INVENTOR HSM

2015. 10

㈜ M·DU

Contents

Contents 2

Chapter 1. Inventor HSM 3

1. Inventor HSM 의 차별성 3

2. Process 4

3. 시작하기 5

4. Simulation 7

5. Post Processing 8

6. 일반정보 9

7. 2D 가공 11

8. 3D 가공 12

Chapter 2. 2D Tutorial 16

1. 예제 1 (2D 가공) 16

2. 예제 2 (2D 가공) 26

3. 예제 3 (2D 가공) 39

4. 예제 4 (2D 가공 – 응용 실습 1) 52

Chapter 3. 3D Tutorial 66

1. 예제 1 (3D 가공) 66

2. 예제 2 (3D 가공 – 응용 실습 1) 85

부 록 1 (G코드 : 준비기능) 106

부 록 2 (M코드 : 보조기능) 109

Chapter 1. Inventor HSM

Inventor HSM 은 Autodesk Inventor/ Inventor LT 에서 사용할 수 있는 전용 가공프로그램(CAM)이다. 기존 SolidWorks CAM을 제작한 HSM 을 Autodesk 사에서 인수, 합병을 통해 Inventor에 결합하는 방식이기 때문에 기존 SolidWorks CAM을 사용해본 User라면 빠르고 쉽게 활용 및 운용할 수 있을 것이다.

Autodesk Inventor를 위한 통합 CAM솔루션

Inventor HSM은 Inventor 환경에서 CAM 기능을 극대화 및 Upgrade 될 수 있는 파라메트릭으로 디자인 되었으며, 이 기능을 바탕으로 Inventor 사용자는 짧은 시간 내에 높은 품질의 공구의 경로 생성을 경험할 수 있을 것이다. Inventor를 처음 접하는 엔지니어는 Inventor HSM을 통해 뛰어난 모델링 및 시뮬레이션 기능과 CAM을 이용해 신속하고 향상된 품질의 제품을 개발할 수 있으며, 시간마저 절약하는, 타의 추종을 불허하는 기계설계 솔루션의 혜택을 느낄 수 있을 것이다.

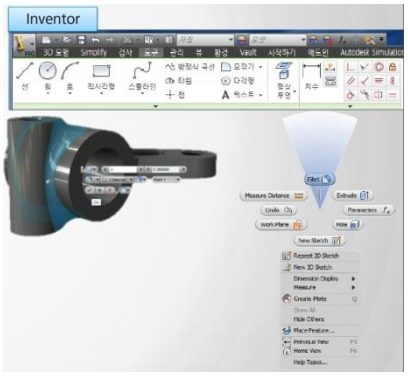
Inventor HSM 은 Inventor 나 Inventor LT 중 HSM의 버전에 따라 완벽하게 통합 된 CAM 응용 프로그램을 지원하며, 고품질의 2D, 3D, 5축 밀링의 효과적인 고속 가공 경로를 제공한다.

Inventor HSM 의 인터페이스는 Inventor 사용자 및 기계공 모두 알아보기 쉽도록 간단하게 표현되어 있다.

1. Inventor HSM 의 차별성

1.1 통합성

Inventor와 통합된 아이콘을 사용하며, 마우스 클릭 및 이동거리 최소화를 구현하는 스마트 UI, 그리고 DWG format 과의 연계가 뛰어나다.



1.2 신속성

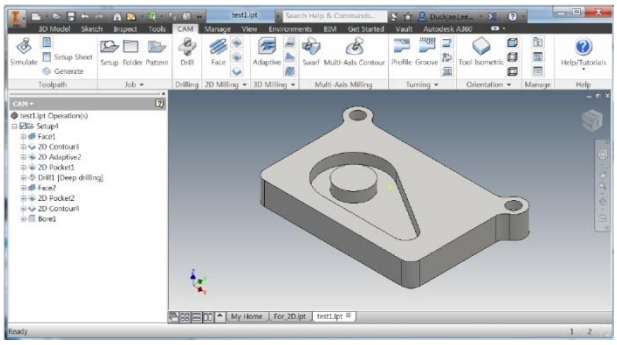
DWG Underlay 기능으로 신속하고 빠른 모델링과 DWG 데이터와의 연계성을 유지한다.

1.3 호환성

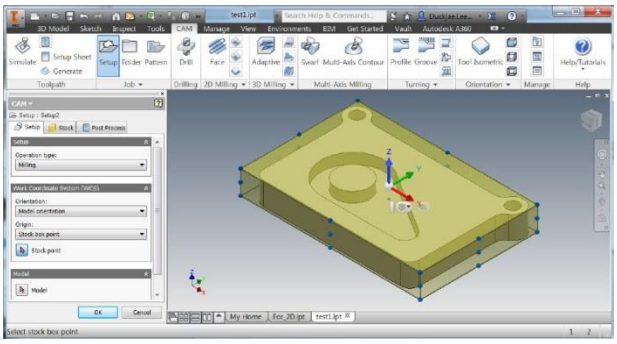
Inventor HSM Express는 Autodesk 에서 지원하는 파일 뿐 아니라 CATIA, SolidWorks, NX, Creo, SAT, STEP, IGES 등 다른 많은 업계 표준 파일 형식을 포함하고 있다.

2. Process

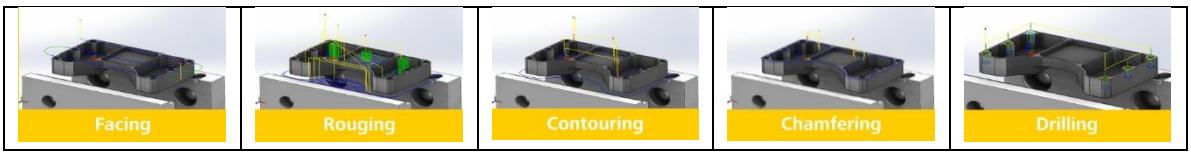
2.1 CAM-Create / Open model



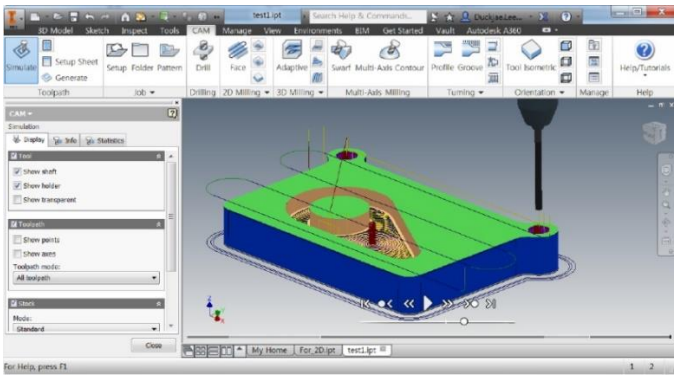
2.2 CAM- Define job setup



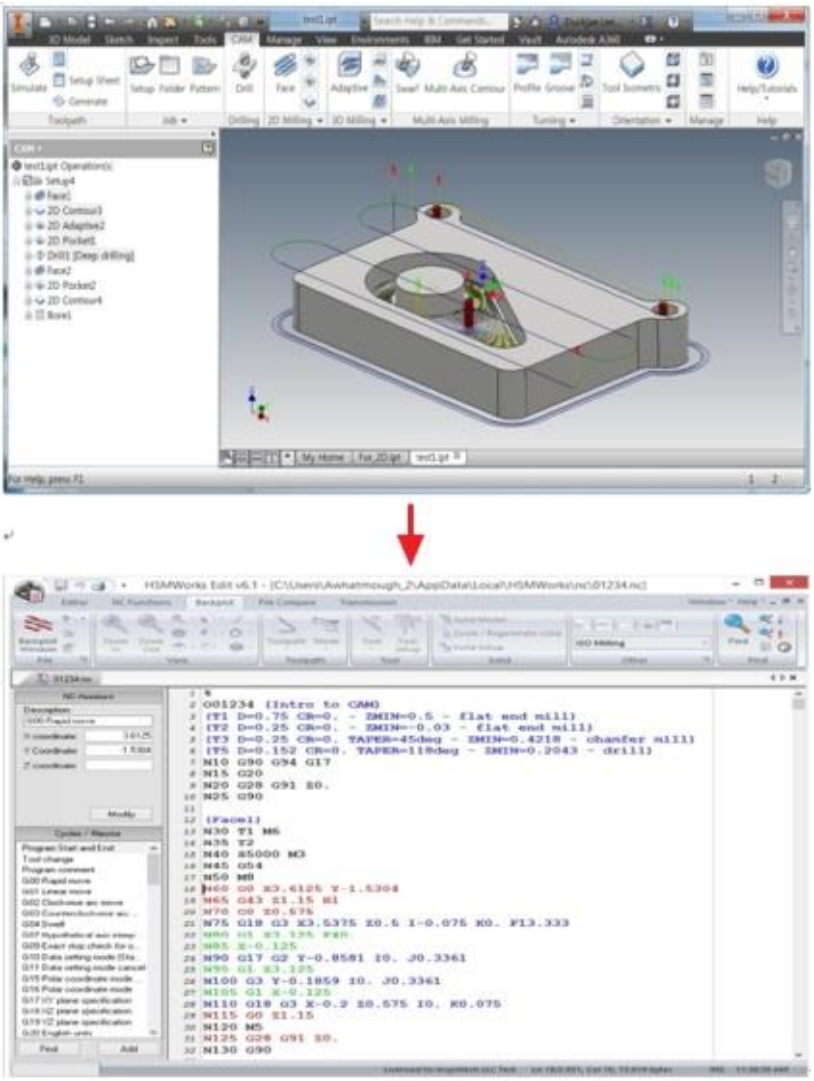
2.3 CAM-Define operations



2.4 CAM-Verify toolpath(s)



2.5 CAM-Post Processing



3. 시작하기

Inventor HSM Express는 Inventor/ Inventor LT와 완전히 통합된 CAM 응용 프로그램으로, 세 가지 버전에 따라 다음과 같은 기능을 사용할 수 있다.

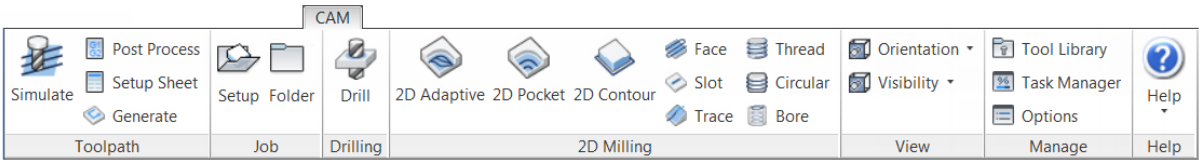
① Inventor HSM Express - 2D및 2.5D 가공 기능을 지원
② Inventor HSM - 2D 및 3D 가공까지 가능한 3축 CAM
③ Inventor HSM Professional - 2D 및 3D 가공까지 가능한 5축 CAM

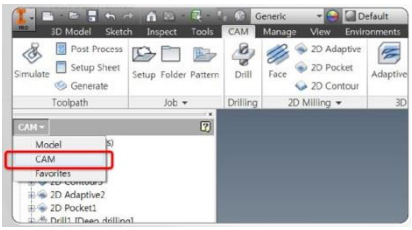
Inventor HSM Express를 설치한 후 Inventor 또는 Inventor LT를 실행하면 리본메뉴에 CAM Tab이 추가되었음을 확인할 수 있으며, CAM Tab에서 명령을 실행 하거나 부품 또는 어셈블리 파일을 열기 한 후 표시, 활성화 하여 사용할 수 있다.

주의사항으로, Inventor LT 에서는 어셈블리가 지원되지 않는다.

Inventor HSM 은 Autodesk 에서 지원하는 파일 뿐 아니라 CATIA, SolidWorks, NX, Creo, SAT, STEP, IGES 등 다른 많은 업계 표준 파일 형식을 포함하고 있다.

Inventor HSM 을 설치한 후 다음과 같은 기능들을 사용할 수 있다.



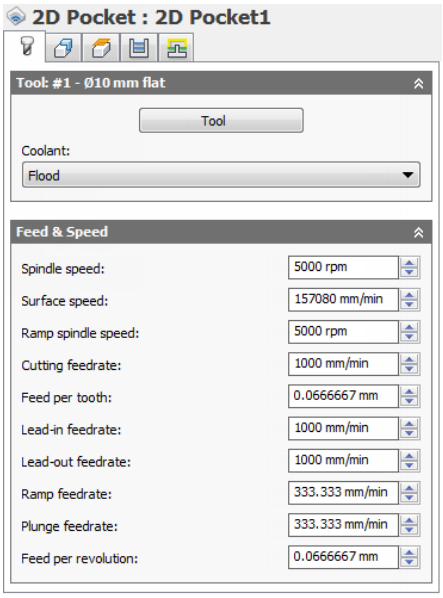


Part나 어셈블리 파일이 로드되면 CAM 리본메뉴에서 필요한 기능을 사용할 수 있다. CAM 브라우저를 사용 하면 현재 부품 또는 어셈블리에서 모든 가공 관련 데이터를 수정할 수 있다.

가공 작업을 시작하려면, CAM 툴바에서 공구 경로의 방법 중 하나를 선택하게 되면 자연적으로 필요한 형상 가공의 종류에 맞춰 형상이 달라지게 된다.

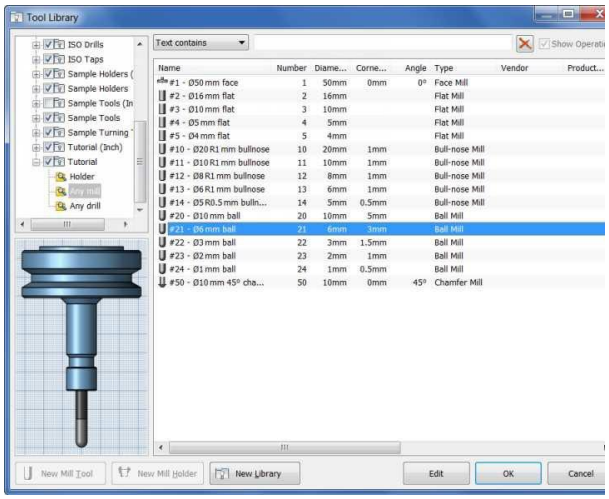
3.1 2D Pocket

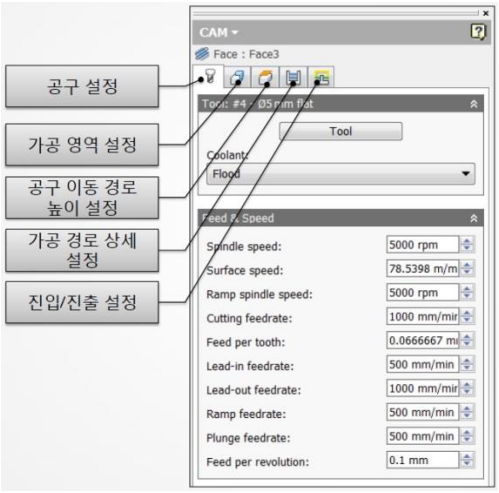
부품의 내부 구멍을 제거 하는 데 사용되는 기능으로, 작업에 따른 대화상자를 표시한다.



작업 대화상자를 통해 새로운 가공 작업을 진행할 때 다양한 측면의 공구 경로를 제어하는 파라메터의 섹션을 제공합니다. Inventor HSM 은 가능한 모든 파라메터(매개변수)에 대하여 기본값으로 작동하며, 사용자는 도구와 형상 가공 선택 만으로 가공 경로를 생성할 수 있다.

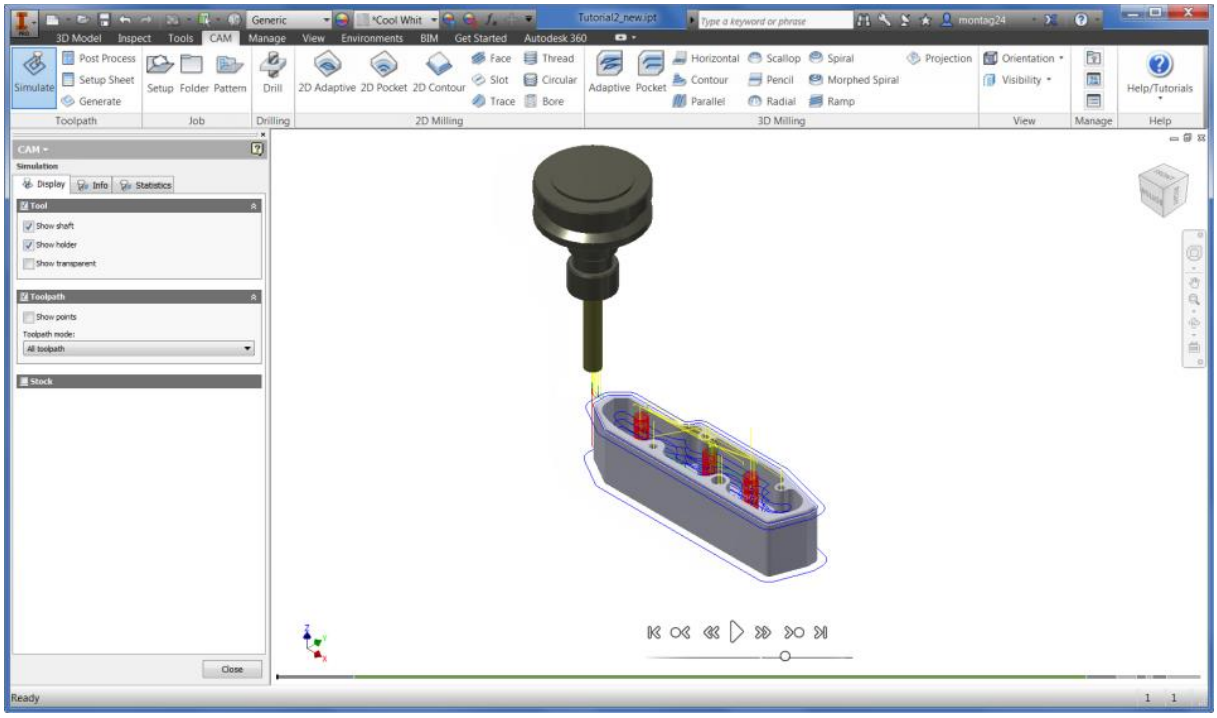
공구 라이브러리를 이용하여 파라메터(매개변수)를 편집 하거나, 새 공구를 만들 시에는 확장 트리를 이용하여 공구를 선택 또는 새로운 밀링 공구 버튼을 이용하여 생성할 수 있다.





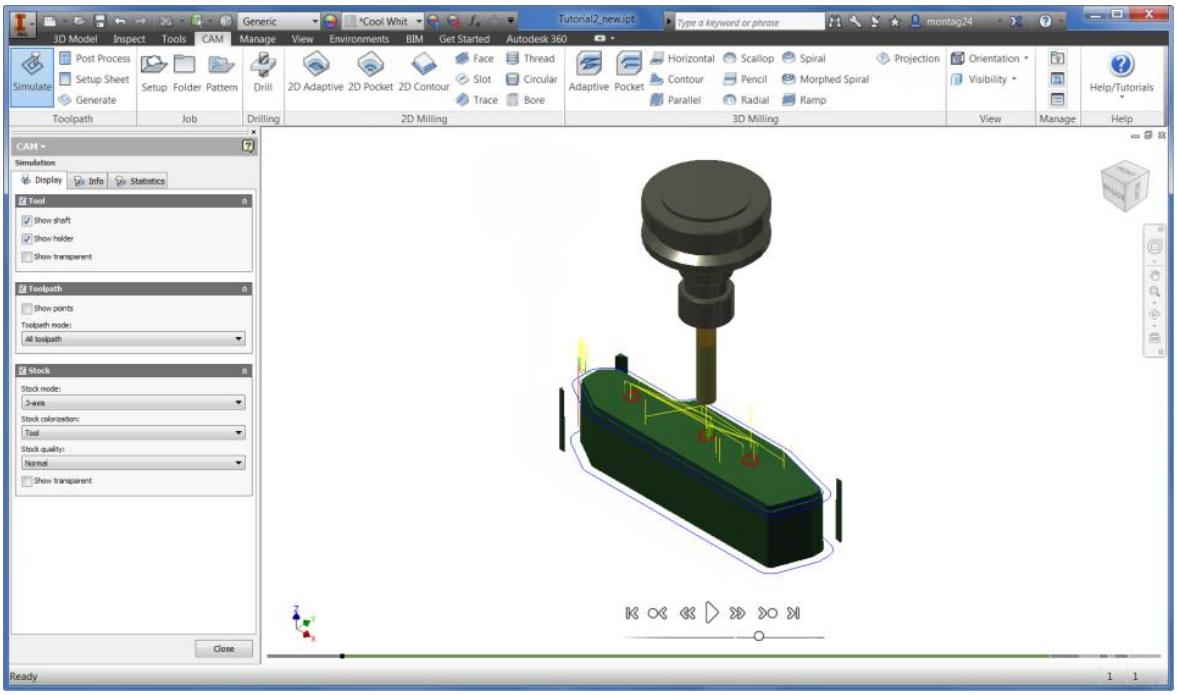
4. Simulation

CAM 브라우저에서 해당 작업을 선택하여 가공 경로 미리보기를 통해 성공적인 공구 경로가 생성되었는지 확인할 수 있다.



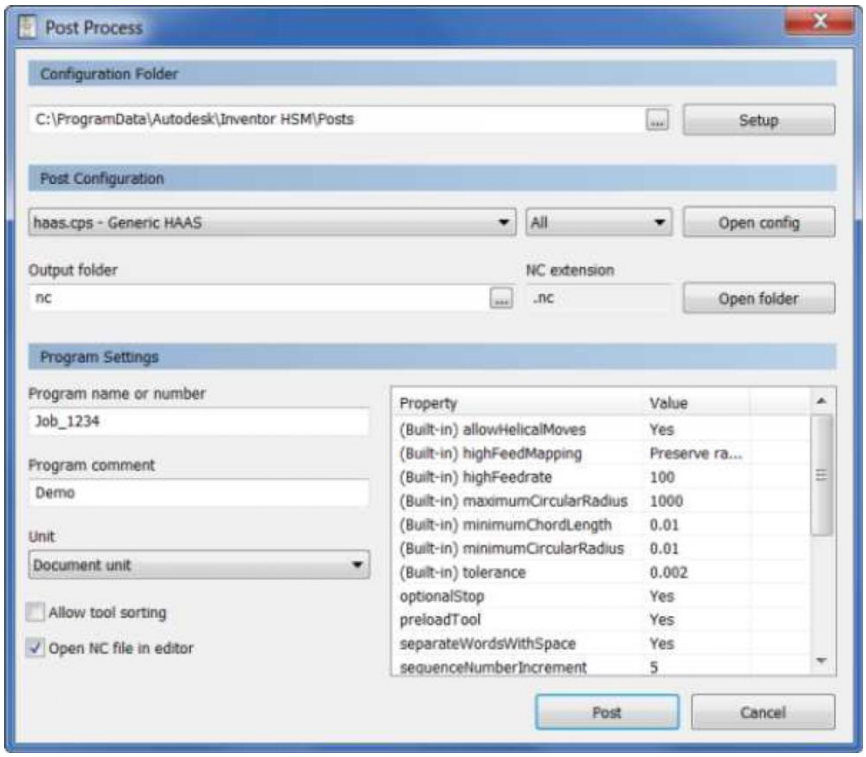
4.1 Stock Simulation

Stock Simulation을 통해 가공 후 형상의 표면상태를 확인할 수 있습니다



5. Post Processing

Inventor HSM 은 CAM을 이용하여 불러올 수 있는 사용자 정의 프로세서를 제공한다.



6. 일반정보

① 다중 선택

CAM 브라우저에 있는 항목을 다중으로 선택하기 위해서는 Shift 와 Ctrl 키를 사용한다.

② Log Messages

CAM 브라우저에서 십자선과 중첩되는 경우, 작업을 성공적으로 수행 할 수 없음을 나타낸다. 이 경우 팝업 컨텍스트 메뉴에서 작업 표시를 선택, Log를 마우스 우클릭을 통해 무엇이 잘못 되었는지 확인할 수 있다.

③ 연관성 및 재생

Inventor HSM 에서는 모델을 수정할 경우 매개 변수를 재 정의할 필요가 없다. 모델이 수정될 경우 자동으로 유지 및 재 구축되며, 수정이 될 때마다 자동으로 재생성 된다.

④ Metric or Imperial Units

Inventor HSM 은 매개 변수 중 하나인 단위를 지원하며, Inventor를 통한 데이터를 문서화 할 경우 매개 변수는 mm로 설정이 되며, 도구의 매개 변수는 공구 형상의 단위로 지정된다.

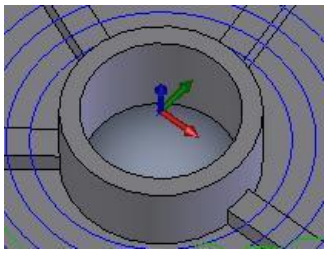
⑤ WCS (작업 좌표계)

기본 적으로 새 작업은 WCS(작업 좌표계)를 기본으로 하며, 설정 대화 상자를 통해 기본 좌표계를 변경할 수 있다.

공구의 방향은 다음 중 하나로 지정할 수 있다.

- Use WCS(작업 좌표계)
- Use Point & Plane (원점 및 좌표 지정)
- Use Coordinate System(사용 좌표계)

이와 같이 작업 좌표계 및 사용 좌표계와 원점 및 좌표 지정 기능을 이용하여 공구의 방향 지정을 쉽게 지정할 수 있으며, 작업이 적용될 때마다 좌표 시스템은 공구 방향을 모델 위에 표시해 준다. 가공은 -Z방향에서 수행된다.



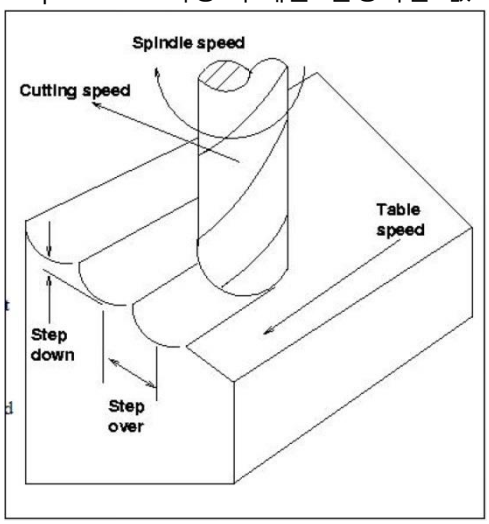
⑥ 경계

사용자는 하나 이상의 경계를 지정하여 영역마다 가공 조작을 제한 할 수 있다. 기본 경계는 부품 형상의 범위로 적용되며, 경계가 중첩 될 수 있지만, 경계 자체 또는 다른 경계들을 교차해서는 안된다.

⑦ 재료가공

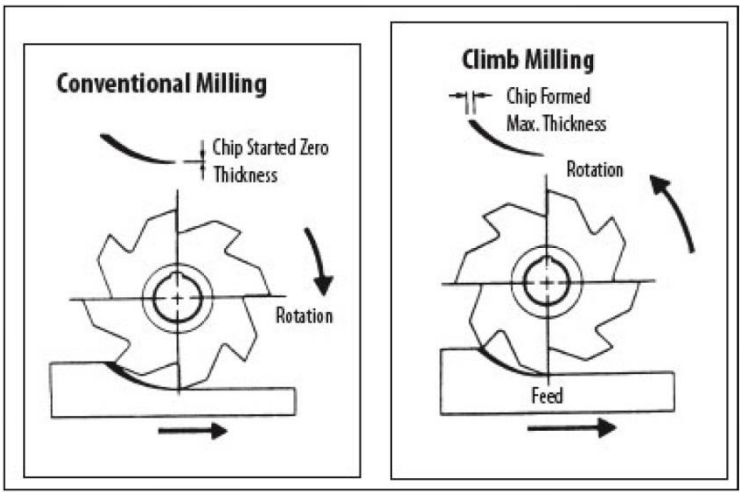
나머지 재료의 정리를 위해 Inventor HSM 의 도구상자를 이용하여 최상의 공구를 선택할 수 있으며, 가공 할 영역은 공구와 이전 작업에서 사용한 방법에 의해 정의 된다.

- Step Over : 동일 평면에서 공구 경로간 거리 (공구의 겹침 정도)
- Step Down : 가공 두께를 결정하는 값 (절입량)



⑧ 공구 경로 설정

Passes Direction : 공구 회전 방향은 시계 방향이며, Climb-상향가공, Conventional-하향가공



⑨ Feed & Speed

i. Cutting Feedrate (절삭 속도) : 밀링 가공에서 공구(혹은 테이블)의 이송 속도 (단위 : mm/min)

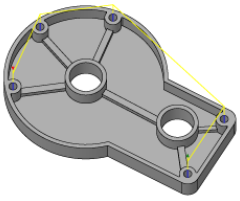
ii. Spindle Speed : 공구 회전 속도 (단위 : rpm)

iii. Load-in(진입) : 절삭을 위해 진입하는 경로

iv. Load-Out(진출) : 절삭을 위해 피삭재로부터 진출하는 경로

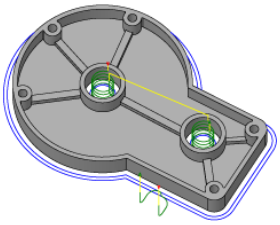
7. 2D 가공

7.1 Drilling and Hole Making (드릴, 구멍 가공)



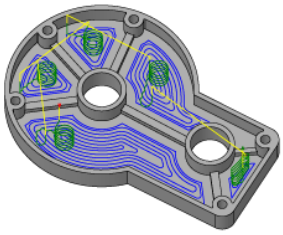
Drill 명령에서 드릴 공구를 사용하여 스폿 드릴링, 구멍, 깊은 구멍, 카운터 보어 등의 작업을 최적화 하여 진행할 수 있다. (구멍 가공시 칩 배출하는 chip break 옵션 포함)

7.2 Contouring (윤곽 가공)



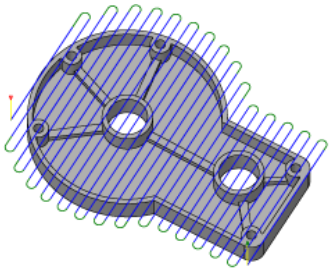
Contouring 가공에서 닫힌 윤곽 형상에 대하여 황삭 및 마무리 가공을 진행할 수 있다. (절입량 지정)

7.3 Pocket 가공



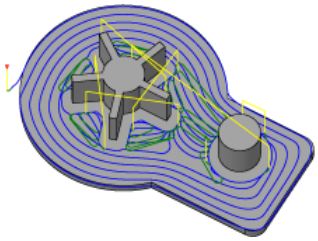
포켓 가공은 내부의 닫힌 영역 커브에 사용된다. 공구 경로는 포켓 중심에서 바깥쪽으로 진행하며, 플런지, 램프에 대한 기능을 포함한다.

7.4 Facing (평면 가공)



Face 명령을 사용하여 Flat 면을 생성할 때 사용한다.

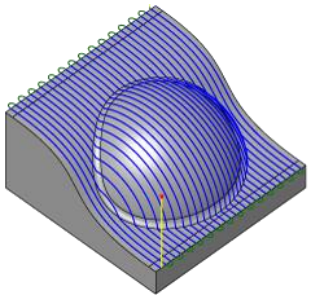
7.5 Adaptive Clearing (황삭 가공)



Adaptive 명령은 닫힌 커브를 기준으로 황삭 가공을 할 때 사용된다.

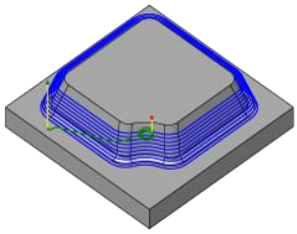
8. 3D 가공

8.1 Parallel



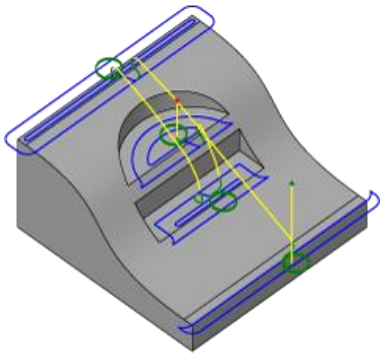
Parallel 가공은 마무리 가공 방법 중 하나이다. XY 평면에 평행하고, Z방향의 표면을 따라서 가공된다. 복잡한 표면을 가공시 공구의 편향을 최소화 할 수 있다.

8.2 Contour



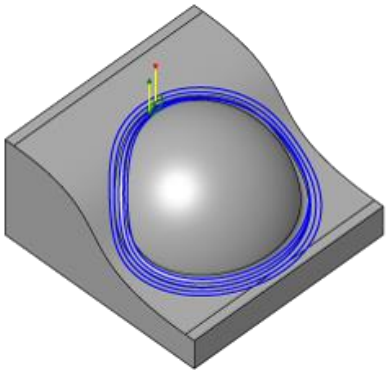
Contour 명령은 마무리 가공 방법 중 하나이다. 경사각이 가파른 벽에 사용되며, 30도~90도 사이의 기울어진 면을 가공시에 유용하게 사용된다.

8.3 Horizontal Clearing



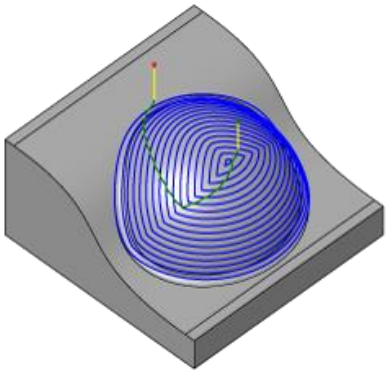
평면 영역을 지정하여 최대 스텝 다운 옵션을 설정하여 단계적으로 평면에 대하여 단계적으로 가공할 수 있다.

8.4 Pencil



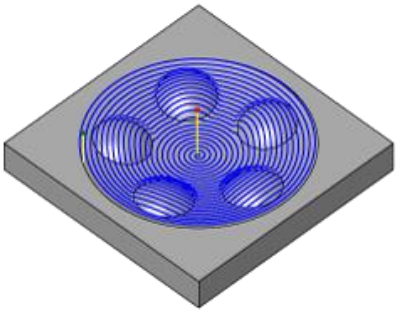
Pencil 가공은 내부 모서리와 작은 반경 모서리를 가지는 형상에 기존 공구에서 가공할 수 없는 부분을 가공할 때 사용한다. 마무리 가공 후 잔삭 과정에서 사용할 수 있다.

8.5 Scallop / Constant Stepover



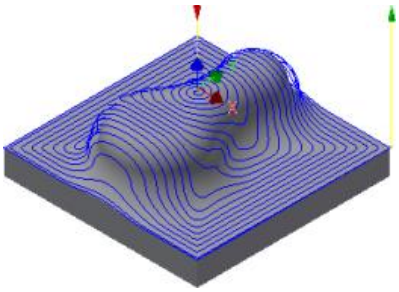
Scallop 명령은 표면을 따라 안쪽으로 일정한 간격의 경로를 생성한다. 컨투어 가공 및 Parallel 가공 후에 보통 사용되며, 형상의 경사 각도에 의해 가공 부위가 제한된다.

8.6 Spiral



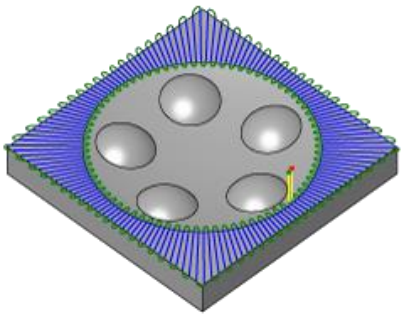
나선형 가공은 주어진 경계 내에서 지정된 중심점으로부터 나선형 공구 경로를 생성한다. 공구의 접촉면에서 40도까지 라운드 형상의 얕은 부분을 가공하는데 적합하다.

8.7 Morphed Spiral



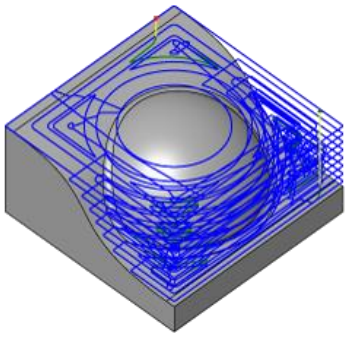
나선형 가공과 유사한 방법이다. 선택된 경계 내에서 나선을 생성하며, 자유 형상 면을 가공할 때 부드러운 공구 경로를 제공한다.

8.8 Radial



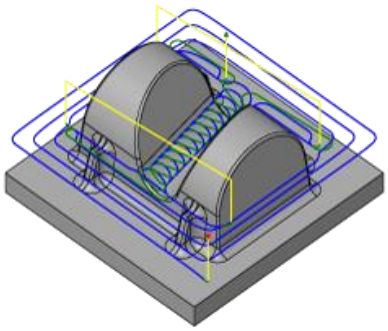
중심점에서 반경 방향으로 방사형 가공 경로를 생성한다.

8.9 Pocket



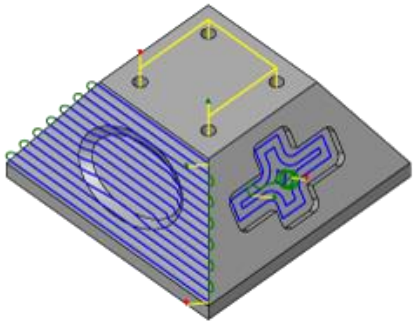
3D 포켓 가공은 황삭시에 유용하게 사용되며, 부드러운 오프셋 윤곽 작업을 할 수 있고 상향 밀링 작업으로 나선형 경로를 따라 절삭한다.

8.10 Adaptive Clearing



Adaptive Clearing 가공은 기존 황삭 공정을 개선하여 절삭 조건이 공구에 일정한 부하가 유지되도록 하여 40% 이상 가공 시간을 단축 시킬 수 있는 황삭 기능을 가지고 있다.

8.11 3+2 Machining

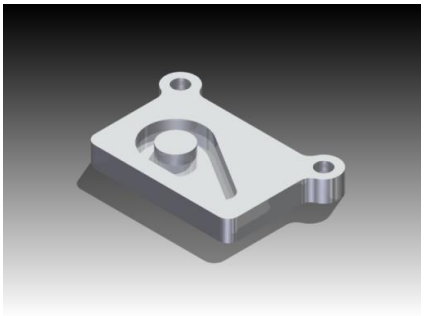


A, B, C 축 운동의 조합을 통해 부분 또는 공작 기계의 헤드를 회전시켜 3+2 가공 (5축) 을 지원한다. (인벤터 HSM Pro)

Chapter 2. 2D Tutorial

1. 예제 1 (2D 가공)

[학습 내용]
(1) Facing
(2) Contouring
(3) Counterboring
(4) Drilling
(5) Tapping
(6) Post Processing

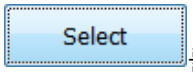


1.1 파일 열기

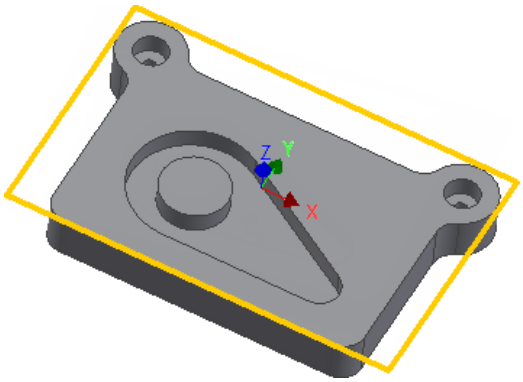
(1) Tutorial1.ipt 를 열기 선택한다.
[C:₩Users₩Public₩Documents₩Autodesk₩Inventor HSM₩Examples]

1.2 Facing (평면 가공)

(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 2D Milling panel > Face 선택한다.
(2) 브라우저에서 Tool tab 선택
- Tool tab에서

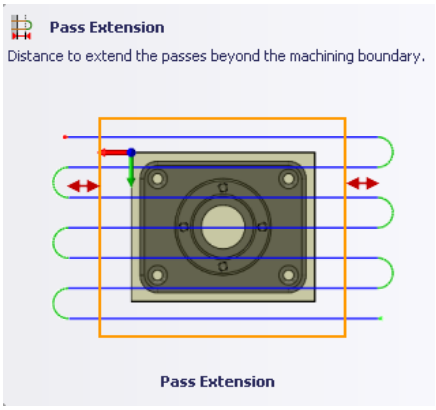
선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 Sample Libraries > Tutorial 을 선택하고, #1-Ø50mm face 공구를 선택한다.
- 

를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.
(3) Geometry tab 선택
- 평면 가공 영역이 아웃 라인으로 자동 검출되며, 이 예제에서는 자동 가공 소재 크기가 정상적으로 생성되어 가공 소재의 크기는 수동으로 조정할 필요는 없다.
(모델의 형상을 인식하여 가공 소재 크기를 자동으로 결정한다)

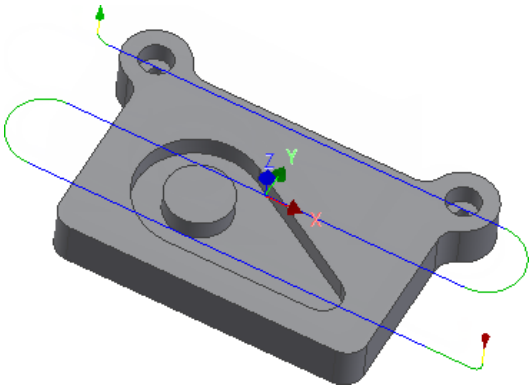


(4) Passes tab 선택

- Pass extension : 5 mm 입력 (아웃 라인을 기준으로 공구 경로가 바깥쪽으로 확장되는 값)



(5) 브라우저 하단에서 OK 를 선택하여 명령을 완료한다.

