

사출 금형의 밀핀 설계를 위한 경험적 설계 접근법

이희성*, 변철웅**, 이수홍***

A Heuristic Approach for an Layout and Sizing of an Ejector Pin

Lee, H.-S.*, Byun, C.-W.** and Lee, S.-H.***

ABSTRACT

As customers demands are rapidly changing, a product life cycle is getting shorter and a product model is forced to be changed frequently. An ejecting design system becomes more important for high productivity to eject a product in high temperature without any damage. For example, an ejector pin that is a key component of the system can cause high local stresses and strains in the molding at the time of ejection. The number, the size, and the location of pins are important to make a smooth ejection. Therefore we propose an analytical approach with the aid of designer's experience to calculate a total release force and pressure distribution so that the number, the size, and the location of pins can be easily determined. As a part of the result, the design system is built by Intent! with AutoCAD 2000 and a video player deck example is presented to verify the approach.

Key words : Injection Mold, Ejector Pin, Release Force, Heuristic Knowledge, Feature

1. 서 론

사출 금형은 열가소성 수지로 일정한 형상의 제품을 성형하는 작업으로 수지 재료를 성형하는데 사용되는 가장 일반적인 가공법이다. 사출 금형의 공정은 고온의 수지를 닫힌 상태의 금형에 고압으로 충전하여 이것을 냉각, 경화시킨 후 금형을 열어 성형된 제품을 추출하는 반복적인 작업이다. 사출 금형 작업의 마지막에서 금형은 개방되고, 수지는 금형 안에서 고화된 이후에 금형에서 분리된다.

이형 단계시에 성형품은 금형의 개방과 함께 충격에 의하여 자연 추출되는 것이 가장 이상적이지만, 냉각으로 인한 수지와 금형의 수축률의 차이 및 수지와 금형간의 점착력 등의 재료 특성적인 요인과 제품이 가지고 있는 언더컷 등의 형상 특성적인 요인 등으로 인하여 추출을 위한 강제적인 수단인 이형 장치가 필요하게 된다.

금형의 설계에 있어서 성형품의 형상과 사용수지의

특성에 따라 런너, 게이트 및 가공성도 중요하지만, 성형품에 손상을 남기지 않고 밀어낼 수 있는 이형 장치를 설계하는 것도 대단히 중요하다. 만일 금형에서 완성된 성형품을 밀어낼 수 없으면 성형 사이클은 대폭 길어지기 때문이다.

금형에서 성형품을 이형하는 방법을 설계할 때는 성형품 형상, 치수 정밀도 및 성형수지의 특성을 충분히 고려해야 한다. 또한 리브나 보스가 이형 장치로 인하여 백화현상이 일어나지 않는 위치에 어떤 이형 장치를 어떻게 설치할 것인가도 충분히 생각할 필요가 있다. 사용수지의 종류의 특성에 따라 형열림 과정에서 큰 충격을 받아도 균열이 발생하지 않는 것이 있으며 형열림의 힘이 강하게 작용하지 않아도 쉽게 성

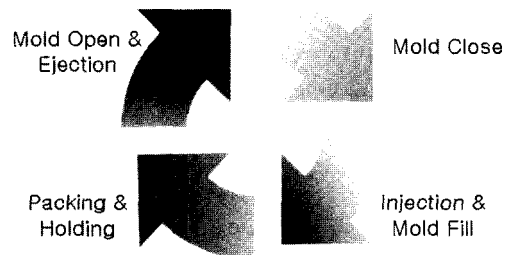


Fig. 1. An injection molding cycle process.

*연세대 기계공학부
**생산기술연구원
***연세대 기계공학부
- 논문투고일: 2003. 02. 12
- 심사완료일: 2003. 12. 22

형품이 배출되는 수지도 있다.

성형품을 밀어내기 위한 이형 장치의 선택은 성형 수지 및 성형품 형상에 따라 다르지만 원칙적으로는 성형품의 분할, 마찰 등의 발생이 없으면서 가장 확실하게 형열림이 되며 또 고장이 적고 고장이 발생하여도 신속하게 수리할 수 있는 방법을 선택하여야 한다.

대표적인 이형 장치의 종류로는 밀핀, 이젝터 슬리브, 스트리퍼 플레이트, 압축 공기를 이용한 방법 등이 있지만, 리브와 보스 등의 복잡한 형상을 갖는 금형에서 가장 널리 사용되는 것은 밀핀이다. 이는 밀핀에는 다양한 형상이 있어서 선택의 폭이 넓으며, 값이 싸고 쉽게 설치할 수 있는 장점이 있기 때문이다. 그러나 단점으로는 종류와 위치를 잘못 설계하였을 경우에 이형시 작은 면적에 큰 힘이 작용되거나 큰 굽힘 모멘트가 작용해 수지에 변형을 일으킬 위험이 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 다수의 밀핀을 사용하여 하중의 배분과 수지의 변형 위험을 줄일 수 있지만, 이는 반대로 유효 냉각 회로의 변적을 감소시키고 냉각 회로를 복잡하게 만들어 비용을 증가시키게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위한 기존의 연구들을 살펴보면 Menges와 Mohren¹¹⁾ 등이 이형력에 영향을 주는 다양한 인자들에 대해 연구하였고, Bangert¹²⁾는 몇 가지 기본적인 형상에 대해서 이론적인 해석을 통하여 이형력을 계산하였으나 그 기본 형상이 극히 제한적이라는 문제점이 있다. 박성준¹³⁾은 웨이블릿 변형을 이용하여 힘의 분포를 단순화하여 밀핀의 위치를 결정하는 방법을 제시하였으나 그 기준이 되는 이형력의 분포에 대한 논의가 취약하다. Kiester¹⁴⁾는 밀핀의 좌굴의 중요성에 대해 언급하면서 좌굴을 고려한 설계 방법을 기술하였다. Song과 Beng¹⁵⁾은 밀핀 설계의 자동화를 위한 4단계의 모듈로 구성된 알고리즘을 제시하였다.

