

화학적 가교 폴리에틸렌에서 음향 방출법에 의한 전기적 트리의 발생기구에 관한 연구

(A study on the progressing mechanism of Electrical tree by the method of acoustic emission in chemical crosslinking low density polyethylene.)

신성권* 광운대학교 (석사 과정)
 박창욱 광운대학교 (박사 과정)
 김경환 광운대학교 (박사 과정)
 서국철 광운대학교 (교수)
 김재환 광운대학교 (교수)

제1장 서론

최근 전력수요의 급증에 따라서 급속한 전력망의 초고압화가 이루어지고 그에 따라서 관련기기의 고전압화, 소형화, 신뢰성의 향상을 가속화해 가고 있다. 또 이에 따라서 고전압에 견디는 좋은 절연특성을 가진 고분자재료 개발의 필요성이 절실히 요구된다.

일반적으로 고전압 전력 케이블 및 전기기기의 절연파괴 사고가 수 년내지 수 십년 경과후에 일어나는 수가 많은데, 그 주원인이 되는 트리밍에 의한 파괴가 심각한 문제를 일으키고있다. 이와같은 심각한 수명에 대한 고분자재료의 내트리밍성을 규명하기 위해서는 가속시험이 요구되는데 이 목적을 위해서 침 대 평판전극 구성에 의한 시험법이 개발되어 고분자재료의 내트리밍성연구가 진행되고 있다

1952년 Mason의 인공 보이드가 있는 저밀도 폴리에틸렌의 코로나 방화시험에서 처음으로 트리밍현상이 발견된 이후 McMahon과 Perkins, Oluphant, Dittmer등과 그외 여러연구사들에 의해 전기트리의 발생, 성장에 미치는 요인 및 침전기구에 대한 부분적 이론들이 제시되고있으며 트리밍생 억제에 대한 물리적 및 화학적 연구의 시도뿐만 아니라, 트리밍과정에 수반되는 부분방전으로 인한 초음파 발생의 한 현상인 음향방출에 관한 연구가 최근에 시도되고 있다.

본 연구에서는 전학을

케이블에 사용되고 저밀도 폴리에틸렌과 가교 폴리에틸렌을 사용하여 실용상의 입장에서 상용주파수 교류전압을 인가, 침 대 평판전극에 의한 트리의 발생 및 침전의 전압, 시간, 음향방출 총 펄스수, 트리의 길이의 의존성에 대해 실험적으로 연구 검토함으로써 트리발생전기구 규명을 시도하였다.

제2장 시료 및 실험 방법

시료는 한양 화학세 저밀도 폴리에틸렌(밀도 0.919) 외 가교 폴리에틸렌(밀도 0.920, 가교도 85%)를 사용하였다. 가공온도는 저밀도 폴리에틸렌은 120°C에서 가교 폴리에틸렌은 125°C로 하였다. 가공압력은 149 kgf/cm² 이고 가압에 사용한 heating press는 사진1에 표시하였다. 가공시간은 10분이다. 시료의 규격은 50 x 30 x 2.98mm이고 시료의 형태와 전극의 배열 그림은 그림1에 표시하였다. 전극 배열의 형태는 침과 평판전극이고 그 극간거리는 2mm 이며 평판전극에 silver paste를 도포하였다. 침은 곡률 반경 5μm의 선단길이 30가 되도록 연마하여 사용하였다.

실험장치에 대한 block diagram은 그림2에 표시하였다. 음향방출 sensor는 공진 주파수 300kHz를 갖는 압전소자이고, 상온에서 실리코뉴즈에 음향sensor를 장착하였고 aluminum foil로 전자기적 차폐하여 설치하였다. 센서에서 포착한 전기적 신호는 증폭기(이득 60dB)에 의하여 펄스 카운터(문턱 준위 60mV 1912A, Fluke제)와 Oscilloscope(Vp-5753A, National제)와 spectrum analyzer (TYPE HSA-501C, FREQ: 10KHz-22MHz, Ando제)에 전달 되도록 하였으며 대역 필터(100kHz-300kHz)가 외부진동간섭을 배제하여 주었다. 펄스 카운터는 음향 방출 총 펄스수를 기록하고 spectrum analyzer는 음향 방출 주파수와 진폭을 관측 하였다. 시편의 인가전압은 상용주파수 60Hz의 10kV, 15kV, 20kV를 침 전극에 인가하였다. 트리길이는 배율 20배의 현미경으로 관측, 기록하였다.

본 실험에서는 트리성장 길이와 음향 총괄수, 시간에 대한 트리 성장길이, 시간에 대한 음향 총괄수를 5분마다 측정, 기록 하였고 또 트리성장에 있어서 부분방전에서 수반되는 음향 방출이 tree-like type과 bush-like type에서의 트리 길이와의 관계를 관측하였다.

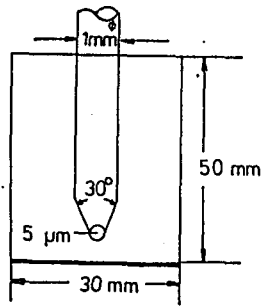


Fig. 1. Shape of specimen and electrode arrangement

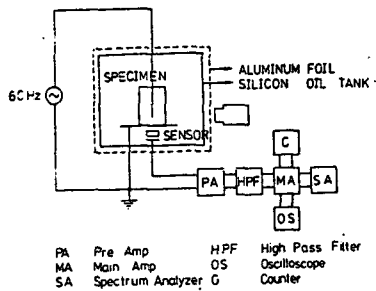


Fig. 2. Schematic diagram of block diagram

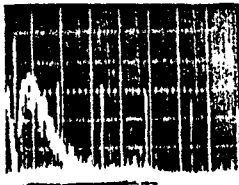


사진 1.

