

LDPE/PS/SEBS 블렌드의 전기적 성질

이태희, 김동명, 김태영, 김원중, 서광석
고려대학교 재료공학과

Electrical Properties of LDPE/PS/SEBS Blends

Tae Hee Lee, Dong Myung Kim, Tae Young Kim, Won Jung Kim, Kwang S. Suh
Department of Materials Science and Engineering, Korea University

Abstract - The effect of the triblock copolymer poly[styrene-*b*-(ethylene-co-butylene)-*b*-styrene](SEBS) on the formation of space charge of immiscible low density polyethylene/polystyrene(LDPE/PS) blends was investigated. The amount of charge accumulated in the 70/30(wt%) LDPE/PS blends decreased when the SEBS content increased up to 10 wt%. For compatibilized and uncompatibilized blend, morphological observation showed that the addition of SEBS results in the domain size reduction of the dispersed PS phase and a better interfacial adhesion between LDPE and PS phases. The location of SEBS at a domain interface enables charges to migrate from one phase to the other via domain interface and therefore, results in a significant decrease in the amount of space charge for the LDPE/PS blends with SEBS.

1. 서 론

폴리스타이렌(PS)은 상업적으로 유용하게 쓰이는 범용 수지이다. 그러나 PS는 깨지기 쉽고, 연성이 없어서 열가소성의 고무나 올레핀계 고분자를 첨가하여 그 성질을 개질하려는 많은 연구가 진행되어 왔다[1-4]. 특히, polystyrene(PS)/polyethylene(PE) 블렌드는 PE의 비교적 좋은 연성과 뛰어난 충격강도 때문에, 큰 관심의 대상이 되어왔다. 그러나 대부분의 PE/PS 블렌드 뿐만 아니라 대부분의 고분자 블렌드는 블렌드 재료 간의 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 분산상 또한 좋지 않게 된다. 이것은 곧 재료의 기계적 강도의 저하의 원인이 된다. 그러나 이러한 두 고분자간의 상용성의 문제는 상용화제의 첨가를 통해서 계면 결합력의 증진을 꾀함으로써 해결 가능하다. 상용화제의 첨가는 기계적 강도뿐만 아니라 전기적 성질의 상승효과도 가져온다[5].

한편, 공간 전하분포의 측정은 재료의 전기적 성질을 파악하는데 많은 단서를 준다. 특히, 블렌딩한 재료의 상용성을 알아보는 방법으로서의 공간 전하분포측정은 매우 유용하다 할 수 있다. 재료내의 상용성이 좋지 않으면 주로 그 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 분포를 이용하여 재료의 상용성에 대한 정보를 얻을 수 있게 된다[5].

본 연구에서는 LDPE/PS 블렌드에서 상용화제의 효과를 전기적 성질을 통하여 알아보기 위해 상용화제로서 PE와 PS에 화학적으로 비슷한 구조를 가진 블록을 가진 것으로서 LDPE/PS 블렌드에 상용성을 부여할 수

있는 poly[styrene-*b*-(ethylene-co-butylene)-*b*-styrene](SEBS)을 사용하였다.

2. 본 론

2.1 실험

2.1.1 재료

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

표 1. 실험에 사용된 재료

재료	제조사	분자량	스티리렌함량 (wt%)
LDPE (HY830)	한화석유화학	$M_w=1.2 \times 10^5$	
PS (GP100)	금호석유화학	$M_w=2.3 \times 10^5$	
SEBS (Kraton G1652)	Shell Chemical	$M_n=7.0 \times 10^3$ (PS block) $M_n=7.0 \times 10^3$ (EB block)	32

2.2.2 시편의 제조

시료는 사용 전, 아이소프로필알콜을 사용하여 48시간 동안 추출하여 첨가제와 불순물을 제거한 후, 48시간 동안 40 °C 진공오븐에서 건조한 후, 사용하였다. Batch type kneader를 사용하여 220 °C에서 10분간 30rpm의 속도로 교반하였다. 시료는 LDPE와 PS의 비율 70:30으로 고정시키고, SEBS의 함량을 0, 1, 3, 5, 10 wt%로 늘려가며 제작하였다. 블렌딩한 시료의 배합비는 표 2에 나타내었다.

표 2. LDPE/PS/SEBS의 배합비

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. 실험 방법

블렌드의 미세조직의 관찰을 위하여 Scanning Electron Microscope(SEM(Iitachi S-4300))을 사용하였다. 시편은 핫프레스로 180 °C에서 성형한 후, 시편 표면의 변형을 최소화하기 위하여 액체질소

에서 파단하여 그 파단면을 취하였다. 또한, 관찰을 용이하게 하기 위하여 톨루엔을 사용하여 10시간동안 추출하여 PS와 SEBS를 애칭한 후, 표면을 골드코팅(Hitachi E-1030)하여 촬영하였다.

블렌드의 공간전하분포를 관찰하기 위하여 pulsed electroacoustic(PEA) 방법을 이용하였다. 전기펄스는 2 kV의 세기로 10 ns의 간격으로 가해지며, 40 kV/mm의 전기장을 30분 동안 가한 후, 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.

