình 3. Diện tích mặt cắt ngang sản phẩm

Chọn N = 1 ta có:

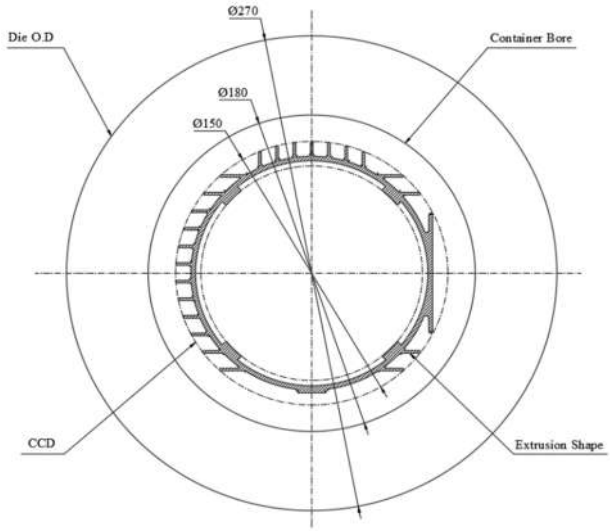
$$K = \frac{S_{container}}{N.S_{profile}} = \frac{3,14.90^2}{1.1650,04} = 15,41$$

Hệ số K nằm trong khoảng từ 10 ÷ 100. Vậy phương án thiết kế 1 cửa khuôn là hợp lý.

Bước 3: Bố trí profile và đường kính khuôn

Vì khuôn có 1 lỗ nên bố trí sản phẩm tại trung tâm khuôn.

Dựa vào đường kính bao của biên dạng chi tiết và đường kính lõi vật chứa ta xác định được đường kính khuôn như hình 4.



Hình 4. Đường kính ngoài khuôn và các đường kính liên quan

Trong đó:

- CCD là đường kính bao của biên dạng (profile) chi tiết.
- Container Bore là đường kính lõi của container (vật chứa).
- Die O.D là đường kính ngoài của khuôn.

Bước 4, 5, 6: Xác định kích thước trụ ngoài ØxL lõi khuôn (Mandrel), ØxL lòng khuôn (Die plate).

Lõi khuôn có kích thước Ø270x135.

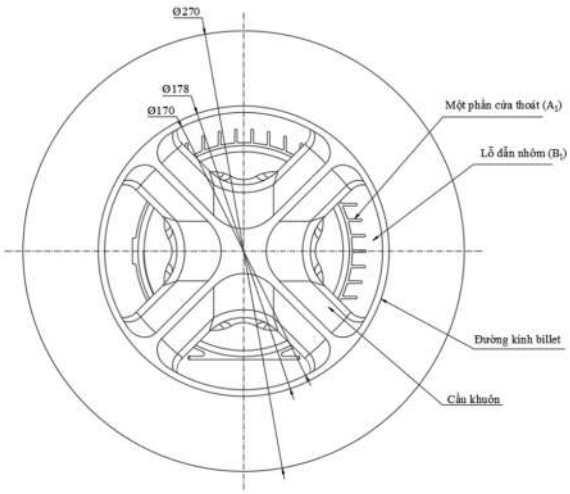
Lòng khuôn có kích thước Ø270x90.

Bước 7: Thiết kế lỗ dẫn nhôm

Biên dạng sản phẩm có dạng hình tròn ta chọn phương án 4 lỗ dẫn nhôm.

Các lỗ dẫn nhôm sẽ phải nằm hoàn toàn trong đường tròn giới hạn Ø = 180.(90% ÷ 95%) = 170mm (180mm là đường kính bore container).

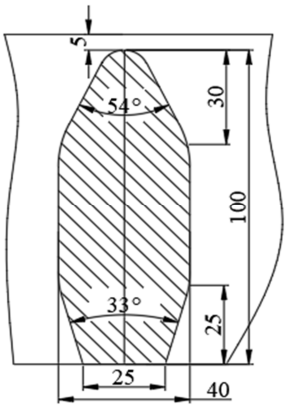
Đối với máy 7" thì độ rộng cầu khuôn hợp lý là từ (35 ÷ 45) mm, ta chọn là 40mm.



