

卒業論文

CAD/CAM을 이용한 CNC 가공

CNC manufacturing using CAD/CAM

2006年 1月

仁荷大學校 工科大学

機械工學科

성민상

임성환

양준모

卒業論文

CAD/CAM을 이용한 CNC 가공

CNC manufacturing using CAD/CAM

2006年 1月

指導教授 趙 明 寓

이 論文을 卒業論文으로 提出함

仁荷大學校 工科大學

機械工學科

성민상

임성환

양준모

이 論文을 다음 學生의 卒業論文으로 認定함

성민상

임성환

양준모

2006年 1月

指導教授 趙 明 寓 (印)

요 약 문

CAD/CAM 시스템은 요즘 기계공학 분야가 자동화 생산에 초점이 맞춰지고 있으므로 중요한 연구 분야이다.

본 논문에서는 CNC 기계 동작의 그래픽 시뮬레이션을 위한 CNC 기계 모델의 모델링 방법을 제시하고 CNC 기계 동작의 기구학적 표현 방법을 적용하여 가공 시뮬레이션을 수행하는 방법을 제안한다. 최근에 복잡한 제품생산과 제품개발 시간을 줄이기 위한 경쟁이 증가하고 있다. 즉 사용자들은 좀 더 좋은 데이터를 만들고 또 그 데이터를 고치기 위해서 많은 시간을 소비하기 때문이다.

여기에서는 CATIA 프로그램으로 디자인하여 CAD 모델의 에러수정 방법을 제시하였다. 컴퓨터 종합 생산 시스템을 획득하기 위해서는 독립적으로 발전되어 온 CAD 및 CAM 시스템을 통합해야 한다. Powermill 프로그램은 이들 CAD 및 CAM 시스템을 통합하기 위하여 교량역할을 담당하는 중요한 시스템이다.

제품의 라이프 사이클이 짧아지면서 일반생산현장에서는 생산 공정을 줄이기 위하여 많은 노력을 하고 있다. 그 중에 하나로 CAD/CNC/CAM을 통합하여 제품의 설계에서부터 생산까지의 시간을 단축시켰다. 빠른 시간에 제품을 눈으로 볼 수 있어 제품의 설계상의 문제점이나 가공 상의 문제를 확인하는 시간이 짧아지고 있다. 제품의 소형화, 정밀화로 인하여 작업자의 수작업으로 CNC 프로그램 작성이 어렵고 복잡해졌다. 그렇지만 CAM 소프트웨어의 발달로 인하여 가공에서 생길 수 있는 문제점들을 시뮬레이션 하여 사용자가 눈으로 확인하고 손쉽게 CNC 프로그램을 작성할 수 있다. 일반적으로 CAD/CAM 시스템 중 CAM에서 사용되는 공작기계는 주로 머시닝 센터이다 현재 고속 주축 개발로 가공물의 형상정밀도가 높아지고 후처리 공정이 불필요하게 되었다.

이 논문은 가공오차가 테이블의 위치 결정오차와 엔드밀의 휨과 공구반경의 변화에서 생긴 오차에 기인한다고 가정하였다. 또한 절삭력은 다인(多刃)에 작용하는 칩 부하를 계산함으로써 결정하였고 이 값은 가공오차를 얻기

위한 이론적인 해석에 적용하였다. 반면에 동일조건에서 절삭속도가 커짐에 따라서는 오히려 가공오차가 감소하는 경향을 나타냈다. 가공오차에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 엔드밀의 휨이고 공구반경과 테이블의 위치로 인한 오차가 있었다. 마지막으로 이 논문을 실험과 같은 절삭조건에서 절삭량을 동일하게 하고 절삭력을 일정하게 유지함으로써 가공오차를 감소시킬 수 있음을 제시한다.

ABSTRACT

The CAD/CAM system for the manufacturing automation is the nearest technology in mechanical area and also become the important research subject nowadays.

In this paper, It is proposed that graphic simulation for the motion of CNC machines applying method for modeling of CNC machines with solid object and for representing the kinematic motion of CNC machines with CNC machine models. Increased competition creates complex products and reduces the lead time for product development. The users have to waste time trying to get better data, fixing the data.

The CATIA programming propose the design history based method to heal CAD model errors. In order to achieve a true computer integrated manufacturing system, integration of the computer aided design(CAD) and computer aided manufacturing(CAM) systems is now recognized as the fundamental problem. The Power Mill system is one of the key technologies to integrate computer aided design and computer aided manufacturing and needs many functions to accomplish this integration.

As a life cycle of product has shortened, there are much effort to reduce processing time in usual working area. Especially, coordination of CAD/CNC/CAM can reduce the whole working time which is contained from design of products and manufacturing. In a shorter time we can see problems of design, problems of manufacturing and the outcomes. CNC program design becomes difficult and complicated because of miniaturization and accuracy of products. But development of CAM software simulate the problems which can occur in the process of manufacturing. So we can inspect

the product prior to design of CNC program. Normally, CNC machines of CAM is a machining center between CAD and CAM system. With development of high spindle, the accuracy of shape rises and there is no need of after treatment of manufacturing.

This study is considered machining error divided into the cutting condition and the cutting method. Machining error is assumed to be caused by decision error of table position, the deflection of end mill and the error due to the change of tool radius. Also cutting force is determined by calculating chip load acting on multi-teeth and these are applied to theoretical analysis to obtain machining error.

On the other hand, in same condition, machining error tends to decrease as the cutting speed increase. The deflection of end-mill affects most greatly on machining error. The other errors are caused by tool radius and table position respectively. Finally, in cutting condition being equal to experiment, this study shows that remaining the same cutting volume and constant cutting force reduce the machining error.

