

특징형상기법을 원용한 사출금형 설계시스템 연구

허용정*

A Study on Feature-based Design System for Mold and Moldbase

Yong Jeong Huh*

요약 사출성형 제품 및 금형설계를 위한 통합형 CAD시스템이 연구되었다. 현존하는 CAD시스템은 주로 기하학적 모델링 기능을 제공하고 있으나 본 연구에서는 제품설계, 금형설계, 몰드베이스 선정, 공정설계를 통합하여 설계할 수 있도록 CAD/CAPP/CAE를 연계한 설계시스템을 구성하였다. 특징형상 기법을 비롯하여 다양한 방법론이 시스템 구성을 위해 연구되었다. 이러한 통합형 설계시스템은 동시설계를 위해 유용하게 사용될 수 있는 진전된 개념의 설계시스템이다.

Abstract The integrated design system for injection molding has been studied. The current CAD system do not provide mold designers with necessary function for CAD/CAPP/CAE interface except the geometric modeling capability. This paper describes a feature-based CAD system for mold and moldbase design which enables the concurrent design and CIM, with integrated design procedure, at the initial design stage of injection molding. A new design methodology and resulting feature data files for this design system are also discussed.

Key Words : Injection mold design, Feature technology, Feature data file, CAD/CAPP Interface

1. 개 요

사출성형제품은 자동차 분야로부터 첨단전자 광학제품, 우주항공 분야, 일상용품에 이르기까지 그 수요가 기하급수적으로 증가하고 있다. 과거에는 주로 전문가의 경험에 의존하여 사출성형 관련 업무가 이루어져 왔으나, 컴퓨터를 이용하여 사출성형 금형설계 및 제조를 합리화하려는 연구가 최근 활발히 진행되고 있다[1]. 그러나 기존의 CAD시스템은 주로 주어진 기능적 부품의 기하학적 형상정보 생성에 주안점을 두고 있고, 가공공정까지 고려한 통합적 관점에서의 접근이 그다지 이루어지지 못하고 있음을 알 수 있다[2-6]. 또한 CAD시스템들이 대부분 범용의 관점에서 제작되어 있어서 사출성형의 고유한 분야들을 고려하기에는 그다지 적합하다고 할 수 없는 실정이다.

기하학적 형상정보로부터 가공정보로 변환되기 위해서 기존의 CAD시스템에서는 별도의 정보변환 작업이 필요하다. 그러나 이러한 변환작업은 대개 단조로우면서도 오차발생의 여지가 많아 합리적인 금형생산을 이

루는 데 장애요인이 되고있다. 이를 해결하기 위해 최근 제안되고 있는 방안 중의 하나로 특징형상 기술(Feature Technology)을 들 수 있다. 이는 주어진 기하학적 형상 정보로부터 생산에 필요한 가공정보를 도출해 내는 방법인데, 현재 일반적으로 널리 연구되고 있는 것들로서 특징형상 인식(feature recognition) 기법과 특징형상기반 설계(feature-based design)기법의 2가지가 있다. 전자인 특징형상 인식기법은 기존의 B-Rep(boundary representation)이나, CSG(Constructive Solid Geometry)방법과 같은 솔리드 형상정보 표현방식에 의하여 생성된 설계정보로부터 필요한 특징형상들을 인식하여 추출해 내는 방식이며[7-11], 반면 특징형상기반 설계는 미리 정의하여 둔 특징형상들을 토대로 하여 제품형상을 설계하게 되므로 설계 후에 특징형상 정보를 따로 추출할 필요가 없게 된다[12-14]. 복잡한 임의의 제품형상을 완벽하게 특징형상으로 표현함에 있어서 이들 두 가지 방법은 제각기 제약성을 가지고 있으며 표현대상에 따라 그 효율성이 다르다. 그리고 사출성형의 경우, 복잡하고 정교한 제품형상이 일반적으로 많이 요구되므로 기존에 생성된 형상정보를 특징형상 인식기법을 이용하여 일일이 대응시켜 변환하기가 어렵다. 따라서 특

