

선삭공정에서 CAD 인터페이스된 자동공정계획시스템개발에 관한 연구(I) : 형상특징의 자동인식과 공정선정†

조규갑* · 김인호*

A Study on CAD interfaced CAPP System for Turning Operation(I) : Automatic Feature Recognition and Process Selection

Kyu-Kab Cho* and In-Ho Kim*

Abstract

This paper deals with some critical activities of CAPP system such as generation of part description database, part feature recognition, process and operation selection, and sequencing method for turning operation of symmetric rotational parts.

The part description database is generated by data conversion module from CAD data, and the part feature is recognized by using both pattern primitives and feature recognition rules. Machining processes and operations are selected based on machining surface features and its sequence is determined by rules acquired from process planning expert.

AutoCAD is employed as CAD system and computer program is developed by using Turbo-C on IBM PC/AT compatible system.

1. 서 론

공정계획은 부품설계도면의 정보를 이용하여 생산현장에서 소재를 부품으로 가공하기 위한 상세한

작업지시를 준비하는 활동으로 정의할 수 있으며, 공정계획의 일반적인 기능은 부품정보에 대한 인식, 공작기계의 선택, 공정 및 작업의 선정, 가공순서의 결정, 작업준비계획과 지그 및 고정구의

† 본 연구는 한국과학재단의 목적기초연구(과제번호 88021804)의 지원에 의하여 수행되었음.

* 부산대학교 공과대학 산업공학과.

설계, 절삭공구의 선정 및 절삭매개변수의 결정을 위한 작업계획, 공구경로의 결정 및 NC파트프로그램의 생성 등의 활동을 포함한다[1-3].

컴퓨터통합생산시스템(CIMS)의 실현을 위해서는 CAD와 CAM을 연결시켜주는 교량역할을 하는 공정계획의 자동화, 즉 자동공정계획(CAPP) 시스템의 개발이 중요하다. CAPP 시스템은 지난 20여년 동안에 약 150여가지의 시스템이 개발되었으며, 그 접근방법은 변성형(Variant), 창성형(Generative), 자동형(Automatic) 공정계획시스템의 3가지로 구분된다[4-14]. 완전 자동형 CAPP 시스템의 개발에는 공정계획입력을 위한 설계정보를 제조정보로 변환하는 설계인터페이스와 공정계획활동의 의사결정을 자동적으로 수행하는 지능화된 시스템의 개발이 중요한 과제이다.

본 연구는 CAD 데이터로부터 부품의 형상을 인식하여 CAPP 시스템과 인터페이스된 CAD 시스템개발에 대한 연구과제 중 형상특징의 자동인식과 공정 및 작업의 선정과 가공순서의 결정에 대한 기법을 개발함에 주된 목적이다. 연구의 대상은 기계가공부품들 중 NC 선반가공용 회전형상

부품을 대상으로 하였는데, 이는 기계가공부품중 회전형상부품이 차지하는 비중이 비회전형상부품보다 3배 이상이 되어 회전형상부품의 사용 빈도수가 매우 높기 때문이다[15]. 연구의 내용은 부품에 관한 정보를 정의한 부품서술데이터베이스의 생성과 부품형상인식, 공정 및 작업의 선정, 가공순서의 결정에 대한 알고리즘을 개발하였는데, CAD 시스템은 AutoCAD를, 소프트웨어개발에 사용한 프로그래밍 언어는 Turbo-C(Version 2.0)를 이용하여 IBM PC/AT를 사용하여 개발하였다.

2. 선삭공정의 자동공정계획 시스템의 구성 및 개발

본 연구에서는 그림 1과 같이 CAD 인터페이스된 CAPP 시스템의 흐름도를 구성하였으며, 현재 이러한 공정계획의 여러 기능들 중 부품설계로부터 형상특징인식과 공정 및 작업선정의 기능까지를 연구하였다.

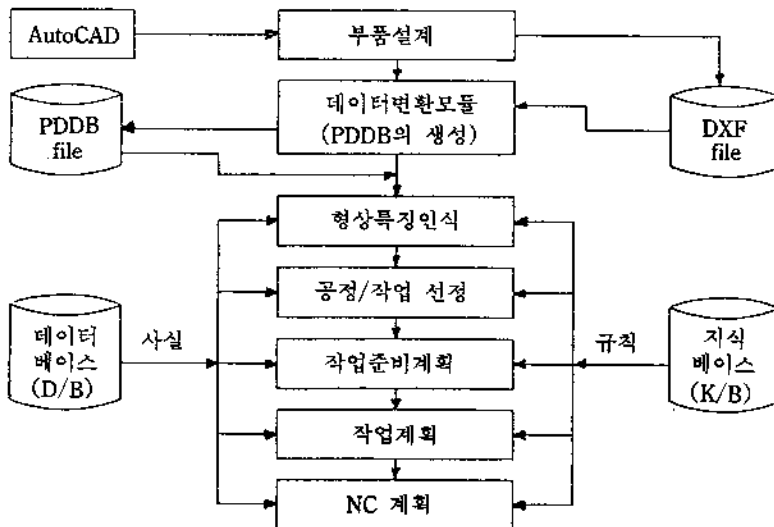


그림 1. 자동공정계획시스템의 흐름도

2. 1 CAPP 입력용 데이터의 변환과정

부품설계에 필요한 CAD 시스템으로는 현장에서 활용도가 높은 AutoCAD를 사용하였다[16, 17]. CAPP 입력용 데이터는 AutoCAD 시스템에서 부품도면의 데이터 file인 DXF file 중 Entities section에 저장되어 있는 도면정보를 사용해서 데이터변환모듈을 통해 공정계획에서 필요로 하는 입력데이터로 변환시킨 부품서술 데이터베이스(Part Description DataBase : Pddb)를 생성하였는데 그 절차는 다음과 같다.