목 차

요약문	i
Abstract	iii
목차	v
List of Figures	vii
제 1장 서론	1
1.1 연구목적	1
1.2 연구내용	1
제 2장 이론적 배경	2
2.1 CAD/CAM/CAE	2
2.1.1 CAD(Computer Aided Design)의 기능	2
2.1.2 CAM(Computer Aided Manufacturing)의 기능	2
2.1.3 CAE(Computer Aided Engineering)의 기능	2
2.1.4 CAD/CAM의 필요성	3
2.1.5 CAD/CAM의 효과	3
2.2 CATIA의 기능	3
2.2.1 CATIA	3
2.2.2 기능	4
2.2.2.1 CAD 기능	4
2.2.2.2 CAM 기능	4
2.2.2.3 CAE 기능	4
2.3 PowerMill의 기능	4
2.3.1 PowerMill	4
2.3.2 특징	5
2.3.3 기능	5
2.2.3.1 황삭 (Roughing)	5
2.2.3.2 정삭 (Finishing)	5
2.2.3.3 가공 경로 수정(ToolPath Editing)	6
2.2.3.4 가공 모의 해석	6
제 3장 실험	7
3.1 3D 모델링	7
3.2 PowerMill	10

3.3 CNC 밀링가공	11
제4장 실험결과 및 고찰	18
4.1 고찰	18
4.2 가공 후 표면 비교	18
4.3 오차원인분석	20
4.4 개선점	20
제5장 결론	21
참고문헌	22

List of Figures

- Fig 1. Basement of the manufacturing object
- Fig 2. Setup height of the object
- Fig 3. Modeling (1)
- Fig 4. Modeling (2)
- Fig 5. Modeling (3)
- Fig 6. Drawing
- Fig 7. Roughing toolpath
- Fig 8. Finishing toolpath
- Fig 9. Finishing pencil toolpath
- Fig 10. Roughing process simulation
- Fig 11. Finishing process simulation
- Fig 12. Picture of tool
- Fig 13. End of roughing process
- Fig 14. Finishing process
- Fig 15. End of finishing process
- Fig 16. Roughing process
- Fig 17. Finishing process
- Fig 18. Detail in PowerMill
- Fig 19. Real detail

제 1장 서론

1.1 연구목적

최근에 복잡한 제품 생산과 제품개발 시간을 줄이기 위한 경쟁이 급속화되고 있다. 이를 위해서는 CAD/CAM/CAE를 통한 빠르고 정확한 설계, 생산이 요구되고 있다. 본 논문에서는 이론적인 설계와 실제 가공 시에 생기는 오차를 분석하고 이를 개선하는 방법을 제안하고자 한다.

1.2 연구내용

본 논문에서는 CNC 기계 동작의 그래픽 시뮬레이션을 위한 CNC 기계 모델의 모델링 방법을 제시하였다.

제 2장에서는 CAD, CAM, CAE에 대한 이론적 설명, 그리고 본 논문에서 사용한 프로그램인 CATIA, PowerMill에 대한 소개를 하였다. 제 3장에서는 CATIA를 이용한 3D 모델링, PowerMill을 사용한 CAM 작업, 그리고 실제 CNC 공작기계에서의 가공에 대한 실제적인 실험과정을 소개하였다. 제 4장에서는 실험결과를 분석하여 시뮬레이션과 실제 가공의 오차의 원인을 분석하고, 개선방법을 제안하였다. 마지막으로 제 5장에서는 본 연구의 최종 결론을 기술하였다.

제2장 이론적 배경

2.1 CAD/CAM/CAE

2.1.1 CAD (Computer Aided Design)의 기능

CAD 작업은 설계의 생성, 수정, 편집, 해석 및 최적 설계 등을 효과적으로 수행하기 위해 컴퓨터를 이용하는 작업이다. 2차원 형상을 모델링하거나 도면을 작도하는 기능이 있다. 3차원 형상 또한 모델링 할 수 있는 기능이 있으며, 이로부터 직접 2차원 도면을 생성한다.

2.1.2 CAM (Computer Aided Manufacturing)의 기능

CAM은 제조 과정상의 여러 다양한 공정을 제어 및 감시하기 위해 일반 제조과정에 계통적인 컴퓨터 구조를 도입함으로써, 제조상 발생하는 여러 문제를 총괄적으로 통제하는 시스템을 일컫는다. 물론 이러한 대형 CAM 시스템을 구성하기 위해 일반 범용 NC시스템 및 적응제어 NC 프로그램이 선행적으로 구비되어야 한다. 3축 및 5축 NC DATA를 생성하고, 가공 시뮬레이션 및 ROBOT 시뮬레이션기능 이 있다.

2.1.3 CAE (Computer Aided Engineering)의 기능

제품의 구조형상에 가해지는 역학조건들에 의하여 발생하는 현상을 해석하고 최적 조건을 구하기 위하여 컴퓨터 시스템을 이용하는 작업이다. 유한요소해석(FEA-Finite Element Analysis)법과 경계요소해석(BEM-Boundary

Element Analysis)법이 있다. CAE 해석 모델을 생성하거나 기타 CAE용 S/W로의 데이터 이동을 할 수 있다.

2.1.4 CAD/CAM의 필요성

CAD/CAM을 통해서 고품질, 저가격화, 제품 LifeCycle의 단축, 설계시간 단축, 설계의 신뢰성 확보, 업무자동화 등을 꾀할 수 있다.

2.1.5 CAD/CAM의 효과

생산 주기를 단축시켜주며, 수정사항에 대해 신속한 대응을 가능케 해준다. 설계오류를 최소화 할 수 있고 설계의 정확성이 향상되며, 설계를 검증할 수 있어 설계에서의 생산성을 향상시킬 수 있다.

또한, NC가공에 있어서 숙련기간을 단축시키고, NC Programming에 있어서 오류를 감소시키며, 최적화 방법의 적용을 통한 재료 및 가공시간을 단축시키고 고 정밀성 및 고품질 제품생산을 가능케 하여 가공생산성을 향상시켜준다.

2.2 CATIA의 기능

2.2.1 CATIA

CATIA는 산업체에서 생산하려는 제품의 모델을 설계개념에서부터 제품 생산까지 전 과정에 걸쳐 제작, 수정, 관리 할 수 있도록 해주는 CAD/CAM/ CAE 소프트웨어이다.

2.2.2 기능

2.2.2.1 CAD 기능

2차원 형상 모델링 및 도면 작도, 3차원 형상 모델링, 3차원 모델로부터 직접 2차원 도면의 생성을 할 수 있다. 3차원 부품 모델을 컴퓨터상에서 조립하여 기구학적 해석을 통해 상호 간섭 체크 등을 할 수 있으며 또한 구동 시뮬레이션을 할 수 있다.

