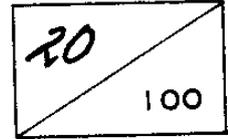


제 2 차 년 도
연 차 보 고 서



사출금형 가공자동화를 위한 공정설계 시스템 개발

A Computer Aided Process Planning System to
Automate Machining of Mold Dies

연구기관
한국과학기술연구원

과 학 기 술 처

제 출 문

과학기술처장관 귀하

본 보고서를 "CIM 기술에 의한 사출금형공장자동화"의 세부과제 "사출금형의 가공 자동화를 위한 공정설계시스템 개발" 과제의 연차보고서로 제출합니다.

1990년 9월

주관연구기관명 : 한국과학기술연구원

총괄연구책임자 : 강무진, 김상국 (KIST, CAD/CAM 연구실)

연구책임자 : 노형민/김태수 (KIST, CAD/CAM 연구실)

연구원 : 조규갑 (부산대학교 산업공학과교수)

임주택 (부산대학교 산업공학과)

오정수 (부산대학교 산업공학과)

요 약 문

I. 연구제목

사출금형의 가공자동화를 위한 공정설계시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

다품종소량생산의 특징을 갖고 있는 금형공업에서 CIM(Computer Integrated Manufacturing)의 실현을 위한 중요한 분야의 하나는 부품설계도면으로 부터 최종 제품을 생산하는데 필요한 공장계획의 자동화 즉 컴퓨터를 이용하여 공정계획을 자동적으로 생성하는 CAPP(Computer Aided Process Planning)기술의 개발이다.

국내에서 CAPP분야에 관한 연구는 CAD나 CAM분야에 비해 상대적으로 저조한 형편이며, 특히 금형에 대한 공정설계시스템의 개발은 초기단계에 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 "CIM기술에 의한 사출금형공장 자동화"에 대한 연구의 세부과제 로서 사출금형 가공자동화를 위한 실용성이 있는 공정설계시스템을 개발하고자 한다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

1. 본 연구는 3개년에 걸쳐 진행되며 그 내용은 다음과 같다.

(1) 1차년도 연구는 공정설계시스템에서 부품의 인식에 필요한 부품가공형상과 가공정밀도 정보를 수집한 후 체계화 및 표준화하고, 이 정보를 기초로 하여 공정설계용 데이터 구조를 개발한다.

(2) 2차년도 연구는 공정설계 의사결정 규칙 즉, 금형에 관한 가공정보로 부터

가공기계, 공구, 가공순서, 가공조건등을 결정하는 규칙을 개발하여 공정설계 전문가시스템을 개발한다.

(3) 3차년도에는 실제 금형생산의 표준시간 산정 및 일정계획을 수립하며, 또한 가공순서 및 가공조건의 최적화에 대한 연구를 수행한다.

2. 2차년도 연구내용을 세부적으로 살펴보면 다음과 같다.

(1) 본 연구는 "받침판이 없는 2단 사출금형"을 연구대상으로 선정하였다.

(2) 1차년도 연구에서 개발한 사출금형 부품의 형상정보 및 가공정보에 대한 데이터베이스(D/B)를 입력정보로 사용하여 사출금형 부품의 가공에 필요한 가공공정, 공작기계, 가공순서, 공구 및 가공조건(황삭, 정삭)의 결정에 대한 의사결정 규칙을 개발하였다.

(3) 획득된 의사결정 규칙들은 전문가 시스템 셸인 CLIPS를 사용해서 사출금형 공정설계용 전문가시스템으로 개발하였다.

IV. 연구결과 및 활용에 대한 진의

2차년도 연구결과는 다음과 같다.

- (1) 사출금형 각 부품별 의사결정 규칙 개발
- (2) 사출금형 공정설계용 전문가시스템의 개발

최종결과인 사출금형 공정설계용 전문가시스템은 현장에서 실제 적용이 가능한 시스템이며, 이 결과는 3차년도의 금형생산 일정계획에 이용된다.

ABSTRACT

I. Title of the Project

Computer Aided Process Planning System for Injection Mold

II. Objective and Significance of the Project

One of the key technology for successful implementation of Computer Integrated Manufacturing(CIM) System in injection mold manufacturing is Computer Aided Process Planning(CAPP) which automatically generates process plan to transform a part design to a final part by using computer.

Research efforts on CAPP in Korea, especially in the domain of injection mold is still inactive, comparing with CAD or CAM in both academies and industries. Therefore a practical CAPP system for injection mold is developed as a part of the major project "Computer Integrated Manufacturing System for Injection Mold".

III. Contents of the Project

This research is three-year project and the overall contents are as follows:

- (1) As the first year project, we structurize and standardize data about geometry information of a part and its machining accuracy information through survey on injection mold. We also construct a data structure based on structurized machining data.
- (2) As the second year project, we develop decision making rules to select

machine tool, cutting tool and machining conditions, to determine a sequence of machining operations, and to calculate machining time based on machining data base. An expert process planning system using decision rules and expert system shell CLIPS is developed for two-plate injection mold without support plate.

- (3) As the final year project, we will develop a program to make optimal sequence of several injection mold manufacturing and also optimize machining conditions at the same time.

The details of research results for the second year project is as follows:

- (1) The specific domain for CAPP system development is two-plate injection mold without support plate.
- (2) Decision making rules for selection of machining processes, machine tools, cutting tools and machining conditions(rough and fine cutting), and for determination of a sequence of machining operations is developed by using shape and machining data base of injection mold parts which are developed in first year project.
- (3) An expert process planning system for injection mold is developed by using decision rules for knowledge base and an expert system shell CLIPS.

IV. Results and Proposals for the future

The results of the second year project are as follows:

- (1) Development of decision making rules for knowledge base in injection

mold parts.

(2) Expert process planning system for manufacturing injection mold.

An expert process planning system for injection mold developed in this project can be implemented in injection mold manufacturing very easily and will improve the quality of process planning in industry.

And this result can be used for scheduling processes in the third year project.

Contents

Chapter 1	Introduction	13
Section 1	Research goal and need	13
Section 2	Objectives and Scope	14
2.1	Research Objectives	14
2.2	Research Scope	15
Section 3	State-of-arts	17
3.1	Introduction to Process Planning	17
3.2	Conceptual Model of Process Planning System	18
3.3	State-of-arts of Automatic Process Planning	22
Chapter 2	Introduction to Injection Mold Die Structure	33
Section 1	Functional Classification of Mold Die Components	33
1.1	Mold Die Structure	33
1.2	Functional Classification	35
Section 2	Knowledge Processing Technique	36
Chapter 3	Development of Decision making Rule for Process Planning of Injection Mold Die	43
Section 1	Functional Feature Analysis and Recognition of Mold Die Components	43

1.1	Functional Feature Analysis	43
1.2	Functional Feature Recognition	47
Section 2	Establishment of Manufacturing Knowledge Base	74
2.1	Knowledge Acquisition for Process Planning	74
2.2	Knowledge Representation	78
2.3	Verification of Decision Making Knowledge	82
Section 3	Algorithm for the Decision of Machining Sequence	91
Chapter 4	Development of MOLD CAPP System	93
Section 1	Introduction	93
Section 2	Application	99
2.1	Application by Interactive MOLD CAPP System	99
2.2	Application by CAD/MOLD CAPP Integrated System	108
Chapter 5	Conclusion	112
Reference	114
Appendix I	Program List of MOLD CAPP system	117
Appendix II	Drawing of Injection Mold Die for the Application	155
Appendix III	Terminology	163
Appendix IV	Abbreviations of Machine Tool	177

목 차

제 1 장 서 론	13
제 1 절 연구의 목적 및 필요성	13
제 2 절 연구의 대상 및 내용	14
2.1 연구의 대상	14
2.2 연구의 내용	15
제 3 절 자동공정설계시스템의 개요 및 개발현황	17
3.1 공정계획의 개요	17
3.2 공정설계시스템의 개념모델	18
3.3 자동공정설계시스템의 개발현황	22
제 2 장 사출금형의 구조 및 지식처리기술의 개요	33
제 1 절 사출금형 부품의 주요기능 분류	33
1.1 사출금형의 구조	33
1.2 사출금형의 주요기능 분류	35
제 2 절 지식처리기술의 개요	36
제 3 장 사출금형 공정설계용 의사결정규칙 개발	43
제 1 절 금형부품의 기능특성의 분석 및 인식	43
1.1 금형부품의 기능 분석	43
1.2 금형부품의 기능 인식	47

제 2 절	공정설계용 제조 지식베이스 구축	74
2.1	공정설계용 지식의 획득	74
2.2	지식의 표현	78
2.3	의사결정 지식의 검정	82
제 3 절	가공순서결정의 알고리즘	91
제 4 장	MOLD CAPP 시스템의 개발	93
제 1 절	시스템의 개요	93
제 2 절	적용사례	99
2.1	대화형 MOLD CAPP 시스템에 의한 사례	99
2.2	CAD/MOLD CAPP의 종합시스템에 의한 사례	108
제 5 장	결론	112
참고문헌	114
부록 I.	MOLD CAPP 시스템의 프로그램 목록	117
부록 II.	사례 연구용 사출금형 도면	155
부록 III.	용어의 정의	163
부록 IV.	공작기계의 약호	177

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 목적 및 필요성

기계공업과 같은 다품종소량생산에서 생산성 향상을 위해서 "플렉시블 오토메이션(flexible automation)"의 개념에 의한 새로운 자동화생산시스템의 개발에 대한 중요성이 인식되고 있다. 금형공업분야에서 자동화생산시스템은 컴퓨터 지원에 의한 설계의 자동화(Computer Aided Manufacturing; CAM), 설계와 제조를 연결시켜주는 공정계획의 자동화(Computer Aided Process Planning; CAPP) 및 관리의 자동화(Computer Aided Planning; CAP)가 토탈시스템적 관점에서 최적화, 통합화가 된 컴퓨터통합생산시스템(Computer Integrated Manufacturing System; CIMS)의 실현이라고 할 수 있다.

다품종소량생산의 특징을 갖고 있는 금형공업에서 금형의 설계, 공정설계, 가공기술 및 관리기술 분야의 생산성 향상을 위해서는 자재의 흐름과 정보의 흐름에 대한 자동화가 필요하며, 이들 두가지를 컴퓨터에 의해 자동화함으로써 CAD/CAPP/CAM의 총합적인 무인화를 실현해야 한다.

컴퓨터통합생산시스템의 실현을 위한 중요한 분야의 하나는 생산에서 설계와 제조사이를 연결시키는 기능을 가진 공정계획의 자동화인데, CAD와 CAM에 관한 연구는 상당한 수준까지 실용화가 되고 있으나, CAPP에 관한 연구는 상대적으로 저조한 실정이다.

본 연구는 "사출금형의 가공자동화를 위한 공정설계시스템 개발"의 2차년도로 사출금형 가공자동화를 위한 공정설계용 의사결정규칙 개발에 관한 연구이다.

일반적으로 기계가공부품에 대한 공정설계작업을 수행하는 데는 가공에 대한 많은 지식과 경험이 필요하기 때문에 공정설계전문가의 전문적

인 지식과 경험을 근간으로 사출금형의 공정설계용 의사결정규칙을 개발하고, 이를 이용하여 지식베이스를 구축하여 사출금형의 실용적인 자동공정설계시스템인 MOLD CAPP 시스템을 개발하는 것이 목표이다.

제 2 절 연구대상 및 내용

2.1 연구 대상

금형(Die & Mold)이란 각종 소재를 소성(Plasticity), 전연성(Ductility), 유동성(Fluidity) 등의 성질을 이용하여 동일규격의 제품 또는 부품을 성형가공하여 반복 다량생산에 이용되는 도구로써 "형" 또는 "틀"이라 정의할 수 있다[1]. 사출금형은 열가소성 수지를 사출기에서 가열, 용융하여 수지에 유동성을 부여한 다음 노즐을 통해서 수지를 금형의 성형부에 압입한 후 유입된 수지를 소정의 온도까지 냉각, 고화시킨 후 형을 열고 성형품을 취출하는 것을 말한다.

일반적으로 사출금형이 갖추어야 할 조건은 다음과 같다[2].

- 성형품에 알맞은 형상, 치수 및 정밀도를 줄 수 있는 금형구조
- 성형품의 2차 가공의 최소화
- 성형 능률이 좋은 금형구조
- 내구성이 있는 구조
- 제작기간이 짧고, 제작비가 싼 구조

이러한 금형은 가공품의 종류, 재질, 성형방법, 금형의 구조, 크기, 수량, 정밀도, 용도에 따라 다양하게 분류할 수 있으나, 본 연구에서는 다음 그림 1.1과 같이 분류하였다[3].

그림 1.1에서 2단금형은 스프루, 런너, 게이트가 동일면에 존재하는 금형이고, 3단금형은 고정측 형판과 가동측 형판 사이에 다른 플레이트(런너스트리퍼

플레이트 라고 함)가 있고, 이 플레이트와 고정축 형판 사이에 런너가

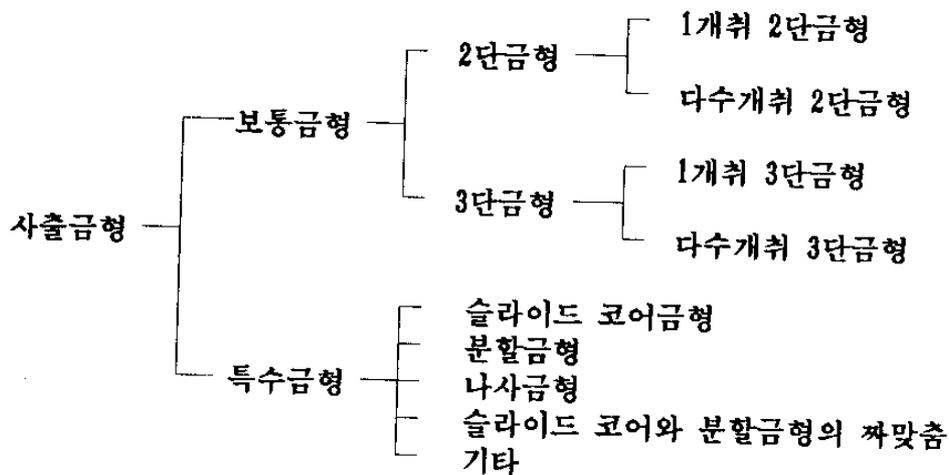


그림 1.1 사출금형의 분류

있으며, 또 가동축 형판과의 사이에 캐비티가 가공되도록 구성된 금형을 뜻한다.

그림 1.1과 같이 분류된 사출금형중 본 연구에서 대상으로 선정한 금형 형식은 일본 후다바 금형분류 기준에 따라 "받침판이 없는 2단 사출금형 (FUTABA SC TYPE)"으로 이것을 선택한 이유는 다음과 같다.

- 1차년도 금형사용에 대한 조사결과에서 "받침판이 없는 2단 사출금형"의 사용 빈도수가 가장 높았기 때문이다[4].
- 금형구조가 가장 간단하므로, 공정설계용 의사결정규칙의 개발이 용이하기 때문이다.

2.2 연구 내용

본 연구는 "받침판이 없는 2단 사출금형"을 대상으로 하여 자동공정설계시스템을 개발하는 것인데, CIM기술에 의한 사출금형 공장자동화 연구의 3개년도 연구과제에서 본 연구과제의 위치는 그림 1.2와 같이 나타낼 수 있다[5].

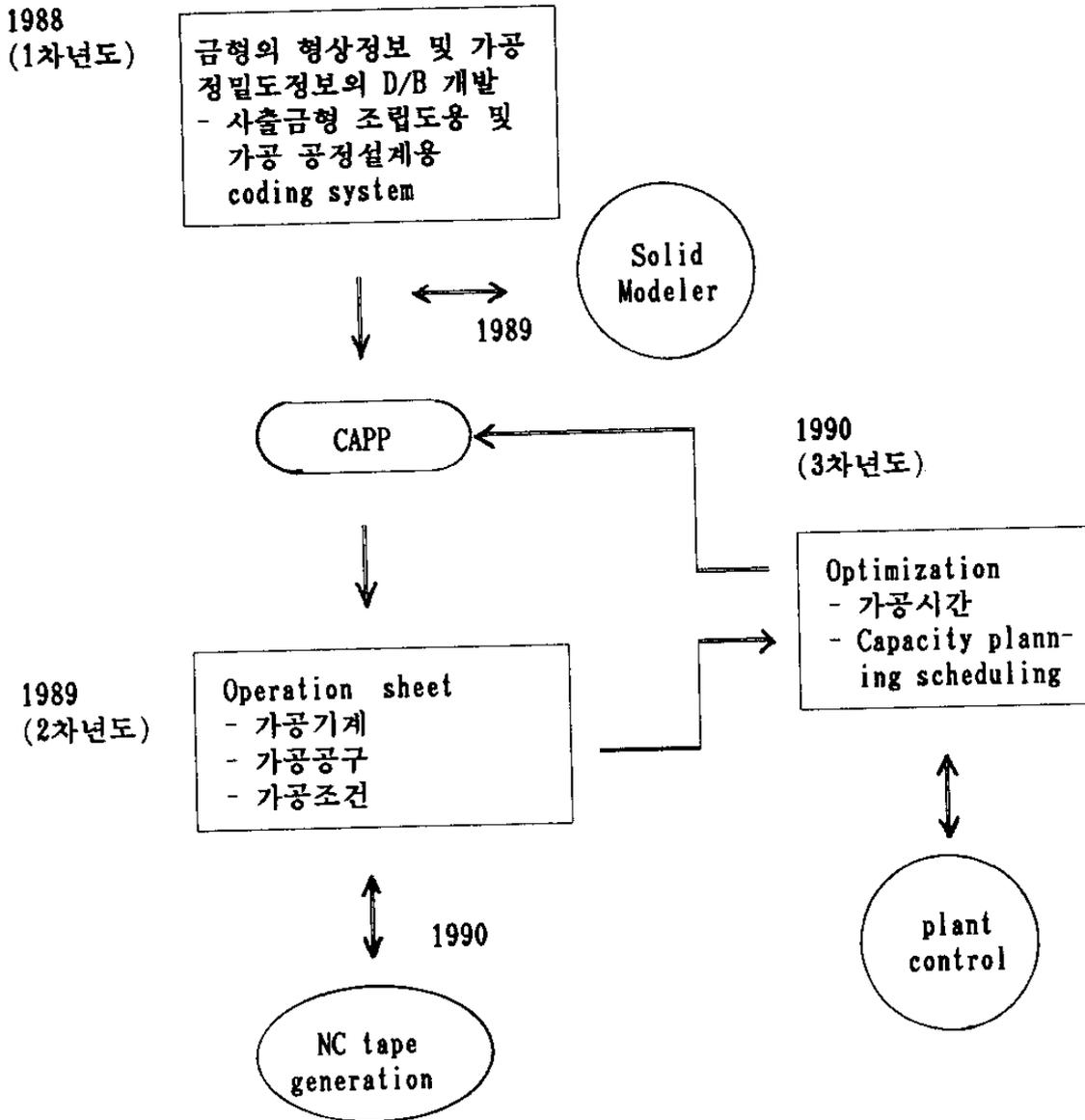


그림 1.2 3개년도 연구진행 계획

1차년도(1988년) 연구는 사출금형의 부품에 대한 가공공정, 공작기계, 사용공구 및 소재 등에 대한 정보를 포함하는 데이터베이스를 구축함이 주된 연구내용이었고, 구축된 데이터베이스는 2차년도 연구에서 개발될 자동공정설계시스템이 수행하는 금형부품의 가공에 필요한 가공공정 및 공작기계의 선정과 가공순서, 사용공구의 선정 등에 이용된다.

본 2차년도(1989년)의 연구는 1차년도에서 개발한 사출금형 부품의 형상정보

및 가공정보에 대한 데이터베이스(D/B)를 입력정보로 사용하여 사출금형 부품의 가공에 필요한 가공공정 및 공작기계의 선정, 가공순서, 사용공구 및 가공조건 (황삭, 정삭)의 결정에 대한 규칙을 개발하여 공정설계를 위한 전문가시스템을 개발함이 주된 연구내용이다.

향후 3차년도 연구는 표준시간 산정 및 가공조건의 최적화에 대한 연구이며, 본 연구가 완료되면 사출금형 가공공정 및 건적공수의 표준화가 이루어져 납기의 단축에 크게 기여하리라 생각된다. 아울러 CIM기술 실현의 일부로써, Solid modeler로부터 부품설계정보를 받아 Plant control에 생산관리정보를 출력하는 연계기술의 개발을 통한 금형공장의 CIM에 기여할 것으로 사료된다.

제 3 절 자동공정설계시스템의 개요 및 개발현황

3.1 공정계획의 개요

일반적으로 공정계획은 "소재로부터 제품을 경제적, 효율적으로 생산하는데 필요한 제조공정의 체계적인 결정"이라고 정의할 수 있다[6]. 공정계획은 제품의 종류와 수량, 재료와 부품의 종류, 보유 생산설비와 제조기술의 수준에 따라 다르나, 공정설계(Process Design)와 작업설계(Operation Design)로 구분할 수 있다. 기계가공 부품에 대한 공정계획에서 공정설계는 설계정보의 이해 및 해석, 가공방법의 선정, 가공순서의 결정, 가공기계의 종류 및 순서의 결정 등에 관한 거시적 계획을 의미하며, 작업설계는 공정설계의 출력정보를 이용해서 각 작업공정에서 수행해야 할 상세한 기술정보, 즉 지그 및 고정구의 설계와 사용조건의 결정, 공정내의 작업순서 및 작업자의 결정 등에 관한 미시적 계획을 의미한다 [7,8].

본 연구에서는 공정계획을 광의의 공정설계로 정의하고, 공정설계와 공정계획

을 동의어로 통용토록 한다. 전형적인 기계가공에 대한 공정계획의 위치와 구성은 그림 1.3에 나타낸 바와 같다.

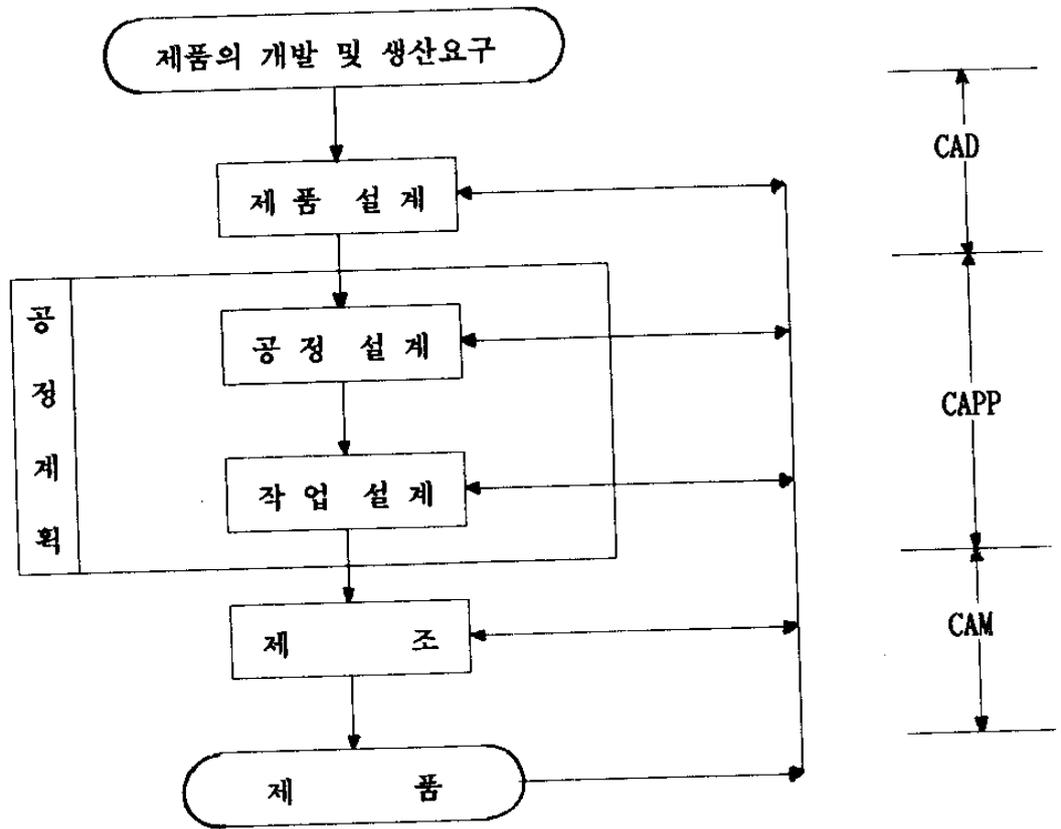


그림 1.3 공정계획의 위치와 구성

3.2 공정설계시스템의 개념모델

공정설계는 일련의 몇가지 기능들로 구성되는데, 이 기능들을 요약하면 다음과 같다[9].

1. 부품설계 데이터의 인식
2. 가공공정의 선택
3. 공작기계의 선택
4. 고정구 및 기준면 결정
5. 가공순서 결정
6. 검사기구 결정

7. 제조공차 결정
8. 적절한 가공조건 결정
9. 표준작업시간 산출
10. NC 계획

공정설계에 대한 개념모델은 앞에서 분류한 공정설계의 기능들을 기초로 하여 이를 도식화 하면 그림 1.4와 같다. 구축된 개념모델은 전문공정설계자가 공정설계를 수행하는 과정을 최적으로 표시할 수 있는 계층화된 구조로 구축되었으며, 이 구조는 공정설계자의 의사결정 접근방법을 잘 표시하고 있다[10].

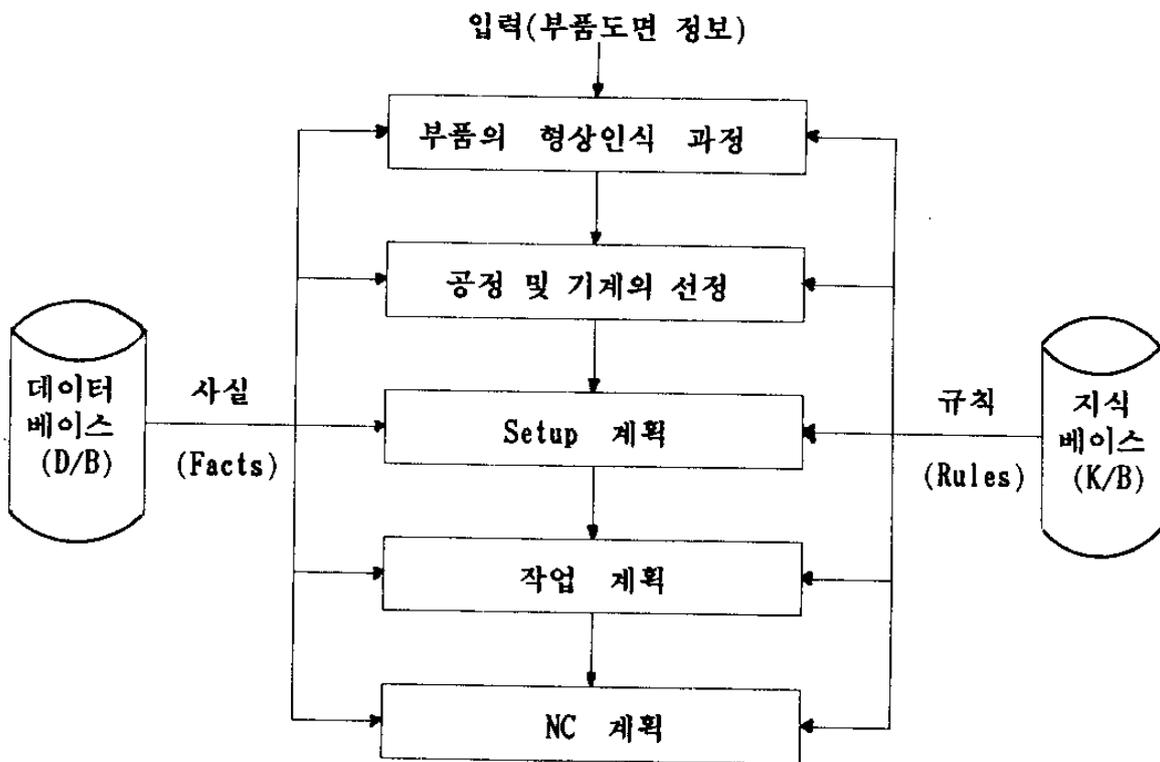


그림 1.4 공정설계시스템의 계층형구조

구축된 공정설계시스템의 개념모델에 대한 각 과정별 내용을 살펴보면 다음과 같다[11].

(1) 부품의 형상인식 과정

부품도면정보(형상정보 및 비형상정보)로 부터 공정설계에 필요한 형상을 인식하는 역할을 수행하며, 그 구체적인 입,출력 및 제약조건은 그림 1.5와 같다.

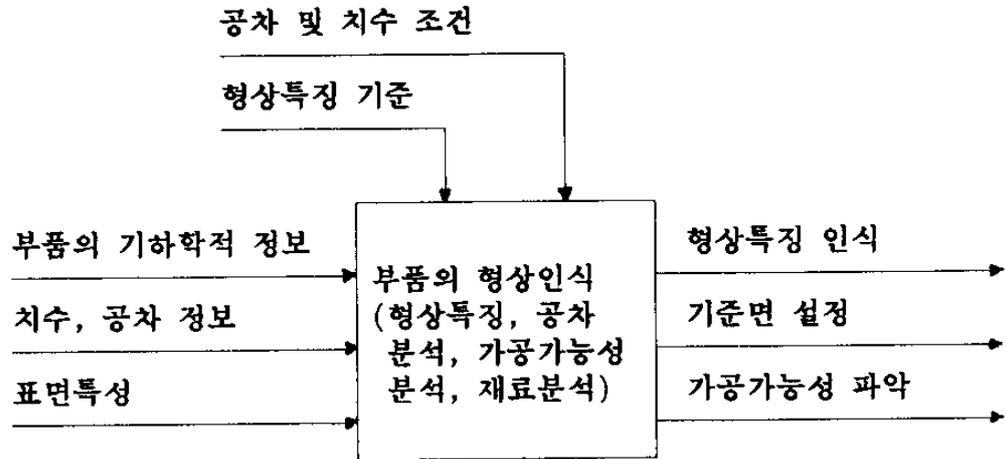


그림 1.5 부품의 형상인식과정

(2) 공정 및 기계의 선정

가공공정의 선정 및 공정순서, 선정된 공정을 수행할 수 있는 가공기계의 선정 및 각 공정에 속하는 작업의 선정과 순서결정에 대한 기능을 수행한다 (그림 1.6 참조).

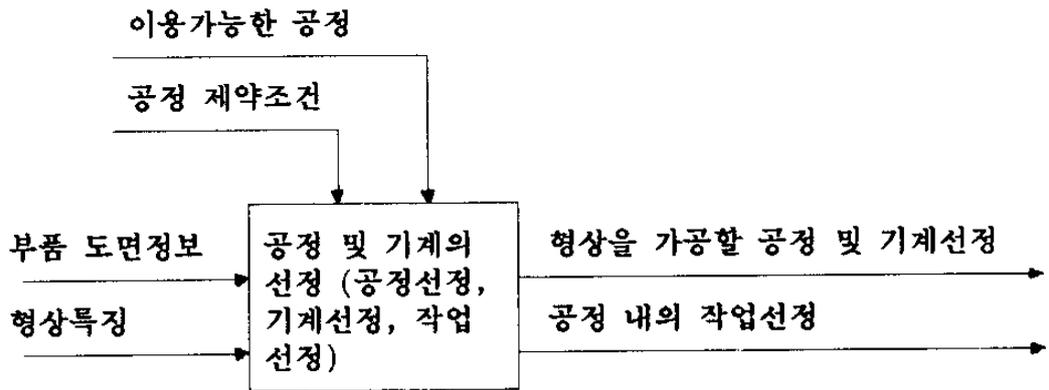


그림 1.6 공정 및 기계의 선정

(3) Setup 계획

부품의 기하학적 형상정보와 공차, 정도 등의 비형상정보를 고려하여 Setup계획, 고정구(Fixture)계획, 위치결정 및 Clamping에 대한 계획을 수행하며 그 상세한 내용은 그림 1.7에 도시되어 있다.

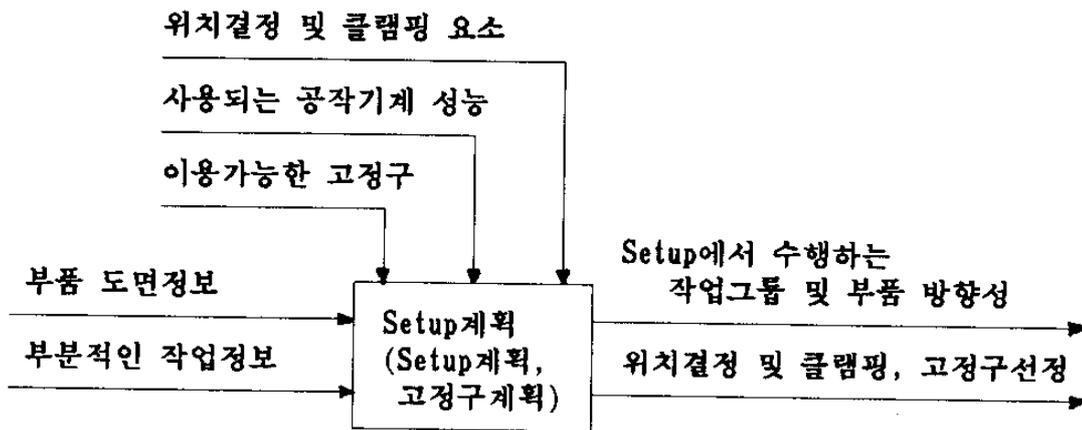


그림 1.7 Setup 계획

(4) 작업계획

구체적인 작업의 내용 및 순서의 결정, 절삭공구의 선정, 최적 절삭 조건의 선정작업을 수행하며, 입,출력 및 제약조건은 그림 1.8에 표시되어 있다.

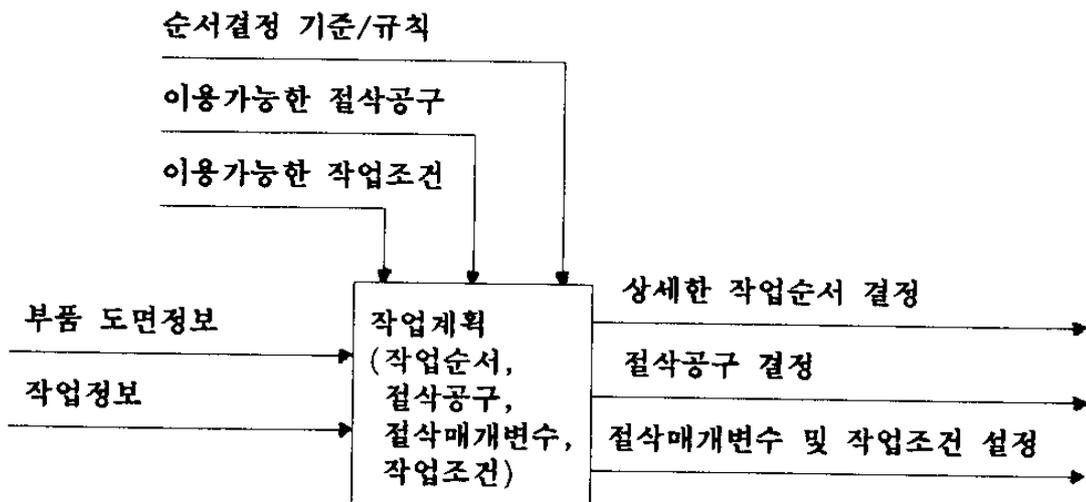


그림 1.8 작업 계획

(5) NC 계획

공정설계에서 수행되는 기능들 중 최종 기능으로서 작업계획의 실행을 위한 NC 프로그래밍을 수행하며, 구체적인 입, 출력 및 제약조건은 그림 1.9와 같다.

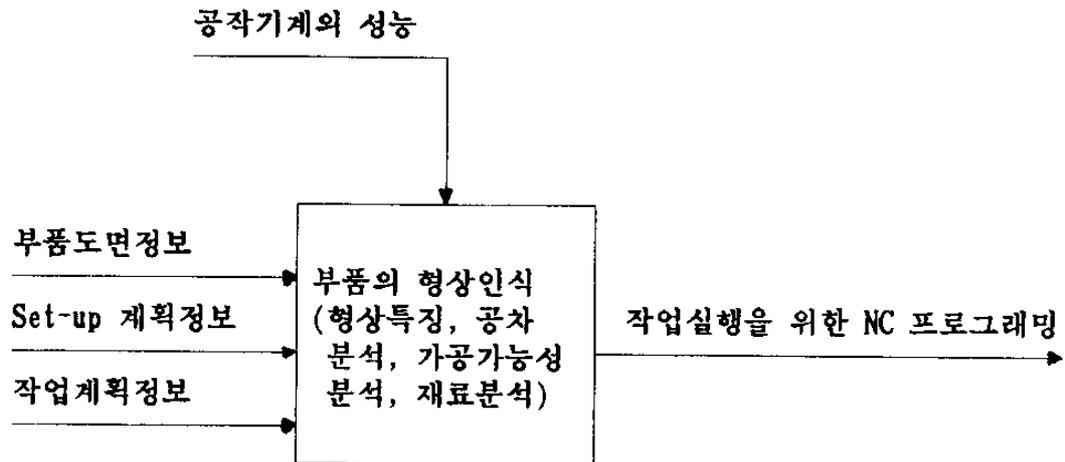


그림 1.9 NC 계획

3.3 자동공정설계시스템의 개발현황

공정설계는 공정설계자의 경험에 주로 의존함은 물론 많은 시간이 소요된다. 그러나 유능한 공정설계자의 부족과 CAD와 CAM시스템의 보급 및 다품종 소량생산의 생산성 향상을 위해서 컴퓨터를 이용한 CAPP이 CIM의 구축을 위해 개발되어야 할 과제이다.

컴퓨터 지원에 의한 자동화 기술의 급속한 발전과 더불어 지난 20여년 동안에 기계가공품에 관한 자동공정설계시스템은 약 150여가지가 개발되었다[12,13]. 그러나 금형부품을 대상으로한 자동공정설계시스템의 개발은 아직까지 매우 미흡한 상태이며, 국내에서는 GS-CAPP시스템[14]과 KIST에서 개발중인 MOLD CAPP시스템[5] 등이 있다.

