

## Nylon6계 반응 상용화제에 의한 PP/PS 블렌드에 관한 연구

서성식 · 이기윤<sup>†</sup> · 김성희 · 김동철\* · 이승구\*

충남대학교 공과대학 고분자공학과, \*삼유공학과  
(2001년 7월 23일 접수, 2001년 11월 22일 채택)

### A Study on the PP/PS Blends with Nylon 6 Reactive Compatibilizers

Seong Sik Seo, Kee Yoon Lee<sup>†</sup>, Song Hui Kim, Dong Chul Kim\*, and Seung Goo Lee\*

Department of Polymer Science and Engineering, \*Department of Textile Engineering,

Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

<sup>†</sup>e-mail: kylee@hanbat.chungnam.ac.kr

(Received July 23, 2001; accepted November 22, 2001)

**요약** : RPP(maleic-anhydride grafted polypropylene)와 OPS(oxazoline grafted polystyrene) 블렌드는 비혼화성으로서 반응이 일어나지 않으므로 RPP와 OPS에 Nylon6를 반응상용화제로 첨가하였다. RPP, Nylon6, OPS간의 반응을 반응토크, FT-IR, DSC로 관찰하였다. 3성분계 반응의 결과물로 반응상용화제인 RPP/Nylon6/OPS가 생성됨을 확인하였다. RPP/Nylon6/OPS의 반응은 RPP와 OPS가 1:1일 때 Nylon6의 당량비가 0.66에서 최대 반응토크를 얻었으며, Nylon6의 당량비가 1일 때 반응 효율이 크게 나타났다. RPP/Nylon6/OPS의 반응에 따른 몰폴로지의 변화를 관찰하여 반응정도가 높을수록 미세한 균일상을 얻었다. 블렌드의 물성은 Nylon6의 당량비가 1.5일 때 가장 높은 물성값을 얻었다. 만들어진 RPP/Nylon6/OPS 3성분계 블렌드를 PP/PS 단순 블렌드에 첨가하여 상용성을 고찰하였고 PP/Nylon6/PS 비혼화성 블렌드와 비교분석 하였다. 결과적으로 RPP/Nylon6/OPS가 PP와 PS 블렌드계의 반응상용화제로 적절함을 확인하였다.

**ABSTRACT** : RPP(maleic-anhydride grafted PP) and OPS(oxazoline grafted PS) do not react to each other, and thus show immiscibility. In this study, Nylon6 was added to RPP/OPS blend systems, as a reactive compatibilizer for enhancing the miscibility of the blends. When Nylon6 was added to the blends of RPP and OPS, RPP/Nylon6/OPS was produced. The effects of the molar ratio of Nylon6 on the RPP-Nylon6-OPS reaction were studied. Torque test and FT-IR analysis have been carried out to investigate the reaction of RPP/Nylon6/OPS system. The reaction torque ratio and reaction efficiency show the maximum values at 1 : 0.66 : 1 and 1 : 1 : 1 (in moles) for RPP/Nylon6/OPS. In the RPP/Nylon6/OPS blends, their mechanical properties were changed with the molar ratio of Nylon6 and showed the highest value at molar ratio of 1.5. Physical properties and compatibility of RPP/Nylon6/OPS were compared with those of PP/Nylon6/PS. Consequently, RPP/Nylon6/OPS plays a proper role as a reactive compatibilizer to the PP/PS blend system.

**Keywords** : polypropylene, polystyrene, Nylon6, blend, reactive compatibilizer.

서 론

고분자 블렌드는 서로 다른 성질을 갖는 두 가지 이상의 고분자들을 적절히 혼합함으로써, 현대 산업 사회가 요구하는 값이 싸면서도 우수하고 다양한 물성을 갖는 수지를 만들 수 있는 방법으로 상업적으로 많이 이용되고 있다.<sup>1-4</sup> 범용 폴리스티렌(PS)은 비교적 높은 분자량을 갖고 투명성이 뛰어난 열가소성 고분자이며 내열성, 이형성, 착색성 등이 우수한 무독성 수지로서 성형시 내스크래치(scratch)성 및 유동성이 우수하여 널리 사용되나 내충격성 및 내약품성 등이 부족한 단점이 있다. 반면에 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP) 등의 폴리에틸렌 수지는 유리전이온도가 매우 낮은 열가소성 고분자로서 값이 싸고 내수성과 절연성이 우수하며 다른 물질과의 공중합을 통해 다양한 물성을 가질 수 있으나, 일반적으로 내열성이 부족하고 가스 차단성, 내스크래치성, 도장성 등이 좋지 않은 단점을 가지고 있다.<sup>5-20</sup>

지금까지 가장 많이 연구된 상용화 방법은 스티렌-에틸렌-부틸렌-스티렌(SEBS) 블록공중합체를 사용한 폴리에틸렌과 폴리스티렌의 블렌드 방법으로 상업화되었으나, 음이온 중합에 의해 제조되는 제품으로 가격이 비싸다는 단점이 있다.<sup>21</sup> 이에 따라 경제적인 상용화 방법의 필요성이 대두되어 반응압출(reactive extrusion)에 의한 반응상용화 방법이 최근에 활발히 연구되고 있다.<sup>15-26</sup> Hohfeld는 선형저밀도폴리에틸렌(LLDPE)과 폴리스티렌 블렌드를 acid-function-alyzed PE와 oxazoline-functionalized PS를 사용하여 상용화시켰으며, 이 4성분계 블렌드는 높은 신율을 나타내었다.<sup>27</sup> 또한, Yamamoto 등은 라디칼 반응에 의해 높은 그래프트율을 갖는 공중합체를 얻는 방법을 보고하였다.<sup>28,29</sup>

