

CAD인터페이스된 사출금형 공정설계 전문가시스템[†]

Expert Process Design System Interfaced with CAD for Injection Mold Manufacture [†]

조규갑* · 임주택* · 오정수*

Kyu-Kab Cho* Ju-Taek Lim* Jung-Soo Oh*

Abstract

This paper deals with the development of an expert process design system interfaced with CAD for prismatic parts in injection mold manufacture. The developed CAD/CAPP system consists of two modules such as CAD interface module and process design module. Parts are represented using AutoCAD system on the IBM PC/AT. CAD interface module recognizes form features and manufacturing features of the part using form feature recognition algorithm and manufacturing feature recognition rule base. Process design module selects operations and determines machine tools, cutting tools and operation sequencing by using knowledge base which is acquired from expert process planners.

A case study is implemented to evaluate feasibilities of the function of the proposed system. The CAD/CAPP system can improve the efficiency of process design activities and reduce the time required for process design.

1. 서 론

기계가공 부품 생산에서 자동공정설계(Computer Aided Process Planning; CAPP)시스템은 부품의 형상 및 비행상특징 정보 등의 설계 데이터를 이용하여 소재를 부품으로 변환하는데 필요한 상세한 작업지시서를 컴퓨터를 이용하여 자동적으로 생성하는 것을 의미한다

[1]. CAPP시스템의 개발을 위한 접근방법은 변성형(Variant), 창성형(Generative) 및 자동형(Automatic) 등이 있는데[2, 3], 이 중에서 자동형 공정설계는 인간의 개입없이 CAD 데이터베이스로부터 직접 가공해야 할 형상특징에 대한 정보를 인식하여 공정설계를 수행하는 방법을 의미한다. 자동형 공정설계시스템을 구축하기 위해서는 CAD데이터베이스로부터 CAPP시스템의 입력정보를 인식하는 것과 입력된 정보로부터 실제 공정설계를 자동으로 수행하는 것이 필요하다. 입력정보를 자동적으로

[†] 이 논문은 1991년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공도과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음

* 부산대학교 산업공학과

인식하는데는 세가지의 접근방법[2]이 있는데, 첫번째 방법은 일반적인 CAD모델로부터 가공 정보를 인식해서 CAPP시스템에 인터페이스 시키는 방법[4-8]이고, 두번째 방법은 제품설계와 공정설계가 동시에 수행되도록 특징에 의한 설계(Feature-Based Design) 방법을 사용하는 것이며, 세번째는 위의 두 방법을 혼용한 혼합형[9]이다. 따라서 본 연구에서는 비회전형상특징의 표현은 개인용 컴퓨터에서 운용되는 AutoCAD시스템을 사용하므로, CAPP시스템의 입력정보를 자동적으로 인식하기 위해서 첫번째 방법의 제한된 형태를 사용하였다. 왜냐하면 비회전형상특징의 단면형상이 직선, 원호 및 원으로 구성된 형상특징들은 CAD데이터베이스로부터 자동적으로 인식할 수 있지만, 단면형상이 곡선으로 표현된 곡면형상특징들은 2차원 CAD데이터베이스의 데이터 구조의 부적절성으로 인하여 사용자로부터 입력받기 때문이다. 그리고 인식된 형상특징들에 대한 공정설계를 수행하기 위해서는 의사결정표, 의사결정나무 및 지식베이스를 많이 사용하는데, 본 연구에서는 공정설계 전문가의 오랜 경험 지식을 지식베이스로 구축하는 방법을 사용하였다.

본 연구에서는 사출금형의 부품에 존재하는 비회전형상특징들을 표현한 CAD데이터베이스로부터 형상특징 인식 알고리즘을 사용하여 형상특징(Form Feature; FF)들을 인식한 후, 인식된 형상특징들이 갖는 제조특징(Manufacturing Feature; MF)[10]들은 인식 규칙베이스를 사용하여 인식하는 CAD인터페이스 모듈 및 사출금형 공정설계 전문가의 지식과 경험을 사용한 전문가시스템인 공정설계 모듈의 개발을 목적으로 한다.

사출금형 부품도면을 분석한 결과[11,12]를 토대로 사용 빈도수가 높은 Pocket, Hole, Step, Boss, Slot 및 Groove의 6가지 형상특징은 CAD데이터베이스로부터 자동인식을 하지만, 단면형상이 직선, 원호 및 원 이외의 곡선으로 표현되는 곡면형상특징과 비형상특징 정보들은 사용자가 직접 입력하도록 하는 제한점

이 있다. CAD인터페이스된 CAPP시스템, 즉 사출금형 CAD/CAPP시스템을 개발하기 위한 CAD시스템은 개인용 컴퓨터에서 활용 가능한 AutoCAD시스템[13]이고, 전문가시스템을 구축하기 위해서 사용된 셸은 CLIPS[14]를 사용하였다.

2. 사출금형 CAD/CAPP시스템 개발

본 연구에서 개발된 CAD인터페이스된 공정설계 전문가시스템은 사출금형의 각 형판에 존재하는 비회전형상특징들을 가공하는데 필요한 가공공정, 공작기계, 절삭공구 및 공정순서 등을 자동적으로 생성하는 시스템이다. 시스템은 그림 1에 표시한 바와 같이 CAD인터페이스 모듈 및 공정설계 모듈로 구성되어 있다. CAD인터페이스 모듈은 AutoCAD시스템과 공정설계 모듈을 연결하는 역할을 하며, 내부 구성단계로는 선행처리 부분인 데이터 변환단계와 주처리 부분인 형상특징 인식단계 및 후처리 부분인 제조특징 인식단계로 구성되어 있다. 또한 공정설계 모듈은 가공공정, 공작기계, 절삭공구 및 공정순서를 결정하는 것으로 구성되어 있다.