3.3.1 CAPP 시스템 개발의 접근방법

자동공정설계시스템의 개발에 관한 기본적인 접근방법은 변성형 방법(Variant Approach), 준창성형 방법(Semi-Generative Approach) 및 창성형 방법(Generative Approach) 등이 있다.

(1) 변성형 방법

변성형 방법은 공정설계에 컴퓨터를 최초로 사용한 방법으로서, 부품간의 유사성을 이용해서 기존의 공정설계를 검색하여 새로운 부품에 대한 공정설계를 작성하는 일종의 검색방법(retrieval method)이다. 변성형 자동공정설계에서는 먼저 부품을 부품군(part family)으로 그룹화해서 각 부품군에 대한 고유의 코드(code)를 생성하고, 또 각 부품군에 대하여 표준공정설계(standard process plan)를 사전에 개발한다. 다양한 부품과 부품군에 대한 코드를 개발하는데는 그룹 테크놀로지(Group Technology ; GT)의 개념에 기초를 둔 코딩시스템을 사용한다. 변성형 CAPP시스템은 새로운 부품에 대한 코딩을 하고, 이 부품이 어떤 부품군에 속하는가를 검색한 다음에 부품의 특성에 맞는 표준공정설계를 검색하여 필요한 편집을 해서 공정표(routing sheet)를 작성한다. 이 시스템은 유사한 형상은 유사한 공정에 의해 만들 수 있다는 아이디어를 이용하고 있다. 변성형 CAPP시스템은 과거의 경험에 의한 생산방법을 기본으로 하고있기 때문에 생산설비의 갱신, 기술의 변혁, 부품형상의 변화에 대응하는데는 시간과 노력이 많이 소요되는 단점이 있으나, 현장에서 많이 적용되고 있다. 변성형 CAPP시스템으로는 AUTOPROS, MIPLAN, MITURN, CAM-I CAPP등 여러가지가 개발되어 있다[15].

(2) 준창성형 방법

준창성형 방법은 변성형 방법이 진보된 형태로서, 변성형과 다음에 설명할 창성형 방법이 혼합된 방법이다. 준창성형 CAPP시스템은 변성형 방법과 마찬가지로 먼저 부품을 명시한 다음에 사용자에게 여러가지의 선택권을 부여한다. 첫 번째로는 사용자에게 각 부품군에 대한 표준공정설계를 적절하게 변화시킬 수 있도록 한다. 두 번째로는 특정한 부품에 대하여 완성되지 않은 공정설계로부터 시작하여 이것을 완성할 수 있게 한다. 세 번째로는 컴퓨터에 저장되어 있는 표준공정설계를 사용하여 새로운 공정설계를 처음부터 끝까지 완성할 수 있게 하는 융통성을 부여한다.

준창성형 CAPP시스템의 처리의 기본은 변성형 방법과 같으나 공정설계자가 디스플레이 상에서 대화형으로 공정설계를 실시하며, 시스템은 의사결정에 필요한 자료를 제공해 준다. 준창성형 CAPP의 예로서는 GENPLAN과 CORE-CAPP등이 있다[16].

(3) 창성형 방법

창성형 방법은 CAPP시스템의 개발에 중요한 영향을 미친 방법으로써, 부품에 대한 공정설계를 얻기 위하여 자동적으로 공정정보를 합성하도록 설계된 방법이다. 이것은 인간이 개입하지 않고 설계 및 제조 데이터베이스에서 입수가 가능한 정보로부터 공정설계를 생성한다. 이 방법은 의사결정논리, 공식, 알고리즘 및 기타관련 데이터로 구성된 시스템을 활용하여 주어진 부품을 소재로부터 최종상태로 변환시키는 공정에 관련된 의사결정을 수행한다. 변성형 방법과는 달리 표준공정설계를 사용하지 않는다.

창성형 CAPP시스템은 두개의 주요부분으로 구성된다. 첫 번째는 제조 데이터베이스이며, 여기에는 기하, 형상, 공차 등의 부품내용과 가공데이터, 공구정보

등의 기술적 정보가 포함되어 있다. 두번째는 의사결정모듈이며, 공정설계자의 행위와 유사하게 공정설계를 수립하는 의사결정 논리로 구성된다. 창성형 CAPP시스템의 예로서는 APPAS, CPPP, XPS, AUTAP, CIMS/PRO, AUTOPLAN, GARI, TOM, TIPPS 등이 있다[17]. 이들 시스템은 부품을 표현하는 방법과 의사결정 논리를 저장하고 응용하는 방법에서 상당한 차이가 있다.

3.3.2 CAPP 시스템 개발시 사용기법

(1) 그룹 테크놀로지(Group Technology) 접근기법

컴퓨터 지원기술과 유연제조시스템(Flexible Manufacturing Systems; FMS)이 제조산업에 도입된 이후부터 그룹 테크놀로지(GT)의 개념이 인식되기 시작해서 CAPP 시스템에 널리 사용되게 되었다.

GT의 개념은 같거나 비슷한 특성을 가진 것을 하나의 그룹으로 묶어서 다른 것과 구분하는 것으로서, 일반적으로 부품군을 형성하는 방법은 5가지 즉, Manual/visual search, Nomenclatures/functions, Production flow analysis, Classification and coding, Mathematical programming/expert systems가 있다.

분류코딩시스템을 도입한 기법에 의해서 변성형 CAPP 시스템이 많이 개발되었는데, 그 예로는 DCLASS, Multiclass II 등이 있다. 또한 GT의 개념이 창성형 방법에 의한 CAPP 시스템의 응용된 예는 PFDM(Part Family Design and Manufacturing)가 있다[18].

(2) "Bottom-up" 접근기법

"Bottom-up" 접근기법이란 CAPP 시스템이 최종부품으로 부터 원재료로 부터 공정설계의 결과를 역추적하는 것을 말하며, 이것은 변성형 방법을 지향하는 전통적인 공정설계를 말한다. 하나의 예로서 "Bottom-up" CAPP시스템의 개략도를 그림 1.10에 나타낸다[19].

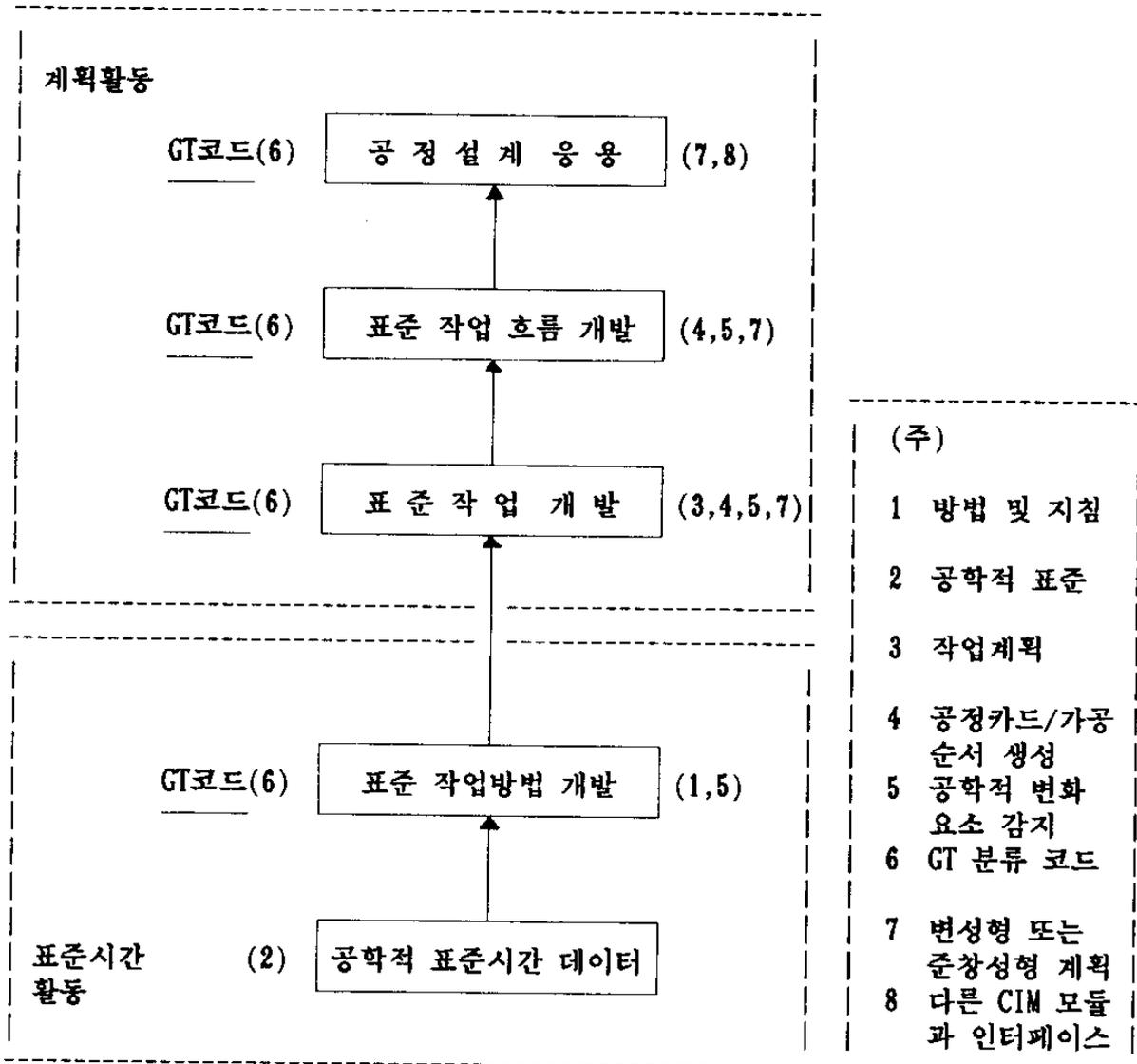


그림 1.10 "Bottom-up" CAPP시스템의 개략도

(3) "Top-down" 접근기법

"Top-down" 접근기법이란 "Bottom-up" 접근기법의 반대 개념으로서, 위로부터 아래로 공정설계의 과제가 진행되는 것을 의미한다. 이 접근기법은 창성형 방법을 지향하는 자동공정설계 방법이다. 하나의 예로서 "Top-down" CAPP시스템의 개략도를 그림 1.11에 나타낸다[20].

앞의 2가지 방법들이 서로 독립되어 있지 않기 때문에, 때때로 혼합된 방법들에서 CAPP시스템과 제조논리의 인터페이스를 할 수 있게 해준다.

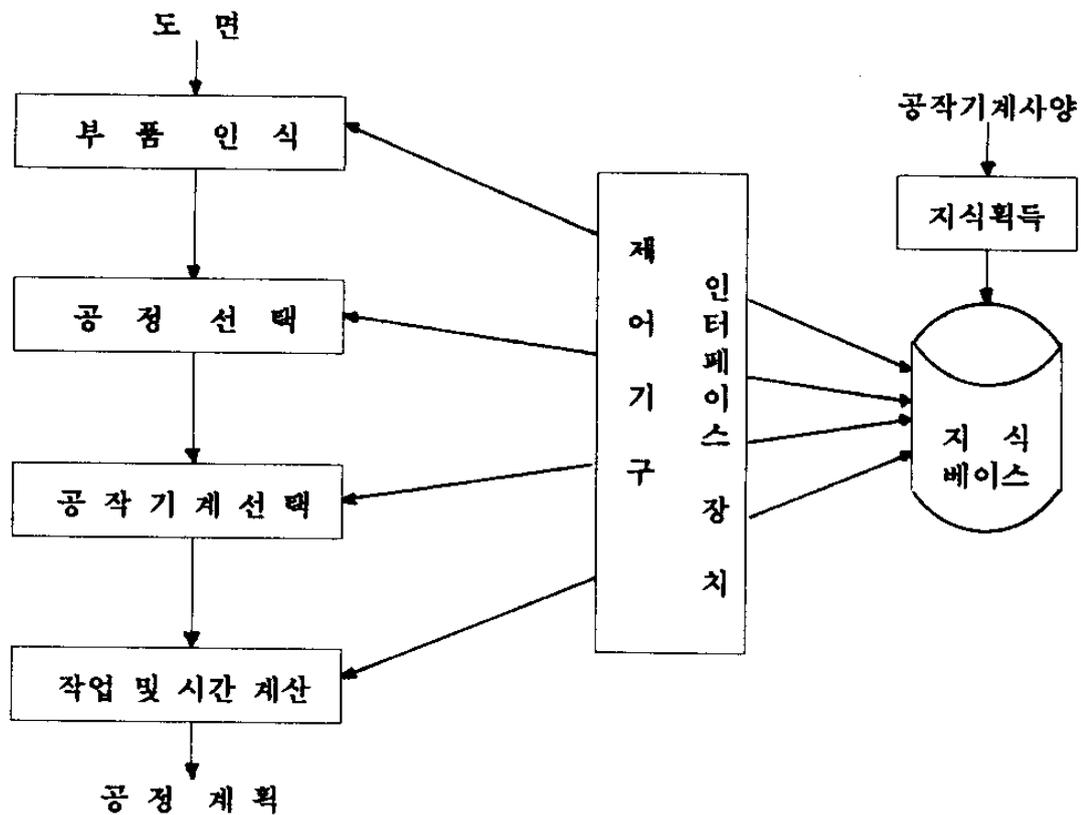


그림 1.11 "Top-down" CAPP시스템의 개략도

(4) AI와 전문가시스템 접근기법

AI기법이 응용된 CAPP시스템을 전문가시스템(Expert Systems; ES) 또는 지식베이스 시스템(Knowledge Based Systems; KBS) 또는 지식베이스전문가시스템(Knowledge Based Expert Systems; KBES)이라고 한다. 이러한 전문가시스템은 문제의 특수한 지식을 이해할 수 있는 능력을 가진 도구 또는 전문영역의 지식을 지적으로 사용하여 활동의 대안을 제시해줄 수 있는 것으로 정의된다. 그러나 제조영역에서 공정설계는 전문가의 지식을 많이 요구하기 때문에, KBES가 CAPP시스템의 개발을 위해서 많은 공헌을 할 것으로 생각된다. 그 예로서 컴퓨터 시스템의 구성에 관한 전문가시스템인 XCON과 Job Shop 스케줄링에 대한 전문가시스템인 ISIS 등이 있는데, 이들 이후로 TOM, GARI, EXCAP, SIPP, AGFPO, XPLAN, OPEX, KAPPS, SAPT, XPLAN-R 등이 지식베이스시스템 또는 전문가시스템이라는 명칭을 갖고 공정설계를 위해서 개발되었다[21].

KBES는 일반적으로 지식베이스, 지식획득 기구, 인식/인터페이스 기구, 및 사용자 인터페이스 기구 등의 4가지 요소로 구성되는데, 이들을 도식화 하면 그림 1.12와 같다. 공정설계용 KBES는 지식표현과 추론기관에 따라서 세분화하면 Rule-based 시스템과 Frame-based 시스템으로 분류할 수 있다.

- Rule-based 시스템은 지식표현에서 IF<조건> THEN<결론>의 형식을 이용한다. 대부분의 Rule-based 시스템은 규칙들을 포함하는 지식베이스 및 이들 규칙들을 제어하는 추론기관의 2가지 주요 요소로 구성된다. 그 대표적인 예가 GARI, EXCAP, TOM 등이 있다[22].

- Frame-based 시스템은 지식계층구조라 불리는 Know-how의 피라미드와 같은 연결구조를 기초로 하며, 예로서 KAPPS 및 SIPP 등이 있다[23]. 또한 Rule-based 시스템과 Frame-based 시스템이 혼합된 예가 XPLAN-R[24]이다.

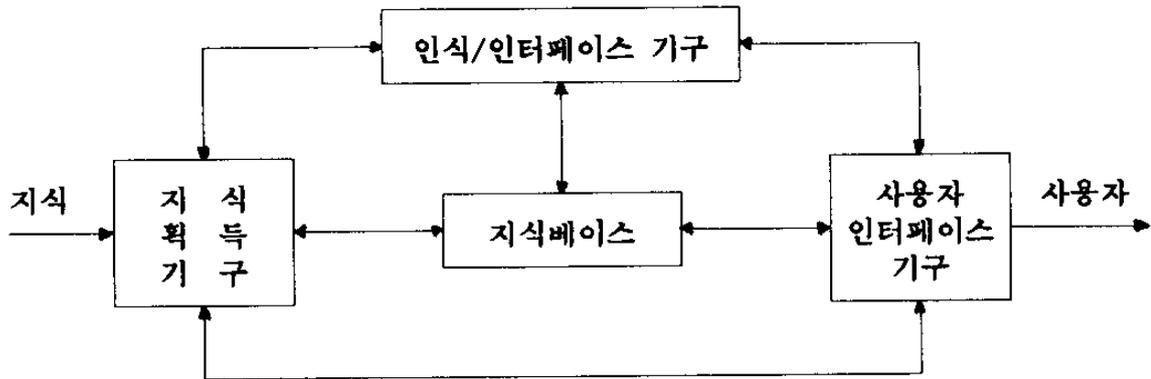


그림 1.12 일반적인 KBES의 개략도

(5) 컴퓨터 프로그래밍 언어

CAPP 시스템은 거의 모두가 컴퓨터 프로그래밍 언어를 사용하고 있다. 가장 간단한 프로그래밍 언어에는 BASIC이 CAPP개발의 초기에 널리 사용되었다. 그러나 논리적인 의사결정능력이 부족하고 고급언어의 출현으로 BASIC언어는 점차 사용되지 않게 되고 FORTRAN이 CAPP 개발에 사용 되었고, 또 제어구조와 강력한 데이터 구조때문에 특히 C언어와 PASCAL언어가 CAPP 시스템의 개발에 널리 사용되게 되었다. KBES가 도입됨에 따라 인공지능 프로그래밍 언어인 LISP 또는 PROLOG가 근래에 점차적으로 사용되게 되었다. 그러나 최근에 LISP과 PROLOG의 장점만을 결합시켜서 보다 AI 기법을 이용한 CAPP 시스템 개발을 효과적으로 할려고 노력하고 있는데, 이들이 바로 전문가시스템 툴(tool) 또는 셸(shell)이라고 한다. 대표적인 예가 EMYCIN, KAS, GOLDWORKS, ADVISER, SAVOIR, KEE 및 KES 등이 있다[25].

3.3.3 AI 기법을 이용한 CAPP 시스템 개발 현황

80년대 중반부터 개발되기 시작한 공정설계용 KBES는 주로 창성형 방법을 사용하면서 지식베이스의 표현 방법은 Rule을 많이 사용했다. 지금까지 개발된

공정설계용 KBES의 대표적인 예를 시스템 명칭, 대상부품 형상, 특성, 프로그래밍 언어 및 개발자 또는 기관명의 순으로 요약하면 표 1.1과 같다[9].

표 1.1 AI기법을 도입한 CAPP 시스템의 개발 현황

시스템 명칭	부품형상	특성	프로그래밍 언어	년도	개발자 또는 기관
AGFPO	F	지식베이스	PROLOG	1985	Eshel et al.(USA)
AMPS	S	지식베이스	Commom LISP	1988	U. of Tokyo(Japan)
AMPS	P	지식베이스	C and LISP	1988	Purdue U.(USA)
CAPES	P	지식베이스	C and Franz-LISP	1988	Mitsubishi El. Co. (Japan)
COATS	R	지식베이스	PROLOG	1986	Pisa U.(Italy)
COMP	.	지식베이스	.	1987	Colding International Co.(USA)
CUTTECH	R	지식베이스	.	1984	MRAT(USA)
EMAPS	R, P	지식베이스	.	1987	Tipnis Co.(USA)
EXCAP	R	지식베이스	PROLOG	1981	UMIST(UK)
EXCAPP	R	지식베이스	PROLOG	1988	BIAA(China)
HARI	H	지식베이스	MACLISP	1981	Grenoble U. (France)
GEMOS	.	지식베이스	.	1986	MRAT and GE Co. (USA)
GIPPS	P	지식베이스	C	1988	U. of Strathclyde (UK)

(표 1.1의 계속)

시스템 명칭	부품형상	특성	프로그래밍 언어	년도	개발자 또는 기관
HICLASS	P	지식베이스	C	1982	Hughes Aircraft Co. Calif. (USA)
HIMAPP	R	지식베이스	Inter-LISP	1986	U. of S. Cal.(USA)
INTELLI-CAPP	R, P	지식베이스	.	1987	Cimtelligence Coporation(USA)
KAPPS	R, P	지식베이스	Common-LISP	1986	Kobe U. (Japan)
MICRO-PLAN	R	지식베이스	.	1987	U. of Ill at Chicago (USA)
OPEX	R	지식베이스	PROLOG	1986	FME Ljubljana (Yugoslavia)
PICAP	R	지식베이스	PROLOG	1986	Pisa U. (Italy)
PWA Planner	P*	지식베이스	PROLOG	1986	Purdue U. (USA)
SIPP	.	지식베이스	PROLOG	1985	U. of Maryland (USA)
SIPPS	R, P	지식베이스	FORTRAN 77	1986	Southampton U.(UK)
SIPS	R, P	지식베이스	LISP	1986	U. of Maryland (USA)
TIPPS	M and D	지식베이스	.	1983	VPI and SU(USA)
TOM	R	지식베이스	PASCAL	1982	U. of Tokyo(Japan)
TURBO-CAPP	R	지식베이스	PROLOG	1987	Penn. State U. (USA)
XMAPP	P	지식베이스	Common-LIPS	1988	U. of Tokyo(Japan)

(표 1.1의 계속)

시스템 명칭	부품형상	특성	프로그래밍 언어	년도	개발자 또는 기관
XPLAN	R, P	지식베이스	FORTRAN 77	1984	Tech. U. of DK. (Denmark)
XPLANE	P	지식베이스	FORTRAN 77	1986	Twente U. of Tech. (Netherlands)
XPLAN-R	R	지식베이스	FORTRAN 77	1987	Tech. U. of DK (Denmark)
XPS-E	.	지식베이스	.	1986	UTRC(USA)

(주) R : 회전형상부품

H : 구멍형상

P : 비회전형상부품

P* : Printed wiring board

F : 성형공정부품

M and D : Milling and Drilling

S : 판류부품

제 2 장 사출금형 구조 및 지식처리기술의 개요

제 1 절 사출금형 부품의 주요기능 분류

1.1 사출금형의 구조

본 연구에서 연구대상으로 선정한 "받침판이 없는 2단 사출금형"의 구조와 각 부위의 명칭은 그림 2.1과 같다[3].

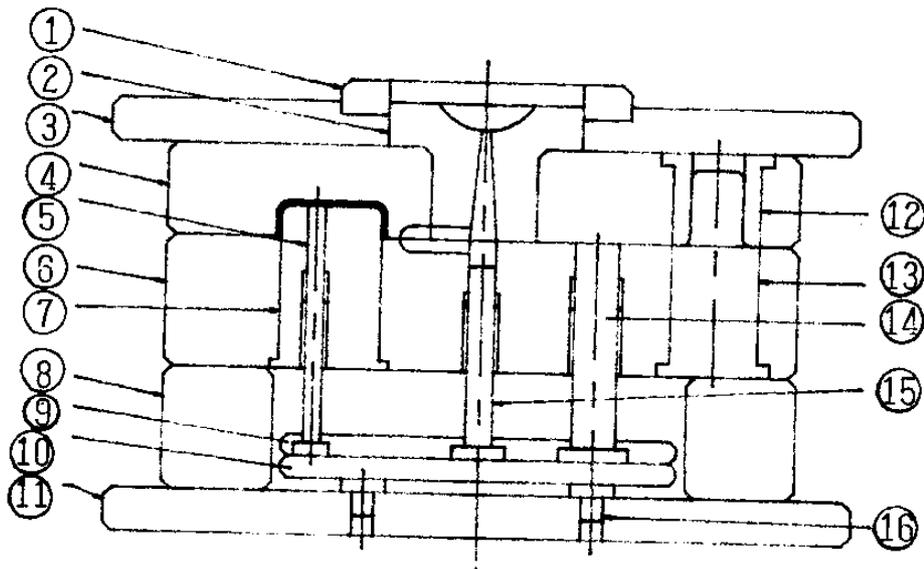


그림 2.1 받침판이 없는 2단 사출금형의 구조

이들 각 부위별 명칭들의 기능은 다음과 같다.

- ① 로케이트 링 : 사출기의 노즐을 금형의 주입구에 정확히 맞추어 사출시 수지누출을 방지한다.
- ② 스프루 부시 : 스프루의 통로를 안내한다.
- ③ 고정축 설치판 : 사출기의 고정축에 부착되어 고정축 형판을 사출기에 고정시킨다.
- ④ 고정축 형판 : 사출기의 고정축 설치판에 고정되어 있으며 제품형상의

전부(일체형) 또는 일부(분할형)가 성형되어 있다.

- ⑤ 이젝터 핀 : 제품을 밀어내는 핀으로써 대개가 원형이다.
- ⑥ 가동측 형판 : 사출기의 가동측 설치판에 고정되어 있으며 제품형상의 전부(일체형) 또는 일부(분할형)가 성형되어 있다.
- ⑦ 인서트 : 형판에 직접 조각하기가 힘든 경우나, 고급 재질을 사용할 필요가 있을 경우에 특정 부위만 가공하여 형판에 삽입한 부품이다.
- ⑧ 스페이스 블록 : 제품을 밀어낼 경우 이젝터 플레이트의 이동범위를 확보한다.
- ⑨ 이젝터 플레이트 (상) : 이젝터 핀이나 스트리퍼 플레이트의 밀어내기 작용을 위한 핀을 지지한다.
- ⑩ 이젝터 플레이트 (하) : 이젝터 핀이나 스트리퍼 플레이트의 밀어내기 작용을 위한 핀을 지지한다.
- ⑪ 가동측 설치판 : 사출기의 가동측에 부착되며 가동측 형판을 고정시킨다.
- ⑫ 가이드 핀 부시 : 가이드 핀의 운동에 의해 발생하는 형판의 마모를 방지한다.
- ⑬ 가이드 핀 : 금형이 체결될 때 고정측과 가동측이 정확하게 밀착될 수 있도록 운동 방향을 유도한다.
- ⑭ 리턴 핀 : 금형이 닫힐 때 성형부를 보호하기 위해서 이젝터 플레이트를 후퇴시키는 역할을 한다.
- ⑮ 스프루 록 핀 : 사출 완료후 가동측이 후퇴하면서 스프루를 스프루 부시로부터 이탈시킨다.
- ⑯ 스톱 핀 : 이젝터 플레이트의 하강을 일정하게 한다.

1.2 사출금형의 주요기능 분류

사출금형의 공통되는 주요기능은 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 1) 형판 및 캐비티 기능
- 2) 유동 및 주입 기능
- 3) 금형 열교환 기능
- 4) 성형품 이젝팅 기능
- 5) 성형기 부착 기능
- 6) 안내 및 정렬 기능

이밖에도 일반적 기능은 아니지만 성형품에 존재하는 언더컷 형상을 처리하기 위한 언더컷 처리 기능도 있다.

위와 같이 주요기능을 분류함에 따라 본 연구에서 대상으로 한 받침판이 없는 2단 사출금형의 부품들을 다음과 같이 분류하였다(아래 항목에서 부호 [A], [B], [C] 등은 그림 2.2에서 각 부품을 나타내는 기호이다).

- 1) 형판 및 캐비티 기능 ; 고정측 형판 (일체형, 분할형) [A]
가동측 형판 (일체형, 분할형) [B]
캐비티 코어, 코어
- 2) 유동 및 주입 기능 ; 런너, 게이트, 스프루
- 3) 금형 열교환 기능 ; 냉각수 구멍
- 4) 성형품 이젝팅 기능 ; 이젝터 플레이트 (상, 하) [E, F]
이젝터 핀, 슬리브 핀
- 5) 성형기 부착 기능 ; 고정측 설치판 [T]
가동측 설치판 [L]
- 6) 안내 및 정렬 기능 ; 가이드 핀 [GPA, GBA], 리턴 핀[RPN], 스페이스 블록

또한 성형품의 형상에 따른 언더컷 처리 기능에는 슬라이드 코어가 있다. 위와같이 분류된 부품들을 도식화하면 그림 2.2와 같이 나타낼 수 있다.

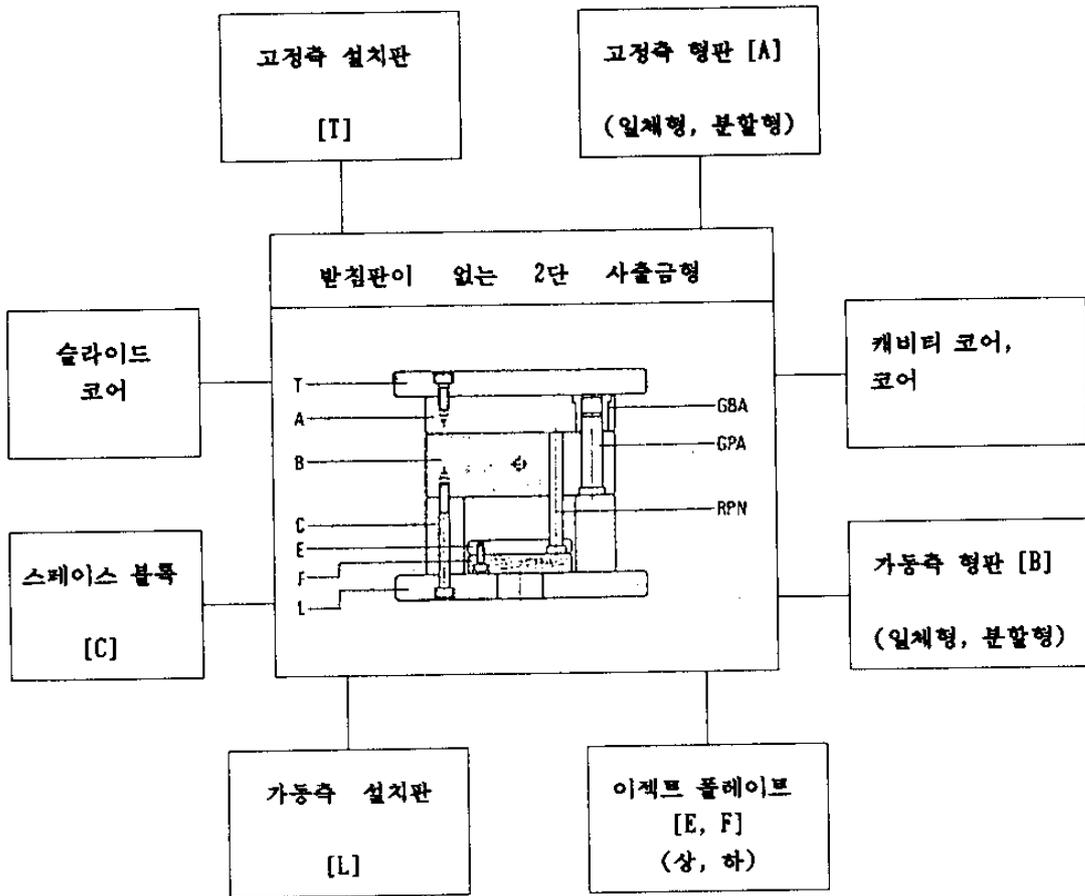


그림 2.2 받침판이 없는 2단 사출금형 부품도

제 2 절 지식처리기술의 개요

제조부분에서 컴퓨터의 역할이 확대되어 가면서 공학문제 해결을 위해서, 지금까지는 인간이 자기가 가지고 있는 지식과 경험을 바탕으로 하여 의사결정을 수행하여 왔지만, 컴퓨터가 이들 의사결정들을 대신하려고 할때는 판단 근거가 되는 지식 및 경험을 발생된 문제의 환경에 맞게 잘 조정해야 하기 때문에 지식의 처리가 필수적이다. 왜냐하면, 처리되지 않은 지식들은 근래의 고도로 자동

화된 설계 및 제조시스템들의 활동을 효율적으로 지원할 수 없기 때문이다.

지식처리기술(Knowledge Process Technology; KPT)의 목적을 이해하기 위해서는 전형적인 공학기술과 지식처리 기술의 활동을 비교함으로써 명확해질 것이다. 예를 들어서, 전형적인 공학기술의 제조부분에서 다양한 형태의 원재료를 어떻게 효과적이며 유용한 완제품으로 처리할 것인가에 대한 의사결정을 할 때, 처리대상은 원재료가 될 것이고 관심의 초점은 원재료의 활용을 증대하기 위한 다양한 공정기술이 될 것이다. 그러나 지식처리 기술에서의 관심의 초점은 다양한 형태의 지식들을 보다 효율적인 활용을 위해서 적절한 형태로 처리하는데 있다. 즉 전형적인 공학기술은 원재료를 유용한 제품으로 생산하는데 목적이 있지만, 지식처리 기술은 관련된 지식들을 주어진 환경에 맞는 의사결정 기준으로 변환하는데 목적이 있다 [26].

공정설계는 고도로 숙련된 공정설계자가 장기간에 걸쳐 축적된 경험적 지식과 공학적 법칙을 각 처리 과정에서 참조하며, 그 결과에 따라 의사결정을 행하면서 공정설계를 구체화해 가는 측면이 대단히 강하기 때문에, 이를 해결하기 위해서 지식처리기술을 도입한 공정설계의 자동화가 필요하다.

실제로 전문가시스템을 구축하기 위해서는 주변환경들이 상호 긴밀히 연결되어야 하며, 이들 환경들의 구성을 도식화하면 그림 2.3과 같다 [27].

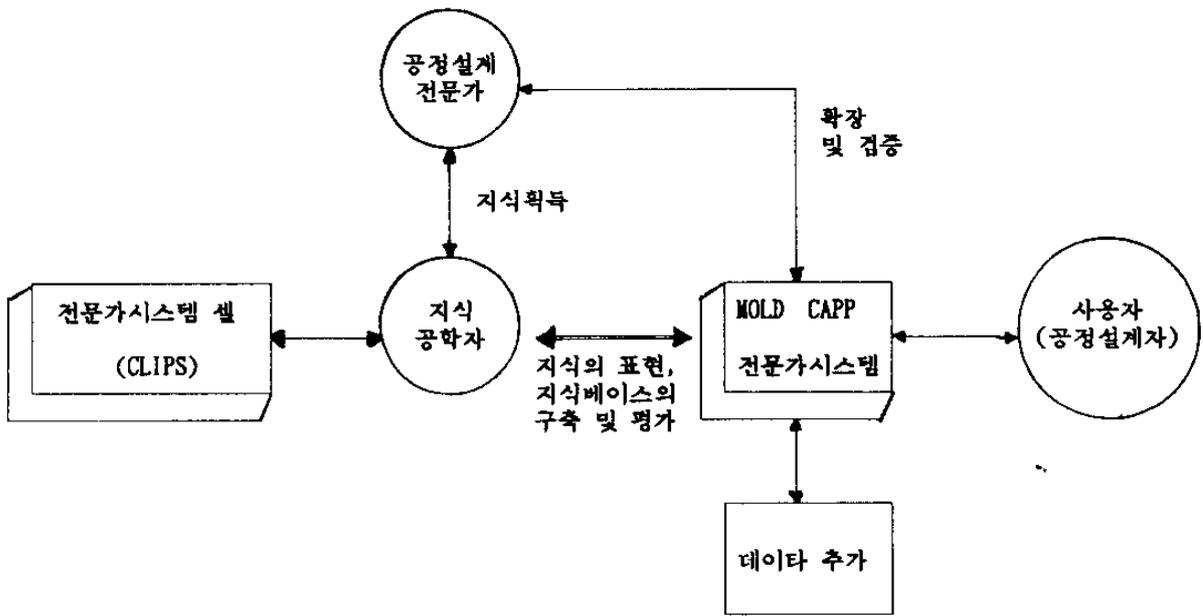


그림 2.3 전문가시스템과 주변환경

지식의 활용을 증대하기 위한 지식처리기술은 지식획득, 지식표현, 지식총합, 지식조정, 지식활용 등의 5가지 기법으로 구성되며, 받침판이 없는 2단 사출금형을 대상으로 공정설계를 할 때 지식처리기술의 5가지 기법을 도입한 개념모델을 도식화하면 그림 2.4와 같다.

