

리버스 엔지니어링을 통한 인서트 사출의 생산성향상을 위한 금형기술연구

이상용¹ · 김영근¹ · 우창기² · 김옥래[#]

A technical study on mold of productivity improvement for Insert Injection of Reverse Engineering

S.Y. Lee, Y.G. Kim, C.K. Woo, and · O.R. Kim

Abstract

Insert-injection molding can inject two different materials or two colors in the same mold and process. If this injection process use, product has ability because the base part maintain strength and specified part can inject soft-material. It makes the cost down by single operation automatically for saving wages. In this paper, we designed double-injection mold for automobile remote control to inject secondary using this part as insert after inject external appearance of product. CAE analysis was progressed gate location and runner size as variable and analysis result is reflected in mold design process. As a result, it could solved badness that is generated at the conventional mold. Additionally, cost is downed by reducing loss of runner as well as could omit painting process because surface of finished product is improved through new mold.

Key Words : Insert, CAE, Gate location, Runner, Injection

1. 서 론

여기서의 인서트사출은 이중사출의 일부이며, 이중사출장비가 고가이며, 별도의 투자가 이루어져야 하므로 이중사출이 가능하게 설계된 금형으로 최초에 성형한 1 차 성형품을 2 차 캐비티의 공간에 삽입하여 2 차수지를 충전하여 성형하는 것이다. 이러한, 이중사출특성을 살려 재적소에 사용한다면 내열, 내후, 내강도를 유지하는 제품으로 경쟁력을 가질 수 있으며, 부품수량을 줄이거나 조립공정단축, 후처리 공정(도장 / 마스크 처리)의 생략, 용착, 인쇄 공정의 합리화를 꾀함으로써 원가와 생산성 향상을 도모할 수 있다. 사출성형에서의 금형개발은 매우 중요한 비중을 차지하고 있는데 최근 금형은 대형화와 고가격화의 추세를 보이고 있다. 그 결과, 금형개발에 대한 성공여부가 제품개발의 승패를 결정하는 요소가 되었으며, 이에 대한 기술 축적이 첨예화되고 있다. 또한, 기존의 기술자의 경험과 실험을 통해 확인할 수 있던 성형상의 수치거동

을 CAE 해석을 수행함으로써 미리 예측할 수 있게 되었다. 때문에, 많은 연구자들이 사출 과정에서 압력을 최소화 하고, 몰드 캐비티에서 유동 발란스가 균형을 잃는 것을 감소시키기 위해 CAE 를 사용한다.¹⁾ 뿐만아니라, 가스 사출과 같은 특수 사출법에서 첨가제(fiber)의 방향을 예측하거나²⁾, 정밀도가 요구되는 micro molding 과정에서 보압이나 온도의 영향 등을 예측하는데도 사용되고 있다.³⁾

본 연구는 기존제품만 있고 제품의 도면 및 금형도가 없으며, 2 캐비티의 제품형상이 서로 相違하여 제품의 역설계를 실시하고, CAE 해석을 통해 2 차사출 제품에서 금형구조의 문제로 인해 50%이상 발생하는 불량률을 해결하며, 이중사출과정에서 최적의 사출공정을 확립할 수 있는 금형을 제작하는데 그 목적이 있다.

제품은 자동차용 리모콘으로써 1 차성형(PC)으로 제품의 외관을 성형한 후 이 부품을 인서트로 하여 2 차(우레탄)성형을 하는 이중사출 제품이다. 설계 과정에서 게이트의 위치와

1. 이상용, 김영근: 한국생산기술연구원

2. 우창기: 인천대학교

교신저자: 김옥래: 생기원, E-mail: kor@kitech.re.kr

크기를 변수로 하여 CAE 해석을 진행하였고, 이를 설계에 반영하여 금형을 설계하였다.

