

CAD/CAM 시스템과 연계된 공정설계자동화시스템의 개발

김두근 · 박배석*

Development of Process Planning System associated with CAD/CAM System

Doo-Keun Kim · Bai-Suck Park

(요 약)

공정설계는 설계와 가공에 대한 지식을 갖고 있는 사람이 부품설계 도면의 정보를 이용, 생산 현장에서 소재를 부품으로 가공하기 위하여 필요한 가공정보들을 수집, 검토하여 상세한 작업지시를 준비하는 일련의 활동이라고 할 수 있다. 따라서 공정설계는 제품을 경제적, 효율적으로 생산하는 데 필요한 체계적인 결정방식이며, 설계와 가공사이의 정보흐름을 원활하게 하여 제조공정상의 교량역할을 하는 핵심적인 부분이므로, 본 논문에서는 첨단생산시스템을 구현하기 위한 차세대가공시스템의 소과제중 하나인 "지적공정계획기술"과제에서 기존에 상용화된 CAD/CAM (Computer Aided Design / Manufacturing) 시스템을 이용하여 설계와 가공의 정보를 체계화하고 지식 베이스화하여 설계정보가 생산현장까지 이어질 수 있도록 개발중인 컴퓨터를 이용한 공정설계자동화시스템(CAPP : Computer Aided Process Planning)에 대하여 기술하고자 한다.

주요어 : CAPP, CAD, CAM, CIM, 공정계획, 작업설계

1. 서론

현대 사회가 생산중심사회에서 정보화사회로 급속히 발전함에 따라 제조업을 중심으로 한 생산업체에서는 다변화되고 복잡해져만 가는 국내외 경제환경속에서 기업경쟁력 강화를 위하여 생산업체의 특성에 적합한 생산 시스템의 개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 특히, 금속가공을 중심으로 하는 생산업체에서는 고객의 요구사항의 다양화, 급변하는 기술수준 향상, 제품수명의 단축, 격심한 대외 경쟁력, 대량생산의 잇점 상실에 따른 다품종 소량생산체제의 도입, 기업활동의 세계화 등에 발 맞추어 나가고, 생산성 향

상을 위하여 생산설비를 FMC(Flexible Manufacturing Cell), FMS(Flexible Manufacturing System)와 같은 유연성 있는 자동화 생산 라인으로 전환하고 있다. 그리고 기술향상 및 기술확보를 위하여 컴퓨터를 이용한 CAD/CAM 시스템을 중심으로 생산기간의 단축, 생산비 절약, 재고의 감축, 품질안정 및 생산성 향상 그리고 납기단축을 목표로 통합화된 컴퓨터생산시스템(CIMS:Computer Integrated Manufacturing System) 환경구축에 많은 인원과 자금, 인원을 투입하고 있는 실정이다.

그러나, CAD/CAM 시스템의 도입만으로는 CIMS는 이룩될 수 없으며 생산현장에서 설계, 기술, 영업등의

* 통일중공업 기술개발연구소

모든 분야에 걸쳐 수주에서 납품까지의 일련의 과정들을 통제, 제어할 수 있는 생산정보관리시스템의 개발과 설계에서 작성된 설계도면이 부품가공에서 제품이 완성되기까지에 필요한 생산정보 연계시스템의 개발은 그 무엇보다도 선행되어야 할 과제인 것이다. 특히, 컴퓨터를 이용한 시스템 구축방식에서는 제품설계자가 CAD 시스템을 이용하여 도면을 작성하고, 도면화된 CAD 데이터를 CAM 시스템에 전송하였을 때, CAD 데이터만을 가지고 NC 프로그램을 작성할 수 없으므로 이에 따른 중간과정의 시스템 즉, 공정설계 자동화시스템(CAPP)의 개발은 컴퓨터를 이용한 통합생산시스템(CIMS)의 개념이 등장한 이래 CAD와 CAM의 유기적인 연결을 하는데 필요한 핵심적인 연구개발과제로 인식되고 있다.

