

# 계면이 존재하는 PET flim의 절연파괴와 전기전도특성에 관한 연구

°강 무 성, \*오 재 형, \*박 대 희, \*\*한 상 옥  
원광대학교 \*충남대학교

## A Study on the Property of the Breakdown Strength and the Electrical Conduction of the PET Flim being Interface

\*Moo-Sung Kang, \*Jae-Hyung O, \*Dae-Hee Park, \*\*Sang-Ok Han  
\*Wonkwang University, \*\*Chungnam National University

### Abstract

The test on the breakdown strength and the electrical conduction property about the PET flim have been done when the interface exist and do not exist between the PET flim. The PET flim that does not exist the interface uniformly maintained the breakdown strength as the temperature increase. But, the breakdown strength of the PET flim inserted carbon black flim decreased as the temperature increase. The initial current of the PET flim inserted carbon black flim was higher than the PET flim and the uniformly distributed between  $2.2E-9$  and  $2.5E-9$  above  $5kV/mm$ .

### 1. 서 론

최근 전력 수요의 증가로 계통전압의 초고압화와 전력기기의 대용량화가 이루어지고 있다. 이와 같은 전력기기의 대용량화는 절연재료의 선택과 설계가 대단히 중요하며, 장기 신뢰성에 많은 관심의 대상이 되고 있다. 또한 초고압화는 절연열화의 사고를 가속적으로 일으킬수 있는 가혹한 조건이 되므로, 이에 대한 절연재료의 연구가 요구되고 있다. 대용량 및 초고압에 사용되는 절연설계의 대부분은 전계완화와 절연내력을 갖기 위하여 이종의 절연재료를 사용하는 경우로 증가하고 있다. 전력기기 이종절연의 재료는 전력케이블의 접속부라든가 GIS 등의 절연설계에 많은 응용이 되어지고 있다. 따라서 절연재료에 있어서 이종계

면하에서의 절연특성에 대한 연구는 전력기기의 신뢰성 향상이라는 측면에서 대단히 중요한 역할을 하고 있다. 이와같은 관점에서 본 연구는 PET절연재료내에서의 계면과 반도전이 존재할때의 절연파괴와 전기전도의 특성을 고찰하고자 한다.

### 2. 시료 및 실험장치

본 실험에서 사용한 시료로서는 첨가제가 들어 있지 않은 순수한 PET flim과 PET flim을 laminating한것과 PET flim사이에 반도전성 Carbon black flim을 삽입한 것을 사용하였다.

절연파괴 실험을 위한 시험전극은 재질이 스테인레스이며, 직경이 9.5[mm]의 상부 구 전극과 직경이 11[mm]의 하부 평판 전극으로 구성되어 있다. 측정 도중 연면 방전을 억제 시키기 위하여 전극을 실리콘유조 중에 함침시켜 실험을 실시하였다. 절연파괴실험용 내압기는 출력이 50[kV]인 교류전압인가 장치를 사용하였으며, 절연파괴와 동시에 자동차단되는 장치로 하였다.

절연파괴 특성 실험은 교류전압인가 장치를 이용하여 상용주파수의 교류전압을 인가 속도  $0.1[kV/esc]$ 로 단시간 인가법에 의해 실행되었다.

절연파괴 강도의 온도 의존성 실험은 실리콘의 유조와 온도 조절 장치를 사용하여 실온(25 ℃)에서 부터 100℃까지 증가 시켰다.

절연파괴 측정결과는 동일 시료를 사용하여 8회 반복하여 실시하고 최저값과 최고값을 제외한 나머지 측정치의 평균값을 사용하였다.

### 3. 실험 결과

#### 3.1 절연파괴 온도의존성

PET, PET를 laminating 한 것, 그리고 PET사이에 Carbon black flim을 삽입한 이들 3가지의 시료를 실온(25℃), 50, 60, 70, 80, 90, 100℃에서의 절연파괴 강도를 실험하였다. 그림 1은 순수한 PET의 절연파괴강도의 온도의존성 나타내고 있다.

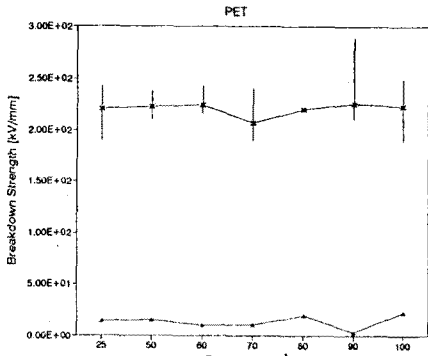


그림 1. PET의 절연파괴강도의 온도의존성

여기서 순수 PET flim의 두께는 37[μm]였다. 그림 2에서와 보는 바와같이 순수 PET의 절연파괴강도는 온도가 증가하더라도 절연파괴강도는 일정하였다. 이와같은 절연파괴강도의 특성은 PET flim의 내열특성이 안정하다는 것을 나타내고 있다. 그림 1에서의 아래부분은 data는 각 온도에서의 절연파괴강도의 편차를 나타내고 있다.