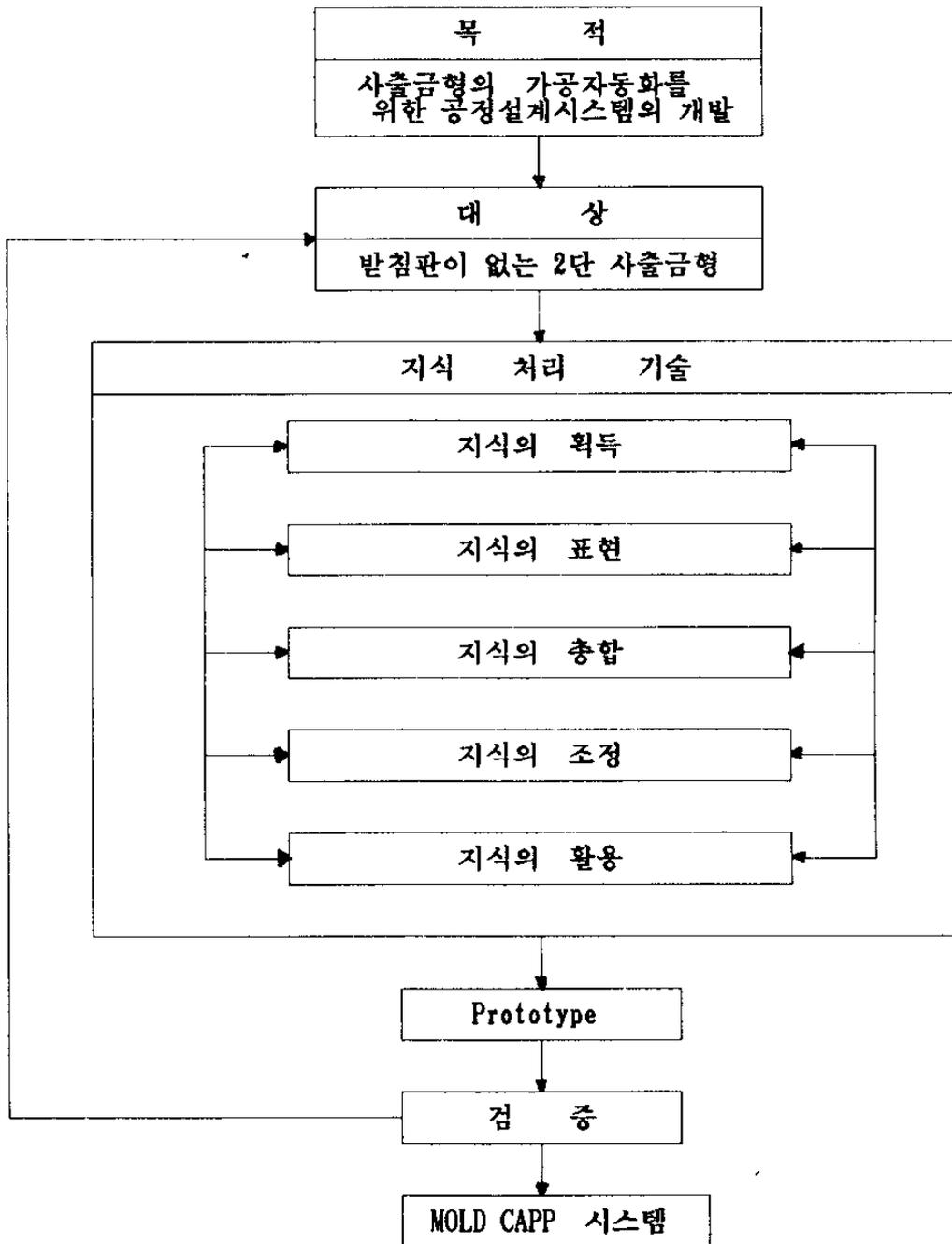
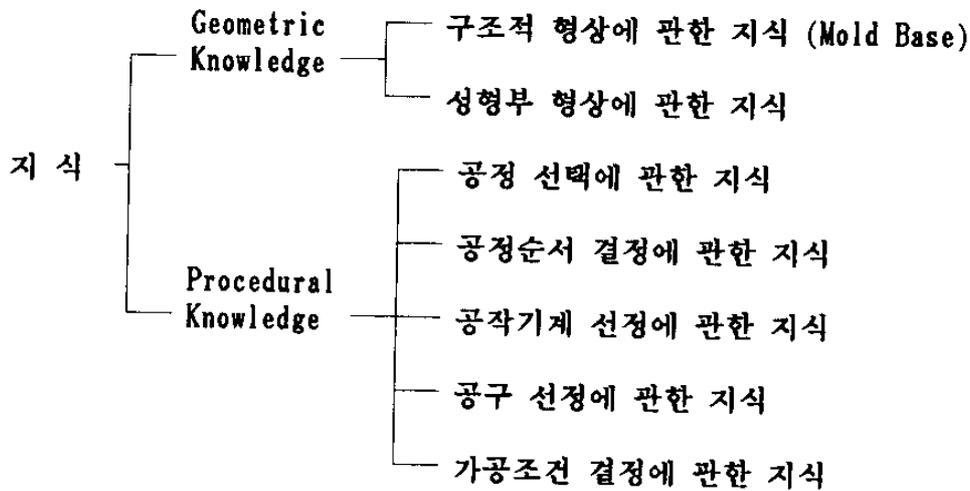


그림 2.4 사출금형의 공정설계에 대한 개념모델

효과적인 지식처리를 실현하기 위한 접근방법으로 개념모델에서 사용된 지식 획득, 지식표현, 지식총합, 지식조정 및 지식활용의 5가지 기법을 사출금형 공정 설계에서의 각 기능의 적용범위를 서술하면 다음과 같다.

(1) 지식의 획득(Knowledge Aquisition)

공정설계에 필요한 지식은 다음과 같이 분류할 수 있다.



위와같이 분류한 지식을 획득하는 방법은 인터뷰 및 Protocol Analysis Method를 이용한다. Protocol Analysis Method란 간단한 예제를 전문가에게 주어서 공정설계를 하게 한 다음, 각각의 의사결정이 어떻게 이루어지고 어떤 지식이 사용되어서 수행되는지 관찰한 후 지식공학자가 질문을 하여서 전문가의 대답을 체계화하여 공정설계용 의사결정규칙을 획득하는 방법이다.

(2) 지식의 표현(Knowledge Representation)

본 연구에서 채택한 지식표현은 Production Rule을 사용한 Rule-based이며, 이를 채택한 이유는 사용된 전문가시스템 셸인 CLIPS[28]가 Production Rule에 기초를 둔 시스템이기 때문이다.

(3) 지식의 총합(Knowledge Integration)

공정설계전문가들이 의사결정을 할 때 사용되는 공학적 지식이란, 경험적 지식만 가지고 의사결정을 하는 것이 아니라 많은 공학적 법칙들과 조합하여 공정

설계를 수행하기 때문에, 지식획득 및 지식표현에서 수집된 Production Rule 즉, Know-How들과 기계공학 전반의 공학적 법칙들을 지식총합에서 조합을 한다.

(4) 지식의 조정(Knowledge Coordination)

공정설계는 전통적으로 수년간의 경험을 가지고 있는 숙련된 공정설계전문가에 의해 수행된다. 그런데 공정설계전문가의 관점이 각각 다르기 때문에 항상 공정설계의 결과도 다르다. 따라서 한 가지 관점에서만 공정설계를 하는 것이 아니라, 여러가지 관점들이 서로 협력하여 지적으로 지식조정을 한다면 좋은 공정설계결과를 얻을 수 있다.

(5) 지식의 활용(Knowledge Utilization)

공정설계에 대한 지식은 공정설계자의 지식을 컴퓨터에 이식 시킴으로써 폭넓게 활용할 수 있다. 또한 체계적인 방법에 의해 표현된 지식은 미숙련 공정설계자를 도울 수 있다.

위의 지식처리 기법의 각 기능들을 도식화하면 그림 2.5와 같다.

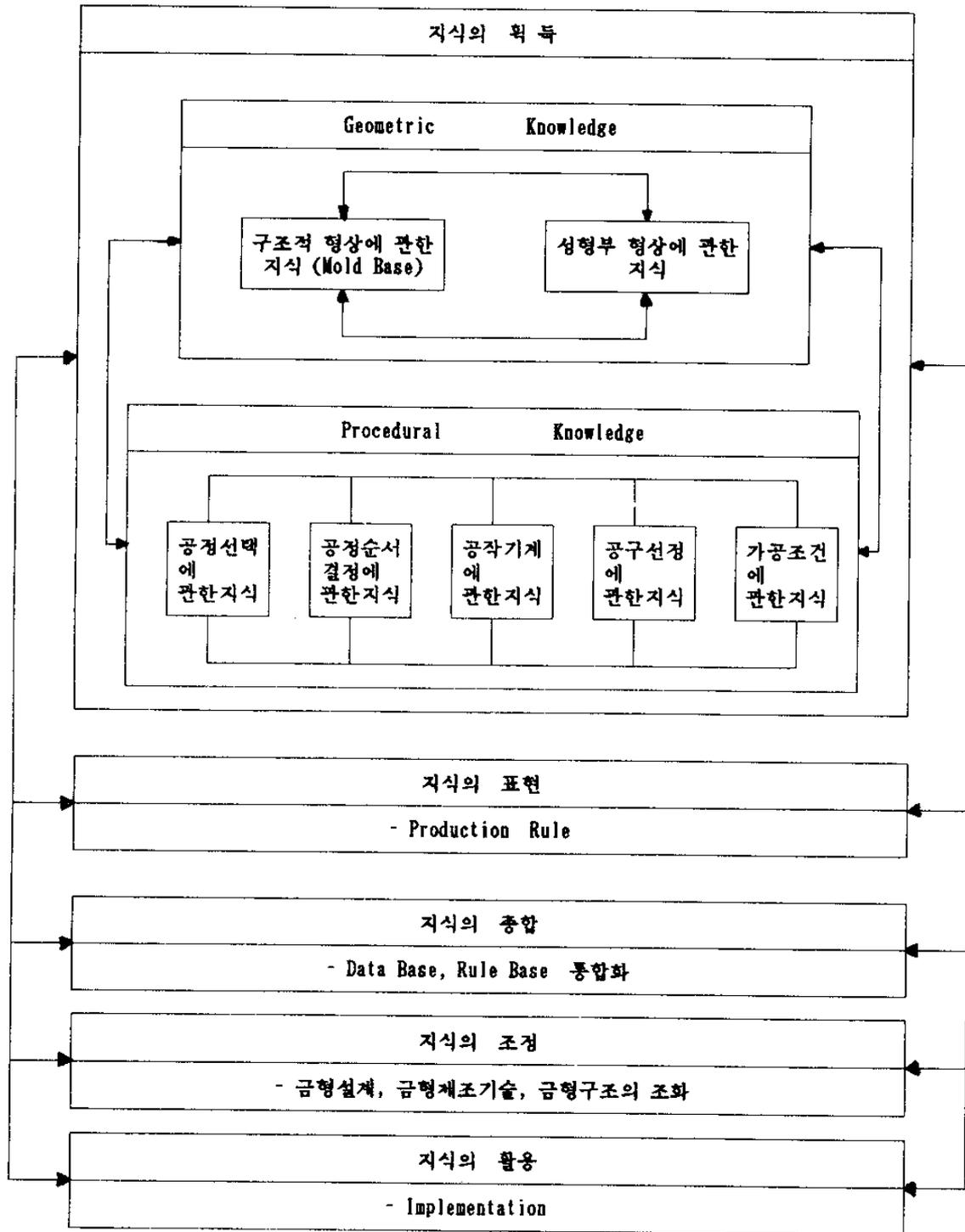


그림 2.5 지식처리 기술의 각 단계별 기능

제 3 장 사출금형 공정설계용 의사결정규칙 개발

제 1 절 금형부품의 기능특성의 분석 및 인식

1.1 금형부품의 기능특성 분석

본 연구에서 연구대상으로 선정한 "받침판이 없는 2단 사출금형"은 그림 2.4와 같이 8종류의 부품으로 구성되어 있으나, 고정축 형판과 가동축 형판은 성형품의 기하학적 형상이 복잡하거나 고급 재질을 사용하는 경우가 있을 때에는 코어 부분만을 분할 가공하여 형판에 삽입하는 수가 있다. 이와같이 분할 가공하여 삽입하는 경우를 분할형이라고 정의하며, 그렇지 않고 성형부를 같이 가공하는 경우를 일체형이라고 한다. 따라서 본 연구에서는 고정축 형판이나 가동축 형판의 일체형, 분할형을 각각 다른 부품으로 취급하여, 10종류의 부품이 존재하는 것으로 한다. 이와같이 10종류의 부품으로 분류한 이유는 일반적으로 부품의 명칭이란 그 부품이 갖고 있는 대표적인 기능을 표시하며 또한 GS-CAPP시스템 개발시 사출금형 설계도면 1000매를 분석한 결과, 각 부품의 명칭에 따라 존재할 수 있는 기능특성들을 정리해 본 결과 부품에 존재하는 형상들을 용이하게 기능특성별로 획득할 수 있기 때문이다[14].

"받침판이 없는 2단 사출금형"의 각 부품에 존재할 수 있는 기능특성을 요약하면 표 3.1과 같다.

금형의 특성상 위에서 분류한 10가지의 부품 중에서 크게 두 가지로 나누면 성형될 제품의 기하학적 형상을 생성하는 코어류(캐비티 코어 및 코어, 슬라이드 코어)와 이들 코어류를 지지하는 형판류(고정축 및 가동축 형판, 고정축 및 가동축 설치판)로 나눌 수 있으며 코어류에 포함된 기능특성과 관련된 형상들을 표 3.2와 같이 정리하였고 형판류에 포함된 기능특성과 관련된 형상들을 표 3.3에 나타내었다.

표 3.1 사출금형의 기능특성 분류

- 외부형상 기능 (기본적 외형)
- 코어 기능
- 형판 및 캐비티 기능 (기본적 내형)
- 유동 및 주입 기능
- 열교환 및 배기 기능
- 이젝팅 기능
- 안내 기능
- 체결 기능
- 운반 기능
- 언더컷 처리 기능
- 분할 코어용 인서트 기능
- 작동 기능

표 3.2 코어류의 기능특성에 따른 형상분류

분 류	관 련 된 형 상
i) 외부형상 기능	<ol style="list-style-type: none"> 1. 소재의 외부형상이 각형 2. 소재의 외부형상이 원형 3. 인서트 코어 조립용 포켓이 비관통 각형 포켓 형상 4. 인서트 코어 조립용 포켓이 사각 관통 구멍 형상
ii) 코어 기능	<ol style="list-style-type: none"> 1. 직선 코너컷 형상 2. 폭이 좁고 깊이가 깊은 형상 (rib 형상) 3. 성형부위가 2차원 형상 4. 성형부위가 3차원 형상 5. 성형부위가 경사진 형상 6. 성형부위가 2차원과 3차원이 조합된 것 7. 성형부위가 원형 형상 (코어의 중심 또는 대칭 형상)
iii) 유동 및 주입 기능	<ol style="list-style-type: none"> 1. 런너, 게이트 형상 2. 터널 게이트 형상
iv) 열교환 기능	<ol style="list-style-type: none"> 1. 냉각수 구멍깊이가 80mm 이상 2. 냉각수 구멍깊이가 80mm 이하 3. "O" ring 형상
v) 이젝팅 기능	<ol style="list-style-type: none"> 1. 이젝트 핀 구멍 2. 슬리브 핀 구멍

(표 3.2의 계속)

분 류	관 련 된 형 상
vi) 체결 기능	1. 랩핑 구멍 2. 볼트 구멍
vii) 운반 기능	1. Eye bolt 구멍 M48 이하 2. Eye bolt 구멍 M48 이상
viii) 작동 기능	1. 원형 경사 구멍
ix) 언더컷 처리기능	1. 언더컷 처리용 측면 정밀구멍 형상 2. 언더컷 처리용 사각 경사 밀핀 구멍 형상

표 3.3 형판류의 기능특성에 따른 형상분류

분 류	관 련 된 형 상
i) 형판 및 캐비티 기능	1. 2차원 성형부 형상 2. 3차원 성형부 형상 3. 성형부가 경사진 형상 4. 2차원 형상과 3차원 형상이 조합된 성형부 형상 5. 원형 성형부 형상 (판류의 중심에 있거나 판류의 대칭 형상) 6. 원형 성형부 형상 (판류의 비중심 또는 비대칭 형상) 7. 각형 인서트 포켓 형상 8. 원형 인서트 포켓 형상 9. 코터 조립용 포켓 형상 10. 인터록용 테이퍼 형상 11. 코너컷 형상
ii) 유동 및 주입 기능	1. 런너, 게이트 형상 2. 터널 게이트 형상 3. 스포루 부시용 구멍 형상
iii) 열교환 및 배기 기능	1. 경사진면을 관통한 냉각수 구멍 형상 2. 냉각수 구멍 깊이가 80mm 이상 3. 냉각수 구멍 깊이가 80mm 이하 4. "O"ring 형상 5. air vent 홈 형상

(표 3.3의 계속)

분 류	관 련 된 형 상
iv) 이젝팅 기능	1. 이젝트 핀 구멍 형상 2. 사각 밀핀 구멍 형상 3. 스트리퍼 블록 조립용 포켓 형상 4. 슬리브 핀 구멍 형상 5. 회전 방지 홈 형상
v) 안내 기능	1. 가이드 핀 구멍 형상 2. 리드 핀 구멍 형상
vi) 체결 기능	1. 탭핑 구멍 2. 측면 구멍 (슬라이드 코어) 3. 냉각수 연결 구멍 4. 리턴 핀 구멍 5. 조립용 볼트 구멍
vii) 운반 기능	1. Eye bolt 구멍 형상 M48 이하 2. Eye bolt 구멍 형상 M48 이상
viii) 언더컷 처리 기능	1. 언더컷 처리용 경사진 슬라이드 코어를 사용하는 경우 (경사 블록과 실린더) 2. 언더컷 처리용 수평 슬라이드 코어를 사용하는 경우 (가이드 레일과 실린더) 3. 언더컷 처리용 수평 슬라이드 코어를 사용하는 경우 (가이드 레일과 경사 핀 구멍) 4. 2번과 3번을 동시에 사용해야 하는 경우 5. 언더컷 처리용 사각 경사 밀핀 구멍 형상
ix) 분할 코어용 인서트 기능	1. 인서트 코어 조립용 포켓이 각형 비판통, 비회전 형상 2. 인서트 코어 조립용 포켓이 각형 비판통, 회전 형상 3. 인서트 코어 조립용 포켓이 각형 판통 형상

공정설계자가 부품도에 존재하는 형상들을 인식한 후에는 형상들을 가공하는 가공공정, 공작기계, 사용공구, 가공순서 및 가공조건 등을 결정해야 한다.

사출금형의 각 부품을 가공하는 절차를 살펴 보면, 먼저 형상들이 존재할 원재료를 면삭 및 연삭하는 소재가공을 한 다음에 각 형상들을 5mm 정도의 치수여유를 두고 황삭가공으로 원재료를 절삭한 후에 정확한 치수로 정삭가공을 한

다. 이때 정확한 치수로 정삭가공을 할 때 형상의 기하학적 형태가 범용공작기계로 완성가공이 되지 않을 경우에는 방전기 또는 와이어 컷팅기 등의 특수공작기계를 사용해서 형상을 가공한다. 형상가공이 끝난 후부터 조립과정까지를 마무리가공이라고 하는데, 이는 금형 완성과정에서 매우 중요한 가공공정이다.

위와 같은 금형 제조의 흐름에서 공정설계자가 형상의 기하학적 형태와 존재위치에 따라서 소재가공과 형상을 가공할 때 특수공작기계에 대한 정보는 기능특성에 따른 형상에 대한 인식과정에서 같이 결정되어야 하기 때문에, 본 연구에서는 제조에 대한 기능으로 소재가공 기능과 특수가공 기능으로 나누었다.

1.2 금형부품의 기능특성 인식

"발집판이 없는 2단 사출금형"의 각 부품에 대한 공정설계시 사용되는 기능특성을 요약하면 표 3.4 - 3.13과 같다.

(주) (1) 표의 '존재여부'란에서 사용된 기호 설명은 다음과 같다.

- ◆ : 나열된 기능이 어떤 종류의 금형도면이든 항상 존재함을 표시
- : 관련된 형상들이 항상 존재함을 표시
- ▲ : 관련된 형상들이 conditional하게 존재함을 표시

(2) 표 중에서 '존재위치'의 기준은 금형도면의 평면도를 기준으로 해서 표시한다. 즉 평면도 상에 실선으로 표시된 형상은 "위", 은선으로 표시된 형상은 "아래", 평면도의 측면에 형상이 있으면 "측"이라고 표시했다.

표 3.4 일체형 고정축 형판 기능특성 인식표

존재 가능한 기능특성	존재 여부	존재 위치
가) 형판 및 캐비티 기능	◆	
i. 성형부위에 관한 형상	○	
1. 성형부 형상이 2차원	▲	위
2. 성형부 형상이 3차원	▲	위
3. 성형부가 경사진 형상	▲	위
4. 성형부가 2차원과 3차원 형상이 조합된 것	▲	위
5. 성형부 형상이 원형 (관류의 중심 또는 대칭 형상)	▲	위
ii. 금형의 어긋남 방지에 관한 형상	○	
1. 코터 조립용 포켓	▲	위
2. 인터록용 테이퍼진 것	▲	위
나) 유동 및 주입 기능	◆	
1. 런너 형상	○	위
2. 터널 게이트 형상	▲	아래
3. 스프루 부사용 구멍	○	아래
다) 열교환 및 배기 기능	◆	
i. 온도조절에 관한 형상	○	
1. 냉각수 구멍	○	측
2. 경사진 면을 관통한 냉각수 구멍	▲	측
3. "O" ring	○	위

(표 3.4의 계속)

존재 가능한 기능특성	항 목	존재 여부	존재 위치
ii. 배기에 관한 형상		○	
1. air vent용 홈 또는 구멍		○	위
라) 체결 기능		◆	
1. 텡핑 구멍		○	위
2. 볼트 구멍		○	아래
마) 안내 기능		◆	
1. 가이드 핀 구멍		○	위
바) 운반 기능		◆	
1. Eye bolt 구멍		○	측
사) 언더컷 처리 기능		▲	
1. 경사진 슬라이드 코어를 사용하는 경우 (경사 블록과 실린더)		▲	측
2. 수평 슬라이드 코어를 사용하는 경우 (가이드 레일과 실린더)		▲	측
3. 수평 슬라이드 코어를 사용하는 경우 (가이드 레일과 경사핀 구멍)		▲	위
4. 2번과 3번을 동시에 사용하는 경우		▲	측, 위
아) 소재가공 기능		◆	
1. 성형부와 관련된 주형상이 오목 형상		○	위
2. 포켓 깊이가 형판 두께의 1/2 이상		▲	위
자) 특수가공 기능		▲	

(표 3.4의 계속)

항 목	존재 여부	존재 위치
존재 가능한 기능특성		
1. 폴립 열처리	▲	위
2. 모방 가공	▲	위
3. 방전 가공	▲	위
4. 와이어 컷팅 가공	▲	위
5. 마무리 가공	○	위

표 3.5 분할형 고정축 형판 기능특성 인식표

항 목	존재 여부	존재 위치
존재 가능한 기능특성		
가) 형판 및 캐비티 기능	◆	
i. 성형부위에 관한 형상	○	
1. 각종 인서트 포켓	▲	위
2. 원형 인서트 포켓	▲	위
ii. 금형의 어긋남 방지에 관한 형상	○	
1. 코터 조립용 포켓	▲	위
2. 인터록용 테이퍼진 형상	▲	위
나) 열교환 기능	◆	
1. 냉각수 구멍	○	측
2. 경사진 면을 관통한 냉각수 구멍	▲	측

(표 3.5의 계속)

존재 가능한 기능특성	항 목	존재 여부	존재 위치
3. 0 링		○	위
다) 체결 기능		◆	
1. 탭핑 구멍		○	위
2. 냉각수 연결 구멍		○	위
3. 조립용 볼트 구멍		○	아래
라) 안내 기능		◆	
1. 가이드 핀 구멍		○	위
마) 운반 기능		◆	
1. Eye 볼트 구멍		○	측
바) 언더컷 처리 기능		▲	
1. 경사진 슬라이드 코어를 사용하는 경우 (경사 블록과 실린더)		▲	측
2. 수 평 슬라이드 코어를 사용하는 경우 (가이드 레일과 실린더)		▲	측
3. 수 평 슬라이드 코어를 사용하는 경우 (가이드 레일과 경사진 구멍)		▲	위
4. 2번과 3번을 동시에 사용하는 경우		▲	측, 위
사) 소재가공 기능		◆	
1. 성형부와 관련된 주형상의 오목 형상		○	위
2. 포켓 깊이가 형판의 1/2 이상		▲	위

(표 3.5의 계속)

존재 가능한 기능특성	항 목	존재 여부	존재 위치
아) 특수가공 기능		▲	
1. 모방 가공		▲	위
2. 방전 가공		▲	위
3. 동시 가공		▲	위
4. 마무리 가공		○	위

표 3.6 일체형 가동축 형판 기능특성 인식표

존재 가능한 기능특성	항 목	존재 여부	존재 위치
가) 형판 및 캐비티 기능		◆	
i. 성형부위에 관한 형상		○	
1. 성형부 형상이 2차원		▲	위
2. 성형부 형상이 3차원		▲	위
3. 성형부가 경사진 형상		▲	위
4. 성형부가 2차원과 3차원 형상이 조합된 것		▲	위
5. 성형부 형상이 원형 (판류의 중심 또는 대칭 형상)		▲	위
ii. 금형의 어긋남 방지에 관한 형상		○	
1. 코터 조립용 포켓		▲	위

(표 3.6의 계속)

항 목 존재 가능한 기능특성	존재 여부	존재 위치
나) 유동 및 주입 기능	◆	
1. 런너, 게이트 형상	○	위
2. 터널 게이트 형상	▲	아래
다) 열교환 기능	◆	
1. 냉각수 구멍	○	위
2. "O" ring	○	위
라) 이젝팅 기능	◆	
1. 이젝트 핀 구멍	○	위
2. 사각 밀핀 구멍	▲	위
3. 스트리퍼 블록 조립용 포켓	▲	위
4. 슬리브 핀 구멍	▲	위
마) 체결 기능	◆	
1. 탭핑 구멍	○	위
2. 냉각수 연결 구멍	▲	위
바) 안내 기능	◆	
1. 가이드 핀 구멍	○	위
2. 리턴 핀 구멍	○	위
3. 리드 핀 구멍	▲	위
사) 운반 기능	◆	
1. Eye bolt 구멍	○	측

(표 3.6의 계속)

<div style="text-align: center;">항 목</div> <div style="text-align: left;">존재 가능한 기능특성</div>	존재 여부	존재 위치
아) 언더컷 처리 기능	▲	
1. 경사진 슬라이드 코어를 사용하는 경우 (경사 블록과 실린더)	▲	측
2. 수평 슬라이드 코어를 사용하는 경우 (가이드 레일과 실린더)	▲	측
3. 수평 슬라이드 코어를 사용하는 경우 (가이드 레일과 경사핀 구멍)	▲	위
4. 2번과 3번을 동시에 사용하는 경우	▲	측, 위
5. 사각 경사 밀편을 사용하는 경우	▲	위
자) 분할 코어용 인서트 기능	▲	
1. 인서트 코어 조립용 포켓이 각형 비관통, 비회전 형상	▲	위
2. 인서트 코어 조립용 포켓이 각형 비관통, 회전 형상	▲	위
3. 인서트 코어 조립용 포켓이 관통 형상	▲	위
차) 특수가공 기능	▲	
1. 모방 가공	▲	위
2. 방전 가공	▲	위
3. 마무리 가공	▲	위

표 3.7 분할형 가동축 형판 기능특성 인식표

존재 가능한 기능특성	존재 여부	존재 위치
가) 형판 및 캐비티 기능	◆	
i. 성형부위에 관한 형상	○	
1. 각형 인서트 포켓	▲	위
2. 원형 인서트 포켓	▲	위
ii. 금형의 어긋남 방지에 관한 형상	○	
1. 코터 조립용 포켓	▲	위
2. 인터록용 테이퍼진 형상	▲	위
나) 열교환 기능	◆	
1. 냉각수 구멍	○	측
2. 경사진 면을 관통한 냉각수 구멍	▲	측
3. O 링	○	위
다) 이젝팅 기능	◆	
1. 이젝트 핀 구멍	○	위
2. 사각 밀핀 구멍	▲	위
3. 스트리퍼 블록 조립용 포켓	▲	위
4. 슬리브 핀 구멍	▲	위
라) 체결 기능	◆	
1. 텀핑 구멍	○	위
2. 냉각수 연결 구멍	▲	위

(표 3.7의 계속)

항 목	존재 여부	존재 위치
존재 가능한 기능특성		
3. 조립용 볼트 구멍	○	아래
마) 안내 기능	◆	
1. 가이드 핀 구멍	○	위
2. 리턴 핀 구멍	○	위
3. 리드 핀 구멍	▲	위
바) 운반 기능	◆	
1. Eye 볼트 구멍	○	측
사) 언더컷 처리 기능	▲	
1. 경사진 슬라이드 코어를 사용하는 경우 (경사 블록과 실린더)	▲	측
2. 수평 슬라이드 코어를 사용하는 경우 (가이드 레일과 실린더)	▲	측
3. 수평 슬라이드 코어를 사용하는 경우 (가이드 레일과 경사진 구멍)	▲	위
4. 2번과 3번을 동시에 사용하는 경우	▲	측, 위
아) 특수가공 기능	▲	
1. 모방 가공	▲	위
2. 방전 가공	▲	위
3. 마무리 가공	▲	위

표 3.8 캐비티 코어 및 코어 기능특성 인식표

존재 가능한 기능특성	존재 여부	존재 위치
가) 외부형상 기능	◆	
i. 코어의 기초 외부 형상	○	
1. 소재의 외부 형상이 각형	▲	위
2. 소재의 외부 형상이 원형	▲	위
ii. 분할 코어의 인서트에 대한 형상	▲	
1. 비관통 각형 포켓	▲	위
2. 사각 관통 구멍 진 것	▲	위
3. "O" ring	▲	위
나) 코어 기능	◆	
1. 직선 코너컷 형상	▲	위
2. 폭이 좁고 깊이가 깊은 형상	▲	위
3. 성형부위가 2차원 형상	▲	위
4. 성형부위가 3차원 형상	▲	위
5. 성형부위가 2차원과 3차원 형상이 조합된것	▲	위
6. 성형부위가 경사진 형상	▲	위
7. 성형부위가 원형 형상 (코어의 중심 또는 대칭 형상)	▲	위
다) 유동 및 주입 기능	◆	
1. 런너, 게이트 형상	○	위
2. 터널 게이트 형상	▲	아래

(표 3.8의 계속)

항 목	존재 여부	존재 위치
존재 가능한 기능특성		
라) 열교환 기능	◆	
1. 냉각수 구멍	○	측
마) 이젝팅 기능	◆	
1. 이젝트 핀 구멍	○	위
2. 슬리브 핀 구멍	○	위
바) 체결 기능	◆	
1. 탭핑 구멍	○	위
2. 조립용 볼트 구멍	○	아래
사) 운반 기능	◆	
1. Eye bolt 구멍	○	측
아) 언더컷 처리 기능	▲	
1. 측면 정밀 구멍	▲	측
2. 사각 경사 밀핀 구멍	▲	위
자) 소재가공 기능	◆	
1. 면삭 가공	○	위
2. 연삭 가공	○	위
차) 특수가공 기능	▲	
1. 코어를 형판에 조립하는 작업	○	위
2. 동시 가공	▲	위

(표 3.8의 계속)

항 목	존재 여부	존재 위치
존재 가능한 기능특성		
3. 모방 가공	▲	위
4. 방전 가공	▲	위
5. 마무리 가공	○	위

표 3.9 슬라이드 코어 기능특성 인식표

항 목	존재 여부	존재 위치
존재 가능한 기능특성		
가) 코어 기능	◆	
1. 직선 코너컷 형상	○	위
2. 폭이 좁고 깊이가 깊은 형상	▲	위
3. 성형부위가 2차원 형상	▲	위
4. 성형부위가 3차원 형상	▲	위
5. 성형부위가 경사진 형상	▲	위
나) 열교환 기능	▲	
1. 냉각수 구멍	▲	측
다) 작동 기능	▲	
1. 원형 경사 구멍	▲	위
라) 체결 기능	◆	
1. 립핑 구멍	○	위

(표 3.9의 계속)

<div style="text-align: center;">항 목</div> <div style="text-align: left;">존재 가능한 기능특성</div>	존재 여부	존재 위치
마) 소재가공 기능	◆	
1. 면삭 가공	○	위
2. 연삭 가공	○	위
바) 특수가공 기능	▲	
1. 가이드 레일에 슬라이드 코어를 조립하는 작업	○	위
2. 모방 가공	▲	위
3. 방전 가공	▲	위
4. 마무리 가공	○	위

표 3.10 이젝트 플레이트 기능특성 인식표

존재 가능한 기능특성	항 목	존재 여부	존재 위치
가) 이젝팅 기능		◆	
	1. 이젝트 핀 구멍	○	위
	2. 슬리브 핀 구멍	▲	위
	3. 사각 밀핀 구멍	▲	위
	4. 회전 방지 홈	○	아래
나) 안내 기능		◆	
	1. 리드 핀 구멍	○	위
다) 체결 기능		◆	
	1. 탭핑 구멍	○	위
	2. 리턴 핀 구멍	○	위
	3. 볼트 구멍	○	아래
라) 운반 기능		◆	
	1. Eye 볼트 구멍	○	측
마) 소재가공 기능		◆	
	1. 면삭 가공	○	위
	2. 연삭 가공	○	위
바) 특수가공 기능		◆	
	1. 마무리 가공	○	위

표 3.11 스페이스 블록 기능특성 인식표

존재 가능한 기능특성	항 목	존재 여부	존재 위치
가) 형판 및 캐비티 기능		▲	
	1. 코너컷 형상	▲	위
나) 체결 기능		◆	
	1. 텡핑 구멍	○	위
	2. 볼트 구멍	○	아래
다) 운반 기능		◆	
	1. Eye bolt 구멍	○	측
라) 소재가공 기능		◆	
	1. 면삭 가공	○	위
	2. 연삭 가공	○	위
마) 특수가공 기능		◆	
	1. 마무리 가공	○	위

표 3.12 고정축 설치관 기능특성 인식표

존재 가능한 기능특성	항 목	존재 여부	존재 위치
가) 형판 및 캐비티 기능		▲	
	1. 코너컷 형상	▲	위
나) 열교환 기능		▲	
	1. 냉각수 구멍	▲	측
다) 주입 기능		◆	
	1. 스프루 부시 구멍	○	아래
라) 체결 기능		◆	
	1. 볼트 구멍	○	아래
마) 운반 기능		◆	
	1. Eye 볼트 구멍	○	측
바) 소재가공 기능		◆	
	1. 면삭 가공	○	위
	2. 연삭 가공	○	위

표 3.13 가동측 설치판 인식표

존재 가능한 기능특성	항 목	존재 여부	존재 위치
가) 형판 및 캐비티 기능		▲	
	1. 코너컷 형상	▲	위
나) 열교환 기능		▲	
	1. 냉각수 구멍	▲	측
다) 이젝팅 기능		◆	
	1. 이젝트 핀 구멍	▲	위
	2. 슬리브 핀 구멍	▲	위
라) 안내 기능		◆	
	1. 리드 핀 구멍	▲	위
마) 체결 기능		◆	
	1. 볼트 구멍	○	아래
바) 소재가공 기능		◆	
	1. 면삭 가공	○	위
	2. 연삭 가공	○	위

본 연구에서 각 부품에 존재하는 기능특성을 인식하기 위한 방법은 공정설계자가 직접 도면에 존재하는 기능특성을 인식한 후에 컴퓨터의 화면에 출력되는 질문목록에 따라서 대답하는 대화형 방법을 취했으며 기능특성 인식표를 기초로 해서 작성된 질문목록을 표 3.14 - 3.23에 나타내었다. 표 3.14 - 3.23에 사용된 중요한 용어의 정의는 부록 III에 요약되어 있다. CAD/MOLD CAPP의 총

합화에 대한 내용은 4장 1절에 언급된 바와 같이 직접 CAD 데이터베이스를 사용하여 MOLD CAPP 시스템에 입력하는 내용도 고찰되어 있다.

표 3.14 일체형 고정축 형판에 관한 질문

- (가) 소재가공 기능
1. 소재에서 성형부와 관련된 주형상의 오목형상이 존재합니까?
 - 1.1 주형상 포켓의 깊이가 형판 두께의 1/2 이상입니까?
- (나) 형판 및 캐비티 기능
2. 성형부 형상이 2차원입니까?
 - 2.1 2차원 성형부 형상 중에서 국부적인 3차원 형상이 동시에 존재하거나, 또는 단면은 직선으로 구성되어 있으며 평면도상의 전체형상이 곡선으로 구성되어 있습니까?
 3. 성형부 형상이 3차원입니까?
 4. 성형부 형상 중에서 경사진 부위(즉, 공작기계의 Head를 돌려서 작업을 해야할 경사진 면)가 있습니까?
 5. 성형부 형상이 원형이면서 판류의 중심에 있거나, 또는 2개 이상으로써 대칭형상입니까?
 - 5.1 원형 성형부의 중심으로부터 제일 먼 판류의 모서리까지의 대각선 길이가 얼마입니까?
 6. 금형의 어긋남 방지용 코터 조립용 포켓 또는 홈이 있습니까?
 7. 금형의 어긋남 방지용 인노부 형상이 있습니까?
- (다) 유동, 주입, 열교환 및 운반 기능
8. 런너와 게이트 형상이 있습니까?
 - 8.1 게이트 형상이 Z축에 대해서 경사지게 되어 있습니까(예, Tunnel Gate)?
 9. 경사진 면을 관통한 냉각수 구멍이 존재합니까?
 10. 냉각수 구멍의 깊이가 80mm이상입니까?
 11. Eye bolt의 구멍이 M48이하입니까?
- (라) 언더컷 처리 기능
12. 언더컷을 처리하기 위한 형상이 있습니까?
 - 12.1 언더컷 처리를 위한 경사진 슬라이드 코어용 형상(경사블록과 실린더)이 있습니까?
 - 12.2 언더컷 처리를 위한 수평 슬라이드 코어용 형상이 있습니까?
 - 12.2.1 수평 슬라이드 코어의 안내는 가이드 레일과 실린더를 사용합니까?
 - 12.2.2 수평 슬라이드 코어의 안내는 가이드 레일과 경사편 구멍을 사용합니까?

(표 3.14의 계속)

- 12.2.3 수평 슬라이드 코어의 안내는 12.2.1과 12.2.2를 동시에
사용합니까?
- (마) 특수가공 기능
13. 풀림(Annealing)열처리(변형 예상 형상, 관통형상의 직각부 등)를 필요로 하는 부위가 있습니까?
 14. 형상 정의가 복잡하여 NC로 완성가공이 불리한 모방가공에 관한 형상(예, 곡선 코너컷)이 있습니까?
 15. 성형부 형상 중에서 두께가 300mm이하인 관통형상(모서리 R에무관)이 있습니까?
 16. 다음 중에서 방전가공을 필요로 하는 형상이 적어도 하나가 있습니까?
 - 공구반경을 허용하지 않는 모서리가 있는 형상(예, 모서리가 직각인 경우)
 - 공구경의 4배이상의 깊이를 갖는 리브 형상
 - 국부적인 형상으로 형상정의가 복잡한 부위
 - 두께가 300mm이상으로 모서리가 있는 형상
 - Endmill 공구경보다 6배이상 깊은 형상 가공
 17. 끌손질(마무리)작업이 있습니까?

