

사출금형의 지식베이스에 의한 자동공정설계시스템

조 규갑*, 임 주택*, 이 가상**, 김 필성**, 김 병현**

Automated Process Planning System based on Knowledge Base for Injection Mold

Kyu-Kab Cho*, Ju-Taek Lim*, Ga-Sang Lee**, Pil-Seong Kim**, Byeong-Hyeon Kim**

Abstract

This paper deals with development of a Computer Aided Process Planning System based on knowledge base in addition to database for injection mold as a part of Computer Integrated Manufacturing System for injection mold manufacture.

The proposed system consists of four modules such as manufacturing feature code generation module machine tool selection and sequencing module, operation and cutting tool selection module and standard time estimation module.

The system is programmed by using Turbo Pascal on the IBM-PC/AT. The performance of the system is evaluated by using real problems and the test results indicate that the proposed system is a practical and efficient system.

1. 서 론

다품종소량생산의 특징을 갖고 있는 사출금형가공에서 컴퓨터통합생산시스템의 실현을 위한 중요한 분야의 하나는 부품설계도면으로부터 최종제품을 생산하는데 필요한 공정설계의 자동화, 즉 컴퓨터를 이용하여 공정설계를 자동적으로 생성하는 자동공정설계시스템(Computer Aided Process Planning : CAPP) 기술의 개발이다(1).

공정설계는 소재로부터 부품을 경제적, 효율적으로 생산하는데 필요한 제조공정의 체계적인 결정이라고 정의 할 수 있는데(2), 일반적으로 공정설계는 제품의 종류와 생산수량, 재료와 부품 종류, 보유 생산설

비와 가공기술의 수준에 따라 그 내용이 달라지며, 협의의 공정설계와 작업설계로 구분 할 수 있다(3).

국내외적으로 CAPP분야의 연구는 컴퓨터 지원에 의한 자동화 기술의 급속한 발전과 더불어 지난 20여년 동안에 기계가공품을 대상으로한 CAPP시스템은 약150여가지가 개발되었으나(4), 이는 CAD나 CAM분야에 비해 상대적으로 저조한 실정이다.

CAPP시스템은 크게 변성형 방법에 의한 시스템(5, 6), 창성형 방법에 의한 시스템(7-9) 및 80년대 초부터 지식베이스의 접근방법에 의한 시스템(10-12)이 개발되고 있다.

일반적으로 공정설계는 공정설계자의 경험적 지식에 의존하며 많은 시간이 소요된다. 또한 유능한 공정

* 부산대학교 산업공학과

** (주)금성사 금형사업부

설계자의 부족과 CAD와 CAM 시스템의 보급 및 다 품종소량생산의 필요성 등에 따라 컴퓨터를 이용한 CAPP이 컴퓨터통합생산시스템의 구축을 위해 개발 되어야 한다.

본 연구에서는 사출금형의 부품들을 제조공정이 표준화된 부품과 다양하게 변하는 부품으로 구분해서, 제조공정이 표준화된 부품은 표준제조공정을 지식베이스로 구축했고, 제조공정이 다양하게 변하는 부품은 공정설계 전문가와 인터뷰를 통하여 각 부품에 존재 가능한 제조특징(Manufacturing Feature : MF)들을 인식해서, 이들 제조특징들을 가공하는데 필요한 제조정보 즉 공정내용, 공작기계, 가공우선순위 및 사용공구를 지식베이스로 구축했고, 제조특징들을 가공하는데 필요한 표준시간 산출용 경험식을 개발하였다. 구축된 지식베이스 및 경험식을 이용하여 공정설계가 자동적으로 수행되는 시스템을 개발하는 것이 연구의 목적이다. 본 연구에서 개발된 시스템을 GS-CAPP이라 명명하며, GS-CAPP 소프트웨어 개발은 Turbo Pascal 언어를 사용하여 IBM-PC/AT의 호환성 기종에서 개발하였고, 실제 사출금형 가공공장에 GS-CAPP을 적용하여 시스템의 유효성을 평가하였다.

