

폴리에틸렌의 공간전하 감소화 방안에 관한 연구

한 재홍, 서 광석
고려대학교 재료공학과

Methods to reduce space charge in polyethylene

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

1. 서론

절연재료로서 널리 사용되는 폴리에틸렌은 사용중, 특히 직류전압하에서 내부에 축적되는 공간전하의 영향으로 인하여 절연성능이 크게 저하되는 것으로 잘 알려져 있다 [1-5]. 즉, 절연체 내부에 존재하는 저분자량물질들이나 불순물 등에 의하여 형성되는 공간전하가 극부적인 전기장을 증가시켜 절연체의 파괴 혹은 수명단축을 일으킨다. 이제까지 폴리에틸렌내에서의 공간전하 현상에 대한 많은 연구가 있어 왔으나, 실험조건의 차이 등으로 인하여 연구자마다 그 결과가 다르다 [6].

본 연구실에서 실험한 결과에 의하면 기준시료로서 사용한 저밀도폴리에틸렌 (LDPE, low density polyethylene)에서는 음극과 양극 모두에서 이종전하가 축적되었다. 또한 실험결과에 의하면 이러한 이종전하의 축적이 주로 폴리에틸렌내에 존재하는 저분자량 물질에 의한 것임이 밝혀졌다. [7]. 따라서 본 연구에서는 폴리에틸렌내에 축적되는 이종전하의 양을 감소시키는 방안을 모색하였다.

공간전하의 축적을 감소시키기 위하여 다른 고분자와의 블렌딩, 첨가제의 사용, 저분자량 물질의 추출 등 여러가지 방법이 고려되었으나, 본 연구에서는 두 가지의 방법을 사용하였다. 하나는 폴리에틸렌 자체를 개질하는 방법이고 또 다른 하나는 합성세제로 사용되는 화합물이 구조상 전극에서 주입되는 전자들의 에너지를 흡수할 수 있는 관능기를 지니고 있는 점에 착안하여 폴리에틸렌에 이 화합물을 첨가하는 방법이다. 이 두 가지의 방법이 전하의 분포를 집중되지 않게 하고, 또한 축적되는 양에도 영향을 줄 것이라는 생각에서 시도되었다.

본 연구에서는 폴리에틸렌 자체의 개질과 첨가제의 사용에 따른 공간전하 축적의 영향을 고찰하였다.

2. 실험

본 실험에 사용된 시료는 폴리에틸렌 개질의 방법에서는 폴리에틸렌 (이후 기준시료)에 그래프팅 (grafting)의 방법으로 주사술을 개질하였고, 첨가제 사용의 방법에서는 기준시료에 2종류의 첨가제 W1, W2를 함량별로 각각 0.1, 0.5, 1.0, 2.0 wt%로 첨가하였다. 첨가제 W1과 W2의 차이는 관능기는 동일하나 W1은 isopropyl기로 연결되어 있고 W2는 ethyl기로 연결되어 있는 첨가제이다. 전극으로는 전력케이블의 내부 반도체층으로 사용되는 반도체컴파운드를 사용하였다.

실험시편의 제작은 two-roll mill을 사용하여 110 °C에서 약 15분간 혼련으로 제작한 후에, press를 사용하여 120 °C의 온도에서 약 12톤의 압력으로 10분간 압축성형하였다. 또한 반도체전극은 180 °C에서 같은 압력으로 성형하여 150 - 200 μm 정도의 두께로 만들었다. 이렇게 제조된 전극은 성형중 발생하는 가교부산물을 제거하기 위해 80 °C로 조정된 오븐에서 100 시간 동안 진공처리하여 사용하였다. 측정된 시편의 두께는 1000 - 1100 μm이며, 시편과 전극은 약간의 열을 가하여 접착시켰다.

측정방법은 10 kV에서 시작하여 40 kV까지 매 30 분마다 5 kV씩 승압하였다. 30 분이 경과하면 전압을 제거하고 펄스를 가하여 전하분포를 측정하였다. 본 실험에서 사용한 펄스의 전압은 - 2 kV이고, 폭은 30 nsec이다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 기준시료

그림 1은 첨가제가 없는 기준시료의 공간전하분포를 나타

낸 것인데 시료내의 양극과 음극 모두에서 이종전하가 축적되는 것이 관찰되며, 전하의 축적은 낮은 전기장보다는 높은 전기장에서 매우 증가한다. 기준시료에서 이러한 이종전하가 축적되는 원인은 시료내의 불순물이나 저분자량 물질에 의한 것으로 생각되며, 본 연구실의 실험결과에 따르면 주로 저분자량 물질에 의하여 이러한 현상이 나타나는 것으로 밝혀졌다 [7].

