

# CAD 인터페이스된 선삭공정의 자동공정설계시스템

조 규 갑·김 인 호

부산대학교 산업공학과

## 1. 서 론

본 연구는 CAD데이터로 부터 부품의 형상을 인식하여 CAD시스템과 인터페이스된 자동공정설계시스템을 지식공학적 접근방법을 도입하여 개발하고자 함이 연구의 목적이다.

연구의 대상은 NC선반가공용 회전형상부품을 대상으로 하며, CAD시스템은 AutoCAD를, 소프트웨어개발에 사용된 프로그래밍 언어는 Turbo-C(Version 2.0)를, 전문가시스템셸(Expert System Shell)은 CLIPS를 이용하여 개인용컴퓨터(PC)를 사용하여 개발한다.

본 연구의 내용은 NC선반가공용 회전형상부품을 대상으로 CAD/CAPP 데이터베이스 생성과 부품형상인식, 공정 및 작업의 선정, 가공순서의 결정에 대한 알고리즘을 개발하고, 공학적 규칙 및 전문가의 경험적 지식을 획득하여 지식베이스를 구축하며, 이 지식베이스를 사용한 공정설계 전문가시스템의 개발에 관한 연구의 중간결과이다.

## 2. CAD/CAPP 데이터베이스의 생성

CAD/CAPP 데이터는 AutoCAD시스템에서의 부품도면의 데이터화일(DXF화일)을 구성하는 4가지 section(HEADER section, TABLE section, BLOCKS section, ENTITIES section) 중 ENTITIES section에 저장되어 있는 도면정보들을 데이터변환모듈을 통해 공정설계에서 필요로 하는 입력데이터로 변환시켜 생성하였으며 그 순서는 다음과 같다.

- 1) DXF file내의 데이터들 중 중심선을 포함한 부품의 기하학적 형상요소들을 읽어들이 원시 데이터베이스를 생성한다.
- 2) 원시 데이터베이스내의 데이터들 중 중심선 윗부분의 기하학적형상요소들로 구성된

데이터를 검색하여 이들로 구성된 데이터베이스를 생성한다.

3) 생성된 데이터들을 검색하여 부품의 왼쪽끝에 위치한 시작면을 선정한다.

4) 생성된 데이터들을 검색하여 부품의 오른쪽끝에 위치한 외부윤곽의 마지막면을 선정한다.

5) 기하학적 형상요소들의 좌표값을 비교하여 외부면들은 왼쪽에서 오른쪽으로, 내부면들은 오른쪽에서 왼쪽으로 연결되게 방향을 변환시키고, 변환된 방향에 따른 좌표값을 설정하고 연속적인 표면번호를 부여한다.

6) CAD/CAPP 데이터화일에 표면번호, 도면요소형태, 위치, 기하학적 형상요소의 시작점의 좌표값, 도착점의 좌표값, 원호의 중심점의 좌표값 및 반경, 원호의 출발각도 및 도착각도 그리고 이들 요소의 방향을 나타내는 패턴 프리미티브(pattern primitive : pap)의 데이터를 저장한 데이터베이스를 생성한다.

### 3. 형상특징인식

형상특징인식은 CAD/CAPP 데이터베이스로 부터 얻은 기하학적 정보, 치수정보 및 패턴 프리미티브를 입력데이터로 하여 부품을 구성한 모든 형상이 인식된다.

#### (1) 표면형상의 분류

본 연구에서는 형상인식을 위한 준비단계로서 회전형상부품을 구성한 외부 및 내부의 모든 표면형상을 주가공형상, 부가공형상으로 분류를 하였으며, 주가공형상은 원통, 원추, 측면, 볼록, 오목형상으로 부가공형상은 모따기, 볼록원호, 오목원호, 나사홈파기 및 홈으로 분류하였으며 분류된 형상들은 하나의 pap 또는 3개의 pap로 구성된 Feature Pattern String(FPS)을 갖게 된다.

