

폴리(옥시메틸렌)/개질 폴리[스티렌-*b*-(에틸렌-1-부텐)-*b*-스티렌] 삼블록 공중합체 블렌드의 물성

전현욱 · 김승우 · 김규현* · 김 일 · 하창식†
부산대학교 고분자공학과, *동서대학교 응용공학부
(2003년 6월 30일 접수, 2004년 3월 11일 채택)

Properties of Poly(oxymethylene)/Modified Poly[styrene-*b*-(ethylene-1-butene)-*b*-styrene] Triblock Copolymer Blends

Hyun-Uk Jeon, Seung-Woo Kim, Gue-Hyun Kim*, Il Kim, and Chang-Sik Ha †

Department of Polymer Science and Engineering,
Pusan National University, 30 Jangjeon-dong, Geumjeong-gu, Busan 609-735, Korea

*Division of Applied Engineering, Dongseo University,
Churye-2dong, Sasang-gu, Busan 617-716, Korea

†e-mail : csha@hyowon.pusan.ac.kr

(Received June 30, 2003; accepted March 11, 2004)

초록 : 0~0.3 phr의 디큐밀 퍼옥사이드를 개시제로 사용하여 0~3.0 phr 말레산 무수물에 의해 폴리[스티렌-블록-(에틸렌-1-부텐)-블록-스티렌] 삼블록 공중합체 (SEBS)는 관능화되었다. 개질 SEBS의 젤 함량은 자일렌 추출에 의해 결정되었고, 폴리(옥시메틸렌)이 개질 SEBS와 혼합되었다. 혼합물의 충격, 인장, 굴곡강도 그리고 형태학적 특성을 조사하였다. 폴리(옥시메틸렌)의 충격강도는 개질 SEBS와의 블렌드를 통하여 향상되었다. 그러나 개질 SEBS가 5% 보다 더 많아지면 블렌드의 충격강도가 감소하였다. 충격강도에 대한 디큐밀 퍼옥사이드 농도의 영향을 살펴보면, 폴리(옥시메틸렌)이 디큐밀 퍼옥사이드 0.1 phr을 사용하여 제조된 개질 SEBS와 블렌드시 최대 충격강도를 나타내었다. 또한 주사전자 현미경 사진에 의하면 폴리(옥시메틸렌)/개질 SEBS 블렌드의 개질 SEBS 입자 크기가 폴리(옥시메틸렌)/SEBS 블렌드의 SEBS 입자 크기보다 작게 나타났다.

ABSTRACT : Poly[styrene-*b*-(ethylene-1-butene)-*b*-styrene] triblock copolymer (SEBS) was functionalized with 0 to 3.0 phr maleic anhydride and the amount of dicumyl peroxide used as an initiator was varied from 0 to 0.3 phr. The gel content of the modified SEBS was determined by xylene extraction and poly(oxymethylene) was blended with the modified SEBS. The impact, tensile, flexural strength and morphologies of the blends were investigated. The Izod impact strength of poly(oxymethylene) was improved through its blending with modified SEBS. However, the Izod impact strength of poly(oxymethylene)/modified SEBS blend decreased above 5% modified SEBS content. Regarding the effect of dicumyl peroxide content on the Izod impact strength, the blend had a maximum Izod impact strength when poly(oxymethylene) was blended with modified SEBS prepared with 0.1 phr dicumyl peroxide. It was also confirmed by SEM micrographs that the average particle size of modified SEBS in poly(oxymethylene)/modified SEBS blends was smaller than that of SEBS in poly(oxymethylene)/SEBS blends.

Keywords : poly(oxymethylene), poly[styrene-*b*-(ethylene-1-butene)-*b*-styrene] triblock copolymer, maleic anhydride, blend.

1. 서론

현재 고분자 소재는 그 사용량이 증가하면서 기능화,

경량화, 소형화 등 더욱 더 우수한 물성을 가지는 고분자 소재가 요구되어지고 있다. 하지만 새로운 고분자의 개발은 가격 및 많은 연구 투자비 등으로 인해 용이하지 않

으므로 두 가지 이상의 고분자를 혼합하여 더 우수한 기계적, 물리적 물성을 가지는 고분자 블렌드 제품을 개발하는 연구가 많이 행해지고 있다.^{1,2}

고분자 블렌드는 각 구성 고분자의 장점을 이용하여 새로운 고분자를 생성하는 상대적으로 쉽고 경제적인 방법이다. 초기에는 성분간의 상용성이 있는 재료의 블렌드가 주목을 받았고, 이후 부분적으로 상용성이 있는 재료들의 블렌드를 거쳐서 최근에는 성분간에 상용성이 없는 경우에도 상용화제를 도입하여 이를 극복하고자 하는 노력이 시도되어 왔다. 즉, 성분간의 계면접착력을 강화시키기 위한 반응성 또는 비반응성 상용화제가 활발히 이용되고 있다.^{3,6}

범용 엔지니어링 플라스틱 중 폴리(옥시메틸렌) (POM)은 결정성이 가장 큰 수지 중의 하나로 합성수지 중 내피로성이 가장 높은 편에 속하고, 넓은 온도 영역에서 사용이 가능하며, 기계적 성질이 우수한 재료이지만 성형시 수축률이 크고, 충격강도가 낮다는 단점을 가지고 있다.