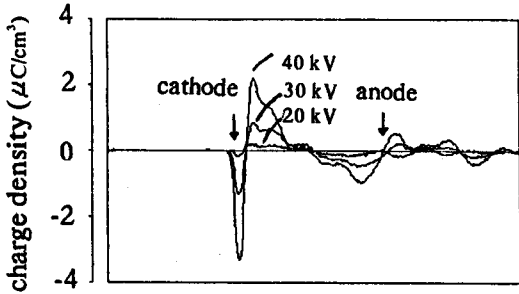


Fig. 1. Space charge profiles of LDPE

3-2. 기준시료 개질의 영향

그림 2는 그래프팅의 방법으로 기준시료를 개질한 다음 공간전하분포를 측정하여 같은 크기로 나타낸 것이다. 그림에서 보여지는 바와 같이 개질한 MPE-1과 MPE-2에서는 전하의 축적이 거의 관찰되지 않으나, 수분의 영향을 보기 위해 MPE-1을 스팀처리한 경우에는 이종전하의 축적이 크게 증가하였다. 위의 실험을 통하여 개질의 방법이 전하축적 감소에 매우 효과적이라는 사실과 수분이 이종전하의 축적을 증가시킨다는 사실을 알았다.

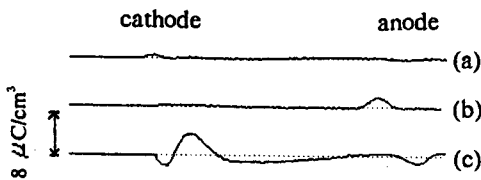


Fig. 2. Space charge profiles at 40 kV of modified PE : (a) MPE-1 (b) MPE-2 (c) steam treated MPE-1

3-3. 첨가제 W1과 W2의 영향

그림 3은 첨가제 사용의 방법으로 첨가제 W1을 함량별로 사용하여 40 kV에서의 전하분포현상을 같은 크기로 그린 것이다. 전체적으로 기준시료보다 축적되는 이종전하의 양이 적은 것을

보여주며, 또한 첨가제의 함량이 낮은 경우가 효과적이고 함량이 증가할수록 축적되는 양이 증가함을 알 수 있다.

다른 종류의 첨가제 W2를 함량별로 사용한 경우의 전하 분포현상이 그림 4에 비교되어 있다. 첨가제 W2를 사용한 경우에는 첨가제 함량이 증가할수록 전하축적 감소에 효과적이다.

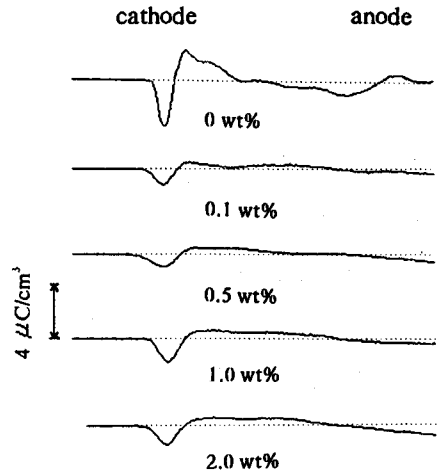


Fig. 3. Space charge profiles at 40 kV of LDPE with W1

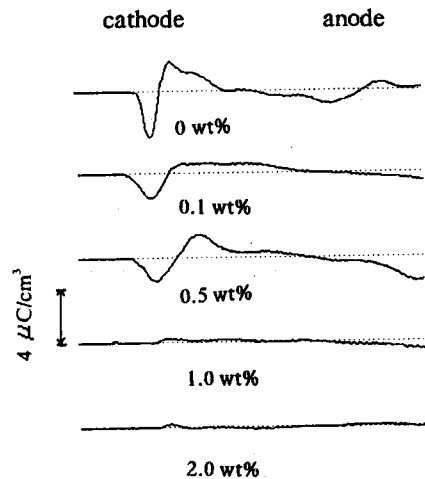


Fig. 4. Space charge profiles at 40 kV of LDPE with W2

그림 5는 첨가제의 함량이 2.0 wt% 경우에서 축적된 이종전하의 양을 전압의 함수로 나타낸 것이다. 첨가제 W1은 20 - 30 kV의 범위에서 전하축적 감소에 그다지 효과를 보이지 않으나 그 이상의 전압에서는 효과가 나타난다. 한편 W2 사용의 경우

모든 전압에서 기준시료보다 전하의 축적이 확실하게 감소된다. 첨가제 사용의 방법에서 보여지는 두드러진 특징은 전하축적이 매우 적어진다는 것과 W1은 낮은 함량에서 W2는 높은 함량에서 효과적이라는 사실이다.