그림 2는 PET/PET(두께 : 59μm)의 절연파괴강도의 온도의존성을 나타내고 있다.

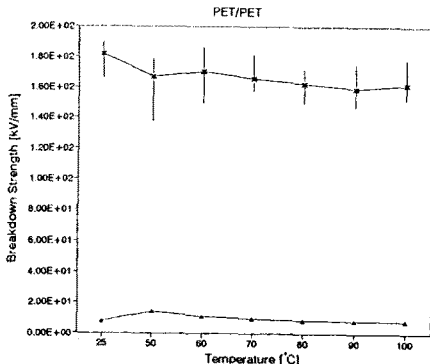


그림 2. PET/PET의 절연파괴강도의 온도의존성

위의 그림에서 보는 바와 같이 PET를 laminating한 PET/PET의 경우 온도에 따라 거의 변화가 없음을 나타내고 있지만, 순수 PET와 비교하여 분때는 절연파괴강도는 최대 27.4%에서 최소 17.6%까지 낮아졌다는 것을 알 수 있다.

이와같은 절연파괴현상은 계면의 존재에 의한 파괴강도의 저하로 추정되어질 수 있다. 또한 계면의 존재는 절연재료내의 전계분포가 왜곡이 발생되어 절연파괴강도를 저하시키는 것으로 사료된다.

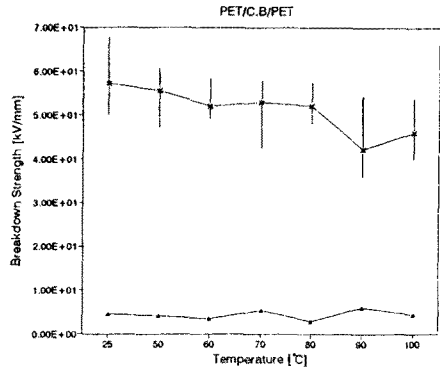


그림 3. PET/CB/PET의 절연파괴강도의 온도의존성

그림 3는 PET와 PET사이에 반도체성 Carbon black flim(두께 : 146μm)을 삽입한 시료에 대한 절연파괴강도의 온도의존성을 나타낸 것이다. PET/CB/PET의 절연파괴강도는 PET와 비교하여 볼 때 최대 81.2%, 최소 74.1%까지 낮아졌으며, PET/PET와의 절연파괴강도를 비교하여 볼 때는, 최대 73.6%, 최소 66.8%까지 낮아졌음을 나타내고 있으며, 특히 고온 영역에서 절연파괴강도가 현저히 낮아짐을 보이고 있다. 이러한 현상은 계면의 존재와 함께 Carbon black내의 전자가속에 의한 원인으로 사료되어진다.

그림 4는 각 시료에 대한 절연파괴강도를 비교한 결과이다.

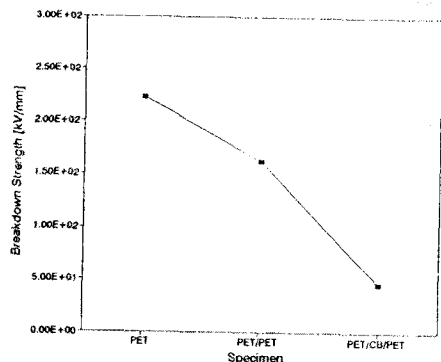


그림 4. PET, PET/PET, PET/C. B/PET시료의 절연파괴강도

이와같은 결과는 계면과 계면내에 불순물의 존재는 절연파괴강도를 현저하게 저하시킬 수 있다고 추측될 수 있다. 특히, Carbon black flim이 삽입된 PET flim의 절연파괴후 파괴흔적은 순수

PET보다 더 넓은 면적이 용융되었으며, 실험 도중 다수의 시료가 발화되기도 하였다.

### 3.2 전기전도의 시간의존성

계면의 존재여부가 전기전도에 어떠한 차이가 발생하는지를 측정하기 위하여 각 시료에 대한 시간의존성을 측정하였다.

