

폴리에테르이미드와 폴리카보네이트 블렌드의 열적 성질 및 Interaction Parameter에 관한 연구

전 용 성 · 이 현 상 · 오 택 수* · 김 우 년†

고려대학교 공과대학 화학공학과, *포항 산업과학기술연구소

(1995년 7월 7일 접수)

Blends of Poly(ether imide) and Polycarbonate and the Determination of the Polymer-Polymer Interaction Parameter of the Two Polymers

Yong-Sung Chun, Heon-Sang Lee, Taeg-Su Oh*, and Woo-Nyon Kim †

Department of Chemical Engineering, Korea University, Anam-Dong, Seoul 136-701, Korea

*Research Institute of Industrial Science and Technology, Pohang 790-330, Korea

(Received July 7, 1995)

요 약 : Poly(ether imide) (PEI)와 bisphenol-A polycarbonate (PC)의 블렌드를 시차 주사 열 분석기(DSC)와 주사 전자 현미경(SEM)을 이용하여 열적 성질과 모폴로지를 관찰하였다. 블렌드 시편은 PEI의 무게조성을 0.9에서 0.1까지 0.1씩 변화시키면서 스크류 압출기를 이용하여 제조하였다. DSC를 이용하여 측정된 블렌드의 유리 전이 온도(T_g) 결과로부터 PEI-PC 블렌드의 각 상에 녹아있는 PEI 및 PC 각각 성분의 겉보기 무게 분율(apparent weight fraction)을 계산하였다. 이 결과로부터 PEI를 많이 포함하고 있는 상(PEI-rich phase)에 녹아 있는 PC의 양이 PC를 많이 포함하고 있는 상(PC-rich phase)에 녹아 있는 PEI의 양보다 많음을 알 수 있었다. Flory-Huggins식을 이용하여 PEI와 PC의 상호 작용 계수(χ_{12})를 계산하였으며, 그 결과 χ_{12} 는 310°C에서 블렌드 조성에 따라 0.198과 0.271 사이의 값을 가짐을 알 수 있었다. PEI-PC 블렌드의 χ_{12} 는 PEI의 조성이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 주사 전자 현미경을 이용하여 PEI-PC 블렌드의 모폴로지를 관찰한 결과 PC가 많이 포함된 조성보다는 PEI가 많이 포함된 조성에서 상용성이 증가하는 결과를 볼 수 있었다. 이 결과는 유리 전이 온도를 이용하여 구한 PEI-PC 블렌드의 χ_{12} 와도 일치함을 알 수 있었다.

Abstract : Blends of poly(ether imide) (PEI) and bisphenol-A polycarbonate (PC) have been investigated by differential scanning calorimetry (DSC) and scanning electron microscopy (SEM). Blends were prepared by screw extrusion with weight fractions of PEI in the blends varying from 0.90 to 0.10. From the measured glass transition temperature (T_g) and the apparent weight fractions of PEI and PC dissolved in each phase, it appears that PC dissolves more in the PEI-rich phase than does the PEI in the PC-rich phase. The values of the Flory-Huggins polymer-polymer interaction parameter were determined and found to be from 0.198 to 0.271 for blends at 310°C. The interaction parameter decreases with increasing PEI concentration. This result is consistent with the inclination of T_g values and the microscopy study which shows that compatibility increases more in the PEI-rich compositions than in the PC-rich compositions.

Keywords : poly(ether imide), polycarbonate, blend, interaction parameter, compatibility.

서 론

상용성이 있는 고분자 블렌드는 보통 각 성분 고분자의 유리 전이 온도(T_g) 사이에서 하나의 T_g 를 나타내지만 부분적으로 상용성이 있는 경우에는 각 성분의 T_g 들이 중간을 향하여 조금씩 이동되어 나타난다.¹ 흔히 부분적으로 상용성이 있는 블렌드에서는 상분리가 일어나지만 두 상 사이에서 한 성분이 다른 성분 안에 일부가 녹아 들어가며 반대의 경우도 일어나게 된다.¹⁻³

Poly(ether imide) (PEI)는 Ultem이라는 상품명으로 알려진 무정형 고분자로서 우수한 기계적 물성을 보이며 열적 안정성이 우수하고,⁴ 특히 뛰어난 내구성을 가지고 있다.⁵ 이와 같은 이유로 PEI와 다른 고기능성 고분자들과의 블렌드가 활발히 연구되어져 왔다.^{6,7} Polycarbonate (PC)는 광범위하게 이용되고 있는 엔지니어링 고분자로서 형태 안정성, 자체 소화성이 우수하나, 내화화성이 좋지 못하다는 단점이 있다.⁸ PC가 가지는 우수한 기계적 물성은 아크릴로니트릴-부타디엔-스티렌 (ABS) 공중합체, 스티렌-아크릴로니트릴 (SAN) 공중합체, 폴리메틸 메타아크릴레이트 (PMMA), 폴리에틸렌 테레프탈레이트 (PET) 등 다른 엔지니어링 고분자와의 블렌드를 가속화시켰으며 이들 블렌드에 대해서 Paul과 그의 연구자들에 의해 광범위하게 연구되었다.⁹⁻¹¹ PEI와 PC 블렌드를 통해 PEI와 PC의 단점을 상호 보완하여 열 안정성 및 내화화성이 우수하고 굴곡 강성율과 인장 강도가 큰 고기능성 고분자 블렌드를 제조할 수 있다.¹²

