

중소기업 애로기술 지원사업

절삭가공 공정설계 자동화 시스템 개발

Development of Automated Cutting-Process Planning System

연구기관

한국과학기술연구원

과 학 기 술 부

## 제 출 문

과학기술부 장관 귀하

본 보고서를 “절삭가공 공정설계 자동화 시스템 개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2002. 6 . 10

주관연구기관명 : 한국과학기술연구원

주관연구책임자 : 노 형 민

연 구 원 : 박 면 응

“ : 김 재 관

“ : 임 석 진

“ : 박 재 민

“ : Eric Wang

“ : 김 용 세

“ : 임 진 승

협동연구기관명 : 서암기계공업(주)

협동연구책임자 : 박 의 현

연 구 원 : 박 기 천

“ : 최 승 무

# 여 백

## 보고서 초록

과제관리번호	M1-0012-00-0001	해당단계 연구기간	2000. 6. 10 ~ 2002. 6. 9	단계 구분	1/ 1
연구사업명	중 사업명	중점국가연구개발사업			
	세부사업명	중소기업 애로기술 지원사업			
연구과제명	중 과제명				
	세부(단위)과제명	절삭가공 공정설계 자동화 시스템 개발			
연구책임자	노 형 민	해당단계 참여연구원수	총 : 11 명 내부 : 3 명 외부 : 8 명	해당단계 연구비	정부: 337,000 천원 기업: 100,000 천원 계: 437,000 천원
연구기관명 및 소속부서명	한국과학기술연구원		참여기업명	서암기계공업(주)	
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위탁연구	연구기관명 : 성균관대학교		연구책임자 : 김 용 세		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서 면수	105
<p>참여기업을 비롯한 기계류부품 (자동차, 공작기계, 항공기, 산업기계 등) 절삭가공 공정 산업체에서 활용할 수 있는 절삭가공 공정설계 자동화 시스템을 개발한다. 이를 위하여 이미 개발된 Feature-based Automatic Process Planning System (FAPPS)을 현장 활용성이 높도록 보완한다. 이 시스템은 공차입력, 특징형상인식, 공정계획, 공정분할도작성, 작업계획, NC코드생성, 원가견적의 7개 기능 모듈과 시스템관리, 데이터베이스관리의 2개 관리 모듈로 구성된다. 이 시스템의 입출력은 다음과 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 입력 : 3차원 부품설계 모델 (ACIS 파일)</li> <li>- 출력 : 작업지시서, 공정분할도, 원가견적서, NC코드</li> </ul> <p>개발된 시스템은 참여기업 생산 현장에 적용되어 공작기계 부품류의 자동 공정설계에 활용된다.</p>					
색인어 (각 5개 이상)	한 글	절삭가공 공정설계, 자동화, 특징형상, 작업계획, 공정분할, NC코드, 원가견적			
	영 어	Cutting-Process Planning, Automation, Feature, Operation Planning, Process Separation, NC Code, Cost Estimation			

# 여 백

# 요 약 문

## I. 제 목

절삭가공 공정설계 자동화 시스템 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

절삭가공 공정은 기계금속 부품을 가공하는 가장 일반적인 공정으로써 자동차 구동부품, 공작기계 정밀부품, 열기계용 펌프 등을 생산하는 많은 기계류부품 산업체에서 널리 사용하고 있으나, 아직 이에 대한 공정설계 자동화 (Computer Aided Process Planning) 기술이 구현되지 못하고 있는 실정이다. 산업 현장에서는 부품 설계 도면이 완성된 이후에, 그 도면 내용의 이해와 공정분할도 작성 및 공정설계에 많은 시간을 소모하여 생산납기를 단축시키지 못하고 있다. 또한 공구, 가공기계, 가공조건 등의 최적 선정 기술이 부족하여 가공 품질의 저하를 초래하고 있다. 따라서 절삭가공 공정설계를 신속하고 정확하게 수행하기 위하여 부품의 설계, 가공, 생산관리 정보의 처리에 컴퓨터를 활용하는 자동화 기술이 개발되어야 한다.

본 연구에서는 특징형상 인식을 통하여 부품의 형상정보를 추론한 후, 공정설계를 자동으로 수행하는 시스템을 개발하고자 한다. 이 시스템은 신속·정확한 공정설계를 통하여 생산성을 향상시킬 뿐만 아니라, 절삭가공 노하우를 축적하는 모델을 제공함으로써 기계산업체에서의 정보화 추진 기반을 제공한다.

## III. 연구개발의 내용 및 범위

한국과학기술연구원이 이미 개발한 Feature-based Automatic Process Planning System (FAPPS)을 참여기업인 서암기계공업(주)과 협의하여 현장 활용성이 높도록 보완한다. 연차별 연구개발의 내용 및 범위는 다음과 같다.

- 1차년도 : FAPPS 모듈 개발 및 절삭 데이터베이스 구축
  - 특징형상인식 모듈 보완
  - 원가견적 모듈 개발
  - 공구경로생성 모듈 보완

- 참여기업의 가공 노하우 체계화
- 참여기업의 절삭 데이터베이스 구축
- FAPPS의 공작기계부품 생산라인 응용 및 평가

## 2. 2차년도 : FAPPS 보완 및 활용

- 1차년도 평가후 요구 기능 모듈 보완
- 가공 노하우 및 데이터베이스 보완
- 3차원 부품설계 모델과의 연계 보완
- FAPPS를 공작기계부품 생산라인에 활용

## IV. 연구개발결과

서암기계공업(주)을 비롯한 기계류부품 (자동차, 공작기계, 항공기, 산업기계 등) 절삭가공 공정 산업체에 활용할 수 있는 절삭가공 공정설계 자동화 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 공차입력, 특징형상인식, 공정계획, 공정분할도작성, 작업계획, NC코드생성, 원가견적의 7개 기능 모듈과 시스템관리, 데이터베이스관리의 2개 관리 모듈로 구성된다. 이 시스템의 입출력은 다음과 같다.

- 입력 : 3차원 부품설계 모델 (ACIS 파일)
- 출력 : 작업지시서 (작업내용, 가공기계, 공구, 가공조건, 작업순서, 작업시간 등),  
공정분할도, NC코드, 원가견적서

개발된 시스템은 참여기업의 생산 현장에 적용되어 공작기계 부품류의 자동 공정설계에 활용되었다.

## V. 연구개발결과의 활용계획

공정설계 자동화를 통한 CAD/CAM기술의 현장 구현으로 부품의 납기를 크게 단축하고 설계기술자의 생산성을 향상시킨다. 그리고 이러한 시스템을 바탕으로 설계변경, 일정계획, 외주관리 등의 관련 업무를 전산화할 수 있는 모듈을 추가하여 기계류부품 산업체의 정보화에 활용한다.

서암기계공업(주)에의 적용 및 보완을 통하여 국내 기계류부품 산업체 (자동차, 공작기계, 항공기, 산업기계 등)는 물론 해외에도 상용 프로그램으로 공급하는 벤처업체의 설립을 계획하고 있다.

# 목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 .....	9
제 1 절 연구개발의 필요성 .....	9
제 2 절 연구개발의 목표 및 범위 .....	9
제 2 장 국내외 기술개발 현황 .....	13
제 1 절 국내외 연구개발 현황 .....	13
제 2 절 현 기술상태의 취약성 .....	14
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 .....	17
제 1 절 FAPPS 개요 .....	17
제 2 절 특징형상인식 모듈 보완 .....	20
제 3 절 원가견적 모듈 개발 .....	33
제 4 절 공구경로생성 모듈 보완 .....	37
제 5 절 가공 노하우 체계화 .....	41
제 6 절 절삭 데이터베이스 구축 .....	49
제 7 절 3차원 설계시스템 연계 .....	63
제 8 절 현장 생산라인 활용 .....	66
제 4 장 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	69
제 1 절 목표 달성도 .....	69
제 2 절 관련분야에의 기여도 .....	70
제 5 장 참고문헌 .....	71
부록 A. 절삭가공 공정설계 자동화 시스템의 실행 화면 .....	79
부록 B. 절삭가공 공정설계 자동화 시스템의 출력물 .....	95



# 여 백

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1 절 연구개발의 필요성

절삭가공 공정은 기계금속 부품을 가공하는 가장 일반적인 공정으로써 자동차 구동 부품, 공작기계 정밀부품, 열기계용 펌프 등을 생산하는 많은 기계류부품 산업체에서 널리 사용하고 있으나, 아직 이 공정설계 자동화기술이 구현되지 못하고 있는 실정이다. 산업 현장에서는 부품 설계 도면이 완료된 이후에, 그 도면 내용의 이해와 공정분할도 작성 및 공정설계에 많은 시간을 소모하여 생산납기를 단축시키지 못하고 있다. 또한 공구, 가공기계, 가공조건 등의 최적 선정 기술이 부족하여 가공 품질의 저하를 초래하고 있다. 따라서 절삭가공 공정설계를 신속하고 정확하게 수행하여야 하며, 이를 위하여 부품의 설계, 가공, 생산관리 정보의 처리에 컴퓨터를 활용하는 기술이 개발되어야 한다.

컴퓨터 활용을 통한 이러한 자동화 시스템 기술은, 일반 기계금속 산업 전반에 걸쳐 그 부품의 합리적이고 신속한 절삭가공 공정설계에 기여할 수 있는 기반기술이다. CAD/CAM 기술이 국내에 보급된지 15년 이상 되었으나 아직 2차원 부품 설계와 NC가공에만 국한되어 있어 본래의 CAD/CAM 기술을 충분히 활용하지 못해 생산성 향상에 큰 저해 요인이 되고 있으므로, 3차원 부품설계에 의한 공정설계 자동화 (CAPP: Computer Aided Process Planning) 기술 개발이 절실히 필요하다. 또한 이 자동화 기술은 절삭가공 산업체에서의 생산 노하우를 축적하는 모델을 제공함으로써, 기계산업체에서의 향후 정보화 추진에 기반을 제공한다.

## 제 2 절 연구개발의 목표 및 범위

### 1. 연구개발의 최종 목표

참여기업인 서암기계공업(주)을 비롯한 기계류부품 절삭가공 공정 산업체 (자동차, 공작기계, 항공기, 산업기계 등)에 활용할 수 있는 절삭가공 공정설계 자동화 시스템을 개발한다. 이 시스템의 입출력은 다음과 같다.

- 입력 : 3차원 부품설계 모델 (ACIS 파일)
- 출력 : 작업지시서 (작업내용, 가공기계, 공구, 가공조건, 작업순서, 작업시간 등), 공정분할도, NC 코드, 원가견적서

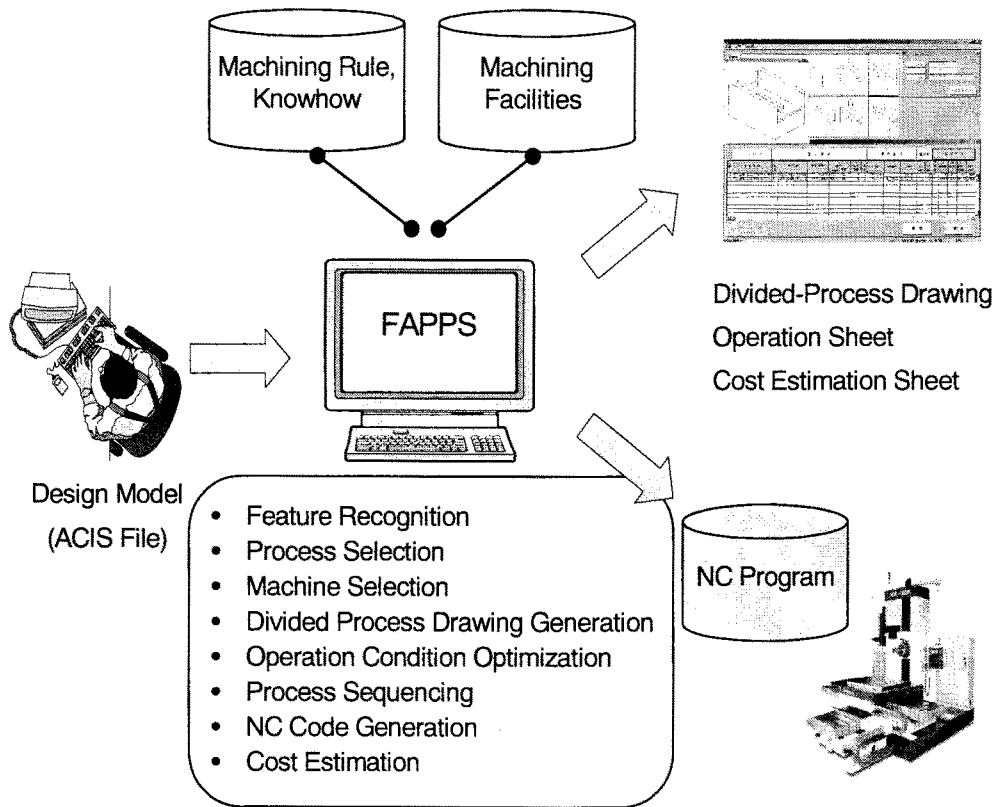


그림 1.2.1 개발 시스템의 개요

## 2. 연구개발의 세부 목표 및 범위

첨단생산시스템 기술개발사업 2단계 (1996. 11 - 2000. 3)의 소 과제인 “공정계획 및 품질관리 기술개발에 관한 연구”를 통하여 한국과학기술연구원이 이미 개발한 Feature-based Automatic Process Planning System (FAPPS)을 참여기업인 서암기계공업(주)과 협의하여 현장 활용성이 높도록 보완한다. 즉, 참여기업의 가공 노하우와 현장 활용성을 제고하여 FAPPS의 기존 모듈을 보완하고 추가 모듈을 개발한다.

이를 위하여 연차별로 연구개발의 세부 목표 및 범위를 다음과 같이 설정한다.

### 가. 1차년도 (2000. 6. 10 - 2001. 6. 9) 연구개발의 세부 목표 및 범위

#### FAPPS 모듈 개발 및 절삭 데이터베이스 구축

##### (1) 특징형상인식 모듈 보완

- Stand-Alone Feature Display 기능 개발
- Mill-Turn 부품에서의 특징형상인식 기능 보완

- Cast-then-Machined 부품에서의 특징형상인식 기능 보완
- Surface 인식 기능 보완
- 사용자정의 형상 처리 기능 보완

(2) 원가견적 모듈 개발

- 가공시간과 가공기계 입플에 근거한 가공비용 계산
- 셋업당 부품 수를 고려한 가공비용 계산
- 소재비용과 가공비용에 근거한 원가견적

(3) 공구경로생성 모듈 보완

- NC코드 생성용 외부 DLL 연계
- 셋업 조정을 위한 사용자 대화 기능 추가

(4) 참여기업의 가공 노하우 체계화

- 가공 노하우 (셋업, 작업내용, 공구, 표준가공시간 결정 등) 룰베이스화

(5) 참여기업의 절삭 데이터베이스 구축

- 가공설비 (가공기계, 공구 등) 데이터베이스화
- 절삭조건 데이터베이스화

(6) FAPPS의 공작기계부품 생산라인 응용 및 평가

- 기존의 공정설계 결과와 자동 생성된 공정설계 결과의 비교 평가

나. 2차년도 (2001. 6. 10 - 2002. 6. 9) 연구개발의 세부 목표 및 범위

FAPPS 보완 및 활용

(1) 1차년도 평가후 요구 기능 모듈 보완

- 요구 기능 모듈 보완

(2) 가공 노하우 및 데이터베이스 보완

- 가공 노하우 및 데이터베이스의 지속적 보완

(3) 3차원 부품설계 모델과의 연계 보완

- AutoCAD MDT와 연계하여 부품 입력
- AutoCAD MDT를 이용한 공정분할도 작성

(4) FAPPS의 공작기계부품 생산라인 활용  
 - 자동공정설계 결과의 참여기업 현장 활용

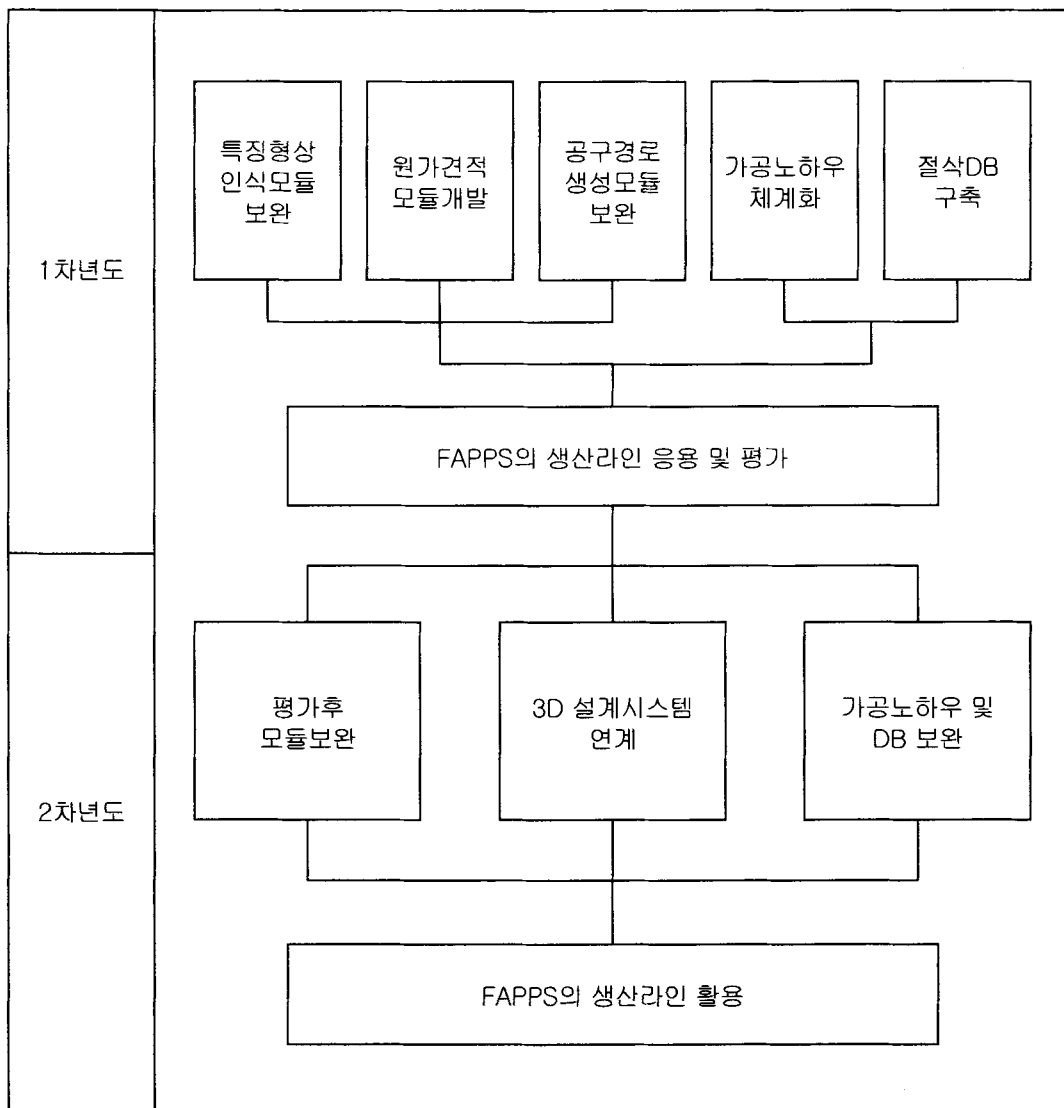


그림 1.2.2 연구개발 추진체계

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제 1 절 국내외 연구개발 현황

절삭가공 공정설계 자동화 기술은 자동차, 공작기계 혹은 일반 기계금속 부품의 설계 모델로부터 NC코드 출력은 물론, 각 공정 (밀링, 드릴링, 선삭가공 등)에 대한 공정분할도, 작업지시서, 검사계획서 등을 자동으로 출력하는 기술이다. 즉 부품설계 모델을 자동으로 인식하여 부품의 가공 및 생산관리에 필요한 가공방법, 가공기계, 치공구, 공정분할도면, 가공순서, 가공조건, 가공시간, NC코드, 측정점 개수와 위치 등의 내용을 자동으로 결정하여 출력할 수 있는 설계, 가공, 생산관리, 품질검사 기술의 시스템 기술이다. 이 기술은 다음과 같은 요소기술로 이루어진다.

- 부품설계 모델로부터 가공에 필요한 특징형상인식 기술
- 소재로부터 단계적으로 가공해야 할 가공공정추론 기술
- 공정분할도 자동생성 기술
- 작업내용과 그 순서를 결정하는 작업계획 기술
- 공구 선정과 가공조건의 최적화를 위한 DB 및 자율갱신 기술
- 주어진 부품, 공구, 작업순서에서의 가공 시뮬레이션 기술
- 가공공차의 표현 및 형상정보와의 연계 기술
- 가공면의 측정점 결정을 위한 측정계획 기술 등

#### 1. 국외 연구현황

미국의 National Institute of Standards and Technology (NIST)에서는 생산비용 절감, 생산기간 단축, 제품품질 향상을 목적으로 PDM 시스템, CAD 시스템, 공정설계 및 시뮬레이션에 의한 생산 방법 검증 시스템 등을 통합하여 개발하는 연구를 절삭가공 부품을 대상으로 수행 중에 있다. 특히 최근 제품설계와 생산 공정설계의 통합을 통해, 설계 제품의 조기 평가 능력 향상을 도모하려는 연구가 진행 중이다. 미국 과학재단 등으로부터 지원을 받는 대학들에서는 제품설계와 공정설계의 유기적인 통합을 통해, 단일 제품에서뿐만 아니라 제품군의 생산성을 높이고 생산라인을 효과적으로 운용하는 기술을 개발하기 위한 연구가 수년 전에 시작되었다.

CIM, 동시공학 (Concurrent Engineering)의 개념이 도입되면서 설계와 가공, 생산계획 및 제어 등이 정보에 의해 유기적으로 연계되어야 함에 따라, 이들 사이에서 중재 역할을 하는 공정계획과 작업설계의 알고리즘화, 특징형상의 인식기술 개발이 미국 Purdue

대학 및 Pennsylvania주립대학, 영국 UMIST, 네덜란드 Twente대학 등에서 1980년대부터 활발히 연구되어왔다. 절삭공정 parameter 결정은 수학적 모델의 일반화가 실용적이지 못함에 따라 시스템에 내재된 데이터베이스를 활용하는 형태가 주로 시도되고 있다.

현재 특징형상을 기반으로 하여 절삭 공정설계의 자동화 능력을 갖고 있는 대표적인 상용 CAPP 시스템으로는, (i)네덜란드 Twente대학에서 개발하여 상용화된 PART (Tecnomatix Technologies, Inc.)와 (ii)미국 Allied Signal사 연구소와 Institute of Advanced Manufacturing Sciences에서 개발하여 상용화된 MetCAPP (Ultramax Co.) 등이 있다. 최근 미국과 일본의 자동차 산업 (Toyota, Ford), 중장비 기계산업 (Caterpillar, Cummins Engine), 공작기계 산업 (Cincinnati Milacron, Ingersoll Milling Machine) 등 대기업체에서 공정 설계 자동화와 효과적인 생산라인 설계에 CAPP 시스템의 사용을 구체적으로 계획하여 시험사용을 하고 있으며, 관련 중소기업체들로의 확산이 예상되고 있다.

## 2. 국내 연구현황

첨단생산시스템 기술개발사업 2단계(1996. 11 - 2000. 3)의 소 과제인 “공정계획 및 품질관리 기술개발에 관한 연구”를 통하여 한국과학기술연구원이 통일중공업, 서울대학교, 미국 Wisconsin-Milwaukee대학과 공동으로 특징형상 인식기술을 비롯한 공정설계 기본 요소기술들을 개발하여 Feature-based Automatic Process Planning System (FAPPS)을 개발하였다. 이 결과는 통일중공업 모델플랜트에 이전되었으며, 일부 대학에서 교육용으로 사용되고 있다.

한편 국내 대학에서는 절삭가공, 특징형상인식, 일정계획, 측정 등 단편적인 연구가 진행되고 있으나 생산현장의 가공 노하우 체계화 기술은 물론 이들 요소기술들의 시스템화 기술이 대단히 미흡하다. 산업체의 경우, 특히 관련 중소기업은 기술개발 인력 면에서도 크게 열세이므로 아직 CAPP 프로그램은 물론 3차원 부품설계조차도 거의 활용되고 있지 않은 실정이다.

## 제 2 절 현 기술상태의 취약성

국외에서 개발된 PART는 기본 특징형상 (atomic feature) 자체의 자동 인식은 가능하나 부품 설계도면에 많이 존재하는 복합 특징형상 (compound feature)에 대한 인식 기술이 아직 미흡하며, MetCAPP은 절삭공구 및 절삭조건 데이터는 우수하나 설계도면의 자동 인식 기능과 생산시스템 응용 기술이 아직 부족하다. 이에 반해 FAPPS는 가공 특징형상의 인식 기술을 비롯한 일반 절삭공정설계의 의사결정 노하우가 아직 현장에서 검

증되지 않은 상태이며, 개발이 늦은 관계로 그 응용 기능도 PART와 MetCAPP에 비해 미흡하다. 향후 국내외 기계류 부품 산업체에 이전을 위해서는 부품설계와 공정설계의 유기적 연계기능을 위한 형상추론 기능 등의 특징형상 관련 기술, 셋업설계 기술, 절삭가공 최적화 기술, 생산현장 가공 노하우의 체계화 및 데이터 축적 기술, 동적 통합 공정계획 기술, 측정데이터의 분석 및 진단기술 등을 현장 검증 후 보완하여야 할 것이다.

표 2.2.1 국외 CAPP시스템과 국내 FAPPS의 기술적 비교

CAPP System	개발기관	대상부품	특징형상인식	가공공정계획	생산시스템응용
PART	Tecnomatix	기계부품	간섭 미해결	우수	우수
MetCAPP	Ultramax	기계부품	간섭 부분해결	우수	미흡
FAPPS	KIST	기계부품	간섭 해결	양호	미흡



여 백

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

본 연구는 이미 개발된 FAPPS를 참여기업인 서암기계공업(주)의 생산 현장에 적합하도록 보완 적용한다. 따라서 본 장에서는 (i)제 1 절에서 이미 개발된 상태 (2000. 6. 9 현재)의 FAPPS에 대하여 간략히 설명하고, (ii)제 2 절부터 생산 현장 적용을 위한 각 세부 목표별 연구 내용 및 결과를 기술한다.

### 제 1 절 FAPPS 개요

#### 1. 시스템의 기능

FAPPS는 설계정보로부터 특징형상을 인식하여 가공공정, 가공기계, 셋업, 작업방법, 가공조건, 가공시간 등을 결정하는 공정설계 자동화 시스템이다. FAPPS는 공차입력, 특징형상인식, 공정계획, 공정분할도작성, 작업계획, 검사계획의 6개 기능 모듈을 포함하고 있으며, 각 모듈은 유기적으로 공통 데이터베이스와 연계하여 다음의 기능을 수행한다.

##### (1) 공차입력 (Tolerance Input)

3차원 솔리드 (solid) 모델의 형상요소에 공차정보를 입력하고, 입력된 공차와 형상을 연계한다. 또한 주물 부품의 경우, 각 면의 특징 (주물면, 주물후 가공면, 가공면) 및 주물 여유를 입력한다.

##### (2) 특징형상인식 (Feature Recognition)

특징형상인식은 밀링 (milling) 부품과 선삭 (turning) 부품을 대상으로 수행한다. 밀링 특징형상인식은 3차원 솔리드 모델에서 입체분할방식 (ASVP: Alternative Sum of Volume decomposition with Partitioning)과 형상 면들 사이의 특성을 이용한 방식 (Face Pattern-based Recognition)을 이용하여 특징형상을 인식한다. 선삭 특징형상인식은 2차원 CAD 도면에서 요소의 위상관계 트리 (tree)를 이용하여 특징형상을 인식한다.

##### (3) 공정계획 (Process Planning)

공차 및 특징형상 정보를 분석하여 가공시에 고려되는 중요 (공차의 정도) 및 주요 특징형상 (형상 크기의 정도)을 결정하고, 각 특징형상간의 선행관계를 결정한다. 또한 룰 베이스 (rule base)를 이용하여 특징형상별 작업내용을 생성한다. 그 후 같은 기계에서 가공할 수 있는 작업내용들을 그룹핑하여, 그룹별로 가공기계를 선정한다. 이 상태에서 선행관계를 고려하여 공정 및 공정순서를 결정한다.

(4) 공정분할도작성 (Divided-Process Drawing Generation)

특징형상과 공정 정보를 이용하여, 각 공정에서 필요한 공정별 도면을 생성한다. 특징형상 모델링 (feature based modeling) 기법을 이용하여, 설계 모델러 (CAD modeler) 에 공정분할도를 작성한다.

(5) 작업계획 (Operation Planning)

특징형상과 공정 정보를 이용하여 밀링 공정과 선삭 공정에 대하여, 공정 내의 각 작업에 대하여 공구 및 홀더, 절삭조건, 가공길이, 정미시간 및 작업시간과 가공순서를 결정한다. 인공지능 (AI: Artificial Intelligent) 알고리즘을 이용한 자동 결정 기능과 사용자가 대화형으로 수행하는 수동 결정 기능을 제공한다.

(6) 검사계획 (Inspection Planning)

공차 및 특징형상 정보를 이용하여 공차가 부여된 각 면에 대하여 측정점 개수, 측정 위치, 측정 순서 등을 결정한다. 또한 Coordinate Measuring Machine (CMM)을 이용한 검사를 대상으로 하여 검사계획을 Dimensional Measuring Interface Standards (DMIS) 형식의 프로그램으로 출력한다.

2. 시스템의 개발

FAPPS는 Windows98/NT 환경에서 Visual Basic 6.0, Visual C++ 6.0을 이용하여 프로그래밍 되었으며, ACIS를 기하 모델러 (geometric modeler)로 채용하고 있다. 그리고 데이터베이스로는 Oracle DBMS를 이용한다. FAPPS는 각 기능 모듈들의 통합 및 데이터의 일관성 (consistency) 유지를 위하여 다음을 주요 고려사항으로 하고 있다.

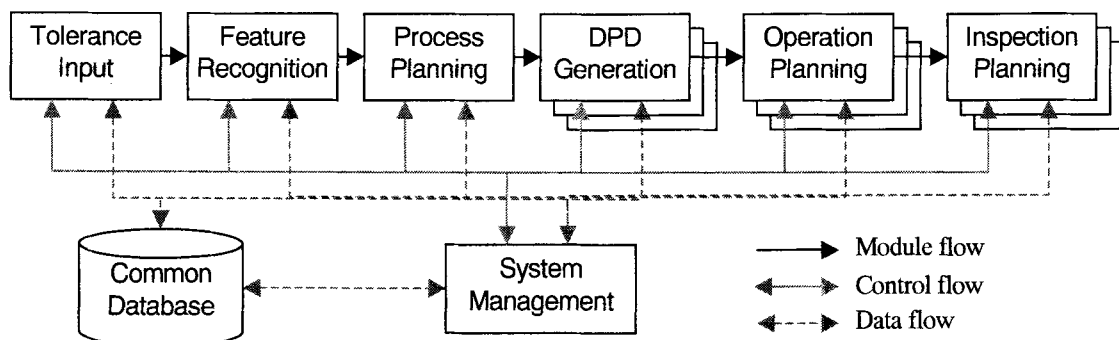


그림 3.1.1 FAPPS의 기능 모듈 제어 및 데이터 흐름

### (1) 특징형상 기반의 공정설계

공차입력 모듈에서 부여된 공차를 입력한 후, 특징형상 인식 모듈을 수행하면 특징형상의 형태, 크기, 공차가 인식된다. 이후 수행되는 공정계획, 공정분할도작성, 작업계획 및 검사계획 등의 각 모듈에서는 의사결정을 수행하는 입력정보의 기본 단위가 특징형상이다. 이렇게 결정된 공정설계 정보는 특징형상 별로 용이하게 수정할 수 있다.