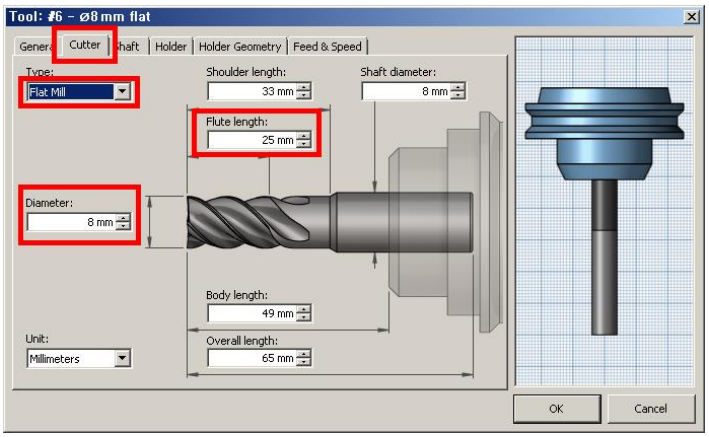


1.3 Contour (윤곽 가공)

(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 2D Milling panel > 2D Contour 선택한다.

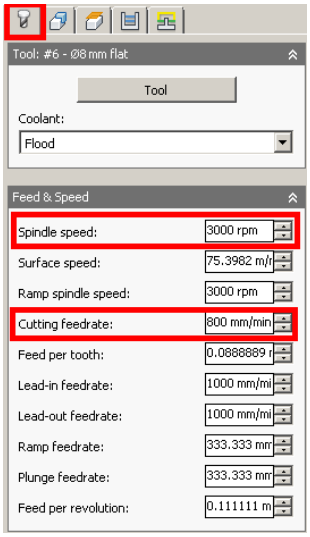
(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 New Mill Tool 선택한다.
- Tool Number는 [6]을 입력하고, Cutter tab을 선택하여 다음과 같이 값을 변경한다.



(Type : Flat Mill / Diameter : 8 mm / Flute length : 25 mm)

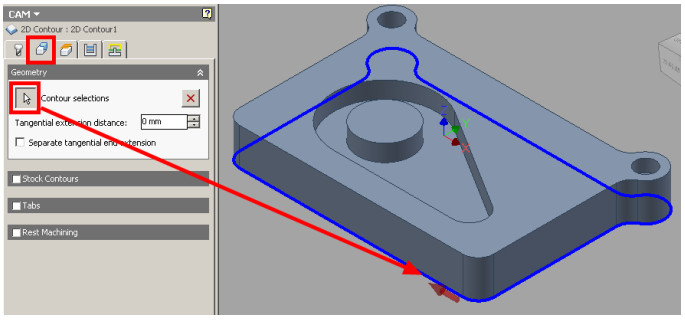
- Tool 대화상자에서 [OK]를 선택하여 새 공구를 생성한다.
- Select를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.
- [Feed & Speed] 그룹에서 다음과 같이 값을 변경한다.



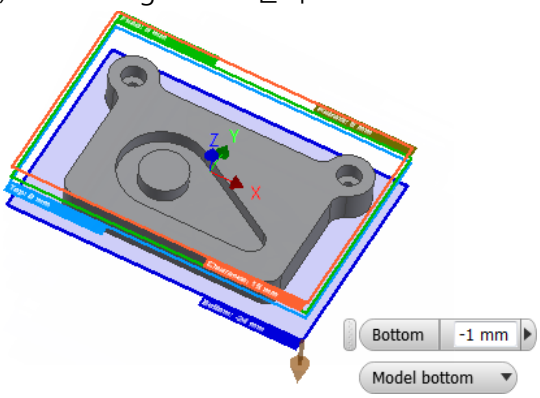
(Spindle speed : 3000 rpm / Cutting feedrate : 800 mm/min)

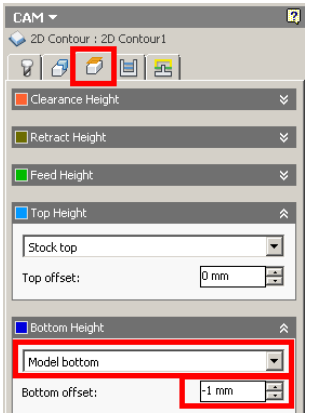
(3) Geometry tab 선택

- [Contour selection] 아이콘이 눌러진 상태에서 형상의 하단 모서리 체인을 선택한다.
  (선택한 모서리의 방향 변경은 화살표를 선택하여 방향 반전을 할 수 있다.)



(4) Heights tab 선택





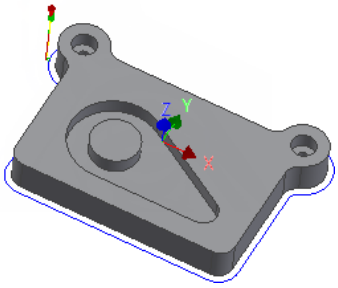
<u>Clearance Height : 안전 높이</u>

<u>Retract Height : 절삭 가공 후 공구가 안전하게 후퇴하는 높이</u>

<u>Feed Height : 비절삭 가공시 공구의 이송 높이</u>

- Bottom Height 드롭 다운 메뉴에서 [Model bottom]을 선택하고, Bottom offset 값으로 [-1 mm]를 입력한다.

(5) 브라우저 하단에서 OK를 선택하여 명령을 완료한다.



1.4 Pocket (포켓 가공)

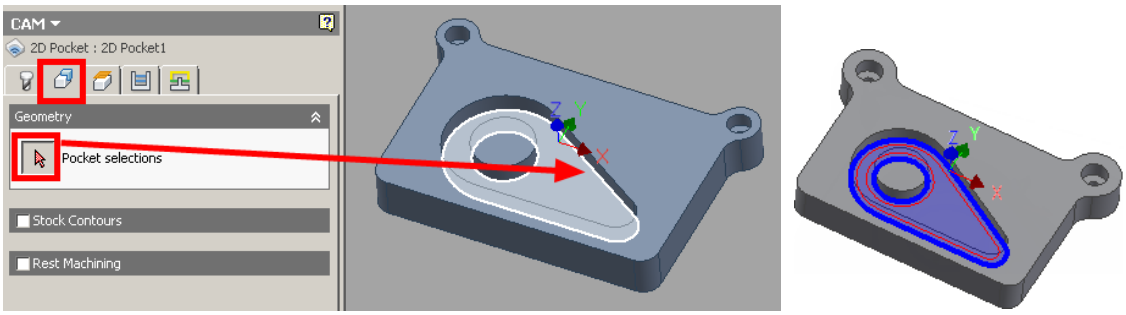
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 2D Milling panel > 2D Pocket 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 Sample Libraries > Tutorial 을 선택하고, #6-ø8mm flat 공구를 선택한다.
- Select를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.
  (공구 변경이 없다면, 다음 탭으로 진행한다.)

(3) Geometry tab 선택

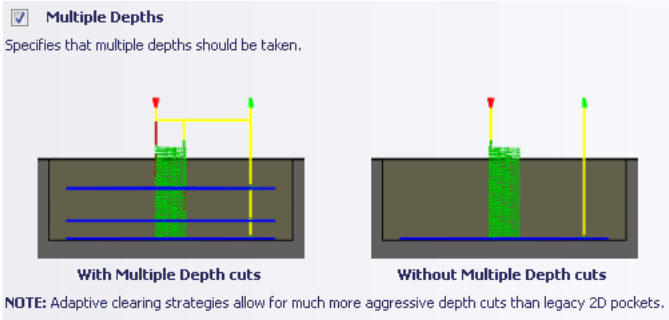
- Pocket selection 아이콘이 눌러진 상태에서 포켓 형상 내부 모서리 근처에서 바닥면을 선택한다.



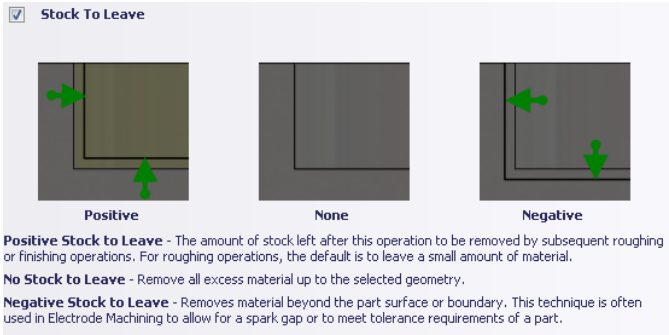
(4) Heights tab 선택

- 기본적으로, 2D Pocket 작업에서는 Contour 가공에서 선택된 높이를 사용하므로 이 단계에서는 높이를 조정할 필요가 없다.

(5) Passes tab 선택

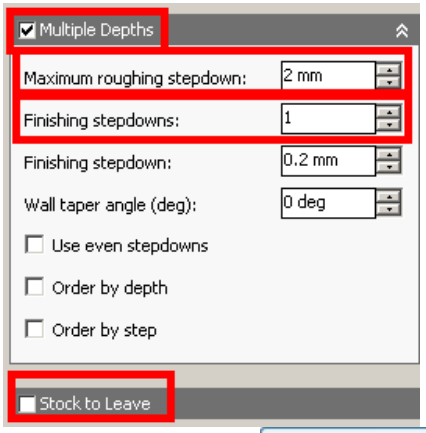


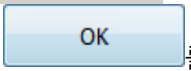
(Multiple Depth : 체크시 절입량을 제어할 수 있다.)



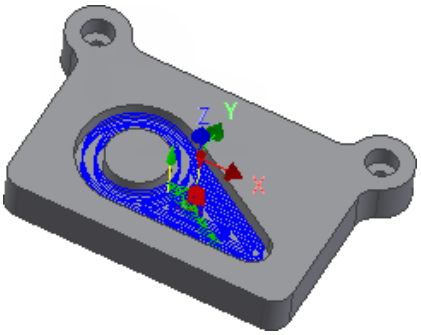
(Stock To Leave : 체크 해제시 잔삭 여유 없이 가공한다.)

- [Multiple Depth]에 체크하고, 다음과 같이 입력한다.
  (Maximum roughing stepdown : 2 mm / Finishing stepdowns : 1)
- [Stock to Leave]는 체크 해제한다.



(6) 브라우저 하단에서 

를 선택하여 명령을 완료한다.



1.5 Counterbores (카운터보어 가공)

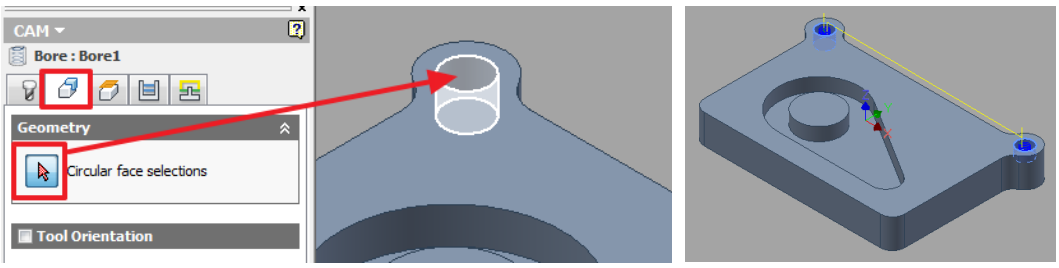
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 2D Milling panel > Bore 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 Tool Library 대화상자에서 Tutorial1 을 선택하고, #2-ø8mm flat 공구를 선택한다.
- Select 를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

(3) Geometry tab 선택

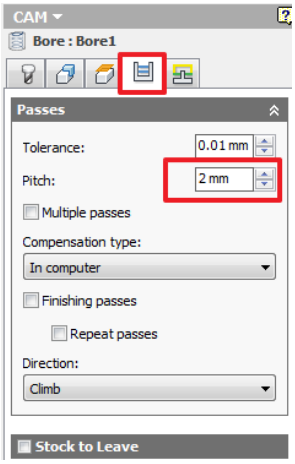
- 원형면 선택 아이콘이 눌러진 상태에서 구멍의 원통면을 선택한다.



- 반대편의 원통면을 이어서 선택한다.

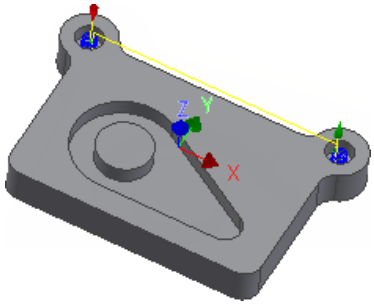
(4) Passes tab 선택

- 나선형 경로는 Pitch 값으로 제어를 한다.



(Pitch : 2 mm)

(5) 브라우저 하단에서 OK 를 선택하여 명령을 완료한다.

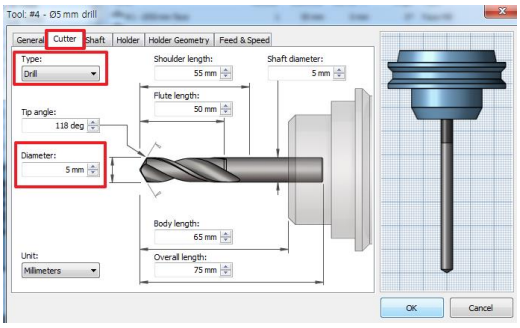


1.6 Drill Holes (구멍 가공)

(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Drilling panel > Drill 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 New Mill Tool 선택하고, 다음과 같이 설정한 후 [OK]를 선택한다.

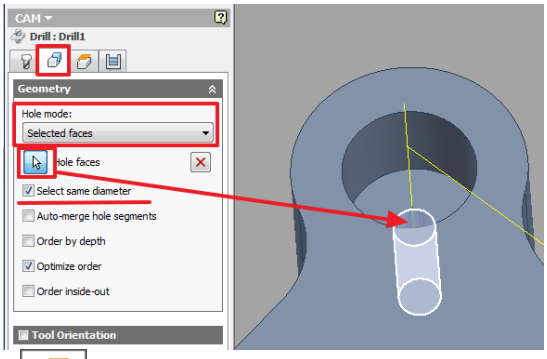


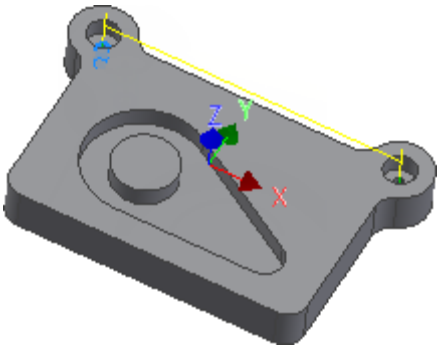
(Cutter / Type : Drill / Diameter : 5 mm입력)

- Tool Library 대화상자에서 ø5mm drill 공구를 선택한다.
- Select를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

(3) Geometry tab 선택

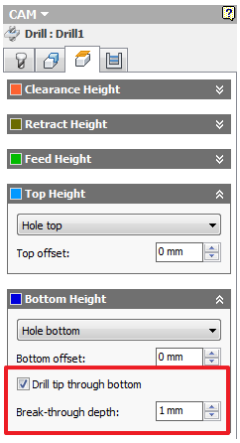
- 구멍 선택 모드 아이콘이 눌러진 상태에서 구멍 원통면을 선택하고, [Select same diameter] 체크 박스에 체크한다. (동일한 지름을 가진 구멍을 동시 선택할 경우 체크한다.)





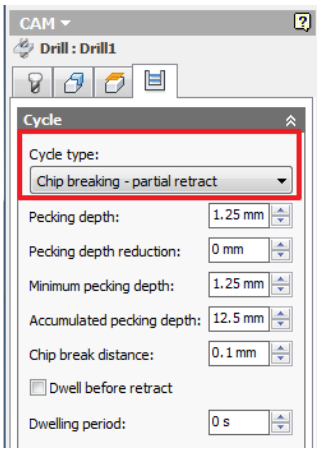
(4) Heights tab 선택

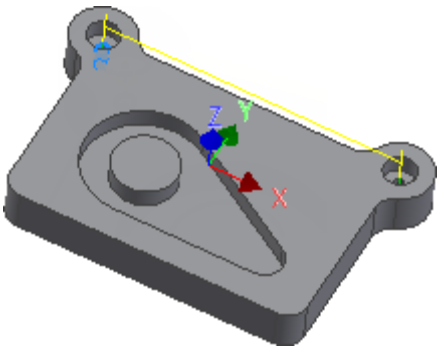
- [Drill tip through bottom]에 체크하고, Break-through depth 값은 [1 mm]를 입력한다.
(Bottom 평면을 기준으로 드릴 공구의 끝이 1mm 만큼 더 내려가야 구멍을 뚫을 수 있다.)

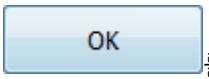


(5) Cycle tab 선택

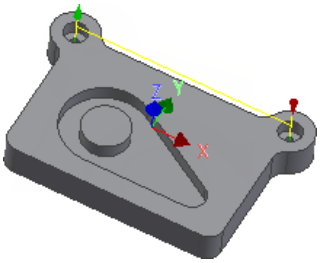
- Cycle type 은 드롭 다운 메뉴에서 [Chip breaking-partial retract]를 선택한다.
(드릴링 가공시 칩 배출을 하기 위한 설정)





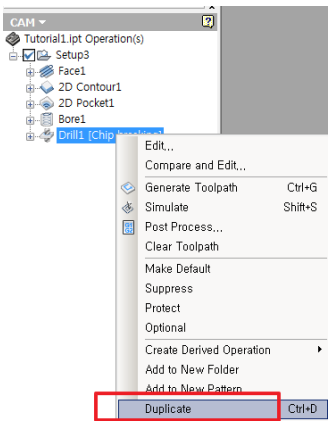
(6) 브라우저 하단에서 

를 선택하여 명령을 완료한다.



1.7 Tap Holes (구멍 가공)

(1) 브라우저에서 Drill1 과정을 선택한 후, 마우스 오른쪽 버튼을 선택하여 [Duplicate]를 선택한다. (복제 기능)



(2) 브라우저에서 복제 된 [Drill2]를 선택하고, 이름 변경 단축키 F2를 선택한다.

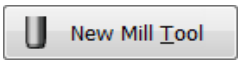
(3) 이름 [Tapping M6] 변경하고, [엔터]를 선택한다.

(4) 브라우저에서 [Tapping M6] 과정을 선택한 후, 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하여 [Edit]를 선택한다.

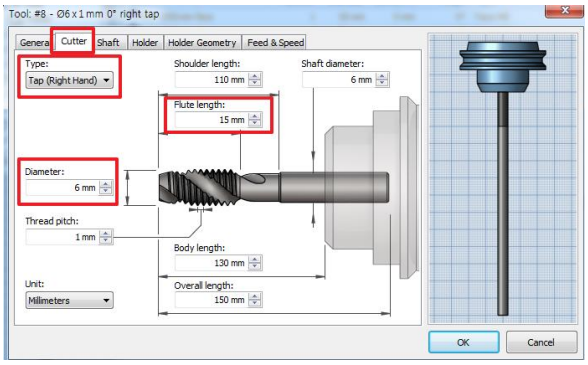
(5) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서

선택한다.

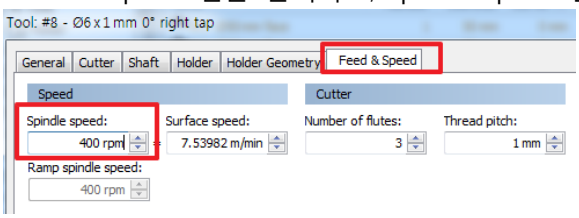
- Select Tool 대화상자에서 

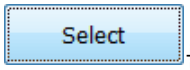
선택하고, 다음과 같이 설정한 후 [OK]를 선택한다. (General 탭에서 공구에 대한 Number는 8을 입력한다.)



(Cutter / Type : Tap (Right Hand) / Diameter : 6 mm / Flute length : 15 mm 입력)

- Feed & Speed 탭을 선택하고, Spindle speed 값 [400] rpm을 입력한다.

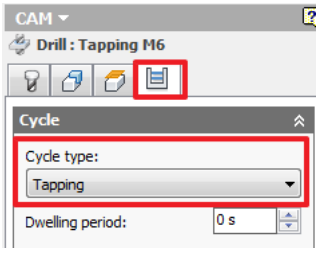


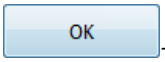
- [OK]를 선택하여 공구 대화상자를 닫는다.
- Tool Library 대화상자에서 Ø6 x 1mm right tap 공구를 선택한다.
- 

를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

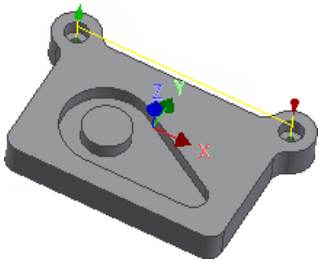
(6) Cycle tab 선택

- Cycle type 드롭다운 메뉴에서 [Tapping]를 선택한다.



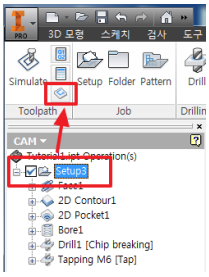
(7) 브라우저 하단에서 

를 선택하여 명령을 완료한다.



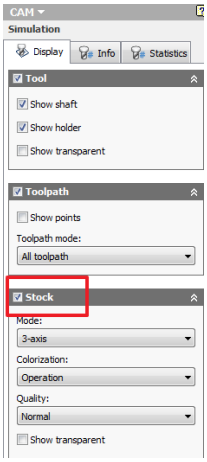
1.8 Toolpaths & Post Process (툴패스와 포스트 프로세스)

(1) 브라우저에서 가공 과정의 상위 메뉴 [Setup X]를 선택하고, 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Toolpath panel > Generate 를 선택한다.



- [Generate Toolpath] 대화상자가 나타나면 [예] 버튼을 선택한다.

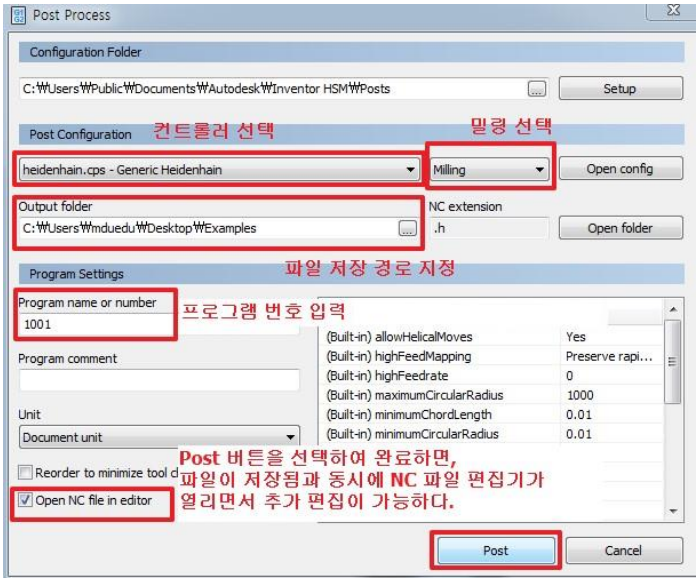
(2) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Toolpath panel > Simulate 를 선택한다.



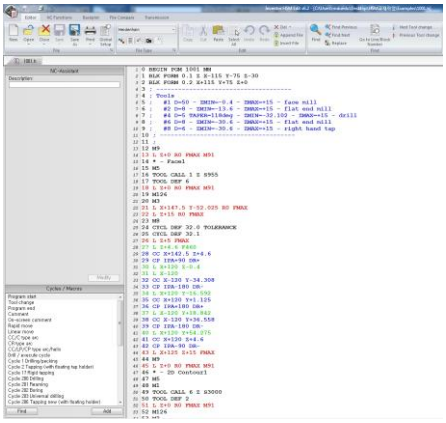
- [Stock] 항목을 체크하고, Play 단추를 선택하여 가공 경로를 확인한다.
  (Stock 항목 체크시 가공 소재의 절삭 모습을 화면에서 확인할 수 있다.)
- 브라우저에서 [Close] 아이콘을 선택하여 Simulation 명령을 완료한다.

(3) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Toolpath panel > Post Process 를 선택한다.

- 다음과 같이 설정한 후, [Post] 를 선택한다.
  (컨트롤러 : heidenhain.cps – Generic Heidenhain)



- 저장 대화상자에서 파일 저장 경로를 확인한 후, [저장]을 선택한다.
- NC Editor 창에서 수정할 부분이 있다면 수정하고, [Save As] 명령을 이용하여 추가 저장한 후 DNC 장비 등을 이용하여 코드를 전송한다.

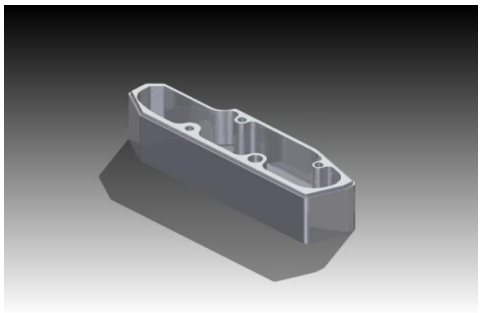


- 인벤터에서 파일을 저장한 후, 프로그램을 종료한다.

2. 예제 2 (2D 가공)

[학습 내용]

(1) 가공 소재 생성
(2) 2D Contouring
(3) Pocket Machining (포켓 가공)
(4) Drilling (구멍 가공)
(5) Tapping (탭 가공)
(6) Counterboring
(7) Countersinking
(8) Chamfering
(9) Post Processing

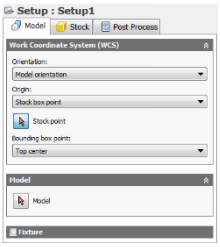


2.1 파일 열기

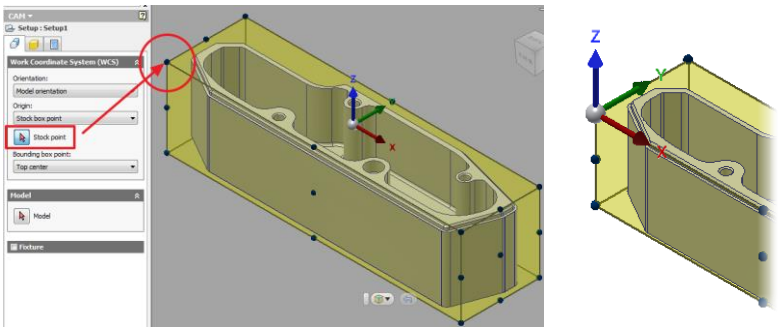
(1) Tutorial2.ipt 를 열기 선택한다.
[C:₩Users₩Public₩Documents₩Autodesk₩Inventor HSM₩Examples]

2.2 Setup (가공 소재 생성)

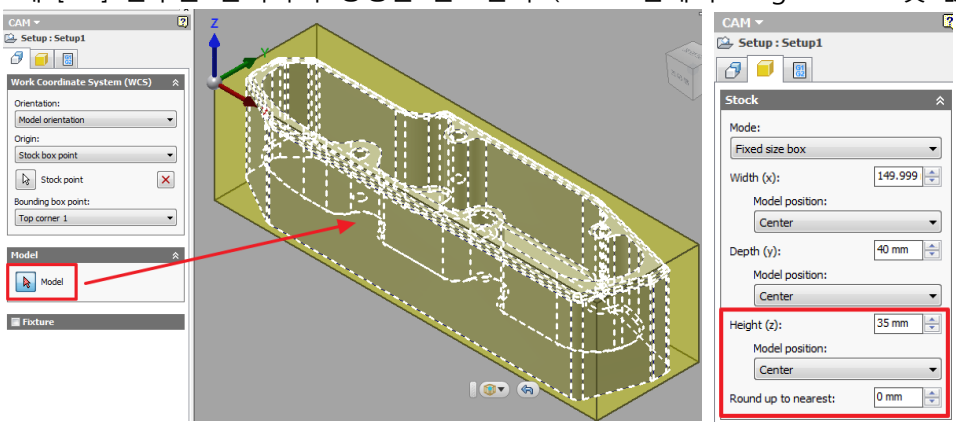
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Job panel > Setup 선택한다.



(2) Work Coordinate System (WCS) 그룹에서 [Stock point] 아이콘이 눌러진 상태로 다음 그림의 화살표 지점을 선택한다.



(3) Model 그룹에서 [Model] 아이콘이 눌러진 상태로 다음 그림의 원본 모델을 선택하고, 하단에 [OK] 단추를 선택하여 명령을 완료한다. (Stock 탭에서 Height z 오프셋 값은 0 mm)



2.3 Contour (윤곽 가공)

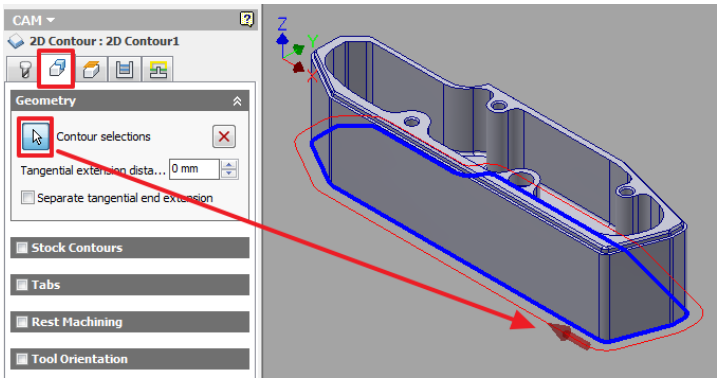
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 2D Milling panel > 2D Contour 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

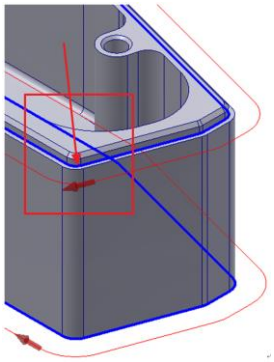
- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 Open Documents > Tutorial2 를 선택한다.
- 공구는 #3- Ø10 mm flat 를 선택한다.
- Select 를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

(3) Geometry tab 선택

- [Contour selection] 아이콘이 눌러진 상태에서 형상의 하단 모서리 체인을 선택한다. (선택한 모서리의 방향 변경은 화살표를 선택하여 방향 반전을 할 수 있다.)

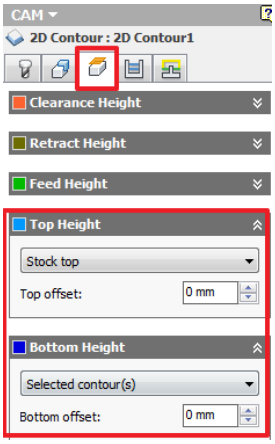


- 이어서, 상단 부위를 확대하고, 다음에서 라운드 형상의 모서리를 선택한다.

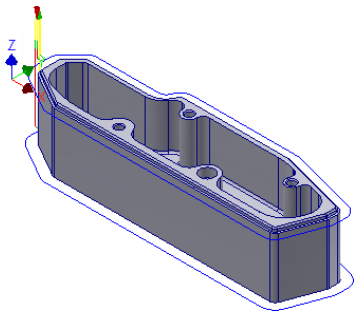


(4) Heights tab 선택

- 다음과 같이 높이 값이 설정되어 있다면 기본값을 그대로 적용하면 된다.



(5) 브라우저 하단에서 OK 를 선택하여 명령을 완료한다.



2.4 Pocket (포켓 가공)

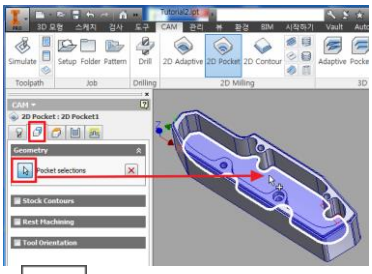
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 2D Milling panel > 2D Pocket 선택한다.

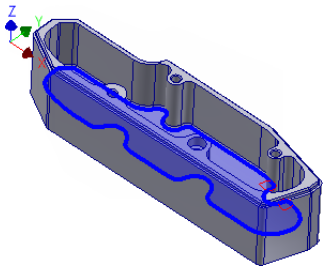
(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 Sample Libraries > Tutorial 을 선택하고, #11 - Ø10 R1 mm bullnose 공구를 선택한다. (형상 내부 바닥의 필렛 반경과 일치하는 공구)
- Select 를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

(3) Geometry tab 선택

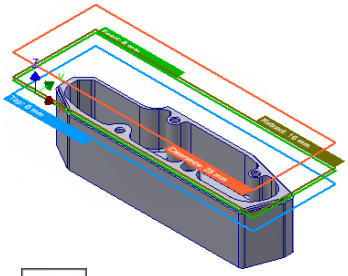
- Pocket selection 아이콘이 눌러진 상태에서 포켓 형상 내부 모서리 근처에서 바닥면을 선택한다.





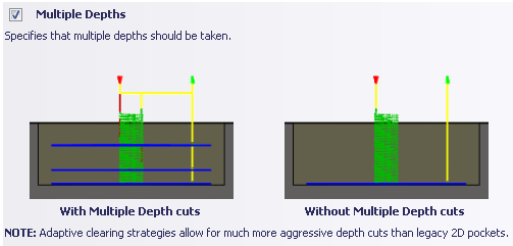
(4) Heights tab 선택

- Clearance height offset : 15mm
- Retract height offset : 10 mm
- Feed height offset : 8 mm

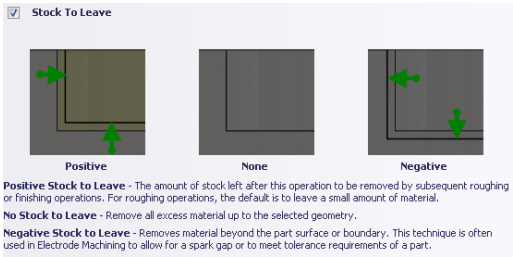


(5) Passes tab 선택

- 형상의 포켓 깊이는 25 mm 이고, 절입량은 2 mm 이다.
- 다음 그림의 옵션을 확인하여 과정을 진행한다.

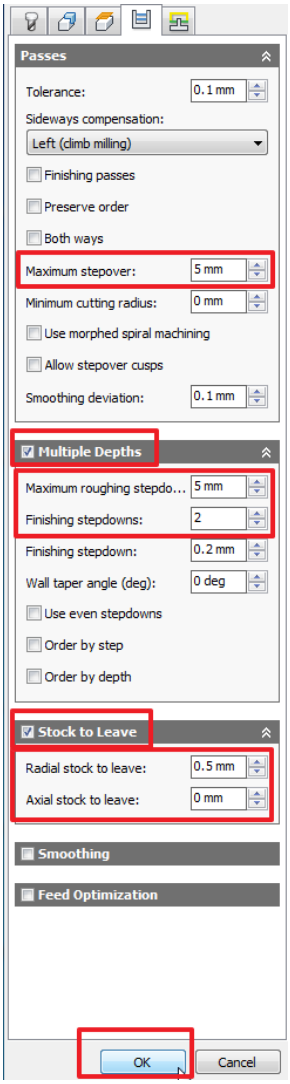


(Multiple Depth : 체크시 절입량을 제어할 수 있다.)



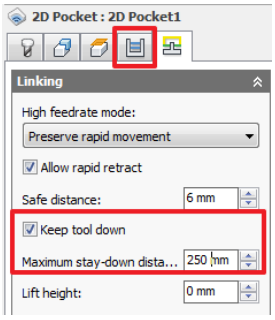
(Stock To Leave : 체크 해제시 잔삭 여유 없이 가공한다.)

- [Maximum stepover] : 5 mm 를 입력한다.
- [Multiple Depth]에 체크하고, 다음과 같이 입력한다.
  (Maximum roughing stepdown : 5 mm / Finishing stepdowns : 2)
- [Stock to Leave]에 체크하고, 다음과 같이 입력한다.
  (Radial stock to leave : 0.5 mm / Axial stock to leave : 0 mm)

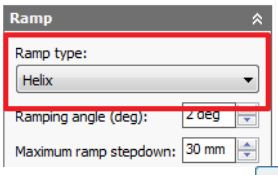


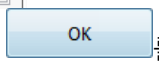
(6) Linking tab 선택

- [Keep tool down]에 체크하고, 값 [250] mm 를 입력한다.
  (포켓 가공시 공구를 아래에서 유지할 수 있는 최대유지거리이며, 불필요한 램핑을 피할 수 있다.)

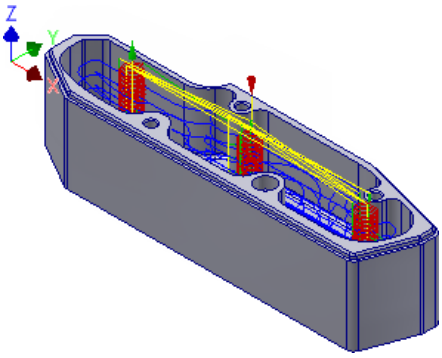


- [Ramp] 그룹을 확장하여 Ramp type 은 [Helix]를 선택한다.



(7) 브라우저 하단에서 

를 선택하여 명령을 완료한다.

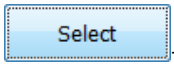


2.5 Drill the Threaded Holes (구멍 가공)

(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Drilling panel > Drill 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서

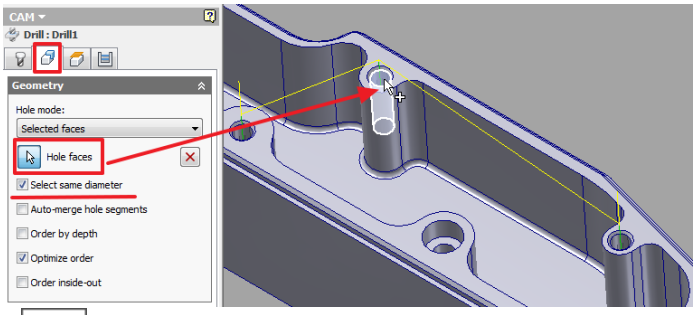
선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 Sample Libraries > Tutorial 을 선택하고, #34 - Ø4.3 mm drill 공구를 선택한다.
- 

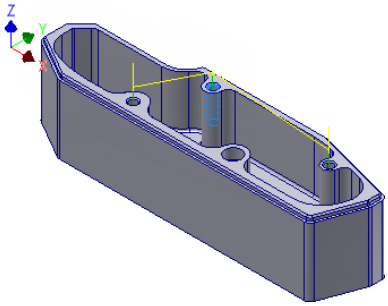
를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

(3) Geometry tab 선택

- 구멍 선택 모드 아이콘이 눌러진 상태에서 구멍 원통면을 선택하고, [Select same diameter] 체크 박스에 체크한다.

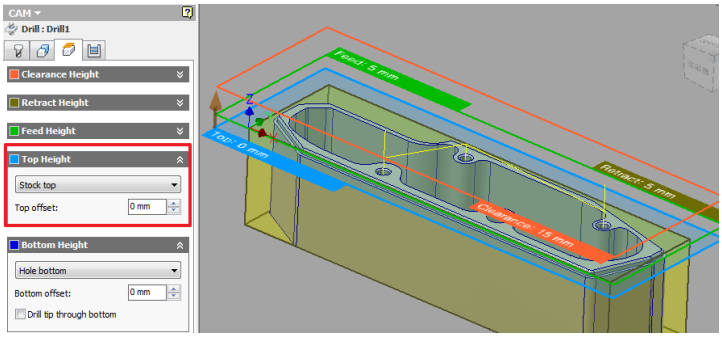
  (4 mm 구멍과 같은 지름을 가진 구멍을 동시 선택할 경우 체크한다.)