고분자 블렌드의 열역학적 성질로서 두 성분사이의 Flory-Huggins 상호 작용 계수(interaction

parameter, χ_{12} 가 많이 연구되어 지고 있으며, 특히 상용성이 있는 고분자 블렌드 성분들 사이에 χ_{12} 를 결정하는 방법은 여러 연구자들에 의해 폭넓게 연구되어져 왔다.¹³⁻¹⁶ 본 연구에서는 DSC로 결정된 블렌드 각 성분의 T_g 로 부터 부분적으로 상용성이 있는 블렌드의 χ_{12} 를 계산하였다. 이와 같은 방법은 Flory-Huggins 이론에¹⁷⁻¹⁹ 기초를 두고 있으며 PC와 부분적으로 상용성이 있는 고분자 블렌드에서 광범위하게 이용되었다.²⁰⁻²³

본 연구에서는 스크류 압출기로부터 제조된 고분자 블렌드를 DSC를 이용하여 T_g 와 T_g 에서의 열용량 증가분(specific heat increment, ΔC_p)을 구하였고 블렌드의 모폴로지를 관찰하기 위하여 SEM을 이용하였다. 또한 PEI-PC 블렌드의 Flory-Huggins 상호 작용 계수(χ_{12})를 열분석 결과를 이용하여 계산하였다.²⁰⁻²²

실 험

고분자. 본 연구에 사용된 고분자는 상업용 제품으로 그 물성과 제조회사를 Table 1에 나타내었다. PEI는 미국 General Electric 회사의 Ultem 1000을 사용하였고 PC는 삼양사에서 제조된 TRI-REX (PC 3030A)를 사용하였다.

블렌드의 제조. PEI와 PC 고분자의 블렌드를 PEI의 무게분율을 0.1에서 0.9까지 0.1씩 증가시키면서 스크류 압출기를 사용하여 제조하였다. 모든 고분자 시료는 용융 블렌드를 만들기 위해 사용 전에 120°C에서 24시간 건조하였다. 블렌드를 제조하기 위해 사용된 압출기는 실험실용으로 스크류의 지름이 20 mm, 길이 대 지름비(L/D)가 24:1

Table 1. Characteristics of Polymer Samples Used in PEI-PC Blends

Sample	$\bar{M}_w^a$	$\bar{M}_n^a$	$\bar{M}_w/\bar{M}_n$	$T_g(K)^b$	$\Delta C_p(Jg^{-1}K^{-1})^b$
PEI ^c	30,000	12,000	2.50	491.7	0.242
PC 3030A ^d	30,200	12,500	2.41	426.8	0.223

^a Data from supplier.

^b Measured in our laboratory by DSC.

^c Supplied by General Electric, Co.

^d Supplied by Sam Yang Kasei, Co.

이었다. 스크류의 회전속도는 50 rpm이었고 압출기의 온도는 barrel 부분에서는 310°C이었고 다이 부분에서는 300°C였다.

주사 전자 현미경. 블렌드된 고분자 시료의 미세 단면구조를 조사하기 위해 SEM을 이용하였다. 사용된 시료는 액체질소로 냉각하여 절단한 후 그 단면을 500 Å 두께로 gold coating하여 15 kV의 가속전압으로 조사하였으며, 사용된 SEM의 모델은 Cambridge 250-MK3였다.

시차 주사 열분석기. 이 실험에서 모든 시료의 열적 성질은 열분석 데이터 처리장치를 갖춘 Perkin-Elmer 회사의 시차 주사 열분석기, 모델 DSC-7를 이용하여 측정하였다. 온도 검정은 인듐 ($T_m=156.60^\circ\text{C}$, $\Delta H_f=28.5 \text{ J/g}$)을 사용하였다. 열분석을 위해 약 5~15 mg의 블렌드 시료가 사용되었으며 모든 시료는 질소 분위기 하에서 20 K/min의 승온속도로 50°C에서 320°C까지 승온한 후 자연적으로 50°C까지 냉각하였다. 모든 시료는 측정의 재연성을 위해 3회 이상 행하여 졌으며, 본 실험에 있어 블렌드의 T_g 는 점선의 선택에 따라 약 $\pm 0.5 \text{ K}$ 정도의 오차가 있었다.