개발된 CAD/CAPP시스템을 이용해서 사출금형의 비회전형상특징에 대한 공정설계를 하기 위해서는 먼저 AutoCAD시스템을 이용해서 사출금형 부품도면을 작성해야 한다. 삼각법에 의해 도면을 작성할 때 일반적으로 통용되는 도면작성법 외에 2차원 CAD데이터베이스를 이용해서 인간의 개입없이 형상특징의 자동인식을 하기 위해서는 평면도, 정면도 및 측면도에 모든 요소(Entity)정보가 서로 상관관계를 갖도록 도면요소를 생략해서는 안되며, 데이터입력을 용이하게 하기 위해서 요소정보를 미리 약속된 층(Layer)에 각각 분리해서 입력하며, 가능한 한 주기를 사용하지 않고 직접 형상으로 표현하되 형상으로 나타낼 수 없는 내용은 미리 약속된 층에 나타내도록 한다.

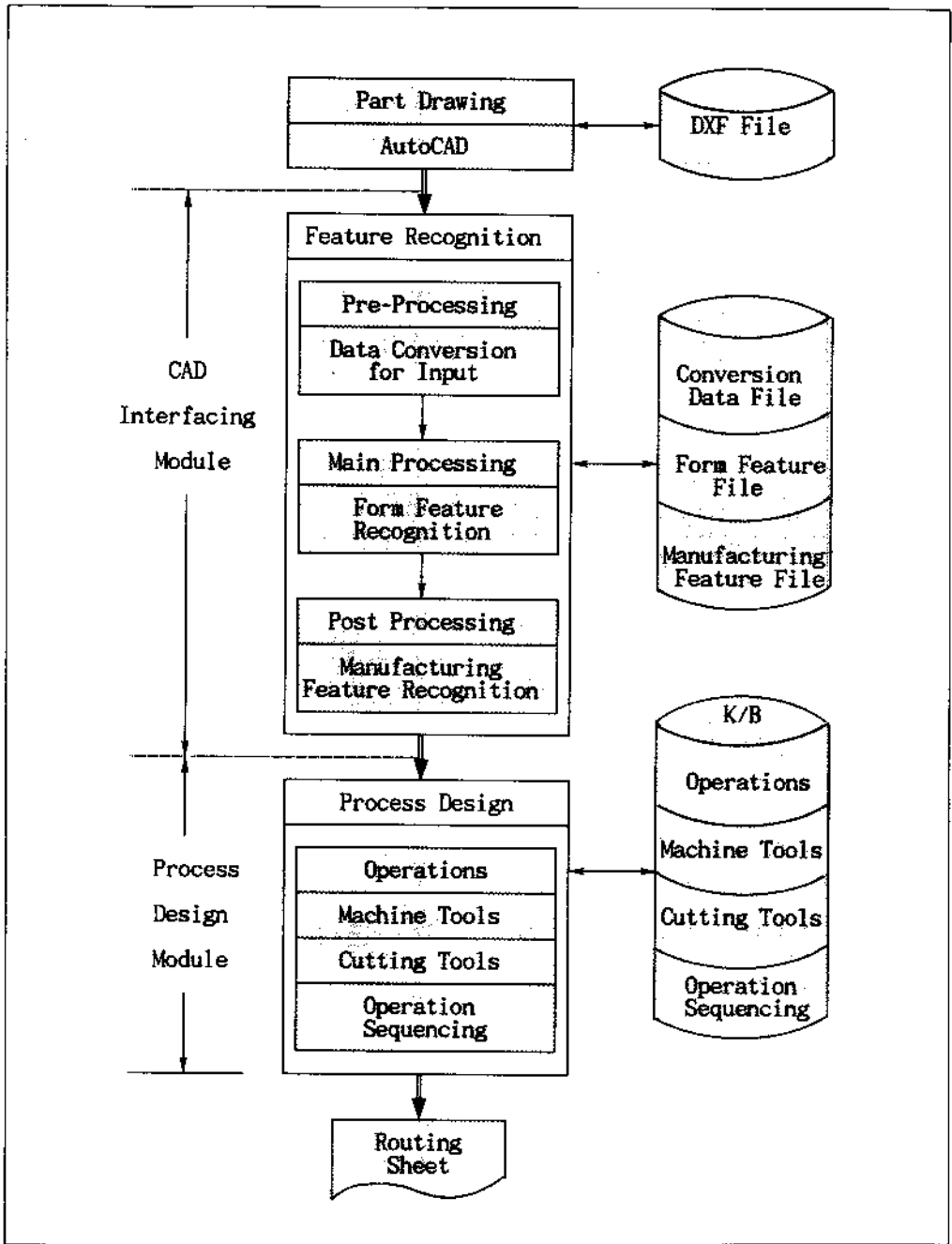


그림 1. CAD/CAPP시스템의 전체 개략도

2.1 사출금형의 형상특징 분석

본 연구에서 대상으로 선정된 사출금형의 각 형판에 존재하는 형상을 설계하는데 자주 사용

되는 형상특징을 정의하기 위해서 각 분야별 금형설계 전문가와 금형도면 200벌을 실제 분석하여 표 1과 같이 형상특징을 분류 및 정의

표 1. 형상특징 분류 및 정의

형상특징	형상특징의 형식	정의
POCKET	8	육면체형상에서 임의의 한 면에서 모서리가 포함되지 않는 면의 일부가 대칭면 방향으로 비관통된 형상
HOLE	12	육면체형상에서 임의의 한 면에서 모서리가 포함되지 않는 면의 일부가 대칭면 방향으로 관통된 형상
STEP	10	육면체형상에서 하나의 꼭지점을 기준으로 두 모서리를 포함하는 면의 일부가 나머지 한 모서리를 축으로 전부 또는 일부가 제거된 형상
BOSS	6	육면체형상의 임의의 한 면에 포함되는 네 모서리가 제거되어 돌출된 형상
SLOT	7	육면체형상의 임의의 한 면에서 모서리를 포함하는 면의 일부가 대칭면 방향으로 전부 또는 일부가 제거된 형상
GROOVE	1	육면체형상의 임의의 포켓형상 내부에 존재하면서 동심원으로 이루어지는 홈의 형상

