

## 폴리에틸렌/아이오노머 블렌드의 전하축적특성 : 1

황 선 준 · 서 광 석

고려대학교 재료공학과

(1992년 5월 15일 접수)

## Charge Accumulation Characteristics in Polyethylene/Ionomer Blends : 1

Sun J. Hwang and Kwang S. Suh

Department of Materials Science, Korea University, Seoul, Korea

(Received May 15, 1992)

**요약** : 두 종류의 PE/ionomer 블렌드, 즉 PE/Surlyn 1652 블렌드와 PE/Surlyn 1601 블렌드의 전하분포를 측정하여 두 블렌드에서의 전하축적특성에 대한 연구를 수행하였다. 전압이 가해지면 LDPE에서는 이종전하가 축적되는 반면 ionomer에서는 동종전하가 축적되며 전압이 제거되면 LDPE에는 상당량의 이종전하가 남는 반면 ionomer에는 극히 작은 양의 전하만이 남는다는 사실을 알았다. PE/ionomer 블렌드의 경우 전압을 가하면 두 블렌드에서 모두 동종전하의 주입이 일어나며, 전압을 제거하면 PE/Surlyn 1652 블렌드에서는 거의 모든 전하가 전극쪽으로 소멸되는데 비하여 PE/Surlyn 1601 블렌드에서는 상당량의 전하가 시료내로 이동하는 현상이 발견되었다. 전압 제거시 상당량의 전하가 시료내로 이동하는 현상이 PE/Surlyn 1601 블렌드의 TSC가 높은 전기장에서 감소하는 원인인 것으로 보인다. 이외에도 PE/Surlyn 1601 블렌드의 전하축적은 LDPE에 의하여 영향을 많이 받는 반면 PE/Surlyn 1652 블렌드는 ionomer에 의한 영향을 많이 받는 것으로 밝혀졌다.

**Abstract** : The charge accumulation characteristics of two types of PE/ionomer blends, PE/Surlyn 1652 blends and PE/Surlyn 1601 blends, have been investigated by measuring the spatial charge profiles. It was found that on dc stressing the heterocharges are accumulated in the LDPE while the homocharges are accumulated in the ionomers. After the voltage is turned off, however, a considerable amount of negative charge remains in the LDPE whereas almost no charges remain in the ionomers. In PE/ionomer blends the homocharges are accumulated during the application of dc stress. Upon removing the dc stress, most charges disappear in the case of PE/Surlyn 1652 blends while a considerable amount of charge migrates inside the specimen in the case of PE/Surlyn 1601 blends. The migration of charges into the bulk region might cause a decrease in TSC of PE/Surlyn 1601 blends at high fields. Besides, it was found that the charge accumulation characteristics of PE/Surlyn 1601 blends was affected by the LDPE component whereas those of PE/Surlyn 1652 blends by the ionomer component.

## 서 론

폴리에틸렌에 전압이 가해지면 내부에 존재하는 전하가 전기장의 방향에 따라 배열하거나 또는 전극으로부터 방출된 전하가 폴리에틸렌내로 주입되어 폴리에틸렌내에는 소위 공간전하가 축적된다. 이러한 경로로 축적된 공간전하는 폴리에틸렌내의 전기장 분포를 국부적으로 변형시키는 원인으로 작용하며 경우에 따라서는 폴리에틸렌의 절연파괴를 일으키는 원인이 되기도 한다.<sup>1~3</sup>

최근 폴리에틸렌은 음으로 대전되며 ionomer는 양으로 대전된다는 연구결과를<sup>4</sup> 바탕으로 폴리에틸렌에 ionomer를 혼합하면 폴리에틸렌의 절연파괴강도가 증가될 수 있다는 연구결과가 발표된 바 있다.<sup>5</sup> 그러나 PE/Surlyn 1652 블렌드 및 PE/Surlyn 1601 블렌드 등의 PE/ionomer 블렌드에 대한 열자극전류(TSC : Thermally Stimulated Currents) 특성에 대한 연구를 통하여 ionomer의 종류에 따라 TSC 특성이 크게 다른 것으로 밝혀 졌다. 즉, PE/Surlyn 1652 블렌드는 분극전기장이 증가할수록 측정된 TSC가 증가하는 반면에 PE/Surlyn 1601 블렌드는 분극전기장이 높은 경우 측정된 TSC가 오히려 감소한다.<sup>6</sup>

일반적으로 분극전기장이 증가하면 전극으로부터 주입되는 전하의 양 그리고 시료내에서 트랩되는 전하의 양이 증가하여 측정되는 TSC도 증가하므로 폴리에틸렌과 PE/Surlyn 1652 블렌드가 보여주는 경향은 쉽게 설명될 수 있다. 그러나 PE/Surlyn 1601 블렌드가 보여주는 경향은 이러한 개념으로 설명될 수 없는 특이한 현상이다.