2.2.2.2 CAM 기능

3축 및 5축 NC DATA의 생성, NC 가공 시뮬레이션, ROBOT 시뮬레이션 기능을 갖추고 있다.

2.2.2.3 CAE 기능

CAE 해석 모델의 생성, SOLVING, 기타 CAE용 S/W로의 데이터 이동이 가능하다.

2.3 PowerMill의 기능

2.3.1 PowerMill

PowerMill은 빠른 ToolPath를 생성하는 3차원 CAM전용 프로그램이다. 프로그램의 모든 기능이 메뉴로 선택가능 하다. 효율의 최대화, 공회전의 최

소화 가우징 방지 기능을 제공하여 가공 데이터 산출에 소요되는 시간을 크게 줄여준다.

2.3.2 특징

상태가 좋지 않은 데이터도 오차를 조정할 수 있으며 GAP이 존재 하더라도 가공 가능하다. 또한 DUCT 의 Triangle data 를 그대로 사용 가능하다.

2.3.3 기능

2.3.3.1 황삭 (Roughing)

황삭시 가장 효율적인 Raster방향으로 자동으로 ToolPath를 산출한다. Pocket가공시 효과적인 가공을 위해 방향을 결정하고 ToolPath를 필요한 최소의 거리로 산출 하여 가공시간을 줄인다. 또, 공구 경로를 최적화 하여 불필요한 절삭과 공구의 부하를 방지한다.

2.3.3.2 정삭 (Finishing)

시작 MARK를 제거하기 위한 circular lead in, out을 한다. 지정한 경사각 이내의 완만한 영역만 가공 하는 Shallow Region, 원하는 영역을 지정하여 각도와 방향을 임의대로 조정하여 Projection Milling 기능이 있다. 안쪽 모서리에 대해 자동으로 잔삭을 하는 Cornericking 가공을 하고, 복잡한 3차원 형상은 안쪽 모서리를 따라 1회전 하는 Pencil Milling 가공을 한다.

2.3.3.3 가공 경로 수정 (ToolPath Editing)

Mirror, Rotate, Move를 통해 가공방향을 조정하는 것이 가능하다. 임의의 line에 대해선 삭제하는 작업을 한다. 2개의 Toolpath를 연계시켜 공구의 이동시간을 단축시키고 Tool과 Shank의 충돌 체크를 한다. 또, Collision 영역에서 Toolpath Editing을 할 수 있다.

2.3.3.4 가공 모의 해석

실제와 같은 3차원 모의 해석이 가능하다. 이를 통해 가공 공정을 시각적으로 확인해서 재료와 가공시간을 절약 할 수 있다. 툴과 바닥면의 충돌등의 미연의 사고를 방지 할 수 있는 효과도 있다.

제 3 장 실험

3.1 3D 모델링

3.1.1. 주어진 시편의 크기를 고려하여 (100x100x100) 밑면을 그린다.

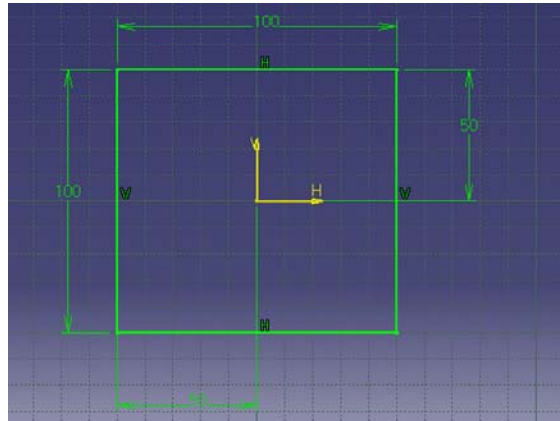


Fig 1. Basement of the manufacturing object

3.1.2. 10mm의 두께를 황삭시 제거할 것이므로 높이를 90mm로 준다.

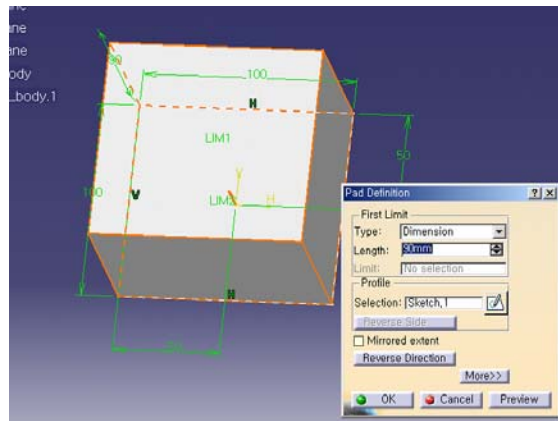


Fig 2. Setup height of the object

3.1.3. 학교마크를 모델링 한다.

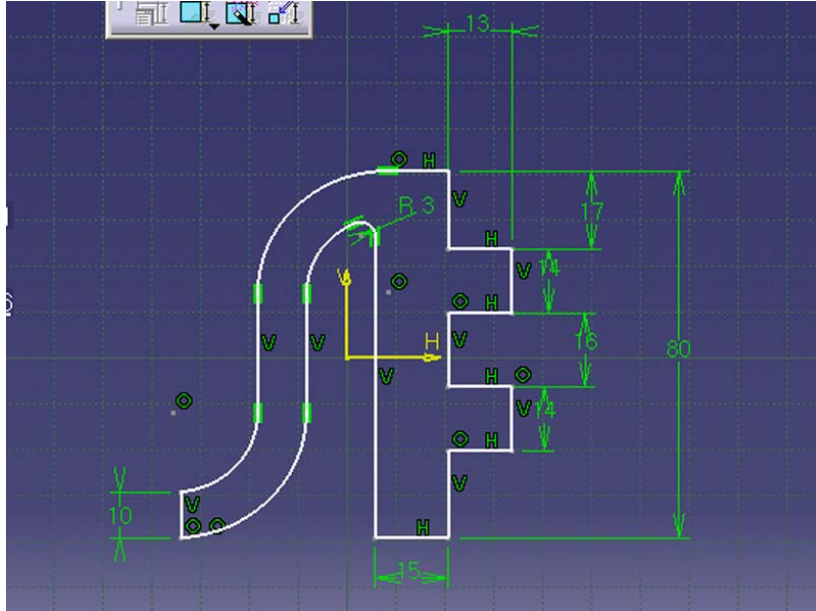


Fig 3. Modeling (1)

