

XLPE의 성분과 전하축적 특성

서 광 석 · 노 진 서

고려대학교 재료공학과

(1993년 1월 25일 접수)

Components of XLPE and Charge Accumulation Characteristics

Kwang S. Suh and Jin S. Noh

Department of Materials Science, Korea University, Seoul, Korea

(Received January 25, 1993)

요 약 : XLPE가 가교화된 성분, 미가교 성분, 첨가제(산화방지제) 및 가교부산물 등의 성분으로 구성되어 있다는 점을 고려하여 이들 각 성분이 XLPE의 전하형성 특성에 미치는 영향을 알아 보았다. 연구결과, 순수하게 가교화된 영역에는 동종전하가 형성되며 저분자량 물질이 없는 미가교 성분은 낮은 전압에서는 이종전하를 형성시키지만 높은 전압에서는 결국 동종전하를 형성시키는 역할을 한다. 가교화 과정에서 발생된 가교부산물은 이종전하를 축적시키는 주요 원인으로 작용하며 산화방지제는 이종전하의 형성을 억제하고 동종전하의 축적을 도와주는 것으로 추측된다. 이들 성분 중에서 가교부산물에 의한 이종전하 형성이 가장 큰 영향을 미치는 것으로 밝혀졌는데, 이런 이유 때문에 각 성분이 모두 들어 있는 제조 직후의 XLPE에는 표면적으로는 이종전하의 형성이 주된 전하형성기구로 나타났다.

Abstract : Effects of such components as crosslinked component, non-crosslinked component, additive (antioxidant), and residual byproducts on the charge formation in XLPE have been investigated. It has been found that the homocharge is developed in a pure crosslinked region in XLPE. Non-crosslinked component plays a role to form the homocharge at high fields although it helps the formation of heterocharge at low fields. Residual byproducts formed during the crosslinking reaction cause the formation of heterocharge, whereas the antioxidant prohibits the formation of heterocharge and enhances the formation of negative charge. Of these, residual byproducts have been found to impose the most pronounced influence on the formation of heterocharge in the XLPE, so that only heterocharge is found in an as-pressed XLPE.

서 론

폴리에틸렌 특히 전력케이블의 절연에 가장 많이 사용되고 있는 가교폴리에틸렌(XLPE : crosslinked

polyethylene)의 전하와 관련된 성질은 최근 공간전하의 중요성과 함께 많은 관심의 대상이 되어 왔기에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다.

XLPE 내에 존재하는 저분자량 성분은 XLPE의

전기적 성질에 영향을 미치는 것으로 보인다. 특히 XLPE의 가교화과정 중 과산화물의 열분해에 의하여 acetophenone, cumyl alcohol, α -methylstyrene 등의 가교부산물이 생성되며¹ 이들 가교부산물들이 XLPE의 전기적 특성에 큰 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있다. 즉, 진공처리한 XLPE에 acetophenone과 cumene을 주입하였을 때 이들의 함량에 따라 AC 절연파괴 강도의 변화양상이 서로 달라지며,² 또한 acetophenone이 함유된 XLPE에서 관찰된 열자격전류의 크기는 이를 제거한 XLPE에 비해 2배 정도 크다는 연구 결과도 보고된 바 있다.³ 특히 가교부산물을 제거한 XLPE의 전기전도 특성은 가교부산물이 들어 있는 XLPE의 전기전도 특성과 크게 다르다는 결과가 발표된 바 있다.^{4,5} XLPE에는 각기 특별한 목적을 위해 첨가제가 섞여 있는데, 대표적인 첨가제로는 산화방지제가 있다. 이 산화방지제는 일반적으로 라디칼 안정제로 작용함으로써 트리성장을 억제하는 역할을 하는 이외에도 열자격전류 특성이 산화방지제의 종류에 따라 크게 영향을 받는 것으로 발표된 바 있다.⁶ 이러한 결과들은 XLPE의 전기적 특성, 특히 전하와 관련된 특성이 가교부산물 또는 첨가제 등의 저분자량 성분에 의하여 크게 영향을 받는다는 것을 의미하기도 한다.

