ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA CƠ KHÍ

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
CAPSTONE PROJECT

NGÀNH: CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO MÁY

ĐỀ TÀI:

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG KHUÔN CHO CHI TIẾT PHỨC TẠP
(PHẦN CHẾ TẠO, THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ)

Giảng viên hướng dẫn:	**TS. ĐỖ LÊ HƯNG TOÀN**
	PGS. TS. HOÀNG VĂN THẠNH
	KS. TÔ TẤN TRUNG DŨNG
Giảng viên phản biện:	**TS. PHẠM VĂN TRUNG**
Sinh viên thực hiện:	**HUỲNH HUY HOÀNG**
	MAI PHƯỚC ĐỨC
Số thẻ sinh viên:	**101210120**
	101210160
Lớp học phần:	**22.01**

Đà Nẵng, 06/2026

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA CƠ KHÍ

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
CAPSTONE PROJECT

NGÀNH: CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO MÁY

ĐỀ TÀI:

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG KHUÔN CHO CHI TIẾT PHỨC TẠP
(PHẦN CHẾ TẠO, THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ)

Giảng viên hướng dẫn:	**TS. ĐỖ LÊ HƯNG TOÀN**
	PGS. TS. HOÀNG VĂN THẠNH
	KS. TÔ TẤN TRUNG DŨNG
Giảng viên phản biện:	**TS. PHẠM VĂN TRUNG**
Sinh viên thực hiện:	**HUỲNH HUY HOÀNG**
	MAI PHƯỚC ĐỨC
Số thẻ sinh viên:	**101210120**
	101210160
Lớp học phần:	**22.01**

Đà Nẵng, 06/2026

NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN PHẢN BIỆN

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

TÓM TẮT

Đồ án nghiên cứu quá trình chế tạo, thực nghiệm và đánh giá hệ thống khuôn ép phun cho chi tiết nhựa phức tạp với đối tượng là hai sản phẩm Golf Tee và Golf Marker, trong đó chi tiết Golf Tee có hình dạng phức tạp với thân dài, tiết diện thay đổi, phần đầu nhiều cánh và vùng undercut, gây khó khăn cho quá trình tạo hình và thoát khuôn. Điểm nổi bật của hệ thống khuôn là cơ cấu slider hai tầng dùng để xử lý vùng undercut của Golf Tee. Cơ cấu này cho phép tách lần lượt phần tạo hình đầu nhiều cánh và phần lõi sâu của sản phẩm, từ đó hỗ trợ quá trình thoát khuôn ổn định, hạn chế biến dạng sản phẩm và nâng cao khả năng làm việc của bộ khuôn.

Trên cơ sở về phần thiết kế và kết quả phân tích số đã có, đồ án tiến hành phân tích phương án chế tạo, lập quy trình gia công các chi tiết chính, kiểm tra kích thước sau gia công, lắp ráp hoàn chỉnh hệ thống khuôn và thực nghiệm ép phun. Bộ khuôn còn được bố trí cơ cấu runner chuyển đổi nhằm cho phép ép riêng Golf Tee hoặc Golf Marker với 2 loại vật liệu khác nhau trên cùng một hệ thống khuôn. Quá trình thực nghiệm được thực hiện theo phương án ép thử để kiểm tra khả năng làm việc ban đầu của khuôn, sau đó sử dụng bộ thông số ép phun tối ưu kế thừa từ đề tài thiết kế và phân tích số. Bộ thông số này được xây dựng từ phương pháp sàng lọc Plackett–Burman và tối ưu bằng phương pháp bề mặt đáp ứng RSM kết hợp thiết kế Box–Behnken.

Sản phẩm sau ép được đánh giá thông qua ngoại quan, kích thước và độ cong vênh. Kết quả thực nghiệm cho phép kiểm chứng khả năng làm việc của hệ thống khuôn, đánh giá hiệu quả của cơ cấu slider hai tầng, cơ cấu runner chuyển đổi và mức độ phù hợp giữa kết quả mô phỏng với sản phẩm thực tế sau ép.

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG **TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA** **KHOA CƠ KHÍ**	**CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM** **Độc lập - Tự do - Hạnh phúc**

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Họ tên sinh viên: Huỳnh Huy Hoàng Số thẻ sinh viên: 101210120

Lớp: 21C1B Khoa: Cơ khí Ngành: Công nghệ Chế tạo máy

Họ tên sinh viên: Mai Phước Đức Số thẻ sinh viên: 101210160

Lớp: 21C1C Khoa: Cơ khí Ngành: Công nghệ Chế tạo máy

1. *Tên đề tài đồ án:*

Thiết kế, chế tạo, đánh giá hệ thống khuôn cho chi tiết phức tạp (phần chế tạo, thực nghiệm và đánh giá)

2. *Đề tài thuộc diện:* ☐ *Có ký kết thỏa thuận sỡ hữu trí tuệ đối với kết quả thực hiện*
3. *Các số liệu và dữ liệu ban đầu*
   - Bản vẽ: Golf Tee và Golf Marker.
   - Công nghệ sử dụng: ép phun nhựa.
   - Loại nhựa: PP cho Golf Tee; POM cho Golf Marker.
   - Điều kiện thiết bị: Khoa Cơ Khí + Doanh nghiệp.
   - Tài liệu về khuôn ép nhựa.
4. *Nội dung các phần thuyết minh và tính toán*
   - Chương 1: Tổng quan về hệ thống khuôn ép phun cho chi tiết phức tạp.
   - Chương 2: Phân tích phương án chế tạo hệ thống khuôn.
   - Chương 3: Quy trình chế tạo, kiểm tra và lắp ráp hệ thống khuôn.
   - Chương 4: Thực nghiệm ép phun.
   - Chương 5: Đánh giá sản phẩm sau ép và khả năng làm việc của hệ thống khuôn.
5. *Các bản vẽ, đồ thị:*
   - Bản vẽ chi tiết Golf Tee và Golf Marker: A3.
   - Bản vẽ gia công các chi tiết khuôn: A3
   - Bản vẽ lắp hệ thống khuôn ép phun: A0.
   - Bản vẽ nguyên công: A0.
6. *Họ tên người hướng dẫn:* TS. Đỗ Lê Hưng Toàn - PGS.TS. Hoàng Văn Thạnh
7. *Ngày giao nhiệm vụ đồ án:* 12/03/2026
8. *Ngày hoàn thành đồ án:* 19/6/2026

Đà Nẵng, ngày 19 tháng 6 năm 2026

Trưởng bộ môn	**Người hướng dẫn**

LỜI NÓI ĐẦU

Trong quá trình học tập tại Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng, chúng em đã được trang bị các kiến thức cơ sở và chuyên ngành về công nghệ chế tạo máy, thiết kế cơ khí, gia công cơ khí chính xác, công nghệ khuôn mẫu và công nghệ ép phun nhựa. Đồ án tốt nghiệp là cơ hội để chúng em vận dụng tổng hợp kiến thức đã học vào một đề tài cụ thể, gắn liền với thực tiễn thiết kế, chế tạo, lắp ráp, thử nghiệm và đánh giá hệ thống khuôn ép phun.

Đề tài **"Thiết kế, chế tạo và đánh giá hệ thống khuôn cho chi tiết phức tạp"** được thực hiện với trọng tâm là **phần chế tạo, thực nghiệm và đánh giá** hệ thống khuôn. Trên cơ sở kế thừa kết quả thiết kế, nhóm tập trung vào các nội dung chính như lập quy trình công nghệ gia công, kiểm tra sau gia công, lắp ráp hệ thống khuôn, ép thử thực nghiệm và đánh giá chất lượng sản phẩm sau ép. Đây là những nội dung có ý nghĩa thực tiễn, giúp chúng em tiếp cận gần hơn với quy trình triển khai một bộ khuôn từ bản vẽ thiết kế đến sản phẩm thực tế.

Trong quá trình thực hiện đồ án, chúng em đã gặp nhiều khó khăn liên quan đến độ chính xác của chi tiết khuôn, khả năng lắp ghép giữa các cụm cơ cấu, hoạt động của cơ cấu trượt, quá trình thử khuôn và đánh giá sản phẩm sau ép. Tuy nhiên, thông qua quá trình nghiên cứu, trao đổi, gia công, lắp ráp và thực nghiệm, chúng em đã có điều kiện củng cố kiến thức chuyên môn, rèn luyện tư duy kỹ thuật, kỹ năng xử lý vấn đề và tác phong làm việc trong lĩnh vực cơ khí chế tạo khuôn mẫu.

Chúng em xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến **TS. Đỗ Lê Hưng Toàn**, **PGS.TS. Hoàng Văn Thạnh** và **KS. Tô Tấn Trung Dũng** đã tận tình hướng dẫn, góp ý và định hướng cho chúng em trong suốt quá trình thực hiện đồ án tốt nghiệp. Chúng em cũng xin chân thành cảm ơn quý thầy cô trong Khoa Cơ khí đã truyền đạt kiến thức, tạo điều kiện học tập và hỗ trợ chúng em hoàn thành đề tài. Bên cạnh đó, chúng em xin trân trọng cảm ơn **Công ty Minh Thịnh Lợi** và **Công ty TNHH Châu Đà** đã quan tâm, hỗ trợ, góp ý kỹ thuật và tạo điều kiện thuận lợi trong quá trình triển khai đồ án.

Do thời gian thực hiện có hạn, kinh nghiệm thực tế và khả năng chuyên môn còn hạn chế nên đồ án khó tránh khỏi thiếu sót. Chúng em rất mong nhận được sự góp ý của quý thầy cô và các đơn vị hỗ trợ để đồ án được hoàn thiện hơn, đồng thời giúp chúng em tích lũy thêm kinh nghiệm cho quá trình học tập và làm việc sau này.

Chúng em xin chân thành cảm ơn!

CAM ĐOAN

Tên đề tài:

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG KHUÔN CHO CHI TIẾT PHỨC TẠP (PHẦN CHẾ TẠO, THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ)

Giảng viên hướng dẫn:	**TS. Đỗ Lê Hưng Toàn**
	PGS.TS. Hoàng Văn Thạnh
	KS. Tô Tấn Trung Dũng
Giảng viên phản biện:	**TS. Phạm Văn Trung**
Họ tên sinh viên:	**Huỳnh Huy Hoàng**
	Mai Phước Đức
Mã số sinh viên:	**101210120**
	101210160
Lớp:	**21C1B**
	21C1C

Lời cam kết: "Chúng em xin cam đoan đồ án tốt nghiệp này là công trình do chính nhóm chúng em nghiên cứu, thực hiện và hoàn thành dưới sự hướng dẫn của giảng viên hướng dẫn. Các nội dung trình bày trong đồ án, bao gồm quá trình chế tạo, kiểm tra, lắp ráp, thực nghiệm ép phun và đánh giá hệ thống khuôn được thực hiện một cách trung thực. Những tài liệu, số liệu và kết quả kế thừa từ các nguồn khác đều được sử dụng đúng mục đích và có ghi nhận nguồn gốc rõ ràng. Nếu có bất kỳ sự vi phạm nào, nhóm chúng em xin chịu hoàn toàn trách nhiệm".

Đà Nẵng, ngày 19 tháng 6 năm 2026

Sinh viên thực hiện

(Chữ ký, họ và tên sinh viên)

Huỳnh Huy Hoàng **Mai Phước Đức**

MỤC LỤC

TÓM TẮT

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

LỜI NÓI ĐẦU ..... **i**

CAM ĐOAN ..... **ii**

MỤC LỤC ..... **iii**

DANH SÁCH CÁC BẢNG, HÌNH VẼ VÀ SƠ ĐỒ ..... **vii**

DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT ..... **xiii**

MỞ ĐẦU **1**

Chương 1: TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG KHUÔN ÉP PHUN CHO CHI TIẾT PHỨC TẠP **2**

1.1. Tổng quan về công nghệ ép phun nhựa **2**

1.1.1. Khái niệm và nguyên lý công nghệ ép phun 2

1.1.2. Các thông số công nghệ ảnh hưởng đến quá trình ép phun 3

1.1.3 Vai trò của công nghệ ép phun 4

1.2. Tổng quan về hệ thống khuôn ép phun **5**

1.2.1. Kết cấu chung và các hệ thống chức năng của khuôn ép phun 5

1.2.2. Phân loại khuôn ép phun 7

1.3. Khuôn ép phun cho chi tiết nhựa phức tạp **10**

1.3.1. Phạm vi ứng dụng của khuôn ép phun cho chi tiết nhựa kỹ thuật 10

1.3.2. Đặc điểm của chi tiết nhựa phức tạp và yêu cầu đối với khuôn 10

1.3.3. Phân tích đặc điểm hai chi tiết Golf Tee và Golf Marker trong đề tài 12

1.3.4. Yêu cầu đặt ra đối với hệ thống khuôn ép phun trong đề tài 15

1.3.5. Cơ sở kiểm chứng khuôn sau chế tạo 16

1.4. Nhận xét tổng quan và định hướng thực hiện đề tài **16**

1.4.1. Tình hình nghiên cứu và ứng dụng liên quan 16

1.4.2. Nhận xét từ tổng quan và khoảng trống kỹ thuật 17

Chương 2: PHÂN TÍCH PHƯƠNG ÁN CHẾ TẠO 18
2.1. Phân loại nhóm các chi tiết trong hệ thống khuôn 18
2.1.1. Nhóm chi tiết chế tạo.....18
2.1.2. Nhóm chi tiết linh kiện tiêu chuẩn 19
2.1.3. Nhóm chi tiết tiêu chuẩn cần gia công thêm 21
2.2. Phân tích và lựa chọn phương án gia công 23
2.2.1 Cụm slider 23
2.2.2 Cụm cố định 30
2.2.3 Cụm di động 35
2.3. Điều kiện chế tạo: thiết bị, vật liệu và phôi. 42
2.3.1 Thiết bị gia công.....42
2.3.2 Vật liệu chế tạo khuôn và chuẩn bị phôi 44
2.3.3 Thiết bị đo kiểm.....48
Chương 3: QUY TRÌNH CHẾ TẠO, KIỂM TRA VÀ LẮP RÁP HỆ THỐNG KHUÔN 49
3.1. Quy trình tổng quát chế tạo hệ thống khuôn 49
3.2. Lập quy trình công nghệ gia công các chi tiết khuôn.....49
3.2.1. Quy trình gia công chi tiết cavity 49
3.2.2. Quy trình gia công chi tiết core 69
3.2.3. Quy trình gia công chi tiết Outsert - Tee.....75
3.2.4. Quy trình gia công chi tiết Insert - Tee 78
3.2.5. Quy trình gia công chi tiết khối trượt 81
3.2.6. Quy trình gia công chi tiết Runner OFF-ON.....84
3.2.7. Quy trình gia công chi tiết Insert Marker 86
3.2.8 Quy trình gia công đế bắt vít nhún runner OFF-ON 87
3.2.9 Quy trình gia công chi tiết khóa khuôn 89
3.3 Lập trình và mô phỏng gia công 91
3.3.1. Tổng quan về phần mềm Creo trong lập trình gia công CNC.....91
3.3.2. Quy trình lập trình và mô phỏng gia công tấm core trên Creo.....92

3.4. Kiểm tra kích thước sau gia công 101
3.4.1. Phương pháp đo kiểm.....101
3.4.2. Kết quả kiểm tra lòng khuôn và lõi khuôn 101
3.5. Lắp ráp hệ thống khuôn.....103
3.5.1. Chuẩn bị trước lắp ráp 103
3.5.2. Quy trình lắp ráp hệ thống khuôn.....103
3.5.3. Tổng hợp lỗi khi lắp ráp 110
Chương 4. THỰC NGHIỆM ÉP PHUN.....114
4.1. Điều kiện thiết bị và vật liệu sử dụng trong thực nghiệm.....114
4.1.1. Máy ép phun 114
4.1.2. Vật liệu 115
4.2. Trình tự gá khuôn và vận hành máy ép 115
4.2.1. Trình tự gá khuôn 115
4.2.2. Các bước vận hành ép phun 117
4.3. Phân tích và lựa chọn phương án thực nghiệm ép phun 119
4.3.1. Ép phun thực nghiệm theo phương pháp thử sai.....119
4.3.2. Ép phun thực nghiệm theo bộ thông số tối ưu kế thừa từ mô phỏng 127
4.3.3. So sánh và lựa chọn phương án thực nghiệm.....131
Chương 5: ĐÁNH GIÁ SẢN PHẨM SAU ÉP VÀ KHẢ NĂNG LÀM VIỆC CỦA HỆ THỐNG KHUÔN 132
5.1. Đánh giá ngoại quan sản phẩm sau ép 132
5.2. Đánh giá kích thước sản phẩm sau ép 133
5.2.1. Cơ sở đánh giá kích thước 133
5.2.2. Kết quả kiểm tra kích thước sản phẩm Golf Tee.....134
5.2.3. Kết quả kiểm tra kích thước sản phẩm Golf Marker.....135
5.3. Đánh giá độ cong vênh của sản phẩm Golf Tee sau ép 136
5.3.1. Mục đích kiểm tra.....137
5.3.2. Cơ sở lựa chọn phương pháp mặt cắt đường tâm.....139
5.3.3. Quy trình thực hiện trên Geomagic Control X.....140

5.3.4. Kết quả 3D Compare scan-CAD 142
5.3.5. Tính toán sai lệch đường tâm từ S15 đến S67.....142
5.3.6. Đối chiếu với kết quả mô phỏng Moldex3D 145
5.3.7. Nhận xét chung.....146
5.4. Đánh giá khả năng làm việc của hệ thống khuôn.....146
KẾT LUẬN 148
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....149
PHỤ LỤC

DANH SÁCH CÁC BẢNG, HÌNH VẼ VÀ SƠ ĐỒ

Số hiệu	Tên bảng	Trang
Bảng 1.1	Chú thích các chi tiết chính trong kết cấu bộ khuôn ép phun	6
Bảng 1.2	Các nội dung chính cần kiểm chứng sau chế tạo khuôn	16
Bảng 2.1	Danh mục các chi tiết thuộc cụm phía cố định	18
Bảng 2.2	Danh mục các chi tiết thuộc cụm phía di động	18
Bảng 2.3	Danh mục các chi tiết thuộc cụm slider	19
Bảng 2.4	Danh mục linh kiện tiêu chuẩn thuộc cụm pin đẩy	19
Bảng 2.5	Danh mục linh kiện tiêu chuẩn thuộc cụm slider	20
Bảng 2.6	Danh mục linh kiện tiêu chuẩn thuộc phía di động	20
Bảng 2.7	Danh mục linh kiện tiêu chuẩn thuộc phía cố định	21
Bảng 2.8	Danh mục chi tiết tiêu chuẩn cần gia công thêm thuộc bộ vỏ khuôn	22
Bảng 2.9	Danh mục chốt đẩy tiêu chuẩn cần gia công thêm	22
Bảng 2.10	Bảng tra vật liệu chế tạo khuôn.	45
Bảng 2.11	Thông số thép HPM1	45
Bảng 2.12	Thông số thép C45	46
Bảng 2.13	Thông số thép S50C	46
Bảng 2.14	Kích thước phôi	46
Bảng 2.15	Thiết bị kiểm tra phôi và chi tiết sau gia công	48
Bảng 3.1	Phiếu công nghệ gia công CNC chi tiết tấm core.	71
Bảng 3.2	Phiếu công nghệ gia công chi tiết Outsert – Tee.	76
Bảng 3.2	Phiếu công nghệ gia công chi tiết Insert – Tee.	79
Bảng 3.4	Phiếu công nghệ gia công chi tiết khối trượt.	82
Bảng 3.5	Phiếu công nghệ gia công CNC chi tiết Runner OFF-ON	85
Bảng 3.6	Phiếu công nghệ gia công CNC chi tiets Insert Marker	87
Bảng 3.7	Phiếu công nghệ gia công chi tiết chi đế bắt vít nhún runner off-on.	88
Bảng 3.8	Phiếu công nghệ gia công chi tiết khóa khuôn.	90
Bảng 3.9	Dụng cụ và nội dung chuẩn bị trước lắp ráp	103
Bảng 3.10	Quy trình lắp ráp hệ thống khuôn	104
Bảng 3.10	Tổng hợp lỗi khi lắp ráp	111

Bảng 4.1	Thông số kỹ thuật máy ép phun ENGEL victory 130/50 spex PRO	114
Bảng 4.2	Một số tính chất của vật liệu Moplen HP500N [15]	115
Bảng 4.3	Các bước lắp đặt khuôn lên máy ép [1]	116
Bảng 4.4	Bộ thông số ban đầu đề xuất cho ép thử T0	121
Bảng 4.5	Một số lỗi phát sinh trong quá trình ép thử T0 và biện pháp khắc phục	122
Bảng 4.6	Nguyên tắc hiệu chỉnh thông số trong quá trình ép thử T0 [1]	124
Bảng 4.7	Quá trình hiệu chỉnh trong phương pháp thử sai	125
Bảng 4.8	Bộ thông số ép ổn định sau quá trình thử sai	126
Bảng 4.9	Kết quả mô phỏng độ cong vênh của bộ thông số sau thử sai.	127
Bảng 4.10	Bộ thông số ép phun theo phương án tối ưu từ mô phỏng	128
Bảng 4.11	Kết quả mô phỏng độ cong vênh của bộ thông số sau tối ưu.	128
Bảng 4.12	So sánh hai phương án thực nghiệm ép phun.	131
Bảng 5.1	Đánh giá ngoại quan sản phẩm sau ép	133
Bảng 5.2	Kết quả kiểm tra các kích thước chính của sản phẩm Golf Tee	134
Bảng 5.3	Kết quả kiểm tra các kích thước chính của sản phẩm Golf Marker	135
Bảng 5.4	Phân tích các phương pháp đánh giá độ cong vênh sản phẩm Golf Tee	136
Bảng 5.5	Thông tin kiểm tra mẫu bằng dữ liệu quét 3D.	137
Bảng 5.6	Quy trình đánh giá cong vênh đường tâm bằng dữ liệu scan 3D.	141
Bảng 5.7	Kết quả so sánh hình học toàn bề mặt giữa dữ liệu scan 3D và CAD.	142
Bảng 5.7	Kết quả tính sai lệch đường tâm khi lấy S15 làm gốc tham chiếu.	143
Bảng 5.8	Đối chiếu chỉ tiêu cong vênh giữa kết quả mô phỏng Moldex3D và kết quả quét 3D theo đường tâm.	145
Bảng 5.9	Đánh giá khả năng làm việc của hệ thống khuôn.	146

Số hiệu	Tên hình vẽ/sơ đồ	Trang
Hình 1.1	Sơ đồ nguyên lý công nghệ ép phun nhựa [17]	2
Hình 1.2	Chu trình ép phun nhựa [16]	3
Hình 1.3	Các yếu tố công nghệ ảnh hưởng đến sản phẩm nhựa [11]	3
Hình 1.4	Một số khuyết tật thường gặp trên sản phẩm ép phun [11]	4
Hình 1.5	Tạo hình sản phẩm trong khuôn ép phun	5
Hình 1.6	Kết cấu chung của một bộ khuôn ép phun [1]	6
Hình 1.7	Kết cấu khuôn 2 tấm [13]	8
Hình 1.8	Kết cấu khuôn 3 tấm [13]	9
Hình 1.9	Ví dụ các chi tiết nhựa nhỏ và phức tạp chế tạo bằng ép phun [23]	10
Hình 1.10	Minh họa vùng undercut cản trở hướng tháo khuôn chính [22].	11
Hình 1.11	Ví dụ cơ cấu slide dùng để giải phóng vùng undercut [22]	11
Hình 1.12	Mô hình 3D hai chi tiết Golf Tee và Golf Marker	12
Hình 1.13	Phần đầu sản phẩm Golf Tee	13
Hình 1.14	Phần thân sản phẩm Golf Tee	13
Hình 1.15	Sản phẩm Golf Marker	14
Hình 1.16	Cơ cấu slider hai tầng thoát undercut cho chi tiết Golf Tee.	15
Hình 1.17	Cơ cấu runner chuyển đổi khi ép Golf Tee và Golf Marker.	16
Hình 2.1	Kết cấu cụm slider thoát undercut cho chi tiết Golf Tee	23
Hình 2.2	Các bề mặt cần gia công của khối trượt	24
Hình 2.3	Hình ảnh 3D khối trượt	24
Hình 2.4	Các bề mặt cần gia công của chi tiết outsert tee	26
Hình 2.5	Hình ảnh 3D chi tiết outsert tee	27
Hình 2.6	Các bề mặt cần gia công của chi tiết insert tee	28
Hình 2.7	Hình ảnh 3D chi tiết insert tee	29
Hình 2.8	Các bề mặt cần gia công của tấm cavity	30
Hình 2.9	Hình ảnh 3D chi tiết tấm cavity	31
Hình 2.10	Các bề mặt cần gia công của Insert Marker	33
Hình 2.11	Hình ảnh 3D chi tiết Insert Marker.	33
Hình 2.14	Các bề mặt cần gia công của tấm core	35
Hình 2.15	Hình ảnh 3D chi tiết tấm core.	36
Hình 2.16	Các bề mặt cần gia công của Runner Off/On.	38
Hình 2.17	Hình ảnh 3D chi tiết Runner Off/On.	38
Hình 2.18	Các bề mặt cần gia công của chi tiết đế bắt vít nhún runner	40

	Off/On.	
Hình 2.19	Hình ảnh 3D chi tiết đế bắt vít nhún runner Off/On.	41
Hình 2.20	Máy tiện và phay truyền thống sử dụng.	42
Hình 2.21	Máy khoan và mài truyền thống sử dụng.	42
Hình 2.22	Layout máy Makino PS105.	43
Hình 2.23	Thông số máy Makino PS105.	43
Hình 2.24	Layout máy và thông số máy Sodick AG40L EDM.	44
Hình 2.25	Layout máy và thông số máy Sodick ALN400G wire cut EDM.	44
Hình 2.26	Kiểm tra phôi trước gia công	47
Hình 2.27	Một số thiết bị kiểm tra sử dụng trong quá trình chế tạo chi tiết khuôn.	48
Hình 3.1	Quy trình tổng quát chế tạo hệ thống khuôn	49
Hình 3.2	Các bề mặt cần gia công của tấm cavity.	50
Hình 3.3	Thông số dao MOLDINO [14]	52
Hình 3.4	Chế độ cắt [14]	52
Hình 3.5	Thông số dao MOLDINO [14]	53
Hình 3.6	Insert dao [14]	53
Hình 3.7	Thông số chế độ cắt [14]	54
Hình 3.8	Thông số dao MOLDINO [14]	55
Hình 3.9	Thông số chế độ cắt.	55
Hình 3.10	Thông số dao MOLDINO [14]	56
Hình 3.11	Thông số chế độ cắt [14]	56
Hình 3.12	Thông số dao MOLDINO [14]	57
Hình 3.13	Thông số chế độ cắt [14]	57
Hình 3.14	Thông số dao MOLDINO [14]	58
Hình 3.15	Insert dao [14]	59
Hình 3.16	Thông số chế độ cắt [14]	59
Hình 3.17	Thông số dao MOLDINO [14]	60
Hình 3.18	Thông số chế độ cắt [14]	61
Hình 3.19	Thông số dao MOLDINO [14]	62
Hình 3.20	Thông số chế độ cắt [14]	63
Hình 3.21	Thông số dao MOLDINO [14]	64
Hình 3.22	Thông số chế độ cắt [14]	64
Hình 3.23	Thông số dao MOLDINO [14]	65
Hình 3.24	Thông số chế độ cắt [14]	66

Hình 3.25	Thông số dao	67
Hình 3.26	Thông số dao MOLDINO [14]	68
Hình 3.27	Thông số chế độ cắt [14]	68
Hình 3.28	Các bề mặt cần gia công của chi tiết core.	69
Hình 3.29	Các bề mặt cần gia công của chi tiết outsert tee.	75
Hình 3.30	Các bề mặt cần gia công của chi tiết Insert tee.	78
Hình 3.31	Các bề mặt cần gia công của chi tiết khối trượt.	81
Hình 3.32	Các bề mặt cần gia công của chi tiết Insert tee.	84
Hình 3.33	Các bề mặt cần gia công của chi tiết Insert Marker.	86
Hình 3.34	Các bề mặt cần gia công của chi đế bắt vít nhún runner off-on.	88
Hình 3.35	Các bề mặt cần gia công của chi tiết khóa khuôn.	90
Hình 3.36	Chọn modul và hệ đơn vị	92
Hình 3.37	Gọi phôi	93
Hình 3.38	Thiết lập phôi	93
Hình 3.39	Thiết lập phôi	94
Hình 3.40	Thiết lập lượng dư gia công	94
Hình 3.41	Chọn máy gia công	95
Hình 3.42	Thiết lập máy gia công	95
Hình 3.43	Thiết lập gốc tọa độ	96
Hình 3.44	Xác định mặt phẳng lùi dao.	96
Hình 3.45	Chọn dao khoan tâm	97
Hình 3.46	Thiết lập Parameter và mô phỏng đường chạy dao	97
Hình 3.47	Mô phỏng gia công các bước còn lại LG1.	98
Hình 3.48	Mô phỏng gia công các bước LG2	100
Hình 3.49	Đo tọa độ 3 chiều CMM Hexagon GLOBAL series.	101
Hình 3.50	Báo cáo đo CMM của tấm cố định sau gia công.	102
Hình 3.51	Báo cáo đo CMM của tấm di động sau gia công.	102
Hình 3.52	Hình ảnh thực tế bộ khuôn sau lắp ráp.	110
Hình 4.1	Máy ép phun ENGEL Victory 130/50 [30]	114
Hình 4.2	Khuôn sau khi đã được gá lên máy	117
Hình 4.3	Quy trình ép phun theo phương pháp thử sai	120
Hình 4.4	Kết quả mô phỏng độ cong vênh của bộ thông số sau thử sai.	127
Hình 4.5	Kết quả mô phỏng độ cong vênh của bộ thông số sau tối ưu.	128
Hình 4.6	Quy trình ép phun thực nghiệm theo bộ thông số tối ưu.	129
Hình 4.7	Sản phẩm Golf Tee sau ép theo bộ thông số tối ưu.	130

Hình 5.1	Sản phẩm Golf Tee sau ép	132
Hình 5.2	Sản phẩm Golf Marker sau ép	132
Hình 5.3	Báo cáo kiểm tra kích thước sản phẩm Golf Tee	134
Hình 5.4	Báo cáo kiểm tra kích thước sản phẩm Golf Marker	134
Hình 5.5	Máy quét 3D cầm tay SCANTECH SIMSCAN 22 và quá trình thu nhận dữ liệu scan sản phẩm Golf Tee.	138
Hình 5.6	Dữ liệu quét 3D của sản phẩm Golf Tee sau xử lý trong Geomagic Control X.	139
Hình 5.7	Kết quả 3D Compare scan-CAD trong Geomagic Control X.	140
Hình 5.8	Tạo các mặt cắt song song với mặt nền để xác định đường tâm sản phẩm.	141
Hình 5.9	Đồ thị sai lệch đường tâm theo chiều cao sản phẩm.	144
Hình 5.10	Thành phần sai lệch ΔX và ΔY theo chiều cao sản phẩm.	144

DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu/viết tắt	Ý nghĩa
CAD	Computer-Aided Design – thiết kế có sự hỗ trợ của máy tính
CAM	Computer-Aided Manufacturing – lập trình/gia công có sự hỗ trợ của máy tính
CAE	Computer-Aided Engineering – phân tích kỹ thuật có sự hỗ trợ của máy tính
CNC	Computer Numerical Control – điều khiển số bằng máy tính
CMM	Coordinate Measuring Machine – máy đo tọa độ 3 chiều
EDM	Electrical Discharge Machining – gia công xung điện
Wire cut EDM	Gia công cắt dây bằng tia lửa điện
PP	Polypropylene – vật liệu nhựa dùng cho chi tiết Golf Tee
POM	Polyoxymethylene – vật liệu nhựa dùng cho chi tiết Golf Marker
RSM	Response Surface Methodology – phương pháp bề mặt đáp ứng
Box–Behnken	Thiết kế thí nghiệm Box–Behnken trong tối ưu hóa RSM
Plackett–Burman	Thiết kế thí nghiệm sàng lọc yếu tố ảnh hưởng
Runner	Kênh dẫn nhựa trong khuôn ép phun
Slider	Cơ cấu trượt dùng để thoát undercut
Undercut	Vùng cản trở thoát khuôn theo phương mở khuôn chính
Core	Lõi khuôn/khuôn dương
Cavity	Lòng khuôn/khuôn âm
Insert	Chi tiết lắp ghép tạo hình hoặc hỗ trợ trong khuôn
Mold trial	Quá trình thử khuôn sau chế tạo/lắp ráp
T0	Lần ép thử ban đầu theo bộ thông số khởi tạo
T1, T2, …	Các lần ép thử tiếp theo sau khi hiệu chỉnh thông số hoặc xử lý lỗi
HPM1	Thép khuôn sử dụng cho chi tiết khuôn trong đồ án
S50C	Thép carbon trung bình dùng trong chế tạo chi tiết/vỏ khuôn
C45	Thép carbon trung bình dùng trong chế tạo chi tiết cơ khí
HRC	Độ cứng Rockwell thang C
HB	Độ cứng Brinell
STT	Số thứ tự
SL	Số lượng

VT	Vị trí
ISO	International Organization for Standardization – Tổ chức Tiêu chuẩn hóa quốc tế
JIS	Japanese Industrial Standards – Tiêu chuẩn công nghiệp Nhật Bản
3D	Three-Dimensional – ba chiều
STEP	Standard for the Exchange of Product Data – định dạng trao đổi dữ liệu mô hình 3D
Moldex3D	Phần mềm mô phỏng quá trình ép phun nhựa
Geomagic Control X	Phần mềm xử lý và kiểm tra dữ liệu quét 3D
SIMSCAN 22	Máy quét 3D cầm tay dùng để thu nhận dữ liệu hình học sản phẩm
V/P	Velocity/Pressure switchover – vị trí chuyển từ điều khiển tốc độ phun sang điều khiển áp suất giữ
Δ	Sai lệch tổng hợp đường tâm
ΔX	Thành phần sai lệch đường tâm theo phương X
ΔY	Thành phần sai lệch đường tâm theo phương Y
S15, S67	Ký hiệu các mặt cắt dùng trong đánh giá sai lệch đường tâm
SP1, SP2	Ký hiệu mẫu sản phẩm đo kiểm

MỞ ĐẦU

Trong sản xuất sản phẩm nhựa kỹ thuật, khuôn ép phun giữ vai trò quan trọng trong việc bảo đảm năng suất, độ chính xác và chất lượng sản phẩm. Đối với các chi tiết có hình dạng phức tạp, đặc biệt là chi tiết có vùng undercut, bộ khuôn không chỉ cần tạo được hình dạng sản phẩm mà còn phải bảo đảm khả năng chế tạo, lắp ráp, đóng mở khuôn và thoát khuôn ổn định trong điều kiện thực tế. Vì vậy, việc chế tạo, thử nghiệm và đánh giá hệ thống khuôn sau thiết kế là cần thiết, có ý nghĩa thực tiễn trong đào tạo và nghiên cứu chế tạo khuôn ép nhựa.

Đề tài "Thiết kế, chế tạo và đánh giá hệ thống khuôn cho chi tiết phức tạp" được thực hiện cho hai sản phẩm Golf Tee và Golf Marker. Trong đó, Golf Tee có thân dài, phần đầu nhiều cánh và vùng undercut nên không thể thoát khuôn bằng phương án mở khuôn thông thường. Điểm kỹ thuật nổi bật của đề tài là ứng dụng cơ cấu slider hai tầng để thoát undercut cho Golf Tee, đồng thời tích hợp cơ cấu runner chuyển đổi nhằm cho phép ép riêng Golf Tee hoặc Golf Marker trên cùng một bộ khuôn.

Mục tiêu của đồ án là hiện thực hóa hệ thống khuôn sau thiết kế thông qua quá trình chế tạo, kiểm tra, lắp ráp và thực nghiệm ép phun. Trên cơ sở đó, đồ án đánh giá khả năng làm việc của các cụm chức năng trong khuôn như cụm cố định, cụm di động, cụm slider, hệ thống runner chuyển đổi và hệ thống đẩy. Chất lượng sản phẩm sau ép được kiểm tra thông qua ngoại quan, các kích thước chính và sai lệch hình học, đặc biệt là độ cong vênh của Golf Tee bằng dữ liệu quét 3D.

Đối tượng nghiên cứu là hệ thống khuôn ép phun cho sản phẩm Golf Tee và Golf Marker. Phạm vi đồ án tập trung vào phần chế tạo, thực nghiệm và đánh giá; các kết quả thiết kế tổng thể, mô phỏng dòng chảy và bộ thông số ép phun tối ưu được kế thừa từ phần thiết kế và phân tích số để phục vụ quá trình ép thực nghiệm và đối chiếu kết quả. Phương pháp thực hiện gồm phân tích bản vẽ thiết kế, phân loại chi tiết khuôn, lựa chọn phương án gia công, xây dựng quy trình công nghệ, đo kiểm sau gia công, lắp ráp khuôn, gá khuôn lên máy ép, thực nghiệm ép phun và đánh giá.

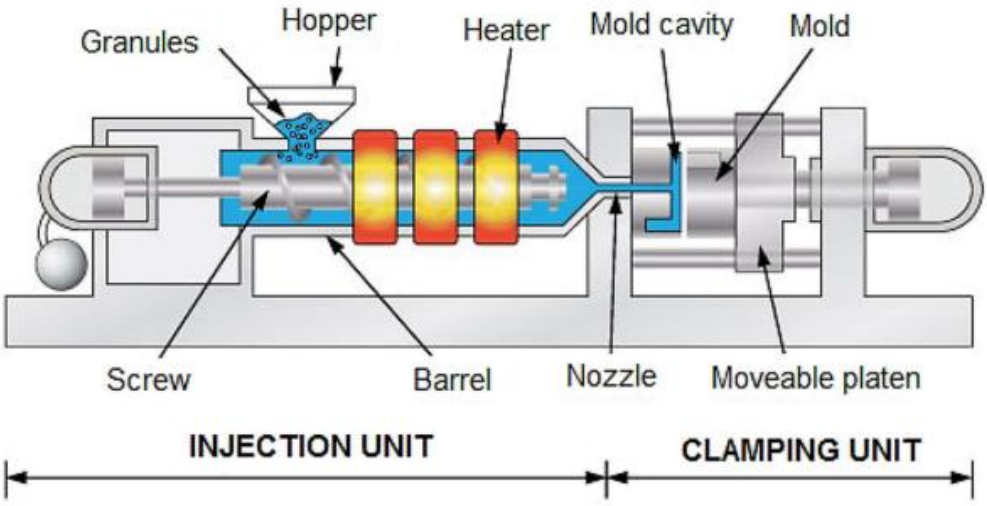
Nội dung đồ án gồm năm chương: tổng quan hệ thống khuôn ép phun cho chi tiết phức tạp; phân tích phương án chế tạo; quy trình chế tạo, kiểm tra và lắp ráp; thực nghiệm ép phun; đánh giá sản phẩm sau ép và khả năng làm việc của hệ thống khuôn.

Chương 1: TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG KHUÔN ÉP PHUN CHO CHI TIẾT PHỨC TẠP

1.1. Tổng quan về công nghệ ép phun nhựa

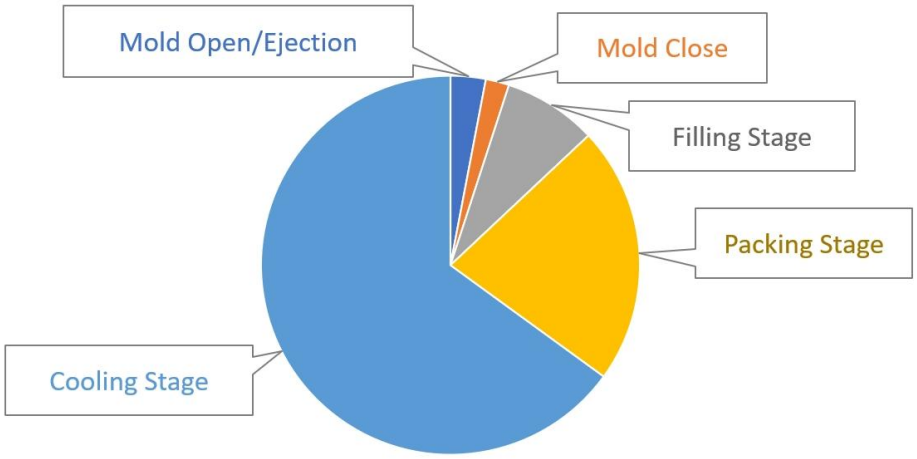
1.1.1. Khái niệm và nguyên lý công nghệ ép phun

Ép phun nhựa là một phương pháp tạo hình polymer được sử dụng rộng rãi nhờ khả năng sản xuất sản phẩm có độ lặp lại cao, chu kỳ ngắn và phù hợp với sản xuất hàng loạt. Các tổng quan gần đây về công nghệ ép phun cũng cho thấy phương pháp này liên tục được cải tiến thông qua mô phỏng, điều khiển quá trình và các phương pháp khuôn tiên tiến [17]. Về nguyên lý, vật liệu nhựa dạng hạt được cấp vào cụm hóa dẻo, được gia nhiệt đến trạng thái nóng chảy, sau đó được trục vít đẩy vào lòng khuôn thông qua vòi phun, bạc cuống phun, kênh dẫn và cổng phun. Khi nhựa điền đầy lòng khuôn, quá trình giữ áp và làm nguội diễn ra trước khi khuôn mở và sản phẩm được đẩy ra khỏi khuôn [18].



Hình 1.1 Sơ đồ nguyên lý công nghệ ép phun nhựa [17]

Một chu trình ép phun cơ bản gồm các giai đoạn: đóng khuôn, phun nhựa, giữ áp, làm nguội, mở khuôn và đẩy sản phẩm. Trong đó, giai đoạn phun quyết định khả năng điền đầy lòng khuôn; giai đoạn giữ áp có nhiệm vụ bù co ngót; giai đoạn làm nguội quyết định lớn đến độ cứng khi lấy sản phẩm và mức độ ổn định kích thước sau ép. Các nghiên cứu về co ngót và cong vênh trong ép phun polymer đều xem các giai đoạn này là chuỗi quá trình nhiệt – cơ liên kết chặt chẽ, trong đó sai lệch ở một giai đoạn có thể ảnh hưởng đến hình dạng cuối cùng của sản phẩm [1].

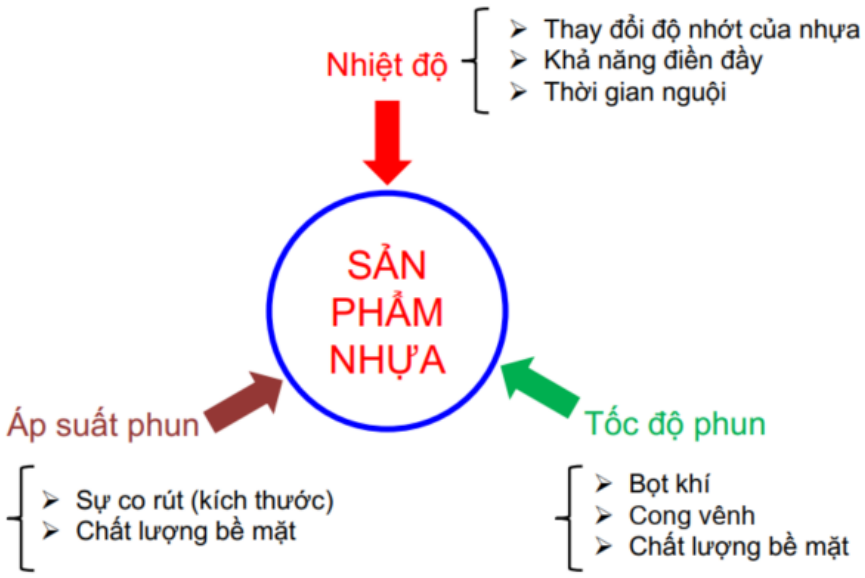


Hình 1.2 Chu trình ép phun nhựa [16]

Đối với đề tài này, chu trình ép phun không chỉ là cơ sở lý thuyết mà còn là cơ sở để kiểm chứng bộ khuôn sau chế tạo. Một hệ thống khuôn chỉ có thể được đánh giá đầy đủ khi được gá lên máy ép, vận hành qua chu trình ép thực tế, tạo ra sản phẩm và cho phép quan sát các hiện tượng như thiếu nhựa, bavia, dính khuôn, kẹt cơ cấu trượt hoặc biến dạng sản phẩm sau ép.

1.1.2. Các thông số công nghệ ảnh hưởng đến quá trình ép phun

Chất lượng sản phẩm ép phun chịu ảnh hưởng đồng thời bởi vật liệu, hình dạng sản phẩm, kết cấu khuôn, điều kiện làm mát và chế độ công nghệ. Trong đó, các thông số có thể hiệu chỉnh trực tiếp trong quá trình ép thử gồm nhiệt độ nhựa, nhiệt độ khuôn, tốc độ phun, áp suất phun, áp suất giữ, thời gian giữ áp và thời gian làm nguội. Các nghiên cứu về co ngót và cong vênh cho thấy nhóm thông số nhiệt độ, áp suất phun, tốc độ phun có ảnh hưởng rõ đến sai lệch hình học của sản phẩm sau ép [27].



Hình 1.3 Các yếu tố công nghệ ảnh hưởng đến sản phẩm nhựa [11]

Theo tài liệu [11], nhiệt độ ảnh hưởng đến độ nhớt của nhựa, khả năng điền đầy và thời gian nguội; tốc độ phun có liên quan đến bọt khí, cong vênh và chất lượng bề mặt; áp suất phun ảnh hưởng đến co rút kích thước và chất lượng bề mặt [11]. Vì vậy, trong quá trình ép thử, các thông số này cần được điều chỉnh theo dấu hiệu lỗi quan sát được trên sản phẩm, thay vì thay đổi đồng thời nhiều thông số làm khó xác định nguyên nhân.

Các lỗi thường gặp khi thông số ép, kết cấu sản phẩm hoặc kết cấu khuôn chưa phù hợp gồm sai lệch kích thước, cong vênh, bọt khí, lõm bề mặt, phun thiếu, bavia, đường hàn, nếp nhăn, bong tróc, rạn nứt và cháy đen [11].



Hình 1.4 Một số khuyết tật thường gặp trên sản phẩm ép phun [11]

Đối với sản phẩm Golf Tee trong đề tài, thân sản phẩm dài, nhỏ, dạng côn và phần đầu có nhiều cánh nên quá trình điền đầy và làm nguội nhạy với sự thay đổi thông số ép. Do đó, các thông số như nhiệt độ nhựa, tốc độ phun, áp suất giữ và thời gian làm nguội cần được quan tâm khi ép thử nhằm hạn chế phun thiếu, co rút không đều và cong vênh sau khi tách sản phẩm khỏi khuôn.

1.1.3 Vai trò của công nghệ ép phun

Trong đề tài, công nghệ ép phun là cơ sở để đánh giá hiệu quả làm việc của bộ khuôn sau chế tạo. Một bộ khuôn chỉ được xem là đạt yêu cầu khi có khả năng lắp lên máy ép, điền đầy sản phẩm, tháo sản phẩm ổn định, hạn chế khuyết tật và tạo ra sản phẩm có kích thước, hình dạng, bề mặt phù hợp với yêu cầu kỹ thuật.

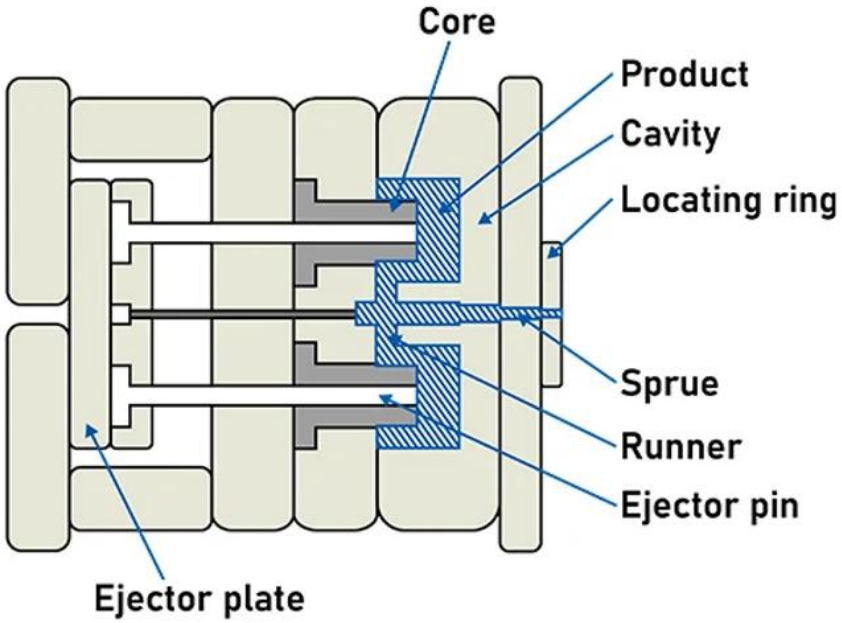
Do đó, việc hiểu rõ nguyên lý ép phun, chu trình ép và các thông số công nghệ là cơ sở để xây dựng quy trình thử khuôn, lựa chọn thông số ép ban đầu, đánh giá lỗi sản

phẩm và đưa ra phương án hiệu chỉnh khuôn hoặc hiệu chỉnh thông số công nghệ trong các chương sau.

1.2. Tổng quan về hệ thống khuôn ép phun

1.2.1. Kết cấu chung và các hệ thống chức năng của khuôn ép phun

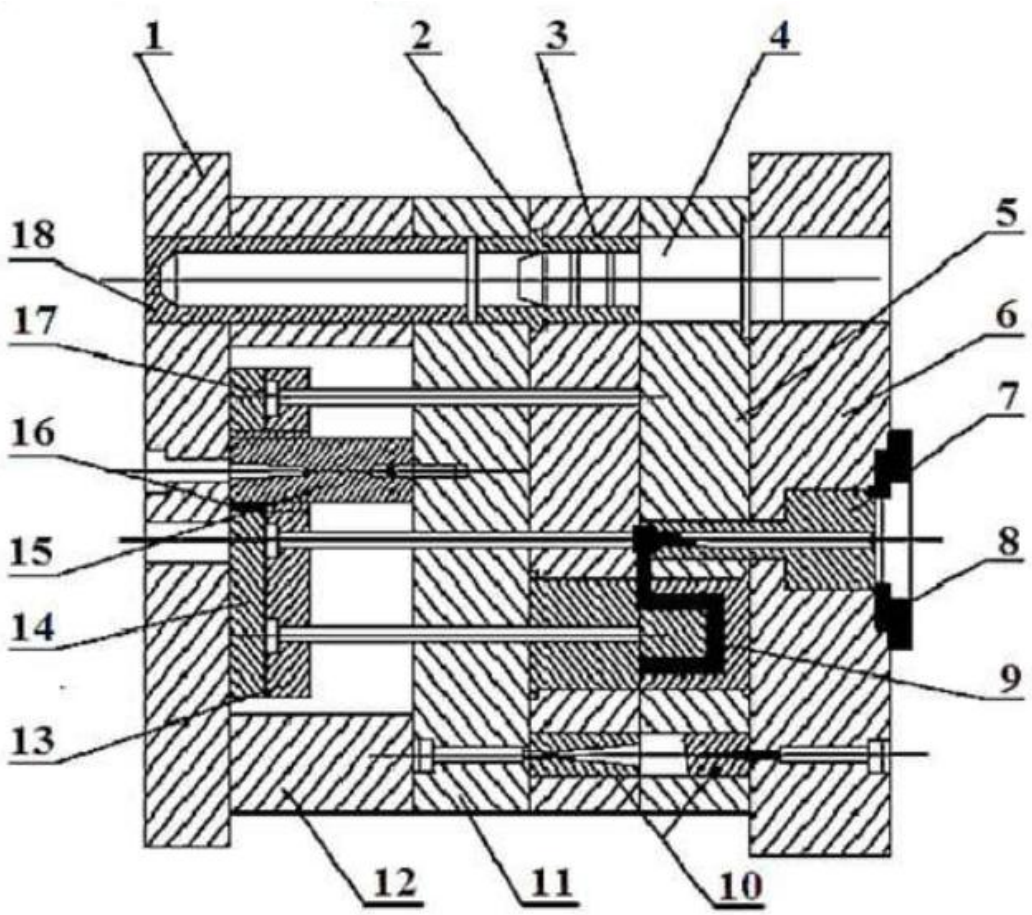
Khuôn ép phun là hệ thống dụng cụ dùng để tạo hình sản phẩm nhựa theo biên dạng lòng khuôn và lõi khuôn. Về cơ bản, khuôn gồm nửa khuôn cố định và nửa khuôn di động. Khi khuôn đóng, khoảng trống giữa cavity, core và các insert tạo thành hình dạng sản phẩm. Sau khi nhựa nóng chảy điền đầy và đông đặc, khuôn mở ra và sản phẩm được đẩy ra khỏi khuôn.



Hình 1.5 Tạo hình sản phẩm trong khuôn ép phun

Một bộ khuôn ép phun thường gồm các hệ thống chức năng chính: hệ thống tạo hình, hệ thống dẫn nhựa, hệ thống làm mát, hệ thống đẩy, hệ thống dẫn hướng – định vị và các cơ cấu phụ. Hệ thống tạo hình quyết định hình dạng sản phẩm. Hệ thống dẫn nhựa quyết định đường đi của dòng vật liệu. Hệ thống làm mát ảnh hưởng đến thời gian chu kỳ, co ngót và cong vênh. Hệ thống đẩy ảnh hưởng đến khả năng lấy sản phẩm ra khỏi khuôn mà không gây biến dạng.

Đối với chi tiết đơn giản, các hệ thống trên có thể bố trí theo kết cấu khuôn hai tấm thông thường. Tuy nhiên, khi sản phẩm có undercut hoặc vùng khó thoát khuôn, khuôn phải tích hợp cơ cấu phụ như slider hoặc lifter. Điều này làm cho hệ thống khuôn trở thành một tổ hợp cơ khí có yêu cầu cao về độ chính xác chế tạo và lắp ráp.



Hình 1.6 Kết cấu chung của một bộ khuôn ép phun [1]

Bảng 1.1 Chú thích các chi tiết chính trong kết cấu bộ khuôn ép phun

STT	Tên chi tiết	Chức năng
1	Tấm kẹp sau	Liên kết và cố định nửa khuôn di động với bàn máy ép.
2	Bạc dẫn hướng	Dẫn hướng cho chốt dẫn hướng, giúp hai nửa khuôn đóng mở chính xác.
3	Tấm khuôn dương	Chứa phần lõi khuôn, tạo hình phía trong hoặc phần lồi của sản phẩm.
4	Chốt dẫn hướng	Dẫn hướng chuyển động đóng mở khuôn, đảm bảo khuôn âm và khuôn dương ăn khớp đúng vị trí.
5	Tấm khuôn âm	Chứa lòng khuôn, tạo hình bề mặt ngoài hoặc phần lõm của sản phẩm.
6	Tấm kẹp trước	Cố định nửa khuôn cố định với bàn máy ép phía vòi phun.
7	Bạc cuống phun	Dẫn nhựa nóng chảy từ vòi phun máy ép vào hệ thống kênh dẫn của khuôn.
8	Vòng định vị	Định tâm khuôn với vòi phun của máy ép, đảm bảo bạc

		cuống phun trùng tâm với đầu phun.
9	Sản phẩm	Chi tiết nhựa được tạo hình trong lòng khuôn sau quá trình ép phun.
10	Bộ định vị	Đảm bảo vị trí tương quan giữa các cụm khuôn, hỗ trợ quá trình lắp ráp và đóng khuôn chính xác.
11	Tấm đỡ	Đỡ tấm khuôn dương hoặc các cụm tạo hình, tăng độ cứng vững cho bộ khuôn.
12	Khối đỡ	Tạo khoảng trống cho hệ thống đẩy hoạt động và đỡ cụm khuôn phía di động.
13	Tấm giữ	Giữ cố định các chốt đẩy hoặc chi tiết phụ trợ trong hệ thống đẩy.
14	Tấm đẩy	Truyền chuyển động để đẩy các chốt đẩy, giúp lấy sản phẩm ra khỏi khuôn.
15	Chốt đỡ	Đỡ và tăng cứng cho các tấm khuôn, hạn chế biến dạng khi chịu áp suất ép.
16	Bạc dẫn hướng	Dẫn hướng cho các chốt trong hệ thống đóng mở hoặc hệ thống đẩy, giảm mài mòn khi làm việc.
17	Chốt hồi về	Đưa hệ thống đẩy trở về vị trí ban đầu khi khuôn đóng lại.
18	Bạc mở rộng	Bạc phụ trợ dùng để dẫn hướng, định vị hoặc tạo vị trí lắp ghép cho các chi tiết chốt trong khuôn.

1.2.2. Phân loại khuôn ép phun

Khuôn ép phun có thể được phân loại theo nhiều tiêu chí khác nhau tùy theo kết cấu khuôn, hệ thống dẫn nhựa, số tầng lòng khuôn và yêu cầu tạo hình sản phẩm. Một số cách phân loại thường gặp gồm:

Theo số tầng lòng khuôn:

- Khuôn một tầng.
- Khuôn nhiều tầng.

Theo loại kênh dẫn nhựa:

- Khuôn dùng kênh dẫn nguội.
- Khuôn dùng kênh dẫn nóng.

Theo kết cấu và cách bố trí kênh dẫn:

- Khuôn hai tấm.

- Khuôn ba tấm.

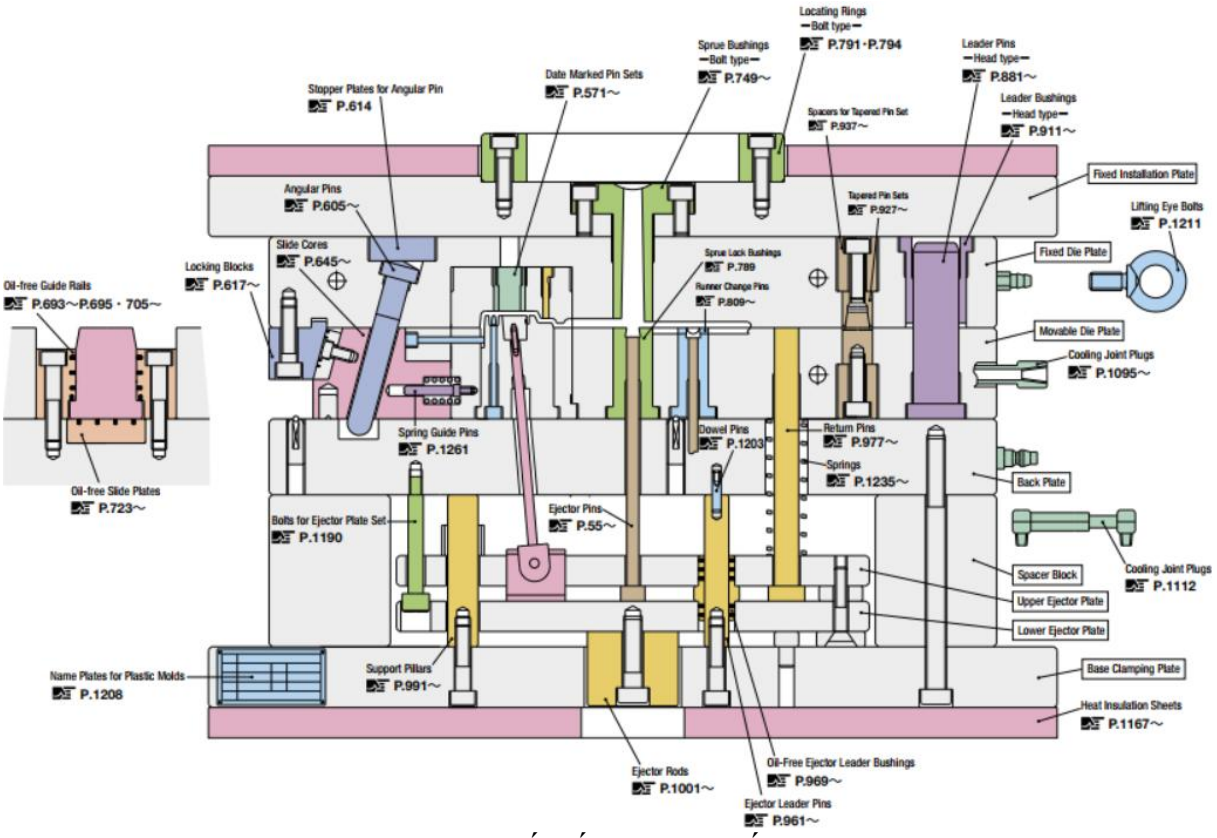
Theo số màu nhựa tạo ra sản phẩm:

- Khuôn cho sản phẩm một màu.
- Khuôn cho sản phẩm nhiều màu.

Trong thực tế, các loại khuôn ép phun thường gặp gồm: khuôn hai tấm, khuôn ba tấm, khuôn kênh dẫn nóng, khuôn nhiều tầng và khuôn nhiều màu.

1.2.2.1 Khuôn 2 tấm

Khuôn hai tấm là dạng khuôn có một mặt phân khuôn chính, chia bộ khuôn thành hai phần: nửa khuôn cố định và nửa khuôn di động. Khi khuôn mở, sản phẩm và kênh nhựa được lấy ra theo cùng một mặt phân khuôn.



Hình 1.7 Kết cấu khuôn 2 tấm [13]

Ưu điểm:

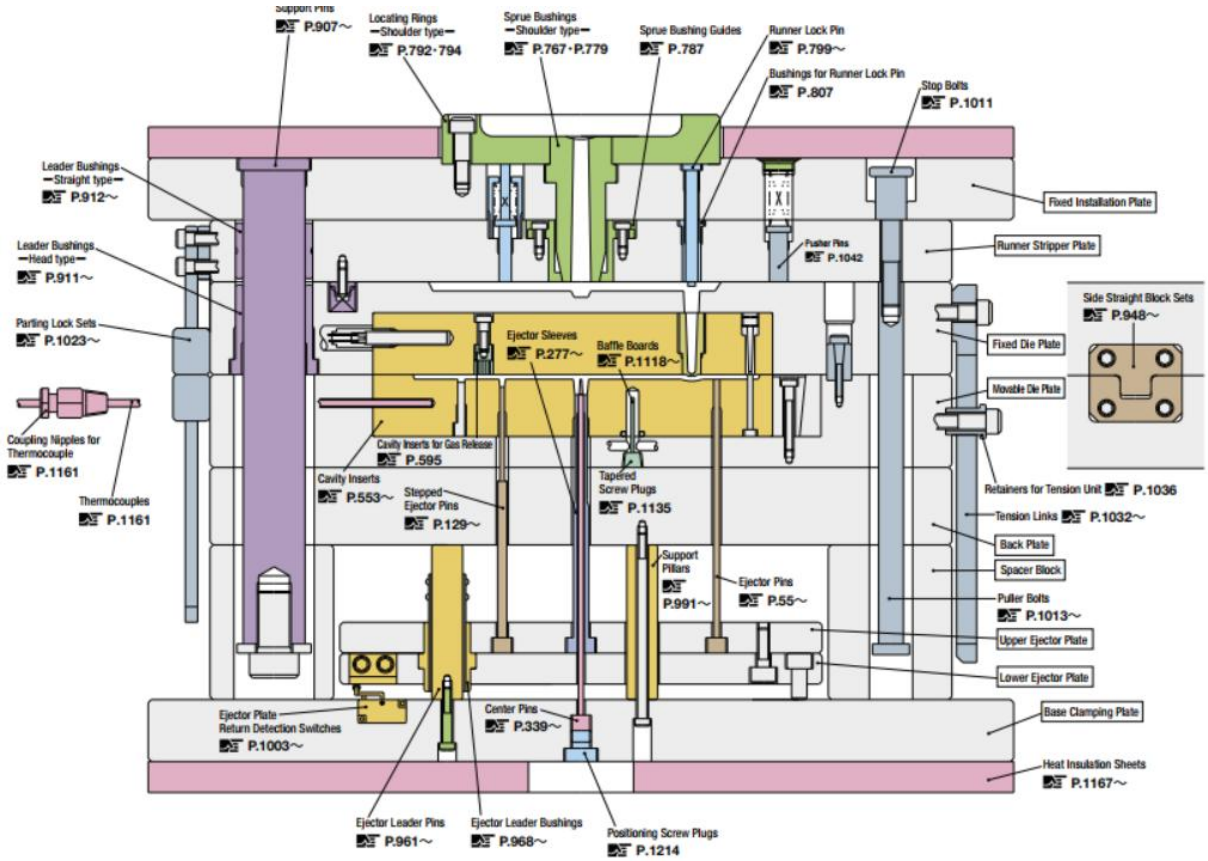
- Kết cấu đơn giản, dễ thiết kế và chế tạo.
- Giá thành chế tạo thấp hơn khuôn ba tấm hoặc khuôn kênh dẫn nóng.
- Dễ lắp ráp, bảo trì và sửa chữa.
- Phù hợp với nhiều sản phẩm nhựa thông dụng.

Nhược điểm:

- Vị trí bố trí cổng phun không linh hoạt bằng khuôn ba tấm.
- Với một số dạng cổng phun, runner có thể cần được tách hoặc cắt bỏ sau khi ép.
- Không phù hợp với mọi sản phẩm yêu cầu cổng phun điểm ở trung tâm.

1.2.2.2 Khuôn 3 tấm

Khuôn ba tấm là dạng khuôn có thêm một mặt mở khuôn so với khuôn hai tấm. Khi khuôn mở, hệ thống runner có thể được tách khỏi sản phẩm ở một khoảng mở riêng, sau đó sản phẩm được lấy ra ở khoảng mở còn lại. Vì vậy, khuôn ba tấm thường được sử dụng khi cần bố trí cổng phun điểm, cổng phun ở vị trí trung tâm hoặc cần tách kênh nhựa khỏi sản phẩm trong quá trình mở khuôn.



Hình 1.8 Kết cấu khuôn 3 tấm [13]

Ưu điểm:

- Dễ bố trí cổng phun điểm hoặc cổng phun ở vị trí trung tâm.
- Có thể tách runner khỏi sản phẩm trong quá trình mở khuôn.
- Phù hợp với sản phẩm cần nhiều cổng phun hoặc cần cân bằng dòng chảy tốt hơn.

Nhược điểm:

- Kết cấu phức tạp hơn khuôn hai tấm.
- Chi phí chế tạo, lắp ráp và bảo trì cao hơn.
- Khoảng cách dòng chảy từ vòi phun đến lòng khuôn có thể dài hơn, làm tăng tổn thất áp suất.
- Quá trình vận hành và hiệu chỉnh khuôn phức tạp hơn.

1.3. Khuôn ép phun cho chi tiết nhựa phức tạp

1.3.1. Phạm vi ứng dụng của khuôn ép phun cho chi tiết nhựa kỹ thuật

Khuôn ép phun được ứng dụng rộng rãi trong sản xuất các chi tiết nhựa kỹ thuật thuộc lĩnh vực ô tô, điện – điện tử, y tế, thiết bị tiêu dùng, thể thao và công nghiệp hỗ trợ. Các chi tiết này thường yêu cầu độ lặp lại cao, bề mặt ổn định và khả năng sản xuất hàng loạt. Với các chi tiết nhựa nhỏ nhưng có biên dạng phức tạp, ép phun cho phép tạo hình đồng thời nhiều đặc điểm hình học trong một chu kỳ, từ đó phù hợp với sản xuất hàng loạt và kiểm soát chất lượng [23].



Hình 1.9 Ví dụ các chi tiết nhựa nhỏ và phức tạp chế tạo bằng ép phun [23]

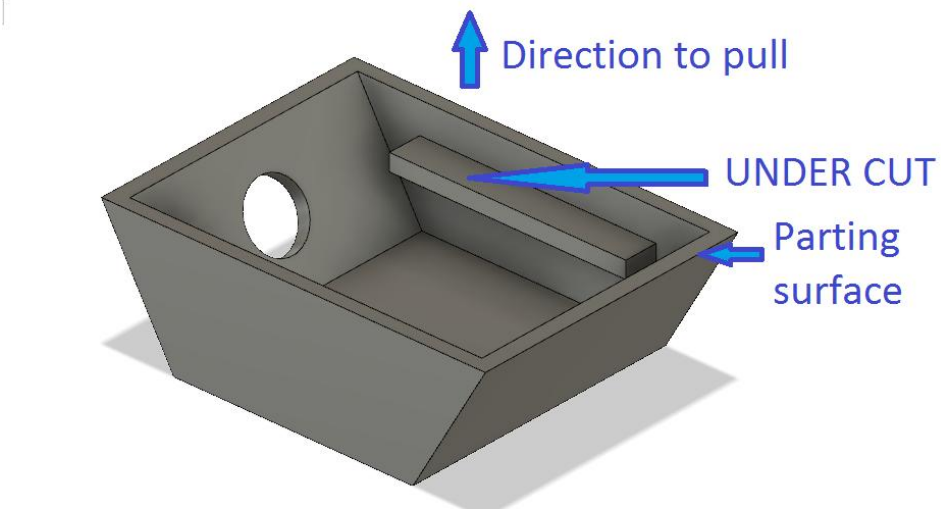
Tuy nhiên, khi chi tiết có thành mỏng, gân tăng cứng, hốc sâu, lỗ ngang, tiết diện thay đổi hoặc vùng undercut, yêu cầu đối với khuôn tăng lên đáng kể. Lúc này, khuôn không chỉ cần tạo đúng hình dạng mà còn phải đảm bảo khả năng điền đầy, thoát khí, làm mát, thoát khuôn và đẩy sản phẩm ổn định. Đây là cơ sở để xem khuôn ép phun cho chi tiết phức tạp như một hệ thống cơ khí – công nghệ hoàn chỉnh, không đơn thuần là một dụng cụ tạo hình.

1.3.2. Đặc điểm của chi tiết nhựa phức tạp và yêu cầu đối với khuôn

Trong thiết kế khuôn ép phun, chi tiết nhựa được xem là phức tạp khi hình dạng hoặc yêu cầu kỹ thuật của nó gây khó khăn cho một hoặc nhiều giai đoạn của chu trình

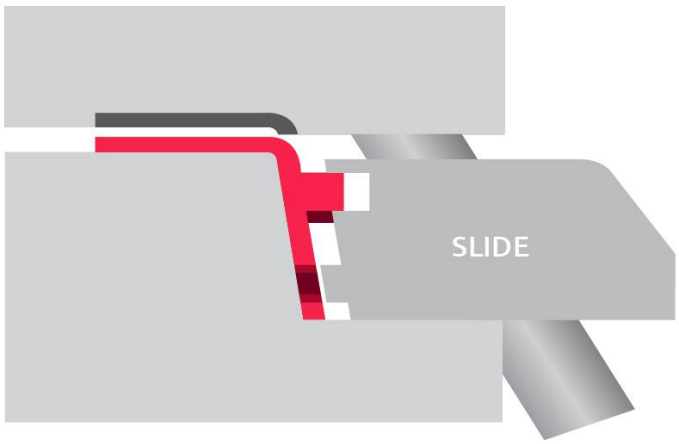
ép. Các khó khăn thường gặp gồm khó điền đầy do đường chảy dài hoặc thành mỏng, khó làm mát do chiều dày thay đổi, khó thoát khuôn do undercut hoặc lỗ ngang, và khó ổn định kích thước do co ngót, ứng suất dư hoặc cong vênh.

Undercut là một đặc điểm hình học làm sản phẩm không thể lấy ra trực tiếp theo phương mở khuôn chính. Khi sản phẩm có undercut, khuôn kéo thẳng thông thường không đủ khả năng tạo đúng hình dạng sản phẩm, tháo sản phẩm an toàn nếu không có cơ cấu phụ. UPM mô tả undercut là các phần lõm hoặc phần nhô khiến sản phẩm không thể đẩy trực tiếp ra khỏi khuôn [25]. Fictiv mô tả slider là cơ cấu thường dùng để giải phóng undercut bên ngoài, trong khi lifter thường phù hợp hơn với các undercut bên trong [43].



Hình 1.10 Minh họa vùng undercut cản trở hướng tháo khuôn chính [22].

Các cơ cấu này giúp mở rộng khả năng tạo hình của khuôn nhưng đồng thời làm tăng chi phí, yêu cầu gia công, yêu cầu lắp ráp và độ phức tạp vận hành.



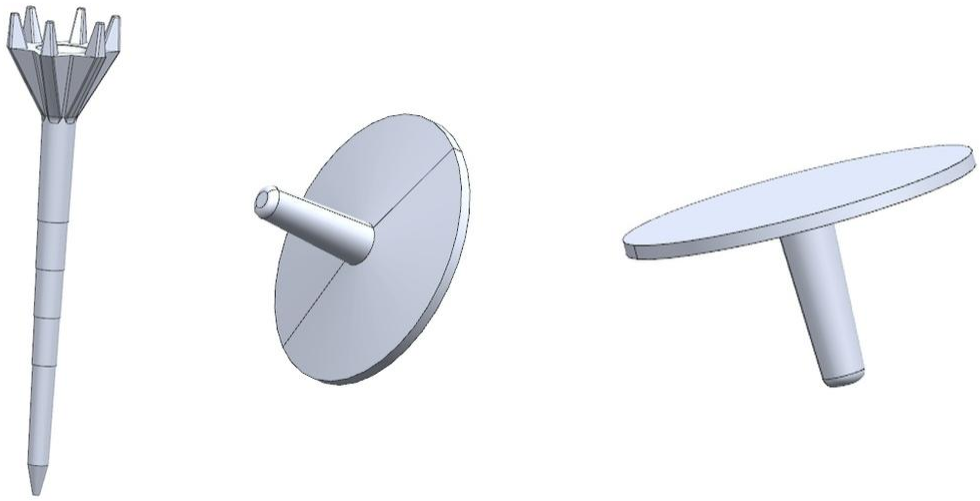
Hình 1.11 Ví dụ cơ cấu slide dùng để giải phóng vùng undercut [22]

Từ góc nhìn chế tạo, chi tiết phức tạp thường làm tăng số lượng bề mặt cần gia công chính xác, tăng số lượng chi tiết lắp ghép và yêu cầu kiểm tra nghiêm ngặt hơn

sau gia công. Từ góc nhìn vận hành, các cơ cấu phụ cần có hành trình chính xác, đủ cứng vững và không gây kẹt hoặc làm xước sản phẩm trong quá trình mở khuôn.

1.3.3. Phân tích đặc điểm hai chi tiết Golf Tee và Golf Marker trong đề tài

Trong đề tài, hệ thống khuôn được xây dựng để ép hai sản phẩm là Golf Tee và Golf Marker. Hai chi tiết đều có kích thước nhỏ nhưng khác nhau về hình dạng, vật liệu và yêu cầu thoát khuôn. Vì vậy, việc phân tích đặc điểm hình học của từng sản phẩm là cơ sở để xác định mức độ phức tạp của hệ thống khuôn.



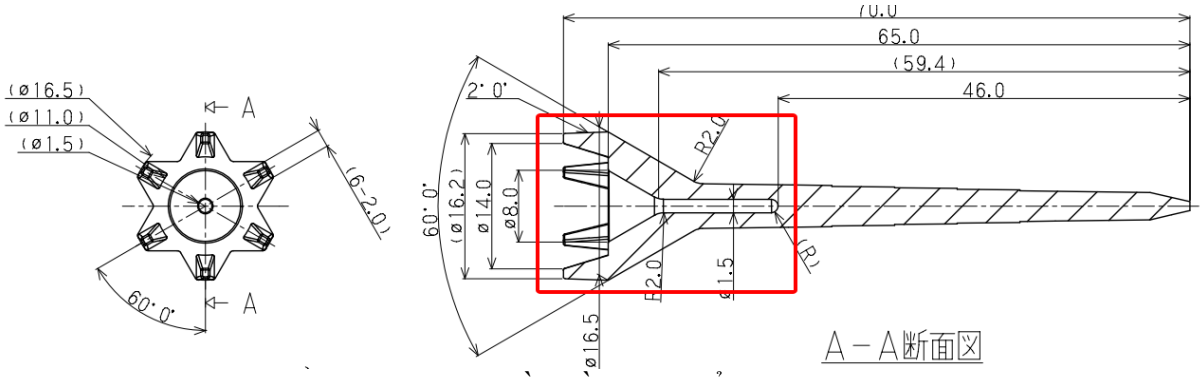
Hình 1.12 Mô hình 3D hai chi tiết Golf Tee và Golf Marker

1.3.3.1. Sản phẩm Golf Tee

Golf Tee là chi tiết chính tạo ra tính phức tạp của hệ thống khuôn. Sản phẩm có thân dài, đường kính nhỏ, tiết diện thay đổi theo chiều dài và phần đầu có nhiều cánh mỏng bố trí xung quanh. Các đặc điểm này ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng điền đầy, thoát khuôn, đẩy sản phẩm và mức độ cong vênh sau ép.