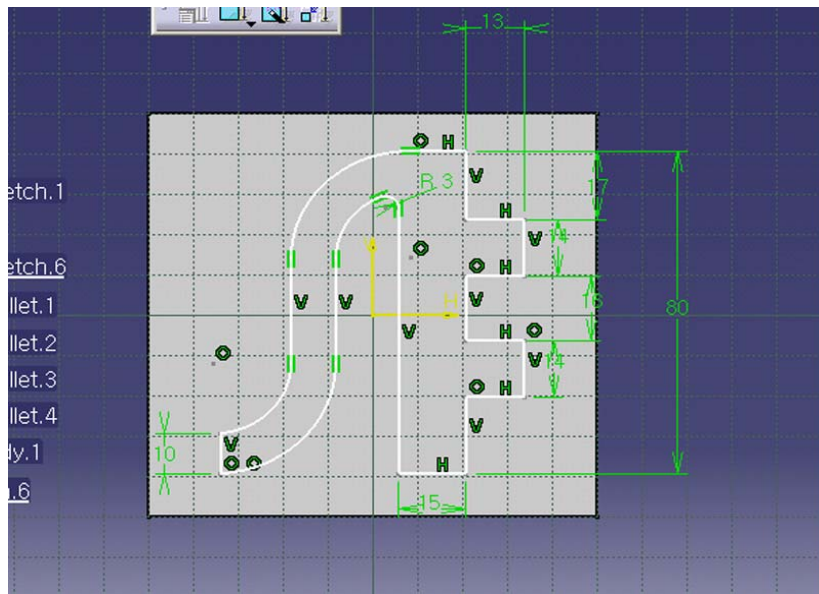


Fig 4. Modeling (2)

3.1.4. CATIA를 통한 3D 모델링 완성 모습

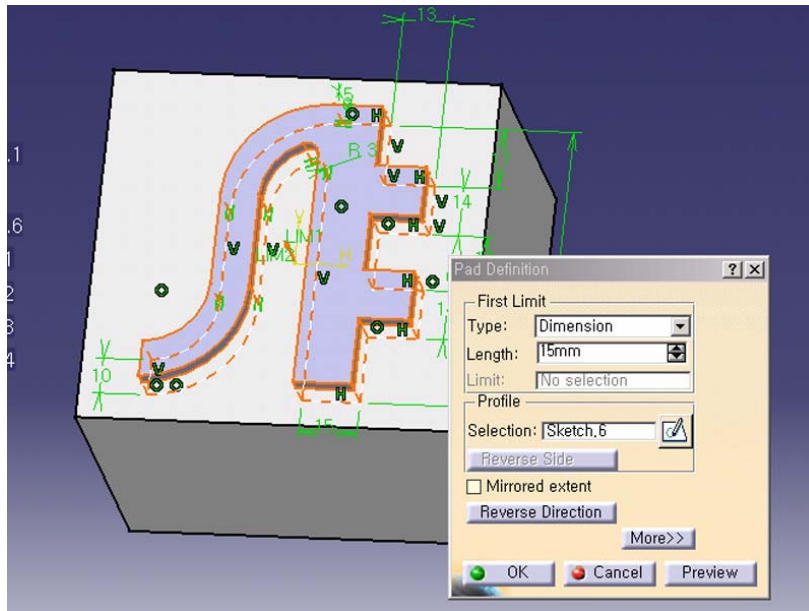


Fig 5. Modeling (3)

