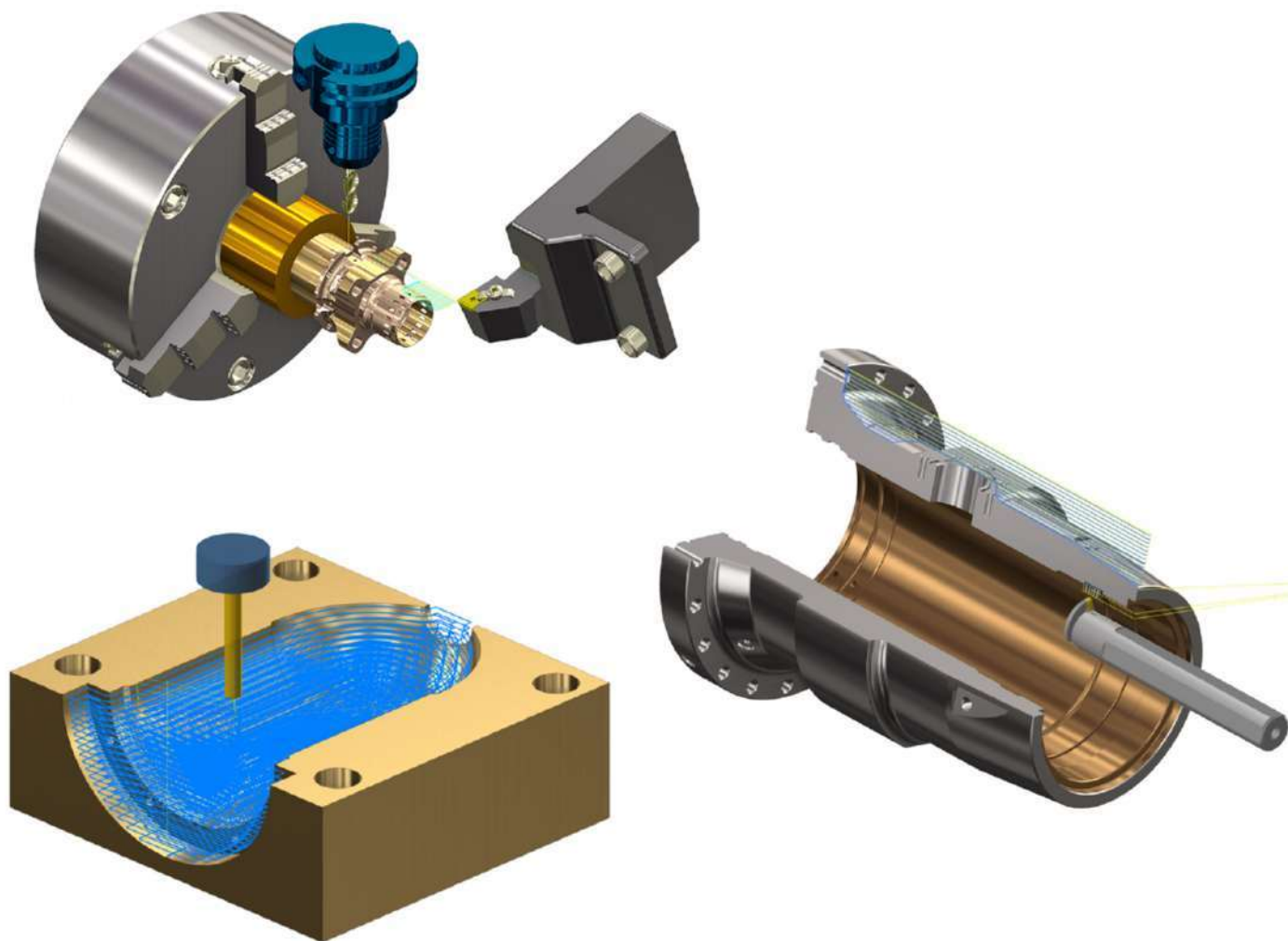


Lập Trình Phay - Tiện với **MASTERCAM**



PHẦN II : THIẾT KẾ VÀ GIA CÔNG HÌNH HỌC 2D

CHƯƠNG I

CƠ SỞ XÂY DỰNG HÌNH HỌC 2D

MỤC ĐÍCH:

1. Hiểu được các lệnh vẽ **2D** như: **LINE, ARC, RECTANGLE, CHAMFER, SPLINE, ELLIPSE, POLYGON** và **LETTERS**
2. Luyện tập sử dụng **menu creat** để xây dựng mô hình học số của đối tượng gia công.
3. Xây dựng các phần tư hình học có sử dụng cơ sở lệnh **creat**.

Hình 2.1

2.1 Menu khởi tạo (Create menu)

MastercamX quản lý các lệnh để xây dựng mô hình học số trong **Menu Create**.

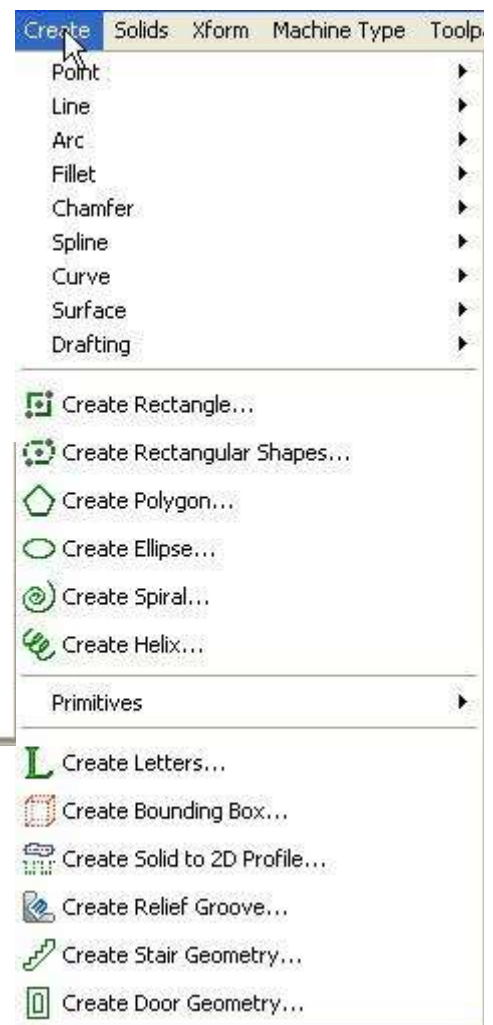
2.2 Point (Tạo Điểm)

Lệnh point được biểu hiện với dạng (+). Những điểm này được sử dụng như là điểm chuẩn cho các cấu trúc hình học khác khi mà chúng ta cần.

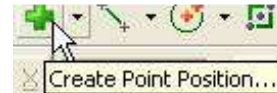


Hình 2.2

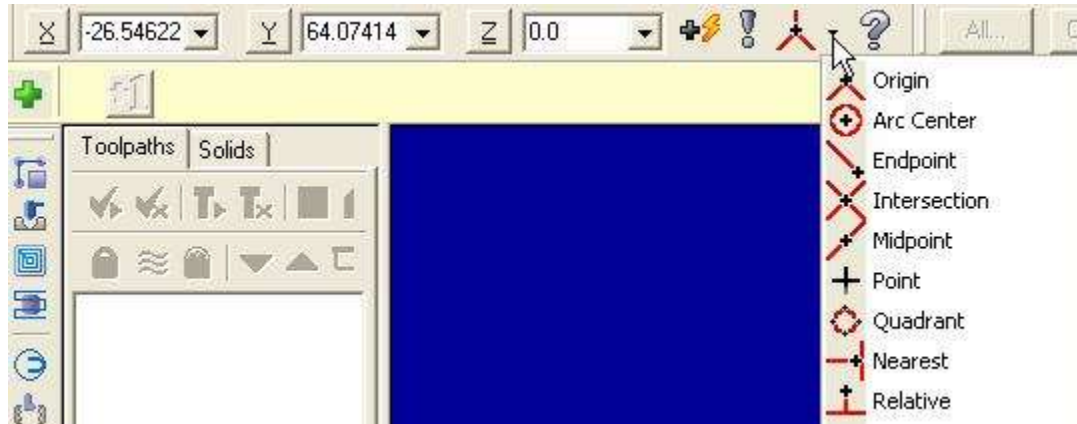
Chọn **Creat >point** . từ đó bạn có thể nhìn thấy bảng lựa chọn tiếp theo cho menu lệnh của Point.



2.2.1 . Creat → point → position hoặc nhấp chọn biểu tượng

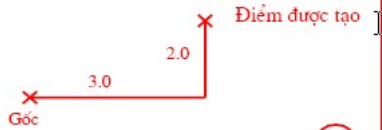
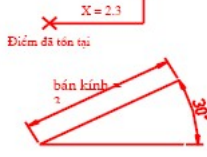


Dùng lệnh Position để tạo ra các điểm trên màn hình, có 9 tùy chọn sau đó để bạn lựa chọn



Hình 2.3

Value (XYZ)	Nhập tọa độ
Origin	Chọn điểm gốc
Arc Center	Chọn điểm là tâm của đường tròn, cung tròn
Endpoint	Chọn điểm cuối của đối tượng vẽ đơn giản
Intersec	Chọn điểm giao của 2 đối tượng
Midpoint	Chọn điểm giữa của đối tượng
Point	Chọn điểm đã tồn tại
Quadrant	Chọn điểm tại góc phần tư của đường tròn
Nearest	Chọn điểm nằm trên đối tượng được chọn
Relative	Chọn điểm có vị trí tương đối so với điểm khác

Nhập tọa độ $X=3.0 ; Y=3.0$  Điểm được tạo 1	Center  Điểm được tạo 2	Endpoint  Điểm được tạo 3
Intersec  Điểm được tạo	Midpoint  Điểm được tạo	Point  Điểm được tạo
Last  Điểm được tạo	Relative  Điểm được tạo	Quadrant  Điểm được tạo
		Origin  Điểm được tạo

2.2.2 Creat >point >Dynamic hoặc nhấp chọn biểu tượng.

Tạo ra các điểm trên đối tượng bằng cách sử dụng chuột hoặc điểm chia.



Cách tạo:

Chọn đối tượng như line, circle hoặc spline

Dịch chuyển trên đối tượng và chọn bằng cách nhấn phím trái chuột (kết thúc nhấn ESC) hoặc chọn đối tượng và sau đó khi biết hướng dịch chuyển thì ta nhập khoảng cách và lượng offset từ điểm đầu đến điểm cần xác định:



Hình 2.4

2.2.3 Creat > Point > Node point hoặc nhấn biểu tượng

Gọi lại những điểm được dùng để tạo ra đường cong tham số

Cách tạo:

Tạo ra 1 đường cong tham số

Chọn 1 đường cong tham số

Chú ý:

1. Các điểm đó là các điểm dùng để xác định đường cong tham số.
2. Nếu đối tượng chọn sai quy các thì hệ thống sẽ báo “try again”. Sử dụng phím ESC để thoát việc chọn.

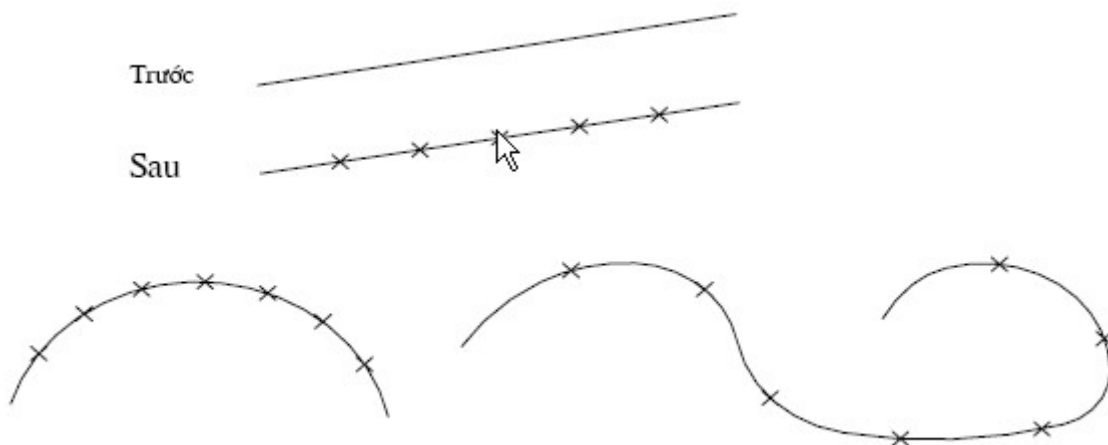
2.2.4 Creat > point > segment hoặc chọn biểu tượng

Tạo loạt điểm dọc theo đối tượng với khoảng cách bằng

Cách tạo: - Tạo ra một đối tượng như line, arc, circle, fillet , hoặc spline

- Sử dụng chuột chọn một đối tượng đã tồn tại ở trên
 - Nhập vào số điểm can  5
- Hoặc có thể nhập vào khoảng cách giữa các điểm.

tạo.  -0.53077



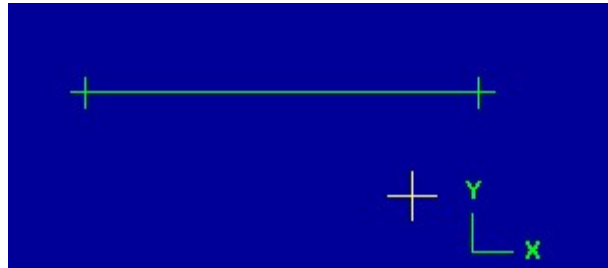
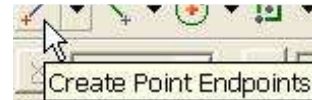
Hình 2.6

2.2.5 Creat >Point >Endpoints hoặc nhấp vào biểu tượng

Tạo ra 2 điểm đầu của đối tượng được chọn

Cách tạo: - Tạo ra một đối tượng như line, arc, spline

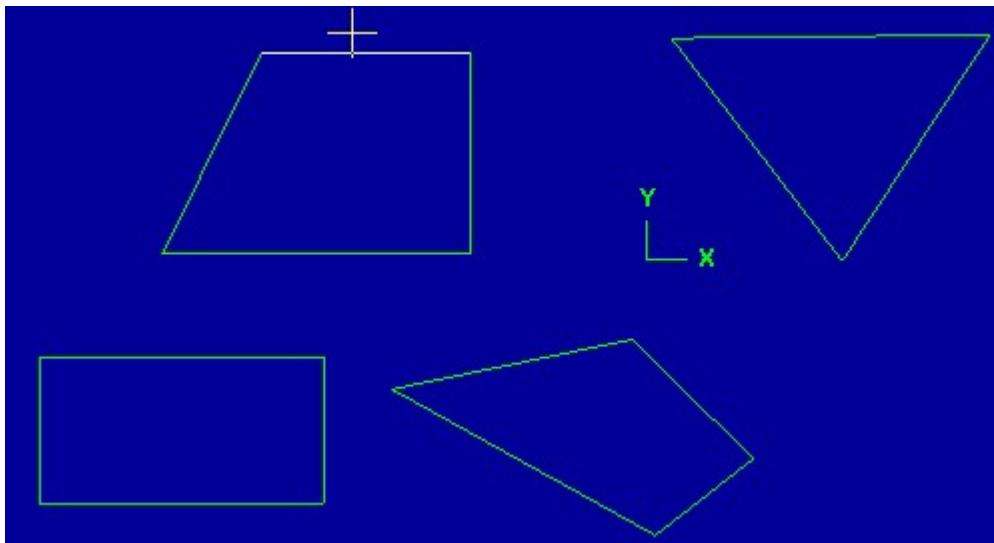
- Sử dụng chuột chọn đối tượng đã tồn tại ở trên
- Chọn Creat Point endpoints hoặc kích chọn



Hình 2.7

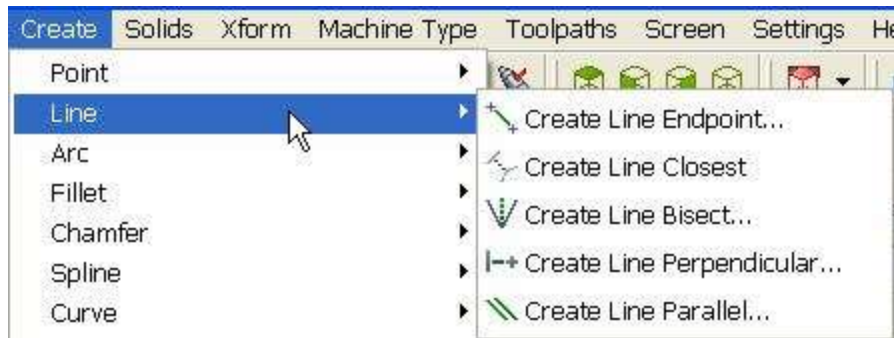
2.3 Line và thanh công cụ của line:

Lệnh line là lệnh vẽ 1 đường thẳng trên màn hình. Những line đó có thể là đường thẳng đứng, name ngang hoặc bất kỳ một sự định hướng nào. Nó có thể dùng để xây dựng mô hình hình học thể hiện trong hình dưới đây.



Hình 2.8

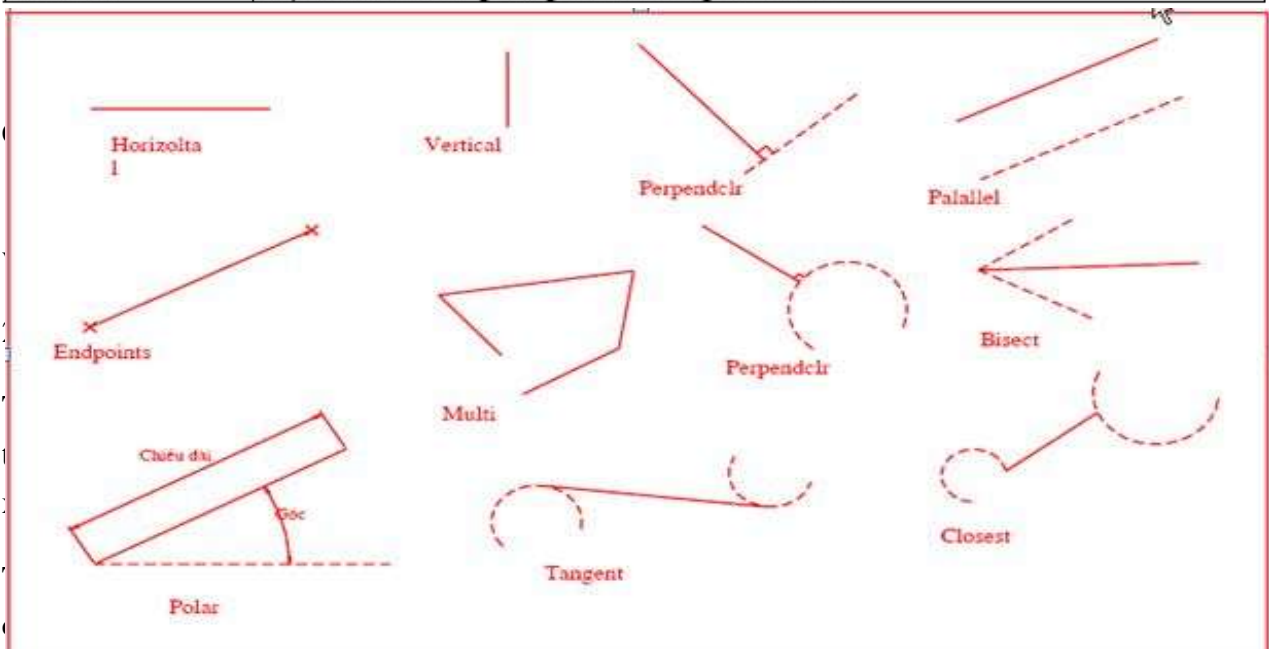
Chọn **Creat > Line** từ thanh menu bar bạn sẽ nhìn thấy sau đây



Hình 9.9 Menu của line

Trong menu này có 5 lựa chọn được mô tả ngắn gọn sau đây:

Mô tả lựa chọn tiếp theo trong Endpoints	
Endpoint	Tạo ra 1 line bằng cách chỉ ra 2 điểm
Closest	Tạo ra 1 line nó đóng các đối tượng kế tiếp
Bisect	Tạo ra 1 line chia đôi góc tạo bởi 2 đường thẳng giao nhau
Perpendicular	Tạo ra 1 line tiếp xúc với các cung hoặc đường thẳng
Parallel	Tạo ra 1 line song song với 1 đường cho trước



Hình 2.10

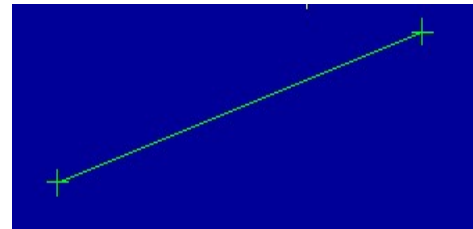
Mô tả lựa chọn của line	
Value (XYZ) hoặc pick chuột	Tạo ra 1 line bằng cách nhập tọa độ
Multi Line 	Tạo ra 1 đường thẳng liên tiếp
Polar  0.0  0.0	Tạo ra 1 line bằng cách nhập độ dài và góc
Vertical 	Tạo ra 1 line thẳng đứng
Horizontal 	Tạo ra 1 line nằm ngang
Tangent 	Tạo ra 1 line tiếp xúc với 2 cung tròn

Cách tạo:



❖ **Creat >Line >endpoints > Value**

Chỉ ra điểm đầu tiên bằng cách nhập tọa độ X và Y mà chúng ta cần tìm và điểm thứ 2 tương tự điểm thứ nhất.

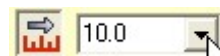


Hình 2.11

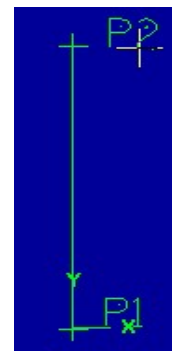
❖ **Creat >Line >Endpoints >Vertical**



Xác định điểm đầu tiên sau đó nhập độ dài cần vẽ



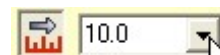
Ví dụ: Hệ thống báo ta chọn điểm thứ nhất và ta chọn điểm P1, tiếp theo hệ thống báo ta chọn điểm thứ hai và ta chọn điểm P2 sau đó nhập độ dài, chúng ta sẽ có kết quả như hình:



❖ **Creat >Line > endpoints > Horizontal**



Xác định điểm đầu tiên sau đó nhập độ dài cần vẽ



Hình 2.12

Ví dụ: Hệ thống báo ta chọn điểm thứ nhất và ta chọn điểm P1, tiếp theo hệ thống báo ta chọn điểm thứ hai và ta chọn điểm P2 sau đó nhập độ dài, chúng ta sẽ có kết quả như hình:



Hình 2.13

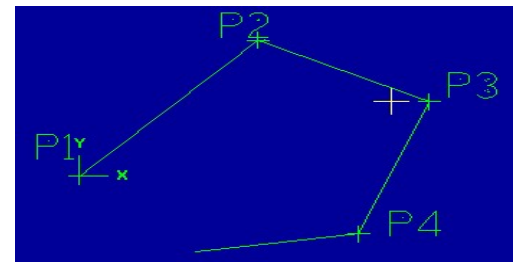
❖ **Creat >Line > endpoints > Multi_line**

Xác định điểm thứ nhất: pick P1

Xác định điểm thứ hai: pick P2

Xác định điểm thứ ba; pick P3

Tiếp tục xác định các điểm tiếp theo P4, P5, P6



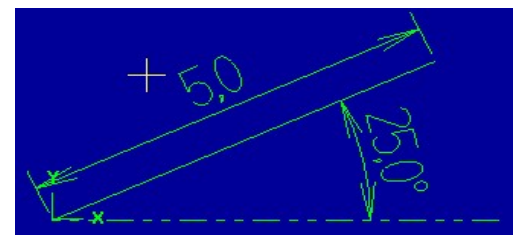
Hình 2.14

❖ **Creat >Line > endpoints > Polar**

Xác định điểm đầu tiên :pick P1

Nhập chiều dài đoạn thẳng:  5.0

Nhập tọa độ góc:  25.0



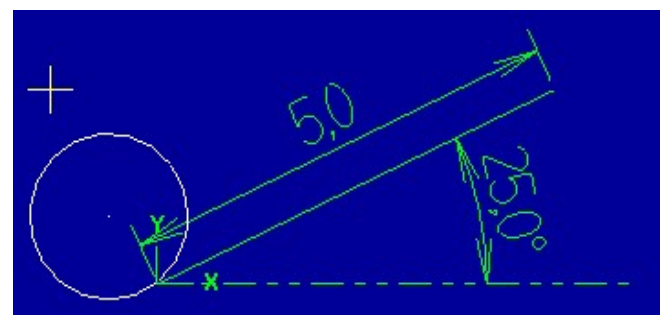
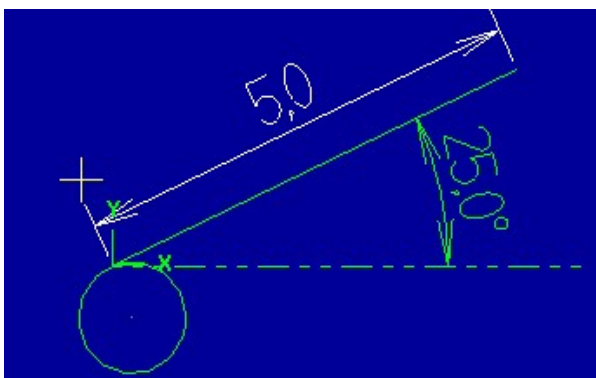
Hình 2.15

❖ **Creat >Line > endpoints > Tangent**

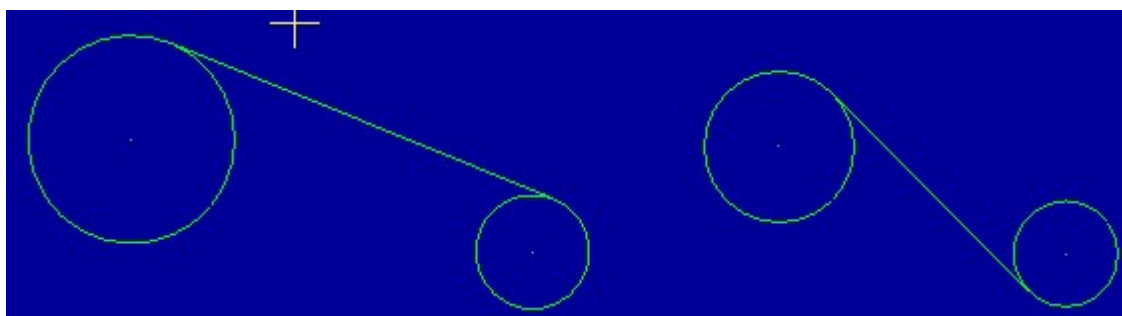
Lần lượt chọn các vị trí và đối



tượng tiếp xúc.



Hình 2.16



Hình 2.17

2.3.2 Create >Line > create line closest hoặc nhấp vào biểu tượng.



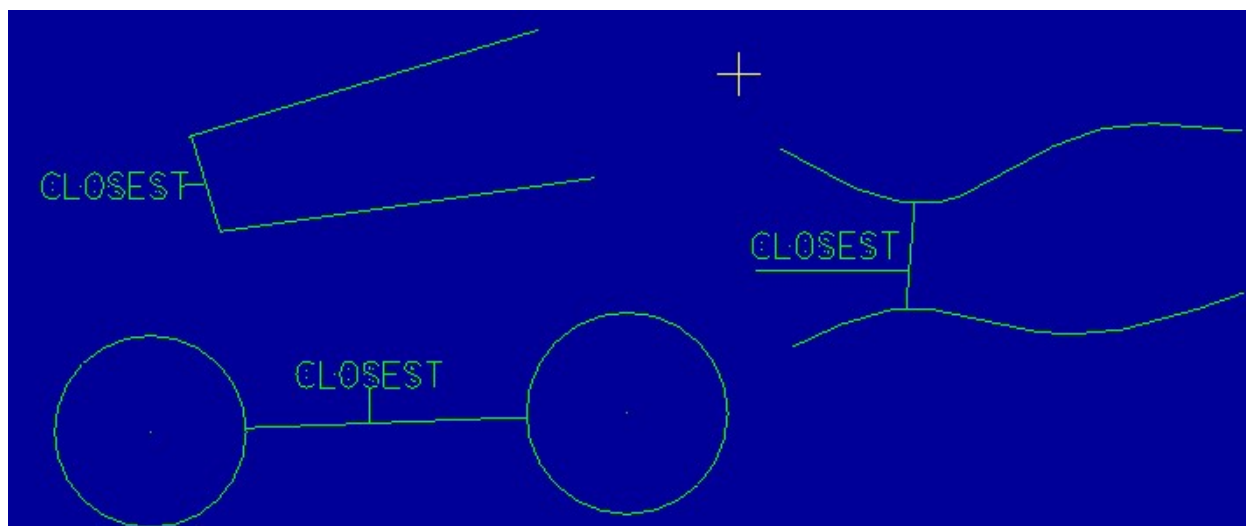
Tạo ra 1 line ngắn nhất đóng các đối tượng gần nhau nhất.

Cách tạo :

Tạo ra 2 đối tượng cần đóng kín sau đó kích chọn biểu tượng



Tiếp sau đó chọn 2 đối tượng vừa tạo ra



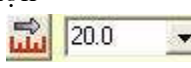
Hình 2.18

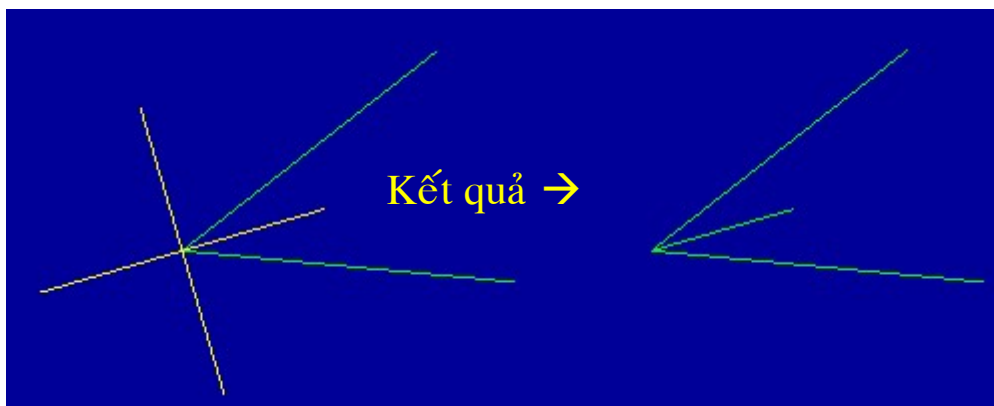
2.3.3 Create >Line> Bisect hoặc nhấn vào biểu tượng



Tạo ra một đường line chia đôi góc tạo bởi 2 đường thẳng giao nhau.

Cách tạo:

Tạo ra 2 đường thẳng, sau đó kích chọn  tiếp sau đó chọn 2 đối tượng vừa tạo ra và nhập độ dài đường thẳng cần tạo ra  từ đó sẽ xuất hiện 4 đường thẳng được tạo ra từ 4 góc khác nhau của 2 đường thẳng chúng ta kích chọn đường thẳng giữ lại.



Hình 2.19

2.3.4 Create > Line >Perpendicular hoặc chọn biểu tượng



Tạo ra 1 line vuông góc với line, cung tròn , spline và đi qua một điểm. Chúng ta sẽ có 2 lựa chọn:

- Point : tạo ra 1 line vuông góc với 1 line , cung tròn, spline và đi qua 1 điểm.
- Arc : tạo ra 1 line vuông góc với một line tiếp xúc với 1 cung tròn đã tồn tại.

❖ Creat >line > Perpendclr > point

Tạo ra 1 line vuông góc với 1 line , cung tròn, spline và đi qua 1 điểm.

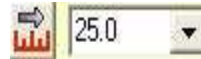
Cách tạo :

Tạo ra một cung tròn.

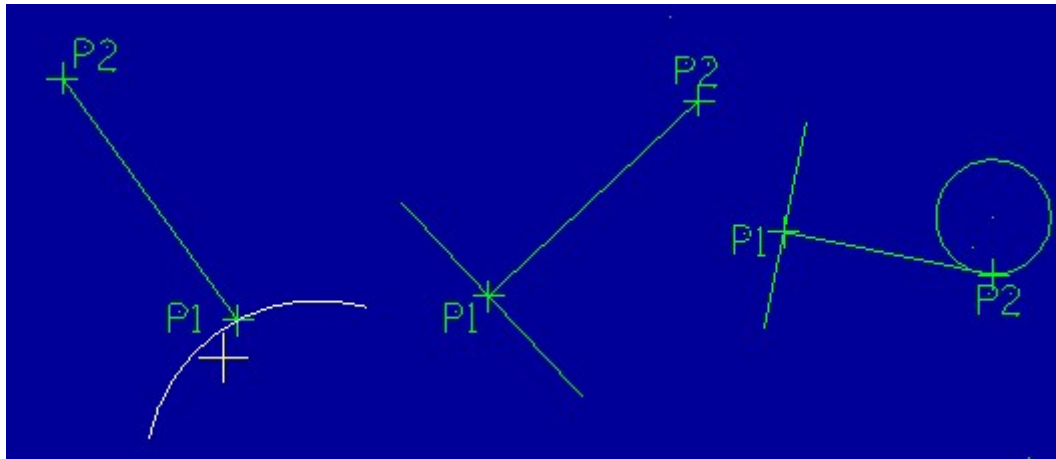
Chọn cung : pick P1

Xác định điểm cuối : pick P2

Sau đó nhập độ dài của line cần tạo .



(rồi nhấn enter)



Hình 2.20

❖ **Create > line > Perpendclr > Arc**

Tạo ra 1 line vuông góc với 1 line tiếp xúc với 1 cung tròn đã tồn tại.

Cách tạo:

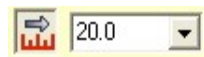
Tạo ra 1 cung tròn và 1 line.

Chọn 1 line : pick P1 kích chọn biểu tượng

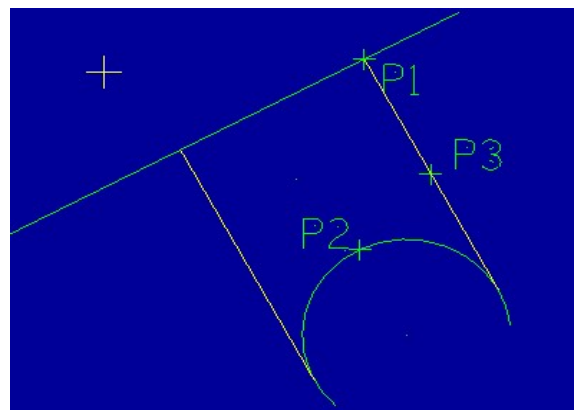


Xác định cung tròn để có 1 line tiếp xúc tới: pick P2

Nhập độ dài của line vuông góc:

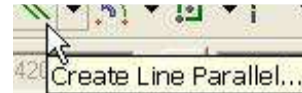


(nhấn enter) chọn line để giữ lại: pick P3



Hình 2.21

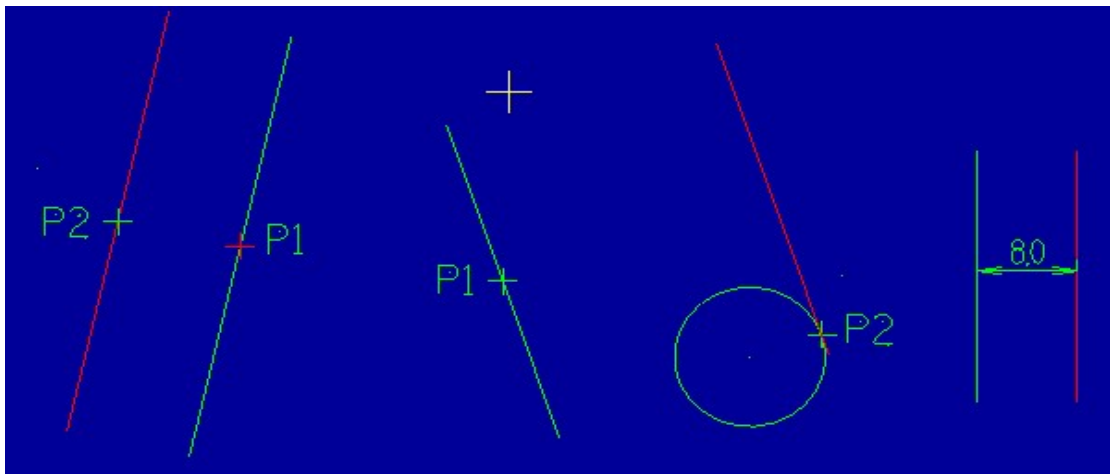
2.3.5 Create > line > Parallel hoặc kích chọn biểu tượng



Tạo ra 1 line song song với một đường cho trước có độ dài không thay đổi. Chúng ta có 3 lựa chọn : tạo khoảng cách giữa 2 đường bằng chuột, bằng cách nhập khoảng cách xác định ,tạo 1 đường song song với 1 đường thẳng và tiếp tuyến với một cung tròn.

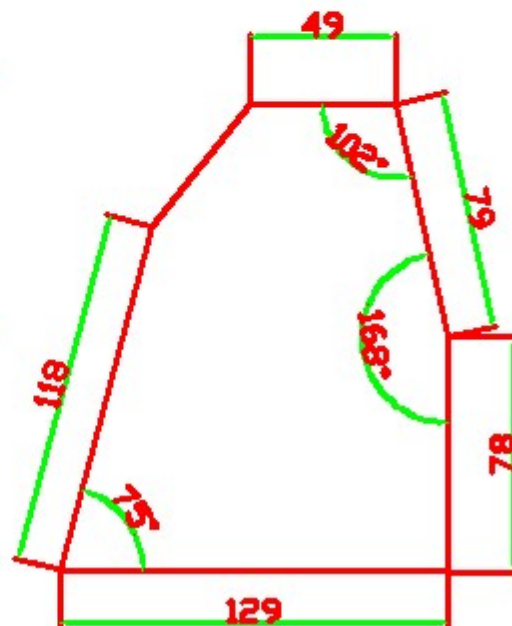
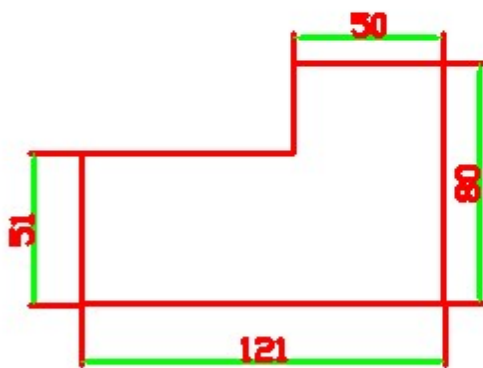
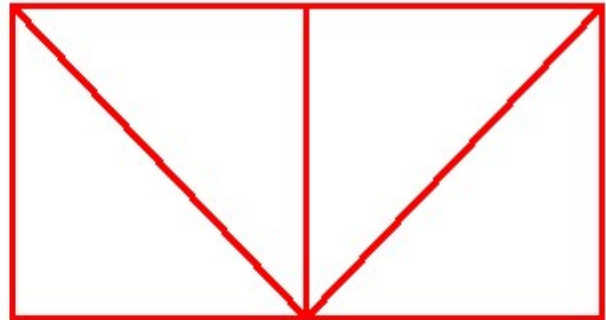
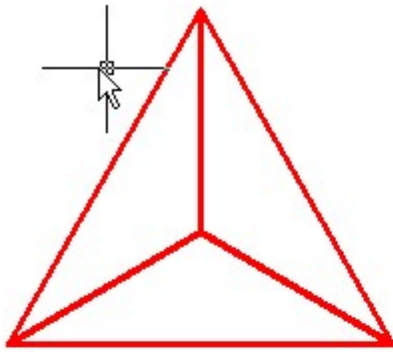
Cách tạo:

- ❖ Tạo 1 line song song với một đường thẳng cho trước khi biết khoảng cách giữa chúng
Tạo ra 1 đường thẳng kích chuột chọn đường thẳng đó : pick P1
Nhập khoảng cách vào và chọn hướng hoặc kích chuột chọn điểm P2 mà đường line cần tạo đi qua. Sau đó nhấn enter
- ❖ Tạo 1 đường song song với 1 đường thẳng và tiếp tuyến với một cung tròn.
Tạo ra 1 line và một cung tròn .
Chọn line đã tạo:pick P1 kích chọn biểu tượng
Xác định cung tròn để có 1 line tiếp xúc tới : pick P2 sau đó nhấn enter.



Hình 2.22

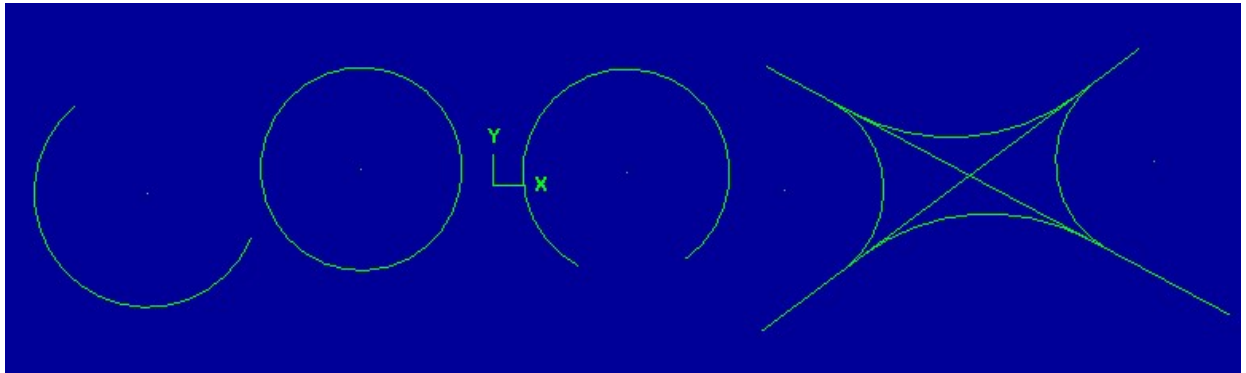
Bài tập về line : các bạn cố gắng luyện tập bằng cách sử dụng hết các tùy chọn của phần này nhé.



2.4 Arc Cung tròn và thanh công cụ của cung.

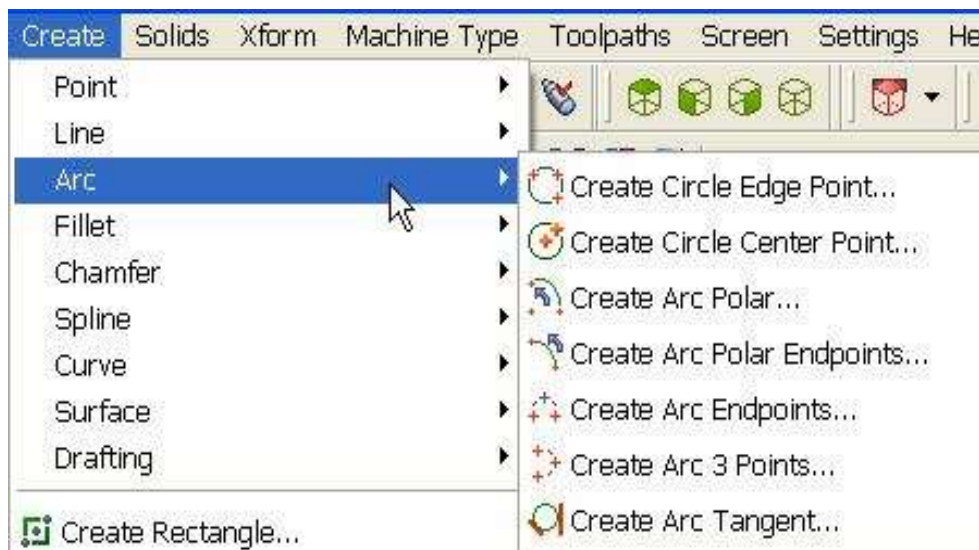
Lệnh **arc** thường được dùng để tạo ra các cung tròn hoặc đường tròn. **MasterCAMX** cung cấp 5 phương pháp để tạo ra cung tròn và 2 phương pháp để vẽ đường tròn.

Hình dưới chỉ ra cho ta thấy vài ví dụ về các cung tròn và đường tròn mà chúng ta sẽ học trong chương này.



Hình 2.23

Trong **MasterCAMX** các cung tròn và đường tròn được tạo ra bằng cách sử dụng 1 số tùy chọn **menu Create >Arc** bạn sẽ tìm ra được thanh công cụ của cung.



Hình 2.24

Mô tả ngắn gọn cho mỗi công cụ được thể hiện trong bảng dưới đây:

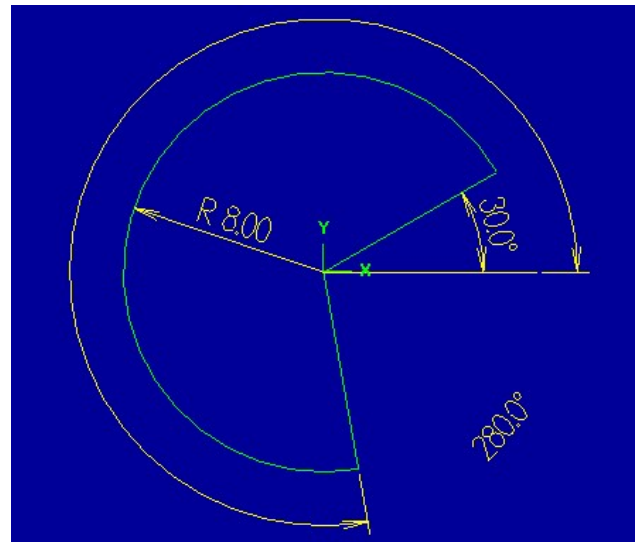
Arc option Description		
Circle Point	Edge	Tạo ra đường tròn khi biết 2 điểm và bán kính
Circle Point	Center	Tạo ra đường tròn khi biết tâm và các thông số khác
Arc Polar		Tạo ra 1 cung tròn bằng cách sử dụng hệ tọa độ cực
Arc Endpoints	Polar	Tạo ra 1 cung tròn khi biết 2 điểm đầu, bán kính và góc chắn cung
Arc Endpoint		Tạo ra 1 cung tròn khi biết 2 điểm đầu và đường kính hoặc bán kính
Arc 3 Points		Tạo ra 1 cung tròn khi biết 3 điểm
Arc Tangent		Tạo ra 1 cung tròn tiếp xúc với các đối tượng khác



2.4.1 Creat → acr → Arc Polar hoặc kích chọn biểu tượng :

Tạo ra một cung tròn bằng cách sử dụng hệ tọa độ cực. Trong MasterCAMX có 3 tùy chọn :

- ❖ Tạo ra một cung tròn bằng cách đưa ra tâm, bán kính , cung bắt đầu và cung kết thúc. Các cung đó được nhập từ bàn phím.
Cách tạo: nhập tọa độ tâm 0.0
Nhập bán kính : 8.0
Nhập góc bắt đầu ; 30
Nhập góc kết thúc : 280



Hình 2.25

- ❖ **Tạo ra 1** cung tròn bằng cách đưa ra tâm, bán kính , cung bắt đầu và cung kết thúc.các cung đó được nhập bằng cách pick chuột.

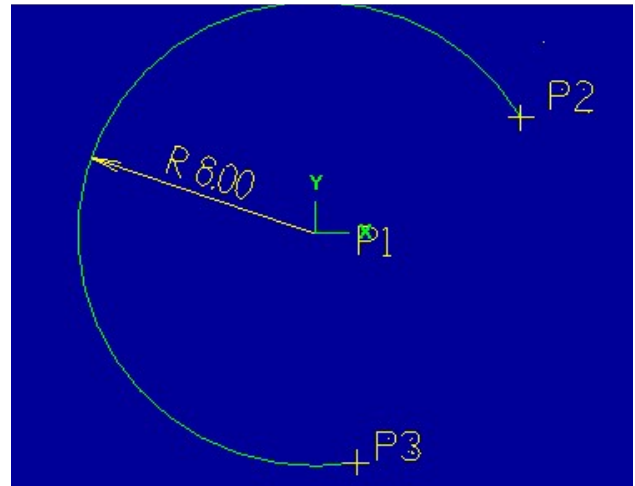
Cách tạo:

Nhập tọa độ tâm : pick P1

Nhập bán kính : 8

Nhập góc bắt đầu : pick P2

Nhập cung kết thúc: pick P3

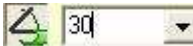


Hình 2.26

- ❖ Tạo ra một cung tròn tiếp xúc với 1 cung tròn bằng cách đưa ra tâm, đối tượng tiếp xúc, cung bắt đầu và cung kết thúc.

Cách tạo:

Tạo ra một cung tròn (chính là đối tượng cần tiếp xúc).

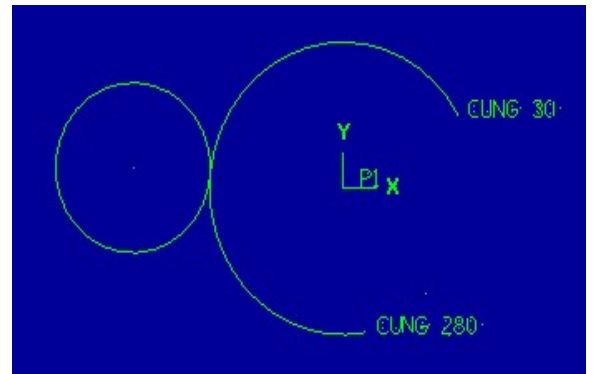
Nhập góc bắt đầu : 30 

Kích chọn  sau đó chọn cung tròn cần tiếp xúc.

Nhập tọa độ tâm của cung cần tạo : pick P1

Nhập góc kết thúc : 

Chúng ta có thể thay đổi chiều quay của cung bằng cách kích chuột vào  chọn chiều phù hợp.



Hình 2.28

2.4.2 Create >Arc > Arc Endpoints hoặc chọn biểu tượng



- ❖ Tạo ra 1 cung tròn khi biết 2 điểm và bán kính. Trong trường hợp này có 4 cung tròn được tạo ra chúng ta phải chọn cung tròn cần thiết bằng cách kích chuột vào cung tròn đó.

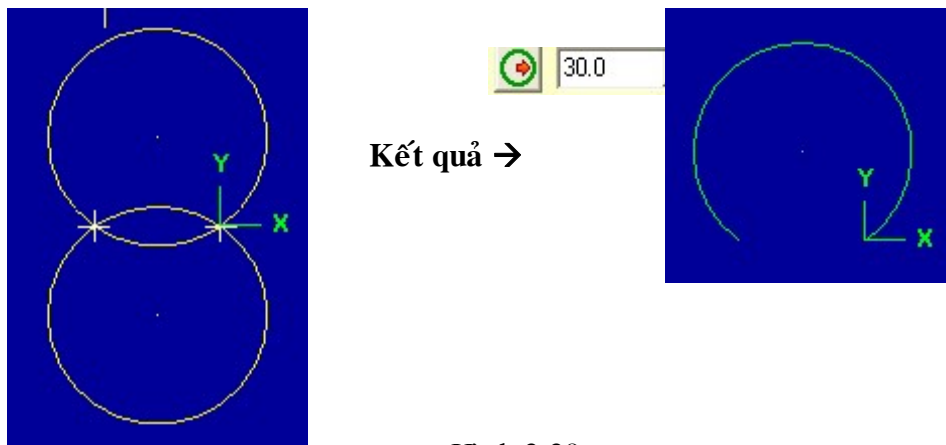
Cách tạo :

Nhập tọa độ điểm đầu tiên : pick P1

Nhập tọa độ điểm thứ 2 : pick P2

Nhập bán kính cung tròn cần tạo:

Chọn 1 cung tròn cần dữ lại : pick P3



Hình 2.29

- ❖ Tạo ra 1 cung tròn khi biết 2 điểm và tiếp xúc với một đối tượng khác.

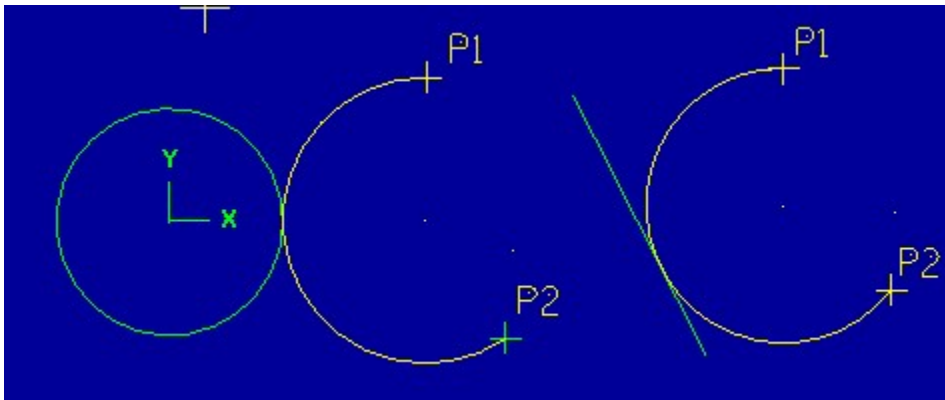
Cách tạo:

Tạo một đối tượng cần tiếp xúc : như cung tròn , đường thẳng

Nhập tọa độ điểm đầu tiên : pick P1

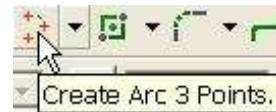
Nhập tọa độ điểm thứ 2 : pick P2

Kích chọn  và chọn đối tượng cần tiếp xúc.



Hình 2.30

2.4.3 Create > Arc > Arc 3 points hoặc chọn biểu tượng.



- ❖ Tạo một cung tròn biết 3 điểm (3 điểm này chúng ta có thể chọn bằng cách pick chuột hoặc nhập tọa độ từ bàn phím)

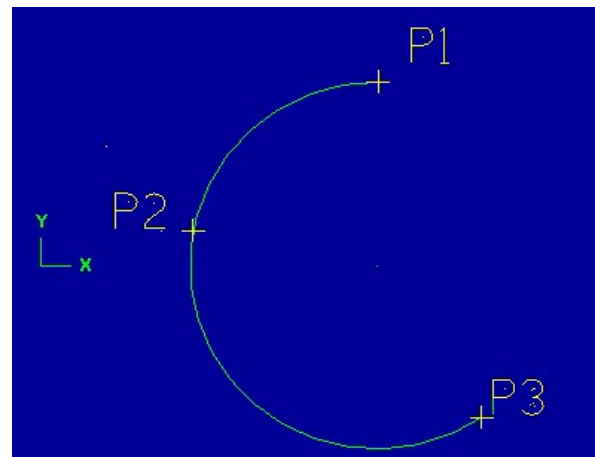
Cách tạo:

Nhập tọa độ điểm đầu tiên : pick P1

Nhập tọa độ điểm thứ 2 :pick P2

Nhập tọa độ điểm thứ 3:pick P3

Lưu ý: 3 điểm không được name trên một đường thẳng.



Hình 2.31

- ❖ Tạo cung tròn tiếp xúc 3 đối tượng.

Cách tạo:

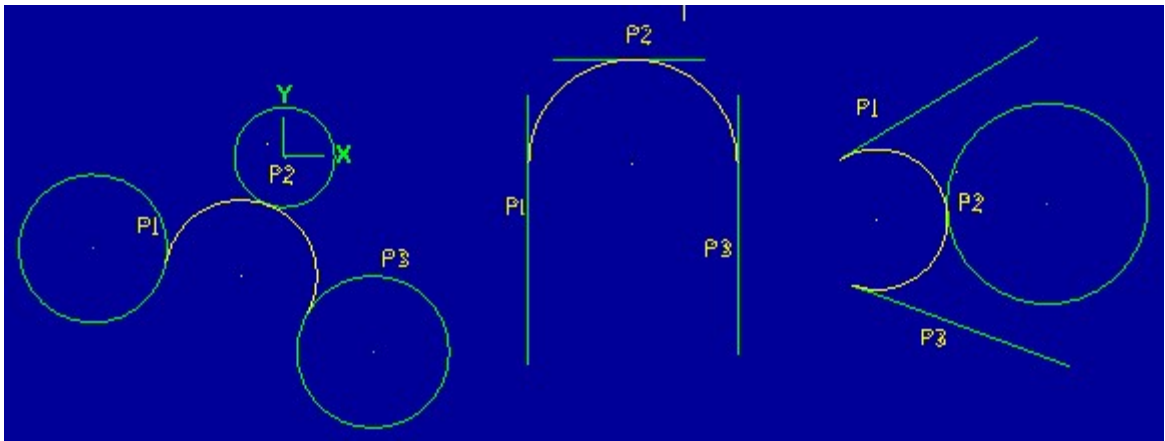
Tạo ra 3 đối tượng cần tiếp xúc : như cung tròn, đường thẳng

Kích chọn

Chọn đối tượng đầu tiên : pick P1

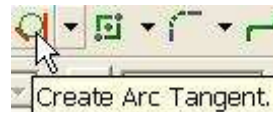
Chọn đối tượng thứ 2: pick P2

Chọn đối tượng thứ 3: pick P3



Hình 2.32

2.4.4 Create > Arc > Arc Tangent hoặc chọn biểu tượng.



Tạo ra một cung tròn tiếp xúc 1, 2, hoặc nhiều line hoặc cung tròn. Có 4 tùy chọn sau đây:



❖ Create > Arc > Tangent > 1 entity hoặc chọn biểu tượng.

Tạo ra một cung tròn 180° tiếp xúc với 1 đối tượng đã chọn.

Cách tạo:

Tạo một line làm đối tượng

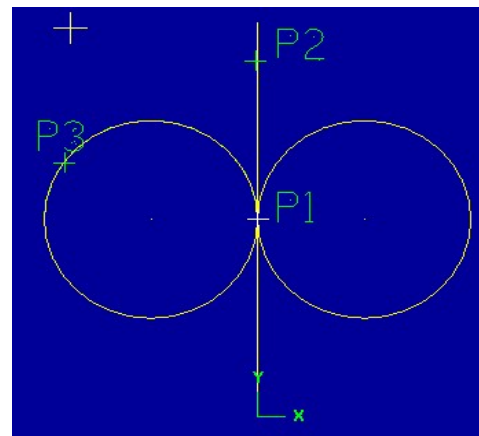
Lựa chọn đối tượng mà cung tròn tiếp xúc :

pick P1

Chỉ rõ điểm tiếp xúc : Pick P2

Lựa chọn cung tròn : Pick P3

Nhập bán kính :



Hình 2.33

Lưu ý: trong ví dụ này có 4 trường hợp lựa chọn, tùy theo yêu cầu cung cần giữ lại chúng ta sẽ chọn cho thích hợp.

❖ Create > Arc > Tangent > Center line hoặc chọn biểu tượng



Tạo ra một cung tròn 360* tiếp xúc với 1 đường thẳng, tâm name trên đường thẳng khác.

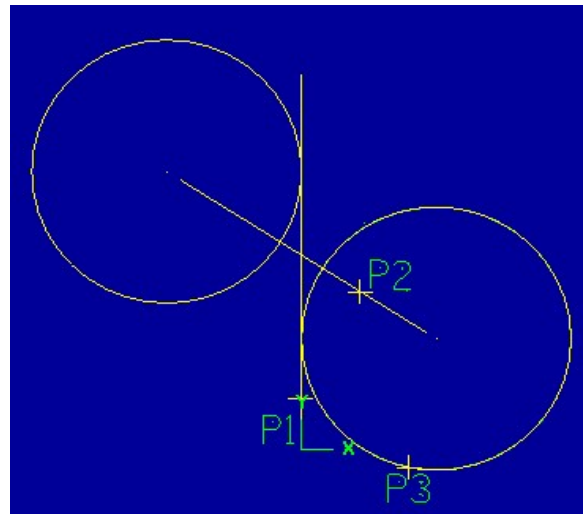
Cách tạo: tạo 2 đường thẳng không trùng nhau.

Lựa chọn line tiếp xúc với cung tròn: pick P1

Lựa chọn line chứa tâm đường tròn: pick P2

Chọn cung mà chúng ta lựa chọn : pick P3

Nhập bán kính đường tròn:



Hình 2.34



❖ **Create > Arc > Tangent > Point** hoặc chọn biểu tượng

Tạo ra 1 cung tròn tiếp xúc 1 đối tượng và đi qua 1 điểm

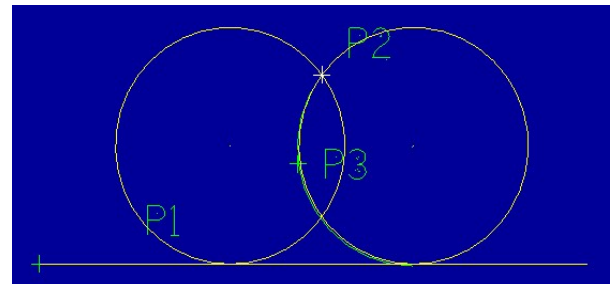
Cách tạo:

Tạo 1 line hoặc 1 cung tròn.

Lựa chọn điểm sẽ tiếp xúc với cung tròn: pick P1

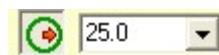
Lựa chọn điểm mà cung tròn đi qua: pick P2

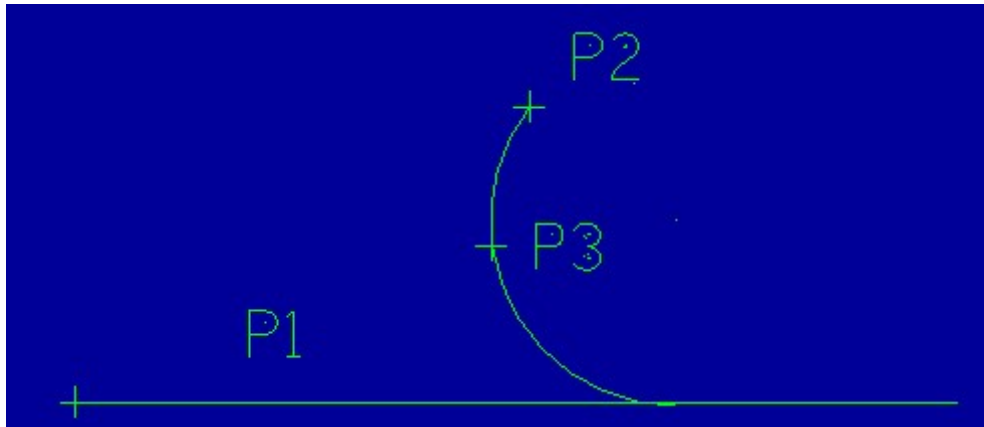
Chọn cung mà chúng ta lựa chọn.: pick P3



Hình 2.35

Nhập bán kính của đường tròn:





Hình 2.36

❖ **Create > Arc > Dynamic** hoặc kích chọn biểu tượng:



Tạo một cung tròn nhỏ hơn 180° tiếp xúc tại điểm chọn trên đối tượng được chọn, sử dụng hệ tọa độ cực.

Cách tạo :

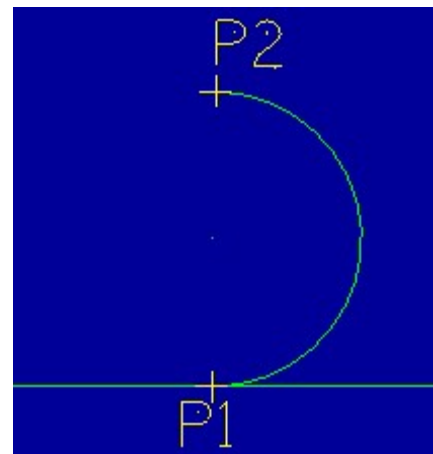
Tạo một đường thẳng.

Lựa chọn đường thẳng sẽ tiếp xúc với cung tròn.

Lựa chọn điểm đầu nằm trên đường thẳng, của cung tròn; pick P1

Lựa chọn điểm cuối của cung tròn: pick P2

(nếu muốn chọn chính xác điểm đầu của cung thì sau khi chọn đường thẳng tiếp xúc thì ấn S và nhập tọa độ chính xác vào ;



Hình 2.37



2.4.5 create > Arc > Circ Center Point hoặc chọn biểu tượng :

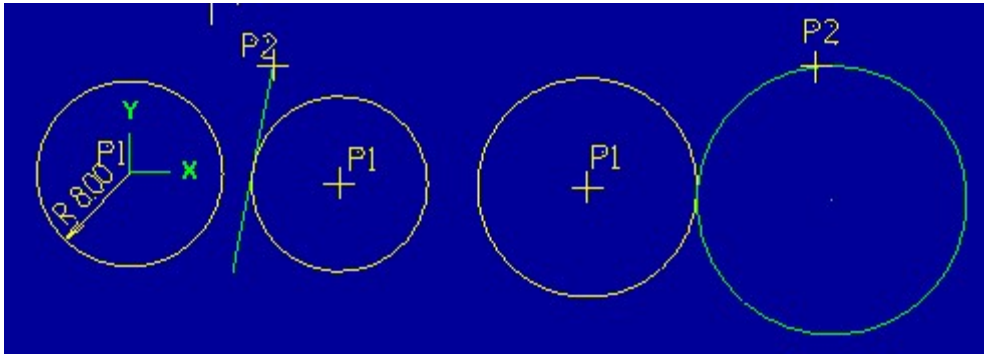


Tạo ra đường tròn khi biết tâm và bán kính.

Cách tạo;

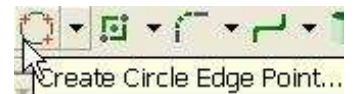
Nhập tọa độ điểm tâm; pick P1

Nhập bán kính  10.0 hoặc chọn  đối tượng tiếp xúc: pick P2 (enter)



Hình 2.38

2.4.6 Create > Arc > Circ Edge Point hoặc chọn biểu tượng:



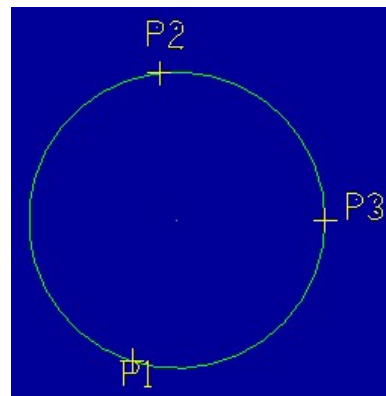
- ❖ Tạo ra đường tròn đi qua 3 điểm kích chọn  , 3 điểm này không được nằm trên một đường thẳng.

Cách tạo:

Nhập vào điểm đầu tiên ; pick P1

Nhập vào điểm thứ 2; pick P2

Nhập vào điểm thứ 3 ; pick P3



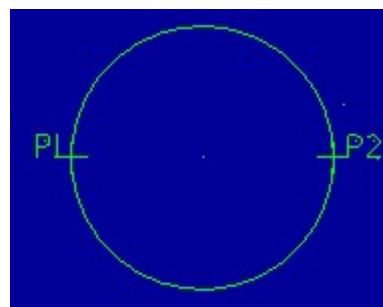
Hình 2.39

- ❖ Tạo ra đường tròn đi qua 2 điểm . 

Cách tạo :

Nhập điểm đầu tiên ; pick P1

Nhập điểm thứ hai ; pick P2



Hình 2.40

2.4.7 Create > Arc > Polar Endpoints hoặc chọn biểu tượng:



Tạo ra một cung tròn khi biết 2 điểm đầu , bán kính và góc chắn cung.

- ❖ Chọn điểm gốc là điểm bắt đầu của cung chúng ta cần tạo :kích chọn

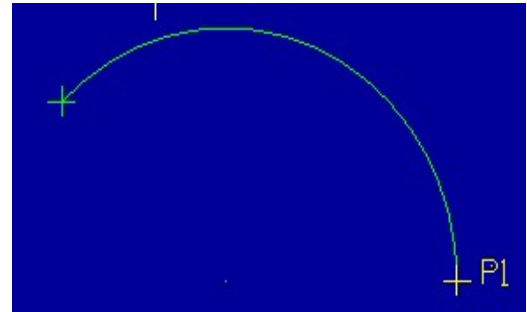
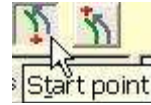
Cách tạo :

Nhập vào điểm gốc: pick P1

Nhập vào bán kính :  15.0

Nhập góc bắt đầu của cung:  0.0

Nhập góc cuối cùng của cung:  135.0



Hình 2.41

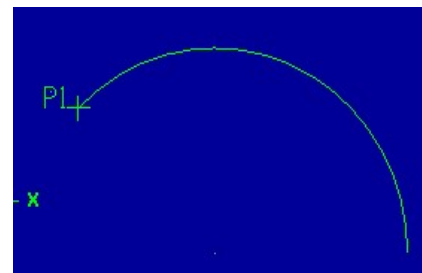
- ❖ Chọn điểm gốc là điểm kết thúc của cung chúng ta cần tạo kích chọn.

Nhập vào điểm gốc : pick P1

Nhập vào bán kính :  15.0

Nhập góc bắt đầu của cung:  0.0

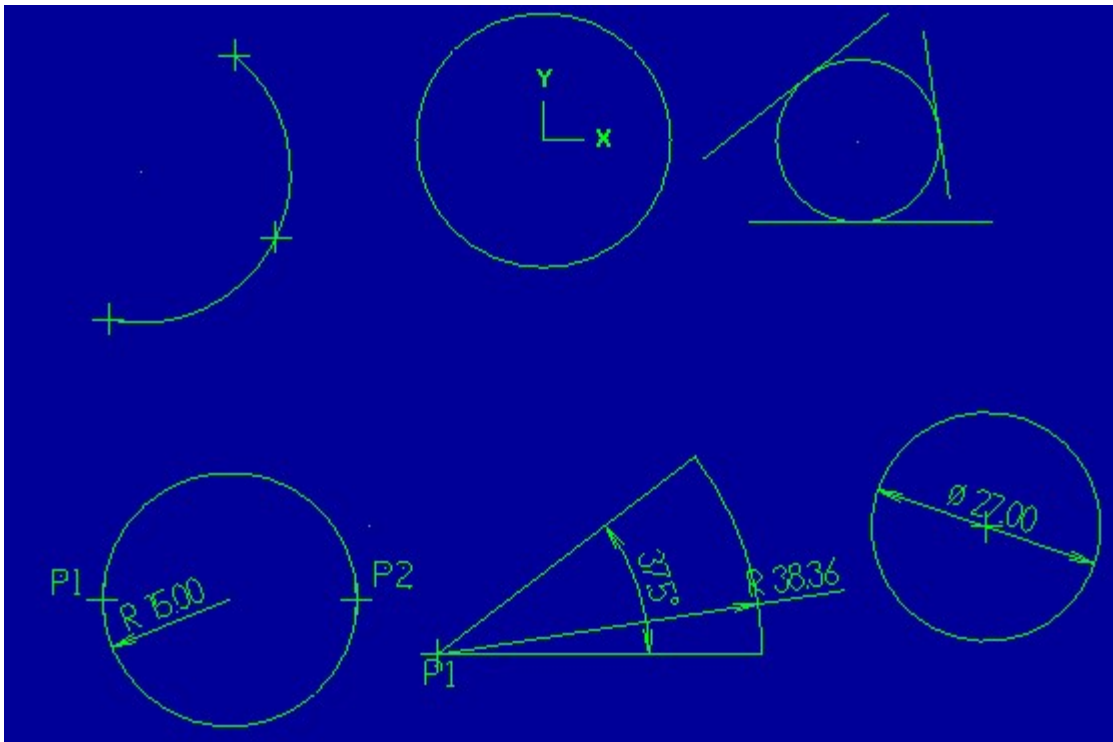
Nhập góc cuối cùng của cung:  135.0



Hình 2.42

Bài tập về cung và đường tròn:

Các bạn hãy sử dụng các lệnh vừa học để vẽ các hình sau:



Hình 2.43

2.5 Fillet và thanh công cụ của Fillet

Menu thiết kế cho lệnh Fillet là

Create > Fillet

Tạo ra 1 hoặc nhiều góc lượn cho 2 hay nhiều đối tượng bằng cách đưa ra các tham số:

2.5.1 Create > Fillet > Fillet Entities

Hoặc kích chọn biểu tượng:

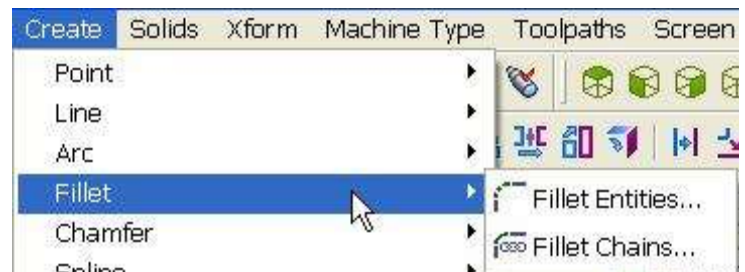


Tạo ra 1 đường lượn giữa 2 đối tượng: đường thẳng, cung tròn.

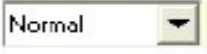
Cách tạo:

Tạo ra 2 đường thẳng:

Chọn và thay đổi tham số đường lượn (bán kính, góc và tùy chọn cắt xén) nếu cần thiết. Trong đó bao gồm

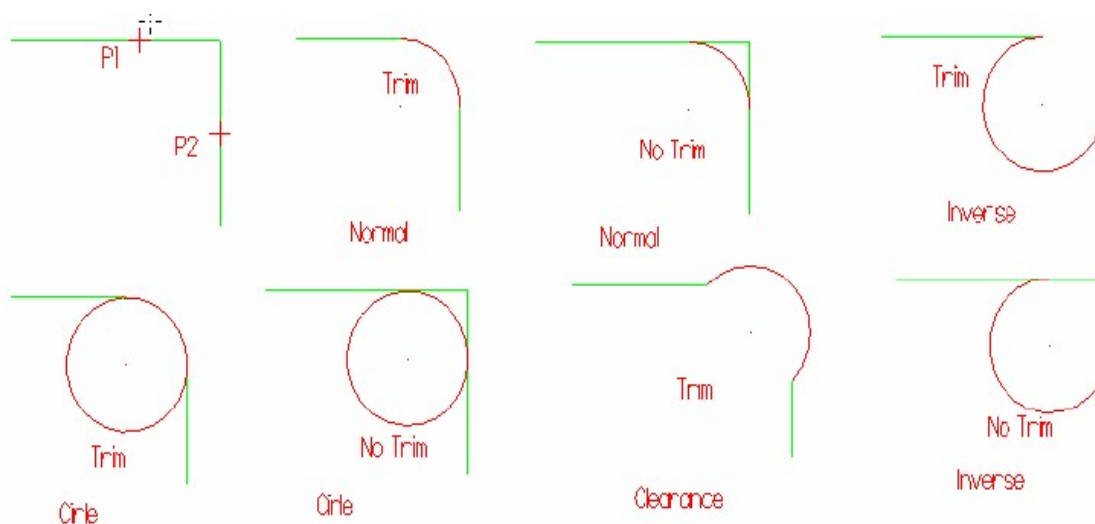


Hình 2.44

-  : Tạo ra 1 góc lượn nhỏ hơn 180°
-  : Tạo ra góc lượn phía trong lớn hơn 180°
-  : Tạo ra góc lượn là đường tròn
-  : Tạo ra góc lượn phía ngoài lớn hơn 180°
-  Trim : Cắt bỏ phần thừa ở góc lượn của 2 đối tượng
-  No Trim : Giữ lại phần thừa ở góc lượn của 2 đối tượng
-  5.0 : Nhập bán kính góc lượn

Chọn đối tượng đầu tiên: pick P1

Chọn đối tượng thứ 2: pick P2



Hình 2.45

2.5.2 Create > Fillet > Fillet Chains hoặc kích chọn biểu tượng



Tạo nhiều đường lượn trên các đối tượng phụ thuộc lẫn nhau trên một lần dùng lệnh.