Soundararajan과 Shit 및 Lin과 Chung은 폴리(옥시메틸렌)/폴리프로필렌 (PP) 블렌드계의 형태학적 특성 및 기계적 특성을 조사하였고,^{7,8} Dziadur는 폴리(옥시메틸렌)에 Surlyn 아이오노머와 에틸렌 바이닐 아세테이트 (EVA)를 각각 블렌드하여 폴리(옥시메틸렌)의 구조적 변화와 기계적 특성에 미치는 영향에 대해 연구하였다.⁹

성분간 상용성이 없는 경우에는 블렌드의 내충격성이 낮아지게 되는데 블렌드계에서 성분간 비상용성으로 인해 계면접착력이 약할 경우 기계적 물성 가운데 내충격성이 가장 큰 영향을 받는 것은 잘 알려진 사실이다.¹⁰⁻¹² 일반적으로 충격강도를 개선하기 위한 방법은 고무와의 기계적 블렌드를 통해 고무입자를 작게 분산시키는 방법과 단량체에 고무입자를 용해하여 중합시키는 방법으로 구분되는데 공정의 단순성 때문에 전자를 보통 이용하고 있다. 고무입자가 나일론과 같은 고분자의 충격강도를 향상시키는 것은 적용된 응력장 내에서 고무입자 주위로 응력이 집중되기 때문이다. 분산상과 모체와의 탄성률이 다르기 때문에 응력은 고무입자 주변으로 집중되며 이에 따라 잔균 형성이나 전단 항복과 같은 소성 변형의 핵이 발생하게 된다. 이때 고무입자들이 매우 가까이 있으면 응력장들이 겹치게 되어 한층 더 충격강도가 향상된다.¹³ 고무입자가 에너지를 발산하는 기구는 모체 고분자, 고무의 양, 고무의 종류, 고무입자의 크기, 고무와 모체간의 계면에서의 접합상태에 따라 달라지게 된다.

열가소성 탄성체는 기계적 특성 및 재사용이 가능하다는 이유로 최근 많은 관심을 끌고 있다. 이 중 SEBS는 폴리스티렌계로 분류되고 폴리스티렌/폴리올레핀 블렌드

의 기계적 특성 향상을 위해 사용되어지는데 충격향상을 목적으로 사용될 경우 스티렌 함량 20% 이내의 것을 사용하는 것이 일반적이다. 본 연구는 SEBS에 말레산 무수물을 그래프트시켜 SEBS-g-MAH의 생성을 확인한 후 개질 SEBS가 폴리(옥시메틸렌)에 블렌드시 미치는 영향을 확인하는데 그 목적이 있다. 특히 개질 반응시 가교가 일어나므로 가교도가 블렌드의 충격강도와 상용성에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구에 포커스가 주어졌다.

2. 실험

재료. 본 연구에 사용된 폴리(옥시메틸렌)은 Korea Engineering Plastics (KEP) 사의 상업제품인 KEPITAL® F20-03을 사용하였고, SEBS는 용융흐름지수 (MFI)가 13 g/10 min이고, 스티렌 함량이 20 wt%인 Asahi 사의 H1052를 사용하였으며, 이들 재료의 특성을 Table 1에 나타내었다.

SEBS의 개질을 목적으로 99.98%의 순도와 98.06%의 분자량, 54~56 °C의 용점, 200 °C의 비점을 가지는 Shinyo 사의 말레산 무수물 (MAH)을 그리고 개시제로는 98%의 순도를 가진 Aldrich사의 dicumyl peroxide (DCP)를 사용하였다.

SEBS의 개질과 분광학적 분석. 70 °C에서 5시간 이상 건조된 SEBS는 캠 로터가 장착된 플라스틱코더 (HAAKE Rheocord 9000, 85 cm³)를 사용하여 DCP와 말레산 무수물의 존재 하에 개질되었다. 용융 그래프트 반응은 50 rpm의 로터속도와 200 °C의 온도 조건 하에서 10분 동안 수행되었다. 용융된 SEBS의 선 가교를 방지하고 그래프트 반응을 향상시키기 위해서 DCP를 첨가하기 전에 말레산 무수물을 먼저 혼합하였다. 말레산 무수물의 농도는 각각 1.0, 2.0, 3.0 phr로 그리고 DCP는 0.1에서 0.3 phr까지 농도를 달리하였으며, 반응이 진행되는 동안 토크-시간 거동을 관찰하였다.

SEBS-g-MAH의 추출은 Passaglia 등에 의해 보고된 방법을 이용하였다.¹⁴ 개질 SEBS는 자일렌을 용매로 끓여서 24시간 동안 용해하였고, 용해되지 않는 성분 (가교된 부분)을 분리한 후 용해된 부분을 포함하고 있는 용매

Table 1. Characteristics of the Materials

materials	specific gravity	T _m (°C)	MFI (g/10min)	styrene contents (%)	source
SEBS (H1052)	0.89	—	13	20	ASAHI
POM (F20-03)	1.41	165	21	—	KEP

에 아세톤을 사용하여 용해된 부분을 석출한 다음 미반응 단량체의 제거를 위해 아세톤을 이용한 수 차례의 세척과 함께 여과를 시행하여 80 °C로 고정된 진공 오븐에서 24시간 동안 건조하였다.

