

## 엘라스토머 TPV의 사출성형조건에 따른 기계적 물성

한성렬<sup>1</sup>, 김준형<sup>2</sup>, 전승경<sup>2</sup>, 이규호<sup>2</sup>, 정영득<sup>#</sup>

### Behavior of elastomer TPVs' Mechanical Properties According to Injection Molding Conditions

S. R. Han, J. H. Kim, S. G. Jeon, G. H. Lee, Y. D. Jeong

#### Abstract

Thermoplastic elastomer (TPE) has many advantages such as high flexibility, high elasticity and high elongation, etc. TPE is easily molded such as plastic materials, therefore, many TPE parts are applied as home appliances and mechanical parts. However, if TPE is once molded, its mechanical properties are changed by injection molding conditions such as melt temperature, mold temperature, injection pressure and holding pressure, etc. In this study, the influences of the injection molding condition on the mechanical properties of thermoplastic vulcanizates (TPVs), which is one of the TPE, were investigated. By the injection molding experiment, as increasing the melt temperature, the tensile strength, shrinkage and hardness decreased. By the scanning electron microscope (SEM) analyzing the TPVs' crystallization, the morphology was affected by the melt temperature.

**Key Words :** Thermoplastic elastomers (열가소성 엘라스토머), Thermoplastic vulcanizate (열가소성 가황물), Melt temperature (성형온도), Scanning Electron Microscope (주사전자 현미경)

#### 1. 서론

최근의 소비자들은 다양한 개성과 요구를 나타내고 있기 때문에 거의 모든 제품은 고기능, 고품질화가 요구되고 있다. 이중에도 자동차의 경량화는 큰 사회적 이슈가 되고 있다. 자동차의 경량화를 위하여 기존의 금속을 대신할 수 있는 플라스틱 (plastic) 및 고무가 차지하는 비중은 날이 커지고 있고, 특히 고무는 플라스틱이나 다른 재료와는 다르게 고유연성 (high flexibility), 고탄성 (high elasticity), 고신장율 (high elongation) 등의 특성을 나타내는 장점이 있지만, 고무 재료를 가공하기 위해서는 가황가교 (vulcanize) 등의 복잡한

공정을 거쳐야 하는 단점이 있다.<sup>1,2</sup>

이러한 단점을 개선하기 위해서 고무의 특성을 가지면서 높은 온도에서 가소화되어 일반 플라스틱 사출성형기로도 성형이 가능한 각종 열가소성 엘라스토머 (thermoplastic elastomer; TPE)가 개발되고 있다.<sup>3</sup>

TPE는 가황가교 공정이 필요 없으며, 폭 넓은 물리적, 기계적 성질을 나타내므로 여러 가지 제품에 적용가능하며, 스크랩 (scrap)의 재활용이 용이하다. 따라서 TPE의 사용이 점차 증가하고 있는 추세이다.

TPE 제품의 사용 증가로 인한 대량 생산의 필요성이 대두되고 있는 상황에서 사출성형에 의한 생산에 대한 관심도 증가하고 있다. 그러나 실제 사출성형에 의한 생산은 여러 차례의 시행착오를 거치면서 최종 제품을 생산하는 비합리적인 과정

1. 부경대학교 기계공학부 대학원  
2. ㈜화승R&A 기술연구소  
# 교신저자:부경대학교 기계공학부, E-mail:ydjung@pknu.ac.kr

을 거치고 있고, 사출성형 과정에서 제품에 발생하는 물리적, 기계적 변화에 대한 연구는 아주 미미한 수준이다. 따라서, 본 연구에서는 사출성형 조건들이 TPE 제품의 기계적 물성에 어떤 영향을 미치는가를 실험적 연구를 통하여 조사하였다. 이번 연구의 결과는 TPE 제품의 설계와 성형 분야에서 활용할 수 있는 기초자료를 제공하는데 기여 할 것으로 생각한다.