이와 같이 XLPE의 전기적 성질, 특히 전하와 관련된 성질에 대하여는 많은 연구가 이루어지고 있지만 상당 부분은 아직도 밝혀지지 않고 있는 실정인데, 이는 XLPE의 측정물성이 그 구성성분과 깊은 관련을 가지고 있기 때문인 것으로 보인다. 먼저, 구성성분에 있어서 XLPE는 가교화된 부분, 미가교 부분, 첨가제, 그리고 가교부산물 등으로 이루어져 있는 재료이므로 XLPE의 전기적 특성을 정확히 이해하기 위하여는 이들 각 성분의 영향에 대한 체계적인 연구가 필요하다. 또한 위에서 언급한 전기전도 특성 또는 열자격전류 특성 등은 시편의 내부에서 일어나는 전하의 거동을 직접적으로 알려준다고 하기에는 무리가 있으므로, 시편 내부의 전하의 상태를 직접 알려주는 내부전하분포를 측정할 필요가 있다. XLPE의 구성성분에 따른 전하형성 특성에 대한 정

보는 향후 XLPE의 전하와 관련된 특성을 이해하는데 큰 도움을 줄 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 이들 각 성분이 XLPE의 전하형성 특성에 미치는 영향에 대하여 알아보았다. 본 연구에서 XLPE를 이루는 각 성분의 분리는 진공처리와 용매추출 방법을 사용하였다.

실 험

시편의 제조. 본 연구에서 사용한 시료는 국내 석유화학회사에서 제조한 전력케이블 절연용 XLPE이며 전극으로 사용한 재료는 역시 국내업체에서 제조한 반도체성 재료로 올레핀계 고분자와 카본 블랙(carbon black)의 혼합물이다.

본 연구에 사용된 시편은 Table 1에 나와 있는데, 시편을 처리한 과정은 다음과 같다. XLPE 내에는 가교된 영역 외에도 미가교 영역인 LDPE 영역이 공존하며 가교부산물들과 산화방지제 같은 첨가제 등도 존재한다. 이들 각각의 성분들을 따로 분리해 내기 위해 몇 가지 처리를 하였는데 우선 80°C의 진공 오븐 속에서 100시간 동안 진공처리시킴으로써 가교부산물들을 제거하였다.^{7~9} 진공처리를 거친 XLPE를 먼저 클로로포름으로 추출한 후 이를 다시 크실렌을 사용하여 추출하였다. 클로로포름 추출은 산화방지제 등의 첨가제를 제거하기 위하여 상온에서 48시간 추출하였다. 클로로포름으로 추출된 시편은 아직도 미가교 성분을 가지고 있으므로 이를 제거하여 순수하게 가교화된 부분만을 얻기 위하여 클로로포

Table 1. Specification of Test Specimens

Specimen code	XLPE	Semiconductive electrode
XFSF	fresh	fresh
XFSV	fresh	vac. deg. ¹
XVSV	vac. deg.	vac. deg.
XLCh	extracted ²	vac. deg.
XLXy	extracted ³	vac. deg.

¹ Vacuum degassed at 80°C for 100 hrs.

² Extracted in a chloroform for 48 hrs at RT.

³ Extracted in a boiling xylene for 48 hrs.

름으로 추출한 시편을 다시 끓는 크실렌에서 48시간 동안 추출하였다. 이때 가교화도는 86%로 측정되었다. 용매추출 후에는 60℃의 진공 오븐 속에서 24시간 방치하여 잔류용매를 제거한 후 시편으로서 사용하였다.

전하분포 측정을 위한 시편은 hot press를 사용하여 180℃에서 20분간 압력을 가하며 가교시켜 약 700 μm 두께의 판상으로 만들었으며, 반도체 전극은 동일한 조건에서 약 150 μm 의 두께로 만들었다. 용매추출한 시편의 전하분포 측정에는 가교부산물의 영향을 배제하기 위하여 80℃에서 100시간 동안 진공처리한 반도체 전극을 사용하였다.⁸

공간전하분포 측정. 본 연구에서는 전기음향펄스 방법에 의해 절연체 내에 존재하는 공간전하의 극성과 분포를 조사하였다. 이 방법에 대한 자세한 사항은 이미 발표된 바 있으며,^{10,11} 간단한 원리는 다음과 같다. 시료에 고전압을 인가하여 시료내에 일단 전하를 형성시킨 후 여기에 다시 전기펄스를 가하여 공간전하가 있는 곳에서 전하의 크기와 극성에 대응하는 압력파(pressure wave)를 발생시킨다. 발생된 압력파는 음향파(acoustic wave)의 형태로 시료내를 전파해 나가 전극에 부착된 압전소자(piezoelectric transducer)에서 전기신호로 전환된 후 오실로스코프(oscilloscope)에서 측정된다. 이때 오실로스코프에서 측정되는 전기신호는 압전소자로부터 가까운 곳에서 발생한 압력파의 순서대로 약간의 시간적인 지연을 가지게 된다. 오실로스코프에서 실제로 측정되는 신호는 전압신호이며 측정된 데이터들을 전하 밀도의 단위로 보정하였다.