Phần đầu sản phẩm:

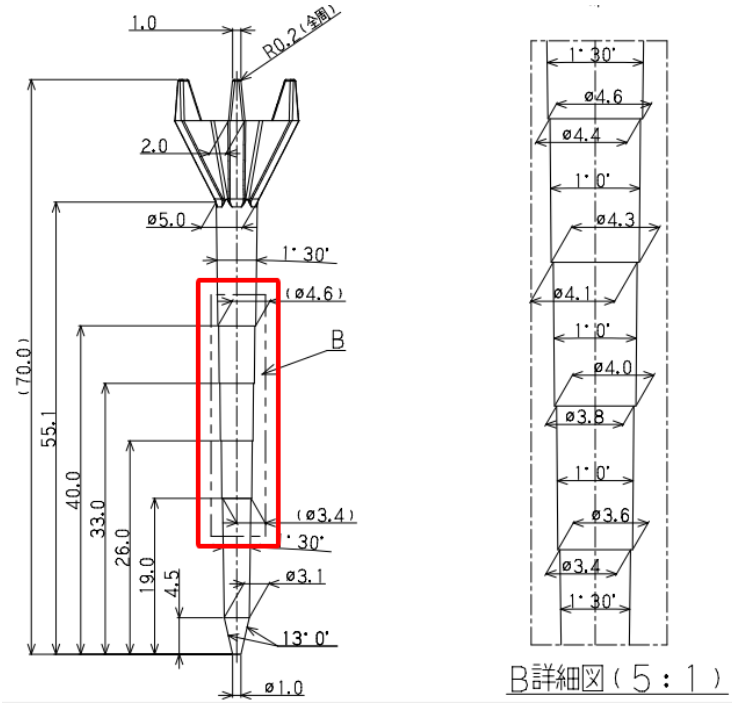
- Phần đầu Golf Tee là khu vực phức tạp nhất của chi tiết. Khu vực này gồm các cánh mỏng, rãnh hẹp giữa các cánh và các vùng lõm sâu. Do các cánh có kích thước nhỏ, khoảng hở hẹp và phân bố gần nhau nên dòng nhựa khó điền đầy đều vào toàn bộ vùng tạo hình.
- Ngoài ra, vùng đầu sản phẩm tạo ra đặc điểm hình học dạng undercut, làm sản phẩm không thể thoát trực tiếp theo phương mở khuôn chính. Nếu chỉ sử dụng kết cấu khuôn mở thẳng thông thường, sản phẩm có thể bị mắc lại, dính khuôn hoặc hư hỏng tại các cánh nhỏ. Vì vậy, vùng đầu Golf Tee là cơ sở chính để lựa chọn cơ cấu slider trong hệ thống khuôn.



Hình 1.13 Phần đầu sản phẩm Golf Tee

Phần thân sản phẩm:

- Phần thân Golf Tee có dạng dài, nhỏ và thay đổi đường kính theo chiều dài. Đặc điểm này làm tăng độ nhạy của sản phẩm đối với quá trình làm nguội và co ngót sau ép. Nếu điều kiện ép phun hoặc làm nguội không phù hợp, thân sản phẩm có thể bị cong, sai lệch hình dạng hoặc biến dạng khi đẩy ra khỏi khuôn.
- Bên cạnh đó, do thân sản phẩm có kích thước nhỏ nên việc bố trí hệ thống đẩy cần được xem xét để tránh gây cong, gãy hoặc để lại vết đẩy lớn trên sản phẩm. Vì vậy, đối với Golf Tee, các nội dung cần quan tâm không chỉ là tạo hình đúng biên dạng mà còn là khả năng thoát khuôn, đẩy sản phẩm và đánh giá độ cong vênh sau ép.

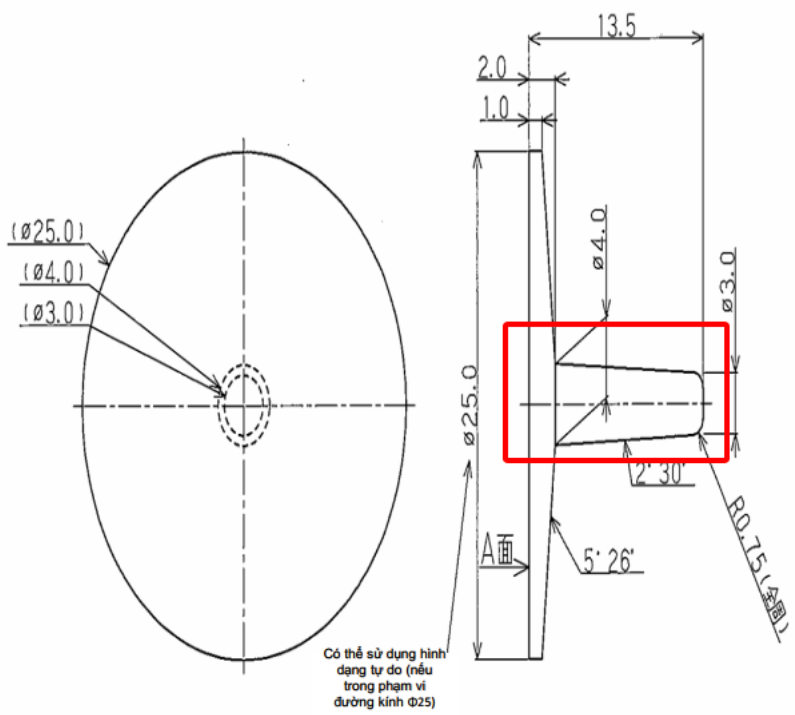


Hình 1.14 Phần thân sản phẩm Golf Tee

1.3.3.2. Sản phẩm Golf Marker

Golf Marker có hình dạng đơn giản hơn so với Golf Tee. Chi tiết có dạng đĩa tròn mỏng, kết hợp với phần trụ nhỏ ở giữa. Với dạng hình học này, Golf Marker không tạo ra yêu cầu phức tạp về cơ cấu thoát undercut như Golf Tee.

Tuy nhiên, do sản phẩm có dạng đĩa mỏng và bề mặt tương đối rộng, quá trình ép phun vẫn cần kiểm soát khả năng điền đầy, bavia ở mép sản phẩm, chất lượng bề mặt và biến dạng sau khi đẩy khỏi khuôn. Nếu vị trí cổng phun, chế độ ép hoặc hệ thống đẩy không phù hợp, sản phẩm có thể xuất hiện sai lệch bề mặt, cong nhẹ hoặc vết đẩy không mong muốn.



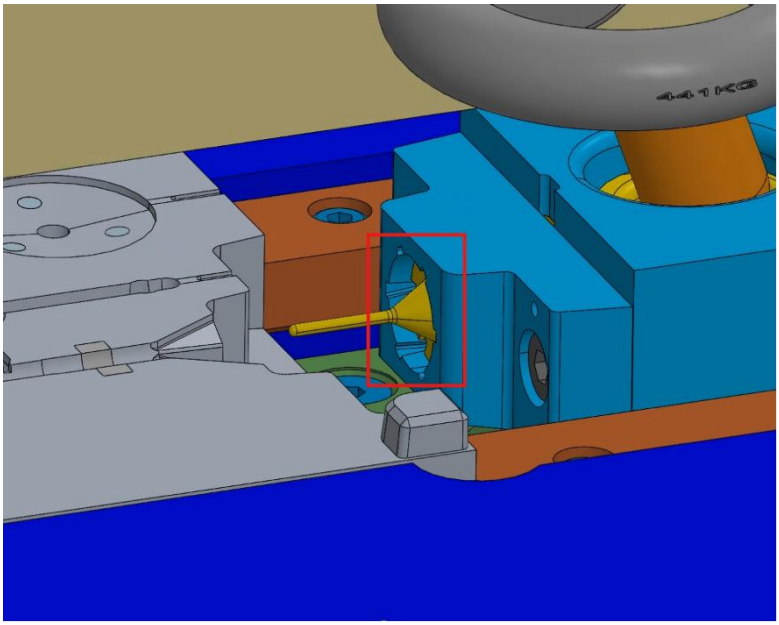
Hình 1.15 Sản phẩm Golf Marker

Từ các phân tích trên, có thể thấy mức độ phức tạp của hệ thống khuôn chủ yếu xuất phát từ chi tiết Golf Tee, đặc biệt là vùng đầu nhiều cánh và thân dài, nhỏ. Trong khi đó, Golf Marker làm phát sinh yêu cầu về khả năng ép linh hoạt trên cùng một bộ khuôn. Đây là cơ sở để xác định các yêu cầu đối với hệ thống khuôn ép phun trong mục tiếp theo.

1.3.4. Yêu cầu đặt ra đối với hệ thống khuôn ép phun trong đề tài

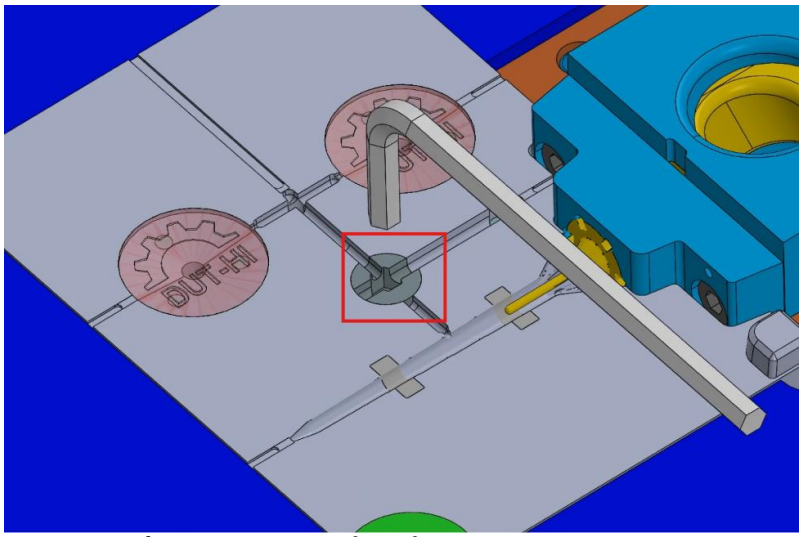
Từ đặc điểm hình học của hai sản phẩm Golf Tee và Golf Marker, hệ thống khuôn trong đề tài cần bảo đảm khả năng tạo hình chính xác, thoát khuôn ổn định và phù hợp với điều kiện chế tạo – thực nghiệm thực tế. Trên cơ sở phương án thiết kế và phân tích số đã được lựa chọn, bộ khuôn được định hướng theo kết cấu khuôn gia đình, sử dụng khuôn 2 tấm, tích hợp cơ cấu slider 2 tầng thoát undercut cho Golf Tee và cơ cấu runner chuyển đổi để ép riêng từng sản phẩm.

Đối với Golf Tee, phần đầu sản phẩm có nhiều cánh nhỏ, rãnh hẹp và vùng lõm sâu dạng undercut nên không thể thoát khuôn an toàn nếu chỉ sử dụng hướng mở khuôn chính. Trong các phương án thoát undercut, phương án dùng cơ cấu slider 2 tầng được lựa chọn vì đảm bảo khả năng tách các vùng tạo hình phức tạp, tách phần undercut trước rồi sau đó tách phần tạo hình cánh. Nhờ đó, sản phẩm có thể thoát khuôn thuận lợi hơn, hạn chế nguy cơ dính sản phẩm, gãy cánh hoặc biến dạng tại vùng đầu.



Hình 1.16 Cơ cấu slider hai tầng thoát undercut cho chi tiết Golf Tee.

Bên cạnh cơ cấu thoát undercut, bộ khuôn còn được bố trí cơ cấu runner chuyển đổi để ép riêng Golf Tee hoặc Golf Marker. Cách bố trí này đáp ứng sự khác nhau về hình dạng, thể tích và vật liệu của hai sản phẩm, thuận lợi cho quá trình thử nghiệm, hiệu chỉnh thông số ép và đánh giá sản phẩm sau ép.



Hình 1.17 Cơ cấu runner chuyển đổi khi ép Golf Tee và Golf Marker.

1.3.5. Cơ sở kiểm chứng khuôn sau chế tạo

Thiết kế và mô phỏng giúp lựa chọn phương án kết cấu khuôn, vị trí cổng phun và bộ thông số ép ban đầu. Tuy nhiên, khả năng làm việc thực tế của bộ khuôn chỉ có thể được đánh giá sau khi khuôn được gia công, lắp ráp, gá lên máy ép và chạy thử. Đối với khuôn có cơ cấu phụ như slider và runner chuyển đổi, quá trình kiểm chứng càng quan trọng vì các cơ cấu này ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng thoát khuôn, đẩy sản phẩm và chất lượng sản phẩm sau ép.

Bảng 1.2 Các nội dung chính cần kiểm chứng sau chế tạo khuôn

Giai đoạn	**Nội dung cần kiểm chứng**
Sau gia công	Kích thước chi tiết, bề mặt tạo hình, vị trí lắp ghép.
Sau lắp ráp	Độ kín khít, đóng mở khuôn, chuyển động slider, runner chuyển đổi.
Ép thử	Khả năng điền đầy, bavia, dính khuôn, khả năng đẩy sản phẩm.
Đánh giá mẫu	Ngoại quan, kích thước, cong vênh.

1.4. Nhận xét tổng quan và định hướng thực hiện đề tài

1.4.1. Tình hình nghiên cứu và ứng dụng liên quan

Trên thế giới, nghiên cứu về ép phun nhựa hiện tập trung nhiều vào kiểm soát khuyết tật, tối ưu thông số công nghệ, mô phỏng quá trình điền đầy – giữ áp – làm nguội và giảm co ngót, cong vênh. Các nghiên cứu gần đây cho thấy mô phỏng và thiết kế thí nghiệm có thể hỗ trợ lựa chọn bộ thông số ép nhằm giảm cong vênh và cải thiện chất lượng sản phẩm [26]. Các nghiên cứu tối ưu đa mục tiêu gần đây cũng lựa

chọn co ngót, cong vênh và chất lượng bề mặt làm các chỉ tiêu đánh giá quá trình ép phun [27]. Tại Việt Nam, các nghiên cứu mô phỏng số cũng được sử dụng để phân tích ảnh hưởng của thông số ép đến biến dạng sản phẩm [9].

Đối với khuôn cho chi tiết có hình học phức tạp, các tài liệu kỹ thuật tập trung vào giải pháp xử lý undercut bằng slider, lifter, side action hoặc insert rời. Xometry mô tả slide dùng để tạo và giải phóng undercut bên ngoài, trong khi lifter phù hợp với undercut bên trong [20]. Protolabs cũng nhấn mạnh rằng các sản phẩm có hình học phức tạp thường cần kỹ thuật vượt ngoài khuôn kéo thẳng thông thường, trong đó side-action cam là một giải pháp phổ biến cho undercut bên ngoài [29].

Ở Việt Nam, ngành khuôn mẫu và cơ khí chính xác đang được xem là một lĩnh vực quan trọng của công nghiệp hỗ trợ. Theo Bộ Công Thương, giá trị ngành công nghiệp khuôn mẫu và cơ khí chính xác tại Việt Nam đạt khoảng trên 1 tỷ USD/năm, tốc độ tăng trưởng khoảng 18%/năm; tuy nhiên doanh nghiệp Việt Nam mới làm được khoảng 8,5% khuôn ép [12].

Thông tin trên cho thấy nhu cầu nâng cao năng lực thiết kế, chế tạo, thử khuôn và đánh giá khuôn ép nhựa trong nước là cần thiết. Trong môi trường đào tạo kỹ thuật, việc hiện thực hóa một bộ khuôn có cơ cấu slider, runner chuyển đổi, ép thử và đánh giá sản phẩm sau ép là hướng phù hợp để gắn kiến thức thiết kế – chế tạo với điều kiện thực nghiệm thực tế.

1.4.2. Nhận xét từ tổng quan và khoảng trống kỹ thuật

Từ các nội dung tổng quan có thể thấy, khuôn ép phun cho chi tiết phức tạp thường không thể đánh giá đầy đủ nếu chỉ dừng ở thiết kế hoặc mô phỏng. Các cơ cấu như slider, lifter hoặc side action có thể giải quyết bài toán thoát khuôn, nhưng hiệu quả thực tế phụ thuộc vào độ chính xác gia công, độ chính xác lắp ráp, hành trình chuyển động và điều kiện ép thử.

Khoảng trống kỹ thuật phù hợp với đồ án này là quá trình hiện thực hóa một hệ thống khuôn cụ thể từ phương án thiết kế sang bộ khuôn làm việc thực tế. Bộ khuôn cần được chế tạo, kiểm tra, lắp ráp, gá lên máy ép, ép thử và đánh giá sản phẩm sau ép. Đây là điểm khác biệt giữa một nghiên cứu lý thuyết về khuôn và một đồ án có trọng tâm chế tạo – thực nghiệm – đánh giá.

Chương 2: PHÂN TÍCH PHƯƠNG ÁN CHẾ TẠO

2.1. Phân loại nhóm các chi tiết trong hệ thống khuôn

Các chi tiết trong bộ khuôn được lập danh mục và ký hiệu riêng theo từng nhóm, gồm chi tiết gia công, vật liệu và linh kiện tiêu chuẩn.

Các mã ký hiệu này được sử dụng thống nhất trong quá trình thiết kế, lập bản vẽ, gia công và lắp ráp, giúp thuận tiện cho việc quản lý, tra cứu, đặt mua vật tư và hạn chế nhầm lẫn trong quá trình chế tạo bộ khuôn, được đính kèm ở mục phụ lục.

2.1.1. Nhóm chi tiết chế tạo

Nhóm chi tiết này gồm các chi tiết được đưa vào kế hoạch gia công chính của bộ khuôn. Các chi tiết này có yêu cầu riêng về biên dạng, vị trí lắp ghép, bề mặt làm việc, chuyển động trong khuôn.

Nhóm chi tiết này được phân chia theo các cụm lắp ráp chính để thuận tiện cho việc quản lý gia công, chuẩn bị phôi và kiểm tra sau chế tạo.

Bảng 2.1 Danh mục các chi tiết thuộc cụm phía cố định

STT	Mã chi tiết	Tên chi tiết	Số lượng
1	301	Tấm cavity	1
2	302	Insert chữ	1
3	303	Khóa khuôn	1

Bảng 2.2 Danh mục các chi tiết thuộc cụm phía di động

STT	Mã chi tiết	Tên chi tiết	Số lượng
4	201	Tấm core	1
5	202	Runner Off/On	1
6	203	Đế bắt vít nhún runner Off/On	1

Bảng 2.3. Danh mục các chi tiết thuộc cụm slider

STT	Mã chi tiết	Tên chi tiết	Số lượng
7	100	Tấm trượt	1
8	101	Tấm cố định slider	2
9	102-1	Khối trượt	1
10	102-2	Insert Tee	1
11	103	Khối chặn	1
12	104	Outsert Tee	1

2.1.2. Nhóm chi tiết linh kiện tiêu chuẩn

Linh kiện tiêu chuẩn được sử dụng nhằm rút ngắn thời gian chế tạo, đảm bảo độ chính xác lắp ghép và thuận tiện cho việc thay thế khi bảo trì khuôn.

Danh mục các linh kiện tiêu chuẩn được phân loại theo từng cụm lắp ráp và trình bày trong các bảng sau:

Bảng 2.4 Danh mục linh kiện tiêu chuẩn thuộc cụm pin đẩy

STT	Mã chi tiết	Tên linh kiện	SL	Mã tiêu chuẩn/quy cách
1	P1	Chốt đẩy Pin Z	1	Z-EPH-L4-117-V3-G20-F114
2	P2	Chốt đẩy Golf Marker 1	6	EPH-L3-122-VKC1.5
3	P3	Chốt đẩy Golf Marker 2	2	EHSL3-107-P1.5-N70
4	P4-A	Chốt đẩy Golf Tee	1	ERJXL12-121-P10-W4-N100-AKC0
5	P4-B	Chốt đẩy Golf Tee	1	ERJXL12-121-P10-W4-N100-AKC1

6	P5	Chốt đẩy kênh Runner 1	1	EPH-L4-118
7	P6	Chốt đẩy kênh Runner 2	1	EPH-L3-118

Bảng 2.5 Danh mục linh kiện tiêu chuẩn thuộc cụm slider

STT	Mã chi tiết	Tên linh kiện	SL	Mã tiêu chuẩn/quy cách
8	S7	Vít khối chặn slider	2	CB5-35
9	S8	Vít tấm cố định slider	4	CB4-10
10	S9	Vít tấm chống mòn slider	4	FB5-20
11	S10	Chốt định vị tấm cố định slider	4	E-SLPSQTAH6-L17
12	S11	Vít chặn khối trượt	1	CB8-25
13	S12	Vít nhún slider	2	BPJ4
14	S13	Chốt xiên	1	API6-135-N0-A20

Bảng 2.6. Danh mục linh kiện tiêu chuẩn thuộc phía di động

STT	Mã chi tiết	Tên linh kiện	SL	Mã tiêu chuẩn/quy cách
15	D13	Lò xo	4	SWF16-55
16	D14	Đầu nối nước	8	M-PC6-01
17	D15	Móc treo	2	CH16
18	D16	Vít tấm đỡ Runner Off/On	2	CB4-16
19	D17	Support Pillar	2	SPL30-60
20	D18	Vít Support Pillar	2	CB8-30
21	D19	Vít nhún Runner Off/On	2	BPJ4

22	D20	Nút bít nước	11	MSWT1
23	D21	O-ring chống rò nước	8	ORP7
24	D22	Vít tấm core	2	CB8-50

Bảng 2.7. Danh mục linh kiện tiêu chuẩn thuộc phía cố định

STT	Mã chi tiết	Tên linh kiện	SL	Mã tiêu chuẩn/quy cách
25	C23	Vít tấm cavity	2	CB8-40
26	C24	Vít vòng định vị	2	CB5-20
27	C26	Vòng định vị	1	LRBS100-20
28	C27	Vít bản lề khóa khuôn	2	CB8-25
29	C28	Bạc cuống phun	1	SJAD12-71-SH10.5-P3-A1

2.1.3. Nhóm chi tiết tiêu chuẩn cần gia công thêm

Các chi tiết được mua theo bộ tiêu chuẩn nhưng vẫn cần gia công bổ sung để tương ứng với kết cấu riêng của bộ khuôn. Giúp giảm thời gian chế tạo, đảm bảo khả năng lắp ghép. Danh mục các chi tiết tiêu chuẩn cần gia công thêm được phân loại theo từng cụm như sau.

Bảng 2.8. Danh mục chi tiết tiêu chuẩn cần gia công thêm thuộc bộ vỏ khuôn

STT	**Mã chi tiết**	**Tên chi tiết**	**Số lượng**	**Mã vật tư**	**Tiêu chuẩn**
1	A	Tấm giữ	1	MDCSC2525608060S-MN	FUTABA
2	B	Tấm đẩy	1	MDCSC2525608060S-MN	FUTABA
3	C	Tấm kẹp dưới	1	MDCSC2525608060S-MN	FUTABA
4	D	Tấm di động	1	MDCSC2525608060S-MN	FUTABA
5	E	Tấm cố định	1	MDCSC2525608060S-MN	FUTABA
6	F	Tấm kẹp trên	1	MDCSC2525608060S-MN	FUTABA

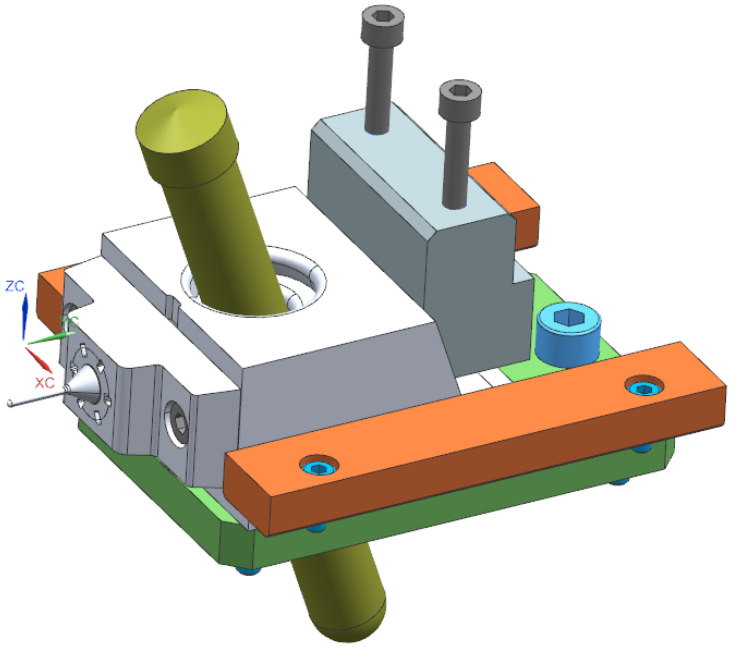
Bảng 2.9 Danh mục chốt đẩy tiêu chuẩn cần gia công thêm

STT	Mã chi tiết	Tên chi tiết	Số lượng	Mã vật tư	Tiêu chuẩn
7	P2	Chốt đẩy Golf Marker 1	6	EPH-L3-122-VKC1.5	MISUMI
8	P3	Chốt đẩy Golf Marker 2	2	EHSL3-107-P1.5-N70	MISUMI
9	P4-A	Chốt đẩy Golf Tee	1	ERJXL12-121-P10-W4-N100-AKC0	MISUMI
10	P4-B	Chốt đẩy Golf Tee	1	ERJXL12-121-P10-W4-N100-AKC1	MISUMI
11	P5	Chốt đẩy kênh Runner 1	1	EPH-L4-118	MISUMI
12	P6	Chốt đẩy kênh Runner 2	1	EPH-L3-118	MISUMI

2.2. Phân tích và lựa chọn phương án gia công

2.2.1 Cụm slider

Đây là cụm chi tiết quan trọng và có yêu cầu đặc biệt cao về độ chính xác gia công và lắp ghép. Cụm này đảm nhiệm việc thoát undercut cho chi tiết Golf Tee, đồng thời là phần kết cấu đặc biệt của đề tài nhờ cơ cấu trượt hai tầng. Nếu cụm slider gia

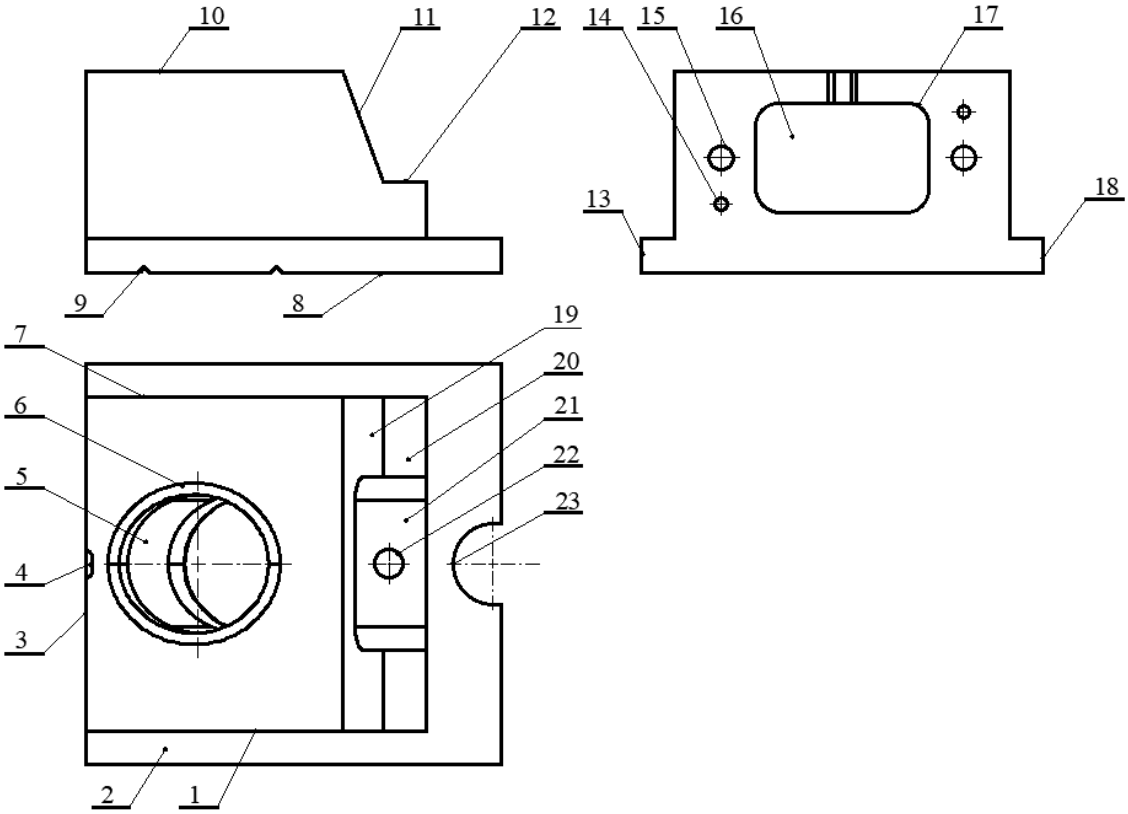


công không chính xác thì hậu quả là cơ cấu bị kẹt, gãy chốt xiên, sai hành trình, kéo theo sản phẩm khi mở khuôn làm hỏng vùng tạo hình của chi tiết.

Hình 2.1 Kết cấu cụm slider thoát undercut cho chi tiết Golf Tee

2.2.1.1 Khối trượt

Các bề mặt cần gia công của khối trượt:

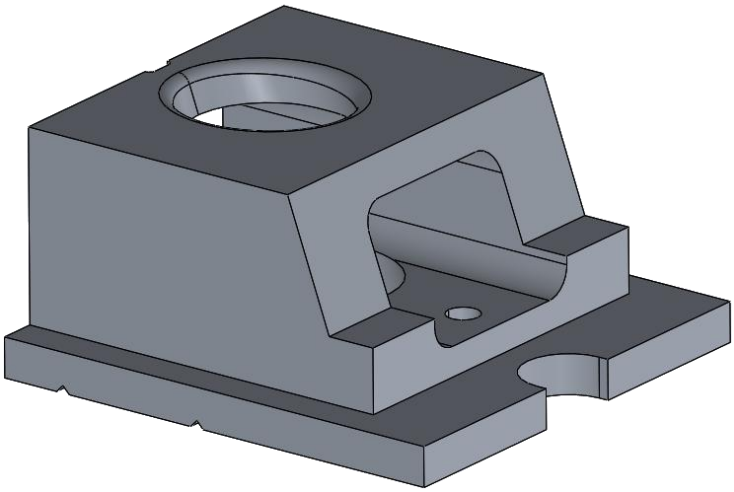


Hình 2.2 Các bề mặt cần gia công của khối trượt

a. Phân tích phương án

Chia các bề mặt gia công này thành 3 nhóm gồm:

- Nhóm bề mặt bao, lắp ghép: 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 18.
- Nhóm lỗ, định vị: 9, 14, 15.
- Nhóm lỗ chốt xiên, hốc trượt: 5, 6, 16, 17.



Hình 2.3 Hình ảnh 3D khối trượt

Phương án 1:

Nhóm bề mặt bao: Gia công trên máy phay truyền thống.
Nhóm lỗ, định vị: Gia công trên máy khoan truyền thống.
Nhóm lỗ chốt xiên, hốc: Gia công trên máy khoan truyền thống.

❖ Ưu điểm:

- Giá thành rẻ, thiết bị gia công phổ biến.
- Gia công được các bề mặt đơn giản như các mặt 1, 2, 3, 7, 10, …

❖ Nhược điểm:

- Phụ thuộc nhiều vào tay nghề thợ.
- Khó đáp ứng ĐCX khi gia công lỗ chốt xiên, hốc trượt (Thủ công nên dễ gây sai số lệch tâm, vị trí chốt xiên, các lỗ. Hốc trượt trong 16 này khó điều khiển đường chạy dao bằng tay).

Phương án 2:

Nhóm bề mặt bao: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm lỗ, định vị: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm lỗ chốt xiên, hốc: Gia công trên máy phay CNC.

❖ Ưu điểm:

- Đạt ĐCX cao (Vị trí lỗ, hốc trượt và lỗ chốt xiên được xác định theo tọa độ gia công nên hạn chế lệch tâm, lệch hướng ở lỗ chốt xiên so với gia công truyền thống)
- Giảm thời gian gia công, chất lượng bề mặt ổn định.

❖ Nhược điểm:

- Chi phí gia công cao hơn so với phương pháp truyền thống.
- Thời gian chuẩn bị, rà gá ban đầu lâu hơn.

Phương án 3:

Nhóm bề mặt bao: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm lỗ, định vị: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm lỗ chốt xiên, hốc: Gia công trên máy cắt dây.

❖ Ưu điểm:

- CNC kiểm soát tốt ĐCX các bề mặt (Đường dao chạy theo biên dạng lập trình, tâm lỗ và vị trí hốc xác định theo gốc tọa độ máy).
- Cắt dây đảm bảo ĐCX cao cho lỗ chốt xiên, rãnh xuyên (gần như không có lực cắt cơ học).

❖ Nhược điểm:

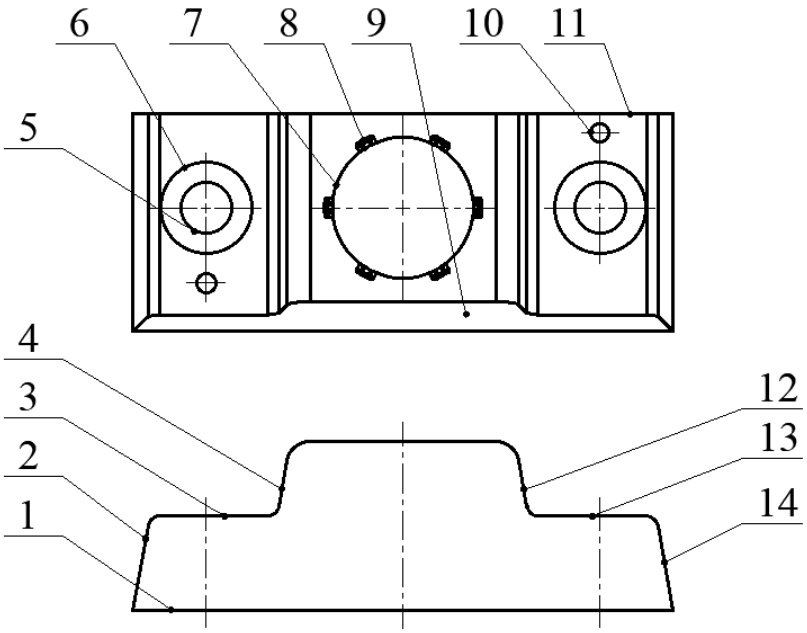
- Chi phí gia công cao hơn.
- Nhiều nguyên công, thời gian gia công tăng.

b. Lựa chọn phương án.

Từ các phân tích trên, chọn phương án 2: Gia công toàn bộ trên máy phay CNC sau đó hoàn thiện bằng đánh bóng.

2.2.1.2 Chi tiết outsert tee

Các bề mặt cần gia công của chi tiết Outsert - Tee

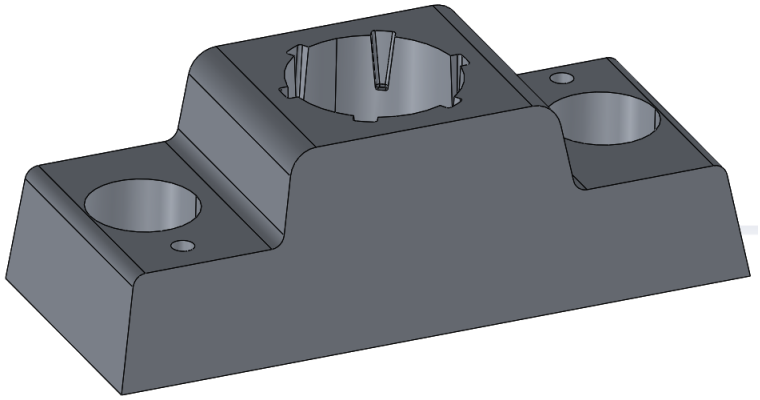


Hình 2.4 Các bề mặt cần gia công của chi tiết outsert tee

a. Phân tích phương án

Chia các bề mặt gia công này thành 3 nhóm gồm:

- Nhóm bề mặt bao: các mặt 1, 2, 3, 4, 9, 11, 12, 13, 14 và các bậc ngoài
- Nhóm lỗ bắt vít, định vị: các lỗ lắp ghép 5, 10 trên hai bên của chi tiết.
- Nhóm hốc tạo hình: Lỗ tròn trung tâm và hốc tạo hình chi tiết 8.



Hình 2.5 Hình ảnh 3D chi tiết outsert tee

Phương án 1:

Nhóm bề mặt bao: Gia công trên máy phay truyền thống.
Nhóm lỗ bắt vít, định vị: Gia công trên máy khoan truyền thống.
Nhóm hốc tạo hình: Gia công trên máy phay truyền thống.

❖ Ưu điểm:
- Giá thành rẻ, thiết bị gia công phổ biến.
- Gia công được các bề mặt đơn giản như các mặt 1, 11.

❖ Nhược điểm:
- Phụ thuộc nhiều vào tay nghề thợ, chất lượng bề mặt không cao.
- Không thể gia công chính xác hốc tạo hình biên dạng nhỏ 8 (hốc có góc nhỏ, rãnh hẹp và khó điều khiển đường chạy dao bằng tay).

Phương án 2:

Nhóm bề mặt bao: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm lỗ bắt vít, định vị: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm lỗ chốt xiên, hốc: Gia công trên máy phay CNC.

❖ Ưu điểm:
- Đạt ĐCX cao (tọa độ tâm lỗ 5, 10 xác định trên chương trình CNC, so với tọa độ đã rà gá nên hạn chế lệch tâm so với khoan thủ công).
- Giảm thời gian gia công.

❖ Nhược điểm:
- Chi phí gia công cao hơn phương án 1.
- Hốc biên dạng 8 bị giới hạn bởi đường kính dao, dễ bị bo R ở góc.

Phương án 3:

Nhóm bề mặt bao: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm lỗ bắt vít, định vị: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm lỗ chốt xiên, hốc: Gia công bằng EDM.

❖ Ưu điểm:

- CNC kiểm soát tốt bề mặt bao và hệ lỗ lắp ghép.
- EDM gia công hốc biên dạng nhỏ mà dao phay khó tiếp cận (điện cực mang đúng biên dạng hốc, quá trình gia công gần như không có lực cắt nên hạn chế sai lệch hình dạng).

❖ Nhược điểm:

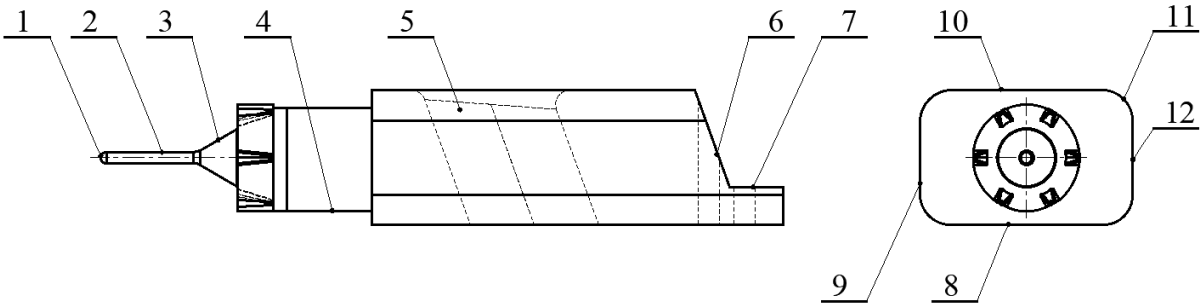
- Quy trình gia công dài hơn.
- Chi phí gia công cao, cần chuẩn bị điện cực cho EDM.

b. Lựa chọn phương án.

Từ các phân tích trên, chọn phương án 3: Phay CNC → EDM → Đánh bóng.

2.2.1.3 Chi tiết insert tee

Các bề mặt gia công được đánh số như sau:

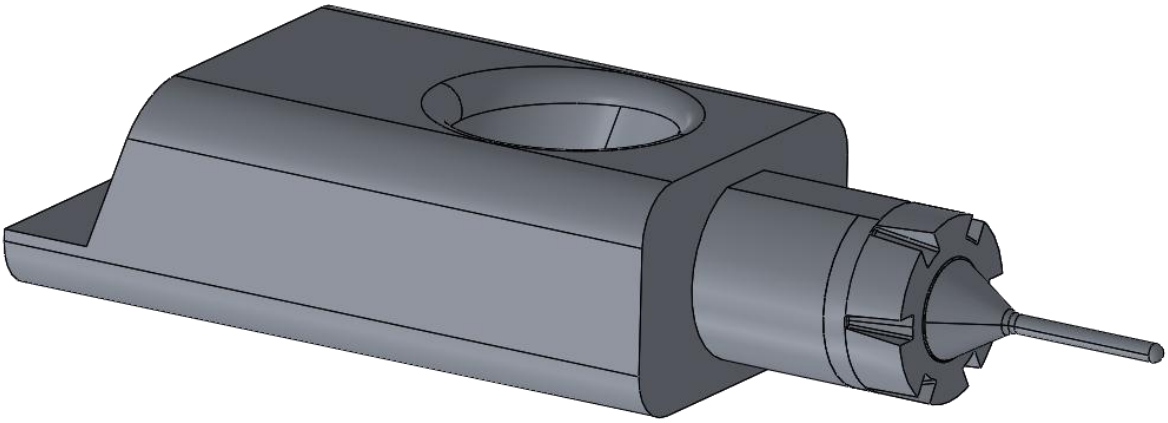


Hình 2.6 Các bề mặt cần gia công của chi tiết insert tee

a. Phân tích phương án

Chia các bề mặt gia công này thành 3 nhóm gồm:

- Nhóm bề mặt tròn xoay: trụ nhỏ 1, 2; mặt côn 3; mặt trụ 4.
- Nhóm bề mặt bao: các mặt 8, 9, 10, 11, 12, mặt nghiêng 6 và bậc 7.
- Nhóm hốc tạo hình, chốt xiên: các hốc nhỏ tạo hình ở đầu insert và chốt xiên 5.



Hình 2.7 Hình ảnh 3D chi tiết insert tee

Phương án 1:

Nhóm bề mặt tròn xoay: Gia công trên máy tiện truyền thống.
Nhóm bề mặt bao, chốt xiên: Gia công trên máy phay truyền thống.
Nhóm hốc tạo hình: Máy phay truyền thống.

❖ Ưu điểm:

- Giá thành rẻ, thiết bị gia công phổ biến.
- Dễ triển khai với các bề mặt đơn giản như 8, 9, 10, 11, 12.

❖ Nhược điểm:

- Với bề mặt tròn xoay thì chi tiết dạng khối chữ nhật nên gá tiện khó.
- Độ chính xác phụ thuộc nhiều vào tay nghề thợ.
- Hốc tạo hình và chốt xiên khó gia công chính xác (hốc có góc nhỏ, rãnh hẹp và khó điều khiển đường chạy dao bằng tay).

Phương án 2:

Nhóm bề mặt tròn xoay: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm bề mặt bao, chốt xiên: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm hốc tạo hình: Gia công trên máy phay CNC.

❖ Ưu điểm:

- Đồ gá đơn giản để gia công bề mặt tròn xoay (Eto kẹp)
- CNC kiểm soát tốt ĐCX các bề mặt (Đường dao chạy theo biên dạng lập trình, tâm lỗ và vị trí hốc xác định theo gốc tọa độ máy).

❖ Nhược điểm:

- Chi phí gia công cao hơn phương án 1.
- Hốc biên dạng bị giới hạn bởi đường kính dao, dễ bị bo R ở góc.

Phương án 3:

Nhóm bề mặt tròn xoay: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm bề mặt bao, chốt xiên: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm hốc tạo hình: Gia công bằng EDM.

❖ Ưu điểm:

- CNC kiểm soát gia công tốt bề mặt bao, bề mặt tròn xoay.
- EDM gia công hốc biên dạng nhỏ mà dao phay khó tiếp cận.

❖ Nhược điểm:

- Quy trình gia công dài hơn.
- Chi phí gia công cao, cần chế tạo điện cực cho EDM.

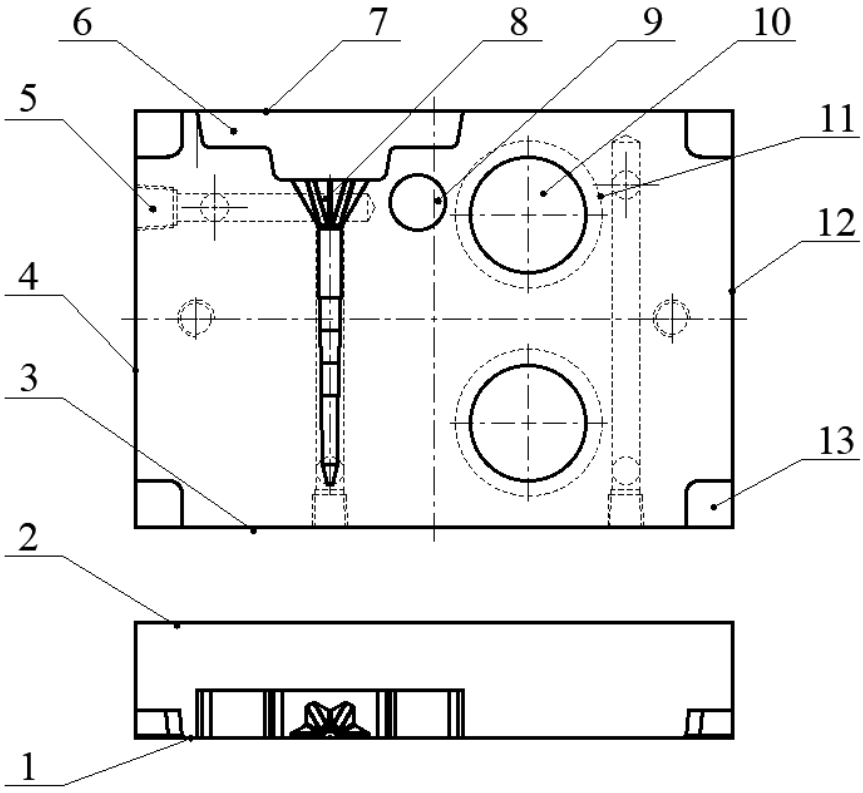
b. Lựa chọn phương án.

Từ các phân tích trên, chọn phương án 3: Phay CNC → EDM → Đánh bóng

2.2.2 Cụm cố định

2.2.2.1 Tấm cavity

Các bề mặt cần gia công của tấm cavity:

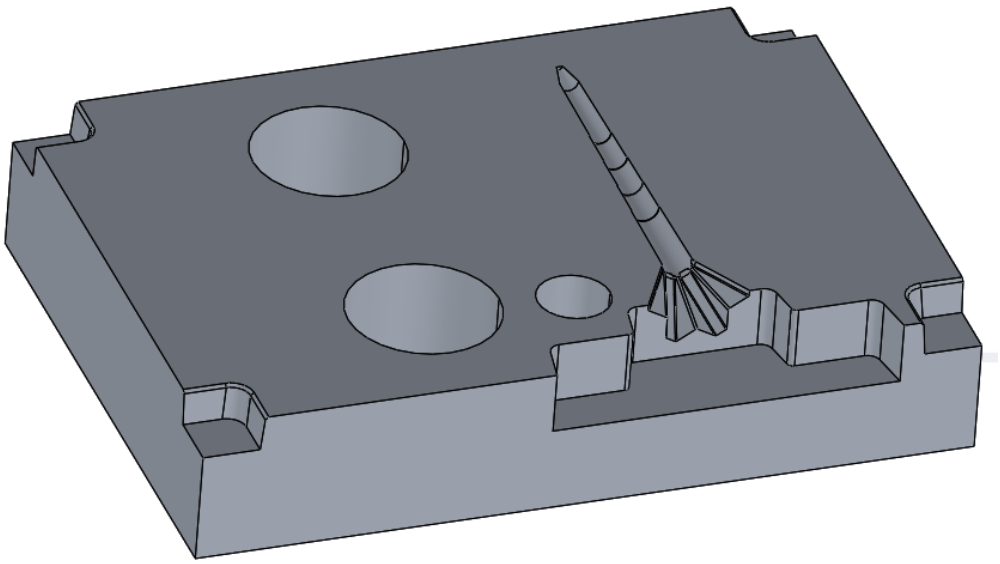


Hình 2.8 Các bề mặt cần gia công của tấm cavity

a. Phân tích phương án

Chia các bề mặt gia công này thành 3 nhóm gồm:

- Nhóm bề mặt bao, lắp ghép: các mặt 1, 2, 3, 4, 6, 7, 11, 12, 13.
- Nhóm lỗ, định vị: các lỗ lắp ghép 9, 10.
- Nhóm hốc tạo hình 8.



Hình 2.9 Hình ảnh 3D chi tiết tấm cavity

Phương án 1:

Nhóm bề mặt bao và lắp ghép: Gia công trên máy phay truyền thống.
Nhóm lỗ, định vị: Gia công trên máy khoan truyền thống.
Nhóm hốc tạo hình: Gia công trên máy phay truyền thống.

❖ Ưu điểm:

- Giá thành rẻ, thiết bị gia công phổ biến.
- Các mặt phẳng, bậc cơ bản 1, 2, 3, 4, 6, 7, 11, 12, 13 gia công được

❖ Nhược điểm:

- ĐCX phụ thuộc nhiều vào tay nghề thợ, ĐCX vị trí thấp.
- Không thể đáp ứng ĐCX hốc tạo hình 8 của chi tiết Golf Tee.

Phương án 2:

Nhóm bề mặt bao và lắp ghép: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm lỗ, định vị: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm hốc tạo hình: Gia công trên máy phay CNC.

❖ Ưu điểm:

- Đạt ĐCX cao, chất lượng các bề mặt ổn định (Đường dao chạy theo biên dạng lập trình, tâm lỗ, vị trí hốc xác định theo gốc tọa độ máy).
- Giảm thời gian gia công.

❖ Nhược điểm:

- Chi phí gia công cao hơn phương án 1.
- Hốc biên dạng bị giới hạn bởi đường kính dao.

Phương án 3:

Nhóm bề mặt bao và lắp ghép: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm hệ thống lỗ, định vị: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm hốc tạo hình: Gia công bằng EDM.

❖ Ưu điểm:

- CNC kiểm soát gia công tốt bề mặt bao, bậc, hốc, hệ thống lỗ.
- EDM gia công hốc biên dạng nhỏ mà dao phay khó tiếp cận.

❖ Nhược điểm:

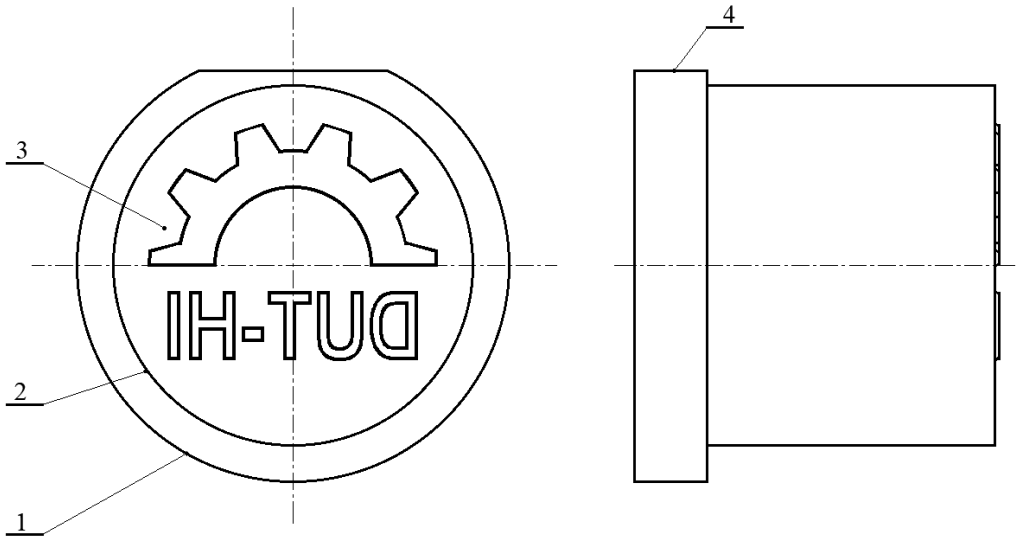
- Quy trình gia công dài hơn.
- Chi phí gia công cao, cần chế tạo điện cực cho EDM.

b. Lựa chọn phương án.

Từ các phân tích trên, chọn phương án 2: Phay CNC → Đánh bóng.

2.2.2.2 Insert Marker

Các bề mặt cần gia công của khối Insert Marker:

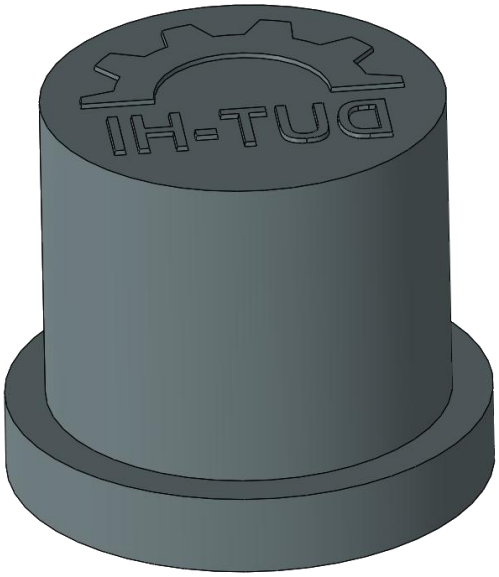


Hình 2.10 Các bề mặt cần gia công của Insert Marker

a. Phân tích phương án

Chia các bề mặt gia công này thành 3 nhóm gồm:

- Nhóm bề mặt trụ, lắp ghép: các mặt trụ ngoài 1, 2.
- Bề mặt chống xoay: mặt 4 của insert marker.
- Bề mặt tạo hình: biên dạng chữ, logo và bánh răng trên mặt đầu 3.



Hình 2.11 Hình ảnh 3D chi tiết Insert Marker.

Phương án 1:

Nhóm bề mặt trụ, lắp ghép: Gia công trên máy tiện truyền thống.
Bề mặt chống xoay: Gia công trên máy phay truyền thống.
Bề mặt tạo hình: Gia công trên máy phay truyền thống.

❖ Ưu điểm:
- Giá thành rẻ, thiết bị gia công phổ biến.
- Gia công tốt các bề mặt trụ 1, 2, mặt cạnh chống xoay 4

❖ Nhược điểm:
- ĐCX phụ thuộc nhiều vào tay nghề thợ.
- Khó gia công chính xác biên dạng chữ, logo và bánh răng (Biên dạng chữ nhỏ, phức tạp và khó điều khiển đường chạy dao bằng tay).

Phương án 2:

Nhóm bề mặt trụ, lắp ghép: Gia công trên máy tiện CNC.
Bề mặt chống xoay: Gia công trên máy phay CNC.
Bề mặt tạo hình: Gia công trên máy phay CNC.

❖ Ưu điểm:
- ĐCX bề mặt trụ và bậc lắp ghép cao hơn so với tiện truyền thống.
- Bề mặt chống xoay được gia công theo tọa độ, giảm sai lệch vị trí.
- Gia công được biên dạng chữ, logo và bánh rang.

❖ Nhược điểm:
- Chi phí gia công cao hơn phương án 1.
- Biên dạng chữ, logo và bánh răng nhỏ bị giới hạn bởi đường kính dao.

Phương án 3:

Nhóm bề mặt trụ, lắp ghép: Gia công trên máy tiện CNC.
Bề mặt chống xoay: Gia công trên máy phay CNC.
Bề mặt tạo hình: Gia công bằng EDM.

❖ Ưu điểm:

- Tiện CNC đảm bảo ĐCX bề mặt trụ và bậc lắp ghép.
- Phay CNC kiểm soát vị trí bề mặt chống xoay theo tọa độ gia công.
- EDM gia công chính xác biên dạng chữ, logo và bánh răng nhỏ (điện cực đúng biên dạng, ít gây sai lệch).

❖ Nhược điểm:

- Quy trình gia công dài hơn.
- Chi phí gia công cao hơn.
- Cần chế tạo điện cực cho EDM.

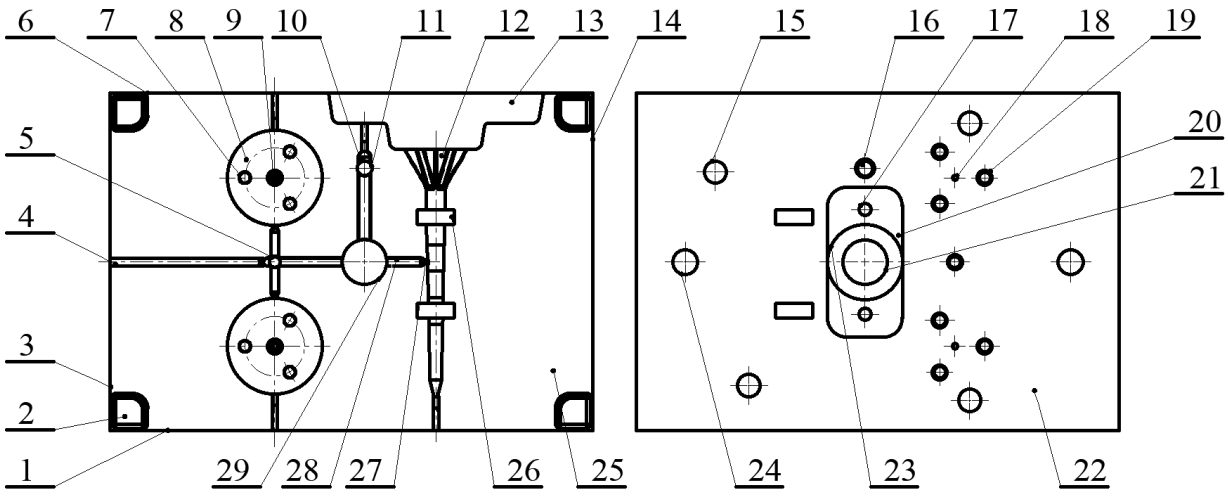
b. Lựa chọn phương án.

Từ các phân tích trên, chọn phương án 2: Gia công bề mặt trụ, bề mặt chống xoay và bề mặt tạo hình bằng CNC → Đánh bóng.

2.2.3 Cụm di động

2.2.2.1 Tấm core

Các bề mặt cần gia công của tấm core:

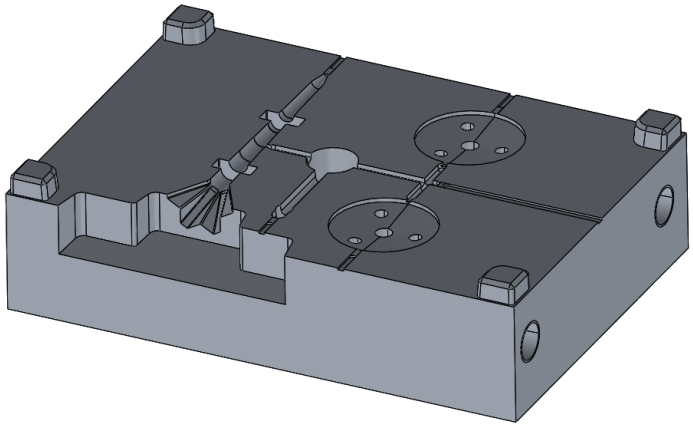


Hình 2.14 Các bề mặt cần gia công của tấm core

a. Phân tích phương án

Chia các bề mặt gia công này thành 3 nhóm gồm:

- Nhóm bề mặt bao, lắp ghép: các mặt 1, 2, 3, 6, 14, 22, 25.
- Nhóm lỗ bắt vít, chốt pin: các lỗ 7, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 24, 29.
- Nhóm hốc, rãnh và biên dạng tạo hình: các mặt 4, 8, 9, 11, 12, 13, 20, 21, 26, 27, 28.



Hình 2.15 Hình ảnh 3D chi tiết tấm core.

a. Phân tích phương án

Phương án 1:

Nhóm bề mặt bao, lắp ghép: Gia công trên máy phay truyền thống.
Nhóm lỗ bắt vít, chốt pin: Gia công trên máy khoan truyền thống.
Nhóm hốc, rãnh, biên dạng tạo hình: Gia công trên máy phay truyền thống.

❖ Ưu điểm:

- Giá thành rẻ, thiết bị gia công phổ biến.
- Gia công được các mặt phẳng, bậc cơ bản.

❖ Nhược điểm:

- ĐCX phụ thuộc nhiều vào tay nghề thợ.
- Khó kiểm soát ĐCX hệ lỗ trên tấm core (số lượng lỗ nhiều, vị trí phân bố dày) trong khi yêu cầu về ĐCX là vô cùng cao, nếu không đáp ứng dễ gây xì nhựa tại các pin đẩy, kẹt pin.
- Không thể đáp ứng ĐCX gia công hốc, rãnh và biên dạng tạo hình của chi tiết, slider.

Phương án 2:

Nhóm bề mặt bao, lắp ghép: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm lỗ bắt vít, chốt pin: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm hốc, rãnh, biên dạng tạo hình: Gia công trên máy phay CNC.

❖ Ưu điểm:

- ĐCX hệ lỗ cao so với khoan truyền thống (tâm lỗ được xác định theo gốc tọa độ gia công, hạn chế sai lệch do lấy dấu thủ công).
- Gia công chính xác các hốc, rãnh và biên dạng tạo hình theo chương trình CNC.
- Chất lượng bề mặt ở các vùng hốc mở đồng đều hơn (đường dao chạy theo biên dạng lập trình, bước dao đều).

❖ Nhược điểm:

- Chi phí gia công cao hơn phương án 1.
- Thời gian chuẩn bị chương trình và gá đặt ban đầu lâu hơn.
- Hốc biên dạng bị giới hạn bởi đường kính dao.

Phương án 3:

Nhóm bề mặt bao, lắp ghép: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm lỗ bắt vít, chốt pin: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm hốc, rãnh, biên dạng tạo hình: Gia công bằng EDM.

❖ Ưu điểm:

- CNC kiểm soát tốt ĐCX nhóm bề mặt bao, hệ lỗ (tâm lỗ, vị trí rãnh, kích thước bậc được xác định đúng theo chương trình).
- EDM gia công chính xác hốc, rãnh và biên dạng tạo hình nhỏ (gia công điện cực đúng biên dạng, ít gây sai lệch, không sinh lực cắt).

❖ Nhược điểm:

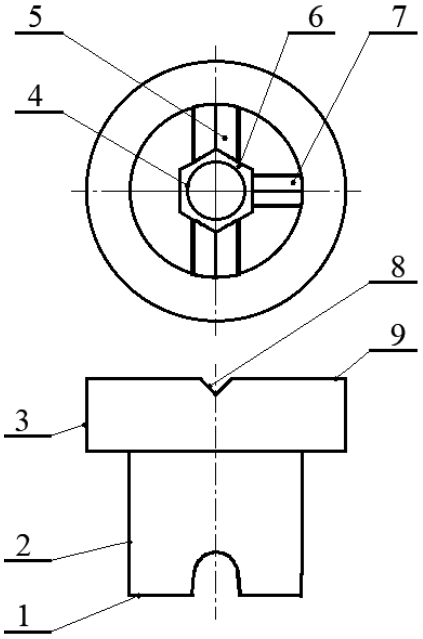
- Quy trình gia công dài hơn.
- Chi phí gia công cao hơn.
- Cần chuẩn bị điện cực cho EDM.
- Cần kiểm soát chuẩn gá khi chuyển từ CNC sang EDM (Dễ gây ra sai số chuẩn)

b. Lựa chọn phương án.

Từ các phân tích trên, chọn phương án 2: Gia công toàn bộ các nhóm bề mặt trên máy phay CNC → Đánh bóng.

2.2.2.2 Runner Off/On

Các bề mặt cần gia công của chi tiết Runner Off/On:

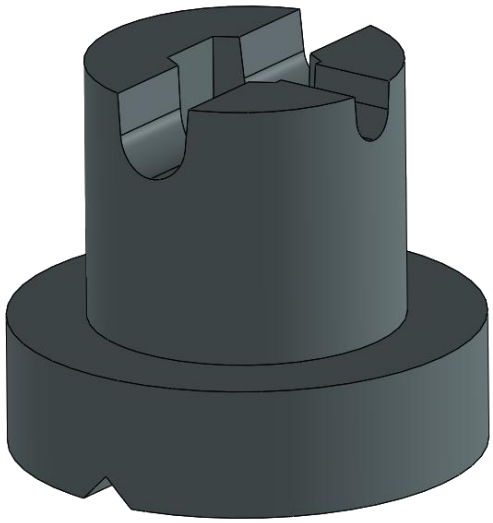


Hình 2.16 Các bề mặt cần gia công của Runner Off/On.

a. Phân tích phương án

Chia các bề mặt gia công này thành 3 nhóm gồm:

- Nhóm bề mặt trụ, mặt đầu, lỗ trung tâm: các mặt 1, 2, 3, 4, 9.
- Mặt định vị: mặt 8.
- Rãnh dẫn nhựa, rãnh Off/On: các mặt 5, 6, 7.



Hình 2.17 Hình ảnh 3D chi tiết Runner Off/On.

Phương án 1:

Nhóm bề mặt trụ, mặt đầu, lỗ trung tâm: Gia công trên máy tiện truyền thống.
Mặt định vị: Gia công trên máy phay truyền thống.
Rãnh dẫn nhựa, rãnh Off/On: Gia công trên máy phay truyền thống.

❖ Ưu điểm:

- Giá thành rẻ, thiết bị gia công phổ biến.
- Gia công được các bề mặt trụ, mặt đầu và lỗ trung tâm đơn giản.

❖ Nhược điểm:

- ĐCX phụ thuộc nhiều vào tay nghề thợ.
- Khó kiểm soát vị trí và chiều sâu rãnh Off/On (phụ thuộc vào lấy dấu và gá đặt thủ công).
- Dễ sai trạng thái đóng/mở dòng nhựa (rãnh lệch làm sai vị trí cấp nhựa vào chi tiết).

Phương án 2:

Nhóm bề mặt trụ, mặt đầu, lỗ trung tâm: Gia công trên máy tiện CNC.
Mặt định vị: Gia công trên máy phay CNC.
Rãnh dẫn nhựa, rãnh Off/On: Gia công trên máy phay CNC.

❖ Ưu điểm:

- ĐCX bề mặt trụ, lỗ trung tâm cao hơn gia công truyền thống.
- Mặt định vị 8 và rãnh Off/On được gia công theo tọa độ CNC, hạn chế sai lệch vị trí.
- Rãnh dẫn nhựa được gia công theo biên dạng lập trình, giảm thao tác lấy dấu, rà chỉnh thủ công. Kiểm soát được vị trí, hạn chế điều chỉnh đường chạy dao thủ công.

❖ Nhược điểm:

- Chi phí gia công cao, thời gian gá đặt tăng.
- Rãnh nhỏ có thể bị giới hạn bởi đường kính dao phay.

Phương án 3:

Nhóm bề mặt trụ, mặt đầu, lỗ trung tâm: Gia công trên máy tiện CNC.
Mặt định vị: Gia công trên máy phay CNC.
Rãnh dẫn nhựa, rãnh Off/On: Gia công bằng EDM.

❖ Ưu điểm:

- Tiện CNC đạt ĐCX cao cho bề mặt trụ và lỗ trung tâm.
- Mặt định vị 8 được gia công trên máy phay CNC, hạn chế sai lệch vị trí.
- EDM gia công chính xác rãnh dẫn nhựa và rãnh Off/On (điện cực đúng biên dạng, hầu như không sinh lực cắt).

❖ Nhược điểm:

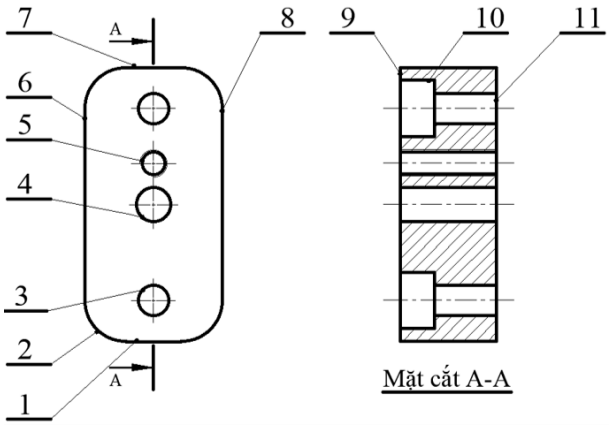
- Quy trình gia công dài, chi phí gia công cao hơn.
- Cần kiểm soát chuẩn gá khi chuyển từ tiện/phay sang EDM.
- Cần chuẩn bị điện cực cho EDM.

b. Lựa chọn phương án.

Từ các phân tích trên, chọn phương án 2: Gia công nhóm bề mặt trụ, mặt đầu, lỗ trung tâm bằng tiện CNC; mặt định vị và rãnh dẫn nhựa, rãnh Off/On bằng phay CNC → Đánh bóng.

2.2.2.3 Đế bắt vít nhún runner Off/On

Các bề mặt cần gia công của chi tiết đế bắt vít nhún runner Off/On:



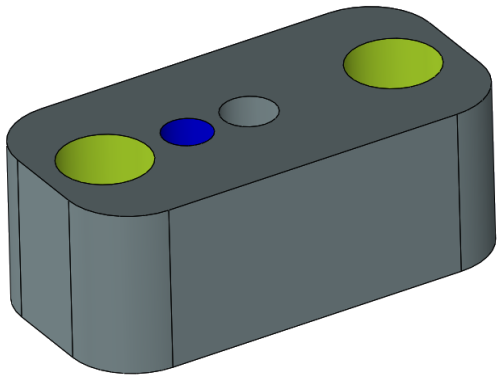
Hình 2.18 Các bề mặt cần gia công của chi tiết đế bắt vít nhún runner Off/On.

a. Phân tích phương án

Chia các bề mặt gia công này thành 2 nhóm gồm:

- Nhóm bề mặt bao, lắp ghép, bậc lỗ: các mặt 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11.

- Nhóm lỗ bắt vít, lỗ lắp vít nhún: các lỗ 3, 4, 5.



Hình 2.19 Hình ảnh 3D chi tiết đế bắt vít nhún runner Off/On.

Phương án 1:

Nhóm bề mặt bao, lắp ghép, bậc lỗ: Gia công trên máy phay truyền thống.
Nhóm lỗ bắt vít, lỗ lắp vít nhún: Gia công trên máy khoan truyền thống.

❖ Ưu điểm:

- Giá thành rẻ, thiết bị gia công phổ biến.
- Kết cấu chi tiết đơn giản, dễ gia công bằng phương pháp truyền thống.

❖ Nhược điểm:

- ĐCX vị trí lỗ phụ thuộc vào thao tác lấy dấu và gá đặt thủ công.
- Không đạt ĐCX theo yêu cầu

Phương án 2:

Nhóm bề mặt bao, lắp ghép, bậc lỗ: Gia công trên máy phay CNC.
Nhóm lỗ bắt vít, lỗ lắp vít nhún: Gia công trên máy phay CNC.

❖ Ưu điểm:

- ĐCX vị trí hệ lỗ cao hơn so với khoan truyền thống (tâm lỗ được xác định theo tọa độ CNC).
- Giảm thao tác lấy dấu, căn chỉnh thủ công.

❖ Nhược điểm:

- Chi phí gia công cao hơn phương án 1.
- Không cần thiết đối với chi tiết có kết cấu đơn giản, yêu cầu ĐCX không cao.

b. Lựa chọn phương án.

Từ các phân tích trên, chọn phương án 2: Gia công trên máy CNC.

2.3. Điều kiện chế tạo: thiết bị, vật liệu và phôi.

2.3.1 Thiết bị gia công

Căn cứ vào các phương án gia công đã lựa chọn, chia nhóm thiết bị chế tạo thành ba nhóm chính: nhóm máy gia công truyền thống, nhóm máy CNC và nhóm thiết bị gia công đặc biệt.

2.3.1.1 Nhóm máy gia công truyền thống

Nhóm máy này dùng để chuẩn bị phôi, tạo mặt chuẩn ban đầu và thực hiện các nguyên công phụ trợ. Các thiết bị gồm máy phay, máy tiện, máy khoan và máy mài truyền thống.



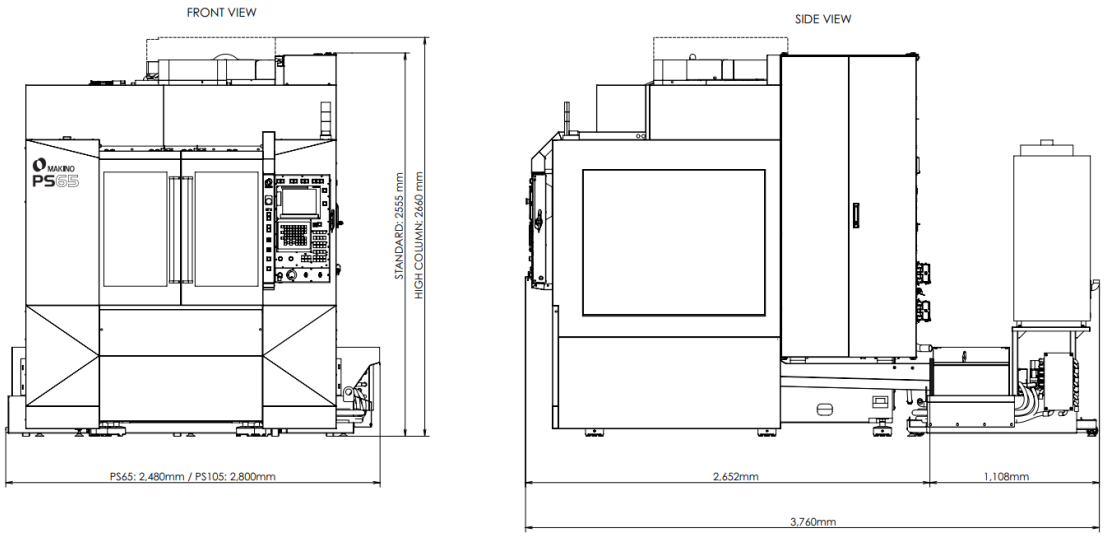
Hình 2.20 Máy tiện và phay truyền thống sử dụng.



Hình 2.21 Máy khoan và mài truyền thống sử dụng.

2.3.1.2 Nhóm máy CNC

Nhóm máy CNC được dùng để gia công các bề mặt chính của chi tiết khuôn. Thiết bị chính sử dụng là máy phay CNC.



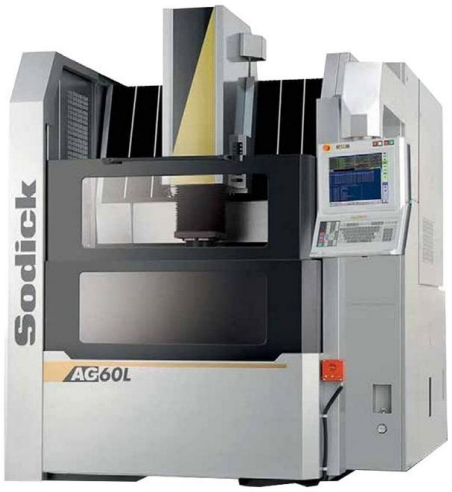
Hình 2.22 Layout máy Makino PS105.

		Unit	PS65	PS105
Travels	X	mm	660	1,050
	Y	mm	510	
	Z	mm	460	
	Table Top to Spindle End	mm	150-610	
Table	Size	mm	920 x 510	1,300 x 510
	Payload	kg	600	800
	Work Size (L x W x H)	mm	920 x 510 x 460	1,300 x 510 x 460
	Loading Height	mm	950	
Spindle	Taper	-	#40, HSK-A63*	
	Speed	rpm	50~8,000 / 50 ~14,000*	
	Power (25% ED / cont.)	kW	30 / 18.5	
	Torque (15% ED / cont.)	Nm	175 / 95	
Feedrate	Rapid	mm/min	48,000 (X), 36,000 (Y & Z)	
	Cutting	mm/min	30,000	
ATC	Tool Capacity	-	30 / 60*	
	Tool Diameter / Length	mm/mm	75, 125** / 300	
	Tool Weight	Kg	8	
Power	Electrical Power Supply	V(kVA)	380 - 415 (38)	
Accuracy (Full Stroke)	Positioning wo-scale / w-scale	mm	JIS Standards: ±0.0025, ±0.0015	
	Repeatability wo-scale / w-scale	mm	JIS Standards: ±0.002, ±0.0014	
Machine	Floor Space (L x W)	mm	2,480 x 3,760	2,800 x 3,760
	Height	mm	2,555	
	Weight	kg	7,100	7,300

Hình 2.23 Thông số máy Makino PS105.

2.3.1.3 Nhóm thiết bị cắt dây và EDM

Nhóm thiết bị này dùng cho các vị trí khó gia công bằng dao phay CNC. Máy cắt dây dùng cho biên dạng xuyên, rãnh xuyên và lỗ xuyên. Máy EDM dùng cho hốc nhỏ, rãnh hẹp, góc trong và các vị trí có bán kính nhỏ.



Machine tool		AG40L		
Work table size (W x D)		600 x 400 mm		
Work tank inner dimensions (W x D x H)		750 x 620 x 350mm		
Work tank fluid level (Min. to Max.)		100~300 mm		
Work tank capacity		190 liter		
X axis travel		400 mm		
Y axis travel		300 mm		
Z axis travel		270 mm		
Clamping chuck	Automatic	EROWA	COMBI	ER-020025
		EROWA	ITS	ER-007521
		system3R	COMBI	3R-460.86-2
		system3R	MACRO	3R-600.86
	Manual	TP-02		
Max. thrust		50 kg		
Max. weight of workpiece		550 kg		
Distance between electrode and table top		150~420 mm＊1		
Distance from floor to table top		830 mm		
Machine tool dimensions (W x D x H)		1550 x 2440 x 2330 mm (Including CNC and dielectric tank)		
Machine tool weight		4000 kg		
Total power input		3-phase 50/60 Hz 10 kVA		
Air pressure		0.65 MPa＊2		
Air flow		100NL/min		

Hình 2.24 Layout máy và thông số máy Sodick AG40L EDM.