따라서, 공정설계시스템은 공정설계를 중심으로 설계 및 제작의 통합화를 추구하고, 설계정보나 제조정보, 생산계획등에 의해 제품형상이나 작업기계의 종류, 작업순서, 작업조건등을 결정하여 공정의 계획, 설계, 평가로 하여야만 하므로 계속적으로 연구, 개발되어 왔는데, 그 기본적인 개발 접근방식에 따라 크게 Interactive 방식, Variant 방식, Generative 방식, Semi-Generative 방식, Expert 방식으로 분류하여 볼 수 있다. Interactive 방식은 컴퓨터가 요구하는 사항에 대해 공정설계자가 직접 데이터를 입력하는 방식이며, Variant 방식은 다량의 부품도를 제품의 GT(Group Technology)기법에 적용하여 제품의 GT 코드별로 가공순서, 가공방법, 작업설비등에 관한 기본적인 방식을 정리함으로써 결정규칙과 Decision Table(가공에 관한 경험 데이터의 DB)로 집약하는 방식이다. 그리고 Generative 방식은 제품의 형상이 결정되었을 때 작업면과 작업방법의 해석으로 각각의 작업기계가 어떠한 작업기능을 가져야 하는지 파악하여 제품형상과 생산설비의 능력에서 최적의 가공과 공정이 이루어질 수 있도록 이론적으로 생성할 수 있도록 하는 방식이며, Semi-Generative 방식은 설계정보에서 제조방법을 결정할 때 필요한 정보를 선택, 작성하는 단계까지는 Variant 방식으로 수동으로 입력하고, 이후의 처리는 Generative 방식으로 시스템이 자동적으로 처리 결정하는 방식이다. 또한 인공지능의 AI(Artificial Intelli-

gence)기법을 이용하여 현장의 생산기술자의 경험적인 판단을 기준으로 복잡한 작업순서, 설비등을 지식베이스화 하여 가공조건, 작업순서, 생산설비등이 변경될 경우 관계된 지식의 변경과 등록을 단순히 행함으로써 다른 부분의 지식베이스에 영향을 미치지 않도록 하는 최근의 공정설계 접근방식이 Expert 방식이다.

2. 연구 내용

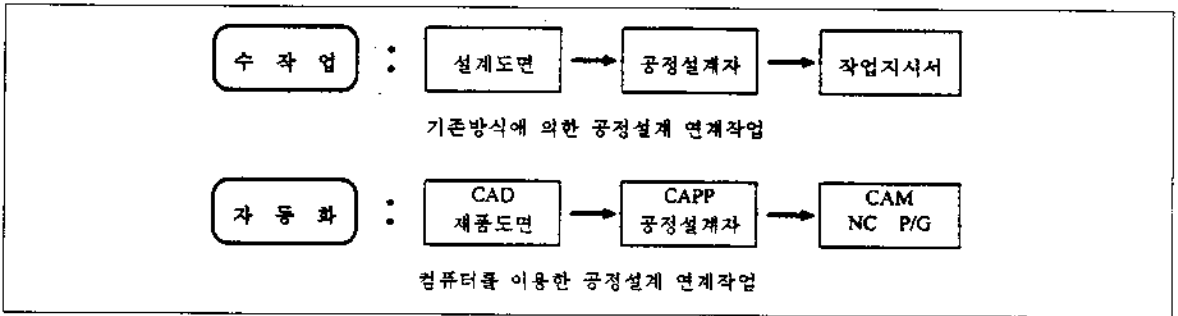
2.1 공정설계시스템의 개발 주안점

현재 많은 제조업체에서는 고객의 다양한 욕구를 만족시켜 줄 수 있도록 제조방식에 있어서는 JIT(Just in Time) 공정을, 제품의 개발에 있어서는 CE(Concurrent Engineering)을 추구하고 있다. 즉, 제조업체들은 보다 짧은 시간에 고객의 더많은 요구를 수용할 수 있도록 다품종 소량생산방식을 채택하여, 제작 사이클의 최적화를 추구하기 위해 지금까지의 설계와 가공분야에서의 기술에도 큰 변화가 이루어지고 있다. 즉 컴퓨터기술의 눈부신 발달로 인하여 CAD/CAM 시스템에 있어서, 제품설계는 CAD 시스템으로, 작업현장 가공기계에 제공되는 NC 프로그램은 CAM 시스템을 이용하여 지원되고 있다.

