

혼합비에 따른 선형저밀도폴리에틸렌과 에틸렌비닐아세테이트 블렌드의 전기적 특성

Electrical Characteristic of Blend with LLDPE and EVA Due to Mixing Ratio

신종열*, 이충호**, 홍진웅*

(Jong-Yeol Shin*, Chung-Ho Lee**, Jing-Woong Hong*)

Abstract

In this paper, physical properties and electrical characteristics of linear low density polyethylene(LLDPE) films blended with ethylene vinyl acetate(EVA), containing polar groups within it, were investigated to improve defects of polyethylene(PE) such like space charge accumulation and tree growth. Blending method changes super-structure of LLDPE, having a great influence on electrical characteristics. For analysis of physical properties, FTIR, XRD and DSC methods were executed, and for electrical characteristic, volume resistivity and dielectric strength were measured with the varying temperature. From the results, it is confirmed that blend specimens tend to be safe to varying temperature, and specially specimens of 70 : 30 and 50 : 50 have a good performance.

Key Words : Volume resistivity, AC dielectric strength, conduction mechanism, conduction electron energy

1. 서 론

폴리에틸렌(PE)은 가공성과 전기적 특성이 매우 우수하여 광범위한 분야에서 사용되며 주로 전기분야에서 전력 케이블 절연재료로 사용되고 있다[1,2]. 그러나 최근 산업발전에 따른 다양한 환경에 노출되어 사용되므로 절연 성능이 약화되어 이를 개선하기 위한 많은 방법들이 연구되고 있다. PE의 개질은 적

절한 물질을 첨가함으로써 절연파괴 강도를 증대시키는 데 목적이 있으며, 최근에는 촉매와 컴파운드 혼합물 첨가 또는 다른 고분자들과 혼합하는 방법 등이 사용되고 있다[3]. 이러한 개질 방법은 주로 여기된 캐리어의 격자 충돌에 의한 운동에너지를 흡수하거나 전자 트랩으로 작용하는 것을 이용한다. 70년대 후반 여러 연구자들은 PE가 공간전하 축적과 트리 성장의 단점을 가지고 있음을 확인하였는데 [4,5], 이를 개질하기 위해 EVA를 혼합하여 전기 절연성이 향상되었는데, 그 원인에 대해서는 아직 밝혀지지 않은 부분이 많다. PE의 개질을 위한 혼합재료로 사용되는 EVA는 PE의 전이효과를 해석하기 위한 모델로 주로 사용되는 재료이다.

고분자 절연재료의 절연성을 평가하는데 있어서 높은 전계하에서 고분자의 복잡한 구조, 시험 조건 등에 크게 영향을 받으므로 불명확한 점들이 많으

* : 광운대학교 전기공학과
(서울시 노원구 월계동
Fax : 02-915-4630
E-mail : ealab@daisy.gwu.ac.kr)

** : 충주대학교 전기공학과
2000년 8월 14일 접수, 2000년 9월 7일 1차심사완료
2001년 4월 2일 2차심사완료, 2001년 5월 2일 3차심사완료

며, 특히 케이블 절연재료로 사용시 케이블이 과부하에서 동작온도는 약 90 [°C]로 보고되므로[6] 열적 특성과 전기적 특성을 연구하는 것과 이에 따른 절연파괴 특성과 전기 전도 기구를 고찰하는 것은 매우 중요한 과제이다.

따라서, 본 논문에서는 중량 혼합비에 따라 블렌드한 시료의 물성분석을 하였고, 체적고유저항과 절연파괴 강도 시험을 통해 미시구조 변화에 따른 전도기구 및 교류 절연파괴강도 측정을 통해 절연성을 평가하였다.

2. 시료 및 실험

2.1 시료 및 실험방법

본 연구에 사용된 시료는 밀도 0.92 [g/cm³]인 LLDPE와 밀도 0.94 [g/cm³], VA함량 12.5[%] EVA 원시료와 중량비 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 [wt%]를

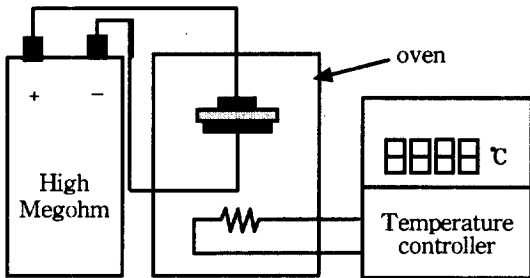


그림 1. 체적고유저항 측정 실험장치.
Fig. 1. Experimental device for volume resistivity.