개질 SEBS중 불용인 부분은 여과하여 80 °C로 고정된 진공 오븐에서 24시간 동안 감압 하에 건조한 후 무게를 측정하였고, 젤 함량은 개질 SEBS에서 자일렌에 불용인 부분의 무게 비율로써 정의되었다. SEBS-g-MAH의 생성을 확인하기 위하여 Nicolet 710 FT-IR 분광계가 사용되었다.

폴리(옥시메틸렌)과 개질 SEBS의 블렌드. 폴리(옥시메틸렌)은 혼합하기 전 80 °C에서 24시간 동안 건조되었고, SEBS와 개질 SEBS는 70 °C에서 5시간 동안 건조되었다. 개질 SEBS에는 말레산 무수물로 그래프트된 SEBS와 그래프트되지 않은 SEBS가 같이 존재할 것이다. 건조된 재료들은 역시 플라스틱코더를 사용하여 혼합되었고, 50 rpm의 로터속도와 190 °C의 온도, 10 분의 블렌딩 시간이 사용되었다. 반응 종료 후 압축 성형 프레스를 이용해 물성 측정 시편을 제조하였다.

기계적 물성. Izod 충격 시험은 상온에서 Izod 충격 시험기 (Uheshima, IM-103)를 이용하여 시행되었다. 블렌드를 통하여 얻어진 시료를 200 °C에서 압축 성형 프레스를 이용하여 2 mm의 두께로 시편을 제조하였다. 시편의 규격은 70×12×2 mm이었고, notch 반경은 0.25 mm, notch 길이는 2 mm로 하였다.

인장 및 굴곡 특성은 (주)신강정밀의 만능시험기 (UTM)을 사용하여 각각 5개의 시편을 대상으로 측정하여 평균값을 취하였으며, 모든 시편에 대해 상온과 5 mm/min의 크로스-헤드 속도의 조건 아래 각각 ASTM D638, D790에 따라 측정되었다.

형태학적 특성. 형태학적 특성을 조사하기 위하여 각 혼합물의 파단면을 주사전자 현미경 (SEM)으로 관찰하였다. SEM은 JEOL 사의 JSM-6100을 사용하였고, 충분히 건조된 시편을 액체질소로 급랭시켜 절단한 후, 시험에 앞서 금으로 코팅하였으며, 1000배의 배율로 관찰하였다.

3. 결과 및 토론

SEBS의 용융 그래프트중의 유변학적 물성. 플라스틱코더에서 SEBS의 개질 반응 동안 토크-시간 거동을 관찰하였다. Figure 1은 DCP 농도를 0.1 phr로 일정하게 하고 말레산 무수물 농도를 다양하게 변화시켰을 경우 시간에 따른 토크의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 특징적인 2개의 피크가 관찰되는데, 첫 번째 피크는 재료

의 용융에 따른 것이고, 두 번째 피크는 화학반응에 의한 가교에 기인한 것으로 고려된다. 말레산 무수물 농도가 증가함에 따라 토크 값이 상승하는데, 이는 말레산 무수물 농도 증가에 따라 SEBS의 β scission 반응보다는 가교반응이 우세해진 것에 기인하는 것으로 고려된다. 이러한 말레산 무수물 농도 증가에 따른 가교도 상승은 Figure 2의 젤 함량 결과에서도 확인되었다. 그러나 에틸렌 비닐 아세테이트 (EVA)의 경우에는 EVA-g-MAH를 제조하는 과정에서 DCP 농도가 일정할 때 말레산 무수물 농도가 증가함에 따라 토크가 하락한다는 결과가 보고되었다.¹⁵

Figure 2는 DCP와 말레산 무수물의 농도가 개질 SEBS의 젤 함량에 미치는 영향에 대해 나타낸 그림이다. 일정한 말레산 무수물의 농도에서 DCP의 함량이 증가할수록 그리고 일정한 DCP의 농도에서 말레산 무수물의 농도가 증가할수록 젤 함량은 증가하는 것이 관찰되었다.

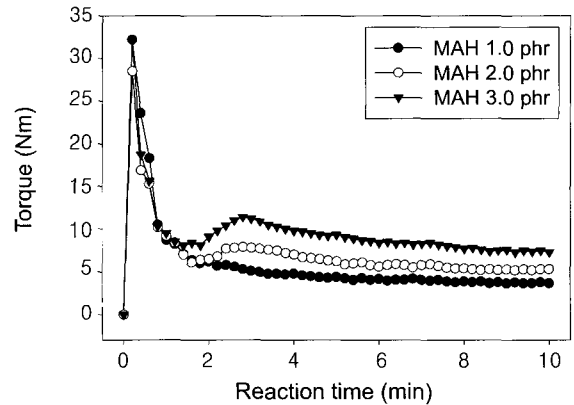


Figure 1. Rheographs of modified SEBS as a function of MAH concentration (DCP: 0.1 phr).