그러나, CAD와 CAM의 중간 교량역할을 하는 CAPP시스템은 설계와 생산이라는 각기 주 영역에서 사용되는 정보의 형태 및 생산설비가 다름으로 말미암아 상호간의 정보교환에 따르는 어려움이 있다. 즉, 공정설계를 CAD/CAM에서 보면 CAD에서의 설계정보에서 CAM으로의 데이터로 전환하기 위해서는 설계와 제작분야의 방대한 제품설계기술과 가공기술들에 관한 지식들을 이것을 표준화하고 시스템화하여야 하므로 많은 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 다음과 같은 기준

- ① CAD에서 CAM으로의 원활한 정보의 교환
- ② 생산관련정보의 DB화
- ③ 가공방법 및 순서의 체계화
- ④ 설계로의 FEED-BACK 자동화

에 의해 CAD와 CAM을 연계시킬 수 있는 방법을 연

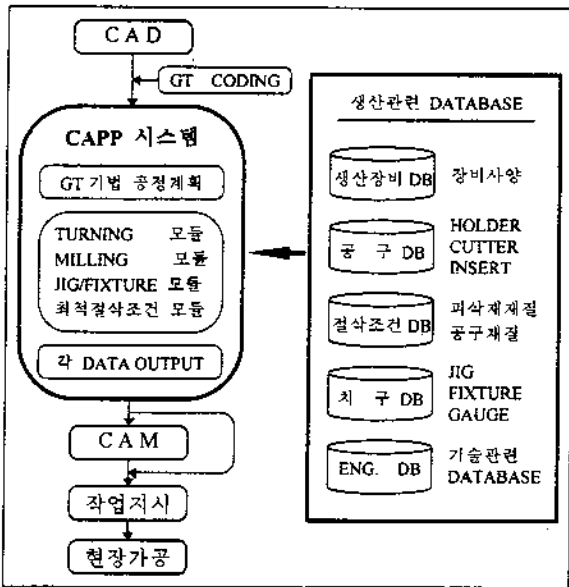


〈그림 1〉 공정설계 연계작업

구하게 되었으며, 기존의 상용화된 CAD 시스템이 제공하는 기하학적 정보만으로는 공정설계상 필요한 정보들

- 측정기구의 선택정보
- 절삭조건의 선정정보
- SET-UP 계획에 관한정보
- 표준시간 산출정보
- NC 계획정보

을 구현할 수 없으므로 각각의 기능들에 대한 알고리즘을 구현하고 Database를 구축함으로써 이러한 정보들이 CAM 시스템에 전송되었을 때 컴퓨터가 자동으로 인식하여 NC 프로그램을 생성할 수 있는 CAD/CAPP/CAM의 연계 시스템 개발을 연구의 주안점으로 삼았으며, 생산가공현장에서 필요로 하는 전체 공정에 관한 관한 내용을 요약한 공정 Summary, 각각의 공정에 필요한 작업방법, 공구, 절삭조건등을 표시된 공정도, 공정에 따라 사용되는 Tooling Sheet 및 Tool Path, Modular Jig/Fixture를 이용한 Sep-Up도 등이 출력될 수 있도록 공정설계자동화시스템을 개발하였다.



〈그림 2〉 CAD/CAPP/CAM의 연계작업흐름

2.2 전체 공정설계시스템의 구성

- 설계 부품의 Data 인식정보
- 가공공정의 선택 정보
- 공작기계의 선택 정보
- 절삭공구의 선택 정보
- SET-UP시의 기준면 정보
- 가공방법의 선택 정보
- Fixture의 구성정보
- Fixture의 위치결정정보

본 공정설계자동화시스템은 공작기계부품, 자동차 부품, 산업기계부품 등 모든 금속가공현장에서 이루어지는 공정설계의 생산기술 지식들을 체계화하여 통합 시스템이 되게하기 위하여 산업현장에 꼭 필요하면서도 CIM의 핵심적 역할을 할 수 있도록 많은 부분에서 Variant 접근방식을 주로 사용하면서, 창생적인 Generative 접근방식이 혼용된 Semi-Generative 접근방식으로 개발하였다. 그리고 이러한 접근방식이 실제현장에서 필요한 공정설계시스템으로 정착될 수 있도록 관련 기술들의 표준화를 병행하면서 전체시스템이 구

성될 수 있도록 개발하였다.