TSC가 감소하는 경우는 크게 두가지로 볼 수 있는데, 첫째는 트랩되는 전하의 양이 작은 경우이고 둘째는 트랩되었던 전하가 방출되는 과정에서 전극 쪽으로 이동하지 않고 시료의 내부쪽으로 이동하는 경우이다. 두번째 경우는 TSC 측정방법상 피할 수 없는 현상으로서 이는 TSC가 시료내에 있는 전하의 거동을 직접 측정하는 것이 아니라 시료내에 있는 실제전하(real charge)의 움직임에 의하여 야기되는

전극에 있는 영상전하(image charge)의 이동이 외 부회로를 통하여 탐지되기 때문이다. 이러한 현상을 정확히 설명하기 위하여는 전하의 이동 및 전하의 분포 등에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

이러한 내용을 배경으로 본 연구에서는 PE/ionomer 블렌드의 특이한 TSC 거동을 전하축적특성의 측면에서 알아보기 위하여 이 블렌드의 전하형성거동에 대하여 알아보았다.

## 실험장치 및 방법

### 시 료

본 실험에서 사용한 재료는 국내업체에서 생산한 전력케이블 절연용으로 쓰이고 있는 저밀도 폴리에틸렌과 DuPont사의 ionomer를 사용하였다. Ionomer는 ethylene methacrylic acid(EMA) 공중합체를 기본으로 하고 있는데 이 공중합체의 산성분(acid function)이 부분적으로 금속 양이온으로 중화된 고분자이다.<sup>7</sup> 본 연구에서는 두 종류의 ionomer를 사용하였는데 Surlyn 1601은 Na 이온에 의해 그리고 Surlyn 1652는 Zn 이온에 의해 중화된 것이다. 각 ionomer에 대한 자세한 사항은 Table 1에 나와 있다.<sup>8</sup>

PE/Ionomer 블렌드의 제조는 Wayne Machine & Die Co. 사 제품인 단축 압출기(single screw extruder)를 사용하여 180°C에서 20 rpm의 속도로 압출하였다. 전하분포 측정용 시료는 110°C에서 용융시킨 후 180°C에서 25분간 압축성형하여 600~700 $\mu$ m 정도의 판상으로 만들어 사용하였으며, 전력케이블의 내부반도전층 재료로 쓰이고 있는 동선티스재료의 반도전 재료를 동일한 과정을 거쳐 두께가 약 200 $\mu$ m 정도의 필름으로 만든후 이를 약간의 열을 가하여 시편의 표면에 접착시켜 전극으로 사용하였다.

Table 1. Specification of Surlyn 1601 and Surlyn 1652<sup>8</sup>

Ionomer	Ion Type	% MAA	% 중성화도
Surlyn 1601	Na	10.0	53
Surlyn 1652	Zn	8.7	18

**내부전하분포 측정**

내부 전하분포 측정은 전기음향펄스 방법(Pulsed Electroacoustic Method)으로 하였으며, 측정장치의 개요도는 Fig. 1에 나와있다.<sup>9</sup> 본 연구에서는 펄스 폭이 30 ns이고 펄스크기가 -1 kV인 전기펄스를 사용하였다.

전기음향펄스 방법의 측정원리를 간단히 언급하면 다음과 같다.<sup>10</sup> 전압을 가하여 시편내에 형성된 전하는 펄스 발생기에서 발생한 전기펄스에 의하여 전기력(electric force)이 발생하여 기계적 압력과(mechanical pressure wave)의 일종인 전기음향파(electroacoustic wave)를 발생시킨다. 이때 전하분포 측정을 위하여 시편에 가한 전압이 펄스의 형태이므로 이로 부터 발생한 전기음향파도 펄스의 형태를 갖는다. 전하가 있는 위치에서 발생한 전기음향펄스는 기계적인 신호로서 시편을 통과하여 전파되는데 이때 전극에 연결되어 있는 압전소자에 의하여 전기적 신호로 변환되어 오실로스코프에서 측정된다. 이때 x축 방향은 시간을 나타내는데 이것은 시편에서의 음향파 전달속도를 계산한 뒤 이를 보정하면 두께방향으로의 위치를 나타내므로 결국 시료의 두께방향으로의 전하분포를 알 수 있다. 일반적인 고분자의 음파전달속도는 약 2000 m/sec로 알려져 있으나<sup>11,12</sup> 사용한 시편에서의 음향파 전달속도는 시편의 두께와 오실로스코프상의 시간으로부터 정확하게 계산될 수 있다.

