

방향족 화합물이 첨가된 저밀도 폴리에틸렌의 Treeing 특성

신태수, 박영국, 박철현, 장동욱, 임기조
충북대학교 전기공학과

Treeing characteristics in LDPE Added with Aromatic Compounds

T.S.Shin, Y.G.Park, C.H.Park, D.U.Jang, K.J.Lim
Dept. of Electrical Eng., Chungbuk Nat'l Univ.

Abstract - we have investigated the effect of aromatic compounds and tree inception and growth in low density polyethylene, for AC voltage and Impulse voltage. 2kinds of aromatic compounds are selected. Each additive (m-cresol, aniline) was mixed in low density polyethylene. For AC voltage, 10wt%~15wt% m-cresol can be shown to be the effective inhibitor to tree initiation. But, For Impulse voltage, 10wt%~15wt% aniline is effective inhibitor to tree initiation.

1. 서론

절연케이블에 있어 널리 사용되고 있는 LDPE 또는 XLPE에 있어 treeing 열화에 의한 파괴가 절연사고의 주된 원인이 되고 있음을 여러 가지 절연사고 통계에서 알수 있다. 이러한 절연사고시 발생되는 파급효과가 매우 심각하므로, 최근에는 주로 트리 억제 방안에 대한 연구가 행해지고 있는데, 케이블의 기하학적 형태의 개선이나 절연재의 제조공정의 개선으로 물리적 결함을 최소화했거나 이에 한계가 있으므로, 절연재 자체의 트리억제 방안인 화학적인 방법으로 전압안정제인 2종의 방향족화합물을 각각의 증량비로 저밀도 폴리에틸렌에 첨가하였다. 본 논문에서는 화학적인 방법으로 트리를 억제시키려는 목적에서, 저밀도 폴리에틸렌에 耐treeing이 효과적인 2종의 방향족화합물을 혼합하여 교류전압과 임펄스전압하에서 이들 첨가제의 증량비에 따른 트리의 발생 및 진전을 관측하고 트리 형상에 미치는 인자를 검토 고찰 하였다.

2. 실험

2.1 시편 제작

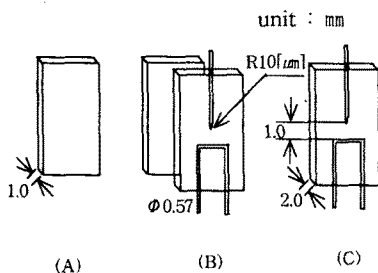


그림 1. 시편 제조

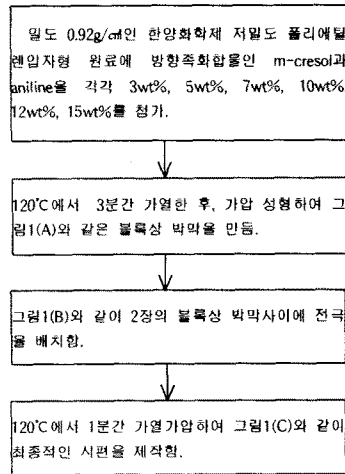


그림 2. 시편제작순서 블록도

2.2 실험 방법

본 연구는 다음과 같은 실험을 하였다.

2.2.1 Treeing 실험

treeing실험에 대한 실험장치의 블록도는 그림 3.에 나타내었다.

실험에 있어 시편에서의 연면방전을 막기위하여 시편전체를 실리콘유중에 침지시켜 트리발생 및 진전실험을 행하였다.

전원으로는 입력전압 100[V], 출력전압 AC 0~50 [kV], 출력용량 0.3[kVA]인 동경정전주식회사의 절연유내압시험기를 사용하였다. 시편에서 발생한 트리의 길이

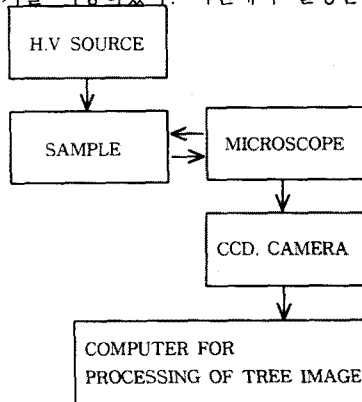


그림 3. 전기트리 관측 시스템 블록도

방향, 폭방향의 진전모습을 관측하기 위하여 Olympus사의 SZ11 광학현미경을 사용하였으며, 교류전압 17[kV]에서 대전극 방향으로 관측된 트리의 길이가 150[μm] 이상일 때를 초기 발생길이로 간주하고, 그 상태에서 인가 교류전압을 10[kV]로 낮추어 트리 진전양상을 컴퓨터 화상처리 프로그램으로 1분단위로 저장하였다. 그리고 임펄스 전압하에서의 트리진전 양상을 보기위해서 입력 100/200[V], 출력 $0 \sim \pm 100$ [kV]D.C, $0 \sim 600$ [kV] impulse인 펄스전자(주)사의 충격전압발생기를 사용하여 48[kV] (1.2×50 [μs])의 임펄스 전압을 인가하고 트리진전모습을 컴퓨터로 저장하였다.

