

선삭공정의 작업준비계획의 자동화

조규갑, 김인호

부산대학교 산업공학과

Abstract

본 연구는 선삭공정에서 CAD 인터페이스된 자동공정계획시스템개발에 관한 연구의 계속으로 작업준비계획(Setup Planning)을 자동적으로 수행하는 기법을 개발함이 주된 목적이다.

연구의 대상은 기계가공부품들 중 많은 비중을 차지하는 NC선반가공용 회전형 상부품을 대상으로 하였다. 연구의 내용은 공작물고정방법의 결정, 작업준비횟수의 결정, 클램핑(Clamping)면 및 공작물고정구의 선정에 관한 기법과 알고리즘을 개발하였으며, 소프트웨어는 개인용컴퓨터를 이용하여 Turbo-C(Version 2.0)를 사용하여 개발하였고, 사례연구를 통하여 개발된 시스템의 유효성을 평가하였다.

I. 서 론

공정계획은 부품정보로부터 형상인식, 공작기계의 선택, 공정 및 작업의 선정, 가공순서의 결정, 작업준비계획, 고정구의 설계, 절삭공구 및 절삭조건의 결정, 공구경로의 결정, NC파트프로그램의 생성과 같은 활동들을 포함한다[1,2]. 이들중 공정선정, 공작기계의 선택, 가공순서의 결정과 같은 거시적인 의사결정을 수행하는 공정설계에 관한 연구는 상당히 진행되어 왔으나 미시적인 의사결정을 수행하는 작업준비계획, 고정구의 설계 등의 작업설계에 관한 연구는 상대적으로 저조한 실정이므로, 자동화된 공정계획시스템의 개발을 위해서는 작업설계의 자동화에 관한 연구가 필요하다[3-8].

본 연구는 선삭공정에서 CAD 인터페이스된 자동공정계획시스템개발에 관한 연구[9]의 계속으로 작업준비계획(Setup Planning)을 자동적으로 수행하는 기법을 다음과 같이 개발하였다.

II. 작업준비계획의 자동화시스템의 개발

개발한 작업준비계획의 자동화시스템은 품명, 품번, 재질 등의 일반정보와 기하학적형상정보 및 비형상정보를 저장한 부품서술데이터베이스(Part Description DataBase

: Pddb)정보 그리고 형상특징인식정보들을 입력정보로 하여, 공작물고정방법의 결정과 부품윤곽형태의 인식, 표면들의 그룹화에 따른 작업준비횟수의 결정, 클램핑 (Clamping)면 및 공작물고정구의 선정을 다음과 같이 수행한다.

1. 공작물고정방법의 결정

본 연구에서는 NC 선반에서 많이 사용되는 척작업과 척-센터작업, 양센터작업에 의한 공작물고정방법에 대해 고려하였으며, 척작업과 센터작업중 선택기준은 부품명, 부품의 최대직경(Dmax), 부품의 최대길이(Lmax)와 최대직경의 비(Lmax/Dmax)에 따라 그림 1과 같이 분류된 의사결정나무(decision tree)에 의하여 적절한 공작물고정방법을 선택한다[7].

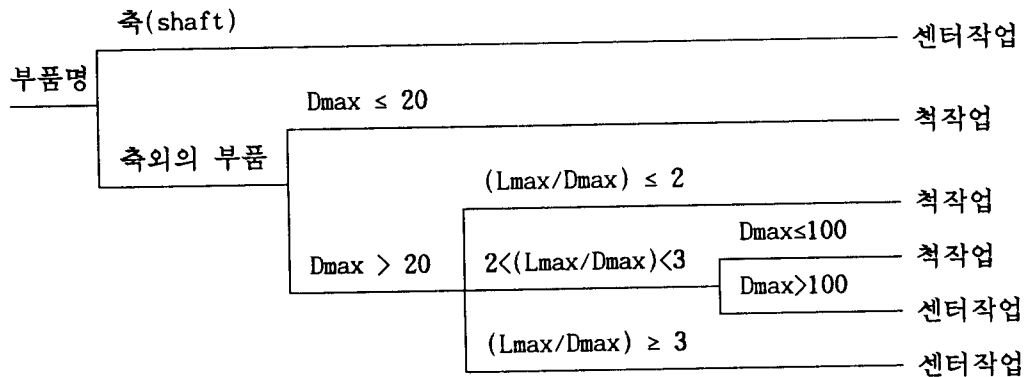


그림 1. 공작물고정방법의 결정에 대한 의사결정나무

2. 부품의 윤곽형태의 인식

부품의 윤곽형태의 인식은 그림 2와 같이 4종류로 분류한 윤곽형태들 중, 대상부품의 홈형상과 나사형상을 제외한 외부면과 내부면의 형상들이 각각 최대의 Y좌표값과 최소의 Y좌표값을 갖는 표면을 기준으로 일정한 형태인지, 증가하는 형태인지, 감소하는 형태인지, 또는 이들의 혼합형태인지를 인식하게 된다[9].