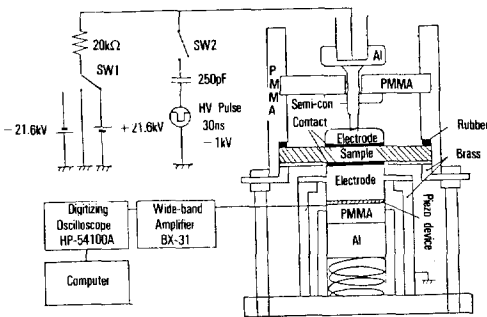


Fig. 1. Schematic diagram of apparatus to measure spatial charge profiles.

본 연구에서는 두 종류의 전압을 가하는 방식을 사용하였는데, 첫째는 6~21.6 kV의 직류전압을 순차적으로 30분 간격으로 상승시키며 전하분포를 측정하는 방법이고, 둘째는 일정한 전압을(대표적으로 22 kV) 가하면서 일정한 시간에 전하분포를 측정하여 이를 3차원으로 재배열하는 방법이다. 첫번째 방법은 전압의 크기에 따른 내부전하분포의 변화를 연구하는데 유용하며 두번째 방법은 전압을 가하는 시간에 따른 전하분포의 변화를 관찰하는데 유용한 방법이다.

**대표적인 전하분포 및 해석방법**

전압이 가해질 때 가교폴리에틸렌(XLPE) 내부에 형성된 대표적인 전하분포가 Fig. 2에 나와 있다. 이때 전력케이블의 strand shield로 쓰이고 있는 반도체 재료를 전극으로 사용하였다. 이 전하분포는 2 mm 두께의 XLPE에 -80 kV의 직류전압을 1 시간 동안 가했을 때 형성된 전하의 분포이다. 전하분포는 전압을 제거한 후 측정하였으며 이 그림은 전하분포의 해석방법에 대한 이해를 돕기 위하여 인용하였다.

Fig. 2에 있는 전하분포는 그림에 표시되어 있는 바와 같이 크게 세개의 구역으로 나눌 수 있다. 먼저 I과 III으로 표시되어 있는 전하밀도가 큰 피크는 가해진 전압에 의하여 전극에 유도된 유도전하(induced charge) 또는 영상전하(image charge)를 의미한다. 이때 I은 음극을 나타내고 III은 양극을 나타낸다. II로 표시된 구역은 시편을 말하는데, 시편의 양쪽 표면에 실제전하(real charge)가 존재하고 시

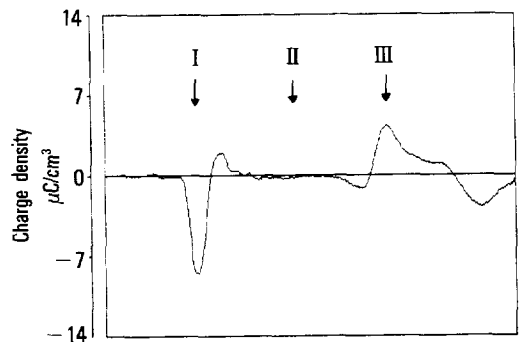


Fig. 2. Typical spatial charge profile.

료의 내부에는 실제전하(real charge)가 거의 없는 상황을 보여 준다. 이 그림에서 보면 거의 모든 전하는 시료의 표면에 주로 축적된다는 것을 알 수 있다.

Fig. 2는 이중전하의 축적을 보여 주는 대표적인 전하분포로서 양극쪽에는 음전하가 그리고 음극쪽에는 양전하가 축적된 것을 알 수 있다. 이중전하의 형성은 전극으로부터 주입된 전하에 의한 것이 아니라 시료 내부에 존재하는 각종의 전하가 전기장의 방향에 따라 배열되어 생기는 것이다. 반대로 전극의 극성과 동일한 극성을 갖는 전하가 축적되는 경우도 많은데 이는 전극으로부터 전하가 시료내로 주입되어 형성되는 것으로서 이를 동종전하(homocharge)라고 부른다.

### 결과 및 고찰

#### 폴리에틸렌과 Ionomer의 전하분포

6, 10.8, 21.6 kV의 전압을 가했을 때 LDPE 내부에 축적되는 전하의 분포가 Fig. 3에 나와 있다.