(4) Heights tab 선택

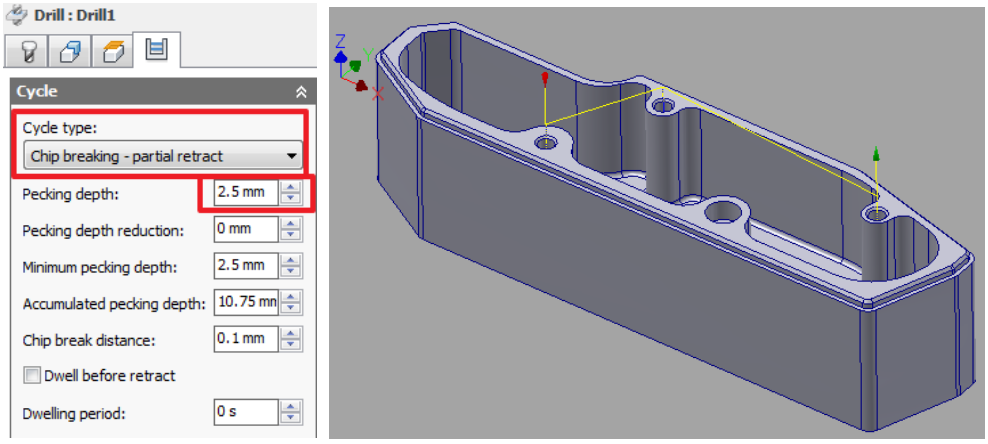
- [Top height] 드롭다운 메뉴에서 [Stock top]를 선택하여 드릴 가공 시작 지점을 지정한다.

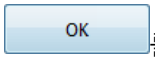


(5) Cycle tab 선택

- Cycle type 은 드롭 다운 메뉴에서 [Chip breaking-partial retract]를 선택한다.

  (드릴링 가공시 칩 배출을 하기 위한 설정 / Pecking depth : 2.5 mm)

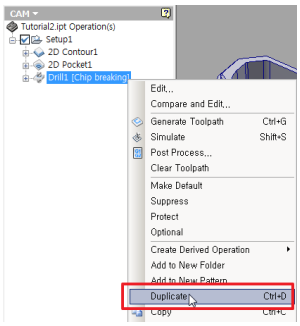


(6) 브라우저 하단에서 

를 선택하여 명령을 완료한다.

2.6 Tap Holes (구멍 가공)

(1) 브라우저에서 Drill1 과정을 선택한 후, 마우스 오른쪽 버튼을 선택하여 [Duplicate]를 선택한다. (복제 기능)



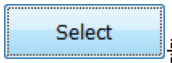
(2) 브라우저에서 복제 된 [Drill2]를 선택하고, 이름 변경 단축키 F2를 선택한다.

(3) 이름 [Tapping M5] 변경하고, [엔터]를 선택한다.

(4) 브라우저에서 [Tapping M5] 과정을 선택한 후, 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하여 [Edit]를 선택한다.

(5) 브라우저에서 Tool tab 선택

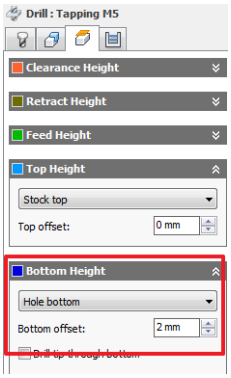
- Tool tab에서

선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 Sample Libraries > Tutorial 을 선택하고, #43 - ø5 x 1 mm 0° right tap 공구를 선택한다.
- 

를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

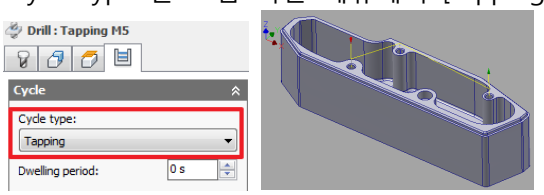
(6) Heights tab 선택

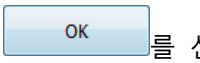
- 탭의 깊이는 기존 드릴 구멍의 깊이보다 작아야 한다. 그러므로, [Bottom Height] 그룹에서 Hole bottom을 기준으로 Bottom offset 값을 2 mm 입력한다.



(7) Cycle tab 선택

- Cycle type 은 드롭 다운 메뉴에서 [Tapping]을 선택한다.



(8) 브라우저 하단에서 

를 선택하여 명령을 완료한다.

2.7 Drill the Counterbored Hole (카운터보어 구멍 가공)

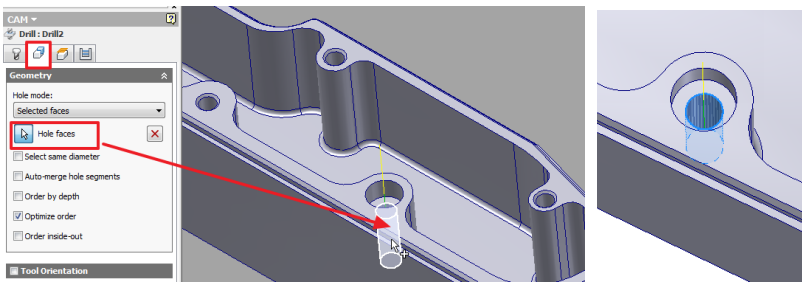
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Drilling panel > Drill 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 Sample Libraries > Tutorial 을 선택하고, #33 - ø4.5 mm drill 공구를 선택한다.
- Select 를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

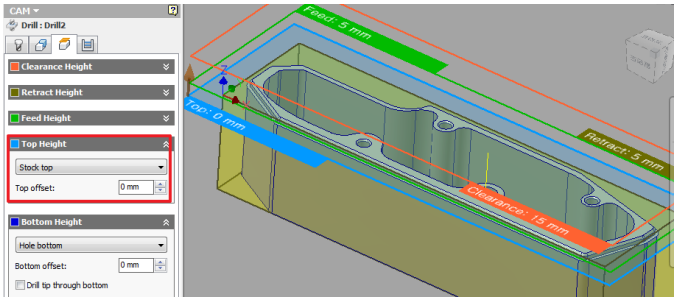
(3) Geometry tab 선택

- 원형면 선택 아이콘이 눌러진 상태에서 구멍의 원통면을 선택한다.



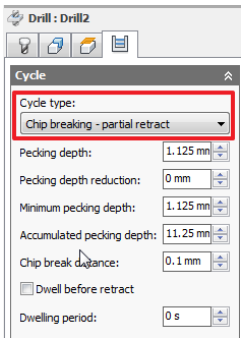
(4) Heights tab 선택

- [Top height] 드롭다운 메뉴에서 [Stock top]를 선택하여 드릴 가공 시작 지점을 지정한다.



(5) Cycle tab 선택

- Cycle type 은 드롭 다운 메뉴에서 [Chip breaking-partial retract]를 선택한다.
  (드릴링 가공시 칩 배출을 하기 위한 설정)



(6) 브라우저 하단에서 OK 를 선택하여 명령을 완료한다.

2.8 Counterbore (포켓 가공)

(4.5 mm 구멍에 4mm 평엔드밀을 사용하여 포켓 가공을 한다.)

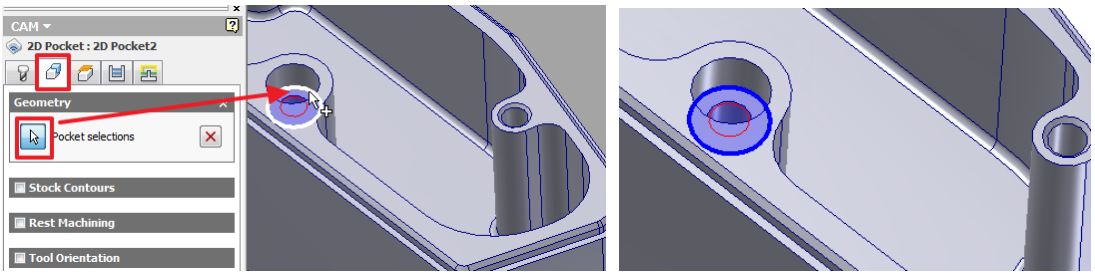
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 2D Milling panel > 2D Pocket 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 Sample Libraries > Tutorial 을 선택하고, #5 - Ø4 mm flat 공구를 선택한다.
- Select를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

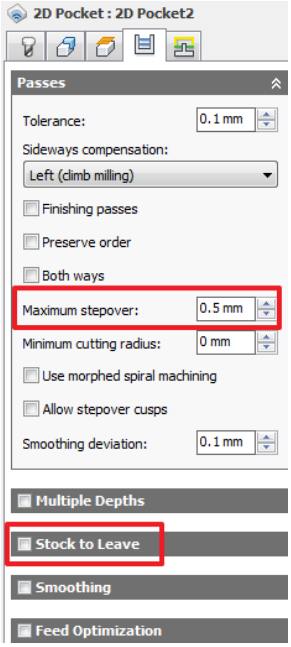
(3) Geometry tab 선택

- Pocket selection 아이콘이 눌러진 상태에서 카운터보어 형상 내부 모서리 근처에서 바닥면을 선택한다.

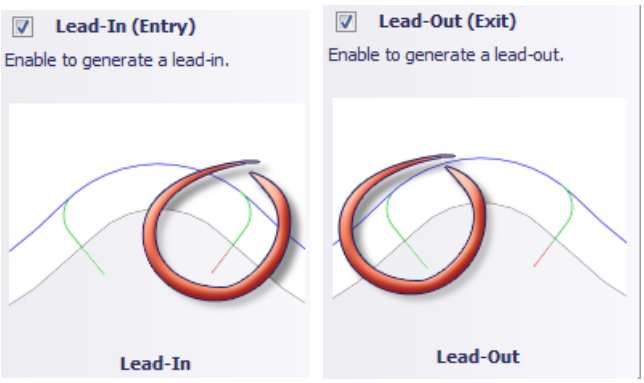


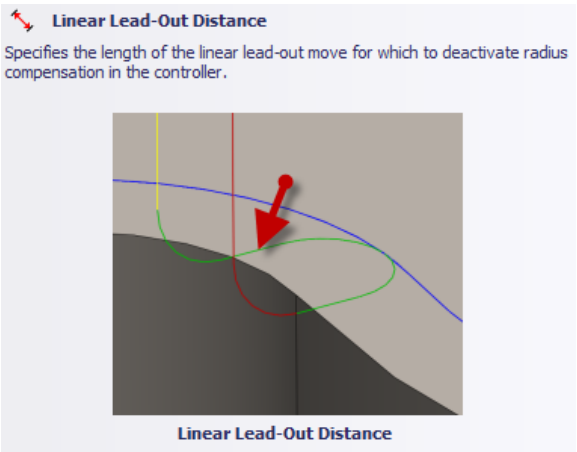
(4) Passes tab 선택

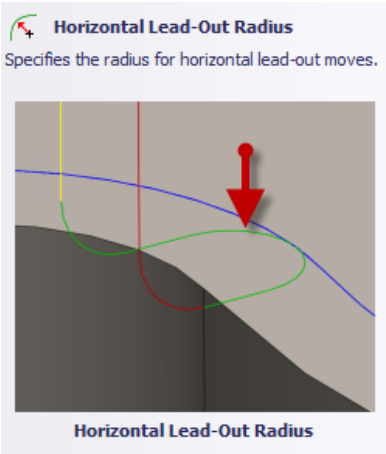
- [Maximum stepover] : 0.5 mm 를 입력한다.
- [Stock to Leave]에 체크는 해제한다.

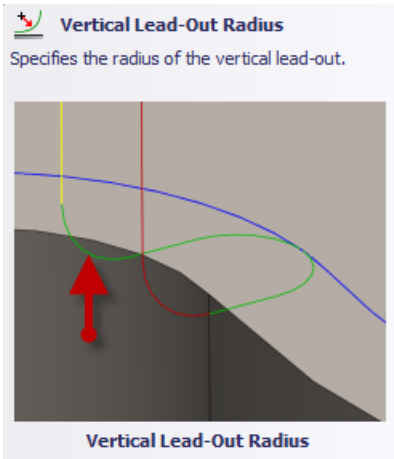


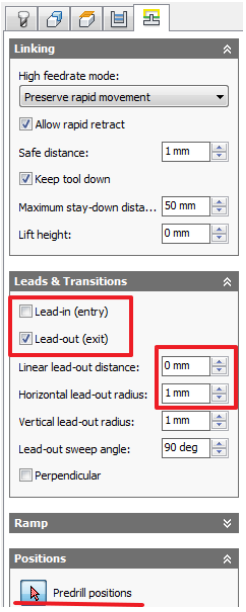
(5) Linking tab 선택

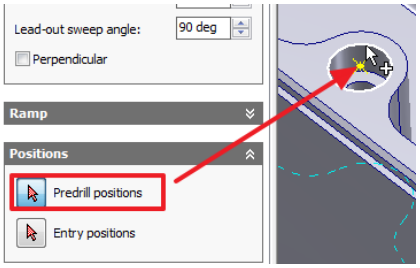








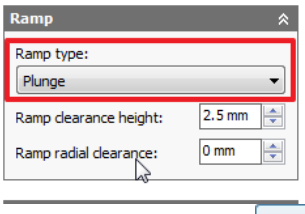




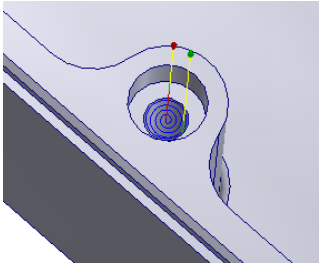
- [Leads & Transitions] 그룹에서 [Lead-in (entry)]를 체크 해제한다.
  (가공 후 공구가 빠져 나갈 때 부드러운 경로를 얻기 위함)
- [Linear lead-out distance] : 0 mm , [Horizontal lead-out radius] : 1 mm 입력한다.

- [Position] 그룹을 확장하여 Predrill positions 아이콘이 눌러진 상태에서 카운터보어 형상의 원 모서리 중심을 선택한다.

- [Ramp] 그룹을 확장하여 Ramp type 은 [Plunge]를 선택한다.



(6) 브라우저 하단에서 OK 를 선택하여 명령을 완료한다.



2.9 Countersinks (드릴 가공)

(3개의 드릴 구멍 가공 후에 구멍의 상단에 드릴 명령을 이용하여 카운터싱크 가공을 한다.)

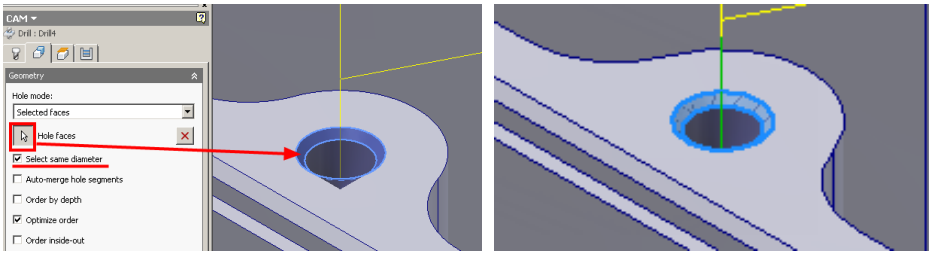
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Drilling panel > Drill 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 Sample Libraries > Tutorial 을 선택하고, #60 - Ø10 mm 90° countersink 공구를 선택한다.
- Select 를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

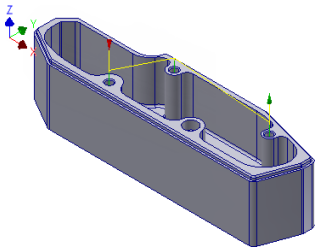
(3) Geometry tab 선택

- [Select same diameter] 체크박스에 체크한다.
- Hole faces 아이콘이 눌러진 상태에서 카운터싱크 모따기 형상 면을 선택한다.



- Select same diameter 옵션을 체크하였기 때문에 나머지 2개의 카운터싱크 부분도 같이 선택되게 된다.

(4) 브라우저 하단에서 OK 를 선택하여 명령을 완료한다.



2.10 Chamfer (모따기 가공 – 2D Contour)

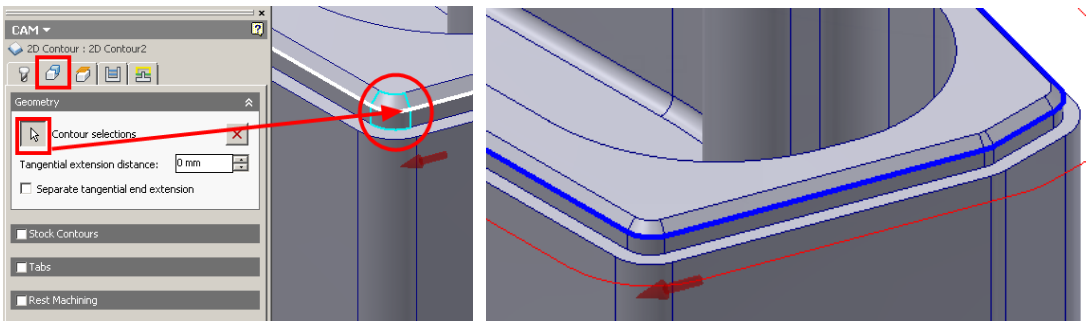
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 2D Milling panel > 2D Contour 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 Sample Libraries > Tutorial 을 선택하고, #50 - ø10 mm 45° chamfer 공구를 선택한다.
- Select 를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

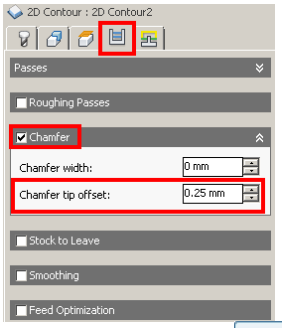
(3) Geometry tab 선택

- [Contour selections] 아이콘이 눌러진 상태에서 형상의 상단 부분 모따기 형상을 선택한다. 이 때, 모따기 형상의 아래쪽 모서리를 선택한다.

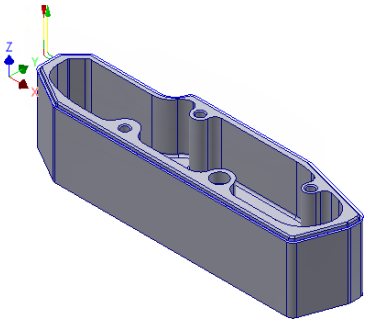


(4) Passes tab 선택

- Chamfer mill (모따기 밀) 공구가 선택되면, Passes 과정에서는 [Chamfer] 그룹이 자동으로 활성화 된다. (Chamfer width / Chamfer tip offset)
- 모따기 된 모서리를 선택하였기 때문에 모따기의 폭은 설정할 필요가 없으며, 공구 팁이 모따기의 하단과 일치되지 않도록 모따기 팁 오프셋 값을 입력한다.
- [Chamfer tip offset] : 0.25 mm

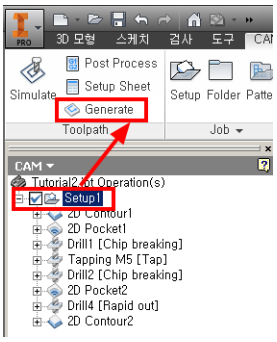


(5) 브라우저 하단에서 OK 를 선택하여 명령을 완료한다.



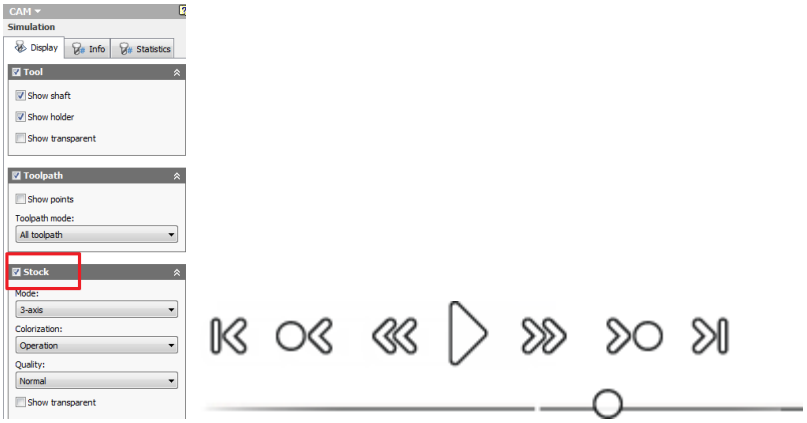
2.11 Toolpaths & Post Process (툴패스와 포스트 프로세스)

(1) 브라우저에서 가공 과정의 상위 메뉴 [Setup X]를 선택하고, 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Toolpath panel > Generate 를 선택한다.



- [Generate Toolpath] 대화상자가 나타나면 [예] 버튼을 선택한다.

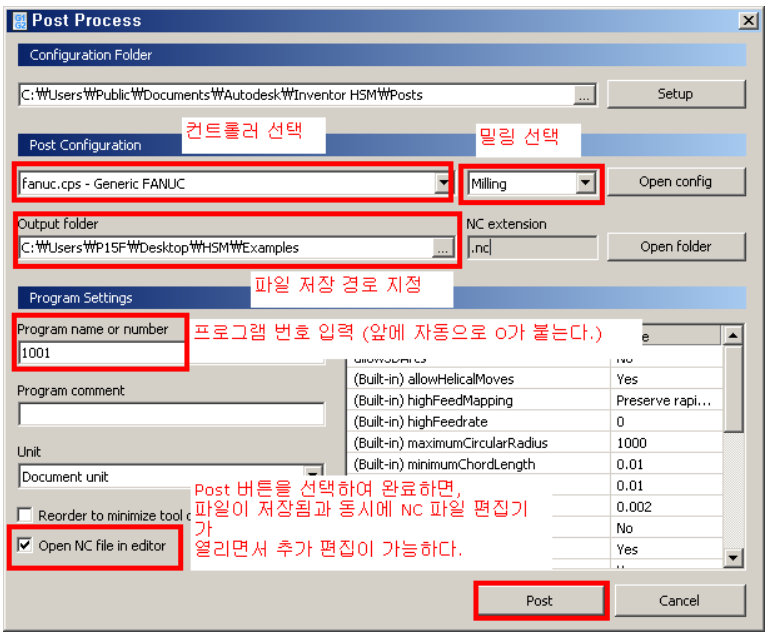
(2) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Toolpath panel > Simulate 를 선택한다.



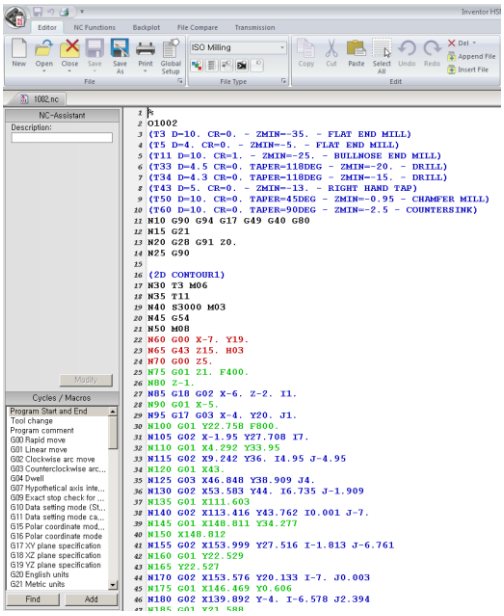
- [Stock] 항목을 체크하고, Play 단추를 선택하여 가공 경로를 확인한다.
  (Stock 항목 체크시 가공 소재의 절삭 모습을 화면에서 확인할 수 있다.)
- 브라우저에서 [Close] 아이콘을 선택하여 Simulation 명령을 완료한다.

(3) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Toolpath panel > Post Process 를 선택한다.

- 다음과 같이 설정한 후, [Post] 를 선택한다. (컨트롤러 : fanuc.cps – Generic FANUC)



- 저장 대화상자에서 파일 저장 경로를 확인한 후, [저장]을 선택한다.
- NC Editor 창에서 수정할 부분이 있다면 수정하고, [Save As] 명령을 이용하여 추가 저장한 후 DNC 장비 등을 전송한다.

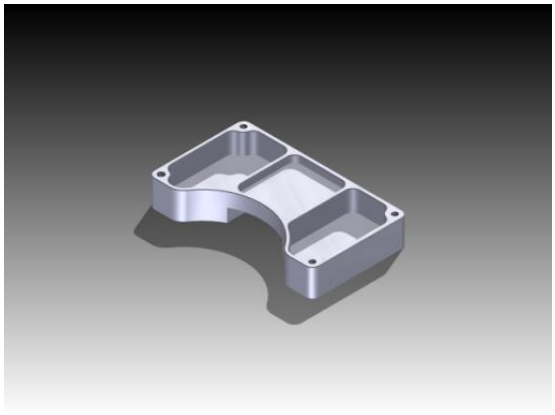


- 인벤터에서 파일을 저장한 후, 프로그램을 종료한다.

3. 예제 3 (2D 가공)

[학습 내용]

(1) 가공 소재 생성
(2) 평면 가공
(3) 황삭 포켓 가공
(4) 마무리 포켓 가공
(5) 황삭 윤곽 가공
(6) 마무리 윤곽 가공
(7) 모따기 가공
(8) 카운터싱크 가공
(9) 구멍 가공
(10) 탭 가공
(11) Post Process

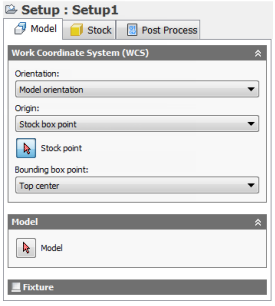


3.1 파일 열기

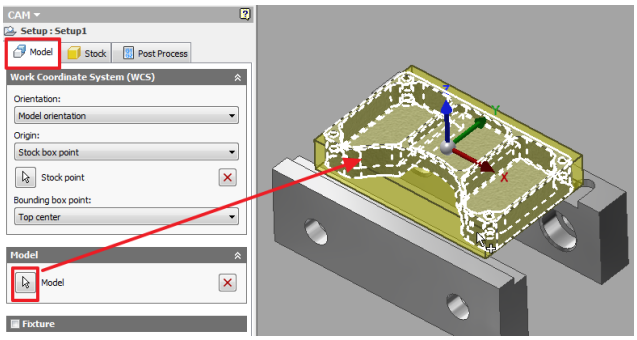
(1) CAM Mania Tutorial.ipt 를 열기 선택한다.
[C:₩Users₩Public₩Documents₩Autodesk₩Inventor HSM₩Examples]

3.2 Setup (가공 소재 생성)

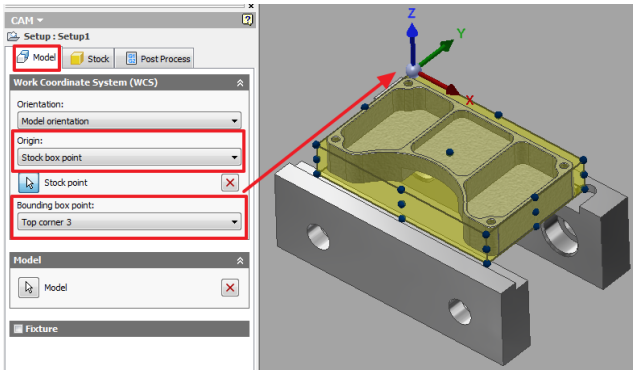
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Job panel > Setup 선택한다.



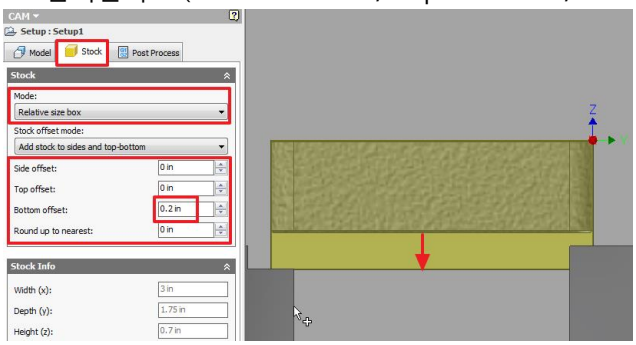
(2) Model 탭에서 [Model] 아이콘이 눌러진 상태로 다음 그림의 원본 모델을 선택한다.



(3) Work Coordinate System (WCS) 그룹에서 Origin 드롭다운 메뉴에서 [Stock box point]를 선택한다. 그리고, Bounding box point 드롭다운 메뉴에서 [Top corner 3]을 선택한다.



(4) Stock 탭에서 Stock 그룹의 Mode 는 [Relative size box]를 선택하고, 다음과 같이 값을 입력한다. (Side offset : 0 / Top offset : 0 / Bottom offset : 0.2in)



(5) 브라우저 하단에서 OK 를 선택하여 명령을 완료한다.

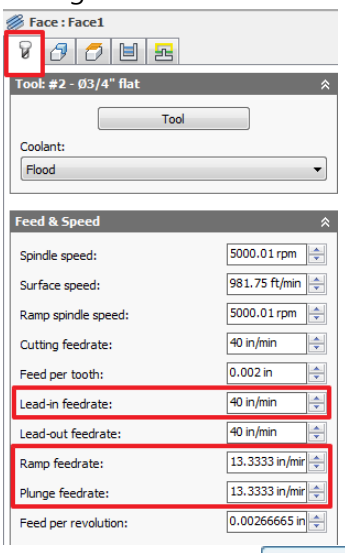
3.3 Face the Stock (평면 가공)

(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 2D Milling panel > Face 선택한다.

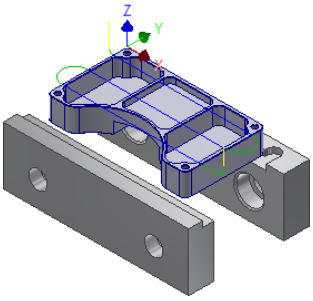
(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 CAM Mania Tutorial Libraries 를 선택하고, #2 - Ø3/4" flat 공구를 선택한다.
- Select를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.
- Feed & Speed 그룹에서 다음과 같이 값을 입력한다.

(Lead-in feedrate : 40 in/min // Ramp feedrate : 13.3333 in/min // Plunge feedrate : 13.3333 in/min)



(3) 브라우저 하단에서 OK를 선택하여 명령을 완료한다.



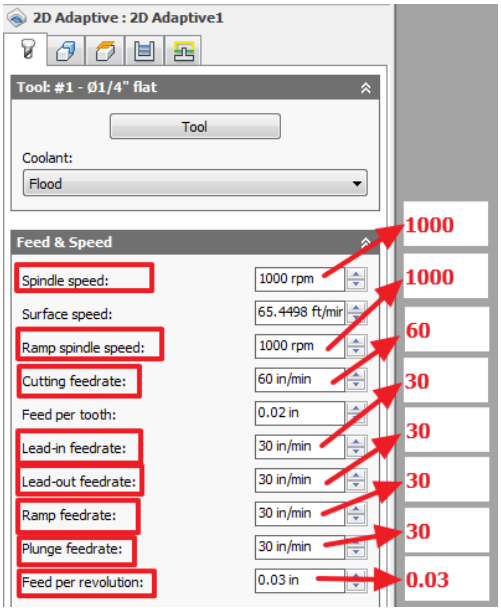
3.4 Adaptive Clearing (황삭 포켓 가공)

(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 2D Milling panel > 2D Adaptive 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

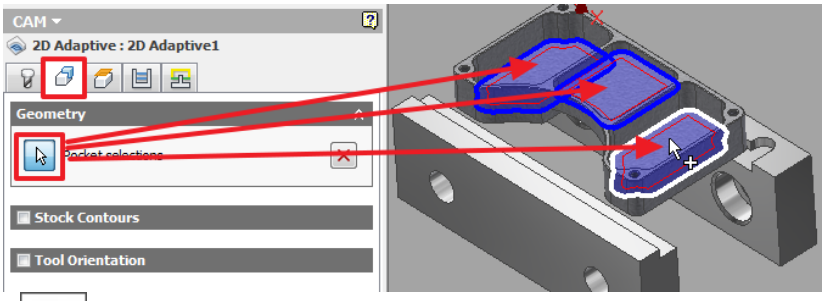
- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 CAM Mania Tutorial Libraries 를 선택하고, #1 – Ø1/4" flat 공구를 선택한다.
- Select를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

- Feed & Speed 그룹에서 다음과 같이 값을 입력한다.



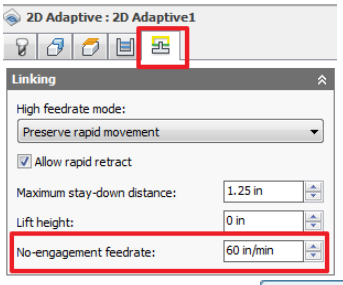
(3) Geometry tab 선택

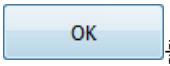
- [Pocket selections] 아이콘이 눌러진 상태에서 모델의 지시한 곳 3개의 면을 선택한다.



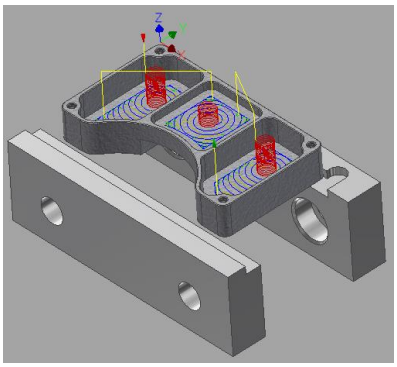
(4) Linking tab 선택

- No-engagement feedrate : 60 in/min 입력한다. (Cutting feedrate에서 사용된 값)



(5) 브라우저 하단에서 

를 선택하여 명령을 완료한다.

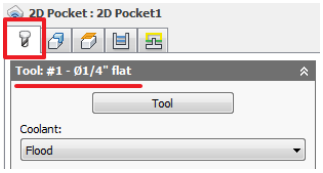


3.5 2D Pocket (마무리 포켓 가공)

(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 2D Milling panel > 2D Pocket 선택한다.

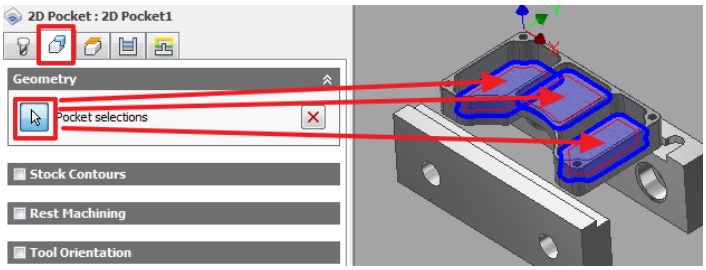
(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 전 단계에서 사용한 공구를 확인하고, #1 – Ø1/4" flat 공구를 계속 사용한다.



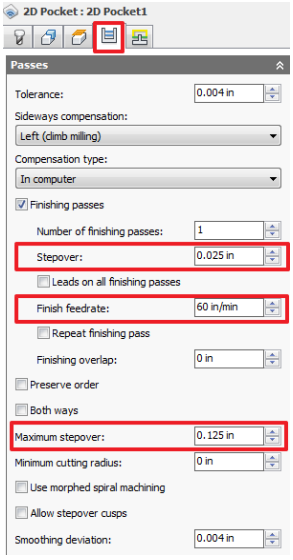
(3) Geometry tab 선택

- [Pocket selections] 아이콘이 눌러진 상태에서 모델의 지시한 곳 3개의 면을 선택한다.



(4) Passes tab 선택

- Passes 그룹에서 [Finishing passes]의 체크 박스에 v 체크하고, 다음과 같이 값을 입력한다.
(Stepover : 0.025 in / Finish feedrate : 60 in/min / Maximum stepover : 0.125 in)



- [Stock to Leave]의 체크 박스에서 v 체크를 해제한다. (잔삭 여유 없이 가공한다.)

(5) Linking tab 선택

- 다음과 같이 값을 입력한다.

Maximum stay-down distance : 1.25 in

[Lead-in (entry)] v 체크

Horizontal lead-in radius : 0.025 in

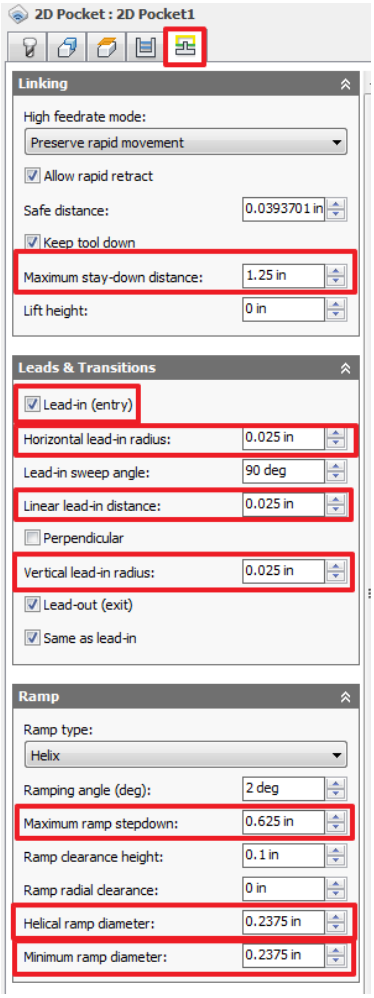
Linear lead-in distance : 0.025 in

Vertical lead-in radius : 0.025 in

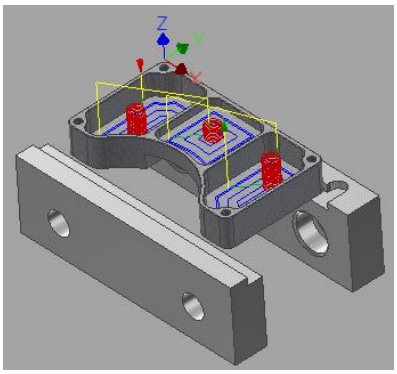
Maximum ramp stepdown : 0.0625 in

Helical ramp diameter : 0.2375 in

Minimum ramp diameter : 0.2375 in



(6) 브라우저 하단에서 OK 를 선택하여 명령을 완료한다.

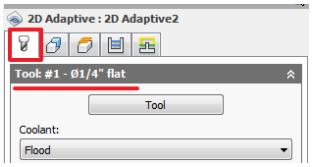


3.6 2D Adaptive (황삭 윤곽 가공)

(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 2D Milling panel > 2D Adaptive 선택한다.

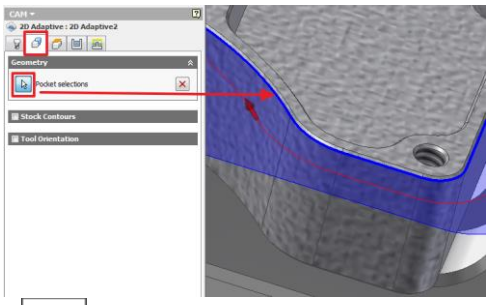
(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 전 단계에서 사용한 공구를 확인하고, #1 – Ø1/4" flat 공구를 계속 사용한다.



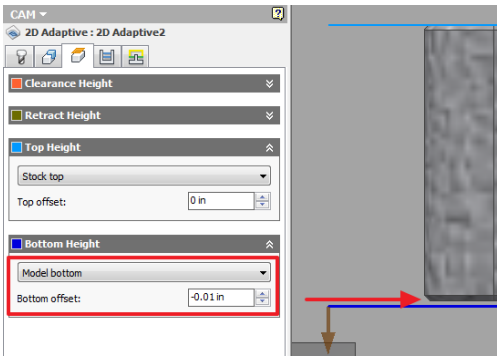
(3) Geometry tab 선택

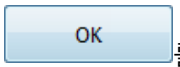
- [Pocket selections] 아이콘이 눌러진 상태에서 모델의 모따기 부분 중 아래쪽 모서리 궤적을 선택한다.



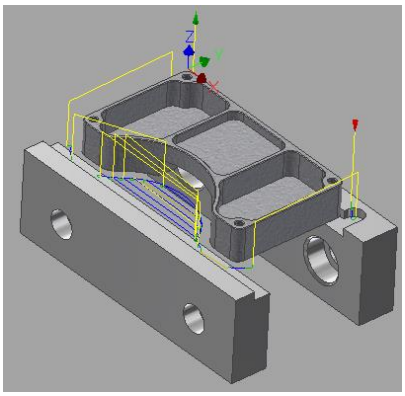
(4) Heights tab 선택

- [Bottom Height] 드롭다운 메뉴에서 Model bottom을 선택하고, 값은 -0.01 in 를 입력한다.



(5) 브라우저 하단에서 

를 선택하여 명령을 완료한다.

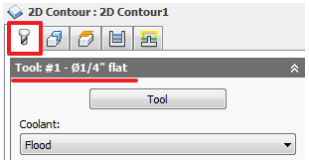


3.7 2D Contour (마무리 윤곽 가공)

(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 2D Milling panel > 2D Contour 선택한다.