위와 같은 연구 결과에도 불구하고 결과의 적용은 매우 제한적이므로 현업에서 사용되는 밀핀 설계 방법은 아직도 크게 경험에 의존하고 있다. 그러므로 숙련된 설계자가 없는 경우에는 설계 품질이 현격히 떨어지는 문제점이 있다. 이를 보완하기 위해서 제안된 방법으로 컴퓨터를 통한 해석이 있지만 정확성을 위한 장시간의 해석 시간으로 인하여 현업에서 쓰이기에는 다소 부리가 있다.

반면 유도식을 이용한 해석적 방법은 이미 해결된 형상에 대해서는 빠르고 정확한 결과를 보일 수 있으나 현재 해석된 것은 몇 가지 기본 형상에 대한 것뿐이다. 그러므로 본 논문에서는 해석적 방법을 사용하여 새로운 형상에 대한 이형력식을 추가 유도하였다.

그리고 이렇게 얻은 사출품의 특징형상에 기반하여 밀핀의 설계에 있어서 가장 큰 영향을 미치는 이형력을 추정하고, 사출품에 가해지는 변형이 최소화되도록 응력을 균등하게 배분한 후, 이러한 접근이 부족한 부분에 현장의 경험적 지식을 체계화하여 보완함으로써 유사 금형의 초기 설계 효율성을 증대시키고 최종적으로 금형의 지식 기반 설계를 가능하게 하는 방법론의 한 단서를 제시하고자 한다.

2. 이형력에 영향을 미치는 인자들

이형력에 영향을 미치는 인자들은 여러 가지가 있을 수 있으며, Menges¹¹⁾에 의하면 Fig. 2와 같이 네 분야로 분류할 수 있다. 위의 그림에서는 이형력을 결정하는 주요인으로서 불성치가 많이 고려되어 있다. 그러나 일반적으로 수지의 종류가 결정되면 공정 조건이 거의 일정하므로 이형력의 크기에 미치는 영향이 크지 않다. 오히려 이형력의 크기와 분포에 가장 크게 영향을 미치는 인자는 제품의 형상이다.

즉 이형 장치로서 밀핀의 실제적인 설계는 밀핀의 개수와 크기 및 위치 등을 결정하는 것인데, 수지 재료가 결정된 금형 설계 단계에서 그 기초가 되는 이형력의 크기와 분포에 가장 큰 영향 인자는 제품의 형상이다.

Fig. 3은 밀핀 설계를 위한 순서를 나타내며 크게 전체 이형력의 크기를 계산하는 부분과 이형력의 분포를 예측하는 부분으로 나눌 수 있다.

제품의 형상으로부터 해석적 해가 가능한 특징형상들로 먼저 분해하며 이 때 단위 특징형상의 상대적인 위치를 저장해 둔다. 그리고 각각의 단위 특징형상에

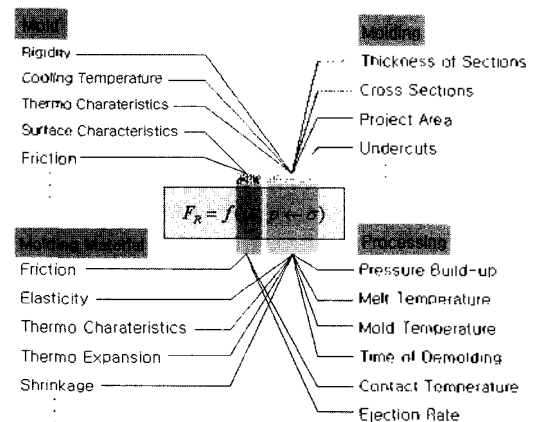


Fig. 2. Affecting factors for magnitude of release forces¹¹⁾.

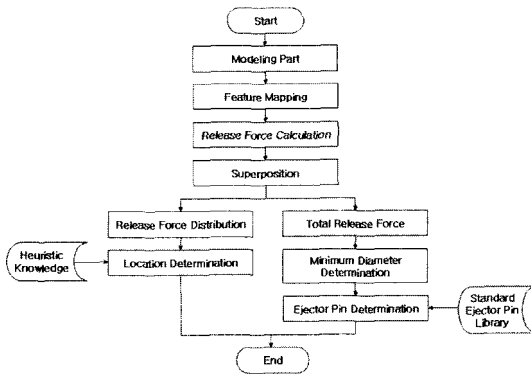


Fig. 3. Procedure for an ejector pin design.