Cách tạo:

Tạo ra các line bằng cách sử dụng lệnh line.

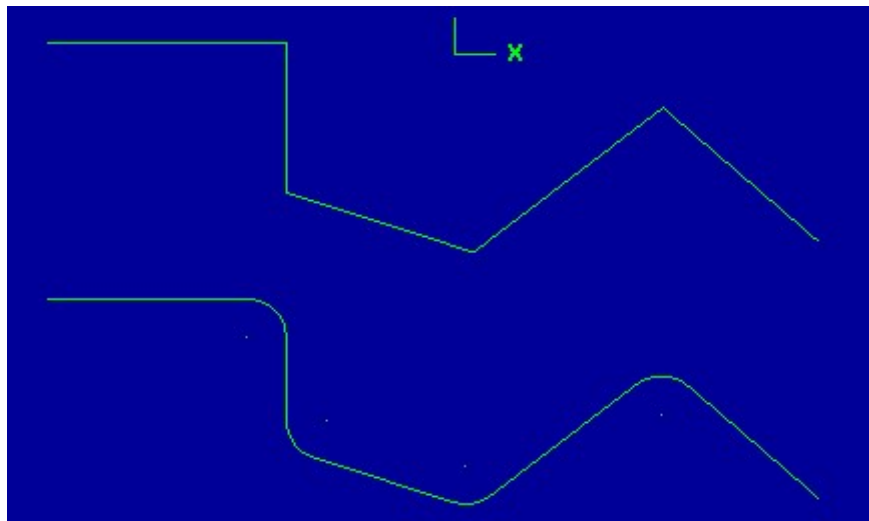
thiết
Chosen và thay đổi tham số đường lượn(bán kính,góc và tùy chọn cắt xén) nếu cần



Kích lựa chọn chain . chọn đối tượng đầu tiên: pick P1

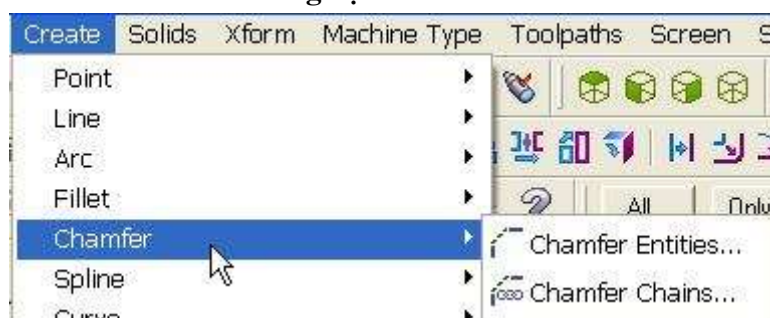
Chọn OK

Lưu ý :hãy chú ý đến chiều dịch chuyển của các đối tượng được chọn sau kích chọn nhiều đối tượng vì nó có thể ảnh hưởng đến chiều lượn của góc lượn.



Hình 2.46

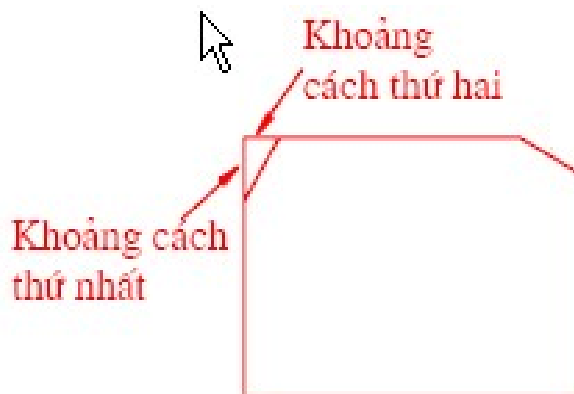
2.6 Chamfer và thanh công cụ của Chamfer:



Hình 2.47

Lệnh này được dùng khi tạo ra góc vát giữa 2 đường thẳng không trùng nhau với các góc vát được đưa ra.

Khi tạo cạnh vát có 2 khoảng cách vát cần thay đổi.



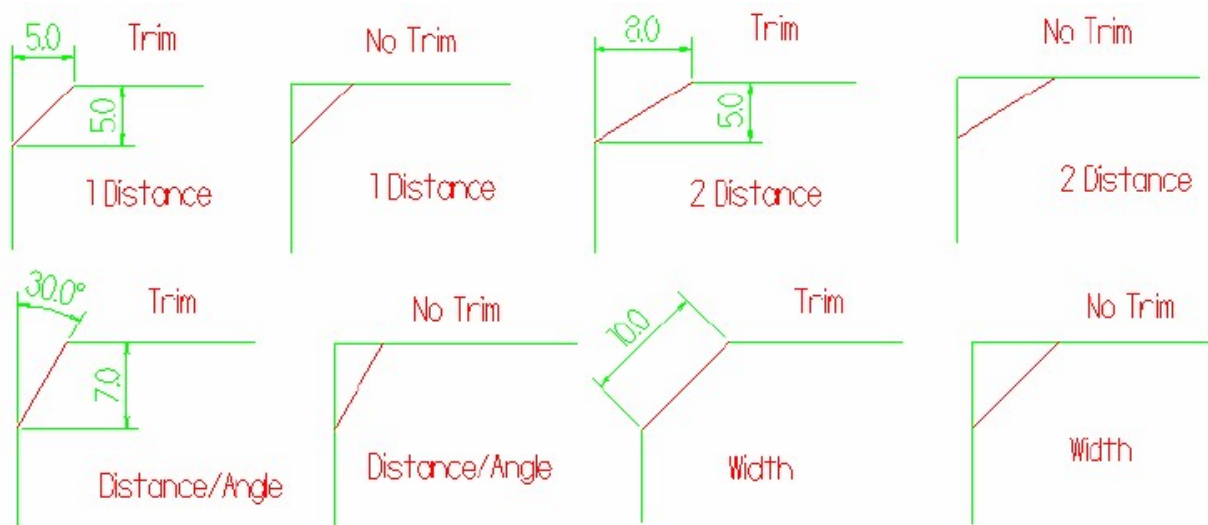
Hình 2.48

Lưu ý:

- ❖ Lệnh Chamfer được thể hiện tương tự như Fillet.
- ❖ Để thay đổi khoảng cách, chọn Distances, và chỉ rõ khoảng cách vát thứ nhất và thứ hai.



Sau đây là một vài ví dụ minh họa



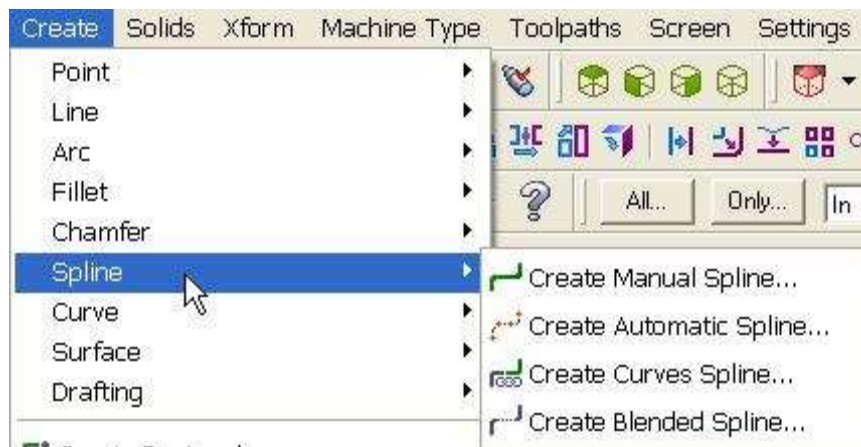
Hình 2.49

2.7 Spline và thanh công cụ của spline

Trong MasterCAMX lệnh spline tạo ra 1 đường cong spline liên tục, nó đi qua tất cả các điểm được chọn. Và có 4 tùy chọn của đường cong này. Chúng ta có thể thay đổi các tùy chọn này. Tham số của spline được thay đổi một cách linh hoạt nó được giữ cho đến khi đi qua tất cả các điểm được đi qua.

Manual	Đưa ra bằng tay tất cả các điểm cho đường cong spline
Automatic	Đưa ra tự động tất cả các điểm cho đường cong spline
Curves	Tạo ra spline từ đối tượng đã tồn tại
Blend	Tạo ra spline có lấy sự tròn của hai cung tròn , đường cong hoặc line

Menu spline là Create > spline



Hình 2.50



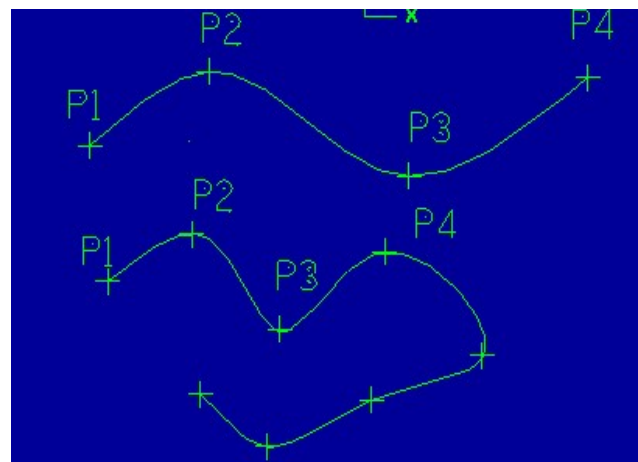
2.7.1 Create > spline > manual hoặc chọn biểu tượng.

Đưa ra bằng tay tất cả các điểm cho đường cong spline. Chúng ta đưa ra các điểm theo thứ tự thích hợp.

Cách tạo:

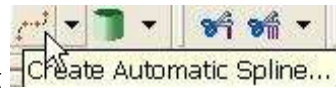
Chọn tất cả các điểm : pick P1, P2, P3, ,P4.

Sau đó nhấn enter để kết thúc việc chọn lựa và tạo ra 1 spline.



Hình 2.51

2.7.2 create > spline > automatic hoặc chọn biểu tượng



Đưa ra tự động tất cả các điểm cho đường cong spline, chúng ta cần đưa ra điểm đầu, điểm thứ 2 và điểm kết thúc. Hệ thống sẽ tự động chọn các điểm khác trong khoảng cách dung sai cho phép của hệ thống.

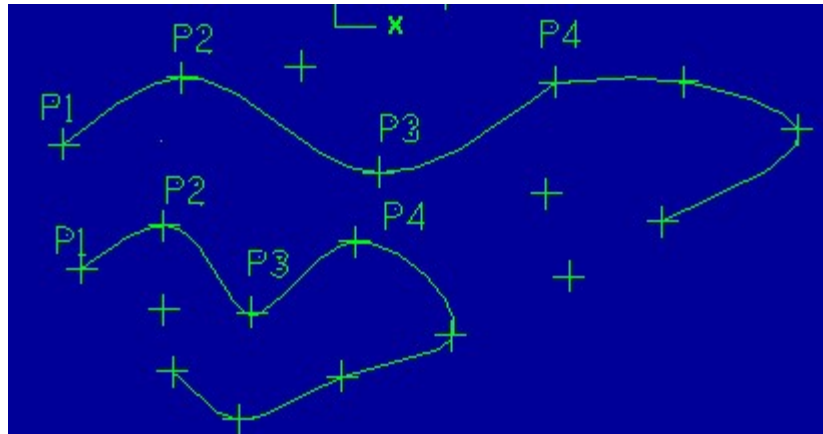
Cách tạo:

Tạo ra một số điểm như hình.

Chọn điểm đầu tiên : pick P1

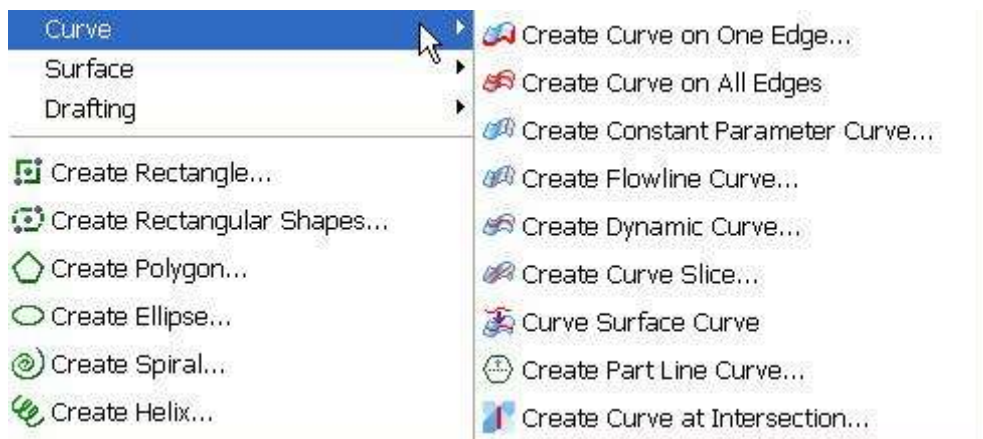
Chọn điểm thứ hai: pick P2

Chọn điểm cuối cùng: pick P3



Hình 2.52

2.7.3 Create > spline > curves hoặc chọn biểu tượng



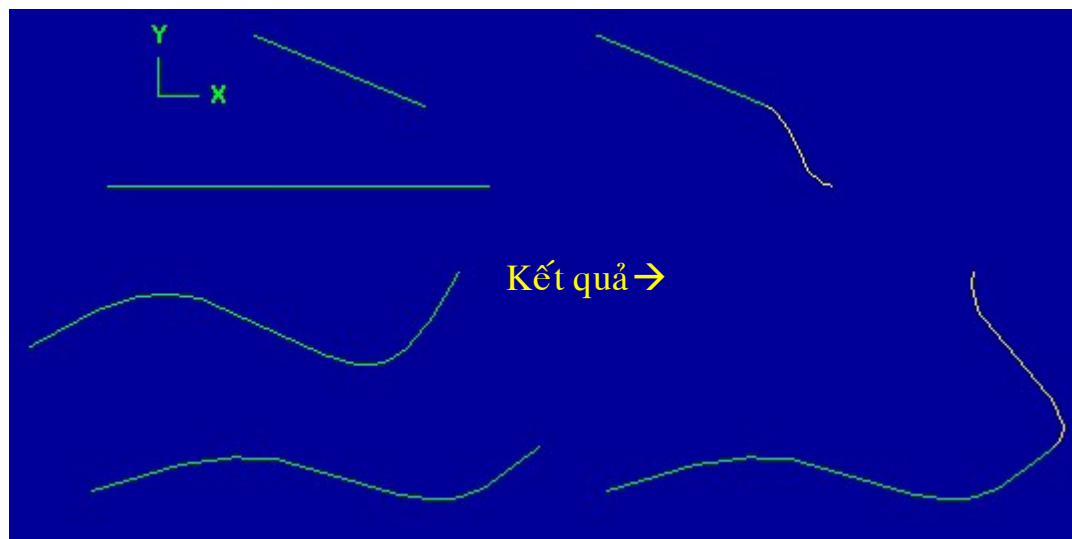
Hình 2.53

Tạo ra một spline từ các đối tượng đã tồn tại. Bạn có thể tạo ra một spline từ một đường cong đã tồn tại hoặc đường cong liên kết bao gồm : cung tròn . line, spline.

2.7.4 Create > spline > Blended hoặc kích chọn biểu tượng

Tạo ra spline có lay sự trơn của 2 cung tròn, đường cong hoặc đường line.

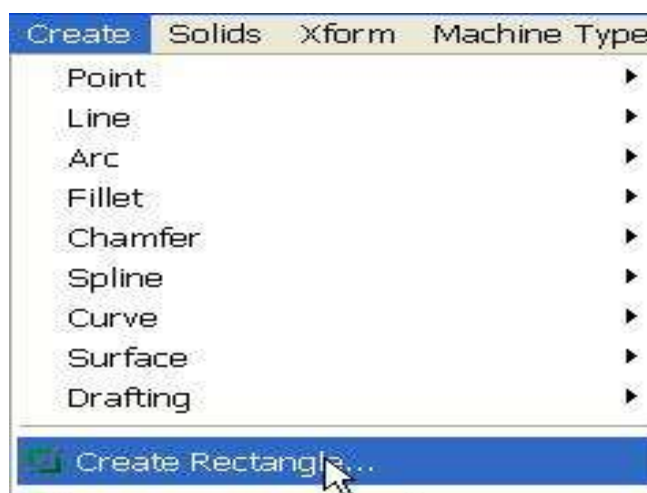
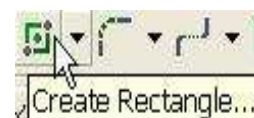
Sau đây là vài ví dụ minh họa:



Hình 2.54

2.8 Rectangle và thanh công cụ của rectangle

Menu Rectangle là : creat > rectangle hoặc chọn biểu tượng.



Hình 2.55

Trong **MasterCAMX** có các tùy chọn để tạo ra một hình chữ nhật dưới đây:

- ❖ **Polar** : tạo ra 1 hình chữ nhật khi biết tọa độ 2 góc hoặc chiều dài và chiều rộng
- ❖ **Anchor to center** : create tạo 1 hình chữ nhật khi đưa ra tọa độ tâm, chiều dài và chiều rộng.
- ❖ **Center surface**: đây là lệnh thay đổi tùy chọn để tạo ra 1 mặt phẳng có dáng hình chữ nhật bằng cách đưa ra tọa độ 2 góc hình chữ nhật , các đường thẳng tạo ra từ hình chữ nhật đó.

2.8.1 Create > Rectangle > Center kích chọn.



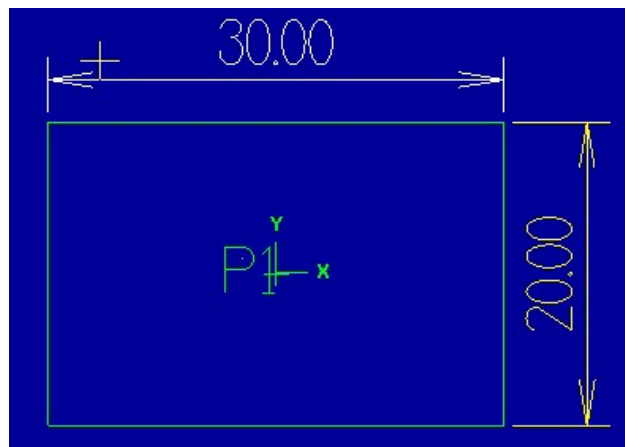
Tạo ra một hình chữ nhật khi đưa ra tọa độ tâm, chiều dài và chiều rộng.

Cách tạo:

Nhập tọa độ tâm : pick P1

Nhập chiều rộng: 

Nhập chiều dài 



Hình 2.56

2.8.2 Create > Rectangle > Center surface kích chọn

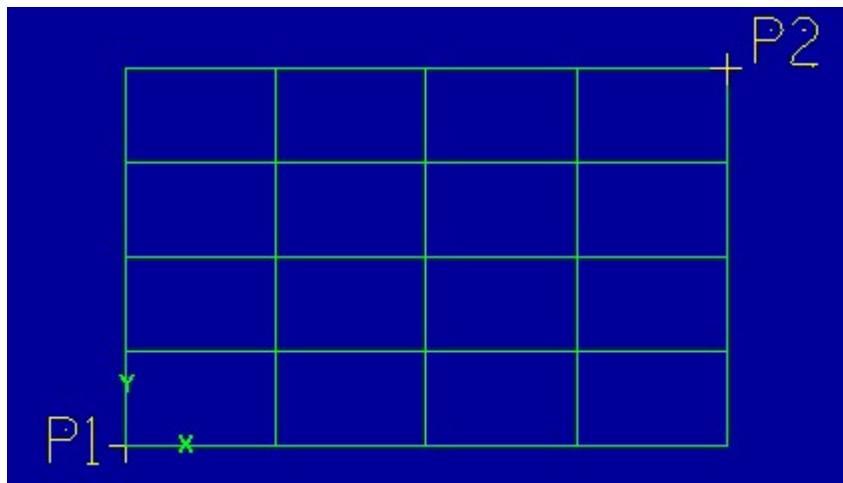


Tạo ra 1 hình chữ nhật khi đưa ra tọa độ 2 điểm góc của hình chữ nhật.

Cách tạo:

Nhập vào tọa độ góc dưới cùng bên trái : pick P1

Nhập vào tọa độ góc trên cùng bên phải : pick P2



Hình 2.57

Lưu ý: tọa độ điểm P2 được tính theo tọa độ tương đối so với điểm P1.

2.9 Letter và thanh công cụ của Letter.

Lệnh này dùng để tạo những hình học kiểu chữ để tạo logo ,

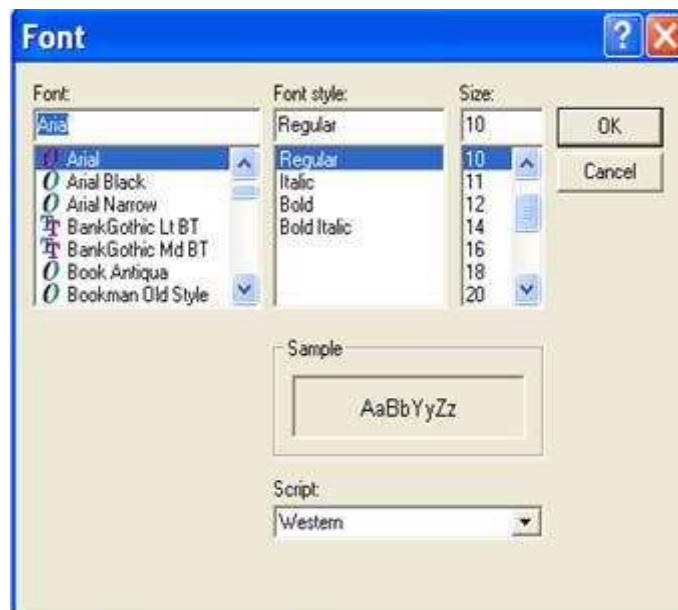
Lệnh Letter được gọi như sau: Create > Letter hoặc chọn biểu tượng



Trong Letter có gồm các tùy chọn sau:

❖ Create > Letter > true type

Tạo ra mô hình từ phong chữ tiêu chuẩn , quan sát cửa sổ hiện ra sau đây về phong tiêu chuẩn :



Hình 2.58

Chúng ta chọn **font** và bỏ qua **font size** và chọn OK

Nhập chữ vào ô **letters: MasterCAMX**

Nhập chiều cao vào ô **Parameters height: 3.0**

Chọn hướng cho phông chữ trong bảng **Alignment**.

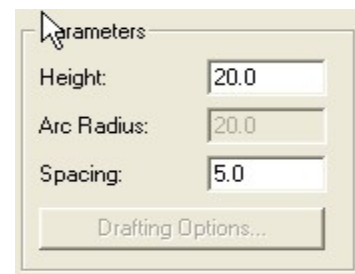
Chú ý : hệ thống sẽ đưa ra 4 tùy chọn thể hiện phông chữ sau:

- ❖ **Horizontal** : viết chữ theo hàng ngang.
- ❖ **Vertical** : viết chữ theo hàng dọc.
- ❖ **Top of arc** : viết chữ trên đỉnh một cung.
- ❖ **Bottom of arc** : viết chữ nằm phía dưới một cung.

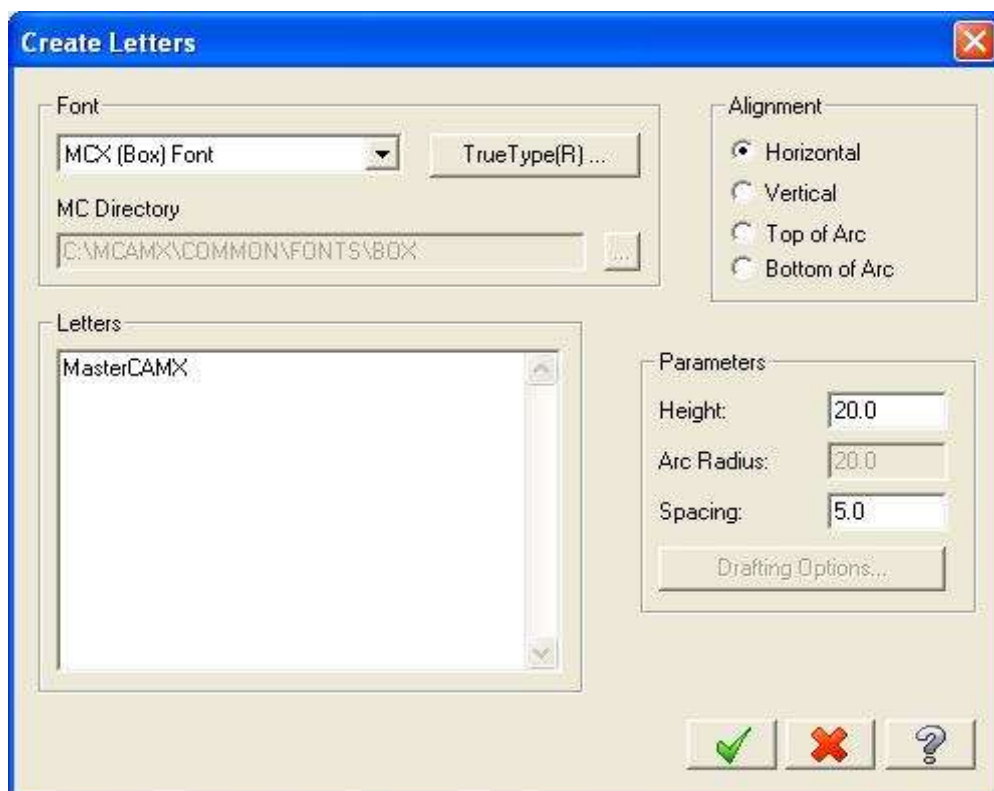
Nhập khoảng cách các chữ vào ô parameters spacing:

Sau khi chỉnh sửa xong phông chữ phù hợp thì chọn OK rồi sau đó nhập điểm đầu tiên cho câu chữ.

- Viết chữ theo kiểu **Horizontal** hoặc **Vertical**.



Hình 2.59



Letter : chúng ta gõ **MasterCAMX**

Nhập chiều cao vào **parameters Height** : 20

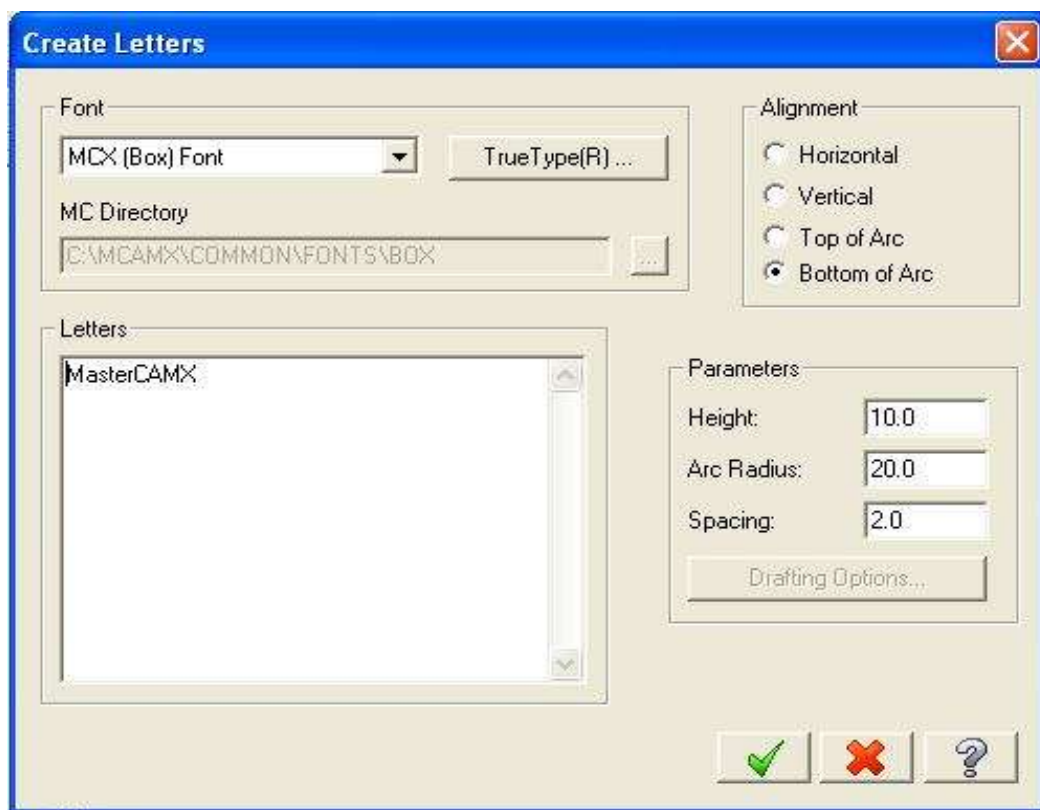
Và nhập khoảng cách giữa các chữ vào **parameters spacing**: 5

Chọn điểm đặt cho chữ : pick P1



Hình 2.60

- Viết chữ theo kiểu **Bottom of arc** hoặc **Top of arc**.



Hình 2.61

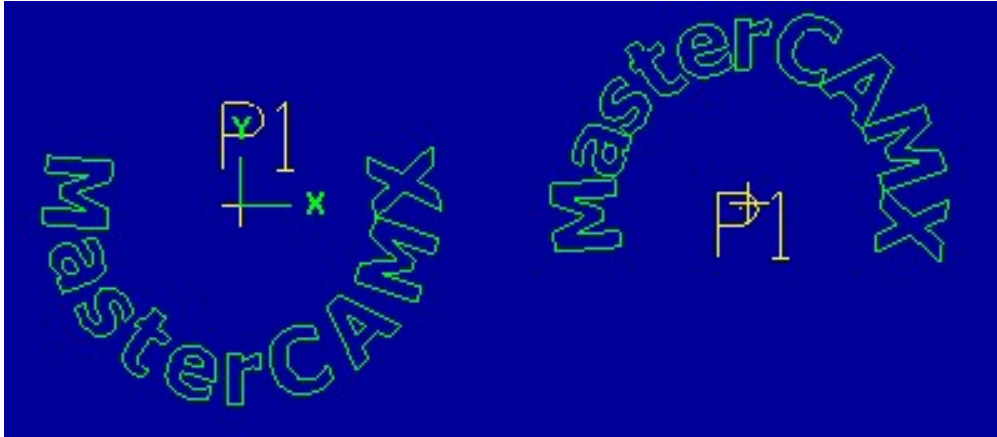
Letter : chúng ta gõ **MasterCAMX**.

Nhập chiều cao vào **parameters Height** :10

Và nhập khoảng cách giữa các chữ vào **parameters spacing: 2**

Nhập bán kính cung tròn vào **parameters arc radius. 20**

Nhập tọa độ cung tròn : **pick P1**



Hình 2.62

❖ **Create > Letters > Font**

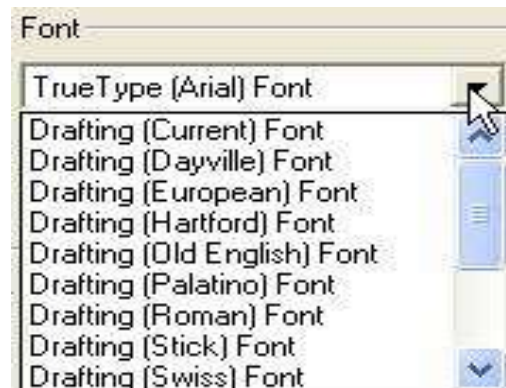
Tạo chữ từ phong chữ hiện hành trong **MasterCAMX**.

Trong đó có nhiều kiểu phong chữ cho ta lựa chọn.

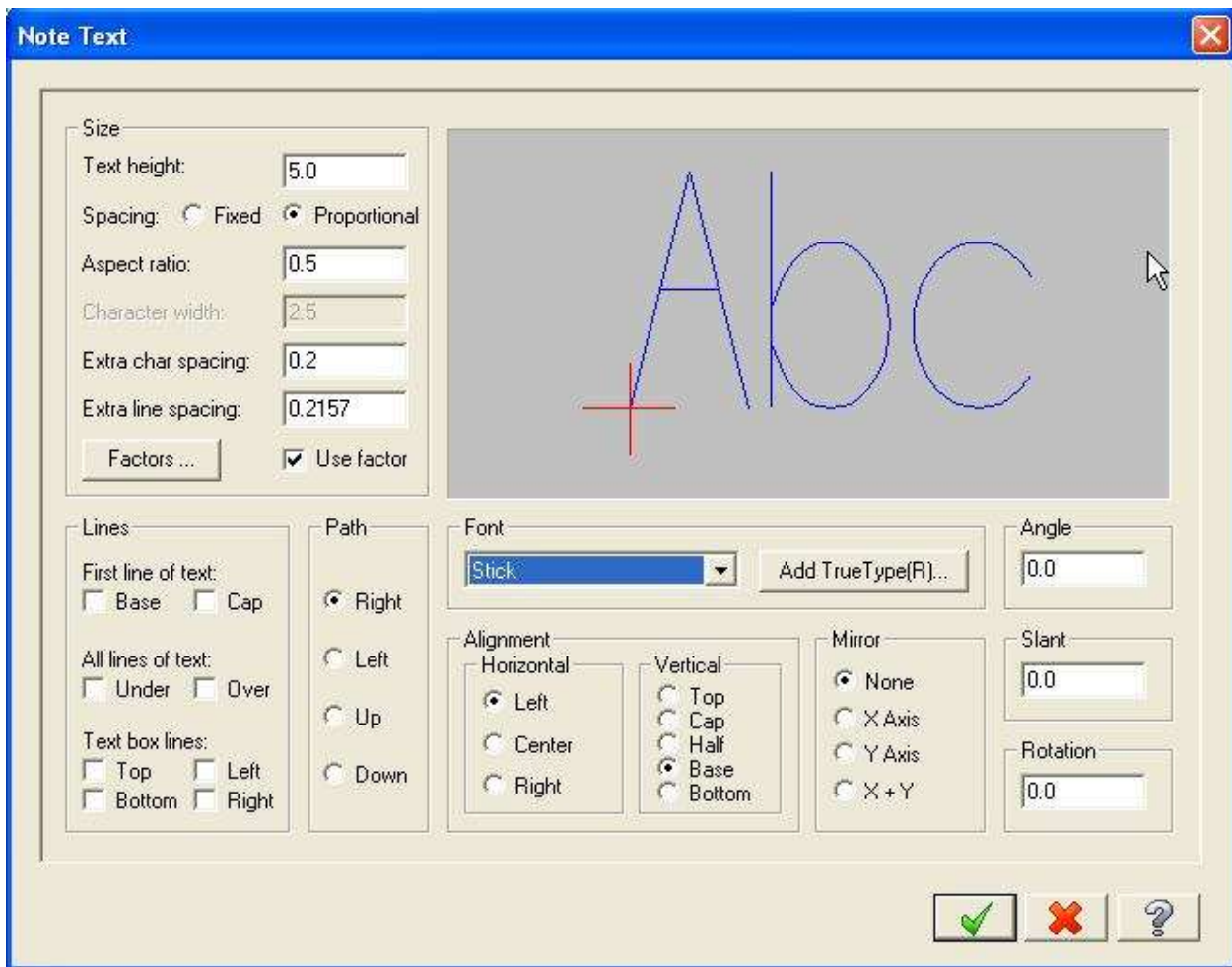
Cách tạo:

Nhập chữ cần hiển thị vào **Letter: MasterCAMX**.

Nhập điểm đầu tiên cho câu chữ : pick P1



Hình 2.63



Chú ý: phông chữ **Master CAMX** có thể thay đổi bằng cách pick vào **Drafting Options**. Các giá trị phông là **Stick**, **Roman**, **European**, **Swiss**, **Old English**, **Palation**, và **Dayville**.

2.10 Ellipse và thanh công cụ của Ellipse.

Menu **Ellipse** được gọi như sau:

Create > Ellipse hoặc kích chọn biểu tượng.



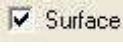
Một **Ellipse** hoặc một cung **Ellipse** có thể được tạo ra bằng cách 5 tham số trong phép công với điểm tâm:

- ❖ **A radius** : Dựng bán kính trục **X** của **Ellipse**.
- ❖ **B radius** :  Dựng bán kính trục **Y** của **Ellipse**.
- ❖ **Start angle**  :Dựng góc bắt đầu của **Ellipse**.

❖ **End angle**  : Đặt góc kết thúc của **Ellipse**.

❖ **Rot angle**  : Đặt góc xoay trục **X** của **Ellipse**.

❖ **Center Point**  : Đặt tâm của **Ellipse**.

❖ **Surface**  : chọn đối tượng theo mặt.

❖ **Base point**  : dịch chuyển **Ellipse** sau khi nhập tọa độ điểm tâm.

MasterCAMX sẽ biểu diễn Ellipse khi chúng ta nhập xong điểm tâm của Ellipse.

(tất cả các góc được đo bằng độ, hướng ngược chiều kim đồng hồ)

Ví dụ 1 : Bạn thay đổi các thông số hình học của Ellipse như hình.

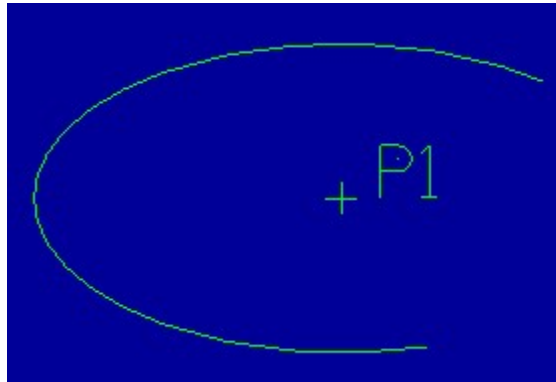
+ A (X-axis radius) = 3 ;

+ B (Y-axis radius) = 1.5

+ Start angle = 30

+ End angle = 300

+ Rotation angle = 0



+ Enter the center point : Bạn kích chuột trái tại **P1** Hình 2.64

Ví dụ2: Bạn thay đổi các thông số hình học của Ellipse như hình.

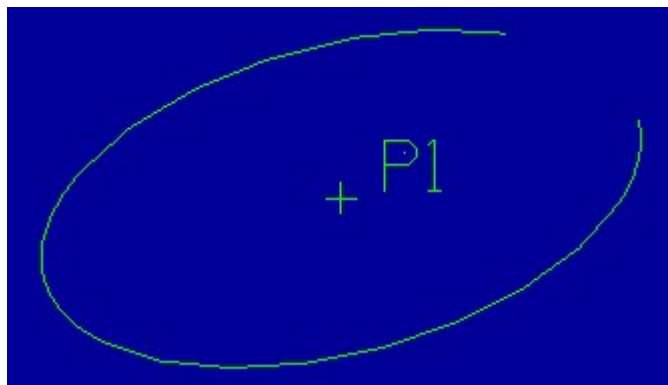
+ A (X-axis radius) = 3

+ B (Y-axis radius) = 1.5

+ Start angle = 0

+ End angle = 360

+ Rotation angle = 15

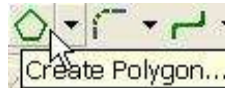


+ Enter the center point : Bạn kích chuột trái tại **P1** Hình 2.65

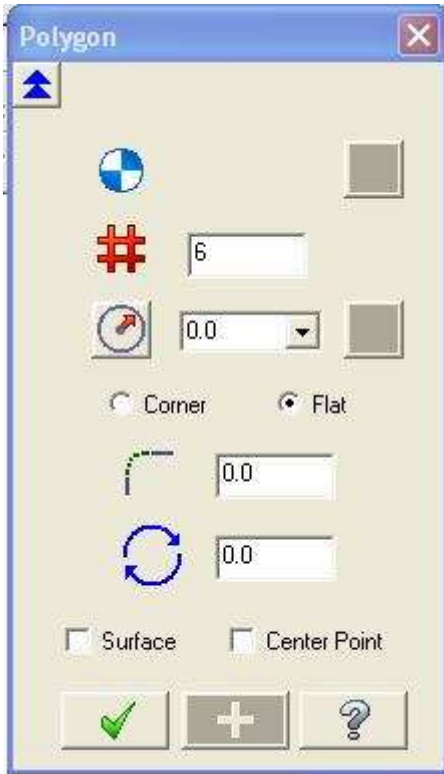
2.11 Polygon và thanh công cụ Polygon.

Menu **Polygon** được gọi như sau:

Create > Polygon hoặc kích chọn biểu



tượng.



No. side	Đặt số cạnh của đa giác
Radius	Bán kính đường tròn ngoại tiếp hay nội tiếp của đa giác
☒ Flat	Đường tròn nội tiếp đa giác
☒ Corner	Đường tròn ngoại tiếp đa giác
	Bán kính của góc lượn giữa 2 cạnh của đa giác
	Góc xoay của trục X
☒ Surface	Chọn đối tượng theo mặt
☒ Center Point	Dựng tâm của ellipse

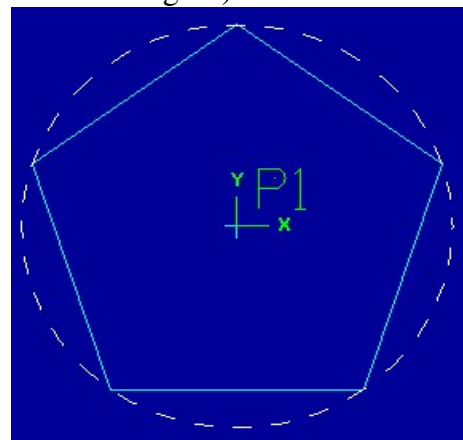
Để tạo một đa giác trong **MasterCAMX** chúng ta cần khai báo 5 tham số và tọa độ tâm.

(Chú ý: góc bắt đầu được đo bằng độ hướng ngược chiều kim đồng hồ)

Ví dụ 1 : Bạn thay đổi các thông số hình học của **Polygon** như hình bên:

- + No. sides = 5
- + Radius = 1
- + Start angle = 0
- + Bán kính góc tới Corner
- + Chọn tâm (Center Point)

Hình 2.66



+ Nhập tọa độ tâm: pick P1

Ví dụ 2 : Bạn thay đổi các thông số hình học của **Polygon** như hình bên:

+ No. sides = 5

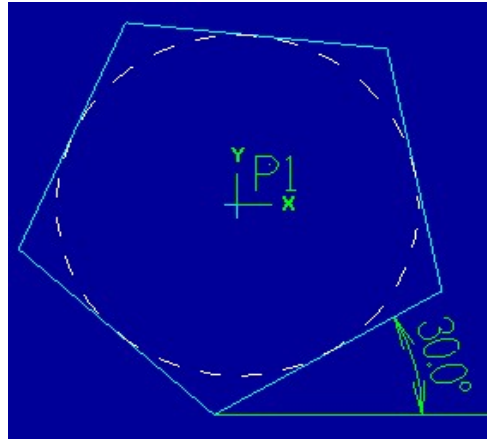
+ Radius = 1

+ Start angle = 30

+ Bán kính góc tới Flat

+ Chọn tâm (Center Point)

+ Nhập tọa độ tâm: pick P1



Hình 2.67

2.12 Trim và thanh công cụ của Trim

Trim giúp ta cắt xén nhiều đối tượng cắt nhau hoặc kéo dài các đối tượng tại điểm giao nhau của chúng.

❖ **Edit > Trim/Break/**

Trim/Break hoặc kích chọn

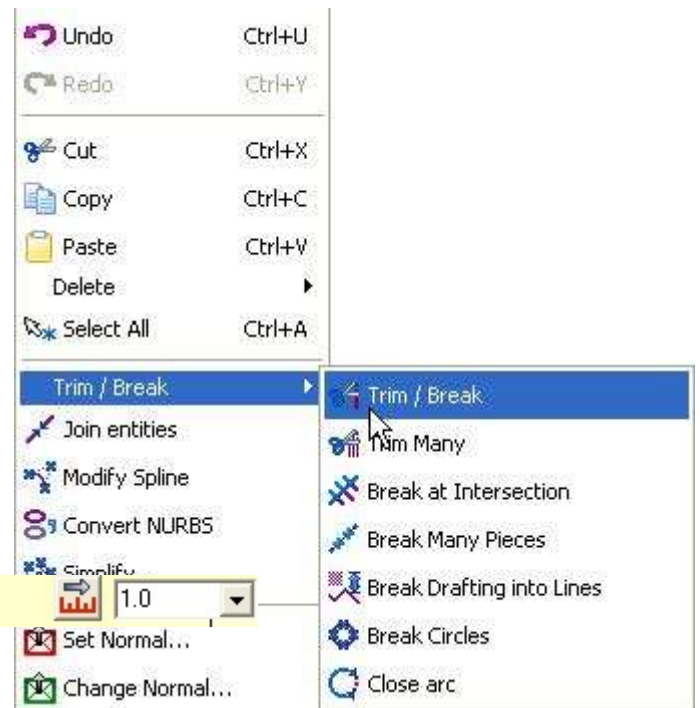
biểu tượng:

Trong **trim/ break** sẽ có các lựa chọn:



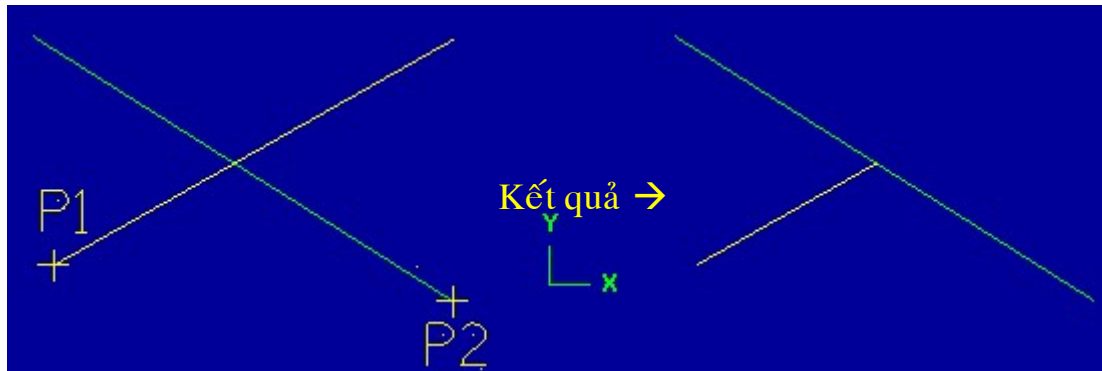
✓ **Trim 1 entity** kích chọn biểu

tượng . Cắt xén một đối tượng đến một đối tượng mà chúng ta cần cắt đến.



+ **Select the entity to trim:** chúng ta chọn đối tượng bị trim kích chuột trái tại **P1**

+ **Select the entity to trim:** chúng ta chọn đối tượng trim kích chuột trái tại **P2**



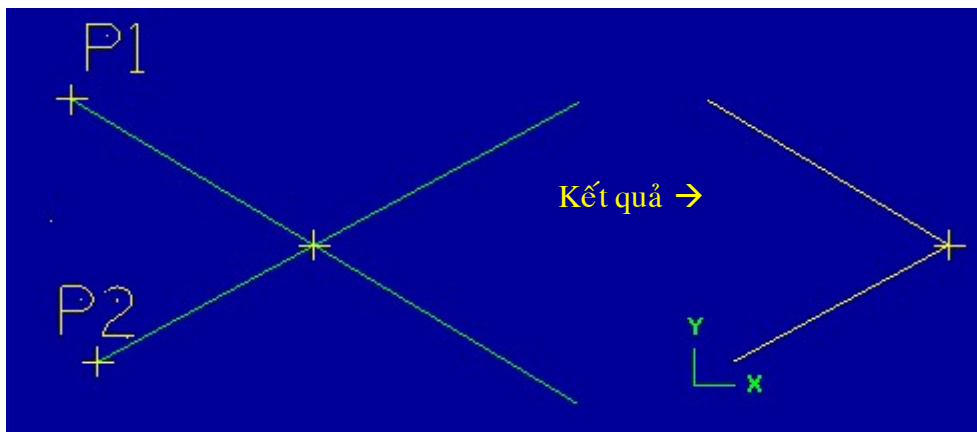
Hình 2.68

(chú ý: chúng ta cần giữ lại bên nào thì chúng ta pick chuột chọn bên đó)

- ✓ **Trim 2 entity** kích chọn biểu tượng  . Chức năng này cắt hai đối tượng đồng thời tại điểm giao nhau của chúng.

+ **Select the entity to trim:** Bạn kích chuột trái tại **P1**

+ **Select the entity to trim:** Bạn kích chuột trái tại **P2**



Hình 2.69

(chú ý: lệnh này cũng giống như trim 1 entity cần giữ lại bên nào thì pick chuột chọn bên đó)

- ✓ **Trim 3 entity** kích chọn biểu tượng  . Chức năng này cắt ba đối tượng cùng lúc đến những điểm chúng giao nhau.

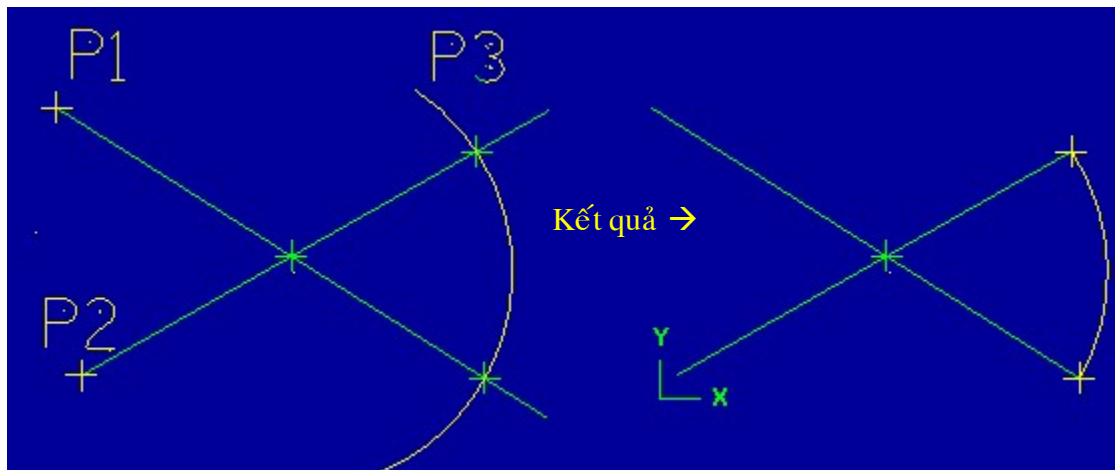
+ **Select the first entity to trim:** Chúng ta chọn đối tượng trim thứ nhất

kích chuột trái tại **P1**

+ **Select the second entity to trim:** chúng ta chọn đối tượng trim thứ hai

kích chuột trái tại **P2**

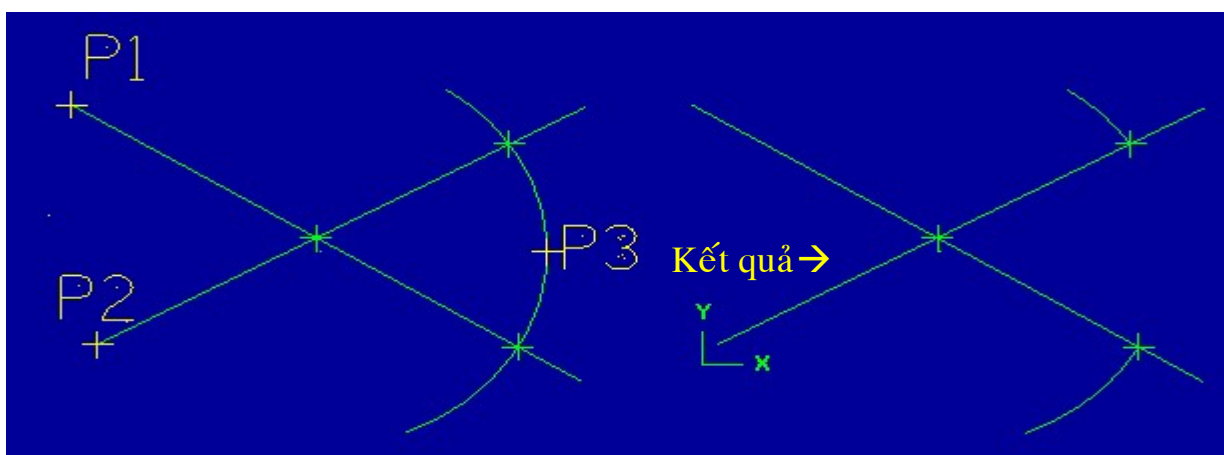
+ **Select the third entity to trim:** chúng ta chọn đối tượng bị trim kích chuột trái tại **P3**



Hình 2.70

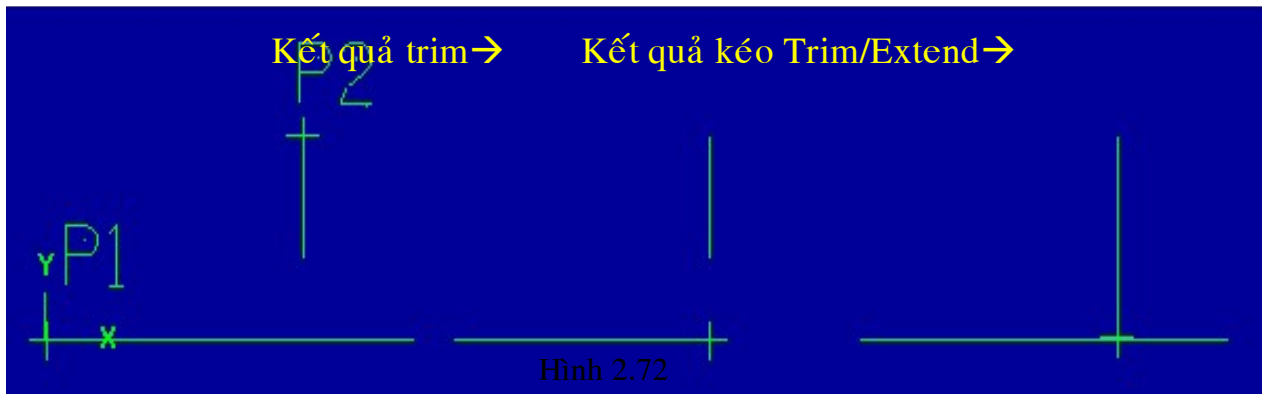
- ✓ **Trim Divide** kích chọn biểu tượng  Lệnh này dùng để cắt một đường thẳng hoặc một cung giữa hai đường thẳng hoặc hai cung khác.

Khác với các lệnh ở trên, lệnh này chúng ta chỉ cần chọn đối tượng bị trim P3.



Hình 2.71

- ✓ **Trim Point** chúng ta kích chọn biểu tượng  Lệnh này dùng để cắt hoặc nối dài của đối tượng là line, arc tới điểm đã chọn.



Hình 2.72

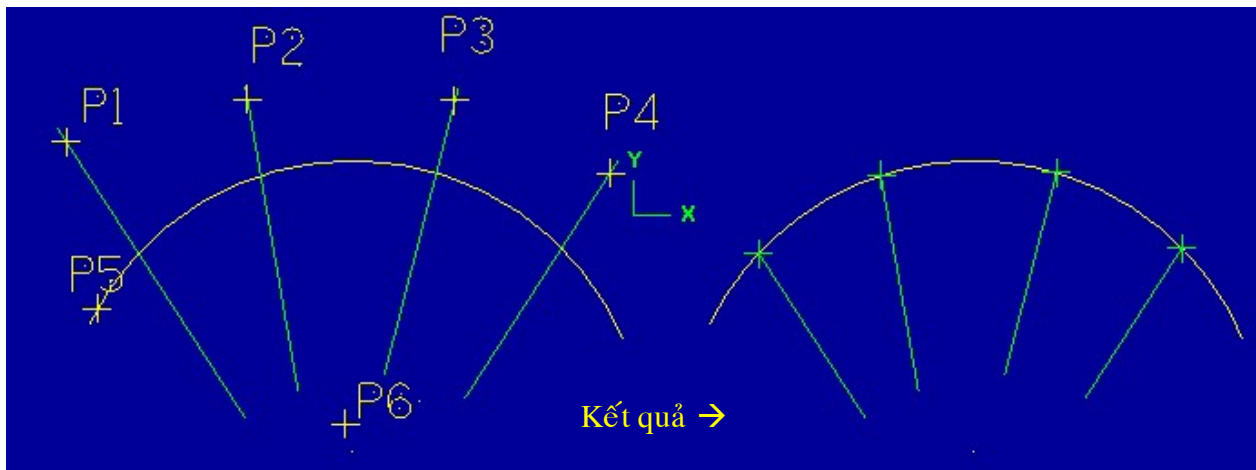
❖ **Edit > Trim/break > Trim many** hoặc kích chọn biểu tượng  lệnh này dùng để cắt nhiều đối tượng cùng 1 lúc

+ **Select curve to trim< entity selection options>: Sequentially** bạn kích chuột trái lần lượt tại **P1 → P4**

+ **Select:** enter.

+ **Select trimming Curve:** Bạn kích chuột trái tại **P5**

+ **Indicate Side of Trimming Curve:** Bạn kích chuột trái lần lượt tại **P6** để chọn phần được giữ lại.

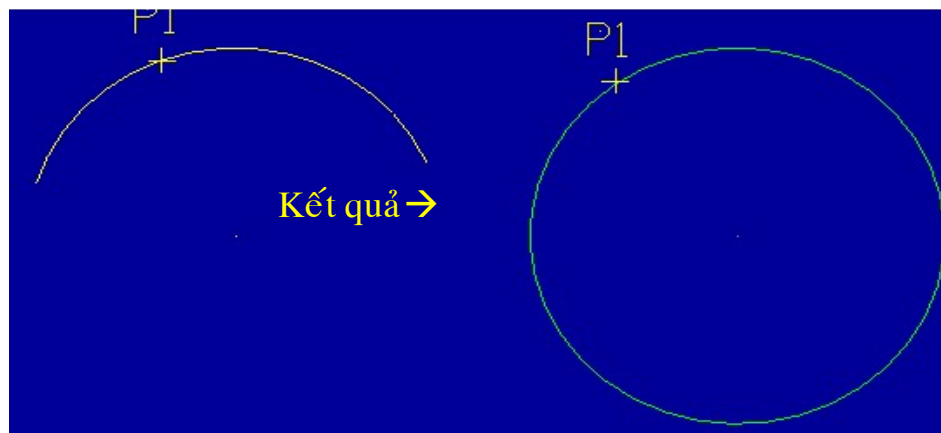


Hình 2.73

❖ **Edit > Trim/Break > close arc.**

Lệnh này dùng để chuyển cung thành vòng tròn.

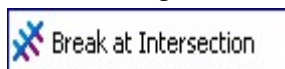
+ Chọn 1 **arc to convert to a full circle:** Bạn kích chuột trái tại **P1**.



Hình 2.74

2.13 Break Chia các đối tượng (**lines, arcs, splines**) ra hai hoặc nhiều đối tượng nhỏ.

Break chúng ta sẽ có các lựa chọn :



Break at Intersection

Cắt các đối tượng tại điểm giao nhau.



Break Circles

Chia đường tròn ra thành nhiều cung bằng nhau.



Break Many Pieces

Chia đường thẳng ra thành nhiều phần bằng nhau.



Break Drafting into Lines

Biến các đối tượng vẽ bằng draft (kích thước, đường dóng)

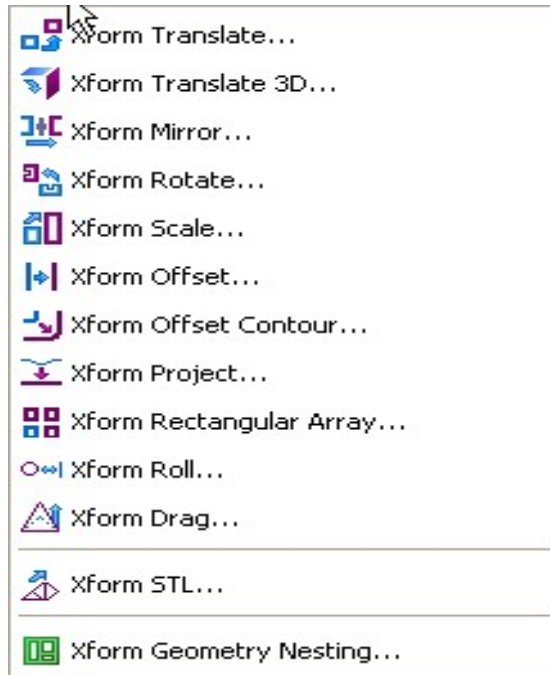
thành các đường thẳng .

2.14 Join entities Để kết nối lại những đối tượng đã bị chia thành đối tượng mới.

3.1 Menu Xform .



MasterCAMX cung cấp cho chúng ta các chức năng thường được sử dụng để thay đổi vị trí, định hướng, và thay đổi kích thước của đối tượng như sau:



Hình 2.75

3.1.1 Xform Translate: Xform > Xform

translate hoặc chọn biểu tượng:

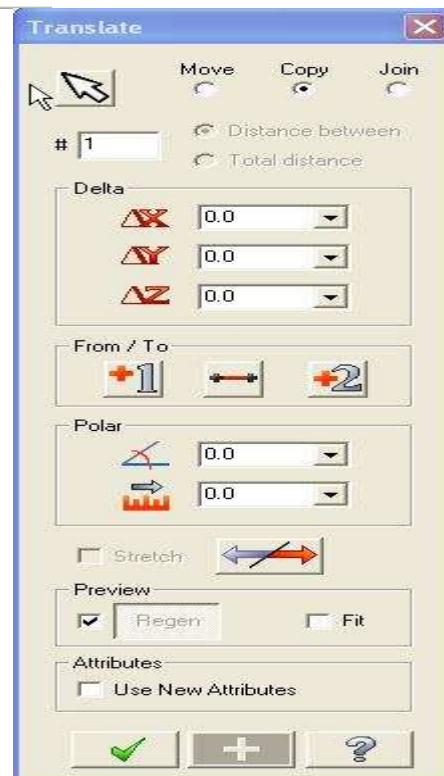


là di chuyển hoặc copy những đối tượng hình học được chọn đến vị trí mới.

Cách tạo:

Tạo 1 line , Arc , splines.

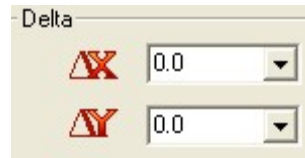
Chọn đối tượng : pick P1 nhấn enter.



Hình 2.76

Chúng ta sẽ có các lựa chọn để di chuyển hoặc copy đối tượng như sau:

- ✓ Delta: Dịch chuyển đối tượng theo tọa độ Decac (x, y) bằng cách nhập tọa độ (x, y) mà chúng ta cần tạo.

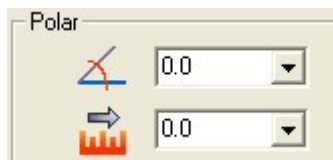


- ✓ From/to: chúng ta sẽ có 3 lựa chọn :



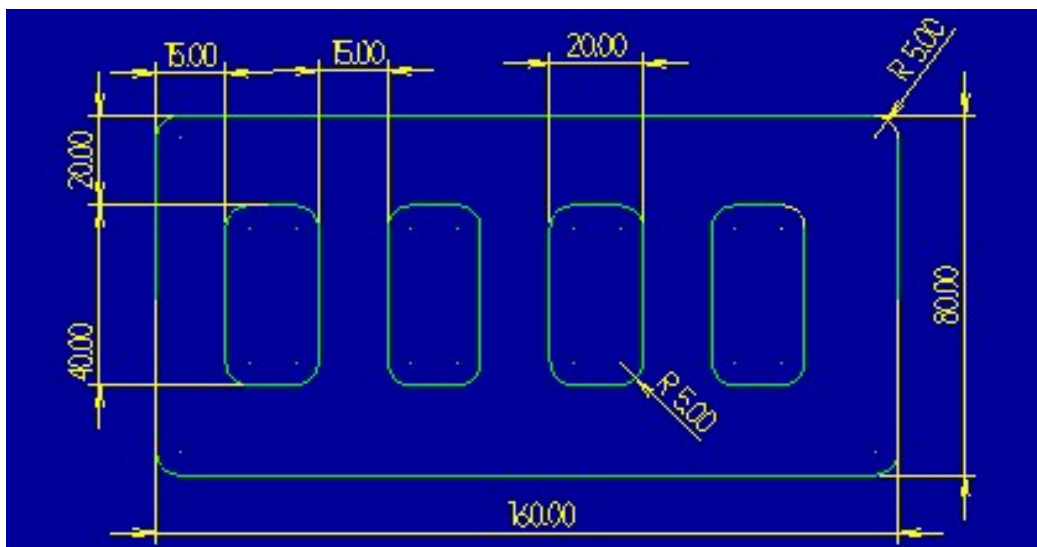
- Di chuyển hoặc copy đối tượng từ 1 điểm đầu tới 1 điểm kết thúc.
- Di chuyển hoặc copy đối tượng bằng chiều dài 1 line.
- Di chuyển hoặc copy đối tượng bằng khoảng cách 2 điểm.

- ✓ Pola: Di chuyển hoặc copy đối tượng bằng cách nhập chiều dài và góc.



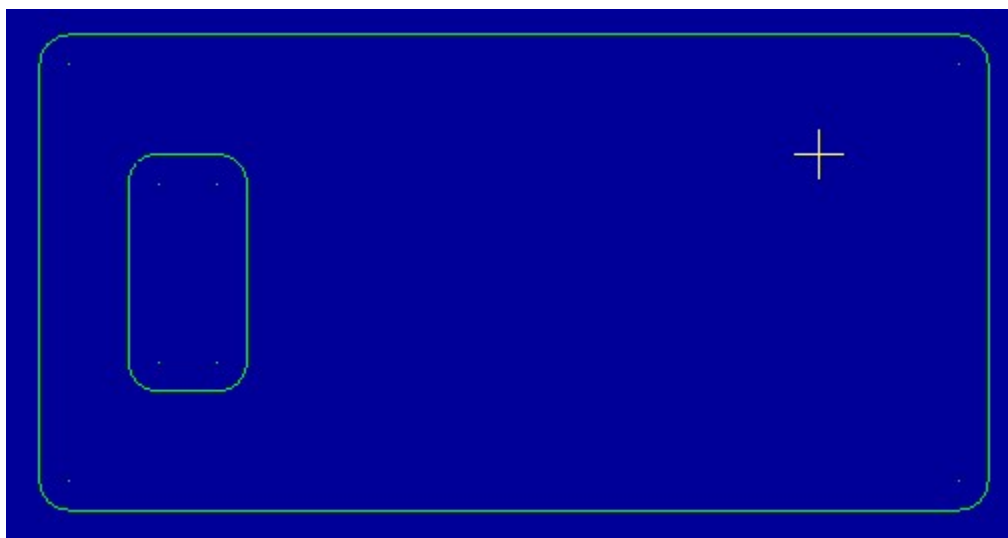
(Chúng ta có thể thay đổi hướng bằng cách kích biểu tượng )

Sau đây là ví dụ:



Hình 2.77

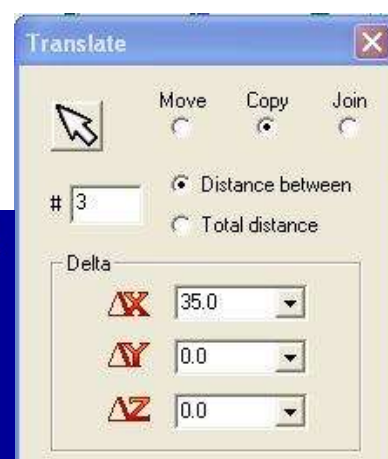
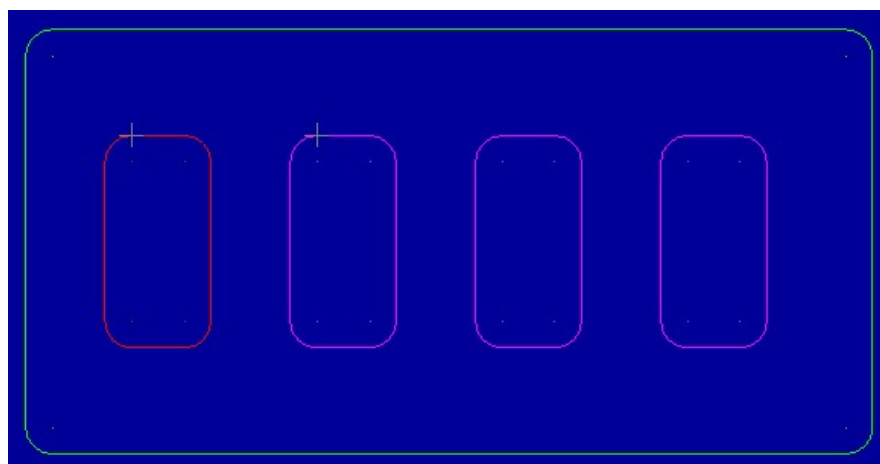
- Bước 1: Vẽ hai hình chữ nhật với các cạnh được bo góc như hình :



Hình 2.79

- Bước 2: Dùng lệnh Translate(copy) Delta nhập số đối tượng là 3.

Nhập khoảng cách theo trục X là 35.



Hình 2.80

3.1.2 Xform Mirror : cách gọi lệnh Xform > Xform

Mirror hoặc chọn biểu tượng:



Xform Mirror : Dùng để lấy đối xứng những hình ảnh của đối tượng được chọn qua trục **X,Y**, hoặc đường thẳng hoặc 2 điểm hiện hữu.
Cách tạo:

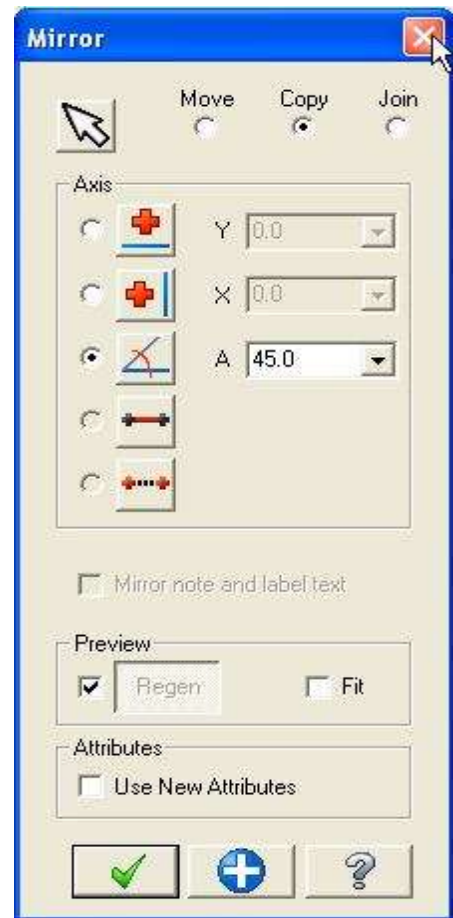
Tạo 1 đối tượng.

Tạo 1 line , hay 2 point mà chúng ta cần.

Pích chọn đối tượng > Enter

- Chúng ta sẽ có các lựa chọn để thực hiện như sau:

- ✓ Move: Lấy đối xứng mà không giữ đối tượng cũ chỉ lấy đối tượng mới sau khi mirror.
- ✓ Copy: Lấy đối xứng mà ta giữ lại đối tượng cũ và lấy luôn đối tượng mới
- ✓ Join: Lấy đối xứng mà tạo nối các đối tượng lại với nhau tại điểm cuối của chúng .



- Axis Y : đối xứng chi tiết qua trục Y.



- Axis X : đối xứng đối tượng qua trục X.



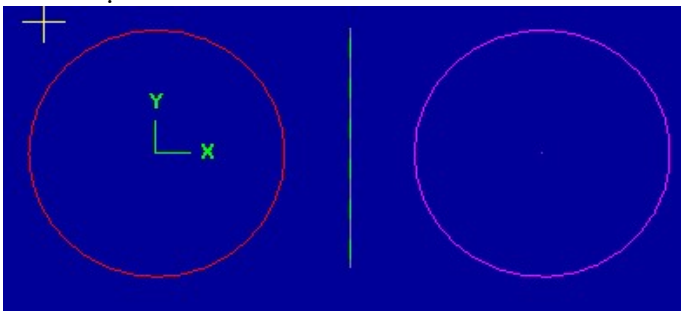
- Line ; đối xứng qua một đường thẳng.



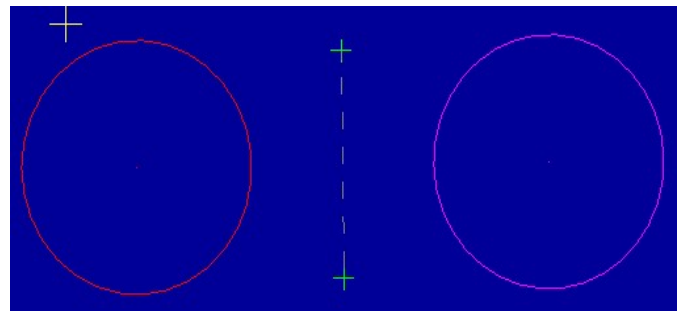
- 2 points : đối xứng qua 2 điểm.



Ví dụ:



Hình 2.81 Mirror qua đường thẳng



Hình 2.82 Mirror qua 2 điểm.

3.13 Xform Rotate : cách gọi lệnh Xform > Xform Rotate hoặc chọn biểu



tượng:

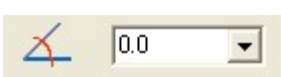
Rotate có chức năng để di chuyển hoặc **copy** những đối tượng hiện hữu được xoay quanh gốc hay điểm cho phép.