Fig. 1에 본 연구에서 사용한 전하분포 측정장치의 개요도를 나타내었다. 본 연구에서는 고전압 발생장치로부터 6 kV에서 21.6 kV의 범위에서 직류전압을 단계적으로 증가시키며 인가하였는데 그 증가 주기는 30분이다. 또한 펄스 발생장치에서 30 ns의 폭과 -1 kV의 크기를 가진 펄스를 발생시켜 시료내에 압력파를 발생시켰다. 30분 단위로 전압을 상승시키며 전하분포를 측정한 이유는 전압에 따른 공간전하분포의 변화를 관찰하기 위함이며 전압 인가중의 전하

분포와 전압을 제거한 직후의 전하분포를 모두 측정함으로써 시료 내에 축적되는 전하의 본질과 그 양상이 각기 어떻게 달라지는지를 살펴보았다.

결과 및 고찰

XLPE와 전극의 진공처리. Fig. 2에 제조 직후의 반도체 전극을 사용한 제조 직후의 XLPE(이하 XFSF)의 전하분포가 나와 있다. 실선은 21.6 kV의 직류전압을 가하고 있는 동안 측정한 전하분포를 나타내며 점선은 전압을 제거한 직후에 측정한 전하분포를 나타낸다.

전압이 인가된 상태에서 음전극(cathode) 주변에는 양전하가 양전극(anode) 주변에는 음전하가 나타남을 알 수 있다. 전압을 제거해도 양쪽 전극 주변에 나타나는 전하의 극성은 그대로 유지되며 양전극 주변의 음전하의 양은 전압 인가시와 별 차이가

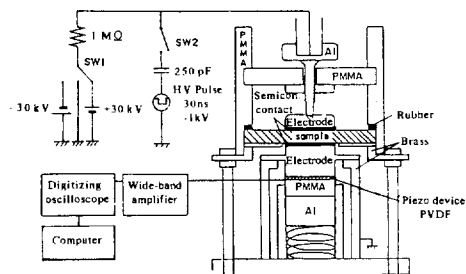


Fig. 1. Schematic diagram for measuring spatial charge profiles.

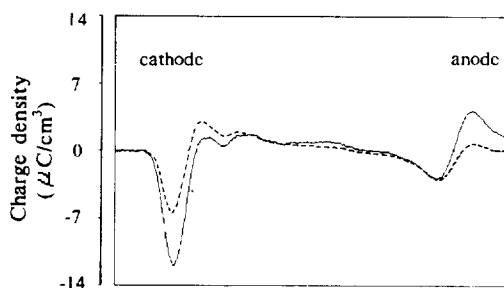


Fig. 2. Charge distribution of fresh XLPE with fresh semiconductive electrodes : (—) during 21.6 kV application, (---) just after removing the voltage.

없으나 음전극 주변의 양전하의 양은 전압 인가시에 비해 많이 증가된 양상을 보였다. 이들 결과로부터 XFSF 시편에서는 이중전하의 형성이 주된 전하형성 기구임을 알 수 있다.

Fig. 3에 진공처리한 반도체 전극을 사용한 제조 직후의 XLPE(이하 XFSV)의 전하분포가 나와 있다. 전압 인가시의 전하분포를 보면 양전극에 인접하여서는 앞의 경우와 마찬가지로 음전하가 관찰되나 그 양은 약간 감소하였으며 음전극에 인접하여서는 앞의 경우와는 달리 음전하가 관찰되었다. 전압을 제거한 다음에는 양전극쪽의 음전하는 그대로 유지되나 음전극쪽에서 관찰되었던 음전하는 나타나지 않고 양전하가 넓은 범위에 걸쳐 비교적 균일하게 나타난다. 음전극에 인접하여 나타나는 양전하의 양도 XFSF의 경우보다는 적었다. 따라서 XFSV 시편에서도 축적된 전하의 본질은 역시 이중전하이며 그 양은 XFSV 시편보다는 적고 시료 내부에서 비교적 균일한 전하분포를 보인다는 사실을 알았다.