서의 이형력의 크기를 해석적으로 구한다. 구해진 이형력을 단위 특징형상에 균일하게 분포시킨 후 앞서 저장한 상대 위치를 이용하여, 각각의 이형력을 중첩하여 제품 전체의 이형력의 크기와 분포를 구한다. 이형력의 분포와 경험적 지식을 통하여 밀핀의 위치를 결정할 수 있고, 이형력의 크기와 오일러의 좌굴식 및 수지의 전단 응력을 고려하여 밀핀의 최소 직경을 구할 수 있다. 마지막으로 밀핀 라이브러리에서 표준 규격 밀핀을 결정한다.

3. 이형 장치의 설계

3.1 이형 장치 설계에 관한 지식

이형 장치를 위한 지식을 세 가지로 크게 분류하면 경험적 지식과 사출품의 특징형상에 기반한 이론적 해석을 통한 이형력의 크기 결정 및 밀핀의 직경 결정이라고 할 수 있다.

3.1.1 이형 장치 선택을 위한 지식

- 반약 보스 깊이가 15 mm 이상이면 밀핀 대신 이젝터 슬리브를 사용하는 것이 좋다⁶⁾.
- 리브의 깊이가 15 mm 이상이면 입자 코어의 사용을 고려하며, 30 mm 이상이면 리브의 끝에 사각 밀핀 사용을 고려한다.

3.1.2 위치 선정을 위한 지식

- 보스나 리브가 있을 때 밀핀은 보스나 리브 근처 약 2~3 mm에 위치시킨다⁶⁾.
- 벽으로 둘러싸인 구조일 때는 밀핀을 구석에 위치시킨다. 따라서 밀핀의 위치는 이형력이 발생하는 곳의 중심에서 벽의 구석의 약 2~3 mm 근처로 이동된다⁶⁾.

- 마찰력은 수지의 수축에 의해서 발생하므로 경계와 인접한 리브는 경계를 끌어당겨 마찰력을 증가시킨다. 그러나 경계에서 녹임된 리브는 경계의 마찰력 증가에 아무런 영향을 주지 못하므로 무시한다.
- 밀핀이 경사진 면에 위치하면 제품의 표면에 손상이 갈 수 있으므로 평평한 면에 위치시킨다.
- 모서리에서의 밀핀 구멍의 위치는 Fig. 5에서 보여진 바와 같이 추천되고 있다⁵⁾.

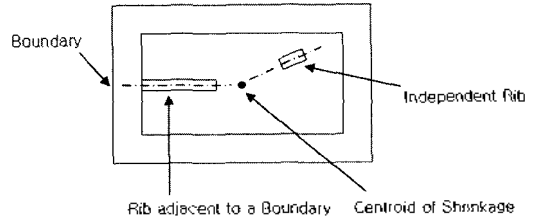


Fig. 4. Rib adjacent to a boundary.

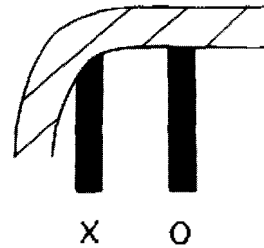


Fig. 5. An ejector pin location at an inclined plane.

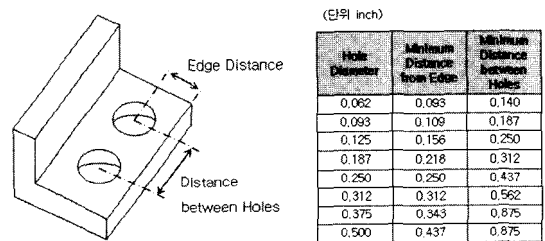


Fig. 6. Recommended hole locations⁵⁾.

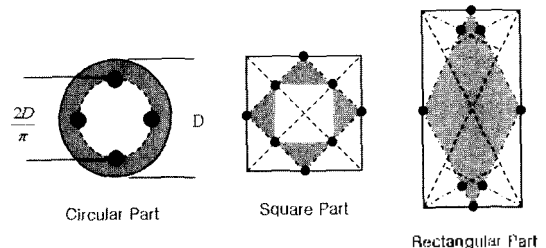



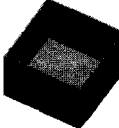

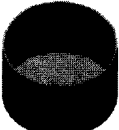


Fig. 7. Ejector pin locations : shaded areas are preferable⁵⁾.

- 평평하고 넓은 면을 이형시킬 때는 휨을 고려하여 제품의 형상에 따라 밀편의 위치를 다르게 선정한다. 회색 부분이 주로 선호되고 있다.

