

금형가공을 위한 지식기반 CAM 시스템 개발에 관한 연구

A Study on the Development of the Knowledge-based

CAM System for a Mold Cavity

조 우 승*, 김 희 중*, 정 재 현**

W. S Cho, H. J. Kim, J. H. Jeong

* 한국해양대학교 대학원 기계공학과

** 한국해양대학교 기계·냉동·자동차 공학부

ABSTRACT

Recently, The manufacturing companies are introducing the CAD/CAM systems to solve problems for the lack of experts, the higher cost of manufacturing and the difficulties of process. Knowledge engineering approach makes it possible to change a know-how of experts to computerized information effectively. The proposal of this paper is the development of an interactive knowledge-based CAM system to design and manufacture the mold with non-expert engineers used easily. This system is composed of two functional parts. One is the geometric modeler that used the technique of a feature modeling. The other is the expert system module that composed inference engine and database which contains characteristics of materials and cutting tools etc.

Key words : Knowledge-based system(지식기반시스템), Feature model(특징형상모델), Expert system(전문가 시스템), Inference engine(추론엔진), Depression(오목형상), Protrusion(볼록형상)

1. 서론

가전제품, 자동차, 항공기, 공작기계등의 부품생산에 많이 이용되고 있는 금형은 그 품질정도와 정밀도등에 따라 생산제품의 신뢰성이 결정되므로 설계에서 가공에 이르기까지 세심한 주의를 기울여야 한다. 따라서, 현재는 금형의 설계와 가공시 CAD/CAM/CAE 시스템과 고정밀 수치제어(NC) 공작기계들의 도입으로 제품 정밀도의 향상뿐만아니라, 컴퓨터에 의한 생산공정계획관리(CAPP)로 생산기간을 단축해 가고 있다.

그러나, 이런 노력들에도 불구하고 아직 금형생산에 대한 풍부한 경험적 지식과 NC프로그래밍 작성기술이나 컴퓨터 활용기술 등에 능숙한 전문인력의 부족, 최적 NC데이터작성에 관한 문제, 공구선정기술의 문제, 그리고 공정관리 미비에 따른 문제등으로 인해 도입된 CAD/CAM 시스템을 생산환경에서 적절히 활용하지 못하고 있는 실정이다.^{1,2)}

따라서, 근래에는 금형가공에서의 이러한 문제점들을

해결하기 위해 가공 공정설계의 자동화기술, 가공공정의 고정도·고능률화기술, 설계 및 가공의 지능화기술 등에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히, 지식공학적 접근방법³⁾이 기존의 컴퓨터 응용기술의 미비점을 보완하기 위해 제안되었다. 이 방법은 풍부한 경험적 지식을 바탕으로 전문가들이 각각의 분야에서 실제적인 문제들을 효과적으로 해결해 나가는 문제해결방법들을 전산정보화하여 응용하려는 시도로서 전문가들의 지식을 기반으로 하기때문에 지식기반 전문가 시스템(Knowledge based Expert System)이라고도 한다. 이러한 전문가 시스템 기법은 금형제작과 같이 전문가의 경험적 지식이 필수적으로 요구되는 분야에 적합하다.

따라서, 본 연구에서는 금형형상을 설계 및 가공에서 자주 사용되는 특징형상으로 분류·정의하고, 사용재료와 각 공구간의 특성을 분석하여 얻은 지식베이스를 이용하여 최적의 가공조건을 생성하는 금형가공을 위한 대화형 지식기반 CAM 시스템을 개발하는데 그 목표를 두고자 한다.

2. 특징형상 모델에 의한 CAD 시스템

2.1 특징형상 모델

기존의 기하학적 모델은 기하학적 형상의 수학적 표현에만 치중되어 있어 설계자의 설계의도를 쉽게 반영하기가 어려웠고, 그 형상으로부터 가공조건을 바로 도출해내기 또한 어렵다는 단점을 가지고 있다. 그러나, 치수중심의 특징형상 모델링 기법을 이용하면 설계자는 원통이나 블록등의 그래픽 기본 단위가 아닌 제조공정에서 사용하는 특징형상 단위로 설계가 가능하여 설계자의 의도를 쉽게 나타낼 수 있으며, 설계단계에서 바로 가공정보를 생성할 수 있게 된다.^{4,5)}