#### (2) 형상특징인식

CAD/CAPP 데이터베이스에서 얻은 각 표면에 대한 기하학적정보, 치수정보, pap를 데이터로 하여, 도면상에 그려진 부품을 pap가 연결된 하나의 string으로 표현하여 형상인식규칙을 적용함으로써 부품을 구성한 모든 형상특징들을 인식한다. 이 때 표현된 하나의 string은 부품의 중심선 윗부분의 외부 및 내부의 직선, 원호들이 갖는 pap들을 연속적으로 연결한 부분과 나사형상을 나타내는 pap들로 구성된다. 형상특징을 인식하는 순서는 다음과 같다.

1) 부품의 전체윤곽을 나타내는 String(PS), 외부윤곽을 나타내는 String(OPS) 및 내부윤곽을 나타내는 String(IPS)을 읽는다.

2) 형상인식규칙을 이용하여 부가공형상 중 나사홈의 PS에서의 존재유무를 인식하여, 존재시 인식한 나사홈의 위치에 "Z"를 표시하고 새로운 PS를 형성한다.

3) OPS에 존재하는 나사홈을 제외한 부가공형상을 형상인식규칙을 적용해 인식하고, 그 위치에 "Z"를 표시하여 새로운 OPS를 형성한다.

4) OPS에 존재하는 모든 주가공형상을 하나씩 인식하여 “Z”를 표시하므로써 외부면들을 구성한 모든 형상특징들을 인식한다.

5) IPS에 존재하는 나사홈을 제외한 부가공형상을 형상인식규칙을 적용해 인식하고, 그 위치에 “Z”를 표시하여 새로운 IPS를 형성한다.

6) IPS에 존재하는 모든 주가공형상을 하나씩 인식하여 “Z”를 표시하므로써 내부면들을 구성한 모든 형상특징들을 인식한 후 멈춘다.

#### 4. 공정 및 작업선정

본 연구에서의 대상공정은 황삭, 정삭, 홈깎기, 나사깎기이다. 황삭은 피삭재(공작물)의 정삭시 필요한 가공여유를 남길 때까지의 가공이며, 정삭은 황삭후의 부품의 최종치수만큼 완성가공하는 공정이므로 이들 공정은 항상 선정이 되고, 홈깎기, 나사깎기는 표면형상특징이 홈 또는 나사홈파기의 존재유무에 따라 선정된다.

가공방법(작업)은 표면형상특징에 따라 선삭, 테이퍼선삭, 페이스링, 라운딩, 나사깎기, 그루빙, 챔퍼링이 선정된다.

가공순서의 결정은 형상특징 중 주가공형상들로 구성된 부품의 윤곽형태에 관한 정보 및 기하학적 형상 및 공차, 소재 및 부품의 치수 등의 도면정보와 공정설계전문가의 경험적 지식에 의해 행해진다.

부품의 윤곽형태는 주가공형상들이 증가하는 형태인지, 감소하는 형태인지 또는 이들의 혼합형태인지에 따라 그림 1과 같이 5 종류의 윤곽형태로 분류하였다. 이들 중 외부구성면들의 윤곽형태는 ①, ②, ③, ④ 중 한 형태로, 내부구성면들의 윤곽형태는 ①, ②, ③, ⑤ 중의 한 형태로 표현되며, 이러한 부품의 윤곽형태의 인식과 소재와 부품과의 치수 및 공차관계 등의 인식은 setup 횟수를 최소화하는 가공순서결정의 기준이 되고, 기하학적 형상 및 공차정보에 관한 인식은 가공면들간의 가공순서를 결정하는 기준이 된다.