결과 및 고찰

블렌드에서의 유리 전이 온도(T_g). PEI와 PC 블렌드에서의 열적 성질을 DSC로 관찰하였다. Fig. 1은 PEI-PC 블렌드에서 PEI의 무게 분율이 1.0, 0.9, 0.7, 0.5, 0.3, 그리고 0.0인 열분석 결과를 나타낸 것이다. Fig. 1에서 보면, PEI와 PC 각각의 T_g 가 관찰되었으며 thermogram 위쪽에 나타나는 T_g 를 $T_g(\text{PEI})$ 로, 아래쪽에 나타나는 T_g 를 $T_g(\text{PC})$ 로 나타내었다. 이 그림에서 보면 블렌드의 조성에 따라 $T_g(\text{PEI})$ 는 아래쪽으로, $T_g(\text{PC})$ 는 위쪽으로, 즉 두 T_g 의 중간을 향하여 조금씩 이동하는 것을 볼 수 있다. Figs. 2와 3에 PEI의 조성에 따라 $T_g(\text{PEI})$ 와 $T_g(\text{PC})$ 를 각각 나타내었다. Fig. 2에서 보면 블렌드에서 $T_g(\text{PEI})$ 는 PEI의 무게 분율이 증가함에 따라 거의 선형적으로 감

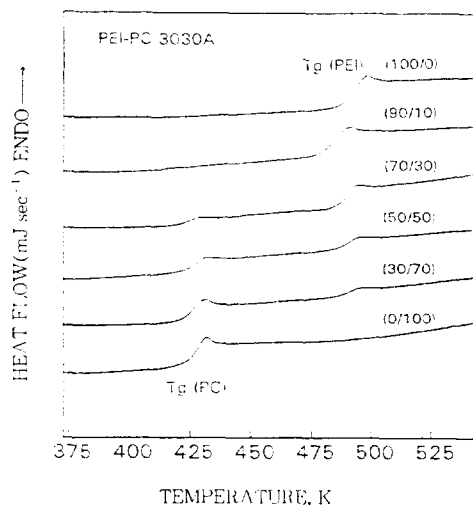


Fig. 1. Thermograms showing the glass transition temperature (T_g) of the PEI and PC of various composition for PEI-PC blends.

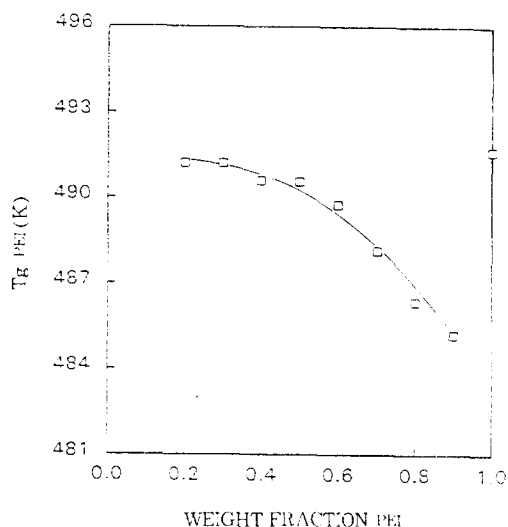


Fig. 2. Effect of blend composition on the T_g (PEI) for PEI-PC blends.

소함을 알 수 있으며 PEI-PC 블렌드 조성이 9/1 일 때 $T_g(\text{PEI})$ 의 감소가 약 6 K로 가장 크게 나타났다. Fig. 3에서 $T_g(\text{PC})$ 는 순수한 PC의 T_g 와 비교해 0.5 K 정도 증가함을 나타내었으나 이는 실험 오차에 포함되므로 거의 변화가 없다고 할 수

Table 2. Apparent Weight Fraction (ω) and Apparent Volume Fraction (ϕ) of PEI and PC Components in the PEI-rich Phase and the PC-rich Phase, and the Polymer-Polymer Interaction Parameter of PEI-PC 3030A Blends

Blend ^a	$T_{g1,b}^b$	$T_{g2,b}^b$	$\omega_1'^c$	$\omega_1''^c$	ϕ_1'	ϕ_1''	χ_{12}^d	χ_{12}^e
0.8	486.4	427.1	0.9283	0.0053	0.9245	0.0050	0.198	0.200
0.7	488.1	427.1	0.9515	0.0053	0.9488	0.0050	0.205	0.206
0.6	489.8	427.2	0.9745	0.0071	0.9731	0.0067	0.210	0.211
0.5	490.6	427.1	0.9853	0.0053	0.9845	0.0050	0.228	0.228
0.4	490.6	427.2	0.9853	0.0071	0.9845	0.0067	0.221	0.221
0.3	491.2	426.9	0.9933	0.0018	0.9929	0.0017	0.270	0.271
0.2	491.2	427.0	0.9933	0.0035	0.9929	0.0034	0.254	0.254

