

UBND TỈNH NGHỆ AN
TRƯỜNG CĐ KTCN VIỆT NAM- HÀN QUỐC

Chủ biên: Đậ Chí Dũng – Nguyễn Quang Quỳnh



GIÁO TRÌNH
CAD - CAM – CNC 2

(Lưu hành nội bộ)

Vinh, năm 2021

MỤC LỤC

I. LỜI NÓI ĐẦU	4
II. NỘI DUNG TỔNG QUÁT VÀ PHÂN BỐ THỜI GIAN MÔ ĐUN	5
III. NỘI DUNG GIÁO TRÌNH.....	7
BÀI 1: PHAY SẢN PHẨM VỚI KIỂU CHẠY DAO HIGH SPEED	7
1. MỤC TIÊU CỦA BÀI.....	7
2. NỘI DUNG BÀI	7
2.1. Lý thuyết liên quan.....	7
2.1.1. Khái niệm phay High Speed	7
2.1.2. Ưu nhược điểm của phay High Speed	8
2.1.3. Phạm vi ứng dụng của phay High Speed	9
2.1.4. Các lựa chọn trong High Speed của Mastercam	11
2.2. Trình tự thực hiện	14
2.2.1. Xây dựng bản vẽ	14
2.2.2. Chọn máy gia công và thiết lập phôi.....	14
2.2.3. Chọn đường chạy dao (Kiểu High Speed)	14
2.2.4. Xuất chương trình	19
2.2.5. Gá phôi, gá dao và chạy chương trình	19
3. BÀI TẬP ỨNG DỤNG	20
4. TÓM TẮT TRÌNH TỰ THỰC HIỆN	28
BÀI 2: PHAY SẢN PHẨM VỚI KIỂU CHẠY DAO 3D.....	30
1. MỤC TIÊU CỦA BÀI.....	30
2. NỘI DUNG BÀI	30
2.1. Lý thuyết liên quan.....	30
2.2. Trình tự thực hiện	31
2.2.1. Vẽ, thiết kế mô hình 3D	31
2.2.2. Lập trình, mô phỏng gia công và xuất file NC	31
2.2.3. Gá phôi, cài đặt dao, góc phôi trên máy CNC	44
2.2.4. Gia công bằng truyền chương trình NC đã lập trình vào máy CNC.....	45
3. BÀI TẬP ỨNG DỤNG	46
4. TÓM TẮT TRÌNH TỰ THỰC HIỆN	49
BÀI 3: LẬP TRÌNH PHAY 4, 5 TRỤC TRÊN MASTERCAM	51
1. MỤC TIÊU CỦA BÀI.....	51
2. NỘI DUNG BÀI	51
2.1. Lý thuyết liên quan.....	51
2.1.1. Tổng quan về gia công 4, 5 trục.....	51
2.1.2. Các kiểu chạy dao 4, 5 trục	55
2.2. Trình tự thực hiện	57
2.2.1. Xây dựng bản vẽ	57
2.2.2. Lựa chọn máy gia công.....	58

2.2.3. Thiết lập phôi	58
2.2.4. Chọn đường chạy dao và thiết lập các thông số.....	61
2.2.5. Xuất chương trình	65
3. BÀI TẬP ỨNG DỤNG	66
4. TÓM TẮT TRÌNH TỰ THỰC HIỆN	66
BÀI 4: PHAY SẢN PHẨM VỚI KIỂU CHẠY DAO 4, 5 TRỤC.....	69
1. MỤC TIÊU CỦA BÀI.....	69
2. NỘI DUNG BÀI	69
2.1. Lý thuyết liên quan.....	69
2.1.1. Gốc tọa độ trong gia công nhiều trục	69
2.1.2. Dụng cụ cắt trong gia công nhiều trục	70
2.2. Trình tự thực hiện.....	71
2.2.1. Đọc bản vẽ.....	71
2.2.2. Gá phôi	71
2.2.3. Xác định và khai báo gốc	71
2.2.4. So dao.....	73
2.2.5. Xây dựng bản vẽ và di chuyển vị trí bản vẽ phù hợp gốc tọa độ.....	74
2.2.6. Biên dịch chương trình.....	74
2.2.7. Gia công trên máy CNC.....	74
3. BÀI TẬP ỨNG DỤNG	75
4. TÓM TẮT TRÌNH TỰ THỰC HIỆN	77
PHỤ LỤC.....	79
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	86

I. LỜI NÓI ĐẦU

Ngày nay, trong ngành công nghiệp gia công cơ khí chính xác, các thiết bị ngày càng hiện đại, sản phẩm gia công ngày càng phức tạp hơn. Đòi hỏi người lập chương trình phải đáp ứng được những yêu cầu mới, đó là thời gian gia công ngắn, chi tiết đạt độ chính xác và độ bóng bề mặt cao, lập trình điều khiển được các máy nhiều trục. Chính vì vậy, môn học CAD-CAM-CNC 2 đã được đưa vào giảng dạy tại trường từ năm 2015.

Năm 2013 nhà trường đã xuất bản cuốn Giáo trình CAD-CAM-CNC và tái bản năm 2019 cung cấp kiến thức, hướng dẫn thực hiện kỹ năng theo nội dung chương trình môn học CAD-CAM-CNC 1.

Tuy nhiên, Với nội dung và yêu cầu môn học CAD-CAM-CNC 2 thì cuốn giáo trình CAD-CAM-CNC 1 không thể cung cấp đủ kiến thức và hướng dẫn trình tự thực hiện kỹ năng cho sinh viên. Vì vậy chúng tôi biên soạn cuốn giáo trình này nhằm cung cấp đầy đủ kiến thức, hướng dẫn chi tiết kỹ năng để sinh viên có thể hoàn thành được chương trình môn học CAD-CAM-CNC 2.

Nội dung cuốn sách không đi sâu vào các vấn đề lý thuyết, mà chỉ tập trung vào các nội dung thực hành và chuẩn bị cho thực hành các kỹ năng. Để người học có thể tự học và tiến hành thực hiện bài thực hành được ngay. Ở mỗi bài học có cung cấp một số kiến thức liên quan, có bài tập minh họa chỉ rõ các bước cho học viên thực hành và có các bài tập ứng dụng để học sinh có thể tự làm ở lớp hoặc ở nhà.

Trong quá trình biên soạn giáo trình, mặc dù đã rất cố gắng nhưng không tránh khỏi những thiếu sót nhất định. Rất mong được sự đóng góp ý kiến xây dựng của các nhà chuyên môn, các bạn đồng nghiệp và đông đảo học sinh, sinh viên cùng các bạn đọc để cho giáo trình ngày càng hoàn thiện hơn.

Chủ biên: TS.Đậu Chí Dũng - Ths.Nguyễn Quang Quỳnh

II. NỘI DUNG TỔNG QUÁT VÀ PHÂN BỐ THỜI GIAN MÔ ĐUN

II.1. Mục tiêu mô đun

- Kiến thức:

- + Trình bày được trình tự tạo một chương trình gia công NC
- + Trình bày được các thiết lập cơ bản trong phần mềm Mastercam khi biên dịch 3D, 4D, 5D.

- Kỹ năng:

- + Vẽ được các bản vẽ 2D, 3D phức tạp trên Mastercam.
- + Dịch được chương trình Phay 2 trục với kiểu chạy dao Highspeed.
- + Dịch được chương trình Phay 3 trục, 4 trục, 5 trục có các thiết lập chế độ gia công chính xác.
- + Kiểm soát dụng cụ cắt, chế độ cắt đảm bảo độ chính xác gia công.
- + Gia công được các sản phẩm phay trên máy 3 trục, 5 trục.

- Năng lực tự chủ và trách nhiệm:

- + Rèn luyện tác phong làm việc cẩn thận và chính xác trong công việc.
- + Tự giác và tích cực trong quá trình học tập, tự nâng cao kiến thức cho bản thân
- + Có tinh thần hợp tác, phối hợp giúp đỡ nhau trong quá trình học tập

II. 2. Nội dung mô đun

Số TT	Tên các bài trong mô đun	Thời gian (giờ)			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành	Kiểm tra
1	Bài 1. Phay sản phẩm với kiểu chạy dao High speed	12	2	10	
2	Bài 2. Phay sản phẩm với kiểu chạy dao 3D	20	2	18	
3	Bài 3. Lập trình phay 4, 5 trục trên Mastercam	16	4	12	
4	Kiểm tra định kỳ	2			2

5	Bài 4. Phay sản phẩm kiểu chạy dao 4, 5 trục	21	2	19	
6	Kiểm tra kết thúc	4			4
7	Cộng	75	10	59	6

III. NỘI DUNG GIÁO TRÌNH

BÀI 1: PHAY SẢN PHẨM VỚI KIỂU CHẠY DAO HIGH SPEED

1. MỤC TIÊU CỦA BÀI

- Trình bày được khái niệm của kiểu chạy dao High Speed.
- Trình bày được ưu, nhược điểm và phạm vi ứng dụng của kiểu chạy dao High Speed.
- Trình bày được các thiết lập trong lựa chọn đường chạy dao High Speed.
- Biên dịch được chương trình theo kiểu chạy dao High Speed.
- Phay được chi tiết theo bản vẽ, đảm bảo yêu cầu kỹ thuật và an toàn.
- Chủ động, sáng tạo và an toàn trong quá trình học tập.

2. NỘI DUNG BÀI

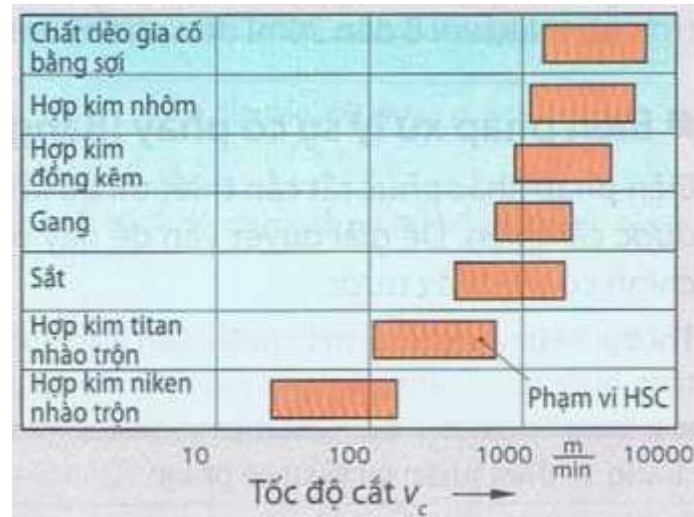
2.1. Lý thuyết liên quan

2.1.1. Khái niệm phay High Speed

Cho đến nay trên thế giới vẫn chưa có một định nghĩa thống nhất cho thuật ngữ “*Gia công tốc độ cao*” (High Speed Machining - HSM). Theo lý thuyết được Salomons đưa ra vào năm 1931 thì “*Gia công tốc độ cao là gia công với vận tốc cắt nhanh hơn vận tốc cắt khi gia công truyền thống từ 5 đến 10 lần*”. Về sau này có thêm một số cách hiểu khác về HSM như *gia công với tốc độ trục chính cao* (high spindle speed machining), *gia công với bước tiến lớn* (high feed machining), *gia công năng suất cao* (high productive machining). Tuy nhiên, các cách hiểu này chỉ mang tính tương đối vì một tốc độ (của trục chính và bàn máy) được xem là nhanh đối với loại vật liệu này có thể bị xem là chậm với một loại vật liệu khác hoặc được xem là nhanh ngày hôm nay sẽ bị xem là bình thường nếu tốc độ cắt được nâng lên trong tương lai.

Ngày nay, khái niệm thường được nhắc đến khi nói về HSM là : “*Gia công tốc độ cao là phương pháp gia công sử dụng tốc độ trục chính cao và bước tiến lớn với lượng dịch dao ngang nhỏ và chiều sâu cắt nhỏ*”. Khái niệm này trực quan giúp mọi người có thể phân biệt HSM với các phương pháp gia công khác nhưng nó chưa thể hiện hết bản chất của HSM vì HSM là một phương pháp gia công được tổng hợp từ nhiều yếu tố công nghệ như máy móc, thiết bị, phần mềm lập trình và chế độ cắt gọt ... để đạt hiệu quả gia công cao nhất.

Tốc độ cắt của HSM thông thường nằm trong phạm vi năm đến mười lần cao hơn so với máy phay thường. Tốc độ bước dẫn tiến tăng cao ở bước dẫn tiến nhỏ cho mỗi răng và chiều sâu cắt xuyên tâm a nhỏ của dao phay ngón (dao phay trụ) cũng là đặc trưng của phương pháp này. Chiều sâu cắt dọc trục nằm phần lớn trong phạm vi từ 0,1% đến 5% của đường kính dao phay.



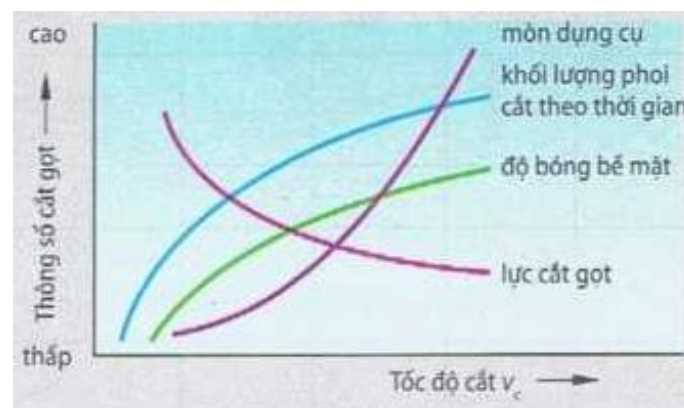
Hình 1.1: Phạm vi tốc độ cắt chop hay tốc độ cao

2.1.2. Ưu nhược điểm của phay High Speed

a. Ưu điểm

So với gia công truyền thống thì gia công cao tốc có những ưu điểm nổi bật. Nó có thể làm giảm thời gian gia công đến 90% và giảm đến 50% chi phí gia công, tùy trường hợp.

Hình 1.2 là biểu đồ thể hiện ảnh hưởng của tốc độ cắt đến các thông số cắt gọt.



Hình 1.2: Các thông số của công suất phụ thuộc vào tốc độ cắt

Một số ưu điểm khác của gia công cao tốc như sau:

- Tốc độ bóc vật liệu cao.

- Chất lượng bề mặt gia công tốt.
- Lực cắt thấp, vì vậy sai số do ảnh hưởng của rung động rất thấp, vì vậy độ chính xác hình kích thước và hình dáng cao.
- Có khả năng gia công được các gân mỏng.
- Nhiệt cắt thoát chủ yếu qua phoi, vì vậy chi tiết gia công và dụng cụ cắt gần như không bị ảnh hưởng bởi nhiệt cắt, do đó ít hư hại bề mặt gia công.

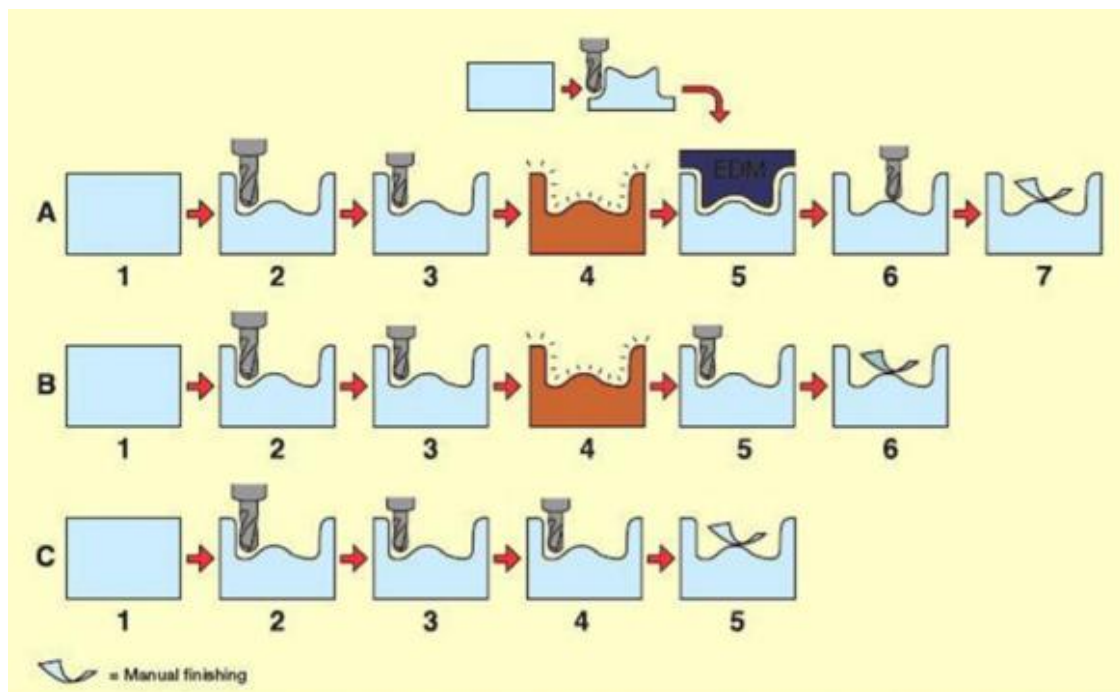
b. Nhược điểm

- Đòi hỏi thiết bị có tốc độ trục chính cao (từ 8000 vòng/phút), độ cứng vững của thiết bị tốt.
- Đòi hỏi dụng cụ cắt có độ cứng cao, bởi vì khi phay với tốc độ cao cũng đồng nghĩa với tốc độ mòn dụng cụ cũng tăng cao.

2.1.3. Phạm vi ứng dụng của phay High Speed

Nhờ những ưu điểm trên mà HSM được ứng dụng ngày càng phổ biến trong hầu hết các lĩnh vực có liên quan đến gia công cơ khí.

* Khuôn mẫu



Hình 1.3: Giám nguyên công với HSM khi gia công khuôn mẫu

Trong ngành khuôn mẫu (khuôn ép nhựa, khuôn thổi, khuôn dập..), HSM có thể được ứng dụng cả trong gia công thô, gia công bán tinh và gia công tinh. Đối với những

tấm khuôn lớn, khối lượng gia công nhiều, người ta dùng HSM trong gia công bán tinh để làm đồng đều lượng vật liệu còn lại sau khi gia công thô bằng những dao có đường kính lớn và chiều sâu cắt dày sau đó gia công tinh để nâng cao chất lượng bề mặt. Đối với các chi tiết nhỏ, HSM có thể được dùng cho toàn bộ quá trình gia công. Việc sử dụng HSM có thể thay đổi qui trình công nghệ gia công từ đó nâng cao năng suất. Cụ thể, HSM có khả năng thay thế phương pháp gia công bằng tia lửa điện EDM để gia công tinh những tấm khuôn đã được nhiệt luyện (hình 1.3B), hoặc thậm chí hoàn thành toàn bộ quá trình gia công từ thô đến tinh trên một khối kim loại đã được nhiệt luyện từ trước (hình 1.3C)

** Tạo mẫu nhanh*

Vòng đời của sản phẩm ngày càng ngắn đồng nghĩa với việc nghiên cứu, thử nghiệm sản phẩm mới cũng phải diễn ra ngày càng nhanh. Hiện nay, công việc này được thực hiện bằng hai phương pháp chính là tạo mẫu nhanh (rapid prototyping) và phay HSM. So với tạo mẫu nhanh, HSM có ưu điểm là gia công được nhiều loại vật liệu với độ bóng bề mặt cao hơn và thời gian tạo mẫu nhanh hơn nếu tỉ lệ vật liệu phải cắt bỏ không quá lớn.

** Điện tử viễn thông.*

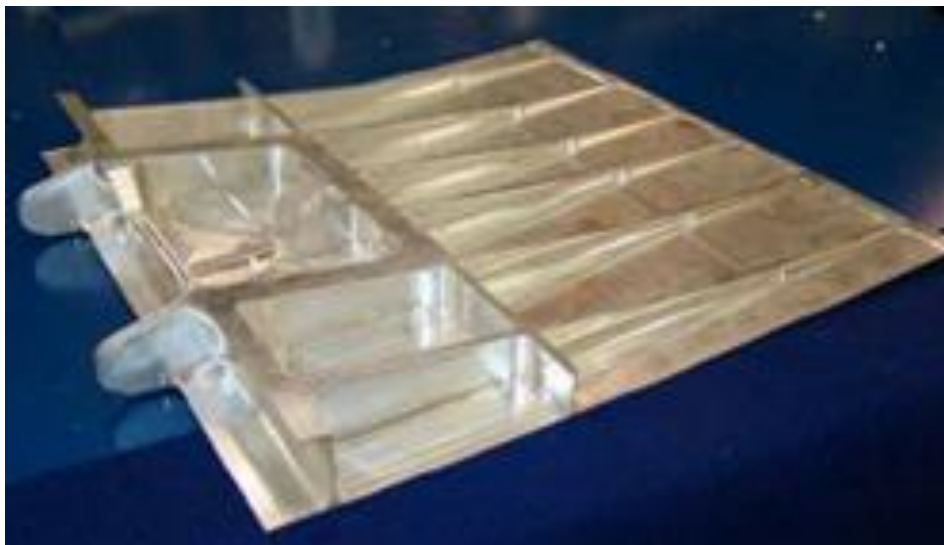
Đặc điểm của sản phẩm trong ngành này là sản lượng thường rất lớn do đó tốc độ gia công chính là yếu tố sống còn đối với nhà sản xuất. Lấy Iphone 5 làm ví dụ. Vỏ của chiếc điện thoại này làm bằng nhôm và được gia công bằng phương pháp phay để bảo đảm cơ tính và độ bền. Với kết cấu thành rất mỏng và sản lượng lên đến vài chục triệu chiếc, nếu không sử dụng HSM thì các công ty gia công cơ khí khó có thể trở thành nhà cung cấp của Apple, hãng công nghệ luôn đặt ra yêu cầu rất cao về chất lượng và chi phí khi tìm kiếm đối tác.



Hình 1.4: Vỏ Iphone 5 được gia công nguyên khối hợp kim nhôm bằng HSM

* *Hàng không*

Nhờ khối lượng riêng nhẹ, nhôm thường được dùng để chế tạo các phụ tùng trong máy bay và tàu vũ trụ. Ví dụ, hãng Boeing dùng phôi nhôm dạng khối để gia công các chi tiết lớn. Cách làm này bảo đảm được cơ tính cho chi tiết máy và không cần tốn thời gian chế tạo đồ gá và lắp ráp các chi tiết nhỏ lại với nhau. Tuy nhiên nếu gia công phương pháp gia công truyền thống khó đạt được độ chính xác cao, nhất là đối với những chi tiết dài hoặc thành mỏng vì nhôm khá mềm. Hạn chế này được khắc phục nếu thay bằng phương pháp HSM vì khi đó, lực cắt nhỏ sẽ không làm biến dạng chi tiết gia công.



Hình 1.5: Chi tiết trên cánh máy bay được gia công nguyên khối hợp kim nhôm bằng HSM

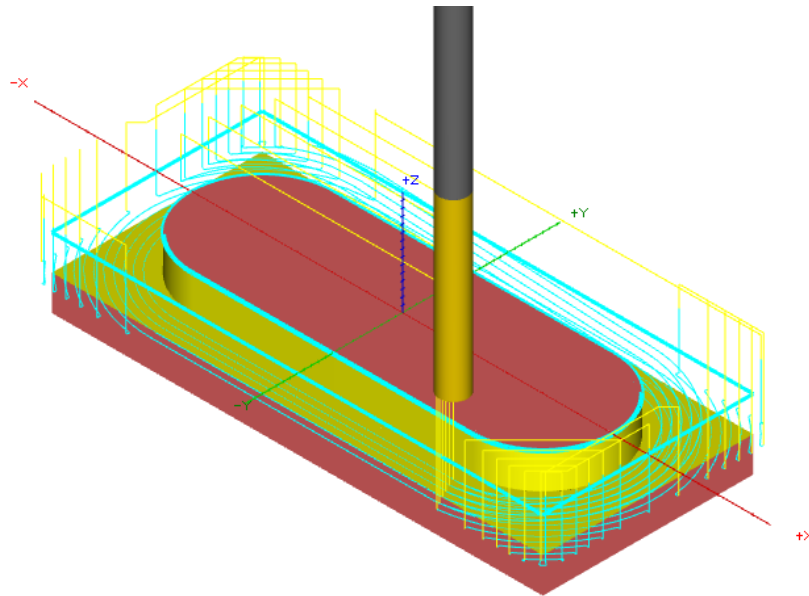
* *Y tế*

Đây cũng là một lĩnh vực ứng dụng HSM rất nhiều vì các dụng cụ y khoa hoặc các chi tiết cấy ghép vào cơ thể người thường rất bé và đòi hỏi độ chính xác cao. Để gia công được chúng phải dùng dụng cụ cắt rất bé, đòi hỏi máy gia công phải có tốc độ trục chính rất cao mới đủ tốc độ cắt và máy HSM là lựa chọn thích hợp.

2.1.4. Các lựa chọn trong High Speed của Mastercam

a. Core Mill

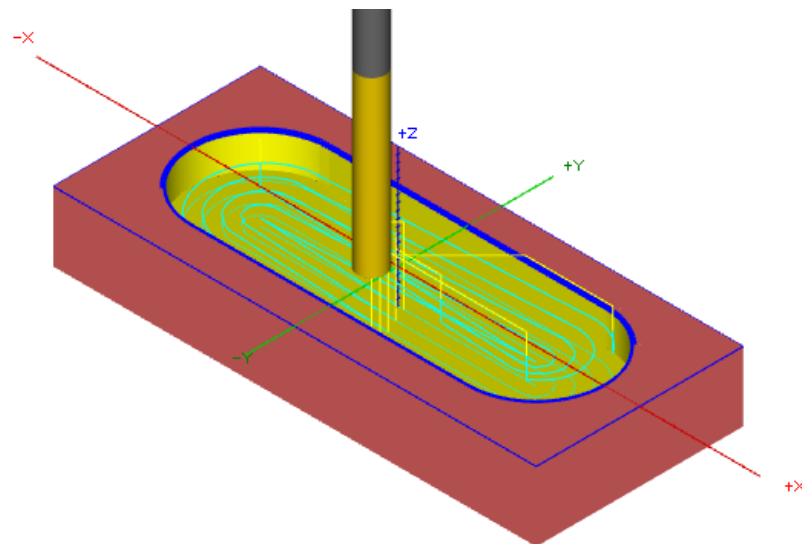
Lựa chọn này để thay chi tiết có để lại các phân lõi dạng đảo (Hình 1.6)



Hình 1.6: *High Speed – Core Mill*

b. Area Mill

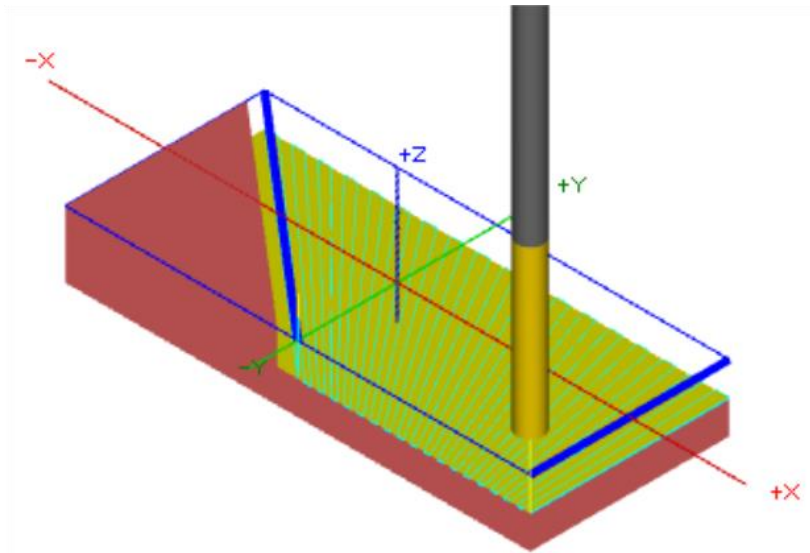
Sử dụng Area mill để phay hốc. Có thể nói Area mill giống với Pocket 2D.



Hình 1.7: *High Speed – Area Mill*

c. Blend Mill

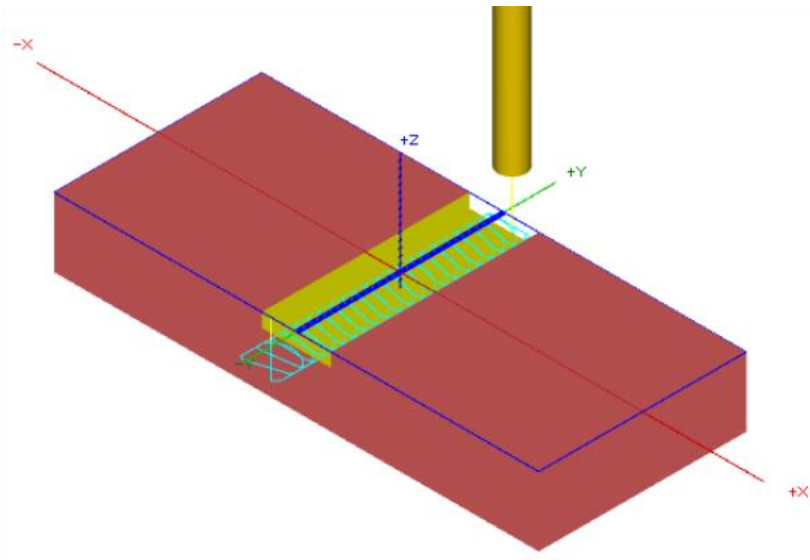
Sử dụng Blend Mill để cắt phần lượng dư nằm giữa 2 đường giới hạn.



Hình 1.8: High Speed – Blend Mill

d. Peel Mill

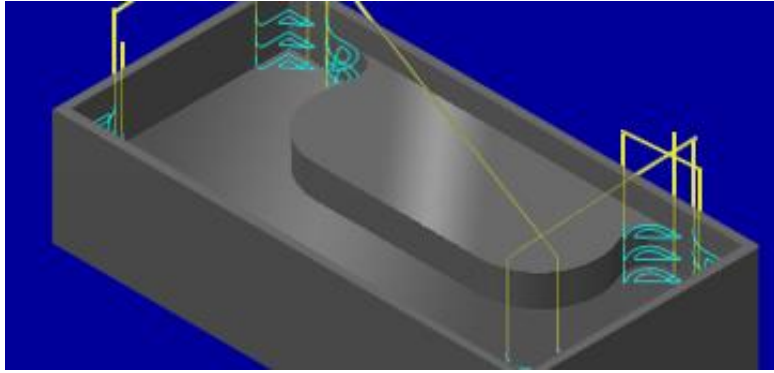
Sử dụng Peel Mill để cắt đi lượng dư nằm giữa 2 đường (hoặc trên 1 đường và định nghĩa thêm độ rộng khe cắt). Đường chạy dao là các vòng tròn tịnh tiến liên tục dọc theo các đường sinh.



Hình 1.8: High Speed – Peel Mill

e. Rest Mill

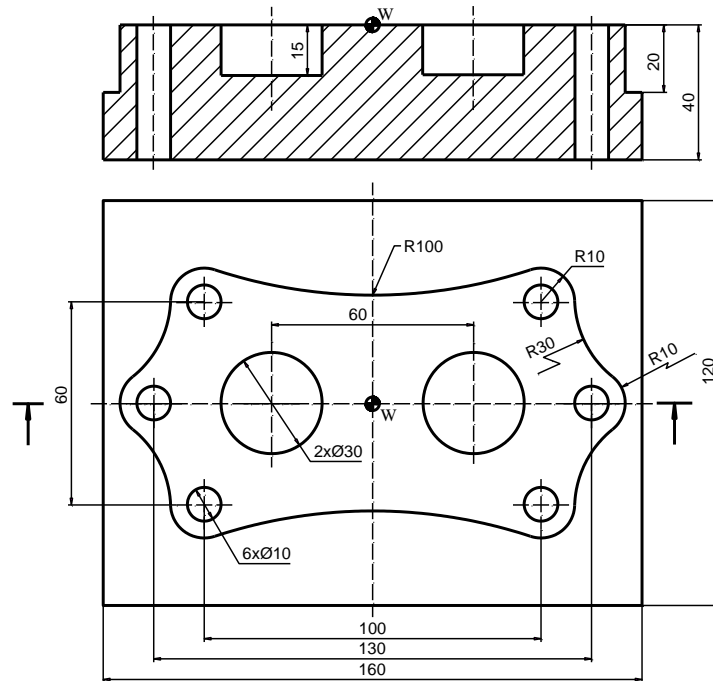
Lựa chọn Rest Mill dùng để cắt phần lượng dư còn lại do đường kính dao lớn không cắt hết sau khi gia công bằng các kiểu cắt trước.