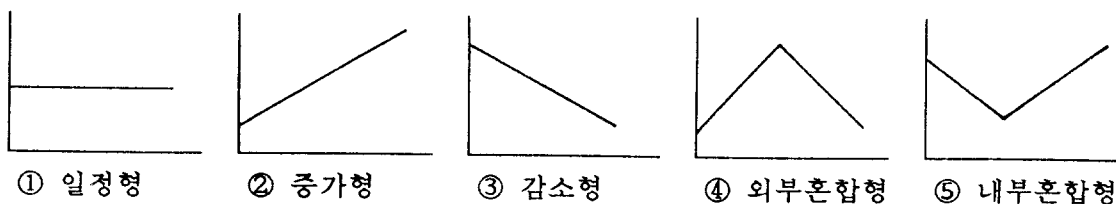


그림 1. 부품의 윤곽형태

## 5. CAD 인터페이스된 공정설계 전문가시스템

### (1) 지식의 획득 및 표현

NC선반가공에 필요한 지식의 획득은 지식공학자가 먼저 NC선반에서 가공가능한 표면형상을 자료집을 통해 정리하고, 이들 외에 가공이 가능하다고 생각되는 표면형상을 기본적인 표로 작성하여 선반가공전문가와와의 인터뷰를 통해 획득하였다. 즉 지식공학자는 표면형상의 가공가능성 유무로 부터 가공공정, 작업, 가공순서에 대한 지식을 자료집에서 얻은 지식과 인터뷰를 통하여 얻은 지식을 통합화하여 각 가공형상에 필요한 의사결정규칙을 획득하였으며, 획득된 공정계획용 지식의 표현은 전문가시스템 셸인 CLIPS에서 Rule을 사용하므로 "IF-- THEN --"형식을 사용하였다.

### (2) CAD 인터페이스된 공정설계 전문가시스템

이상과 같이하여 CAD 데이터들이 데이터변환모듈을 통해 공정설계에 필요한 데이터들로 변환되고, 변환된 데이터들과 공정설계용으로 획득된 지식을 통합화하여 CAD 인터페이스된 공정설계 전문가시스템을 개발하였으며 그 개략도는 그림 2와 같다.