Cách tạo:

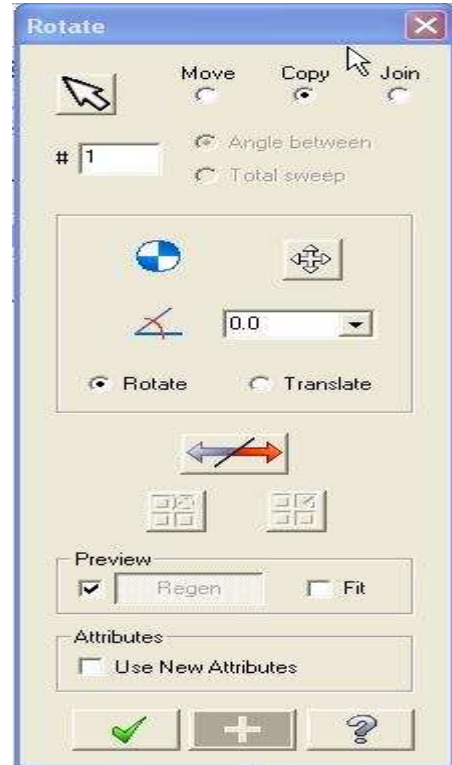
- Tạo đối tượng chúng ta cần .
- Tạo 1 point để làm tâm.
- Chọn đối tượng vừa tạo: pick P1 > Enter
- Nhập số đối tượng cần tạo ra: # 1

- Kích vào 

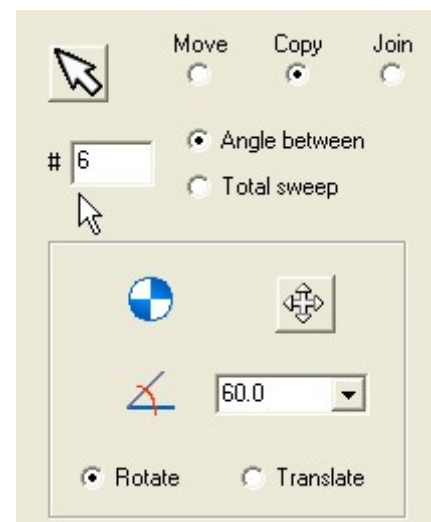
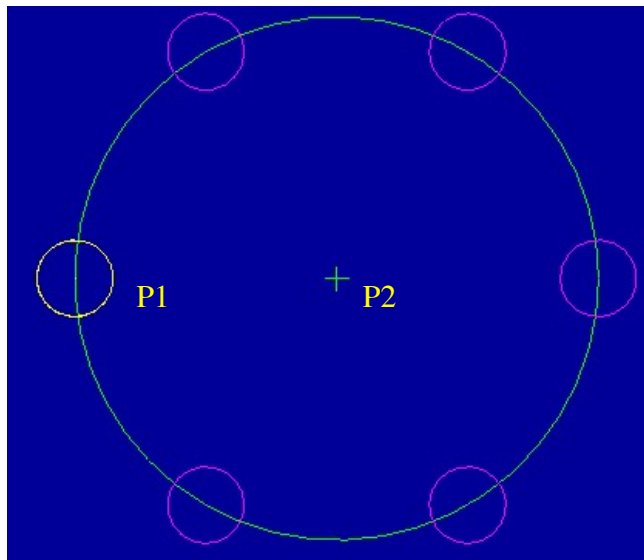
để chọn tâm xoay: pick P2

- Nhập góc cần xoay: 

- Enter



Vi dụ



Hình 2.83

3.1.4 Xform Scale: cách gọi lệnh Xform > Xform Scale hoặc chọn biểu tượng

Xform Scale có chức năng làm tăng hoặc giảm kích thước đối tượng hình học được quy định bởi những yếu tố tỉ lệ. Hai yếu tố quan trọng quyết định trong tỉ lệ là tâm, và yếu tố lấy tỉ lệ. Tâm để lấy tỉ lệ là một điểm nơi mà bắt đầu chọn đối tượng. Những yếu tố tỉ lệ được quyết định bằng kích thước.

Cách tạo:

-Tạo ra 1 đối tượng chúng ta cần. Tạo 1 point để làm tâm nếu cần.

-Chọn đối tượng : pick P1 > Enter

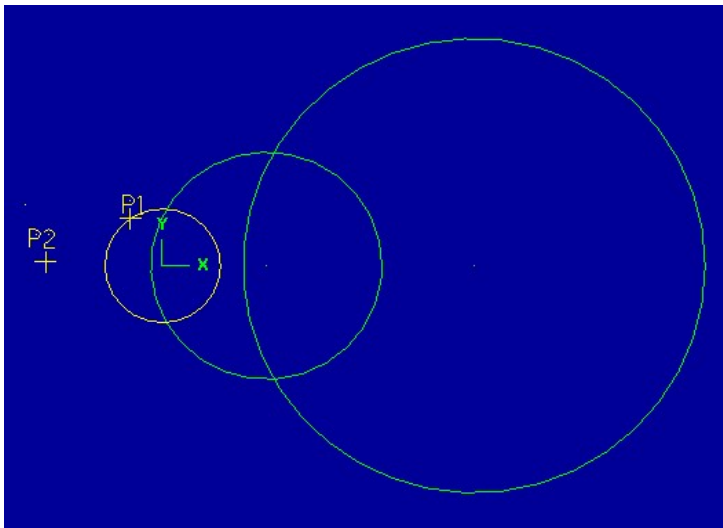
-Nhập số đối tượng cần tạo ra:

- Kích vào  để chọn tâm.pick P2

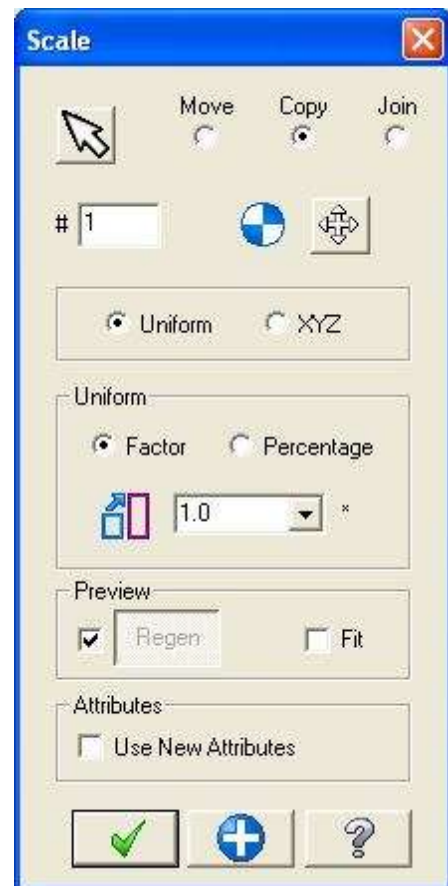
-Và nhập tỉ lệ cần Scale vào 

- Enter

Ví dụ:



Hình 2.84



3.1.5 Xform Offset cách gọi lệnh **Xform > xform offset** hoặc kích chọn biểu tượng

Chức năng **offset** để di chuyển hoặc copy **lines, arc, spline**, hoặc **curve** từ nơi vuông góc với chính nó tới khoảng cách đã chọn.

Cách tạo:

Nhập số đối tượng cần tạo vào:

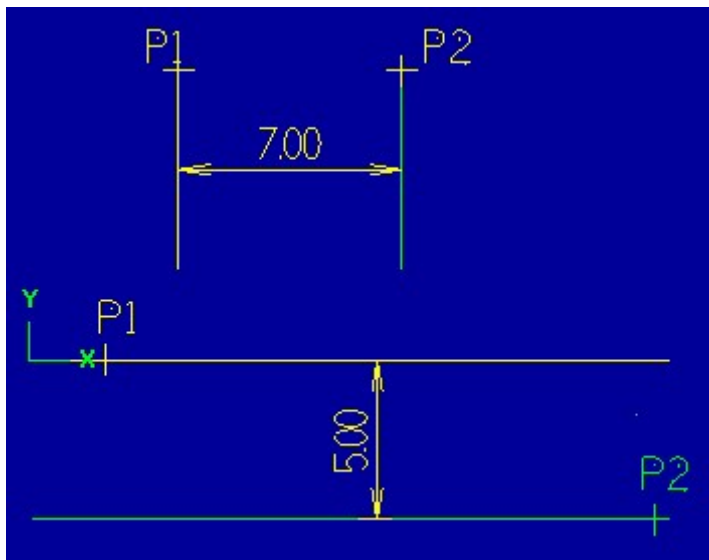
1

Nhập khoảng cách cần offset vào:

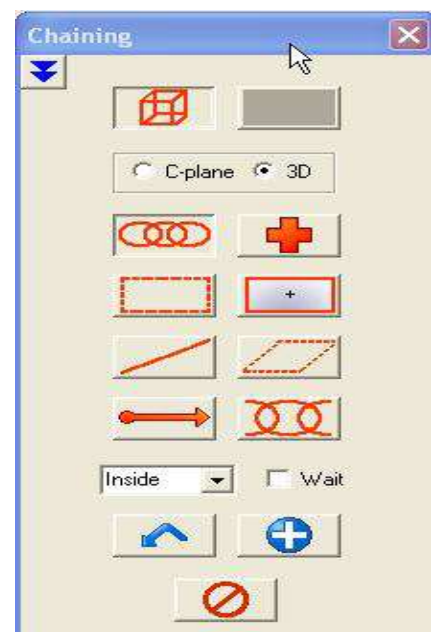
 10.0

Chúng ta có thể đổi chiều offset bằng cách pick vào 

Ví dụ:



Hình 2.85



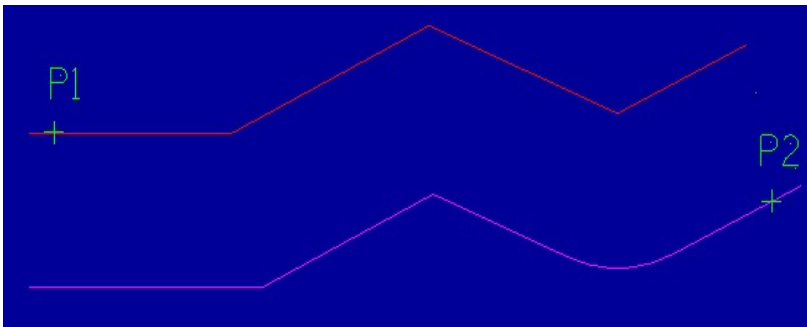
3.1.6 Xform Offset Ctour cách gọi lệnh : **xform > Xform**



Offset Ctour hoặc chọn

biểu tượng:

Cấu trúc lệnh này giống như lệnh **Xform offset** nhưng đối tượng để offset là một chuỗi các đối tượng (các đường thẳng và cung tròn được nối kết với nhau).



Hình 2.86

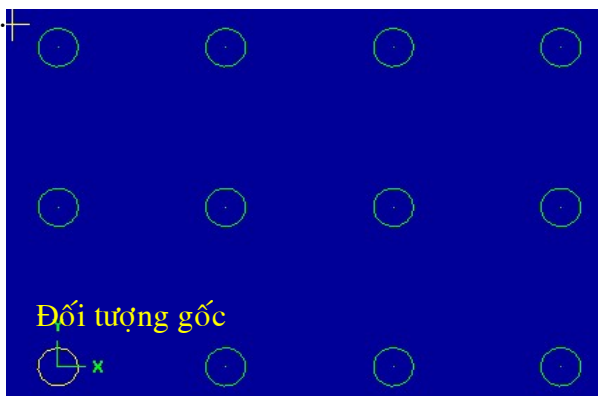
Với những lệnh cơ bản này chúng ta có thể thiết kế, vẽ được các chi tiết trên mặt phẳng 2D. Quan trọng hơn nữa là chúng ta phải biết kết hợp các lệnh với nhau sao cho chúng ta có thể vẽ chi tiết một cách nhanh chóng, tiện lợi và chính xác.

3.1.7 Xform Rectangula Array cách gọi lệnh Xform >

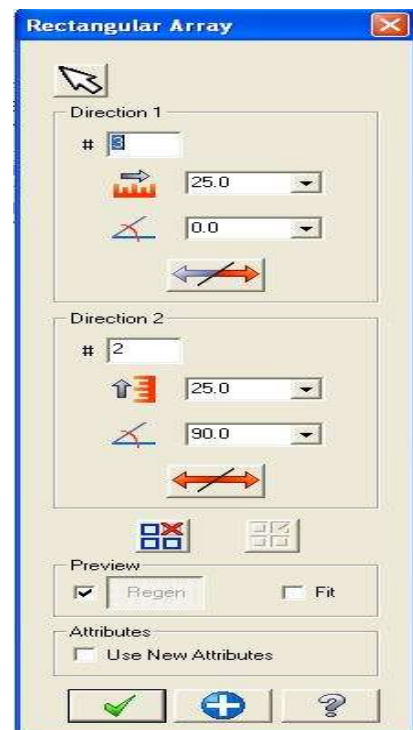
Xform Rectangula Array hoặc chọn biểu tượng:



Rectangula Array dùng để **copy** đối tượng bố trí theo hình chữ nhật.

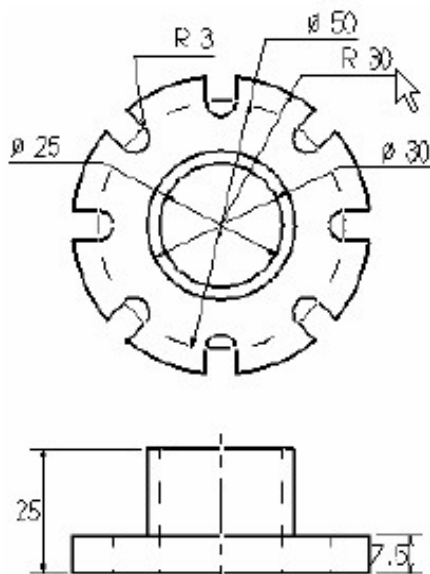


Hình 2.87

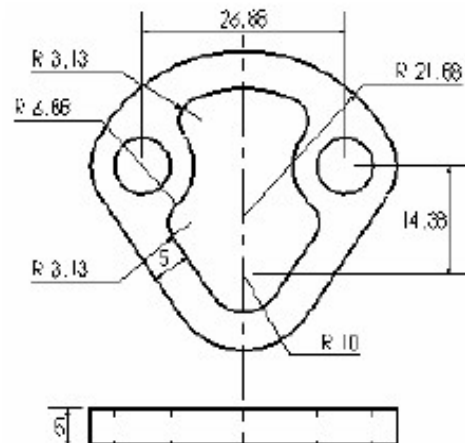


Bài tập thực hành.

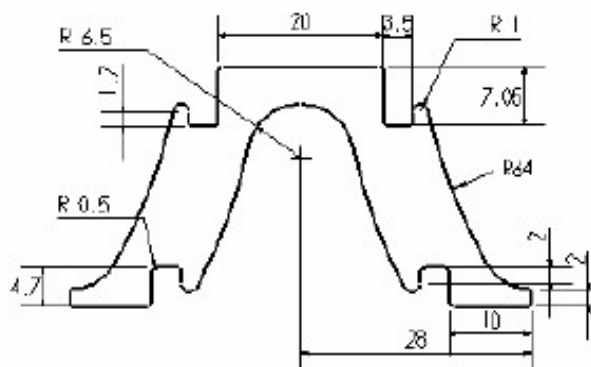
Các bạn hãy áp dụng tất cả các lệnh đã học để vẽ các hình sau:



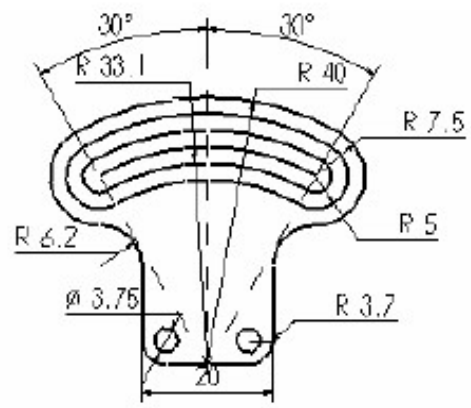
Hình 2.89



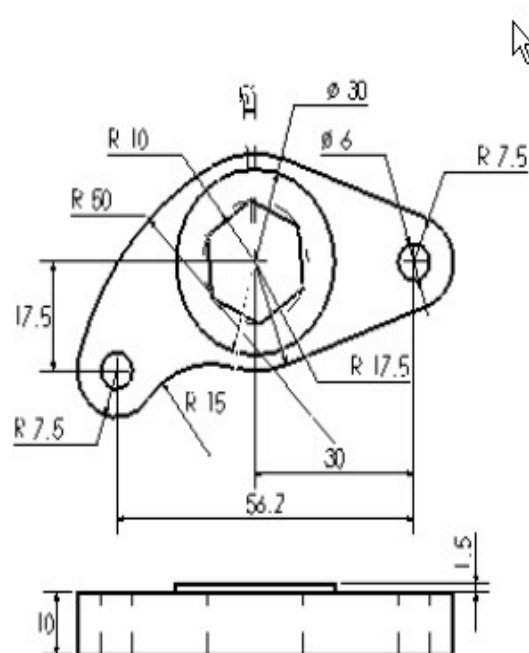
Hình 2.90



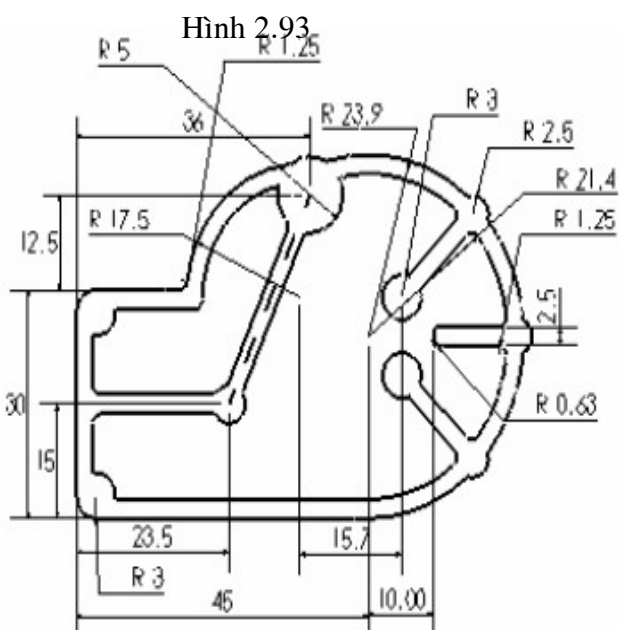
Hình 2.91



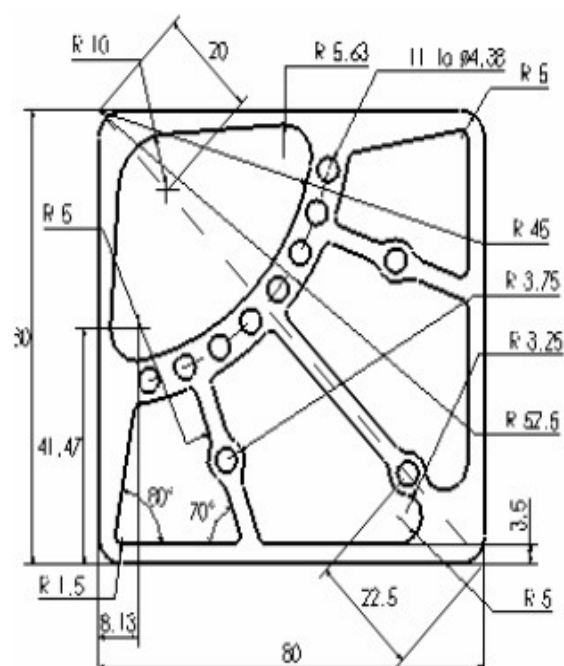
Hình 2.92



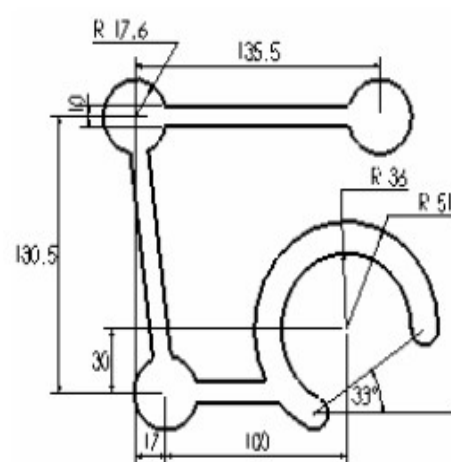
Hình 2.93



Hình 2.95



Hình 2.94



Hình 2.96

CHƯƠNG II

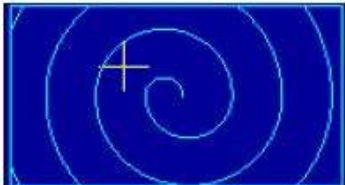
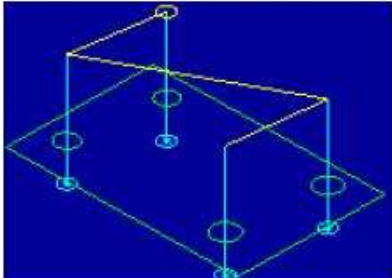
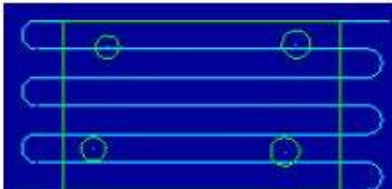
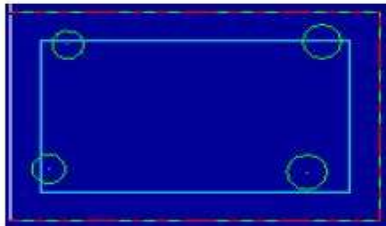
LẬP TRÌNH GIA CÔNG BIÊN DẠNG 2D

A. CÁC BƯỚC TRONG QUÁ TRÌNH GIA CÔNG 2D

I. Chọn đường chạy dao 2D.

MasterCAMX cung cấp cho chúng ta 5 đường chạy dao sau: **contour** ,
drill,pocket, face và **engraving**.

Bảng dưới đây sẽ tổng kết nét đặc trưng và ứng dụng các đường chạy dao **2D** trên.

Các đường dao	Mô tả môđun	ứng dụng	Hình minh Họa
Contour	Tạo ra đường chạy dao dọc theo các đối tượng liên kết như một đường contour. Bao gồm các nhâm hình học: Line, arc hoặc spline	Gia công bên trong hoặc bên ngoài biên dạng	
Pocket	Tạo đường chạy dao để cắt các phần kim loại trong đường contour đóng. Bao gồm các nhâm hình học: biên giới đóng	Gia công các loại hộp. Gia công nhiều bề mặt lớn	
Drill	Tạo các đường chạy dao thực hiện khoan, tiện trong, taro. Bao gồm các nhâm hình học: point	Khoan Tiện trong Taro	
Face	Tạo các đường chạy dao thực hiện cắt các phần kim loại theo bề mặt	Gia công bên trên bề mặt chi tiết	
Engraving	Tạo các đường chạy dao thực hiện cắt khắc, trổ, chạm trên bề mặt	Gia công bề mặt chi tiết	

II. Thiết lập các thông số công nghệ.

1. Chọn dụng cụ cắt:

➤ Có hai cách thiết lập dao:

- Chọn dao từ thư viện dao
- Nhập thông số dụng cụ cắt vào bảng công nghệ.

2. Chọn chuẩn gia công: vị trí bắt đầu gia công, vị trí kết thúc gia công, các khoảng cách vào dao, xuống dao .

3. Thiết lập chế độ cắt, các bước cắt theo phương x,y,z

III. Mô phỏng quá trình gia công.

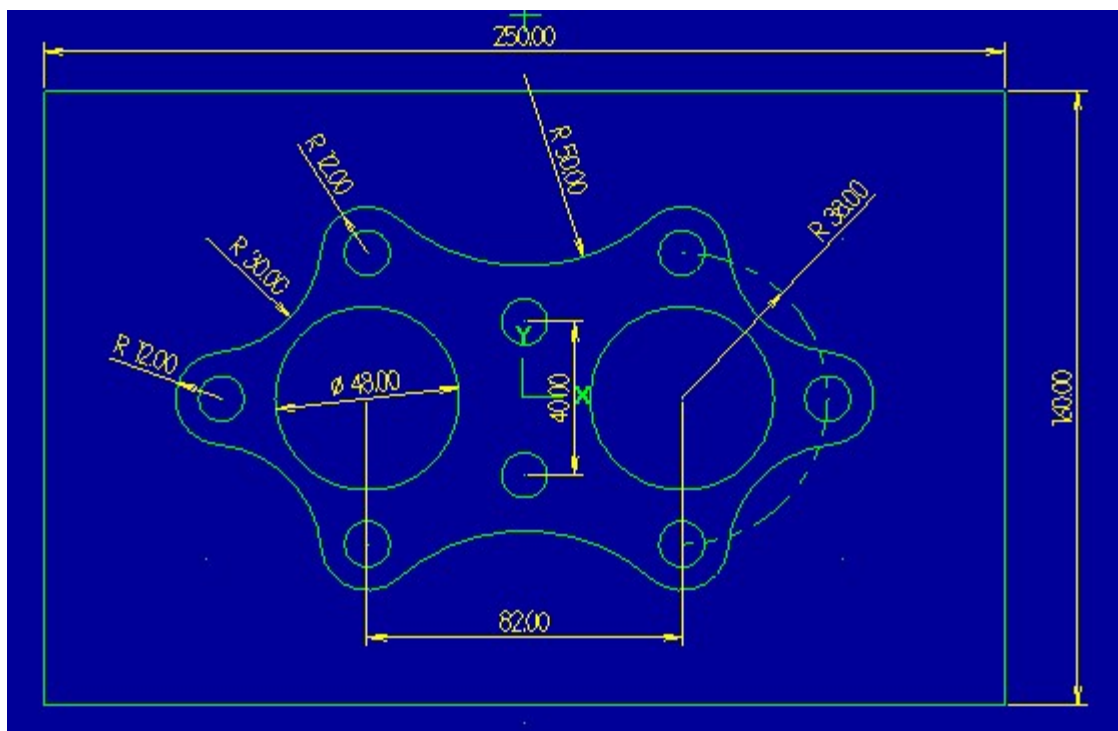
IV. Chỉnh sửa thông số hình học hoặc thông số công nghệ nếu cần.

V. Xuất chương trình gia công sang chương trình NC

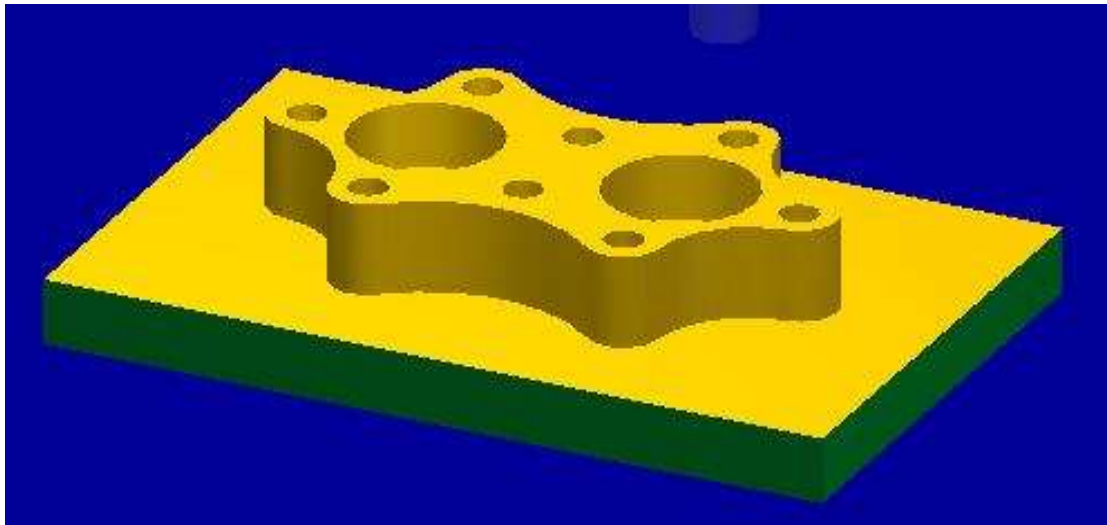
B. LẬP CHƯƠNG TRÌNH GIA CÔNG.

Phần này tôi sẽ giới thiệu với các bạn các kiểu chạy dao 2D nêu ở phần (A). và thiết lập tất cả các thông số gia công.

Chúng ta sẽ gia công chi tiết sau:



Hình 1

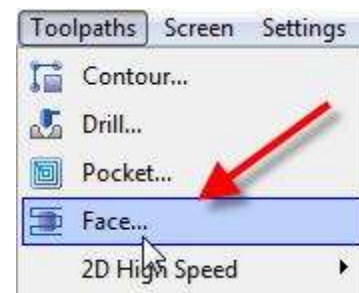


Lập trình gia công chi tiết như **hình 1** với các kiểu chạy dao **Face** (khỏa mặt), **Pocket** (phá thô đảo), **Contour** (phay tinh đảo), **Drill** (khoam lỗ).

I. Kiểu chạy dao **Face**: **Toolpath > Face**

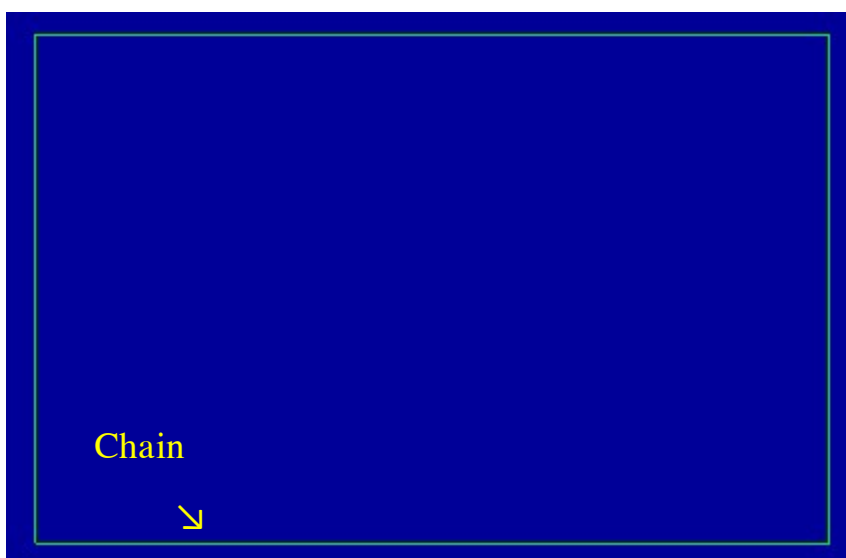
Để gia công chi tiết như trên ta chọn phôi có kích thước 250x150x53

Trước tiên ta phải gia công mặt đầu với chiều sâu cắt là 2mm



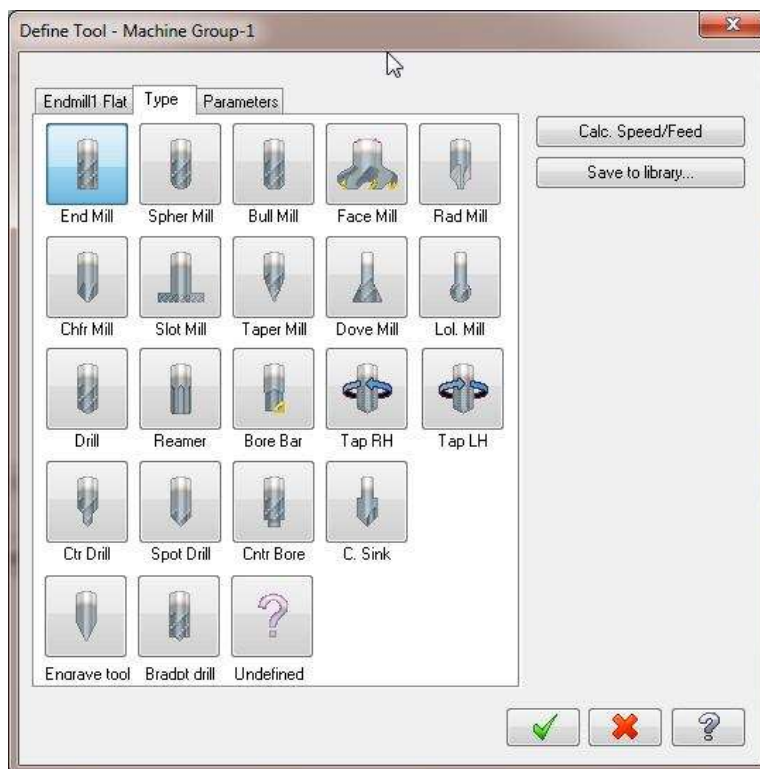
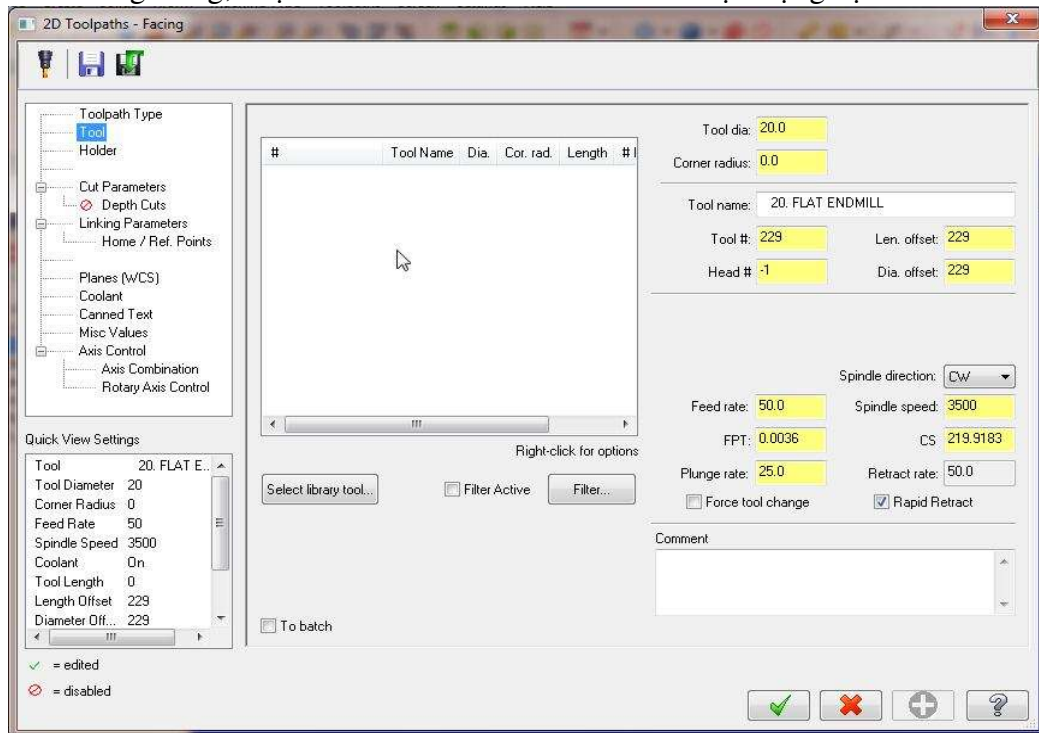
➤ Chọn biên dạng gia công:

Lựa chọn chain để chọn biên dạng phôi gia công (hình 2)

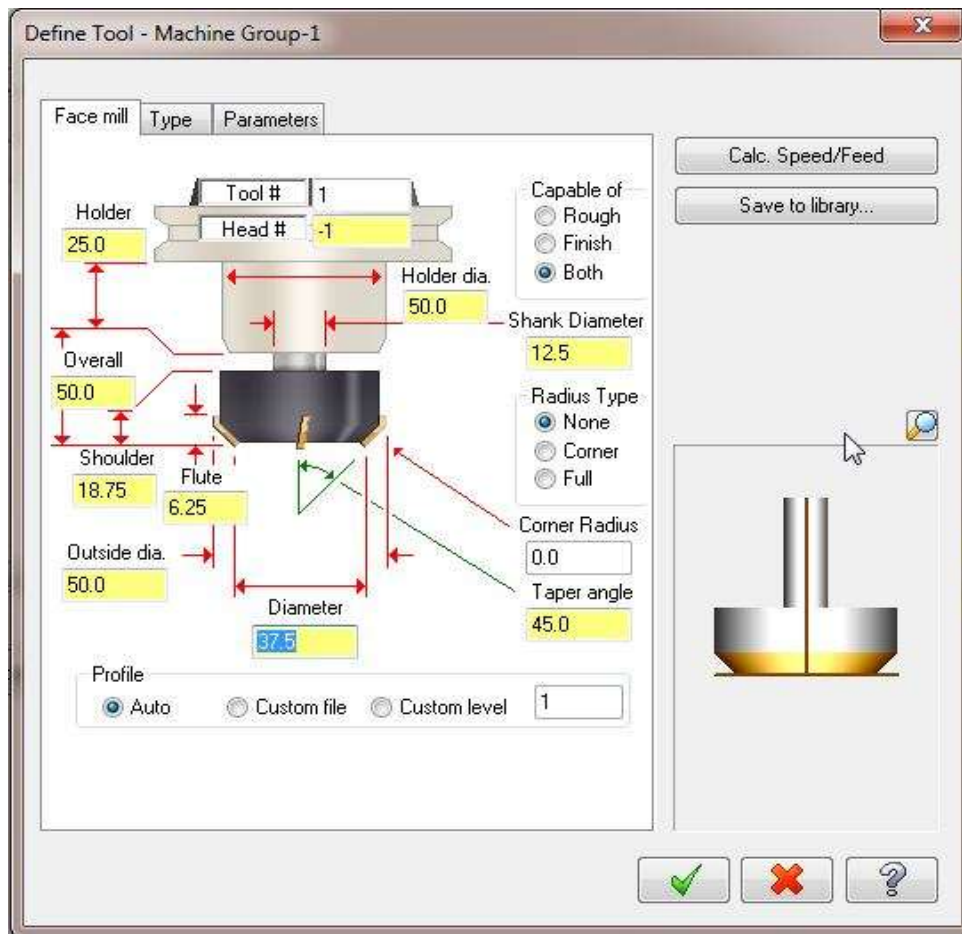


Hình 2

- Chọn dụng cụ cắt:
Chọn dao từ thư viện dao:
- Từ bảng thiết lập thông số công nghệ (**Tool parameter**) hình 3 click chuột phải vào vùng trắng, chọn **Creat new tool** ta có menu chọn dụng cụ cắt như hình 4.



- Chọn **Tab Tool type** để xác định loại dao và ta chọn loại dao **Face mill** để gia công. Sau đó hệ thống cho ta bảng xác định thông số dao và ta khai báo các thông số như hình 5.



Hình 5

- **Cài đặt chế độ cắt:**

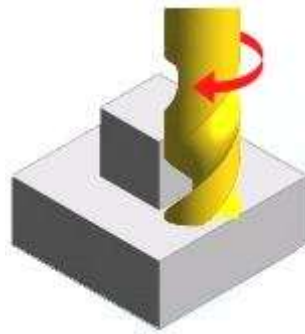
Feed rate: Bước tiến cắt gọt (500mm/ph)

Plungerate: Bước tiến đâm dao vào phôi theo phương Z để gia công (200)

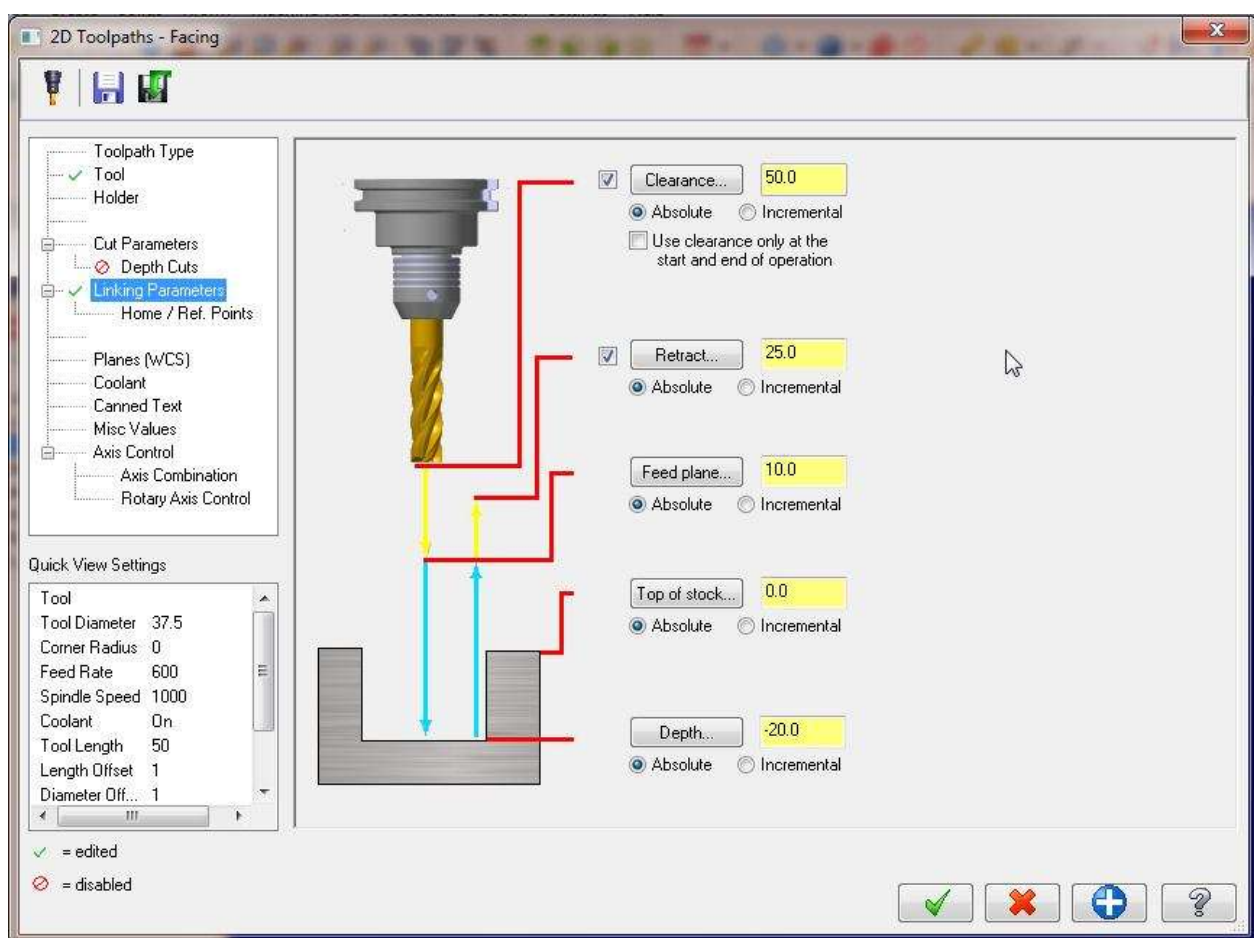
Retract rate: Tốc độ dao di chuyển về mặt retract (2000)

Spindle speed: Tốc độ quay trục chính (1000)

STT	Tên Tài Liệu	Link Tải
1	Lập Trình Gia Công Cam Ứng Dụng Mastercam	https://tinyurl.com/y5um4qu4
2	Bộ Tài Liệu Học Mastercam X Full	https://tinyurl.com/y5rojw33
3	Tu Học Mastercam	https://tinyurl.com/yyktfgv9
4	Tự Học Mastercam 2018	https://tinyurl.com/yc8asjmx
5	Hướng Dẫn Tự Học Mastercams Theo Hướng Thực tế	https://tinyurl.com/ya3a2zbt
6	Hướng Dẫn Tự Học Mastercam X6	https://tinyurl.com/ybbfyxsh
7	Trọn Bộ Tài Liệu Mastercam mới nhất 2019	https://tinyurl.com/y6f32uej
8	Thiết Kế Lập Trình Gia Công Phay Tiện & Cắt Dây Với Mastercam	https://tinyurl.com/ybclra2w
9	Mastercam 2019 Full link Google , Huong dan cai Mastercam	https://tinyurl.com/y2tup26r
10	Giáo trình Mastercams 2019 Tự học Mastercams 2019	https://tinyurl.com/yb5lxhgl
11	Khắc Phục Lỗi Giao Diện Trong Mastercams	https://tinyurl.com/y5mbjwp7
12	Post Processor Mastercam	https://tinyurl.com/y6pjxt46
13	Lập Trình Gia Công 4,5 Trục Với Mastercams 2018-2019 Chi Tiết Dễ Hiểu	https://tinyurl.com/y6xcez7o
14	Khắc Phục Lỗi WIBUCM64.dll Trên Mastercam	https://tinyurl.com/y5qt8olo



Thiết lập các thông số như hình



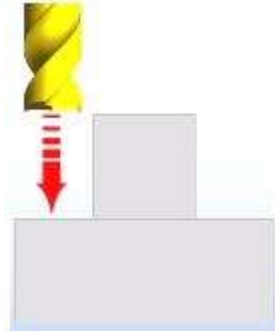
Hình 6

Mặt phẳng **retract** (25): dụng cụ di chuyển tốc độ nhanh tới một khoảng cách với mặt phôi là 50mm.

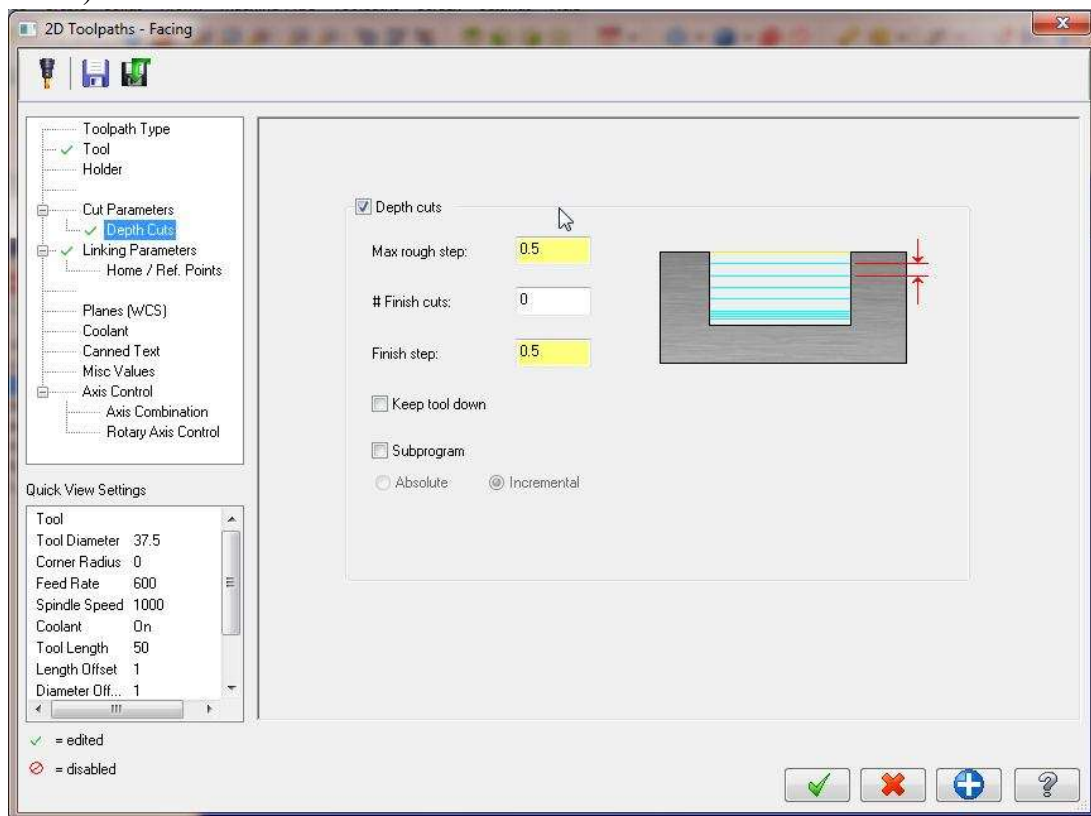
Mặt **Feed plane** (10): dụng cụ di chuyển từ mặt retract tới một khoảng cách với mặt phôi là 10mm với tốc độ feed rate.

Top of stock (0): Bề mặt bắt đầu gia công, trong trường hợp này ta chọn mặt phôi là bề mặt bắt đầu gia công.

Depth (-20): Bề mặt kết thúc gia công, trong bài thực hành này ta khoả mặt với chiều sâu là 2mm nên ta chọn là -2 so với mặt phôi.



Pick vào **Depth cuts** và chọn để khai báo các bước cắt theo phương Z và khai báo như (hình 7).



Hình 7

Max. rough step: Chiều sâu cắt thô lớn nhất (0.5)

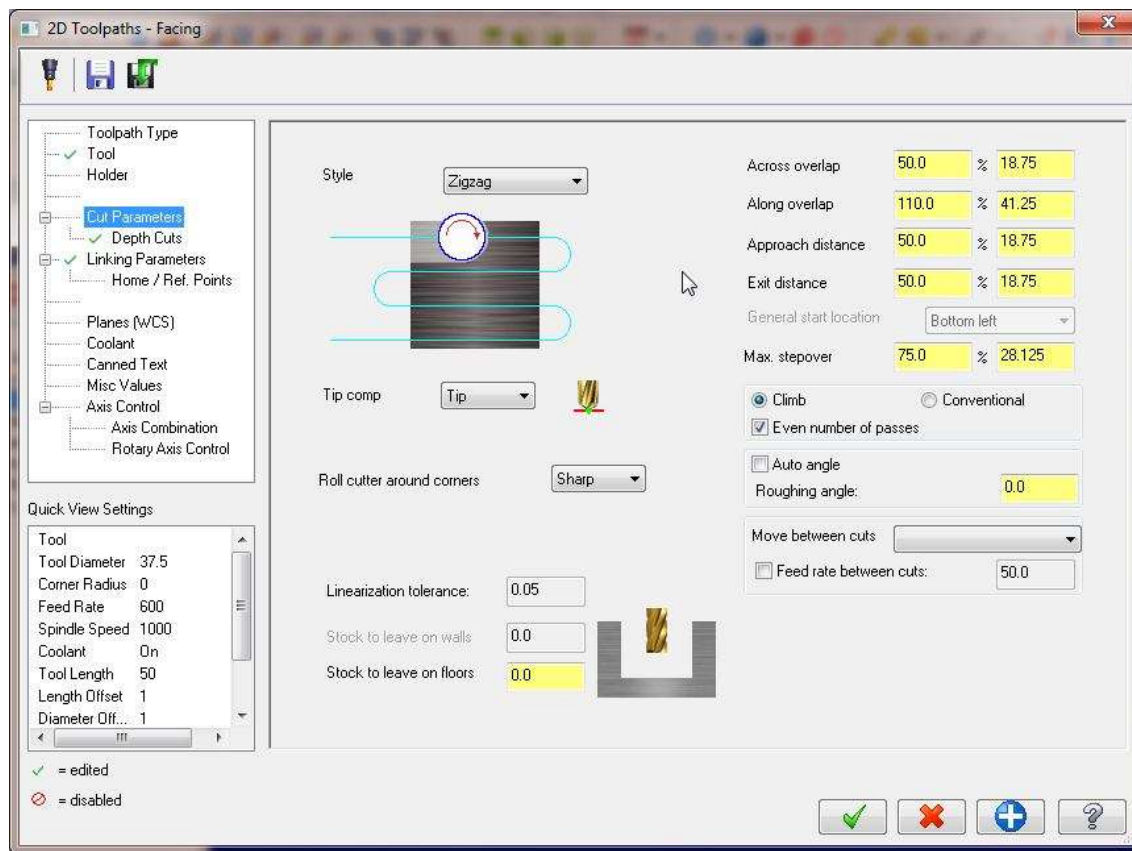
Finish cuts (0): Số bước cắt lần cuối

Finish step (0.5): Chiều sâu cắt cho số lần cuối

Keep tool down: Giữ nguyên vị trí dao mà không lùi dao về mặt retract để tiến dao theo bước kế tiếp.

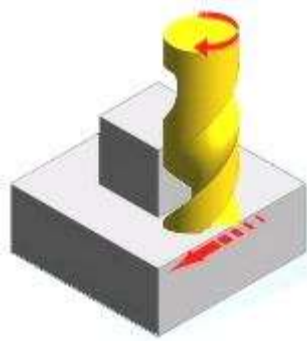
Subprogram: Xuất chương trình gia công sang mã NC với các bước cắt theo phương Z được lập trình bằng chương trình con (M98 P-----L--).

Cut Parameter: Xác định kiểu chạy dao

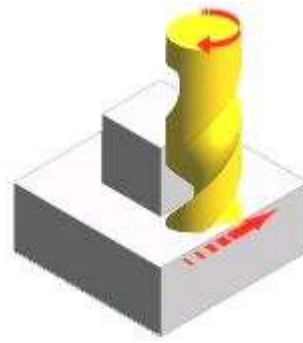


Zigzag: Dao di chuyển qua lại theo 2 hướng

One way- climb: Dao di chuyển chỉ theo một hướng phay thuận.



Phay thuận



Phay nghịch

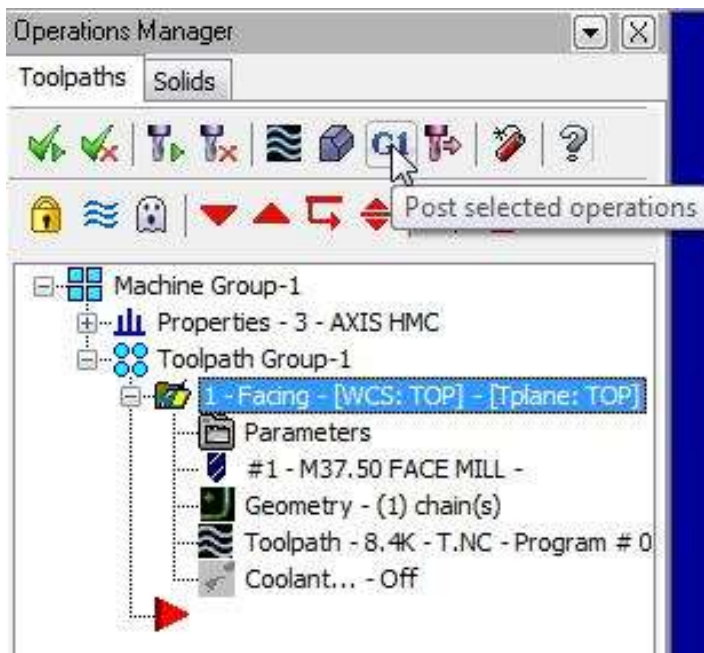
One way- conventional: Dao di chuyển chỉ theo một hướng phay nghịch

One pass: Dao di chuyển một lần để cắt hết mặt phôi(trường hợp này chỉ dùng cho bề mặt gia công nhỏ hơn đường kính dao).

Các thông số còn lại khai báo như hình , sau đó chọn OK để hoàn thành việc khai báo thông số công nghệ.

❖ Mô phỏng qua trình gia công.

Sau khi đường dao được tạo ra, chúng được biểu thị bằng biểu đồ, và gửi đi để tạo ra mã NC, lúc này nó sẽ tạo ra đường chạy dao và thông tin ứng dụng mới. MasterCAM X6 nhóm các hàm đó trong vùng chạy dao như hình 8.



Hình 8



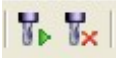
Backplot : tạo backplot của việc chọn lựa đường chạy dao trên màn hình.



Verify : xem phương án mô phỏng gia công.



Post : chuyển dữ liệu về đường chạy dao sang chương trình NC.



Regen pathh :Tái tạo lại hoặc xóa đường chạy dao trên cả các tham số mới.

Hàm Backplot: hàm này hiển thị đường chạy dao khi đưa ra 1 phương pháp khác, thực đơn này hiển thị như ở dưới đây

:



Quick verify cho phép nhìn thấy dạng mô phỏng khối của kim loại bị lấy đi.



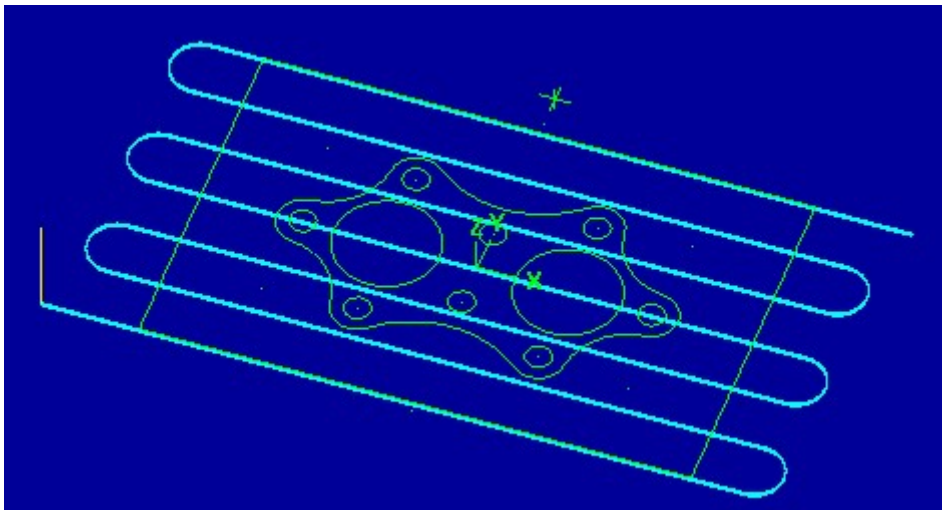
Display endpoints cho phép nhìn thấy mỗi điểm cuối của 1 đường chạy dao đơn.



Display holder Cho phép nhìn thấy cán dụng cụ trong suốt quá trình gia công.

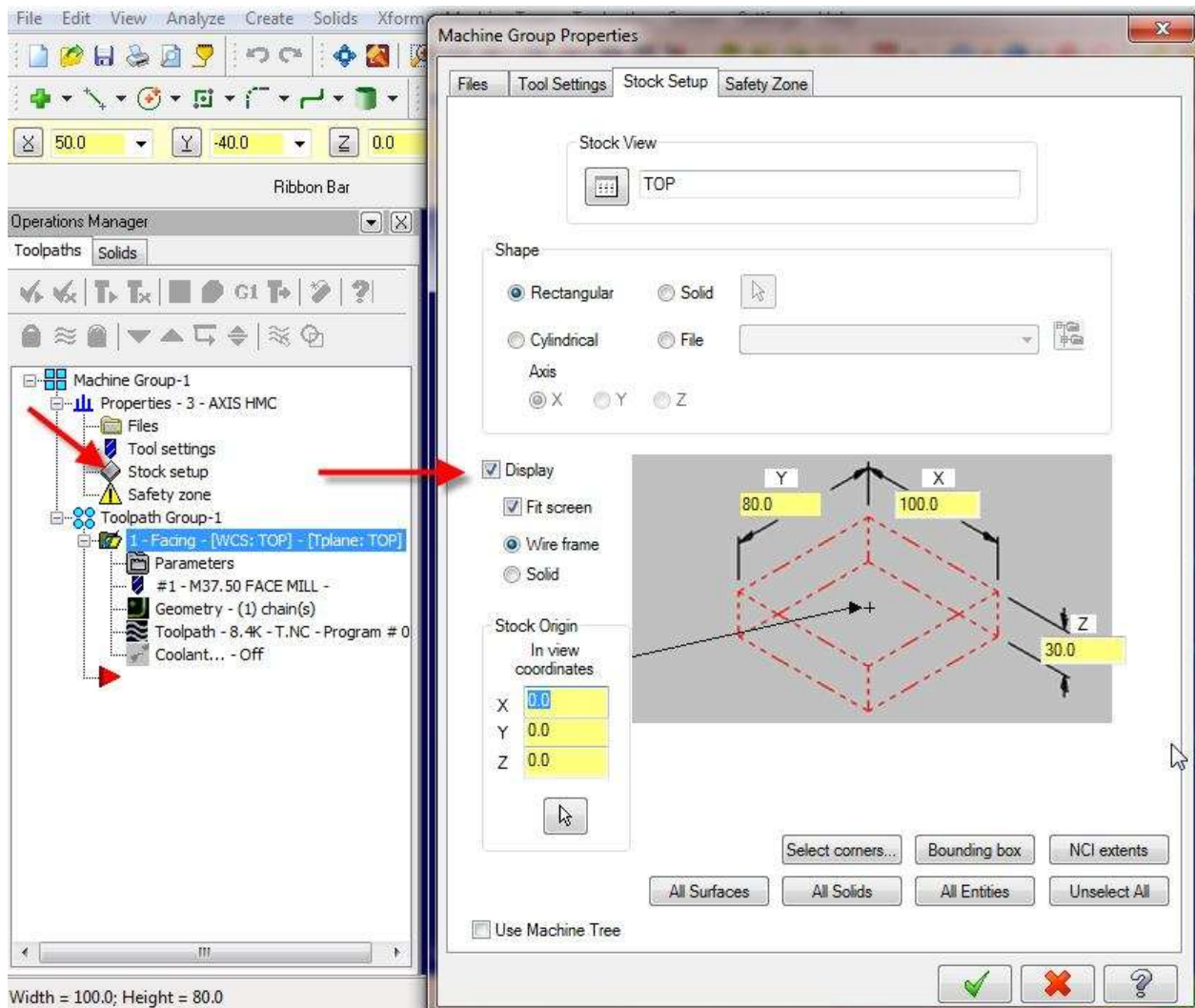


Display tool Cho phép nhìn thấy dụng cụ trong suốt quá trình gia công.

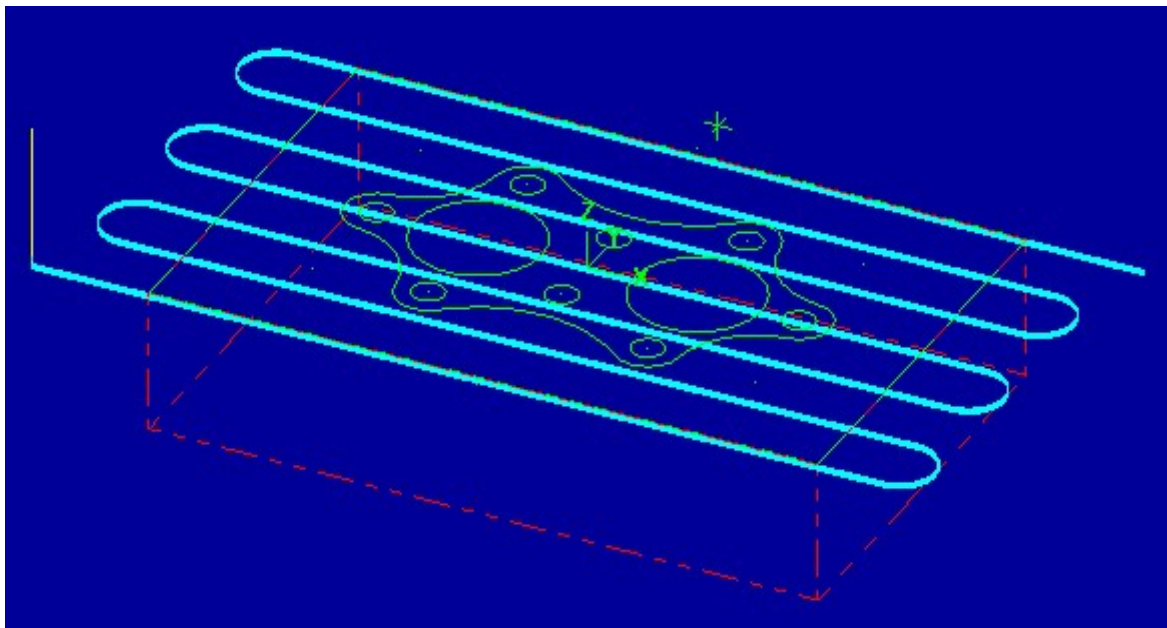


Hình 9

Stock setup : Chọn phôi để mô phỏng chương trình gia công trên mô hình khối, chúng ta có menu thiết lập phôi như hình 10.

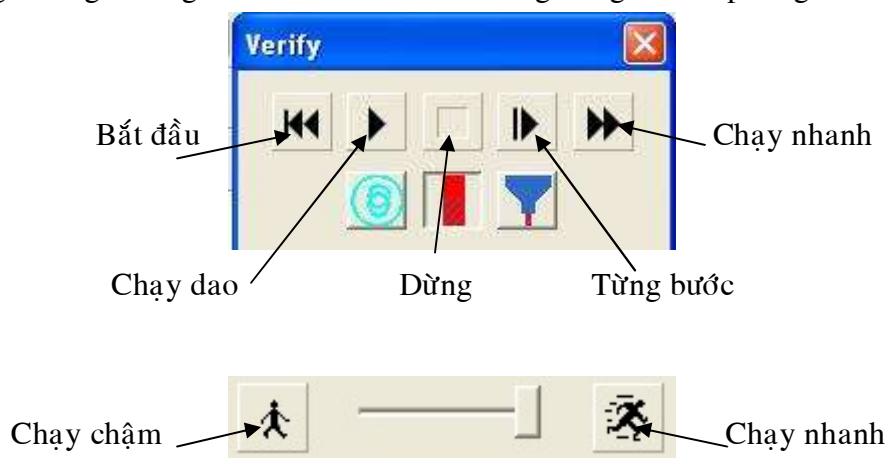


Hình 10.



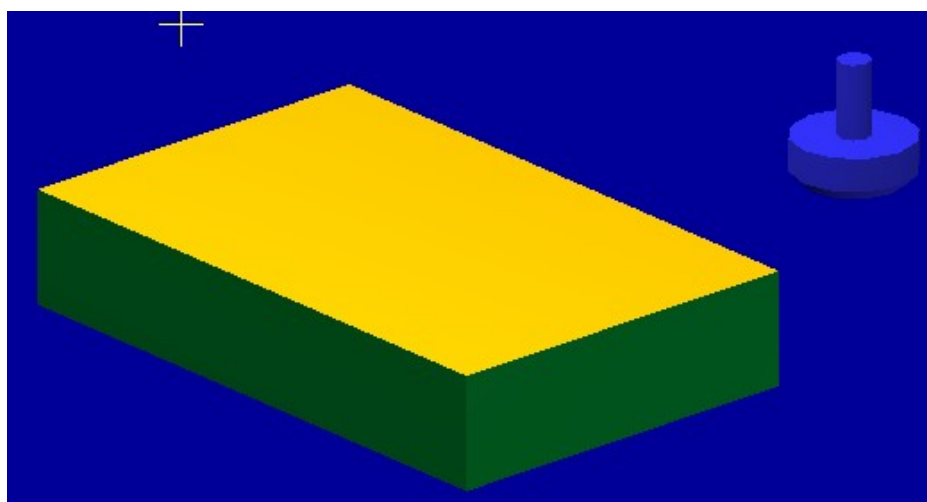
Hình 11

Để mô phỏng chương trình gia công trên mô hình khối ta chọn **verify trên menu** quản lý chương trình gia công. Hình 12 là các chức năng dùng để mô phỏng



Hình 12

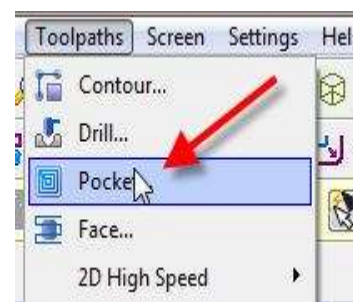
Sau khi chọn chạy dao ta có kết quả sau khi mô phỏng hình13



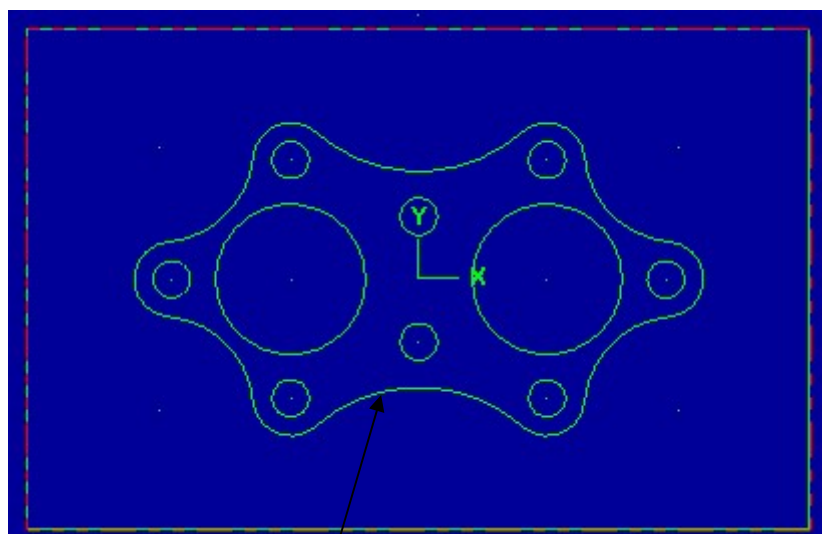
Hình 13

II. Kiểu chạy dao **Pocket** (phay thô đảo): **Toolpath > Pocket**

Trước khi lập chương trình gia công khác ta nên tắt chế độ hiển thị đường chạy dao trước để thuận tiện cho việc lựa chọn bằng cách pick chuột vào biểu tượng:



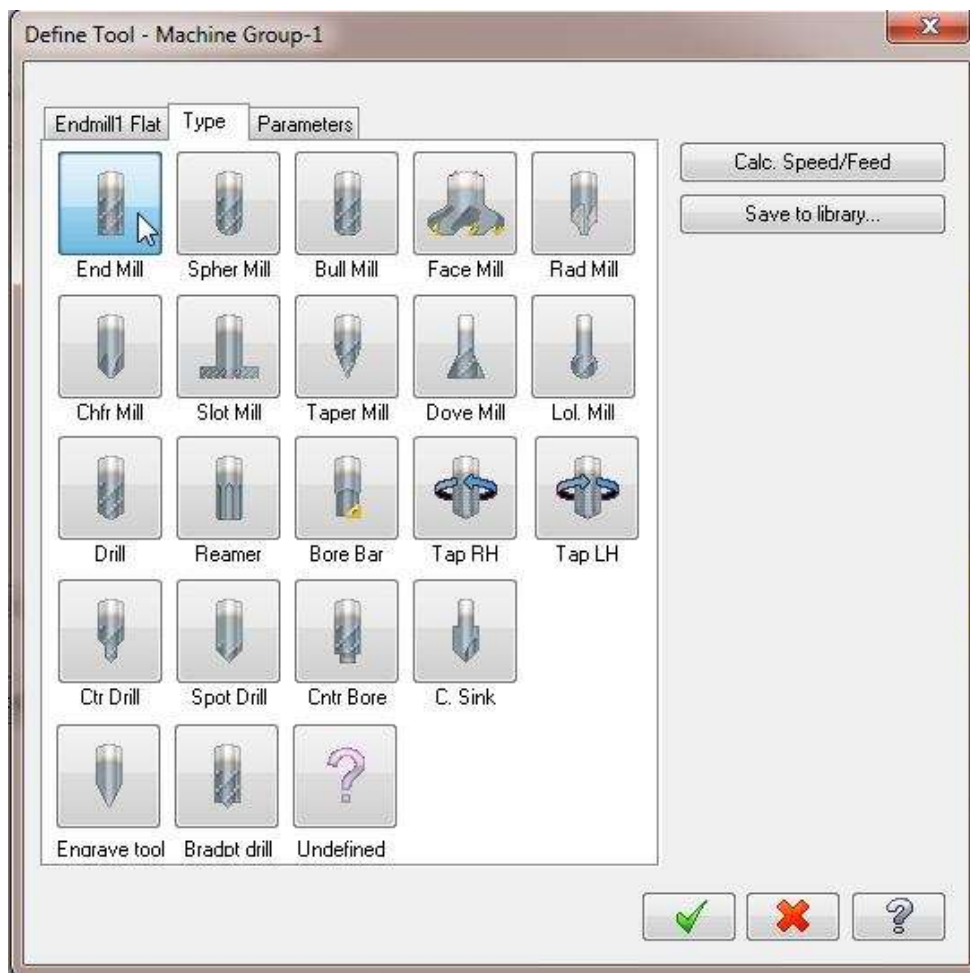
- Chọn biên dạng gia công.



Hình 14

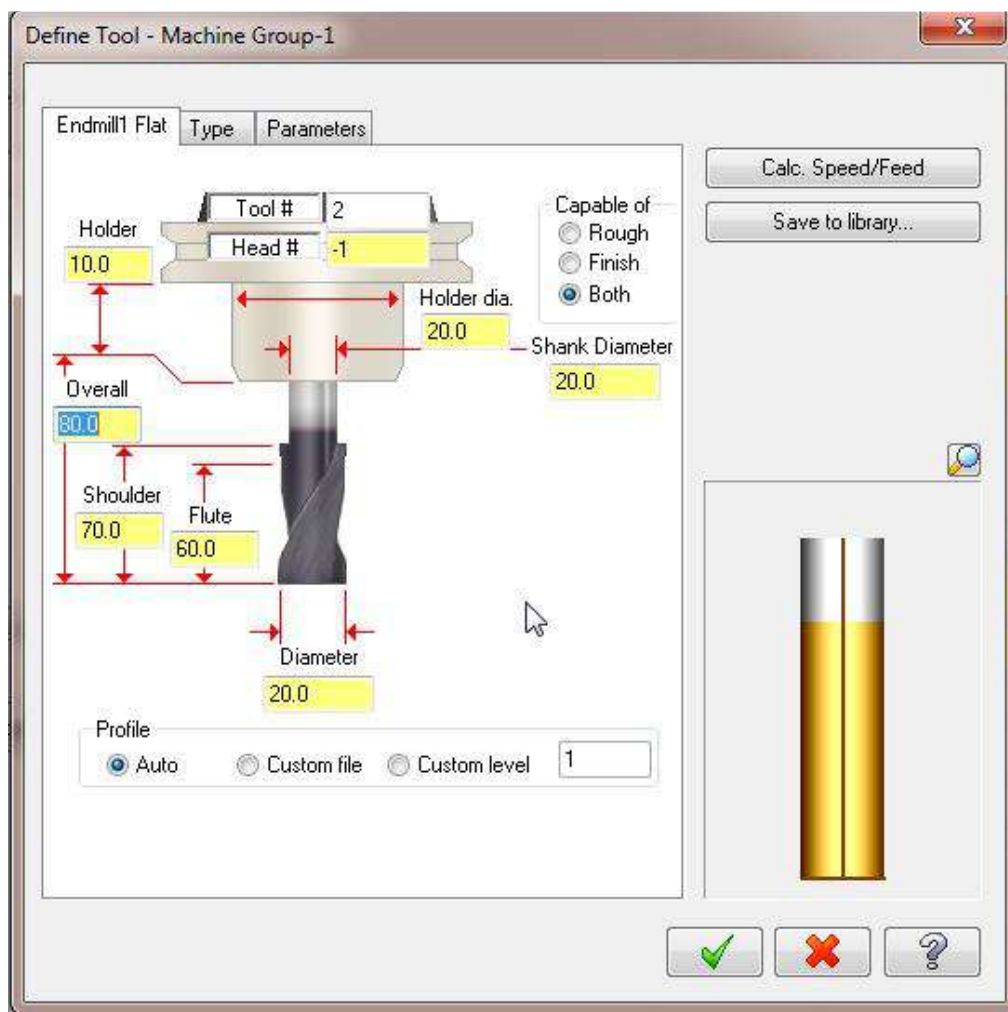
Biên dạng gia công là 2 chain là chain biên dạng và chain bao bên ngoài.