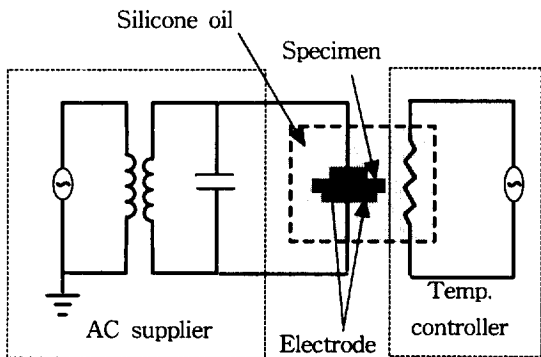


그림 2. 교류 절연파괴 실험장치.
Fig. 2. Experimental device for AC dielectric breakdown.

blowing 방법으로 두께 30, 50, 70, 100 [μm]로 제작하였다.

체적고유저항 측정용 전극재료는 알루미늄박으로 상부전극 37 [mmφ], 가드링 전극 내경 38 [mmφ], 외경 70 [mmφ], 하부전극 70 [mmφ]으로 제작하였고, 절연파괴용 전극은 순금(99.9%)을 상부 6 [mmφ], 하부전극 20 [mmφ]로 진공 증착시켜 실험하였다. 그림 1과 그림 2는 체적고유 저항 및 절연파괴 실험용 실험장치의 개략도를 나타낸다. 체적고유저항은 자동 온도 조절장치를 가지고 있는 오븐 속에 설치 후 시료에 직류전압 250 [V], 1000 [V]를 인가하고, 온도를 25[°C]에서 110 [°C]까지 변화시키면서 측정하였다.

그리고 절연파괴 실험은 인가 전압범위 0~50 [kV]에서 3 [kV/sec]의 속도로 교류전압을 인가하였고, 측정 온도범위는 25 [°C] ~ 100 [°C]까지 변화시키고, 연면방전 방지와 일정한 온도 분포를 유지하기 위해 1000 [cSt] 실리콘유 내에서 각각 같은 조건으로 16회 이상 측정하여 평균값과 표준편차를 얻었다.

3. 실험결과 및 검토

3.1 물성분석

LLDPE와 EVA 혼합에 따른 시료의 물성변화를 FTIR, DSC, XRD 분석을 통해 고찰하였다[7-9]. 그림 3은 각 시료의 FTIR 분석의 결과를 나타낸 것으로 LLDPE는 파수 720~731 [cm⁻¹], 1460~1475 [cm⁻¹], 2850~2860 [cm⁻¹], 2890~2927 [cm⁻¹]에서 피크가 나타나고, EVA는 알킬기(CH₂)에 의해 파수 2850~2925 [cm⁻¹], 카보닐기(C=O)의 기여로 파수 1740 [cm⁻¹]에서 피크가 나타남을 확인할 수 있다.

특히 파수 1740 [cm⁻¹]에서의 피크는 혼합량에 따라 다른 것을 확인할 수 있다. 그림 4의 XRD 결과로부터 2θ=21.4 ° 에서 결정(110), 2θ=24.6 ° 에서 결정(200), 그리고 2θ=19.5 ° 에서 비정질 기여에 의한 피크가 나타나며, EVA 중량비에 따라 조금씩 크기가 달라졌다. 이 결과로부터 Natta 식을 이용하여 본 연구에 필요한 결정화도를 구하였다. 식 (1)은 Natta법을 나타내었다.

$$C[\%]=k \cdot I_C / (I_A + I_C) \tag{1}$$

여기서 결정영역의 강도 $I_C = 1.0S_{110} + 1.46S_{200}$ 이고, Background는 2θ=14.6 ° 와 27 ° 의 위치를

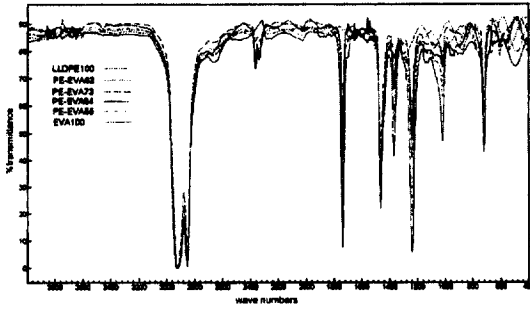


그림 3. 적외선 흡수 스펙트럼.
Fig. 3. FTIR spectra.

