

액상실리콘 사출금형에서 플라스틱 인서트 두께가 박막 실리콘 성형부 경화도에 미치는 영향에 대한 시뮬레이션

A Simulation for The Effect of Plastic Insert Thickness on Degree of Cure in Thin walled Silicone Molded Part with Liquid Silicone Injection Mold

*,#이성희¹, 이종원¹, 강정진²

*S. H. Lee¹(birdlee@kitech.re.kr), J. W. Lee¹, J.J.Kang²

¹한국생산기술연구원 금형기술센터, ²한국생산기술연구원 융합생산기술연구그룹

Key words : Liquid Silicone, Injection Mold, Plastic Insert, Degree of Cure, Simulation

1. 서론

LSR(liquid silicone rubber)은 사출성형측면에서 고유동성이 확보된 수지이며, 내열성, 전기적 특성, 내습성, 내수성, 내약품성, 내후성 및 난연성의 특징을 갖는 수지이다. 또한 실리콘 재료의 특징인 화학적으로 불활성이고 인체 내에서 안정하여 전기, 전자, 자동차, 의료, 스포츠 및 여러 산업분야에서 응용범위가 계속적으로 확대되고 있는 실정이다. 단 재료가 일부 용도에 대하여 대응하지 못하는 점이 있고 다른 고무에 비해 고가라는 결점도 있어 금형기술에 대한 활발한 연구가 진행되지 못하고 있는 실정이지만, 최근 전자 부품에서 초기 응력이 파손에 미치는 영향에 대한 연구^[1], 연료전지에서 밀봉 재료로 사용시 사용수명에 대한 연구^[2]들이 계속적으로 진행되고 있다.

따라서 본 연구에서는 가격경쟁력이 확보된 열가소성 수지를 인서트로 사용한 두께 500 μ m, 면적 50x50mm의 박막 LSR 곡면 인서트 사출금형에 대한 연구를 수행하였다. 열가소성 플라스틱 인서트를 고려한 액상 실리콘 사출성형해석을 수행하여 성형과정에서의 인서트 상부의 온도변화 및 열경화성수지인 LSR의 경화도를 살펴보았으며, 시뮬레이션 결과로부터 최종 개발 금형에 사용될 수 있는 열가소성 플라스틱 인서트의 두께 결정이 가능하였다.

2. 열전달 및 유동해석조건

플라스틱 인서트는 일반 금형강 재료에 비해 매우 낮은 열전도 특성으로 인해, 액상실리콘 수지가 금형으로 유입시 금형의 열전달을 방해하는 절연물질로 작용할 수 있게 되므로, 액상실리콘 수지의 안정적인 경화 및 생산성을 확보하기 위해서는 플라

스틱 인서트의 두께에 대한 최적화가 필요하다. Fig. 1에서는 두께 500 μ m(t_{sic}), 면적 50x50mm의 액상실리콘 인서트 사출성형과정에 대한 열전도 개념도를 보여주고 있으며, 열가소성 플라스틱 인서트(t_{ist})의 두께 변화에 따른 액상실리콘 수지와 인서트가 접하는 부분에 대한 온도 변화 특성을 얻기 위해 사출유동 전용 프로그램인 MoldflowTM, AMI 2011을 사용하여 반응성형(Reactive Molding) 해석을 수행하였다. 이때 해석은 평판 인서트 모델에 대해 해석을 진행하였다. 해석에 사용된 열가소성 플라스틱 인서트의 재질은 제일모직의 폴리카보네이트 LB1020이며, 기계적 물성치는 Table 1에 제시하였다.

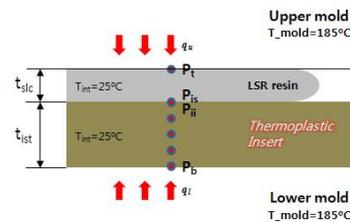


Fig. 1 Schematic diagram of LSR injection over-molding on thermoplastic insert part(t_{sic} =500 μ m)

Table 1 Mechanical properties of thermoplastic insert

Properties	Value	Unit
Density(ρ)	1.288	g/cm ³
Specific heat(C_p)	1.717	J/kg $^{\circ}$ C
Thermal conductivity(k)	0.23	W/m $^{\circ}$ C
Elastic modulus(E)	2,280	MPa
Poisson's ratio(ν)	0.417	-
Coefficient of thermal expansion(CTE)	7.3e-05	1/ $^{\circ}$ C

또한 인서트 부품표면에 오버몰딩(over-mold-

ing)될 액상실리콘수지는 다우코닝의 SILASTIC 9280/50E이다. 시뮬레이션에는 반응점도모델과 Kamal 모델이 사용되었다.