- Thiết lập thông số công nghệ:
 - Chọn dao phay trụ thẳng như hình 15



Hình 15

- Thiết lập thông số dao như (hình 16).



Hình 16

Diameter: Đường kính dao

Flute: Chiều dài lưỡi cắt

Shoulder: Chiều dài giới hạn tới khoảng kẹp dao

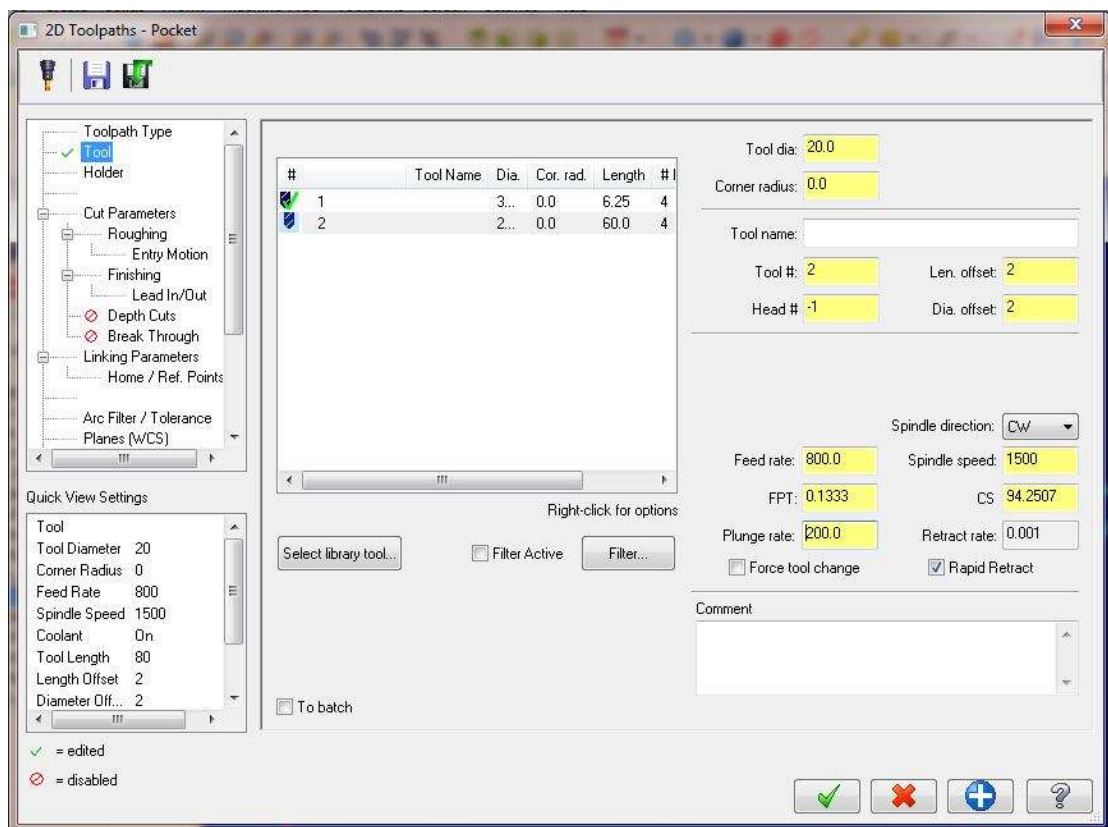
Overall: Chiều dài toàn bộ dao

Holder: Chiều dài bạc kẹp dao

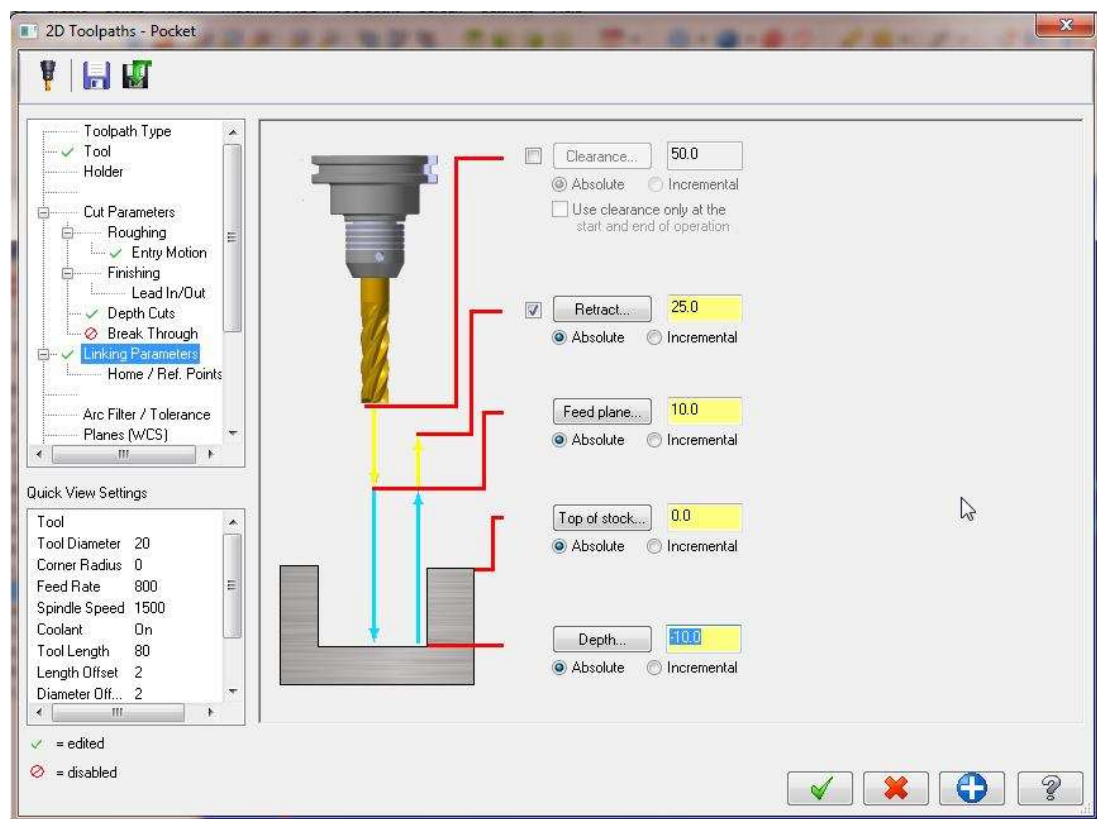
Abor diameter: Đường kính lỗ kẹp dao

- Thiết lập chế độ cắt (Hình 17)

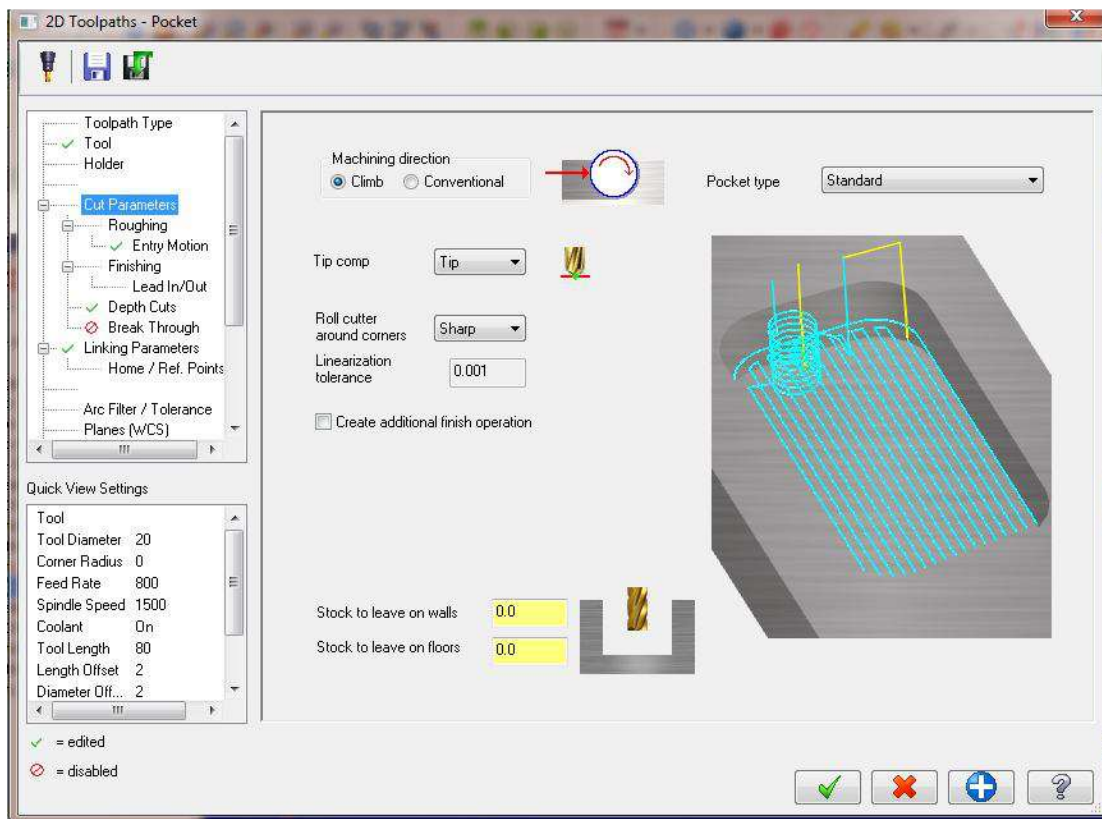
Đây là bảng thiết lập các thông số về dao cụ và chế độ cắt chung cho các kiểu gia công (**Tool parameter**).



Hình 17



Hình 18



Stock to leave on wall: Lượng dư để lại theo biên dạng XY

Stock to leave on floors: Lượng dư để lại theo phương z

Pick vào **Depth cuts** và chọn để khai báo các bước cắt theo phương Z và khai báo như hình 19.



Hình 19

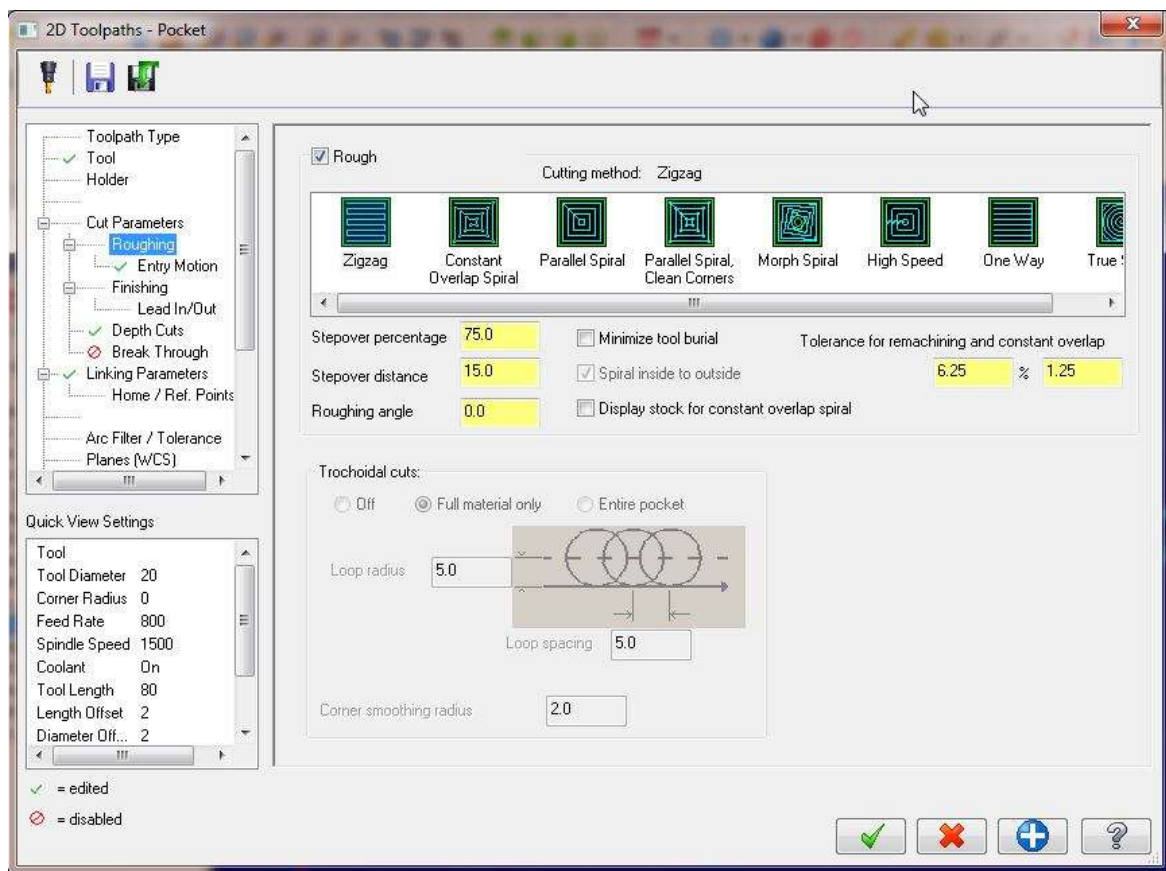
Max rough step: chiều sâu cắt lớn nhất là 0.5mm

Finish cuts: số bước cắt cuối cùng (0).

Finish step: chiều sâu cắt cuối cùng (0.5mm)

☒ **Keep tool down** : Giữ nguyên vị trí xuống dao giữa các bước cắt theo phương Z mà không lùi dao về mặt retract.

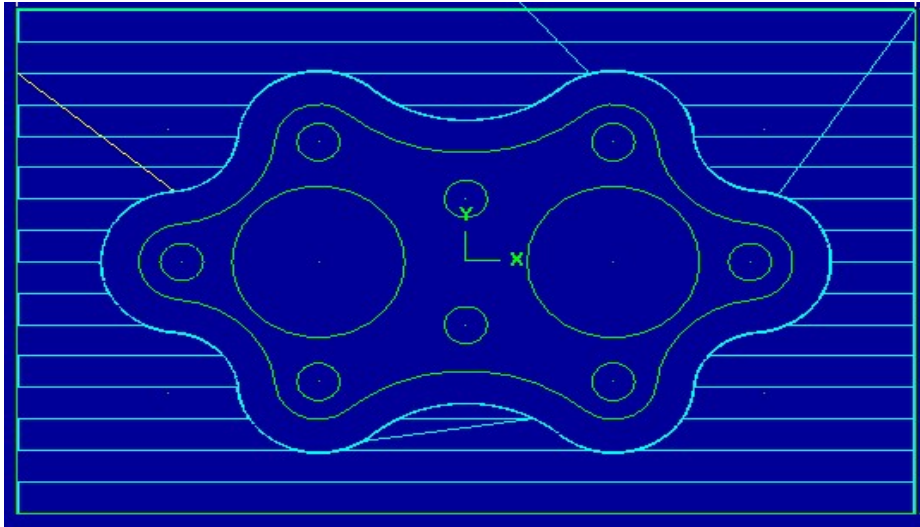
Thiết lập các kiểu chạy dao theo phương XY (Roughing)



Hình 20

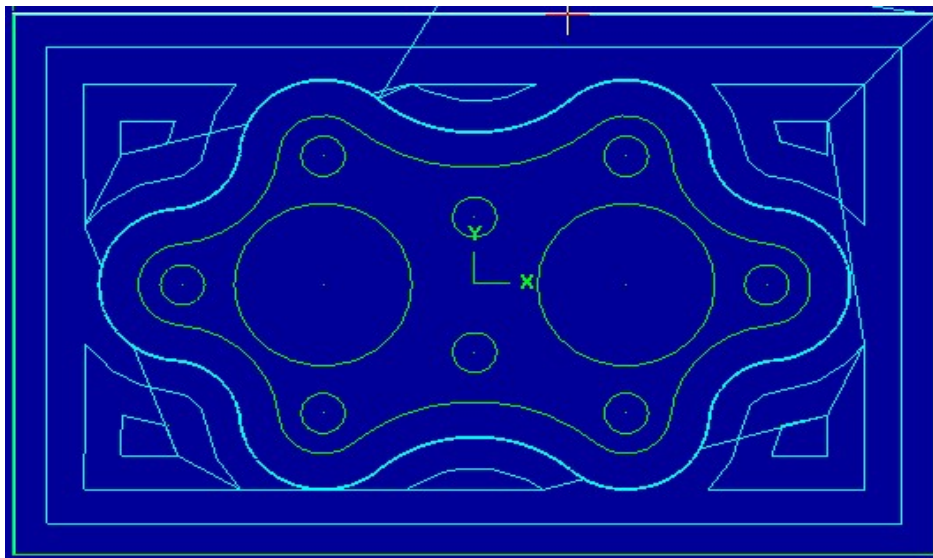
❖ Chọn kiểu gia công thô.

- **Zigzag** : Dao di chuyển với các đường ngang qua lại để gia công biên dạng.



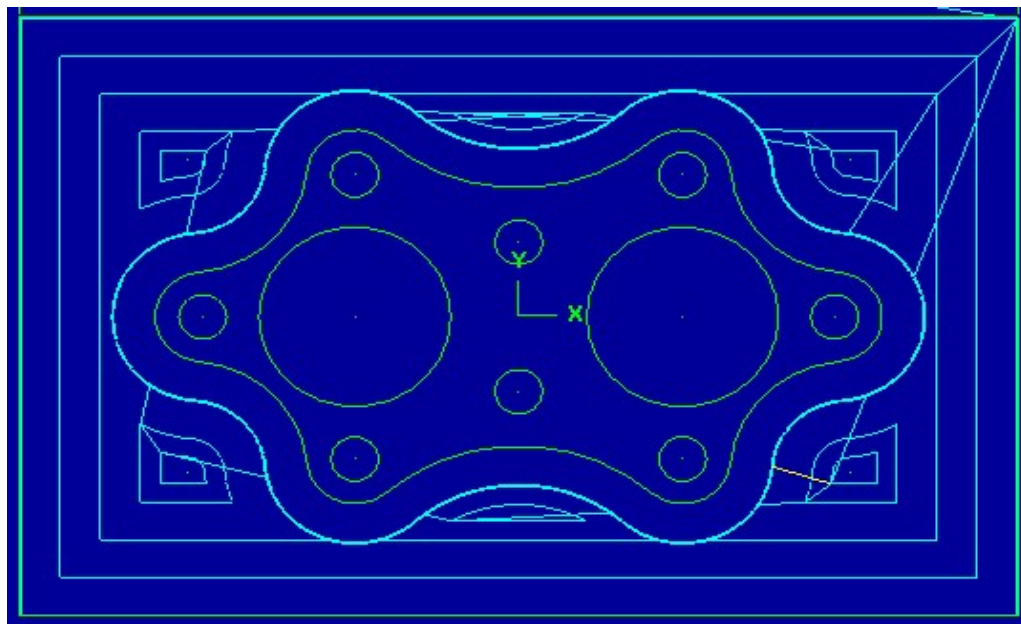
Hình 21

- **Constant overlap spiral**: Dao di chuyển theo hình xoắn ốc với khoảng cách các đường dao không thay đổi (hình 22)



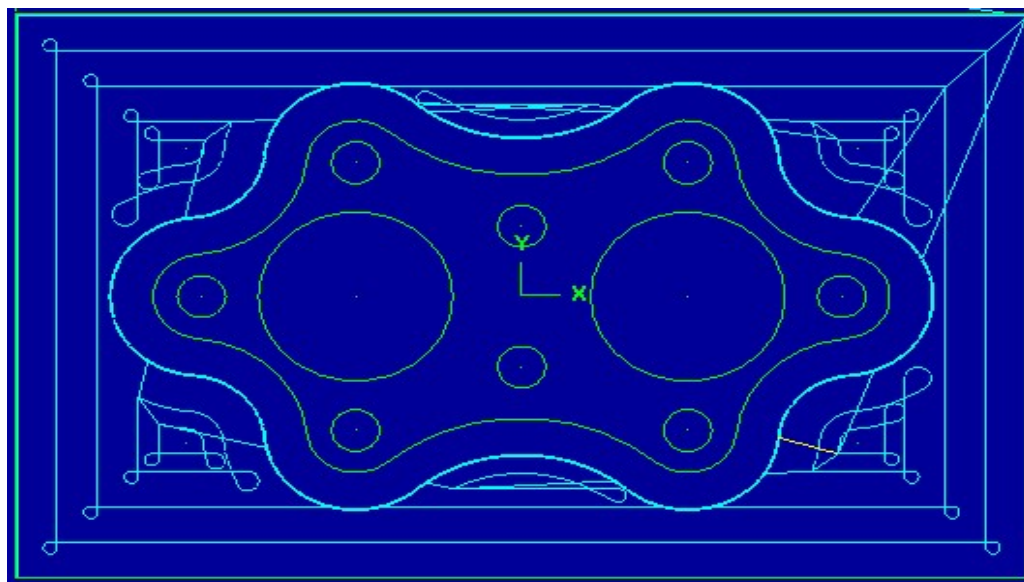
Hình 22

- **Parallel spiral**: Dao di chuyển theo đường xoắn ốc song song nhau (hình 23)



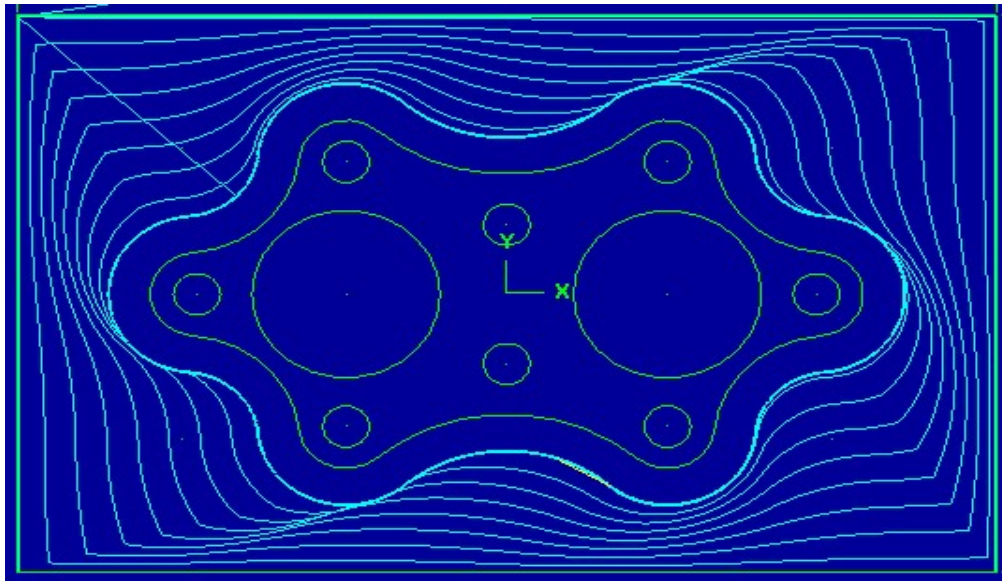
Hình 23

- **Parallel spiral, clear corner:** Dao di chuyển theo đường xoắn ốc song song nhau và quét lại các vết dao còn sót lại tại các góc.(hình 24)



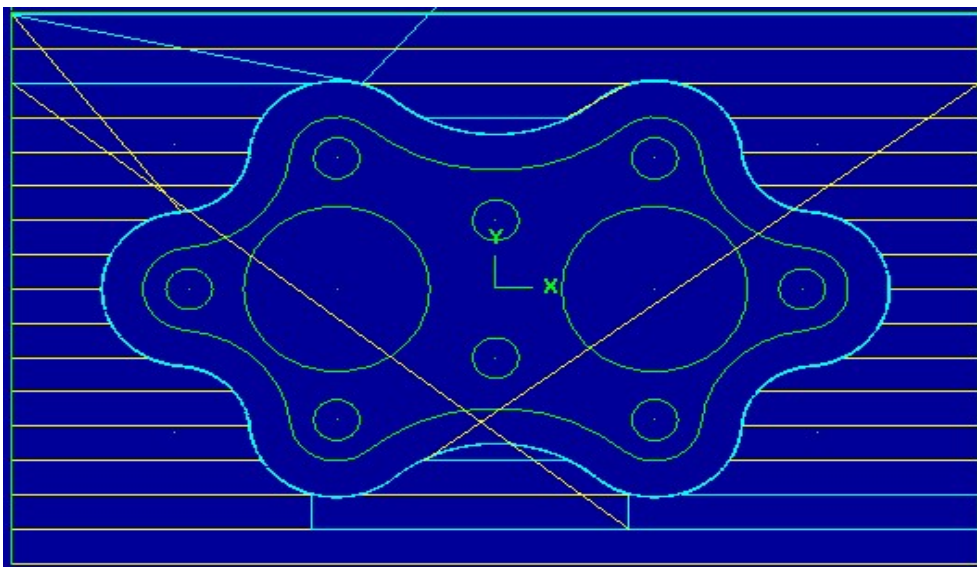
Hình 24

- **Morph spiaral:** Dao di chuyển theo hình xoắn ốc dựa theo biên dạng.(hình 25)



Hình 25

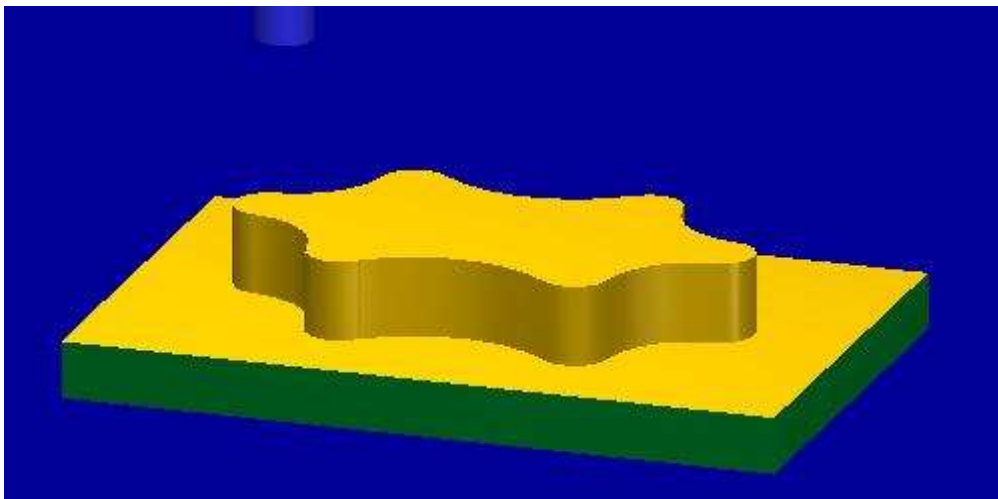
- **One way:** Kiểu chạy dao này khác với kiểu chạy dao zig-zag là đường dao chỉ di chuyển một hướng chứ không đi qua đi lại.(hình 26)



Hình 26

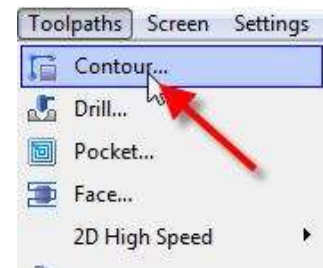
- ✓ **Stepover percentage:** Bước dịch chuyển dao (khoảng cách giữa hai đường dao) được tính theo phần trăm đường kính dao.
- ✓ **Stepover distance:** Bước dịch chuyển dao (tính bằng giá trị thông số).
- ✓ **Roughing angle:** Hướng di chuyển dao so với phương ngang.
- ✓ **Finish:** Khai báo các bước cắt cuối cùng (tinh).
 - **pass:** Số lần dao chạy tinh
 - **spacing:** Lượng dư gia công giữa các lần chạy tinh
 - **Finish outer boundary:** Dao chạy vét lại dọc theo biên dạng.
 - **start finish pass at closest entiy:** Bước cuối cùng của chạy thô liên kết với bước chạy tinh (bắt đầu chạy tinh tại vị trí cuối cùng của chạy thô).
 - **Keep tool down:** Giữ nguyên vị trí chạy dao khi gia công tinh mà không cần lùi dao về mặt retract.
 - **Machine finish passes only at final depth:** Chỉ gia công tinh tại chiều sâu cuối cùng (Dao chỉ vét lại một lần biên dạng theo chiều sâu z).
 - **Machine finish passes after roughing all pocket:** Gia công thô xong rồi sau đó mới gia công tinh.

❖ Kết quả của quá trình gia công:

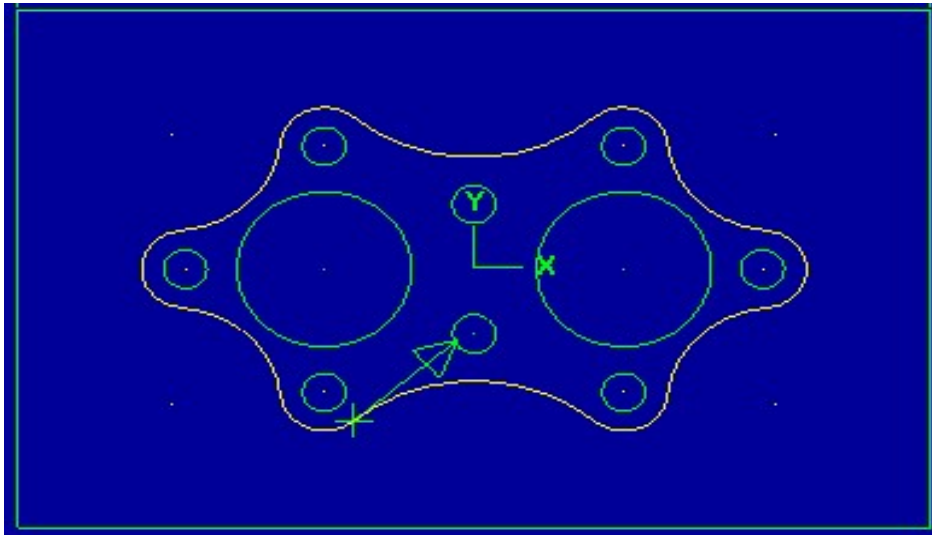


Hình 27

III. Kiểu chạy dao **Contour** (phay tinh đảo): **Toolpath > Contour**



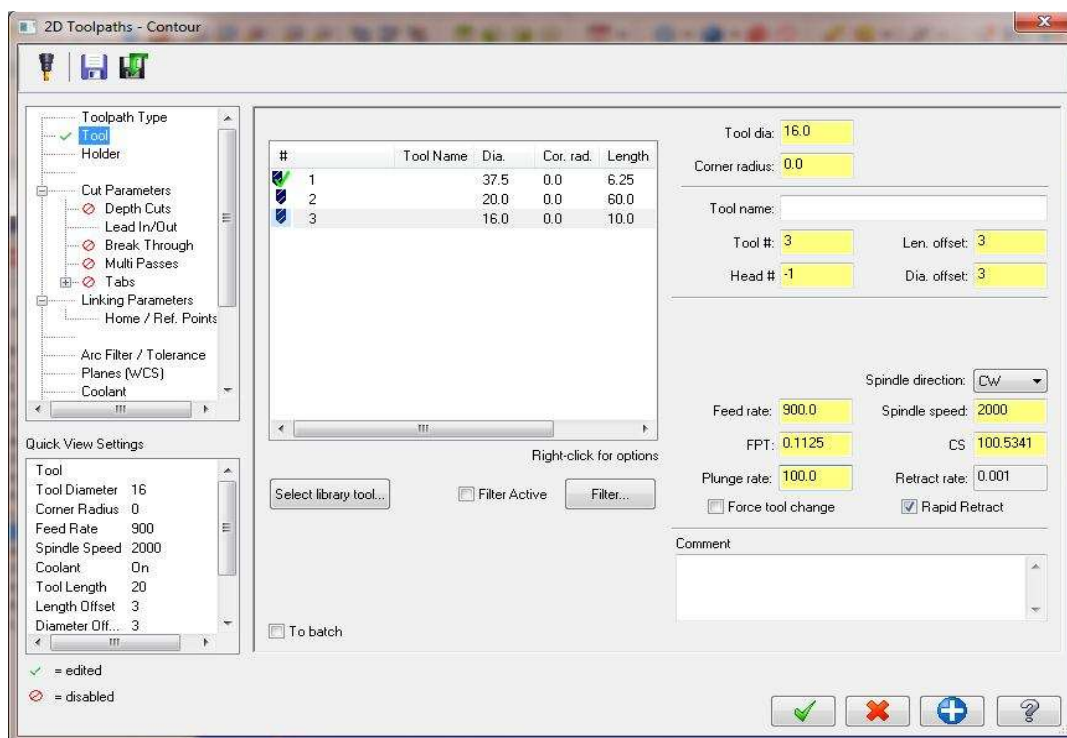
- Chọn biên dạng gia công.



Hình 28

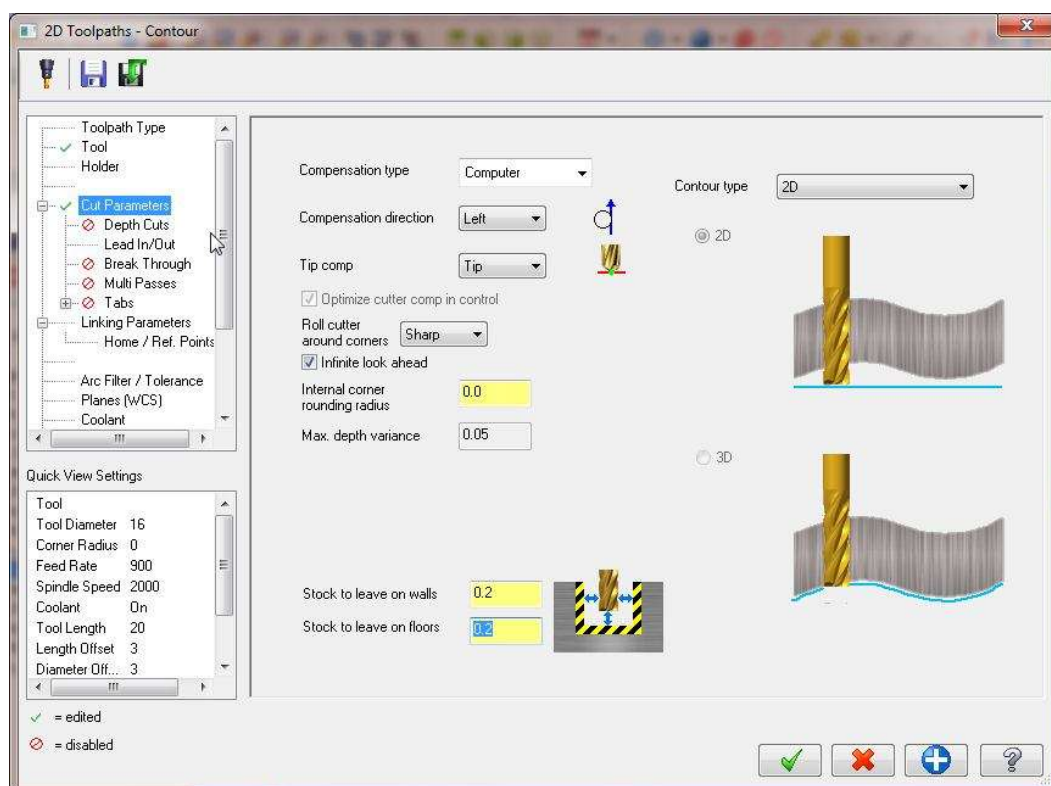
Trong bài tập này chúng ta lập trình cho dao chạy tinh dọc theo biên dạng trong chi tiết với lượng dư 0.3mm mà nguyên công phay pocket để lại. Trên hình 28 sau khi chọn biên dạng xuất hiện mũi tên có ý nghĩa như sau: gốc mũi tên thể hiện điểm vào biên dạng, hướng hướng mũi tên thể hiện chiều mà dao vào sẽ di chuyển.

- Thiết lập thông số công nghệ :
- ✓ Thiết lập dao: Chọn dao phay trụ thẳng đường kính 16mm. Cách chọn dao mới đã trình bày trong phần phay pocket
- ✓ Chế độ cắt (*Tool parameter*) (hình 29)



Hình 29

✓ Thông số gia công kiểu contour



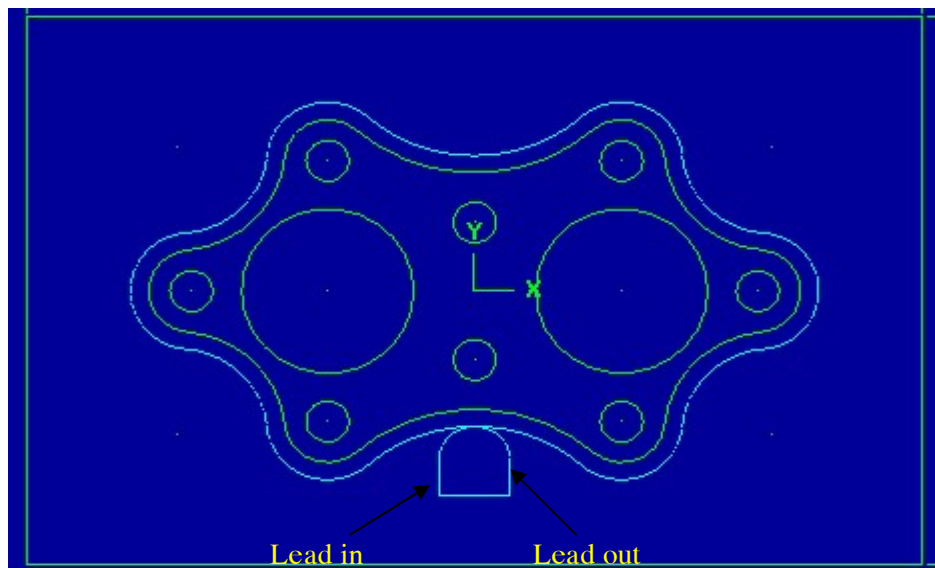
Hình 30

- ✓ **Compensation type:** Kiểu bù trừ bán kính dao.
 - **Computer:** Phần mềm tự tính đường tâm dao mà không dùng lệnh bù trừ bán kính dao (G41, G42).
 - **Control:** Bù trừ bán kính dao có dung lệnh bù trừ (G41, G42).
 - **Compensation direction:** Hướng bù trừ bán kính dao (Left : bên trái biên dạng, Right: bên phải biên dạng).
 - Khai báo phương thức tiến dao theo phương Z như (hình 31).

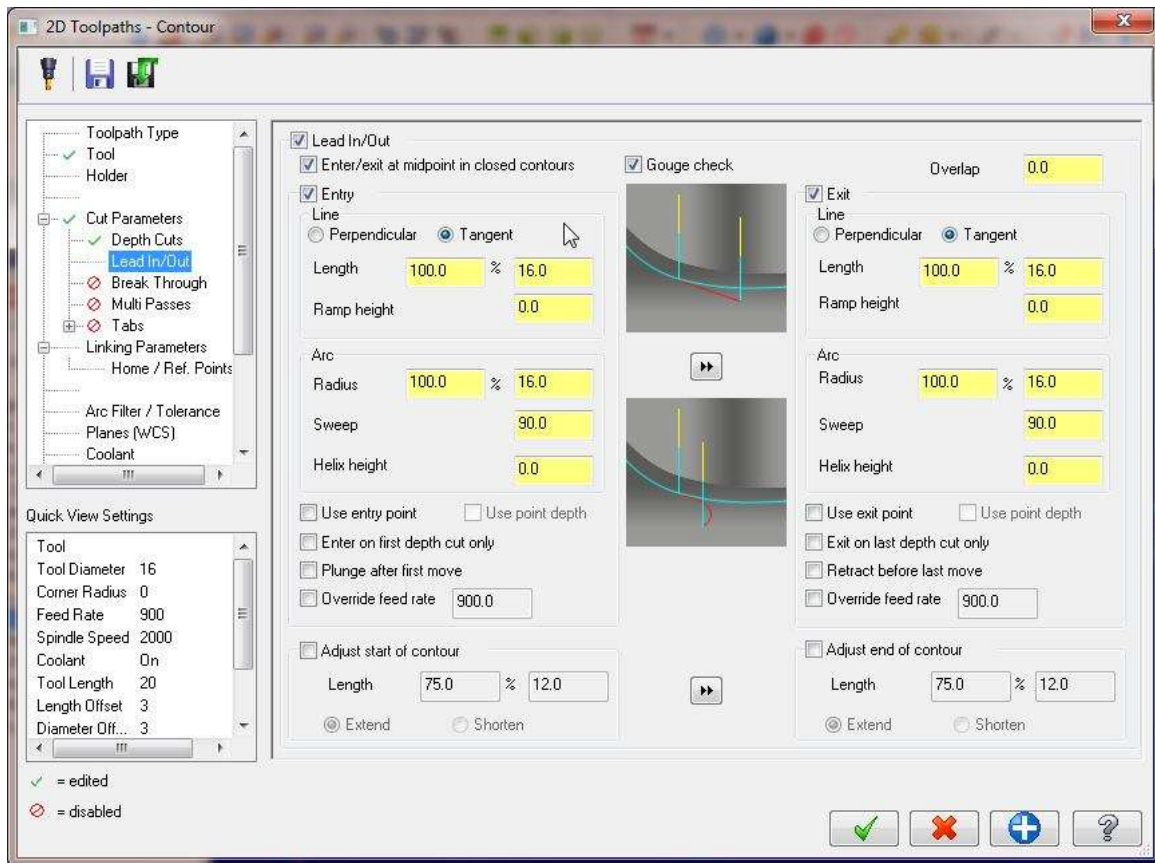


Hình 31

- **Lead in/out:** Khai báo đường vào biên dạng và ra biên dạng (hình 33)



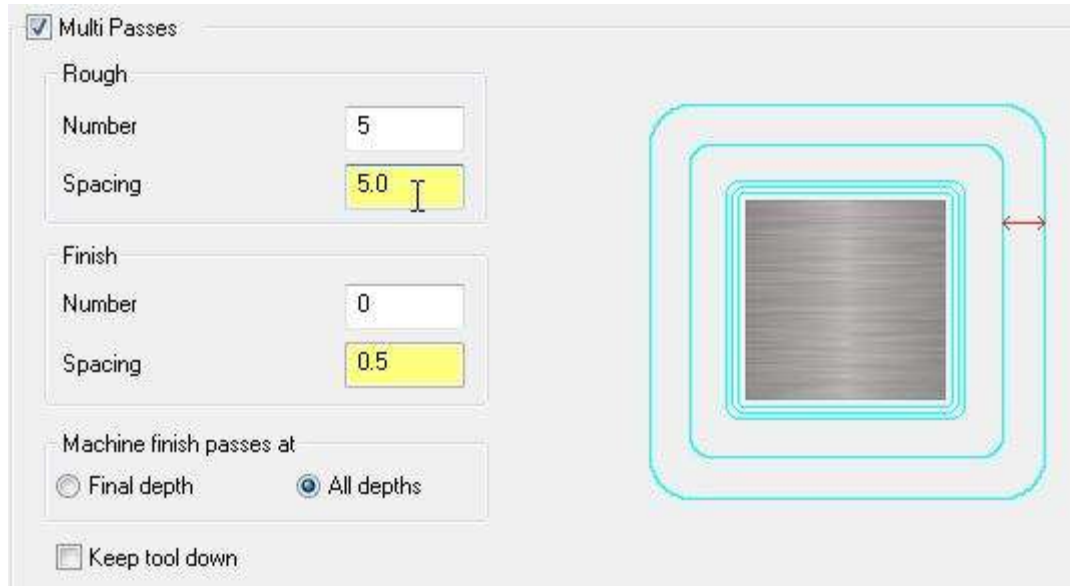
Hình 32



Hình 33

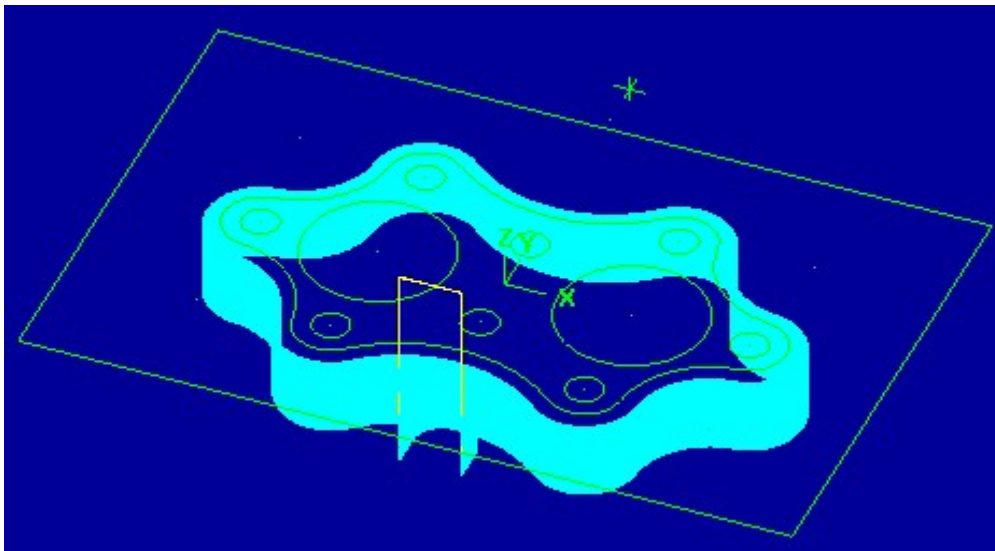
- **Enter/exit at midpoint in closed contours:** Xác định vị trí vào dao và ra dao tại điểm giữa biên dạng
- **Gouge check entry/ exit motion:** Kiểm tra vị trí vào dao và ra dao (đường vào và đường ra không nằm ngoài đường chạy dao).
- **Entry:** Khai báo đường vào: Đường vào gồm một đường thẳng (Line) và cung tròn (Arc).
- **Exit:** Khai báo đường ra :Đường vào gồm một đường thẳng (Line) và cung tròn (Arc).
- ✓ **Multi pass:** Khai báo bước cắt chạy biên dạng (Hình 34)
 - **Roughing passes:** Bước thô
 - **Number:** Số bước cắt thô
 - **Spacing:** Lượng dư giữa các bước cắt thô
 - **Finishing passes:** Bước tinh
 - **Number:** Số bước cắt tinh
 - **Spacing:** Lượng dư giữa các bước cắt tinh
 - **Machine finish passes at:** Thiết lập bước gia công tinh tại đâu theo chiều sâu:
 - **Final depth:** Gia công tinh tại chiều sâu cuối cùng

- **All depth:** Gia công tinh tại mỗi bước cắt theo phương z.
- **Keep tool down:** Giữ nguyên vị trí xuống dao khi gia công các bước tinh mà không lùi dao về mặt retract.



Hình 34

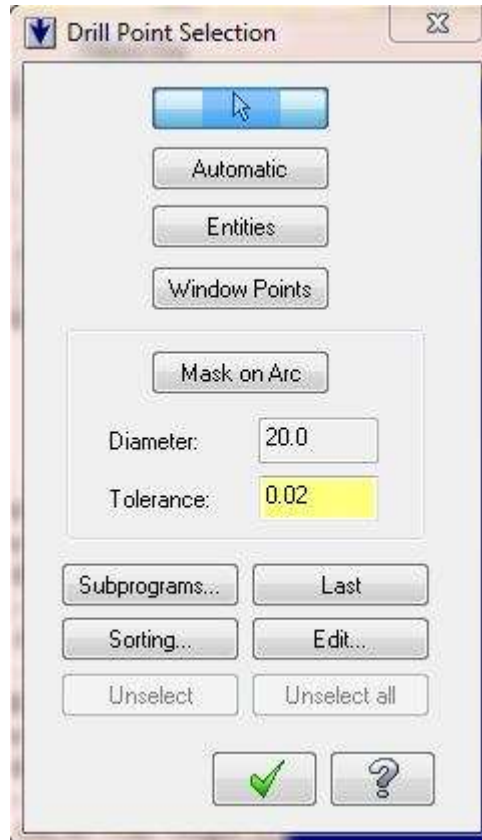
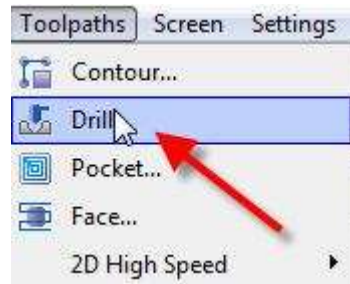
❖ Kết quả quá trình gia công.



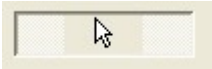
Hình 35

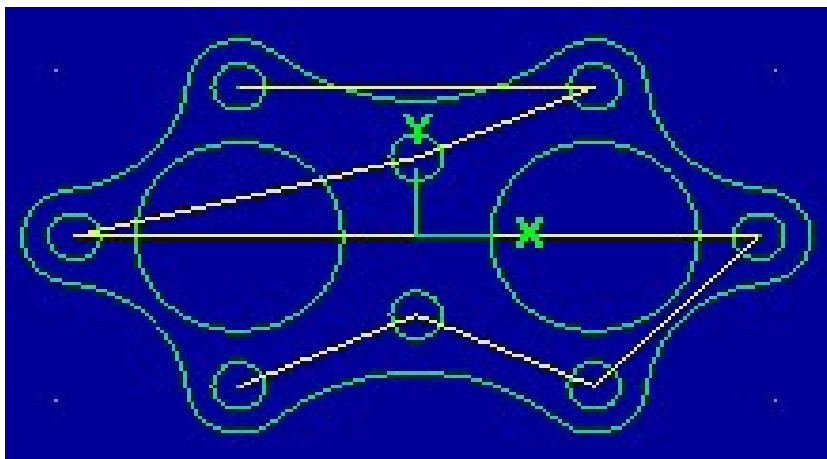
IV. Drill (khoan lỗ) Toolpaths > Drill .

- Để gia công lỗ ta chỉ cần chọn các điểm làm tâm lỗ. Sẽ có bảng lựa chọn điểm như sau:



Hình 36

-  chọn từng điểm để gia công.
 - **Automatic:** phương pháp này sẽ tự động bắt điểm với những điểm đã tạo sẵn bằng cách chọn 3 điểm giới hạn.
 - **Entities:** chọn các đối tượng mà trong các đối tượng này có điểm nào mà hệ thống truy bắt được điểm nào thì điểm đó được chọn.
 - **Window Points:** Chọn tất cả các điểm trong cửa sổ window.
 - **Last:** Chọn lại điểm đã chọn trước đó.
- Trong bài thực hành này ta chọn các điểm tâm đường tròn Ø12. Chúng ta chọn bằng cách chọn từng điểm để gia công(hình 37)

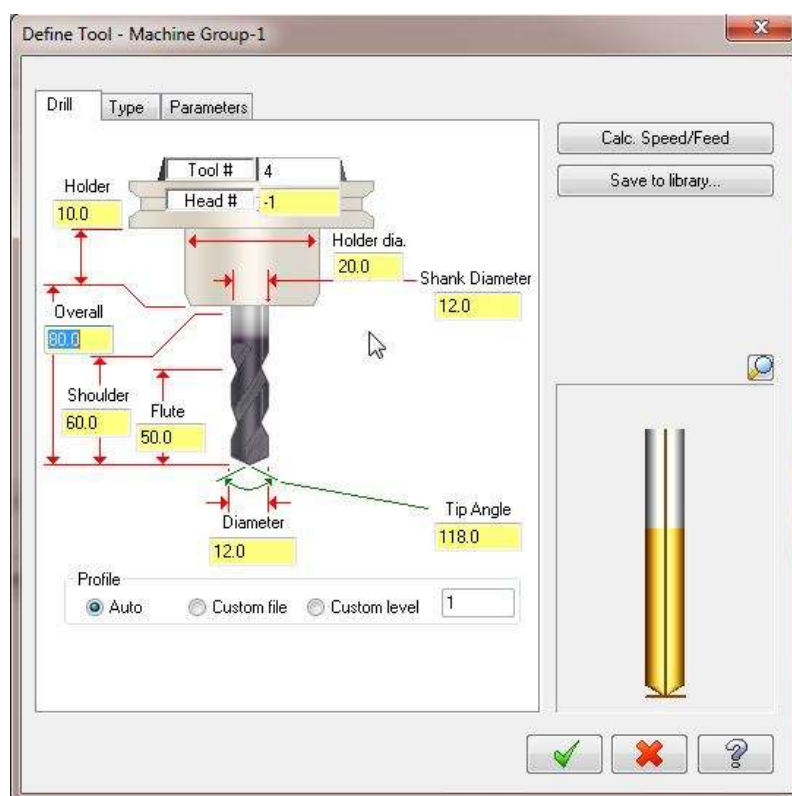


Hình 37

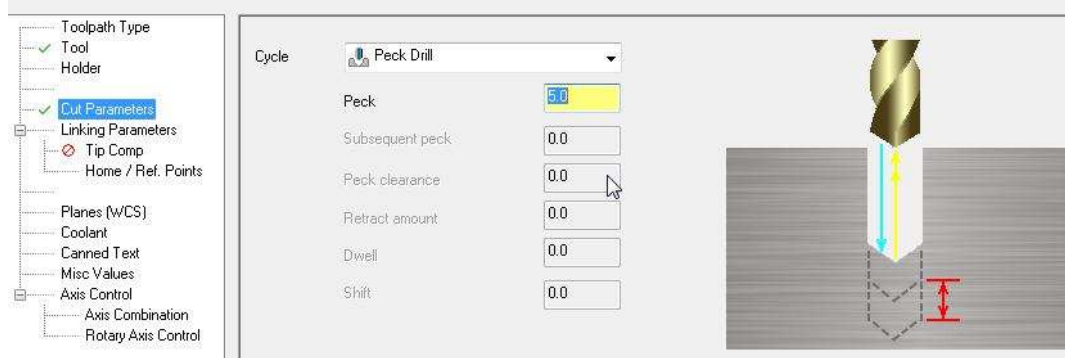
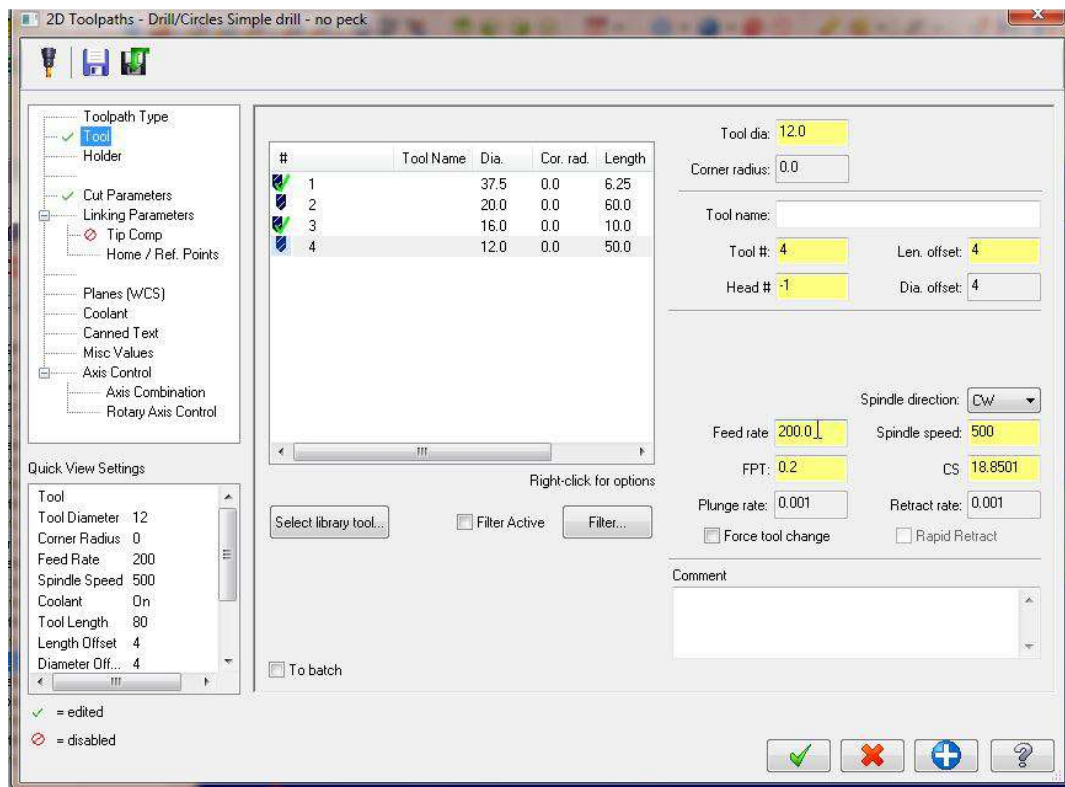
- Thiết lập mũi khoan:
 - Chọn mũi khoan Drill như hình .
 - Xác định các thông số mũi khoan như hình 38.



Hình 38



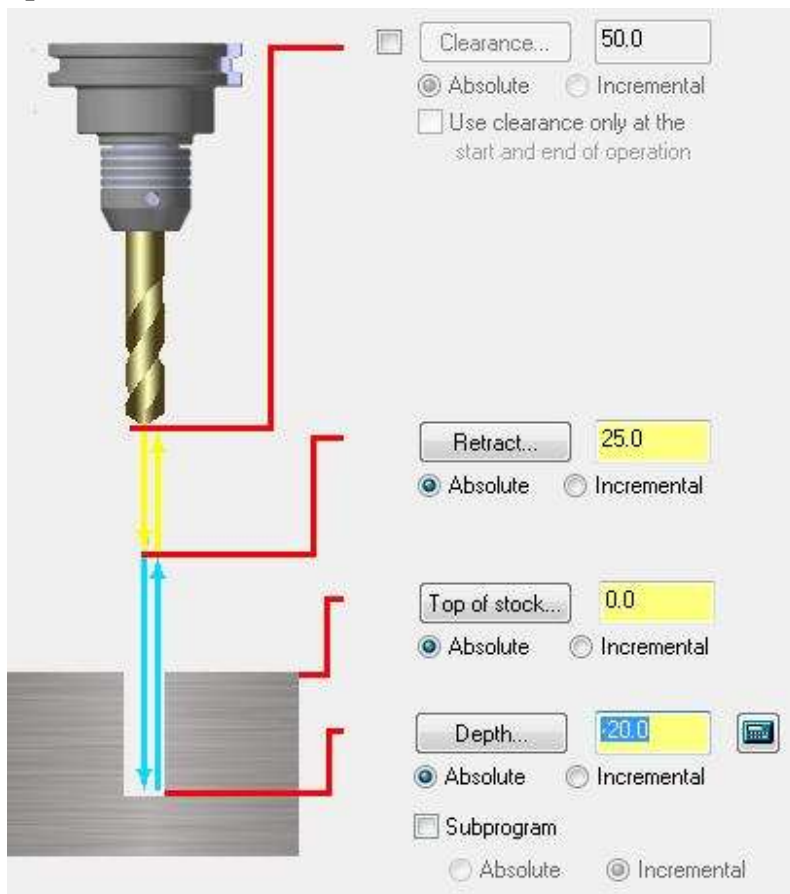
- Thiết lập thông số khoan :



Hình 39

Trong trường hợp này ta chọn kiểu khoan có bước tiến dao và thoát dao xen kẽ để thoát phôi (Peck drill) với mỗi lần xuống mũi khoan là 2mm thì thoát dao

- **Clearane:** Cao độ xuất phát, tại vị trí này mũi khoan di chuyển tới vị trí tâm lỗ với tốc độ nhanh và sau khi mũi khoan gia công hết chiều sâu thì điểm chuyển về vị trí này.
- **Reatract:** Cao độ tham chiếu R, từ cao độ xuất phát mũi khoan di chuyển nhanh tới cao độ R và từ vị trí này mũi khoan di chuyển với tốc độ F khoan vào phôi.
- **Top of stock:** Mặt bắt đầu khoan
- **Depth:** Chiều sâu khoan



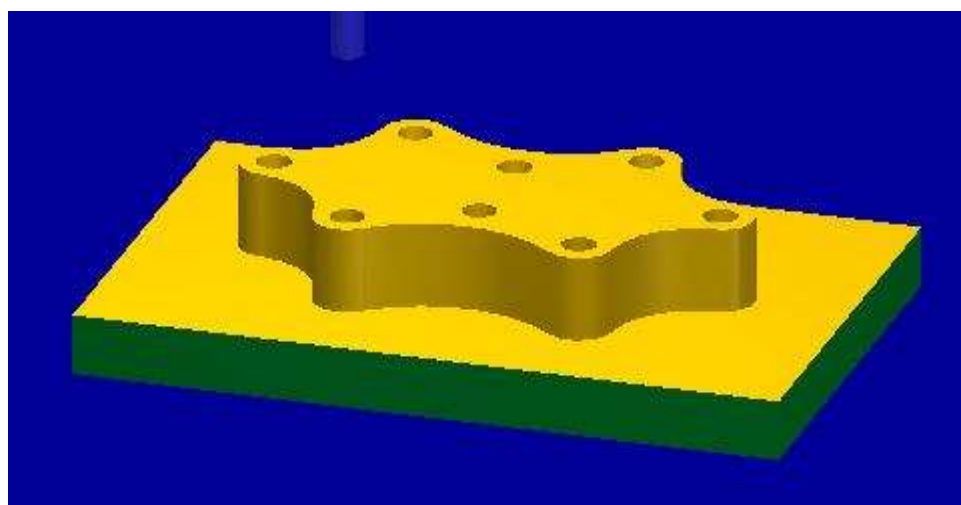
- Các kiểu gia công lỗ như hình.

Dưới đây là một số giải thích về các lệnh khoan.

Loại Cycle	Lệnh NC	Ví dụ	Những ứng dụng
DrillCbores			I
1, Dwell=0	G81	G81X50,Y0Z-5, R2,F300,	Khoan lỗ không sâu có chiều sâu < 3D
2, Dwell=5	G82	G82X50,Y0Z-10, R2,P5F300,	Giống G81 nhưng khác là có thời gian xoay tại đáy lỗ
Peck drill	G83	G83X50,Y20,Z-60, R2,Q5F100,	Khoan lỗ sâu (chiều sâu > 3D), bước tiến dao và thoát dao xen kẽ để thoát phoi
Chip break	G73	G73X50,Y20,Z-3,0 Q5,R2,F100,	Khoan lỗ sâu ăn dao không liên tục để bề gãy phoi
Tap	G84	G84X20,Y0Z-30, Q6,R2,F50,0	Tarô ren phải
Bore #1			
1, Dwell=0	G85	G85X60,Y30,Z-40, R2,F200,	Doa thô
2, Dwell=3	G89	G89X60,Y30,Z-40, R2,P3F200,	Có thời gian xoay tại đáy lỗ
Bore # 2	G86	G86X60,Y30,Z-40, R2,P3F200,	Doa tinh

Kết quả của 4 chương trình gia công như hình.

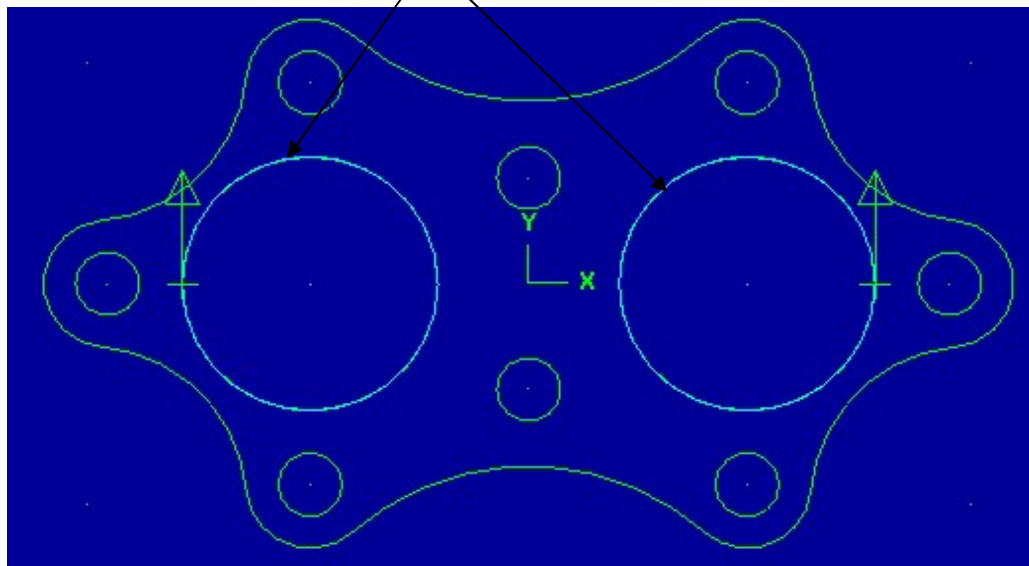
Hình 40



V. Gia công 2 hốc $\varnothing 42$ bằng phương pháp **Pocket**.

Các thông số gia công giống như phay Pocket đảo đã nêu ở mục (II)

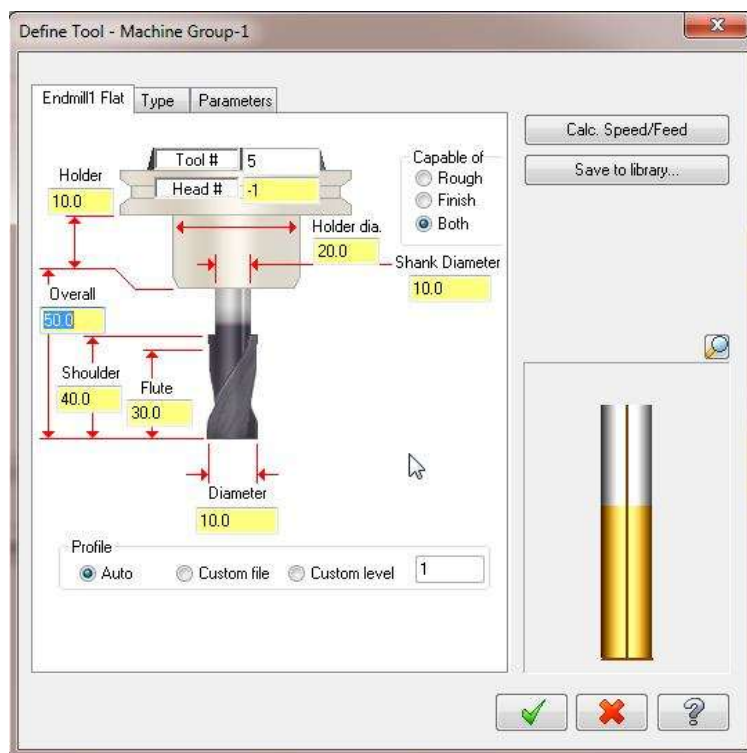
- Biên dạng gia công: 2 chain .



Hình 41

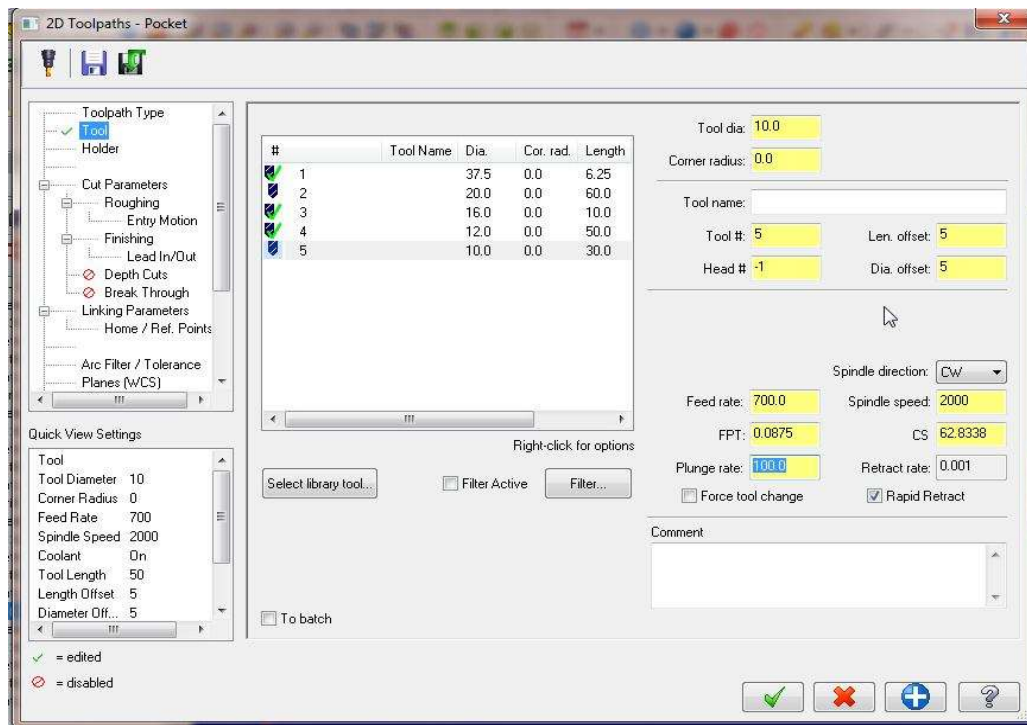
- Dụng cụ gia công chúng ta chọn dao phay trụ $\varnothing 10$.

Thông số về dao như sau:

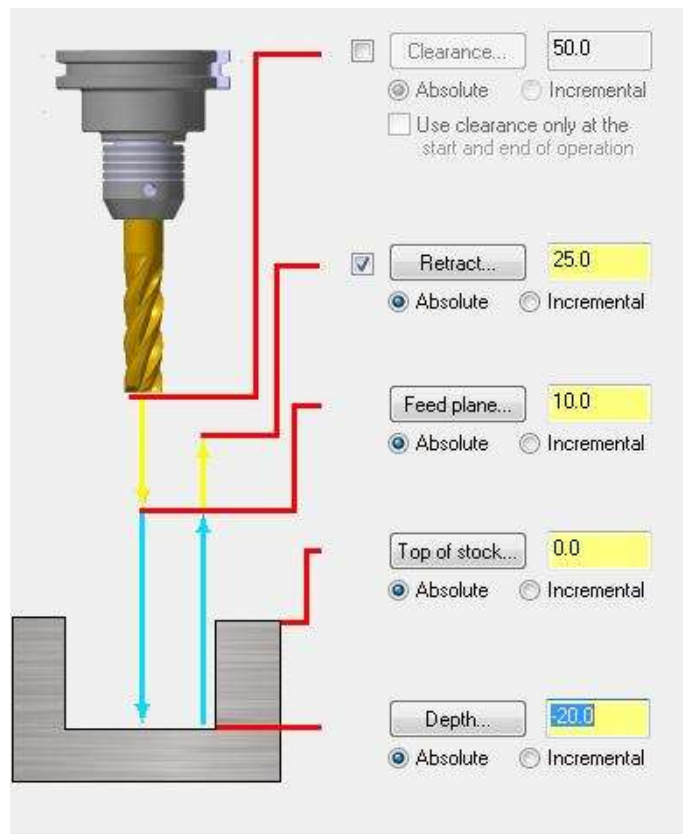


Hình 42

➤ Các thông số gia công: (Hình 43, 44)

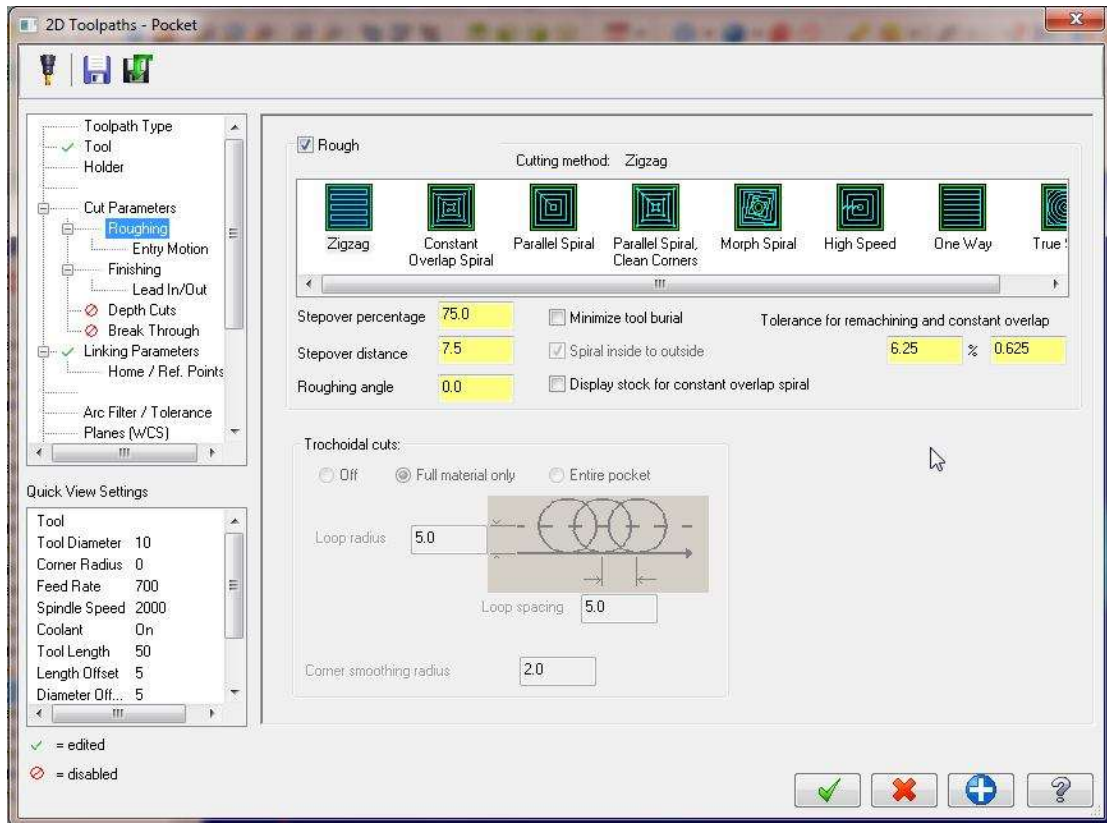


Hình 43



Hình 44

➤ Kiểu đường dao chúng ta chọn như hình:



Hình 45

Trong trường hợp chúng ta gia công hốc chúng ta có một thông số khai báo khác với gia công đảo như sau: Tạo ra một đường dao vào khi cắt gọt, mục đích này nhằm làm giảm lực cắt gọt cho dao khi gia công. Chúng ta tạo bằng cách tích chọn vào **Entry- Motion**.



Lúc này sẽ xuất hiện bảng sau:

Chúng ta sẽ có 2 lựa chọn:

Helix :Vào dao theo đường xoắn ốc.

Ramp :Vào dao theo đường dốc.

