

사출구조 연성해석을 통한 금형의 변형 거동 연구

Study on the deformation of mold using the structural analysis in conjunction with the molding analysis

*최재혁¹, 허부용¹, 김장환¹, #이병욱¹

*J. H. Choi¹, B. Y. Huh¹, J. H. Kim¹ #B. O. Rhee(rhex@ajou.ac.kr)¹

¹아주대학교 기계공학과

Key words : Injection molding analysis, Flash, Burr, Structural analysis

1. 서론

사출성형은 사출성형기를 사용하여 용융된 수지를 금형 내부에 주입한 후 고화시켜 제품을 생산하는 공정이다. 짧은 시간 내에 대량의 제품을 생산할 수 있는데 공정의 장점이 있으나 이러한 장점은 제품 생산 중 불량률이 발생되지 않는다는 전제하에 얻을 수 있다. 싱크마크(Sink Mark), 은줄(Silver streak) 등의 결함은 제품의 품질을 저하시킬 뿐만 아니라 문제 해결을 위한 추가적인 비용이 지불되므로 제품의 원가가 높아지게 되어 사출성형의 장점이 없어지게 된다. 본 연구에서 중점을 두고 있는 버 발생의 경우 내압이 크게 발생하는 대형 사출성형 제품에서 빈번하게 나타나고 있는 문제이다. 일반적으로 대형 사출성형 제품에서 나타나는 버는 사람이 수작업으로 제거하고 있는데 이는 제품 생산성의 저하를 가져온다.(1-2).

이전 연구에서는 버 발생을 방지하기 위하여 형합면압센서를 설계하였고 센서작동의 검증은 사출해석과 구조해석의 연계를 통하여 수행하였다(3). 그러나 이전 연구에서는 사출공정이 진행됨에 따라 단순히 형합면에서 발생되고 있는 변형률의 변화만을 시간의 흐름에 따라 표시하였고 실질적인 버 발생 시 금형의 변형 거동을 보여주지 않았다.

본 연구에서는 이전 연구에서 분석하지 않은 금형의 변형 거동을 사출-구조 연성해석을 통하여 사출공정의 흐름에 따라 표시하였다. 또한 금형의 최종 변형 상태를 확인하여 금형내부에 응력의 분포가 어떻게 이루어져 있는지 분석을 하였다.

2. 사출-구조 연성해석

해석에 사용된 형상은 자동차 범퍼 형상으로 Fig. 1 에 표시하였다. 수지는 제일모직사의 HF-10231M (filled polypropylene)을 사용하였으며 사용된 요소는 삼각형 요소이다. 총 개수는 약 30000 개 정도이며 Autodesk 사의 AMI 2012 를 이용하여 해석을 수행하였다.

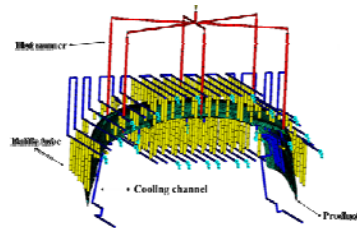


Fig. 1 FEM model for the molding analysis (3)

구조해석에서는 실제 금형이 작동하는 상황을 최대한 반영하기 위하여 금형 뿐만 아니라 사출기의 형판까지 같이 모델링을 하여 구조해석을 수행하였으며, 세부적인 형상과 경계조건은 Fig. 2 에 나타내었다.

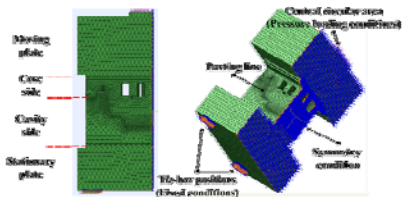


Fig. 2 FEM model for the structural analysis (3)

3. 금형의 변형 거동

사출-구조 연성해석 수행결과 시간에 따른 금형의 변형 거동을 Fig. 3에 나타내었다. 현재 총 6개의 게이트가 사용되었는데 중심부 게이트를 제외한 두 번째 게이트들이 열리는 시점이 4.6 초이며 9.4 초에 충전이 완료된다. 또한 실제의 변형보다 과장되게 만들어 눈으로 확인 가능하도록 변형을 나타내었다.