Hình 1.9: *High Speed – Rest Mill*

2.2. Trình tự thực hiện

2.2.1. Xây dựng bản vẽ



Hình 1.10: *Bản vẽ thực hành*

2.2.2. Chọn máy gia công và thiết lập phôi

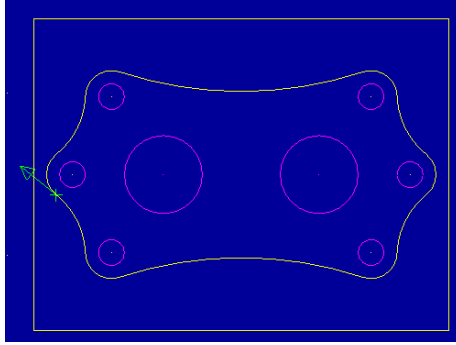
1. Từ Menu chọn **Machine Type>Mill>Manage List**
2. Chọn máy CNC > click chọn **Add** rồi chọn **OK**
3. Từ Menu chọn **Machine Type>Mill>chọn máy vừa Add**
4. Thiết lập phôi.

2.2.3. Chọn đường chạy dao (Kiểu *High Speed*)

a. Chọn *High Speed – Core Mill* để phay biên dạng ngoài

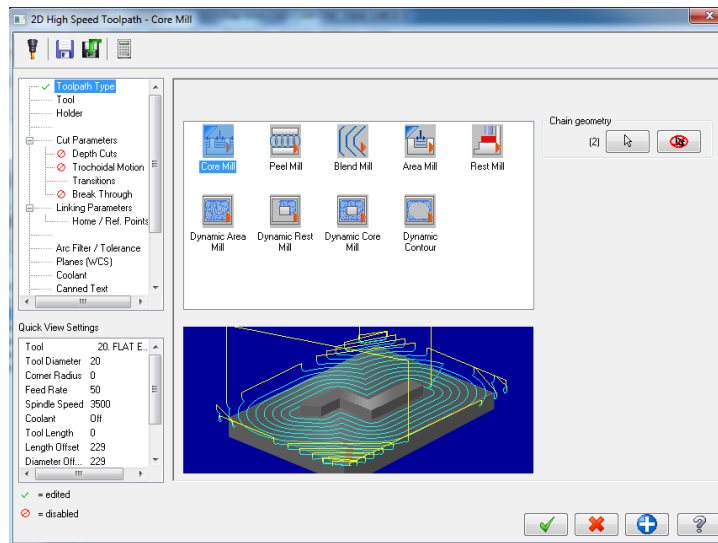
- Chọn ToolPaths -> 2D High Speed...
- Nhập tên file -> OK.

- Chọn biên dạng cần phay và biên dạng bao ngoài của phôi -> OK.



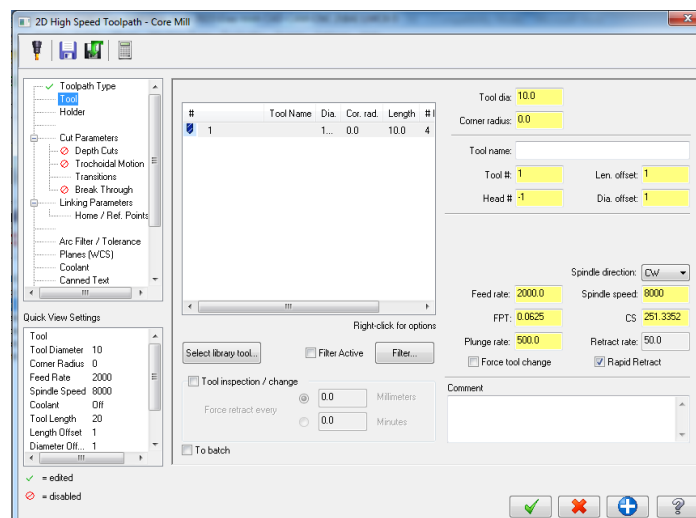
Hình 1.11: Chọn biên dạng cần phay và biên dạng bao ngoài

- Tại thẻ Toolpath Type, chọn Core Mill



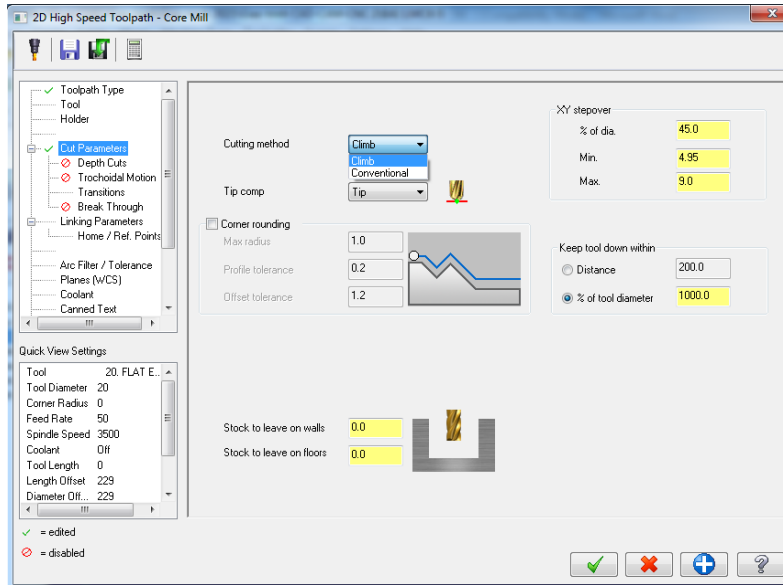
Hình 1.12: Chọn Core Mill trong High Speed Toolpath

- Tại thẻ Tool, chọn dao và thiết lập chế độ cắt (tốc độ quay trục chính – Spindle Speed, bước tiến ngang – Feed rate, bước tiến dọc – Plunge rate)



Hình 1.13: Thiết lập dao và thông số công nghệ

- Tại thẻ Cut Parameter, thiết lập các thông số:



Hình 1.14: Thiết lập phương pháp phay (thuận – nghịch) và lượng dịch dao ngang

+ Cutting method: chọn phay thuận (Climb) hay phay nghịch (Conventional)
+ XY stepover: xác định lượng dịch dao ngang (theo % đường kính dao, giá trị nhỏ nhất, lớn nhất).

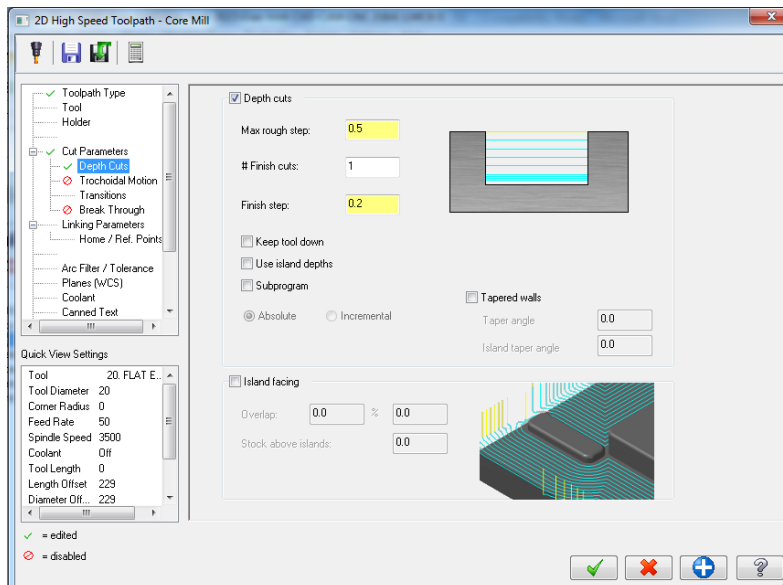
+ Tip comp: điểm chuẩn dao

- Tại thẻ Depth Cuts:

+ Max rough step: nhập chiều sâu cắt thô lớn nhất.

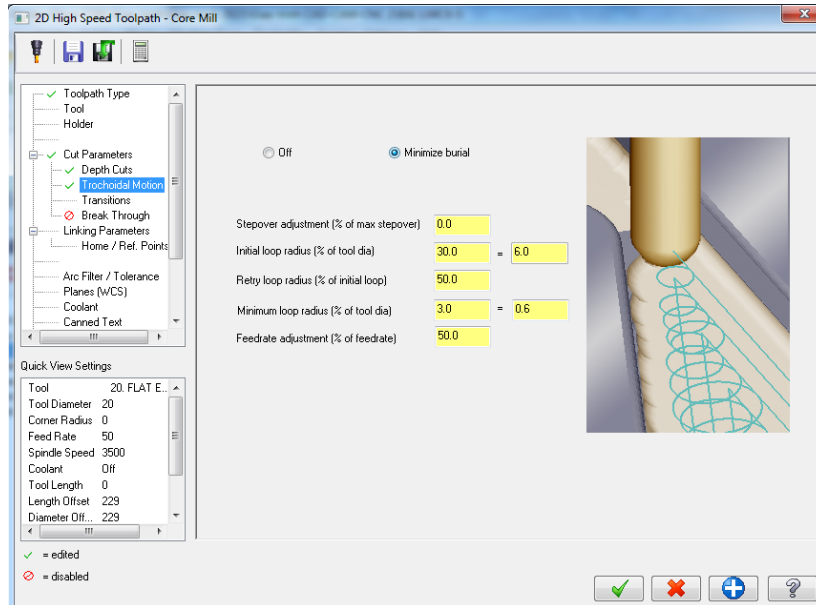
+ # Finish cut: nhập số lát cắt tinh.

+ Finish step: nhập chiều sâu cắt tinh.



Hình 1.15: Thiết lập chiều sâu mỗi lát cắt thô và cắt tinh

- Thẻ Trochoidal Motion: Lựa chọn cắt tròn tại các góc để cắt tối đa lượng dư.



Hình 1.16: Lựa chọn cắt tối đa lượng dư tại các góc

- Transitions:

+ Entry method: Phương án vào dao

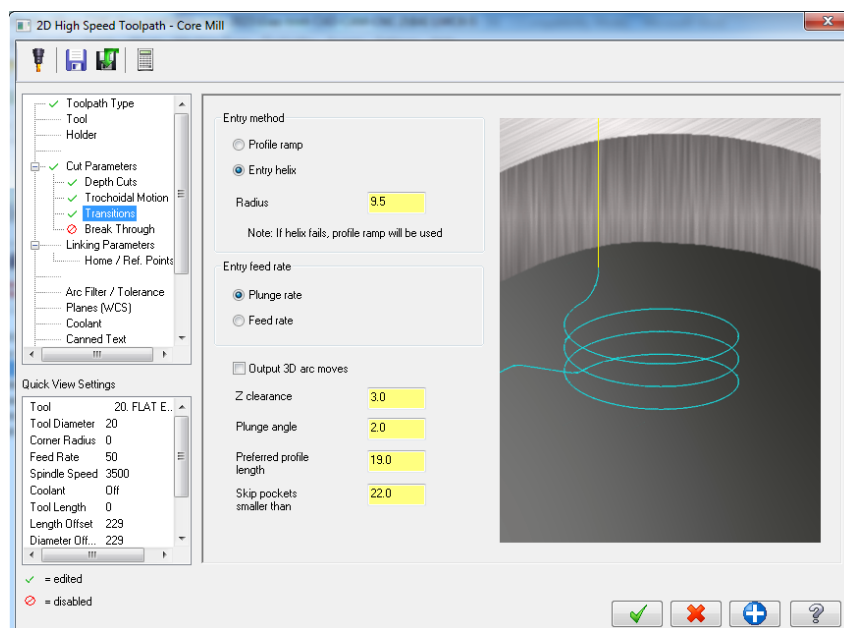
* Profile ramp: Vào kiểu ramp (chạy dốc dần từ trên xuống)

* Entry helix: Vào kiểu xoắn ốc.

+ Entry Feedrate: Bước tiến khi vào dao

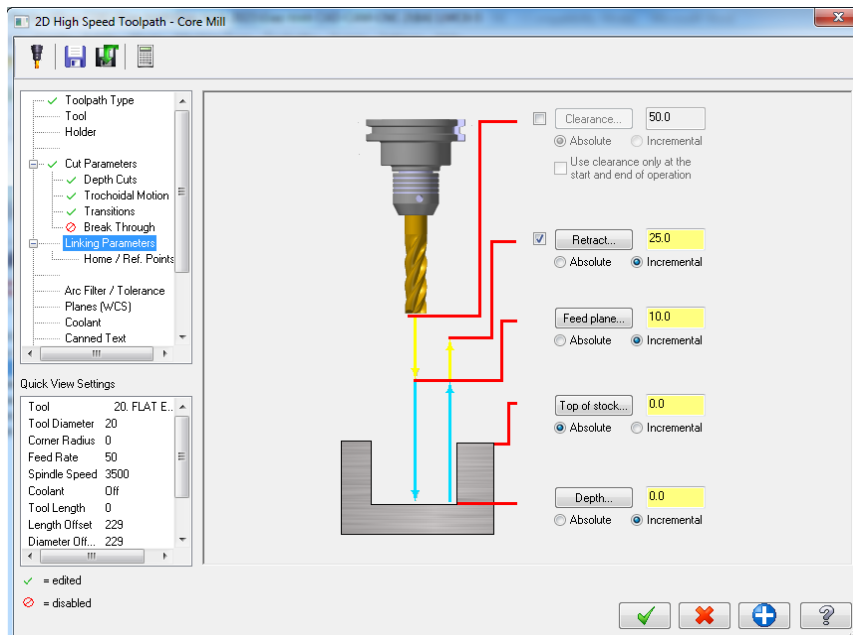
* Plunge rate: theo bước tiến xuống dao dọc

* Feed rate: theo bước tiến dao ngang.



Hình 1.17: Thiết lập vào ra dao

- Linking parameter:



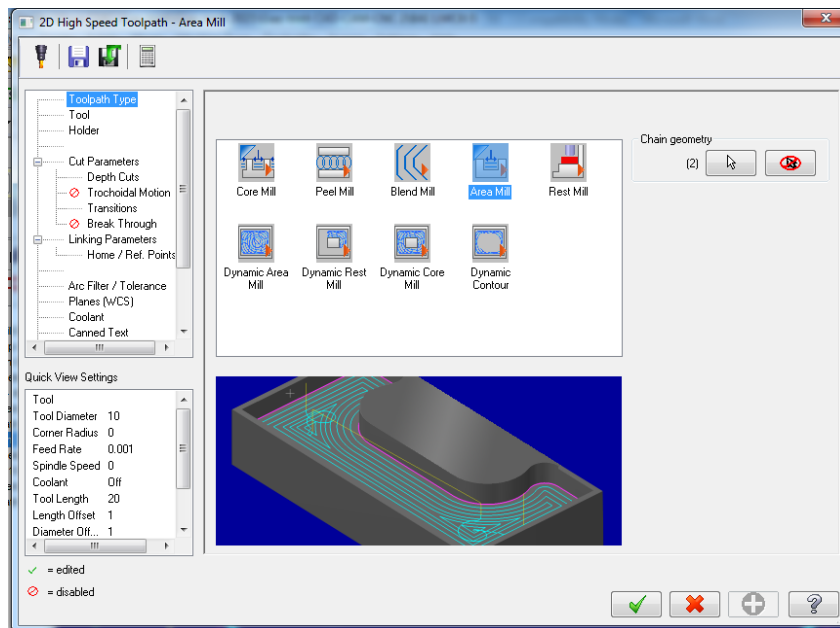
Hình 1.18: Thiết lập chiều sâu cần cắt và các bề mặt làm việc

- + Clearance: Chiều cao an toàn
- + Retract: Khoảng lùi dao để chuyển sang đường chạy dao mới.
- + Feed plane: Bề mặt bắt đầu chạy bằng bước tiến (trên bề mặt này, dao chạy theo tốc độ chạy dao nhanh của máy)
- + Top of stock: tọa độ mặt trên của phôi
- + Depth: Chiều sâu cần cắt.

Các giá trị trên theo tọa độ tuyệt đối (Absolute) hoặc tương đối (Incremental)

b. Chọn High Speed – Area Mill để phay hốc tròn

(Lưu ý lựa chọn này chỉ cho phép chọn 1 hốc trong mỗi lần biên dịch, vì vậy phải dịch riêng từng hốc mà không thể dịch một lúc nhiều hốc như Pocket 2D)



Hình 1.19: Lựa chọn Area Mill trong High Speed Toolpath

Các lựa chọn thiết lập trong Area Mill cũng tương tự trong Core Mill ở trên.

c. Chọn Drill để khoan 6 lỗ $\Phi 10$

Chọn dao và thiết lập chế độ khoan kiểu Drill – Chip Break đã được học trong CAD-CAM-CNC 1.

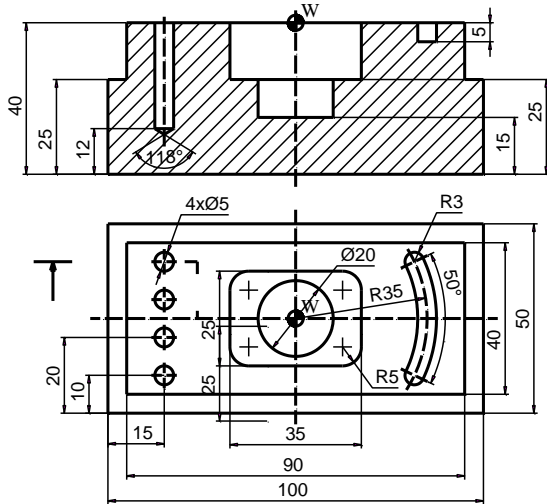
2.2.4. Xuất chương trình

- Lựa chọn xuất chương trình ra file G-Code (Click chọn G1).
- Copy file chương trình vào máy CNC bằng USB.

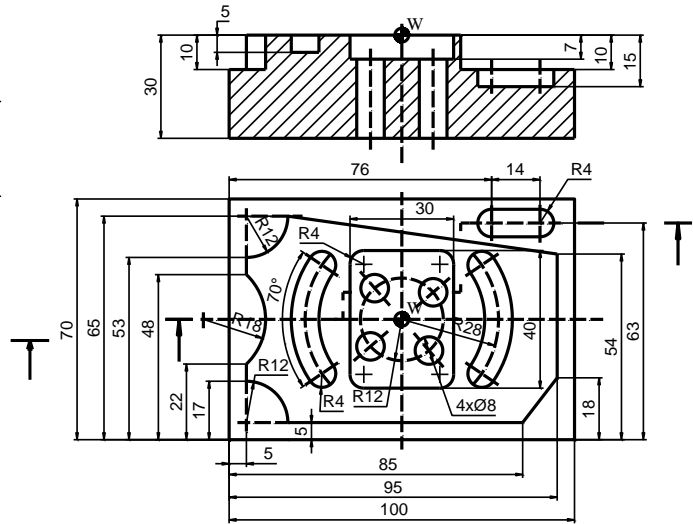
2.2.5. Gá phôi, gá dao và chạy chương trình

- Gá phôi
- Gá các loại dao cần dùng, so dao.
- Xác định góc phôi, khai báo góc phôi vào máy.
- Chạy chương trình.
- Kiểm tra sản phẩm.

