

후육원형인서트제품사이드게이트적용사출성형시 문제점에 대한 해석적 고찰

Analytical Investigation on the Characteristics of Thick-Walled Circular Metal Inserted Injection Molding with side-located gate

*김건희¹, #윤김상¹, 손종인¹, 이정원¹

*G. H. Kim¹, #G. S. Yoon(seviaygs@kitech.re.kr)¹, J. I. Sohn¹, J. W. Lee¹

¹ 한국생산기술연구원 금형·성형연구부

Key words : Injection molding analysis, Thick-walled insert, Gate position, Packing pressure, Resin flow

1. 서론

사출성형공정은 전 산업적으로 가장 많이 적용되고 있는 생산 공정으로서 대부분의 플라스틱 제품이 사출성형공정을 통해 생산되고 있다. 특히 플라스틱 소재의 발달과 금형제작기술 향상으로 인해 경량성과 더불어 강도까지 확보할 수 있는 플라스틱 제품 및 부품들이 전기, 전자, 자동차 및 정밀 기계 분야 등의 제품 생산에 광범위하게 적용되고 있다^{1,2}.

자동차 및 정밀 기계 분야 등에 적용되는 다양한 부품들이 경량화 추세로 인하여 플라스틱 부품으로 교체되고 있으나, 기능 및 구조적인 측면에서 안정성을 확보하기 위하여 부품 중량이 일정 중량 이상이 되어야 하거나 강성 및 마모 측면에서 플라스틱 재료로 확보할 수 없는 수준의 물성이 필요한 경우에는 해당 부분에 필요한 물성을 가진 금속재료를 적용하는 경우가 많다. 이러한 경우 금속재료를 인서트로 하는 인서트 사출성형을 통하여 금속재료와 플라스틱이 혼합된 형태의 제품을 생산하게 된다. 인서트 사출성형 시에는 인서트가 또 다른 형태의 금형코어와 같은 역할을 하게 되므로 경우에 따라서는 플라스틱 수지의 유동성을 저하시킬 수도 있음에 따라 인서트의 형태에 적합한 게이트 위치 선정이 매우 중요하다. 게이트 설계는 일반적으로 사출금형 설계 시 제시되는 기본적인 사항들을 참고하여 형태 및 위치를 선정할 수 있으나, 성형제품의 다양한 형상에 최적화된 게이트의 위치를 표준화하기는 매우 어려우며, 다양한 게이트 위치에 따른 성형특성을 파악하기 위하여 시금형을 제작할 경우 경제적 손실 및 납기 지연 등의 많은 문제점이 발생할 수 있다. 따라서, 사출성형관련 연구에서는 성형해석을 통하여 게이트 위치에 따른 사출성형특성을 고찰하거나, 최적의 게이트 위치를 선정하는 경우가 많다³⁻⁶.

본 연구에서는 원형 형태의 금속 후육(thick-walled) 인서트를 적용한 인서트 사출성형 시 금속 인서트 측면에 게이트를 위치할 경우 발생하는 다양한 사출성형공정의 특징 및 문제점을 성형해석을 통하여 고찰하였다.

2. 사출성형 해석 조건 및 방법

Fig. 1과 Fig. 2는 원형 형태의 금속 후육 인서트 사출성형해석을 위하여 설계한 3D 모델 및 메쉬(mesh) 생성결과를 도시한 것이다. 성형품은 중앙부에 금속 인서트가 위치한 형태이고 게이트는 제품 측면부에 위치시켰으며, 미성형 및 제품 웰드라인(weldline) 방지를 위하여 게이트 위치 반대측면에 오버플로우(overflow)를 위치시켰다.