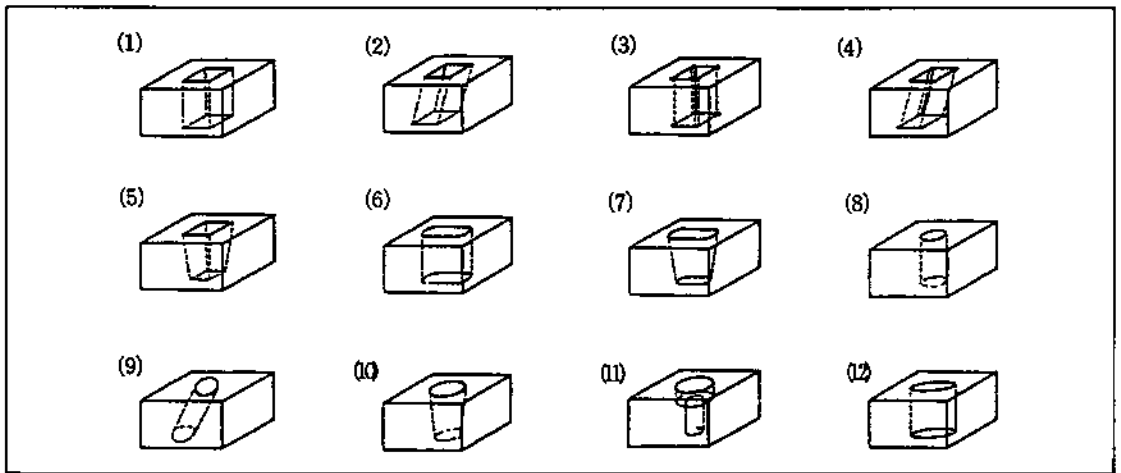


그림 2. 형상특징 Hole의 형식

하였으며, 형상특징 중에서 한 예로써 Hole에 포함되는 형상특징의 형식을 도식화하면 그림 2와 같다.

2.2 CAD인터페이스 모듈

AutoCAD시스템과 공정설계 모듈의 교량역할을 하는 본 모듈은 세개의 단계로 이루어진다.

① CAD데이터 변환단계

AutoCAD시스템에서 생성된 DXF(Drawing eXchange Format)화일을 읽어서 형상특징

을 인식할 수 있도록 각 층별로 요소정보의 재배열을 통하여 새로운 데이터 화일을 구성한다.

② 형상특징 인식단계

사출금형의 형관에 존재하고 있는 형상특징의 형식 및 속성 등을 인식한다. 본 연구에서 분류한 형상특징의 형식은 표 1에 표시한 바와 같이 44개이다.

③ 제조특징 인식단계

제조특징은 형상특징의 형식, 존재 위치면, 좌표값 및 형상치수 등을 조합하여 각각의 형

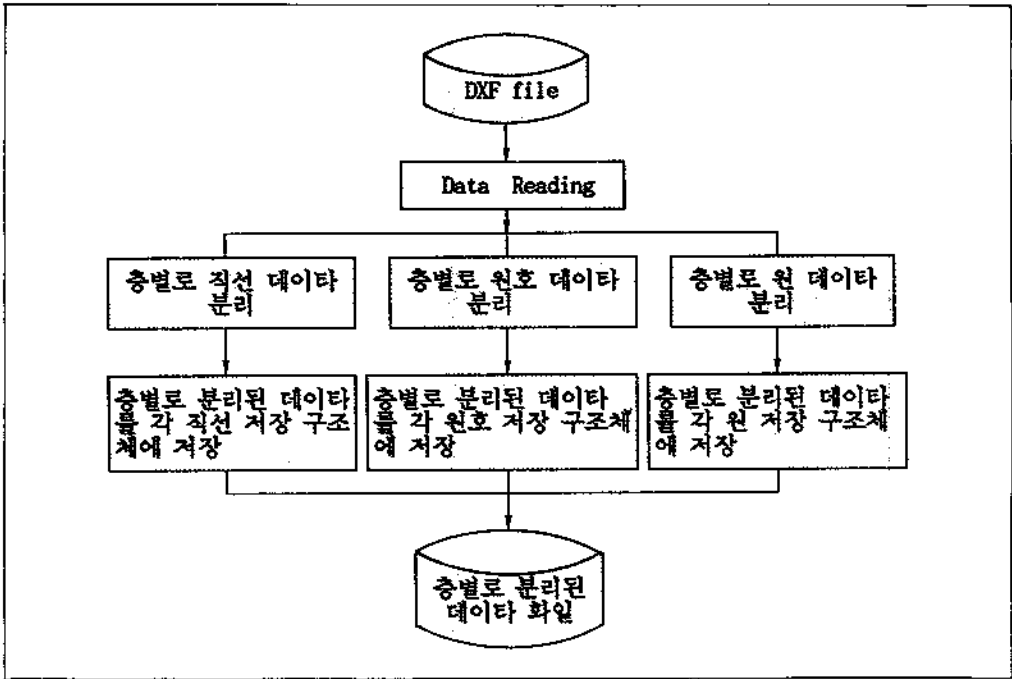


그림 3. 데이터 변환단계의 흐름도

상특징의 형식이 갖는 기능을 인식한다.

(1) CAD데이터 변환단계

데이터 변환단계를 도식화하면 그림 3과 같으며, AutoCAD시스템에 의해서 작성된 사출금형의 비회전형상 부품에 대한 DXF화일의 도면요소 중에서 중심선을 나타내는 일점쇄선은 총 7, 주기 및 기타의 도면요소는 총 8에 저장하며, 실선 및 파선의 직선, 원호 및 원 데이터는 그림 4에 나타낸 바와 같이 총 0에서 총 6까지 분리한 다음에 표 2와 같은 형식의 데이터 저장구조체에 저장한다. 이 저장구조체에 들어 있는 모든 데이터가 요소정보의 목록을 구성하며, 저장구조체의 구성요소 중에서 요소명은 형상특징을 표현하는 직선, 원호 및 원을 나타내며, 총은 AutoCAD상에서 요소정보가 묘사되는 총을 나타낸다. 요소정보로 이루어진 총별 데이터 저장구조체를 모두 합해서 형상특징 인식에 필요한 데이터 화일을 형성한다.