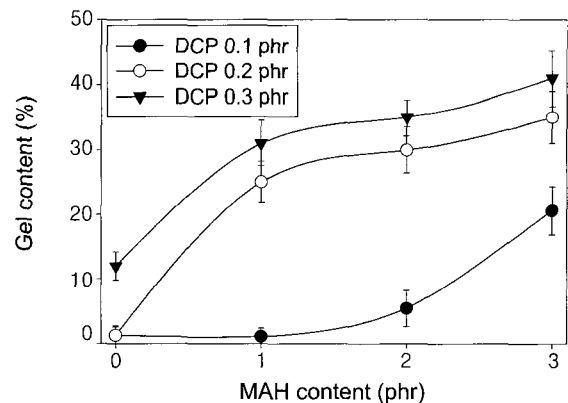


Figure 2. Gel content of modified SEBS as a function of MAH content.

이러한 젤 함량이 폴리(옥시메틸렌)과 SEBS의 상용성에 큰 영향을 미칠 것으로 예상되었다.

추출에 의한 SEBS-g-MAH의 생성확인 및 젤 함량. 개질 반응 후 개질 SEBS를 자일렌에 녹여 용해된 부분과 용해되지 않는 부분으로 분리한 후, 용해된 부분을 포함하고 있는 용매에 아세톤을 사용하여 용해된 부분을 석출한 다음 수 차례의 세척을 동반한 여과로 미반응 단량체를 제거하였고, 그 후 용해된 부분에서 얻은 침전물과 용해되지 않는 부분을 각각 건조시킨 후 IR 피크를 측정하였다. Figure 3은 개질전의 SEBS와 그래프트 반응(DCP 농도 : 0.1 phr, 말레산 무수물 농도: 3.0 phr)후 자일렌에 용해된 부분에서 얻어진 샘플과 용해되지 않는 부분의 FT-IR 스펙트럼이다. 여기서 SEBS에 없는 말레산 무수물의 특성피크, 즉 카르보닐 (C=O) 피크 (1782 cm⁻¹)가 자일렌에 불용인 부분과 용해된 부분 모두에서 관측된다. 이 결과로서 본 실험에 의해 말레산 무수물이 성공적으로 SEBS에 그래프트된 것이 확인되었다.

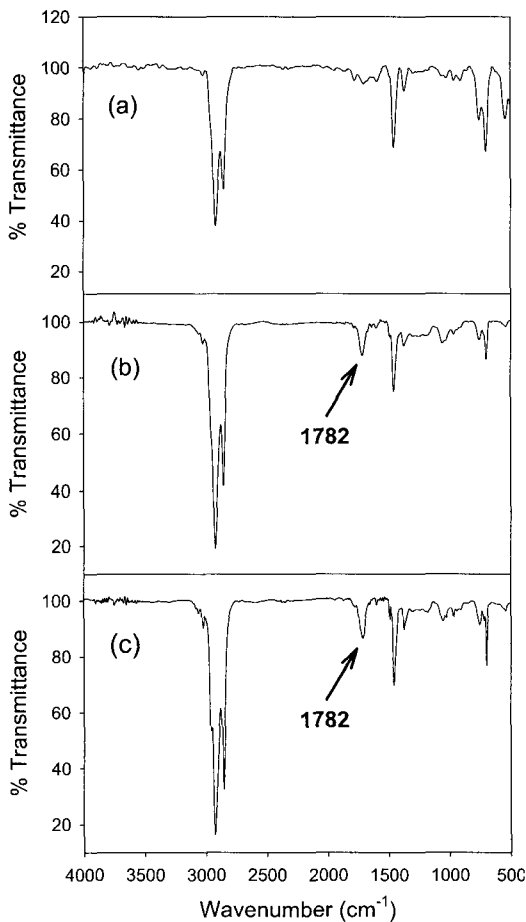


Figure 3. IR spectra of (a) pure SEBS, (b) soluble part, (c) insoluble part (DCP: 0.1 phr, MAH: 3.0 phr).

POM/개질 SEBS 블렌드의 기계적 물성. 말레산 무수물의 농도는 3.0 phr로 일정하게 하고 DCP의 농도를 0.1, 0.2, 0.3 phr로 변화시켜서 만들어진 각각의 개질 SEBS가 폴리(옥시메틸렌)에 블렌드되었을 때의 개질 SEBS의 함량에 따른 블렌드의 충격강도, 굴곡강도, 굴곡탄성률, 인장강도, 신장률의 변화를 Figures 4~8에 나타내었다. Figure 4에서 볼 수 있는 것처럼 소량의 개질 SEBS가 블렌드되었을 때 폴리(옥시메틸렌)의 충격강도는 향상되었다. 폴리(옥시메틸렌)/개질 SEBS의 블렌드비가 95/5일 때 가장 높은 충격강도를 나타내었고 개질 SEBS 함량이 그 이상 증가하면 폴리(옥시메틸렌)/개질 SEBS 블렌드의 충격강도는 감소하는 경향을 보였다. 개질 SEBS가 블렌드되었을 때 폴리(옥시메틸렌)의 충격강도 향상은 고무와의 기계적 블렌드를 통해 고무입자가 분산되고 분산상(domain)과 매트릭스와의 서로 다른 탄성률 때문에 응력이 고무입자 주위로 집중되어 모체의 충격강도가 향상

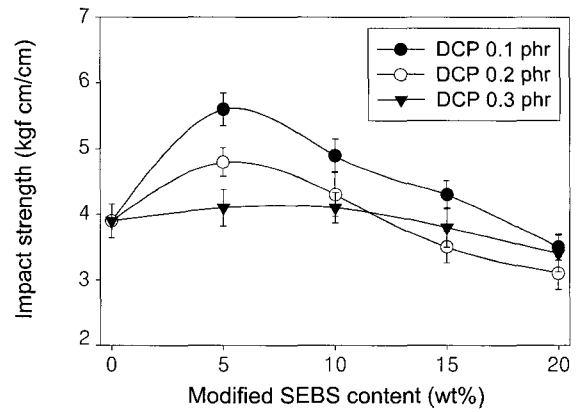


Figure 4. Impact strength of POM/modified SEBS blends as a function of modified SEBS content (MAH: 3.0 phr).