Hình 5. Vị trí cầu khuôn và lỗ dẫn nhôm trên khuôn

Bước 8: Thiết kế cầu khuôn

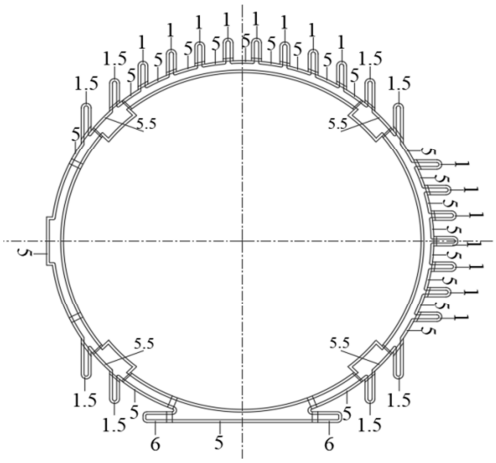
Độ rộng cầu khuôn hợp lý từ (35 ÷ 45) mm, ta chọn là 40mm, vát góc và bo góc cầu khuôn như hình 6.



Hình 6. Hình dạng cầu khuôn

Bước 9: Thiết kế bearing

Những điều chỉnh hợp lý đối với khuôn nhằm chỉnh sửa hoặc thay đổi các tỉ lệ dòng chảy kim loại được thực hiện bằng cách thay đổi lượng kim loại khuôn tại các lỗ, được hiểu như là độ rộng, độ cao hoặc độ dài Bearing. Bằng cách giảm độ dài của Bearing tại một vị trí đặc biệt, tỉ lệ dòng chảy được tăng lên; tăng độ dài, dòng chảy giảm xuống.

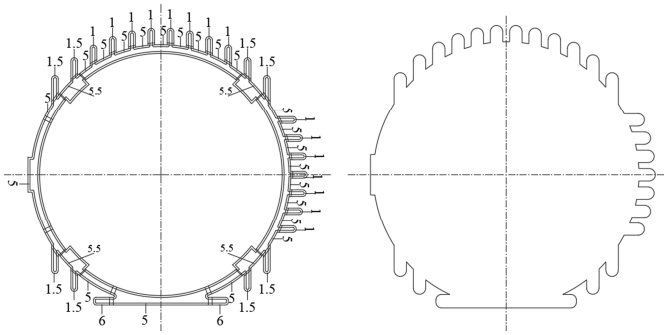


Hình 7. Bố trí bearing

2.3. Mô phỏng

2.3.1. Thiết kế khuôn lần 1

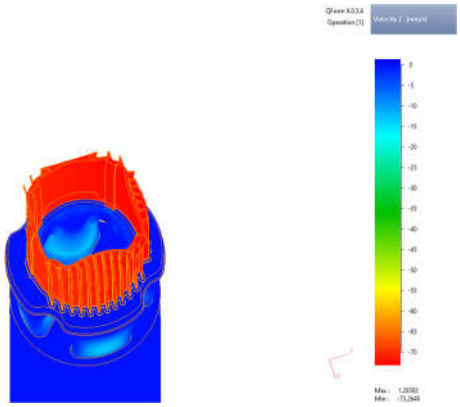
Với các thông số thiết kế quan trọng thể hiện trên hình 8.



(a) (b)

Hình 8. Bản vẽ chiều cao bearing (a) và bề rộng vùng dẫn nhôm (b) lần 1

Kết quả mô phỏng dòng chảy sản phẩm được thể hiện trên hình từ hình 9.



Hình 9. Vận tốc dòng chảy mô phỏng lần 1

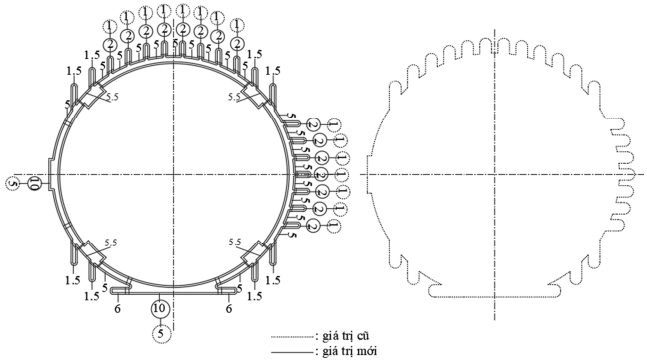
Theo kết quả mô phỏng dòng chảy sản phẩm ra chưa đồng đều, hai phần cánh và phần chân của sản phẩm có xu hướng ra nhanh hơn. Do đó nó có xu hướng sẽ bị cụp vào trong.

