

LSR 경화공정이 기계적 강도에 미치는 영향

Effect on Mechanical Strength by Curing Process of Liquid Silicone Rubber

*박형필¹, #차백순¹, 이정빈¹, 김동한², 김진수², 이병욱²

*H. P. Park¹, #B. S. Cha(bscha@kitech.re.kr)¹, J. B. Lee¹, D. H. kim², J. S. Kim², B. O. Rhee²

¹ 한국생산기술연구원 금형기술연구그룹, ² 아주대학교 기계공학과

Key words : Liquid Silicone Rubber, Tensile strength, Process monitoring

1. 서론

LSR(Liquid Silicone Rubber)은 무기성과 유기성을 겸비한 독특한 화학제로서, 고온에서 뛰어난 기계적 물성과 내열성을 가지며, 인체 무해성과 안전성이 널리 알려져 있는 재료이다. 일반 유기 고무와 다르게 LSR은 낮은 점도를 갖는 액상 상태의 재료로써, 사출성형 공정을 통하여 제품을 생산한다. 일반 사출성형 공정과 다르게 경화공정을 거쳐 최종 제품을 성형하기 때문에 경화온도 및 경화시간이 LSR 재료의 기계적 물성에 영향을 미친다. 또한 LSR은 고온의 경화공정을 거치며, 체적 팽창현상을 일으키기는 특징도 가지고 있다.

본 연구에서는 LSR 금형 내부에 온도 및 압력센서를 설치하여 사출성형 공정 중 발생하는 캐비티 내의 압력 및 온도를 분석하였으며, 성형품의 경화온도 및 시간 변화에 따른 기계적 강도 변화를 분석하였다.

2. 액상사출성형

Fig. 1은 LSR 사출성형의 기본 원리를 나타내고 있으며, A, B로 나뉜 액상 재료들 재료공급장치(Dosing System)에 의해 1:1로 혼합하여 사출성형기의 실린더 안으로 주입한 후, 스크루에 의해 고온 금형의 캐비티 내부로 주입하여 정해진 시간 동안 열을 가하여 제품을 성형하게 된다.

일반적으로 LSR은 전단율 변화에 따라 전단박하 현상이 크게 나타나기 때문에 점도가 급격하게 낮아지며, 반면에 고온의 금형 내부로 충전되는 LSR은 경화반응을 일으켜

점도 상승이 발생한다. 또한 LSR은 충전 완료 후에도 경화 공정이 진행되어 고온의 열에 의한 체적 팽창 현상이 발생하는 특징이 있다.

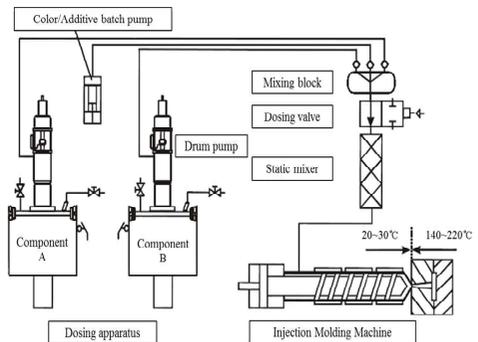


Fig. 1 Machine concept for the processing of Liquid Silicone Rubber (LSR)[1]

