

## EPDM 컴파운드의 전하축적에 미치는 충전제의 영향.

박성국, 남진호, 서광석, 전영준\*, 이철호\*, 김상욱\*\*

고려대학교, \*평양산업(주) 기술연구소, \*\*서울시립대학교

### Effects of fillers on the charge accumulation in EPDM compounds

Sung Kuk Park, Jin Ho Nam, Kwang S. Suh

Young Joon Cheon\*, Chul Ho Lee\*, Sang Wook Kim\*\*

Korea University, \*Pyung-II Industrial Co. Ltd, \*\*Seoul City University

#### Abstract

Charge formation in filled ethylene propylene diene terpolymer (EPDM) compound has been investigated. Homocharge was found in pure crosslinked EPDM. The homocharge decreased with the increased of ATH content in EPDM while increased with the increase of clay in EPDM.

#### 1. 서론

전력케이블 또는 접속재용 절연재료로 사용되는 에틸렌프로필렌고무 (ethylene propylene rubber: EPR) 는 에틸렌 (ethylene)과 프로필렌 (propylene)을 기본으로 하는 공중합체로서, ethylene propylene copolymer (EPM)는 에틸렌 (ethylene)과 프로필렌 (propylene)의 공중합체이며 여기에 다시 5-ethylene-2-norbornene (ENB), 1,4- hexadiene (HD) 또는 dicyclopentadiene (DCPD) 등의 diene이 공중합되어 있는 경우 이를 ethylene propylene diene terpolymer (EPDM)라고 부른다. 이들 공중합체가 random copolymer이면 비정질 (amorphous) 고분자로서 결정성이 없으므로 bale의 형태로 만들면 결정성이 있으므로 펠렛의 형태로 만들 수 있다 [1]. EPR 또는 EPDM이 bale의 형태로 되어 있는 경우 그 자체로는 기계적 성질 등이 너무 열악하기 때문에 일반적으로 clay, CaCO<sub>3</sub>, silica, Al(OH)<sub>3</sub> 등의 충전제를 보강제로 사용한다. 이때 충전제가 첨가됨으로서 EPDM 컴파운드의 전기적 성질은 크게 변화된다. 특히 고분자와 충전제는 서로 성질이 다르기 때문에 이들 재료의 계면은 많은 양의 전하가 축적되도록 할 수도 있고, 경우에 따라서는, 특히 충전제 표면의 화학상

태에 따라 전하축적을 억제할 가능성도 있으므로 결국 EPDM 컴파운드의 전기적 특성은 계면의 상태에 의해서 크게 좌우된다고 할 수 있다.

본 연구에서는 케이블 접속재용 EPDM 컴파운드의 전하축적현상에 미치는 충전제의 종류 및 함량의 영향을 살펴보았다. 본 연구에 사용된 충전제는 수산화 알루미늄 (Al(OH)<sub>3</sub>)과 clay이다

#### 2. 실험

##### 2.1. 시료

EPDM 컴파운드 제조는 Banbury mixer를 사용하여 80℃에서 10분간 소련한 후 아를 다시 동일온도에서 10분간 혼련하였다. 가교제는 혼련과정 중 투입하였다. aluminum trihydroxide (ATH) 와 clay를 0~200 phr 까지 변화시켜 표1과 표2의 조성율 가진 시료를 준비하였고 컴파운드 제조시 ATH와 clay는 silane계 계면활성제로 표면처리하였다. 이 시료들을 측정 전에 hot press를 이용하여 175℃에서 10분간 가교시켜 사용하였고 ATH로 충전된 시편은 80℃에서 2시간동안 건조처리 하였으며, Clay로 충전된 시편은 미건조 상태에서 실험하였다.

##### 2.2. 전하분포 측정

전하분포의 측정에는 시료에 먼저 전압을 가하여 전하를 형성시킨 다음 전기필스에 의해 시료 내부에 존재하는 전하의 위치에서 발생된 음향파를 압전소자를 이용하여 측정하는 전기음향필스 (pulsedelectroacoustic : PEA) 방법을 이용하였다 [2].