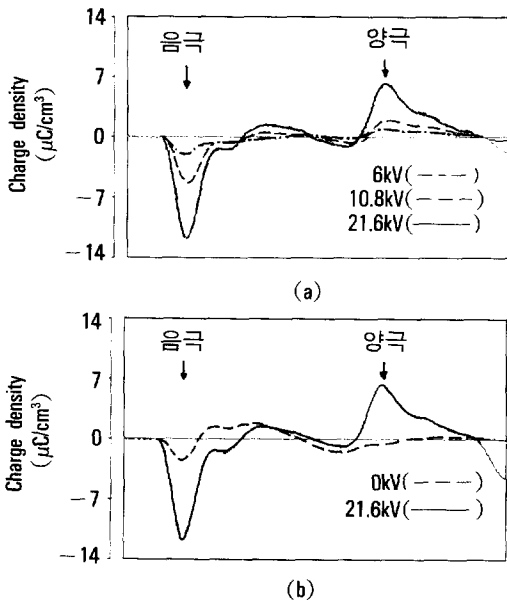


Fig. 3. Charge distribution profiles of LDPE. Thickness : 540μm.

이 그림에서 (a)는 전압을 가하고 있는 상태에서의 전하분포이고 (b)는 21.6 kV의 전압을 30분간 가했을 때의 전하분포와 이 전압을 제거한 후에 LDPE에 남아 있는 전하분포를 비교한 것이다.

먼저 Fig. 3-a를 보면 가하는 전압이 클수록 LDPE에 축적되는 전하의 양도 커진다는 것을 알 수 있다. 전체적으로 음전극쪽 또는 양전극쪽에서 모두 음전하만이 관찰되었다. 또한 전압이 높을수록 시료 내부에 생긴 양전하의 크기가 증가하는 경향을 볼 수 있다.

Fig. 3-b에 21.6 kV의 전압을 가하면서 측정된 전하분포와 전압을 제거하고난 후의 전하분포를 비교하였다. 먼저 시편에 전압을 가하였을 때에는 음전극쪽 표면과 양전극쪽 표면에 모두 음전하가 축적되고 시편의 중앙부위에는 양전하가 축적되며, 시편에 가했던 전압을 제거하면 음전극쪽에서는 양전하가 그리고 양전극쪽에서는 음전하가 나타난다. 또한 전압을 가하면서 측정된 전하분포를 보면 전극에 유기된 전하가 내부에 축적된 전하에 비하여 월등히 크다는 것을 알 수 있고 전압을 제거하면 이 전하가 거의 모두 사라지는 것을 알 수 있다. 따라서 전압을 가한다고 해도 실제로 시료에 축적되는 전하의 양은 작으며 나머지는 전극에 전압이 가해짐으로서 생긴 전하들이다.

이와 같이 전압을 가하면서 측정된 전하분포에서 음전극쪽에서 음전하가 관찰된 것은 음전극쪽에서 음전하의 주입이 강하기 때문이 아니라, 실제로는 양전하가 축적되었으나 전극에 유도된 음전하가 워낙 크기 때문에 음전극쪽에 축적된 양전하 피크가 음의 방향으로 당겨졌기 때문으로 생각된다. 따라서 LDPE의 경우 음전극쪽에서는 양전하가 그리고 양전극쪽에서는 음전하가 축적되는, 즉 이중전하의 축적이 주요 전하형성기구라고 할 수 있다. LDPE에 이중전하가 축적되는 원인은 정확히는 알 수 없으나 일반적으로 고분자에 들어 있는 불순물들이 전하를 띠게 되어 이중전하를 이루는 것으로 알려져 있다.<sup>13</sup>

Surlyn 1601 및 Surlyn 1652 Ionomer에 21.6 kV를 가하였을 때의 전하분포 측정 결과가 Fig. 4에 나

와 있다. 여기에서 (a)는 전압을 가하면서 측정된 ionomer의 전하분포이고 (b)는 전압을 제거한 후에 ionomer에 남아 있는 전하분포이다.

Fig. 4-a를 보면 알 수 있듯이 전압이 가해지는 상황에서는 두 ionomer의 전하축적 양상이 거의 비슷하다. 즉 음전극쪽에 음전하의 축적이 약간 보일 뿐 전체적으로 전하의 축적이 거의 없는 것으로 보인다. 그러나 Surlyn 1601의 경우 음전극쪽에 축적되는 전하량이 Surlyn 1652에 비하여 약간 많은 것으로 보인다.

특이한 현상은 Fig. 4-b에서 Surlyn 1601의 경우 음전극쪽에 약간의 전하가 남아 있기는 하지만 ionomer에는 전압을 제거했을 때 시료내에 남아 있는 전하가 거의 없다는 사실이다. 즉, 전압을 제거하여도 상당량의 이중전하가 시료내에 남아 있는 폴리에틸렌의 경우와 크게 다르다(Fig. 2와 Fig. 3 참조). 이는 ionomer에 있는 많은 양의 dipole 또는 ionic cluster 등으로 이루어진 각 종의 ionic phase들이 전하의 이동을 자유롭게 하기 때문인 것으로 보인다.