3. LSR 오버몰딩 해석결과 및 고찰

액상실리콘 수지가 오버몰딩될 플라스틱 인서트 부품의 두께 변화에 따른 인서트 상부의 과도 온도 변화결과를 Fig. 2에 제시하였다. 액상실리콘의 수지 온도는 23도, 금형온도는 185도, 충전시간은 0.5 초로 일정하게 한 후 인서트 모델의 두께 변화 (0.3~1.5mm)에 따른 실리콘 수지와 만나게 되는 인서트 상부 중앙의 온도변화 결과를 보여주고 있다.

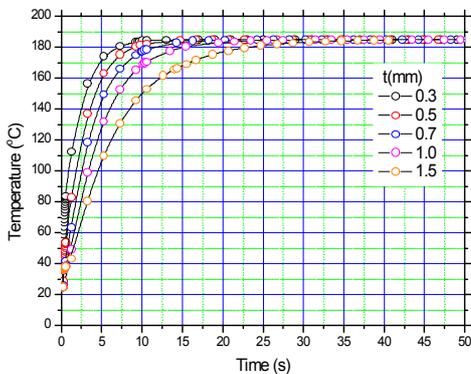


Fig. 2 Effect of thermoplastic insert part thickness on variation of transient temperature for the top surface of insert part at global center point

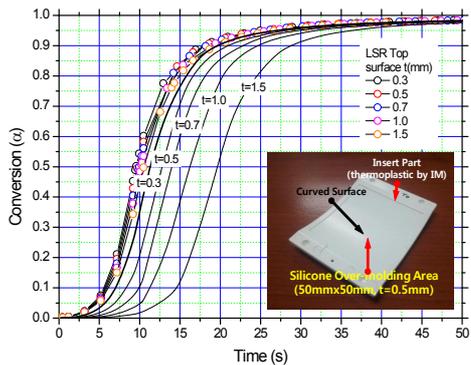


Fig. 3 Effect of thermoplastic insert part thickness on the conversion of liquid silicone rubber top and bottom surfaces

결과에서 보듯이 일정온도에 도달되기 위해서는 인서트 모델의 두께가 얇은 것이 좋으나, 0.3mm와 같이 너무 얇게 되면 인서트 부품 자체의 사출성형

이 매우 어렵게 된다. 그러나 두께가 1mm이상인 경우는 금형온도에 도달되는데 15초 이상이 소요되므로 생산성 측면에서는 불리하게 작용될 수 있다. 한편 Fig. 3에서는 각 인서트 두께변화에 대한 액상실리콘수지의 금형과 접촉하는 상부면과 플라스틱 인서트와 접촉하는 하부면 중 모델의 중앙부분에서의 시간변화에 따른 경화도(degree of cure)를 보여주고 있다. 실리콘 수지의 상부는 185도 금형면과 직접 접촉하게 되므로 인서트의 두께에 상관없이 일정한 경화도 경향을 보이나, 하부면의 경우는 플라스틱 인서트 두께의 증가에 따라 경화도가 지연됨을 볼 수 있다. 본 모델의 경우 취출이 가능한 경화도를 0.5로 가정할 때 인서트의 두께가 0.3mm인 경우도 상부 대비 약 2초의 지연이 발생되고, 두께가 가장 두꺼운 1.5mm인 경우는 약 8초 이상의 경화도 지연이 발생됨을 볼 수 있다. 이러한 지연 결과는 실리콘 성형부의 두께 방향 불균일 경화를 발생시켜 최종성형품의 품질에 영향을 미칠 수 있으므로, 인서트의 사출성형을 고려하여 최소화 하는 것이 필요함을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 액상실리콘수지가 오버몰딩 될 플라스틱 인서트 부품의 두께에 대해 과도열전달과 경화도특성을 고려한 최적설계연구를 수행하였으며, 시뮬레이션을 통해 열경화 액상실리콘의 두께 방향 경화도 차이를 최소화 하면서 인서트의 사출성형을 보장할 수 있는 액상실리콘 사출성형용 플라스틱 인서트의 최적설계 및 사출성형이 가능하였다.

후기

본 연구는 지식경제부 (10F-M3-0020), (10F-M2-0040), 중소기업청 (10S-E1-0013)에 의해 진행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Yuanxiang, Z., Jianyi, W., Haihang, C., Qiong, N., Qinghua, S., and Yunshan, W., "The influence of pre-stressing on breakdown characteristics in liquid silicone rubber," Journal of Electrostatics, **67**, 2-3, 422-425, 2009.
2. Tong, C., Lin, C. W., Chien, C. H., Chao, Y. J., and Van Zee J. W., "Service life estimation of liquid silicone rubber seals in polymer electrolyte membrane fuel cell environment," Journal of Power Sources, **196**, 3, 1216~1221, 2011.