(1) 기본 데이터베이스의 생성

기본 데이터베이스는 DXF file에 있는 모든 데이터들 중 공정설계에 필요한 데이터들을 인식, 추출하여 생성한 것이다. 데이터변환모듈에서는 데이터들이 저장된 DXF file의 Entities section에서의 Entity 형식(Entity Type)이 'LINE', 'ARC' 인 경우를 검색하고 Group code를 인식하여 공정 계획 입력에 필요한 중심선 위에 위치한 기하학적 형상요소들의 데이터를 읽어들여 기본 데이터베이스를 생성한다. 이 때 생성한 데이터들은 설계자가 도면상에 그린 순서대로 부품의 표면에 부여한 표면번호(Surface Number)와 Entity 형식, 그리고 Entity 형식이 'LINE'인 경우는 시작점(X_1, Y_1)과 도착점(X_2, Y_2)의 좌표값, 'ARC'인 경우는 중심점(X_c, Y_c)의 좌표값, 반경(R), 출발각도(θ_s) 및 도착각도(θ_e) 등이다.

(2) 외부시작면 및 마지막면의 선정

AutoCAD에서는 부품도면을 그릴 때, 직선의

방향은 설계자에 따라 왼쪽방향으로 또는 오른쪽 방향으로 그려질 수 있어 직선방향에 통일을 기할 수 없다. 그러나 외부시작면 및 외부마지막면의 선정을 용이하게 하기 위해서 도면요소의 규칙적인 배열이 필요하므로, 수직은 아래에서 위로, 수평, 경사는 왼쪽에서 오른쪽으로, 원호는 왼쪽에서 오른쪽 또는 아래에서 위로 각 요소의 시작점과 끝점의 좌표값을 변환시킨다.

부품을 구성하는 모든 표면들 중 왼쪽 끝에 위치한 외부시작면의 선정은 최소의 X_1 좌표값을 가지는 표면들 중 수직면이 있는 경우, 수직인 표면의 수가 하나이면 그 수직면이, 둘 이상이면 Y_1 좌표값이 작은 수직면이 선정되고, 수직면이 없는 경우 Y_2 좌표값이 큰 표면이 선정된다. 오른쪽 끝에 위치하여 내부면과 연결되는 외부의 마지막면은 최대의 X_2 좌표값을 가지는 표면들 중 수직면이 있는 경우, 수직인 표면의 수가 하나이면 수직면이, 둘 이상이면 Y_2 의 좌표값이 작은 수직면이 선정되고, 수직면이 없는 경우, Y_1 좌표값이 가장 큰 표면이 선정된다.

(3) CAPP 입력용 데이터의 생성

CAPP 입력용 데이터의 생성에서는 부품의 표면이 직선 및 원호로 서로 연결되어 있는 점을 이용하여, 임의 면의 끝점의 좌표값과 그 다음면의 시작점의 좌표값이 같은 점을 인식하고, 외부의 마지막면을 기준으로 하여 인식된 면이 외부면인 경우에는 왼쪽에서 오른쪽으로, 내부면인 경우에는 오른쪽에서 왼쪽으로 그린 형태의 좌표값으로 변환하여 표면에 대해 일련번호를 부여하며, 표면요

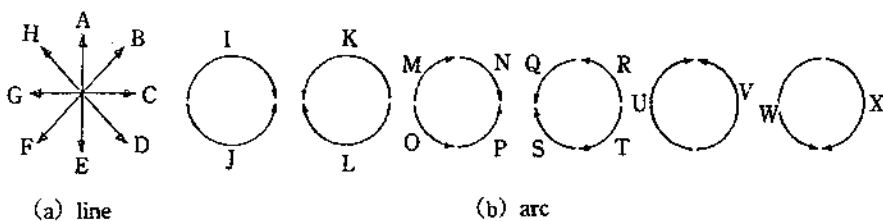


그림 2. Pattern Primitives

소들의 변환된 좌표값의 방향에 해당하는 분류기호는 그림 2와 같은 Pattern Primitive(PaP)를 기

표 1. Part Description Data Base의 구조

Field Number	Field Description	Data Type
1	Surface Number(SN)	I
2	Entity Type(L or A) [L : line, A : arc]	C
3	Location(I or O) [I : Inner, O : Outer]	C
4	X location of entity starting point(X_1)	R
5	Y location of entity starting point(Y_1)	R
6	X location of entity ending point(X_2)	R
7	Y location of entity ending point(Y_2)	R
8	X location of entity center point(X_c)	R
9	Y location of entity center point(Y_c)	R
10	Radius of entity(R)	R
11	Starting angle of entity (θ_s)	R
12	Ending angle of entity (θ_e)	R
13	Pattern Primitive(PaP)	C
14	Surface Roughness(SR)	R
15	Dimensional Tolerance(DT)	C
16	Geometrical Tolerance(GT)	C&R

(Note) 1) Field numbers from 8 to 12 are applicable to arc only.

2) Data type : I : Integer, R : Real, C : Character

준으로 지정하였다[18, 19].

이상과 같이 생성된 각 표면요소의 데이터와 사용자와 대화에 의해 입력되는 부품의 비형상정보인 표면다듬질정도, 치수공차, 기하학적공차 등의 데이터들은 표 1에 표시된 데이터베이스 구조에 따라 생성되어 Pddb file에 저장된다.

여기서 표면번호는 기본 데이터베이스 생성시는 도면상에 그려진 순서대로 표면에 부여된 번호이며, Pddb file에 저장될 때는 외부면인 경우는 왼쪽에서 오른쪽으로, 내부면인 경우는 오른쪽에서 왼쪽으로 연속적으로 일렬번호가 부여된다. Entity Type은 직선인 경우 "L", 원호인 경우 "A"이고, Location은 도면요소가 그려진 위치로서 외부면인 경우는 "O", 내부면인 경우는 "I"이고, X_1 , Y_1 , X_2 , Y_2 의 좌표값은 도면상의 직선 또는 원호의 출발점 및 도착점의 값이며, 원호에 대한 값들은 X_c , Y_c , R, θ_s , θ_e 이고, Pattern Primitive는 각 Entity가 그려진 방향에 따르는 기호이다. 또한 표면다듬질정도(SR)는 도면에 다듬질기호로 표시된 경우는 삼각기호의 갯수이고, 그외는 표면거칠기의 구분에 따른 값이며, 치수공차(DT)는 저친급(R), 보통급(M), 정밀급(F)으로 구분하였고, 기하학적 공차(GT)는 평면도, 진직도, 진원도, 원통도, 선의 윤곽도, 면의 윤곽도, 직각도, 경사도, 평행도, 흔들림, 위치도, 동심도, 대칭도 중에 해당되는 것을 저장한다[20-24].