표 3.15 분할형 고정축 형판에 관한 질문

- (가) 소재가공 기능
1. 소재에 성형부와 관련된 주형상의 오목형상이 존재합니까?
 - 1.1 주형상 포켓의 깊이가 형판 두께의 1/2 이상입니까?
- (나) 형판 및 캐비티 기능
2. Insert용 포켓의 형상이 각형입니까?
 3. Insert용 포켓의 형상이 원형포켓이면서 판류의 중심에 있거나, 또는 2개 이상으로써 대칭형상입니까?
 - 3.1 원형포켓의 중심으로부터 제일 먼 판류의 모서리까지의 대각선 길이가 얼마입니까?
 4. 금형의 어긋남 방지용 코터 조립용 포켓 또는 홈이 있습니까?
 5. 금형의 어긋남 방지용 인노부 형상이 있습니까?
- (다) 열교환과 운반 기능
6. 경사진 면을 판통한 냉각수 구멍이 존재합니까?
 7. 냉각수 구멍의 깊이가 80mm이상입니까?
 8. "O" ring 형상이 있습니까?

(표 3.15의 계속)

9. Eye bolt의 구멍이 M48이하입니까?

(라) 언더컷 처리 기능

10. 언더컷을 처리하기 위한 형상이 있습니까?

10.1 언더컷 처리를 위한 경사진 슬라이드 코어용 형상(경사블록과 실린더)이 있습니까?

10.2 언더컷 처리를 위한 수평 슬라이드 코어용 형상이 있습니까?

10.2.1 수평 슬라이드 코어의 안내는 가이드 레일과 실린더를 사용합니까?

10.2.2 수평 슬라이드 코어의 안내는 가이드 레일과 경사핀 구멍을 사용 합니까?

10.2.3 수평 슬라이드 코어의 안내는 10.2.1과 10.2.2를 동시에 사용합니까?

(마) 특수가공 기능

11. 형상 정의가 복잡하여 NC로 완성이 불가능한 모방가공에 관한 형상(예, 곡선 코너컷)이 있습니까?

12. 다음 중에서 방전가공을 필요로 하는 형상이 적어도 하나가 있습니까?

- 공구반경을 허용하지 않는 모서리가 있는 형상(예, 모서리가 직각인 경우)

- 공구경의 4배이상의 깊이를 갖는 리브 형상

- 국부적인 형상으로 형상정의가 복잡한 부위

- 두께가 300mm이상으로 모서리가 있는 형상

13. 분할형 고정축 형판에 캐비티 코어를 삽입해서 다음과 같이 가공해야 할 형상이 있습니까?

- 동시에 성형부 가공을 해야하는 성형부위

- 동시에 구멍 또는 홈 가공을 해야하는 형상

14. 끝손질(마무리)작업이 있습니까?

표 3.16 일체형 가동축 형판에 관한 질문

(가) 형판 및 캐비티 기능

1. 성형부 형상이 2차원입니까?

1.1 2차원 성형부 형상 중에서 국부적인 3차원 형상이 동시에 존재하거나, 또는 단면은 직선으로 구성되어 있으며 평면도 상의 전체형상이 곡선으로 구성되어 있습니까?

2. 성형부 형상이 3차원입니까?

3. 성형부 형상 중에서 경사진 부위(즉, 동작기계의 Head를 돌려서 작업을 해야할 경사진 면)가 있습니까?

(표 3.16의 계속)

4. 성형부 형상이 원형이면서 판류의 중심에 있거나, 또는 2개 이상으로써 대칭형상입니까?
 - 4.1 원형 성형부의 중심으로부터 제일 먼 판류의 모서리까지의 대각선 길이가 얼마입니까?
5. 금형의 어긋남 방지용 코터 조립용 포켓 또는 홈이 있습니까?

(나) 유동, 주입, 열교환, 이젝팅, 안내 및 운반 기능

6. 런너와 게이트 형상이 있습니까?
 - 6.1 게이트 형상이 Z축에 대해서 경사지게 되어 있습니까 (예, Tunnel Gate)?
7. 냉각수 구멍의 깊이가 80mm이상입니까?
8. 이젝트 핀용 구멍이 있습니까?
 - 8.1 사각 밀핀 구멍이 있습니까?
9. 스트리퍼 블록 조립용 포켓이 존재합니까?
10. 슬리브핀 구멍이 있습니까?
11. 리드핀 구멍이 있습니까?
12. "O" ring 형상이 있습니까?
13. Eye bolt의 구멍이 M48이하입니까?

(다) 언더컷 처리 기능

14. 언더컷을 처리하기 위한 형상이 있습니까?
 - 14.1 언더컷 처리를 위한 경사진 슬라이드 코어용 형상(경사블록과 실린더)이 있습니까?
 - 14.2 언더컷 처리를 위한 수평 슬라이드 코어용 형상이 있습니까?
 - 14.2.1 수평 슬라이드 코어의 안내는 가이드 레일과 실린더를 사용합니까?
 - 14.2.2 수평 슬라이드 코어의 안내는 가이드 레일과 경사핀 피난홈 또는 구멍을 사용합니까?
 - 14.2.3 수평 슬라이드 코어의 안내는 14.2.1과 14.2.2를 동시에 사용합니까?
15. 언더컷 처리를 위한 사각 경사 밀핀 구멍 형상이 있습니까?

(라) 분할 코어용 Insert 기능

16. Insert 코어 조립용 포켓이 있습니까?
 - 16.1 비회전형상 비관통입니까?
 - 16.1.1 "O" ring 형상이 있습니까?
 - 16.2 회전형상입니까?

(마) 특수가공 기능

17. 형상 정의가 복잡하여 NC로 완성가공이 불리한 모방가공에 관한 형상(예, 곡선 코너컷)이 있습니까?

(표 3.16의 계속)

18. 다음 중에서 방전가공을 필요로 하는 형상이 적어도 하나가 있습니까?
• 공구반경을 허용하지 않는 모서리가 있는 형상(예, 모서리가 직각인 경우)
• 공구경의 4배이상의 깊이를 갖는 리브 형상
• 국부적인 형상으로 형상정의가 복잡한 부위
• 두께가 300mm이상으로 모서리가 있는 형상
• Endmill 공구경보다 6배이상 깊은 형상 가공
19. 끝손질(마무리)작업이 있습니까?

표 3.17 분할형 가동축 형판에 관한 질문

- (가) 소재가공 기능
1. 소재에 성형부와 관련된 주형상의 오목 형상이 존재합니까?
 - 1.1 주형상 포켓의 깊이가 형판 두께의 1/2 이상입니까?
- (나) 형판 및 캐비티 기능
2. Insert용 포켓의 형상이 각형입니까?
 3. Insert용 포켓의 형상이 원형포켓이면서 관류의 중심에 있거나, 또는 2개 이상으로써 대칭형상입니까?
 - 3.1 원형 포켓의 중심으로부터 제일 먼 관류의 모서리까지의 대각선 길이가 얼마입니까?
 4. 금형의 어긋남 방지용 코터 조립용 포켓 또는 홈이 있습니까?
 5. 금형의 어긋남 방지용 인노부 형상이 있습니까?
- (다) 열교환, 이젝팅, 안내 및 운반 기능
6. 경사진 면을 판통한 냉각수 구멍이 존재합니까?
 7. 냉각수 구멍의 깊이가 80mm이상입니까?
 - 7.1 "O" ring형상이 있습니까?
 8. 이젝트 핀용 구멍이 있습니까?
 9. 사각 밀핀 및 사각 경사 밀핀용 원형 구멍이 있습니까?
 10. 스트리퍼 블록 조립용 포켓이 존재합니까?
 11. 슬리브핀 구멍이 있습니까?
 12. 리드핀 구멍이 있습니까?
 13. Eye bolt의 구멍이 M48이하입니까?

(표 3.17의 계속)

(라) 언더컷 처리 기능

14. 언더컷을 처리하기 위한 형상이 있습니까?
 - 14.1 언더컷 처리를 위한 경사진 슬라이드 코어용 형상(경사블록과 실린더)이 있습니까?
 - 14.2 언더컷 처리를 위한 수평 슬라이드 코어용 형상이 있습니까?
 - 14.2.1 수평 슬라이드 코어의 안내는 가이드 레일과 실린더를 사용합니까?
 - 14.2.2 수평 슬라이드 코어의 안내는 가이드 레일과 경사편 피난홈 또는 구멍을 사용합니까?
 - 14.2.3 수평 슬라이드 코어의 안내는 14.2.1과 14.2.2를 동시에 사용합니까?

(마) 특수가공 기능

15. 성형부 형상 중에서 두께가 300mm이하인 관통형상(모서리 R에무관)이 있습니까?
16. 다음 중에서 방전가공을 필요로 하는 형상이 적어도 하나가 있습니까?
 - 공구반경을 허용하지 않는 모서리가 있는 형상
(예, 모서리가 직각인 경우)
 - 공구경의 4배이상의 깊이를 갖는 리브 형상
 - 국부적인 형상으로 형상정의가 복잡한 부위
 - 두께가 300mm이상으로 모서리가 있는 형상
 - Endmill 공구경보다 6배이상 깊은 형상 가공
17. 끝손질(마무리)작업이 있습니까?

표 3.18 캐비티 코어 및 코어에 관한 질문

(가) 소재가공 및 외부형상 기능

1. 소재의 형상이 각형입니까?
 - 1.1 치수 A, B, C중에서 400mm이상인 것이 있습니까?
2. 소재의 형상이 원형입니까?
3. Insert 코어 조립용 포켓이 비관통 각형 포켓(이 코어에 또다른 코어를 삽입할 경우임)입니까?
 - 3.1 "O" ring 형상이 있습니까?
4. Insert 코어 조립용 포켓이 사각 관통 구멍(이 코어에 또다른 코어를 삽입할 경우임)입니까?

(표 3.18의 계속)

(나) 코어 기능

5. 전체 외부 형상 중에서 직선 코너컷 형상(형성면이 경사일 경우와 방향이 수직 및 수평일 경우 모두 포함)이 있습니까?
6. 메탈쏘 작업을 해야할 형상(폭이 좁고 깊이가 깊은 홈)이 있습니까?
7. 성형부위(성형품에 관계되는 부위)가 2차원입니까?
 - 7.1 2차원 성형부위 중에서 국부적인 3차원 형상이 동시에 존재하거나, 또는 단면은 직선으로 구성되어 있으며 평면도 상의 전체형상이 곡선으로 구성되어 있습니까?
8. 성형부위(성형품에 관계되는 부위)가 3차원입니까?
9. 성형부위(성형품에 관계되는 부위)중에서 경사진 부위(즉, 동작기계의 Head를 돌려서 작업을 해야할 경사진 면)가 있습니까?
10. 성형부위(성형품에 관계되는 부위)가 원형이면서 판류의 중심에 있거나, 또는 2개 이상으로써 대칭형상입니까?
 - 10.1 원형 성형부의 중심으로부터 제일 먼 코어의 모서리까지의 대각선 길이가 얼마입니까?

(다) 유동, 열교환, 이젝팅 및 운반 기능

11. 런너와 게이트 형상이 있습니까?
 - 11.1 게이트 형상이 Z축에 대해서 경사지게 되어 있습니까 (예, Turnel Gate)?
12. 냉각수 구멍의 길이가 80mm이상입니까?
13. 슬리브 핀 구멍이 있습니까?
14. 이젝트 핀 구멍이 있습니까?

(라) 언더컷 처리 기능

15. 언더컷을 처리하기 위한 형상이 있습니까?
 - 15.1 언더컷 처리용 측면 정밀구멍(실린더로 구동)이 있습니까?
 - 15.2 언더컷 처리용 사각 경사 밀핀구멍이 있습니까?

(마) 특수가공 기능

16. 코어를 형판에 삽입해서 동시 가공하기 위하여 조립이 필요합니까?
17. 캐비티 코어를 삽입해서 다음과 같이 가공해야 할 형상이 있습니까?
 - 동시에 성형부 가공을 해야하는 성형부위
 - 동시에 구멍 또는 홈 가공을 해야하는 형상
18. 형상 정의가 복잡하여 NC로 완성가공이 불리한 모방가공에 관한형상(예, 곡선 코너컷)이 있습니까?
19. 다음 중에서 방전가공을 필요로 하는 형상이 적어도 하나가 있습니까?
 - 공구반경을 허용하지 않는 모서리가 있는 형상(예, 모서리가 직각인 경우)
 - 공구경의 4배이상의 깊이를 갖는 리브 형상
 - 국부적인 형상으로 형상정의가 복잡한 부위

(표 3.18의 계속)

- 두께가 300mm이상으로 모서리가 있는 형상
 - Endmill 공구경보다 6배이상 깊은 형상 가공
20. 끝손질(마무리)작업이 있습니까?

표 3.19 슬라이드 코어에 관한 질문

- (가) 소재가공 및 외부형상 기능
1. 치수 A, B, C중에서 400mm이상인 것이 있습니까?
- (나) 코어 기능
2. 전체 외부 형상 중에서 직선 코너컷 형상(형성면이 경사일 경우와 방향이 수직 및 수평일 경우 모두 포함)이 있습니까?
 3. 메탈쏘 작업을 해야할 형상(폭이 좁고 길이가 긴 홈)이 있습니까?
 4. 성형부위(성형품에 관계되는 부위)가 2차원입니까?
 - 4.1 2차원 성형부위 중에서 국부적인 3차원 형상이 동시에 존재하거나, 또는 단면은 직선으로 구성되어 있으며 평면도 상의 전체형상이 곡선으로 구성되어 있습니까?
 5. 성형부위(성형품에 관계되는 부위)가 3차원입니까?
 6. 성형부위(성형품에 관계되는 부위) 중에서 경사진 부위(즉, 동작기계의 Head를 돌려서 작업을 해야할 경사진 면)가 있습니까?
- (다) 열교환과 작동 기능
7. 냉각수 구멍이 있습니까?
 - 7.1 냉각수 구멍의 깊이가 80mm이상입니까?
 8. 원형 경사 구멍이 있습니까?
- (라) 특수가공 기능
9. 가이드 레일에 슬라이드 코어를 조립하여 면접시켜야 할 필요가 있습니까?
 10. 형상 정의가 복잡하여 NC로 완성가공이 불리한 모방가공에 관한 형상(예, 곡선 코너컷)이 있습니까?
 11. 다음 중에서 방전가공을 필요로 하는 형상이 적어도 하나가 있습니까?
 - 공구반경을 허용하지 않는 모서리가 있는 형상(예, 모서리가 직각인 경우)
 - 공구경의 4배이상의 깊이를 갖는 리브 형상
 - 국부적인 형상으로 형상정의가 복잡한 부위
 - 두께가 300mm이상으로 모서리가 있는 형상
 - Endmill 공구경보다 6배이상 깊은 형상 가공
 12. 끝손질(마무리)작업이 있습니까?

표 3.20 이젝트 플레이트에 관한 질문

1. 회전 방지홈이 있습니까?
2. 사각 관통구멍 또는 비관통구멍이 있습니까?
3. 슬리브핀용 구멍이 있습니까?
4. 리드핀용 구멍이 있습니까?
5. 끝손질(마무리)작업이 있습니까?

표 3.21 스페이스 블록에 관한 질문

1. 코너컷 형상이 있습니까?
2. 끝손질(마무리)작업이 있습니까?

표 3.22 고정축 설치판에 관한 질문

1. 코너컷 형상이 있습니까?
2. 냉각수 구멍이 있습니까?
 - 2.1 냉각수 구멍의 깊이가 80mm이상입니까?

표 3.23 가동축 설치판에 관한 질문

1. 코너컷 형상이 있습니까?
2. 슬리브핀용 구멍이 있습니까?
3. 리드핀용 구멍이 있습니까?
4. 냉각수 구멍이 있습니까?
 - 4.1 냉각수 구멍의 깊이가 80mm이상입니까?

제 2 절 공정설계용 제조 지식베이스 구축

각 부품에 존재하는 기능특성을 인식하고 나면 가공공정, 공작기계 및 사용공구를 결정해야 하나, 이때 결정된 가공공정, 공작기계 및 사용공구는 무순서로 선택된다.

본 연구에서는 가공공정, 공작기계 및 사용공구의 결정을 공정설계전문가로부터 공정설계 수행시 필요한 의사결정규칙들을 획득 및 체계화하여 각 부품별로 제조 지식베이스로 구축하였다. 그리고 가공순서는 사출금형부품이 가공 특성상 각 부품의 대표적인 가공순서를 공정설계전문가로부터 획득하였고 만약 예외적인 가공순서가 존재한다면 대표적인 제조순서에서 예외가공을 삽입시켜서 조정할 수 있는 알고리즘에 의해서 처리했다. 또한 사출금형에서의 가공조건(황삭, 정삭)은 어떤 형상이든지 황삭 및 정삭을 통해서 가공이 되므로 본 연구에서는 특별히 황삭 및 정삭을 구별하지 않았다. 지식처리기술(KPT)의 기법을 이용하여 제조 지식베이스의 구축과정을 설명하면 다음과 같다.

2.1 공정설계용 지식의 획득

지식처리기술을 이용하여 사출금형의 부품에 대한 공정설계를 수행하려고 할 때 지식활용을 위해서는 숙련된 공정설계자의 사고의 흐름, 의사결정과정, 처리하고 있는 입출력 정보 등을 조사하고 분석하는 것이 기본적으로 중요하다.

일반적으로 지식은 관련 참고문헌, 데이터베이스, 사례 연구, 공학적 규칙 및 공정설계전문가의 경험적 지식 등으로부터 얻어진다. 따라서 본 연구에서의 지식의 획득은 그림 3.1에 표시한 바와 같이 공정설계전문가와 인터뷰하는 방법과 간단한 예제도면을 공정설계전문가에게 주어서 공정설계를 수행하게 한 다음 각각의 의사결정이 어떻게 이루어지고 어떤 지식이 사용되어서 수행되는지 관

찰한 후에 지식공학자가 공정설계전문가에게 질문하면서 지식을 획득하는 Protocol Analysis 방법을 병행하여 지식베이스를 구축하였다. 그러나 공정설계전문가들이 공정설계를 수행할때 사용하는 의사결정규칙들은 경험적 지식 뿐만 아니라 많은 공학적 법칙들이 조합된 것이므로, 획득된 지식들은 이미 지식처리기술의 지식총합의 기법을 고려해서 구축된 것이며 각 부품에 존재하는 형상을 가공하는데 사용되는 공작기계 및 사용공구를 선택할 때 특정한 공작기계 및 사용공구만이 그 형상을 가공할 수 있는 것이 아니라 많은 종류의 공작기계 및 사용공구가 그 형상을 가공할 수 있기 때문에 한 가지의 관점에서만 공작기계 및 사용공구를 선정하는 것이 아니라 여러가지의 관점을 절충하여 공작기계 및 사용공구를 선정할 수 있는 지식조정도 지식획득시에 같이 고려하였다.

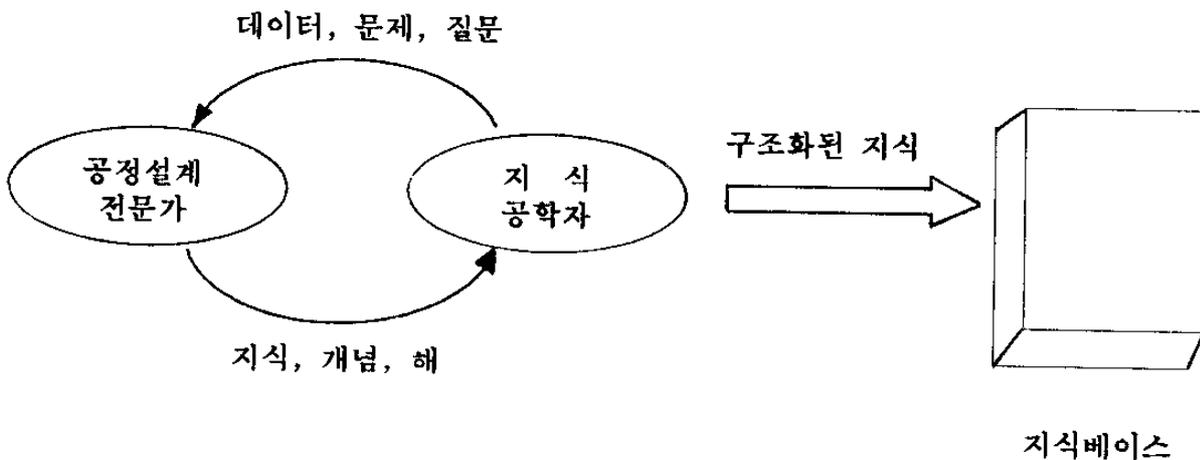


그림 3.1 전문가시스템을 개발하기 위한 지식획득 과정

이와 같이 구축된 각 부품별 제조 지식베이스 중에서 분할형 고정축 형판에 존재하는 몇 가지 기능들에 대해서 부분적으로 예를 들면 다음과 같다. 분할형 고정축 형판의 형판 및 캐비티 기능에서 인서트용 포켓의 형상이 각형이라는 것이 인식되면 형판의 크기 및 요구하는 치수 정도에 따라서 가공공정, 공작기계

및 사용공구가 결정되며, 또한 응용된 수치를 고화시키기 위해서는 열교환 기능의 냉각수 구멍이 항상 존재한다는 것을 인식하게 되면 냉각수 구멍의 깊이가 80mm 이상, 이하에 따라 가공공정, 공작기계 및 사용공구가 결정된다. 앞에서 결정된 의사결정 규칙을 각 기능별로 IF - THEN 형식으로 나타내면 다음과 같으며, 예에서 사용된 공작기계의 약호는 부록 IV에 설명되어 있다.

• 형판 및 캐비티 기능

(1) IF (Insert용 포켓이 각형) and

(형판치수가 $A \leq 500$ and $B \leq 300$)

THEN (사용기계는 MS, 사용공구는 Endmill)

(2) IF (Insert용 포켓이 각형) and

[형판치수가 ($500 < A \leq 700$ and $B \leq 300$)

or ($A \leq 500$ and $300 < B \leq 400$)

or ($500 < A \leq 700$ and $300 < B \leq 400$)]

THEN (사용기계는 NM, 사용공구는 Endmill)

(3) IF (Insert용 포켓이 각형) and

[형판치수가 ($700 < A \leq 1200$ and $300 < B \leq 400$)

or ($500 < A \leq 700$ and $400 < B \leq 800$)

or ($700 < A \leq 1200$ and $400 < B \leq 800$)]

THEN (사용기계는 NL, 사용공구는 Endmill)

(4) IF (Insert용 포켓이 각형) and

(형판치수가 $A > 1200$ or $B > 800$)

THEN (사용기계는 NO, 사용공구는 Endmill)

• 열교환 기능

(1) IF (냉각수 구멍 길이가 80mm 이상인 경우)

THEN (사용기계는 DG, 사용공구는 Gun Drill)

(2) IF (냉각수 구멍 길이가 80mm 이하인 경우)

THEN (사용기계는 DR, 사용공구는 Drill and Tab)

본 연구에서 획득한 "받침판이 없는 2단 사출금형"의 각 부품별 의사결정규칙들을 금성사 금형공장 공정설계팀의 지원을 받아서 수집되었으며, 이의 현황은 표 3.24와 같다.

표 3.24 각 부품별 의사결정규칙 현황

번호	부 품 명	부품별 약호	규칙 갯수
1	일체형 고정축 형판	UCAP	81
2	분할형 고정축 형판	DCAP	82
3	일체형 가동축 형판	UCOP	96
4	분할형 가동축 형판	DCOP	88
5	캐비티 코어, 코어	CACO	67
6	슬라이드 코어	SLCO	31
7	이젝트 플레이트	EJTP	15
8	스페이스 블록	SPBL	10
9	고정축 설치판	TPCP	12
10	가동축 설치판	BTCP	13
합 계			495

2.2 지식의 표현

전문가시스템을 개발할 때 지식베이스를 구축하기 위해서 의사결정규칙들을 표현하는 방법에는 Production Rule, Frame, Semantic Net 등 여러가지의 표현 방법이 있는데, 본 연구의 지식의 획득과정에서 수집된 의사결정규칙들은 IF - THEN 형식의 Production Rule을 사용해서 Rule-based된 공정설계용 전문가시스템을 개발하였다.

Production Rule을 선택한 이유는 전문가시스템을 개발하기 위해서 사용한 쉘인 CLIPS[28]가 Production Rule에 기초를 둔 시스템이기 때문이며 또한 지식의 변경, 수정이 용이하며 시스템의 확장성이 뛰어난 점, 지식의 표현이 명확한 점, 사용자에게 친숙한 점, 유연성이 높은 점 등 소위 지식의 모듈성이 높은 것에 따른 이점을 갖고 있기 때문이다. 그러면 CLIPS의 간략한 개요를 설명하고 의사결정규칙의 표현 예를 나타낸다.

2.2.1 CLIPS의 개요

(1) CLIPS의 개발

최근에 전문가시스템에 많은 관심을 가지게 되었으나, 아직까지는 전문가시스템의 실세계 적용에는 어려움이 많이 따른다. NASA/Johnson Space Center(JSC)의 Artificial Intelligence Section(AIS)에서는 LISP언어에 기초한 전문가시스템을 사용하여 왔는데, 다른 언어와의 통합문제, 비싼 LISP용 전용기계, 그리고 비싼 LISP tools 개발비 등이 문제가 되어 왔다.

바로 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 AIS에서는 C언어로 작성해서 C언어와 완전히 통합될 수 있는 시스템을 개발하게 되었다. CLIPS('C' Language Integrated Production System)는 높은 호환성, 낮은 비용, 그리고 외부 시스템

과 쉬운 통합성을 제공하도록 설계되어 있다. 주된 표현기법은 Rete 알고리즘에 기초한 전향추론 언어(forward chaining language)이다.

(2) CLIPS의 구성

CLIPS는 전문가시스템을 구현하기 위한 일종의 컴퓨터언어 형태이다. 따라서 CLIPS는 전문가시스템 셸(shell) 또는 툴(tool)이라 불린다. CLIPS는 다른 절차적인 언어(procedural language), 예를 들어서 FORTRAN, Ada, PASCAL, 그리고 C 언어와는 다르게 Fact가 실행에 관여 하는 data-driven program이다.

CLIPS의 기본요소는 다음의 세가지이다:

- fact-list:data를 위한 전체 기억공간,
- knowledge-base:모든 Rule을 포함,
- inference engine:전체적인 실행을 조정.

CLIPS에서 쓰여진 프로그램은 Rule과 Fact로 구성되고, 추론기관(Inference Engine)은 어떤 Rule들이 실행될 것인지 결정한다.

(3) CLIPS 구성요소의 정의

• RULE: CLIPS의 지식표현 방법은 Rule이다. Rule은 조건과 조건이 만족되어야 실행되는 수행의 모임이다. Rule은 Ada 또는 Pascal과 같은 절차적인 언어의 IF-THEN 문장과 유사하다.

IF (어떤 조건이 참이면) THEN (다음과 같은 수행을 실행)

따라서, 전문가시스템 개발자는 문제를 어떻게 푼다는 것을 정의하면 된다. Rule들의 전체 집합을 규칙베이스라고 한다. CLIPS는 Rule을 시스템의 현재상태와 비교해서 수행을 실행시키는 기구 즉 추론엔진을 제공한다. 시스템의 현재


```

    (if (&& (<= ?a 500) (<= ?b 300) )
      then
        (assert (process MS "Square pocket for insert" p "Endmill" 1))
      )
    )

(2) (defrule rule_013
      (gosub DCAP)
      (decision for DCAP)
      (a square-pocket yes)
      (psa ?a)
      (psb ?b)
    =>
      (if (|| (|| (&& (> ?a 500) (<= ?a 700) )
                  (<= ?b 300) )
          (&& (<= ?a 500)
              (&& (> ?b 300) (<= ?b 400) ) )
        )
        (&& (> ?a 500) (<= ?a 700) )
        (&& (> ?b 300) (<= ?b 400) ) )
      )
      then
        (assert (process NM "Square pocket for insert" p "Endmill" 1))
      )
    )

(3) (defrule rule_014
      (gosub DCAP)
      (decision for DCAP)
      (a square-pocket yes)
      (psa ?a)
      (psb ?b)
    =>
      (if (|| (|| (&& (> ?a 700) (<= ?a 1200) )
                  (&& (> ?b 300) (<= ?b 400) ) )
          (&& (> ?a 500) (<= ?a 700) )
          (&& (> ?b 400) (<= ?b 800) ) )
        )
        (&& (> ?a 700) (<= ?a 1200) )
        (&& (> ?b 400) (<= ?b 800) ) )
      )
      then
        (assert (process NL "Square pocket for insert" p "Endmill" 1))
      )
    )

```

```

(4) (defrule rule_015
      (gosub DCAP)
      (decision for DCAP)
      (a square-pocket yes)
      (psa ?a)
      (psb ?b)
=>
      (if (|| (> ?a 1200) (> ?b 800) )
          then
            (assert (process NO "Square pocket for insert" p "Endmill" 1))
          )
      )
)

```

• 열교환 기능

```

(1) (defrule rule_049
      (gosub DCAP)
      (decision for DCAP)
      (a depth-cooling-channel yes)
=>
      (assert (process DG "Cooling channel processing" p "Gun Drill" 1))
      )

```

```

(2) (defrule rule_050
      (gosub DCAP)
      (decision for DCAP)
      (a depth-cooling-channel no)
=>
      (assert (process DR "Cooling channel processing" p "Drill and Tab" 1))
      )

```

2.3 의사결정규칙의 검정

2.3.1 검증을 위한 접근방법

각 부품별로 수집된 의사결정규칙들은 임의의 예제도면을 사용하여 지식의 획득과정에서 두가지 방법에 의해 얻어졌기 때문에, 다음과 같은 몇가지 문제점들을 가지고 있다.

- (1) 부품의 형상과 가공방법 사이에는 1대1의 대응관계가 성립하지 않기 때문에, 공작기계의 작업능력 수준에서 보느냐 또는 부품의 형태 수준에서 보느냐에

따라서 대응관계가 크게 다르다.

- (2) 시스템을 구축할 때 "숙련 공정설계자의 머리속에는?" 이라는 발상이 회박하며 단순히 겉으로 보이는 의사결정규칙의 수집에 치중하고 있는 경향이 있다.
- (3) 지식공학자가 인터뷰할때, 어떤 기준에 의해서 공정설계자에게 질문을 하는 것이 아니라 예제도면을 통해서 의사결정규칙을 획득하기 때문에 일관성이 부족하다.
- (4) 구문 또는 의미상의 실수가 포함된 의사결정규칙을 사용해서 이미 구축한 지식베이스를 다시 검증하는 것은 매우 번거로운 작업이며 전문가시스템 개발에 많은 시간이 소요된다.

이와같은 문제점들을 해결하기 위해서 본 연구에서는 그림 3.2와 같은 접근 방법을 사용하였다.

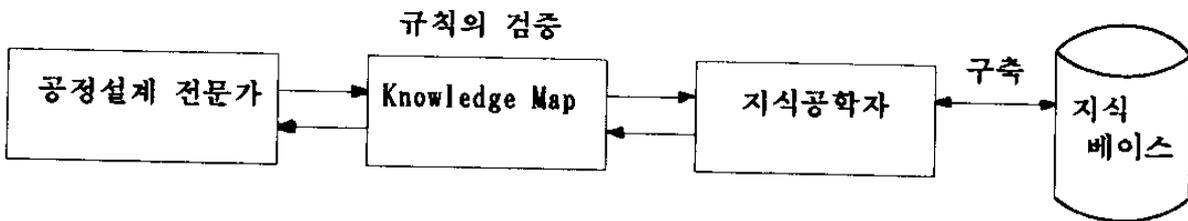


그림 3.2 규칙 검증을 위한 개념모델

Knowledge Map을 사용하는 근본적인 목적은 두가지로써 지식베이스를 구축하기 전에 의사결정규칙들을 검증하는 것과 생산설비 및 가공기술의 변화에 대해서 이미 구축된 지식베이스에 수정 및 보완을 할때 의사결정규칙들을 일관성 있게 수정하기 위해서이다. Knowledge Map은 그림 3.3과 같이 규칙 검증의 각 단계에서 사용된다[29].

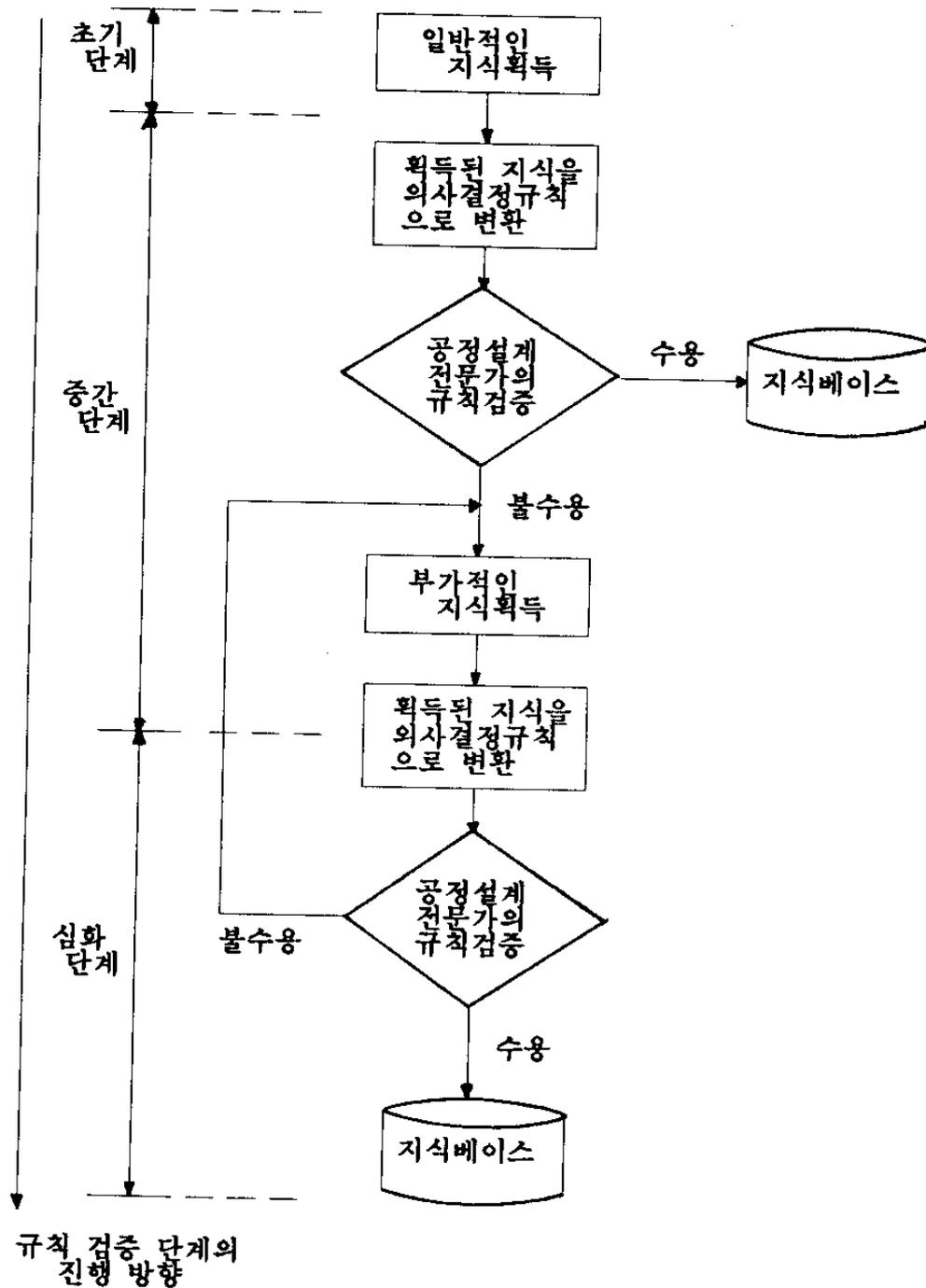


그림 3.3 규칙 검증 단계

규칙 검증 단계는 초기단계, 중간단계, 심화단계로 구성되어 있다. 초기단계는 공정설계전문가와 지식공학자 사이에서 인터뷰는 거의 없고, 다른 지식의 원천으로 부터 문제를 이해한다. 즉 일반적인 문제의 정의 및 변수 그리고 문제의

목표와 변수와의 관계를 정립한다. 이 단계는 과연 문제가 전문가시스템 개발에 합당한가를 검증하고 지식공학자에게 문제 영역에서의 일반적인 지식의 배경을 소개하는 것이다. 초기단계에서 수집된 지식들은 지식 검증의 중간단계의 기초가 된다. 이들 지식들은 공정설계에서 아직까지 완전한 규칙이 아니기 때문에, 공정설계 전문가와 인터뷰를 통해서 더욱 세분화된다. 중간단계의 마지막에서는 Knowledge Map을 사용해서 수집된 규칙들을 검증한다.

규칙 검증의 마지막 단계인 심화단계는 공정설계전문가와 더욱 자세한 인터뷰를 수행한다. 이들 단계에서 수집된 의사결정규칙들은 일련의 문장 형태로 되며, 지식베이스 구축을 위한 기초가 된다. 또한 이 단계에서 공정설계전문가의 경험적 규칙들이 포함되며 지식베이스를 구축하기 전에 Knowledge Map을 이용해서 지식 검증이 수행 되어져야 한다.

Knowledge Map은 공정설계전문가에게는 규칙을 구축해가는 동안에 필요한 규칙의 구조를 알려주고, 지식공학자에게는 공정설계에서 사용되는 전문용어들을 쉽게 이해시켜 준다. 또한 구문 또는 의미상 문제가 발생하면 공정설계전문가와 지식공학자가 각각 Knowledge Map을 이용해서 규칙을 분류함으로써 쉽게 해결할 수가 있다. 만약 공정설계전문가와 지식공학자가 규칙의 분류에서 의견이 일치하지 않았다면, 두 사람의 의견이 일치될 때까지 계속 수정을 한다. 이때 지식공학자는 일치된 의견을 의사결정규칙으로 확정한다.

2.3.2 Knowledge Map의 개발

본 연구에서는 의사결정규칙을 사전에 검증하기 위해서 Knowledge Map을 3차원으로 개발하였는데, X축은 공정설계에서의 처리과제, Y축은 기능특성, Z축은 부품명을 갖는다.

본 연구에서 개발된 Knowledge Map의 전체 구성도는 그림 3.4와 같다.

