

# XLPE/EVA 블렌드의 전하축적 감소화에 대한 연구

노진서 · 한재홍 · 서광석  
고려대학교 재료공학과

## Reduction of space charge in XLPE/EVA blends

Jin S. Noh, Jae H. Han, and Kwang S. Suh  
Department of Materials Science, Korea University, Seoul, Korea

### 1. 서론

EVA (ethylene vinyl acetate)의 높은 충격강도 (impact strength)와 좋은 인성 (toughness)의 영향으로 PE/EVA 블렌드는 순수한 폴리에틸렌에 비하여 우수한 기계적 성질을 갖는 것으로 알려져 있으나 [1] 서로 다른 유전율을 가진 고분자 블렌드에서 나타나는 일반적인 현상인 계면 분극 (interfacial polarization) 현상에 의해 [2] 시료 내에 축적되는 전하량은 많을 것으로 예상된다. 재료 내에 많은 양의 공간전하가 형성되면 전기적 특성에 악영향을 미칠 소지가 있으므로 가능한 한 공간전하의 축적을 억제해야 한다.

본 연구에서는 PE/EVA 블렌드에서 공간전하의 축적에 미치는 coagent의 영향에 대하여 평가하였다.

### 2. 실험

저밀도 폴리에틸렌 (LDPE)과 EVA를 블렌딩하여 PE/EVA 블렌드를 만들었다. 여기에 두 가지 종류의 coagent 즉, TI와 TT를 각각 1.0 - 4.0 wt%로 함량을 달리하여 첨가하였다. 제조된 coagent를 함유하고 있는 블렌드에 대하여 다시 DCP를 1.5 wt%씩 첨가한 후 이를 가교시켜 XLPE/EVA 블렌드를 제조하였다.

본 연구에서는 PEA 방법 (pulsed electroacoustic method)을 사용하여 시료 내의 전하분포를 측정하였는데, 이때 시편의 모양은 두께 1100  $\mu\text{m}$  정도의 sheet 형태이다. 또한 전극으로는 약 200  $\mu\text{m}$  두께의 반도체 전극을 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 기준시료의 전하분포

그림 1에 LDPE의 전하분포가 나와 있다. 낮은 전압에서는 시료 내부에 전하가 거의 관찰되지 않으나 전압이 높아지면서 이중전하량이 점차 증가하고 있음을 알 수 있다. LDPE에는 첨가제가 전혀 들어 있지 않음에도 불구하고 이중전하가 형성된다는 점으로 미루어 다른 요인들이 작용하는 것으로 생각할 수 있다. 가능한 요인으로는 분자량이 작은 폴리에틸렌 성분들, 고분자 제조시의 불순물, 고분자 사슬의 산화반응 부산물, 반도체 전극 내의 가교부산물 등을 들 수 있다 [3-5].

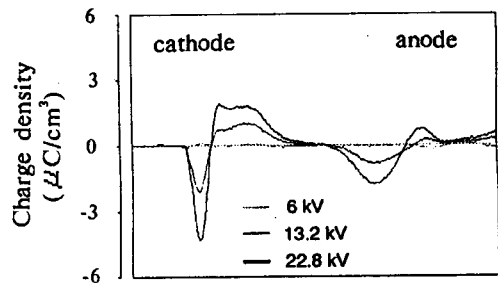


Fig.1. Charge distribution of LDPE after the voltage removal.

#### 3.2 Coagent를 함유한 PE/EVA 블렌드

그림 2에 가교되지 않은 순수한 PE/EVA 블렌드의 전하분포가 나와 있다. 전압 제거시에 측정된 전하분포에서 시료 내에 축적되는 전하의 극성은 인접 전극의 극성과 반대임을 알 수 있다. 즉, 음전극쪽에서는 양전하가 그리고 양전극쪽에서는 음전하가 관찰되었다. 이로부터 순수한 PE/EVA 블렌드에서 축적되는 전하의 본질은 이중전하 (heterocharge)라고 결론지을 수 있다.

PEA 방법의 원리상 음전극쪽에 부착된 압전소자로부터

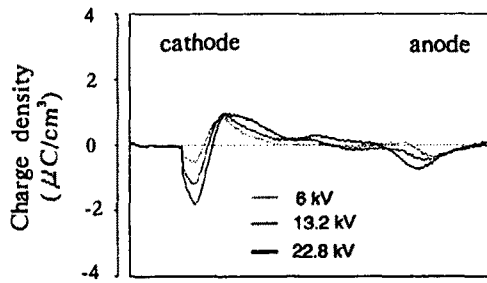


Fig. 2. Charge distribution of PE/EVA blend after the voltage removal.