본 연구에서는 비혼화성인 maleic anhydride functionalized PP(RPP)와 oxazoline functionalized PS(OPS)와 반응성이 있는 관능기를 가진 고분자를 상용화제로 첨가하여 RPP와 OPS의 반응성을 개선하고자 하였다. 두 상 모두에 상용성을 가진 고분자를 첨가하면 가공 중에 두 상간의 계면에서 화학 반응이 일어나게 되어 공중합체를 형성하므로 블렌드의 상용성이 증가될 수 있다. 이에 따라 RPP의 maleic anhydride와 OPS의 oxazoline에 반응할 수 있는 amine과

carboxyl acid기를 모두 갖고 있는 Nylon6을 반응상용화제로 RPP와 OPS에 첨가하여 반응 상용화법으로 블렌드하였다. RPP, OPS, Nylon6 3성분간의 반응성을 고찰하여 RPP/Nylon6/OPS의 생성을 확인하였고, 3상 블렌드에 따른 기본적인 특성을 분석하였다. 첨가된 Nylon6의 당량비에 따른 몰폴로지와 기계적 물성의 변화를 고찰하였다. 또한 PP/Nylon6/PS 블렌드와도 상용성의 관점에서 제반 특성을 비교 분석하였다.

실 험

재 료 본 연구에 사용된 수지는 시판급으로 호남 석유화학의 RPP와 일본촉매(주)의 시판 OPS 수지를 사용하였고, Nylon6은 낮은 분자량을 가지는 저점도 grade인 효성의 TNC-1011를 선정하였다. RPP와 OPS는 분말형태이며, Nylon6은 펠렛 형태를 사용하였으며, 사용된 실험재료의 특성을 Table 1에 나타내었다.

RPP/Nylon6/OPS 블렌드의 제조. Banbury batch 믹서(Brabender plasticoder)에서 Nylon6을 먼저 용융시킨 후 RPP와 OPS를 투입하였고, 믹서의 조건은 250 °C, 로터(rotor) 회전속도 100 rpm, 체류 시간 10분이며, 시료량은 40 g이었다. 이때 믹서에서의 반응 토오크를 관찰하여 RPP, Nylon6, OPS 사이의 반응성을 평가하였다. 혼합 후 블렌드물을 즉시 추출하여 액체질소에서 급냉시켜 시료를 채취하였다. 이때 Nylon6 당량비 변화에 따른 반응정도를 실험하기 위해 Table 2의 블렌드 조성을 선정하였다.

반응 정도와 당량비의 계산. Nylon6은 양쪽 말단에 아민기와 카르복실기를 함께 갖고 있으므로 Figure 1에 나타난 것처럼 Nylon6 양쪽으로 RPP와

Table 1. Descriptions of Materials Used in This Study

polymer	abbreviation	number average molecular weight( $M_n$ )	percentage of grafting	melt index (230°C, g/10 min)	remark
PP- <i>g</i> -MAH	RPP	16K	5 wt%	1000	solution법
PS- <i>g</i> -oxazoline	OPS	70K	5 wt%	14	solution법
Nylon6	N6	17K			
polypropylene	PP	60K		3	homo-PP
polystyrene	PS	110K		4	GPPS

**Table 2. Descriptions of RPP/Nylon6/OPS Blends (Batch Mixer)**

blend	abbreviation	blend composition	
		molar ratio	weight ratio
RPP/Nylon6/O	PNO-0.2	1 : 0.2 : 1	1.5 : 2.4 : 1
PS	PNO-0.33	1 : 0.33 : 1	1.5 : 4 : 1
	PNO-0.66	1 : 0.66 : 1	1.5 : 8 : 1
	PNO-1	1 : 1 : 1	1.5 : 12 : 1
	PNO-1.5	1 : 1.5 : 1	1.5 : 18 : 1
	PNO-2	1 : 2 : 1	1.5 : 24 : 1

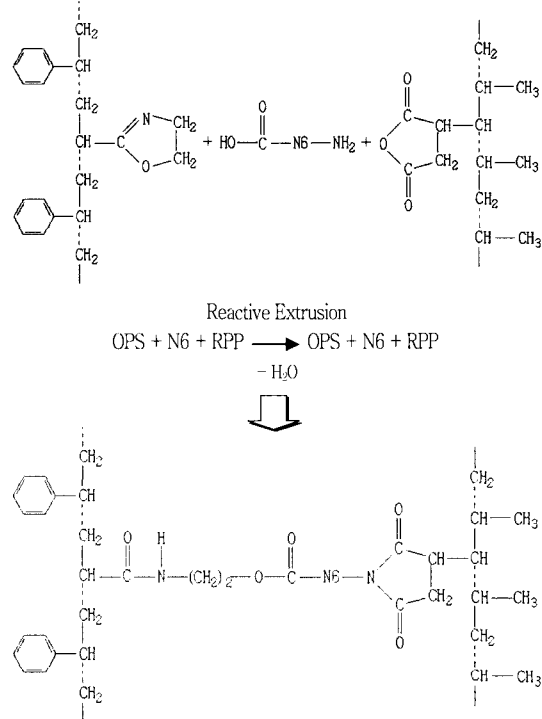
OPS가 반응한다. RPP의 MAH(maleic anhydride)와 Nylon6의 아민기가 완전히 반응하여 모든 Nylon6 분자를 PP-*g*-Nylon6의 형태로 바꾸어 주고, 마찬가지로 OPS의 옥사졸린(oxazoline)기와 Nylon6의 카르복실(carboxyl)기가 완전히 반응하여 PS-*g*-Nylon6의 형태로 바꾸어 주는데 필요한 OPS의 양은 식(1)로 계산할 수 있다 RPP, Nylon6, OPS 가 각각 당량비 1 : 1 : 1로 반응되었을 때,