^a Blend composition given as overall weight fraction PEI in the PEI-PC blend.^b Subscripts 1 and 2 denote PEI and PC components, respectively. T_g s are in K.^c Single prime denotes PEI-rich phase; double prime denotes PC-rich phase. ω_1' is calculated from eq. (2).^d All χ_{12} s are calculated from eq. (5). Eq. (2) is used for the calculation of ω_1' and ω_1'' .^e All χ_{12} s are calculated from eq. (5). Eq. (4) is used for the calculation of ω_1' and ω_1'' .

있다.

DSC를 이용하여 측정된 블렌드의 유리 전이 온도(T_g) 결과로부터 PEI-PC 블렌드의 PEI-rich 상(phase)과 PC-rich 상에 녹아있는 PEI와 PC의 겔보기 무게 분율을 계산할 수 있다. 본 연구에서는 다음과 같은 Fox식과 Couchman식으로 부터 블렌드 각 성분의 겔보기 무게 분율을 계산하였다.²⁰ 일반적으로 공중합체나 상용성이 있는 고분자 블렌드에서 유리 전이 온도의 조성 의존성은 다음의 Fox식으로 나타낼 수 있다.²⁴

$$\frac{1}{T_g} = \frac{w_1}{T_{g1}} + \frac{w_2}{T_{g2}} \quad (1)$$

식 (1)에서 w_1 은 블렌드를 하기 전 PEI의 무게 분율이며, w_2 는 블렌드를 하기 전 PC의 무게 분율이다. 식 (1)을 다시 정리하면²⁰

$$w_1' = \frac{T_{g1}(T_{g1,b} - T_{g2})}{T_{g1,b}(T_{g1} - T_{g2})} \quad (2)$$

여기서 w_1' 은 PEI-rich 상에서 PEI의 무게 분율이고 $T_{g1,b}$ 는 블렌드에서 PEI-rich상의 T_g 이다. 그리고 w_2' 은 PEI-rich 상에서의 PC의 무게 분율이며 $w_1' + w_2' = 1$ 이다. Fox 식 이외에도 상용성이 있는 고분자 블렌드에서 T_g 의 조성 의존성을

나타내는 식으로 다음의 Couchman 식이 있다.²⁵

$$\ln T_g = \frac{w_1 \Delta C_{p1} \ln T_{g1} + w_2 \Delta C_{p2} \ln T_{g2}}{w_1 \Delta C_{p1} + w_2 \Delta C_{p2}} \quad (3)$$

식 (3)을 다시 정리하면²⁰

$$w_1' = \frac{\Delta C_{p2}(\ln T_{g1,b} - \ln T_{g2})}{\Delta C_{p1}(\ln T_{g1} - \ln T_{g1,b}) + \Delta C_{p2}(\ln T_{g1,b} - \ln T_{g2})} \quad (4)$$

여기서 w_1' 은 PEI-rich 상에서 PEI의 무게 분율이고 $T_{g1,b}$ 는 블렌드내 PEI-rich 상의 T_g 이며, $\Delta C_p = C_p^s(T_g) - C_p^l(T_g)$ 로서, T_g 에서의 열용량 증가분(specific heat increment)이다. $C_p^l(T_g)$ 는 T_g 에서 액체 상태의 열용량, 그리고 $C_p^s(T_g)$ 는 T_g 에서 고체 상태의 열용량이다.

식 (2)와 (4)를 이용하여 PEI-PC블렌드에서 DSC로 측정된 T_g (PEI)와 T_g (PC)의 결과로부터 계산된 PEI-rich 상과 PC-rich 상에 녹아있는 PEI와 PC의 겔보기 무게 분율을 Table 2에 나타내었다. Table 2에서 보면, PEI-rich 상에 녹아있는 PC의 양($w_2' = 1 - w_1'$)이 PC-rich 상에 녹아있는 PEI의 양(w_1'') 보다 많음을 알 수 있다.