멀리 떨어진 양전극쪽의 전하에서 발생된 음향파는 시료를 전파 해오면서 왜곡될 수 있으므로 [6] 양전극쪽의 전하분포는 정확하다고 할 수 없다. 따라서 앞으로의 논의는 음극에 인접한 전하에 한정하기로 하겠다.

PE/EVA 블렌드에 coagent를 첨가하면 전하분포의 양상은 크게 변화하지 않으나 측정되는 이종전하량은 coagent의 함량에 따라 변화하는 것으로 나타났다. 그림 3에 TI 및 TT의 함량에 따른 22.8 kV의 전압을 제거한 직후의 전하분포를 나타내었다.

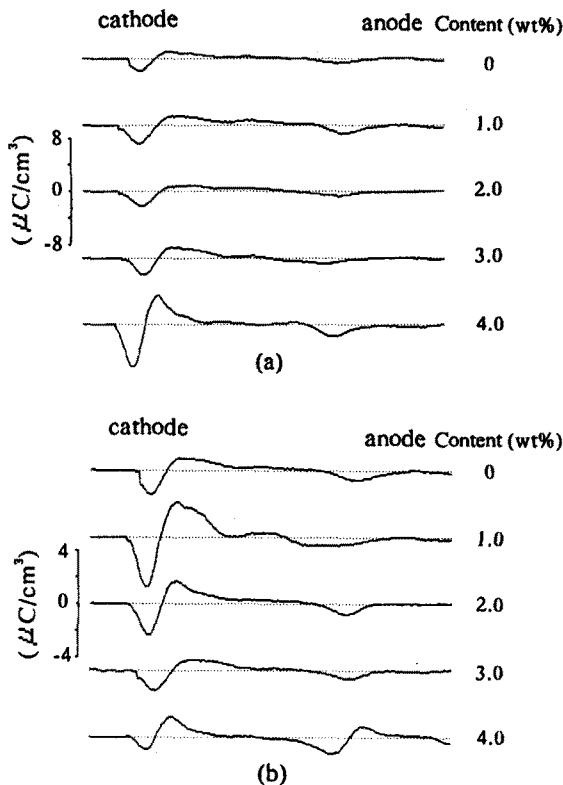


Fig. 3. Charge profiles of PE/EVA blend with the contents of coagent: (a) TI, (b) TT.

그림에 있는 바와 같이 TI는 음전극 부근의 이종전하량을 증가시키는 반면 TT는 일정 함량구간에서는 이종전하량을 약간 감소시키나 전체적으로 보아 TI와 마찬가지로 이종전하량을 증가시킨다.

이로부터 이들은 단독으로 사용되는 경우 불순물과 같이 작용하여 블렌드의 이종전하 형성에 기여하는 것으로 생각할 수 있다.

### 3.3 Coagent를 함유한 XLPE/EVA 블렌드

PE/EVA 블렌드를 DCP로 가교시킨 XLPE/EVA 블렌드에서는 가교부산물의 영향때문에 PE/EVA 블렌드보다 다량의 이종전하가 측정된다.

그림 4에 coagent를 첨가했을 때 나타나는 전하분포가 나와 있다. 이는 TT에 대한 결과인데 그림에서 볼 수 있듯이 XLPE/EVA 블렌드에 TT가 첨가되면 전하분포 형태는 동일하나 측정전하량은 감소하는 것으로 관찰되었다.

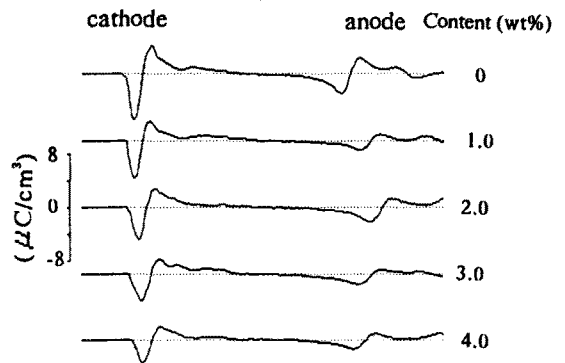


Fig. 4. Charge profiles of XLPE/EVA blend with the contents of TT.