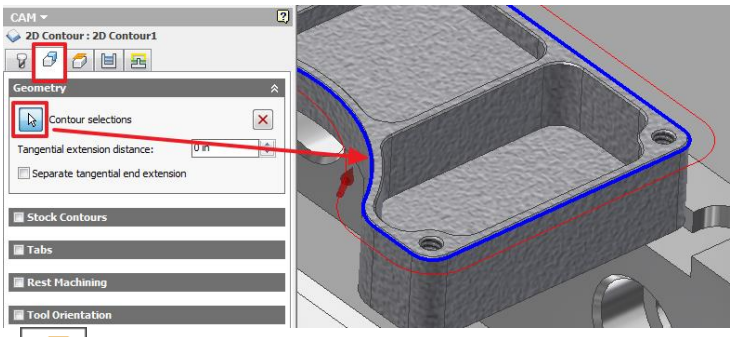
(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 전 단계에서 사용한 공구를 확인하고, #1 – Ø1/4" flat 공구를 계속 사용한다.



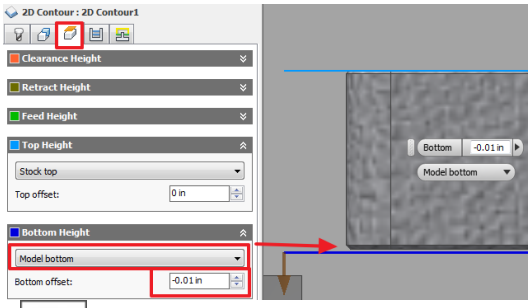
(3) Geometry tab 선택

- [Pocket selections] 아이콘이 눌러진 상태에서 모델의 모따기 부분 중 아래쪽 모서리 궤적을 선택한다.



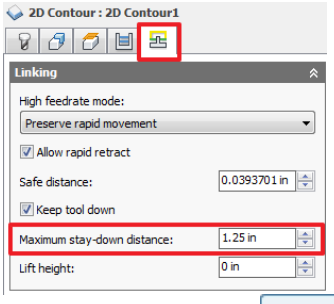
(4) Heights tab 선택

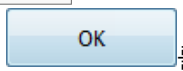
- [Bottom Height] 드롭다운 메뉴에서 Model bottom을 선택하고, 값은 -0.01 in 를 입력한다.



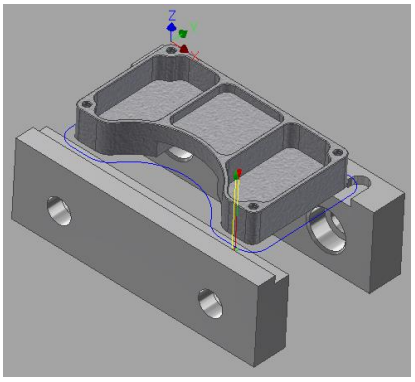
(4) Linking tab 선택

- [Maximum stay-down distance] : 1.25 in 를 입력한다.



(5) 브라우저 하단에서 

를 선택하여 명령을 완료한다.



3.8 Chamfers (모따기 가공 – 2D Contour)

(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 2D Milling panel > 2D Contour 선택한다.

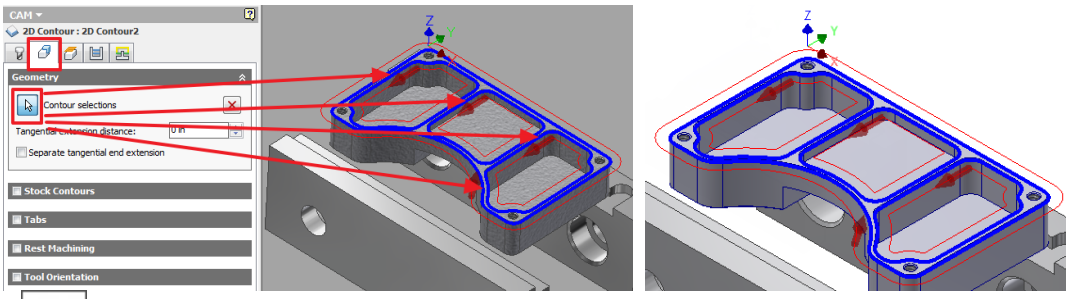
(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 CAM Mania Tutorial Libraries 를 선택하고, #3 - Ø1/4" 45° chamfer 공구를 선택한다.
- Select 를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

(3) Geometry tab 선택

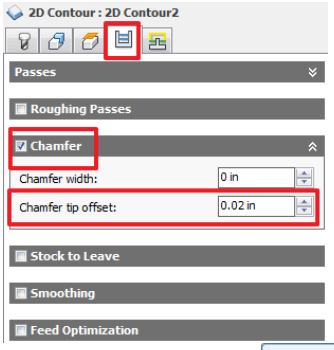
- [Contour selections] 아이콘이 눌러진 상태에서 형상의 상단 부분 모따기 궤적 4곳을 선택한다.

  이 때, 모따기 형상의 아래쪽 모서리를 선택한다.

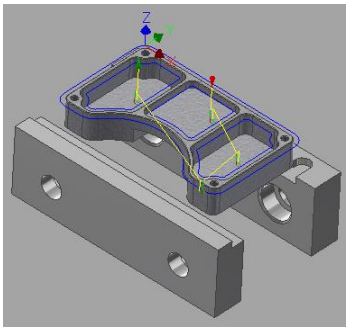


(4) Passes tab 선택

- Chamfer mill (모따기 밀) 공구가 선택되면, Passes 과정에서는 [Chamfer] 그룹이 자동으로 활성화 된다. (Chamfer width / Chamfer tip offset)
- 모따기 된 모서리를 선택하였기 때문에 모따기의 폭은 설정할 필요가 없으며, 공구 팁이 모따기의 하단과 일치되지 않도록 모따기 팁 오프셋 값을 입력한다.
- [Chamfer tip offset] : 0.02 in



(5) 브라우저 하단에서 OK 를 선택하여 명령을 완료한다.



3.9 Countersinks (드릴 가공)

(3개의 드릴 구멍 가공 후에 구멍의 상단에 드릴 명령을 이용하여 카운터싱크 가공을 한다.)

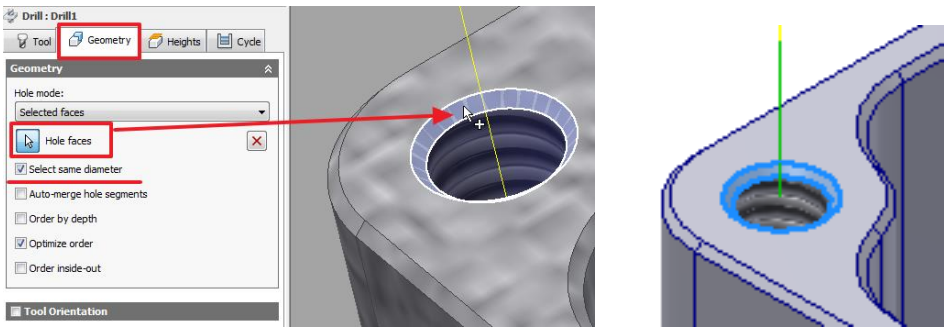
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Drilling panel > Drill 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 Sample Libraries > Tutorial (Inch) 를 선택하고, #60 - Ø1/2" 90° countersink 공구를 선택한다.
- Select를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

(3) Geometry tab 선택

- [Select same diameter] 체크박스에 체크한다.
- Hole faces 아이콘이 눌러진 상태에서 카운터싱크 모따기 형상 면을 선택한다.

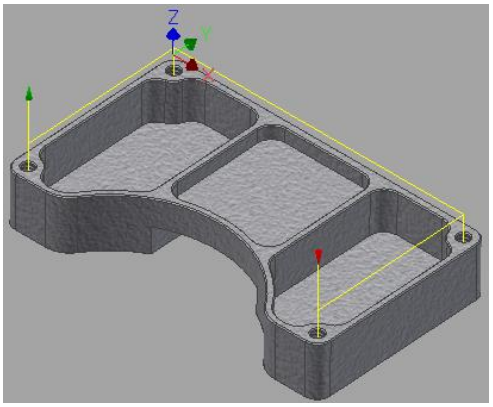


- Select same diameter 옵션을 체크하였기 때문에 나머지 3개의 카운터싱크 부분도 같이 선택되게 된다.

(4) Cycle tab 선택

- Cycle type 드롭다운 메뉴에서 [Drilling – rapid out] 옵션을 선택한다.

(5) 브라우저 하단에서 OK를 선택하여 명령을 완료한다.



3.10 Drill the Four Holes (구멍 가공)

(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Drilling panel > Drill 선택한다.

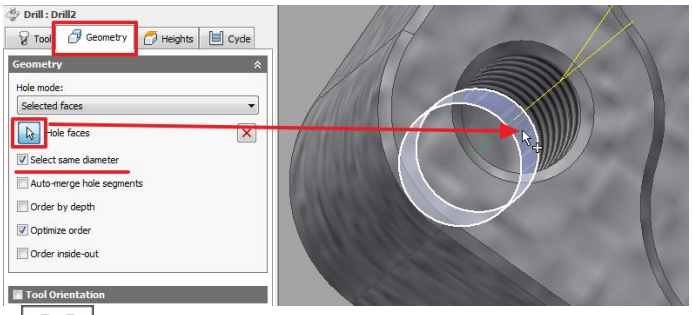
(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

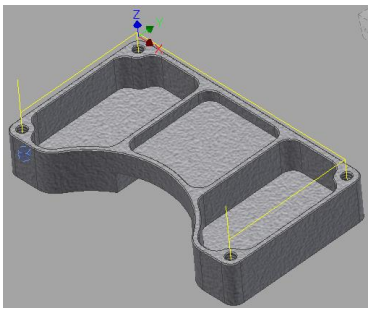
- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 CAM Mania Tutorial Libraries 를 선택하고, #4 - Ø0.0105" drill (#86) 공구를 선택한다.
- Select 를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

(3) Geometry tab 선택

- 구멍 선택 모드 아이콘이 눌러진 상태에서 구멍 원통면을 선택하고, [Select same diameter] 체크 박스에 체크한다.

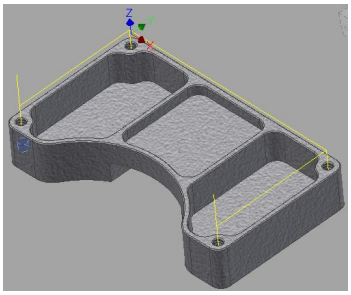
  (선택한 구멍과 같은 지름을 가진 구멍을 동시 선택할 경우 체크한다.)





(4) Cycle tab 선택

- Cycle type 드롭다운 메뉴에서 [Drilling – rapid out] 옵션을 선택한다.



(5) 브라우저 하단에서 OK 를 선택하여 명령을 완료한다.

3.11 Tap Holes (탭 가공)

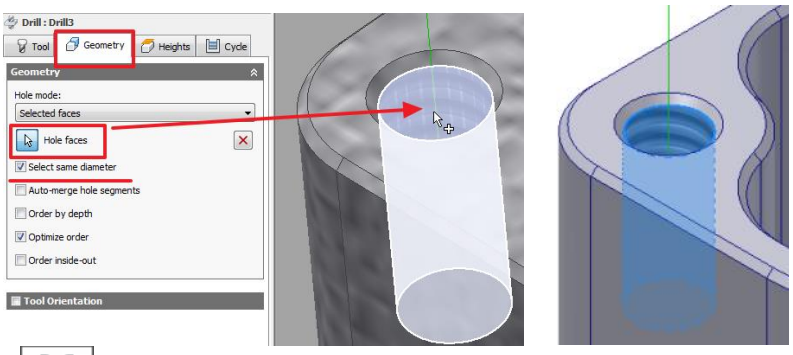
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Drilling panel > Drill 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 CAM Mania Tutorial Libraries 를 선택하고, #5 - Ø0.138 x 0.03125" 0° right tap 공구를 선택한다.
- Select 를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

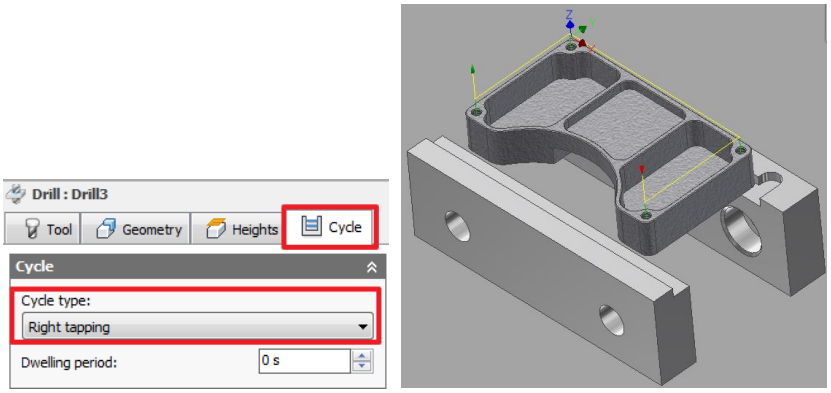
(3) Geometry tab 선택

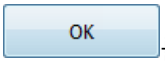
- [Hole face] 아이콘이 눌러진 상태에서 나사 구멍의 면을 선택한다.
  (나머지 3개의 나사 구멍도 동일하게 가공하기 위하여 [Select same diameter]에 체크한다.)



(4) Cycle tab 선택

- Cycle type 은 드롭 다운 메뉴에서 [Right tapping]을 선택한다.

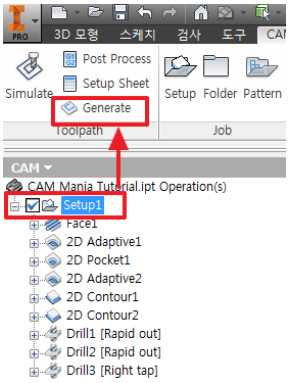


(5) 브라우저 하단에서 

를 선택하여 명령을 완료한다.

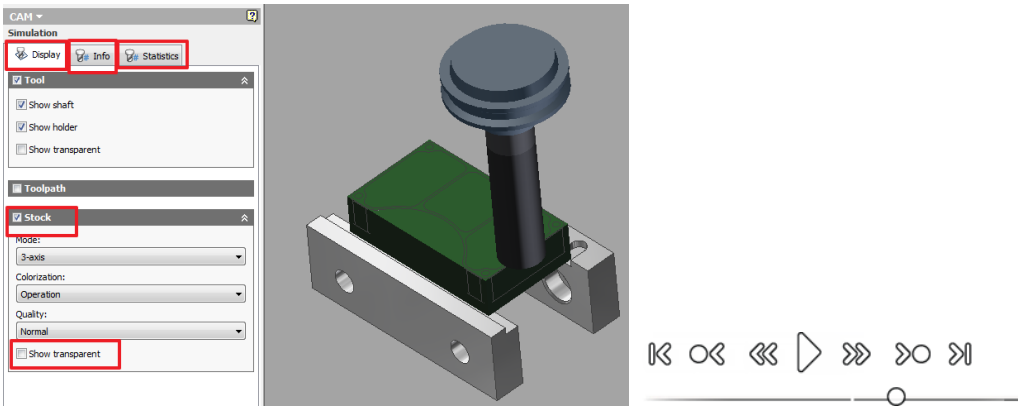
3.12 Toolpaths & Post Process (툴패스와 포스트 프로세스)

(1) 브라우저에서 가공 과정의 상위 메뉴 [Setup X]를 선택하고, 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Toolpath panel > Generate 를 선택한다.

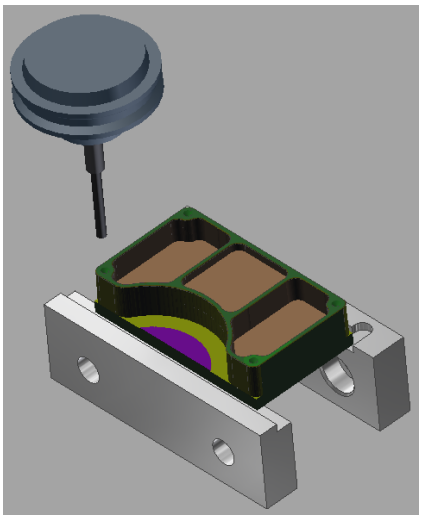


- [Generate Toolpath] 대화상자가 나타나면 [예] 버튼을 선택한다.

(2) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Toolpath panel > Simulate 를 선택한다.

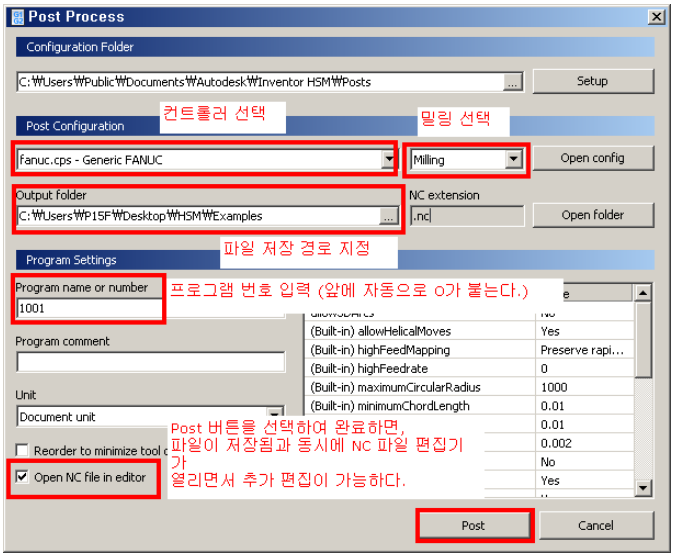


- [Stock] 항목을 체크하고, Play 단추를 선택하여 가공 경로를 확인한다.
  (Stock 항목 체크시 가공 소재의 절삭 모습을 화면에서 확인할 수 있다.)
- 가공 시뮬레이션 중에 [Info] 탭을 선택하면 가공 정보를 확인할 수 있으며, [Statistics] 탭을 선택하면 가공 통계 정보를 확인할 수 있다.
- 브라우저에서 [Close] 아이콘을 선택하여 Simulation 명령을 완료한다.

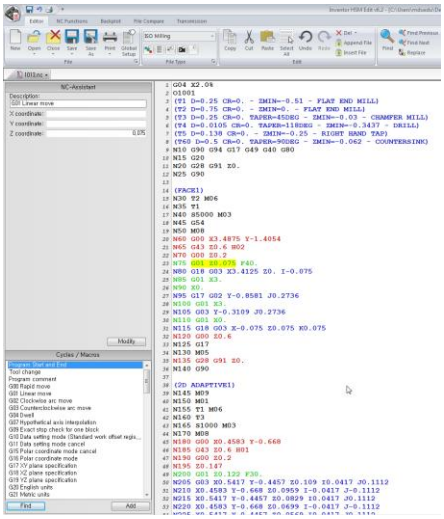


(3) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Toolpath panel > Post Process 를 선택한다.

- 다음과 같이 설정한 후, [Post] 를 선택한다. (컨트롤러 : fanuc.cps – Generic FANUC)



- 저장 대화상자에서 파일 저장 경로를 확인한 후, [저장]을 선택한다.
- NC Editor 창에서 수정할 부분이 있다면 수정하고, [Save As] 명령을 이용하여 추가 저장한 후 DNC 장비 등을 이용하여 코드를 전송한다.



- 인벤터에서 파일을 저장한 후, 프로그램을 종료한다.

4. 예제 4 (2D 가공 – 응용 실습 1)

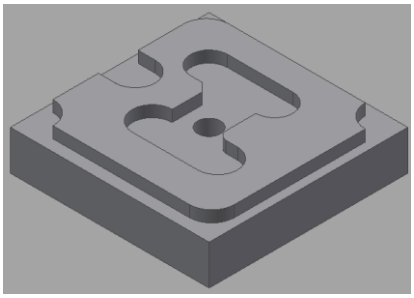
[학습 내용]

(1) 스폿 드릴링

(2) 구멍 가공

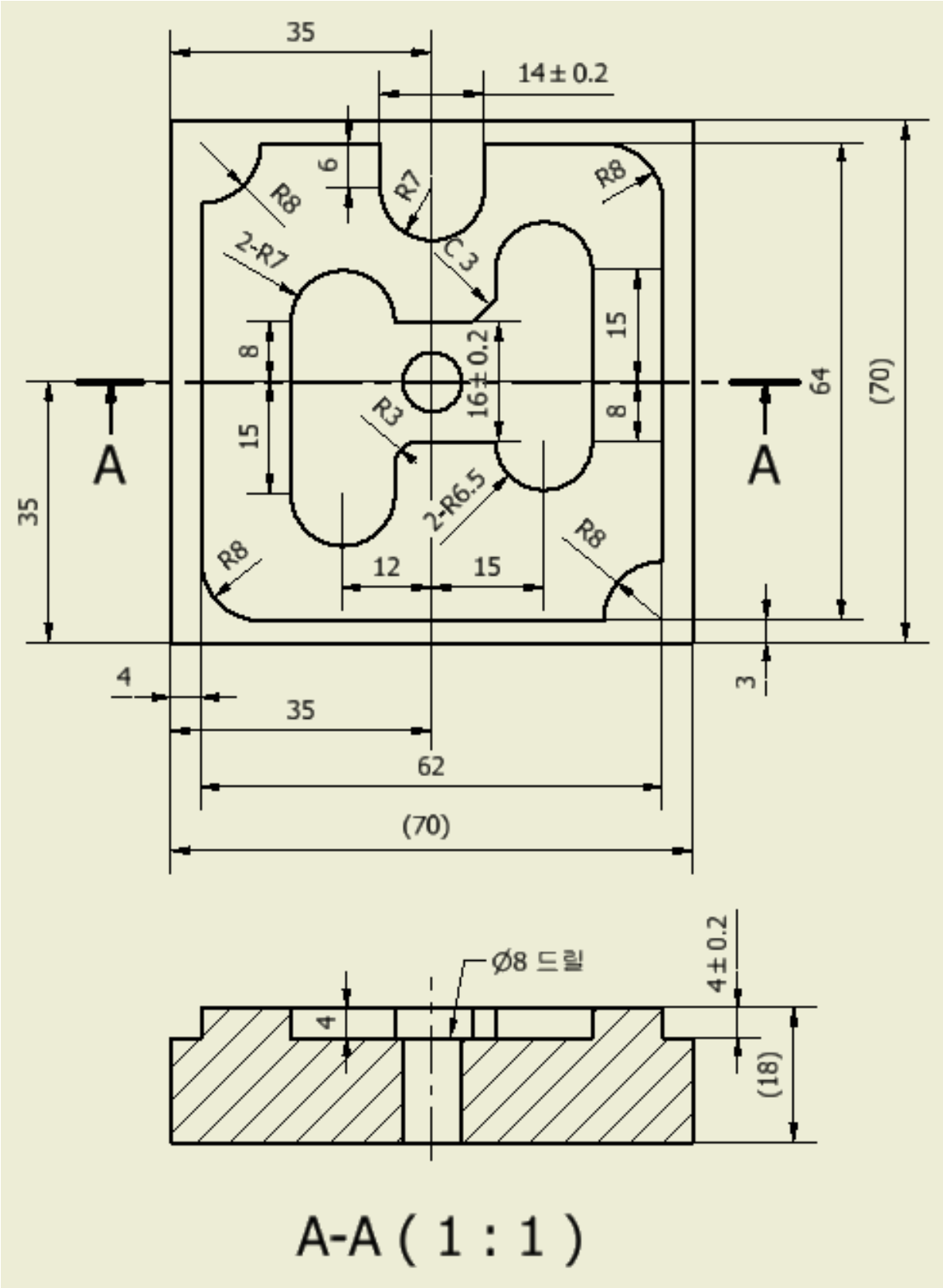
(3) Pocket Machining (포켓 가공)

(4) Contour (윤곽 가공)



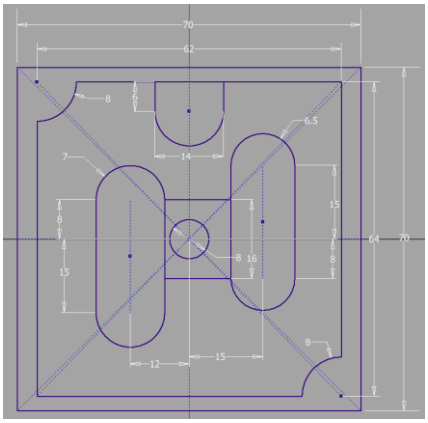
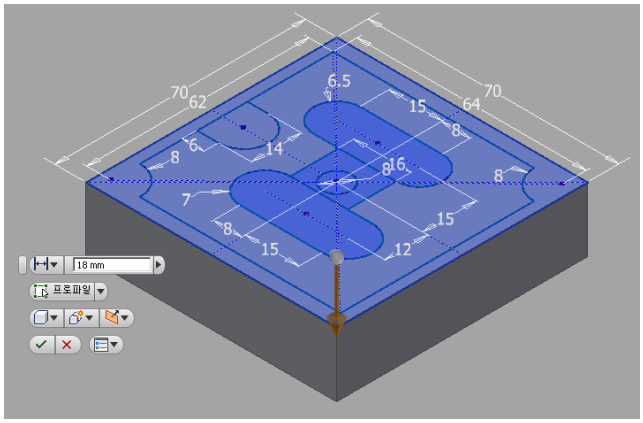
4.1 도면 모델링

(1) 도면 (단위 : mm)

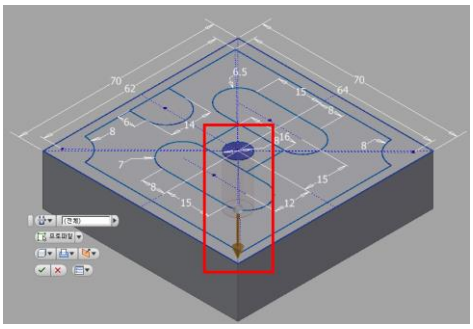
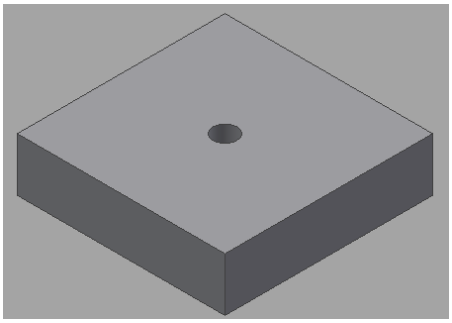


(2) 모델링 순서

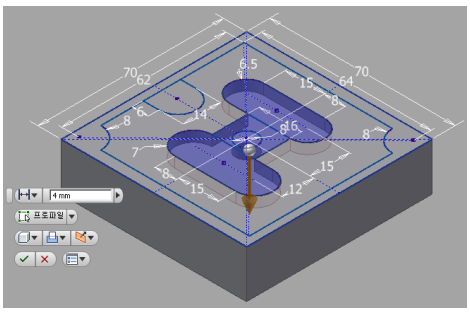
- 스케치(평면도)를 하고, 바깥쪽 선을 기준으로 돌출 명령을 이용하여 아래 방향으로 18mm 돌출한다.

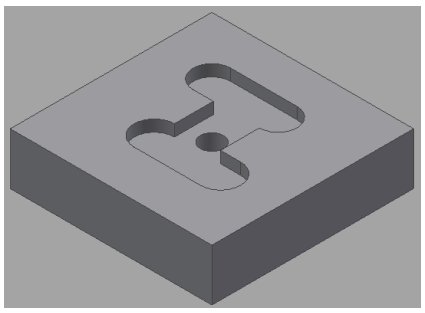



- 돌출 명령을 이용하여 전체통과 구멍을 생성한다.

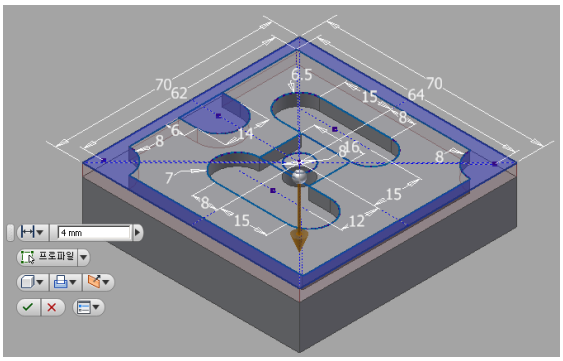



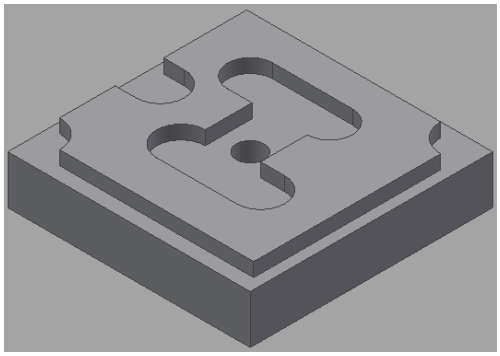
- 돌출 명령을 선택하고, 내부 닫힌 영역 프로파일을 선택하여 아래 방향으로 4mm 차집합 옵션을 적용하여 제거한다.



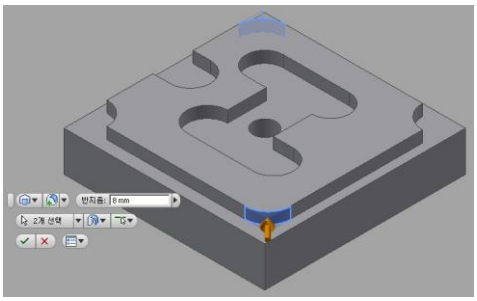


- 돌출 명령을 선택하고, 외부 닫힌 영역 프로파일을 선택하여 아래 방향으로 4mm 차집합 옵션을 적용하여 제거한다.

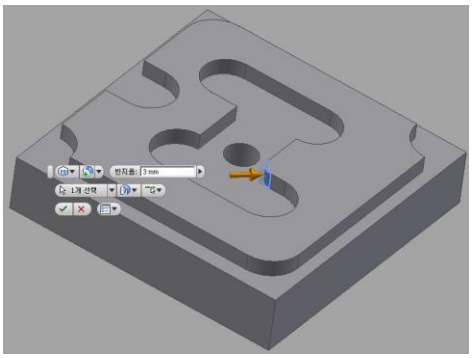




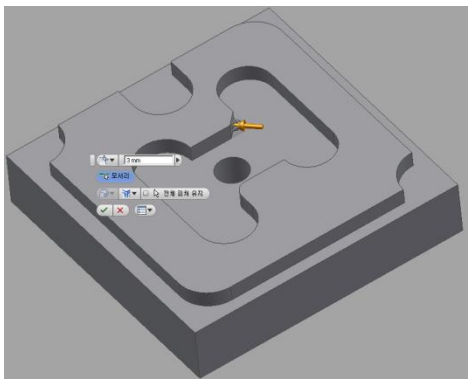
- 모깎기 명령으로 2개의 모서리에 8mm를 적용한다.



- 모깎기 명령으로 1개의 모서리에 3mm를 적용한다.

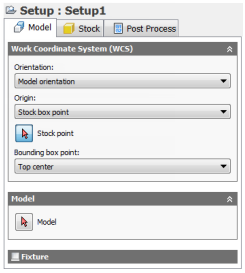


- 모따기 명령으로 1개의 모서리에 3mm를 적용한다.

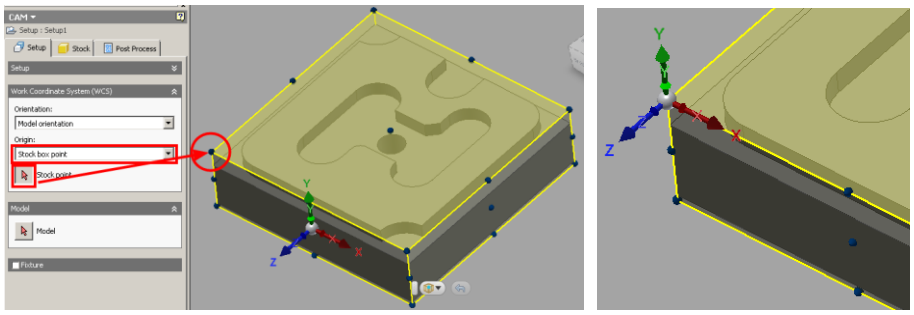


4.2 Setup (가공 소재 생성)

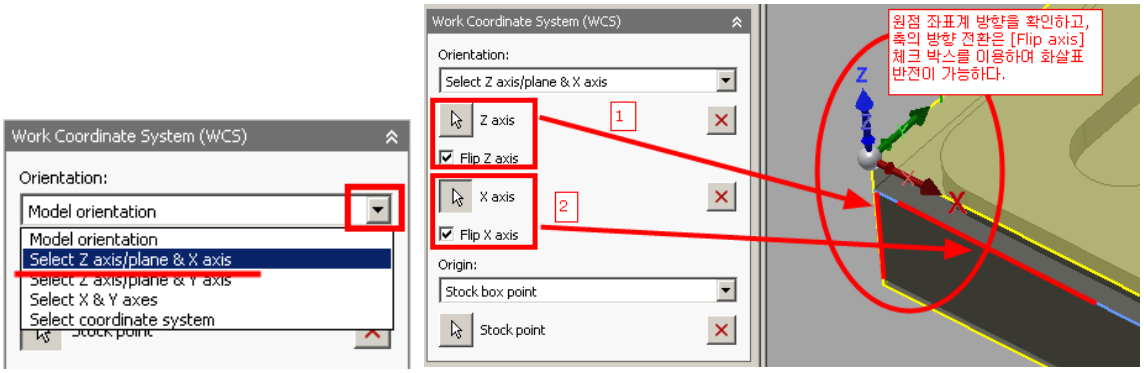
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Job panel > Setup 선택한다.



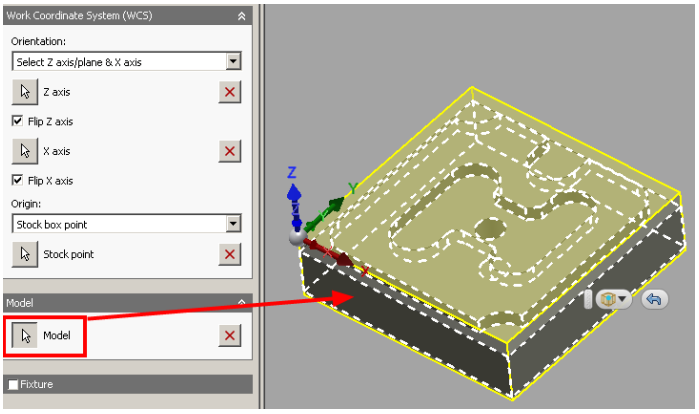
(2) Work Coordinate System (WCS) 그룹에서 [Stock point] 아이콘이 눌러진 상태로 다음 그림의 화살표 지점을 선택한다.



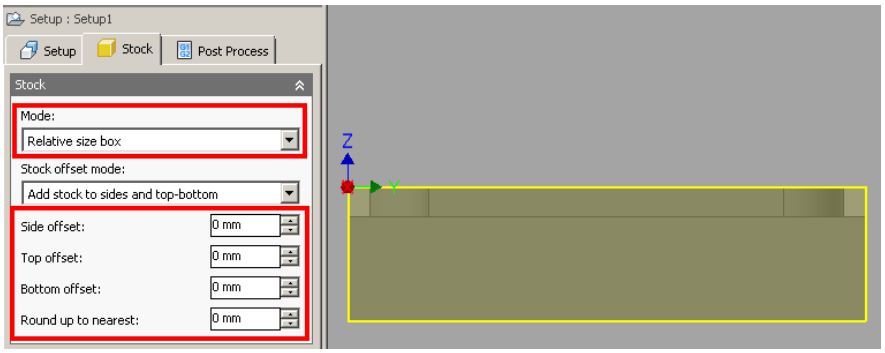
(3) 좌표계 방향 설정을 위하여 WCS 그룹의 Orientation 드롭다운 메뉴에서 [Select Z axis/plane & X axis]를 선택하고, 모델의 수직 모서리와 가로 방향의 모서리를 순서대로 선택하여 좌표계 방향 설정을 완료한다. (Z축은 수직 방향)



(4) Model 그룹에서 [Model] 아이콘이 눌러진 상태로 다음 그림의 원본 모델을 선택하고, [Stock] 탭을 선택한다.



(5) [Stock] 탭에서 Mode 드롭다운 메뉴에서 [Relative size box]를 선택하고, 다음과 같이 모델의 외형 크기에 맞게 오프셋 값은 0mm 입력한다.



(6) 브라우저 창 하단 [OK] 단추를 선택하여 가공 소재 생성을 완료한다.

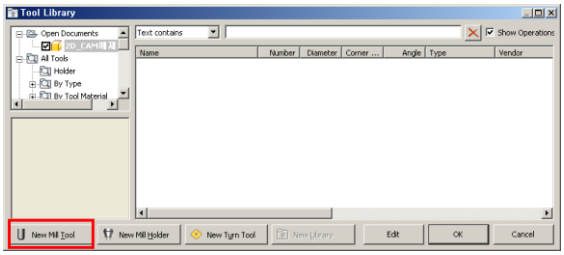
4.3 Tool Library (공구 생성)

(1) 필요 공구

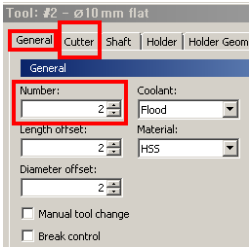
공구 번호	공구 종류	규격 (산업기사용)
T01	페이스커터	ø80
T02	**센터 드릴**	**ø3**
T03	**드릴**	**ø8** (ø6.8)
T04	**엔드밀 (FEM)**	**ø10**
T05	탭	M8

(2) 인벤터에서 공구 생성

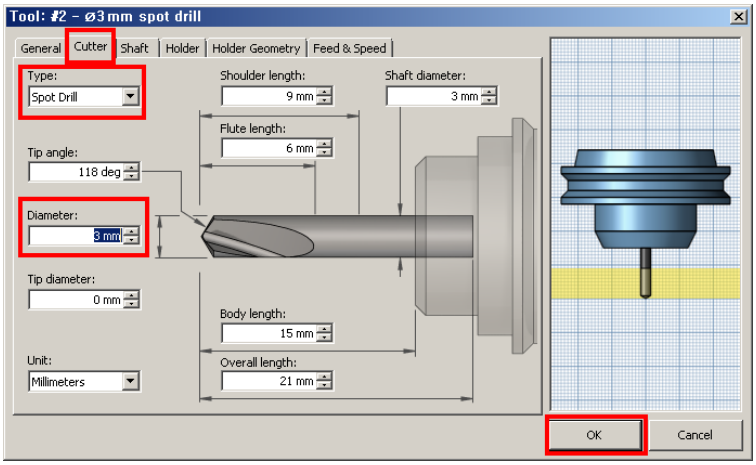
- 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Manage panel > Tool Library 선택한다.
- Tool Library 대화상자에서 하단에 [New Mill Tool] 아이콘을 선택한다.



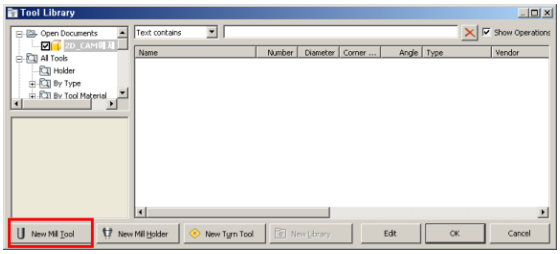
- [General] 탭에서 공구 [Number]는 2를 입력하고, [Cutter] 탭을 선택한다. (2번 공구 생성)



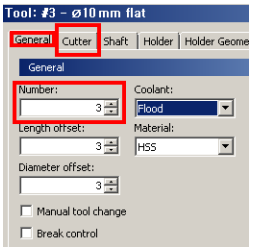
- Type은 [Spot Drill]을 선택하고, Diameter 값은 [3] mm 입력한 후 [OK]를 선택한다.



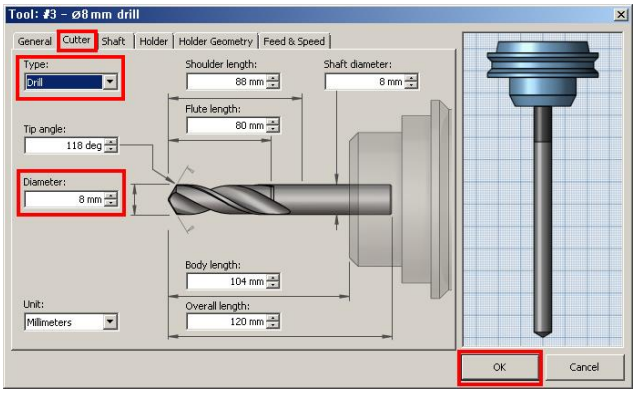
- Tool Library 대화상자에서 하단에 [New Mill Tool] 아이콘을 선택한다.