$$\frac{W_{RPP} \cdot GR_{MAH}}{MW_{MAH}} = \frac{W_{OX} \cdot GR_{OX}}{MW_{OX}} = \frac{W_{N6}}{M_{n, N6}} \quad (1)$$

여기서  $W_{RPP}$ 는 RPP의 무게,  $GR_{MAH}$ 은 MAH의 그라프트율이고,  $MW_{MAH}$ 는 MAH의 분자량 98이며  $W_{OX}$ 는 OPS의 무게,  $GR_{OX}$ 은 OPS의 옥사졸린기에 대한 그라프트율이고,  $MW_{OX}$ 는 옥사졸린기의 분자량 70이며  $W_{N6}$ 는 Nylon6의 무게,  $M_{n, N6}$ 는 Nylon6의 수평균분자량이다.

**RPP/Nylon6/OPS 블렌드의 특성 분석.** RPP, Nylon6, OPS간의 반응을 확인하기 위해 batch mixer에서 당량별로 반응시켜 채취한 시료에 대해 FT-IR(Perkin-Elmer 1760x)을 이용하여 RPP와 Nylon6, OPS와 Nylon6의 반응을 확인하였고, DSC(TA Instruments Co., model TA2100)를 이용하여 승온시와 냉각시의 용융과 결정화 거동을 관찰하였다. 또한 용매추출 장치(Soxtec Avanti 2050)를 사용하여 3성분계 용융 블렌드의 OPS 성분을 Xylene으로 추출하고, 추출잔류물을 진공오븐(120 °C)에서 4시간 동안 건조시킨 후 추출량을 알아보았다.

RPP, Nylon6, OPS간의 반응에 따른 기계적 물성



**Figure 1.** Reaction scheme of RPP, Nylon6 and OPS.

의 변화를 알아보기 위해 Table 2의 조성으로 twin extruder( $L/D=30$ , corotating type)에서 240-250-260-260 °C의 온도를 설정하고, 스크류 회전 속도 100 rpm, 평균체류시간 60초로 압출하였다. 블렌드된 시료들은 사출기를 통해 인장시험용 시편으로 성형한 뒤 Nylon6 당량비에 따른 인장강도와 신율 등의 물성을 측정하였다. 물성 측정후 파단면을 MEK(methyl ethyl ketone)와 toluene으로 PS상을 추출한 뒤 볼폴로지를 주사전자현미경(SEM)으로 관찰하였다. 또한 PP/PS에 RPP/Nylon6/OPS를 첨가하여 이축압출기에서 블렌딩한 시편의 파단면을 MEK로 PS상을 추출하여 볼폴로지를 관찰하였다.

### 결과 및 고찰

**블렌드의 반응에 따른 FT-IR 분석.** FT-IR을 이용한 RPP, OPS 및 Nylon6의 특성 피크를 Figure 2에 나타내었다. RPP의 특성 피크에는 1860과 1780  $cm^{-1}$ 의 cyclic -COO- 피크와 MAH의 수화로

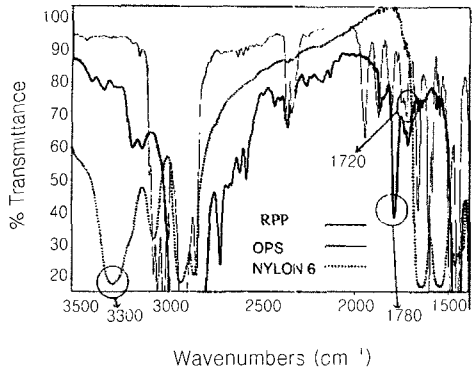


Figure 2. FT-IR spectra of RPP, Nylon6 and OPS.

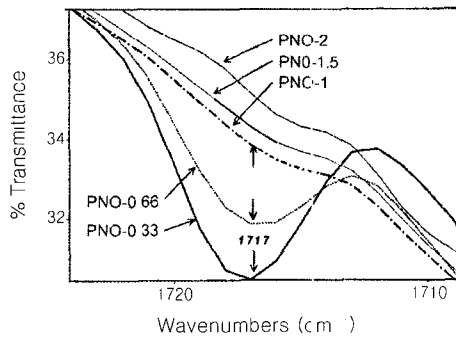


Figure 3. FT-IR spectra of OPS/Nylon6 reaction in RPP/Nylon6/OPS.

diacid화 된  $1710\text{ cm}^{-1}$ 의 noncyclic  $-\text{COO}-$  피크가 있으며, Nylon6와의 반응 정도에 따라 강한  $1780\text{ cm}^{-1}$  피크의 크기가 줄어들게 된다. OPS의 특성 피크는  $1723\text{ cm}^{-1}$ 의  $-\text{CO}-$ 와  $1630\text{ cm}^{-1}$ 의  $-\text{C}=\text{N}-$ 이 나타난다. RPP, OPS, Nylon6 각각의 특성 피크를 설정한 후 반응에 따라 특성 피크의 변화로 반응 정도를 확인하였다.

