

## NC 검증 및 모의가공 시스템 개발

홍 태 화\*

### 1. 개발배경

본고에서는 금성사 금형공장에서 사용하는 CNC공작기계의 생산성 향상과 가공불량 방지 그리고 금성산전에서 개발한 CNC Controller의 고기능화를 목적으로 금성생산기술연구소에서 개발하여 현재 현업에서 사용중인 “NC 검증 및 모의가공 시스템”에 관하여 설명하고자 한다.

최근 국내 각기업에서 가공의 고품질화, 생산성 향상을 위한 노력의 일환으로 다수/다종의 CAM시스템을 도입, 활용하고 있으며 이와 연계되어 경쟁우위를 점유하기 위한 필수 도구로서 CNC공작기계의 활용도 대폭 늘어나고 있지만 CNC공작기계를 담당할 수 있는 작업자의 양성은 이에 미치지 못하여 경력있는 NC기계 작업자는 숫자적으로 상당히 부족한 형편이다. 이러한 현상은 금형제작에 대해 20년의 역사를 가진 금성사 뿐만 아니라 자본,기술,전문인력이 부족한 중소형 금형업종에 더욱 심하여 NC 기계를 보유하고 있는 회사는 NC기계 작업자의 이직에 대비하는 데 신경을 써야 하며 신규로 NC기계를 도입하고자 하는 회사는 NC 작업자의 확보에 어려움을 겪지 않을 수 없다. 또한 우수한 NC기계 작업자의 임금이 매우 높은 것도 현실이다. 이러한 이유로 인해 기존에 현장의 NC기계 작업자들이 수행했던 역할들을 NC Controller가 떠맡아가고 있는 것이 요즈음의 HEIDENHAIN, FANUC등의 고급형/고기능 NC Controller의 개발방향이라 하겠다.

우수한 NC 기계 작업자의 역할을 분석해 보면 크게 다음의 여섯가지로 분류할 수 있다.

첫째 NC 기계의 작동 및 정비,

둘째 도면판독,

셋째 2D NC PROGRAMMING,

넷째 NC-CODE 연결확인,

다섯째 NC-CODE 오류수정,

여섯째 가공상태 확인 및 조정 등이다.

이러한 기능중 어느 한 부분이라도 부족하면 NC기계의 생산성은 저하될 수 밖에 없기 때문에 모든 역할을 원만히 수행할 수 있는 NC기계 작업자는 흔하지 않을 것이다.

그러나 NC기계의 운영이 왜 이렇게 NC기계 작업자에게 의존될 수 밖에 없는가에 대해서는 다시 한번 생각해 보지 않으면 안된다. 금형의 가공에 있어서 NC 작업자에게만 기계운동을 의존하는 것은 생산성 향상에 있어서 신뢰도가 떨어질 뿐 아니라 다품종 소량생산을 위해 하루 24시간 금형가공용 공작기계의 가동을 요구하고 있는 기업의 현실에 비추어 볼 때, 무인화 NC기계 운영을 불가능하게 하는 요인이 된다.

NC 작업자의 기능중에서 작업자의 숙련도가 요구되는 항목들은 금형의 NC가공에 있어서 완전하지 못한 NC-CODE의 기능을 보완하며 가공이 끝날 때 까지 기계와 함께 있어야 하는 업무라고 할 수 있다. 그러므로 NC 검증 및 모의가공 시스템을 통해서 NC 작업자의 숙련기능 부분을 완전히 소화해 줄 수만 있다면 NC기계 작업자의 역할은 단순기능만이 남게 되며 NC기계의 생산성을 한층 더 높일 수 있을 뿐 아니라 가공의 신뢰성을 높이고 무인화 가공을 가능케 할 수 있다. 또한 고급형/고기능 NC Controller가 갖추어야 할 조건에 있어서 이러한 검증 시스템이 가장 기본적으로 중요한 기능이라고 말할 수 있다.