2. 2 형상특징의 인식

형상특징인식은 Pddb의 데이터로 부터 얻은 기하학적 정보, 치수정보, Pattern Primitive, 표면다듬질정도, 기하학적 공차, 치수공차 및 사용자의 입력에 의한 소제정보를 입력데이터로 하여 부품을 구성한 모든 형상을 인식하고, 기준면을 선정하며, 가공가능성을 파악하게 된다[그림 3 참조].

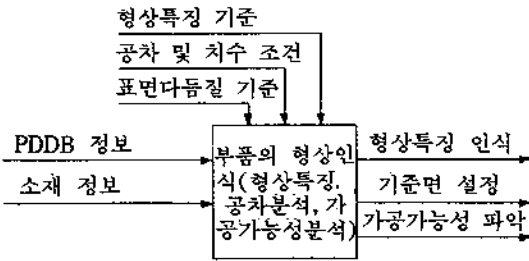
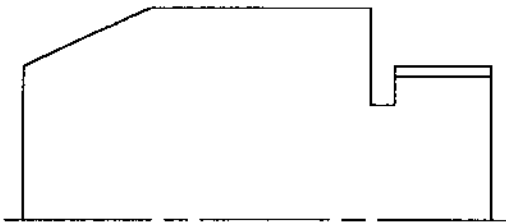


그림 3. 부품의 형상특징인식의 개념

(1) 표면형상의 분류

본 연구에서는 회전형상부품의 윤곽을 PDDDB의 데이터중 각 표면의 PaP를 연결한 하나의 Pattern String(PS)으로 표현하였다. PaP의 연결순서는 표면의 일렬번호의 순서와 동일하게 중심선 윗부분의 외부 및 내부의 직선, 원호들을 연속적으로 연결한 PaP들과, 나사의 형상을 나타내는 연결되지 않은 직선의 PaP로 구성한다. 그림 4는 부품의 PS의 한 예를 나타내며, 여기서 PS의 마지막 PaP는 C로서 연결되지 않은 직선으로 나사형상을 나타낸다.



Pattern String : A B C E C A C E C

그림 4. 부품의 Pattern String

표면형상의 분류에 있어서, 회전형상을 구성하는 외부 및 내부의 표면형상은 추가공형상, 부가공형상으로 분류를 하였으며, 추가공형상은 원통, 원추, 측면, 볼록, 오목 그리고 부가공형상은 볼록 원호, 오목원호, 모따기, 나사홈파기 및 홈으로 분류하였다. 이들의 도식적 표현은 각각 그림 5 및 그림 6과 같다.

그림 5와 6에서 Feature Pattern String(FPS)은 분류된 형상을 PaP로 표현한 것으로서 하나의 PaP 또는 세개의 PaP가 연결된 형태로 구성된다. 예로서 그림 5의 표면형상이 외부원통인 경우는 왼쪽에서 오른쪽방향의 수평선을 나타내므로 FPS='C'가, 내부원통인 경우는 반대방향의 수평선을 나타내므로 FPS='G'가 되며, 그림 6에서 표면형상이 외부수직홈인 경우는 윗방향에서 아래방향으로의 수직선인 PaP='E'와 왼쪽에서 오른쪽방향의 수평선인 PaP='C', 아래에서 윗방향의 수직선인 PaP='A'가 연결된 FPS='ECA'로 표현된다. 또한 그림 5에서 동일한 FPS가 외부 및 내부에 있는 측면, 볼록, 오목의 A, E, U, X, V, W는 데이터베이스에서 표면위치가 '0'인지 '1'인지를 인식하여 외부추가공형상인지 또는 내부추가공형상인지를 확인하며, 그림 6에서 모따기와 홈 3의 FPS는 각각 추가공형상의 원추, 오목의 FPS와의 구별을 위해 길이의 조건에 의해, 나사홈은 부품의 윤곽으로 연결되지 않은 PaP 및 치수관계에 의해 인식한다. 그림 6에서 홈은 3가지의 기본적인 형상만 표현하였다.

(2) 형상특징의 인식절차

형상특징의 인식은 PDDDB에서 얻은 각 표면에 대한 치수정보 및 PaP를 데이터로 하여, 도면상에 그려진 부품의 Pattern String에 형상인식규칙을 적용함으로써 부품의 모든 형상특징들을 인식하도록 하였다.

형상특징들에 대한 형상인식규칙은 그림 7과 같고, 부품을 구성한 형상특징을 인식하는 순서는 다음과 같다.

<형상특징인식에 사용된 부호의 설명>

OPS, IPS : 부품의 외부면 및 내부면의 모든 PaP가 연결된 String을 나타냄.

TCS, TCI : OPS 및 IPS의 j번째 문자부터 'Z' 문자를 제외한 2개의 문자를 순차적으로 읽은 후 2번째 문자가 'C'인 경우 'Z' 및 'C'가 아닌 문자를

외 부 주 가공형상	FPS	도 식 적 표 현	내 부 주 가공형상	FPS	도 식 적 표 현
원 통	C		원 통	G	
원 추	B, D		원 추	F, H	
측 면	A, E		측 면	A, E	
볼 록	I, M, N, U, X		볼 록	L, S, T, U, X	
오 목	J, O, P, V, W		오 목	K, Q, R, V, W	

그림 5. 주가공형상 및 Feature Pattern String

3번째로 읽고, 2번째 문자가 'C'가 아닌 경우 'Z' 문자를 제외한 3번째 문자를 읽어 이들 연속하는 3문자로 구성된 하나의 String을 나타냄.

TCS[i], TCI[i]: TCS 및 TCI의 i번째 표면번호를 의미함.

OPS[i], IPS[i]: OPS 및 IPS의 i번째 표면번호의 PaP를 의미함.

NOS, NIS: OPS 및 IPS의 마지막 표면번호를 의미함.

X_j, Y_j : i번째 표면의 X 및 Y좌표값($j=1$: 시작점, $j=2$: 끝점을 의미함).

X_k, Y_k : i번째 표면의 중심점의 X 및 Y좌표값을 의미함.

R_i: i번째 면의 반경을 의미함.

<형상특징의 인식절차>

[단계 1] 부품의 PS를 읽는다. 이 때 OPS, IPS는 자동으로 인식된다.

[단계 2] PS에 형상인식규칙을 적용하여 부가공형상 중 나사홈의 존재유무를 인식하여, 존재시 인식한 나사홈의 위치에 "Z"를 표시하고 새로운 PS를 형성한다.