## 2. TPV 와 실험

TPE 에는 스티렌계, 올레핀계, 우레탄계, 에스테르계 등의 여러 종류로 나뉘지는데 본 연구에서는 올레핀계 TPE 중의 하나인 TPVs(thermoplastic vulcanizates)를 사용하였다. TPVs 는 폴리프로필렌(polypropylene; PP)과 에틸렌프로필렌고무(ethylene propylene rubber; EPDM)을 혼합하여 사용하고 있다.<sup>4,5</sup>

실험을 위하여 사용된 TPVs 는 취화승소재에서 제조한 L2K75BKS 로 PP 와 EPDM 의 비율이 약 29% 와 71%로 혼합된 것을 사용하였다. 이번 실험에서는 성형조건이 TPVs 제품의 인장강도, 연신율, 경도와 수축에 어떤 영향을 미치는가에 대하여 실험하였다. 실험을 위한 성형조건은 성형온도(melt temperature), 금형온도(mold temperature), 사출압(Injection pressure), 보압(holding pressure)으로 정하였다. 그 외의 사출조건은 사출시간(injection time) 2.5 초, 냉각시간 (cooling time) 15 초 고정하였다. Table 1 은 성형조건과 범위를 나타낸 것으로, 각각의 조건을 5 단계로 나누어 실험하였다. 실험에 사용된 사출성형기는 LG 전선(주)에서 제작한 75 톤 사출성형기를 사용하였다. Fig. 1 은 시편을 성형하기 위한 금형을 나타낸 것이며, Fig. 2 는 사출성형된 시편을 나타낸 것이다. 시편은 인장시편과 사각형상의 시편을 동시에 성형하였다.

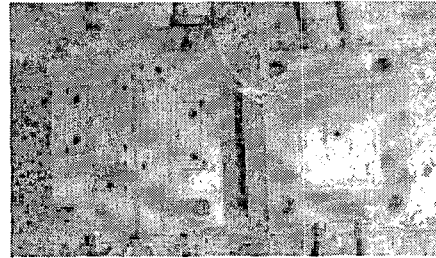


Fig. 1 Experimental mold

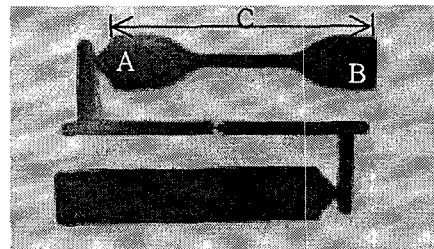


Fig. 2 Experimental specimen

인장시험은 Hounsfield 사의 H10KT 인장시험기를 사용하였다. 그리고 Fig. 3 은 시편의 수축정도를 측정하기 위하여 3 개의 다이얼게이지를 사용하여 자체 제작한 수축을 측정용 측정장치이다. 수축율의 측정은 Fig. 2 에 나타낸 시편에 표시한 것과 같이 게이트부(A), 말단부(B), 전장부(C) 등의 세부부분을 측정하였다.

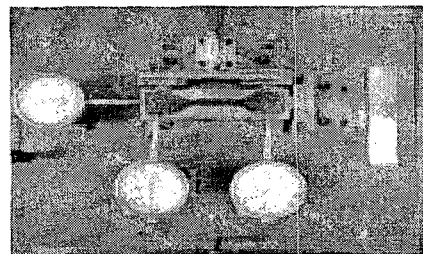


Fig. 3 Apparatus for shrinkage measurement

Table 1 Experimental variables and range

Variables	Unit	Range
Melt temperature	℃	190, 195, 200, 205, 210
Mold temperature	℃	25, 30, 35, 40, 45
Injection pressure	MPa	35, 42, 49, 56, 63
Holding pressure	MPa	9.75, 13, 16.25, 19.5, 22.75

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 인장강도와 수축율

성형실험 결과를 분석하여 여러 성형조건들 중에서 성형온도가 여러 기계적 성질에 가장 큰 영향을 미치는 것을 알았다. 따라서 성형온도에 대한 기계적 강도변화를 나타내었다.

