

# 高延伸Polyethylene의 絶緣破壞特性

\*박 대 회  
김 동 옥  
강 성 화  
임 기 조

圓光大學校  
金星電線(株)龜尾研究所  
忠北大學校  
忠北大學校

## Electrical Breakdown Properties of Highly Elongated Polyethylene

\*Park Dae-Hee Wonkwang University  
Kim Dong-Wook GoldStar Cable co.,  
Kang Sung-Hwa Chungbuk Nat'l University  
Lim Kee-Joc Chungbuk Nat'l University

### ABSTRACT

In this paper, the relationship between electrical breakdown properties and the molecular orientation owing to elongation was investigated from electrical conductivity, electrical breakdown strength and X-ray diffraction was investigated. The changes of the stretching direction, from an a-axis orientation(at low elongation) to a c-axis orientation(at high elongation), as the elongation increases, were determined from X-ray diffraction patterns. These results suggest that the tendency for a decrease in the trap density at a higher elongation is consistent with a continuous change of the reorientation from the a-axis to the c-axis as the elongation increases.

### 1. 序 論

고분자재료는 전기·전자분야에 절연재료로서 넓게 이용되어지고 있으며, 관련기기의 소형화, 고성능화, 고신뢰도화가 요구되고, 그의 사용환경이 다양화 되어져, 재료의 고성능화 및 새로운 재료의 개발이 요구되고 있다. 일반적으로 고분자재료는 가공이 용이하고, 전기적, 기계적 내환경성 특성이 우수하기 때문에 우주 산업분야, Electronic분야에 이르기 까지 넓게 응용이 되고 있다. 고분자재료의 응용적인 측면에서 전기물성에 관한 평가 및 현상의 연구가 대단히 중요하다<sup>1)</sup>.

특히 고분자재료는 케이블의 절연재료로서 사용되어지고 있으며, 최근에 전력계통의 고전압화와 대용량화가 추진되고 있어, 이에 따른 우수한 절연재료의 개발 및 절연성능의 개선이 요구되고 있는 실정에 있다.

이와같은 관점에서 지금까지 절연재료의 연구는 수동적인 면으로서 첨가제를 통한 개발 및 개선을 하고 있다. 예를들면, 절연재료의 절연성능을 향상시키기 위하여 전

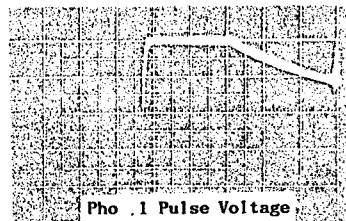
압안정제등을 첨가시켜 전기적인 물성등을 연구하여 오고 있으나, 이같은 첨가제의 효과는 초고압에 있어서는 오히려 절연재료내에 불순물로서 작용되어 장기적으로는 성능을 저하시키고 있어 많은 연구가 필요하다. 따라서 최근에는 절연재료의 능동적인 물성을 도출하기 위하여, 그의 물성을 좌우하는 고체의 구조를 제어하는 연구가 진행되고 있다. 예를들면, 고분자재료의 결정화도에 따라 기계적, 광학적등의 물성변화가 전기적인 물성에도 많은 영향을 미치는 것으로 많은 기초적인 연구가 되고 있다.<sup>2)-6)</sup>

이와같은 관점에서, 본 연구에서는 폴리에틸렌을 고신선에 의한 결정을 고차구조로 변화시킨후, 절연파괴강도와 전기전도등의 물성을 조사 하고, 결정구조와 전기물성의 관련성을 보고한다.

### 2. 實驗方法

사용한 시료는 고밀도폴리에틸렌으로서 114℃에서 가열하여 16배까지 연신시켰다. 이와같이 연신시킨 필름을 결정화 및 구조를 해석하기 위하여 X-선회절장치(理學社, Geigerflex型)를 사용하고, 장치의 발생 X 선은  $Cu K \alpha$ 은 1.4518Å의 단색 X선이다.

이와같이, 측정된 필름의 전기적인 물성을 파악하기 위하여 절연파괴강도 및 전기전도, 시간의 의존성을 각각 측정하였다. 전기전도의 측정은 필름의 양면에 금으로 전공 증착하여 전극으로 하고, 미소 전류는 진공에서 일



정의 DC 전압을 60분간 인가한후의 전류를 미소전류계 (Keithley-616)로 측정하였다. 절연파괴강도의 측정은 사진 1 과같은 부극성의 Pulse전압을 인가하였다.