\* 금성생산기술연구소

## 2. NC 검증 및 모의가공 시스템 개요

CAD/CAM이 일반화되기 전에는 복사가공(COPY MILLING) 방식으로 자유곡면을 가공했다. 복사가공 방법은 복사모델(나무, 수지, 석고, 점토 등의 COPY MODEL)이 가공정보를 담고 있기 때문에 복사모델만 정확하다면 큰 불량은 없었으므로 복사모델만 철저히 검사하면 불량을 제거할 수 있었다. 하지만 제품 아이디어에서 금형을 가공하기 까지는 많은 절차와 다양한 사람들이 개입되므로, Manual Programming 또는 CAD/CAM System을 통해 생성되는 NC-CODE는 설계자의 당초의도와는 달리 다양한 불량요인을 포함하고 있다. 이러한 오류의 종류는 크게 형상오류와 절삭조건오류의 두가지로 대별될 수 있다. 형상오류는 원하는 형상과는 다른모양을 가공하게 되는 경우로 도면판독 오류, 수치입력 오류, 잘못된 공구경로에 의한 오류, Over-Cutting(파먹는 경우), Under-Cutting(덜컹는 경우), 작업물 Setting과 NC-CODE와의 불일치, 실제 사용한 공구와 NC-CODE가 가정하는 공구의 불일치로 인하여 발생하며, 절삭조건오류는 부적절한 절삭조건부여로 인해 발생하는 오류로서 공구 급송이송시 작업물 또는 Fixture와의 충돌에 의한 파손, 과부하에 의한 공구의 파손 및 오가공, 너무 작은 부하에 의한 과도한 절삭시간, 공구 경로 간격등이 너무 커서 생기는 과도한 Cusp, 불필요한 공구의 움직임등에 기인한다고 할수 있다.

그러나, NC가공은 가공정보를 NC-CODE가 가지고 있기 때문에 복사가공처럼 가공불량을 미리 발견하기 어려우며, 그 해결책으로서 기존의 방법들은 Work-Piece가 없는 상태에서의 Dry Run, 나무·수지·석고·스티로폴 등의 시험가공, NC-CODE의 육안 확인, 가공중 작업자의 계속되는 가공조건 Control 등이 있으나 이러한 방법들은 오류의발견이 힘들 뿐 아니라 NC 기계의 생산성을 저하시키며, 무인가동을 저해하는 요인일뿐 아니라 불량으로 인한 재작업의 경우 엄청난 공수의 낭비를 가져오게 된다.

NC-CODE를 검증해보는 가장 확실한 방법은 작성된 NC-CODE로 미리 시험 절삭을 해보는 것이지만 시험절삭에는 많은 시간이 걸리며 재질이 다른 피삭

재 이므로 절삭조건에 관한 검증을 기대하기는 어렵다. 따라서, 가공이 시작되기 전에 NC-CODE의 오류를 방지하기 위해 실제가공과 같이 여러측면에서 Simulation해 볼 수 있고, 공구의 자동선정과 같은 최적절삭조건을 부여하여 제조업체의 목표중 하나인 CIM(Computer Integrated Manufacturing)을 위한 무인가공의 기반을 다질 수 있는 "NC 검증 및 모의가공 시스템"(이하 Simulator)이 필수적이라고 할 수 있다.

## 3. 개발 범위

### 3.1 Simulator의 범위

본내용에서 설명하는 Simulator는 다음의 3가지 CNC기종과 5가지 Controller에 대한 NC-CODE 검증 및 모의가공을 수행하는 것을 목적으로 하였다.

(1) Machining Center(이하 MCT)가공을 위한 Simulator

- ① FANUC Controller용
- ② HEIDENHAIN Controller용
- ③ DECKEL Controller용

(2) 선반가공을 위한 Simulator

- ① FANUC Controller용

(3) W-EDM 가공을 위한 Simulator

- ① AGIE Controller용
- ② CHARMILLES Controller용

### 3.2 Simulator의 기능

(1) 검증 기능

NC-CODE를 검증하기 위한 기능으로 NC-CODE가 포함하고 있는 Tool Path의 Graphic Display와 가공공작물에 대한 Cutting Simulation을 통하여 NC-CODE에 대한 형상오류와 가공조건오류를 방지하고 공구충돌 및 작업물 Setting 오류를 사전에 검증한다.