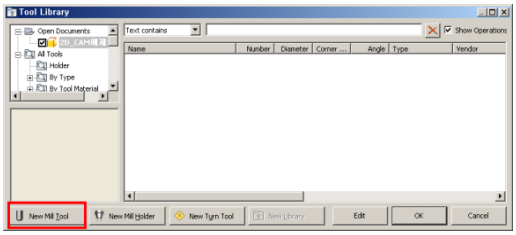
- [General] 탭에서 공구 [Number]는 3을 입력하고, [Cutter] 탭을 선택한다. (3번 공구 생성)



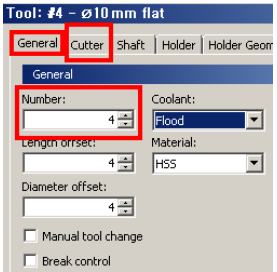
- Type은 [Drill]을 선택하고, Diameter 값은 [8] mm 입력한 후 [OK]를 선택한다.



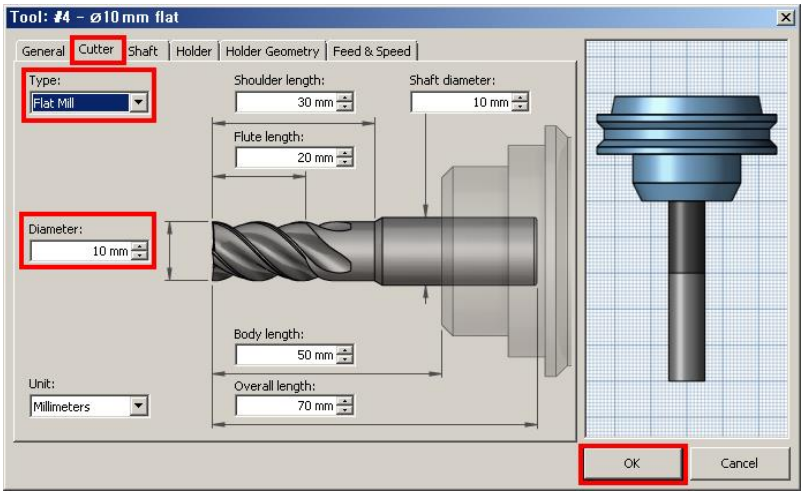
- Tool Library 대화상자에서 하단에 [New Mill Tool] 아이콘을 선택한다.



- [General] 탭에서 공구 [Number]는 4를 입력하고, [Cutter] 탭을 선택한다. (4번 공구 생성)



- Type은 [Flat Mill]을 선택하고, Diameter 값은 [10] mm 입력한 후 [OK]를 선택한다.



- Tool Library 대화상자에서 [OK] 단추를 선택하여 대화상자를 닫는다.

4.4 Spot Drilling (스폿 드릴링)

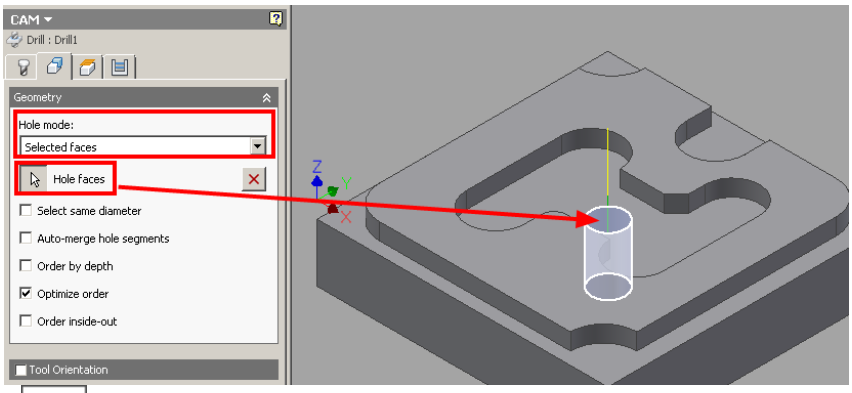
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Drilling panel > Drill 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 #2 - ø3 mm spot drill 공구를 선택한다.
- Select를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

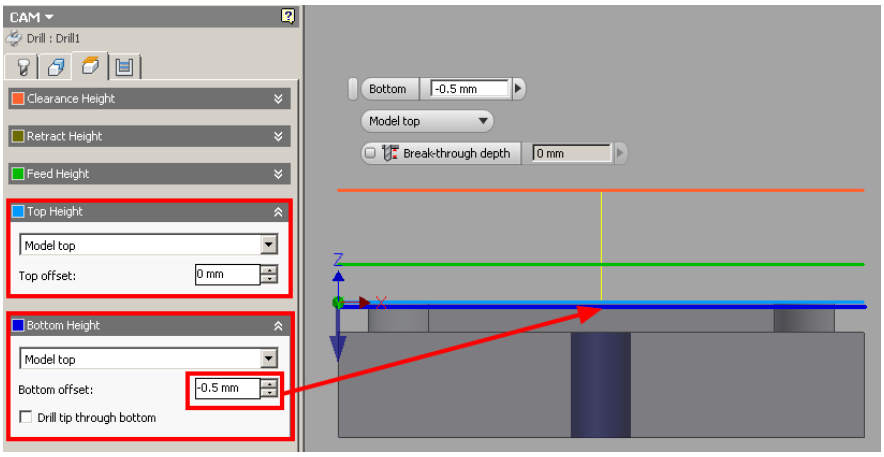
(3) Geometry tab 선택

- 구멍 선택 모드 아이콘이 눌러진 상태에서 구멍 원통면을 선택한다.



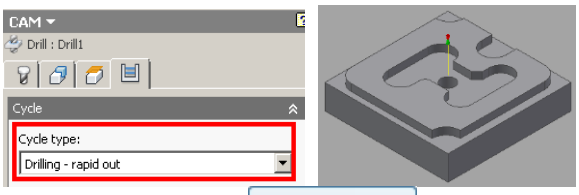
(4) Heights tab 선택

- [Top Height] 드롭다운 메뉴에서 [Model top]을 선택하고, [Bottom Height] 드롭다운 메뉴에서도 [Model top]을 선택한다.
  이 때, Bottom offset 값은 [-0.5]mm를 입력하여 드릴 가공 시작 지점을 가공한다.



(5) Cycle tab 선택

- Cycle type 은 드롭 다운 메뉴에서 [Drilling – rapid out]을 선택한다.



(6) 브라우저 하단에서 OK를 선택하여 명령을 완료한다.

4.5 Drilling (구멍 가공)

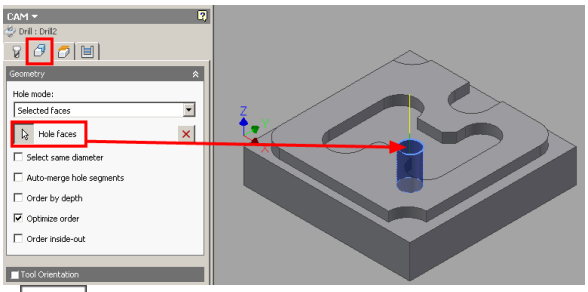
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Drilling panel > Drill 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 #3 - ø8 mm drill 공구를 선택한다.
- Select 를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

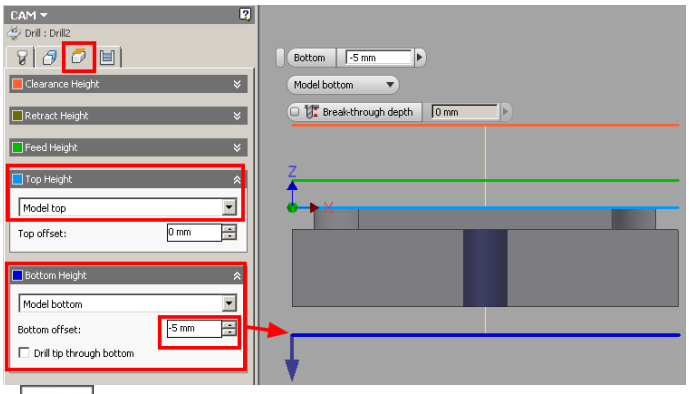
(3) Geometry tab 선택

- 구멍 선택 모드 아이콘이 눌러진 상태에서 구멍 원통면을 선택한다.



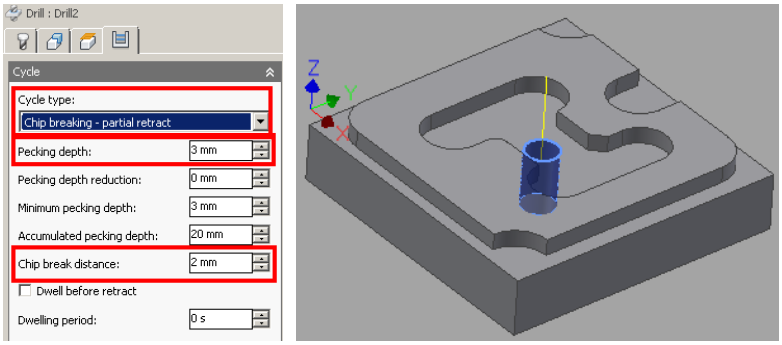
(4) Heights tab 선택

- [Top Height] 드롭다운 메뉴에서 [Model top]을 선택하여 드릴 가공 시작 지점을 지정하고, [Bottom Height] 드롭다운 메뉴에서 [Model bottom]을 선택한다.
  이 때, Bottom offset 값은 [-5]mm를 입력하여 관통 구멍이 가공되도록 깊이를 조절한다.
  (주의 : 공구가 너무 많이 내려가서 다른 부분과 충돌하지 않도록 조심해야 한다.)



(5) Cycle tab 선택

- Cycle type 은 드롭 다운 메뉴에서 [Chip breaking-partial retract]를 선택한다.
  (드릴링 가공시 칩 배출을 하기 위한 설정
  / Pecking depth : 3 mm / Chip break distance : 2 mm)



(6) 브라우저 하단에서 OK 를 선택하여 명령을 완료한다.

4.6 Pocket Machining (포켓 가공)

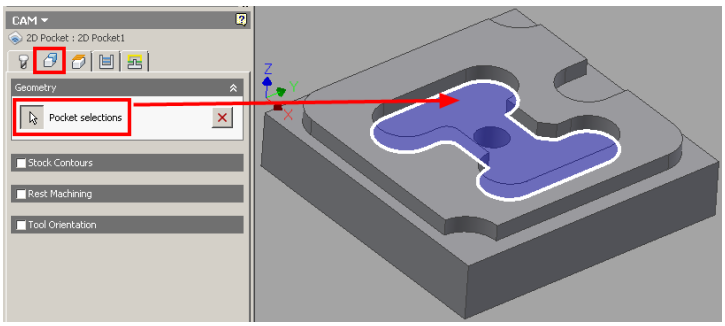
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 2D Milling panel > 2D Pocket 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 #4 - Ø10 mm flat (FEM: 평엔드밀) 공구를 선택한다.
- Select 를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

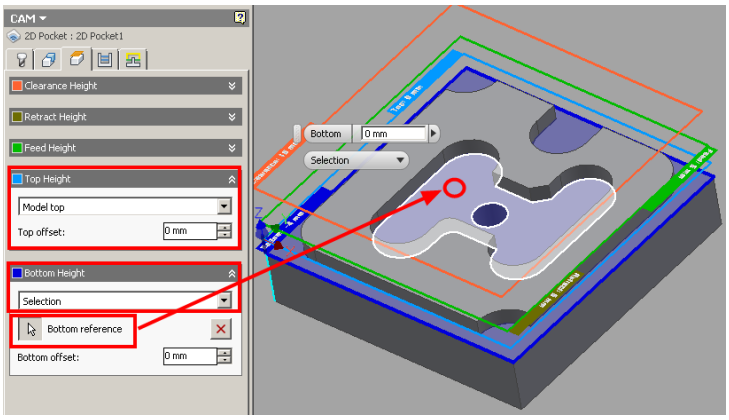
(3) Geometry tab 선택

- Pocket selection 아이콘이 눌러진 상태에서 포켓 형상 내부 모서리 근처에서 바닥면을 선택한다.



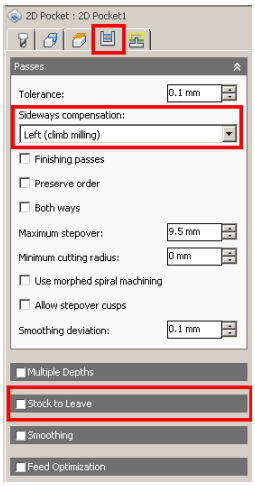
(4) Heights tab 선택

- [Top Height] 드롭다운 메뉴에서 [Model top]를 선택하고, [Bottom Height] 드롭다운 메뉴에서 [Selection]을 선택하여 포켓 형상 내부 모서리 근처에서 바닥면을 선택한다.



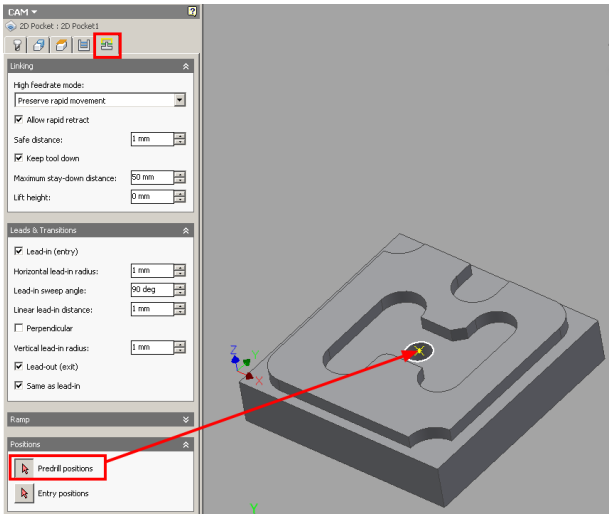
(5) Passes tab 선택

- [Passes] 그룹은 다음과 같이 기본값을 사용하고, [Stock to Leave] 그룹은 v 체크를 해제한다. (Stock to Leave 체크 해제시 잔삭 여유 없이 가공한다.)

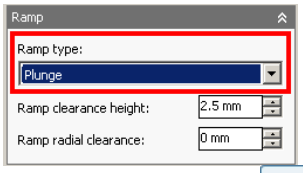


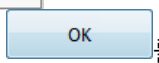
(6) Linking tab 선택

- [Linking], [Leads & Transitions] 그룹은 기본값을 사용하고, [Positions] 그룹의 Predrill positions 아이콘이 눌러진 상태에서 공구의 진입 시작 지점을 다음과 같이 구멍의 중심점을 선택한다.

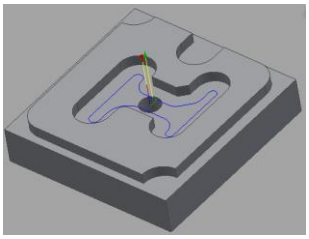


- [Ramp] 그룹을 확장하여 Ramp type 은 [Plunge]를 선택한다.



(7) 브라우저 하단에서 

를 선택하여 명령을 완료한다.



4.7 Contour (윤곽 가공)

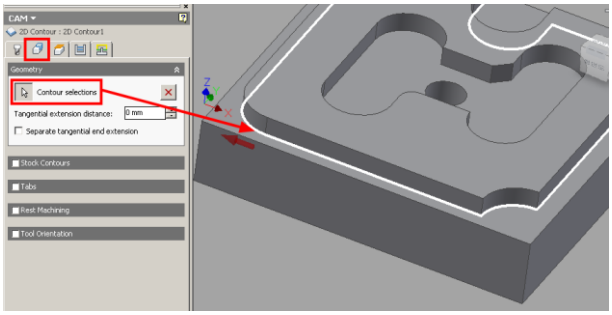
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 2D Milling panel > 2D Contour 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 #4 - ø10 mm flat (FEM: 평엔드밀) 공구를 선택한다.
  (이전 공구와 같을 경우 다음 단계로 넘어간다.)
- Select 를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

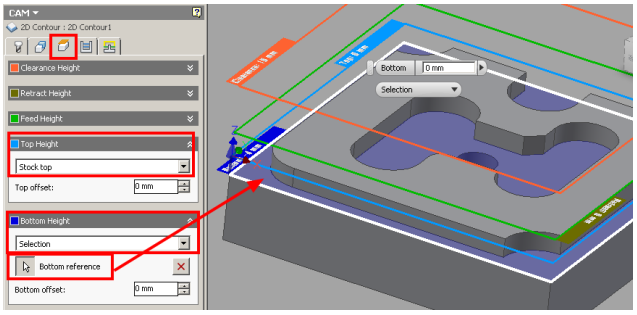
(3) Geometry tab 선택

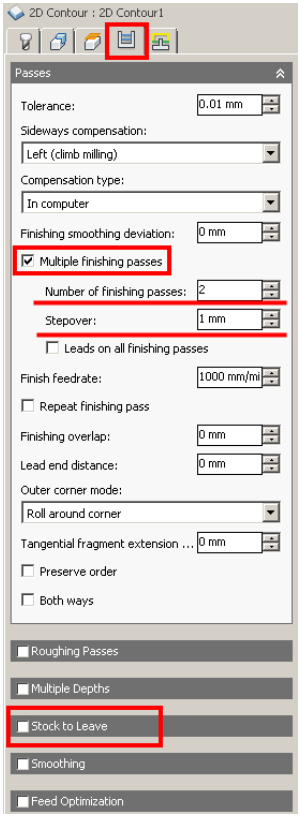
- [Contour selection] 아이콘이 눌러진 상태에서 형상의 중간 모깎기 부분 모서리를 선택한다.
  (선택한 모서리의 방향 변경은 화살표를 선택하여 방향 반전을 할 수 있다.)



(4) Heights tab 선택

- [Top Height] 드롭다운 메뉴에서 [Stock top]을 선택하고, [Bottom Height] 드롭다운 메뉴에서 [Selection]을 선택하여 모깎기 부분 형상 아랫면을 선택한다.



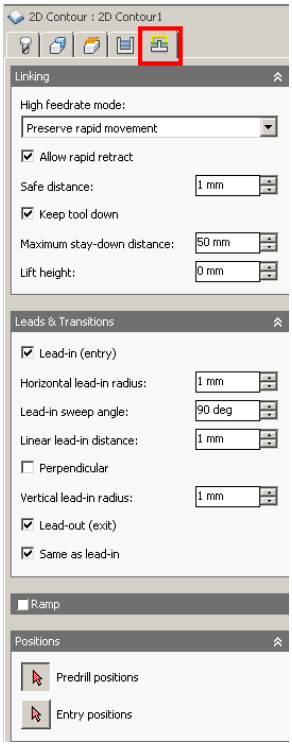


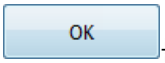
(5) Passes tab 선택

- [Passes] 그룹에서 [Multiple finishing passes]를 v 체크한다.
  [Number of finishing passes] : 2
  [Stepover] : 5 mm
- [Stock to Leave] 그룹은 v 체크를 해제한다.
  (Stock to Leave 체크 해제시 잔삭 여유 없이 가공한다.)

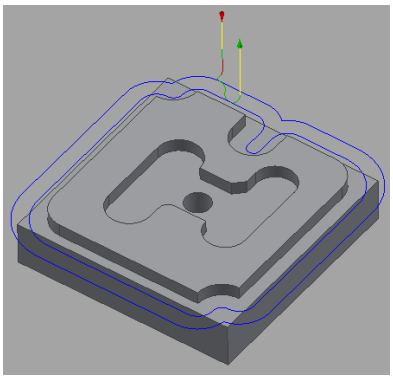
(6) Linking tab 선택

- [Linking], [Leads & Transitions] 그룹은 기본값을 사용한다.



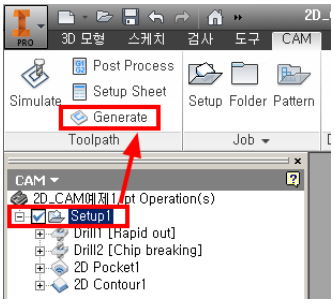
(5) 브라우저 하단에서 

를 선택하여 명령을 완료한다.



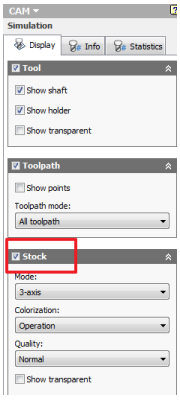
4.8 Toolpaths & Post Process (툴패스와 포스트 프로세스)

(1) 브라우저에서 가공 과정의 상위 메뉴 [Setup X]를 선택하고, 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Toolpath panel > Generate 를 선택한다.



- [Generate Toolpath] 대화상자가 나타나면 [예] 버튼을 선택한다.

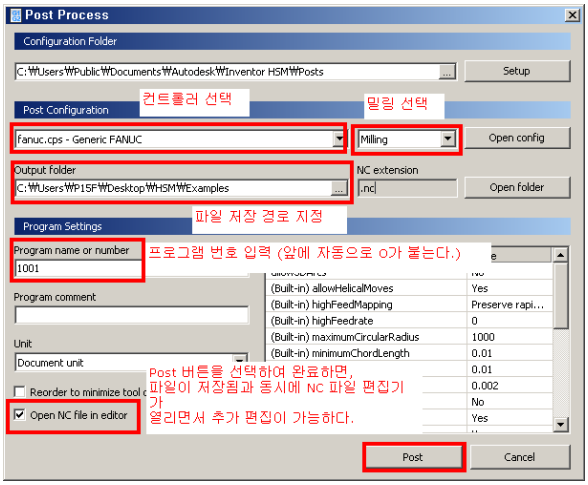
(2) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Toolpath panel > Simulate 를 선택한다.



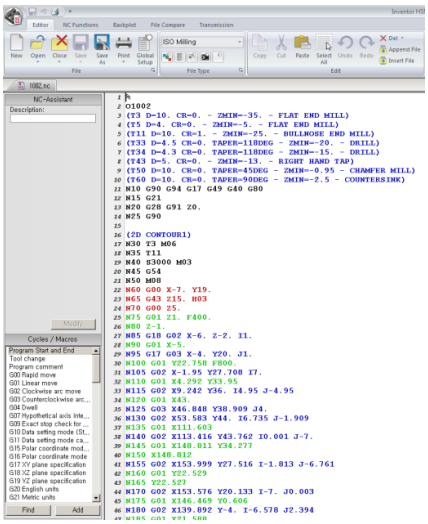
- [Stock] 항목을 체크하고, Play 단추를 선택하여 가공 경로를 확인한다.
  (Stock 항목 체크시 가공 소재의 절삭 모습을 화면에서 확인할 수 있다.)
- 브라우저에서 [Close] 아이콘을 선택하여 Simulation 명령을 완료한다.

(3) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Toolpath panel > Post Process 를 선택한다.

- 다음과 같이 설정한 후, [Post] 를 선택한다. (컨트롤러 : fanuc.cps – Generic FANUC)



- 저장 대화상자에서 파일 저장 경로를 확인한 후, [저장]을 선택한다.
- NC Editor 창에서 수정할 부분이 있다면 수정하고, [Save As] 명령을 이용하여 추가 저장한 후 DNC 장비 등을 이용하여 코드를 전송한다.



- 인벤터에서 파일을 저장한 후, 프로그램을 종료한다.

Chapter 3. 3D Tutorial

1. 예제 1 (3D 가공)

[학습 내용]

(1) 가공 소재 생성

(2) 공구 생성

(3) Roughing with Adaptive Clearing

(4) Rest Roughing with Pocket

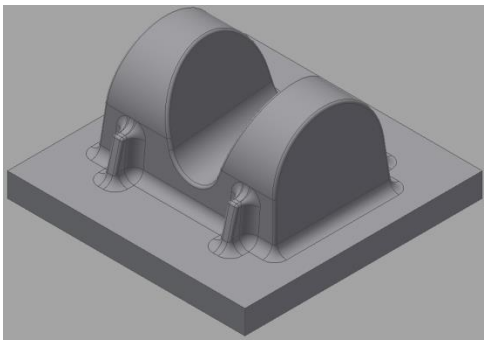
(5) Contour Machining

(6) Scallop Machining

(7) Horizontal Clearing

(8) Pencil 가공

(9) 포스트 프로세싱



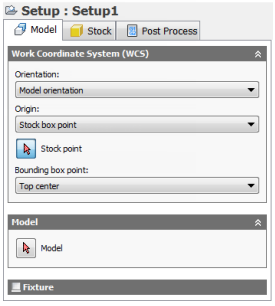
1.1 파일 열기

(1) Tutorial4.ipt 를 열기 선택한다.

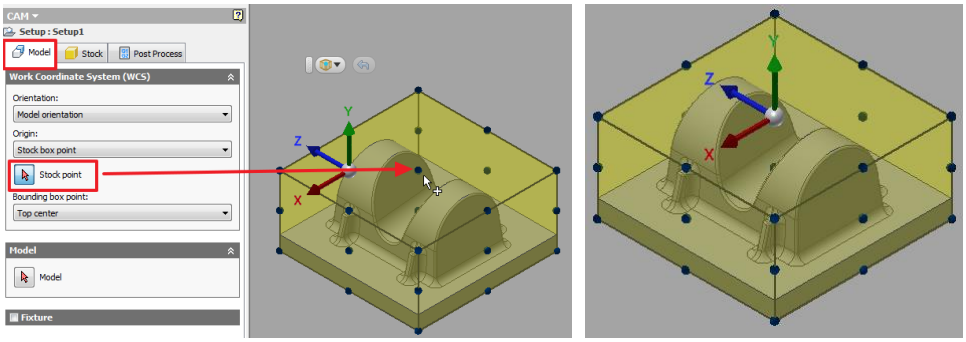
[C:₩Users₩Public₩Documents₩Autodesk₩Inventor HSM₩Examples]

1.2 Setup (가공 소재 생성)

(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Job panel > Setup 선택한다.

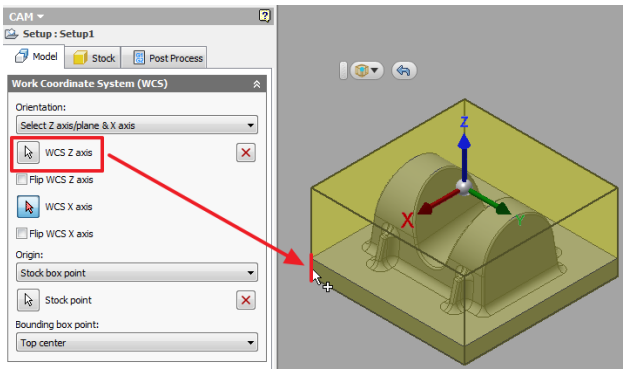


(2) Work Coordinate System (WCS) 그룹에서 [Stock point] 아이콘이 눌러진 상태로 다음 그림의 화살표 지점을 선택한다.

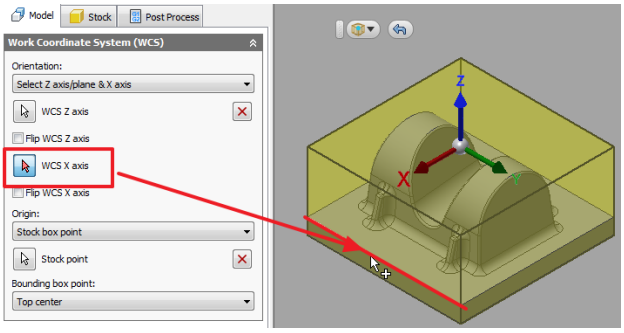


(3) WCS 그룹 Orientation 드롭다운 메뉴에서 [Select Z axis/plane & X axis]를 선택한다.

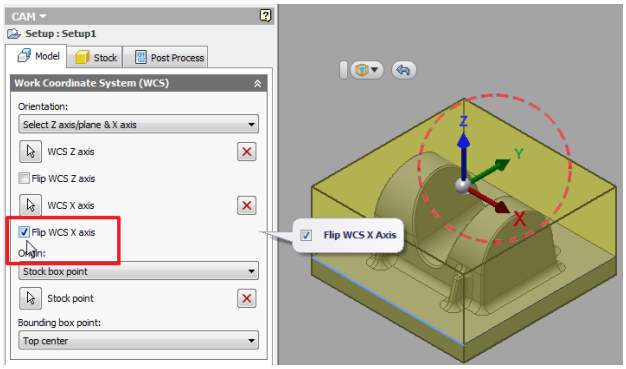
- WCS Z axis 아이콘이 눌러진 상태에서 모델의 수직 모서리를 선택한다.



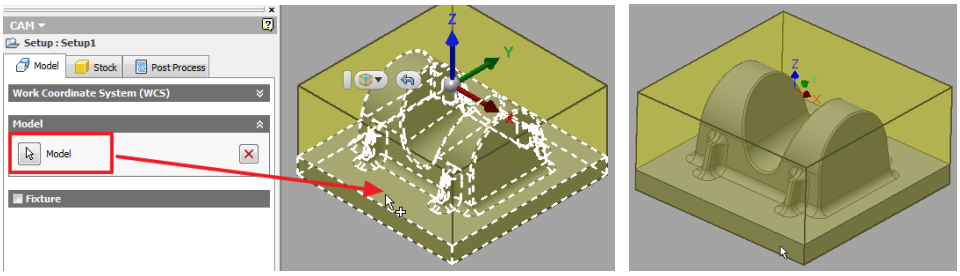
- WCS X axis 아이콘이 눌러진 상태에서 모델의 가로 방향 모서리를 선택한다.



- [Flip WCS X axis] 체크박스에 v 체크를 하여 다음과 같이 방향 설정이 되도록 한다.



(4) Model 그룹에서 [Model] 아이콘이 눌러진 상태로 다음 그림의 원본 모델을 선택하고, 하단에 [OK] 단추를 선택하여 명령을 완료한다. (가공 소재 크기 100*100*50 기본값)



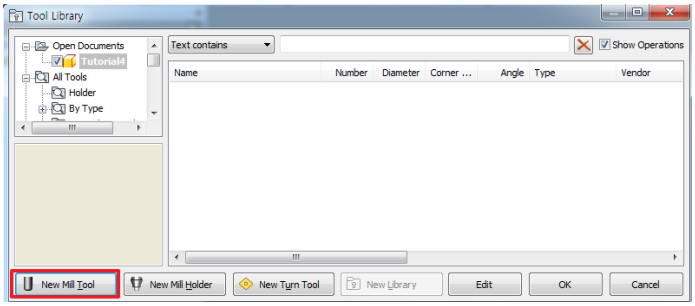
1.3 Tool Library (공구 생성)

(1) 필요 공구

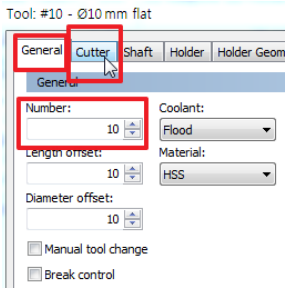
공구 번호	공구 종류 (Type)	Diameter (mm)	Corner radius (mm)	Flute length (mm)	Body length (mm)	Spindle speed (rpm)	Cutting feedrate (mm/min)
T10	Bull-nose Mill	ø20	1	25	기본값	16,000	9,500
T13	Bull-nose Mill	ø6	1	기본값	45	30,000	6,000
T20	Ball Mill	ø10	n/a	기본값	기본값	30,000	1,800
T21	Ball Mill	ø6	n/a	15	45	30,000	6,000

(2) 인벤터에서 공구 생성

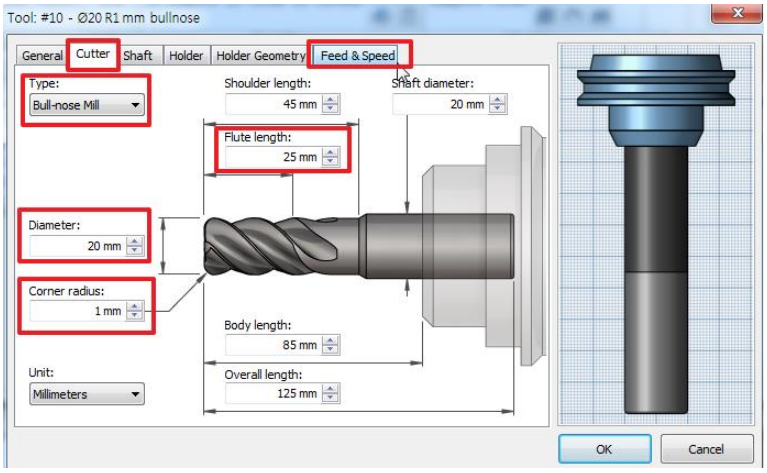
- 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Manage panel > Tool Library 선택한다.
- Tool Library 대화상자에서 하단에 [New Mill Tool] 아이콘을 선택한다.



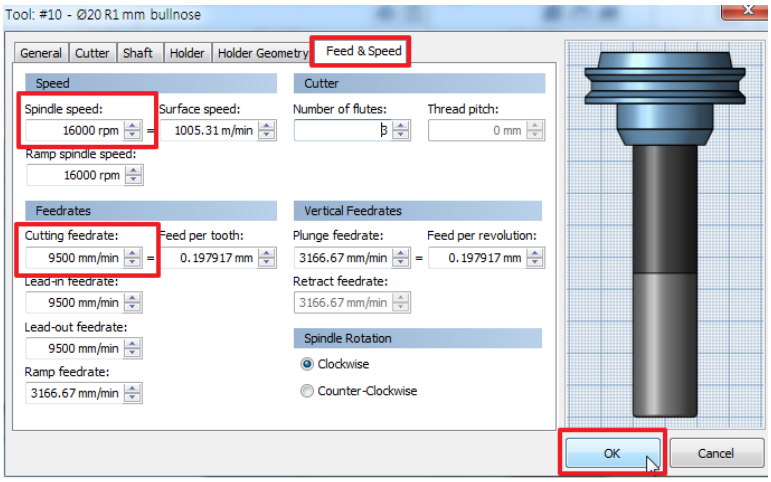
- [General] 탭에서 공구 [Number]는 10을 입력하고, [Cutter] 탭을 선택한다. (10번 공구 생성)



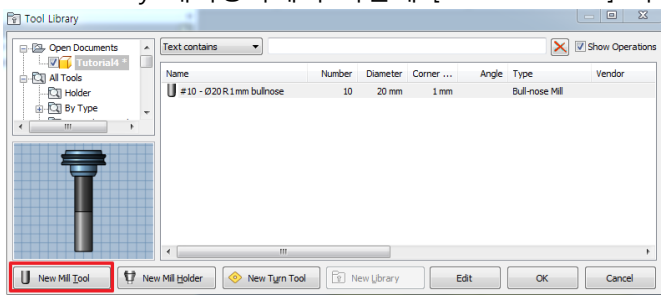
- Type은 [Bull-nose Mill]을 선택하고, Diameter 값 [20] mm, Corner radius 값 [1] mm, Flute length 값 [25] mm 를 입력한 후 [Feed & Speed] 탭을 선택한다.



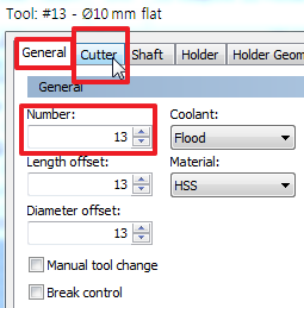
- Tool 대화상자에서 Spindle speed 값 [16,000] rpm, Cutting feedrate 값 [9,500] mm/min 을 입력한 후 [OK]를 선택한다.



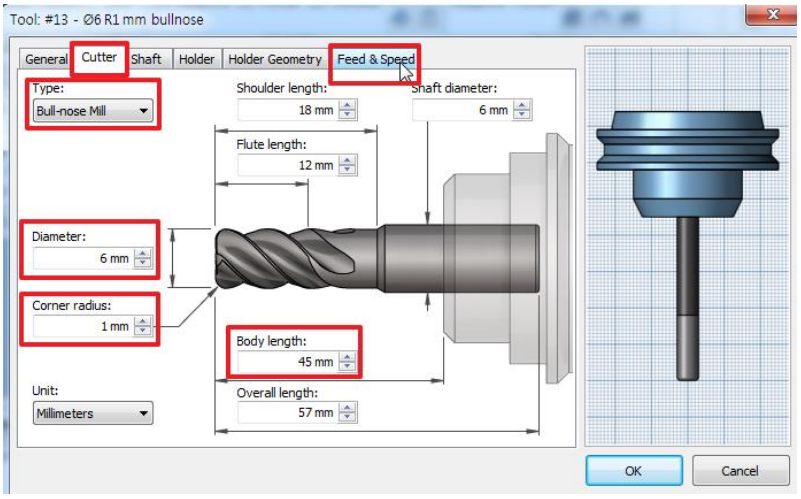
- Tool Library 대화상자에서 하단에 [New Mill Tool] 아이콘을 선택한다.



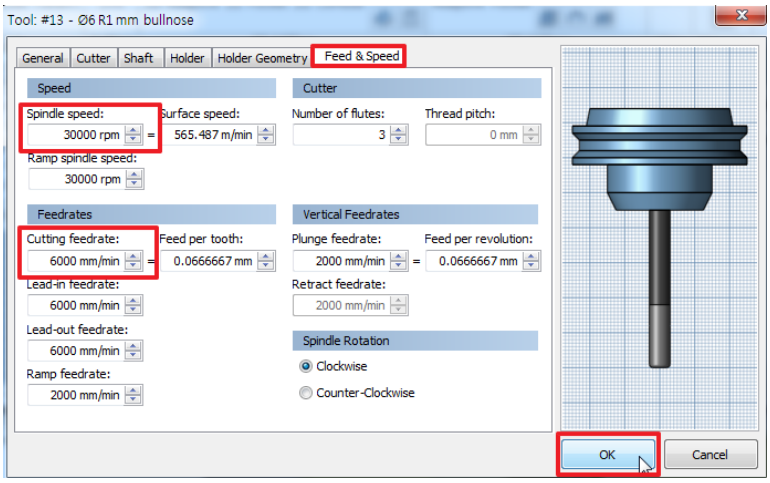
- [General] 탭에서 공구 [Number]는 13을 입력하고, [Cutter] 탭을 선택한다. (13번 공구 생성)



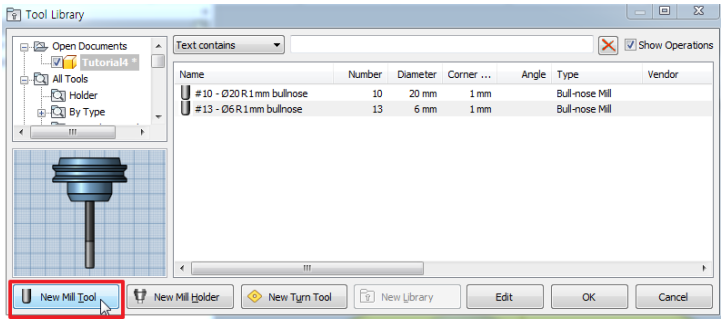
- Type은 [Bull-nose Mill]을 선택하고, Diameter 값 [6] mm, Corner radius 값 [1] mm, Body length 값 [45] mm 를 입력한 후 [Feed & Speed] 탭을 선택한다.



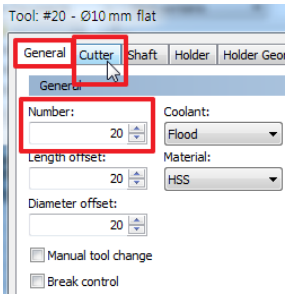
- Tool 대화상자에서 Spindle speed 값 [30,000] rpm, Cutting feedrate 값 [6,000] mm/min 을 입력한 후 [OK]를 선택한다.



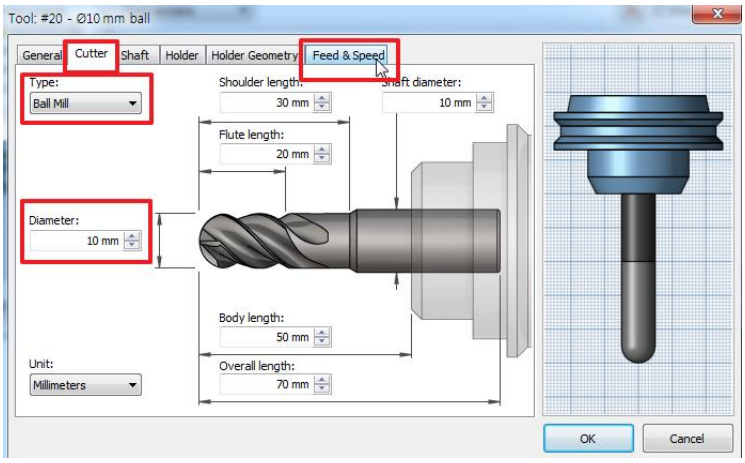
- Tool Library 대화상자에서 하단에 [New Mill Tool] 아이콘을 선택한다.