[단계 3] OPS에 존재하는 나사홈을 제외한 부가공형상을 형상인식규칙을 적용해 인식하고, 그 위치에 "Z"를 표시하여 새로운 OPS를 형성한다. 이 때 부가공형상중 형상특징인식이 복잡한 홈인 경우의 인식알고리즘은 아래와 같다.

① $j=1, k=0$

② TCS를 읽은 후, TCS가 홈을 나타내는 FPS 중 하나이면 ④로 간다. 그렇지 않으면 ③으로 간다.

③ TCS[3]과 NOS를 비교하여,

(1) TCS[3] < NOS 이면 $j=j+1$, ②로 간다.

(2) TCS[3] ≥ NOS 이면 ⑩으로 간다.

④ TCS의 Y_{11} 값과 Y_{22} 값을 비교하여,

(1) $Y_{11} = Y_{22}$ 이면 ⑤로 간다.

외 부 주 가공형상	FPS	도식적표현	내 부 주 가공형상	FPS	도식적표현
모 서 리 볼록원호	AMC, CNE		모 서 리 볼록원호	ETG, GSA	
모 서 리 오목원호	CPA, EOC		모 서 리 오목원호	GQE, ARG	
모 따 기	ABC, CDE, EDC, CBA		모 따 기	EFG, GHA, GFE, AHG	
홈 1 (수직홈)	ECA		홈 1 (수직홈)	AGE	
홈 2 (사다리꼴홈)	DCB		홈 2 (사다리꼴홈)	HGF	
홈 3 (Arc홈)	J		홈 3 (Arc홈)	K	
나 사 홈	B, C, D		나 사 홈	F, G, H	

그림 6. 부가공형상 및 Feature Pattern String

- (2) $Y_{11} > Y_{22}$ 이면 ⑥으로 간다.
- (3) $Y_{11} < Y_{22}$ 이면 ⑦로 간다.
- ⑤ TCS = 'ZC'로 변환하고 홈의 표면번호와 좌표값을 인식한다. TCS[2]의 좌표값을 변환하고 ⑧로 간다.
- ⑥ TCS = 'TCS[1]의 문자 + CZ'로 변환하고 홈의 표면번호와 좌표값을 인식한다. TCS[1]과 TCS[2]의 좌표값을 변환하고 ⑧로 간다.

- ⑦ TCS = 'ZC + TCS[3]의 문자'로 변환하고 홈의 표면번호와 좌표값을 인식한다. TCS[2]와 TCS[3]의 좌표값을 변환하고 ⑧로 간다.
- ⑧ $k = k + 1$
- ⑨ (TCS[1]-k)의 표면번호의 문자가 'C' 또는 'Z'이면 ⑧로 간다. 'C' 또는 'Z'가 아니면 $j = (TCS[1]-k)$, ②로 간다.
- ⑩ [단계 4]로 간다.

형상 특징			형상 인식 규칙	
			외부면의 FPS	내부면의 FPS
주 가 공 형 상	원 원 추 측 불 오	통 추 면 록 목	C B or D A or E I or M or N or U or X J or O or P or V or W	G F or H A or E L or S or T or U or X K or Q or R or V or W
			흠 1 ECA 흠 2 DCB 흠 3 J and $\{Y_1[J]=Y_2[J]\}$ and $\{R \leq 4\}$ 나사 흠 $\{FPS[n]=B \text{ or } C \text{ or } D\}$ and $\{FPS[\sim n]=B \text{ or } C \text{ or } D\}$ and $\{X_1[n] \langle \rangle X_2[n-1]\}$ and $\{Y_1[n] \langle \rangle Y_2[n-1]\}$ and $\{X_1[n] \langle \rangle X_2[\sim n]\}$ and $\{X_2[n] \langle \rangle X_1[\sim n]\}$ and $\{ X_1[n]-X_1[\sim n] \leq 5\}$ and $\{ X_2[1]-X_2[\sim n] \leq 5\}$ and $\{ Y_1[n]-Y_1[\sim n] \leq 5\}$	AGE HGF K and $\{Y_1[J]=Y_2[J]\}$ and $\{R \leq 4\}$ $\{FPS[n]=F \text{ or } G \text{ or } H\}$ and $\{FPS[\sim n]=F \text{ or } G \text{ or } H\}$ and $\{X_1[n] \langle \rangle X_2[n-1]\}$ and $\{Y_1[n] \langle \rangle Y_2[n-1]\}$ and $\{X_1[n] \langle \rangle X_2[\sim n]\}$ and $\{X_2[n] \langle \rangle X_1[\sim n]\}$ and $\{ X_1[n]-X_1[\sim n] \leq 5\}$ and $\{ X_2[1]-X_2[\sim n] \leq 5\}$ and $\{ Y_1[n]-Y_1[\sim n] \leq 5\}$
부 가 공 형 상	모서리 불록원호 모서리 오목원호 모따기		AMC or CNE CPA or EOC $\{ABC \text{ or } CDE \text{ or } EDC \text{ or } CBA\}$ and $\{(X_2-X_1)[B, D]=(Y_2-Y_1)[B, D]\}$ and $\{ X_2-X_1 [B, D] \leq 5\}$	ETG or GSA ARG or GQE $\{EFG \text{ or } GHA \text{ or } GFE \text{ or } AHG\}$ and $\{(X_2-X_1)[F, H]=(Y_2-Y_1)[F, H]\}$ and $\{ X_2-X_1 [B, D] \leq 5\}$

헨[N]The Nth character of FPS, $X_1[n]$: X_1 value of line n

그림 7. 표면형상특징에 따른 형상인식규칙

[단계 4] OPS에 존재하는 모든 주가공형상을 인식하여 "Z"를 표시하므로써 외부면들을 구성한 모든 형상특징들을 인식한다.

[단계 5] IPS에 존재하는 나사흠을 제외한 부가공형상을 형상인식규칙을 적용해 인식하고, 그 위치에 "Z"를 표시하여 새로운 IPS를 형성한다.

[단계 6] IPS에 존재하는 모든 주가공형상을 인식하여 "Z"를 표시하므로써 내부면들을 구성한 모든 형상특징들을 인식한 후 멈춘다.