Kết luận: Khuôn chưa đạt yêu cầu, vì thế khuôn cần được hiệu chỉnh thiết kế, mô phỏng lại và tối ưu hóa các tham số thiết kế.

2.3.2. Thiết kế khuôn lần trung gian

Căn cứ vào trên quả mô phỏng lần 1 ta cần hiệu chỉnh thiết kế khuôn để cân bằng được dòng chảy ra của sản phẩm.

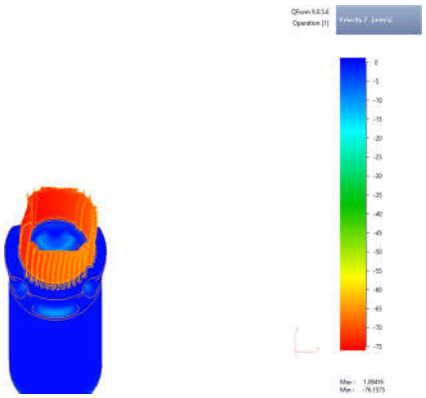
Các thông số chính cần hiệu chỉnh thiết kế khuôn được khoanh tròn trong hình 10.



(a) (b)

Hình 10. Bản vẽ chiều cao bearing (a) và bề rộng vùng dẫn nhôm (b) lần trung gian

Sau khi hiệu chỉnh, tiến hành các bước mô phỏng với các biến đầu vào tương tự như lần 1 ta có kết quả mô phỏng dòng chảy sản phẩm được thể hiện trên hình 11.



Hình 11. Vận tốc dòng chảy mô phỏng lần trung gian

Theo kết quả mô phỏng dòng chảy sản phẩm vẫn ra chưa đồng đều. Phần chân và cạnh sản phẩm ra nhanh hơn còn hai phần cánh sản phẩm ra chậm hơn. Do đó nó sẽ có xu hướng đẩy cong sản phẩm sang một bên.

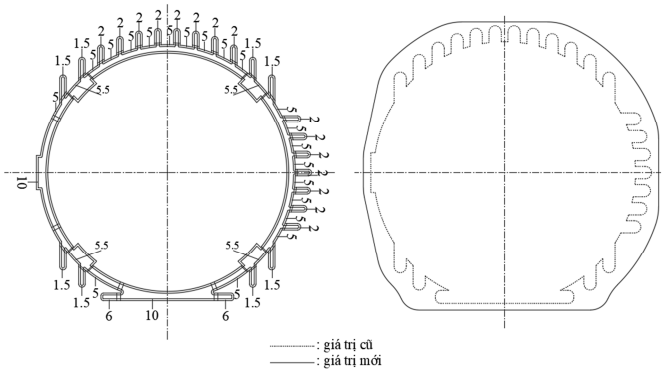
Kết luận: Căn cứ vào kết quả mô phỏng ta cần tiếp tục hiệu chỉnh thiết kế khuôn để dòng chảy sản phẩm ra được đồng đều.

2.3.3. Thiết kế khuôn lần cuối

Các thông số chính cần hiệu chỉnh thiết kế khuôn được khoanh tròn trong hình 12.

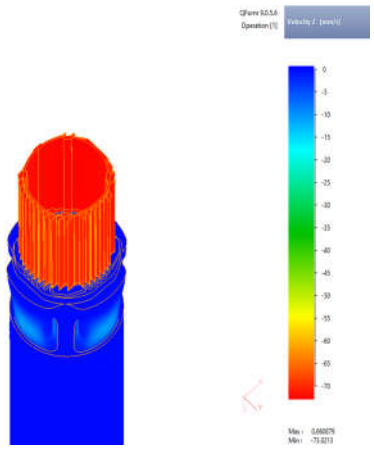
Sau khi hiệu chỉnh, tiến hành các bước mô phỏng với các biến đầu vào tương tự như lần 1 ta có kết quả mô phỏng dòng chảy sản phẩm được thể hiện trên hình 13.

