

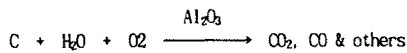
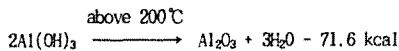
2.2. 실험방법

유전특성인 유전상수와 $\tan \delta$ 는 Tettex사의 Precision Tan δ and C Bridge를 사용하여 1 kV의 전압을 인가하여 측정하였고 체적저항율은 HP사의 High Resistance meter를 사용하였다. 내트래킹 시험은 IEC 587의 경사면방법으로 60mA 이상의 전류가 2초동안 흐르면 tracking으로 판정하였다. 경도는 Shore A Hardness Tester를 사용하였고 인장시험은 Instron 4302를 사용하여 시험하였다. 전하분포 시험은 pulsed electroacoustic (PEA) 방법을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 내트래킹성

시료표면에 오염액을 흘려보내며 전압을 인가하면 누설전류에 의한 주열열이 발생하고 국부적 건조를 거쳐 전계의 불명등으로 미소방전이 일어나고, 이 방전으로 절연체가 분해 열화되어 탄화물이 생성되고 도전로가 형성되는 트래킹 현상이 발생하게 된다. 이 과정에서 ATH는 다음과 같은 흡열반응으로 트래킹 현상을 억제하며 또한 이 때 생성된 Al_2O_3 가 촉매의 역할을 하여 재료표면의 유리탄소를 날려 보냄으로서 표면의 도전성 물질을 제거하는 역할을 하는 2가지의 작용을 하여 내트래킹에 효과적으로 작용한다[2].



IEC 587에 준하여 0.1±0.002% NH_4Cl 과 0.02±0.002% Triton X-100이 첨가된 용액을 0.6 ml/min의 속도로 흘려주면서 4.5 kV의 전압을 인가하여 60mA 이상의 전류가 2초동안 흐를때까지의 시간을 측정하여 표 2에 나타내었다. IEC 587 규정에 따라 6시간 동안 트래킹이 발생하지 않으면 이상이 없는 것으로 간주하고 실험을 종료하였으며, 실험결과 ATH가 전혀 함유되지 않은 EPDM에서는 단시간내에 트래킹이 발생하였고 ATH 함량 증가에 따라 내트래킹성이 급격히 향상되었으며 ATH 100 part 이상 함유된 시료는 6시간 이상 트래킹이 발생하지 않음으로서 ATH가 내트래킹성에 상당한 효과가 있는 것을 확인하였다.

표 2. 트래킹 파괴시간, 체적저항 및 기계적 특성시험

구 분	ATH-0	ATH-50	ATH-100	ATH-150	ATH-200
트래킹 시간(분)	25	76	>360	>360	>360
체적저항($\Omega \cdot cm$)	$>10^{18}$	1.9×10^{16}	1.1×10^{16}	5.5×10^{15}	3.3×10^{15}
연 신 율 (%)	117	435	482	392	275
경 도 (Shore A)	46	49	58	64	71

3.2. 유전특성, 체적저항율

유전체의 전력손실 $P=2\pi fV^2C_0\epsilon_r\tan\delta$ 로부터 전력손실은 $\epsilon_r \cdot \tan\delta$ 에 비례하며 유전손에 의해 소비된 전기에너지는 열에너지로 변화되어 유전체에 가해져 절연성능을 저하시키게 되고 열화의 원인이 되기도 한다[3].

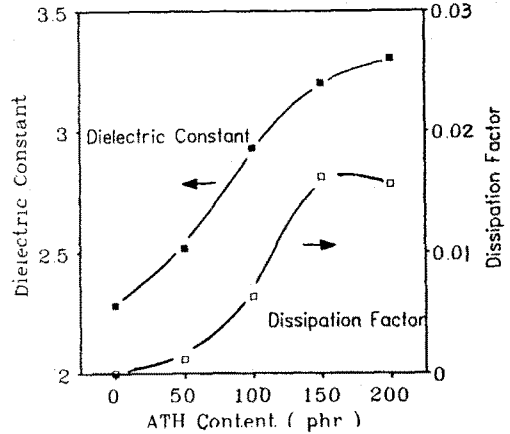


그림 1. ATH 함량에 따른 유전상수와 $\tan\delta$ 의 변화

ATH는 결정성의 수산화알루미늄, $Al(OH)_3$, 이고 알루미늄과 수산기의 이온결합으로 이루어져 있다[4]. 그림 1에 나타난 것처럼 ATH의 증가에 따라 유전상수와 $\tan\delta$ 값이 증가하며 이는 ATH의 극성이 높기 때문이라고 판단되고, 따라서 ATH의 첨가로 내트래킹성은 향상되지만 유전손이 높아지므로 이러한 전기적 특성들이 종합적으로 고려되어야 할 것이다.

체적저항율의 경우도 표 2에서의 같이 ATH의 함량 증가에 따라 감소하였다.