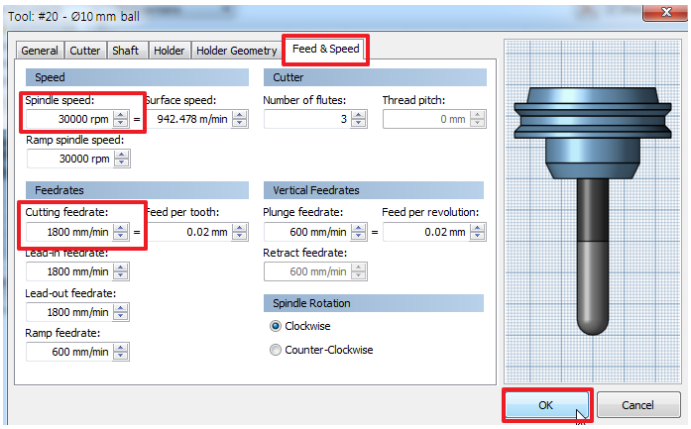
- [General] 탭에서 공구 [Number]는 20을 입력하고, [Cutter] 탭을 선택한다. (20번 공구 생성)



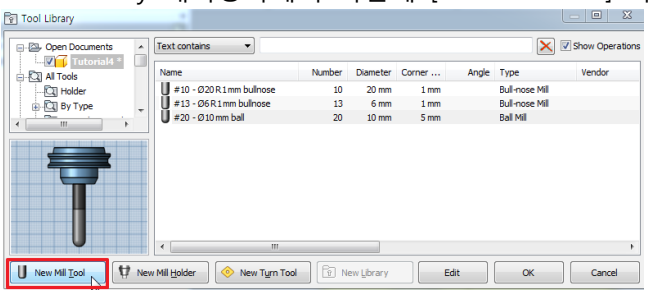
- Type은 [Ball Mill]을 선택하고, Diameter 값 [10] mm 를 입력한 후 [Feed & Speed] 탭을 선택한다.



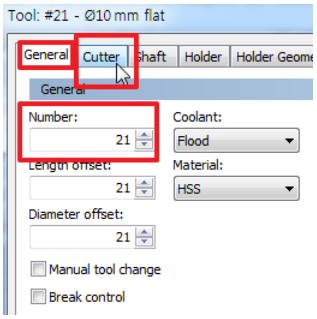
- Tool 대화상자에서 Spindle speed 값 [30,000] rpm, Cutting feedrate 값 [1,800] mm/min 을 입력한 후 [OK]를 선택한다.



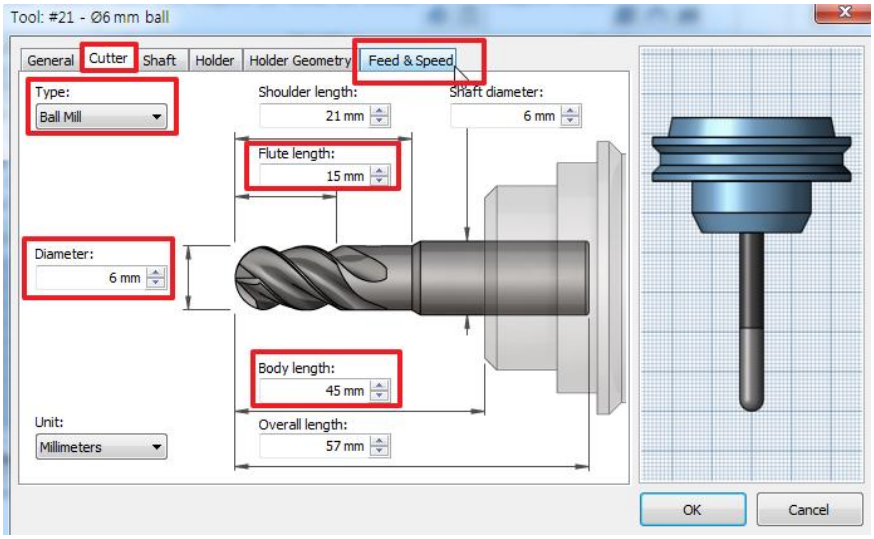
- Tool Library 대화상자에서 하단에 [New Mill Tool] 아이콘을 선택한다.



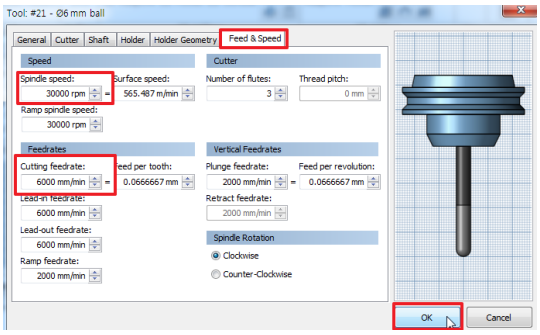
- [General] 탭에서 공구 [Number]는 21을 입력하고, [Cutter] 탭을 선택한다. (21번 공구 생성)



- Type은 [Ball Mill]을 선택하고, Diameter 값 [6] mm, Flute length 값 [15] mm, Body length 값 [45] mm 를 입력한 후 [Feed & Speed] 탭을 선택한다.



- Tool 대화상자에서 Spindle speed 값 [30,000] rpm, Cutting feedrate 값 [6,000] mm/min 을 입력한 후 [OK]를 선택한다.



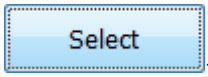
- Tool Library 대화상자에서 [OK] 단추를 선택하여 대화상자를 닫는다.

1.4 Roughing with Adaptive Clearing (황삭 가공)

(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 3D Milling panel > Adaptive 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

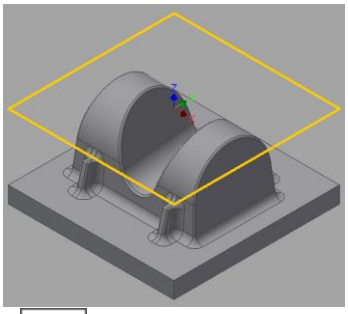
- Tool tab에서

선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 #10 - Ø20 R1 mm bullnose 공구를 선택한다.
- 

를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

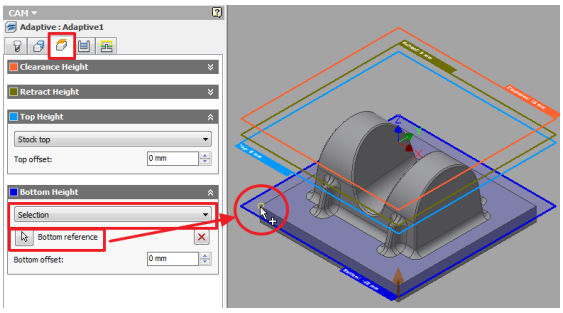
(3) Geometry tab 선택

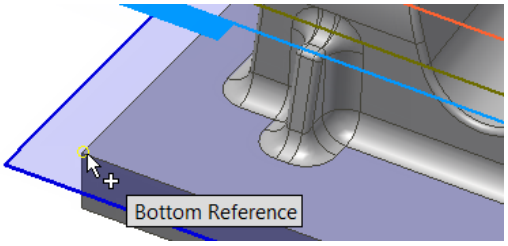
- 가공 영역이 아웃 라인으로 자동 검출되며, 이 예제에서는 자동 가공 소재 크기가 정상적으로 생성되어 가공 소재의 크기는 수동으로 조정할 필요는 없다.
(모델의 형상을 인식하여 가공 소재 크기를 자동으로 결정한다)



(4) Heights tab 선택

- Bottom Height 드롭다운 메뉴에서 [Selection]을 선택하고, 모델의 코너 부분의 점을 선택하여 바닥면의 기준을 지정한다.

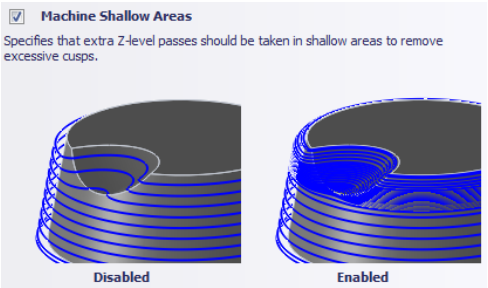




(5) Passes tab 선택

- Passes 그룹에서 [Machine shallow areas]에 v 체크한다.

(Machine shallow areas 옵션은 Z 방향을 기준으로 두 곡선이 급격하게 만나는 끝을 기준으로 경로 간격, 절입량을 별도로 설정할 수 있다.)



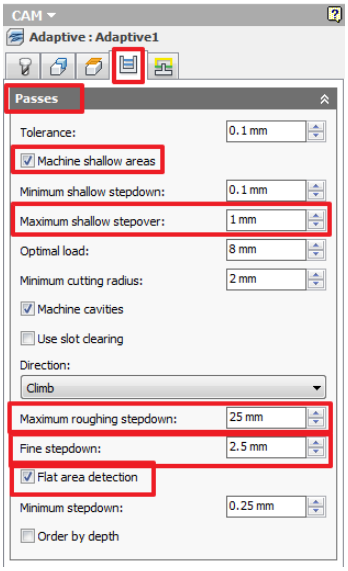
- 다음과 같이 값을 입력한다.

[Maximum shallow stepover] : 1 mm

[Maximum roughing stepdown] : 25 mm

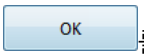
[Fine stepdown] : 2.5 mm (Maximum roughing stepdown 설정시 자동으로 업데이트 된다.)

[Flat area detection]에 v 체크한다.

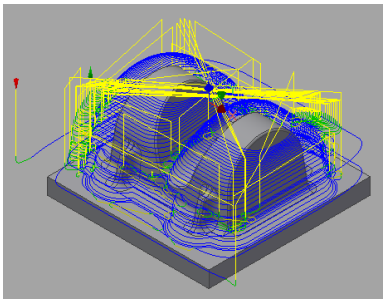


- Stock to Leave 그룹에서 [Radial stock to leave] 값 0.3 mm 를 입력한다.

(Axial stock to leave 값은 자동으로 업데이트 된다.)

(6) 브라우저 하단에서 

를 선택하여 명령을 완료한다.



1.5 Rest Roughing with Pocket (포켓 가공과 나머지 황삭 가공)

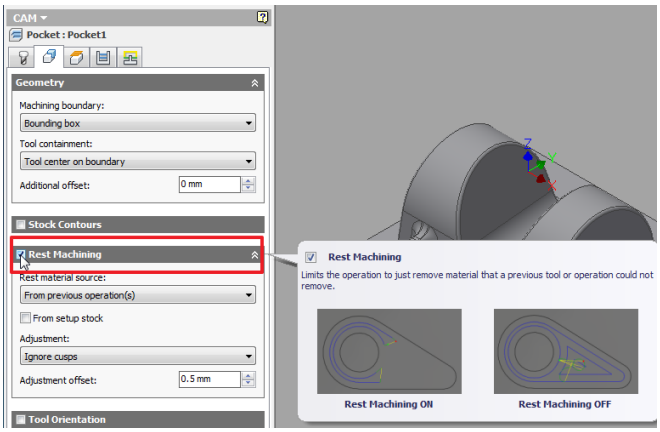
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 3D Milling panel > Pocket 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 #13 - Ø6 R1 mm bullnose 공구를 선택한다.
- Select 를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

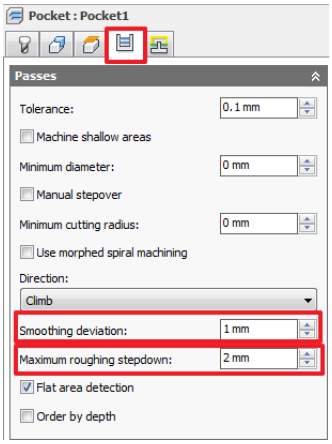
(3) Geometry tab 선택

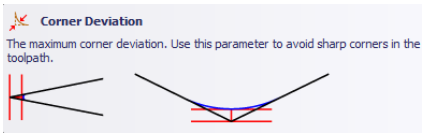
- 이전 가공 과정에서 미절삭된 부분을 가공하기 위하여 [Rest Machining]에 v 체크한다.

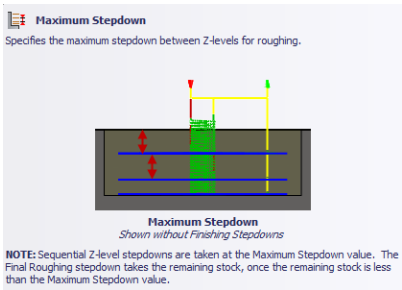


(4) Passes tab 선택

- Passes 그룹에서 [Smoothing deviation] 값은 1 mm,
  [Maximum roughing stepdown] 값은 2 mm 를 입력한다.







- Stock to Leave 그룹에서 [Radial stock to leave] 값 0.3 mm 를 입력한다.
  (Axial stock to leave 값은 자동으로 업데이트 된다.)

(5) Linking tab 선택

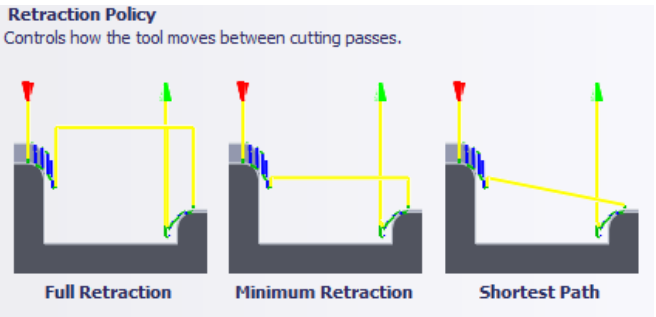
- Linking 그룹의 [Retraction policy] 드롭다운 메뉴에서 [Shortest Path] 항목을 선택한다.

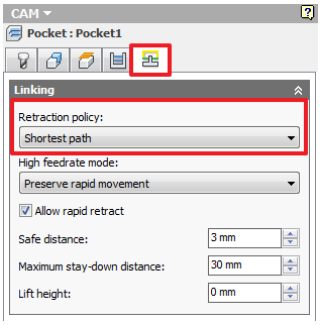
Full Retraction : Retraction 평면까지 이동

(이동 경로가 가장 길지만 공구가 안전하게 이동할 수 있다.)

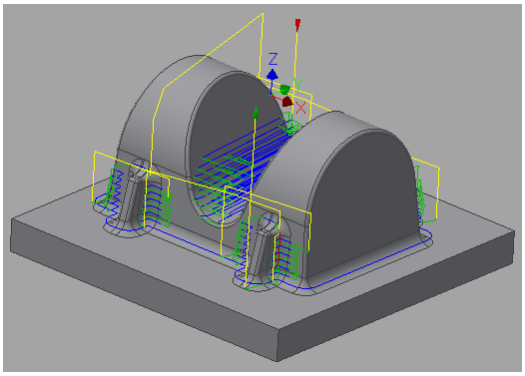
Minimum Retraction : 가공 후 안전 위치까지 이동한 후 수평 직선 이동

Shortest Path : 가공 후 다음 가공 위치까지 바로 이동





(6) 브라우저 하단에서 OK 를 선택하여 명령을 완료한다.



1.6 Contour (윤곽 가공)

(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 3D Milling panel > Contour 선택한다.

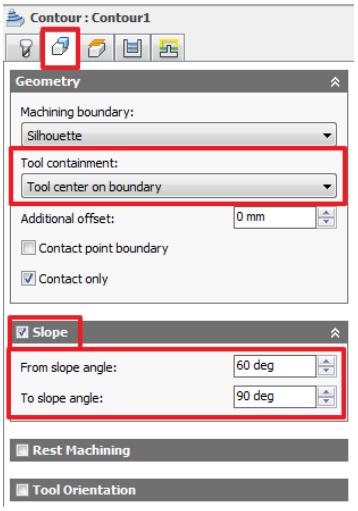
(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 #20 - ø10 mm ball 공구를 선택한다.
- Select 를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

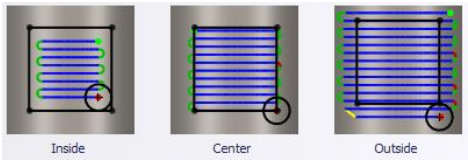
(3) Geometry tab 선택

- Tool containment 드롭다운 메뉴에서 [Tool center on boundary]를 선택한다.
- [Slope] 그룹 박스에 v 체크한다. 이어서, 값은 다음과 같이 입력한다.

From slope angle : 60 deg / To slope angle : 90 deg



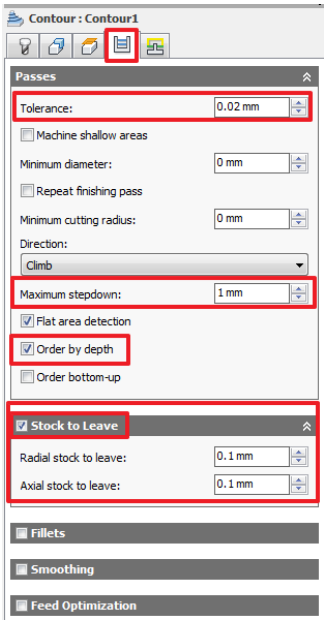
* Tool containment 드롭다운 메뉴



* 공구 경로 기준
  Inside : 공구 전체가 경계를 기준으로 안쪽으로 배치
  Center : 공구 중심이 경계를 기준으로 제한
  Outside : 공구의 모서리가 경계를 기준으로 배치
* Slope : 가파른 부분에 가공 영역을 제한하고자 할 때 사용한다.

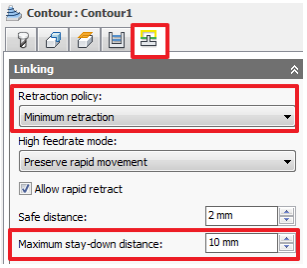
(4) Passes tab 선택

- Passes 그룹에서 다음과 같이 값을 입력한다.
  Tolerance : 0.02 mm / Maximum stepdown : 1 mm
  [Order by depth] v 체크
- [Stock to Leave]에 v 체크하고, 값은 기본값을 적용한다.
  (Radial stock to leave : 0.1 mm / Axial stock to leave : 0.1 mm)



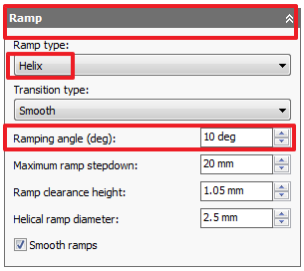
(5) Linking tab 선택

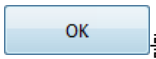
- Linking 그룹의 [Retraction policy] 드롭다운 메뉴에서 [Minimum retraction] 항목을 선택한다.
- Maximum stay-down distance 값 10 mm 를 입력한다.



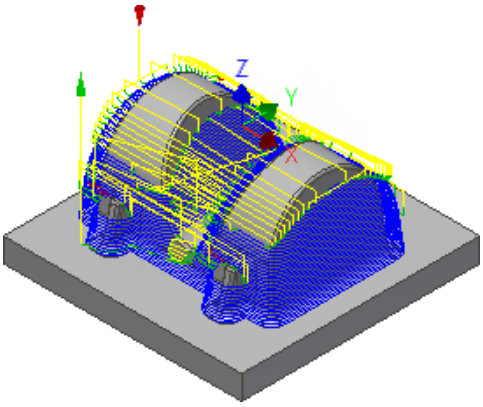
- Ramp 그룹을 확장하여 다음과 같이 값을 입력한다.

(Ramping angle : 10 deg)



(6) 브라우저 하단에서 

를 선택하여 명령을 완료한다.



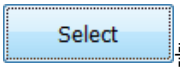
1.7 Scallop 1 (스캘럽 가공)

*표면을 따라 안쪽으로 일정한 간격의 경로를 생성한다. 컨투어 가공 및 Parallel 가공 후에 보통 사용되며, 형상의 경사 각도에 의해 가공 부위가 제한된다.

(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 3D Milling panel > Scallop 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서

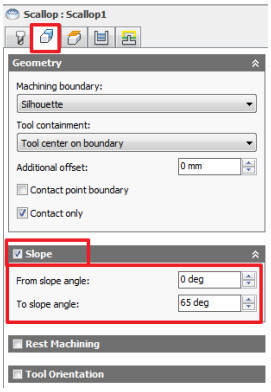
선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 #20 - ø10 mm ball 공구를 선택한다.
- 

를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

(3) Geometry tab 선택

- [Slope] 그룹 박스에 v 체크한다. 이어서, 값은 다음과 같이 입력한다.

  From slope angle : 0 deg / To slope angle : 65 deg



* 수평 0도에서 65도 경사진 부분의 가공이 이루어진다.

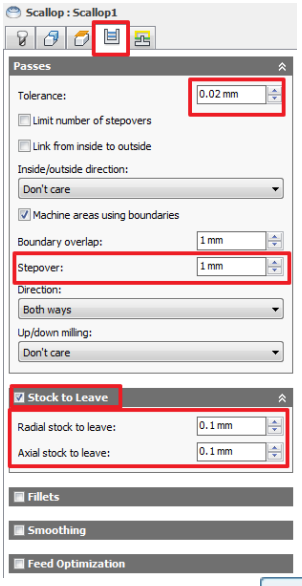
(4) Passes tab 선택

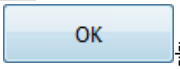
- Passes 그룹에서 다음과 같이 값을 입력한다.

  Tolerance : 0.02 mm / Stepover : 1 mm

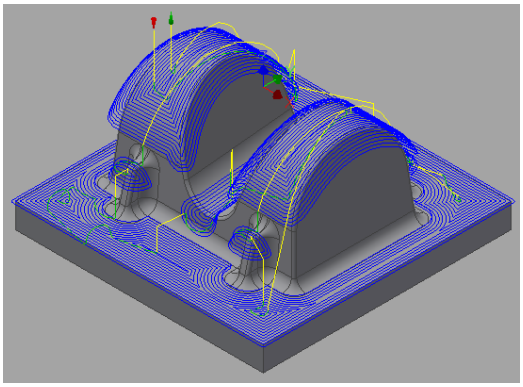
- [Stock to Leave]에 v 체크하고, 값은 기본값을 적용한다.

  (Radial stock to leave : 0.1 mm / Axial stock to leave : 0.1 mm)



(5) 브라우저 하단에서 

를 선택하여 명령을 완료한다.



1.8 Scallop 2 (마무리 스캘럽 가공)

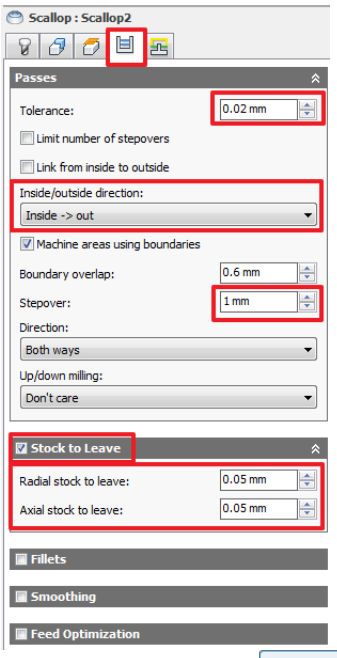
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 3D Milling panel > Scallop 선택한다.

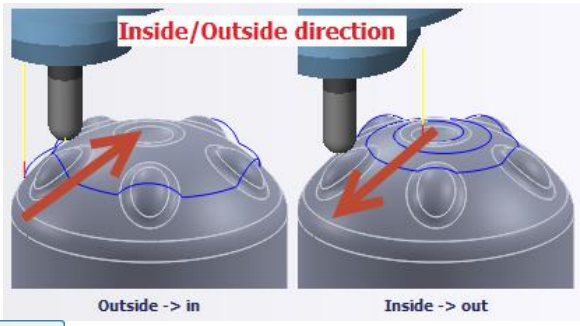
(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 #21 - ø6 mm ball 공구를 선택한다.
- Select를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

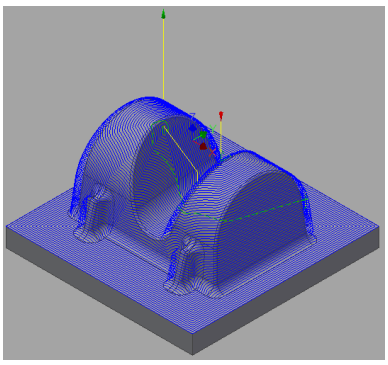
(3) Passes tab 선택

- Passes 그룹에서 다음과 같이 값을 입력한다.
  Tolerance : 0.02 mm
- Inside/Outside direction 드롭다운 메뉴에서 [Inside -> Out]를 선택한다.
- Stepover 값은 1 mm 를 입력한다.
- [Stock to Leave]에 v 체크하고, 다음과 같이 값을 입력한다.
  (Radial stock to leave : 0.05 mm / Axial stock to leave : 0.05 mm)





(4) 브라우저 하단에서 OK를 선택하여 명령을 완료한다.



1.9 Horizontal Clearing (평면 가공)

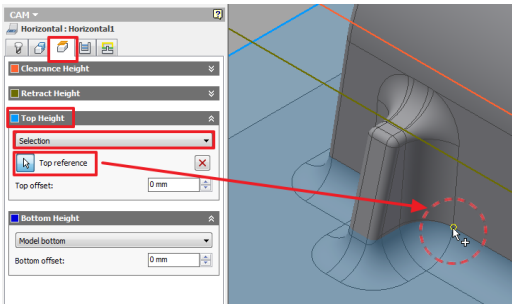
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 3D Milling panel > Horizontal 선택한다.

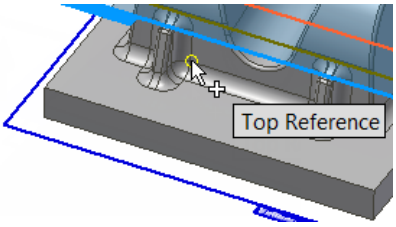
(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 #13 - Ø6 R1 mm bullnose 공구를 선택한다.
- Select를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

(3) Heights tab 선택

- Top Height 드롭다운 메뉴에서 [Selection]을 선택하고, 모델의 모깎기 부분의 점을 선택하여 가공 시작면의 기준을 지정한다.

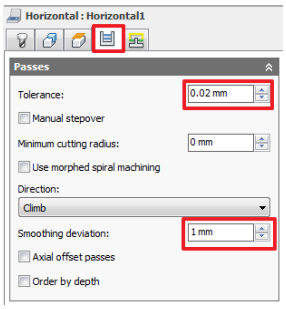




(4) Passes tab 선택

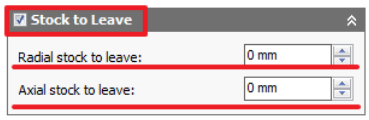
- Passes 그룹에서 다음과 같이 입력한다.

  Tolerance : 0.02 mm / Smoothing deviation : 1 mm

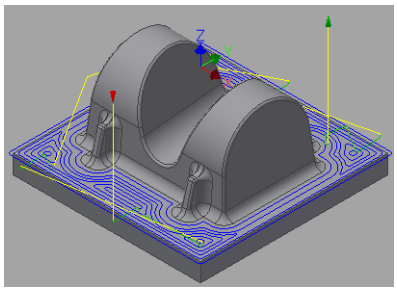


- Stock to Leave 그룹에 v 체크하고, [Radial stock to leave] 값 0 mm 를 입력한다.

  (Axial stock to leave 값은 자동으로 업데이트 된다.)



(5) 브라우저 하단에서 OK를 선택하여 명령을 완료한다.



1.10 Pencil 가공

(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 3D Milling panel > Pencil 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 #21 - ø6 mm ball 공구를 선택한다.
- Select를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

(3) Passes tab 선택

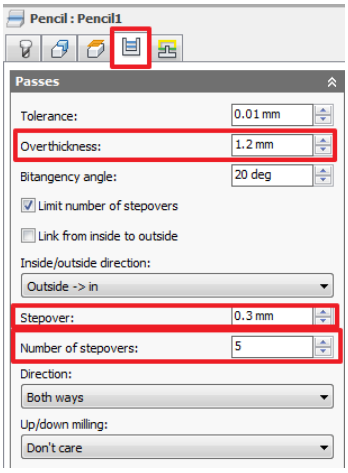
- Passes 그룹에서 다음과 같이 입력한다.

  Overthickness : 1.2 mm

  (공구 반경이 3mm이고, 형상의 필렛 부분이 4mm이기 대문에 반경이 작은 공구를 이용하여 가공시 overthickness 값을 적용한다.)

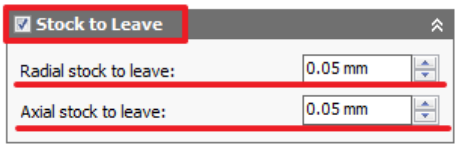
  Stepover : 0.3 mm

  Number of stepovers : 5

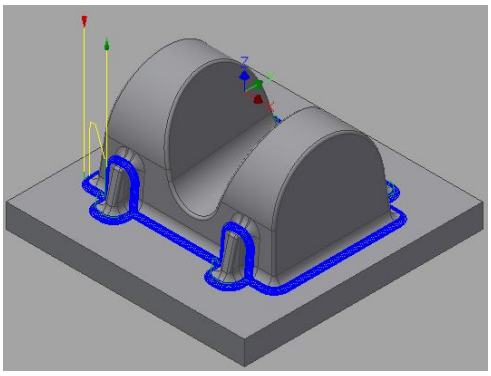


- Stock to Leave 그룹에 v 체크하고, [Radial stock to leave] 값 0.05 mm 를 입력한다.

  (Axial stock to leave 값은 자동으로 업데이트 된다.)

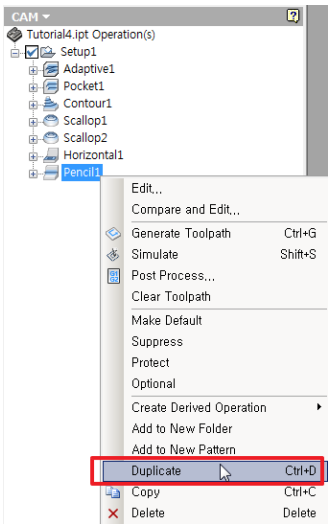


(5) 브라우저 하단에서 OK를 선택하여 명령을 완료한다.



1.11 Parallel Pencil 가공 (마무리 가공)

(1) 브라우저에서 Pencil1 과정을 선택한 후, 마우스 오른쪽 버튼을 선택하여 [Duplicate]를 선택한다. (복제 기능)



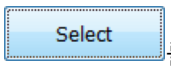
(2) 브라우저에서 복제 된 [Pencil2]를 선택하고, 이름 변경 단축키 F2를 선택한다.

(3) 이름 [Parallel Pencil]로 변경하고, [엔터]를 선택한다.

(4) 브라우저에서 [Parallel Pencil] 과정을 선택한 후, 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하여 Edit]를 선택한다.

(5) 브라우저에서 Tool tab 선택

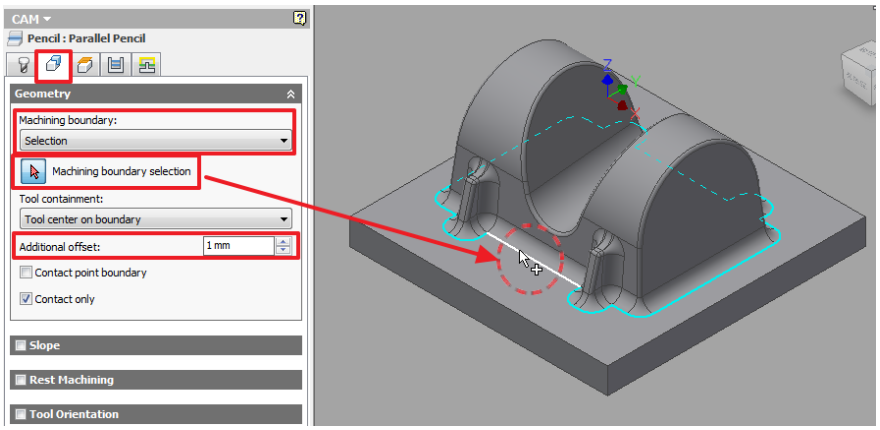
- Tool tab에서

선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 #21 - Ø6 mm ball 공구를 선택한다.
- 

를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

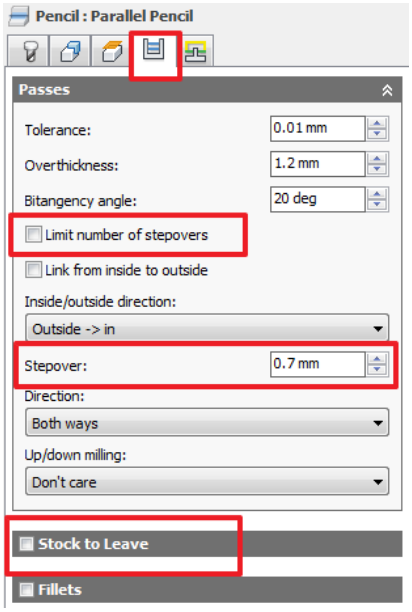
(6) Geometry tab 선택

- Geometry 그룹의 Machining boundary 드롭다운 메뉴에서 [Selection]을 선택한다.
- Machining boundary selection 아이콘이 눌러진 상태에서 형상 바닥의 모서리를 선택한다.
- Additional offset 값은 1 mm를 입력한다. (경계를 기준으로 오프셋 값 만큼 가공 영역을 확대)

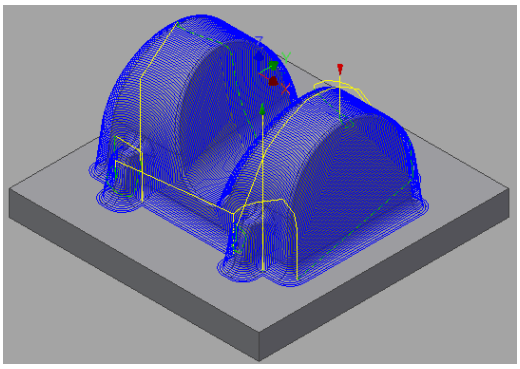


(7) Passes tab 선택

- Passes 그룹에서 다음과 같이 입력한다.
  [Limit number of stepovers] v 체크 해제
  Stepover : 0.7 mm
- [Stock to Leave] v 체크 해제 (잔삭 여유 없이 가공)



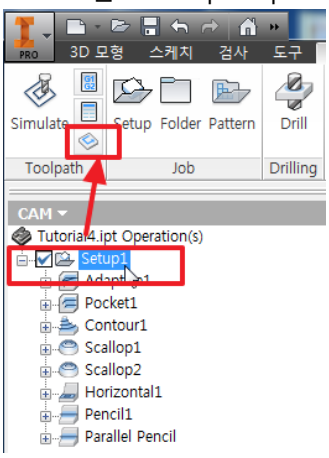
(8) 브라우저 하단에서 OK 를 선택하여 명령을 완료한다.



1.12 Toolpaths & Post Process (툴패스와 포스트 프로세스)

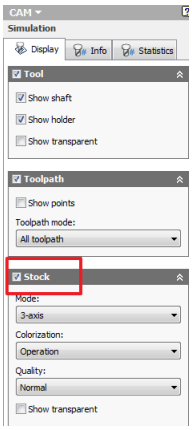
(1) 브라우저에서 가공 과정의 상위 메뉴 [Setup X]를 선택하고, 리본 메뉴에서

CAM 탭 > Toolpath panel > Generate 를 선택한다.



- [Generate Toolpath] 대화상자가 나타나면 [예] 버튼을 선택한다.

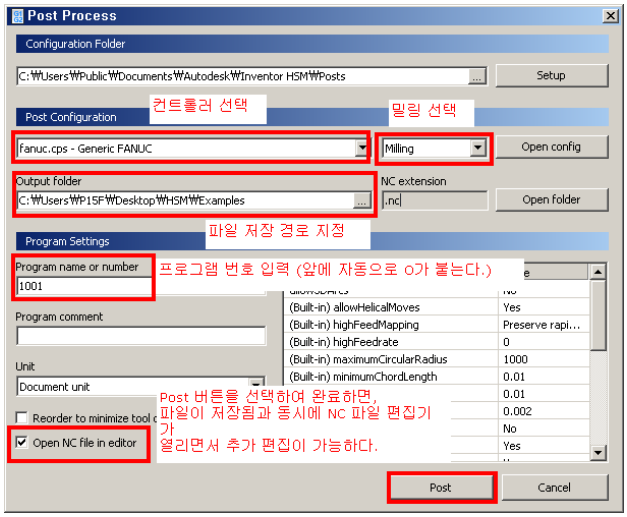
(2) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Toolpath panel > Simulate 를 선택한다.



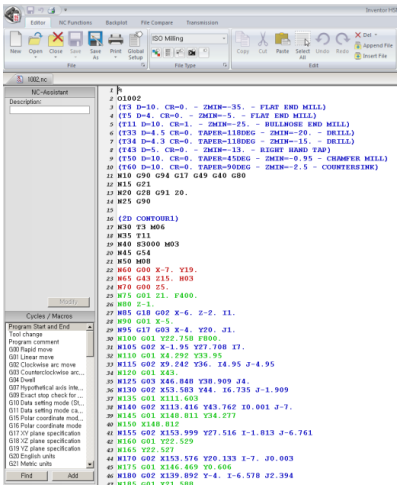
- [Stock] 항목을 체크하고, Play 단추를 선택하여 가공 경로를 확인한다.
  (Stock 항목 체크시 가공 소재의 절삭 모습을 화면에서 확인할 수 있다.)
- 브라우저에서 [Close] 아이콘을 선택하여 Simulation 명령을 완료한다.

(3) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Toolpath panel > Post Process 를 선택한다.

- 다음과 같이 설정한 후, [Post] 를 선택한다. (컨트롤러 : fanuc.cps – Generic FANUC)



- 저장 대화상자에서 파일 저장 경로를 확인한 후, [저장]을 선택한다.
- NC Editor 창에서 수정할 부분이 있다면 수정하고, [Save As] 명령을 이용하여 추가 저장한 후 DNC 장비 등을 이용하여 코드를 전송한다.



- 인벤터에서 파일을 저장한 후, 프로그램을 종료한다.