3.1.5. 삼각법으로 나타낸 설계도면

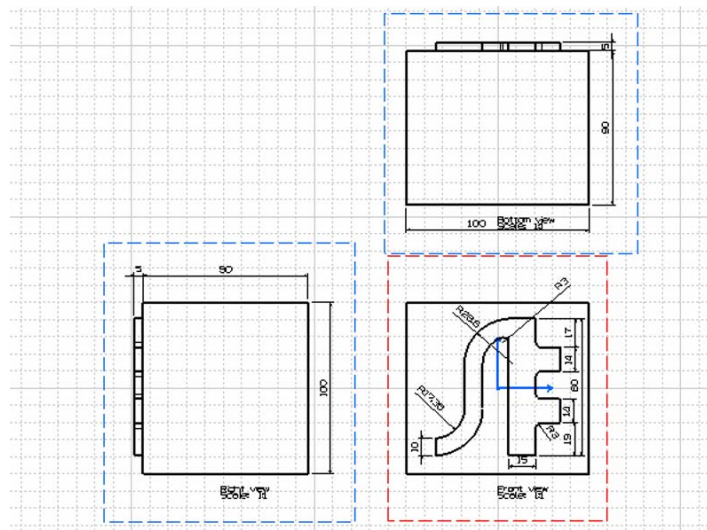


Fig 6. Drawing

3.2 PowerMill

3.2.1 황삭시 ToolPath와 공구의 크기 설정

- 절입량 : 10mm, 가공여유 : 1mm, 공차 0.1 mm
- 공 구 : 15 Φ Flat-Endmill

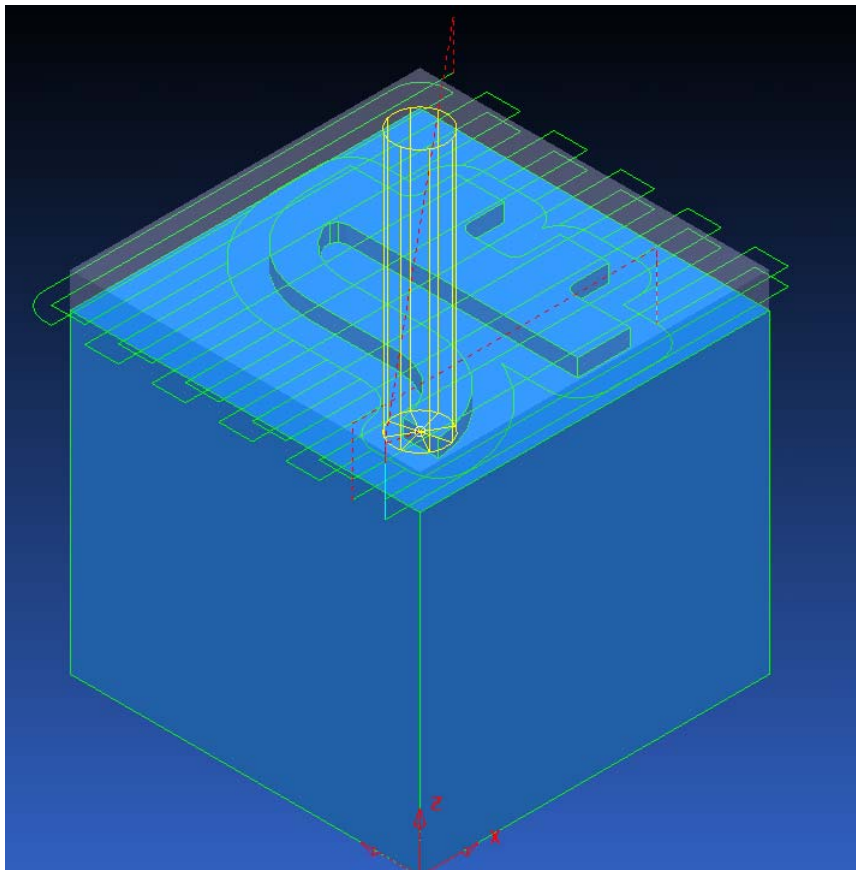


Fig 7. Roughing toolpath

3.2.2. 정삭 Raster ToolPath와 공구 크기를 설정

- 절입량 : 5mm, 5 Φ Flat-Endmill

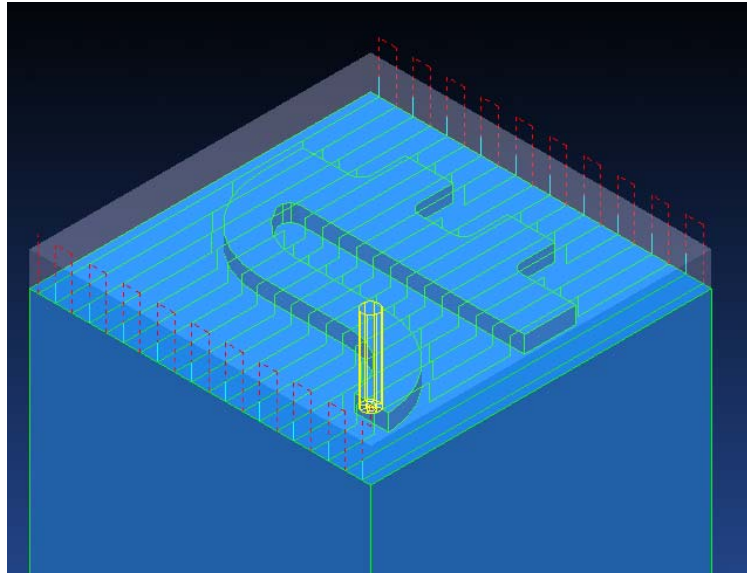


Fig 8. Finishing toolpath

3.2.3 정삭 Pencil ToolPath를 설정

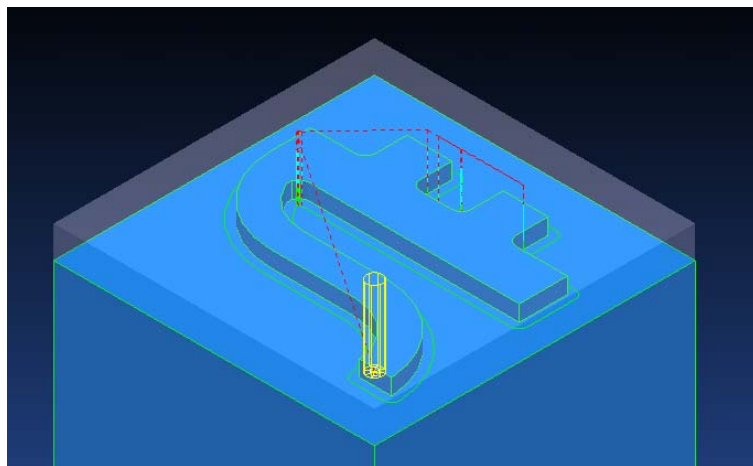


Fig 9. Finishing pencil toolpath

3.2.4 황삭 작업 시뮬레이션

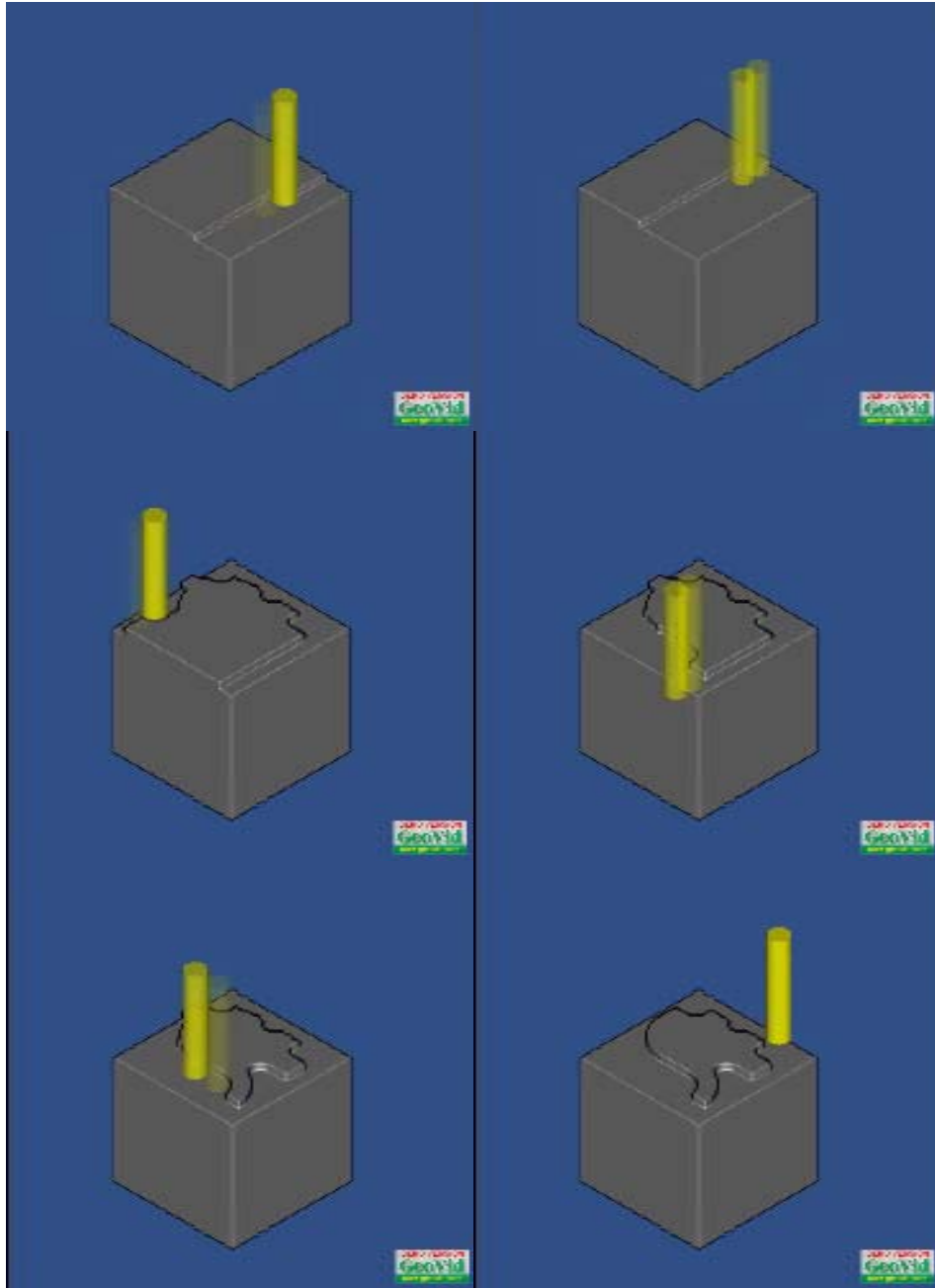