현재는 특징형상을 이용하여 가공형상을 정형화하고, 각 특징형상에 따라 가공전략을 수립하여 적용하는 단계까지 이르고 있으며, 전문가 시스템이 여기에 아주 유용하게 이용이 되고 있다.⁶⁾

본 연구에서는 금형가공에 있어 가공빈도가 높은 구멍(hole), 포켓(pocket), 스텝(step), 슬롯(slot), 보스(boss)형상을 특징형상으로 정의·분류하고, 기하학적 모델의 생성과정에서 특징형상의 종류와 치수패러미터 값을 사용자 인터페이스를 통하여 입력하여 금형형상을 생성할 수 있게 하였다

2.2 특징형상 모델의 분류와 구축

본 논문에서는 특징형상의 대상을 금형부품에서 많이 사용되는 비회전 형상으로서 밀링, 드릴링, 보링 등의 절삭가공 작업에 의하여 생성될 수 있는 형상들로 한정하고 특징형상들을 정의·분류하였다.

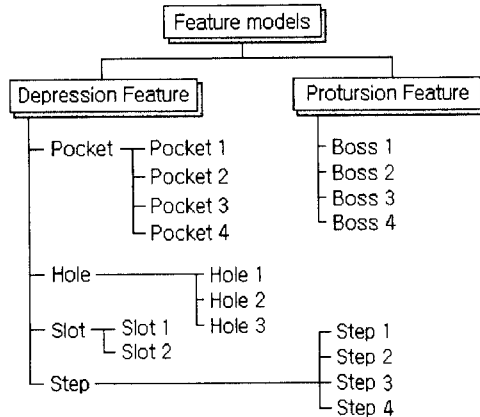


Fig. 1 Feature models hierarchy

일반적으로 기계가공의 특징형상은 크게 두가지로 나누어지는데 소재에서 필요없는 부분을 제거함으로써 만들어지는 Depression과 들출된 형상을 가지고 있으며 주변소재를 제거하고 남은 소재로 만들어지는 Protrusion으로 나누어진다.⁷⁾

본 논문에서는 각주형 금형부품을 절삭가공할 때 생성될 수 있는 형상을 고려하여 Depression 특징형상과 Protrusion 특징형상으로 특징형상의 형태를 크게 구분하였으며, 사용자가 직접 원하는 특징형상의 치수를 대화식으로 입력하도록 하였다. Fig. 1에 특징형상의 분류 계층도를 보였다.

1) Depression 특징형상

Depression 특징형상은 가공작업의 종류에 따라 보통 평판(plain), 포켓(pocket), 슬롯(slot), 스텝(step), 구멍(hole) 등으로 구분되어 지며, 본 논문에서는 포켓, 슬롯, 스텝, 구멍형상만을 Depression 형상으로 분류하였다. Fig. 2에 정의된 특징형상들 중 사각형 포켓형상을 보였다.

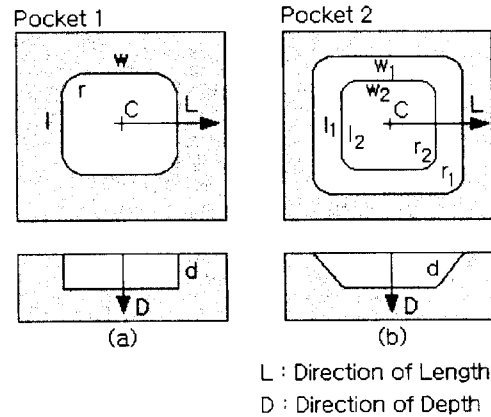


Fig. 2 A Square type feature model
(a) General pocket (b) Tapered Pocket

2) Protrusion 특징형상

Protrusion 특징형상에는 보스(boss)형상, 리브(rib), 아일랜드(island) 등이 포함되며, 본 논문에서는 보스형상만을 다루었다. 보스형상을 절삭가공작업으로 생성하는 경우, 제거되는 부분이 특징형상이 되지 않고 남아있는 부분이 특징형상이 되며, 두 개의 특징형상을 용접하여 제작하는 경우도 생기기때문에 보스 특징형상의 좌표계는 공구의 가공방향과 반대로 선정하

였다. Fig. 3에 정의한 보스형상을 보였다.