### (2) 시스템 관리 : 기능 모듈들의 제어

FAPPS를 구성하는 각 기능 모듈들은 여러 개발자에 의해 독립적 단위 모듈로 개발되었다. 따라서 이들을 하나의 시스템으로 통합할 때, 모듈간의 자료 교환과 실행 순서를 상호 제어하는 모듈이 필요하다. 여러 개의 모듈로 이루어진 시스템의 개발에서 모듈의 실행 순서 제어는 시스템이 하나의 소스 코드 (source code)로 작성될 경우 용이하게 할 수 있다. 그러나, 여러 개의 모듈로 이루어진 시스템의 개발에는 많은 전문가들이 필요하며, 여러 사람이 하나의 소스코드로 작업할 경우, 변수명의 선언, 소스 코드의 수정 등 여러 가지 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하고, 시스템의 개발을 용이하게 하기 위해 각 모듈별로 프로그램을 개발하여 하나의 시스템으로 구현하는 방법이 사용된다. 이전의 DOS환경에서는 사용자가 한 번에 하나의 프로그램만을 사용할 수 있었으므로, 이러한 방법으로 시스템을 구현하는데 문제가 없었다. 그러나, Windows98/NT와 같은 Multi-Tasking 환경에서는 사용자가 동시에 여러 개의 프로그램을 사용할 수 있으므로, 시스템의 작업순서를 위배하는 경우가 생길 수 있다. 이러한 경우를 방지하기 위해 각 기능 모듈들의 실행순서를 제어/관리하는 시스템관리 모듈을 개발하였다.

### (3) 데이터베이스 관리 : 공통 데이터베이스의 설계 및 구축

FAPPS는 각 모듈간의 데이터 교환을 위하여 공통 데이터베이스를 적용하였다. 공통 데이터베이스의 설계를 위하여 IDEF0를 이용하여 각 단위 모듈의 기능을 분석하고, 입출력 정보를 추출하였다. 이를 바탕으로 하여 ER-Diagram을 작성하여 각 데이터의 연관관계를 표현하고, 공통 데이터베이스를 설계 및 구축하였다. 작성된 테이블은 크게 일반 관리 정보, 피삭재 정보, 공차 정보, 특징형상 정보, 형상 정보와 공차 정보의 연결정보, 공정 및 작업 계획 정보, 검사계획 정보 등을 표현한다.

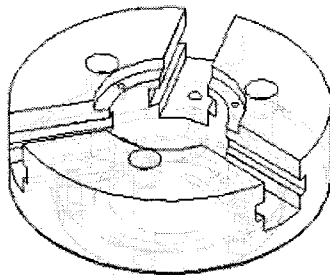
## 제 2 절 특징형상인식 모듈 보완

참여기업인 서암기계공업(주)으로부터 제공받은 특정한 절삭가공 부품들을 적용하여 기존의 특징형상인식 모듈 (FeatRecExec)을 보완하였으며, 따라서 보다 다양한 실제 산업체 부품들의 특징형상 인식이 가능하도록 그 기능을 확장하였다. 본 연구의 주요 내용은 다음과 같다.

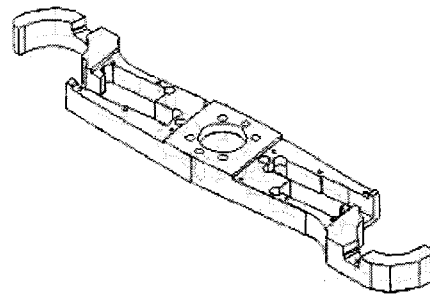
- 특징형상인식 모듈과 FAPPS의 통합 기술
- 실제 산업체의 부품 적용을 통한 확장된 특징형상 인식 기술에 대한 연구

본 연구에 적용된 부품의 가공방식 및 부품들을 다음과 같이 분류하였다.

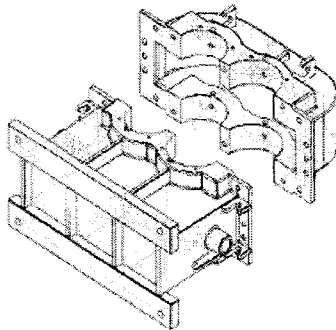
- *Mill-Turn Part Domain* : Chuck Body
- *Cast-then-Machined Part Domain* : Change Arm, Gear Box
- *Cast-then-All-Machined Part Domain* : Master Jaw



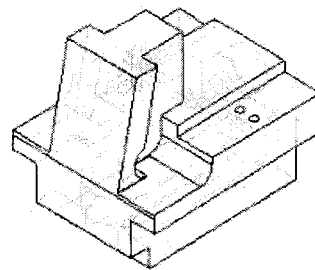
(a) Chuck Body



(b) Change Arm



(c) Gear Box



(d) Master Jaw

그림 3.2.1 적용 부품의 CAD 모델

## 1. Stand-Alone Feature Display

FeatRecExec은 FAPPS와의 통합을 위하여 Stand-Alone Feature Display 방식을 제공한다. 이 방식은 사용자와의 대화식으로 특징형상을 보여주기 위하여 FAPPS 내의 다른 모듈에 의해서 사용된다. 일단 FeatRecExec가 실행되면, 이는 자신의 데이터 출력 파일을 입력으로 받아, 인식된 모든 특징형상 볼륨을 생성하여 화면에 출력하게 되고, 사용자는 강조를 원하는 특징형상을 선택할 수도 있으며, 확대, 이동, 회전, 그리고 음영기능과 같은 대화식 보기 기능을 사용할 수 있다. FeatRecExec은 다음과 같은 정보로서 FeatRec를 초기화하면 실행되도록 구현되어 있다.

- labDrawPath : 데이터 출력 파일의 경로
- labTolName : 입력 부품의 파일명 (확장자 없음)

입력 부품의 파일명을 부여하는 규칙과, 입력 부품의 형상정보로부터 추출된 특징형상 정보들의 존재 경로에 대한 설명을 아래 <예제>에 나타내었다.

- labFeatName : (선택 사항), display될 특정 특징형상의 이름
- labFeatParam : (선택 사항), labFeatName에서 지정된 특징형상에 대한 parameterization index

<예제>

(1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 입력 부품의 파일명이 "B.sat" 이면,</li> <li>- <b>labTolName.Caption</b> = "B" 로 정의.</li> <li>- 출력 파일명은 자동적으로 <b>labTolName</b>으로부터 확장.</li> </ul>
(2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ProdB_PartB_FEAT_VOLUME.txt 로부터 특징형상 볼륨 정보추출. (이 파일은 반드시 미리 정의된 경로 (<b>labDrawPath</b>) 상에 존재해야 함)</li> </ul>
(3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ProdB_PartB_PROFILE.txt로부터 profile data 입력</li> <li>- Profile 정보 화일은 <b>labDrawPath</b>에 생성 (profile data는 부품 특징형상의 특성에 따라 생성여부 결정)</li> </ul>

## 2. Extensions for Mill-Turn Part Domain : Chuck Body

그림 3.2.2에서 보여지는 Chuck Body는 Mill-Turn Part Domain으로 구분되어지며, 다음과 같은 특성을 가진다.

- 회전 운동을 위한 cylindrical primary shape
- 완제품으로서의 기능 수행 시 원통형의 소재를 회전의 중심부에 놓기 위한 central cylindrical hole
- 원통형 소재를 고정하는 Master Jaw를 고정하기 위한 symmetric radial T-slot (Chuck Body는 outer and inner cylindrical face들이 T-slot에 의해 서로 연결됨)

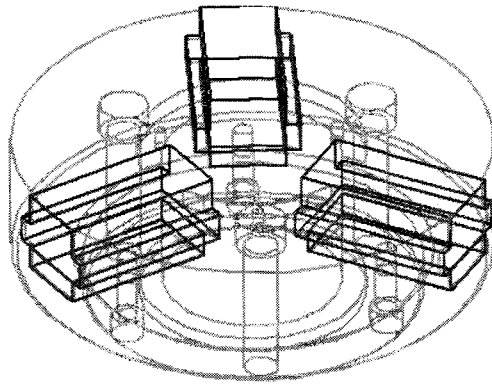


그림 3.2.2 Chuck Body C2, with SLOTT01 and SLOTT04 features highlighted

다음에 기술되는 기능의 보완/확장은 선삭가공 부품류에 적용하기 위하여 구현된 것이다.

### 가. Automatic Generation of Axis-Symmetry Workpiece

선삭가공 부품류는 외측 면이 cylindrical surface이며, 부품으로서의 기능 (회전기능)을 수행하기 위하여 기본적으로 cylindrical primary shape을 가진다고 가정되어진다. (i) 원통형이고, (ii)외측 원통형 표면과 동심축 (coaxial) 을 이루는 모든 특징형상 볼륨은 그림 3.2.3과 같은, axis-symmetry workpiece를 얻기 위하여 해당부품에 대한 cylindrical hull과 자동적으로 결합되어진다. 이러한 부분은 선삭가공에 의해서만 가공될 수 있는 부분을 나타내며, 그 외의 잔여 특징형상 볼륨들은 밀링가공에 의하여 가공된다.

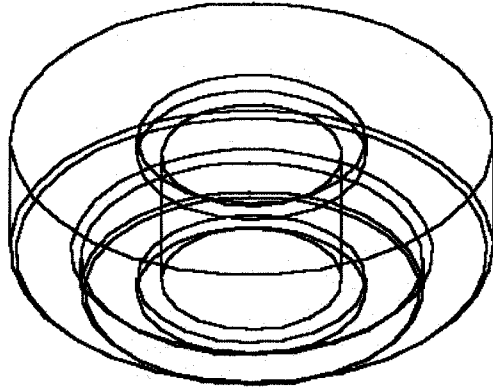


그림 3.2.3 Axis-symmetry workpiece for Chuck Body C2

나. Extension of Convex Decomposition with Cylindrical Halfspaces

Convex decomposition은 일반적으로 planar halfspaces만을 가정하는 convex hull (CH) 방법에 기반을 두었다. 선삭가공 부품이 종종 concave인 원통형 면들을 포함함에도 불구하고, 여전히 그것들은 부품의 최 외측 면 (extremal face) 을 이룬다. 따라서 convex hull의 개념은 planar, convex cylindrical 또는 concave cylindrical의 형상을 갖는 최 외측 halfspaces들간의 intersection으로 정의되는 *halfspace hull* (HH) 로 확장되어졌다. 그림 3.2.4(a) 에 보이는 바와 같이, removal volume R은 concave cylindrical face ( $f$ ) 를 가지고 있다. 이로부터 polyhedral abstraction PA(R) 가 얻어진다 (그림 3.2.4(b)). Halfspace hull (HH) 은 convex hull과, cylindrical face  $f$ 로부터 구해지는 cylindrical halfspace와의 set difference를 수행함으로써 생성되며, 그림 3.2.4의 (c1)과 (c2)에 도시되어 있다. 그림 3.2.4(d)에 나타나 있는 halfspace hull은 concave형임에도 불구하고, ASVP decomposition의 convex hull과 동일한 기능을 수행함에 주의를 해야한다.

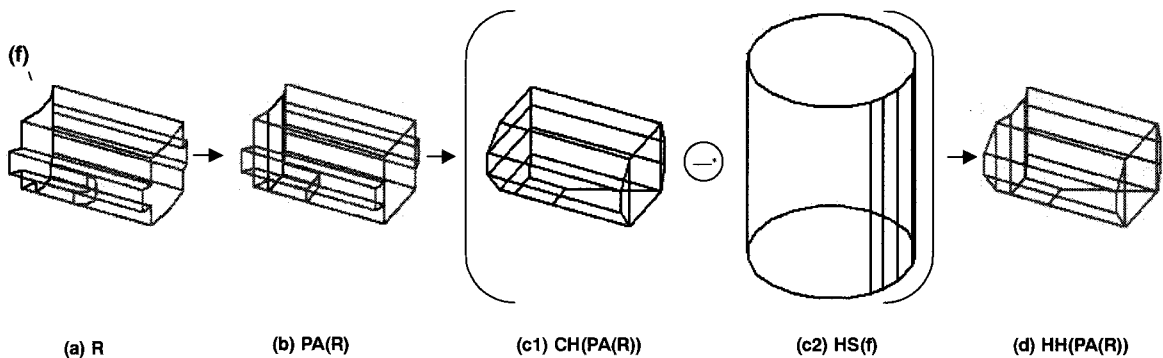


그림 3.2.4 Halfspace hull combining convex hull and cylindrical halfspaces



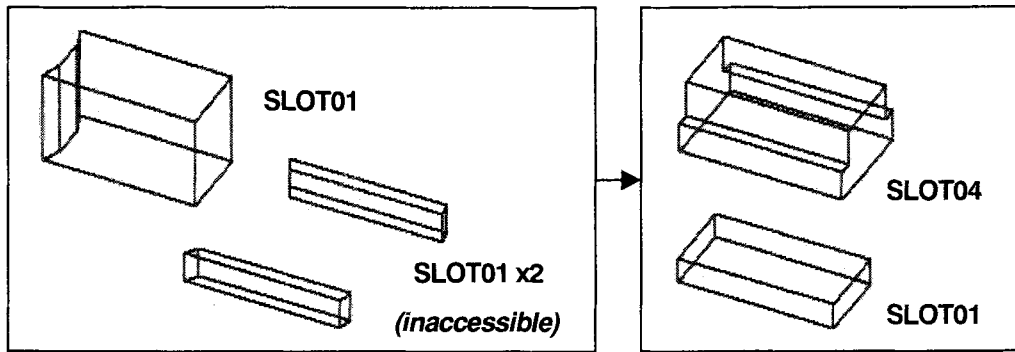


그림 3.2.5 Reclassifying inaccessible features using cellular recombination

#### 다. Cellular Recombination to Handle Inaccessible Features

Chuck Body의 T-slot 특징형상은 초기에 3개의 SLOT01 특징형상으로 분해된다. 이 중 2개의 특징형상들에 대해서는, 그림 3.2.5에서 보여지는 바와 같이 가공을 위한 접근이 불가능하다. 따라서 부분적으로 특징형상들을 재결합하는 새로운 방법을 개발하게 되었고, 이 방식은 모든 특징형상들에 대한 접근성이 확보될 때까지 접근불가능 특징형상들과 이에 인접한 (adjacent) 특징형상들을 반복적으로 재결합한다. 이러한 방법에 의하여, Chuck Body의 T-slot 특징형상은 초기 3개의 SLOT01에서 SLOT04와 SLOT01의 특징형상으로 재분류된다.

### 3. Extensions for Cast-then-Machined Part Domain : Change Arm, Gear Box

Change Arm과 Gear Box는 Cast-then-Machined Part Domain의 부품이다. 이러한 부품들은 주조 (casting) 후 절삭가공 (machining)에 의하여 만들어지게 된다. 무엇보다도 이러한 부품들은 가공을 위한 가공 공차가 고려되어지는 가공 면과 함께, 주조 공정에 의하여 생성된 면을 동시에 포함한다고 가정된다. 주조 후 가공되는 면으로부터, starting workpiece, 표면가공 특징형상 (SURF feature), 그리고 가공제거 볼륨(machining removal volume)이 자동으로 생성되며, 가공제거 볼륨들은 ASVP decomposition을 적용함으로써 보다 자세한 특징형상 인식의 단계를 거치게 된다.

다음에 기술되는 기능의 보완/확장은 그림 3.2.6의 Change Arm D8에 대한 특징형상 인식을 지원하기 위하여 구현된 것이다.

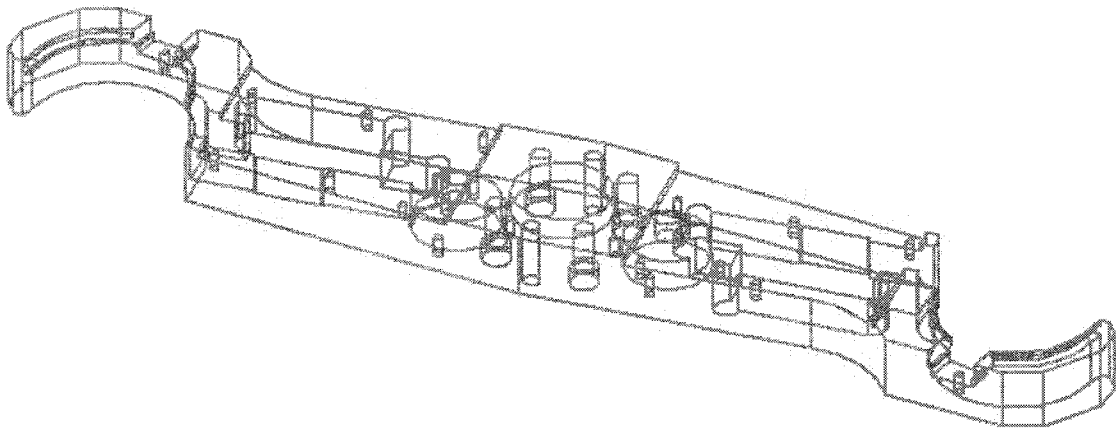


그림 3.2.6 Change Arm D8

#### 가. ASVP Remedial Partitioning using Cylindrical Halfspaces

Remedial Partitioning (RP)은 ASVP decomposition의 한 단계로서, decomposition 중 발생할 수 있는 non-convergence의 경우를 해결하기 위하여 cutting operation을 사용한다. 이러한 cutting operation은, 기본적으로 planar halfspace의 경우에만 적용되었으나, 본 연구를 통하여, cylindrical halfspace의 경우에도 cutting operation이 적용될 수 있도록 기능을 보완/확장하게 되었다. 이를 통하여, Change Arm처럼 평면과 원통형의 면이 상호 교차하는 형상을 지니고 있는 임의 부품의 decomposition을 단순화시킬 수 있다 (그림 3.2.7).

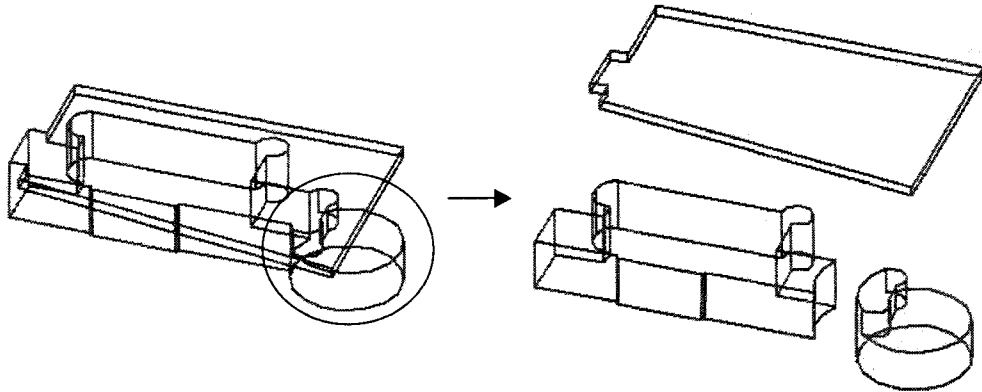


그림 3.2.7 Remedial partitioning using cylindrical halfspaces

#### 나. Recognition of Corner Pocket Features as Fictitious Blends

Change Arm은 모서리 부에 POCKET type의 특징형상을 지닌 VOPOCK을 가지고 있으며, 이는 매우 드문 경우이다 (그림 3.2.8). 이러한 모서리 부의 POCKET 특징형상들은 부분적으로 POCK04 type의 기본 특징형상 (atomic feature)과 대응될 수 있다. 이러한 모서리 부의 특징형상들은 서로 다른 가공 공차를 가지고 있는 인접한 면 (adjacent face)들을 연삭 (grinding)할 때 발생하는 불연속성을 제거하는데 가장 큰 목적이 있다. 이러한 용도에 따라서 특수한 경우의 blend feature로 간주되어, *fictitious blend*로 유추된다. Fictitious blend는 blend로서 가공되나, fictitious blend의 반경 (radius)은 공정 설계 시 필요에 따라 적절한 수준의 값으로 조절될 수 있다.

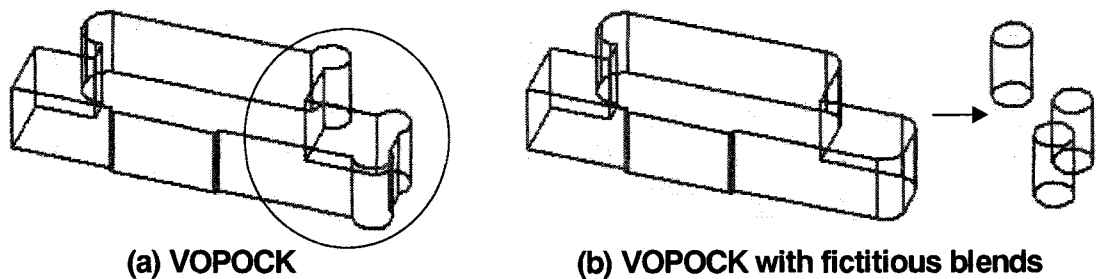
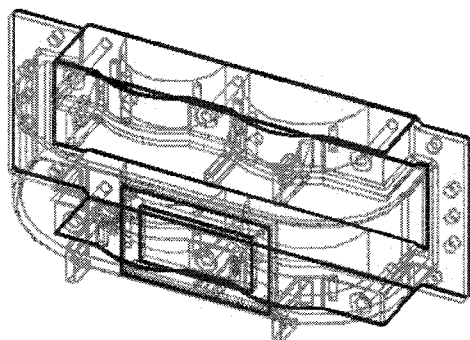
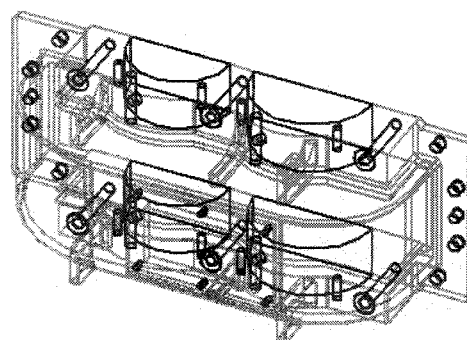


그림 3.2.8 Recognizing corner pockets as fictitious blends

Change Arm과 마찬가지로 Cast-then-Machined Part인 Gear Box (top/bottom part)에 대한 특징형상 인식을 위하여 보완된 기능은 없으며, 인식된 모든 특징형상들이 그림 3.2.9와 그림 3.2.10에 도시되어 있다.

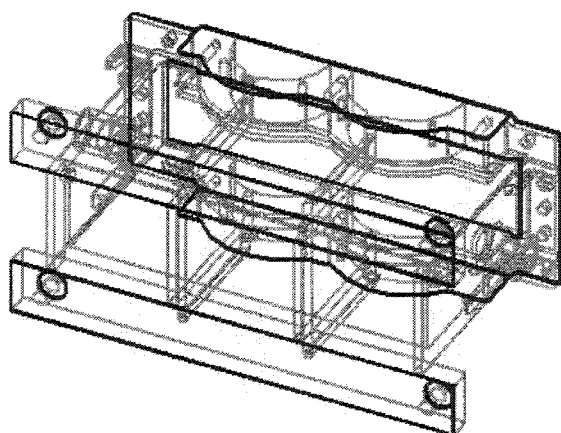


(a1) Top, SURF features

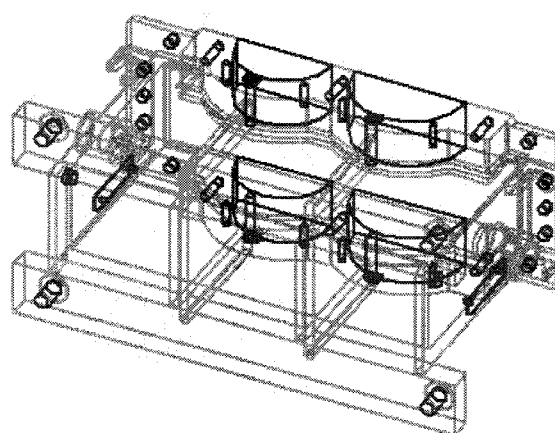


(a2) Top, volumetric features

그림 3.2.9 Recognized features for Gear Box (Top Part)



(b1) Bottom, SURF features



(b2) Bottom, volumetric features

그림 3.2.10 Recognized features for Gear Box (Bottom Part)

#### 4. Extensions for Cast-then-All-Machined Part Domain : Master Jaw

Master Jaw는 Cast-then-All-Machined로 불리는 새로운 가공 영역의 부품류이다 (그림 3.2.11). 이 영역의 부품은 Cast-then-Machined 영역과 동일한 방식에 의하여 부품을 만들게 되지만, 가공 후 구조에 의해 생성된 면은 전혀 남지 않고, 모든 면이 가공된 면이라는 큰 특징을 가지고 있다. 따라서 starting workpiece를 자동 생성하는 기능을 제공하는 Cast-then-Machined Part Domain에 적용되는 방법은 효과적일 수 없다.

다음에 기술되는 기능의 보완/확장은 Cast-then-All-Machined Part Domain의 부품들에 대한 특징형상 인식을 지원하기 위하여 구현된 것이다.

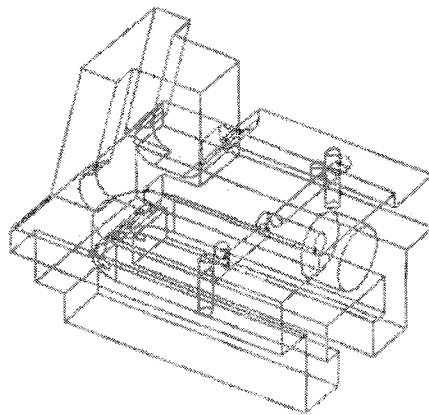


그림 3.2.11 Master Jaw J5

##### 가. User-specified Workpiece File

Cast-then-All-Machined Part Domain의 부품은 starting workpiece가 자동적으로 생성될 수 없기 때문에, starting workpiece는 사용자에게 의하여 정의/지정되어야 한다. FeatRecExec이 작동될 때, 사용자는 starting workpiece의 파일과 입력 부품 파일을 지정하게 된다. Master Jaw J5의 starting workpiece가 그림 3.2.12에 도시되어 있다.

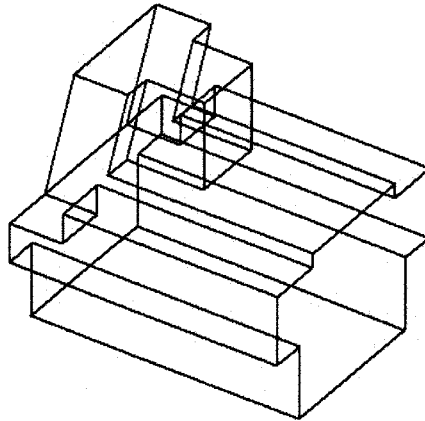


그림 3.2.12 Starting workpiece for J5

#### 나. Generate SURF Features by Cutting and Growing

사용자가 정의/지정한 starting workpiece와 입력 부품으로부터, 제거 볼륨 R이 set difference의 수행에 의해 얻어진다 (그림 3.2.13(a)). SURF 특징형상은 입력부품의 extremal original face를 따라 removal volume R을 cutting함으로써 생성되게 되며 (그림 3.2.13(b)), SURF특징형상 인식 후 잔여 부분은 ASVP decomposition에 의하여 최종적으로 인식되게 된다. 생성된 모든 SURF 특징형상을 total removal volume으로부터 추출함으로써, 가공제거 volume을 얻을 수 있다 (그림 3.2.14). 가공 removal volume은 ASVP decomposition을 통해, Form Feature Decomposition (FFD)을 거쳐 Negative Feature Decomposition (NFD)로 변환된다.

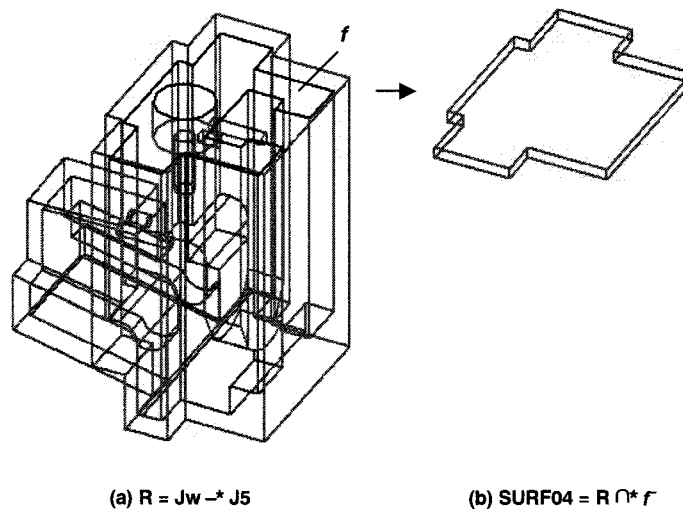


그림 3.2.13 Generating SURF features by cutting and growing

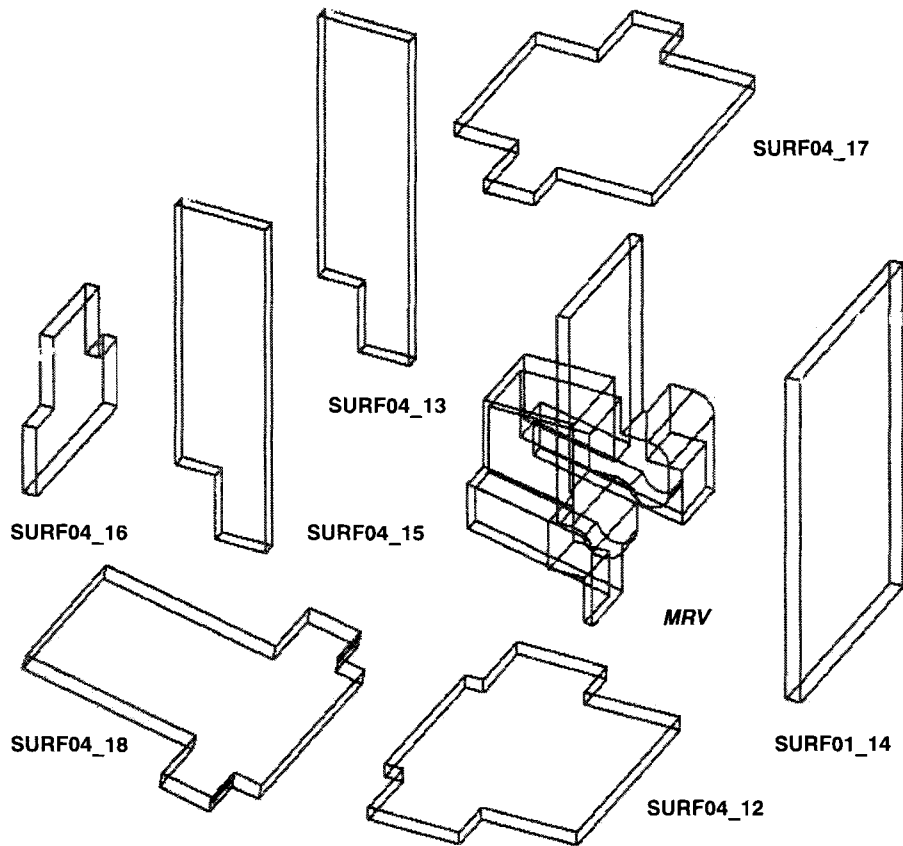


그림 3.2.14 Generating SURF features and machining removal volume ( *MRV* )

#### 다. General Case of Positive-to-Negative Conversion

Master Jaw의 형상은 분할된 하위 트리들에 포함되어 있는 볼륨들이 상호 공통 부분을 갖고 있는 (volumetric intersection) 복잡한 구조의 FFD를 갖는다. 이와 같이 복잡한 FFD를 NFD로 변환시키기 위하여, general case of positive-to-negative (P-to-N) conversion이 시스템에 구현되었다. 이러한 P-to-N이 다룰 수 있는 영역은 다음과 같다.