Machine Tool	ALN400G
Work tank inner dimensions (W x D)	850 x 610 mm
X axis travel	400 mm
Y axis travel	300 mm
Z axis travel	250 mm
U x V axis travel	150 x 150 mm
Max. taper angle	± 25° (Thickness: 130 mm)
Max. workpiece size (W x D x H)	600 x 470 x 240 (flush) mm 600 x 470 x 230 (submerge) mm
Max. weight of workpiece	500 (flush) kg 350 (submerge) kg
Wire diameter	φ0.05 - φ0.3 mm*1
Wire tension	3 - 23 N
Wire feed speed	Max. 420 mm/sec
Distance from floor to table top	995 mm
Machine tool dimensions (W x D x H)	2115 x 2335 x 2185 mm
Machine installation dimensions (W x D)	3365 x 3660 mm
Machine tool weight (Including power supply unit)	3200 kg
Total power input	3-phase 50/60 Hz 13 kVA*2

*1 φ0.05 mm ~ φ 0.1 mmmm are optional. *2 Electric capacity when a φ0.2 mm wire is used.

Hình 2.25 Layout máy và thông số máy Sodick ALN400G wire cut EDM.

2.3.2 Vật liệu chế tạo khuôn và chuẩn bị phôi

2.3.2.1 Lựa chọn vật liệu

Đối với các chi tiết thuộc nhóm dẫn hướng và định vị như chốt dẫn hướng, bạc dẫn hướng, vòng định vị thì đây là nhóm các chi tiết yêu cầu độ chính xác lắp, độ

cứng, chống mài mòn và thường đã được xử lý nhiệt sẵn. Vì vậy, nhóm chọn theo linh kiện tiêu chuẩn của nhà cung cấp, vật liệu theo catalog trên MISUMI [13].

Đối với hệ thống đẩy, các chi tiết gồm chốt đẩy, chốt hồi, tấm đẩy, tấm giữ và lò xo. Nhóm này có nhiệm vụ đẩy sản phẩm và kênh nhựa ra khỏi khuôn sau khi ép, nên yêu cầu khả năng chống mài mòn, độ cứng và độ ổn định khi làm việc lặp lại. Do đó, các chốt đẩy được chọn theo linh kiện tiêu chuẩn, vật liệu dùng là SKH51; lò xo và các tấm đẩy sử dụng theo catalog mold MISUMI [13].

Đối với phần mold base và các tấm gá, nhóm này chủ yếu chịu lực kẹp, gá lắp các cụm khuôn và đảm bảo độ cứng vững tổng thể. Nhóm thiết kế theo tiêu chuẩn của FUTABA và vì các chi tiết gia công phụ trợ không trực tiếp tạo hình nên chọn vật liệu S50C và C45.

Đối với nhóm chi tiết tạo hình, các chi tiết gồm tấm core, tấm cavity, insert tee, outer tee và insert marker. Đây là nhóm chi tiết quyết định trực tiếp đến hình dạng, kích thước và chất lượng bề mặt sản phẩm, nên yêu cầu vật liệu có độ cứng vững, khả năng gia công chính xác, khả năng đánh bóng và chống mài mòn tốt. Dựa vào bảng dưới đây trong tài liệu số [1], nhóm chúng tôi quyết định lựa chọn vật liệu HPM1 cho nhóm chi tiết này.

Bảng 2.10 Bảng tra vật liệu chế tạo khuôn.

Các vật liệu dẻo cho sản phẩm của khuôn			Sản phẩm (ví dụ)	Yêu cầu đặc tính vật liệu làm khuôn	Ký hiệu các vật liệu phù hợp cho khuôn		
					Hitachi Metals, Ltd.	Daido Steel Co., Ltd.	Uddeholm K.K.
Các chất dẻo thông thường	Sản phẩm thông thường	PA PP PS (Nylon) ABS	1) Vỉ nướng của lò vi sóng 2) Máy văn phòng 3) Máy hút bụi 4) Bánh răng	1) Có khả năng gia công 2) Chịu được mài mòn	HPM2 HPM7 HPM1 FDAC HPM31	PX5 NAK55 DH2F PD613	HOLDAX IMPAX RIGOR

Một số thông tin về mác thép:

Bảng 2.11 Thông số thép HPM1

Nội dung	**Thông tin**
Tên vật liệu	HPM1 / HI-PM1
Tiêu chuẩn tương đương	AISI P21 / W-Nr. 1.2330 / YSS HI-PM1

Thành phần hóa học điển hình	C: 0,12%; Si: 0,30%; Mn: 0,90%; Ni: 3,00%; Mo: 0,30%; S: 0,10%; Cu: 2,00%; Al: 1,00%
Trạng thái cung cấp	Thép khuôn nhựa đã xử lý trước / pre-hardened steel
Độ cứng	37–41 HRC

Bảng 2.12: Thông số thép C45

Nội dung	**Thông tin**
Tên vật liệu	C45 / C45E
Tiêu chuẩn tương đương	EN 10083-2 / 1.1191; tương đương AISI/SAE 1045
Thành phần hóa học	C: 0,42–0,50%; Si: ≤0,40%; Mn: 0,50–0,80%; P: ≤0,030%; S: ≤0,035%; Cr: ≤0,40%; Mo: ≤0,10%; Ni: ≤0,40%
Trạng thái sử dụng	Thép carbon trung bình, có thể dùng ở trạng thái thường hóa hoặc tôi ram
Độ cứng tham khảo	Khoảng 172–242 HB ở một số trạng thái cung cấp; có thể đạt độ cứng cao hơn sau tôi ram
Độ bền kéo	Khoảng 580–820 N/mm² tùy kích thước và trạng thái vật liệu

Bảng 2.13: Thông số thép S50C

Nội dung	**Thông tin**
Tên vật liệu	S50C
Tiêu chuẩn	JIS G4051
Thành phần hóa học	C: 0,47–0,53%; Si: 0,15–0,35%; Mn: 0,60–0,90%; P: ≤0,030%; S: ≤0,035%
Nhóm vật liệu	Thép carbon kết cấu máy
Độ cứng tham khảo	179–235 HB ở trạng thái ủ; 16–29 HRC ở trạng thái ram
Độ bền kéo tham khảo	≥ 630 MPa
Giới hạn chảy tham khảo	≥ 375 MPa

2.3.2.2 Kích thước phôi

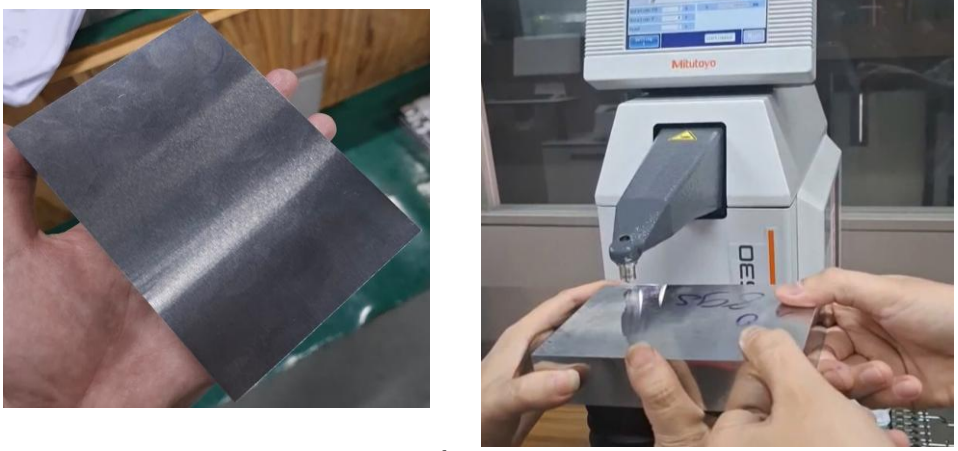
Bảng 2.14 Kích thước phôi

STT	**Tên phôi**	**Kích thước (mm)**	**Số lượng**	**Vật liệu**

1	Tấm trượt	110 × 75 × 15	1	Thép C45
2	Tấm cố định slider	110 × 23 × 15	2	Thép C45
3	Khối trượt	120 × 65 × 40	1	Thép HPM1
4	Insert Tee	100 × 35 × 25	1	Thép HPM1
5	Khối chặn	60 × 30 × 40	1	Thép C45
6	Oursert Tee	61 × 30 × 23	1	Thép HPM1
7	Tấm core	135 × 95 × 40	1	Thép HPM1
8	Runner OFF-ON	Ø20 × 50	1	Thép HPM1
9	Đế bắt vít nhún runner OFF-ON	45 × 25 × 18	1	Thép C45
10	Tấm cavity	134 × 95 × 30	1	Thép HPM1
11	Insert chữ	Ø35 × 60	2	Thép HPM1
12	Khóa khuôn	60 × 30 × 15	1	Thép C45

2.3.2.3 Kiểm tra phôi trước khi gia công

Để bảo đảm đáp ứng yêu cầu chế tạo, cần kiểm tra phôi trước khi gia công. Theo định hướng kiểm soát chất lượng của THACO Industries, chất lượng sản phẩm cần được kiểm soát xuyên suốt từ vật liệu đầu vào đến sản phẩm hoàn thiện [10]. Các nội dung kiểm tra gồm: kiểm tra mác vật liệu, kích thước phôi, độ cứng và tình trạng bề mặt. Kích thước phôi được kiểm tra bằng thước cặp hoặc thước đo phù hợp; độ cứng được kiểm tra bằng máy đo độ cứng Mitutoyo HR-530. Ngoài ra, bề mặt phôi được quan sát để phát hiện các lỗi như gỉ sét, rỗ, nứt hoặc cong vênh.



Hình 2.26 Kiểm tra phôi trước gia công

2.3.3 Thiết bị đo kiểm

Thiết bị kiểm tra được sử dụng để kiểm soát chất lượng phôi và độ chính xác của chi tiết sau gia công. Nội dung kiểm tra tập trung vào kích thước, độ cứng, độ phẳng, độ song song và các vị trí lắp ghép quan trọng.



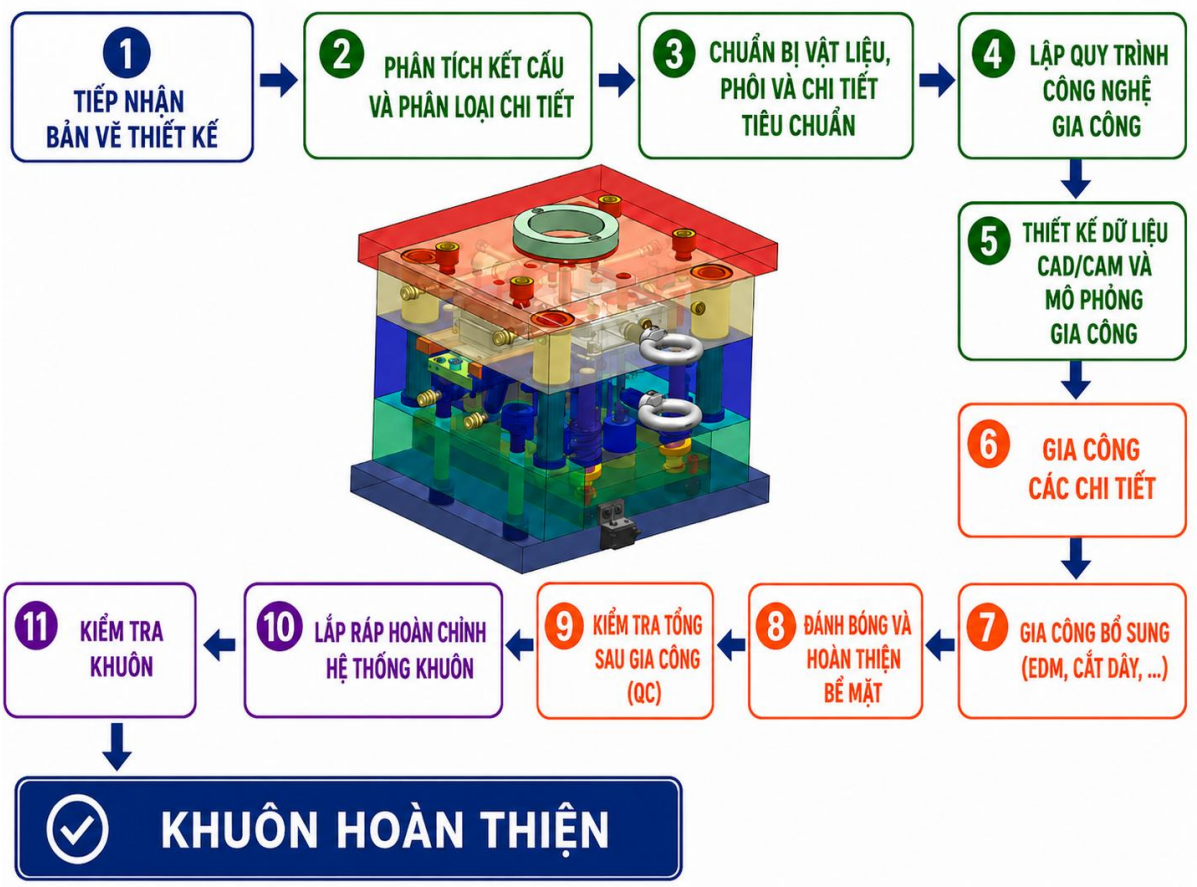
Hình 2.27 Một số thiết bị kiểm tra sử dụng trong quá trình chế tạo chi tiết khuôn.

Bảng 2.15 Thiết bị kiểm tra phôi và chi tiết sau gia công

STT	Thiết bị kiểm tra	Công dụng
2	Máy đo độ cứng	Kiểm tra độ cứng phôi trước khi gia công
3	Thước cặp	Kiểm tra kích thước cơ bản của phôi, chi tiết
4	Panme	Kiểm tra kích thước yêu cầu độ chính xác cao hơn
5	Đồng hồ so	Rà gá, kiểm tra độ song song, xác định gốc tọa độ khi gá chi tiết trên máy CNC
6	Máy đo tọa độ CMM	Kiểm tra vị trí lỗ, tọa độ và biên dạng quan trọng

Chương 3: QUY TRÌNH CHẾ TẠO, KIỂM TRA VÀ LẮP RÁP HỆ THỐNG KHUÔN

3.1. Quy trình tổng quát chế tạo hệ thống khuôn



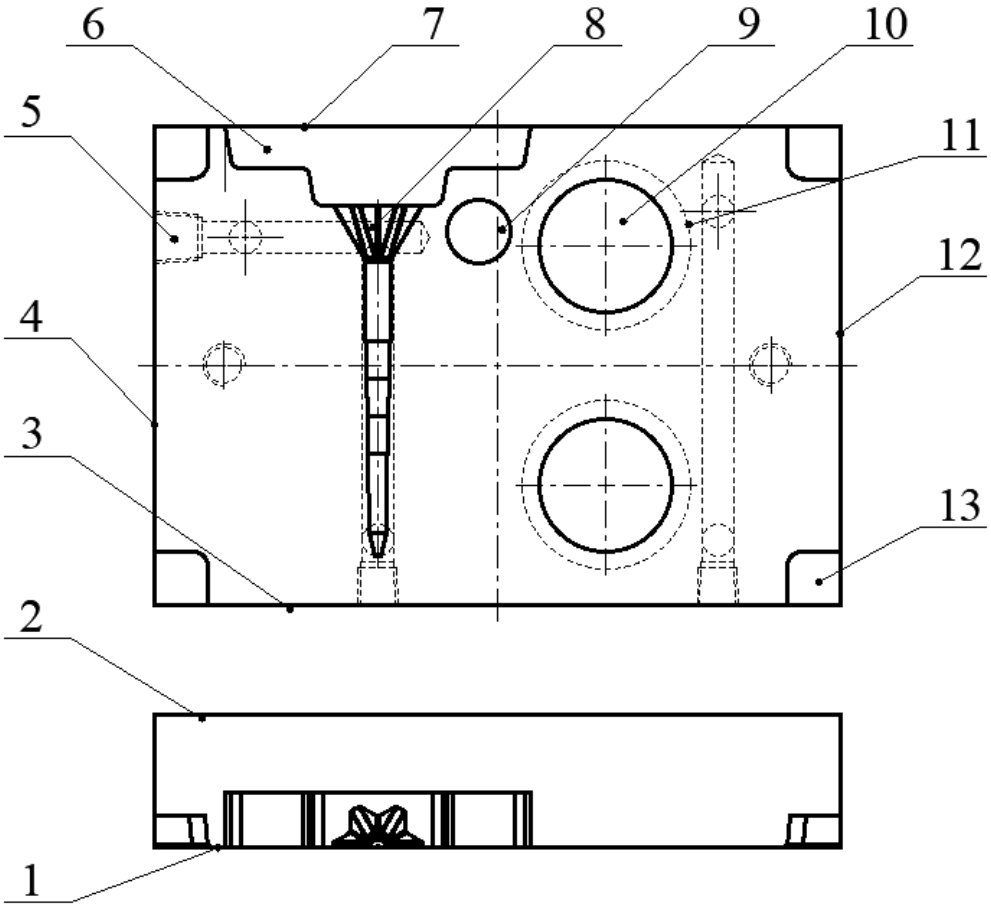
Hình 3.1 Quy trình tổng quát chế tạo hệ thống khuôn

3.2. Lập quy trình công nghệ gia công các chi tiết khuôn

3.2.1. Quy trình gia công chi tiết cavity

3.2.1.1 Lựa chọn thứ tự các bước công nghệ và nguyên công

Các bề mặt gia công được đánh số như sau:



Hình 3.2 Các bề mặt cần gia công của tấm cavity.

Dựa vào các cơ sở dữ liệu về hình dáng hình học, độ chính xác, độ bóng bề mặt và vật liệu của chi tiết ta có thể thực hiện gia công qua các nguyên công sau:

- ❖ Nguyên công 1: Tạo phôi
  - Lần gá đặt 1: Phay mặt đáy 2 (đạt kích thước chiều cao $25_{+0.2}$ mm)
  - Lần gá đặt 2: Phay mặt cạnh 4 (đạt kích thước chiều dài $129_{+0.2}$ mm)
  - Lần gá đặt 3: Phay mặt bên 3 (đạt kích thước chiều rộng $90_{+0.2}$ mm)
- ❖ Nguyên công 2: Mài đúng
  - Lần gá đặt 1: Mài mặt phẳng 1
  - Lần gá đặt 2: Mài mặt phẳng 2 (đạt kích thước chiều cao $25_{\pm 0.01}$)
  - Lần gá đặt 3: Mài mặt phẳng 12
  - Lần gá đặt 4: Mài mặt phẳng 4 (đạt kích thước chiều dài $129_{-0.01}$)
  - Lần gá đặt 5: Mài mặt phẳng 7
  - Lần gá đặt 6: Mài mặt phẳng 3 (đạt kích thước chiều rộng $90_{-0.01}$
- ❖ Nguyên công 3: Khoan các đường nước 5 có kích thước Ø6 + Vát mép + Taro.
- ❖ Nguyên công 4: Phay CNC.

- Lần gá đặt 1: Chuẩn định vị là mặt đáy 2 (3 BTD) và mặt bên 3 (2BTD).
    - Bước 1: Khoan lỗ bạc cuống phun 9.
    - Bước 2: Phay phá hốc slider 6 và hốc insert Marker 10.
    - Bước 3: Phay phá 4 hốc dẫn hướng 14 + Phay phá thêm phần đầu biên dạng chi tiết 8 + Mở rộng lỗ insert Marker 10.
    - Bước 4: Phay bán tinh các góc bo hốc dẫn hướng 14 + Bán tinh góc bo hốc slider 6 + Phay thêm 1 bậc côn của chi tiết 8.
    - Bước 5: Phay tinh 2 mặt cạnh của 4 hốc dẫn hướng 14.
    - Bước 6: Phay tinh các mặt cạnh của hốc slider 6.
    - Bước 7: Phay tinh mặt đáy của hốc slider 6 + 4 hốc dẫn hướng 14.
    - Bước 8: Phay tinh hốc insert Marker 10.
    - Bước 9: Phay phá toàn bộ biên dạng chi tiết 8.
    - Bước 10: Phay bán tinh toàn bộ biên dạng chi tiết 8.
    - Bước 11: Phay tinh phần biên dạng xòe của chi tiết 8 + phần biên dạng đáy chi tiết 8.
    - Bước 12: Phay tinh các góc bo của hốc slider 6.
    - Bước 13: Phay tinh toàn bộ biên dạng chi tiết 8.
    - Bước 14: Phay tinh lại các mặt bậc của biên dạng chi tiết 8.
- Lần gá đặt 2:
    - Bước 1: Khoan tâm các lỗ đường nước + lỗ bu lông dưới mặt đáy 2.
    - Bước 2: Khoan lỗ đường nước 13 với kích thước Ø6.
    - Bước 3: Phay phá mặt bậc 11 của hốc insert Marker.
    - Bước 4: Phay bán tinh hốc 11
    - Bước 5: Phay tinh mặt đáy của hốc 11

❖ Nguyên công 5: Đánh bóng các bề mặt

(Chú ý đối với các góc sắt nhọn cần xử lý vát nhẹ trừ các góc liên quan đến biên dạng chi tiết và đường nước)

3.2.1.2 Lựa chọn dao và các thông số công nghệ

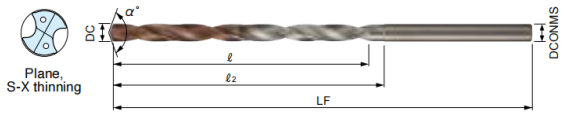
3.2.1.2.1 Lần gá đặt 1:

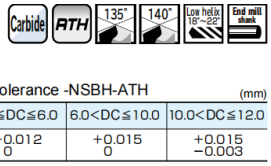
Chuẩn định vị: Mặt đáy 1 (3 BTD) + Mặt bên (2 BTD)

a. Bước 1: Khoan lỗ bạc cuống phun Ø12.

❖ Lựa chọn dao

Thép HPM1 là loại thép pre-hardened > 30HRC khá cứng → Chọn dao loại carbide hiệu quả hơn về lâu dài.





Item code	Stocks	Size (mm)					Point angle α
		Tool dia. DC	Flute length ℓ	Overall length LF	Under neck length ℓ2	Shank dia. DCONMS	
NSBH1190-200-ATH	□		200	265	203		
NSBH1190-250-ATH	□		250	315	253		
NSBH1190-300-ATH	□		300	365	303		
NSBH1200-60-ATH	●		60	125	63		140
NSBH1200-90-ATH	●		90	155	93		
NSBH1200-120-ATH	●		120	185	123		
NSBH1200-150-ATH	●	12.0	150	215	153	12	135
NSBH1200-200-ATH	●		200	265	203		
NSBH1200-250-ATH	●		250	315	253		
NSBH1200-300-ATH	●		300	365	303		

Hình 3.3 Thông số dao MOLDINO [14]

Chọn dao khoan của hãng MOLDINO có đường kính Ø12 (mm)

❖ Tra bảng trong catalog dao MOLDINO [14]

Recommended Cutting Conditions

NSBH-ATH Cutting Conditions (Water base internal coolant)

Work material	Pre-hardened steels (40~45HRC)		Hardened steels (45~55HRC)		Hardened steels (55~60HRC)	
Tool dia.	Cutting speed vc (m/min)	Feed rate f (mm/rev)	Cutting speed vc (m/min)	Feed rate f (mm/rev)	Cutting speed vc (m/min)	Feed rate f (mm/rev)
ϕ2	20~**60**~80	0.01~0.05	20~**40**~60	0.01~0.03	**10**~20	0.01~0.02
ϕ4		0.02~0.08		0.01~0.06		0.01~0.04
ϕ6		0.08~0.15		0.05~0.09		0.03~0.06
ϕ8		0.1~0.2		0.06~0.12		0.04~0.08
ϕ10		0.12~0.25		0.08~0.15		0.06~0.1
ϕ12		0.13~0.25		0.1~0.15		0.06~0.1

Hình 3.4 Chế độ cắt [14]

Vật liệu tấm cavity là HPM1 có độ cứng khoảng 40 ÷ 45 HRC

Tra bảng trên ta ra được thông số công nghệ:

- Vận tốc cắt: v_c = 60 (m/phút)
- Lượng chạy dao (Feed rate): $F_{vòng}$ = 0,2 (mm/vòng)

b. Bước 2: Phay phá hốc slider và hốc Insert Marker.

❖ Lựa chọn dao

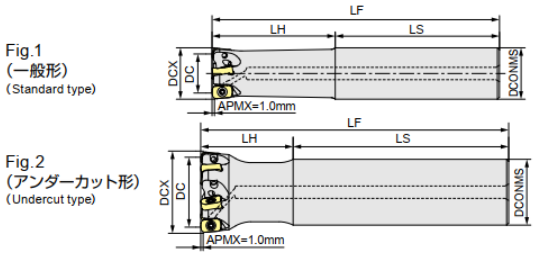
アルファ 高送りラジアスミル　TD4N

Radius Mill TD4N

シャンクタイプ Shank type **TD4N20○○□(32)-○**

○は数字、□は英文字が入ります。
Numeric figure in a circle ○ and Alphabetical character comes in a square □.





タイプ Type		商品コード Item code	在庫 Stock	刃数 No.of flutes	寸法 Size (mm) DCX	DC	LF	LH	LS	DCONMS	形状 Shape	適用インサート Recommended insert	希望小売価格(円) Suggested retail price (¥)
シャンクタイプ Shank type	レギュラー Regular	TD4N2016S-2	●	2	16	10	100	30	70	16			40,650
		TD4N2020S-3	●	3	20	14	130	50	80	20	Fig.1		52,410
		TD4N2025S-4	●	4	25	19	140	60	80	25			63,230
		TD4N2032S-5	●	5	32	26	150	70	80	32			75,240
		TD4N2040S32-6	●	6	40	34	150	45	105	32	Fig.2		86,600
	ロング Long	TD4N2016L-2	●	2	16	10	150	50	100	16	Fig.1		46,340
		TD4N2018L-2	●	2	18	12	150	25	125	16	Fig.2	ENMU0603ER-B/C ENGU0603ER-C	40,650
		TD4N2020L-3	●	3	20	14	160	80	80	20	Fig.1		59,620
		TD4N2022L-3	●	3	22	16	160	30	130	20	Fig.2		52,410
		TD4N2025L-4	●	4	25	19	180	100	80	25	Fig.1		66,730
		TD4N2028L-4	●	4	28	22	180	35	145	25	Fig.2		63,230
		TD4N2032L-5	●	5	32	26	200	120	80	32	Fig.1		77,950
		TD4N2035L-5	●	5	35	29	200	40	160	32	Fig.2		78,980
		TD4N2040L32-6	●	6	40	34	220	45	175	32	Fig.2		90,850

Hình 3.5 Thông số dao MOLDINO [14]

Chọn dao phay **TD4N2016S-2** của hãng MOLDINO có đường kính Ø12 (mm)

❖ Lựa chọn insert dao [14]

インサート Insert

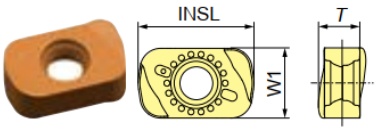


Fig.1 ENMU0603ER-B

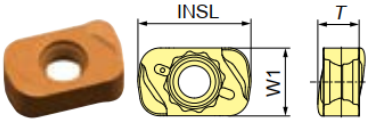


Fig.2 ENMU0603ER-C

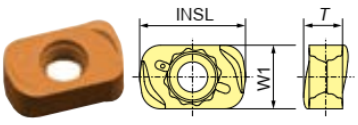


Fig.3 ENGU0603ER-C

P	鋼 Carbon steels		■		■	■	
M	SUS 等 SUS, etc.			■			
K	FC・FCD Cast irons		■		⊔	⊔	
H	高硬度材 Hardened steels	■	⊔				

■：一般切削・第一推奨
General cutting, First recommendation
⊔：一般切削・第二推奨
General cutting, Second recommendation

商品コード Item code	精度 Tolerance class	AJコーティング AJ Coating JP4105	JP4120	JM4160	JSコーティング JS Coating JS4045	GXコーティング GX Coating GX2140	寸法 Size (mm) INSL	W1	T	形状 Shape	希望小売価格(円) Suggested retail price (¥)
ENMU0603ER-B	M級 M		●	●	●	●				Fig.1	1,500
ENMU0603ER-C			●	●	●	●	10	6	3.7	Fig.2	1,500
ENGU0603ER-C	G級 G	●								Fig.3	1,940

【注意】GXコーティング、JSコーティングは通電式タッチセンサーに反応しませんのでご注意ください。
【Note】Please note that the GX Coating and JS Coating do not cause a reaction in conductive touch sensors.

Hình 3.6 Insert dao [14]

Thép HPM1 với độ cứng 42 HRC sẽ thuộc nhóm vật liệu Thép đã tôi cứng (Hardened steels), được ký hiệu là H trong bảng. Để phá thô thép HPM1 độ cứng 42 HRC bằng insert, nên chọn bất kỳ mã insert nào (ENMU0603ER-B, ENMU0603ER-C, hoặc ENGU0603ER-C) kết hợp với lớp phủ GX2140.

Chọn mảnh cắt mã **ENMU0603ER-B.**

❖ Tra bảng trong catalog dao MOLDINO [14]

標準切削条件表 Recommended cutting conditions

※赤字は第１推奨材種です。 ※ Red indicates primary recommended insert grade.

被削材 Work material	推奨材種 Recommended inserts grade	工具径 D Tool dia. / 突出し量 Overhang	φ16(2枚刃 flutes)		φ20(3枚刃 flutes)		φ25(4枚刃 flutes)		φ32(5枚刃 flutes)		φ40(6枚刃 flutes)	
			～3D	4D～7D	～3D	4D～7D	～3D	4D～7D	～3D	4D～7D	～3D	4D～7D
炭素鋼・合金鋼 Carbon steels Alloy steels <30HRC	※ GX2140 JS4045	n (min-1)	3380	2990	2710	2390	2170	1910	1690	1490	1350	1190
		Vc(m/min)	170	150	170	150	170	150	170	150	170	150
		Vf(mm/min)	6760	4780	8130	5730	10410	9160	10140	8940	9720	8560
		fz(mm/t)	1	0.8	1	0.8	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
		ap(mm)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5
		ae(mm)	10	10	14	14	19	19	22	22	28	28
		Q (cm3/min)	41	29	68	48	119	104	112	98	136	120
合金鋼・工具鋼 Alloy steels Tool steels 30～40HRC	JP4120 JS4045	n (min-1)	2990	2590	2390	2070	1910	1660	1490	1290	1190	1040
		Vc(m/min)	150	130	150	130	150	130	150	130	150	130
		Vf(mm/min)	5980	4140	7170	4960	7640	6640	7450	6450	7140	6240
		fz(mm/t)	1	0.8	1	0.8	1	1	1	1	1	1
		ap(mm)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5
		ae(mm)	10	10	14	14	19	19	22	22	28	28
		Q (cm3/min)	36	25	60	42	116	76	82	71	100	87
プリハードン鋼 合金鋼 Pre-Hardened steels Alloy steels 40～50HRC	JP4120 JS4045	n (min-1)	1990	1790	1590	1430	1270	1150	1000	900	800	720
		Vc(m/min)	100	90	100	90	100	90	100	90	100	90
		Vf(mm/min)	3980	2860	4770	3430	5080	3680	5000	3600	4800	3450
		fz(mm/t)	1	0.8	1	0.8	1	0.8	1	0.8	1	0.8
		ap(mm)	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		ae(mm)	10	10	14	14	19	19	22	22	28	28
		Q (cm3/min)	24	14	40	24	58	35	55	40	67	48

Hình 3.7 Thông số chế độ cắt [14]

Tra bảng trên ta ra được thông số công nghệ:

- Số vòng quay: n = 1990 (vòng/phút)
- Vận tốc cắt: v_c = 100 (m/phút)
- Vận tốc tiến dao: v_f = 3980 (mm/phút)
- Lượng tiến dao trên mỗi răng: f_z = 1 (mm/t)
- Chiều sâu cắt dọc trục: a_p = 0.6 (mm)
- Chiều sâu cắt hướng kính: a_e = 10 (mm)
- Tốc độ bóc tách vật liệu: Q = 24 (cm^3/phút)

c. Bước 3: Phay phá 4 hốc dẫn hướng + Phay phá thêm phần đầu biên dạng chi tiết + Mở rộng lỗ insert Marker.

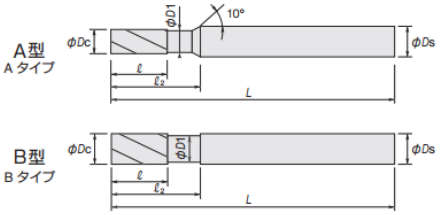
❖ Lựa chọn dao

形状・尺寸 形状・寸法

平头 <スクエア>



柄径公差：h6
シャンク径公差：h6



(mm)

外径 外径	外径公差 外径公差
1~6	0 −0.015
8~12	0 −0.02

HGOSH4○○○-TH

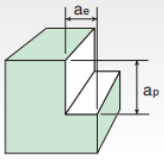
产品代码 商品コード	库存 在庫	尺寸 寸法 (mm) 外径 Dc 外径	刃长 ℓ 刃長	颈长 ℓ2 首下長	颈部直径 D1 首径	全长 L 全長	柄径 Ds シャンク径	刃数 刃数	类型 タイプ
HGOSH4010-TH	●	1	2	3	0.96	50	6	4	A
HGOSH4015-TH	●	1.5	3	4.5	1.44	50	6	4	A
HGOSH4020-TH	●	2	4	6	1.92	50	6	4	A
HGOSH4030-TH	●	3	6	9	2.88	60	6	4	A
HGOSH4040-TH	●	4	8	12	3.85	60	6	4	A
HGOSH4060-TH	●	6	12	18	5.85	60	6	4	B
HGOSH4080-TH	●	8	16	24	7.8	75	8	4	B
HGOSH4100-TH	●	10	20	30	9.8	80	10	4	B
HGOSH4120-TH	●	12	24	36	11.8	100	12	4	B

Hình 3.8 Thông số dao MOLDINO [14]

Chọn dao phay **HGOSH4080-TH** của hãng MOLDINO có đường kính Ø8 (mm)

❖ Tra bảng trong catalog dao MOLDINO [14]

HGOSH4○○○-TH
HGORH4○○○-○○-TH



侧面加工 <側面加工>

工件材料(硬度) 被削材(硬さ)	切削域 切削域	切削深度 切込み mm	切削条件 切削条件	外径 Dc 外径 φ1	φ1.5	φ2	φ3	φ4	φ6	φ8	φ10	φ12
碳素钢·合金钢 炭素鋼·合金鋼 (200～250HB) S50C、SCM	高速条件 高速条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	47,800	31,800	23,800	16,000	12,000	8,000	6,000	4,800	4,000
		ae=0.1Dc	进给速度 送り速度 mm/min	1,500	1,600	1,700	1,800	1,900	2,200	2,400	2,200	2,100
	通用条件 汎用条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	28,600	19,100	14,300	9,600	7,200	4,800	3,600	2,900	2,400
		ae=0.15Dc	进给速度 送り速度 mm/min	690	760	830	860	920	1,080	1,150	1,070	1,000
合金钢 合金鋼 (25～35HRC) SKD、HPM7 P20	高速条件 高速条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	41,400	27,600	20,700	14,000	10,000	6,900	5,200	4,100	3,500
		ae=0.05Dc	进给速度 送り速度 mm/min	1,160	1,330	1,330	1,400	1,400	1,700	1,900	1,700	1,600
	通用条件 汎用条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	28,600	19,100	14,300	9,600	7,200	4,800	3,600	2,900	2,400
		ae=0.1Dc	进给速度 送り速度 mm/min	580	690	740	770	830	970	1,040	960	900
预硬化钢 プリハードン鋼 (35～45HRC) HPM-MAGIC CENA1	高速条件 高速条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	35,000	23,300	17,500	12,000	8,800	5,800	4,400	3,500	2,900
		ae=0.05Dc	进给速度 送り速度 mm/min	700	930	980	1,100	1,100	1,300	1,400	1,300	1,200
	通用条件 汎用条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	25,500	17,000	12,700	8,500	6,400	4,200	3,200	2,500	2,100
		ae=0.07Dc	进给速度 送り速度 mm/min	460	510	560	610	660	750	820	740	700
淬火钢 焼入れ鋼 (45～55HRC) SKD61,HPM38 DAC-MAGIC	高速条件 高速条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	31,800	21,200	15,900	11,000	8,000	5,300	4,000	3,200	2,700
		ae=0.02Dc	进给速度 送り速度 mm/min	640	760	830	860	900	1,040	1,120	1,030	980
	通用条件 汎用条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	22,300	14,800	1,1100	7,400	5,600	3,700	2,800	2,200	1,900
		ae=0.05Dc	进给速度 送り速度 mm/min	360	410	440	460	500	580	630	570	550

Hình 3.9 Thông số chế độ cắt.

Tra bảng trên ta ra được thông số công nghệ:

- Chiều sâu cắt dọc trục: a_p = 12 (mm)
- Chiều sâu cắt hướng kính: a_e = 0,5 (mm)
- Tốc độ quay: n = 4400 (vòng/phút)
- Tốc độ tiến dao: v_f = 820 (mm/phút)

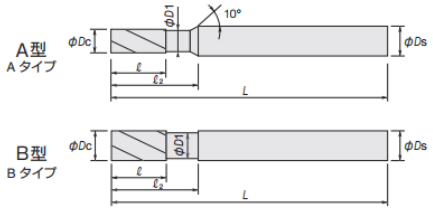
d. Bước 4: Phay bán tinh các góc bo hốc dẫn hướng + bán tinh góc bo hốc slider + Phay thêm 1 bậc côn của Golf Tee

❖ Lựa chọn dao

形状・尺寸 形状・寸法

平头 <スクエア>





柄径公差：h6
シャンク径公差：h6

(mm)

外径 外径	外径公差 外径公差
1~6	0 −0.015
8~12	0 −0.02

HGOSH4○○○-TH

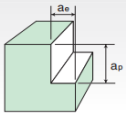
产品代码 商品コード	库存 在庫	尺寸 寸法 (mm) 外径 Dc 外径	刃长 ℓ 刃長	颈长 ℓ2 首下長	颈部直径 D1 首径	全长 L 全長	柄径 Ds シャンク径	刃数 刃数	类型 タイプ
HGOSH4010-TH	●	1	2	3	0.96	50	6	4	A
HGOSH4015-TH	●	1.5	3	4.5	1.44	50	6	4	A
HGOSH4020-TH	●	2	4	6	1.92	50	6	4	A
HGOSH4030-TH	●	3	6	9	2.88	60	6	4	A
HGOSH4040-TH	●	4	8	12	3.85	60	6	4	A
HGOSH4060-TH	●	6	12	18	5.85	60	6	4	B
HGOSH4080-TH	●	8	16	24	7.8	75	8	4	B
HGOSH4100-TH	●	10	20	30	9.8	80	10	4	B
HGOSH4120-TH	●	12	24	36	11.8	100	12	4	B

Hình 3.10 Thông số dao MOLDINO [14]

Chọn dao phay **HGOSH4040-TH** của hãng MOLDINO có đường kính Ø4 (mm)

❖ Tra bảng trong catalog dao MOLDINO [14]

HGOSH4○○○-TH
HGORH4○○○-○○-TH



側面加工 <側面加工>

工件材料(硬度) 被削材(硬さ)	切削域 切削域	切削深度 切込み mm	切削条件 切削条件	外径 Dc 外径 ϕ1	ϕ1.5	ϕ2	ϕ3	ϕ4	ϕ6	ϕ8	ϕ10	ϕ12
碳素钢・合金钢 炭素鋼・合金鋼 (200～250HB) S50C、SCM	高速条件 高速条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	47,800	31,800	23,800	16,000	12,000	8,000	6,000	4,800	4,000
		ae=0.1Dc	进给速度 送り速度 mm/min	1,500	1,600	1,700	1,800	1,900	2,200	2,400	2,200	2,100
	通用条件 汎用条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	28,600	19,100	14,300	9,600	7,200	4,800	3,600	2,900	2,400
		ae=0.15Dc	进给速度 送り速度 mm/min	690	760	830	860	920	1,080	1,150	1,070	1,000
合金钢 合金鋼 (25～35HRC) SKD、HPM7 P20	高速条件 高速条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	41,400	27,600	20,700	14,000	10,000	6,900	5,200	4,100	3,500
		ae=0.05Dc	进给速度 送り速度 mm/min	1,160	1,330	1,330	1,400	1,400	1,700	1,900	1,700	1,600
	通用条件 汎用条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	28,600	19,100	14,300	9,600	7,200	4,800	3,600	2,900	2,400
		ae=0.1Dc	进给速度 送り速度 mm/min	580	690	740	770	830	970	1,040	960	900
预硬化钢 プリハードン鋼 (35～45HRC) HPM-MAGIC CENA1	高速条件 高速条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	35,000	23,300	17,500	12,000	8,800	5,800	4,400	3,500	2,900
		ae=0.05Dc	进给速度 送り速度 mm/min	700	930	980	1,100	1,100	1,300	1,400	1,300	1,200
	通用条件 汎用条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	25,500	17,000	12,700	8,500	6,400	4,200	3,200	2,500	2,100
		ae=0.07Dc	进给速度 送り速度 mm/min	460	510	560	610	660	750	820	740	700
淬火钢 焼入れ鋼 (45～55HRC) SKD61,HPM38 DAC-MAGIC	高速条件 高速条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	31,800	21,200	15,900	11,000	8,000	5,300	4,000	3,200	2,700
		ae=0.02Dc	进给速度 送り速度 mm/min	640	760	830	860	900	1,040	1,120	1,030	980
	通用条件 汎用条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	22,300	14,800	1,1100	7,400	5,600	3,700	2,800	2,200	1,900
		ae=0.05Dc	进给速度 送り速度 mm/min	360	410	440	460	500	580	630	570	550

Hình 3.11 Thông số chế độ cắt [14]

Tra bảng trên ta ra được thông số công nghệ:

- Chiều sâu cắt dọc trục: a_p = 6 (mm)
- Chiều sâu cắt hướng kính: a_e = 0,3 (mm)
- Tốc độ quay: n = 8800 (vòng/phút)
- Tốc độ tiến dao: v_f = 1100 (mm/phút)

e. Bước 5: Phay tinh 2 mặt cạnh của 4 hốc dẫn hướng.

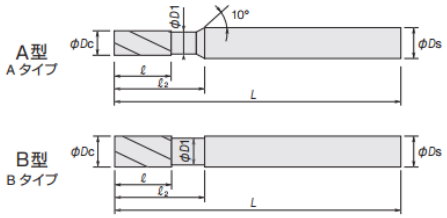
❖ Lựa chọn dao

形状・尺寸 形状・寸法

平头 <スクエア>



柄径公差：h6
シャンク径公差：h6



(mm)

外径 外径	外径公差 外径公差
1~6	0 −0.015
8~12	0 −0.02

HGOSH4○○○-TH

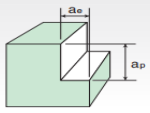
产品代码 商品コード	库存 在庫	尺寸 寸法 (mm) 外径 Dc 外径	刃长 ℓ 刃長	颈长 ℓ2 首下長	颈部直径 D1 首径	全长 L 全長	柄径 Ds シャンク径	刃数 刃数	类型 タイプ
HGOSH4010-TH	●	1	2	3	0.96	50	6	4	A
HGOSH4015-TH	●	1.5	3	4.5	1.44	50	6	4	A
HGOSH4020-TH	●	2	4	6	1.92	50	6	4	A
HGOSH4030-TH	●	3	6	9	2.88	60	6	4	A
HGOSH4040-TH	●	4	8	12	3.85	60	6	4	A
HGOSH4060-TH	●	6	12	18	5.85	60	6	4	B
HGOSH4080-TH	●	8	16	24	7.8	75	8	4	B
HGOSH4100-TH	●	10	20	30	9.8	80	10	4	B
HGOSH4120-TH	●	12	24	36	11.8	100	12	4	B

Hình 3.12 Thông số dao MOLDINO [14]

Chọn dao phay **HGOSH4060-TH** của hãng MOLDINO có đường kính Ø6 (mm)

❖ Tra bảng trong catalog dao MOLDINO [14]

HGOSH4○○○-TH
HGORH4○○○-○○-TH



側面加工 <側面加工>

工件材料（硬度） 被削材（硬さ）	切削域 切削域	切削深度 切込み mm	切削条件 切削条件	外径 Dc 外径 φ1	φ1.5	φ2	φ3	φ4	φ6	φ8	φ10	φ12
碳素钢・合金钢 炭素鋼・合金鋼 (200～250HB) S50C、SCM	高速条件 高速条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	47,800	31,800	23,800	16,000	12,000	8,000	6,000	4,800	4,000
		ae=0.1Dc	进给速度 送り速度 mm/min	1,500	1,600	1,700	1,800	1,900	2,200	2,400	2,200	2,100
	通用条件 汎用条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	28,600	19,100	14,300	9,600	7,200	4,800	3,600	2,900	2,400
		ae=0.15Dc	进给速度 送り速度 mm/min	690	760	830	860	920	1,080	1,150	1,070	1,000
合金钢 合金鋼 (25～35HRC) SKD、HPM7 P20	高速条件 高速条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	41,400	27,600	20,700	14,000	10,000	6,900	5,200	4,100	3,500
		ae=0.05Dc	进给速度 送り速度 mm/min	1,160	1,330	1,330	1,400	1,400	1,700	1,900	1,700	1,600
	通用条件 汎用条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	28,600	19,100	14,300	9,600	7,200	4,800	3,600	2,900	2,400
		ae=0.1Dc	进给速度 送り速度 mm/min	580	690	740	770	830	970	1,040	960	900
预硬化钢 プリハードン鋼 (35～45HRC) HPM-MAGIC CENA1	高速条件 高速条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	35,000	23,300	17,500	12,000	8,800	5,800	4,400	3,500	2,900
		ae=0.05Dc	进给速度 送り速度 mm/min	700	930	980	1,100	1,100	1,300	1,400	1,300	1,200
	通用条件 汎用条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	25,500	17,000	12,700	8,500	6,400	4,200	3,200	2,500	2,100
		ae=0.07Dc	进给速度 送り速度 mm/min	460	510	560	610	660	750	820	740	700
淬火钢 焼入れ鋼 (45～55HRC) SKD61,HPM38 DAC-MAGIC	高速条件 高速条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	31,800	21,200	15,900	11,000	8,000	5,300	4,000	3,200	2,700
		ae=0.02Dc	进给速度 送り速度 mm/min	640	760	830	860	900	1,040	1,120	1,030	980
	通用条件 汎用条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	22,300	14,800	1,1100	7,400	5,600	3,700	2,800	2,200	1,900
		ae=0.05Dc	进给速度 送り速度 mm/min	360	410	440	460	500	580	630	570	550

Hình 3.13 Thông số chế độ cắt [14]

Tra bảng trên ta ra được thông số công nghệ:

- Chiều sâu cắt dọc trục: a_p = 9 (mm)
- Chiều sâu cắt hướng kính: a_e = 0,3 (mm)
- Tốc độ quay: n = 5800 (vòng/phút)
- Tốc độ tiến dao: v_f = 1300 (mm/phút)

f. Bước 6: Phay tinh các mặt cạnh của hốc slider.

Ở bước này sử dụng dao giống với bước 5 là dao phay **HGOSH4060-TH** của hãng MOLDINO có đường kính Ø6 (mm) với thông số chế độ cắt giống như bước 5 để thực hiện gia công

g. Bước 7: Phay tinh mặt đáy của hốc slider + 4 hốc dẫn hướng.

Ở bước này sử dụng dao giống với bước 5 là dao phay **HGOSH4060-TH** của hãng MOLDINO có đường kính Ø6 (mm) với thông số chế độ cắt giống như bước 5 để thực hiện gia công

h. Bước 8: Phay tinh hốc insert Marker.

❖ Lựa chọn dao

アルファ 高送りラジアスミル　TD4N

Radius Mill TD4N

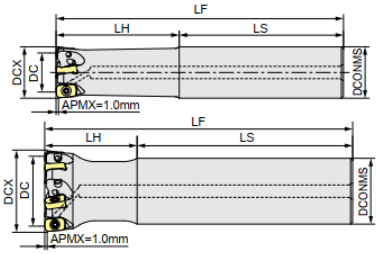
シャンクタイプ Shank type **TD4N20○○□(32)-○**

○は数字、□は英文字が入ります。
Numeric figure in a circle ○ and Alphabetical character comes in a square □ .



Fig.1 (一般形) (Standard type)

Fig.2 (アンダーカット形) (Undercut type)



タイプ Type		商品コード Item code	在庫 Stock	刃数 No.of flutes	寸法 Size (mm) DCX	DC	LF	LH	LS	DCONMS	形状 Shape	適用インサート Recommended insert	希望小売価格(円) Suggested retail price (¥)
シャンクタイプ Shank type	レギュラー Regular	TD4N2016S-2	●	2	16	10	100	30	70	16			40,650
		TD4N2020S-3	●	3	20	14	130	50	80	20	Fig.1		52,410
		TD4N2025S-4	●	4	25	19	140	60	80	25			63,230
		TD4N2032S-5	●	5	32	26	150	70	80	32			75,240
		TD4N2040S32-6	●	6	40	34	150	45	105	32	Fig.2		86,600
	ロング Long	TD4N2016L-2	●	2	16	10	150	50	100	16	Fig.1		46,340
		TD4N2018L-2	●	2	18	12	150	25	125	16	Fig.2	ENMU0603ER-B/C ENGU0603ER-C	40,650
		TD4N2020L-3	●	3	20	14	160	80	80	20	Fig.1		59,620
		TD4N2022L-3	●	3	22	16	160	30	130	20	Fig.2		52,410
		TD4N2025L-4	●	4	25	19	180	100	80	25	Fig.1		66,730
		TD4N2028L-4	●	4	28	22	180	35	145	25	Fig.2		63,230
		TD4N2032L-5	●	5	32	26	200	120	80	32	Fig.1		77,950
		TD4N2035L-5	●	5	35	29	200	40	160	32	Fig.2		78,980
		TD4N2040L32-6	●	6	40	34	220	45	175	32	Fig.2		90,850

Hình 3.14 Thông số dao MOLDINO [14]

Chọn dao phay **TD4N2016S-2** của hãng MOLDINO có đường kính Ø12 (mm)

❖ Lựa chọn insert dao [14]

インサート Insert

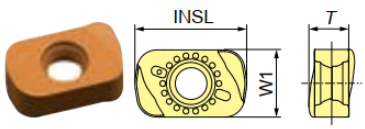


Fig.1 ENMU0603ER-B

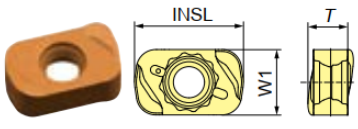


Fig.2 ENMU0603ER-C

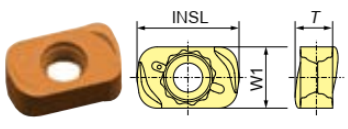


Fig.3 ENGU0603ER-C

P 鋼 Carbon steels			■		■	■	■: 一般切削・第一推奨 General cutting, First recommendation					
M SUS 等 SUS, etc.				■			⊔: 一般切削・第二推奨 General cutting, Second recommendation					
K FC・FCD Cast irons			■		⊔	⊔						
H 高硬度材 Hardened steels	■	⊔										
商品コード Item code	精度 Tolerance class	AJコーティング AJ Coating			JSコーティング JS Coating	GXコーティング GX Coating	寸法 Size (mm)			形状 Shape	希望小売価格(円) Suggested retail price (¥)	
		JP4105	JP4120	JM4160	JS4045	GX2140	INSL	W1	T			
~~ENMU0603ER-B~~	M級 M		●	●	●	●				~~Fig.1~~	~~1,500~~	
~~ENMU0603ER-C~~			●	●	●	●	10	6	3.7	~~Fig.2~~	~~1,500~~	
ENGU0603ER-C	G級 G	●								Fig.3	1,940	

【注意】GXコーティング、JSコーティングは通電式タッチセンサーに反応しませんのでご注意ください。
【Note】Please note that the GX Coating and JS Coating do not cause a reaction in conductive touch sensors.

Hình 3.15 Insert dao [14]

Thép HPM1 với độ cứng 42 HRC sẽ thuộc nhóm vật liệu Thép đã tôi cứng (Hardened steels), được ký hiệu là H trong bảng. Để phá thô thép HPM1 độ cứng 42 HRC bằng insert, nên chọn bất kỳ mã insert nào (ENMU0603ER-B, ENMU0603ER-C, hoặc ENGU0603ER-C) kết hợp với lớp phủ GX2140.

Chọn mảnh cắt mã **ENMU0603ER-B.**

❖ Tra bảng trong catalog dao MOLDINO [14]

標準切削条件表 Recommended cutting conditions

※赤字は第1推奨材種です。 ※Red indicates primary recommended insert grade.

被削材 Work material	推奨材種 Recommended inserts grade	工具径 D Tool dia.	φ16(2枚刃 flutes)		φ20(3枚刃 flutes)		φ25(4枚刃 flutes)		φ32(5枚刃 flutes)		φ40(6枚刃 flutes)	
		突出し量 Overhang	～3D	4D～7D	～3D	4D～7D	～3D	4D～7D	～3D	4D～7D	～3D	4D～7D
炭素鋼・合金鋼 Carbon steels Alloy steels <30HRC	※ GX2140 JS4045	n (min-1)	3380	2990	2710	2390	2170	1910	1690	1490	1350	1190
		Vc(m/min)	170	150	170	150	170	150	170	150	170	150
		Vf(mm/min)	6760	4780	8130	5730	10410	9160	10140	8940	9720	8560
		fz(mm/t)	1	0.8	1	0.8	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
		ap(mm)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5
		ae(mm)	10	10	14	14	19	19	22	22	28	28
		Q (cm3/min)	41	29	68	48	119	104	112	98	136	120
合金鋼・工具鋼 Alloy steels Tool steels 30～40HRC	JP4120 JS4045	n (min-1)	2990	2590	2390	2070	1910	1660	1490	1290	1190	1040
		Vc(m/min)	150	130	150	130	150	130	150	130	150	130
		Vf(mm/min)	5980	4140	7170	4960	7640	6640	7450	6450	7140	6240
		fz(mm/t)	1	0.8	1	0.8	1	1	1	1	1	1
		ap(mm)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5
		ae(mm)	10	10	14	14	19	19	22	22	28	28
		Q (cm3/min)	36	25	60	42	116	76	82	71	100	87
プリハードン鋼 合金鋼 Pre-Hardened steels Alloy steels 40～50HRC	JP4120 JS4045	n (min-1)	1990	1790	1590	1430	1270	1150	1000	900	800	720
		Vc(m/min)	100	90	100	90	100	90	100	90	100	90
		Vf(mm/min)	3980	2860	4770	3430	5080	3680	5000	3600	4800	3450
		fz(mm/t)	1	0.8	1	0.8	1	0.8	1	0.8	1	0.8
		ap(mm)	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		ae(mm)	10	10	14	14	19	19	22	22	28	28
		Q (cm3/min)	24	14	40	24	58	35	55	40	67	48

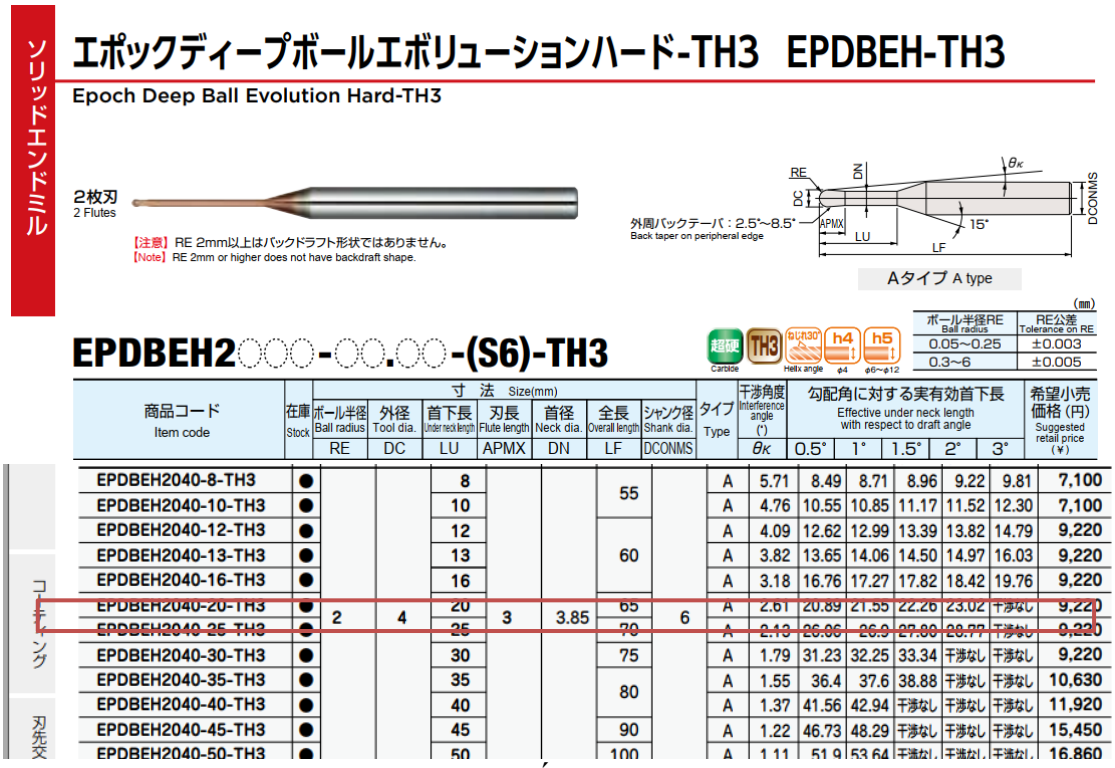
Hình 3.16 Thông số chế độ cắt [14]

Tra bảng trên ta ra được thông số công nghệ:

- Số vòng quay: n = 1990 (vòng/phút)
- Vận tốc cắt: v_c = 100 (m/phút)
- Vận tốc tiến dao: v_f = 3980 (mm/phút)
- Lượng tiến dao trên mỗi rắng: f_z = 1 (mm/t)
- Chiều sâu cắt dọc trục: a_p = 0.6 (mm)
- Chiều sâu cắt hướng kính: a_e = 10 (mm)
- Tốc độ bóc tách vật liệu: Q = 24 (cm^3/phút)

i. Bước 9: Phay phá toàn bộ biên dạng Golf Tee.

❖ Lựa chọn dao:


ソリッドエンドミル

エポックディープボールエボリューションハード-TH3 EPDBEH-TH3

Epoch Deep Ball Evolution Hard-TH3

2枚刃
2 Flutes

【注意】RE 2mm以上はバックドラフト形状ではありません。
【Note】RE 2mm or higher does not have backdraft shape.

Aタイプ A type

(mm)

ボール半径RE Ball radius	RE公差 Tolerance on RE
0.05~0.25	±0.003
0.3~6	±0.005

EPDBEH2○○○-○○.○○-(S6)-TH3

超硬 Carbide | TH3 | ねじれ30° Helix angle | h4 φ4 | h5 φ6~φ12

商品コード Item code	在庫 Stock	寸法 Size(mm) ボール半径 Ball radius RE	外径 Tool dia. DC	首下長 Under neck length LU	刃長 Flute length APMX	首径 Neck dia. DN	全長 Overall length LF	シャンク径 Shank dia. DCONMS	タイプ Type	干渉角度 Interference angle (°) θκ	勾配角に対する実有効首下長 Effective under neck length with respect to draft angle 0.5°	1°	1.5°	2°	3°	希望小売価格(円) Suggested retail price (¥)
EPDBEH2040-8-TH3	●			8			55		A	5.71	8.49	8.71	8.96	9.22	9.81	7,100
EPDBEH2040-10-TH3	●			10					A	4.76	10.55	10.85	11.17	11.52	12.30	7,100
EPDBEH2040-12-TH3	●			12			60		A	4.09	12.62	12.99	13.39	13.82	14.79	9,220
EPDBEH2040-13-TH3	●			13					A	3.82	13.65	14.06	14.50	14.97	16.03	9,220
EPDBEH2040-16-TH3	●			16					A	3.18	16.76	17.27	17.82	18.42	19.76	9,220
EPDBEH2040-20-TH3	●	2	4	20	3	3.85	65	6	A	2.61	20.89	21.55	22.26	23.02	干渉なし	9,220
EPDBEH2040-25-TH3	●			25			70		A	2.13	26.06	26.9	27.80	28.77	干渉なし	9,220
EPDBEH2040-30-TH3	●			30			75		A	1.79	31.23	32.25	33.34	干渉なし	干渉なし	9,220
EPDBEH2040-35-TH3	●			35			80		A	1.55	36.4	37.6	38.88	干渉なし	干渉なし	10,630
EPDBEH2040-40-TH3	●			40					A	1.37	41.56	42.94	干渉なし	干渉なし	干渉なし	11,920
EPDBEH2040-45-TH3	●			45			90		A	1.22	46.73	48.29	干渉なし	干渉なし	干渉なし	15,450
EPDBEH2040-50-TH3	●			50			100		A	1.11	51.9	53.64	干渉なし	干渉なし	干渉なし	16,860

Hình 3.17 Thông số dao MOLDINO [14]

Chọn dao phay **EPDBEH2040-30-TH3** của hãng MOLDINO có đường kính Ø4 (mm)

❖ Tra bảng trong catalog dao MOLDINO [4]

ソリッドエンドミル

エポックディープボールエボリューションハード-TH3 EPDBEH-TH3

Epoch Deep Ball Evolution Hard-TH3

標準切削条件表 Recommended cutting conditions

高能率切削条件 High efficiency cuttiing condition　高精度切削条件 High accuracy cutting condition

高精度切削条件は129ページを参照してください。
For detailed information on high-accuracy cutting conditions, refer to page 129.

被削材 Work material				1 プリハードン鋼 Pre-hardened steels (35~45HRC)		2 焼入れ鋼 Hardened steels (45~55HRC)		3 焼入れ鋼 Hardened steels (55~65HRC)		4 焼入れ鋼 Hardened steels (65~68HRC)		5 焼入れ鋼 Hardened steels (68~72HRC)	
切り込み比率 Ratio to standard depth of cut				100%		85%		80%		65%		55%	
ボール半径RE Ball radius (mm)	外径DC Tool dia. (mm)	首下長LU Under neck length (mm)	a_p (mm)	回転数 n min^{-1}	送り速度 v_f mm/min	回転数 n min^{-1}	送り速度 v_f mm/min	回転数 n min^{-1}	送り速度 v_f mm/min	回転数 n min^{-1}	送り速度 v_f mm/min	回転数 n min^{-1}	送り速度 v_f mm/min
1.75	3.5	10	0.328	15,190	2,750	13,410	2,240	12,510	1,830	11,260	1,650	10,700	1,320
		15	0.288	15,190	2,750	13,410	2,240	12,510	1,830	11,260	1,650	10,700	1,320
		25	0.168	12,620	1,710	11,140	1,390	10,400	1,140	9,360	1,030	8,890	820
		35	0.072	12,620	1,710	11,140	1,390	10,400	1,140	9,360	1,030	8,890	820
		45	0.072	9,350	1,200	8,250	980	7,700	800	6,930	720	6,580	580
2	4	8	0.48	14,660	3,960	12,940	3,300	12,080	2,900	10,870	2,610	10,320	2,090
		10	0.48	14,660	3,960	12,940	3,300	12,080	2,900	10,870	2,610	10,320	2,090
		12	0.384	14,660	3,960	12,940	3,300	12,080	2,900	10,870	2,610	10,320	2,090
		13	0.384	14,660	3,960	12,940	3,300	12,080	2,900	10,870	2,610	10,320	2,090
		16	0.336	14,660	3,960	12,940	3,300	12,080	2,900	10,870	2,610	10,320	2,090
		20	0.336	12,710	2,750	11,210	2,290	10,470	2,010	9,420	1,810	8,950	1,450
		25	0.192	11,440	2,220	10,090	2,160	9,420	1,630	8,480	1,460	8,050	1,170
		30	0.128	10,560	1,710	9,320	1,430	8,690	1,250	7,820	1,130	7,430	900
		35	0.08	10,560	1,710	9,320	1,430	8,690	1,250	7,820	1,130	7,430	900
		40	0.08	10,560	1,710	9,320	1,430	8,690	1,250	7,820	1,130	7,430	900
		45	0.08	7,820	1,200	6,900	1,000	6,440	880	5,800	790	5,510	630
		50	0.08	7,820	1,200	6,900	1,000	6,440	880	5,800	790	5,510	630

MOLDINO 一押し工具

Hình 3.18 Thông số chế độ cắt [14]

Tra bảng trên ta ra được thông số công nghệ:

- Chiều sâu cắt dọc trục: a_p = 0,128 (mm)
- Tốc độ quay: n = 10560 (vòng/phút)
- Tốc độ tiến dao: v_f = 1710 (mm/phút)

k. Bước 10: Phay bán tinh toàn bộ biên dạng Golf Tee.

❖ Lựa chọn dao

ソリッドエンドミル

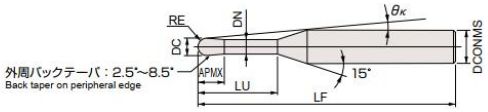
エポックディープボールエボリューションハード-TH3　EPDBEH-TH3

Epoch Deep Ball Evolution Hard-TH3

2枚刃
2 Flutes



【注意】RE 2mm以上はバックドラフト形状ではありません。
【Note】RE 2mm or higher does not have backdraft shape.



Aタイプ A type

(mm)

ボール半径RE Ball radius	RE公差 Tolerance on RE
0.05~0.25	±0.003
0.3~6	±0.005

EPDBEH2○○○-○○.○○-(S6)-TH3

超硬 Carbide　TH3　Helix angle　h4 φ4　h5 φ6~φ12

EPDBEH2020-2.5-TH3	●			2.5				A	10.6	2.66	2.72	2.78	2.85	3.01	5,530
EPDBEH2020-3-TH3	●			3				A	9.72	3.18	3.25	3.34	3.43	3.63	5,530
EPDBEH2020-4-TH3	●			4				A	8.32	4.21	4.32	4.45	4.58	4.87	5,530
EPDBEH2020-5-TH3	●			5			50	A	7.27	5.25	5.39	5.55	5.73	6.11	6,300
EPDBEH2020-6-TH3	●			6				A	6.46	6.28	6.46	6.66	6.88	7.36	6,300
EPDBEH2020-8-TH3	●			8				A	5.27	8.35	8.60	8.88	9.18	9.84	6,760
EPDBEH2020-10-TH3	●			10				A	4.46	10.41	10.74	11.10	11.48	12.33	6,760
EPDBEH2020-12-TH3	●			12				A	3.86	12.48	12.88	13.31	13.77	14.82	6,760
EPDBEH2020-13-TH3	●			13			55	4	A	3.62	13.51	13.95	14.42	14.92	16.06	6,760
EPDBEH2020-14-TH3	●			14					A	3.4	14.55	15.02	15.53	16.07	17.30	6,760
EPDBEH2020-16-TH3	●			16					A	3.04	16.62	17.16	17.75	18.37	19.79	6,760
EPDBEH2020-18-TH3	●			18					A	2.75	18.68	19.30	19.96	20.67	干渉なし	6,760
EPDBEH2020-20-TH3	●	1	2	20	1.7	1.94	60		A	2.51	20.75	21.44	22.18	22.97	干渉なし	6,760
EPDBEH2020-22-TH3	●			22					A	2.31	22.82	23.58	24.40	25.27	干渉なし	9,350
EPDBEH2020-25-TH3	●			25			65		A	2.06	25.92	26.79	27.72	28.72	干渉なし	9,520
EPDBEH2020-30-TH3	●			30			70		A	1.75	31.09	32.14	33.26	干渉なし	干渉なし	10,890
EPDBEH2020-35-TH3	●			35			75		A	1.52	36.26	37.48	38.80	干渉なし	干渉なし	14,730
EPDBEH2020-40-TH3	●			40			80		A	1.34	41.42	42.83	干渉なし	干渉なし	干渉なし	14,730
EPDBEH2020-3-S6-TH3	●			3					A	11.8	3.18	3.25	3.34	3.43	3.63	8,290
EPDBEH2020-6-S6-TH3	●			6					A	9.04	6.28	6.46	6.66	6.88	7.36	9,430
EPDBEH2020-8-S6-TH3	●			8			50	6	A	7.82	8.35	8.60	8.88	9.18	9.84	10,120
EPDBEH2020-12-S6-TH3	●			12					A	6.15	12.48	12.88	13.31	13.77	14.82	10,120
EPDBEH2020-16-S6-TH3	●			16					A	5.07	16.62	17.16	17.75	18.37	19.79	10,120
EPDBEH2020-20-S6-TH3	●			20			60		A	4.31	20.75	21.44	22.18	22.97	24.76	10,120

Coating
Indexable Tools
Solid End Mills
Drilling, Chamfering, Threa

Hình 3.19 Thông số dao MOLDINO [14]

Chọn dao phay **EPDBEH2020-16-TH3** của hãng MOLDINO có đường kính Ø2 (mm).

❖ Tra bảng trong catalog dao MOLDINO [14]

ソリッドエンドミル

エポックディープボールエボリューションハード-TH3 EPDBEH-TH3

Epoch Deep Ball Evolution Hard-TH3

標準切削条件表 Recommended cutting conditions

高能率切削条件 High efficiency cuttiing condition | 高精度切削条件 High accuracy cutting condition

高精度切削条件は129ページを参照してください。
For detailed information on high-accuracy cutting conditions, refer to page 129.

被削材 Work material				1 プリハードン鋼 Pre-hardened steels (35~45HRC)		2 焼入れ鋼 Hardened steels (45~55HRC)		3 焼入れ鋼 Hardened steels (55~65HRC)		4 焼入れ鋼 Hardened steels (65~68HRC)		5 焼入れ鋼 Hardened steels (68~72HRC)	
切り込み比率 Ratio to standard depth of cut				100%		85%		80%		65%		55%	
ボール半径RE Ball radius (mm)	外径DC Tool dia. (mm)	首下長LU Under neck length (mm)	ap (mm)	回転数 n min-1	送り速度 Vf mm/min	回転数 n min-1	送り速度 Vf mm/min	回転数 n min-1	送り速度 Vf mm/min	回転数 n min-1	送り速度 Vf mm/min	回転数 n min-1	送り速度 Vf mm/min
0.9	1.8	4	0.29	28,730	2,410	25,350	2,010	23,660	1,700	21,290	1,530	20,110	1,190
		8	0.208	28,730	2,410	25,350	2,010	23,660	1,700	21,290	1,530	20,110	1,190
		12	0.084	23,870	1,500	21,060	1,250	19,660	1,060	17,690	960	16,710	740
		16	0.054	23,870	1,500	21,060	1,250	19,660	1,060	17,690	960	16,710	740
		20	0.036	17,680	1,050	15,600	880	14,560	740	13,100	670	12,380	520
1	2	2.5	0.32	26,780	3,620	23,630	3,050	22,050	2,650	19,850	2,380	18,740	1,850
		3	0.32	26,780	3,620	23,630	3,050	22,050	2,650	19,850	2,380	18,740	1,850
		4	0.32	26,780	3,620	23,630	3,050	22,050	2,650	19,850	2,380	18,740	1,850
		5	0.32	26,780	3,620	23,630	3,050	22,050	2,650	19,850	2,380	18,740	1,850
		6	0.32	26,780	3,210	23,630	2,690	22,050	2,380	19,850	2,140	18,740	1,670
		8	0.224	26,780	3,210	23,630	2,690	22,050	2,380	19,850	2,140	18,740	1,670
		10	0.168	24,990	2,700	22,050	2,250	19,110	1,470	17,200	1,320	16,240	1,030
		12	0.096	22,490	2,430	19,850	2,050	17,200	1,320	15,480	1,190	14,620	930
		13	0.096	22,490	2,430	19,850	2,020	15,880	1,020	14,290	920	13,500	710
		14	0.096	22,490	2,110	18,430	1,630	15,880	1,020	14,290	920	13,500	710
		16	0.096	20,890	1,350	18,430	1,470	15,880	910	14,290	820	13,500	640
		18	0.072	19,280	1,250	18,430	1,350	15,880	910	14,290	820	13,500	640
		20	0.06	19,280	1,250	18,430	1,130	15,880	910	14,290	820	13,500	640
		22	0.04	15,170	930	13,390	770	14,990	820	13,500	730	12,750	570
		25	0.04	14,280	870	12,600	730	14,110	770	12,700	690	12,000	540
		30	0.024	14,280	870	12,600	730	14,110	770	12,700	690	12,000	540
		35	0.02	12,500	720	11,030	600	10,290	530	9,260	470	8,750	370
		40	0.018	10,710	620	9,450	510	8,820	450	7,940	410	7,500	320

Hình 3.20 Thông số chế độ cắt [14]

Tra bảng trên ta ra được thông số công nghệ:

- Chiều sâu cắt dọc trục: a_p = 0,096 (mm)
- Tốc độ quay: n = 20000 (vòng/phút)
- Tốc độ tiến dao: v_f = 1350 (mm/phút)

l. Bước 11: Phay tinh phần biên dạng xòe của Golf Tee + phần biên dạng đáy Golf Tee.

❖ Lựa chọn dao

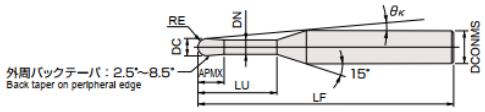
ソリッドエンドミル

エポックディープボールエボリューションハード-TH3　EPDBEH-TH3

Epoch Deep Ball Evolution Hard-TH3

2枚刃
2 Flutes

【注意】RE 2mm以上はバックドラフト形状ではありません。
【Note】RE 2mm or higher does not have backdraft shape.



Aタイプ A type

(mm)

ボール半径RE Ball radius	RE公差 Tolerance on RE
0.05~0.25	±0.003
0.3~6	±0.005

EPDBEH2○○○-○○.○○-(S6)-TH3

超硬 Carbide　TH3　ねじれ30° Helix angle　h4 φ4　h5 φ6~φ12

商品コード Item code	在庫 Stock	寸法 Size(mm) ボール半径 Ball radius RE	外径 Tool dia. DC	首下長 Under neck length LU	刃長 Flute length APMX	首径 Neck dia. DN	全長 Overall length LF	シャンク径 Shank dia. DCONMS	タイプ Type	干渉角度 Interference angle (°) θK	勾配角に対する実有効首下長 Effective under neck length with respect to draft angle 0.5°	1°	1.5°	2°	3°	希望小売価格（円） Suggested retail price (¥)
EPDBEH2010-0.8-TH3	●			0.8		–			B	13.47	–	–	–	–	–	5,530
EPDBEH2010-1.5-TH3	●			1.5					A	12.67	1.61	1.64	1.69	1.73	1.83	5,530
EPDBEH2010-2-TH3	●			2					A	11.82	2.12	2.18	2.24	2.31	2.46	5,530
EPDBEH2010-2.5-TH3	●			2.5					A	11.07	2.64	2.71	2.80	2.88	3.08	5,530
EPDBEH2010-3-TH3	●			3					A	10.41	3.16	3.25	3.35	3.46	3.70	5,530
EPDBEH2010-4-TH3	●			4					A	9.29	4.19	4.32	4.46	4.61	4.94	6,300
EPDBEH2010-5-TH3	●			5			50		A	8.39	5.22	5.39	5.57	5.76	6.19	6,300
EPDBEH2010-6-TH3	●			6					A	7.65	6.26	6.46	6.67	6.91	7.43	6,760
EPDBEH2010-7-TH3	●			7					A	7.03	7.29	7.53	7.78	8.06	8.67	6,760
EPDBEH2010-8-TH3	●			8				4	A	6.5	8.32	8.60	8.89	9.21	9.91	6,760
EPDBEH2010-9-TH3	●			9					A	6.05	9.36	9.67	10.00	10.36	11.16	6,760
EPDBEH2010-10-TH3	●	0.5	1	10	0.8	0.96			A	5.65	10.39	10.74	11.11	11.51	12.40	6,760
EPDBEH2010-12-TH3	●			12					A	5	12.46	12.88	13.32	13.81	14.89	6,760
EPDBEH2010-13-TH3	●			13			55		A	4.72	13.49	13.95	14.43	14.96	16.13	7,980
EPDBEH2010-14-TH3	●			14					A	4.48	14.53	15.02	15.54	16.11	17.37	7,980
EPDBEH2010-16-TH3	●			16					A	4.06	16.59	17.16	17.76	18.40	19.86	9,350
EPDBEH2010-18-TH3	●			18			60		A	3.71	18.66	19.29	19.97	20.70	22.35	9,350
EPDBEH2010-20-TH3	●			20					A	3.42	20.73	21.43	22.19	23.00	24.83	11,360

MOLDINO 一押し工具

Hình 3.21 Thông số dao MOLDINO [14]

Chọn dao phay **EPDBEH2010-16-TH3** của hãng MOLDINO có đường kính Ø1 (mm)

❖ Tra bảng trong catalog dao MOLDINO [14]

ソリッドエンドミル

エポックディープボールエボリューションハード-TH3　EPDBEH-TH3

Epoch Deep Ball Evolution Hard-TH3

標準切削条件表 Recommended cutting conditions

高能率切削条件 High efficiency cutting condition　高精度切削条件 High accuracy cutting condition

高精度切削条件は129ページを参照してください。
For detailed information on high-accuracy cutting conditions, refer to page 129.