Fig 10. Roughing process simulation

3.2.5 정상 작업 시뮬레이션

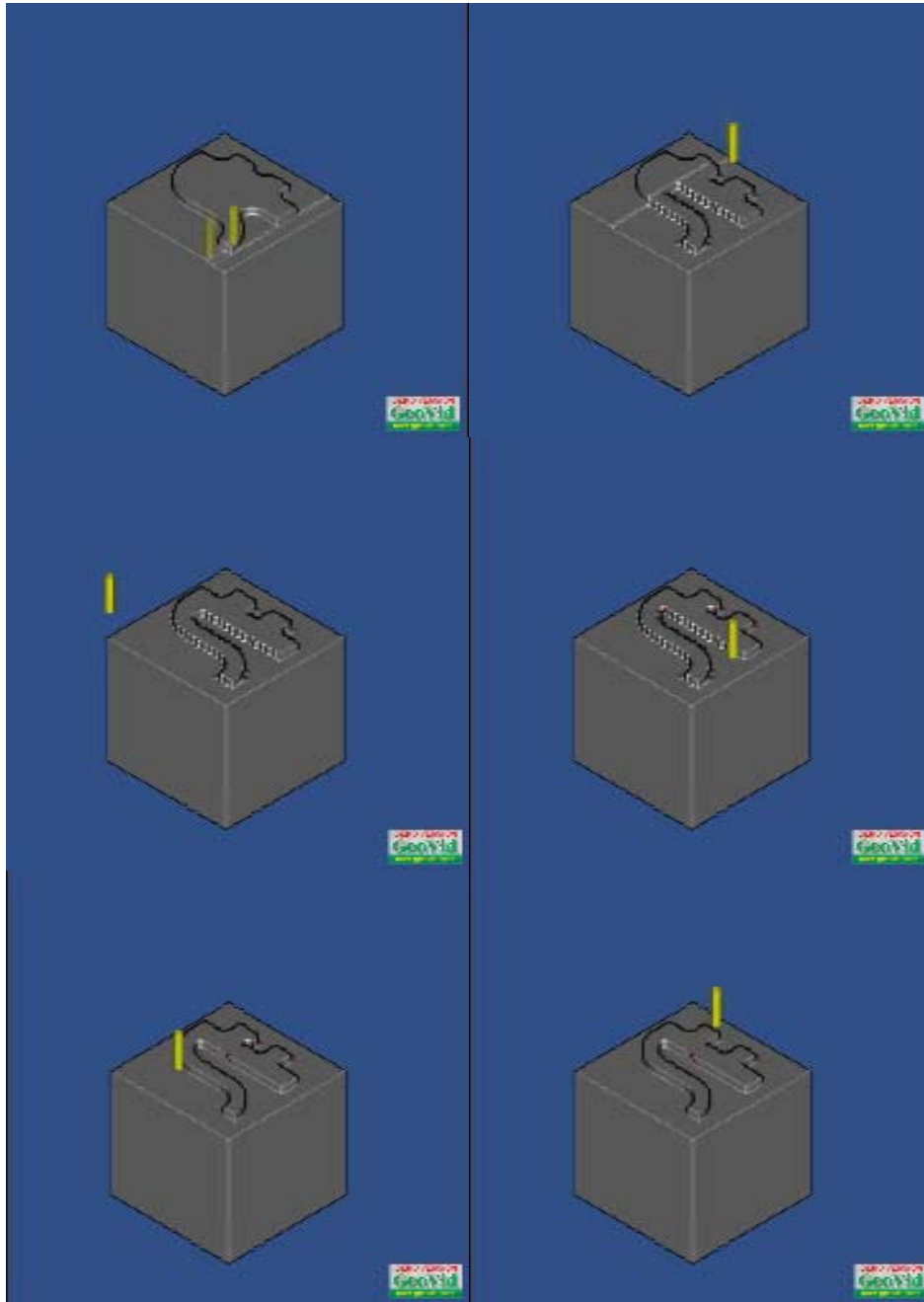


Fig 11. Finishing process simulation

3.3 CNC 밀링가공

3.3.1 15mm Flat-Endmill을 칩에 장착한 모습



Fig 12. Picture of tool

3.3.2 황삭 가공 후 모습



Fig 13. End of roughing process

3.3.3 정삭 가공 모습

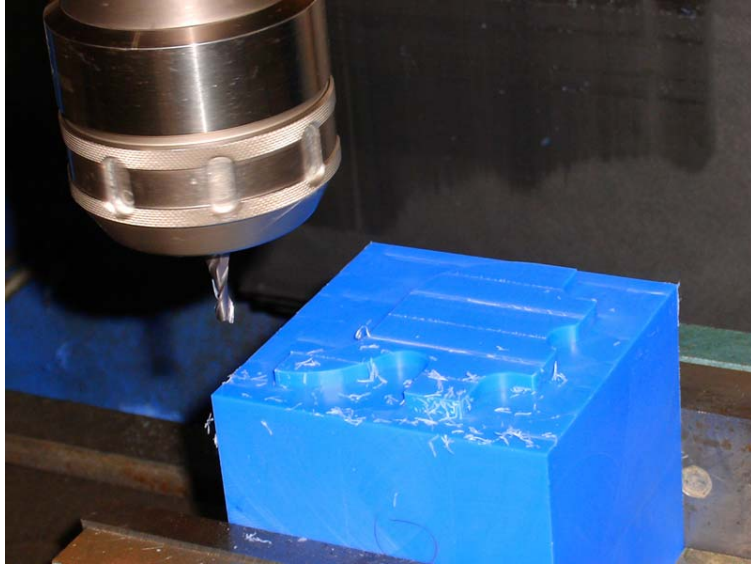


Fig 14. Finishing process

3.3.4 정삭 가공 후 모습

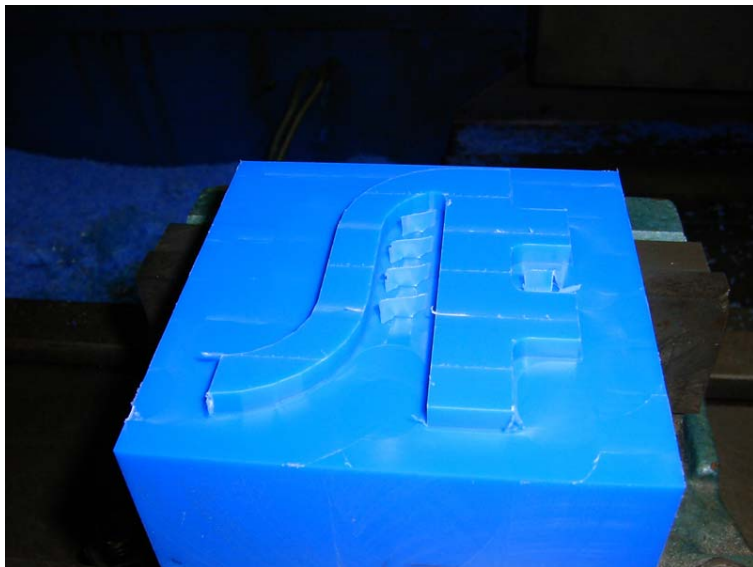


Fig 15. End of finishing process

3.3.5 황삭 가공 동영상 캡취



그림 16. Roughing Process

3.3.6 정삭가공 동영상 캡춰



Fig 17. Finishing Process

제 4장 실험결과 및 고찰

4.1 고찰