2. 공정설계용 지식베이스 구축

2.1 제조특징 코드

본 연구에서 정의한 제조특징은 제품을 성형하기 위해서 사출금형의 각 부품에 필수적으로 존재해야 하는 기능형상, 성형품의 불량 예방을 위해서 존재하는 기능형상, 제품 취출 방식에 따른 구조적 형상 및 제품의 기하학적 형상등 각 부품도에 도시된 형상들과 치수, 공차, 가공조건 및 가공방법으로 구성된다. 각 부품에 존재 가능한 제조특징들을 나타내는 제조특징 코드는 다음과 같은 절차에 의해서 개발되었다.

(1) 사출금형을 구성하는 부품들을 제조공정이 표준화된 부품과 다양하게 변하는 부품으로 구분, (2) 분류된 부품의 공정설계시 공정부여의 기준이 되는 항목들을 추출, (3) 추출된 항목들이 수행하는 기능을 형

상별로 주형상, 부가형상, 구조적 형상으로 분류하고 각 형상들을 가공하는데 필요한 가공조건 및 가공방법을 조합하여 사출금형용 제조특징 코드를 개발하였는데, 각 절차의 내용은 다음과 같다.

(1) 제조공정이 다양하게 변하는 부품은 금형구조에서 제품의 외형 및 기능에 많은 영향을 미치므로 중요부품이라 정의하였고, 제조공정이 표준화된 부품은 중요부품들을 체결 및 지지하며, 제품을 금형으로부터 취출하는 기능을 가지므로 표준부품이라 정의하였다. 중요부품과 표준부품에 대한 내용을 정리하면 표 1과 같다.

Table 1. Part Classification of Injection Mold

중 요 부 품	표 준 부 품
1. 일체형 고정축 형판	1. 스페이스 블록
2. 분할형 고정축 형판	2. 이젝트 플레이트
3. 일체형 가동축 형판	3. 고정축 설치판
4. 분할형 가동축 형판	4. 가동축 설치판
5. 캐비티 코어 및 코어	
6. 슬라이드 코어	

표 1의 중요부품들 중에서 분할형 형판류는 성형품의 기하학적 형상이 복잡해서 캐비티 코어 및 코어를 분할가공하여 형판에 삽입하는 경우이고, 그렇지 않고 캐비티 코어 및 코어를 형판류와 동시에 가공하는 것을 일체형 형판류라 한다.

(2) 표 1에 있는 부품들의 대표적인 도면 150매를 대상으로 하여 공정설계를 수행할때, 공정부여의 기준이 되는 항목들을 공정설계자와 인터뷰해서 표 2와 같이 분류하였다. 표 2에서 기초형상은 원재료의 형상을 나타내고, 외부형상은 해당부품의 외형구성면에 단(Step)이진 형상의 유무를 나타낸다. 또한 내부형상은 제품의 기하학적 형상을 나타내는데, 제품의 모양이 다양하므로 본 연구에서는 제품의 기하학적 형상을 가공하는 공작기계에 따라 2개의 축으로 기하학적 형상이 가공되는 것을 2차원 형상이라 정의하고, 3개의 축으로 기하학적 형상이 가공되는 것을 3차원

형상이라 정의한다. 특수가공은 부품에 존재하는 형상을 범용공작기계로 가공이 불가능한 경우를 나타낸다.