Figure 3과 4는 OPS/Nylon6과 RPP/Nylon6의 반응에 따른 특성 피크의 변화를 나타낸 것으로 PNO는 RPP/Nylon6/OPS를 나타내며, 뒤에 붙은 숫자는 Nylon6의 당량비를 나타낸다. RPP/Nylon6/OPS 반응에서 Nylon6의 양이 많아짐에 따라 OPS의  $-\text{CO}-$   $1717\text{ cm}^{-1}$ 가 점차 사라짐을 확인하였고, Nylon6의 당량비가 증가함에 따라 반응성이 커진 것을 알 수 있었다(Figure 3). 또한 RPP의 특성 피크인  $1780\text{ cm}^{-1}$

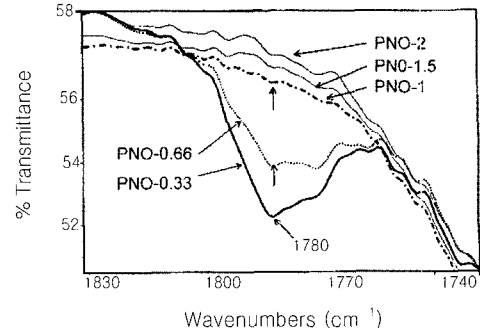


Figure 4. FT-IR spectra of RPP/Nylon6 reaction in RPP/Nylon6/OPS.

의 cyclic  $-\text{COO}-$  피크도 점차 사라짐이 확인되었다(Figure 4). RPP와 OPS의 특성 피크가 Nylon6의 양이 증가함에 따라 점차 사라지는 것으로 보아 Nylon6의 당량비가 증가함에 따라 반응성이 커진 것을 알 수 있다. RPP/OPS(당량비 1:1) 블렌드에서는 각 성분의 특성 피크들이 모두 존재하는 것으로 보아 2 성분간에는 반응이 일어나지 않음을 알 수 있다.

RPP/Nylon6/OPS의 반응에 따른 토오크의 증가. Table 2에 나타낸 조성과 같이 RPP와 OPS의 함량을 일정하게(당량비 1:1) 유지하면서 Nylon6의 함량을 당량비로 0.2~2배까지 변경하여 3성분간의 반응에 따른 Brabender mixer에서의 토오크 변화를 관찰하였다. RPP의 주체에 붙어있는 MAH와 OPS의 주체에 붙어있는 옥사졸린 사이에 Nylon6이 반응하여 3성분간의 망상구조가 생성되어 분자량이 증가하게 된다. 분자량 증가에 따라 용융점도가 증가하며 결과적으로 토오크가 증가된다. Figure 5는 Nylon6의 양에 따른 시간-토오크 관계에서 3성분간의 반응 정도를 정량화하기 위해 RPP와 OPS를 투입한 시점과 반응이 5분 동안 진행된 시점의 토오크 점을 연결하여 그 면적을 반응에 의한 토오크의 증가로 나타낸 것이다. Figure 5에서  $K$ 는 다음 식(2)로 나타낼 수 있으며, 토오크의 면적을 Nylon6의 당량비가 1일 때의 면적으로 나눈 값이다.

$$K = \frac{\text{Nylon 6 당량비에 따른 토오크의 면적}}{\text{Nylon 6 당량비가 1일때 토오크의 면적}} \quad (2)$$

이때 Nylon6 당량비가 약 0.66일 경우 반응 토오크 면적이 가장 큼을 알 수 있다. 이것은 Nylon6를

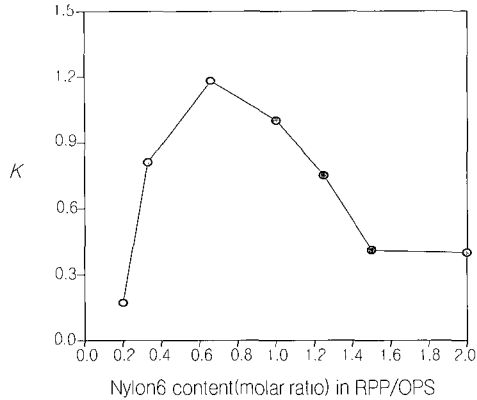


Figure 5. Mixing torque ratio  $K$  with Nylon6 content in RPP/OPS.

