

LDPE/PS 블렌드의 전기적 성질에 미치는 상용화제로서의 SEBS의 효과

論 文
54C-3-4

Compatibilizing Effect of SEBS for Electrical Properties of LDPE/PS Blends

李 太 熙* · 金 太 永* · 金 東 明* · 金 元 中* · 李 濟 赫** · 徐 光 錫***

(Tae Hee Lee · Tae Young Kim · Dong Myung Kim · Won Jung Kim · Je Hyuk Lee · Kwang S. Suh)

Abstract - We investigated compatibilizing effects of electrical properties such as charge distributions and electrical breakdown in blends of low density polyethylene (LDPE) / polystyrene (PS) with poly [styrene-*b*-(ethylene-co-butylene)-*b*-styrene] (SEBS), the triblock copolymer. The blends with 70 wt% of LDPE and 30 wt% of PS were prepared through a melt blending in a batch type kneader at a temperature of 220 °C when the SEBS content increased up to 10 wt%. Scanning electron microscopy (SEM) was investigated for observation of morphology of LDPE / PS blends increasing SEBS contents. The morphological observation showed that addition of SEBS results in the domain size reduction of the dispersed PS phase and a better interfacial adhesion between LDPE and PS phases. Measurements of space charge distributions for blends was carried out with pulsed electroacoustic (PEA) method. It was possible to observe that the amount of charge storage in the LDPE / PS blends decreased with increasing of SEBS content. The location of SEBS at a domain interface enables charges to move from one phase to the other via domain interface and results in a indicative decrease in the amount of space charge for the LDPE / PS blends with SEBS. Electrical breakdown strength of these blends was observed. It was found that the maximum breakdown strength of the blend was 51.55 kV/mm. These results were better than 38.38 kV/mm of LDPE used electrical insulator for cables and were caused by crystallinity of blends. Because the crystallinity of blends were lower than LDPE, electrical breakdown strength of LDPE / PS blends is higher than that of LDPE. We evaluated the possibility of these blends for insulating material substituted LDPE.

Key Words : Electrical Property, Compatibilizer, Low Density Polyethylene (LDPE), Polystyrene (PS), Poly [styrene-*b*-(ethylene-co-butylene)-*b*-styrene] (SEBS)

1. 서 론

LDPE는 뛰어난 가공성 및 절연성으로 일반적으로 케이블 피복용으로 사용되어 왔다. 그러나 사용되는 환경에 따라 인장강도, 인장신율 등의 기계적 물성 또는 전하분포 특성, 절연파괴 강도, 유전율 등의 전기적 특성 등의 좀 더 나은 물성을 원하는 경우가 많아지게 되고, 이를 위하여 기존 LDPE에 가교를 하거나 첨가제 및 다른 고분자를 블렌딩하여 전기적 또는 기계적 성질을 높이는 연구가 활발히 진행되어 왔다 [1-6]. 이 중 2가지 이상의 고분자를 블렌딩 하는 방법은 다른 방법들에 비해 그 제조 방법이 비교적 간편하여 많은 연구가 되고 있다[2-6].

특히, polyethylene (PE) / polystyrene (PS) 블렌드는 PE

의 비교적 좋은 연성과 뛰어난 충격강도 때문에, PS와의 상호 보완적 역할을 할 수 있다 [3-6]. 그러나 대부분의 PE/PS 블렌드 뿐만 아니라 대부분의 고분자 블렌드는 블렌드 재료간의 상용성이 좋지 않아 단순히 섞었을 경우, 매우 낮은 엔트로피를 가지기 때문에 잘 섞이지 않고, 상이 거칠고 안정적이지 않게 된다. 고분자간의 화학적 결합 또한 약하기 때문에, 계의 분산성 또한 좋지 않게 된다. 이것은 곧 재료의 기계적 강도 저하의 원인이 된다. 이러한 두 고분자간의 상용성의 문제는 상용화제의 첨가를 통해서 계면 결합력의 증진을 꾀함으로써 해결 가능하다. 상용화제의 첨가는 기계적 강도뿐만 아니라 전기적 성질의 상승효과도 가져온다 [7].

