

## 사출성형에 있어서 유동주입기구 설계를 위한 지식형 CAD 시스템

이찬우\*(한국기술교육대 대학원 기계공학과), 허용정(한국기술교육대 메카트로닉스 공학부)

### A Knowledge-Based CAD System for Delivery Design in Injection Molding

C. W. Lee(Mech. Eng Dept., KUT), Y. J. Huh(Mech. Eng School., KUT)

#### ABSTRACT

The design of delivery system is one of the most important subject in injection molding. Delivery system is a channel to flow the polymer melt from the injection molding machine to the mold cavities and affect quality and productivity of the part. The synthesis of delivery system of injection molding has been done empirically, since it requires profound knowledge about the moldability and causal effects on the properties of the part, which are not available to designers through the current CAD systems. A knowledge-based CAD system is constructed by adding the knowledge module to an existing geometric modeler and contains knowledge to permit non-experts as well as mold design experts to generate the acceptable geometries of gate and runner for injection molded parts.

**Key Words** · Delivery system(유동주입기구), Knowledge-based CAD system(지식형 CAD 시스템), Injection molded part(사출성형제품)

#### 1. 서론

사출금형설계는 제품의 품질과 생산성, 경제성 등이 고려된 상태에서 빠른 시간 내에 원하는 제품을 생산해야 하기 때문에 주로 전문가의 축적된 지식과 경험에 의존하여 수행되어 왔으며, 만족할 만한 제품을 얻기까지 시행착오를 겪으며 진행되게 된다<sup>(1)</sup>. 그러나 설계가 이렇듯 경험적 지식에만 의존할 경우 새로운 제품형상이나, 신소재가 사용된 제품에 대한 대처가 신속하지 못하여 설계시간의 지연을 초래하게 되고 궁극적으로 납기가 지연되는 문제가 발생하게 된다. 따라서 전문가들이 보유하고 있는 지식과 경험을 전산정보화 하여 제공하고, CAE 프로그램을 활용하여 상호보완적으로 설계할 수 있도록 하게 되면, 합리적인 설계를 수행할 수 있게 될 것이다.

본 연구는 유동주입기구의 설계를 합리적으로 수행하기 위해서 전문가의 지식을 전산정보화한 지식베이스시스템을 구축하였으며, 기하학적 모델러와의 인터페이스를 구현하였다. 또한 설계의 해석 및 평가를 위해 CAE 프로그램에 기하학적 형상 데이터를 제공할 수

있도록 하였다. 전문가들의 유동주입기구에 대한 설계관련 지식을 지식베이스화 하기 위해 전기·전자 분야의 특정기업을 대상으로 선정하였으며, 경력이 10년 이상인 사출금형설계 전문가의 지식과 경험을 오랜 기간 인터뷰를 통해서 발췌·정리하여 지식베이스를 작성하였다 또한 유동주입기구의 설계를 위해 요구되는 문제를 해결하기 위하여 특정형상을 정의하였다

#### 2. 시스템 개요

본 논문은 사출성형에서 가장 중요시되는 주체중의 하나인 유동주입기구의 설계를 합리적으로 수행하기 위한 지식형 CAD 시스템에 관하여 연구하였다. 지식형 CAD 시스템은 지식베이스모듈, 솔리드 모델러, CAE 프로그램의 3가지 그룹으로 나뉘어 있으며, 이들 각 그룹은 서로 연계되어 유동주입기구의 설계에 이용된다. 지식베이스모듈에는 전문가의 지식과 경험이 생성규칙(production rules)의 형태로 전산정보화 되어 있어 유동주입기구의 설계를 수행

하며, 지식베이스에서 산출된 설계 파라미터들은 API를 통해 인터페이스된 솔리드 모델러로 전달되고, 솔리드 모델러인 SolidWorks는 이에 상응하는 3차원 기하학적 형상 정보를 화면을 통해 보여준다.<sup>(2)</sup> 기하학적 형상 데이터는 파일변환을 거쳐 CAE 프로그램에 제공되며, CAE 프로그램은 설계결과에 대한 해석 및 평가를 시행한다. Fig 1은 지식형 CAD 시스템의 개략적인 구성을 보여준다