3. CAE 해석 및 고찰

2. 제품분석

2.1 기존제품분석

Fig. 1 은 기존 금형 시스템에서 생산된 제품의 모습이다. 제품은 1 차 성형(PC)으로 외관을 성형한 후 이 제품을 인서트로 하여 2 차성형을 수행한다.

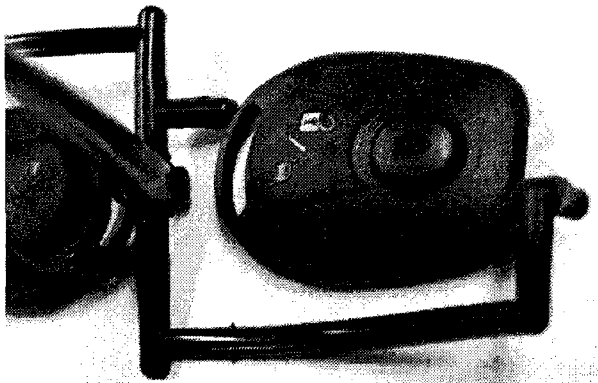


Fig. 1 Finished product that produced at conventional mold

2.2 불량요인 분석

인서트 사출 과정에서 Fig. 2 는 같은 공정 불량률이 50% 이상 발생하였으며, 불량률의 원인은 다음과 같은 3 가지 유형으로 분류된다.

- ① 미충전에 의한 불량. 성형 중 제품 상·하단 부위의 미충전. 측면 부위의 미충전.
- ② 금형 구조에 의한 불량. 성형 과정 중 금형 구조상의 문제로서 Key 삽입부에 고압이 전달로 인한 단차. Cavity 슬라이드코아의 눌림으로 인한 불량.
- ③ 밀착상태 및 삽입성에 의한 불량. 상단부 우레탄 접합부의 burr 발생. 파팅(parting)면의 burr 발생. 하단부 우레탄 접합부의 burr 발생.

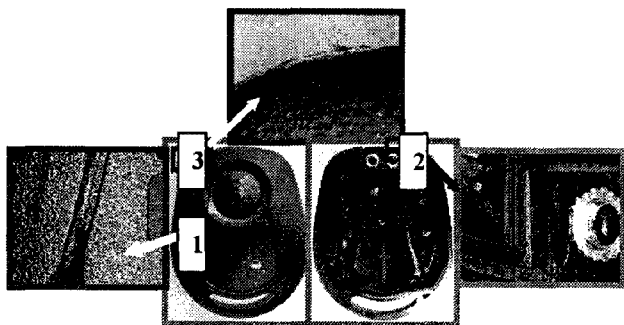


Fig. 2 Trouble by short shot and structure

3.1 해석조건 설정

CAE 해석에서 금형 설계변수와 사출성형 조건을 모두 고려한 최적의 사출성형 조건을 도출하기 위해서는 많은 시간과 노력이 소요된다. 최적의 사출 조건을 찾기 위해 여러가지의 최적화 기법을 도입한 연구가 진행되어 왔으며,⁴⁾ 체계적으로 설계 및 공정을 예측하여 제품 성능, 비용 및 외관에 영향을 미치는 공정변수의 누적되는 효과에 관한 정보를 얻을 수 있는 것이 CAE를 활용하는 하나의 큰 이유이다.⁵⁾

본 연구에서는 아래의 Table 1 과 같은 물성을 갖는 수지와, Table 2 와 같은 해석조건을 설정하여 해석을 수행하였다. 여기서 1·2 차 성형에서 러너의 크기를 변수로 하여 해석을 진행하였고, 2 차 성형에서는 유동성 개선을 위해 제품 측벽의 두께를 변수로 하여 해석을 진행하였다.