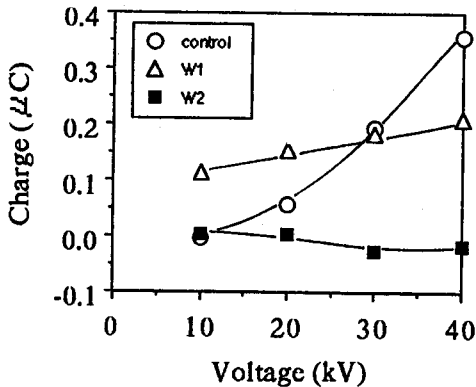


Fig. 5. Charge at 40 kV of LDPE with 2 wt% of W1 and W2: control (○), W1 (△), W2 (■)

그림 6은 측정된 이종전하의 양을 첨가제 함량의 함수로 나타낸 것이다. 함량의 증가에 따라 첨가제 W1은 축적되는 양이 증가하고, 첨가제 W2는 감소하는 경향을 보인다.

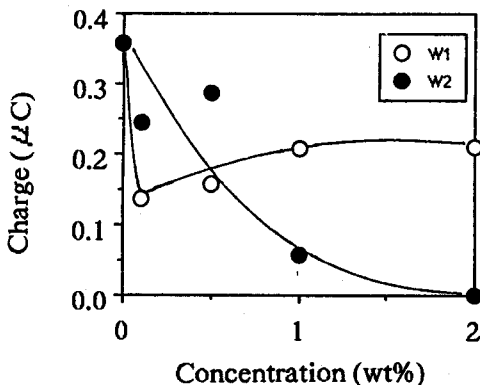


Fig. 6. Charge at 40 kV of LDPE with W1 and W2

3-4. 고찰

위의 실험들을 통하여 기준시료 개질의 방법에서는 그라프팅으로 주사슬을 개질하면 전하축적을 줄일 수 있고, 또한 수분이 이종전하의 축적을 증가시킨다는 사실을 알았다.

첨가제 사용의 방법에 있어서는 첨가제를 사용한 시료가 기준시료에서 보다 이종전하의 축적이 감소된다는 사실이 알았다. 전체적인 경향은 첨가제 W1의 경우에는 함량이 낮을수록 효과가 크고, 첨가제 W2의 경우에는 함량이 높을수록 효과가 있

다. 이러한 첨가제의 사용이 이종전하의 축적을 감소하는 이유는 현재로서는 명확하지 않다. 그러나, 시편에 전압이 가해지면 동종전하와 이종전하가 동시에 작용하여 들중 미세한 작용이 공간전하분포의 현상을 좌우한다고 가정한다면, 사용한 첨가제가 화학구조상으로 전자를 트랩할 수 있는 관능기를 가지고 있어서 20 kV 이상에서 시편내부로의 동종전하의 축적을 증가시킨다고 말할 수 있다. 따라서 이러한 동종전하가 시편내부에서 이종전하의 축적을 감소시키는 것으로 생각된다.

4. 요약

절연체내에 발생하는 공간전하의 축적을 감소시키기 위한 방법으로 기준시료 자체를 개질하는 방법과 첨가제를 사용하는 방법을 사용하여 전하축적현상에 대하여 연구하였다. 연구결과로부터 개질한 시료에서는 전하의 축적이 거의 보이지 않았고, 수분의 영향이 전하축적에 크게 작용함을 알았다. 또한 기준시료와 첨가제를 사용한 시료 모두에서 이종전하 축적이 관찰되었으며, 첨가제 사용은 전반적으로 음극에서 측정되는 이종전하의 양을 감소시키는데 이는 두 첨가제가 화학구조상 전자를 트랩하는 능력이 있기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 본 연구를 통하여 기준시료 자체의 개질이나 혹은 전자트랩을 하는 첨가제의 사용이 공간전하감소에 큰 영향이 있다는 사실이 밝혀졌으므로 이에 대한 보다 많은 연구가 요구된다.

참고문헌

1. R. Patsch, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 23, pp. 1497-1505, 1990
2. M. Ieda, *IEEE Trans. Electr. Insul.* EI-15, pp. 206-224, 1990
3. L. Ziyu and L. Rongsheng, *IEEE Trans. Electr. Insul.* 24, pp. 83-89, 1989
4. M. Nawata, et al., *IEEE Trans. Electr. Insul.* 25, pp. 527-534, 1990
5. N. Hozumi, et al., *Proc. 2nd Korea-Japan Joint Symp. on EI & DM*, pp 1-5, 1993
6. T. Mizutani, et al., *Proc. 2nd Korea-Japan Joint Symp. on EI & DM*, pp 18-23, 1993
7. 구종희, 한재홍, 서광석, *하계학술발표대회, 대한전기학회*, 1993