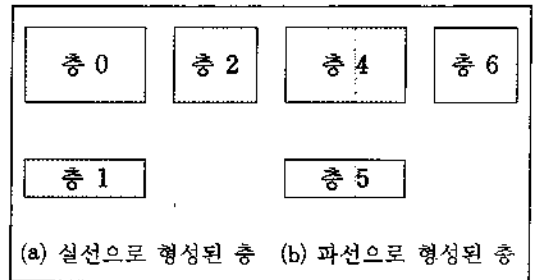


그림 4. 각 총별 구성도

표 2. 데이터의 저장구조체

요소명	총	속성 1	속성 2	속성 3	속성 4	속성 5
직선	•	출발점 X좌표	출발점 Y좌표	도착점 X좌표	도착점 Y좌표	•
원호	•	중심점 X좌표	중심점 Y좌표	반경	출발점 각도	도착점 각도
원	•	중심점 X좌표	중심점 Y좌표	반경	•	•

(2) 형상특징 인식단계

형상특징 인식단계에서는 형상특징의 형식,

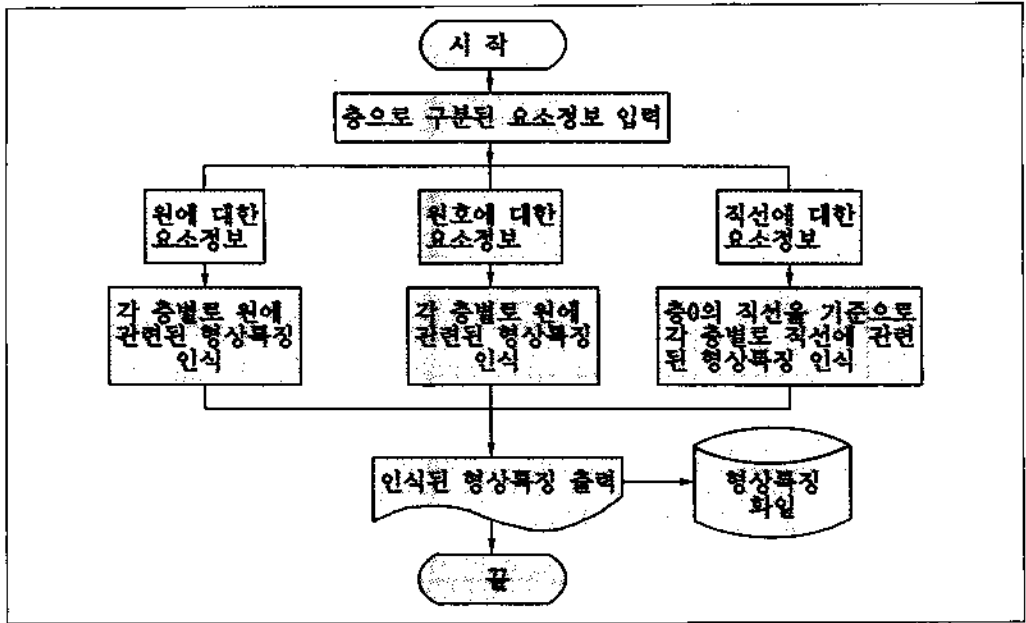


그림 5. 형상특징 인식 알고리즘 흐름도

존재 위치면, 좌표값 및 형상치수 등을 인식한다. 먼저 실선으로 구성된 평면도[층 0]를 기준으로 형상특징을 인식한 후, 인식되지 않은 요소정보는 실선으로 구성된 정면도, 측면도[층 1,2] 및 파선으로 구성된 평면도[층 4]를 각각 기준으로 형상특징을 인식한다. 이때 각 형상특징들간의 상호 위치관계는 인식된 형상특징들의 속성 중에서 좌표값에 의해서 관계가 규정된다. 형상특징 인식 알고리즘을 도식화하면 그림 5와 같으며, 형상특징 인식 알고리즘을 설명하면 다음과 같다.

[실선으로 형성된 층을 사용한 형상특징 인식]

단계1 : 평면도를 기준으로 한 검색 및 인식

① 평면도[층 0]의 요소정보를 검색 : 원, 원호 및 직선에 관련된 요소정보를 추출

② 정면도[층 1]에서 평면도[층 0]의 요소정보와 관련된 직선을 검색하여 형상특징을 인식

③ 평면도[층 0]의 요소정보와 관련된 직선이 없다면 측면도[층 2]에서 평면도[층 0]의 요소정보와 관련된 직선을 검색하여 형상특징

을 인식

단계2 : 정면도를 기준으로 한 검색 및 인식

① 정면도[층 1]의 요소정보를 검색 : 원 및 원호에 관계된 요소정보 추출

② 요소정보가 원일 때는 평면도[층 4]에서, 원호일 때는 평면도[층 0]에서 정면도[층 1]의 요소정보와 관련된 직선을 검색하여 형상특징을 인식

[파선으로 형성된 층을 사용한 형상특징 인식]