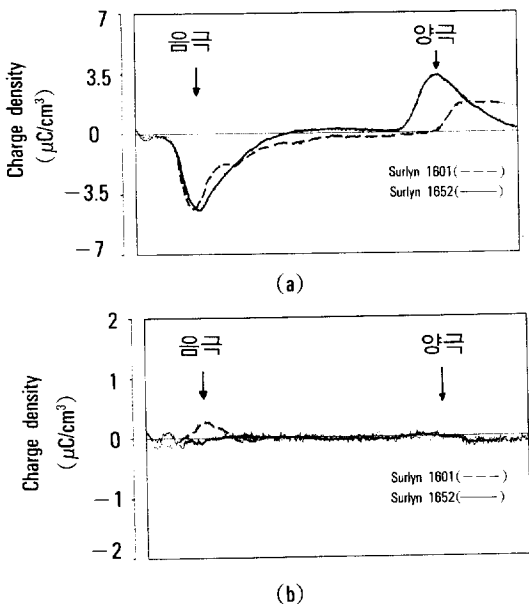


Fig. 4. Charge distribution of ionomer : (a) Voltage on, 21.6 kV, (b) Voltage off, 0 kV. Thickness : Surlyn 1601 : 730 $\mu$ m, Surlyn 1652 : 650 $\mu$ m.

다.

### PE/Ionomer Blend의 전하분포

Fig. 5에 PE/Surlyn 1601 블렌드와 PE/Surlyn 1652 블렌드의 전하분포를 나타냈다. 이 그림에서도 (a)는 전압을 가하면서 측정된 전하분포이고 (b)는 전압을 제거한 후에 측정된 전하분포이다. 두 블렌드에 대한 전하분포의 측정은 먼저 PE/ionomer의 조성이 무게비로 각각 90/10인 경우에 대하여 언급하고 후에 함량에 따른 변화에 대하여 언급하려고 한다.<sup>14</sup>

Fig. 5-a에서 알 수 있듯이 전압이 가해지면 PE/Surlyn 1601 블렌드는 주입된 음전하, 즉 전자가 시료의 절반 정도까지 존재하며 PE/Surlyn 1652 블렌드는 전압을 가하였을 때 주입된 전자가 시료의 절반 정도의 범위에 걸쳐 분포한다. 전압을 제거한 경우에는 Fig. 5-b에 나와 있는 바와 같이 PE/Surlyn 1601 블렌드는 주입되었던 음전하가 시료전체에 걸쳐서 남아 있는 반면 PE/Surlyn 1652 블렌드의 경

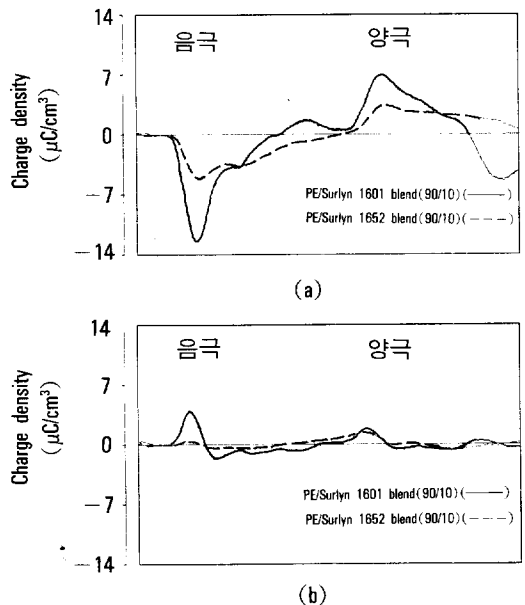


Fig. 5. Charge distribution of PE/ionomer blends : (a) Voltage on, 21.6 kV, (b) Voltage off, 0 kV. Thickness : PE/Surlyn 1601(90/10) : 540 $\mu$ m, PE/Surlyn 1652(90/10) : 520 $\mu$ m.

우에는 거의 모든 전하가 소멸되어 PE/Surlyn 1601 블렌드에 비하여 적은 양의 음전하만이 남는다.