두 종류의 coagent의 함량에 따른 전하량의 변화가 그림 5에 나와 있다. TI의 경우에는 3 wt%에서만 순수한 XLPE/EVA 블렌드에서보다 적은 전하량을 보이는 반면 TT의 경우는 본 연구에서 채택한 전체 함량 범위에서 모두 모체 블렌드보다 적은 전하량을 보였다.

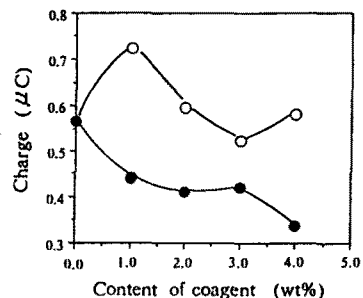


Fig. 5. The amount of heterocharge with the contents of coagent: (○) TI, (●) TT.

### 3.4 고찰

본 연구의 목적은 PE/EVA 블렌드 및 XLPE/EVA 블렌드에 축적되는 이종전하량을 감소시킬 수 있는 방안을 찾는 것이다. 연구 결과 적당한 coagent의 사용으로 이것이 가능하다는 사실을 알 수 있었다. 특히 XLPE/EVA 블렌드에서는 그 효과가 아주 큰 것으로 나타났다.

이는 coagent가 DCP의 가교반응을 도와 가교효율을 높이면서 가교부산물의 발생을 줄이고 자신도 가교에 참여할 수 있기 때문인 것으로 생각된다. 또한 본 연구에서는 DCP 함량을 일반적인 XLPE의 경우보다 적은 1.5 wt%로 유지시켰으므로 XLPE에 비한다면 coagent가 함유된 XLPE/EVA 블렌드에서는 추가적인 전하 감소효과가 나타나리라 예상된다.

DCP 함량을 줄이는 경우 가교도의 저하가 나타날 수 있으므로 가교도를 측정하여 그 결과를 그림 6에 나타내었다. 그림에서 2 wt%의 DCP로 가교시킨 XLPE의 가교도에 비해 coagent가 함유된 XLPE/EVA 블렌드가 보이는 가교도는 전 추출시간 범위에서 대체로 비슷한 것으로 관찰되었다.

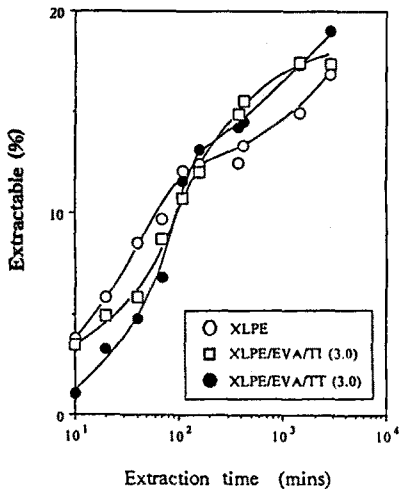


Fig.6. Weight percent of the extracted part.

Coagent의 사용에 따른 XLPE/EVA 블렌드의 인성 측정 결과, coagent가 함유된 XLPE/EVA 블렌드의 인성은 XLPE (DCP: 2 wt%)의 인성보다 높게 나왔는데 이는 높은 가교도의 유지와 더불어 EVA 성분의 우수한 인성에 기인하는 것으로 생각된다. 이때 TT를 사용하는 것이 인성을 향상시킨다는 측면에서 TI보다 유리하다.

Table 1. Tensile test results

	XLPE	XLPE/EVA/TI(3.0)	XLPE/EVA/TT(3.0)
Toughness (MJ/m <sup>2</sup> )	92.4	98.7	108.9

### 4. 결론

PE/EVA 블렌드에서 나타나는 이종전하량은 적당한 coagent의 사용으로 감소될 수 있는 것으로 나타났으며 XLPE/EVA일 경우 그 효과가 훨씬 큰 것으로 나타났다. 또한 coagent를 사용하면 DCP의 함량을 줄인다 해도 가교도의 저하가 없으며 인성이 증가한다.

### 참고문헌

1. I. I. Rubin, Handbook of Plastic Materials and Technology, New York.
2. A. R. Blythe, Electrical Properties of Polymers, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1980.
3. J. H. Koo, et al, KIEE, 1993
4. T. Mizutani, et al, CEIDP'92, 55-60, 1992.
5. E. J. Kim, Master Thesis, Korea Univ., 1992.
6. T. Takada, et al, IEEE Trans. Electr. Insul., EI-22, 497, 1987.