

우레탄레진(TSR-755)을 적용한 시작형 사출금형 연구

김광희^{1*}, 김정식¹

¹(재)인천테크노파크 기술혁신본부

Injection mold development applying starting mold material, urethane resin(TSR-755)

Kwang-hee Kim^{1*} and Jeong-sik Kim¹

¹Division of Technical Innovation, Incheon Technopark

요 약 본 연구에서는 우레탄레진(TSR-755)을 이용하여 레이저 조형으로 시작형 몰드를 가공하고, 상용패키지(Unigraphics)를 이용하여 자동차 단자함 케이블 케이스를 설계한 후 사출성형해석(Simpoe-Mold)을 사용하여 충전, 보압, 냉각, 변형해석을 수행하여 게이트 위치 선정 및 냉각 사이클 등을 검토 하였다. 해석결과, 세라믹소재 가공 후 사출금형에 인서트시켜 성형 시 열전도도 및 냉각시간을 줄여 줌을 확인할 수 있으며, 게이트 및 냉각라인 선정을 빠른 시간에 결정할 수 있어 생산성 향상을 가져올 것으로 나타났다.

Abstract In this study, we used the commercial package (Unigraphics) to construct a junction box cable car when laser plastic parts have been processed using urethane resin(TSR-755) as a starting mold material. After construction, we carried out the filing, packing, cooling, and deforming analyzation using Injection Molding Analysis (Simpoe-Mold) to determine the gate positioning and automatic cooling cycle through the examination. The results show that inserting into the injection mold after processing ceramic has reduced the time of thermal conductivity of molding and cooling; and quick selection of gates and cooling lines could possibly cause an improvement of productivity.

Key Words : Urethane Resin, Starting Mold, Simpoe-Mold, Injection Molding, Gates

1. 서론

1.1 연구 배경

사출성형공정은 제품을 대량으로 신속, 정밀하게 그리고 탁월한 반복 정밀도를 유지하면서 최소 비용으로 생산할 수 있는 장점을 가지고 있다. 최근 다품종소량생산이 일반화되면서 시작형 몰드제작의 관심과 중요도가 높아지고 있다. 보통 제품의 제작수량은 단가와 반비례관계를 가지고 있으며, 어떤 금형제작으로 생산하느냐에 따라 제작비에 영향을 미친다.

지금까지 사출성형해석에 관한 연구는 다수 수행되어 왔으나, 사출공정의 CAE해석이 주를 이루어왔다. 최근에 다수 캐비티 사출시 균형 충전을 위한 러너시스템을 CAE해석과 사출성형 시험을 병행하여 충전패턴을 파악

하는 연구가 있었다.[1]

또한, 축전기용기 사출시 게이트개선을 통한 생산공정 단순화를 위해 CAE해석으로 성형품질 개선이 가능함을 보이거나, 자동차기어박스커버를 대상으로 사출성형 해석을 수행하여 충전시간, 기포생성, 웰드라인 형성을 등을 예측하여 최적조건의 도출하려는 시도가 있었다.[2, 3]

이와 같이 기존의 금형에 사출조건을 최적화하려는 연구가 다수 이루어졌으나, 다품종 소량생산을 위하여 일부 적용되고 있는 쾌속조형기를 이용한 시작형 몰드의 사출성형 해석과 제작에 관한 연구는 많지 않았다.[4]

1.2 연구 목적

쾌속조형기를 이용한 시작형 몰드는 금속형에 비해 기계적인 강도가 약하여 실제 성형을 하는 경우에 사출압

*Corresponding Author : Kwang-hee Kim

Tel: +82-32-260-0814 email: kkhkbs@itp.or.kr

접수일 12년 09월 07일 수정일 12년 09월 26일

게재확정일 12년 10월 11일

력을 크게 낮추는 것이 필요하다. 또한 광조형 몰드의 열전도율이 기존 금속형에 비해 나쁘기 때문에 온수에 의한 예열시간을 충분히 해야 하는 등의 고려가 필요하다.

이와 같이 쾌속조형에 의한 시작형 몰드의 단점에도 불구하고, 기존 시작형 금형과 비교하여 다품종 소량생산 시스템에 적용이 가능하고 제작기간의 단축 및 비용의 절감이 가능하므로 본 연구에서는 실제 시제품제작공정에 적용하여 소량생산 파트의 생산성 향상과 원가절감을 실현하고자 하였다.

