

## 금형공장의 NC 밀링용 가공관리 시스템

정희민\* · 고충남\* · 부창완\* · 원재윤\* · 정구환

# Manufacturing Management System for NC Milling of Die Factory

H. M. Jeong, C. N. Ko, C. W. Boo, J. Y. Won and G. H. Chung

### Abstract

Die Factory follows typical order adaptive manufacturing, and delaying delivery affects directly product development of customer. Manufacturing Management System is tried to comply with the appointed date of delivery. It acquires running signal from NC milling, calculates manufacturing results, and offers the basic data to manage the operation ratio. Thus it offers production data necessary to accomplish the objective of progress improvement for Unmanned Manufacturing. Manufacturing Management System runs on Web Environment, and is composed of electronic work order, operation ratio, data acquisition and totaling module.

Key Words : Die Factory, Manufacturing Management System, Electronic Work Order, Monitoring, Operation Ratio, Data Acquisition

### 1. 서론

금형 공장은 전형적인 수주생산 환경을 따르고 있으며 제품의 납기 지연이 고객의 제품개발 기간에 직접적인 영향을 미친다. 금형 제작시 납기 준수, 제조원가 절감, 금형 품질 확보가 주요한 과제가 되고 있으며 이를 달성하기 위해 여러 가지 방법이 시도되고 있다.

제조기업은 공장의 체계적인 관리 및 생산성 향상을 위하여 1) ERP(Enterprise Resource Planning) 도입,

2) FMS(Flexible Manufacturing System) 도입, 3) MES(Manufacturing Execution System) 도입 등과 같은 노력을 기울이고 있다.

FMS 를 도입하여 생산성을 향상하려면 전체 공장의 생산일정과 부하를 고려하여 FMS 를 운영할 때만 가능하다. 따라서 제조라인의 부하를 고려한 투명한 부하관리의 필요성이 뒤따른다. 그러나 ERP 시스템은 일정계획을 관리하기는 하지만 현장의 세부 공정과 변동 상황을 관리할 수 있는 기능을 지원하지 않는다. MES 는

\* (주)큐빅테크 큐빅기술연구소

효율적으로 ERP를 운영하기 위해 지속적으로 현장 제작 정보를 Feedback 하는 기능을 제공한다. 그렇지만 MES의 현장 제작정보를 사람이 작업보고서를 기초로 하여 수동으로 입력하는 방식이 아니라 기계로부터 자동으로 취득하기 위해서는 장비별로 가공 상황을 실시간으로 파악하여 가공 현황을 집계하는 시스템이 필요하다.

NC 밀링용 가공관리시스템은 NC 밀링으로부터 직접 가동신호를 취득하고 생산 실적을 자동으로 집계함으로써 가동율을 관리할 수 있는 기초데이터를 제공한다. 이를 통해 금형공장에서 무인가공, 고속가공을 수행하기 위한 공정개선의 목적을 달성하는 데 필요한 생산정보를 제공한다.

본 논문에서는 가공관리 시스템의 구성, 전자 작업지시서, Web 서버, 가동율 관리에 관해 서술하여 가공관리 시스템을 구축하는 모델을 제시하고자 한다.

## 2. ERP, MES, 가공관리 시스템의 관계

### 2.1 ERP의 주요 기능

ERP(Enterprise Resource Planning) 시스템은 기업의 각 부분을 이루는 다양한 업무에서 필요한 많은 정보를 서로 유기적으로 연결하고 통합적으로 관리함으로써 정보의 손실을 막고 업무효율을 증대시키는 데 목적이 있다. 따라서 ERP의 도입은 단순한 시스템의 설치라 아니라 각각 독립되어있는 조직의 업무흐름을 재정립하고 표준화하여 이를 정보시스템화하는 과정이라고 할 수 있다.

ERP 시스템은 일반적으로 각 업무영역별 모듈로 구성된다. 이들 각 모듈들은 기준정보를 바탕으로 서로 독립적으로 도입이 가능하며, 점진적인 확장과 통합이 가능하도록 구성되어 있다.