3. 작업준비횟수의 결정

본 연구에서는 표면이 갖는 가공기술적인 고려사항인 표면거칠기, 치수공차 및 기하공차를 고려하여, 부품의 작업준비횟수의 결정에 중요한 요인이 되는 표면의 그룹화에 대해 고찰하고, 앞에서 분류한 공작물고정방법들에 대하여 작업준비횟수를 결정하는 방법을 제안한다.

3.1 표면의 그룹화

표면의 그룹화는 외부가공면들에 대해서는 최대직경인 면을 기준으로 왼쪽의 표면 그룹(Outer Left Surface Group: OLSG)과 오른쪽의 표면그룹(Outer Right Surface Group: ORSG)으로 분류하는 데, 표면그룹의 기준이 되는 최대직경인 면이 원통면이면 부품윤곽형태와 가공기술적인 관계가 있는 표면의 존재유무에 따라 외부표면들을 그룹화하고, 최대직경인 표면이 원통면이 아니면 최대직경인 점을 기준으로 표면을 그룹화한다. 내부가공면들에 대해서는 최소직경인 면을 기준으로 왼쪽의 표면그룹(Inner Left Surface Group: ILSG)과 오른쪽의 표면그룹(Inner Right Surface Group: IRSG)으로 분류하는 데, 내부가공면의 그룹화의 기준이 되는 최소직경인 표면이 원통면이면 부품의 내부윤곽형태, 가공기술적인 관계가 있는 표면의 존재유무 및 내부면의 관통유무에 따라 내부표면들을 그룹화하고, 최소직경인 표면이 원통면이 아닌 경우는 최소직경인 점을 기준으로 내부표면들을 그룹화한다.

번호	윤곽형태	도식적 표현	외부면의 보기	내부면의 보기
①	일정형			
②	증가형			
③	감소형			
④	혼합형			

그림 2. 부품의 윤곽형태

3.2 척작업에서 작업준비횟수의 결정

[1] 작업준비횟수가 1회인 경우

척작업에 의해 가공되는 대부분의 부품들은 2회이상의 작업준비로 완성이공되나, 1

회의 작업준비에 의해 가공되는 경우에는 다음의 조건을 만족해야 한다.

(1) 주어진 소재조건

① 소재길이(Lm) > (부품최대길이(Lmax) + 절단용공구의 최대폭(TWmax) + 척이 공작물을 클램핑한 폭(CW)), 즉 소재의 길이가 충분히 길어서 소재를 부품치수로 가공하기 위해 최종작업인 절단을 할때 절삭공구와 척간의 충돌을 방지하는 경우임.

② ①을 만족시키지 않는 경우로서, 소재직경(Dm) = 부품의 최대직경(Dmax)이고, 소재의 끝면이 도면상에서 요구하는 가공면의 조건과 일치하는 경우임.

(2) 부품의 윤곽형태의 조건

①부품이 외부표면들로만 구성된 경우 윤곽형태가 일정형, 증가형 또는 감소형일 것.

②부품이 외부표면 및 내부표면들로 구성된 경우는 다음의 3가지중 하나일 것.

③ 외부표면의 윤곽형태는 일정형, 내부표면의 윤곽형태는 일정형, 증가형 또는 감소형일 것.

④외부표면의 윤곽형태는 증가형, 내부표면의 윤곽형태는 일정형 또는 감소형일 것.

⑤외부표면의 윤곽형태는 감소형, 내부표면의 윤곽형태는 일정형 또는 증가형일 것.

(3) 부품의 최대직경이 스피들의 직경보다 작을 것.

(4) 부품의 최대직경이 척의 가공능력 범위내에 있을 것.

이상과 같이 (1), (2), (3), (4)를 모두 만족하는 경우는 1회의 척작업만으로도 부품을 완성가공할 수 있다.

[2] 작업준비횟수가 2회 이상인 경우

상기 [1]의 조건들 중 하나라도 만족시키지 않는 경우는 2회 또는 3회의 작업준비에 의해 가공되며, 이들은 부품의 윤곽형태에 따른 표면들의 그룹과 가공기술적으로 고려해야될 표면들의 존재유무에 따라 작업준비횟수가 정해진다.