3.2 특징형상에 따른 이형력

밀편의 크기 및 배열을 결정하는데 있어 가장 중요한 것은 급형과 제품과의 마찰 이형력이다. 전체 제품

Table 1. Release force for each feature

	<p>Open Rectangular Sleeve^[3]</p>	$F_R = \mu \cdot E(\overline{T_E}) \cdot \left[\frac{S_f(\%)}{100} - K \cdot \Delta S_V \right] \cdot 8t_w l$
	<p>Closed Rectangular Sleeve^[3]</p>	$F_R = \mu \cdot E(\overline{T_E}) \cdot \left[\frac{S_f(\%)}{100} - K \cdot \Delta S_V \right] \cdot \left[8t_w l + \frac{2t_f(h_1 + h_2)}{1 - \nu} \right]$
	<p>Open Cylindrical Sleeve</p>	<p>thin wall^[3] : $\frac{t}{d} < \frac{1}{10}$ $F_R = \mu \cdot E(\overline{T_E}) \cdot \left[\frac{S_f(\%)}{100} - K \cdot \Delta S_V \right] \cdot 2\pi \cdot t_w l$</p> <p>thick wall : $\frac{t}{d} \geq \frac{1}{10}$ $F_R = \mu \cdot E(\overline{T_E}) \cdot \left[\frac{S_f(\%)}{100} - K \cdot \Delta S_V \right] \cdot \frac{2\pi \cdot t_w \cdot (r_{w2}^2 - r_{w1}^2)}{[(1 + \nu)r_{w1} - (1 - \nu)r_{w2}]}$</p>
	<p>Closed Cylindrical Sleeve</p>	<p>thin wall^[3] : $\frac{t}{d} < \frac{1}{10}$ $F_R = \mu \cdot E(\overline{T_E}) \cdot \left[\frac{S_f(\%)}{100} - K \cdot \Delta S_V \right] \cdot \left[2\pi \cdot t_w l + \frac{\pi \cdot d_f t_f}{1 - \nu} \right]$</p> <p>thick wall : $\frac{t}{d} \geq \frac{1}{10}$ $F_R = \mu \cdot E(\overline{T_E}) \cdot \left[\frac{S_f(\%)}{100} - K \cdot \Delta S_V \right] \cdot \left[\frac{2\pi \cdot t_w \cdot (r_{w2}^2 - r_{w1}^2)}{[(1 + \nu)r_{w1} - (1 - \nu)r_{w2}]} + \frac{\pi \cdot d_f t_f}{1 - \nu} \right]$</p>
	<p>Partial Open Cylindrical Sleeve</p>	<p>thin wall : $\frac{t}{d} < \frac{1}{10}$ $F_R = \mu \cdot E(\overline{T_E}) \cdot \left[\frac{S_f(\%)}{100} - K \cdot \Delta S_V \right] \cdot \left[2\pi \cdot t_w l + \frac{2\pi \cdot t_f \cdot (r_{T2}^2 - r_{T1}^2)}{[(1 + \nu)r_{T1} - (1 - \nu)r_{T2}]} \right]$</p> <p>thick wall : $\frac{t}{d} \geq \frac{1}{10}$ $F_R = \mu \cdot E(\overline{T_E}) \cdot \left[\frac{S_f(\%)}{100} - K \cdot \Delta S_V \right] \cdot \left[\frac{2\pi \cdot t_w \cdot (r_{w2}^2 - r_{w1}^2)}{[(1 + \nu)r_{w1} - (1 - \nu)r_{w2}]} + \frac{2\pi \cdot t_f \cdot (r_{T2}^2 - r_{T1}^2)}{[(1 + \nu)r_{T1} - (1 - \nu)r_{T2}]} \right]$</p>
	<p>Rib adjacent to a Boundary</p>	$F_R = \mu \cdot E(\overline{T_E}) \cdot \left[\frac{S_f(\%)}{100} - K \cdot \Delta S_V \right] \cdot A_{Rib}$

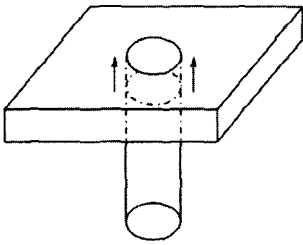


Fig. 8. Shear of polymer material.

의 소요 이형력을 추정하기 위하여 실제 제품에서 많이 사용되고 있으며 또한 해석적 해가 가능한 특징형상들을 다음과 같이 정의하였다. 다음의 Table 1은 특징형상과 그에 따른 이형력을 나타낸다.

3.3 밀핀 직경 결정

3.3.1 오일러의 좌굴식 방정식

이형시 밀핀은 제품에 손상을 주거나 심지어 수지를 관통할 위험을 항상 가지고 있다. 또한 성형이 끝난 파트가 이형되지 않고 버티게 되면 밀핀 좌굴이 일어날 수도 있다. 밀핀의 좌굴은 난지 일차적인 제품의 손상에 그치지 않고, 금형의 코어나 캐비티 그리고 밀핀 구멍의 손상 등으로 피해가 확대될 수 있으며 이는 제품의 정밀도에 악영향을 미칠 수 있다. 또한 물리적인 피해뿐만 아니라 기계의 멈춘 시간과 추가 셋업 시간만큼의 피해를 줄 수 있다. 밀핀의 좌굴을 피하기 위해 오일러의 좌굴식^[7]을 이용하여 밀핀의 치수를 결정할 수 있다.

$$F = \frac{m\pi^2 EI}{l^2} = \frac{m\pi^2 EA}{(l/k)^2} \quad (1)$$

3.3.2 수지의 전단

고온의 수지는 약해진 강도로 인해서 관통의 위험이 있으므로 밀핀에 의한 수지의 전단 파괴를 고려해야 한다. Fig. 8은 밀핀에 의해서 수지에 전단 응력이 발생하는 모습이다.

$$F = \tau_{allow}(\bar{T}_E) \cdot A = \tau_{allow}(\bar{T}_E) \cdot \pi \cdot d \cdot t \quad (2)$$

식 (1)의 오일러의 좌굴식에서 얻은 직경값과 식 (2)의 수지의 전단 응력을 고려한 직경값을 비교하여 큰 값을 선택한다.