ERP는 기업의 업무 전반을 지원하는 만큼 많은 모듈로 구성되지만 전통적인 제조기업에서의 ERP의 중심 기능은 다음과 같다.

- ① 수요예측
- ② 제품정보관리(BOM, Routing)

- ③ 생산계획
- ④ 자재소요계획수립
- ⑤ 재고관리
- ⑥ 자재구매
- ⑦ 원가관리

### 2.2 MES 주요 기능

MES(Manufacturing Execution System)의 주요 기능을 다음과 같이 정리할 수 있다.

- ① Resource Allocation and Status : 자원상태 관리 및 실시간 모니터링기능
- ② Operations/Detail Scheduling : 자원부하 및 우선순위, 제조특성을 고려한 상세한 스케줄기능
- ③ Dispatching Production Units : 작업물의 제조 일정 수정, 재작업, 긴급작업 등의 지시 및 대응기능
- ④ Document Control : 작업지시, 제조사양, 도면, 표준작업절차 등 현장의 작업시 필요한 다양한 문서의 관리기능
- ⑤ Data Collection/Acquisition : 현장의 작업결과를 자동/수동으로 집계기능
- ⑥ Labor Management : 최근의 작업자 상태 및 근태현황 등의 관리기능
- ⑦ Quality Management : 품질관리
- ⑧ Process Management : 작업물의 작업상황에 대한 모니터링과 자동수정, 문제발생시 작업자에게 알림, 의사결정 지원기능
- ⑨ Maintenance Management : 설비에 대한 유지보수 및 예방정비 지원, 설비이력 관리기능
- ⑩ Product Tracking and Genealogy : 작업물의 실제작업 경로 추적 및 작업이력 관리기능
- ⑪ Performance Analysis : 작업실적 리포팅 및 과거 자료와의 비교분석 자료 지원기능

### 2.3 가공관리 시스템의 주요 기능

가공관리 시스템은 금형제조의 리드타임 및 품질에

많은 영향을 미치는 기계가공에 대하여 작업지시부터 가공, 가공현황 모니터링, 데이터 집계 및 분석에 이르는 기계설비의 실시간 모니터링 시스템으로 주요기능은 다음과 같다.

- ① 전자 작업지시서 제작 및 조회
- ② 장비의 가동현황 및 공정작업현황에 대한 구체적인 모니터링 기능
- ③ 설비 가동율 분석 기능
- ④ 작업자 근태관리 기능
- ⑤ 기준정보 관리 기능

### 2.4 ERP, MES, 가공관리 시스템의 관계

ERP, MES, 가공관리 시스템에서는 제조에 필요한 다양한 정보를 생성하고 제조과정에서 발생하는 정보를 취득하며, 이들 정보가 활용되는 일련의 업무에서 서로 유기적으로 연결되어 있다. 다음 Fig. 1은 이들 시스템의 상호관계를 도식화한 것이다.

Fig. 1에서 보듯이 ERP는 주로 관리부분에 초점이 맞추어져 있으므로 많은 제조기업, 특히 금형제조와 같은 수주생산형 제조업체에서는 ERP시스템에 정보를 제공하는 생산정보 취득 및 관리의 미흡으로 인하여 도입효과가 미미하거나 실패로 돌아가는 경우가 많다.

또한 MES는 관리초점이 현장이며 현장의 제조실시를 담당하지만 설비 및 현장의 정보를 취득하기 위해서는 또한 데이터 집계시스템(POP/DAS)의 뒷받침이 있어야 한다. 그렇지 않으면 최신의 정보를 실시간으로 취득하지 못하여 MES를 통한 생산관련 의사결정은 잘못된 결과를 초래할 수 있다.

가공관리 시스템은 정보시스템의 한 축으로 봤을 때 ERP, MES와의 관계에서 설비의 가공정보를 집계하는 POP의 역할을 수행하며 동시에 MES의 일부 데이터 처리기능을 담당하도록 구성되어 있다.