2.2.2 C-Tan δ 측정실험

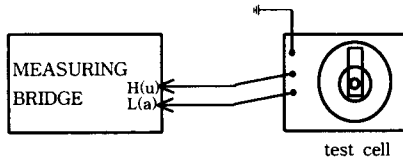


그림 4. 방향족 화합물 첨가에 따른 저밀도 폴리에틸렌의 유전특성 실험 장치도

Tettex instrument의 C-Tan δ 측정장치를 사용하여 각각의 시편에 대해 C, tan δ 값을 측정하였다. 이때의 전극의 압력은 2[N/cm²]을 가지고, 인가전압은 800[V]로 인가하였다.

2. 3 실험결과 및 고찰

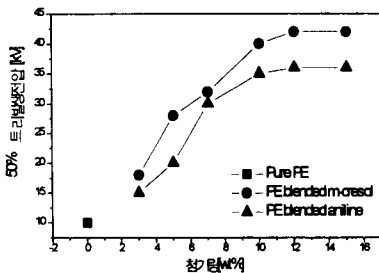


그림 5. 교류전압하에서 방향족화합물의 첨가량에 따른 트리발생전압

그림 5는 교류전압을 인가하고 방향족 화합물의 첨가량에 따른 트리발생전압을 측정한 그림이다. 이 그림으로부터 순수한 폴리에틸렌 시편과 방향족 화합물이 첨가된 시편과의 트리발생 전압은 방향족 화합물이 첨가된 시편의 트리발생 전압이 더 높아졌다. 그리고 방향족 화합물의 첨가된 시편은 첨가량이 증가할수록 트리발생 전압이 증가됨을 알았고 방향족 화합물을 10~15wt%첨가범위에서 트리발생전압은 포화되는 것을 볼수 있다. 여기서 m-cresol 12wt% 첨가시의 시편은 발생전압이 42kV였고, aniline 12wt% 첨가시의 시편은 발생전압이 35kV였다. 트리발생전압은 순수한 저밀도 폴리에틸렌보다 각각 4.2배, 3.5배였다.

그림 6은 시간에 따른 트리진전의 모습을 보이고 있는데 순수 폴리에틸렌에서 시간에 따른 트리 진전길이와 진전폭은 급격하게 증가하는 것을 보이고 있으며, 트리진전 억제에 있어서는 m-cresol이 가장 효과적임을 나타내고 있다. 이러한 이유는 aniline이 m-cresol 보다 트리진전 억제 효과가 약한 것은 aniline의 -NH₂기가 m-cresol의 -OH기보다 전자친화도가 적기 때문이라고 해석된다.

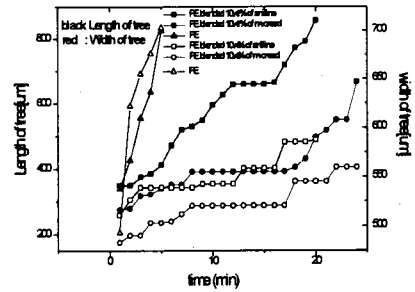


그림 6. 교류전압하에서 시간에 따른 트리 진전의 특성

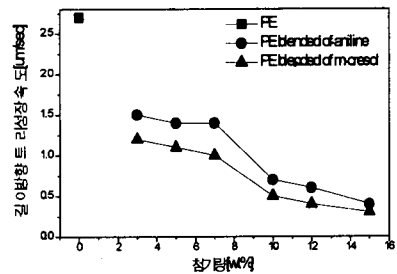


그림 7. 교류전압하에서 첨가량에 따른 길이방향 트리 성장속도의 특성

그림 7은 첨가량의 증가에 따라 길이방향 트리성장속도는 지연되었고, 첨가량 10~15%에서 길이방향 트리성장속도의 둔화되는 것을 보이고 있다. m-cresol이 다른 시편보다 길이방향 트리성장 속도가 가장 느린 것을 보이고 있다.

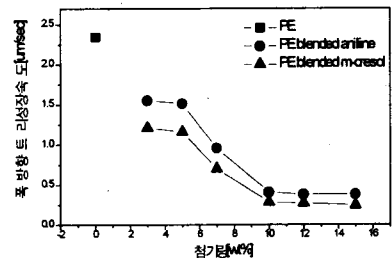


그림 8. 교류전압하에서 첨가량에 따른 폭방향 트리스성장속도의 특성

그림 8은 첨가량의 증가에 따라 폭방향 트리성장속도도 지연되고 있고, 첨가량 10~15%에서 폭방향 트리성장속도의 둔화경향은 포화되는 것을 알수 있다. m-cresol이 다른 시편보다 폭방향 트리성장 속도가 가장 느리다.