4. 시스템 구현

4.1 Knowledge Based Engineering

KBE(Knowledge Based Engineering, 지식기반공학)

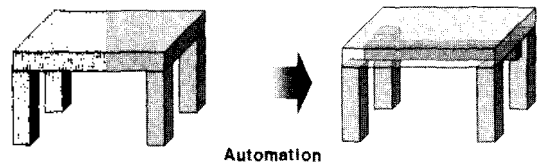


Fig. 9. A stiffness is inserted automatically when a table load is increased.

는 제품에 관련된 지식, 즉 제품을 설계, 해석, 생산하는데 사용되는 기술에 대한 지식을 하나의 특수한 제품 모델 속에 포함시키고자 하는 엔지니어링 방법론이다.

제품 모델은 단순히 형상 설계만을 의미할 뿐 아니라 그 이면에는 무엇을, 어떻게, 왜 설계하는가에 대한 설계자의 설계 의도의 산출물이다. 그러나 제품 모델의 형상 정보만으로 설계자의 실제 의도를 파악하기에는 어려움이 많다. 따라서 KBE는 형상, 재료, 제약 조건 등의 제품에 관련된 물리적인 정보는 물론이고 제품의 설계 의도나 해석, 생산 및 검사에 관련된 모든 정보들을 제품 모델에 저장시킬 수 있다.

설계자는 제품 모델 속에 저장되어 있는 제품에 관련된 설계 정보를 참고하여 제품 모델 속의 인자들만을 변경하는 작업만으로 신속하고 새로운 제품을 설계할 수 있다. 이로 인해 설계자는 모델의 변경이 잦은 제품에서 빈번한 반복적인 계산 작업 등의 시간집약적인 업무를 피할 수 있다. 결과적으로 설계자가 좀더 창조적인 설계 작업에 시간을 활용할 수 있다.

4.2 시스템의 구조

본 논문에서는 이론적인 이형력 유도식들과 밀핀 설계에 관한 지식들에 의거한 밀핀 자동 설계를 위한 기초적인 프로토타입을 구현해 보았다. 이 프로토타입은 KBE(Knowledge Based Engineering) 틀인 AutoCAD 2000용 모듈인 Heide Corp사의 IntentTM와 Visual Basic을 사용하여 구현하였다. Fig. 10은 구현된 밀핀 설계 시스템의 개략적인 흐름도를 나타낸다.

밀핀의 설계는 기본적으로 밀핀의 직경과 위치를 결정하는 작업이다. 밀핀 설계 시스템에서 밀핀 설계 결과를 얻기 위해서는 먼저 파트가 KBE(Knowledge Based Engineering)인 IntentTM로 모델링 되어 있어야 한다. 밀핀 설계 시스템의 구조는 크게 6단계로 나눌 수 있다.

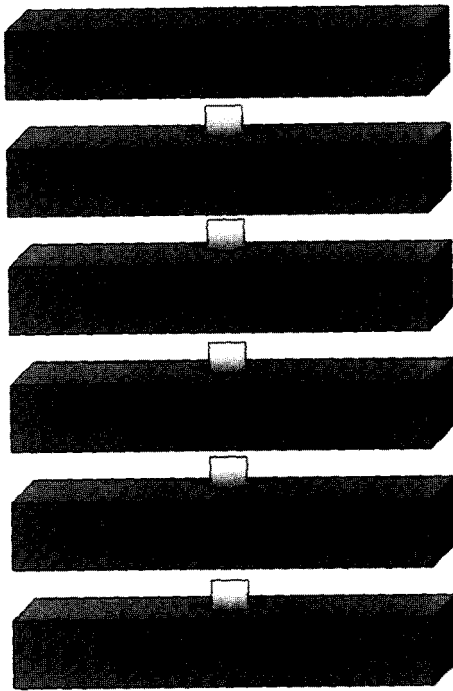


Fig. 10. Procedure of system.

• COM을 통한 모델링 접근 단계

Visual Basic으로 제작한 Intent™ 드라이버를 사용하여 AutoCAD 2000용 Intent™ 모듈과의 COM 통신이 가능하도록 한다. COM 기반이므로 모델링에 필요한 각종 인자들을 Visual Basic 모듈을 통해 순서대로 입력할 수 있다.

• 공정 조건 선택 단계

Table 1을 보면 기하학적 요소 외에 수치 종류, 금형의 거칠기, 선형 수축률, 이형시 온도 만으로 이형력이 결정된다. 수치 종류가 결정되면 이형시의 최적 온도와 선형 변형률을 정할 수 있다.

따라서 설계자가 설계 초기단계에서 수치 종류, 금형의 거칠기를 결정한 후, 치수를 결정하면 금형 전체의 이형력을 계산할 수 있다.

• 기본 형상 모델링 단계

기본 형상이 되는 Closed Rectangular Sleeve의 크기 및 두께를 결정한다.

• 추가 특징형상 선택 단계

기본 형상에 추가할 특징형상을 선택하거나 밀핀 설계 단계로 넘어갈 수 있다.