단위 설비의 가동율 향상 노력이나 공정현황 파악 및 적절한 의사결정을 지원하기 위한 가공관리 시스템 또한 전체 설비의 부하 및 생산제품의 진도/납기를 고려

한 스케줄과 병행하여 현장을 관리했을 때 시너지효과를 창출할 수 있다.

ERP, MES, 가공관리 시스템은 관리의 초점 및 취급되는 데이터의 층위는 다르지만 데이터의 생산, 수요의 측면에서 강한 연결고리를 형성하고 있다.

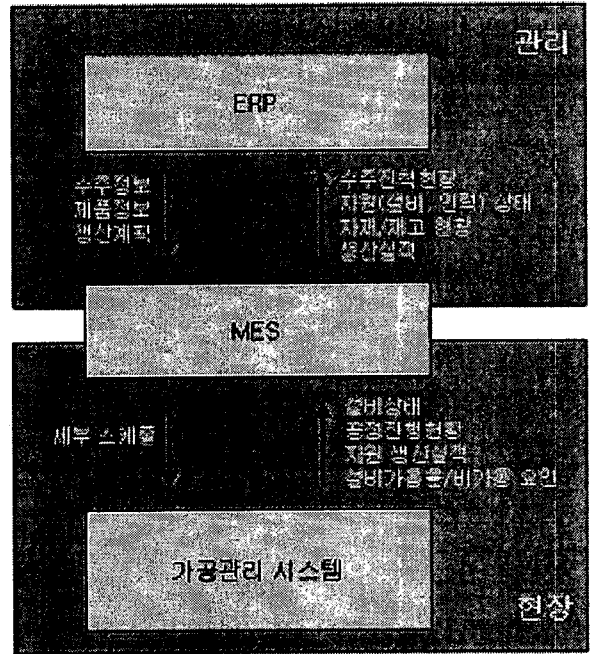


Fig. 1 ERP, MES, 가공관리 시스템의 관계도

### 3. 가공관리 시스템의 구성

#### 3.1 시스템의 기능

금형제작 작업은 동시에 여러 개의 신작 또는 수정작업이 진행되므로 금형별 제작진척도 관리가 쉽지 않다. 또한 NC 밀링 장비의 가동율을 높이고자 하는 목표가 존재한다.

이에 따라 작업 지시를 전산시스템으로 수행하여 장비별로 현재 작업 중인 금형 부품을 쉽게 파악하며, 각 장비별로 가동율을 집계하는 시스템을 구상한다.

이를 통하여 기존에 수작업으로 관리하던 작업진척도

가 전산시스템으로 눈에 보이는 관리가 가능해지며, 가동율을 분석함으로써 장비의 가동율을 높이기 위한 대책을 마련하도록 하는 것이 가공관리 시스템의 목적이다.

가공관리 시스템은 LAN을 이용한 PC 연결, 장비로부터 신호취득을 위한 하드웨어 구성, 소프트웨어로 이루어진다.

소프트웨어는 전자 작업지시서 모듈, 가동율 취득 및 집계 모듈, 비절삭요인 집계모듈로 구성되고 전체적으로 웹 서버를 이용하여 구축되었다.

### 3.2 하드웨어 구성

가공관리 시스템은 Fig.2 와 같이 웹 서버 및 DB 서버 역할을 하는 서버 PC 와 각 클라이언트 PC, 그리고 LAN 연결망으로 구성된다. 클라이언트 PC 는 장비별로 DNC 송신과 자료 취득용PC, 전자사양서 제작 PC, 기계 배치 PC, 일반 관리용 PC로 구분된다. 장비별 PC 에는 신호취득용 장치가 NC 밀링과 연결된다.