- (a) General intersection between features in disjoint subtrees
- Many-child, many-parent partial intersection between features, in which each feature may partially contain many "child" features, and partially contained in many "parent" features

## 라. Reblending of VOPOCK Features

ASVP를 수행하기 위해서는 다면체의 기하정보 (polyhedral geometry)를 필요로 한다. 따라서 가공제거 볼륨의 원형 가공면 (cylindrical blend face)은 ASVP 수행 전에 기하 정보 상에서 제거되었다가 최종적으로 인식된 NFD 특징형상에서 다시 복원된다. 이와 같은 reblending은 원형 가공면처럼 복잡한 형상의 VOPOCK을 다룰 수 있도록 확장되었으며 (그림 3.2.15(a)), 추가적으로 가공면의 높이 ( $h$ )가 blend radius ( $r$ ) 보다 작은 경우의 특징형상 (thin feature)에 대하여도 수행될 수 있도록 시스템에 구현되었다 (그림 3.2.15(b)).

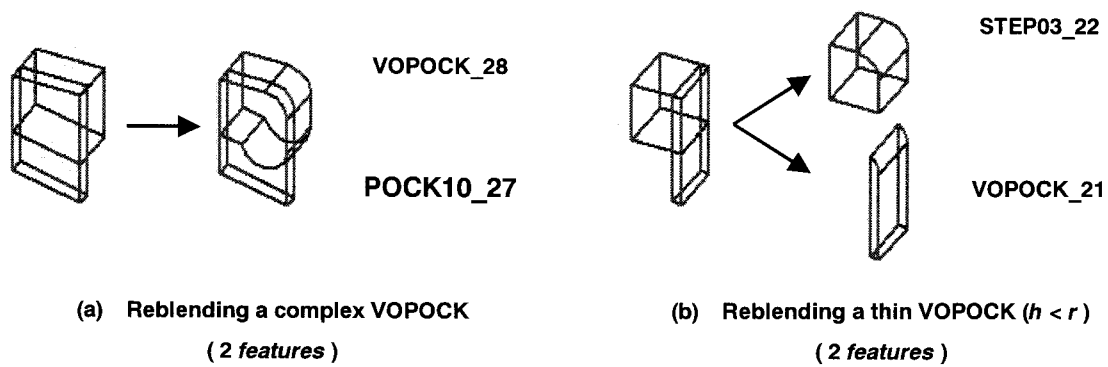


그림 3.2.15 Reblending for VOPOCK features

## 마. Handling Unmachinable Corners Created by P-to-N Conversion

General case of P-to-N의 결과로, NFD의 몇몇 negative feature들은 한 개의 vertex에 공통으로 인접한 3개의 original faces를 갖는 경우가 있다. Unmachinable corner라 불리는 이러한 vertex는 Master Jaw의 실제 형상에는 나타나지 않지만, P-to-N의 특성에 의해 FFD에서 NFD로 conversion 중 발생된다. 따라서 unmachinable corner vertices들을 다룰 수 있도록 시스템이 구현되었다. 일단 이러한 vertex가 발견되면, 모든 특징형상의 크기를 감소 (shrinking)시킴으로써 unmachinable corner를 제거할 수가 있으며, 따라서 단지 2개의 original face만이 남게된다. 이러한 과정을 거쳐 생성된 특징형상은 STEP type의 특징형상이 된다 (그림 3.2.16).

그림 3.2.17에는 Master Jaw의 인식된 모든 surface feature 및 volumetric feature가 도시되어 있다.



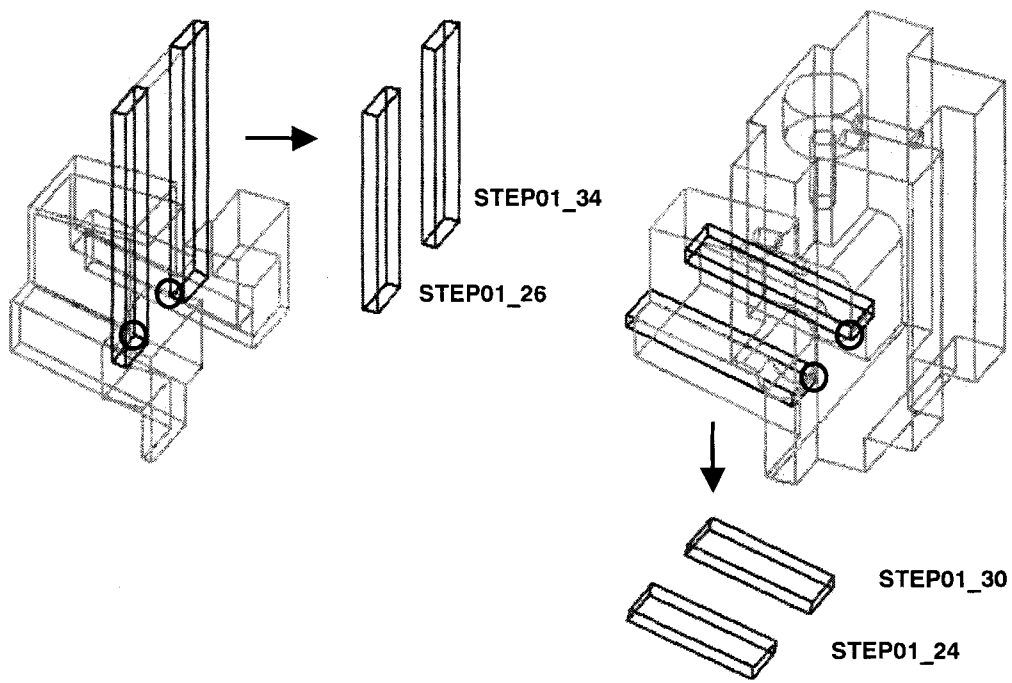


그림 3.2.16 Eliminating unmachinable corners by shrinking

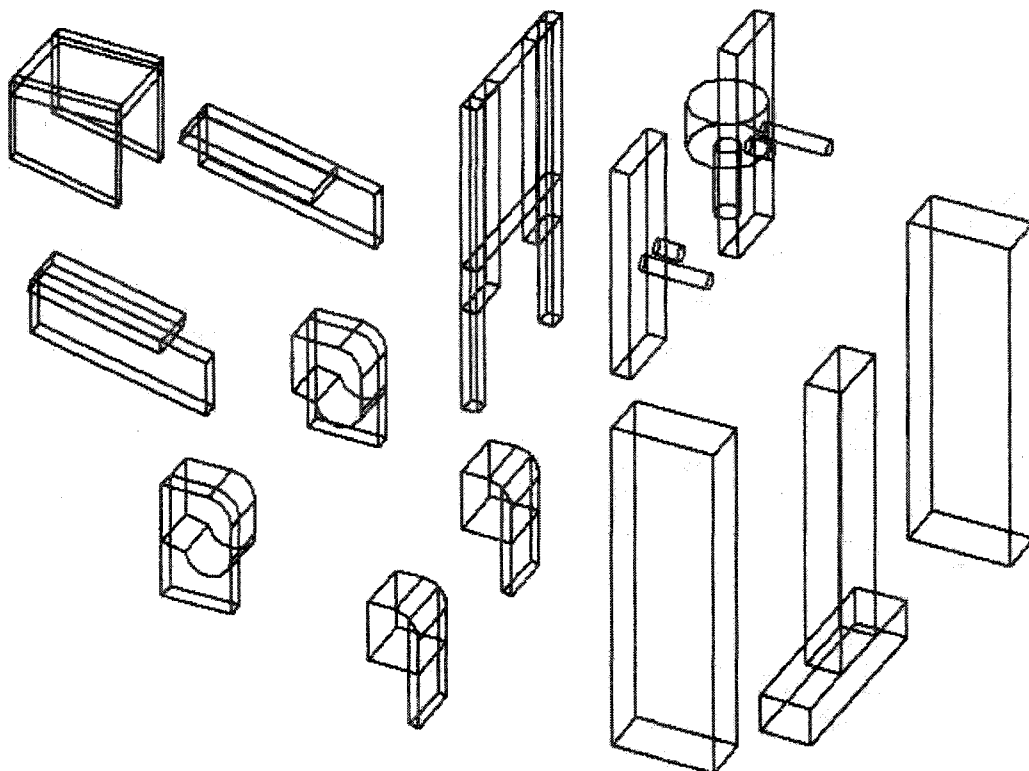


그림 3.2.17 Recognized volumetric features for Master Jaw J5

### 제 3 절 원가견적 모듈 개발

생산의 효율성을 높이기 위하여 가공 부품의 전체 혹은 일부 공정에 대한 외주가공이 증가하고 있는 상황에서, 외주가공 여부 등에 관한 의사결정을 용이하게 할 수 있도록 지원하는 원가견적 모듈을 개발하였다.

원가는 소재비용과 가공비용으로 구성되며, 이를 산출하기 위하여 (i)가공하는 부품의 전체 개수 및 셋업당 팔레트 (pallet) 개수, (ii)피삭재의 종류 및 단위 가격, (iii)기계의 종류 및 입률, 그리고 (iv)가공시간이 주요 변수로 고려된다.

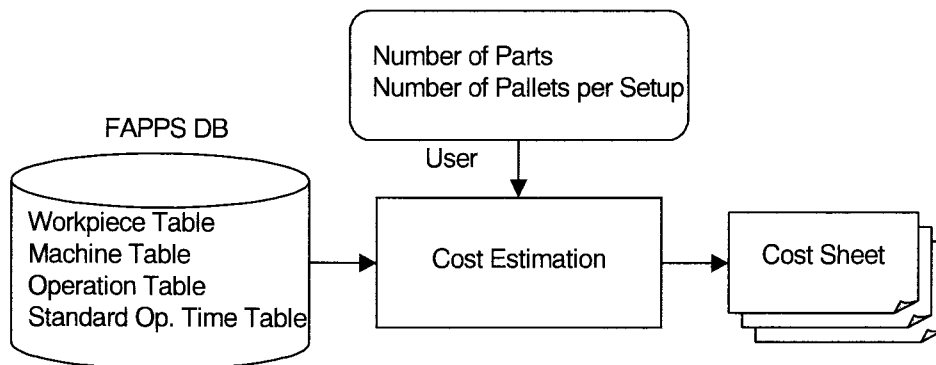


그림 3.3.1 원가견적 모듈의 개요

#### 1. 표준가공시간

가공시간은 다음과 같은 네 개의 항목으로 구분된다.

- 준비시간 : 가공할 부품과 가공에 필요한 장비들을 준비하는데 필요한 육체적 동작에 소요되는 시간이다.
- 셋업시간 : 가공을 위하여 기계를 조작, 준비하는데 소요되는 시간이다.
- 정미시간 : 절삭시간, 급송시간, 공구교환시간 등 실가공시간이다.
- 여유시간 : 정미시간의 10~20% 정도로 산정되는 여유시간이다.

정미시간과 여유시간은 FAPPS에서 생성한 NC 코드를 통하여 계산될 수 있으나, 준비시간과 셋업시간은 수학적으로 계산하기 어렵다. 따라서 준비시간과 셋업시간은 서암기계공업(주)의 현장 노하우를 반영하여 표 3.3.2와 같이 표준가공시간으로 데이터베이스화 하였다.

표 3.3.1 준비/셋업시간의 분류 변수 (밀링 가공)

구분	소	중	대
부품의 평균 길이 (X)	$X < 500$	$500 \leq X < 1000$	$X \geq 1000$
사용된 절삭공구의 개수 (Y)	$Y < 7$	$7 \leq Y < 12$	$Y \geq 12$
정삭부위의 개수 (Z)	$Z < 6$	$6 \leq Z < 10$	$Z \geq 10$

표 3.3.2 준비/셋업시간의 데이터베이스 (밀링 가공)

그룹		A	B	C	D	E	F	G
변수	부품크기	대	대 대 중	대 대 소 중 중 대	대 대 중 중 소 소 중	대 소 소 중 중 소	중 소 소	소
	공구개수	대	대 중 대	대 소 대 중 대 중	중 소 대 소 대 중 중	소 대 소 중 소 중	소 중 소	소
	정삭부위개수	대	중 대 대	소 대 대 대 중 중	소 중 소 대 중 대 중	소 소 대 소 중 중	소 소 중	소
준비 시간	도면해독시간	30	27.5	25	22.5	20	17.5	15
	가공물 준비시간	15	13	11.5	10	9.5	9	7.5
	작탈기구 준비시간	15	13	11.5	10	9.5	9	7.5
	치공구 준비시간	15	13	11.5	10	9.5	9	7.5
	절삭공구 준비시간	15	13	11.5	10	9.5	9	7.5
	측정기 준비시간	10	10.5	9	7.5	7	6.5	5
	셋업 시간	가공물 작탈시간	25	20	15	15	10	10
기계조작/ 점검시간		20	20	15	10	10	10	7.5
측정시간		25	20	20	15	15	10	10
계		170	150	130	110	100	90	75

## 2. 원가견적

원가는 소재비용과 셋업별 가공비용의 합으로 계산되며, 어떤 부품을 한 개만 가공한다면 소재비용과 셋업별 가공비용은 다음과 같이 산출된다.

- 소재비용 = 피삭재의 단위가격  
= 피삭재의 단위 부피당 가격 × 피삭재의 부피
- 셋업별 가공비용 = 기계의 입률 × 가공시간  
= 기계의 입률 × { 준비시간 + 셋업시간 + 정미시간 + 여유시간 }

소재비용 산출의 근거인 피삭재의 단위 부피당 가격은 피삭재정보와 함께, 그리고 가공비용 산출의 중요한 변수인 기계의 입률은 현장에 축적된 경험 데이터를 근거로 기계 정보와 함께 데이터베이스에 저장, 관리된다.

동일한 부품을 복수 개 가공할 때, 준비시간과 셋업시간은 표 3.3.2에 나타난 세부항목별로 신중하게 고려되어야 한다. 즉, (i)동일한 부품인 경우에 그 개수에 상관없이 한 번만 고려되는 시간 (도면해독시간 등)과 (ii)셋업당 팔레트 개수에 따라 고려되는 시간 (기계조작/점검시간 등), (iii)가공하는 부품의 전체 개수만큼 고려되는 시간 (가공물 착탈 시간 등)으로 구분되어야 한다. 그러나 본 연구에서 데이터베이스화 한 표준가공시간은 현장의 경험 데이터에 근거하여 대략적인 원가견적을 산출하기 위함이므로, 이들에 대한 세부적인 구분은 반영하지 않았다. 대신에 준비시간과 셋업시간을 정의한 취지에 맞도록 이들을 다음과 같이 원가견적에 반영하였다.

- 준비시간 : 동일한 부품인 경우 그 개수에 상관없이 한 번만 고려한다.
- 셋업시간 : 셋업당 팔레트 개수와 동일한 개수의 부품에 대하여 한 번씩 고려한다.  
셋업당 팔레트 개수보다 적은 수의 부품에 대해서도 한 번 고려한다.

(예) 부품의 전체 개수가 10이고 셋업당 팔레트 개수가 4일 경우,  
준비시간은 한 번 고려되고 셋업시간은 세 번 고려된다.

따라서 원가는 다음과 같이 산출된다.

$$Cost = n [C_w + \sum_{p=1}^{10} M_p (\frac{T_b}{n} + n_p \frac{T_s}{n} + T_m + T_r)]$$

- $n$  : 부품의 전체 개수,  $C_w$  : 피삭재의 단위가격,  $M_p$  : 기계별 입률,
- $n_p$  : 부품의 전체 개수를 셋업당 팔레트 수로 나눈 값을 올림한 정수,
- $T_b$  : 준비시간,  $T_s$  : 셋업시간,  $T_m$  : 정미시간,  $T_r$  : 여유시간

개발된 원가견적 모듈은 부품의 전체 원가견적 뿐만 아니라, 외주원가견적을 위하여 작업내용별 원가견적도 수행한다.

원가견적

환경 설정      **작업 내용별 가공 비용**      원가 견적

셋업 : 30      가공 비용 : 29844 원

순서	작업내용	준비시간	셋업시간	정미시간	여유시간	가공비용(원)
<input type="checkbox"/> 0	준비/셋업시간	65	35			100
<input type="checkbox"/> 1	일반드릴링/POCK04_7			3,6	0,36	792
<input type="checkbox"/> 2	일반드릴링/POCK04_8			3,6	0,36	792
<input type="checkbox"/> 3	일반드릴링/POCK04_9			3,6	0,36	792
<input type="checkbox"/> 4	일반드릴링/HOLE05_4			4	0,4	880
<input type="checkbox"/> 5	일반드릴링/HOLE05_5			4	0,4	880
<input type="checkbox"/> 6	일반드릴링/HOLE05_6			4	0,4	880
<input type="checkbox"/> 7	엔드밀링_황삭/POC...			4,4	0,44	968
<input type="checkbox"/> 8	엔드밀링_황삭/POC...			4,4	0,44	968
<input type="checkbox"/> 9	엔드밀링_황삭/POC...			4,4	0,44	968

저장      종료

그림 3.3.2 작업내용별 가공비용 산출 화면

원가견적

환경 설정      **작업 내용별 가공 비용**      원가 견적

전체 가공 비용      103960 원

셋업	기계	준비시간	셋업시간	정미시간	여유시간	가공비용(원)
10	TNV-40A	20	14	24,7	2,5	12240
20	TNV-40A	20	14	36,8	3,7	14900
30	TNV-40A	65	35	135,1	13,5	49720
40	TNV-40A	65	35	32,3	3,2	27100
계		170	98	228,9	22,9	103960

전체 소재 비용      10000 원

전체 예상 비용 : 113960 원

저장      종료

그림 3.3.3 원가견적 결과 화면

## 제 4 절 공구경로생성 모듈 보완

정의된 특징형상들에 대한 공구경로만을 생성하던 기존의 FAPPS를 보완하여, 직선과 원호로 구성된 임의의 형상 (virtual pocket, virtual open pocket)을 포함한 모든 인식된 특징형상들에 대한 공구경로생성이 가능하도록 그 기능을 확장하였다. 또한 FAPPS에서 결정된 형상 및 가공정보를 공구경로와 연계하여 공정별 NC 코드를 자동으로 생성하는 모듈을 개발하였다.

### 1. 입력정보 및 NC 코드생성 커널 (kernel)

NC 코드생성 모듈은 FAPPS로부터 자동 공정설계의 결과인 특징형상의 기하정보 (feature geometry)와 공정정보 (process), 작업정보 (operation)를 입력받는다.

- 특징형상의 기하정보 : Feature Name, Origin Vector, Depth Vector, Width Vector, Size Parameters (Depth, Width, Length, Diameter, etc.)
- 공정정보 : Machine Tool, Process Sequence, etc.
- 작업정보 : Operation, Tool, Cutting Conditions, Operation Sequence, etc.

또한, 사용자로부터 부품의 기계장착 좌표계 (loading coordinates)와 공구안전거리 (tool safe distance), 공구안전높이 (tool safe height)를 직접 입력받는다.

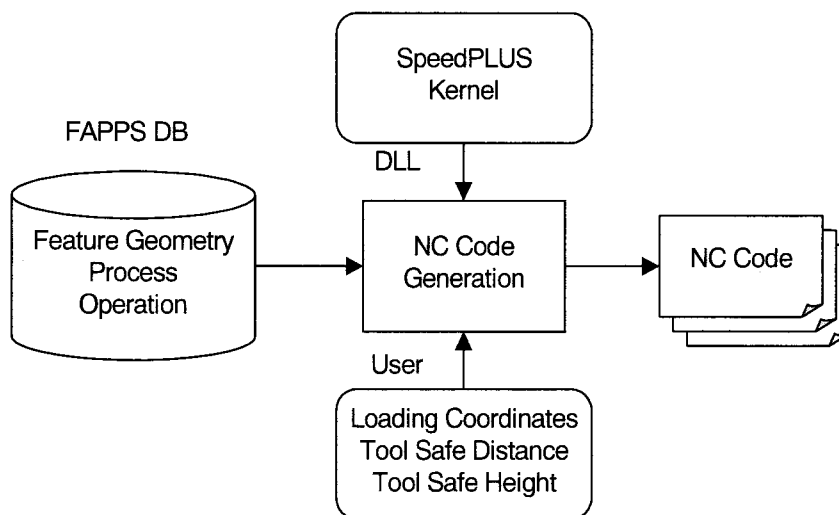


그림 3.4.1 NC 코드 생성 모듈의 개요

- 기계장착 좌표계 : 가공되는 workpiece가 기계에 장착되는 좌표계는 설계 모델의 좌표계와 다를 수 있으므로, 기계에 장착되는 좌표계로 변환한다.
- 공구안전거리, 공구안전높이 : 공구가 workpiece와 충돌을 일으키지 않도록 충분한 안전거리와 안전높이를 확보한다.

이러한 입력정보를 상용 CAM 시스템인 CSCAM(주)의 SpeedPLUS 2000 커널과 연계하여 NC 코드를 생성한다.

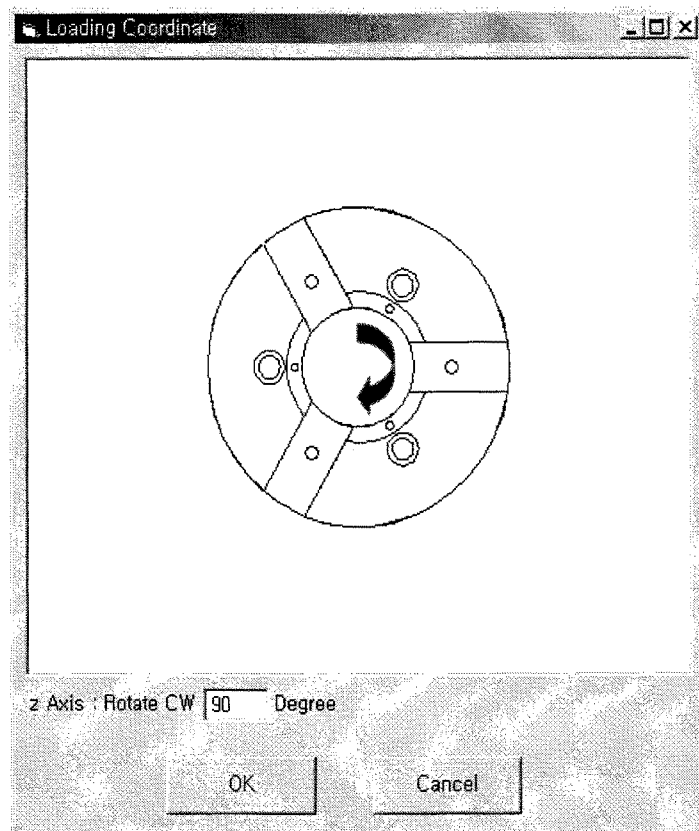


그림 3.4.2 기계장착 좌표계 설정 화면

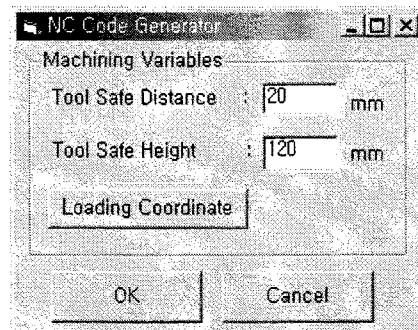


그림 3.4.3 공구안전거리 및 공구안전높이 설정 화면

## 2. NC 코드생성

NC 코드생성은 다음과 같은 순서를 통하여 이루어진다.

- (i) 공정정보를 이용하여 현재 공정에서 가공할 특징형상의 기하정보 및 작업정보를 추출한다.
- (ii) 작업순서를 기준으로 동일한 공구를 사용하는 작업을 그룹핑한다.
- (iii) 각 작업의 가공 프로파일 (profile)을 작성한다.
- (iv) SpeedPLUS2000과 연계하여 작업 및 이동을 포함한 공구경로를 생성한다.
- (v) 공정 전체에 대하여 (ii)에서 (iv)를 반복한다.
- (vi) 결정된 공구경로를 이용하여 NC 코드를 생성한다.

### 가. 가공 프로파일 작성

가공 프로파일은 NC 가공이 일어날 영역의 경계를 의미하며, 특징형상의 기하정보와 이에 대한 작업정보로 작성할 수 있다. 특징형상이 황삭 가공만을 필요로 하는 경우, 가공 프로파일은 특징형상의 전체 영역이 되어야 한다. 그러나 정삭 가공까지 필요한 경우에는 황삭 가공에서의 가공 프로파일은 정삭여유를 제외한 영역이 되어야 하며, 정삭 가공을 위한 가공 프로파일은 정삭여유의 영역으로 결정되어진다. 그림 3.4.4는 지름 16mm인 POCK04에 황삭 및 정삭 가공이 할당되었을 때의 가공 프로파일을 구분하여 나타낸다. 이 때의 정삭여유는 1mm로 지정되어 있다.

### 나. 공구경로생성

가공 프로파일과 입력정보를 SpeedPLUS 2000 커널과 연계하여 특징형상의 작업을 위한 공구경로를 생성한다. 또한, 다음 작업이 동일한 공구를 사용하는 작업이면 공구교환 없이 다음 특징형상의 작업을 위한 기준위치로 이동하고, 공구 교환이 필요한 작업이면 공구를 교환 위치로 이동시킨 후 공구교환정보를 저장한다.

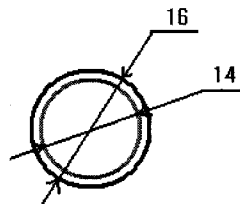


그림 3.4.4 POCK04에 대한 가공 프로파일의 예 (황삭 및 정삭)



#### 다. Post Processing

한 공정 전체에 대한 공구경로가 생성되면 이를 공작기계에서 이용할 수 있는 형태의 코드로 변환한다. Post processing은 현재 FANUC 장비에 대해서만 구현된다.

## 제 5 절 가공 노하우 체계화

가공 노하우의 개인 경험 의존에 따른 시행착오의 반복을 줄이고 품질의 안정을 도모하기 위하여, 공정계획 (셋업 및 가공순서 결정)과 관련된 서암기계공업(주)의 가공 노하우를 체계화하여 기존 FAPPS와 통합·보완하였다. 공정계획은 셋업 및 가공순서를 결정하기 위하여 특징형상정보를 분석하여 (i)특징형상별 작업내용 (operation)을 추론하고, (ii)특징형상들 간의 가공선행관계 (machining precedence)를 결정한다.

### 1. 작업내용 추론

작업내용은 각각의 기본 특징형상에 대하여 형상, 정밀도, 크기, 전·후공정 등을 주요 변수로 고려하여 룰베이스 (rulbase)로부터 추론 (inference)된다. 서암기계공업(주)의 작업내용 추론 노하우를 체계화하기 위하여, 정의된 모든 특징형상들에 대하여 고려되는 변수와 조건, 그리고 그에 따른 결과 (작업내용)를 분석하여 룰베이스를 구축하였다. 또한, 각각의 변수 조건을 검색하여 효과적으로 작업내용을 추론할 수 있는 추론엔진 (inference engine)과 룰베이스를 용이하게 편집 (추가, 수정, 삭제)할 수 있는 룰베이스 편집기 (rulebase editor)를 구현하였다.

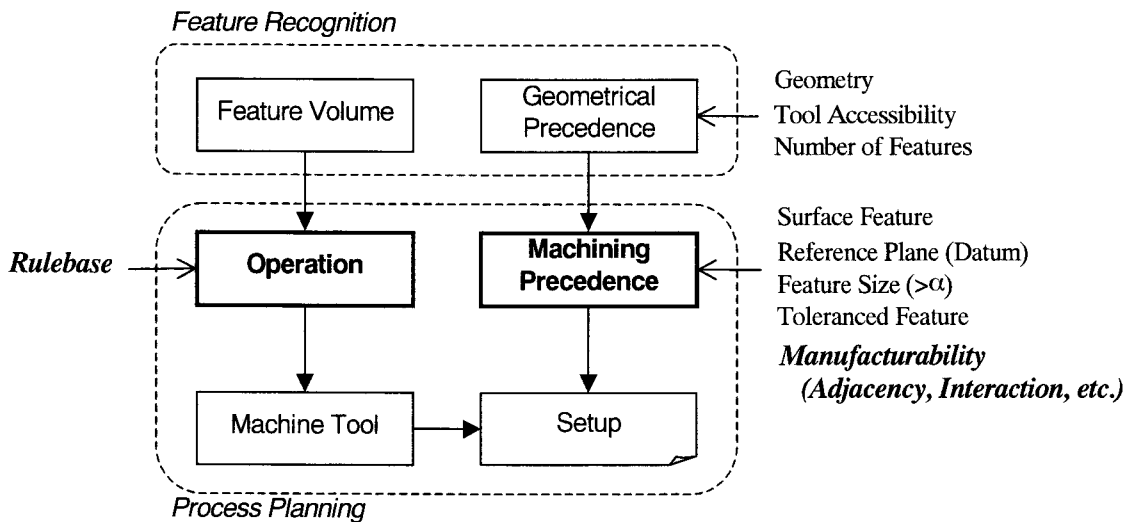


그림 3.5.1 셋업결정의 개요

그림 3.5.2는 룰베이스와 추론엔진을 이용한 작업내용 추론을 개략적으로 보여주고 있다. 여기에서 열처리 공정 (heat treatment)과 연삭 공정 (grinding)은 절삭가공 공정의 범위가 아니며, 따라서 자동으로 작업내용이 추론되지 않는다. 그러나 열처리 공정과 연삭 공정은 셋업결정 및 이후 의사결정 과정에서 중요한 고려사항이 되므로, 사용자가 직접 조건과 작업내용을 정의할 수 있도록 하였다.