Hình 46

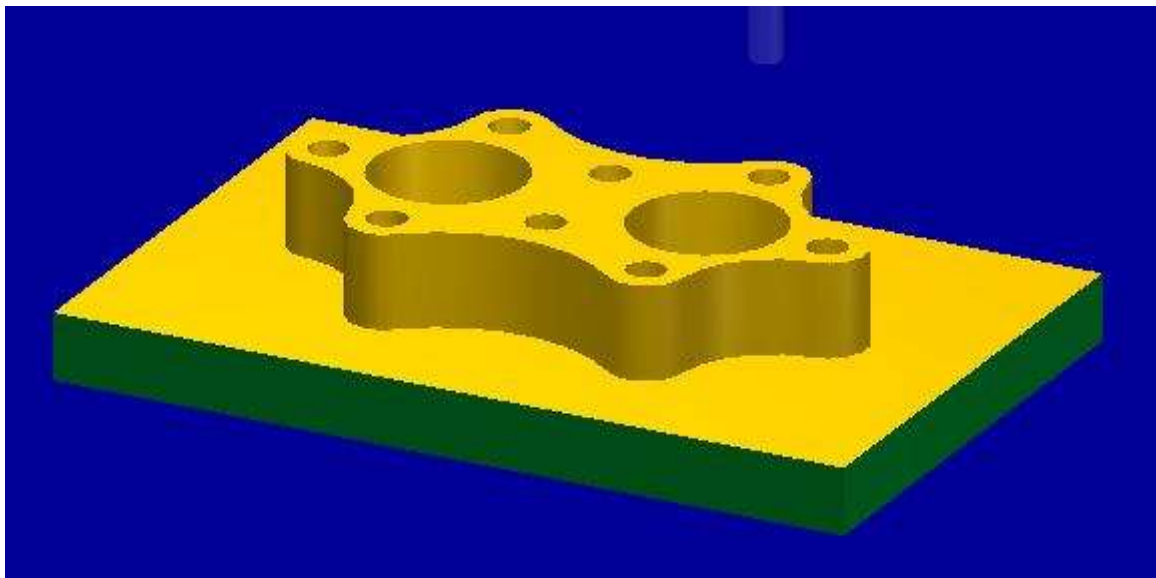


Hình 47: Helix ,



Ramp.

Kết quả của các bước gia công mà chúng ta đã tạo:

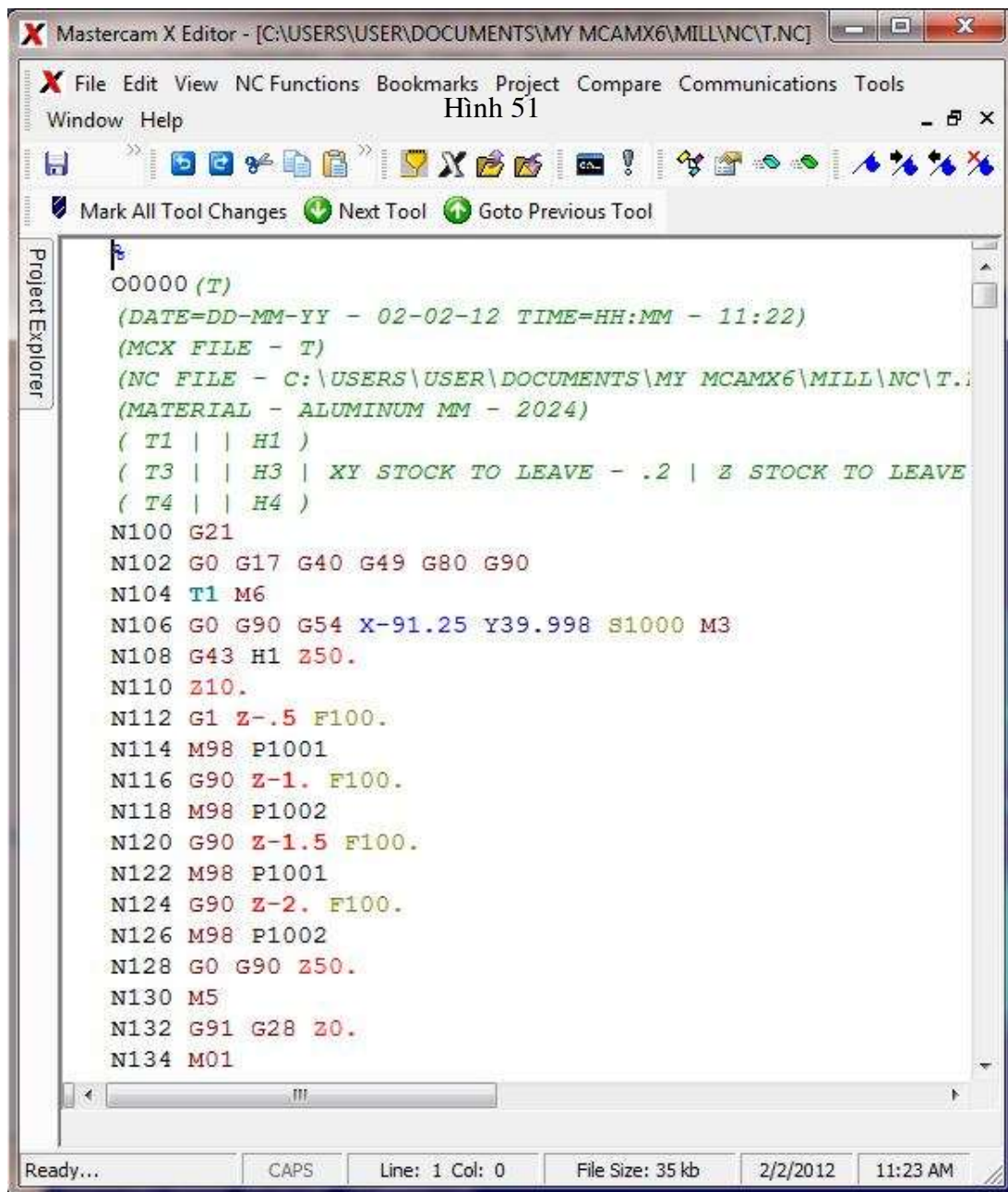


Hình 48

VI. Chương trình dịch NC. Được mô tả như hình.



Hình 50



Hình 51

```
O0001 (T)
  (DATE=DD-MM-YY - 02-02-12 TIME=HH:MM - 11:22)
  (MCX FILE - T)
  (NC FILE - C:\USERS\USER\DOCUMENTS\MY MCAMX6\MILL\NC\T.NC)
  (MATERIAL - ALUMINUM MM - 2024)
  ( T1 | | H1 )
  ( T3 | | H3 | XY STOCK TO LEAVE - .2 | Z STOCK TO LEAVE - .2 )
  ( T4 | | H4 )
N100 G21
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
N104 T1 M6
N106 G0 G90 G54 X-91.25 Y39.998 S1000 M3
N108 G43 H1 Z50.
N110 Z10.
N112 G1 Z-.5 F100.
N114 M98 P1001
N116 G90 Z-1. F100.
N118 M98 P1002
N120 G90 Z-1.5 F100.
N122 M98 P1001
N124 G90 Z-2. F100.
N126 M98 P1002
N128 G0 G90 Z50.
N130 M5
N132 G91 G28 Z0.
N134 M01
N136 T3 M6
N138 G0 G90 G54 X-16. Y-100.2 S2000 M3
N140 G43 H3 Z25.
N142 Z10.
N144 G1 Z-.99 F100.
N146 Y-84.2 F900.
N148 G2 X0. Y-68.2 R16.
N150 G1 X50.
N152 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N154 G1 Y40.
N156 G3 X50. Y68.2 R28.2
N158 G1 X-50.
N160 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N162 G1 Y-40.
N164 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N166 G1 X0.
N168 G2 X16. Y-84.2 R16.
N170 G1 Y-100.2
N172 G0 Z25.
N174 X-16. Y-95.2
N176 Z10.
N178 G1 Z-.99 F100.
N180 Y-79.2 F900.
N182 G2 X0. Y-63.2 R16.
N184 G1 X50.
N186 G3 X73.2 Y-40. R23.2
```

N188 G1 Y40.
N190 G3 X50. Y63.2 R23.2
N192 G1 X-50.
N194 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N196 G1 Y-40.
N198 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N200 G1 X0.
N202 G2 X16. Y-79.2 R16.
N204 G1 Y-95.2
N206 G0 Z25.
N208 X-16. Y-90.2
N210 Z10.
N212 G1 Z-.99 F100.
N214 Y-74.2 F900.
N216 G2 X0. Y-58.2 R16.
N218 G1 X50.
N220 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N222 G1 Y40.
N224 G3 X50. Y58.2 R18.2
N226 G1 X-50.
N228 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N230 G1 Y-40.
N232 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N234 G1 X0.
N236 G2 X16. Y-74.2 R16.
N238 G1 Y-90.2
N240 G0 Z25.
N242 X-16. Y-85.2
N244 Z10.
N246 G1 Z-.99 F100.
N248 Y-69.2 F900.
N250 G2 X0. Y-53.2 R16.
N252 G1 X50.
N254 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N256 G1 Y40.
N258 G3 X50. Y53.2 R13.2
N260 G1 X-50.
N262 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N264 G1 Y-40.
N266 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N268 G1 X0.
N270 G2 X16. Y-69.2 R16.
N272 G1 Y-85.2
N274 G0 Z25.
N276 X-16. Y-80.2
N278 Z10.
N280 G1 Z-.99 F100.
N282 Y-64.2 F900.
N284 G2 X0. Y-48.2 R16.
N286 G1 X50.
N288 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N290 G1 Y40.

```
N292 G3 X50. Y48.2 R8.2
N294 G1 X-50.
N296 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N298 G1 Y-40.
N300 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N302 G1 X0.
N304 G2 X16. Y-64.2 R16.
N306 G1 Y-80.2
N308 G0 Z25.
N310 X-16. Y-100.2
N312 Z10.
N314 G1 Z-1.98 F100.
N316 Y-84.2 F900.
N318 G2 X0. Y-68.2 R16.
N320 G1 X50.
N322 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N324 G1 Y40.
N326 G3 X50. Y68.2 R28.2
N328 G1 X-50.
N330 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N332 G1 Y-40.
N334 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N336 G1 X0.
N338 G2 X16. Y-84.2 R16.
N340 G1 Y-100.2
N342 G0 Z25.
N344 X-16. Y-95.2
N346 Z10.
N348 G1 Z-1.98 F100.
N350 Y-79.2 F900.
N352 G2 X0. Y-63.2 R16.
N354 G1 X50.
N356 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N358 G1 Y40.
N360 G3 X50. Y63.2 R23.2
N362 G1 X-50.
N364 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N366 G1 Y-40.
N368 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N370 G1 X0.
N372 G2 X16. Y-79.2 R16.
N374 G1 Y-95.2
N376 G0 Z25.
N378 X-16. Y-90.2
N380 Z10.
N382 G1 Z-1.98 F100.
N384 Y-74.2 F900.
N386 G2 X0. Y-58.2 R16.
N388 G1 X50.
N390 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N392 G1 Y40.
N394 G3 X50. Y58.2 R18.2
```

```
N396 G1 X-50.
N398 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N400 G1 Y-40.
N402 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N404 G1 X0.
N406 G2 X16. Y-74.2 R16.
N408 G1 Y-90.2
N410 G0 Z25.
N412 X-16. Y-85.2
N414 Z10.
N416 G1 Z-1.98 F100.
N418 Y-69.2 F900.
N420 G2 X0. Y-53.2 R16.
N422 G1 X50.
N424 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N426 G1 Y40.
N428 G3 X50. Y53.2 R13.2
N430 G1 X-50.
N432 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N434 G1 Y-40.
N436 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N438 G1 X0.
N440 G2 X16. Y-69.2 R16.
N442 G1 Y-85.2
N444 G0 Z25.
N446 X-16. Y-80.2
N448 Z10.
N450 G1 Z-1.98 F100.
N452 Y-64.2 F900.
N454 G2 X0. Y-48.2 R16.
N456 G1 X50.
N458 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N460 G1 Y40.
N462 G3 X50. Y48.2 R8.2
N464 G1 X-50.
N466 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N468 G1 Y-40.
N470 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N472 G1 X0.
N474 G2 X16. Y-64.2 R16.
N476 G1 Y-80.2
N478 G0 Z25.
N480 X-16. Y-100.2
N482 Z10.
N484 G1 Z-2.97 F100.
N486 Y-84.2 F900.
N488 G2 X0. Y-68.2 R16.
N490 G1 X50.
N492 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N494 G1 Y40.
N496 G3 X50. Y68.2 R28.2
N498 G1 X-50.
```

```
N500 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N502 G1 Y-40.
N504 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N506 G1 X0.
N508 G2 X16. Y-84.2 R16.
N510 G1 Y-100.2
N512 G0 Z25.
N514 X-16. Y-95.2
N516 Z10.
N518 G1 Z-2.97 F100.
N520 Y-79.2 F900.
N522 G2 X0. Y-63.2 R16.
N524 G1 X50.
N526 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N528 G1 Y40.
N530 G3 X50. Y63.2 R23.2
N532 G1 X-50.
N534 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N536 G1 Y-40.
N538 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N540 G1 X0.
N542 G2 X16. Y-79.2 R16.
N544 G1 Y-95.2
N546 G0 Z25.
N548 X-16. Y-90.2
N550 Z10.
N552 G1 Z-2.97 F100.
N554 Y-74.2 F900.
N556 G2 X0. Y-58.2 R16.
N558 G1 X50.
N560 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N562 G1 Y40.
N564 G3 X50. Y58.2 R18.2
N566 G1 X-50.
N568 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N570 G1 Y-40.
N572 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N574 G1 X0.
N576 G2 X16. Y-74.2 R16.
N578 G1 Y-90.2
N580 G0 Z25.
N582 X-16. Y-85.2
N584 Z10.
N586 G1 Z-2.97 F100.
N588 Y-69.2 F900.
N590 G2 X0. Y-53.2 R16.
N592 G1 X50.
N594 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N596 G1 Y40.
N598 G3 X50. Y53.2 R13.2
N600 G1 X-50.
N602 G3 X-63.2 Y40. R13.2
```

```
N604 G1 Y-40.
N606 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N608 G1 X0.
N610 G2 X16. Y-69.2 R16.
N612 G1 Y-85.2
N614 G0 Z25.
N616 X-16. Y-80.2
N618 Z10.
N620 G1 Z-2.97 F100.
N622 Y-64.2 F900.
N624 G2 X0. Y-48.2 R16.
N626 G1 X50.
N628 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N630 G1 Y40.
N632 G3 X50. Y48.2 R8.2
N634 G1 X-50.
N636 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N638 G1 Y-40.
N640 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N642 G1 X0.
N644 G2 X16. Y-64.2 R16.
N646 G1 Y-80.2
N648 G0 Z25.
N650 X-16. Y-100.2
N652 Z10.
N654 G1 Z-3.96 F100.
N656 Y-84.2 F900.
N658 G2 X0. Y-68.2 R16.
N660 G1 X50.
N662 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N664 G1 Y40.
N666 G3 X50. Y68.2 R28.2
N668 G1 X-50.
N670 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N672 G1 Y-40.
N674 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N676 G1 X0.
N678 G2 X16. Y-84.2 R16.
N680 G1 Y-100.2
N682 G0 Z25.
N684 X-16. Y-95.2
N686 Z10.
N688 G1 Z-3.96 F100.
N690 Y-79.2 F900.
N692 G2 X0. Y-63.2 R16.
N694 G1 X50.
N696 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N698 G1 Y40.
N700 G3 X50. Y63.2 R23.2
N702 G1 X-50.
N704 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N706 G1 Y-40.
```

N708 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N710 G1 X0.
N712 G2 X16. Y-79.2 R16.
N714 G1 Y-95.2
N716 G0 Z25.
N718 X-16. Y-90.2
N720 Z10.
N722 G1 Z-3.96 F100.
N724 Y-74.2 F900.
N726 G2 X0. Y-58.2 R16.
N728 G1 X50.
N730 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N732 G1 Y40.
N734 G3 X50. Y58.2 R18.2
N736 G1 X-50.
N738 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N740 G1 Y-40.
N742 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N744 G1 X0.
N746 G2 X16. Y-74.2 R16.
N748 G1 Y-90.2
N750 G0 Z25.
N752 X-16. Y-85.2
N754 Z10.
N756 G1 Z-3.96 F100.
N758 Y-69.2 F900.
N760 G2 X0. Y-53.2 R16.
N762 G1 X50.
N764 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N766 G1 Y40.
N768 G3 X50. Y53.2 R13.2
N770 G1 X-50.
N772 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N774 G1 Y-40.
N776 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N778 G1 X0.
N780 G2 X16. Y-69.2 R16.
N782 G1 Y-85.2
N784 G0 Z25.
N786 X-16. Y-80.2
N788 Z10.
N790 G1 Z-3.96 F100.
N792 Y-64.2 F900.
N794 G2 X0. Y-48.2 R16.
N796 G1 X50.
N798 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N800 G1 Y40.
N802 G3 X50. Y48.2 R8.2
N804 G1 X-50.
N806 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N808 G1 Y-40.
N810 G3 X-50. Y-48.2 R8.2

```
N812 G1 X0.
N814 G2 X16. Y-64.2 R16.
N816 G1 Y-80.2
N818 G0 Z25.
N820 X-16. Y-100.2
N822 Z10.
N824 G1 Z-4.95 F100.
N826 Y-84.2 F900.
N828 G2 X0. Y-68.2 R16.
N830 G1 X50.
N832 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N834 G1 Y40.
N836 G3 X50. Y68.2 R28.2
N838 G1 X-50.
N840 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N842 G1 Y-40.
N844 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N846 G1 X0.
N848 G2 X16. Y-84.2 R16.
N850 G1 Y-100.2
N852 G0 Z25.
N854 X-16. Y-95.2
N856 Z10.
N858 G1 Z-4.95 F100.
N860 Y-79.2 F900.
N862 G2 X0. Y-63.2 R16.
N864 G1 X50.
N866 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N868 G1 Y40.
N870 G3 X50. Y63.2 R23.2
N872 G1 X-50.
N874 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N876 G1 Y-40.
N878 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N880 G1 X0.
N882 G2 X16. Y-79.2 R16.
N884 G1 Y-95.2
N886 G0 Z25.
N888 X-16. Y-90.2
N890 Z10.
N892 G1 Z-4.95 F100.
N894 Y-74.2 F900.
N896 G2 X0. Y-58.2 R16.
N898 G1 X50.
N900 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N902 G1 Y40.
N904 G3 X50. Y58.2 R18.2
N906 G1 X-50.
N908 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N910 G1 Y-40.
N912 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N914 G1 X0.
```

N916 G2 X16. Y-74.2 R16.
N918 G1 Y-90.2
N920 G0 Z25.
N922 X-16. Y-85.2
N924 Z10.
N926 G1 Z-4.95 F100.
N928 Y-69.2 F900.
N930 G2 X0. Y-53.2 R16.
N932 G1 X50.
N934 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N936 G1 Y40.
N938 G3 X50. Y53.2 R13.2
N940 G1 X-50.
N942 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N944 G1 Y-40.
N946 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N948 G1 X0.
N950 G2 X16. Y-69.2 R16.
N952 G1 Y-85.2
N954 G0 Z25.
N956 X-16. Y-80.2
N958 Z10.
N960 G1 Z-4.95 F100.
N962 Y-64.2 F900.
N964 G2 X0. Y-48.2 R16.
N966 G1 X50.
N968 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N970 G1 Y40.
N972 G3 X50. Y48.2 R8.2
N974 G1 X-50.
N976 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N978 G1 Y-40.
N980 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N982 G1 X0.
N984 G2 X16. Y-64.2 R16.
N986 G1 Y-80.2
N988 G0 Z25.
N990 X-16. Y-100.2
N992 Z10.
N994 G1 Z-5.94 F100.
N996 Y-84.2 F900.
N998 G2 X0. Y-68.2 R16.
N1000 G1 X50.
N1002 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N1004 G1 Y40.
N1006 G3 X50. Y68.2 R28.2
N1008 G1 X-50.
N1010 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N1012 G1 Y-40.
N1014 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N1016 G1 X0.
N1018 G2 X16. Y-84.2 R16.

```
N1020 G1 Y-100.2
N1022 G0 Z25.
N1024 X-16. Y-95.2
N1026 Z10.
N1028 G1 Z-5.94 F100.
N1030 Y-79.2 F900.
N1032 G2 X0. Y-63.2 R16.
N1034 G1 X50.
N1036 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N1038 G1 Y40.
N1040 G3 X50. Y63.2 R23.2
N1042 G1 X-50.
N1044 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N1046 G1 Y-40.
N1048 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N1050 G1 X0.
N1052 G2 X16. Y-79.2 R16.
N1054 G1 Y-95.2
N1056 G0 Z25.
N1058 X-16. Y-90.2
N1060 Z10.
N1062 G1 Z-5.94 F100.
N1064 Y-74.2 F900.
N1066 G2 X0. Y-58.2 R16.
N1068 G1 X50.
N1070 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N1072 G1 Y40.
N1074 G3 X50. Y58.2 R18.2
N1076 G1 X-50.
N1078 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N1080 G1 Y-40.
N1082 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N1084 G1 X0.
N1086 G2 X16. Y-74.2 R16.
N1088 G1 Y-90.2
N1090 G0 Z25.
N1092 X-16. Y-85.2
N1094 Z10.
N1096 G1 Z-5.94 F100.
N1098 Y-69.2 F900.
N1100 G2 X0. Y-53.2 R16.
N1102 G1 X50.
N1104 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N1106 G1 Y40.
N1108 G3 X50. Y53.2 R13.2
N1110 G1 X-50.
N1112 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N1114 G1 Y-40.
N1116 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N1118 G1 X0.
N1120 G2 X16. Y-69.2 R16.
N1122 G1 Y-85.2
```

```
N1124 G0 Z25.
N1126 X-16. Y-80.2
N1128 Z10.
N1130 G1 Z-5.94 F100.
N1132 Y-64.2 F900.
N1134 G2 X0. Y-48.2 R16.
N1136 G1 X50.
N1138 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N1140 G1 Y40.
N1142 G3 X50. Y48.2 R8.2
N1144 G1 X-50.
N1146 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N1148 G1 Y-40.
N1150 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N1152 G1 X0.
N1154 G2 X16. Y-64.2 R16.
N1156 G1 Y-80.2
N1158 G0 Z25.
N1160 X-16. Y-100.2
N1162 Z10.
N1164 G1 Z-6.93 F100.
N1166 Y-84.2 F900.
N1168 G2 X0. Y-68.2 R16.
N1170 G1 X50.
N1172 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N1174 G1 Y40.
N1176 G3 X50. Y68.2 R28.2
N1178 G1 X-50.
N1180 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N1182 G1 Y-40.
N1184 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N1186 G1 X0.
N1188 G2 X16. Y-84.2 R16.
N1190 G1 Y-100.2
N1192 G0 Z25.
N1194 X-16. Y-95.2
N1196 Z10.
N1198 G1 Z-6.93 F100.
N1200 Y-79.2 F900.
N1202 G2 X0. Y-63.2 R16.
N1204 G1 X50.
N1206 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N1208 G1 Y40.
N1210 G3 X50. Y63.2 R23.2
N1212 G1 X-50.
N1214 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N1216 G1 Y-40.
N1218 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N1220 G1 X0.
N1222 G2 X16. Y-79.2 R16.
N1224 G1 Y-95.2
N1226 G0 Z25.
```

```
N1228 X-16. Y-90.2
N1230 Z10.
N1232 G1 Z-6.93 F100.
N1234 Y-74.2 F900.
N1236 G2 X0. Y-58.2 R16.
N1238 G1 X50.
N1240 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N1242 G1 Y40.
N1244 G3 X50. Y58.2 R18.2
N1246 G1 X-50.
N1248 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N1250 G1 Y-40.
N1252 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N1254 G1 X0.
N1256 G2 X16. Y-74.2 R16.
N1258 G1 Y-90.2
N1260 G0 Z25.
N1262 X-16. Y-85.2
N1264 Z10.
N1266 G1 Z-6.93 F100.
N1268 Y-69.2 F900.
N1270 G2 X0. Y-53.2 R16.
N1272 G1 X50.
N1274 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N1276 G1 Y40.
N1278 G3 X50. Y53.2 R13.2
N1280 G1 X-50.
N1282 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N1284 G1 Y-40.
N1286 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N1288 G1 X0.
N1290 G2 X16. Y-69.2 R16.
N1292 G1 Y-85.2
N1294 G0 Z25.
N1296 X-16. Y-80.2
N1298 Z10.
N1300 G1 Z-6.93 F100.
N1302 Y-64.2 F900.
N1304 G2 X0. Y-48.2 R16.
N1306 G1 X50.
N1308 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N1310 G1 Y40.
N1312 G3 X50. Y48.2 R8.2
N1314 G1 X-50.
N1316 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N1318 G1 Y-40.
N1320 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N1322 G1 X0.
N1324 G2 X16. Y-64.2 R16.
N1326 G1 Y-80.2
N1328 G0 Z25.
N1330 X-16. Y-100.2
```

N1332 Z10.
N1334 G1 Z-7.92 F100.
N1336 Y-84.2 F900.
N1338 G2 X0. Y-68.2 R16.
N1340 G1 X50.
N1342 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N1344 G1 Y40.
N1346 G3 X50. Y68.2 R28.2
N1348 G1 X-50.
N1350 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N1352 G1 Y-40.
N1354 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N1356 G1 X0.
N1358 G2 X16. Y-84.2 R16.
N1360 G1 Y-100.2
N1362 G0 Z25.
N1364 X-16. Y-95.2
N1366 Z10.
N1368 G1 Z-7.92 F100.
N1370 Y-79.2 F900.
N1372 G2 X0. Y-63.2 R16.
N1374 G1 X50.
N1376 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N1378 G1 Y40.
N1380 G3 X50. Y63.2 R23.2
N1382 G1 X-50.
N1384 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N1386 G1 Y-40.
N1388 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N1390 G1 X0.
N1392 G2 X16. Y-79.2 R16.
N1394 G1 Y-95.2
N1396 G0 Z25.
N1398 X-16. Y-90.2
N1400 Z10.
N1402 G1 Z-7.92 F100.
N1404 Y-74.2 F900.
N1406 G2 X0. Y-58.2 R16.
N1408 G1 X50.
N1410 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N1412 G1 Y40.
N1414 G3 X50. Y58.2 R18.2
N1416 G1 X-50.
N1418 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N1420 G1 Y-40.
N1422 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N1424 G1 X0.
N1426 G2 X16. Y-74.2 R16.
N1428 G1 Y-90.2
N1430 G0 Z25.
N1432 X-16. Y-85.2
N1434 Z10.

N1436 G1 Z-7.92 F100.
N1438 Y-69.2 F900.
N1440 G2 X0. Y-53.2 R16.
N1442 G1 X50.
N1444 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N1446 G1 Y40.
N1448 G3 X50. Y53.2 R13.2
N1450 G1 X-50.
N1452 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N1454 G1 Y-40.
N1456 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N1458 G1 X0.
N1460 G2 X16. Y-69.2 R16.
N1462 G1 Y-85.2
N1464 G0 Z25.
N1466 X-16. Y-80.2
N1468 Z10.
N1470 G1 Z-7.92 F100.
N1472 Y-64.2 F900.
N1474 G2 X0. Y-48.2 R16.
N1476 G1 X50.
N1478 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N1480 G1 Y40.
N1482 G3 X50. Y48.2 R8.2
N1484 G1 X-50.
N1486 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N1488 G1 Y-40.
N1490 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N1492 G1 X0.
N1494 G2 X16. Y-64.2 R16.
N1496 G1 Y-80.2
N1498 G0 Z25.
N1500 X-16. Y-100.2
N1502 Z10.
N1504 G1 Z-8.91 F100.
N1506 Y-84.2 F900.
N1508 G2 X0. Y-68.2 R16.
N1510 G1 X50.
N1512 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N1514 G1 Y40.
N1516 G3 X50. Y68.2 R28.2
N1518 G1 X-50.
N1520 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N1522 G1 Y-40.
N1524 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N1526 G1 X0.
N1528 G2 X16. Y-84.2 R16.
N1530 G1 Y-100.2
N1532 G0 Z25.
N1534 X-16. Y-95.2
N1536 Z10.
N1538 G1 Z-8.91 F100.

N1540 Y-79.2 F900.
N1542 G2 X0. Y-63.2 R16.
N1544 G1 X50.
N1546 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N1548 G1 Y40.
N1550 G3 X50. Y63.2 R23.2
N1552 G1 X-50.
N1554 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N1556 G1 Y-40.
N1558 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N1560 G1 X0.
N1562 G2 X16. Y-79.2 R16.
N1564 G1 Y-95.2
N1566 G0 Z25.
N1568 X-16. Y-90.2
N1570 Z10.
N1572 G1 Z-8.91 F100.
N1574 Y-74.2 F900.
N1576 G2 X0. Y-58.2 R16.
N1578 G1 X50.
N1580 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N1582 G1 Y40.
N1584 G3 X50. Y58.2 R18.2
N1586 G1 X-50.
N1588 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N1590 G1 Y-40.
N1592 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N1594 G1 X0.
N1596 G2 X16. Y-74.2 R16.
N1598 G1 Y-90.2
N1600 G0 Z25.
N1602 X-16. Y-85.2
N1604 Z10.
N1606 G1 Z-8.91 F100.
N1608 Y-69.2 F900.
N1610 G2 X0. Y-53.2 R16.
N1612 G1 X50.
N1614 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N1616 G1 Y40.
N1618 G3 X50. Y53.2 R13.2
N1620 G1 X-50.
N1622 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N1624 G1 Y-40.
N1626 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N1628 G1 X0.
N1630 G2 X16. Y-69.2 R16.
N1632 G1 Y-85.2
N1634 G0 Z25.
N1636 X-16. Y-80.2
N1638 Z10.
N1640 G1 Z-8.91 F100.
N1642 Y-64.2 F900.

```
N1644 G2 X0. Y-48.2 R16.
N1646 G1 X50.
N1648 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N1650 G1 Y40.
N1652 G3 X50. Y48.2 R8.2
N1654 G1 X-50.
N1656 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N1658 G1 Y-40.
N1660 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N1662 G1 X0.
N1664 G2 X16. Y-64.2 R16.
N1666 G1 Y-80.2
N1668 G0 Z25.
N1670 X-16. Y-100.2
N1672 Z10.
N1674 G1 Z-9.9 F100.
N1676 Y-84.2 F900.
N1678 G2 X0. Y-68.2 R16.
N1680 G1 X50.
N1682 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N1684 G1 Y40.
N1686 G3 X50. Y68.2 R28.2
N1688 G1 X-50.
N1690 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N1692 G1 Y-40.
N1694 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N1696 G1 X0.
N1698 G2 X16. Y-84.2 R16.
N1700 G1 Y-100.2
N1702 G0 Z25.
N1704 X-16. Y-95.2
N1706 Z10.
N1708 G1 Z-9.9 F100.
N1710 Y-79.2 F900.
N1712 G2 X0. Y-63.2 R16.
N1714 G1 X50.
N1716 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N1718 G1 Y40.
N1720 G3 X50. Y63.2 R23.2
N1722 G1 X-50.
N1724 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N1726 G1 Y-40.
N1728 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N1730 G1 X0.
N1732 G2 X16. Y-79.2 R16.
N1734 G1 Y-95.2
N1736 G0 Z25.
N1738 X-16. Y-90.2
N1740 Z10.
N1742 G1 Z-9.9 F100.
N1744 Y-74.2 F900.
N1746 G2 X0. Y-58.2 R16.
```

N1748 G1 X50.
N1750 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N1752 G1 Y40.
N1754 G3 X50. Y58.2 R18.2
N1756 G1 X-50.
N1758 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N1760 G1 Y-40.
N1762 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N1764 G1 X0.
N1766 G2 X16. Y-74.2 R16.
N1768 G1 Y-90.2
N1770 G0 Z25.
N1772 X-16. Y-85.2
N1774 Z10.
N1776 G1 Z-9.9 F100.
N1778 Y-69.2 F900.
N1780 G2 X0. Y-53.2 R16.
N1782 G1 X50.
N1784 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N1786 G1 Y40.
N1788 G3 X50. Y53.2 R13.2
N1790 G1 X-50.
N1792 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N1794 G1 Y-40.
N1796 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N1798 G1 X0.
N1800 G2 X16. Y-69.2 R16.
N1802 G1 Y-85.2
N1804 G0 Z25.
N1806 X-16. Y-80.2
N1808 Z10.
N1810 G1 Z-9.9 F100.
N1812 Y-64.2 F900.
N1814 G2 X0. Y-48.2 R16.
N1816 G1 X50.
N1818 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N1820 G1 Y40.
N1822 G3 X50. Y48.2 R8.2
N1824 G1 X-50.
N1826 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N1828 G1 Y-40.
N1830 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N1832 G1 X0.
N1834 G2 X16. Y-64.2 R16.
N1836 G1 Y-80.2
N1838 G0 Z25.
N1840 X-16. Y-100.2
N1842 Z10.
N1844 G1 Z-10.89 F100.
N1846 Y-84.2 F900.
N1848 G2 X0. Y-68.2 R16.
N1850 G1 X50.

N1852 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N1854 G1 Y40.
N1856 G3 X50. Y68.2 R28.2
N1858 G1 X-50.
N1860 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N1862 G1 Y-40.
N1864 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N1866 G1 X0.
N1868 G2 X16. Y-84.2 R16.
N1870 G1 Y-100.2
N1872 G0 Z25.
N1874 X-16. Y-95.2
N1876 Z10.
N1878 G1 Z-10.89 F100.
N1880 Y-79.2 F900.
N1882 G2 X0. Y-63.2 R16.
N1884 G1 X50.
N1886 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N1888 G1 Y40.
N1890 G3 X50. Y63.2 R23.2
N1892 G1 X-50.
N1894 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N1896 G1 Y-40.
N1898 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N1900 G1 X0.
N1902 G2 X16. Y-79.2 R16.
N1904 G1 Y-95.2
N1906 G0 Z25.
N1908 X-16. Y-90.2
N1910 Z10.
N1912 G1 Z-10.89 F100.
N1914 Y-74.2 F900.
N1916 G2 X0. Y-58.2 R16.
N1918 G1 X50.
N1920 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N1922 G1 Y40.
N1924 G3 X50. Y58.2 R18.2
N1926 G1 X-50.
N1928 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N1930 G1 Y-40.
N1932 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N1934 G1 X0.
N1936 G2 X16. Y-74.2 R16.
N1938 G1 Y-90.2
N1940 G0 Z25.
N1942 X-16. Y-85.2
N1944 Z10.
N1946 G1 Z-10.89 F100.
N1948 Y-69.2 F900.
N1950 G2 X0. Y-53.2 R16.
N1952 G1 X50.
N1954 G3 X63.2 Y-40. R13.2

N1956 G1 Y40.
N1958 G3 X50. Y53.2 R13.2
N1960 G1 X-50.
N1962 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N1964 G1 Y-40.
N1966 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N1968 G1 X0.
N1970 G2 X16. Y-69.2 R16.
N1972 G1 Y-85.2
N1974 G0 Z25.
N1976 X-16. Y-80.2
N1978 Z10.
N1980 G1 Z-10.89 F100.
N1982 Y-64.2 F900.
N1984 G2 X0. Y-48.2 R16.
N1986 G1 X50.
N1988 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N1990 G1 Y40.
N1992 G3 X50. Y48.2 R8.2
N1994 G1 X-50.
N1996 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N1998 G1 Y-40.
N2000 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N2002 G1 X0.
N2004 G2 X16. Y-64.2 R16.
N2006 G1 Y-80.2
N2008 G0 Z25.
N2010 X-16. Y-100.2
N2012 Z10.
N2014 G1 Z-11.88 F100.
N2016 Y-84.2 F900.
N2018 G2 X0. Y-68.2 R16.
N2020 G1 X50.
N2022 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N2024 G1 Y40.
N2026 G3 X50. Y68.2 R28.2
N2028 G1 X-50.
N2030 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N2032 G1 Y-40.
N2034 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N2036 G1 X0.
N2038 G2 X16. Y-84.2 R16.
N2040 G1 Y-100.2
N2042 G0 Z25.
N2044 X-16. Y-95.2
N2046 Z10.
N2048 G1 Z-11.88 F100.
N2050 Y-79.2 F900.
N2052 G2 X0. Y-63.2 R16.
N2054 G1 X50.
N2056 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N2058 G1 Y40.

```
N2060 G3 X50. Y63.2 R23.2
N2062 G1 X-50.
N2064 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N2066 G1 Y-40.
N2068 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N2070 G1 X0.
N2072 G2 X16. Y-79.2 R16.
N2074 G1 Y-95.2
N2076 G0 Z25.
N2078 X-16. Y-90.2
N2080 Z10.
N2082 G1 Z-11.88 F100.
N2084 Y-74.2 F900.
N2086 G2 X0. Y-58.2 R16.
N2088 G1 X50.
N2090 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N2092 G1 Y40.
N2094 G3 X50. Y58.2 R18.2
N2096 G1 X-50.
N2098 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N2100 G1 Y-40.
N2102 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N2104 G1 X0.
N2106 G2 X16. Y-74.2 R16.
N2108 G1 Y-90.2
N2110 G0 Z25.
N2112 X-16. Y-85.2
N2114 Z10.
N2116 G1 Z-11.88 F100.
N2118 Y-69.2 F900.
N2120 G2 X0. Y-53.2 R16.
N2122 G1 X50.
N2124 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N2126 G1 Y40.
N2128 G3 X50. Y53.2 R13.2
N2130 G1 X-50.
N2132 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N2134 G1 Y-40.
N2136 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N2138 G1 X0.
N2140 G2 X16. Y-69.2 R16.
N2142 G1 Y-85.2
N2144 G0 Z25.
N2146 X-16. Y-80.2
N2148 Z10.
N2150 G1 Z-11.88 F100.
N2152 Y-64.2 F900.
N2154 G2 X0. Y-48.2 R16.
N2156 G1 X50.
N2158 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N2160 G1 Y40.
N2162 G3 X50. Y48.2 R8.2
```

N2164 G1 X-50.
N2166 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N2168 G1 Y-40.
N2170 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N2172 G1 X0.
N2174 G2 X16. Y-64.2 R16.
N2176 G1 Y-80.2
N2178 G0 Z25.
N2180 X-16. Y-100.2
N2182 Z10.
N2184 G1 Z-12.87 F100.
N2186 Y-84.2 F900.
N2188 G2 X0. Y-68.2 R16.
N2190 G1 X50.
N2192 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N2194 G1 Y40.
N2196 G3 X50. Y68.2 R28.2
N2198 G1 X-50.
N2200 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N2202 G1 Y-40.
N2204 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N2206 G1 X0.
N2208 G2 X16. Y-84.2 R16.
N2210 G1 Y-100.2
N2212 G0 Z25.
N2214 X-16. Y-95.2
N2216 Z10.
N2218 G1 Z-12.87 F100.
N2220 Y-79.2 F900.
N2222 G2 X0. Y-63.2 R16.
N2224 G1 X50.
N2226 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N2228 G1 Y40.
N2230 G3 X50. Y63.2 R23.2
N2232 G1 X-50.
N2234 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N2236 G1 Y-40.
N2238 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N2240 G1 X0.
N2242 G2 X16. Y-79.2 R16.
N2244 G1 Y-95.2
N2246 G0 Z25.
N2248 X-16. Y-90.2
N2250 Z10.
N2252 G1 Z-12.87 F100.
N2254 Y-74.2 F900.
N2256 G2 X0. Y-58.2 R16.
N2258 G1 X50.
N2260 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N2262 G1 Y40.
N2264 G3 X50. Y58.2 R18.2
N2266 G1 X-50.

N2268 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N2270 G1 Y-40.
N2272 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N2274 G1 X0.
N2276 G2 X16. Y-74.2 R16.
N2278 G1 Y-90.2
N2280 G0 Z25.
N2282 X-16. Y-85.2
N2284 Z10.
N2286 G1 Z-12.87 F100.
N2288 Y-69.2 F900.
N2290 G2 X0. Y-53.2 R16.
N2292 G1 X50.
N2294 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N2296 G1 Y40.
N2298 G3 X50. Y53.2 R13.2
N2300 G1 X-50.
N2302 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N2304 G1 Y-40.
N2306 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N2308 G1 X0.
N2310 G2 X16. Y-69.2 R16.
N2312 G1 Y-85.2
N2314 G0 Z25.
N2316 X-16. Y-80.2
N2318 Z10.
N2320 G1 Z-12.87 F100.
N2322 Y-64.2 F900.
N2324 G2 X0. Y-48.2 R16.
N2326 G1 X50.
N2328 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N2330 G1 Y40.
N2332 G3 X50. Y48.2 R8.2
N2334 G1 X-50.
N2336 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N2338 G1 Y-40.
N2340 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N2342 G1 X0.
N2344 G2 X16. Y-64.2 R16.
N2346 G1 Y-80.2
N2348 G0 Z25.
N2350 X-16. Y-100.2
N2352 Z10.
N2354 G1 Z-13.86 F100.
N2356 Y-84.2 F900.
N2358 G2 X0. Y-68.2 R16.
N2360 G1 X50.
N2362 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N2364 G1 Y40.
N2366 G3 X50. Y68.2 R28.2
N2368 G1 X-50.
N2370 G3 X-78.2 Y40. R28.2

```
N2372 G1 Y-40.
N2374 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N2376 G1 X0.
N2378 G2 X16. Y-84.2 R16.
N2380 G1 Y-100.2
N2382 G0 Z25.
N2384 X-16. Y-95.2
N2386 Z10.
N2388 G1 Z-13.86 F100.
N2390 Y-79.2 F900.
N2392 G2 X0. Y-63.2 R16.
N2394 G1 X50.
N2396 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N2398 G1 Y40.
N2400 G3 X50. Y63.2 R23.2
N2402 G1 X-50.
N2404 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N2406 G1 Y-40.
N2408 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N2410 G1 X0.
N2412 G2 X16. Y-79.2 R16.
N2414 G1 Y-95.2
N2416 G0 Z25.
N2418 X-16. Y-90.2
N2420 Z10.
N2422 G1 Z-13.86 F100.
N2424 Y-74.2 F900.
N2426 G2 X0. Y-58.2 R16.
N2428 G1 X50.
N2430 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N2432 G1 Y40.
N2434 G3 X50. Y58.2 R18.2
N2436 G1 X-50.
N2438 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N2440 G1 Y-40.
N2442 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N2444 G1 X0.
N2446 G2 X16. Y-74.2 R16.
N2448 G1 Y-90.2
N2450 G0 Z25.
N2452 X-16. Y-85.2
N2454 Z10.
N2456 G1 Z-13.86 F100.
N2458 Y-69.2 F900.
N2460 G2 X0. Y-53.2 R16.
N2462 G1 X50.
N2464 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N2466 G1 Y40.
N2468 G3 X50. Y53.2 R13.2
N2470 G1 X-50.
N2472 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N2474 G1 Y-40.
```

N2476 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N2478 G1 X0.
N2480 G2 X16. Y-69.2 R16.
N2482 G1 Y-85.2
N2484 G0 Z25.
N2486 X-16. Y-80.2
N2488 Z10.
N2490 G1 Z-13.86 F100.
N2492 Y-64.2 F900.
N2494 G2 X0. Y-48.2 R16.
N2496 G1 X50.
N2498 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N2500 G1 Y40.
N2502 G3 X50. Y48.2 R8.2
N2504 G1 X-50.
N2506 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N2508 G1 Y-40.
N2510 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N2512 G1 X0.
N2514 G2 X16. Y-64.2 R16.
N2516 G1 Y-80.2
N2518 G0 Z25.
N2520 X-16. Y-100.2
N2522 Z10.
N2524 G1 Z-14.85 F100.
N2526 Y-84.2 F900.
N2528 G2 X0. Y-68.2 R16.
N2530 G1 X50.
N2532 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N2534 G1 Y40.
N2536 G3 X50. Y68.2 R28.2
N2538 G1 X-50.
N2540 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N2542 G1 Y-40.
N2544 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N2546 G1 X0.
N2548 G2 X16. Y-84.2 R16.
N2550 G1 Y-100.2
N2552 G0 Z25.
N2554 X-16. Y-95.2
N2556 Z10.
N2558 G1 Z-14.85 F100.
N2560 Y-79.2 F900.
N2562 G2 X0. Y-63.2 R16.
N2564 G1 X50.
N2566 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N2568 G1 Y40.
N2570 G3 X50. Y63.2 R23.2
N2572 G1 X-50.
N2574 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N2576 G1 Y-40.
N2578 G3 X-50. Y-63.2 R23.2

```
N2580 G1 X0.
N2582 G2 X16. Y-79.2 R16.
N2584 G1 Y-95.2
N2586 G0 Z25.
N2588 X-16. Y-90.2
N2590 Z10.
N2592 G1 Z-14.85 F100.
N2594 Y-74.2 F900.
N2596 G2 X0. Y-58.2 R16.
N2598 G1 X50.
N2600 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N2602 G1 Y40.
N2604 G3 X50. Y58.2 R18.2
N2606 G1 X-50.
N2608 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N2610 G1 Y-40.
N2612 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N2614 G1 X0.
N2616 G2 X16. Y-74.2 R16.
N2618 G1 Y-90.2
N2620 G0 Z25.
N2622 X-16. Y-85.2
N2624 Z10.
N2626 G1 Z-14.85 F100.
N2628 Y-69.2 F900.
N2630 G2 X0. Y-53.2 R16.
N2632 G1 X50.
N2634 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N2636 G1 Y40.
N2638 G3 X50. Y53.2 R13.2
N2640 G1 X-50.
N2642 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N2644 G1 Y-40.
N2646 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N2648 G1 X0.
N2650 G2 X16. Y-69.2 R16.
N2652 G1 Y-85.2
N2654 G0 Z25.
N2656 X-16. Y-80.2
N2658 Z10.
N2660 G1 Z-14.85 F100.
N2662 Y-64.2 F900.
N2664 G2 X0. Y-48.2 R16.
N2666 G1 X50.
N2668 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N2670 G1 Y40.
N2672 G3 X50. Y48.2 R8.2
N2674 G1 X-50.
N2676 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N2678 G1 Y-40.
N2680 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N2682 G1 X0.
```

N2684 G2 X16. Y-64.2 R16.
N2686 G1 Y-80.2
N2688 G0 Z25.
N2690 X-16. Y-100.2
N2692 Z10.
N2694 G1 Z-15.84 F100.
N2696 Y-84.2 F900.
N2698 G2 X0. Y-68.2 R16.
N2700 G1 X50.
N2702 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N2704 G1 Y40.
N2706 G3 X50. Y68.2 R28.2
N2708 G1 X-50.
N2710 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N2712 G1 Y-40.
N2714 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N2716 G1 X0.
N2718 G2 X16. Y-84.2 R16.
N2720 G1 Y-100.2
N2722 G0 Z25.
N2724 X-16. Y-95.2
N2726 Z10.
N2728 G1 Z-15.84 F100.
N2730 Y-79.2 F900.
N2732 G2 X0. Y-63.2 R16.
N2734 G1 X50.
N2736 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N2738 G1 Y40.
N2740 G3 X50. Y63.2 R23.2
N2742 G1 X-50.
N2744 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N2746 G1 Y-40.
N2748 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N2750 G1 X0.
N2752 G2 X16. Y-79.2 R16.
N2754 G1 Y-95.2
N2756 G0 Z25.
N2758 X-16. Y-90.2
N2760 Z10.
N2762 G1 Z-15.84 F100.
N2764 Y-74.2 F900.
N2766 G2 X0. Y-58.2 R16.
N2768 G1 X50.
N2770 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N2772 G1 Y40.
N2774 G3 X50. Y58.2 R18.2
N2776 G1 X-50.
N2778 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N2780 G1 Y-40.
N2782 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N2784 G1 X0.
N2786 G2 X16. Y-74.2 R16.

```
N2788 G1 Y-90.2
N2790 G0 Z25.
N2792 X-16. Y-85.2
N2794 Z10.
N2796 G1 Z-15.84 F100.
N2798 Y-69.2 F900.
N2800 G2 X0. Y-53.2 R16.
N2802 G1 X50.
N2804 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N2806 G1 Y40.
N2808 G3 X50. Y53.2 R13.2
N2810 G1 X-50.
N2812 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N2814 G1 Y-40.
N2816 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N2818 G1 X0.
N2820 G2 X16. Y-69.2 R16.
N2822 G1 Y-85.2
N2824 G0 Z25.
N2826 X-16. Y-80.2
N2828 Z10.
N2830 G1 Z-15.84 F100.
N2832 Y-64.2 F900.
N2834 G2 X0. Y-48.2 R16.
N2836 G1 X50.
N2838 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N2840 G1 Y40.
N2842 G3 X50. Y48.2 R8.2
N2844 G1 X-50.
N2846 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N2848 G1 Y-40.
N2850 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N2852 G1 X0.
N2854 G2 X16. Y-64.2 R16.
N2856 G1 Y-80.2
N2858 G0 Z25.
N2860 X-16. Y-100.2
N2862 Z10.
N2864 G1 Z-16.83 F100.
N2866 Y-84.2 F900.
N2868 G2 X0. Y-68.2 R16.
N2870 G1 X50.
N2872 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N2874 G1 Y40.
N2876 G3 X50. Y68.2 R28.2
N2878 G1 X-50.
N2880 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N2882 G1 Y-40.
N2884 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N2886 G1 X0.
N2888 G2 X16. Y-84.2 R16.
N2890 G1 Y-100.2
```

```
N2892 G0 Z25.
N2894 X-16. Y-95.2
N2896 Z10.
N2898 G1 Z-16.83 F100.
N2900 Y-79.2 F900.
N2902 G2 X0. Y-63.2 R16.
N2904 G1 X50.
N2906 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N2908 G1 Y40.
N2910 G3 X50. Y63.2 R23.2
N2912 G1 X-50.
N2914 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N2916 G1 Y-40.
N2918 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N2920 G1 X0.
N2922 G2 X16. Y-79.2 R16.
N2924 G1 Y-95.2
N2926 G0 Z25.
N2928 X-16. Y-90.2
N2930 Z10.
N2932 G1 Z-16.83 F100.
N2934 Y-74.2 F900.
N2936 G2 X0. Y-58.2 R16.
N2938 G1 X50.
N2940 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N2942 G1 Y40.
N2944 G3 X50. Y58.2 R18.2
N2946 G1 X-50.
N2948 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N2950 G1 Y-40.
N2952 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N2954 G1 X0.
N2956 G2 X16. Y-74.2 R16.
N2958 G1 Y-90.2
N2960 G0 Z25.
N2962 X-16. Y-85.2
N2964 Z10.
N2966 G1 Z-16.83 F100.
N2968 Y-69.2 F900.
N2970 G2 X0. Y-53.2 R16.
N2972 G1 X50.
N2974 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N2976 G1 Y40.
N2978 G3 X50. Y53.2 R13.2
N2980 G1 X-50.
N2982 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N2984 G1 Y-40.
N2986 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N2988 G1 X0.
N2990 G2 X16. Y-69.2 R16.
N2992 G1 Y-85.2
N2994 G0 Z25.
```

```
N2996 X-16. Y-80.2
N2998 Z10.
N3000 G1 Z-16.83 F100.
N3002 Y-64.2 F900.
N3004 G2 X0. Y-48.2 R16.
N3006 G1 X50.
N3008 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N3010 G1 Y40.
N3012 G3 X50. Y48.2 R8.2
N3014 G1 X-50.
N3016 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N3018 G1 Y-40.
N3020 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N3022 G1 X0.
N3024 G2 X16. Y-64.2 R16.
N3026 G1 Y-80.2
N3028 G0 Z25.
N3030 X-16. Y-100.2
N3032 Z10.
N3034 G1 Z-17.82 F100.
N3036 Y-84.2 F900.
N3038 G2 X0. Y-68.2 R16.
N3040 G1 X50.
N3042 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N3044 G1 Y40.
N3046 G3 X50. Y68.2 R28.2
N3048 G1 X-50.
N3050 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N3052 G1 Y-40.
N3054 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N3056 G1 X0.
N3058 G2 X16. Y-84.2 R16.
N3060 G1 Y-100.2
N3062 G0 Z25.
N3064 X-16. Y-95.2
N3066 Z10.
N3068 G1 Z-17.82 F100.
N3070 Y-79.2 F900.
N3072 G2 X0. Y-63.2 R16.
N3074 G1 X50.
N3076 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N3078 G1 Y40.
N3080 G3 X50. Y63.2 R23.2
N3082 G1 X-50.
N3084 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N3086 G1 Y-40.
N3088 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N3090 G1 X0.
N3092 G2 X16. Y-79.2 R16.
N3094 G1 Y-95.2
N3096 G0 Z25.
N3098 X-16. Y-90.2
```

```
N3100 Z10.
N3102 G1 Z-17.82 F100.
N3104 Y-74.2 F900.
N3106 G2 X0. Y-58.2 R16.
N3108 G1 X50.
N3110 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N3112 G1 Y40.
N3114 G3 X50. Y58.2 R18.2
N3116 G1 X-50.
N3118 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N3120 G1 Y-40.
N3122 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N3124 G1 X0.
N3126 G2 X16. Y-74.2 R16.
N3128 G1 Y-90.2
N3130 G0 Z25.
N3132 X-16. Y-85.2
N3134 Z10.
N3136 G1 Z-17.82 F100.
N3138 Y-69.2 F900.
N3140 G2 X0. Y-53.2 R16.
N3142 G1 X50.
N3144 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N3146 G1 Y40.
N3148 G3 X50. Y53.2 R13.2
N3150 G1 X-50.
N3152 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N3154 G1 Y-40.
N3156 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N3158 G1 X0.
N3160 G2 X16. Y-69.2 R16.
N3162 G1 Y-85.2
N3164 G0 Z25.
N3166 X-16. Y-80.2
N3168 Z10.
N3170 G1 Z-17.82 F100.
N3172 Y-64.2 F900.
N3174 G2 X0. Y-48.2 R16.
N3176 G1 X50.
N3178 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N3180 G1 Y40.
N3182 G3 X50. Y48.2 R8.2
N3184 G1 X-50.
N3186 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N3188 G1 Y-40.
N3190 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N3192 G1 X0.
N3194 G2 X16. Y-64.2 R16.
N3196 G1 Y-80.2
N3198 G0 Z25.
N3200 X-16. Y-100.2
N3202 Z10.
```

```
N3204 G1 Z-18.81 F100.
N3206 Y-84.2 F900.
N3208 G2 X0. Y-68.2 R16.
N3210 G1 X50.
N3212 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N3214 G1 Y40.
N3216 G3 X50. Y68.2 R28.2
N3218 G1 X-50.
N3220 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N3222 G1 Y-40.
N3224 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N3226 G1 X0.
N3228 G2 X16. Y-84.2 R16.
N3230 G1 Y-100.2
N3232 G0 Z25.
N3234 X-16. Y-95.2
N3236 Z10.
N3238 G1 Z-18.81 F100.
N3240 Y-79.2 F900.
N3242 G2 X0. Y-63.2 R16.
N3244 G1 X50.
N3246 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N3248 G1 Y40.
N3250 G3 X50. Y63.2 R23.2
N3252 G1 X-50.
N3254 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N3256 G1 Y-40.
N3258 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N3260 G1 X0.
N3262 G2 X16. Y-79.2 R16.
N3264 G1 Y-95.2
N3266 G0 Z25.
N3268 X-16. Y-90.2
N3270 Z10.
N3272 G1 Z-18.81 F100.
N3274 Y-74.2 F900.
N3276 G2 X0. Y-58.2 R16.
N3278 G1 X50.
N3280 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N3282 G1 Y40.
N3284 G3 X50. Y58.2 R18.2
N3286 G1 X-50.
N3288 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N3290 G1 Y-40.
N3292 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N3294 G1 X0.
N3296 G2 X16. Y-74.2 R16.
N3298 G1 Y-90.2
N3300 G0 Z25.
N3302 X-16. Y-85.2
N3304 Z10.
N3306 G1 Z-18.81 F100.
```

N3308 Y-69.2 F900.
N3310 G2 X0. Y-53.2 R16.
N3312 G1 X50.
N3314 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N3316 G1 Y40.
N3318 G3 X50. Y53.2 R13.2
N3320 G1 X-50.
N3322 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N3324 G1 Y-40.
N3326 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N3328 G1 X0.
N3330 G2 X16. Y-69.2 R16.
N3332 G1 Y-85.2
N3334 G0 Z25.
N3336 X-16. Y-80.2
N3338 Z10.
N3340 G1 Z-18.81 F100.
N3342 Y-64.2 F900.
N3344 G2 X0. Y-48.2 R16.
N3346 G1 X50.
N3348 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N3350 G1 Y40.
N3352 G3 X50. Y48.2 R8.2
N3354 G1 X-50.
N3356 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N3358 G1 Y-40.
N3360 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N3362 G1 X0.
N3364 G2 X16. Y-64.2 R16.
N3366 G1 Y-80.2
N3368 G0 Z25.
N3370 X-16. Y-100.2
N3372 Z10.
N3374 G1 Z-19.8 F100.
N3376 Y-84.2 F900.
N3378 G2 X0. Y-68.2 R16.
N3380 G1 X50.
N3382 G3 X78.2 Y-40. R28.2
N3384 G1 Y40.
N3386 G3 X50. Y68.2 R28.2
N3388 G1 X-50.
N3390 G3 X-78.2 Y40. R28.2
N3392 G1 Y-40.
N3394 G3 X-50. Y-68.2 R28.2
N3396 G1 X0.
N3398 G2 X16. Y-84.2 R16.
N3400 G1 Y-100.2
N3402 G0 Z25.
N3404 X-16. Y-95.2
N3406 Z10.
N3408 G1 Z-19.8 F100.
N3410 Y-79.2 F900.

N3412 G2 X0. Y-63.2 R16.
N3414 G1 X50.
N3416 G3 X73.2 Y-40. R23.2
N3418 G1 Y40.
N3420 G3 X50. Y63.2 R23.2
N3422 G1 X-50.
N3424 G3 X-73.2 Y40. R23.2
N3426 G1 Y-40.
N3428 G3 X-50. Y-63.2 R23.2
N3430 G1 X0.
N3432 G2 X16. Y-79.2 R16.
N3434 G1 Y-95.2
N3436 G0 Z25.
N3438 X-16. Y-90.2
N3440 Z10.
N3442 G1 Z-19.8 F100.
N3444 Y-74.2 F900.
N3446 G2 X0. Y-58.2 R16.
N3448 G1 X50.
N3450 G3 X68.2 Y-40. R18.2
N3452 G1 Y40.
N3454 G3 X50. Y58.2 R18.2
N3456 G1 X-50.
N3458 G3 X-68.2 Y40. R18.2
N3460 G1 Y-40.
N3462 G3 X-50. Y-58.2 R18.2
N3464 G1 X0.
N3466 G2 X16. Y-74.2 R16.
N3468 G1 Y-90.2
N3470 G0 Z25.
N3472 X-16. Y-85.2
N3474 Z10.
N3476 G1 Z-19.8 F100.
N3478 Y-69.2 F900.
N3480 G2 X0. Y-53.2 R16.
N3482 G1 X50.
N3484 G3 X63.2 Y-40. R13.2
N3486 G1 Y40.
N3488 G3 X50. Y53.2 R13.2
N3490 G1 X-50.
N3492 G3 X-63.2 Y40. R13.2
N3494 G1 Y-40.
N3496 G3 X-50. Y-53.2 R13.2
N3498 G1 X0.
N3500 G2 X16. Y-69.2 R16.
N3502 G1 Y-85.2
N3504 G0 Z25.
N3506 X-16. Y-80.2
N3508 Z10.
N3510 G1 Z-19.8 F100.
N3512 Y-64.2 F900.
N3514 G2 X0. Y-48.2 R16.

```
N3516 G1 X50.
N3518 G3 X58.2 Y-40. R8.2
N3520 G1 Y40.
N3522 G3 X50. Y48.2 R8.2
N3524 G1 X-50.
N3526 G3 X-58.2 Y40. R8.2
N3528 G1 Y-40.
N3530 G3 X-50. Y-48.2 R8.2
N3532 G1 X0.
N3534 G2 X16. Y-64.2 R16.
N3536 G1 Y-80.2
N3538 G0 Z25.
N3540 M5
N3542 G91 G28 Z0.
N3544 M01
N3546 T4 M6
N3548 G0 G90 G54 X0. Y0. S500 M3
N3550 G43 H4 Z25.
N3552 G99 G83 Z-20. R25. Q5. F200.
N3554 G80
N3556 M5
N3558 G91 G28 Z0.
N3560 G28 X0. Y0.
N3562 M30
```

O1001

```
N100 X72.5 F600.
N102 Y13.333
N104 X-72.5
N106 Y-13.333
N108 X72.5
N110 Y-39.998
N112 X-91.25
N114 M99
```

O1002

```
N100 X72.5 F600.
N102 Y-13.333
N104 X-72.5
N106 Y13.333
N108 X72.5
N110 Y39.998
N112 X-91.25
N114 M99
```

%

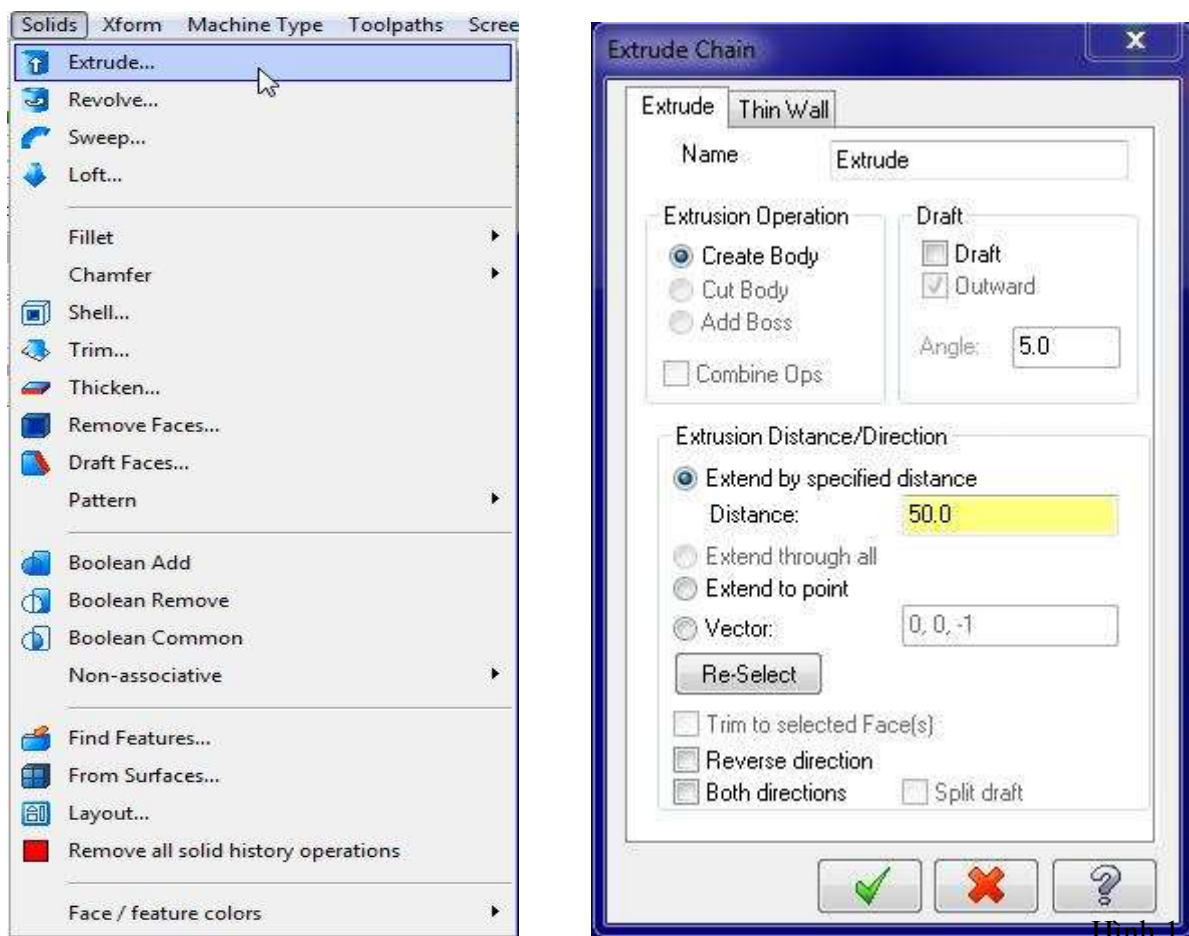
PHẦN III. THIẾT KẾ VÀ GIA CÔNG HÌNH HỌC 3D

CHƯƠNG I

CƠ SỞ XÂY DỰNG HÌNH HỌC 3D

I. Thiết kế hình học 3D ở dạng Solid (hình khối).

MasterCAM X6 cung cấp cho chúng ta một nhóm các thông số công cụ để tạo ra các hình khối 3D. Ta sử dụng các công cụ 3D này để tạo ra các bề mặt phôi có dạng 3D khác nhau. MasterCAM X6 sẽ cung cấp cho chúng ta các công cụ sau: **Solid Extrude**, **Solid Revolve**, **Solid Sweep**, **Solid Loft** (như hình dưới).



Hình 1

1. Công cụ Solid Extrude.

Công cụ Extrude được sử dụng để tạo khối, nó có chức năng kéo dài đối tượng vẽ phác 2D thành vật thể khối.

❖ Các bước thực hiện như sau:

- Tạo đối tượng 2D bằng các công cụ 2D trên MasterCAM X6.

- Vào menu Solid > Solid Extrude. Pick chọn đối tượng 2D, rồi nhấn OK, xuất hiện hộp thoại Extrude Chain như hình 1.

Trong đó:

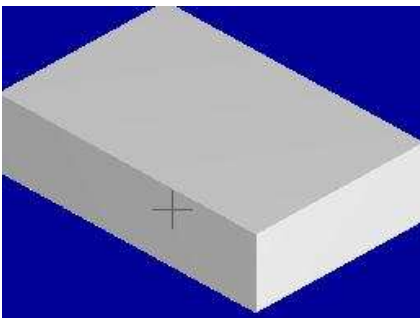
 Extrude:

- **Extrusion operation**

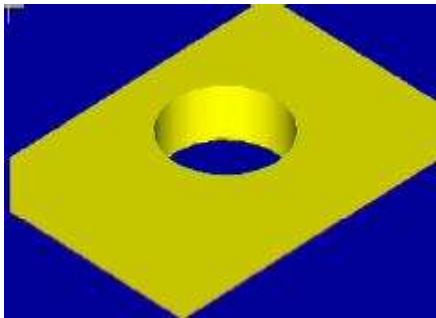
Creat body: Tạo vật thể khối.(Hình2a)

Cut body: Tạo khối cắt đối tượng đã có sẵn.(Hình 2b)

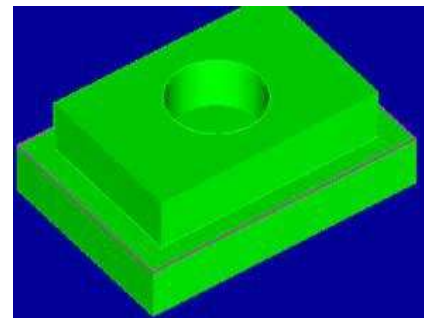
Add boss: Tạo khối mới cộng thêm vào đối tượng cũ.(Hình 2c)



Hình 2a



Hình 2b



Hình 2c

- **Extrusion distance/ direction**

Extend by specified distance: Nhập vào chiều cao khối.

Extend though all(dùng cho cut body): Cắt hết toàn khối.

Extend to point: Kéo chiều cao đến một điểm nào đó.

Vector: Xác định chiều cao bằng vectơ.

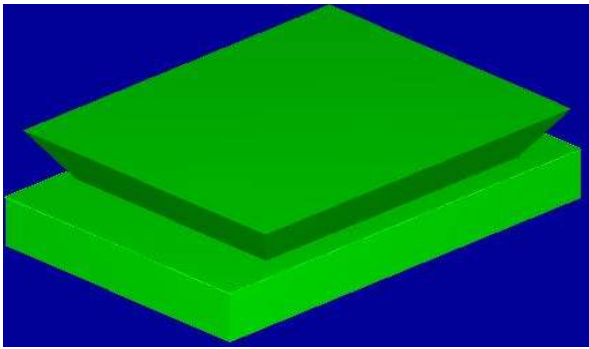
Re-select: Thay đổi hướng kéo của vật thể. Ta có thể tùy chọn thay đổi bằng Công cụ để được hướng thích hợp



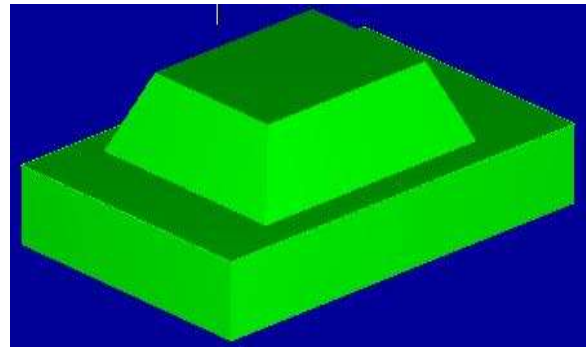
- **Draft:** Tạo khối vát với một góc cho trước:

Pick chọn Outward.(Hình 3a)

Không chọn **Outward.** (Hình 3b)



Hình 3a



Hình 3b



Thin wall:

Khi bạn đánh dấu vào **Thin wall solid** có 3 mặc định để chọn:

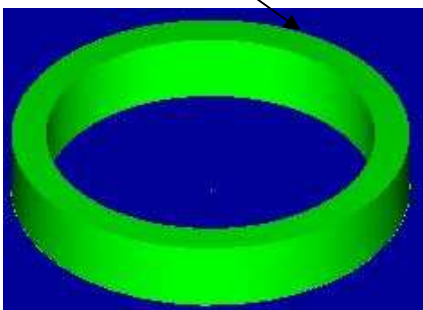


Thicken Inward: tạo thành mỏng bên trong .(Hình 4a)

Thicken Outward: tạo thành mỏng bên ngoài.(Hình 4b)

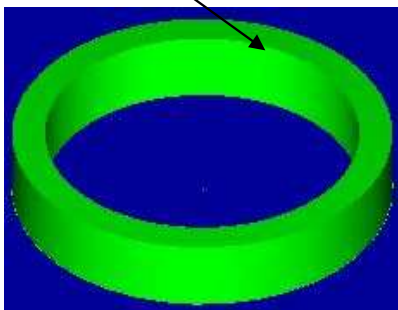
Thicken Both Directions: tạo thành mỏng theo 2 hướng trong và bên ngoài(khoảng cách tùy ý).(Hình 4c)

Đối tượng 2D Gốc



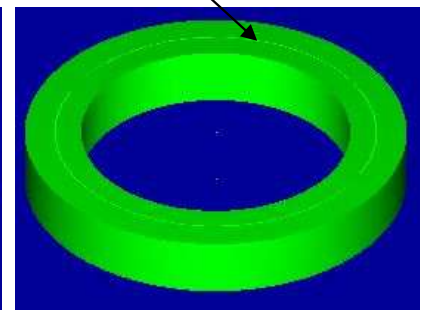
Hình 4a

Đối tượng 2D gốc



Hình 4b

Đối tượng 2D Gốc



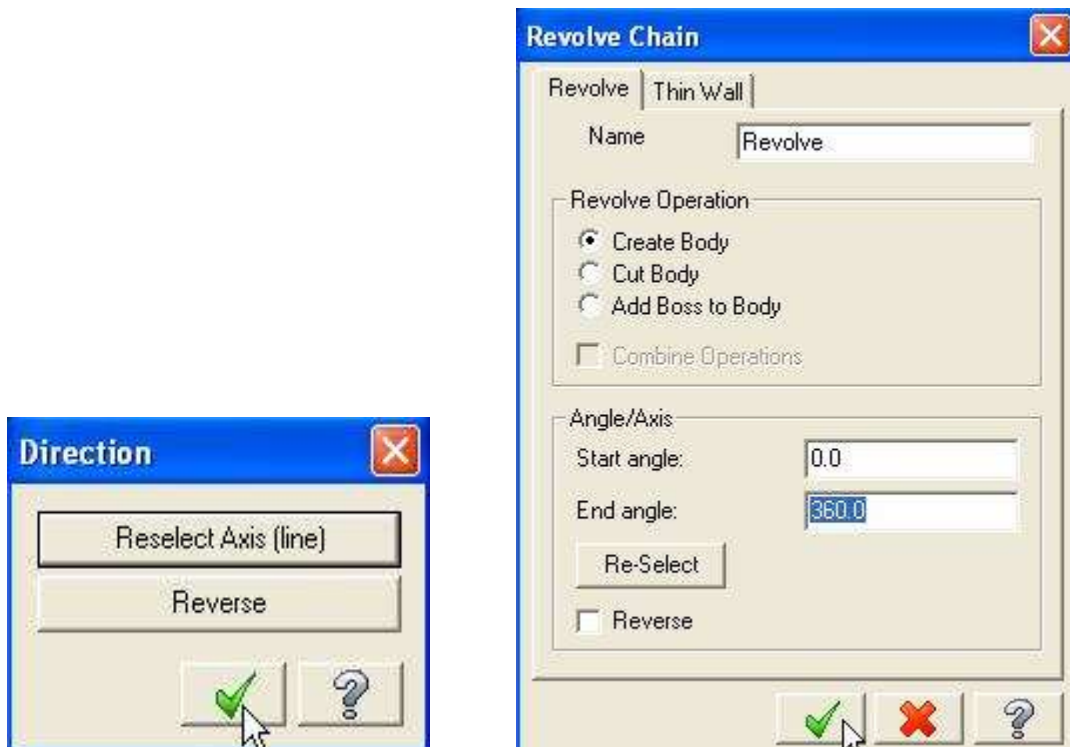
Hình 4c

2. Công cụ Solid Revolve.(tạo khối tròn xoay)

Công cụ Revolve được sử dụng để tạo khối, nó có chức năng xoay một đối tượng vẽ phác 2D quanh 1 đường thẳng nào đó thành vật thể tròn xoay(trục xoay).