PE/Surlyn 1601 블렌드의 경우, 전압이 가해질 때는 음전하가 시료의 거의 절반 정도까지만 주입되었으나 전압을 제거한 후에는 시료의 거의 전체지역에 걸쳐 음전하가 분포하고 있다. 이는 주입된 음전하의 상당부분은 전극쪽으로 소멸되나 일부분은 전압 제거시 시료 내부로 이동하기 때문인 것으로 보인다. 이와 같이 전압을 제거하여 주입되었던 전하가 시료의 내부쪽으로 이동하는 현상은 종종 발표된 바 있다. 예를 들어, 전자빔(electron beam)에 의하여 PMMA에 주입되었던 전하가 소멸되는 과정에서 300 시간 후에 약 1 mm를 시료내부로 이동하는 현상이 발표된 바 있다.<sup>10</sup> 이러한 현상은 폴리에틸렌이나 또는 ionomer에서는 발견되지 않은 현상으로서 이는 PE/Surlyn 1601 블렌드의 경우 주입된 음전하의 이동이 모체 고분자에 비하여 비교적 자유롭다는 것을 의미한다. 이 현상에 대하여는 뒤에서 homopolymer와 블렌드의 전하분포를 비교할 때 다시 언급하기로 한다.

### Homopolymer와 Blends와의 비교

PE/ionomer 블렌드의 전하분포는 여러가지 면에서 모체인 폴리에틸렌이나 ionomer의 전하분포와 상이한 현상을 보인다.

첫째, 축적된 전하의 종류가 다르다. 폴리에틸렌의 경우 주로 이종전하가 축적되는 반면에 ionomer나 또는 블렌드에서는 주로 동종전하가 축적되는 것으로 보인다(Fig. 3과 Fig. 4 참조). 이러한 현상은 Ionomer의 경우 카보닐기 또는 ionic cluster 등이 많이 존재하기 때문에<sup>7</sup> 전압이 가해지면 이종전하가 축적될 것으로 예측되나 실험적으로는 반대의 현상이 발견되었다.

폴리에틸렌의 경우 시료내에 들어 있는 불순물 등이 전하되어 이종전하를 형성하는 것으로 보인다. 즉, 이러한 불순물은 주로 저분자량의 물질이고 폴리에틸렌과의 상용성이 좋지 않아, 즉 모체인 폴리에틸렌과 화학적인 결합을 하지 않고 있기 때문에, 이들이 전기를 띠게 되면 전기장의 방향에 따라 배

열되며 또한 반대극성을 띠는 전극쪽으로 이동할 가능성이 충분히 있다. 그러나 ionomer의 경우 카보닐기 또는 ionic cluster 등이 많다고는 하지만 이들은 모두 모체인 EMA 공중합체의 주쇄에 화학적으로 결합되어 있기 때문에 비록 높은 전압이 가해진다고 해도 주쇄와의 화학적 결합을 끊을 수 없다면 이들의 이동은 수월하지 않을 것이다. 이런 경우 가해진 전압에 관계없이 이종전하는 전체 시료에 걸쳐 고르게 형성될 것이다. 그러나 전압이 높아질수록 전극으로부터의 전자의 방출이 활발해지므로 동종전하의 주입은 수월해질 것이다. 결국 고분자 절연체에 형성되는 전하의 종류는 고분자 사슬의 mobility와 불순물의 존재 여부가 크게 영향을 미치는 것으로 보인다. 이러한 이유 때문에 ionomer에서는 이종전하의 형성이 어렵고 오히려 동종전하의 형성이 수월할 것이다.

둘째, 앞에서도 언급한 바와 같이 전하의 주입깊이가 다르다. 폴리에틸렌의 경우 이종전하가 시료의 표면부위에 집중적으로 형성되는 반면에 ionomer나 또는 블렌드에서는 시료의 깊은부위까지 주입되는 현상이 발견되었다. 이러한 현상은 전압을 제거한 후에 측정된 전하분포에서 더욱 심한 것으로 보인다.

전하의 주입깊이는 전하가 시료내에서 이동할 수 있는 능력, 즉 전하이동도에 크게 영향을 받을 것이다. 고분자 절연체에서의 전하의 이동이 호핑자리에서 호핑에 의하여 이동한다고 할 때, 호핑자리가 많은 경우에는 전하의 이동이 수월할 것이며 이런 경우 전하가 더 깊은부위까지 주입될 것이다. 호핑자리의 농도를 비교할 때 ionomer 또는 블렌드에는 dipole 또는 ionic cluster 등의 ionic phase가 많기 때문에 폴리에틸렌에 비하여 호핑자리의 농도가 월등히 높을 것이다. 이는 유효전하이동도를 계산하면 알 수 있는데, 본 연구자들이 계산한 유효전하이동도는 PE/ionomer 블렌드의 경우 약  $10^{-13} \text{m}^2/\text{vs}$  정도인데 비하여 폴리에틸렌에서는 약  $10^{-16} \sim 10^{-14} \text{m}^2/\text{vs}$  정도이다.<sup>15,16</sup> 이는 ionomer가 섞여 있는 블렌드에서의 전하의 이동이 폴리에틸렌에 비하여 수월하다는 것을 의미하며, 이러한 이유 때문에 ionomer나 또는

블렌드에서의 전하주입깊이가 폴리에틸렌에 비하여 크다고 할 수 있다. 마찬가지로 이유로 PE/Surlyn 1601 블렌드의 경우 전압을 제거하면 일부분의 전하가 시료의 내부로 이동하는 것으로 보인다.