Theo kết quả mô phỏng dòng chảy sản phẩm ra đã khá đồng đều tại các điểm. Do đó thiết kế khuôn đã đảm bảo được yêu cầu kỹ thuật về cân bằng dòng chảy kim loại sau một số lần lặp mô phỏng và hiệu chỉnh thiết kế khuôn.



(a) (b)

Hình 12. Bản vẽ chiều cao bearing (a) và bề rộng vùng dẫn nhôm (b) lần cuối

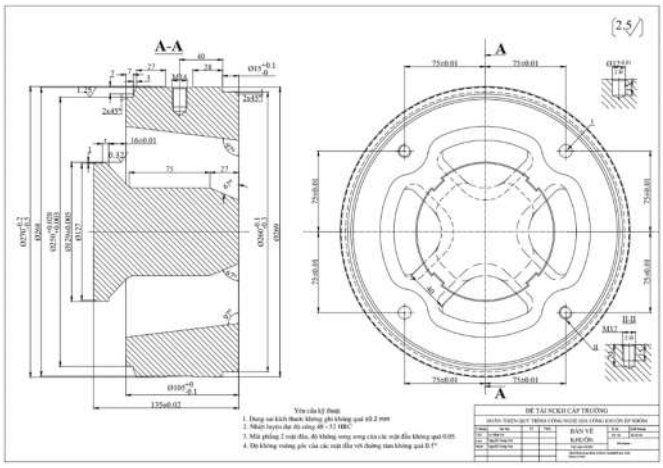


Hình 13. Vận tốc dòng chảy mô phỏng lần cuối

Kết luận: Dòng chảy kim loại cân bằng là một trong những yếu tố quan trọng để đảm bảo chất lượng sản phẩm khi ép chảy. Do vậy khi tiến hành tối ưu hóa kết cấu khuôn trước tiên phải thiết kế khuôn sao cho đảm bảo được sự cân bằng của dòng chảy.

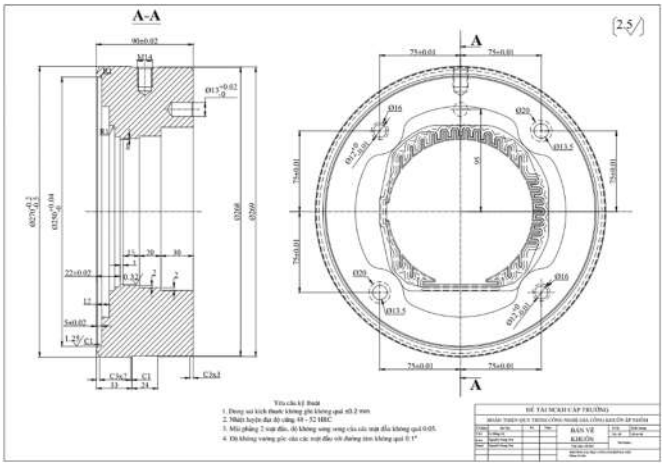
Căn cứ vào kết quả mô phỏng, ta thấy khuôn thiết kế đã đạt yêu cầu, không cần chỉnh sửa thiết kế nên chuyển sang công đoạn chế tạo.

2.4. Bản vẽ khuôn

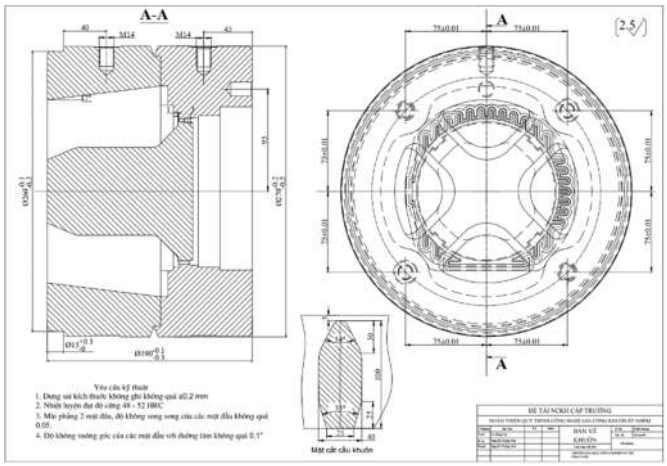


Hình 14. Mảnh khuôn BG

Hình 14 ÷ 16 lần lượt là bản vẽ mảnh khuôn BG, mảnh khuôn DIE, khuôn.