❖ Các bước thực hiện như sau:

- Tạo 2 đối tượng vẽ phác 2D bằng các công cụ vẽ 2D trong MasterCAMX tôi đã giới thiệu trong phần I.
- Pick chọn menu **Solids > Solids Revolve**. Pick chọn đối tượng 2D cần xoay rồi nhấn Enter, sau đó chọn đường thẳng làm trục. Xuất hiện hộp thoại Revolve như (Hình 5) dưới đây:



Hình 5

Trong đó :

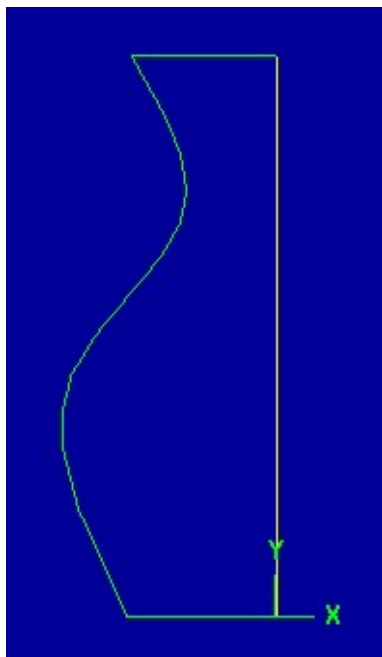
 **Revolve :**

Create Body: tạo vật thể khối tròn xoay.

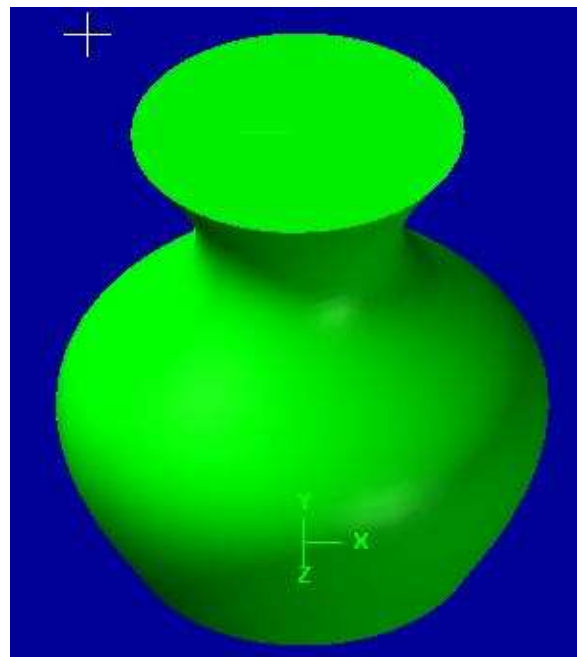
Cut Body: cắt khối vật thể tròn xoay có sẵn theo biên dạng tròn xoay.

Add Boss to Body: ghép vật thể khối với vật thể trụ tròn xoay.

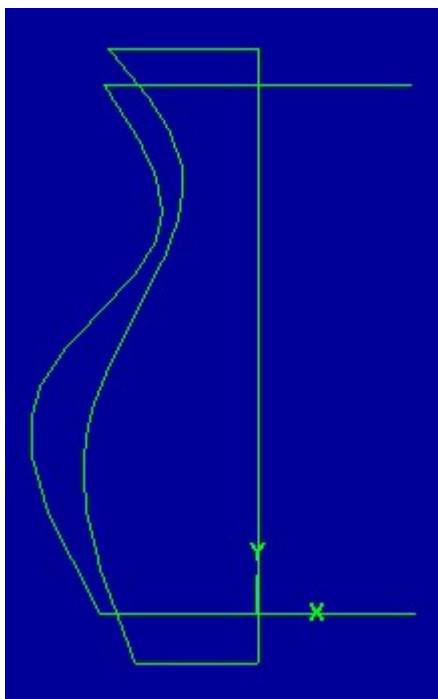
Start angle: góc bắt đầu quá trình xoay.



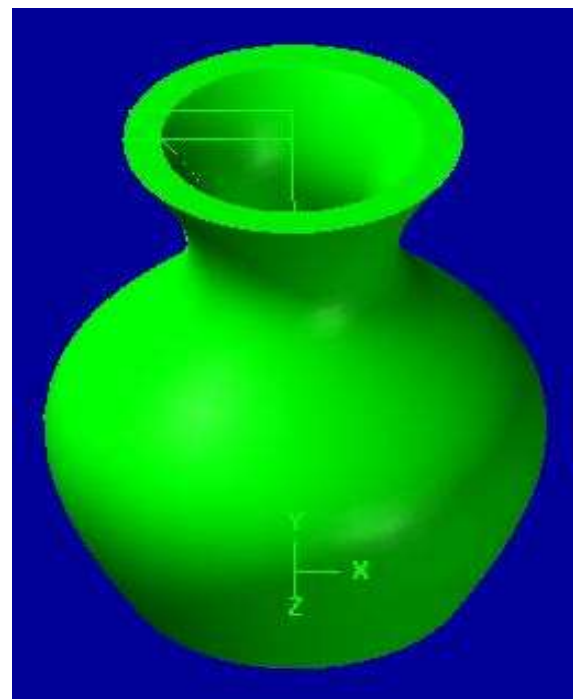
Kết quả→



Hình 6 **Create Body**



Kết quả→



Hình 7 **Cut Body**

End angle: góc kết thúc quá trình xoay.

Re –select: thay đổi hướng xoay của vật thể . Chúng ta có thể thay đổi bằng các công cụ



để chọn hướng thích hợp.

Thin Wall: tạo vật rắn tròn xoay có thành mỏng giống như tạo vật thể khối **Extrude**.

Thicken Inward: tạo thành mỏng bên trong.

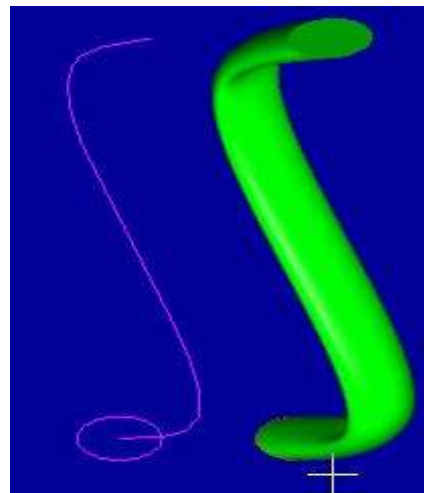
Thicken Outward: tạo thành bên ngoài.

Thicken Both Direction: hướng dịch chuyển thành mỏng đi về 2 phía.

3. Công cụ Solid Sweep (tạo khối dọc theo đường dẫn).

❖ Các bước thực hiện như sau:

- Vẽ 1 biên dạng kín, không được giao nhau, trên một mặt phẳng.
- Tạo 1 đường dẫn đi qua biên dạng trong mặt phẳng chứa biên dạng,.



Hình 8

➤ Kích chọn menu **Solids > Solids Sweep** chọn biên dạng ấn **Enter**, sau đó chọn đường dẫn ấn **Enter**.

➤ Xuất hiện bảng tùy chọn như (hình 8)

Trong đó có 3 lựa chọn:

Create Body: tạo vật thể khối mới.

Cut Body: cắt 1 vật thể có sẵn theo biên dạng của vật thể mới tạo ra.

Add Boss: ghép 1 vật thể mới với với vật thể đã có sẵn.

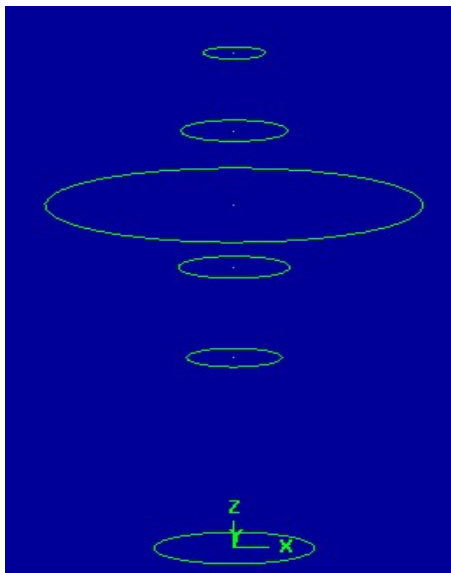
4. Công cụ Loft:(tạo các mô hình phức tạp).

Công cụ Loft cho phép chúng ta tạo các mô hình phức tạp bằng cách nối các biên dạng trên các mặt phẳng. Nó không hạn chế số biên dạng vẽ phác. Khi sử dụng công cụ Loft thì các biên dạng không được cùng nằm trên 1 mặt phẳng.

❖ Các bước thực hiện như sau:

- Vẽ các biên dạng khép kín, không giao nhau trên các mặt phẳng.
- Pích chọn menu Solids > Solids Loft chọn lần lượt các biên dạng rồi ấn Enter.
- Xuất hiện bảng tùy chọn như (hình 9) dưới đây:

Hình 9



Kết quả →

Hình 10



Trong đó có 3 lựa chọn:

Create Body: tạo vật thể khối mới.

Cut Body: cắt 1 vật thể có sẵn theo biên dạng của vật thể mới tạo ra.

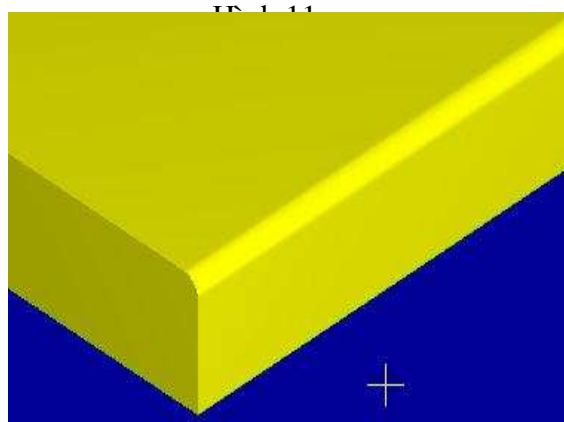
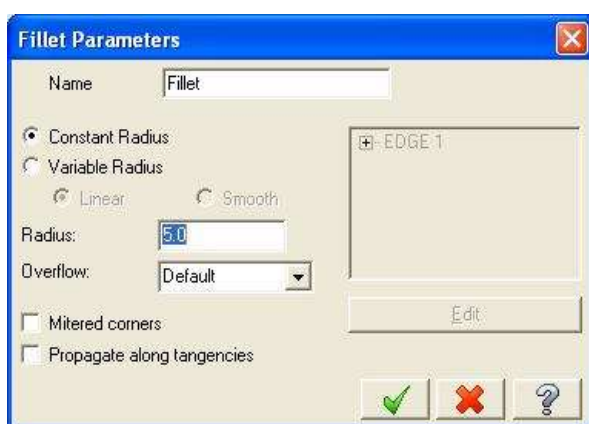
Add Boss: ghép 1 vật thể mới với với vật thể đã có sẵn.

5. Công cụ Fillet.(bo tròn các cạnh hoặc đỉnh của đối tượng).

Công cụ Fillet có chức năng bo tròn các cạnh hoặc đỉnh của đối tượng. Có 2 lựa chọn cho đối tượng Fillet là theo đường, mặt với mặt.

5.1 Fillet theo đường:

Kích chọn menu **Solides > Fillet > Solids Fillet** sau đó tích chọn đường cần **Fillet** rồi ấn **Enter**. Xuất hiện bảng thông số(Hình 11) và chúng ta nhập các thông số vào.

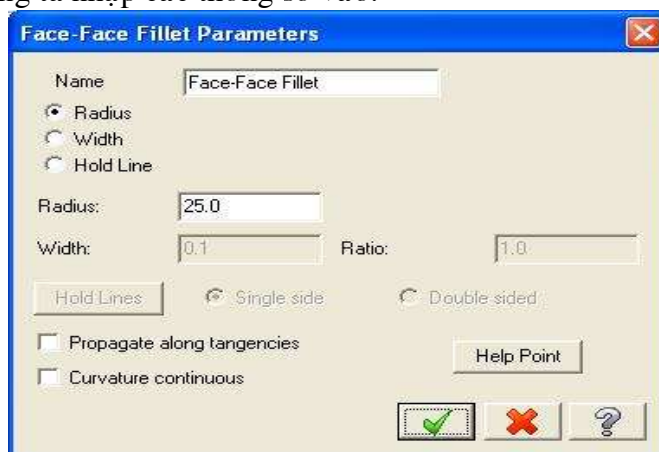


5.2 Fillet theo mặt với mặt.

Kích chọn menu **Solids > Fillet > Face-Face fillet**. Sau đó kích chọn các mặt cần Fillet rồi ấn Enter. Xuất hiện bảng thông số như (Hình 12) và chúng ta nhập các thông số vào.



Hình 12

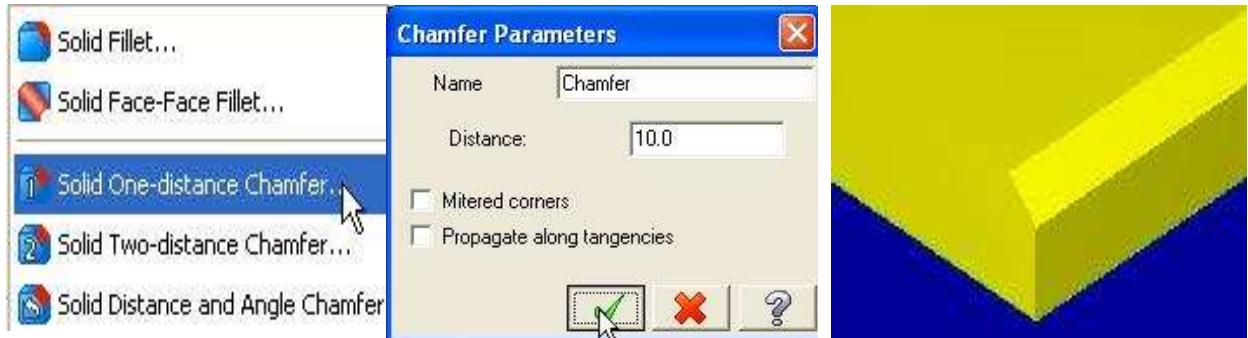


6. Công cụ Chamfer (vát mép các đỉnh hoặc cạnh).

Công cụ này có chức năng gần giống như công cụ Chamfer trong phần 2D, trong 3D thì các cạnh(Edge) hoặc các đỉnh bị vát mép. Trong phần 3D này chúng ta có 3 lựa chọn cho đối tượng Chamfer như sau:

6.1 Solids One – Distance chamfer (theo một thông số, 2 cạnh vát có độ dài bằng nhau)

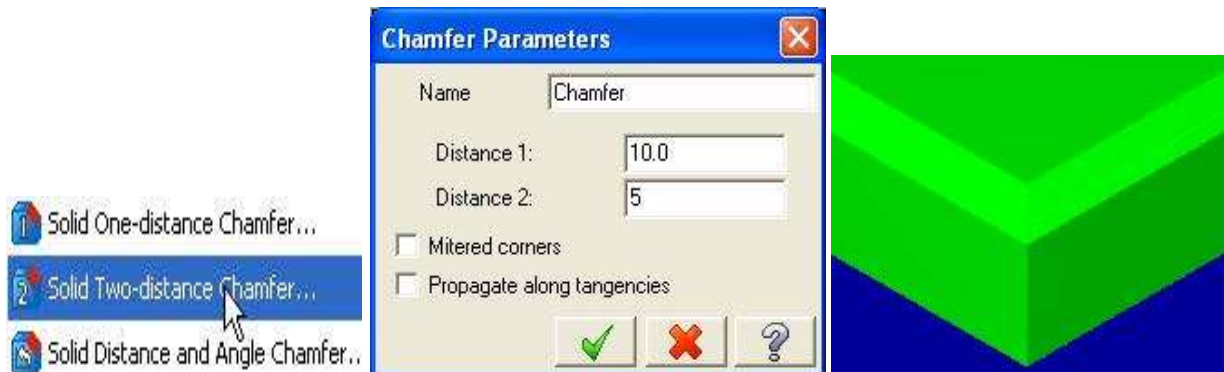
Kích chọn menu **Solids > Chamfer > Solids One – Distance chamfer**. Sau đó kích chọn đường cần Chamfer rồi Enter. Lúc này xuất hiện bảng thông số như (Hình 13) và chúng ta nhập độ dài cạnh vát vào.



Hình 13

6.2 Solids two – Distance chamfer (theo 2 thông số khác nhau, 2 cạnh vát có độ dài không bằng nhau).

Kích chọn menu **Solids > Chamfer > Solids two – Distance chamfer**. Sau đó kích chọn đường cần Chamfer rồi Enter. Lúc này xuất hiện bảng thông số như (Hình 14) và chúng ta nhập độ dài 2 cạnh vát vào.



Hình 14

6.3 Solids Distance and Angle chamfer.

Kích chọn menu **Solids > Chamfer > Solids two – Distance chamfer**.

Sau đó kích chọn đường cần Chamfer rồi Enter. Lúc này xuất hiện bảng thông số như (Hình 15) và chúng ta nhập độ dài 1 cạnh vát và góc nghiêng vào.

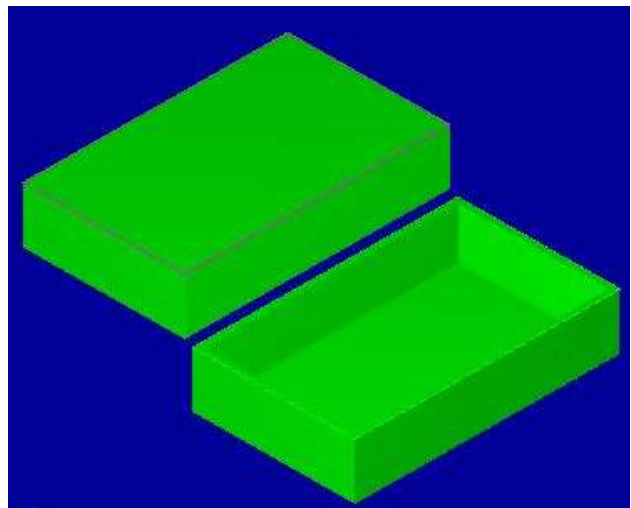


Hình 15

7. Công cụ Solids Shell.

Kích chọn menu **Solids > Solids Shell**.

Công cụ này chúng ta dùng để tạo vỏ mỏng bằng cách khoét rỗng chi tiết,



Hình 16

8. Draft Solids faces. Vát nghiêng các mặt

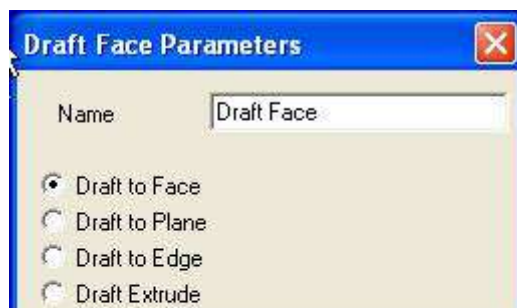
Kích chọn menu **Solids > Draft Solids faces**.

❖ Các bước thực hiện như sau:

- Tạo 1 khối Solids
- Kích

lượt

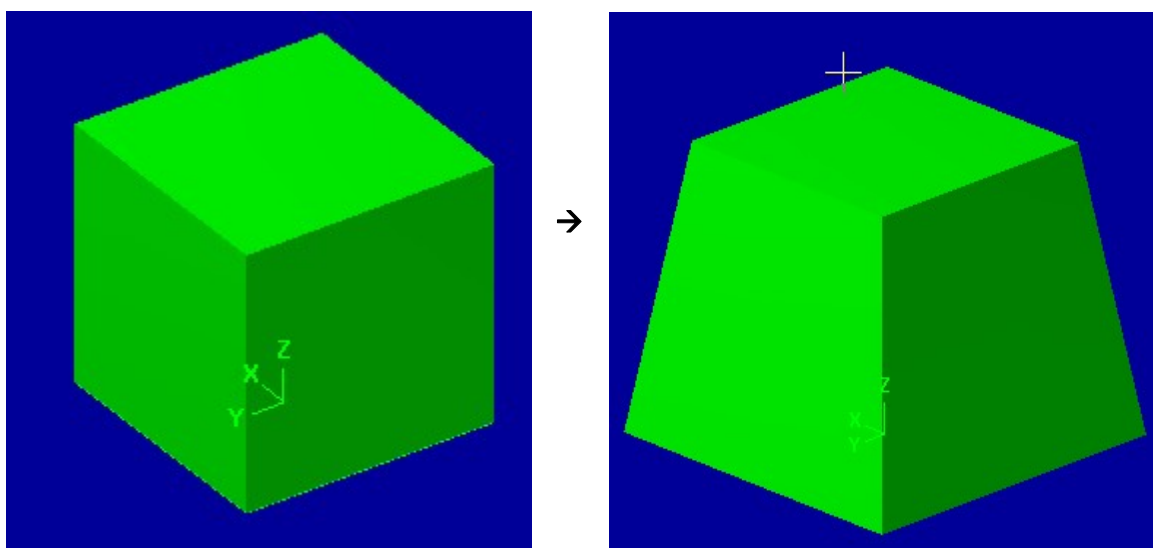
- Xuất
17)



chọn menu **Solids > Draft Solids Faces** sau đó chọn lần các biên dạng cần vát rồi ấn Enter.
hiện bảng tùy chọn như (hình dưới đây:

Hình 17

- Nhập góc vát vào **Draft Angle**. Rồi ấn chấp nhận. 
- Chọn mặt định hướng cho hướng chúng ta cần vát ấn Enter.
- Xuất hiện bảng tùy chọn :
Tùy chọn này giúp chúng ta thay đổi hướng vát.



Hình 18

9. Boolean Add: Cộng 2 đối tượng lại với nhau.

10. Boolean Remove: Trừ giữa 2 đối tượng.

11. Boolean Common: Giao nhau (lấy phần giao nhau giữa 2 đối tượng).

12. Solids from surfaces: tạo khối solids từ mô hình mặt.

13. Các hình học cơ bản có sẵn.



Ngoài các cách tạo mô hình solids mà tôi vừa giới thiệu với các bạn như trên thì Master CamX còn cho phép chúng ta tạo nhanh các khối solids cơ bản như: khối trụ, khối hình nón , khối hộp chữ nhật, khối cầu, khối hình xuyên.

13.1 Create Cylinder(khối trụ).



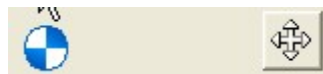
Radius: nhập bán kính.



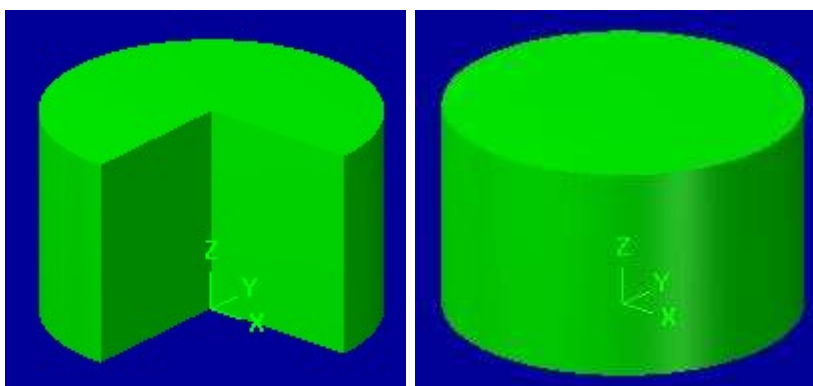
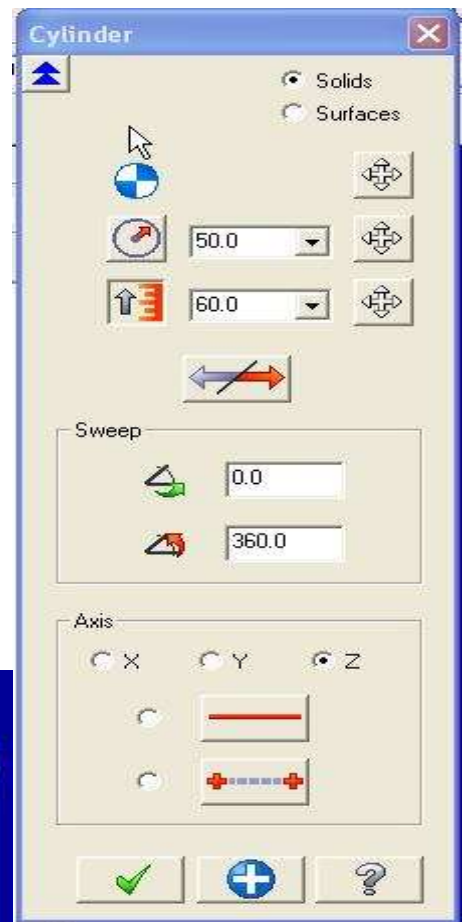
Height: nhập chiều cao.

Axis: chọn trục (X,Y,Z), đường thẳng, hoặc 2 điểm làm chuẩn để vẽ,

Base point: Điểm khởi đầu để vẽ.



Sweep : chúng ta nhập góc bắt đầu và góc kết thúc của khối trụ.



Hình 19

13.2 Create cone (khối hình côn)



Base radius: nhập bán kính dưới(đáy)



Height: nhập chiều cao



Top radius: nhập bán kính trên (đỉnh)

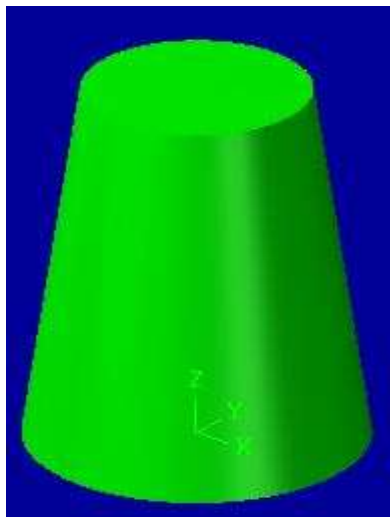
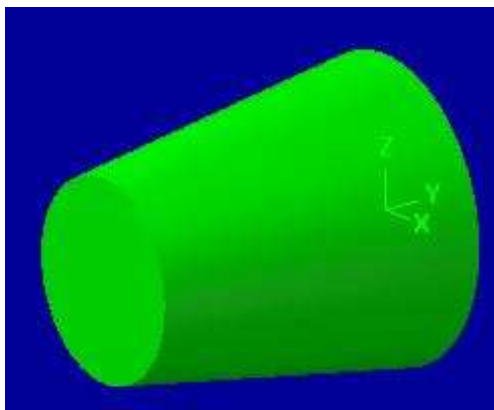
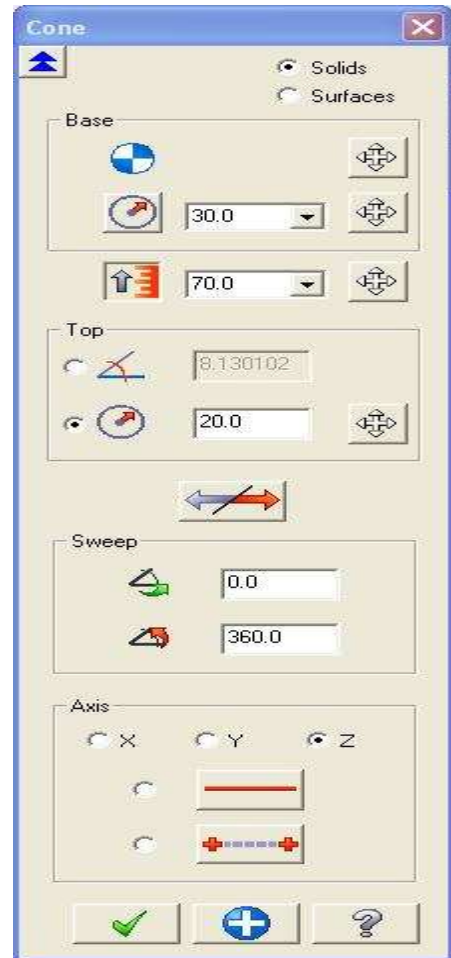
Top angle: tạo góc (nếu chúng ta đã nhập bán kính trên thì không nhập góc và ngược lại)

Axis: chọn trục (X,Y,Z), đường thẳng, hoặc 2 điểm làm chuẩn để vẽ.

Base point: Điểm khởi đầu để vẽ.

Sweep : chúng ta nhập góc bắt đầu và góc

kết thúc của khối hình côn.



Hình 20

13.3 Create block (hình hộp)



Length: chiều dài .



Width: chiều rộng.



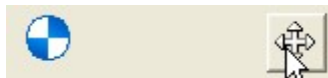
Height: chiều cao.



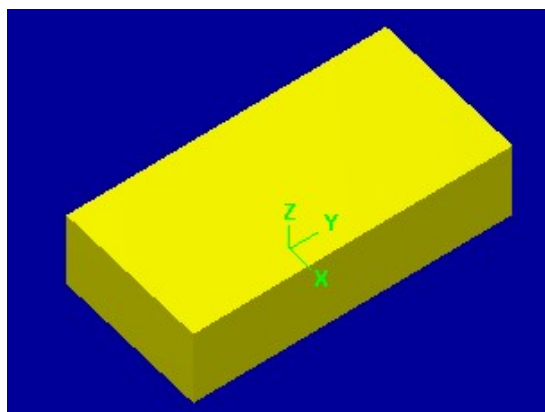
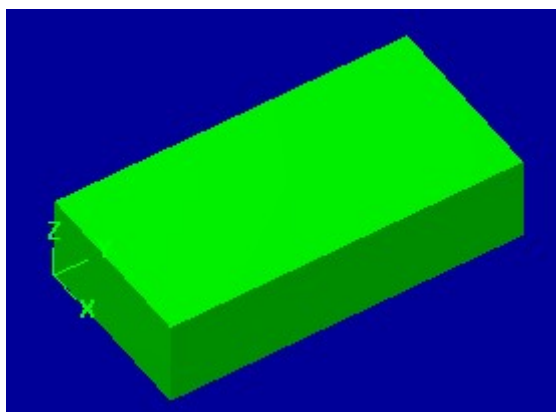
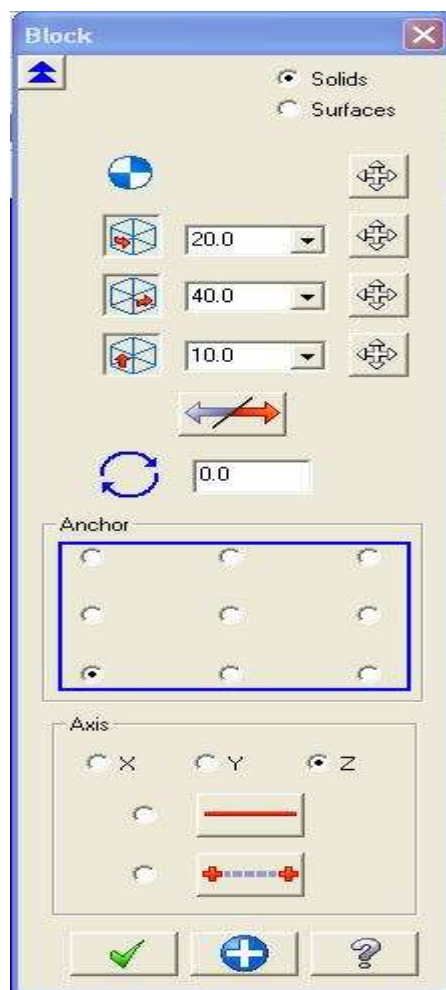
Rotate: góc xoay.

Axis : chọn trục (X,Y,Z), đường thẳng, hoặc 2 điểm làm chuẩn để vẽ.

Base point: Điểm khởi đầu để vẽ.



Anchor : chọn điểm đặt.



Hình 21

13.4 Creates sphere(hình cầu).



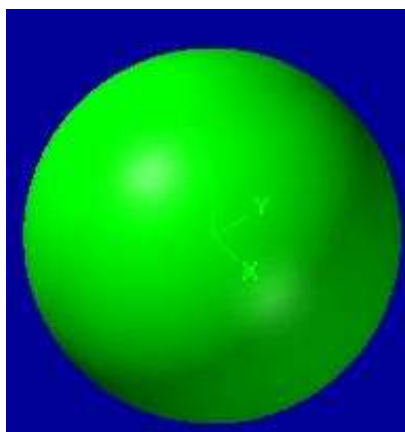
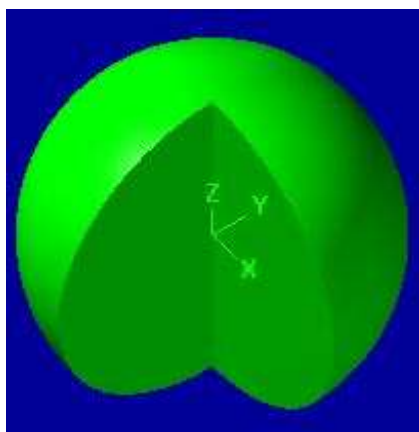
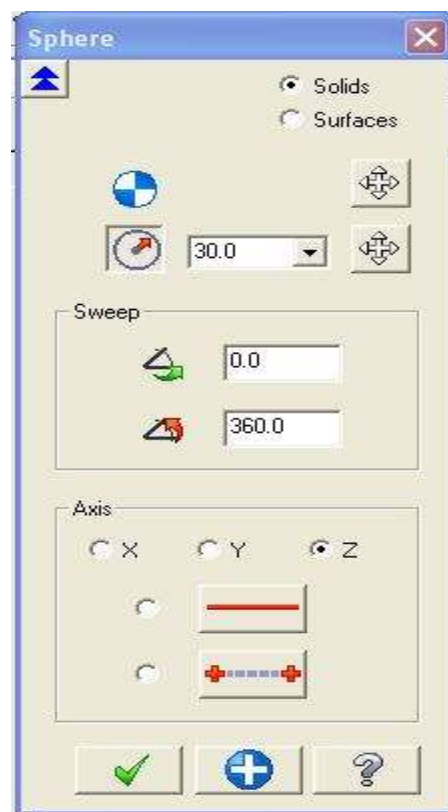
Radius: bán kính: 20

Base point: Điểm khởi đầu để vẽ.



Sweep : chúng ta nhập góc bắt đầu và góc kết thúc của khối hình cầu.

Axis : chọn trục (X,Y,Z), đường thẳng, hoặc 2 điểm làm chuẩn để vẽ



Hình 22

13.5 Create Torus (hình xoắn).



Major radius: bán kính lớn.



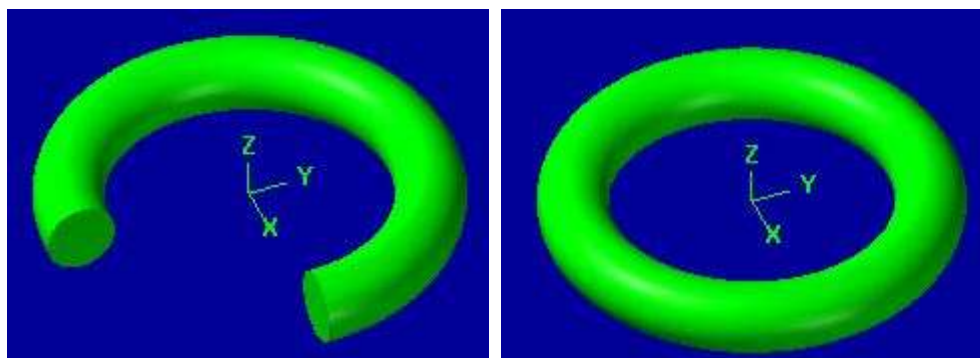
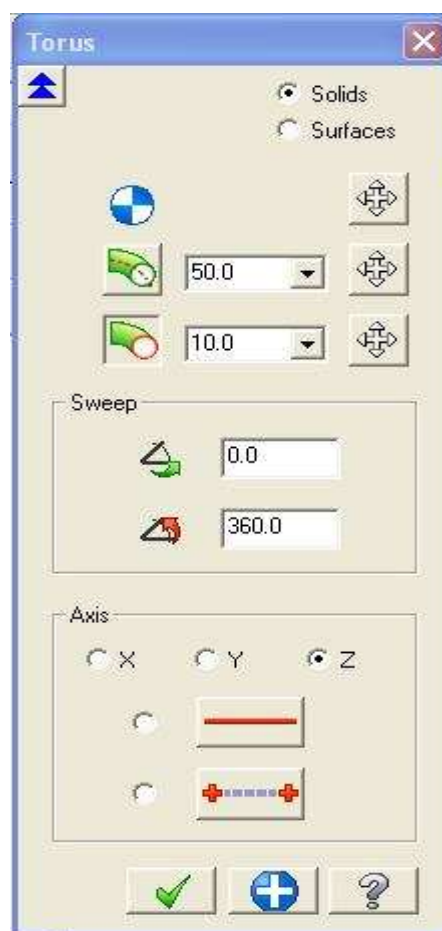
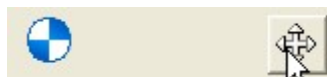
Minor radius: bán kính nhỏ.

Sweep : chúng ta nhập góc bắt đầu và

góc kết thúc của hình xoắn.

Axis: chọn trục (X,Y,Z), đường thẳng, hoặc 2 điểm làm chuẩn để vẽ.

Base point: điểm khởi đầu để vẽ.



Hình 23

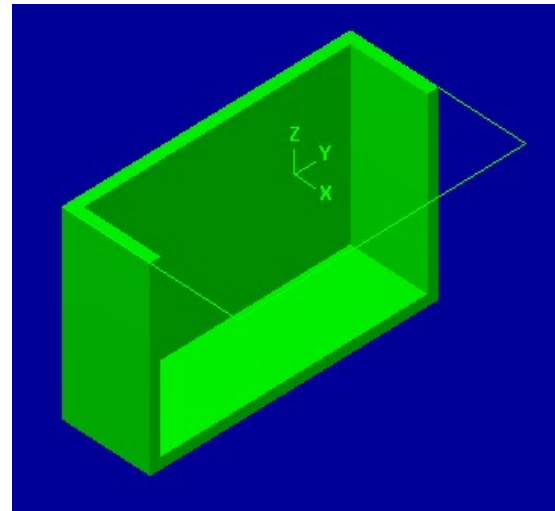
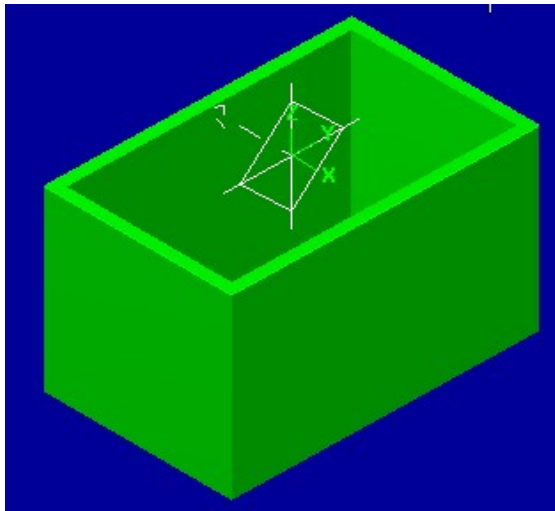
14. Solids Trim (Trim khối đặc)

Kích chọn menu Solid > Solids Trim

Plane: Cắt một khối bằng một mặt phẳng

Surface: Cắt một khối bằng một mặt chúng ta đã tạo trước.

Flip sides: Đổi hướng cắt.

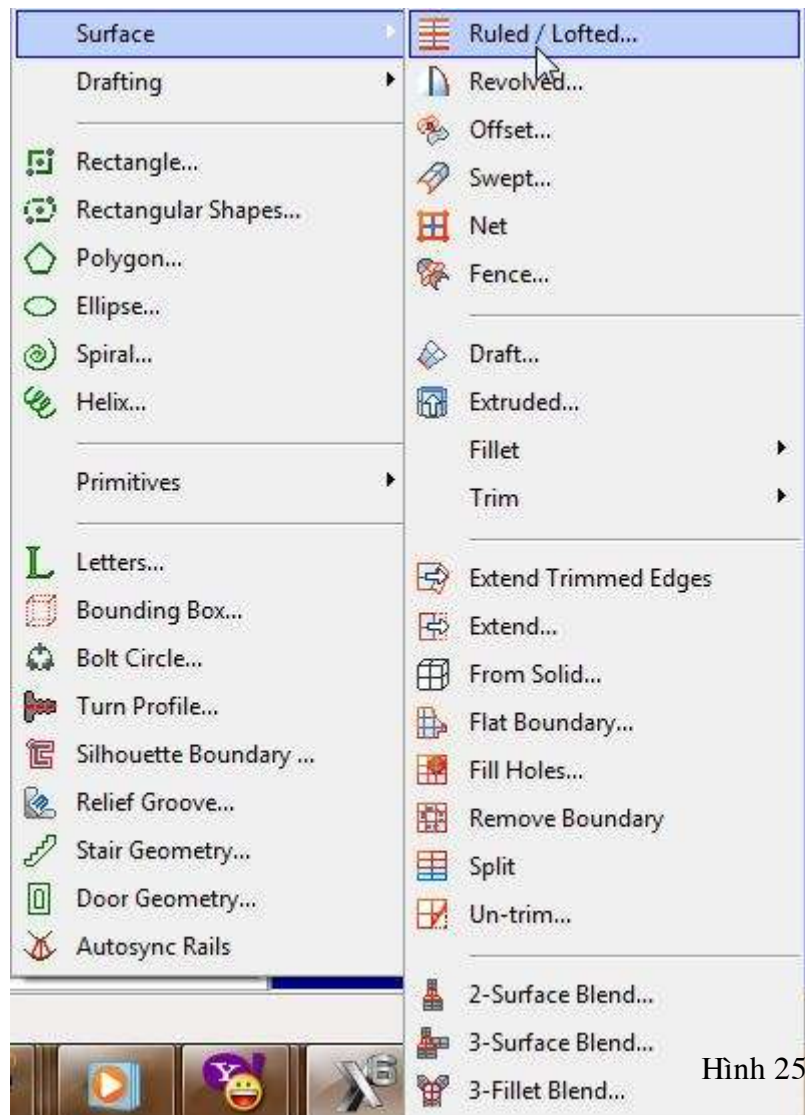


Hình 24

II. Thiết kế hình học 3D ở dạng Surface.

Theo quan điểm thiết kế của các phần mềm CAD/CAM thì một vật thể được tạo nên từ các mặt cong (surfaces), vì thế mô hình dạng mặt biểu hiện rõ ràng, chính xác hình dạng, cấu trúc vật thể. Các mặt cong này được tạo nên bởi sự tính toán, quy ước của các hàm toán học. Do đó mỗi phần mềm CAD/CAM có cách thức xây dựng các mặt cong khác nhau nhằm mục đích xây dựng vật thể chính xác, nhanh chóng. Trong MasterCAM X6 cung cấp cho chúng ta có các cách tạo chi tiết ở dạng mặt như (hình 25).

Kích chọn menu **Create > Surface**



Hình 25

1. Create Ruled surface (Mặt kẻ).

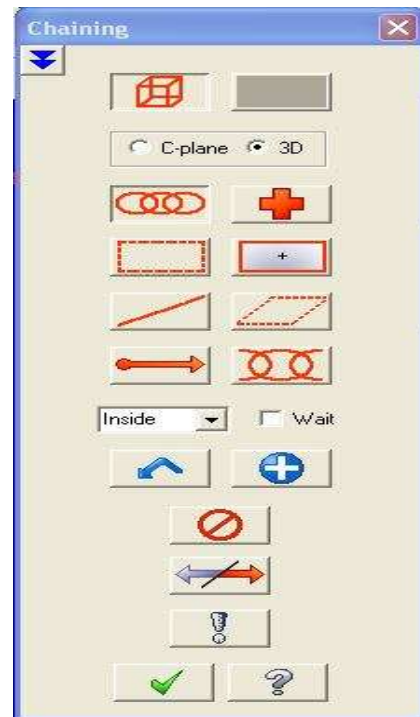
Kích chọn menu **Create > Surface > Create Ruled surface**.

❖ Các bước thực hiện như sau:

- Tạo ra 2 curve với khoảng cách chúng ta chọn.
- Kích chọn menu **Create > Surface > Create Ruled surface**. Lúc này xuất hiện bảng tùy chọn như (hình 26) chúng ta chọn 2 curve vừa tạo > **Enter**.

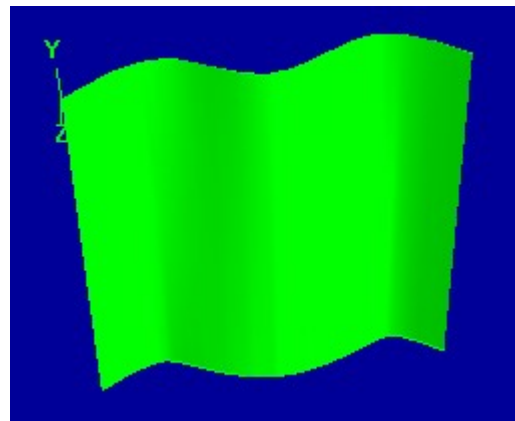
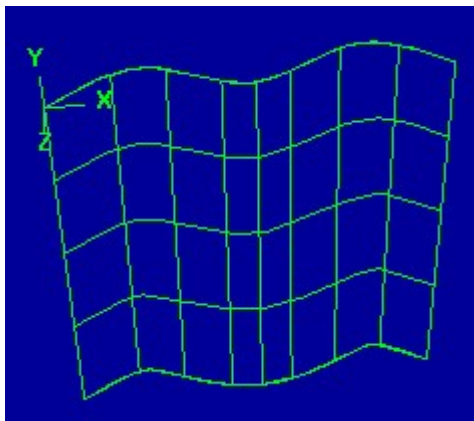
- Sau đó chọn  biểu tượng rồi > **Enter**.

Chúng ta sẽ được kết quả với các curve đã chọn.



Hình 26

Mặt ruled được xây dựng bởi sự kết nối giữa 2 hoặc nhiều các đối tượng hình học (curves) bằng các đường thẳng (đường kẻ). Do đó muốn tạo được mặt ruled ta phải tạo trước các đối tượng hình học cơ bản từ đó hệ thống mới tạo các đường kẻ kết nối các đối tượng đó lại để tạo mặt ruled. (Hình 26) thể hiện mặt ruled trước khi tô bóng và sau khi tô bóng.



Hình 27

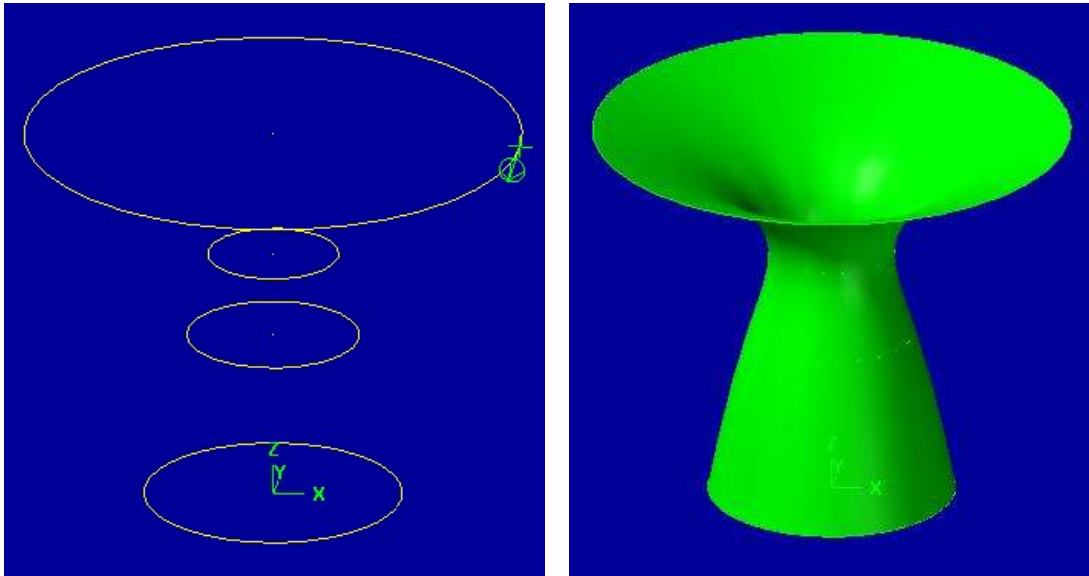
Chú ý:

Các đối tượng hình học (curves) có thể là biên dạng kín (countour) hoặc hở. Mặt ruled tạo ra có hình dạng tùy thuộc vào sự lựa chọn tuần tự các đối tượng hình học. Do đó với nhiều curves ta sẽ tạo được nhiều mặt ruled nên để tạo được 1 mặt như ý ta phải lựa chọn các đối tượng hình học theo một trình tự và một hướng xác định.

2. Create Lofted Surface

Kích chọn menu **Create > Surface > Create Lofted Surface**.

Các bước thực hiện lệnh giống như lệnh: **Create Ruled surface**. Kích chọn



Hình 28

Mặt Loft surface được tạo ra bằng cách nối các biên dạng trên các mặt phẳng bởi các đường cong parabolice. Công cụ Loft không hạn chế số biên dạng nhưng số biên dạng phải lớn hơn 1. Các biên dạng phải được sắp xếp sao cho khi tạo vật thể thì bề mặt vật thể không được giao nhau. Để tạo được mặt loft chính xác thì các biên dạng được chọn phải theo một tuần tự nhất định, các điểm xuất phát của mỗi biên dạng phải tương quan nhau (cùng hướng).

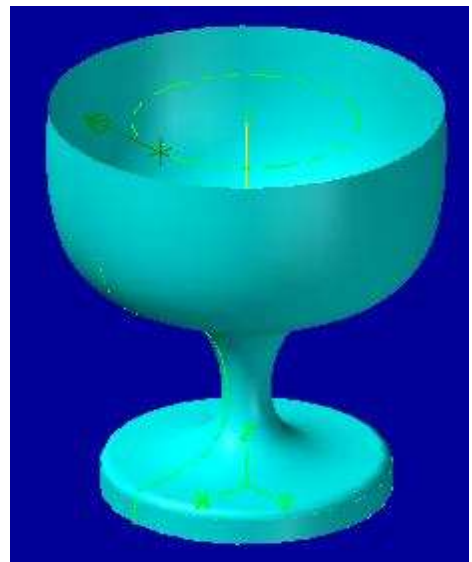
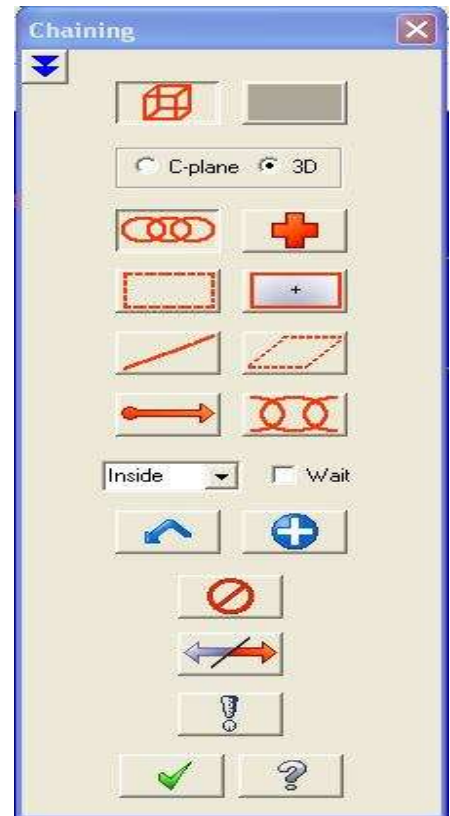
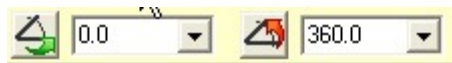
3. Create Revolved Surface (Mặt Tròn Xoay):

Kích chọn menu **Create > Surface > Create Revolved Surface**.

Công cụ Revolved Surface giúp ta tạo mặt tròn xoay bằng cách xoay một biên dạng quanh 1 trục (đường thẳng). Do đó để tạo mặt revolved chúng ta phải dựng trước biên dạng và trục xoay.

❖ Các bước thực hiện như sau:

- Tạo ra biên dạng và trục xoay
- Kích chọn menu **Create > Surface > Create Revolved Surface**.
- Chọn biên dạng > **Enter**.
- Chọn trục xoay > **Enter**.
- Nhập góc bắt đầu xoay và kết thúc xoay vào



Hình 29

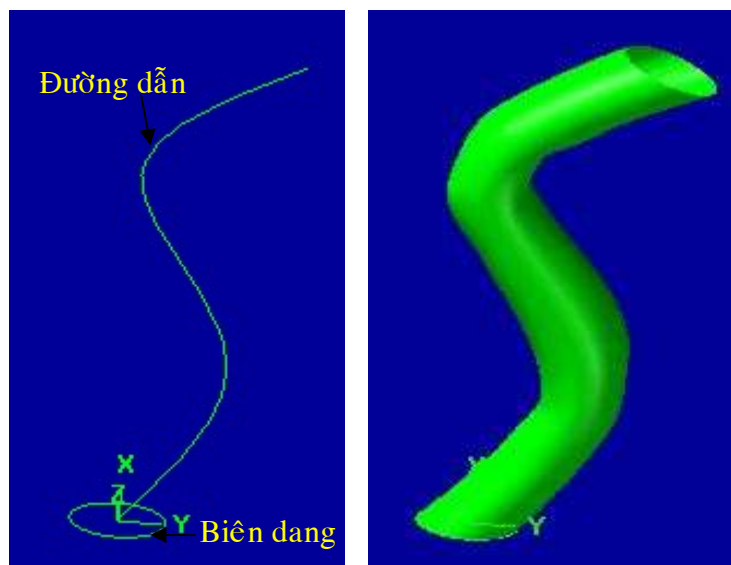
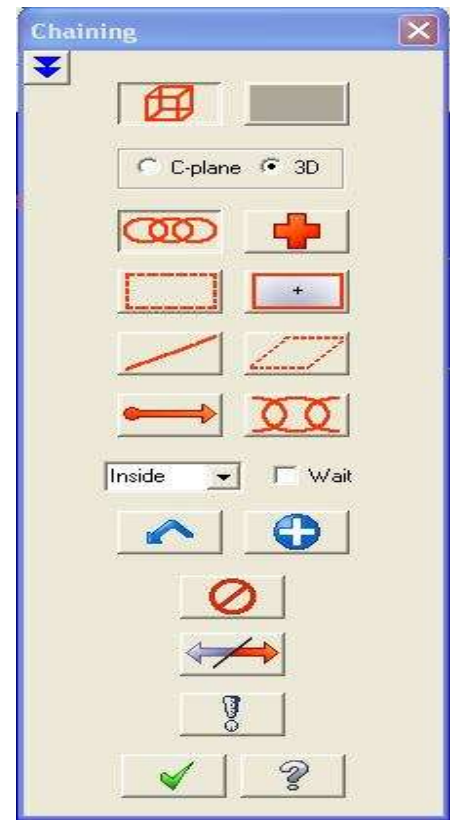
4. Create Swept Surface.

Kích chọn menu **Create > Surface > Create Swept Surface**

Mặt swept được tạo ra bởi sự dịch chuyển biên dạng dọc theo đường dẫn cho trước. Biên dạng có thể là biên dạng hở hoặc kín. Mặt phẳng chứa đường dẫn phải vuông góc với mặt phẳng chứa biên dạng.

❖ Các bước thực hiện như sau:

- Tạo ra biên dạng và đường dẫn
- Kích chọn menu **Create > Surface > Create Swept Surface**.
- Chọn biên dạng > **Enter**.
- Chọn đường dẫn > **Enter**.



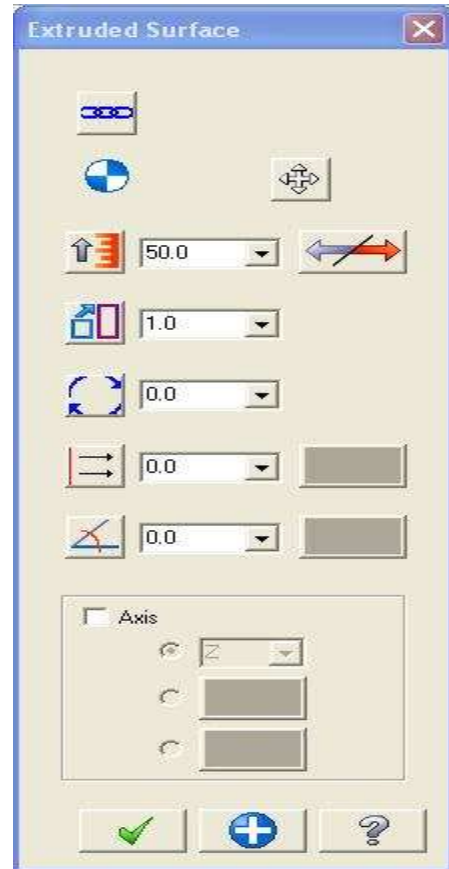
Hình 30

5. Create Extruded Surface.

Kích chọn menu **Create > Surface > Create Extruded Surface.**

❖ Các bước thực hiện như sau:

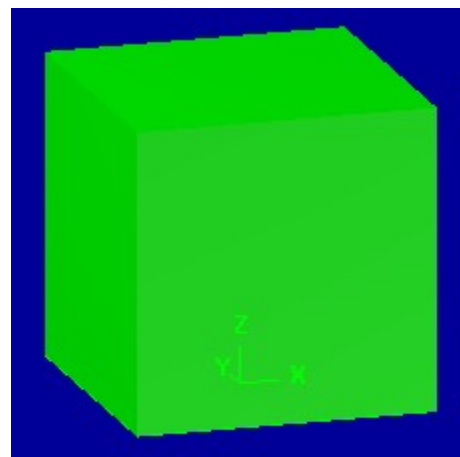
- Tạo ra biên dạng
- Kích chọn menu **Create > Surface > Create Extruded Surface.**
- Chọn **Chain** biên dạng > **Enter** xuất hiện hộp thoại Extruded và các tùy chọn nếu chúng ta cần sử dụng như (hình 31).
- Nhập chiều cao chúng ta cần > **Enter**



Hình 31



Chain biên dạng

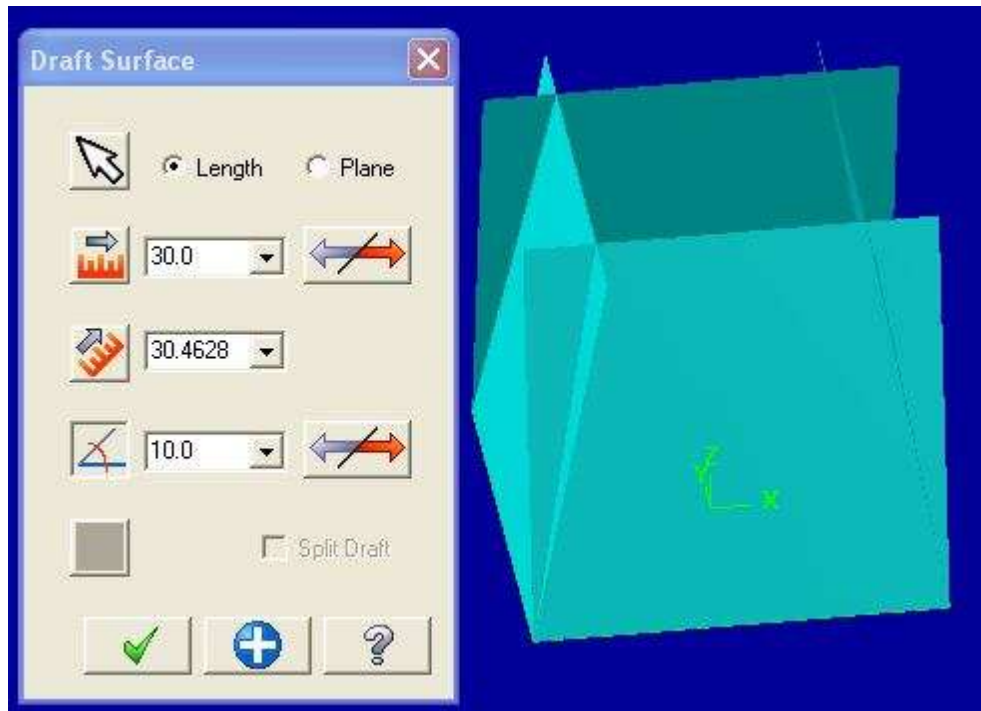


Hình 32

6. Create Draft Surface.

Kích chọn menu **Create > Surface > Create Draft Surface**

Mặt này được tạo bởi sự dịch chuyển 1 biên dạng dọc theo 1 phương vuông góc với mặt phẳng vẽ biên dạng đó, được xác định bởi chiều dài và 1 góc nghiêng.



Hình 31

7. Fillet Surface

Kích chọn menu **Create > Surface > Fillet Surface**

Công cụ này dùng để bo tròn giữa 2 mặt giao nhau hoặc bo tròn giữa một mặt và 1 mặt phẳng (plane) hay một curve.

Chúng ta có 3 kiểu Fillet như sau:



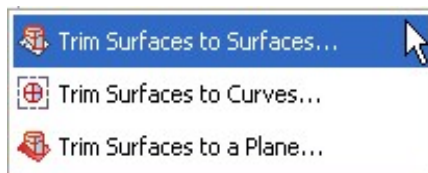
- ❖ **Fillet surfaces to surfaces:** bo giữa 2 bề mặt.
- ❖ **Fillet surfaces to curves:** bo giữa 1 bề mặt đến đường curves.
- ❖ **Fillet surfaces to a Plane :** bo giữa một mặt phẳng và một bề mặt làm việc

8. Trim Surface.

Kích chọn menu **Create > Surface > Trim Surface**

Lệnh này được sử dụng để cắt xén các mặt giao nhau.

Chúng ta có 3 kiểu Trim như sau:



- ❖ **Trim surfaces to surfaces:** cắt giữa 2 bề mặt.
- ❖ **Trim surfaces to curves:** cắt giữa 1 bề mặt đến đường curves.
- ❖ **Trim surfaces to a Plane :** cắt giữa một mặt phẳng và một bề mặt làm việc.

9. Surface Extend.

Kích chọn menu **Create > Surface > Surface Extend.**

Lệnh này được dùng để kéo dài đối tượng.

10. Create Surface from Solid.

Kích chọn menu **Create > Surface > Create Surface from Solid**

Lệnh này được dùng để tạo hình học dạng mặt từ hình học dạng khối.

11. Create flat Boundary Surface.

Kích chọn menu **Create > Surface > Create flat Boundary Surface.**

Lệnh này dùng để tạo mặt flat

12. Fill holes with Surfaces.

Kích chọn menu **Create > Surface > Fill holes with Surfaces.**

Lệnh này chúng ta dùng để lấp lỗ thường được dùng trong gia công.

13. Create 2 Surface Blend.

Kích chọn menu **Create > Surface > Create 2 Surface Blend.**

Lệnh này dùng để bo 2 mặt bằng một mặt cong tổng hợp bất kỳ

14. Create 3 Surface Blend.

Kích chọn menu **Create > Surface > Create 3 Surface Blend.**

Lệnh này dùng để bo 3 mặt bằng một mặt cong tổng hợp bất kỳ

15. Create 3 Fillet Blend.

Kích chọn menu **Create > Surface > Create 3 Fillet Blend.**

Lệnh này dùng để bo đều 3 mặt.

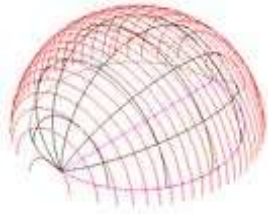
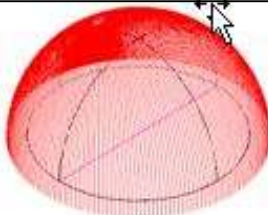
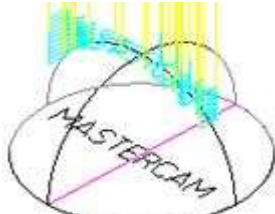
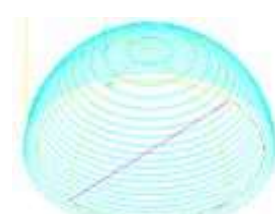
CHƯƠNG II

LẬP TRÌNH GIA CÔNG HÌNH HỌC 3D

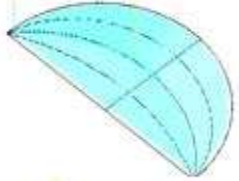
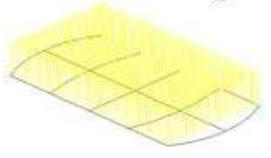
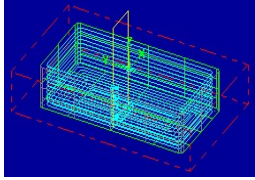
Trong phần này **MasterCAM X6** cung cấp cho chúng ta 2 nhóm chính để gia công những bề mặt 3D đó là **gia công thô (Surface Rough)** và **gia công tinh (Surface Finish)**.

I. Surface Rough.

Kích chọn menu **Toolpaths > Surface Rough** chúng ta sẽ có 8 kiểu gia công thô như dưới đây:

Kiểu gia công	Mô tả giải thích	Hình minh họa
 Rough Parallel	Gia công thô song song theo hướng được mặc định bởi những thông số góc làm việc.	
 Rough Radial	Gia công thô dọc hướng kính	
 Rough Project	Gia công thô những đối tượng được chiếu bởi đối tượng hiện hữu trên mặt.	
 Rough Flowline	Gia công thô dọc theo vĩ tuyến của biên dạng một bề mặt.	
 Rough Contour	Gia công thô biên dạng mặt theo đường xoắn ốc từ trên xuống.	

STT	Tên Tài Liệu	Link Tải
1	Lập Trình Gia Công Cam Ứng Dụng Mastercam	https://tinyurl.com/y5um4qu4
2	Bộ Tài Liệu Học Mastercam X Full	https://tinyurl.com/y5rojw33
3	Tu Học Mastercam	https://tinyurl.com/yyktfgv9
4	Tự Học Mastercam 2018	https://tinyurl.com/yc8asjmx
5	Hướng Dẫn Tự Học Mastercams Theo Hướng Thực tế	https://tinyurl.com/ya3a2zbt
6	Hướng Dẫn Tự Học Mastercam X6	https://tinyurl.com/ybbfyxsh
7	Trọn Bộ Tài Liệu Mastercam mới nhất 2019	https://tinyurl.com/y6f32uej
8	Thiết Kế Lập Trình Gia Công Phay Tiện & Cắt Dây Với Mastercam	https://tinyurl.com/ybclra2w
9	Mastercam 2019 Full link Google , Huong dan cai Mastercam	https://tinyurl.com/y2tup26r
10	Giáo trình Mastercams 2019 Tự học Mastercams 2019	https://tinyurl.com/yb5lxhgl
11	Khắc Phục Lỗi Giao Diện Trong Mastercams	https://tinyurl.com/y5mbjwp7
12	Post Processor Mastercam	https://tinyurl.com/y6pjxt46
13	Lập Trình Gia Công 4,5 Trục Với Mastercams 2018-2019 Chi Tiết Dễ Hiểu	https://tinyurl.com/y6xcez7o
14	Khắc Phục Lỗi WIBUCM64.dll Trên Mastercam	https://tinyurl.com/y5qt8olo

 Rough Pocket	Gia công thô giữa mặt và phần được giới hạn bởi biên dạng.	
 Rough Plunge  Rough Restmill	Gia công thô bằng cách ăn dao theo phương thẳng đứng.	 

1. Rough Parallel Toolpath .

Chúng ta sử dụng chức năng này để tạo đường chạy dao song song theo những mặt được chọn.

❖ Các bước thực hiện như sau:

✚ Kích chọn menu **Toolpath > Surface Rough > Rough Parallel Toolpath.**

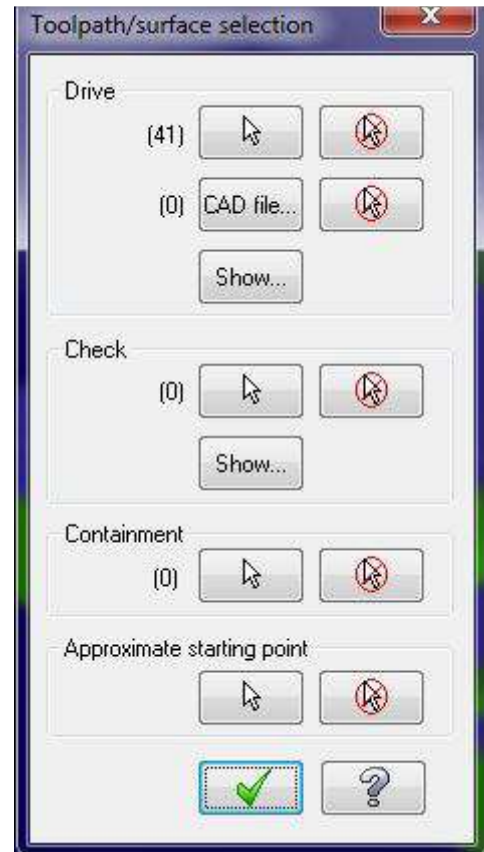
Lúc này xuất hiện các tùy chọn sau:



- **Boss:** Chỉ dao di chuyển theo một hướng, hoặc từ 2 cạnh xuống và không cho phép dao di chuyển theo chiều âm của trục Z khi cắt.

- **Cavity:** Phương pháp này dao di chuyển theo kiểu Zigzag và cho phép cắt theo cả 2 chiều dương và âm theo trục Z (phương pháp này thông dụng nhất).
 - **Unspecified:** Được tạo trong hộp thoại riêng.
- ✚ Chọn mặt chúng ta cần gia công > **Enter**.
Lúc này xuất hiện bảng tùy chọn như (Hình 32)
- Drive : chọn mặt gia công.
 - Check :
 - Containment : chọn đường bao (đường giới hạn gia công).
 - Approximate starting point: chọn điểm bắt đầu gia công.

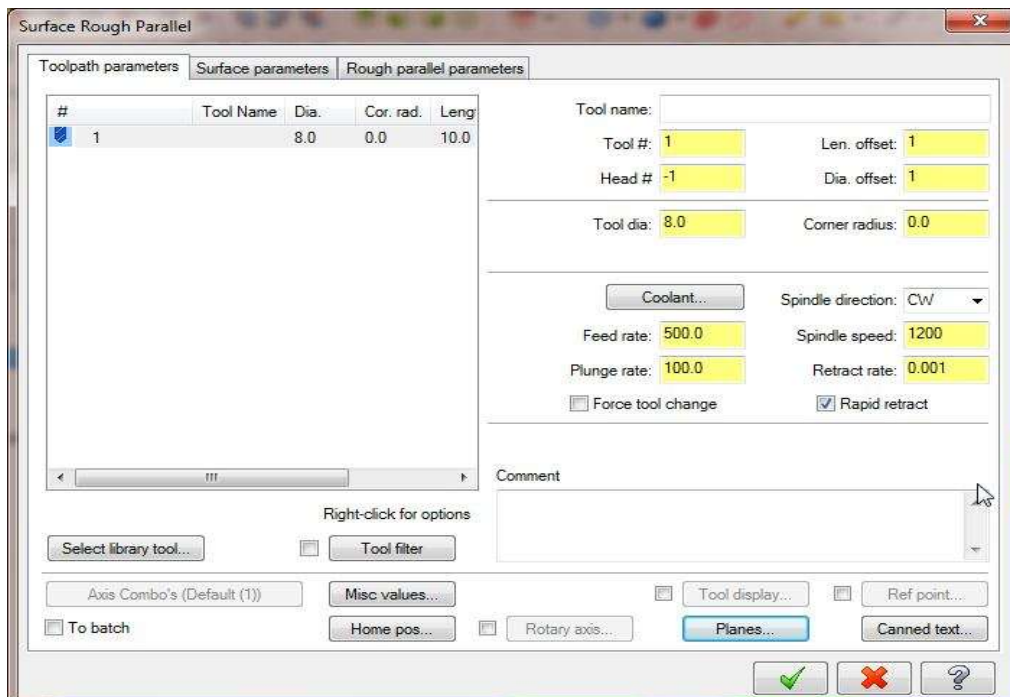
Sau khi chúng ta chọn Enter.



Hình 32

- ✚ Khai báo thông số gia công.

Khi chúng ta hoàn tất các bước trên hộp thoại **Surface Rough Parallel** xuất hiện:

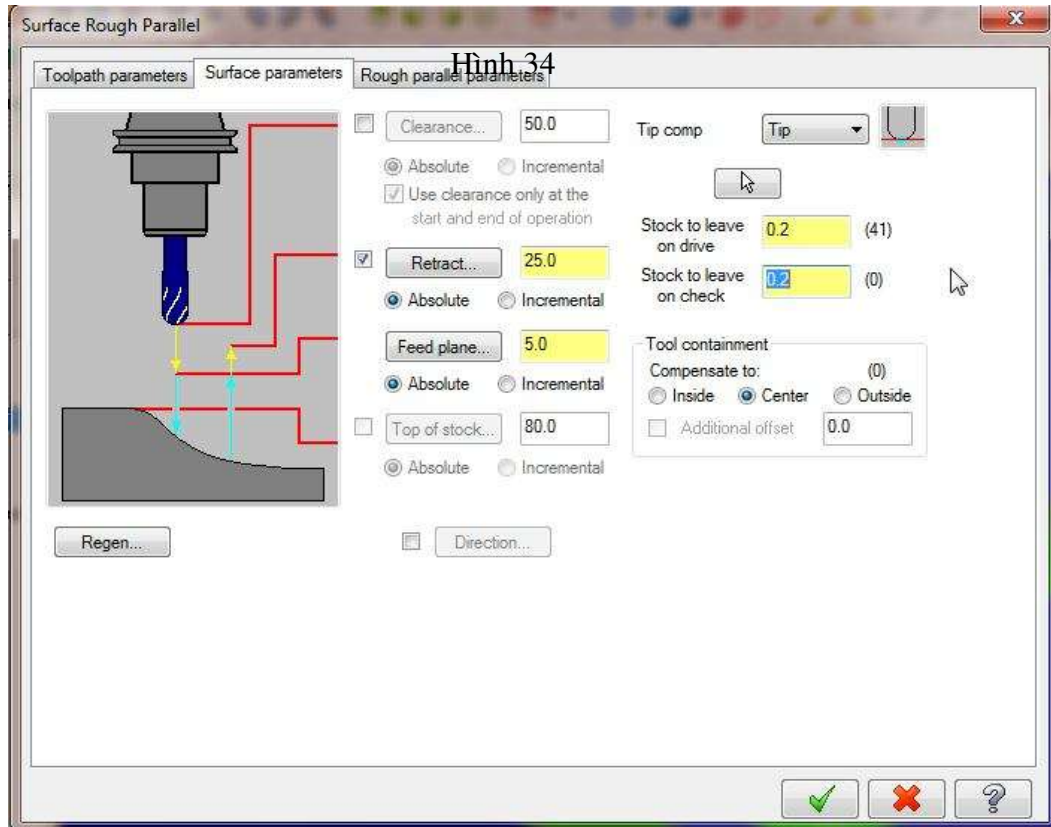


Hình 33

✚ **Tool Parameter.**

Hộp thoại kích thước dao chúng ta khai báo tương tự như ở phần 2D.