Table 2. Criterion of Operation Assignment

분류 항목	분류 기준
1. 기초형상	회전 및 비회전 형상
2. 선행작업	원재료 면삭 및 황삭 가공
3. 부품의 크기	외면 및 내면 형상 치수
4. 외부형상	외형구성면을 포함하는 단이진 형상
5. 냉각수 구멍	냉각수 구멍 형상
6. 구조형상	일체형 및 분할형
7. 내부형상	관통, 비관통, 2차원 및 3차원 형상
8. 일반구멍	탭핑 및 냉각수연결 구멍
9. 열처리	담금질, 뜨임 및 풀림 열처리
10. 특수구멍	방전 및 지그그라인딩 가공
11. 사상	습합, 준비 및 사상

(3) 표 2의 항목들을 형상 및 각 형상들을 가공하는데 필요한 가공조건 및 가공방법 별로 분류해서 표3과 같은 제조특징 코드의 분류기준을 체계화 했는데, 형상은 성형될 제품의 기하학적 형상인 주형상, 부가형상, 구조적 형상 및 각 부품들을 체결하거나 지지하기 위해서 존재하는 구멍형상으로 나누었다.

Table 3. Classification Criterion of Manufacture Feature

분류 항목	분류 기준
주 형 상	판류 및 코어류의 성형부 형상
부 가 형 상	판류 및 코어류의 불량예방 기능형상 및 측면 형상
구 조 적 형 상	금형 구조 및 구조 형상
구 멍 형 상	체결, 지지 및 취출에 관한 형상
가 공 조 건	조립 및 동시 가공
가 공 방 법	열처리, 특수가공 및 마무리 가공

표 3에서 주형상은 성형될 제품의 기하학적 형상에 대한 것으로서 주로 판류 및 코어류의 성형부 형상을 의미하며, 부가형상은 제품 성형시 불량 예방을 위해서 필요한 보조기능을 수행하는 기능형상 및 금형의

측면에 존재하는 형상을 나타내며, 구조적 형상은 사출금형의 구조 및 성형부의 복잡도에 따라 분할가공 여부를 나타낸다. 구멍형상은 체결, 지지 및 취출에 관계되는 형상을 나타내며, 가공조건은 분할 가공시 형판류와 캐비티 코어 및 코어를 조립한 후 가공할 것인가를 나타내고, 가공방법은 기하학적 형상들의 특수가공 및 사상관계를 나타낸다. 표 3에서 나타난 제조특징 코드의 분류기준을 이용해서 사출금형 각 부품의 공정설계시 인식해야 될 제조특징들을 체계화 하면 표 4와 같다. [13]

Table 4. Manufacturing Feature Code for Injection Mold

분류 기준	주 형 상		부 가 형 상	구 조 적 형 상	구 멍 형 상	가 공 조 건	가 공 방 법	비											
	판류	코어류																	
분 류	외부형상	내부형상	취출형상	코어유형상	취출형상	구조	구멍	가공	비										
	일반형상	소대형상	단이진형상	각형부형상	지지부형상	조립	동시	열처리											
구	성형	단이진	각형부	지지	구조	조립	동시	열처리	비										
	성형	단이진	각형부	지지	구조	조립	동시	열처리											
멍	성형	단이진	각형부	지지	구조	조립	동시	열처리	비										
	성형	단이진	각형부	지지	구조	조립	동시	열처리											
조	성형	단이진	각형부	지지	구조	조립	동시	열처리	비										
	성형	단이진	각형부	지지	구조	조립	동시	열처리											
방	성형	단이진	각형부	지지	구조	조립	동시	열처리	비										
	성형	단이진	각형부	지지	구조	조립	동시	열처리											
법	성형	단이진	각형부	지지	구조	조립	동시	열처리	비										
	성형	단이진	각형부	지지	구조	조립	동시	열처리											
비	성형	단이진	각형부	지지	구조	조립	동시	열처리	비										
	성형	단이진	각형부	지지	구조	조립	동시	열처리											
MF 코드	1	4	6	8	11	14	18	20	23	27	29	33	35	38	41	45			
	처리	3	5	7	9	13	15	16	17	19	21	22	26	28	32	34	37	40	44