*한국기술교육대학교 메카트로닉스 공학부

본 논문은 (주)대영ENG, 중소기업청과 충청남도, 한국기술교육대학교가 공동 지원하는 2001년도 산학연지역 컨소시엄 사업과제의 소과제인 정밀 플라스틱 금형 설계·해석·평가에 관하여 개발된 논문임을 확인합니다. (Tel: 041-560-1135)

징형상기반 설계를 적용시켜 미리 정해진 특징형상 범위내에서 제품의 형상을 설계하는 것이 보다 효율적이라고 할 수 있다. 이때 미리 정의될 특징형상들은 사출 성형 제품에서 주로 많이 쓰이는 형상들을 정의하여 제품설계의 제약성을 최소화하도록 하는 것이 좋다.

본 연구에서 구축된 설계시스템의 모든 설계작업은 3차원 형상 모델러, 그래픽 라이브러리(graphic library), 그리고 금형부품 표준사양 데이터베이스로 구성된 설계 환경에 의해 이루어지게 된다. 이러한 설계작업이 본 연구에서 제안된 25개의 특징형상 라이브러리(feature library)를 기준으로 시스템 내에 구축된 특징형상 정보 구조(feature data structure)와 정보 표기 체계(data coding scheme)에 의거하여 설계정보를 생성한다는 점이 본 설계시스템의 특징이라고 할 수 있다. 형상설계에서 이용된 특징형상이 공정설계시 요구되는 정보를 보유하기 때문에 금형 생산 공정에서 CAD와 CAPP의 직접적 연계가 이루어질 수 있다. 즉 설계 작업 후 생성된 설계정보들이 특징형상 정보화일에 저장이 되었다가 별도의 정보변환 작업이 없이도 자동공정 설계시스템으로 직접 전달될 수 있다. 특징형상 기법을 이용하여 금형설계 단계에서 미리 생산에 필요한 가공정보들을 기하학적 정보와 함께 표현함으로써 공정 설계시스템과의 연계를 이루게 되는 것이다. 뿐만 아니라 CAD/CAE 연계를 통하여 CAD에서 생성된 기하학적 정보를 활용하여 CAE 해석 및 평가를 수행하는 통합형 금형설계 시스템에 대한 연구가 수행되었다.

2. 특징형상기법에 의한 사출금형설계시스템

본 논문은 설계자가 의도하고 있는 금형제품 형상을 보다 신속하게 생성하거나 수정할 수 있도록 하며 설계된 부분의 기하학적 형상정보를 공정설계로 전달하여 그에 따른 가공 공정과 공구를 신속하게 지정할 수 있도록 하는 설계시스템에 관해 기술하였다. 이러한 설계시스템은 설계와 가공간의 일관된 정보체계 구축을 통하여 통합적 설계를 가능하게 할 수 있다.

2.1 시스템 개요

본 설계시스템은 특징형상 설계환경(feature-based design environment), 금형설계 알고리즘(mold design algorithm), 특징형상 운용기법(feature management technique)의 세 기능적 그룹들이 결합되어 구성되어 있다(Figure 1).

특징형상 설계환경은 세가지 요소로 이루어져 있다.

첫째 요소는 금형이나 제품형상이 포함할 수 있는 모든 기하학적 가공형상들을 기존의 특징형상 정의[15]를 기준으로 하여 Figure 2와 같이 25가지로 분류하여 구축한 특징형상 라이브러리이다.