지중 배선 케이블은 비교적 외부 영향을 받지 않지만, 케이블 내부로의 수분 침투, 전기적인 충격, 전압레벨 등이 상대적으로 큰 영향을 끼치기 때문에 공간 전하 분포, 전기전도도, 수트리 (water tree) 등의 측정으로 알 수 있는 전기적 성질은 지중 배선 케이블 절연 재료의 기계적 성질보다 중요한 특성이다. 이러한 전기적 성질을 측정하는 것은 절연 재료의 성능 평가에서 매우 중요한 항목이라 할 수 있다.

절연 재료로 사용함에 있어서 공간 전하분포의 측정은 재료의 전기적 성질을 파악하는데 많은 단서를 준다. 특히, 재

* 교신저자 學生會員 : 高麗大學 材料工學科 碩博士統合課程
E-mail : tery78@korea.ac.kr

* 正 會 員 : 高麗大學 材料工學科 博士課程

** 學生會員 : 高麗大學 材料工學科 碩士課程

*** 正 會 員 : 高麗大學 材料工學科 教授 · 工博

接受日字 : 2004年 11月 17日

最終完了 : 2005年 1月 31日

료 내에 전하가 쌓이는 성질이 강한 재료라면 재료의 피로에 의해 절연재료로서 그 수명은 짧아지게 된다. 고분자 블렌드의 관점에서 볼 때, 재료내의 상용성이 좋지 않으면 주로 재료내의 고분자의 입자 계면에 전하가 트랩되게 되고, 상용성이 좋은 블렌드의 계면은 각각의 상끼리 잘 연결되어 있기 때문에 전하는 트랩되지 않고 빠져나갈 수 있게 된다. 이러한 특성을 이용하면 공간 전하 분포 측정을 통하여 재료의 상용성에 대한 정보를 얻을 수 있고, 나아가 절연재료로서의 가능성을 판단할 수 있게 해준다 [7,8].

마지막으로, 절연 파괴 강도는 전하분포특성, 전기전도도, 수트리 (water tree) 현상들과 함께 지중배선 케이블 재료의 전기적 성질에 있어서 중요한 수치이다. 지중배선 케이블의 경우 절연파괴 강도가 커질수록 송전 시 발생할 수 있는 뜻하지 않은 전기적 충격에 저항할 수 있는 역할을 더욱 잘할 수 있게 되므로 재료의 절연 파괴 강도는 전기 절연 재료로서 가능성을 판단할 수 있는 중요한 척도가 된다.

본 연구에서는 LDPE / PS 블렌드에서의 상용화제의 효과를 알아보기 위하여 상용화제로서 PE와 PS에 화학적으로 비슷한 구조를 가진 블록을 가짐으로서 LDPE / PS 블렌드에 상용성을 부여할 수 있는 poly[styrene-b-(ethylene-co-butylene)-b-styrene] (SEBS)을 사용하여 이 블렌드의 전기적 특성을 살펴보았다.

2. 본 론

2.1 실험

2.1.1 기본 수치

표 1에 사용된 시료의 개략적인 물성을 나타내었다. LDPE는 한화석유화학의 HY830을, PS는 금호석유화학의 GP100을 사용하였으며, SEBS는 Shell사의 G1652를 사용하였다.

표 1. 실험에 사용된 재료

Table 1. Materials used in the work

재료	제조사	분자량	styrene함량 (wt%)
LDPE (HY830)	한화석유화학	Mw=1.2X10 ⁵	-
PS (GP100)	금호석유화학	Mw=2.3X10 ⁵	-
SEBS (Kraton G1652)	Shell Chemical	Mn=7.0X10 ³ (PS block) Mn=7.0X10 ³ (EB block)	32

* 참고 : 각 재료의 분자량과 styrene 함량은 각 제조사의 물성표를 참조하였음.

2.2.2 시편의 제조

시료는 사용 전, 아이소프로필알콜(Isopropyl alcohol)을

사용하여 48시간 동안 추출하여 첨가제와 불순물을 제거한 후, 48시간 동안 40 °C 진공오븐에서 건조한 후, 사용하였다. Batch type kneader (IREI Shokai, PBV-03)를 사용하여 220 °C에서 10분간 30rpm의 속도로 교반하였다. 시료는 연성이 좋은 LDPE를 연속 상으로 가지고 압출 공정 조건 등을 고려하고 PS의 양을 극대화 하여 관찰이 용이하도록 하기 위하여 LDPE와 PS의 비를 70%와 30%로 고정시키고, SEBS의 함량을 0, 1, 3, 5, 10 wt%로 늘려가며 제작하였다. 블렌딩한 시료의 배합비는 표 2에 나타내었다.