• 추가 특징형상 모델링 단계

각각의 특징형상을 추가할 수 있다. 각 모듈에서 크기 값을 텍스트박스에 입력할 수 있으며 위치는 텍스트

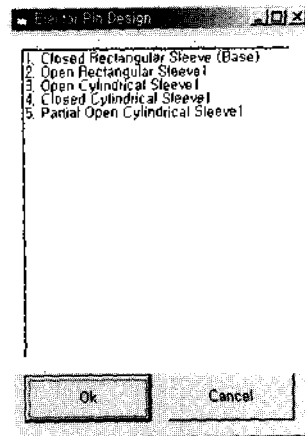


Fig. 11. Ejector pin design module.

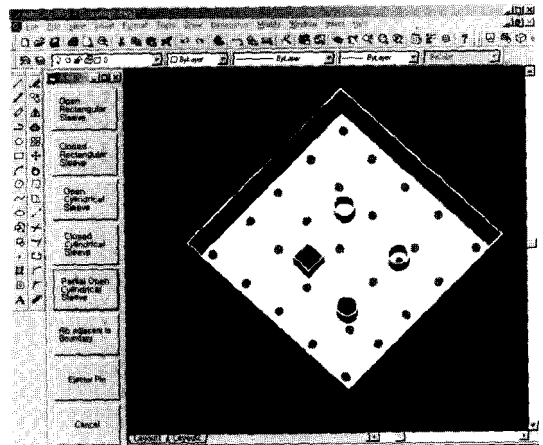


Fig. 12. Ejector pin design system.

박스나 스크롤바를 이용하여 입력할 수 있다.

• 밀핀 설계 단계

Fig. 11에서와 같이 설계한 기본 형상과 각각의 특징형상의 종류를 확인할 수 있다.

모듈에서 계산한 이형력을 바탕으로 하여 밀핀의 위치와 직경을 결정하게 된다. Fig. 12는 특징형상을 이용하여 모델링된 제품에서 밀핀이 설계된 최종 모습을 보이고 있다.

5. 사례 연구

5.1 특징형상의 분류

Fig. 13은 리브와 구멍 등의 다양한 특징형상을 갖고 있는 비디오 플레이어 데크의 내부 파트이다.

제품의 전체 형상을 각각의 특징형상으로 분류하

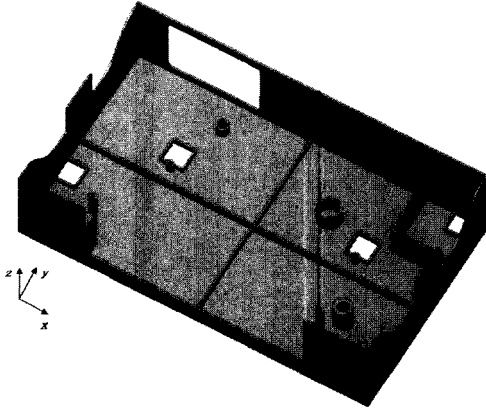


Fig. 13. A part of a video player deck.

Table 2. Feature mapping of a part

Part	Feature Mapping
	Closed Rectangular Sleeve
	Closed Cylindrical Sleeve : <i>thick wall</i>
	Closed Cylindrical Sleeve : <i>thin wall</i>
	Open Cylindrical Sleeve : <i>thick wall</i>
	Rib adjacent to a Boundary
	Open Rectangular Sleeve + Closed Cylindrical Sleeve : <i>thick wall</i>
	Closed Rectangular Sleeve + Open Rectangular Sleeve

면 Table 2와 같다. 특징형상과 정확히 일치하지 않는 것도 있으나 특징형상으로 근사화하여 이형력을

Table 2. Continued

Part	Feature Mapping
	Open Rectangular Sleeve
	Closed Cylindrical Sleeve : <i>thick wall</i>
	Closed Cylindrical Sleeve : <i>thin wall</i>
	Open Cylindrical Sleeve : <i>thick wall</i>
	Rib adjacent to a Boundary

구할 수 있다.

5.2 이형력의 크기와 분류

제품에 사용되는 수지의 특성과 공정 조건은 Table 3과 같다.

수지의 특성값과 공정 조건을 넣어 구한 이형력의 크기는 Table 4와 같이 나타난다.

이형력의 분포는 Fig. 14와 같으나 최대 이형력이 존재하는 부분은 경험적 사실에서 언급되지 않은 원통형 슬리브 부분에서 주로 발생하고 있다는 사실을 알 수 있다. 특히 원통형 슬리브가 7군데 존재하는데 중앙 부위에 위치한 파드3의 사각 구멍과 폐원통형 슬

Table 3. Polymer characteristics and process condition

Polymer	PP NOVOLEN2300 KX
Friction Coefficient μ	0.47 (Roughness 1 μm)
Elasticity $E(T)$	1.25×10^9 Pa
Poisson's Ratio ν	0.38
Ejecting Temperature T_E	333 K(60°C)
Linear Shrinkage S_l	1.2
Volumetric Shrinkage ΔS_v	0.0178
K	0.6