3.3 센터작업에서 작업준비횟수의 결정

부품을 센터작업(척-센터작업 또는 양센터작업)으로 가공할 때는 먼저 공작물의 한쪽 또는 양쪽단면에 센터구멍뚫기작업을 해야 한다. 이 경우, 센터구멍은 양센터 또는 한쪽의 센터로 공작물을 지지하기 위한 구멍으로서, 절삭시 공작물의 증량에 충분히 견딜수 있도록 뚫어야 하며, 그 크기는 공작물의 직경에 따라 알수 있다[10].

본 연구에서는 센터구멍뚫기작업을 위한 작업준비는 작업준비횟수의 결정에서 제외하였으며, 따라서 센터구멍뚫기작업후 센터작업은 척작업과 유사하게 부품을 1회, 2회 또는 3회의 작업준비에 의해서 완성가공할 수 있으며, 이러한 작업준비횟수는 사용자와의 대화에 의해 결정하게 하였다.

4. 클램핑면 및 공작물고정구의 결정

4.1 척작업

본 연구에서는 공작물고정방법 중 척작업에서의 공작물고정구(척킹형식)의 종류를 그림 3과 같이 3가지로 분류하였으며, 분류한 척킹형식중 선택기준은 외부표면을 클램핑하는 척킹형식 1, 2를 우선적으로 선택하며, 외부표면을 클램핑할 수 없는 경우는 척킹형식 3을 선택하도록 한다. 또한 척킹형식 1과 2 사이의 선택은 가능한 한 넓은 면을 클램핑할 수 있는 척킹형식 1을 우선적으로 선택하도록 한다[10].

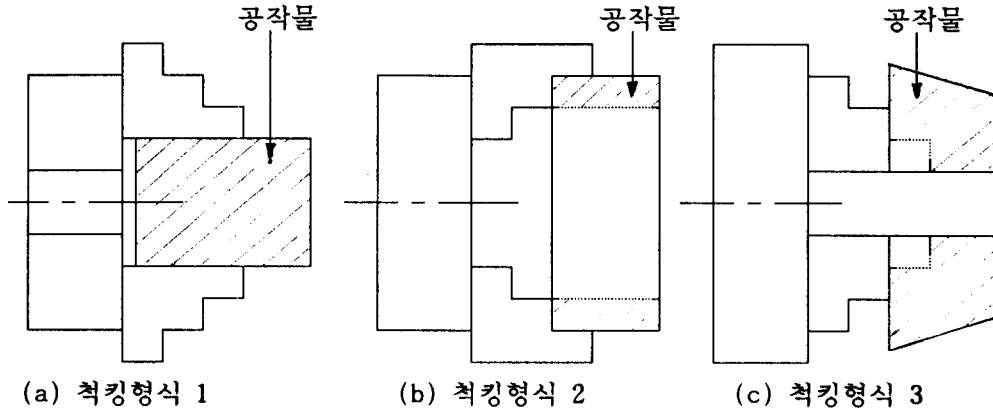


그림 3. 척킹형식의 종류

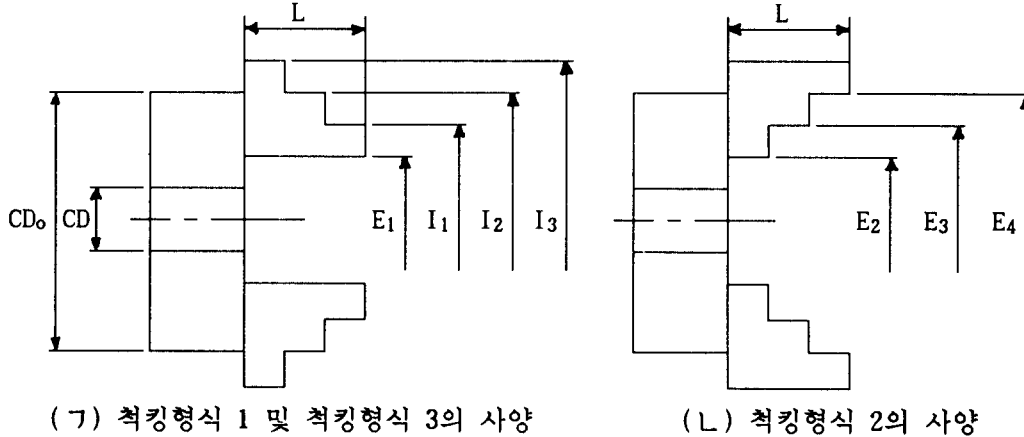


그림 4. 척킹형식의 종류에 따른 사양

본 연구에서는 NC선반과 그에 따라 사용되는 그림 4와 같은 척킹형식의 각 종류의 사양을 고려하여 다음 경우와 같이 작업준비에 따른 최적의 클램핑면을 선정하고, 3가지의 척킹형식 중에서 조건을 만족시키는 척킹형식을 선택하도록 하였다.