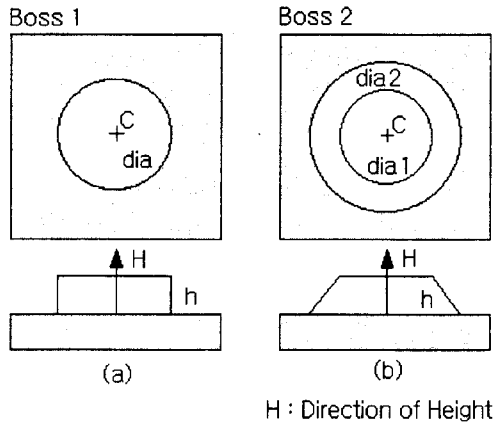


Fig. 3 A boss type feature model
(a) General Boss (b) Tapered Boss

이상과 같이 정의된 특징형상들을 결합하여 사용자가 원하는 복합특징형상을 만들어내기 위해 본 논문에서는 형상모델링단계에서 금형가공을 위한 피삭재의 원형을 먼저 정의하고, 가공빈도가 높은 스텝, 구멍 등의 순으로 형상을 정의하며, 기본이 되는 피삭재 베이스가 정의되지 않으면 다른 특징형상이 정의될 수 없도록 시스템을 구성하였다. 이와 같은 단위특징형상들의 순차적인 정의는 가공우선순위와 일치되도록 하였다.

3. 지식기반 CAM 시스템

지식기반 전문가 시스템(knowledge based expert system)은 전문가들의 합리적인 문제해결방법을 논리적으로 체계화하여, 전문가들이 내는 결론과 같은 결론을 낼 수 있는 문제해결의 새로운 방법이며, 금형가공과 같이 주로 경험에 의해 설계 및 제조가 이루어져 온 분야에서는 체계적이며 합리적인 설계·가공을 위한 최적의 시스템이라고 할 수 있을 것이다.

3.1. 전문가 시스템(expert system)의 구조 및 기능

경험적 지식(heuristic knowledge)을 쉽게 확인해 볼 수 있고, 지식베이스와 추론엔진(inference engine)이 분리되어 있어서 인간전문가가 지식을 점점 늘려가는 것과 유사하게 새로운 지식을 추가해 나갈 수 있는 장점이 있는 전문가 시스템의 구조는 크게 지식베

이스(knowledge base)와 추론엔진(inference engine)으로 나누어 진다. 지식베이스는 문제 영역에 관련된 지식의 집합체를 의미하며, 추론엔진은 문제를 해결하기 위해 지식베이스에 저장된 지식들을 관리하고 추론하기 위한 규칙들을 적용하는 부분을 말한다.

이러한 핵심적인 모듈외에도 지식획득 모듈, 설명 모듈, 사용자 인터페이스 모듈 그리고 데이터베이스 모듈 등으로 구성되어 진다.⁸⁾

Fig. 4에는 전문가 시스템의 개략적인 구조를 보였다.

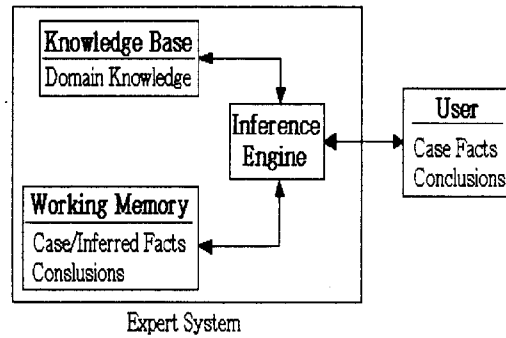


Fig. 4 Structure of expert system

3.2. 금형가공을 위한 전문가 시스템

금형가공을 위한 지식기반 전문가 시스템을 구축하기 위해서는 금형형상과 재료에 알맞는 가공방법, 작업환경에 적합한 공구선정, 금형재료에 따른 공구선정 등 금형의 정밀도에 직접적인 영향을 미치는 여러요소들을 필히 고려하여야 한다.

이러한 관점에서 본 논문에서는 일반적인 금형재료와 이에 적합한 공구의 종류 및 각 특성들을 체계적으로 연결하여 전산정보화할 수 있는 지식 베이스를 구축하고, 절삭가공(특히, 밀링가공)에 있어 고려되어야 할 사항들을 추론기능에 이식하여 사용자가 필요로 하는 가공요소들을 바로 생성하여 효율적인 가공작업을 진행시킬 수 있는 지식기반 CAM 시스템을 제안하였다. Fig. 5에 금형가공을 위한 지식기반 CAM 시스템의 구성도를 나타내었다.

