

# Tensile and impact properties of poly(phenylene sulfide)(PPS)/Nylon66 blends

## - Effect of testing temperatures -

함태석, 이상일, 강석원, 전병철, 박헌진\*

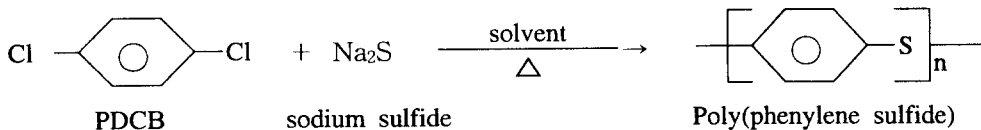
수원대학교 공과대학 고분자공학과, \*(주) SKI연구소 신소재 연구개발실

### 1. 서 론

반결정성 고분자인 polyphenylene sulfide(PPS)는 p-dichlorobenzene(PDCB)과 sodium sulfide로부터 제조되어지는 비교적 단순한 구조를 갖는 열가소성 수지로 미국 Philips Petroleum사에서 1973년에 최초로 Ryton이라는 상품명으로 상업적으로 판매하기 시작한 이래 전기, 전자, 자동차 및 기계 부속품용 등으로 그 사용량이 급속도로 늘어나고 있는 소재이다. 특히 기계적 물성과 내열성, 내약품성 및 전기 절연 특성을 갖고 있다. 이와 같은 우수한 특징으로 새로운 범용 플라스틱으로 주목되고 있으며, 최근 들어 PPS 블렌드에 대한 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다.

또한 유리전이온도가 비교적 높은 85~90℃이며 용점이 288~290℃이고 내열성, 내약품성, 절연 특성, 치수 안정성, 기계 강도, 정밀 성형성 등의 우수한 성질을 나타내고 있다. 다른 고분자와는 달리 리싸이클링의 비율이 매우 높기 때문에 환경 오염을 줄일 수 있는 수지로서도 각광을 받고 있다.

본 연구의 목적은 Nylon66을 PPS에 블렌딩함으로써, PPS의 열적 안정성을 유지하는 범위 내에서 PPS가 갖는 단점인 취성의 개선에 노력하였고, 물성의 향상 특히 신율의 향상과 이에 따른 강인성의 향상에 중점을 두었다.



### 2. 실험

#### 2.1 시편제작

본 연구에서 사용된 PPS는 SKI에서 생산된 SUNTRA S-500 그레이드 ( $\overline{M}_w$  : 30,000 g/mol)와 Nylon66는 Du Pont사의 Zytel 그레이드를 사용하였고, 건조블렌딩 후 twin screw compounder (Toshiba, co-rotating intermeshing type,  $\Phi=35\text{mm}$ )를 이용하여 용융 블렌딩하였다. 시편은 사출성형기(Engel, ES 240/75P)를 사용하여 ASTM 규격에 따른 인장 및 충격 시편을 제조하였다. 기계적 성질 측정 전에 사출된 시편들의 잔류 응력을 제거하기 위하여 모든 시

Table 1. PPS/Nylon66 blends prepared in this study.

Sample Code	NPPS10	NPPS9	NPPS8	NPPS7	NPPS5	NPPS3	NPPS0
PPS/Nylon66(wt%)	100/0	90/10	80/20	70/30	50/50	30/70	0/100

## 2.2 열변형 온도 측정

기기는 내부에 실리콘 오일 욕조가 설치되어 있는 ATS FARR사의 HDT-VICAT tester (모델 : MP/3)를 이용하여 1,820kPa의 응력하에서 638g의 하중으로 열변형 온도를 측정하였다.

## 2.3 인장강도 시험

Lloyd Instruments사의 LR 50K를 사용하여 인장 시험을 하였다. 시편 형태는 덤벨(dumbbell) 형태의 시편을 사용하였으며, 각 시편의 폭은 12.9mm, 두께는 3.25mm, 시험온도는 챔버를 이용 -30, 25, 75 및 150℃에서 각각 시험하였다. 챔버내에서의 시편 저장시간은 1시간으로 고정한 후 실시하였다. Crosshead speed는 50mm/min, gauge length는 100mm로 하고 extensometer를 사용하여 최대강도, 파단신율, 탄성계수, 강인성 등을 구하였다.

## 2.4 충격강도 시험

Testing Machines Inc. (모델 43-02, pendulum : 75kgcm)를 이용하였다. 시편의 두께는 6.35mm이었으며 늦치드 아이조드 방법으로 시험하였다. 시험 온도는 인장강도 시험과 마찬가지로 -30, 25, 75 및 150℃(저장시간 1시간)에서 고정하였다.