둘째 요소는 3차원 기하학적 정보의 생성을 위한 솔리드 모델러인 PADL2이고[16], 셋째 요소는 금형설계시 필요한 모든 표준 부품들을 용도에 맞게 선정, 설계할 수 있도록, 현재 국내에서 많이 쓰이고 있는 KS, JIS 및 JUTABA, HASCO와 같은 금형부품 표준사양들을 적절하게 결합하여 구축한 금형 표준부품 사양 데이터베이스이다. 아울러 제품설계시 사용된 부형상 정보를 공정설계에서 바로 이용할 수 있도록 부형상에 대한 특징형상을 추가하였다. 본 연구에서 제안된 부형상에 관한 특징형상이 Figure 3에 도시되어 있다.

금형설계를 위한 알고리즘의 개발은 일반적인 금형설계 작업의 흐름을 고려하여 이루어졌다. 주어진 제품과 금형 형상에 대하여 적절한 금형 형판의 크기와 부품, 그리고 몰드베이스를 설계하는 것은 매우 복잡하면서도 중요한 과정이라고 할 수 있다.

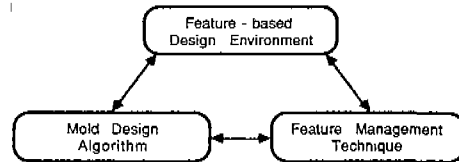


Figure 1. 특징형상 이용 CAD 시스템의 구성.

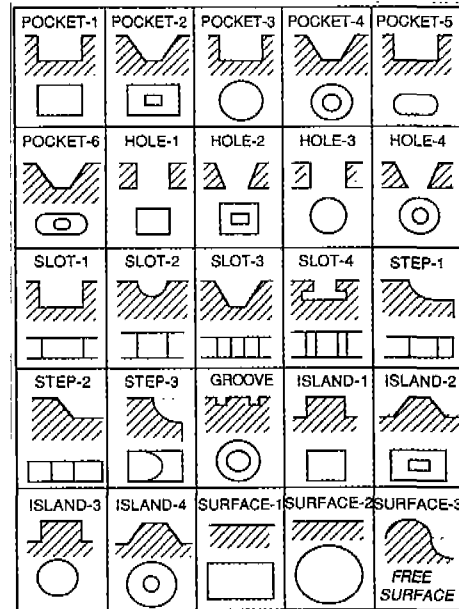


Figure 2. 본 시스템에서의 표준 특징형상 라이브러리.

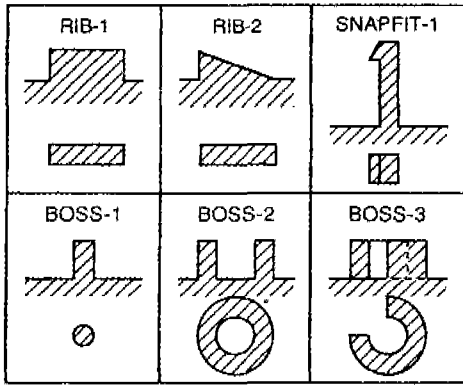


Figure 3. 본 시스템에서 적용시킨 부형상 라이브러리.

본 연구에서는 설계작업시 요구되는 각종 부품들의 표준사양을 데이터베이스화하여 설계자에게 제공될 수 있도록 하였고, 부품의 크기나 위치가 자동으로 선정될 수 있도록 하는 지식형 설계 알고리즘을 도입하였다. 반복작업이 빈번하고 오차발생이 쉬운 작업은 설계시스템 상에서 자동적으로 수행될 수 있도록 하였다.

시스템내의 모든 금형관련 설계작업은 특징형상 운용 기법의 지원하에 이루어지고 있다. 본 연구에서 이용된 구체적인 특징형상 운용기법들로서는 특징형상기반 모델링, 특징형상 사상기법(feature mapping), 그리고 특징형상 계층구조(feature hierarchy)를 들 수 있는 데 설계작업에서 생성된 모든 기하학적 형상의 수치정보들은 이와 같은 특징형상 운용기법들에 의해 생성 변환되거나 저장되어 필요에 따라 손쉽게 가공정보로 전환될 수 있다.