2.2 의사결정 규칙의 획득

본 연구에서는 공정설계 전문가와 인터뷰를 통하여 사출금형의 각 부품에 존재 가능한 제조특징들을 가공하는데 필요한 각 부품별 지식베이스를 구축하였는데, 예로서 슬라이드 코어에 존재하는 제조특징 중의 하나인 언더컷[14]에 대한 의사결정 규칙을 획득하는 과정을 설명하면 다음과 같다. 먼저 언더컷을 처리하기 위해서 존재하는 형상 즉 경사편 구멍, 안내 홈, 록킹블록들을 확인한 후, 이들을 가공하는데 필요한 전문가의 경험적 지식 및 가공기술을 공정설계 전문가와 인터뷰해서 의사결정 규칙을 획득한다. 획득된 의사결정 규칙의 일부를 나타내면 다음과 같다.

<공작기계선정 규칙>
(규칙 1) IF (경사편구멍) THEN (Universal밀링)

(규칙 2) IF (안내홈) THEN (범용밀링)
 (규칙 3) IF (사각 포켓 록킹블록) THEN (범용밀링)
 (규칙 4) IF (경사진 포켓 록킹블록) THEN (Universal밀링)

〈가공우선순위 규칙〉

(규칙 1) IF (안내홈, 사각 포켓 록킹블록, 경사편 구멍이 존재할 때)
 THEN (안내홈, 사각 포켓 록킹블록을 가공하는 범용밀링이 경사편 구멍을 가공하는 Universal밀링 보다 앞선다.)
 (규칙 2) IF (안내홈, 경사진 포켓 록킹블록, 경사편 구멍이 존재할 때)
 THEN (안내홈을 가공하는 범용밀링이 경사진 포켓 록킹블록, 경사편 구멍을 가공하는 Universal밀링 보다 앞선다.)

〈작업내용 및 공구선정 규칙〉

(규칙 1) IF (경사편구멍) THEN (경사구멍 가공) and (Drill, Reamer)
 (규칙 2) IF (안내홈) THEN (홈 가공) and (T cutter)
 (규칙 3) IF (록킹블록) THEN (사각 포켓 가공) and (Endmill)
 ELSE (경사진 포켓 가공) and (Endmill)

가공우선순위 규칙에서 범용밀링이 Universal밀링 보다 앞서는 이유는 안내홈과 록킹블록을 가공한 후에 슬라이드 코어와 결합해서 경사편 구멍을 동시 가공하게 되면 치수 및 위치정도를 정확하게 얻을 수 있기 때문이다.

위의 예에서와 같이 각 제조특징들의 기능을 수행하기 위해서 존재하는 형상들을 가공하는데 필요한 의사결정 규칙들을 전문가와 인터뷰해서 지식베이스로 구축하였기 때문에, 본 연구에서는 부품도에 존재하는 기하학적 형상을 인식하는 것이 아니라 제조특징들의 존재유무를 사용자를 통해서 인식하면 구축된

지식베이스를 이용하여 자동적으로 부품도에 존재하는 형상들을 인식하도록 했다.

2.3 제조 지식베이스 구축

각 부품에 존재하는 제조특징들을 가공하는데 필요한 의사결정 규칙을 획득하기 위해서 금성사 금형공장의 공정설계 전문가와 분석한 결과, 공작기계선정 규칙과 작업내용 및 공구선정 규칙이 184개 획득되었고, 12개의 가공우선순위 규칙을 획득하였는데, 획득된 의사결정 규칙들의 일부분을 나타내면 표 5, 그림 1 및 표 6과 같다.