(2) 수정 기능

CAM시스템이나 Manual Programming에 의해 작성된 NC-CODE를 Graphic으로 검증한 뒤 잘못된 부위를 부위별로 수정하여 가공 부위별 최적 절삭조건 부

여, 과부하에 의한 공구파손 및 오가공 방지, 최적절삭조건 부여로 가공시간 단축등 숙련된 작업자의 역할을 축소해 준다.

### 3.3 Simulator의 작동 환경

#### (1) Controller 내장형

Controller에 내장되어 NC작업자에 의해 수행되며, 가공하기 직전의 작업물을 올려놓고 Simulation을 해 보던가, 아니면 가공을 진행하면서 다음에 작업할 NC-CODE를 Simulation해 본다. PC에서 수행되는 외장형과 다른점은 내장형의 경우 NC-CODE의 수정작업을 할 수 없도록 되어있다.

#### (2) 외장형 (PC 용)

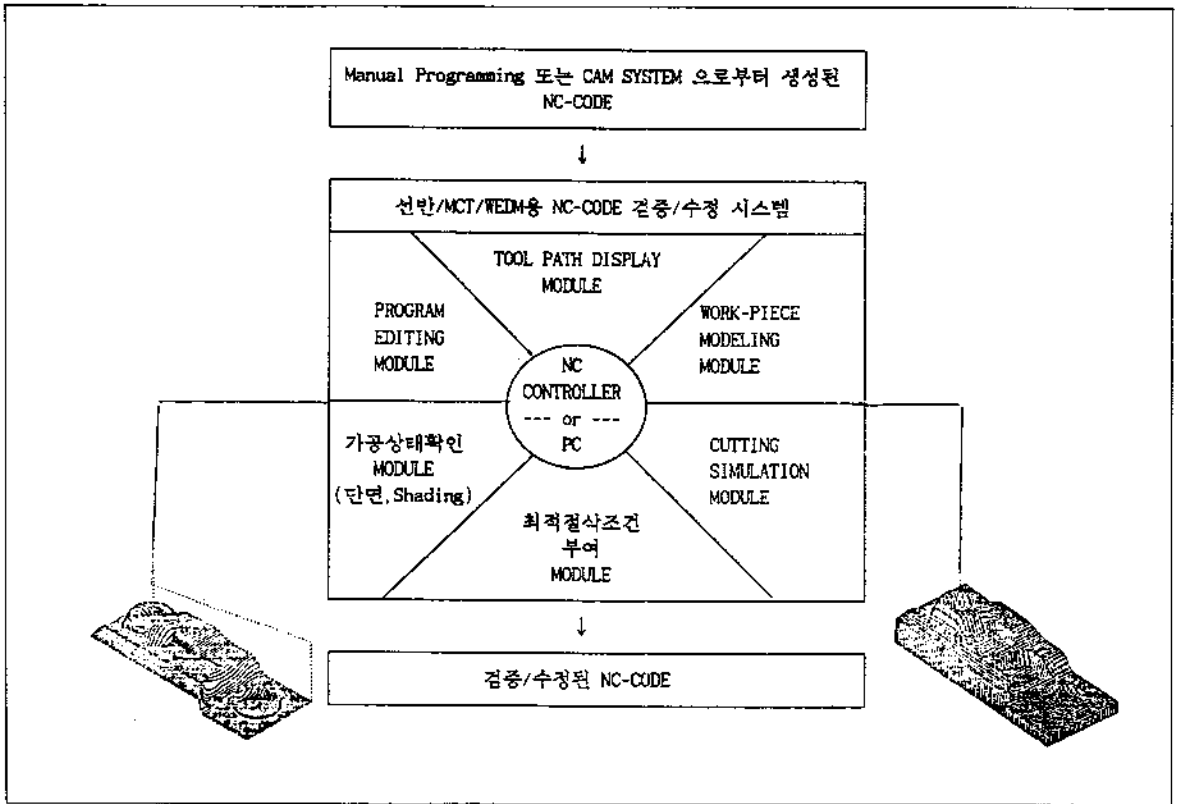
Controller와는 달리 별도의 컴퓨터(PC)에서 동일한

검증/수정작업을 행한다. 이것은 고가의 CNC공작기계에 작업부하가 많을 경우, 검증/수정작업을 별도의 PC에서 수행함으로써 NC기계의 부담을 덜어 생산성 향상을 도모한다.

## 4. 개발내용

### 4.1 전체시스템의 구조

Simulator는 크게 6가지 모듈로 구성되어 있으며 입력된 NC-CODE를 분석하여 각모듈별로 검증/수정 작업을 수행한 다음 수정된 NC-CODE로 다시 만들어 주도록 되어있다.(그림 1. 참조)



〈그림 1〉 Simulator의 전체구조

4.2 각 모듈별 기능

(1) TOOL PATH DISPLAY MODULE

각 조건에 따른 공구경로를 화면상에서 검증해보는 Module로 다음과 같은 기능을 가지고 있다.

- ① 공구보정이 고려된 공구경로의 Display
- ② 공구의 이동상태를 보여주는 Animation