2.2. 특징형상기법에 의한 사출금형설계 과정

사출금형 제품의 기하학적 형상은 대부분 복잡한 형상이므로 형상의 표현에 많은 수치정보가 요구된다. 본 연구에서는 이와같이 복잡하고 단조로운 형상설계를 쉽게 진행할 수 있도록 설계지원 환경을 구축하였다. 또한 기존의 제품설계와 공정설계간의 정보전달에 있어서의 문제점을 해결하기 위해 설계결과가 특징형상 정보의 형태로 얻어질 수 있도록 하였다. Figure 4는 특징형상 설계환경의 기반위에 금형설계 알고리즘과 특징형상 운용기법을 결합하여 구성된 특징형상기반 금형설계 과정을 나타내며 설계과정을 구성하는 각각의 설계 구성 요소들과 이용된 특징형상 운용기법들은 다음과 같다.

2.2.1 특징형상 모델링에 의한 사출금형제품 형상설계

전형적인 CSG모델링 시스템에서는 구나 실린더와 같이 비교적 간단한 3차원 기본 요소 형상을 이용하여

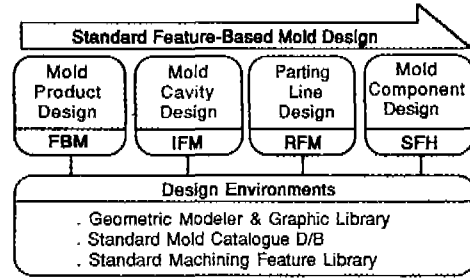


Figure 4. 특징 형상 운용 기법을 이용한 금형 설계 과정.

형상설계가 이루어진다. 그러므로 CSG시스템은 그 성격상 복잡한 형상의 설계에는 비효율적이다. 반면, 특징형상 모델링(feature-based modeling :FBM) 시스템은 금형에서 많이 쓰이는 형상들을 미리 정의하여 두었다가 이를 이용하여 모델링 작업이 이루어지므로 보다 편리하고 또한 가공정보를 포함하고 있으므로 공정설계의 연계가 용이하다는 장점을 가진다.

2.2.2. 상대 특징형상 사상기법에 의한 사출금형 성형부 설계

금형 생산시 실제 금형공장 현장에서 가공되어야 할 형상은 제품형상 자체가 아니고 그 제품형상을 성형해주는 성형부이다. 그러므로 제품형상이 모델링된 후에는 다시 성형부 형상을 생성시켜야 할 필요가 있다. CSG모델링 시스템에서는 이러한 기능이 부울 연산(boolean operation)에 의해 쉽게 수행되나 특징형상기반 모델링 시스템에서는 이 방법을 이용하기가 어렵다.

본 연구에서는 금형에서의 제품형상이 성형부 형상과 기하학적으로 서로 대응되어 맞물리는 부분이라는 점에 착안하여 각 특징형상들에 대응되어 맞물리는 상대 특징형상(inverse feature)개념을 정의하고 원래의 특징형상을 역사상(inverse mapping)시켜 얻어낼 수 있도록 하였다. 이러한 상대 특징형상들을 다시 결합시키면 주어진 제품형상에 대응되는 성형부 형상을 용이하게 생성시킬 수 있는데 Figure 5에 상대 특징형상 사상기법(inverse feature mapping :IFM)을 이용하여 생성된 한쌍의 간단한 특징형상의 예를 나타내고 있다.

2.2.3. 관계 특징형상 사상기법에 의한 성형부 분할선 설계

금형제품의 형상과 성형부의 형상이 생성된 후에는 제품의 이형을 위해 성형부를 상, 하로 구분하는 분할선을 설계하여야 한다.