Table 1. Properties of resin

	First injection	Secondary injection
Family name	PC	TPU
Manufacture	GE Plastic	A Schulman GMBH
Grade	CM 6228	SC401
Mold temperature	82 ~ 116(°C)	10 ~ 80(°C)
Melt temperature	349 ~ 371(°C)	210 ~ 250(°C)
Maximum shear stress	40000(1/s)	40000(1/s)
Maximum shear rate	0.5(MPa)	0.25(MPa)
Ejection temperature	127(°C)	102(°C)

Table 2. Condition of CAE analysis

Condition	Resin First injection(PC)	Secondary injection (TPU)
Injection time	0.3(sec)	0.3(sec)
Holdign time	0.6(sec)	0.6(sec)
Cooling time	Automatic	Automatic
Thickness	-	0.4, 0.5, 0.6(mm)
Mold temperature	96(°C)	38(°C)
Melt temperature	365(°C)	235(°C)
runner size	3, 4, 5(mm)	3, 4, 5(mm)

3.3 러너의 크기 선정

러너와 게이트는 스프루와 같이 수지가 이동하는 통로로써 크기 설정은 매우 중요하다. 너무 큰 러너와 스프루를 사용한다면 비교적 낮은 압력에서도 수지 유동을 쉽게 하지만 더 긴 냉각시간, 더 많은 재료소비 및 스크랩, 더 큰 형체력을 필요로 한다. 따라서 사출 공정에 있어서 적절한 범위에서 가장 작은 스프루나 러너 시스템을 설계한다는 것은 재료의 사용과 성형 시 에너지 소비 효율을 최대로 만들 수 있다. 때문에, 최적화 방법을 이용하여 러너의 길이와 지름을 변화하여 최적화된 러너 발란스에 대한 연구가 이루어지고 있다.⁶⁾

기존의 금형에서 생산되는 제품의 불필요한 손실을 줄이기 위해 아래 Fig3.4 에서 보이는 것과 같이 러너의 형태를 변경하였다.

변경된 러너 시스템의 지름을 결정하기 위해 아래 식을 통해 이론적으로 이상적인 러너의 지름을 계산하였다. 식에서, D 는 러너지름(mm), W 는제품무게(g), L 은 러너길이(mm)를 나타낸다. 계산을 통해 두 제품 모두에서 약 4mm 의 러너 지름을 얻을 수 있었고, 이론식을 통해 얻은 러너시스템을 더 정확하게 설정하기 위해 (a,b,c)의 러너지름으로 CAE 해석을 진행하였다.

$$D = \frac{W^{1/2} \times L^{1/4}}{3.7}$$

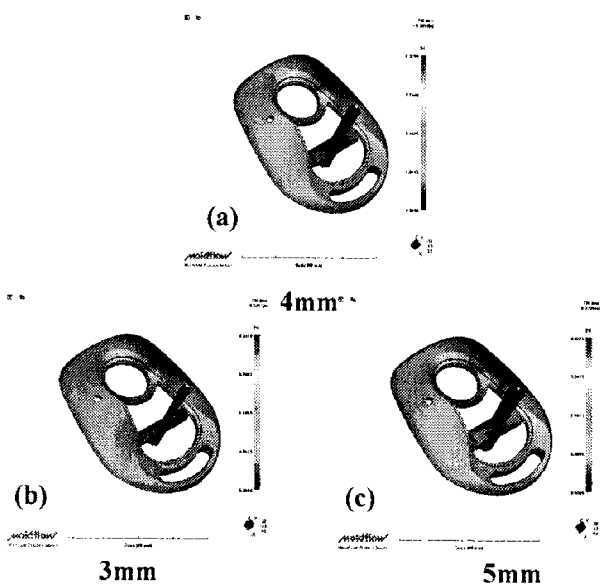


Fig. 3 Analysis result under runner size (first injection)

