

TPV의 特性和 應用

李 揆 宗
李 淳 鍾

1. 서 론

최근 자동차산업의 급속한 발전에 따라 관련산업분야의 기술개발로 연료의 절감, 차체 경량화, 원가절감 및 환경문제 대처를 소재전환을 적극 검토중에 있다. 특히 최근에 세계적인 환경문제의 대두로 자동차에 사용되고 있는 각종 고무제품들이 recycle 및 scrap재생이 가능하고 저 비중의 생산성이 우수한 TPE(thermoplastic elastomer)로 대체로 이루어지고 있다. 자동차용 부품은 내열노화성, 내유성, 내오존성은 물론 적절한 강도와 신장율, 경도 등의 특성이 요구되며 특히 set property가 중요한 요구 특성이 된다.

TPE는 크게 3가지로 분류되며 이중 TPV(thermoplastic vulcanizate)가 가장 우수한 set property를 보여주며 고무 대체소재로서의 특성을 고르게 겸비하고 있다.

- Block copolymer
 - Styrenics.
 - Copolyesters
 - Polyurethanes
 - Copolyamides

- Blends

- Thermoplastic olefins(TPO)

- NBR/PVC

- Elastomeric alloy(TPV)

- EPDM/PP, NBR/PP, NR/PP

TPV는 1981년에 미국 Monsanto사가 “Santoprene”이란 상품명으로 본격생산에 돌입하여 용도개발을 추진한 결과 연 25%정도의 고도성장을 기록하였으며 1991년 36,000ton의 세계시장 규모를 보여주었다. 이중 60~70%는 자동차부품용도로서 지속적으로 사용될 것이 예상되고 있다. TPV 제조기술은 아직 10여년에 불과해 선진국에서도 성장기 초기에 있으며, 아시아의 경우 도입단계로서 성장속도가 25~30%의 고도성장을 보이고 있다. 현재 국내에도 자동차부품 용도로의 사용량이 증가추세에 있으며 지속적인 용도개발 및 고무제품에 대한 대체가 이루어지고 있다.

따라서 TPE소재중 TPV의 개요 및 기본특성을 검토하고 그 용도에 대하여 살펴보고자 한다.

2. TPV 개요

TPV란 고 전단력하에서 고무성분과 열가소성 수

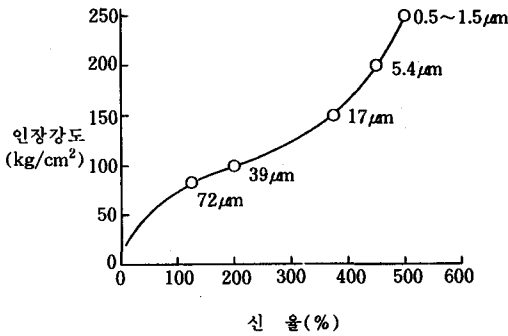


Fig. 1. EPDM상의 입자도에 따른 TPV의 인장특성

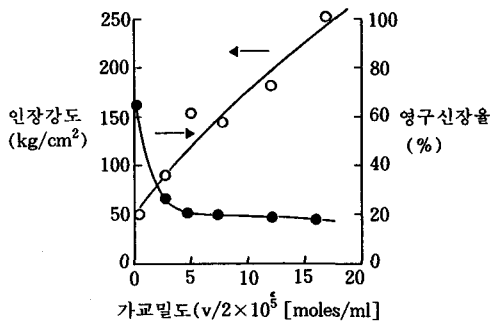


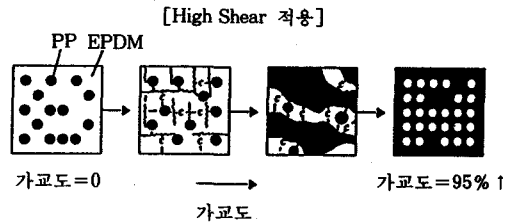
Fig. 2. EPDM상의 가교밀도에 따른 인장강도 및 영구신장율 변화

지가 혼련과 동시에 고무성분이 가교되어 미세한 입자가 형성되면서 열가소성수지 matrix에 고르게 분산되고 기능성 소재이다. TPV는 다른 TPE와 마찬가지로 상온에서 열경화성고무와 같은 탄성을 보유함은 물론 가공시 열가소성수지(PE, PP등)와 같은 특성을 겸비하여 일반적인 사출성형, 압출성형 및 중공성형등에 의하여 용이하게 가공될 수 있다.