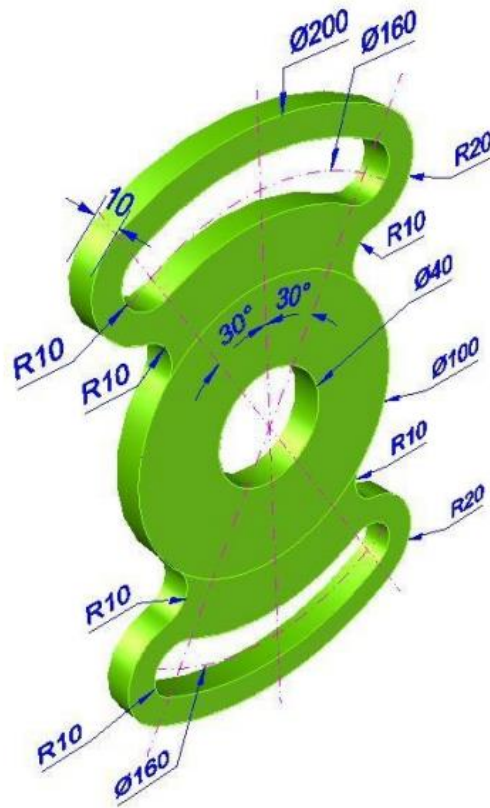
3. BÀI TẬP ỨNG DỤNG



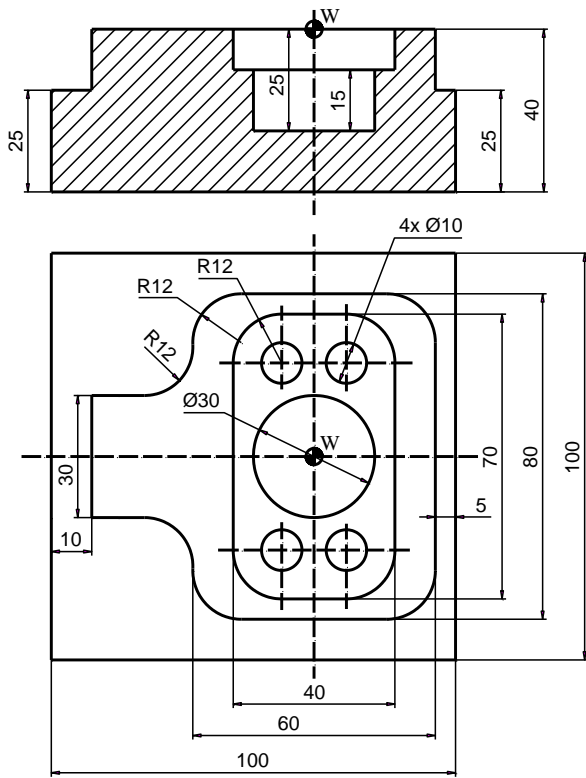
Hình 1.11: Bài tập ứng dụng 1



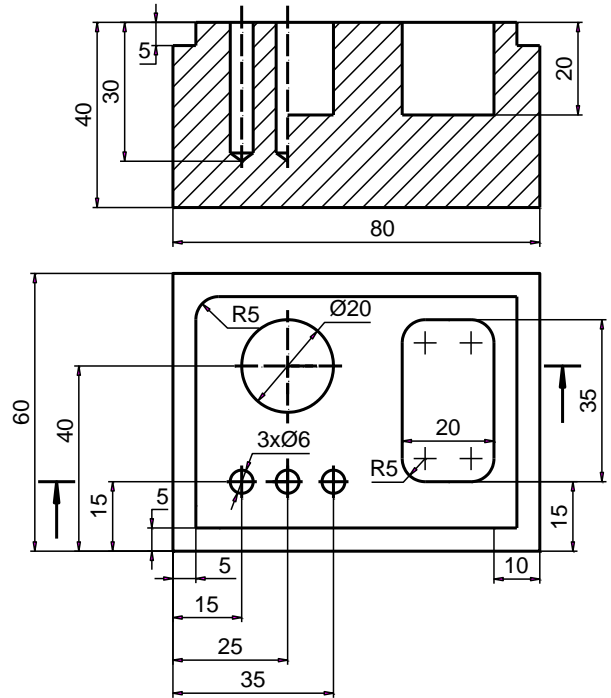
Hình 1.12: Bài tập ứng dụng 2



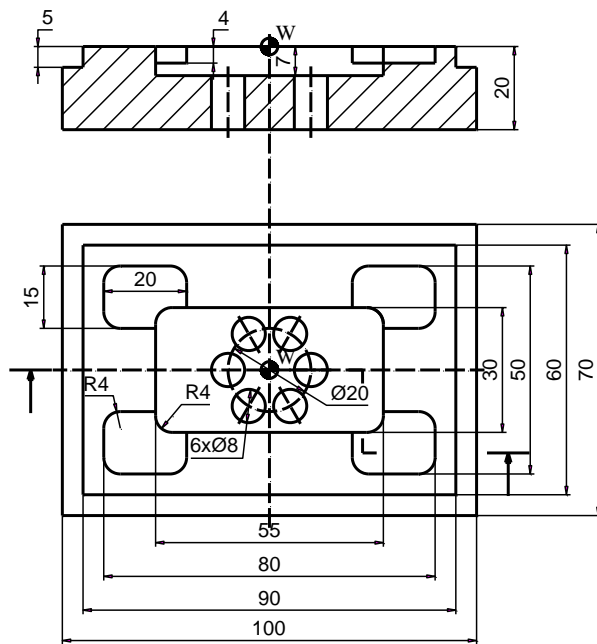
Hình 1.13: Bài tập ứng dụng 3



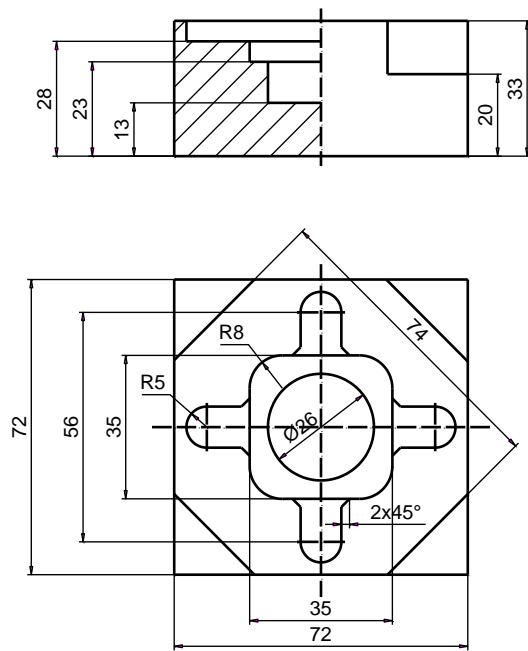
Hình 1.14: Bài tập ứng dụng 4



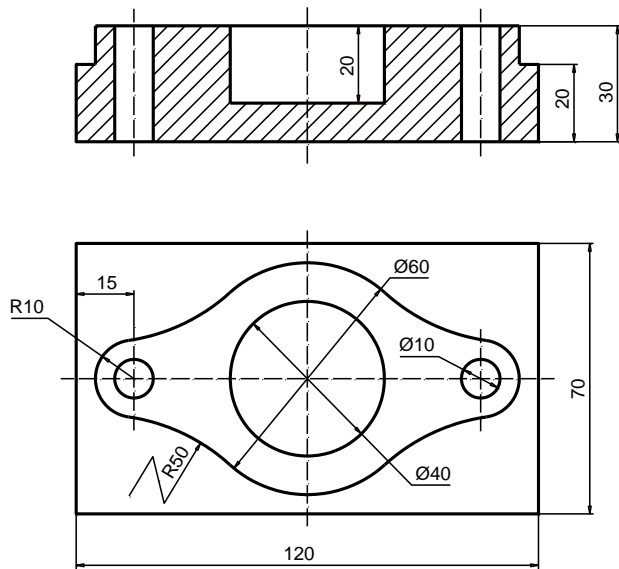
Hình 1.15: Bài tập ứng dụng 5



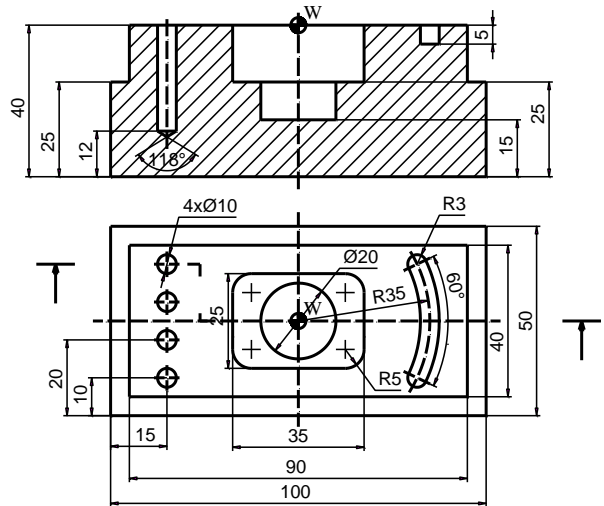
Hình 1.16: Bài tập ứng dụng 6



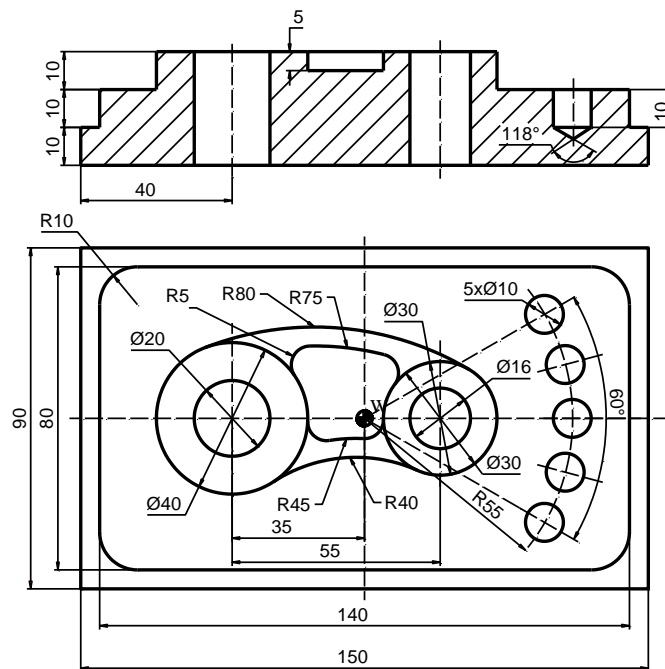
Hình 1.17: Bài tập ứng dụng 7



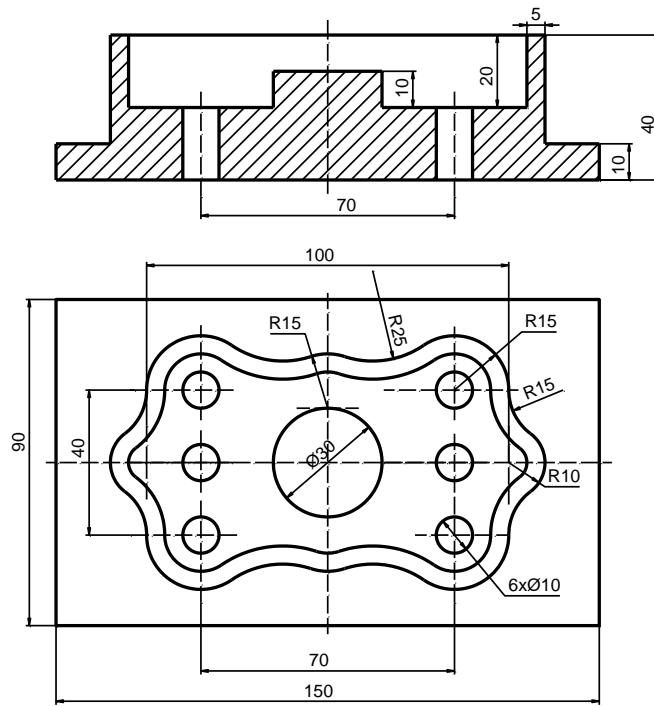
Hình 1.18: Bài tập ứng dụng 8



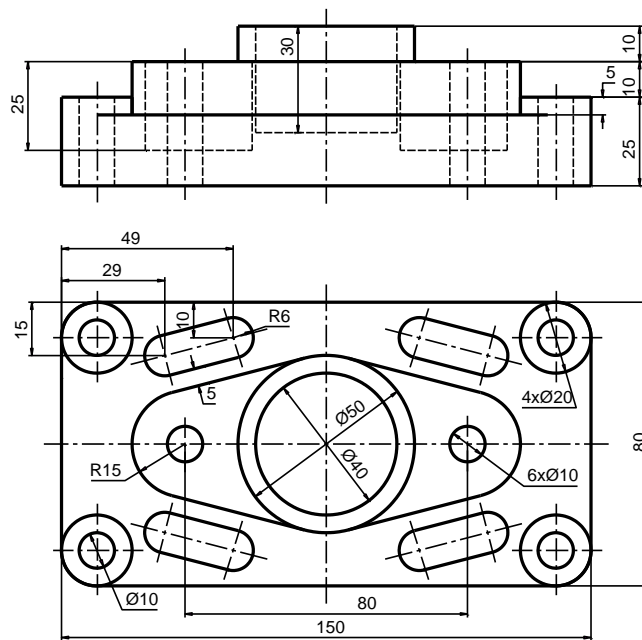
Hình 1.19: Bài tập ứng dụng 9



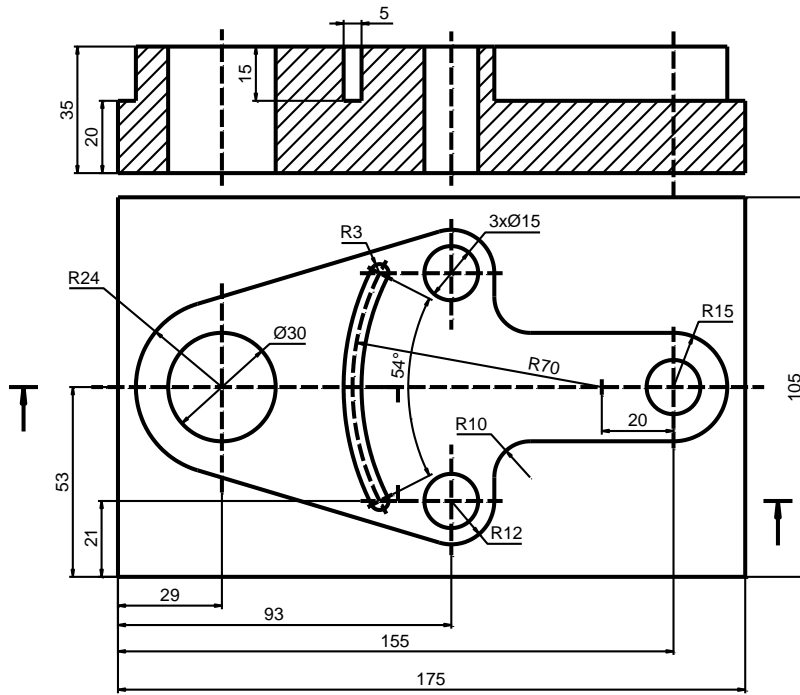
Hình 1.20: Bài tập ứng dụng 10



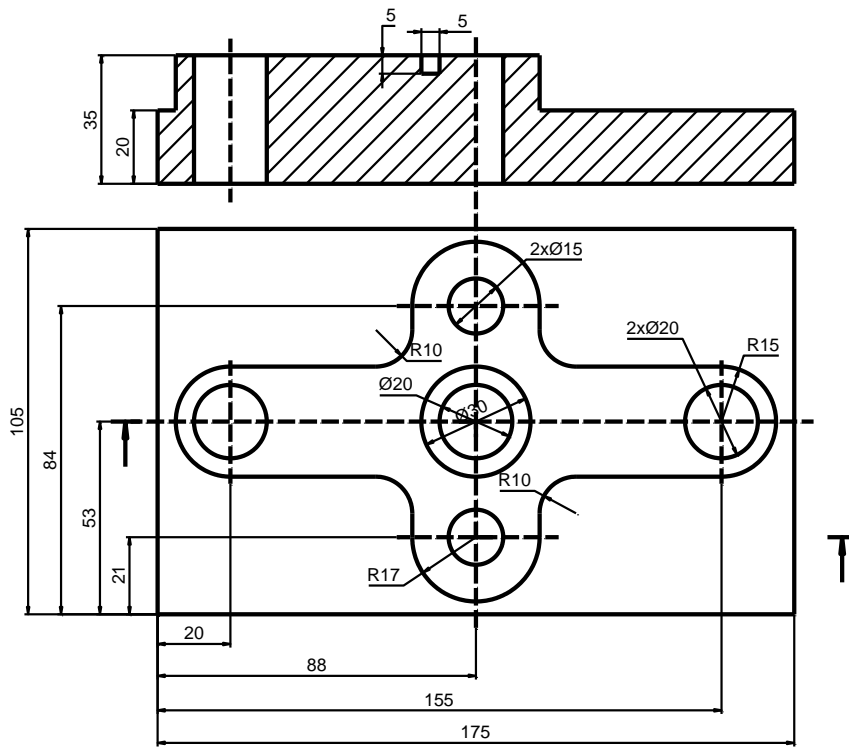
Hình 1.21: Bài tập ứng dụng 11



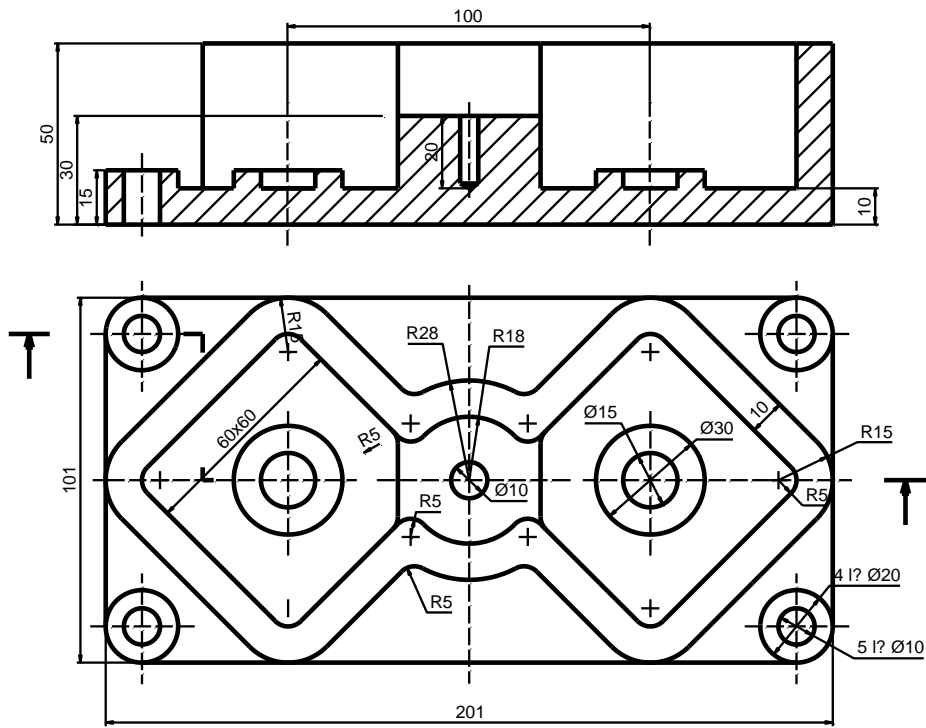
Hình 1.22: Bài tập ứng dụng 12



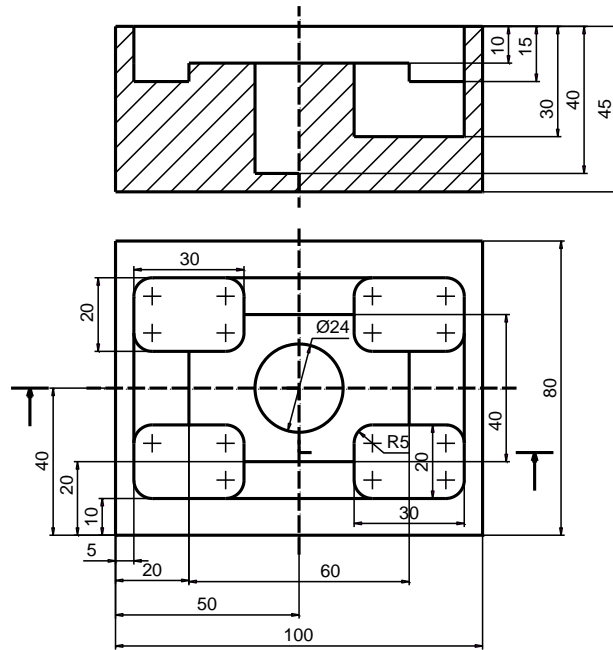
Hình 1.23: Bài tập ứng dụng 13



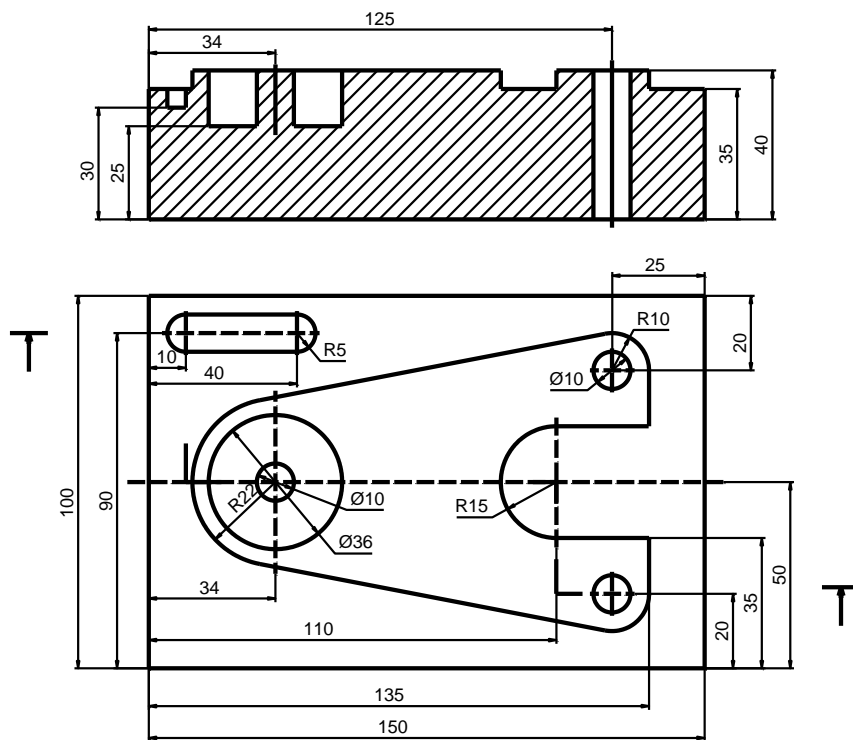
Hình 1.24: Bài tập ứng dụng 14



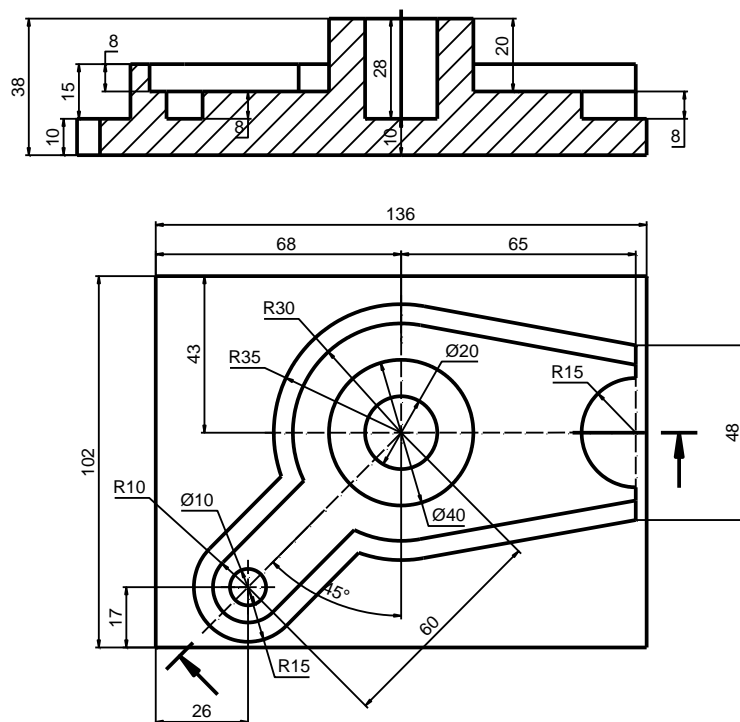
Hình 1.25: Bài tập ứng dụng 15



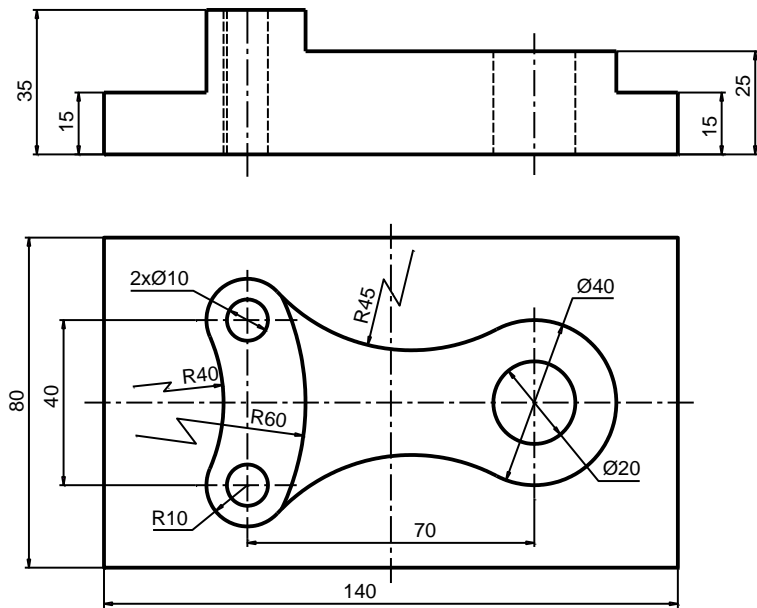
Hình 1.26: Bài tập ứng dụng 16



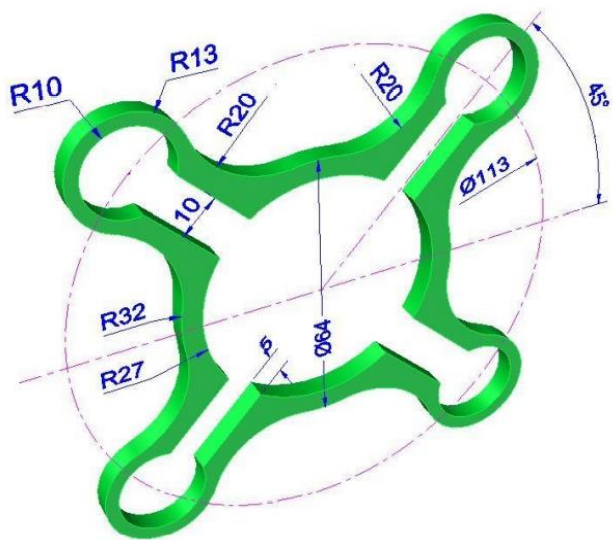
Hình 1.27: Bài tập ứng dụng 17



Hình 1.28: Bài tập ứng dụng 18



Hình 1.29: Bài tập ứng dụng 19



Hình 1.30: Bài tập ứng dụng 20

4. TÓM TẮT TRÌNH TỰ THỰC HIỆN

TT	Tên các bước công việc	Dụng cụ, thiết bị, vật tư	Yêu cầu kỹ thuật	Các chú ý về an toàn lao động
1	Xây dựng bản vẽ	- Máy vi tính. - Phần mềm MastercamX5	- Vẽ đúng kích thước - bản vẽ không có đường bị trùng	Lưu ý về an toàn điện tại các ổ cắm, dây cắm chuyên,...
2	Chọn máy gia công và thiết lập phôi	- Máy vi tính. - Phần mềm MastercamX5	- Chọn máy phù hợp với máy sẽ dùng gia công. - Thiết lập phôi đúng kích thước để mô phỏng chính xác	Lưu ý về an toàn điện tại các ổ cắm, dây cắm chuyên,...
3	Chọn đường chạy dao (Kiểu High Speed)	- Máy vi tính. - Phần mềm MastercamX5	- Chọn đường chạy dao phù hợp với nhiệm vụ gia công. - Thiết lập chế độ cắt chính xác (đúng là High Speed, phù hợp dao và phôi)	Lưu ý về an toàn điện tại các ổ cắm, dây cắm chuyên,...
4	Xuất chương trình	- Máy vi tính. - Phần mềm MastercamX5 - USB	- Xuất chương trình với đuôi NC và tên file phù hợp với máy	- Lưu ý về an toàn điện tại các ổ cắm, dây cắm chuyên, ... - Lưu ý quy trình sử dụng USB để tránh gây hỏng USB.
5	Gá phôi, gá dao và chạy chương	- Phôi nhôm 160x120x40	- So dao chính xác. - Xác định góc phôi	- Lưu ý kiểm soát va chạm giữa dao

	trình	- Dao phay ngón hợp kim $\Phi 12$, $\Phi 6$ - Mũi khoan $\Phi 10$	chuẩn.	và phôi.
--	-------	--	--------	----------

BÀI 2: PHAY SẢN PHẨM VỚI KIỂU CHẠY DAO 3D

1. MỤC TIÊU CỦA BÀI

- Vẽ được các mô hình 3D trên các phần mềm thiết kế cơ khí đảm bảo yêu cầu kỹ thuật
- Biên dịch được chương trình từ bản vẽ mô hình 3D bằng phần mềm Mastercam.
- Vận hành máy và phay được chi tiết theo bản vẽ từ chương trình đã lập, đảm bảo yêu cầu kỹ thuật và an toàn.
- Chủ động, sáng tạo và an toàn trong quá trình học tập.

2. NỘI DUNG BÀI

2.1. Lý thuyết liên quan

Một số lưu ý khi thực hiện chế gia công sản phẩm theo kiểu chạy dao 3D

a. Vẽ thiết kế mô hình 3D cho sản phẩm trên các phần mềm vẽ 3D cơ khí thông dụng: Inventer, SolidWork, NX, Mastercam, Catia, ProE...

Vẽ mô hình 3D nên chọn, đặt đúng các mặt phẳng tọa độ, góc phôi cần thiết khi gia công trên máy CNC. Nếu làm như thế thì sau khi vào môi trường lập trình gia công trong phần mềm Mastercam không phải thêm thao tác xoay cho đúng mặt phẳng tọa độ, chọn và dịch chuyển đúng góc phôi.

b. Mở file 3D, lập trình, mô phỏng gia công và xuất file NC bằng phần mềm Mastercam, NX, Catia, ProE...

Chọn góc phôi, chọn kiểu chạy dao, chế độ cắt phù hợp với vật liệu dao và phôi. Lập quy trình gia công phù hợp nguyên tắc gia công cơ khí: chiều quay dao, hướng tiến phôi, .

Chọn các chế độ rút dao phù hợp không quá cao làm ảnh hưởng thời gian gia công, không quá thấp gây va chạm với đồ gá hoặc phôi.

c. Gá phôi, cài đặt dao, góc phôi trên máy CNC

Gá phôi đúng mặt gia công cần thiết; Cài góc phôi, so dao chính xác - đúng thứ tự vị trí các dao trong bảng OFFSET và thực tế trên máy.

d. Copy hoặc truyền chương trình NC đã lập trình vào máy CNC gia công sản phẩm.

Nếu bộ nhớ của máy chứa đủ và file NC thì copy file NC từ máy tính vào máy CNC để tiến hành gia công, có thể dùng thẻ nhớ nếu máy có thiết bị đọc thẻ nhớ.

Nếu bộ nhớ không chứa đủ và file NC thì tiến hành truyền file NC từ máy tính vào máy CNC gia công.

Trong quá trình gia công theo dõi diễn biến cắt gọt như tiếng ồn, độ rung độ, thời gian gia công để điều chỉnh chế độ cắt phù hợp và ghi lại giá trị đó, chỉnh sửa trong chương trình để gia công các sản phẩm tiếp theo hiệu quả hơn.

e. Kiểm tra sản phẩm, ghi chép kinh nghiệm

Kiểm tra kích thước, độ bóng bề mặt; ghi chép rút kinh nghiệm về chế độ cắt, dao sử dụng và quy trình gia công.

2.2. Trình tự thực hiện

2.2.1. Vẽ, thiết kế mô hình 3D (phần này không giới thiệu cụ thể tại bài này)

B1. Mở chương trình phần mềm

B2. Chọn mặt phẳng, góc tọa để vẽ

B3. Vẽ biên dạng 2D và xây dựng hình 3D

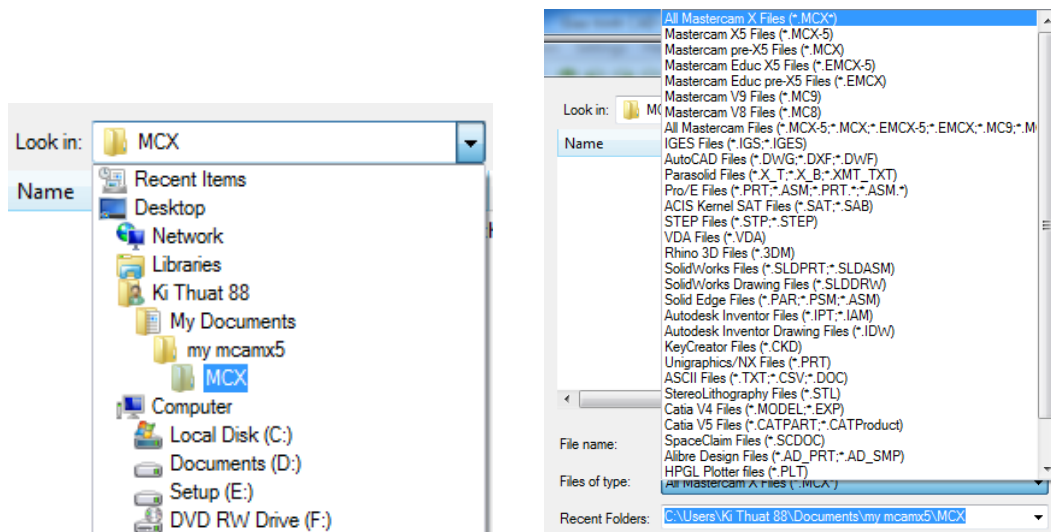
B4. Lưu mô hình 3D với đuôi để mở như Step file, IGES file...

2.2.2. Lập trình, mô phỏng gia công và xuất file NC

B1. Mở chương trình phần mềm Mastercam, mở file 3D cần lập trình

Từ Menu chính, chọn **File → Open**

- Click vào ô **Look in**, chọn vị trí đã lưu file bản vẽ

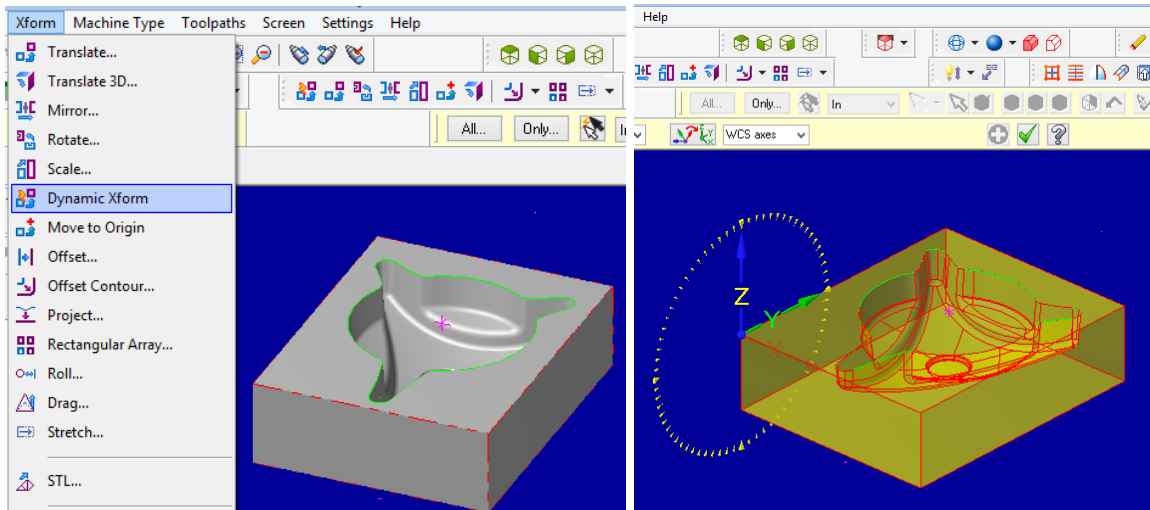


Hình 2.1: Mở file bản vẽ

- Click vào ô **Files of type** để chọn loại file đã lưu/ Chọn file cần mở và **Open**

B2. Quay mặt phẳng, chọn góc phù hợp để lập trình gia công

- Xoay mặt phẳng: Click **Xform/ Dynamic Xform/ Chọn mô hình 3d/ End selection/ Đặt tọa độ vào 1 điểm trên mô hình/ Rê chuột trên mặt cần xoay khi xuất hiện vòng tròn chia độ/ Giữ chuột và xoay mặt phẳng đúng góc cần thiết**

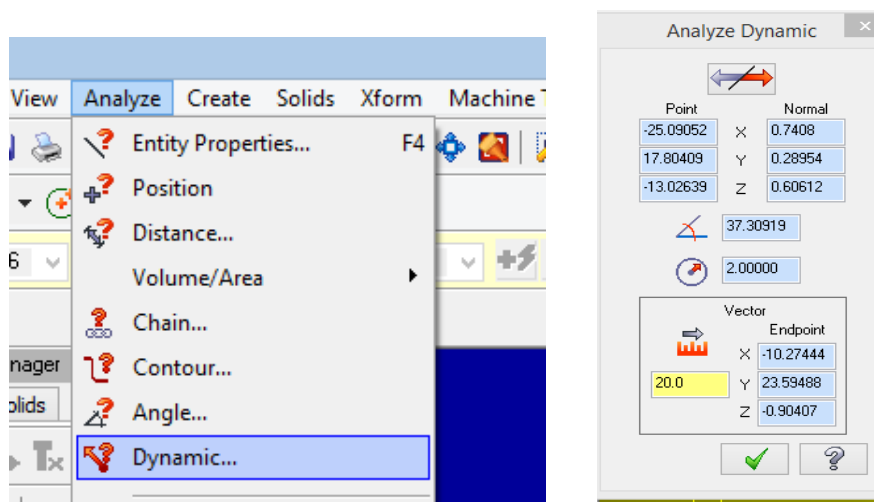


Hình 2.2: Đặt hệ trục tọa độ lên bản vẽ 3D

- Chọn, cài đặt góc phi: Click **Xform/ Move to Origin/ Chọn điểm làm gốc trên mô hình 3D**. Nếu chưa có điểm tọa độ trên mô hình thì phải vẽ thêm đường thẳng hoặc điểm để khi rê chuột chọn máy nhận được điểm đó. Cần kiểm tra lại góc sau khi di chuyển đã đúng góc tọa độ phi hay chưa.

B3. Lập quy trình gia công, chọn dao, chế độ cắt phù hợp trong Mastercam:

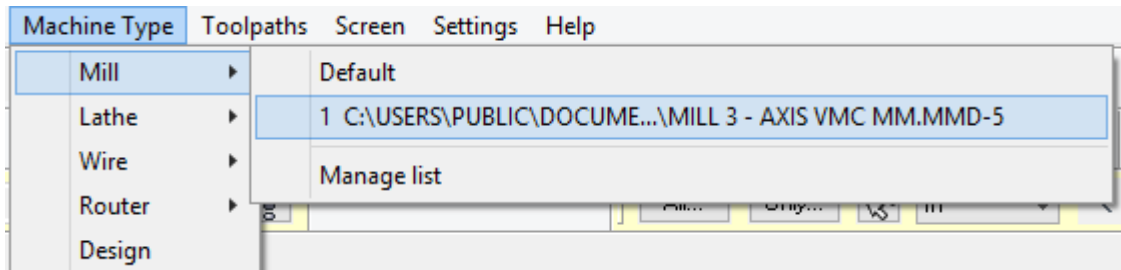
- Kiểm tra thông tin kích thước của mô hình 3D đã vẽ, mở trên Mastercam, chúng ta có thể dùng **Analyze/Dynamic...** để chọn dao phù hợp



Hình 2.3: Kiểm tra thông số hình học của bản vẽ để lựa chọn dao

Với mô hình 3D như trên có kích thước cơ bản: Chiều sâu gia công lớn nhất 19.7; Bán kính 3 cạnh mặt trên R3.2, ở mặt đáy 2.3; Bán kính góc bo cạnh của 3 cánh và đường tròn lớn là R2, bo cạnh đường tròn nhỏ R0.4,

- **Chọn máy:** *Machine type/ Mill/ Default* hoặc (*Manage list*)/ Chọn máy phay đứng 3 trục hệ MM



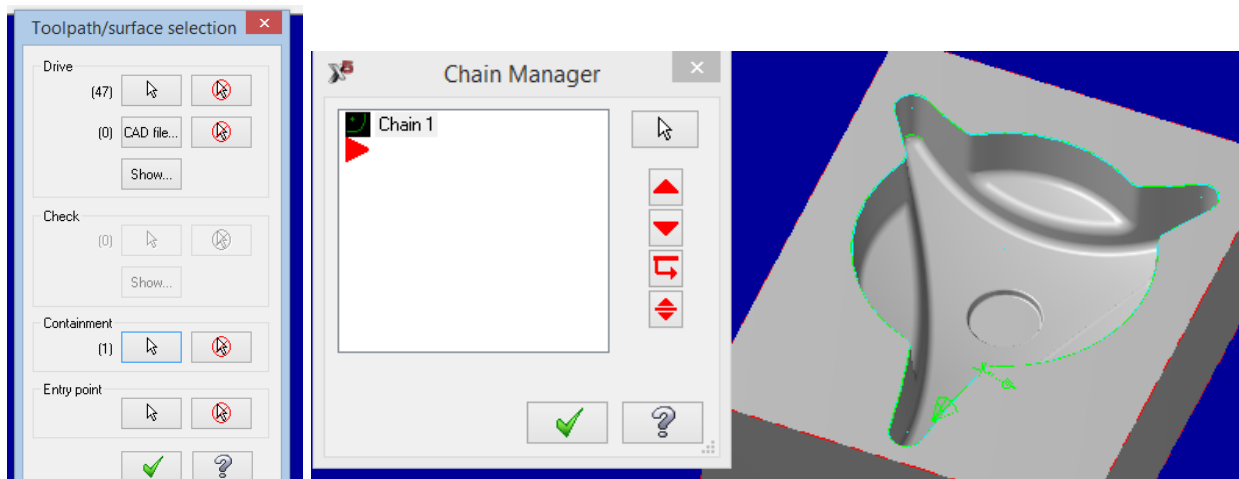
Hình 2.4: Chọn máy gia công

- Chọn dao, chế độ cắt: Bảng quy trình gia công như sau:

Bảng 2.1: Chế độ cắt gợi ý khi gia công

TT	Bước	Lệnh	Dao	n (vg/phút)	Bước tiến dao (mm/phút)	Chiều sâu cắt (mm)	Trừ lượng dư, (mm)
1	Phay thô	Pocket	Bull $\phi 8$ -R1.5	3000	Đứng: 100; ngang: 300	1.0/ lát	0.3
2	Phay vét lượng dư	Resmill	Bull $\phi 6$ -R1.5	3000	Đứng: 100; ngang: 300	0.5/ lát	0.3
3	Phay tinh	Scallop	Spher $\phi 4$ - R1.5	3200	Đứng: 100; ngang: 200	0.3/ lát	0
4	Phay tinh góc bo ở đáy	Pencil	Bull $\phi 2$ -R0.5	3500	Đứng: 100; ngang: 200		0

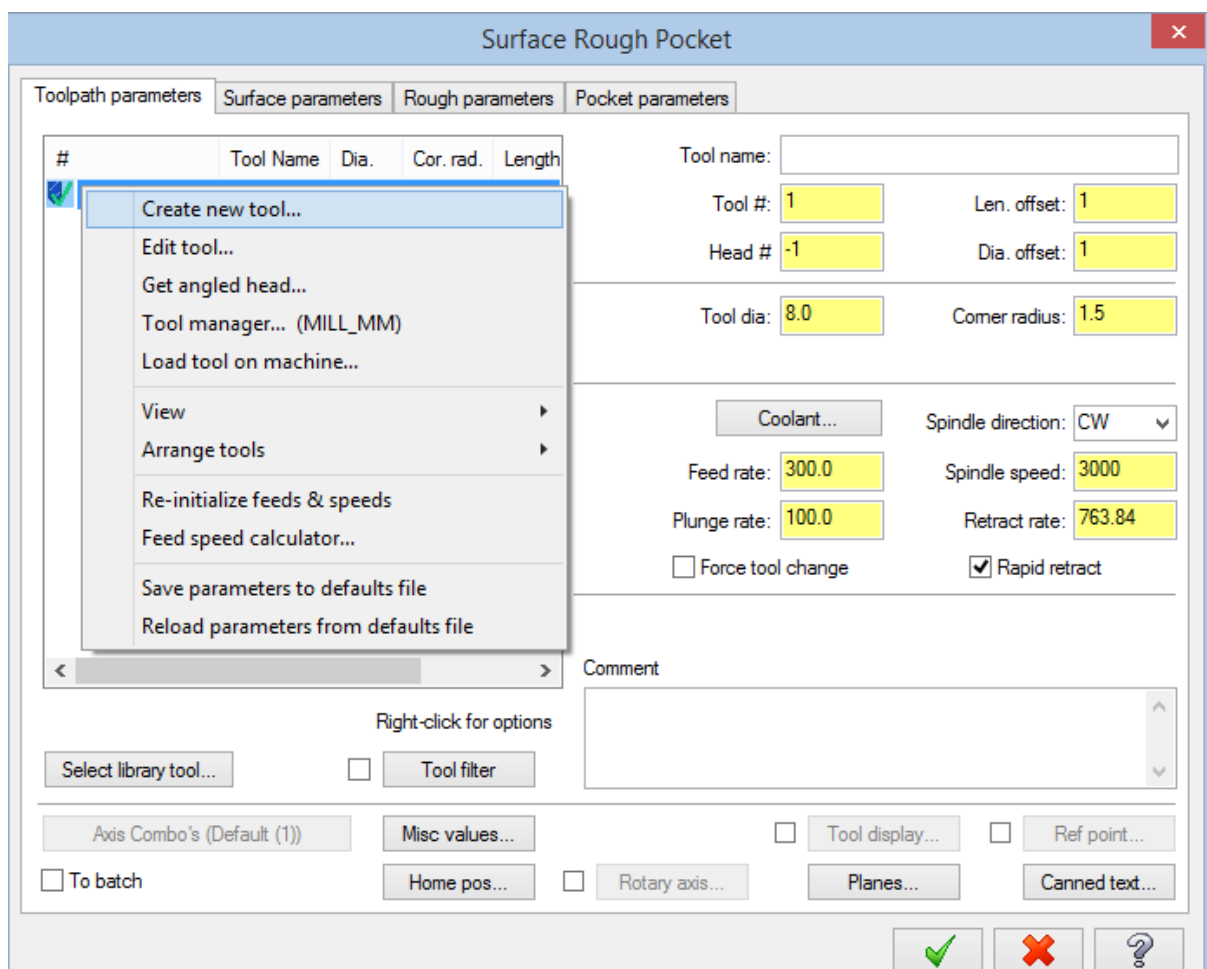
- **Lập chế độ phay thô kiểu Pocket:** *Toolpaths/ Surface rough/ Pocket/ Drive:* mô hình gia công /*Containment:* chọn đường bao giới hạn vùng gia công (xác nhận biên dạng 2D trên mặt XY để dao chạy như hình dưới đây)



Hình 2.5: Chọn khối Solid và biên dạng giới hạn vùng gia công

Nhấn OK **Surface Rough Pocket** có 4 bảng ẩn trong đó:

+ Chọn dao, khai dao và chế độ cắt bằng **Toolpath parameter**: Ấn chuột phải/**Create new tool**: chọn kiểu dao/ khai đường kính dao, số dao, bước tiến/ số vòng quay của dao...