Fig. 4는 진공처리한 반도체 전극을 사용한 진공 처리한 XLPE(이하 XVSV)의 전하분포를 보이고 있다. 전압 인가시와 전압 제거시 모두 시료 내부에 나타나는 전하의 양은 앞의 두 경우에 비해 감소하였으며 전압 제거시 음전극에 인접한 지역에 축적된 전하의 극성이 전극의 극성과 같은 것으로 보아 이 경우에는 동종전하의 축적이 주요 전하형성기구를 알 수 있다.

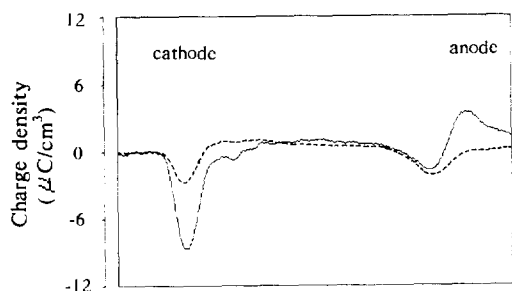


Fig. 3. Charge distribution of fresh XLPE with vacuum degassed semiconductive electrodes : (—) during 21.6 kV application, (---) just after removing the voltage.

Fig. 5에 XLPE와 반도체 전극의 진공처리에 따른 효과를 비교하였다. 이 그림에서는 전압을 제거한 후에 측정된 전하분포를 비교하였다. 진공처리한 반도체 전극을 사용한 경우 XLPE와 전극 모두 제조 직후의 것을 사용한 경우보다는 축적 전하량이 감소하며 이때 축적되는 전하의 본질은 이중전하라는 사실을 알 수 있다. 반면에 XLPE와 반도체 전극 모두 진공처리할 경우 동종전하가 축적되며 다른 시편에 비하여 축적된 전하량도 상당히 작다는 것을 알 수 있다.

본 실험을 통하여 가교부산물이 존재하는 XLPE는 이중전하의 축적이 우세하며 가교부산물을 제거시킨 경우에는 동종전하의 축적이 우세한 것으로 밝혀졌다. 이러한 결과는 알루미늄 전극을 사용한 경우에도 발견되었던 현상으로서,^{7,12} 이는 가교반응 중에 생성된 저분자량의 가교부산물들이 고전압 인가시 하

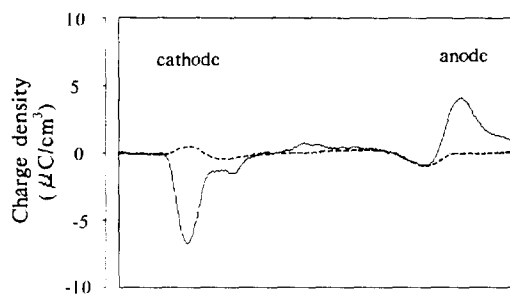


Fig. 4. Charge distribution of vacuum degassed XLPE with vacuum degassed semiconductive electrodes : (—) during 21.6 kV application, (---) just after removing the voltage.

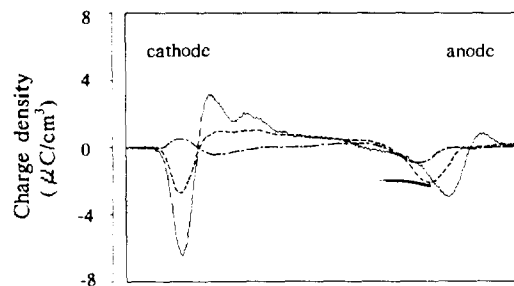


Fig. 5. Charge profiles after the voltage removal : (—) XFSF, (---) XFSV, (-·-) XVSV.

전되어 반대 극성의 전극쪽으로 이동함으로써 나타나는 현상이라고 설명할 수 있다. 이때 XLPE 내에 존재하는 가교부산물들 뿐만 아니라 반도체 전극에 있는 가교부산물들도 XLPE의 전하축적에 큰 영향을 미치는데, 이는 반도체 전극에 있는 가교부산물이 XLPE 쪽으로 확산되었기 때문으로 생각된다.