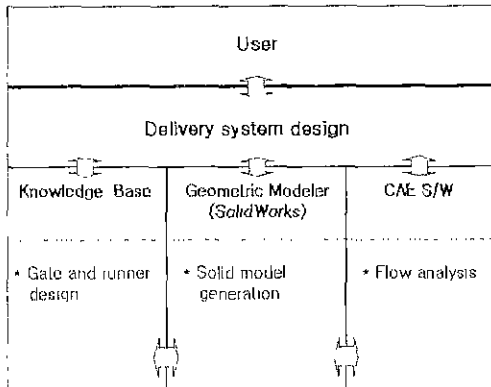


Fig 1 A framework of delivery system design

### 3. 유동주입기구 설계

#### 3.1 게이트 설계

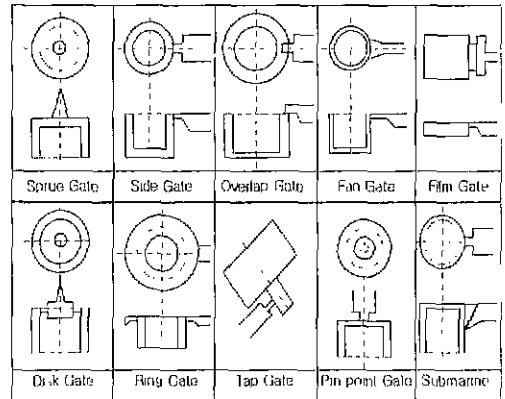
사출성형제품은 제품의 품질 요구사항, 생산성, 재료 특성 등을 고려하여 미성형(short shot), 웰드라인(weld line)과 같은 결함이 없고 제품의 사용 목적에 적합하도록 설계되어야 한다. 게이트는 이러한 결함과 목적에 직접적인 영향을 주는 부분으로 사출금형설계에서 가장 중요한 부분 중의 하나이다.<sup>(3)</sup> 게이트 설계의 주된 사항은 게이트의 종류, 개수, 위치 및 치수를 결정하는 것이다.

게이트의 종류에는 여러 가지가 있는데, 현장에서 주로 사용되는 것은 10여 가지로 성형제품의 재질, 월간생산량, 품질, 제품특성 등을 고려하여 결정된다 Fig 2에 현장에서 주로 사용되는 게이트의 종류를 도시하였다

게이트 개수는 많으면 많을수록 웰드라인의 발생 우려가 크기 때문에 적게 하는 것이 좋지만, 박판 성형제품의 미성형 방지나 험 변형 방지를 위해 부득이 그 개수를 늘려 사용한다

사출금형설계를 할 때 가장 어려운 부분 중의 하나가 바로 게이트 위치를 결정하는 것으로, 게이트의 위치에 따라 변형(warpage), 웰드라인, 미성형 등과 같은 결함이 발생하게 된다. 따라서 위치를 결정할 때에는 수지의 특성, 제품의 형상, 외관, 품질 등을 충분히 고려해야 한다.<sup>(4)</sup> 일반적으로 제품의 살

두께가 가장 두꺼운 부분, 모든 캐비티에 수지가 동시에 충전되는 위치, 게이트 제거가 용이하고 눈에 잘 띄지 않는 위치에 설치하는 것을 원칙으로 하고, 제품의 특성을 고려하여 그 설치 위치를 조금씩 달리 적용하고 있다.<sup>(5)</sup> 게이트의 치수계산에는 주로 경험식이 사용되며, 제품 크기와 플라스틱 수지의 영향을 받는다