3.3. 기계적 특성

경도와 연신율은 표 2에, 인장강도와 100% modulus는 그림 2에 각각 나타내었다. Filler가 전혀 함유되지 않은 시료는 보

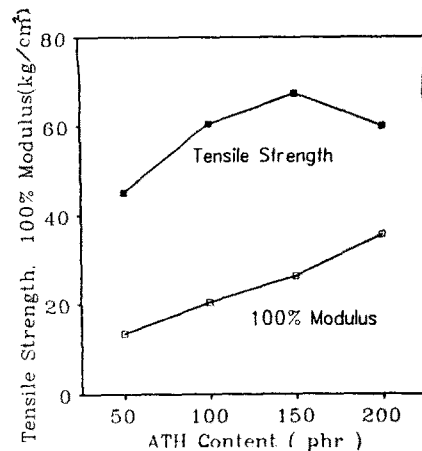


그림 2. ATH 함량에 따른 인장강도와 100% Modulus의 변화

강성이 크게 떨어져 절연재료로서 요구되는 기계적 특성을 만족하지 못하였으며, 경도와 modulus는 ATH 함량 증가에 따라 계속 증가하는 경향을 나타내었고 인장강도는 증가하다가 ATH-150을 정점으로, 연신율은 ATH-100을 정점으로 다시 감소하는 경향을 나타내므로 기계적 특성에는 ATH 100 part 정도가 가장 우수한 것으로 인정된다.

3.4. 전하분포

무기질 충전제인 ATH가 EPDM의 전하형성에 미치는 영향을 전하분포 측정을 통하여 알아보았다. 그림 3은 EPDM의 전하분포로서 전압을 가하는 동안에는 시료 내부에 양전하가 형성되는 반면 전압을 제거하면 음전극쪽에 음전하가 그리고 양전극 쪽에는 양전하가 형성되는 전형적인 동종전하가 형성됨을 알 수 있다. 지금까지는 XLPE의 경우 가교제인 DCP가 열분해되어 이중전하를 형성케 한다고 알려져 있다 [5,6]. 그러나 EPDM은 DCP가 4 phr 정도 들어 있는데도 불구하고 동종전하가 형성되었으므로 향후 보다 깊은 연구가 이루어져야 할 것이다.

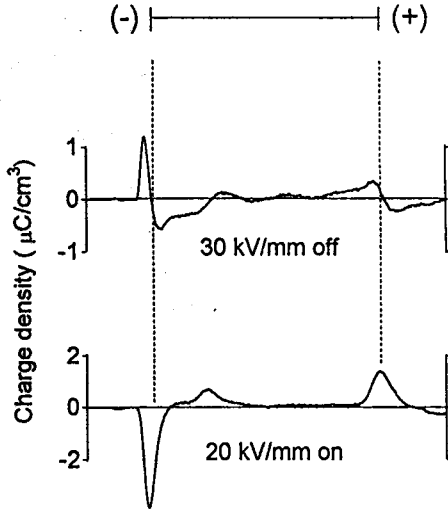


그림 3. EPDM의 전하분포

EPDM에 ATH가 150 phr 혼합되는 경우에는 시료에 전하축적이 거의 이루어지지 않는다는 것을 그림 4로부터 알 수 있다. 이 그림을 보면 20kV를 가하는 동안에는 순수한 EPDM에 비하여 전극에 시료내부에 많은 양의 양전하가 형성되는 반면 전압을 제거하면 적은 양의 양전하가 시료 전반에 고르게 분포됨을 알 수 있다. 그림 4의 30 kV off의 경우 음전극에 음전하 피크가 있으므로 이것을 음전극쪽에 있는 전하라고 생각할 수 있으나, 이는 시료내에 존재하는 양전하 때문에 음전극에는 음전하가 유지되는 것이기 때문에 음전극에 있는 음전하 피크는 단순히 유지전하라 할 수 있다.

그림 5에 ATH 함량에 따른 음전극쪽의 전하량을 도시하였는데, 이 그림에서 볼 수 있듯이 EPDM에 함유된 ATH 함량이 증가할수록 전하량이 감소한다.