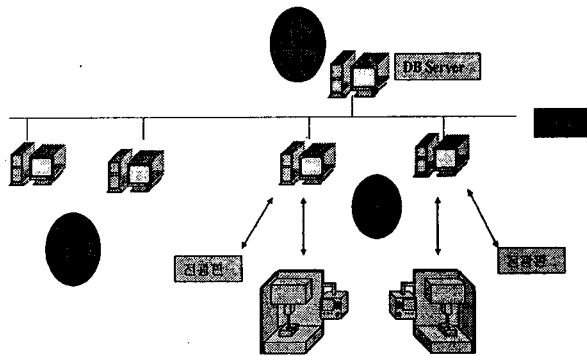


Fig. 2 가공관리 시스템의 구성도

### 3.3 소프트웨어 구성

서버와 클라이언트별로 설치될 소프트웨어를 서술한다.

- 서버 PC : DBMS, 웹 서버
- 클라이언트 PC 공통 : 웹 브라우저
- 장비별 PC : 웹 브라우저, DNC, 장비 신호취득 모듈
- 전자 작업지시서 제작 PC : 전자사양서 제작 모듈

## 4. 전자 작업지시서

전자 작업지시서의 모든 처리과정은 웹에서 수행된다.

### 4.1 전자 작업지시서의 구성내용

전자 작업지시서는 기존에 문서로 된 작업지시서를 전자문서로 대체하여 생산현장에서 paperless를 시도하는 것이다. 작업지시서에 포함될 정보는 다음과 같다.

제작 금형 정보 : 제품모델명, 부품명, 공정명(블랭킹, 드로잉, 트리밍 등), 피스명(상형, 하형, 패드), 작업명(황삭/중삭/정삭/윤곽/잔삭)

NC 파일 정보 : 파일명(여러 개)

가공조건 : 공구, RPM, 이송속도 등

가공상태도 그림

전자 작업지시서는 Fig. 3과 같은 작업흐름을 갖는다.

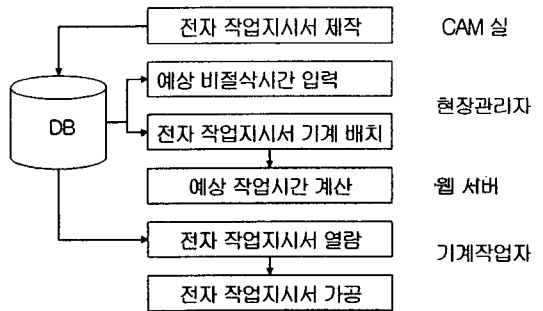


Fig. 3 전자 작업지시서 작업 흐름도

### 4.2 전자 작업지시서 제작

전자 작업지시서의 제작은 NC 코드를 생성하는 CAM 실에서 담당한다. CAM 으로 NC 코드를 생성하고 PC 상에서 가공 검증도구를 사용하여 모의가공으로 이상여부를 확인한 뒤 금형분류와 NC 생성작업자, 가공조건 등을 입력한다.

#### 4.3 전자 작업지시서 기계 배치

장비배치는 주로 현장의 반장급에서 담당한다. 장비배치 담당자는 전자 작업지시서를 열람한 뒤 작업 우선순위와 장비의 부하상태를 고려하여 전자 작업지시서마다 작업할 기계를 할당한다. 이때 예상 비절삭시간을 입력한다.

웹 서버에서는 전자 작업지시서의 NC 파일경로와 장비의 성능에 따라 예상 가공시간을 계산하여 예상 총작업시간을 산출한다.

#### 4.5 전자 작업지시서 열람 및 가공

각 장비별 작업자는 자신의 장비에 배치된 작업지시서를 열람하여 작업할 내용을 확인한 뒤 필요한 NC 코드 파일을 다운로드하여 DNC 로 기계에 전송하면서 작업을 진행한다.

#### 4.6 전자 작업지시서 문제점

전자 작업지시서 사용 중 문제점이라면 작업자가 PC 화면에서 가공 조건을 확인하고 기계로 이동하여 작업할 때 가공 조건을 잊어버려서 다시 확인해야 하는 경우가 가끔 발생하는 점이다. 기존 문서 작업지시서처럼 전자 작업지시서에서도 휴대성을 보완하는 방안이 필요하다.

### 5. 웹 서버

웹 서버는 가공관리 시스템 전체를 운영한다.