금형의 특성상 형판류 및 코어류는 성형될 제품의 기하학적 형상에 따라 존재하는 기능특성이 다르기 때문에, 형판류 및 코어류에서 공통으로 존재하는 가공특성에 포함된 속성들을 표 3.25에 나타내었으며, 형판류에만 고유하게 존재하는 기능특성에 포함된 속성들을 요약하면 표 3.26과 같고, 코어류에만 고유하게 존재하는 기능특성의 속성들을 표 3.27과 같이 요약하였다.

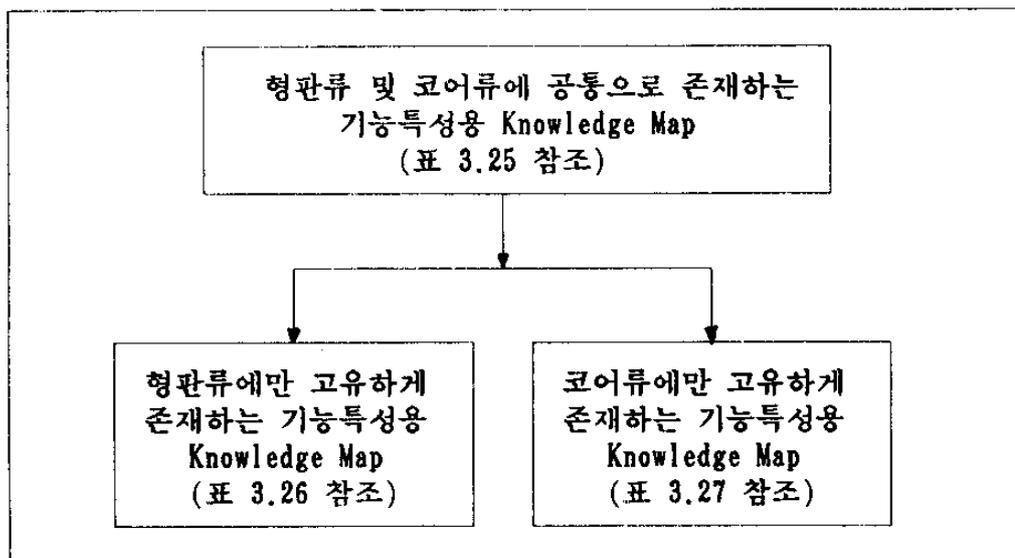


그림 3.4 Knowledge Map의 전체 구성도

표 3.25 형판류 및 코어류 공통인 Knowledge Map

기능특성 / 처리 과제	Factual (F)	가공공정 (P)	가공순서 (S)	공작기계 (M)	사용공구 (T)
가) 형판, 캐비티와 코어 기능					
1. 성형부위가 2차원 형상	G-F-가-1	G-P-가-1	G-S-가-1	G-M-가-1	G-T-가-1
2. 성형부위가 3차원 형상	G-F-가-2	G-P-가-2	G-S-가-2	G-M-가-2	G-T-가-2
3. 성형부위가 경사진 형상	G-F-가-3	G-P-가-3	G-S-가-3	G-M-가-3	G-T-가-3
4. 성형부위가 2차원과 3차원이 조합된 것	G-F-가-4	G-P-가-4	G-S-가-4	G-M-가-4	G-T-가-4
5. 성형부위가 원형 형상 (코어 판류의 중심 or 대칭)	G-F-가-5	G-P-가-5	G-S-가-5	G-M-가-5	G-T-가-5
6. 성형부위가 원형 형상 (코어 및 판류의 비중심 or 비대칭)	G-F-가-6	G-P-가-6	G-S-가-6	G-M-가-6	G-T-가-6
7. 직선 코너 컷 형상	G-F-가-7	G-P-가-7	G-S-가-7	G-M-가-7	G-T-가-7

(표 3.25의 계속)

기능특성 / 처리 과제	Factual (F)	가공공정 (P)	가공순서 (S)	공작기계 (M)	사용공구 (T)
나) 유동 및 주입 기능형상 1. 런너 및 게이트 형상 2. 터널 게이트 형상	G-F-나-1 G-F-나-2	G-P-나-1 G-P-나-2	G-S-나-1 G-S-나-2	G-M-나-1 G-M-나-2	G-T-나-1 G-T-나-2
다) 열교환 기능 1. 냉각수 구멍깊이가 80mm이상 2. 냉각수 구멍깊이가 80mm이하 3. "O" ring 형상	G-F-다-1 G-F-다-2 G-F-다-3	G-P-다-1 G-P-다-2 G-P-다-3	G-S-다-1 G-S-다-2 G-S-다-3	G-M-다-1 G-M-다-2 G-M-다-3	G-T-다-1 G-T-다-2 G-T-다-3
라) 이젝팅 기능 1. 이젝트 핀 구멍 형상 2. 슬리브 핀 구멍 형상	G-F-라-1 G-F-라-2	G-P-라-1 G-P-라-2	G-S-라-1 G-S-라-2	G-M-라-1 G-M-라-2	G-T-라-1 G-T-라-2
마) 체결 기능 1. 램프 구멍 2. 조립용 볼트 구멍	G-F-마-1 G-F-마-2	G-P-마-1 G-P-마-2	G-S-마-1 G-S-마-2	G-M-마-1 G-M-마-2	G-T-마-1 G-T-마-2
바) 운반 기능 1. Eye bolt 구멍이 M48 이상 2. Eye bolt 구멍이 M48 이하	G-F-바-1 G-F-바-2	G-P-바-1 G-P-바-2	G-S-바-1 G-S-바-2	G-M-바-1 G-M-바-2	G-T-바-1 G-T-바-2
사) 언더컷 처리 기능 1. 사각 경사 밀핀 구멍 형상	G-F-사-1	G-P-사-1	G-S-사-1	G-M-사-1	G-T-사-1
아) 분할 코어용 인서트 기능 1. 인서트 코어 조립용 각형 2. 인서트 코어 조립용 각형 3. 인서트 코어 조립용 각형 4. 인서트 코어 조립용 각형	G-F-아-1 G-F-아-2	G-P-아-1 G-P-아-2	G-S-아-1 G-S-아-2	G-M-아-1 G-M-아-2	G-T-아-1 G-T-아-2
자) 소제가공 기능 1. 면삭 가공	G-F-자-1	G-P-자-1	G-S-자-1	G-M-자-1	G-T-자-1
차) 특수가공 기능 1. 모방 가공 2. 방전 가공 3. 동시 가공 4. 마무리 가공	G-F-차-1 G-F-차-2 G-F-차-3 G-F-차-4	G-P-차-1 G-P-차-2 G-P-차-3 G-P-차-4	G-S-차-1 G-S-차-2 G-S-차-3 G-S-차-4	G-M-차-1 G-M-차-2 G-M-차-3 G-M-차-4	G-T-차-1 G-T-차-2 G-T-차-3 G-T-차-4

표 3.26 형판류 Knowledge Map

처리 과제 기능특성	Factual (F)	가공공정 (P)	가공순서 (S)	공작기계 (M)	사용공구 (T)
가) 형판 및 캐비티 기능 1. 각형 Insert 포켓 형상 2. 원형 Insert 포켓 형상 3. 코너 조립용 포켓 형상 4. 인터록용 테이퍼 형상	P-F-가-1 P-F-가-2 P-F-가-3 P-F-가-4	P-P-가-1 P-P-가-2 P-P-가-3 P-P-가-4	P-S-가-1 P-S-가-2 P-S-가-3 P-S-가-4	P-M-가-1 P-M-가-2 P-M-가-3 P-M-가-4	P-T-가-1 P-T-가-2 P-T-가-3 P-T-가-4
나) 유동 및 주입 기능 1. 스포루 부시용 구멍 형상	P-F-나-1	P-P-나-1	P-S-나-1	P-M-나-1	P-T-나-1
다) 열교환 및 배기 기능 1. 경사진 면을 판통한 냉각수 구멍 형상 2. Air vent 홈 형상	P-F-다-1 P-F-다-2	P-P-다-1 P-P-다-2	P-S-다-1 P-S-다-2	P-M-다-1 P-M-다-2	P-T-다-1 P-T-다-2
라) 이젝팅 기능 1. 사각 필핀 구멍 형상 2. 스트리퍼 블록 조립용 포켓 형상 3. 회전 방지 홈 형상	P-F-라-1 P-F-라-2 P-F-라-3	P-P-라-1 P-P-라-2 P-P-라-3	P-S-라-1 P-S-라-2 P-S-라-3	P-M-라-1 P-M-라-2 P-M-라-3	P-T-라-1 P-T-라-2 P-T-라-3
마) 안내 기능 1. 가이드 핀 구멍 형상 2. 리드 핀 구멍 형상 3. Debush 용 구멍 형상	P-F-마-1 P-F-마-2 P-F-마-3	P-P-마-1 P-P-마-2 P-P-마-3	P-S-마-1 P-S-마-2 P-S-마-3	P-M-마-1 P-M-마-2 P-M-마-3	P-T-마-1 P-T-마-2 P-T-마-3
바) 언더컷팅 처리 기능 1. 경사진 슬롯을 코어 사용 2. 수 가이드 핀과 슬롯을 코어 사용 3. (가이드 핀과 슬롯을 코어 사용) 4. (가이드 핀과 슬롯을 동시에 사용)	P-F-바-1 P-F-바-2 P-F-바-3 P-F-바-4	P-P-바-1 P-P-바-2 P-P-바-3 P-P-바-4	P-S-바-1 P-S-바-2 P-S-바-3 P-S-바-4	P-M-바-1 P-M-바-2 P-M-바-3 P-M-바-4	P-T-바-1 P-T-바-2 P-T-바-3 P-T-바-4
사) 체결 기능 1. 냉각수 연결 구멍 2. 리드 핀 구멍	P-F-사-1 P-F-사-2 P-F-사-3	P-P-사-1 P-P-사-2 P-P-사-3	P-S-사-1 P-S-사-2 P-S-사-3	P-M-사-1 P-M-사-2 P-M-사-3	P-T-사-1 P-T-사-2 P-T-사-3
아) 소재가공 기능 1. 소재에 성형부와 관련된 주형상의 오목 형상이 형판 두께의 1/2이상인 경우	P-F-아-1 P-F-아-2	P-P-아-1 P-P-아-2	P-S-아-1 P-S-아-2	P-M-아-1 P-M-아-2	P-T-아-1 P-T-아-2
자) 특수가공 기능 1. 포켓 열처리 2. wire cutting 가공	P-F-자-1 P-F-자-2	P-P-자-1 P-P-자-2	P-S-자-1 P-S-자-2	P-M-자-1 P-M-자-2	P-T-자-1 P-T-자-2

표 3.27 코어류 Knowledge Map

기능특성 \ 처리 과제	Factual (F)	가공공정 (P)	가공순서 (S)	공작기계 (M)	사용공구 (T)
가) 외부형상 기능 1. 소재의 외부형상이 각형 2. 소재의 외부형상이 원형	C-F-가-1 C-F-가-2	C-P-가-1 C-P-가-2	C-S-가-1 C-S-가-2	C-M-가-1 C-M-가-2	C-T-가-1 C-T-가-2
나) 코어 기능 1. 폭이 좁고 깊이가 깊은 형상	C-F-나-1	C-P-나-1	C-S-나-1	C-M-나-1	C-T-나-1
다) 작동 기능 1. 원형경사 구멍	C-F-다-1	C-P-다-1	C-S-다-1	C-M-다-1	C-T-다-1
라) 언더컷 처리 기능 1. 측면 정밀 구멍 형상	C-F-라-1	C-P-라-1	C-S-라-1	C-M-라-1	C-T-라-1
마) 소재가공 기능 1. 연삭 가공	C-F-마-1	C-P-마-1	C-S-마-1	C-M-마-1	C-T-마-1
바) 특수가공 기능 1. 코어를 형판에 조립하는 작업 2. 가이드 레일에 슬라이드 코어를 조립하는 작업	C-F-바-1 C-F-바-2	C-P-바-1 C-P-바-2	C-S-바-1 C-S-바-2	C-M-바-1 C-M-바-2	C-T-바-1 C-T-바-2

Knowledge Map에서는 어떤 기능특성에 속하는 형상에 대해서는 유일하게 위치가 정해지며, 이 위치를 나타내는 코드가 있다. 예를들면 그림 3.5에 나타난 바와 같이 분할형 고정축 형판의 열교환 기능 중 80mm 이상의 냉각수 구멍을 가공하는 공작기계에 대한 Knowledge Map에서의 위치 코드는 그림 3.4의 전체 구성도에 따라서 먼저 형판류 및 코어류 공통의 Knowledge Map의 열교환 기능에서 이젝트핀 구멍 형상을 찾아보면 'G-M-다-1'의 위치 코드값을 갖는다. 만약 형판류 및 코어류 공통의 Knowledge Map에 관계된 형상이 없으면 각각의 Knowledge Map에서 관계된 형상을 찾는다.

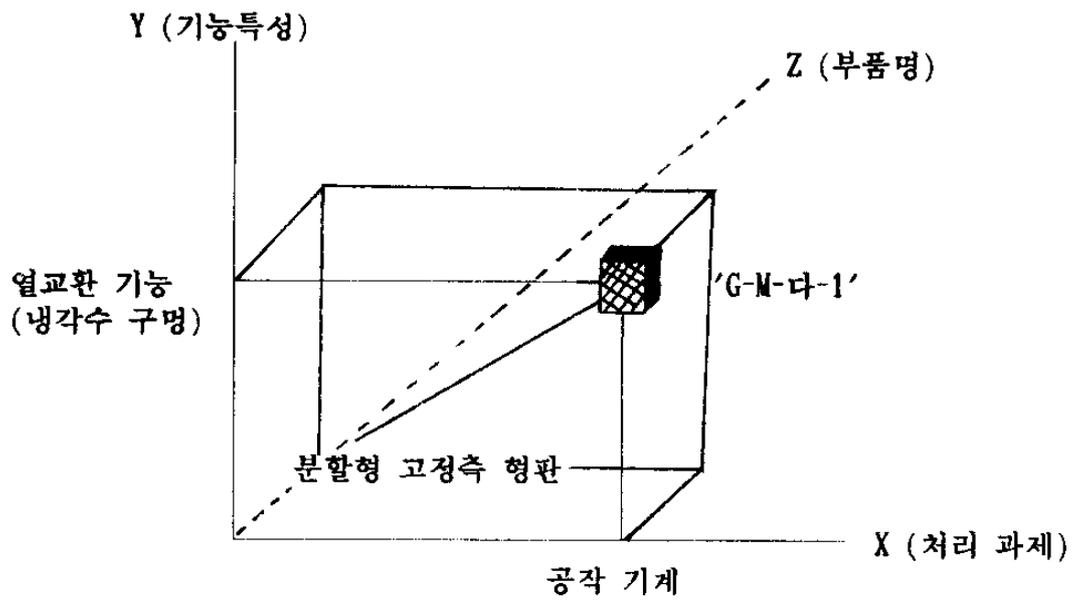


그림 3.5 3차원 Knowledge Map에서 분할형 고정축 형판의 열교환 기능 위치

제 3 절 가공순서결정의 알고리즘

각 부품에 존재하는 기능특성을 가공하는데 필요한 가공공정, 동작기계, 사용공구는 본 연구에서 개발된 공정설계용 제조 지식베이스에 의해서 선택되었지만, 가공의 우선순위 즉 각 동작기계의 처리순서는 고려되지 않았다. 사출금형 각 부품의 제조과정을 살펴보면, 각 부품별로 기본적인 가공순서가 있고 예외적인 경우가 발생하면 기본적인 가공순서를 조정하는 방법을 공정설계전문가가 사용하고 있다. 이와같이 기본적인 흐름이 존재하면서 몇가지 예외 조건을 처리하는 것은 기존의 알고리즘에 의해서 가공순서를 결정할 수 있기 때문에, 각 동작기계에 대한 가공순서결정용 지식베이스를 사용하지 않았다. 왜냐하면 알고리즘에 의해서 의사결정을 할 수 있는 것을 대신 지식베이스를 사용해서 시스템을 개발한다는 것은 시스템의 여러가지 측면에서 불이익을 초래하기 때문이다.

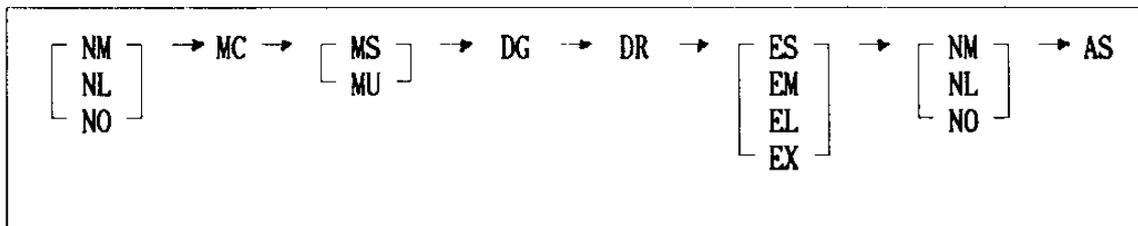


그림 3.6 분할형 고정축 형판의 기본적인 가공순서

알고리즘에 의해서 가공순서가 결정되는 예를 분할형 고정축 형판을 대상으로 하여 설명하면 다음과 같다. 분할형 고정축 형판의 기본적인 가공순서가 그림 3.6에 요약되어 있는데, 그림에서 []로 묶여진 동작기계들은 서로 동일한 작업을 하는 동작기계들이지만 그 가공한계가 정해져 있기 때문에 공작물의 크기에 따라 가공하는 동작기계들을 분류한 것이며, 사용된 동작기계 약호는 부록 IV에 있다. 예외 조건으로 만약 형판 및 캐비티 기능특성 중에서 금형의 어긋남 방지

를 위해서 테이퍼진 인터록 형상이 있다면, 열교환 기능특성의 냉각수 구멍 형상을 가공하기 위한 DG(Gun Drill) 작업이 형판 및 캐비티 기능특성에 포함된 형상들을 가공하기 전에 수행되어야 한다. Gun Drill작업을 하기 위해서는 원재료의 면 상태가 직각을 유지해야만 가공이 가능하기 때문이다. 또한 형판 및 캐비티 기능특성 중에서 성형부 형상이 원형 또는 대칭 형상이면, 이를 가공하기 위해서 센터작업을 할 수 있는 밀링 공작기계와 원형 형상을 가공할 수 있는 선반이 추가되어서 제일 먼저 수행되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 위의 예와 같이 "받침판이 없는 2단 사출금형" 10개의 부품에 대한 가공순서결정 알고리즘을 각 부품별로 기본적인 가공순서와 예외 조건들을 공정설계전문가로부터 획득하여 체계화하였다.

제 4 장 MOLD CAPP 시스템의 개발 및 고찰

제 1 절 시스템의 개요

본 연구에서 개발된 사출금형 공정설계용 전문가시스템인 MOLD CAPP은 "받침판이 없는 2단 사출금형"을 대상으로 하여 각 부품을 가공하는데 필요한 가공공정, 동작기계, 사용공구, 가공순서 및 절삭조건 등을 자동적으로 산출하는 공정설계시스템이다. MOLD CAPP 시스템을 실행하는 관점에서 하나는 대화형 즉, 시스템에서 질문이 출력되었을때 사용자가 부품도면에서 알맞은 대답을 인식한 후에 키보드를 통해서 입력하는 형식과 다른 하나는 CAD시스템에서 작성된 CAD용 데이터베이스를 형상인식 알고리즘을 통해서 제조용 데이터베이스로 변환해서 MOLD CAPP시스템의 입력으로 사용하는 CAD와 MOLD CAPP시스템의 인터페이스 형식 두가지를 고려할 수 있다. 본 연구에서는 대화형을 위주로 개발하였고, 부차적으로 CAD/CAPP 인터페이스에 대한 것은 두 개의 모듈(일체형, 분할형 고정축 형판)에 대해서 개발하였다(그림 4.1의 점선부분에 표시된 것).

MOLD CAPP시스템의 전체 개략도를 그림 4.1에 나타내었으며, 그림 4.2에는 대화형 MOLD CAPP시스템의 흐름도를 나타내었다.

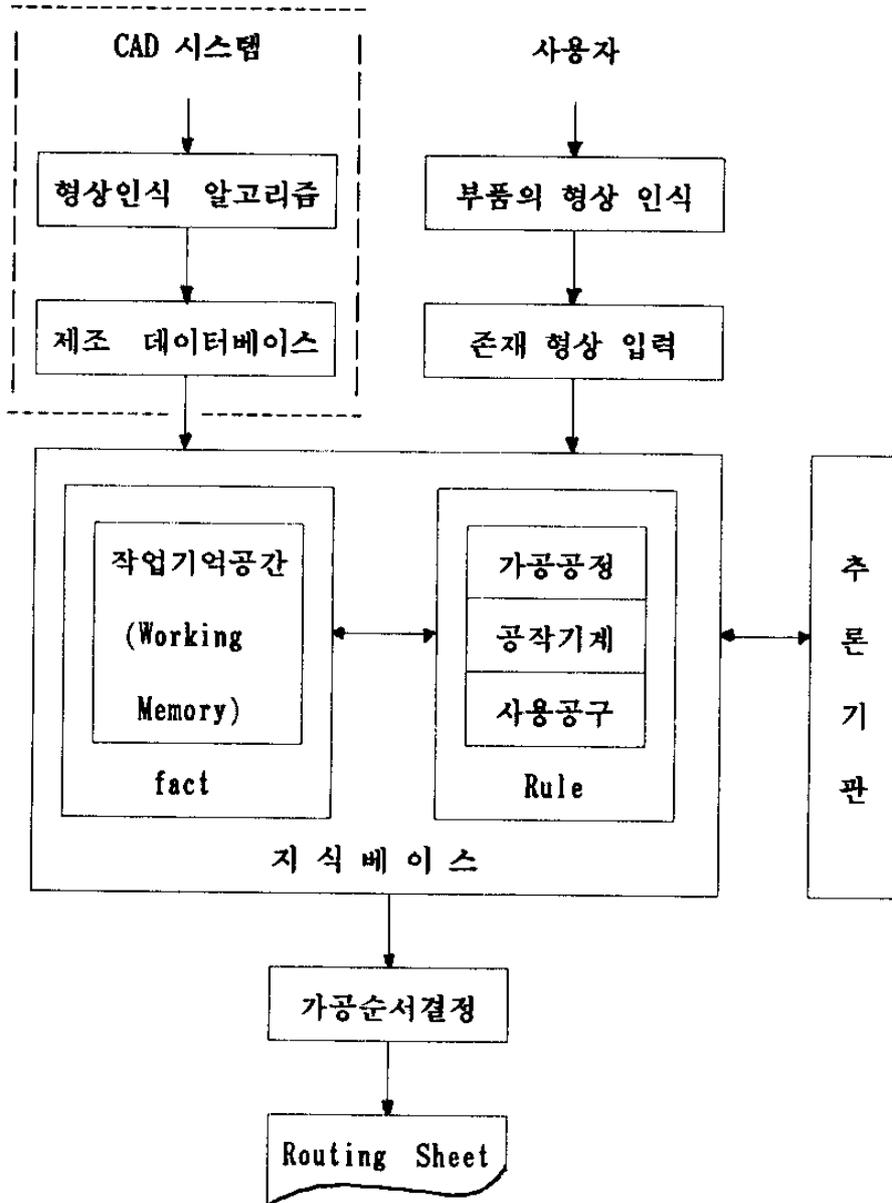


그림 4.1 MOLD CAPP 시스템의 개략도

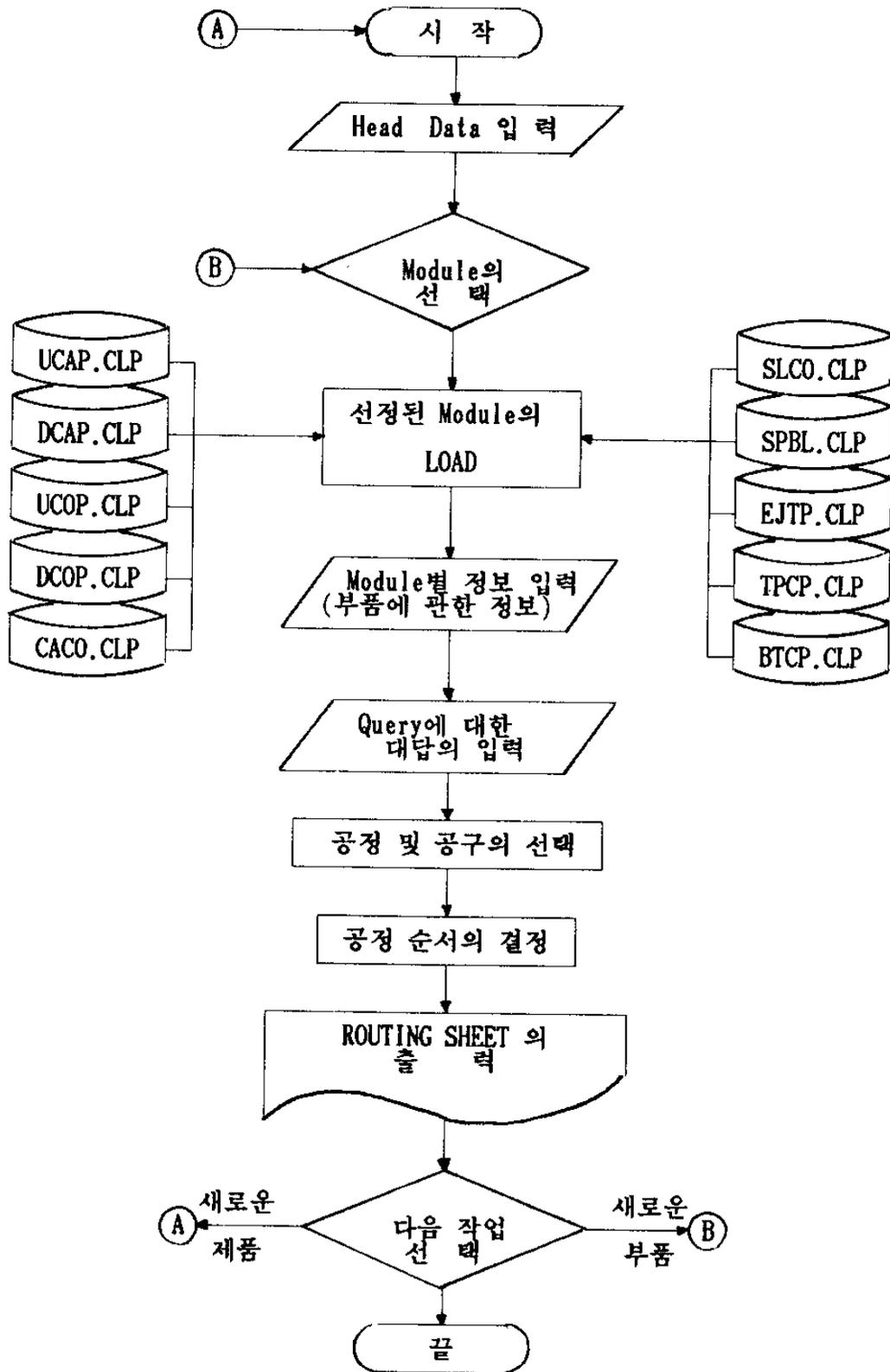


그림 4.2 대화형 MOLD CAPP 시스템의 흐름도

대화형 MOLD CAPP 시스템의 흐름도에서 Head Data 입력 부분은 성형될 제품에 대한 각종 정보, 즉 제품번호, 모델, 제품명, 금형번호, 설계자 및 일자 등을 시스템에게 제공하는 부분이다.

제품에 대한 정보를 부품도에서 사용자가 직접 입력하고 나면, 시스템은 어떤 부품에 대해서 공정설계를 할 것인가를 공정설계자에게 질문을 한다. 이때, 공정설계자가 원하는 부품의 번호를 선택하면 해당 부품에 대한 각종 정보 즉 부품번호, 부품명, 재질, 주요 외곽 치수, 납기 등의 입력을 사용자에게 요구한다. 부품의 선택과 부품에 대한 정보를 키보드를 통해서 입력하고 나면 시스템은 공정설계할 부품의 지식베이스를 작업기억공간(Working Memory)으로 기억시킨다. 그 다음 시스템은 부품도에 존재 가능한 기능특성에 포함된 형상에 대한 질문을 공정설계자에게 한다. 이때 공정설계자는 어떤 형상들의 존재 유무를 Yes 또는 No로 대답해서 시스템에게 인식시킨다. 형상인식을 한 시스템은 작업기억공간에 있는 지식베이스를 이용해서 시스템내의 추론기관을 통해 가공공정, 공작기계, 사용공구를 선정하고 난 뒤에 가공순서결정 알고리즘에 의해서 선택된 공작기계의 우선순위가 결정되면 바로 Routing Sheet가 출력된다.

전문가시스템인 MOLD CAPP 시스템의 개발에 사용된 전문가시스템 셸(Shell)은 NASA에서 개발된 CLIPS (Version 4.2)를 사용했으며, 화면의 모든 내용은 영문자로 출력하고 있다. 또한 MOLD CAPP 시스템을 실행시킬 수 있는 컴퓨터는 IBM PC/XT/AT 호환 기종과 CLIPS가 수행될 수 있는 work station이다. MOLD CAPP 시스템의 프로그램 일부는 부록 I에 첨부되어 있다.

앞에서 개발된 대화형 공정설계시스템은 각 부품에 존재하는 기능특성에 따르는 형상들과 가공정보들을 부품도로부터 공정설계자가 직접 인식한 후에 MOLD CAPP 시스템에 키보드를 통해서 입력하는 형태이다. 그러나 이러한 시스템은

설계단계에서 서술된 부품의 정보를 공정설계에 적합한 정보로 변환하여 다시 서술해야 하므로 공정설계 활동을 완전히 자동화하는데 주요한 장애가 되기 때문에, 본 연구에서 고정축 형판 - 일체형, 분할형 - 을 대상으로 하여 공정설계자의 개입없이 CAD 시스템에서 생성된 부품에 관한 CAD용 데이터베이스를 형상인식 알고리즘을 통해서 공정설계용 데이터베이스로 변환하여 MOLD CAPP 시스템의 입력정보로 사용하는 자동공정설계시스템을 개발하였다.

CAD와 MOLD CAPP시스템간의 인터페이스에 대한 개념모델을 도식화하면 그림 4.3과 같다. 형상인식 알고리즘에 의해서 형상인식이 되었다면, MOLD CAPP 시스템의 입력정보로 그림 4.4와 같은 각 부품에 관한 정보를 가진 마스터 화일의 형태로 공정설계용 데이터베이스에 저장되어야 자동적으로 공정설계가 수행된다.

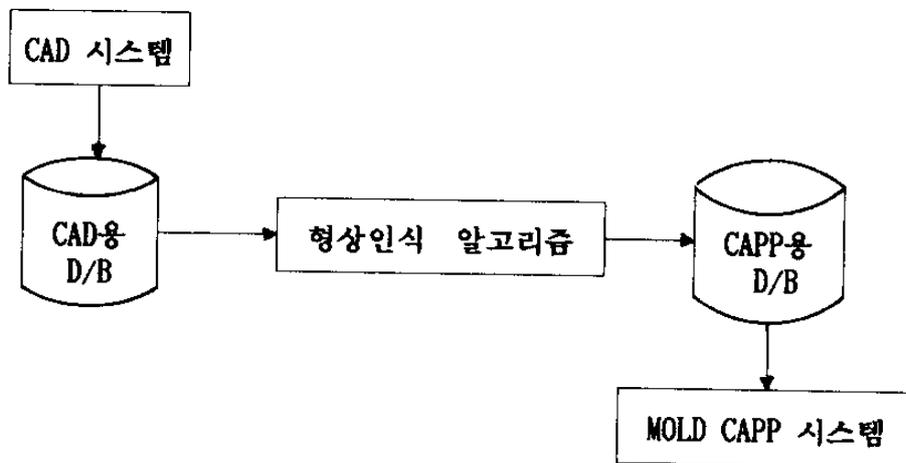


그림 4.3 CAD와 MOLD CAPP 시스템간의 인터페이스에 대한 개념모델

Master File

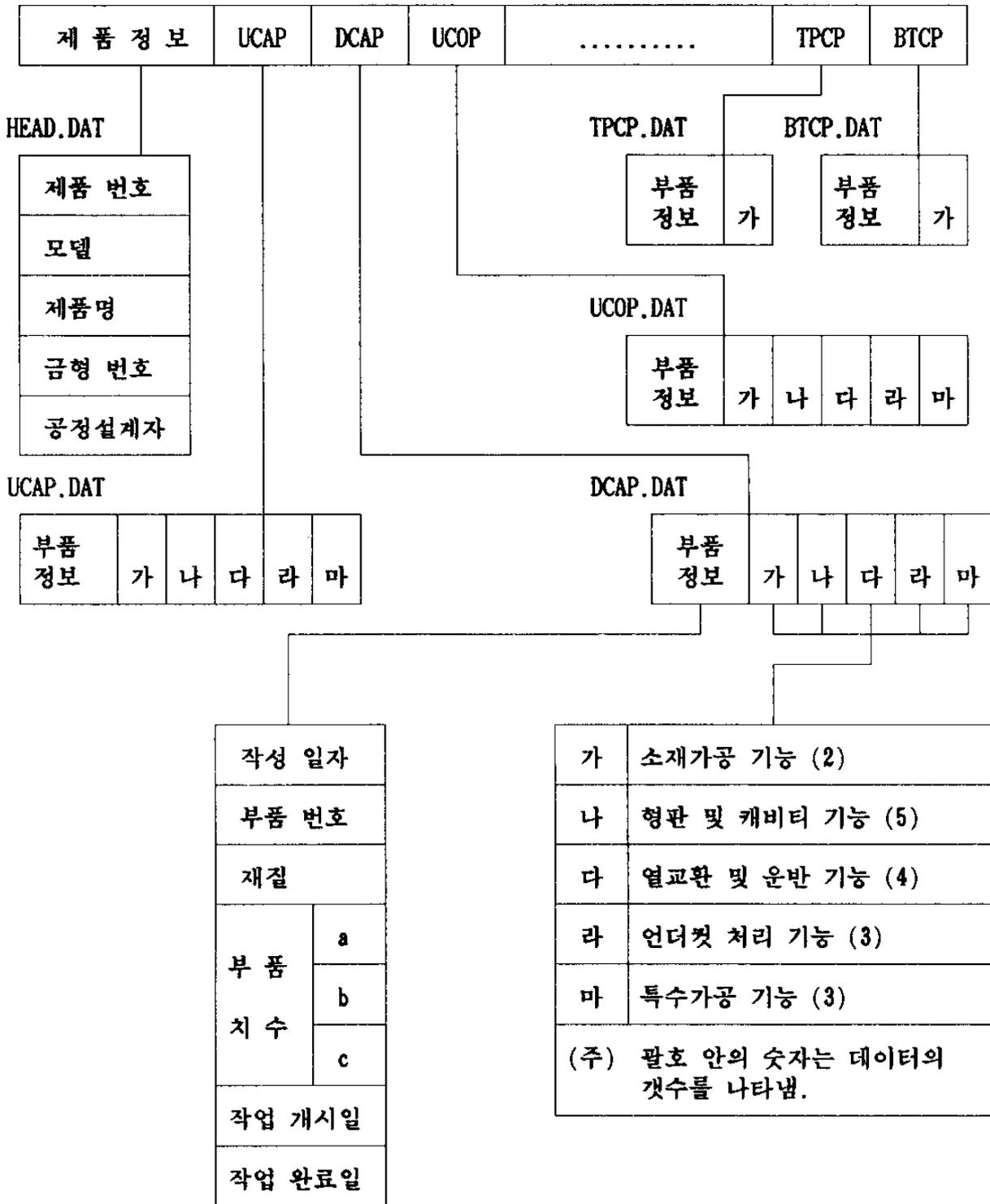


그림 4.4 공정설계용 데이터 구조

제 2 절 적용 사례

본 연구에서 개발된 MOLD CAPP시스템을 부록 II에 있는 "받침판이 없는 2단 사출금형" 한 벌에 적용시켰다.

2.1 대화형 MOLD CAPP 시스템에 의한 사례

대화형 시스템을 처음 실행시키면 성형될 제품에 대한 정보 입력부분이 나타나는데, 해당되는 정보를 입력한 결과가 그림 4.5에 나타나 있다. 그리고 나면 공정설계할 부품을 선정해야 되는데 여기서는 분할형 고정축 형판을 대상으로 해서 공정설계 각 수행과정을 설명하고자 하며, 공정설계 과정을 도식화하면 그림 4.6과 같다.

부품을 선정하고 나면 부품에 대한 정보 입력을 해야 하는데, 입력된 결과가 그림 4.7에 나타나 있다. 이때 시스템 내부에서는 분할형 고정축 형판의 공정설계용 지식베이스가 작업기억공간에 입력된다. 이제는 분할형 고정축 형판에 존재하는 기능특성에 포함된 형상들을 인식해야 하는데, 형상인식을 하기 위해서 화면에 출력된 질문목록에 대해서 입력한 것을 그림 4.8에 나타내었다.

형상인식 과정을 거치고 나면 시스템 내부의 추론기관에 의해서 각 형상들을 가공하는 데 필요한 가공공정, 공작기계, 사용공구들이 무순위로 선정된다. 공작기계가 선정된 후에는 가공순서결정 알고리즘에 의해서 공작기계 순서가 결정된다. 가공순서가 결정되면 가공공정들을 수행하는데 필요한 절삭조건 즉 황삭, 정삭이 결정되어야 하나, 금형에서는 구조상 치수 정밀도가 매우 높기 때문에, 모든 형상들이 모두가 5mm의 여유를 둔 황삭을 한 후에 정삭가공을 해야 하므로 특별히 황삭, 정삭을 구분해서 표기해야 될 필요성이 없기 때문에 본 연구에서는 생략하였다.

따라서 분할형 고정축 형판을 대상으로 하여 대화형 MOLD CAPP시스템을 수행시킨 결과인 Routing Sheet가 그림 4.9에 표시하였고, 나머지 부품들에 대한 Routing Sheet가 그림 4.10 - 그림 4.15에 나타나 있다.