이와 같은 현상은 PC와 부분적으로 상용성이 있는 다른 고분자와의 블렌드에서도 나타났는데²⁰⁻²³ 그 이유는 PC가 PEI보다 T_g 가 낮아서 분자의 운동이 비교적 활발하여 분자 이동도(mobility)가 크기 때문이라고 생각할 수 있다. T_g 로부터 계산된 겉보기 무게 분율을 이용하여 블렌드내에서 두상이 평형

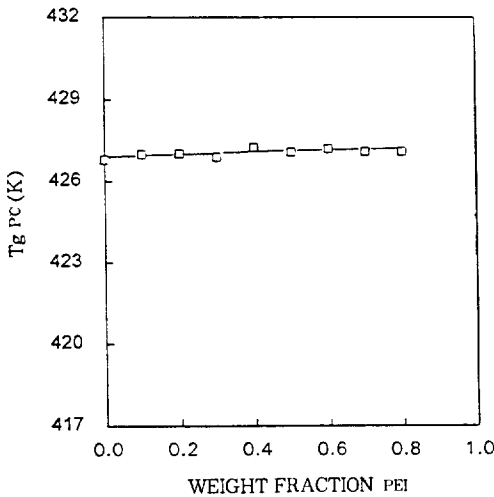


Fig. 3. Effect of blend composition on the T_g (PC) for PEI-PC blends.

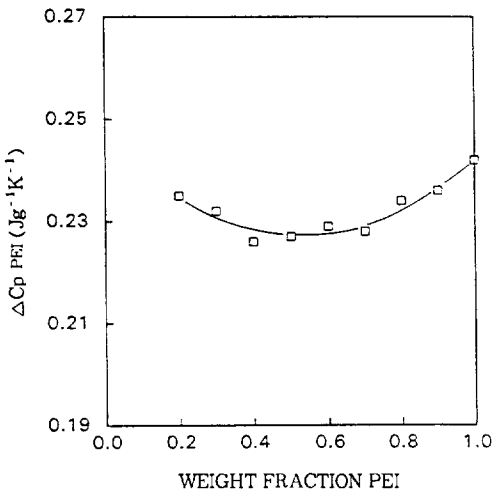


Fig. 4. Specific heat increment (ΔC_p) at the T_g of PEI for PEI-PC blends.

조건에 있다고 가정하면, Flory-Huggins식을 이용하여 고분자-고분자 상호 작용 계수(χ_{12})를 구할 수 있는데 이를 고분자-고분자 상호 작용 계수 부분에 나타내었다.

블렌드에서 열용량 증가분(ΔC_p). PEI-PC 블렌드에서 PEI와 PC의 ΔC_p 를 Figs. 4와 5에 각각 나타내었다. Fig. 4에서 PEI의 ΔC_p 는 PEI의 조성에 따라 크게 변하지 않는 것을 볼 수 있다. 그러나 Fig. 5에서 PC의 ΔC_p 는 PEI의 조성에 따라 선형적으로 감소하였다. T_g 에서의 ΔC_p 감소를 설명하기 위해 몇 가지 해석이 제안되었는데²⁶ 그 중 하나가 분산상의 크기가 아주 작아서 각 상에서의 ΔC_p 의 크기가 약간 줄어들기 때문이라는 설명이며, 또 다른 해석은 PEI와 PC가 계면에서 서로 확산되어 계면 영역을 형성하게 되며 이때 블렌드의 녹지 않은 부분이 DSC에 의해 ΔC_p 의 크기가 감소되는 것으로 보여진다는 설명이다. Kim과 Burns에 의하면,²⁰⁻²² T_g 에서의 ΔC_p 감소를 각 성분들이 서로 다른 상들속으로 용해되기 때문에 일어나는 것으로 보았다. 따라서 Figs. 4와 5의 결과는 PC가 PEI-rich 상에 어느 정도 녹아 있고 마찬가지로 PC-rich 상에 PEI가 어느 정도 녹아 있

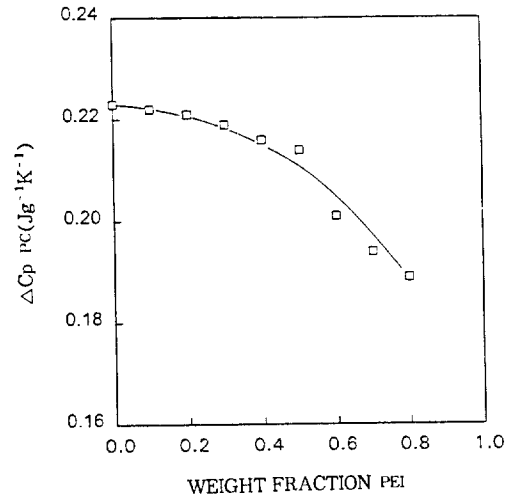


Fig. 5. Specific heat increment (ΔC_p) at the T_g of PC for PEI-PC blends.