용매추출한 XLPE. 앞에서 언급한 가교부산물 외에도 XLPE 내에는 LDPE 영역과 또 다른 저분자량 물질인 산화방지제 같은 첨가제가 있는데 이들의 전하축적에 미치는 영향을 알아보기 위해 두 가지 용매를 사용하여 용매추출한 후 전하분포를 측정하였다. 클로로포름을 사용하여 용매추출을 한 이유는 XLPE 내에 섞여 있는 첨가제 등의 저분자량 물질을 제거하기 위함이며 끓는 크실렌을 사용한 이유는 미가교된 성분을 제거하여 순수한 가교성분만을 얻기 위함이다.

Fig. 6은 진공처리한 반도체 전극을 사용하여 클로로포름으로 추출한 XLPE(이하 XLCh)의 전하분포를 보여 준다. 전압을 가하고 있는 동안은 음전극으로부터 시료의 내부로 음전하의 주입이 비교적 깊숙히 나타나지만 전압을 제거하면 거의 모든 전하가 소멸되어 시료 내에 축적되는 전하는 거의 없는 것으로 밝혀졌다. 이러한 현상은 끓는 크실렌을 사용하여 미가교 성분을 추출한 시편(이하 XLXy), 즉 순수하게 가교된 시편에서도 마찬가지로 발견되었다(Fig. 7).

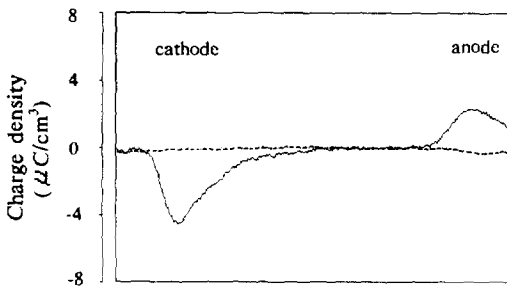


Fig. 6. Charge distribution of chloroform extracted XLPE with vacuum degassed semiconductive electrodes : (—) during 21.6 kV application, (----) just after removing the voltage.

XLPE를 용매추출한 경우 가장 큰 변화는 전하의 축적이 거의 없다는 것이다. 클로로포름과 끓는 크실렌의 전하축적 특성의 차이를 관찰하기 위하여 전압을 제거한 후의 전하분포를 Fig. 8에 다시 비교하였다. 이 그림에서 (a)는 클로로포름으로 추출한 XLPE의 전하분포이고 (b)는 끓는 크실렌으로 추출한 XLPE의 전하분포이다. Fig. 8-(a)를 보면 음전

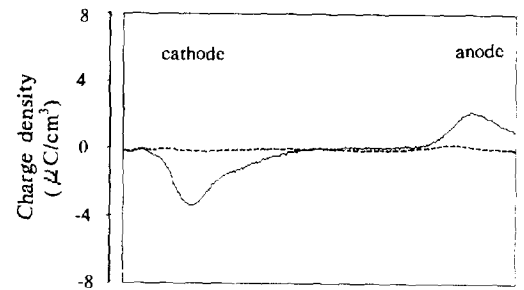


Fig. 7. Charge distribution of xylene extracted XLPE with vacuum degassed semiconductive electrodes : (—) during 21.6 kV application, (----) just after removing the voltage.

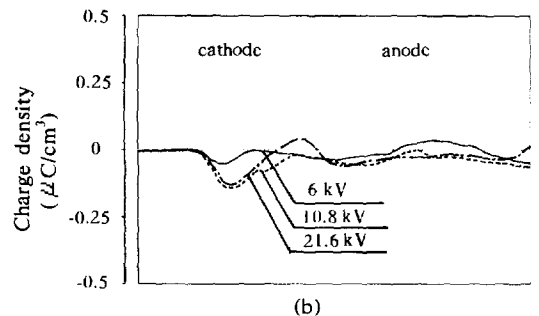
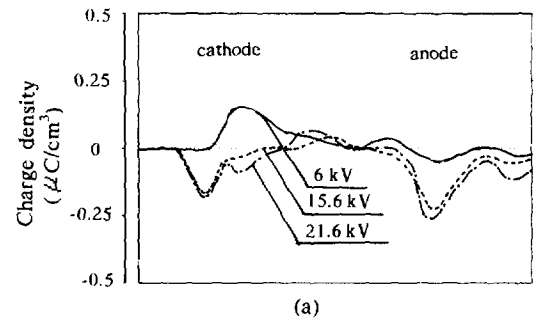


Fig. 8. Charge profiles after the voltage removal : (a) Chloroform extracted XLPE, (b) Xylene extracted XLPE.