#### 3.2 게이트 설계를 위한 특징형상

게이트 설계를 위해서는 제품의 형상정보가 요구되는데, 제품의 형상정보를 분류하기 위해 특징형상의 개념이 도입되었다 이렇게 특징형상을 도입하게 되면 제품을 특징형상으로 분류할 수 있고 분류된 특징형상을 이용하여 게이트 설계를 합리적인 방법으로 수행할 수 있다. 특징형상으로 분류될 수 없는 복잡한 형상을 가진 제품은 설계자와의 대화적 작업에 의해 부분적인 수작업으로 게이트 설계를 수행할 수 있다

본 연구에서는 제품의 형상정보를 얻기 위해 전기·전자분야 특징기업을 대상으로 2000년도 이후에 실제로 생산된 제품들 중에서 100여 개를 무작위로 추출하였으며, 형상을 정의하기 위한 제품분류를 위해 총칭형상(genetic shape)과 특징형상 개념을 사용하였다.<sup>(6)</sup> 총칭형상으로는 사각형상과 원형형상으로 분류가 되었으며, 특징형상으로는 판형 제품인 경우와 박스형인 경우, 단이 있는 경우, 내부에 구멍이 있는 경우 등으로 분류되었다. 특징형상 선정을 위한 분류과정에서 생산 시 실제로 사용되었던 게이트 종류와 제품용도가 사용되었다. 분류기준으로 제품용도가 사용된 것은 같은 형상의 제품이라도 그 사용용도에 따라 게이트 종류가 달라지기 때문이다.

특징형상은 실명된 것처럼 독자적으로 사용되는 경우도 있지만 대부분 서로 조합되어 사용되기 때문에 특징형상으로 표현할 수 있는 경우의 수는 그만큼 증가한다.

### 3.3 런너시스템 설계

런너시스템은 스프루와 런너를 통틀어 일컫는 말로 사출기의 노즐에서부터 게이트까지 용융수지를 안내하는 유동통로이며, 최종적으로는 제품과 분리되어 버려지는 부분이기 때문에 성형사이클을 자연시키지 않고, 금형에서 잘 빠지는 단면 형상으로, 가능한 최소의 규격으로 설계되어야 한다. 스프루는 길이를 가능한 짧게 그리고 가장 늦게 응고되도록 하며 경사각도는 2~4°. 노즐과 접하는 작은 쪽의 지름은 노즐 지름보다 0.5~1mm 정도 크게 하고, 가장 큰 쪽의 지름은 1차 런너 직경과 같거나 크게 한다<sup>7)</sup>. 런너의 단면 형상은 압력전달 측면에서 보면 최대 단면적이 좋고, 열전도적 측면에서 보면 바깥둘레가 최소인 것이 좋기 때문에 원형 단면이 가장 좋다. 그러나 파팅라인(parting line)이 복잡하여 양측에 런너를 가공하기 어려운 경우에는 사육이 곤란하므로, 사다리꼴 단면이나, 개량형인 U자형 단면을 사용하고 있다<sup>8)</sup>. 주로 사용되는 런너 단면형상이 Fig 3에 도시되어 있다.

캐비티 개수는 사용자가 입력한 생산량을 가지고 결정하는데, 월 생산량이 6만개 이하이면 1 캐비티, 6만개 이상 12만개 이하이면 2 캐비티, 12만개 이상이면 4 캐비티로 설계를 한다. 캐비티 개수는 본 논문에서 대상으로 하고 있는 전기·전자분야에서 일반적으로 생산되는 제품의 규격과 정밀도 등을 고려하여 캐비티의 개수를 최대 4개까지로 한정하여 사용하는 것에 따른 것이다. 캐비티 개수가 결정되면 배치율을 하게 되는데 4 캐비티 이내에서는 직선형 배열이 많이 사용된다. 직선형 배열 외에도 원형배열과 H형 배열이 주로 사용된다.