이와 같은 금형가공을 위한 전문가 시스템은 기존의 각종 기술적 데이터^{9,10,11)}와 제조현장의 전문가의 지식을 함께 저장함으로써 지식베이스와 추론엔진을 구성하였다.

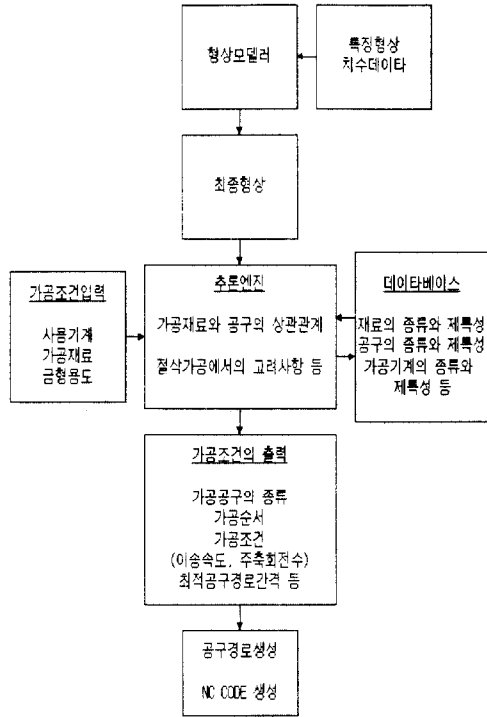


Fig. 5 Structure of Knowledge-based CAM system

금형가공을 위해 필요한 사실(fact)들은 다음과 같다.

- 각 특징형상들이 가지는 치수정보에 관한 사실
- 각 특징형상들이 가지는 가공방법에 관한 사실
- 금형의 용도에 관한 사실
- 금형재료의 종류에 관한 사실
- 금형 가공용 공구의 종류에 관한 사실
- 공구의 직경에 관한 사실
- 공구의 날수에 관한 사실
- 공구의 비틀림각에 관한 사실
- 절삭유의 종류에 관한 사실 등

이러한 사항들은 각 항목별로 나누어 외부 데이터베이스(Access95)에 입력하여 주었다.

그리고, 입력된 사실들에 대해 출력변수를 결정하기 위한 규칙들에는 다음과 같은 것들이 있다.

- 금형재료의 난삭재 판별에 관한 규칙
- 금형재료에 따른 공구재질 결정에 관한 규칙
- 공구의 종류에 따른 절삭속도 결정에 관한 규칙
- 공구종류에 따른 이송량 결정에 관한 규칙
- 공구종류에 따른 절삭폭 결정에 관한 규칙

· 금형재료와 공구에 따른 절삭유 종류의 결정에 관한 규칙

· 절삭속도 계산에 관한 규칙($V = \frac{\pi DN}{1000}$)

· 이송량 계산에 관한 규칙($f = v/Nn$)

· 절삭시간 계산에 관한 규칙($t = (l + l_c)/v$)

· 난삭재 가공에 관한 규칙 등

이렇게 정의된 사실과 규칙들은 추론엔진에서 사용자의 입력조건에 의해 서로 상관관계를 맺게 되며, 사용자의 요구조건에 가장 적합한 가공조건을 출력하게 된다.

4. 금형가공을 위한 지식기반 CAM 시스템의 구축

본 연구에서 제안한 시스템은 Fig. 5과 같이 구성되어 있다. 본 시스템은 금형형상을 생성하는 특징형상기반 형상모델러 부분, 가공조건과 최적가공정보를 입력력하는 사용자 인터페이스 부분, 가공정보들을 저장하는 외부 지식베이스와 추론기법에 의해 사용자의 요구조건에 적합한 가공조건을 생성하는 전문가 시스템 부분으로 구성되어 있다.