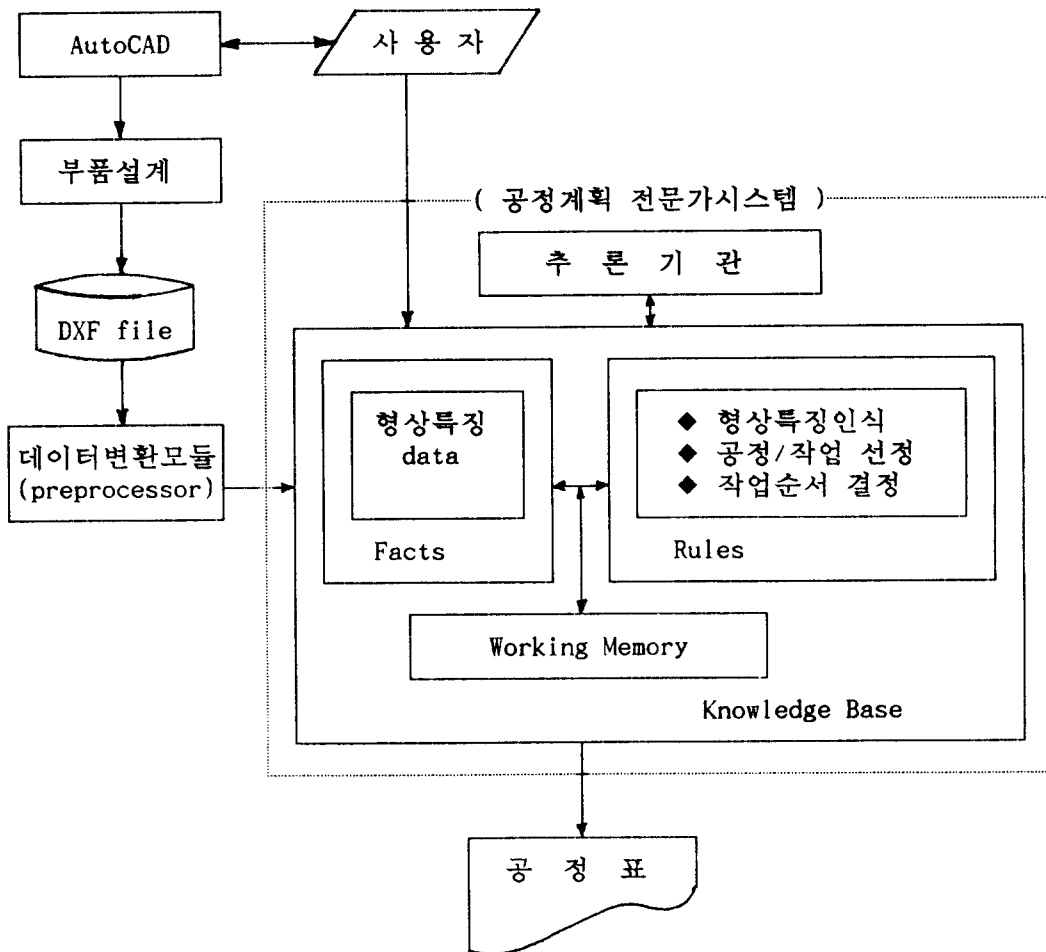


그림 2. CAD 인터페이스된 공정설계 전문가시스템의 개략도

## 6. 사례연구

AutoCAD를 사용하여 부품설계를 한 도면은 그림 3과 같고, 도면상의 번호 1 - 14는 표면번호를 나타낸다. 그리고 부품을 가공하기 위해 주어진 소재정보는 재질이 SM45C, 치수가  $\phi 65 \times 80$  이다.

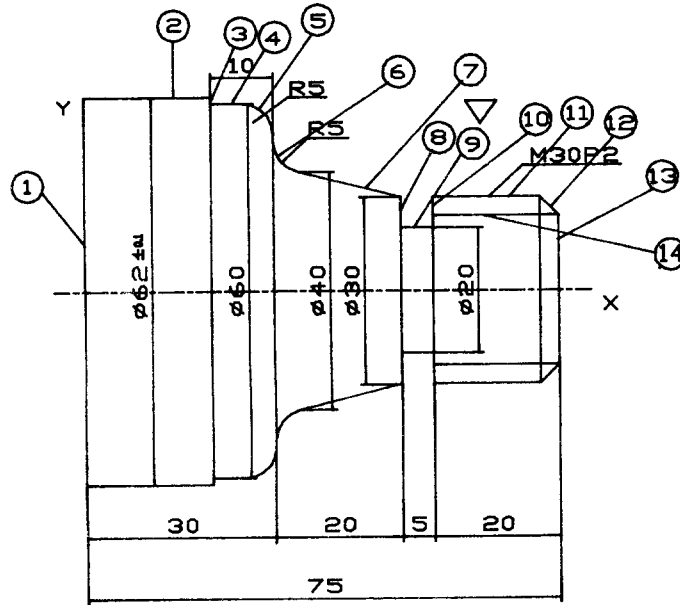


그림 3. AutoCAD를 사용한 부품도면

그림 3의 DXF file로부터 데이터변환모듈을 통해 공정계획의 입력용 데이터베이스로 구성된 출력결과는 그림 4와 같다.

SN	ET	LC	X1	Y1	X2	Y2	XC	YC	R	$\theta_s$	$\theta_e$	PaP
1	L	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0	A
2	L	0	0	31	20	31	0	0	0	0	0	C
3	L	0	20	31	20	30	0	0	0	0	0	E
4	L	0	20	30	25	30	0	0	0	0	0	C
5	A	0	25	30	30	25	25	25	5	0	90	N
6	A	0	30	25	35	20	35	25	5	180	270	O
7	L	0	35	20	50	15	0	0	0	0	0	D
8	L	0	50	15	50	10	0	0	0	0	0	E
9	L	0	50	10	55	10	0	0	0	0	0	C
10	L	0	55	10	55	15	0	0	0	0	0	A
11	L	0	55	15	72	15	0	0	0	0	0	C
12	L	0	72	15	75	12	0	0	0	0	0	D
13	L	0	75	12	75	0	0	0	0	0	0	E
14	L	0	55	12	75	12	0	0	0	0	0	C