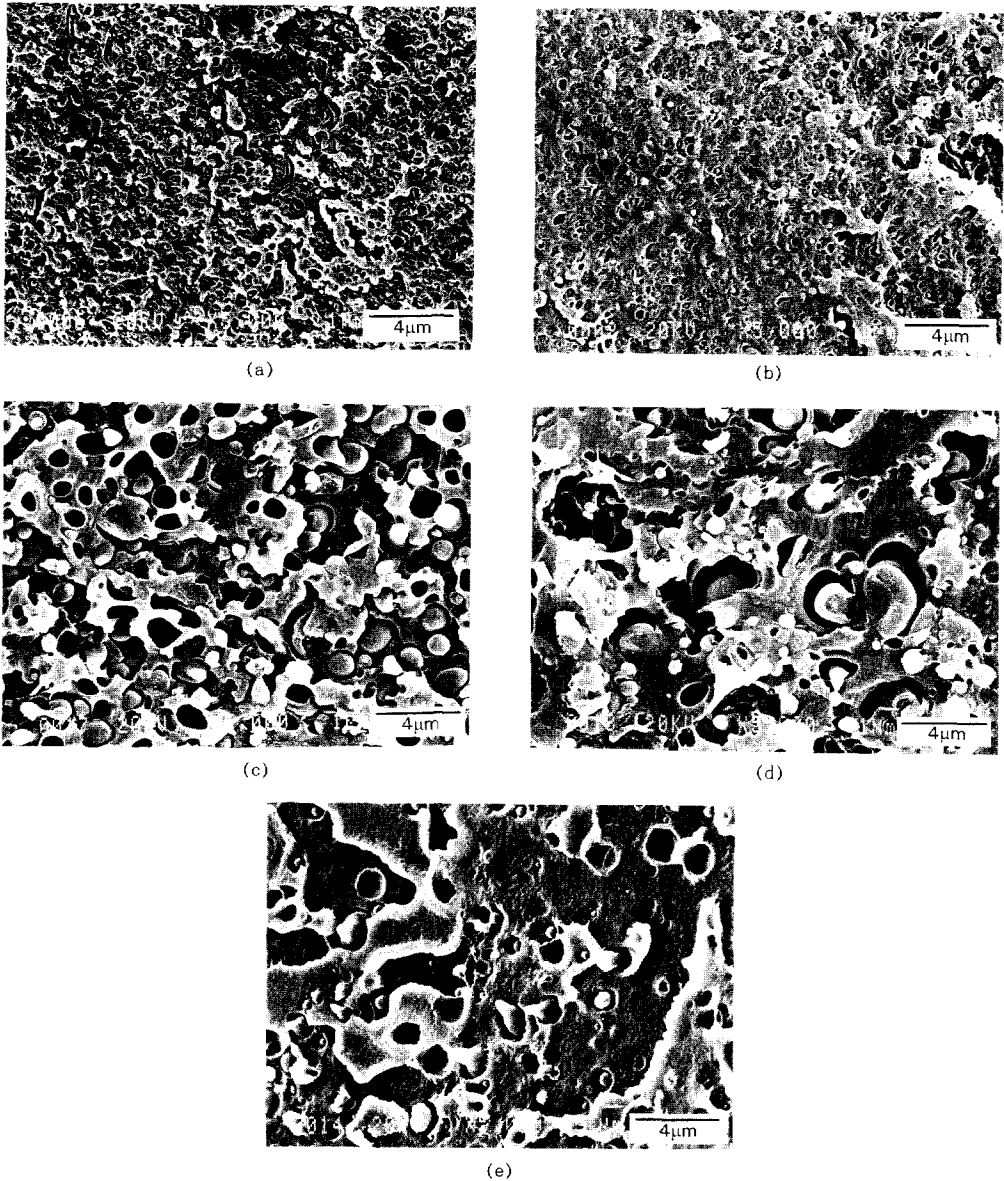


Fig. 6. Scanning electron micrographs obtained from cryogenically fractured cross-section surfaces of PEI-PC blends: (a) (9/1); (b) (8/2); (c) (6/4); (d) (4/6); (e) (2/8).

는 사실을 설명해 준다고 볼 수 있다.

블렌드의 모폴로지 관찰. PEI-PC 블렌드의 모폴로지를 SEM으로 관찰하였다. PEI-PC 블렌드에서 PEI의 무게분율이 0.9, 0.8, 0.6, 0.4, 그리고 0.2인 블렌드의 단면을 SEM으로 관찰한 사진을

Fig. 6의 (a)~(e)에 나타내었다. Fig. 6에서 보면 PEI-rich 상과 PC-rich 상간의 상분리가 PEI의 무게 분율이 0.9와 0.8인 경우 (PEI가 많이 포함된 블렌드)보다 PEI의 무게 분율이 0.4와 0.2인 경우 (PC가 많이 포함된 블렌드)에 더욱 뚜렷함

을 알 수 있다. 이와 같은 사실은 블렌드에서의 T_g 와 ΔC_p 로부터 얻어진 결론, 즉 PEI-rich 상에 녹아 있는 PC의 양이 PC-rich 상에 녹아 있는 PEI의 양보다 많다는 것과 일치한다. 이상과 같이 전자 현미경 결과로부터 PEI와 PC 블렌드에서 상용성은 PEI가 많이 포함된 조성에서 증가한다는 결론을 내릴 수 있으며 이는 다음의 고분자-고분자 상호 작용 계수(χ_{12}) 부분에서 정량적으로 다루어질 것이다.

