

밀링가공에 있어서 컴퓨터 이용 공정계획시스템 개발 (Development of Computer Aided Process Planning system on Milling)

백인환 김준안 윤동식
(부산대학교 생산기계공학과) (금성사 생산기술센터) (부산대학교 대학원)

1. 서론

공정계획(Process planning)이란 소재로 부터 제품을 경제적, 효율적으로 생산하는데 필요한 방법의 체계적인 결정이라고 정의 할 수 있다. 일반적으로 공정계획에 관한 지식은 전문가의 오랜 경험을 통해 얻어지므로, 공정계획을 수행하기 위해 전문가를 영산하기에는 많은 어려움이 따른다. 그리고 전문가의 지식 및 가공방법 자체가 여러가지 경우의 수를 가지는 불명확한 것이 많으므로 이를 체계적으로 지식 베이스(Knowledge base)화 하여 이것을 이용한 자동공정계획시스템의 개발이 필연적이다.

본 연구에서는 절삭가공의 핵심이 되는 밀링가공을 대상으로 하며, AutoCAD로 부터 자동 또는 대화식으로 부품의 형상 및 치수 데이터를 인식하고, 이 데이터를 기준으로 기공의 지식 베이스와 이론을 접목시켜 개발한 규칙을 통해 공구결정과 가공 표준시간 계산을 수행하고자 한다.

본 연구에서 사용된 언어는 형상특징인식을 위한
ADS(AutoCAD Development System)와 객체지향적 언어인
Borland C++이다.

2. 시스템의 구성과 내용

2.1 시스템 구성

본 연구에서 개발한 “밀링 가공에 있어서 컴퓨터 이용 공정계획 시스템(MLCAPP)”의 전체 구성도는 Fig. 1과 같다. 본 시스템은 가공특징 데이터 베이스를 구축하는 AutoCAD 부분과 공구직경 결정, 가공거리 계산, 절임 횟수 결정, 이송속도 계산 및 가공 표준시간 계산 부분으로 이루어진다.

2.2 공정계획 시스템의 내용

2.2.1. 가공특정 데이터 베이스

본 연구에서는 사용자에 의한 형상특징의 인식 (manual feature identification)을 통하여 설계정보로부터 가공특징(MF: manufacturing feature)을 사용자가 정의 하는 방법을 사용한다.

먼저 사용자는 설계정보로 부터 표준형상, 복합형상 을 구분하여 한가지로 선택한다.

표준형상의 경우일때는, 기본 데이터(Table 1)를 입력하면 코너드릴, 내부반지름, 외부반지름, 스텝 및 슬롯의 유무에 따라 다음과 같은 9가지 형상 중 1가지로 결정되어진다.

- 1) 피닌구 구멍이 있는 포켓
 - 2) 내부 반지름이 있는 포켓
 - 3) 장공
 - 4) 트인 스텝
 - 5) 피닌구 구멍이 있는 미친 스텝
 - 6) 내부 반지름이 있는 미친 스텝
 - 7) 트인 슬롯
 - 8) 피난구 구멍이 있는 막힌 슬롯
 - 9) 내부 반지름이 있는 미친 슬롯

그리고 복합형식은 사용자가 본 시스템에서 미리 정해 놓은 밀링에서 가공 가능한 9가지의 형태(Fig. 1) 중 한가지를 선택 하여 각 형상에 필요한 데이터를 입력 하여 가공특징 데이터를 구축한다.

이렇게 가공특징이 결정되어지면 가공특징 데이터 베이스에 따라 공구작정 결정, 가공거리 계산, 절입횟수 결정, 이속속도 계산, 가공 표준시간 계산이 수행된다.

2.2.2 공구직경 결정

가공의 지식 베이스와 가공이론을 통하여 만든 공구
직경 결정 데이터 베이스를 통하여 각 형상마다 B의 크
기에 따라 피난구, start hole drill, 황삭가공 엔드밀
및 정삭가공 엔드밀의 최적의 공구직경이 결정된다. 이
공구직경 결정 데이터 베이스는 수정 가능하도록 되어
있으며, 공구직경 결정 데이터 베이스 중 “피난구 구멍
이 있는 포켓”的 예를들면 Table 2와 같다.