모두 반응시킬 수 있는 충분한 양의 RPP, OPS가 사용되어 RPP-Nylon6-OPS 반응에 의해 거대분자 (RPP, Nylon6, OPS간의 망상구조)가 가장 많이 발생된 것으로 보인다. 그러나 Nylon6의 당량이 증가할수록 RPP와 OPS의 함량이 상대적으로 낮아져 거대분자 생성이 적어짐에 따라 반응 토오크 면적은 작아진다. 또한 (RPP+OPS)의 반응 토오크에 기여한 정도를 고려해 볼때 Nylon6 1 당량에 사용된 (RPP+OPS)의 중량을 기준(분모)으로 한 Nylon 6 각당량별 (RPP+OPS)의 중량비를 관찰하면 Nylon6 1 당량에서 가장 높은 값을 얻는다. 따라서 RPP와 OPS와의 반응 효율면에서는 Nylon6, 1 당량에서 가장 높다.

RPP/OPS와 RPP/Nylon6/OPS의 물폴로지 비교. 3성분 반응상용화제간의 반응을 물폴로지로 확인하기 위해 Brabender mixer에서 RPP/OPS, RPP/Nylon6, OPS/Nylon6을 각각 당량비(1:1)로 용융 블렌드하여 만든 시료를 액체질소하에서 과단하고 toluene에서 2시간 정도 방치하여 OPS를 추출한 후 SEM으로 관찰하여 Figure 6에 나타내었다. Figure 6의 (a)에서 RPP/OPS 용융블렌드의 경우는 OPS가 추출되어 분산상의 크기가 약  $1\ \mu\text{m}$ 로 크게 나타난 것을 볼 때 RPP와 OPS간의 반응이 일어나지 않았음을 알 수 있다. 분산상의 크기는 평균 지름을 나타낸다. 반면 Figure 6의 (b)는 RPP/Nylon6 용융블렌드를 나타낸 것으로 분산상의 크기가 평균 약  $0.2\ \mu\text{m}$ 로 (a)보다 약 5배정도 줄었다. OPS/Nylon6 용융블렌드를 나타낸 (c)의 그림은 분산상의 크기가 평균  $0.3\ \mu\text{m}$

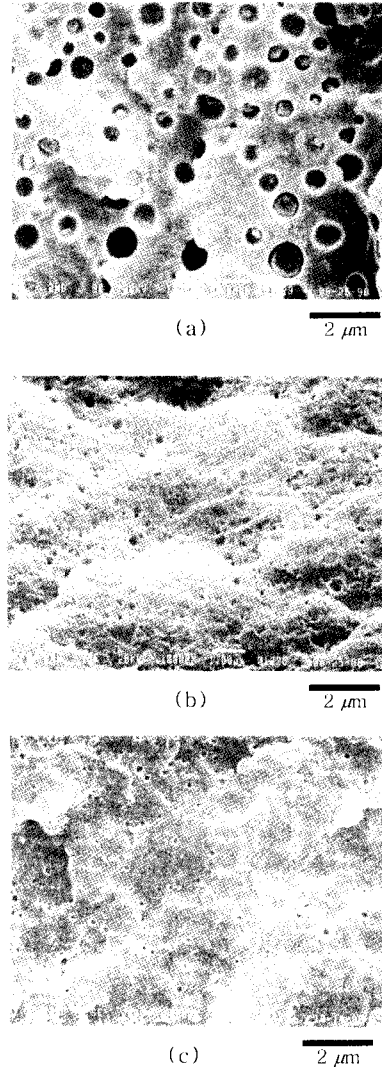


Figure 6. SEM photographs of the etched surfaces of the blends. (a) RPP/OPS(1:1), (b) RPP/Nylon6(1:1), and (c) OPS/Nylon6(1:1).

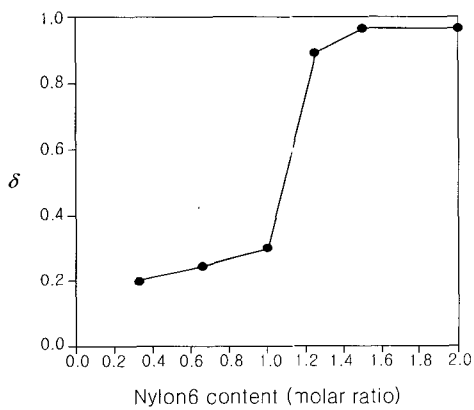
로 (a)보다 3배 이상 줄었다. 따라서, (b)와 (c)의 그림에서 RPP/Nylon6과 OPS/Nylon6 가 각각 반응이 일어나서 추출되지 않고 미반응 RPP와 OPS는 양이 적어 분산상의 크기가 감소하였다. 따라서 이러한 물폴로지의 변화로부터도 2성분간 반응이 일어났음을 알 수 있다.

미 반응물 중량의 변화. Brabender에서 제조된 시료를 용매추출장치(Soxtec Avanti 2050)에서 xylene

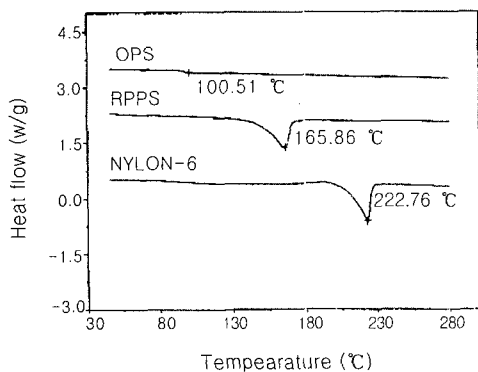
(170 °C)으로 미반응 RPP와 OPS를 추출하였다. Figure 7은 Nylon6의 당량비에 따른 추출실험에서 투입된 RPP와 OPS 무게에 대한 잔류된 RPP와 OPS 무게의 비를 나타낸 것으로,  $\delta$ 는 반응이 되어 추출되지 않은 RPP와 OPS의 비를 나타낸 것이며, 다음 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\delta = \frac{\text{추출된 RPP와 OPS의 무게}}{\text{초기의 블렌드에 포함된 RPP와 OPS의 무게}} \quad (3)$$