표 2. LDPE/PS/SEBS의 배합비

Table 2 Recipe of LDPE / PS / SEBS

Blend Code	LDPE (wt%)	PS (wt%)	SEBS (wt%)
S-0	70	30	0
S-1	69.3	29.7	1
S-3	67.9	29.1	3
S-5	66.5	28.5	5
S-10	63	27	10

2.2. 분석

블렌드의 미세조직의 관찰을 위하여 Scanning Electron Microscope (SEM(Hitachi S-4300))을 사용하였다. 시편은 핫프레스로 180 °C에서 성형한 후, 시편 표면의 변형을 최소한으로 하기 위하여 액체질소에서 파단하여 그 파단면을 취하였다. 또한, 관찰을 용이하게 하기 위하여 톨루엔을 사용하여 10시간동안 추출하여 PS와 SEBS를 에칭한 후, 표면을 골드코팅(Hitachi E-1030)하여 촬영하였다.

블렌드의 공간전하분포를 관찰하기 위하여 pulsed electroacoustic (PEA) 방법을 이용하였다. 그림 1에 PEA 시스템의 개략도를 나타내었다. 전기펄스는 2 kV의 세기로 10 ns의 간격으로 가해지며, 40 kV/mm의 전기장을 30분 동안 가한 후, 전기장이 인가 된 상태에서 시편 내부에 축적된 공간전하분포를 오실로스코프를 사용하여 측정하였다. 또한, 인가한 전기장을 제거한 직후, 잔류 공간전하 분포를 측정하였다. 시편은 핫프레스 방법으로 180 °C에서 약 700 μm으로 성형하였고, Ethylene Vinyl Acetate (EVA)와 전도성 카본블랙이 혼합된 반도체 전극을 핫프레스 방법으로 400 μm와 200 μm의 두께로 제작하여 80 °C에서 100시간 진공처리 후, 각각 시편의 위, 아래에 실리콘 오일을 사용하여 붙여서 전극으로 사용하여 접촉저항을 최소화 하였다.

재료의 녹는점과 결정화도는 시차주사열분석기(Differential Scanning Calorimeter, TA-2910)를 사용하였다. 질소분위기에서 10 °C/min의 속도로 상온에서 200 °C까지 상승시킨 후, 열이력을 제거하기 위하여 200 °C 5분간 유지하였다. 다시 10 °C/min의 속도로 상온까지 온도를 하강시키면서 결정화 온도와 결정화도를 측정하였다.

블렌드의 절연 파괴 시험은 핫프레스로 180 °C에서 약 800 μm의 두께로 성형한 후, 그림 2와 같이 시편을 교류 고전압을 인가할 수 있는 지름 0.5 inch의 구전극 사이에 끼운 후, 절연유 안에서 절연 파괴가 일어나는 순간까지 1

kV/sec의 속도로 서서히 전압을 상승시키며, 절연파괴가 일어나는 순간의 전압 값을 측정하였다. 시편 종류 당 16개를 반복하여 실험하였고, 결과 값으로 전기장을 구하고 이를 Weibull distribution을 이용하여 63.2%의 특성 파괴치를 구하였다 [9,10].