(주) B는 Table I 참조)

2.2.3 가공거리 계산

가공거리는 표준형상과 복합형상으로 나누어 계산하였다. 표준형상은 황식의 경우, 입력 데이터로 가로(A), 세로(B), 공구직경(D), 구분(flag), 외부반지름(EXR) 및 외부반지름 갯수(EXRP)를 입력 받으며, 여기서 구분(flag)하는 기준은 다음과 같다.

- 1) 비관통(일반구멍)
- 2) 비관통(장공)
- 3) 트인 스텝, 트인 슬롯
- 4) 관통(일반구멍)
- 5) 관통(장공)

황식의 경우, 입력 데이터는 가로(A), 세로(B), 공구직경(D), 구분(flag), 내부반지름(EXR), 내부반지름 갯수(EXRP)이며, 여기에서 구분(flag)하는 기준은 다음과 같다.

- 1) 일반 구멍
- 2) 장공
- 3) 트인 스텝
- 4) 트인슬롯
- 5) 내부반지름 존재

복합형상은 외부반지름 존재 유무, 장공 존재 유무, 황식 및 정식에 따라 계산식이 달라진다.

예를 들어, 표준형상의 정식 트인 스텝가공의 경우 가공거리 계산 알고리즘은 Fig. 3과 같다.

2.2.4 절입횟수 결정

절입횟수는 절입 깊이와 공구직경에 따라서 결정되는데 황식, 정식으로 나누어 데이터 베이스화 하였다. 정식의 경우 절입횟수를 결정하는 규칙의 예를 들면 Table 3과 같다.

2.2.5 이송속도 결정

이송속도를 구하는 공식은 절삭폭, 절삭 깊이, 공구직경을 변수로 하여 회귀분석법을 사용하여 만들었다. 실제 이송속도는 사용공구 종류에 따라 달라지나 우선 short endmill을 기준으로 작성하였다. 그리고 각 재질별로 재질 SM45C, SM55C, KP의 이송속도를 100%로 했을 때 아래와 같이 재질개수를 주었다.

- STS3, STC3, KP4, KPM : 80 %
- STD61, NAK55, NAK80 : 63 %
- STD11 : 58 %
- CC20, CC25 : 100 %

2.2.6 가공 표준시간 계산

표준시간은 정해진 한 단위의 작업을 정상속도로 수행하는데 소요되는 시간을 말하며, 이는 어느 개회에 필요한 시간에 즉치의 기초자료로써 또는 표준에 대응하는 작업을 완수했을 때, 그 작업의 실작 확인을 위한 기초자료로써 사용할 수 있다. 이러한 정의를 바탕으로 밀링가공에 있어서 표준 작업시간은 다음과 같은 공식으로 구할 수 있다.

$$T = [TR + Q (TS + TPK + Th)] (1 + \alpha)$$

여기서 각 항은 다음과 같다.

- | | |
|-------------------|--------------------|
| • T : 작업 총시간 | • TR : 준비시간 |
| • Q : 부품갯수 | • TS : 셋팅시간 |
| • TM : 축정시간 | • α : 작업여유율 |
| • TPK : 포켓가공의 시간합 | • Th : 구멍가공의 시간합 |

1) 상수값

- TR(준비 시간) : 7분
- Q(부품 갯수) : 기초 데이터 부품 수량
- TS(셋팅 시간) :
 - $d_{wght}(\text{무게}) = A * B * C * \text{재질의 비중} / 10^6 (\text{kg})$
 - if $A \leq 190$ then TS = 6
 - if $A > 190$ and $d_{wght} \leq 20$ then TS = 15
 - if $A > 190$ and $d_{wght} > 20$ then TS = 28
- (여기서 A, B, C는 기초 데이터 A, B, C이다.)
- TM(축정시간) : 1분
- α (작업 여유율) : NS(0.2), ML(0.21)

2) TPK(포켓가공의 시간합)

포켓가공의 시간합은 기초 데이터의 외부R, 내부R, 스텝 및 슬롯의 유무에 따라 Fig. 4와 같은 알고리즘을 따라 계산되어진다.