그림 9는 8초 간격으로 48[kV] (1.2×50 [μs]) 임펄스 전압을 인가하여 트리진전의 모습을 본 그림이다. 교류전압하에서 시간에 다른 트리진전 모습과 비슷하지만 여기서는 aniline이 트리진전억제에 더 큰 효과를 보이고 있다. 이러한 점은 두 첨가제가 지니는 전자친화도와 쌍극자능력의 차이를 고려하면 전자친화도가 큰 m-cresol에 있어 저전계에서는 전자를 포획함으로써 전자사태의 성장을 억제하지만 트랩충만전의 고전계에서는 트랩된 공간전하에 의한 Poisson전계로 인해 전자사태의 성장이 한층 더 가속되는 것 때문에 aniline을 첨가한 시편의 트리억제 효과가 더 큰 것으로 생각된다.

- divergent fields, Proc. IEE, Vol. 102C
 (5) 家田正之 外 3人, 유전체 현상론, 전기학회
 (6) R.M.Eichhorn, Treeing in solid extruded electrical insulation, IEEE Trans. Elec. Ins., Vol. EI-12, NO. 1, 1976

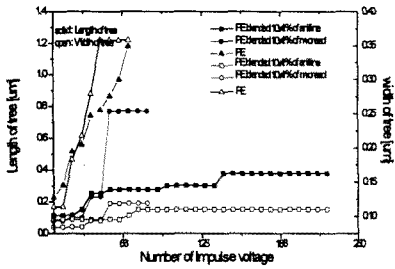


그림 9. 임펄스 전압 횟수에 따른 트리 전진의 특성

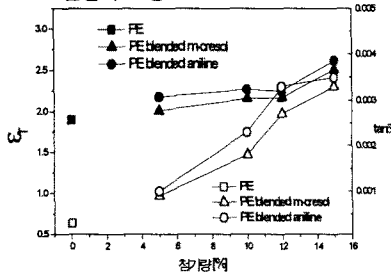


그림 10. 첨가량에 따른 ϵ_r 과 $\tan \delta$ 값의 특성

그림 10은 첨가량에 따라 ϵ_r 값과 $\tan \delta$ 값이 선형적으로 증가하는 것을 보이고 있고, m-cresol을 첨가한 시편이 aniline을 첨가한 시편보다 ϵ_r 값과 $\tan \delta$ 값이 작게 나오는 것을 보이고 있다.

결론

- 1) 교류전압하에서 방향족화합물의 첨가량의 증가에 따라 트리의 발생 및 전진은 억제되었다.
- 2) 교류전압하에서 m-cresol과 aniline을 비교하면 m-cresol을 첨가한 시편이 treeing 억제를 더 효과적으로 보였는데 m-cresol이 가지고 있는 -OH기 전자친화도가 aniline이 가지고 있는 -NH₂기보다 전자 친화도가 커서 공간전하 형성에 보다 효과적이었다고 생각된다.
- 3) 그러나 임펄스 전압하에서는 Poisson 전계로 인해 전자 사태의 성장이 한층 더 가속되므로 aniline을 첨가한 시편이 더 좋은 내트리잉성을 보인다.
- 4) 교류전압하에서 방향족 화합물이 첨가된 각각의 시편은 10~15wt%에서 treeing 억제가 가장 효과적이었다.
- 5) 단 중량비가 클수록 $\tan \delta$ 값이 커져 열발생이 커지므로 시편의 절연강도에 나쁜 영향을 줄것으로 생각된다.
- 6) 교류전압하에서 treeing 억제를 효과적으로 보인 m-cresol 10wt%, 12wt%, 15wt%의 시편중 $\tan \delta$ 값이 작아 열손실이 작은 10wt%의 m-cresol을 첨가한 시편이 내트리잉성이 가장 우수하다고 생각된다.
- 7) 이와 같은 연구결과로 절연특성이 우수한 케이블의 제조에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] 임기조, 저밀도 폴리에틸렌에서 Treeing 기구와 내treeing 성 향상에 관한 연구, 박사학위논문, 1986
- [2] L.A.Dissado, J.C.Fothergill, Electrical degradation and breakdown in polymers, 1992
- [3] L.A. Dissado, J.C. Fothergill, A discharge-avalanche theory for the propagation of electrical trees, IEEE Trans. Insul., Vol.1 No.3, 1994
- [4] J.H.Mason, Breakdown of solid dielectric in