✚ **Surface parameter.**

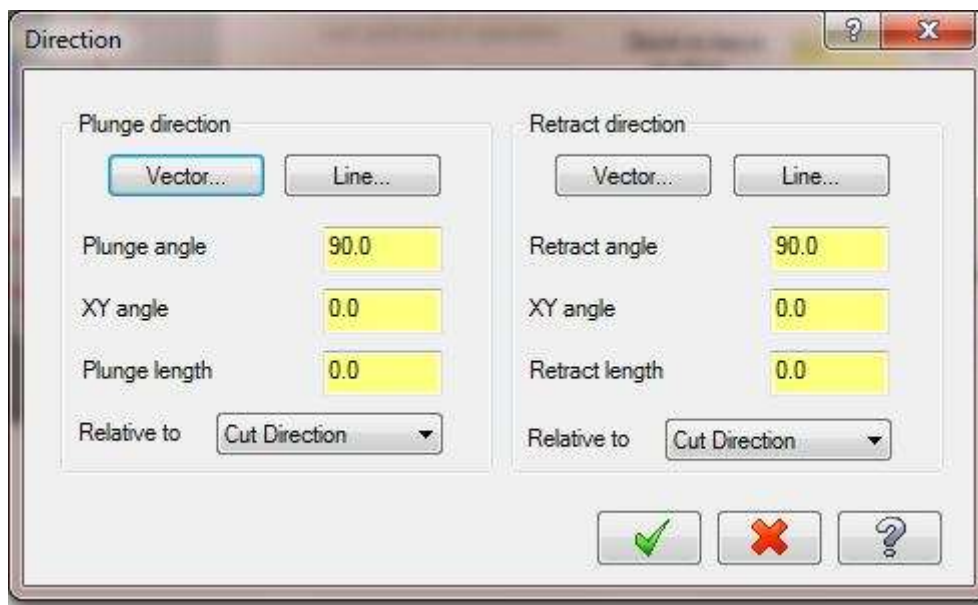


Hình 34

Trong hộp thoại này có thêm một vài thông số như sau:

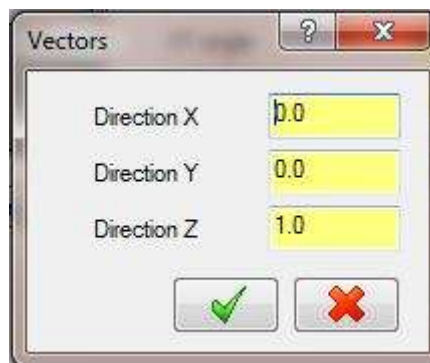
- **Stock to leave on drive:** lượng dư để lại cho nguyên công sau.
- **Stock to live on check :** mặt kiểm tra
- **Tool containment compensate to:** cách giới hạn vùng chạy dao
 - + **Inside:** bên trong
 - + **Center:** tâm dao
 - + **Outside:** bên ngoài.
- **Direction**

Hộp thoại này được mặc định lối vào và lối ra của đường gia công trên một mặt. Hộp thoại xuất hiện bên dưới (Hình 35).



Hình 35

Lối vào và lối ra có thể được mặc định một trong 3 hướng của một vectơ hay của một đường thẳng. Nếu là vectơ thì thông số được mặc định theo 3 hướng:

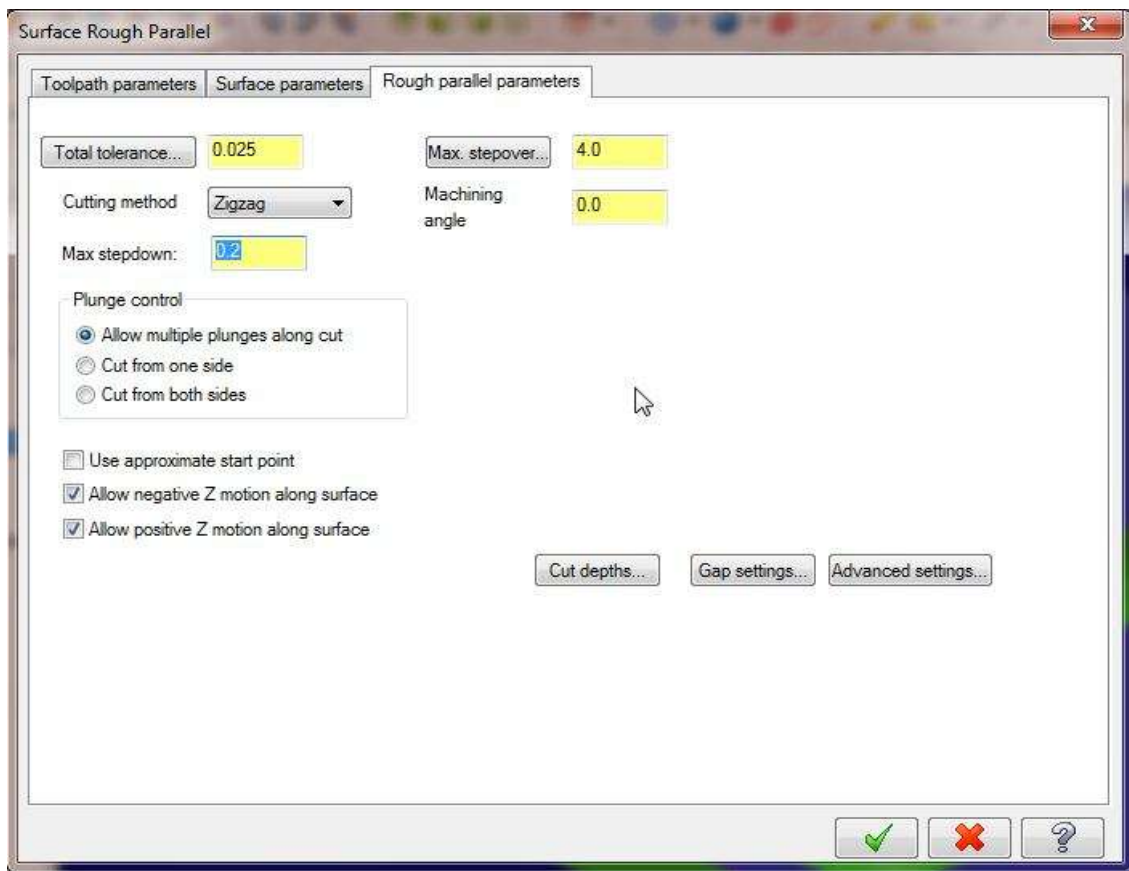


Hình 36

Chọn nút Line, hệ thống sẽ trở về cửa sổ đồ họa cho bạn chọn một đường thẳng để tạo lối ra. Sau đó chọn đường thẳng, hệ thống sẽ trở về hộp thoại **Direction**. Khi hộp thoại được đóng lại, hệ thống sẽ chỉ ra góc của hướng như là góc 90^0

Rough specific parameter:

Trong hộp này **MasterCam** thêm vào 4 thông số được mặc định để gia công thô.

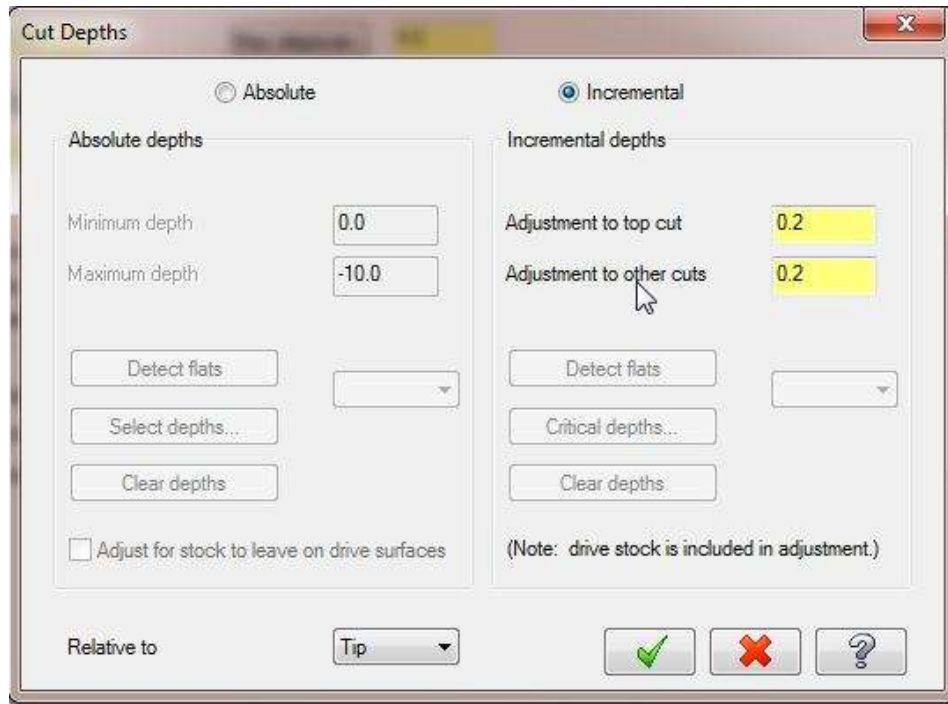


Hình 37

- **Cutting method:** Có 2 phương pháp là zigzag và one way.
- **Max stepdown:** Thông số này được xác định với khoảng cách lớn nhất giữa hai đường cắt liên tiếp nhau theo phương Z.
- **Plunge control:** Phương pháp này có thể tùy chọn 1 trong 3 cách để gia công .
 - + **Allow mutiple plunges along cut:** Cho phép cắt nhiều bước.
 - + **Cut from one side:** Cắt dọc theo một bên của một mặt.
 - + **Cut from both side:** Cắt dọc theo hai bên của mặt.
- **Prompt for starting point:** Xuất hiện dòng nhắc chọn điểm bắt đầu quá trình gia công.
- **Allow negative Z motion along surface:** Cho phép di chuyển theo phương Z- khi cắt
- **Allow positive Z motion along surface:** Cho phép di chuyển theo phương Z+ khi cắt
- **Max stepover:** Thông số này được xác định với khoảng cách lớn nhất giữa hai bước ngang cắt liên tiếp nhau.
- **Machine angle:** Góc làm việc của máy.

- **Cut depths:**

Nhóm thông số trong hộp thoại này được dùng để xác định chiều sâu cắt của dao trong suốt quá trình gia công thô, chiều sâu cắt có thể được mặc định theo chế độ tuyệt đối hay tương đối. Hộp thoại xuất hiện bên dưới:



Hình 38

+ **Absolute** . Chế độ tuyệt đối

Minimum depth: Điểm cao nhất mà dao có thể đến để hớt vật liệu

Maximum depth: Điểm thấp nhất mà dao có thể tới để hớt vật liệu

+ **Incremental** . Chế độ tương đối

Adjustment to top cut: Được xác định với những khoảng cách nhỏ nhất giữa chiều sâu mà hệ thống có thể tính toán và là nơi mà xảy ra gia công đầu tiên

Adjustment to other cuts: Được xác định với những khoảng cách lớn nhất của chiều sâu ngay biên dạng gia công đã được mặc định

- **Gap settings.**

Cài đặt chế độ về khoảng trống giữa các bề mặt gia công . Những khoảng trống là do mặt không kín hay do mặt bị gãy, chúng tạo ra bởi:

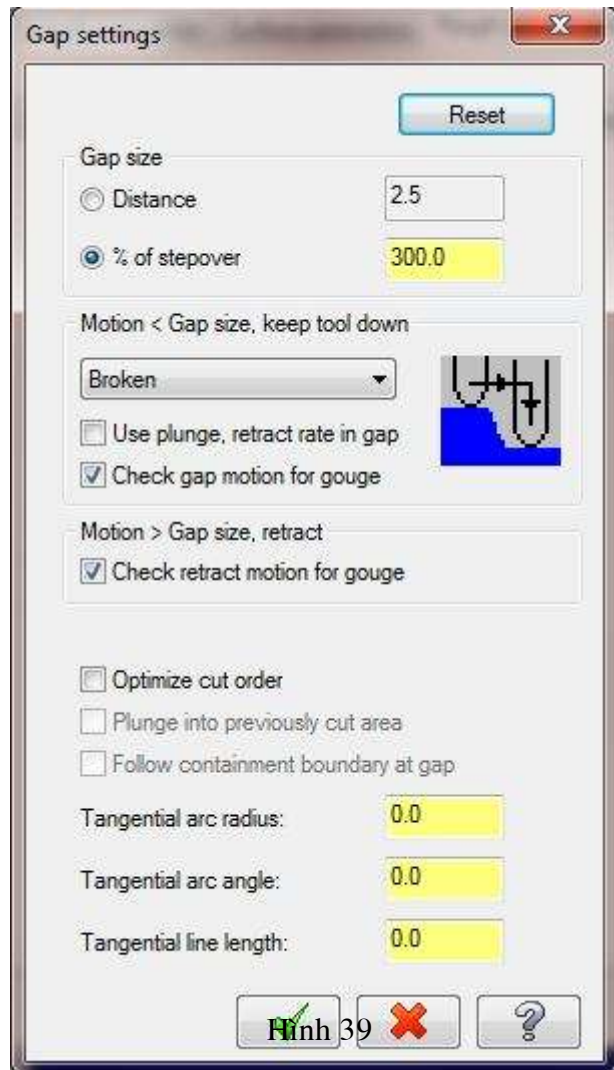
- + Những mặt liên tiếp nhau được nối không chính xác
- + Tại vùng bị cắt, nơi những khoảng trống được tạo ra
- + Do sự di chuyển

Kích thước của lỗ được chỉ định theo 2 cách:

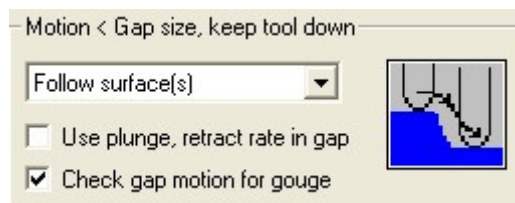


+ **Distance:** khoảng cách lỗ cụ thể.

+ **% of stepover:** khoảng cách theo phần trăm giá trị của mỗi bước ngang.



- **Motion < Gap size: Mastercam** cung cấp 4 loại gia công cho khoảng trống nhỏ, những mẫu này xuất hiện:



Direct
Broken
Smooth
Follow surface(s)

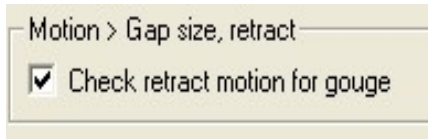
+ **Direct:** Trong lệnh Direct bạn di chuyển thẳng trên khoảng trống từ vị trí này đến vị trí kia. Trong lệnh khác thì bạn có thể di chuyển điểm cuối của đường gia công trên mặt phẳng này đến điểm bắt đầu của đường gia công trên mặt kia (hai mặt phải kề cận nhau).

+ **Broken:** Trong lệnh Broken bạn di chuyển trên khoảng trống của cung được chia, theo trục Z và trục khác X hoặc Y.

+ **Smooth** : Trong lệnh Smooth đường gia công di chuyển trên khoảng trống dọc theo chất lỏng. Nó thường được sử dụng với tốc độ cao của máy.

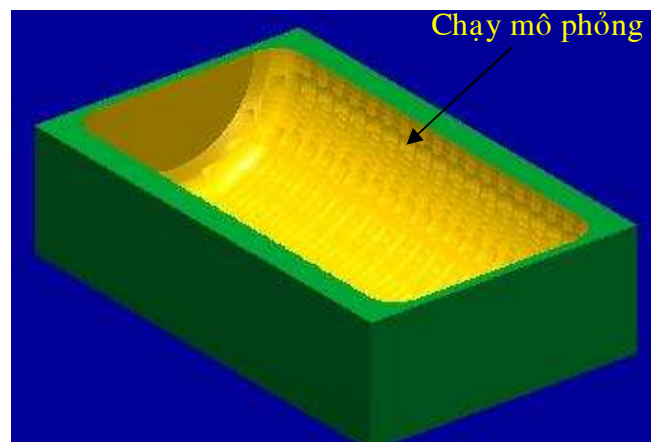
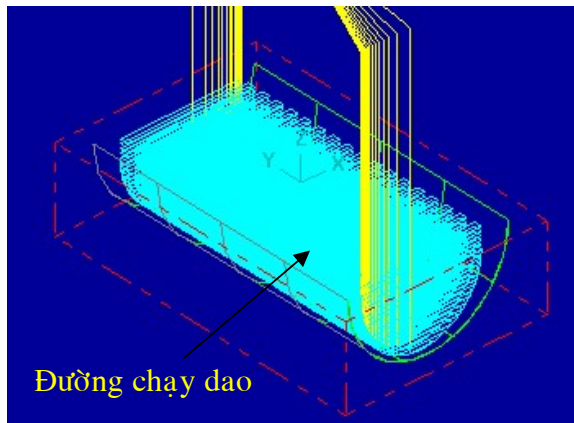
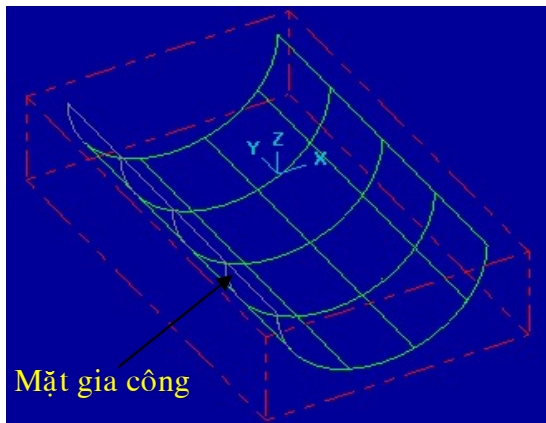
+ **Following surface(s)**: Trong lệnh này đường gia công di chuyển trên khoảng trống theo hướng Z.

- **Motion > Gap size:**



Nếu dao di chuyển lớn hơn kích thước khoảng trống đã cho, thì hệ thống sẽ thêm vào sự rút dao. Đường gia công cho những khoảng trống lớn thì làm theo 5 bước sau:

- + Gia công trên mặt từ điểm đầu đến điểm cuối theo hướng đã xác định.
- + Rút dao nhanh.
- + Di chuyển nhanh trên khoảng trống của điểm đầu, điểm cuối của mặt thứ hai.
- + Ăn xuống từ điểm bắt đầu của mặt thứ hai.
- + Gia công mặt thứ hai theo hướng đã định.



Hình 40

2. Rough Radial Toolpath .

Gia công thô mặt chạy dao theo hướng kính.

Kích chọn menu **Toolpath > Surface Rough > Rough Radial Toolpath.**

- ❖ Các bước thực hiện giống như phương pháp gia công **Rough Parallel Toolpath.**

Lúc này xuất hiện các tùy chọn sau:



- **Boss:** Chỉ dao di chuyển theo một hướng, hoặc từ 2 cạnh xuống và không cho phép dao di chuyển theo chiều âm của trục Z khi cắt.
- **Cavity:** Phương pháp này dao di chuyển theo kiểu Zigzag và cho phép cắt theo cả 2 chiều dương và âm theo trục Z (phương pháp này thông dụng nhất).
- **Unspecified:** Được tạo trong hộp thoại riêng.

+ Chọn mặt chúng ta cần gia công > **Enter**.
Lúc này xuất hiện bảng tùy chọn như (Hình 32)

- Drive : chọn mặt gia công.
- Check :
- Containment : chọn đường bao (đường giới hạn gia công).
- Approximate starting point: chọn điểm bắt đầu gia công.

Sau khi chúng ta chọn Enter.



 Toolpath parameter.

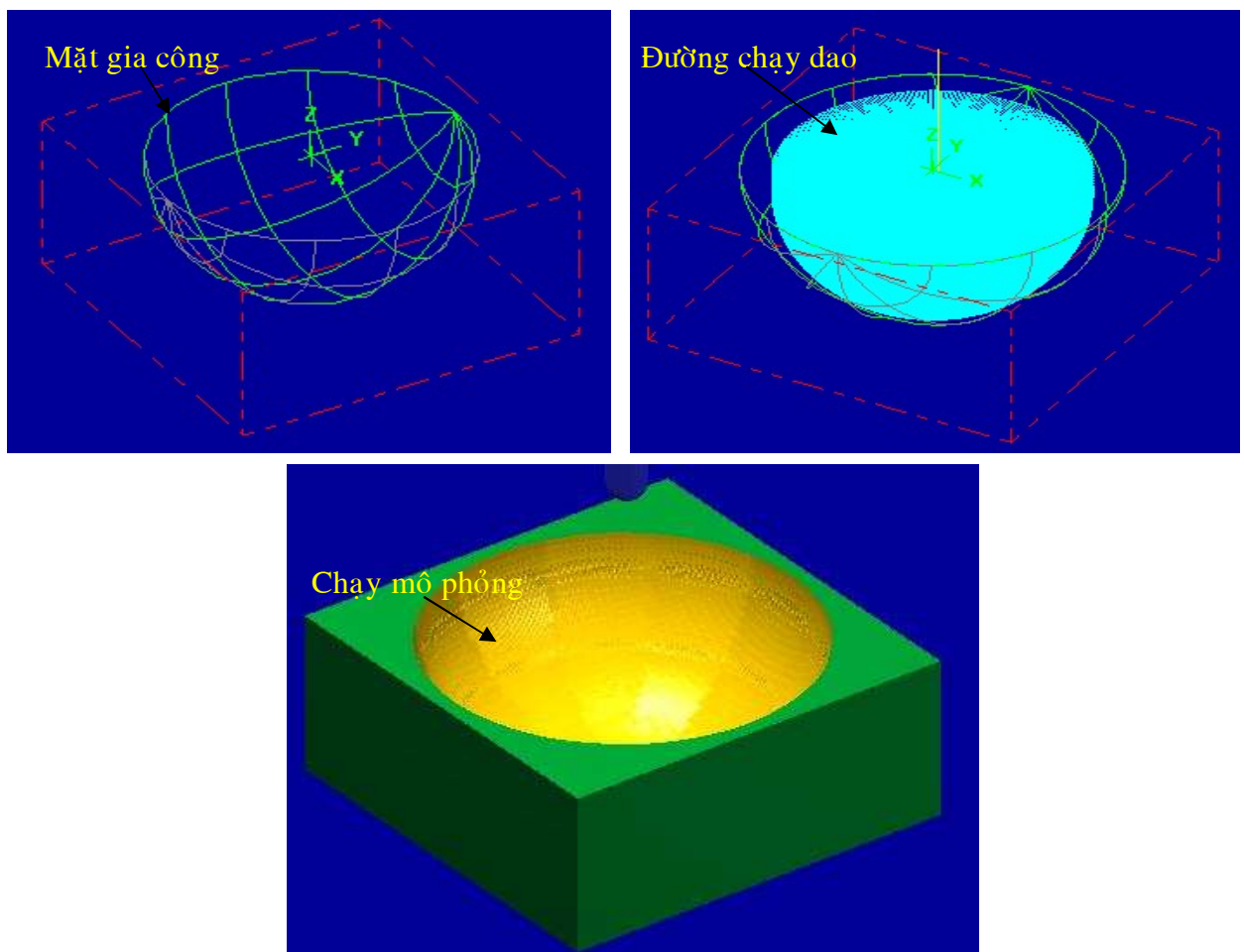
Nhấn nút chuột phải vào thư viện chọn dao gia công là dao cầu R=10.

 Surface parameters .

 Rough radial parameters .

Các thông số trong 2 hộp thoại này giống như phương pháp **Rough Parallel Toolpath**.

 **Enter rotation point:** chọn điểm để chỉ định tâm xoay của các đường cắt chúng ta chọn ngay gốc tọa độ.



Hình 41

3. Rough Project Toolpath .

Chiếu một đường chạy dao lên một mặt phẳng nào đó.

Kích chọn menu **Toolpath > Surface Rough > Rough Project Toolpath.**

- ❖ Các bước thực hiện giống như phương pháp gia công **Rough Parallel Toolpath.**

Lúc này xuất hiện các tùy chọn sau:



- **Boss:** Chỉ dao di chuyển theo một hướng, hoặc từ 2 cạnh xuống và không cho phép dao di chuyển theo chiều âm của trục Z khi cắt.
- **Cavity:** Phương pháp này dao di chuyển theo kiểu Zigzag và cho phép cắt theo cả 2 chiều dương và âm theo trục Z (phương pháp này thông dụng nhất).
- **Unspecified:** Được tạo trong hộp thoại riêng.

✚ Chọn mặt chúng ta cần gia công > **Enter**. Lúc này xuất hiện bảng tùy chọn như (Hình 42)

- **Drive :** chọn mặt gia công.
- **Check :**
- **Containment :** chọn đường bao (đường giới hạn gia công).
- **Curvers :** chọn Project chúng ta cần chiếu.

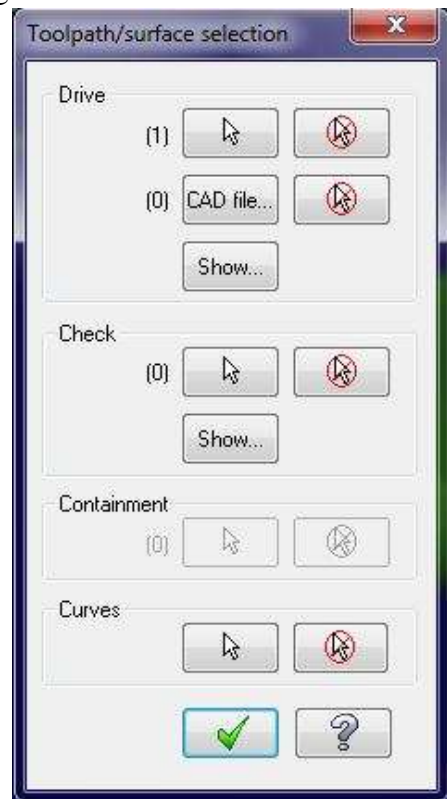
Sau khi chúng ta chọn **Enter**.

✚ **Toolpath parameter.**

Nhấn nút chuột phải vào thư viện chọn dao gia công là dao cầu R=2

✚ **Surface parameters .**

✚ **Rough Project parameters .**

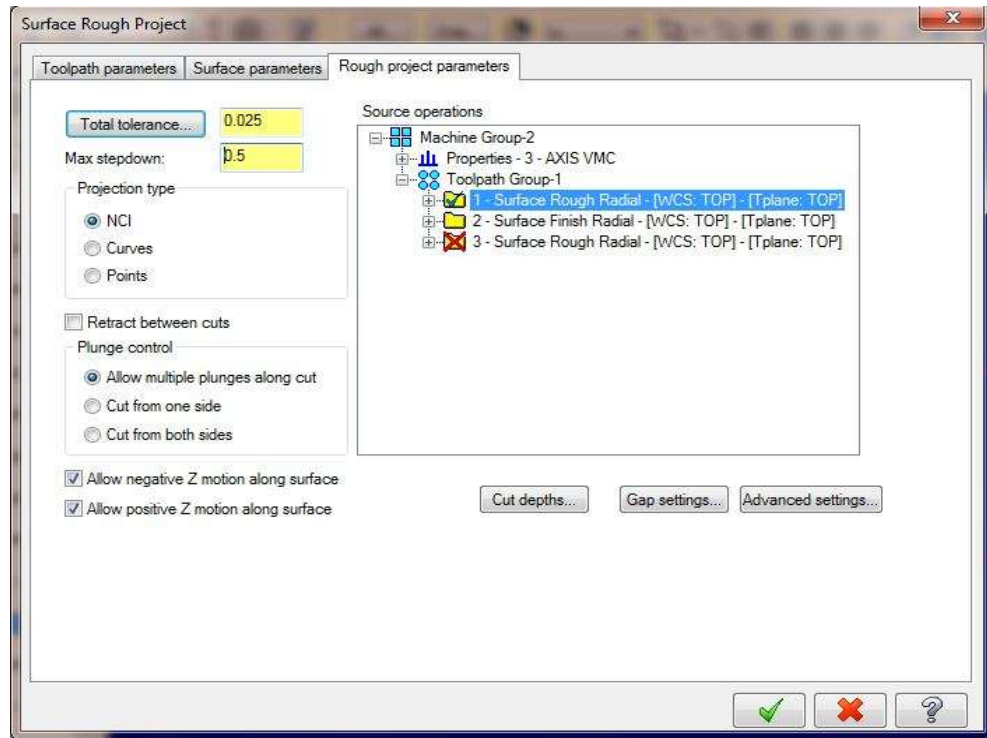


Hình 42

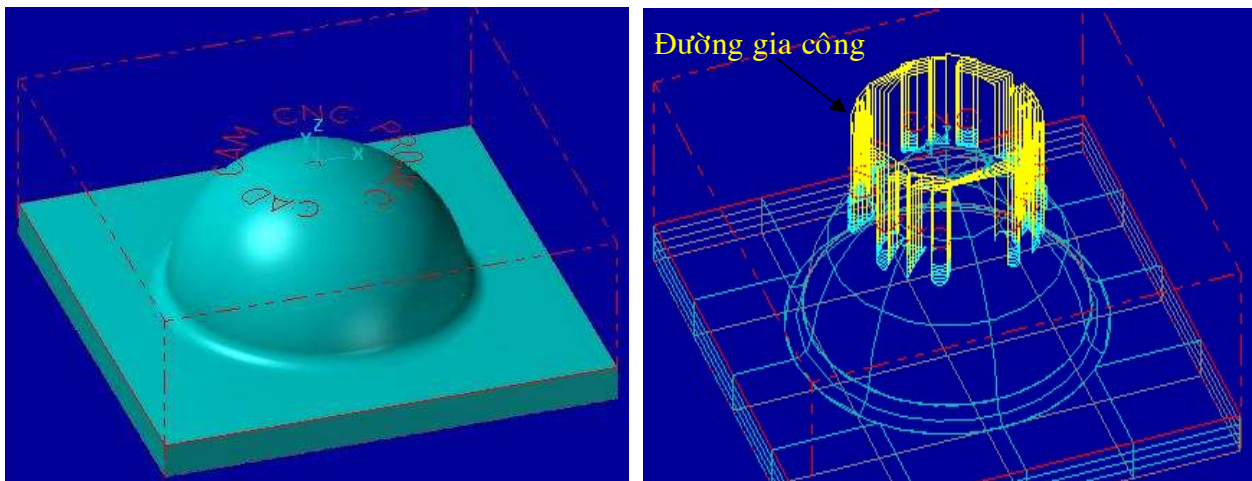
Các thông số trong 2 hộp thoại này giống như phương pháp **Rough Parallel Toolpath**.

Rough project parameters có thêm vào thông số như sau:

Hình 42



- **Projection type:** loại đường chạy dao.
 - + **NCI:** chiếu file đường chạy dao NCI lên mặt đã có sẵn.
 - + **Curve:** chiếu đường cong Curve lên mặt đã có sẵn.
 - + **Point:** chiếu điểm lên mặt đã có sẵn.



Hình 43

4. Rough Flowline Toolpath

Chúng ta dùng để gia công thô dọc theo vĩ tuyến của biên dạng một bề mặt.

Kích chọn menu **Toolpath > Surface Rough > Rough Flowline Toolpath.**

- ❖ Các bước thực hiện giống như phương pháp gia công **Rough Parallel Toolpath.**

Lúc này xuất hiện các tùy chọn sau:



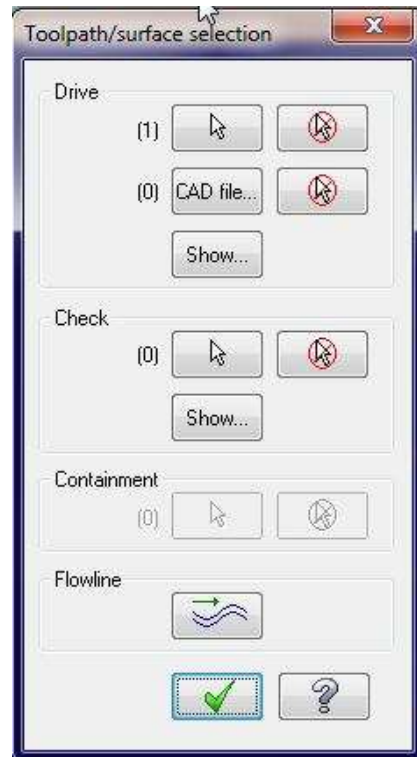
- **Boss:** Chỉ dao di chuyển theo một hướng, hoặc từ 2 cạnh xuống và không cho phép dao di chuyển theo chiều âm của trục Z khi cắt.
- **Cavity:** Phương pháp này dao di chuyển theo kiểu Zigzag và cho phép cắt theo cả 2 chiều dương và âm theo trục Z (phương pháp này thông dụng nhất).
- **Unspecified:** Được tạo trong hộp thoại riêng.

✚ Chọn mặt chúng ta cần gia công > **Enter.**

Lúc này xuất hiện bảng tùy chọn như (Hình 44)

- **Drive :** chọn mặt gia công.
- **Check :**
- **Containment :** chọn đường bao (đường giới hạn gia công).
- **Flowline :** chọn hướng chạy của đường gia công.

Sau khi chúng ta chọn **Enter.**



Hình 44

✚ **Toolpath parameter.**

Nhấn nút chuột phải vào thư viện chọn

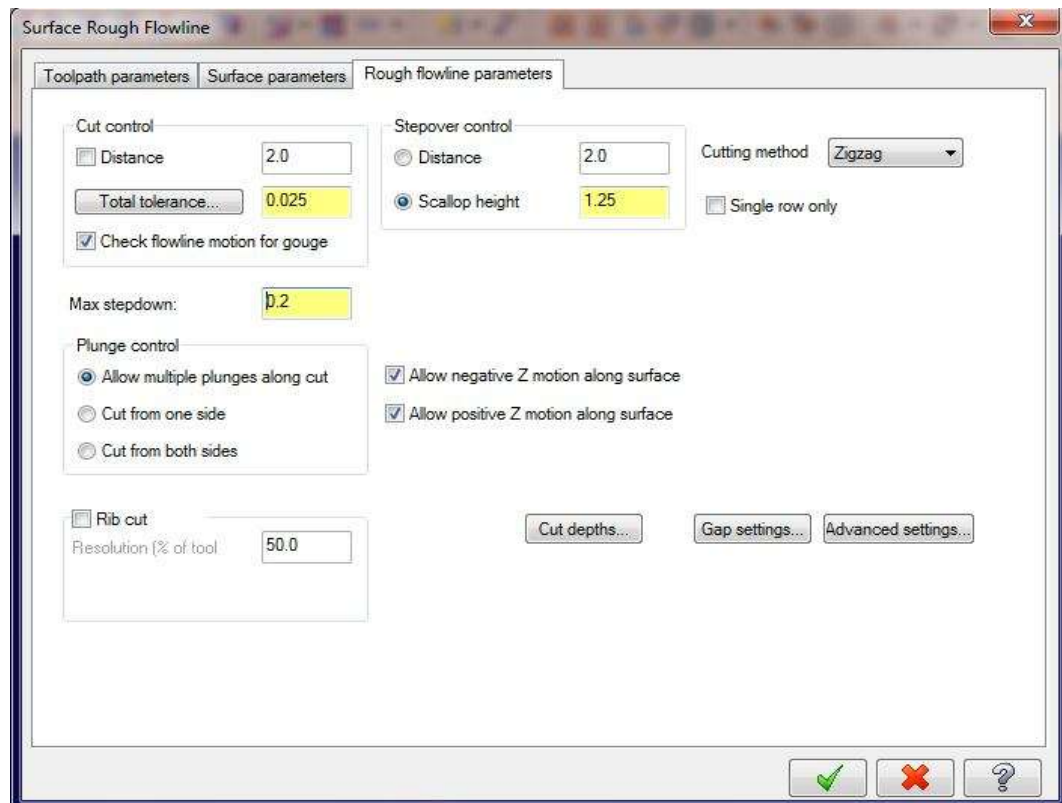
dao gia công là dao cầu R=6

✚ **Surface parameters .**

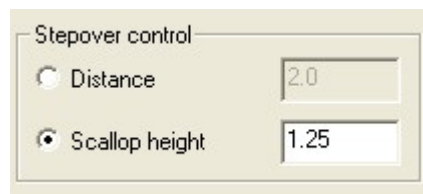
✚ **Rough Flowline parameters .**

Các thông số trong 2 hộp thoại này giống như phương pháp **Rough Parallel Toolpath**.

Rough Flowline parameters có thêm vào thông số như sau:



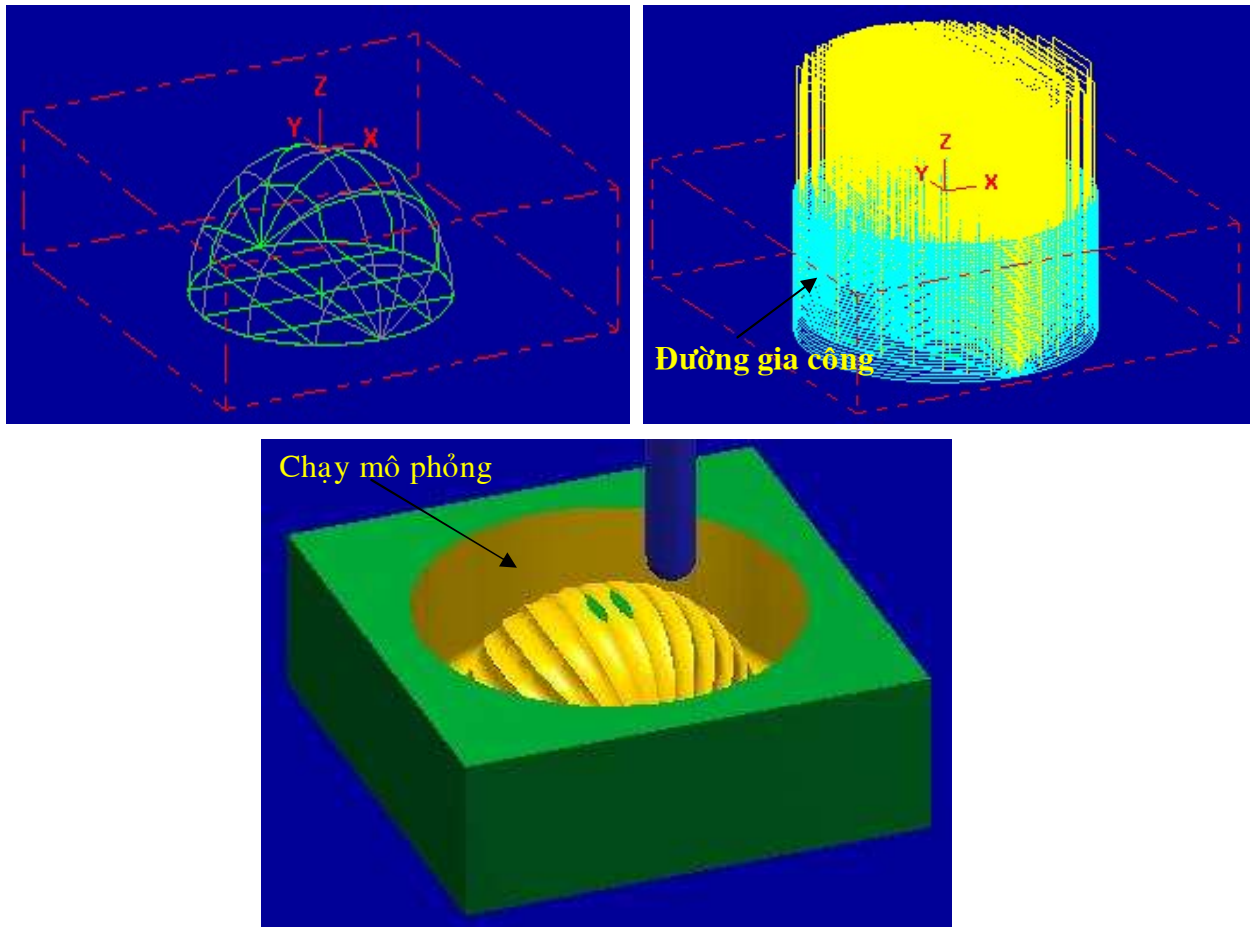
Hình45



- **Stepover control:** kiểm soát bước ngang.

+ **Distance:** khoảng cách cụ thể.

+ **Scallop height:** điều khiển bằng chiều cao nhấp nhô bề mặt.



Hình 46

5. Rough Contour Toolpath.

Chúng ta dùng để gia công biên dạng mặt theo đường xoắn ốc từ trên xuống.

Kích chọn menu **Toolpath > Surface Rough > Rough Contour Toolpath.**

❖ Các bước thực hiện giống như phương pháp gia công **Rough Parallel Toolpath.**

✚ Chọn mặt chúng ta cần gia công > **Enter.** Lúc này xuất hiện bảng tùy chọn như (Hình 47)

- Drive : chọn mặt gia công.
- Check :
- Containment : chọn đường bao (đường giới hạn gia công).
- Approximate starting point: chọn điểm bắt đầu.

Sau khi chúng ta chọn **Enter.**

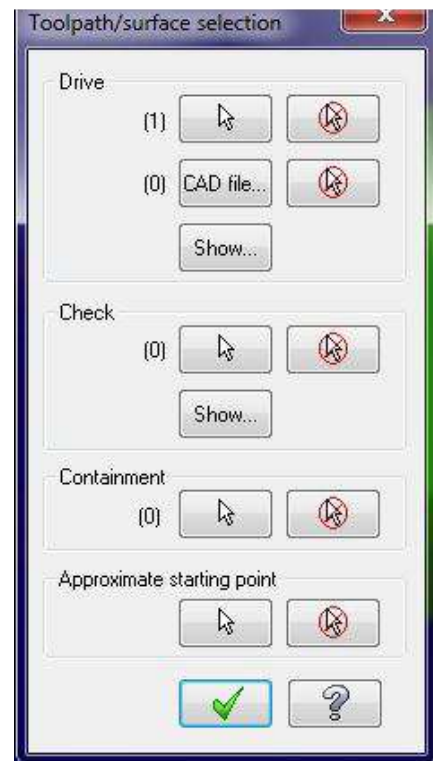
✚ **Toolpath parameter.**

Nhấn nút chuột phải vào thư viện chọn
dao gia công là dao cầu R=10

✚ **Surface parameters .**

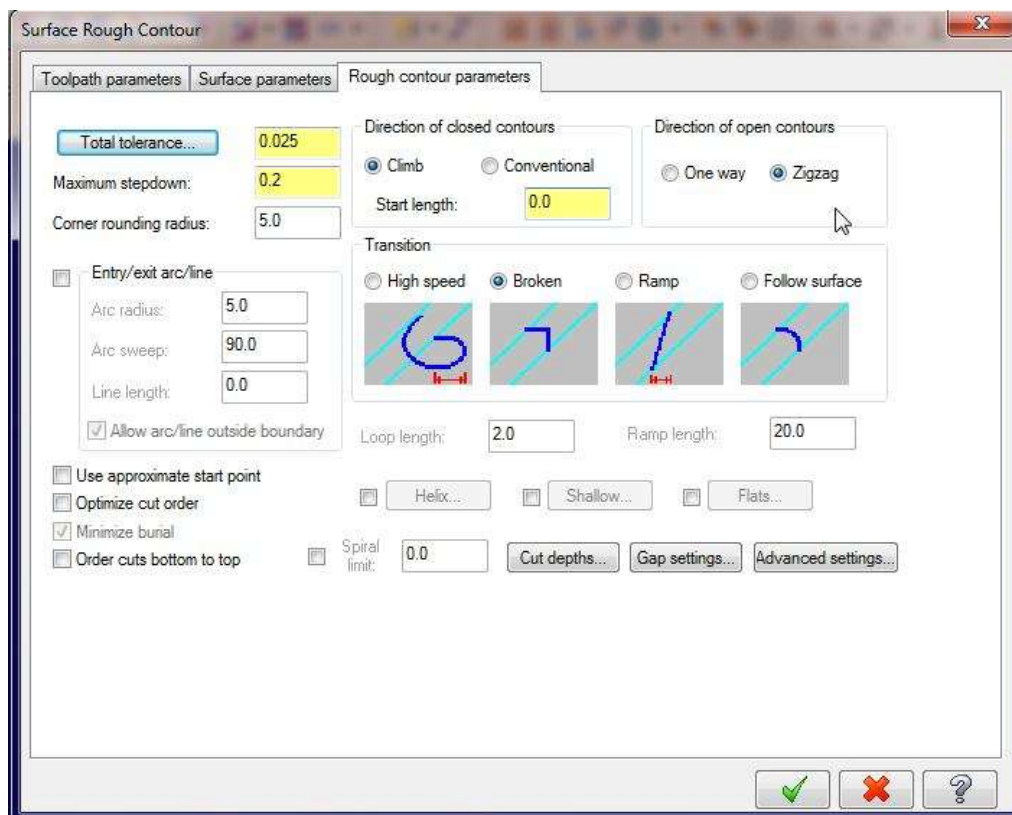
✚ **Rough Contour parameters .**

Các thông số trong 2 hộp thoại này giống
như phương pháp **Rough Parallel Toolpath**.



Hình 47

- **Rough contour parameters** có thêm vào thông số như sau:



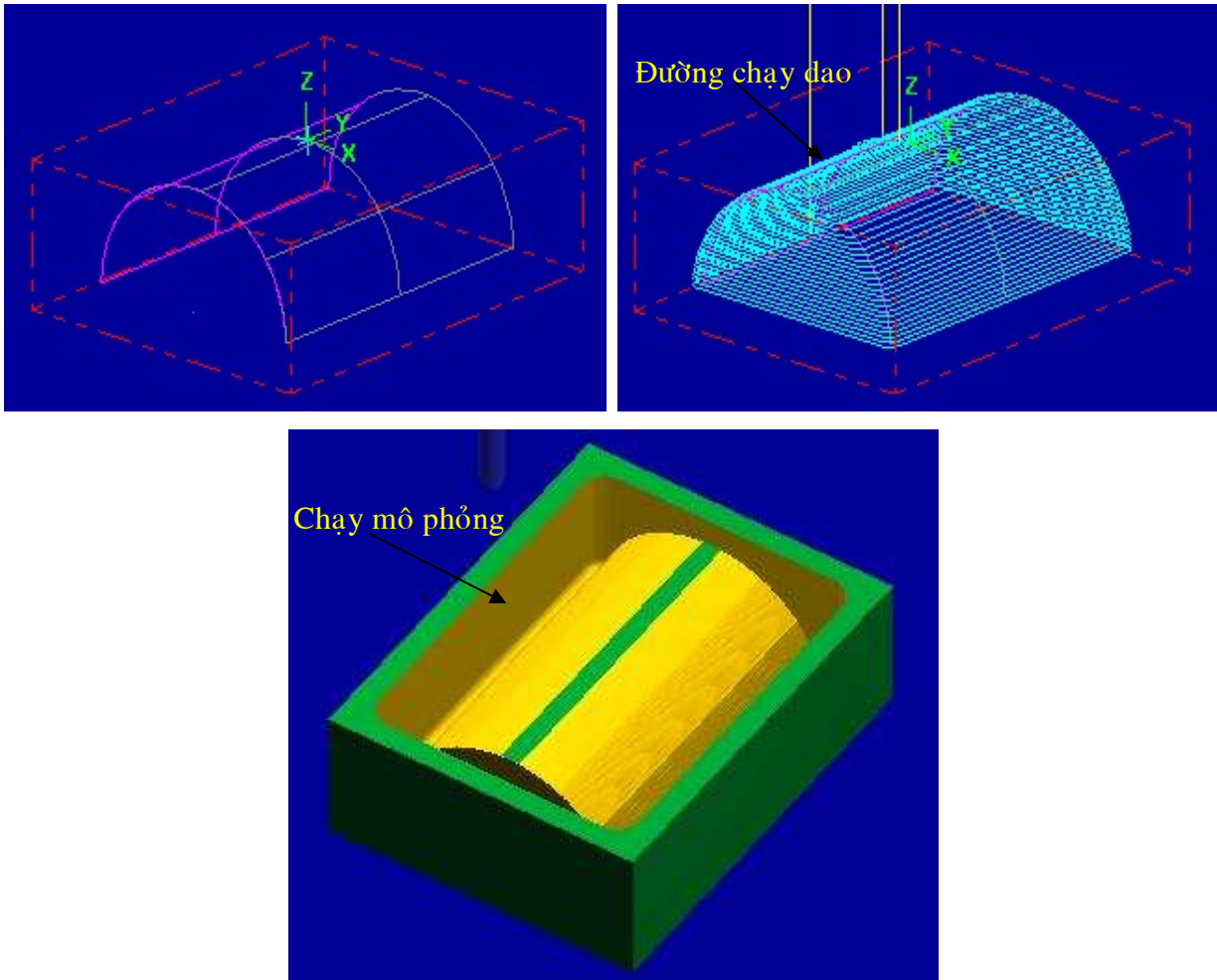
Hình 48

Những thông số được thêm vào trong hộp thoại này:

- **Direction of closed contours:** hướng gia công theo contour kín.
 - + **Climb:** phay thuận.
 - + **Conventional:** phay nghịch.
- **Direction of open contours:** hướng gia công theo contour hở.
 - + **One way.**
 - + **Zigzag.**
- **Transition:**

Thông số này được mặc định để gia công với 2 đường cắt liên tiếp nhau gồm có:

- + **High speed:** Dao sẽ di chuyển nhanh để gia công hết các mặt.
- + **Broken:** Dao sẽ di chuyển theo đường gấp khúc.
- + **Ramp:** Dao sẽ di chuyển theo đường nghiêng.
- + **Follow surface:** Dao sẽ di chuyển dọc theo mặt.



Hình 49

6. Rough Pocket Toolpath

Đường dao này gia công giữa những phần mặt được giới hạn bởi biên dạng.

Kích chọn menu **Toolpath > Surface Rough > Rough Pocket Toolpath.**

❖ Các bước thực hiện giống như phương pháp gia công **Rough Parallel Toolpath.**

✚ Chọn mặt chúng ta cần gia công > **Enter.** Lúc này xuất hiện bảng tùy chọn như (Hình 50)

- Drive : chọn mặt gia công.
- Containment : chọn đường bao (đường giới hạn gia công).
- Entry point : chọn điểm vào dao.

Sau khi chúng ta chọn **Enter.**

✚ **Toolpath parameter.**

Nhấn nút chuột phải vào thư viện chọn dao gia công là **Bull Mill R=5**

✚ **Surface parameters .**

Các thông số trong hộp thoại này giống như phương pháp **Rough Parallel Toolpath.**

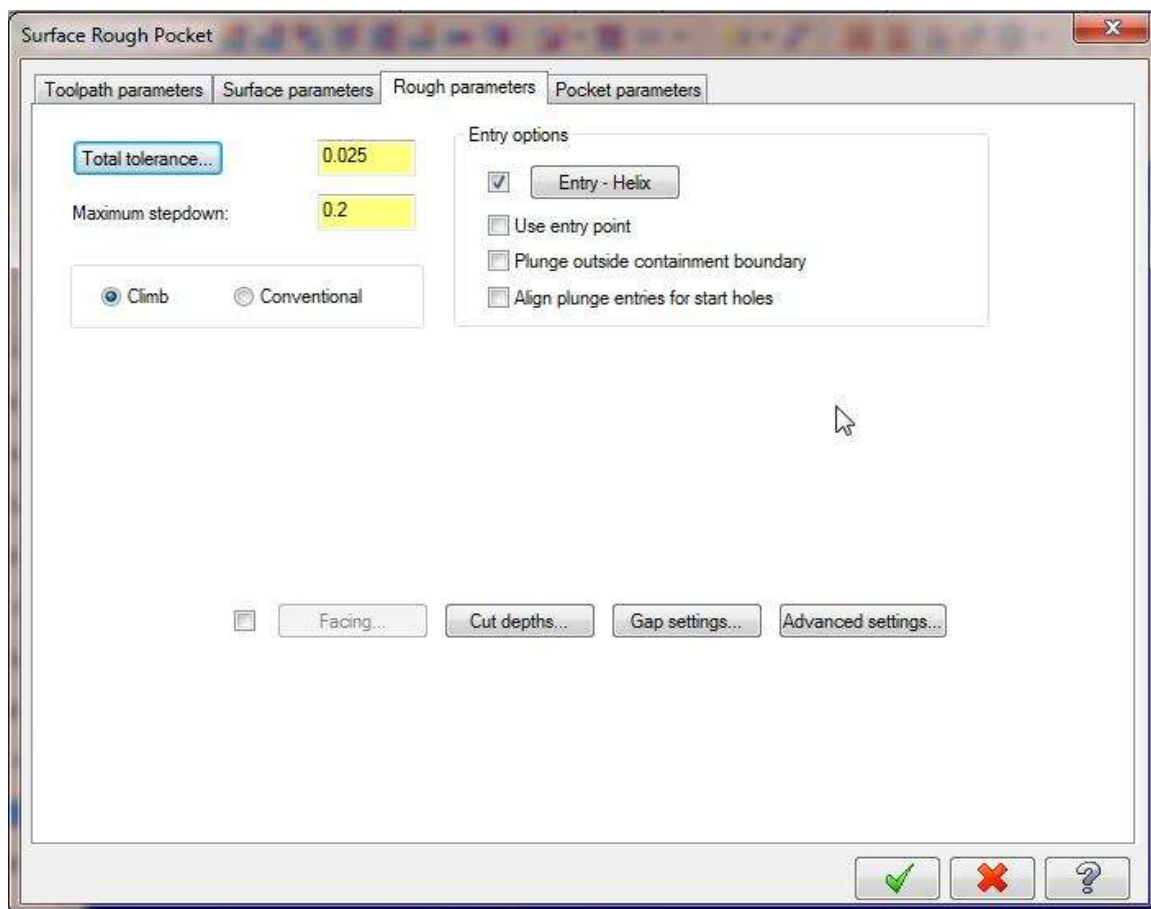
✚ **Rough parameters .**

✚ **Pocket parameters**

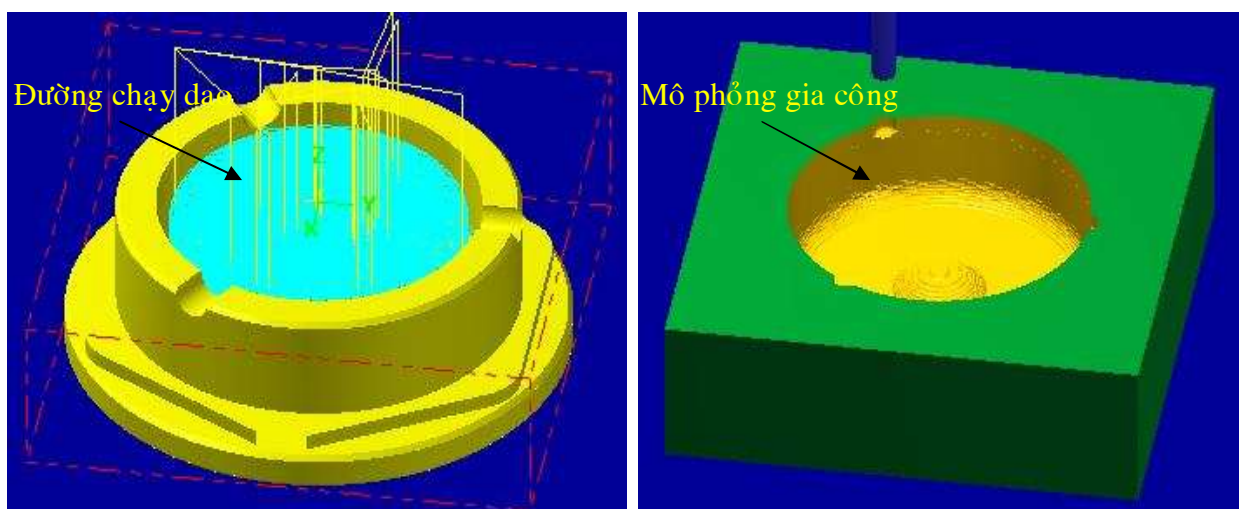
Các thông số trong 2 hộp thoại này giống như phương pháp **Pocket 2D.**



Hình 50



Hình 51



Hình 52

7. Rough Plunge Toolpath .

Phương pháp này gia công bằng cách ăn dao theo phương thẳng đứng.

Kích chọn menu **Toolpath > Surface Rough > Rough Plunge Toolpath.**

❖ Các bước thực hiện giống như phương pháp gia công **Rough Parallel Toolpath.**

+ Chọn mặt chúng ta cần gia công > **Enter**. Lúc này xuất hiện bảng tùy chọn như Hình

- Drive : chọn mặt gia công.
- Check :
- Containment : chọn đường bao (đường giới hạn gia công).
- Grid : chọn điểm đầu và cuối vùng gia công.

Sau khi chúng ta chọn **Enter**.

+ **Toolpath parameter.**

Nhấn nút chuột phải vào thư viện chọn

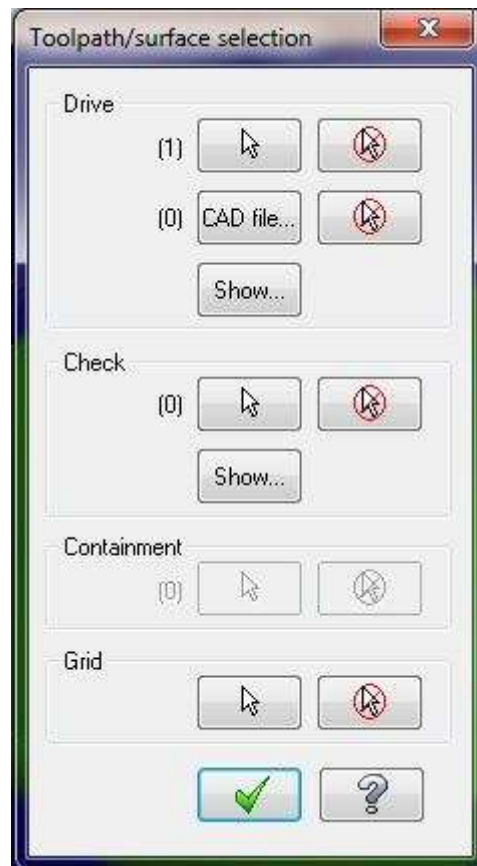
dao gia công là **Bull Mill R=6**

+ **Surface parameters .**

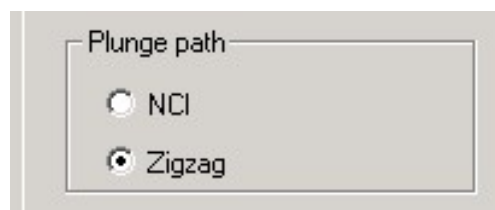
Các thông số trong hộp thoại này giống như phương pháp **Rough Parallel Toolpath.**

+ **Rough Plunge parameters .**

Phương pháp này có thêm vào các thông số như sau:

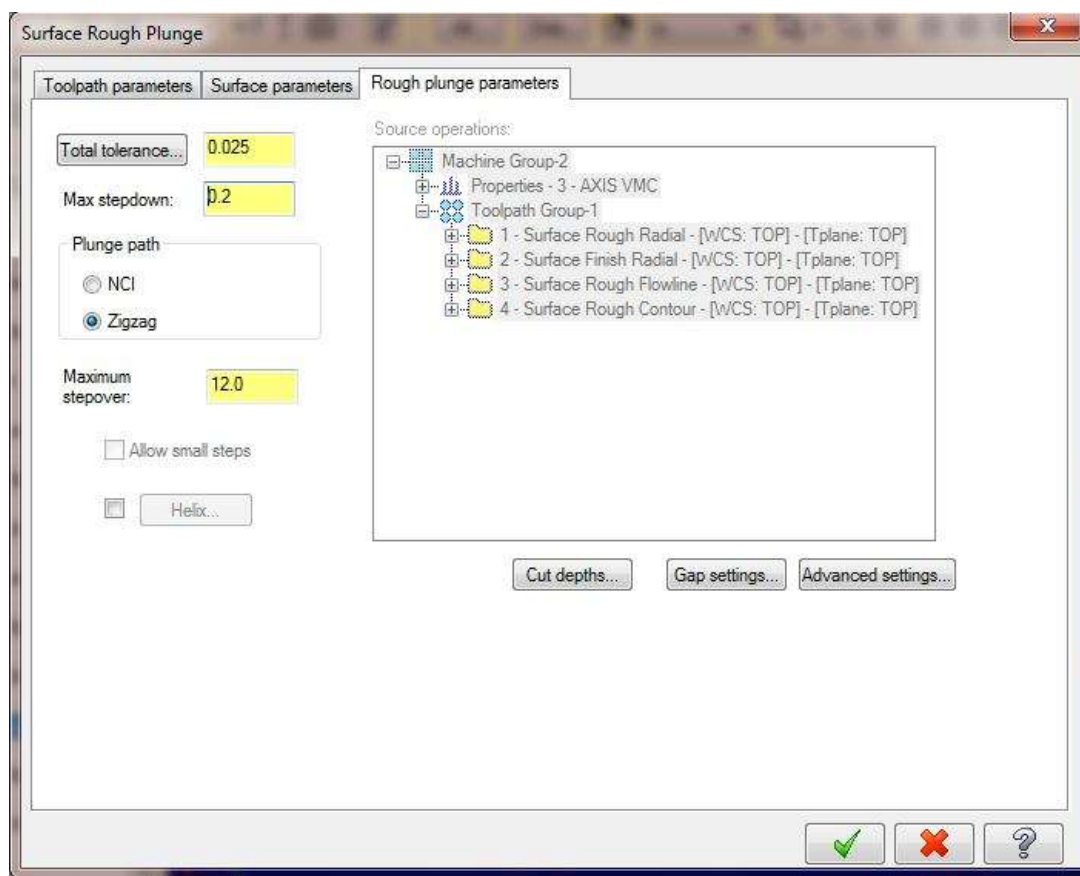


- Plunge path

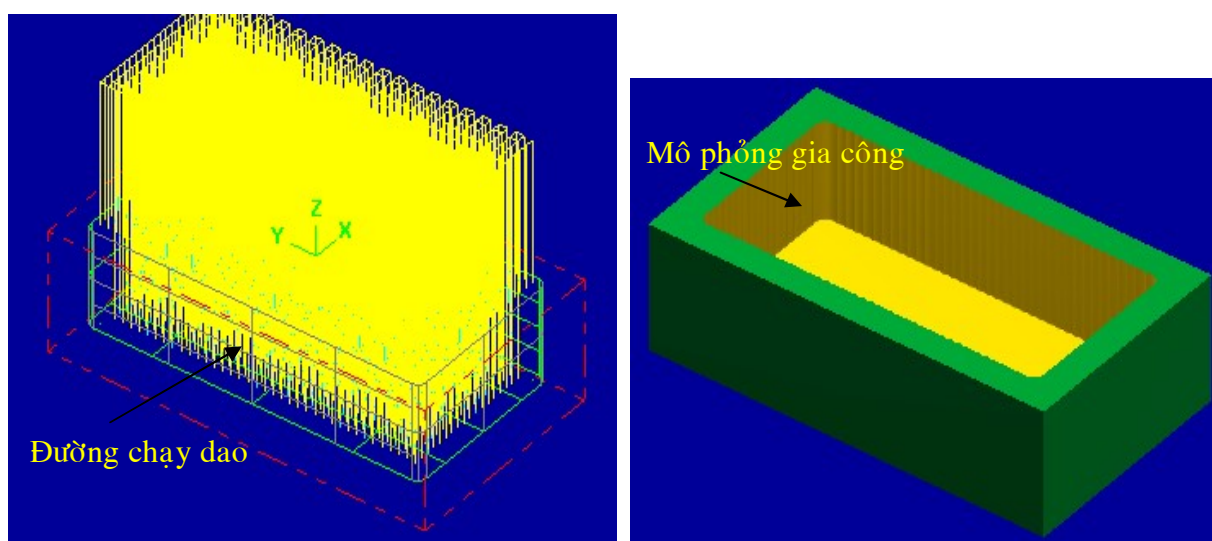


+ **NCI** : gia công từ file NCI trước đó.

+ **Zigzag** : gia công theo kiểu Zigzag.



Hình 53



Hình 54

8. Rough Restmill Toolpath . Gia công vết lai lượng dư nguyên công trước.

Kích chọn menu **Toolpath > Surface Rough > Rough Restmill Toolpath.**

❖ Các bước thực hiện giống như phương pháp gia công **Rough Parallel Toolpath.**

✚ Chọn mặt chúng ta cần gia công > **Enter**. Lúc này xuất hiện bảng tùy chọn như (Hình 55)

- Drive : chọn mặt gia công.
- Check :
- Containment : chọn đường bao (đường giới hạn gia công).
- Approximate starting point: chọn điểm bắt đầu.

Sau khi chúng ta chọn **Enter**.

✚ Toolpath parameter.

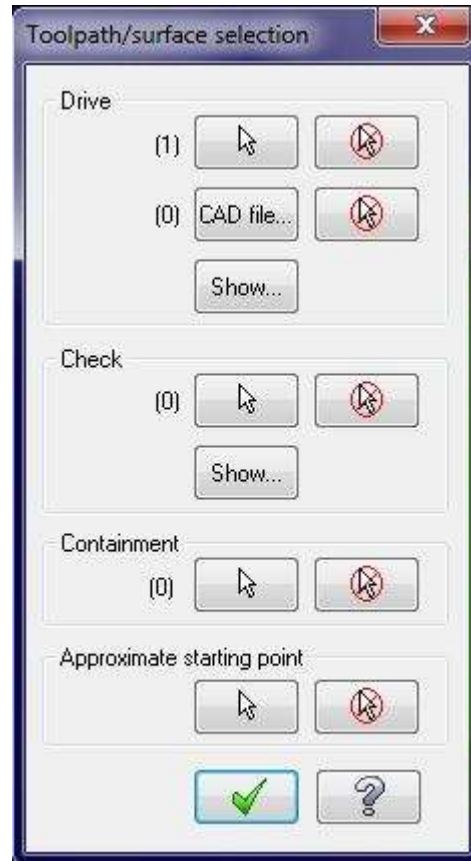
Nhấn nút chuột phải vào thư viện chọn

dao gia công là dao cầu R=10

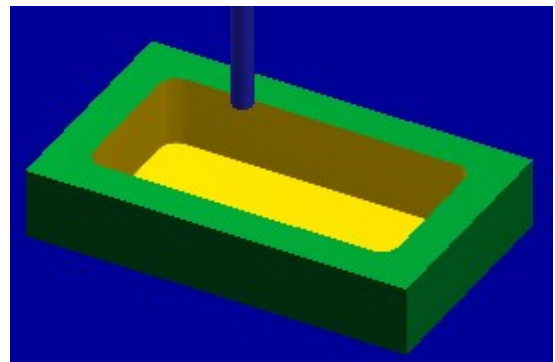
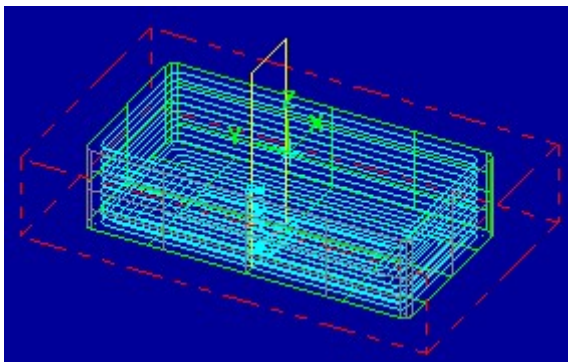
✚ Surface parameters .

Các thông số trong 2 hộp thoại này giống như phương pháp **Rough Parallel Toolpath. Rertmill parameters.**

Hình 55



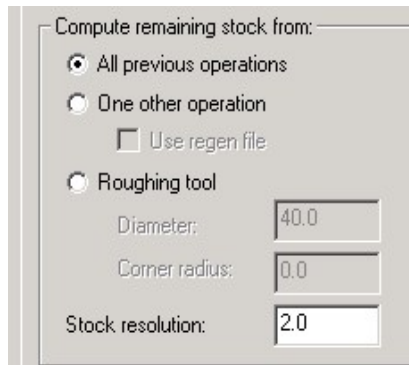
Hộp thoại này chúng ta khai báo giống phương pháp gia công **Rough Contour Toolpath.**



Hình 56

Restmill parameters .

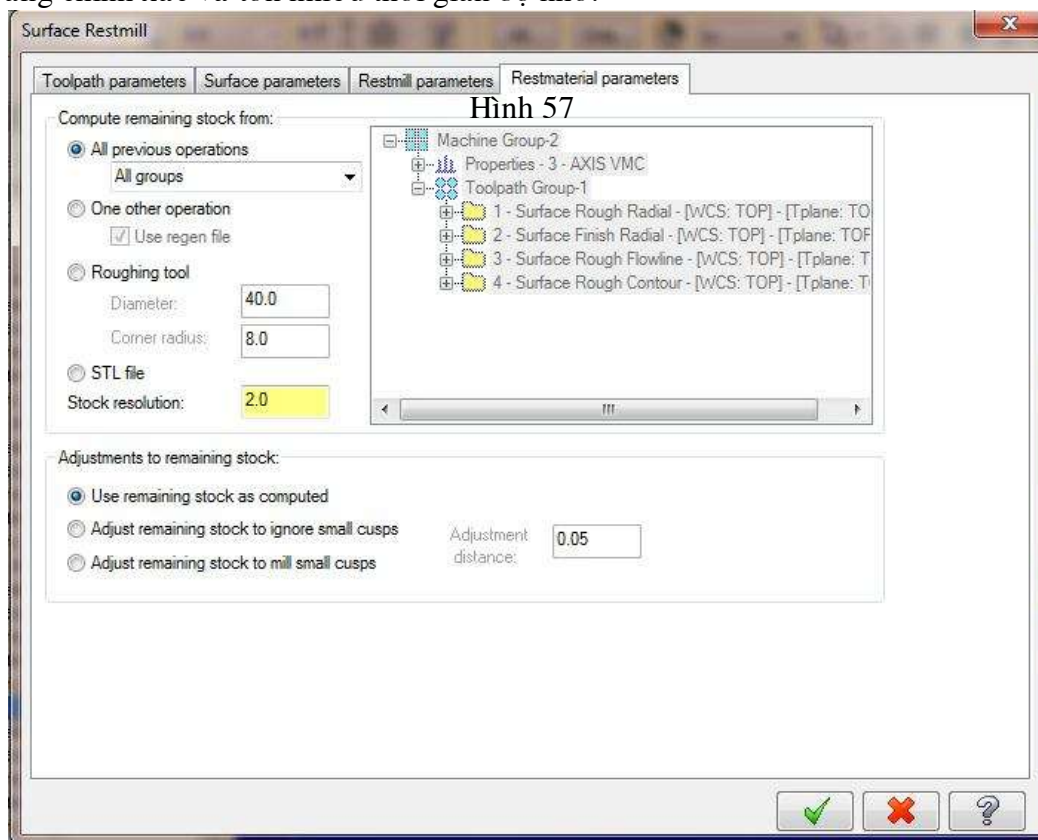
Trong hộp thoại này có thêm một vài thông số như sau:



- Compute remaining stock from:

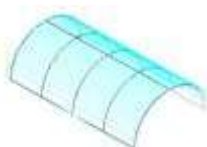
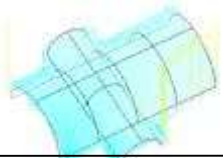
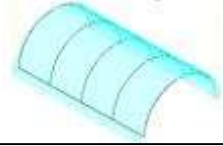
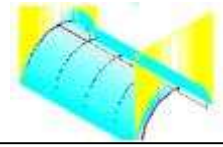
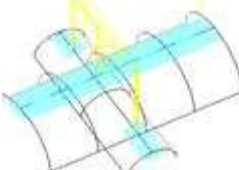
- + **All previous operations:** gia công lại tất cả những lần gia công trước đó.
- + **One other operation:** chỉ gia công lại lần gia công trước đó.
- + **Stock resolutions:** độ phân giải phôi.

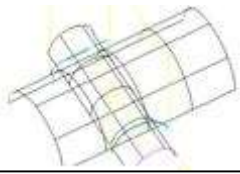
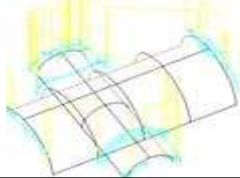
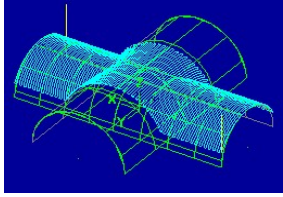
Nếu ta chọn giá trị càng nhỏ thì việc tính lại các phần gia công càng kỹ dẫn đến gia công càng chính xác và tốn nhiều thời gian bộ nhớ.



II. Surface Finish .

Kích chọn menu **Toolpaths > Surface Finish** chúng ta sẽ có 11 kiểu gia công tinh như dưới đây:

Kiểu gia công	Mô tả giải thích	Hình minh họa
 Finish Paralle	Gia công tinh theo hướng song song được xác định với thông số góc.	
 Parallel Steep	Gia công tinh lại những nơi còn sót của lần gia công trước đó(đặc biệt là các mặt có độ dốc lớn) dao di chuyển song song nhau vật liệu lấy đi được xác định bằng góc nghiêng(độ dốc).	
 Finish Radial	Gia công tinh dọc theo hướng kính.	
 Finish Project	Gia công tinh lại hình chiếu của đối tượng lên một mặt.	
 Finish Flowline	Gia công tinh theo hướng đường bao mặt (đường sinh).	
 Finish Contour	Gia công tinh dọc theo biên dạng mặt.	
 Finish Scallop	Tạo đường chạy dao trên bề mặt gia công nhằm đạt được chiều cao nhấp nhô như mong muốn và hạn chế thấp nhất chuyển động rút dao.	
 Finish Shallow	Gia công tinh lại nơi mà gia công trước còn sót lại.	

 Finish Pencil	Gia công tinh lại góc giữa những mặt để những lần gia công sau dễ dàng hơn.	
 Finish Leftover	Hớt bỏ vật liệu còn sót lại của lần gia công trước, và dùng dao nhỏ hơn.	
 Finish Blend		

1. Finish Farallel

Gia công tinh theo hướng song song được xác định với thông số góc.

Kích chọn menu **Toolpath > Surface Finish > Finish Farallel Toolpath.**

❖ Các bước thực hiện giống như phương pháp gia công thô **Rough Parallel Toolpath.**

✚ Chọn mặt chúng ta cần gia công > **Enter**. Lúc này xuất hiện bảng tùy chọn như (Hình 58)

- Drive : chọn mặt gia công.
- Check :
- Containment : chọn đường bao
(đường giới hạn gia công).
- Approximate starting point: chọn điểm bắt đầu.

Sau khi chúng ta chọn **Enter**.