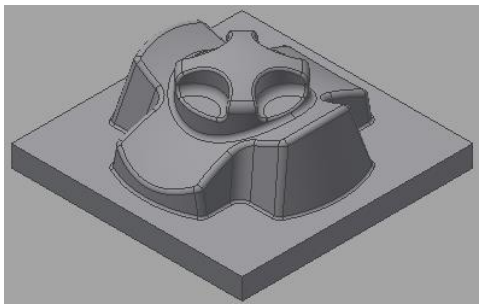
2. 예제 2 (3D 가공 – 응용 실습 1)

[학습 내용]

(1) 황삭

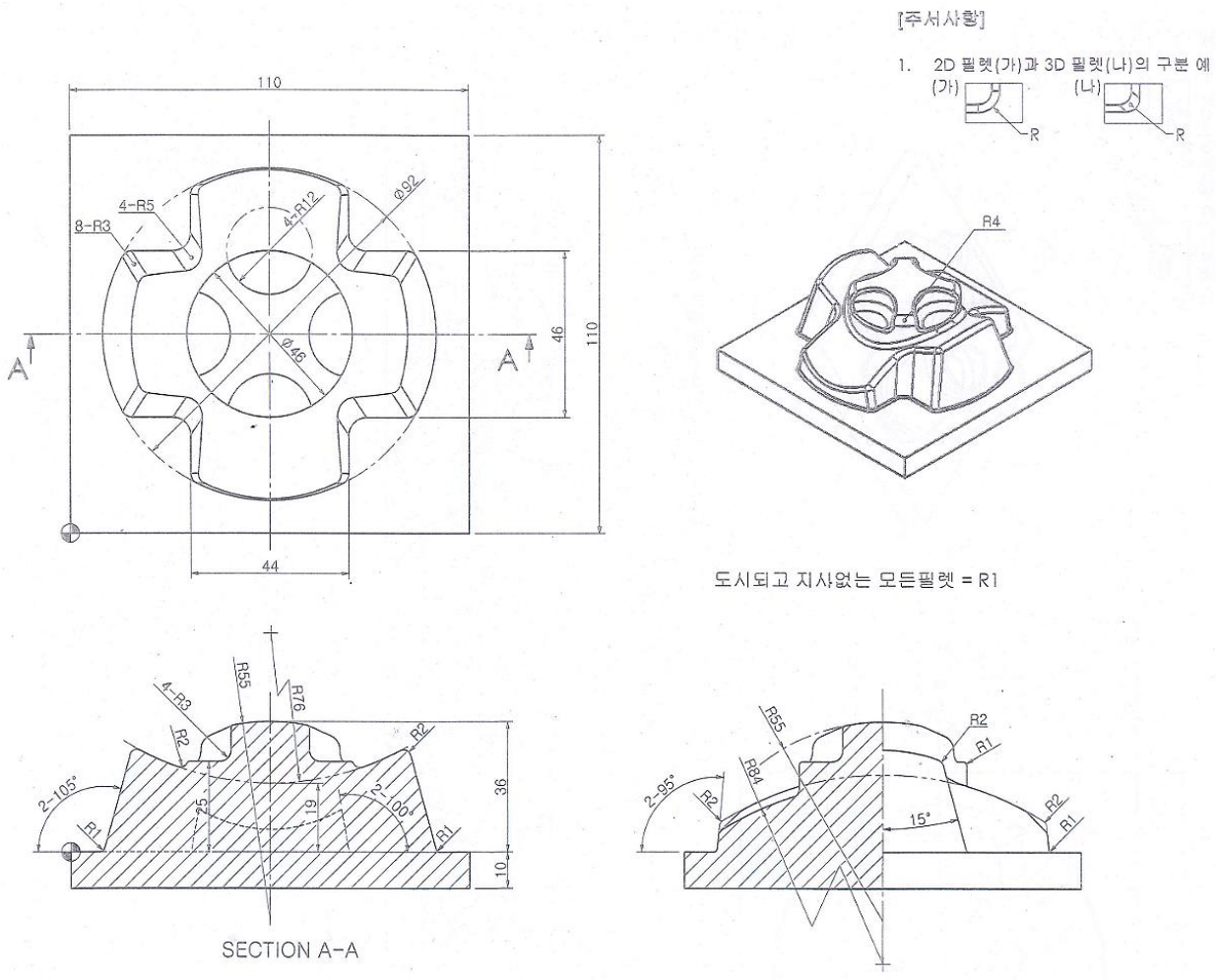
(2) 정삭

(3) 잔삭



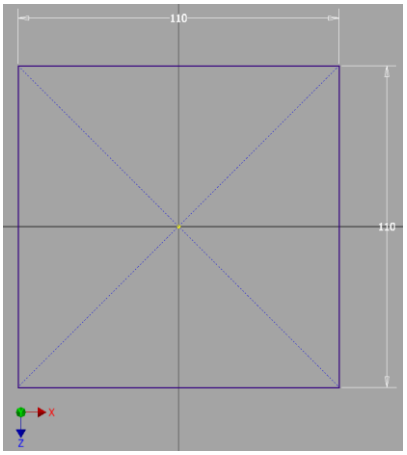
2.1 도면 모델링

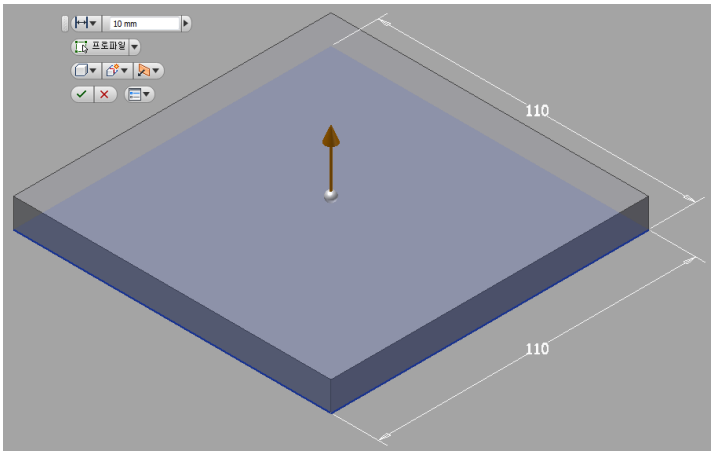
(1) 도면



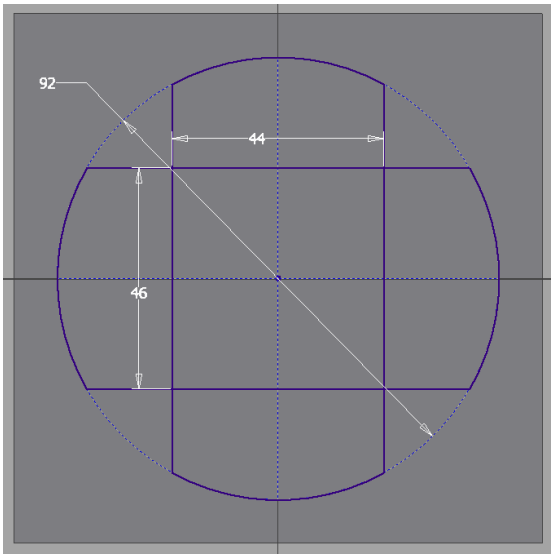
(2) 모델링 순서

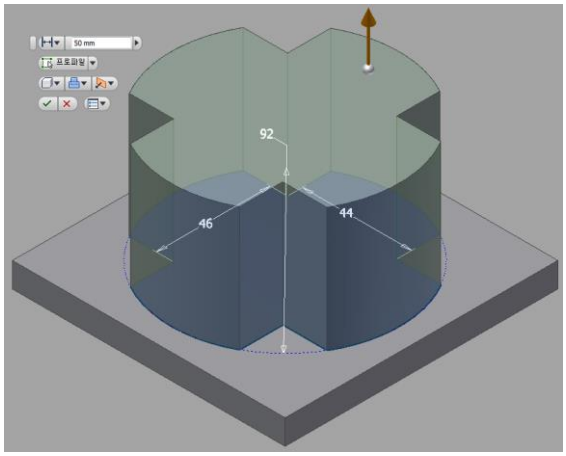
- X-Z 평면에 스케치(평면도)를 하고, 바깥쪽 선을 기준으로 돌출 명령을 이용하여 위쪽 방향으로 10mm 돌출한다.



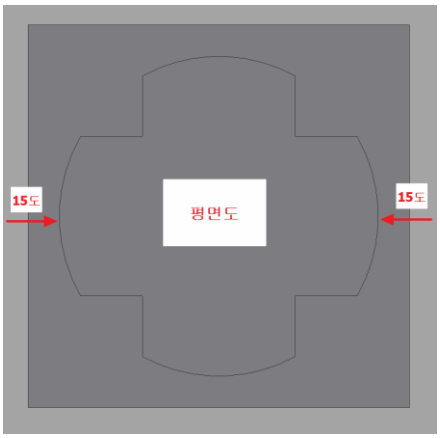


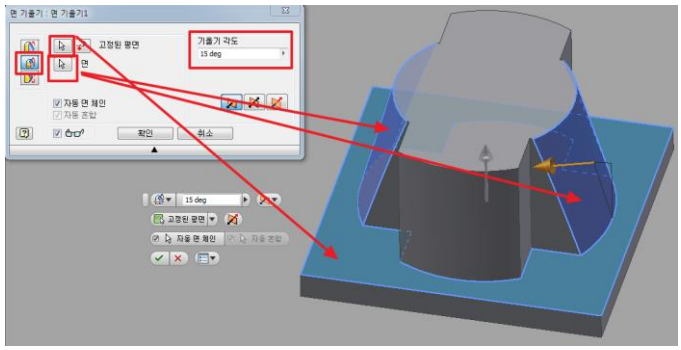
- 육면체의 윗면을 스케치 평면으로 선택하고, 다음과 같이 스케치한다.
  돌출 명령으로 단면의 높이는 50mm 돌출한다.



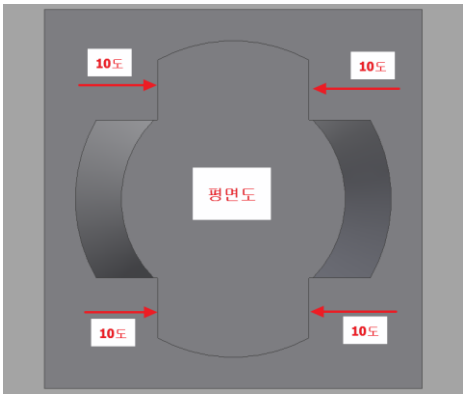


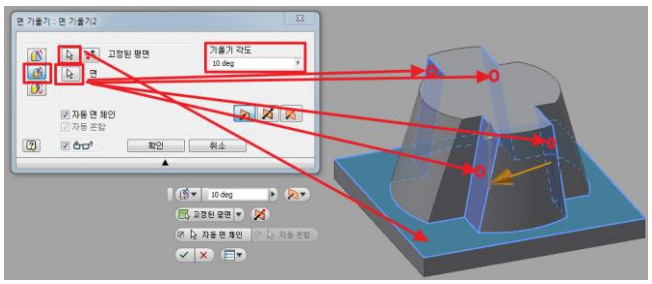
- 평면도에서 바라본 방향으로 2개의 수직면을 제도 명령으로 15도 구배를 적용한다.



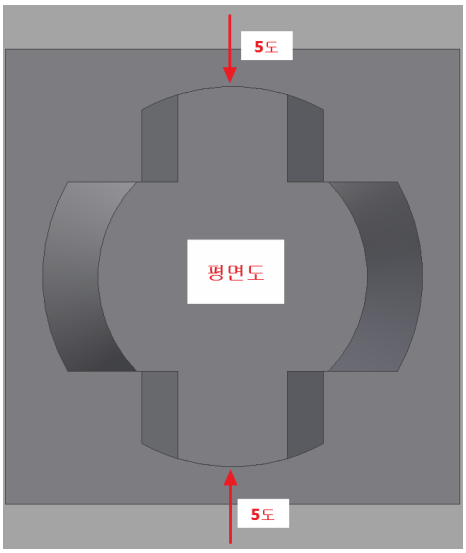


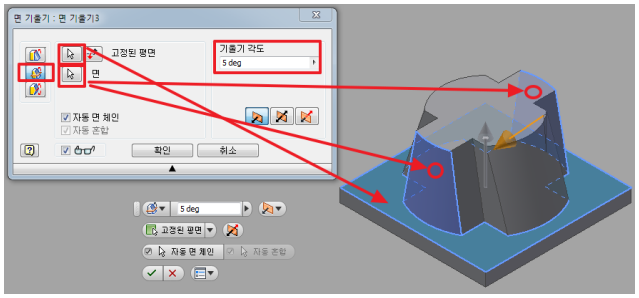
- 평면도에서 바라본 방향으로 4개의 수직면을 제도 명령으로 10도 구배를 적용한다.



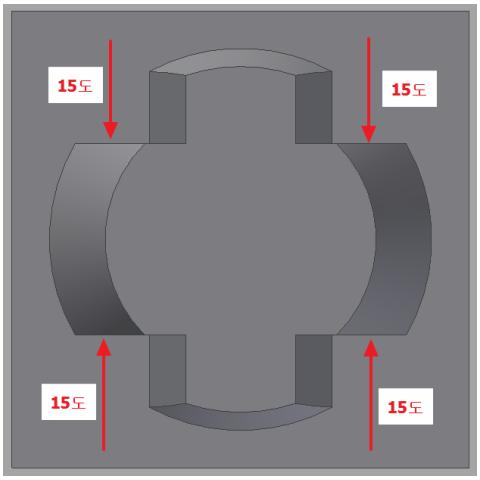


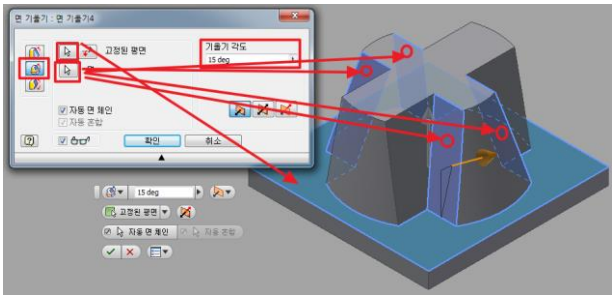
- 평면도에서 바라본 방향으로 2개의 수직면을 제도 명령으로 5도 구배를 적용한다.



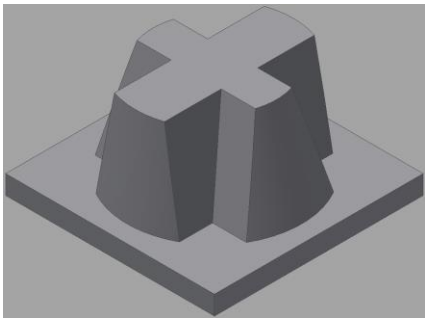


- 평면도에서 바라본 방향으로 4개의 수직면을 제도 명령으로 15도 구배를 적용한다.

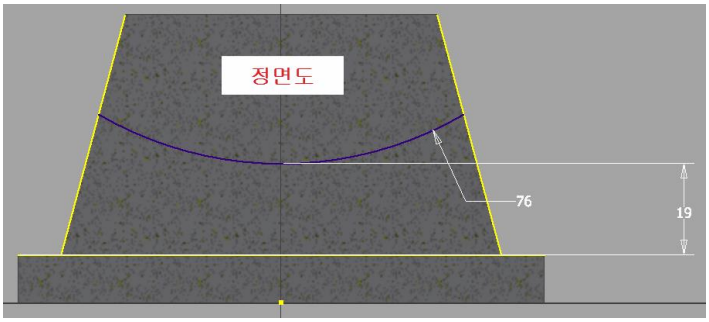




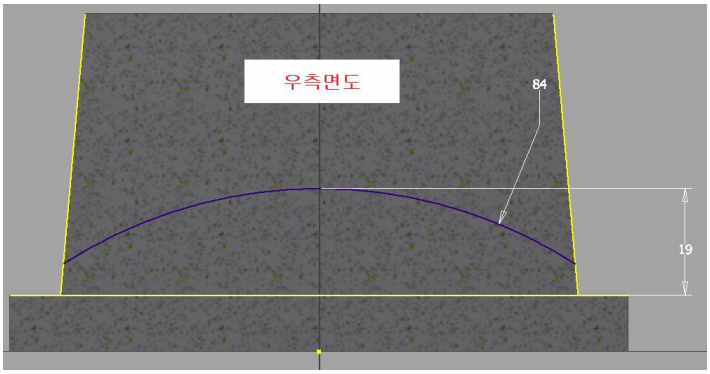
- 다음과 같이 등각뷰를 완성한다.



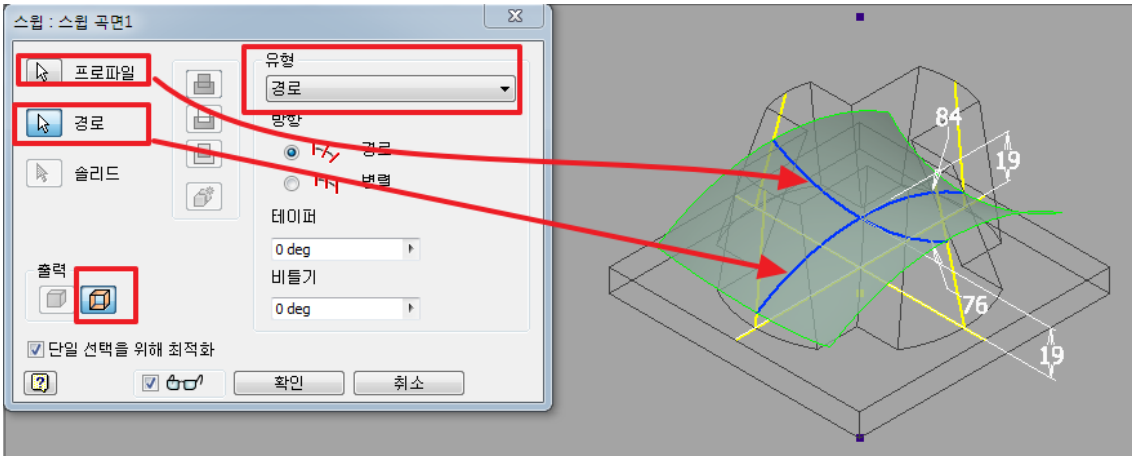
- 2D 스케치 명령으로 X-Y 평면 (정면도)에 다음과 같이 단면을 완성한다.



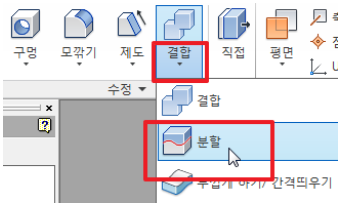
- 2D 스케치 명령으로 Y-Z 평면 (우측면도)에 다음과 같이 단면을 완성한다.



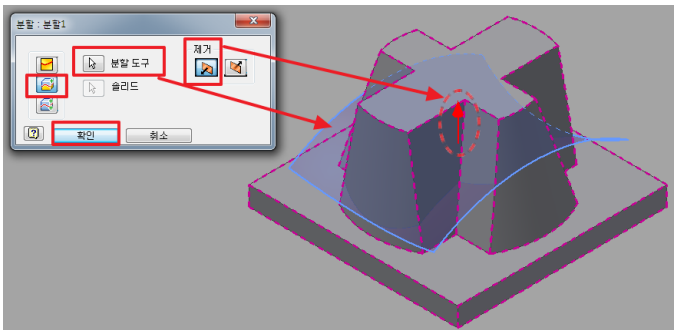
- 리본 메뉴에서 3D 모형 탭 > 작성 패널 > 스윕 명령을 선택한다.
- 스윕 대화상자에서 출력 옵션은 [곡면], 유형 옵션은 [경로]를 선택하고, 프로파일과 경로를 각각 다음과 같이 선택하여 [확인] 단추를 누르고 명령을 완료한다.



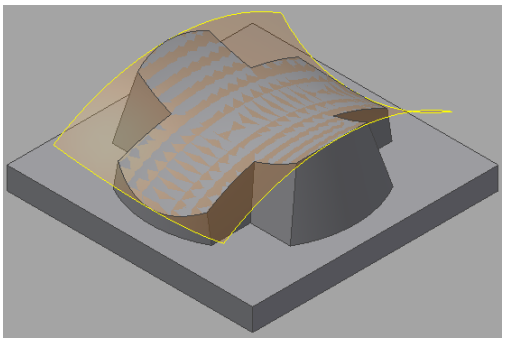
- 리본 메뉴에서 3D 모형 탭 > 수정 패널 > 분할 명령을 선택한다.

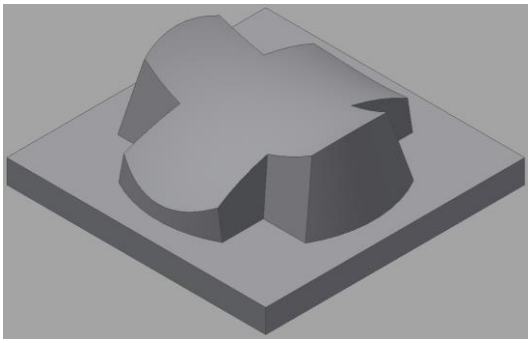


- 분할 대화상자에서 [솔리드 자르기] 옵션을 선택하고, [분할 도구] 아이콘을 선택한 후 스윕 곡면을 선택한다. 이 때, [제거] 아이콘이 눌러진 상태로 제거할 면 방향 화살표를 확인한다.

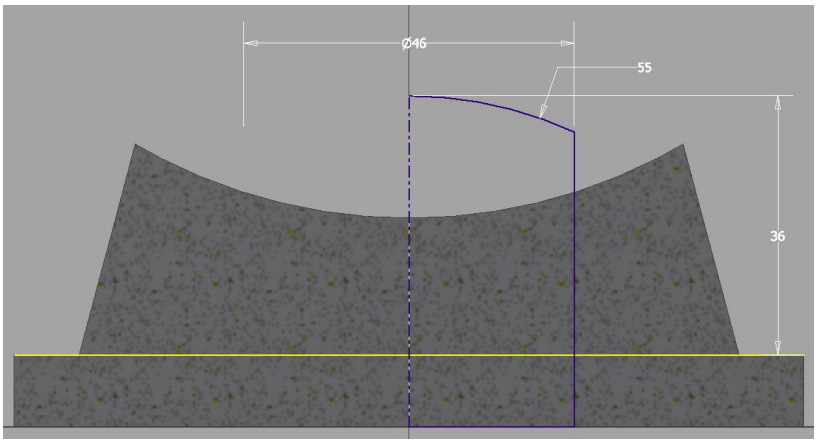


- 분할 대화상자에서 [확인] 단추를 선택하여 명령을 완료한다.
  스윕 곡면 피쳐는 가시성을 해제한다.

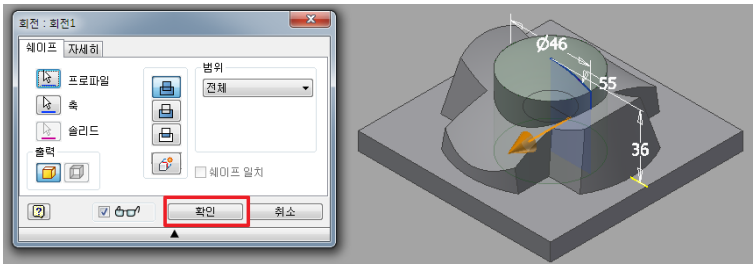


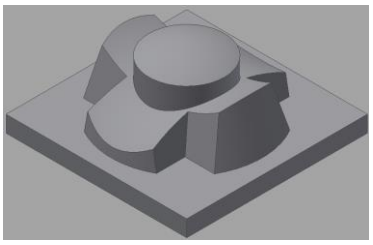


- 2D 스케치 명령으로 X-Y 평면(정면도)에 다음과 같이 단면을 완성한다.

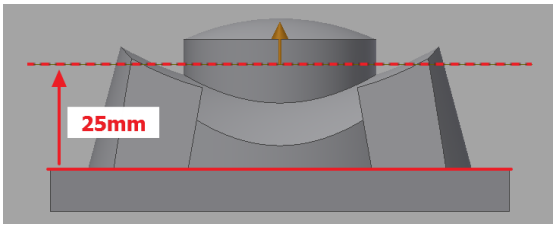


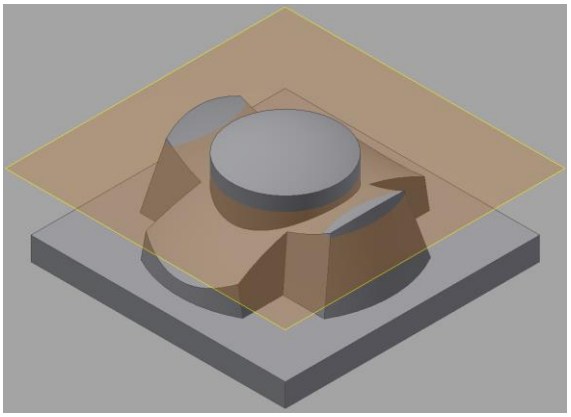
- 회전 명령으로 360도 회전 피쳐를 완성한다.



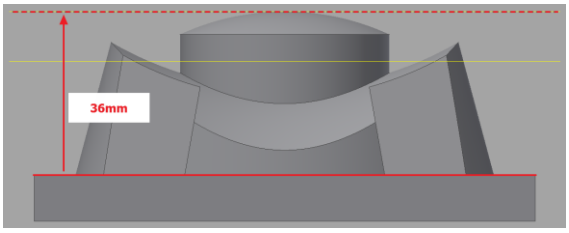


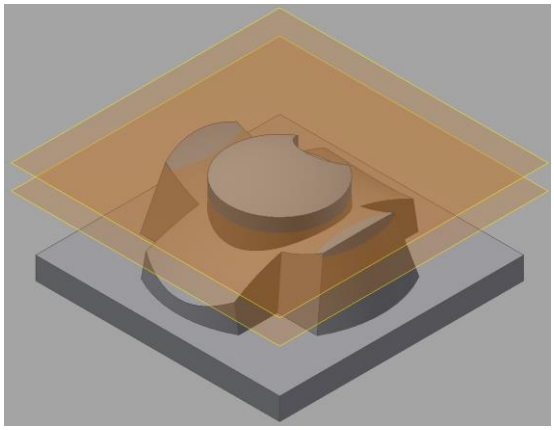
- 리본 메뉴에서 3D 모형 탭 > 작업 피쳐 패널 > 평면에서 간격띄우기 명령을 이용하여 육면체의 윗면에서 위쪽 방향으로 25mm 오프셋 평면을 생성한다.



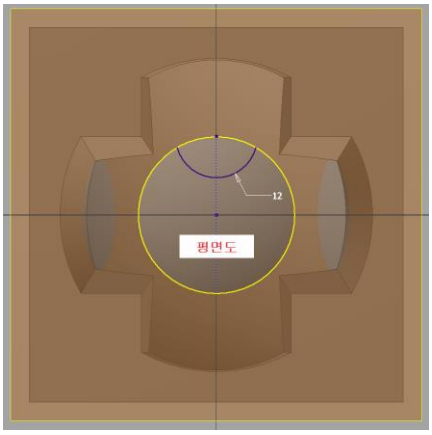


- 리본 메뉴에서 3D 모형 탭 > 작업 피쳐 패널 > 평면에서 간격띄우기 명령을 이용하여 육면체의 윗면에서 위쪽 방향으로 36mm 오프셋 평면을 생성한다.

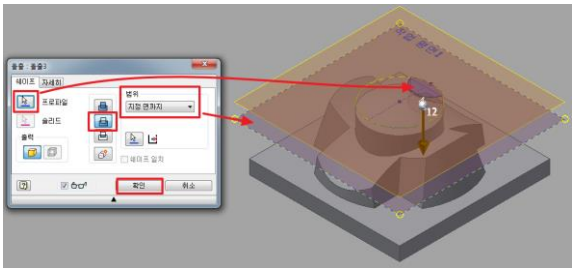


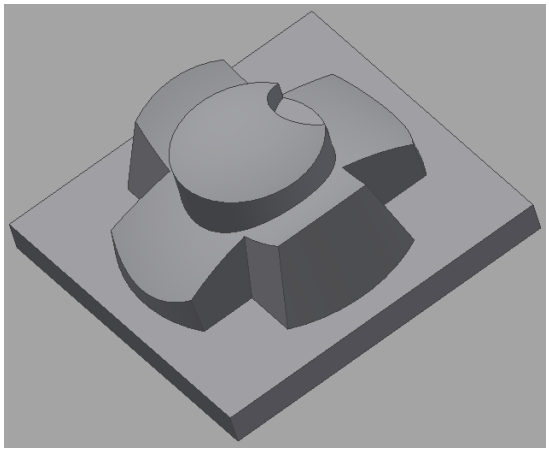


- 2D 스케치 명령으로 가장 위쪽의 작업 평면을 스케치 평면으로 설정하여 다음과 같이 스케치를 완성한다.

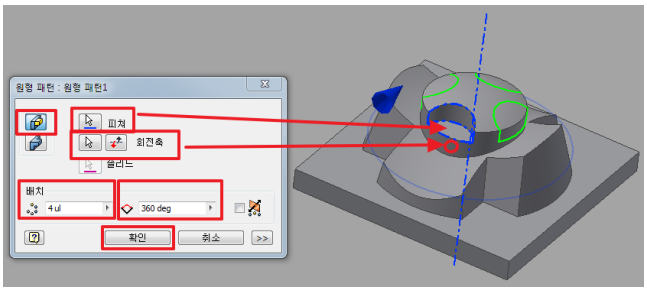


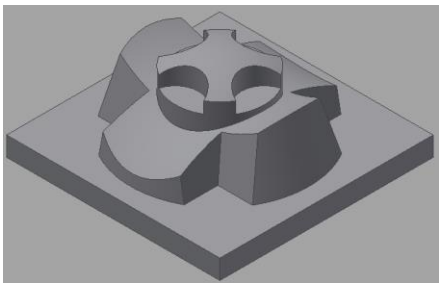
- 돌출 명령을 이용하여 프로파일을 선택하고, 범위 옵션은 [지정면까지] 를 선택하여 아래쪽 작업 평면을 선택한다. 이 때, 차집합 옵션을 적용하여 다음과 같이 완성한다.
  (작업 평면 가시성 해제)



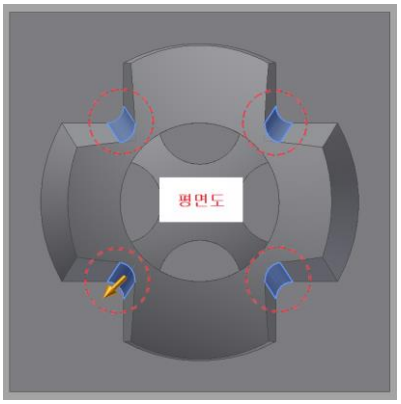


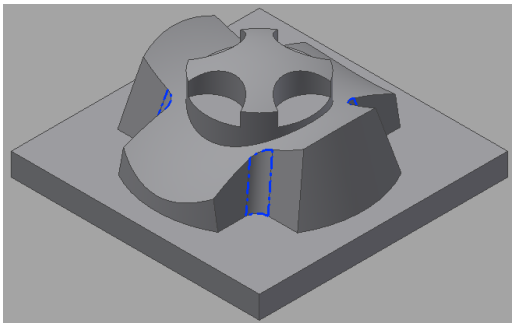
- 리본 메뉴에서 3D 모형 > 패턴 패널 > 원형 명령을 선택하여 원형 패턴 피쳐를 생성한다.
  (회전축은 회전 형상의 면을 선택하고, 배치 개수는 4를 입력한다.)



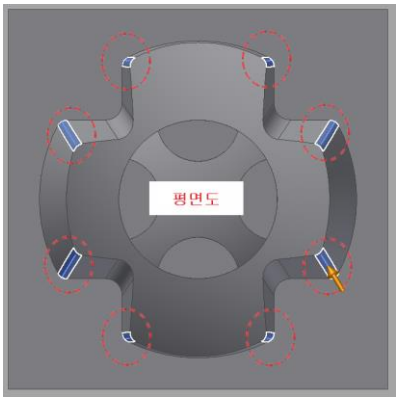


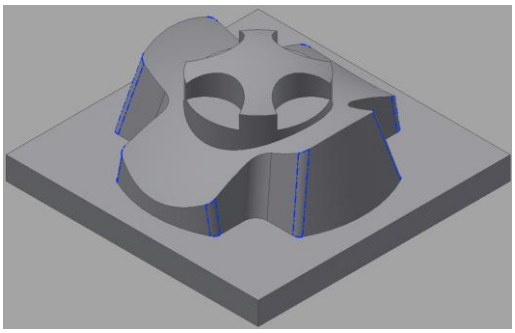
- 평면도 방향에서 다음 4개의 모서리에 모깎기 값 5mm를 적용한다.



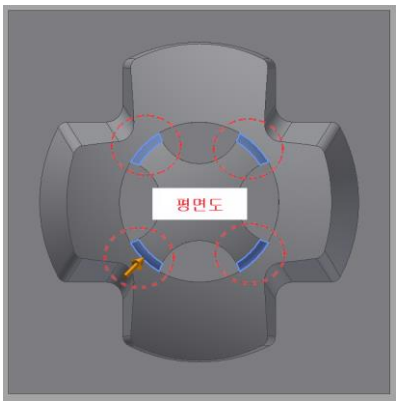


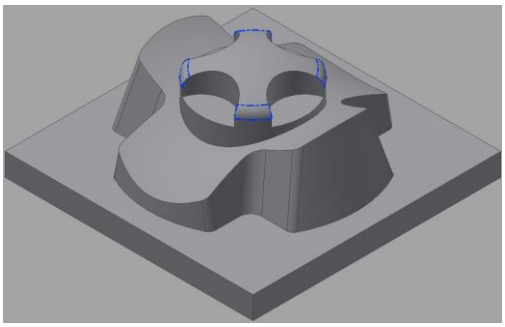
- 평면도 방향에서 다음 8개의 모서리에 모깎기 값 3mm를 적용한다.



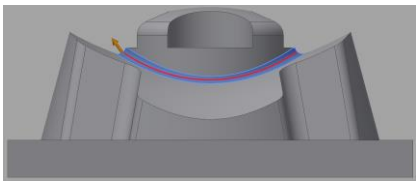


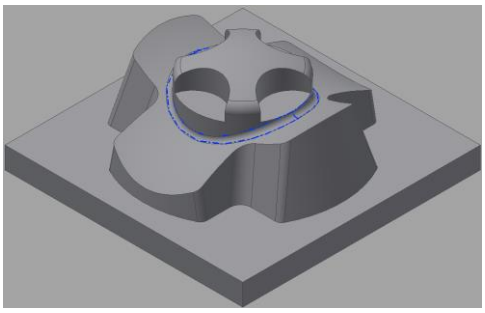
- 평면도 방향에서 다음 4개의 모서리에 모깎기 값 4mm를 적용한다.



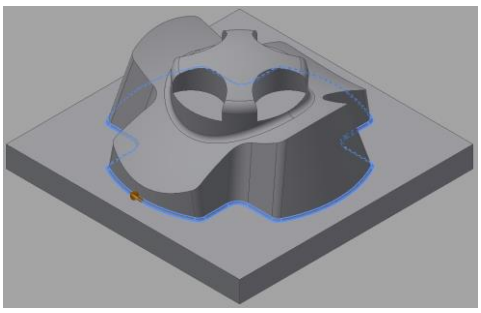


- 정면도 방향에서 다음 1개의 모서리에 모깎기 값 2mm를 적용한다.

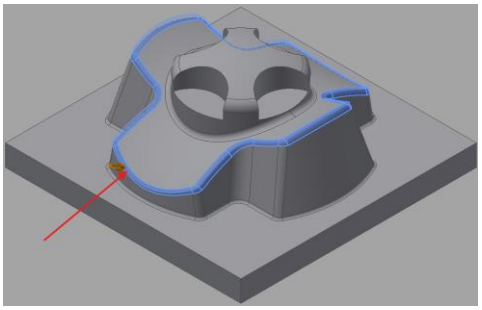




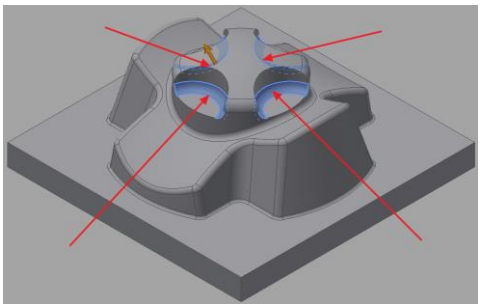
- 형상 바닥 모서리에 모깎기 값 1mm를 적용한다.



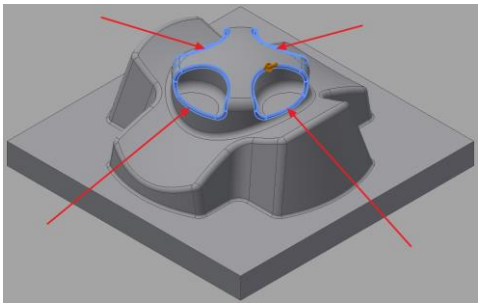
- 다음에서 지시하는 곳 모서리에 모깎기 값 2mm를 적용한다.



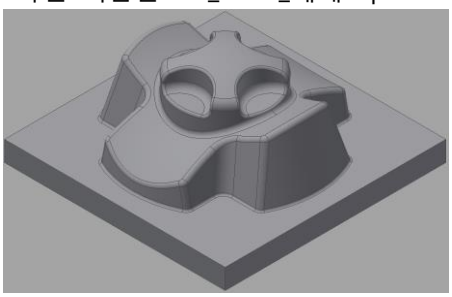
- 다음에서 지시하는 4개 모서리에 모깎기 값 3mm를 적용한다.



- 다음에서 지시하는 4개 모서리에 모깎기 값 1mm를 적용한다.

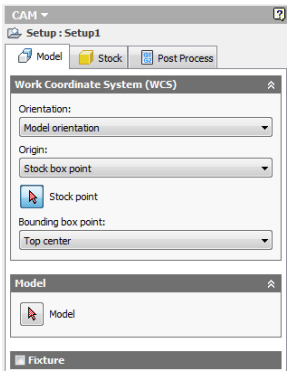


- 파일 이름은 3D_CAM_예제1.ipt 로 저장한다.

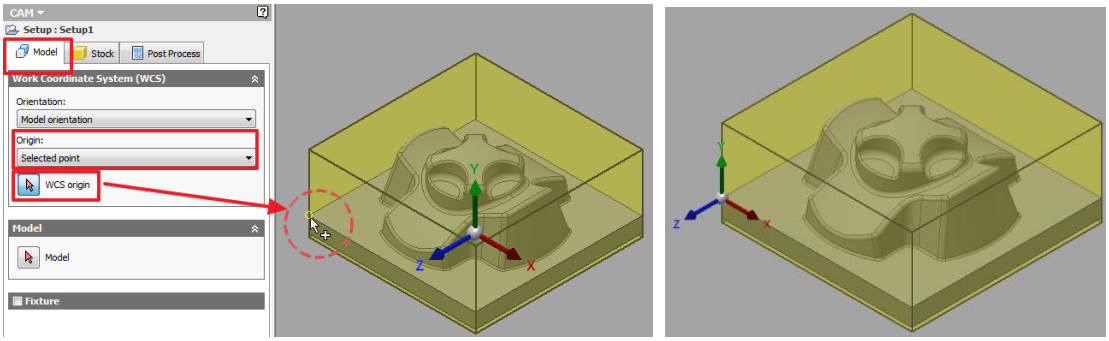


2.2 Setup (가공 소재 생성)

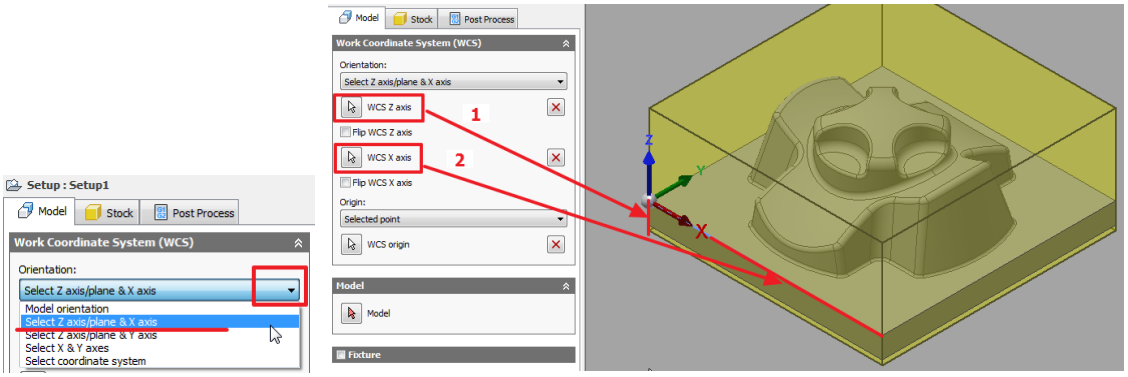
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Job panel > Setup 선택한다.



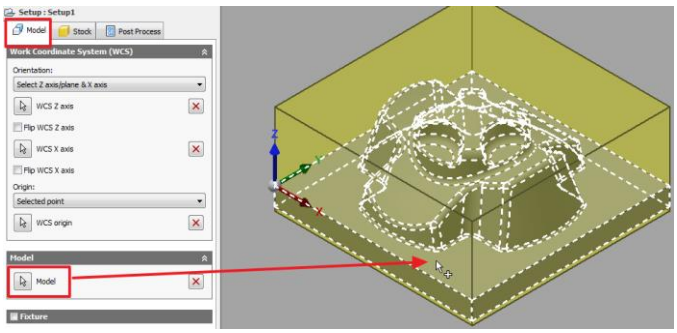
(2) Work Coordinate System (WCS) 그룹에서 Origin 드롭다운 메뉴에서 [Selected point]를 선택하고, [WCS origin] 아이콘이 눌러진 상태로 다음 그림의 화살표 지점을 선택한다.