단계3 : 평면도를 기준으로 한 검색 및 인식

① 평면도[층 4]에서 원에 대한 요소정보를 추출

② 정면도[층 5]에서 평면도[층 4]의 요소정보와 관련된 직선을 검색하여 형상특징을 인식

단계4 : 측면도를 기준으로 한 검색 및 인식

① 측면도[층 6]에서 원에 대한 요소정보를 추출

② 평면도[층 4]에서 측면도[층 6]의 요소정보와 관련된 직선을 검색하여 형상특징을 인식

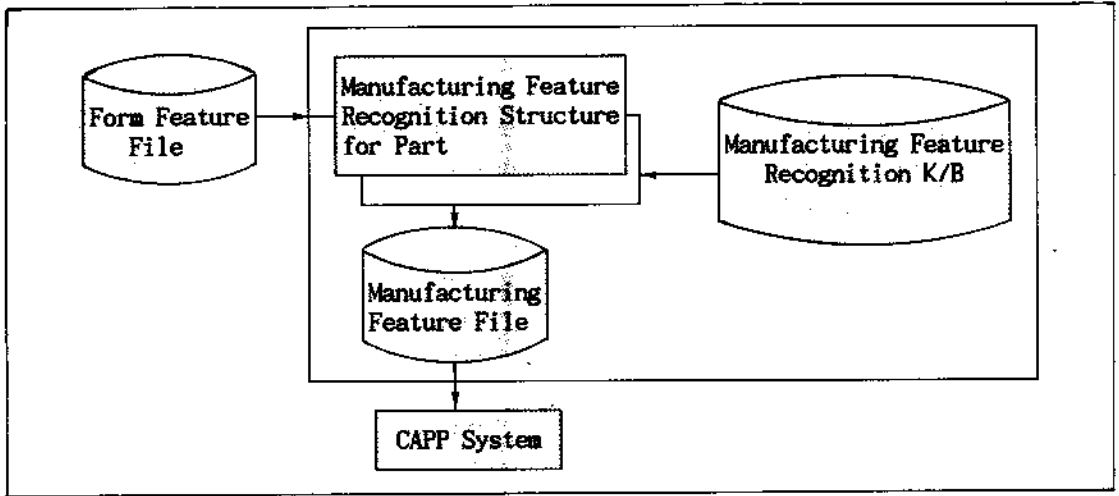


그림 6. 제조특징 인식단계의 구성도

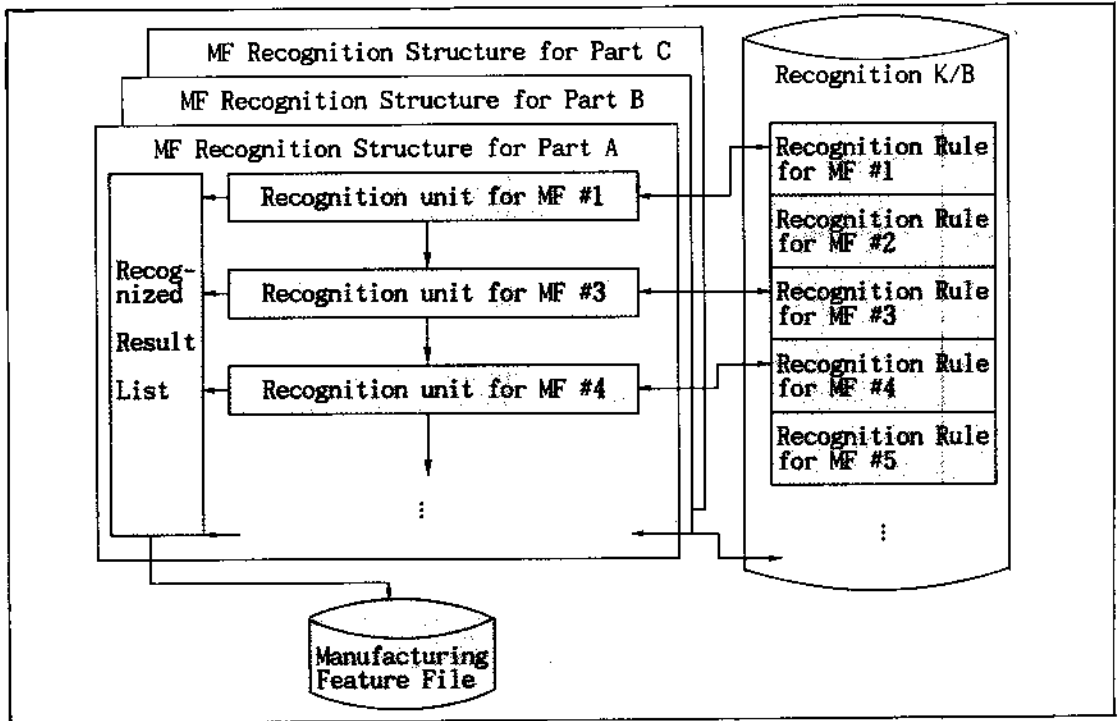


그림 7. 제조특징 인식구조체

List of Recognized Result

Part Code	Part Size Code	Manufacturing Feature Code
-----------	----------------	----------------------------

그림 8. 인식결과 리스트

(3) 제조특징 인식단계

제조특징 인식단계는 인식된 형상특징의 속성, 즉 형식, 좌표값, 존재 위치면 및 형상치수 등과 같은 요소정보에 제조특징 인식규칙을 적용하여 부품에 존재하는 기능들을 추출하여, 각 기능들이 갖는 제조특징들을 인식하여 제조특징 화일을 생성한다. 인식단계는 부품에 다른 기능들의 목록[11]을 기본으로 인식 대상이 되는 제조특징들을 정의한 부품별 제조특징 인식구조체 및 각각의 제조특징들을 인식하는 인식규칙들로 이루어진 인식 규칙베이스로 구성되어 있는데, 이를 도식화하면 그림 6과 같다.

제조특징 인식구조체는 일련의 제조특징 인식유니트와 인식결과 리스트로 구성되는데, 제조특징 인식유니트는 하나의 특정한 제조특징을 정의하는 단위체로서 인식 규칙베이스 내의 해당 제조특징에 대한 인식규칙과 연결되어 부품의 제조특징에 대해 인식작업을 수행하는데, 도식화하면 그림 7과 같다.

인식유니트는 인식결과를 그림 8과 같은 형태로 인식결과 리스트에 전달하며, 그 결과값은 독립적일 수도 있고, 다른 제조특징을 인식하는데 입력요소로 사용 될 수도 있다. 인식결과 리스트는 각 제조특징 인식유니트에서의 제조특징 인식 결과를 저장해서 제조특징 화일을 생성한다.

2.3 공정설계 모듈

전문가시스템으로 구축된 공정설계 모듈이 의사결정을 수행하기 위해서 필요한 입력정보는 형상특징과 비형상특징 정보이다. 이들 두 가지 정보 중에서 형상특징은 CAD인터페이스 모듈의 출력 화일인 제조특징 화일을 사용하고, 비형상특징과 CAD인터페이스 모듈에서 인식하지 못한 곡면 형상특징, 즉 단면형상이 직선, 원호 및 원 이외의 곡선으로 표현되는 형상특징들은 사용자로부터 직접 입력 받는다.