RPP/Nylon6/OPS 용융블렌드에서 Nylon6의 당량이 적을수록 반응하지 않은 RPP, OPS로 인해 추출물의 양이 증가하였고, Nylon6의 당량이 증가할수록



**Figure 7.** Variation of residual weight ratio( $\delta$ ) with the Nylon6 content after extraction of unreacted OPS and RPP

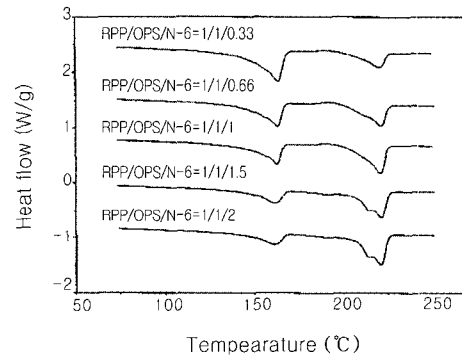


**Figure 8.** DSC thermograms of RPP, OPS and Nylon 6.

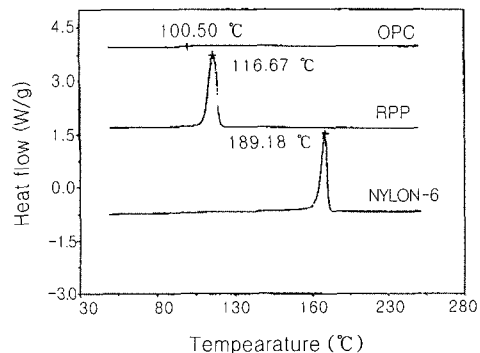
추출물의 양이 감소하였다. 특히 RPP/Nylon6/OPS 블렌드에서 Nylon6의 당량이 1.5인 경우에 추출물은 거의 나타나지 않았다.

Figure 7에서 Nylon의 당량비가 증가함에 따라  $\delta$  값이 증가하고 있으며, 반응된 RPP와 OPS의 양이 증가했음을 나타낸다. Nylon6의 당량비가 1.5이상에서는 일정하게 나타났으며 더 이상의 RPP와 OPS가 반응이 일어나지 않았음을 알 수 있다.

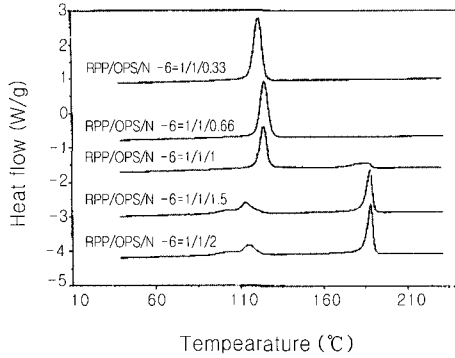
**용융 및 결정화거동의 변화.** Table 2의 블렌드 조성으로 Brabender mixer를 통해 제조된 3성분계 블렌드의 열적 성질을 측정하여 3성분 각각의 용융점 (Figure 8)과 블렌드 조성별 용융점(Figure 9) 및 냉각시의 결정화온도를 각 성분별(Figure 10), 블렌드 조성별(Figure 11)로 나타내었다. 이때 혼합에 의한 영향을 배제하기 위해 3단계(용융-냉각-용융)로



**Figure 9.** DSC thermograms of the RPP/OPS blends with different content of Nylon 6.



**Figure 10.** DSC cooling thermograms of RPP, OPS and Nylon6.



**Figure 11.** DSC cooling thermograms of the RPP/OPS blends with different content of Nylon6.

용융점( $T_m$ )과 결정화온도( $T_c$ )를 측정하였다. 블렌드의 용융거동(Figure 9)에서 Nylon6 당량비가 1이상에서는 Nylon6의 용융피크가 2개로 나타나고 있으며 작은 피크는 큰 피크에 비해 약 5 °C정도 낮게 나타났다. Nylon6의 당량비 1이상에서 Nylon6의 작은 피크가 발생하는 것은 RPP, OPS, Nylon6 간의 반응으로 인해 완전히 결정화가 이루어지지 않은 Nylon6의 결정으로 여겨진다.