## 2.5 파단 모폴로지 조사

PPS/Nylon66 블렌드의 조성 변화에 따른 입자들의 분산 정도와 입자의 크기 분포를 알아보기 위하여 액체질소하에서 파단 시킨 후 파단면을 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 조사하였다. 또한 인장 및 충격강도 시험에서 얻은 시편의 파단면을 주사전자현미경을 이용하여 모폴로지를 조사하였다. 각 시편의 평균 입자 직경 및 크기 분포 계산은 상기 SEM 사진을 Media Cybernetics사의 Image Pro plus for window 1.2를 이용하여 정량적으로 이미지 분석하였다.

## 3. 결론

### 3.1 열변형 온도 측정

Fig. 1은 시편의 열적 저항성을 알아보기 위한 열변형 온도(HDT) 시험결과를 나타내었다. 순수한 PPS에서 가장 높게 나타났으며 NPPS7까지는 열변형 온도의 감소가 거의 눈에 띄지 않았다. 그러나 NPPS5 이상에서는 감소 폭이 증가하였다. NPPS5의 경우에는 NPPS10보다 약 6℃정도 감소하였고, NPPS0의 경우는 NPPS10보다 약 25℃정도 감소하였다. NPPS5 이상에서는 Nylon66의 밀도가 PPS보다 작기 때문에 블렌드 내의 상전이가 일어나면서 NPPS5가 매트릭스로 되면서 열변형 온도가 감소하는 결과를 가져왔다.

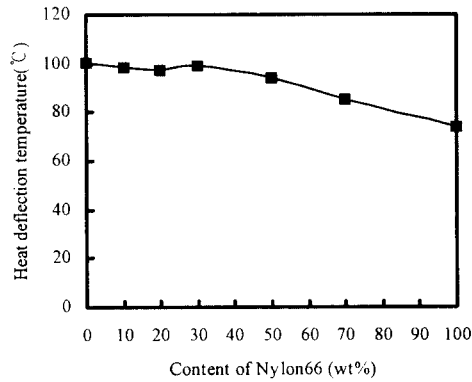


Fig. 1 Heat deflection temperature vs. Nylon66 content of PPS/Nylon66 blends.

### 3.2 인장강도 시험

Fig. 2에 Nylon66의 함량에 따른 최대강도를 나타내었다. PPS와 Nylon66의  $T_g$  이하인  $-30^\circ\text{C}$ 과  $25^\circ\text{C}$ 에서의 최대강도는 큰 차이가 나타나지 않는 반면 Nylon66의  $T_g$  부근인  $75^\circ\text{C}$ 와  $T_g$  이상인  $150^\circ\text{C}$ 에서의 거동은 큰 차이를 나타내었다.

Fig. 3은 파단신율을 나타내었다.  $-30^\circ\text{C}$ 와  $25^\circ\text{C}$ 에서는 Nylon66의 함량의 변화에 따른 신율 증감의 변화를 거의 찾아볼 수 없었으며, 두 온도에서는 거의 유사한 값들을 나타내었다. 반면 Nylon66의  $T_g$ 와 유사한  $75^\circ\text{C}$ 에서는 NPPS3부터,  $T_g$  이상인  $150^\circ\text{C}$ 에서는 NPPS8부터 신율의 증가를 보였으며, 강인성 결과는 파단신율의 결과와 비슷한 경향을 보였다. 또한 탄성계수는 최대강도와 비슷하게  $-30^\circ\text{C}$ 와  $25^\circ\text{C}$ 의 값은 큰 차이가 없는 반면  $75^\circ\text{C}$ 와  $150^\circ\text{C}$ 의 경우 Nylon66의 함량이 증가할수록 큰 폭의 하락을 보여 주었다.

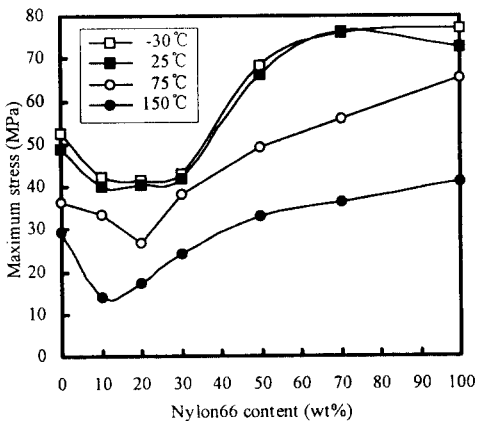


Fig. 2 Maximum stress vs. Nylon66 content of PPS/Nylon66 blends at various testing temperatures.