Hình 15. Mảnh khuôn DIE



Hình 16. Bản vẽ khuôn

3. CHẾ TẠO

Sau khi mô phỏng và có các bản vẽ hoàn chỉnh tiến hành chế tạo khuôn theo kích thước, thông số như bản vẽ thu được DIE và BG như hình 17, 18.

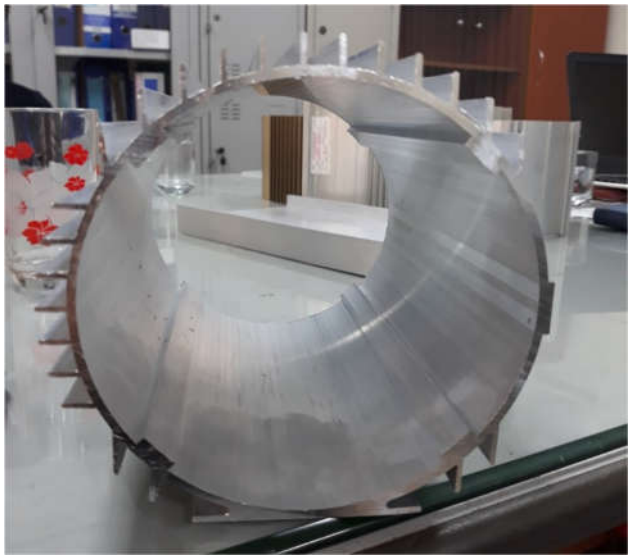
Hình 17. DIE sau khi chế tạo

Hình 18. BG sau khi chế tạo

4. ĐÙN THỬ KHUÔN

Sau khi chế tạo khuôn thành công ta tiến hành thử nghiệm đùn nhôm (hình 19), sản phẩm quá trình đun như hình 20.

Hình 19. Quá trình đùn



Hình 20. Sản phẩm sau đùn

Đánh giá: Qua việc đùn thử khuôn chúng ta có thể thấy sản phẩm khi đùn giống với quá trình mô phỏng. Phôi đùn ra sau khi xử lý ở bước cuối cùng đảm bảo các yêu cầu về kích thước hình học, độ nhám, chiều dày, độ cứng của chi tiết yêu cầu.

5. KẾT LUẬN

Qua quá nghiên cứu chúng ta đã tìm hiểu được tổng quan của ngành đùn ép nhôm, cách thiết kế và chế tạo của một bộ khuôn đùn nhôm. Kết quả nghiên cứu có thấy có thể giảm được chi phí thiết kế và chế tạo nhờ sử dụng phần mềm Qform để mô phỏng quá trình đùn nhôm.

- Khuôn đạt yêu cầu kĩ thuật của nhà máy.

- Sản phẩm đạt yêu cầu chính xác của nhà máy.

- Kết quả đùn thực tế cũng xấp xỉ chính xác như mô phỏng.

Qua việc đánh giá kết quả mô phỏng đã giúp cho người thiết kế không chỉ phát triển về mặt lý thuyết mà còn nhanh chóng tối ưu công nghệ. Số lần lặp lại quá trình thiết kế tùy thuộc vào kinh nghiệm của người thiết kế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Trọng Mai, Nguyễn Văn Thiện, Hoàng Tiến Dũng, 2016. *Xây dựng quy trình công nghệ thiết kế chế tạo khuôn ép chảy thanh hợp kim nhôm*. Đề tài NCKH cấp trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.

[2]. Nguyễn Đắc Lộc, Lê Văn Tiến, Ninh Đức Tôn, Trần Xuân Việt, 2006. *Sổ tay công nghệ chế tạo máy, tập 1, 2, 3*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.

[3]. Nguyễn Hữu Lộc. *Cơ sở thiết kế máy*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.

[4]. Bành Tiến Long, Trần Thế Lục, Trần Sỹ Túy. *Nguyên lý gia công vật liệu*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.