INPUT THE BASIC DATA FOR THE PRODUCT

[1] Product Number : "071DA"
[2] Model Number : "3J06922"
[3] Product Name : "NAME PLATE-H"
[4] Die Number : "0CMJ071"
[5] Planner : "LIM J. T."

그림 4.5 성형될 제품에 대한 정보입력 예

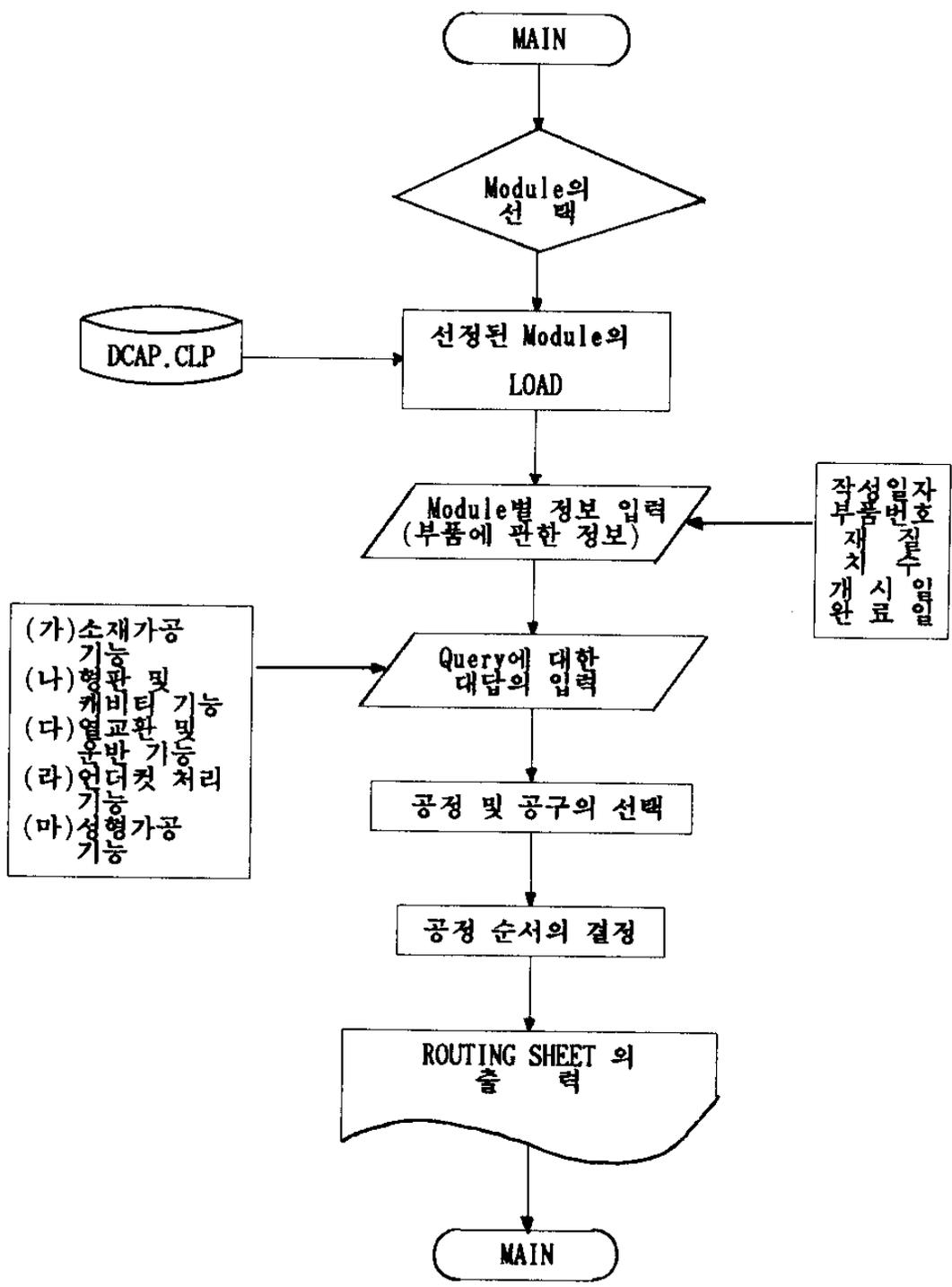


그림 4.6 분할형 고정속 형판의 공정설계 과정

INPUT THE BASIC DATA FOR THE PART

- [1] Part Name : DCAP
 [2] Date : "1990. 8.23."
 [3] Part Number : "J03"
 [4] Material : SM55C
 [5] Part Size : (A > B > C)
 A=250
 B=250
 C=50
 [6] Beginning Date: "1990. 8.30."
 [7] Due Date: "1990. 9.29"

그림 4.7 선정된 부품에 대한 정보입력 예

- (가) 소재 가공 기능
 1. 소재에 성형부와 관련된 주형상의 오목 형상이 존재합니까? Yes
 1.1 주형상의 포켓의 깊이가 형판 두께의 1/2 이상입니까? Yes
- (나) 형판 및 캐비티 기능
 2. 인서트용 포켓의 형상이 각형입니까? Yes
 3. 인서트용 포켓의 형상이 원형포켓이면서 관류의 중심에 있거나, 또는 2개 이상으로써 대칭형상입니까? No
 4. 금형의 어스납 방지용 코터 조립용 포켓 또는 홈이 있습니까? No
 5. 금형의 어스납 방지용 인노부 형상이 있습니까? No
- (다) 열교환 및 운반 기능
 6. 경사진 면을 관통한 냉각수 구멍이 존재합니까? No
 7. 냉각수 구멍의 길이가 80mm 이상입니까? Yes
 8. "O" ring 형상이 있습니까? Yes
 9. Eye bolt의 구멍이 M48 이하입니까? Yes
- (라) 언더컷 처리 기능
 10. 언더컷을 처리하기 위한 형상이 있습니까? No
- (마) 특수 가공 기능
 11. 형상 정의가 복잡하여 NC로 가공이 불리한 모방가공에 관한 형상(예, 곡선 코너컷)이 있습니까? No
 12. 다음 중에서 방전가공을 필요로 하는 형상이 적어도 하나가 있습니까? Yes
 - 공구 반경을 허용하지 않는 모서리가 있는 형상(예, 모서리가 직각인 경우)
 - 공구경의 4배 이상의 깊이를 갖는 리브 형상
 - 국부적인 형상으로 형상정의가 복잡한 부위
 - 두께가 300mm 이상으로 모서리가 있는 형상
 13. 분할형 고정축 형판에 캐비티 코어를 삽입해서 다음과 같이 가공해야 할 형상이 있습니까? No
 - 동시에 성형부 가공을 해야하는 부위
 - 동시에 구멍 또는 홈 가공을 해야하는 형상
 14. 끝손질(마무리)작업이 있습니까? Yes

그림 4.8 분할형 고정축 형판의 형상인식을 위한 입력예

ROUTING SHEET

PROD. NO.	MODEL	PROD. NAME	DIE NO.	PLANNER	DATE
071DA	3J06922	NAME PLATE-H	OCMJ071	LIM J. T.	1990. 8.23.
PART. NO.	PART NAME	MATERIAL	PART SIZE(A>B>C)	BEG. DATE	DUE. DATE
J03	DCAP	SM55C	250* 250* 50	1990. 8.30.	1990. 9.29
NO.	PROCESSES	M/C	TOOL	ST	
1	First rough cutting	MF	Face Cutter		
2	Prima pocket processing	MS	Endmill and Ball Endmill		
3	Second rough cutting	MF	Face Cutter		
4	Square pocket for insert	MS	Endmill		
5	Air vent shape processing	MS	Endmill		
6	Sprue bush hole shape processing	MS	Endmill		
7	Guide pin hole processing	MS	Endmill		
8	"O" ring shape processing	MS	Endmill		
9	Cooling channel processing	DG	Gun Drill		
10	General hole processing	DR	Drill and Tab		
11	Eye bolt hole processing	DR	Drill and Tab		
12	Electric discharge machine processing	EM	Electrode		
13	Finishing processing	AS			

그림 4.9 분할형 고정축 형판의 Routing Sheet

ROUTING SHEET

PROD. NO.	MODEL	PROD. NAME	DIE NO.	PLANNER	DATE
071DA	3J06922	NAME PLATE-H	OCMJ071	LIM J. T.	1990. 8.23
PART. NO.	PART NAME	MATERIAL	PART SIZE(A>B>C)	BEG. DATE	DUE. DATE
J05	DCOP	SM55C	250* 250* 60	1990. 8.30	1990. 9.29
NO.	PROCESSES	M/C	TOOL	ST	
1	Rough cutting	MF	Face Cutter		
2	First rough cutting	MS	Endmill and Ball Endmill		
3	Square pocket for insert	MS	Endmill		
4	Hole of bolt for assembly processing	DR	Drill and Tab		
5	Cooling channel processing	DG	Gun Drill		
6	Eject pin hole processing	DG	Gun Drill		
7	General hole processing	DR	Drill and Tab		
8	Eye bolt hole processing	DR	Drill and Tab		
9	Electric discharge machine processing	EM	Electrode		
10	Finishing processing	AS			

그림 4.10 분할형 가동축 형판의 Routing Sheet

ROUTING SHEET

PROD. NO.	MODEL	PROD. NAME	DIE NO.	PLANNER	DATE
071DA	3J06922	NAME PLATE-H	OCMJ071	LIM J. T.	1990. 8.23
PART. NO.	PART NAME	MATERIAL	PART SIZE(A>B>C)	BEG. DATE	DUE. DATE
K02	CACO	NAK80	160* 140* 25	1990. 8.30	1990. 9.29
NO.	PROCESSES	M/C	TOOL	ST	
1	Square shape of material processing	MF	Face Cutter		
2	Square shape of material processing	GS	Grinding Wheel		
3	Eject pin hole processing	DG	Drill and Tab		
4	Cooling channel processing	DR	Drill and Tab		
5	General hole processing	DR	Drill and Tab		
6	Assembly for simultaneously process	AS			
7	Three dim. prima shape processing	NS	Endmill		
8	Simultaneously processing	NS	Endmill		
9	Copy processing	MC	Ball Endmill		
10	Electric discharge	ES	Electrode		
	machine processing				
11	Finishing processing	AS			

그림 4.11 캐비티 코어, 코어의 Routing Sheet

ROUTING SHEET

PROD. NO.	MODEL	PROD. NAME	DIE NO.	PLANNER	DATE
071DA	3J06922	NAME PLATE-H	OCMJ071	LIM J. T.	1990. 8.23
PART. NO.	PART NAME	MATERIAL	PART SIZE(A>B>C)	BEG. DATE	DUE. DATE
J08	EJTP	SM55C	250* 150* 15	1990. 8.30.	1990. 9.29.
NO.	PROCESSES	M/C	TOOL	ST	
1	Rough cutting	MF	Face Cutter		
2	Eye bolt hole processing	DR	Drill and Tab		
3	Grinding processing	GS	Grinding Wheel		
4	General hole processing	DR	Drill and Tab		
5	Lead pin hole processing	DR	Drill and Tab		
6	Finishing processing	AS			

그림 4.12 이젝트 플레이트의 Routing Sheet

ROUTING SHEET

PROD. NO.	MODEL	PROD. NAME	DIE NO.	PLANNER	DATE
071DA	3J06922	NAME PLATE-H	OCMJ071	LIM J. T.	1990. 8.23.
PART. NO.	PART NAME	MATERIAL	PART SIZE(A>B>C)	BEG. DATE	DUE. DATE
J07	SPBL	SM55C	250* 60* 48	1990. 8.30.	1990. 9.29.
NO.	PROCESSES	M/C	TOOL	ST	
1	Rough cutting	MF	Face Cutter		
2	Eye bolt hole processing	DR	Drill and Tab		
3	Grinding processing	GS	Grinding Wheel		
4	General hole processing	DR	Drill and Tab		
5	Finishing processing	AS			

그림 4.13 스페이스 블록의 Routing Sheet

ROUTING SHEET

PROD. NO.	MODEL	PROD. NAME	DIE NO.	PLANNER	DATE
071DA	3J06922	NAME PLATE-H	OCMJ071	LIM J. T.	1990. 8.23.
PART. NO.	PART NAME	MATERIAL	PART SIZE(A>B>C)	BEG. DATE	DUE. DATE
J01	TPCP	SM55C	300* 250* 25	1990. 8.30.	1990. 9.29
NO.	PROCESSES	M/C	TOOL	ST	
1	Rough cutting	MF	Face Cutter		
2	Eye bolt hole processing	DR	Drill and Tab		
3	Grinding processing	GS	Grinding Wheel		
4	Sprue bush hole shape processing	ML	Endmill		
5	General hole processing	DR	Drill and Tab		

그림 4.14 고정축 설치판의 Routing Sheet

ROUTING SHEET

PROD. NO.	MODEL	PROD. NAME	DIE NO.	PLANNER	DATE
071DA	3J06922	NAME PLATE-H	OCMJ071	LIM J. T.	1990. 8.23.
PART. NO.	PART NAME	MATERIAL	PART SIZE(A>B>C)	BEG. DATE	DUE. DATE
J10	BTCP	SM55C	300* 250* 25	1990. 8.30.	1990. 9.29.
NO.	PROCESSES	M/C	TOOL	ST	
1	Rough cutting	MF	Face Cutter		
2	Eye bolt hole processing	DR	Drill and Tab		
3	Grinding processing	GS	Grinding Wheel		
4	General hole processing	DR	Drill and Tab		
5	Lead pin hole processing	DR	Drill and Tab		

그림 4.15 가동축 설치판의 Routing Sheet

2.2 CAD/MOLD CAPP의 총합시스템에 의한 사례

CAD와 MOLD CAPP이 인터페이스된 시스템을 앞에서 예로 들었던 분할형 고정축 형판을 대상으로 하여 대화형 MOLD CAPP 시스템과 비교, 설명하면 다음과 같다.

대화형 MOLD CAPP 시스템에서는 성형될 제품에 관한 정보 및 부품에 대한 정보와 선택을 공정설계자가 직접 수행하지만, CAD와 MOLD CAPP이 인터페이스된 시스템에서는 제품 및 부품에 대한 파일로 MOLD CAPP시스템에 입력되며, 대화형 MOLD CAPP에서는 형상인식을 위해서 공정설계자에게 질문 목록을 제시하지만 인터페이스된 MOLD CAPP에서는 형상인식 알고리즘을 통해서 CAD 시스템용 데이터베이스를 공정설계용 데이터베이스로 변환하는데 예제로 선정된 분할형 고정축 형판의 변환된 결과는 그림 4.16에 나타내었다. 분할형 고정축 형판을 대상으로 해서 CAD/MOLD CAPP 인터페이스 시스템의 실행 결과인 Routing Sheet가 그림 4.17에 나타내어져 있다.

Master File

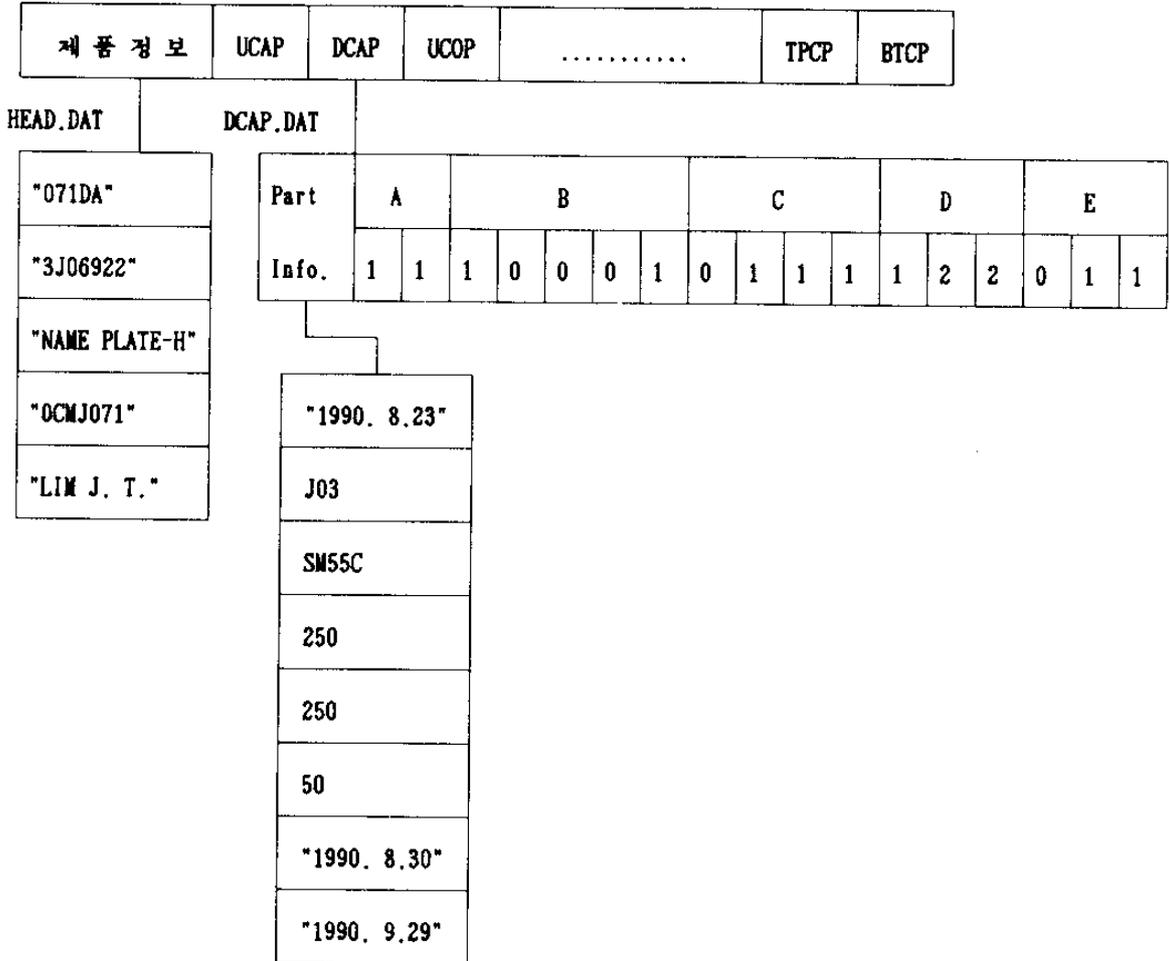


그림 4.16 분할형 고정축 형판에 대한 공정설계용 데이터베이스

ROUTING SHEET

PROD. NO.	MODEL	PROD. NAME	DIE NO.	PLANNER	DATE
071DA	3J06922	NAME PLATE-H	0CMJ071	LIM J. T.	1990. 8.23.
PART. NO.	PART NAME	MATERIAL	PART SIZE(A>B>C)	BEG. DATE	DUE. DATE
J03	DCAP	SM55C	250* 250* 50	1990. 8.30	1990. 9.29
NO.	PROCESSES	M/C	TOOL	ST	
1	First rough cutting	MF	Face Cutter		
2	Prima pocket processing	MS	Endmill and Ball Endmill		
3	Second rough cutting	MF	Face Cutter		
4	Square pocket for insert	MS	Endmill		
5	Air vent shape processing	MS	Endmill		
6	Sprue bush hole shape processing	MS	Endmill		
7	Guide pin hole processing	MS	Endmill		
8	"O" ring shape processing	MS	Endmill		
9	Cooling channel processing	DG	Gun Drill		
10	General hole processing	DR	Drill and Tab		
11	Eye bolt hole processing	DR	Drill and Tab		
12	Electric discharge machine processing	EM	Electrode		
13	Finishing processing	AS			

그림 4.17 CAD/MOLD CAPP 인터페이스 시스템의 실행결과

MOLD CAPP시스템의 소프트웨어 프로그램 목록은 양이 너무 방대하고 보안상의 문제 때문에, 주 프로그램과 앞에서 예를 든 대화형 MOLD CAPP 시스템의 분할형 고정축 형판에 대해서만 부록 I에서 나타내었다.

대화형 MOLD CAPP시스템을 사용하여 부록 II에 있는 "받침관이 없는 2단 사출금형"에 대한 각 부품별 공정설계를 수행한 결과가 그림 4.9에서부터 그림 4.15까지 나타내어져 있는데, 이들 실행결과와 현장에서 직접 공정설계 업무에

중사하고 있는 전문공정설계자가 수행한 결과를 비교해 볼때 잘 부합되므로 그 실용성이 입증된다.

또한 CAD/MOLD CAPP 인터페이스 시스템의 실행결과 역시 대화형 MOLD CAPP시스템의 실행결과와 잘 일치되므로, 최근에 기업체의 관심의 대상이 되는 CAD와 CAM의 통합화에 대한 교량역할을 하는데 크게 기여 할 것으로 사료된다.

제 5 장 결 론

본 연구는 "사출금형 가공자동화를 위한 공정설계용 의사결정규칙 개발"에 관한 연구로서, 개발된 MOLD CAPP 시스템은 "받침판이 없는 2단 사출금형"을 대상으로 지식처리기술을 사용한 사출금형 공정설계용 전문가시스템이다. 지식베이스를 구축하기 위한 지식의 획득은 현장에서 수년간 공정설계를 수행한 공정설계전문가와 인터뷰를 하는 방법과 Protocol Analysis 방법을 병행하였으며, 지식의 표현은 본 시스템 개발시 사용한 전문가시스템 셸(Shell)이 CLIPS이기 때문에, IF-THEN 형식의 Production Rule을 사용하였다. 그리고 지식의 획득과정에서 발생한 실수와 지식들간의 일관성이 결여된 문제를 해결하기 위해서 지식베이스 구축 전에 Knowledge Map이라는 지식검증표를 사용하여 획득된 지식을 검증하였다.

MOLD CAPP 시스템이 공정설계를 수행하기 위해서는 사출금형의 각 부품에 존재하는 기능특성에 따르는 형상들을 대화형으로 인식한 후에, 인식된 형상들을 가공하는데 필요한 가공공정, 공작기계 및 사용기계는 전문가시스템의 추론기관에 의해서 구축된 지식베이스에서 선정되게 하였으며, 선정된 공작기계는 가공순서결정 알고리즘에 의해서 가공우선순위가 결정되도록 하였다. 또한 고정축 형판 - 일체형, 분할형 - 을 대상으로 하여 공정설계자의 개입없이 CAD 시스템에서 생성된 부품에 관한 CAD용 데이터베이스를 형상인식 알고리즘을 통해서 공정설계용 데이터베이스로 변환해서 MOLD CAPP 시스템의 입력정보로 사용하는 인터페이스된 CAD/MOLD CAPP 시스템도 개발하였다.

개발된 MOLD CAPP시스템은 10개의 모듈로 구성되어 있는데, 각 모듈을 실행시킨 결과와 공정설계전문가가 행한 수작업의 결과를 비교할 때 잘 부합되므

로 그 유효성이 입증된다. MOLD CAPP 전문가시스템의 소프트웨어 개발은 전문가시스템 셸인 CLIPS를 이용하여 IBM PC/AT에서 개발하였다.

본 시스템이 개발 됨으로써 CAD시스템에 의해서 부품도가 완성되면 바로 MOLD CAPP 시스템에 의해서 공정설계가 수행되기 때문에, 시간 및 비용이 절감되고 일관성있는 공정설계가 가능함에 따라 생산자동화가 가능하리라고 사료된다.

참 고 문 헌

- (1) 최태주 저, 1987, "최신 금형 공작법," 기전연구사, p. 119.
- (2) 임무생 저, 1988, "플라스틱 사출가공과 금형," 홍익재.
- (3) 홍명웅 역, 1985, "사출금형의 기본과 응용," 기전연구사, p.47.
- (4) 조규갑 외, "사출금형구조의 자동분류코딩시스템의 개발," 한국정밀공학회지, 제6권, 제3호, pp. 60-67, 1989.
- (5) 한국과학기술원, "사출금형의 가공자동화를 위한 공정설계시스템 개발," 과학기술처 연구보고서, 1989.
- (6) Allen, D. K., "Process Planning Primer," Proceedings of 19th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, Pennsylvania State University, USA, pp. 23-25, 1987.
- (7) 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.
- (8) 岩田一明外 5人, 1982, "生産システム學," コロナ社
- (9) Alting, L., and Zang, H., "Computer Aided Process Planning : the state-of-the-art survey," Int. J. Prod. Res., Vol. 27, No. 4, pp. 553-585, 1989.
- (10) CAM-I, "Detailed conceptual design of an experimental planning system," XPS-1, Document No.R-82-ppp-02, Vol. 1 : design development.
- (11) CAM-I, "Detailed conceptual design of an experimental planning system," XPS-1, Document No.R-82-ppp-02, Vol. 2 : design verification.
- (12) 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.

(13) 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.

(14) 조규갑 외, "금형공정설계의 자동화 시스템 개발 (II)," 금성사 금형공장 2차 보고서, 부산대학교 기계기술연구소 생산시스템연구실, 1988.

(15) 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.

(16) Li, J., Han, C., and Ham, I., "CORE-CAPP-A Company-oriented Semi-generative Computer Automated Processing Planning System," 19th CIRP International Conference on Manufacturing system, Pennsylvania State University, pp. 219-225, 1987.

(17) Chang, T. C., and Wysk, R. A., 1985, "An Introduction to Automated Process Planning Systems," Prentice-Hall Publishing Company.

(18) Alting, L., and Lenau, T., "Integration of engineering functions in the CIM philosophy," ISATA 86, 15th International Symposium on Automotive Technology and Automation, Flims, Switzerland, October 6-10, 1986.

(19) Koenig, D.T., "Computer aided process planning for computer integrated manufacturing," 19th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, Penn State, USA, 1-2 June, 1987.

(20) Alting, L., "Integration of engineering functions/disciplines in CIM," Annals of the CIRP, 35/(1), 1986.

- (21) Descotte, Y., and Latombe, J.-C., "GARI : A problem solver that plans how to machine mechanical parts," Proceedings of 7th International Joint Conference on Artificial Intelligent, Vancouver, Canada, August, 1981.
- (22) Davies, B.J., and Darbyshire, I.L., "The use of expert systems in process planning," Annals of the CIRP, 33/(1), 1984.
- (23) Iwata, K., and Fukuda, Y., "KAPPS : Know-how and knowledge assisted production planning system in the machining shop," 19th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, Penn. State, USA, 1-2 June, 1987.
- (24) Alting, L., et al., "XPLAN - an expert process planning system and its further development," 27th International MATADOR Conference UMIST, UK, 20-21 April, 1988.
- (25) Soliman, J.I., "Expert Systems in manufacturing," AUTOFACT '87 Conference Proceedings, Detroit, Michigan, USA, 9-12 November, 1987.
- (26) Lu, S. C-Y., "Knowledge Processing for Engineering Automation : A Summary of current Research in Knowledge-Based Engineering Systems Research Laboratory," Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL. 1989.
- (27) Waterman, D. A., 1985, "A Guide to Expert Systems," Addison Wesley.
- (28) Giarratano, J. C., June 1988, "CLIPS User's Guide, AI Section," L. B. Johnson Space Center.
- (29) 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.

부록 I

MOLD CAPP 시스템의 프로그램 목록

주프로그램 리스트

```

: By Lim Ju-Taek and Oh Jeong-Soo
(deffacts number
(number 1))
:*****
:*                               LOGO                               *
:*****
(defrule logo
(initial-fact)
(not (main head data))
(not (logo))
->
(system "cls")
(printout t "" crlf crlf crlf crlf crlf)
(printout t " *****" crlf)
(printout t " * * * * * " crlf)
(printout t " *          MOLD CAPP SYSTEM          * " crlf)
(printout t " * * * * * " crlf)
(printout t " *          (Version 1.10)          * " crlf)
(printout t " * * * * * " crlf)
(printout t " *          KIST CAD/CAN Lab.          * " crlf)
(printout t " *          and * " crlf)
(printout t " *          Pusan National University * " crlf)
(printout t " *          Manufacturing System Engineering Lab. * " crlf)
(printout t " * * * * * " crlf)
(printout t " *          1990. 7. 21          * " crlf)
(printout t " *****" crlf crlf crlf crlf crlf)
(assert (main head data))
(assert (logo))
(system "pause")
)
:*****
:*                               HEAD DATA QUERY RULES                               *
:*****
(defrule head_basic_data
(declare (salience -10))
?rem <- (main head data)
->
(retract ?rem)
(system "cls")
(printout t "" crlf crlf crlf)
(printout t "          INPUT THE BASIC DATA FOR THE PRODUCT          " crlf)
(printout t "-----" crlf)
(printout t crlf "          [1] Product Number : " )
(assert (product_num =(read)))
(printout t crlf "          [2] Model Number : " )
(assert (product_model =(read)))
(printout t crlf "          [3] Product Name : " )
(assert (product_name =(read)))
(printout t crlf "          [4] Die Number : " )
(assert (drawing_num =(read)))
(printout t crlf "          [5] Planner : " )
(assert (designer_name =(read)))
(assert(sub-part selection))
)
:*****
:*                               SUB PART SELECTION                               *
:*****

```

```

;*****
(defrule select_sub_part
  (declare (salience -10))
  ?rem <- (sub-part selection)
->
  (system "cls")
  (retract ?rem)
  (printout t "" crlf crlf)
  (printout t " ***** SELECT THE PART *****" crlf)
  (printout t " * * * * * " crlf)
  (printout t " * * * * * " crlf)
  (printout t " * [1] Unified Cavity Plate *" crlf)
  (printout t " * [2] Devided Cavity Plate *" crlf)
  (printout t " * [3] Uified Core Plate *" crlf)
  (printout t " * [4] Devided Core Plate *" crlf)
  (printout t " * [5] Cavity Core, Core *" crlf)
  (printout t " * [6] Slide Core *" crlf)
  (printout t " * [7] Eject Plate *" crlf)
  (printout t " * [8] Space Block *" crlf)
  (printout t " * [9] Top Clamping Plate *" crlf)
  (printout t " * [10] Bottom Clamping Plate *" crlf)
  (printout t " * * * * * " crlf)
  (printout t " *****" crlf crlf crlf crlf)
  (printout t " SELECT THE PART NUMBER --> ")
  (assert (part number -(read)))
  (assert (load part selection))
  (system "cls")
)
;*****
;* LOAD PART SELECTION *
;*****
(defrule load_part_module_01
  (declare (salience -10))
  ?rem <- (part number ?ans)
  ?rem1 <- (load part selection)
->
  (if (eq ?ans 1)
    then
      (retract ?rem ?rem1)
      (printout t crlf crlf crlf " Now unified cavity plate module is loaded....." crlf crlf crlf)
      (load "ucap.clp")
      (assert (gosex load UCAP) )
    )
  )
)
(defrule load_part_module_02
  (declare (salience -10))
  ?rem <- (part number ?ans)
  ?rem1 <- (load part selection)
->
  (if (eq ?ans 2)
    then
      (retract ?rem ?rem1)
      (printout t crlf crlf crlf " Now devided cavity plate module is loaded....." crlf crlf crlf)
      (load "dcap.clp")
      (assert (gosex load DCAP) )
    )
  )
)
.
.
.

```

```

:*****
:*          QUERY RULES          *
:*****
(defrule sub_basic_data
  (declare (salience 10))
  ?rem <- (gosub load ?p_name)
  =>
  (retract ?rem)
  (system "cls")
  (printout t "          INPUT THE BASIC DATA FOR THE PART          " crlf)
  (printout t "-----" crlf)
  (printout t crlf "          [1] Part Name : " ?p_name crlf)
  (printout t crlf "          [2]   Date   : " )
  (assert (date =(read)))
  (printout t crlf "          [3] Part Number : " )
  (assert (part_num =(read)))
  (printout t crlf "          [4]  Material  : " )
  (assert (material =(read)))
  (printout t crlf "          [5] Part Size  : ( A > B > C ) " )
  (printout t crlf "          A=" )
  (assert (psa =(read)))
  (printout t crlf "          B=" )
  (assert (psb =(read)))
  (printout t crlf "          C=" )
  (assert (psc =(read)))
  (printout t ""crlf)
  (printout t crlf "          [6] Beginning Date: " )
  (assert (start_due_date =(read)))
  (printout t crlf "          [7]   Due   Date: " )
  (assert (end_due_date =(read)))
  (assert (gosub ?p_name))
)
:*****
:*          RUNNING SUB_MODULE          *
:*****
:
:          Running sub_module!
:
:*****
:*          decision for SEQUENCING          *
:*****

:*****
:*          print for MACHINE, TOOL, SEQUENCING          *
:*****
(defrule print-head
  (declare (salience -10))
  ?rem <- (print-head)
  ?dfa <- (decision for sequencing)
  (product_num ?p1)
  (product_model ?p2)
  (product_name ?p3)
  (drawing_num ?p4)
  (designer_name ?p5)
  (date ?p6)
  (part_num ?p7)
  (gosub ?p8)
  (material ?p9)
  (psa ?p10)
  (psb ?p11)
  (psc ?p12)
  (start_due_date ?p13)
)

```

```

(end_due_date ?p14)
->
(retract ?rem ?dfs)
(system "cls")
(printout t "
                                ROUTING SHEET
                                -----" crlf)
(printout t "-----" crlf)
(printout t "PROD. NO. | MODEL | PROD. NAME | DIE NO. | PLANNER | DATE" crlf)
(printout t "-----" crlf)
(format t " %8s | %8s | %13s | %8s | %16s | %10s%a" ?p1 ?p2 ?p3 ?p4 ?p5 ?p6)
(printout t "-----" crlf)
(printout t "PART. NO. | PART NAME | MAT. |PART SIZE(A>B>C) | BEG. DATE | DUE. DATE" crlf)
(printout t "-----" crlf)
(format t " %8s |%17s | %5s | %4d*%4d*%4d | %10s | %10s%a" ?p7 ?p8 ?p9 ?p10 ?p11 ?p12 ?p13 ?p14)
(printout t "-----" crlf)
(printout t " NO. | PROCESSES | N/C | TOOL | ST " crlf)
(printout t "-----" crlf)
(assert (print about ?p8))
)

```

```

(defrule sequence_print
(declare (salience -10))
(gosub ?p_name)
(print about ?p_name1)
?no <- (number ?no)
?print <- (process ?sequence ?process1 ?process2 ?machine ?tools1 ?tools2 )
(not (process ?sequence1)
->
(retract ?no )
(retract ?print)
(bind ?no1 (+ ?no 1))
(assert (number ?no1))
(if (
then
(format t "%3d |%35s|%5s |%20s|%a" ?no ?process1 ?machine ?tools1 )
)
(if (
then
(format t "%3d |%35s|%5s |%20s|%a" ?no ?process1 ?machine ?tools1 )
(format t " |%35s| | %a" ?process2 )
)
)
(if (
then
(format t "%3d |%35s|%5s |%20s|%a" ?no ?process1 ?machine ?tools1 )
(format t " | | %20s|%a" ?tools2 )
)
)
(if (
then
(format t "%3d |%35s|%5s |%20s|%a" ?no ?process1 ?machine ?tools1 )
(format t " |%35s| |%20s|%a" ?process2 ?tools2 )
)
)
)
)
)

```

```

(defrule print-tail
(declare (salience -15))
?end <- (gosub ?p_name)
?no <- (number ?no)
?print <- (print about ?p_name1)
(not (query for phase control))
: (not (process AS $?))
->
)

```

```

    (retract ?end ?su ?print)
    (printout t "-----" crlf)
    (assert (query for phase control))
    (assert (number 1))
    (assert (part_name ?p_name))
    (system "pause")
  )

;*****
;*          PHASE CONTROL RULE          *
;*****
(defrule delete-values
  (query for phase control)
  ?rem <- (a $?)
->
  (retract ?rem)
)

(defrule phase-control-query-1
  (declare (salience -20))
  (query for phase control)
  (not (new ?))
->
  (system "cls")
  (printout t crlf crlf crlf)
  (printout t "          ***** SELECT THE WORK TO BE CONTINUED *****" crlf crlf)
  (printout t "                      [1] INPUT THE BASIC DATA FOR NEW PRODUCT" crlf crlf)
  (printout t "                      [2] INPUT THE BASIC DATA FOR ANOTHER PART" crlf crlf)
  (printout t "                      [3] QUIT" crlf crlf)
  (printout t "          *****" crlf crlf)
  (printout t "          Input the work number --> ")
  (assert (new -(read)))
)

(defrule phase-control-query-2
  (declare (salience -20))
  ?rem <- (query for phase control)
  ?ret01 <- (product_num ?p1)
  ?ret02 <- (product_model ?p2)
  ?ret03 <- (product_name ?p3)
  ?ret04 <- (drawing_num ?p4)
  ?ret05 <- (designer_name ?p5)
  ?ret06 <- (date ?p6)
  ?ret07 <- (part_num ?p7)
  ?ret08 <- (part_name ?p8)
  ?ret09 <- (material ?p9)
  ?ret10 <- (paa ?p10)
  ?ret11 <- (pab ?p11)
  ?ret12 <- (pac ?p12)
  ?ret13 <- (start_due_date ?p13)
  ?ret14 <- (end_due_date ?p14)
  ?key <- (new ?new-key)
  (not (main head data))
->
  (if (eq ?new-key 1)
    then
      (retract ?ret01 ?ret02 ?ret03 ?ret04 ?ret05 )
      (retract ?ret06 ?ret07 ?ret08 ?ret09 ?ret10 )
      (retract ?ret11 ?ret12 ?ret13 ?ret14 )
      (retract ?rem ?key)
      (assert (main head data))
  )
)

```

```

)
)

(defrule phase-control-query-3
  (declare (salience -20))
  ?rem <- (query for phase control)
  ?ret06 <- (date ?p6)
  ?ret07 <- (part_num ?p7)
  ?ret08 <- (part_name ?p8)
  ?ret09 <- (material ?p9)
  ?ret10 <- (paa ?p10)
  ?ret11 <- (pab ?p11)
  ?ret12 <- (pac ?p12)
  ?ret13 <- (start_due_date ?p13)
  ?ret14 <- (end_due_date ?p14)
  ?key <- (new ?new-key)
  (not (sub-part selection))
->
  (if (eq ?new-key 2)
    then
      (retract ?ret06 ?ret07 ?ret08 ?ret09 ?ret10 )
      (retract ?ret11 ?ret12 ?ret13 ?ret14 )
      (retract ?rem ?key)
      (assert (sub-part selection))
    )
  )
)

(defrule phase-control-query-4
  (declare (salience -20))
  ?rem <- (query for phase control)
  ?key <- (new 3)
  (not (sub-part selection))
->
  (retract ?rem ?key)
  (system "cls")
  (printout t " " crlf crlf crlf crlf)
  (printout t "MOLD CAPP SYSTEM is normally terminated !!! ")
)