이상과 같은 형상특징 인식절차의 흐름도는 그림 8과 같다.

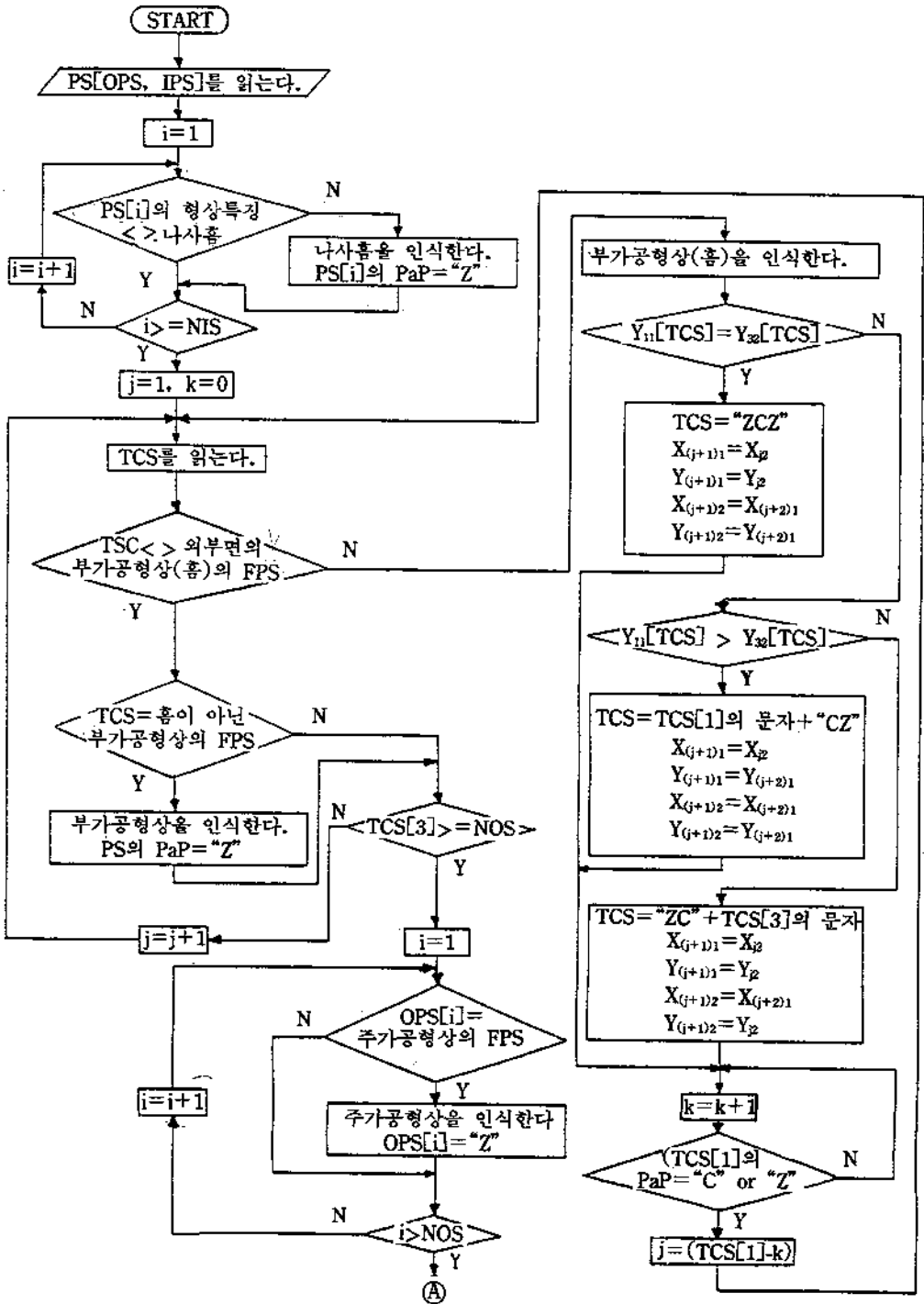


그림 8. 형상특징 인식절차의 흐름도

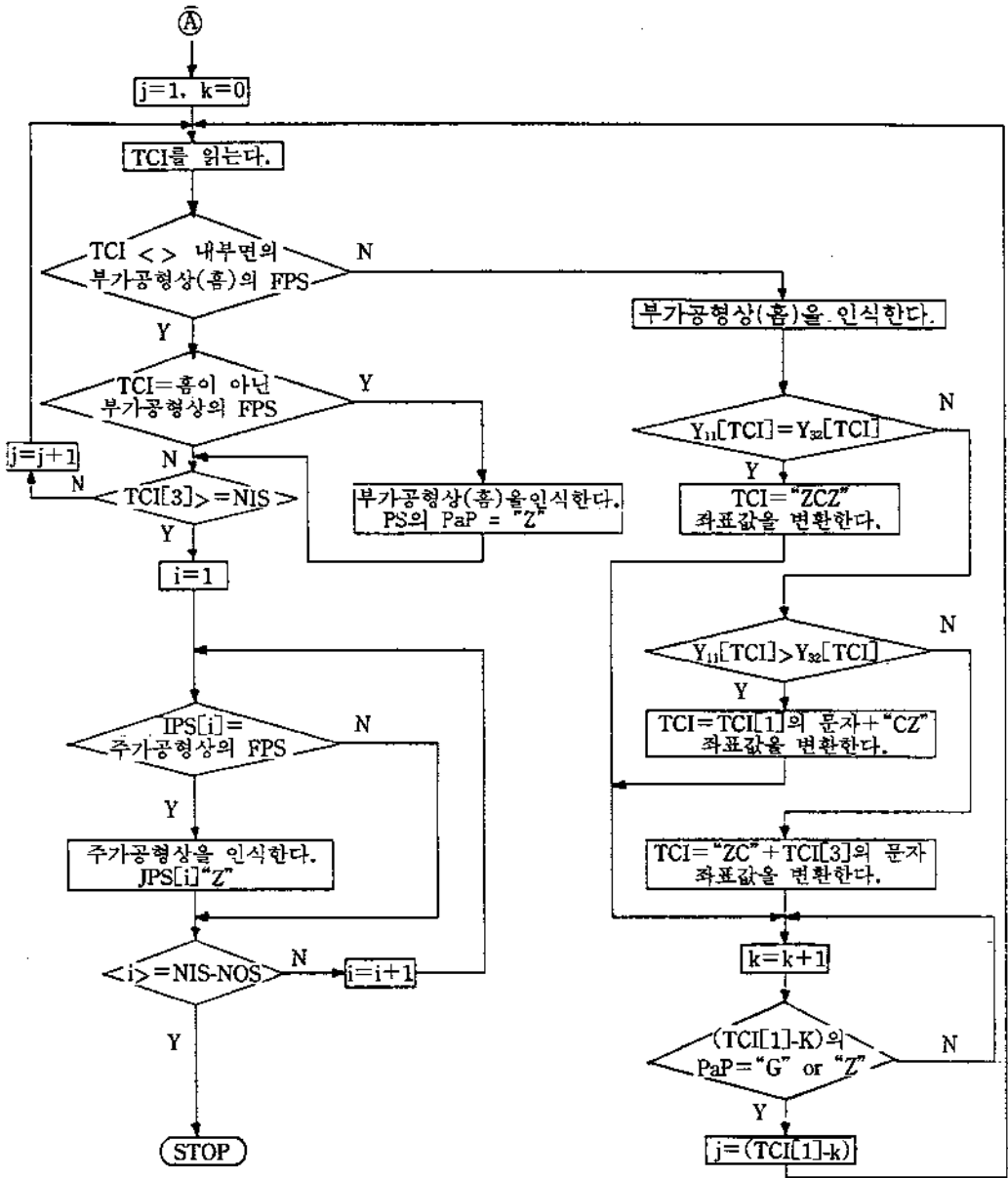


그림 8. 형상특징 인식절차의 흐름도(계속)

2.3 공점 및 작업선정

형상특징이 인식되면 부품의 도면정보와 함께

표면들을 가공할 공정이 선정되고, 각 공정에서의 작업선정 및 순서결정이 수행된다[그림 9 참조].

본 연구에서 대상공정은 황삭, 정삭, 홈각기,

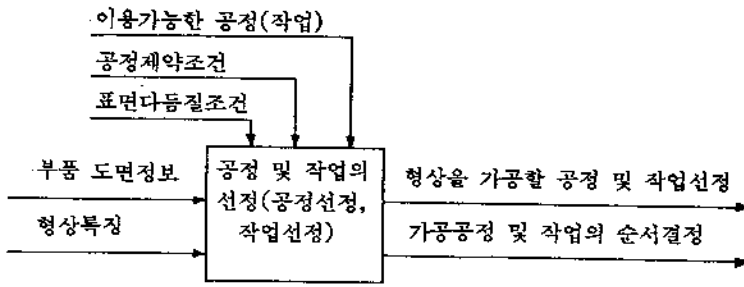


그림 9. 공정 및 작업의 선정

나사각기이다. 황삭은 피삭재·(공작물)의 정삭시 필요한 가공여유를 남길 때까지의 가공이며, 정삭은 황삭후의 부품의 최종치수만큼 가공하는 공정이므로 이들 공정은 항상 선정이 되며, 홈각기, 나사각기는 표면형상특징이 좋 또는 나사홈의 유무에 따라 선정된다.

가공방법(작업)은 표면형상특징에 따라 선정되는데 표면형상이 외부의 원통, 원추, 축면, 볼록 및 오목(원호), 나사홈, 홈, 모따기인 경우의 가공방법은 각각 선삭, 테이퍼선삭, 케이싱, 라운딩, 나사각기, 그루빙, 챔퍼링이 선정되고, 내부원통인 경우는 보오링이 선정된다[25].

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