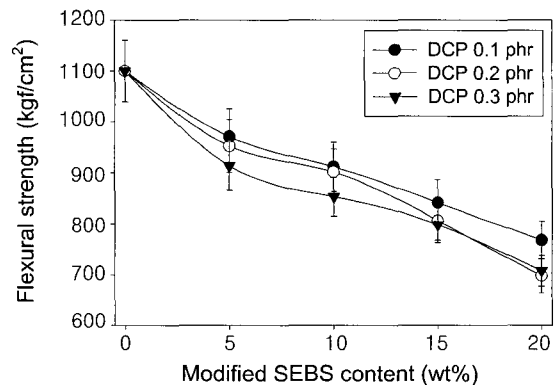


Figure 5. Flexural strength of POM/modified SEBS blends as a function of modified SEBS content (MAH: 3.0 phr).

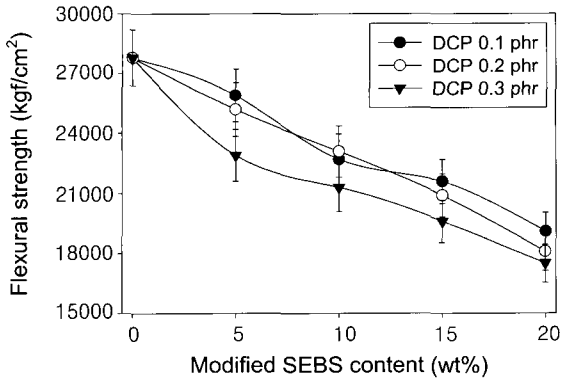


Figure 6. Flexural modulus of POM/modified SEBS blends as a function of modified SEBS content (MAH: 3.0 phr).

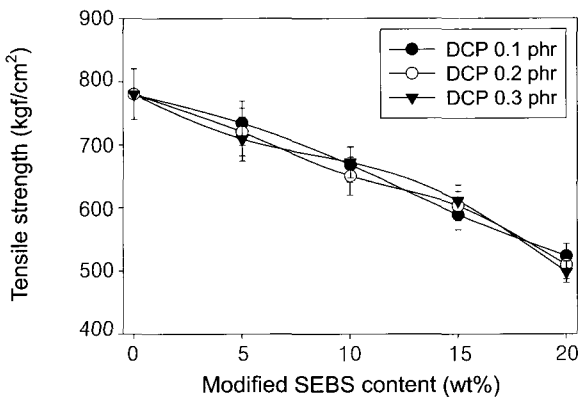


Figure 7. Tensile strength of POM/modified SEBS blends as a function of modified SEBS content (MAH: 3.0 phr).

되기 때문에 나타난 결과로 생각되나 개질 SEBS 함량이 10 wt% 이상에서는 상용성 감소로 인한 낮은 계면접착력으로 충격강도가 점차 감소하는 경향을 보인 것으로 생각된다. 한편 폴리(옥시메틸렌)과 개질 SEBS의 블렌드는 조성비에 상관없이 DCP 0.1 phr을 이용하여 만들어진 개질 SEBS가 폴리(옥시메틸렌)과 블렌드되었을 때 충격강도가 가장 높았다. DCP 0.2 phr 이상에서 충격강도가 감소하는 것은 말레산 무수물이 SEBS에 그래프트되는 반응과 DCP에 의한 SEBS의 가교반응의 경쟁 반응에서 가교반응이 더 빠른 속도로 진행되어 가교된 SEBS의 함량이 증가함으로써 상용성이 감소되어 블렌드의 충격강도가 감소하는 것으로 생각된다. DCP 함량의 증가에 따른 가교도 상승은 Figure 2에서 관찰되었다. Wang 등에 의한 폴리프로필렌옥사이드/SEBS-g-MAH 블렌드계의 충격강도 향상에 대한 연구에서도 SEBS-g-MAH 함량이 20 wt%까지 블렌드되었을 때에는 충격강도가 증가하지만 그 이상 첨가시에는 오히려 감소하고, 인장강도

는 SEBS 또는 SEBS-g-MAH 함량이 증가할수록 감소한다고 보고하였다.¹⁶

폴리(옥시메틸렌)/개질 SEBS 블렌드의 굴곡강도, 굴곡탄성률, 인장강도는 Figures 5~7에 나타난 바와 같이 SEBS의 굴곡강도나 굴곡탄성률, 인장강도가 폴리(옥시메틸렌)보다 약하기 때문에 개질 SEBS 함량이 증가할수록 비례적으로 감소하였고, DCP가 0.1 phr 사용되어 만들어진 개질 SEBS를 사용한 블렌드가 대체적으로 약간 우수한 물성을 나타내었다. 신장률에서는 개질 SEBS와의 블렌드에 따른 큰 변화가 없었다 (Figure 8).