Fig. 4 는 성형온도에 대하여 인장강도와 연신율의 변화를 측정한 결과를 나타낸 것이다. 인장강도는 성형온도가 높아짐에 따라 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 또한, 인장강도와 연신율의 관계는 기계재료에서 일반적으로 알려진 바와 같이 반비례의 관계를 나타내었다.

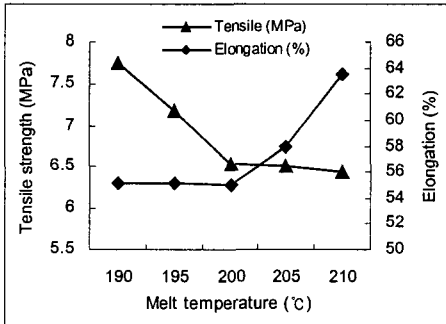


Fig. 4 Relation of tensile strength and elongation

Fig. 5 는 성형온도에 대한 시편의 부위별 성형 수축율 변화를 나타낸 것이다. 가장 작은 수축율을 보인 부분은 게이트부(A), 가장 많은 수축율을 보인 부분은 전장부(C)로 나타났다. 이와 같은 현상은 게이트 부위에서는 사출압력이 크게 작용하면서 수축율이 감소하게 되고, 캐비티(cavity)의 말단부로 갈수록 압력전달의 용이성이 떨어짐에 따른 결과라고 생각된다. 이와 같은 결과는 순수 플라스틱 제품에서 나타나는 현상과 동일하며, 길이 방향의 수축율이 가장 크게 나타나는 것에 대한 고찰은 향후 연구로 하였다.

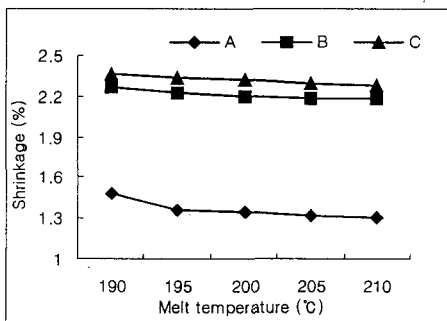


Fig. 5 Behavior of shrinkage according to melt temp.

부위별 수축율을 평균하여 인장강도와와의 상관 관계를 알아보았다. Fig. 6 에 나타낸 것과 같이 성형온도가 높을수록 수축율이 감소하는 경향을 보였다. 이는 성형온도가 높을수록 점도가 낮아지면서, 캐비티 내부의 압력전달성이 향상되어 캐비티의 단위면적당 엘라스토머의 밀도가 증가하므로 수축율은 감소하는 것으로 사료된다.

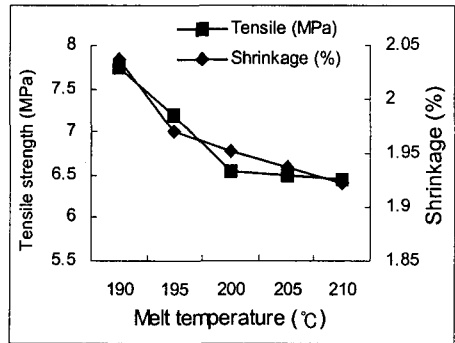


Fig. 6 Behavior of tensile and shrinkage

### 3.2 성형조건과 경도

성형온도 외의 성형조건들은 성형품의 경도에 미미한 영향을 미쳤다. 따라서, Fig. 7 은 성형온도에 대한 경도의 변화를 나타낸 것이다. 성형온도가 증가할수록 경도가 급격히 감소하는 경향을 보였다. 이는 성형온도가 증가하면 수축율은 감소하지만, 엘라스토머 내부의 결정조직의 차이로 인한 결과로 사료된다.