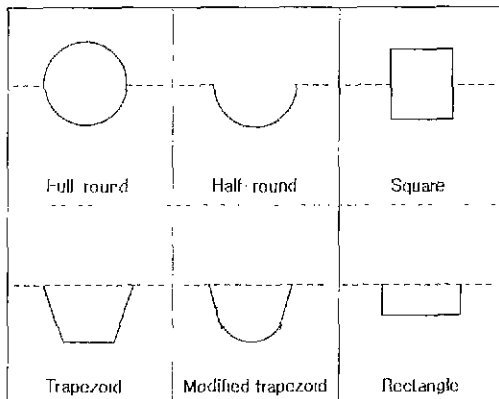


Fig 3 Commonly used runner cross sections.

### 4. 지식형 CAD 시스템

지식형 CAD 시스템은 유동주입기구에 대한 전문가의 지식과 경험을 전산정보화 하여 만든 지식베이스와 기하학적 모델링을 위한 솔리드 모델러, 해석을 위한 CAE S/W의 3가지 그룹으로 나뉘어 있으며, 각 그룹들은 서로 연계되어 유동주입기구의 설계에 이용된다. 지식형 CAD 시스템의 전체적 구성은 Fig 4에 도시된 것과 같으며, 각 그룹의 기능을 살펴보면, 지식베이스모델은 유동주입기구의 설계를 담당하고, 기하학적 모델러는 설계결과를 3차원 형상으로 보여주는 역할을 수행하며, CAE 프로그램은 기하학적 모델러가 가지고 있는 모델링 데이터를 이용해 성형해석을 수행하고 해석결과를 보여준다.

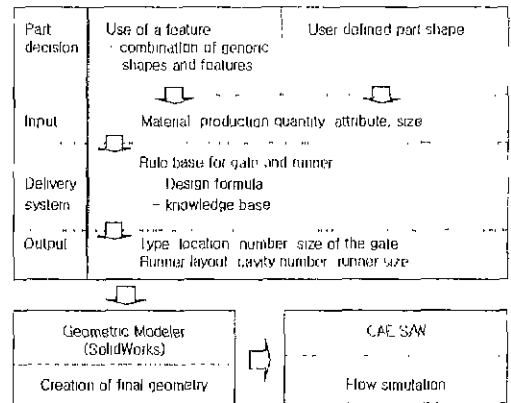


Fig 4 Schematic framework of knowledge-based CAD system.

유동주입기구설계는 두 가지 경우로 구분이 되어 있는데, 특징형상을 사용하여 설계를 하는 경우와 제품형상을 가지고 설계하는 경우이다. 특징형상을 이용하는 경우는 자동으로 설계가 진행되지만 특징형상을 이용할 수 없는 복잡한 형상의 경우는 지식베이스를 이용해 설계자와의 대화적 작업으로 진행된다. 지식형 CAD 시스템은 전문가의 지식과 경험을 규칙베이스를 이용하여 구축하여 놓고, 사용자가 입력한 제품에 대한 정보와 사양을 이 규칙베이스에 대입시켜, 그 상황에서 가장 적절한 게이트와 런너의 설계 값을 제시해 준다<sup>9)</sup>. 본 시스템을 이용한 유동주입기구의 설계과정을 살펴보면, 사용자는 프로그램이 요구하는 순서에 따라 재질을 선택하고 월간 생산량을 결정한 다음 제품형상 파라미터와 제품특징을 입력하게 된다. 월간생산량은 납기와 납품수량, 생산능력을 고려하여 산출하며, 월간생산량에 따라 캐비티 개수가 크게 좌우된다. 다음으로 입력하는

제품형상 파라미터는 게이트 치수 계산을 위한 기초 데이터로 사용된다. 다음으로 제품이 가지고 있는 특징을 선택하게 되는데, 나열된 제품특징들은 현장의 설계전문가가 게이트 설계를 할 때마다 고려하는 특징들을 모아 정리한 것이다. 모든 입력이 완료되면 시스템은 내부의 지식베이스에서 산출한 설계결과를 화면을 통해서 보여준다. 치수계산에 사용된 공식은 사출금형설계 관련도서와 현장에서 실제로 사용하는 경험식을 참조하였다<sup>(3,8)</sup>. 이렇게 구한 설계결과는 인터페이스된 기하학적 모델러를 통해서 3차원 형상으로 보여질 수 있다. Fig. 5와 Fig. 6에 지식형 CAD 시스템을 이용해 산출한 유동주입기구의 설계결과와 이를 CAE 프로그램으로 가장 중요시되는 사출 압력에 대해 유동해석을 수행한 결과를 나타내었다.