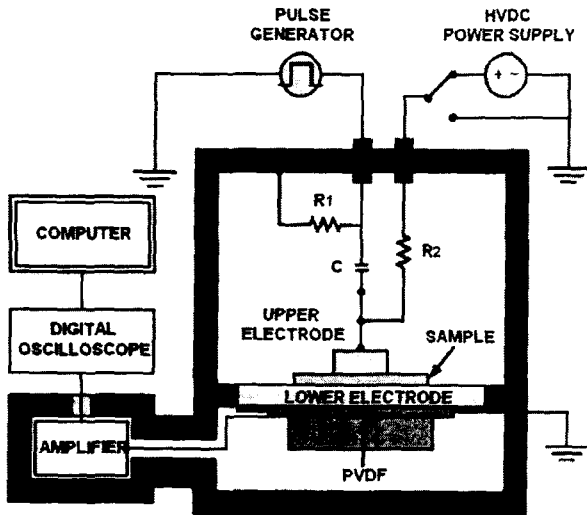


그림 1. PEA 시스템의 개략도
Fig. 1 Schematic diagram of PEA system in the study

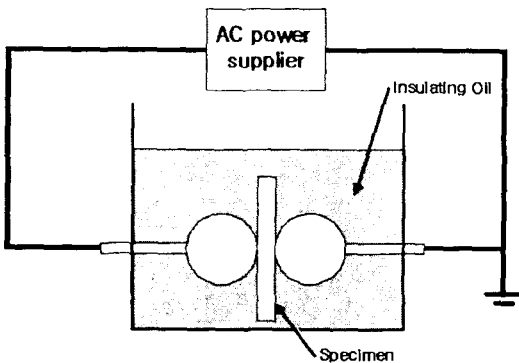


그림 2. 절연 파괴 장치의 개략도
Fig. 2. Schematic diagram of electrical breakdown system

2.3 결과 및 고찰

2.3.1 전자 주사 현미경 (SEM)

그림 3에 톨루엔으로 추출하지 않은 LDPE / PS 블렌드의 계면을 촬영한 SEM 사진을 나타내었다. 그림 3.(a)는 SEBS가 첨가되지 않은 것이며, 그림 2.(b)는 5% 첨가된 시편이다. 그림 3.(a)에서는 가운데 PS 입자와 매트릭스인 LDPE 사이의 계면이 비어있어 서로 상용성이 좋지 않음을 볼 수 있다. 그러나 SEBS가 5 wt%첨가된 그림 3.(b)는 그 계면이 상용화제의 역할을 하고 있는 SEBS로 채워져 있어 두 고분자 상을 연결 시켜주었음을 확인할 수 있다.

그림 4는 톨루엔으로 시편을 추출한 후, 표면을 촬영한 SEM 사진이다. SEBS의 함량이 높아질수록 추출된 PS자리의 기공이 점점 조밀해 짐을 알 수 있다. 이는 SEBS가

LDPE / PS 블렌드에서 LDPE / PS의 계면 접착력의 강화뿐만 아니라, 기저수지인 LDPE에 대한 PS의 분산성 또한 좋게 만들어주었기 때문으로 사료된다. 결국 이 PS의 분산성의 증가는 시편의 공간전하분포에도 영향을 끼치게 된다.

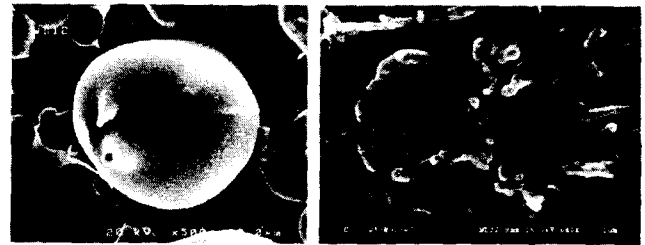


그림 3. LDPE / PS 블렌드의 SEM 사진 (a) 0 wt% SEBS (X 500) (b) 5 wt% SEBS (X 4.0k)
Fig. 3. SEM images of LDPE / PS blends (a) 0 wt% SEBS (X 500) (b) 5 wt% SEBS (X 4.0k)

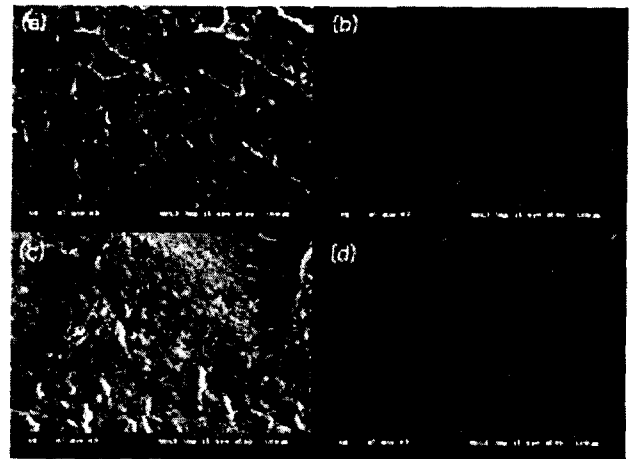


그림 4. 톨루엔으로 추출한 LDPE / PS / SEBS 블렌드의 SEM 사진 (X 500) (a) 1, (b) 3, (c) 5, (d) 10 wt% SEBS
Fig. 4. SEM images of LDPE / PS / SEBS blends extracted with toluene (X 500) (a) 1, (b) 3, (c) 5, (d) 10 wt% SEBS