- ③ 급송이송 공구경로를 선택적으로 확인시켜 주는 Tool Path Hide
- ④ 공구경로를 여러 각도에서 확인해 보는 3D View Point 변경
- ⑤ 공구경로를 부분적으로 확대해 보는 Part Zoom
- ⑥ 화면상에 나타난 공구경로를 전체적으로 확대/축소해 보는 Scale 변경
- ⑦ Display된 공구경로의 전체를 옮겨주는 Move
- ⑧ 작업도중 기계측 제어상태를 확인하는 M-CODE 상태확인
- ⑨ 여러개의 NC-CODE를 동시에 Display하여 비교해 주는 Multi Window
- ⑩ 특정 Block의 탐색 및 가공시간 계산
- ⑪ 공구경로의 Sequential Trace

(2) WORK-PIECE MODELING MODULE

가공전의 공작물 형상을 Modeling 해주고 밀링용 공구와 선반가공용 공구를 정의해 준다.

- ① 가공전 상태의 공작물을 그려주는 Work-Piece 모델링
- ② Cutting Simulation후 남아있는 최종 공작물 모델링
- ③ 선반 / MCT의 임의의 공구형상 모델링

(3) CUTTING SIMULATION MODULE

주어진 작업물을 주어진 공구와 NC-CODE로 가공하는 상황을 실제가공처럼 Simulation하여 시각적으로 확인해 줄 수 있도록 사용자에게 Graphic정보 및 계산된 수치 정보를 제공해 준다.

- ① 가공후 남는 작업물 형상의 계산
- ② Work-Piece 위로 공구가 지나가며 가공하는 모습을 연속적으로 Simulation
- ③ NC Block별 부하량의 계산

(4) 가공상태확인 MODULE

- ① 실제가공된 공작물처럼 상태를 확인
- ② 가공후에 남게될 형상을 확인
- ③ 공작물이 깎여나가는 Process Simulation
- ④ 은선 제거 처리한 Display
- ⑤ Color Shading Display
- ⑥ 작업물의 임의의 단면을 잘라 확인
- ⑦ 임의 위치의 Z값 계산