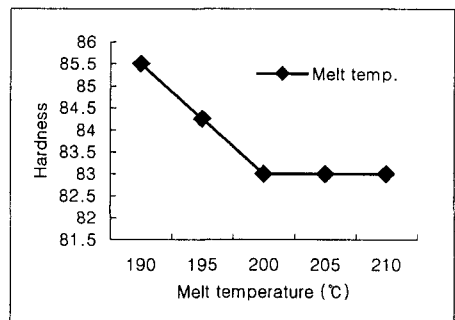
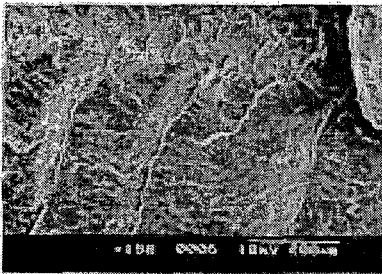


Fig. 7 Behavior of hardness in each injection condition

### 3.2 성형온도와 모폴러지(morphology)

시편 내부조직을 주사전자 현미경(scanning electron microscope; SEM)을 이용하여 촬영하였다.

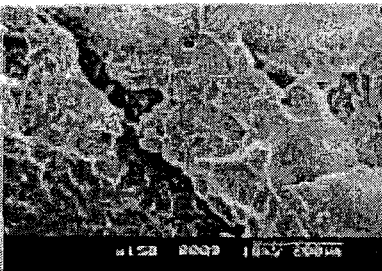
Fig. 8(a)에서부터 (c)까지는 성형온도가 증가되는 과정에서 성형된 시편들의 내부 조직을 나타낸 것이다. 성형온도가 높아 질수록 흐름과 표면 주름이 감소 하였다. 이와 같은 현상은 성형온도 210℃시편이 190℃ 시편에 비해 급냉되어 내부 조직들이 원래의 위치로 되돌아 가지 못하고, 응집되어 있는 것으로 사료된다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 8 SEM micrographs of TPVs. (a) 190℃, (b) 200℃, (c) 210℃

### 4. 결론

사출성형인자가 열가소성 엘라스토머 TPVs 의 기계적물성에 미치는 영향을 실험적 연구를 통하여 조사하였다. 이 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

- (1) 성형조건에 따라서 인장강도, 수축율, 경도 및 내부 조직에 영향을 많이 미치는 것을 알 수 있었다.
- (2) 인장강도, 수축율 및 경도는 모두 성형온도가 높아짐에 따라 반비례하여 감소하였으며, 특히 경도는 변화의 분기점을 나타내었다.
- (3) 성형조건은 시편의 모폴러지에 영향을 미쳤으며, 성형온도가 높아질수록 조직의 균일도가 감소하는 현상을 보였다.

### 후 기

본 연구는 ㈜화승 R&A 와 2005 년도 부경대학교 BK21 사업의 일부 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사의 말씀을 드립니다.

### 참 고 문 헌

- [1] M.H.R. Ghoreishy, M. Razavi-nouri and G. Naderi, 2005, Finite element analysis of a thermoplastic elastomer melt flow in the metering region of a single screw extruder, Computational Materials Sci., Vol. 34, pp. 389 ~ 396.
- [2] 박인환 등, 1991, 염비 엘라스토머 제조기술 개발에 관한 연구, 한국화학연구소 보고서, pp. 37 ~ 39
- [3] J. Yun, R. Patel and D.C. Worley II, 2004, High performance thermoplastic vulcanizates (TPVs) for long term temperature application, ANTEC 2004, pp. 4172 ~ 4176.
- [4] W. Zoetelief and M. Teeuwen, 2003, Mechanical behavior of TPV in automotive sealing systems, ANTEC 2003, pp. 2496 ~ 2500.
- [5] 한국플라스틱기술정보센터, 2001, 알기쉬운 고무와 엘라스토머, pp. 109 ~ 114.