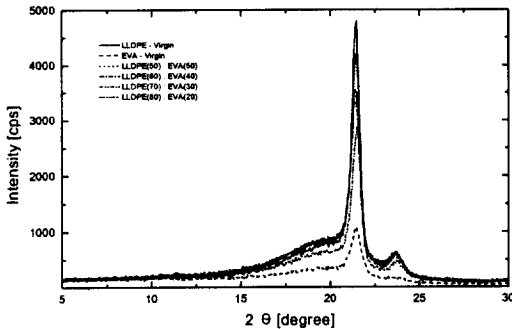


그림 4. X선 회절 분석.
Fig. 4. XRD analysis.

연결한 것으로 컴퓨터로 면적을 계산하였다. 표 1은 이 방법으로 구한 결정화도이며, 순수한 EVA가 가장 낮고 혼합한 시료는 이보다 높은 결정화도를 갖음을 확인 할 수 있다.

결정성 고분자는 결정질과 비정질로 이루어져 있는데, 이 고분자의 절연파괴 강도는 결정영역의 구조와 결정화도에 영향을 받는다. 연구자들의 보고에 의하면 HDPE의 경우에 DC 인가 하에서 약 80 [°C] 이하의 온도에서는 결정화도 증가에 따라 절연파괴 강도는 낮아지고, 그 이상의 온도 영역에서는 반대의 현상이 나타나는데, 저온영역에서는 결정화도 감소의 결과로써 결정계면의 증가에 의해 전자의 shallow 트랩의 증가로 절연파괴 강도가 높아진다 [10].

따라서, 이를 근거로 하여 혼합 시료는 순수한 LLDPE보다 절연파괴강도가 증가할 것으로 사료되지만, 극성기를 갖는 EVA함량 증가는 또 다른 결과를 나타낼 것이다.

그림 5의 DSC 분석을 통해 각 시료의 용점을 구

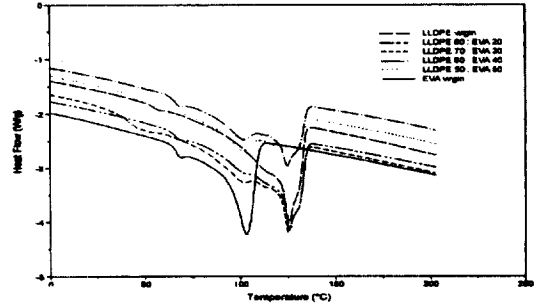


그림 5. 차동 주사 열량계 분석.
Fig. 5. DSC analysis.

표 1. 시료의 결정화도.

Table 1. Crystallinity of specimen.

| Specimen | C [%] |
|--------------|-------|
| virgin LLDPE | 52.62 |
| virgin EVA | 45.68 |
| 80 : 20 | 50.71 |
| 70 : 30 | 51.56 |
| 60 : 40 | 50.41 |
| 50 : 50 | 52.76 |

표 2. 시료의 결정 용점.

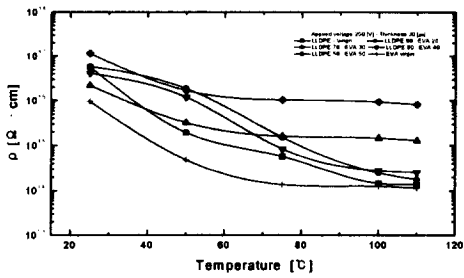
Table 2. Crystalline melting point of specimens.

| Specimen | T _m [°C] |
|--------------|----------------------|
| virgin LLDPE | 57.2/112.46/125.76 |
| virgin EVA | 67.78/103.33 |
| 80 : 20 | 68.42/102.3/125.9 |
| 70 : 30 | 47.08/100.84/125.25 |
| 60 : 40 | 67.88/102.05/124.82 |
| 50 : 50 | 60.63/101.56/124.267 |

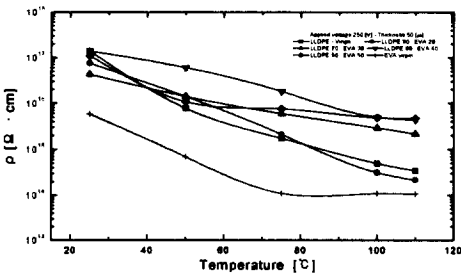
하여 그 결과를 표 2에 나타내었다. DSC 분석 결과로 순수 EVA의 결정 용점이 가장 낮아 70 [°C] 이상에서의 심한 물성변화로 절연파괴 강도에 영향을 줄 것으로 사료된다.