그러나 이를 수작업으로 진행할 경우 정확한 기하학적 분할 위치를 지정하기가 용이하지 않아 최근에는

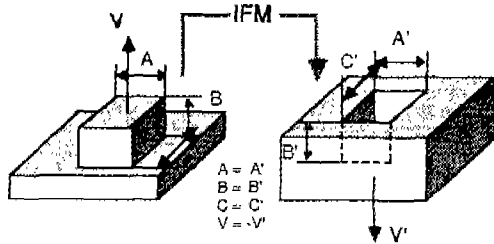


Figure 5. 상대 특징형상 사상기법에 의한 금형설계부의 설계.

분할선만을 전용으로 정의해 주는 알고리즘도 연구되고 있다[17].

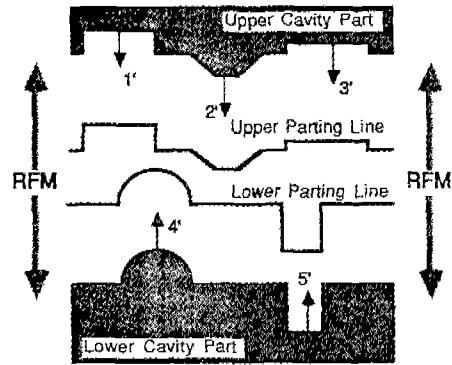
본 연구에서는 분할선 지정을 위하여 관계 특징형상 사상기법(relational feature mapping;RFM)을 새로이 개발하여 시스템에 구현하였다. 이 기법은 각 특징형상 별로 그 위치와 방향을 고려하여 관계되는 성형부에 대한 상, 하 분할방향과 분할형상을 인식한 다음, 이들을 같은 방향끼리 분류, 계열화하여 전체 성형부의 분할선을 자동 지정하는 방식이다. 이 방식은 성형부 전체의 분할선이 성형부를 구성하는 각 구성 특징형상들의 관계를 고려하여 정의된다는 원리에서 착안된 것으로 번거로운 기하학적 분할선 지정을 필요로 하지 않는 점이 특징이다. Figure 6은 간단한 기하학적 특징형상에 대한 분할선 인식과 전체 분할선 정의를 나타낸 것이다.

2.2.4. 표준 특징형상 계층구조에 의한 사출금형형판의 설계

금형에서 성형부 형판은 여러가지 관련부품들이 가장 조밀하게 배치된 부분으로서 많은 가공형상이 존재하게 된다. 이들 가공형상들이 생산단계에서 정확하고 신속하게 가공될 수 있다고 하면, 납기의 단축과 경비절감의 효과를 얻을 수 있다.

본 연구에서는 성형부 형판내의 각 금형부품의 가공형상을 특징형상들로 구성하되, 구성 특징형상들 간에는 다시 계층구조 관계를 가지도록 하였다. 이는 각각의 특징형상들에 해당하는 가공조건들이 모두 표준화될 경우 전체 성형부 형상에 대한 전반적인 가공조건도 표준화되어 정확하고 신속한 가공조건 정보의 생성이 가능하게 됨을 의미한다.

Figure 7에서는 이와같은 성형부 가공형상에 대한 표준 특징형상 계층구조(standard feature hierarchy : SFH)의 한 예를 도시하고 있는데 복잡한 가공형상인 part가 그보다 간단한 형태의 functional feature들로 구성되고 이는 다시 가장 기본적인 특징형상 단위인 atomic feature들로 구성되어 계층화되어 있다[18].



0 pocket ↓ 0	1 island ↓ 0	0 pocket ↓ 0	1 island ↑ 1	0 pocket ↑ 1
00	10	00	11	01
Feature Recognition Code				

Figure 6. 관계 특징형상 사상기법에 의한 성형부 분할선의 관계.