형태학적 특성. 상용화제를 사용하여 블렌드의 상용성을 향상시킨다는 것은 계면장력의 감소로 인한 형태학적인 변화와 계면접착력의 증대를 의미한다. 폴리(옥시메틸렌)/SEBS 단순블렌드의 SEM 사진을 Figure 9에 나타내었다. 폴리(옥시메틸렌)/SEBS 블렌드 비가 95/5인 경우 도메인의 크기가 대략 2~5 μm이던 것이, 80/20일 경우에는 30~40 μm로 크게 증가하였다. 이는 POM과 SEBS의 계면간의 접합성이 없기 때문에 SEBS 함량이 증가할수록 도메인의 크기가 증가한 것으로 생각된다.

Figure 10의 폴리(옥시메틸렌)/개질 SEBS (DCP 0.1 phr, 말레산 무수물 3.0 phr) 블렌드에서도 조성비에 따른 영향은 단순 블렌드와 같은 경향을 보였지만 전체적인 도메인 크기가 95/5 블렌드 비에서 2~4 μm인 것이 80/20 블렌드 비에서는 20~30 μm로 조금 줄어들었다. 이는 폴리(옥시메틸렌)에 말레산 무수물이 그래프트된 SEBS가 블렌드됨으로써 폴리(옥시메틸렌)과 말레산 무수물과의 인력에 의하여 계면장력이 줄어들게 되어 도메인의 크기가 다소 감소한 결과로 생각된다. Seo 등의 보고에 따르면 나일론6/스티렌 부타디엔 스티렌 (SBS) 블렌드계는 비상용성으로 SBS 입자의 크기가 30 μm 이상으로 크게

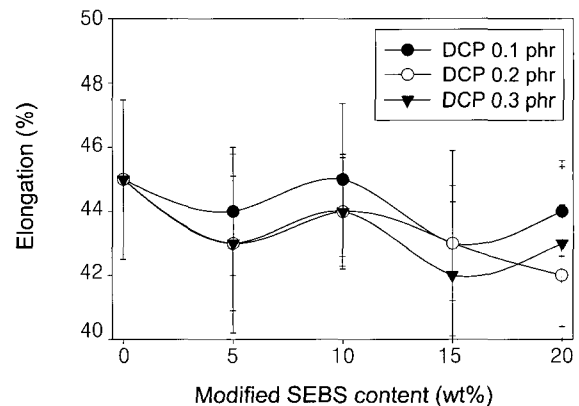


Figure 8. Elongation of POM/modified SEBS blends as a function of modified SEBS content (MAH: 3.0 phr).

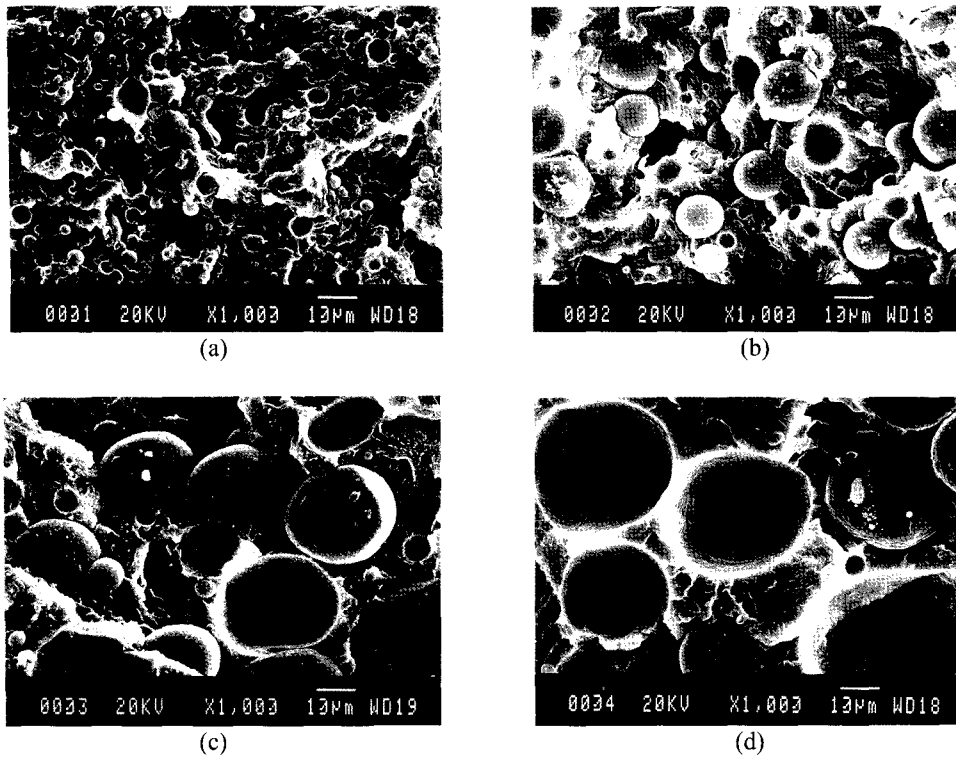


Figure 9. SEM micrographs of fractured surface of POM/SEBS blends. (a) 95/5, (b) 90/10, (c) 85/15, and (d) 80/20.