被削材 Work material				1 プリハードン鋼 Pre-hardened steels (35~45HRC)		2 焼入れ鋼 Hardened steels (45~55HRC)		3 焼入れ鋼 Hardened steels (55~65HRC)		4 焼入れ鋼 Hardened steels (65~68HRC)		5 焼入れ鋼 Hardened steels (68~72HRC)	
切り込み比率 Ratio to standard depth of cut				100%		85%		80%		65%		55%	
ボール半径RE Ball radius (mm)	外径DC Tool dia. (mm)	首下長LU Under neck length (mm)	ap (mm)	回転数 n min⁻¹	送り速度 Vf mm/min	回転数 n min⁻¹	送り速度 Vf mm/min	回転数 n min⁻¹	送り速度 Vf mm/min	回転数 n min⁻¹	送り速度 Vf mm/min	回転数 n min⁻¹	送り速度 Vf mm/min
2	4	8	0.48	14,660	3,960	12,940	3,300	12,080	2,900	10,870	2,610	10,320	2,090
		10	0.48	14,660	3,960	12,940	3,300	12,080	2,900	10,870	2,610	10,320	2,090
		12	0.384	14,660	3,960	12,940	3,300	12,080	2,900	10,870	2,610	10,320	2,090
		13	0.384	14,660	3,960	12,940	3,300	12,080	2,900	10,870	2,610	10,320	2,090
		16	0.336	14,660	3,960	12,940	3,300	12,080	2,900	10,870	2,610	10,320	2,090
		20	0.336	12,710	2,750	11,210	2,290	10,470	2,010	9,420	1,810	8,950	1,450
		25	0.192	11,440	2,220	10,090	2,160	9,420	1,630	8,480	1,460	8,050	1,170
		30	0.128	10,560	1,710	9,320	1,430	8,690	1,250	7,820	1,130	7,430	900
		35	0.08	10,560	1,710	9,320	1,430	8,690	1,250	7,820	1,130	7,430	900
		40	0.08	10,560	1,710	9,320	1,430	8,690	1,250	7,820	1,130	7,430	900
		45	0.08	7,820	1,200	6,900	1,000	6,440	880	5,800	790	5,510	630
		50	0.08	7,820	1,200	6,900	1,000	6,440	880	5,800	790	5,510	630

一押し工具

Hình 3.22 Thông số chế độ cắt [14]

Tra bảng trên ta ra được thông số công nghệ:

- Chiều sâu cắt dọc trục: a_p = 0,128 (mm)
- Tốc độ quay: n = 10000 (vòng/phút)
- Tốc độ tiến dao: v_f = 1710 (mm/phút)

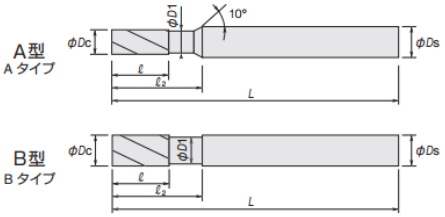
m. Bước 12: Phay tinh các góc bo của hốc slider.

形状・尺寸 形状・寸法

平头 <スクエア>



柄径公差：h6
シャンク径公差：h6



(mm)

外径 外径	外径公差 外径公差
1~6	0 −0.015
8~12	0 −0.02

HGOSH4○○○-TH

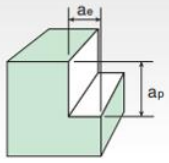
产品代码 商品コード	库存 在庫	尺寸 寸法 (mm) 外径 Dc 外径	刃长 ℓ 刃長	颈长 ℓ2 首下長	颈部直径 D1 首径	全长 L 全長	柄径 Ds シャンク径	刃数 刃数	类型 タイプ
HGOSH4010-TH	●	1	2	3	0.96	50	6	4	A
HGOSH4015-TH	●	1.5	3	4.5	1.44	50	6	4	A
HGOSH4020-TH	●	2	4	6	1.92	50	6	4	A
HGOSH4030-TH	●	3	6	9	2.88	60	6	4	A
HGOSH4040-TH	●	4	8	12	3.85	60	6	4	A
HGOSH4060-TH	●	6	12	18	5.85	60	6	4	B
HGOSH4080-TH	●	8	16	24	7.8	75	8	4	B
HGOSH4100-TH	●	10	20	30	9.8	80	10	4	B
HGOSH4120-TH	●	12	24	36	11.8	100	12	4	B

Hình 3.23 Thông số dao MOLDINO [14]

Chọn dao phay **HGOSH4040-TH** của hãng MOLDINO có đường kính Ø4 (mm)

❖ Tra bảng trong catalog dao MOLDINO [14]

HGOSH4○○○-TH
HGORH4○○○-○○-TH



側面加工 <側面加工>

工件材料(硬度) 被削材(硬さ)	切削域 切削域	切削深度 切込み mm	切削条件 切削条件	外径 Dc 外径								
				φ1	φ1.5	φ2	φ3	φ4	φ6	φ8	φ10	φ12
碳素钢・合金钢 炭素鋼・合金鋼 (200～250HB) S50C、SCM	高速条件 高速条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	47,800	31,800	23,800	16,000	12,000	8,000	6,000	4,800	4,000
		ae=0.1Dc	进给速度 送り速度 mm/min	1,500	1,600	1,700	1,800	1,900	2,200	2,400	2,200	2,100
	通用条件 汎用条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	28,600	19,100	14,300	9,600	7,200	4,800	3,600	2,900	2,400
		ae=0.15Dc	进给速度 送り速度 mm/min	690	760	830	860	920	1,080	1,150	1,070	1,000
合金钢 合金鋼 (25～35HRC) SKD、HPM7 P20	高速条件 高速条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	41,400	27,600	20,700	14,000	10,000	6,900	5,200	4,100	3,500
		ae=0.05Dc	进给速度 送り速度 mm/min	1,160	1,330	1,330	1,400	1,400	1,700	1,900	1,700	1,600
	通用条件 汎用条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	28,600	19,100	14,300	9,600	7,200	4,800	3,600	2,900	2,400
		ae=0.1Dc	进给速度 送り速度 mm/min	580	690	740	770	830	970	1,040	960	900
预硬化钢 プリハードン鋼 (35～45HRC) HPM-MAGIC CENA1	高速条件 高速条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	35,000	23,300	17,500	12,000	8,800	5,800	4,400	3,500	2,900
		ae=0.05Dc	进给速度 送り速度 mm/min	700	930	980	1,100	1,100	1,300	1,400	1,300	1,200
	通用条件 汎用条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	25,500	17,000	12,700	8,500	6,400	4,200	3,200	2,500	2,100
		ae=0.07Dc	进给速度 送り速度 mm/min	460	510	560	610	660	750	820	740	700
淬火钢 焼入れ鋼 (45～55HRC) SKD61,HPM38 DAC-MAGIC	高速条件 高速条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	31,800	21,200	15,900	11,000	8,000	5,300	4,000	3,200	2,700
		ae=0.02Dc	进给速度 送り速度 mm/min	640	760	830	860	900	1,040	1,120	1,030	980
	通用条件 汎用条件	ap=1.5Dc	转速 回転数 min⁻¹	22,300	14,800	1,1100	7,400	5,600	3,700	2,800	2,200	1,900
		ae=0.05Dc	进给速度 送り速度 mm/min	360	410	440	460	500	580	630	570	550

Hình 3.24 Thông số chế độ cắt [14]

Tra bảng trên ta ra được thông số công nghệ:

- Chiều sâu cắt dọc trục: a_p = 6 (mm)
- Chiều sâu cắt hướng kính: a_e = 0,3 (mm)
- Tốc độ quay: n = 8800 (vòng/phút)
- Tốc độ tiến dao: v_f = 1100 (mm/phút)

n. Bước 13: Phay tinh toàn bộ biên dạng Golf Tee.

Ở bước này sử dụng dao giống với bước 10 là dao phay **EPDBEH2020-16-TH3** của hãng MOLDINO có đường kính Ø2 (mm)với thông số chế độ cắt giống như bước 5 để thực hiện gia công.

o. Bước 14: Phay tinh lại các mặt bậc của biên dạng Golf Tee.

Ở bước này sử dụng dao giống với bước 10 là dao phay **EPDBEH2010-16-TH3** của hãng MOLDINO có đường kính Ø1 (mm) với thông số chế độ cắt giống như bước 5 để thực hiện gia công.

3.2.1.2.2 Lần gá đặt 2:

Chuẩn định vị: Mặt đầu 3 (3 BTD) + Mặt bên (2 BTD), kẹp chặt bằng mâm cặp

a. Khoan tâm các lỗ đường nước + lỗ bu lông

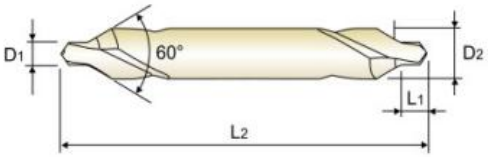
Dùng dao của hãng YG

HSS-E, CENTER DRILLS
HSS-E, 中心钻

▶ **Application** : Center Drills suitable for center drilling and chamfering in general materials.
Excellent performance with High Vanadium HSS-E and YG-1's unique design technology.

▶ 应用：适用于一般材料的定心孔加工和倒角加工. 采用含钴高速钢材料和YG1独特的设计技术, 具有卓越的加工性能





HSS-E | h8 | k12 | 120° p. A257

Recommended ToolHolder

Plain Shank	Page
NC DRILL CHUCK & OTHER TOOL HOLDERS	D247 - 256
ER COLLET CHUCK	D73 - 115

FORM A (60°)

Unit(単位) : mm

EDP No 型号	Drill Diameter 刃径 D1	Shank Diameter 柄径 D2	Pilot Length 槽长 L1	Overall Length 全长 L2
DV301010	1.0	4.0	1.0	35
DV301015	1.5	5.0	1.5	40
DV301020	2.0	6.0	2.0	45
DV301025	2.5	7.7	2.5	50
DV301904	2.5	8.0	2.5	50
DV301030	3.0	7.7	3.0	55
DV301901	3.0	8.0	3.0	55
DV301040	4.0	10.0	4.5	65

Hình 3.25 – Thông số dao

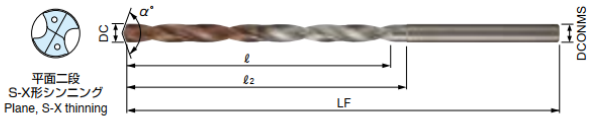
Chọn dao khoan tâm **DV301010** của hãng MOLDINO có đường kính Ø1 (mm)

b. Bước 2: Khoan lỗ đường nước Ø6.

❖ Chọn dao

穴加工・面取り・ねじ切り

高硬度用超硬OHノンステップボーラー H NSBH-ATH
Carbide Oil Hole Non Step Borer H for high hardness material



平面二段
S-X形シンニング
Plane, S-X thinning

超硬 Carbide | ATH | 135° | 140° | 段ねじれ角 Low helix | エンドミルシャンク End shank

■ NSBH-ATH の直径公差
Tool dia. tolerance -NSBH-ATH (mm)

工具径 Tool dia.	2.0≦DC≦6.0	6.0<DC≦10.0	10.0<DC≦12.0
公差 Tolerance	+0.012 0	+0.015 0	+0.015 −0.003

オイルホールあり With oil hole

NSBH○○○○-○○○-ATH

穴深さについては「溝長−DC×2」以下を目安に設定してください。
Hole depth should be set to "under flute length-2xDC" as a general rule.

h6

商品コード Item code	在庫 Stock	寸法 Size (mm) 直径 Tool dia. DC	溝長 Flute length ℓ	全長 Overall length LF	首下長 Under neck length ℓ2	シャンク径 Shank dia. DCONMS	先端角 α Point angle	希望小売価格 (円) Suggested retail price (¥)
NSBH0580-30-ATH	□	5.8	30	85	33	6	140	–
NSBH0580-60-ATH	□		60	115	63		135	–
NSBH0580-90-ATH	□		90	145	93			–
NSBH0580-120-ATH	□		120	175	123			–
NSBH0580-150-ATH	□		150	205	153			–
NSBH0590-30-ATH	□	5.9	30	85	33	6	140	–
NSBH0590-60-ATH	□		60	115	63		135	–
NSBH0590-90-ATH	□		90	145	93			–
NSBH0590-120-ATH	□		120	175	123			–
NSBH0590-150-ATH	□		150	205	153			–
NSBH0600-30-ATH	●	6.0	30	85	33	8	140	23,210
NSBH0600-60-ATH	●		60	115	63			28,270
NSBH0600-90-ATH	●		90	145	93		135	35,560
NSBH0600-120-ATH	●		120	175	123			41,850
NSBH0600-150-ATH	●		150	205	153			47,280

MOLDIN

Hình 3.26 Thông số dao MOLDINO [14]

Chọn dao **NSBH0600-60-ATH** của hãng MOLDINO [14]

❖ Tra bảng chế độ cắt

標準切削条件表 Recommended cutting conditions

NSBH-ATH 水溶性内部クーラント切削条件 Cutting Conditions (Water base internal coolant)

被削材 Work material	プリハードン鋼（40～45HRC） Pre-hardened steels		焼入れ鋼（45～55HRC） Hardened steels		焼入れ鋼（55～60HRC） Hardened steels	
直径 Tool dia.	切削速度 Vc (m/min)	送り量 f (mm/rev)	切削速度 Vc (m/min)	送り量 f (mm/rev)	切削速度 Vc (m/min)	送り量 f (mm/rev)
ϕ2	20～60～80	0.01～0.05	20～40～60	0.01～0.03	10～20	0.01～0.02
ϕ4		0.02～0.08		0.01～0.06		0.01～0.04
ϕ6		0.08～0.15		0.05～0.09		0.03～0.06
ϕ8		0.1～0.2		0.06～0.12		0.04～0.08
ϕ10		0.12～0.25		0.08～0.15		0.06～0.1
ϕ12		0.13～0.25		0.1～0.15		0.06～0.1

Hình 3.27 Thông số chế độ cắt [14]

Vật liệu tấm cavity là HPM1 có độ cứng khoảng 40 ÷ 45 HRC

Tra bảng trên ta ra được thông số công nghệ:

- Vận tốc cắt: v_c = 60 (m/phút)
- Lượng chạy dao (Feed rate): $F_{vòng}$ = 0,15 (mm/vòng)

c. Bước 3: Phay phá mặt bậc của hốc insert Marker.

Ở bước này sử dụng dao giống với bước 10 là dao phay **HGOSH4060-TH** củahãng MOLDINO có đường kính Ø6 (mm) với thông số chế độ cắt giống như bước 5 để thực hiện gia công.

d. Bước 4: Phay bán tinh hốc

Ở bước này sử dụng dao giống với bước 10 là dao phay **TD4N2016S-2** của hãng MOLDINO có đường kính Ø12 (mm) với thông số chế độ cắt giống như bước 5 để thực hiện gia công.

e. Bước 5: Phay tinh mặt bên của hốc

Ở bước này sử dụng dao giống với bước 10 là dao phay **HGOSH4060-TH** củahãng MOLDINO có đường kính Ø6 (mm) với thông số chế độ cắt giống như bước 5 để thực hiện gia công.

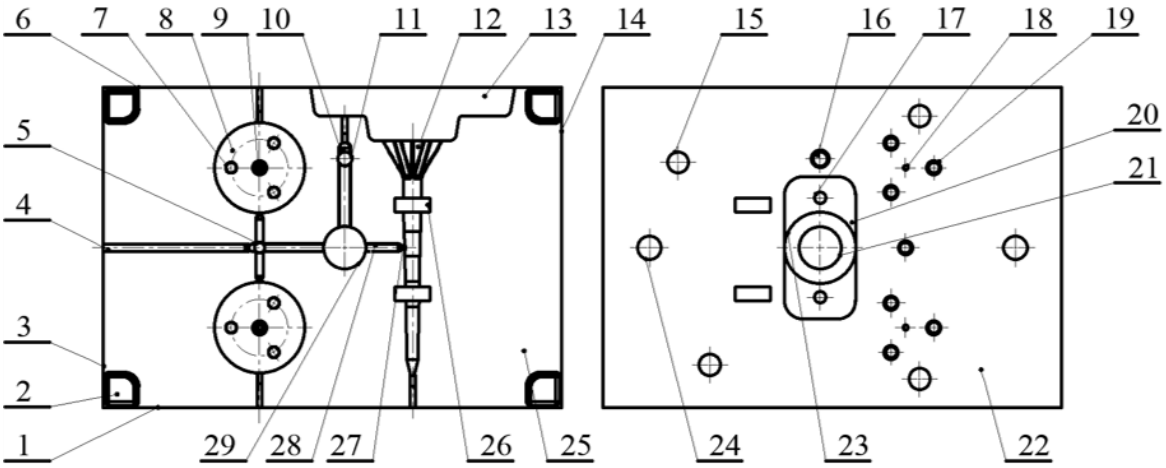
f. Bước 6: Phay tinh mặt đáy của hốc

Ở bước này sử dụng dao giống với bước 10 là dao phay **HGOSH4060-TH** củahãng MOLDINO có đường kính Ø6 (mm) với thông số chế độ cắt giống như bước 5 để thực hiện gia công.

3.2.2. Quy trình gia công chi tiết core

3.2.2.1 Lựa chọn thứ tự các bước công nghệ và nguyên công

Các bề mặt gia công được đánh số như sau:



Hình 3.28 Các bề mặt cần gia công của chi tiết core.

Dựa vào các cơ sở dữ liệu về hình dáng hình học, độ chính xác, độ bóng bề mặt và vật liệu của chi tiết ta có thể thực hiện gia công qua các nguyên công sau:

- ❖ Nguyên công 1: Tạo phôi
  - Lần gá đặt 1: Phay đạt kích thước $35_{+0.2}$ mm.
  - Lần gá đặt 2: Phay đạt kích thước $90_{+0.2}$ mm.
  - Lần gá đặt 3: Phay đạt kích thước $129_{+0.2}$ mm.
- ❖ Nguyên công 2: Mài đúng

- Lần gá đặt 1: Mài mặt phẳng 25
- Lần gá đặt 2: Mài mặt phẳng 22 (đạt kích thước chiều cao $35_{\pm 0.01}$)
- Lần gá đặt 3: Mài mặt phẳng 3
- Lần gá đặt 4: Mài mặt phẳng 14 (đạt kích thước chiều dài $129_{-0.01}$)
- Lần gá đặt 5: Mài mặt phẳng 1
- Lần gá đặt 6: Mài mặt phẳng 6 (đạt kích thước chiều rộng $90_{-0.01}$)

❖ Nguyên công 3: Khoan các đường nước có kích thước Ø6 + Vát mép + Taro.

❖ Nguyên công 4: Phay CNC

- Lần gá đặt 1: Chuẩn định vị là mặt 25 (3 BTD) và mặt 1 (2BTD).
    - Bước 1: Khoan tâm các lỗ 15, 16, 17, 19, 29.
    - Bước 2 + 3 + 4: Khoan các lỗ 15, 16, 17, 19, 21.
    - Bước 5: Phay hốc insert runner 20.
    - Bước 6: Phay hốc chốt pin 18.
    - Bước 7: Khoan lỗ chốt pin 18.
    - Bước 8: Vát mép.
- Lần gá đặt 2: Chuẩn định vị là mặt 22 (3 BTD) và mặt 1 (2 BTD).
    - Bước 1: Khoan tâm các lỗ 7, 9, 11.
    - Bước 2: Khoan đúng kích thước các lỗ 7, 9, 11.
    - Bước 3: Phay phá phần dư trên mặt 25.
    - Bước 4: Phay phá biên dang chi tiết 8 và hốc slider 13.
    - Bước 5: Phay phá biên dạng chi tiết 12 và kênh runner 10.
    - Bước 6: Phay phá hốc slider 13.
    - Bước 7: Phay phá kênh dẫn vào chi tiết 28.
    - Bước 8: Phay phá hốc nhỏ 9 Golf Marker.
    - Bước 9: Phay phá chóp và viền cạnh Golf Tee 12.
    - Bước 10: Phay tinh mặt phân khuôn 25.
    - Bước 11: Phay tinh 4 chốt dẫn hướng 2.
    - Bước 12: Phay tinh hốc slider 13.
    - Bước 13: Phay tinh biên dạng Golf Tee 12 và Gold Marker 8.
    - Bước 14: Phay tinh chóp và viền cạnh 12.
    - Bước 15: Phay tinh kênh dẫn vào chi tiết 28.
    - Bước 16: Phay tinh chop Golf Marker 9.
    - Bước 17: Phay cổng gate 27 và các đường thoát khí 4.
    - Bước 18: Phay tinh các bậc Golf Tee 12.

- Nguyên công 5: Cắt dây hốc 26.
- Nguyên công 6: Đánh bóng.

(Chú ý đối với các góc sắt nhọn cần xử lý vát nhẹ trừ các góc liên quan đến biên dạng chi tiết và đường nước)

3.2.2.2 Lựa chọn dao và các thông số công nghệ

Bảng 3.1 Phiếu công nghệ gia công CNC chi tiết tấm core.

STT	Quy trình gia công	Máy gia công	Dao	Tốc độ tiến dao F (mm/ph)	Tốc độ trục chính S (vòng/ph)	Lượng dịch dao Ae (mm)	Chiều sâu cắt Ap (mm)
1 (LG1)	Khoan tâm các lỗ 15, 16, 17, 19, 29	Máy phay CNC Makino	DRILLING CENTER Ø3	30	1200	—	—
2	Khoan các lỗ 15, 16, 17, 19, 21	Máy phay CNC Makino	DRILLING Ø2,5; Ø3,3; Ø4; Ø5; Ø6; Ø6,8; Ø11	50 50 50 50 60 60 80	2500 1500 1200 900 750 650 450	—	—
3	Phay hốc insert runner 20	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø10	1500	5000	5	0,2

4	Phay hốc chốt pin 18	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø3	500	10000	1,5	0,05
5	Khoan lỗ chốt pin 18	Máy phay CNC Makino	DRILLING Ø1,5	50	4000	—	—
6	Vát mép các vị trí yêu cầu	Máy phay CNC Makino	Dao vát mép 90° Ø2	100	3000	—	0,2
7 (LG2)	Khoan tâm các lỗ 7, 9, 11	Máy phay CNC Makino	DRILLING CENTER Ø3	30	1200	—	—
8	Khoan đúng kích thước các lỗ 7, 9, 11	Máy phay CNC Makino	DRILLING Ø2; Ø3; Ø4.	50 50 50	4000 1500 1200	—	—
9	Phay phá phần dư trên mặt 25	Máy phay CNC Makino	BULLNOISE ENDMILL Ø25 R2	3000	1500	12,5	0.25
10	Phay phá biên dạng chi tiết 8 và hốc slider 13	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø8	1500	5000	4	0.25

11	Phay phá biên dạng chi tiết 12 và kênh runner 10	Máy phay CNC Makino	BALLMILL Ø3	1000	15000	1,5	0,03
12	Phay phá hốc slider 13	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø4	750	12500	2	0,1
13	Phay phá kênh dẫn vào chi tiết 28	Máy phay CNC Makino	BALLMILL Ø2	350	15000	1	0,03
14	Phay phá hốc nhỏ 9 Golf Marker	Máy phay CNC Makino	BALLMILL Ø2	350	15000	1	0,03
15	Phay phá chóp và viền cạnh Golf Tee 12	Máy phay CNC Makino	BALLMILL Ø1	300	15000	0.5	0.03
16	Phay tinh mặt phân khuôn 25	Máy phay CNC Makino	BULLNOISE ENDMILL Ø25 R0,8	3000	1500	12,5	0.25
17	Phay tinh 4 chốt dẫn	Máy phay CNC	ENDMILL Ø8	1500	5000	4	0.25

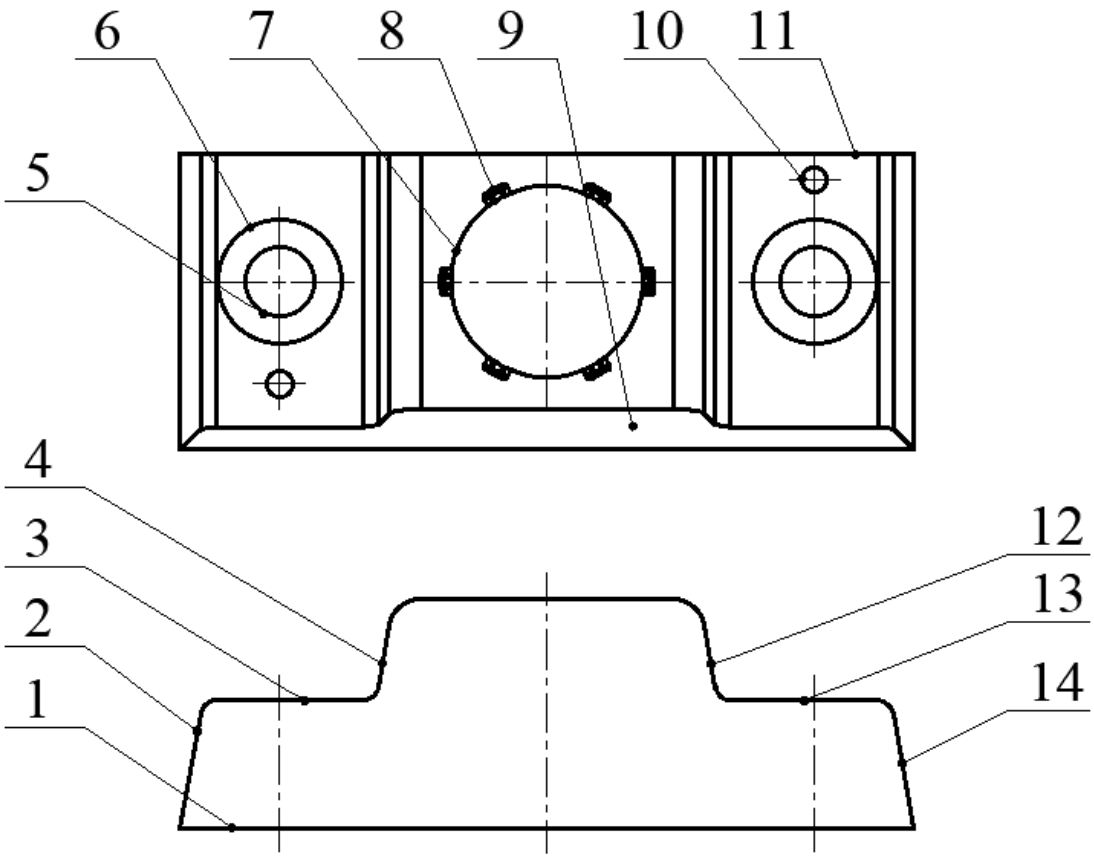
	hướng 2	Makino					
18	Phay tinh hốc slider 13	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø4	750	12500	2	0,1
19	Phay tinh biên dạng Golf Tee 12 và Golf Marker 8	Máy phay CNC Makino	BALLMILL Ø4	1000	15000	—	—
20	Phay tinh chóp và viền cạnh Golf Tee 12	Máy phay CNC Makino	BALLMILL Ø2	350	15000	1	0,03
21	Phay tinh kênh dẫn vào chi tiết 28	Máy phay CNC Makino	BALLMILL Ø1	300	15000	0.5	0.03
22	Phay tinh chóp Golf Marker 9	Máy phay CNC Makino	BALLMILL Ø1,5	350	15000	0,75	0,03
23	Phay cổng gate 27 và các	Máy phay CNC	BALLMILL Ø1,5	350	15000	0,75	0,03

	đường thoát khí 4	Makino					
24	Phay tinh các bậc Golf Tee 12	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø0.5	200	20000	0,25	0,02

3.2.3. Quy trình gia công chi tiết Outsert - Tee

3.2.3.1 Lựa chọn thứ tự các bước công nghệ và nguyên công

Các bề mặt gia công được đánh số như sau:



Hình 3.29 Các bề mặt cần gia công của chi tiết outsert tee.

Dựa vào các cơ sở dữ liệu về hình dáng hình học, độ chính xác, độ bóng bề mặt và vật liệu của chi tiết ta có thể thực hiện gia công qua các nguyên công sau:

❖ Nguyên công 1: Tạo phôi

- Lần gá đặt 1: Phay đạt kích thước $18_{+0.2}$ mm.
- Lần gá đặt 2: Phay đạt kích thước $57.53_{+0.2}$ mm.

- Lần gá đặt 3: Phay đạt kích thước $23.17_{+0.2}$ mm.

❖ Nguyên công 2: Phay CNC

- Lần gá đặt 1: Chuẩn định vị là mặt 1 (3 BTD) và mặt 11 (2BTD).
    - Bước 1: Khoan tâm các lỗ 5, 7.
    - Bước 2: Khoan lỗ 7.
    - Bước 3: Khoan 2 lỗ 5.
    - Bước 4: Khoan 2 lỗ 10.
    - Bước 5: Phay phá các mặt 3, 4, 12, 13.
    - Bước 6: Phay phá mở rộng lỗ 7 và phay bậc 6
    - Bước 7: Phay tinh các mặt 3, 4, 12, 13, 14.
    - Bước 8: Phay tinh lỗ 7.
    - Bước 9: Phay tinh các hốc 8
- Lần gá đặt 2: Chuẩn định vị là mặt 11 (3 BTD) và mặt 1 (2 BTD).
    - Bước 1: Phay phá mặt 9 và 2.
    - Bước 2: Phay tinh mặt 2.
    - Bước 3: Phay tinh mặt 9

❖ Nguyên công 3: Gia công EDM các hốc 8

❖ Nguyên công 4: Đánh bóng

(Chú ý đối với các góc sắt nhọn cần xử lý vát nhẹ trừ các góc liên quan đến biên dạng chi tiết và đường nước)

3.2.3.2 Lựa chọn dao và các thông số công nghệ

Bảng 3.2 Phiếu công nghệ gia công chi tiết Outsert – Tee.

STT	**Quy trình g/công**	**Máy gia công**	**Dao**	**Tốc đô tiến dao F (mm/ph)**	**Tốc độ trục chính (vòng/ph)**	**Lượng dịch dao (mm)**	**Chiều sâu cắt (mm)**
1 (LG1)	Khoan tâm các lỗ 5, 7	Máy phay CNC Makino	DRILLING TOOL Ø1	30	1200	—	—
2	Khoan lỗ 7	Máy phay CNC	DRILLING TOOL Ø13	100	400	—	—

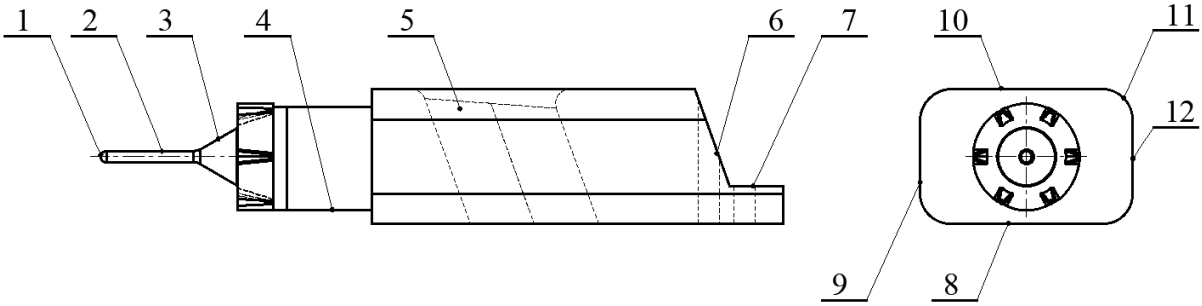
		Makino					
3	Khoan 2 lỗ 5	Máy phay CNC Makino	DRILLING TOOL Ø5.4	50	800	—	—
4	Khoan 2 lỗ 10	Máy phay CNC Makino	DRILLING TOOL Ø2	50	4000	—	—
5	Phay phá các mặt 3, 4, 12, 13	Máy phay CNC Makino	BULLNOISE ENDMILL R1.2, Ø16	3000	1500	8	0.25
6	Phay phá mở rộng lỗ 7 và phay bậc 6	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø8	1500	5000	—	0.25
7	Phay tinh các mặt 3, 4, 12, 13, 14	Máy phay CNC Makino	BULLNOISE ENDMILL R0.8, Ø15.9	1500	4000	—	—
8	Phay tinh lỗ 7	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø7.98	1000	8000	—	0.5
9	Phay tinh các hốc 8	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø1	350	15000	0.1	—
10	Phay phá	Máy	BULLNOISE	3000	1500	8	0.25

(LG2)	mặt 9 và mặt 2	phay CNC Makino	ENDMILL R1.2, Ø16				
11	Phay tinh mặt 2	Máy phay CNC Makino	BULLNOISE ENDMILL R0.8, Ø15.9	1500	4000	—	—
12	Phay tinh mặt 9	Máy phay CNC Makino	BALLMILL Ø12	1000	12000	—	0.1

3.2.4. Quy trình gia công chi tiết Insert - Tee

3.2.4.1 Lựa chọn thứ tự các bước công nghệ và nguyên công

Các bề mặt gia công được đánh số như sau:



Hình 3.30 Các bề mặt cần gia công của chi tiết Insert tee.

Dựa vào các cơ sở dữ liệu về hình dáng hình học, độ chính xác, độ bóng bề mặt và vật liệu của chi tiết ta có thể thực hiện gia công qua các nguyên công sau:

- ❖ Nguyên công 1: Tạo phôi
  - Lần gá đặt 1: Phay đạt kích thước $19_{+0.2}$ mm.
  - Lần gá đặt 2: Phay đạt kích thước $96_{+0.2}$ mm.
  - Lần gá đặt 3: Phay đạt kích thước $30_{+0.2}$ mm.
- ❖ Nguyên công 2: Mài đúng
  - Lần gá đặt 1: Mài mặt phẳng 9
  - Lần gá đặt 2: Mài mặt phẳng 11
  - Lần gá đặt 3: Mài mặt phẳng 10

- Lần gá đặt 4: Mài mặt phẳng 14

❖ Nguyên công 3: Phay CNC

- Lần gá đặt 1: Phay lỗ 5. (Chuẩn định vị là mặt 9 (3 BTD) và mặt 10 (2BTD), gá nghiêng 20°)
- Lần gá đặt 2: Chuẩn định vị là mặt 9 (3 BTD) và mặt đáy 1 (2 BTD).
    - Bước 1: Phay phá mặt 6, 7 và 4 góc bo 13.
    - Bước 2: Phay tinh các mặt 13.
    - Bước 3: Phay tinh các mặt 6, 7.
- Lần gá đặt 3: Chuẩn định vị là mặt 9 (3 BTD) và mặt 8 (2 BTD).
    - Bước 1: Phay phá mặt 2.
    - Bước 2: Phay tinh mặt cầu 1.
    - Bước 3: Phay phá mặt 3, 4.
    - Bước 4: Phay tinh mặt 2.
    - Bước 5: Phay tinh mặt 3.
    - Bước 6: Phay tinh mặt 4.

❖ Nguyên công 4: Gia công EDM các hốc 12

❖ Nguyên công 5: Đánh bóng

(Chú ý đối với các góc sắt nhọn cần xử lý vát nhẹ trừ các góc liên quan đến biên dạng chi tiết và đường nước)

3.2.4.2 Lựa chọn dao và các thông số công nghệ

Bảng 3.2 Phiếu công nghệ gia công chi tiết Insert – Tee.

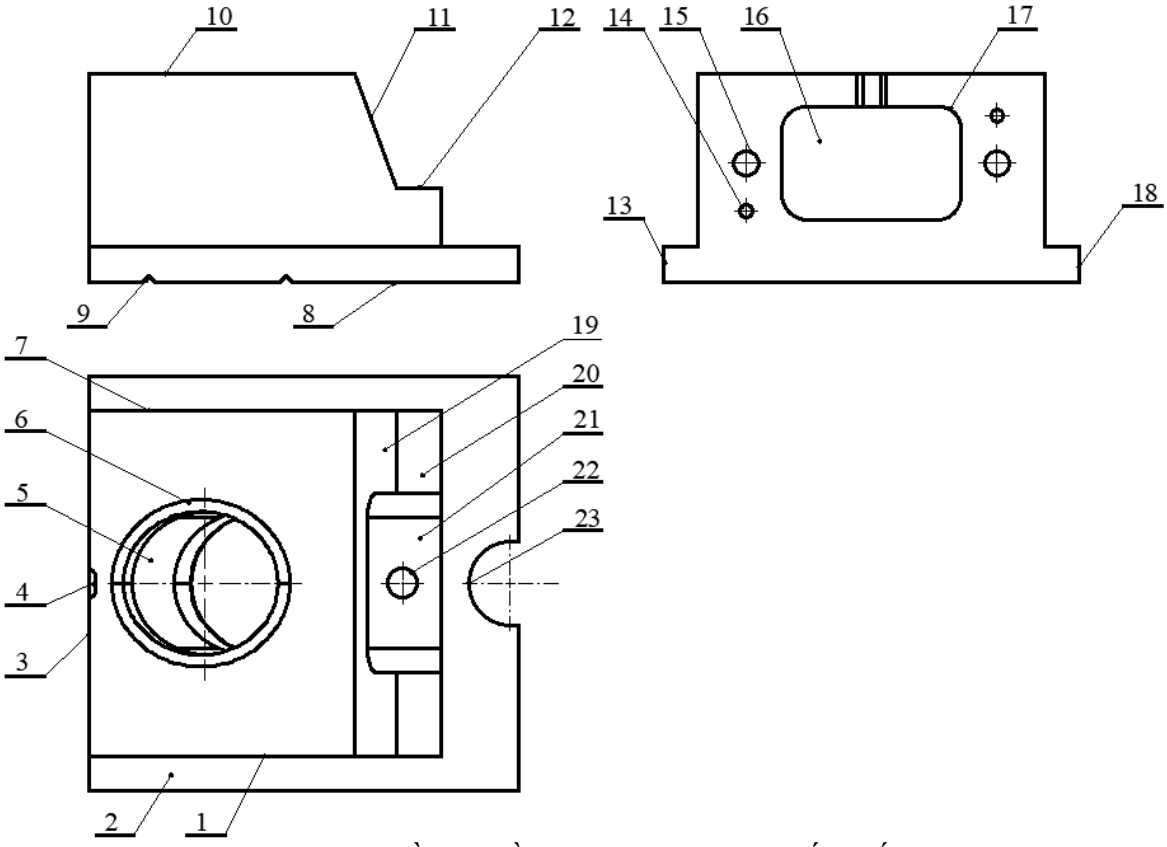
STT	**Quy trình gia công**	**Máy gia công**	**Dao**	**Tốc độ tiến dao F (mm/ph)**	**Tốc độ trục chính S (vòng/ph)**	**Lượng dịch dao Ae (mm)**	**Chiều sâu cắt Ap (mm)**
1 (LG1)	Phay lỗ 5	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø10	1500	5000	5	0,2
2 (LG2)	Phay phá mặt 6, 7 và 4 góc	Máy phay CNC Makino	BULLNOISE ENDMILL Ø16, R0,8	1500	3500	8	0,2

	bo 13						
3	Phay tinh các mặt 13	Máy phay CNC Makino	BULLNOISE ENDMILL Ø15,9, R0,8	1500	4000	—	—
4	Phay tinh các mặt 6, 7	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø10	1500	5000	—	0,03
5 (LG3)	Phay phá mặt 2	Máy phay CNC Makino	BULLNOISE ENDMILL Ø16, R0,8	1500	3500	8	0,2
6	Phay tinh mặt cầu 1	Máy phay CNC Makino	BALLMILL Ø4	1000	15000	—	—
7	Phay phá mặt 3, 4	Máy phay CNC Makino	BULLNOISE ENDMILL Ø16, R0,8	1500	3500	8	0,2
8	Phay tinh mặt 2	Máy phay CNC Makino	BALLMILL Ø4	1000	15000	—	—
9	Phay tinh mặt 3	Máy phay CNC Makino	BULLNOISE ENDMILL Ø15,9, R0,8	1500	4000	—	0,05
10	Phay tinh mặt 4	Máy phay CNC Makino	BULLNOISE ENDMILL Ø15,9, R0,8	1500	4000	—	0,05

3.2.5. Quy trình gia công chi tiết khối trượt

3.2.5.1 Lựa chọn thứ tự các bước công nghệ và nguyên công

Các bề mặt gia công được đánh số như sau:



Hình 3.31 Các bề mặt cần gia công của chi tiết khối trượt.

Dựa vào các cơ sở dữ liệu về hình dáng hình học, độ chính xác, độ bóng bề mặt và vật liệu của chi tiết ta có thể thực hiện gia công qua các nguyên công sau:

- ❖ Nguyên công 1: Tạo phôi
  - Lần gá đặt 1: Phay đạt kích thước $35_{+0.2}$ mm.
  - Lần gá đặt 2: Phay đạt kích thước $72_{+0.2}$ mm.
  - Lần gá đặt 3: Phay đạt kích thước $65_{+0.2}$ mm.
- ❖ Nguyên công 2: Mài đúng
  - Lần gá đặt 1: Mài mặt phẳng 13
  - Lần gá đặt 2: Mài mặt phẳng 18
- ❖ Nguyên công 3: Phay CNC
  - Lần gá đặt 1: Phay lỗ 5. (Chuẩn định vị là mặt 8 (3 BTD) và mặt 18 (2BTD), gá nghiêng 20°)
  - Lần gá đặt 2: Chuẩn định vị là mặt 10 (3 BTD) và mặt 18 (2 BTD).

- Bước 1: Phay tinh mặt 6 và hốc 23.
- Bước 2: Phay tinh 2 rãnh vít nhún 9.

- Lần gá đặt 3: Chuẩn định vị là mặt 8 (3 BTD) và mặt 18 (2 BTD).
  - Bước 1: Phay phá mặt 1, 2, 7, 19, 20, 21.
  - Bước 2: Phay tinh mặt 19.
  - Bước 3: Phay tinh các mặt 1, 7.
  - Bước 4: Phay tinh hốc 4.
  - Bước 5: Khoan lỗ 22.
  - Bước 6: Phay tinh mặt 2.
- Lần gá đặt 4: Chuẩn định vị là mặt 8 (3 BTD) và mặt 24 (2 BTD).
  - Bước 1: Phay phá hốc 16.
  - Bước 2: Phay tinh hốc 16.
  - Bước 3: Phay tinh các góc bo 17.
  - Bước 4: Khoan 2 lỗ 15.
  - Bước 5: Khoan 2 lỗ 14.

❖ Nguyên công 4: Đánh bóng

(Chú ý đối với các góc sắt nhọn cần xử lý vát nhẹ trừ các góc liên quan đến biên dạng chi tiết và đường nước)

3.2.5.2 Lựa chọn dao và các thông số công nghệ

Bảng 3.4 Phiếu công nghệ gia công chi tiết khối trượt.

STT	Quy trình gia công	Máy gia công	Dao	Tốc độ tiến dao F (mm/ph)	Tốc độ trục chính S (vòng/ph)	Lượng dịch dao Ae (mm)	Chiều sâu cắt Ap (mm)
1 (LG1)	Phay lỗ 5	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø10	1500	5000	5	0,25
2 (LG2)	Phay tinh mặt 6 và hốc	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø10	1500	5000	5	0,25

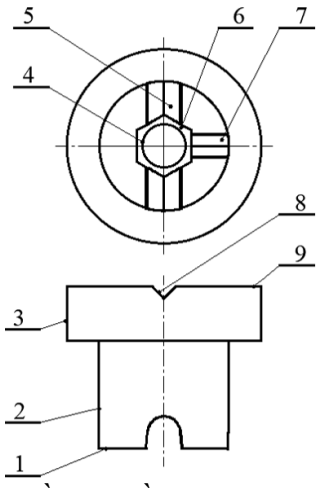
	23						
3	Phay tinh 2 rãnh vít nhún 9	Máy phay CNC Makino	BALLMILL Ø1	300	15000	0.5	0.03
4 (LG3)	Phay phá mặt 1, 2, 7, 19, 20, 21	Máy phay CNC Makino	BULLNOISE ENDMILL Ø16, R1,2	3000	1500	8	0,1
5	Phay tinh mặt 19	Máy phay CNC Makino	BULLNOISE ENDMILL Ø15,9, R0,8	1500	4000	—	0,15
6	Phay tinh các mặt 1, 7	Máy phay CNC Makino	BULLNOISE ENDMILL Ø15,9, R0,8	1500	4000	—	0,15
7	Phay tinh hốc 4	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø2	500	10000	1	0,05
8	Khoan lỗ 22	Máy phay CNC Makino	DRILLING Ø4,8	50	900	—	—
9	Phay tinh mặt 2	Máy phay CNC Makino	BULLNOISE ENDMILL Ø15,9, R0,8	1500	4000	—	0,15
10	Phay	Máy	BULLNOISE	3000	1500	8	0,1

(LG4)	phá hốc 16	phay CNC Makino	ENDMILL Ø16, R1,2				
11	Phay tinh hốc 16	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø12	1000	5000	—	0,2
12	Phay tinh các góc bo 17	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø8	1000	5000	4	0,15
13	Khoan 2 lỗ 15	Máy phay CNC Makino	DRILLING TOOL Ø4,8	50	900	—	—
14	Khoan 2 lỗ 14	Máy phay CNC Makino	DRILLING TOOL Ø2	50	4000	—	—

3.2.6. Quy trình gia công chi tiết Runner OFF-ON

3.2.6.1 Lựa chọn thứ tự các bước công nghệ và nguyên công

Các bề mặt gia công được đánh số như sau:



Hình 3.32 Các bề mặt cần gia công của chi tiết Insert tee.

Dựa vào các cơ sở dữ liệu về hình dáng hình học, độ chính xác, độ bóng bề mặt và vật liệu của chi tiết ta có thể thực hiện gia công qua các nguyên công sau:

- ❖ Nguyên công 1: Tiện
  - Lần gá đặt 1: Tiện đạt kích thước $12_{-0.02}$ mm, $15_{+0.2}$ mm.
  - Lần gá đặt 2: Tiện đạt kích thước 18 ± 0.1 mm, 15 ± 0.01
- ❖ Nguyên công 2: Phay CNC
  - Lần gá đặt 1: Chuẩn định vị là mặt 2 (4 BTD) và mặt 1 (1 BTD).
    - Bước 1: Khoan lỗ 4.
    - Bước 2: Gia công rãnh định vị vít nhún 8.
  - Lần gá đặt 2: Chuẩn định vị là mặt 3 (4 BTD) và mặt 9 (1 BTD).
    - Bước 1: Phay phá hốc lục giác 6 và kênh dẫn 5.
    - Bước 2: Phay phá các góc tại hốc lục giác và kênh dẫn 7.
    - Bước 3: Phay tinh 2 đường kênh dẫn 5 và 7.
- ❖ Nguyên công 3: Đánh bóng

3.2.6.2 Lựa chọn dao và các thông số công nghệ

Bảng 3.5 Phiếu công nghệ gia công CNC chi tiết Runner OFF-ON

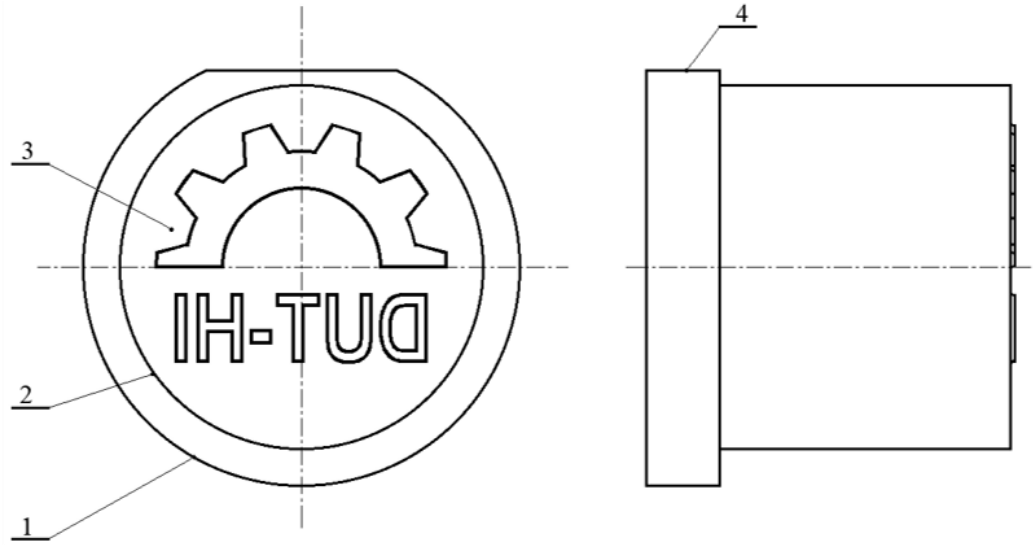
STT	Quy trình gia công	Máy gia công	Dao	Tốc độ tiến dao F (mm/ph)	Tốc độ trục chính S (vòng/ph)	Lượng dịch dao Ae (mm)	Chiều sâu cắt Ap (mm)
1 (LG1)	Khoan lỗ 4	Máy phay CNC Makino	DRILLING Ø4	140	2500	—	—
2	Gia công rãnh định vị vít nhún 8	Máy phay CNC Makino	BALLMILL Ø1	200	15000	0,5	0,03
3 (LG2)	Phay phá hốc lục giác 6 và kênh dẫn 5	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø2	500	15000	1	0,05
4	Phay phá	Máy	ENDMILL	200	20000	0,5	0,05

	các góc tại hốc lục giác và kênh dẫn 7	phay CNC Makino	Ø1				
5	Phay tinh hai đường kênh dẫn 5 và 7	Máy phay CNC Makino	BALLMILL Ø1,5	350	15000	0,75	0,03

3.2.7. Quy trình gia công chi tiết Insert Marker

3.2.7.1 Lựa chọn thứ tự các bước công nghệ và nguyên công

Các bề mặt gia công được đánh số như sau:



Hình 3.33 Các bề mặt cần gia công của chi tiết Insert Marker.

Dựa vào các cơ sở dữ liệu về hình dáng hình học, độ chính xác, độ bóng bề mặt và vật liệu của chi tiết ta có thể thực hiện gia công qua các nguyên công sau:

- ❖ Nguyên công 1: Tiện CNC
  - Lần gá đặt 1: Tiện đạt kích thước $Ø25_{-0.01}$ mm, $25.3_{+0.4}$ mm.
  - Lần gá đặt 2: Tiện đạt kích thước $Ø30_{-0.2}$ mm, 25.3 ± 0.1 mm.
- ❖ Nguyên công 2: Phay CNC
  - Lần gá đặt 1: Chuẩn định vị là mặt 2 (4 BTD) và mặt 3 (1 BTD).
    - Bước 1: Phay mặt chống xoay 4.
  - Lần gá đặt 2: Chuẩn định vị là mặt 1 (4 BTD) và mặt 5 (1 BTD).
    - Bước 1: Phay phá biên dạng mặt 3.
    - Bước 2: Phay bán tinh biên dạng mặt 3.

- Bước 3: Phay tinh biên dạng mặt 3.

3.2.7.2 Lựa chọn dao và các thông số công nghệ

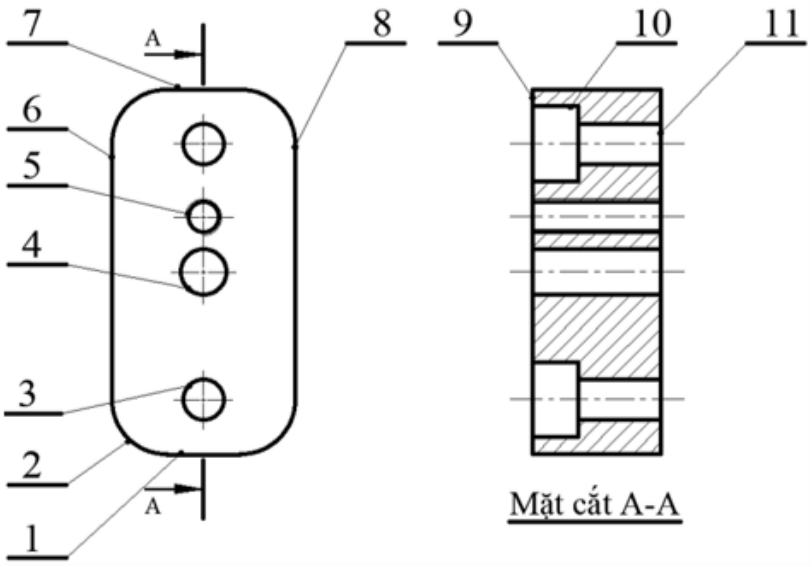
Bảng 3.6 Phiếu công nghệ gia công CNC chi tiets Insert Marker

STT	Quy trình gia công	Máy gia công	Dao	Tốc độ tiến dao F (mm/ph)	Tốc độ trục chính S (vòng/ph)	Lượng dịch dao Ae (mm)	Chiều sâu cắt Ap (mm)
1 (LG1)	Phay mặt chống xoay 4	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø6	1000	10000	3	0,15
2 (LG2)	Phay phá biên dạng mặt 3	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø2	500	15000	1	0,02
3	Phay bán tinh biên dạng mặt 3	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø1	350	20000	0,5	0,02
4	Phay tinh biên dạng mặt 3	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø0.5	200	20000	0,25	0,02

3.2.8 Quy trình gia công đế bắt vít nhún runner OFF-ON

3.2.8.1 Lựa chọn thứ tự các bước công nghệ và nguyên công

Các bề mặt gia công được đánh số như sau:



Hình 3.34 Các bề mặt cần gia công của chi đế bắt vít nhún runner off-on.

Dựa vào các cơ sở dữ liệu về hình dáng hình học, độ chính xác, độ bóng bề mặt và vật liệu của chi tiết ta có thể thực hiện gia công qua các nguyên công sau:

- ❖ Nguyên công 1: Tạo phôi
  - Lần gá đặt 1: Phay đạt kích thước $14_{-0.1}$ mm.
  - Lần gá đặt 2: Phay đạt kích thước $40_{-0.15}$ mm.
  - Lần gá đặt 3: Phay đạt kích thước $20_{+0.2}$ mm.
- ❖ Nguyên công 2: Mài đúng kích thước 20 ± 0.01 mm.
- ❖ Nguyên công 3: Phay CNC
  - Lần gá đặt 1: Chuẩn định vị là mặt 11 (3 BTD) và mặt 6 (2BTD).
    - Bước 1: Khoan tâm các lỗ 3, 4, 5.
    - Bước 2 + 3: Khoan các lỗ 3, 4.
    - Bước 4 + 5: Khoan + Taro lỗ bắt vít nhún 5.
    - Bước 6: Phay bậc mặt 10 và 2 góc bo 2.
  - Lần gá đặt 2: Xoay phôi 180°. Chuẩn định vị là mặt 11 (3 BTD) và mặt 6 (2 BTD).
    - Bước 1: Phay 2 góc bo còn lại.

3.2.8.2 Lựa chọn dao và các thông số công nghệ

Bảng 3.7 Phiếu công nghệ gia công chi tiết chi đế bắt vít nhún runner off-on.

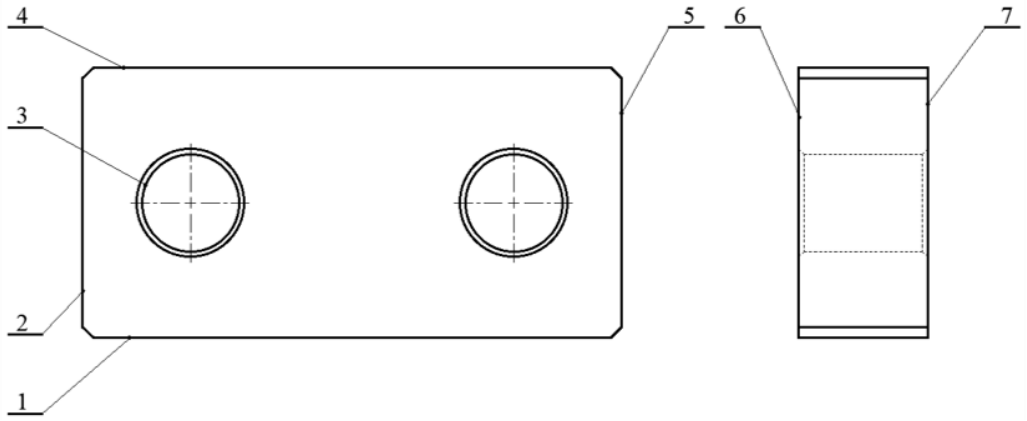
STT	Quy trình gia công	Máy gia công	Dao	Tốc độ tiến dao F (mm/ph)	Tốc độ trục chính S (vòng/ph)	Lượng dịch dao Ae (mm)	Chiều sâu cắt Ap (mm)

1 (LG1)	Khoan tâm các lỗ 3, 4, 5	Máy phay CNC Makino	DRILLING TOOL Ø1	30	1200	—	—
2	Khoan lỗ 3	Máy phay CNC Makino	DRILLING TOOL Ø4,4	50	1000	—	—
3	Khoan lỗ 4	Máy phay CNC Makino	DRILLING TOOL Ø5	50	800	—	—
4	Khoan lỗ bắt vít nhún 5	Máy phay CNC Makino	DRILLING TOOL Ø3,3	50	1500	—	—
5	Taro ren lỗ bắt vít nhún 5	Máy phay CNC Makino	TARO M4	280	400	—	—
6	Phay bậc 10 và 2 góc bo 2	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø4	750	12500	2	0,1
7 (LG2)	Phay 2 góc bo còn lại	Máy phay CNC Makino	ENDMILL Ø4	750	12500	2	0,1

3.2.9 Quy trình gia công chi tiết khóa khuôn

3.2.9.1 Lựa chọn thứ tự các bước công nghệ và nguyên công

Các bề mặt gia công được đánh số như sau:



Hình 3.35 Các bề mặt cần gia công của chi tiết khóa khuôn.

Dựa vào các cơ sở dữ liệu về hình dáng hình học, độ chính xác, độ bóng bề mặt và vật liệu của chi tiết ta có thể thực hiện gia công qua các nguyên công sau:

- ❖ Nguyên công 1: Tạo phôi.
  - Lần gá đặt 1: Phay đạt kích thước 25±0.1 mm.
  - Lần gá đặt 2: Phay đạt kích thước 50±0.1 mm.
  - Lần gá đặt 3: Phay đạt kích thước 12±0.1 mm.
- ❖ Nguyên công 2: Khoan + vát mép 2 lỗ 3.

3.2.9.2 Lựa chọn dao và các thông số công nghệ

Bảng 3.8 Phiếu công nghệ gia công chi tiết khóa khuôn.

STT	Quy trình gia công	Máy gia công	Dao	Tốc độ tiến dao F (mm/ph)	Tốc độ trục chính S (vòng/ph)	Lượng dịch dao Ae (mm)	Chiều sâu cắt Ap (mm)
1	Phay đạt kích thước 25 ± 0,1 mm	Máy phay truyền thống	FACE MILLING Ø63	80	500	31,5	0,5
2	Phay đạt kích thước 50 ± 0,1 mm	Máy phay truyền thống	FACE MILLING Ø63	80	500	31,5	0,5
3	Phay đạt kích	Máy phay	FACE MILLING	80	500	31,5	0,5

	thước 12 ± 0,1 mm	truyền thống	Ø63				
4	Khoan 2 lỗ 3	Máy khoan truyền thống	DRILLING TOOL Ø9	60	600	—	—
5	Vát mép	Máy khoan truyền thống	Dao vát mép 90°	60	600	—	0,2

3.3 Lập trình và mô phỏng gia công

3.3.1. Tổng quan về phần mềm Creo trong lập trình gia công CNC

Trong lĩnh vực chế tạo khuôn mẫu, việc ứng dụng các phần mềm CAD/CAM giúp rút ngắn thời gian lập trình, nâng cao độ chính xác của đường chạy dao và giảm sai sót trước khi gia công thực tế. Trong đó, Creo là phần mềm tích hợp các chức năng thiết kế CAD, mô phỏng CAE và lập trình gia công CAM, cho phép xây dựng quy trình gia công CNC trực tiếp trên mô hình 3D của chi tiết. Thông qua môi trường Creo Manufacturing, người sử dụng có thể thiết lập phôi, hệ tọa độ gia công, lựa chọn dụng cụ cắt, xây dựng các nguyên công, mô phỏng đường chạy dao và xuất chương trình điều khiển số NC phục vụ gia công trên máy CNC.

Trong đồ án này, phần mềm Creo được sử dụng để lập trình và mô phỏng gia công CNC cho các chi tiết của hệ thống khuôn ép phun. Quá trình lập trình CAM được thực hiện trên cơ sở mô hình CAD đã thiết kế, từ đó xây dựng trình tự gia công, lựa chọn dao cắt, thiết lập thông số công nghệ, kiểm tra đường chạy dao và xuất chương trình NC cho từng chi tiết. Việc sử dụng chung một môi trường CAD/CAM giúp hạn chế sai lệch dữ liệu giữa thiết kế và chế tạo, đồng thời hỗ trợ kiểm soát tốt hơn quá trình gia công các chi tiết khuôn.

Trong phạm vi thuyết minh, nhóm chọn **tấm core** làm chi tiết đại diện để trình bày quy trình lập trình và mô phỏng gia công trên Creo. Đây là chi tiết thuộc cụm di động của bộ khuôn, có nhiều bề mặt cần gia công và có vai trò quan trọng trong quá trình tạo hình, lắp ghép và làm việc của hệ thống khuôn. Vì vậy, việc lựa chọn tấm core để trình bày giúp thể hiện rõ các bước cơ bản của quy trình CAM, từ thiết lập

phôi, hệ tọa độ, lựa chọn dao, xây dựng nguyên công đến mô phỏng bóc tách vật liệu và xuất chương trình NC.

3.3.2. Quy trình lập trình và mô phỏng gia công tấm core trên Creo

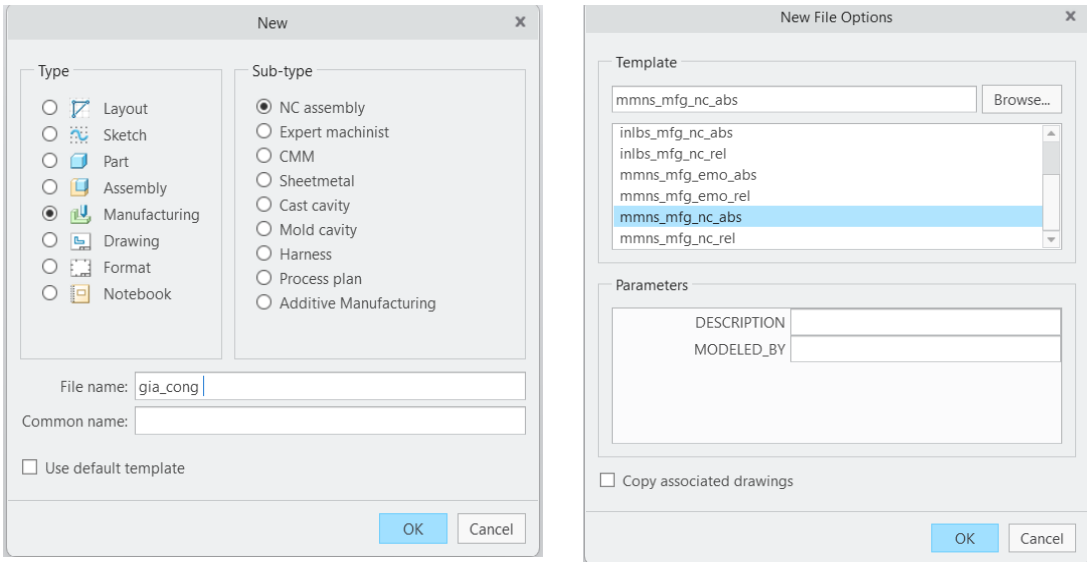
Để thực hiện quá trình gia công, ta thực hiện tương tự như phần thiết kế. thiết lập nơi lưu trữ: vào **File** chọn **Select working directory** và thiết lập đường dẫn nơi lưu trữ cho file

Tiếp theo vào **File** > **New** > Chọn **Manufacturing** – **NC Assembly**

Đặt tên chương trình là **"gia_cong"**

Bỏ chọn "**Use default template**" > **OK**

Chọn đơn vị **mmns_mfg_nc** > **OK**

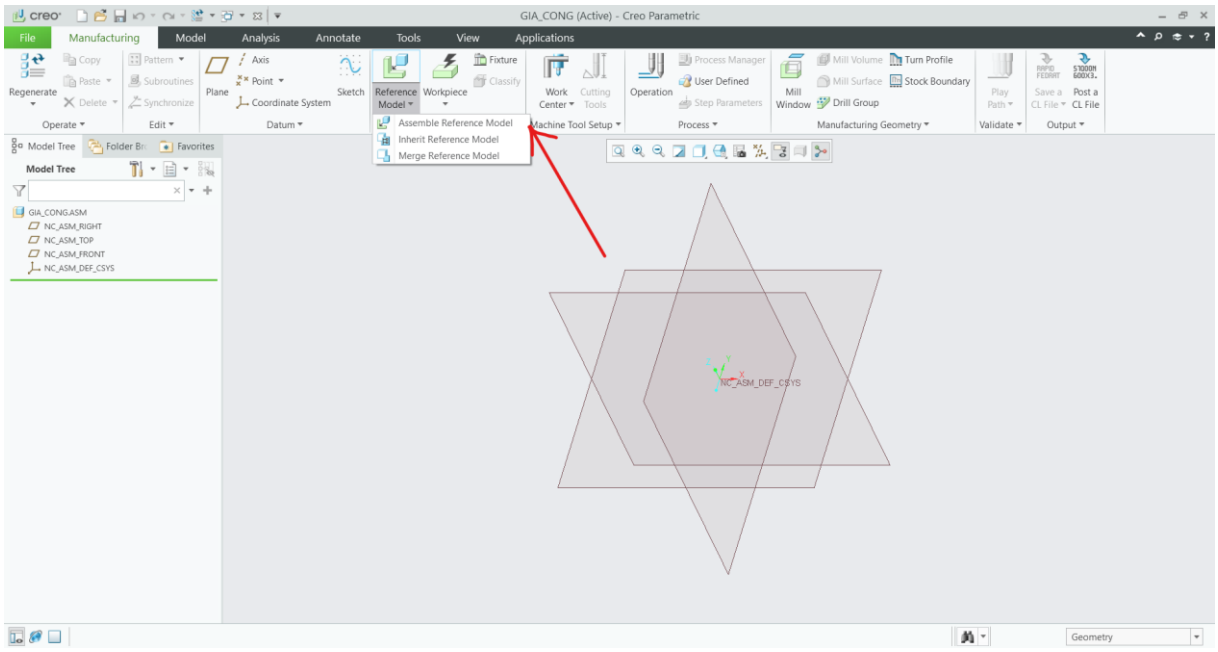


Hình 3.36 Chọn modul và hệ đơn vị

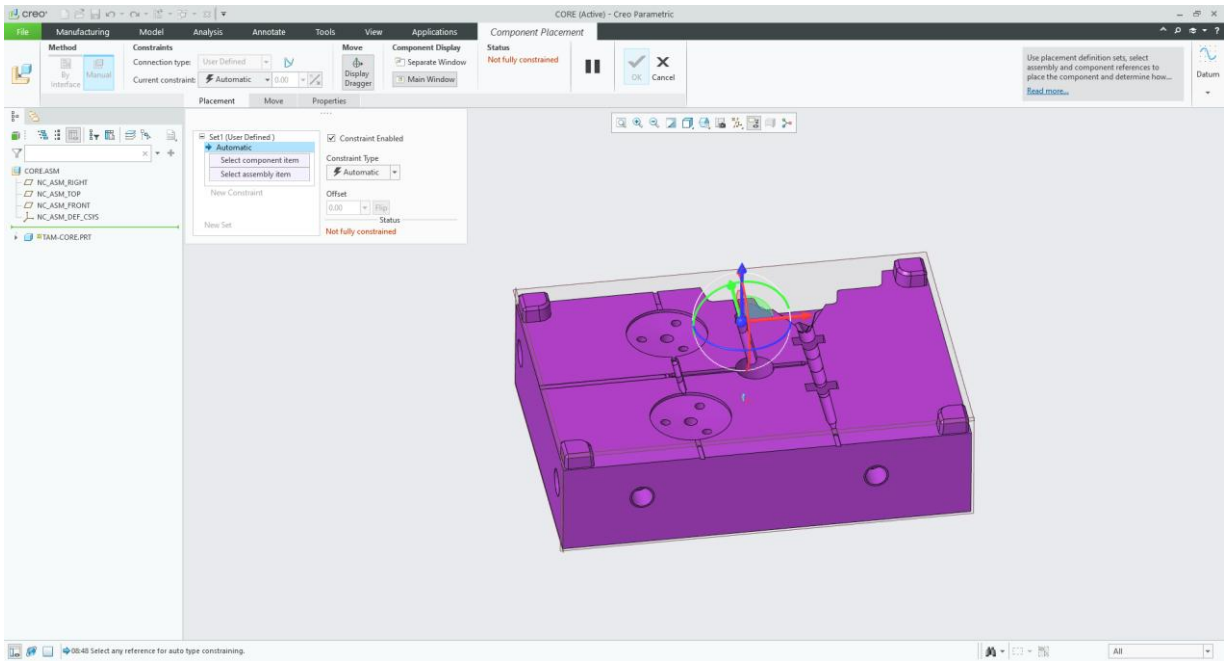
3.3.2.1 Thiết lập phôi

Để thiết lập phôi cho chi tiết gia công, ta thực hiện như sau:

Gọi phôi: vào **Reference Model** rồi chọn **Assemble Reference Model**, ta được phôi như hình:



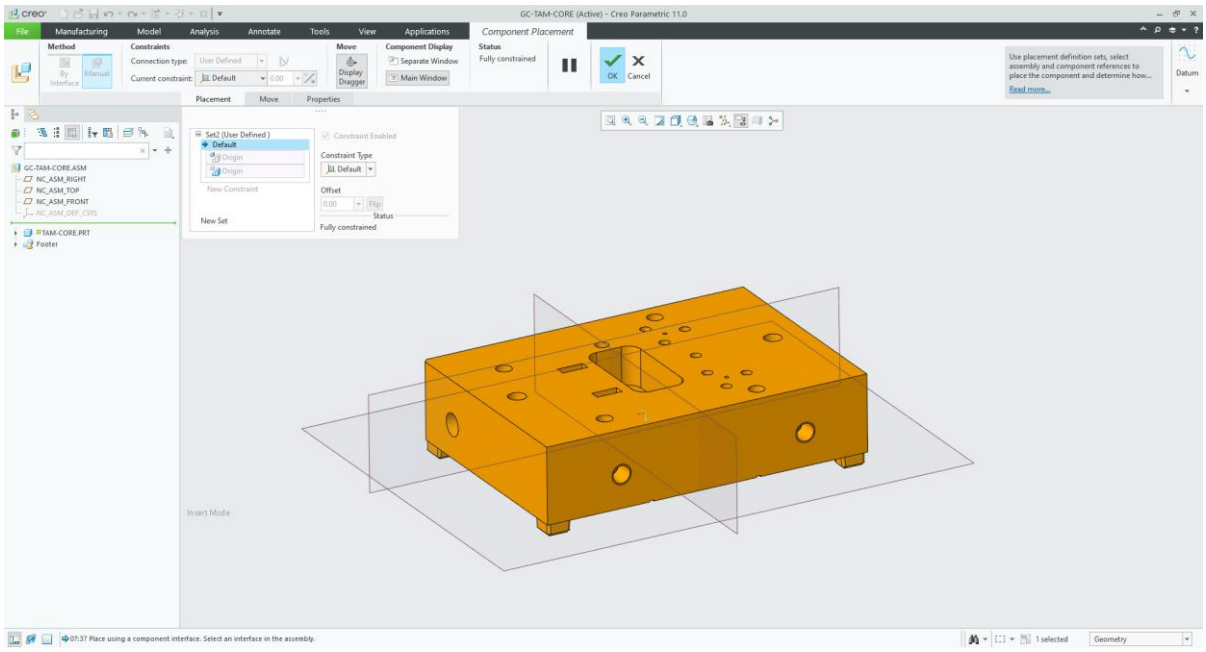
Hình 3.37 Gọi phôi



Hình 3.38 Thiết lập phôi

❖ Thiết lập gốc tọa độ phôi

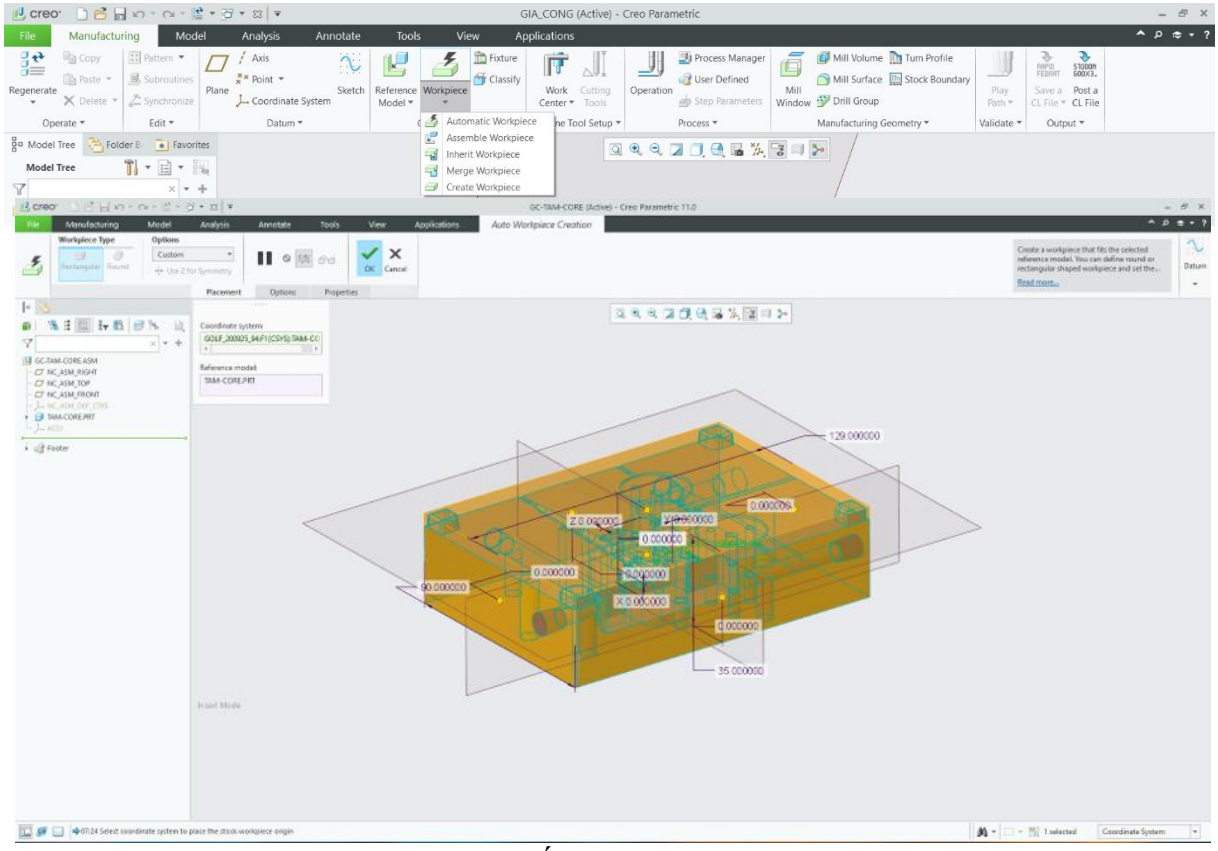
Vào Automatic và chọn Default như hình vẽ, sau đó nhấn OK



Hình 3.39 Thiết lập phôi

❖ Điều chỉnh lượng dư cho phôi

Vào **Workpiece** và chọn **Automatic Workpiece** như hình:



Hình 3.40 Thiết lập lượng dư gia công

3.3.2.2 Gia công

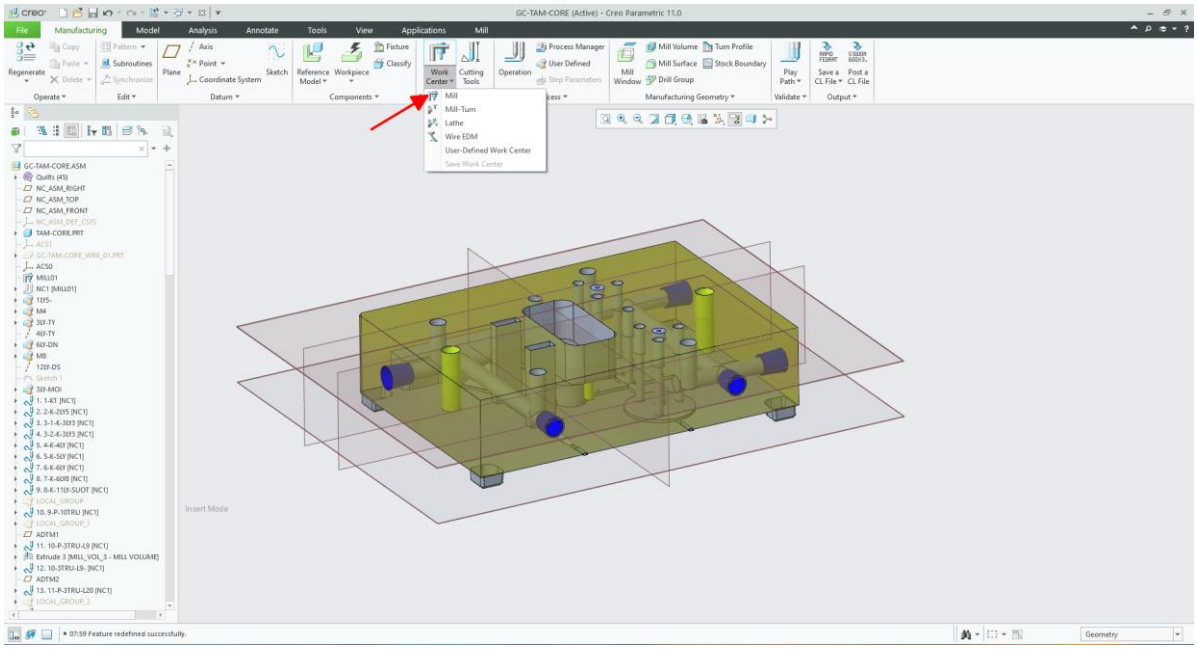
3.3.2.1.1 Lần gá đặt 1

3.3.2.1.1.1. Gia công khoan tâm các lỗ 15, 16, 17, 19, 29

❖ **Thiết lập máy gia công**

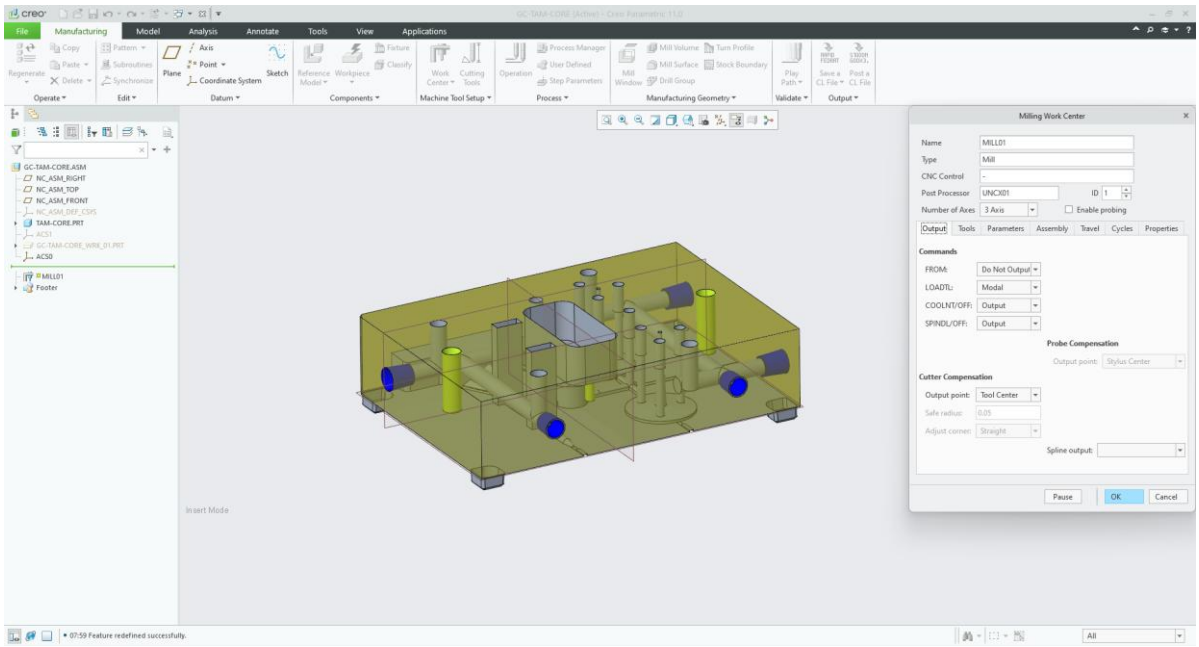
Để thiết lập máy gia công ta thực hiện theo các bước sau:

- Vào Work Center và chọn Mill khi phay như hình sau:



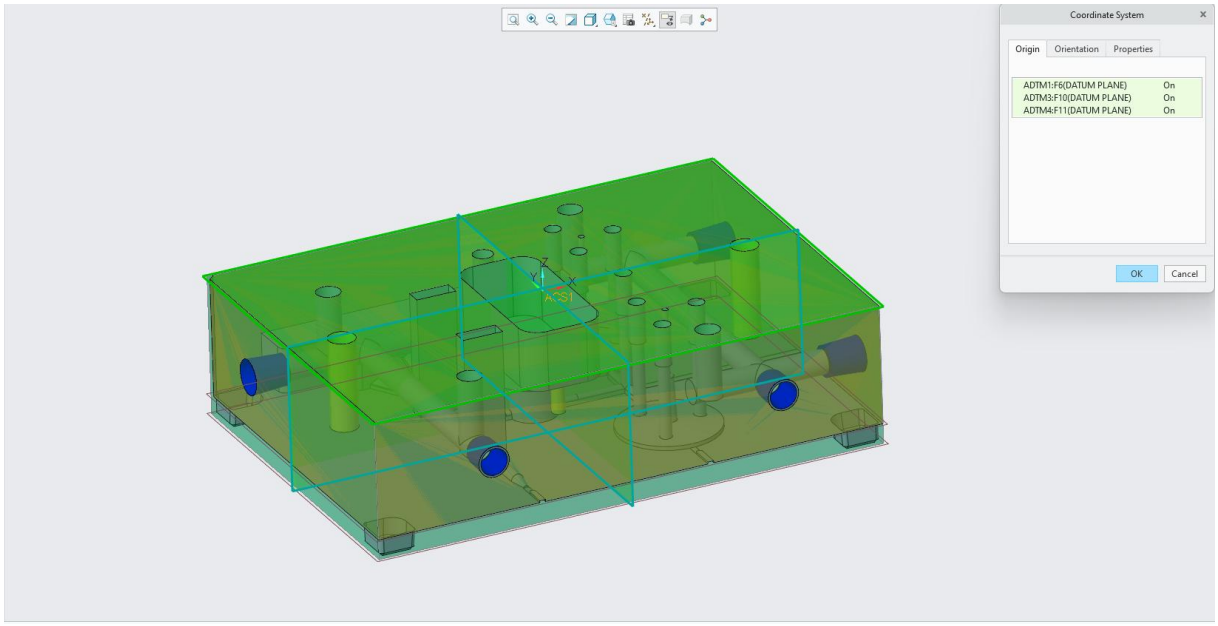
Hình 3.41 Chọn máy gia công

- Chọn loại máy gia công như bảng thông số sau:



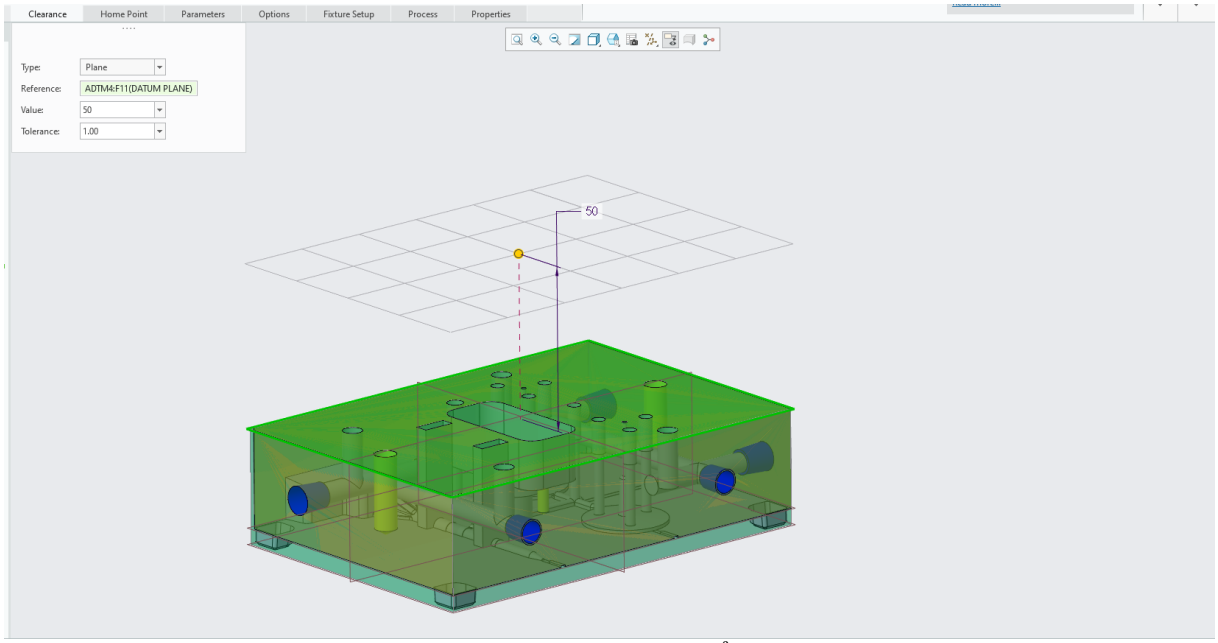
Hình 3.42 Thiết lập máy gia công

❖ Thiết lập gốc tọa độ



Hình 3.43 Thiết lập gốc tọa độ

❖ Thiết lập Operation

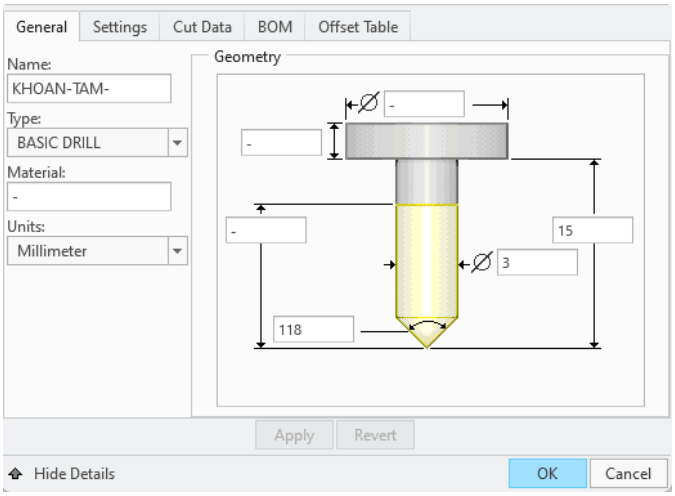


Hình 3.44 Xác định mặt phẳng lùi dao.