모델 형상이 간단하였기 때문에 작업시간을 줄이기 위해서 황삭(Raster)→정삭(Raster) → 정삭(Pencil) 순으로 가공순서를 결정 하였다. 곡면을 가공하는 작업이 없었기 때문에 공구는 모두 Flat-Endmill을 사용하였다. 공구가 Flat-Endmill이기 때문에 커셉(Cusp)이 발생하지 않는다고 판단하여 빠른 가공 시간을 위해서 정삭 Raster가공시 절입량을 공구의 크기와 같은 5mm로 설정하였다.

또한 황삭 가공시에는 안전높이를 115mm로 설정하였으나 정삭 가공시에는 이미 상단부분의 10mm가 절삭된 후이므로 안전높이를 100mm로 설정하여 가공시간을 줄이도록 노력하였다.

PowerMill 프로그램에서의 예상 가공시간은 약 13분이었고 실제 가공에 걸린 시간은 약 1시간 30분이었다. 프로그램에서 시뮬레이션 했을 때는 작업에 가공오차를 줄만한 장애나 외부요인은 전혀 발견되지 않고 깔끔한 결과물의 모습을 보여주었다.

4.2 가공 후 표면 비교

PowerMill에서 시뮬레이션 결과는 표면이 매끄럽게 나왔으나 실제 가공 결과에서는 예상치 못한 결과들이 발생하였다.