극쪽에서 낮은 전압에서는 이중전하의 축적이 보이다가 전압이 높아짐에 따라 동종전하가 축적됨을 알 수 있다. 그러나 Fig. 8-(b)에서는 음전극쪽에서 낮은 전압에서부터 동종전하의 축적이 일어남을 보여준다.

클로로포름은 산화방지제와 같은 첨가제를 추출하는 목적으로 사용되며 끓는 크실렌은 XLPE내의 미가교 성분을 제거하기 위하여 사용된다. 따라서 끓는 크실렌으로 추출한 XLPE는 순수하게 가교화된 부분만 있다고 할 수 있고, 클로로포름으로 추출된 XLPE는 가교된 부분과 미가교 성분이 섞여 있는 그러나 가교부산물이나 첨가제 등은 없는 상태로 간주할 수 있다. 결국 클로로포름으로 추출된 시편과 끓는 크실렌으로 추출된 시편과의 차이는 미가교 성분의 존재 유무라 할 수 있으므로 두 용매추출된 시편의 전하분포의 차이 또한 XLPE 내의 미가교 성분인 LDPE 성분에 기인하는 것으로 간주할 수 있다.

실험을 통하여 XLPE 내의 미가교 성분은 낮은 전압에서는 이중전하를 형성하나 높은 전압에서는 결국 동종전하를 형성하는 역할을 하는 것으로 관찰되었다. 또한 클로로포름으로 추출된 시편의 전하량이 크실렌으로 추출된 시편의 것보다 많은 것으로 관찰되었다. 이러한 결과로 유추할 수 있는 사실은 미가교 성분 중에 낮은 전압에서는 이중전하의 형성을 돕는 기능이 있기는 하나, 이 효과는 크지 못하여 결국 높은 전압에서는 동종전하의 형성이 우세하게 나타나는 것으로 생각할 수 있다. 그러나 미가교 성분 중에 이중전하의 형성을 돕는 기능의 근원에 대한 해석은 현재로서는 어려운 실정으므로 이에 대한 사항은 앞으로 더 연구되어야 할 것이다.

Fig. 9에 XFSF, XVSF 및 XLXy 시편의 전하분포를 함께 비교하였다. Fig. 9에서 보이고 있는 전하분포는 21.6 kV의 직류전압을 제거한 직후에 측정된 것들인데, XLPE와 반도체 전극을 모두 진공처리함에 따라 축적되는 이중전하의 양은 현저히 감소하며 용매추출하는 경우 축적되는 전하량은 더욱 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과로부터 XLPE와 반도체 전극의 가교 반응중 생성된 여러 종류의 가

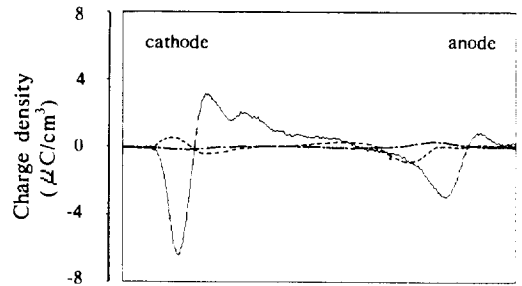


Fig. 9. Charge profiles after the voltage removal : (—) XFSF, (---) XVSF, (- · -) XLXy.

교부산물들이 XLPE의 이중전하 형성에 결정적인 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다.

클로로포름으로 추출된 경우와 XVSF의 두 경우를 비교하면 첨가제의 영향을 알 수 있다. Fig. 4와 Fig. 8(a)를 비교하면 XVSF의 경우 동종전하의 형성이 우세한 것으로 나타났으나 클로로포름으로 추출한 경우에는 오히려 낮은 전압에서는 이중전하의 형성이 발견되었다. 두 시편상의 차이는 산화방지제의 유무이므로, 이들 결과의 차이는 결국 산화방지제의 역할을 말해준다고 할 수 있다. 따라서 산화방지제 등의 첨가제는 이중전하의 형성을 억제하는 것으로 볼 수 있다. 즉, 본 재료에 섞여 있는 산화방지제는 상당량의 음전하(동종전하)를 축적시키는 역할을 하는 것으로 유추할 수 있다. 이러한 결과는 폴리에틸렌의 전하축적 현상에 있어서 산화방지제 등의 첨가제의 역할을 밝힐 수 있는 중요한 자료라고 생각되므로 앞으로 보다 자세한 연구가 이루어져야 할 것이다.