그리고 Fig. 4의 알고리즘에 사용되어진 함수는 아래와 같다.

- ① ETPK_ST (PP, RRI, PCC, mname)
 - : 외부반지름 앤드밀 가공 공식
 - PP : 포켓가공갯수
 - RRI : 외부반지름 치수
 - PCC : 깊이
 - mname : 재질명
- ② drL_st(PTE, PTC1, PP, PLT1, PLT21, PUN1, PDT1, mname)
 - : 순수드릴 가공 공식
 - PTE : 공구 교환시간 : 2.0 분
 - PTC1 : 기계조정시간 : 0.0 분
 - PP(갯수) : PK 화면 PK 가공갯수
 - PLT1 : 드릴질식거리
 - PLT1 = PCC + PLT31
 - PLT31 = 2 + 0.3 * PD3
 - PD3 : start hole 직경
 - PLT21 : 인전간격
 - PUN1 : 1회 드릴 가공길이
 - PDT1 : 드릴 직경 = PD3
 - mname : 재질명

- ③ ICSS_ST(Y1, C, PAA, PBB, PCC, PD1, PD2, mname, Job)
 - : 앤드밀 가공 공식(내부 반지름, 코너드릴, 스텝가공, 슬롯가공)

- Y1 : 두께방향 가공횟수
Y1 = PCC/40 (나머지 존재시 1회 추가)
- C : 기초 데이터
- PAA : 가로
- PBB : 세로
- PCC : 깊이
- PDI : 횡사직경
- PD2 : 정사직경
- mname : 재질명
- Job : 작업선택 flag

3) Th(구멍가공의 시간합)

구멍가공의 시간합은 공차의 종류에 따라 Fig. 5와 같은 알고리즘에 의해 계산되어 진다.

그리고 여기서 사용되어진 합수는 아래와 같다.

① drl_st(TE1, TCI, P, LT1, LT21, UNI, Dt1, mname)

- : 순수드릴 가공 공식
 - TE1 : 공구 교환시간 : 2.0분
 - TCI : 기계조정시간 : 0.0분
 - P : 갯수
 - LT1 : 드릴의 질사거리

$$LT1 = L + LT31$$
 - L : 깊이
 - LT31 = 2 + 0.3 * Dt1
 - LT21 : 안전간격 : 10
 - UNI : 1회 드릴 가공거리
 - Dt1 : 드릴 직경
 - mname : 재질명

② bor_st(Dt2, D, LT2, mname)

- : 보오링 가공 공식
 - Dt2 : 드릴직경 : 0.9 * D
 - D : 직경 (DR 화면 입력 데이터)
 - LT2 : 드릴의 질사거리

$$LT2 = L + LT32$$
 - L : 깊이
 - LT32 = 2 + 0.3 * Dt2
 - mname : 재질명

3. 결론

본 연구를 통하여 “밀링가공에 있어서 컴퓨터 이용 공정계획시스템(MLCAPP)”을 개발한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 밀링가공에 있어서 가공물이 형상에 따라 표준형상과 복합형상으로 구분이 가능하였다.
- 2) 형상구분은 표준형상 9개 복합형상 9개로 구분이 가능하였다.

- 3) 가공의 비전문가도 최적의 공구선정이 가능하게 되었다.
- 4) 공구 종류와 피삭재의 재질에 따라 공구이송속도 계산에 회귀분석법을 이용하였으며, 이를 사용하여 가공 표준시간 계산을 수행하였다.
- 5) 가공 표준시간 계산이 가능하게 되어 작업의 진척을 예측할 수 있었다.