[경우 1] 1회의 작업준비로 완성이공하는 경우

부품의 윤곽형태와는 무관하게 소재의 원통면이 클램핑면이 되며, 척킹형식의 종류는 $D_m \leq E_1$ 의 최대값(E_{1max})이면 척킹형식 1, 그 외에는 척킹형식 2가 선정된다.

[경우 2] 2회의 작업준비로 완성이공하는 경우

외부원통면의 존재유무에 따라 클램핑면과 척킹형식은 다음과 같이 선정된다.

가) 외부면그룹인 OLSG, ORSG에 모두 원통면이 존재하는 경우 : 가공기술적으로 고려할 표면이 있으면 그 면이 있는 방향의 소재의 원통면이 첫번째 작업준비에서의 클램핑면이고 척킹형식은 [경우 1]과 같다. 두번째 작업준비에서의 클램핑면은 첫번째 작업준비에서 선정한 척킹형식에 따라 가공된 원통면들 중 최대직경인 원통면부터 직경이 작은 원통면의 순서로 클램핑의 가능여부를 확인하여 선정한다.

나) 외부면그룹중 한쪽그룹(예로서 OLSG)에만 원통면이 존재하는 경우 : 첫번째 클램핑면은 원통면이 존재하지 않는 방향인 소재의 우측원통면이며 척킹형식은 [경우 1]과 같다. 두번째 클램핑면은 가)의 경우와 같이 선정된 척킹형식에 의해 클램핑이 가능한 최대직경의 원통면이다.

다) 외부면그룹에 원통면이 없는 경우 : 소재의 원통면과 부품의 내부원통면이 클램핑면의 선정대상이다. 부품의 내부시작면과 마지막면이 모두 원통면이면 두 표면의 정밀한 정도에 따라 클램핑면을 선정하며, 두 표면중 한 표면만이 원통면이면 그 원통면이 클램핑면이 된다. 이 경우, 첫번째 작업준비에서의 척킹형식은 [경우 1]과 같고, 두번째 작업준비에서는 척킹형식 3이 선정된다.

[경우 3] 3회의 작업준비로 완성이공하는 경우

이 경우는 외부표면에 가공기술적으로 고려해야 할 사항이 있는 경우로서, OLSG와 ORSG에 속한 표면들이 기하공차가 있는 경우와 매우 정밀한 표면다듬질정도, 치수공차가 있는 경우의 각각에 대하여 클램핑면과 척킹형식이 선정된다.

4.2 센터작업

센터작업이 적용되는 부품 중 1회의 작업준비에 의해 완성이공되는 부품은, 소재의 원통면이 클램핑면이고 척-센터작업에서의 척킹형식은 척작업에서의 선정방법과 동일하다. 2회의 작업준비로 완성이공되는 부품은 척-센터작업에 의하며 첫번째 클램핑면은 소재의 원통면, 두번째 클램핑면은 부품의 가공된 표면 중 외부시작면 또는 외부마지막면과 가장 가까운 곳의 원통면이다. 3회의 작업준비로 부품을 완성이공할 때는 첫번째 및 두번째의 클램핑면은 앞의 2회의 작업준비로 완성이공할 때의 클램핑면의 선정과 동일하며, 세번째는 양센터작업에 의해 완성이공되므로 클램핑면은 외부시작면 또는 외부마지막면과 가장 가까운 곳의 원통면이다.

5. 작업준비계획의 자동화시스템의 개발

본 연구에서 개발한 작업준비계획의 자동화시스템의 전반적인 흐름도는 그림 5와 같다. 여기서 PGI 화일은 부품의 일반정보가 입력되며, Pddb 화일은 부품서술데이터베이스이며, M/C 화일은 공작기계와 고정구의 데이터베이스이며, TOOL 화일은 공구에 관한 데이터화일이며, SETUP 화일은 개발한 시스템의 출력정보가 저장된다.