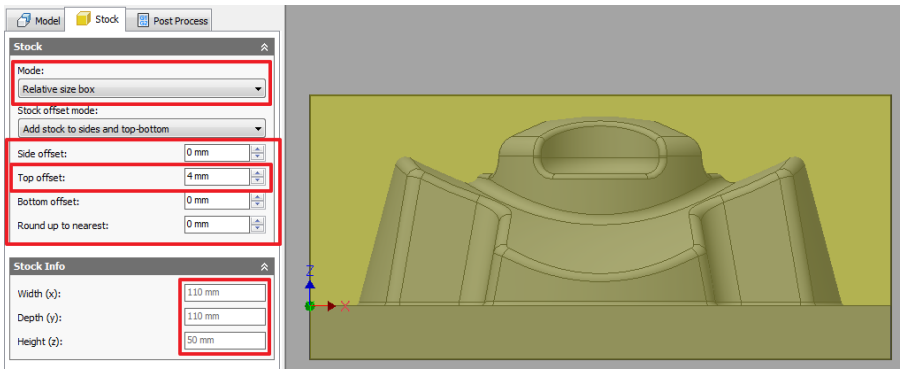
(3) 좌표계 방향 설정을 위하여 WCS 그룹의 Orientation 드롭다운 메뉴에서 [Select Z axis/plane & X axis]를 선택하고, 모델의 수직 모서리와 가로 방향의 모서리를 순서대로 선택하여 좌표계 방향 설정을 완료한다. (Z축은 수직 방향)



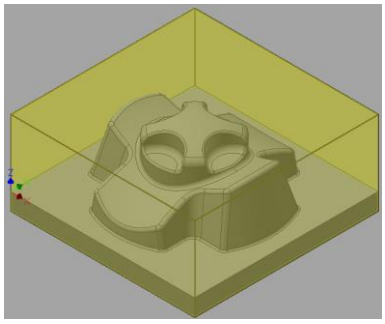
(4) Model 그룹에서 [Model] 아이콘이 눌러진 상태로 다음 그림의 원본 모델을 선택하고, [Stock] 탭을 선택한다.



(5) [Stock] 탭에서 Mode 드롭다운 메뉴에서 [Relative size box]를 선택하고, 다음과 같이 모델의 외형 크기에 맞게 오프셋 값은 0mm 입력하고 [Top offset] 값은 4mm를 입력한다.



(6) 브라우저 창 하단 [OK] 단추를 선택하여 가공 소재 생성을 완료한다.



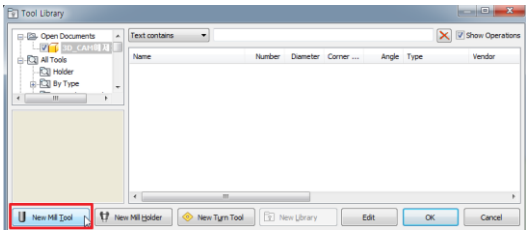
2.3 Tool Library (공구 생성)

(1) 필요 공구

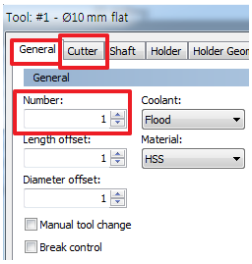
공구 번호	공구 종류 (Type)	Diameter (mm)	Body length (mm)	Overall length (mm)
T01	평엔드밀 (Flat Mill)	ø12	기본값	기본값
T02	볼엔드밀 (Ball Mill)	ø4	50	70
T03	볼엔드밀 (Ball Mill)	ø2	50	70

(2) 인벤터에서 공구 생성

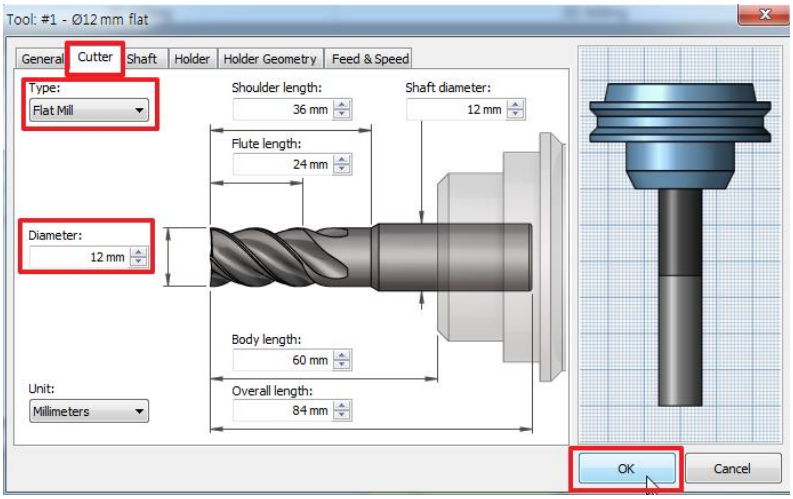
- 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Manage panel > Tool Library 선택한다.
- Tool Library 대화상자에서 하단에 [New Mill Tool] 아이콘을 선택한다.



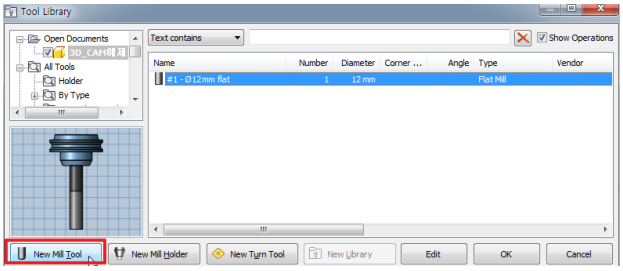
- [General] 탭에서 공구 [Number]는 1을 입력하고, [Cutter] 탭을 선택한다. (1번 공구 생성)



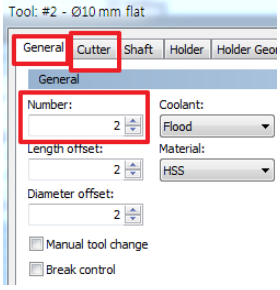
- Type은 [Flat Mill]을 선택하고, Diameter 값은 [12] mm 입력한 후 [OK]를 선택한다.



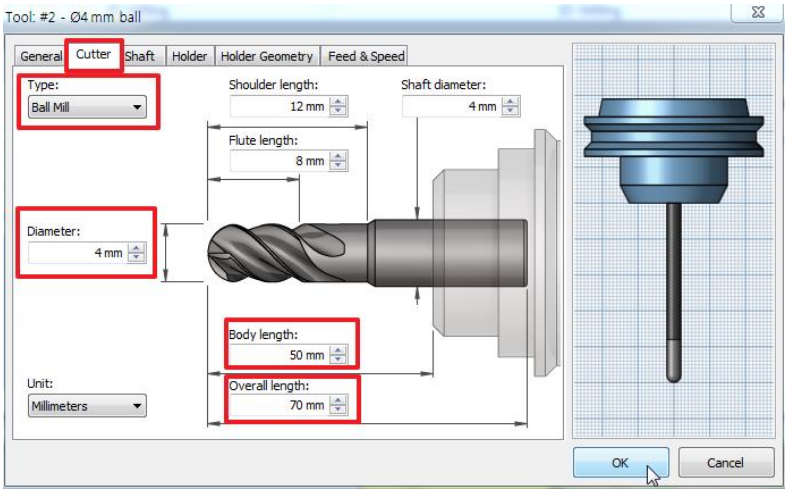
- Tool Library 대화상자에서 하단에 [New Mill Tool] 아이콘을 선택한다.



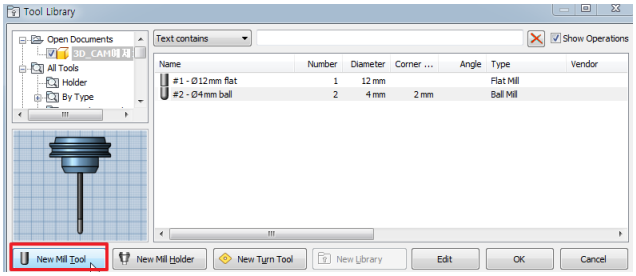
- [General] 탭에서 공구 [Number]는 2를 입력하고, [Cutter] 탭을 선택한다. (2번 공구 생성)



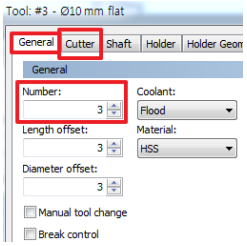
- Type은 [Ball Mill]을 선택하고, Diameter [4] mm, Overall length [70] mm, Body length [50]mm 입력한 후 [OK]를 선택한다.



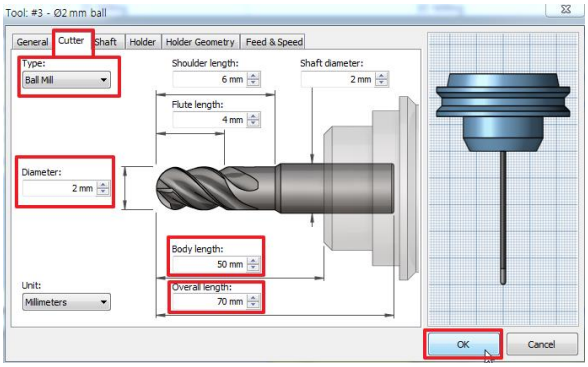
- Tool Library 대화상자에서 하단에 [New Mill Tool] 아이콘을 선택한다.



- [General] 탭에서 공구 [Number]는 3을 입력하고, [Cutter] 탭을 선택한다. (3번 공구 생성)



- Type은 [Ball Mill]을 선택하고, Diameter [2] mm, Overall length [70] mm, Body length [50]mm 입력한 후 [OK]를 선택한다.



- Tool Library 대화상자에서 [OK] 단추를 선택하여 대화상자를 닫는다.

2.4 3D Pocket (황삭 가공)

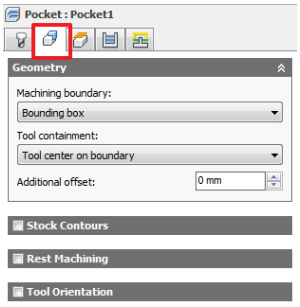
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 3D Milling panel > Pocket 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 #1 - ø12 mm flat 공구를 선택한다.
- Select 를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

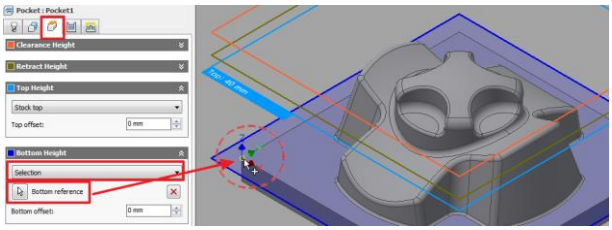
(3) Geometry tab 선택

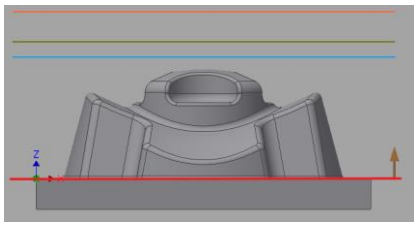
- 다음과 같이 기본값 변경 없이 다음 단계로 진행한다.



(4) Heights tab 선택

- [Bottom Height] 드롭다운 메뉴에서 [Selection]을 선택하고, [Bottom reference] 아이콘이 눌러진 상태에서 지시하는 곳의 정점을 선택하여 Bottom Height 면을 지정한다.





- (중요) **<u>Retract Height 그룹에서 [Retract height offset] 값 10 mm 로 변경한다.</u>**

(5) Passes tab 선택

- [Passes] 그룹은 다음과 같이 값을 입력한다.

  [Manual stepover] v 체크

  Maximum stepover : 5 mm

  Minimum stepover : 1 mm

  Smoothing deviation : 1 mm

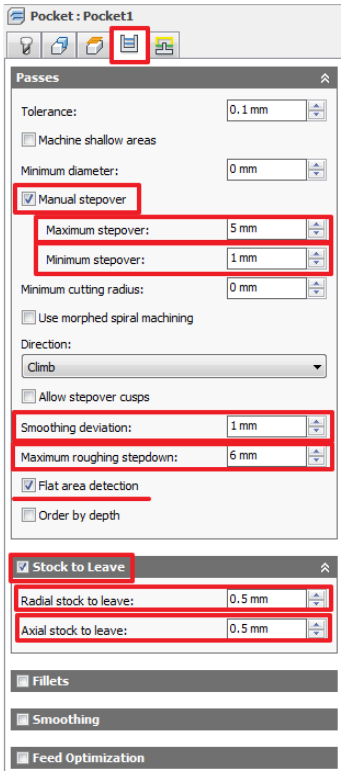
  Maximum roughing stepdown : 6 mm

  [Flat area detection] v 체크

  [Stock to Leave] v 체크

  Radial stock to leave : 0.5 mm

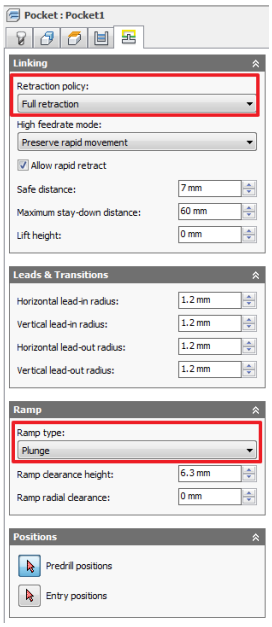
  Axial stock to leave : 0.5 mm



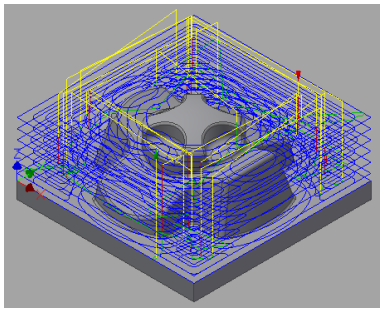
(6) Linking tab 선택

- Linking 그룹의 Retraction policy 드롭다운 메뉴에서 [Full retraction] 을 선택하고,

  Ramp 그룹의 Ramp type 드롭다운 메뉴에서 [Plunge]를 선택한다.



(7) 브라우저 하단에서 OK 를 선택하여 명령을 완료한다.



2.5 Parallel (정삭)

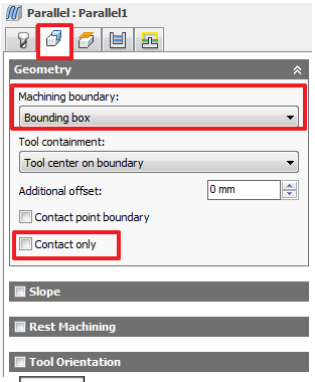
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 3D Milling panel > Parallel 선택한다.

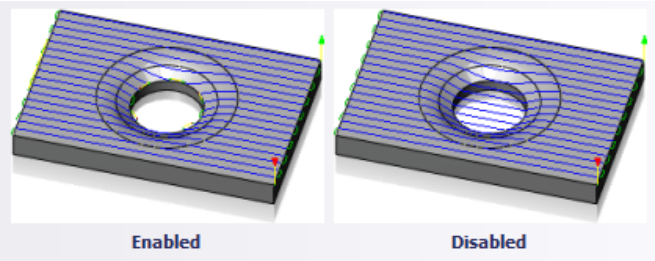
(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 #2 - ø4 mm Ball 공구를 선택한다.
- Select 를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

(3) Geometry tab 선택

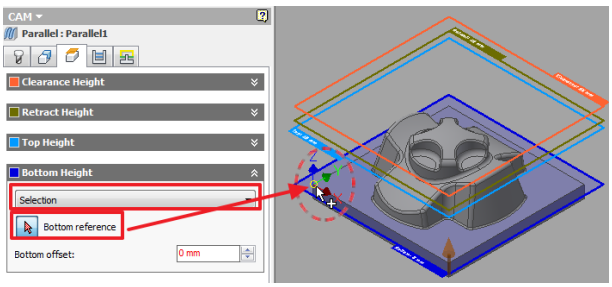
- Geometry 그룹의 Machining boundary 드롭다운 메뉴에서 [Bounding box]를 선택한다. 이어서, [Contact only] 체크 박스에 v 체크 해제한다.
  (Contact only : 경계 영역 안에 가공 면에 대한 공구 경로가 생성되는지 여부를 결정하는 옵션이다.)

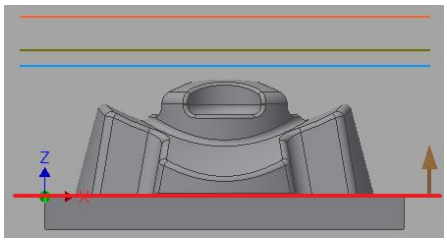




(4) Heights tab 선택

- [Bottom Height] 드롭다운 메뉴에서 [Selection]을 선택하고, [Bottom reference] 아이콘이 눌러진 상태에서 지시하는 곳의 정점을 선택하여 Bottom Height 면을 지정한다.
- (중요) **<u>Retract Height 그룹에서 [Retract height offset] 값 10 mm 로 변경한다.</u>**



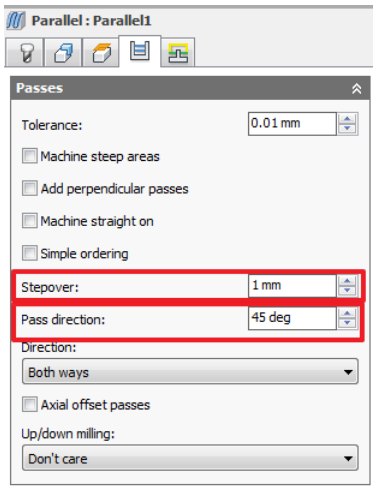


(5) Passes tab 선택

- [Passes] 그룹은 다음과 같이 값을 입력한다.

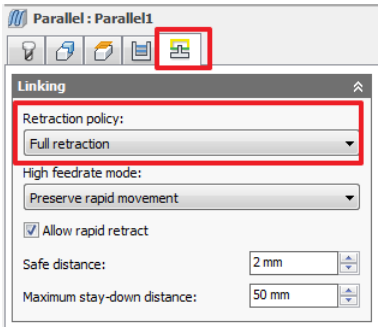
  Stepover : 1 mm

  Pass direction : 45 deg

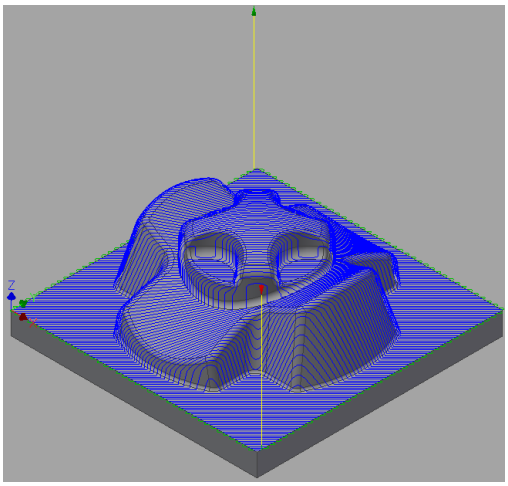


(6) Linking tab 선택

- Linking 그룹의 Retraction policy 드롭다운 메뉴에서 [Full retraction] 을 선택한다.



(7) 브라우저 하단에서 OK 를 선택하여 명령을 완료한다.



2.6 Pencil (잔삭)

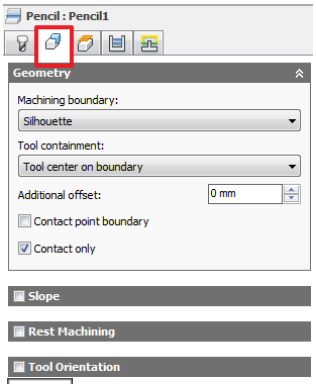
(1) 리본 메뉴에서 CAM 탭 > 3D Milling panel > Pencil 선택한다.

(2) 브라우저에서 Tool tab 선택

- Tool tab에서 Tool 선택한다.
- Select Tool 대화상자에서 #3 - Ø2 mm Ball 공구를 선택한다.
- Select 를 선택하여 Tool Library 대화상자를 닫는다.

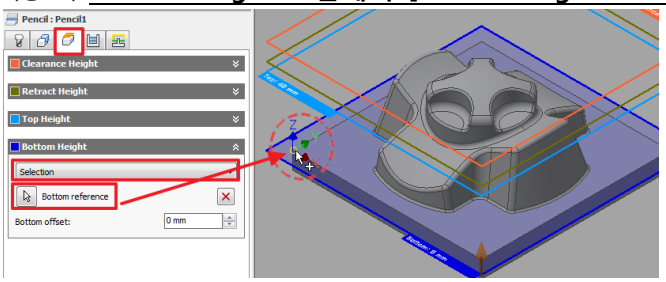
(3) Geometry tab 선택

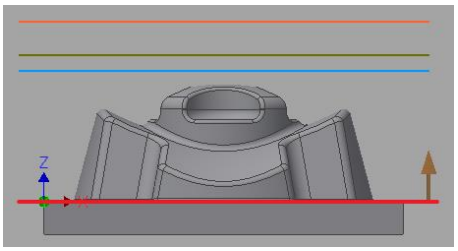
- 다음과 같이 기본값 변경 없이 다음 단계로 진행한다.



(4) Heights tab 선택

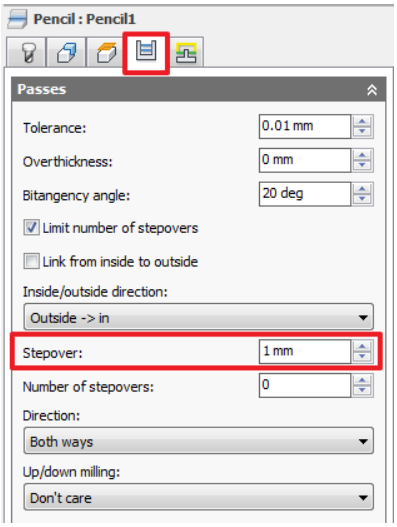
- [Bottom Height] 드롭다운 메뉴에서 [Selection]을 선택하고, [Bottom reference] 아이콘이 눌러진 상태에서 지시하는 곳의 정점을 선택하여 Bottom Height 면을 지정한다.
- (중요) **<u>Retract Height 그룹에서 [Retract height offset] 값 10 mm 로 변경한다.</u>**





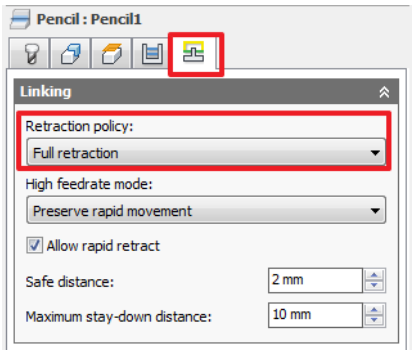
(5) Passes tab 선택

- [Passes] 그룹은 다음과 같이 값을 입력한다.
  Stepover : 1 mm

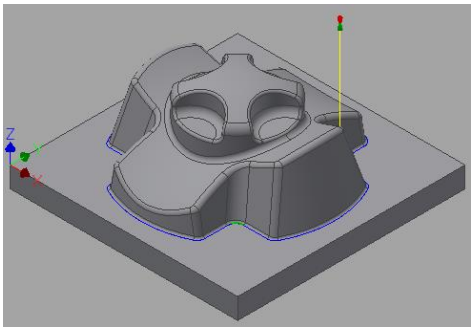


(6) Linking tab 선택

- Linking 그룹의 Retraction policy 드롭다운 메뉴에서 [Full retraction] 을 선택한다.

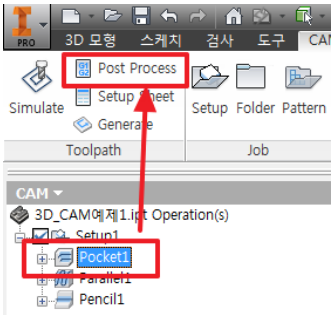


(7) 브라우저 하단에서 OK 를 선택하여 명령을 완료한다.

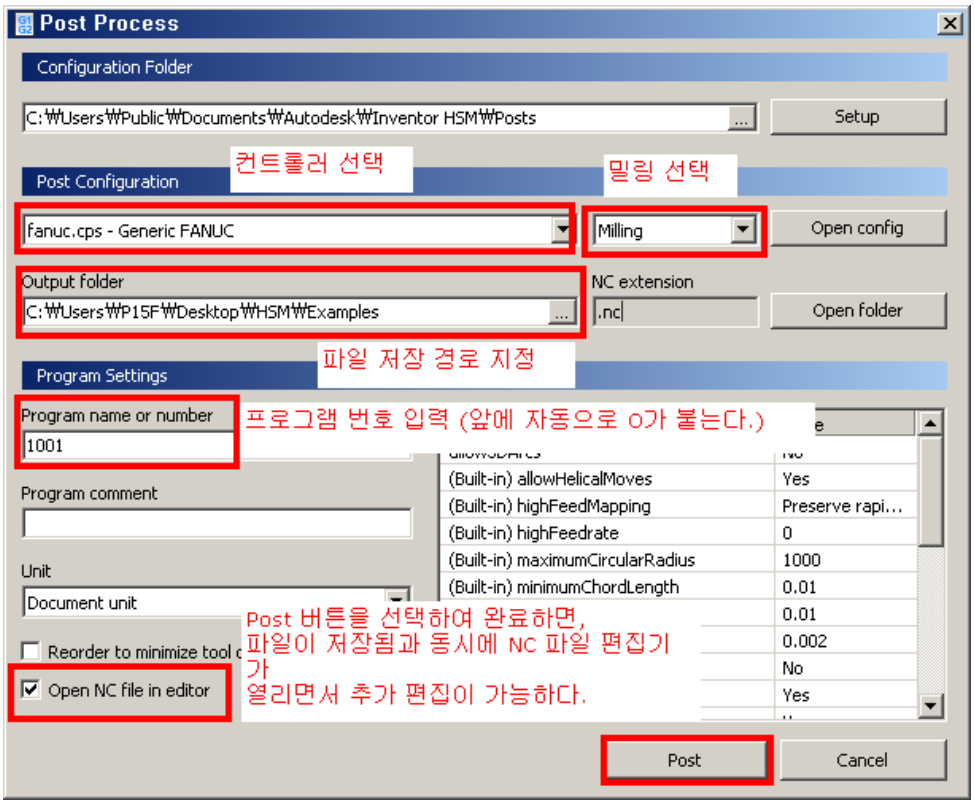


2.7 Post Process (포스트 프로세스)

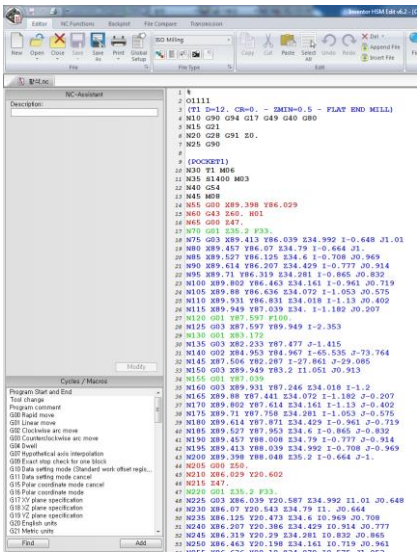
(1) 브라우저에서 황삭 가공의 [Pocket1]을 선택하고, 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Toolpath panel > Post Process G1 G2 를 선택한다.



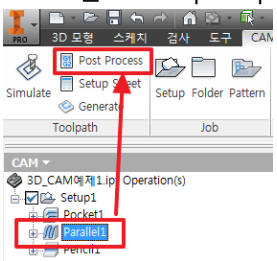
- 다음과 같이 설정한 후, [Post] 를 선택한다. (컨트롤러 : fanuc.cps – Generic FANUC)



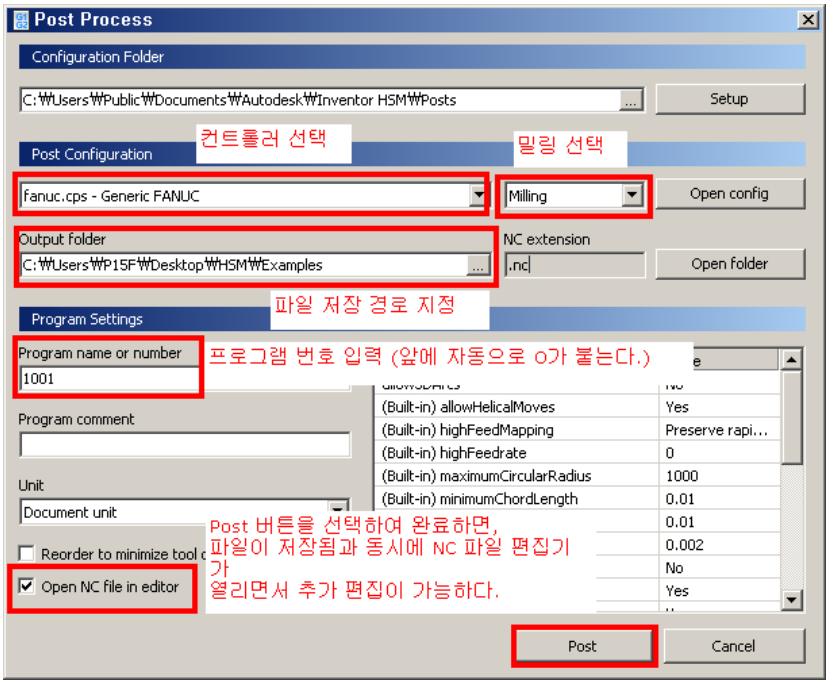
- 저장 대화상자에서 파일 저장 경로를 확인한 후, 파일 이름은 [황삭.nc]를 입력하고, [저장]을 선택한다.
- NC Editor 창에서 수정할 부분이 있다면 수정하고, [Save As] 명령을 이용하여 추가 저장한 후 DNC 장비 등을 이용하여 코드를 전송한다.



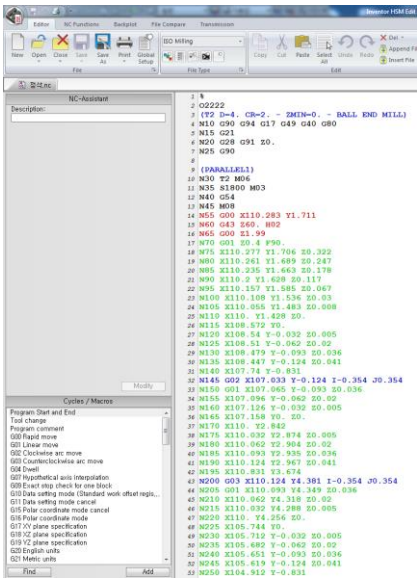
(2) 브라우저에서 정삭 가공의 [Parallel1]을 선택하고, 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Toolpath panel > Post Process 를 선택한다.



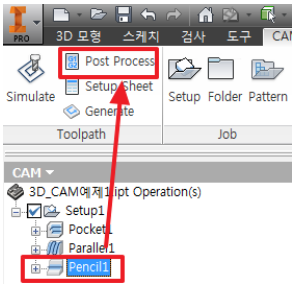
- 다음과 같이 설정한 후, [Post] 를 선택한다. (컨트롤러 : fanuc.cps – Generic FANUC)



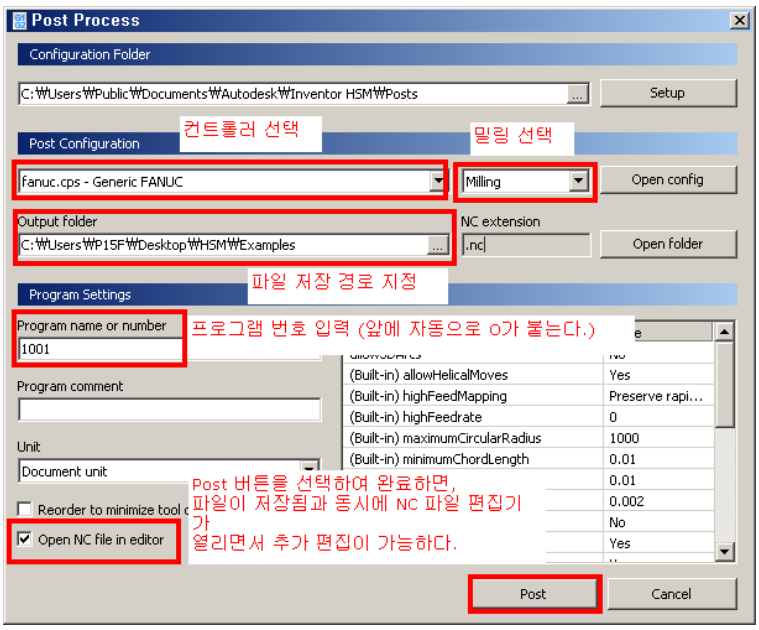
- 저장 대화상자에서 파일 저장 경로를 확인한 후, 파일 이름은 [정삭.nc]를 입력하고, [저장]을 선택한다.
- NC Editor 창에서 수정할 부분이 있다면 수정하고, [Save As] 명령을 이용하여 추가 저장한 후 DNC 장비 등을 이용하여 코드를 전송한다.



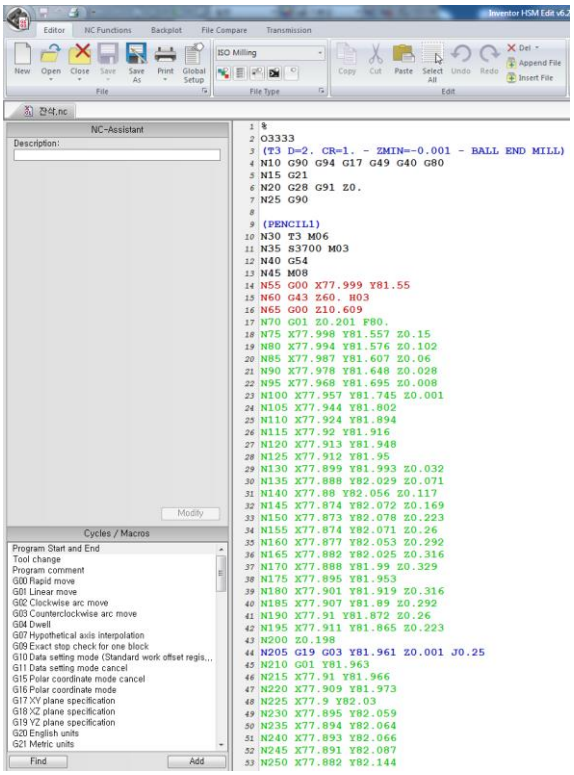
(3) 브라우저에서 잔삭 가공의 [Pencil1]을 선택하고, 리본 메뉴에서 CAM 탭 > Toolpath panel > Post Process 를 선택한다.



- 다음과 같이 설정한 후, [Post] 를 선택한다. (컨트롤러 : fanuc.cps – Generic FANUC)



- 저장 대화상자에서 파일 저장 경로를 확인한 후, 파일 이름은 [잔삭.nc]를 입력하고, [저장]을 선택한다.
- NC Editor 창에서 수정할 부분이 있다면 수정하고, [Save As] 명령을 이용하여 추가 저장한 후 DNC 장비 등을 이용하여 코드를 전송한다.



- 인벤터에서 파일을 저장한 후, 프로그램을 종료한다.

부 록 1 (G코드 : 준비기능)

G-코드	그룹	기 능	지 령 방 법	관 련 기 능	비 고
☆G00	1	급속위치결정	G00G90X_Y_Z: G91		
☆G01		직선보간(절삭)	G01G90X_Y_Z_F: G91	G94,G95	헤리칼
G02		원호보간(시계방향)	G02G03G90 R_ X_Y_Z_A_B_F:	G17,G02,G03,	
G03		원호보간(반시계방향)	G02G03G90 R_ X_Y_Z_A_B_F:		
G04	0	드웰(정지시간지령)	G04 X: P:	P=소수점 사용불가	
G10		데이터 설정	G10 L_P_X_Z_: P_R_	L2=G45-G49 보정입력	
☆G15	17	극좌표지령 무시	G15 X0.Y0.Z0.:		
G16		극좌표지령	G15 G90 X_Y_Z_:	고정싸이클	
☆G17	2	X-Y 평면	G17	원호보간,공구경보정,	
G18		Z-X 평면	G18	좌표회전,고정싸이클	
G19		Y-Z 평면	G19		
G20	6	INCH 입력	G20	단독블록으로지령	
G21		metrih 입력	G21		
G28	0	기계원점 복귀	G28 G90 X_Y_Z_: G91		
G30		제 2,3,4 원점 복귀	G30 P_G90 X_Y_Z_: G91	파라메타	
G33	1	나사 절삭	G33 G90 Z_F_:		
G37	0	자동길이공구측정	G37 G90Z_:	공구보정	
☆G40	7	공구보정 무시	G40	G00, G01	
G41		공구경보정 좌측	G41 D_급속 또는 직선보간:	"	보정번호

G42		공구경보정 우측	G42 D_급속 또는 직선보간:	"	"
G43	8	공구길이 보정	G43 Z_H_:	G90,G00	"
G44		공구길이 보정	G44 Z_H__:	"	"
☆G49		공구길이 보정 무시	G49 Z_:	"	
☆G50	8	스켈링,미러기능 무시	G50:		
G51		스켈링,미러기능	G51 X_Y_Z_P_:	I,J,K 에"_"부호 지령되면 미러기능 단독블록으로 지령	
			X_Y_Z_I_K:		
G52	0	로칼 좌표계 설정	G52 G90X_Y_Z_:	G52 X0.Y0.Z0. ; 로칼 좌표계 무시	
G53		기계좌표계 선택	G53 G90X_Y_Z_:	G00	
☆G54	14	공작물좌표계 1 번 선택	G54 G90X_Y_Z_;		
G55		공작물좌표계 2 번 선택	G55 G90X_Y_Z_;		
G56		공작물좌표계 3 번 선택	G56 G90X_Y_Z_;		
G57		공작물좌표계 4 번 선택	G57 G90X_Y_Z_;		
G58	14	공작물좌표계 5 번 선택	G58 G90X_Y_Z_;		
G59		공작물좌표계 6 번 선택	G59 G90X_Y_Z_;		
G60	0	한방향 위치 결정	G60 G90X_Y_Z_;	G00	
			G91		
G68	16	좌표회전	G68 G90 α_β_R_	G17.G18.G19	
☆G69		좌표회전 무시	G69:		
G73	9	고속 심공드릴 싸이클	G73G90G98X_Y_Z_R_Q_F_K	G17.G18.G19	R=R 점
			G91G99		P=드웰시간
G74		왼나사 탭 싸이클	G74G90G98X_Y_Z_R_F_K	"	Q=1 회 절입양 또는 도피량
			G91G99		K=반복 회수
G76		정밀 보링 싸이클	G76G90G98X_Y_Z_R_Q_F_K	"	(1 회 반복 지령은 생략)
			G91G99		

☆G80		고정 싸이클 무시	G80:		
G81		드릴 싸이클	G81G90G98X_Y_Z_R_F_K	G17.G18.G19	
			G91G99		
G82		카운트 싸이클	G82G90G98X_Y_Z_R_P_F_K	"	
			G91G99		
G83		심공 드릴 싸이클	G83G90G98X_Y_Z_R_Q_F_K	"	
			G91G99		
G84		탭 싸이클	G84G90G98X_Y_Z_R_F_K	"	
			G91G99		
G85		보링 싸이클	G85G90G98X_Y_Z_R_F_K	"	
			G91G99		
G86		보링 싸이클	G86G90G98X_Y_Z_R_F_K	"	
			G91G99		
G87		백볼링 싸이클	G87G90G98X_Y_Z_R_Q_F_K	"	
			G91G99		
G88		보링 싸이클	G88G90G98X_Y_Z_R_P_F_K	"	
			G91G99		
G89		보링 싸이클	G89G90G98X_Y_Z_R_F_P_K	"	
			G91G99		
☆G90	3	절대 지령	G90 이동 지령		
☆G91		상대 지령	G91 이동지령		
G92	0	공작물 좌표계 설정	G92 G90X_Y_Z_S_	S=주축 최고 회전수	
☆G94	5	분당 이송	G94 절삭이송	GO1,GO2,GO3,G33 고정싸이클	
G95		회전당 이송	G95 절삭이송	"	
G96	13	주속일정 제어	G96S_	MO3,MO4	
☆G97		주속일정 제어 무시	G97S_	"	

☆G98	10	고정 싸이클초기점 복귀	G 고정싸이클기능 G98 고정 싸이클데이타	G73 ~ G98
G99		고정 싸이클 R 점 복귀	G 고정싸이클기능 G99 고정 싸이클데이타	“

부 록 2 (M코드 : 보조기능)

보조기능 (M : miscellaneous function) 주축의 시동, 정지, 프로그램의 스톱, 절삭유의 ON/OFF 등의 기계의 동작을 보조해 주는 기능이다. 보조 기능에 대해서는 KS로 규정되어 있다.

M 코드						
	M00	프로그램 정지	M05	주축정지	M30	프로그램 종료
	M01	선택적 정지	M06	공구 교환	M98	보조프로그램 호출
	M02	프로그램 종료	M08	절삭유 ON	M99	메인프로그램 호출
	M03	주축 정회전	M09	절삭유 OFF		
	M04	주축 역회전	M19	주축 한 방향 정지		