Hình 2.6: Thiết lập dao và các thông số công nghệ

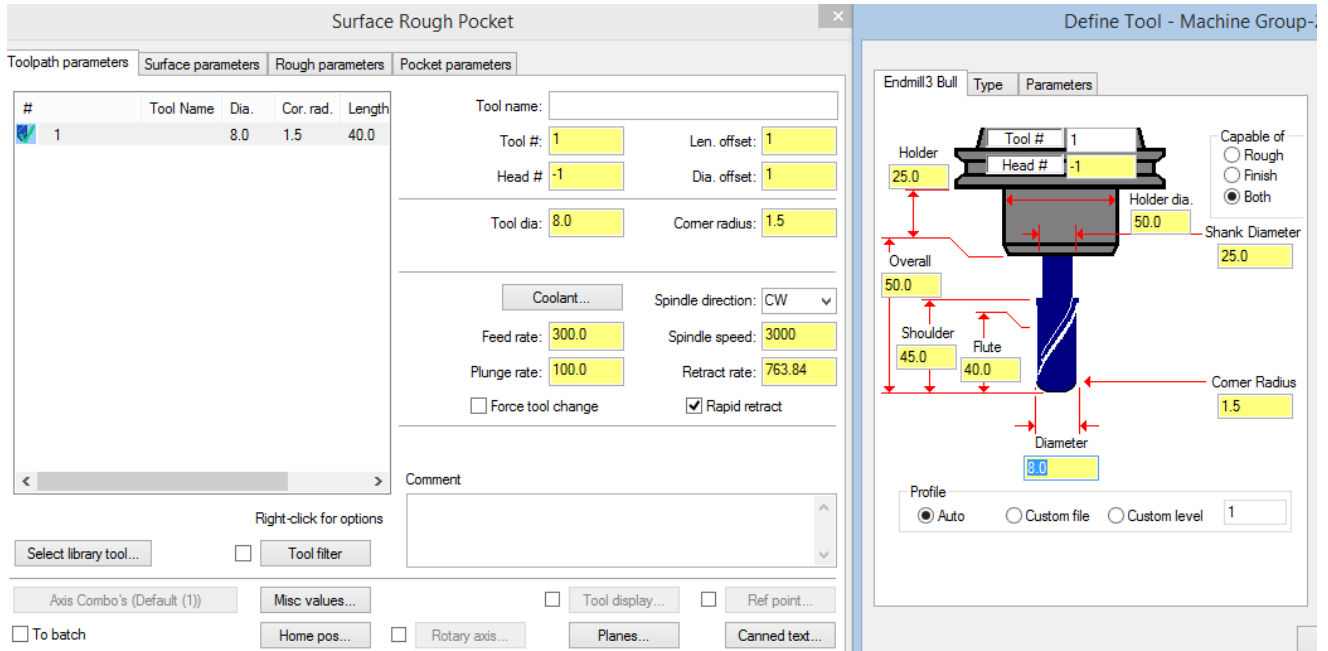
Diameter: Đường kính dao 8, bo góc R1.5mm

Spindle direction: CW: dao quay cùng chiều kim đồng hồ

Feed rate: Bước tiến dao ngang 300mm/phút

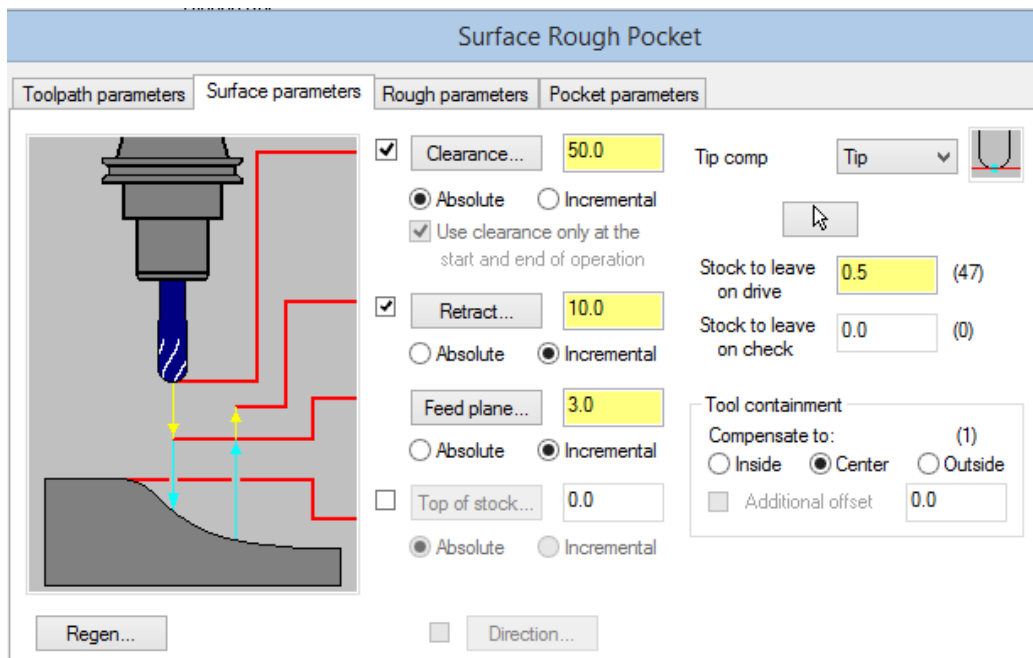
Flunge rate: Bước tiến xuống dao 100mm/phút

Rapid retract: Lùi dao nhanh.



Hình 2.7: Thiết lập loại dao, đường kính, tốc độ quay trực chỉnh và bước tiến

+ Khai chiều cao nâng dao, lượng dư để gia công tinh chọn thẻ **Surface parameters**:



Hình 2.8: Thiết lập các bề mặt làm việc

Clearance: Chiều cao rút an toàn 50mm so với gốc phôi

Absolute: Lấy theo tọa độ tuyệt đối

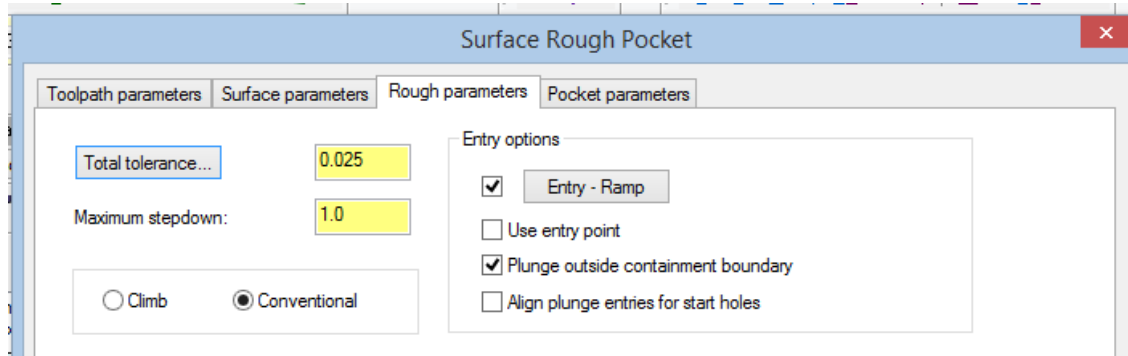
Incremental: Lấy theo tọa độ tương đối.

Tip comp (tip compensation): phay theo tọa độ theo tâm mặt đầu của dao

Retract: Lùi dao sau mỗi lần chuyển dao để gia công lát cắt tiếp theo 10mm

Feed plane: dao sẽ bắt đầu thực hiện chạy dao theo bước tiến gia công 3mm.

+ Khai chiều sâu lát cắt và kiểu cắt ăn dao xuống chọn thẻ ***Rough parameters***:



Hình 2.9: Thiết lập chiều sâu mỗi lát cắt

Tolerance: dung sai 0.025; *Maximum stepdown*: Chiều sâu lớn nhất của mỗi lớp cắt 1mm

Climb hay conventional: nghịch; *Entry point*: sử dụng *Ram* để xuống dao;

Plunge outside containment boundary: xuống dao phía ngoài đường giới hạn

Thiết lập chiều sâu cho lớp cắt đầu và cuối: *Cut depth: Adjustment to top cut*:

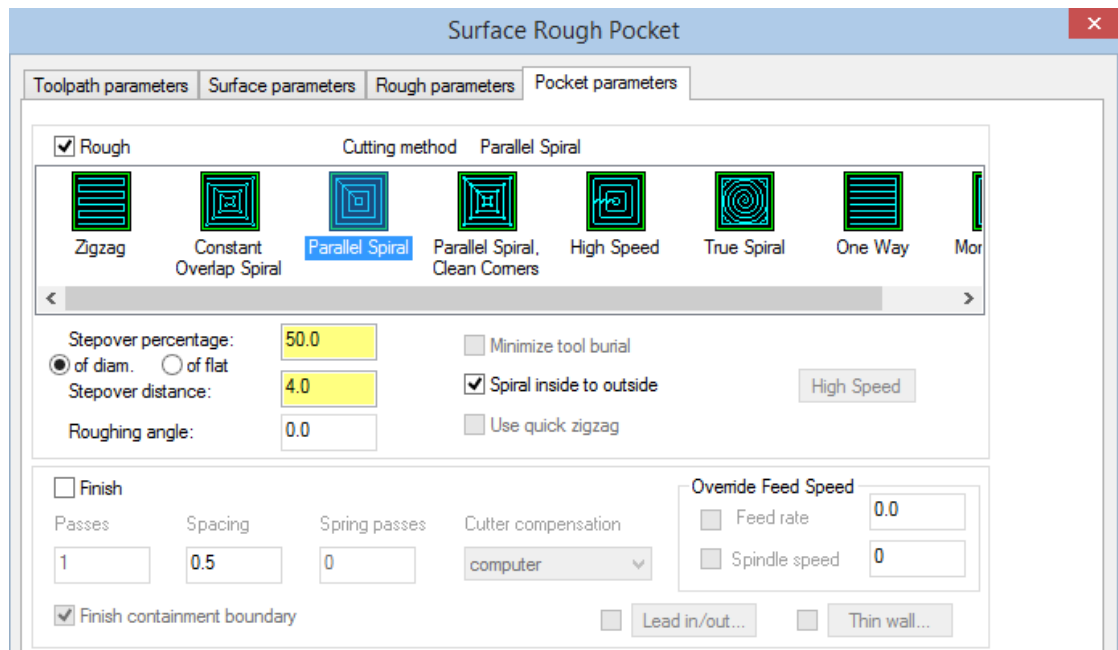
Chiều sâu lát cắt đầu: 0.3; *Adjustment to other cuts*: Chiều sâu lát cắt cuối: 0.2

+ Khai kiểu ăn dao ngang chọn thẻ ***Pocket parameters***:

Cutting methods: Các phương pháp dịch dao từ giữa ra: *Paralle Spiral*

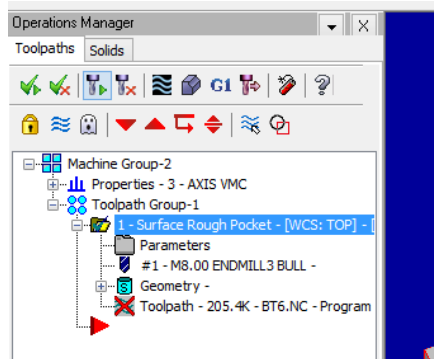
Stepover percentage: 50% bề rộng cắt ngang so với đường kính dao.

Spiral inside to outside: Chạy xoắn ốc từ trong ra ngoài; *Finish*: không sử dụng gia công tinh.




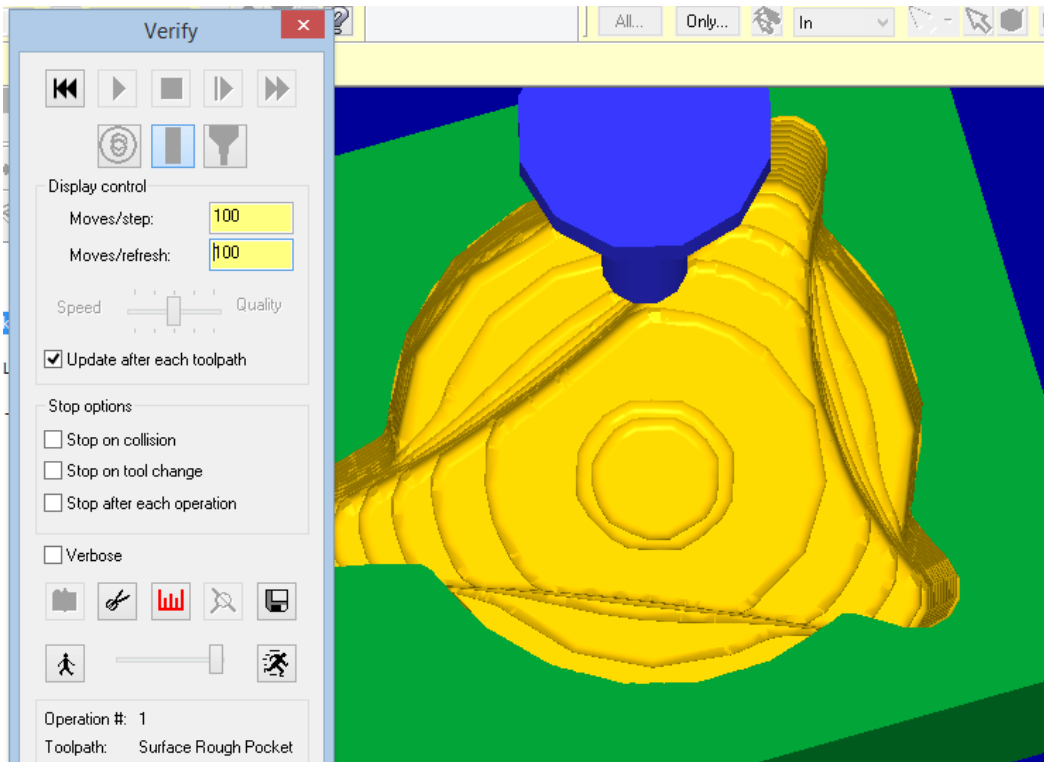
Hình 2.10: Thiết lập kiểu cắt trong hốc và lượng dịch dao ngang

+ Cho máy tính toán, thiết lập đường chạy dao ấn vào biểu tượng



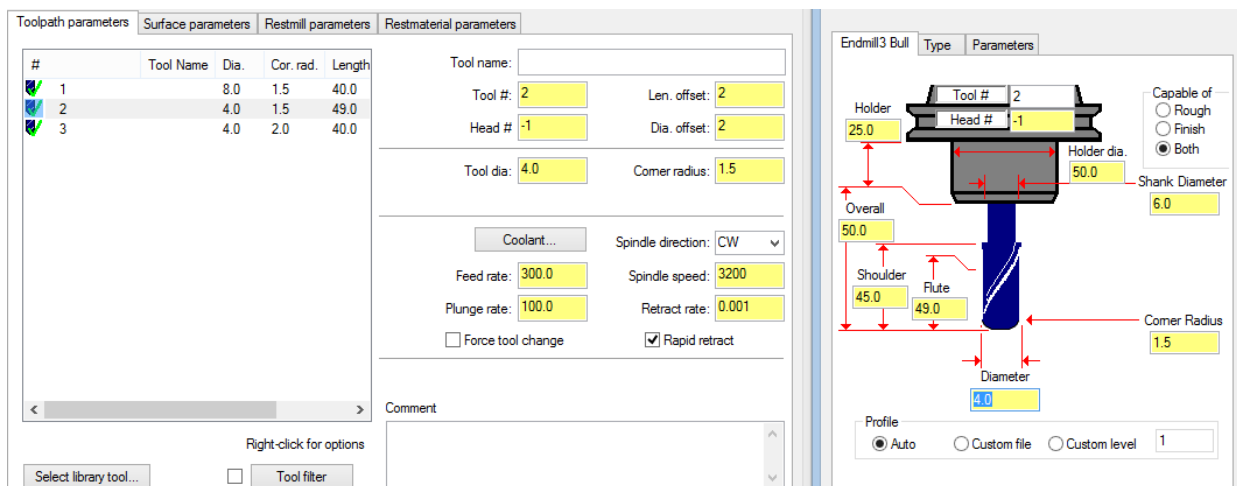
Hình 2.11: Bảng quản lý chương trình gia công

+ Mô phỏng quá trình gia công đã lập trình, ấn vào biểu tượng Verify  ấn tiếp biểu tượng Play, xem mô phỏng quá trình cắt nếu thấy va chạm hoặc lát cắt chưa phù hợp thì điều chỉnh ở các bảng trên.



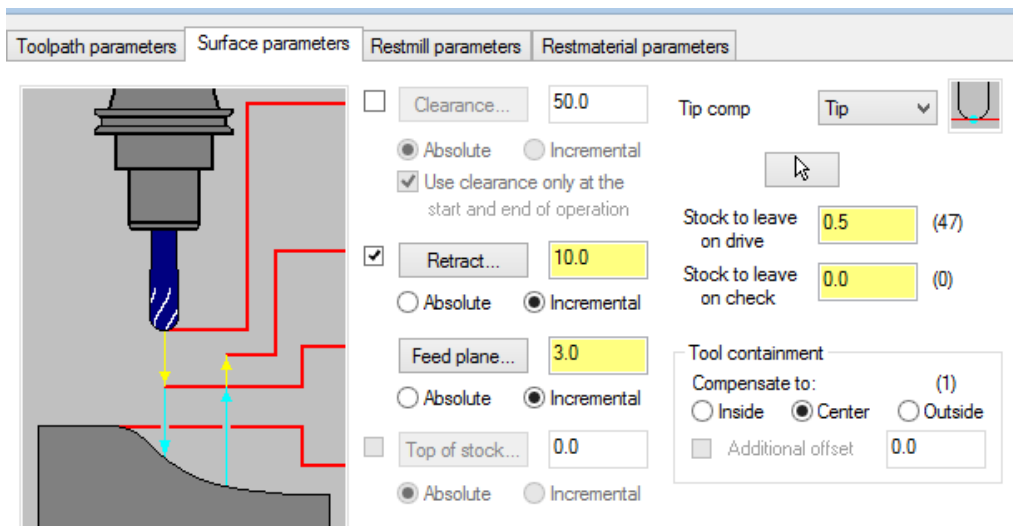
Hình 2.12: Mô phỏng quá trình cắt thô

- **Lập trình phay vết lượng dư do dao trước lớn không vào được để lại Toolpaths/ Surface Rough/ Restmill / Drive Containment:** chọn đường bao giới hạn vùng gia công
 + Chọn dao, khai dao và chế độ cắt thẻ **Toolpath parameter** : Làm tương tự như phay thô **Surface Rough Pocket**



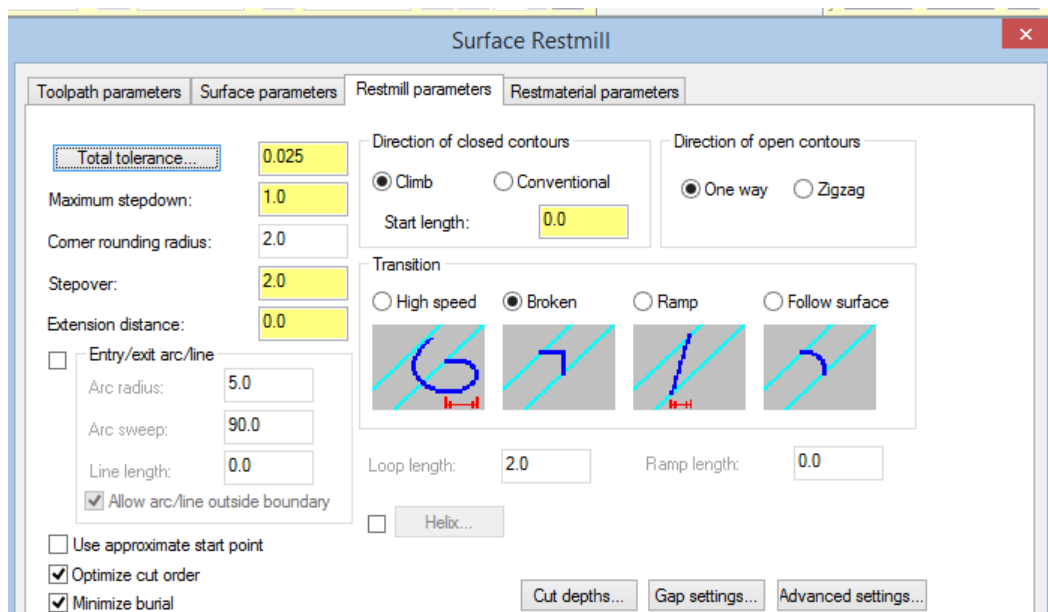
Hình 2.13: Thiết lập dao và thông số công nghệ cắt bán tinh

+ Khai chiều cao nâng dao, lượng dư để gia công tinh chọn thẻ **Surface parameters**



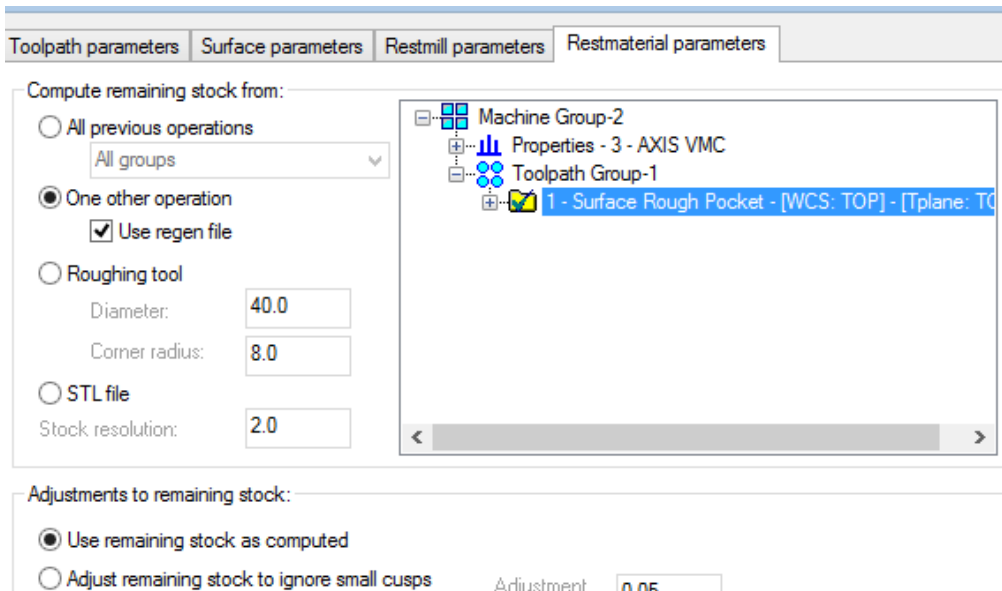
Hình 2.14: Thiết lập các bề mặt làm việc

+ Khai chiều sâu lát cắt và kiểu cắt ăn dao xuống chọn thẻ **Resmill parameters**:



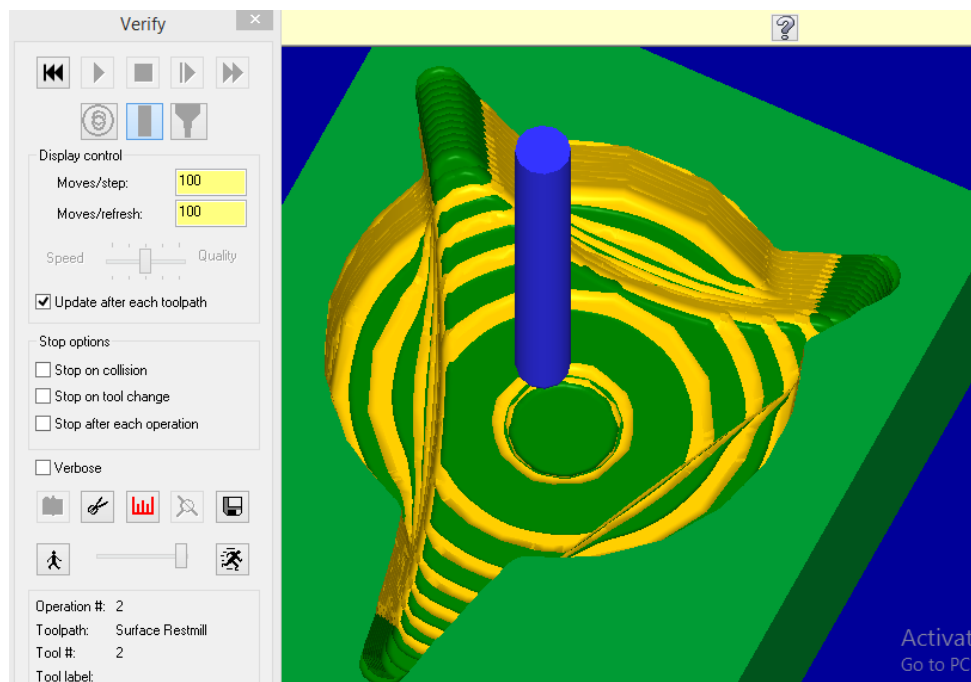
Hình 2.15: Chọn phương pháp phay (thuận-nghịch) và thông số cắt

+ Khai báo kiểu thiết lập phiê **Resmaterial parameters**:



Hình 2.16: Khai báo kiểu thiết lập phôi

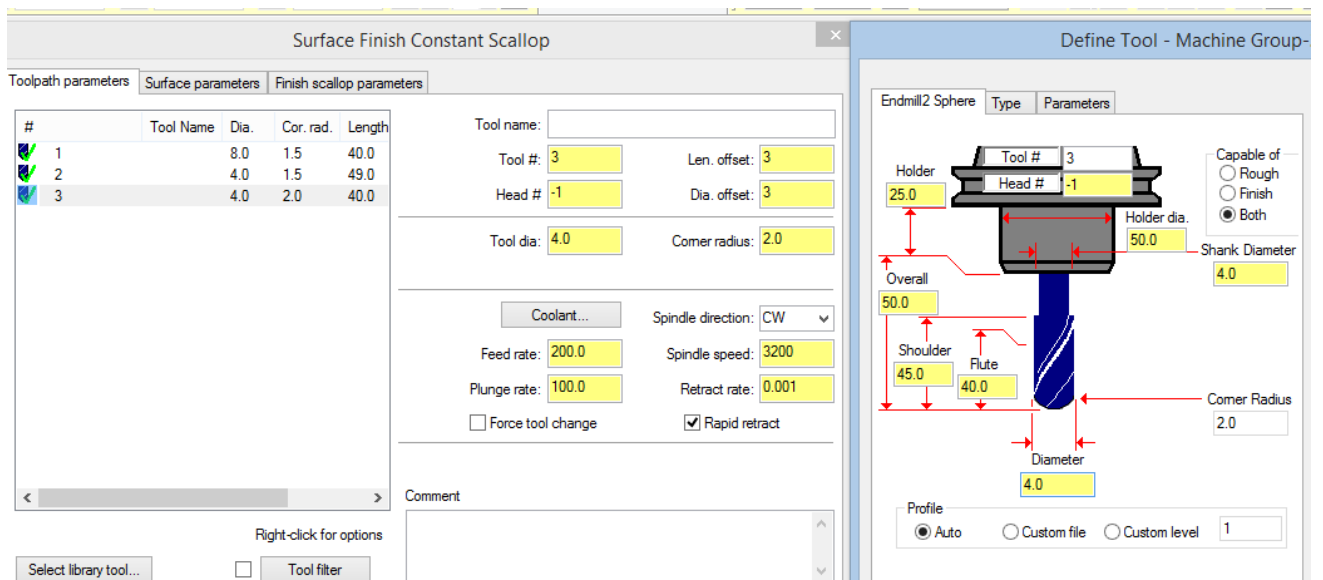
+ Mô phỏng quá trình gia công



Hình 2.17: Mô phỏng quá trình chạy bán tính

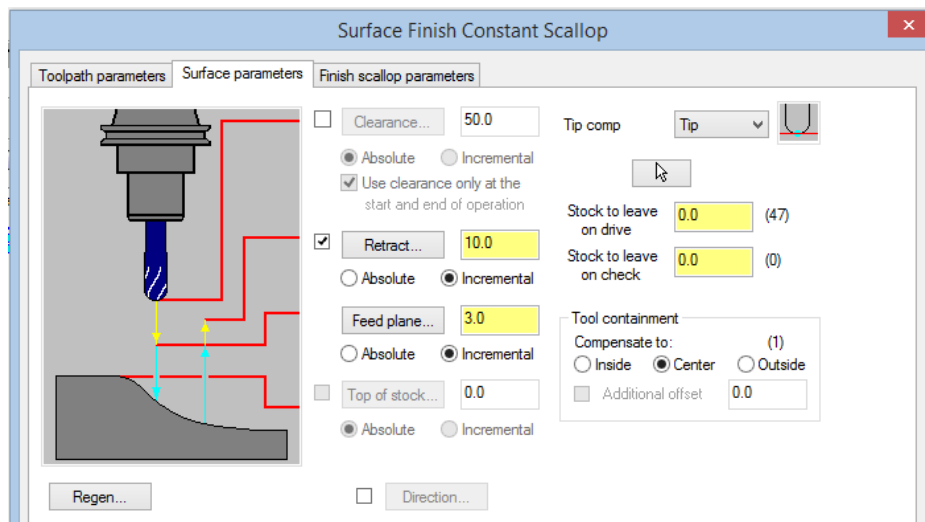
- **Lập trình chạy tinh: Toolpaths/Surface Finish/Scallop/Drive/ Containment:** chọn đường bao giới hạn vùng gia công

