

사출성형 게이트 설계용 지식형 CAD 시스템

허용정*

A Knowledge-Based CAD System for Gate in Injection Molding

Yong Jeong Huh*

요약 본 논문은 사출성형제품의 게이트 설계를 합리적으로 수행하기 위해 사출금형설계전문가의 축적된 지식과 경험을 발췌·정리하여 지식베이스를 작성하였으며, 설계에 필요한 제품의 형상정보를 제공하기 위해 총칭형상과 특징형상 개념을 이용하여 특징형상을 정의하였다. 또한 지식베이스를 통해 산출된 설계결과를 기하학적 모델러와의 인터페이스를 통해 3차원 형상으로 보여지도록 하였으며, 최종 생성된 3차원 기하학적 형상정보는 CAE 모듈이나 CAPP 모듈에서의 후속작업을 위해 제공될 수 있도록 구축되었다.

Abstract The synthesis of gates of injection-molded parts has been done empirically, since it requires profound knowledge about the gate design, which is not available to designers through current CAD systems. GATEWAY is a knowledge module which contains knowledge to permit non-experts as well as mold design experts to generate acceptable gate design of injection-molded parts. A knowledge-based CAD system is constructed by adding the knowledge module, GATEWAY, for gate synthesis and appropriate CAE programs for mold design analysis to an existing geometric modeler to provide designers, at the initial stage, with comprehensive process knowledge for gate synthesis, performance analysis and feature-based geometric modeling.

Key Words : Injection molding gate, Knowledge-based CAD, CAE Analysis

1. 서론

사출성형 제품 및 금형설계는 제품의 요구된 품질과 성형성, 고분자 재료의 특성 등 대단히 복잡하고 다양한 지식과 오랜 경험을 요구하는 어려운 작업이다. 이러한 이유로 사출성형 관련 설계작업은 주로 전문가의 축적된 지식과 경험에 의존하여 시행되어 왔고, 만족할 만한 제품을 얻기까지 시행착오를 통하여 수행되어 왔다[1]. 그러나 설계작업이 이처럼 경험적 지식에 주로 의존하게 되면 신제품 개발시 신소재가 사용되거나, 복잡한 형상의 제품이 요구될 경우, 이에 대한 대처가 신속하지 못하여 설계시간이 지연되게 되고 결과적으로 납기가 지연되는 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 전문가들의 축적된 지식과 경험을 전산성보화하여 제공하고, CAE 프로그램을 활용하여 상호보완적으로 설계할 수 있는 합리적인 설계시스템의 구축이 필요하다.

사출성형 관련 설계 중에서 게이트 설계는 금형설계시 가장 중요하게 고려되는 항목 중의 하나이다. 게이트를 적절하게 설계하기 위해서는 금형설계 경력이 적어도 10년 이상 되어야 하는 고도의 전문성을 필요로 한다. 게이트 설계를 위해서는 제품사양, 사용수지 물성, 제품 정밀도, 조립가능성, 생산량 등 많은 사항을 고려하여야 한다.

본 연구는 사출금형설계 중에서 가장 중요시되는 게이트의 설계를 합리적으로 수행하기 위하여 전문가의 지식을 전산정보화 하여 지식베이스 시스템을 구축하였으며, 기하학적 모델러와의 인터페이스를 구현하였다. 또한 설계의 해석 및 평가를 수행할 수 있도록 기하학적 형상 데이터를 CAE 프로그램에 제공될 수 있도록 하였다.