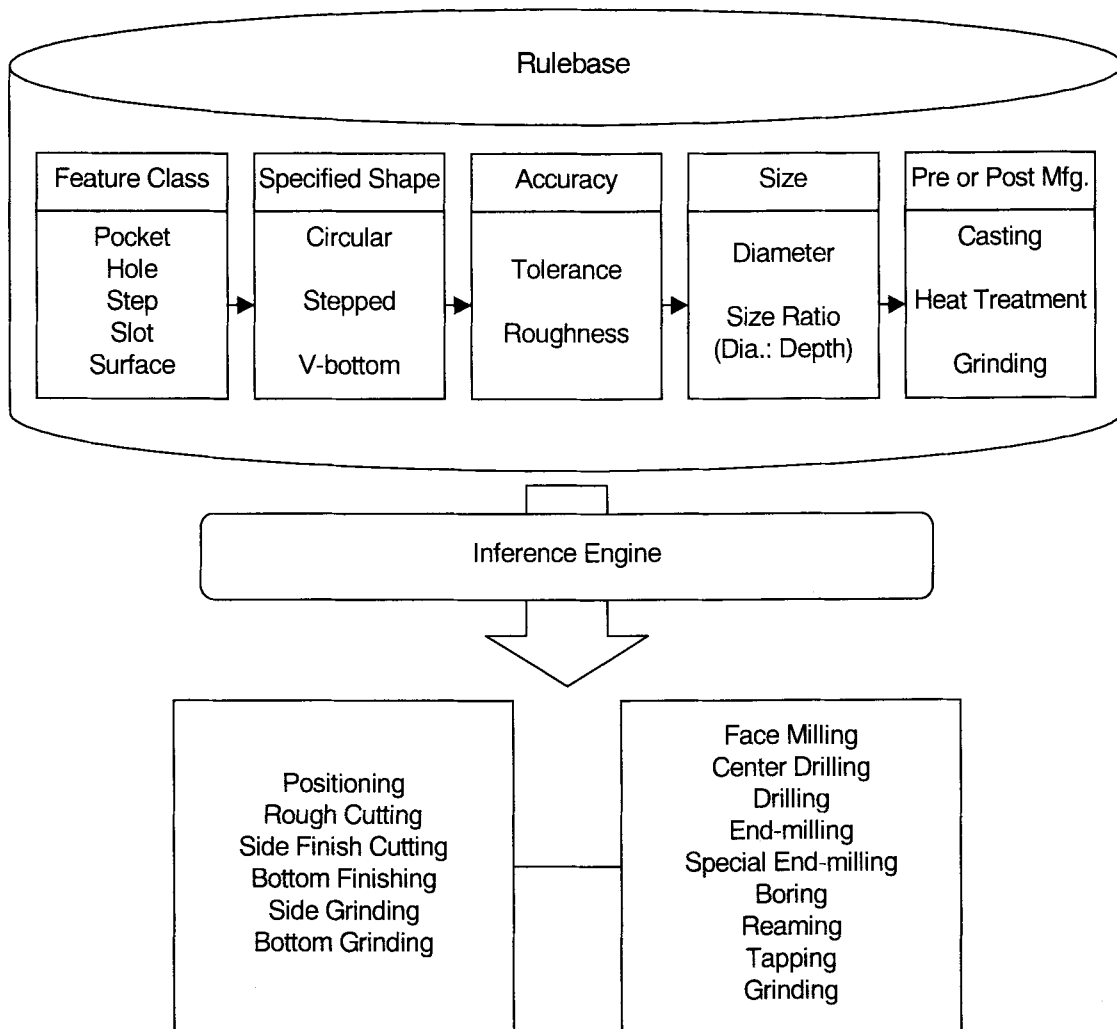


그림 3.5.2 작업내용 추론의 개요

그림 3.5.3은 HOLE05를 대상으로 각각의 조건에 따라 정의된 작업내용을 확인하고, 이를 편집할 수 있는 룰베이스 편집기 화면을 보여주고 있다. 이 화면은 다음과 같은 가공 노하우를 보여주고 있다.

- 조건

- (i)주조 가공이 선행되지 않았고,
- (ii)지정된 공차가 없고,
- (iii)바깥지름의 크기를 고려하지 않으며,
- (iv)안지름의 크기가 30mm 이하인 HOLE05

- 작업내용

일반드릴링 가공 → 엔드밀링(아랫구멍) 황삭 가공 → 엔드밀링(윗구멍) 황삭 가공

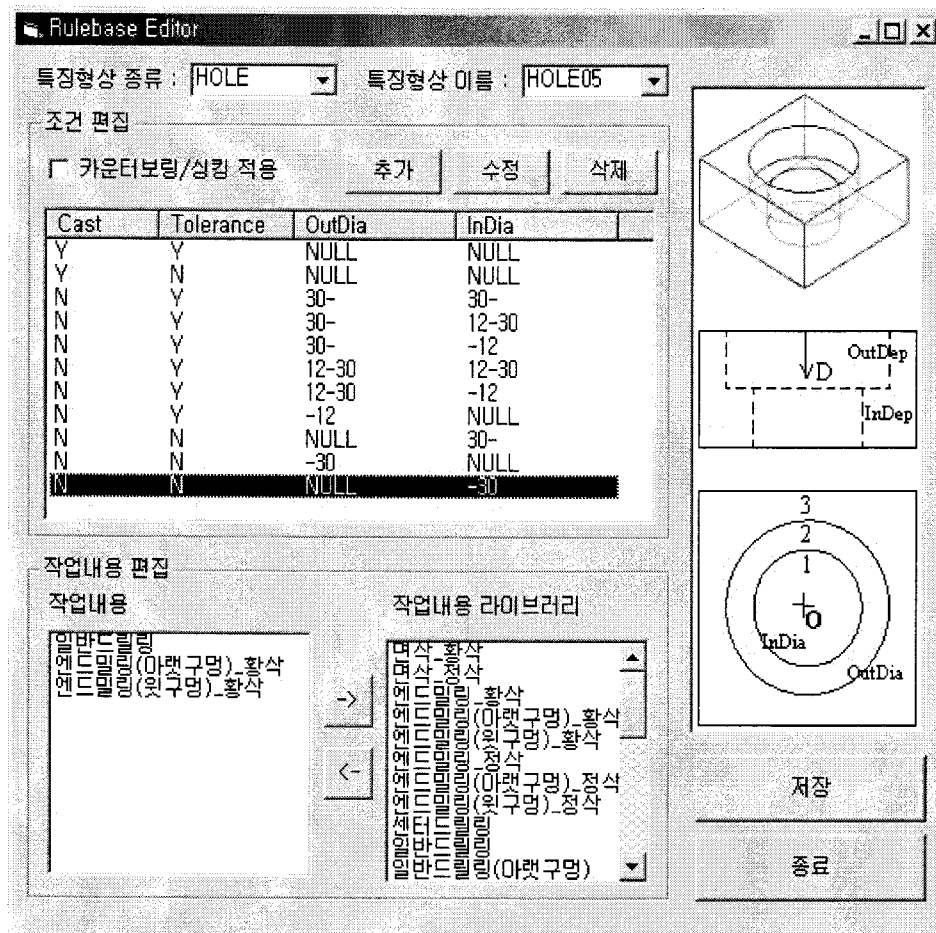


그림 3.5.3 룰베이스 편집기 화면

## 2. 가공선행관계 결정

특징형상인식을 통하여 특징형상들 간의 기하선행관계 (geometrical precedence)가 결정되지만, 가공을 위해서는 가공선행관계가 추가로 고려되어야 한다. 기존의 FAPPS는 다음과 같은 가공우선순위 규칙을 바탕으로 가공선행관계를 결정하고 있다.

- 규칙 1 : 면 (surface)은 기하선행관계가 하위인 특징형상들보다 높은 가공우선순위를 갖는다.
- 규칙 2 : 가공기준면 (reference plane, datum)은 다른 모든 면이나 특징형상들보다 높은 가공우선순위를 갖는다.
- 규칙 3 : 중요특징형상 (공차가 지정된 특징형상)은 다른 특징형상들보다 낮은 가공우선순위를 갖는다.
- 규칙 4 : 주요특징형상 (형상의 크기가 가공면의 일정 비율 이상인 특징형상)은 다른 특징형상들 보다 높은 가공우선순위를 갖는다.
- 규칙 5 : 가공우선순위가 서로 상충할 때는 규칙 1부터 4의 순서로 우선순위를 결정한다.

그러나 위의 규칙들은 특징형상들 간의 인접 (adjacency), 간섭 (interaction), 또는 그 밖의 다양한 이유에 의한 가공선행관계의 발생을 충분히 고려하지 못하고 있다. 따라서 적용부품을 대상으로 가공가능성 (manufacturability)과 가공시간 단축, 품질 만족을 고려한 가공선행관계 결정 노하우를 체계화하여 위의 규칙들을 보완하였다.

### 가. Fixturing을 고려한 가공선행관계 - Chuck Body

그림 3.5.4에 보여지는 Chuck Body의 상면 가공에서 기존의 규칙을 적용하면, 규칙 4만이 적용되어 SLOT04 (T-slot)가 HOLE05 (2단 구멍)보다 높은 가공우선순위를 갖게 된다. 그러나 실제 가공에서 HOLE05는 SLOT04 가공의 fixturing을 위한 형상으로 이용되기 때문에, SLOT04 보다 높은 가공우선순위를 갖는다.

이와 같이 fixturing에 이용되는 특징형상은 이를 참조하는 다른 특징형상들 보다 높은 가공우선순위를 갖는다.

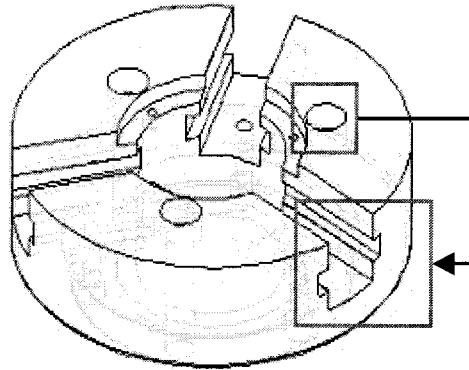


그림 3.5.4 Fixturing을 고려한 가공선행관계의 예 (Chuck Body)

나. 가공시간과 가공가능성을 고려한 가공선행관계 - Change Arm

그림 3.5.5는 Change Arm에서 VOPOCK과 세 개의 POCK04가 서로 간섭하고 있는 경우를 보여주고 있다. 이 경우는 VOPOCK과 POCK04들을 서로 compound하여 하나의 새로운 VOPOCK으로 다룰 수도 있으나, 그렇게 할 경우 가공시간이 오래 걸리게 되므로 각각 나누어서 다루는 것이 효율적이다. 이 경우도 기존의 규칙을 적용하면, 규칙 4만이 적용되어 VOPOCK이 POCK04들보다 높은 가공우선순위를 갖게 된다. 그러나 실제 가공에서 VOPOCK을 먼저 가공할 경우, POCK04들은 드릴링 가공시 중심축이 흔들려 가공을 할 수 없게 된다. 따라서 가공시간과 가공가능성을 고려하여 POCK04들이 VOPOCK 보다 높은 가공우선순위를 갖는다.

그림 3.6.6은 기존의 규칙들과 새로 추가된 가공선행관계 결정 노하우를 적용하여 Change Arm의 상면 가공순서를 결정한 예이다.

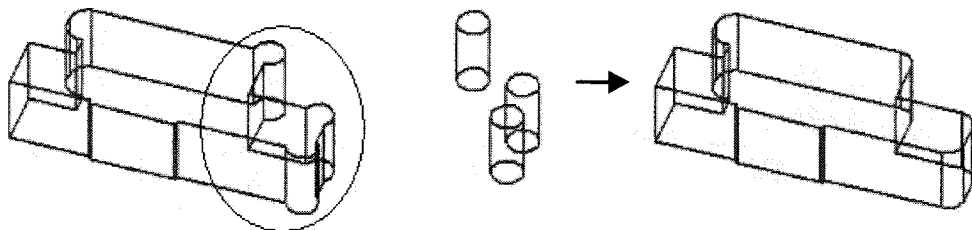


그림 3.5.5 가공시간과 가공가능성을 고려한 가공선행관계의 예 (Change Arm)

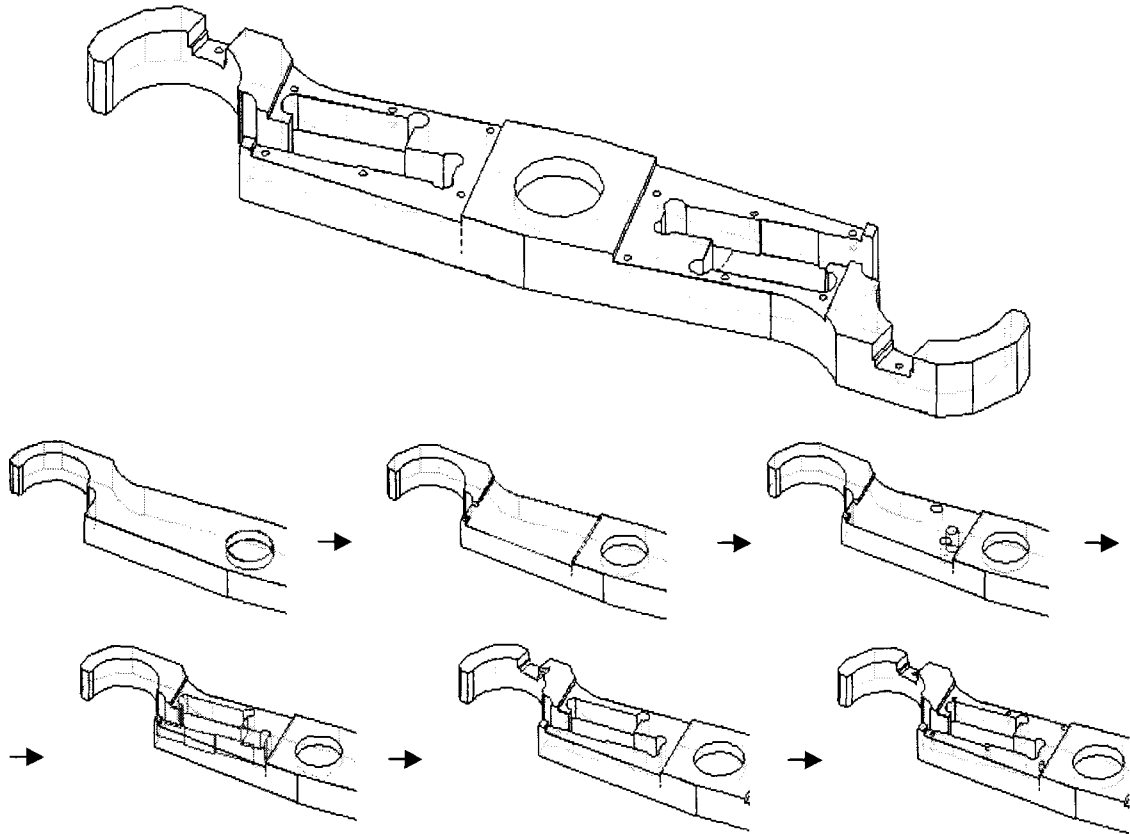


그림 3.5.6 가공순서 결정의 예 (Change Arm 상면 가공)

#### 다. 품질을 고려한 가공선행관계 - Gear Box

그림 3.5.7에 보여지는 Gear Box는 상부와 하부가 체결 (assembly)되어 그 기능을 하게 된다. 이 경우에 각각의 반원통 형상들은 상부와 하부가 체결된 후 쌍을 이루어 완전한 원통이 되며, 높은 수준의 정밀도 (품질)를 요구하기 때문에, 상부와 하부를 체결한 후 가공한다. 따라서 상부와 하부의 체결을 위한 HOLE 들이 반원통 형상 보다 높은 가공우선순위를 갖는다.

이와 같이 체결에 이용되는 특징형상은 체결 후 가공되는 특징형상들 보다 높은 가공우선순위를 갖는다.

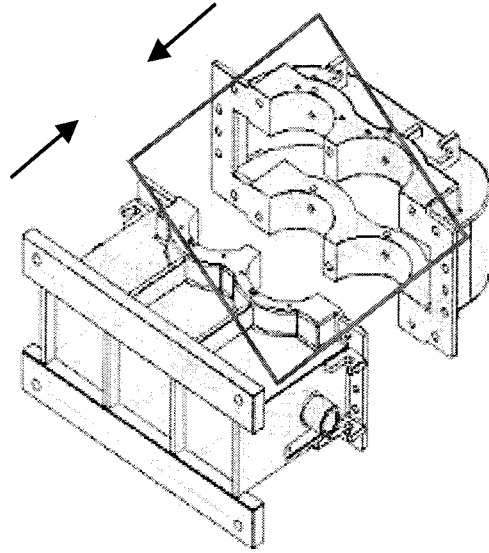


그림 3.5.7 품질을 고려한 가공선행관계의 예 (Gear Box)

### 3. 사용자 정의 형상

그림 3.5.8은 Chuck Body에서 SLOT04 (T-slot)와 SLOT01이 서로 간섭하고 있는 것을 보여준다. 이 경우 일반적으로 가공선행관계는 SLOT04가 SLOT01 보다 우선하지만, 바닥이 돌출된 T형 절삭공구를 사용하면 가공이 불가능하다는 문제가 있다.

이러한 문제를 해결하고 가공의 효율성을 높이기 위하여, SLOT04와 SLOT01을 결합하여 사용자 정의 형상을 추가하고 작업내용을 정의하였다.

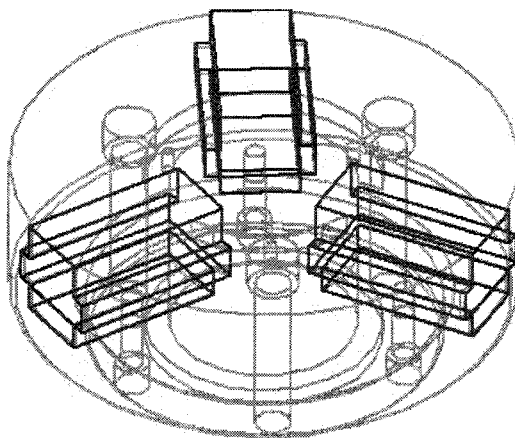
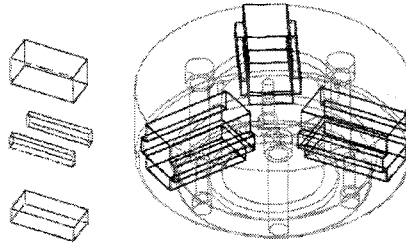


그림 3.5.8 SLOT04와 SLOT01의 간섭 (Chuck Body)



1. Use of Atomic Features

Op. No.	Feature	Operation	Tool No.
1		Endmilling_R	T1
2	SLOT04	Endmilling_F	T2
3		T-Cutting_R	T3
4		T-Cutting_F	T4
5	SLOT01	Endmilling_R	T1
6		Endmilling_F	T2



2. Use of User-specified Feature

Op. No.	Feature	Operation	Tool No.
1		Endmilling_R	T1
2	User-specified Feature	Endmilling_F	T2
3		T-Cutting_R	T3
4		T-Cutting_F	T4



Method	No. of Tool Changes	Quality
1	5 times	-
2	3 times	Good

그림 3.5.9 사용자 정의 형상 적용의 효과

그림 3.5.9에 나타난 바와 같이, 사용자 정의 형상을 적용하여 가공을 할 경우 (i)바닥이 돌출된 T형 공구 사용시 가공이 불가능했던 문제를 해결할 수 있었고, (ii)공구교환회수를 줄임으로써 가공시간을 단축할 수 있었으며, (iii)한 번에 바닥 깊이까지 가공함으로써 Slot 측면의 품질을 향상시킬 수 있었다.

## 제 6 절 절삭 데이터베이스 구축

기존의 절삭 데이터베이스를 보완하여 참여기업인 서암기계공업(주)의 실정에 맞도록 구축하였으며, 이를 작업계획 모듈에서 효과적으로 활용하기 위하여 작업계획 모듈의 기능을 확장하였다.

### 1. 서암기계 절삭 데이터베이스 구축

서암기계공업(주)에서 사용되고 있는 가공장비, 일반공구, 스페셜공구 데이터와 일반 및 스페셜 공구용 절삭조건 데이터를 수집한 후, Oracle DBMS를 이용하여 데이터베이스를 구축하였으며, 기존에 보유하고 있던 FAPPS의 절삭가공 데이터베이스와의 통합 방안을 결정하여 통합작업을 수행하였다. 절삭 데이터베이스에 새로 추가된 데이터는 (i)가공기계 6종, (ii)절삭공구 70개, (iii)공구홀더 94개, (iv)인서트 13개, (v)절삭조건 424개 이다.

다음은 구축된 절삭 데이터베이스의 E-R 다이어그램 (Entity -Relation diagram)과 주요 테이블에 대하여 소개한다.

#### 가. 밀링 작업계획 데이터베이스

##### (1) 절삭공구 테이블 (CutTool-Table)

절삭공구 이름, 타입, 메이커 및 공구의 재질 등의 파라미터를 고려하여 설계하였다.

##### (2) 피삭재질 테이블 (BPMat-Table)

현재 국내에서 사용되고 있는 사출 및 프레스 금형용의 재료들을 총망라하였고 동시에 한국공업규격 (KS)과 외국관련규격 (JIS, AISI, SAE, DIN 등)을 동시에 표현하여 재질 및 이에 해당하는 경도를 쉽게 검색할 수 있도록 하였다.

##### (3) 절삭조건 테이블 (CutCond-Table)

절삭공구, 피삭재 및 절삭량 등에 대한 정보를 이용하여 절삭조건을 결정하기 위한 테이블이다.

##### (4) 홀더 테이블 (Hold-Table)

홀더 이름, 타입, 연결 가능 공구, 공구의 연결부위 타입 등의 파라미터를 고려하여 설계하였다.

##### (5) 장비 테이블 (Machine-Table)

장비 이름, 메이커, 장비 타입 등의 파라미터를 고려하여 설계하였다.

(6) 절삭조건 이력관리 테이블 (Standard-Table)

절삭공구, 피삭재 및 절삭량 등에 대한 정보를 이용하여 최적절삭조건을 관리하기 위한 테이블이다.

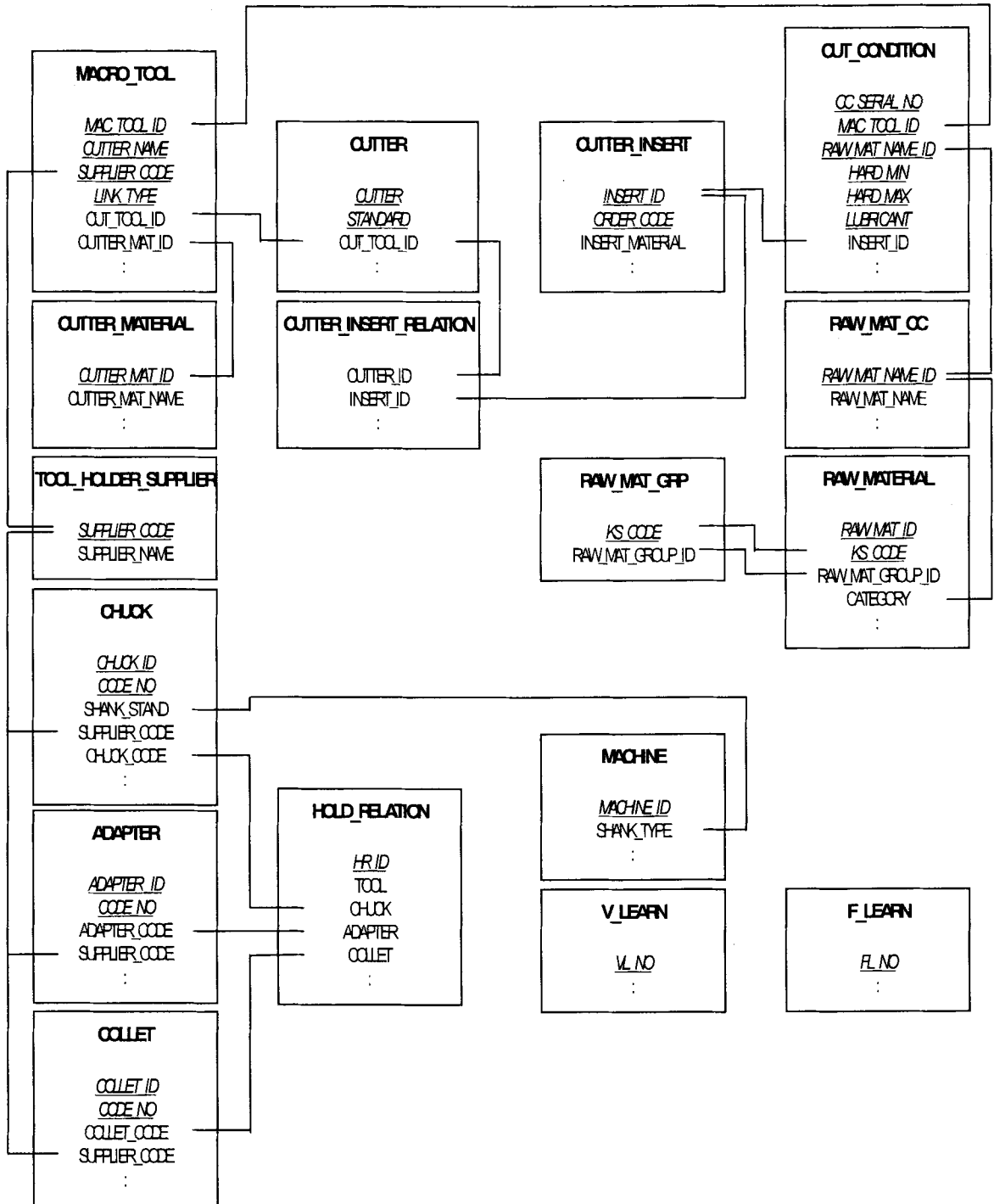


그림 3.6.1 밀링 작업계획 데이터베이스의 E-R Diagram

나. 선삭 작업계획 데이터베이스

(1) 공구 인서트 관리를 위한 E-R 다이어그램

공구 인서트 관리용 테이블은 앞에서 기술한 바와 같이 ISO 코드인 공구 INSERT\_CODE를 주 키 (primary key)로, 다른 테이블에서 참조할 열 (column)을 외래 키 (foreign key)로 정의하였다. 굵은체 표시된 열이 INSERT 테이블의 외래 키이며, 이들 열은 특정테이블의 주 키와 연결 (relation)되어 있다. INSERT테이블의 INSERT\_SHAPE 열은 INSERT\_SHAPE테이블의 INSERT\_SHAPE 열과 연결되어 있다. 이는 INSERT\_SHAPE 테이블의 행 (row)은 INSERT테이블의 해당 행을 복수로 가지지만 INSERT테이블의 행은 INSERT\_SHAPE 테이블의 행을 하나밖에 참조하지 못하는 전형적인 1: n relationship 이다.

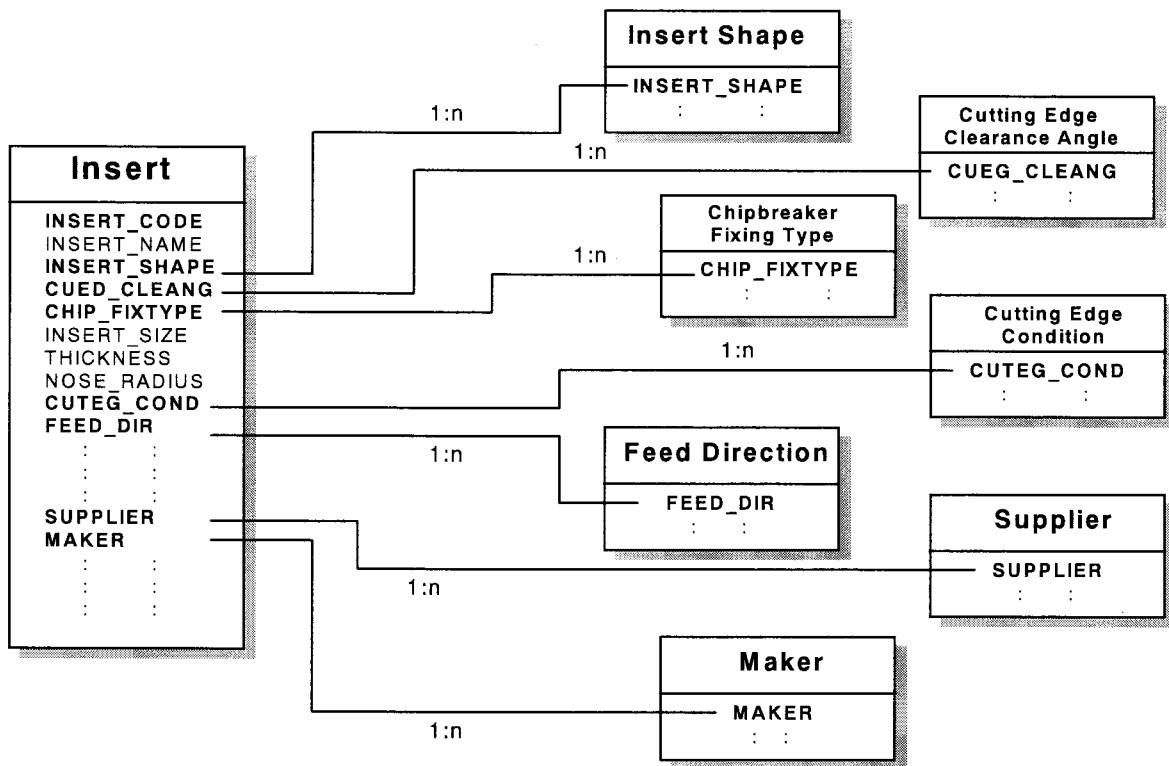


그림 3.6.2 공구 인서트 관리를 위한 E-R 다이어그램

(2) 공구 홀더 관리를 위한 E-R 다이어그램

공구 홀더는 Internal, External 홀더 관리용 테이블로 구성된다. 그림 3.6.3은 External 홀더 관리를 위한 테이블과 관련된 다른 테이블간의 연결을 보여주는 E-R 다이어그램이다. INSERT 테이블의 경우에는 테이블들과 1:n 연결을 하고 있으며, INSERT\_SHAPE 테이블의 경우에는 INSERT 테이블과 공유하여 연결된 테이블도 있다. 연결된 테이블의 구조는 간단하지만 사용자에게 보다 정확하고 효율적인 정보를 즉시 제공할 수 있게 한다. 그림 3.6.4는 Internal 홀더의 E-R 다이어그램이며 연결된 규칙은 External 홀더의 경우와 같으며, Clamping System 테이블을 비롯한 대부분의 테이블을 다른 테이블들과 공유한다.