4. 참고문헌

1. Chang, T. C. and Wysk, R. A., An Introduction to Automated Process Planning System, Prentice-Hall, 1985.
2. H. J. Warnecke and H. Muthsam, Intelligent Design and Manufacturing, John Wiley & Sons, Inc. 1992.
3. S. S. Pande and M. G. Walvekar, A Computer Assisted Process Planning System for Prismatic Components, INT. J. Production Research, Vol. 28, 1990.
4. Chang, T. C. Expert Process Planning for Manufacturing, Addison-Wesley Publishing Company, 1990
5. Ham, I. Y., Computer-Aided Process Planning: The Present and the Future, Annals of the CIRP, Vol. 38, 1988
6. Tomas R. Karmer, Journal of Manufacturing Systems, Vol. 11, No. 2
7. S. S. PANDE & M. G. WALVEKAR, PRICAPP: A computer assisted process planning system for prismatic components, INT. J. PROD. RES., VOL. 28, NO. 2, 1990.
8. 조규갑, 자동공정계획시스템, 대한기계학회지, 제 28권, 제 3 호, 1988.
9. 김준안 외 4명, 면적밀링의 힐리적인 표준시간 계산 방법에 관한 연구, 한국장밀공학회 주최 춘계학술대회, 1992.
10. 김준안 외 3명, 프레스 금형 설계용 CAD와 인터페이스된 컴퓨터 이용 공정계획시스템 개발, 한국장밀공학회 주최 춘계학술대회, 1993.

Table 1 표준형상의 기본데이터

데이터 입력 PROMPT	변수명	DATA TYPE (BYTE)
1. 가로 < . >	hol	float(4)
2. 세로 < . >	vel	float(4)
3. 깊이 < . >	dep	float(4)
4. 갯수 < . >	qun	integer(2)
5. 코너 드릴 <Y/N>	cdr	character(1)
6. 내부 R < . >	inr	float(4)
7. 내부 R 갯수 < . >	inrq	integer(2)
8. 외부 R < . >	exr	float(4)
9. 외부 R 갯수 < . >	exrq	integer(2)
10. step <Y/N>	stp	character(1)
11. slot <Y/N>	slo	character(1)

(여기서, 가로, 세로, 깊이 중 가장 큰 값은 A,
다음 값은 B, 가장 작은 값은 C이다.)

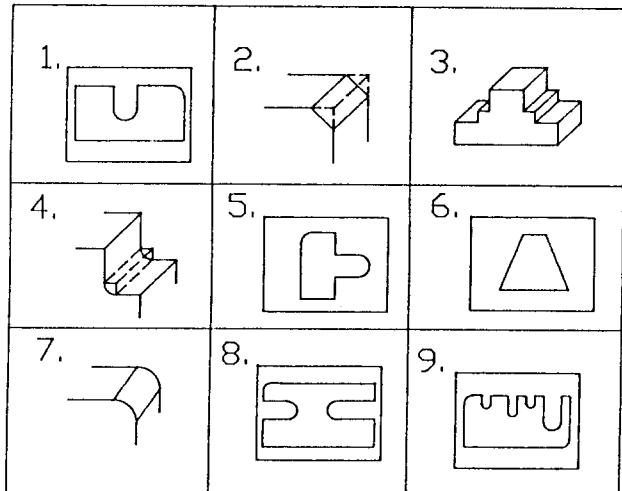


Table 2 “피난구 구멍이 있는 포켓” 의
공구작정 결정 데이터 베이스

조건	파단구		황사	정삭
	드릴	start hole		
B ≤ 15	6	9	8	6
15 < B ≤ 18	8	11	10	8
18 < B ≤ 30	10	17	16	12
30 < B ≤ 40	14	20	20	16
40 < B ≤ 60	18	27	26	20
60 < B ≤ 130	22	29	28	28
130 < B	22	36	63	28