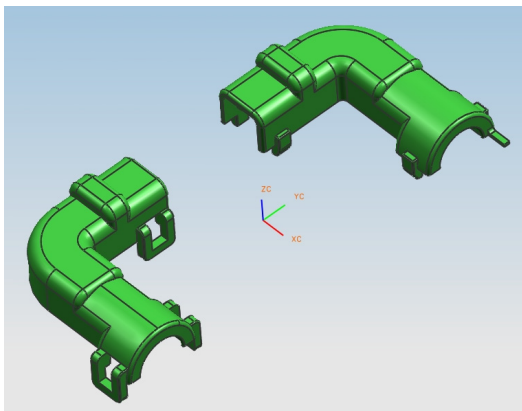
이를 위하여 표면경도가 높고 수축이 적으며 내열성이 다른 레진에 비해 우수한 것으로 알려진 폴리우레탄레진인 일본 CMET사의 TSR-755을 사용하였다.[5]

시제품 파트로 자동차용 단자함 케이블 케이스를 선정하여 게이트 선정 및 냉각라인을 빠른 시간에 결정할 수 있는 조건들을 해석하고, 캐비티 및 코어를 만들어 몰드에 인서트시켜 사출성형의 문제점과 성형 품질을 파악하고자 하였다.

2. 설계 및 해석

2.1 제품설계

본 연구에서는 선정된 자동차 케이블용 케이스는 사출성형의 일반적인 모델로 좌우대칭으로 결합되는 형태를 하고 있다. 그림 1은 그 솔리드 모델을 나타내는데 90도로 꺾인 케이블을 감싸서 지지하는 역할을 하게 된다.

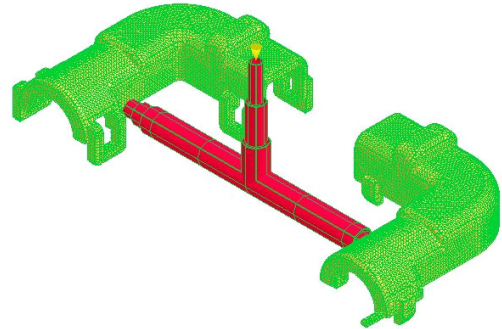


[그림 1] 케이블케이스의 솔리드 모델
[Fig. 1] Solid model of cable case

2.2 사출해석

그림 2는 사출성형 해석하기 위해 Unigraphics NX 4.0을 이용하여 3차원 모델을 만들고, 여기에 통상적인 게

트의 위치를 선정하고 게이트 두께를 파트 살두께의 30~70%를 기준으로 설계하였다.[6] 다음의 표 1에는 설계된 모델의 물리량을, 표 2는 사출조건을 표시하였다.



[그림 2] 해석을 위한 유한요소 모델
[Fig. 2] Mesh generation of model

[표 1] 모델의 유한요소와 물리량
[Table 1] FEM nodes & quantity

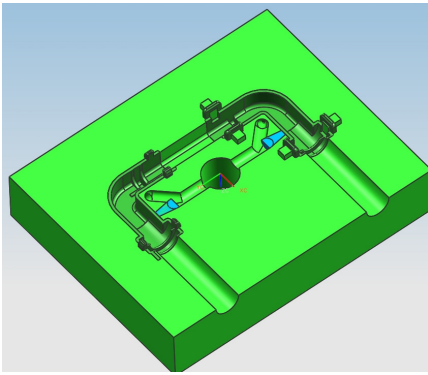
유한요소수	34,851
유한요소 Nodes	17,455
체적 (cm ³)	1.987
중량 (g)	2.006
mesh volume	x : 34.408(mm)
	y : 73.660(mm)
	z : 12.648(mm)

[표 2] 사출 조건
[Table 2] Condition of injection molding

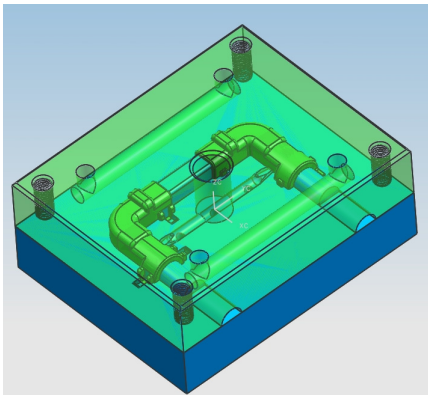
사용수지	Nylon 6
충전시간(sec)	2
수지사출온도(°C)	240
금형벽면온도(°C)	38
최대사출압력(MPa)	150

2.3 몰드설계

파트 데이터를 바탕으로 그림 2의 사출해석모델을 구현할 수 있도록 몰드를 설계하였다. 그림 3은 각각 캐비티와 조립도를 나타낸다.