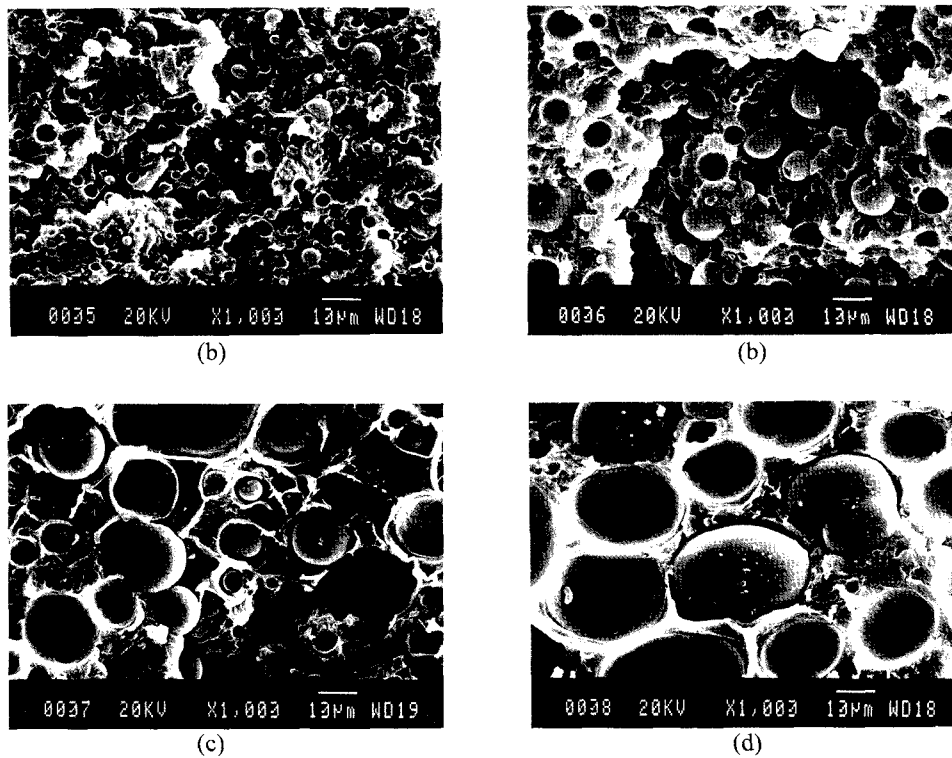


Figure 10. SEM micrographs of fractured surface of POM/modified SEBS blends (DCP: 0.1 phr, MAH: 3.0 phr). (a) 95/5, (b) 90/10, (c) 85/15, and (d) 80/20.

관찰되었지만 나일론6/SBS-g-MAH 블렌드계에서는 나일론6과 SBS의 계면에서의 반응으로 계면장력이 줄어들게 되어 SBS 입자 크기를 감소시킬 수 있었다고 보고하였다.¹⁷ 앞의 충격강도 실험에서 개질 SEBS 함량이 5% 일 때 블렌드의 충격강도가 최대이고 함량이 그 이상 증가할 때 수반되는 충격강도의 감소가 상용성 저하 때문이라는 것이 SEM 사진에서 관찰된 증가된 도메인 크기로 증명되었다.

그리고 앞의 실험에서 폴리(옥시메틸렌)과 개질 SEBS의 블렌드 비에 상관없이 DCP 0.1 phr를 사용하여 만들

어진 개질 SEBS와 블렌드된 폴리(옥시메틸렌)/개질 SEBS 블렌드가 가장 높은 충격강도를 나타내었다. 이런 상대적으로 높은 충격강도는 상대적으로 우수한 상용성의 결과라는 것을 폴리(옥시메틸렌)/개질 SEBS 블렌드의 조성비가 90/10에서 DCP의 함량에 따른 도메인 크기 변화를 살펴보면 DCP 0.1 phr을 사용하여 만들어진 개질 SEBS가 폴리(옥시메틸렌)과 블렌드될 때 개질 SEBS 도메인 크기가 가장 적은 것을 SEM 사진으로부터 확인할 수가 있었다 (Figure 11). 0.2 phr이상에서는 도메인 크기가 증가하는 것을 알 수 있는데 이는 개질 SEBS내의 가교함량 증가에 기인한 상용성 감소에 의한 것으로 고려된다.