Fig. 6은 21.6 kV의 전압을 가하면서 측정된 전하분포를 비교한 것이다. (a)에서는 PE, PE/Surlyn 1601 블렌드와 Surlyn 1601을 비교하였고 (b)에서는 PE, PE/Surlyn 1652 블렌드와 Surlyn 1652를 비교하였다. 그림에서 알 수 있듯이 PE/Surlyn 1601 블렌드는 PE와 비슷한 전하분포를 갖는데 반해 PE/Surlyn 1652 블렌드의 경우는 PE보다는 Surlyn 1652와 비슷한 전하분포를 갖는 것으로 보인다. 이러한 결과로부터 PE/Surlyn 1601 블렌드에서는 폴리에틸렌이 큰 영향을 미치는데 PE/Surlyn 1652 블렌드에서는 Surlyn 1652, 즉 ionomer가 큰 영향을 미친다고 할 수 있다.

**고찰**

본 연구는 두 블렌드간의 TSC(Thermally Stimulated Currents) 특성의 차이, 즉 PE/Surlyn 1652 블렌드는 분극전기장이 증가함에 따라 TSC가 증가

하는 반면 PE/Surlyn 1601 블렌드는 분극전기장이 증가함에도 불구하고 높은 전기장에서 TSC가 오히려 감소하는 현상을 전하축적특성의 측면에서 고찰하기 위하여 시작되었다.

먼저 TSC는 시편에 전압을 가하여 전하를 형성시킨 다음 이를 다시 방출시키면서 측정된 전류를 말한다. 따라서 TSC 결과를 전하축적특성 측면에서 고찰하기 위하여는 전압을 가하여 전하를 일단 형성시킨 다음 이 전하가 방출되는 과정, 즉 전압을 제거한 후의 전하분포를 비교하는 것이 유리할 것이다.

본 연구를 통하여 전압을 제거한 후에 측정된 전하분포에 있어서 두 블렌드 사이에는 큰 차이가 있는 것으로 밝혀졌다. 즉, Fig. 5에 나와 있는 바와 같이 PE/Surlyn 1652 블렌드는 전압을 가할때 전극주변에 형성되었던 전하가 전압이 제거되면 거의 모두 소멸되는 반면에 PE/Surlyn 1601 블렌드에서는 일부분의 전하가 시료의 내부로 이동하는 현상이 발견되었다. 또한 내부에 남아 있는 전하량도 PE/Surlyn 1601 블렌드의 경우 PE/Surlyn 1652 블렌드에 비하여 많은 것으로 밝혀졌다.

이런 현상은 TSC 특성을 결정짓는 중요한 현상이라고 생각한다. 앞서서도 언급한 바와 같이, TSC의 측정원리상 시료내에 있는 전하량이 감소하는 경우에도 TSC가 감소하지만 전하가 방출되는 과정에서 전하가 전극쪽으로 이동하지 않고 시료의 내부쪽으로 이동해도 측정된 TSC는 감소한다. 본 연구결과 PE/Surlyn 1601 블렌드에서 전하가 시료의 내부쪽으로 이동하는 현상이 발견되었으므로 이것이 높은 전기장에서 이 블렌드의 TSC가 감소하는 원인인 것으로 보인다.

본 연구를 통하여 전하분포를 측정하는 시기에 따라 다른 전하분포가 얻어졌다. 예를 들어 전압을 가하면서 측정하는 경우와 전압을 제거한 상태에서 측정하는 경우에 다른 전하분포를 얻은 것은 앞서서도 언급한 바 있다. 이는 전압을 가할때 전극에 유기되는 전하 때문에 시료의 표면에 축적되는 전하의 종류 및 양이 크게 영향을 받는다는 것을 의미한다. 즉, 실제로 시료의 내부에 존재하는 전하분포를 보여주