Table 5 A Part of Machine Tool Selection Rules

번호	제 조 특 징	분류 기준	가공 조건	대 공 작 기 계
1	성형부 형상	주형상	2 차원 3 차원 원 형	NC 공작기계
2	런너, 게이트 형상	부가형상	존 재	범용밀링
3	측면경사구멍(홈)	부가형상	존 재	Univ. 밀링
4	냉각수구멍 (수직면)	구멍형상	존 재	건드릴
5	냉각수구멍 (경사진면)	구멍형상	존 재	건드릴
6	일반구멍	구멍형상	존 재	드릴
7	폴링 열처리	가공방법	존 재	열처리
8	모방 부위	가공방법	존 재	모방밀링
9	방전 부위	가공방법	존 재	방전
10	마무리 가공	가공방법	존 재	사상

(1)	(2)	(3)		
건드릴 - {금긋기 - 밀링 - 와이어 커팅} - NC 공작기계				
(4)	(5)	(6)	(7)	
- {금긋기 - 모방밀링} - 측면가공 - {금긋기 - 드릴} - {금긋기				
(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
- 건드릴} - 드릴 - 방전가공 - NC 공작기계 - 사상작업				

Fig.1 A Part of Machining Sequence Rules for Plate Class

그림 1에서 {}로 묶여 있는 공정들은 가공우선순위에 따라 가공해야함을 나타내고, 각각의 공정기호 위에 붙여진 일련번호의 값이 작을수록 우선순위가 높음을 나타낸다. 획득된 의사결정 규칙들은 본 연구에서 소프트웨어 개발을 위해서 사용한 Turbo Pascal 언어의 IF~THEN 형식으로 표현하여 지식베이스를 구축하였다.

Table 6. A Part of Operation and Cutting Tool Selection Rules

공작기계	작업내용	사용공구
범용 밀링 기계	1. 단이진 형상 가공	Endmill
	2. 홈가공(측면, 사각)	Endmill
	3. 보스 및 정밀구멍	Endmill
	4. 베벨 가공	Dubtail Cutter
	5. 안내홈 가공	T Cutter
	6. 코어완성 가공	Ball Endmill
	7. 코어핀 구멍 가공	Endmill
	8. 이젝트핀 구멍 가공	Drill and Reamer
	9. 런너, 게이트 가공	Endmill and Ball Endmill
	10. 경사 구멍 가공	Drill and Reamer
	11. 보오링 가공	Drill and Boring Bite
	12. 사각슬롯 가공	Metal Saw
	13. 사각 경사 구멍 가공	Drill and Endmill
	14. 회전방지 홈 방지	Endmill

3. GS-CAPP 시스템의 개발 및 고찰

3.1 GS-CAPP 시스템의 구성

본 연구에서 개발된 GS-CAPP 시스템과 관련된 정보흐름은 그림 2에 나타낸 바와 같고, 공정설계시스템은 4개의 모듈 즉 (1) 제조특징(MF) 코드 생성 모듈, (2) 공작기계 및 가공우선순위 결정 모듈, (3) 작업내용 및 공구결정 모듈, (4) 표준시간 산출 모듈

로 구성되어 있다[15].

그림 2에서 빗금친 4개의 모듈은 지식베이스를 이용한 공정설계의 핵심이 되는 부분이며, 본 연구에서 모듈(1), (2), (3)은 지식베이스로 구축했고, 모듈(4) 경험식을 사용하였다.

(1) MF코드 생성 모듈

GS-CAPP에서는 사출금형 부품도면에 존재 가능한 제조특징을 체계화하여 MF코드를 개발하였다. MF코드 체계에는 형상특징, 가공방법, 가공조건 등의 정보가 포함 되어 있으며, 형상특징은 기하학적 형상, 기능형상 및 구조적 형상으로 구성 되어 있다.

해당 부품의 제조특징 존재유무를 "1" (제조특징이 있을 때) 또는 "0" (제조특징이 없을 때)으로 사용자가 입력하면 자동적으로 2진수의 MF코드가 발생된다.

(2) 공작기계 및 가공우선순위 결정 모듈

발생된 MF코드를 기초로 하여 공작기계 지식베이스에서 부품에 존재하는 제조특징들을 가공하는데 필요한 공작기계는 자동적으로 선정되나, 공작기계들의 처리순서 즉 가공우선순위는 고려되지 않는다. 순서 없이 선정된 공작기계들은 가공우선순위 지식베이스에 의해서 가공우선순서가 결정된다.