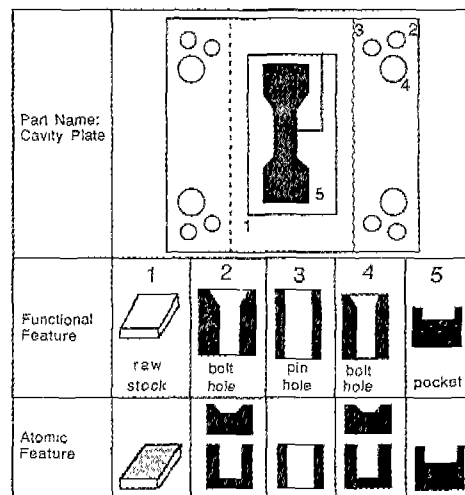


Figure 7. 표준 특징형상 계층구조에 의한 가동축 형판의 설계.

3. 사례 연구

본 설계시스템을 이용하여 전자기 손잡이 상부형상의 설계를 수행하였다. 그 결과가 Figure 8에 도시되어 있다. Figure 9는 금형 성형부 배치과정을 나타내고 있으며, Figure 10은 최종설계된 몰드 금형과 볼드베이스의 결합체를 보여준다. 설계된 형상을 활용하여 유동해석

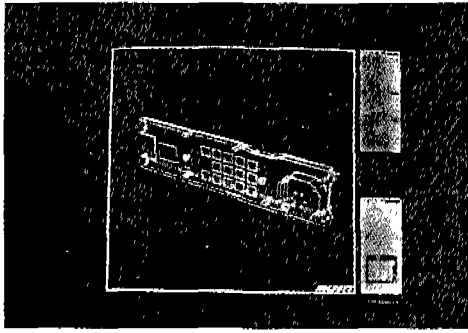


Figure 8. 설계 완료된 최종 형상.

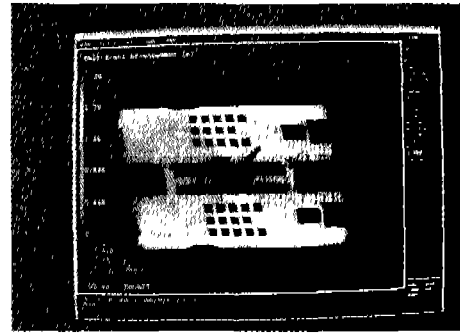


Figure 11. 유동 선단 분포.

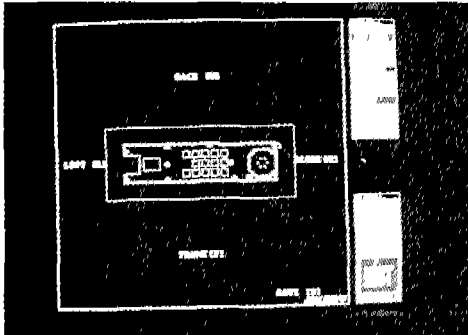


Figure 9. 금형 성형부 배치과정.

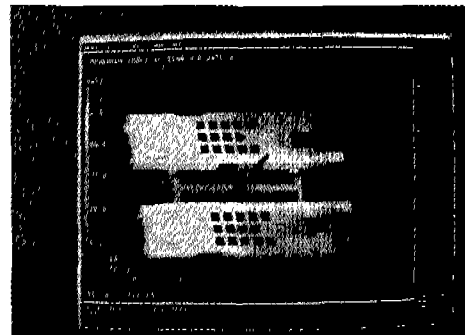


Figure 12. 압력분포.

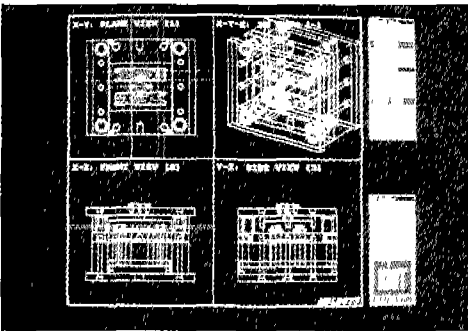


Figure 10. 몰드금형과 몰드 베이스의 결합체.