제3장 실험결과 및 검토

실험결과를 현미경사진 촬영결과 전압상승에 따른 전압별 Tree의 진전형태에 대해서는 30°C, 10kV이하서 수지상 형태(Tree-like type)이고 15kV와 20kV에서는 해초상 형태(Bush-like type)로 나타났다. 그리고 그림3은 10kV이하서의 길이는 LDPE > XLPE이고 시간에 대한 음향방출 총괄수는 LDPE > XLPE이다. 음향방출 총괄수에 대한 트리의 길이는 LDPE > XLPE이다.

그림4, 그림5은 15kV, 20kV전압이하서 결과인데 10kV의 전압에서와 같이 시간에 대한 트리의 길이는 LDPE > XLPE이고 시간에 대한 음향방출 총괄수는 LDPE > XLPE이며, 음향방출 총괄수에 대한 트리의 길이는 LDPE > XLPE이다. 이는 tree 관로내에서 XLPE의 망상구조 형상으로 인하여 주기적인 가스방전을 완화시키고 있다고 사료된다.

이 결과로 부터 LDPE와 XLPE와의 사이에는 상당한 절연내력의 차가 있음을 알수있는데, XLPE가 가교도가 높아서 내압특성이 양호함을 알수있다.

그림6에서는 인가전압 별 트리파괴의 시간을 표시하였다. 여기에서 가교가 된 XLPE가 LDPE보다 파괴 수명시간이 길고 절연성이 우수함을 단적으로 보여주고 있는데 이는 가교가 트리의발생과 트리 관로의 벽체에 상당히 기여할수 있음을 말해준다.

XLPE는 선형구조에 가교에 의해 망상구조를 형성하기 때문에 초기 트리에서 갖게 전계강도가 저밀도 폴리에틸렌 보다 높고 전기-기계적 응력이 고분자에서 응역으로서 침단에 가해지는데 응력에 대해서 저밀도 폴리에틸렌보다 가교 폴리에틸렌이 더 저항력을 갖고 있다고 볼 수 있다. 또 트리의 성장과정에서 관로내에서 반복되는 가스방전에 망상구조를 이루고 있는 가교 폴리에틸렌이 더 잘 견디고 있다고 볼 수 있다. 따라서 망상구조를 형성하는 저밀도 폴리에틸렌보다 내트리형성이 우수하다. 또 15kV전압이하에서 부분방전으로 부터 탐지된 음향파의 파고에 관련된 주파수와 음향방출 진폭을 사진1에 표시하였다.

사진1에서 보여주듯이 파고에 관련된 주파수 약 300k Hz에서 peak를 나타내고 진폭은 45dB을 나타내고 있음은 이론과 잘 일치한다. 이는 트리 전파과정에서 트리 내부의 주기적인 가스방전에 의해서 생기는 파는 일시적이고 펄스 1발당 그 주기는 약 0.1μsec임으로 오실로스코프의 관측에 의해서 확인된것 역시 이론과 일치한다.

제 4 장 결론

- (1) 인가전압의 증가에 따라 펄스수와 펄스 길이가 증가하며, 각 전압별로 시간에 대한 트리의 길이는 가고 폴리에틸렌이 제일도 폴리에틸렌보다 크고, 시간에 대한 음향방출 총 펄스 수는 가고 폴리에틸렌이 많다. 또 음향방출 총 펄스수에 대한 트리 길이에서는 가고 폴리에틸렌이 짧다. 이는 가교로 인한 분자쇄 망상구조 형성으로 내트리잉성이 향상됨을 입증해준다.
- (2) 트리의 진전형태는 진가전압이 상은 10kV에서 수직 상 트리형태로 나타나고, 인가전압이 15kV와 20kV에서는 해초상 트리형태가 나타남이 확인 되었다.
- (3) 트리링 파괴에 관여하는 주요한 음향방출 주파수는 대략 300kHz 전후이고 또 펄스 1발당 주기가 0.1μsec 임이 입증되었다.
- (4) 음향파의 펄스 진폭의 대소가 파괴강도를 나타내고 있다고 사료된다.

관계논문

- (1) F. Noto and N. Yoshimura ; 1972 Annu. Rep. Conf. Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (Natl. Acad. Sci. Natl. Res. Council, 1972) P. 165
- (2) M. Onoe ; J. Inst. Electr. Jpn. 96(1976) 265 <in Japanese>
- (3) T. Tsuba & A. Greenwood ; "Effects of charge inject and extraction on tree initiation in polyethylene". IEEE Trans. on PAS, Vol. PAS-97, No. 5 (1977)
- (4) J. Artbauer ; "Electrical breakdown strength of polymer". Kolloid Zeitschrift and Zeitschrift fur Polymeren, Vol. 202 (1965)
- (5) B. Dittmer ; Arch. elektrotech, Vol. 1 No. 3 (1963)
- (6) H. Matsuba & S. Hoh ; "Treeing in organic insulating materials", J IEEJ, Vol 89-5 No. 968 (1969)
- (7) J. H. Mason ; "The deterioration and breakdown of dielectrics resulting from internal discharges", Proc. Inst. Elect. Engers. Vol 98, No. 1, (1951)
- (8) Kangawa; T. Hatakeyama and S. Yanazaki ; Acoust Lett 3 (1979) 104.
- (9) R. T. Harrold, T. W. Dakin and G. E. Mercler ; IEEE Trans. Power. Appar. & Syst. PAS-98 (1978) 444
- (10) E. Howells and E. T. Norton ; IEE E Trans. Power Appar & Syst. PAS-97 (1978) 1538.