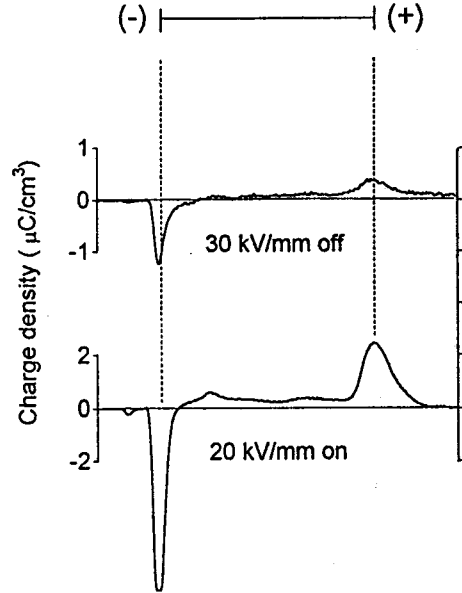


그림 4. EPDM 컴파운드(ATH-150 phr)의 전하분포

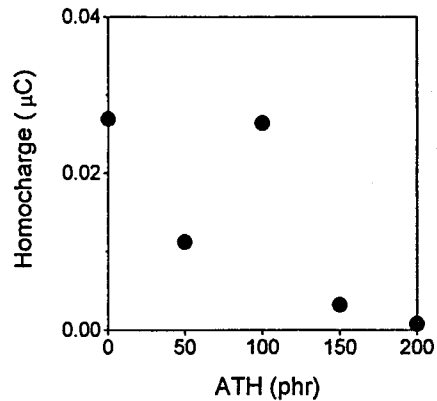


그림 5. ATH 함량에 따른 EPDM 컴파운드의 전하량

3.5. 고찰

본 연구를 통하여 EPDM에 ATH가 첨가되면 유전상수 및 유전손이 증가하고 체적저항이 감소한다는 것을 알았다. 그리고 순수한 EPDM에는 동종전하가 형성되는 반면 ATH가 첨가되면 동종전하량이 감소하는 것으로 밝혀졌다.

이러한 실험결과는 ATH에 있는 수산기의 영향이 중요한 역할을 할 것으로 생각된다. ATH에는 흡착된 수분이 있을 수 있으나 약간의 열을 가하여도 증발되는 수분으로서 측정시료를 80°C에서 2시간 건조하였으므로 어느정도 제거되었다고 할 수 있다. 그러나 수산기는 보통 200°C 이상의 온도에서 분해되어 물로 방출되므로 80°C에서 2시간 건조후에도 그대로 남아 있다고 할 수 있다.

이 수산기의 극성 때문에 EPDM 컴파운드의 유전상수와 유전손을 증가시키는 역할을 할 수 있다. 중요한 것은 ATH 함량

이 약 150 phr 이상이면 유전상수의 증가 및 유전손의 증가율이 둔화되는 것으로 보아 이들 특성에 미치는 수산기의 영향은 한계를 갖는 것으로 생각된다. 이 수산기는 비록 자유롭게 움직일 수 있는 상태는 아니지만 결국 쌍극자를 형성하므로 전기장이 가해지면 전기장의 방향에 따라 배열하여 이종전하를 형성할 것으로 기대되며, 또한 이 수산기는 결국 전하이동을 돕는 호핑자리로 작용할 가능성이 크므로 전하의 이동을 도와 주는 역할을 할 가능성도 크다. 이와 같은 이유때문에 순수한 EPDM에 형성되는 동중전하가 ATH를 혼합함으로써 감소되는 것으로 보인다.

본 연구를 통하여 ATH에 들어있는 수산기가 EPDM 컴파운드의 전기적 특성에 큰 영향을 미치는 것이 확인되었다. 그러나 이러한 현상은 수산기나 결정수를 가지고 있는 다른 종류의 충전제에서도 나타나는 일반적인 현상인지 아니면 ATH에 국한한 현상인지에 대한 확인이 필요하다. 또한 다른 종류의 충전제일 경우에는 어떤 현상이 관찰될 지 등에 대한 깊은 연구가 있어야 할 것으로 생각된다. 본 연구에서 얻은 결과는 고분자에 무기질 충전제가 혼합되면 원하는 특성은 향상시킬 수 있으나 다른 특성은 오히려 저하될 수 있다는 일반적인 사항을 확인한다고 할 수 있다. 따라서 고분자 컴파운드 조성물의 개발 또는 재료 설계시 이러한 점을 고려해야 한다.

4. 결론

- (1) EPDM의 내트래킹성은 첨가제인 ATH의 함량 증가에 따라 급격히 향상되었으며 100 part 이상 첨가시 고전압(4.5kV)에서의 내트래킹성이 매우 우수한 것을 확인하였다.
- (2) ATH의 첨가에 따라 기계적 특성은 증가하다가 150 part 이상 함유되면 다시 감소되는 경향을 나타내었다.
- (3) 유전상수와 $\tan\delta$ 는 ATH 함량에 따라 증가하였고 체적저항율은 감소하였는데, 이는 ATH의 극성 때문인 것으로 생각된다.
- (4) 순수한 EPDM에는 동중전하가 형성되나 ATH가 첨가되면 ATH 함량이 증가할수록 동중전하량이 감소한다.

참고문헌

- [1] R. J. Arhart, IEEE Electr. Insul. Mag., Vol.7, p.31, 1993.
- [2] K. Kadowaki, 日東技報, Vol.32, p.63, 1994.
- [3] A. R. Blithe, "Electrical Properties of Polymers", p.38, Cambridge University Press, Cambridge, 1980.
- [4] K. Wefers et al., "Oxide and Hydroxides of Aluminum", Technical Paper No.19, Alcoa Research Lab., 1972.
- [5] Y. Li et al., Proc. 3rd ICPADM, Tokyo, Japan, p.1210, 1991.
- [6] K. S. Suh et al., IEEE Trans. DEIS, p.1077, 1994.