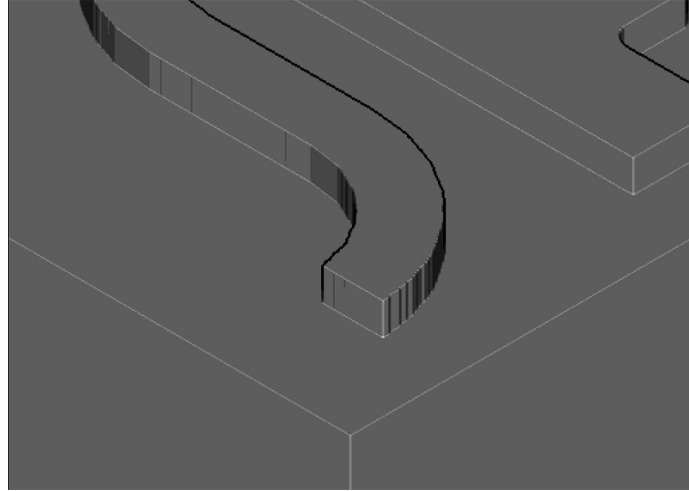


Fig 18. Detail in PowerMill

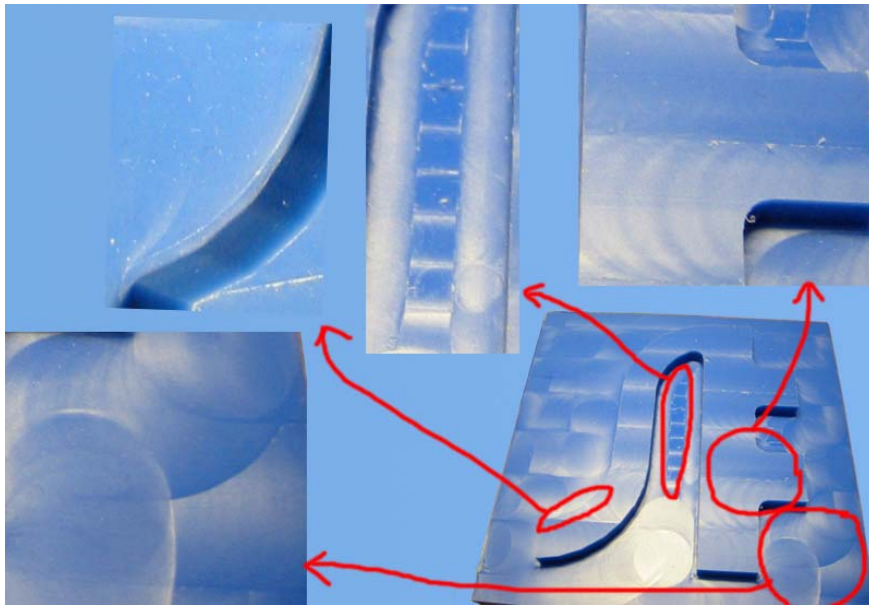


Fig 19. Real Detail

실제 황삭 가공후에는 공작물의 중간 부분에 깎이지 않은 부분이 존재했다. 또, 공작물의 제일 윗면에 지그재그로 가공한 공구의 흔적이 남아있었고 아래 표면에도 흔적이 남아있었다.

4.3 오차원인분석

황삭에서 가공이 안 된 공작물의 가운데 부분은 정삭 시에 커셉(Cusp)이 발생하였다. 이는 정삭 시 사용한 Flat-Endmill의 공구날이 마모되어 완전한 평면을 이루지 않았거나 CNC 머신의 기계적인 오차로 보인다.

PowerMill에서 황삭시 가공여유를 1mm를 줬음에도 불구하고 실제 황삭 결과 윗면의 여유가 남지 않았다. 이것은 PowerMill의 알고리즘에 의해서 Flat-Endmill로 평면가공을 한다면 가공여유를 무시하고 가공경로를 설정하게 한 것으로 보인다. 따라서 정삭 가공을 통해 제일 윗부분의 거친 면이 다듬어지지 않고 오로지 황삭으로만 지그재그로 가공한 흔적이 남게 되었다.

이론적으로는 플랫엔드밀을 사용했기 때문에 표면에 가공흔적이 남지 않아야 하나, 실제로는 공구흔적이 존재했다. 이는 프로그램상에는 계산되지 않았던 공구의 휨과 진동 등으로 인해 발생한 것으로 생각된다. PowerMill 프로그램에서 시뮬레이션 했을때의 가공시간과 실제 가공시간의 차이가 큰 것은 실제 가공시 공구의 이송속도를 더 느리게 했기 때문이다.

4.4 개선점

가공이 되지 않은 부분은 정삭 가공시 공구의 크기보다 절입량을 작게 해 해결하도록 한다. 황삭 가공시에 옆면 뿐 아니라 바닥면에도 가공여유를 두어 정삭 가공을 통해 황삭 가공의 작업 흔적을 없애도록 한다. 또는 이런 단순한 가공은 복잡하지 않으므로 황삭 작업을 생략하고 정삭의 Raster가공과 Pencil가공만으로 하여도 시간도 그다지 추가되지 않고 좋은 품질의 결과물을 얻을 수 있을 것이라 생각된다.

제 5장 결 론

CAD/CAM을 이용한 CNC 가공의 결과 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

첫째, CAD/CAM 작업에서 정확한 모델링과 함께 최적의 작업경로를 구하는 것이 중요하다. 만일 생산하려는 제품과 규격이 틀리던지 재료의 규격에 맞지 않는 모델링을 하게 된다면 그것을 수정하거나 다른 초기 재료를 구입하는데에 막대한 시간과 돈을 낭비하게 될 것이다. 산업 현장은 생산 속도와 품질이 수익성과 직결되는 곳이다. 만일 부적절한 작업 경로의 설정으로 쓸데없는 공정이 추가되어 생산 시간이 길어지거나 가공물의 품질이 떨어지는 일이 없어야 한다. 제품의 품질과 생산 속도의 향상을 목표로 하는 CAD/CAM을 이용한 CNC 가공의 의미를 기억해야 한다.

둘째, 프로그램상에서 적용되지 않는 외부의 오차 요인들을 파악해야 한다. 이번 가공물을 보아도 프로그램 상에서는 만족할만한 모습을 보여주었지만 실제 가공에서는 여러 오차가 발생하였다. 이것은 프로그램내에서 파악되지 않는 외부적 요인으로 인한 것이다. 이는 충분한 실습 경험을 통해서만 해결 될 수 있다. 외부의 요인을 파악하지 않고 이상적인 작업환경만을 생각하여 작업하는 것은 매우 부적절한 행동이다. 항상 외부 오차의 요인을 생각하여 작업경로를 수정해서 만족할만한 결과물을 얻도록 해야 한다.

셋째, 생산속도와 품질, 그리고 안전을 생각해야 한다. 정밀한 결과물을 얻기 위해 정삭작업을 몇 번씩 한다면 하나의 결과물을 얻기 위한 시간은 비약적으로 길어질 것이다. 그러나 속도만을 고려한채 품질 이하의 결과물을 다량 생산한다면 그것은 제품으로써의 값어치가 없을 것이다. 또, 안전을 무시하고 기계의 허용 능력을 벗어난 가공을 하거나 공구가 부러지는 등의 안전사고를 유발한다면 큰 손실이 발생하게 될 것이다. 오차범위 안에 들어갈 정도의 결과물의 품질을 기준으로 생산 속도의 향상과 함께 작업의 안전을 피하여 수익성을 증대시켜야 한다.

참고문헌

- CAD/CAM 개론 : 이종원의 2명 공저 <청문각>
- CAD/CAM SYSTEM :이종원의 3명 공저 <청문각>
- CAD/CAM :이현찬, 최후곤, 하순홍 <도서출판 기술>