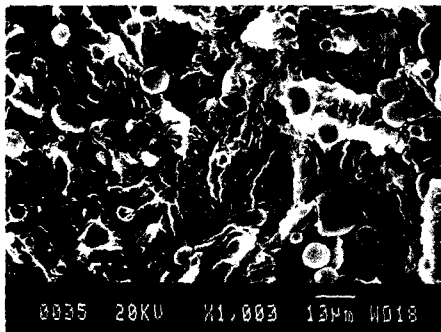
4. 결론

폴리(옥시메틸렌)의 충격강도를 향상시키기 위하여 개질 SEBS를 블렌드한 결과 폴리(옥시메틸렌)의 충격강도가 향상되었다. 개질 SEBS의 조성이 5% 일때 충격강도가 가장 많이 향상되었고, 그 이상 첨가시 블렌드의 충격강도는 감소하였다. 충격강도에 대한 DCP 농도의 영향을 살펴보면, 폴리(옥시메틸렌)이 0.1 phr의 DCP를 사용하여 제조된 개질 SEBS와 블렌드되었을 때 최대 충격강도를 나타내었다. 자일렌 추출에 의하여 구해진 젤 함량에 따르면 DCP의 함량이 증가할 수록 개질 SEBS의 젤 함량이 증가하는 것이 관찰되었고, 이러한 젤 함량의 증가가 상용성 저하를 가져온 것으로 고려되어진다. SEM 사진에 의하면 폴리(옥시메틸렌)/개질 SEBS 블렌드의 입자크기가 폴리(옥시메틸렌)/SEBS 블렌드의 입자크기보다 작아져서 상용성이 향상된 것을 확인할 수 있었고, 블렌드에서 개질 SEBS의 조성이 증가할 수록, 그리고 블렌드에 사용되어진 개질 SEBS가 만들어질 때 사용된 DCP의 양이 증가할수록 도메인 크기가 증가하여 상용성이 저하되었다.

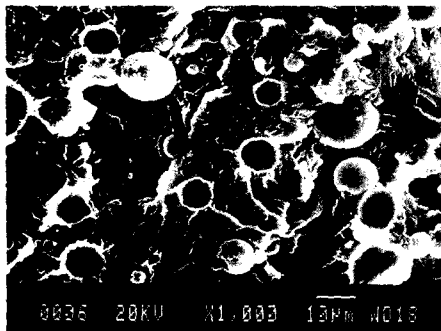
감사의 글 : 본 연구는 국가지정연구실 (NRL) 프로그램, 포항공대 기능성분자집합체 연구센터 및 두뇌한국 21 핵심사업 비의 지원에 의해 수행되었으므로 이에 감사드립니다.

References

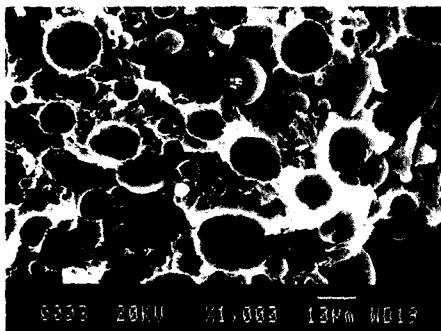
1. D. R. Paul and S. Newman, *Polymer Blends*, Academic London, 1978.
2. L. A. Utracki, *Polymer Alloys and Blends*, Hanser, New York, 1989.
3. R. J. Ehrig, *Plastics Recycling*, Hanser, New York, 1992.
4. M. M. Coleman, J. F. Graf, and P. C. Painter, *Specific Interac-*



(a)



(b)



(c)

Figure 11. SEM micrographs of fractured surface of POM/modified SEBS (90/10) blends (MAH: 3.0 phr). (a) DCP: 0.1 phr, (b) DCP: 0.2 phr, and (c) DCP: 0.3 phr.

- tions and the Miscibility of Polymer Blends, Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster, 1991.
5. M. J. Sullivan and R. A. Weiss, *Polym. Eng. Sci.*, **32**, 517 (1992).
 6. Z. Gao, A. Molnar, F. G. Morin, and A. Eisenberg, *Macromolecules*, **25**, 6460 (1992).
 7. S. Soundararajan and S. C. Shit, *Polymer Testing*, **20**, 313 (2001).
 8. X. D. Lin and W. L. Cheung, *J. Mater. Process. Technol.*, **63**, 476 (1997).
 9. W. Dziadur, *Mater. Charact.*, **46**, 131 (2001).
 10. H. F. Guo, S. Packirisamy, N. V. Gvozdic, and D. J. Meier, *Polymer*, **38**, 785 (1997).
 11. J. H. Kim and Y. S. Soh, *Polymer(Korea)*, **23**, 869 (1999).
 12. E. Hage, W. Hale, H. Keskkula, and D. R. Paul, *Polymer*, **38**, 3237 (1997).
 13. R. J. M. Boggreve, R. J. Gaymans, and H. M. Eichenwild, *Polymer*, **30**, 71 (1989).
 14. E. Passaglia, S. Ghetti, F. Picchioni, and G. Ruggeri, *Polymer*, **41**, 4389 (2000).
 15. S. J. Kim, B. S. Shin, J. L. Hong, W. J. Cho, and C. S. Ha, *Polymer*, **42**, 4073 (2001).
 16. X. Wang, W. Feng, L. Hangquan, and R. Eli, *Polymer*, **43**, 37 (2002).
 17. Y. S. Seo, J. H. Lee, S. S. Hwang, K. U. Kim, S. I. Hong, and H. S. Kim, *Polymer(Korea)*, **16**, 407 (1992).
 18. C. R. Chiang and F. C. Chang, *Polymer*, **38**, 4807 (1997).
 19. B. Majumdar, D. R. Paul, and A. J. Oahinski, *Polymer*, **38**, 1787 (1997).
 20. F. Picchioni, M. Aglietto, E. Passaglia, and F. Ciardelli, *Polymer*, **43**, 3323 (2002).