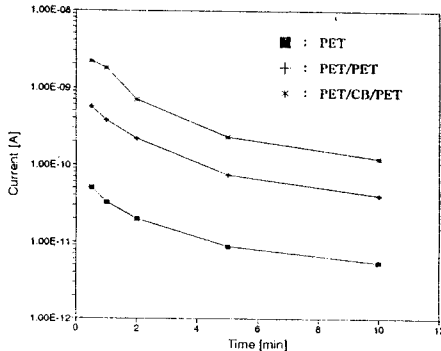


그림 5. 전기전도의 시간의존성

그림 5는 각 시료의 전기전도의 시간의존성 결과이다. 일정 전계[3kV/mm]하에서 전기전도의 저하는 시간과 함께 시료에 관계 없이 지수함수적으로 저하하는 경향을 나타내고 있다. 전기전도의 전계의존성은 전계가 증가함에 따라 전류량이 증가하면서 지수함수적 감소를 보이고 있으나, 계면이 존재하는 시료에서는 저전계에서는 순수 PET와 같은 경향을 보이고 있다. 또한 전계가 높아질수록 초기전류값이 PET에 비해서 높으나, 초기값이 일정하게 되어간다. 전계가 3kV/mm일 때, PET의 경우, 5.1E-11[A]에서 5.5E-12[A]이며, PET/PET의 경우, 5.7E-10[A]에서 4.1E-11[A], PET/CB/PET의 경우, 2.2E-9[A]에서 1.23E-10[A], 나타내고 있다. 그림 6은 각 시료에 대한 체적저항을 나타낸 것이다. 동일한 전계하에서 체적저항은 순수한 PET의 경우는 5.6E16[Ω·cm]으로 가장 크며, PET/PET의 경우와 Carbon black flim이 있는 시료의 경우는 각각 1.1E16[Ω·cm], 0.86E16[Ω·cm]으로 체적저항이 현저하게 저하됨을 알 수 있다. 이와같은 원인은 계면과 Carbon black flim의 존재로 인하여 전하의 증가에 의한 것으로 사료된다.

### 4. 결 론

PET, PET/PET 및 PET/CB/PET의 절연 파괴 강도 및 전기전도의 측정을 통하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

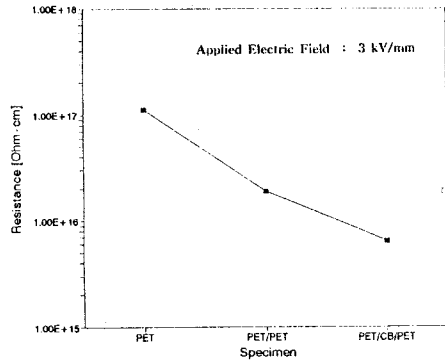


그림 6. 동일전계하에서의 각각의 시료의 저항

1) 순수 PET와 PET/PET의 경우, 절연 파괴 강도는 온도의 변화에 따라 거의 변하지 않았으나, Carbon black flim이 삽입된 PET의 경우는 온도 변화에 크게 의존하는 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 절연 파괴의 Mechanism은 반도체성 Carbon black이 온도가 높아짐에 따라 전자가 열 에너지를 얻어 전계에 의한 전자가속을 증가시켜 일어나는 과정으로 추정할 수 있다.

2) 동일 전계하에서의 각 시료의 전기전도는 시간과 함께 지수함수적으로 저하하는 경향은 거의 동일하다.

3) 각 시료의 전기전도의 전계의존성은 고전계하에서 계면의 효과가 나타나고 있다. 계면이 존재하는 PET/PET의 경우 전계가 12kV/mm 이상에서 약 3E-9[A], PET/CB/PET의 경우 전계가 3kV/mm 이상에서 약 2E-9[A]로 전류값이 일정하여 진다는 것을 확인할 수 있었다.

### 4. 참고문헌

- 1) 박대희외 3명., "폴리에틸렌의 절연 파괴와 그 이 온도 및 두께의존성", 95' 대한전기학회 하계 학술대회 논문집, pp.1388-1390, 1996.
- 2) Y.Lunishi, "High Field Conduction and Breakdown in Solid Dielectrics", IEEE Trans. Vol.EI-15, pp.139, 1980.
- 3) T.Maeno, et.al., "Measurement of Electric Field Strength in Insulating Oil of a Composite Dielectric of Polypropylene Flim and Silicone Oil", Trans.IEE of Japan, Vol.109-A, No.5, May, 1989.
- 4) K.Miyairi, et.al., "Dielectric Breakdown of Polyethylene at Low Temperature", Trans.IEE of Japan, Vol.91, Oct, 1971.

본 연구는 기초전력공학공동연구소 중기연구 과제 지원에 의해서 수행되었음.