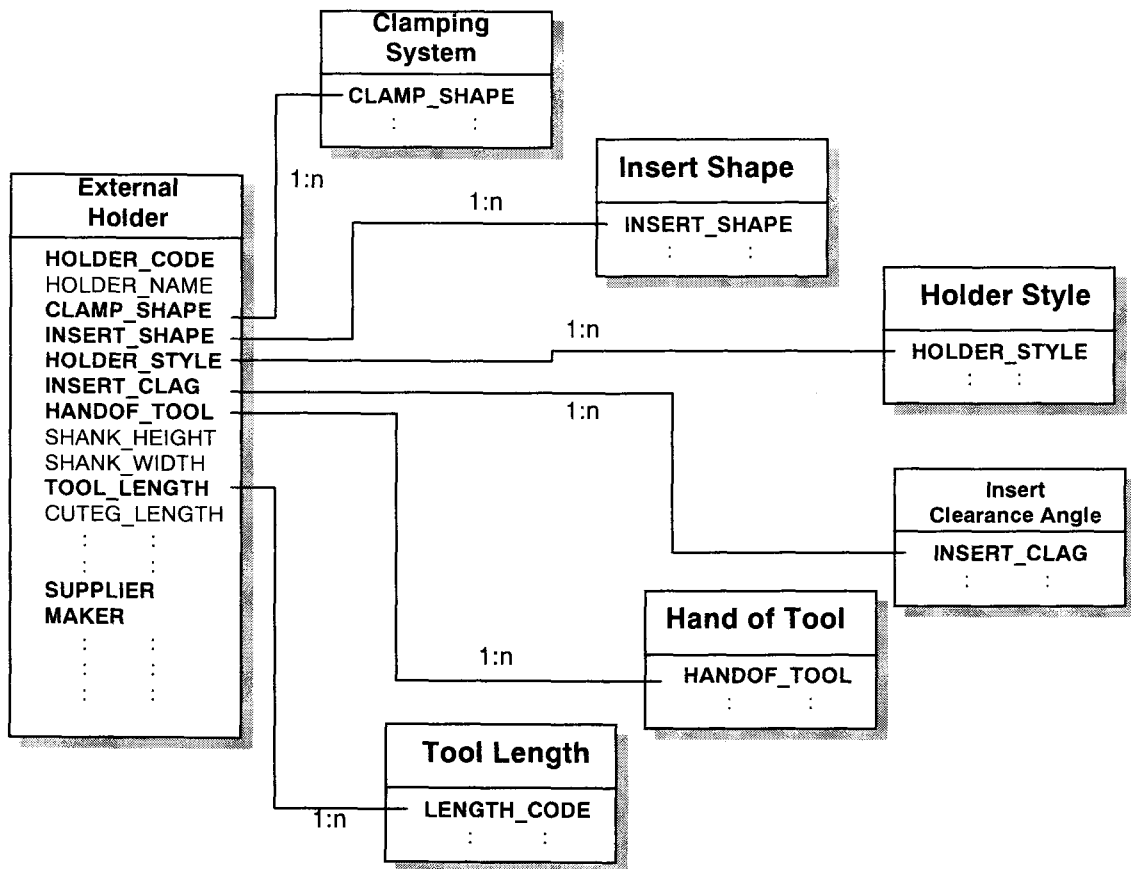


그림 3.6.3 External 홀더 관리를 위한 E-R 다이어그램

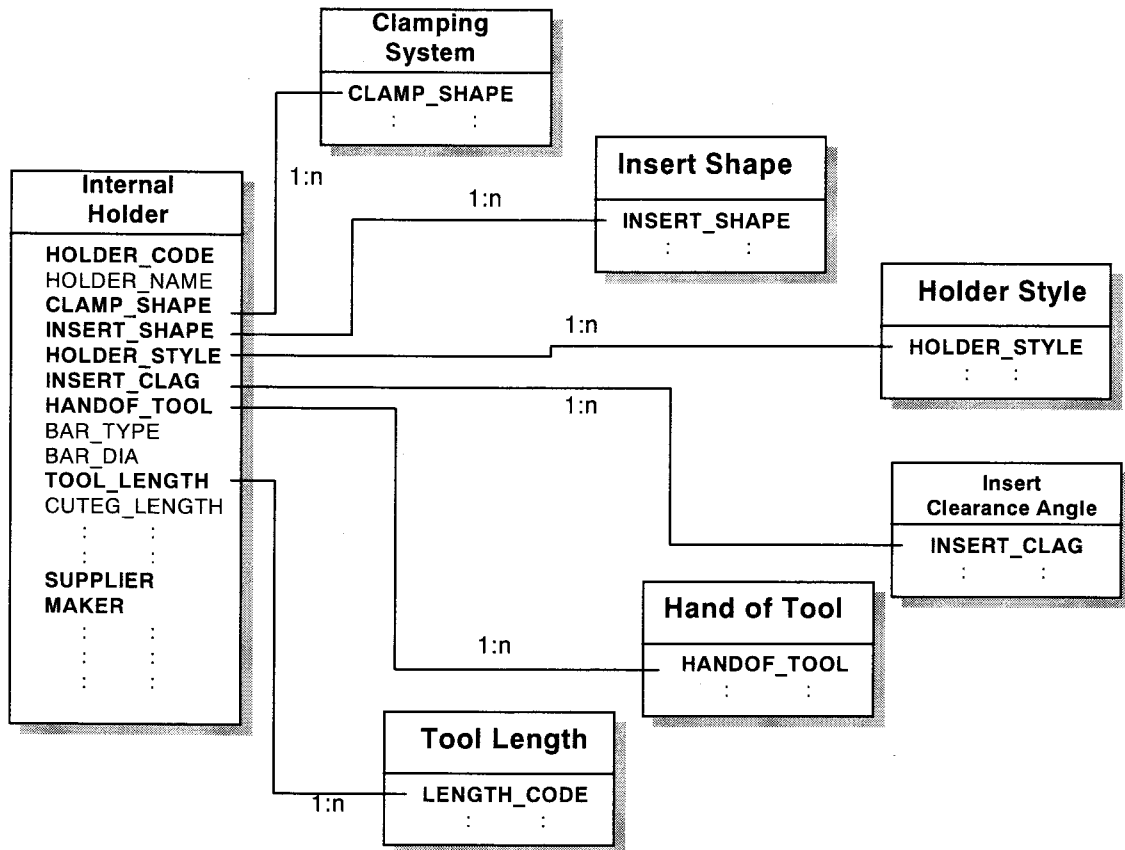


그림 3.6.4 Internal 홀더 관리를 위한 E-R 다이어그램

### (3) 공구 인서트 관리용 데이터베이스의 설계 및 구축

선삭용 공구는 실제 절삭이 이루어지는 공구 인서트와 이를 지탱하는 홀더 (내·외경, 특수가공)의 결합으로 구성된다. 즉 피삭재와 직접적인 접촉을 통해 가공하는 주체가 공구 인서트이다. 선삭에서의 공구 인서는 단독으로 사용되는 것이 아니라, 피삭재의 재질, 홀더와의 결합조건 등을 고려하여 선정된다. 공구 인서트와 관련된 정보를 효율적으로 관리하기 위해서는 정규화 (normalization)된 데이터베이스가 필요하다.

공구 인서는 가공 형태에 따라 외경, 내경, 드릴, 홈, 나사 가공용 등으로 구분된다. 많은 종류의 공구 인서를 관리하기 위해서는 표준화된 코드체계가 필요하며, 본 연구에서는 별도의 툴링 (tooling) ID를 사용하지 않고 국제 표준 규격인 ISO 코드를 사용하였다. 그런데 일반적으로 많이 사용되는 내경, 외경, 드릴 가공용 공구 인서의 일부는 ISO 규격이 제정되어 있으나 드릴에서의 슬리드형, 홈, 나사, 가공용 공구 인서트에 대해서는 ISO 규격이 미흡하거나 제정되어 있지 않아 관리에 많은 어려움이 있으며, 일부 시스템에서는 제작사에서 제공하는 상용 코드나 자체 코드를 제작하여 사용하고 있다. 본 연구에서도 대상 공구 인서가 명확하게 설정되지 않아 ISO 코드 체계가 확립된 외경,

내경 공구 인서트를 대상으로 한 데이터베이스 구조를 설계하였다. ISO 코드는 일반적으로 10 가지 정도의 공구 인서트 정보로 구성되어 있으며, 이는 형상, 절삭각, tolerance, fixing type, 크기, 두께, 절삭각 상태, feed direction 등의 정보를 포함한다. 공구 인서트 테이블은 주 키인 INSET\_CODE (ISO 코드)와 이름, 형상, 크기, 두께 등의 기본 정보, 내/외경 가공 구분정보 등의 고유정보와 현재 위치, 공급자, 제작사, 그룹관리 여부, 재고량 등의 관리정보로 구성되어 있다. 정보의 무결성 참조와 다른 테이블과의 연결을 위하여 외래 키를 설정하였으며, 특히 홀더와의 결합을 위해 공구 인서트의 형상, cutting edge clearance angle, 고정 형태, 두께, feed direction 등을 체결조건으로 고려하여 생산 현장에서 필요한 결합 (assembly)형태의 선삭용 공구 관리가 용이하도록 하였다.

#### (4) 홀더 관리용 데이터베이스 설계 및 구축

##### (가) External 홀더 관리용 테이블

홀더 관리에서는 공구 인서트와 같이 내경 가공과 외경 가공용 개체를 같이 관리하는 것이 아니라 홀더의 특성에 따라 각각 구분하여 관리한다. 이는 공구 인서트 관리용 테이블에서 설명한 것 같이 홀더와 체결되는 조건 열 등을 고려하여 체결 형태 관리에서 관련된 홀더와 연결된다. External 홀더의 주 키는 ISO 코드로써 9가지 정도의 정보를 포함하고 있다. 공구 인서트와의 결합을 위한 clamping system, 취부 가능한 공구 인서트의 형상, 홀더 style, shank의 길이와 폭, tool의 길이, 공구 인서트 clearance angle 등이 있다. 홀더와 관련된 ISO 코드내의 정보와 함께 취부 공구 인서트와 관련된 두께, coner angle, tool style, clearance angle과 재질, 단가, 상태, 현재 위치, 재고량 등의 일반 정보를 관리할 수 있는 열로 구성되어 있다.

##### (나) Internal 홀더 관리용 테이블

Internal 홀더는 피삭재의 내부 안쪽면을 절삭하는 특징에 따라 External 홀더가 갖는 특징 외에 공구 인서트를 내부면으로 안내하는 bar가 있으며, bar의 형태 및 지름이 중요 관리 요소이다. 따라서, Internal 홀더의 ISO 코드 체계에서도 bar의 형태와 지름을 코드의 첫머리에 관리하고 나머지 코드 정보는 External 홀더와 동일하게 구성되어 있으며 내포하고 있는 정보의 수는 tool의 길이, clamping system, 공구 인서트의 형상, 홀더의 style, tool의 방향, 공구인서트 clearance angle, cutting edge의 길이 등이다. 테이블의 구조는 HOLDER\_CODE와 홀더의 고유정보와 단가, 현재 위치, 공급자, 제작사, 재고량 등의 관리정보 등으로 구성되어 있다. 그리고 각각의 테이블에는 공구 인서트 및 홀더의 특징을 서술적으로 기술할 수 있는 memo type의 열을 포함하고 있다. ISO 코드 체계는 약속된 문자를 표현하기도 하지만 확정되지 않은 수치 정보의 경우에는 직접 수치를 표현하기도 한다. 예를 들어 Internal 홀더의 경우 bar type이 'S' 라고 표현이 되면 solid steel을 의미 한다. 하지만 bar의 지름을 표시하는 경우에는 32mm 라고 하는 단위로 표현하기도 한다. 반면의 tool length 의 경우에는 길이가 고정되어 있으므로 특정 길이에 특

정 symbol을 사용하여 표현하기도 한다. 아래에 Internal 홀더의 ISO 코드 체계를 나타내 있는 tool length의 'S'는 250mm를 의미한다. Cutting edge length의 경우는 공구 인서트 형상의 특정면의 길이를 수치로 직접 표시한 경우이다.

표 3.6.1 공구 인서트 관리용 테이블 (외경, 내경 겸용)

Column Name	Type/Size	Description	Remark	Match to Holder
INSERT_CODE	VARCHAR2(14)	Insert ID(ISO Code)	PK	
INSERT_NAME	VARCHAR2(30)	Insert 이름	NN	
INSERT_SHAPE	VARCHAR2(1)	Insert 형상	FK	◎
CUEG_CLEANG	VARCHAR2(1)	Cutting Edge Clearance Angle	FK	◎
CHIP_FIXTYPE	VARCHAR2(1)	Insert Type (CB/fixing type)	FK	◎
INSERT_SIZE	VARCHAR2(2)	Insert Size	NN	
THICKNESS	NUMBER	Thickness	NN	◎
NOSE_RADIUS	NUMBER	Nose radius	NN	
CUTEG_COND	VARCHAR2(1)	Cutting edge (Chip control)	FK	
FEED_DIR	VARCHAR2(1)	Feed direction	FK	◎
MATERIAL	VARCHAR2(15)	Insert material		
RAKE_ANGLE	NUMBER	Insert corner angle		
INCLIN_ANG	NUMBER	Inclination angle		
NUM_CUTEG	NUMBER	Number of Cutting Edge		
IN_OUT	VARCHAR2(4)	내경/외경 가공 구분		
ROU_SHARP	VARCHAR2(4)	황삭/정삭 구분		
IN_GRADE	BINARY(13)	Insert grade code		
CUR_POS	VARCHAR2(4)	Insert 위치		
SUPPLIER	VARCHAR2(1)	공급회사 ID	FK	
MAKER	VARCHAR2(1)	제작사	FK	
GROUPING	VARCHAR2(1)	Group 관리		
IN_DATE	DATE/TIME	입고일자		
TOT_NUM	NUMVER	재고량		
REMARK	MEMO	Described Option		

PK: Primary Key, NN: Not Null, FK: Foreign Key



표 3.6.2 Insert Shape 정보 관리용 테이블

Column Name	Type/Size	Description	Remark
INSERT_SHAPE	VARCHAR2(1)	Insert 형상	PK
SHAPE_PATH	VARCHAR2(15)	Insert 형상 이미지 파일 경로	

표 3.6.3 Cutting Edge Clearance Angle 관리용 테이블

Column Name	Type/Size	Description	Remark
CUEG_CLEANG	VARCHAR2(1)	Cutting Edge Clearance Angle	PK
CUEG_PATH	VARCHAR2(15)	Cutting Edge Clearance Angle 형상 파일 경로	

표 3.6.4 Chip Breaker/Fixing Type 형상 관리용 테이블

Column Name	Type/Size	Description	Remark
CHIP_FIXTYPE	VARCHAR2(1)	Chipbreaker/Fixing Type	PK
CHIPFIX_PATH	VARCHAR2(15)	Chipbreaker/Fixing Type 형상 파일 경로	

표 3.6.5 Cutting Edge Condition 형상 관리용 테이블

Column Name	Type/Size	Description	Remark
CUTEG_COND	VARCHAR2(1)	Cutting edge condition	PK
CUTEG_PATH	VARCHAR2(15)	Cutting edge condition 형상 파일 경로	

표 3.6.6 Feed Direction 형상 관리용 테이블

Column Name	Type/Size	Description	Remark
FEED_DIR	VARCHAR2(1)	Feed Direction	PK
FEEDDIR_PATH	VARCHAR2(15)	Feed Direction 형상 파일 경로	

표 3.6.7 External 홀더 관리용 테이블

Column Name	Type/Size	Description	Remark	Match to Insert
HOLDER_CODE	VARCHAR2(12)	Holder ID(ISO Code)	PK	
HOLDER_NAME	VARCHAR2(30)	Holder 이름	NN	
CLAMP_SHAPE	VARCHAR2(1)	Clamping 시스템 형상	FK	◎
INSERT_SHAPE	VARCHAR2(1)	Insert 형상	FK	◎
HOLDER_STYLE	VARCHAR2(1)	Holder style 형상	FK	
INSERT_CLAG	VARCHAR2(1)	Insert clearance angle	FK	◎
HANDOF_TOOL	VARCHAR2(1)	Hand of tool	FK	
SHANK_HEIGHT	NUMBER	Shank height	NN	
SHANK_WIDTH	NUMBER	Shank width	NN	
TOOL_LENGTH	VARCHAR2(1)	Tool length	FK	
CUTEG_LENGTH	NUMBER	Cutting edge length	NN	
THICK_INSERT	NUMBER	삽입 insert의 두께		
CORNER_ANGLE	NUMBER	삽입 insert의 corner angle		◎
LEAD_ANGLE	NUMBER	Tool style or lead angle		
CLEAR_ANG	NUMBER	Insert clearance angle		
HOLDER_LENGTH	NUMBER	Holder의 길이		
MATERIAL	VARCHAR2(5)	Holder 재질		
COST	NUMBER	단가		
GRADE	VARCHAR2(1)	상태 등급		
CUR_POS_1	VARCHAR2(4)	현재 위치1		
CUR_POS_2	VARCHAR2(3)	현재 위치2		
SUPPLIER	VARCHAR2(1)	공급회사 ID	FK	
MAKER	VARCHAR2(1)	제작사	FK	
GROUPING	VARCHAR2(1)	Group 관리		
IN_DATE	DATE/TIME	사용 일자		
TOT_NUM	NUMVER	재고량		
REMARK	MEMO	Described Option		

표 3.6.8 Clamping System 형상 관리용 테이블

Column Name	Type/Size	Description	Remark
CLAMP_SHAPE	VARCHAR2(1)	Clamping System	PK
CLAMP_PATH	VARCHAR2(15)	Clamping System 형상 파일 경로	

표 3.6.9 Holder Style 형상 관리용 테이블

Column Name	Type/Size	Description	Remark
HOLDER_STYLE	VARCHAR2(1)	Holder style 형상	PK
HOLDRST_PATH	VARCHAR2(15)	Holder style 형상 파일 경로	

표 3.6.10 Insert Clearance Angle 형상 관리용 테이블

Column Name	Type/Size	Description	Remark
INSERT_CLAG	VARCHAR2(1)	Insert Clearance Angle	PK
INCLAG_PATH	VARCHAR2(15)	Insert Clearance Angel 형상 파일 경로	

표 3.6.11 Hand of Tool 형상 관리용 테이블

Column Name	Type/Size	Description	Remark
HANDOF_TOOL	VARCHAR2(1)	Hand of tool의 단면 형상	PK
HOFTOOL_PATH	VARCHAR2(15)	Hand of tool의 단면 형상 파일 경로	

표 3.6.12 Tool Length 관리용 테이블

Column Name	Type/Size	Description	Remark
LENGTH_CODE	VARCHAR2(1)	Tool length 코드의 정의	PK
TOOL_LENGTH	NUMBER	Tool length 정의	

표 3.6.13 Internal 홀더 관리용 테이블

Column Name	Type/Size	Description	Remark	Match to Insert
HOLDER_CODE	VARCHAR2(11)	Holder ID(ISO Code)	PK	
HOLDER_NAME	VARCHAR2(30)	Holder 이름	NN	
CLAMP_SHAPE	VARCHAR2(1)	Clamping 시스템 형상	FK	◎
INSERT_SHAPE	VARCHAR2(1)	Insert 형상	FK	◎
HOLDER_STYLE	VARCHAR2(1)	Holder style 형상	FK	
INSERT_CLAG	VARCHAR2(1)	Insert Clearance Angle	FK	◎
HANDOF_TOOL	VARCHAR2(1)	Hand of tool	FK	
BAR_TYPE	VARCHAR2(1)	Type of Bar	NN	
BAR_DIA	NUMBER	Bar Diameter	NN	
TOOL_LENGTH	VARCHAR2(1)	Tool Length	FK	
CUTEG_LENGTH	NUMBER	Cutting edge length	NN	
THICK_INSERT	NUMBER	삽입 insert의 두께		
CORNER_ANGLE	NUMBER	삽입 insert의 corner angle		◎
LEAD_ANGLE	NUMBER	Lead angle		
CLEAR_ANG	NUMBER	Insert Clearance Angle		
SHANK_HEIGHT	NUMBER	Shank height		
SHANK_WIDTH	NUMBER	Shank width		
HOLDER_LENGTH	NUMBER	Holder 길이		
MATERIAL	VARCHAR2(5)	Holder 재질		
COST	NUMBER	단가		
GRADE	VARCHAR2(1)	상태 등급		
CUR_POS_1	VARCHAR2(4)	현재 위치1		
CUR_POS_2	VARCHAR2(3)	현재 위치2		
SUPPLIER	VARCHAR2(1)	공급회사 ID	FK	
MAKER	VARCHAR2(1)	제작사	FK	
GROUPING	VARCHAR2(1)	Group 관리		
IN_DATE	DATE/TIME	사용 일자		
TOT_NUM	NUMVER	재고량		
REMARK	MEMO	Described Option		

표 3.6.14 Supplier 관리용 테이블

Column Name	Type/Size	Description	Remark
SUPPLIER	VARCHAR2(1)	Supplier 코드	PK
ADDRESS1	VARCHAR2(20)	Supplier 주소	
ADDRESS2	VARCHAR2(20)	Supplier 주소	
TELEPHONE	VARCHAR2(12)	Supplier 전화번호	
FAXIMILE	VARCHAR2(12)	Supplier 팩스번호	
NAME	VARCHAR2(10)	담당자 이름	
REMARK	MEMO	Described Option	

표 3.6.15 Maker 관리용 테이블

Column Name	Type/Size	Description	Remark
MAKER	VARCHAR2(1)	Maker 코드	PK
ADDRESS1	VARCHAR2(20)	Maker 주소	
ADDRESS2	VARCHAR2(20)	Maker 주소	
TELEPHONE	VARCHAR2(12)	Maker 전화번호	
FAXIMILE	VARCHAR2(12)	Maker 팩스번호	
NAME	VARCHAR2(10)	담당자 이름	
REMARK	MEMO	Described Option	

## 2. 작업계획 모듈 보완

구축된 절삭 데이터베이스로부터 효과적으로 데이터를 검색하고, 사용자의 의사결정을 효율적으로 지원할 수 있도록 기존의 작업계획 모듈의 세부 기능을 보완하였다.

### (1) 작업계획 이력관리

유사한 가공 조건에서 기존의 최적화된 정보를 활용함으로써 반복되는 시행착오를 방지하기 위하여 작업계획 이력관리 기능을 개발하였다.

그림 3.6.5 작업계획 이력관리 화면

### (2) 공구관리 기능의 보완

새로 추가된 서암기계(주)의 공구 데이터뿐만 아니라, 기존의 FAPPS 절삭 데이터베이스에 저장되어 있는 방대한 양의 공구 데이터를 활용하기 위하여 서암기계(주)의 공구 관리 코드를 자동으로 변환하는 기능을 개발하였다. Center Drill, Drill, T-Slot Cutter 등 절삭공구는 물론, 절삭공구용 Chuck, Arbor, Holder의 코드도 자동으로 변환할 수 있게 하였다. 또한 절삭공구를 사용자 (사용회사)별로 관리할 수 있는 기능도 개발하여 절삭공구 데이터를 기존 절삭데이터베이스와 통합 및 분리하여 사용할 수 있게 하였다.



## 제 7 절 3차원 설계시스템 연계

서암기계공업(주)에서 사용하는 3차원 설계 모델러인 AutoCAD MDT 6.0을 FAPPS와 연계하였다. 그 주요 내용은 다음과 같다.

- AutoCAD MDT 6.0과의 3차원 ACIS 파일 호환
- AutoCAD MDT 6.0을 이용한 공정분할도작성 모듈 개발

### 1. 3차원 ACIS 파일 호환

FAPSS는 3차원 .sat 형식의 ACIS 파일을 입력으로 하여 그 기능을 수행하므로, 2차원 설계 모델러인 AutoCAD 2000으로 설계된 기존의 모델은 이용할 수 없다. 따라서 적용 부품 (Chuck Body, Change Arm, Gear Box, Master Jaw)을 3차원 설계 모델러인 AutoCAD MDT 6.0으로 재모델링 하여 ACIS 파일을 export하였다.

AutoCAD MDT 6.0은 ACIS를 기하학적 커널 (geometry kernel)로 하여 개발되었으며, 따라서 ACIS 파일을 import/export하는 기능을 포함하고 있다. AutoCAD MDT 6.0은 완전한 솔리드 모델러 (solid modeler)가 아니기 때문에, 자체 내에서의 원통형상 표현 등에 있어서는 높은 해상도 (resolution)를 갖지 못하지만, ACIS 파일의 export는 완전하게 가능하였다. 그러나 다른 설계 모델러에서 생성된 ACIS 파일을 import하는 경우에는 치수가 1/1000로 축소되는, 치수단위 설정 문제가 발생하였다. 이는 다음 버전에서 그 개선을 기대한다.

### 2. 공정분할도작성 모듈

공정분할도작성 모듈은 공정정보와 특징형상의 기하정보, 피삭재정보를 입력으로 하여, 이전 공정에서 완성된 모델에 대하여 3차원 특징형상 모델링을 수행한 후, 이를 2차원 도면으로 변환하여 공정분할도를 작성한다.

공정분할도작성을 위한 일련의 과정은 AutoCAD MDT 6.0을 customization하는 것이며, AutoCAD MDT 6.0에서 제공하는 Visual Basic API (Application Programming Interface)를 이용하여 구현된다. API는 외부에서 프로그램을 통해 AutoCAD MDT 6.0의 객체 모델 (object model)에 접근할 수 있도록 한다. 그러나 현재 버전에서는 3차원 모델링을 위한 API는 제공하고 있으나, 2차원 변환 및 치수의 자동 표기 등을 위한 API는 제공되고 있지 않다. 따라서 사용자는 개발된 모듈을 이용하여 3차원 모델을 생성한 후, AutoCAD MDT 6.0의 GUI (Graphical User Interface)를 이용하여 2차원 도면으로 수동 변환하여야 한다.



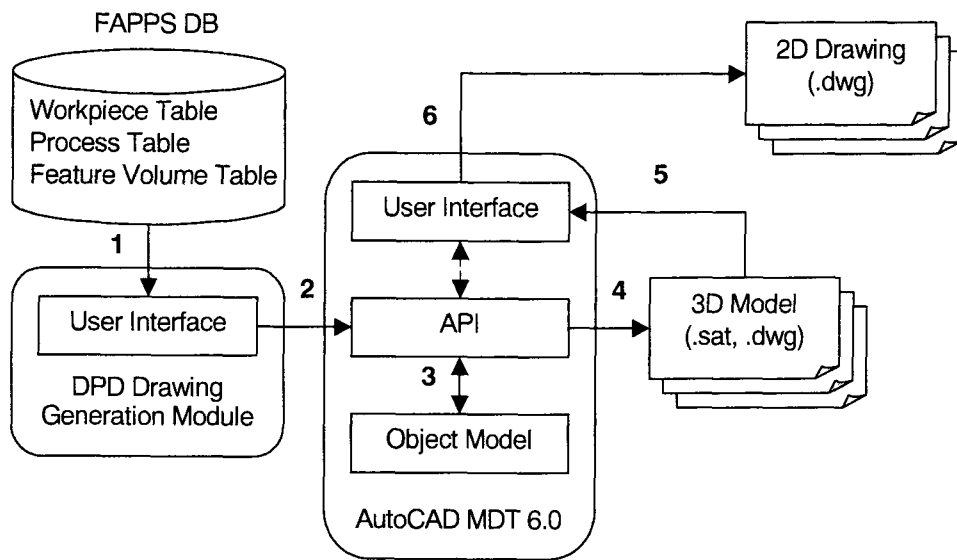


그림 3.7.1 공정분할도작성의 개요

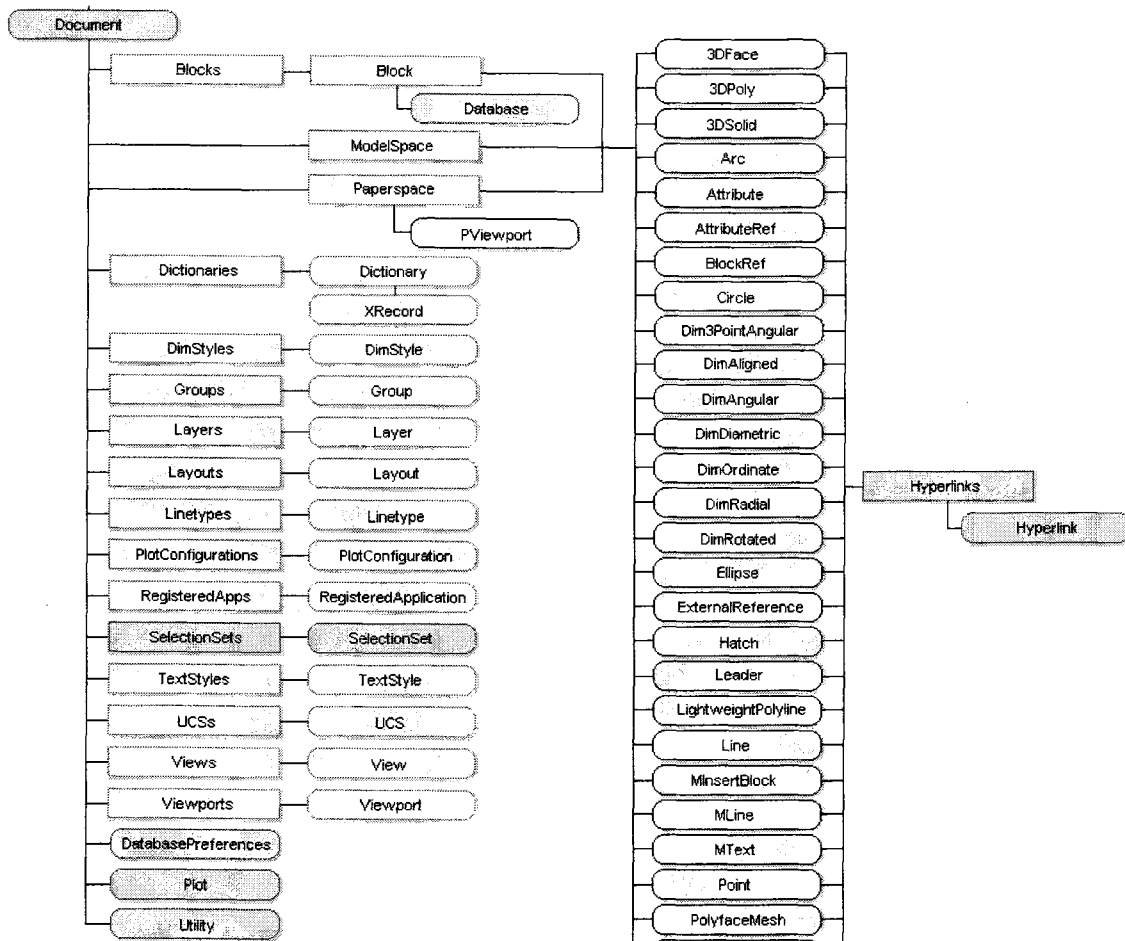


그림 3.7.2 AutoCAD MDT 6.0의 객체 모델

공정분할도작성 모듈은 공정별로 2차원 공정분할도면 뿐만 아니라, 3차원 ACIS 파일과 AutoCAD MDT 6.0의 자체 저장 형식인 .dwg 형식의 3차원 파일도 출력한다. 3차원 ACIS 파일은 다음 공정에 대한 공정분할도를 작성하는데 이용되고, .dwg 형식의 파일은 AutoCAD MDT 6.0을 통하여 모델링된 특징형상들에 대한 다양한 시각적 접근을 가능하게 한다.