#### 5.1 기준정보 설정

가공관리 시스템에 사용할 기준정보를 설정한다. 기준정보에는 사용자 정보, 장비 정보, 비절삭요인 설정, 작업 금형정보, 근무달력 정보가 포함된다.

사용자 정보 : 관리자, 작업지시서 제작자, 기계 배치 담당자, NC 작업자로 역할이 구분된다.

장비 정보 : NC 밀링 장비의 등록, 삭제

비절삭요인 설정 : 기계가 가동되지 않는 사유를 비절삭요인(도면 검토, 금형 세팅, 청소 등)으로 설정한다.

작업금형 정보 : 제품 모델명, 부품명, 공정명, 피스

명, 작업명을 등록한다.

근무달력 정보 : 휴일, 휴식시간을 설정한다.

#### 5.2 모니터링

장비별로 현재의 가동상태를 보여준다. 가동상태는 현재의 장비 가동여부, 장비별 평균 절삭속도, 장비별 정지시간으로 구분된다.

전체 장비에 대한 가동현황 : 전체 장비에 대한 절삭상태 여부

평균절삭속도 : 장비별 시간당 평균 절삭이송속도

장비별 정지시간 : 하루 단위의 장비별 정지시간

#### 5.3 가동율

가동율을 분석하기 위해서는 개념 정립이 필요하다. 기계의 가동상태와 작업자 유무에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

##### ① 기계 상태에 따른 분류

기준시간 : 24시간 × 1달의 일수

가동시간 : 작업자가 근무했거나 무인가공한 시간

절삭시간 : NC 밀링이 금형을 절삭하기 위해 가동한 시간 (NC 밀링의 스피들 회전과 축 이송이 있는 경우)

실절삭시간 : NC 밀링이 실제로 금형을 절삭한 시간 (절삭시간중 공구가 피삭재에 접촉하지 않는 시간 제외)

비가동시간 : 휴일, 휴식시간, 퇴근 이후 시간인 경우 절삭이 이루어지지 않는 시간

##### ② 작업자 유무에 따른 분류

무인가공시간 : 작업자 없이 절삭한 시간(휴일 및 퇴근 후)

유인시간 : 작업자가 근무한 시간

비절삭상태는 작업자가 근무중인 유인시간인 경우에 절삭이 이루어지지 않는 상태를 의미하며, 비절삭상태이므로 작업자가 비절삭요인을 입력해야 한다. 작업자가 퇴근한 무인시간인 경우에는 비가동으로 자동 처리된다. NC 밀링의 가동상태는 따라서 Fig. 4와 같이 절삭, 비가동, 비절삭, 일시정지로 구분된다. 일시정지는 공구교

한 등으로 절삭중 일시적으로 절삭상태가 아닌 경우가  
다.

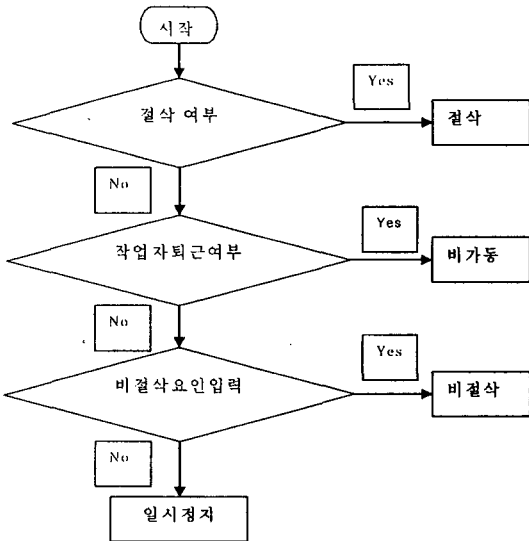


Fig. 4 NC 밀링의 가동상태 결정

위의 분류에 따르면 금형 가공을 위한 생산관리의 핵심을 몇 가지로 정리할 수 있다.