```

분할형 고정축 형판의 프로그램 리스트

```
:DEVIDED CAVITY PLATE
: By Lim Zoo-Taek and Oh Jeong-Soo
(defrule question-info
  (gobsub DCAP)
->
  (assert (values-for prima-pocket yes no))
  (assert (values-for depth-pocket yes no))
  (assert (values-for square-pocket yes no))
  (assert (values-for circle-pocket yes no))
  (assert (values-for cotter-part yes no))
  (assert (values-for inner-part yes no))
  (assert (values-for penetrated-slant-cooling yes no))
  (assert (values-for depth-cooling-channel yes no))
  (assert (values-for O-ring yes no))
  (assert (values-for eye-bolt-sizeyes no))
  (assert (values-for undercut yes no))
  (assert (values-for undercut-shape 1 2))
  (assert (values-for guide-slide-core 1 2 3))
  (assert (values-for copy-processing yes no))
  (assert (values-for EDM-shape yes no))
  (assert (values-for simul-insert yes no))
)
:*****
:*          QUERY FOR UNIFIED CAVITY PLATE          *
:*****
(defrule bad-value ""
  (declare (salience 10))
  (gobsub DCAP)
  (values-for ?variable ?list)
  ?f1 <- (a ?variable ?value)
  (test (! (member ?value ?list)))
->
  (retract ?f1))

(defrule query_10
  ?rem <- (ask-question DCAP)
  (gobsub DCAP)
  (not (a FIRST QUERY PART))
->
  (system "cls")
  (retract ?rem)
  (printout t crlf "[A] MATERIAL PROCESSING FUNCTION" crlf crlf)
  (assert (a FIRST QUERY PART))
)

(defrule query_11
  ?rem <- (ask-question DCAP)
  (gobsub DCAP)
  (not (a prima-pocket ?))
->
  (retract ?rem)
  (printout t " Is there a pocket for the prima shape" crlf)
  (printout t "      which is connected the plastic part in the material? [yes/no] ")
  (assert (a prima-pocket =(read)))
)
```

```

(defrule query_12
  ?rem <- (ask-question DCAP)
  (gosub DCAP)
  (not (a depth-pocket ?))
->
  (retract ?rem)
  (printout t crlf " Is the depth of the pocket for the prima shape more than " crlf)
  (printout t " the half of the thickness of the cavity plate? [yes/no] ")
  (assert (a depth-pocket -(read)))
)

(defrule query_20
  ?rem <- (ask-question DCAP)
  (gosub DCAP)
  (not (a SECOND QUERY PART))
->
  (system "cls")
  (retract ?rem)
  (printout t crlf "[B] PLATE, CAVITY FUNCTION" crlf)
  (assert (a SECOND QUERY PART))
)

(defrule query_21
  ?rem <- (ask-question DCAP)
  (gosub DCAP)
  (not (a square-pocket ?))
->
  (retract ?rem)
  (printout t crlf " Is the shape of pocket for insert a square? [yes/no] ")
  (assert (a square-pocket -(read)))
)

(defrule query_22
  ?rem <- (ask-question DCAP)
  (gosub DCAP)
  (not (a circle-pocket ?))
->
  (retract ?rem)
  (printout t crlf " Is the shape of pocket for insert a circle which is located in the center" crlf)
  (printout t " of the cavity plate or circles which are more than two symmetric circle shape? [yes/no] ")
  (assert (a circle-pocket -(read)))
)

(defrule query_23
  ?rem <- (ask-question DCAP)
  (gosub DCAP)
  (a circle-pocket yes)
  (not (a length-d ?))
->
  (retract ?rem)
  (printout t crlf " How far is the length of the diagonal line from the center" crlf)
  (printout t " of the circle pocket to farthest corner of cavity plate? [size] ")
  (assert (a length-d -(read)))
)

(defrule query_24
  ?rem <- (ask-question DCAP)
  (gosub DCAP)
  (not (a cotter-part ?))
->
  (retract ?rem)

```

```

(printout t crlf " Is there a pocket or groove for cotter assembly in order not to" crlf)
(printout t      "      deviate of the die set? [yes/no] ")
(assert (a cotter-part =(read)))
)

(defrule query_25
  ?rem <- (ask-question DCAP)
  (gosub DCAP)
  (not (a inner-part ?))
->
  (retract ?rem)
  (printout t crlf " Is there a interlock shape in order not to deviate of" crlf)
  (printout t      "      the die set? [yes/no] ")
  (assert (a inner-part =(read) ))
)

(defrule query_30
  ?rem <- (ask-question DCAP)
  (gosub DCAP)
  (not (a THIRD QUERY PART))
->
  (system "cls")
  (retract ?rem)
  (printout t crlf "[C] TEMPERATURE CONTROL AND TRANSPORT FUNCTION" crlf)
  (assert (a THIRD QUERY PART))
)

(defrule query_31
  ?rem <- (ask-question DCAP)
  (gosub DCAP)
  (not (a penetrated-slant-cooling ?) )
->
  (retract ?rem)
  (printout t crlf " Is there a cooling channel which is penetrated slant face? [yes/no] ")
  (assert (a penetrated-slant-cooling =(read)))
)

(defrule query_32
  ?rem <- (ask-question DCAP)
  (gosub DCAP)
  (not (a depth-cooling-channel ?))
->
  (retract ?rem)
  (printout t crlf " Is the depth of the cooling channel more than 80m? [yes/no] ")
  (assert (a depth-cooling-channel =(read)))
)

(defrule query_33
  ?rem <- (ask-question DCAP)
  (gosub DCAP)
  (not (a O-ring ?))
->
  (retract ?rem)
  (printout t crlf " Is there a "O" ring shape? [yes/no] " )
  (assert (a O-ring =(read)))
)

(defrule query_34
  ?rem <- (ask-question DCAP)
  (gosub DCAP)
  (not (a eye-bolt-size ?))
->

```

```

(retract ?rem)
(printout t crlf " Is the size of eye bolt hole less than M48? [yes/no] " )
(assert (a eye-bolt-size =(read)))
)

(defrule query_40
?rem <- (ask-question DCAP)
(gosub DCAP)
(not (a FORTH QUERY PART))
->
(system "cls")
(retract ?rem)
(printout t crlf "[D] UNDERCUT TREATMENT FUNCTION" crlf)
(assert (a FORTH QUERY PART))
)

(defrule query_41
?rem <- (ask-question DCAP)
(gosub DCAP)
(not (a undercut ?))
->
(retract ?rem)
(printout t crlf " Is there a shape for undercut treatment? [yes/no] " )
(assert (a undercut =(read)))
)

(defrule query_42
?rem <- (ask-question DCAP)
(gosub DCAP)
(a undercut yes)
(not (a undercut-shape ?))
->
(retract ?rem)
(printout t crlf " For undercut treatment," crlf)
(printout t " [1]there is slant slide core shape(slant block and cylinder)" crlf)
(printout t " [2]there is horizontal slide core shape" crlf)
(printout t " Choose the number of shape existed --> " )
(assert (a undercut-shape =(read)))
)

(defrule query_43
?rem <- (ask-question DCAP)
(gosub DCAP)
(a undercut yes)
(a undercut-shape 2)
(not (a guide-slide-core ?))
->
(retract ?rem)
(printout t " What is used for guide of horizontal slide core? " crlf)
(printout t " [1]guide rail and cylinder " crlf)
(printout t " [2]guide rail and angular pin hole " crlf)
(printout t " [3]both [1] and [2] " crlf)
(printout t " Choose the number of used --> ")
(assert (a guide-slide-core =(read)))
)

(defrule query_50
?rem <- (ask-question DCAP)
(gosub DCAP)
(not (a FIFTH QUERY PART))
->
(system "cls")

```

```

(retract ?rem)
(printout t crlf "[E] PROCESSING FEATURE FUNCTION" crlf crlf)
(assert (a FIFTH QUERY PART))
)

(defrule query_51
?rem <- (ask-question DCAP)
(gosub DCAP)
(not (a copy-processing ?))
->
(retract ?rem)
(printout t " Is there a shape needed copy processing which is not finished" crlf)
(printout t " NC machine tool because of complex shape? [yes/no] " )
(assert (a copy-processing ~(read)))
)

(defrule query_52
?rem <- (ask-question DCAP)
(gosub DCAP)
(not (a EDM-shape ?))
->
(retract ?rem)
(printout t "" crlf)
(printout t " Is there a shape needed electrical discharge machine at least? " crlf)
(printout t " the shape which has corner can not permit cutter radius" crlf)
(printout t " (example, corner is rectangular)" crlf)
(printout t " the depth of rib shape is more than 4 times of cutter diameter" crlf)
(printout t " partial complex shape which is not defined" crlf)
(printout t " the thickness of shape which has corner is more than 300mm" crlf)
(printout t " the depth of the pocket is more than 6 times of endmill diameter" crlf)
(printout t " if exist, answer [yes/no] ")
(assert (a EDM-shape ~(read)))
)

(defrule query_53
?rem <- (ask-question DCAP)
(gosub DCAP)
(not (a simul-insert ?))
->
(retract ?rem)
(printout t "" crlf)
(printout t " Is there a shape which is processed after cavity core is inserted" crlf)
(printout t " into the devided cavity plate as the follows?" crlf)
(printout t " a plastic part with which plastic shape is processed together" crlf)
(printout t " a shape with which hole or groove is processed together" crlf)
(printout t " if exist, answer [yes/no] ")
(assert (a simul-insert ~(read)))
)

(defrule ask-another-question
(gosub DCAP)
(not (ask-question DCAP))
->
(assert (ask-question DCAP))
)

:*****
:* MACHINE TOOL SELECTION RULE *
:*****
(defrule rule_001
(gosub DCAP)
(decision for DCAP)

```

```

(or (a prima-pocket no)
    (and (a prima-pocket yes)
         (a depth-pocket no)))
(psa ?a)
(psb ?b)
->
(if (&& (<= ?a 600) (<= ?b 400) )
    then
        (assert (process NP "Rough cutting" R "Face Cutter" 1))
    )
)

(defrule rule_002
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (or (a prima-pocket no)
      (and (a prima-pocket yes)
           (a depth-pocket no)))
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (| | (| (&& (> ?a 600) (<= ?a 1000) )
              (<= ?b 400) )
      (&& (<= ?a 600)
          (&& (> ?b 400) (<= ?b 600) ) )
      )
      (&& (&& (> ?a 600) (<= ?a 1000) )
          (&& (> ?b 400) (<= ?b 600) ) )
      )
    then
        (assert (process NR "Rough cutting" R "Face Cutter" 1))
    )
)

(defrule rule_003
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (or (a prima-pocket no)
      (and (a prima-pocket yes)
           (a depth-pocket no)))
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (&& (> ?a 1000) (> ?b 600) )
      then
          (assert (process NP "Rough cutting" R "Face Cutter" 1))
      )
  )

(defrule rule_004
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a prima-pocket yes)
  (a depth-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (&& (<= ?a 600) (<= ?b 400) )
      then
          (assert (process NP "First rough cutting" F "Face Cutter" 1))
      )
  )
)

```

```

(defrule rule_005
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a prima-pocket yes)
  (a depth-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (|) (|) (&& (&& (> ?a 600) (<= ?a 1000) )
      (<= ?b 400) )
      (&& (<= ?a 600)
      (&& (> ?b 400) (<= ?b 600) ) )
      )
      (&& (&& (> ?a 600) (<= ?a 1000) )
      (&& (> ?b 400) (<= ?b 600) ) )
      )
  then
    (assert (process MR "First rough cutting" F "Face Cutter" 1))
  )
)

(defrule rule_006
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a prima-pocket yes)
  (a depth-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (&& (> ?a 1000) (> ?b 600) )
      then
        (assert (process NP "First rough cutting" F "Face Cutter" 1))
      )
  )
)

(defrule rule_007
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a prima-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (&& (<= ?a 600) (<= ?b 400) )
      then
        (assert (process NS "Prima pocket processing" N "Endmill and" "Ball Endmill"))
      )
  )
)

(defrule rule_008
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a prima-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (&& (> ?a 600) (> ?b 400) )
      then
        (assert (process NL "Prima pocket processing" N "Endmill and" "Ball Endmill"))
      )
  )
)

```

```

(defrule rule_008
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a prima-pocket yes)
  (a depth-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (and (<= ?a 600) (<= ?b 400) )
    then
      (assert (process NP "Second rough cutting" S "Face Cutter" 1))
    )
  )

(defrule rule_010
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a prima-pocket yes)
  (a depth-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (| | (| | (and (and (> ?a 600) (<= ?a 1000) )
                    (<= ?b 400) )
                  (and (<= ?a 600)
                        (and (> ?b 400) (<= ?b 600) ) )
                )
      (and (and (> ?a 600) (<= ?a 1000) )
            (and (> ?b 400) (<= ?b 600) ) )
    )
  then
    (assert (process NR "Second rough cutting" S "Face Cutter" 1))
  )
)

(defrule rule_011
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a prima-pocket yes)
  (a depth-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (and (> ?a 1000) (> ?b 600) )
    then
      (assert (process NP "Second rough cutting" S "Face Cutter" 1))
    )
  )

(defrule rule_012
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (and (<= ?a 500) (<= ?b 300) )
    then
      (assert (process MS "Square pocket for insert" p "Endmill" 1))
    )
  )
)

```

```

(defrule rule_013
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
  ->
  (if (|) (|) (&& (&& (> ?a 500) (<- ?a 700) )
        (<- ?b 300) )
        (&& (<- ?a 500)
          (&& (> ?b 300) (<- ?b 400) ) )
    )
    (&& (&& (> ?a 500) (<- ?a 700) )
      (&& (> ?b 300) (<- ?b 400) ) )
  )
  then
    (assert (process NM "Square pocket for insert" p "Endmill" 1))
  )
)

```

```

(defrule rule_014
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
  ->
  (if (|) (|) (&& (&& (> ?a 700) (<- ?a 1200) )
        (&& (> ?b 300) (<- ?b 400) ) )
        (&& (&& (> ?a 500) (<- ?a 700) )
          (&& (> ?b 400) (<- ?b 800) ) )
    )
    (&& (&& (> ?a 700) (<- ?a 1200) )
      (&& (> ?b 400) (<- ?b 800) ) )
  )
  then
    (assert (process NL "Square pocket for insert" p "Endmill" 1))
  )
)

```

```

(defrule rule_015
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
  ->
  (if (|) (> ?a 1200) (> ?b 800) )
    then
      (assert (process NO "Square pocket for insert" p "Endmill" 1))
    )
  )
)

```

```

(defrule rule_016-2
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a circle-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
  ->
  (if (&& (<- ?a 500) (<- ?b 400) )
    then

```

```

        (assert (process MS "Center work" p "Endmill" 1))
    )
)

(defrule rule_016-1
  (gobsub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a circle-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (|| (> ?a 500) (> ?b 400) )
    then
      (assert (process MU "Center work" p "Endmill" 1))
    )
  )
)

(defrule rule_016
  (gobsub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a circle-pocket yes)
  (a length-d ?d)
->
  (if (<= ?d 300)
    then
      (assert (process LN "Square pocket for insert" p "Bite" 1))
    )
  )
)

(defrule rule_017
  (gobsub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a circle-pocket yes)
  (a length-d ?d)
->
  (if (&& (> ?d 300) (<= ?d 600) )
    then
      (assert (process LL "Square pocket for insert" p "Bite" 1))
    )
  )
)

(defrule rule_018
  (gobsub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a circle-pocket yes)
  (a length-d ?d)
->
  (if (> ?d 600)
    then
      (assert (process LX "Square pocket for insert" p "Bite" 1))
    )
  )
)

(defrule rule_019
  (gobsub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (a cotter-part yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (&& (<= ?a 500) (<= ?b 300) )

```

```

    then
      (assert (process NS "Colter shape processing" p "Endmill" 1))
    )
  )

(defrule rule_020
  (gouub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (a colter-part yes)
  (psa ?a)
  (pab ?b)
->
  (if (| (| (&& (&& (> ?a 500) (<- ?a 700) )
              (<- ?b 300) )
      (&& (<- ?a 500)
          (&& (> ?b 300) (<- ?b 400) ) )
    )
    (&& (&& (> ?a 500) (<- ?a 700) )
        (&& (> ?b 300) (<- ?b 400) ) )
  )
  then
    (assert (process NR "Colter shape processing" p "Endmill" 1))
  )
)

(defrule rule_021
  (gouub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (a colter-part yes)
  (psa ?a)
  (pab ?b)
->
  (if (| (| (&& (&& (> ?a 700) (<- ?a 1200) )
              (&& (> ?b 300) (<- ?b 400) ) )
      (&& (&& (> ?a 500) (<- ?a 700) )
          (&& (> ?b 400) (<- ?b 800) ) )
    )
    (&& (&& (> ?a 700) (<- ?a 1200) )
        (&& (> ?b 400) (<- ?b 800) ) )
  )
  then
    (assert (process NL "Colter shape processing" p "Endmill" 1))
  )
)

(defrule rule_022
  (gouub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (a colter-part yes)
  (psa ?a)
  (pab ?b)
->
  (if (| (> ?a 1200) (> ?b 800) )
    then
      (assert (process NO "Colter shape processing" p "Endmill" 1))
    )
  )
)

(defrule rule_023

```

```

(gosub DCAP)
(decision for DCAP)
(a circle-pocket yes)
(a colter-part yes)
(paa ?a)
(pab ?b)
->
(if (and (<= ?a 600) (<= ?b 400) )
  then
    (assert (process MS "Colter shape processing" p "Endmill" 1))
  )
)

(defrule rule_024
(gosub DCAP)
(decision for DCAP)
(a circle-pocket yes)
(a colter-part yes)
(paa ?a)
(pab ?b)
->
(if (and (> ?a 600) (> ?b 400) )
  then
    (assert (process ML "Colter shape processing" p "Endmill" 1))
  )
)

(defrule rule_025
(gosub DCAP)
(decision for DCAP)
(a square-pocket yes)
(a inner-part yes)
(paa ?a)
(pab ?b)
->
(if (and (<= ?a 500) (<= ?b 300) )
  then
    (assert (process MS "Inner shape process" p "Endmill" 1))
  )
)

(defrule rule_026
(gosub DCAP)
(decision for DCAP)
(a square-pocket yes)
(a inner-part yes)
(paa ?a)
(pab ?b)
->
(if (| (| (and (and (> ?a 500) (<= ?a 700) )
              (<= ?b 300) )
      (and (and (<= ?a 500)
              (> ?b 300) (<= ?b 400) ) )
  )
  (and (and (> ?a 500) (<= ?a 700) )
        (and (> ?b 300) (<= ?b 400) ) )
  )
  then
    (assert (process NH "Inner shape process" p "Endmill" 1))
  )
)

```

```

(defrule rule_027
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (a inner-part yes)
  (psa 7a)
  (psb 7b)
->
  (if (| (| (| (&& (&& (> 7a 700) (<= 7a 1200) )
                (&& (> 7b 300) (<= 7b 400) ) )
      (&& (&& (> 7a 500) (<= 7a 700) )
      (&& (> 7b 400) (<= 7b 800) ) )
    )
    (&& (&& (> 7a 700) (<= 7a 1200) )
    (&& (> 7b 400) (<= 7b 800) ) )
  )
  then
    (assert (process NL "inner shape process" p "Endmill" !))
  )
)

(defrule rule_028
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (a inner-part yes)
  (psa 7a)
  (psb 7b)
->
  (if (| (> 7a 1200) (> 7b 800) )
    then
      (assert (process NO "inner shape process" p "Endmill" !))
    )
  )

(defrule rule_029
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a circle-pocket yes)
  (a inner-part yes)
  (psa 7a)
  (psb 7b)
->
  (if (&& (<= 7a 600) (<= 7b 400) )
    then
      (assert (process MS "inner shape process" p "Endmill" !))
    )
  )

(defrule rule_030
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a circle-pocket yes)
  (a inner-part yes)
  (psa 7a)
  (psb 7b)
->
  (if (&& (> 7a 600) (> 7b 400) )
    then
      (assert (process NL "inner shape process" p "Endmill" !))
    )
  )

```

```

(defrule rule_031
  (gocub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (and (< ?a 500) (< ?b 300) )
    then
      (assert (process NS "Air vent shape processing" p "Endmill" 1))
    )
  )

(defrule rule_032
  (gocub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (|) (|) (and (and (> ?a 500) (< ?a 700) )
                  (< ?b 300) )
      (and (< ?a 500)
            (and (> ?b 300) (< ?b 400) ) )
    )
    (and (and (> ?a 500) (< ?a 700) )
          (and (> ?b 300) (< ?b 400) ) )
    )
  then
    (assert (process NN "Air vent shape processing" p "Endmill" 1))
  )
  )

(defrule rule_033
  (gocub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (|) (|) (and (and (> ?a 700) (< ?a 1200) )
                  (and (> ?b 300) (< ?b 400) ) )
      (and (and (> ?a 500) (< ?a 700) )
            (and (> ?b 400) (< ?b 800) ) )
    )
    (and (and (> ?a 700) (< ?a 1200) )
          (and (> ?b 400) (< ?b 800) ) )
    )
  then
    (assert (process NL "Air vent shape processing" p "Endmill" 1))
  )
  )

(defrule rule_034
  (gocub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (|) (> ?a 1200) (> ?b 800) )

```

```

    then
      (assert (process NO "Air vent shape processing" p "Endmill" 1))
    )
  )

(defrule rule_035
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a circle-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (and (< ?a 600) (< ?b 400) )
    then
      (assert (process MS "Air vent shape processing" p "Endmill" 1))
    )
  )

(defrule rule_036
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a circle-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (or (> ?a 600) (> ?b 400) )
    then
      (assert (process NL "Air vent shape processing" p "Endmill" 1))
    )
  )

(defrule rule_037
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (and (< ?a 500) (< ?b 300) )
    then
      (assert (process MS "Sprue bush hole shape processing" p "Endmill" 1))
    )
  )

(defrule rule_038
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (or (and (> ?a 500) (< ?a 700) )
          (and (< ?a 500) (> ?b 300) )
          (and (> ?b 300) (< ?b 400) )
        )
    then
      (assert (process NN "Sprue bush hole shape processing" p "Endmill" 1))
    )
  )

```

```

)
)

(defrule rule_039
  (gocub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (pca ?a)
  (pcb ?b)
->
  (if (|) (|) (&& (&& (> ?a 700) (<= ?a 1200) )
        (&& (> ?b 300) (<= ?b 400) ) )
    (&& (&& (> ?a 500) (<= ?a 700) )
      (&& (> ?b 400) (<= ?b 800) ) )
  )
  (&& (&& (> ?a 700) (<= ?a 1200) )
    (&& (> ?b 400) (<= ?b 800) ) )
  )
  then
    (assert (process NL "Sprue bush hole shape processing" p "Endmill" 1))
  )
)

(defrule rule_040
  (gocub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (pca ?a)
  (pcb ?b)
->
  (if (|) (> ?a 1200) (> ?b 800) )
    then
      (assert (process NO "Sprue bush hole shape processing" p "Endmill" 1))
    )
  )

(defrule rule_041
  (gocub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a circle-pocket yes)
  (pca ?a)
  (pcb ?b)
->
  (if (&& (<= ?a 800) (<= ?b 400) )
    then
      (assert (process NS "Sprue bush hole shape processing" p "Endmill" 1))
    )
  )

(defrule rule_042
  (gocub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a circle-pocket yes)
  (pca ?a)
  (pcb ?b)
->
  (if (&& (> ?a 600) (> ?b 400) )
    then
      (assert (process ML "Sprue bush hole shape processing" p "Endmill" 1))
    )
  )
)

```

```

(defrule rule_043
  (gobub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (a 0-ring yes)
  (psa ?a)
  (pab ?b)
->
  (if (&& (<- ?a 500) (<- ?b 300) )
    then
      (assert (process NS "W"OW" ring shape processing" p "Endmill" 1))
    )
  )
)

```

```

(defrule rule_044
  (gobub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (a 0-ring yes)
  (psa ?a)
  (pab ?b)
->
  (if (|| (|| (&& (> ?a 500) (<- ?a 700) )
              (<- ?b 300) )
        (&& (<- ?a 500)
              (&> ?b 300) (<- ?b 400) ) )
    )
    (&& (> ?a 500) (<- ?a 700) )
    (&> ?b 300) (<- ?b 400) ) )
  )
  then
    (assert (process NK "W"OW" ring shape processing" p "Endmill" 1))
  )
)

```

```

(defrule rule_045
  (gobub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (a 0-ring yes)
  (psa ?a)
  (pab ?b)
->
  (if (|| (|| (&& (> ?a 700) (<- ?a 1200) )
              (&> ?b 300) (<- ?b 400) ) )
        (&& (> ?a 500) (<- ?a 700) )
        (&> ?b 400) (<- ?b 300) ) )
    )
    (&& (> ?a 700) (<- ?a 1200) )
    (&> ?b 400) (<- ?b 300) ) )
  )
  then
    (assert (process NL "W"OW" ring shape processing" p "Endmill" 1))
  )
)

```

```

(defrule rule_046
  (gobub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (a 0-ring yes)
  (psa ?a)

```

```

      (pub ?b)
->
      (if (|| (> ?a 1200) (> ?b 800) )
        then
          (assert (process NO "WOW" ring shape processing" p "Endmill" 1))
        )
      )

(defrule rule_047
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a circle-pocket yes)
  (a O-ring yes)
  (psa ?a)
  (pub ?b)
->
  (if (&& (<= ?a 600) (<= ?b 400) )
    then
      (assert (process NS "WOW" ring shape processing" p "Endmill" 1))
    )
  )

(defrule rule_048
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a circle-pocket yes)
  (a O-ring yes)
  (psa ?a)
  (pub ?b)
->
  (if (&& (> ?a 600) (> ?b 400) )
    then
      (assert (process NL "WOW" ring shape processing" p "Endmill" 1))
    )
  )

(defrule rule_049
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a depth-cooling-channel yes)
->
  (assert (process DG "Cooling channel processing" p "Gun Drill" 1))
  )

(defrule rule_050
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a depth-cooling-channel no)
->
  (assert (process DR "Cooling channel processing" p "Drill and Tab" 1))
  )

(defrule rule_051
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
->
  (assert (process DR "General hole processing" p "Drill and Tab" 1))
  )

(defrule rule_052
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)

```

```

(a eye-bolt-size yes)
->
(assert (process DR "Eye bolt hole processing" p "Drill and Tap" {}))
)

(defrule rule_053
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a eye-bolt-size no)
->
  (assert (process NB "Eye bolt hole processing" p "Drill and" "Boring Bite"))
)

(defrule rule_054
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a undercut yes)
  (a undercut-shape 1)
->
  (assert (process MU "Processing slant slide core" "(slant block and cylinder)" "Endmill" {}))
)

(defrule rule_055
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a undercut yes)
  (a undercut-shape 1)
->
  (assert (process MU "Slant(square, circle) hole" p "Drill and Endmill" {}))
)

(defrule rule_056
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a undercut yes)
  (a undercut-shape 1)
->
  (assert (process DR "Slant tapping hole" p "Drill and Tap" {}))
)

(defrule rule_057
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (a undercut yes)
  (a undercut-shape 2)
  (or (a guide-slide-core 1)
      (a guide-slide-core 3))
  (psa 7a)
  (psb 7b)
->
  (if (and (<- 7a 500) (<- 7b 300) )
      then
        (assert (process MS "Guide rail shape processing" p "Endmill" {}))
  )
)

(defrule rule_058
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (a undercut yes)

```

```

(a undercut-shape 2)
(or (a guide-slide-core 1)
    (a guide-slide-core 3))
(psa ?a)
(psb ?b)
->
(if (| (| (&& (&& (> ?a 500) (<- ?a 700) )
            (<- ?b 300) )
    (&& (&& (> ?a 500) (<- ?a 500)
        (&& (> ?b 300) (<- ?b 400) ) )
    )
    (&& (&& (> ?a 500) (<- ?a 700) )
        (&& (> ?b 300) (<- ?b 400) ) )
    )
then
  (assert (process NM "Guide rail shape processing" p "Endmill" 1))
)
)

(defrule rule_059
  (gobsub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (a undercut yes)
  (a undercut-shape 2)
  (or (a guide-slide-core 1)
      (a guide-slide-core 3))
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (| (| (&& (&& (> ?a 700) (<- ?a 1200) )
            (&& (> ?b 300) (<- ?b 400) ) )
      (&& (&& (> ?a 500) (<- ?a 700) )
        (&& (> ?b 400) (<- ?b 800) ) )
      )
      (&& (&& (> ?a 700) (<- ?a 1200) )
          (&& (> ?b 400) (<- ?b 800) ) )
      )
  then
    (assert (process ML "Guide rail shape processing" p "Endmill" 1))
  )
)

(defrule rule_060
  (gobsub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (a undercut yes)
  (a undercut-shape 2)
  (or (a guide-slide-core 1)
      (a guide-slide-core 3))
  (psa ?a)
  (psb ?b)
->
  (if (| (> ?a 1200) (> ?b 800) )
      then
        (assert (process NO "Guide rail shape processing" p "Endmill" 1))
      )
  )
)

(defrule rule_061

```

```

(gosub DCAP)
(decision for DCAP)
(a undercut yes)
(a undercut-shape 2)
(or (a guide-slide-core 1)
    (a guide-slide-core 3))
->
(assert (process NU "Lateral face square hole processing" p "Drill and Endmill" 1))
)

(defrule rule_062
(gosub DCAP)
(decision for DCAP)
(a undercut yes)
(a undercut-shape 2)
(or (a guide-slide-core 1)
    (a guide-slide-core 3))
->
(assert (process DR "Tapping hole processing" p "Drill and Tap" 1))
)

(defrule rule_063
(gosub DCAP)
(decision for DCAP)
(a undercut yes)
(a undercut-shape 2)
(or (a guide-slide-core 2)
    (a guide-slide-core 3))
(psa ?a)
(psb ?b)
->
(if (&& (< ?a 600) (< ?b 400) )
    then
        (assert (process MS "Angular pin hole processing" p "Drill and Reamer" 1))
    )
)

(defrule rule_064
(gosub DCAP)
(decision for DCAP)
(a undercut yes)
(a undercut-shape 2)
(or (a guide-slide-core 2)
    (a guide-slide-core 3))
(psa ?a)
(psb ?b)
->
(if (|| (> ?a 600) (> ?b 400) )
    then
        (assert (process NU "Angular pin hole processing" p "Drill and Reamer" 1))
    )
)

(defrule rule_065
(gosub DCAP)
(decision for DCAP)
(a square-pocket yes)
(psa ?a)
(psb ?b)
->
(if (&& (< ?a 500) (< ?b 300) )
    then

```

```

    (assert (process NS "Guide pin hole processing" p "Endmill" 1))
  )
)

(defrule rule_066
  (gouub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
  =>
  (if (|) (|) (&& (&& (> ?a 500) (<= ?a 700) )
        (<= ?b 300) )
        (&& (<= ?a 500)
            (&& (> ?b 300) (<= ?b 400) ) )
    )
    (&& (&& (> ?a 500) (<= ?a 700) )
        (&& (> ?b 300) (<= ?b 400) ) )
  )
  then
    (assert (process NN "Guide pin hole processing" p "Endmill" 1))
  )
)

(defrule rule_067
  (gouub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
  =>
  (if (|) (|) (&& (&& (> ?a 700) (<= ?a 1200) )
        (&& (> ?b 300) (<= ?b 400) ) )
        (&& (&& (> ?a 500) (<= ?a 700) )
        (&& (> ?b 400) (<= ?b 800) ) )
    )
    (&& (&& (> ?a 700) (<= ?a 1200) )
        (&& (> ?b 400) (<= ?b 800) ) )
  )
  then
    (assert (process NL "Guide pin hole processing" p "Endmill" 1))
  )
)

(defrule rule_068
  (gouub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (psa ?a)
  (psb ?b)
  =>
  (if (|) (> ?a 1200) (> ?b 800) )
  then
    (assert (process NO "Guide pin hole processing" "Endmill" 1))
  )
)

(defrule rule_069
  (gouub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a circle-pocket yes)
  (psa ?a)

```

```

      (pab 7b)
->
      (if (and (< ?a 600) (< ?b 400) )
          then
              (assert (process MS "Guide pin hole processing" p "Endmill" 1))
          )
      )

(defrule rule_070
  (gobub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a circle-pocket yes)
  (paa 7a)
  (pab 7b)
->
  (if (and (> ?a 600) (> ?b 400) )
      then
          (assert (process ML "Guide pin hole processing" p "Endmill" 1))
      )
  )

(defrule rule_071
  (gobub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a copy-processing yes)
->
  (assert (process MC "Copy processing" p "Ball Endmill" 1))
  )

(defrule rule_072
  (gobub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a EDM-shape yes)
  (paa 7a)
  (pab 7b)
->
  (if (and (< ?a 300) (< ?b 200) )
      then
          (assert (process ES "Electric discharge" "machine processing" "Electrode" 1))
      )
  )

(defrule rule_073
  (gobub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a EDM-shape yes)
  (paa 7a)
  (pab 7b)
->
  (if (| (| (and (and (> ?a 300) (< ?a 500) )
                (< ?b 200) )
            (and (< ?a 300)
                (and (> ?b 200) (< ?b 400) ) )
        )
      (and (and (> ?a 300) (< ?a 500) )
          (and (> ?b 200) (< ?b 400) ) )
  )
  then
      (assert (process EM "Electric discharge" "machine processing" "Electrode" 1))
  )
  )

```

```

(defrule rule_074
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a EDM-shape yes)
  (paa ?a)
  (pab ?b)
->
  (if (| (| ( && (> ?a 500) (<= ?a 700) )
        (&& (> ?b 200) (<= ?b 400) ) )
      (&& (> ?a 300) (<= ?a 500) )
      (&& (> ?b 400) (<= ?b 500) ) )
    )
  (&& (> ?a 500) (<= ?a 700) )
  (&& (> ?b 400) (<= ?b 500) )
  )
  then
    (assert (process EL "Electric discharge" "machine processing" "Electrode" 1))
  )
)

(defrule rule_075
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a EDM-shape yes)
  (paa ?a)
  (pab ?b)
->
  (if (| (> ?a 700) (> ?b 500) )
      then
        (assert (process EX "Electric discharge" "machine processing" "Electrode" 1))
      )
  )
)

(defrule rule_076
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (a simul-insert yes)
  (paa ?a)
  (pab ?b)
->
  (if (&& (<= ?a 500) (<= ?b 300) )
      then
        (assert (process MS "Simultaneously processing" NN "Drill, Reamer and " " Boring Bile"))
      )
  )
)

(defrule rule_077
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (a simul-insert yes)
  (paa ?a)
  (pab ?b)
->
  (if (| (| (&& (> ?a 500) (<= ?a 700) )
            (<= ?b 300) )
      (&& (<= ?a 500)
          (&& (> ?b 300) (<= ?b 400) ) )
    )
  (&& (> ?a 500) (<= ?a 700) )
  (&& (> ?b 300) (<= ?b 400) ) )
)

```

```

    )
  then
    (assert (process NN "Simultaneously processing" NN "Drill, Reamer and" " Boring Bite"))
  )
)

(defrule rule_078
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (a simul-insert yes)
  (psa ?a)
  (pab ?b)
->
  (if (| (| (&& (&& (> ?a 700) (<- ?a 1200) )
              (&& (> ?b 300) (<- ?b 400) ) )
      (&& (&& (> ?a 500) (<- ?a 700) )
      (&& (> ?b 400) (<- ?b 800) ) )
      )
      (&& (&& (> ?a 700) (<- ?a 1200) )
      (&& (> ?b 400) (<- ?b 800) ) )
  )
  then
    (assert (process NL "Simultaneously processing" NN "Drill, Reamer and" " Boring Bite"))
  )
)

(defrule rule_079
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a square-pocket yes)
  (a simul-insert yes)
  (psa ?a)
  (pab ?b)
->
  (if (| (> ?a 1200) (> ?b 800) )
      then
        (assert (process NO "Simultaneously processing" NN "Drill, Reamer and" " Boring Bite"))
      )
  )
)

(defrule rule_080
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a circle-pocket yes)
  (a simul-insert yes)
  (psa ?a)
  (pab ?b)
->
  (if (&& (<- ?a 600) (<- ?b 400) )
      then
        (assert (process NS "Simultaneously processing" NN "Endmill" 1))
      )
  )
)

(defrule rule_081
  (gosub DCAP)
  (decision for DCAP)
  (a circle-pocket yes)
  (a simul-insert yes)
  (psa ?a)
  (pab ?b)

```

```

->
  (if (and (> ?a 600) (> ?b 400) )
    then
      (assert (process NL "Simultaneously processing" NM "Endmill" 1))
    )
  )

(defrule rule_082
  (gousub DCAP)
  (decision for DCAP)
->
  (assert (process AS "Finishing processing" p " " 1))
  )

(defrule delete-initial-values
  (gousub DCAP)
  (decision for DCAP)
  ?rem <- (value-for $?)
->
  (retract ?rem)
  )
:.....
: SEQUENCE FOR MODULE
:.....
(defrule sequence_101
  (gousub DCAP)
  (decision for sequencing)
  (or (a prima-pocket no)
      (and (a prima-pocket yes)
           (a depth-pocket no) )
  )
  ?rem <- (process ?m
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 10 ?pl p ?m ?tl ?t2))
  )

(defrule sequence_102
  (gousub DCAP)
  (decision for sequencing)
  (a prima-pocket yes)
  (a depth-pocket yes)
  ?rem <- (process ?m
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 10 ?pl p ?m ?tl ?t2))
  )

(defrule sequence_103
  (gousub DCAP)
  (decision for sequencing)
  (a prima-pocket yes)
  ?rem <- (process ?m
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 20 ?pl p ?m ?tl ?t2))
  )

(defrule sequence_104
  (gousub DCAP)
  (decision for sequencing)
  (a prima-pocket yes)
  (a depth-pocket yes)