[그림 3] 시작형 몰드 설계 데이터
[Fig. 3] Design data of starting mold



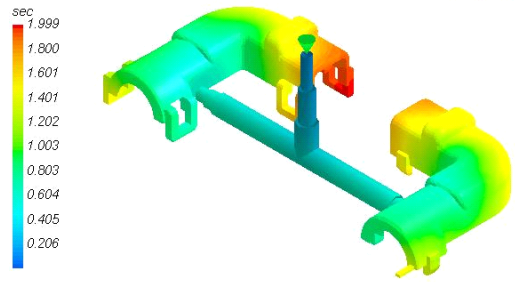
3. 결과 고찰

그림 2의 해석모델을 바탕으로 사출성형 해석 패키지인 Simcoe-Mold를 이용하여 충전, 냉각, 변형해석을 각각 수행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

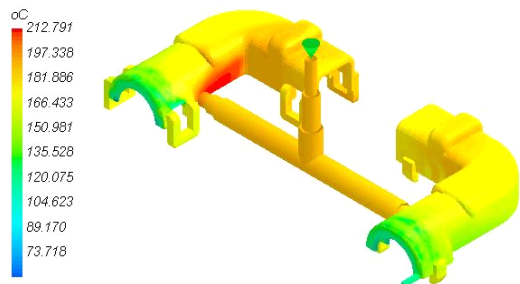
3.1 사출 해석 결과

그림 4는 모델의 충전시간을 나타낸다. 게이트를 중심으로 대부분 1초 이내로 수지가 채워지며, 게이트에서 가장 먼 끝단까지는 2초 정도가 걸리는 것으로 나타났다.

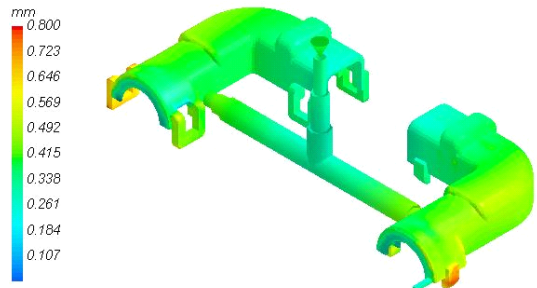
그림 5는 충전완료 후 수지의 평균온도를 표시하는데 게이트 출구부분에서 온도가 높음을 알 수 있으며, 그림 6은 냉각이 끝난 후 선형수축인데 좌우결합부의 두께가 상대적으로 얇은 부분에서 나타남을 보인다.



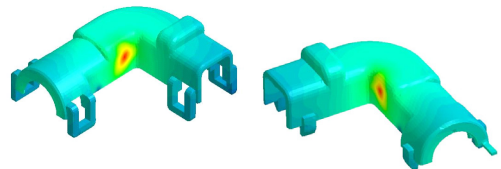
[그림 4] 수지 충전시간
[Fig. 4] Filling pattern and time



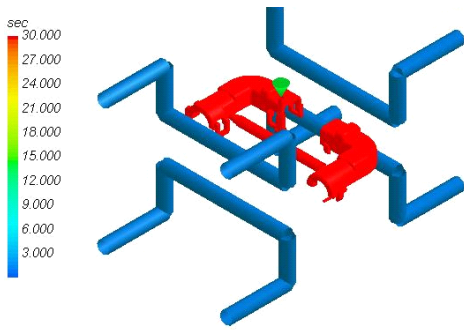
[그림 5] 충전완료 후 수지 평균온도
[Fig. 5] Average temperature of resin



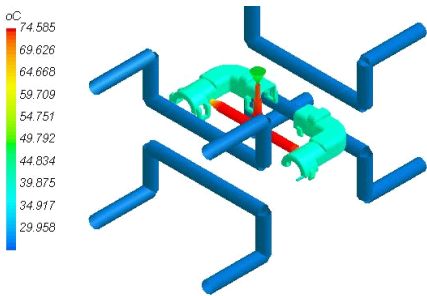
[그림 6] 냉각완료 후 선형 수축
[Fig. 6] Linear shrinkage after finished cooling