Fig. 6은 전체 시스템의 사용자 인터페이스의 구성을, Fig. 7은 초기실행화면의 사용자 인터페이스를 보인 것이다

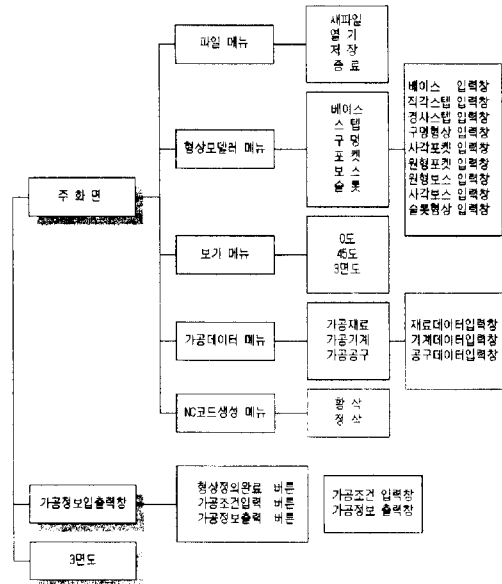


Fig. 6 The constitution diagram of user interface

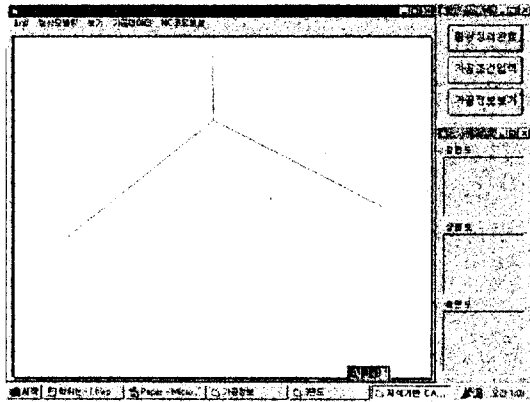


Fig. 7 Main user Interface

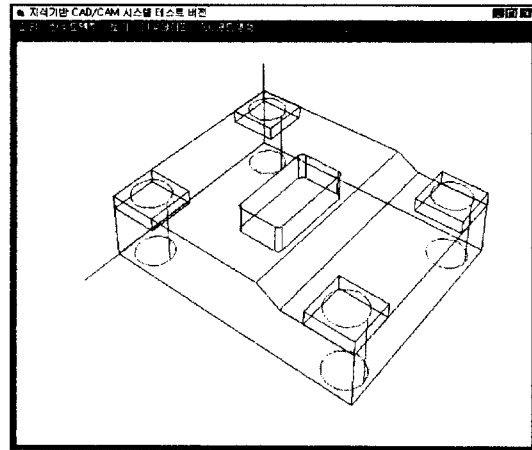


Fig. 9 Final geometric model of mold

5. 시스템의 적용

본 연구에서는 IBM호환 PC(Intel 486)의 Window95 환경에서 마이크로소프트사의 Visual Basic 4.0버전을 이용하여 시스템을 구성하였다.

시스템의 구동과정을 살펴보기 위해 간단한 단조금형 형상을 정의해 보았다. Fig. 8은 형상을 정의하기 위한 경사스텝의 형상정의 입력창을 보인 것이다. 그리고, Fig. 9에서는 경사스텝, 사각형 보스, 관통형 구멍, 사각형 포켓형상으로 구성된 최종적인 금형형상을 나타내었다. Fig. 10은 직각스텝, 관통형 구멍, 카운터 보어, 사각포켓 그리고 슬롯형상을 가지는 타일형 IC 몰드의 예를 보였다.

Fig. 11과 Fig. 12는 사용자의 가공조건 입력·출력 창을 통한 입력과 가공정보의 출력예를 보였다.