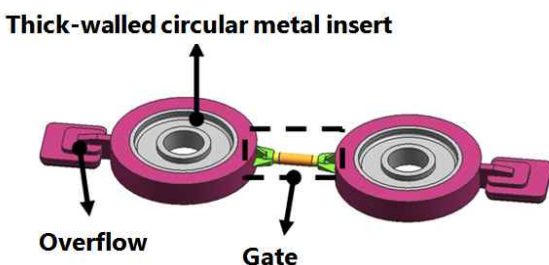


Fig. 1 3D model for CAE analysis

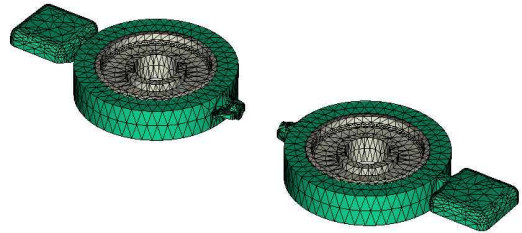


Fig. 2 3D mesh generation for CAE analysis

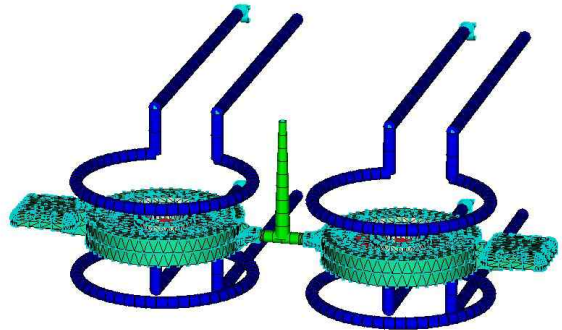


Fig. 3 Analysis model with gate, sprue and cooling channel

냉각채널의 경우 Fig. 3과 같이 플라스틱 수지가 충전되는 부분의 형태와 같이 원형으로 코어부 위, 아래에 위치하도록 설계하였으며, 사출성형해석 시 구동부품의 강성을 확보할 수 있음에 따라 주로 적용되는 폴리아미드계 수지와 유리강화섬유(glass fiber)가 혼합된 적용된 플라스틱 수지 물성을 적용하였으며, 세부적인 사출성형해석 조건은 Table 1과 같다.

Table 1 Analysis conditions

Injection time	3 sec
V/P switch over time	3 sec
Packing time	40 sec
Packing pressure	14 MPa
Mold temperature	75℃
Cooling time	120 sec

3. 사출성형 해석결과 및 고찰

사출성형해석 결과 플라스틱 수지의 유동선단 온도 변화는 8℃ 이하 수준임을 확인할 수 있었다(Fig. 4). 이와 같은 유동선단의 온도변화는 주어진 성형조건 하에서는 수지 유동성 저하로 인한 미성형 제품이 발생할 우려는 매우 낮음을 간접적으로 의미한다. 그러나, 수지 충전이 완료된 후, 즉 성형공정시간 중 12초가 경과한 이후의 온도 분포를 분석한 결과 Fig. 5에 볼 수 있듯이 게이트 부분의 수지 온도가 적용수지의 유리전이온도(glass transition temperature)인 220℃ 보다 낮아짐을 확인할 수 있었다. 성형공정시간 중 12초가 경과한 시점은 사출이 완료된 후 보압이 부여되는 보압 공정이며 이 과정 중에 게이트 부분이

유리전이온도 이하로 될 경우 보압이 전달될 수 없다. 또한 27초가 경과한 후에는 스프루 부분에서도 유리전이온도 이하로 수지 온도가 저하되는 현상을 확인할 수 있었음에 따라 사출 후 40초 동안의 보압과정 중 보압이 성형품에 충분히 작용하기가 매우 어려울 것으로 판단된다. 이와 같이 보압력이 불균일하게 작용함에 따라 성형품의 수지 밀도 분포도 Fig 6과 같이 매우 불균일하게 나타남을 확인할 수 있었다. 이와 같은 문제점이 발생하는 이유는 제품 측면부에 게이트가 위치하고 제품 중앙부에 원형형태의 금속 후속 인서트가 위치하고 있음에 따라 수지 유동거리가 길어지고 이로 인해 유속 및 압력 저하 등의 문제점이 과생되어 사출 후 수지 온도 분포가 큰 차이를 보이는 것으로 판단된다.

자동차 부품 제조시 주로 첨가되는 유리강화섬유의 경우 배향성, 즉 섬유가 나열되는 방향에 따라 제품의 강성 및 특성이 달라진다. 원형 인서트가 제품 중앙부에 위치하고 게이트가 측면에 위치할 경우 Fig 7과 같이 여러 방향 중 첫 번째 주 방향인 수지유동방향으로 유리강화섬유가 집중적으로 나열되는 것으로 해석되었다. 일반적으로 섬유의 배향 특성은 모든 방향에 대하여 고르게 분포하는 것이 바람직하나 본 논문에서 분석한 인서트 사출성형 시 게이트가 측면에 위치할 경우 유리강화섬유의 배향 특성도 매우 불리해짐을 해석결과에서 알 수 있었다.