각 부품에 존재하는 제조특징들을 인식하고 나면 가공공정, 공작기계, 절삭공구 및 공정순서를 결정해야 하는데, 이를 위해서 공정설계 전문가로부터 공정설계 수행시 필요한 지식들

을 획득 및 체계화하여 각 부품별로 제조 지식 베이스를 구축하였다.

사출금형의 비회전형상 부품도면에 대한 공정설계를 수행할 때, 공정설계 전문가는 오랜 경험을 통해 획득한 고유한 추론과정을 통해서 작업지시서를 생성하므로, 공정설계 전문가의 추론과정에 적용되는 의사결정 요소 및 우선순위가 중요하다. 따라서 본 연구에서 공정설계 전문가의 추론과정에 사용되는 의사결정 요소 및 우선순위를 전문가와 인터뷰를 통하여 얻은 결과는 다음과 같다[15].

- ① 부품에 존재하는 형상특징 및 형상치수
- ② 열처리의 필요성
- ③ 가공이 어렵거나 높은 정도를 요구하는 부위의 존재
- ④ 가공경비 절감
- ⑤ 대안 공작기계의 가용성

상기 의사결정 요소들 중에서 공정설계 전문가들은 특히 가공공정, 공작기계, 절삭공구 및 공정순서를 결정하기 위해서 다음과 같이 크게 두 부분으로 우선순위를 두는 것을 알 수 있었다.

- ① 부품에 존재하는 형상특징, 형상치수 및 열처리의 필요성
- ② 가공이 어렵거나 높은 정도를 요구하는 부위의 존재

의사결정 요소 및 우선순위에 따라 공정설계 지식들을 획득하였는데, 지식중에는 사출금형의 구조에 관계되는 제조특징들과 성형부에 관계되는 형상특징들에 대한 선언적인 지식(Declarative Knowledge)과 공정설계시 사용되는 의사결정 규칙인 절차적인 지식(Procedural Knowledge)이 있다.

인터뷰를 통해서 공정설계 전문가로부터 획득한 지식들은 일관성이 부족하며 구문 또는 의미상의 실수가 포함된 지식들을 사용해서 구축한 지식베이스를 다시 검증하는 것은 매우 번거로우며 많은 시간이 소모된다. 또한 생산 설비 및 가공기술의 변화에 대해서 지식베이스를 수정 및 보완을 할 때 지식들을 일관성있게

수정할 수 있도록 하기 위해서, 본 연구에서는 Knowledge Map[16]을 사용해서 획득된 지식들을 검증하였다.

공정설계 전문가로부터 획득된 지식들은 IF-THEN 형식의 Production Rule을 사용해서 규칙베이스된 사출금형 공정설계 전문가시스템을 개발하였다. Production Rule을 선택한 이유는 전문가시스템을 개발하기 위해서 사용한

셀인 CLIPS가 Production Rule에 기초를 둔 시스템이기 때문이며 또한 지식의 변경 및 수정의 용이성 등에 따른 이점을 갖고 있기 때문이다.

3. 사출금형 CAD/CAPP시스템의 적용사례 및 고찰

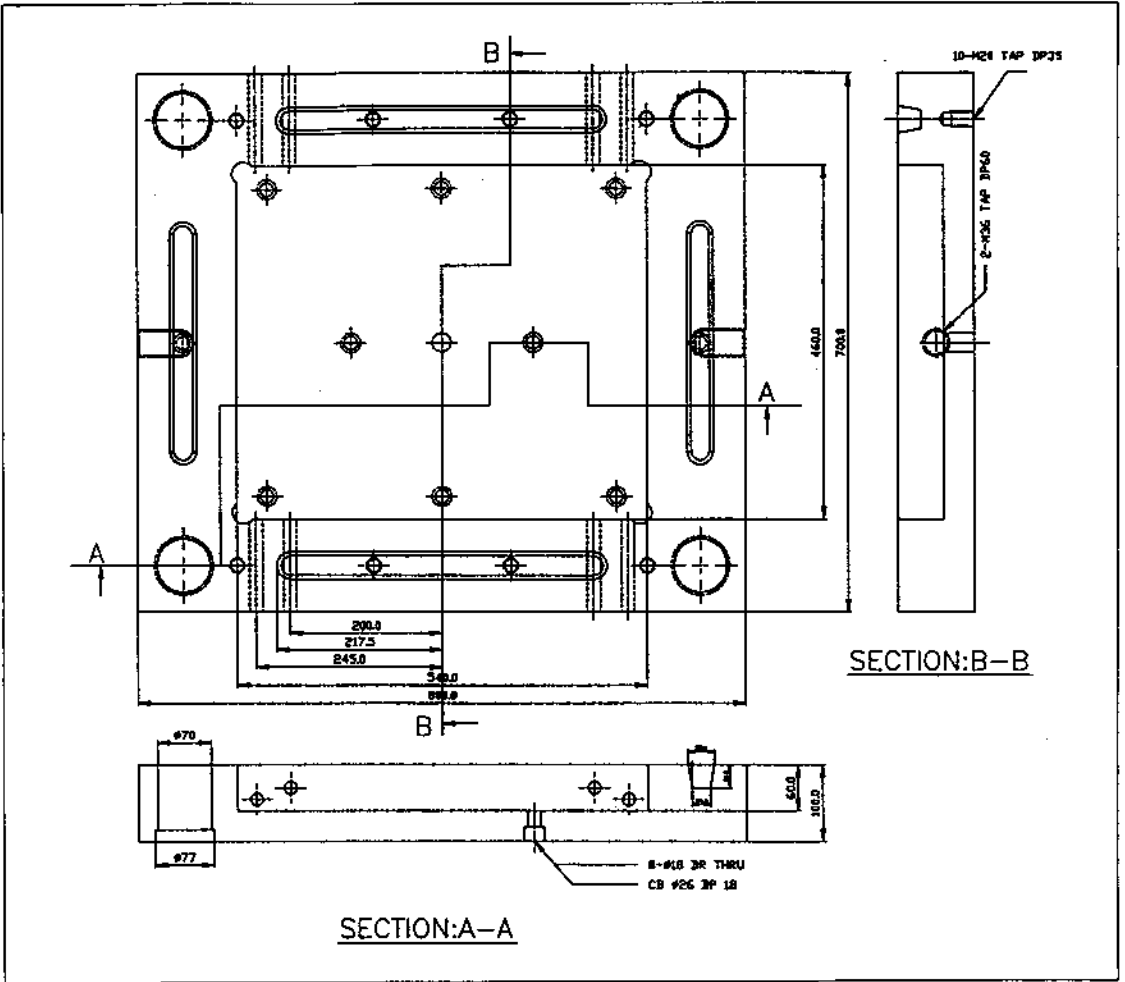


그림 9. 분할형 고정측 형판 사례도면

3.1 적용사례

본 연구에서 개발한 사출금형 CAD/CAPP 시스템을 평가하기 위해서 그림 9의 분할형 고정측 형판을 대상도면으로 선택하였다.