(3) 작업내용 및 공구결정 모듈

일반적으로 하나의 공작기계에서 가공할 수 있는 작업내용은 여러가지가 있으며, 각각의 작업내용에 따라 작업을 수행하는데 필요한 공구를 선택해야 한다.

사출금형 부품도면상에 나타난 제조특징을 가공하는데 필요한 공작기계와 가공우선순위가 결정되면 작업내용 및 공구 지식베이스에서 해당 공작기계에 대응하는 작업내용과 사용공구를 선택한다.

(4) 표준시간 산출 모듈

표준시간을 산출하는데 사용되는 기법은 직접인 시간연구, 표준데이터의 사용, 경험식에 의한 산출, 작업표본 기법들이 있다. 본 연구에서는 금형사 금형공장 공정설계 전문가의 경험식을 사용하여 표준시간 (단위 : 분)을 산출하였는데, 예로서 정밀공차(±

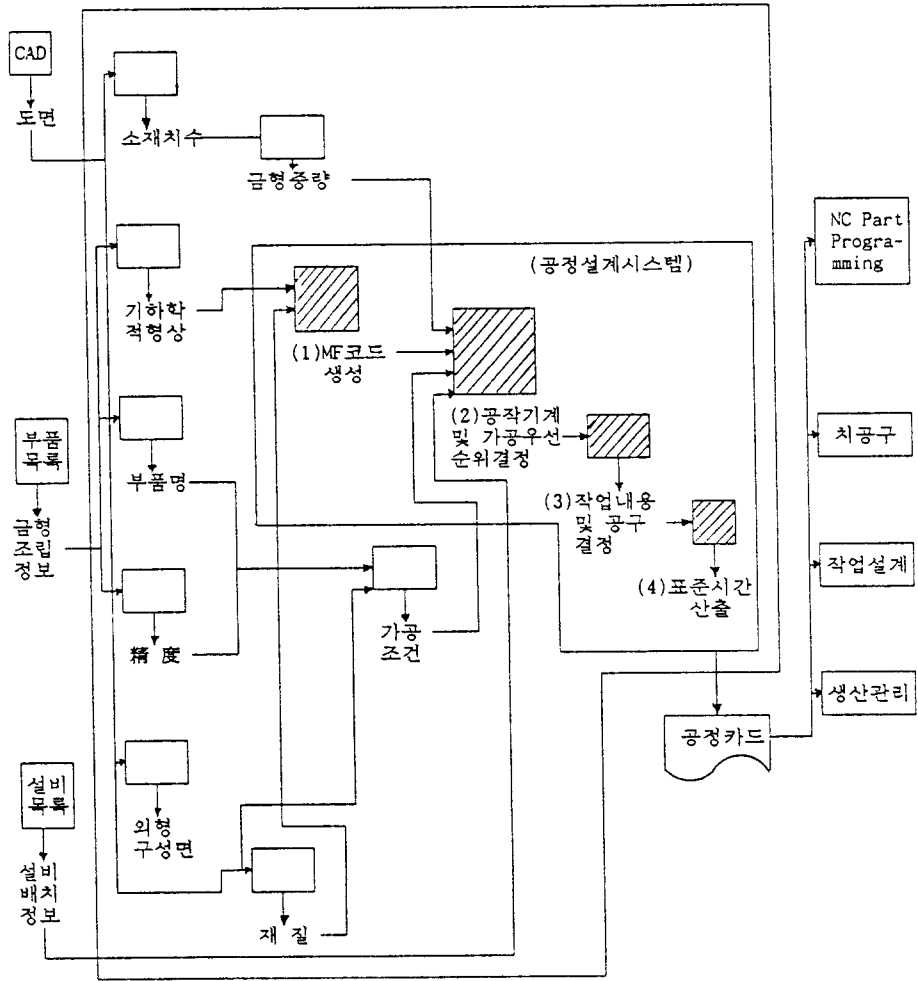


Fig 2. Information Flow of GS-CAPP System.