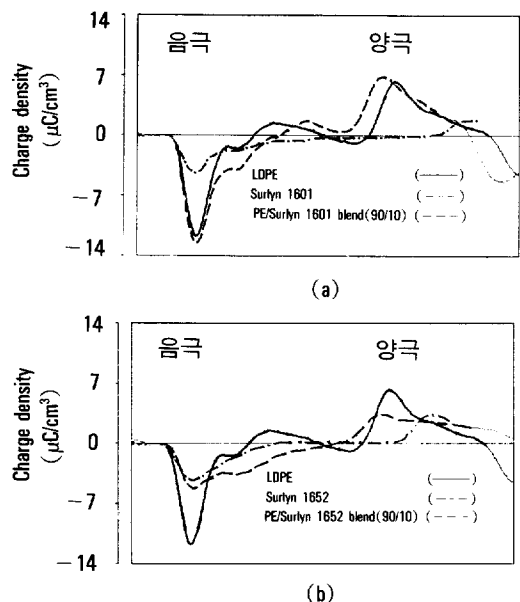


Fig. 6. Charge distribution of homopolymers and PE/ionomer blends : Voltage on, 21.6 kV.

는 것이 아니라 전극에 유기된 전하에 의하여 영향을 받은 전하분포를 보여주므로 전압을 가하면서 측정된 전하분포의 해석은 상당한 주의를 기울여야 할 것으로 보인다.

## 결 론

LDPE, 두 종류의 ionomer, 그리고 PE/ionomer 블렌드의 전하축적특성에 대한 연구를 통하여 다음과 같은 사실을 알았다.

1. 전압이 가해지면 LDPE에서는 이중전하가 축적되는 반면 ionomer에서는 동종전하가 축적된다. 전압이 제거되면 LDPE에는 상당량의 이중전하가 남는 반면 ionomer에서는 거의 모든 전하가 전극쪽으로 소멸된다.

2. PE/Surlyn 1601 블렌드의 전하축적은 LDPE에 의하여 영향을 많이 받는 반면 PE/Surlyn 1652 블렌드는 ionomer에 의한 영향을 많이 받는 것으로 밝혀졌다.

3. PE/ionomer 블렌드의 경우 전압을 가하면 두 블렌드에서 모두 동종전하의 주입이 일어나며 전압을 제거하면 PE/Surlyn 1652 블렌드에서는 거의 모든 전하가 전극쪽으로 소멸되는데 PE/Surlyn 1601 블렌드에서는 상당량의 전하가 시료내로 이동한다.

4. 전압 제거시 상당량의 전하가 시료내로 이동하는 현상이 PE/Surlyn 1601 블렌드의 TSC가 높은 전기장에서 감소하는 원인인 것으로 보인다.

감사의 글: 본 연구의 일부는 한국과학재단(신진 연구: #903-0307-005-2)의 후원으로 수행되었으므로 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. R. Bartnikas and K. D. Srivastava, *Power Cable Engineering*, Sandford Educational Press, Waterloo, 1987.
2. M. Ieda, *Trans. IEEE Electr. Insul.*, **EI-22**, 261 (1987).
3. M. T. Shaw and S. H. Shaw, *Trans. IEEE Electr. Insul.*, **EI-19**, 419 (1984).
4. M. Yoshida, *Tech. Report of Tamakomai College, Japan*, **13**, 49 (1978).
5. H. Fugakawa and Y. Yasuo, *Comm. BIII-2, J' Cable '84*, 283 (1984).
6. K. S. Suh, J. Tanaka, and D. H. Damon, *Trans. KIEE*, **40**, 808 (1991).
7. L. Holliday, *Ionic Polymers*, John Wiley & Sons, 1975.
8. EPRI Report, EPRI EL-6977, 1990.
9. Y. Li, M. Yasuda and T. Takada, *Proc. 3rd IC-PADM*, Waseda Univ., Tokyo, July 8-12, 1210 (1991).
10. T. Maeno, T. Futami, H. Kushibe, T. Takada, and C. M. Cooke, *IEEE Trans. Electr. Insul.*, **EI-23**, 433 (1988).
11. C. Alquie, J. Lewiner, and G. Dreyfus, *J. Phys. Lett.*, **44**, 171 (1983).
12. J. Lewiner, *IEEE Trans. Electr. Insul.*, **EI-21**, 351 (1986).
13. M. S. Khalil and A. A. Zaky, *Int. J. Polym. Mater. (GB)*, **11**, 1 (1985).
14. S. J. Hwang and K. S. Suh, in Preparation.
15. K. S. Suh and C. R. Lee, *Polymer(Korea)*, **15**, 735 (1991).
16. K. S. Suh, C. R. Lee, and J. S. Nho, *Polymer(Korea)*, Submitted.