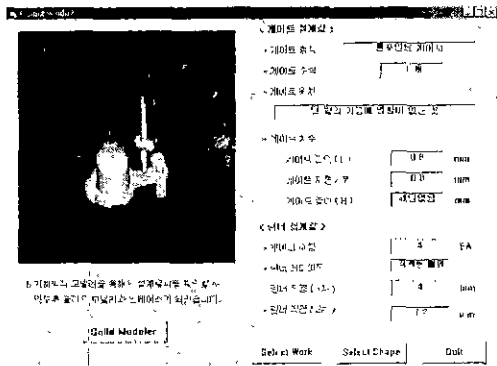


Fig. 5 Design results of delivery system

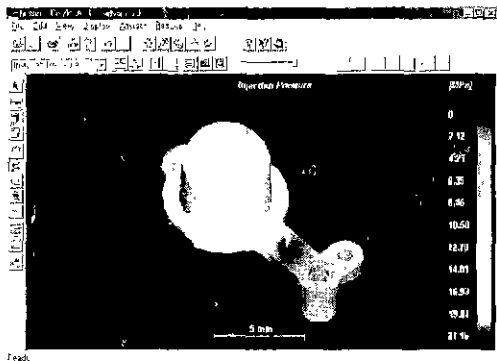


Fig. 6 Distribution of injection pressure for delivery system design

## 5. 결론

유동주입기구의 설계를 합리적으로 하기 위해 전

문가의 지식과 경험을 지식베이스화한 지식베이스모델과 기하학적 형상 생성을 위한 CAD 프로그램의 결합을 통해 합리적 설계시스템인 지식형 CAD 시스템을 구축하였다. 또한 지식형 CAD 시스템에 필요한 제품의 형상정보를 제공하기 위해 게이트종류와 제품용도를 이용하여 특징형상을 추출하였다. 솔리드 모델러로 생성된 기하학적 형상 데이터를 CAE 프로그램에서 불러들여 제품의 성형해석과 평가를 수행할 수 있다.

본 시스템은 설계 현장에서 유동주입기구 설계 전용 프로그램이나 현장 및 교육기관에서 사출금형 설계자 교육용으로 이용될 수 있다.

## 참고문헌

1. 허용정, 김상국, "사출성형제품의 부형상 설계를 위한 지식형 CAD 시스템에 관한 연구", 대한기계학회논문집 제 15권 제6호, pp 1933-1947, 1991
2. "SolidWorks 99 User's Guide", SolidWorks Corporation, 1999
3. 조용식, "사출성형금형설계기술", 기전연구소, 1997
4. Harry Eugene Payne, Jr and Deborah Kay Knauff, "Selecting the proper Gate Selection Using Moldflow", ANTEC, pp 1077-1081, 1994
5. D Cinquegrana, S.Mccarthy, "Mold Optimization Using Rule-Based Software", ANTEC, pp.1107-1113, 1990
6. Steven C Luby, John R.Dixon, Melvin K.Simmons, "Creating and Using a Feature Data Base", computers in mechanical engineering, pp 25-33, 1986
7. Rosato,D V and Rosato,D V "Injection Molding Handbook", Van Nostrand Reinhold Company, 1986.
8. C-Mold, "C-Mold Design Guide", C-Mold third edition, pp.79-112
9. T C Jan, K.T O'Brien, "Architecture of an Expert System for Injection Molding Problems", ANTEC, pp 439-443, 1991