+ Chọn dao, khai dao và chế độ cắt thẻ **Toolpath parameter** : Làm tương tự như các phần trên



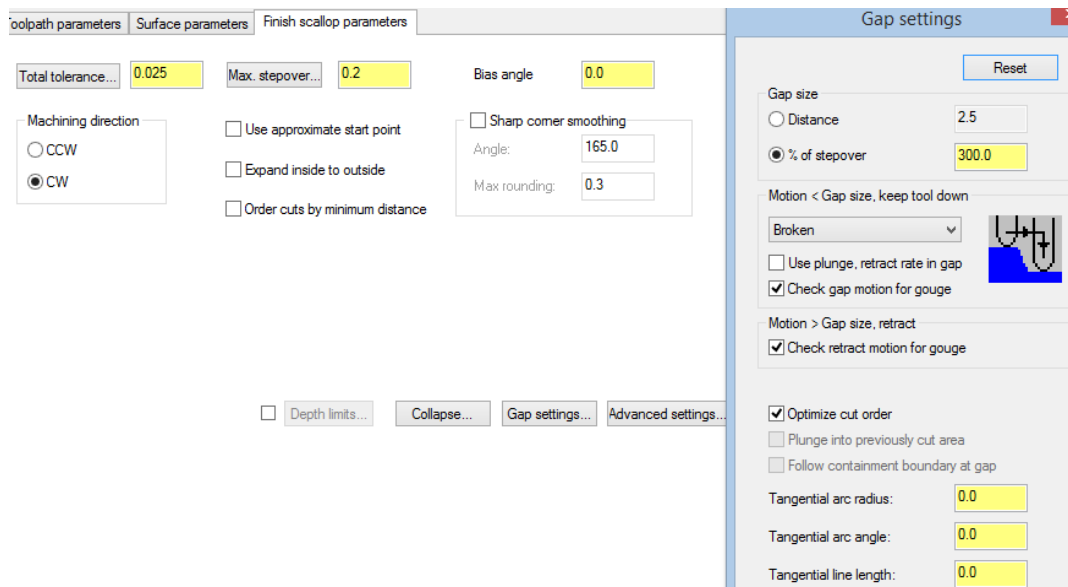
Hình 2.18: Thiết lập dao và chế độ cắt tinh

+ Khai chiều cao nâng dao, lượng dư để gia công tinh chọn thẻ **Surface parameters**



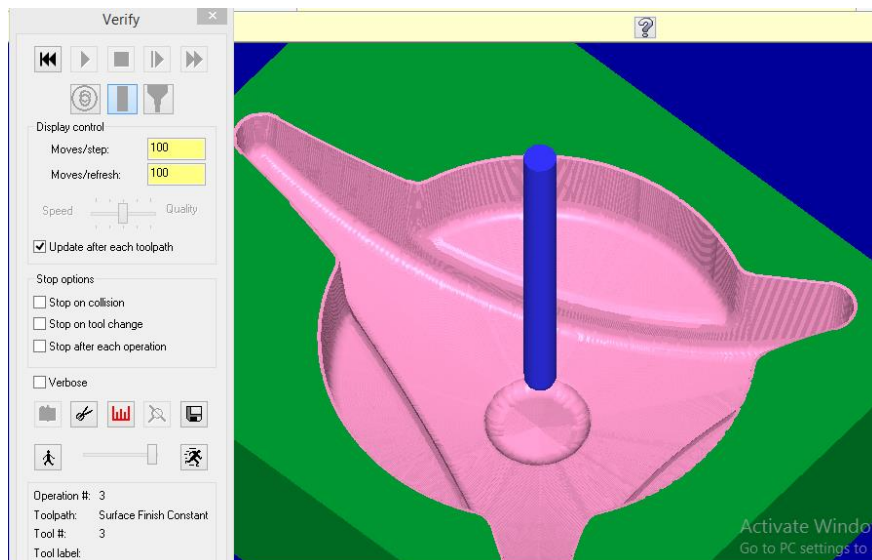
Hình 2.19: Thiết lập các bề mặt làm việc

+ Khai chiều sâu lát cắt và kiểu cắt ăn dao xuống chọn thẻ **Finish Scallop parameters**:



Hình 2.20: Thiết lập chiều sâu cắt và kiểu xuống dao

+ Mô phỏng quá trình gia công

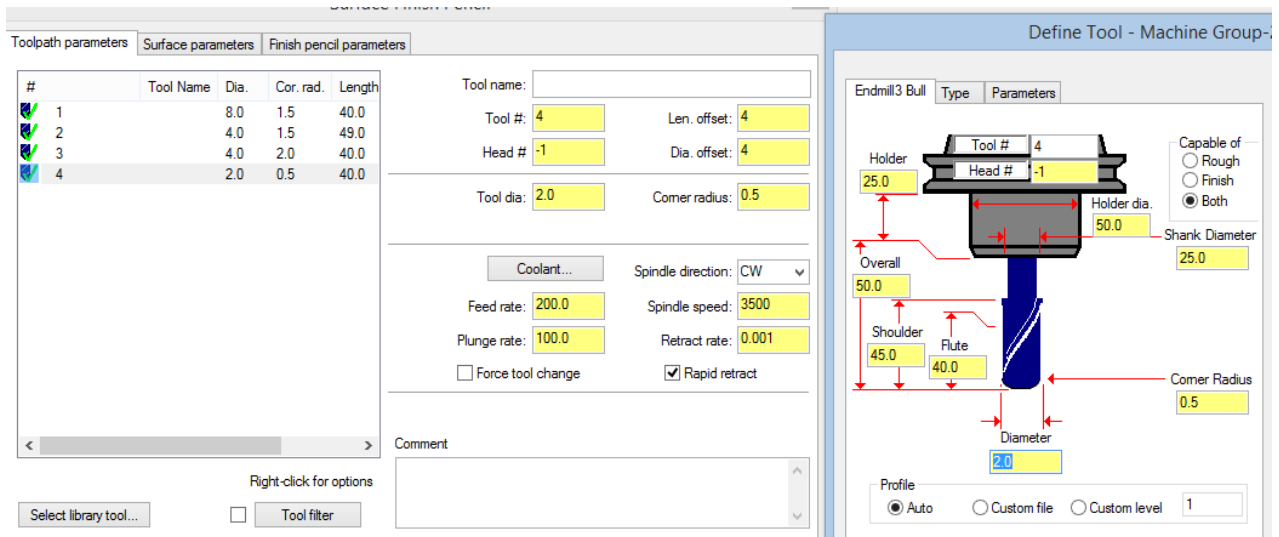


Hình 2.21: Mô phỏng quá trình cắt tinh

- Lập trình phay tinh góc bo ở đây *Toolpaths/ Surface Finish / Pencil/ Drive*

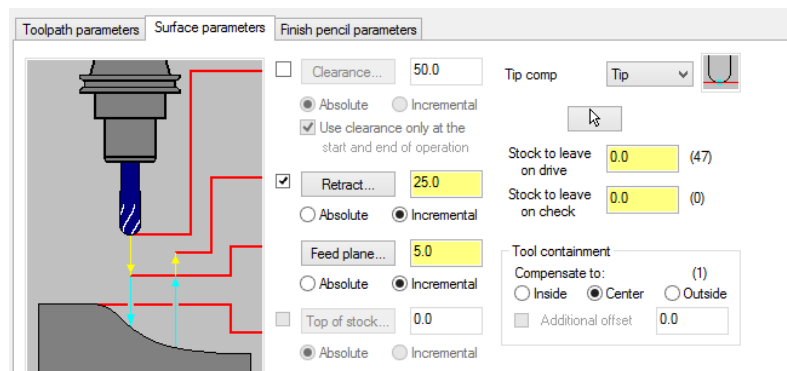
Containment: chọn đường bao giới hạn vùng gia công

+ Chọn dao, khai dao và chế độ cắt thẻ **Toolpath parameter** :



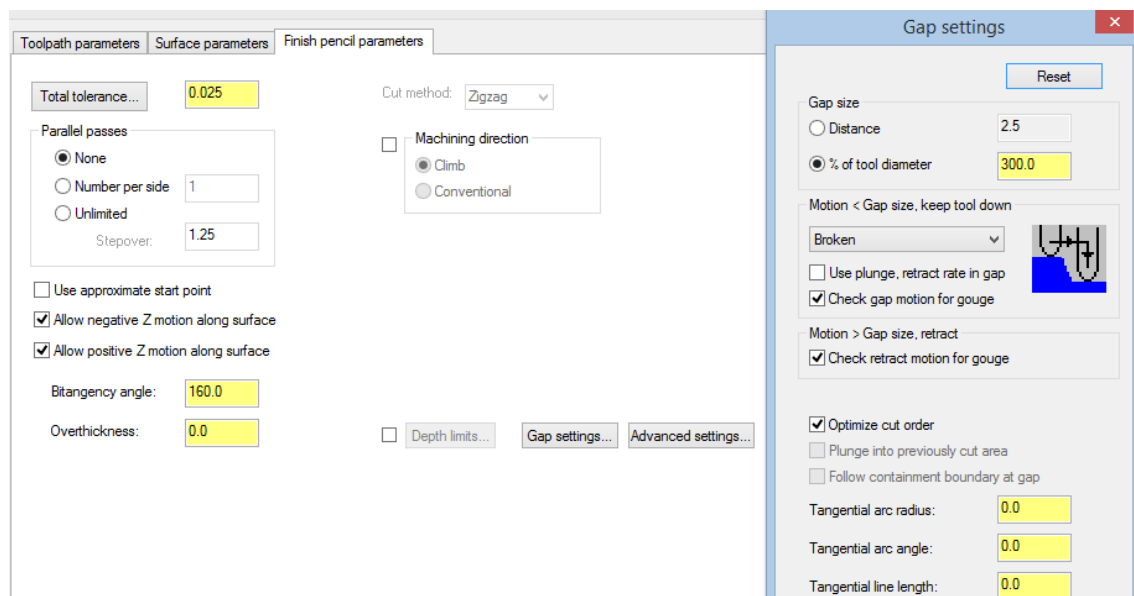
Hình 2.22: Thiết lập dao và chế độ cắt phay tinh các góc bo với R nhỏ

+ Khai chiều cao nâng dao, lượng dư để gia công tinh chọn thẻ **Surface parameters**



Hình 2.23: Thiết lập các mặt làm việc

+ Khai chiều sâu lát cắt và kiểu cắt ăn dao xuống chọn thẻ **Finish Pencil parameters**:



Hình 2.23: Thiết lập chiều sâu lát cắt, phương pháp phay (thuận, nghịch) và phương pháp xuống dao

+ Mô phỏng quá trình gia công

B4. Xuất fle NC, kiểm tra, chỉnh sửa thứ tự dao - chế độ cắt nếu cần

Click vào biểu tượng 

```
File Edit View NCFunctions Bookmarks Project Compare Communic
New [Icons]
Mark All Tool Changes [Next Tool] [Goto Previous Tool]
( T4 | | H4 )
N100 G21
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
N104 T1 M6
N106 G0 G90 G54 X-3.079 Y.763 S3000 M3
N108 G43 H1 Z50.
N110 Z7.202
N112 G1 Z2.202 F100.
N114 X3.084 Z1.879
N116 X-4.916 Z1.46
N118 X3.084 Z1.041
N120 X-4.916 Z.622
N122 X3.084 Z.202
N124 X-.916 F300.
N584 X-1.093 Y-5.269
N586 X-1.249 Y-5.243
N588 X-1.639 Y-5.124
N590 X-1.821 Y-5.071
N592 X-2.296 Y-4.87
N594 X-2.55 Y-4.739
N596 X-2.914 Y-4.532
N598 X-3.224 Y-4.311
N600 X-3.46 Y-4.127
N602 X-3.642 Y-3.964
N604 X-3.825 Y-3.795
N606 G0 Z5.315
N608 M5
N610 G91 G28 Z0.
N612 G28 X0. Y0.
N614 M30
%
```

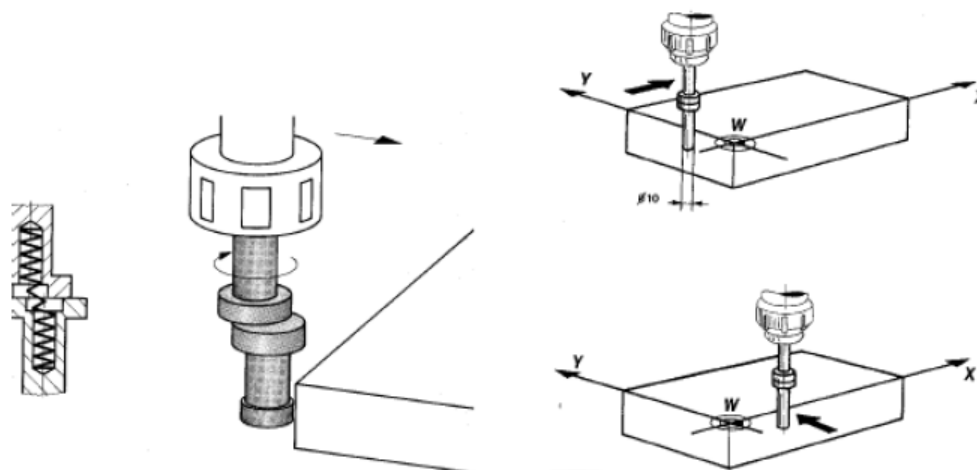
Hình 2.24: File G-Code được xuất ra

2.2.3. Gá phôi, cài đặt dao, góc phôi trên máy CNC

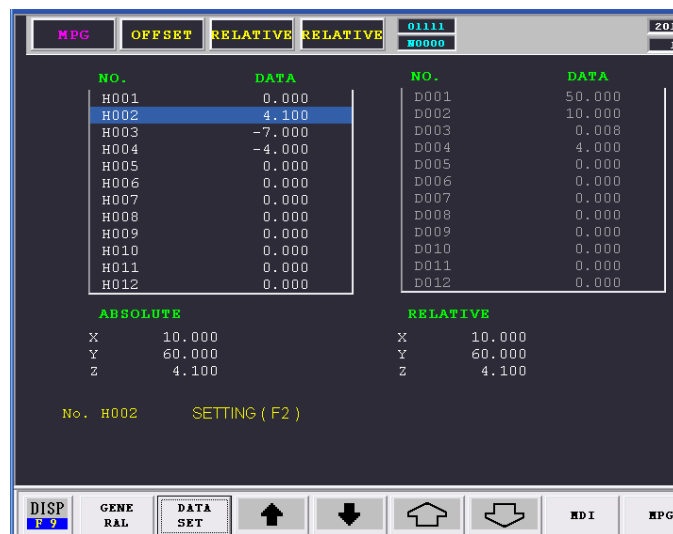
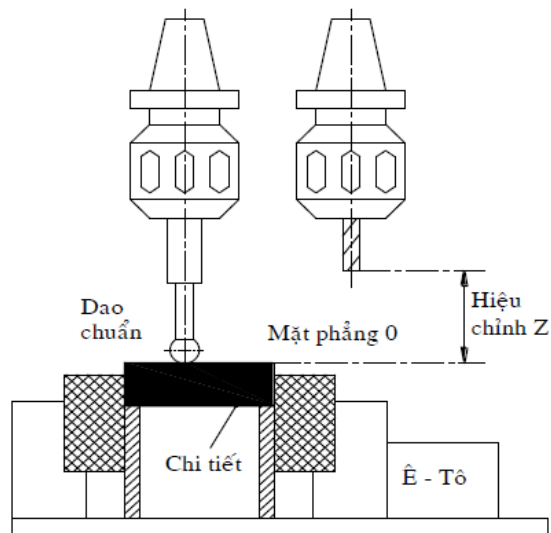
B1. Gá ê tô: Rà phẳng, song song

B2. Gá phôi vào ê tô: Căn, kê song song

B3. Xác định góc phôi trên má, gá dao so chiều dài các dao gia công trong chương trình lưu các thông số vào bảng OFFSET của máy. Ở bài này ta chọn góc ở giữa phôi



Hình 2.25: Sử dụng đầu dò lệch tâm xác định góc phôi



Hình 2.26: So dao với dụng cụ chuẩn

2.2.4. Gia công bằng truyền chương trình NC đã lập trình vào máy CNC

- Khởi động phần mềm CIMCO EDIT

- Kết nối dùng cáp theo chuẩn RS232 chọn cổng COM kết nối máy CNC với máy tính.

Ví dụ như COM 1. Khi đã nhận cổng, phần này sẽ hiện tự động.

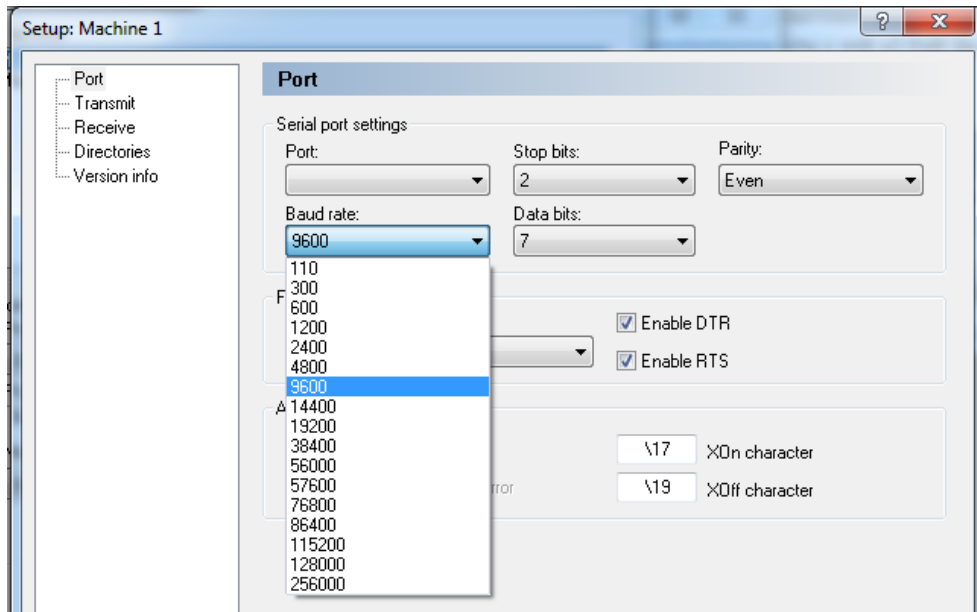
- Cài đặt chế độ truyền dẫn:

+ Stop bits = 2, Parity = Even, Data bits = 7, Follow control = Software.

+ Baudrate: Chúng ta chọn đúng theo tham số được thiết lập trong máy CNC.

Hoặc phải đồng bộ chúng.

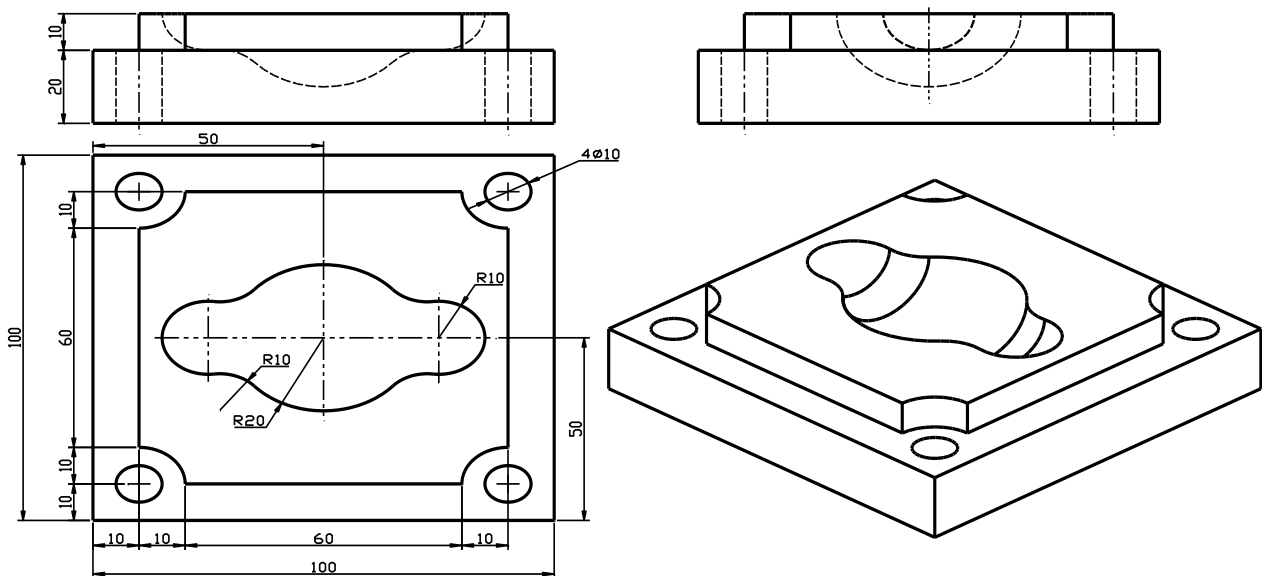
+ Sau đó nhấn OK. Các bạn đã thiết lập xong phần cài đặt cho phần mềm.



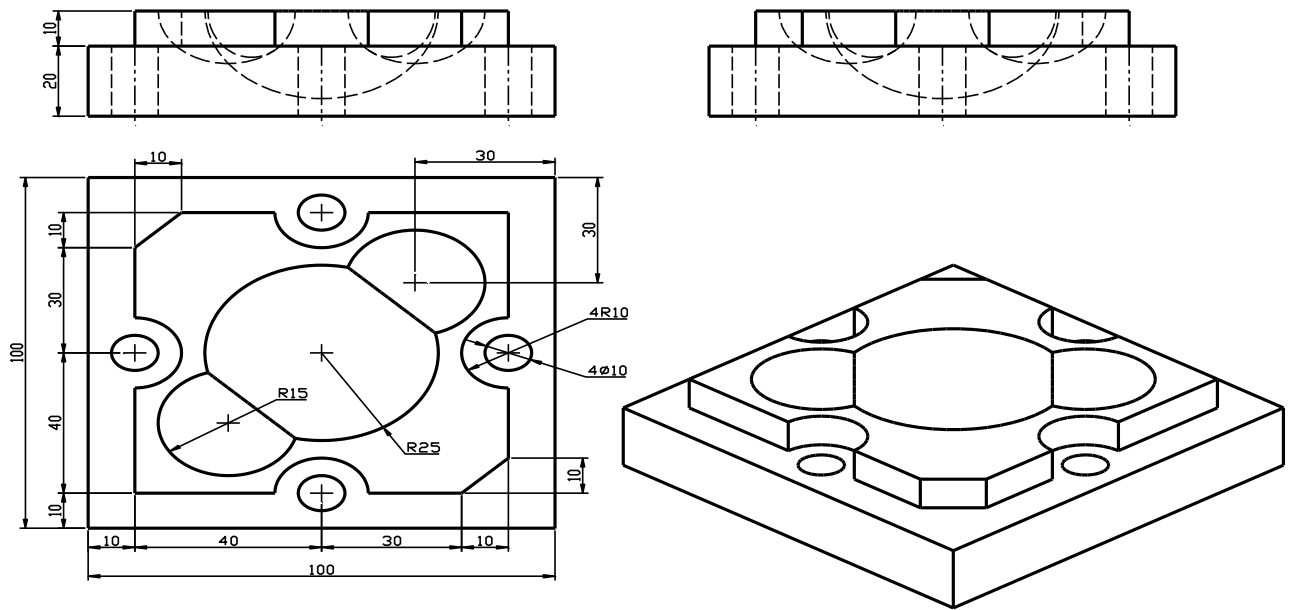
Hình 2.27: Thiết lập thông số phần mềm truyền dữ liệu phù hợp với máy CNC

- Để chạy máy CNC ở chế độ DNC. Chúng ta để máy ở chế độ TAPE, REMOTE, hoặc DNC.
- Nhấn Cycle Start để máy sẵn sàng chờ lệnh chạy.
- Khi đó dưới phần mềm CIMCO chúng ta nhấn nút SEND
- Từng cụm chương trình sẽ được đẩy lên và được thực hiện trên máy CNC. Khi chương trình được truyền xong thì chương trình cũng được máy CNC thực hiện xong việc chạy lệnh và gia công trên sản phẩm.

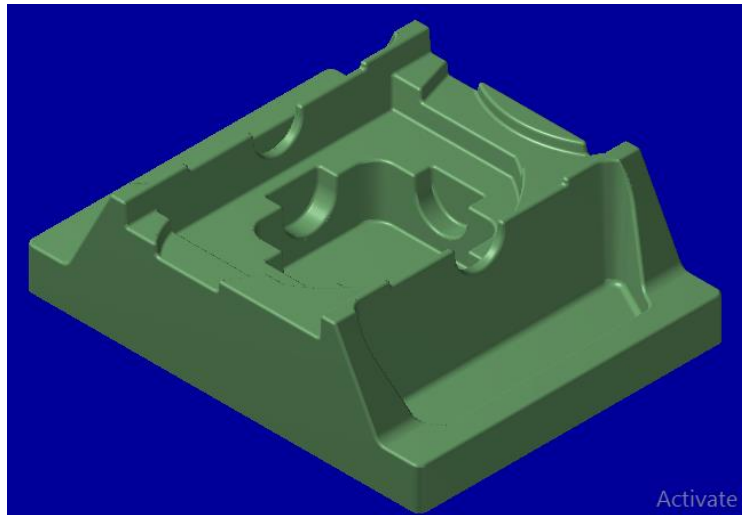
3. BÀI TẬP ỨNG DỤNG



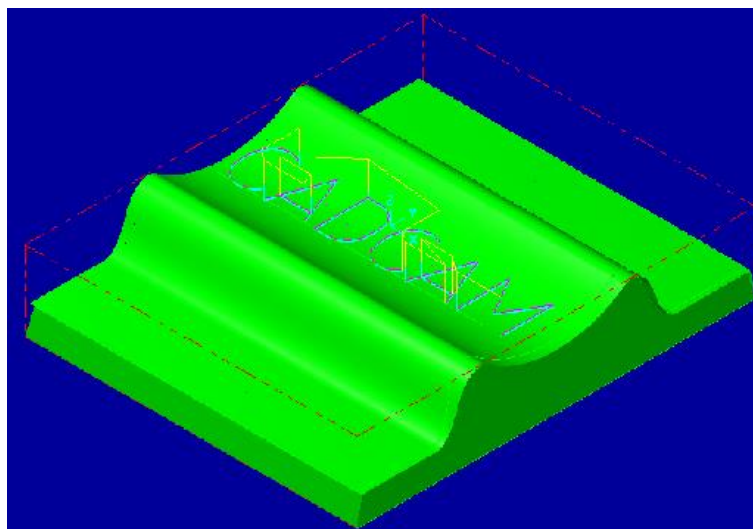
Hình 2.28: Bài tập ứng dụng số 1



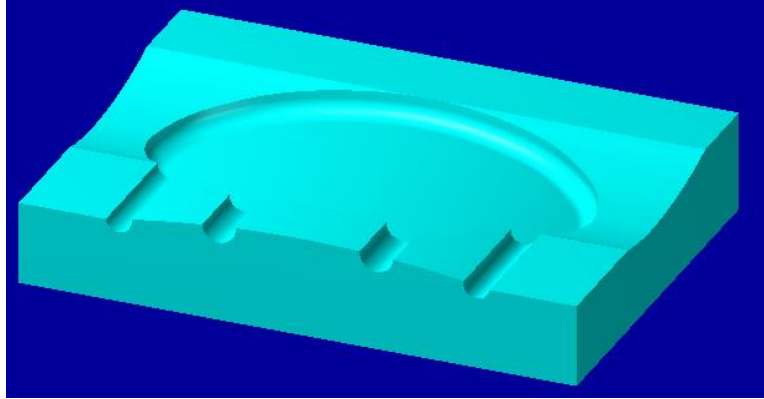
Hình 2.29: Bài tập ứng dụng số 2



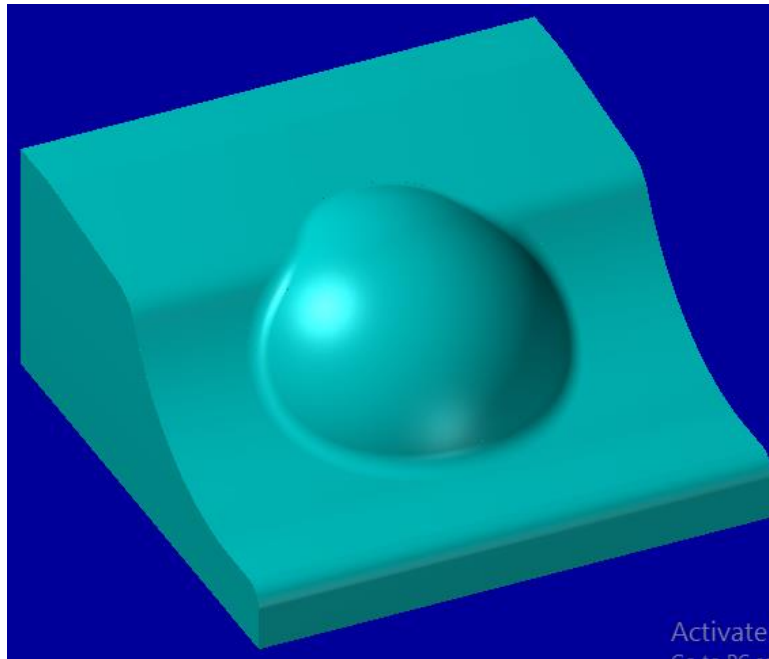
Hình 2.30: Bài tập ứng dụng số 3 (Cung cấp file khi thực hành)



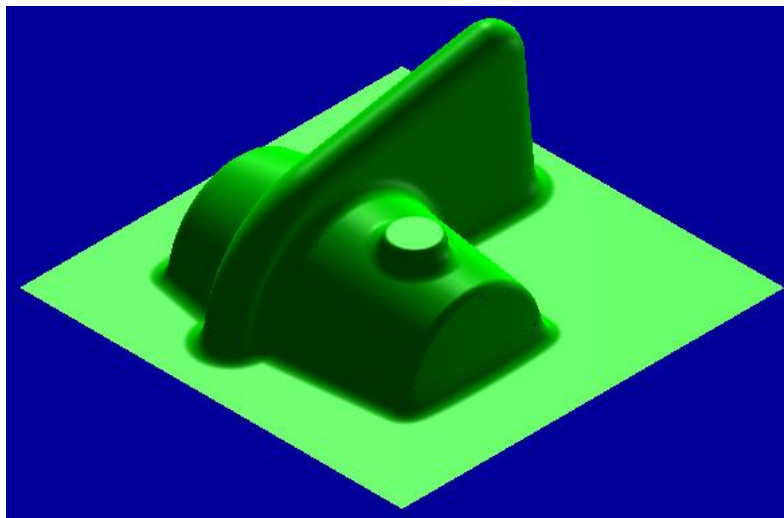
Hình 2.31: Bài tập ứng dụng số 4 (Cung cấp file khi thực hành)



Hình 2.32: Bài tập ứng dụng số 5 (Cung cấp file khi thực hành)



Hình 2.33: Bài tập ứng dụng số 6 (Cung cấp file khi thực hành)



Hình 2.34: Bài tập ứng dụng số 7 (Cung cấp file khi thực hành)

4. TÓM TẮT TRÌNH TỰ THỰC HIỆN

TT	Tên các bước công việc	Dụng cụ, thiết bị, vật tư	Yêu cầu kỹ thuật	Các chú ý về an toàn lao động
1	Mô hình 3D	<ul style="list-style-type: none"> - Máy vi tính đã cài đặt phần mềm MastercamX5 - Tập bản vẽ, file mô hình 3D các chi tiết cần phay 	Thực hiện vẽ đúng trình tự được hướng dẫn	<ul style="list-style-type: none"> - Chú ý an toàn điện. - Sử dụng, bật-tắt máy tính đúng quy trình
2	Lập trình gia công theo mô hình 3D	<ul style="list-style-type: none"> - Máy vi tính đã cài đặt phần mềm MastercamX5 - Tập bản vẽ, file mô hình 3D các chi tiết cần phay 	Chọn góc phôi, chọn kiểu chạy dao, chế độ cắt và lập quy trình gia công phù hợp	Lưu ý chiều cao thoát dao, chiều dài dao, góc tọa độ và chế độ cắt
3	Chuẩn bị phôi, máy, dụng cụ	<ul style="list-style-type: none"> - Máy phay CNC - USB, thẻ nhớ hoặc cáp RS232 - Phôi thép theo bản vẽ. - Các loại dao phay cần thiết. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kiểm tra máy phay CNC trước khi vận hành. - Gá phôi đảm bảo chắc chắn, đủ chiều cao gia công. - Xác định góc phôi - So tất cả các dao cần sử dụng. 	<ul style="list-style-type: none"> - Chú ý an toàn cho người và thiết bị. - Vận hành máy CNC đúng quy trình.
4	Gia công, kiểm tra sản phẩm	<ul style="list-style-type: none"> - Máy phay CNC - USB hoặc cáp RS232 - Phôi nhôm theo bản vẽ. - Các loại dao 	Thực hiện đúng trình tự được hướng dẫn	<ul style="list-style-type: none"> - Chú ý an toàn điện. - Chú ý an toàn cho người và thiết bị. - Vận hành máy

		phay cần thiết. - Các loại dụng cụ đo.		CNC đúng quy trình. - Vệ sinh thiết bị sau khi sử dụng.
--	--	--	--	--

BÀI 3: LẬP TRÌNH PHAY 4, 5 TRỤC TRÊN MASTERCAM

1. MỤC TIÊU CỦA BÀI

- Biên dịch được các chương trình phay CNC trong gia công 4 trục, 5 trục bằng phần mềm Mastercam.