❖ Thực hiện gia công

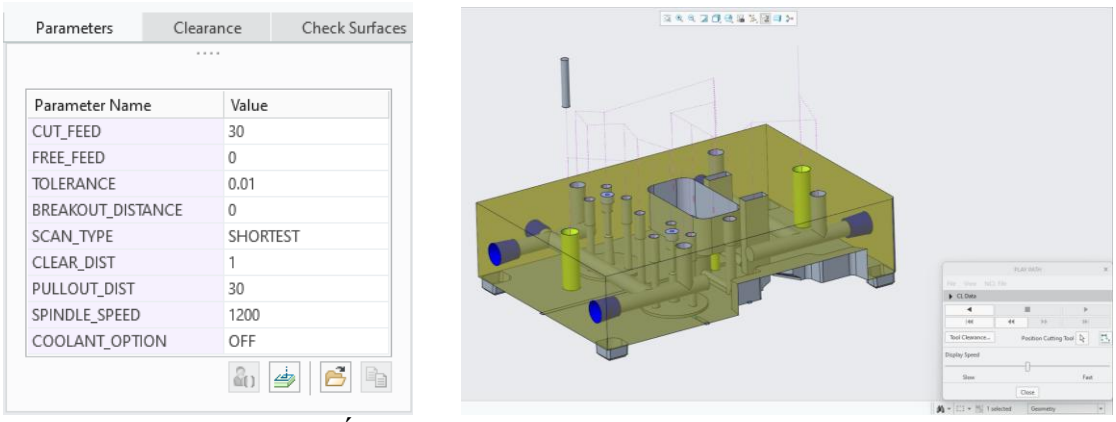
Dùng lệnh Drilling để gia công

- Chọn dao



Hình 3.45 Chọn dao khoan tâm

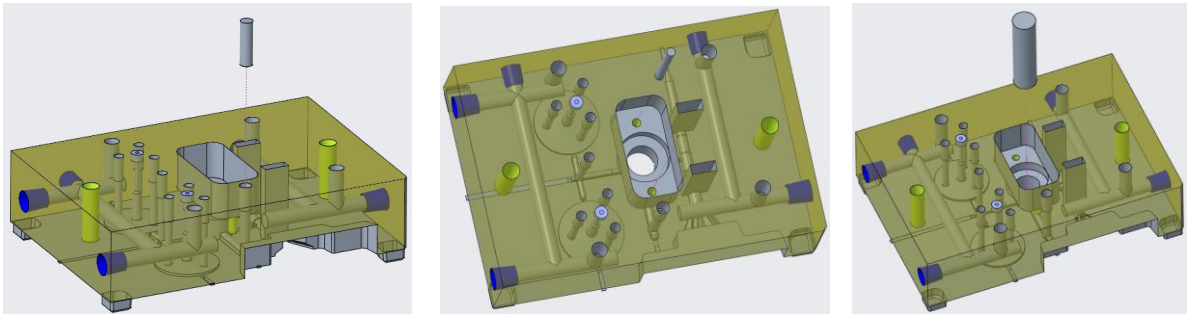
- Thiết lập parameter và mô phỏng đường chạy dao

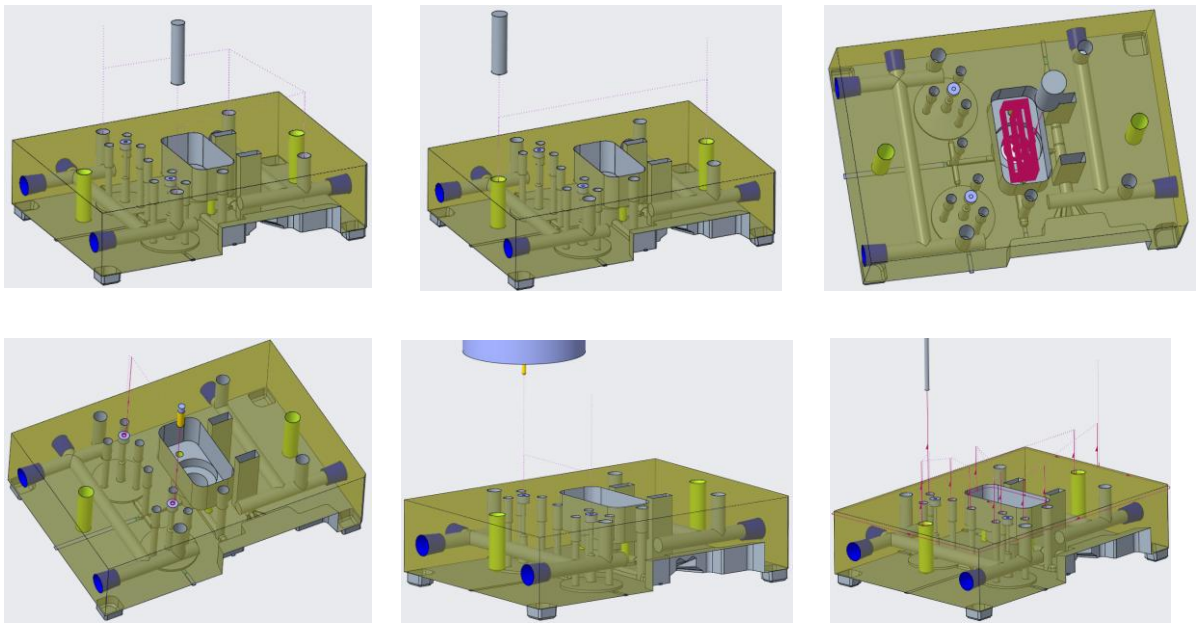


Hình 3.46 Thiết lập Parameter và mô phỏng đường chạy dao

3.3.2.1.1.2. Gia công các mặt còn lại

Các nguyên công gia công những bề mặt còn lại trong lần gá này được thiết lập tương tự trên môi trường Creo Manufacturing. Để tránh lặp lại nội dung thao tác, phần này chỉ trình bày kết quả mô phỏng đường chạy dao tương ứng với từng bề mặt gia công.

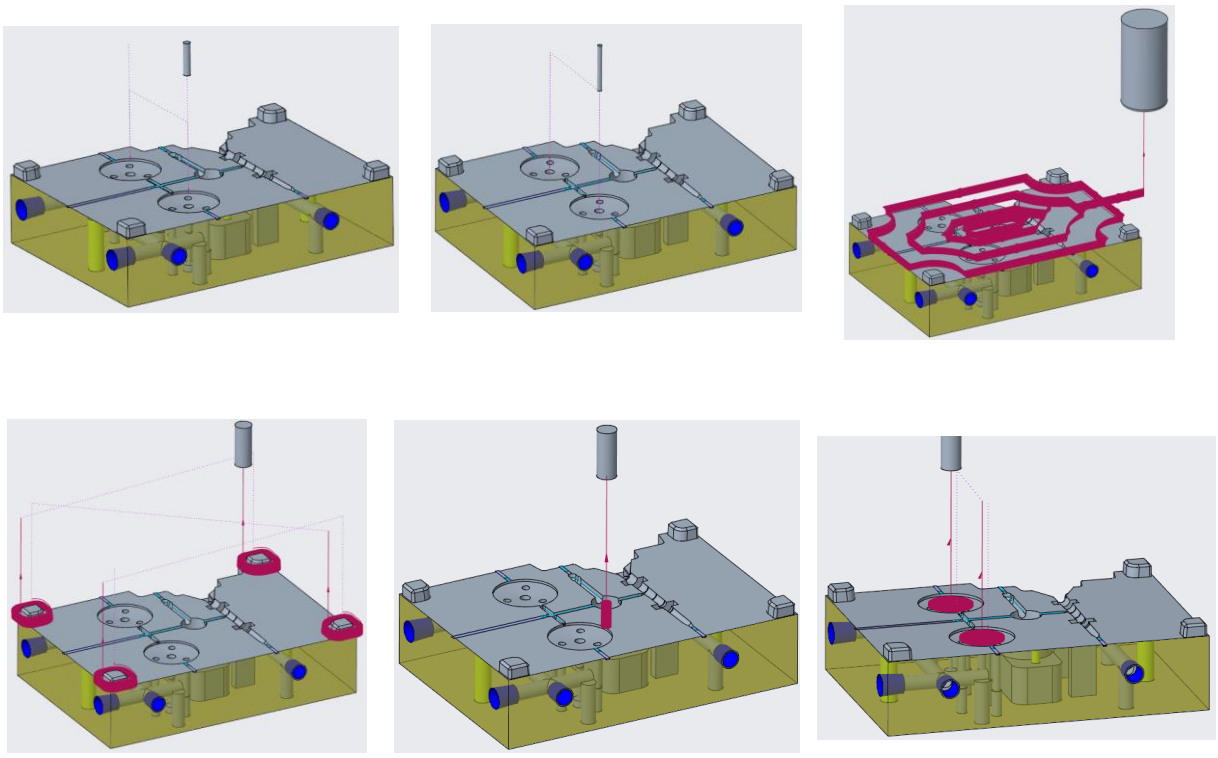


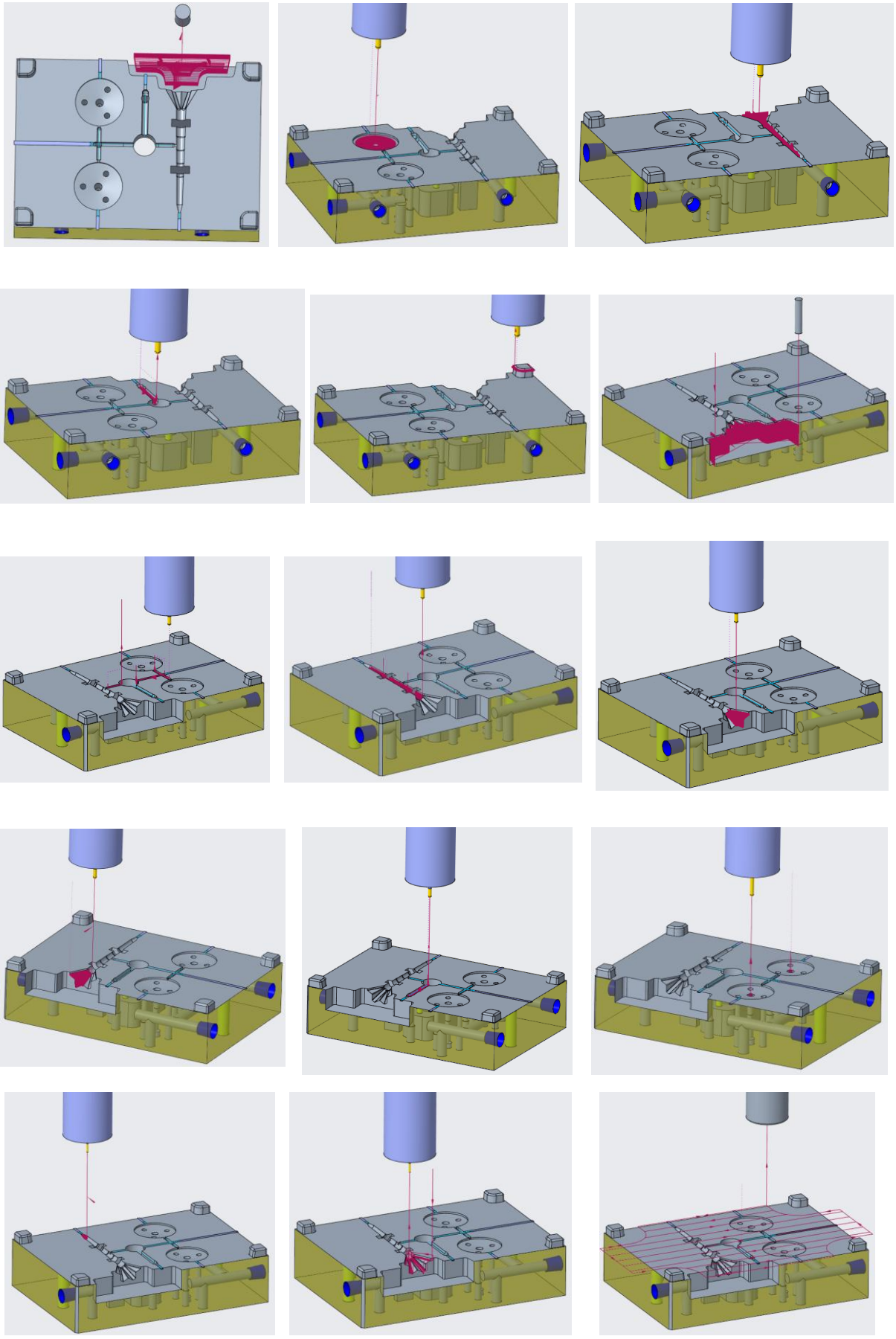


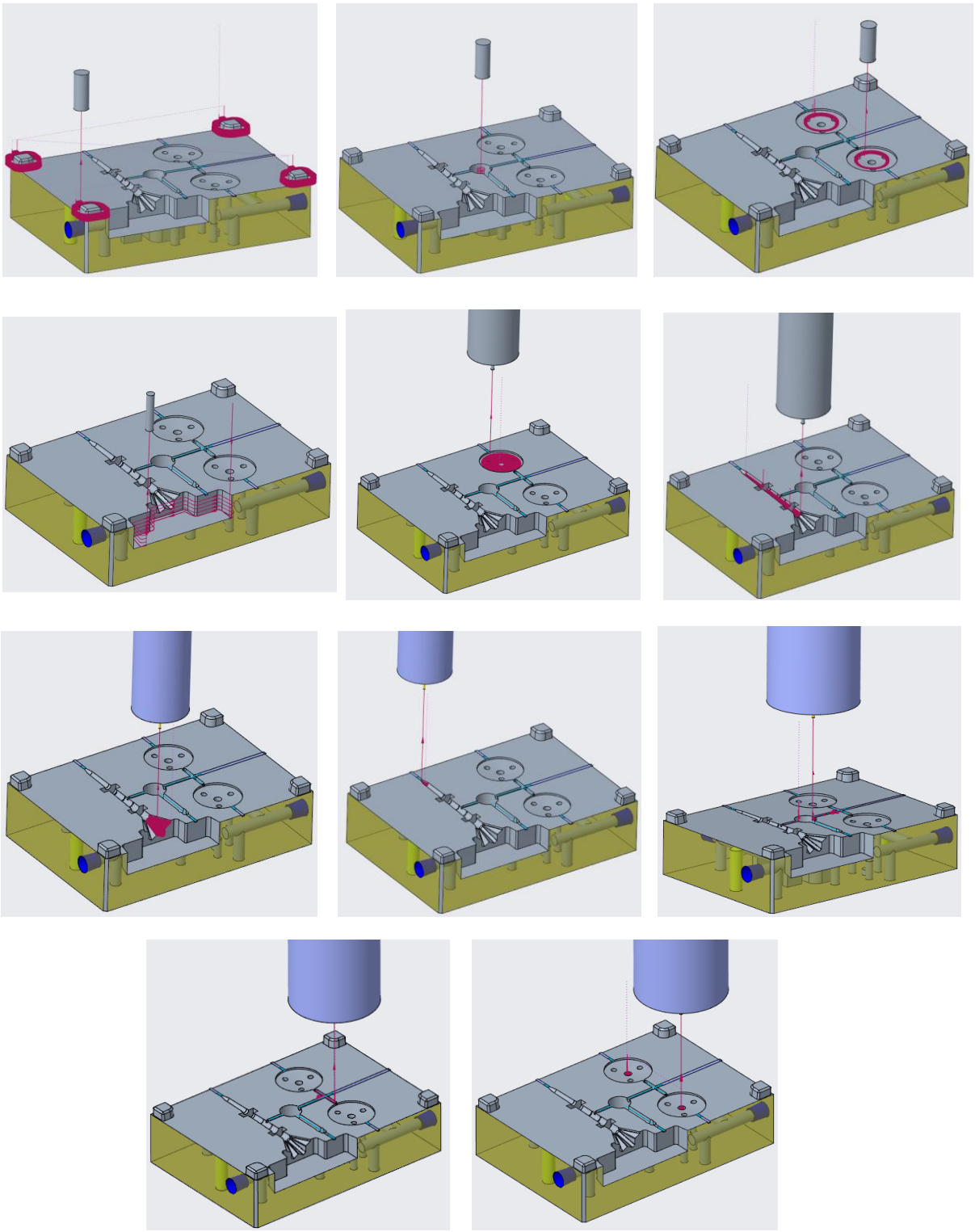
Hình 3.47 Mô phỏng gia công các bước còn lại LG1.

3.3.2.1.2 Lần gá đặt 2

Sau khi hoàn thành các nguyên công ở lần gá đặt 1, lật chi tiết 180°, định vị và kẹp chặt lại để tiếp tục gia công các bề mặt còn lại ở lần gá đặt 2. Các nguyên công trong lần gá này được thiết lập tương tự trên môi trường Creo Manufacturing. Do đó, phần này chỉ trình bày kết quả mô phỏng đường chạy dao tương ứng với từng bề mặt gia công.







Hình 3.48 Mô phỏng gia công các bước LG2

3.4. Kiểm tra kích thước sau gia công

3.4.1. Phương pháp đo kiểm

Máy đo tọa độ 3 chiều CMM Hexagon GLOBAL series được sử dụng để kiểm tra các kích thước có yêu cầu độ chính xác cao sau gia công.

Trước khi đo, chi tiết được đặt trên bàn đá của máy, thiết lập hệ tọa độ chuẩn sau đó di chuyển đầu đo tiếp xúc lần lượt với các vị trí đã được lập trình để thu thập số liệu. Kết quả đo được dùng để đối chiếu với giá trị danh nghĩa trên bản vẽ, từ đó đánh giá chi tiết đạt hay không đạt để đưa vào lắp ráp.

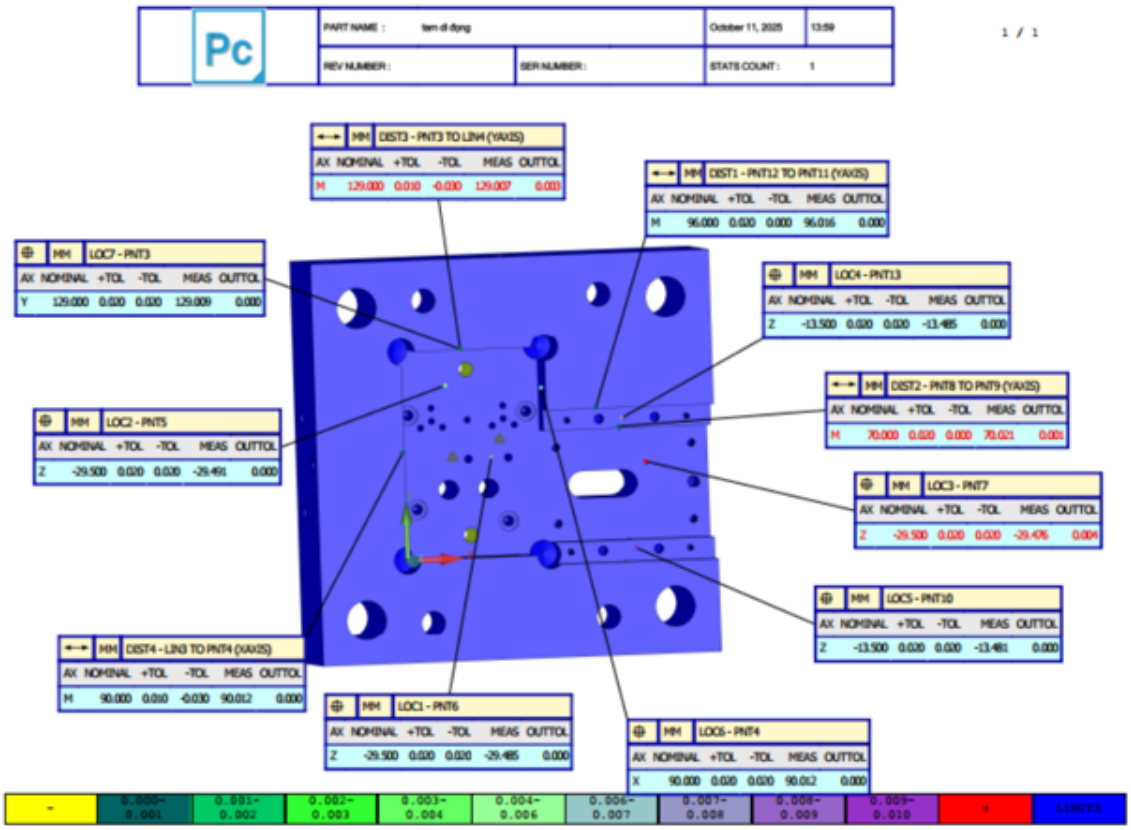


Hình 3.49 Đo tọa độ 3 chiều CMM Hexagon GLOBAL series.

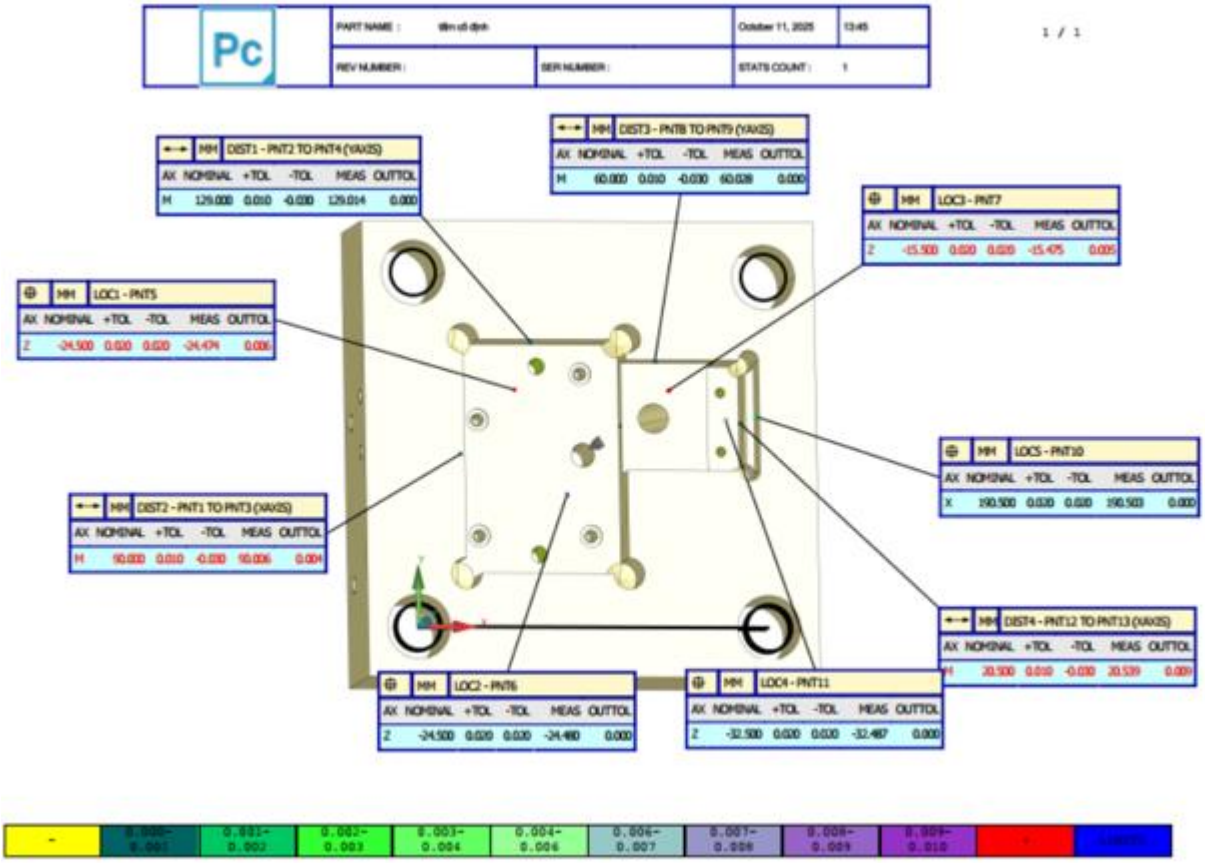
3.4.2. Kết quả kiểm tra lòng khuôn và lõi khuôn

Kết quả đo CMM được tổng hợp cho các chi tiết chính của khuôn, gồm tấm di động và tấm cố định. Các vị trí kiểm tra tập trung vào kích thước lắp ghép lòng khuôn, lõi khuôn và các bề mặt ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình lắp ráp.

Kết quả đo được so sánh với kích thước danh nghĩa trên bản vẽ để đánh giá mức độ chính xác của chi tiết sau gia công. Đây là cơ sở để quyết định chi tiết đạt yêu cầu trước khi đưa vào lắp ráp khuôn.



Hình 3.50 Báo cáo đo CMM của tấm cố định sau gia công.



Hình 3.51 Báo cáo đo CMM của tấm di động sau gia côn

3.5. Lắp ráp hệ thống khuôn

Sau khi các chi tiết khuôn được gia công, kiểm tra và hoàn thiện bề mặt, tiến hành lắp ráp thành bộ khuôn hoàn chỉnh. Trình tự lắp ráp được thực hiện theo nguyên tắc: lắp cụm khuôn di động → lắp cụm slider → lắp cụm khuôn cố định → kiểm tra đóng mở khuôn.

3.5.1. Chuẩn bị trước lắp ráp

Trước khi lắp ráp, cần vệ sinh sạch các chi tiết khuôn, loại bỏ ba via, bụi kim loại và dầu bẩn trên bề mặt lắp ghép. Các chi tiết được phân loại theo từng cụm để tránh nhầm lẫn trong quá trình lắp ráp.

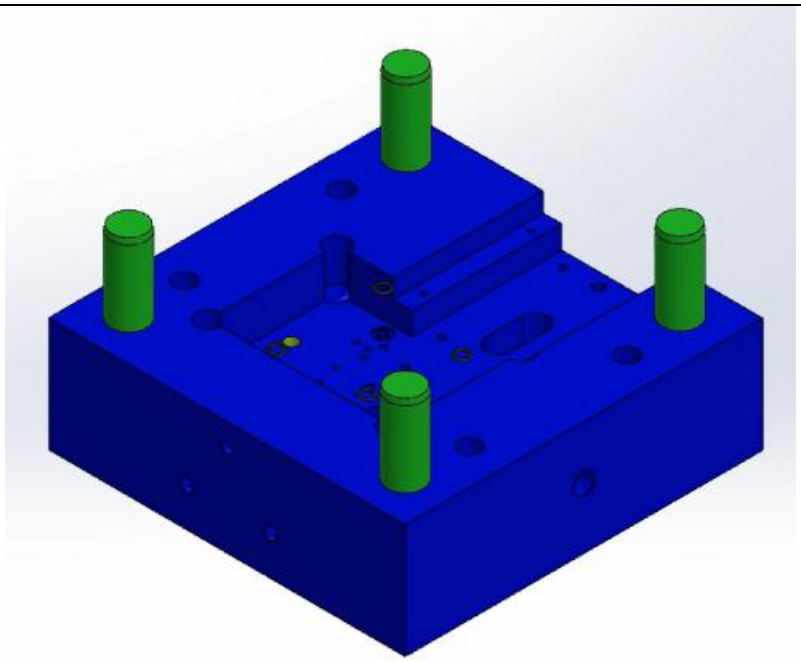
Bảng 3.9 Dụng cụ và nội dung chuẩn bị trước lắp ráp

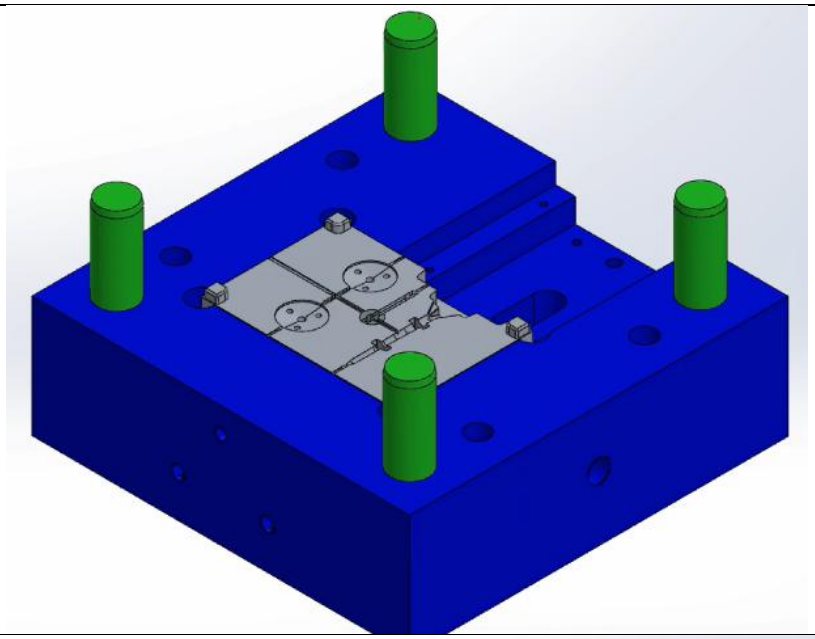
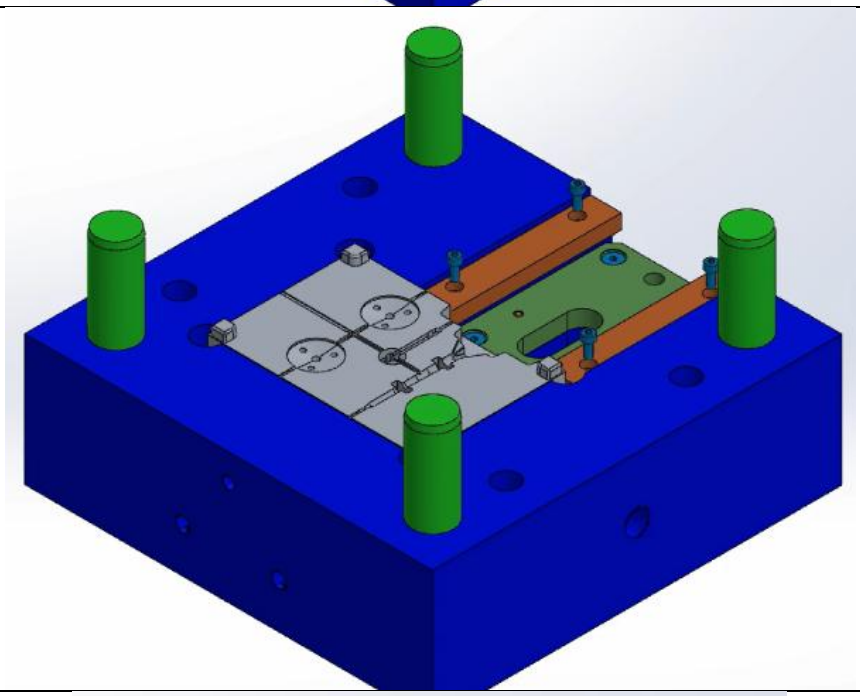
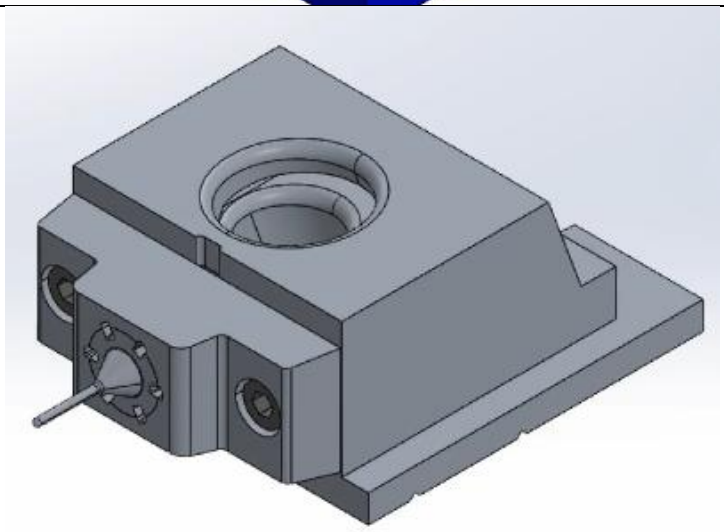
STT	Nội dung chuẩn bị	Ghi chú
1	Kiểm tra số lượng chi tiết theo bản kê chi tiết	Đảm bảo đầy đủ chi tiết gia công và linh kiện tiêu chuẩn
2	Vệ sinh bề mặt lắp ghép	Loại bỏ ba via, bụi kim loại, dầu bẩn
3	Chuẩn bị dụng cụ lắp ráp	Lục giác, búa nhôm, dầu bôi trơn, khăn lau
4	Phân loại chi tiết theo cụm	Cụm cố định, cụm di động, slider.

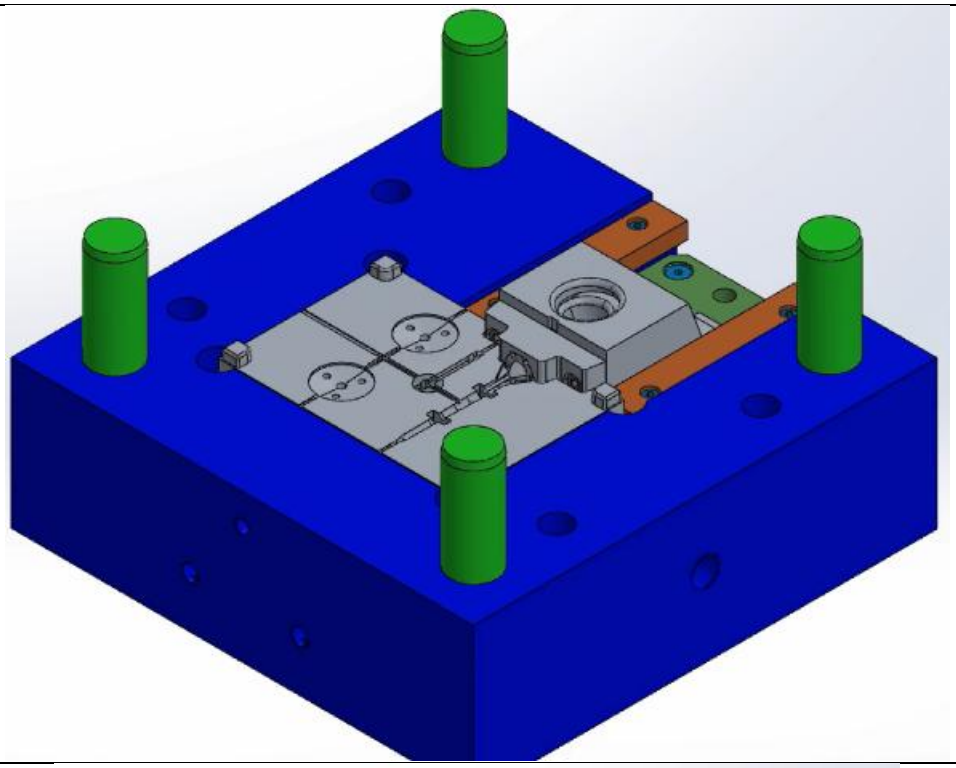
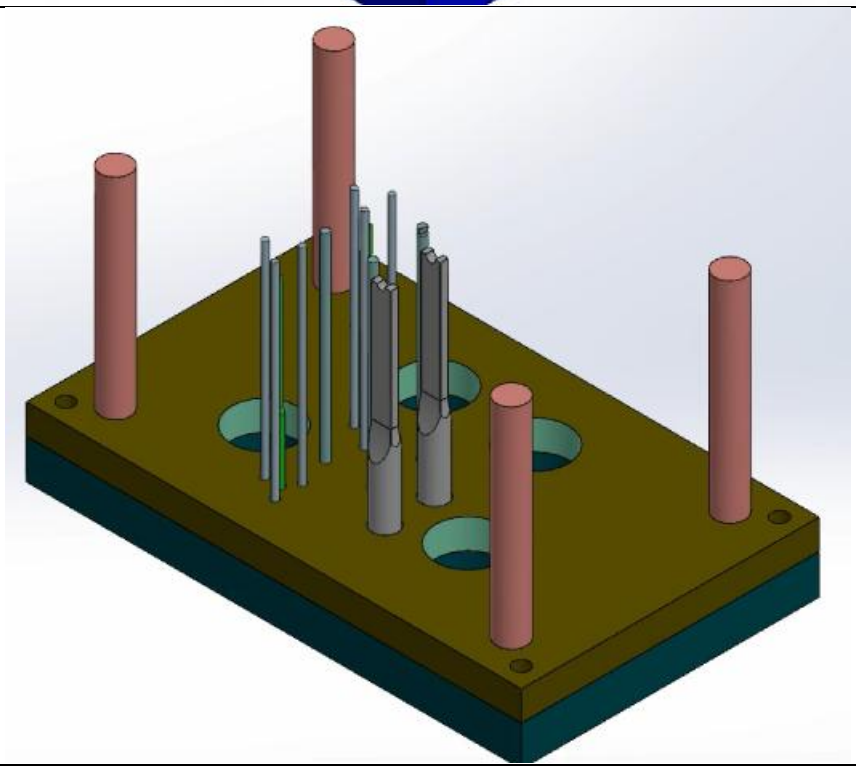
3.5.2. Quy trình lắp ráp hệ thống khuôn

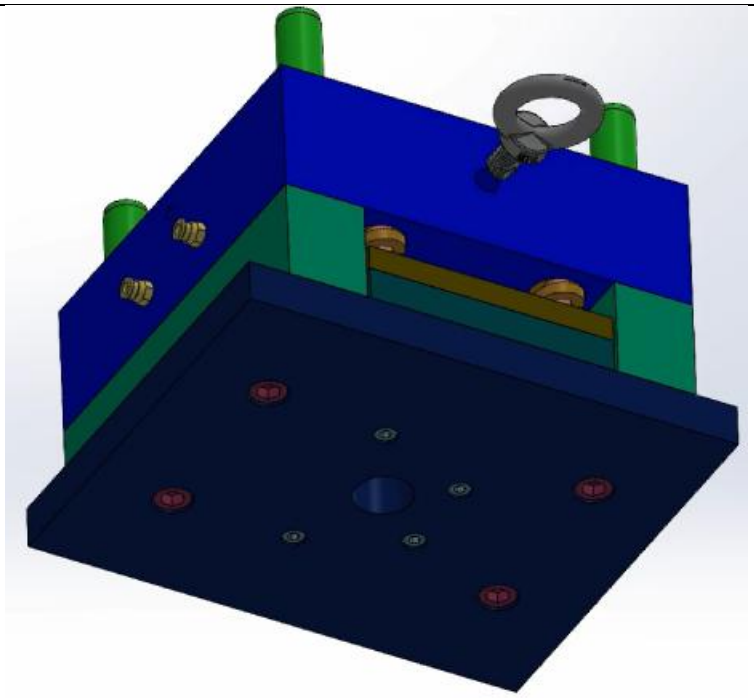
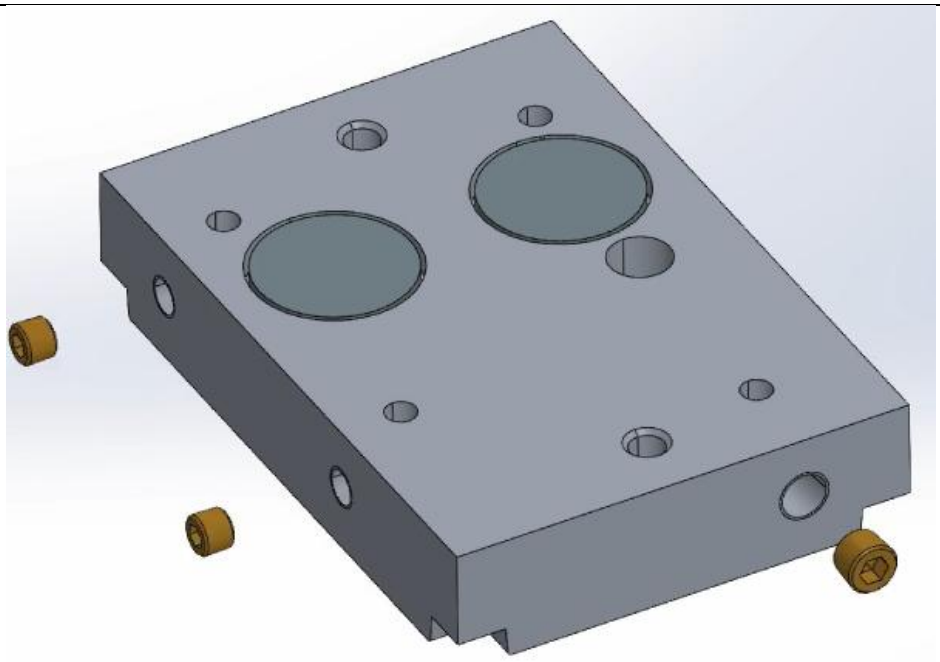
Quy trình lắp ráp hệ thống khuôn được thực hiện theo thứ tự như được trình bày trong bảng 3.10 sau:

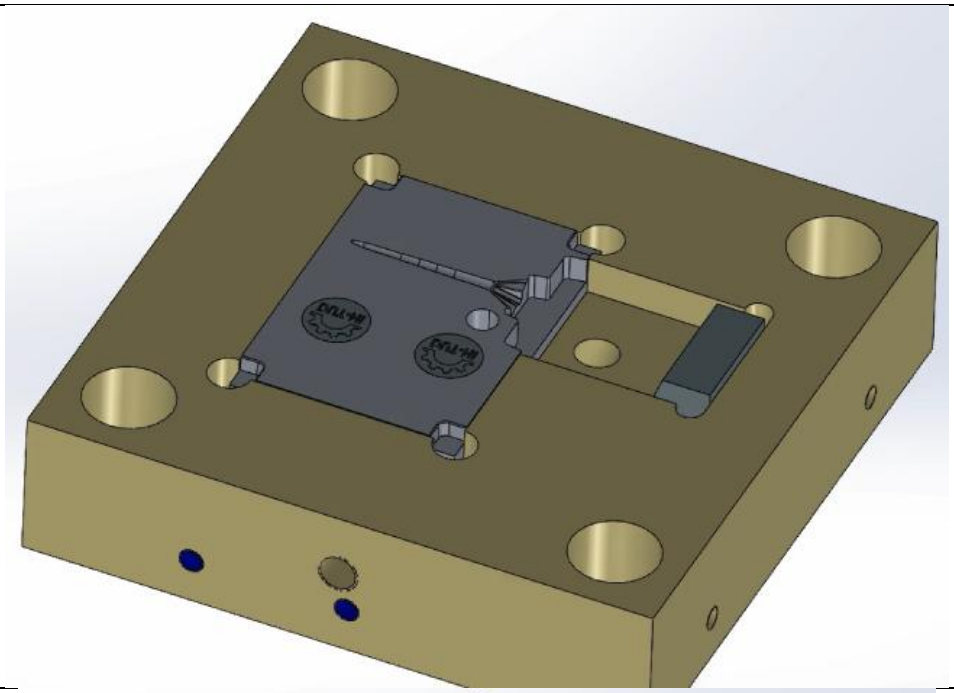
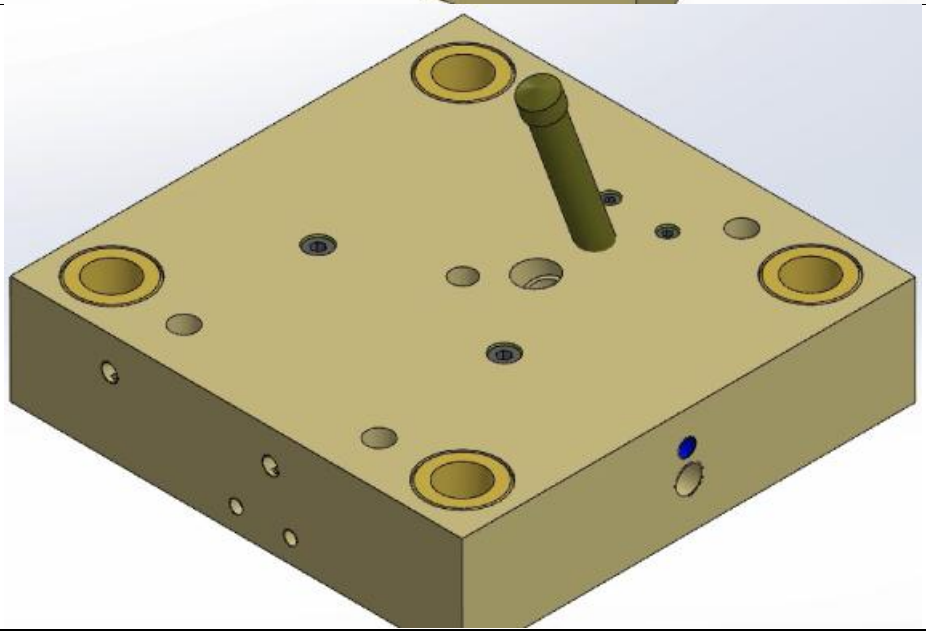
Bảng 3.10 Quy trình lắp ráp hệ thống khuôn

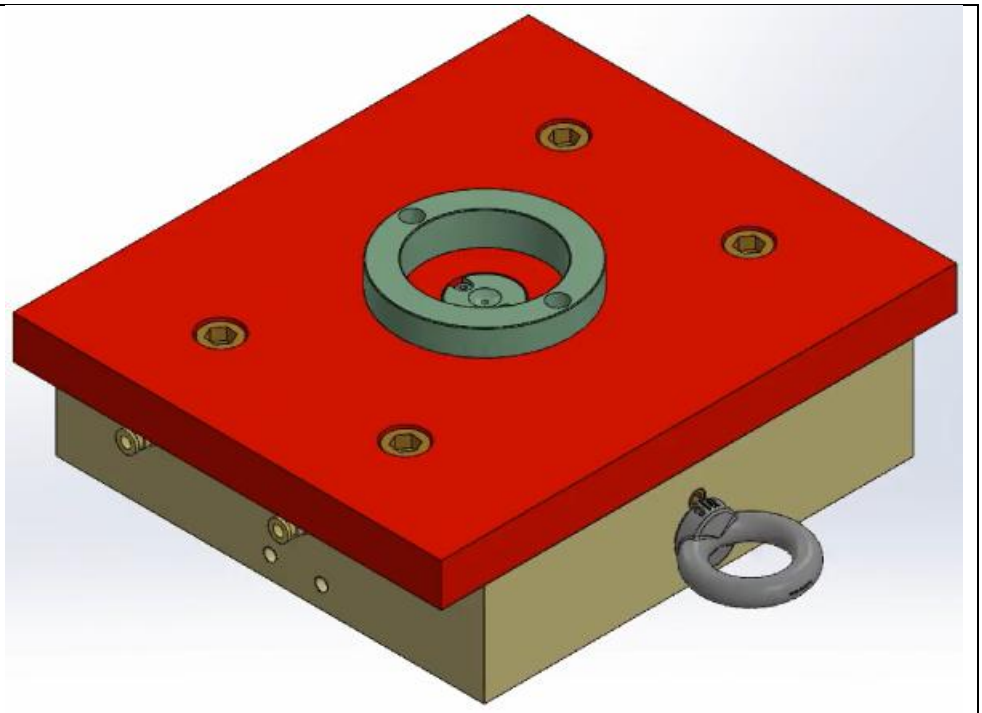
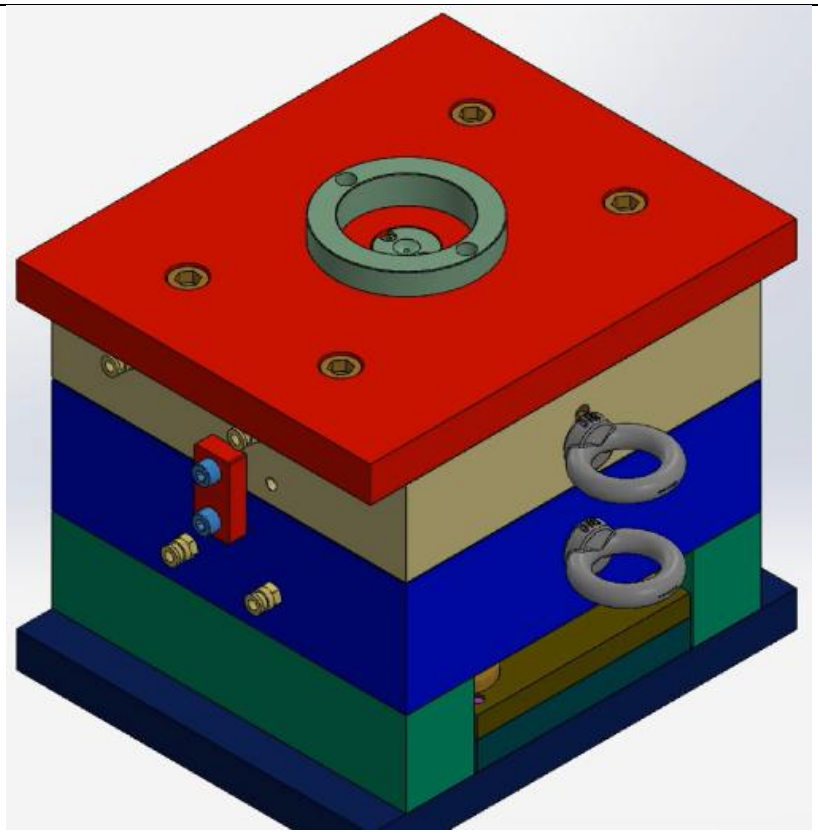
Nội dung lắp ráp	**Hình minh họa**
Bước 1: Lắp 4 chốt dẫn hướng và orings vào tấm di động.	
Bước 2: Lắp Runner OFF-ON vào mặt đáy tấm core	

Bước 3: Lắp nút bịt nước vào tấm core và lắp tấm core lên tấm di động	
Bước 4: Lắp tấm trượt và phần định vị slider vào tấm di động	
Bước 5: Lắp cơ cấu trượt gồm tấm trượt, tấm cố định slider, slider tầng 1, slider tầng 2.	

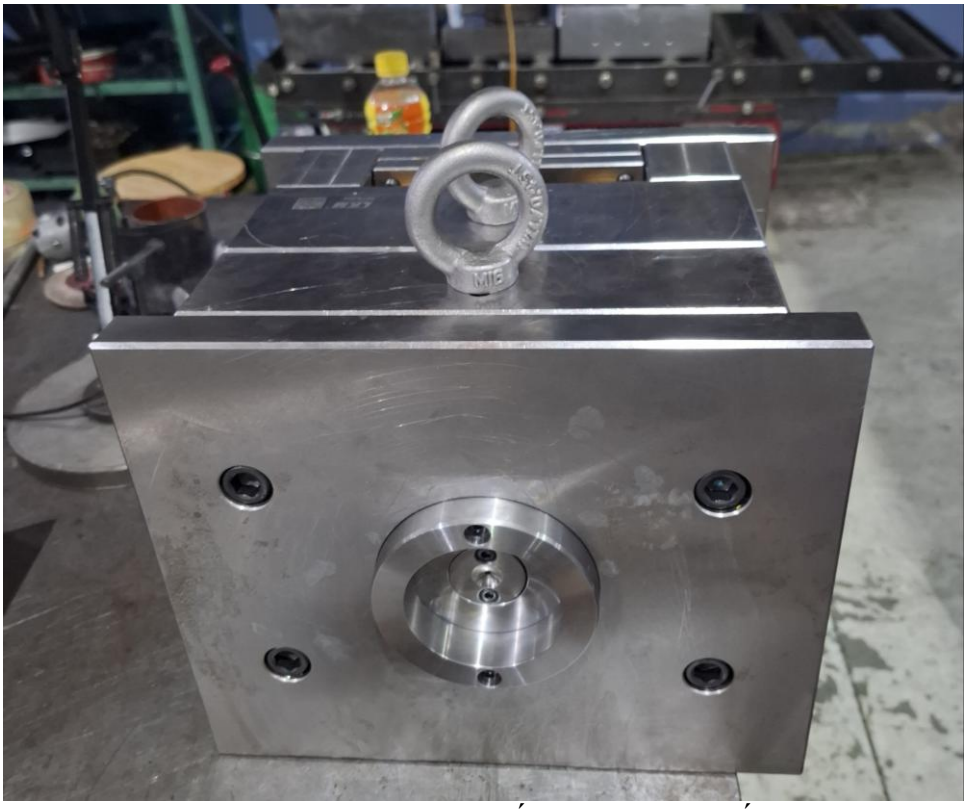
Bước 6: Lắp slider 2 tầng vài tấm di động	
Bước 7: Lắp hệ thống đẩy gồm chốt đẩy, chốt hồi, lò xo, tấm giữ và tấm đẩy	

Bước 8: Lắp ráp hoàn thiện phần cụm di động	
Bước 9: Lắp Insert Marker và nút bịt nước vào tấm cavity	

Bước 10: Lắp tấm cavity và khối chặn vào tấm cố định	
Bước 11: Lắp 4 bạc dẫn hướng và chốt xiêng angularpin vào tấm cố định	

Bước 12: Lắp tấm kẹp, bạc cuống phun, vòng định vị, móc khuôn và hoàn thiện phần lắp cụm cố định	
Bước 13: Lắp cụm cố định và di động lại với nhau và lắp khóa khuôn. Hoàn thiện việc lắp khuôn	

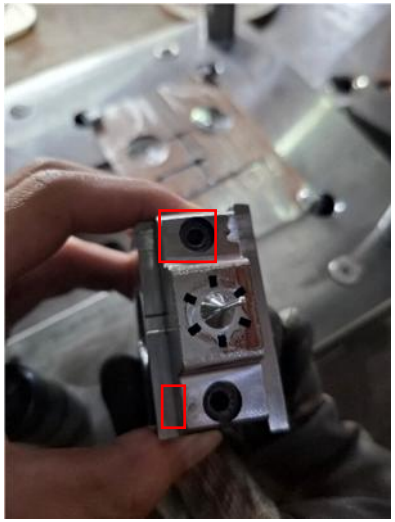
Sau khi hoàn tất các bước lắp ráp, dưới đây là hình ảnh bộ khuôn sau khi đã lắp ráp xong:

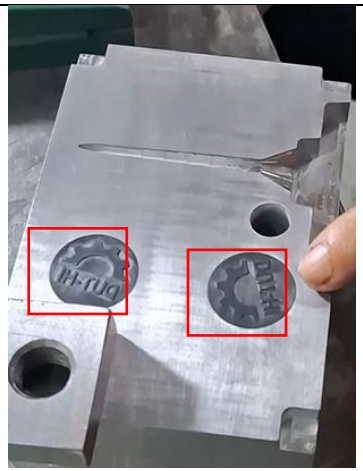
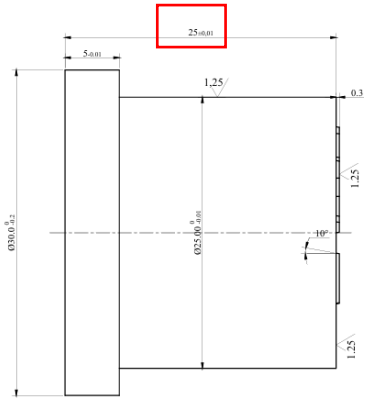
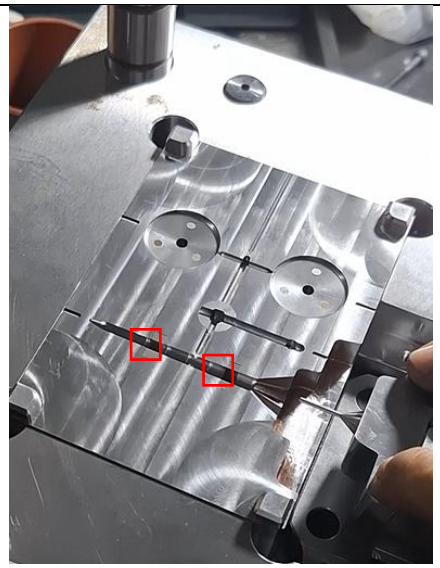
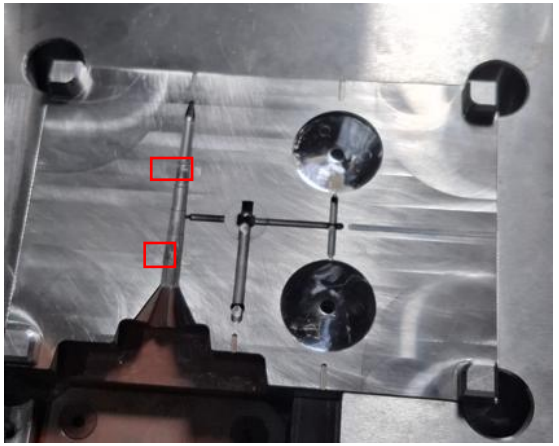


Hình 3.52 Hình ảnh thực tế bộ khuôn sau lắp ráp.

3.5.3. Tổng hợp lỗi khi lắp ráp

Bảng 3.10 Tổng hợp lỗi khi lắp ráp

STT	Mã VT/ Tên sản phẩm	Hiện trạng	Mẫu lỗi	Nguyên Nhân	Giải pháp	Mẫu cải thiện
1	102-1 + 102-2 + 104	Lệch biên dạng sản phẩm		- Gia công sai vị trí lỗ M5 - Bản vẽ của hai chi tiết 102-1 và 104 thiếu chốt định vị	- Gia công thêm 2 lỗ định vị cố định 104 với 102-1 - Doa lỗ Ø 5.4 của 104 thành Ø 8	

2	302+301	Hụt kích thước 25, thực tế 24.7		Gia công hụt kích thước	Hàn đôn đáy và gia công lại theo kích thước bản vẻ	
3	P4-A, B	Chốt đẩy bị thấp hơn so với biên dạng sản phẩm		Chưa gia công Support Pillar đạt kích thước 60.00, thực tế 60.20	Gia công Support Pillar đạt kích thước	

4	101+102-1+100	Thiếu chỗ bôi mỡ giảm ma sát khi di chuyển		Bản vẽ 101 + 100 thiếu rãnh dầu	Bổ sung rãnh dầu	

Chương 4. THỰC NGHIỆM ÉP PHUN

4.1. Điều kiện thiết bị và vật liệu sử dụng trong thực nghiệm

4.1.1. Máy ép phun

Máy ép phun sử dụng cho thử nghiệm là máy ép phun ENGEL Victory 130/50.



Hình 4.1 Máy ép phun ENGEL Victory 130/50 [30]

Bảng 4.1. Thông số kỹ thuật máy ép phun ENGEL victory 130/50 spex PRO

STT	Thông số kỹ thuật	Giá trị
1	Manufacturer	ENGEL
2	Machine model	ENGEL victory 130/50 spex PRO
3	Serial number	260915
4	Control system	CC300
5	Clamping force	500 kN
6	Daylight between platens (max.)	600 mm
7	Mold opening stroke (max.)	400 mm
8	Mold height (min.)	200 mm
9	Platen size (H × V)	500 × 450 mm
10	Ejector force	40 kN
11	Injection pressure	2,400 bar
12	Injection rate	104 cm^3/s

13	Injection volume	54 cm^3
14	Screw diameter	25 mm
15	Screw L/D ratio	24.8
16	Screw speed	480 rpm
17	Machine dimensions (L × W × H)	3,400 × 1,300 × 1,800 mm
18	Machine weight	2,700 kg

4.1.2. Vật liệu

Vật liệu nhựa sử dụng trong quá trình thực nghiệm ép phun là Moplen HP500N, thuộc nhóm Polypropylene Homopolymer (PP). Đây là nhựa nguyên sinh, ở dạng hạt và được sử dụng để tạo hình sản phẩm Golf Tee.

Bảng 4.2 Một số tính chất của vật liệu Moplen HP500N [15]

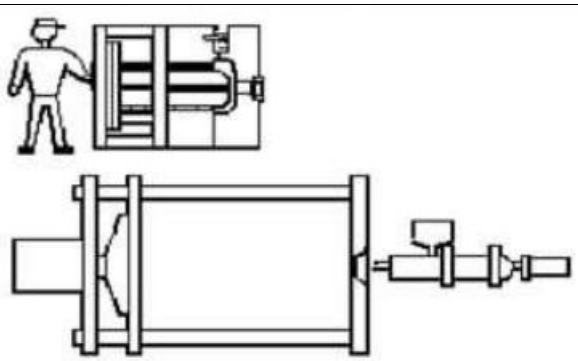
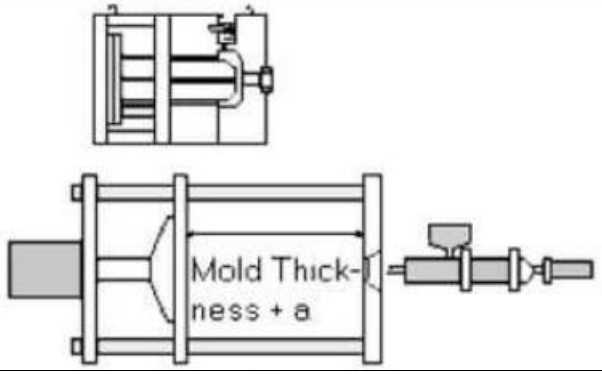
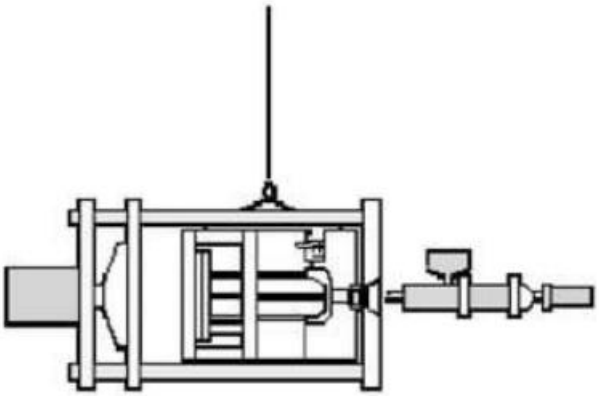
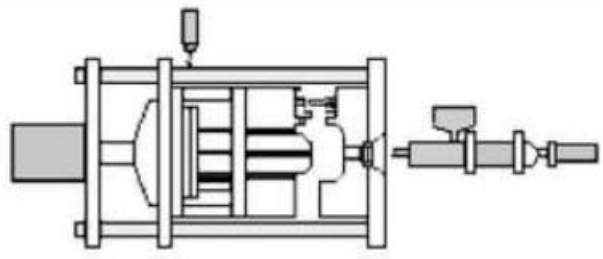
STT	Tính chất	Phương pháp thử	Giá trị	Đơn vị
1	Material type	—	Polypropylene Homopolymer	—
2	Density	ISO 1183	0,90	g/cm^3
3	Melt Flow Rate, 230°C/2,16 kg	ISO 1133	12	g/10 min
4	Melt Volume Flow Rate, 230°C/2,16 kg	ISO 1133	16	cm^3/10 min
5	Tensile Modulus	ISO 527-1, -2	1550	MPa
6	Tensile Stress at Yield	ISO 527-1, -2	35	MPa
7	Tensile Strain at Break	ISO 527-1, -2	>50	%
8	Tensile Strain at Yield	ISO 527-1, -2	10	%
9	Heat Deflection Temperature B, 0,45 MPa	ISO 75B-1, -2	95	°C
10	Vicat Softening Temperature A/50	ISO 306	153	°C

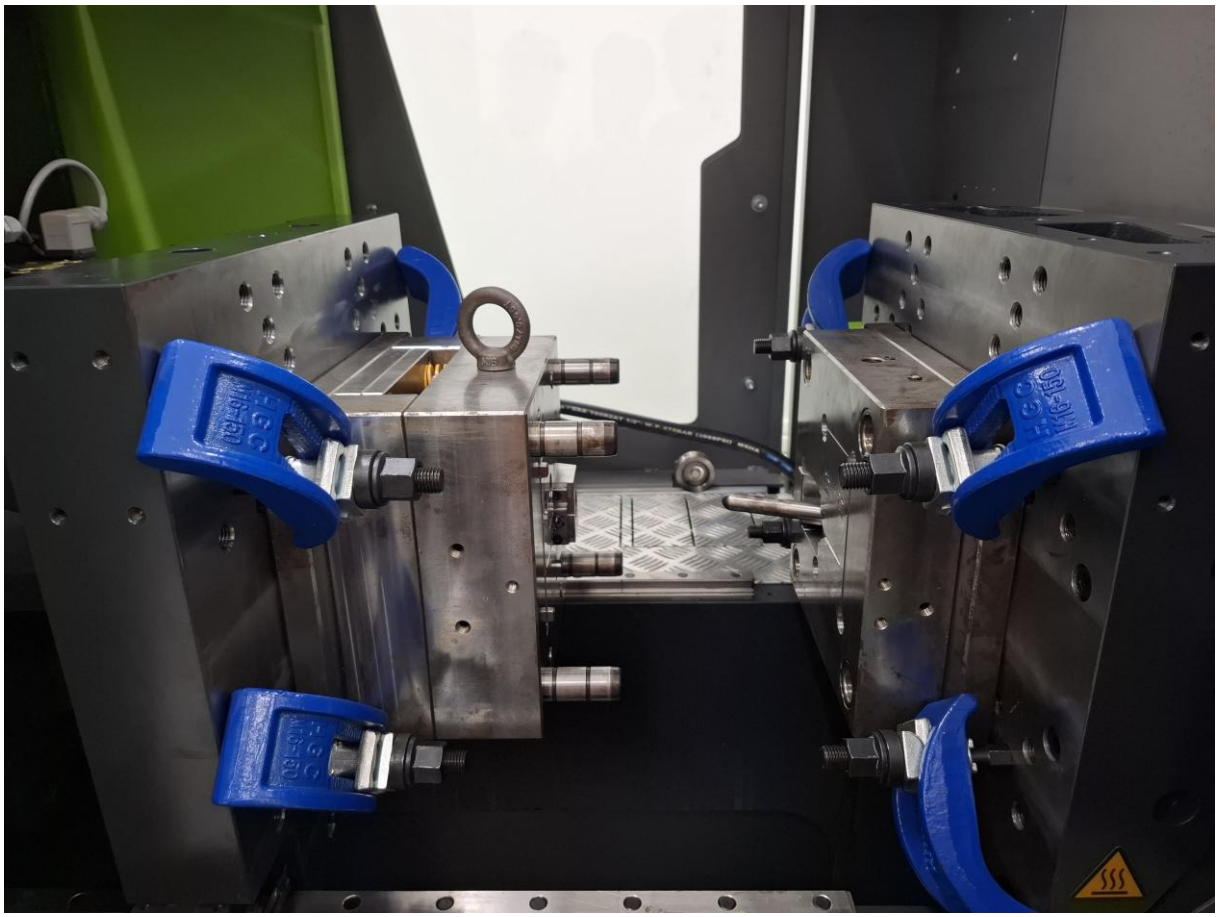
4.2. Trình tự gá khuôn và vận hành máy ép

4.2.1. Trình tự gá khuôn

Khi lắp đặt khuôn vào máy ép phải thực hiện cẩn thận, đúng trình tự để đảm bảo an toàn và tránh sai lệch vị trí khuôn.

Bảng 4.3. Các bước lắp đặt khuôn lên máy ép

Nội dung lắp đặt khuôn	**Hình minh họa**
Bước 1: Làm sạch bề mặt lắp đặt khuôn trên máy ép.	
Bước 2: Điều chỉnh khoảng cách hai tấm gá máy ép lớn hơn bề dày khuôn.	
Bước 3: Di chuyển khuôn và đặt khuôn vào giữa tấm cố định và tấm di động của máy ép.	
Bước 4: Di chuyển vòng định vị khuôn vào đúng vị trí, dùng thước nước nivo để kiểm tra, điều chỉnh cơ cấu kẹp khuôn.	
Bước 5: Rà tiếp xúc giữ vòi phun và bạc cuống phun.	
Bước 6: Lắp đặt cơ cấu kẹp cố định khuôn lên máy ép.	