2. 프로그램 개요

본 논문은 사출성형제품의 게이트 설계를 합리적으로 수행하기 위한 설계 프로그램에 관하여 연구하였다. 설

*한국기술교육대학교 메카트로닉스 공학부

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

게 프로그램인 GATEWAY는 Figure 1에 도시된 것과 같이 지식베이스 모듈, 기하학적 모델러, CAE 프로그램의 3가지 그룹으로 나뉘어 있으며, 이들 각 그룹은 서로 연계되어 게이트 설계에 이용된다. 지식베이스 모듈에는 전문가의 지식과 경험이 생성규칙(production rules)의 형태로 전산정보화 되어 있어 게이트 설계를 수행하며, 여기에서 산출된 설계 파라미터들은 API를 통해 인터페이스된 기하학적 모델러인 SolidWorks로 전달되고, SolidWorks는 이에 상응하는 3차원 기하학적 형상 정보를 화면을 통해 보여준다[2]. 기하학적 형상 데이터는 파일 변환을 거쳐 CAE 프로그램에 제공되며, CAE 프로그램은 설계결과에 대한 해석 및 평가를 수행한다. 이러한 설계시스템 구축을 위해 전기·전자분야의 특정 기업을 대상으로 선정하였고, 경력이 10년 이상인 사출금형설계전문가 3인의 지식과 경험을 10개월간에 걸쳐 인터뷰를 통해 발췌·정리하여 지식베이스를 작성하였다. 또한 게이트 설계를 위해 요구되는 문제를 해결하기 위하여 특정형상을 사용하였다.

3. 게이트 설계

사출성형제품은 제품의 품질 요구사항, 생산성, 고분자 재료 특성 등을 고려하여 미성형(short shot), 웰드라인(weldline)과 같은 결함이 없고 제품의 사용 목적에 적합하도록 설계되어야 한다[3]. 게이트는 이러한 제품의 최종 품질과 사용목적에 대한 적합성에 직접적인 영향을 주는 부분으로 사출금형설계에서 가장 중요한 부분중의 하나이다. 사출성형제품은 금형 상에서 캐비티와 코어의 형태로 가공되게 되며, 게이트는 이 캐비티에 용융수지를 공급하는 주입구가 된다. 게이트 설계의 주된 사항은 게이트의 종류, 위치, 개수 및 치수를 결정하는 것이다[4]. 이러한 게이트의 설계가 과학적이고 체계적으로 진행되지 않고 직관과 경험에만 의존할 경우 수많은 시행오차를 겪게 될 뿐 아니라 심지어 품질이 떨어지는 제품을 얻게되는 경우도 발생하게 된다[5].

게이트의 종류는 모두 열거할 경우 매우 다양하며 특수한 경우까지 포함하면 많은 종류가 나와 있으나 Figure 2에는 전기전자 분야 생산현장에서 주로 많이 사용되는 게이트의 종류를 예시하였으며 본 연구에서는 여기에 열거된 10가지 경우에 대하여 연구를 진행하였다. 게이트 설계 진행과정을 파악하기 위하여 현장 설계 실무자와 장기간에 걸친 토론을 수행하였고 그 결과 얻어진 현장의 게이트 설계 작업 순서를 Figure 3에 자세히 제시하였다.

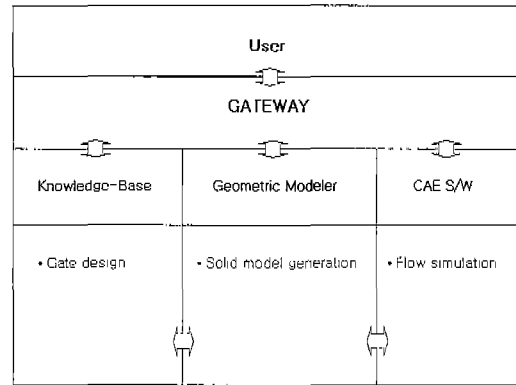


Figure 1. A framework of gate design.

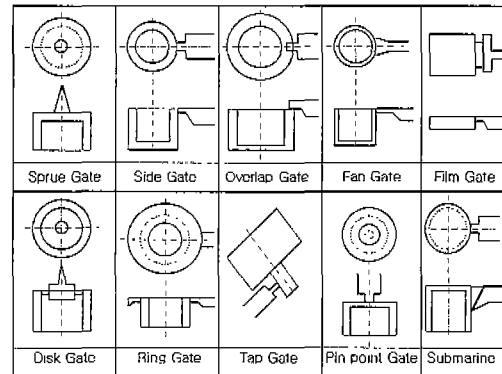


Figure 2. Commonly used gate types.

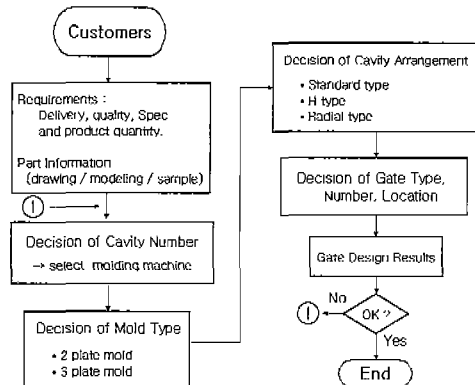


Figure 3. Flow chart of gate design.