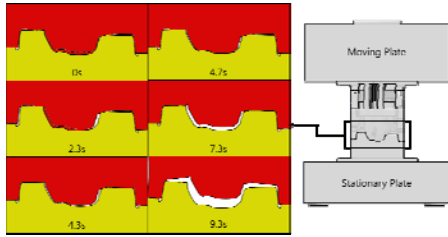


Fig. 3 The deformation mode of the mold

Fig. 3에서 좌측 그림이 해석 결과를 나타낸 그림이며 중앙에 시간을 표시하였다. 0 초는 금형이 체결된 상황을 나타낸다. 2.3 초에서는 제품의 우측 두께가 좌측 두께에 비해 두꺼워 지는 현상이 나타나는데 중심부 게이트가 열리는 시점이 틀리기 때문에 나타난 현상이다. 4.3 초까진 연속적으로 두께가 증가하다 4.7 초에 도달해서는 다시 두께가 감소되는 것을 확인할 수 있는데 이는 중심부 게이트 외 나머지 게이트들이 열려 중심부 게이트 주변부 내압이 감소되는 현상이 나타난 것이다. 보압직전 금형의 변형 상태는 9.3 초로 내압이 가장 크게 발달되는 시점이므로 변형도 또한 가장 큰 것을 확인할 수 있다.

버가 발생할 때 금형의 구조적인 변화는 9.3 초에 나타난 변형도에 명확히 나타나있다. 금형 형합면의 전체가 벌어지는 것이 아닌 제품면에 가까운 국부적인 형합면에 틈이 생겨 용융된 수지가 주입되어 버 발생이 된다.

Fig. 4는 금형의 최종 변형 거동을 과장되게 표현한 그림이다. 금형의 거동 방향은 Z 축 방향이므로 변형 또한 Z 축만 발생할 것이라 예상되나 해석 결과 원안의 화살표 방향인 X 방향으로의 변형 또한 발생하고 있었다. 제품의 형상이 비대칭이나 금형설계 시 비대칭성을 고려하지 못하여 내압에 의해 발생한 응력의 좌우 불균형

때문에 발생한 결과이었다. 이로 인하여 제품의 두께 편차나 버 발생의 확률 또한 높아지게 된다.

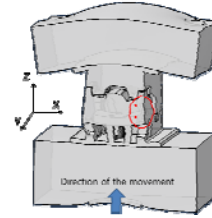


Fig. 4 The total deformation of the mold

4. 결론

사출-구조 연성해석을 통하여 금형의 변형 거동을 파악할 수 있었다. 형체력이 충분하여도 형합면의 탄성변형으로 버가 발생할 수 있는 것을 확인하였다. 해석 대상 금형에서는 수직방향의 응력뿐만 아니라 좌우 비대칭적인 형상으로 인한 회전모멘트가 발생하고 있었다. 이와 같은 금형변형은 본 연구에서 실시한 사출-구조 연계 해석을 통해 설계단계에서 미리 판단하여 적절한 조치를 취함으로써 제품의 품질을 높이고 금형의 내구성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단한다.

후기

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술재단의 전략 기술 인력 양성 사업에 의해 수행된 연구 결과임

참고문헌

1. Z. Chen, A. J. Giacomini and L. Turng, "Flash," Polymer Engineering and Science, 46, 241-247, 2006.
2. H. Higuchi, H. Goto and K. Koyama, "Effect of Processing Conditions on Flash Generation," Polymer Engineering and Science, 45, 238-247, 2005.
3. J. H. Choi, J. S. Tae, H. P. Park, B. S. Cha and B. O. Rhee, "Prediction of the flash occurrence by the structural analysis in conjunction with the molding analysis," ANTEC, 2012.