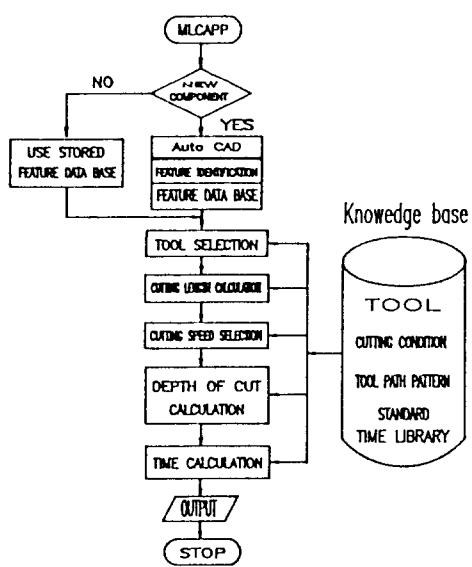


Fig.1 Structure of MLCAPP

Fig.2 User defined composite feature

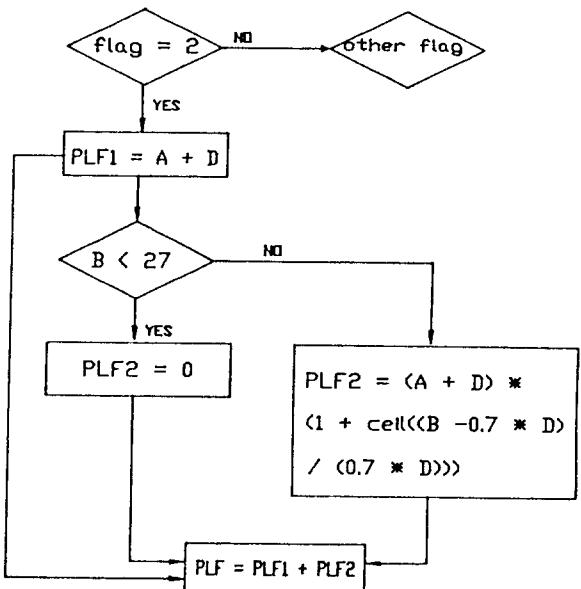


Fig.3 Flowchart for cutting length
calculation on rough step cutting

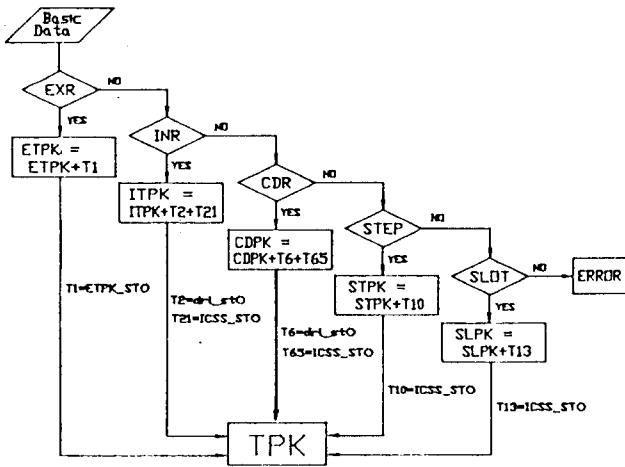


Fig.4 Flowchart for time calculation on Pocket cutting

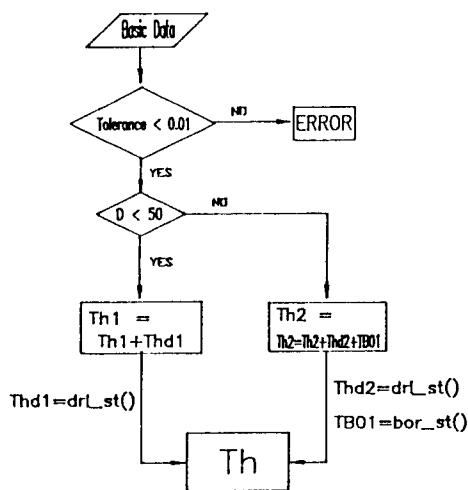


Fig.5 Flowchart for time calculation on Drilling

Table 3 첨삭가공의 경우 철입깊이에 따른 철입횟수 결정 데이터 버이스

철입 깊이	~19	~24	~30	~34	~40	~44	~54	~60	~64	~74	~80	~89	~90	~94	~110	~120	~130	~140	~150
Φ4	1회	2회																	
Φ6			1회	2회															
Φ10			1회	2회															
Φ12					1회														
Φ14						1회													
Φ16, 18							1회												
Φ20, 22								1회											
Φ24 ~ 30									1회										
Φ32										1회									
Φ35											1회								