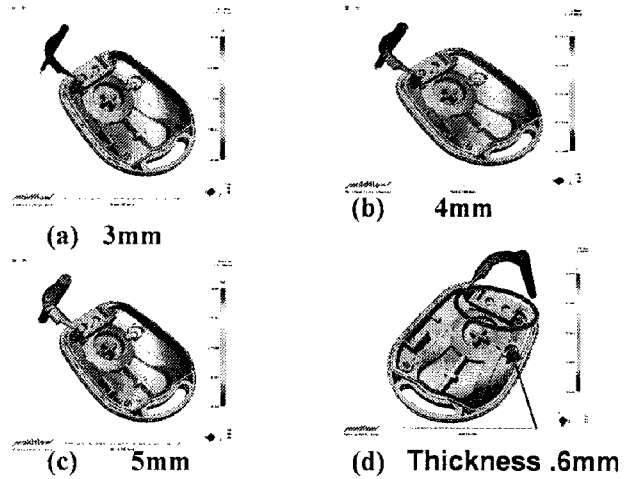


Fig. 4 Analysis result under runner size and Thickness (secondary injection)

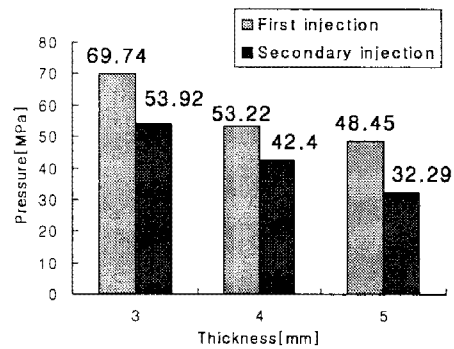


Fig. 5 Graph of pressure under runner size

Fig. 5 의 해석결과에서 1 차 성형의 경우 러너의 변화에 따른 유동형태에서 큰 차이를 보이지 않았지만, 성형중에 나타나는 압력에서 3mm(a)로 러너의 지름을 설정했을 경우 압력이 4,5mm(b,c)로 지름을 설정했을 경우보다, 약 20[MPa]정도 높게 나타났다. 또한, 러너의 치수가 5mm 일 때, 압력이 가장 낮았지만 4mm 일 때 압력과 큰 차이를 보이지 않았다. 때문에, 러너의 손실을 줄이기 위해 러너 치수를 4mm 로 결정하였다. 2 차 성형에서는 러너의 지름이 1mm 증가 할 때마다 약 10[MPa]씩 차이가 났지만, 러너의 치수가 4mm(Fig 4.(b))일 때, 게이트 반대편의 유동이 가장 양호하여, 러너의 치수를 4mm 로 하였다. 또한 Fig.5 그림에서 (d)제품의 유동형태에서 제품 측벽 부위의 두께(0.4mm)가 매우 얇아서 게이트 반대쪽으로의 유동이 어려워지고 이부분에 정체 현상이 일어났다. Fig. 6 은 제품의 두께를 기존의 두께 0.4 에서 0.6mm 까지 0.1mm 씩 증가해 가며, 해석을 수행한 결과를 보여준다. 해석결과에서 두께를 0.2mm 넓혔을 때, 벽면으로의 유동이 원활하게 개선되

있으며, Fig. 6 에서 확인 할 수 있듯 두께가 0.4mm 일 경우보다 압력이 약 18[MPa]정도 낮아졌다.

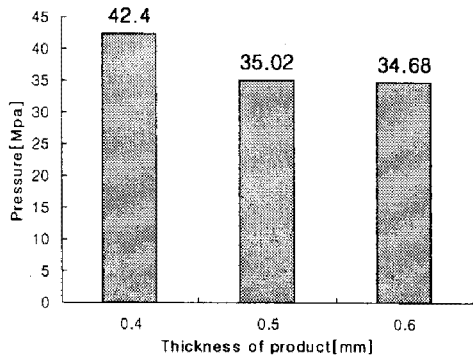


Fig. 6 Graph of pressure under thickness of product

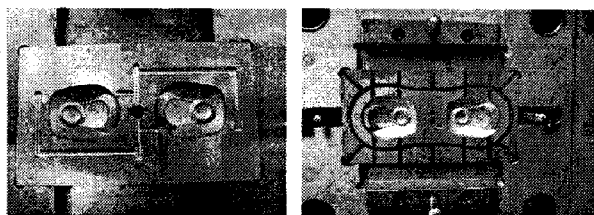
4. 금형설계 및 제작

사출성형에서 얻어진 결과를 통해 새로운 러너 시스템과 변경된 제품 두께를 금형에 반영하였다. Table. 3은 기존 금형에서 발생됐던 문제를 해결 하기 위한 금형설계방향을 나타낸다.