2.3.2 공간전하분포

그림 5는 40 kV/mm의 전기장을 가한 상태와 전기장을 제거한 후, 잔류전하가 남은 LDPE, PS와 SEBS의 공간전하분포를 나타내었다. 전기장 제거 시 잔류 전하가 많을수록 재료 내에 많은 전하가 트랩 되고 이는 결국 절연 파괴 및 재료의 피로를 가중시키는 요인이 된다. PS는 비정질 재료이기 때문에 계면이 거의 존재하지 않으므로 전압을 제거했을 때 거의 전하가 쌓이지 않음을 알 수 있으며, LDPE와 SEBS는 결정질 부분과 비정질 부분이 섞여있으므로 PS보다 많은 전하가 쌓이는 것을 관찰할 수 있다. 특히, LDPE는 음극 쪽에 이종전하가 쌓이게 되는데, 이는 LDPE 내의 불순물, 고분자 사슬의 끝부분과 주사슬에 달린 곁가지 사슬 때문인 것으로 보고 되었다 [11].

그림 6은 LDPE / PS 블렌드의 전압을 제거한 후의 공간전하분포를 나타내었다. 전하가 거의 쌓이지 않는 PS만을

블렌딩하였을 경우 (그림 6.a), 많은 양의 잔류전하가 축적되어 있음을 볼 수 있다. 또한, SEBS의 함량이 증가할수록 남아있는 전하의 양이 감소함을 쉽게 알 수 있다. 이는 SEBS가 LDPE / PS 블렌드의 계면의 빈 공간을 채워줌으로서 계면에 트랩되어 있던 전자의 이동이 수월하도록 계면 간을 연결해주는 역할을 하는 것으로 사료된다. 또한, 기저수지인 LDPE의 잔류 전하보다 SEBS의 함량이 증가할수록 잔류 전하가 적은 것은 SEBS가 계면 간을 연결시켜주는 역할 뿐만 아니라 전하가 거의 쌓이지 않는 PS를 기저수지에 고르게 분산시키는 역할을 했기 때문이다. 이는 SEM 사진 (그림 3,4)의 결과와 연관지어 생각할 수 있다.

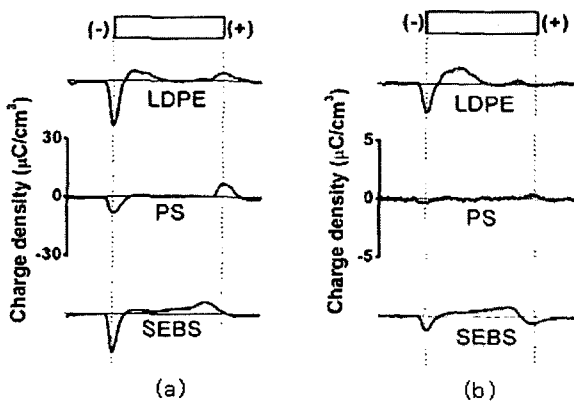


그림 5. LDPE, PS, SEBS의 공간전하분포 (a) 전기장 인가 시 (40 kV/mm), (b) 전기장 제거 시

Fig. 5. Spatial charge distributions of LDPE, PS, SEBS (a) under voltage of 40 kV/mm (b) on a short circuit

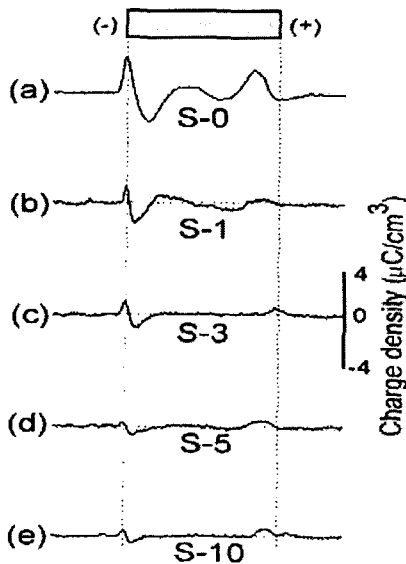


그림 6. LDPE / PS 블렌드의 전기장 제거 후 공간전하 분포 (a) 0, (b) 1, (c) 3, (d) 5, (e) 10% SEBS

Fig 6. Spatial charge distributions after short circuit of LDPE/PS blends (a) 0, (b) 1, (c) 3, (d) 5, (e) 10% SEBS