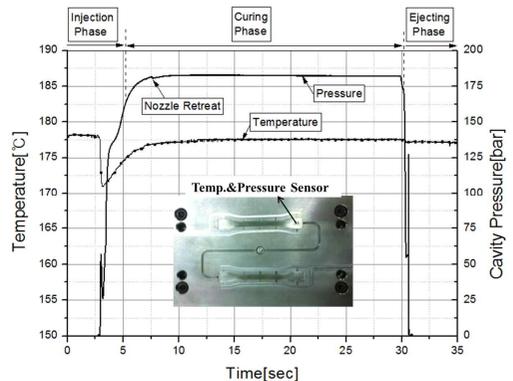


Fig. 2 Pressure and temperature profile of cavity for LSR mold

Fig. 2는 모멘티브사의 LSR 3386/40 재료에 대해서 금형온도 180 도, 경화시간 25 초를 적용하였을 때 캐비티 내 압력 및 온도의 측정 결과이다. 고온으로 유지되고 있는 금형 내로 낮은 온도의 LSR 이 주입되어 설치된 온도센서에 도달하면 온도가 급격히 떨어지는 현상이 나타난다. 이후 충전이 완료된 후 더 이상의 유동이 발생되지 않기 때문에 고온 금형의 열이 LSR 재료로 전달되어 점차 온도가 상승되는 현상을 보인다. 캐비티 압력은 충전이 이뤄지며 압력이 증가되며, 보압 단계에서 충전이 완료되어 급격한 압력 상승이 나타난다. 이후 보압의 영향으로 미비한 압력의 증가를 보이며, 경화반응에 의한 체적 팽창의 영향으로 압력의 2 차 상승 현상이 발생된다.

3. LSR 의 인장시험

빠른 경화특성을 갖는 LSR 은 금형온도가 높아짐에 따라 유동전달시스템을 통과하며 경화반응이 진행되며, 이는 LSR 의 점도 상승을 유발한다. 또한 LSR 의 경화층이 성장하며 점차 유동을 위한 유효 단면적이 줄어들기 때문에 결국 사출압력이 높아지는 현상이 나타나게 된다. 이는 경화온도에 따라 LSR 제품의 기계적 물성 변화를 의미한다. 따라서 경화온도와 시간에 따른 LSR 의 기계적 물성 변화를 분석하였다. 실험조건은 경화온도의 경우 130, 155, 180, 205 도, 경화시간은 10, 25, 50 초를 적용하였다. 각 조건당 3 개의 샘플을 성형하여 인장시험을 수행하였다. 인장시험은 ASTM D412 규격에 따라 500mm/min 의 속도를 적용하여 각각의 측정된 인장강도를 비교 분석하였다. 그러나 LSR 은 점탄성 특성의 영향으로 탄성변형 영역을 거의 찾아볼 수 없으며, 항복점 역시 나타나지 않기 때문에 인장강도의 비교가 어렵다. 이러한 영향으로 고무와 같은 재료의 경우 강성을 비교하는 척도로 사용하는 일정 연신율을 부여하는데 필요한 인장강도를 비교하는 방법을 사용한다. 따라서 본 연구에서도 LSR 의 높은 연신특성을 고려하여 연신율 800% 에 대한 인장강도를 비교하였다.

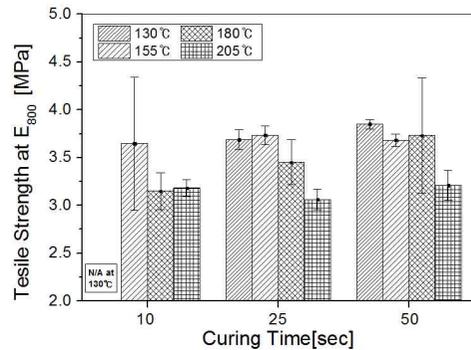


Fig. 2 Tensile strength at E₈₀₀% measured at different curing temperature and time

경화시간이 10 초로 짧으며, 경화온도 130 도인 경우 LSR 의 경화 반응이 완료되지 못하여 제품 성형이 되지 않았다.

경화온도의 영향을 보면, 경화온도가 높아질수록 인장강도가 낮아지는 결과를 보였으며, 이는 LSR 의 과경화에 의한 물성변화 영향으로 판단된다. 경화시간의 영향의 경우 낮은 경화온도는 경화시간 증가에 따라 인장강도는 증가하였으며, 높은 경화온도는 LSR 의 빠른 경화 완료로 경화시간의 영향이 미비하게 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 LSR 사출성형을 통하여 충전 중 발생하는 캐비티 내부 온도 및 압력 특성을 분석하였다. 경화온도 및 시간에 따른 인장강도 분석을 통하여 높은 경화온도는 인장강도가 낮아지며, 경화시간이 길어질수록 인장강도는 증가되는 결과를 얻을 수 있었다.

후기

본 연구는 산업통상자원부의 산업원천기술 개발 사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다

참고문헌

1. E. Haberstroh, "Simulation of the filling and curing phase in injection molding of liquid silicone rubber" SPE Antec, 2000