TPV는 상기와 같이 동적가교(dynamic vulcanization)기술에 의해 제조되며 EPDM상의 입자도 가교밀도 및 분산성을 조절하는 것이 핵심기술이 된다 (Fig. 1, Fig. 2). EPDM상의 입자도가 작을수록, 가교밀도가 클수록 기계적 물성이 크게 향상됨을 보여주고 있다.

한편, TPV는 고무상과 열가소성수지가 균일한 혼합

상태에서 동적가교를 수행하는 것이 바람직하며 특히 가교반응 후 고무상 입자를 균일하게 분산시키는 것이 무엇보다도 중요한 인자가 된다. 그림. 3은 가교반응 전·후의 morphology 관찰결과로서 가교반응 전 EPDM과 PP가 혼련되어 있는 blend 상태에서는 EPDM particle이 대략 2~5 μm의 크기를 나타내며 가교반응 후고 전단력에 의해 매우 작은 particle(0.5~1 μm)로 break up되어 균일하게 분산됨을 알 수 있다. 또한 blend 상태에서 EPDM 함량이 많아 matrix를 형성한다 해도 가교반응이 진행됨에 따라 long chain branch가 형성되어 고무상의 점도가 상승하게 되고 intensive mixing에 의한 전단력에 의해 고무상의 break up과 상전이가 수반되면서 작은 입자로 분산되게 된다.



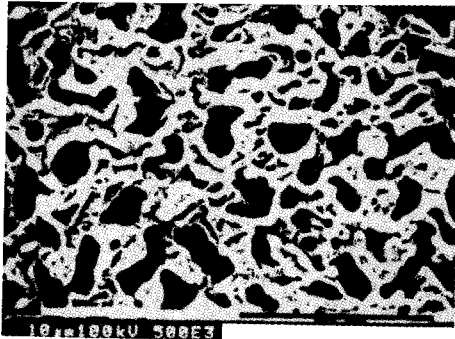
이와 같이 TPV의 morphology는 가교도 및 전단력(mixing 조건)에 의하여 조절될 뿐 아니라 특히 EPDM, PP의 유변학적 특성에 의하여 크게 좌우된다.

3. TPV 특성

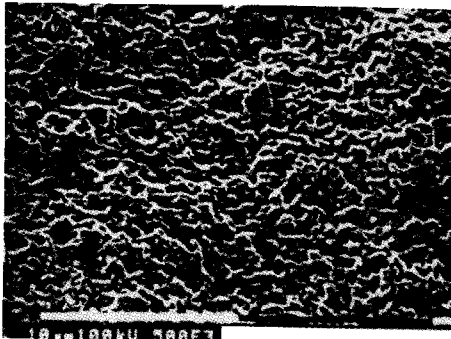
TPV는 olefinic TPE의 한 종류로서 고무상의 가교도가 95% 이상으로 열경화성고무와 같이 탄성이 우수한 소재이다.

TPV는 고무상이 가교되지 않은 TPO나 partially cured 제품에 비해 기계적 물성 및 set property가 훨씬 우수한 특성을 갖는다.

한편 TPV의 내열, 내유성능을 열경화성고무 및



(a)



(b)

Fig. 3. 동적가교 전·후의 고무상의 morphology (dark area: EPDM)
 (a) EPDM/PP uncured linear blend(가교 반응전)
 (b) EPDM/PP 동적가교 blend(가교반응 후)

Table 1. olefinic TPE의 분류

종 류	특 성
● TPO(thermoplastic olefin)	EP(D)M/PP의 단순 blend
● Partially cured TPO	EPDM성분이 부분가교되어 PP matrix에 분산되어 있음
● TPV(fully cured) (thermoplastic vulcanizate)	EPDM 성분이 완전가교되어 PP matrix에 분산되어 있음