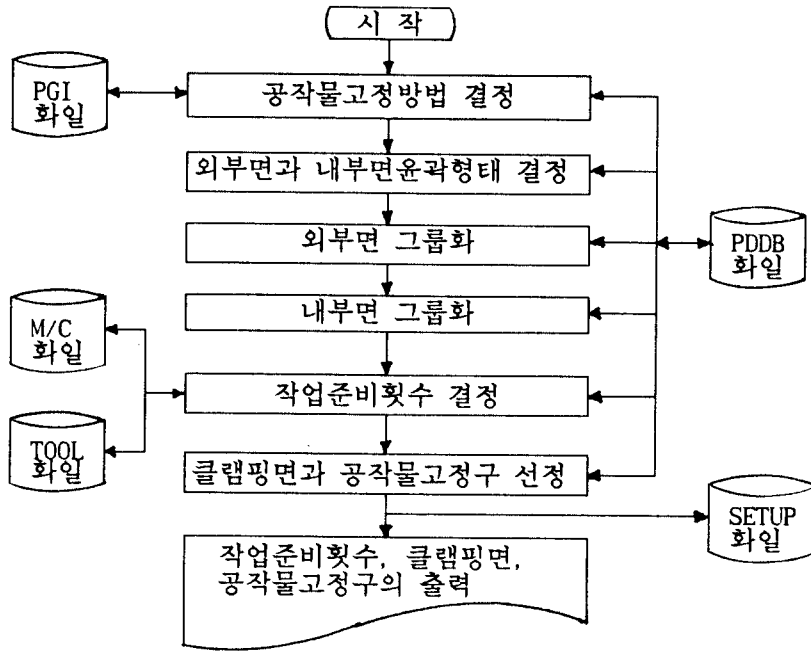


그림 5. 작업준비계획 자동화시스템의 흐름도

Ⅲ. 사례연구 및 고찰

본 연구에서 개발한 기법을 그림 6의 도면을 통해 살펴보면 다음과 같다. 여기서 점선은 소재의 윤곽을, 번호 1-15는 부품의 표면번호를 나타낸다. 또한 사용된 척은 $CD_0=200$, $E_1=16-100$, $E_2=35-110$, $E_3=75-150$, $E_4=140-185$, $I_1=75-150$, $I_2=145-225$, $I_3=185-265$, $CD=30$, $L=40$ 의 사양을 갖는다.

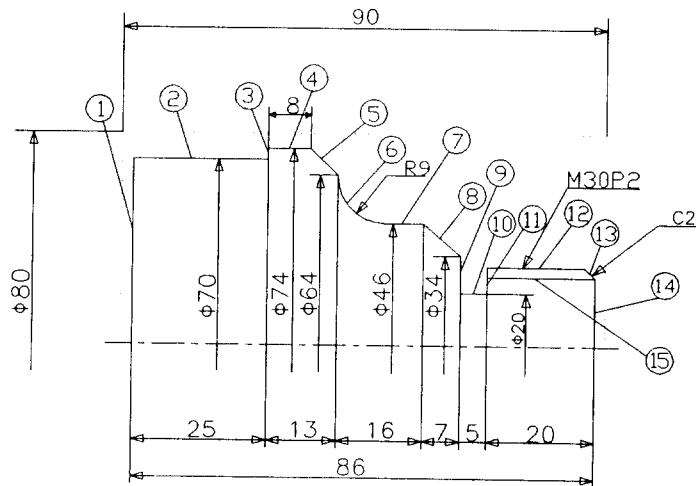


그림 6. 예제도면

(1) 개발된 시스템의 입력정보로서 예제도면의 품명, 품번, 재질 등의 일반정보가 사용자와의 대화에 의해 입력되고, Pddb정보 및 형상특징정보가 Pddb화일로부터 다음과 같이 입력된다.

① Pddb정보의 입력

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	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0	A			
2	L	0	0	35	25	35	0	0	0	0	0	C			
3	L	0	25	35	25	37	0	0	0	0	0	A			
4	L	0	25	37	33	37	0	0	0	0	0	C			
5	L	0	33	37	38	32	0	0	0	0	0	D			
6	A	0	38	32	47	23	47	32	9	180	270	O			
7	L	0	47	23	54	23	0	0	0	0	0	C			
8	L	0	54	23	61	17	0	0	0	0	0	D			
9	L	0	61	17	61	10	0	0	0	0	0	E			
10	L	0	61	10	66	10	0	0	0	0	0	C			
11	L	0	66	10	66	15	0	0	0	0	0	A			
12	L	0	66	15	84	15	0	0	0	0	0	C			
13	L	0	84	15	86	13	0	0	0	0	0	D			
14	L	0	86	13	86	0	0	0	0	0	0	E			
15	L	0	66	13	86	13	0	0	0	0	0	C			

② 형상특징정보의 입력

표면번호	1, 3, 9, 14	2, 4, 7, 12	5, 13	6	8	9, 10, 11	15
형상특징	측면	원통	모따기	오목원호	원추	수직홈	나사홈

(2) 개발된 작업준비계획 자동화시스템의 실행에 의한 출력결과는 다음과 같다.