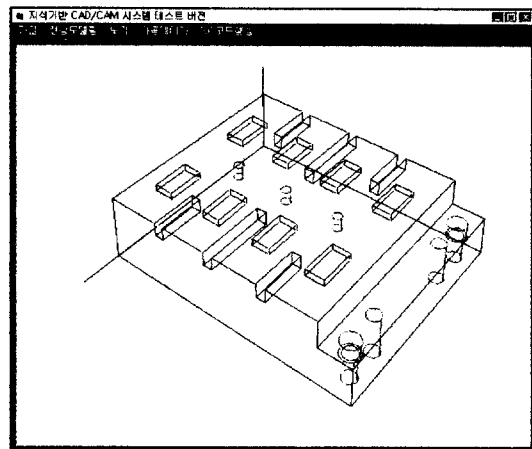


Fig. 10 Geometric model of tile type IC mold

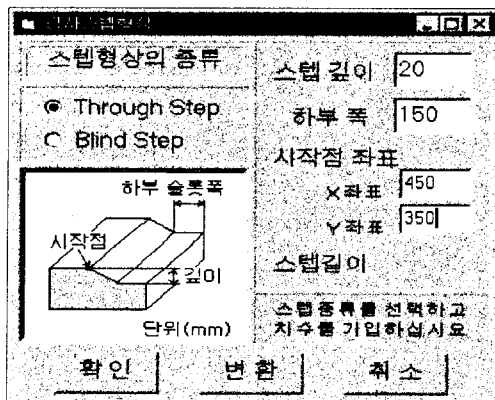


Fig. 8 Input window for tapered step

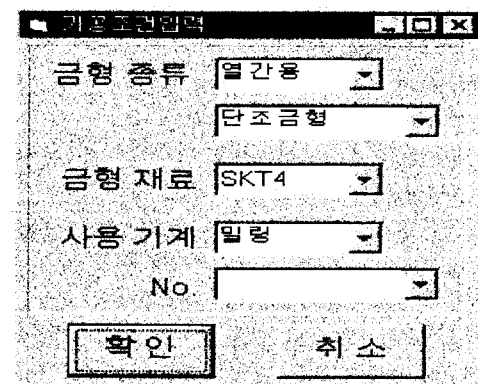


Fig. 11. Input window for manufacturing factors

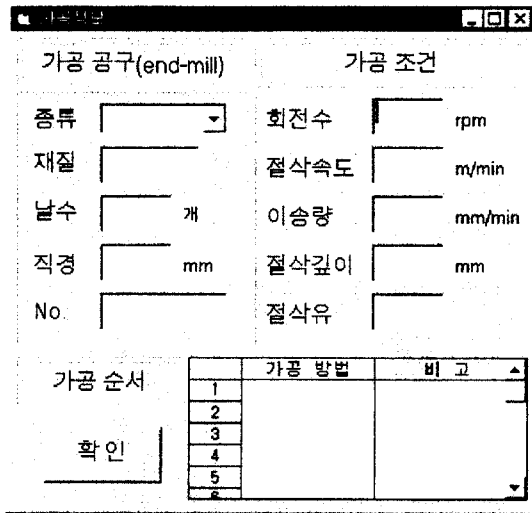


Fig 12. Output window for manufacturing factors

6. 결 론

본 연구에서는 금형제작을 위한 이론적 지식과 경험적 지식을 논리적이고 체계적으로 전산정보화하여 금형가공을 합리적으로 수행할 수 있는 특징형상을 이용한 지식기반 CAM 시스템을 개발하였다.

1. 특징형상을 이용하여 금형형상을 정의함으로써 형상정의와 동시에 가공정보를 신속히 얻을 수 있었다.
2. 형상정의뿐만아니라 가공정보의 입출력을 대화형 환경에서 이루어지도록 하여 금형제작의 비전문가도 쉽게 활용할 수 있게 하였다.
3. 최소한의 절삭조건 입력으로 사용자에게 필요한 다양한 가공정보들을 제공할 수 있어 금형가공을 효율적으로 진행시킬 수 있게 하였다.
3. 금형재료와 가공공구간의 상호관계 및 밀링절삭을 위한 가공지식들을 규칙과 사실들로 분류하여 지식베이스를 구축함으로써 시스템 확장을 용이하게 하였다.
4. 일반 PC를 기반으로 한 저가의 시스템을 구축함으로써 자본이 취약한 중소기업에서의 금형가공 자동화에 기여할 것으로 기대된다.

1. 정재현, "부산 경남지역 금형가공업체 현황조사", 정밀정형 및 금형가공 연구센터 한-일 워크샵, 1994
2. 한국 CAD/CAM 학회지, "CAM Software의 현황 및 전망", Vol.1, 1995
3. Gadh, R., et al., "Knowledge Driven Manufacturability Analysis from Feature-based Representations", ASME WAM, San Francisco, Dec.,1989
4. Vera B. Anand, "Computer Graphics and Geometric Modeling for Engineers", John Wiley & Sons, 1993
5. 鳥島浩志, 千代倉弘明, "3次元 CAD의 基礎と應用", 共立出版株式會社, 1991
6. Chi-Cheng Peter Chu and Rajit Gadh, "Feature-based approach for set-up minimization of process design from product design", CAD, Vol.28, 1996
7. 프레스 기술, "가공 자동화를 위한 특징형상인식", pp35~55, 2, 1995
8. 김화수, 조용범, 최종욱, "전문가 시스템", 집문당, 1995
9. 機械と工具編輯部, "最新 金型製作技術", 工業調査會, 1985
10. 최병규, "CAM시스템과 CNC 절삭가공", 청문각, 1995
11. 정재현, "금형의 절삭가공", 정밀정형 및 금형가공 연구센터, 1996