고분자-고분자 상호 작용 계수(χ_{12}). 부분적으로 상용성이 있는 고분자 블렌드에서 두 고분자의 상호 작용 계수(χ_{12})는 다음의 식 (5)로 결정될 수 있다.²²

$$\chi_{12} = \frac{(\phi_1'^2 - \phi_1''^2)[m_2 \ln(\phi_1''/\phi_1') + (m_1 - m_2)(\phi_2' - \phi_2'')] + (\phi_2'^2 - \phi_2''^2)[m_1 \ln(\phi_2''/\phi_2') + (m_2 - m_1)(\phi_1' - \phi_1'')]}{2m_1 m_2 (\phi_1'^2 - \phi_1''^2)(\phi_2'^2 - \phi_2''^2)} \quad (5)$$

여기서 ϕ_1' 은 PEI-rich 상에 녹아있는 PEI의 겉보기 부피 분율(apparent volume fraction)이고 ϕ_1'' 은 PC-rich 상에 녹아있는 PEI의 겉보기 부피 분율이며, m_1 과 m_2 는 PEI와 PC성분의 중합도와 관련된 상수이다.²⁰

식 (5)는 부분적으로 상용성이 있는 블렌드에서 χ_{12} 를 결정하기 위한 식으로 Flory-Huggins 이론에¹⁷⁻¹⁹ 기초를 두고 있다. 각 성분의 겉보기 부피 분율은 블렌드 내의 두 상에서 계산된 각 성분의 겉보기 무게 분율을 고분자의 밀도로 나누어서 얻었다. PEI는 $m_1=20.3$ 그리고 PC는 $m_2=22.3$ 를 사용하였으며, 격자부피는 PEI의 반복 단위를 선택하였다. 식 (5)로부터 계산된 PEI-PC 블렌드의 χ_{12} 값들을 Table 2에 나타내었는데 χ_{12} 는 PEI의 조성에 따라 0.198에서 0.271의 값을 가졌다. χ_{12} 들은 PEI의 조성이 증가할수록 감소하였으며, χ_{12} 값이 작을수록 상용성이 증가한다는 사실로부터²³ 본 연구에서 구한 χ_{12} 값은 SEM을 이용하여 관찰된 블렌드의 모폴로지 결과와도 일치하였다.

Table 2에 Fox 식과 Couchman 식으로 계산된 w_1' 와 w_1'' 를 이용하여 구한 χ_{12} 값을 나타내었는데 이들 두가지 χ_{12} 값이 서로 유사함을 알 수 있다.

식 (6)을 이용하여 $(\chi_{12})_c$, 즉 χ_{12} 의 임계값을 구하였다.¹⁸

$$(\chi_{12})_c = \frac{1}{2}(m_1^{-1/2} + m_2^{-1/2})^2 \quad (6)$$

식 (6)을 이용하여 계산된 PEI와 PC블렌드의 χ_{12} 임계값은 0.094로서, 일반적으로 고분자 블렌드에서 χ_{12} 가 $(\chi_{12})_c$ 보다 작으면 두 고분자 사이에서 상용성이 있어 상분리가 일어나지 않고, χ_{12} 가 $(\chi_{12})_c$ 보다 크면 상분리가 일어난다고 알려져 있다.²⁷ Table 2에 나타낸 χ_{12} 값들은 모두 $(\chi_{12})_c$ 보다 크므로 PEI-PC 블렌드는 모든 조성에서 상분리가 일어남을 알 수 있다.

결론

PEI와 PC 블렌드의 열분석 결과 $T_g(\text{PEI})$ 와 $T_g(\text{PC})$ 두 개의 T_g 가 관찰되었으며, 블렌드의 조성에 따라서 $T_g(\text{PEI})$ 는 PEI의 무게분율이 증가할수록 선형적으로 감소하였으나 $T_g(\text{PC})$ 는 거의 변화가 없었다.

$T_g(\text{PEI})$ 에서의 ΔC_p 는 블렌드의 조성에 따라 변화가 없었음에 비해 $T_g(\text{PC})$ 에서의 ΔC_p 는 PEI의 무게분율에 따라 감소하는 결과를 보여주었다. 이상의 T_g 와 ΔC_p 결과로부터 PEI-rich 상에 녹아 있는 PC의 양이 PC-rich 상에 녹아있는 PEI의 양보다 많음을 알 수 있다.