### 3. 實驗結果 및 考察

결정성 고분자를 연신하면, 배향상태, 결정화도가 현저하게 변화를 일으키며, 이 성질은 재료의 물성을 결정하는 중요한 인자로서, 이러한 고분자의 연신은 실용에 중요한 의미를 갖는다. 또한 전기적성질과의 관련성을 조사하는 것은 대단히 흥미가 있는 것으로 사료 되어, X선 패턴과 X선회절의 사진을 통하여 결정의 배향상태 및 결정화도를 조사하였다.

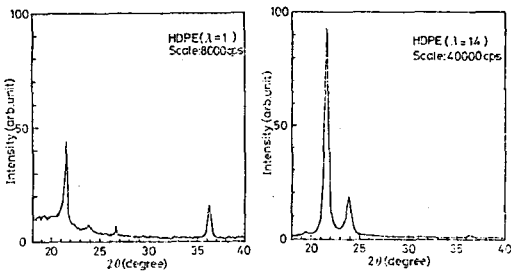


Fig. 1 XRD patterns of Polyethylene as the elongation

Fig. 1은 폴리에틸렌을 연신에 따른 XRD의 회절 결과이다. 미연신의 폴리에틸렌의 X선회절 도형 (a)는, 4개의 피크가 각각  $2\theta$ 가 21.5, 23.8, 26.6, 36.2°의 부분에서 나타나는 것을 알수 있었다. 또한 연신시료의 X선회절 피크(b)에서는  $2\theta$ 가 26.6°의 피크가 없어지고,  $2\theta$ 에서 30.1°에서 새로운 피크가 나타나 결국 4개의 피크가 보였다. 이와같이 연신에 따라 결정 피크가 사프하게 변화됨을 알수 있다. 다음에는 연신에 의한 시료의 배향상태를 조사하기 위하여 광각 X선 사진을 촬영하였다.

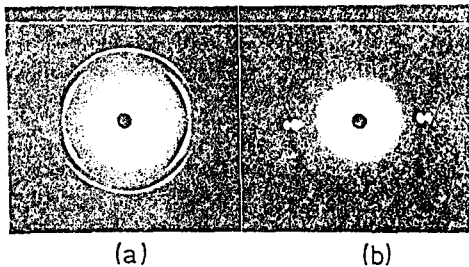


Fig. 2 XDR pattern photographs of Polyethylene

Fig. 2는 미연신 시료와 연신시료의 X선회절 사진이다. 사진의 중심으로 부터 (110), (200), (210), (020) 면으로 회절 Ring이 나타나는 것을 알았다. 연신함에 따라서 회절의 Ring이 점점 중심부로 수렴되는 것을 얻었다. 이와같은 것은 배향의 축이 변화하는 것을 의미한

다. 즉 연신배율의 증가에 따라 a 축의 배향으로부터 c 축의 배향으로 변하는 것을 말하며, 이같은 변화는 결정화도에도 크게 영향을 미치는 것으로 사료되어, 결정화도를 측정하였다

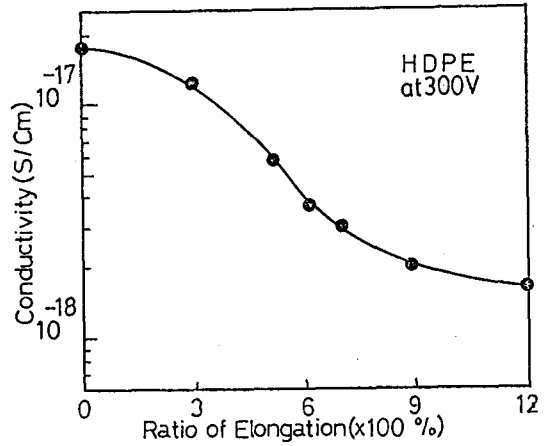


Fig. 3 Dependence of electrical conductivity as the elongation

다음에는 전기전도의 연신율의 의존성을 Fig. 3에 나타냈다. 이의 결과로 부터 알수 있는 것은 연신율의 증가에 따라 전기전도의 감소됨을 알수 있었다. 이와같은 결과는 결정화도의 변화가 전기적물성에 영향을 미치는 것을 알수 있다. 이와같은 전기전도의 변화는 재료의 구조에 깊은 관련성이 있음을 예측할 수 있다. 도전율의 변화는 전하 Carrier의 이동도 혹은 밀도에 의존되는 것으로, 본 시료에서는 능동적인 변화를 준 것으로 전하 Carrier 이동도의 변화(저하)에 의한 것으로 사료되며, 전하의 Trap밀도 및 깊이에 의한 영향으로도 예측할수 있다. 연신에 의한 결정부와 비결정부의 계면의 증가로 Trap의 밀도가 증가할 가능성도 있다.