3.1. 게이트 종류 선정

게이트 종류의 결정은 고분자 재료의 특성, 일간생산량, 품질, 제품특성 등을 고려하여 수행되는데, 일반적으로 고려하는 주요 사항을 고찰하면 다음과 같다.

- 인더컷 유무
- 회진체 여부
- 평면도 중요 여부

- 투명제품 여부
- 음각이나 상표부착 자리 유무
- 표면의 요철 유무
- 사출 후 표면 추가공 유무
- 외장품 여부
- 제품 크기
- 제품 형상
- 고분자 재료 물성
- 금형의 특성 등

위와 같은 사항들이 각 게이트가 가지고 있는 특성과 조화를 이루어 게이트 종류가 결정되어진다.

3.2. 게이트 개수

게이트 개수는 많으면 많을수록 웬드라인의 발생우려가 크기 때문에 적게 하는 것이 좋지만, 박판 성형품의 미성형 방지나 휨 변형 방지를 위해 부득이 그 사용 개수를 늘려 사용하는데, 일반적으로 다음의 사항들이 고려된다.

- 회전체 여부
- 제품에 박육부 존재 유무
- 정밀 성형제품 여부
- 얇은 판 제품 여부

기어(gear)나 풀리(pulley)처럼 회전체인 경우에는 중심이 중요시되기 때문에 동심 유지를 위해 3점의 핀 포인트 게이트가 사용되며, 제품두께가 0.7 mm 이하인 박육부가 있는 경우는 미성형 방지를 위해 1점 이상, 얇은 판 제품의 경우에는 미성형과 변형을 방지하기 위해서 2점 이상, 정밀성형 제품인 경우에는 정밀도를 맞추기 위해 1점 이상의 게이트가 사용된다.

3.3. 게이트 위치

사출금형설계를 할 때 가장 어려운 사항 중의 하나가 게이트의 위치를 결정하는 것으로, 게이트의 위치에 따라 변형(warpage), 웰드라인, 미성형과 같은 결함이 발생하게 된다. 따라서 게이트 위치를 결정할 때에는 수지의 특성, 제품의 형상, 외관의 중요성, 품질 등을 충분히 고려해야 한다. 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. 게이트 위치는 게이트 종류에 따라 크게 영향을 받는다.

3.4. 게이트 치수 결정

게이트 종류에 따른 게이트의 치수계산에는 주로 경험식이 사용되며 제품의 크기와 플라스틱 수지종류에 따라 영향을 받게 된다. 게이트 종류에 따른 치수 계산 공식의 예쁜 들면 다음과 같다. 이 경우는 표준게이트의 경우이다.

$$h = n \times t \tag{1}$$

$$w = \frac{n \times \sqrt{A}}{30} \tag{2}$$

$$L = 1.5 \sim 2.5 \tag{3}$$

여기서 h는 게이트 깊이(mm), n은 수지상수, t는 성형품 살두께(mm), w는 게이트 폭(mm), A는 성형품 외측의 표면적(mm²) 그리고 L은 게이트 랜드(mm)이다.

3.5. 특징형상 정의

게이트 설계를 위해서는 제품의 형상 정보가 요구되는데, 제품의 형상정보를 정의하기 위해 특징형상을 개념이 도입되었다[6]. 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 대화적인 방법에 의해 부분적인 수 작업으로 게이트 설계를 진행할 수 있다. 특징형상은 전기·전자분야 특정기업을 대상으로, 2000년도 이후에 실제로 생산된 제품들 중에서 100여 개를 무작위로 추출하고, 이를 총칭형상(generic shape)과 특징형상 기법을 이용하여 분류하고, 게이트 종류와 제품용도로 세분함으로써 정의되었다.

3.6. 지식베이스 구축

게이트 설계 프로그램은 현장 게이트 설계 전문가의 지식과 경험이 규칙베이스로 작성되어 있고, 기하학적 모델러와 연계되어 게이트 설계를 합리적으로 수행한다 [7]. 설계 프로그램인 GATEWAY를 이용한 게이트 설계 과정이 Figure 4에 도시되어 있으며, 내용을 살펴보면 다음과 같다.