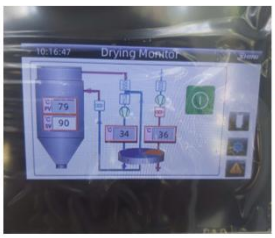
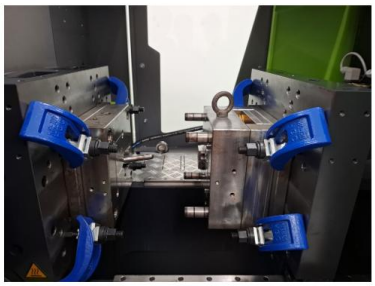
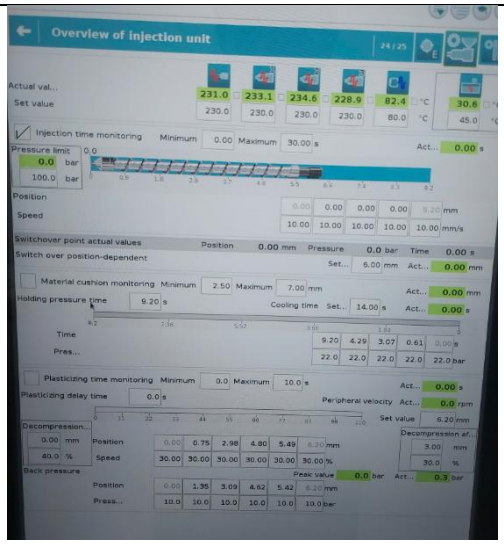
Hình 4.2 Khuôn sau khi đã được gá lên máy

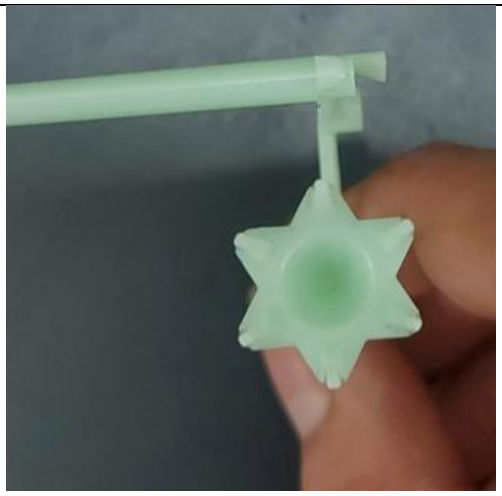
4.2.2. Các bước vận hành ép phun

Sau khi hoàn thành gá khuôn, quá trình vận hành ép phun được thực hiện theo trình tự từng bước như bảng 4.4 sau:

Bảng 4.4. Các bước vận hành ép phun

Nội dung vận hành máy	**Hình minh họa**
Bước 1: Bật nguồn máy ép phun	

Bước 2: Bật máy sấy nhựa và thiết lập, và cấp vào máy ép phun	 
Bước 3: Bật máy ép phun, kiểm tra trạng thái máy, hệ thống gia nhiệt và vùng làm việc, xả nhựa cũ.	  
Bước 4: Cấp nước vào hệ thống bơm và bật máy bơm	
Bước 5: Kiểm tra đóng - mở khuôn, vị trí vòi phun, hành trình đẩy, cơ cấu trượt slider.	 
Bước 5: Nhập bộ thông số ép phun như nhiệt độ, áp suất, tốc độ phun, thời gian giữ áp và thời gian làm nguội.	

Bước 6: Tiến hành ép, theo dõi thông số trên màn hình và quan sát sản phẩm sau mỗi chu kỳ ép.	

4.3. Phân tích và lựa chọn phương án thực nghiệm ép phun

Chất lượng sản phẩm sau ép phụ thuộc nhiều vào các thông số công nghệ như nhiệt độ khuôn, nhiệt độ nhựa, tốc độ phun, áp suất giữ, thời gian giữ áp, thời gian làm mát và vị trí chuyển V/P.

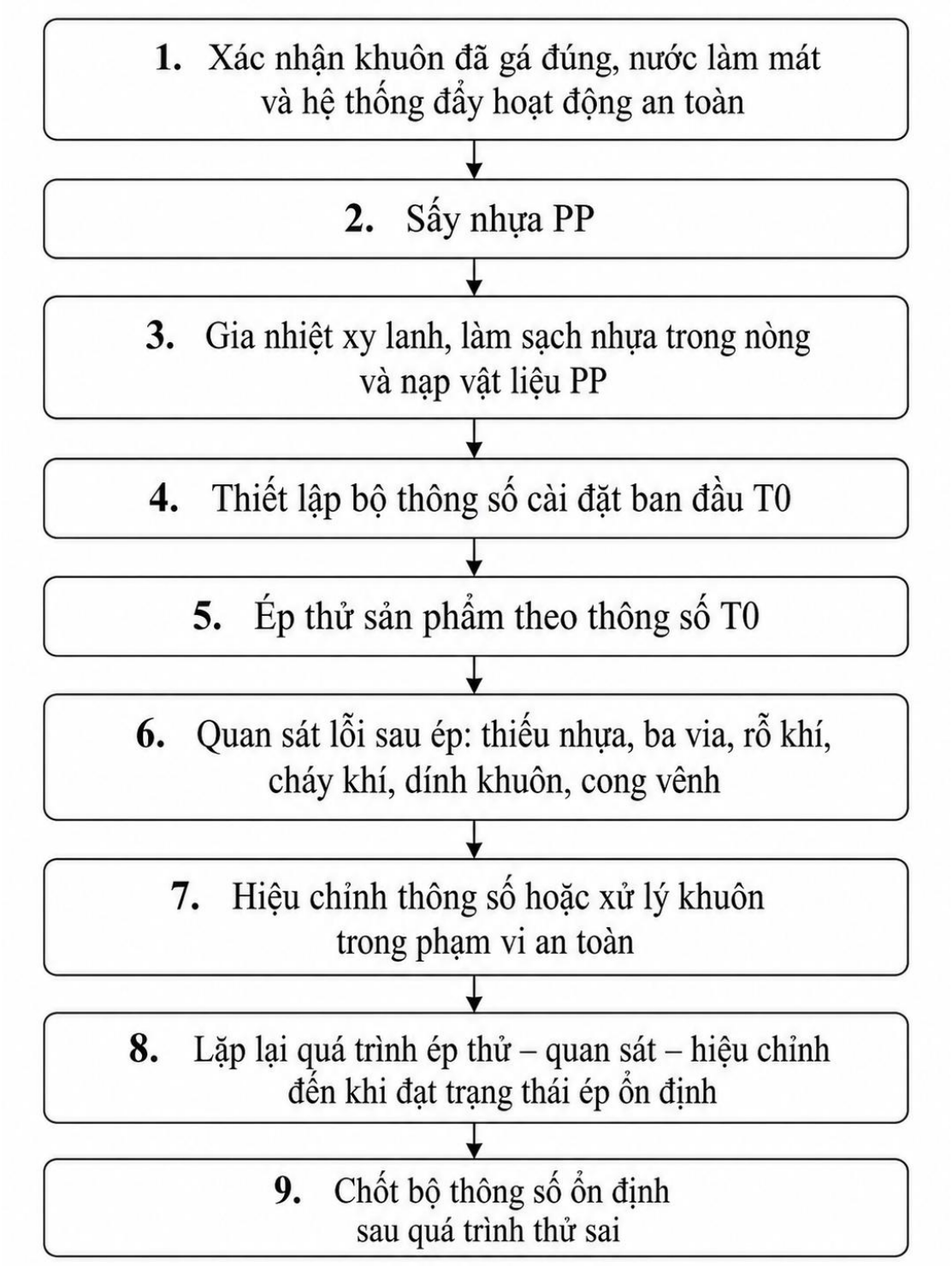
Trong đề tài này, hai phương án được xem xét gồm ép phun theo phương pháp thử sai và ép phun theo bộ thông số tối ưu kế thừa từ mô phỏng.

4.3.1. Ép phun thực nghiệm theo phương pháp thử sai

4.3.1.1. Quy trình ép phun theo phương pháp thử sai

Phương pháp thử sai trong phun ép nhựa là quá trình liên tục điều chỉnh các thông số máy (nhiệt độ, áp suất, tốc độ, thời gian) và quan sát lỗi trên sản phẩm mẫu. Người vận hành thay đổi từng thông số dựa trên kinh nghiệm cho đến khi đúc ra được sản phẩm đạt chuẩn.

Quy trình thực hiện phương pháp thử sai được trình bày ở Hình 4.3.



Hình 4.3 Quy trình ép phun theo phương pháp thử sai

4.3.1.2. Bộ thông số ép ban đầu sử dụng cho T0

Trong quá trình ép phun theo phương pháp thử sai, bộ thông số **T0** được sử dụng làm điều kiện cài đặt ban đầu trên máy ép phun. Các thông số này được lựa chọn dựa trên vật liệu PP, khả năng làm việc của máy.

Bảng 4.4 Bộ thông số ban đầu đề xuất cho ép thử T0

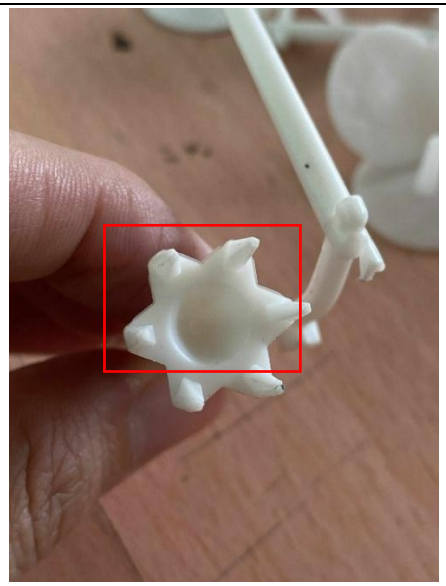
Thông số	**Giá trị khởi đầu**	**Đơn vị**
Nhiệt độ nhựa nóng chảy	220-240	°C
Nhiệt độ khuôn	20-35	°C
Áp suất giữ	20-35	MPa
Thời gian giữ	3-5	s
Thời gian làm mát	10	s
Tốc độ phun	30	mm/s

4.3.1.3. Kết quả ép thử T0 và lỗi phát sinh

Sau khi ép thử theo bộ thông số T0, sản phẩm đã được tạo hình cơ bản nhưng vẫn ghi nhận một số lỗi trong quá trình ép thử như vết dòng chảy, ba via, dính khuôn và bề mặt chưa đạt. Các lỗi phát sinh, nguyên nhân dự đoán và hướng khắc phục được trình bày trong bảng 4.5.

Bảng 4.5 Một số lỗi phát sinh trong quá trình ép thử T0 và biện pháp khắc phục

STT	Hiện trạng	Mẫu lỗi	Nguyên Nhân	Giải pháp	Mẫu cải thiện
1	Phần đáy trụ bị lõm xuống		Do mua pin đẩy dài hơn, về không gia công lại	- Đo lại độ sâu bằng Đồng hồ so điện tử Mitutoyo - Mài lại 2 chốt đẩy P3 sao cho bằng độ sâu vừa đo	
2	Sản phẩm bị dính vào tấm cavity		Bề mặt chưa được đánh bóng	Đánh bóng lại	

3	Vết dòng chảy nhựa POM		- Do tính chất nhựa POM - Do điều kiện ép chưa đạt		
4	Bavia trên nữa phân khuôn tấm Core		Gia công hốc để chi tiết 104 chưa đạt kích thước	Điều chỉnh lại để đạt kích thước	

4.3.1.4. Hiệu chỉnh và xác lập thông số ổn định.

4.3.1.4.1 Cơ sở hiệu chỉnh thông số

Việc hiệu chỉnh thông số trong T0 cần dựa trên dấu hiệu lỗi quan sát được trên sản phẩm. Không nên tăng đồng thời nhiều thông số vì sẽ khó xác định yếu tố nào tạo ra thay đổi. Cụ thể trong bảng 4.6.

Bảng 4.6 Nguyên tắc hiệu chỉnh thông số trong quá trình ép thử T0 [1]

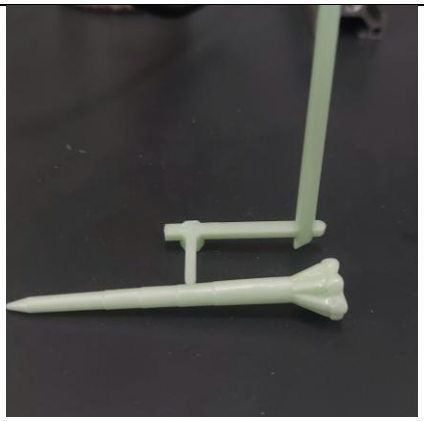
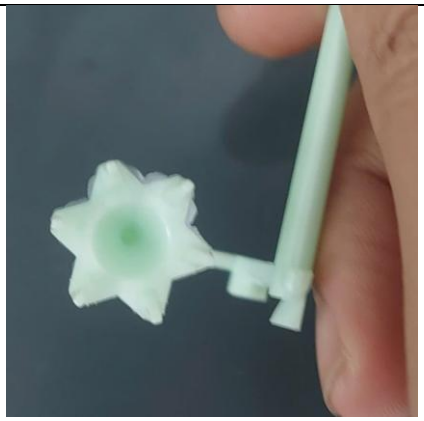
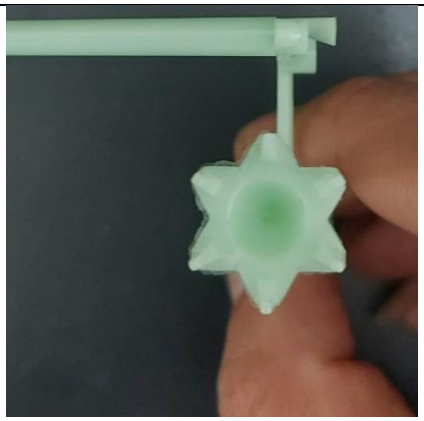
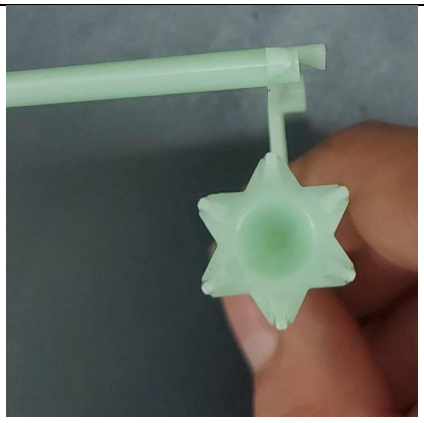
Thông số / Khuyết tật	Giòn gãy	Thiếu nhựa	Bề mặt xấu	Vết ố	Bavia	Rỗ khí	Vết dòng chảy	Thoát khuôn kém	Cong vênh	Cháy nhựa
Nhiệt độ xy lanh	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓
Nhiệt độ khuôn	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↓	
Nhiệt độ vòi phun	↓	↑	↑	↓		↓	↑		↓	↓
Tốc độ phun	↓	↑	↑	↓	↓		↑	↓	↑	↓
Áp suất phun		↑		↑	↓	↑	↑	↓	↑	↓
Áp suất giữ	↓	↑		↑	↓	↑		↓	↑	
Áp suất hồi nhựa (Back pressure)	↓	↑		↓	↓	↑				↓
Thời gian làm nguội						↑			↑	
Tốc độ quay trục vít	↓									↓
Đường kính vòi phun	↑	↑	↑	↑		↑	↑		↑	
Thoát khí	O	O	O	O		O	O		O	O
Kích thước cổng phun	↑	↑		↑		↑	↑			↑
Vị trí cổng phun				O		O	O		O	
Sấy nhựa	O			O		O	O			

Ghi chú: ↑ Tăng thông số; ↓ Giảm thông số; O Kiểm tra hoặc xem xét yếu tố tương ứng.

4.3.1.4.2. Lập bảng quá trình hiệu chỉnh

Dựa trên các lỗi ghi nhận ở giai đoạn T0, quá trình hiệu chỉnh được thực hiện theo từng lần thử nhằm đánh giá ảnh hưởng của các thay đổi đến chất lượng sản phẩm. Các nội dung hiệu chỉnh được tổng hợp trong Bảng 4.7.

Bảng 4.7 Quá trình hiệu chỉnh trong phương pháp thử sai

Lần thử	**Hiện tượng ghi nhận**	**Hình ảnh**	**Hướng xử lý**
T1	Thiếu nhựa		Tăng hành trình phun của trục vít, áp suất phun hoặc tốc độ phun.
T2	Ba via vùng tiếp giáp slider		Giảm nhiệt độ khuôn, nhựa; áp suất giữ/áp suất phun; kiểm tra khe hở vùng slider.
T3	Còn bavia nhưng ít hơn		Giảm nhẹ áp suất giữ, nhiệt độ nhựa.
T4	Ổn định		Giữ nguyên thông số, ép kiểm tra lặp lại và chốt bộ thông số ổn định sau thử sai.

4.3.1.4.3. Chốt bộ thông số ổn định sau thử sai

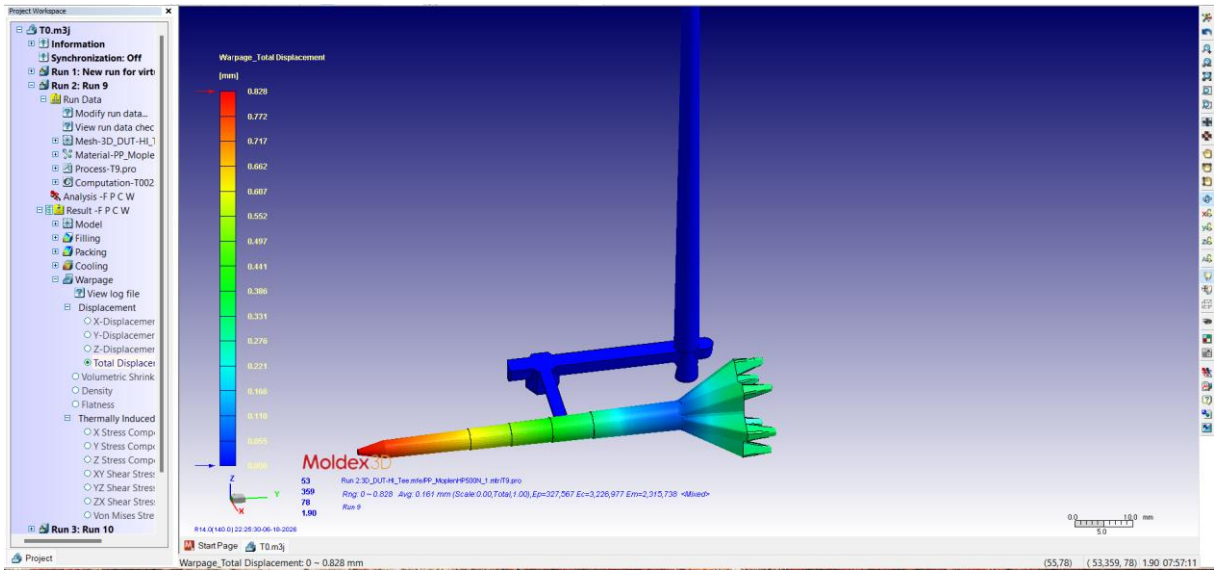
Sau các lần hiệu chỉnh từ T1 đến T4, sản phẩm đã điền đầy ổn định hơn, lỗi thiếu nhựa và ba via được giảm rõ rệt. Do đó, bộ thông số tại lần thử ổn định cuối cùng được chọn làm bộ thông số ép sau quá trình thử sai.

Bảng 4.8 Bộ thông số ép ổn định sau quá trình thử sai

STT	Thông số ép phun	Giá trị cài đặt	Đơn vị
1	Nhiệt độ xy lanh vùng 1	220	°C
2	Nhiệt độ xy lanh vùng 2	220	°C
3	Nhiệt độ xy lanh vùng 3	215	°C
4	Nhiệt độ xy lanh vùng 4	200	°C
6	Nhiệt độ khuôn	45	°C
8	Tốc độ phun	30	mm/s
10	Thời gian giữ áp	3,00	s
11	Áp suất giữ	30	bar
12	Thời gian làm mát	12,00	s

4.3.1.5. Mô phỏng bộ thông số ổn định sau thử sai

Sau khi xác lập bộ thông số ổn định bằng phương pháp thử sai, dùng phần mềm Moldex3D để mô phỏng kiểm chứng hàm mục tiêu độ cong vênh. Kết quả mô phỏng được dùng làm cơ sở đối chứng với phương án ép phun theo bộ thông số tối ưu kế thừa từ mô phỏng.



Hình 4.4 Kết quả mô phỏng độ cong vênh của bộ thông số sau thử sai.

Bảng 4.9 Kết quả mô phỏng độ cong vênh của bộ thông số sau thử sai.

Phương án	Bộ thông số sử dụng	Warpage_Total Displacement
Thử sai	Bộ thông số ổn định sau T4	0,828 mm

4.3.2. Ép phun thực nghiệm theo bộ thông số tối ưu kế thừa từ mô phỏng

4.3.2.1. Cơ sở kế thừa và thiết lập bộ thông số ép phun theo phương án tối ưu

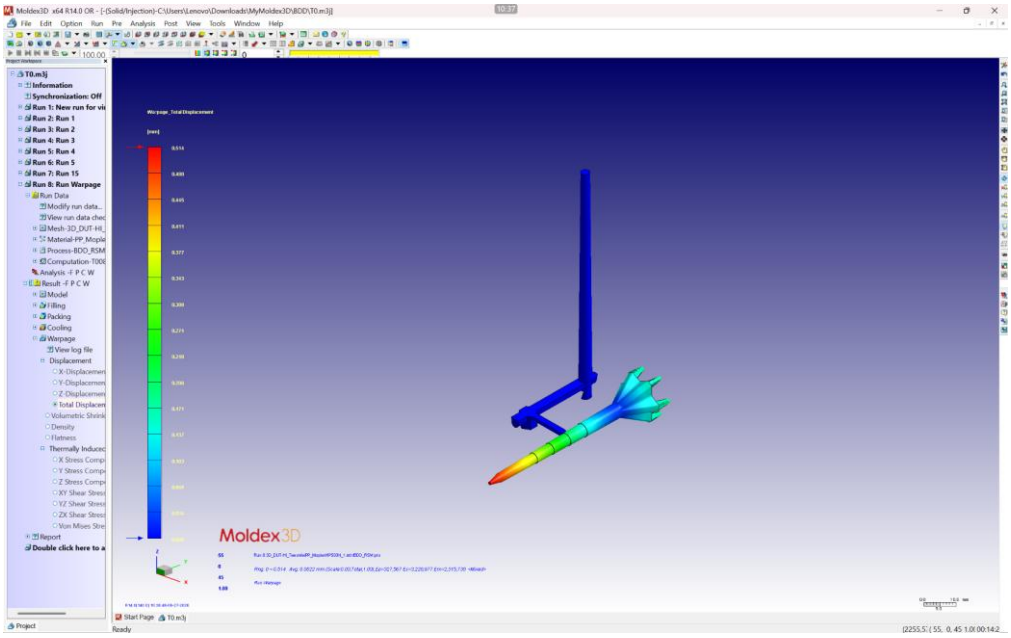
Bộ thông số ép phun theo phương án tối ưu được kế thừa từ kết quả mô phỏng và tối ưu hóa của đề tài thiết kế – phân tích số. Ban đầu, bảy thông số công nghệ được khảo sát bằng phương pháp Plackett–Burman, gồm nhiệt độ khuôn, nhiệt độ nhựa nóng chảy, tốc độ điền đầy, thời gian giữ áp, áp suất giữ, thời gian làm mát và vị trí chuyển V/P.

Kết quả sàng lọc cho thấy ba thông số có ảnh hưởng chính đến độ cong vênh của sản phẩm gồm nhiệt độ khuôn, thời gian giữ áp và thời gian làm mát. Ba thông số này tiếp tục được tối ưu bằng phương pháp RSM với thiết kế Box–Behnken. Các thông số còn lại gồm nhiệt độ nhựa nóng chảy, tốc độ điền đầy, áp suất giữ và vị trí chuyển V/P được cố định tại mức trung tâm của ma trận Plackett–Burman.

Kết quả tối ưu thu được ba thông số chính gồm nhiệt độ khuôn 25°C, thời gian giữ áp 7,50 s và thời gian làm mát 14 s. Trên cơ sở đó, bộ thông số ép phun theo phương án tối ưu được thiết lập để tiến hành ép thực nghiệm, như trình bày trong Bảng 4.9.

Bảng 4.10 Bộ thông số ép phun theo phương án tối ưu từ mô phỏng

STT	Thông số ép phun	Giá trị thiết lập	Đơn vị
1	Nhiệt độ khuôn	25	°C
2	Thời gian giữ áp	7,50	s
3	Thời gian làm mát	14	s
4	Nhiệt độ nhựa nóng chảy	230	°C
5	Tốc độ điền đầy	15	mm/s
6	Áp suất giữ	27	MPa
7	Vị trí chuyển V/P	0,12	mm



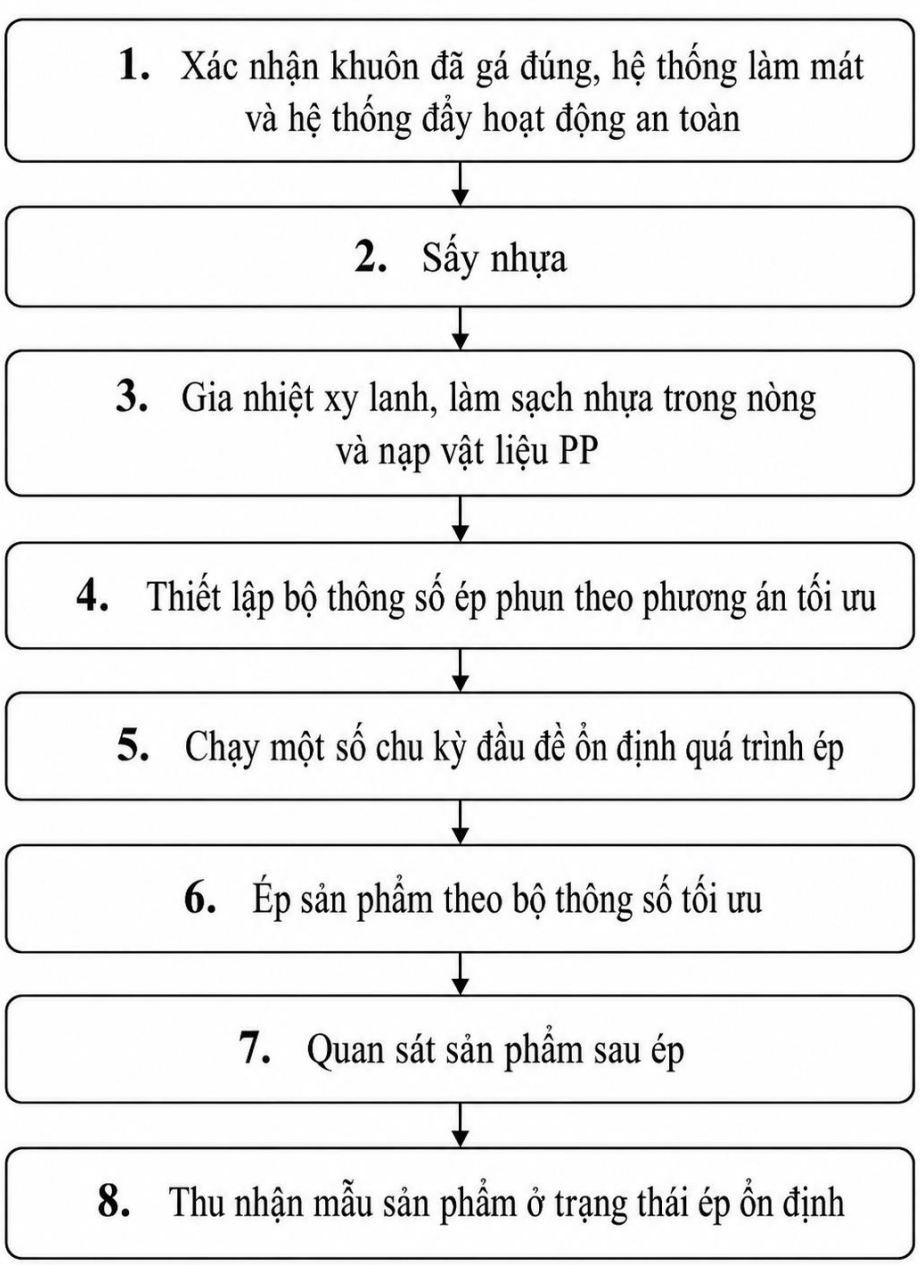
Hình 4.5 Kết quả mô phỏng độ cong vênh của bộ thông số sau tối ưu.

Bảng 4.11 Kết quả mô phỏng độ cong vênh của bộ thông số sau tối ưu.

Phương án	Bộ thông số sử dụng	Warpage_Total Displacement
Tối ưu	Bộ thông số tối ưu từ Moldex3D/RSM	0,514 mm

4.3.2.2. Quy trình ép phun thực nghiệm theo bộ thông số tối ưu

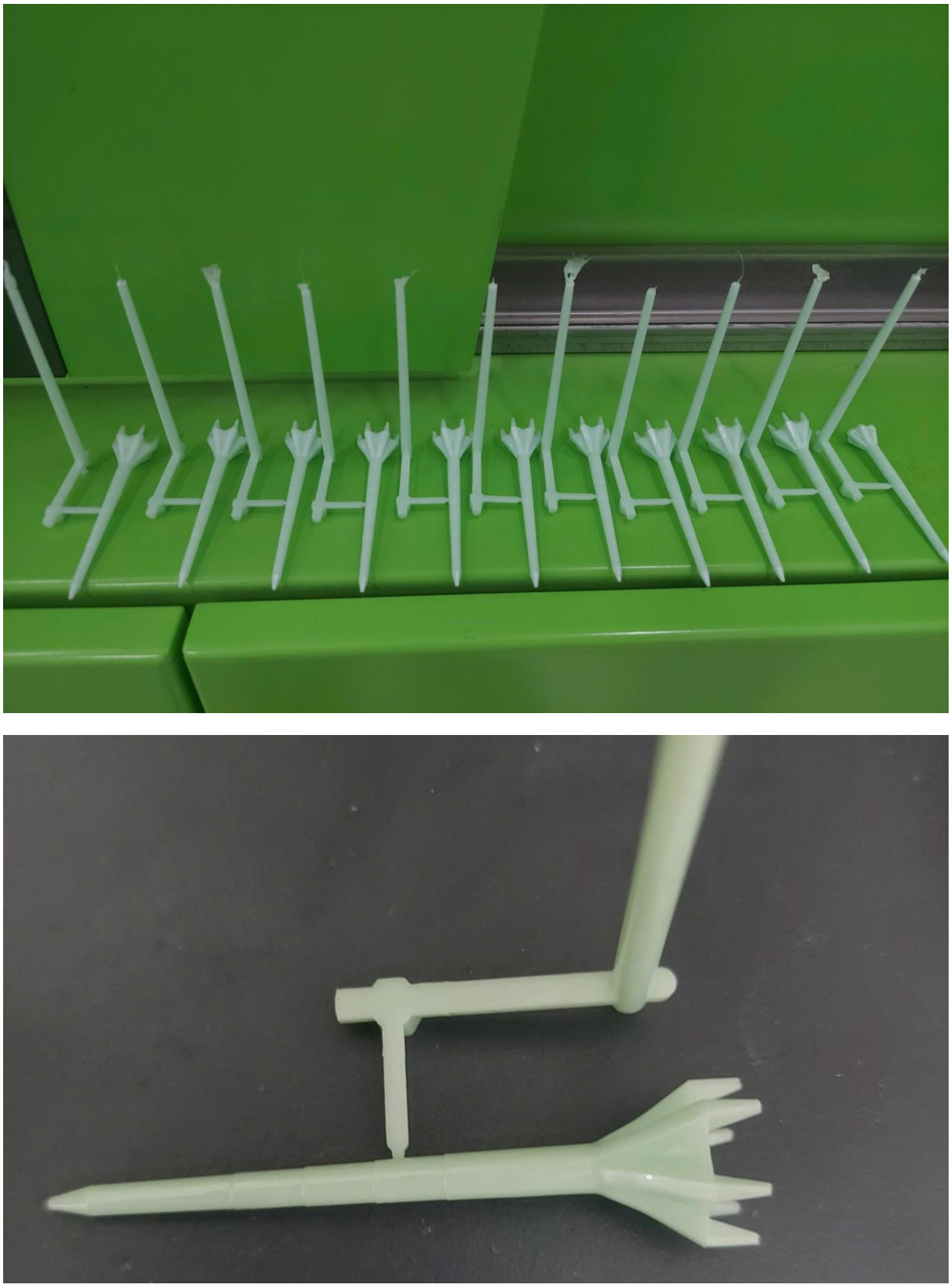
Quy trình ép phun thực nghiệm theo bộ thông số tối ưu được thực hiện theo trình tự như trên hình 4.4 sau:



Hình 4.6 Quy trình ép phun thực nghiệm theo bộ thông số tối ưu.

4.3.2.3. Kết quả sản phẩm sau ép theo bộ thông số tối ưu

Các sản phẩm sau khi ép theo bộ thông số tối ưu này đạt trạng thái ổn định, không sử dụng các sản phẩm ở những chu kỳ đầu để đánh giá.



Hình 4.7 Sản phẩm Golf Tee sau ép theo bộ thông số tối ưu.

4.3.3. So sánh và lựa chọn phương án thực nghiệm

Sau khi xây dựng hai phương án thực nghiệm ép phun, tiến hành so sánh để lựa chọn phương án cho bước tạo mẫu và đánh giá sản phẩm. Việc so sánh được thực hiện dựa trên cơ sở xác lập thông số, mức độ kiểm soát quá trình ép và kết quả mô phỏng độ cong vênh trong Moldex3D.

Bảng 4.12 So sánh hai phương án thực nghiệm ép phun.

Tiêu chí so sánh	**Phương án 1: Ép phun theo phương pháp thử sai**	**Phương án 2: Ép phun theo bộ thông số tối ưu kế thừa từ mô phỏng**
Cơ sở xác lập thông số	Dựa trên ép thử, quan sát lỗi và hiệu chỉnh thực tế	Dựa trên sàng lọc Plackett–Burman và tối ưu RSM–BBD
Cách xác định thông số	Hiệu chỉnh qua các lần thử	Tối ưu hóa thông số dựa trên kết quả mô phỏng
Mức độ phụ thuộc kinh nghiệm	Cao	Thấp hơn
Khả năng kiểm soát ảnh hưởng thông số	Khó tách riêng ảnh hưởng từng thông số	Có cơ sở thống kê và mô phỏng rõ ràng hơn
Kết quả mô phỏng Warpage_Total Displacement	0,828 mm	0,5140 mm

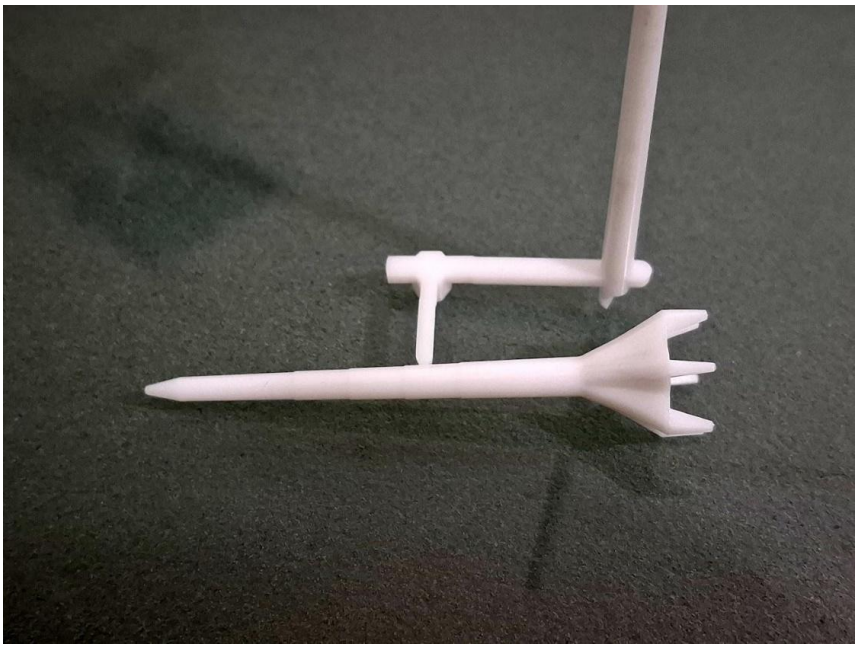
Từ Bảng 4.12 cho thấy, phương án thử sai dễ thực hiện nhưng phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm vận hành và khó kiểm soát riêng ảnh hưởng của từng thông số. Trong khi đó, phương án ép theo bộ thông số tối ưu kế thừa từ mô phỏng có cơ sở xác lập rõ ràng hơn thông qua Plackett–Burman, RSM–BBD và kiểm chứng Moldex3D. Đồng thời, giá trị Warpage_Total Displacement của phương án tối ưu là 0,5140 mm, thấp hơn so với phương án thử sai là 0,828 mm.

Vì vậy, phương án ép phun theo bộ thông số tối ưu kế thừa từ mô phỏng được lựa chọn làm phương án thực nghiệm chính để tạo mẫu phục vụ đánh giá kích thước, độ cong vênh và khả năng làm việc của hệ thống khuôn.

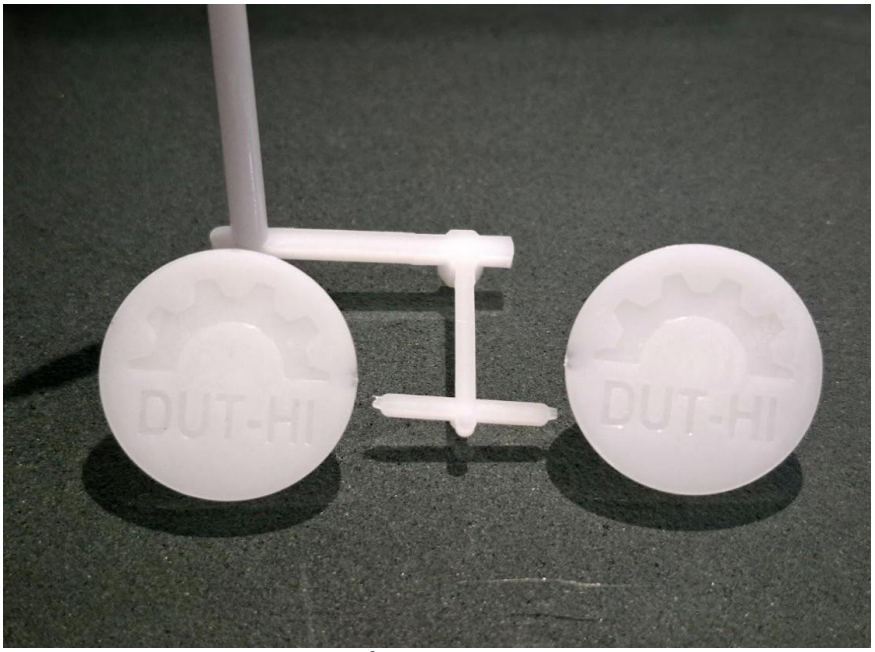
Chương 5: ĐÁNH GIÁ SẢN PHẨM SAU ÉP VÀ KHẢ NĂNG LÀM VIỆC CỦA HỆ THỐNG KHUÔN

5.1. Đánh giá ngoại quan sản phẩm sau ép

Sau khi ép theo bộ thông số tối ưu, sản phẩm Golf Tee và Golf Marker được quan sát trực tiếp để đánh giá ngoại quan, gồm khả năng điền đầy, bề mặt, ba via và khả năng tháo sản phẩm.



Hình 5.1 Sản phẩm Golf Tee sau ép



Hình 5.2 Sản phẩm Golf Marker sau ép

Bảng 5.1 Đánh giá ngoại quan sản phẩm sau ép

STT	Tiêu chí đánh giá	Kết quả quan sát
1	Khả năng điền đầy	Sản phẩm được điền đầy hoàn chỉnh
2	Bề mặt sản phẩm	Bề mặt đồng đều
3	Ba via	Đã sạch ba via
4	Vết dòng chảy, rỗ khí, cháy khí	Không ghi nhận
5	Khả năng tháo sản phẩm	Sản phẩm được tháo ra khỏi khuôn

Kết quả quan sát cho thấy sản phẩm được điền đầy hoàn chỉnh, bề mặt tương đối đều, không ghi nhận vết dòng chảy, rỗ khí hoặc cháy khí rõ rệt. Sản phẩm tháo ra khỏi khuôn ổn định và không làm hư hỏng hình dạng chính.

5.2. Đánh giá kích thước sản phẩm sau ép

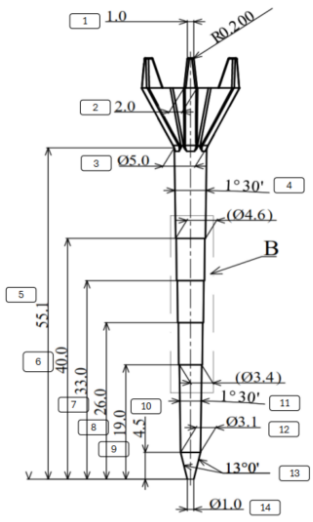
5.2.1. Cơ sở đánh giá kích thước

Sản phẩm Golf Tee và Golf Marker sau ép được kiểm tra kích thước tại Mitutoyo Việt Nam. Các kích thước kiểm tra theo bản vẽ thiết kế sản phẩm.

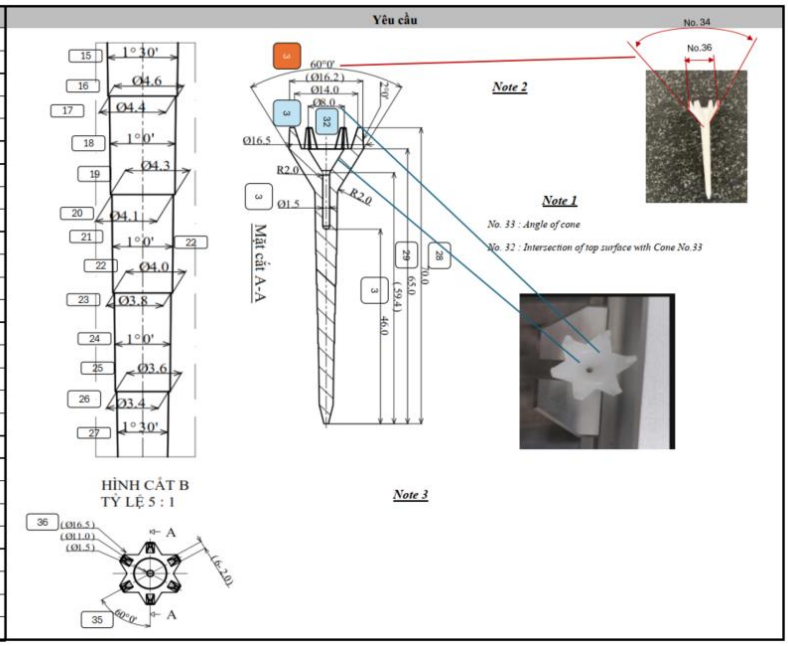
Kết quả đo thực tế được so sánh với kích thước danh nghĩa và dung sai cho phép trong báo cáo kiểm tra. Các vị trí nằm trong giới hạn dung sai được đánh giá "OK".

No.	Nominal	Tol.	Data	Judge	Noted
1-1	1.000	±0.3	0.989	OK	
1-2	1.000	±0.3	0.975	OK	
1-3	1.000	±0.3	0.944	OK	
1-4	1.000	±0.3	0.978	OK	
1-5	1.000	±0.3	0.952	OK	
1-6	1.000	±0.3	0.994	OK	
2-1	2.000	±0.3	2.008	OK	
2-2	2.000	±0.3	1.906	OK	
2-3	2.000	±0.3	1.994	OK	
2-4	2.000	±0.3	1.985	OK	
2-5	2.000	±0.3	1.938	OK	
2-6	2.000	±0.3	1.979	OK	
3	5.000	±0.3	5.290	OK	
4	1°30'	±1°	1 ° 33 ' 16 "	OK	
5	55.100	±0.3	55.041	OK	
6	40.000	±0.3	39.749	OK	
7	33.000	±0.3	32.823	OK	
8	26.000	±0.3	25.912	OK	
9	19.000	±0.3	19.012	OK	
10	4.500	±0.3	4.394	OK	
11	1°30'	±1°	1 ° 27 ' 55 "	OK	
12	3.100	±0.3	3.008	OK	
13-1	13°	±1°	12 ° 5 ' 53 "	OK	
13-2	13°	±1°	12 ° 33 ' 57 "	OK	
14	1.000	±0.3	1.053	OK	

Yêu cầu

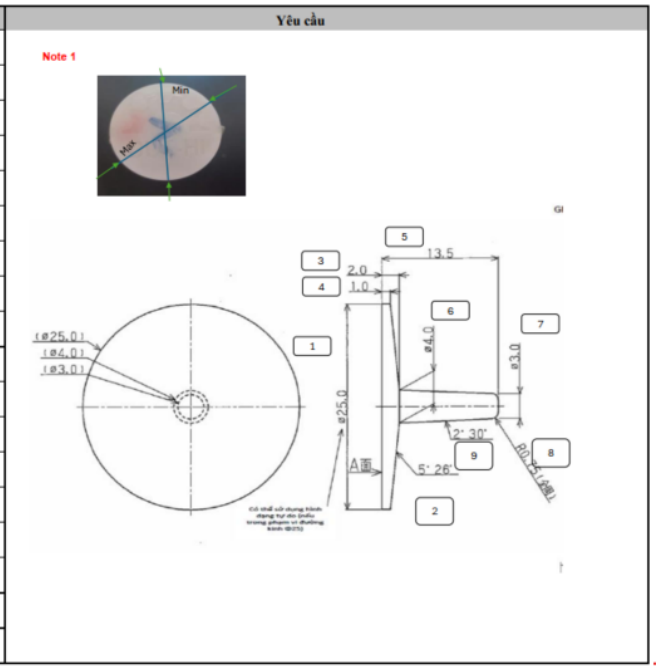


No.	Nominal	Tol.	Data	Judge	Noted
15	1°30'	±1°	1 ° 7 ' 21 "	OK	
16	4.600	±0.3	4.584	OK	
17	4.400	±0.3	4.387	OK	
18	1°0'	±1°	1 ° 5 ' 54 "	OK	
19	4.300	±0.3	4.257	OK	
20	4.100	±0.3	4.048	OK	
21	1°0'	±1°	0 ° 35 ' 52 "	OK	
22	4.000	±0.3	3.906	OK	
23	3.800	±0.3	3.703	OK	
24	1°0'	±1°	1 ° 9 ' 2 "	OK	
25	3.600	±0.3	3.615	OK	
26	3.400	±0.3	3.396	OK	
27	1°30'	±1°	1 ° 33 ' 5 "	OK	
28	70.000	±0.3	69.507	NG	
29	65.000	±0.3	64.431	NG	
30	46.000	±0.3	45.782	OK	
31	1.500	±0.3	1.467	OK	
32	8.000	±0.3	7.847	OK	Note 1
33	60°0'	±1°	60.074	OK	Note 1
34	60°0'	±1°	60 ° 52 ' 57 "	OK	Note 2
35-1	60°0'	±1°	59 ° 41 ' 42 "	OK	
35-2	60°0'	±1°	59 ° 3 ' 38 "	OK	
35-3	60°0'	±1°	59 ° 49 ' 51 "	OK	
35-4	60°0'	±1°	60 ° 28 ' 27 "	OK	
35-5	60°0'	±1°	60 ° 39 ' 12 "	OK	
35-6	60°0'	±1°	60 ° 17 ' 10 "	OK	
36	16.5	±0.3	16.411	OK	Note 2



Hình 5.3 Báo cáo kiểm tra kích thước sản phẩm Golf Tee

No.	Nominal	Tol.	SP1	SP2	Judge	Noted
1. Min	25.000	±0.3	25.04	25.01	OK	Note 1
1. Max	25.000	±0.3	25.11	25.07	OK	Note 1
2	5°26'	±1°	4 ° 56 ' 13 "	4 ° 26 ' 13 "	OK	
3	2.000	±0.3	1.906	1.838	OK	
4	1.000	±0.3	0.968	0.938	OK	
5	13.500	±0.3	13.5	13.52	OK	
6	4.000	±0.3	3.928	3.897	OK	
7	3.000	±0.3	2.941	2.938	OK	
8	0.750	±0.3	0.74	0.771	OK	
9	2°30'	±1°	2 ° 50 ' 52 "	2 ° 44 ' 57 "	OK	



Hình 5.4 Báo cáo kiểm tra kích thước sản phẩm Golf Marker

5.2.2. Kết quả kiểm tra kích thước sản phẩm Golf Tee

Kết quả kiểm tra kích thước sản phẩm Golf Tee được trình bày trong Hình 5.3. Báo cáo đo thể hiện kích thước danh nghĩa, dung sai cho phép, giá trị đo thực tế và kết quả đánh giá cho từng vị trí kiểm tra.

Một số kích thước chính của sản phẩm Golf Tee được tổng hợp trong Bảng 5.2

Bảng 5.2 Kết quả kiểm tra các kích thước chính của sản phẩm Golf Tee

STT	Kích thước danh nghĩa	Giá trị đo thực tế	Đánh giá
1	55,100 mm	55,041 mm	OK
2	40,000 mm	39,749 mm	OK

3	33,000 mm	32,823 mm	OK
4	26,000 mm	25,912 mm	OK
5	19,000 mm	19,012 mm	OK
6	5,000 mm	5,290 mm	OK
7	4,500 mm	4,394 mm	OK
8	70,000 mm	69,707 mm	OK
9	65,000 mm	64,731 mm	OK
10	46,000 mm	45,782 mm	OK

Từ kết quả đo cho thấy các kích thước sản phẩm Golf Tee đều nằm trong giới hạn dung sai cho phép. Các vị trí kiểm tra trong báo cáo đều được đánh giá "OK".

Như vậy, sản phẩm Golf Tee sau ép đáp ứng yêu cầu kích thước theo bản vẽ thiết kế, tạo hình sản phẩm đúng theo kích thước sau ép.

5.2.3. Kết quả kiểm tra kích thước sản phẩm Golf Marker

Kết quả kiểm tra kích thước sản phẩm Golf Marker được trình bày trong Hình 5.4. Báo cáo đo được thực hiện trên hai mẫu SP1 và SP2, gồm các kích thước đường kính ngoài, chiều dày, kích thước thân trụ và góc nghiêng của sản phẩm.

Các kích thước chính của sản phẩm Golf Marker được tổng hợp trong Bảng 5.3.

Bảng 5.3 Kết quả kiểm tra các kích thước chính của sản phẩm Golf Marker

STT	**Kích thước danh nghĩa**	**SP1**	**SP2**	**Đánh giá**
1	25,000 mm	25,04 mm	25,01 mm	OK
2	25,000 mm	25,11 mm	25,07 mm	OK
3	2,000 mm	1,906 mm	1,838 mm	OK
4	1,000 mm	0,968 mm	0,938 mm	OK
5	13,500 mm	13,50 mm	13,52 mm	OK
6	4,000 mm	3,928 mm	3,897 mm	OK
7	3,000 mm	2,941 mm	2,938 mm	OK
8	0,750 mm	0,740 mm	0,771 mm	OK

Từ kết quả đo cho thấy các kích thước của sản phẩm Golf Marker đều nằm trong giới hạn dung sai cho phép. Cả hai mẫu SP1 và SP2 trong báo cáo đều được đánh giá "OK".

Như vậy, sản phẩm Golf Marker sau ép đáp ứng yêu cầu kích thước theo bản vẽ thiết kế, tạo hình sản phẩm đúng theo kích thước sau ép.

5.3. Đánh giá độ cong vênh của sản phẩm Golf Tee sau ép

Đối với sản phẩm Golf Tee, độ cong vênh cần được đánh giá theo sai lệch hình dạng tổng thể của chi tiết sau ép. Chi tiết có dạng trụ dài, tiết diện nhỏ, nhiều bậc và vùng côn nên việc lựa chọn phương pháp đo cần đảm bảo hạn chế tác động lên sản phẩm trong quá trình kiểm tra.

Bảng 5.4 Phân tích các phương pháp đánh giá độ cong vênh sản phẩm Golf Tee

Phương pháp	**Phân tích khả năng áp dụng**	**Nhận xét**
Đo bằng máy CMM	- Có độ chính xác cao khi đo tọa độ điểm. - Tuy nhiên, chi tiết Golf Tee có dạng trụ dài, tiết diện nhỏ, phần thân côn và nhiều cạnh nhỏ. - Việc gá đặt chi tiết theo phương đứng khá phức tạp. - Do sản phẩm làm bằng nhựa, ngay khi đầu đo tiếp xúc có thể làm chi tiết dịch chuyển hoặc biến dạng đi 1 đoạn trong quá trình đo.	Không phù hợp để đánh giá độ cong vênh tổng thể của Golf Tee.
Đo biên dạng	- Có thể kiểm tra đường bao hoặc một mặt cắt đặc trưng của sản phẩm. - Phù hợp khi cần đánh giá sai lệch tại một tiết diện cụ thể. - Tuy nhiên, độ cong vênh của Golf Tee có thể xuất hiện theo nhiều hướng trên toàn bộ thân chi tiết. - Nếu chỉ dựa vào một số mặt cắt 2D thì khó xác định đầy đủ mức độ cong vênh thực tế.	Chỉ phù hợp để kiểm tra mặt cắt, không thuận lợi để đánh giá cong vênh tổng thể.
Quét 3D	- Là phương pháp đo không tiếp xúc. - Có thể thu nhận hình dạng toàn bộ bề mặt sản phẩm.	Phù hợp để đánh giá độ cong vênh

	- Không chịu ảnh hưởng của lực đo đến chi tiết nhựa. - Dữ liệu quét so sánh với mô hình CAD để xác định vùng sai lệch và giá trị cong vênh lớn nhất.	tổng thể của Golf Tee.

Từ phân tích trên, phương pháp CMM không được lựa chọn do yêu cầu đồ gá phức tạp và có nguy cơ làm sai lệch kết quả khi đầu đo tiếp xúc với chi tiết nhựa nhỏ. Phương pháp đo biên dạng cũng chưa phù hợp vì chỉ đánh giá được theo mặt cắt hoặc đường bao 2D, khó phản ánh đầy đủ biến dạng không gian theo 3 chiều của sản phẩm.

Vì vậy, phương pháp quét 3D được lựa chọn để đánh giá độ cong vênh của sản phẩm Golf Tee sau ép. Phương pháp này cho phép thu nhận hình dạng thực tế của toàn bộ chi tiết mà không gây tác động tiếp xúc lên sản phẩm. Kết quả quét được dùng để so sánh dữ liệu scan với bản vẽ gốc, từ đó xác định sai lệch hình học và giá trị cong vênh của sản phẩm.

5.3.1. Mục đích kiểm tra

Sau khi tối ưu thông số ép phun bằng Moldex3D và ép thử sản phẩm, cần kiểm tra mẫu thực tế để đánh giá mức độ biến dạng của sản phẩm sau ép. Với chi tiết Golf Tee có thân dài, kích thước nhỏ và vùng đầu nhọn mảnh, phương pháp đo tiếp xúc có thể làm chi tiết bị tác động lực trong quá trình đo. Vì vậy, quét 3D không tiếp xúc được sử dụng để thu nhận hình dạng thực tế của sản phẩm.

Trong phần này, dữ liệu quét 3D được thu nhận bằng máy quét 3D cầm tay SCANTECH SIMSCAN 22 trên phần mềm ScanViewer 6.40. Theo tài liệu kỹ thuật của thiết bị, máy có độ chính xác đến 0,020 mm và độ phân giải đến 0,020 mm; các thông số này nhỏ hơn đáng kể so với mức sai lệch đường tâm cần đánh giá. Dữ liệu sau quét được đưa vào Geomagic Control X 2020.1.1 để so sánh scan-CAD, tạo mặt cắt và xác định sai lệch đường tâm.

Bảng 5.5 Thông tin kiểm tra mẫu bằng dữ liệu quét 3D.

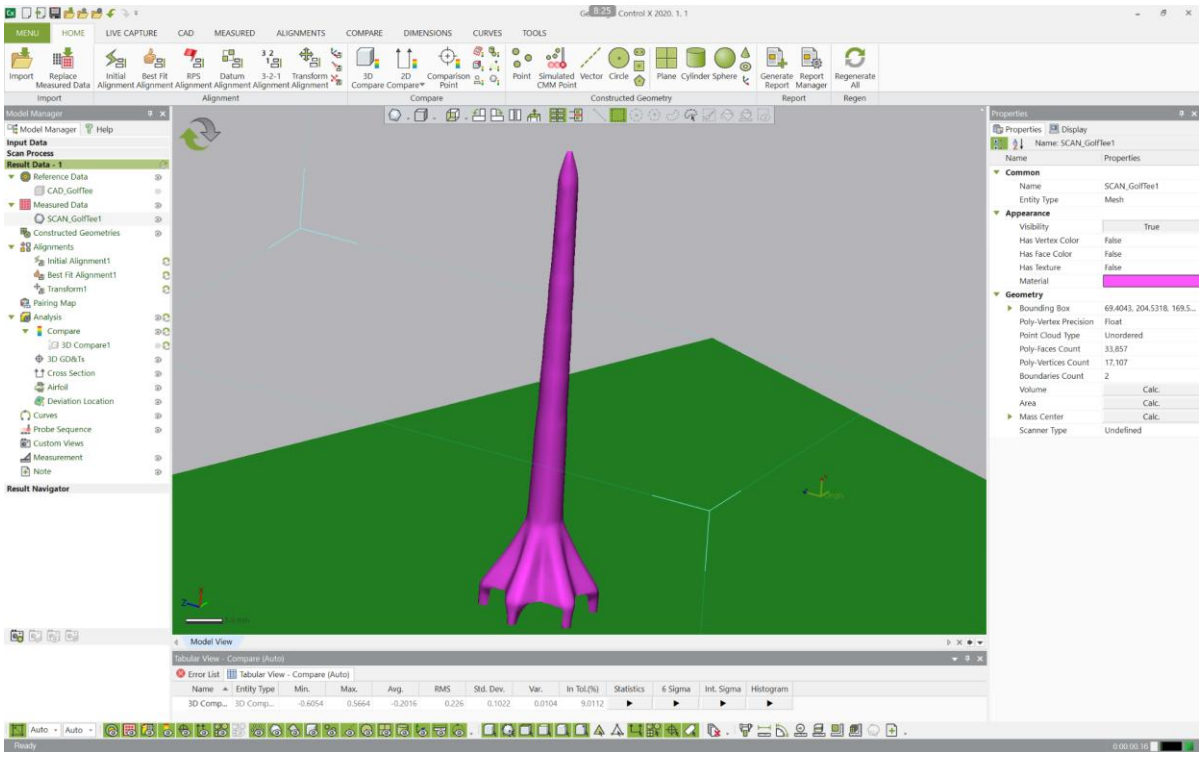
Nội dung	**Thông tin**
Đối tượng đo	Sản phẩm Golf Tee sau ép theo bộ thông số tối ưu
Thiết bị quét 3D	Máy quét 3D cầm tay SCANTECH SIMSCAN 22
Công nghệ quét	Quét laser xanh không tiếp xúc, sử dụng marker định vị trên mặt nền

Độ chính xác thiết bị	Theo tài liệu kỹ thuật của máy quét SCANTECH SIMSCAN 22: đến 0,020 mm
Độ chính xác thể tích	Đến 0,020 mm + 0,040 mm/m
Độ phân giải	Theo tài liệu kỹ thuật của máy quét SCANTECH SIMSCAN 22: đến 0,020 mm
Phần mềm thu nhận dữ liệu scan	ScanViewer 6.40
Phần mềm xử lý và đánh giá	Geomagic Control X 2020.1.1
Phương pháp đo	Quét 3D không tiếp xúc, sử dụng marker định vị trên mặt nền
Dữ liệu sử dụng	Mô hình mesh scan của sản phẩm và mặt nền quét
Mẫu đánh giá	Mẫu đại diện sau ép
Chỉ tiêu đánh giá	Sai lệch hình học scan-CAD và sai lệch đường tâm theo mặt cắt



Hình 5.5 Máy quét 3D cầm tay SCANTECH SIMSCAN 22 và quá trình thu nhận dữ liệu scan sản phẩm Golf Tee.

Máy quét 3D SCANTECH SIMSCAN 22 được sử dụng theo phương pháp không tiếp xúc. Trong quá trình quét, các marker được bố trí trên mặt nền để hỗ trợ phần mềm nhận biết vị trí tương đối giữa máy quét và mẫu đo. Dữ liệu thu được được xử lý trước bằng ScanViewer 6.40, sau đó đưa vào Geomagic Control X 2020.1.1 để phục vụ kiểm tra hình học và đánh giá sai lệch đường tâm.



Hình 5.6 Dữ liệu quét 3D của sản phẩm Golf Tee sau xử lý trong Geomagic Control X.

Hình 5.6 thể hiện dữ liệu scan 3D của sản phẩm sau khi được đưa vào phần mềm. Mô hình scan bao gồm phần hình học sản phẩm và mặt nền trong quá trình quét. Mặt nền này được dùng làm chuẩn để tạo các mặt cắt song song theo chiều cao sản phẩm.

5.3.2. Cơ sở lựa chọn phương pháp mặt cắt đường tâm

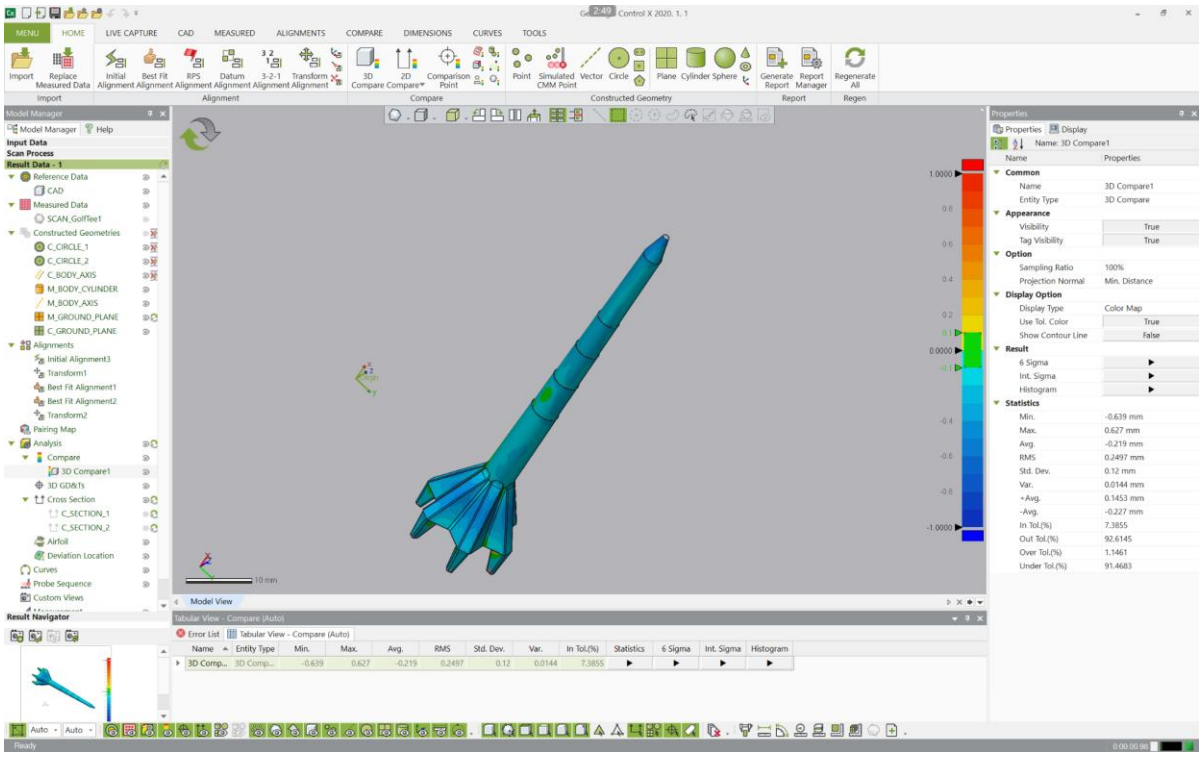
Kết quả 3D Compare cho biết vùng nào trên mẫu scan lệch so với mô hình CAD và mức sai lệch hình học tổng thể của sản phẩm. Tuy nhiên, với sản phẩm nhựa sau ép, bản đồ màu scan-CAD còn chịu ảnh hưởng của co rút kích thước và sai lệch hình học tổng thể. Vì vậy, để kiểm tra rõ hơn xu hướng cong/lệch trục của thân Golf Tee, đề tài sử dụng thêm phương pháp mặt cắt đường tâm.

Vùng thân của Golf Tee có tiết diện gần tròn và thay đổi theo dạng côn. Khi tạo các mặt cắt song song với mặt nền, tâm của từng tiết diện có thể được xác định bằng lệnh Fit Circle - Best Fit. Sự thay đổi vị trí các tâm mặt cắt theo chiều cao thể hiện xu hướng cong vênh của sản phẩm sau ép.

Trong quy trình này, Best Fit chỉ được sử dụng ở bước fit đường tròn tại từng mặt cắt để xác định tâm tiết diện. Việc đánh giá cong vênh không lấy trực tiếp từ bản đồ màu toàn bề mặt, mà được tính riêng bằng phương pháp mặt cắt đường tâm dựa trên sự dịch chuyển tương đối của tâm các mặt cắt so với mặt cắt chuẩn S15.

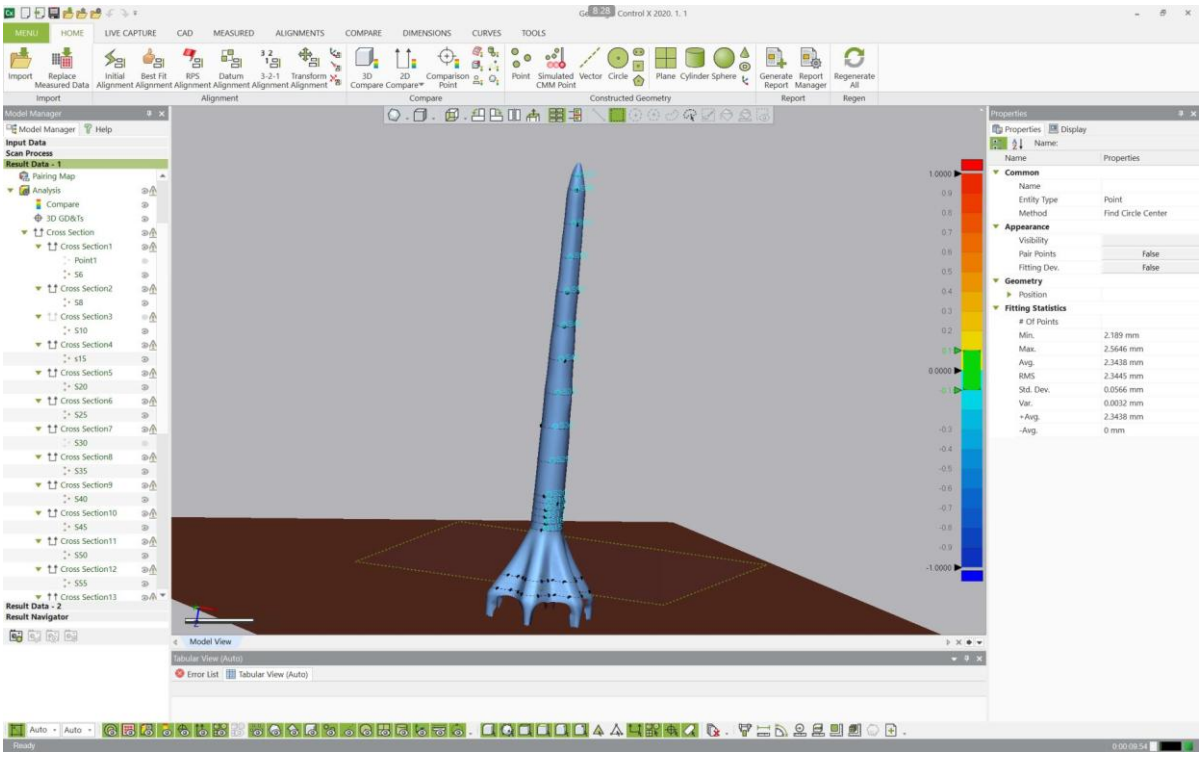
Mặt cắt S15 được chọn làm gốc tham chiếu vì đây là vị trí bắt đầu vùng thân tròn/côn ổn định. Các mặt cắt được tạo từ S15 đến S67; trong bảng tính, đề tài trình bày các mặt cắt đại diện theo chiều cao, trong đó vùng đầu thân S15-S20 được lấy dày hơn để quan sát sự bắt đầu dịch chuyển của đường tâm.

5.3.3. Quy trình thực hiện trên Geomagic Control X



Hình 5.7 Kết quả 3D Compare scan-CAD trong Geomagic Control X.

Trong bước 3D Compare, dữ liệu scan được căn chỉnh với mô hình CAD nhằm quan sát sai lệch hình học tổng thể. Kết quả bản đồ màu chỉ dùng để nhận diện vùng sai lệch lớn. Phần đánh giá cong/lệch trục không lấy trực tiếp từ bản đồ màu toàn bề mặt mà được tính riêng bằng phương pháp mặt cắt đường tâm, dựa trên tọa độ tâm các tiết diện so với mặt cắt chuẩn S15.



Hình 5.8 Tạo các mặt cắt song song với mặt nền để xác định đường tâm sản phẩm.

Từ mặt nền chuẩn, các mặt cắt song song với mặt nền được tạo tại những vị trí Offset Z khác nhau. Tại mỗi mặt cắt thuộc vùng thân tròn/côn ổn định, tâm tiết diện được xác định bằng Fit Circle - Best Fit.

Bảng 5.6 Quy trình đánh giá cong vênh đường tâm bằng dữ liệu scan 3D.

STT	Bước thực hiện	Nội dung	Mục đích
1	Quét 3D mẫu sau ép	Thu nhận hình dạng thực tế của mẫu Golf Tee bằng máy quét 3D cầm tay SCANTECH SIMSCAN 22 trên phần mềm ScanViewer 6.40.	Có dữ liệu hình học thực tế của sản phẩm, hạn chế tác động lực đo lên mẫu.
2	Chuyển dữ liệu sang Geomagic	Đưa dữ liệu scan sang Geomagic Control X 2020.1.1, xử lý dữ liệu và giữ lại sản phẩm cùng mặt nền.	Chuẩn bị dữ liệu cho kiểm tra hình học.
3	So sánh scan-CAD	Căn chỉnh dữ liệu scan với CAD và thực hiện 3D Compare.	Quan sát sai lệch tổng thể và vùng biến dạng lớn.
4	Chọn mặt nền chuẩn	Sử dụng mặt nền scan làm chuẩn để tạo mặt cắt.	Xác định thống nhất Offset Z theo chiều cao sản phẩm.

5	Tạo mặt cắt S15-S67	Tạo các mặt cắt song song mặt nền tại các vị trí đại diện.	Thu được tiết diện theo chiều cao thân sản phẩm.
6	Xác định tâm mặt cắt	Dùng Fit Circle - Best Fit cho vùng thân tròn/côn ổn định.	Lấy tọa độ tâm của từng tiết diện.
7	Tính sai lệch đường tâm	Tính ΔX, ΔY và Δ so với tâm chuẩn S15.	Định lượng mức cong/lệch trục theo chiều cao.
8	Vẽ đồ thị và đối chiếu	Vẽ đồ thị Z-Δ và đối chiếu với Moldex3D.	Kiểm tra xu hướng cong vênh của mẫu thực tế so với mô phỏng.

5.3.4. Kết quả 3D Compare scan-CAD

Bảng 5.7 trình bày các thông số sai lệch toàn bề mặt thu được từ kết quả 3D Compare. Giá trị trung bình âm cho thấy sai lệch toàn bề mặt có xu hướng lệch về phía âm so với mô hình CAD theo quy ước đánh dấu của phần mềm. Xu hướng này có thể liên quan đến hiện tượng co rút của sản phẩm nhựa sau ép.

Bảng 5.7 Kết quả so sánh hình học toàn bề mặt giữa dữ liệu scan 3D và CAD.

Nội dung đánh giá	**Kết quả**
Sai lệch nhỏ nhất	-0,639 mm
Sai lệch lớn nhất	+0,627 mm
Sai lệch trung bình	-0,219 mm
RMS	0,2497 mm

Kết quả này cho thấy mẫu sau ép có sai lệch hình học rõ ràng so với mô hình thiết kế. Tuy nhiên, để đánh giá trực quan hơn xu hướng cong/lệch trục của thân sản phẩm, cần xét thêm sự thay đổi tâm các mặt cắt theo chiều cao.

5.3.5. Tính toán sai lệch đường tâm từ S15 đến S67

Gọi X_i, Y_i là tọa độ tâm mặt cắt tại vị trí Offset Z_i. Gọi X_{S15}, Y_{S15} là tọa độ tâm của mặt cắt chuẩn S15. Sai lệch theo hai phương và sai lệch tổng hợp được tính như sau:

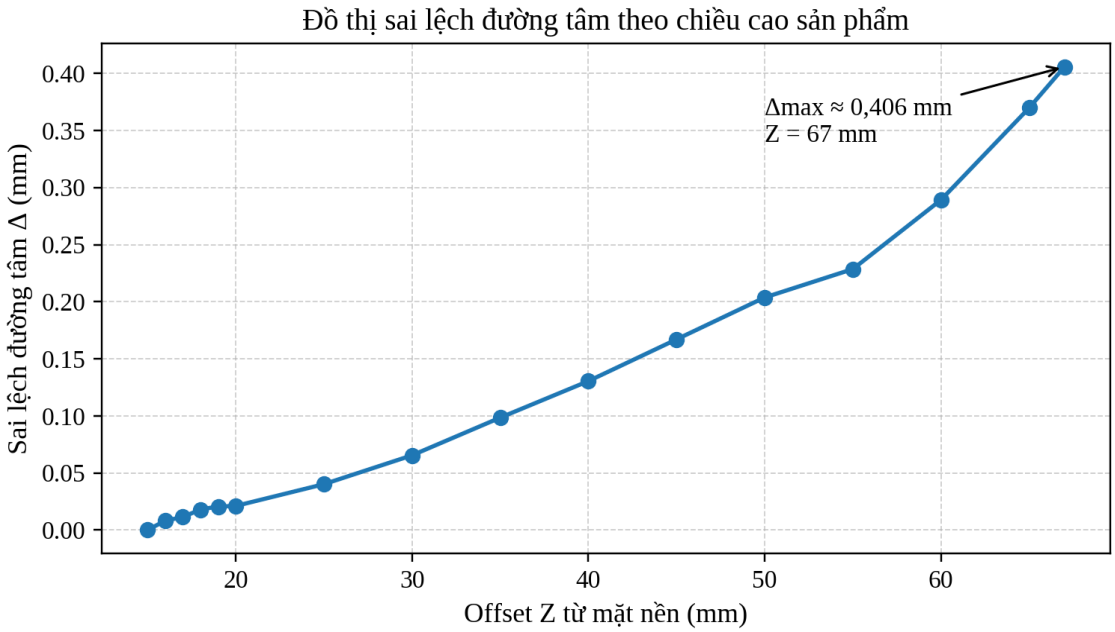
$$\Delta X_i = X_i - X_{S15}$$
$$\Delta Y_i = Y_i - Y_{S15}$$

$$\Delta_i = \sqrt{(\Delta X_i)^2 + (\Delta Y_i)^2}$$

Trong đó, (X_i, Y_i) là tọa độ tâm mặt cắt thứ i; (X_{S15}, Y_{S15}) là tọa độ tâm mặt cắt chuẩn S15; Δ_i là độ lệch đường tâm tại mặt cắt thứ i. Công thức này là công thức tính khoảng cách giữa hai tâm trên mặt phẳng X-Y. Tiết diện tròn được dùng để xác định tâm, còn Δ_i dùng để biểu diễn mức dịch chuyển của tâm mặt cắt so với tâm chuẩn S15.

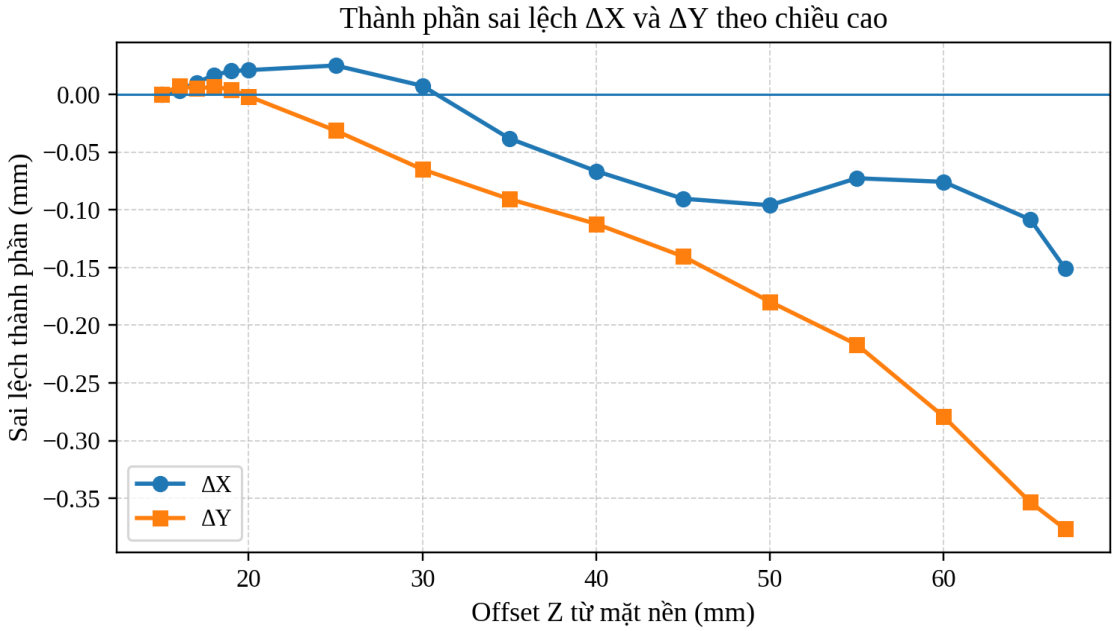
Bảng 5.7 Kết quả tính sai lệch đường tâm khi lấy S15 làm gốc tham chiếu.