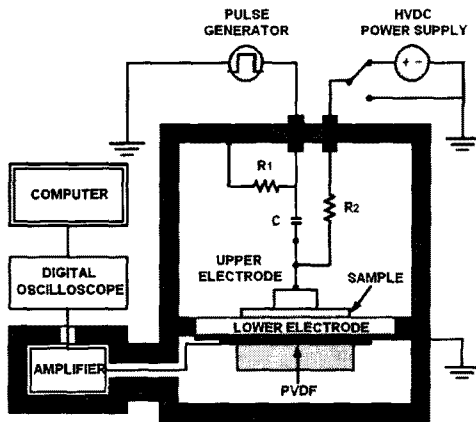


그림 1. PEA 시스템의 개략도

2.3 결과 및 고찰

2.3.1 SEM

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

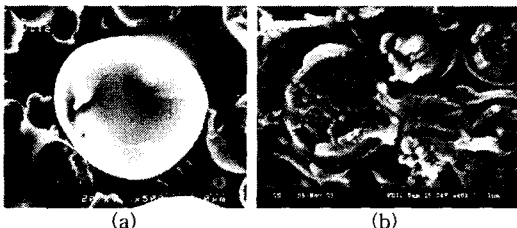


그림 2. LDPE/PS 블렌드의 SEM 사진 (a) 0wt% SEBS (b) 5wt% SEBS

그림 3은 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 계

면 접착력의 강화뿐만이 아니라, 기저수지인 LDPE에 PS의 분산성 또한 좋게 만들어주었기 때문에 사료된다. 결국 이 PS의 분산성의 증가는 시편의 공간전하분포에도 영향을 끼치게 된다.

2.3.2 공간전하분포

그림 4는 40 kV/mm의 전기장을 가한 상태와 전기장을 제거한 후, 잔류전하가 남은 LDPE, PS와 SEBS의 공간전하 분포를 나타내었다. PS는 전압을 제거했을 때 거의 전하가 쌓이지 않음을 알 수 있으며, LDPE는 음극 쪽에 이중전하가 쌓인다. 이는 LDPE 내의 불순물, 고분자 사슬의 끝부분과 주사슬에 달린 결가지 사슬 때문인 것으로 보고되었다[6].

그림 5는 LDPE/PS 블렌드의 전압을 제거한 후의 공간전하분포를 나타내었다. 전하가 거의 쌓이지 않는 PS만을 블렌딩하였을 경우(그림 5.a), 많은 양의 잔류전하가 측정되어 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 전하의 이동이 수월하도록 계면 간에 가교역할을 하는 것으로 사료된다. 또한, 기저수지인 LDPE의 잔류 전하보다 SEBS의 함량이 증가할수록 잔류 전하가 적은 것은 SEBS가 계면 간 가교역할 뿐만 아니라 전하가 거의 쌓이지 않는 PS를 기저수지에 고르게 분산시키는 역할을 했기 때문이다. 이는 SEM 사진(그림 3)의 결과와 연관지어 생각할 수 있다.

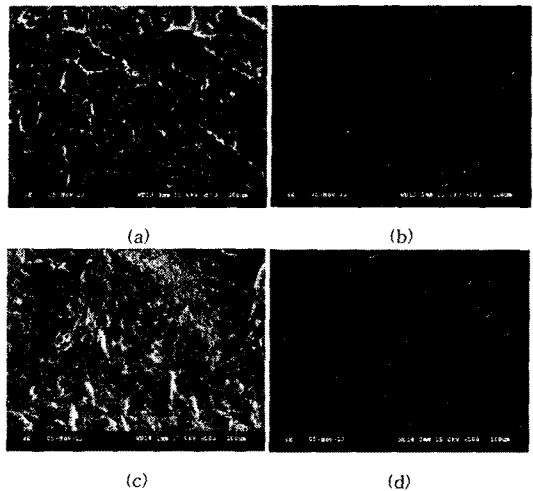


그림 3. 톨루엔으로 추출한 LDPE/PS/SEBS 블렌드의 SEM 사진 (a) 1, (b) 3, (c) 5, (d) 10wt% SEBS

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 접착성과 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

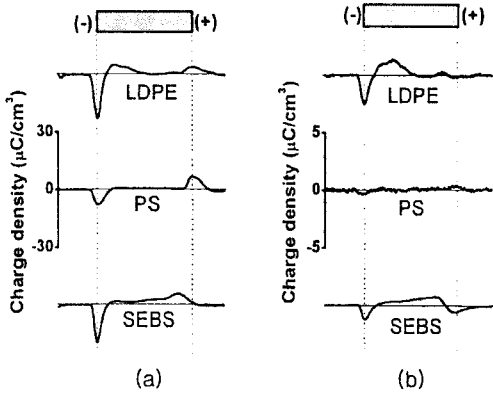


그림 4. LDPE, PS, SEBS의 공간전하분포 (a) 전기장 인가 시(40 kV/mm), (b) 전기장 제거 시

전하가 쌓이지 않는 PS의 분산상이 좋아지면서 시료 내부에 전하가 트랩되지 않는 것으로 생각된다. 이는 SEM 사진의 결과와 일치한다.

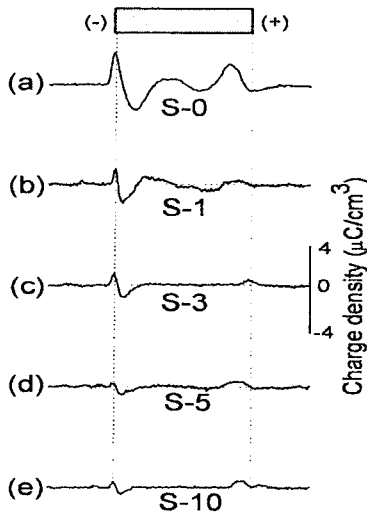


그림 5. LDPE/PS 블렌드의 전기장 제거 후 공간전하 분포 (a) 0, (b) 1, (c) 3, (d) 5, (e) 10% SEBS

[참 고 문 헌]

[1] 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.

[2] 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.

[3] 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.

[4] 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.

[5] 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, 1999.

[6] 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.