본 공정설계시스템은 <그림 3>에서 보는 바와 같이 업무의 흐름으로 보면, 영업이나 생산계획부서에서 설계부서로 개발지시가 내려오면 설계부서에서 제품설계서 IIM(Item Information Manager)을 이용하여 CAD도면을 작성한 후, 설계해석 부서에 해석을 의뢰하여 결과를 이관받아 재 수정한 후, 제품형상에 따라 GT Coding 시스템을 기동하여 G.T Code를 부여한다. 공정설계부서에서는 다시 시스템의 초기화면인 IIM을 통하여 설계부서에서 작성된 제품설계정보(Item정보, BOM, 설계도면, GT Code정보 등)인 Graphic Data와 Non-Graphic Data를 이용하여 제품특성, 가공설비에 따라 공정의 종류와 수순을 결정하는 공정계획을 한다. 그리고 공정계획에서 산출된 분할된 공정에 따라 상세한 작업내용을 작성하기 위한 작업설계시스템(여기에서는 Milling 공정, Turning 공정), 그리고 작업설계서 필요한 Jig/Fixture정보, Tooling 정보, 절삭조건정보등을 지원하는 시스템으로 공정설계 작업이 이루어지도록 하였다.

2.3 시스템 모듈별 기능

공정설계자동화시스템은 전체적으로 6개의 시스템 모듈로 구성되었다. 부품형상이나 특징에 따라 GT(Group Technology)기법을 이용하여 각각의 부품에 GT 코드를 부여하는 GT 코딩 시스템 모듈, GT 코딩 시스템에 의해 부여된 GT 코드를 이용하여 가공방법, 가공순서, 생산설비에 따라 전체 공정계획을 생성하여 공정 Summary를 생성할 수 있는 G.T Based 공정계획 시스템 모듈, 생성된 공정계획에 따라 결정된 각각의 공정에 관한 세부적인 사항들을 지시할 수 있도록 공정도를 작성할 수 있는 Milling 공정 시스템 모듈(각 형물류를 중심으로 한 밀링작업을 지원)과 Turning 공정 시스템 모듈(환형물류를 중심으로 한 선삭작업을 지원), 생산설비 및 공구정보에 따라 Milling공정 및 Turning공정에 최적의 절삭조건을 산출, 결정하여 제공할 수 있는 최적절삭조건 산출 시스템 모듈, Jig/Fixture의 설계지원 및 관리, 그리고 현장에 필요한 Set-Up도를 생성할 수 있는 JIG /FIXTURE 시스템

모듈로 구성되어 있다.

상기의 6개 시스템 모듈들은 전체 공정설계자동화 시스템(CAPP)을 통합, 구성하기 위한 목적으로 개발하였으나, 필요에 따라 독립적인 시스템으로서도 사용할 수 있도록 개발하였으며, 업체별 특성 및 작업환경이 다르므로 환경변화에 따라 최소한의 변경으로 사용할 수 있도록 구성하였다. 그리고 같은 시스템 환경하에서 개발하고 사용하기 위하여

- InterGraph CAD/CAM System
- 개발 언어 : PPL, C language
- 개발 Tool : MDS, EMS, PDM/PDU, RIS, NFM
- Database : Oracle RDBMS