첫째, 무인가공시간을 늘리면 기계의 가동율을 올릴 수 있다. 무인가공을 지원하기 위해서는 공구교환장치(ATC, Automatic Tool Changer)의 사용이 필수적이고, 가공중 에러 또는 과부하가 발생하지 않도록 가공경로의 사전 검증이 필요하다. 또한 금형가공 중에는 2차원 가공을 중심으로 수작업으로 NC 코드를 만드는 일이 적지 않다. 이들을 CAM 으로 하지 않는 한 수작업에 따른 NC 코드 에러를 방지하기는 어렵다.

둘째, 유인시간중 비절삭시간을 줄인다. 이를 위해서는 비절삭으로 정지하는 원인을 분석하여 각 원인별로 수작업의 표준화를 통한 수작업시간 단축이 필요하다.

셋째, 절삭시간중 실질삭시간을 늘린다. 이것은 CAM 에서 NC 코드를 생성할 때 불필요한 경로 연결을 제외하여 경로간 연결 길이를 최소화할 필요가 있다.

## 6. 가동을 관리

### 6.1 하드웨어 구성

NC 밀링의 현재 상태를 알기 위한 주요 모니터링 대상은 스피들 회전 여부와 각 축의 이송 여부이다. 스피들이 회전하고 NC 밀링의 3축(X, Y, Z축) 또는 4축(X, Y, Z, W축)중 하나이상의 축이 이송하면 절삭으로 판단한다. 회전 부하량은 가공상태가 실질삭중인지 경로간 연결이송중인지 구분하는 중요한 정보가 된다. 회전 부하량과 축의 이송량 정보를 종합하면 가공의 종류(황삭, 정삭)와 가공부하 등도 판단할 수 있다.

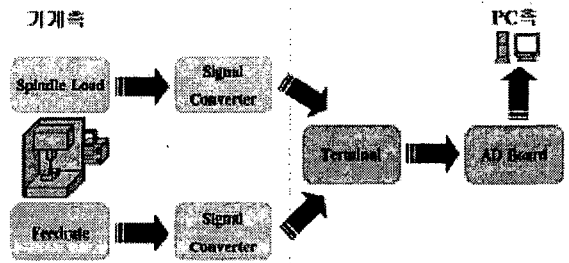


Fig. 5 기계 모니터링을 위한 신호취득 흐름도

Fig. 5에는 기계로부터 신호를 취득하기 위한 일련의 과정을 나타내었다.

스핀들의 부하는 모터에 공급되는 전류량의 변화와 비례하므로 취득한 신호가 회전 최소 부하 이상일 경우에는 회전, 이하일 경우에는 정지로 판단한다.

스핀들의 부하는 주로 NC 밀링의 스피들 드라이브 자체 출력인 로드미터의 출력을 이용하였다. 이것이 어려운 장비에서는 전류변환기(Current transducer)를 사용하여 입력되는 전류량의 변화를 직접 측정하였다.

이송 축의 속도는 NC 밀링의 피드백 장치가 출력하는 신호를 측정하여 속도로 환산했다. 피드백 장치는 서보 모터축의 리졸버, 타코미터, 인코더와 이송 축 베드에 설치된 리니어 스케일이 있는데, 이들의 출력신호는

실제 이송속도와 선형 관계를 가진다. 인코더와 리니어 스케일의 출력신호는 Fig. 6과 같은 사각 펄스이다.

출력신호에서 일정시간동안 펄스의 개수를 측정할 후 시간으로 나누면 주파수를 구할 수 있고, 주파수를 장비 구성에 맞게 환산하면 이송 속도를 구할 수 있다.

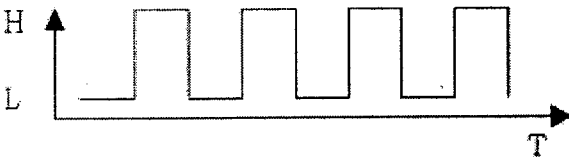


Fig. 6 인코더와 리니어 스케일의 출력신호

### 6.2 소프트웨어 모듈

위와 같이 구성한 하드웨어를 통하여 취득한 신호는 PC에 저장되며, 이 값들을 바탕으로 NC 밀링의 현재 상태를 판단하는 방식으로 모니터링이 진행된다.