- Chủ động, sáng tạo và an toàn trong quá trình học tập.

2. NỘI DUNG BÀI

2.1. Lý thuyết liên quan

2.1.1. Tổng quan về gia công 4, 5 trục

a. Lợi ích của gia công nhiều trục

* Giảm thời gian thiết lập (gá đặt).

Một nguyên nhân quan trọng để dùng máy gia công nhiều trục là giảm thời gian thiết lập cho chi tiết. Nếu có nhiều đồ gá tùy chỉnh cho các nguyên công sau đó thì sẽ rất tốn kém và tốn nhiều thời gian. Hầu hết các chi tiết có thể gia công trên một hoặc hai lần thiết đặt, giảm việc thêm đồ gá và cả thời gian.



Hình 3.1: Một số dạng sản phẩm được gia công trên máy phay CNC nhiều trục

* **Độ chính xác.**

Bất kì lúc nào di chuyển chi tiết từ đồ gá này sang đồ gá khác thì sẽ có sai số gá đặt hoặc cả trong lúc thiết đặt và vận hành. Thường dễ xảy ra sai số tích lũy khi phay các mặt với nhiều lần gá. Khi sử dụng bàn phân độ hoặc máy nhiều trục phù hợp cho phép độ chính xác khi di chuyển sẽ thấp (quãng đường thay đổi vị trí phôi ngắn), tốc độ dao cắt

nhanh và do đó tăng chất lượng cắt. Và có thể được các đường cắt mạnh hơn với tốc độ quay cao và tốc độ ăn dao cao, trong khi độ chính xác cao vẫn được duy trì.



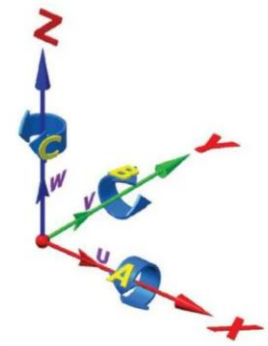
Hình 3.2: Một số chi tiết đòi hỏi độ chính xác cao cần phải được gia công trên máy CNC nhiều trục

*** Chất lượng bề mặt gia công tốt hơn.**

Sử dụng các dao ngắn sẽ hạn chế được độ lệch trong khi giảm thiểu được rung động và tạo các đường cắt mềm mại và chính xác. Khi sử dụng dao phay cầu thường được khuyến nghị sao cho điểm tiếp xúc của đầu dao không xoay quanh phần mũi (spinning-mũi dao bị tiếp xúc nhiều chỗ chứ không phải một điểm duy nhất- gây mòn nhanh). Khi nghiêng giao phôi sẽ có thể được tiếp cận cho toàn bộ vùng dao mà bạn mong muốn, do đó không chỉ nâng cao chất lượng bề mặt mà còn giúp tăng tuổi thọ dao.

b. Hệ tọa độ trong không gian

Trong không gian như ta đã biết một vật tồn tại 6 bậc tự do, 3 tịnh tiến dọc trục X, Y, Z và 3 quay quanh các trục của nó tương ứng là A, B, C. Khi sản xuất máy CNC, ngoài 6 trục mặc định thì nhà sản xuất còn sử dụng thêm 3 trục phụ U, V, W là các trục song song tương ứng với X, Y, Z (Các trục này được sử dụng trong hệ tọa độ tương đối).



Hình 3.3: Hệ trục tọa độ trong không gian

Các trục này có thể chuyển động theo những mối quan hệ tương đối với nhau bởi mỗi trục đều được điều khiển độc lập bằng chương trình NC. Vì vậy, gia công trên các máy nhiều trục giúp tăng khả năng gia công và có thể gia công các chi tiết phức tạp mà máy gia công bình thường không thể gia công được. Việc gia công sẽ được tạo nên bởi sự kết hợp của chuyển động của các trục, các góc xoay và việc điều khiển quá trình gia công.

b. Cấu tạo máy phay CNC 5 trục

Hiện tại của một số nhà sản xuất nổi tiếng trên thế giới đưa ra nhiều loại kết cấu máy khác nhau, Thật không may nhiều máy khác nhau xây dựng theo tiêu chuẩn, những cách khác nhau. Nhiều nhà sản xuất máy cho phép người dùng cuối có thể thay đổi được thuộc tính của trục như thay đổi hướng quay. Mỗi máy có một quy ước riêng, hướng quay, vị trí bắt đầu, giới hạn. Ở nhiều máy một số trục quay có thể quay theo cả hai hướng dựa trên vị trí bắt đầu với chiều kim Đồng hồ (CW), hoặc ngược chiều kim đồng hồ (CCW).

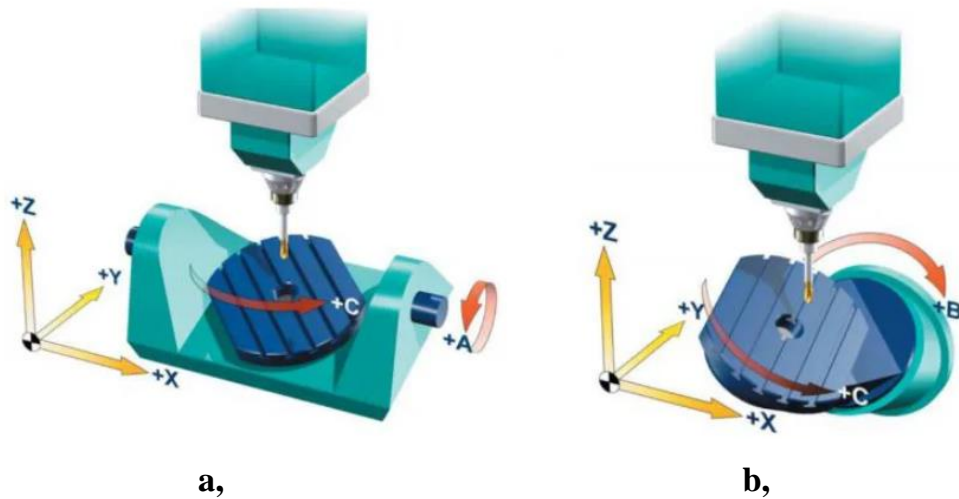
Để hiểu được hoàn toàn cấu trúc máy, chúng ta cần xem xét tất cả các máy như một thực thể chung duy nhất, nhìn mô hình và hiểu được làm thế nào để xây dựng được mô hình như vậy ta phải biết nơi nào là các bộ phận, nơi nào là tọa độ Zero của máy, những gì làm chúng thực hiện di chuyển, làm thế nào để chúng phối hợp chuyển động.

Những nhà sản xuất khác nhau và những hệ thống CAD/CAM khác nhau sẽ có nhiều tên gọi khác nhau cho những điều tương tự.

** Table-Table (bàn- bàn).*

Máy phay nhiều trục có thể là loại đứng hoặc ngang tất cả các trục xoay ngoại trừ trục mang dao được thực hiện bởi bàn máy trục xoay chính thứ nhất sẽ mang theo trục xoay chính thứ hai. Việc Offset chiều dài dao cũng giống tương tự như máy 3 trục.

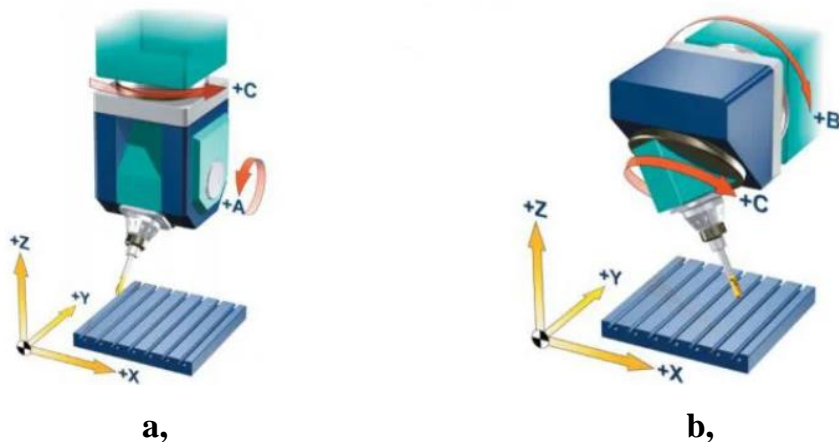
Chiều dài dao có thể thay đổi mà không cần phải thay đổi lại trong chương trình NC đây là dạng kết cấu cơ bản rất hay gặp ở những máy có kích thước vừa và nhỏ thường là 2 trục xoay A hoặc B (kiểu xoay A,C là thông dụng nhất) .



Hình 3.4: Kết cấu bàn xoay kiểu A, C (a) và kiểu B, C (b)

* *Head-Head (đầu- đầu).*

Với kết cấu máy kiểu Head-Head thường kết cấu máy có kích thước lớn, tích hợp đầu gia công 5 mặt khi này toàn bộ đầu mang dao sẽ được thay thế bằng đầu gia công 5 mặt, việc thay thế linh hoạt này giúp tăng độ cứng vững cũng như độ chính xác trong gia công, tăng tuổi bền máy... Tất cả các chuyển động quay đều được thực hiện bằng các đầu trục chính của máy.



Hình 3.5: Kết cấu đầu dao xoay kiểu A, C (a) và kiểu B, C (b)

* *Kiểu Head-table (đầu-bàn).*

Kiểu kết cấu này thường kích thước máy hạng trung, bàn máy có hệ thống thay palet tự động, ngoài ra kết cấu này người ta thường bố trí máy đầu ngang hoặc đứng.

Máy được cho là có khả năng tốt nhất trong nhóm 3 loại máy. Trục mang dao cần có khả năng xử lý các áp lực cắt vì nó vừa có khả năng nghiêng đầu máy và mang dao.

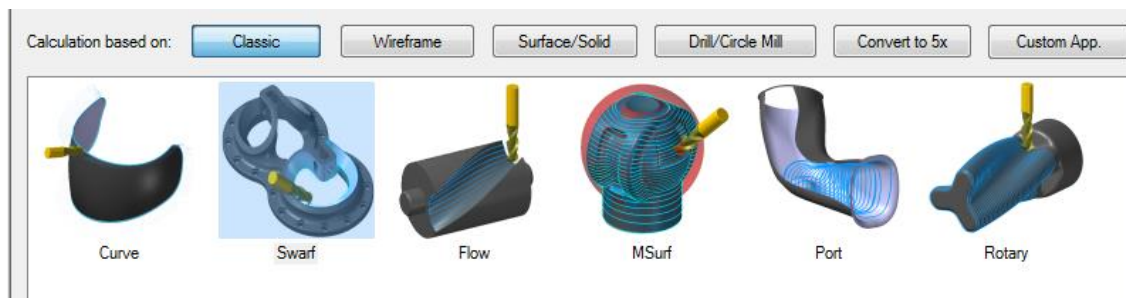


Hình 3.6: Kết cấu đầu dao và bàn máy cùng xoay

2.1.2. Các kiểu chạy dao 4, 5 trục

Tùy thuộc đặc điểm bề mặt chi tiết cần gia công, có thể lựa chọn các đường chạy dao theo các nhóm như sau:

a. Các bề mặt cổ điển

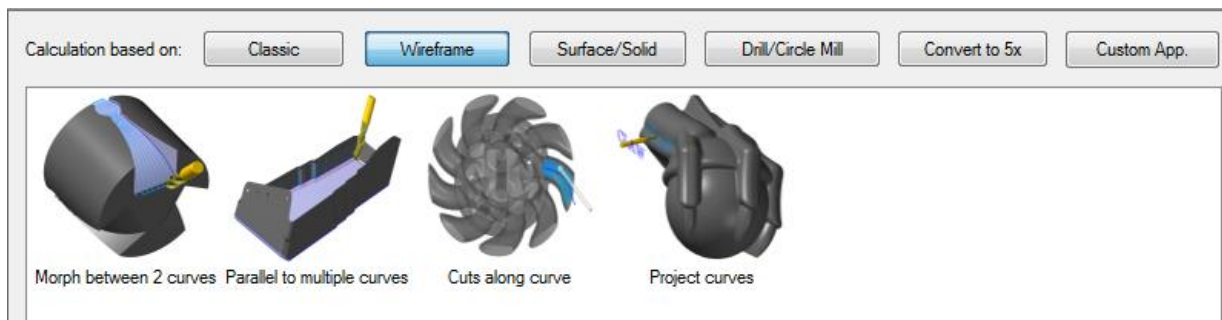


Hình 3.7: Các lựa chọn chạy nhiều trục cho dạng chi tiết cổ điển

Trong nhóm kiểu cổ điển, chúng ta có thể dịch chương trình chạy 4-5 trục với các lựa chọn sau:

- Phay theo cạnh của chi tiết 3D (Curve)
- Phay tinh theo bề mặt (Swarf)
- Phay chảy dọc theo bề mặt (Flow)
- Phay trên mặt cầu có sóng lồi lõm (MSurf)
- Phay chi tiết dạng ống (Port)
- Phay quay quanh bề mặt (Rotary)

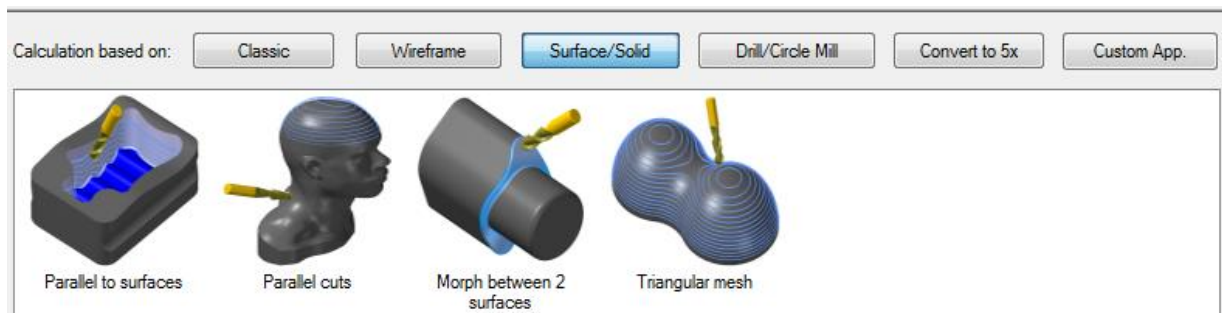
b. Các chi tiết dạng khung dây



Hình 3.8: Các lựa chọn phay nhiều trục cho dạng chi tiết kiểu khung dây

- Phay biên dạng nằm giữa 2 cạnh cong biến đổi (Morph between 2 curves)
- Phay song song với nhiều cạnh (Parallel to multiple curves)
- Phay dọc theo đường cong (Cuts along curve)
- Phay theo cạnh dự án (Project curves)

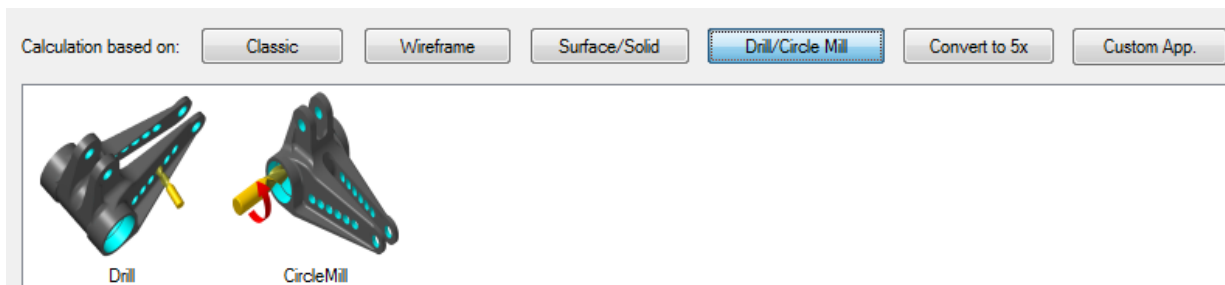
c. Các bề mặt và khối



Hình 3.9: Các lựa chọn phay nhiều trục cho chi theo bề mặt và khối

- Phay song song với các bề mặt (Parallel to surfaces).
- Phay theo các lát cắt song song (Parallel cuts).
- Phay bề mặt nằm giữa 2 bề mặt (Morph between 2 surfaces).
- Phay bề mặt lưới tam giác (Triangular mesh).

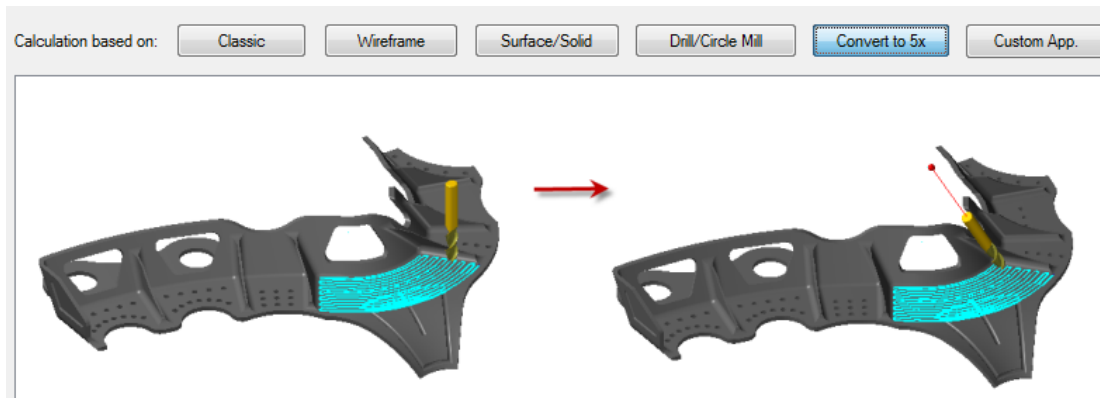
d. Khoan, phay lỗ tròn



Hình 3.10: Các lựa chọn khoan, phay lỗ ngang trên máy phay nhiều trục

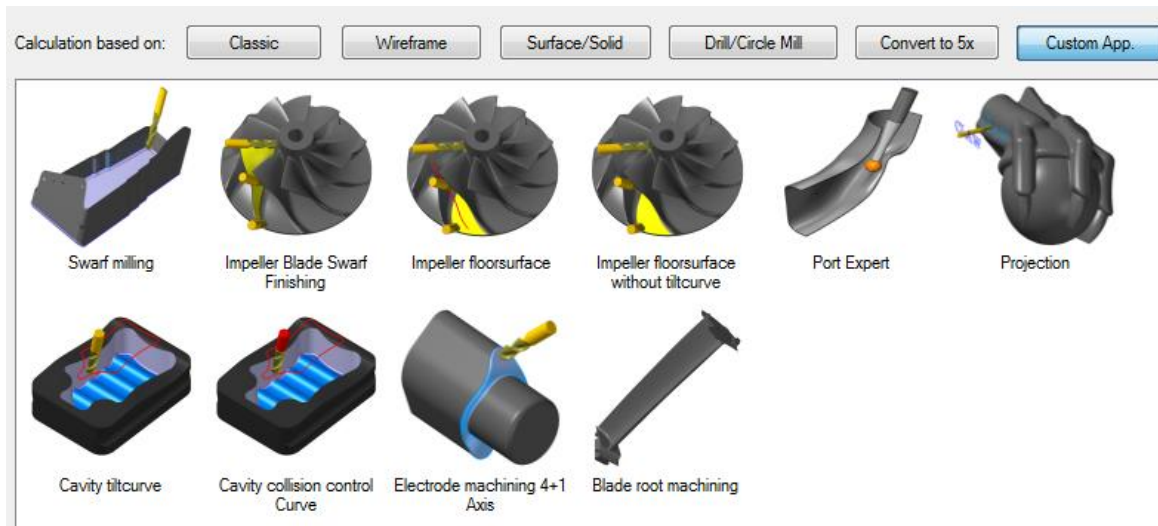
- Khoan lỗ (Drill)
- Phay lỗ tròn (Circle Mill)

e. Chuyển phay 3D sang 5D



Hình 3.11: Lựa chọn chuyển từ phay 3D sang 5D

f. Lựa chọn riêng của người dùng

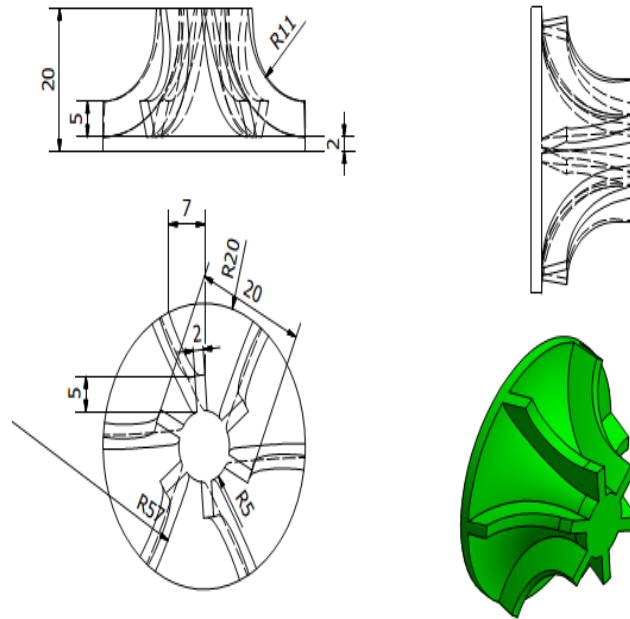


Hình 3.12: Các lựa chọn phay nhiều trục tùy thuộc người dùng

2.2. Trình tự thực hiện

2.2.1. Xây dựng bản vẽ

- Vẽ bản vẽ cần gia công



Hình 3.13: Bản vẽ chi tiết gia công

- Đưa bản vẽ về đúng vị trí so với gốc tọa độ. Đặc biệt lưu ý hướng của chi tiết cần đúng với hướng gá trên máy.

Trong gia công nhiều trục, gốc G54 luôn là giao của các trục quay. Vì vậy, bản vẽ khi dịch chương trình cũng phải có vị trí giống như vị trí của phôi trên máy gia công.

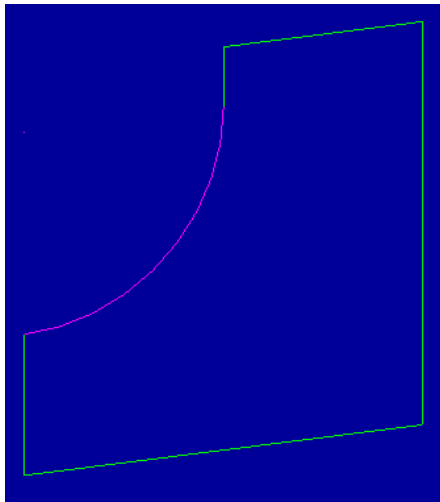
2.2.2. Lựa chọn máy gia công

- Từ Menu chọn **Machine Type>Mill>Manage List**
- Chọn máy CNC (chọn máy 5 trục Haas) > click chọn **Add** rồi chọn **OK**
- Từ Menu chọn **Machine Type>Mill>chọn máy vừa Add**

2.2.3. Thiết lập phôi

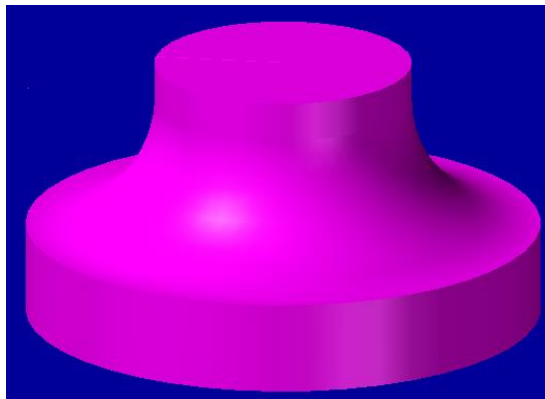
Với các chi tiết sử dụng phôi hộp hoặc phôi trụ thì có thể thiết lập phôi theo mặc định của máy (đã học trong Module CAD-CAM-CNC 1). Dưới đây là trình tự để thiết lập phôi theo người dùng cho chi tiết Tuabin ở trên.

- Tạo đường bao để tạo khối tròn xoay: Để không phải xoay bản vẽ về đúng hướng gá trên máy sau này, khi vẽ đường bao để tạo phôi nên đặt ở hướng vẽ Front.



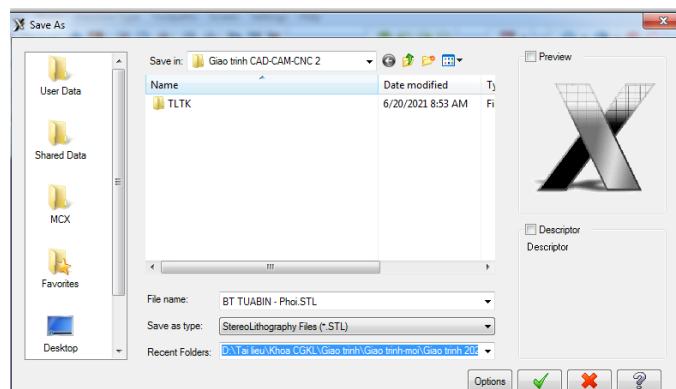
Hình 3.14: *Vẽ biên dạng để Revolve tạo phôi*

- Tạo khối tròn xoay bao ngoài chi tiết, di chuyển bản vẽ đúng vị trí với gốc G54 như vị trí của chi tiết cần gia công



Hình 3.15: *Bản vẽ phôi sau khi đã tạo khối bằng lệnh Revolve*

- Lưu bản vẽ ở đuôi STL (đuôi mặc định của phôi trong Mastercam).

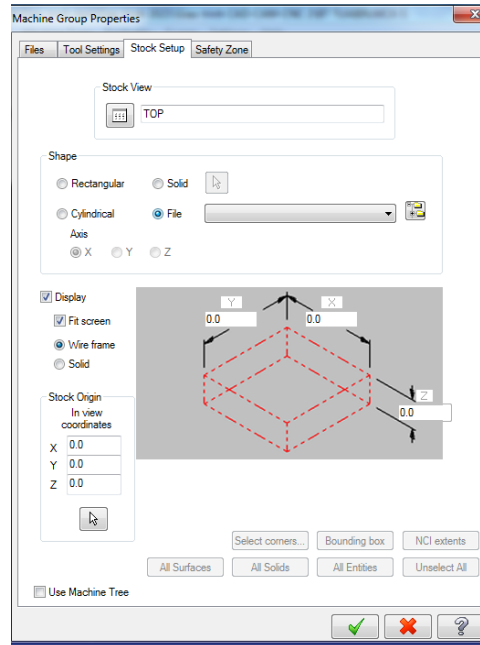


Hình 3.16: *Lưu file bản vẽ phôi ở đuôi STL*

Lưu ý: Hướng quan sát của phôi trước khi lưu đuôi STL cần phải lựa chọn là hướng TOP. Nếu vẫn để các hướng nhìn khác, khi tạo phôi sẽ nằm theo các hướng nhìn đó và không thể sử dụng cho mô phỏng gia công.

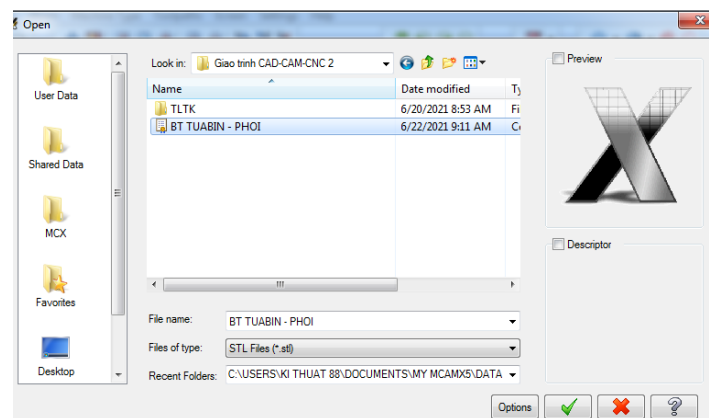
- Chọn phôi trong máy gia công trước khi biên dịch chương trình

+ Từ **Machine Group>Properties>Stock setup**



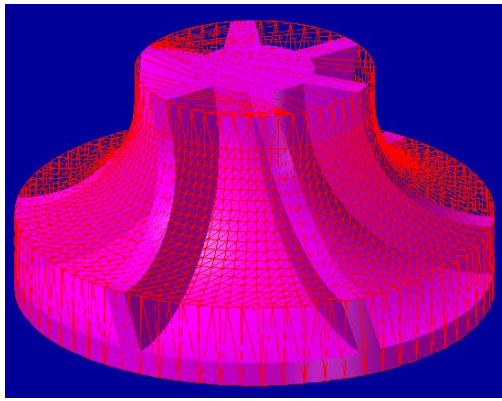
Hình 3.17: Bảng thiết lập phôi phay

Trong bảng hộp thoại, click chọn File và mở đường dẫn tìm file phôi chúng ta vừa lưu



Hình 3.18: Tìm đường dẫn, mở file phôi đã lưu

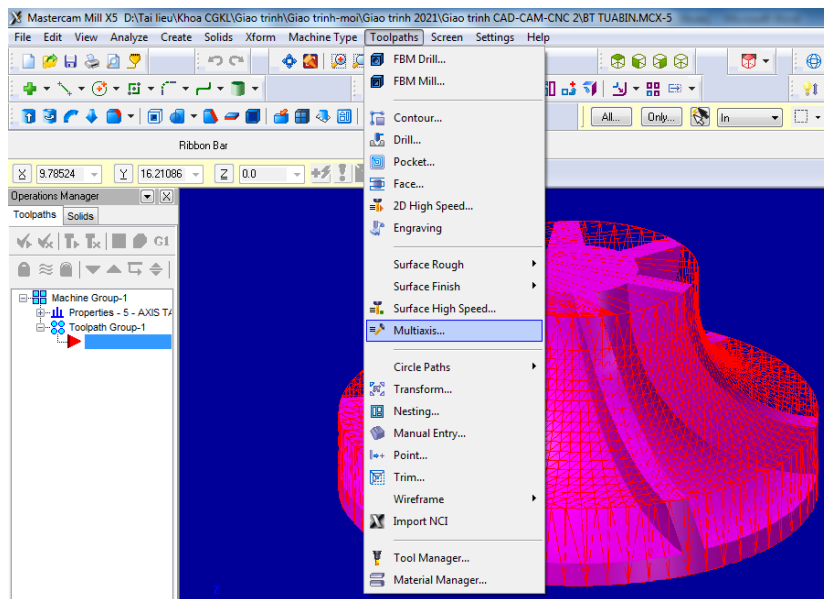
Sau khi thiết lập chính xác, ta sẽ có phôi là phần nét đỏ được bao quanh chi tiết cần gia công như hình 3.19.