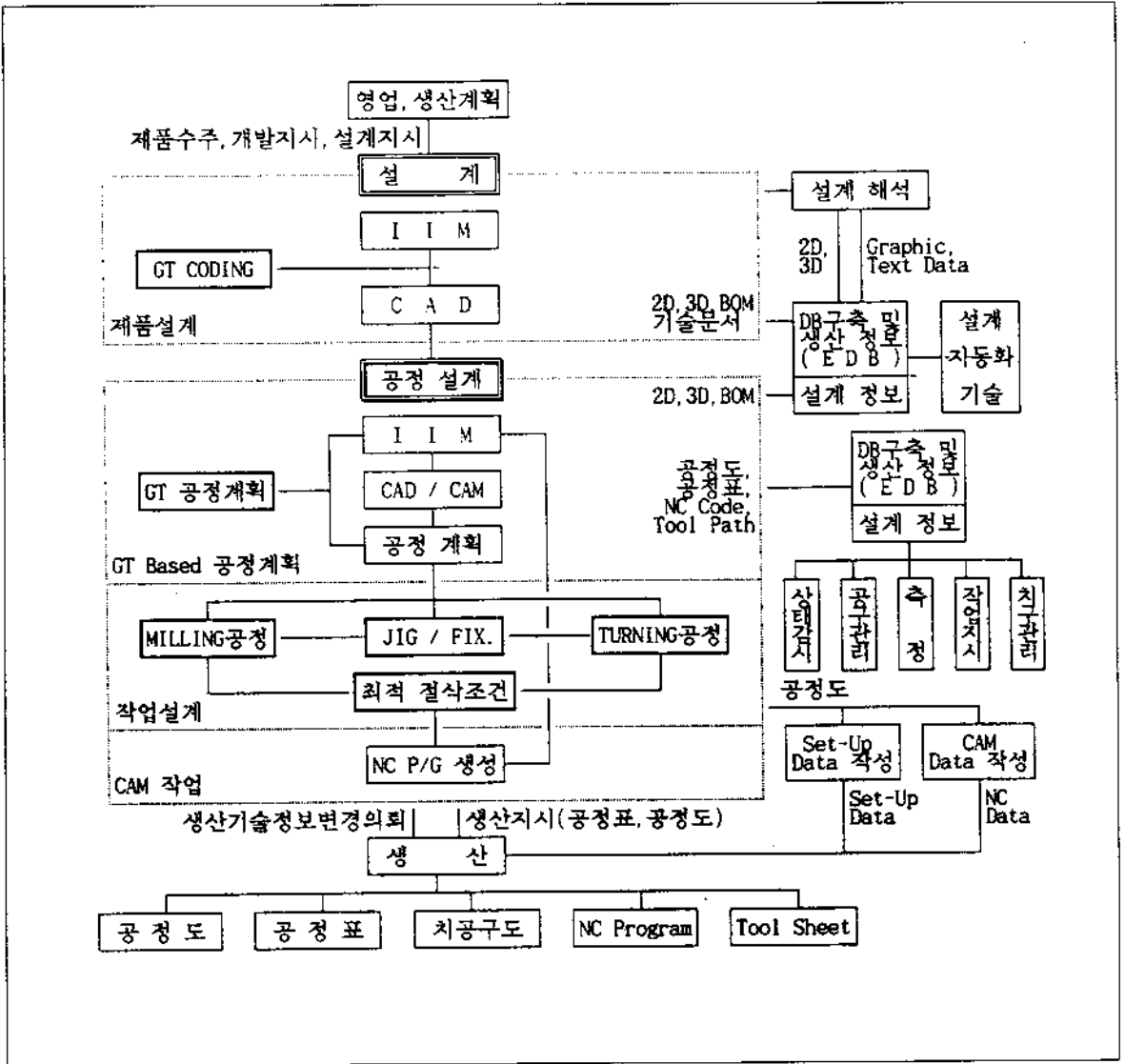
와 같은 시스템 사양하에서 개발하였다. 각 Module 별 세부기능은 다음과 같다.

(1) GT Coding 시스템 Module

가공하는 부품중에는 형상, 크기, 재질등에 따라 가공공정이 유사하게 진행된다. 이러한 부품들에 대하여 GT기법에 의하여 체계적인 분석을 통해 개발된 GT 코드를 부여하는 시스템으로서, 자동차 부품 및 공작기계 관련 설계도면 및 공정도, 그리고 일본에서 개발된 GT 기법인 KK-3를 기반으로 코드화하였다. 특징으로는 15개의 Digit로 구성되어 있으며, 각각의 Digit에는 36개의 Alphanumeric을 사용하여 최대한 확장성과 유연성을 두게 하였다. 또한 부품에서 나타나는 모든 특징형상들을 추출하고 이를 분류함으로써 코드정보로부터 공정계획 수행결과를 얻어내기에 용이하도록 각 Digit마다 다중선택(Multi-Pick) 기능을 이용하여 형상의 조합을 나타내기 위한 코드의 손실을 최소화 할 수 있도록 구성하였다. 그리고 전문가 시스템을 이용하여 부품이름에 따라서도 GT 코드를 부여할 수 있도록 하여 GT Based 공정계획시 자동적으로 추론하여 공정계획이 자동적으로 이루어질 수 있도록 부품에 GT 코드를 부여할 수 있도록 개발된 시스템 모듈이다.