[그림 7] 게이트 최적 위치 결과
[Fig. 7] Optimum position of gate



[그림 8] 파트의 냉각소요 시간
[Fig. 8] Design data of starting mold



[그림 9] 냉각완료 후 파트 온도
[Fig. 9] Parts temperature after finished cooling

그림 7은 게이트 위치 우선지수를 통해 게이트 최적 위치를 나타내는데 경험적으로 설계한 그림 2의 모델보다 게이트의 위치가 전체적으로 무게 중심쪽을 향하고 있다.

그림 8은 금형에 일반적인 냉각라인을 구성했을 때, 파트의 냉각소요시간을 나타낸다. 파트가 크지 않고 두께 차이가 적으므로 냉각시간의 차이가 거의 나지 않는 것으로 생각된다.[7]

그림 9는 냉각완료 후 파트의 온도인데 파트가 전체적으로 34~39℃로 균일하게 유지되고 있으므로 특별히 변형이 집중되는 부분은 없을 것으로 판단되었다.

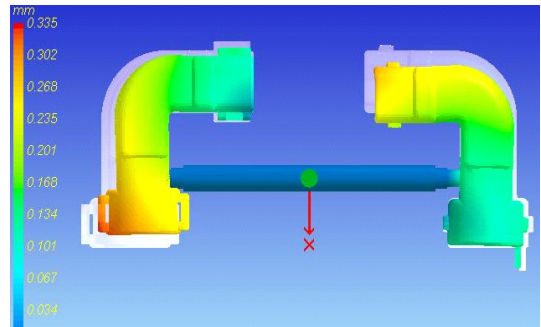
그림 10은 전체적인 파트의 변형해석결과인데, 좌우 결합부에서 변형이 제일 큰 것으로 나타나 향후 세부적인 설계보완이 필요한 것으로 판단된다.

3.2 몰드 시제품

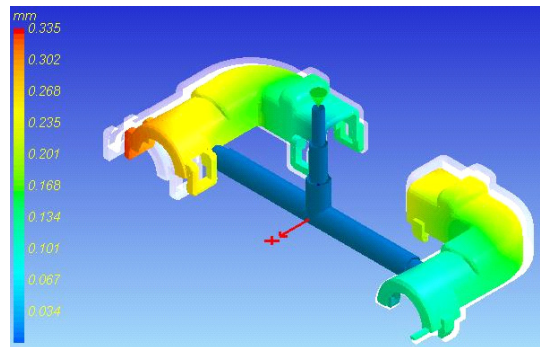
그림 11은 사출 성형 모델을 바탕으로 우레탄레진(TSR-755)을 쾌속조형기(일본 C-MET사, Soliform-250)로 시작형 몰드를 가공한 결과로, 실제 크기(W*L*D)는 100mm*80mm*20mm로 제작되었다.

그림 12는 사출 해석조건과 동일하게 표 2와 같은 조

건으로 사출한 결과이다. 파트의 일부분에 얇게 Burr가 발생되었으나, 전체적인 성형은 양호하였다. 그림 13은 시작형 몰드를 일부 수정하여 얻은 자동차 케이블용 케이스의 최종 결과물이다. 사상작업 후 기존 시작형 금형을 통해 생산한 파트에 근접한 성형 품질을 얻을 수 있었다.