부품의 윤곽은 주가공형상들로 구성된 윤곽형태에 따라 분류하였는데, 외부의 시작면과 마지막 면이 축면형상인 경우는 이 면을 제외한 주가공형

상이, 그렇지 않은 경우에는 모든 주가공형상들이 증가하는 형태인지, 감소하는 형태인지 또는 이들의 혼합형태인지에 따라 그림 10과 같이 5종류의 윤곽형태로 분류하였다. 이들 중 외부 구성면들의 윤곽형태는 ①, ②, ③, ④중 한 형태로, 내부구성면들의 윤곽형태는 ①, ②, ③, ⑤중의 한 형태로 표현된다.

윤곽형태의 인식 후 공작물의 위치를 결정하여 고정시키는 장치로서 척(chuck)단을 사용하는 지, 센터(center) 작업을 하는지 또는 특수한 고정구(fixture)를 사용해야 하는지를 파악해야 하는데, 본 연구에서는 선반에서 가장 많이 사용되는 척킹(chucking)에 의해 가공되는 부품을 대상으로 하여, 이들의 표면다듬질, 치수공차, 그리고 소재의 치수 및 공차관계 등을 파악하여 척킹의 횟수를 최소화하는 가공순서를 결정한다. 윤곽형태에 의한 가공순서의 예로서, 부품이 외부면으로만 구성된 경우를 살펴보면, 외부의 윤곽형태가 외부혼합형이면 분리점(sp)을 기준으로 좌측면그룹과 우측면

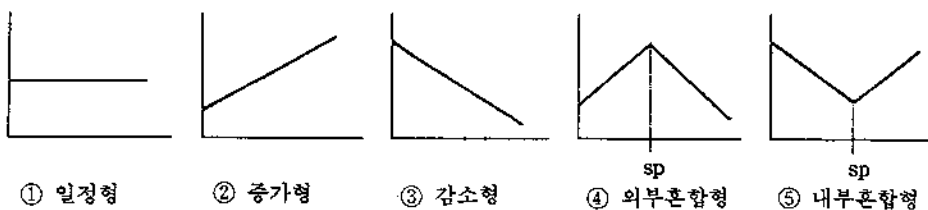


그림 10. 부품의 윤곽형태

그룹을 각각 가공해야 하므로 최소한 2면의 착작업이 필요하며, 이 경우의 두 그룹간의 가공의 선행관계는 두 그룹이 갖는 표면형상특징, 표면다듬질 및 치수공차 등에 의해 정해진다.