Figure 11의 블렌드의 결정화거동을 살펴보면 Nylon6의 당량비가 1이하일 때에는  $T_c$ 가 나타나지 않았으며, Nylon6 당량비가 1일때  $T_c$ 가 약하게 나타나기 시작하며 Nylon6 단독의  $T_c$ 보다 PP의  $T_c$  쪽으로 이동하였다. Nylon6의 당량이 0.66인 블렌드의 경우 Nylon6의 중량비가 50% 정도이지만 결정화온도가 나타나지 않는 것은 RPP-Nylon6-OPS의 반응이 일어났기 때문으로 생각된다. Nylon6의 당량비 1 이상에서는 Nylon6의  $T_c$  피크가 나타났으며, Nylon6의 함량이 많아질수록 Nylon6 단독  $T_c$  쪽으로 이동하였다. 여기서 Nylon6의 당량비가 1일 때 약한  $T_c$  피크가 나타났으나, 본래 Nylon6의  $T_c$  보다 PP의  $T_c$  쪽으로 이동된 것은 RPP, OPS, Nylon6 간의 공중합 반응에 따른 concurrent crystallization을 일으키기 쉬워지기 때문에  $T_c$ 가 낮아져서 PP의  $T_c$ 에서 같이 결정화되기 때문으로 보인다. 결과적으로 이러한 concurrent crystallization의 발생에 따라 Nylon6의 용점강화가 발생된 것으로 판단된다.<sup>30</sup>

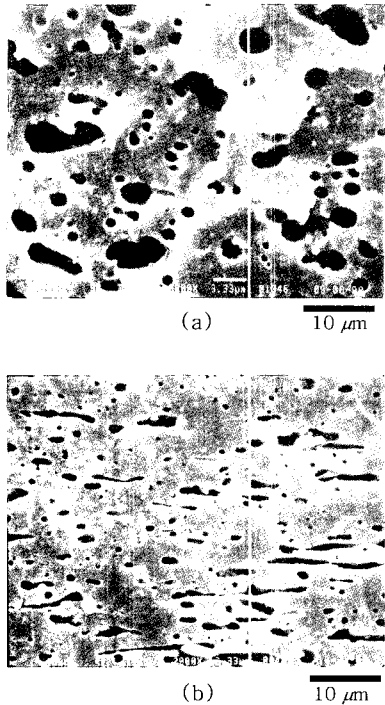
PP/Nylon6/PS 블렌드와 RPP/Nylon6/OPS 반응성 블렌

**Table 3. Physical Properties of RPP/Nylon6/OPS and PP/Nylon6/PS Blends**

blend	molar ratio of Nylon6	tensile strength [kg/cm <sup>2</sup> ]	elongation [ % ]	flexural modulus [kg/cm <sup>2</sup> ]
RPP/Nylon6/OPS	0.6	430	41	21000
	1	560	150	24000
	1.5	620	260	25000
	2	630	280	26000
	0.6	440	4	20000
PP/Nylon6/PS	1	490	10	21000
	1.5	580	10	23000
	2	610	11	24000

드의 기계적 물성. RPP/Nylon6/OPS의 반응성 블렌드에서 Nylon6의 당량비 변화에 따른 물성의 변화를 PP/Nylon6/PS 비혼화성 블렌드와 비교하였다. Table 3은 Nylon6 당량비에 따른 인장강도, 신율, 충격강도(notched izod impact strength) 등의 물성을 나타낸 것이다. Table 3에서 Nylon6 당량비가 증가함에 따라 RPP/Nylon6/OPS의 인장강도와 굴곡강도는 점차 증가하였고, 신율은 크게 증가하였다. Nylon6 당량비 변화에 따른 신율의 변화는 PP/Nylon6/PS의 신율을 1로 놓았을 때 RPP/Nylon6/OPS의 신율비를 나타내면, Nylon6 당량비 0.5에서 신율비 10이고, 당량비 1.5에서 신율비 26으로 PP/Nylon6/PS의 신율보다 RPP/Nylon6/OPS 신율이 최대 26배까지 증가함을 알 수 있다. Nylon6의 당량비가 높아진 경우 신율이 많이 증가한 이유는 상대적으로 분자량이 큰 Nylon6의 함유율이 상당히 높아짐에 따라 블렌드의 신율이 Nylon6에 의해 지배되어 Nylon6의 본질적인 신율에 가깝게 높아지는 것으로 사료된다.

PP/PS와 PP/RPP/Nylon6/OPS/PS 블렌드의 물폴로지 비교 앞서 제조된 3성분계 반응성 블렌드(RPP/Nylon6/OPS 1:1:1)를 PP/PS의 상용화제로서의 유효성을 고찰하기 위해 PP/PS에 첨가하여 물폴로지를 관찰하였다. PP와 PS를 무게비 70/30으로 혼합한 후 3성분계 반응상용화제를 10 wt% 첨가하여 이축압출기에서 압출하였다. Figure 12는 압출된 시편을 액체질소에서 판단한 후 MEK로 PS를 추출한 후 SEM으로 관찰한 것이다. PP/PS의 물폴로지는 분산상의 크기가 평균 3 μm로 크고 불규칙한 반면, 3성분계 반응상용화제가 10 wt% 첨가된 PP/RPP/Nylon6/OPS/PS 블렌



**Figure 12.** SEM photographs of the etched surfaces for the PP/PS 70/30 blends containing RPP/Nylon6/OPS. (a) PP/PS(70/30) and (b) PP/PS(70/30) containing RPP/Nylon6/OPS(10 wt%).

드는 분산상의 크기가 평균 1.2 μm로 감소하였다. 이것은 RPP/Nylon6/OPS가 PP 및 PS성분과 공중합체를 이루어 PP/PS 블렌드와 상용성을 가지기 때문으로 사료된다.