3.2 체적고유저항 특성

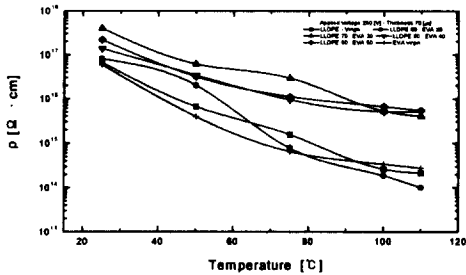
절연체의 체적고유저항 특성은 전도 전류와 반비례 관계이므로 혼합 시료내의 캐리어 종류와 거동용 규명하는 것은 절연성 평가에 매우 중요하다. 고분자 유전체의 전도에 기여하는 캐리어는 첨가제, 불순물의 여기에 따른 이온성 캐리어와 유전체 내부의 소수 전자 또는 고전계하의 음극에서 전자 주입에



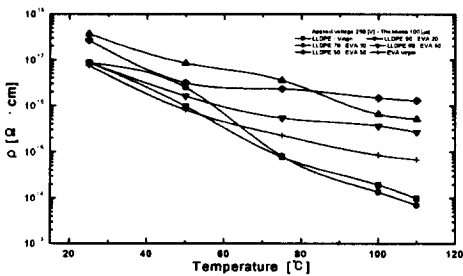
(a) 30 [μm]



(b) 50 [μm]



(c) 70 [μm]



(d) 100 [μm]

그림 6. 체적고유저항의 온도의존성(250 [V]).

Fig. 6. Temperature dependency of volume resistivity.

의한 전자성 캐리어로 구분된다.

그림 6은 인가전압 250 [V]일 때 체적고유저항의 온도의존성을 나타낸 것으로 체적고유저항 측정시 규정전압인 250 [V]에서 측정하였다. 50~70 [°C]를 중심으로 저온에서는 급격한 체적고유저항의 감소를 나타내며 고온에서는 완만한 체적고유저항의 변화를 나타낸다.

저온영역에서 순수 EVA의 체적고유저항의 감소율이 가장 크며, 순수 LLDPE의 경우에는 체적고유저항이 온도증가에 따라 선형적으로 감소하고 두께가 증가할 수록 고온에서 체적고유저항이 가장 낮음을 확인하였다. 이는 시료내 불순물과 제조과정 중의 첨가물 등 이온성 물질에 의해 온도증가에 따른 캐리어의 이동이 활발해지기 때문으로 사료된다. 또한 저온 저전계 영역에서 용점직전의 온도까지 선형적인 체적고유저항의 감소로 보아 전체 온도 영역에서 동일한 캐리어 거동으로 생각된다.

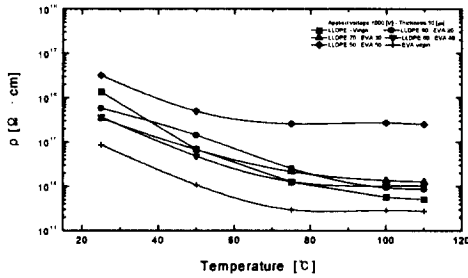
혼합시료의 경우 혼합비 50 : 50, 70 : 30인 시료는 순수시료에 비해 온도변화에 따라 체적고유저항의 변화가 안정된 경향을 나타내었다. 두께가 얇은 50 : 50인 시료의 체적고유저항 특성이 우수하지만 두께가 증가할수록 70 : 30인 시료가 우수한 특성을 나타내는데, 이는 두께가 증가할 수록 순수 LLDPE와는 달리 30 [wt%]의 EVA가 함유된 LLDPE의 결합을 보완해주고 있음을 확인할 수 있다.

그림 7은 인가전압을 1000 [V]로 증가시켰을 경우 체적고유저항의 온도의존성을 나타낸 것이다. 250 [V] 인가를 할 경우와 마찬가지로 순수 EVA와 순수 LLDPE, 혼합비 80 : 20인 시료의 체적고유저항이 가장 낮고, 온도 증가에 따라 매우 급격한 감소를 보이며, 혼합비 50 : 50과 70 : 30인 시료의 경우 우수한 절연성능을 나타내고 있음을 확인할 수 있다. 250 [V]와 비교하면 인가전압의 상승으로 인하여 전체적으로 체적고유저항의 감소가 두드러짐을 확인할 수 있다. 이는 전압 증가로 인하여 캐리어

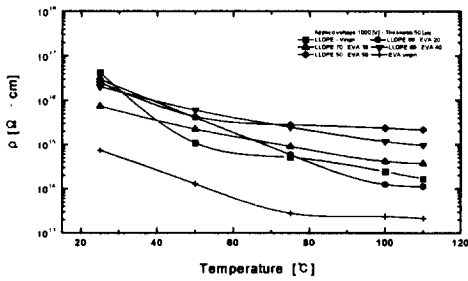
표 3. 활성화 에너지.