0.001~±0.1)를 요구하고 모서리 부분에 피난구멍이 있는 사각 포켓형상을 황삭 1회와 증삭 1회 및 정삭 3회로 포켓형상을 가공하는데 소요되는 경험식을 나타내면 식(1)과 같다. 이때 피난구멍 가공을 위한 Drill 가공시간은 황삭가공 경험식에 포함되어 있다.

$$ST = (PT + SUT + MT + T1 + T2 + T3) * (1 + \alpha) \dots (1)$$

식(1)에서 T1, T2, T3의 값은 식(2)-(5)의 경험식에 의해서 표준시간이 계산되며, 준비시간(PT),

셋업시간(SUT), 측정시간(MT) 및 여유율(α)의 값과 식(2)-(5)에 사용된 변수값을 표 7에 나타내었다.

- (1) 황삭(Rough Cutting)일 경우
 - 비관통 포켓 형상

$$T1 = \frac{(A-D) * (B-2*D) * C * r}{f1 * D * \beta * t} + 6 \dots (2)$$

- 관통 포켓 형상

$$T1 = \frac{2 * r * (A + B - 2 * D)}{f1 * D * \beta * t} + 6 \dots (3)$$

(2) 정삭(Fine Cutting)일 경우(관통 및 비관통 형상)

$$T2 = \frac{2*(A+B-2*D)}{f2} * 4 \dots\dots\dots (4)$$

(3) 밀면 가공일 경우(비관통 형상)

$$T3 = \frac{(A-D)*(B-D)}{D*f3} * 2 \dots\dots\dots (5)$$

Table 7. Variable Values for Standard Time Estimation

기호	내 용	변 수 값
t	1회 가공 깊이	D/2
β	가공폭 (Overlap 계수)	0.8
D	공구경	(B ≤ 100) 이면 D=20 (100 < B ≤ 300) 이면 D=30 (B > 300) 이면 D=63
f1	황삭가공시 이송속도	20 mm/min q
r	깊이방향 가공횟수	C/40
f2	정삭가공시 이송속도	100 mm/min
f3	밀면가공시 이송속도	150 mm/min
α	여유율	0.1
PT	준비시간	10분
SUT	셋업시간	10분
MT	측정시간	10분

(주) A, B, C는 각각 가공부위의 가로, 세로, 깊이의 치수임

3.2 사례연구 및 고찰

본 연구에서 개발한 GS-CAPP 시스템을 그림 3에 나타낸 코어부품에 적용시켜 보았다. 그림 4는 부품 도면에 존재하는 제조특징들을 사용자가 입력한 것이며, 입력된 결과를 기초로 하여 47자리의 MF코드 "00000-01000010-00-0000-000-000000010000-

000-0000000101"가 생성된다. 그림 5는 GS-CAPP 시스템에서 생성된 MF코드를 사용하여 적용 부품의 가공에 필요한 공작기계, 가공우선순위, 작업 내용, 사용공구 및 표준시간을 결정하여 최종적으로

*** 가동측 코어 ***

1. 소재형상이 원형 입니까?=> 0
2. 소재형상이 각형 입니까?=> 1
3. 단이진 형상이 직선 입니까?=> 0
4. 단이진 형상이 곡선 입니까?=> 0
5. 각형 포켓 형상이 있습니까?=> 0
6. 내부형상이 2차원 입니까?=> 0
7. 내부형상이 3차원 입니까?=> 1
8. 내부형상이 원형 입니까?=> 0
9. 외형면에 슬롯형상이있습니까?=> 0
10. 구조형상이 조립형 입니까?=> 0
11. 사각 정밀 관통 구멍이 있습니까?=> 0
12. 냉각수 구멍이 있습니까?=> 0
13. 일반구멍이 있습니까?=> 1
14. 선행작업이 있습니까?=> 0
15. 코어조립 동시가공을 합니까?=> 0
16. 플립(HA) 열처리 가공이 있습니까?=> 0
17. 담금질(HQ) 열처리 가공이있습니까?=> 0
18. 뜨임(HT) 열처리 가공이 있습니까?=> 0
19. 모방가공이 있습니까?=> 0
20. 변형수정 연마 가공이 있습니까?=> 0
21. 방전가공이 있습니까?=> 1
22. 지그그라인딩 가공이 있습니까?=> 0