기하학적 형상 및 공차의 특징을 나타내는 것에는 평면도, 진직도, 진원도, 원통도, 선의 윤곽도, 면의 윤곽도, 직각도, 경사도, 평행도, 흔들림, 위치도, 동심도, 대칭도 등이 있다. 이 가운데 처음 4가지는 기준면을 가지지 않으나 나머지 9가지는 기준면 또는 기준선과 관련이 있고 따라서 이들은 가공면들의 가공순서에 영향을 미친다. 예로서, 두 면사이에 직각도의 관계가 있을 경우에는 가공순서는 기준면을 먼저 가공한 후에 직각의 관계가 있는 다음면을 가공해야 한다. 부품의 치수관계가 가공순서에 미치는 영향은 황삭공정에 있어서 동일한 척킹상태에서 외경이 큰 면은 작은 면에 우선하여 가공하며, 임의의 n면과 (n+1)면의 가공

순서는 이들의 형상특징이 각각 측면, 원통이고, $Y_1[n] > Y_1[n+1]$ 인 경우에 $\{Y_1[n] - Y_2[n]\} > \{X_1[n+1] - X_2[n+1]\}$ 이면 n면, n+1면의 순서대로 가공하며, $\{Y_1[n] - Y_2[n]\} < \{X_1[n+1] - X_2[n+1]\}$ 이면 n+1면, n면의 순서대로 가공하는 데, 이러한 지식은 주로 공정계획전문가의 경험에 의해 행해진다 (단, $X_i[n]$, $Y_i[n]$ 은 각각 $i=1$ 인 경우 n면의 시작점의 X좌표값 및 Y좌표값, $i=2$ 인 경우 n면의 도착점의 X좌표값 및 Y좌표값을 의미한다).

2.4 형상특징의 자동인식과 공정 및 작업선택시스템의 개발

본 연구에서 개발한 CAD 인터페이스된 형상특징의 자동인식과 공정 및 작업선택시스템의 흐름도는 그림 11과 같다.

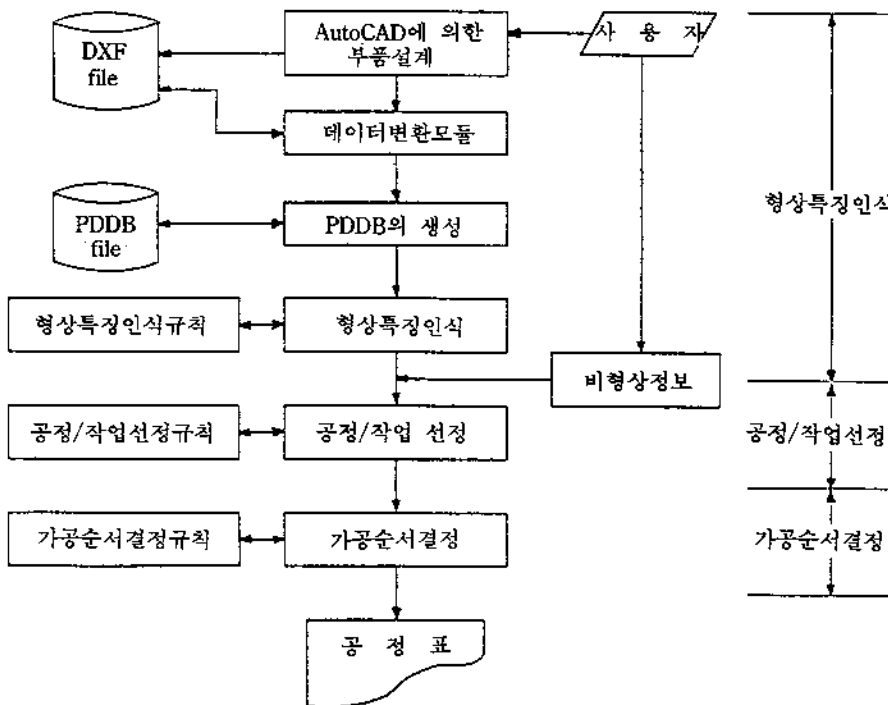


그림 11. 형상특징의 자동인식과 공정 및 작업선택시스템의 흐름도

3. 시스템의 실행 및 고찰

본 연구에서 개발한 시스템을 그림 12의 예제 도면에 적용하여 실행한 결과를 살펴보면 다음과 같다. 여기서 그림 12는 AutoCAD를 사용하여 부품설계를 한 도면이며, 번호 1~14는 표면번호를 나타낸다.

그림 12의 DXF file로부터 데이터변환모듈을 통해 공정계획의 입력용 데이터베이스인 PDDB의 출력결과는 그림 13과 같다.

형상특징은 그림 13의 데이터 중 PaP들로 구성된 부품의 Pattern String인 PS="ACECNODECAC-DEC"로부터, 부가공형상 중 나사홈의 FPS인 PS의 마지막 문자 "C"를 인식하고 형상인식규칙에 의해

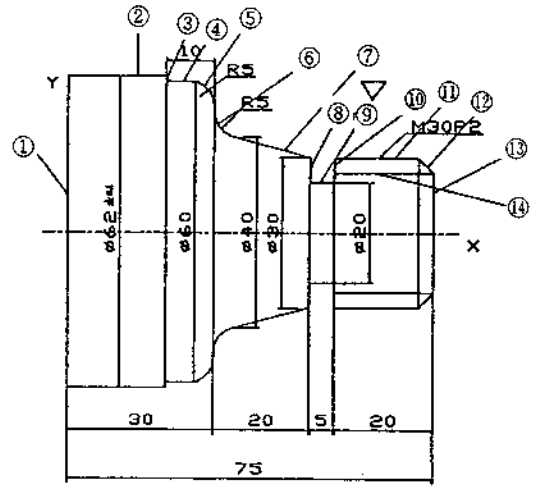


그림 12. AutoCAD를 이용한 부품도면

SN	ET	LC	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	X _c	Y _c	R	θ _s	θ _e	PaP	SR	DT	GT
1	L	O	0	0	0	31	0	0	0	0	0	A	1		
2	L	O	0	31	20	31	0	0	0	0	0	C	1	R	
3	L	O	20	31	20	30	0	0	0	0	0	E	1		
4	L	O	20	30	25	30	0	0	0	0	0	C	1		
5	A	O	25	30	30	25	25	25	5	0	90	N	1		
6	A	O	30	25	35	20	35	25	5	180	270	O	1		
7	L	O	35	20	50	15	0	0	0	0	0	D	1		
8	L	O	50	15	50	10	0	0	0	0	0	E	1		
9	L	O	50	10	55	10	0	0	0	0	0	C	1		
10	L	O	55	10	55	15	0	0	0	0	0	A	1		
11	L	O	55	15	72	15	0	0	0	0	0	C	1		
12	L	O	72	15	75	12	0	0	0	0	0	D	1		
13	L	O	75	12	75	0	0	0	0	0	0	E	1		
14	L	O	55	12	75	12	0	0	0	0	0	C	1		