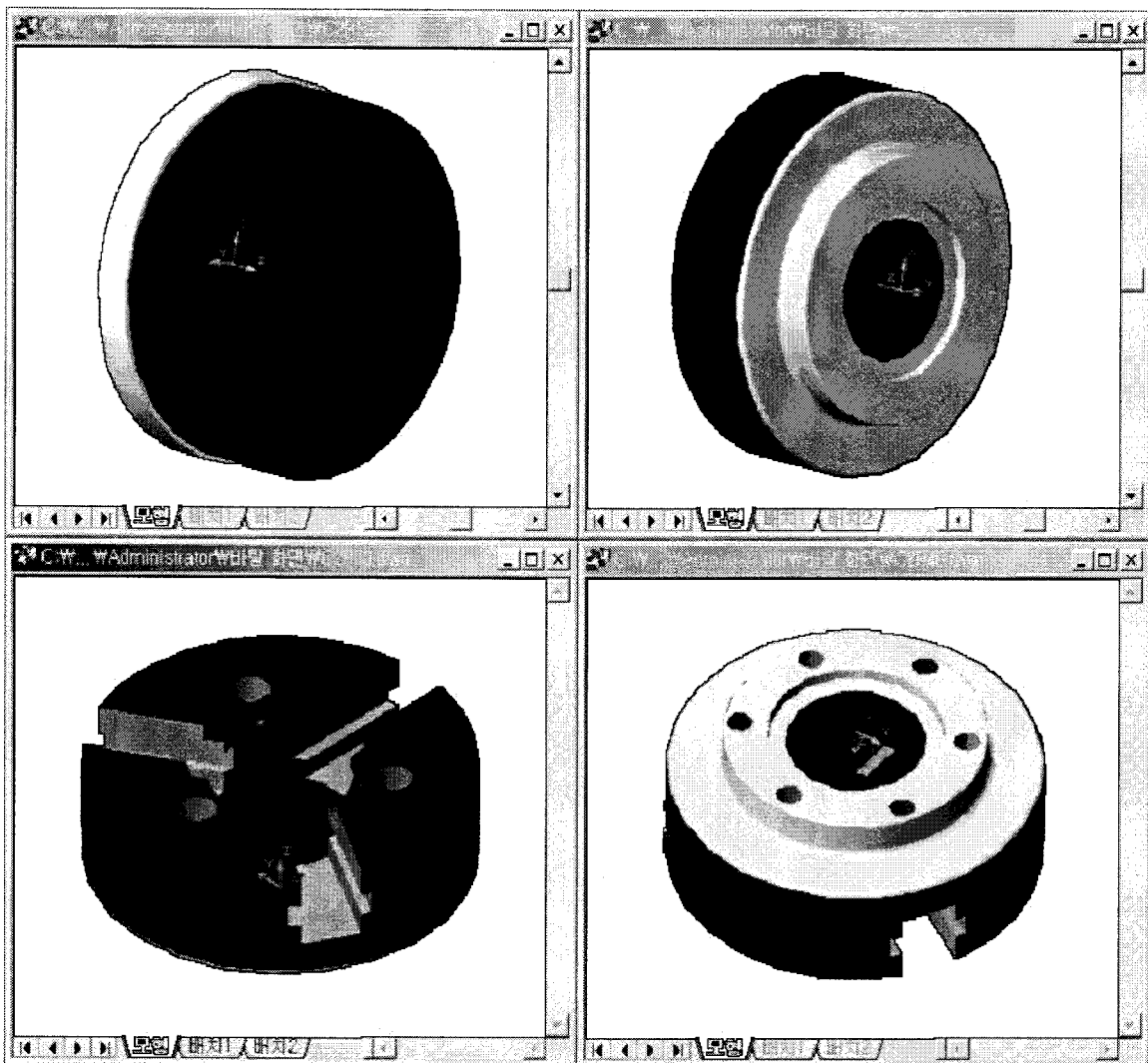


그림 3.7.3 Chuck Body에 대한 공정별 3차원 모델

## 제 8 절 현장 생산라인 활용

개발된 절삭가공 공정설계 자동화 시스템을 서암기계공업(주)의 현장 생산라인에 적용하였다. 그 실행 화면과 출력물 (작업지시서, 공정분할도, 원가견적서, NC 코드, 가공물)은 각각 부록 A와 부록 B에 기재하였다.

### 1. 절삭가공 공정설계 자동화 시스템 활용 효과

표 3.8.1은 유압 Chuck ACE CAH-10" Body를 기준으로 작성된 절삭가공 공정설계 자동화 시스템의 활용 효과를 보여주고 있다.

표 3.8.1 절삭가공 공정설계 자동화 시스템 활용 효과

순서	항 목	개발된 시스템 활용 전		개발된 시스템 활용 후		
		시간(분)	내 용	시간(분)	내 용	비 고
1	부품 설계	360	AutoCAD 2000 활용	360	AutoCAD MDT 활용	
2	공정분석, 공정 진행표 작성.	180	설계자	30	개발된 시스템 사용	
3	공정도 (공정 분할도)	120	생산관리 담당	30	"	
4	작업지시서	90	생산관리 담당	10	"	
5	제조원가 분석	110	생산관리 담당	10	"	
6	가공담당자 도면 분석	25	생산 작업자	0	"	
7	사용공구 선정	65	생산 작업자	30	"	
8	프로그램 작성	130	생산 작업자	10	"	
9	시제작 (매뉴얼 상태 확인)	260	가공설비, 작업자	260	가공 설비	
10	부품 가공	-	가공설비, 작업자	-	가공 설비	
11	견적, 외주관리 (외주 단가기준)	90	외주관리 담당	30	FAPPS 사용	
	합 계	1430	-	770	-	
		여러 담당자가 작업별로 분담하여 통합관리가 어렵고, 따라서 절차가 복잡하다. 설계자 → 생산관리담당 → 생산작업자 → 외주관리담당		엔지니어 한명이 전체 작업을 통합 하여 관리하며, 절차가 간단하다.  <b>46.2% 원가절감 효과</b>		

## 2. 절삭가공 공정설계 자동화 시스템 활용 효과 분석

다음은 참여기업인 서암기계공업(주)이 절삭가공 공정설계 자동화 시스템의 활용 효과를 분석한 결과이다.

- 각 부품에 대하여 유사한 비율 (약 2배 정도)로 생산성 향상을 기대할 수 있다.
- 공정분석, 공정진행표작성, 공정분할도도, 작업지시서, NC 코드 생성 등 공정설계 고유 영역은 기존 방식에 비해 소요시간이 1/5 정도로 감소하여 큰 성과가 있다.
- 작업지시서의 출력 결과가 90% 이상 신뢰도를 형성한다면 더욱 향상된 효과를 나타낼 것이다. 현재 약 80% 정도의 신뢰성을 보이고 있으며, 당사에 맞는 절삭조건들로 업데이트하여 신뢰도를 향상시킬 예정이다.
- 반복 테스트를 통하여 점차적으로 기능을 향상시키고, 생산성향상에 직결될 수 있도록 적용범위를 확대할 계획이다.

# 여 백

## 제 4 장 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제 1 절 목표 달성도

본 연구는 참여기업인 서암기계공업(주)을 비롯한 기계류부품 절삭가공 공정 산업체 (자동차, 공작기계, 항공기, 산업기계 등)에 활용할 수 있는 절삭가공 공정설계 자동화 시스템의 개발을 목표로 한다. 이를 위하여 이미 보유하고 있는 기술을 현장 적합성이 높도록 보완함과 동시에 새로 요구되는 기술을 개발하였다. 각 세부 목표별 달성도는 표 4.1.1에 정리되었다.

표 4.1.1 연구개발의 목표 달성도

번호	세부연구목표	달성내용	달성도 (%)
1	특징형상인식 모듈 보완	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Stand-Alone Feature Display 기능 개발</li> <li>· Mill-Turn 부품 및 Cast-then-Machined 부품에서의 특징형상인식 기능 보완</li> <li>· Surface 인식 및 사용자정의 형상 처리 기능 보완</li> </ul>	100
2	원가견적 모듈 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 소재비용과 가공비용에 근거한 원가견적 모듈 개발</li> </ul>	100
3	공구경로생성 모듈 보완	<ul style="list-style-type: none"> <li>· NC코드 생성용 외부 DLL 연계</li> <li>· 사용자 대화기능 추가</li> </ul>	100
4	가공 노하우 체계화	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가공 노하우 (셋업, 작업내용, 공구, 표준 가공시간 결정 등)의 룰베이스화</li> </ul>	100
5	절삭 데이터베이스 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가공설비 (가공기계, 공구 등) 및 절삭조건 데이터베이스화</li> </ul>	100
6	3차원 설계 시스템 연계	<ul style="list-style-type: none"> <li>· AutoCAD MDT 6.0과 FAPPS 연계 : ACIS 파일 호환 및 공정분할도 작성</li> </ul>	100
7	FAPPS의 현장 생산라인 활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 5개의 공작기계 부품에 대하여 FAPPS 적용 및 효과 분석</li> </ul>	100

## 제 2 절 관련분야에의 기여도

공정설계 자동화 시스템 기술은 기계 설계 및 가공에 컴퓨터를 활용하여 자동화 및 정보화를 추구하려는 CAD/CAM 기술과 동시공학 기술 분야에 해당하는 기술로써, 생산 정보의 통합화 측면에서 데이터베이스기술, 표준화기술, PDM 기술, DFX 기술 등과 더불어 이 분야에서 핵심이 되는 기술이다. 그러나 국내에서는 아직까지 연구실 수준의 기술이 개발되었을 뿐, 현장 생산라인에 직접 적용되지는 못하였다.

본 연구는 기계류부품을 생산하는 중소기업인 서암기계공업(주)와 공동으로 절삭가공 공정설계 자동화 시스템을 개발하여 현장 생산라인에 직접 활용함으로써 관련 기술의 현장 응용력을 증가시켰다.

공정설계 노하우 및 관련 데이터의 체계적 축적을 위한 틀을 마련함으로써, 이제까지 중소기업은 물론 대기업에서도 어려웠던 설계 및 생산 정보의 통합 전산시스템 구현을 가속화 시킬 수 있게 되었다.

절삭공정 이외에도 특징형상을 활용한 조립공정설계 등 타분야 공정설계 자동화 기술로의 확장도 예상된다.

가공을 위한 설계변경, 설계변경에 따른 가공정보의 신속하고 정확한 처리, 부품의 가공시간 및 가공원가의 예측, 신제품 개발시 생산라인의 부하 평균화를 통한 생산시스템 설계 등 많은 고부가가치적 응용 기능을 창출하여 일반 기계부품 산업체에서의 생산성과 제품 경쟁력의 제고가 기대된다.

## 제 5 장 참고문헌

- (1) 노형민 외, "공정계획 및 품질관리 기술개발에 관한 연구 (I-III)", 연구보고서, 한국과학기술연구원, 과학기술처, 통상산업부, 1996-2000.
- (2) 박면웅, 노형민, 박병태, "Generation of Modified Cutting Condition Using Neural Network for an Operation Planning System", CIRP annals, 1996.
- (3) 박병태, 박면웅, "Heuristic Modification of Cutting Conditions Using Neural Network", ASME 1996 Design Automation Conference (DAC), CD-ROM, 1996.
- (4) 박병태, 박면웅, "휴리스틱 보정에 의한 절삭조건의 최적화", IE Interface지, 제8권 제3호, pp 231-239, 1995.
- (5) Andrzej Sokolowski, and David A. Dornfeld, "Intelligent system for cutting parameter optimization and design og cutting process monitoring systems", S. M. Wu Symposium, Vol. 1, 1994.
- (6) 정성중, "적응제어 수치제어 시스템의 개발(I) - 신경회로망 기법에 의한 절삭계수의 지적인 선정", 대한기계학회논문집, 제26권 제7호, pp 1223-1233, 1992.
- (7) Jacek M. Zurada, "Introduction to Artificial Neural Systems", West Publishing Company, 1992.
- (8) 박면웅 외, "금형가공을 위한 공정설계시스템 - 금형부품 가공용 작업설계 시스템 개발", 한국과학기술연구원, 과학기술처, 1992.
- (9) Ham, I., and Lu, S. C-Y., "Computer Aided Process Planning : The Present and The Future", 38th CIRP General Assembly Keynote Paper, Tokyo, Japan, 1988.
- (10) Chang, T. C., and Wysk, R. A., "An Introduction to Automated Process Planning Systems", Prentice-Hall Publishing Company, 1985.
- (11) Chang, T. C., "Expert Process Planning for Manufacturing", Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
- (12) Alting, L., and Zang, H., "Computer Aided Process Planning : the stste of the art survey", Int. J. Prod. Res., Vol. 27, No. 4, pp. 553-585, 1989.
- (13) Zang, H., anh Alting, L., "Introduction to an Intelligent Process Planning System for Rotational Parts", Advances in Manufacturing System Engineering, ASME PED,



Vol. 31, pp 15-26, 1988.

- (14) van Houten, F. J. H. M., "PART : A Computer Aided Process Planning System", ph.D. Thesis, University of Twente, 1991.
- (15) Tulkoff, J., "Process Planning : An Historical Review and Future Prospects", Proceeding of 19th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, Pennsylvania State Univ. 1987.
- (16) Eary, Donald F., and Gerald E. Johnson, "Process Engineering for Manufacturing", Printice-Hall Publishing Company, 1962.
- (17) 박면웅 외, "지적공정계획기술 개발에 관한 연구 - 밀링 공정설계 모듈 개발(I-IV)", 연구보고서, 한국과학기술연구원, 통일중공업, 1993-1996.
- (18) McFadden, F. R. and Hoffer, J. A., "Database Management", Benjamin / Cummings Publishing Company, Inc., 1991.
- (19) "SQL Language Reference Manual", ORACLE, 1991.
- (20) "PRO\*C Manual", ORACLE, 1991.
- (21) J. J. Shah, M. Mantyla and S. Nau, "Advances in Feature Based Manufacturing", Elsevier, 1994
- (22) "ICEM PART White Paper", Alex Fuchs Control Data Frankfurt, 1992.
- (23) J. J. Shah and M. Mantyla, "Parametric and Feature-based CAD/CAM", John Wiley & Sons
- (24) U. Rembold, B. O. Nnaji and A. Storr, "Computer Intergrated Manufacturing and Engineering", Addison-Wesley
- (25) Joshi, S., Vissa, N., and Chang, T. C., "Expert Process Planning System with Solid Model Interface", Expert Systems : Design and Management of Manufacturing Systems, Taylor & Francis, 1988
- (26) T. C. Chang, R. A. Wysk and Hsu-pin Wang, "Computer-aided Manufacturing", Prentice Hall
- (27) Kim, Y. S., "Recognition of Form Features Using Convex Decomposition", Computer-Aided Design, Vol. 24, No. 9, Sep. 1992
- (28) Sakurai H. and Gossard, D. C., "Recognizing Shape Features in Solid Models", IEEE Computer Graphics & Applications, 10(5), 22-32, 1990

- (29) D. S. Nau, "Automated Process Planning using Hierarchical Abstraction", *TI Technical Journal*, 39-46, winter 1987
- (30) Murray, J. L. and Yue, Y. "Automatic machining of 2.5D Components with the ACIS modeller", *Int. J. Integrated Manufacturing*, 6(1-2), 94-104, 1993
- (31) S. K. Ong, A. Y. C. Nee, "Application of Fuzzy Set Theory to Setup Planning", *Annals of CIRP Vol.43/1/1994*
- (32) F. I. M Delbressine, R. de Groot, A. C. H van der Wolf, "On the Automatic Generation of Set-Ups Given a Feature-Based Design Representation", *Annals of CIRP Vol.42/1/1993*
- (33) Sanjay S. Jagdale and K. K. Wang, "Planning for the Manufacture of Axisymmetric Parts : An AI-Based Approach", *Computers int. Engng*, Vol. 28, No. 4, 917-925, 1995
- (34) J. P. Kruth, J. Detand, "A CAPP System for Nonlinear Process Plans", *Annals of CIRP Vol.41/1/1992*
- (35) Leo Alting, Hongchao Zhang, "Computer Aided Process Planning : the state-of-the-art survey", *Int. J. Prod. Res.*, 1989, Vol. 27, No. 4, pp. 553-585
- (36) S. S. Pande and M. G. Wavekar, "PRICAPP : A Computer assisted process planning system for prosmatic components", *Int. J. Prod. Res.*, 1990, Vol. 28, No. 2, pp. 279-292
- (37) F. Mason, "Computerrized Cutting Tool Management", *American Machinist*, May, 1986
- (38) Abraham Ber, et al, "Tool Management for FMS", *Annals of the CIRP*, Vol.34/1, 1985
- (39) C. Bottazi, "Tool Integrated Management", *Proc. 6th Int. Conf. Flexible Manufacturing System*, 1989
- (40) G. M. Acaccia, R. C. Michelin, et al, "The Design of FMS Tool Handling Service by Rule Based Expert System", *Proc. 6th Int. Conf. Flexible Manufacturing System*, 1989
- (41) Hahn, H. S. and J. L. Sanders. (1994). Performance analysis of a LIM-based high-speed tool delivery system for machining, *International Journal of Production*

- Research, Vol. 32(1), pp. 179-207.
- (42) Hankins, S. and V. Rovito. (1984). The impact of tooling on flexible manufacturing systems, Second Biennial International Machine Tool Technical Conference, pp. 193-199, Chicago, Illinois.
- (43) Melnyk, S. A. and S. B. Lyman. (1993). Tool management and control: developing an integrated top-down control process, Proceedings of the 36th International Conference APICS, pp. 510-513
- (44) Koo, P.-H., J. J. Lee, J. M. A. Tanchoc. (1997) Tooling Strategies in Automated Manufacturing Systems, 14th International Conference on Production Research, pp. 1021-1015, Osaka, Japan
- (45) Koo, P.-H., J. M. A. Tanchoco, and J. J. Talavage. (1996) Tool requirements in manufacturing systems under dynamic tool sharing, Proceedings of 20th International Conference on Computers and IE, pp.1271-1274, Kyongju, Korea.
- (46) 増田 眞, "工具 IDシステムと 工具負荷監視技能", 機械技術, Vol.40/1, Jan., 1992
- (47) Lenderink, A. and H. J. J. Kals. (1993) "The integration of process planning and machine loading in small batch manufacturing," *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 10(1/2), pp.89-98.
- (48) 中鳥 秀人, "ツ-ル IDシステムによる 工具管理", 機械と工具, Nov., 1993
- (49) FANUC, "FANUC PMC-MODEL N, 프로그램 설명서(C 언어)".
- (50) FANUC, "Custom Macro 사용설명서".
- (51) Y. Kakino and M. Yagi, "Measurement of Motion Accuracy of Industrial NC Robots by Using Double Ball Bar Method" Proc. of the 6th ICPE 1987
- (52) 박준호, "정밀시스템공학", 야정문화사, pp184-256 1996
- (53) MinYang Yang and HeeDuck Park, "The Prediction of Cutting Force in Ball-End Milling", Int. J. Mach. Tools Manufact. Vol. 31. No. 1., pp.45-54, 1991
- (54) 安岡 成泰, "高硬度材の高速切削加工に関する研究", 千葉大學大学院 工学研究科 機械工学専攻 機械システム工学講座, 1996
- (55) W. A. Kline and R. E. Devor, "The Effect of Runout on Cutting Geometry and Forces In End Milling", Int. J. Mach. Tools Des. Res. Vol. 23. No. 2/3, pp.123-140, 1983

- (56) Allen, D. K., "Process Planning Primer", Proceedings of 19th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, Pennsylvania State Univ. 1987.
- (57) Shah, J. J., "Assessment of Feature Technology", Computer Aided Design, Vol. 23/5, pp. 331-343, 1991.
- (58) Cunningham, J. and Dixon, J., "Designing with Features : The Origin of Features", Proceedings of ASME Computers in Engineering, 1988.
- (59) Eversheim, W., Marczynski, G., Cremer, R., "Structured Modelling of Manufacturing Processes as NC-Data Preparation", Annals of the CIRP, Vol. 40/1, 1991.
- (60) Zhang, H. C., "IPPM - A Prototype to Integrate Process Planning and Job Shop Scheduling Function", Annals of the CIRP Vol. 42/1, 1993.
- (61) Kjellberg, T. and Schmekel, H., "Product Modelling and 'Information - Integrated' Engineering Systems", Annals of the Vol. 41/1, 1992.
- (62) Hou, T. H. and Wang. H. P., "Integration of a CAPP System and an FMS", Computers and Industrial Engineering, Vol. 20/2, pp. 231-241, 1991.
- (63) 노형민 외, "지적공정계획기술 개발에 관한 연구 - 밀링 공정설계 모듈 개발(I-IV)", 한국과학기술연구원, 통일중공업, 1993-1996.
- (64) 노형민, 이진환, "사출금형의 CAD/CAPP 통합을 위한 가공형상 데이터베이스", 대한기계학회지, 제16권(2), pp. 259-266, 1992.
- (65) 이충수, 노형민, "특징형상을 사용한 사출금형 표준가공 공수계산", 대한기계학회지, 제18권, 제1호, pp.223-231, 1994.
- (66) 노형민, 이충수, "밀링 작업계획에서의 생산정보 통합", 산업공학지, 7권, 3호, 1994.
- (67) Rho, H. M., and Lee, C. S., "Manufacturing Features applied to the Milling Operation Planning", CIRP Workshop, Tokyo Univ., 1996.
- (68) 이충수, 노형민, 김성식, "특징형상 데이터를 이용한 선행관계의 추출", 대한산업공학회 춘계 학술대회, 1996.
- (69) 노형민, 이충수, "생산정보의 통합 활용을 위한 특징형상 및 데이터베이스 설계", 제어·자동화·시스템 공학회지, 3권, 1호, 1997.
- (70) 이충수, 노형민, "밀링 공정설계의 특징형상 데이터 모델", 대한기계학회지, 21권, 2호, 1997.

- (71) Eric Wang, Yong Se Kim, Choong Soo Lee, HyungMin Rho, "Feature Based Machining Precedence Reasoning and Sequence Planning," 1998 ASME Computers and Engineering conference, Atlanta USA, Sep. 13-16 1998.
- (72) Butterfield, W. R., Green, M. K., Scott, D. C., and Stocker, W. J., "Part Features for Process Planning", CAM-I Inc., 1985.
- (73) Gindy, N. N. Z., "A Hierarchical Structure for Form Features", International Journal of Production Research, Vol. 27, No. 12, 1989.
- (74) Gandhi, A., and Myklebust, A., "A Natural Language Approach to Feature Based Modelling", Mobil Research and Development Co., 1989.
- (75) Lauwers, B., and Kruth, J. P., "Computer Aided Process Planning for EDM Operations", Journal of Manufacturing Systems, Vol. 13, No. 5, 1994.
- (76) Nau, D. S., and Luce, M., "Knowledge Representation and Reasoning Techniques for Process Planning SIPS to do Tool Selection", 19th CIRP 'International Seminar on Manufacturing Systems, 1987.
- (77) Huang, S. H., and Zhang, H. C., "A Neural-Expert Hybrid Knowledge Acquisition Model for Process Planning", AUTOFACT Conference, 1994.
- (78) Delbressine, F. L. M., de Groot, R., van der Wolf, A. C. H., "On the Automatic Generation of Set-Ups Given a Feature-Based Design Representation", Annals of the CIRP, Vol. 42/1, 1993.
- (79) Rho, H.M., Geelink, R., van 't Erve , A.H., Kals, H.J.J., "An Integrated Tool Selection and Operation Sequencing Method", Annal of CIRP, Vol. 41/1, 1991.
- (80) 조규갑, 김인호, 노형민, "자동공정설계에서 가공작업의 선정 및 순서결정 기법의 개발", 제15권(2), pp. 45-55, 1989.
- (81) Kim, Y. S., Recognition of Form Features Using Convex Decomposition, Computer-Aided Design, Vol. 24, No. 9, pp. 461-476, 1992.
- (82) Kim, Y. S., Volumetric Feature Recognition Using Convex Decomposition, in Advances in Feature Based Manufacturing, Shah, J., et al., Eds., Chapter 3, pp. 39-63, Elsevier, 1994.
- (83) Kim, Y. S., and Wang, E., Automatic Recognition of Machining Features and Precedence Reasoning, Proc. Korean Society of Precision Engineers Conference,

Chung-Joo, 1998.

- (84) Waco, D., and Kim, Y. S., Geometric Reasoning for Machining Features Using Convex Decomposition, Computer-Aided Design, Vol. 26, No. 6, pp. 477-489, 1994.
- (85) Waco, D., and Kim, Y. S., Handling Interacting Positive Components in Machining Feature Reasoning Using Convex Decomposition, Advances in Engineering Software, Vol. 20, No. 2/3, pp. 107-119, 1994.
- (86) Wang, E., and Kim, Y. S., 1997 Status of the Form Feature Recognition Method Using Convex Decomposition, Proc. ASME Computers in Engineering Conference, Sacramento, 1997.
- (87) 박철민, 노형민, 이수홍, "특징형상을 이용한 공정분할도면의 자동 생성," 대한기계학회 논문집 A권, 제 23 권, 제 3 호, pp.478-483, 1999.
- (88) S. Ha, I. Hwang, K. Lee, H. M. Rho, "Tolerance Representation Scheme for Integrated Cutting Process and Inspection planning," 1999 CIRP Int. Seminar on Computer Aided Tolerancing, Univ. of Twente Netherlands, Mar. 22-24 1999.
- (89) Yong Se Kim, Eric Wang, "Recognition of Machining features for the Domain of Cast-Then-Machined Parts," 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 1075- 1080, 1999.
- (90) 정영수, 공상훈, 노상도, 이홍희, 이교일, "특징형상을 이용한 대공정 계획 전문가시스템 개발," 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 1081-1085, 1999.
- (91) 하성도, 황인식, "CMM을 이용한 특징형상 기반 지능형 검사계획 시스템 개발," 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 1086-1091, 1999.
- (92) 박병태, 박면웅, "자율학습에 의한 절삭조건의 갱신," 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 1092-1097, 1999.
- (93) 박재민, 노형민, 이충수, "FAPPS에서의 메인 모듈 개발," 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 1098-1101, 1999.
- (94) 노형민 외, "FAPPS(Feature based Automatic Process Planning System) 개발," 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp. 425-431, 2000.

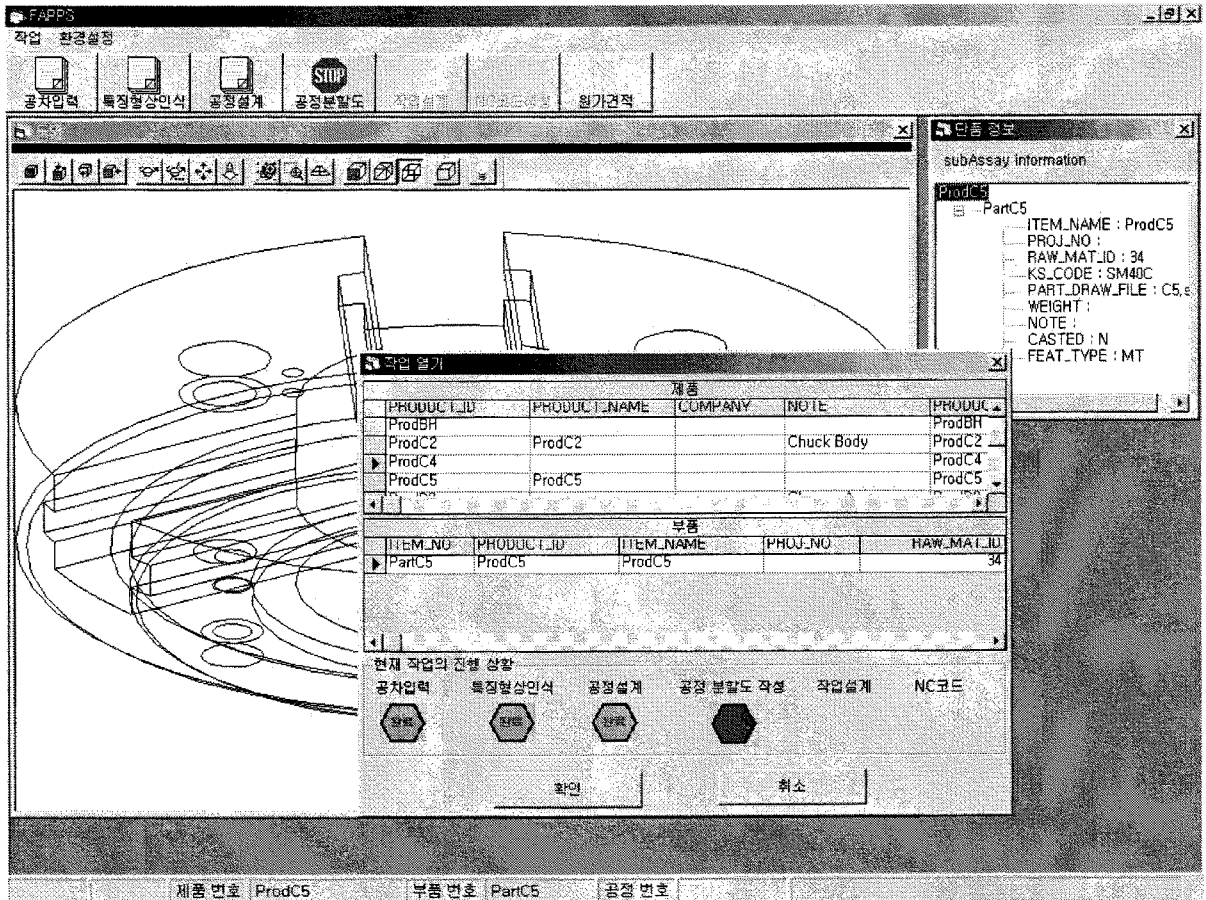
여 백

## 부록 A. 절삭가공 공정설계 자동화 시스템의 실행 화면



# 여 백

# A.1 시스템 관리



## A.2 공차입력

The screenshot shows the ITOL software interface. On the left, a 3D model of a mechanical part is displayed with arrows pointing to '입력부위' (Input Area) and '데이터' (Data). On the right, there are control panels and a table.