(2) G.T Based 공정계획 시스템 모듈

공정계획시스템중에서 GT 기법을 이용한 공정계획



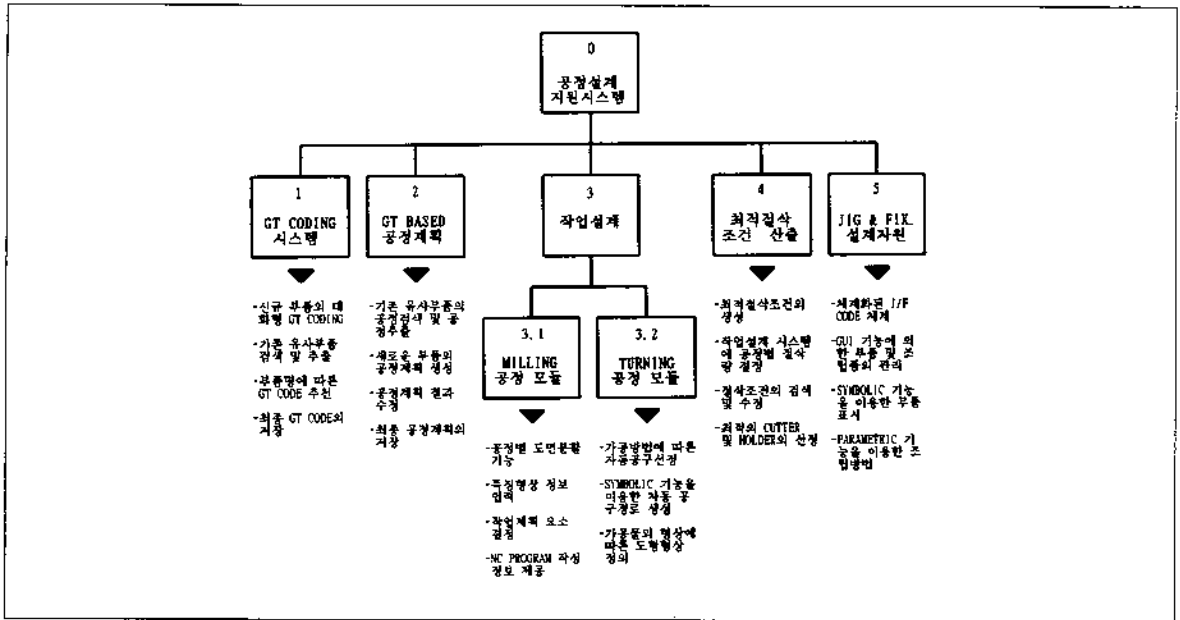
(그림 3) 시스템 구성 및 타업무 및 과제와의 구성도

시스템은 그 개발이 기술적으로 비교적 용이하고 증명된 기술이라는 점에서 현실적이고 실현가능한 컴퓨터 공정계획 방법이다. 공정계획, 제품설계, 원가분석까지 효율적으로 할 수 있도록 개발된 GT 코딩 시스템을 이용하여 G.T 코드가 작성되면 각 공작물 및 그 G.T 코드에 대한 가공방법, 가공순서, 가공기계등의 공정정보를 분석하고 Decision Tree로 구성된 Rule-Base에 의거하여 정의된 표준공정계획코드를 이용하여 Top-Down형 추론을 통하여 각 코드에 대한 유발

공정을 도출함으로써 공정계획을 하는 시스템 모듈이다.

(3) Milling 공정 시스템 모듈

IIM 및 G.T 공정계획 모듈과 연계하여 밀링작업 모듈을 개발하고, 그 결과를 상용 CAM시스템에 전달함으로써 NC프로그램을 생성시켜 FMS와 통합하고자 하는 것이다. IIM정보 및 G.T공정계획 모듈에서 결정된 각 공정에 대하여 작업내용과 공구군을 결정하고 공



(그림 4) 시스템 모듈별 주요기능

Digit	부 품 분 류	
	의 미	
	회 전 형 상	비 회 전 형 상
1	부 품 명 칭	
2	재 질	
3	치 수	치 수
4	치수 및 치수비	무게 및 치수비
5	주외면	주외면
6	외면형상	외면보조형상
7	외면형상 - 기어 및 나사	벤 딩
8	구멍치수 및 정밀도	
9	주구멍	주구멍
10	주구멍형상	주구멍형상
11	보조구멍방향	보조구멍방향
12	보조구멍 - 특이형상	
13	2기타 가공	
14	정밀도	
15		

(그림 5) 코딩시스템의 구조

구사양과 절삭조건은 '최적절삭조건모듈'과 연계하며, 선택된 공구사양으로부터 작업내용간의 순서를 결정하고, 또한 공구사양과 절삭조건을 이용하여 공수를

계산할 수 있다. 그리고, 결정된 공구사양과 절삭조건을 I/MILL과 연계하여 NC프로그램과 작업지시서를 생성하게 되었다. 작업내용, 공구, 공수등을 결정하기 위하여 49개의 특징현상 파라미터를 결정하였고 복합형상과 주물형상에 대하여도 작업내용과 공수를 자동으로 결정할 수 있게 하고, EDB를 통하여 IIM/공정계획/작업계획 모듈간의 통합이 이루어져 생산정보 차원으로 이루어지는 시스템 모듈이다.