```

```

?rem <- (process ?m
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 30 ?p1 p ?m ?t1 ?t2))
)

(defrule sequence_105
  (gobub DCAP)
  (decision for sequencing)
  (a inner-part yes)
  (a penetrated-slant-cooling yes)
  ?rem <- (process DG ?p1 ?p2 ?t1 ?t2)
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 40 ?p1 ?p2 DG ?t1 ?t2))
)

(defrule sequence_106
  (gobub DCAP)
  (decision for sequencing)
  (a circle-pocket yes)
  ?rem <- (process ?m
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 50 ?p1 p ?m ?t1 ?t2))
)

(defrule sequence_107
  (gobub DCAP)
  (decision for sequencing)
  (a circle-pocket yes)
  ?rem <- (process ?m
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 60 ?p1 ?p2 ?m ?t1 ?t2))
)

(defrule sequence_108
  (gobub DCAP)
  (decision for sequencing)
  ?rem <- (process ?m
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 70 ?p1 ?p2 ?m ?t1 ?t2))
)

(defrule sequence_109
  (gobub DCAP)
  (decision for sequencing)
  ?rem <- (process NU ?p1 SM ?t1 ?t2)
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 80 ?p1 p NU ?t1 ?t2))
)

(defrule sequence_110
  (gobub DCAP)
  (decision for sequencing)
  ?rem <- (process MU ?p1 SM ?t1 ?t2)
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 90 ?p1 p MU ?t1 ?t2))
)

```

```

)

(defrule sequence_111
  (gosub DCAP)
  (decision for sequencing)
  ?rem <- (process ?m
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 100 ?p1 ?p2 ?m ?t1 ?t2))
  )

(defrule sequence_112
  (gosub DCAP)
  (decision for sequencing)
  ?rem <- (process MC ?p1 ?p2 ?t1 ?t2)
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 110 ?p1 ?p2 MC ?t1 ?t2))
  )

(defrule sequence_113
  (gosub DCAP)
  (decision for sequencing)
  ?rem <- (process ?m
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 120 ?p1 p ?m ?t1 ?t2))
  )

(defrule sequence_114
  (gosub DCAP)
  (decision for sequencing)
  ?rem <- (process ?m
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 130 ?p1 ?p2 ?m ?t1 ?t2))
  )

(defrule sequence_115
  (gosub DCAP)
  (decision for sequencing)
  (or (and (a inner-part yes)
           (a penetrated-slant-cooling no))
      (and (a inner-part no)
           (a penetrated-slant-cooling yes))
      (and (a inner-part no)
           (a penetrated-slant-cooling no)))
  ?rem <- (process DG ?p1 ?p2 ?t1 ?t2)
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 140 ?p1 ?p2 DG ?t1 ?t2))
  )

(defrule sequence_116
  (gosub DCAP)
  (decision for sequencing)
  ?rem <- (process ?m
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 150 ?p1 ?p2 ?m ?t1 ?t2))
  )

```

```

(defrule sequence_117
  (gobub DCAP)
  (decision for sequencing)
  ?rem <- (process ?m
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 160 ?p1 ?p2 ?m ?t1 ?t2))
  )

```

```

(defrule sequence_118
  (gobub DCAP)
  (decision for sequencing)
  ?rem <- (process ?m
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 170 ?p1 p ?m ?t1 ?t2))
  )

```

```

(defrule sequence_119
  (gobub DCAP)
  (decision for sequencing)
  ?rem <- (process ?m
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 180 ?p1 p ?m ?t1 ?t2))
  )

```

```

(defrule sequence_120
  (gobub DCAP)
  (decision for sequencing)
  ?rem <- (process AS ?p1 ?p2 ?t1 ?t2)
->
  (retract ?rem)
  (assert (process 190 ?p1 ?p2 AS ?t1 ?t2))
  (assert (print-head))
  )

```

```

:*****
;*          PHASE CONTROL RULE          *
:* PHASE 0 : Ask Questions                *
:* PHASE 1 : Decision for Cavity Plate    *
:* PHASE 2 : Decision for OUTPUT PRINT    *
:*****

```

```

(defrule change-to-phase-1
  (declare (salience -1))
  (gobub DCAP)
->
  (assert (decision for DCAP))
  )

```

```

(defrule change-to-phase-2
  (declare (salience -1))
  (gobub DCAP)
  ?phase <- (decision for DCAP)
->
  (retract ?phase)
  (assert (decision for sequencing))
  )

```


부록 II

사례 연구용 사출금형 도면

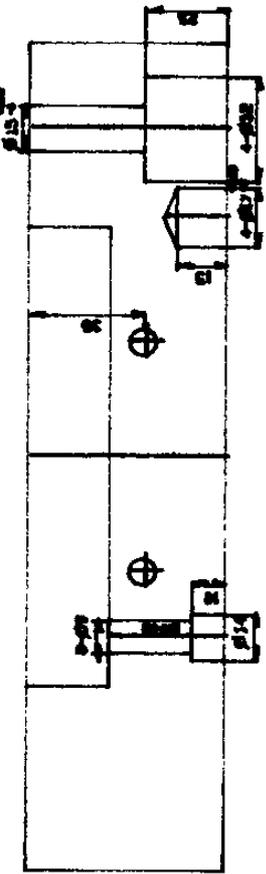
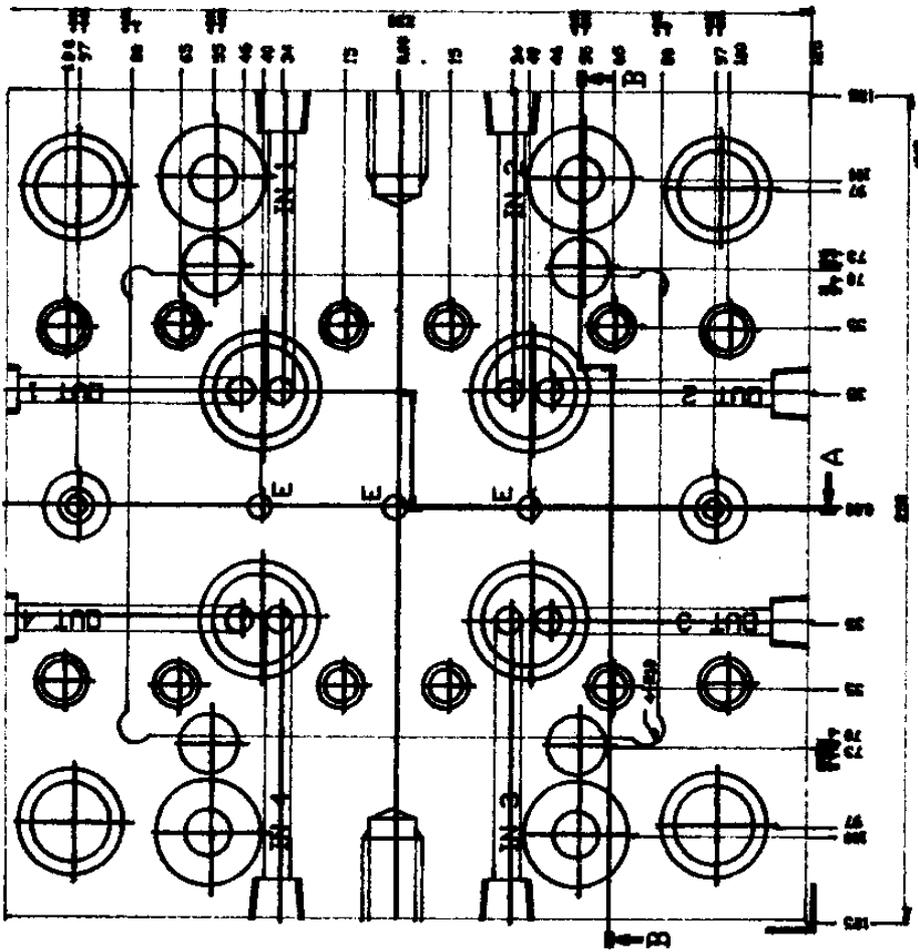
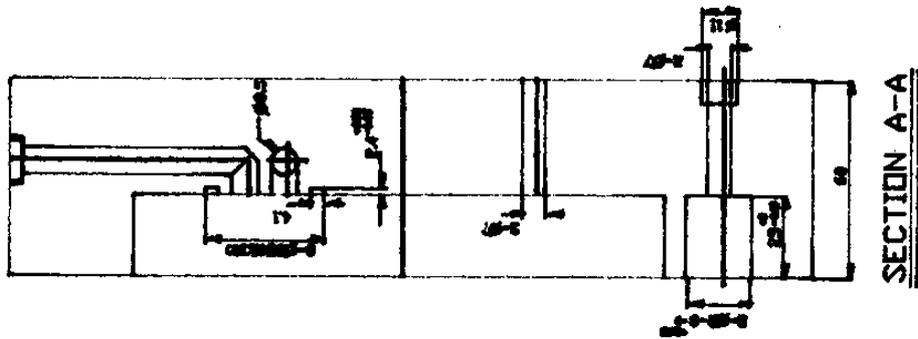


그림 2 분할형 가동축 영파

J01 (▽▽)

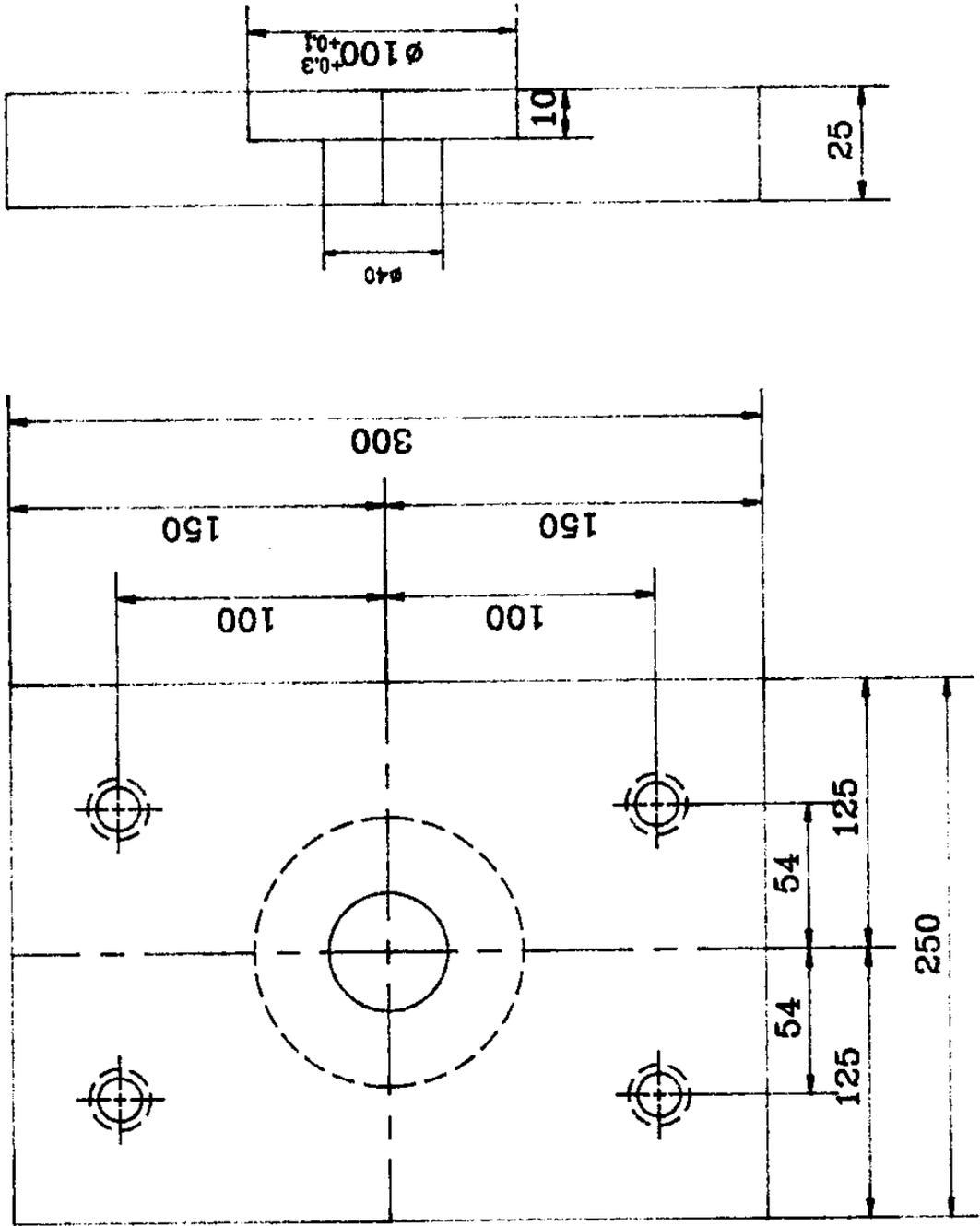
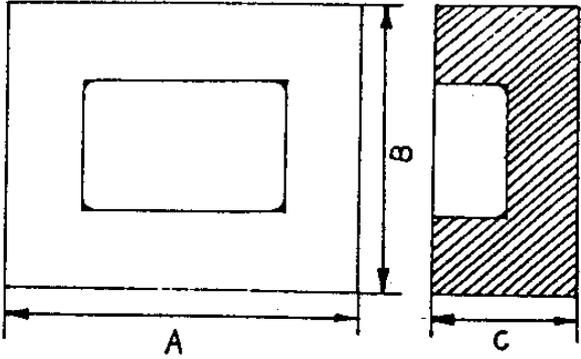
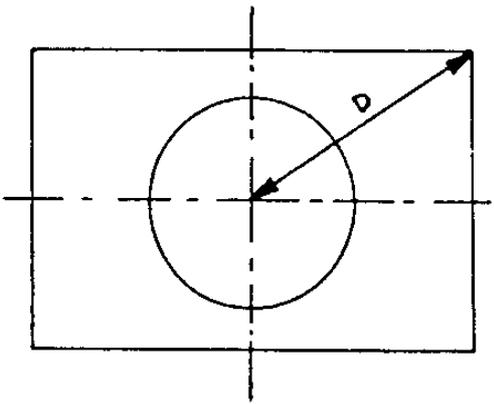
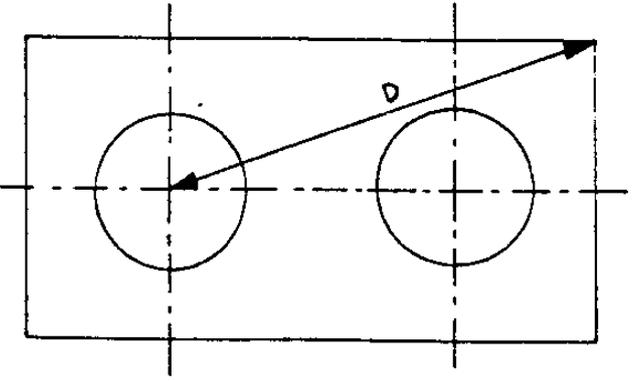


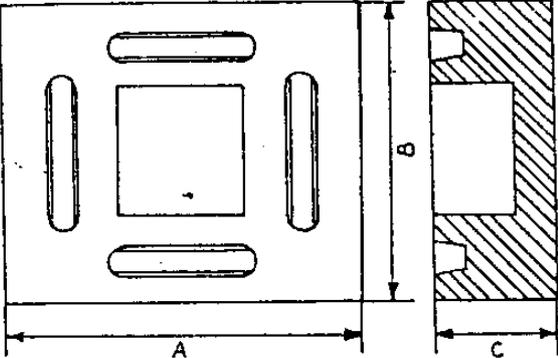
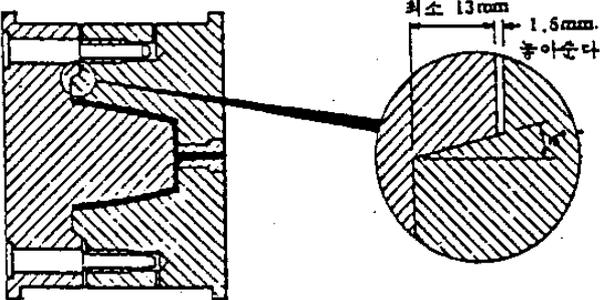
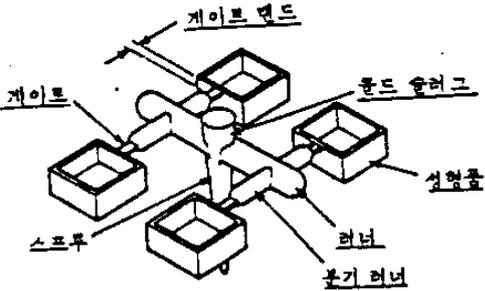
그림 4 고정축 설치판

부록 III

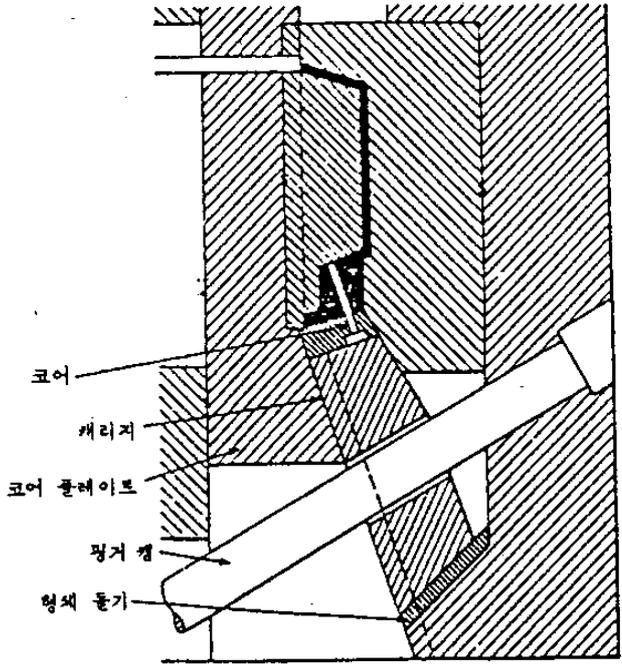
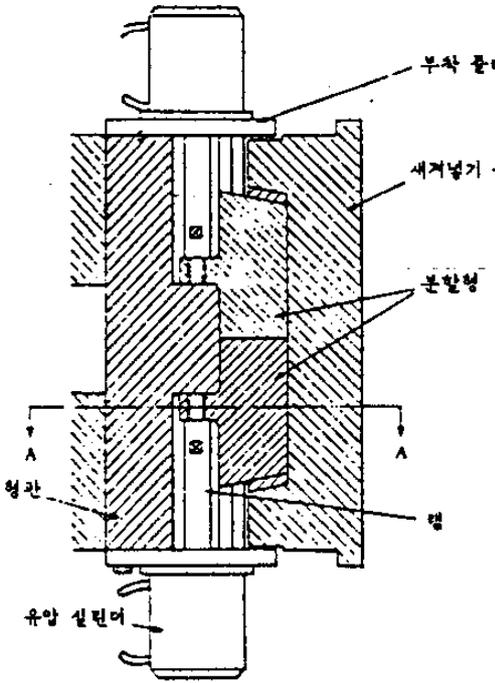
용어의 정의

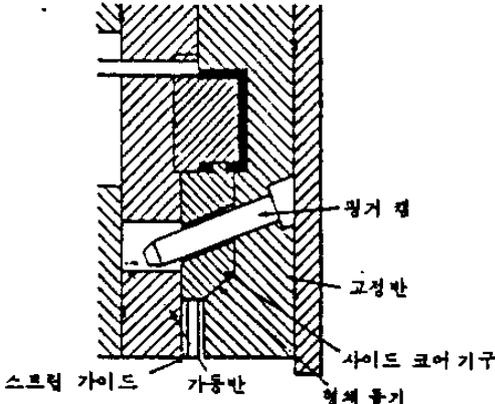
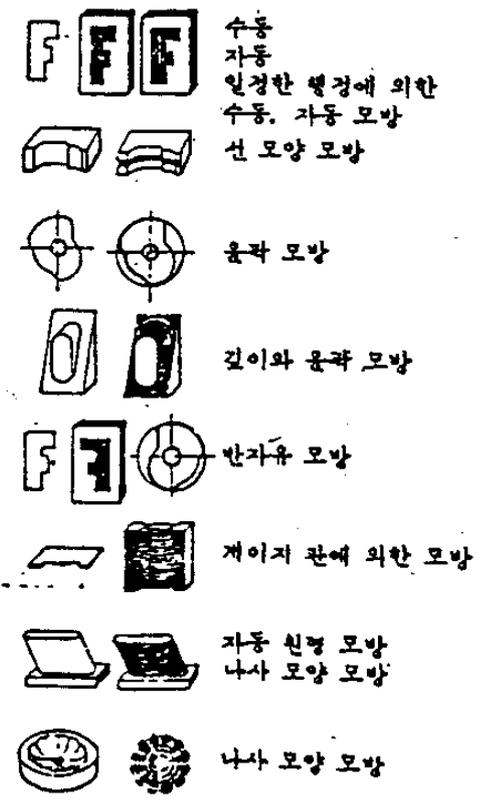
용어의 정의

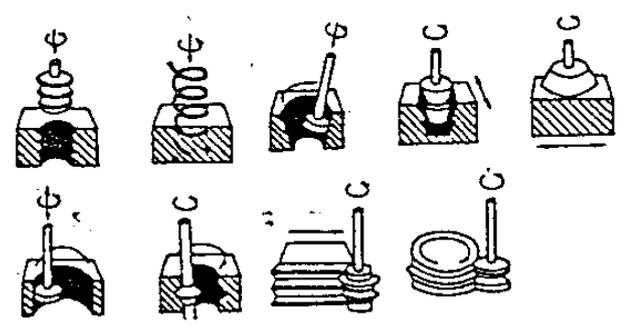
제 목	참 고 도 면	비 고
<p>그림 1. 소재에서 성형부와 관련된 주형상의 포켓</p>		
<p>그림 2. 성형부 형상이 판류의 성형공에 있는 형상</p>		
<p>그림 3. 성형부 형상이 판류의 성형공에 있는 형상</p>		

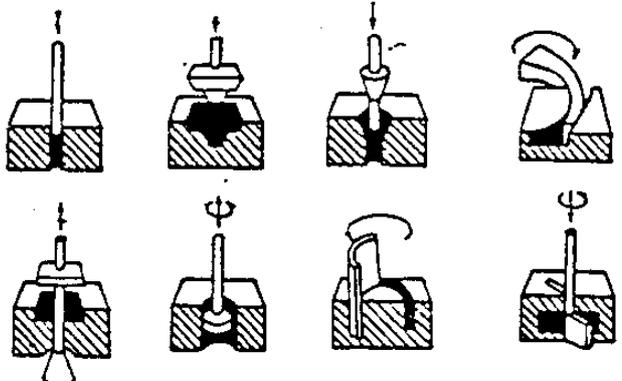
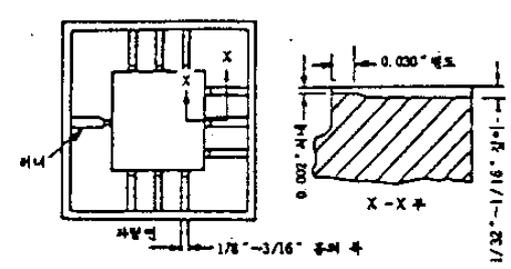
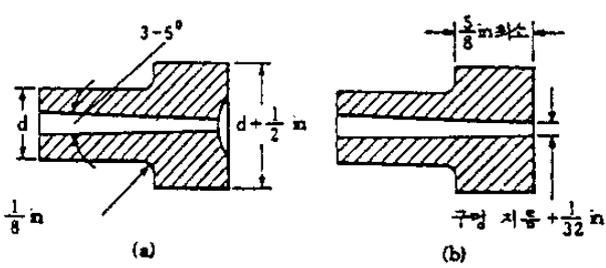
제 목	참 고 도 면	비 고
<p>그림 4. 금형의 어긋남 방지용 코터 조립용 포켓 또는 홈</p>		
<p>그림 5. 금형의 어긋남 방지용 인도부 형상</p>		
<p>그림 6. 러너 및 게이트의 전형적인 예</p>		

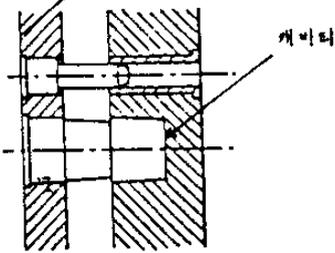
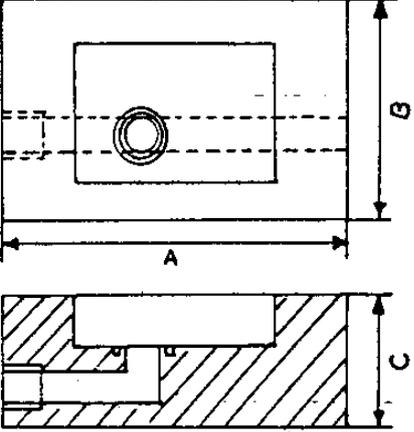
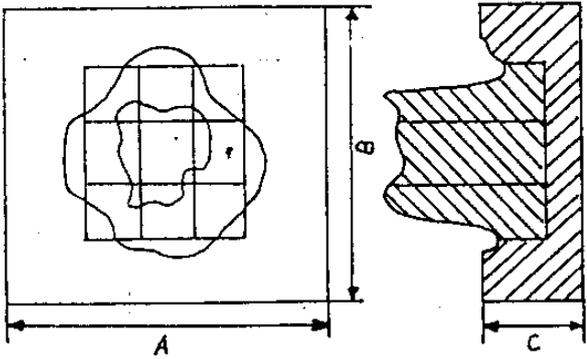
제 목	참 고 도 면	비 고
<p>그림 7. Tunnel(Submarine) Gate</p>	<p>(1) 게이트 절단 상태</p> <p>(a) 베이퍼 그대로의 게이트</p> <p>(b) R형상으로 굳게 한 게이트</p>	
<p>그림 8. 경사진 면을 관통한 냉각수 구멍 형상</p>	<p>A</p> <p>B</p> <p>C</p>	

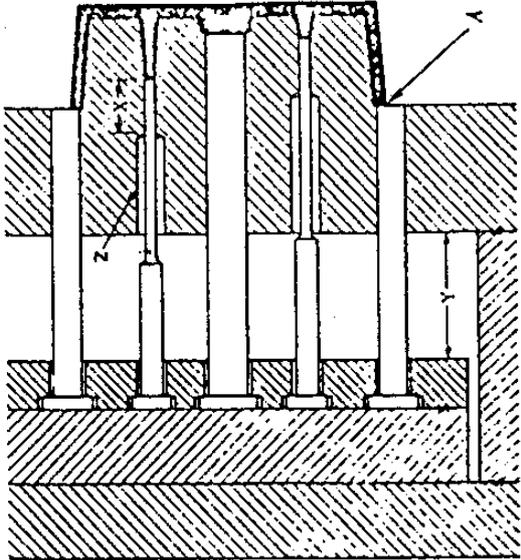
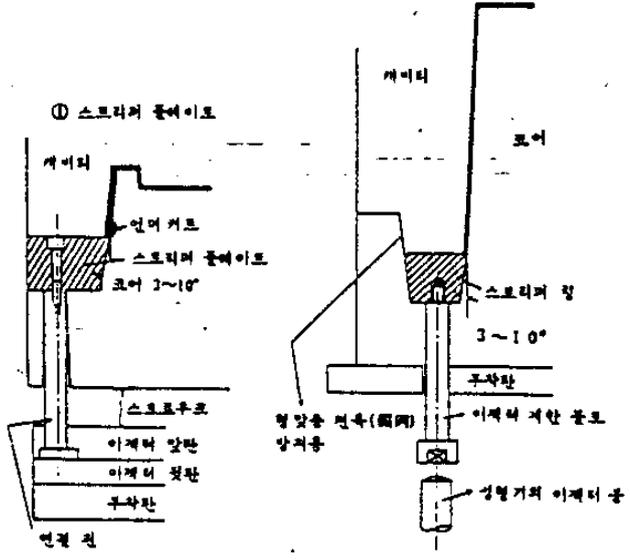
제 목	참 고 도 면	비 고
<p>그림 9. 언더컷 처리용 코어 슬라이드 형상</p>	 <p>코어 캐리지 코어 슬라이드 정거 갭 형외 돌기</p>	
<p>그림 10. 언더컷 처리용 수평 슬라이드 코어 (가이드 레일과 실린더) 형상</p>	 <p>부착 플레이트 세겨넣기 볼스터 분할형 링 유압 실린더 형관</p>	

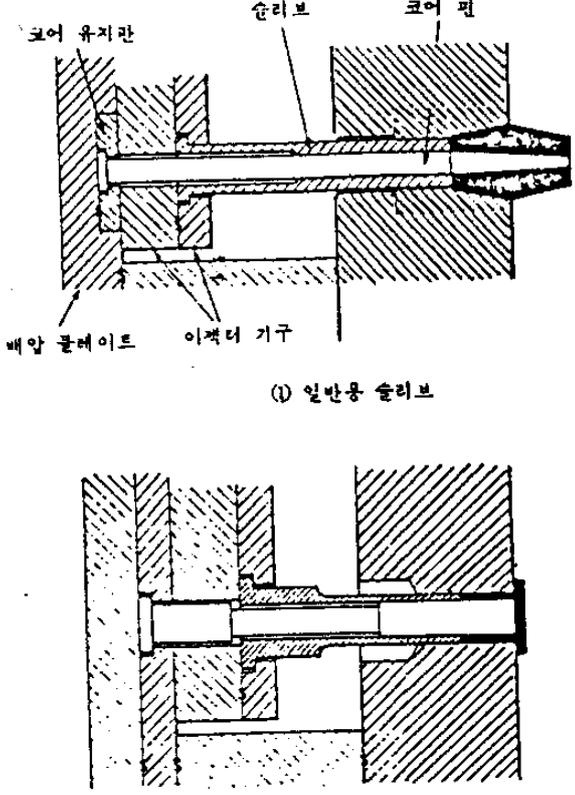
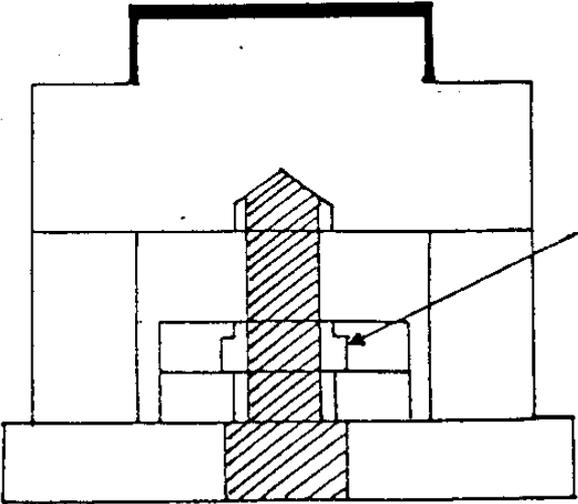
재 목	참 고 도 면	비 고
<p>그림 11. 언더컷 처리용 코어 수평 슬라이드와 (가이드 레일과 경사편)형상</p>		
<p>그림 12. 형상 정의가 복잡해 NC로 완성가공이 불리한 모방 가공에 관한 형상</p>	 <p>수동 자동 일정한 설정에 의한 수동, 자동 모방 선 모양 모방</p> <p>원곽 모양</p> <p>깊이와 원곽 모양</p> <p>반자동 모방</p> <p>게이지 관에 의한 모방</p> <p>자동 싹깎 모양 나사 모양 모방</p> <p>나사 모양 모방</p>	

제 목	참 고 도 면	비 고
<p>그림 12. (계 속)</p>	 <p>수직식 프라이즈 베드와 트레이서에 의한 윤곽 모양</p> <p>수평식 프라이즈 스팀들과 트레이서에 의한 윤곽 모양</p> <p>원형의 반자유 원형 모양</p> <p>트레이서를 정지시킨 원형 모양(게이지판에 의한)</p> <p>수평식 프라이즈 베드와 원통 트레이서에 의한 원형</p> <p>투입 장치에 의한 부채꼴의 원형 모양(결린(缺円))</p> <p>2개의 트레이서 부속품에 의한 자동 모양</p> <p>게이지판에 의한 원통 성의 모양</p>	
<p>그림 13. 방전 가공을 필요로 하는 형상</p>		

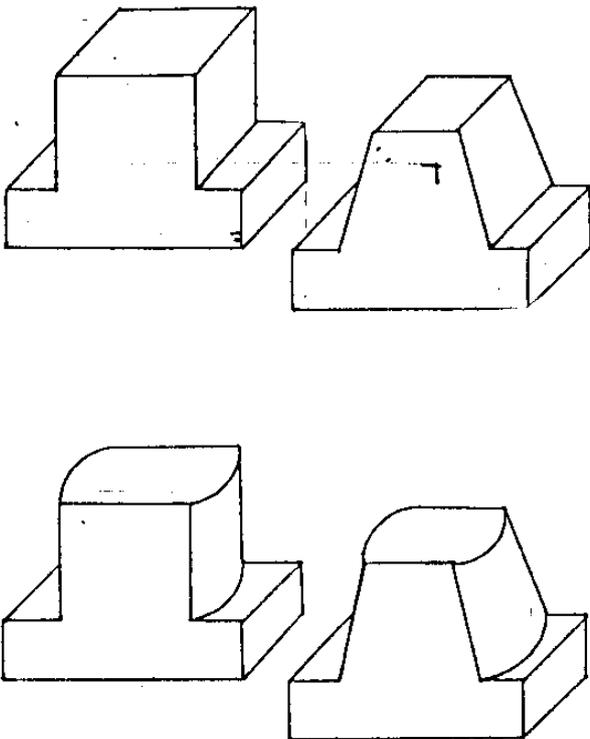
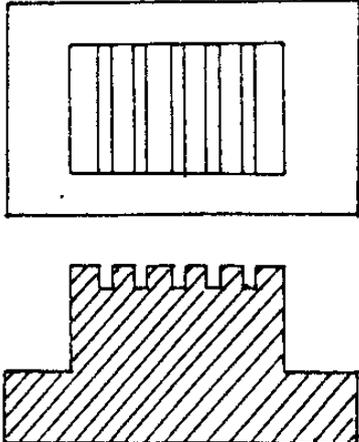
제 목	참 고 도 면	비 고
<p>그림 13. (계 속)</p>		
<p>그림 14. Air vent 홈 형상</p>		
<p>그림 15. 스프루 부시용 구멍 형상</p>	 <p>(a) 구상(球狀) 부시 (b) 플랫 부시</p>	

제 목	참 고 도 면	비 고
<p>그림 16. 가이드핀 구멍 형상</p>		
<p>그림 17. "O" ring 형상</p>		
<p>그림 18. 분할형 고점추 형판에 캐비티 삽입할 형상 코어 가공해</p>		

제 목	참 고 도 면	비 고
<p>그림 19. 이젝트핀용 구멍 형상</p>		<p>A: 제품 X: 가이드 Y: 스트리퍼 블록 Z: 피난 홈 (孔)</p>
<p>그림 20. 스트리퍼 블록 조립용 포켓의 형상</p>	<p>② 깊은 성형공의 경우, 성형기의 형체(型體)에 제한이 있으므로(스트리퍼 링)</p>  <p>① 스트리퍼 블록이도</p>	

제 목	참 고 도 면	비 고
<p>그림 21. 슬리브 핀 구멍 형상</p>	 <p>① 일반용 슬리브</p> <p>② 단(段) 붙이 슬리브</p>	
<p>그림 22. 리드 핀 구멍 형상</p>	 <p>부시</p>	

제 목	참 고 도 면	비 고
<p>그림 23. 언더컷 처리용 밀핀 구멍 형상</p>		
<p>그림 24. Insert Core 조립용 포켓 형상</p>		

제 목	참 고 도 면	비 고
<p>그림 25. 컷사 (나경이 방향 포함) 형상 선면 방향 포함 수 두 부직상와 수 두 외 형상(경우 및 도 체에 상경적우 전중형인수경</p>		
<p>그림 26. 메탈쏘 작업을 해야 할 형상(폭이 좁고 깊이가 깊은 홈)</p>		

부록 IV

공작기계의 약호

공작기계의 약호

No	기 계 명	기 계 약 호	비 고
01	LATHE (소 형)	LS	가 공 용
02	LATHE (중 형)	LM	가 공 용
03	LATHE (대 형)	LL	가 공 용
04	LATHE (특대형)	LX	가 공 용
05	MILLING M/C(소 형)	MS	가 공 용
06	MILLING M/C(대 형)	ML	가 공 용
07	UNIVERSAL MILLING M/C	MU	가 공 용
08	FACE MILLING M/C (소 형)	MF	면 삭 용
09	FACE MILLING M/C (중 형)	MR	면 삭 용
10	FACE MILLING M/C (대 형)	MP	면 삭 용
11	HORI. BORING M/C	MB	면 삭 용 가 공 용
12	SURFACE GRINDING M/C (소 형)	GS	연 삭 용
13	SURFACE GRINDING M/C (대 형)	GL	연 삭 용
14	COPY MILLING M/C	MC	가 공 용
15	RADIAL DRILLING M/C	DR	가 공 용
16	GUN DRILLING M/C	DG	가 공 용

No	기 계 명	기 계 약 호	비 고
17	NC MILLING M/C (소형)	NS	가공용
18	NC MILLING M/C (중형)	NM	가공용
19	NC MILLING M/C (대형)	NL	가공용
20	NC MILLING M/C (특대형)	NO	가공용
21	NC UNIVERSAL MILLING M/C	NU	가공용
22	NC COPY MILLING M/C	NC	가공용
23	ELECTRICAL DISCHARGE M/C (소형)	ES	가공용
24	ELECTRICAL DISCHARGE M/C (중형)	EM	가공용
25	ELECTRICAL DISCHARGE M/C (대형)	EL	가공용
26	ELECTRICAL DISCHARGE M/C (특대형)	EX	가공용
27	WIRE CUTTING M/C (소형)	WS	가공용
28	WIRE CUTTING M/C (중형)	WM	가공용
29	WIRE CUTTING M/C (대형)	WL	가공용
30	플립 열처리	HA	열처리용
31	사상, 조립 시험	AS	마무리용

주 의

1. 이 보고서는 과학기술처에서 시행한 특정연구개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 과학기술처에서 시행한 특정연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.