(5) PROGRAM EDITING MODULE

수정할 공구경로를 Graphic으로 선택하여 Program의 수정 및 Editing

- ① Block의 삭제
- ② Block의 추가
- ③ Block의 이동
- ④ 2D Program Editing
- ⑤ 부분별 절삭조건 수정

(6) 최적절삭조건 부여 MODULE

계산된 부하량에 따른 가변적 절삭조건 부여 기능

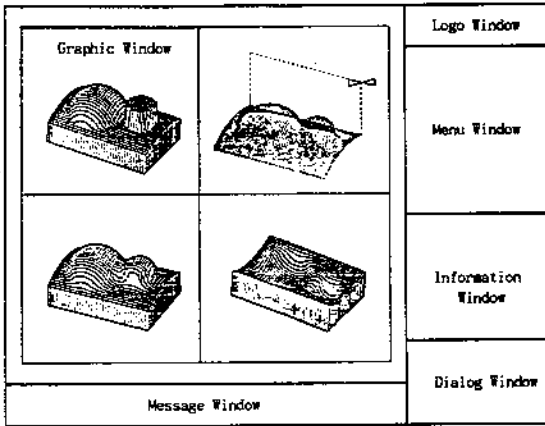
- ① 공구의 자동선정 정보제공
- ② 공작물 재질과 절삭깊이에 따른 최적절삭조건 판단 (이송속도/회전수 등)

5. Simulator의 환경 및 Flow

5.1 Simulator의 환경

- (1) H/W : 금성산전 제작 CNC Controller (FANUC Type)  
PC 386 이상 (VGA)
- (2) S/W : User Interface, 계산모듈 - C 언어
- (3) 화면 구성

본 Simulator에서는 MS-Windows와같은 범용 GUI (Graphic User Interface)를 사용 하기에는 필요치 않은 기능이 너무 많고 그 크기가 너무 커서 꼭 필요한 기능만을 수 행하도록 별도로 전용화된 GUI를 개발하여 사용하였으며 모든 검증과 수정, 모의가공을 Mouse 만 이용하면 가능하도록 되어있다.(그림 2. 참조)

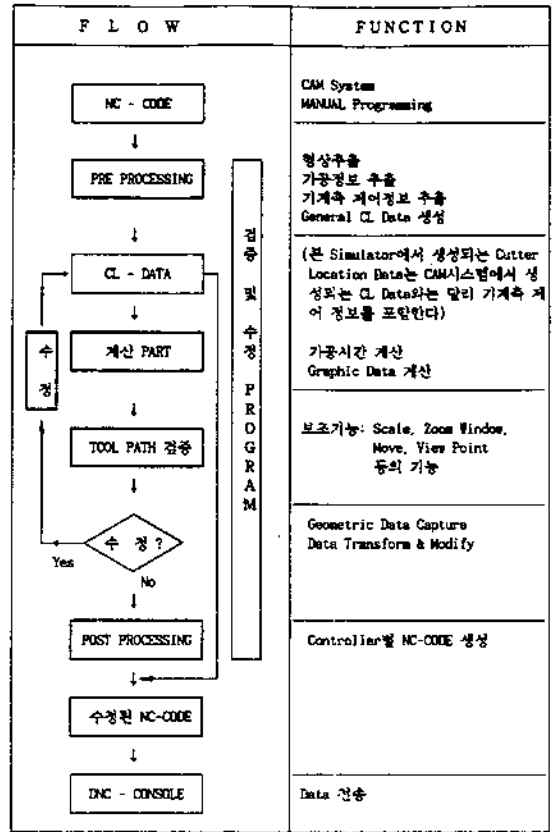


〈그림 2〉 User Interface가 제공하는 화면구성

5.2 Simulator의 Flow

(1) NC 검증/수정 Module의 Flow

MCT, 선반, W-EDM 용의 NC-CODE를 가공전에 미리 컴퓨터 Graphic을 이용하여 공구경로를 확인해 해봄으로써 잘못된 부위를 수정하거나 절삭조건 등을 변경하여 Test Cutting 과 같은 낭비요소를 제거하고 신뢰성있는 NC-CODE를 작성하여 준다.(그림 3. 참조)