Table 3. Activation energy.

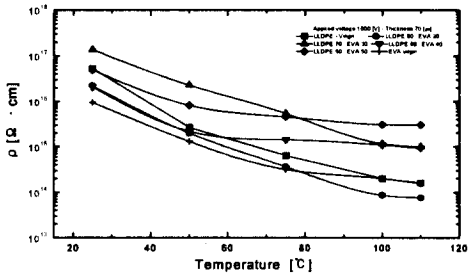
| specimen | activation energy | |
|--------------|-------------------|----------|
| | 250 [V] | 1000 [V] |
| virgin LLDPE | 0.55 | 0.47 |
| virgin EVA | 0.29 | 0.22 |
| LLDPE 80 | 0.68 | 0.3 |
| LLDPE 70 | 0.38 | 0.28 |
| LLDPE 60 | 0.34 | 0.26 |
| LLDPE 50 | 0.30 | 0.26 |



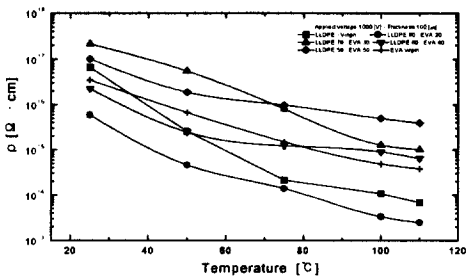
(a) 30 [μm]



(b) 50 [μm]



(c) 70 [μm]



(d) 100 [μm]

그림 7. 체적고유저항의 온도의존성(1000 [V]).

Fig. 7. Temperature dependency of volume resistivity.

활성이 용이해졌기 때문이다. 따라서, 각 시료에 대해 캐리어의 활성화 에너지는 Arrhenius법을 이용하여 표 3에 나타내었다.

결과로부터 순수 EVA 시료의 경우 전위 장벽 높이가 가장 낮으므로 캐리어 활성화가 가장 용이하여 온도변화에 대해 매우 불안정함을 확인할 수 있다.

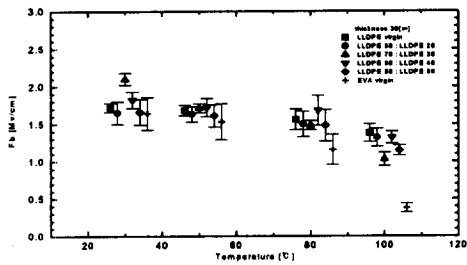
또한, 순수 LLDPE가 가장 높고 혼합시료의 경우에는 EVA 혼합비에 의존하는 것을 확인할 수 있다. 순수 LLDPE의 경우 활성화 에너지는 크지만 체적고유저항이 혼합시료보다 작은 것은 순수 LLDPE의 시료의 고유 특성과, 혼합된 시료에서 EVA의 첨가로 새로운 결정이 도입되어 캐리어의 여기가 방해받기 때문이라 생각된다. 그리고, 전압이 1000 [V]로 증가된 경우에는 250 [V]인 경우보다 활성화 에너지 값이 감소함을 확인하였다. 캐리어의 종류를 고찰함에 있어서 T. Hino 등은 XLPE에서 10 [MV/m], Lampert씨 등은 PE에 대하여 60 [MV/m]이하의 전계에서 캐리어를 이온성으로 간주하고 있다[11]. 측정된 결과로부터 체적고유저항 또한 온도 증가에 따라 선형적 감소를 보이며 이온성 캐리어에 주로 전도기구가 형성된다고 생각된다. 따라서, 체적고유저항의 온도의존성에서는 저온 영역의 경우 70 : 30 이, 고온 영역의 경우 50 : 50인 시료의 체적고유저항 특성이 가장 우수함을 확인할 수 있다.