각 질문에 "예"이면 "1"을, "아니오"이면 "0"을 입력하세요!

<1>재입력, <RETURN> 다음화면 OPTION?=>

Fig. 4 User Interactive Input of Manufacturing Feature

출력한 작업지도서이다. 작업지도서의 내용중 번호는 가공우선순위를 나타내며, 공작기계는 약호를 사용하여 나타냈었다.

본 시스템을 사용한 공정설계 결과와 실제의 결과를 비교하였을 때, 제조특징들을 가공하는 공작기계, 가공우선순위, 작업내용 및 사용공구는 잘 부합되었으나, 산출된 표준시간은 약간의 차이가 있었다. 그

참고문헌

1. Chang, T. C., Expert Process Planning for Manufacturing, Addison-Wesley, pp. 6-20, 1990.
2. Tulkoff, J., "Process Planning : An Historical Review and Future Prospects", Proceedings of 19th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, Pennsylvania State University, pp. 207-210, June 1987.
3. Zhang, H., and Alting, L., "Introduction to an Intelligent Process Planning System for Rotational Parts", Advances in Manufacturing System Engineering, ASME PED-Vol. 31, pp. 15-26, 1988.
4. 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.
5. Link, C. H., "CAPP-CAM-I Automated Process Planning System", Proceedings of the 13th Numerical Control Society Annual Meeting and Technical Conference, Cincinnati, Ohio, March 1976.
6. Ham, I., and Emerson, C. D., "Automated Coding and Process Selection-ACAPS", SME Papers, 1981.
7. Latombe, J. C., and Dunn, M. S., "XPS-E : An Expert System for Process Planning", Proceedings of CAM-I's 13th Annual Meeting and Technical conference, Clerwater Beach, Fla., pp. 13-15, November 1984.
8. Chang, T. C., and Wysk, R. A., "Integrating CAD and CAM through Automated Process Planning", Int. J. of Prod. Res., Vol. 22, No. 5, pp. 877-894, 1984.
9. Van't Erve, A. H., and Kals, H. J. J., "XPLANE, Generative Computer Aided Process Planning for Part Manufacturing", Annuals of CIRP, Vol. 35, No. 1, pp. 325-329, 1986.
10. Joshi, S., Vissa, N. N., and Chang, T. C., "Expert Process Planning System with Solid Model Interface", Int. J. of Prod. Res., Vol. 26, No. 5, pp. 863-885, 1988.
11. Davies, B., et. al., "IKBS Process Planning System for Rotational Parts", Proceedings of the 2nd Seminar on Intelligent Manufacturing Systems, pp. 27-38, 1987.
12. Chang, T. C., and Anderson, D. C., "QTC -an Integrated Design/ Manufacturing/ Inspection System for Prismatic Parts", Engineering Research Center for Intelligent Manufacturing System, Purdue University, 1988.
13. 조 규갑 외, 金型工程設計의 自動化시스템 開發, 부산대학교 기계기술연구소 연구보고, 1988.
14. 홍 응명(역), 射出金型の 基本과 應用, 機電研究社, 1987.
15. Iwata, K., and Fukuta, Y., "Representation of Know-How and Its Application of Machining Reference Surface in Computer Aided Process Planning", Annuals of CIRP, Vol. 35, No. 1, pp. 321-329, 1986.