(4) Turning 공정 시스템 모듈

설계정보로부터 가공기술로의 변환 작업을 자동화시키는 업무의 일환으로 Turning 작업설계시 Turning 공정도를 자동으로 작성할 수 있는 시스템으로서, 공구선택시 ISO 코드를 이용하여 부품의 재질, 가공방법, 절삭깊이등을 입력하면 자동적으로 시스템이 공구를 추천함과 동시에 새로운 공구형상의 등록이 용이하도록 하였으며, 가공 Path를 산출하기 위하여 공정설계자가 제품의 형상에 따라 Symbolic기능을 이용하여 도형의 설정을 간단히 입력하여 그에 따른 가공 Path가 자동적으로 산출될 수 있도록 하였다. 그리고 작업시 필요한 가공 공작기계의 사양, 가공에 필요한

Code	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Digit											
0	전처리	입재 소재 투입	절단(sawing)							기타	
1	DRILLING	일반 drilling	reaming	tapping	center-drilling	counter-boring counter-sinking spotfacing	gun-drill 등의 deep hoiling			기타	
2	TURNING	외주 turning	boring	facing	홀 및 절단	나사가공	종형절삭 (forming)	모방절삭		기타	
3	MILLING	△ 면삭	△ 측면가공	end-mill 홀가공	넓은경사면	좁은경사면 (chamfering 포함)	기어가공	평면각기 (planing)	모방절삭	기타	
4	특수절삭	broaching	hobbing	Jig-boring						기타	
5	GRINDING	원통외면연삭	원통내면연삭	평면연삭	가어연삭 (spline 포함)	경사면 연삭	centerless grinding			기타	
6	복수연삭	super finishing	hobbing	lapping	polishing					기타	
7	비절삭공정	열처리	bending	용접	확삭,도장	도금	표면처리	조립	소성가공	편심교정	기타
8	후처리	면취(출질)	사상 (sandpaper)	세척	완성 후 절단	검사	입고			기타	
9	기 타	선반측 centering	[0] 이외의 positioning							기타	

(그림 6) 표준공정코드

치공구, 가공작업의 순서, 작업조건 선정에 관한 체계화된 Database를 이용하여 공정설계자가 대화형으로 공정순서의 결정, 작업방법의 결정, 가공 Path의 선정, 절삭조건 선정, 정미시간의 산출등이 이루어지는 시스템 모듈이다.

(5) 최적절삭조건산출 시스템 모듈

생산시스템의 하위 의사결정과정인 작업계획은 공정의 종류와 수순, 그리고 개별공정에서 필요한 파라미터(공구 및 홀더, 절삭깊이 및 폭, 이송속도, 절삭속도)를 결정하게 된다. 이 중 Key-Parameter라고 할 수 있는 절삭조건에 따라 가공시간이 결정되고 이에 따라 단위시간당 생산량이 결정되어 원가절감과 밀접한 관련을 갖게 된다. 따라서 최적의 절삭조건 시스템을 구현하기 위하여 먼저, 절삭가공용 데이터 즉, 절삭공구, 홀더, 장비 및 절삭조건 데이터와 현재 국내에서 사용하고 있는 사출 및 프레스 금형의 피삭재 질 데이터에 Metal Hand Book, CUTDATA, 중소기업진흥공단에서 작성한 기계 및 금형부문의 표준 절삭조건 및 가전회사 금형공장 절삭 데이터를 중심으로 Database를 구축하였으며 작업설계에서 형상정보, 공정

정보, 장비 피삭재가 입력되면 최적절삭조건 결정 시스템은 공구, 공구홀더를 사용자와 반 대화형으로 결정하고 절삭량을 계산한 후 구축된 Database로부터 표준절삭조건을 검색하는 시스템 모듈이다.