### 결 론

비혼화성인 RPP/OPS 블렌드에 반응 상용화제로 Nylon6을 첨가하여 반응에 의한 RPP/Nylon6/OPS 3성분계 블렌드를 제조하였다. 제조된 RPP/Nylon6/OPS의 반응성을 반응 토오크, FT-IR 특성피크, 용융과 결정화 거동 및 불폴로지와 물성을 분석하였고, PP/PS 블렌드에 첨가하여 상용성을 비교 고찰한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 블렌드에서 Nylon6의 당량비 증가에 따라 RPP와 OPS의 FT-IR 분석으로 RPP/Nylon6과 OPS/Nylon6의 반응을 확인하였고, 미반응 RPP/OPS/Nylon6

의 중량 분석에서 Nylon6의 당량비 1.5일때 3성분간 반응이 가장 높음을 알 수 있다.

2. RPP/Nylon6/OPS 블렌드에서 Nylon6의 당량비가 0.66일 때 반응토오크가 가장 크게 나타났으며, Nylon6의 당량비 1이하에서 Nylon6의 결정화가 사라짐을 통해 3성분간의 반응을 확인하였다.

3. Nylon6을 첨가한 블렌드계의 분산상이 작고 균일하였고, Nylon6가 RPP/OPS 블렌드의 반응상용화제로서 유효함을 알 수 있었다.

4. RPP/Nylon6/OPS 반응성 블렌드가 PP/Nylon6/PS 비반응성 블렌드보다 물성이 높으며, 특히 신율이 현저하게 크게 나타났다. 전체적으로 Nylon6의 함량이 높을수록 물성이 우수하며, Nylon6 당량비가 1.5일 때 가장 높았다.

5. PP/PS에 RPP/Nylon6/OPS 3성분계 반응성 블렌드를 첨가하였을 때 PS 분산상의 크기가 작아지므로 RPP/Nylon6/OPS가 PP/PS 블렌드의 상용화제로써 작용함을 알 수 있었다.

### 참 고 문 헌

1. Sudhin Datta and D. J. Lohse, "Polymeric Compatibilizers", Hener Publishers, New York, 1996.
2. L. A. Utracki, *Polym. Eng. Sci.*, **22**, 1166(1982).
3. D. R. Paul, "Polymer Blends", Academic Press, New York, 1978.
4. M. Xanthos, "Reactive Extrusion", Hanser Pubilshers, New York, 1992.
5. N. C. Liu, H. Q. Xie, and W. E. Baker, *Polymer*, **34**, 4680(1993).
6. M. C. Schwarz, H. Keskkula, J. W. Barlow, and K. R. Paul, *J. Appl. Polym. Sci.*, **35**, 653(1988).
7. M. C. Schwarz, J. W. Barlow, and D. R. Paul, *J. Appl. Polym. Sci.*, **35**, 2053(1988).
8. M. C. Schwarz, J. W. Barlow, and D. R. Paul, *J. Appl. Polym. Sci.*, **37**, 403(1988).
9. S. Y. Hobbs, M. E. J. Dekkers, and V. H. Watkins, *Polymer*, **29**, 1598 (1988).
10. M. E. J. Dekkers, S. Y. Hobbs, and V. H. Watikins, *Polymer*, **32**, 2150 (1991).
11. Guo-Hua and M. Lambra, *J. Polym. Sci., Part A*, **33**, 97 (1995).
12. M. Xanthos, *Polym. Eng. Sci.*, **28**, 1392 (1988).



13. W. J. Macknight, R. W. Lenz, P. V. Musto, and R. Somani, *Polym. Eng. Sci.*, **25**, 1124 (1985).
14. H. J. Sue and A. F. Yee, *J. Mat. Sci.*, **24**, 1447 (1989).
15. H. J. Sue and A. F. Yee, *J. Mat. Sci.*, **26**, 3499 (1991).
16. S. Wu, *Polymer*, **26**, 1855 (1985).
17. S. Wu, *J. Appl. Polym. Sci.*, **35**, 549 (1988).
18. N. G. Gaylord, *J. Macromol. Sci. -Chem.*, **A26**(8), 1211 (1989).
19. S. S. Dagli, M. Xanthos, and J. A. Biesenberger, *Polym. Eng. Sci.*, **34**, 1720 (1994).
20. M. Saleem and W. E. Baker, *J. Appl. Polym. Sci.*, **39**, 655 (1990).
21. M. Welander and M. Rigdahl, *Polymer*, **30**, 207 (1989).
22. C. E. Scott and C. W. Macosko, *Polym. Eng. Sci.*, **36**, 461 (1995).
23. C. E. Scott and C. W. Macosko, *Polym. Eng. Sci.*, **35**, 1938 (1995).
24. S. Wu, *Polym. Eng. Sci.*, **27**, 335 (1987).
25. M. A. Huneault, Z. Shi, and L. A. Utracki, *Polym. Eng. Sci.*, **35**, 115 (1995).
26. C. E. Scott and C. W. Macosko, *Polymer*, **35**, 5422(1994).
27. P. F. Tryon, U.S. Pat. 2,410,318 (1946).
28. A. Yamamoto, M. Moriya, N. Suzuki, and Y. Oshibe, *Polymer*, **32**, 19 (1991).
29. V. Flaris, W. E. Baker, and M. Lambla, *Polym. Networks Blends*, **6**, 29 (1996).
30. H. C. Kim, K. Y. Lee, and H. I. Kim, *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **10**(4), 497 (1999).