시편에 가해진 전압은 5 kV에서 40 kV까지 5 kV 간격으로 단계적으로 가하였으며 전압을 가하는 시간은 30분이었다 [3]. 이렇게 단계적으로 전압을 가한 다음 전압을 제거한 상태에서 전기필스를 가하여 전하분포를 측정하게 된다. 측정용 시편의 두께는 약 1.0 mm이고 전극은 전력케이블의 직선접속체의 반도체층으로 사용되는 반도체 컴파운드로 약 200  $\mu$ m 두께로 가교부산물의 영향을 최소화하기 위하여 80°C에서 100시간 진공처리하여 가교부산물을 제거한 후 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. EPDM의 전하분포

Figure 1에 충전제가 들어 있지 않은 순수한 가교 EPDM의 전하분포가 나와 있는데 음전극쪽에 음전하가 양전극쪽에 양전하가 형성되는 동종전하가 형성됨을 알 수 있다. 지금까지 XLPE의 경우 가교제인 DCP가 열분해되어 생성된 가교부산물의 영향으로 이종전하가 형성된다고 보고되었다 [4]. 그러나 EPDM은 DCP가 4 phr 정도 혼합되어 있으나 동종전하가 형성되는 것으로 관찰되었다. 이렇게 동종전하를 보이는 것은 전극에서의 전하주입에 의한 현상으로 여겨지며, 주입된 전하는 비정질 영역에 존재하는 트랩장소에 트랩되는 것으로 생각된다.

#### 3.2. ATH의 영향

Figure 2는 30 kV의 전압을 가한 후 전압제거 상태에서의 ATH 함량에 따른 전하분포를 나타내었으며 그림에서 ATH 함량에 관계없이 모두 동종전하를 보임을 알 수 있다. Figure 3에 ATH 함량에 따른 음전극쪽의 전하량을 도시하였다. 이 그림에서 볼 수 있듯이, ATH가 100 phr인 시료를 제외한 모든 시료에서 EPDM에 함유된 ATH 함량이 증가할수록 시료내에 축적되는 전하량이 감소하는 경향을 보였다. 이는 ATH에 존재하는 수산화기가 시료내부에서 전하이동을 도와주는 호핑자리 역할을 하기 때문이라고 생각된다.

#### 3.3. Clay의 영향

Figure 4는 30 kV를 인가한 후 전압을 제거한 상태에서의 clay 함량에 따른 전하분포를 나타낸 것으로 모두 동종전하를 보인다. Clay 함량에 따른 음전극쪽

의 전하량을 Figure 5에 나타내었다. 그림에서 clay 함량이 증가함에 따라 전하량이 증가함을 알 수 있는데, 이러한 현상은 Jeffery와 Damon 등이 발표한 clay가 충전된 EPR 컴파운드에 대한 시험결과와 일치한다 [5]. 충전제가 증가함에 따라 전하량이 증가하는 현상은 고분자와 충전제의 전기전도도 및 유전상수의 차이에 기인하는 계면분극 현상에 의하여 고분자와 충전제 계면에 전하가 축적되기 때문인 것으로 생각된다 [6].

### 4. 결론

(1) 순수한 EPDM에는 동종전하가 형성된다.

(2) EPDM에 ATH를 첨가할수록 동종전하량이 감소한다. 이는 ATH에 있는 수산화기가 전하가 이동을 도와주는 호핑자리 역할을 하기 때문이라고 생각된다.

(2) EPDM에 clay를 첨가할수록 동종전하량이 증가한다. 이는 EPDM과 clay 사이의 계면에 전하가 축적되기 때문이라고 생각된다.

#### 참고문헌

- [1] R. J. Arhart, *IEEE Electr. Insul. Magazine*, Vol. 9, pp. 31-34, 1993.
- [2] Y. Li et al., *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, Vol. 1, pp. 188-195, 1994.
- [3] K. S. Suh et al., *Proc. 4th ICSD*, pp. 418-422, 1992.
- [4] K. S. Suh et al., *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, Vol. 1, 1077-1083, 1994.
- [5] A. M. Jeffery and D. H. Damon, *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, Vol. 2, pp. 394-408, 1995.
- [6] J. van Turnhout, "Thermally Stimulated Discharge of Electrets", p. 94, in G. M. Sessler (ed.), *Electrets*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1980.