Hình 3.19: Phôi được thiết lập đúng

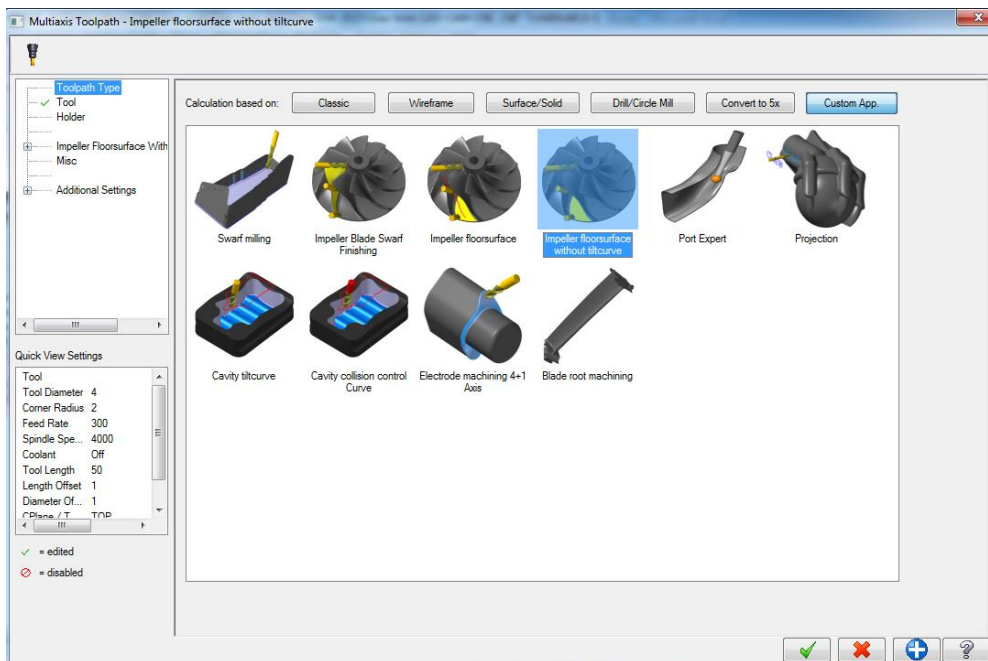
2.2.4. Chọn đường chạy dao và thiết lập các thông số

- Chọn đường chạy dao gia công nhiều trục: Toolpaths > Multiaxis...



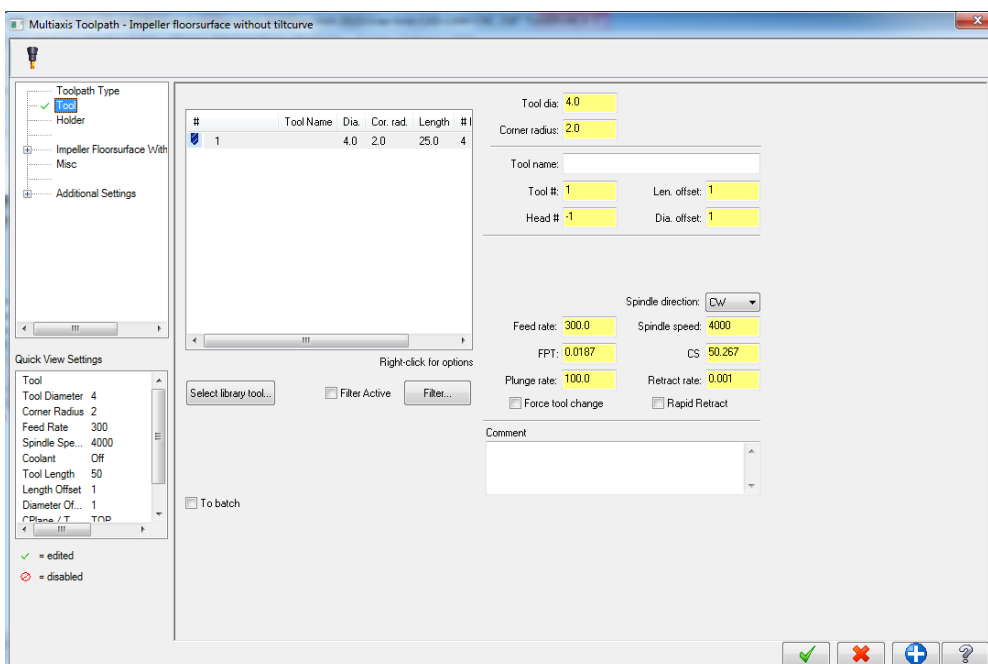
Hình 3.20: Chọn đường chạy dao nhiều trục (Multiaxis)

- Chọn kiểu chạy dao cho phay cánh tuabin: Toolpath Typ > Custom App > Impeller floorsurface without titcurve



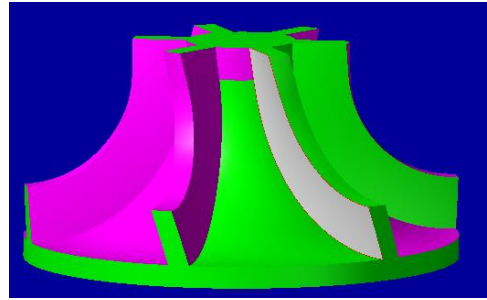
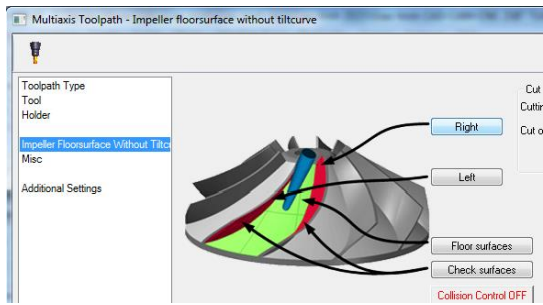
Hình 3.21: Chọn kiểu chạy dao phù hợp với hình dạng chi tiết gia công

- Tại thẻ Tool thiết lập dao và thông số công nghệ (tương tự phay 2,3D). Chú ý sử dụng dao có đường kính phù hợp để đủ khoảng cách giữa 2 cánh tuabin.



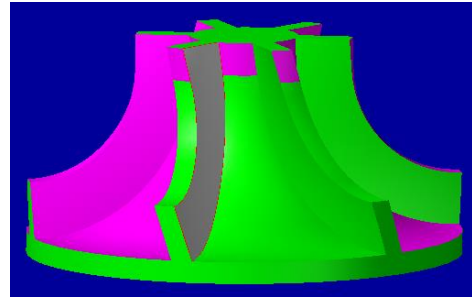
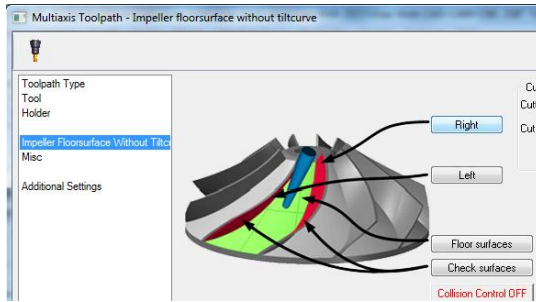
Hình 3.22: Chọn dao và thiết lập thông số công nghệ

- Tại thẻ Impeller floorsurface without titcurve: thiết lập thông số bề mặt cần cắt
+ Chọn Right > chọn bề mặt bên phải của hốc cần cắt > OK.



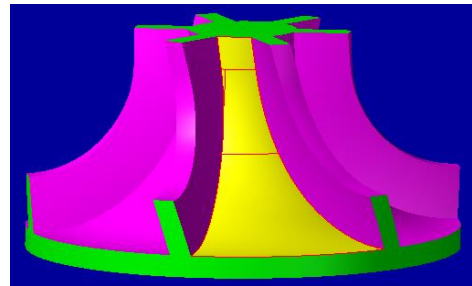
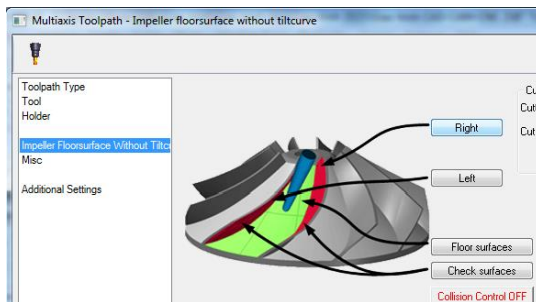
Hình 3.23: Xác định bề mặt giới hạn bên phải của hốc cắt

+ Chọn Left > chọn bề mặt bên trái của hốc cần cắt > OK.



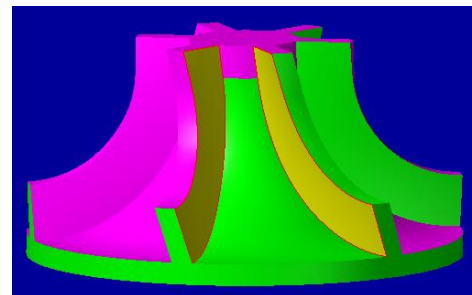
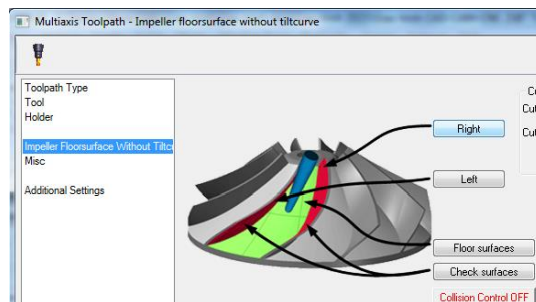
Hình 3.24: Xác định bề mặt giới hạn bên trái của hốc cắt

+ Floor Surface > chọn bề mặt đáy của hốc cần cắt > OK.



Hình 3.25: Xác định bề mặt đáy của hốc cắt

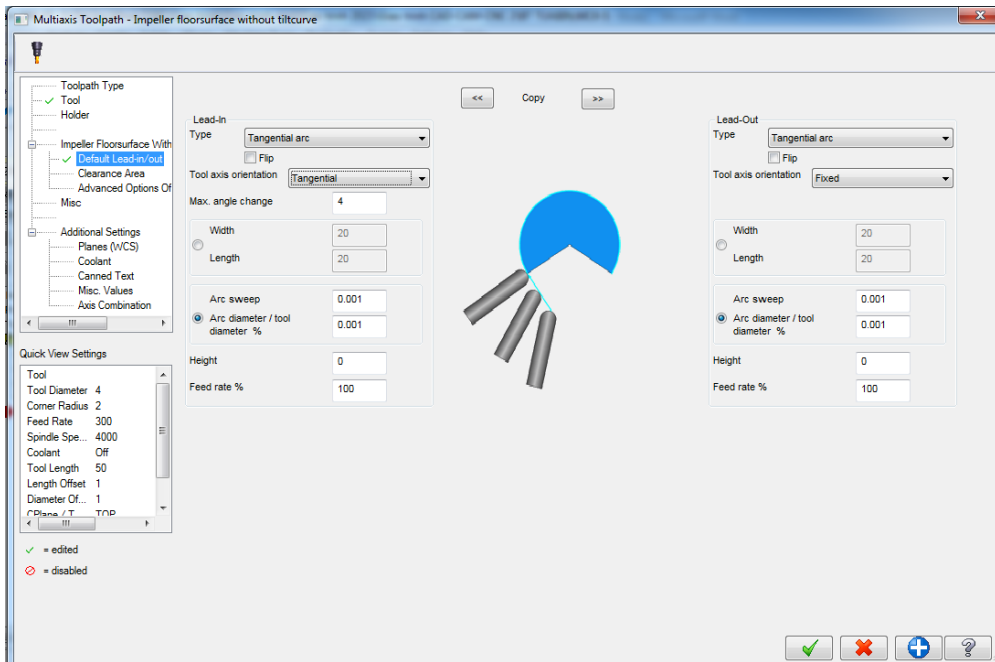
+ Check Surface > chọn 2 bề mặt để kiểm tra giới hạn góc nghiêng dụng cụ (mặt trái, phải của hốc cần cắt) > OK.



Hình 3.26: Xác định các bề mặt kiểm tra góc nghiêng dụng cụ cắt

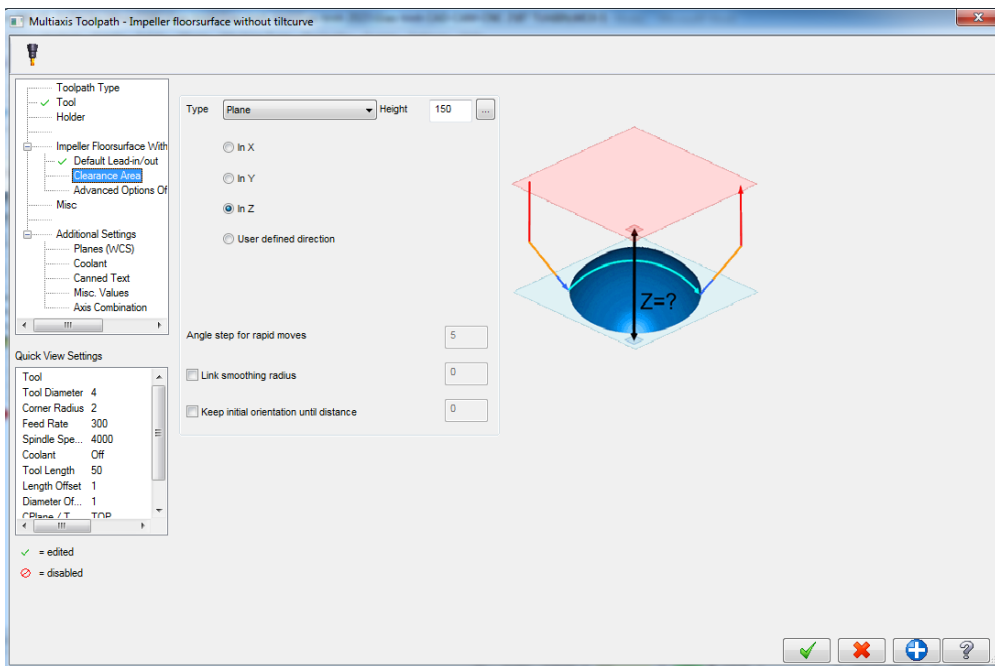
+ Maximum Stepover: Khoảng dịch dao ngang lớn nhất.

+ Default Lead-in/out: mặc định vào ra dao



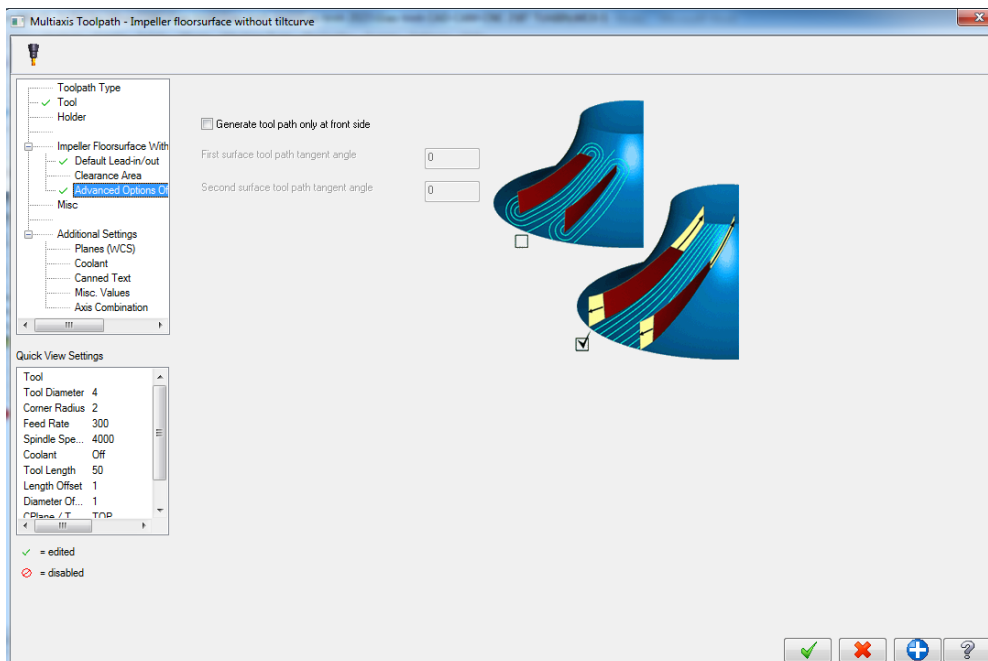
Hình 3.27: Thiết lập vào và ra dao

+ Clearance Area: Vùng an toàn



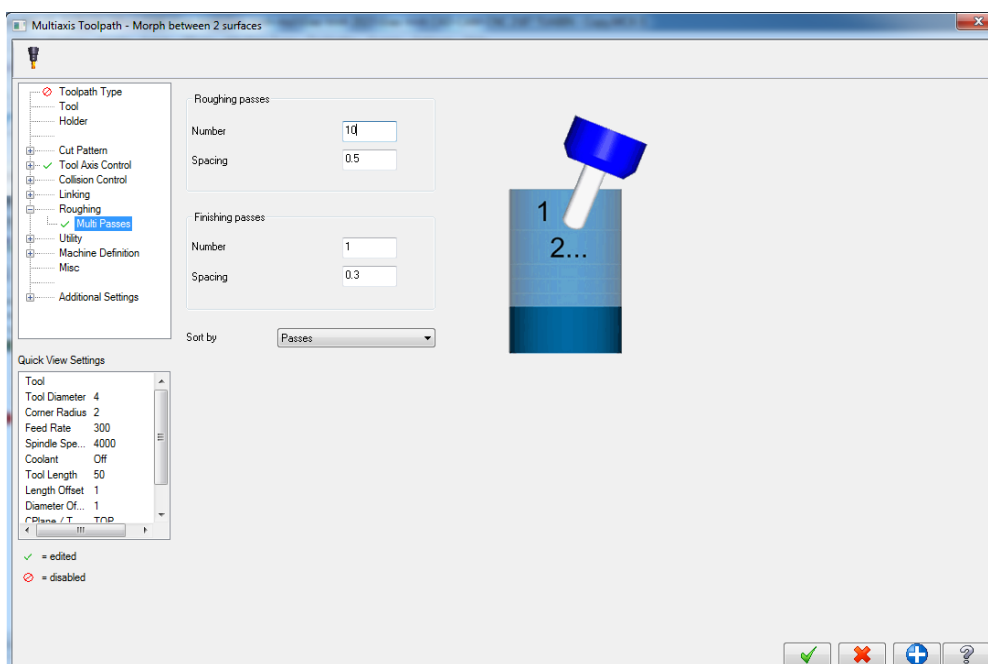
Hình 3.28: Thiết lập bề mặt an toàn theo các trục

+ Advanced options of Surface paths pattern: Thiết lập kiểu cắt trong




Hình 3.29: Chọn kiểu cắt trên Tuabin

+ Chọn Misc để vào thiết lập điều khiển trục dao và các lát cắt thô, cắt tinh.

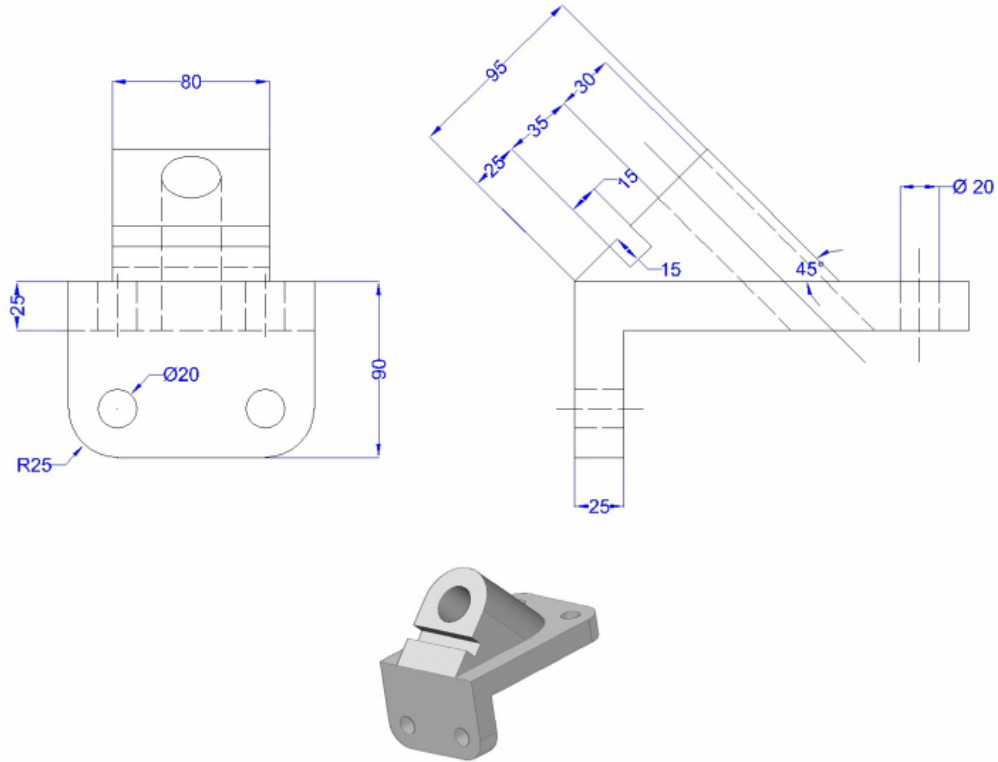


Hình 3.30: Thiết lập thông số cắt thô và cắt tinh

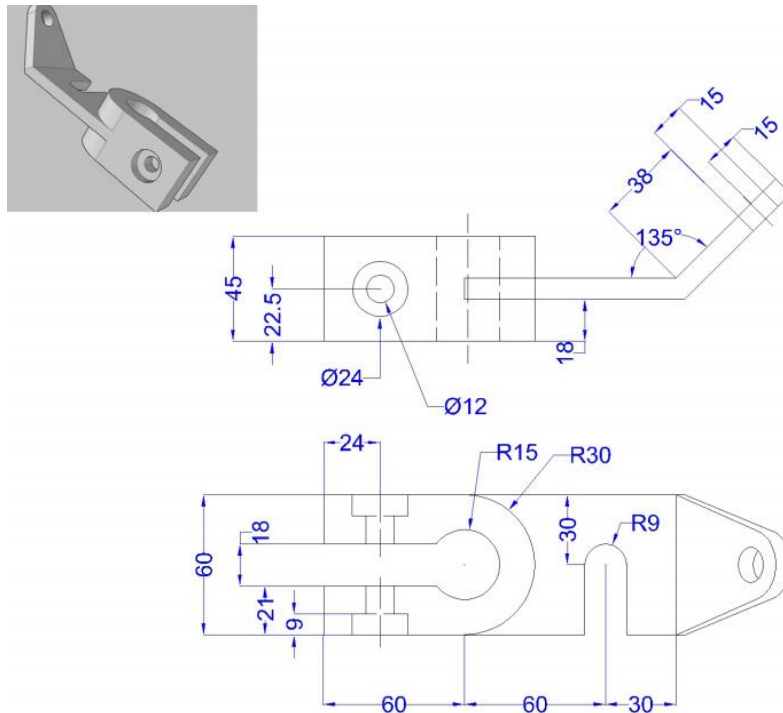
2.2.5. Xuất chương trình

- Click chọn biểu tượng 
- Nhập tên file để lưu (lưu ý chọn đuôi file để máy CNC có thể đọc được, thông thường các file đã mặc định đuôi .NC)

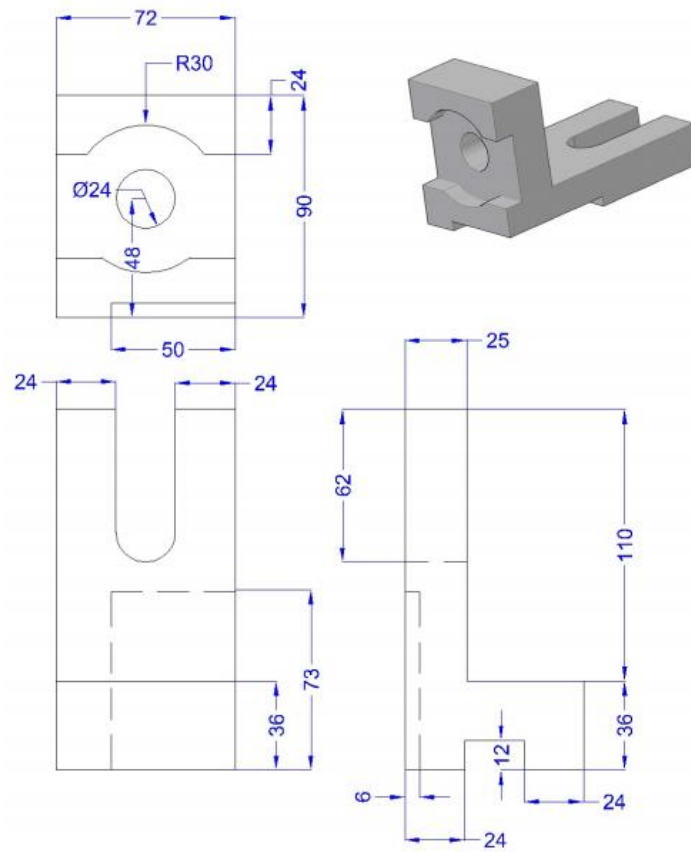
3. BÀI TẬP ỨNG DỤNG



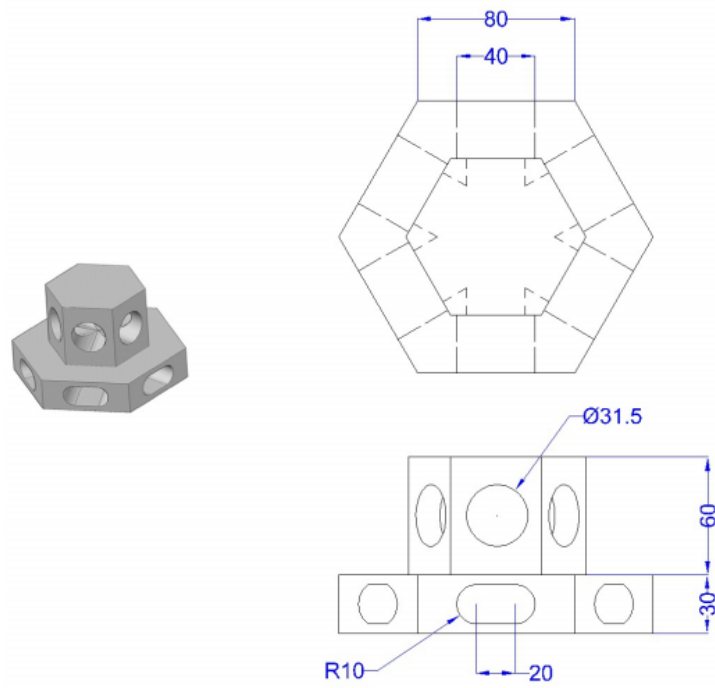
Hình 3.31: Bài tập ứng dụng 1



Hình 3.32: Bài tập ứng dụng 2



Hình 3.33: Bài tập ứng dụng 3



Hình 3.34: Bài tập ứng dụng 4

4. TÓM TẮT TRÌNH TỰ THỰC HIỆN

TT	Tên các bước công việc	Dụng cụ, thiết bị, vật tư	Yêu cầu kỹ thuật	Các chú ý về an toàn lao động
1	Xây dựng bản vẽ	Máy vi tính, bản vẽ, vật mẫu	Máy có cài đặt Mastercam X5, bản vẽ rõ ràng đầy đủ kích thước, vật mẫu đúng bản vẽ.	Lưu ý về an toàn điện trong quá trình làm việc
2	Lựa chọn máy gia công	Máy vi tính	Chọn máy phù hợp với máy Haas 3+2 đang sử dụng tại trường	Lưu ý về an toàn điện trong quá trình làm việc
3	Thiết lập phôi	Máy vi tính	Vẽ, khai báo phôi đúng kích thước, đúng vị trí tương quan trên thiết bị	Lưu ý về an toàn điện trong quá trình làm việc
4	Chọn đường chạy dao và thiết lập các thông số	Máy vi tính	<ul style="list-style-type: none"> - Chọn đường chạy dao phù hợp với bản vẽ gia công - Thiết lập thông số công nghệ phù hợp quá trình cắt 	Lưu ý về an toàn điện trong quá trình làm việc
5	Xuất chương trình	Máy vi tính	Xuất chương trình, lưu file với tên phù hợp khả năng đọc của máy CNC	Lưu ý về an toàn điện trong quá trình làm việc

BÀI 4: PHAY SẢN PHẨM VỚI KIỂU CHẠY DAO 4, 5 TRỤC

1. MỤC TIÊU CỦA BÀI

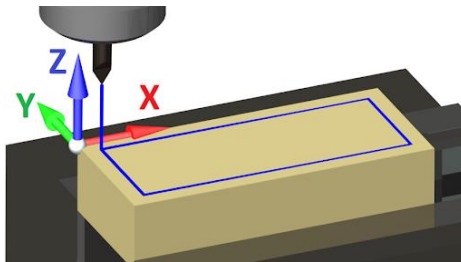
- Thiết lập được góc chi tiết và thông số dao trên máy Phay CNC.
- Phay được các chi tiết sử dụng đường chạy dao 4 trục, 5 trục, đảm bảo yêu cầu kỹ thuật và an toàn.

2. NỘI DUNG BÀI

2.1. Lý thuyết liên quan

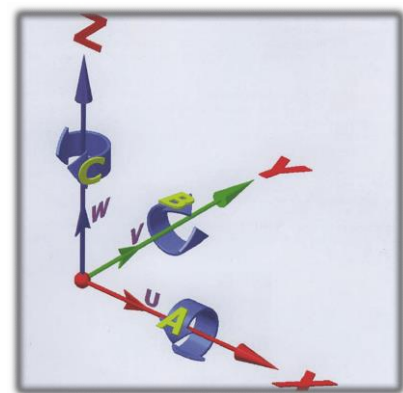
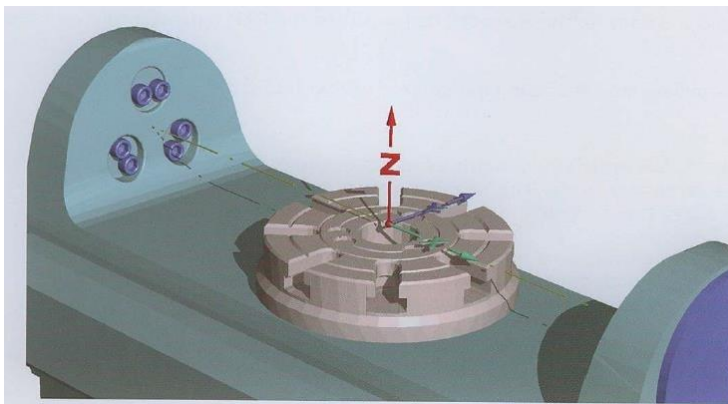
2.1.1. Góc tọa độ trong gia công nhiều trục

Trong gia công 2D, 3D với các trục tịnh tiến X, Y, Z, tùy thuộc vào vị trí gá phôi, vị trí cần làm góc, người dùng sẽ di chuyển góc về vị trí thích hợp với phôi và khai báo với máy (khai báo vào bảng OFFSET tọa độ góc G54, G55,)



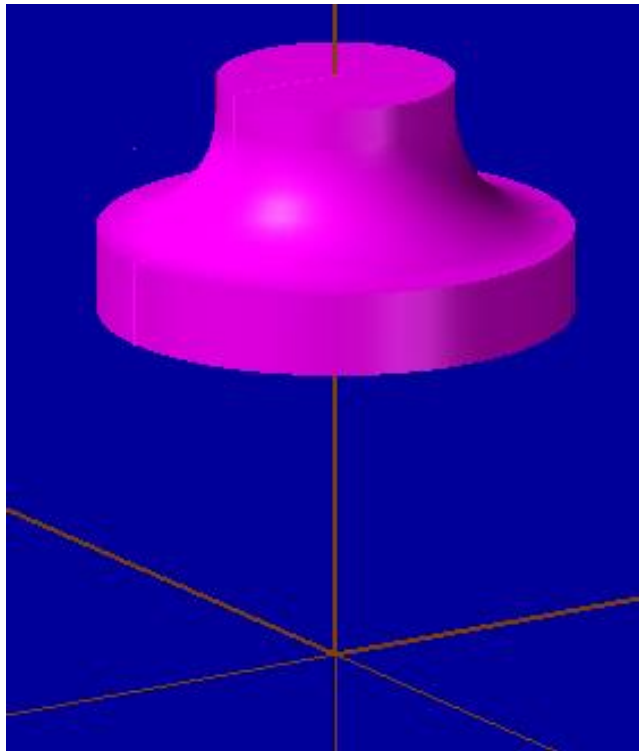
Hình 4.1: Hệ trục tọa độ trong gia công phay 3 trục

Tuy nhiên, trong gia công nhiều trục (có sử dụng các trục quay A, B, C) với đặc điểm kết cấu của trục quay thường là cố định nên góc tọa độ người sử dụng thường được chọn là giao các tâm quay của các trục quay A, B, C cũng cố định trên máy phay CNC nhiều trục.