(Note) ET : Entity Type, L : Line, A : Arc, LC : Location

그림 4. 공정계획 입력용 데이터베이스의 출력

형상특징은 그림 4의 데이터 중 pap들로 구성된 부품의 윤곽을 나타내는 string(PS)인 PS = "ACECNODECACDEC"로 부터, PS의 마지막 문자 "C"가 형상인식규칙에 의해 나사홈으로 인식되어 "C"를 "Z"로 표시한 PS = "ACECNODECACDEZ"로 나타나고, PS 중 홈과 모따기를 나타내는 FPS = "ECA" 및 "CDE"의 "D"를 인식하여 이들의 위치에 "Z"를 표시하여 PS = "ACECNODZZCZEZ"로 나타난다. 이 PS로부터 추가공형상의 FPS인 A, C, E, N, O, D를 인식하여 PS = "ZZZZZZZZZZZZZZ"로 표현되고 따라서 그림 3에 존재하는 형상들이 나사홈, 사각홈, 모따기, 원통, 원추, 측면, 볼록, 오목으로 구성됨을 알 수 있다. 이러한 형상특징 및 다듬질정도, 치수공차, 외부감소형으로 파악된 부품의 윤곽형태, 소재와 부품의 치수관계를 입력정보로 하여 작업선정, 2번의 Chuck작업, 가공면들의 가공순서 및 사용할 공구들이 결정된다. 이상과 같이하여 개발된 시스템에 적용한 결과가 그림 5에 나타나 있으며, 이 공정표는 공정계획전문가가 행한 공정설계와 일치함을 알 수 있었다.

Route Sheet				
Part No. : TP01		Date : 1/12/91		
Part Name : Test Piece		Designer : Kim In Ho		
Material : SM45C				
Material Size : φ65 X 80				
No.	Operation Description	Setup	Tool	Time(min)
10	Facing(Sn 1)-----R	Chuck 1(RM)	Rough Tool	
20	Turning(Sn 2)-----R		Rough Tool	
30	Finishing(Sn 1,2)-----F		Finish Tool	
40	Facing(Sn 13)-----R	Chuck 2(Sn 2)	Rough Tool	
50	Turning(Sn 4)-----R		Rough Tool	
60	Facing(Sn 3)-----R		Rough Tool	
70	Rounding(Sn 5)-----R		Rough Tool	
80	Rounding(Sn 6)-----R		Rough Tool	
90	Turning(Sn 11)-----R		Rough Tool	
100	Taper-Turning(Sn 7)-----R		Rough Tool	
110	Chamfering(Sn 12)-----R		Rough Tool	
120	Finishing(Sn 13-11,7-3)-F		Finish Tool	
130	Grooving(Sn 8,9,10)		Grooving Tool	
140	Threading(Sn14)		Threading Tool	

(주) R : Rough Cut, F : Finish Cut, Sn i : Surface Number i, RM : Raw Material

그림 5. 공 정 표

### 5. 고찰 및 결론

본 연구에서 개발한 CAD 시스템과 인터페이스된 공정설계시스템은 CAD/CAPP 데이터베이스의 생성, 부품의 형상인식, 공정 및 작업선정에 대한 내용을 중심으로 연구를 하

였다.

CAD/CAPP 데이터베이스의 생성은 부품의 형상인식을 위한 전처리과정으로서, AutoCAD를 사용하여 부품설계를 하여 얻어진 DXF file의 데이터를 사용하여 데이터 변환모듈을 통해 얻었으며, Feature Pattern String으로 표현된 형상특징을 형상인식규칙을 사용하여 인식하고, 전문가의 지식을 사용하여 공정 및 작업선정, 작업순서결정을 하는 지식베이스화된 시스템을 CLIPS를 사용하여 개발하였다.

개발된 시스템을 AutoCAD를 사용하여 부품설계를 한 도면에 적용하여 타당성과 유효성을 고찰하였다.

현재 계속해서 Setup 계획, 작업계획 및 NC 계획에 대한 연구는 수행 중에 있으며, 최종적으로는 NC선반가공부품을 대상으로 CAD 인터페이스된 공정계획 전문가시스템을 개발하여 실용화하고자 한다.

< 참고 문헌 생략 >