3.3 절연파괴특성

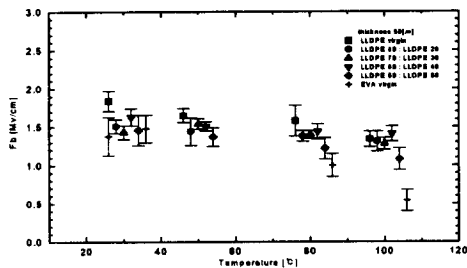
고분자 절연재료의 절연파괴 강도는 온도가 증가함에 따라 감소하는데, 이에 대해 많은 파괴 기구들이 제안되어 왔다. 일반적으로 저온 영역에서는 결정격자내의 원자와의 충돌에 의한 전자사태가 정설이며, 온도가 증가할수록 자유체적의 증가, 전극으로부터 캐리어 주입, 고온에서의 전극계면과 유전체계면에서의 기계적 변화에 따른 전기기계적 파괴 등이 있으나 아직 명확한 기구는 없다.

일반적으로 교류, 직류 및 임펄스 전압 하에서 캐이블의 절연파괴를 비교함에 있어서 교류 인가시 주파수에 따른 유전체손이 증가하여 온도상승에 의한 열적파괴 기구를 따르고, 주파수가 높아지면 코로나 발생으로 인한 열화로 인하여 절연내력이 감소하게 된다. 또한 직류 인가시에는 시료 내부의 호모 및 헤테로 공간전하의 영향을 받고 임펄스 인가시는 펄스 지속시간이 매우 짧아 열의 영향을 가장 적게 받으므로 순수한 전기적 영향을 고찰할 수 있다.

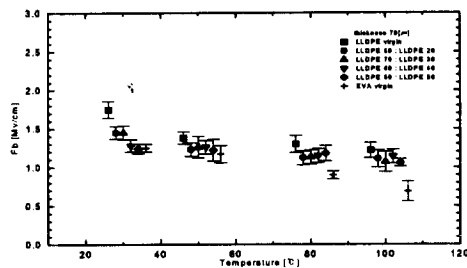
그림 8은 시료의 절연파괴 강도의 온도의존성을 나타낸 것으로 고분자 절연파괴 강도는 시료의 두께, 전압인가 방법, 온도 및 결정화도 등에 의존하며,



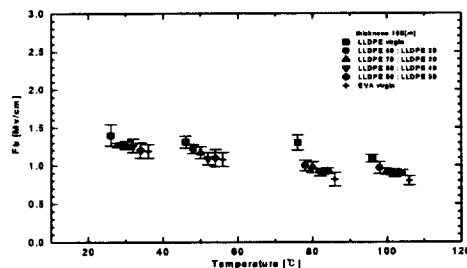
(a) 30 [μm]



(b) 50 [μm]



(c) 70 [μm]



(d) 100 [μm]

그림 8. 교류 절연파괴 강도의 온도의존성
 Fig. 8. Temperature dependency of AC breakdown strength.

절연파괴 강도의 두께의존성에서 두께 증가에 따라 절연파괴 강도는 감소하는데, 본 연구에서는 여러 연구자들이 제안한 실험식중 식 (2)를 사용하였다 [11].

$$F_b = A \cdot d^{n-1} \quad (2)$$

여기서 F_b 는 절연파괴강도, d 는 두께, A 와 n 은 상수로 보통 0.3~1.0의 값을 취한다.

그림에서 순수한 시료가 혼합된 시료보다 두께 증가에 따른 절연파괴 강도가 급격히 감소하므로 측정된 결과를 통해 그래프 분석 프로그램을 사용하여 두께 의존지수 n 을 표 4에 나타내었다.

표 4. 두께 의존 지수.

Table 4. Thickness dependence index.

| specimen | n |
|--------------|------|
| virgin LLDPE | 0.74 |
| virgin EVA | 0.59 |
| 80 : 20 | 0.65 |
| 70 : 30 | 0.53 |
| 60 : 40 | 0.47 |
| 50 : 50 | 0.71 |

두께 의존지수로 부터 혼합된 시료가 두께 변화에 대해 순수한 시료보다 안정한 절연파괴 강도를 가진다는 것을 확인할 수 있고, 여기서 얻은 값은 여러 연구자가 얻은 값과 비슷함을 확인하였다[11].

일반적으로 고분자 재료의 절연파괴 온도의존성 연구자들은 3개 영역으로 전자사태가 지배적인 유리영역(glass state), 자유체적 및 열적 파괴기구의 중온영역(rubber state), 전기 기계적 파괴가 지배적인 유동플라스틱 영역(plastic flow state)으로 나누므로 본 연구에서는 절연파괴가 급격히 변하는 80 [°C]를 기준으로 저온영역과 고온영역으로 구분하였으며, 저온영역에서는 $\partial F_b / \partial T \geq 0$ 과 $\partial F_b / \partial d < 0$ 의 특성을 나타내고, 고온영역에서는 $\partial F_b / \partial T < 0$ 와 $\partial F_b / \partial d < 0$ 의 특성을 나타내고 있다. 저온영역에서는 두께 변화에 상관없이 거의 일정한 절연파괴 특성을 나타내고 있다. 이것은 시료내의 낮은 준위에 있는 전도전자가 인가전계로 가속되어 격자원자와 충돌에 의한 전자사태라 사료되며, 온도가 증가할수록 Fröhlich의 비정질 파괴 이론에 근거하여 불