Section	**Offset Z (mm)**	**Center X (mm)**	**Center Y (mm)**	**ΔX (mm)**	**ΔY (mm)**	**Δ (mm)**
S15	15	-58,0049	-4,5958	0,0000	0,0000	0,0000
S16	16	-58,0013	-4,5885	0,0036	0,0073	0,0081
S17	17	-57,9947	-4,5908	0,0102	0,0050	0,0114
S18	18	-57,9882	-4,5892	0,0167	0,0066	0,0180
S19	19	-57,9847	-4,5917	0,0202	0,0041	0,0206
S20	20	-57,9839	-4,5975	0,0210	-0,0017	0,0211
S25	25	-57,9799	-4,6272	0,0250	-0,0314	0,0401
S30	30	-57,9975	-4,6608	0,0074	-0,0650	0,0654
S35	35	-58,0431	-4,6865	-0,0382	-0,0907	0,0984
S40	40	-58,0714	-4,7080	-0,0665	-0,1122	0,1304
S45	45	-58,0953	-4,7362	-0,0904	-0,1404	0,1670
S50	50	-58,1010	-4,7754	-0,0961	-0,1796	0,2037
S55	55	-58,0776	-4,8125	-0,0727	-0,2167	0,2286
S60	60	-58,0807	-4,8749	-0,0758	-0,2791	0,2892
S65	65	-58,1134	-4,9493	-0,1085	-0,3535	0,3698
S67	67	-58,1558	-4,9724	-0,1509	-0,3766	0,4057



Hình 5.9 Đồ thị sai lệch đường tâm theo chiều cao sản phẩm.

Từ Bảng 5.7 và Hình 5.9 có thể thấy sai lệch đường tâm tăng dần khi mặt cắt tiến về phía đầu sản phẩm. Trong phạm vi thực nghiệm, độ cong vênh của thân Golf Tee được lượng hóa thông qua sai lệch đường tâm lớn nhất giữa các mặt cắt. Giá trị Δmax = 0,406 mm tại Z = 67 mm được xem là chỉ tiêu cong vênh thực nghiệm của thân sản phẩm. Đây là vùng gần đầu nhọn, cho thấy sản phẩm có xu hướng cong/lệch trục tăng dần về phía đầu sau quá trình ép phun và làm nguội.



Hình 5.10 Thành phần sai lệch ΔX và ΔY theo chiều cao sản phẩm.

Khi xét riêng hai thành phần ΔX và ΔY, ΔY có xu hướng phát triển theo chiều âm rõ hơn. Điều này giúp nhận biết hướng dịch chuyển chính của đường tâm, đồng thời hỗ trợ giải thích vì sao giá trị Δ tăng dần về phía đầu sản phẩm.

5.3.6. Đối chiếu với kết quả mô phỏng Moldex3D

Kết quả mô phỏng Moldex3D tại bộ thông số tối ưu cho thấy giá trị Warpage - Total Displacement lớn nhất khoảng 0,514 mm và tập trung tại vùng chóp đầu nhọn. Trong thực nghiệm quét 3D, do sản phẩm Golf Tee có dạng thân dài, côn và dễ đánh giá xu hướng cong/lệch trục thông qua đường tâm, đề tài sử dụng sai lệch đường tâm lớn nhất giữa các mặt cắt làm chỉ tiêu lượng hóa cong vênh thực nghiệm. Kết quả cho thấy Δmax đạt khoảng 0,406 mm tại Z = 67 mm, nằm gần vùng đầu nhọn của sản phẩm.

Như vậy, kết quả đo thực nghiệm và kết quả mô phỏng có sự phù hợp về vùng xuất hiện biến dạng lớn và xu hướng biến dạng tăng về phía đầu nhọn. Giá trị thực nghiệm nhỏ hơn kết quả mô phỏng khoảng 0,108 mm, tương ứng 21,0%. Sai lệch này có thể xuất phát từ điều kiện ép thực tế, quá trình làm nguội, sai số quét 3D, phương pháp căn chỉnh dữ liệu và cách trích xuất chỉ tiêu cong vênh từ đường tâm sản phẩm. Tuy nhiên, sự phù hợp về vị trí và xu hướng biến dạng cho thấy phương pháp quét 3D đã kiểm chứng được đặc điểm cong vênh chính mà Moldex3D dự đoán.

Bảng 5.8 Đối chiếu chỉ tiêu cong vênh giữa kết quả mô phỏng Moldex3D và kết quả quét 3D theo đường tâm.

Nội dung	**Moldex3D**	**Scan 3D - chỉ tiêu cong vênh đường tâm**	**Nhận xét**
Giá trị lớn nhất	Warpage - Total Displacement max = 0,514 mm	Δmax = 0,406 mm	Chênh lệch khoảng 0,108 mm, tương ứng 21,0%
Vị trí lớn nhất	Vùng chóp đầu nhọn	Z = 67 mm, gần đầu sản phẩm	Cùng tập trung ở vùng đầu/chóp sản phẩm
Xu hướng	Biến dạng tăng về phía đầu nhọn	Sai lệch đường tâm tăng về phía đầu nhọn	Phù hợp về xu hướng biến dạng
Ý nghĩa	Dự đoán cong vênh bằng mô phỏng	Đo kiểm cong vênh thực tế bằng quét 3D	Kiểm chứng được vùng và xu hướng biến dạng

Bảng 5.8 tóm tắt sự đối chiếu giữa kết quả mô phỏng và kết quả kiểm tra bằng quét 3D. Trọng tâm của phần đối chiếu là giá trị lớn nhất, vị trí xuất hiện sai lệch lớn và xu hướng tăng biến dạng về phía đầu nhọn của sản phẩm.

5.3.7. Nhận xét chung

Phương pháp đánh giá bằng mặt cắt đường tâm phù hợp với sản phẩm Golf Tee vì vùng thân có dạng tròn/côn và có thể xác định tâm tiết diện bằng Fit Circle. Cách làm này giúp biểu diễn rõ sự dịch chuyển của đường tâm theo chiều cao sản phẩm, từ đó lượng hóa được xu hướng cong/lệch trục của mẫu sau ép.

Kết quả chính của phần kiểm tra là sai lệch đường tâm lớn nhất đạt khoảng 0,406 mm tại Z = 67 mm. Giá trị này được sử dụng làm chỉ tiêu thực nghiệm để đánh giá xu hướng cong/lệch trục của thân sản phẩm Golf Tee. Khi đối chiếu với kết quả Moldex3D, vị trí biến dạng lớn và xu hướng tăng sai lệch về phía đầu nhọn có sự phù hợp. Điều này cho thấy kết quả quét 3D có thể dùng để kiểm chứng xu hướng cong vênh dự đoán bởi mô phỏng và góp phần đánh giá tính phù hợp của bộ thông số tối ưu trong điều kiện ép thực tế.

Do điều kiện thực nghiệm còn hạn chế, kết quả quét 3D trong phần này được thực hiện trên mẫu đại diện sau ép. Vì vậy, kết quả được sử dụng để kiểm chứng xu hướng biến dạng và đánh giá sự phù hợp giữa mô phỏng và thực nghiệm, chưa nhằm mục đích đánh giá thống kê độ lặp lại của toàn bộ quá trình ép phun.

5.4. Đánh giá khả năng làm việc của hệ thống khuôn

Nội dung đánh giá tập trung vào các cụm chức năng chính của khuôn, gồm đóng mở khuôn, cụm trượt, hệ thống đẩy, hệ thống làm má..

Bảng 5.9 Đánh giá khả năng làm việc của hệ thống khuôn.

Nội dung đánh giá	**Kết quả ghi nhận khi ép thực nghiệm**	**Đánh giá**
Đóng mở khuôn	Khuôn đóng và mở theo đúng chu kỳ làm việc của máy ép. Không ghi nhận hiện tượng kẹt khuôn, lệch khuôn hoặc va chạm bất thường trong quá trình đóng mở.	Đạt yêu cầu vận hành
Cụm trượt tạo hình Golf Tee	Cụm trượt slider di chuyển theo hành trình đóng mở khuôn. Vùng tạo hình undercut của sản phẩm Golf Tee được hình thành, sản phẩm có thể thoát khỏi	Đạt yêu cầu làm việc

	khuôn sau khi mở khuôn.	
Khả năng điền đầy lòng khuôn	Sản phẩm Golf Tee và Golf Marker được điền đầy hoàn chỉnh. Không ghi nhận thiếu nhựa.	Đạt yêu cầu tạo hình
Hệ thống đẩy sản phẩm	Sản phẩm được đẩy ra khỏi lòng khuôn sau khi mở khuôn. Không ghi nhận hiện tượng sản phẩm bị kẹt trong lòng khuôn hoặc gãy hỏng do quá trình đẩy.	Làm việc ổn định, không kẹt
Hệ thống làm mát	Nước làm mát được cấp vào khuôn trong quá trình ép. Không ghi nhận rò rỉ nước tại các vị trí nối ống trong quá trình thực nghiệm.	Đáp ứng yêu cầu làm mát

Từ kết quả ghi nhận cho thấy hệ thống khuôn có khả năng làm việc trong điều kiện ép thực nghiệm. Các cụm chức năng chính như đóng mở khuôn, cụm trượt, hệ thống đẩy và hệ thống làm mát đều thực hiện được nhiệm vụ tương ứng trong chu kỳ ép.

KẾT LUẬN

Đề tài đã hoàn thành mục tiêu chế tạo, thực nghiệm và đánh giá hệ thống khuôn ép phun cho hai sản phẩm Golf Tee và Golf Marker. Kết quả quan trọng của đề tài là đã kiểm chứng được khả năng chuyển từ phương án thiết kế sang bộ khuôn thực tế, đồng thời đánh giá được chất lượng sản phẩm sau ép bằng thực nghiệm, đo kiểm kích thước và dữ liệu quét 3D.

Các đóng góp chính của đề tài gồm:

- Thông qua ép phun thực nghiệm, bộ khuôn đã chứng minh được khả năng tạo hình hai sản phẩm Golf Tee và Golf Marker. Kết quả kiểm tra cho thấy 10/10 kích thước chính của Golf Tee đạt yêu cầu, các kích thước kiểm tra trên hai mẫu Golf Marker SP1 và SP2 đều được đánh giá OK, qua đó chứng minh phương án chế tạo và lắp ráp khuôn đáp ứng được yêu cầu tạo hình.
- Việc sử dụng bộ thông số tối ưu kế thừa từ mô phỏng đã giúp giảm giá trị cong vênh dự đoán từ 0,828 mm xuống 0,514 mm, tương ứng giảm khoảng 37,9% so với phương án ép thử sai. Kết quả này cho thấy sự kết hợp giữa Plackett–Burman, RSM–Box–Behnken và Moldex3D có ý nghĩa trong việc định hướng lựa chọn thông số ép phun.
- Đối với Golf Tee, đề tài đã sử dụng phương án quét 3D và phần mềm Geomagic Control X để đánh giá cong vênh theo phương pháp mặt cắt đường tâm. Kết quả xác định sai lệch đường tâm lớn nhất khoảng 0,406 mm, cho ra xu hướng sai lệch đúng với kết quả mô phỏng Moldex3D.

Bên cạnh các kết quả chuyên môn, đề tài đã đạt Giải Nhất Cuộc thi Khuôn mẫu Việt Nam năm 2025 và hiện tại đã lọt vào vòng sơ loại Cuộc thi Sáng kiến Khoa học và Công nghệ năm 2026 do Bộ Khoa học và Công nghệ tổ chức.

Tuy nhiên, do số lượng mẫu ép và số lần đo lặp lại còn hạn chế, đề tài cần tiếp tục được phát triển theo hướng tăng số lượng mẫu thử, tối ưu thêm thông số ép phun và đánh giá độ ổn định của bộ khuôn sau nhiều chu kỳ làm việc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

A. TÀI LIỆU TRONG NƯỚC

[1] Phạm Sơn Minh và Trần Minh Thế Uyên, Giáo trình thiết kế và chế tạo khuôn phun ép nhựa. TP. Hồ Chí Minh: NXB Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, 2014.

[2] Nguyễn Đắc Lộc, Lê Văn Tiến, Ninh Đức Tốn và Trần Xuân Việt, Sổ tay Công nghệ chế tạo máy, Tập 1. Hà Nội: NXB Khoa học và Kỹ thuật.

[3] Nguyễn Đắc Lộc, Lê Văn Tiến, Ninh Đức Tốn và Trần Xuân Việt, Sổ tay Công nghệ chế tạo máy, Tập 2. Hà Nội: NXB Khoa học và Kỹ thuật.

[4] Nguyễn Đắc Lộc, Lê Văn Tiến, Ninh Đức Tốn và Trần Xuân Việt, Sổ tay Công nghệ chế tạo máy, Tập 3. Hà Nội: NXB Khoa học và Kỹ thuật.

[5] Trần Văn Địch, Thiết kế đồ án công nghệ chế tạo máy. Hà Nội: NXB Khoa học và Kỹ thuật.

[6] Trần Văn Địch, Công nghệ chế tạo máy. Hà Nội: NXB Khoa học và Kỹ thuật.

[7] Ninh Đức Tốn, Dung sai và lắp ghép. Hà Nội: NXB Giáo dục Việt Nam.

[8] Trần Văn Địch, Sổ tay Atlas đồ gá. Hà Nội: NXB Khoa học và Kỹ thuật.

[9] T. P. Nguyen, "Numerical Simulation-Based Design of Experiments for Optimization of Injection Molding Parameters to Minimize Warpage in Plastic Parts," Journal of Technical Education Science, vol. 21, no. 02(V), pp. 66–75, 2026, doi: 10.54644/jte.2026.2113.

[10] THACO INDUSTRIES, "THACO INDUSTRIES đầu tư công nghệ hiện đại, nâng cao năng lực sản xuất và cung ứng OEM linh kiện khung thân vỏ ô tô," n.d. [Online]. Available: https://thacoindustries.com/thaco-industries-dau-tu-cong-nghe-hien-dai-nang-cao-nang-luc-san-xuat-va-cung-ung-oem-linh-kien-khung-than-vo-o-to/.

[11] Cửu Dương Thần Công, "Thiết kế chế tạo khuôn mẫu – Topic 4: Các khuyết tật trên sản phẩm và cách khắc phục," tài liệu bài giảng PDF, n.d. [Online]. Available: https://cuuduongthancong.com.

[12] Bộ Công Thương, "Công nghiệp khuôn mẫu: Tạo động lực phát triển ngành công nghiệp hỗ trợ," 2023. [Online]. Available: https://moit.gov.vn/tin-tuc/phat-trien-cong-nghiep/cong-nghiep-khuon-mau-tao-dong-luc-phat-trien-nganh-cong-nghiep-ho-tro.html.

B. TÀI LIỆU NGOÀI NƯỚC

[13] MISUMI Corporation, Standard Components for Plastic Mold. MISUMI Corporation, 2015.

[14] MOLDINO Tool Engineering, Ltd., "Mold & Die Milling Catalogue," Product catalogue, n.d. [Online]. Available: https://data.moldino.com/dbook/molddie/.

[15] LyondellBasell, "Moplen HP500N Product Data Sheet," Technical data sheet, n.d. [Online]. Available: https://www.lyondellbasell.com/en/polymers/p/Moplen-HP500N/e8c2d3bb-d271-459f-a439-629a5d85a7da.

[16] A. Gaspar-Cunha, J. Melo, T. Marques, and A. Pontes, "A Review on Injection Molding: Conformal Cooling Channels, Modelling, Surrogate Models and Multi-Objective Optimization," Polymers, vol. 17, no. 7, Art. no. 919, 2025, doi: 10.3390/polym17070919.

[17] M. Czepiel, M. Bańkosz, and A. Sobczak-Kupiec, "Advanced Injection Molding Methods: Review," Materials, vol. 16, no. 17, Art. no. 5802, 2023, doi: 10.3390/ma16175802.

[18] N.-Y. Zhao, J.-Y. Lian, P.-F. Wang, and Z.-B. Xu, "Recent progress in minimizing the warpage and shrinkage deformations by the optimization of process parameters in plastic injection molding: A review," The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 120, no. 1–2, pp. 85–101, 2022, doi: 10.1007/s00170-022-08859-0.

[19] Fictiv, "Injection Molding Process Parameters: How to Adjust for Quality and Efficiency," 2025. [Online]. Available: https://www.fictiv.com/articles/injection-molding-process-parameters.

[20] Ronningen Research, "Reducing Cycle Time in Injection Molding," 2026. [Online]. Available: https://ronningenresearch.com/reducing-cycle-time-in-injection-molding.

[21] RJG, "The 8 Key Parameters in Injection Molding Process Optimization to Avoid Defects," 2023. [Online]. Available: https://rjginc.com/the-8-key-parameters-in-injection-molding-process-optimization-to-avoid-defects.

[22] Fictiv, "Injection Molding Sliders and Lifters vs. Handloads," 2022. [Online]. Available: https://www.fictiv.com/articles/injection-molding-sliders-and-lifters-vs-handloads.

[23] AIM Processing, "The Best Uses for Small Part Injection Molding," 2023. [Online]. Available: https://www.aimprocessing.com/blog/the-best-uses-for-small-part-injection-molding.

[24] Wikimedia Commons, "Injection molding diagram.svg," 2015. [Online]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Injection_molding_diagram.svg.

[25] UPM, "Creating Undercuts in Injection Molding," n.d. [Online]. Available: https://www.upminc.com/resource/undercuts.

[26] C. Nitnara and K. Tragangoon, "Simulation-Based Optimization of Injection Molding Process Parameters for Minimizing Warpage by ANN and GA," International Journal of Technology, vol. 14, no. 2, pp. 422–433, 2023, doi: 10.14716/ijtech.v14i2.5573.

[27] M. Moayyedian, M. R. C. Qazani, P. J. Amirkhizi, H. Asadi, and M. Hedayati-Dezfooli, "Multiple objectives optimization of injection-moulding process for dashboard using soft computing and particle swarm optimization," Scientific Reports, vol. 14, Art. no. 23767, 2024, doi: 10.1038/s41598-024-62618-7.

[28] Xometry, "Types of Injection Molding Side Actions," 2021. [Online]. Available: https://www.xometry.com/resources/injection-molding/injection-molding-types-of-side-actions.

[29] Protolabs, "Beyond the Straight-Pull Mold: Advanced Tooling for Complex Parts," 2019. [Online]. Available: https://www.protolabs.com/resources/blog/beyond-the-straight-pull-mold-advanced-tooling-for-complex-parts.

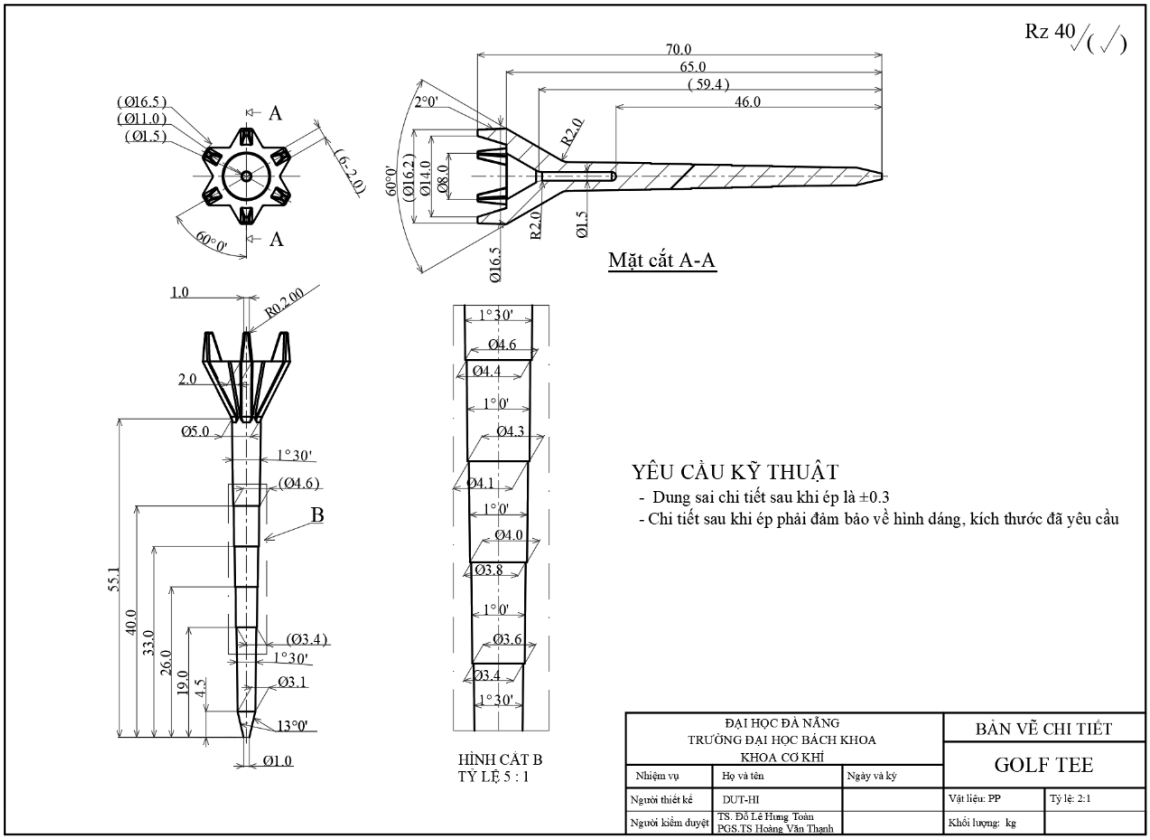
[30] ENGEL, Hướng dẫn vận hành ENGEL victory 50, No. 260915.

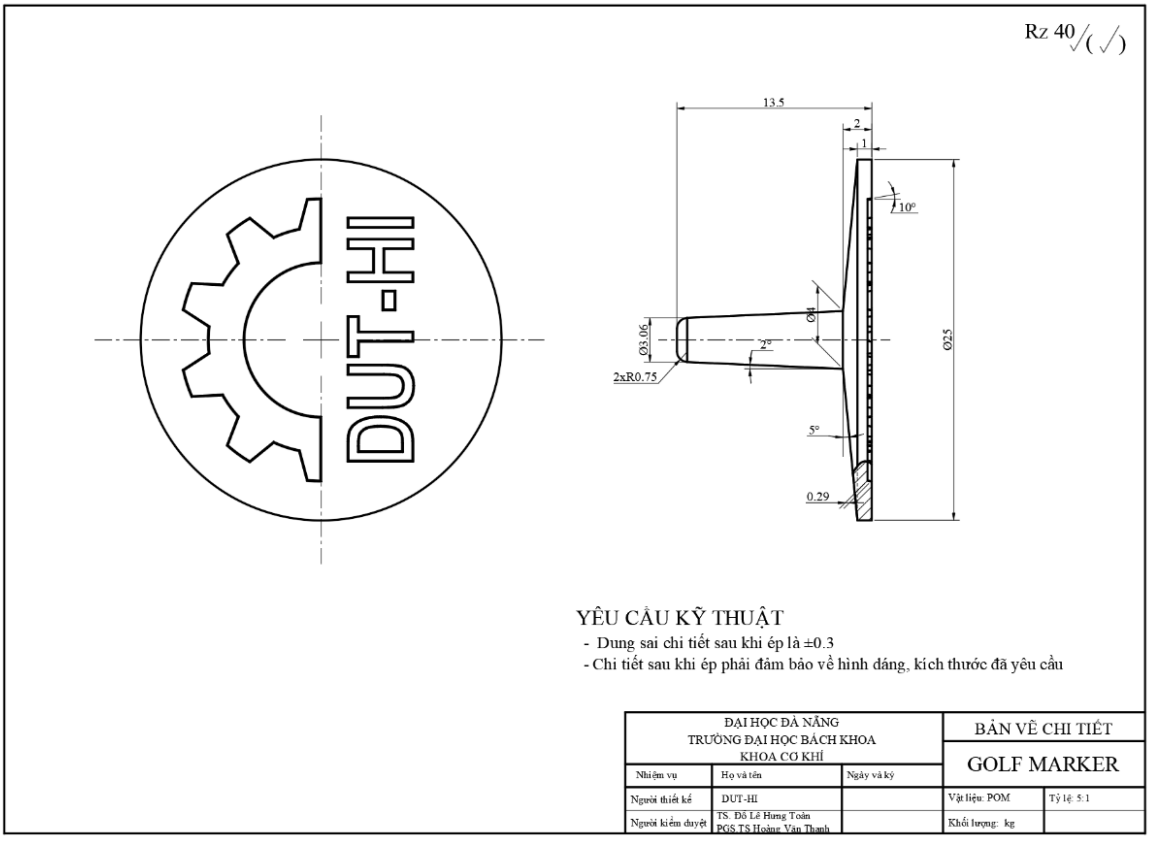
[31] SHINI, SCD Series "All-in-One" Compact Dryer, Operation Manual, 2020.

[32] SHINI, STM-W Water Heater, Operation Manual, 2024.

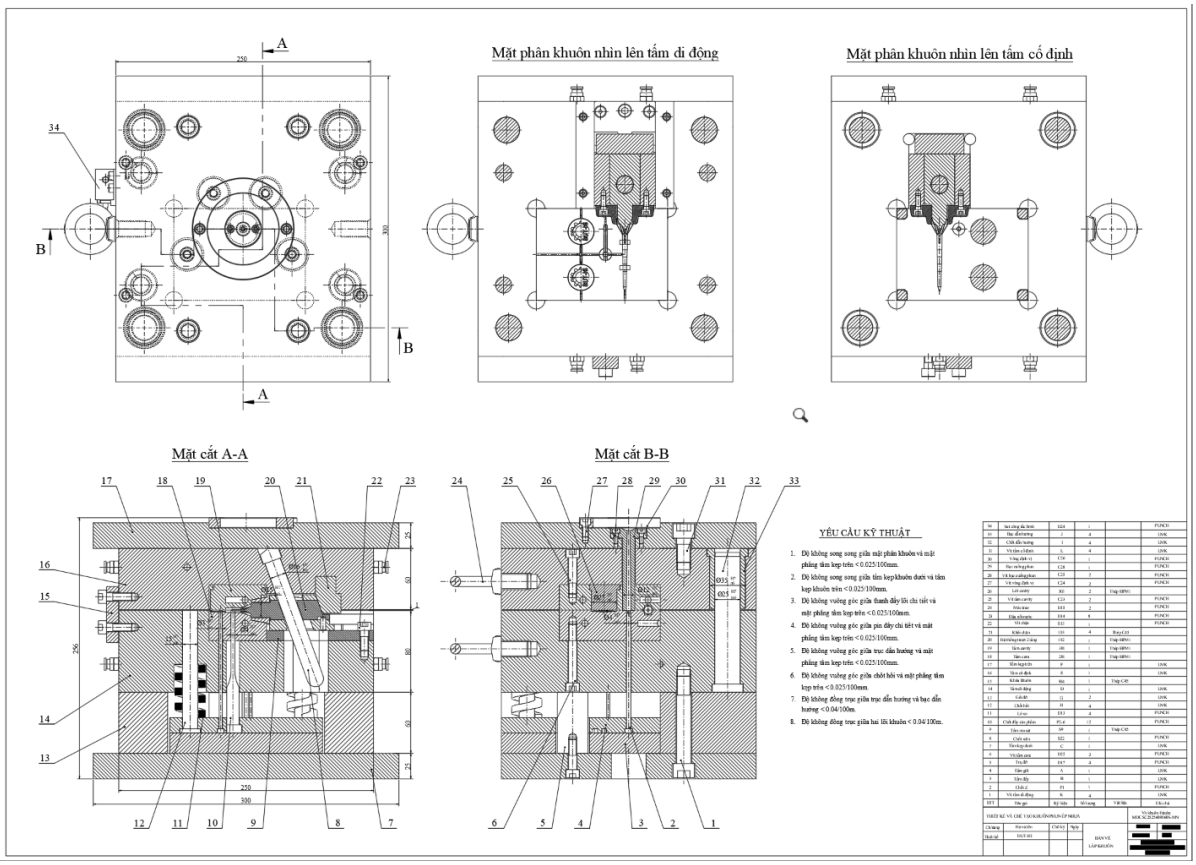
PHỤ LỤC

Phụ lục 1. Bản vẽ chi tiết sản phẩm

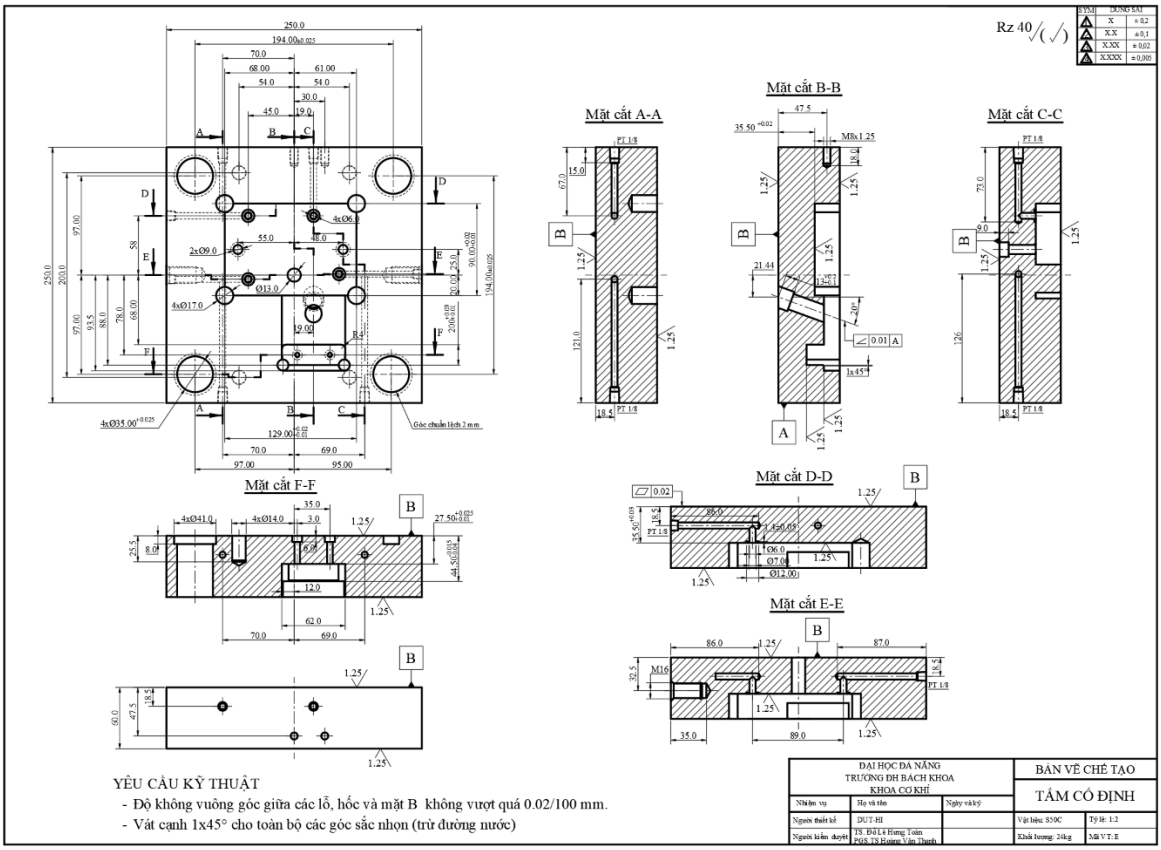


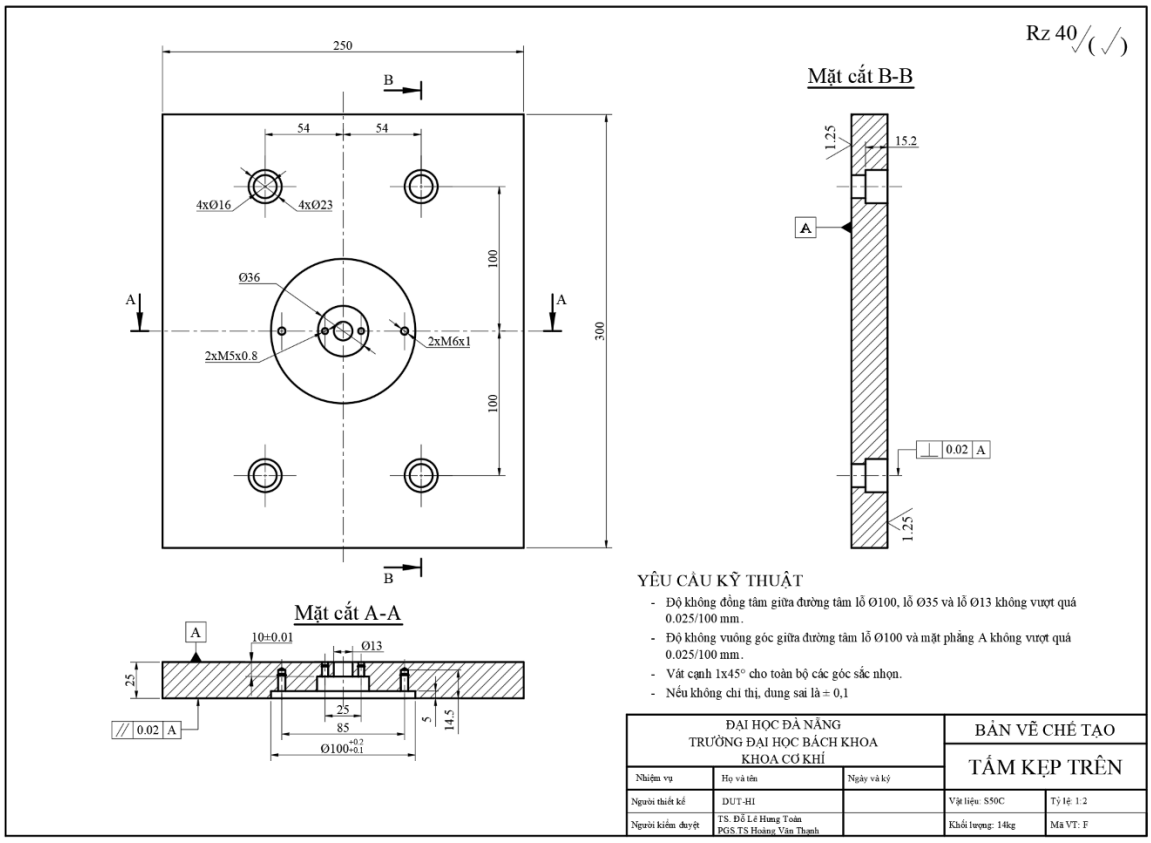


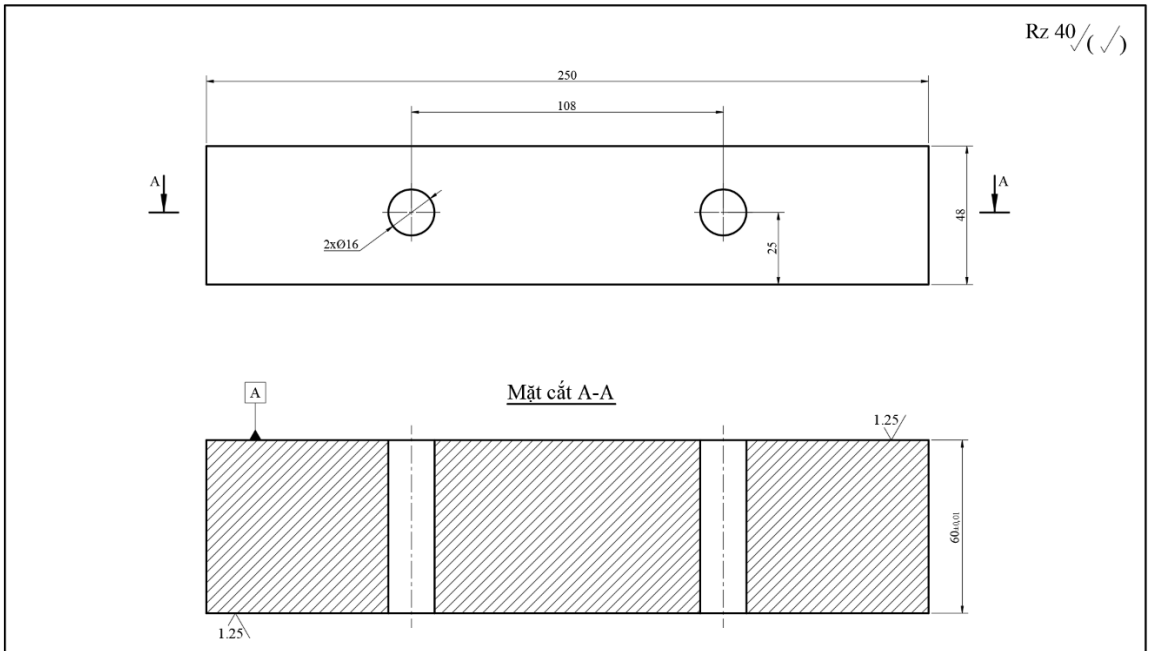
Phụ lục 2. Bản vẽ lắp bộ khuôn



Phụ lục 3. Bản vẽ gia công các chi tiết khuôn



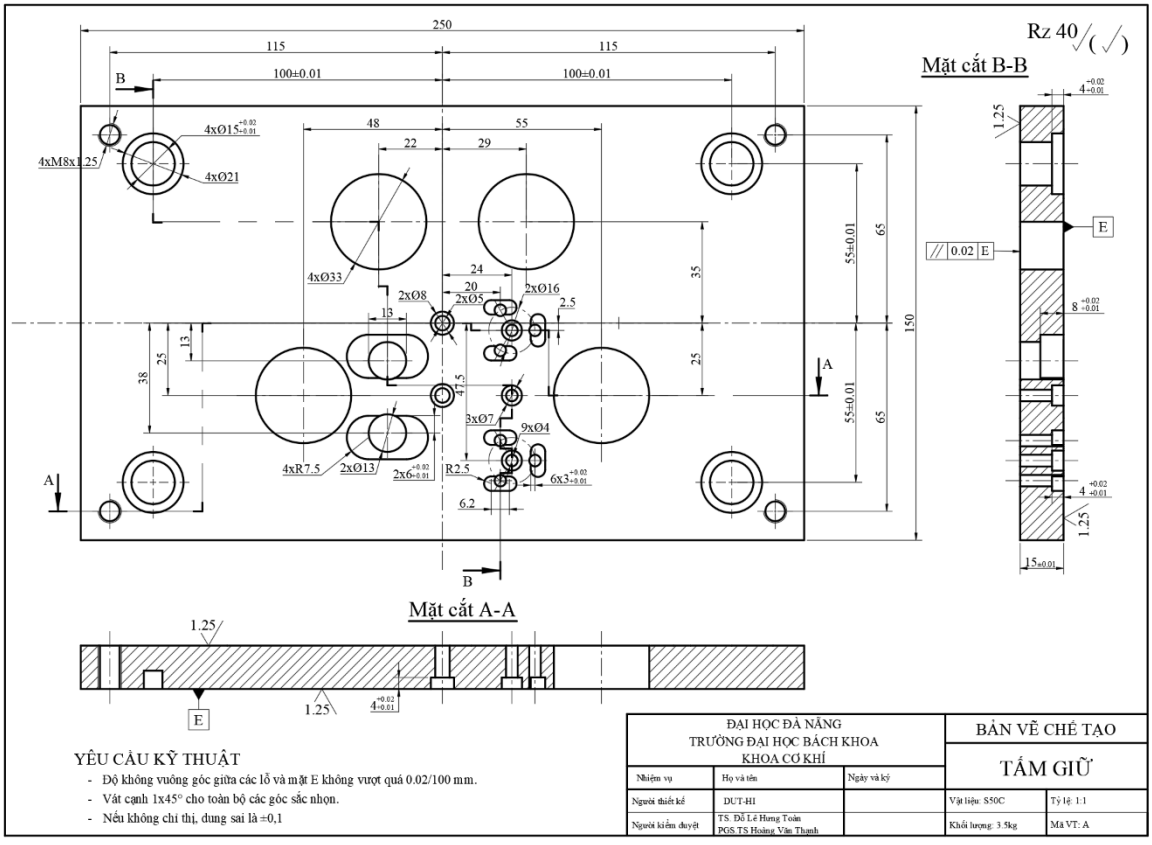




YÊU CẦU KỸ THUẬT

- Độ không vuông góc giữa đường tâm các lỗ và mặt A không vượt quá 0.02/100 mm.
- Độ không song song giữa mặt phẳng đáy và mặt phẳng A không vượt quá 0.02/100 mm.
- Vát cạnh 1x45° cho toàn bộ các góc sắc nhọn.
- Nếu không chỉ thị, dung sai là ± 0,1

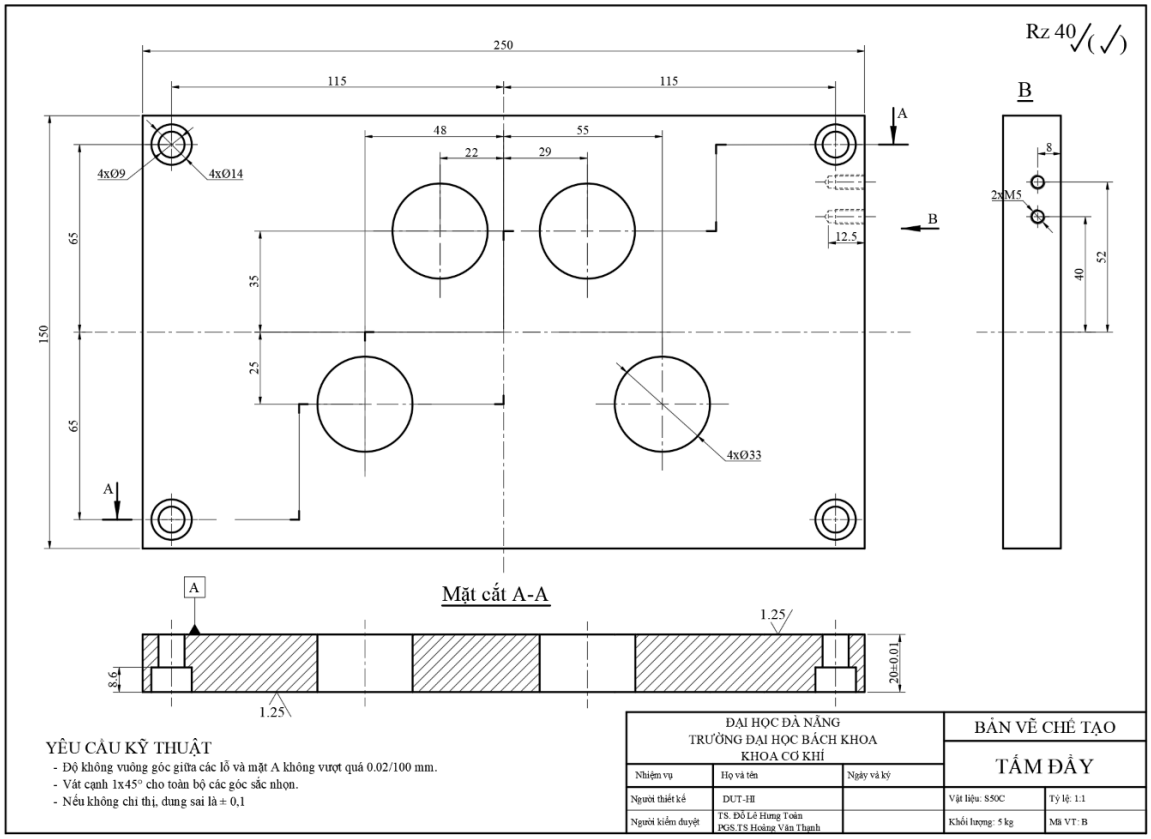
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA KHOA CƠ KHÍ			BẢN VẼ CHẾ TẠO	
Nhiệm vụ	Họ và tên	Ngày và ký	GỐI ĐỠ	
Người thiết kế	DUT-HI		Vật liệu: S50C	Tỷ lệ: 1:1
Người kiểm duyệt	TS. Đỗ Lê Hưng Toàn PGS.TS Hoàng Văn Thanh		Khối lượng: 5.5 kg	Mã VT: G



YÊU CẦU KỸ THUẬT

- Độ không vuông góc giữa các lỗ và mặt E không vượt quá 0.02/100 mm.
- Vát cạnh 1x45° cho toàn bộ các góc sắc nhọn.
- Nếu không chỉ thị, dung sai là ±0,1

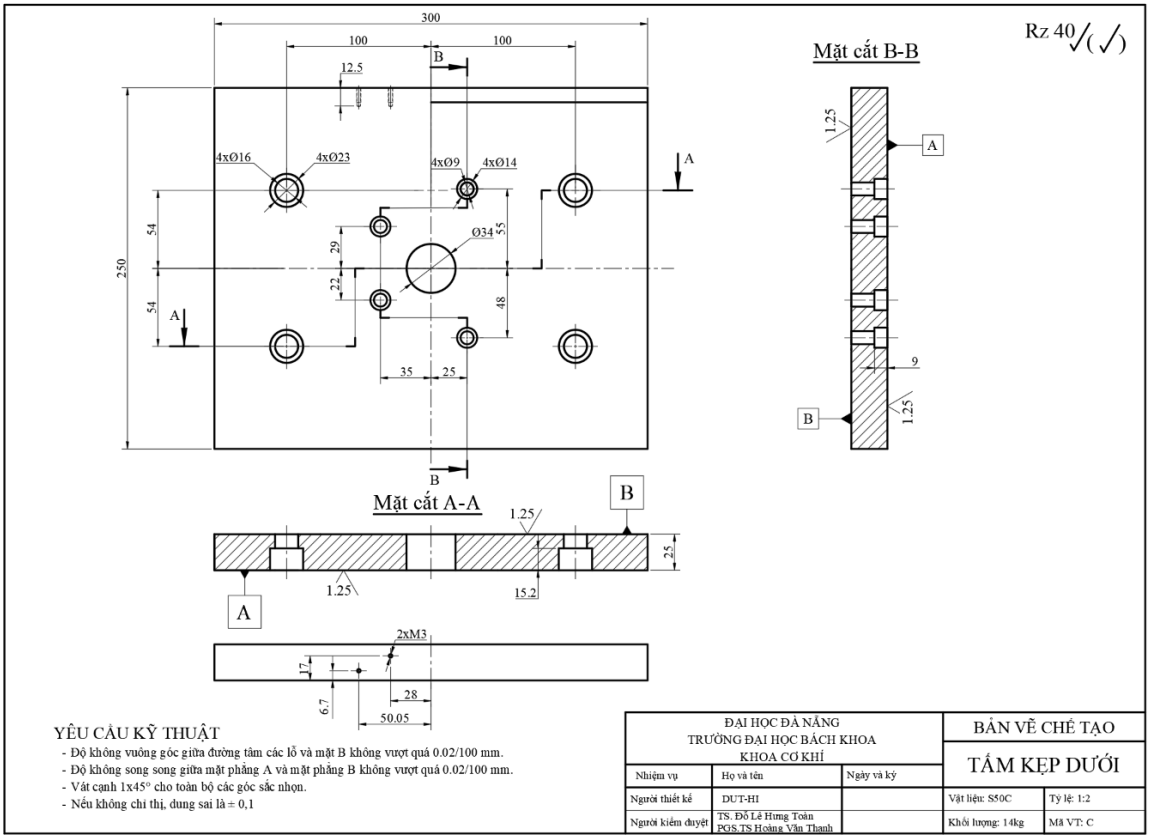
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA KHOA CƠ KHÍ			BẢN VẼ CHẾ TẠO	
Nhiệm vụ	Họ và tên	Ngày và ký	TẤM GIỮ	
Người thiết kế	DUT-HI		Vật liệu: S50C	Tỷ lệ: 1:1
Người kiểm duyệt	TS. Đỗ Lê Hưng Toàn PGS.TS Hoàng Văn Thanh		Khối lượng: 3.5kg	Mã VT: A



YÊU CẦU KỸ THUẬT

- Độ không vuông góc giữa các lỗ và mặt A không vượt quá 0.02/100 mm.
- Vát cạnh 1x45° cho toàn bộ các góc sắc nhọn.
- Nếu không chỉ thị, dung sai là ± 0,1

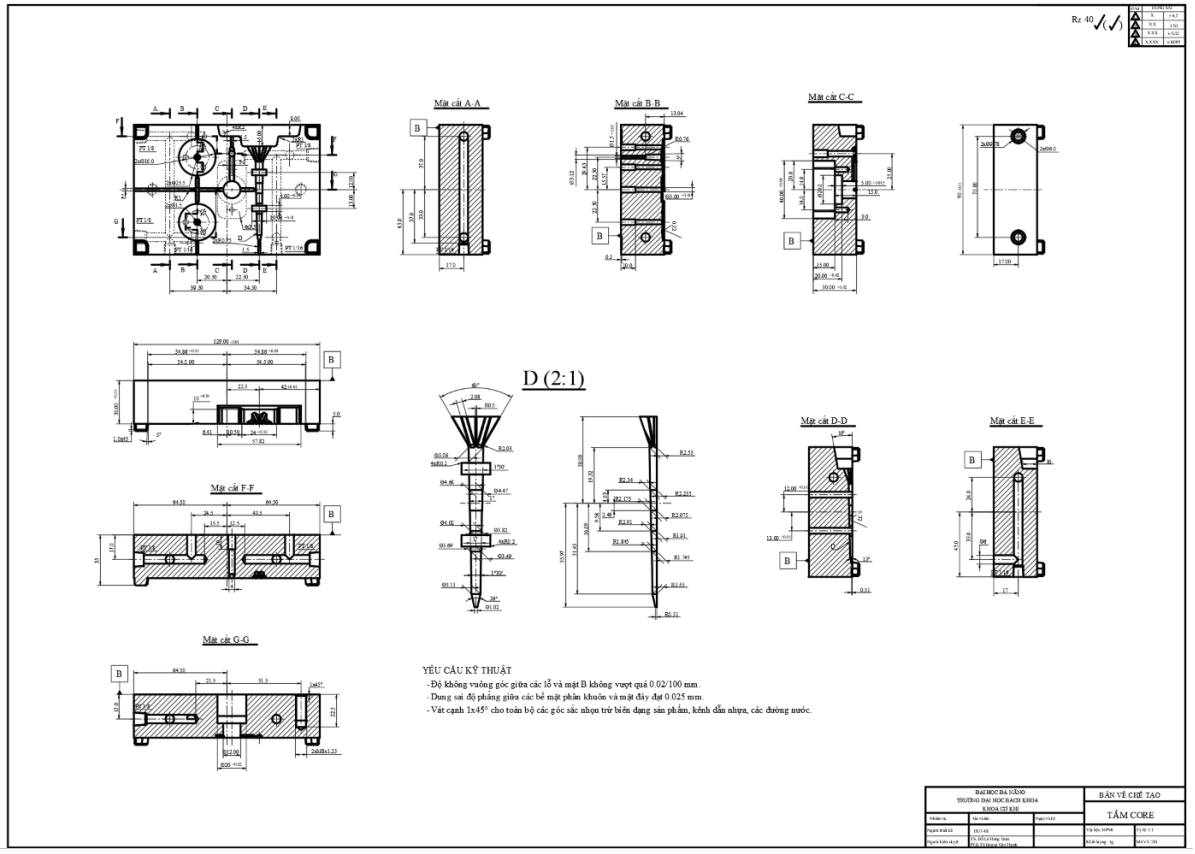
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA KHOA CƠ KHÍ			BẢN VẼ CHẾ TẠO	
Nhiệm vụ	Họ và tên	Ngày và ký	TẤM ĐẨY	
Người thiết kế	DUT-HI		Vật liệu: S50C	Tỷ lệ: 1:1
Người kiểm duyệt	TS. Đỗ Lê Hưng Toàn PGS.TS Hoàng Văn Thạnh		Khối lượng: 5 kg	Mã VT: B

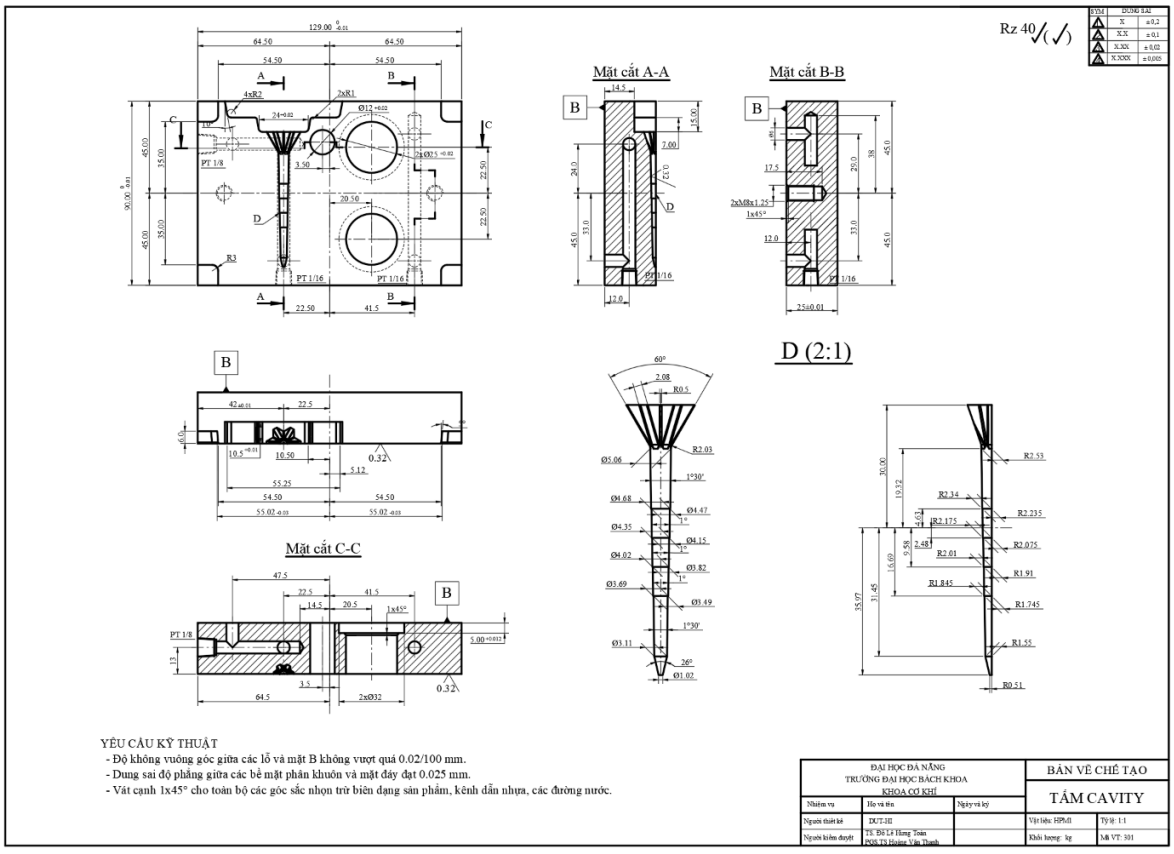


YÊU CẦU KỸ THUẬT

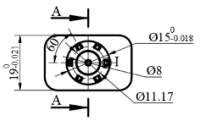
- Độ không vuông góc giữa đường tâm các lỗ và mặt B không vượt quá 0.02/100 mm.
- Độ không song song giữa mặt phẳng A và mặt phẳng B không vượt quá 0.02/100 mm.
- Vát cạnh 1x45° cho toàn bộ các góc sắc nhọn.
- Nếu không chỉ thị, dung sai là ± 0,1

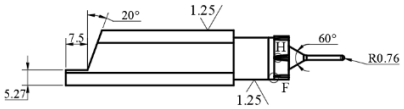
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA KHOA CƠ KHÍ			BẢN VẼ CHẾ TẠO	
Nhiệm vụ	Họ và tên	Ngày và ký	TẤM KẸP DƯỚI	
Người thiết kế	DUT-HI		Vật liệu: S50C	Tỷ lệ: 1:2
Người kiểm duyệt	TS. Đỗ Lê Hưng Toàn PGS.TS Hoàng Văn Thạnh		Khối lượng: 14kg	Mã VT: C


Rz 40
Mặt cắt A-A
Mặt cắt B-B
Mặt cắt C-C
D (2:1)
Mặt cắt D-D
Mặt cắt E-E
Mặt cắt F-F
Mặt cắt G-G
YÊU CẦU KỸ THUẬT
- Độ không vuông góc giữa các lỗ và mặt B không vượt quá 0.02/100 mm.
- Dung sai độ phẳng giữa các bề mặt phân khuôn và mặt đáy đạt 0.025 mm.
- Vát cạnh 1x45° cho toàn bộ các góc sắc nhọn trừ biến dạng sản phẩm, kênh dẫn nhựa, các đường nước.
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA CƠ KHÍ
BẢN VẼ CHẾ TẠO
TẤM CORE

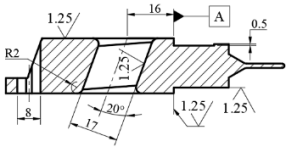

Rz 40
Mặt cắt A-A
Mặt cắt B-B
D (2:1)
Mặt cắt C-C
YÊU CẦU KỸ THUẬT
- Độ không vuông góc giữa các lỗ và mặt B không vượt quá 0.02/100 mm.
- Dung sai độ phẳng giữa các bề mặt phân khuôn và mặt đáy đạt 0.025 mm.
- Vát cạnh 1x45° cho toàn bộ các góc sắc nhọn trừ biến dạng sản phẩm, kênh dẫn nhựa, các đường nước.
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA CƠ KHÍ
BẢN VẼ CHẾ TẠO
TẤM CAVITY

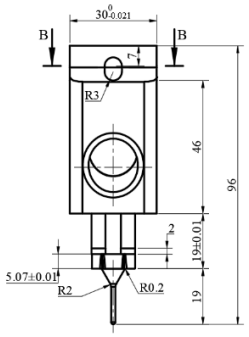
Rz 40





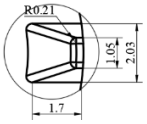
Mặt cắt A-A



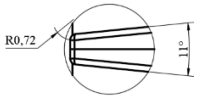


Mặt cắt B-B

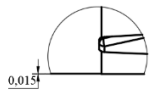




Hình trích I
Tỉ lệ 10 : 1



Hình trích H
Tỉ lệ 10 : 1



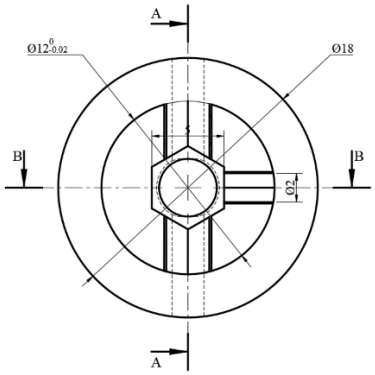
Hình trích F
Tỉ lệ 10 : 1

YÊU CẦU KỸ THUẬT

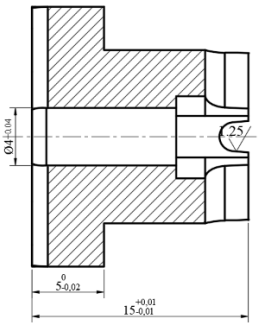
- Vát cạnh 1x45° cho toàn bộ các góc sắc nhọn trừ biên dạng sản phẩm, kênh dẫn nhựa, các đường nước.
- Độ nghiêng giữa đường tâm lỗ Ø17 và với mặt phẳng A không vượt quá 0,01/100 mm
- Độ nhám bề mặt của chi tiết sản phẩm đạt Ra = 1.25

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA KHOA CƠ KHÍ			BẢN VẼ CHẾ TẠO	
Nhiệm vụ	Họ và tên	Ngày và ký	INSERT TEE	
Người thiết kế	DUT-HI		Vật liệu: HPM1	Tỷ lệ: 1:1
Người kiểm duyệt	TS. Đỗ Lê Hưng Toàn PGS.TS Hoàng Văn Thanh		Khối lượng: kg	Mã VT: 102-2

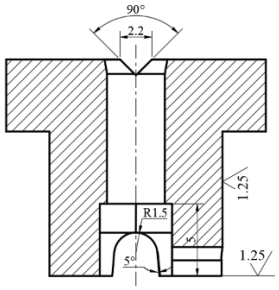
Rz 40



Mặt cắt A-A



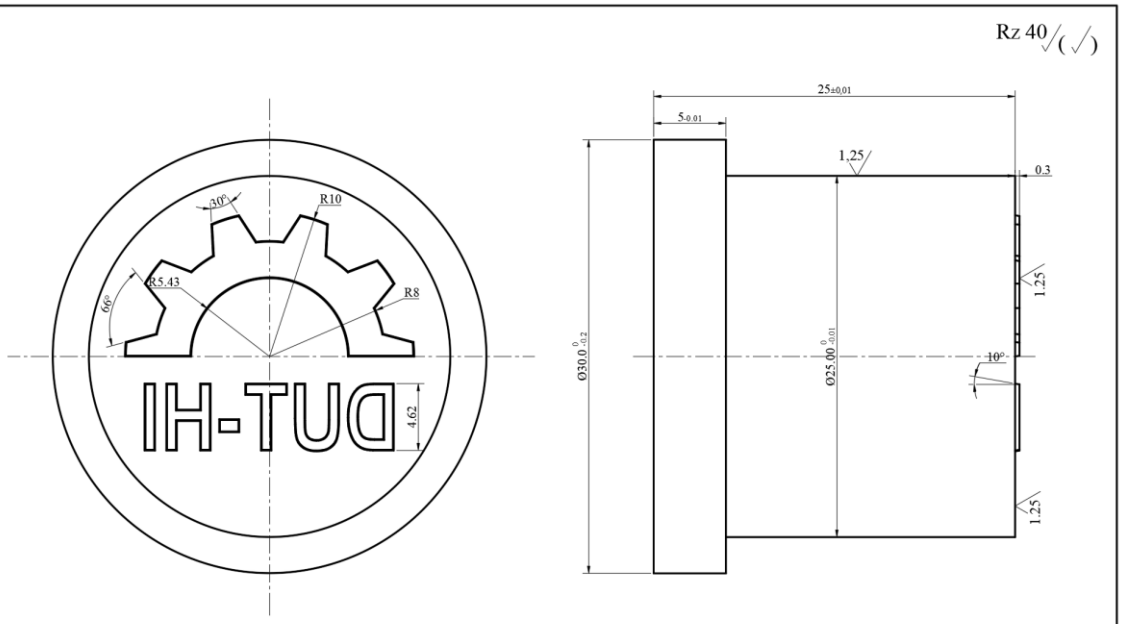
Mặt cắt B-B



YÊU CẦU KỸ THUẬT

- Độ không đồng tâm giữa tâm lỗ và các bề mặt không vượt quá 0.02/100 mm.
- Độ bóng kênh dẫn phải đảm bảo Rz =10 μm
- Nếu không chỉ thị, dung sai là ±0,1.

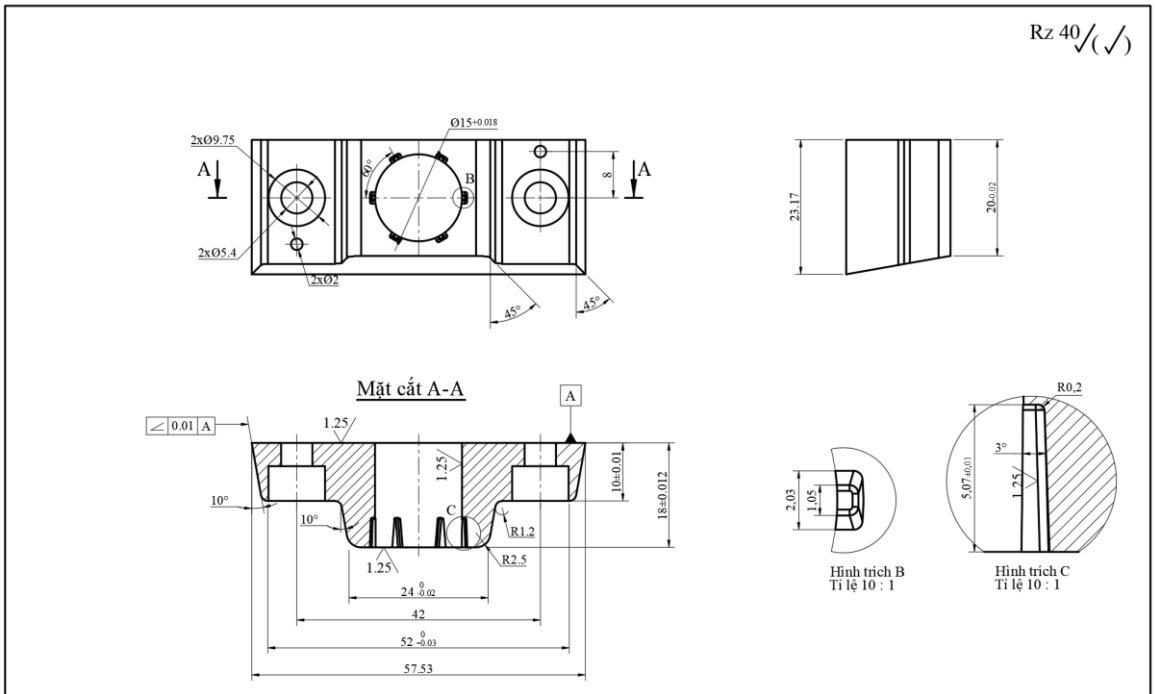
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA KHOA CƠ KHÍ			BẢN VẼ CHẾ TẠO	
Nhiệm vụ	Họ và tên	Ngày và ký	TẤM RUNNER OFF-ON	
Người thiết kế	DUT-HI		Vật liệu: HPM1	Tỷ lệ: 5:1
Người kiểm duyệt	TS. Đỗ Lê Hưng Toàn PGS.TS Hoàng Văn Thanh		Khối lượng: kg	Mã VT: 202



YÊU CẦU KỸ THUẬT

- Logo phải được khắc đảm bảo chữ rõ nét, góc cạnh đảm bảo chính xác.
- Không vát các góc sắc nhọn

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA KHOA CƠ KHÍ			BẢN VẼ CHẾ TẠO	
Nhiệm vụ	Họ và tên	Ngày và ký	INSERT MARKER	
Người thiết kế	DUT-HI		Vật liệu: HPM1	Tỷ lệ: 5:1
Người kiểm duyệt	TS. Đỗ Lê Hưng Toàn PGS.TS Hoàng Văn Thanh		Khối lượng: kg	Mã VT: 302

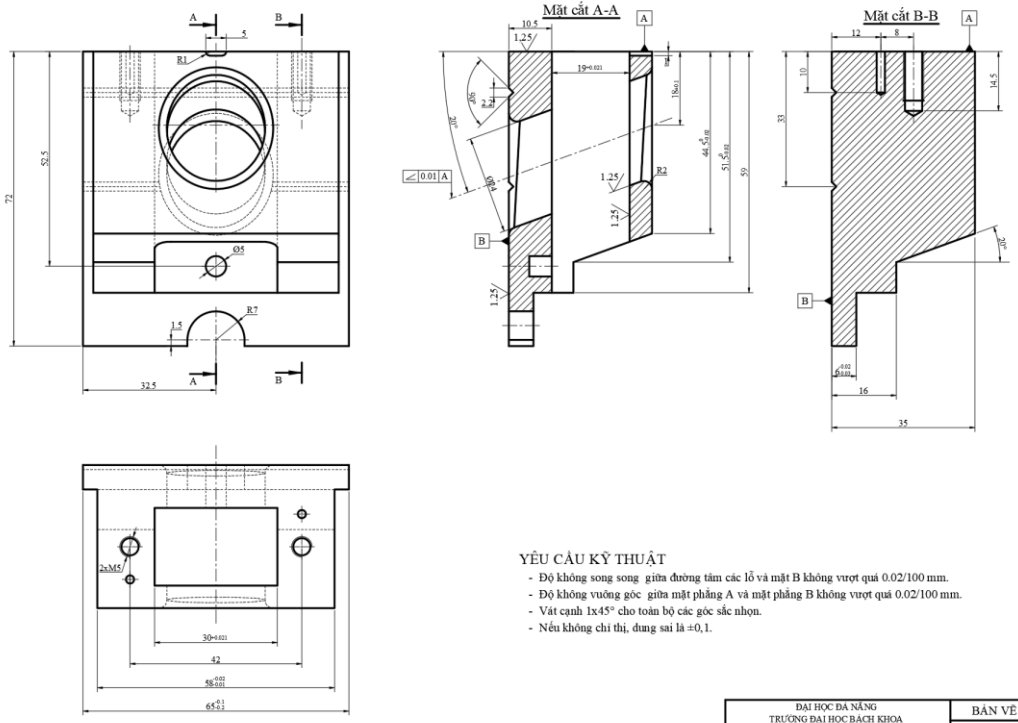


YÊU CẦU KỸ THUẬT

- Độ không vuông góc giữa đường tâm các lỗ và mặt A không vượt quá 0.02/100 mm.
- Độ không song song giữa mặt phẳng đáy và mặt phẳng A không vượt quá 0.02/100 mm.
- Vát cạnh 1x45° cho toàn bộ các góc sắc nhọn trừ biên dạng sản phẩm.

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA KHOA CƠ KHÍ			BẢN VẼ CHẾ TẠO	
Nhiệm vụ	Họ và tên	Ngày và ký	OUTSERT TEE	
Người thiết kế	DUT-HI		Vật liệu: HPM1	Tỷ lệ: 2:1
Người kiểm duyệt	TS. Đỗ Lê Hưng Toàn PGS.TS Hoàng Văn Thanh		Khối lượng: kg	Mã VT: 104

Rz 40

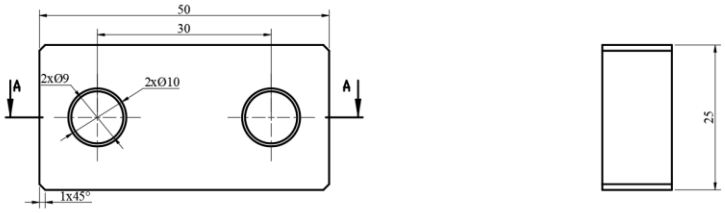


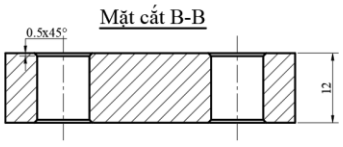
YÊU CẦU KỸ THUẬT

- Độ không song song giữa đường tâm các lỗ và mặt B không vượt quá 0.02/100 mm.
- Độ không vuông góc giữa mặt phẳng A và mặt phẳng B không vượt quá 0.02/100 mm.
- Vát cạnh 1x45° cho toàn bộ các góc sắc nhọn.
- Nếu không chỉ thị, dung sai là ±0,1.

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA KHOA CƠ KHÍ			BẢN VẼ CHẾ TẠO	
			KHỐI TRƯỢT	
Nhiệm vụ	Họ và tên	Ngày và ký		
Người thiết kế	DUT-HI		Vật liệu: HPM1	Tỷ lệ: 2:1
Người kiểm duyệt	TS. Đỗ Lê Hưng Toàn PGS.TS Hoàng Văn Thanh		Khối lượng: kg	Mã VT: 102-1

Rz 40



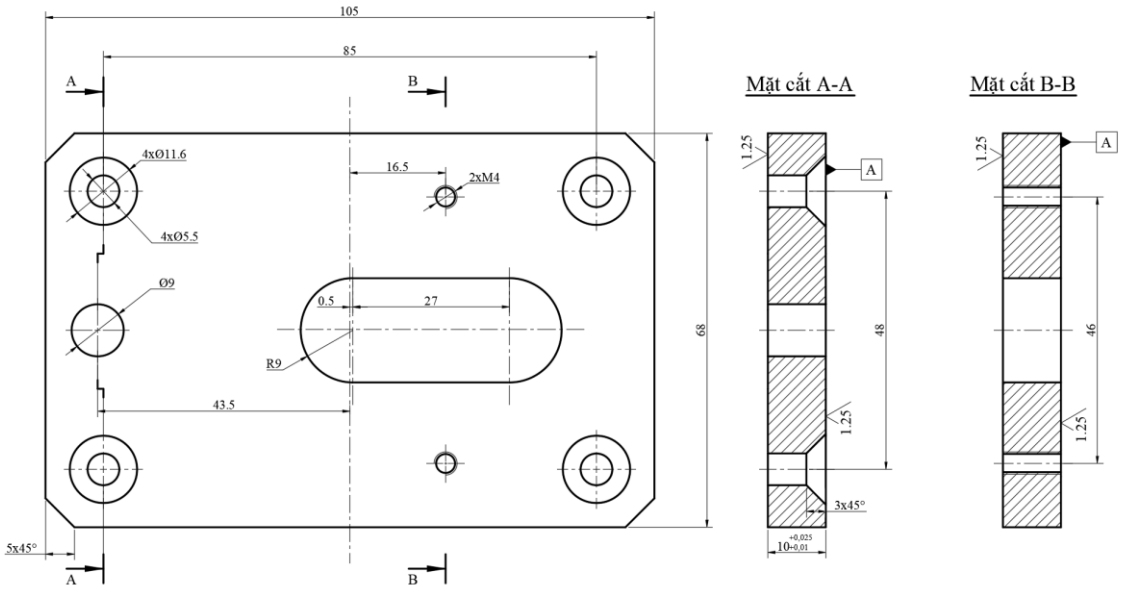


YÊU CẦU KỸ THUẬT

- Nếu không chỉ thị, dung sai là ±0,1

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA KHOA CƠ KHÍ			BẢN VẼ CHẾ TẠO	
			KHÓA KHUÔN	
Nhiệm vụ	Họ và tên	Ngày và ký		
Người thiết kế	DUT-HI		Vật liệu: C45	Tỷ lệ: 2:1
Người kiểm duyệt	TS. Đỗ Lê Hưng Toàn PGS.TS Hoàng Văn Thanh		Khối lượng: kg	Mã VT: 303

Rz 40

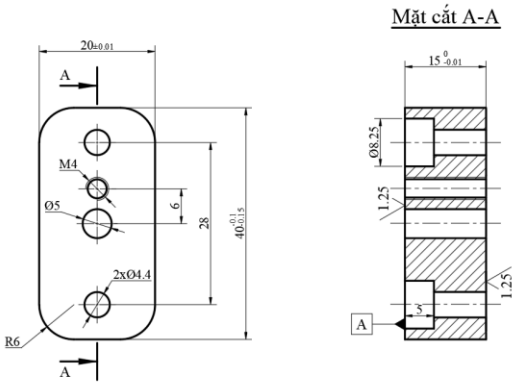


YÊU CẦU KỸ THUẬT

- Độ không vuông góc giữa đường tâm các lỗ và mặt A không vượt quá 0.02/100 mm.
- Độ không song song giữa mặt phẳng đáy và mặt phẳng A không vượt quá 0.02/100 mm.
- Nếu không chỉ thị, dung sai là ±0,1.

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA KHOA CƠ KHÍ			BẢN VẼ CHẾ TẠO	
Nhiệm vụ	Họ và tên	Ngày và ký	TẤM TRƯỢT	
Người thiết kế	DUT-HI		Vật liệu: C45	Tỷ lệ: 2:1
Người kiểm duyệt	TS. Đỗ Lê Hưng Toàn PGS.TS Hoàng Văn Thanh		Khối lượng: kg	Mã VT: 100

Rz 40

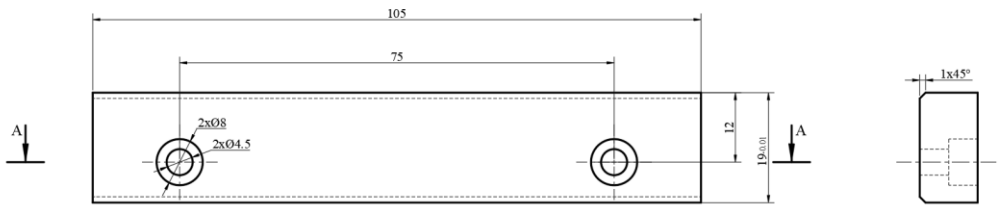


YÊU CẦU KỸ THUẬT

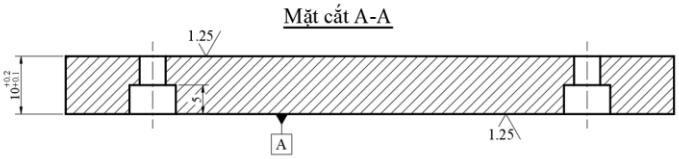
- Độ không vuông góc giữa đường tâm các lỗ và mặt A không vượt quá 0.02/100 mm.
- Độ không song song giữa mặt phẳng đáy và mặt phẳng A không vượt quá 0.02/100 mm
- Nếu không chỉ thị, dung sai là ±0,1.