2.3.3 시차 주사 열분석 (DSC)

결정화도와 다른 열적 특성을 표 3에 나타내었다. LDPE / PS 블렌드에서 연속상으로 존재하는 LDPE는 기존의 LDPE보다 낮은 결정화도를 갖는다. 이는 PS 입자가 LDPE의 결정화를 방해하기 때문으로 생각된다. 보통 절연 파괴나 전기 트리의 생성은 결정질 부분을 피해서 비정질 부분이나 그 계면을 따라 생기게 되는데, 그 계면이 단순하면 전하가 움직이는 통로가 정해져 버리기 때문에 절연 파괴가 일어날 확률은 커지게 된다. 그러나 계면이 많아지면 전하가 이동할 수 있는 통로가 다각화되기 때문에 전하의 이동이 분산되게 된다. 결국 입자의 크기가 작아지면서 결정화도가 낮아진다는 것은 그만큼 재료내의 LDPE / PS 계면이 많아짐을 의미하게 되고, 이는 재료내의 절연 파괴보다는 계면을 따라 미세한 전기 트리가 생기는 것이 더 우세하게 됨을 의미한다. 이는 절연 파괴 강도 실험의 결과와 일치 한다.

표 3. LDPE / PS / SEBS 블렌드의 열적 특성 및 결정화도

Table 3 Thermal data and crystallization temperatures of LDPE / PS / SEBS blends

Blend Code	Tm (°C)	Tc (°C)	Xc (%)
LDPE	110.5	92	35.4
S-0	107.5	93.2	31.6
S-1	107.7	92.7	30.8
S-3	108.1	92.9	31.4
S-5	107.3	93.2	30.7
S-10	107.8	93.4	31.2

2.3.4 절연 파괴 강도

블렌딩한 시료의 절연 파괴 강도는 그 재료의 결정화도와 관계가 있다[12]. 그림 7은 SEBS의 함량에 따른 시편의 절연 파괴 강도를 나타낸 그림이다. 그림과 같이 LDPE / PS / SEBS 블렌드는, 그 함량을 불문하고 SEBS나 PS보다 특성 파괴치가 높은 현상을 보이며 S-1부터는 SEBS의 함량이 높아질수록 절연 파괴강도가 소폭 상승함을 알 수 있다. 또한, 일반적으로, 블렌딩 된 시료의 경우, 고분자 계면간의 물성이 나쁘기 때문에 절연 파괴 강도가 현저히 떨어질 것이라고 생각되었지만, 오히려 기존의 전기절연재료로 사용되는 LDPE보다 특성 파괴치가 높다. 이는 앞서서 언급한 DSC 결과와 연계하여 생각하면 블렌딩된 시편의 결정화도가 떨어지게 되면서, LDPE / PS의 계면이 많아짐으로서 파괴가 일어날 수 있는 경로를 다중화했기 때문이다. 이는 절연파괴의 가능성을 줄이는 결과를 가져오게 된다. SEBS가 첨가되지 않은 경우 SEBS를 첨가한 경우보다 절연파괴 강도가 높게 측정되었는데 이는 styrene에 의해 도입된 벤젠 고리의 공명 (resonance) 구조가 블렌딩 시 구정 (spherulite)의 계면에 배향을 하게 되어 여기된 전자를 트랩하기 때문에 전자가 가지고 있는 에너지를 모두 소모시켜 절연체에 손상을 입히지 않는 전자로 바꾸는 역할을 하게 되기 때문이다[13,14]. 그러나 SEBS가 1% 첨가된 시료의 경우부터는

SEBS의 벤젠 고리가 styrene의 벤젠 고리의 전자의 배향성을 상쇄시키게 된다. 또한, 계면 물성이 증가함으로써 상대 그림 7. LDPE / PS / SEBS 블렌드의 63.2% 특성 파괴치 적으로 S-0보다 전하의 축적이 급격히 감소하게 되고, PS 입자의 크기가 작아지게 되면서 고분자의 계면을 따라 파괴가 일어나는 경우가 우세하게 된다. 이 경우 SEM 사진과 전하분포 실험 결과를 보면 SEBS의 함량이 증가함에 따라 PS 입자의 크기가 작아지고 LDPE / PS의 계면을 SEBS가 채우게 되어 전하가 쌓이지 않게 된다. 또한, 표 4에 shape parameter β 와 평균 절연 파괴 강도 E_{avg} 를 나타내었다. 평균값 역시 기존 LDPE의 절연 파괴 강도 값보다 높음을 알 수 있다.