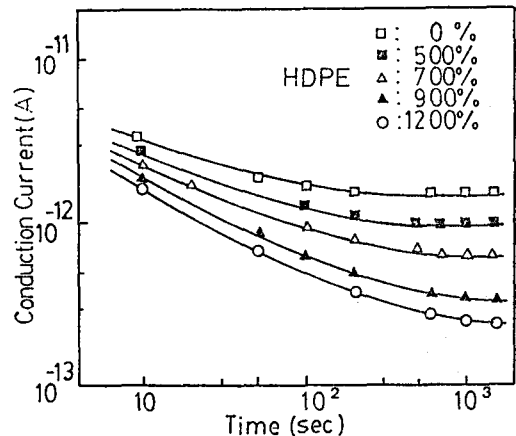


Fig. 4 Time Dependence of conduction current

다음에는 각 연신율에 따라 흡수전류의 시간의존성을 측정하였다. Fig. 4는 흡수전류의 시간의존성을 측정된 결과로서 알 수 있는것은 연신율의 증가에 따라 병형의 누설전류에 도달하는 시간이 길다는 것을 나타내고 있다. 이와같은 전류의 지수함수적인 감쇄는 음극으로 부터 주입 되어지는 전자가 bulk에 trap되어지는 과정으로 설명 가능하며, 연신율의 증가에따라서 trap이 증가된다는 것도 예측할 수 있다. 즉 연신율의 증가에 따라서 흡수전류가 크게 된다는 것은 시료내에 trap의 형성(증가)에 의한것으로 해석할수 있다. 이와같은 결과는 TSC의 측정으로부터도 알 수 있으며 이미 보고하였다.

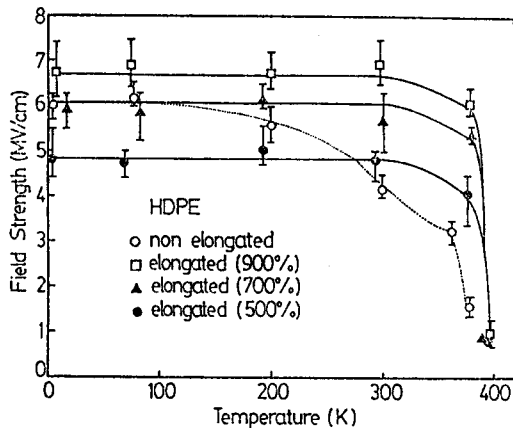


Fig. 5 Temperature Dependence Breakdown Strength as the elongation

Fig. 5는 연신시료의 절연파괴강도의 온도의존성을 측정 한 결과이다. 본 결과를 통하여 연신율의 증가와 함께 파괴강도가 증가하는 것을 알 수 있었다. 절연파괴강도의 온도의존성은 실온 이상의 고온에서는 급격하게 감소하며, 실온이하의 저온 경우에는 일정하게 나타나는 것을 알 수 있었다. 이같은 결과는 각각의 연신율에서 동일한 결과를 나타낸다. 또한, 이들의 파괴현상은 고온의 경우 열파괴, 저온의 경우에는 전자적인 파괴기구로서 설명할 수 있다. 고연신시료의 경우 파괴강도값은 많은 편차를 나타내는 것으로 시료의 표면 상태에 많은 영향을 받는 것으로 보인다.

#### 4. 結 論

폴리에틸렌을 연신시켜 고체구조를 변화 시킴으로서, 전기전도의 감소를 일으키는 것을 알 수 있었으며, 절연 파괴의 강도도 증가하는 것을 밝혔고, 이와같은 전기적 인 물성의 변화는 주로 trap의 밀도혹은 깊이의 영향으로서 설명할수 있다.

#### 參考文獻

1. M. Ieda, IEEE Trans., EI-19, 162(1984)
2. K. Iida et al, Jpn. J. Appl. Phys., 28, No. 12, 2552(1989)
3. P. J. Philips, IEEE Trans., EI-13, 69(1978)
4. S. N. Kolesov, IEEE Trans., EI-15, 382(1980)
5. T. Fukuda et al, IEEE Trans., EI-17, 386(1982)
6. H. Wagner, IEEE Trans., EI-13, 81(1978)