Table. 3 Direction of mold construction and production

금형 설계 방향	금형 구조 방향
금형의 내구성을 향상 할 수 있는 금형구조	열처리 금형으로 제작.
우레탄 2 차 사출을 위한 제품 삽입 시 찍힘 방지가 가능한 구조.	1 차 사출물이 2 차 우레탄 금형에 안착할 때 가이드를 설치하여 정확히 안착될 수 있는 구조로 제작.
제품의 밀착 상태 및 삽입성이 향상된 작업공정.	러너의 취출이 원활하여 이형제 등의 사용을 억제할 수 있는 구조.
생산성 향상을 극대화 할 수 있는 작업형태. Insert제품의 삽입성 및 검사가원활한 작업방법.	1차 코아 대비 2차 우레탄 금형 상측부의 형상 가공부의 편차를 줌으로 1,2차간의 틈새조정을 통한 수지흐름을 용이하게 할 수 있는 구조.

Fig. 7 은 Table. 3 을 적용하여 완성된 금형을 보여주고 있다.



(a) Before mold (b) New mold

Fig. 7 Comparison with Before mold

Fig. 8 는 완성된 금형을 통하여 생산된 제품이며, 기존에는 스프레이 작업을 하여 납품하였으나 지금은 후 가공없이 완제품으로 사용하고 있다.



Fig. 8 Finished product

5. 결 론

본 연구에서는 CAE 해석을 통해 불필요한 러너의 손실을 줄이기 위해 두 캐비티 사이의 가능한 최단거리로 하는 러너 시스템을 설계하였다. (Fig. 1 에서 Fig. 8 로)

러너의 크기를 결정하기 위해 1 차 성형에서는 압력과 러너의 손실, 2 차 성형에서는 게이트 반대쪽으로서의 유동불균의 이유로 러너의 크기를 4mm 로 선택하였다.

2 차 성형에서 발생하는 유동정체를 해결하기 위해 측벽의 두께를 0.6mm 로 설정했을 때 유동불량이 해결되었다.

또한 기존 금형에서 발생하던 불량 요인을 제거함은 물론, 기존 금형에서는 제품 표면이 좋지 않아 사출 성형 후 도장공정을 거쳐야 완제품으로써의 가치가 있었지만, 본 연구에서 제작한 금형을 이용한 사출공정에서는 사출품의 외관이 깨끗하여 도장공정을 생략할 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] Miguel Pazos, Juan Baselga, Julio Bravo, 2003, "Limiting thickness estimation in polycarbonate lenses injection using CAE tools", Journal of Materials Processing Technology 143-144, pp.438-441.

[2] Guo-Qiang Zheng, Wei Yang, 2007, "Flow-induced fiber orientation in gas-assisted injection molded part", Material Letters 61, pp.3436-3439

[3] Ming-Ching Yu, Wen-Bin Young, Pe-Ming Hsu, 2007, "Micro-injection molding with the infrared assisted mold heating system", Materials Science and Engineering 460-461, pp.288-295.

[4] 김옥래, 김무연, 이성희, 2006, "모바일폰 커버의 휨특성 평가를 위한 사출 성형에 관한 연구", 한국소성가공학회지, 제 15 권 제 1 호, pp.76-81.

[5] 권태현, 2004, "사출성형 CAE 설계지침", 문운당

[6] Kevin Alam, Musa R.Kamal, 2005, "A robust optimization of injection molding runner balancing" Computer and Chemical Engineering 29, pp.1934-1944.