사용자는 프로그램이 요구하는 순서에 따라 재질, 월간생산량, 제품 규격, 제품 특징 등을 입력하게 되고, 프로그램은 입력된 데이터를 지식베이스에 대입·계산과정을 통해 적절한 게이트 설계결과를 제시해 준다. 치수 계산공식은 사출금형설계 관련도서와 현장에서 실제로 사용하는 경험식이 사용되었다.

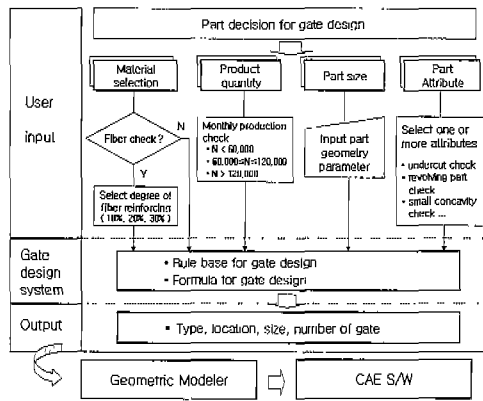


Figure 4. Knowledge base structure for gate design.

게이트 선정을 위한 지식베이스 내의 규칙의 예를 들어 보던 다음과 같다.

- IF : Mold Type is a 2 plate mold
 AND part is an exterior part
 AND part is a transparent body
 THEN : Gate Type is a side gate
- IF : Mold Type is a 3 plate mold
 AND part is an exterior part
 AND part have a small concavity
 THEN : Gate Type is a pin point gate

산출된 설계결과는 인터페이스된 기하학적 모델러를 통하여 3차원 형상으로 보여질 수 있으며, 이는 다시 파 일변환을 거쳐 CAE 프로그램에 제공되어 성형해석 및 평가를 위해 사용될 수 있다[8 10].

3.7. 기하학적 모델러와의 인터페이스

지적설계시스템을 이용해 설계된 결과와 제품의 3차원 기하학적 형상정보를 얻기 위해 상용 기하학적 모델러인 SolidWorks와의 인터페이스를 구축하였다. Solid Works와의 인터페이스는 SolidWorks에서 지원하는 API(Application Programming Interface) 함수를 이용해 구축되었다. API는 컴퍼넌트의 통합을 가능하게 하는 객체기반 서비스의 통합된 환경인 OLE 프로그래밍으로 SolidWorks와의 연계를 가능하게 하며 수백 개의 함수를 포함하고 있다. 이러한 인터페이스 기능을 이용하여 지적설계시스템에서 설계된 설계 파라미터들이 Solid Works로 자동 연계되어 상용하는 3차원 기하학적 형상 데이터로 변환될 수 있다. 이렇게 SolidWorks에서 생성된 모델링 정보는 IGES 또는 STL 파일로의

변환을 거쳐, CAE S/W에 제공되어 사출성형해석과 최적설계를 위해 이용된다(Figure 5).

3.8. 지적설계방식에 의한 게이트 설계

게이트 설계시 고분자 재료선정이 먼저 수행되어야 한다. 고분자 재료에 따라 게이트 설계에 지대한 영향을 미치므로 사용되는 고분자 재료의 데이터 베이스가 구축되어야 한다. 본 연구에서는 전기전자 분야 부류에 주로 사용되는 100가지 수지의 물성에 대한 데이터 베이스가 구축되었다.

다음 단계로 제품의 형상정보가 요구되게 되는데 제품의 형상정보 표현을 위해 특징형상 기법을 활용하였다. 총칭형상과 특정형상을 선정함에 의해 게이트설계를 위한 제품의 기하학적 정보가 입력되게 된다.

이외에도 월간 생산량, 제품특징 등의 입력조건을 사용하여 지식베이스에서 적절한 게이트를 최종 설계하게 된다. 설계된 게이트는 유동해석 프로그램을 이용하여 해석 및 평가를 수행할 수 있다.

게이트 설계 순서를 자세히 서술하면 다음과 같다(Figure 6).

우선, 생산하고자 하는 제품현상, 용도를 입력하고 제품에 대한 사양 및 정보를 지적설계 시스템이 요구하는 순서대로 입력한다. 입력내용은 설계할 제품의 재질, 월간 생산량, 규격, 제품특성 등이다. 설계자가 입력한 제품정보를 가지고 지적설계 시스템을 최종적으로 게이트의 설계결과를 출력하게 된다. 출력된 설계결과 데이터는 인터페이스 프로그램에 의해 SolidWorks상의 3차원 기하학적 형상정보로 변환한다. 3차원 기하학적 형상정보는 CAE S/W에서 성형해석을 위해 사용될 수 있다. 지적설계 시스템에 의한 최종설계 결과를 현장 전문가들에 의해 검증한 결과 대략 90% 정도 전문가들의 결과와 일치함을 확인하였다.