고찰. 본 연구는 XLPE가 가교화된 성분, 미가교 성분, 첨가제 및 가교부산물 등의 성분으로 구성되어 있다는 점을 고려하여 이들 각 성분이 XLPE의 전하형성에 어떤 영향을 미치는지를 알아보기 위한 것이다. 이에 대하여 본 연구에서 관찰한 결과는 다음과 같다.

(1) 이들 각 성분이 모두 들어 있는 제조 직후의 XLPE에는 이중전하가 형성되는데, 이때 가교화 과정에서 발생된 가교부산물이 이중전하의 주된 원인인 것으로 밝혀졌다. 또한 XLPE 내에 들어 있는 가

교부산물 이외에도 반도체 전극에 들어 있는 가교부산물도 무시하지 못할 정도의 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다.

(2) 산화방지제 등의 첨가제는 이종전하의 형성을 억제하고 동종전하인 음전하의 축적을 도와주는 것으로 추측된다. 그러나 첨가제의 함량 및 종류에 따른 정확한 영향은 앞으로 연구되어야 한다.

(3) 순수하게 가교화된 부분에는 동종전하의 형성이 주된 전하형성기구인 것으로 밝혀졌다. 그리고 미가교 성분은 낮은 전압에서 이종전하의 형성을 유발하나 높은 전압에서는 결국 동종전하를 형성하는 역할을 한다.

본 연구를 통하여 XLPE의 전하축적에는 저분자량 물질들이 중요한 역할을 하며 그 중에서도 가교부산물들은 가장 결정적인 역할을 한다는 결론을 내릴 수가 있었다. 따라서 XLPE 내에 형성되는 전하의 종류 및 양을 조절하기 위하여는 이들 저분자량 물질들의 영향을 심각하게 고려해야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 전압을 가하는 도중과 전압을 제거한 직후에 전하분포를 측정하여 비교하였다. 두 전하분포의 변화양상은 시편에 이종전하 축적이 우세할 경우와 동종전하 축적이 우세할 경우에 따라 다른 양상을 보이는 것으로 관찰되었다. 즉, 음전극 쪽에 이종전하의 축적이 우세할 경우 전압을 가하면서 측정된 이종전하량과 전압을 제거한 후에 측정된 이종전하량을 비교하면 후자의 경우 전자에 비하여 많은 양의 이종전하가 관찰되었다 (Fig. 2). 그러나 음전극쪽에서 동종전하의 축적이 우세할 경우 전압을 제거한 후에 측정된 동종전하량이 전압을 가하면서 측정된 동종전하량보다 작은 양상을 보이는 것으로 관찰되었다.

이는 다음과 같은 이유 때문인 것으로 생각된다. 전압을 가하고 있는 동안에는 음전극쪽에서 전자, 즉 음전하의 주입이 활발할 것이므로 음전극쪽에 형성되는 이종전하의 형성과 중복되어 나타날 것이다. 음전하의 주입은 전극으로부터 방출되는 전자에 의한 것이기 때문에 그 방출량은 전극재료에 의하여

결정되며, 전압을 제거한 후에 재료 내에 남아 있는 음전하의 양은 주입된 전하가 재료 내에서 어느 정도 트랩되느냐에 달려 있다고 할 수 있다. 전압을 가하는 동안에 음전극 쪽에 형성되었던 음전하 중 상당량은 전압을 제거함과 동시에 다시 음전극 쪽으로 이동하여 소멸된다. 따라서 극히 작은 양의 음전하(즉, 동종전하)가 재료 내에 남게 된다. 전압을 가하는 동안에는 동종전하의 주입과 이종전하의 형성이 동시에 측정되는데, 결국 측정하는 단계에서 우세한 전하가 관찰되게 된다. 따라서 전압이 가해지는 동안에는 동종전하의 주입이 이루어지고 있는 상황이기 때문에 이종전하의 양이 실제로는 작은 것처럼 관찰된다. 그러나 전압이 제거되면 상당량의 동종전하는 소멸되고 양전하는 대부분 그대로 존재하므로 결국 이종전하의 양은 전압을 가하고 있는 상황에 비하여 전압을 제거한 상황에서 더 클 것이다. 그러나 재료 내에 동종전하만이 형성될 경우에는 전압을 가하는 동안에 관찰되는 동종전하의 양이 전압을 제거한 후의 동종전하의 양보다 월등히 클 것이다.