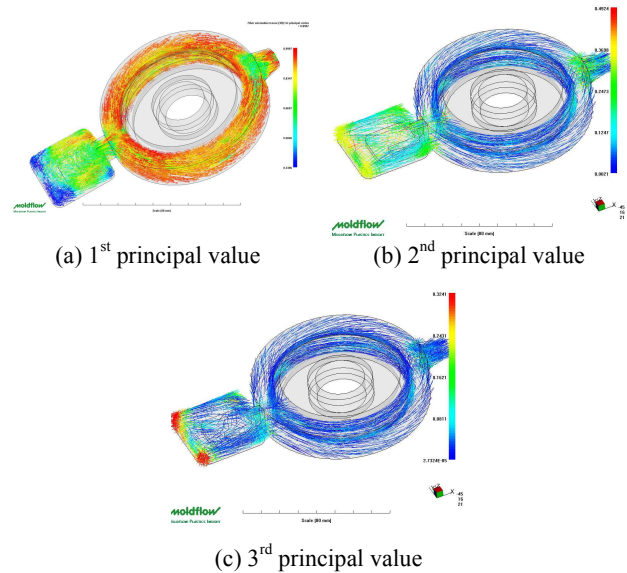


Fig. 7 Analysis result of fiber orientation tensor

4. 결론

본 논문에서는 금속 인서트가 제품 중앙부에 위치한 플라스틱 부품의 성형시 게이트가 측면부에 위치할 경우 발생하는 문제점 및 특징들을 성형해석을 통하여 고찰하였다. 해석 시 구동용 부품에 많이 적용되는 폴리아미드계 수지에 유리강화섬유가 첨가된 수지의 물성을 적용하였으며, 해석을 통해 유동선단 온도, 사출 후 수지온도 변화 경향, 사출 후 수지밀도, 유리강화섬유의 배향 특성 등을 분석하였다.

유동선단 온도를 분석한 결과 사출성형시 수지의 유동성에는 큰 문제가 없음에 따라 수지의 충전은 문제없이 될 것으로 판단되나 사출 후 보압과정에서 게이트 부분 및 스프루 등에서 수지의 고화가 부분적으로 발생됨을 확인할 수 있었으며, 이로 인해 충분한 보압이 전달되지 못해 수지의 밀도분포가 불균일해짐을 알 수 있었다. 또한, 게이트가 제품 측면부에 위치할 경우 유리강화섬유의 배향 특성도 제품의 강성 및 특성에 매우 불리한 영향을 줄 것으로 해석결과를 통해 확인할 수 있었다. 따라서, 원형 인서트를 이용하여 원형 형태의 제품을 인서트 성형할 경우에는 게이트를 측면부에 위치하는 것보다 사출 시 수지의 짧은 유동거리 확보를 통해 수지 온도 분포 및 유리강화섬유 배향특성 측면에서 보다 유리한 제품 특성을 확보하는 것이 중요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Irvin I. Ru bin, "Injection Molding Theory and Practice," John Willey & Sons, 3~11, 1972.
2. D. G. Baird, D. I. Collias, "Polymer Processing," John Willey & Sons, 277~282, 1998.
3. 노태정, 김경수, "자동차부품용 알루미늄인서트 사출성형 공정 구현에 관한 연구," 한국정밀공학회지, 25, 43~51, 2008.
4. 이찬우, 허용정, "사출성형을 위한 게이트-런너 지적설계시스템에 관한 연구," 한국정밀공학회지, 18, 192~203, 2001.
5. 임원길, 김영일, 설권, "사출성형의 게이트 위치 최적화," 한국정밀공학회 1996년도 춘계 학술대회논문집, 787~791, 1996.
6. 안동규, 김대원, "사출성형해석을 통한 자동차 Floor Console 금형 Gate 위치 선정," 한국정밀공학회 2007년도 춘계 학술대회논문집, 449~450, 2007.

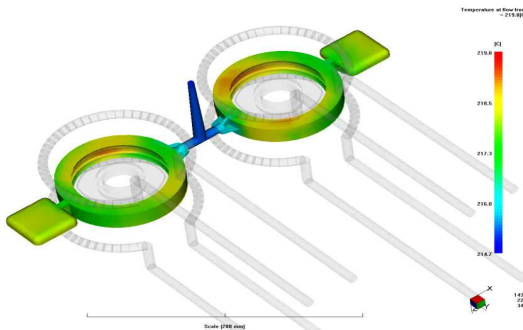


Fig. 4 Analysis result of flow front temperature

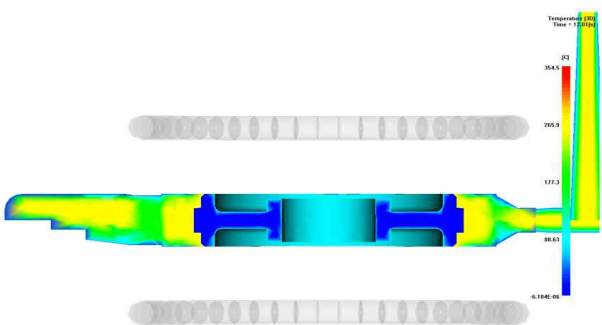


Fig. 5. Analysis result of resin temperature (after 12sec)

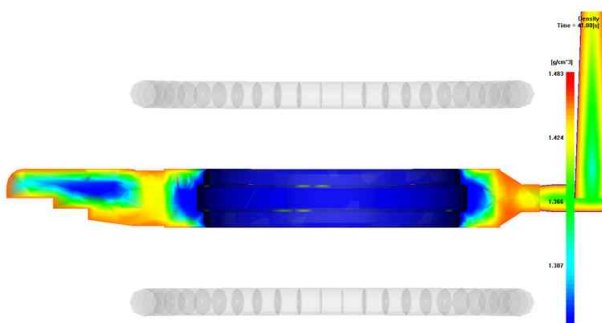


Fig. 6. Analysis result of resin density distribution (after 40sec)