은 수행하였으며 그 결과가 Figure 11, Figure 12에 도시되어 있다. Figure 11은 수지가 충전될 때 시간대별 유동선단의 형태를 나타내고 있고, Figure 12는 압력분포를 해석한 결과 성형시에 미성형 불량없이 가능한 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구를 통하여 다음과 같은 연구결과를 얻었다.

1) 기존의 CAD 시스템에 특징형상 개념을 도입하여 CAD/CAPP 연계가 가능함을 보였다.

2) 사출 제품 및 금형 설계를 위한 전용설계 환경을 구축하기 위하여 3차원 모델러, 특징형상 라이브러리, 금형정보 데이터 베이스를 연계하였다.

참 고 문 헌

- [1] 김태수, 허용정, 사출제품/금형의 통합설계 시스템 개발, 과거저 첨단 보고서, 1992.
- [2] Edwards, S. D., "ICEM Plastics:CAD/CAM and Plastics, An Industry Where There is no Substitute for Experience," Control Data Corporation, KIC 85, 1985.
- [3] Hidson, D. J., "CAD/CAM for Complex Geometry Molds," Manufacturing Engineering, January, pp.65~66, 1984.
- [4] Kesteloot, P. and Kruth, J. P., "CAD/CAM Reinforces the Competitive Edge of European Mouldmakers," WTCM-CRIF, MC 88, Brussel, 1989.
- [5] Park, J. C. and Lee, K., "Computer Aided Design of a Mold Cavity with Proper Rigging System for Casting Processes:Part 2," Journal of Engi-

- neering for Industry, Vol.113, pp.67~74, 1991.
- [6] Wang, V. W., "An Interactive Computer Program for Mold Design in Injection Molding," Technical Report No.42, Cornell University, 1983.
- [7] Floriani, L. De, E. Bruzzone, "Building a Feature-based Object Description from a Boundary Model, Computer-Aided Design, Vol.21, pp. 602~610, 1989.
- [8] Joshi, S. and Chang, T. C., "Graph-based Heuristics for Recognition of Machined Features from a 3D Solid Model," Computer-Aided Design, Vol.20, pp.58~66, 1988.
- [9] Perng, D. B., Chen, Z. and Li, R. K., "Automatic 3D Machining Feature Extraction from 3D CSG Solid Input," Computer-Aided Design, Vol.22, pp.285~295, 1990.
- [10] Woodwark, J. R., "Some Speculations on Feature Recognition," Computer-Aided Design, Vol.20, pp.189~196, 1988.
- [11] Woo, T. C., "Feature Extraction by Volume Decomposition," Proc. Conf. on CAD/CAM Tech. Mech. Eng., Cambridge, MA, USA, pp.76~94, 1982.
- [12] Clark, A. L. and South, N. E., "Feature-based Design of Mechanical Parts," AUTOFACT-1, pp.69~76, 1988.
- [13] Cunningham, J. J. and Dixon, J. R., "Designing with features: the Origin of Features," Proc. of ASME of International Computers in Engineering, Vol.1, pp.237~243, 1988.
- [14] Li, R. K., Taur, B. W. and Shyr, H. J., "A Two-Stage Feature-based Design System," International Journal of Production Research, Vol.29, pp.133~154, 1990.
- [15] Butterfield, W. R., Green, M. K., Scott, D. C. and Stoker, W. J., "Part Features for Process Planning," Computer-Aided Manufacturing International, Inc. Arlington, Texas, USA, 1986.
- [16] Hartquist, E. E. and Marisa, H. A., PADL2 User's Manual, Cornell University.
- [17] Ravi, B. and Srinivasan, M. N., "Decision Criteria for Computer-Aided Parting Surface Design," Computer-Aided Design, Vol.22, No.1, pp.11~18, 1990.
- [18] 노형민, 이진환, "사출금형의 CAD/CAPP 통합을 위한 가공형상 데이터베이스," 대한기계학회논문집, Vol.16, No.2, 1992.