SEM을 이용한 블렌드의 모폴로지 관찰에서 PEI-rich 상과 PC-rich 상 간의 상분리 현상이 PEI가 많이 포함된 조성보다는 PC가 많이 포함되어 있는 조성에서 더욱 뚜렷하게 나타났다. 이 결과로부터 PC가 많이 포함된 조성보다 PEI가 많이 포함된 조성에서 상용성이 증가한다는 것을 알 수 있다.

PEI-PC 블렌드의 각 상에 녹아있는 겉보기 부

피 분율로부터 χ_{12} 를 결정하였는데, χ_{12} 는 310°C에서 조성에 따라 0.198과 0.271 사이의 값을 가졌으며, χ_{12} 는 PEI의 조성이 증가할수록 감소했다. 이러한 결과는 PEI가 많이 포함된 블렌드 조성에서 상용성이 증가한다는 것을 나타내며, 이 결과는 SEM을 이용하여 관찰된 블렌드의 모폴로지 현상과도 일치한다고 할 수 있다.

감사의 글 : 본 연구는 1994년도 교육부 신소재 분야 연구 지원에 의해 이루어졌음.

참 고 문 헌

1. O. Olabisi, L. M. Robeson, and M. T. Shaw, "Polymer-Polymer Miscibility", Academic, New York, 1979.
2. D. R. Paul and S. Newman, Eds., "Polymer Blends", Academic, New York, 1978.
3. W. N. Kim and C. M. Burns, *Macromolecules*, **20**, 1876 (1987).
4. T. Takekoshi, J. E. Kochanowski, J. S. Manello, and J. M. Webber, *Polym. Prepr. (Am. Chem. Soc., Div. Polym. Chem.)*, **24**(2), 312 (1983).
5. S. A. White, S. R. Weissman, and R. P. Kambour, *J. Appl. Polym. Sci.*, **27**, 2675 (1982).
6. P. Musto, F. E. Karasz, and W. J. Macknight, *Polymer*, **30**, 1012 (1989).
7. G. Crevecoeur and G. Groeninckx, *Macromolecules*, **24**, 1190 (1991).
8. L. E. Nielsen and R. F. Landel, "Mechanical Properties of Polymers and Composites", 2nd Ed., Marcel Dekker, New York, 1994.
9. T. A. Callaghan, K. Takakuwa, and D. R. Paul, *Polymer*, **34**, 3796 (1993).
10. H. Suarez, J. W. Barlow, and D. R. Paul, *J. Appl. Polym. Sci.*, **29**, 3253 (1984).
11. M. Nishimoto, H. Keskkula, and D. R. Paul, *Polymer*, **32**, 272 (1991).
12. *Modern Plastic Inter.*, June, p. 65 (1993).
13. T. Nishi and T. T. Wang, *Macromolecules*, **8**, 909 (1975).
14. J. E. Harris, D. R. Paul, and J. W. Barlow, *Polym. Eng. Sci.*, **23**, 676 (1983).
15. R. J. Schmitt and J. A. Gardella, Jr., and L. Salvati, Jr., *Macromolecules*, **19**, 648 (1986).
16. O. Olabisi, *Macromolecules*, **8**, 316 (1975).
17. P. J. Flory, "Principles of Polymer Chemistry", Chap. 12, Cornell University Press, Ithaca, New York, 1953.
18. R. L. Scott, *J. Chem. Phys.*, **17**, 279 (1949).
19. H. Tompa, *Trans. Faraday Soc.*, **45**, 1142 (1949); "Polymer Solutions", Chap. 3, 4, and 7, Butterworths, London, 1956.
20. W. N. Kim and C. M. Burns, *J. Appl. Polym. Sci.*, **34**, 945 (1987).
21. W. N. Kim and C. M. Burns, *Makromol. Chem.*, **190**, 661 (1989).
22. W. N. Kim and C. M. Burns, *J. Polym. Sci., Polym. Phys. Ed.*, **28**, 1409 (1990).
23. W. N. Kim and C. M. Burns, *J. Appl. Polym. Sci.*, **41**, 1575 (1990).
24. T. G. Fox, *Bull. Am. Phys. Soc.*, **1**(2), 123 (1956).
25. P. R. Couchman, *Macromolecules*, **11**, 1156 (1978).
26. J. R. Fried, F. E. Karasz, and W. J. MacKnight, *Macromolecules*, **11**, 150 (1978).
27. K. Solc, Ed., "Polymer Compatibility and Incompatibility", vol. 2, MMI Press Sympos. Ser, Harwood Academic Publishers, Chur, 1982.