사출금형 CAD/CAPP시스템의 모든 실행이 컴퓨터 내부에서 수행되어지기 때문에, 사용자는 단지 공정설계된 결과만 보게된다. 따라서 사출금형 CAD/CAPP시스템의 단계별 처리과

NO.	LAYER	START_X	START_Y	END_X	END_Y
1	0	275.0000	575.0000	275.0000	1275.0000
2	0	275.0000	1275.0000	1075.0000	1275.0000
.
.
24	0	989.0000	1040.0000	989.0000	810.0000
25	1	275.0000	300.0000	275.0000	400.0000
.
.
44	1	301.5000	325.0000	378.5000	325.0000
45	2	1250.0000	575.0000	1250.0000	1275.0000
.
.
96	4	900.9441	575.0000	900.9441	695.0000

그림 10. 층별로 구분된 직선 데이터의 일부 예

형상특징명	존재위치	속 성	
		좌표값	형상치수
HOLE_4-8	TV_F	400-350-100	18-40 &
HOLE_4-11	TV_F	65-60-100 ∴	35-39-75-25, ∴ &
HOLE_4-11	TV_F	165-545-40 ∴	9-13-23-17, ∴ &
HOLE_4-11	TV_R	735-350-0 ∴	12-15-26-18, ∴ &
POCKET_1-3	TV_F	400-350-40	540-460-60... &
POCKET_1-6	TV_F	400-640-100 ∴	320-240-640-21, ∴ &
HOLE_4-8	FV_F	157-0-68 ∴	10-120, ∴ &
HOLE_4-8	FV_R	157-700-68 ∴	10-120, ∴ &
HOLE_4-10	SV_F	800-350-50	20-65-16-76 &
HOLE_4-10	SV_R	0-350-50	20-65-16-76 &

(주) 존재위치에서

TV-F : 평면도의 전면, TV-R : 평면도의 뒷면

FV-F : 정면도의 전면, FV-R : 정면도의 뒷면

SV-F : 측면도의 전면, SV-R : 측면도의 뒷면

그림 11. 형상특징 인식 결과

정을 설명하면 다음과 같다.

단계1 : 대상도면을 AutoCAD시스템으로 표현한 후 DXF화일을 생성한다.

단계2 : DXF화일에 제공된 요소정보를 직선, 원호 및 원의 종류로 분리해서 저장한다. 사례도면의 DXF화일을 직선 데이터에 대해서 분리한 것을 부분적으로 나타내면 그림 10과 같다.

단계3 : 형상특징 인식단계는 종류로 분리된 요소정보들을 입력으로 하여 형상특징을 인식하는데, 그 결과는 그림 11과 같다.

단계4 : 제조특징 인식단계는 인식된 형상특징들을 입력으로 하여 각 형상특징들이 갖는 제조특징들을 인식하는데, 그 결과는 그림 12와 같다.

단계5 : 공정설계 모듈은 제조특징 화일을 입력으로 하여 각 제조특징들을 가공하기 위해서

필요한 가공공정, 공작기계, 절삭공구 및 공정순서를 결정하는데, 그 결과는 그림 13과 같다.

그림 13의 결과를 기초로 해서 CAD/CAPP시스템은 그림 14와 같은 작업지시서를 출력한다.

```
(DACP)
(psa 800)
(psb 700)
(moldbase not exist)
(a pocket-for-insert yes)
(a depth-pocket-to-plate yes)
(a eye-bolt-hole yes)
(a eye-bolt-size yes)
(a guide-pin-hole yes)
(a hole-of-assembly-bolt yes)
(a cotter yes)
(a sprue-bush-hole yes)
(a cooling-channel yes)
(a depth-cooling-channel yes)
```

그림 12. 제조특징 인식 결과

```
1st Operation: first-rough-cutting
M/C: MF, C/T: face_cutter[pi_80]
2nd Operation: pocket-for-insert[rough]
M/C: NM, C/T: center_drill drill endmill[HEM]
3th Operation: second-rough-cutting
M/C: MF, C/T: face_cutter[pi_80]
4th Operation: pocket-for-insert[fine]
M/C: NM, C/T: center_drill drill endmill[FEM]
5th Operation: cotter-shape
M/C: NM, C/T: center_drill drill endmill[FEM]
6th Operation: guide-pin-hole
M/C: NM, C/T: center_drill drill reamer
7th Operation: hole-of-assembly-bolt
M/C: NM, C/T: center_drill drill reamer
8th Operation: sprue-bush-hole
M/C: NM, C/T: center_drill drill
9th Operation: cooling-channel-hole
M/C: DG, C/T: gun_drill pt_tab
10th Operation: eye-bolt-hole
M/C: DR, C/T: center_drill drill tab
11th Operation: finishing-process
M/C: AS, C/T: sand_paper tab[M4_M6]
```