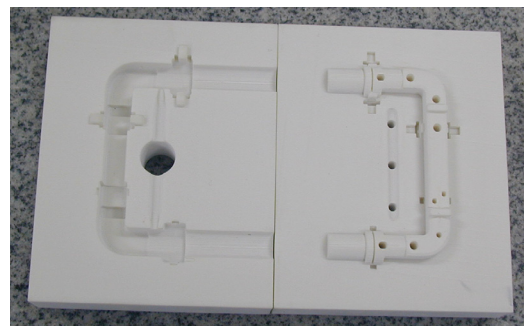


(a) 정면

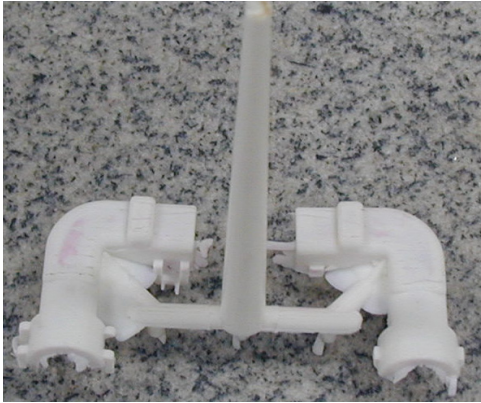


(b) 측면

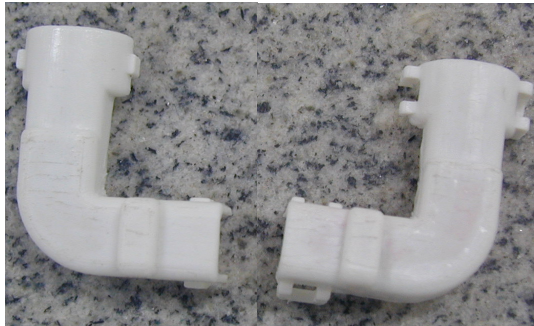
[그림 10] 변형 해석결과
[Fig. 10] Result of corruption analysis



[그림 11] 광조형으로 제작한 캐비티와 코어
[Fig. 11] Rapid prototype of cavity & core



[그림 12] 시작형 몰드를 이용한 사출시제품
[Fig. 12] Trial manufactured parts



[그림 13] 사상작업 후의 케이블 케이스
[Fig. 13] Final result of cable case

4. 결론

본 연구에서는 자동차 케이블케이스 모델을 충전, 냉각, 변형 해석 등 사출해석을 수행하였고, 우레탄레진 (TSR-755)은 이용하여 시작형 몰드를 제작하고 시사출 결과물을 얻어 다음의 결론을 얻었다.

- 1) 충전, 냉각, 변형 등 사출성형 해석을 통해 게이트 위치선정과 냉각라인, 사이클 등 공정지침을 얻음으로서 사출 품질과 공기단축, 생산성 향상에 기여할 수 있다.
- 2) 사출해석과 우레탄레진을 이용한 시작형 몰드의 제작과 활용으로 기존 사출시제품제작공법과 동등한 성형품질을 확보 할 수 있다.
- 3) 시작형 몰드를 사출금형에 인서트시켜 성형 할 경우, 열전도도 및 냉각시간을 줄여 주어 생산성 향상이 가능하다.

References

- [1] Kang-Il Jeon, Seung-Kyu Noh, Dong-Hak Kim, "A study on the runner system for filling balance in multi-cavity injection molds", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 12, No. 4, pp. 1581-1588, 2011.
- [2] Young-Uk Lee, "A Study on the Battery Case Injection Molding by CAE Analysis", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 12, No. 1, pp. 55-61, 2011.
- [3] Tae-Jung Lho, Kyung-Soo Kim, "An Analysis of Plastic Injection Molding Process for Automobile Gearbox Cover by Moldflow", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 9, No. 6, pp. 1494-1499, 2008.
- [4] Hong-Jin Yoo, Dong-Hak Kim, S.W. Jang, Tae-Wan Kim, "Fabrication of micro structure mold using SLS Rapid Prototyping", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 5, No. 2, pp. 186-190, 2004.
- [5] Kwang-Hee Kim, Jeong-Sik Kim, Yun-Young Lee, "The effect of cooling channel in prototype mold(TSR-755)", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 10, No. 4, pp. 702-706, 2009.
- [6] Youngduk Jung, Bonhong Ku, "Successful Injection Molding", Intervention, pp. 159-178, 2006.
- [7] CAE Lab. "Moldex 2000, Case Studies", Coretech, 2001.

김 광 희(Kwang-hee Kim)

[정회원]



- 2005년 2월 : 국민대학교 대학원 기계설계공학과 (공학박사)
- 2012년 8월 ~ 현재 : (재)인천테크노파크 기술혁신본부 본부장

<관심분야>

CAD/CAM/CAE, 정밀가공, 최적설계

김 정 식(Jeong-sik Kim)

[정회원]



- 2002년 3월 : 일본 큐슈대학 대학원 총합이공학연구과(공학박사)
- 2012년 8월 ~ 현재 : (재)인천테크노파크 기술혁신본부 선임연구원

<관심분야>

열전달촉진, 에너지효율향상, 신재생에너지