일반적인 NC장비의 상태는 크게 정지, 스피들 회전, 이송으로 나눌 수 있다. 여기서 스피들의 회전과 이송이 동시에 존재하는 상태를 절삭이라고 보고, 스피들의 부하와 이송 축의 이동을 100msec의 주기로 취득하였다.

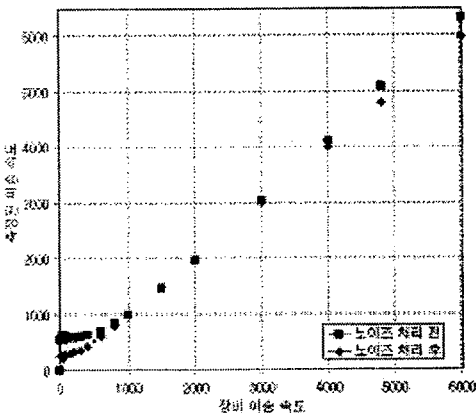


Fig. 7 노이즈 처리 전후의 이송속도 신호출력

스핀들의 회전 판단은 취득한 데이터들을 토대로 2 초에 한번씩 수행하며, 이송 속도는 노이즈의 영향을 고려하여 30초간의 데이터를 평균하여 처리하였다. 실제로 측정된 이송 속도 데이터들은 현장의 조건(전원, 진동 등) 때문에 많은 노이즈의 영향을 받는다. 이를 해결하기 위해 필터링과 신호 변환을 통해 Fig. 7과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

장비의 주된 이송 속도 범위 (800 ~ 4000mm/min)에서 노이즈 처리 후 많이 선형화된 결과를 볼 수 있다.

### 6.3 비절삭 요인 입력

비절삭 시간이란 작업시간 중 실질적인 작업이 이루어지지 않는 작업준비시간과 작업 대기시간 그리고 각종 문제점으로 인한 NC 밀링 정지시간이다. 즉, 금형 및 공구 세팅, NC 데이터 전송이나 도면 검토 등을 들 수 있다. 이것은 NC 밀링으로부터 취득할 수 없으므로 작업자가 비절삭 요인을 직접 입력하도록 했다.

## 7. 결론

본 논문에서는 금형공장을 대상으로 가공관리 시스템을 구현한 경험을 바탕으로 웹 기반 가공관리 시스템의 모델을 제시하였다.

가공관리 시스템을 도입하면 다음과 같은 변화를 기대할 수 있다. 첫째, 문서 작업지시서를 전자 작업지시서로 대체하여 paperless 공장 실현의 기초 마련, 둘째, 눈에 보이는 관리의 구현, 셋째, 가동율 향상을 위한 기초 데이터 수집 및 집계.

또한 가공관리 시스템은 ERP, MES 와의 관계에서 NC 밀링의 가공정보를 집계하는 POP/DAS 역할을 수행하며 동시에 MES의 일부 데이터 처리를 담당한다.

가공관리 시스템을 설치하기 위해서는 먼저 생산관리 프로세스가 정립되어야 한다. 생산관리의 목표를 수립하고 이에 따른 관리 대상이 명확히 정의되어야 한다. 이럴 때에만 가공관리 시스템을 목적에 맞게 구현하여 가동율 향상을 기대할 수 있다.

앞으로 관리목표에 따라 장비로부터 취득하는 신호의

정확도를 높이는 일과 각 사업장의 특수성을 고려하여 사업장별로 커스터마이징하도록 기본기능을 모듈화하는 일이 추후 연구과제로 남아 있다.

#### 참고문헌

- (1) MESA International, 1997, "MES functionalities & MRP to MES Data Flow Possibilities", White Paper2, Manufacturing Execution Systems Association, Pittsburgh, PA.
- (2) 김병희, 2001, "수주생산방식을 지원하는 제조실시 시스템 개발", 한국과학기술원 박사학위 논문, pp.1~5.