결론

XLPE가 가교화된 성분, 미가교 성분, 첨가제 및 가교부산물 등의 성분으로 이루어져 있다는 점을 고려하여 이들 성분이 XLPE의 전하형성에 미치는 영향을 알아본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 이들 각 성분이 모두 들어 있는 제조 직후의 XLPE에는 이종전하가 형성되는데, 이때 가교화 과정에서 발생한 가교부산물이 이종전하의 주된 원인인 것으로 밝혀졌다. 또한 XLPE 내에 들어 있는 가교부산물 이외에도 반도체 전극에 들어 있는 가교부산물도 무시하지 못할 정도의 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다.

2. 산화방지제 등의 첨가제는 이종전하의 형성을 억제하고 동종전하인 음전하의 축적을 도와주는 역할을 하는 것으로 추측된다. 그러나 첨가제의 함량 및 종류에 따른 정확한 원인은 앞으로 연구되어야 한다.

3. 순수하게 가교화된 부분에는 동종전하의 형성이 주된 전하형성기구인 것으로 밝혀졌다. 그리고 미가교 성분은 낮은 전압에서 이종전하의 형성을 유발하나 높은 전압에서는 결국 동종전하를 형성하는 역할을 한다.

참 고 문 헌

1. K. Kircher, "Chemical Reactions in Plastic Processing", Hanser Publisher, Munich-Vienna-New York, 1987.
2. Y. Shao, K. Sheu, D. H. Damon, S. J. Huang, and J. F. Johnson, "Dielectric Strength of Crosslinked Polyethylene : The Effects of the Volatile Products of the Crosslinking Reaction", *CEIDP*, 465-470 (1989).
3. M. Nawata, H. Kawamura, and M. Ieda, "Effects of Additives on dc Treeing Breakdown in Polyethylene under Divergent Fields", *IEEE Trans. Electr. Insul.*, EI-25, 527-534 (1990).
4. Chang R. Lee, "Effect of Conditions of Semiconductive Electrodes on Electrical Conduction Characteristics of XLPE", Master Thesis, Korea University, Seoul, Korea, 1992.
5. K. S. Suh, C. R. Lee, and M. K. Han, "Electrical Conduction of XLPE with Vacuum Degassed Semiconductive Electrodes", *CEIDP*, 130-135 (1992).
6. N. Fukushi, "Effects of Additives on the Thermally Stimulated Current in Polyethylene", *Proc. 5th Int. Symp. Electrets*, 163 (1985).
7. Y. Li, M. Yasuda, and T. Takada, "Influence on Spatial Charge Distribution of Crosslinking Agent Residues in XLPE", *Proc. 3rd ICPADM*, 1210-1213 (1991).
8. K. S. Suh, E. J. Kim, M. K. Han, and T. Takada, "Charge Accumulation Characteristics in XLPE with Heat Treated Semiconductive Electrodes", *Proc. 4th ICSD*, 418-422 (1992).
9. H. Miyata, K. Fukunaga, T. Takahashi, T. Niwa, N. Nikuta and, H. Takai, "Study of Effect of Electrode Materials on Space Charge Characteristics", *Conf. Record IEEE Int. Symp. Electr. Insul.*, 177-180 (1992).
10. T. Maeno, T. Futami, H. Kushibe, T. Takada, and C. M. Cooke, "Measurement of Spatial Charge Distribution in Thick Dielectrics Using the Pulsed Electroacoustic Method", *IEEE Trans. Electr. Insul.*, EI-23, 433-439 (1988).
11. T. Takada, T. Maeno, and H. Kushibe, "An Electric Stress-Pulse Technique for the Measurement of Charges in Plastic Plate Irradiated by an Electron Beam", *IEEE Trans. Electr. Insul.*, EI-22, 497-501 (1987).
12. Sun J. Hwang, "Charge Accumulation Characteristics of XLPE with the Amounts of Acetophenone and Cumene", Master Thesis, Korea University, Seoul, Korea, 1993.