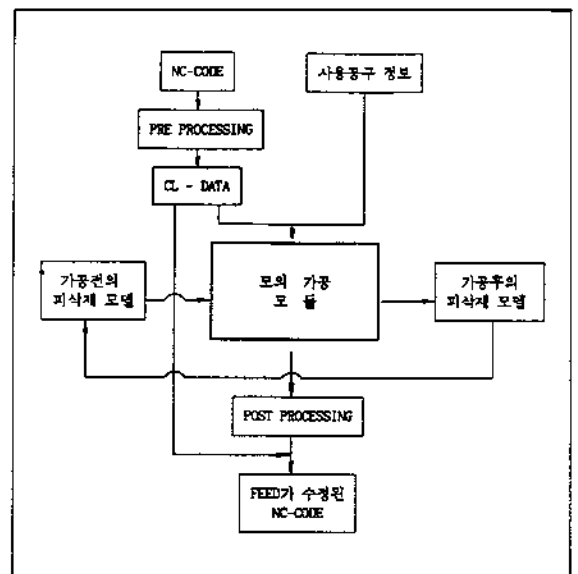


〈그림 3〉 NC 검증/수정 모듈의 Flow

(2) 모의가공 Module의 Flow

모의가공모듈은 미리 작성된 NC Code에 사용할 공구를 주고 피삭재를 가공해 나가는 과정을 컴퓨터를 이용하여 모의시험해 보고, 가공결과로 얻어진 피삭재를 미리 검사해 봄으로써 NC-CODE의 오류를 사전에 발견하고, 또한 모의가공시 얻어진 계산결과로부터 실제 가공에 필요한 최적의 절삭조건을 부여함으로써 과부하에의한 공구파손을 미연에 방지 하자는 목적을 갖고있다.(그림 4. 참조)

피삭재를 표현하기 위한 방법으로 Z-Map 표현방식을 적용하였으며 이원리는 눈에 버를 일정간격으로 촘촘히 심어놓은 것을 피삭재 모델로 하고, 잔디깎는 기계를 공구라 생각 하는 방법으로, 근사적 가공후의 형상을 계산하는 때는 가장 우수한 방법으로 알려져 있다. 단점은 정확한 계산을 위해서는 버를 매우 촘촘히 심어야 하므로 필요한 Memory가 커지고, 계산



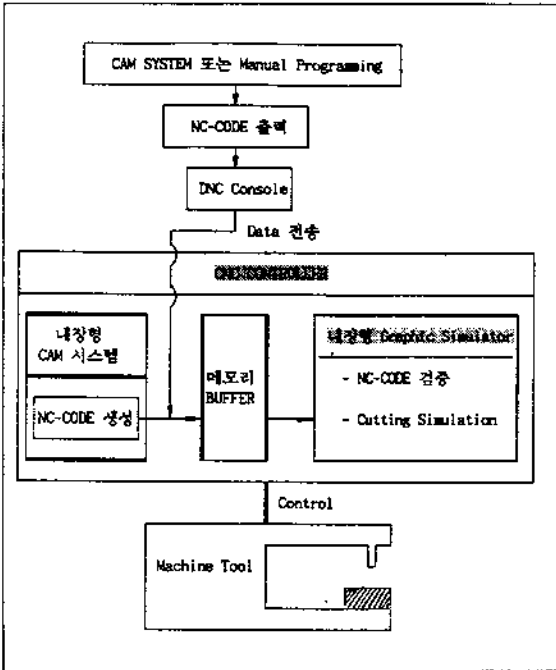
〈그림 4〉 모의가공 모듈의 Flow

시간을 많이 요하게 되는 것이나, 이러한 단점은 H/W의 발달로 점차 보완되어 나갈 것으로 기대가 되며, 본개발의 용도에 맞추어 볼 때 적당한 Grid간격만 유지해 주면 큰무리가 없다.)