표 4. LDPE / PS / SEBS 블렌드의 절연 파괴 특성
Table 4. Electrical breakdown characteristics of LDPE / PS / SEBS blends

Blend Code	β	E_{avg} (kV/mm)
LDPE	3.18	37.96
PS	4.39	37.57
SEBS	4.26	36.41
S-0	2.76	49.55
S-1	3.40	41.39
S-3	2.42	45.60
S-5	1.87	44.46
S-10	2.17	47.35

3. 결 론

상용화제로서 SEBS를 70 / 30 (wt%) LDPE / PS 블렌드에 사용하여 그 효과를 SEM 사진과 공간전하분포 측정을 통하여 관찰하였다. SEM 사진을 통하여 SEBS의 함량이 증가할수록 두 고분자 계면간의 접촉성과 기저수지인 LDPE에서의 PS의 분산성의 증가를 확인하였다.

또한 공간전하분포실험을 통하여 SEBS의 함량이 증가할수록 시료내부에 트랩된 전하가 줄어들음을 확인할 수 있었다. 이는 S-0는 상용성이 없기 때문에 두 고분자 상 사이에 빈공간이 생겨 그 계면에 전하가 트랩되며, SEBS의 함량이 증가할수록 계면사이가 채워지고 전하가 쌓이지 않는 PS의 분산상이 좋아지면서 시료 내부에 전하가 트랩되지 않는 것으로 생각된다. 이는 SEM 사진의 결과와 일치한다.

재료의 결정화도와 입자의 크기는 절연파괴 강도에 큰 영향을 끼치는데, LDPE / PS의 결정화도는 LDPE의 결정화도보다 작아서 비정질 영역이 늘어남으로서 파괴가 일어날 수 있는 경로가 많아지게 된다. 이는 절연파괴가 일어날 가능성을 줄일 수 있게 된다.

절연파괴 강도는 상용화제의 함량에 상관없이 기존 재료인 LDPE 보다 높은 수치를 나타내었다. 또한, SEBS를 첨가한 경우와 그렇지 않은 경우의 차이가 생기게 되는데, 이

는 블렌딩한 재료내의 결정화도, 재료의 분산상과 LDPE와 PS간의 계면간의 접촉력에 따른 절연 파괴 메커니즘의 우성 정도에 기인한다.