Table 2. TPO와 TPV의 물성 비교

PROPERTY	TPO	TPV
경도 (shsore A)	81	84
인장강도 (kg.cm ²)	41	134
신장율 (%)	630	430
100% Modulus(kg/cm ²)	29	51
Tension set(%)	52	14
Compression set(%)	78	31
Swell in ASTM #3 OIL(%)	162	52

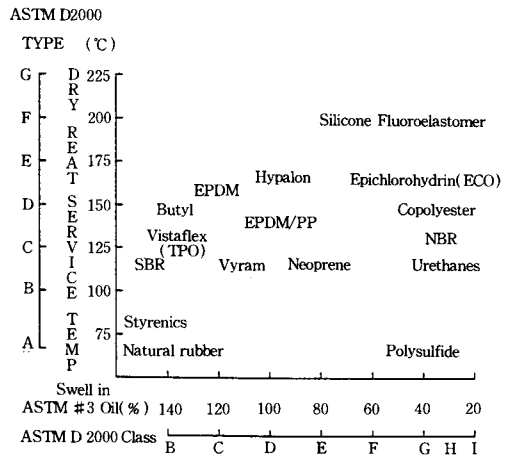


Fig. 5 열경화성고무와 TPE의 performance chart (ASTM D2000/SAE J200)

다른 TPE 소재와 비교해 보면 Fig. 5와 같다.

TPV는 내열 및 내유성능이 적절한 수준을 유지하고 있으며 다른 종류의 TPE에 비하여 set property가 특히 우수하여 고무대체용 소재로 매우 적합한 특성을 보유하고 있다.(Table. 3).

4. TPV 용도

TPV는 내열 및 내유성은 물론 가공이 용이하여 주로 자동차부품에 적용되고 있으며 전기·전자부품 및 건축자재, 기타 일용품에도 적용되고 있다. 자동차부품으로의 적용을 위해서는 내열, 내유성 및 compression set 특성과 가공성등이 요구되며 일부

Table 3. 각종 TPE 소재의 물리적특성 비교(범용 grade 비교)

특 성	Styrenics	TPO	TPV	NBR/ PVC	Copoly- ester	Poly- urethane	Poly- amide
비중	0.90-1.1	0.89-1.0	93-0.97	1.2-1.3	1.1-1.3	1.1-1.3	1.0-1.2
경도(shore A)	30A-75D	60A-75D	45A-50D	55A-80A	35D-72D	60A-55D	75A-65D
Low temperature limit(°C)	-70	-60	-60	-40	-65	-50	-40
High temperature limit(°C)	100	120	135	125	125	120	170
Compression set at 100°C	P	P	G/E	F	F	F/G	F/G
Resistance to aqueous fluids	G/E	G/E	G/E	F/G	P/G	F/G	F/G
Resistance to hydrocarbon fluids	P	P	F/E	G/E	G/E	F/E	G/E

P=Poor F=Fair G=Good E=Excellent

난연특성이 요구되어간다. 현재 적용가능한 부품을
용도별로 살펴보면 다음과 같다.

자동차 : Gaskets and seals, Rack and pinion boots,
Air intake hose, Electrical wiring, Weather seals
(for windows, hoods, trunks, doors), protect hose,
Lamp covers, over salm, bumpers 등

전기/전자 : Insulation and jacketing for wire and
cables, Connectors, Plugs, Transtormer housings
등

전자재 : Glazing seals, Door seals, Pipe gaskets,
Road expansion joints 등

기타 : 스포츠용품(Ski pole handle, etc), 주사기,
plunger tips, pump and valve seals, rollers, wheels
등

5. 참 고 문 헌

1. C. P. Rader and B. M. Walker, in "Handbook of Thermoplastic Elastomers, Second Edition, New York"
2. ASTM D2000. American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, 1990.
3. Proceedings of The Fourth Internation Conference on Thermoplastic Elastomer Markets & Products, TPE '91, February 13-15, 1991.
4. Proceedings of The Seventh Internation Conference on Thermoplastic Elastomer Markets & Products, TPE '93. February 11-12, 1993.
5. Chuang Qin, Jinghua Yin, and Baotong Huang, Polym. Eng. Sci., 63, 77(1990).