그림 13. 공정설계 결과

***** ROUTING SHEET *****				
Product No. : 071DA		Part No. : J05		
Product Name : Name Plate		Part Name : DCAP		
Model : 3J06922		Material : SM55C		
Die No. : OCMJ071		Part Size : 800*700*100		
Beg. Data : 1992. 12. 01		Due Date : 1993. 01. 30		
No	Operations Description	Machine Tools	Cutting Tools	Remark
1	first-rough-cutting	MF	face_cutter[ϕ 80]	
2	pocket-for-insert[rough]	NM	center_drill, drill, endmill [HEM]	
3	second-rough-cutting	MF	face_cutter[ϕ 80]	
4	pocket-for-insert[fine]	NM	center_drill, drill, endmill [FEM]	
5	cotter-shape	NM	center_drill, drill, endmill [FEM]	
6	guide-pin-hole	NM	center_drill, reamer	
7	hole-of-assembly-bolt	NM	center_drill, drill, tab	
8	sprue-bush-hole	NM	center_drill, drill, reamer	
9	cooling-channel-hole	DG	gun_drill	
10	eye-bolt-hole	DR	center_drill, drill, tab	
11	finishing-process	AS	sand_paper, tab[M4, M6]	

그림 14. 작업지시서의 출력

3.2 고찰

사출금형 CAD/CAPP시스템의 출력결과에 대한 타당성 조사를 위해서 몇개 금형공장의 공정설계 전문가에게 사례연구 도면을 제시하고 공정설계를 수행하게 하여 사출금형의 CAD/CAPP시스템과 비교 검토한 결과 잘 부

합되었다. 그러나 개발된 시스템에는 다음과 같은 제약점이 있다.

(1) 인간의 개입없이 형상특징의 자동인식을 위하여 부품설계시 각 투영면에 상관관계를 갖는 모든 요소정보들을 표현해야 하는점.

(2) 실제의 사출금형 부품도면의 성형부에서는 단면형상이 직선, 원호 및 원 이외의 곡선

으로 표현되는 곡면 형상특징과 본 연구에서 정의한 형상특징들이 서로 복합된 형상특징들이 많이 존재하기 때문에, 이들을 사용자로부터 입력받는 점.

(3) 비회전 형상특징들을 가공하기 위한 가공 표준 데이터베이스가 구축되어 있지 않기 때문에 CAM과 연결되어 있지 않는 점.

이를 극복할 수 있는 보다 많은 연구가 수행되어야만 활용성이 향상될 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 사출금형의 비회전형상 부품을 대상으로 하여, CAD데이터베이스로부터 CAPP시스템의 입력정보가 되는 형상특징 및 제조특징을 자동적으로 추출 및 인식하는 CAD인터페이스 모듈과 공정설계 전문가의 지식과 경험을 사용하는 전문가시스템인 공정설계 모듈을 개발하여 CAD와 CAPP이 통합된 사출금형 CAD/CAPP시스템을 개발하였다.

사출금형 CAD/CAPP시스템이 개발됨으로써 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

(1) 변성형 공정설계시스템에서는 공정설계자가 직접 부품도면을 인식해서 시스템에 대화형으로 입력해야 하는데, 개발된 시스템은 자동 인식과 부분적인 대화형 입력을 사용하기 때문에, 시간 단축 및 효율성 향상을 기할 수 있다.

(2) 형상특징 인식을 위해서 사출금형에 존재 가능한 형상특징을 분석함으로써 형상특징에 의한 설계(Feature-Based Design)를 할 수 있는 기초를 마련하였다.

향후과제로는 사출금형의 성형부에서 곡면 형상특징과 복합 형상특징들의 자동인식에 대한 연구와 CAM과의 연결을 위한 각 형상특징별 가공표준 데이터베이스 구축 및 표준시간 산출에 대한 연구가 계속되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Joshi, S., *CAD Interface for Automated*

Process Planning, Ph. D. Thesis, Purdue University, 1987.

2. Chang, T. C., *Expert Process Planning for Manufacturing*, Addison-Wesley Publishing Company, 1990.

3. Eversheim, W., and Schneewind, J., "Computer-Aided Process Planning-State of the art and Future Development", *Robotics & Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 10, No. 1/2, pp.65-70, 1993.

4. Madurai, S. S., and Lin, L., "Rule-Based Automatic Part Feature Extraction and Recognition from CAD Data", *Computers Industrial engineering*, Vol. 22, No. 1 pp. 49-62, 1992.

5. Li, R. K., "A Part-Feature Recognition System for Rotational Parts", *International Journal of Production Research*, Vol. 26, No. 9, pp.1451-1475, 1988.

6. Giusti, F., et.al., "KAPLAN: A Knowledge-Based Approach to Process Planning of Rotational Parts", *CIRP Annals*, Vol. 38/1, pp.481-484, 1989.

7. Lee, K. I., and Lee, J. M., "Pattern Recognition and Process Planning Prismatic Workpieces by Knowledge Based Approach", *CIRP Annals*, Vol. 38/1, pp.485-488, 1989.

8. van't Erve, A. H., *Generative Computer Aided Process Planning for Part Manufacturing*, Ph. D. Thesis, University of Twente, 1988.

9. Chang, T. C., and Anderson, D. C., "QTC-an Integrated Design/Manufacturing/Inspection System for Prismatic Parts", *Engineering Research Center for intelligent Manufacturing Systems*, Purdue University, 1988.

10. Shah, J. J., "Features in Design and Manufacturing", *Intelligent Design and*

- Manufacturing*, Edited by Andrew Kusiak, John Wiley & Sons Inc., pp.39-71, 1992.
11. Cho, K. K., and Kim, S. J., "CAD/CAPP System Based on Manufacturing Feature Recognition", *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, Vol. 8, No. 1, pp.105-115, 1991.
 12. 조규갑, CAD인터페이스된 사출금형 공정 설계 전문가시스템 개발, 학술진흥재단 연구보고서, 1992.
 13. Jones, F. H., and Martin, L., *The AutoCAD Database Book*, Ventana Press, 1987.
 14. Giarratano, J. C., *CLIPS User's Guide*, L. B. Johnson Space Center, 1988.
 15. Ihara, T., and Ito, Y., "A New Concept of CAPP Based on Flair of Experienced Engineers-Analyses of Decision-Making Process of Experienced process Engineers", *CIRP Annals*, Vol. 40/1, pp.437-440, 1991.
 16. Lu, S. C-Y., "Knowledge Map : An Approach to Knowledge Acquisition in Developing Engineering Expert Systems", *Engineering with Computers*, Vol. 3, pp.59-68 1987.