참 고 문 헌

- [1] Jung Woo Ko and Kwang S. Suh, "Water Tree Growing and Electrical breakdown Characteristics of XLPE / SXLPE blends", KIEEME, vol. 13, No. 5, pp. 420-425, 2000.
- [2] S. C. Tjong and S. A. Xu, "Impact and Tensile Properties of SEBS Copolymer Compatibilized PS / HDPE Blends", J. Appl. Polymer sci., vol. 68, pp. 1099-1108, 1998.
- [3] Chao Zhang, Tatsuo Mori, Terutoshi Mizutani, Mtsugu Ishioka, Yonghong Cheng, "Morphology and Electrical Breakdown Properties of LDPE-Polypropylene Copolymer Blends", J. of Polymer Sci.: Part B : Polymer Phys., vol. 39, pp. 1741-1748, 2001.
- [4] G. Radonjic, V. Musil and I. Smit, "Compatibilization of Polypropylene/ Polystyrene Blends with poly(Styrene-b-butadiene-b-styrene) Block Copolymer", J. Appl. Polymer sci., vol. 69, pp. 2625-2639, 1998.
- [5] R. Sciamanna, G. Arribas, C. Albano, E. Horie and B. Soto, "Effect of Different Copolymers (Hydrogenated and Non-hydrogenated, With Different Molecular Weights and Different Content of Styrene) in the Compatibilization of PS + PP (80+20) Polyblend", Mat. Res. Innovat., vol. 4, pp. 311-321, 2001.
- [6] B. Chen, X. Li, S. Xu, T. Tang, B. Zhou and B. Huang, "Compatibilization Effects of Block Copolymers in High Density Polyethylene / Syndiotactic Polystyrene Blends", J. Polymer, vol. 43, pp. 953-961, 2002.
- [7] K. S. Suh, H. J. Lee, D. S. Lee and C. G. Kang, "Charge Distribution in PC / SAN / PCL Polymer Blends", IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., vol. 2, No. 3, pp. 460-466, 1995.
- [8] Tae Young Kim, Dong Myung Kim, Won Jung Kim, Tae Hee Lee, Kwang S. Suh, "Effects of poly[styrene-b-(ethylene-co-butylene)-b-styrene] on the charge distributions of low-density polyethylene / polystyrene blends", J. Polymer Sci. Part B: Polymer Phys., Vol. 42, Issue 15, pp. 2813-2820, 2004.
- [9] C. Chauvet and C. Laurent, "Weibull Statistics in Short-term Dielectric Breakdown of Thin Polyethylene Films", IEEE Trans. on Electr. Insul., vol. 28, No. 1, pp. 18-29, 1993.
- [10] L. A. Dissado, "Theoretical basis for the statics of dielectric breakdown", J. Phys. D: Appl. Phys., vol. 23, pp. 1582-1591, 1990.
- [11] K. S. Suh, J. H. Koo, S. H. Lee, J. K. Park and T. Takada, "Effects of Sample Preparation Conditions and Short Chains on Space Charge Formation in

- LDPE”, IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., vol. 3, No. 2, pp. 153-160, 1996.
- [12] G. R. Greenway, A. S. Vaughan, S. M. Moody, “Morphology and the Electro-mechanical Breakdown Model in Polyethylene”, Conference on Electr. Insul. and Dielectr. Phenomena, pp. 666-669, 1999.
- [13] 이창용, “아크릴레이트 그래프트 폴리에틸렌의 전기적 성질”, 고려대학교 박사학위논문, 1997.
- [14] Y. Tanaka, Y. Ohki and M. Ikeda, “Morphology of Etylene-Styrene Copolymers and Its Effects on Dielectric Strength”, IEEE Trans. Electr. Insul., Vol. 27, pp. 432-439, 1992.

저 자 소 개



이 태 희 (李 太 熙)

1978년 5월 5일생. 2002년 고려대 재료 금속공학부 졸업. 2002년~현재 동대학원 재료공학과 석박사통합과정.

Tel : 02-927-4546

Fax : 02-929-4408

E-mail : tery78@korea.ac.kr



김 원 중 (金 元 中)

1977년 11월 13일생. 2002년 인하대 섬유공학과 졸업. 2004년 고려대 재료공학과 졸업(공석). 2004~현재 동 대학원 박사과정.

Tel : 02-927-4546

Fax : 02-929-4408

E-mail : xg1977@korea.ac.kr



김 태 영 (金 太 永)

1975년 11월 6일생. 1998년 고려대 재료공학과 졸업. 2000년 동 대학원 졸업(공석). 2005년 동 대학원 졸업예정(공박).

Tel : 02-927-4546

Fax : 02-929-4408

E-mail : thomas75@korea.ac.kr



이 제 혁 (李 濟 赫)

1980년 1월 23일생. 2004년 고려대 재료공학과 졸업. 2004년~현재 동 대학원 석사과정.

Tel : 02-927-4546

Fax : 02-929-4408

E-mail : newdash@korea.ac.kr



김 동 명 (金 東 明)

1960년 2월 26일생. 1986년 홍익대 전기공학과 졸업. 1999년 고려대 산업대학원 졸(공석). 2001~현재 동 대학원 박사과정. 한전전력연구원 전력계통연구실 책임연구원.

Tel : 042-865-5907

Fax : 042-865-5804

E-mail : kimdmng@kepri.co.kr



서 광 석 (徐 光 錫)

1954년 3월 6일생. 1980년 고려대 재료공학과 졸업. 1982년 동 대학원 재료공학과 졸업(공석). 1987년 미국 코네티컷 주립대학 고분자공학과 졸업(공박). 1989년~현재 고려대 재료공학부 교수.

Tel : 02-927-4546

Fax : 02-929-4408

E-mail : suhkwang@korea.ac.kr