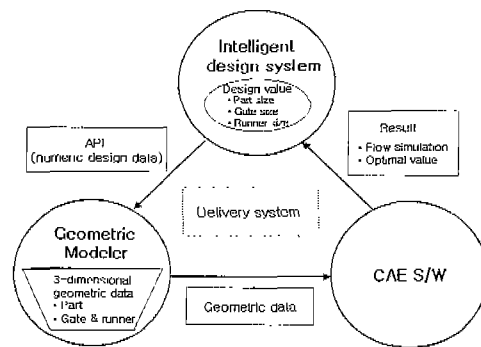


Figure 5. Interface to CAD and CAE S/W for delivery system design.

Figure 7은 GATEWAY를 이용해 산출한 게이트의 설계결과를 Figure 8은 산출된 설계결과를 CAE 프로그램을 이용해 사출압력에 대해 유동해석을 수행한 결과를 각각 보여주고 있다.

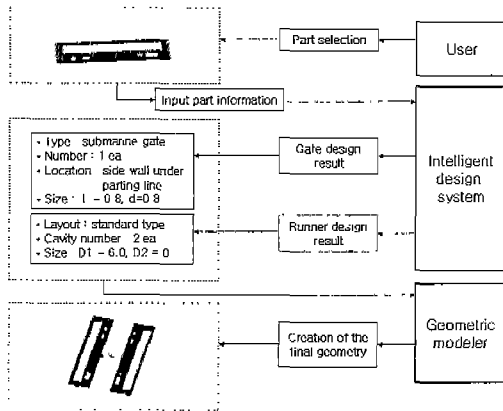


Figure 6. Design process of delivery system using intelligent design system.



Figure 7. Design results of gate design system.

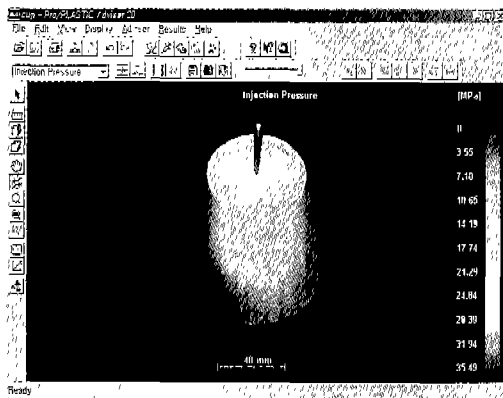


Figure 8. Distribution of injection pressure for gate design system.

4. 결 론

사출성형제품의 게이트 설계를 합리적으로 수행하기 위해 전문가의 축적된 지식과 경험을 지식베이스화한 지식베이스 모듈을 작성하였으며, 설계를 위한 제품의 형상정보를 제공하기 위해 층칭형상과 특징형상 기법을 이용하여 특징형상을 추론하고, 기하학적 형상 생성을 위해 CAD 프로그램과 인터페이스를 구축하였다. 또한 기하학적 모델러로 생성된 기하학적 형상 데이터는 CAE 프로그램에서 불러들여 제품의 성형해석과 평가를 수행할 수 있다.

이 프로그램은 설계 현장에서 게이트 설계 전용 프로그램이나 현장 및 교육기관에서 사출금형설계사 교육용으로 이용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 허용정, 김상국, "사출성형제품의 부형상 선계를 위한 지식형 CAD 시스템에 관한 연구", 대한기계학회논문집 제15권 제6호, pp.1933~1947, 1991.
- [2] "SolidWorks 99 User's Guide", SolidWork 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] T. C. Jan, K. T. O'Brien. "Architecture of an Expert System for Injection Molding Problems", ANTEC, pp.439~443, 1991.
- [8] "C-Mold Design Guide", C-Mold third edition, pp.79~112.
- [9] 손양언, "사출금형설계", 구민사, 1998.
- [10] Rosato, D. V and Rosato, D. V. "Injection Molding Handbook", Van Nostrand Reinhold Company, 1986.