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA KHOA CƠ KHÍ			BẢN VẼ CHẾ TẠO	
Nhiệm vụ	Họ và tên	Ngày và ký	TẤM ĐỠ RUNNER OFF-ON	
Người thiết kế	DUT-HI		Vật liệu: C45	Tỷ lệ: 2:1
Người kiểm duyệt	TS. Đỗ Lê Hưng Toàn PGS.TS Hoàng Văn Thanh		Khối lượng: kg	Mã VT: 203

Rz 40



Mặt cắt A-A

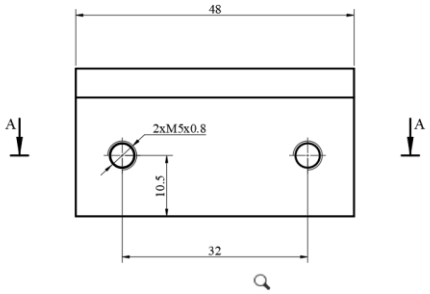


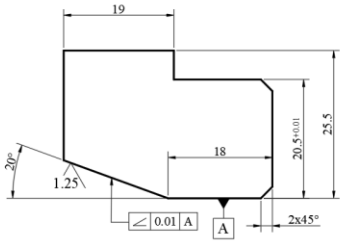
YÊU CẦU KỸ THUẬT

- Độ không vuông góc giữa đường tâm các lỗ và mặt A không vượt quá 0.02/100 mm.
- Độ không song song giữa mặt phẳng đáy và mặt phẳng A không vượt quá 0.02/100 mm.
- Nếu không chỉ thị, dung sai là ±0,1

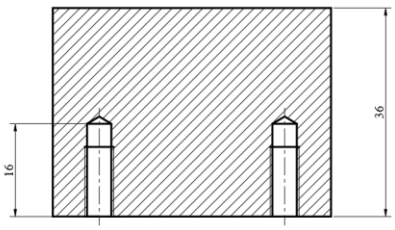
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA KHOA CƠ KHÍ			BẢN VẼ CHẾ TẠO TẤM CỐ ĐỊNH SLIDER	
Nhiệm vụ	Họ và tên	Ngày và ký		
Người thiết kế	DUT-HI		Vật liệu: C45	Tỷ lệ: 2:1
Người kiểm duyệt	TS. Đỗ Lê Hưng Toàn PGS.TS Hoàng Văn Thanh		Khối lượng: kg	Mã VT: 101

Rz 40





Mặt cắt A-A



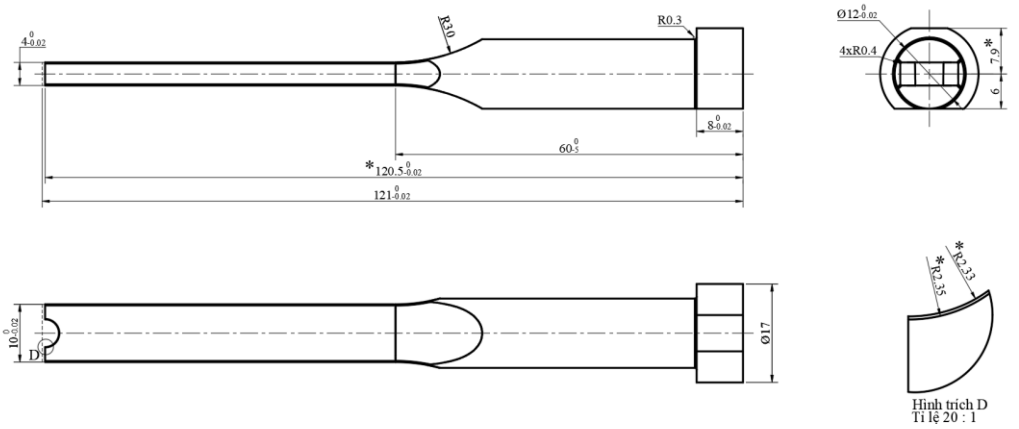
YÊU CẦU KỸ THUẬT

- Độ không song song giữa các lỗ và mặt A không vượt quá 0.02/100 mm.
- Nếu không chỉ thị, dung sai là ±0,1.

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA KHOA CƠ KHÍ			BẢN VẼ CHẾ TẠO KHỐI CHẶN	
Nhiệm vụ	Họ và tên	Ngày và ký		
Người thiết kế	DUT-HI		Vật liệu: C45	Tỷ lệ: 2:1
Người kiểm duyệt	TS. Đỗ Lê Hưng Toàn PGS.TS Hoàng Văn Thanh		Khối lượng: kg	Mã VT: 103

Rz 40

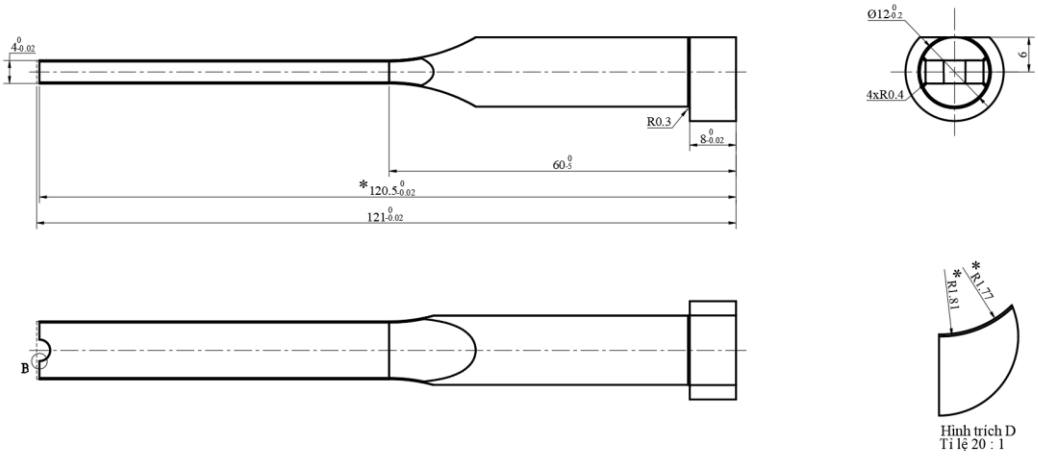
ERJF12-121-P10-W4-N60-AKC0



ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA KHOA CƠ KHÍ			BẢN VẼ CHẾ TẠO	
Nhiệm vụ	Họ và tên	Ngày và ký	PIN TEE 1	
Người thiết kế	DUT-HI		Vật liệu: SKH51	Tỷ lệ: 2:1
Người kiểm duyệt	TS. Đỗ Lê Hưng Toàn PGS.TS Hoàng Văn Thanh		Khối lượng: kg	Mã VT: P4-A

Rz 40

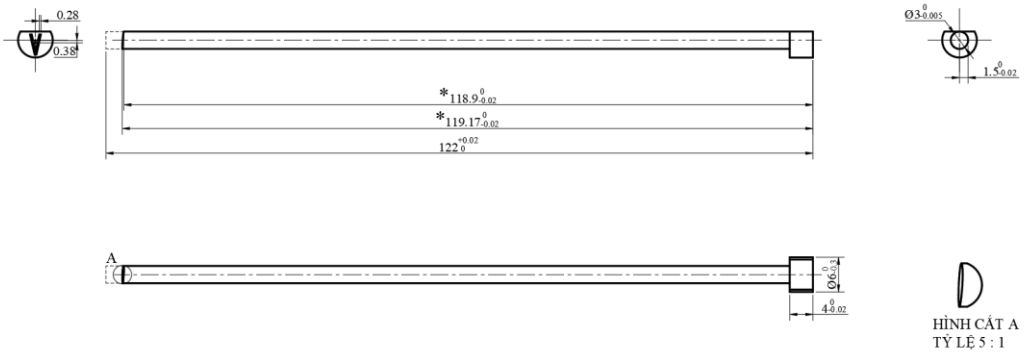
ERJF12-121-P10-W4-N60-AKC0



ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA KHOA CƠ KHÍ			BẢN VẼ CHẾ TẠO	
Nhiệm vụ	Họ và tên	Ngày và ký	PIN TEE 2	
Người thiết kế	DUT-HI		Vật liệu: SKH51	Tỷ lệ: 2:1
Người kiểm duyệt	TS. Đỗ Lê Hưng Toàn PGS.TS Hoàng Văn Thanh		Khối lượng: kg	Mã VT: P4-B

Rz 40

EPH-L3-122-VKC1.5

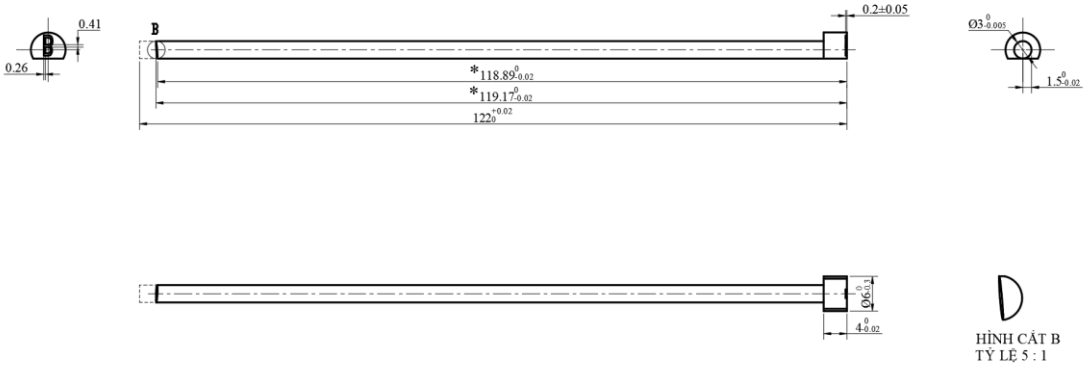


D
HÌNH CẮT A
TỶ LỆ 5 : 1

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA KHOA CƠ KHÍ			BẢN VẼ CHẾ TẠO PIN MARKER A	
Nhiệm vụ	Họ và tên	Ngày và ký		
Người thiết kế	DUT-HI		Vật liệu: SKH51	Tỷ lệ: 2:1
Người kiểm duyệt	TS. Đỗ Lê Hưng Toàn PGS.TS Hoàng Văn Thanh		Khối lượng: kg	Mã VT: P2-A

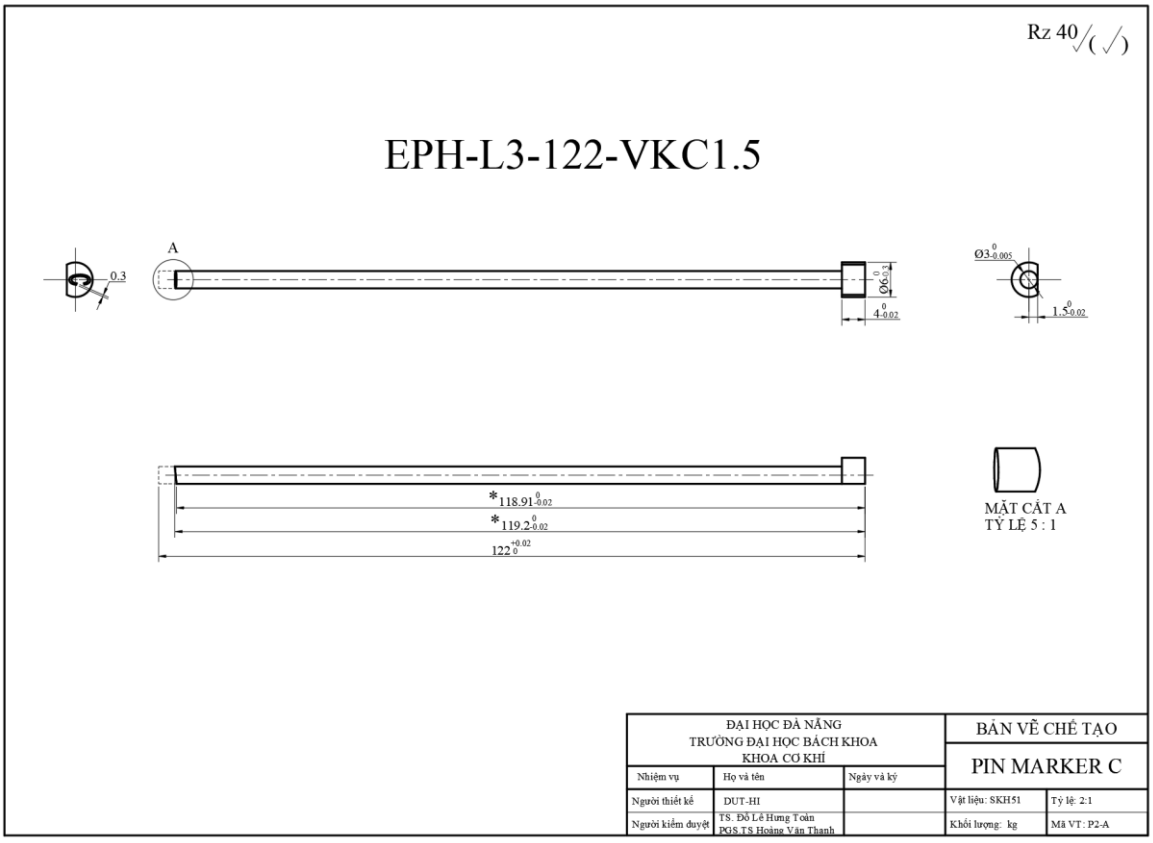
Rz 40

EPH-L3-122-VKC1.5



D
HÌNH CẮT B
TỶ LỆ 5 : 1

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA KHOA CƠ KHÍ			BẢN VẼ CHẾ TẠO PIN MARKER B	
Nhiệm vụ	Họ và tên	Ngày và ký		
Người thiết kế	DUT-HI		Vật liệu: SKH51	Tỷ lệ: 2:1
Người kiểm duyệt	TS. Đỗ Lê Hưng Toàn PGS.TS Hoàng Văn Thanh		Khối lượng: kg	Mã VT: P2-A


Rz 40
EPH-L3-122-VKC1.5
A
0.3
Ø6
4
Ø3
1.5
*118.91
*119.2
122
MẶT CẮT A
TỶ LỆ 5 : 1
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA
KHOA CƠ KHÍ
BẢN VẼ CHẾ TẠO
PIN MARKER C
Nhiệm vụ
Họ và tên
Ngày và ký
Người thiết kế
DUT-HI
Người kiểm duyệt
TS. Đỗ Lê Hưng Toàn
PGS.TS Hoàng Văn Thanh
Vật liệu: SKH51
Tỷ lệ: 2:1
Khối lượng: kg
Mã VT: P2-A

Phụ lục 4. Danh mục vật tư

BẢN KÊ LINH KIỆN TIÊU CHUẨN

Mã CT	Trường	STT	Tên linh kiện	Vật liệu	Mã linh kiện	Số Lượng LK	Tiêu chuẩn	Ghi chú
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*8*	*9*	*10*
PIN ĐẨY								
P1	ĐHBKĐN - DUT	1	Chốt đẩy Pin Z	SKH51	Z-EPH-L4-117-V3-G20-F114	1	MISUMI	
P2	ĐHBKĐN - DUT	2	Chốt đẩy Golf Maker 1	SKH51	EPH-L3-122-VKC1.5	6	MISUMI	
P3	ĐHBKĐN - DUT	3	Chốt đẩy Golf Maker 2	SKH51	EHSL3-107-P1.5-N50	2	MISUMI	
P4-A	ĐHBKĐN - DUT	4	Chốt đẩy Golf Tee	SKH51	ERJF12-121-P10-W4-N60-AKC0	1	MISUMI	
P4-B	ĐHBKĐN - DUT	5	Chốt đẩy Golf Tee	SKH51	ERJF12-121-P10-W4-N60-AKC0	1	MISUMI	
P5	ĐHBKĐN - DUT	6	Chốt đẩy kênh Runner 1	SKH51	EPH-L4-115.5	1	MISUMI	
P6	ĐHBKĐN - DUT	7	Chốt đẩy kênh Runner 2	SKH51	EPH-L3-118	1	MISUMI	
SLIDER								
S7	ĐHBKĐN - DUT	8	Vít khối chặn slider	SCM435	CB5-35	2	MISUMI	
S8	ĐHBKĐN - DUT	9	Vít tấm cố định slider	SCM435	CB4-10	4	MISUMI	
S9	ĐHBKĐN - DUT	10	Vít tấm chống mòn slider	SUS316L	FB5-20	4	MISUMI	
S10	ĐHBKĐN - DUT	12	Vít chặn khối trượt	SCM435	CB8-25	1	MISUMI	
S11	ĐHBKĐN - DUT	13	Vít nhún slider	SUS304	BPJ4	2	MISUMI	
S12	ĐHBKĐN - DUT	14	Chốt xiên (Angular pin)	SKD11	AP16-135-N30-A20	1	MISUMI	
PHÍA DI ĐỘNG								
D13	ĐHBKĐN - DUT	16	Lò xo	SWOSC-V	SWF 30-55	4	MISUMI	
D14	ĐHBKĐN - DUT	17	Đầu nối nước	Đồng thau + mạ niken	M-PC6-01	8	MISUMI	
D15	ĐHBKĐN - DUT	18	Móc treo	SCM435	CHI16	2	MISUMI	
D16	ĐHBKĐN - DUT	19	Vít tấm đỡ Runner OFF/ON	SCM435	CB4-16	2	MISUMI	
D17	ĐHBKĐN - DUT	20	Support Pillar	S45C	SPL30-60	6	MISUMI	
D18	ĐHBKĐN - DUT	21	Vít Support Pillar	SCM435	CB8-30	6	MISUMI	
D19	ĐHBKĐN - DUT	22	Vít nhún Runner OFF/ON	SUS304	BPJ4	1	MISUMI	
D20	ĐHBKĐN - DUT	23	Nút bịt nước	SUS	MSWTJ	4	MISUMI	
					MSWT1	7		
D21	ĐHBKĐN - DUT	24	Oring chống rò nước	FKM-70	ORP7	8	MISUMI	
D22	ĐHBKĐN - DUT	25	Vít tấm core	SCM435	CB8-60	2	MISUMI	
D24	ĐHBKĐN - DUT	27	Set Công tắc limit		EGS-V	1	MISUMI	
PHÍA CỐ ĐỊNH								
C23	ĐHBKĐN - DUT	26	Vít tấm cavity	SCM435	CB8-40	2	MISUMI	
C24	ĐHBKĐN - DUT	27	Vít vòng định vị	SCM435	CB6-22	2	MISUMI	
C26	ĐHBKĐN - DUT	28	Vòng định vị	S45C	LRBS100-20	1	MISUMI	
C27	ĐHBKĐN - DUT	29	Vít bản lề khóa khuôn	SCM435	CB8-25	2	MISUMI	
C28	ĐHBKĐN - DUT	30	Bạc cuống phun	SKD61	SJAD12-71-SR10.5-P3-A1	1	MISUMI	

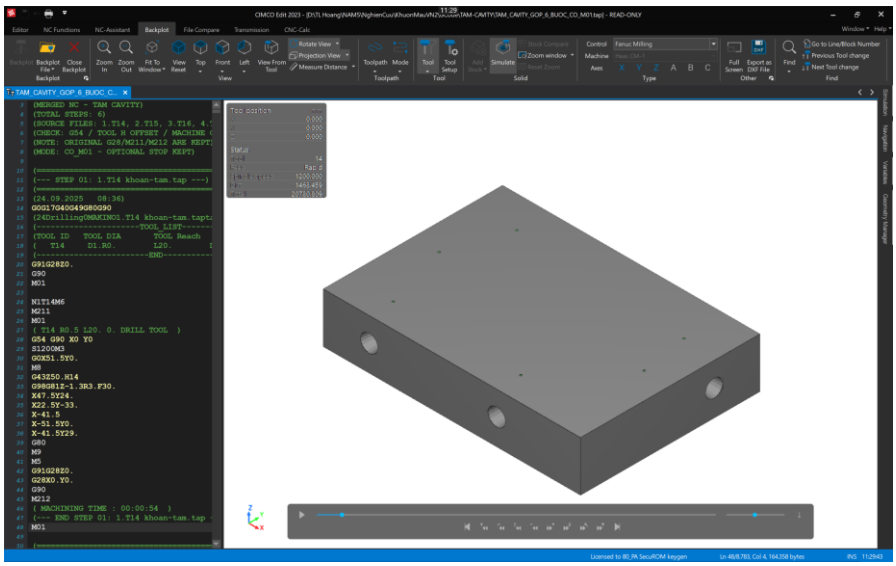
BẢN KÊ CHI TIẾT CHẾ TẠO

Sản phẩm được gia công			Vật tư sử dụng để gia công sản phẩm							
Mã CT	Số Lượng SPHT	Tên sản phẩm	Vật liệu	Tên vật tư	Đơn vị tính	Chiều dài (mm)	Chiều rộng (mm)	Chiều dày (mm)	Số lượng vật tư	Ghi chú
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*13*
SLIDER										
100	1	Tấm trượt	Thép C45	Thép tấm	Tấm	110	75	15	1	CÁC KÍCH THƯỚC ĐÃ BAO GỒM LƯỢNG DƯ GIA CÔNG
101	2	Tấm cố định slider	Thép C45	Thép tấm	Tấm	110	23	15	2	
102-1	1	Slider tầng 1	Thép HPM1	Thép tấm	Tấm	120	65	40	1	
102-2	1	Slider tầng 2	Thép HPM1	Thép tấm	Tấm	100	35	25	2	
103	1	Khối chặn	Thép C45	Thép tấm	Tấm	60	30	40	1	
104	1	Outsrt Tee	Thép HPM1	Thép tấm	Tấm	61	30	23	1	
PHÍA DI ĐỘNG										
201	1	Tấm core	Thép HPM1	Thép tấm	Tấm	135	95	40	2	CÁC KÍCH THƯỚC ĐÃ BAO GỒM LƯỢNG DƯ GIA CÔNG
202	1	Runner Off/On	Thép HPM1	Thép ống Ø20	Ống	50			1	
203	1	Đế bắt vít nhún runner Off/On	Thép C45	Thép tấm	Tấm	45	25	18	1	
PHÍA CỐ ĐỊNH										
301	1	Tấm cavity	Thép HPM1	Thép tấm	Tấm	134	95	30	2	CÁC KÍCH THƯỚC ĐÃ BAO GỒM LƯỢNG DƯ GIA CÔNG
302	1	Insert chữ	Thép HPM1	Thép ống Ø35	Ống	60			2	
303	1	Khoá khuôn	Thép C45	Thép tấm	Tấm	60	30	15	1	
TỔNG KHỐI LƯỢNG THÉP:										

Phụ lục 5. Chương trình gia công CNC/CAM

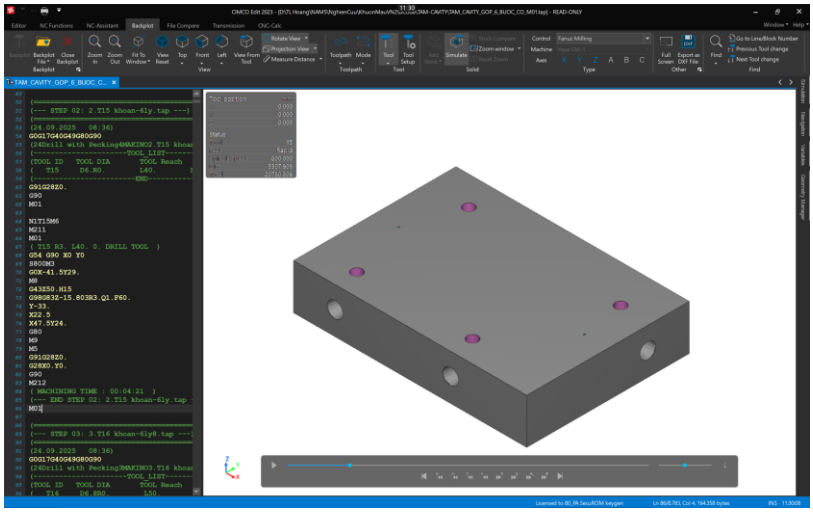
- **Tấm Cavity**
  - **Lần gá 1**

```
%
O9006 (MERGED NC - 6 STEPS)
(MERGED NC - TAM CAVITY)
(TOTAL STEPS: 6)
(SOURCE FILES: 1.T14, 2.T15, 3.T16, 4.T3, 5.T6, 6.T6)
(CHECK: G54 / TOOL H OFFSET / MACHINE ORIGIN BEFORE RUN)
(NOTE: ORIGINAL G28/M211/M212 ARE KEPT)
(MODE: CO_M01 - OPTIONAL STOP KEPT)

(================================================================)
(--- STEP 01: 1.T14 khoan-tam.tap ---)
(================================================================)
G0G17G40G49G80G90
(24Drilling0MAKINO1.T14 khoan-tam.taptam-cavityAdmin)
(----------TOOL_LIST----------)
(TOOL ID   TOOL DIA      TOOL Reach   TOOL Comment)
(  T14     D1.R0.        L20.         Drill Tool )
(----------END----------)
G91G28Z0.
G90
M01

N1T14M6
M211
M01
(  T14  R0.5  L20.  0.
DRILL TOOL  )
G54 G90 X0 Y0
S1200M3
G0X51.5Y0.
M8
G43Z50.H14
G98G81Z-1.3R3.F30.
```



X47.5Y24.
X22.5Y-33.
X-41.5
X-51.5Y0.
X-41.5Y29.
G80
M9
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME : 00:00:54)
(--- END STEP 01: 1.T14 khoan-tam.tap ---)
M01

(===)
(--- STEP 02: 2.T15 khoan-6ly.tap ---)
(===)
(24.09.2025 08:36)
G0G17G40G49G80G90
(24Drill with Pecking4MAKINO2.T15 khoan-6ly.taptam-cavityAdmin)
(----------TOOL_LIST----------)
(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)
(T15 D6.R0. L40. Drill Tool)
(----------END----------)
G91G28Z0.
G90
M01



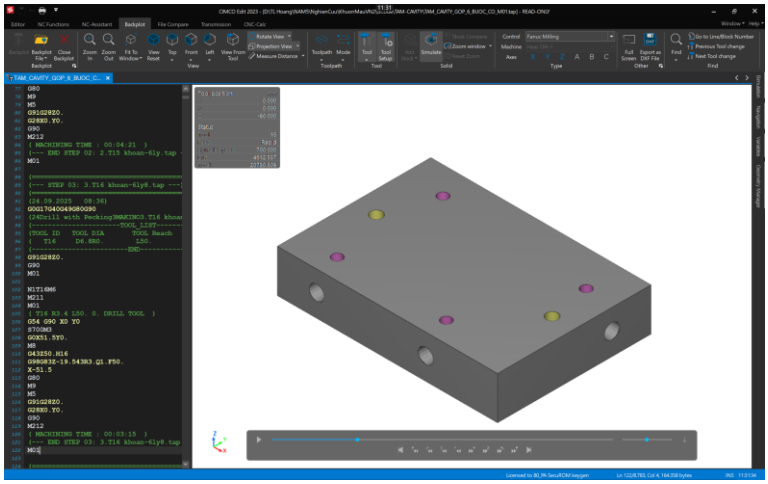
N1T15M6
M211
M01
(T15 R3. L40. 0. DRILL TOOL)
G54 G90 X0 Y0

S800M3
G0X-41.5Y29.
M8
G43Z50.H15
G98G83Z-15.803R3.Q1.F60.
Y-33.
X22.5
X47.5Y24.
G80
M9
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME : 00:04:21)
(--- END STEP 02: 2.T15 khoan-6ly.tap ---)
M01

(==========)
(--- STEP 03: 3.T16 khoan-6ly8.tap ---)
(==========)
(24.09.2025 08:36)
G0G17G40G49G80G90
(24Drill with Pecking3MAKINO3.T16 khoan-6ly.taptam-cavityAdmin)
(----------TOOL_LIST----------)
(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)
(T16 D6.8R0. L50. Drill Tool)
(----------END----------)
G91G28Z0.
G90
M01

N1T16M6
M211
M01

(T16 R3.4 L50. 0. DRILL TOOL)

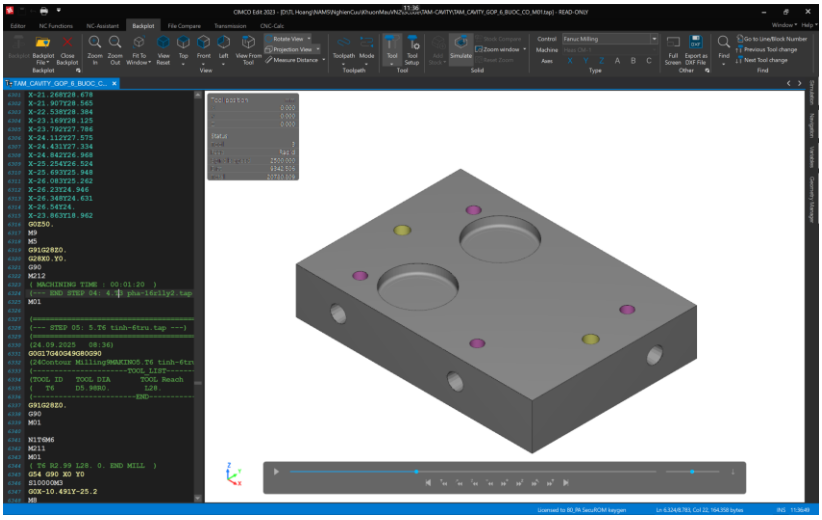


G54 G90 X0 Y0
S700M3
G0X51.5Y0.
M8
G43Z50.H16
G98G83Z-19.543R3.Q1.F50.
X-51.5
G80
M9
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME : 00:03:15)
(--- END STEP 03: 3.T16 khoan-6ly8.tap ---)
M01

(==========)
(--- STEP 04: 4.T3 pha-16r1ly2.tap ---)
(==========)
(24.09.2025 08:36)
G0G17G40G49G80G90
(24Optimized Rest Roughing1MAKINO4.T3 pha-16r1ly2.taptam-cavityAdmin)
(----------TOOL_LIST----------)
(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)
(T3 D16.R1.2 L51. Bullnose End Mill)
(----------END----------)
G91G28Z0.
G90
M01

N1T3M6
M211

M01
(T3 R8. L51. 1.2 BULLNOSE END MILL)
G54 G90 X0 Y0
S2500M3



G0X-19.397Y-25.07
M8
G43Z50.H3
G0Z4.843
G1Z-0.157F500.
X-25.081Y-24.585F3000.
X-25.344Y-24.545
X-25.589Y-24.442
X-25.806Y-24.29
X-25.993Y-24.1
X-26.149Y-23.884
…
X-24.842Y26.968
X-25.254Y26.524
X-25.693Y25.948
X-26.083Y25.262
X-26.23Y24.946
X-26.348Y24.631
X-26.54Y24.
X-23.863Y18.962
G0Z50.
M9
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME : 00:01:20)
(--- END STEP 04: 4.T3 pha-16r1ly2.tap ---)
M01

(===)

(--- STEP 05: 5.T6 tinh-6tru.tap ---)

(==========)

(24.09.2025 08:36)

G0G17G40G49G80G90

(24Contour Milling9MAKINO5.T6 tinh-6tru.taptam-cavityAdmin)

(----------TOOL_LIST----------)

(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)

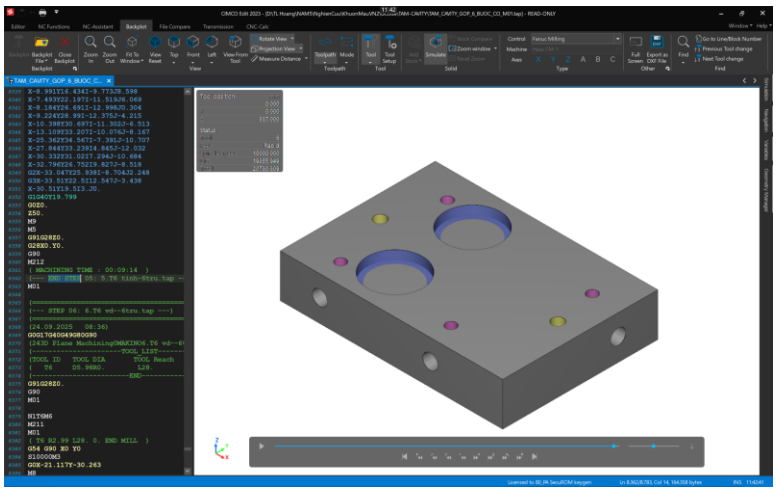
(T6 D5.98R0. L28. End Mill)

(----------END----------)

G91G28Z0.

G90

M01



N1T6M6

M211

M01

(T6 R2.99 L28. 0. END MILL)

G54 G90 X0 Y0

S10000M3

G0X-10.491Y-25.2

M8

G43Z50.H6

G0Z0.

G1Z-0.1F500.

G41D6Y-25.499F1000.

G3X-7.49Y-22.499I0.001J3.

X-7.716Y-20.084I-12.969J0.003

X-9.838Y-15.045I-12.786J-2.417

…

X-25.362Y34.567I-7.391J-10.707

X-27.844Y33.239I4.845J-12.032

X-30.332Y31.02I7.294J-10.684

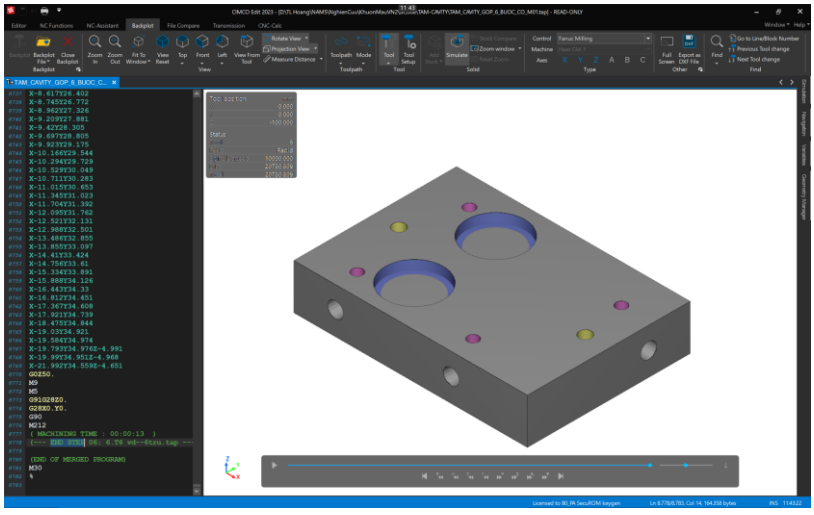
X-32.796Y26.752I9.827J-8.518

G2X-33.047Y25.938I-8.704J2.248

G3X-33.51Y22.5I12.547J-3.438

X-30.51Y19.5I3.J0.
G1G40Y19.799
G0Z0.
Z50.
M9
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME : 00:09:14)
(--- END STEP 05: 5.T6 tinh-6tru.tap ---)
M01

(==========)
(--- STEP 06: 6.T6 vd--6tru.tap ---)
(==========)
(24.09.2025 08:36)
G0G17G40G49G80G90
(243D Plane Machining0MAKINO6.T6 vd--6tru.taptam-cavityAdmin)
(----------TOOL_LIST----------)
(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)
(T6 D5.98R0. L28. End Mill)
(----------END----------)
G91G28Z0.
G90
M01



N1T6M6
M211
M01
(T6 R2.99 L28. 0. END MILL)
G54 G90 X0 Y0
S10000M3
G0X-21.117Y-30.263

M8
G43Z50.H6
G0Z-5.
G1X-20.799Y-32.685F1000.
X-20.786Y-32.779
X-20.745Y-32.865
X-20.679Y-32.933
X-20.594Y-32.977
X-20.5Y-32.992
…
X-19.03Y34.921
X-19.584Y34.974
X-19.793Y34.976Z-4.991
X-19.99Y34.951Z-4.968
X-21.992Y34.559Z-4.651
G0Z50.
M9
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME : 00:00:13)
(--- END STEP 06: 6.T6 vd--6tru.tap ---)

(END OF MERGED PROGRAM)
M30
%

- **Lần gá 2**

%
O0001 (TAM CAVITY MERGED 16 STEPS)
(MERGED FROM 16 TAP FILES - KEEP ORIGINAL COORDINATES)
(DO NOT RUN BEFORE SIMULATION / SINGLE BLOCK CHECK)
(----------)

(========== STEP 01 - 1.T1 KHOAN-12LY-HPE-KHOAN-DUNG(1) ==========)

(24.09.2025 08:35)

G0G17G40G49G80G90

(24Drill with Pecking0MAKINO1.T1 KHOAN-12LY-HPE-KHOAN-DUNG.taptam-cavityAdmin)

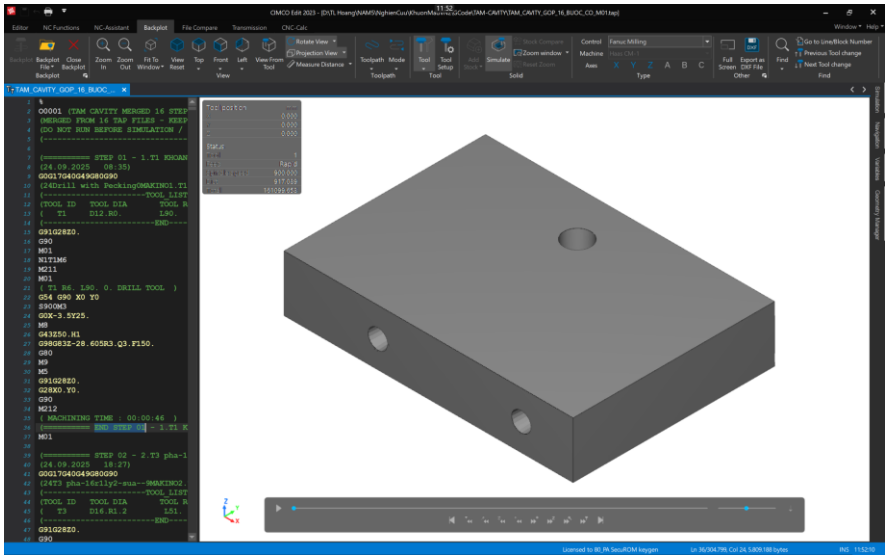
(----------TOOL_LIST----------)

(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)

(T1 D12.R0. L90. Drill Tool)

(----------END----------)

G91G28Z0.



G90

M01

N1T1M6

M211

M01

(T1 R6. L90. 0. DRILL TOOL)

G54 G90 X0 Y0

S900M3

G0X-3.5Y25.

M8

G43Z50.H1

G98G83Z-28.605R3.Q3.F150.

G80

M9

M5

G91G28Z0.

G28X0.Y0.

G90

M212

(MACHINING TIME : 00:00:46)

(========== END STEP 01 - 1.T1 KHOAN-12LY-HPE-KHOAN-DUNG(1) ==========)

M01

(========== STEP 02 - 2.T3 pha-16r1ly2-sua--(1) ==========)

(24.09.2025 18:27)

G0G17G40G49G80G90

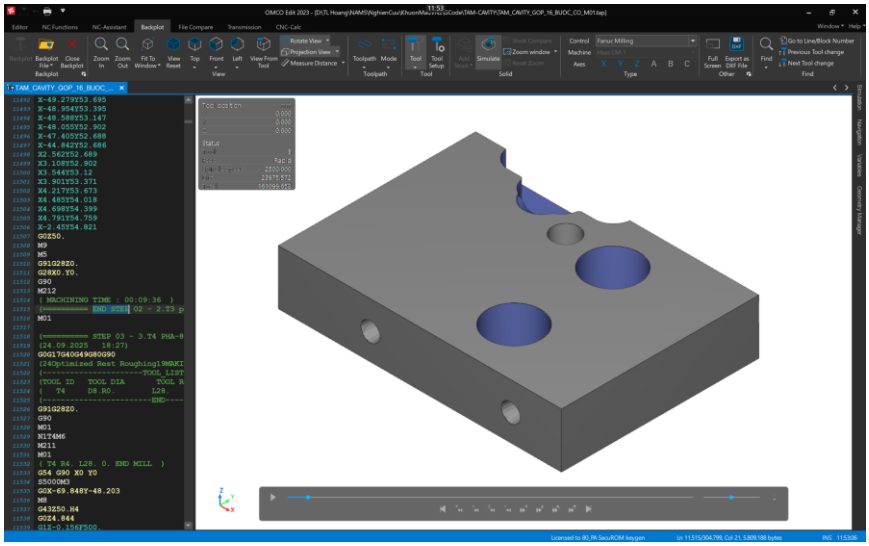
(24T3 pha-16r1ly2-sua--9MAKINO2.T3 pha-16r1ly2-sua--.taptam-cavityAdmin)

(----------TOOL_LIST----------)

(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)

(T3 D16.R1.2 L51. Bullnose End Mill)

(----------END----------)



G91G28Z0.

G90

M01

N1T3M6

M211

M01

(T3 R8. L51. 1.2 BULLNOSE END MILL)

G54 G90 X0 Y0

S2500M3

G0X20.5Y-22.5

M8

G43Z50.H3

G0Z0.02

G1X17.35Z-0.09F500.

X20.5Z-0.2

X16.4F3000.

G3X24.6Y-22.5I4.1J0.

…

X3.108Y52.902

X3.544Y53.12

X3.901Y53.371

X4.217Y53.673

X4.485Y54.018

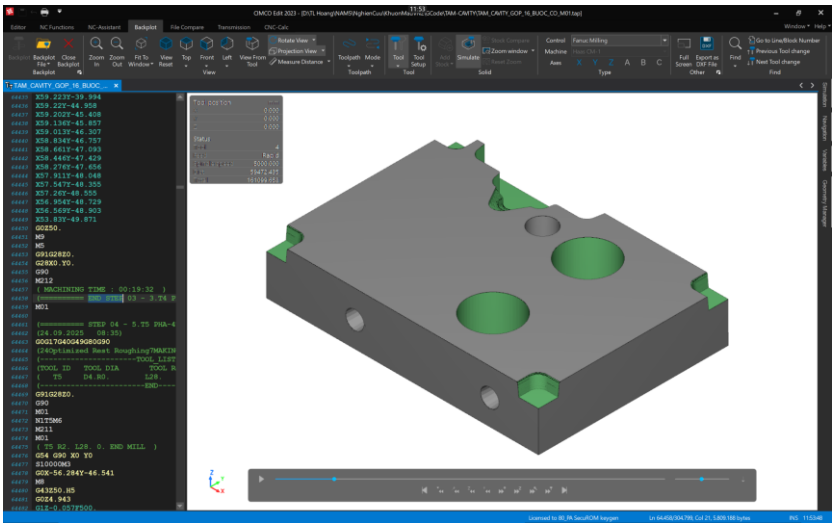
X4.698Y54.399

X4.791Y54.759

X-2.45Y54.821

G0Z50.
M9
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME : 00:09:36)
(========== END STEP 02 - 2.T3 pha-16r1ly2-sua--(1) ==========)
M01

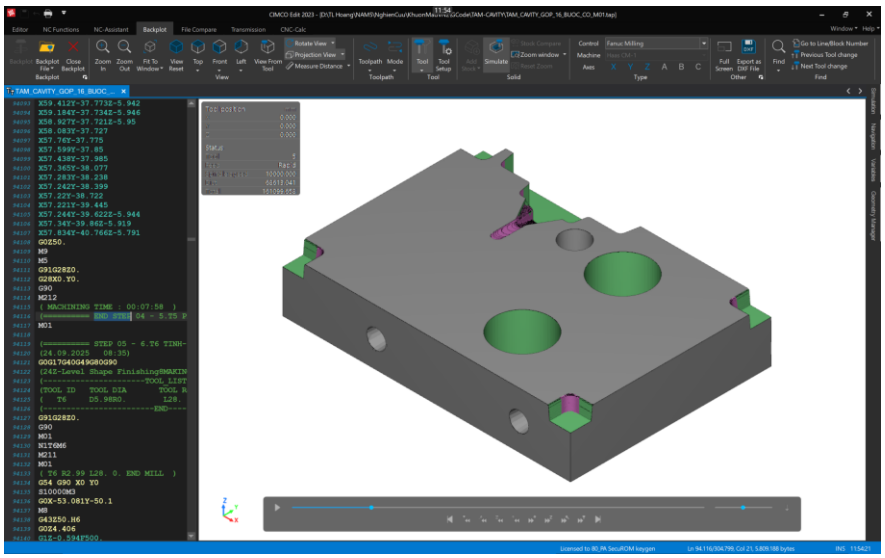
(========== STEP 03 - 3.T4 PHA-8TRU-L28(1) ==========)
(24.09.2025 18:27)
G0G17G40G49G80G90
(24Optimized Rest Roughing19MAKINO3.T4 PHA-8TRU-L28.taptam-cavityAdmin)
(----------TOOL_LIST----------)
(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)
(T4 D8.R0. L28. End Mill)
(----------END----------)
G91G28Z0.
G90
M01
N1T4M6
M211
M01
(T4 R4. L28. 0. END MILL)
G54 G90 X0 Y0
S5000M3
G0X-69.848Y-48.203
M8
G43Z50.H4
G0Z4.844
G1Z-0.156F500.
X-66.948Y-48.037F1500.
X-66.632Y-48.001



X-66.331Y-47.898
X-66.057Y-47.736
…
X57.26Y-48.555
X56.954Y-48.729
X56.569Y-48.903
X53.83Y-49.871
G0Z50.
M9
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME : 00:19:32)
(========== END STEP 03 - 3.T4 PHA-8TRU-L28(1) ==========)
M01

(========== STEP 04 - 5.T5 PHA-4TRU-12-CAN6-L28(1) ==========)
(24.09.2025 08:35)
G0G17G40G49G80G90
(24Optimized Rest Roughing7MAKINO5.T5 PHA-4TRU-12-CAN6-L28.taptam-cavityAdmin)
(----------TOOL_LIST----------)
(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)
(T5 D4.R0. L28. End Mill)
(----------END----------)
G91G28Z0.
G90
M01
N1T5M6
M211
M01
(T5 R2. L28. 0. END MILL)
G54 G90 X0 Y0
S10000M3

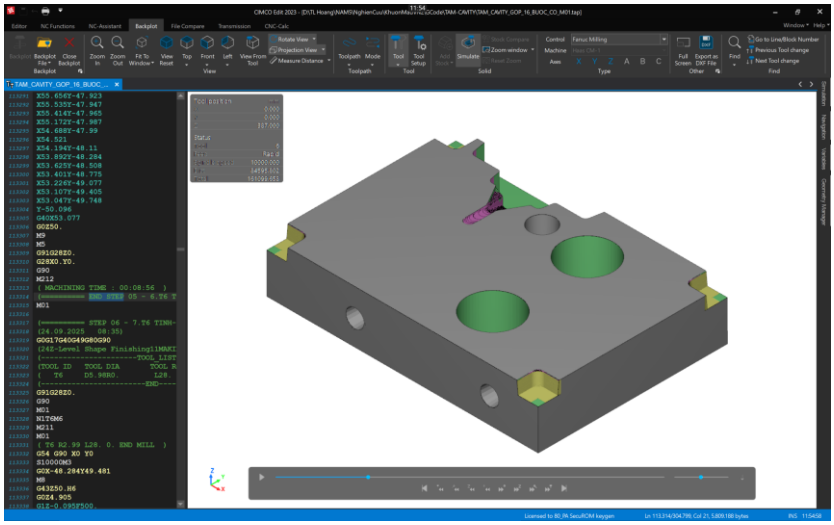
G0X-56.284Y-46.541



M8
G43Z50.H5
G0Z4.943
G1Z-0.057F500.
Y-45.036F1000.
X-56.291Y-38.077
X-56.331Y-37.754
X-56.381Y-37.593
X-56.456Y-37.431
…
X57.242Y-38.399
X57.22Y-38.722
X57.221Y-39.445
X57.244Y-39.622Z-5.944
X57.34Y-39.86Z-5.919
X57.834Y-40.766Z-5.791
G0Z50.
M9
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME : 00:07:58)
(========== END STEP 04 - 5.T5 PHA-4TRU-12-CAN6-L28(1) ==========)
M01

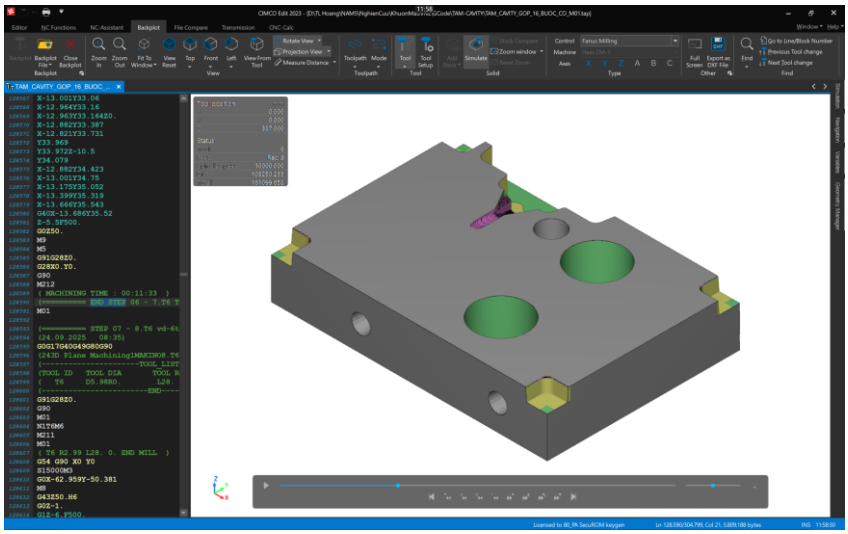
(========== STEP 05 - 6.T6 TINH-6TRU-BU-D(1) ==========)
(24.09.2025 08:35)
G0G17G40G49G80G90
(24Z-Level Shape Finishing8MAKINO6.T6 TINH-6TRU-BU-D.taptam-cavityAdmin)
(----------TOOL_LIST----------)
(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)
(T6 D5.98R0. L28. End Mill)
(----------END----------)

G91G28Z0.
G90
M01
N1T6M6
M211
M01
(T6 R2.99 L28. 0. END MILL)
G54 G90 X0 Y0
S10000M3
G0X-53.081Y-50.1
M8
G43Z50.H6
G0Z4.406
G1Z-0.594F500.
G41D6X-53.051F1000.
Y-49.751
X-53.11Y-49.407
X-53.229Y-49.08
X-53.403Y-48.777
X-53.626Y-48.51
X-53.893Y-48.285
X-54.194Y-48.11
X-54.521Y-47.99
…
X53.401Y-48.775
X53.226Y-49.077
X53.107Y-49.405
X53.047Y-49.748
Y-50.096
G40X53.077
G0Z50.
M9
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.



G90
M212
(MACHINING TIME : 00:08:56)
(========== END STEP 05 - 6.T6 TINH-6TRU-BU-D(1) ==========)
M01

(========== STEP 06 - 7.T6 TINH-6TRU-BU-D(1) ==========)
(24.09.2025 08:35)
G0G17G40G49G80G90
(24Z-Level Shape Finishing11MAKINO7.T6 TINH-6TRU-BU-D.taptam-cavityAdmin)
(----------TOOL_LIST----------)
(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)
(T6 D5.98R0. L28. End Mill)
(----------END----------)
G91G28Z0.
G90
M01
N1T6M6
M211
M01
(T6 R2.99 L28. 0. END MILL)
G54 G90 X0 Y0
S10000M3
G0X-48.284Y49.481
M8
G43Z50.H6
G0Z4.905
G1Z-0.095F500.
G41D6X-48.303Y49.504F1000.
X-48.574Y49.284
X-48.802Y49.021
X-48.981Y48.721
X-49.105Y48.396
X-49.171Y48.053



…
X-13.001Y34.75
X-13.175Y35.052
X-13.399Y35.319
X-13.666Y35.543
G40X-13.686Y35.52
Z-5.5F500.
G0Z50.
M9
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME : 00:11:33)
(========== END STEP 06 - 7.T6 TINH-6TRU-BU-D(1) ==========)
M01

(========== STEP 07 - 8.T6 vd-6tru(1) ==========)
(24.09.2025 08:35)
G0G17G40G49G80G90
(243D Plane Machining1MAKINO8.T6 vd-6tru.taptam-cavityAdmin)
(----------TOOL_LIST----------)
(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)
(T6 D5.98R0. L28. End Mill)
(----------END----------)
G91G28Z0.
G90
M01
N1T6M6
M211
M01
(T6 R2.99 L28. 0. END MILL)
G54 G90 X0 Y0
S15000M3
G0X-62.959Y-50.381

M8

G43Z50.H6

G0Z-1.

G1Z-6.F500.

X-62.83Y-

47.941F500.

X-62.826Y-47.863

X-62.814Y-47.785

X-62.769Y-47.635

…

X57.29Y-47.655

X57.09Y-47.813

X56.902Y-47.941

X54.808Y-49.199

G0Z50.

M9

M5

G91G28Z0.

G28X0.Y0.

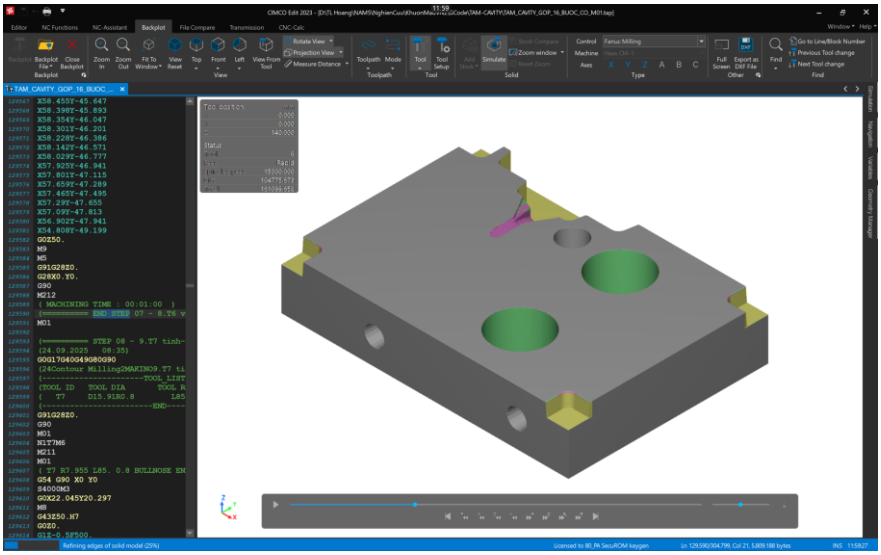
G90

M212

(MACHINING TIME : 00:01:00)

(========== END STEP 07 - 8.T6 vd-6tru(1) ==========)

M01



(========== STEP 08 - 9.T7 tinh-15ly91-bu-d(1) ==========)

(24.09.2025 08:35)

G0G17G40G49G80G90

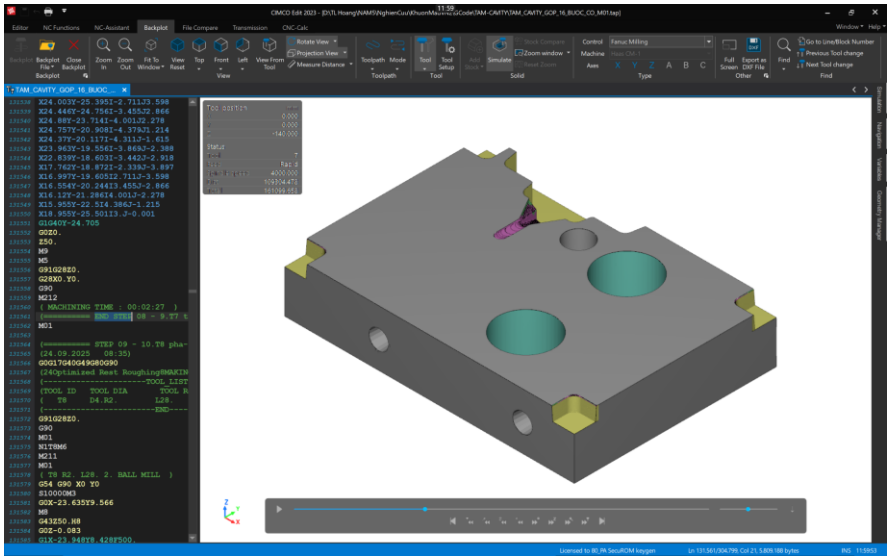
(24Contour Milling2MAKINO9.T7 tinh-15ly91-bu-d.taptam-cavityAdmin)

(----------TOOL_LIST----------)

(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)

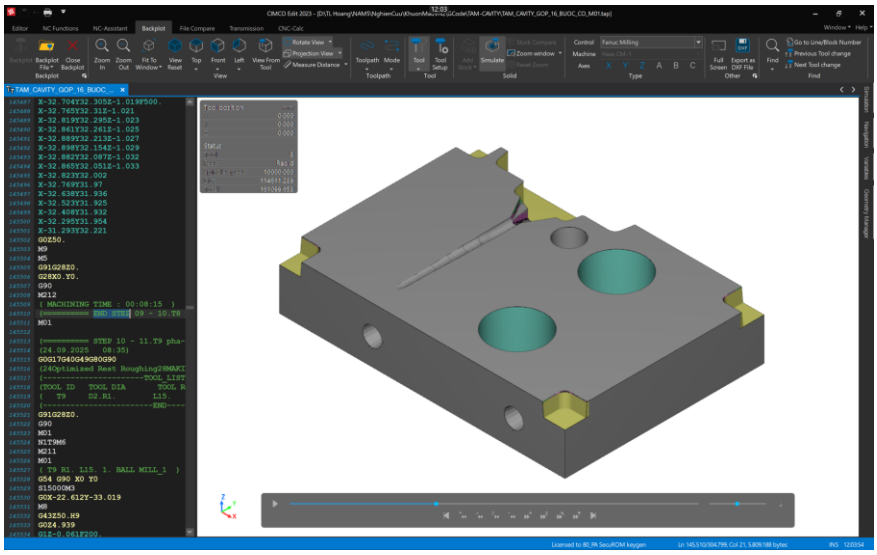
(T7 D15.91R0.8 L85. Bullnose End Mill)

(----------END----------)



G91G28Z0.
G90
M01
N1T7M6
M211
M01
(T7 R7.955 L85. 0.8 BULLNOSE END MILL)
G54 G90 X0 Y0
S4000M3
G0X22.045Y20.297
M8
G43Z50.H7
G0Z0.
G1Z-0.5F500.
G41D7Y19.501F1500.
G3X25.045Y22.501I0.J3.
X24.636Y24.384I-4.537J0.
X24.01Y25.386I-4.07J-1.843
…
X16.12Y-21.286I4.001J-2.278
X15.955Y-22.5I4.386J-1.215
X18.955Y-25.501I3.J-0.001
G1G40Y-24.705
G0Z0.
Z50.
M9
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME : 00:02:27)
(========== END STEP 08 - 9.T7 tinh-15ly91-bu-d(1) ==========)
M01

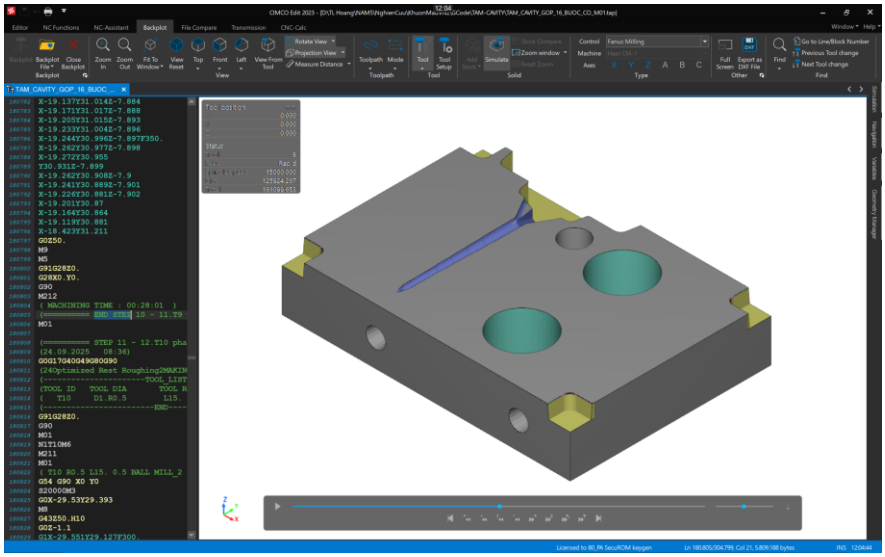
(========== STEP 09 - 10.T8 pha-4cau(1) ==========)
(24.09.2025 08:35)
G0G17G40G49G80G90
(24Optimized Rest Roughing8MAKINO10.T8 pha-4cau.taptam-cavityAdmin)
(----------TOOL_LIST----------)
(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)
(T8 D4.R2. L28. Ball Mill)
(----------END----------)
G91G28Z0.



G90
M01
N1T8M6
M211
M01
(T8 R2. L28. 2. BALL MILL)
G54 G90 X0 Y0
S10000M3
G0X-23.635Y9.566
M8
G43Z50.H8
G0Z-0.083
G1X-23.948Y8.428F500.
X-23.997Y8.223
X-24.004Y8.118
X-23.967Y5.12
X-23.907Y4.915
…
X-32.638Y31.936
X-32.523Y31.925
X-32.408Y31.932
X-32.295Y31.954
X-31.293Y32.221
G0Z50.
M9

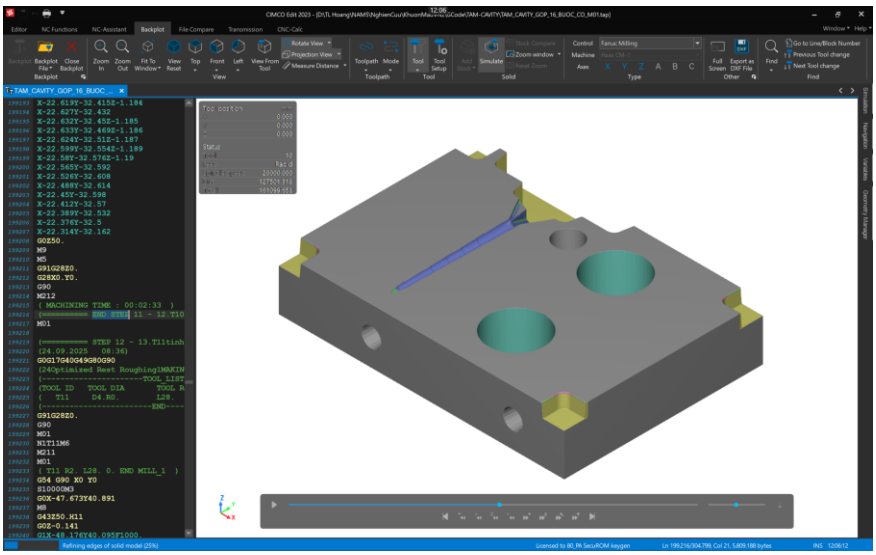
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME : 00:08:15)
(========== END STEP 09 - 10.T8 pha-4cau(1) ==========)
M01

(========== STEP 10 - 11.T9 pha-2cau-l6(1) ==========)
(24.09.2025 08:35)
G0G17G40G49G80G90
(24Optimized Rest Roughing28MAKINO11.T9 pha-2cau-l6.taptam-cavityAdmin)
(----------TOOL_LIST----------)
(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)
(T9 D2.R1. L15. Ball Mill_1)
(----------END----------)
G91G28Z0.
G90
M01
N1T9M6
M211
M01
(T9 R1. L15. 1. BALL MILL_1)
G54 G90 X0 Y0
S15000M3
G0X-22.612Y-33.019
M8
G43Z50.H9
G0Z4.939
G1Z-0.061F200.
X-22.868Y-33.475Z-0.077F350.
X-22.89Y-33.528Z-0.079
X-22.904Y-33.583Z-0.08
…



X-19.262Y30.908Z-7.9
X-19.241Y30.889Z-7.901
X-19.226Y30.881Z-7.902
X-19.201Y30.87
X-19.164Y30.864
X-19.119Y30.881
X-18.423Y31.211
G0Z50.
M9
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME : 00:28:01)
(========== END STEP 10 - 11.T9 pha-2cau-l6(1) ==========)
M01

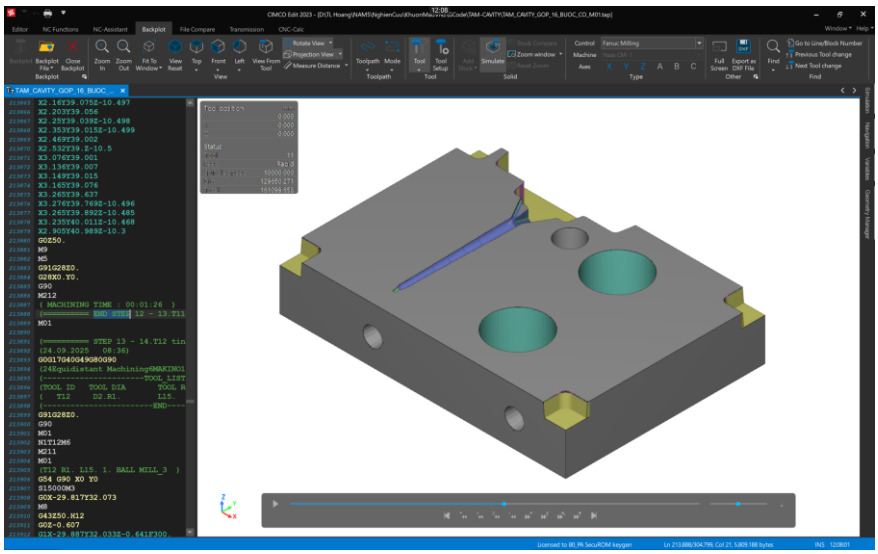
(========== STEP 11 - 12.T10 pha-1cau-l6(1) ==========)
(24.09.2025 08:36)
G0G17G40G49G80G90
(24Optimized Rest Roughing2MAKINO12.T10 pha-1cau-l6.taptam-cavityAdmin)
(----------TOOL_LIST----------)
(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)
(T10 D1.R0.5 L15. Ball Mill_2)
(----------
END----------
----)
G91G28Z0.
G90
M01
N1T10M6
M211
M01
(T10 R0.5 L15. 0.5
BALL MILL_2)



G54 G90 X0 Y0
S20000M3
G0X-29.53Y29.393
M8
G43Z50.H10
G0Z-1.1
G1X-29.551Y29.127F300.
X-29.554Y29.063
X-29.549Y29.031
X-29.539Y29.
X-29.526Y28.973
…
X-22.565Y-32.592
X-22.526Y-32.608
X-22.488Y-32.614
X-22.45Y-32.598
X-22.412Y-32.57
X-22.389Y-32.532
X-22.376Y-32.5
X-22.314Y-32.162
G0Z50.
M9
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME : 00:02:33)
(========== END STEP 11 - 12.T10 pha-1cau-l6(1) ==========)
M01

(========== STEP 12 - 13.T11tinh-4tru-l12-can6-l28(1) ==========)
(24.09.2025 08:36)
G0G17G40G49G80G90
(24Optimized Rest Roughing1MAKINO13.T11tinh-4tru-l12-can6-l28.taptam-cavityAdmin)

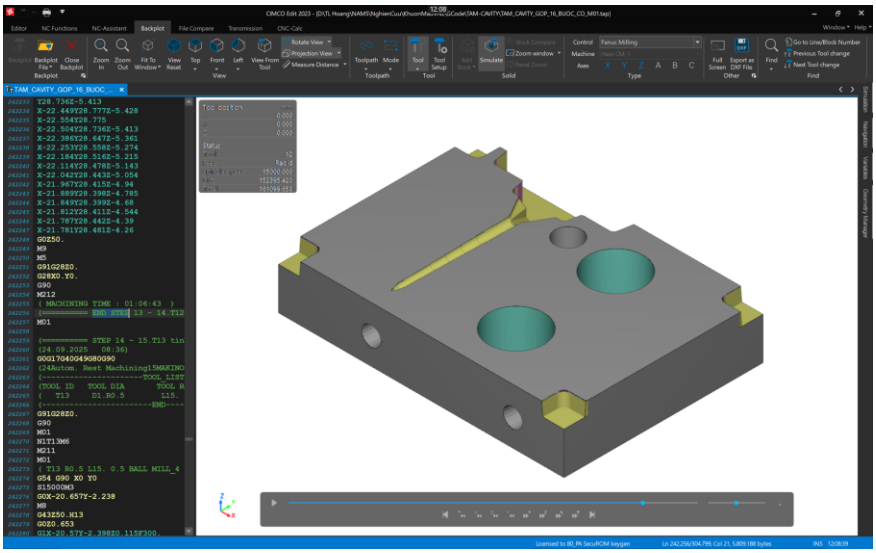
(----------TOOL_LIST----------)
(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)
(T11 D4.R0. L28. End Mill_1)
(----------END----------)
G91G28Z0.
G90
M01
N1T11M6
M211
M01
(T11 R2. L28. 0.
END MILL_1)
G54 G90 X0 Y0
S10000M3
G0X-47.673Y40.891
M8
G43Z50.H11
G0Z-0.141
G1X-48.176Y40.095F1000.
X-48.222Y40.002
X-48.253Y39.903
X-48.269Y39.801
…



X3.276Y39.769Z-10.496
X3.265Y39.892Z-10.485
X3.235Y40.011Z-10.468
X2.905Y40.989Z-10.3
G0Z50.
M9
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME : 00:01:26)

(========== END STEP 12 - 13.T11tinh-4tru-l12-can6-l28(1) ==========)
M01

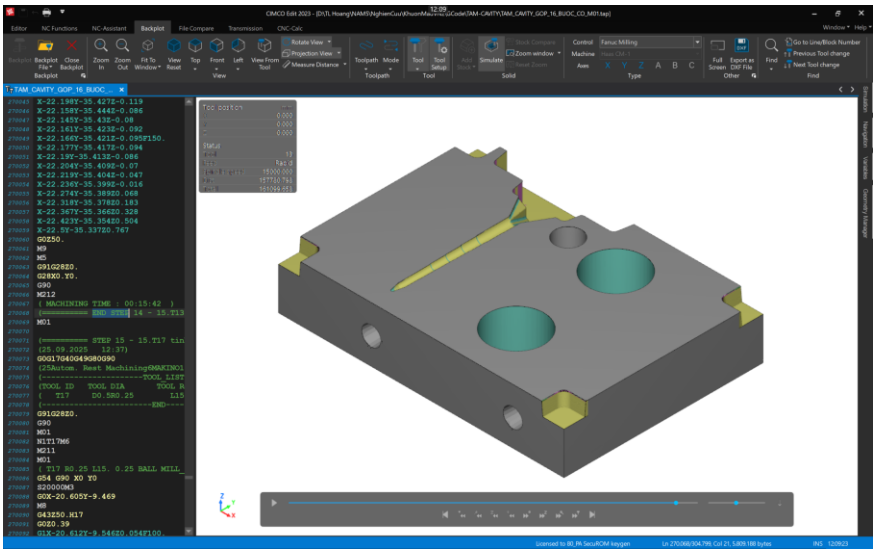
(========== STEP 13 - 14.T12 tinh-2cau-l6(1) ==========)
(24.09.2025 08:36)
G0G17G40G49G80G90
(24Equidistant Machining6MAKINO14.T12 tinh-2cau-l6.taptam-cavityAdmin)
(----------TOOL_LIST----------)
(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)
(T12 D2.R1. L15. Ball Mill_3)
(----------END----------)



G91G28Z0.
G90
M01
N1T12M6
M211
M01
(T12 R1. L15. 1. BALL MILL_3)
G54 G90 X0 Y0
S15000M3
G0X-29.817Y32.073
M8
G43Z50.H12
G0Z-0.607
G1X-29.887Y32.033Z-0.641F300.
X-29.977Y31.966Z-0.689
X-30.079Y31.863Z-0.748
X-30.146Y31.771Z-0.792
X-30.215Y31.64Z-0.844
…
X-21.812Y28.411Z-4.544
X-21.787Y28.442Z-4.39
X-21.781Y28.481Z-4.26
G0Z50.
M9

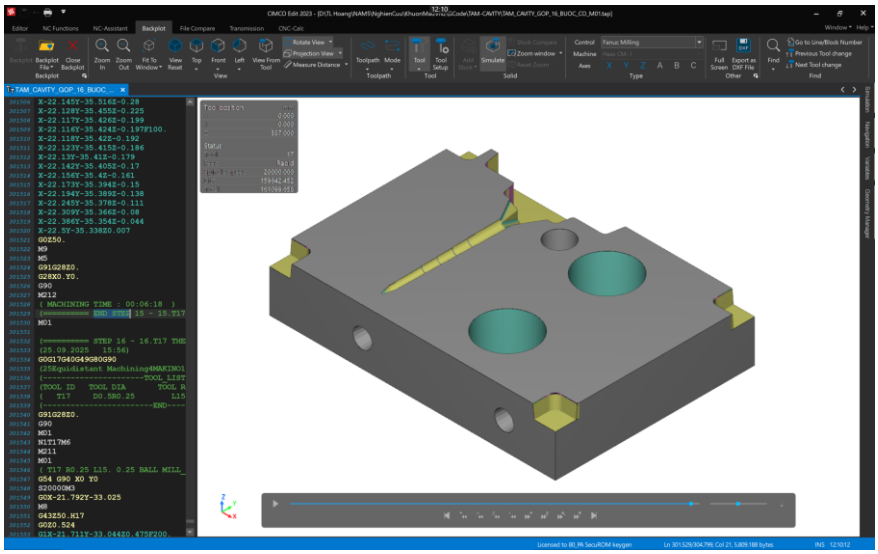
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME : 01:06:43)
(========== END STEP 13 - 14.T12 tinh-2cau-l6(1) ==========)
M01

(========== STEP 14 - 15.T13 tinh-1cau-l4(1) ==========)
(24.09.2025 08:36)
G0G17G40G49G80G90
(24Autom. Rest Machining15MAKINO15.T13 tinh-1cau-l4.taptam-cavityAdmin)
(----------TOOL_LIST----------)
(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)
(T13 D1.R0.5 L15. Ball Mill_4)
(----------END----------)
G91G28Z0.
G90
M01
N1T13M6
M211
M01
(T13 R0.5 L15. 0.5 BALL MILL_4)
G54 G90 X0 Y0
S15000M3
G0X-20.657Y-2.238
M8
G43Z50.H13
G0Z0.653
G1X-20.57Y-2.398Z0.115F300.
X-20.564Y-2.405Z0.082
X-20.557Y-2.407Z0.058
X-20.549Y-2.404Z0.034
X-20.539Y-2.396Z0.01



…
X-22.274Y-35.389Z0.068
X-22.318Y-35.378Z0.183
X-22.367Y-35.366Z0.328
X-22.423Y-35.354Z0.504
X-22.5Y-35.337Z0.767
G0Z50.
M9
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME : 00:15:42)
(========== END STEP 14 - 15.T13 tinh-1cau-l4(1) ==========)
M01

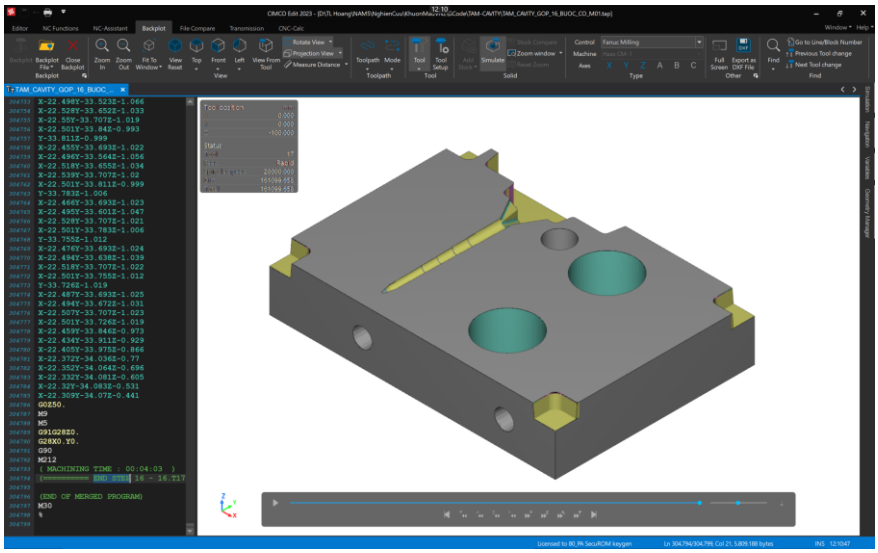
(========== STEP 15 - 15.T17 tinh-0ly5cau-l3(1) ==========)
(25.09.2025 12:37)
G0G17G40G49G80G90
(25Autom. Rest Machining6MAKINO15.T17 tinh-0ly5cau-l3.taptam-cavityAdmin)
(----------TOOL_LIST----------)
(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)
(T17 D0.5R0.25 L15. Ball Mill_5)
(----------END----------)
G91G28Z0.
G90
M01
N1T17M6
M211
M01
(T17 R0.25 L15. 0.25 BALL MILL_5)
G54 G90 X0 Y0
S20000M3
G0X-20.605Y-9.469



M8
G43Z50.H17
G0Z0.39
G1X-20.612Y-9.546Z0.054F100.
X-20.611Y-9.548Z0.041
X-20.609Z0.028
X-20.606Y-9.547Z0.017F200.
…
X-22.245Y-35.378Z-0.111
X-22.309Y-35.366Z-0.08
X-22.386Y-35.354Z-0.044
X-22.5Y-35.338Z0.007
G0Z50.
M9
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME : 00:06:18)
(========== END STEP 15 - 15.T17 tinh-0ly5cau-l3(1) ==========)
M01

(========== STEP 16 - 16.T17 THEM-0LY5-CAU(1) ==========)
(25.09.2025 15:56)
G0G17G40G49G80G90
(25Equidistant Machining4MAKINO16.T17 THEM-0LY5.taptam-cavityAdmin)
(----------TOOL_LIST----------)
(TOOL ID TOOL DIA TOOL Reach TOOL Comment)
(T17 D0.5R0.25 L15. Ball Mill_5)
(----------END----------)
G91G28Z0.
G90
M01

N1T17M6



M211
M01
(T17 R0.25 L15. 0.25 BALL MILL_5)
G54 G90 X0 Y0
S20000M3
G0X-21.792Y-33.025
M8
G43Z50.H17
G0Z0.524
G1X-21.711Y-33.044Z0.475F200.
X-21.672Y-33.053Z0.442
X-21.599Y-33.069Z0.357
X-21.56Y-33.078Z0.289
X-21.532Y-33.084Z0.216
…
X-22.372Y-34.036Z-0.77
X-22.352Y-34.064Z-0.696
X-22.332Y-34.081Z-0.605
X-22.32Y-34.083Z-0.531
X-22.309Y-34.07Z-0.441
G0Z50.
M9
M5
G91G28Z0.
G28X0.Y0.
G90
M212
(MACHINING TIME: 00:04:03)
(========== END STEP 16 - 16.T17 THEM-0LY5 – CAU (1) ==========)

(END OF MERGED PROGRAM)
M30
%