순물 또는 트랩된 전자의 전도대로의 열여기에 의한 것이라 사료된다[12]. 그리고 고온영역에서 절연파괴 강도가 급격히 감소하는데, 이는 측정온도가 시료의 용점에 근접함에 따라 전자가 인가 전계와 열에너지로 분자와 충돌하여 국부적으로 구조 변형을 일으키고, 결합이 절단될 때까지 자유체적을 확장시키게 된다. 또한 상전이 온도인 80 [°C]부근에서 segment 운동에 의해 쇄의 재배열이 이루어지므로 자유체적이 급격히 증가한다. 특히 용점 직전의 순수 EVA의 경우는 매우 급격한 절연파괴 강도의 감소를 보인다.

따라서 저온영역에서는 Fröhlich 이론에 근거해 트랩준위를 구하고, 고온영역에서는 온도증가에 따라 늘어난 자유체적내 가속된 전자가 전계방향으로 이동할 때 전자에너지 증가분을 고찰하였다.

Fröhlich는 절연파괴의 온도의존성에서 임계온도를 기준으로 저온 및 고온영역으로 나눠 절연파괴기구를 고찰하였는데 $F_b = A \exp(\Delta V/kT)$ 인 이론식을 도출하였다. 연구가들은 직류 인가시 HDPE와 LDPE는 실온영역에서 약 0.06 [eV]의 트랩준위를 가진다고 보고한다[12]. 측정된 결과로부터 계산된 비정질 트랩준위는 표 5와 같다.

표 5. 비정질 영역내 낮은 트랩 준위.
Table 5. Shallow trap level in amorphous region.

| specimen | trap level [eV] |
|--------------|-----------------|
| virgin LLDPE | 0.033 |
| virgin EVA | 0.07 |
| 80 : 20 | 0.049 |
| 70 : 30 | 0.045 |
| 60 : 40 | 0.06 |
| 50 : 50 | 0.047 |

이 결과로 부터 순수한 EVA의 경우 0.07 [eV]로 가장 크고, 순수 LLDPE가 가장 낮은 것을 확인 할 수 있는데, 이것은 순수 EVA의 경우 트랩된 전자 밀도가 무극성 LLDPE보다 더욱 크고, 열 또는 전계에 의해 전도대로 여기될 확률이 크므로 절연파괴 강도는 낮은 것으로 사료된다. 그러나 혼합된 시료 중 70 : 30과 50 : 50의 경우 순수 EVA보다는 큰 감소를 나타내고 있다.

1980년에 Nelson과 Sabuni씨[13] 등은 고분자 절연파괴 강도가 상전이 온도 근처에서 급격한 감소를 이루는 것에 대해 연구하여 결합에너지 밀도와 자유체적 관점에서 전자가 매우 급속히 가속되는 자유체

적내의 에너지의 변화를 고찰하였다. 즉 자유체적내의 전도전자의 문턱 운동 에너지 증가분 $\Delta W_{th} = e l_x F_b$ 를 구하여 절연파괴 기구를 설명하는데, 여기서 l_x 는 자유체적내 전도전자의 이동거리, F_b 는 절연파괴 강도인데, Crine과 Vijn 등은 대부분의 고분자에서 l_x 는 유리전이 온도 이하의 경우 0.6~0.9 [nm]이고, 유리전이 온도 이상에서는 약 3 [nm]이며, T_g 와 T_M 사이에서 약 5 [nm], 용점 이상에서 20 [nm]로 급격히 증가한다고 보고했다. 따라서 시료의 두께 100 [μ m]인 것에 대해 계산된 전도전자의 에너지 증가분은 표 6과 같다.

LLDPE보다 EVA의 전도전자 에너지 증가분이 작은 것은 EVA 함유량이 증가할수록 자유체적내 전도전자가 가속시 가장 낮은 에너지로 가속되고, LLDPE의 경우 자유체적내 전도전자 가속이 EVA보다 어렵다는 것을 보여주므로 절연파괴 강도가 높다.