Table 4. Magnitude for release force

Part	Feature	F_R (N)	F/H (N/mm)
1	Closed Rectangular Sleeve	3794	3.51
2	Closed Cylindrical Sleeve : thick wall	143	11.38
3	Open Rectangular Sleeve	74.4	0.93
	Closed Cylindrical Sleeve : thick wall	481	38.28
4	Closed Rectangular Sleeve	1022	4.26
	Open Rectangular Sleeve	86.9	0.87
5	Open Rectangular Sleeve	74.4	0.93
6	Closed Cylindrical Sleeve : thick wall	968	30.49
7	Closed Cylindrical Sleeve : thin wall	329	5.82
8	Open Cylindrical Sleeve : thick wall	108	4.30
9	Rib adjacent to a Boundary : x dir	12	0.06
	Rib adjacent to a Boundary : y dir	9	0.03

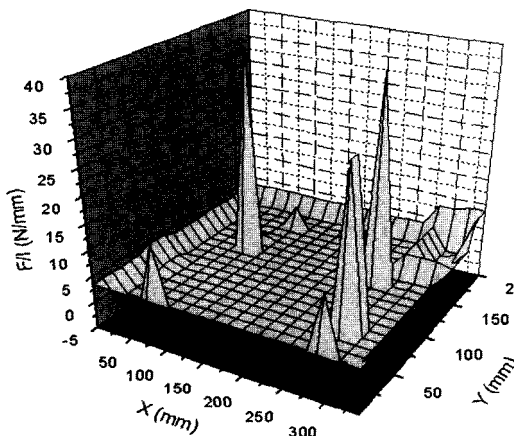


Fig. 14. Release force distribution.

리브가 같이 결합된 형상이 이형력의 크기(38.28 N/mm)가 최대임을 알 수 있다.

중간 크기(30.49 N/mm)의 이형력을 보여주는 부분은 파드6의 원통형 슬리브 부위를 가르키고 있는데, 이는 일반적으로 이젝터 슬리브를 설치해야 하는 경험적 사실과 일치한다는 점을 발견할 수 있다. 그러나 케이스의 경계 부분의 이형력의 크기(3.51 N/mm)는 매우 낮은 수준으로서 오히려 경험적 사실에 의해서 보완이 되어야 한다는 점을 알 수 있다. 이는 해석적 결과가 한 쪽 부분이 개방된 형상에 대해 아직 유도되지 않았기 때문으로 이의 유도가 이루어진다면 경험적 사실과 더불어 보다 최적에 가까운 밀핀의 배열을 보여줄 수 있다고 판단된다.

그러므로 이와 같은 이형력의 크기와 분포를 기반으로 하여 밀핀의 크기와 대략의 위치를 결정할 수 있다.

5.3 결과

본 논문에서 구현한 밀핀 설계 시스템으로 밀핀의 크기와 위치를 결정하기 위하여 Fig. 15와 같이 비디오 플레이어 데크를 모델링하였다. Table 2에서 분류한 각각의 특징형상을 이용하여 위치와 차수를 변화시켜 모델링한다.

Fig. 16은 구현된 밀핀 설계 시스템을 사용하여 얻어진 밀핀 설계 결과로, 앞서 이형력 분포에서 설명했듯이 케이스의 경계 부분에서 이형력 식에 의해 구한 이형력의 크기(3.51 N/mm)는 매우 낮은 수준이다. 그러므로 실제 설계에서 케이스 부분에 밀핀을 줄지어 위치시키는 것과는 일치하지 않는다. 이의 보완으로

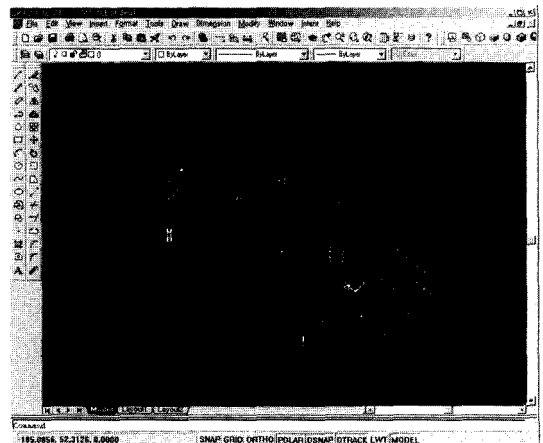


Fig. 15. Video player deck modelling by using the ejector pin design system.



Fig. 16. Ejector pin result of video player deck by using ejector pin design system.

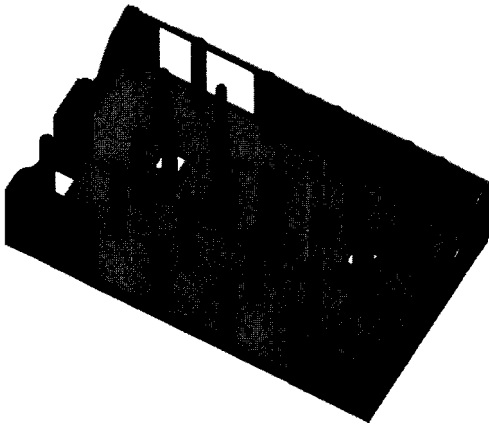


Fig. 17. Existing ejector pin result of video player deck by using present method.

실제 밀핀 설계 시스템의 구현에 있어서는 이러한 경험적 사실을 추가하였다.

Fig. 17은 실제 현업에서 설계된 비디오 플레이어 테크의 밀핀 설계 모습으로 시스템의 결과와 위치는 크게 다르지 않으며, 밀핀의 개수는 34개에서 29개로 줄어든 것을 볼 수 있다.