**Control Panels:**

- Target: 38, 데이터1A: 40
- TYPE: 직각도, 데이터1규제
- 공차값: 0.25, 데이터2
- 치수값: 데이터2규제
- +공차: 데이터3
- 공차: 데이터3규제
- 공차규제: 가공여유

**Action Buttons:**

- 등록, 한행 삭제, => DB 저장, 도우미
- 리스트 모두 삭제, 입력<=DB, 작업완료

**공차입력현황 (Tolerance Input Status) Table:**

타입	기입부위	설정값	치수값
㉞ 거칠기	32	3	
㉞ 거칠기	39	3	
㉞ 거칠기	55	3	
㉞ 거칠기	46	3	
㉞ 거칠기	45	3	
㉞ 거칠기	53	3	
㉞ 거칠기	47	3	
㉞ 거칠기	49	3	
㉞ 거칠기	54	3	
㉞ 거칠기	50	3	
㉞ 거칠기	48	3	
㉞ 거칠기	51	3	
㉞ 거칠기	52	3	
㉞ 거칠기	81	3	
㉞ 거칠기	57	3	
⌊ 직각도	39	0.25	
⌊ 직각도	38	0.25	

### A.3 특징형상인식

Feature Recognition for FAPPS

File Edit View Geometry ASVP Window Help

Features

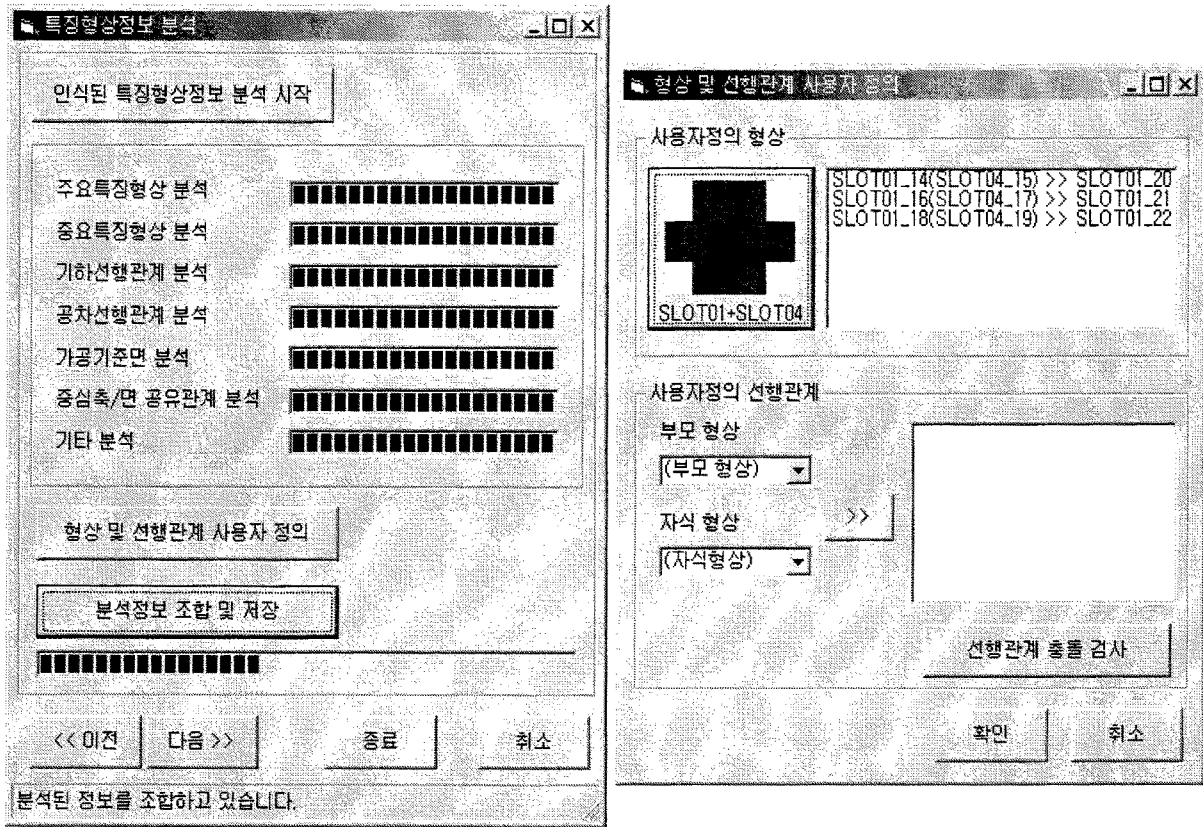
SLOTO4\_10  
 -- Inner Depth = 18  
 -- Inner Width = 40  
 -- Length = 88.341  
 -- Outer Depth = 15  
 -- Outer Width = 55.2

FAPPS Data Output Tables

Feature Volume Table | Feature Decompositions | Machining Precedence Trees | Undefined Feature

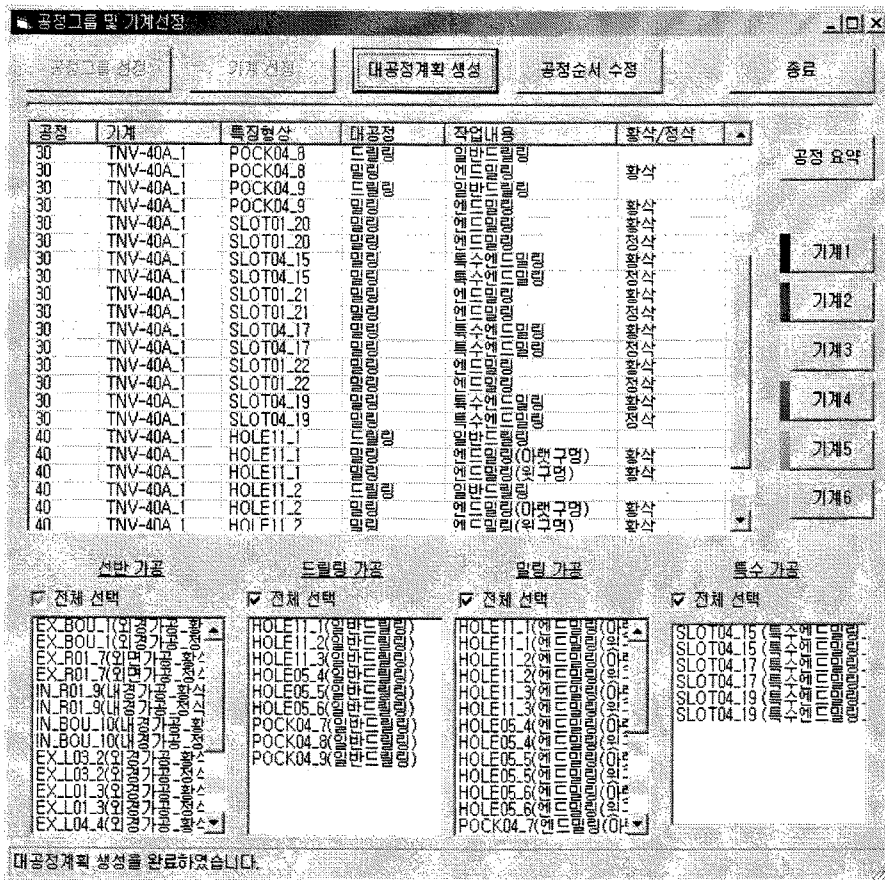
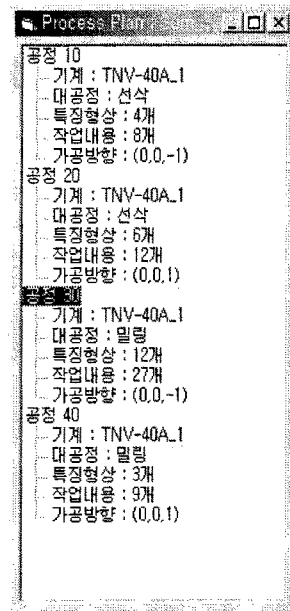
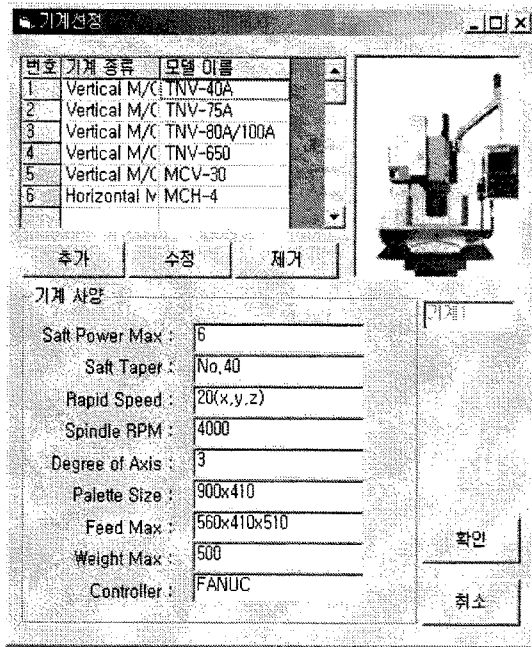
Feature	Param	RA...	Ox	Oy	Oz	Wx	Wy	Wz	Dx	Dy	Dz	Wid	Len	Dep	IDep	ODep	Dia
HOLE05_b	1	'GEN'	-75...	0.000	95...	0...	1...	0...	0...	0...	-1...	NULL	NULL	NULL	78.000	17.000	NULL
POCK04_7	1	'GEN'	26...	-46...	85...	-0...	-0...	0...	0...	0...	-1...	NULL	NULL	10.000	1.803	NULL	6.000
POCK04_8	1	'GEN'	26...	46...	85...	0...	-0...	0...	0...	0...	-1...	NULL	NULL	10.000	1.803	NULL	6.000
POCK04_9	1	'GEN'	-53...	0.000	85...	0...	1...	0...	0...	0...	-1...	NULL	NULL	10.000	1.803	NULL	6.000
SLOTO1_5	1	'GEN'	-63...	109...	62...	0...	0...	0...	0...	0...	-1...	40.000	83.916	13.000	NULL	NULL	NULL
SLOTO4_6	1	'GEN'	-63...	109...	95...	0...	0...	0...	0...	0...	-1...	NULL	88.341	NULL	18.000	15.000	NULL
SLOTO1_7	1	'GEN'	43...	0.000	62...	0...	1...	0...	0...	0...	-1...	40.000	83.916	13.000	NULL	NULL	NULL
SLOTO4_8	1	'GEN'	127...	0.000	95...	0...	-1...	0...	0...	0...	-1...	NULL	88.341	NULL	18.000	15.000	NULL
SLOTO1_9	1	'GEN'	-21...	-37...	62...	0...	-0...	0...	0...	0...	-1...	40.000	83.916	13.000	NULL	NULL	NULL
SLOTO4_10	1	'GEN'	-63...	-10...	95...	-0...	0...	0...	0...	0...	-1...	NULL	88.341	NULL	18.000	15.000	NULL

## A.4 공정계획 - 특징형상정보 분석 및 사용자 정의

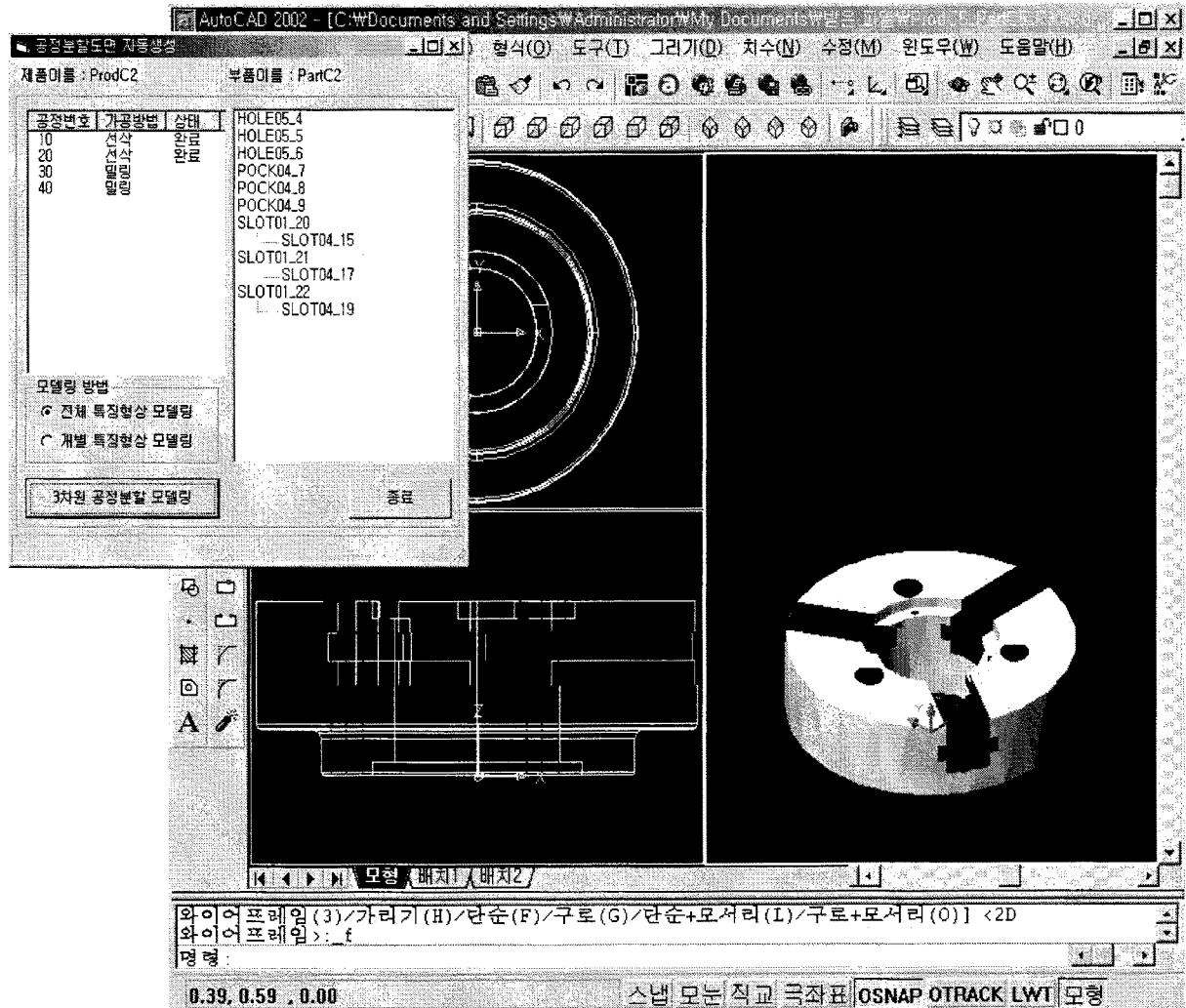




## A.6 공정계획 - 기계선정 및 공정순서 결정



## A.7 공정분할도작성 - 3차원 특징형상 모델링





# A.8 작업계획 - 절삭공구 결정

**절삭공구**

- Center Drill
- Drill
- End Mill
- Face Mill
- Tap
- Reamer
- Shell End Mill
- Bore
- Plain Mill Cutter
- Side Mill Cutter
- Side Cutter
- Slotting Cutter
- Screw Slotting Cutter
- T-Slotting Cutter
- Metal Slitting Saw
- Countersink
- Counterbore
- 기타/특수 공구

**일반 공구 정보**

5 개의 Row가 검색되었습니다.

공구이름: ROUGHING END MILL    공급자: 양지원    공구재질: HSS Co 8%    축연경사각: 0

공구종류:    연결타입: ST    리더드라: 0    공구그림: 07c1em.jpg

Default Path: WFigWMill.FigW

<< Top < Previous    Next > Last >>

**세부 공구 검색**    모든 공구 검색

6 개의 Row가 검색되었습니다.

지름: 25    연결지름: 25    규격: 25.0X5    최소지름:    공구 Inset

침입가공길이:    회전방향:    Edge 수: 5    길 이: 121    최대지름:    Insert

<< Top < Previous    Next > Last >>

확인    취소

**절삭공구 그림**

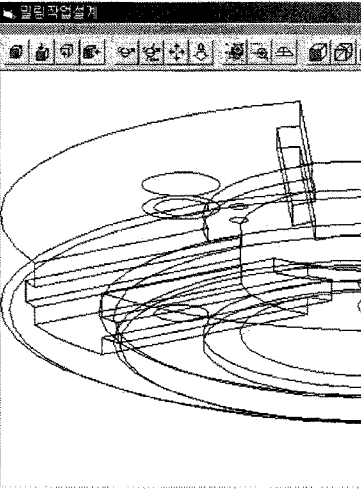
확인

특징형상정보		절삭공구 선택				공구홀더 선택			절삭량선		절삭조건선					
순	작업내용	번호	공구명	규격	Insert/재질	지름	길이	Chuck	Adapte	Collet	DC (mm)	WC (mm)	절삭유	V (m/min)	N (rpm)	F (mm/rev)
1	일반드릴링/HOLE05.4	T1	DRILL	8.0	HSS	8	1	BT40					Y	27	1082	0.1
2	엔드밀링(이렛구멍) 황삭/H	T2	ROUGHING	25.0X5	HSS	25	5	BT40		SK10	8	1	Y	26	325	0.3
3	엔드밀링(외구멍) 황삭/HOL	T2	ROUGHING	25.0X5	HSS	25	5	BT40		SK10	8	1	Y	26	325	0.3
4	일반드릴링/HOLE05.5	T1	DRILL	8.0	HSS	8	1	BT40					Y	27	1082	0.1
5	엔드밀링(이렛구멍) 황삭/H	T2	ROUGHING	25.0X5	HSS	25	5	BT40		SK10	8	1	Y	26	325	0.3
6	엔드밀링(외구멍) 황삭/HOL	T2	ROUGHING	25.0X5	HSS	25	5	BT40		SK10	8	1	Y	26	325	0.3
7	일반드릴링/HOLE05.6	T1	DRILL	8.0	HSS	8	1	BT40					Y	27	1082	0.16
8	엔드밀링(이렛구멍) 황삭/H												Y	173.2	81	.5
9	엔드밀링(외구멍) 황삭/HOL												Y			
10	일반드릴링/POCK04.7															
11	엔드밀링 황삭/POCK04.7															

저장    저장후다시    마름

# A.9 작업계획 - 공구홀더 결정



**공구 홀더** 키지

<b>장바 / 공구 정보</b>		<b>Holder Set</b>	
Shank 종류	BT40	14 개의 Row가 검색되었습니다.	
연결 지름	25 (mm)	Chuck	BT-SK
연결 타입	ST	Adaptor	
공구 이름	ROUGHING END MILL	Collet	SK
공구 재질	HSS Co 8%	<input type="button" value="Top"/> <input type="button" value="Previous"/> <input type="button" value="Next"/> <input type="button" value="Last"/>	

이름	약명	공급자 코드	공급자
SLIM CHUCK	BT-SK	BT40-SK10-12	NIKKEN
Adapter	확인		
Collet	SLIM CHUCK COLLET	SK	SK10-10 NIKKEN

80 개의 Row가 검색되었습니다.

이름	약명	공급자 코드	공급자
SLIM CHUCK COLLET	SK	SK10-10	NIKKEN
Chuck/Ada	연결지름	Cutter 최소	Cutter 최대
	15.6	연결지름 9.5	연결지름 10
최대 길이	최대 회전속도	용도	연속타입

특정형상정보	필삭공구 추천				공구홀더 추천			절삭량 추천		절삭조건 추천				작업순서		추정정대시간			
	번호	공구명	규격	Insert/재질	발수	Chuck	Adaptor	Collet	DC (mm)	WC (mm)	V (m/min)	N (rpm)	f (mm/tooth)	F (mm/min)	가공길이	절삭시간	정대시간	합계	
1	밀만드릴링/HOLE05.4	T1 DRILL	8.0	HSS	8	BT40					Y	27	1082	0.16	173.2	81	5	5	3 4
2	엔드밀링(이렛구멍)_활삭/H	T2 ROUGHING	25.0x5	HSS C	25	BT40		SK10	8		Y	26	325	0.33	535.7	314.9	6	5	3 4.1
3	엔드밀링(외구멍)_활삭/HOL	T2 ROUGHING	25.0x5	HSS C	25	BT40		SK10	8		Y	26	325	0.33	535.7	60.4	1	5	3 3.6
4	밀만드릴링/HOLE05.5	T1 DRILL	8.0	HSS	8	BT40					Y	27	1082	0.16	173.2	81	5	5	3 4
5	엔드밀링(이렛구멍)_활삭/H	T2 ROUGHING	25.0x5	HSS C	25	BT40		SK10	8		Y	26	325	0.33	535.7	314.9	6	5	3 4.1
6	엔드밀링(외구멍)_활삭/HOL	T2 ROUGHING	25.0x5	HSS C	25	BT40		SK10	8		Y	26	325	0.33	535.7	60.4	1	5	3 3.6
7	밀만드릴링/HOLE05.6	T1 DRILL	8.0	HSS	8	BT40					Y	27	1082	0.16	173.2	81	5	5	3 4
8	엔드밀링(이렛구멍)_활삭/H	T2 ROUGHING	25.0x5	HSS C	25														
9	엔드밀링(외구멍)_활삭/HOL																		
10	밀만드릴링/POCK04.7																		
11	엔드밀링_활삭/POCK04.7																		

# A.10 작업계획 - 절삭조건 결정

**절삭공구 정보**

대칭	ROUGHING END MILL
재료	HSS Co 8%
지름	25
축머리사각	0
리머드각	0

**기타 정보**

절삭량:  mm

가공물 방향: Side

반각재:

공구 수명: 15 min

**절삭가공 DB 관리**

가공명	ProdC5
품번	PartC5
도면번호	
공정번호	30
공정내용	절삭가공
도면화일	C5.sal
피삭재료	SM40C
장대번호	TNV-40A
NC번호	
차공구/특정기	

**표준 절삭조건**

가공길이	V (m/min)	N (rpm)	F (mm/tooth)	F (mm/min)
25	325	0.33	535.7	

**작업시간(min)**

작업시간	준비시간	정미시간	여유시간	합계

**전체 정미 시간 계산**

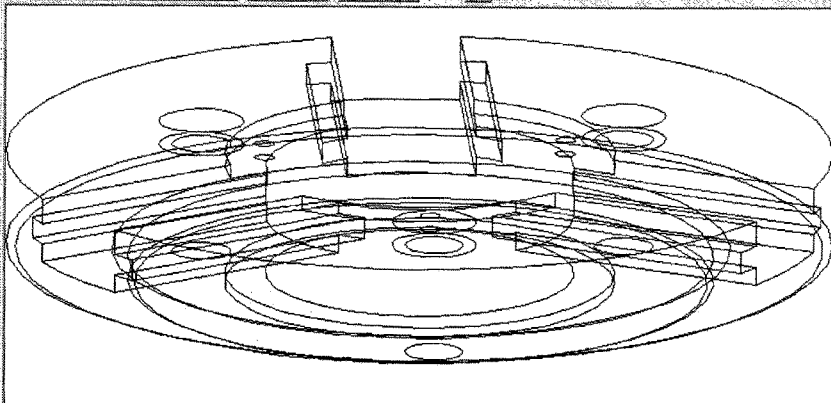
절삭조건 추천	작업순서	추정정미시간
절삭조건 선택	가공길이	NC 프로그램

순	작업내용	공구명	구경	재질	지름	Chuck	Adapte	Collet	절삭유	V (m/min)	N (rpm)	F (mm/tooth)	F (mm/min)	가공길이	정미시간	준비시간	공구교관	합계		
1	일반드릴링/HOLE05.4	T1	DRILL	8.0	HSS	8	1	BT40-		27	1082	0.16	173.2	81	.5	.5		3.4		
2	엔드밀링(아랫구멍).활삭/H	T2	ROUGHING	25.0x5	HSS	25	5	BT40-	SK10	8	1	Y	26	325	0.33	535.7	314.9	.6	.5	3.4
3	엔드밀링(윗구멍).활삭/HOL	T2	ROUGHING	25.0x5	HSS	25	5	BT40-	SK10	8	1	Y	26	325	0.33	535.7	60.4	.1	.5	3.36
4	일반드릴링/HOLE05.5	T1	DRILL	8.0	HSS	8	1	BT40-		27	1082	0.16	173.2	81	.5	.5		3.4		
5	엔드밀링(아랫구멍).활삭/H	T2	ROUGHING	25.0x5	HSS	25	5	BT40-	SK10	8	1	Y	26	325	0.33	535.7	314.9	.6	.5	3.4
6	엔드밀링(윗구멍).활삭/HOL	T2	ROUGHING	25.0x5	HSS	25	5	BT40-	SK10	8	1	Y	26	325	0.33	535.7	60.4	.1	.5	3.36
7	일반드릴링/HOLE05.6	T1	DRILL	8.0	HSS	8	1	BT40-		27	1082	0.16	173.2	81	.5	.5		3.4		
8	엔드밀링(아랫구멍).활삭/H	T2	ROUGHING	25.0x5	HSS	25	5	BT40-	SK10	8	1	Y	26	325	0.33	535.7	314.9	.6	.5	3.4
9	엔드밀링(윗구멍).활삭/HOL	T2	ROUGHING	25.0x5	HSS	25	5	BT40-	SK10	8	1	Y	26	325	0.33	535.7	60.4	.1	.5	3.36
10	일반드릴링/POCK04.7																			
11	엔드밀링.활삭/POCK04.7																			

저장      저장 후 마침      마침



# A.12 작업계획 - 결과



절삭가공 DB 관리

기종	ProdC5
품번	PartC5
도번	
공정번호	30
공정내용	형상가공
도면파일	C5.sat
파삭재질	SM40C
도면번호	TNV-40A
NC번호	
차공구/축정기	

작업시간(min)

설정시간	준비시간	정미시간	여유시간	합계
65	35	135.1	13.5	248.6

공구/축정기/절삭 파라미터 추천

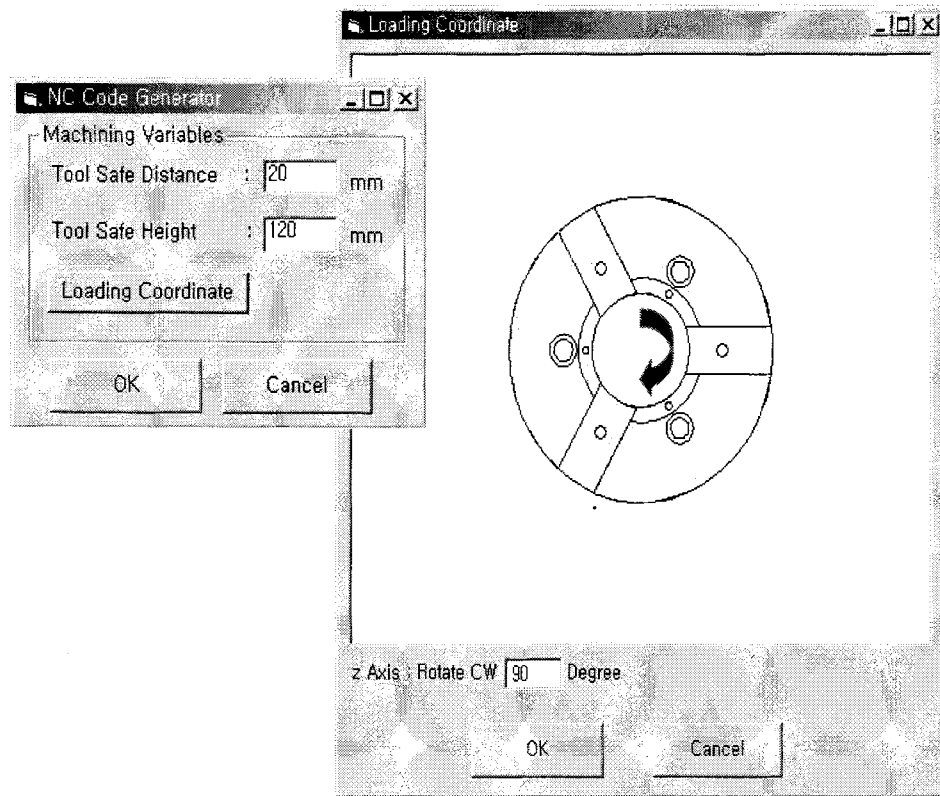
특정형상정보	절삭공구추천				공구축정기추천			절삭조건추천				작업순서		추정정미시간							
	번호	공구명	단경	Insert/재질	지름	길이	Chuck/Adept/Collet	DC(mm)	WC(mm)	절삭속도 V(m/min)	회전속도 N(rpm)	주공전극 F(mm/tooth)	공정속도 F(mm/min)	가공깊이	절삭시간	정미시간	공구교정	합계			
1	밀반드릴링/POCK04_7	T3	DRILL	5.0	HSS	5	1	BT40			Y	17	1082	0.10	108.2	13	.1	.5	3	3.6	
2	밀반드릴링/POCK04_8	T3	DRILL	5.0	HSS	5	1	BT40			Y	17	1082	0.10	108.2	13	.1	.5	3	3.6	
3	밀반드릴링/POCK04_9	T3	DRILL	5.0	HSS	5	1	BT40			Y	17	1082	0.10	108.2	13	.1	.5	3	3.6	
4	밀반드릴링/HOLE05_4	T1	DRILL	8.0	HSS	8	1	BT40			Y	27	1082	0.16	173.2	81	.5	.5	3	4	
5	밀반드릴링/HOLE05_5	T1	DRILL	8.0	HSS	8	1	BT40			Y	27	1082	0.16	173.2	81	.5	.5	3	4	
6	밀반드릴링/HOLE05_6	T1	DRILL	8.0	HSS	8	1	BT40			Y	27	1082	0.16	173.2	81	.5	.5	3	4	
7	엔드밀링_황삭/POCK04_7	T4	LONG END	3.0(LONG)	HSS	3	2	BT40	SK10	8	1.5	Y	20	2122	0.01	34.0	29.1	.9	.5	3	4.4
8	엔드밀링_황삭/POCK04_8	T4	LONG END	3.0(LONG)	HSS	3	2	BT40	SK10	8	1.5	Y	20	2122	0.01	34.0	29.1	.9	.5	3	4.4
9	엔드밀링_황삭/POCK04_9	T4	LONG END	3.0(LONG)	HSS	3	2	BT40	SK10	8	1.5	Y	20	2122	0.01	34.0	29.1	.9	.5	3	4.4
10	엔드밀링_황삭/SLOT01_20	T2	ROUGHING	35.0x6	HSS	35	6	BT40	SK10	46	5	Y	21	193	0.41	478.3	213.8	.4	.5	3	3.9
11	엔드밀링_황삭/SLOT01_21	T1	ROUGHING	35.0x6	HSS	35	6	BT40	SK10	46	5	Y	21	193	0.41	478.3	214.1	.4	.5	3	3.9

저장

저장 후 마침

마침

## A.13 NC 코드 생성



```

NC Code
G00G17G40G49G80
M67
G00G91G28Z0
G28Y0X0
G28B0
G90G10L2P0X-354.354Y-591.76Z-687.738B0
G10L2P1X0Y330,1Z188,2B0
G10L2P2X0Y330,1Z188,2B90
G10L2P3X0Y330,1Z188,2B180
G10L2P4X0Y330,1Z188,2B270
G00X-0,413Y-0,055Z200,000
G00X-0,413Y-0,055Z87,000
G01X-83,084Y143,134Z87,000F478,3
G01X-0,413Y-0,055Z87,000
G01X-83,084Y143,134Z87,000
G01X-0,413Y-0,055Z87,000
G00X-0,413Y-0,055Z79,000
G01X-83,084Y143,134Z79,000F478,3
G01X-0,413Y-0,055Z79,000
G01X-83,084Y143,134Z79,000
G01X-0,413Y-0,055Z79,000
G00X-0,413Y-0,055Z71,000
G01X-83,084Y143,134Z71,000F478,3
G01X-0,413Y-0,055Z71,000
G01X-83,084Y143,134Z71,000
G01X-0,413Y-0,055Z71,000