물성분석에서 순수 LLDPE의 결정화도가 가장 크고, EVA 시료의 결정화도가 낮으므로 혼합된 시료는 결합과 결정의 보완으로 온도 변화에 대해 순수한 시료보다 안정적인임을 확인할 수 있다. 따라서, 순수한 LLDPE와 극성기를 포함한 EVA의 혼합은 LLDPE의 공간전하 및 트리 진전을 억제시켜 LLDPE의 미시적 구조에 의한 절연성능을 개선시킬 수 있을 것으로 사료된다.

표 6. 자유체적내 전도전자 에너지 증가량.
Table 6. Threshold energy increment at free volume.

| specimen | ΔW_{th} [eV] |
|--------------|----------------------|
| virgin LLDPE | 0.545 |
| virgin EVA | 0.4 |
| 80 : 20 | 0.485 |
| 70 : 30 | 0.46 |
| 60 : 40 | 0.45 |
| 50 : 50 | 0.45 |

4. 결 론

혼합비에 따른 선형저밀도폴리에틸렌과 에틸렌비닐아세테이트 브랜드의 전기적 특성을 고찰한 결과 순수 선형저밀도폴리에틸렌은 결정화도와 활성화 에너지가 크고, 비정질 트랩준위 크기가 작아서 두께 변화에 따라 절연파괴강도의 변화가 큰 것을 확인했

으며, 그리고 고온영역에서 자유체적내 전도전자의 에너지 증가분이 크므로 절연내력이 불안정하다. 그러나 혼합된 시료는 순수한 시료보다 결정성과 전도활성화 에너지와 자유 체적내 에너지 증가분은 적지만, 비정질 트랩준위가 크고, 시료의 구조적 결합이 개선되어 온도 변화와 두께 변화에 따른 절연과피특성이 안정한 것을 확인하였다.

그리고 혼합된 시료의 체적고유저항특성이 순수시료에 비해 구조적 결합을 보완해주므로 온도변화에 대하여 안정된 특성을 나타내고 있다.

특히 혼합비 70:30과 50:50 인 시료는 폴리에틸렌이 갖고 있는 전기적 결점을 개질시켜 우수한 절연재료로 사용될 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2000년도 광운대학교 교내 학술 연구비 지원에 의해 연구되었음.

참고 문헌

[1] M. Fukuma, et. al., "Measurements of conduction current and electric field distribution up to electrical breakdown in LDPE film", 1999 CEIDP. pp. 114-116, 1999.

[2] 조경순 외 3 인, "제작방법에 따른 전력케이블용 폴리에틸렌 박막의 전기전도특성", 전기전자재료학회논문집, Vol. 10, No. 5, pp. 453-460, 1997.

[3] Y. Yamano and H. Endoh, "Increase in breakdown strength of PE film by additives of azocompunds", IEEE trans. on DEI, Vol. 5, No. 2, April, 1998.

[4] E. J. McMahan, "A tree growth inhibiting insulation for power cables", IEEE trans. EI, Vol. 16, pp. 304-318, 1992.

[5] G. J. wintle, "Charge motion and trapping in insulators surface and bulk effects", IEEE trans. on DEI, Vol. 6, No. 1, Feb., 1999.

[6] 박홍태 외3인, "전력케이블용 절연재료의 열화특성 및 수명진단에 관한 연구", 전기전자재료학회 논문집, Vol. 12, No. 1, pp. 11-17, 1999.

[7] 日本工業技術院, 赤外分光分析方法通則, JIS. K 0117, pp. 1-34, 1990.

[8] R. A. Nyquist, "Infrared spectra of polymers and resins", The Dow chemical., 1961.

[9] 日本分析化學會, "高分子分析 핸드ブック", 朝倉書店, pp. 39-120, 1989

[10] Chen C. Ku, "Electrical properties of polymers", Macmillan publishing com., pp. 157-158, 1985.

[11] L. A. Dissadon, J. C. Fothergill, "Electrical degradation and breakdown in polymers", Peter Peregrinus Ltd., pp. 311-316, 1988.

[12] Fröhlich H., "On the theory of dielectric breakdown in solids", Proc. Soc. A188, pp. 521-541, 1946.

[13] Nelson, J. K. and Sabuni, H., "Annual Report conference of electrical insulation & Dielec. Pheno.", pp. 499-507, 1980.

[14] 조돈찬 외3인, "메타로센 촉매를 이용한 저밀도 폴리에틸렌의 전기적 특성", 전기전자재료학회 2000년도 하계학술대회논문집, Vol. 1, No. 1, pp. 123-127, 2000.