✚ **Toolpath parameter.**

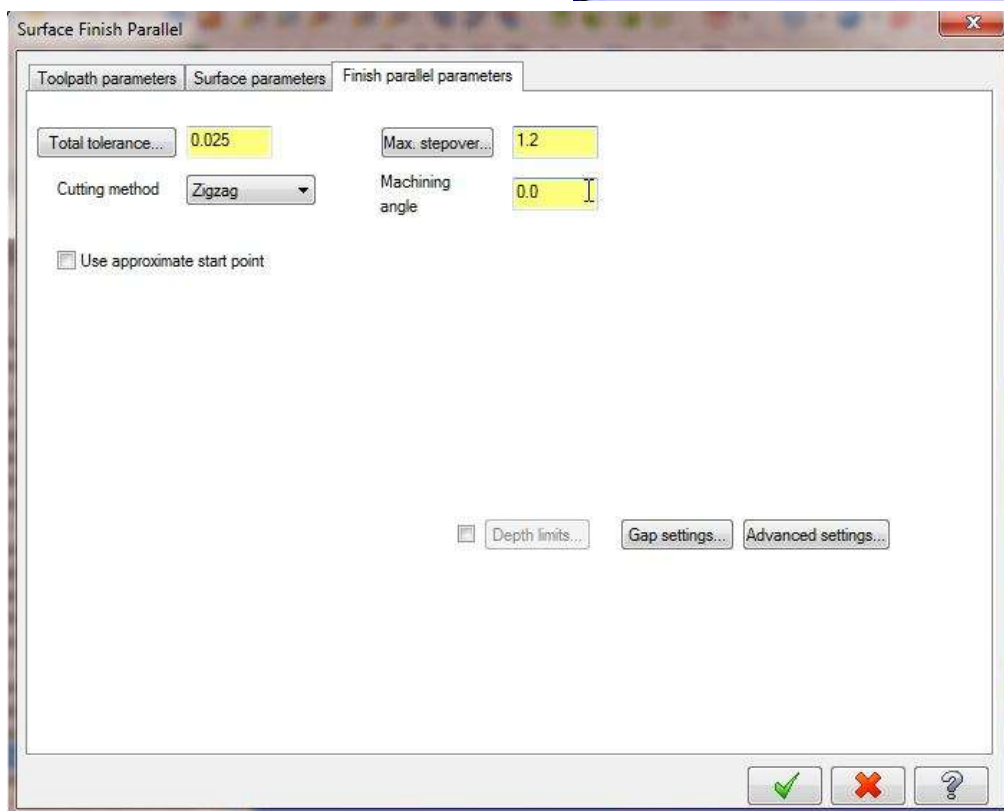
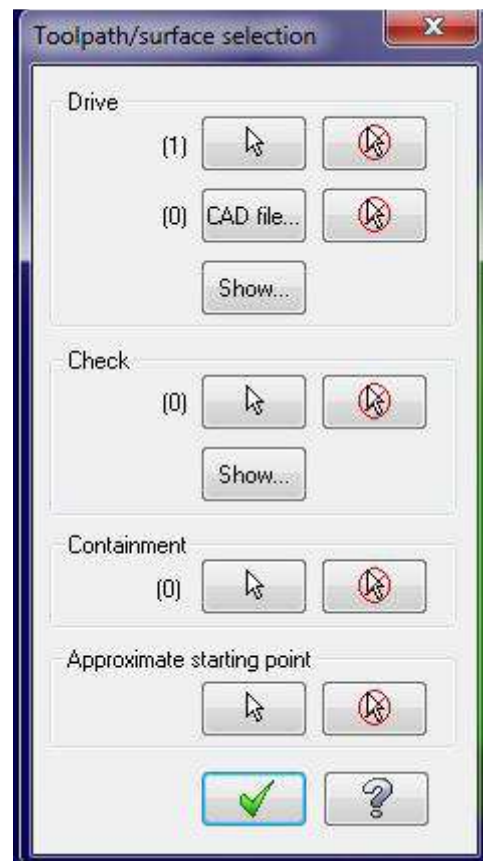
Nhấn nút chuột phải vào thư viện chọn
dao gia công là dao cầu R=5

✚ **Surface parameters .**

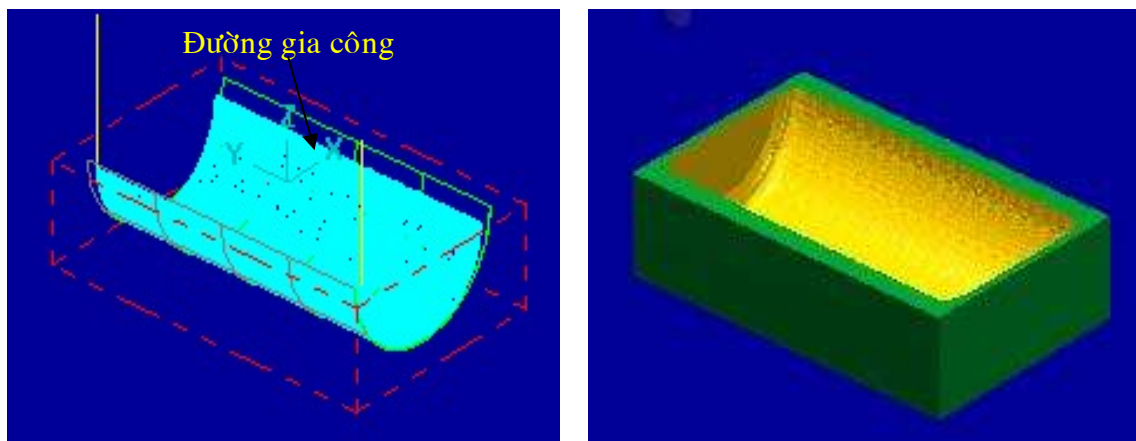
✚ Finish Farallel parameters.

Các thông số trong 3 hộp thoại này giống như phương pháp gia công thô.

Hình 58



Hình 59



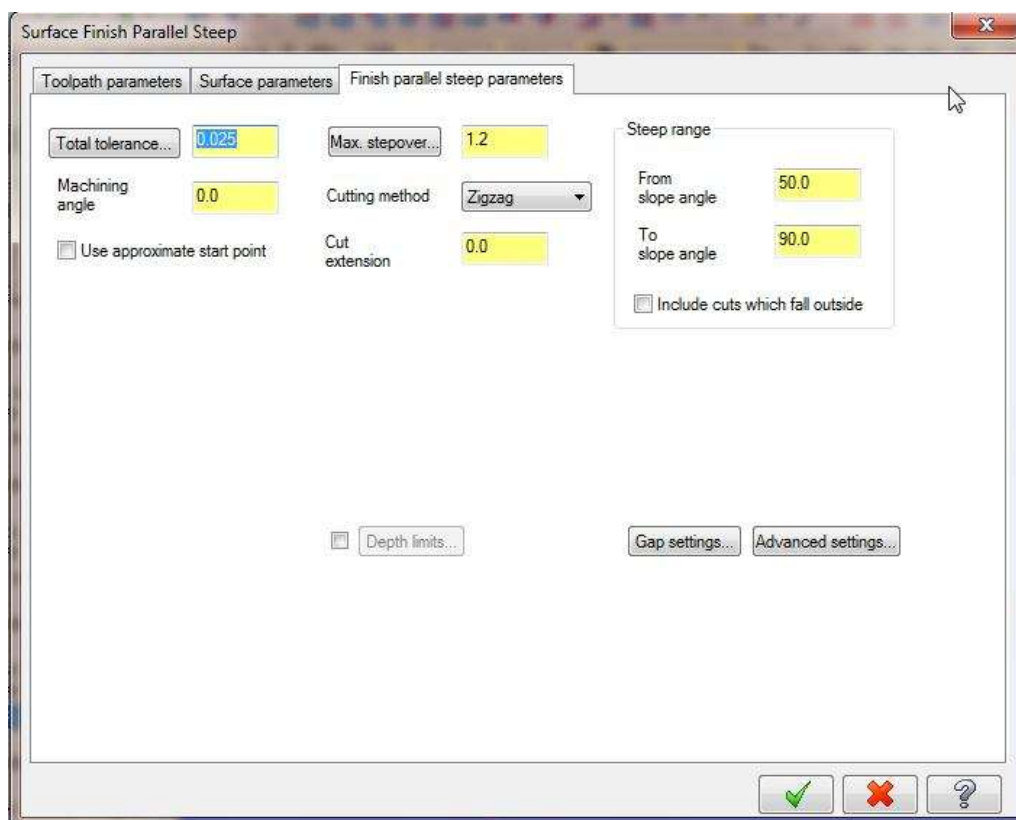
Hình 60

2. Finish Parallel steep.

Gia công tinh lại những nơi còn sót của lần gia công trước đó (đặc biệt là các mặt có độ dốc lớn) dao di chuyển song song nhau vật liệu lấy đi được xác định bằng góc nghiêng (độ dốc).

Kích chọn menu **Toolpath > Surface Finish > Finish Farallel Steep Toolpath.**

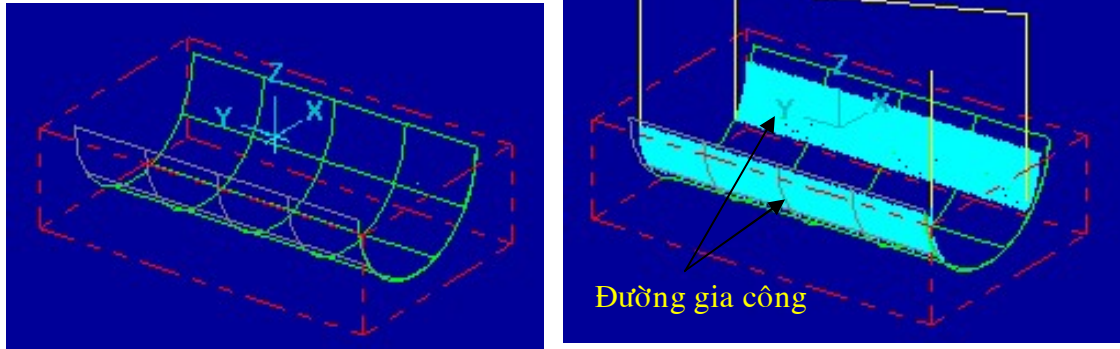
❖ Các bước thực hiện giống như **Finish parallel**



Hình 61

✚ **Finish parallel steep parameters** có thêm một số thông số sau:

- **Steep range:** giới hạn bước cắt.
- + **From slope angle:** những bước cắt nhỏ nhất được xác định bằng góc nghiêng.
- + **To slope angle:** những bước cắt lớn nhất được xác định bằng góc nghiêng.



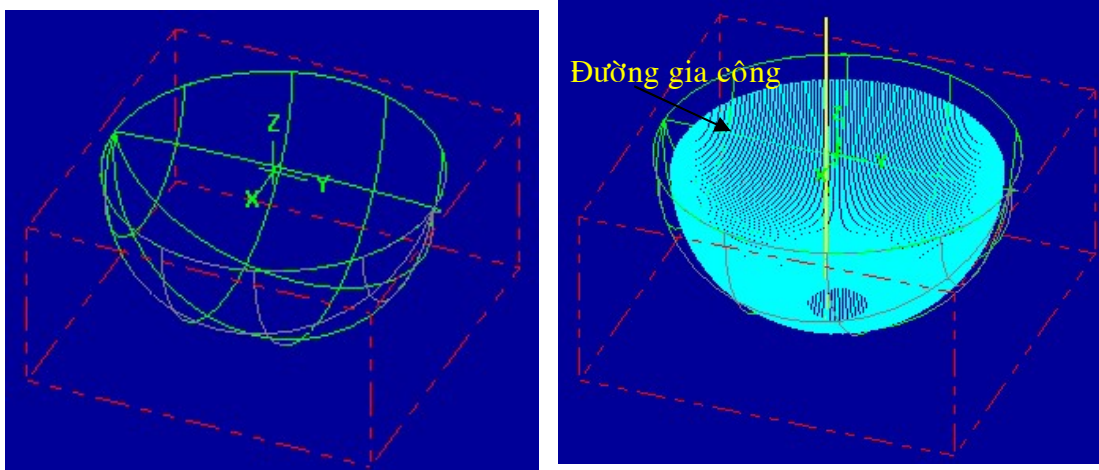
Hình 62

3. Finish Radial .

Gia công theo dọc đường kính

Kích chọn menu **Toolpath > Surface Finish > Finish Radial Toolpath.**

- ❖ Các bước thực hiện giống như phương pháp gia công thô.



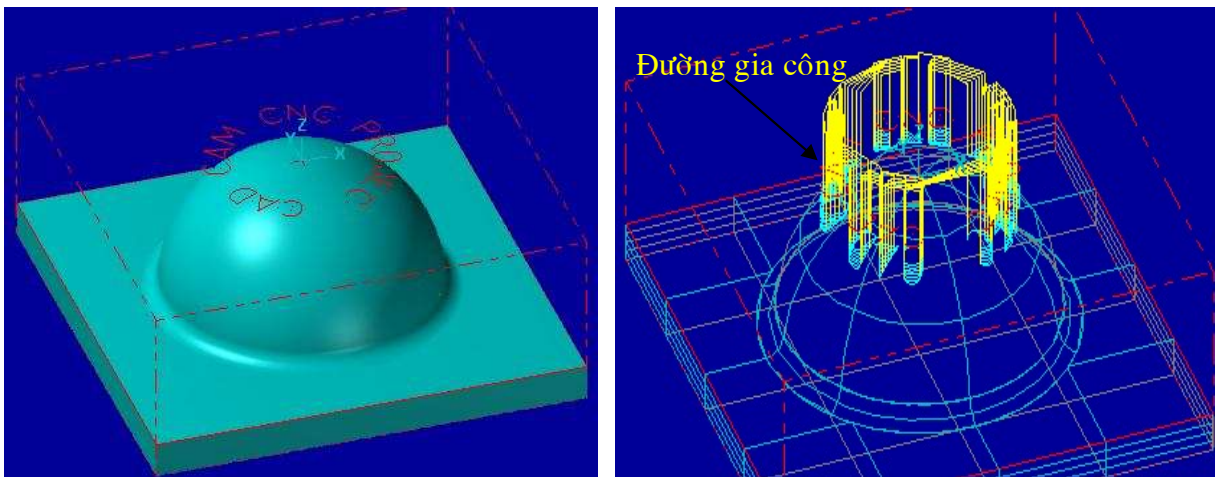
Hình 63

4. Finish Project Finish

Chúng ta dùng gia công tinh hình chiếu của đối tượng lên một mặt.

Kích chọn menu **Toolpath > Surface Finish > Finish Project Toolpath.**

❖ Các bước thực hiện như phương pháp gia công thô.



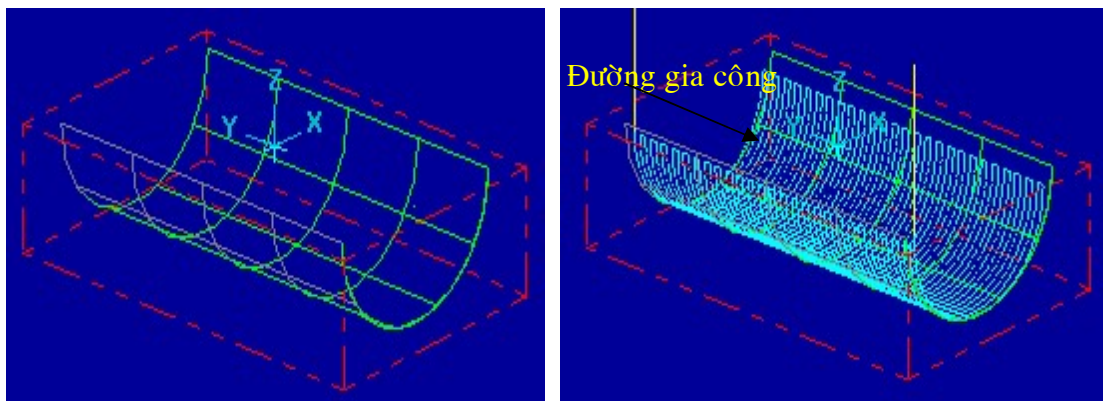
Hình 64

5. Finish Flowline

Gia công tinh theo hướng đường bao mặt (đường sinh).

Kích chọn menu **Toolpath > Surface Finish > Finish Flowline Toolpath.**

❖ Các bước thực hiện như phương pháp gia công thô.



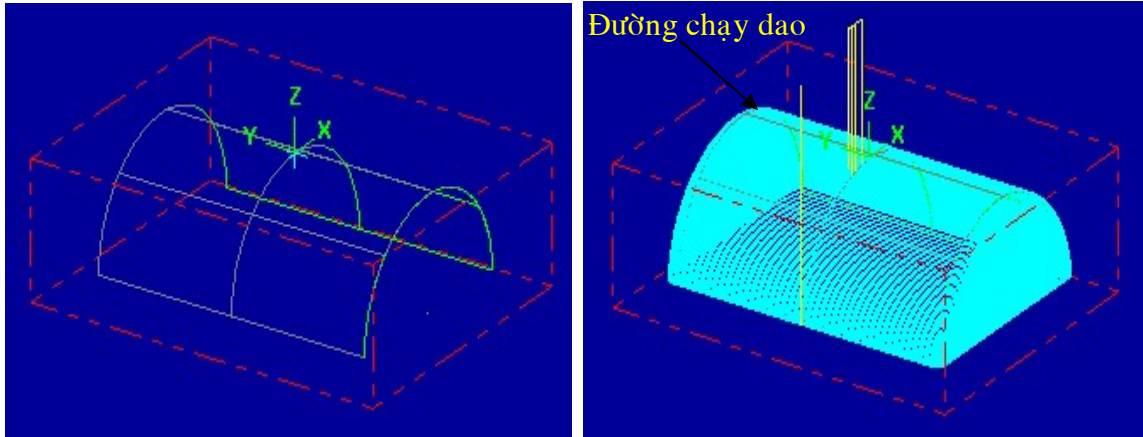
Hình 65

6. Finish Contour.

Gia công tinh dọc theo biên dạng mặt.

Kích chọn menu **Toolpath > Surface Finish > Finish Contour Toolpath.**

❖ Các bước thực hiện như phương pháp gia công thô.



Hình 66

7. Finish Scallop .

Tạo đường chạy dao trên bề mặt gia công nhằm đạt được chiều cao nhấp nhô như mong muốn và hạn chế thấp nhất chuyển động rút dao.

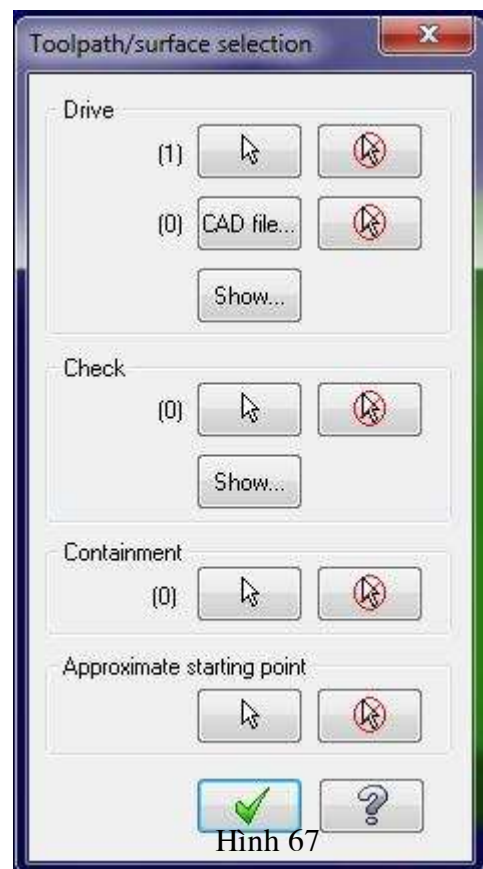
Kích chọn menu **Toolpath > Surface Finish > Finish Scallop Toolpath.**

❖ Các bước thực hiện giống như phương pháp gia công **Parallel Toolpath.**

✚ Chọn mặt chúng ta cần gia công > **Enter.**
Lúc này xuất hiện bảng tùy chọn như (Hình 58)

- Drive : chọn mặt gia công.
- Check :
- Containment : chọn đường bao (đường giới hạn gia công).
- Approximate starting point: chọn điểm bắt đầu.

Sau khi chúng ta chọn **Enter.**



Hình 67

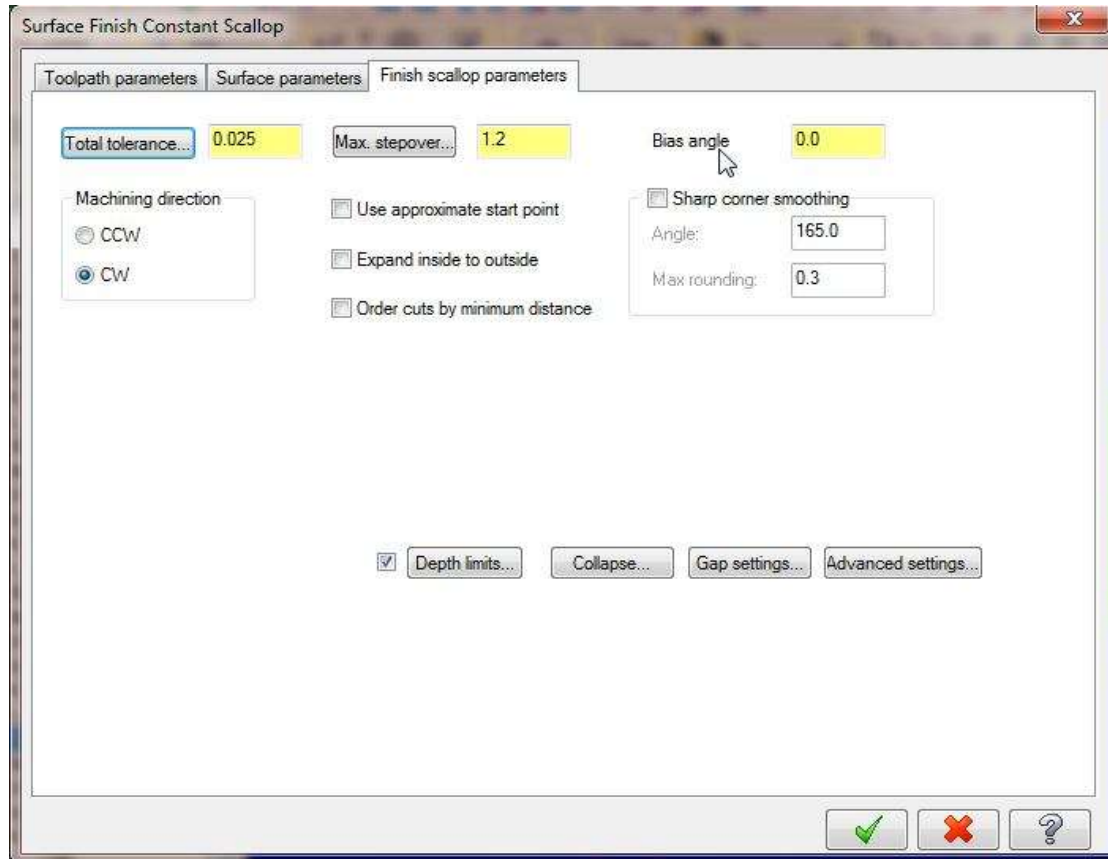
✚ **Toolpath parameter.**

Nhấn nút chuột phải vào thư viện chọn
dao gia công là dao cầu R=5

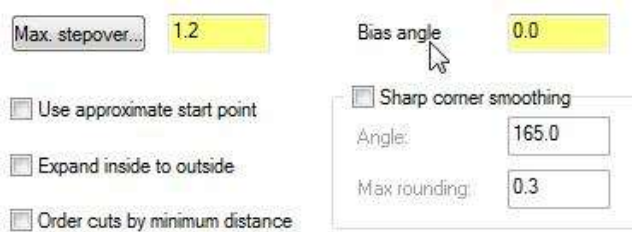
✚ **Surface parameters .**

Các thông số trong 2 hộp thoại này giống như các phương pháp trên.

✚ **Finish Scallop parameters.**



Hình 68

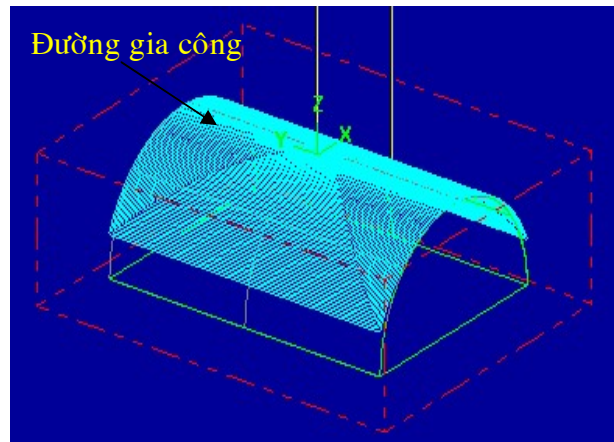
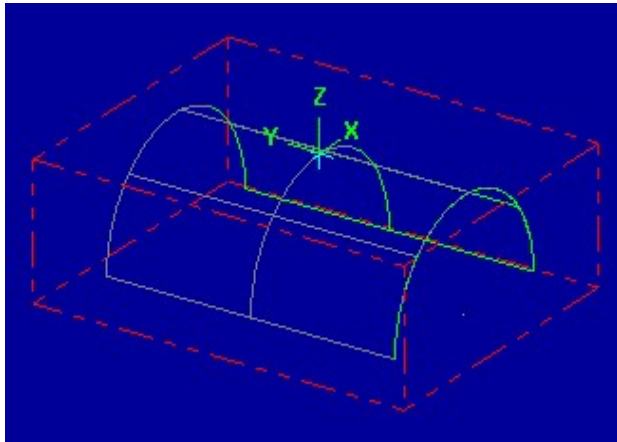


- **Bias angle:** thay đổi góc để tạo đường chạy dao thường sử

dụng góc 0°, hoặc 45°

- **Prompt for starting point:** chọn điểm bắt đầu gia công sau khi chọn mặt .
- **Expand inside to outside:** bắt đầu hớt vật liệu ở tâm và sau đó di chuyển ra ngoài biên dạng.

- **Order cuts by minimum distance:** cho phép hớt bỏ vật liệu bên trong với khoảng cách nhỏ nhất.



Hình 69

8. Finish Shallow .

Chúng ta dùng gia công lại những nơi còn sót của lần gia công trước.

Kích chọn menu **Toolpath > Surface Finish > Finish Farallel Steep Toolpath.**

❖ Các bước thực hiện giống như **Finish parallel**

✚ Chọn mặt chúng ta cần gia công > **Enter**.
Lúc này xuất hiện bảng tùy chọn như (Hình 70)

- Drive : chọn mặt gia công.
- Check :
- Containment : chọn đường bao (đường giới hạn gia công).
- Approximate starting point: chọn điểm bắt đầu.

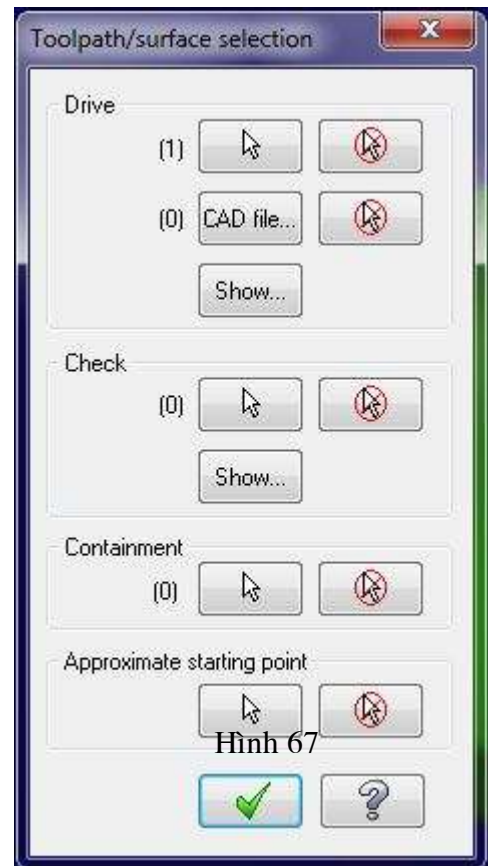
Sau khi chúng ta chọn **Enter**.

✚ **Toolpath parameter.**

Nhấn nút chuột phải vào thư viện chọn dao gia công là dao cầu R=5

✚ **Surface parameters .**

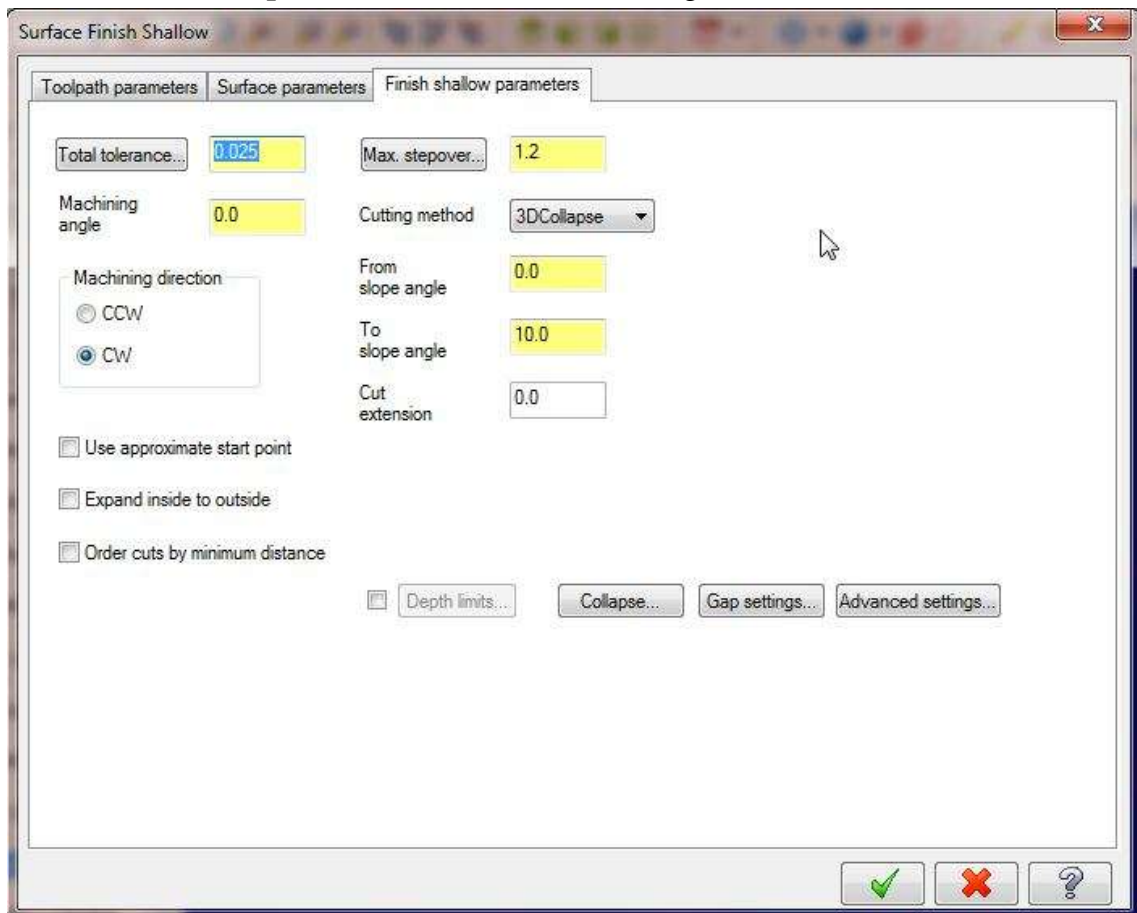
Các thông số trong 2 hộp thoại này giống như các phương pháp trên.



Hình 67

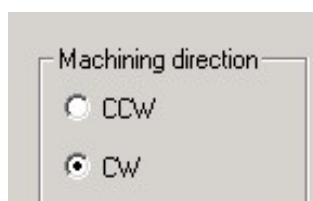
Hình 70

✚ **Finish Shallow parameters.** Có thêm các thông số sau.

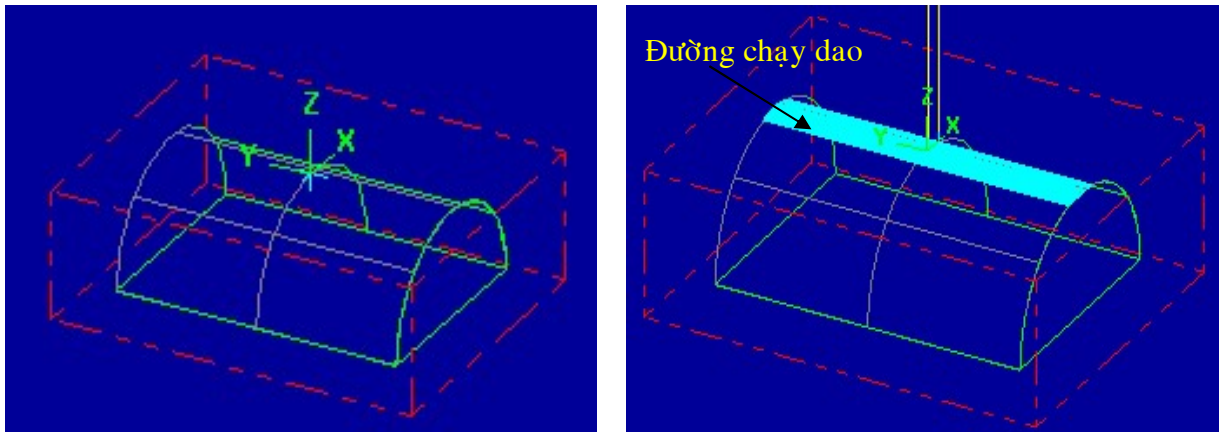


Hình 80

- **From slope angle:** những bước cắt nhỏ nhất được xác định bằng góc nghiêng.
- **To slope angle:** những bước cắt lớn nhất được xác định bằng góc nghiêng.



- **Machining direction:** hướng làm việc
 - + **CCW :** hướng ngược chiều kim đồng hồ.
 - + **CW:** hướng cùng chiều kim đồng hồ.



Hình 81

9. Finish Pencil .

Gia công tinh lại góc giữa những mặt để những lần gia công sau dễ dàng hơn.

Kích chọn menu **Toolpath > Surface Finish > Finish Pencil Toolpath.**

❖ Các bước thực hiện

- ✚ Chọn mặt chúng ta cần gia công > **Enter**.
Lúc này xuất hiện bảng tùy chọn như (Hình 82)
 - Drive : chọn mặt gia công.
 - Check :
 - Containment : chọn đường bao (đường giới hạn gia công).
 - Approximate starting point: chọn điểm bắt đầu.

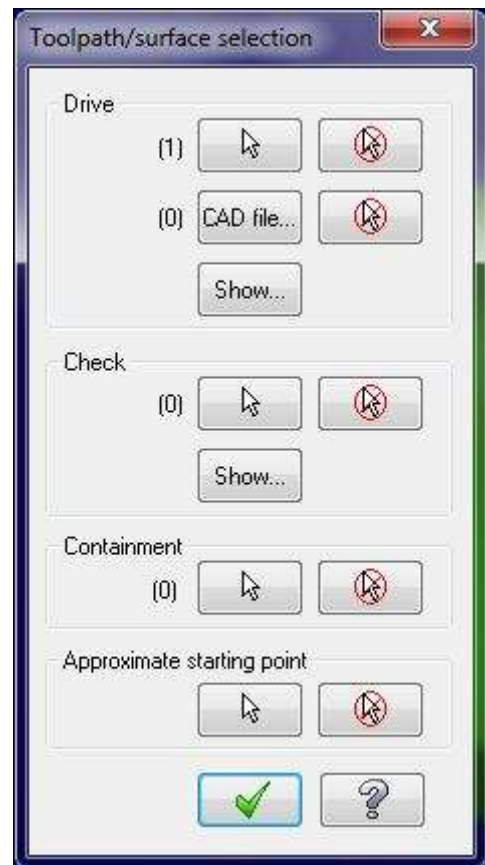
Sau khi chúng ta chọn **Enter**.

✚ **Toolpath parameter.**

Nhấn nút chuột phải vào thư viện chọn dao gia công là dao cầu R=5

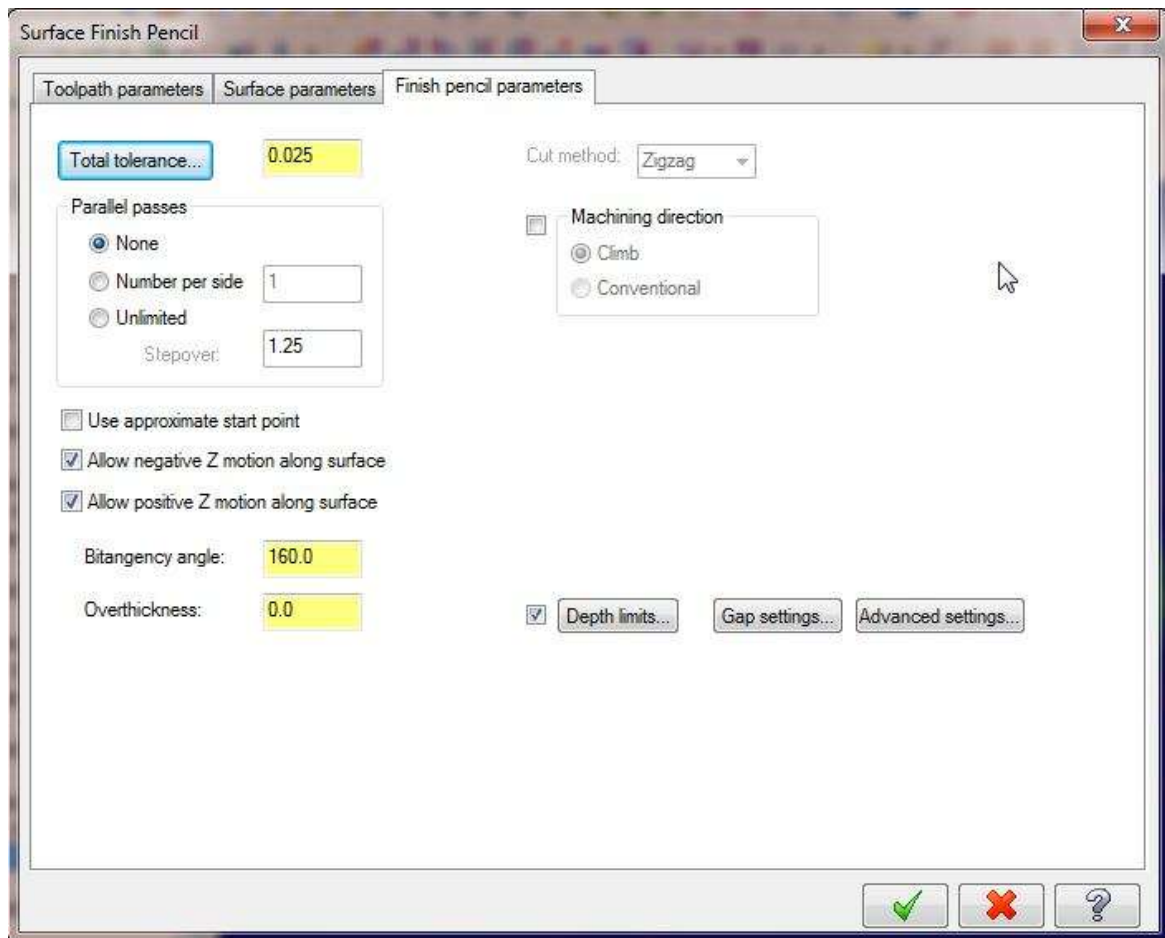
✚ **Surface parameters .**

Các thông số trong 2 hộp thoại này giống như các phương pháp trên.

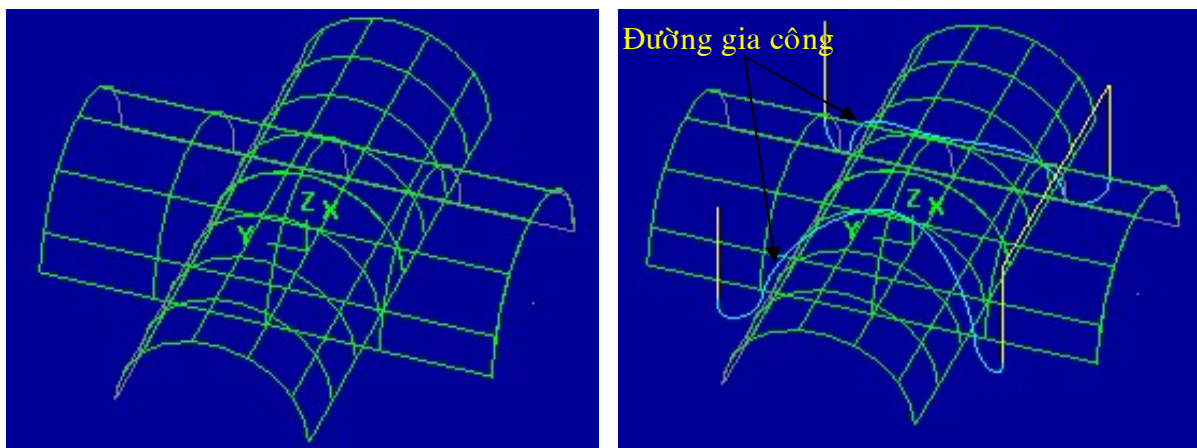


Hình 82

Finish Pencil Parameter xem như mặc định .



Hình 83



Hình 84

10. Finish Leftover.

Hớt bỏ vật liệu còn sót lại của lần gia công trước, và dùng dao nhỏ hơn.

Kích chọn menu **Toolpath > Surface Finish > Finish Leftover Toolpath.**

❖ Các bước thực hiện giống như **Finish parallel**

✚ Chọn mặt chúng ta cần gia công > **Enter**. Lúc này xuất hiện bảng tùy chọn như (Hình 85)

- Drive : chọn mặt gia công.
- Check :
- Containment : chọn đường bao (đường giới hạn gia công).
- Approximate starting point: chọn điểm bắt đầu.

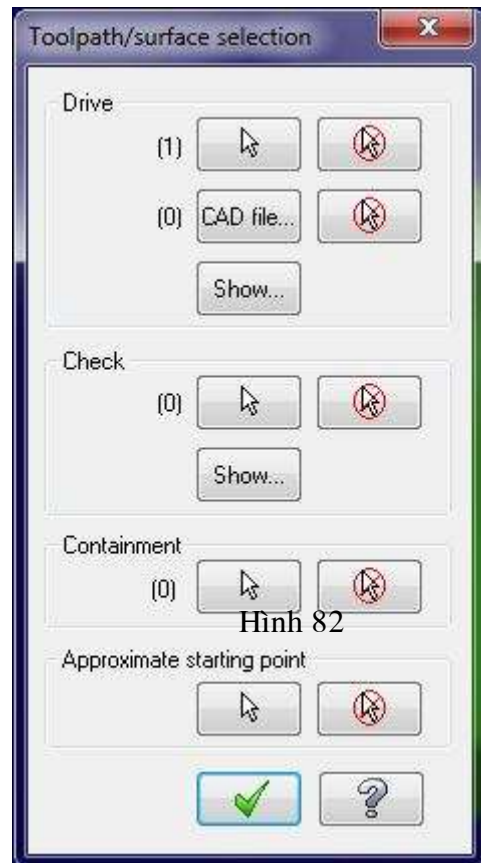
Sau khi chúng ta chọn **Enter**.

✚ **Toolpath parameter.**

Nhấn nút chuột phải vào thư viện chọn

dao gia công là dao cầu R=5

✚ **Surface parameters .**



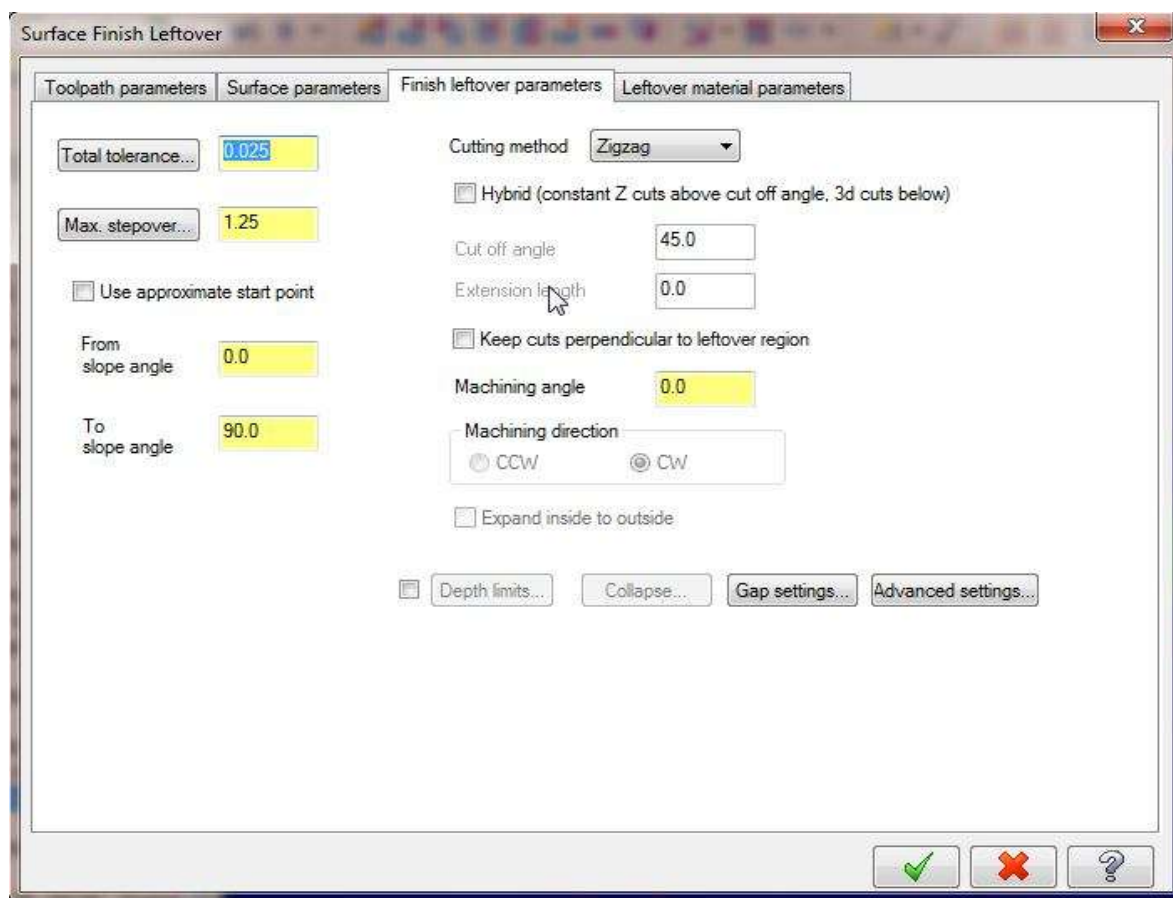
Hình 82

Hình 85

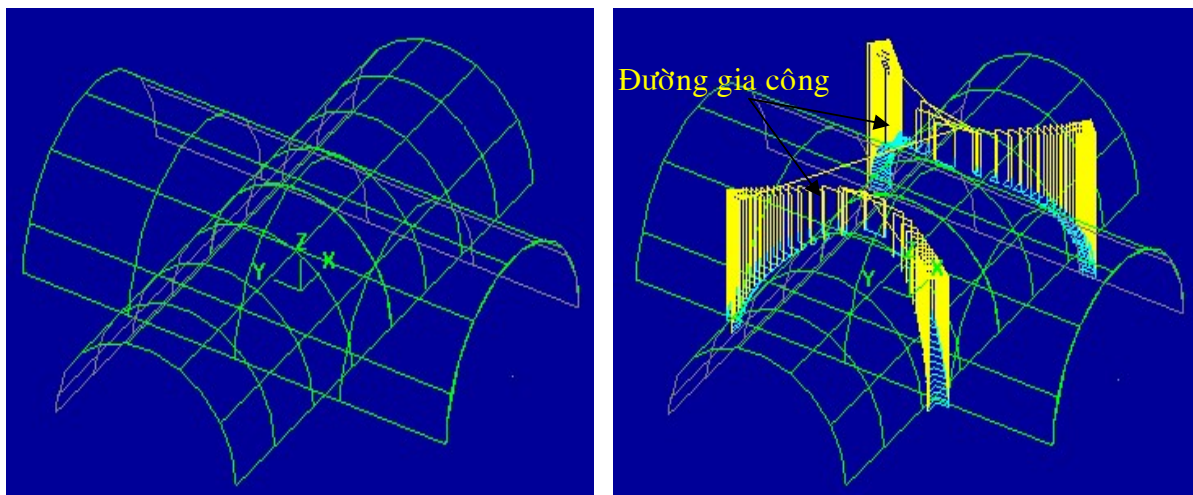
✚ **Finish Leftover Parameter.**

Các thông số trong 3 hộp thoại này giống như các phương pháp trên.

✚ **Leftover material** Xem như mặc định.



Hình 86



Hình 87

11. Finish Blend.

Kích chọn menu **Toolpath > Surface Finish > Finish Blend Toolpath.**

❖ Các bước thực hiện giống như **Finish parallel**

✚ Chọn mặt chúng ta cần gia công > **Enter**. Lúc này xuất hiện bảng tùy chọn như (Hình 88)

- Drive : chọn mặt gia công.
- Check :
- Containment : chọn đường bao (đường giới hạn gia công).
- Blend : chọn 2 Caver chúng ta cần.

Sau khi chúng ta chọn **Enter**.

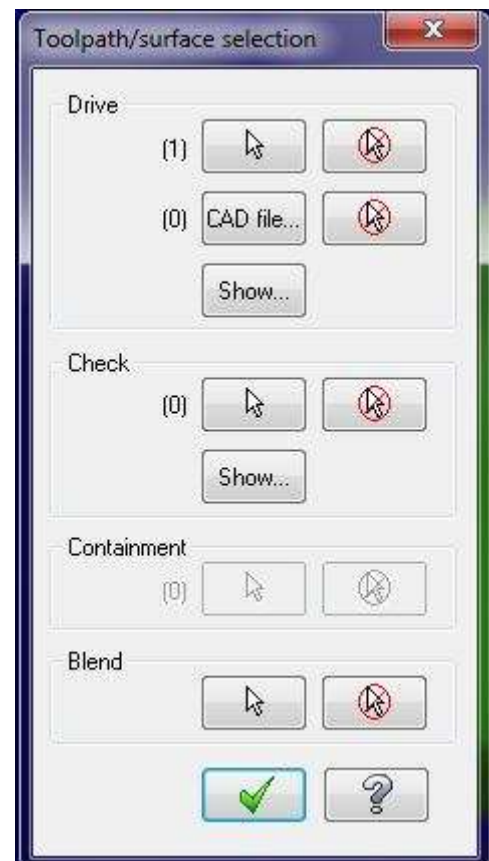
✚ **Toolpath parameter.**

Nhấn nút chuột phải vào thư viện chọn dao gia công là dao cầu R=5

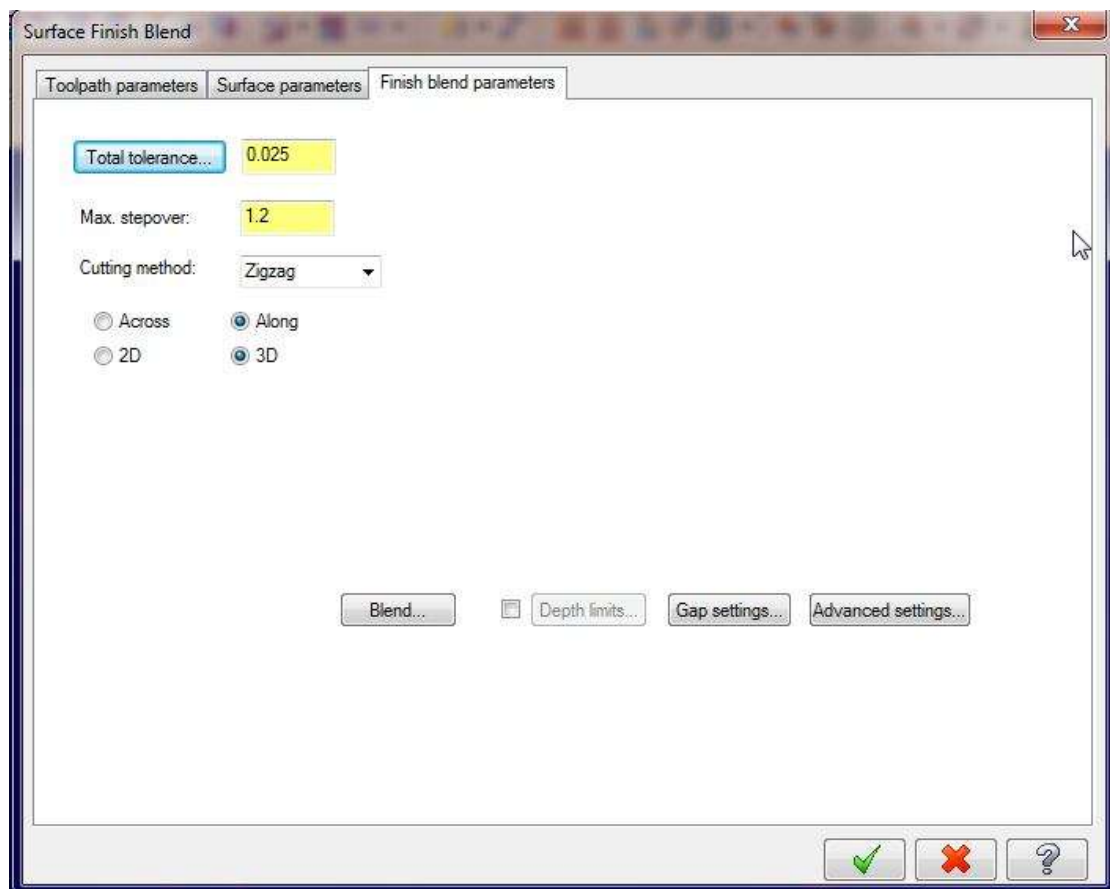
✚ **Surface parameters .**

Các thông số trong 2 hộp thoại này giống như các phương pháp trên.

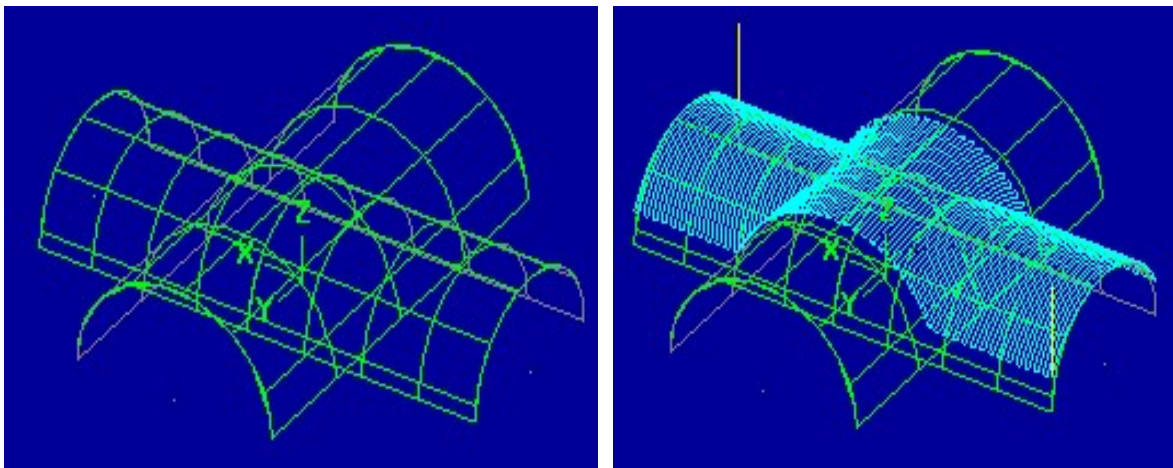
✚ **Finish Blend parameters.** Xem như mặc định .



Hình 88



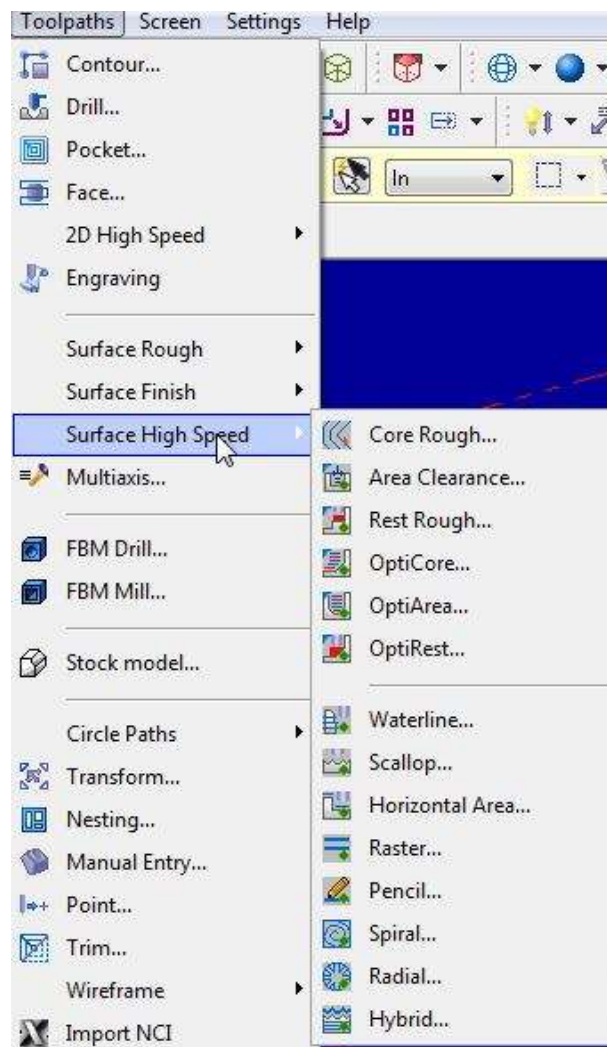
Hình 89



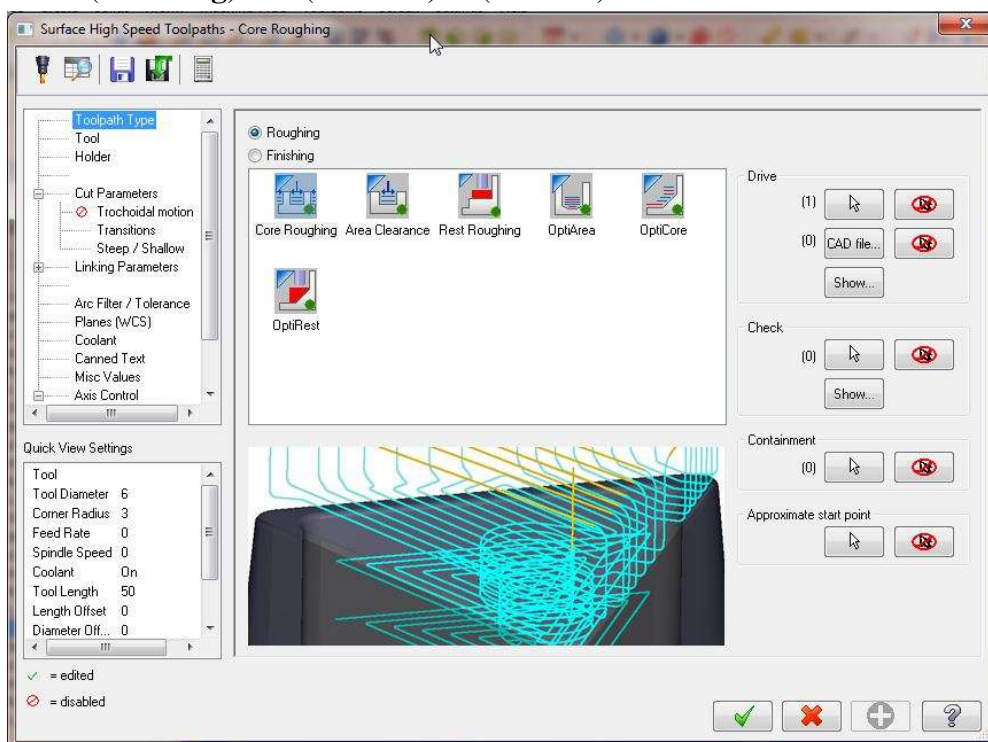
Hình 90

III.Surface High Speed Toolpath.

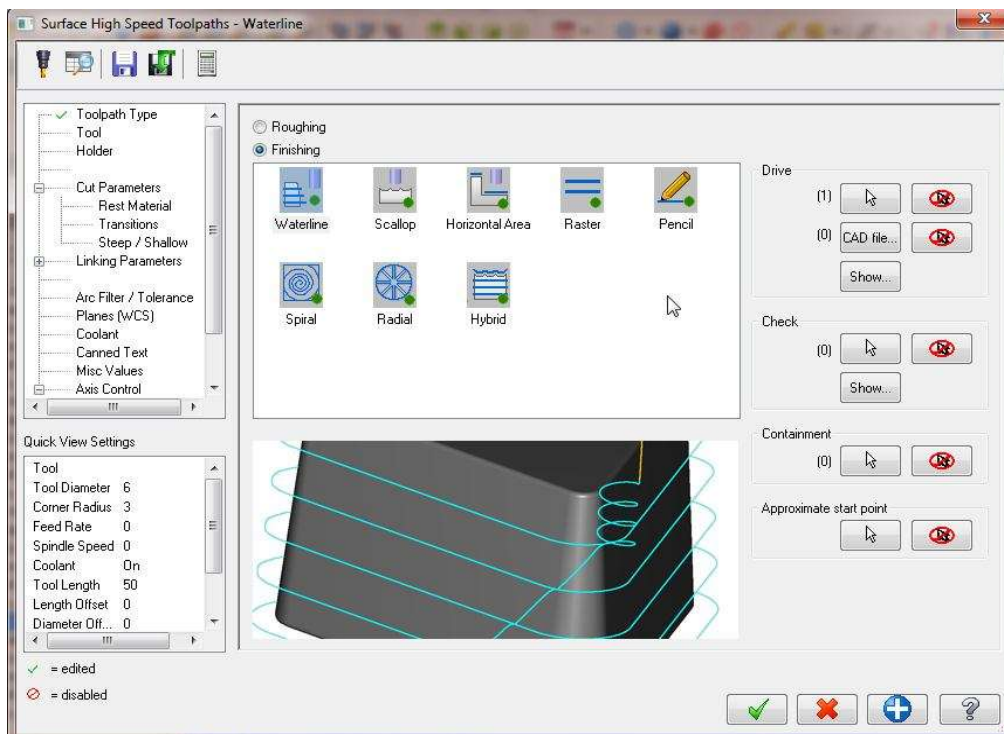
Kích chọn menu **Toolpath > Surface High SpeedToolpath.**



Chúng ta có 6 phương pháp gia công phà (**Roughing**) và 8 phương pháp gia công tinh (**Finishing**) như (Hình 91)và (Hình 92).



Hình 91

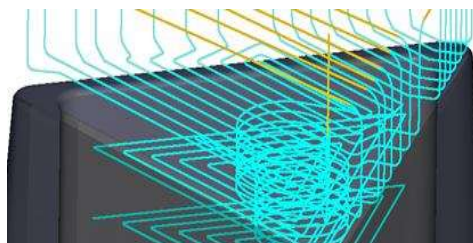


Hình 92

A. Roughing . Các bước thực hiện giống như các phương pháp tôi đã giới thiệu với các bạn ở mục (I).

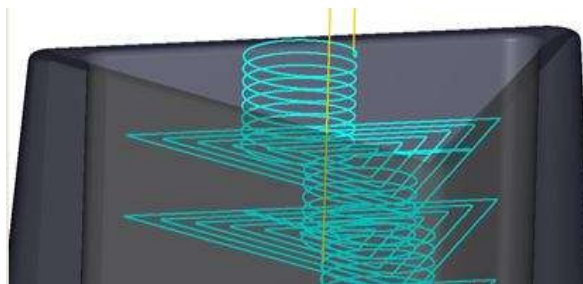
1. Core Roughing .

Chúng ta dùng để gia công thô đảo và hốc cùng một lúc.



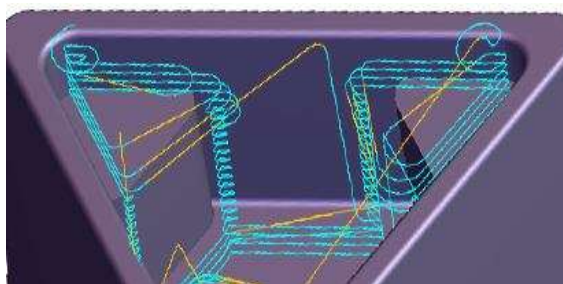
2. Area Clearance .

Chúng ta dùng để gia công thô hốc .

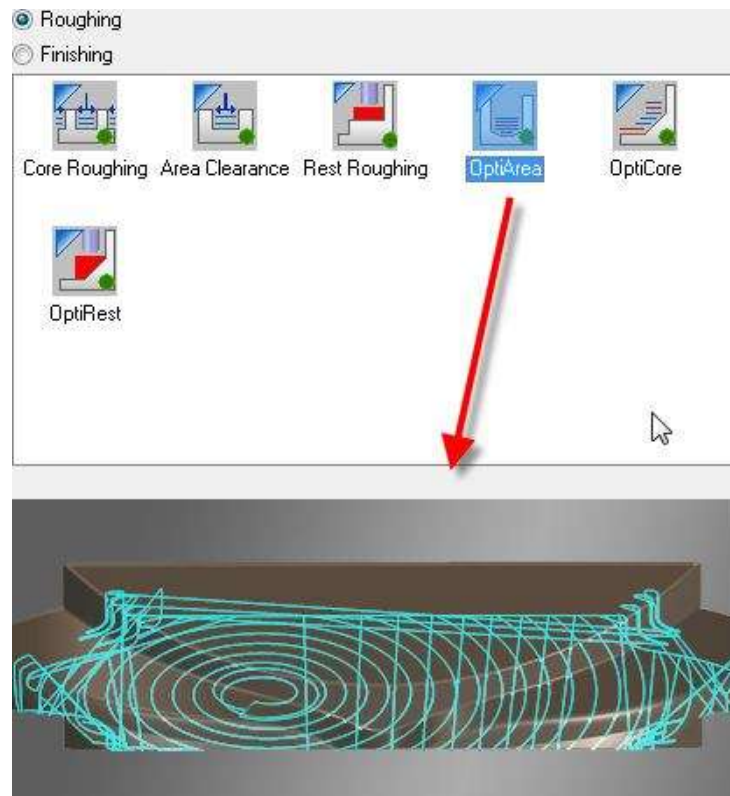


3. Rest Roughing

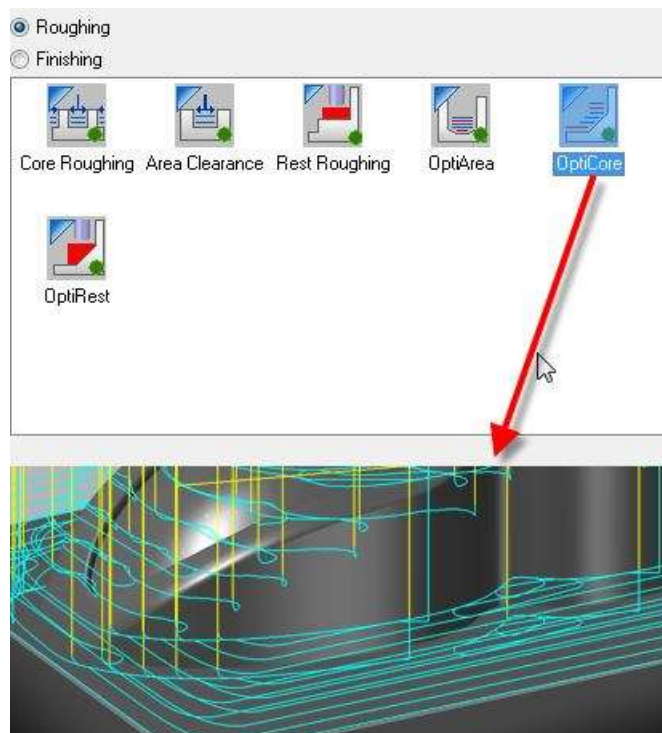
Chúng ta dùng để vét lại lượng dư bằng dao nhỏ hơn.



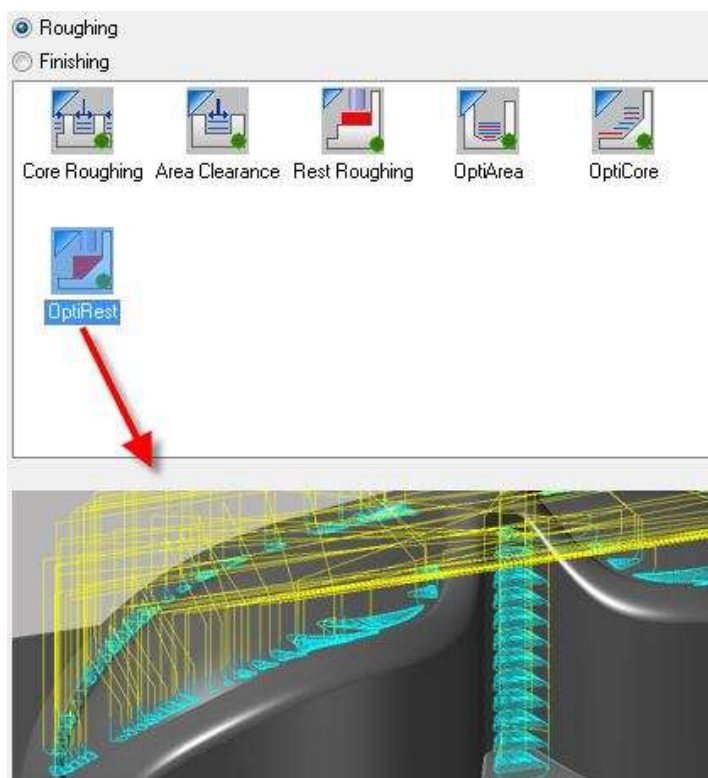
4. OptiArea



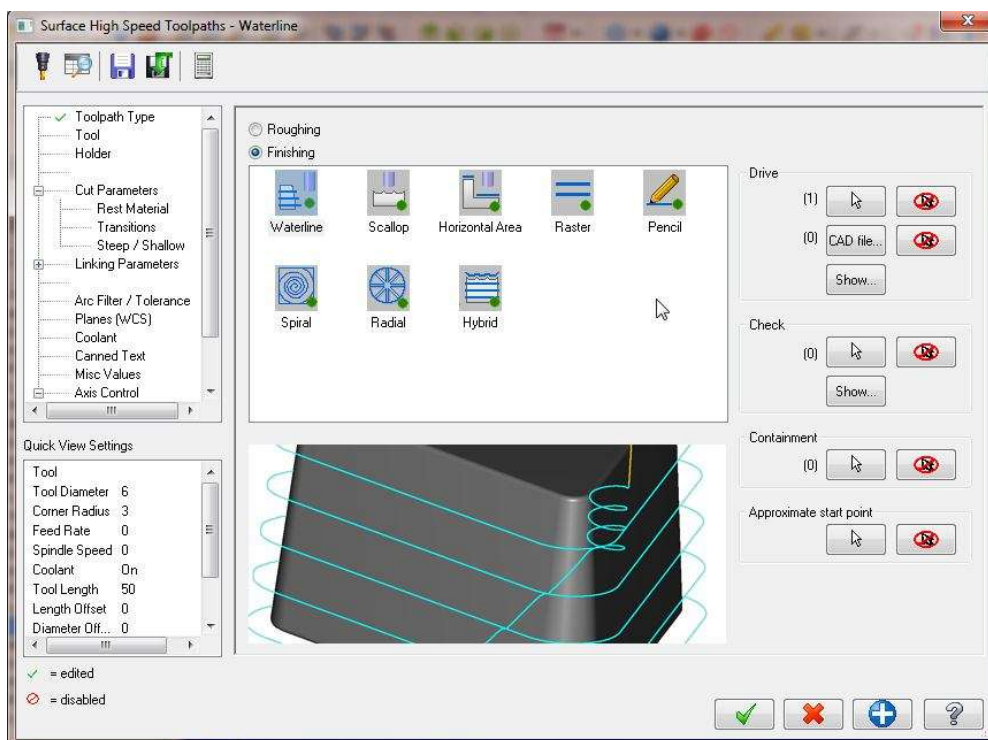
5. OptiCore



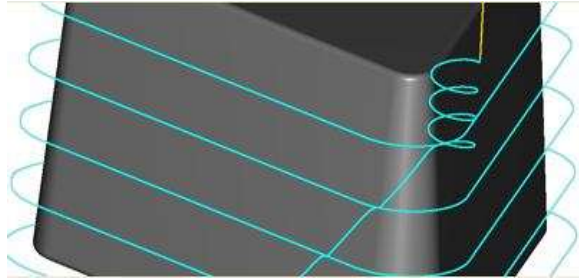
6. OptiRest



B. Finishing . Các bước thực hiện giống như các phương pháp tôi đã giới thiệu ở mục (II)

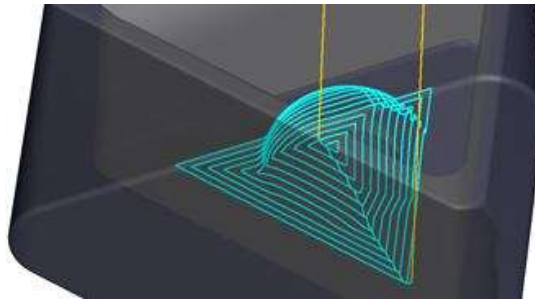


1. Waterline .

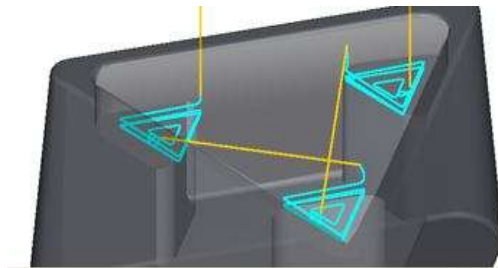


2. Scallop .

Chúng ta dùng giống như phương pháp Scallop đã nêu ở mục (II).

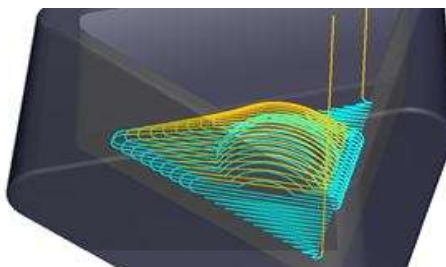


3. Horizontal Area .



4. Raster .

Chúng ta dùng để quét lại biên dạng .



5. Pencil .

Gia công tinh lại góc giữa những mặt để những lần gia công sau dễ dàng hơn.