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

그림 13. PDDB의 출력

12번째 문자인 "C"가 나사홈과기로 가공됨을 인식한 후 "C"를 "Z"로 대체한 PS="ACECNODE-CACDEZ"로 나타내고, 홈과 모따기를 나타내는 FPS="ECA" 및 "CDE"를 인식하여 PS="ACEC-NODZCZCZEZ"로 나타낸다. 이 PS로부터 추가공

형상의 FPS인 A, C, E, N, O, D를 인식하여 PS="ZZZZZZZZZZZZZZZZ"로 표현되고 따라서 그림 12에 존재하는 형상들이 나사홈, 사각홈, 모따기, 원통, 원추, 측면, 볼록, 오목으로 구성됨을 알 수 있다. 이러한 형상특징 및 표면다듬질정도, 치수공차,

Route Sheet				
Part No. : TP01		Date : 1/30/91		
Part Name : Test Piece		Designer : Kim In Ho		
Material : SM20C				
Material Size : $\phi 65 \times 80$				
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	Chuck 2(Sn 2)	Finish Tool	
40	Facing(Sn 13) R		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(Sn 14)		Threading Tool	

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

그림 14. 공정표

외부감소형으로 파악된 부품의 윤곽형태 및 소재와 부품의 치수관계를 입력정보로 하여 작업선정, 2번의 취작업, 가공면들의 가공순서 및 사용할 공구들이 결정된다. 이상과 같이하여 개발한 시스템에 적용한 결과가 그림 14에 나타나 있으며, 이 공정표는 공정계획전문가가 행한 공정설계와 일치함을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서 개발한 CAD 인터페이스된 자동공정계획 시스템은 CAPP 입력용 데이터의 생성, 부품의 형상특징인식, 공정 및 작업선정에 대한 내용을 중심으로 연구를 하였다.

CAPP 입력용 데이터의 생성은 부품의 형상인식을 위한 전처리과정으로서, AutoCAD를 사용하여 부품설계를 하여 얻어진 DXF file의 데이터를 사용하여 데이터변환모듈을 통해 얻었으며, 형상인식규칙을 이용하여 형상특징을 인식하고, 공정 및 작업선정규칙, 가공순서결정규칙을 이용하여 공정 및 작업선정, 가공순서결정을 하는 시스템을 개발하였다.

개발된 시스템을 AutoCAD를 사용하여 부품설계를 한 도면에 적용한 결과 공정계획 전문가가 행한 공정설계의 유사함을 알 수 있었다.

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

참고문헌

[1] Hummel, K. E., and Brooks S. L., "XPS-E Revisited : A New Architecture and Implementation Approach for an Automated Process Planning System," DR-88-PP.02, CAM-I, Arlington, TX, 1988.

[2] Ferreira, P. M., and Lu, S. C-Y., Zhu, X., "Conceptual Model for Process Planning," Final Report submitted to CAM-I, University of Illinois, 1989.

[3] Chang, T. C., and Wysk, R. A., An Introduction to Automated Process Planning Systems, Prentice-Hall Publishing Company, 1985.

[4] Chang, T. C., Expert Process Planning for manufacturing, Addison-Wesley Publishing Company, 1990.

[5] 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.

[6] Zhang, H., and Altng, L., "Introduction to an Intelligent Process Planning System for Rotational Parts," Advances in Manufacturing System Engineering, ASME PED-Vol. 31, pp.15-26, 1988.

[7] Rasch, F. O., "IPROS : A Variant Process Planning System," Proc. of 19th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, pp.157-160, June 1987.

[8] Li, J., and Han, C., and Ham, I., "CORE-CAPP : A Company-Oriented Semi-generative Computer Automated Process Planning System," Proc. of 19th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, pp.219-225, June 1987.

[9] Chang, T. C., and Wysk, R. A., "Integrating CAD and CAM through Automated Process Planning," Int. J. Prod. Res., Vol. 22, No. 5, pp.877-894, 1984.

[10] van't Erve, A. H., and Kais, H. J.J., "XPLANE, Generative Computer Aided Process Planning for Part Manufacturing," Annals of the CIRP, Vol. 35, No. 1, pp.325-329, 1986.

[11] Milacic, V. R., "SAPT-Expert System for Manufacturing Process Planning," Symposium at the Winter Annual Meetings of the American Society of Mechanical Engineers, pp.43-53, Nov. 1985.

[12] Milacic, V. R., and Urosevic, M., "SAPT-Knowledge-Based CAPP System," Robotics & Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 4, No. 1/2, pp.69-76, 1988.

[13] Wang, H. P., and Wysk, R. A., "A Knowledge-based approach for automated process planning," Int. J. Prod. Res., Vol. 26, No. 6, pp.999-1014, 1988.

[14] van't Erve, A. H., "Generative Computer Aided Process Planning for Part Manufacturing," Ph. D. Thesis, University of Twente, 1988.

[15] KIMM, Development of Classification and Coding System for Manufacturing Industry(II), 1983.

[16] Jones, F. H., and Martin L., The AutoCAD Database Book, Ventana Press, 1987.

[17] Mark M., Stepping into AutoCAD, New Rides Publishing, 1989.

[18] Fu, K. S., Syntactic Pattern Recognition and Applications, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1982.

[19] Li, R-K., "A part-feature recognition system for rotational parts," Int. J. Prod. Res., Vol.

26, No. 9, pp.1451-1475, 1988.

[20] 한국공업규격 KS B-0161 “표면거칠기”.

[21] 한국공업규격 KS B-0401 “치수공차 및 끼워맞춤”.

[22] 한국공업규격 KS B-0412 “절삭가공치수의 허용차”.

[23] 한국공업규격 KS B-0243 “기하공차를 위한 데이텀”.

[24] 한국공업규격 KS B-0608 “기하공차의 표시방법”.

[25] 한국공업규격 KS B-0107 “가공방법기호”.