(6) JIG/FIXTURE 시스템 모듈

치공구 설계의 중요성이 대두되고 있지만 전문가의 부족과 표준화의 부족으로 설계구상에 많은 시간이 걸릴뿐 아니라 제작된 설계치구도 설계요건을 만족치 못해 생산에 많은 어려움을 주고 있는 실정이다. 본 연구에서는 치구부품을 체계화하고 표준화하였고 Database화함으로써 효율적인 관리가 행하여지도록 구성하였다. 그리고 타 시스템 모듈과 연결하여 IIM과 공정계획에서 얻어진 제품명, 작업방법, 작업기계등의 정보를 받아들여 Parametric Design기법을 사용, 선택된 치구부품은 바로 CAD에 그려지게 하고, 이 치구부품들을 조립하여 공정에 필요한 치구 SET-UP도가 설계되고, 출력될 수 있도록 구성된 시스템 모듈이다.

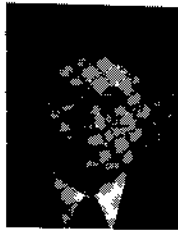
3. 결론

CAPP시스템의 개발 연구는 지속적으로 발전되어 왔으나 상업적으로 성공한 시스템은 없다. 왜냐하면 그만큼 다양한 금속가공업 전반에 걸쳐 만족할 수 있는 CAPP시스템을 개발한다는 것은 현실적으로 쉽지 않을 뿐만 아니라, 그 적용 범위의 광범위성으로 인하여 어디까지가 CAPP업무를 담당짓는 것조차 용이하지 않기 때문이다. 어떤 제품을 생성해 내기 위해서 현재의 생산 설비에 맞는 공정 분할을 하는 것(거시적으로 의사결정)만으로 CAPP라고 할 수도 있고, 나누어진 공정상의 각 단위공정에서 해당 생산장비를 이용한 작업설계를 하는 것(미시적 의사결정)까지 포함한 내용을 CAPP 라고도 할 수도 있다. 그러나 한가지 확실한 것은 CAD와 CAM은 그 적용범위가 보다 명확해지고 사용의 편리성으로 인하여 산업 전반에 걸쳐 완전히 정착 단계에 접어든 현실로서 CAD/CAPP/CAM의 통합을 고려하지 않은 CAPP시스템은 사용 가치가 떨어질 수 밖에 없고, 특히 오늘날 컴퓨터를 이용하여 제품의 생산과정 전반을 통합 자동화하려는 CIM의 개념 아래 통합생산의 핵심이 되는 CAPP분야를 고려할 때 더욱 CAD환경을 떠난 개발은 생각할 수 없다. 이러한 개발 추세를 고려하여 본 연구에서는 공작기계 부품생산, 자동화 부품생산, 산업기계 부품생산, 기타금속부품 가공생산 현장에서 이루어지는 공정설계의 생산기술 지식들을 체계화하여 산업현장에 꼭 필요하면서도 CIM의 핵심 역할을 할 수 있도록 한국형 공정설계시스템이 이루어질 수 있도록 개발하였다.

【참고문헌】

[1] Hong-Chao Zhang and Leo Alting, "Computerized Manufacturing Process Planning Systems", Chapman & Hall, 1993

[2] "금형 CAD/CAM System 도입 및 활용가이드", 국립공업기술원, 1992
 [3] 노형민, "절삭가공에서의 공정설계를 위한 S/W개발", 한국과학기술원, 1988
 [4] 김두근, "지적공정계획기술 개발에 관한 연구", 통일중공업, 1994
 [5] 고명삼, "중소기업을 위한 간이자동화 및 FMS 연계에 관한 연구", 서울대자동화시스템공동 연구소, 1992
 [6] "ICEM PART White Paper", Alex Fuchs Control Data Frankfurt, 1992
 [7] Chang.T.C. and Wysk.R.A., "An Introduction to Automated Process Planning System", Prentice Hall Inc., 1985



김두근(金斗根)

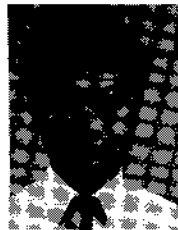
1975년 서울대학교 전기공학과 졸업 (학사)

1981년 홍익대학원 전자공학과 졸업 (석사)

1986년 홍익대학원 전기공학과 졸업 (박사)

현재 통일중공업(주) 상무

관심분야: 유연생산시스템 및 컴퓨터 통합생산시스템의 시스템 통합, 공정설계자동화와 시스템 상태감시 및 진단기술등의 연구개발



박배석(朴培碩)

1987년 한양대학교 기계공학과 졸업 (학사)

현재 통일중공업(주) 과장

관심분야: 공정설계지원시스템(CAPP)의 연구개발