## 6. 적용사례

### 6.1 금성산전연구소

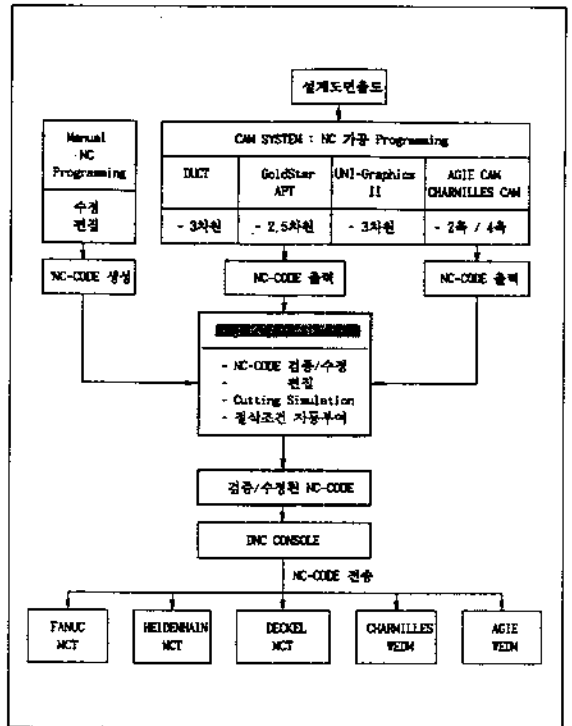
외국산 고급형/고기능 Controller와 경쟁하기 위해 금성산전연구소에서 개발한 FANUC Type의 국산 Controller에 내장하여 외부의 CAM시스템에서 작성되어 통신된 NC-CODE와 Controller내부의 CAM장치에서 생성된 NC-CODE에 대하여 NC작업자가 직접 검증 및 모의가공을 수행할 수 있도록 되어있다.(그림 5. 참조)



(그림 5) 금성산전 적용 Flow

### 6.2 금성사 금형공장 (10 Set)

국내 금형공장중 가장 큰 공장중의 하나인 금성사 금형공장(창원,평택)의 CNC공작기계 의 생산성향상과 가공불량 방지를 위하여 외장형 Simulator를 End User가 직접 활용할 수 있도록 금형설계실에 10Set를 공급하여 현재 활용중이다.(그림 6. 참조)



(그림 6) 금성사 금형공장 적용 Flow

## 7. 결론 및 향후과제

본내용에서 설명한 Simulator를 실제로 CAM 시스템을 사용하여 금형가공을 수행하는 현장에 적용해 본 결과 크게 두가지 측면의 효과를 얻을 수 있었다.

첫째로는 경제적인 효과를 들 수 있다. 작성된 NC-CODE를 가공하기 전에 실제가공과 똑같이 Simulation해 봄으로써 가공되는 과정 및 결과를 미리 시각적으로 확인하여 작업이 끝날 때까지 기계와 함께 있어야

하는 NC 작업자의 비효율적인 시간을 제거할 수 있었으며 따라서 비전문가도 NC 작업에 무리가 없었다. 또한 NC-CODE의 신뢰성이 높아짐으로써 가공불량, 금형재료 낭비를 방지하였고 가공시간도 단축됨에 따라 NC기계의 생산성을 높일 수 있었다.

둘째로는 기술적인 효과를 들 수 있다. 가공과 관련된 기술적인 측면 즉, 최적가공경로의 판단과 최적가공량 선정, 공구간섭 체크 등의 기술적 적용이 가능했으며 NC Controller 내장형 검증시스템의 국내기반을 구축하였다고 말할 수 있다.

향후 실행해야할 과제로는 본개발에서 적용했던 5가지 NC-Controller 이외의 Controller에 대해서도 Pre-

Processor(NC-CODE의 정보를 분석해 주는 Interpreter)와 Post-Processor(가공정보를 NC-CODE로 만들어 주는 Transformer)를 개발함으로써 Simulation할 수 있는 범위를 넓히고자 한다.



#### 홍태화

1963년생

공작기계의 절삭가공 전공

현재 CAM시스템 개발업무 담당