=====

- * Workpiece Holding Method = Chuck
- * Numbe of Setup = 2
- * 1st Clamping Surface = Right Cylinder of Material
- * 2nd Clamping Surface = Sn 4
- * Workpiece Holding Device = Chucking Style 1

=====

이상과 같이 예제도면에 개발한 기법을 적용한 결과, 공작물선정방법은 척작업이고, 2회의 작업준비에 의해 완성가공됨을 알 수 있으며, 또한 첫번째 클램핑면은 소재의 우측면이므로 표면들은 좌측의 표면그룹 -> 우측의 표면그룹의 순서로 가공되어야 하며, 가공시 각 작업준비에서 필요한 공작물고정구는 척킹형식 1이 선정됨을 알 수

있다. 이상을 통해 살펴볼 때, 작업준비계획은 공정계획을 위해 가공순서의 결정전에 실행되어야 할 기능임을 알 수 있으며, 사례연구를 통하여 개발된 기법의 유효성을 입증하였다.

IV. 결 론

본 연구에서는 선삭공정에서 CAD 인터페이스된 자동공정계획시스템개발에 관한 연구의 계속으로 공정계획에서의 미시적인 의사결정을 수행하는 작업준비계획을 자동화하는 기법을 개발하였다.

연구의 대상은 NC선반가공용 회전형상부품을 대상으로 하였고, 연구의 내용은 공작물고정방법의 결정, 작업준비횟수의 결정, 클램핑면 및 공작물고정구의 선정에 관한 기법과 알고리즘을 개발하였으며, 소프트웨어개발에 사용한 프로그래밍 언어는 Turbo - C (Version 2.0)를 이용하여 IBM PC/AT를 사용하여 개발하였다.

개발한 기법을 사례연구를 통해 적용한 결과 그 유효성을 입증하였으며, 보다 자동화된 공정계획을 위해 반드시 수행되어야 할 기능임을 알 수 있었다.

향후의 연구과제로는 선삭공정에서 CAD 인터페이스된 자동공정계획시스템의 개발을 위해, 공구선정 및 절삭매개변수의 선정, NC파트프로그램의 생성등에 관한 연구와 함께 보다 다양한 대상부품에 적용가능한 자동공정계획시스템의 개발이 수행되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] Chang, T.C., Expert Process Planning for Manufacturing, Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
- [2] 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.
- [3] Ahlgrim, S.C. and Chang, T.C., " A Survey on the Use and Development of Computer Aided Process Planning Systems", TR-ERC 89-6, Purdue University, April 1989.
- [4] Boerma, J.R., and Kals, H.J.J., "FIXES, a System for Automatic Selection of Set-Ups and Design of Fixtures", Annals of the CIRP, Vol. 37/1, pp. 443-446, 1988.

- [5] Giusti, F., Santochi, M., and Dini, G., "KAPLAN: a Knowledge-Based Approach to Process Planning of Rotational Parts," *Annals of the CIRP*, Vol. 38/1, pp. 481-484, 1989.
- [6] Hinduja, S., and Huang, H., "Automatic determination of work-holding parameters for turned components," *Proc. of Institution of Mechanical Engineers*, Vol. 203, pp. 101-112, 1989.
- [7] van Houten, F.J.A.M., "Strategy in Generative Planning of Turning Processes," *Annals of the CIRP*, Vol. 35/1, pp. 331-335, 1986.
- [8] van Houten, F.J.A.M., "PART : A Computer Aided Process Planning System," Ph. D. Thesis, University of Twente, 1991.
- [9] 조규갑, 김인호, "선삭공정에서 CAD인터페이스된 자동공정계획시스템개발에 관한 연구(I): 형상특징의 자동인식과 공정선정," *대한산업공학회지*, 제 17권, 제 2호, pp. 1-16, 1991.
- [10] 金琦淵 編著, 旋盤技術, 省安堂, 1980.