```

# A.14 원가견적

**원가견적**

환경 설정    작업 내용별 가공 비용    원가 견적

준비/셋업시간 편집

부품 개수    파삭재 비용    기계별 압출

전체 부품수    파삭재    기계 모델

셋업별 부품수    단위 가격    TNV-40A

셋업 30

입력

수정

저장    종료

**원가견적**

환경 설정    작업 내용별 가공 비용    원가 견적

셋업:    가공 비용: 29844 원

순서	작업내용	준비시간	셋업시간	정미시간	여유시간	가공비용(원)
0	준비/셋업시간	65	35			100
1	일반드릴링/POCK04.7			3.6	0.36	792
2	일반드릴링/POCK04.8			3.6	0.36	792
3	일반드릴링/POCK04.9			3.6	0.36	792
4	일반드릴링/HOLE05.4			4	0.4	980
5	일반드릴링/HOLE05.5			4	0.4	880
6	일반드릴링/HOLE05.6			4	0.4	880
7	엔드밀링.황삭/POC...			4.4	0.44	968
8	엔드밀링.황삭/POC...			4.4	0.44	968
9	엔드밀링.황삭/POC...			4.4	0.44	968

저장    종료

**원가견적**

환경 설정    작업 내용별 가공 비용    원가 견적

전체 가공 비용    103960 원

셋업	기계	준비시간	셋업시간	정미시간	여유시간	가공비용(원)
10	TNV-40A	20	14	24.7	2.5	12240
20	TNV-40A	20	14	36.8	3.7	14900
30	TNV-40A	65	35	135.1	13.5	49720
40	TNV-40A	65	35	32.3	3.2	27100
계		170	98	228.9	22.9	103960

전체 소재 비용    10000 원

전체 예상 비용 : 113960 원

저장    종료

## 부록 B. 절삭가공 공정설계 자동화 시스템의 출력물



여 백

B.1 작업지시서 - Chuck Body 30공경

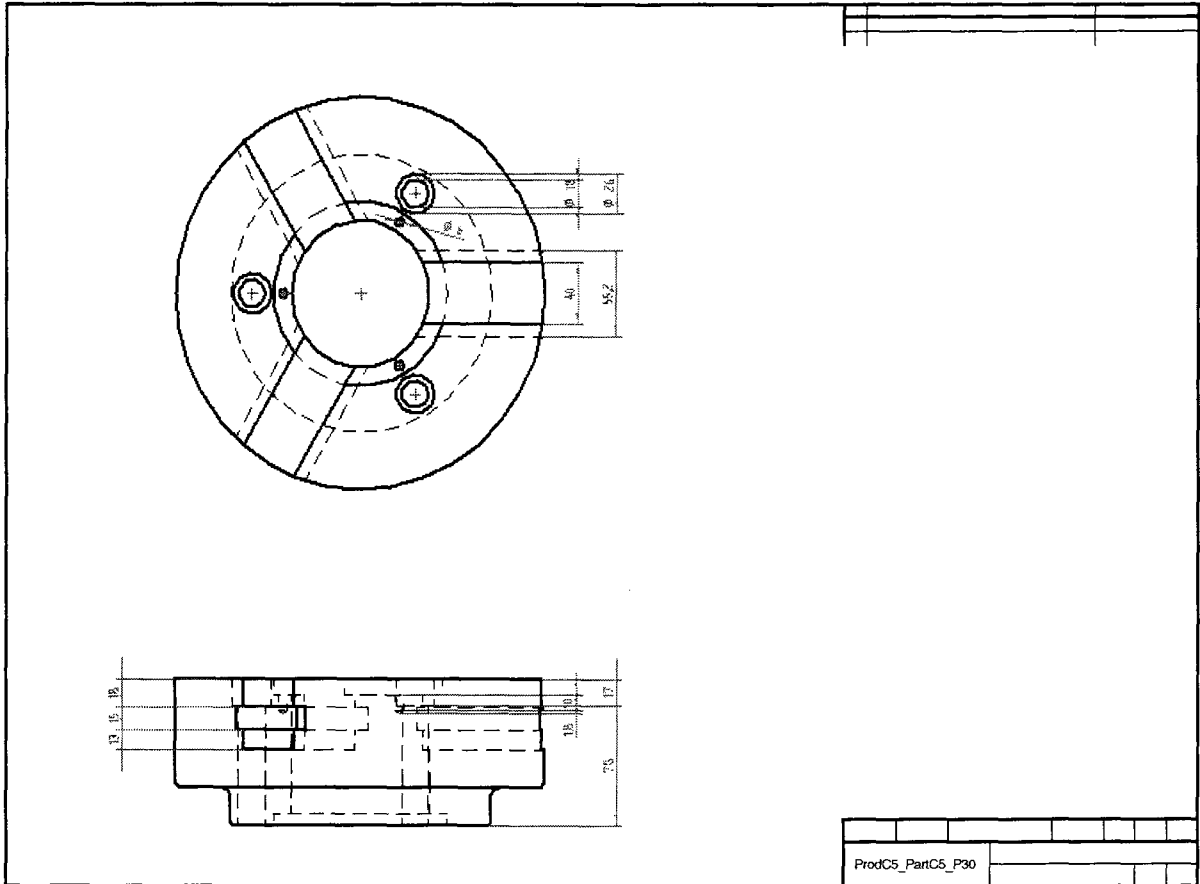
작업지시서

제품명	ProdC5
부품명	PartC5
공정번호	30
공정내용	밀링형상가공
공정분할도	ProdC5_PartC5_P30.dwg
피삭재질	SM40C
장비번호	TNV-40A_1
NC번호	
치공구/측정기	

작업시간 (min)	
준비시간	65
셋업시간	36
정미시간	135.1
여유시간	13.5
합계	248.6
절삭시간	40.7

순서	작업내용	특징형상	절삭공구						공구홀더			절삭량		절삭조건				
			번호	공구명	규격	인서트 /재질	지름 mm	날수	Chuck	Adapter	Collet	DC mm	WC mm	절삭유	V m/min	N rpm	f mm/rev	FR m/min
1	일반드릴링	POCK04_7	T3	DRILL	5.0	HSS	5	1	BT40-NPU13-130					Y	17	1082	0.10	108.2
2	일반드릴링	POCK04_8	T3	DRILL	5.0	HSS	5	1	BT40-NPU13-130					Y	17	1082	0.10	108.2
3	일반드릴링	POCK04_9	T3	DRILL	5.0	HSS	5	1	BT40-NPU13-130					Y	17	1082	0.10	108.2
4	일반드릴링	HOLE05_4	T1	DRILL	8.0	HSS	8	1	BT40-NPU13-130					Y	27	1082	0.16	173.2
5	일반드릴링	HOLE05_5	T1	DRILL	8.0	HSS	8	1	BT40-NPU13-130					Y	27	1082	0.16	173.2
6	일반드릴링	HOLE05_6	T1	DRILL	8.0	HSS	8	1	BT40-NPU13-130					Y	27	1082	0.16	173.2
7	엔드밀링_활삭	POCK04_7	T4	LONG END M	3.0(LONG)	HSS Co 8%	3	2	BT40-SK10-120		SK10-10	8	1.5	Y	20	2122	0.01	34.0
8	엔드밀링_활삭	POCK04_8	T4	LONG END M	3.0(LONG)	HSS Co 8%	3	2	BT40-SK10-120		SK10-10	8	1.5	Y	20	2122	0.01	34.0
9	엔드밀링_활삭	POCK04_9	T4	LONG END M	3.0(LONG)	HSS Co 8%	3	2	BT40-SK10-120		SK10-10	8	1.5	Y	20	2122	0.01	34.0
10	엔드밀링_활삭	SLOT01_20	T2	ROUGHING E	35.0x6	HSS Co 8%	35	6	BT40-SK10-120		SK10-10	46	5	Y	21	193	0.41	478.3
11	엔드밀링_활삭	SLOT01_21	T2	ROUGHING E	35.0x6	HSS Co 8%	35	6	BT40-SK10-120		SK10-10	46	5	Y	21	193	0.41	478.3
12	엔드밀링_활삭	SLOT01_22	T2	ROUGHING E	35.0x6	HSS Co 8%	35	6	BT40-SK10-120		SK10-10	46	5	Y	21	193	0.41	478.3
13	특수엔드밀링_활삭	SLOT04_15	T2	ROUGHING E	35.0x6	HSS Co 8%	35	6	BT40-SK10-120		SK10-10	15	5	Y	21	193	0.41	478.3
14	특수엔드밀링_활삭	SLOT04_17	T2	ROUGHING E	35.0x6	HSS Co 8%	35	6	BT40-SK10-120		SK10-10	15	5	Y	21	193	0.41	478.3
15	특수엔드밀링_활삭	SLOT04_19	T2	ROUGHING E	35.0x6	HSS Co 8%	35	6	BT40-SK10-120		SK10-10	15	5	Y	21	193	0.41	478.3
16	엔드밀링(아랫구멍)_활삭	HOLE05_4	T5	ROUGHING E	25.0x5	HSS Co 8%	25	5	BT40-SK10-120		SK10-10	8	1	Y	26	325	0.33	535.7
17	엔드밀링(윗구멍)_활삭	HOLE05_4	T5	ROUGHING E	25.0x5	HSS Co 8%	25	5	BT40-SK10-120		SK10-10	8	1	Y	26	325	0.33	535.7
18	엔드밀링(아랫구멍)_활삭	HOLE05_5	T5	ROUGHING E	25.0x5	HSS Co 8%	25	5	BT40-SK10-120		SK10-10	8	1	Y	26	325	0.33	535.7
19	엔드밀링(윗구멍)_활삭	HOLE05_5	T5	ROUGHING E	25.0x5	HSS Co 8%	25	5	BT40-SK10-120		SK10-10	8	1	Y	26	325	0.33	535.7
20	엔드밀링(아랫구멍)_활삭	HOLE05_6	T5	ROUGHING E	25.0x5	HSS Co 8%	25	5	BT40-SK10-120		SK10-10	8	1	Y	26	325	0.33	535.7
21	엔드밀링(윗구멍)_활삭	HOLE05_6	T5	ROUGHING E	25.0x5	HSS Co 8%	25	5	BT40-SK10-120		SK10-10	8	1	Y	26	325	0.33	535.7
22	엔드밀링_정삭	SLOT01_20	T6	LONG END M	40.0(LONG)	HSS Co 8%	40	2	BT40-SK10-120		SK10-10	46	1	Y	35	275	0.14	77.1
23	엔드밀링_정삭	SLOT01_21	T6	LONG END M	40.0(LONG)	HSS Co 8%	40	2	BT40-SK10-120		SK10-10	46	1	Y	35	275	0.14	77.1
24	엔드밀링_정삭	SLOT01_22	T6	LONG END M	40.0(LONG)	HSS Co 8%	40	2	BT40-SK10-120		SK10-10	46	1	Y	35	275	0.14	77.1
25	특수엔드밀링_정삭	SLOT04_15	T6	LONG END M	40.0(LONG)	HSS Co 8%	40	2	BT40-SK10-120		SK10-10	15	1	Y	35	275	0.14	77.1
26	특수엔드밀링_정삭	SLOT04_17	T6	LONG END M	40.0(LONG)	HSS Co 8%	40	2	BT40-SK10-120		SK10-10	15	1	Y	35	275	0.14	77.1
27	특수엔드밀링_정삭	SLOT04_19	T6	LONG END M	40.0(LONG)	HSS Co 8%	40	2	BT40-SK10-120		SK10-10	15	1	Y	35	275	0.14	77.1

## B.2 공정분할도 - Chuck Body 30공정



### B.3 원가견적서 - Chuck Body

원가견적서											
제품명	ProdC5										
부품명	PartC5										
소재	SM40C										
부품개수	1										
공정개수	4										
가공비용 (원)											
공정번호	셋업당 부품수	작업시간(분)					소계	기계		가공비용	
		준비시간	셋업시간	정미시간	여유시간	모델명		입력			
10	1	20	14	24.7	2.5	61.2	TNV-40A	200	12240		
20	1	20	14	36.8	3.7	74.5	TNV-40A	200	14900		
30	1	65	35	135.1	13.5	248.6	TNV-40A	200	49720		
40	1	65	35	32.3	3.2	135.5	TNV-40A	200	27100		
계		170	98	228.9	22.9	519.8			103960		
소재비용 (원)											
단가	개수	소재비용									
10000	1	10000									
예상원가 (원)											
가공비용	소재비용	예상원가									
103960	10000	113960									

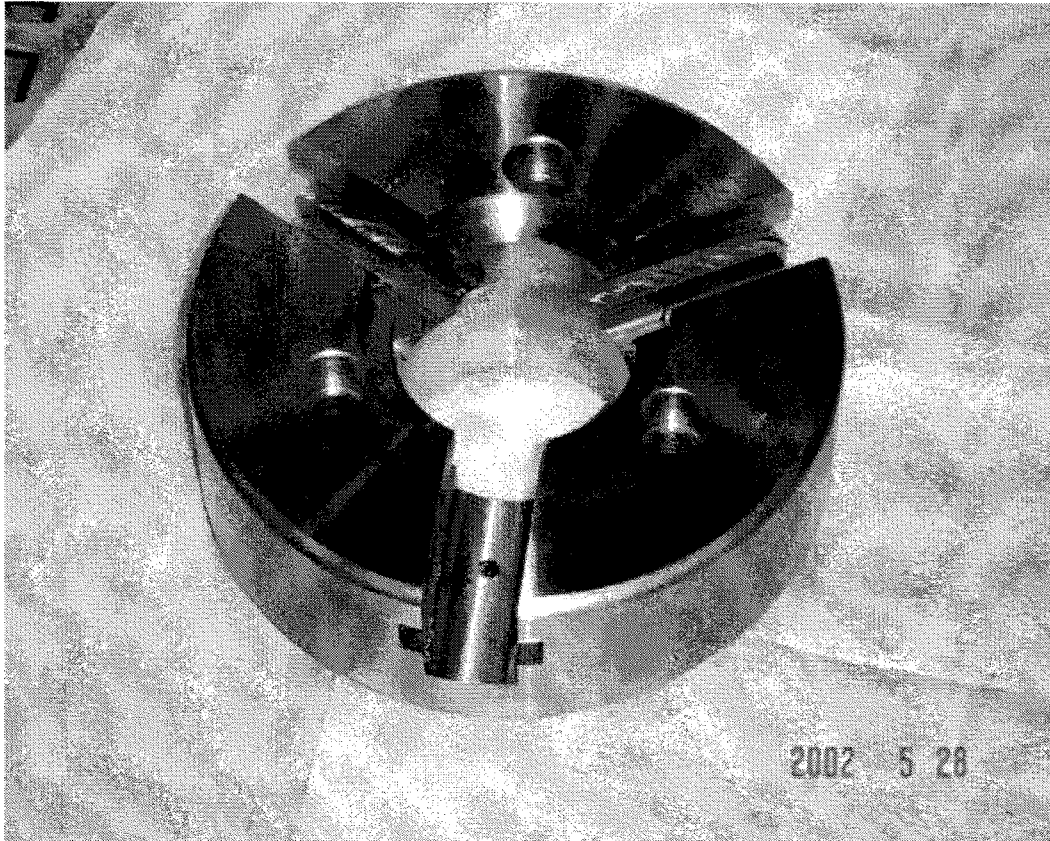
## B.4 NC 코드 - Chuck Body 30공정

```
%  
(FileName=ProdC5_PartC5_P30.nc)  
(Tool=1000.F/300.r/Filleted.End.Mill)  
(Gap=0.)  
(Min.Cut.Len.=0.)  
S1000M03  
T1M6  
G54I8  
S1082M03  
G83X-64.952Y-37.055Z105.R105.Q3.P0.F173  
G80G00Z0.  
M02G90G00X0.Y0.Z0.  
T1M6  
G54I16  
S507M03  
G00X-64.952Y-37.055Z115.  
G01X-64.952Y-37.055Z95.F335  
T1M6  
G54I25  
S325M03  
G00X-64.952Y-37.055Z115.  
G01X-64.952Y-37.055Z95.F536  
T1M6  
G54I8  
S1082M03  
G83X64.952Y-37.055Z105.R105.Q3.P0.F173  
G80G00Z0.  
M02G00X0.Y0.Z0.  
T1M6  
G54I16  
S507M03  
G00X64.952Y-37.055Z115.  
G01X64.952Y-37.055Z95.F335  
T1M6  
G54I25  
S325M03  
G00X64.952Y-37.055Z115.  
G01X64.952Y-37.055Z95.F536  
T1M6  
G54I8  
S1082M03  
G83X0.Y75.445Z105.R105.Q3.P0.F173  
G80G00Z0.  
M02G00X0.Y0.Z0.  
T1M6  
G54I16  
S507M03
```

G00X0.Y75.445Z115.  
G01X0.Y75.445Z95.F335  
T1M6  
G54I25  
S325M03  
G00X0.Y75.445Z115.  
G01X0.Y75.445Z95.F536  
T1M6  
G54I5  
S1082M03  
G83X-46.333Y-26.305Z20.R95.Q3.P0.F108  
G80G00Z0.  
M02G00X0.Y0.Z0.  
T1M6  
G54I6  
S902M03  
T1M6  
G54I5  
S1082M03  
G83X46.333Y-26.305Z20.R95.Q3.P0.F108  
G80G00Z0.  
M02G00X0.Y0.Z0.  
T1M6  
G54I6  
S902M03  
T1M6  
G54I5  
S1082M03  
G83X0.Y53.946Z20.R95.Q3.P0.F108  
G80G00Z0.  
M02G00X0.Y0.Z0.  
T1M6  
G54I6  
S902M03  
G00X-0.055Y0.413Z200.000  
G00X-0.055Y0.413Z87.000  
G01X143.134Y83.084Z87.000F55  
G01X143.134Y83.084Z79.000  
G01X-0.055Y0.413Z79.000  
G01X-0.055Y0.413Z71.000  
G01X143.134Y83.084Z71.000  
G01X143.134Y83.084Z63.000  
G01X-0.055Y0.413Z63.000  
G01X-0.055Y0.413Z55.000  
G01X143.134Y83.084Z55.000  
G01X143.134Y83.084Z49.000  
G01X-0.055Y0.413Z49.000  
G00X-0.055Y0.413Z200.000  
G00X0.000Y-0.159Z200.000  
G00X0.000Y-0.159Z87.000

G01X0.000Y-165.500Z87.000F55  
G01X0.000Y-165.500Z79.000  
G01X0.000Y-0.159Z79.000  
G01X0.000Y-0.159Z71.000  
G01X0.000Y-165.500Z71.000  
G01X0.000Y-165.500Z63.000  
G01X0.000Y-0.159Z63.000  
G01X0.000Y-0.159Z55.000  
G01X0.000Y-165.500Z55.000  
G01X0.000Y-165.500Z49.000  
G01X0.000Y-0.159Z49.000  
G00X0.000Y-0.159Z200.000  
G00X-143.134Y83.084Z200.000  
G00X-143.134Y83.084Z87.000  
G01X0.055Y0.414Z87.000F55  
G01X0.055Y0.414Z79.000  
G01X-143.134Y83.084Z79.000  
G01X-143.134Y83.084Z71.000  
G01X0.055Y0.414Z71.000  
G01X0.055Y0.414Z63.000  
G01X-143.134Y83.084Z63.000  
G01X-143.134Y83.084Z55.000  
G01X0.055Y0.414Z55.000  
G01X0.055Y0.414Z49.000  
G01X-143.134Y83.084Z49.000  
G00X-143.134Y83.084Z200.000  
G91G28X0Y0Z0M5  
T5M06  
S270.0M03  
G00X-0.055Y0.413Z200.000  
G00X-0.055Y0.413Z63.300  
G01X143.134Y83.084Z63.300F55  
G01X143.134Y83.084Z62.000  
G01X-0.055Y0.413Z62.000  
G00X-0.055Y0.413Z200.000  
G00X0.000Y-0.159Z200.000  
G00X0.000Y-0.159Z63.300  
G01X0.000Y-165.500Z63.300F55  
G01X0.000Y-165.500Z62.000  
G01X0.000Y-0.159Z62.000  
G00X0.000Y-0.159Z200.000  
G00X-143.134Y83.084Z200.000  
G00X-143.134Y83.084Z63.300  
G01X0.055Y0.414Z63.300F55  
G01X0.055Y0.414Z62.000  
G01X-143.134Y83.084Z62.000  
G00X-143.134Y83.084Z200.000  
G91G28X0Y0Z0M5  
%

## B.5 가공물 (사진) - Chuck Body



※ 사용자 정의 형상의 가공 부위가 매끄럽지 못한 이유는 연삭 가공 (절삭가공에 포함되지 않음) 을 제외했기 때문이다.



여 백

## 특정연구개발사업 연구결과 활용계획서

사업명	중사업명	중점국가연구개발사업		
	세부사업명	중소기업 애로기술 지원사업		
과제명		절삭가공 공정설계 자동화 시스템 개발		
연구기관	한국과학기술연구원	연구책임자	노형민	
총연구기간		2000년. 6월. 10일. ~ 2002년. 6월. 9일. ( 24개월)		
총 연구비 (단위 : 천원)	정부출연금	민간부담금	합계	
	337,000	100,000	437,000	
기술분야		기계설비분야		
참여기업		서암기계공업(주)		
공동연구기관				
위탁연구기관		성균관대학교		
연구결과활용 (해당항목에(√) 표시)	1. 기업화 (√)	2. 기술이전( )	3. 후속연구추진( )	4. 타사업에 활용( )
	5. 선행 및 기초연구( )	6. 기타목적활용(교육,연구)( )	7. 활용중단(미활용)( )	8. 기타( )
<p style="text-align: center;">특정연구개발사업 처리규정 제 31조(연구개발결과의 보고) 제 2항에 의거 연구결과 활용계획서를 제출합니다.</p> <p>첨부 : 1. 연구결과 활용계획서 1부. 2. 기술요약서 1부</p> <p style="text-align: right;">2002 년 6 월 10 일</p> <p style="text-align: right;">연구책임자 : 노 형 민 (인) 연구기관장 : 박 호 군 (직인)</p> <p>과학기술부장관 귀하</p>				

여 백

## [첨부1]

# 연구결과 활용계획서

### 1. 연구목표 및 내용

한국과학기술연구원이 이미 개발한 Feature-based Automatic Process Planning System (FAPPS)을 참여기업인 서암기계공업(주)과 협의하여 현장 활용성이 높도록 보완한다. 이를 통하여 서암기계공업(주)을 비롯한 기계류부품 절삭가공 공정 산업체 (자동차, 공작기계, 항공기, 산업기계 등)에 활용할 수 있는 자동화 시스템을 개발한다. 이 시스템은 공차 입력, 특징형상인식, 공정계획, 공정분할도작성, 작업계획, NC코드생성, 원가견적의 7개 기능 모듈과 시스템관리, 데이터베이스관리의 2개 관리 모듈로 구성되며, 다음과 같은 입출력을 갖는다.

- 입력 : 3차원 부품설계 모델 (ACIS 파일)
- 출력 : 작업지시서 (작업내용, 가공기계, 공구, 가공조건, 작업순서, 작업시간 등),  
공정분할도, 원가견적서, NC 코드

### 2. 연구수행결과 현황

#### 가. 특허(실용신안) 등 자료목록

발명명칭	특허공고번호 출원(등록)번호	공고일자 출원(등록)일자	발명자 (출원인)	출원국	비고

#### 나. 프로그램 등록목록

프로그램 명칭	등록번호	등록일자	개발자	비고

#### 다. 노하우 내역

특징형상별 가공 노하우 (셋업, 작업내용, 작업순서, 가공표준시간 결정 등)

라. 발생품 및 시작품 내역

발생품 : 절삭가공 공정설계 자동화 시스템 소프트웨어

마. 논문게재 및 발표 실적

○ 논문게재 실적

학술지 명칭	제목	게재연월일	호	발행기관	국명	SCI게재 여부
대한기계학회 논문집	특징형상에 기반한 자동공정설계용 공차 모델러 연구	2002년 1월 일	제26권 제 1호	대한기계학회	한국	×
Computer-Aided Design	Recognition of machining features for cast then machined parts	2002년 1월 일	Vol.34 No. 1	Elsevier Science, Ltd.	영국	○
Int'l Journal of Production Research	Geometry-based machining precedence reasoning for feature- based process planning	게재 승인			영국	○
계: 3 건						

○ 학술회의 발표 실적

학술회의 명칭	제목	게재연월일	호	발행기관	국명
Int'l CIRP Design Seminar 2001	Tolerance representation of the non-topological entities for feature-based CAPP	2001년 6월 일		CIRP	스웨덴
2002 한국정밀공학회 춘계학술대회	제품개발 초기단계의 제품설계와 공정설계의 통합을 위한 특징형상과 의도기능 및 가공공정 간의 상관관계에 관한 연구	2002년 5월 일		한국정밀공학회	한국
35th CIRP Int'l Seminar on Mfg. Systems	Cutting volume determination and its sequence modeling in a compound feature	2002년 5월 일		CIRP	한국
계: 3 건					

### 3. 연구성과

참여기업인 서암기계공업(주)의 생산 현장에 직접 적용한 결과, 기존에 비해 공정설계 시간 단축과 품질 안정으로 인한 생산성 향상 효과가 있었다. 더 많은 테스트와 점진적인 기능 향상을 통해, 생산성 향상에 직결할 수 있도록 적용범위를 확대할 계획이다.

### 4. 기술이전 및 연구결과 활용계획

#### 가. 당해연도 활용계획

개발된 시스템을 서암기계공업(주)에 설치하여 현장 엔지니어들이 직접 운용함으로써, 기존에 생산하고 있던 공작기계부품의 공정을 개선하고 외주 원가견적에 활용한다.

#### 나. 활용방법

- (1) 작업지시서, 공정분할도, NC코드, 원가견적서의 자동 생성을 통해 대체 가능한 공정계획을 신속하고 정확하게 비교·검토한다.
- (2) 생산설비 (가공기계, 공구 등)의 데이터베이스화를 통해 통합 전산시스템을 구축한다.

#### 다. 차년도이후 활용계획

- (1) 서암기계공업(주)에서 설계변경 또는 신제품 개발시 활용함으로써, 정확한 공정계획을 신속하게 수립하여 부품의 납기를 단축하고 설계기술자의 생산성을 향상시킨다.
- (2) 개발된 시스템을 바탕으로 일정계획, 외주관리 등의 관련 업무를 전산화할 수 있는 모듈을 추가 개발하여 기계류부품 산업체의 정보화에 활용한다.

## 5. 기대효과

### 가. 기술적 파급효과

- (1) 절삭 공정설계 자동화 시스템 기술은, 기계 설계 및 가공에 컴퓨터를 활용하여 자동화 및 정보화를 추구하려는 CAD/CAM 및 동시공학 분야에 해당하는 기술로써, 생산정보의 통합화 측면에서 데이터베이스기술, 표준화기술, PDM기술, DFX기술 등과 더불어 이 분야에서 핵심이 되는 기술이다. 따라서 이 기술의 개발로 CAD/CAM기술의 현장 응용이 증가한다.
- (2) 공정설계 노하우 및 관련 데이터의 체계적 축적을 위한 틀을 제공함으로써, 이제까지 중소기업은 물론 대기업에서도 어려웠던 설계 및 생산 정보의 통합 전산시스템 구현이 가속화된다.
- (3) 절삭공정 이외에도 특징형상을 활용한 조립공정설계 등 타분야 공정설계 자동화 기능으로의 확장도 예상된다.

### 나. 사회·경제적 파급효과

- (1) 신규 수주 부품에 대한 절삭가공 공정설계의 자동화로 현재 소요되는 공정설계 시간의 80% 이상을 단축 가능하다.
- (2) 가공을 위한 설계변경, 설계변경에 따른 가공정보의 신속·정확한 처리, 부품의 가공 시간 및 가공원가의 정확한 예측, 신제품 개발시 생산라인의 부하 평준화를 통한 생산시스템 설계 등 많은 고부가가치적 응용 기능을 창출하여 일반 기계류부품 산업체에서의 생산성과 제품 경쟁력의 제고가 기대된다.

## 6. 문제점 및 건의사항

[첨부2]

## 기술 요약서

■ 기술의 명칭

절삭가공 공정설계 자동화 시스템 기술

■ 기술을 도출한 과제현황

과제관리번호	M1-0012-00-0001			
과제명	절삭가공 공정설계 자동화 시스템 개발			
사업명	중점국가연구개발사업			
세부사업명	중소기업 애로기술 지원사업			
연구기관	한국과학기술연구원	기관유형	연	
참여기관(기업)	서암기계공업(주)			
총연구기간	2000. 6. 10 ~ 2002. 6. 9 (24개월)			
총연구비	정부(337,000)천원    민간(100,000)천원    합계(437,000)천원			
연구책임자 1	성명	노 형 민	주민번호	
	근무기관 부서	한국과학기술연구원 CAD/CAM연구센터	E-mail	hmrho@kist.re.kr
	직위/직급	책임연구원	전화번호	02-958-5641
연구책임자 2	성명		주민번호	
	근무기관 부서		E-mail	
	직위/직급		전화번호	
실무연락책임자	성명	김 재 관	소속/부서	한국과학기술연구원 CAD/CAM연구센터
	직위/직급	연구원	E-mail	kimjk@kist.re.kr
	전화번호	02-958-5636	FAX	02-958-5649
	주소	(136-791)서울시 성북구 하월곡2동 39-1 한국과학기술연구원		



## ■ 기술의 주요내용

### [기술의 개요]

3차원 부품설계 모델로부터 특징형상을 인식하여 작업지시서, 공정분할도, NC코드, 원가견적서를 생성하는 종합적인 절삭가공 공정설계 자동화 시스템으로써, 신속하고 정확한 공정설계를 가능하게 한다.

이 시스템은 공차입력, 특징형상인식, 공정계획, 공정분할도작성, 작업계획, NC코드생성, 원가견적의 7개 기능 모듈과 시스템관리, 데이터베이스관리의 2개 관리 모듈로 구성된다.

### <기술적 특징>

- (1) 입체분할방식을 적용하여 특징형상을 인식함으로써, 부품의 복잡한 형상정보와 생산기술 (공정설계)을 효과적으로 연계시킬 수 있는 기반 구축
- (2) 수학적 모델로 표현하지 못했던 생산기술 관련 노하우의 체계화
- (3) 공통 데이터베이스를 통한 일관된 데이터 관리

### [용도 · 이용분야]

- (1) 기계류부품 산업체 (자동차, 공작기계, 항공기, 산업기계 등)에서의 절삭가공 공정설계 자동화
- (2) 대학의 기계공학과, 산업공학과 등, 교육기관에서의 CAD/CAM/CAPP 교육





■ 본 기술과 관련하여 추가로 확보되었거나 개발중인 기술

[ 기술개요 ]

기술명	
개발단계	<input type="checkbox"/> 연구개발 계획 <input type="checkbox"/> 연구개발 중 <input type="checkbox"/> 연구개발 완료
기술개요	

[ 기술을 도출한 과제현황 ]

과제관리번호			
과제명			
사업명			
세부사업명			
연구기관		기관유형	
참여기관(기업)			
총연구기간			
총연구비	합계 : (            )백만원 - 정부 : (            )백만원    민간 : (            )백만원		
연구책임자	소속		성명
	전화번호		E-mail
연구개발 주요내용			