Hình 4.2: Tâm quay và hệ trục tọa độ trong gia công phay nhiều trục

Vì vậy, cần phải có sự đồng nhất giữa vị trí phôi trên máy so với gốc toạ độ sử dụng và vị trí phôi trên bản vẽ của phần mềm CAM trước khi biên dịch chương trình.



Hình 4.3: Vị trí của phôi so với gốc toạ độ (tâm quay)

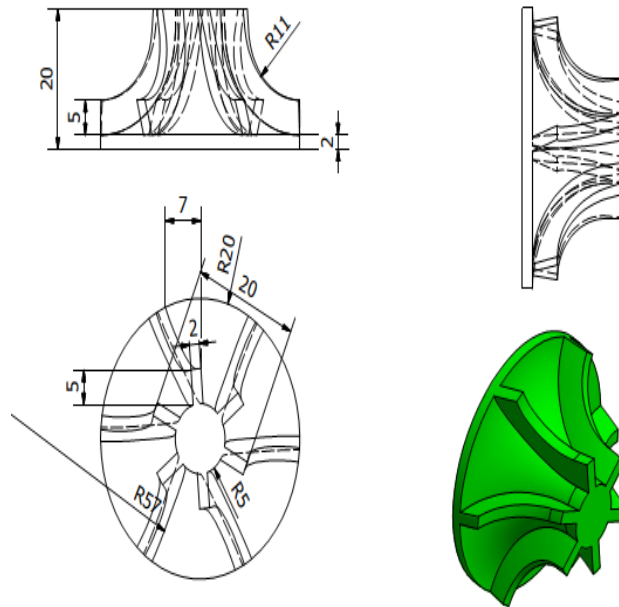
2.1.2. Dụng cụ cắt trong gia công nhiều trục

Trong gia công nhiều trục, dụng cụ cắt có thể sử dụng là bất cứ dụng cụ nào sử dụng cho gia công 2,3 trục. Tuy nhiên, thông dụng nhất vẫn là dao phay ngón đầu cầu bởi phần lớn các bề mặt khi gia công nhiều trục đều là các mặt cong, đòi hỏi quá trình cắt gọt dụng cụ cắt phải có sự tiếp xúc tốt nhất để có thể cắt hết lượng dư gia công.

Quá trình so dao về cơ bản là quá trình xác định toạ độ điểm chuẩn dao với góc chi tiết theo phương trục Z. Vì vậy, tùy thuộc vào việc người dùng đặt gốc G54 ở đâu (trên trục Z) để có điểm so dao và phương án so dao thích hợp.

2.2. Trình tự thực hiện

2.2.1. Đọc bản vẽ



Hình 4.4: Bản vẽ chi tiết cần gia công

2.2.2. Gá phôi

- Phôi đã được tạo hình biên dạng ngoài trên máy tiện CNC
- Gá phôi lên mâm cặp của bàn quay máy phay CNC 3+2:

(Hình minh họa sẽ chèn hình ảnh thực tế khi trường hoạt động lại sau dịch)

Hình 4.5: Gá phôi lên bàn quay máy phay CNC Haas 3+2

2.2.3. Xác định và khai báo gốc

- Xác định các tọa độ X, Y của gốc G54: tương tự gia công 2, 3 trục.

(Hình minh họa sẽ chèn hình ảnh thực tế khi trường hoạt động lại sau dịch)

Hình 4.6: *Xác định và khai báo tọa độ X, Y của góc chi tiết*

- Tọa độ Z của góc G54: Sử dụng dao bất kỳ (ví dụ dao số 1) xác định và nhập tọa độ Z của tâm quay (Quay trục A90⁰, đưa dao ngang tâm phôi để nhập tọa độ Z của tâm quay). Tại đây cũng xác định Z0 của tọa độ tương đối để lấy cao độ của phôi trên máy (sau đó đưa dao chạm mặt trên phôi ở góc A0 và xem Z bao nhiêu để dịch chuyển phôi trên bản vẽ)

(Hình minh họa sẽ chèn hình ảnh thực tế khi trường hoạt động lại sau dịch)

Hình 4.7: *Xác định và khai báo tọa độ Z của góc chi tiết*

- Xác định cao độ của phôi với tâm quay để dịch chuyển trên phần mềm

(Hình minh họa sẽ chèn hình ảnh thực tế khi trường hoạt động lại sau dịch)

Hình 4.8: Xác định vị trí phôi trên máy để dịch chuyển bản vẽ trên phần mềm khoảng tương ứng

- Tại vị trí tâm phôi thẳng trục Z, gốc A và B đều ở giá trị 0.

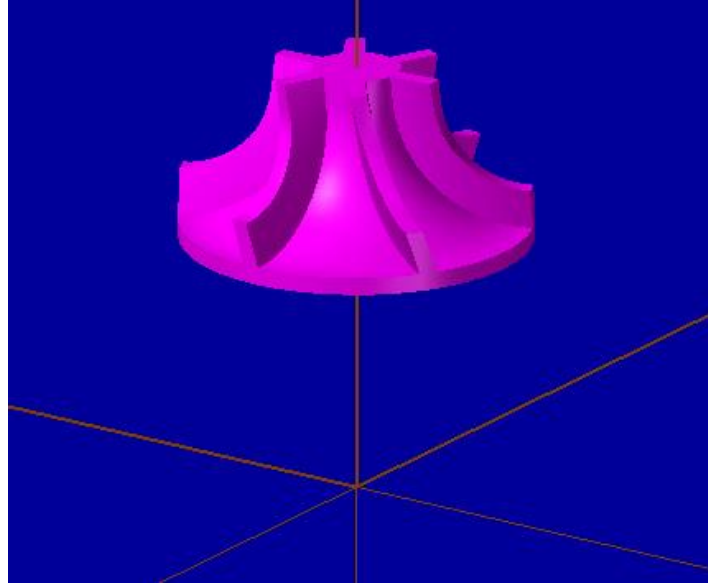
2.2.4. So dao

- Tất cả các dao sử dụng được so với mặt trên phôi tương tự gia công 3 trục

(Hình minh họa sẽ chèn hình ảnh thực tế khi trường hoạt động lại sau dịch)


Hình 4.9: Xác định và khai báo chiều dài dao (So dao)

2.2.5. Xây dựng bản vẽ và di chuyển vị trí bản vẽ phù hợp góc tọa độ



Hình 4.10: Bản vẽ gia công được di chuyển lên cao độ khớp với vị trí của phôi trên máy

2.2.6. Biên dịch chương trình

- Click chọn biểu tượng 
- Nhập tên file để lưu (lưu ý chọn đuôi file để máy CNC có thể đọc được, thông thường các file đã mặc định đuôi .NC)

2.2.7. Gia công trên máy CNC

a. Mở chương trình trên máy CNC

- Copy chương trình vào máy CNC (dùng cho chương trình ngắn, dung lượng file đủ nhỏ để copy vào máy):

- + Cắm USB vào máy CNC
- + Vào List Program
- + Đóng bộ nhớ máy (Cancel)
- + Chuyển sang USB
- + Enter để mở USB
- + Đưa con trỏ đến file cần copy
- + Ấn F2 để copy
- + Chọn vị trí lưu (Bộ nhớ máy), Enter để xác nhận.
- + Sau khi Copy vào máy, chương trình mặc định được lựa chọn sử dụng

luôn.

- Chạy trực tiếp trên USB (Dùng cho chương trình dài, dung lượng file lớn hơn bộ nhớ máy nên không thể copy chương trình vào máy):

- + Cắm USB vào máy CNC
- + Vào List Program
- + Đóng bộ nhớ máy (Cancel)
- + Chuyển sang USB
- + Enter để mở USB
- + Đưa con trỏ đến file cần mở
- + Chọn Program Select

b. Chạy chương trình

- Chọn Mem trên bảng điều khiển.
- Ấn Cycle Start để chạy chương trình

Lưu ý:

- Chọn tốc độ chạy dao nhanh thấp để dễ kiểm soát và chạm dụng cụ cắt với phôi và đồ gá.

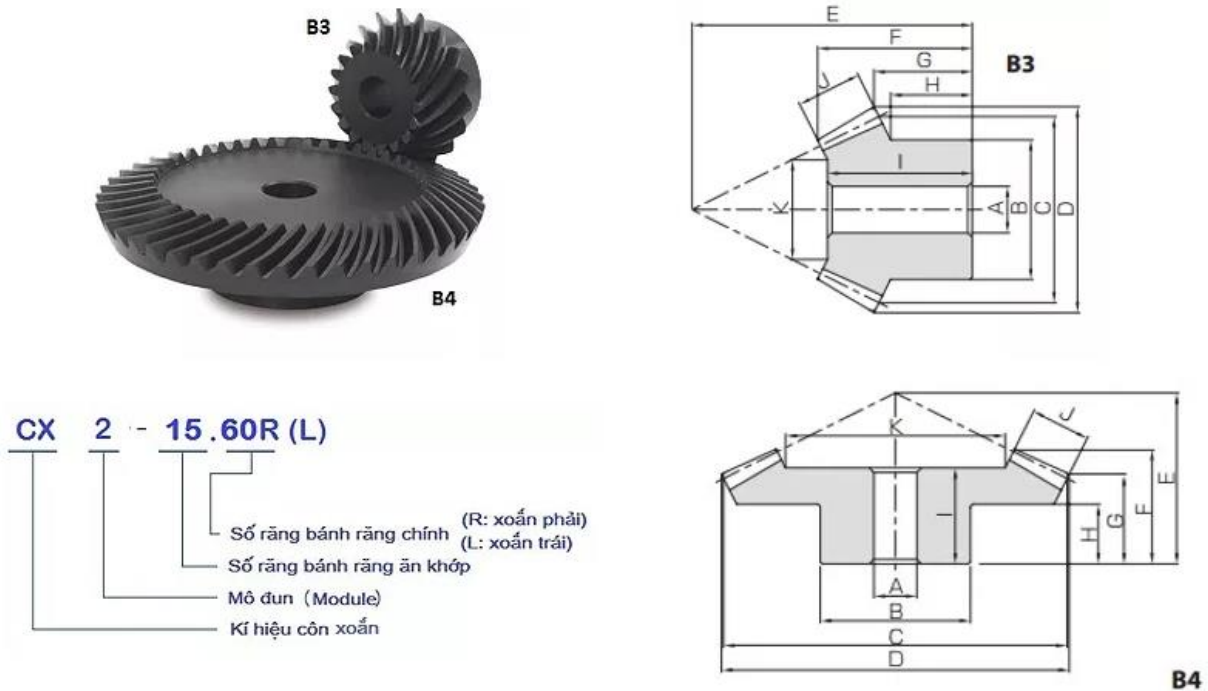
- Chọn Single Block để thực hiện từng dòng lệnh ở phần đầu chương trình (phần dụng cụ cắt di chuyển đến điểm chuẩn bị cắt) để có thể kiểm soát quá trình vào dao, đây là thời điểm dễ dẫn đến va chạm nhất trong chương trình.

3. BÀI TẬP ỨNG DỤNG

Bài tập ứng dụng 1. Gia công cặp bánh răng côn xoắn với thông số hình học cho trong Hình 4.11 (tỉ số truyền 1:1), Hình 4.12 (tỉ số truyền khác 1) và các Phụ lục 1, Phụ lục 2, Phụ lục 3, Phụ lục 4, Phụ lục 5 và Phụ lục 6.



Hình 4.11: Thông số hình học cặp bánh răng côn xoắn tỉ số truyền 1:1



Hình 4.12: Thông số hình học cặp bánh răng côn xoắn tỉ số truyền khác 1

Bài tập ứng dụng 2: Phay trục vít đảo chiều (theo mẫu)



Hình 4.13: Mẫu trục vít đảo chiều

Yêu cầu:

- Đường kính ngoài trục vít $\Phi 30$
- Bước xoắn: 40mm
- Số bước: 4
- Chiều rộng rãnh xoắn: 6mm
- Chiều sâu rãnh xoắn: 3mm
- Các kích thước còn lại sinh viên tự đo, vẽ theo mẫu và cho dung sai phù hợp với

ở bi.

4. TÓM TẮT TRÌNH TỰ THỰC HIỆN

TT	Tên các bước công việc	Dụng cụ, thiết bị, vật tư	Yêu cầu kỹ thuật	Các chú ý về an toàn lao động
1	Đọc bản vẽ	<ul style="list-style-type: none"> - Bản vẽ - Vật mẫu 	<ul style="list-style-type: none"> - Bản vẽ rõ nét, đầy đủ kích thước - Mỗi sinh viên được phát 01 bản vẽ - Vật mẫu được gia công đúng với bản vẽ 	<ul style="list-style-type: none"> - Không làm rách, bản bản vẽ được phát. - Không làm rơi hỏng vật mẫu
2	Gá phôi	<ul style="list-style-type: none"> - Phôi nhôm đã được tiện tạo hình biên dạng ngoài. - Máy phay CNC Haas 3+2 - Dao phay ngón đầu cầu R2. 	<ul style="list-style-type: none"> - Phôi được gia công tạo hình đúng kích thước - Phần đế gá phôi trên máy phay cũng được tiện cùng một lần gá với phôi để đảm bảo độ đồng tâm. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gá phôi đảm bảo đủ chiều dài để dụng cụ cắt không va chạm vào đồ gá khi phay.
3	Xác định và khai báo góc	<ul style="list-style-type: none"> - Phôi nhôm đã được tiện tạo hình biên dạng ngoài. - Máy phay CNC Haas 3+2 - Dụng cụ xác định góc 	<ul style="list-style-type: none"> - Xác định góc đúng quy trình đã được hướng dẫn. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lưu ý va chạm giữa dụng cụ lấy góc với phôi và đồ gá, đặc biệt quá trình quay các trục A, B.
4	So dao	<ul style="list-style-type: none"> - Phôi nhôm đã được tiện tạo hình biên dạng ngoài. - Máy phay CNC 	<ul style="list-style-type: none"> - So dao đúng quy trình đã được hướng dẫn 	<ul style="list-style-type: none"> - Để tránh ảnh hưởng khi chạm dao lên bề mặt phôi, nên sử dụng

		<p>Haas 3+2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dao phay ngón đầu cầu R2. - Dụng cụ Set Z. 		<p>dụng cụ Set Z khi so dao.</p>
5	<p>Xây dựng bản vẽ và di chuyển vị trí bản vẽ phù hợp gốc toạ độ</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bản vẽ. - Mẫu vật. - Máy vi tính có cài đặt phần mềm MastercamX5 trở lên 	<ul style="list-style-type: none"> - Vẽ bản vẽ đúng kích thước và yêu cầu kỹ thuật - Dịch chuyển bản vẽ đúng vị trí tương ứng với vị trí gá phôi trên máy 	<ul style="list-style-type: none"> - Chú ý về an toàn điện trong quá trình làm việc.
6	<p>Biên dịch chương trình</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bản vẽ. - Mẫu vật. - Máy vi tính có cài đặt phần mềm MastercamX5 trở lên 	<ul style="list-style-type: none"> - Thiết lập các thông số chế độ cắt phù hợp với quá trình cắt thực tế, nằm trong vùng chế độ cắt khuyến nghị của nhà sản xuất. 	<ul style="list-style-type: none"> - Chú ý thiết lập tất cả tốc độ quay trục chính và bước tiến (tránh trường hợp để tốc độ quay trục chính và bước tiến bằng 0) - Chú ý chiều sâu các lát cắt phải phù hợp với dụng cụ cắt và vật liệu gia công.
7	<p>Gia công trên máy CNC</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Phôi nhôm đã được tiện tạo hình biên dạng ngoài. - Máy phay CNC Haas 3+2 - Dao phay ngón đầu cầu R2. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mô phỏng, kiểm soát chương trình gia công trước khi thực hiện gia công trên máy. 	<ul style="list-style-type: none"> - Luôn quan sát, chú ý tránh va chạm giữa dụng cụ cắt với phôi và đồ gá trong quá trình gia công trên máy.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1: Thông số hình học cặp bánh răng côn xoắn tỉ số truyền 1:1 thông dụng

Quy cách	Số răng	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Góc xoắn	Vật liệu
CMX1-20.20R	20	6	16	20	21.3	20	13.84	10.65	8	12	5	9.86	35°	S45C
CMX1-20.20L	20	6	16	20	21.3	20	13.84	10.65	8	12	5	9.86	35°	S45C
CMX1-25.25R	25	6	20	25	26.22	23	15.08	11.11	8	14	6	15.03	35°	S45C
CMX1-25.25L	25	6	20	25	26.22	23	15.08	11.11	8	14	6	15.03	35°	S45C
CMX1-30.30R	30	8	24	30	31.26	28	17.61	13.63	10	16	6	19.03	35°	S45C
CMX1-30.30L	30	8	24	30	31.26	28	17.61	13.63	10	16	6	19.03	35°	S45C
CMX1.5-20.20R	20	8	26	30	31.74	30	21.18	15.87	13	19	8	15.37	35°	S45C
CMX1.5-20.20L	20	8	26	30	31.74	30	21.18	15.87	13	19	8	15.37	35°	S45C
CMX1.5-25.25R	25	10	30	37.5	39.3	34	22.14	16.16	11.5	19	9	19.54	35°	S45C
CMX1.5-25.25L	25	10	30	37.5	39.3	34	22.14	16.16	11.5	19	9	19.54	35°	S45C
CMX1.5-30.30R	30	10	36	45	46.84	43	28.11	21.42	16	25	10	25.72	35°	S45C
CMX1.5-30.30L	30	10	36	45	46.84	43	28.11	21.42	16	25	10	25.72	35°	S45C
CMX2-20.20R	20	12	34	40	42.4	37	24.75	18.2	14	22	10	21.72	35°	S45C
CMX2-20.20L	20	12	34	40	42.4	37	24.75	18.2	14	22	10	21.72	35°	S45C
CMX2-25.25R	25	12	40	50	52.38	40	24.2	16.19	10	20	12	26.06	35°	S45C
CMX2-25.25L	25	12	40	50	52.38	40	24.2	16.19	10	20	12	26.06	35°	S45C
CMX2-30.30R	30	12	45	60	62.42	50	29.27	21.21	12.5	25	12	36.06	35°	S45C
CMX2-30.30L	30	12	45	60	62.42	50	29.27	21.21	12.5	25	12	36.06	35°	S45C

30.30L														
CMX2.5-20.20R	20	14	42	50	52.94	48	32.42	24.47	19	29	12	28.06	35°	S45C
CMX2.5-20.20L	20	14	42	50	52.94	48	32.42	24.47	19	29	12	28.06	35°	S45C
CMX2.5-25.25R	25	16	50	62.5	65.54	50	30.24	20.27	12.5	26	15	34.57	35°	S45C
CMX2.5-25.25L	25	16	50	62.5	65.54	50	30.24	20.27	12.5	26	15	34.57	35°	S45C
CMX2.5-30.30R	30	16	60	75	78.04	62	36.08	26.02	17	32	15	47.57	35°	S45C
CMX2.5-30.30L	30	16	60	75	78.04	62	36.08	26.02	17	32	15	47.57	35°	S45C
CMX3-20.20R	20	16	50	60	63.72	58	39.6	29.86	23	35	15	31.57	35°	S45C
CMX3-20.20L	20	16	50	60	63.72	58	39.6	29.86	23	35	15	31.57	35°	S45C
CMX3-25.25R	25	20	60	75	78.77	60	37.57	24.39	15	32	20	37.43	35°	S45C
CMX3-25.25L	25	20	60	75	78.77	60	37.57	24.39	15	32	20	37.43	35°	S45C
CMX3-30.30R	30	20	70	90	93.61	75	45.25	31.8	20	40	20	53.43	35°	S45C
CMX3-30.30L	30	20	70	90	93.61	75	45.25	31.8	20	40	20	53.43	35°	S45C
CMX3.5-20.20R	20	20	60	70	74.47	65	43.81	32.23	25	40	18	39.09	35°	S45C
CMX3.5-20.20L	20	20	60	70	74.47	65	43.81	32.23	25	40	18	39.09	35°	S45C
CMX3.5-25.25R	25	25	70	87.5	91.81	70	42.98	28.41	17.5	37	22	46.77	35°	S45C
CMX3.5-25.25L	25	25	70	87.5	91.81	70	42.98	28.41	17.5	37	22	46.77	35°	S45C
CMX3.5-30.30R	30	25	90	105	109.21	85	49.4	34.6	25	45	22	67.77	35°	S45C
CMX3.5-30.30L	30	25	90	105	109.21	85	49.4	34.6	25	45	22	67.77	35°	S45C
CMX4-20.20R	20	20	64	80	84.88	75	50.51	37.44	27	45	20	43.43	35°	S45C

CMX4-20.20L	20	20	64	80	84.88	75	50.51	37.44	27	45	20	43.43	35°	S45C
CMX4-25.25R	25	28	80	100	104.7	80	49.14	32.35	20	43	25	55.29	35°	S45C
CMX4-25.25L	25	28	80	100	104.7	80	49.14	32.35	20	43	25	55.29	35°	S45C
CMX4-30.30R	30	28	100	120	124.71	95	54.28	37.35	25	50	25	79.29	35°	S45C
CMX4-30.30L	30	28	100	120	124.71	95	54.28	37.35	25	50	25	79.29	35°	S45C
CMX5-20.20R	20	25	80	100	105.9	90	60.16	42.95	30	54	26	54.46	35°	S45C
CMX4-20.20L	20	25	80	100	105.9	90	60.16	42.95	30	54	26	54.46	35°	S45C
CMX5-25.25R	25	28	100	125	130.86	100	60.59	40.43	25	50	30	65.15	35°	S45C
CMX5-25.25L	25	28	100	125	130.86	100	60.59	40.43	25	50	30	65.15	35°	S45C
CMX5-30.30R	30	28	130	150	155.9	120	68.2	47.95	35	62	30	99.15	35°	S45C
CMX5-30.30L	30	28	130	150	155.9	120	68.2	47.95	35	62	30	99.15	35°	S45C
CMX6-20.20R	20	28	100	120	127.16	104	67.35	47.58	34	60	30	67.15	35°	S45C
CMX6-20.20L	20	28	100	120	127.16	104	67.35	47.58	34	60	30	67.15	35°	S45C
CMX6-25.25R	25	28	120	150	157.17	120	71.97	47.58	30	61	35	83	35°	S45C
CMX6-25.25L	25	28	120	150	157.17	120	71.97	47.58	30	61	35	83	35°	S45C
CMX8-20.20R	20	30	130	160	169.94	125	72.6	49.97	30	62	35	95	35°	S45C
CMX8-20.20L	20	30	130	160	169.94	125	72.6	49.97	30	62	35	95	35°	S45C

Phụ lục 2: Thông số hình học cặp bánh răng côn xoắn tỉ số truyền 1:1.5 thông dụng

Quy cách	Số răng	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Góc xoắn	Vật liệu
CMX2-20.30R	30	12	35	60	61.36	40	26.8	21.02	15	23	11	37.56	35°	S45C
CMX2-30.20L	20	10	30	40	43.49	45	24.96	16.16	11.67	22	11	21.34	35°	S45C
CMX2.5-20.30R	30	15	45	75	77.09	50	33.86	26.56	18	30	15	45.61	35°	S45C
CMX2.5-30.20L	20	12	40	50	54.43	55	30.88	18.98	14.17	28	15	27.42	35°	S45C
CMX3-20.30R	30	16	50	90	92.21	55	35.34	26.66	17	31	17	57.14	35°	S45C
CMX3-30.20L	20	16	45	60	65.58	70	40.17	26.86	20	37	17	34.71	35°	S45C
CMX4-20.30R	30	20	70	120	122.85	75	47.49	37.14	25	40	20	78.59	35°	S45C
CMX4-30.20L	20	20	60	80	87.34	90	48.17	32.45	23.33	43	20	46.89	35°	S45C
CMX5-20.30R	30	25	90	150	153.67	90	58.08	42.75	24	50	30	91.22	35°	S45C
CMX5-30.20L	20	22	80	100	109.2	110	61.62	38.07	28.33	56	30	54.83	35°	S45C

Phụ lục 3: Thông số hình học cặp bánh răng côn xoắn tỉ số truyền 1:2 thông dụng

Quy cách	Số răng	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Góc xoắn	Vật liệu
CX1-20.40R	40	8	25	40	40.52	22	15.02	12.52	8	12	6	26.58	35°	S45C
CX1-40.20L	20	6	16	20	22.08	28	13.73	8.52	7	12	6	9.17	35°	S45C
CX1.5-20.40R	40	10	38	60	60.75	35	24.93	20.75	15	22	10	39.64	35°	S45C
CX1.5-40.20L	20	8	25	30	33.08	46	25.45	16.77	14.75	24	10	17.28	35°	S45C
CX2-20.40R	40	12	40	80	81	45	32.27	26	18	27	15	48.46	35°	S45C
CX2-40.20L	20	12	32	40	44.1	60	34.04	21.02	18	32	15	20.92	35°	S45C

CX2.5-20.40R	40	15	50	100	101.27	55	39.65	31.27	20	34	20	59.28	35°	S45C
CX2.5-40.20L	20	12	40	50	55.21	75	43.61	26.3	22.5	40	20	20.56	35°	S45C
CX3-20.40R	40	20	60	120	121.48	65	45.76	36.48	24	38	22	73.81	35°	S45C
CX3-40.20L	20	16	50	60	66.06	90	50.63	31.52	27.5	47	22	29.61	35°	S45C
CX4-20.40R	40	20	70	160	162.07	80	53.69	42.07	28	45	28	102.39	35°	S45C
CX4-40.20L	20	20	60	80	88.50	120	66.24	42.12	35	62	28	42.78	35°	S45C
CX5-20.40R	40	25	100	200	202.54	90	55.02	42.54	26	50	30	138.92	35°	S45C
CX5-40.20L	20	22	80	100	110.45	140	68.48	42.61	35	63	30	57.84	35°	S45C
CX2.5-18.36R	36	15	55	90	91.29	43	28.38	21.79	13	24	16	57.72	35°	S45C
CX2.5-36.18L	18	12	38	45	50.3	64	34.06	20.32	17.25	32	16	25.45	35°	S45C
CX3-18.36R	36	20	60	108	109.53	52	34.82	26.53	17	30	20	68.27	35°	S45C
CX3-36.18L	18	16	46	54	60.28	75	39.79	22.57	19	37	20	28.56	35°	S45C
CX4-18.36R	36	20	70	144	145.99	72	48.84	37.99	25	42	26	91.87	35°	S45C
CX4-36.18L	18	20	60	72	80.19	100	52.51	30.05	25	49	26	39.72	35°	S45C

Phụ lục 4: Thông số hình học cặp bánh răng côn xoắn tỉ số truyền 1:2.5 thông dụng

Quy cách	Số răng	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Góc xoắn	Vật liệu
CX2-18.45R	45	12	48	90	90.79	40	27.67	22.98	15	25	14	62.24	35°	S45C
CX2-45.18L	18	10	32	36	40.42	60	28.54	15.88	14.2	27.5	14	23.11	35°	S45C
CX2.5-18.45R	45	15	55	112.5	113.49	50	34.94	28.74	18	31	18	76.53	35°	S45C
CX2.5-45.18L	18	12	40	45	50.35	72	33.19	16.82	14.75	31.5	18	26.82	35°	S45C

45.18L														
CX3-18.45R	45	20	65	135	136.24	60	41.65	34.55	22	37	21	92.96	35°	S45C
CX3-45.18L	18	16	48	54	60.69	85	37.82	18.84	16.3	36	21	33.41	35°	S45C
CX4-18.45R	45	25	80	180	181.57	75	50.98	40.96	24	45	29	122.33	35°	S45C
CX4-45.18L	18	20	62	72	80.86	110	48.03	21.77	18	46	29	45.83	35°	S45C
CX5-18.45R	45	30	100	225	225.81	90	57.9	46.01	28	51	34	156.56	35°	S45C
CX5-45.18L	18	22	80	90	103.87	135	56.02	25.27	20.5	52.5	34	56.9	35°	S45C

Phụ lục 5: Thông số hình học cặp bánh răng côn xoắn tỉ số truyền 1:3 thông dụng

Quy cách	Số răng	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Góc xoắn	Vật liệu
CX2-15.45R	45	12	40	90	90.67	40	30.29	26.01	17	26	15	59.04	35°	S45C
CX2-45.15L	15	10	24	30	34.78	60	29.66	15.8	14	29	15	19.13	35°	S45C
CX2.5-15.45R	45	15	50	112.5	113.32	50	38.25	32.47	22	35	20	72.28	35°	S45C
CX2.5-45.15L	15	12	30	37.5	43.36	75	38.27	19.73	17.5	37	20	20.51	35°	S45C
CX3-15.45R	45	20	60	135	135.99	55	40.59	33.98	20	35	23	88.18	35°	S45C
CX3-45.15L	15	15	38	45	52.08	90	44.98	23.68	21.33	44	23	28.54	35°	S45C
CX4-15.45R	45	20	80	180	181.3	70	50.62	41.95	24	45	30	118.08	35°	S45C
CX4-45.15L	15	16	50	60	69.3	115	54.37	26.55	23.33	52	30	32.26	35°	S45C
CX5-15.45R	45	30	90	225	226.61	75	50.05	39.92	20	44	35	152.88	35°	S45C
CX5-45.15L	15	20	60	75	86.55	145	66.89	34.43	30	65	35	48.64	35°	S45C
CX2.5-45.15L	15	12	30	37.5	43.36	75	38.27	19.73	17.5	37	20	20.51	35°	S45C
CX3-15.45R	45	20	60	135	135.99	55	40.59	33.98	20	35	23	88.18	35°	S45C

CX3-45.15L	15	15	38	45	52.08	90	44.98	23.68	21.33	44	23	28.54	35°	S45C
CX4-15.45R	45	20	80	180	181.3	70	50.62	41.95	24	45	30	118.08	35°	S45C

Phụ lục 6: Thông số hình học cặp bánh răng côn xoắn tỉ số truyền 1:4 thông dụng

Quy cách	Số răng	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Góc xoắn	Vật liệu
CX1.5-15.60R	60	12	60	90	90.36	32	24.08	21.48	12	21	21	65.39	35°	S45C
CX1.5-60.15L	15	8	18	22.5	26.09	56	22.95	11.45	10.43	22.5	22.5	15.55	35°	S45C
CX2-15.60R	60	15	80	120	120.46	42	31.5	27.91	16	27	27	87.02	35°	S45C
CX2-60.15L	15	10	24	30	34.68	75	30.94	15.58	14.25	30	30	18.06	35°	S45C
CX2.5-15.60R	60	20	100	150	150.5	53	39.68	35.24	20	34	34	108.64	35°	S45C
CX2.5-60.15L	15	12	30	37.5	44.16	94	38.9	19.83	18.06	37.5	37.5	20.58	35°	S45C
CX3-15.60R	60	20	120	180	180.57	64	47.61	42.64	25	41	41	134.4	35°	S45C
CX3-60.15L	15	15	38	45	52.64	112	44.01	22.96	21.12	43	43	31.58	35°	S45C

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trần Văn Địch. *Công nghệ trên máy CNC*. Nhà xuất bản KHKT 2000.
- [2]. Tạ Duy Liêm. *Máy công cụ CNC*. Nhà xuất bản KHKT 1999.
- [3]. Tăng Huy, Nguyễn Đắc Lộc. *Kỹ thuật điều khiển số*. Nhà xuất bản KHKT 2000.
- [4]. Nguyễn Ngọc Đào. *Giáo trình CAD/CAM/CNC căn bản*. Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP HCM 2004.
- [5]. Phan Hữu Phúc. *CAD/CAM – Thiết kế và chế tạo có máy tính trợ giúp tập 1*. NXB Giáo dục – 2000.
- [6]. Nguyễn Quang Quỳnh. *Giáo trình Tiện, phay CNC*. Trường CĐ KTCN Việt Nam – Hàn Quốc 2019.
- [7]. Đậu Chí Dũng, Nguyễn Quang Quỳnh. *Giáo trình CAD-CAM-CNC 1*. Trường CĐ KTCN Việt Nam – Hàn Quốc 2019.