Table 1. Compositions of EPDM/ATH compounds

구성 구분	ATH-0	ATH-50	ATH-100	ATH-150	ATH-200
EPDM	100	100	100	100	100
ATH	0	50	100	150	200
DCP	4	4	4	4	4
wax	3	3	3	3	3

Table 2. Compositions of EPDM/Clay compounds

구성 구분	clay-0	clay-50	clay-100	clay-150	clay-200
EPDM	100	100	100	100	100
clay	0	50	100	150	200
DCP	4	4	4	4	4
wax	3	3	3	3	3

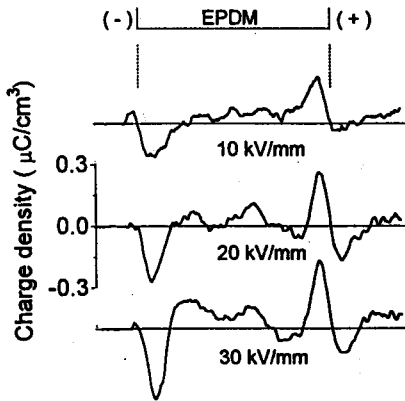


Figure 1. Charge distribution of pure crosslinked EPDM after electric field removal.

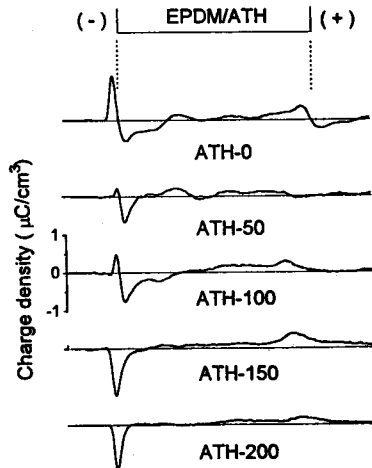


Figure 2. Charge distribution of EPDM/ATH compounds after electric field removal (30 kV/mm).

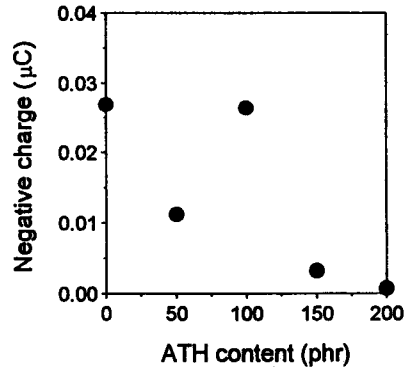


Figure 3. Charge at 30 kV/mm in EPDM/ATH compounds as a function of ATH content.

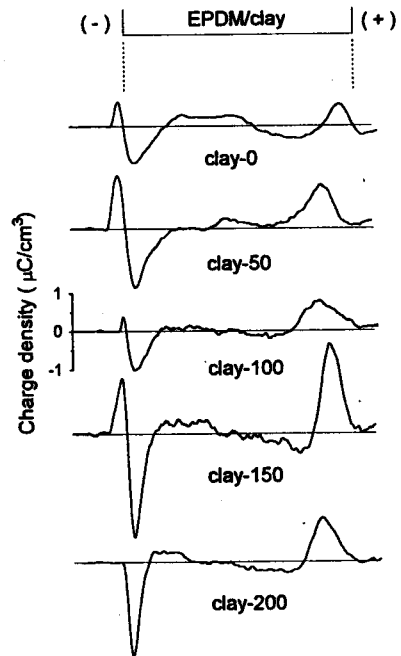


Figure 4. Charge distribution of EPDM/clay compounds after electric field removal (30 kV/mm).

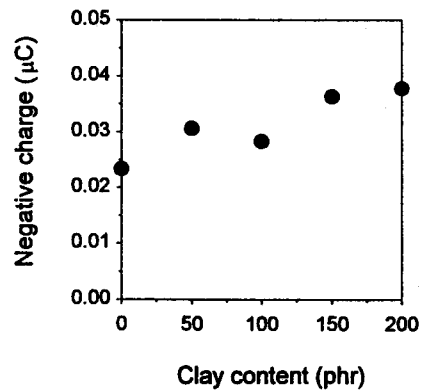


Figure 5. Charge at 30 kV/mm in EPDM/clay compounds as a function of clay content.