6. 결 론

사출 제품을 부분적으로 해석이 가능한 특징형상의 중첩으로 표현하였다. 특징형상에 기반한 기초 해석에 의해 전체 이형력의 크기와 분포를 계산할 수 있었다. 위와 같은 해석적 방법에 경험적 지식을 보완함으로써 향후 더 많은 사출 제품 형상에 대한 데이터를

축적할 수 있는 기본 지식 체계망을 구성하였다.

경험적 설계 접근법은 몇 가지 공정 조건과 특징형상의 인자를 받아서 해석적으로 계산하므로 계산 시간이 짧다는 장점이 있다. 또한 위치 결정에서 경험적 지식을 사용하므로 설계 지식의 체계화에 도움을 줄 수 있으며, 숙련된 설계자의 부담을 줄일 수 있고 초보 설계자의 지식 습득을 도울 수 있다.

시행착오를 통한 기존의 설계 방법은 짧은 수명 주기를 가진 제품의 설계에서 문제가 될 수 있다. 경험적 설계 접근법은 밀핀의 설계에 있어서 실수를 줄이면서 제품에 변형이 최소화하도록 도와줄 수 있으며, 새로운 형상에 응용할 수 있는 이론적 토대를 제공하여 설계 편차를 줄이고 설계의 표준화에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

향후 연구될 부분으로는 사출 제품의 마관성을 중요시하여 자유 곡면의 사용 증가에 따른 특징형상의 추가와 해석적 해의 보완이 필요하다. 본 논문을 통하여 이형력의 추정은 만족할 만하지만 밀핀의 배열에 관한 연구가 계속되어야 할 것이다. 또한 밀핀 배열 이후의 컴퓨터 해석 및 실험을 통한 검증이 필요하다.

감사의 글

본 과제는 한국과학재단 특정기초연구 과제의 지원으로 수행된 과제입니다.

참고문헌

1. Georg Menges, Walter Michaeli and Paul Mohren, "How to make injection molds," Hanser Publishers, 1993.
2. Malloy, R. and Majeski, P., "Design of pin ejector system for injection molds," ANTEC '89, pp. 1231-1235, 1989.
3. Hartmut Bangert, "Systematische konstruktion von spritz-zgiesswerkzeugen und rechnereinsatz," Ph.D. Dissertation, Techn. Univ. Aachen, 1981.
4. Tom Kiestler, "Applying slender column formulae to ejector pin applications," ANTEC '86, pp. 209-211, 1986.
5. Jin Song and Tor Shu Beng, "A proposed automatic pin ejector system design for plastic injection moulding," *Computer Integrated Manufacturing 1995* Vol. 2, pp. 1125-1131, 1995.
6. Seongjoon Kwak, "Optimal layout and sizing of ejector pins for injection mold design," ASME DETC98/DAC-5802, 1998.
7. Robert D. Cook and Warren C. Young, "Advanced

mechanics of materials," Macmillan Publishers, 1985.

8. J. Harry Dubois and Wayne I. Pribble, *Plastics Mold Engineering Handbook*, Van Nostrand Reinhold Company, 1987.

9. 손양언, "사출 금형 설계," 구민사, 2002.

기호설명

T_E : 이행시 온도
 T_A : 표준 상태 온도
 d_w : 벽의 직경

d_r : 뚜껑의 직경

$\gamma_d = \frac{d_C - d_i(t_E)}{d_C}$: 직경 변화율

t_w : 벽의 두께

t_T : 뚜껑의 두께

S_T : 선형 수축률

S_V : 부피 수축률

$K = \frac{\gamma_d |_{t_E}^{t_E+24h}}{\Delta S_V}$: 부피 변화에 대한 직경 변화율



이 회 성

2000년 건국대학교 기계설계학과 학사
 2003년 연세대학교 기계공학과 석사
 2003년 3월~현재 한국과학기술연구원 근무



변 철 응

1981년 서울대학교 공과대학 기계설계학과 학과
 1983년 한국과학기술원 기계공학과 석사
 1992년 Hannover공대 기계공학부 박사
 1983. 3-1985. 1 대우 조선 주식회사 해양 개발연구실
 1985. 1-1986. 3 (주)CAS (Computer Aided System)
 1986. 5-1988. 3 한국과학기술원 기계공학부 생산기술연구실 연구원
 1993. 1-1993. 8 LZH (Laser Zentrum Hannover e.V.)에서 전임연구원
 1994. 4 현재 생산기술연구원 생산기반기술센터 레이저용융팀 수석연구원
 Laser 가공 기술, Laser Gyroscope의 연구, 다축 Force Sensor의 설계 및 개발, 고정밀 사출 금형의 CIM



이 수 홍

1981년 서울대 기계공학과 학사
 1983년 서울대 기계설계학과 석사
 1991년 Stanford대학 Design Division Concurrent Engineering 전공, 박사
 1991년~1992년 Lockheed Missile and Space Co. Cable Harness Design System개발 Post-Doc.
 1983년~1994년 KIMM CAD/CAM실, 선임 연구원
 1994년~현재 연세대학교 기계공학과 상 교수
 관심분야: 동사공학설계, 지식기반시스템 설계, DFM