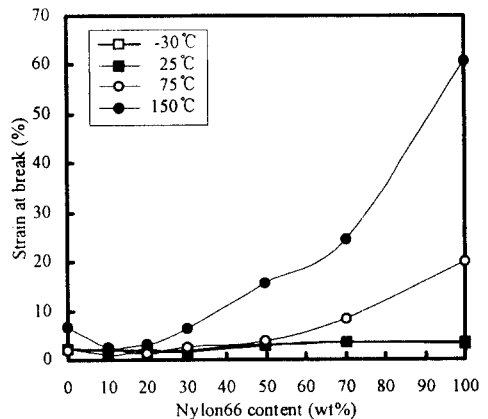


Fig. 3 Strain at break vs. Nylon66 content of PPS/Nylon66 blends at various testing temperatures.

### 3.3 충격강도 시험

Fig. 4는 -30, 25, 75 및 150°C의 온도하에서 Nylon66의 함량 변화에 따른 노치드 아이조드 충격강도 변화를 나타내었다. 모든 온도 범위에서 Nylon66이 30% 될 때까지 충격강도는 거의 같은 값을 나타내었다. Fig. 5, 6는 상기 결과에 대한 SEM 사진이다.

그러나 Fig. 7에서 NPPS3의 경우 150°C에서 충격강도는 NPPS10의 약 4배의 증가를 보였다. 이것은 PPS 분산상을 주위로 Nylon66 매트릭스의 심한 소성 변형이 일어난 것에 기인한다.  $T_g$  이상의 고온인 150°C에서 Nylon66 매트릭스의 경우는 연화된 상태가 되어 충격강도를 효과적으로 흡수할 수 있다는 것을 고찰할 수 있었다.

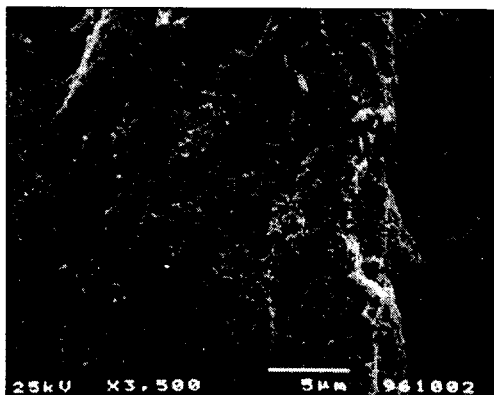
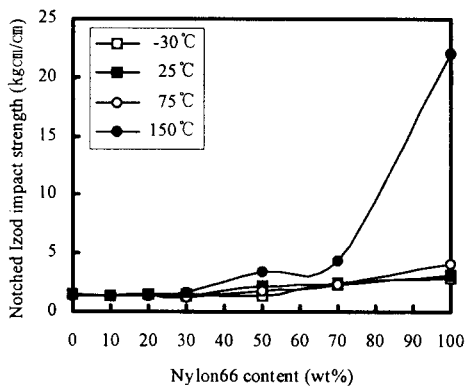


Fig. 4 Notched Izod impact strength vs. Nylon66 content of PPS/Nylon66 blends at various testing temperatures.

Fig. 5 SEM micrograph of impact fractured surface of NPPS7 tested at -30°C.

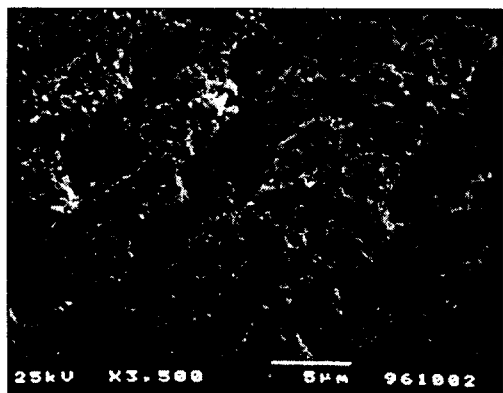


Fig. 6 SEM micrograph of impact fractured surface of NPPS7 tested at 150°C

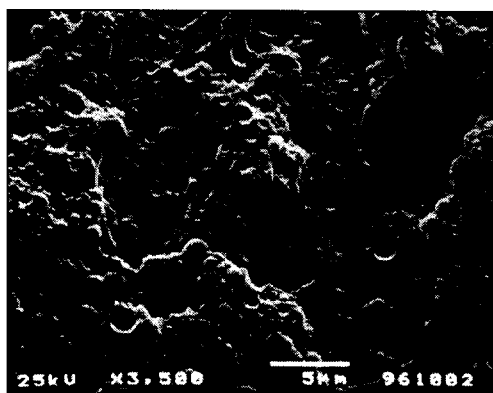


Fig. 7 SEM micrograph of impact fractured surface of NPPS3 tested at 150°C

### 3.4 파단 모폴로지 관찰 결과

주사전자현미경과 이미지 분석을 이용하여 NPPS7, 8, 9에서 Nylon66의 입자 크기, 입자 크기 분포 및 입자의 분산 정도를 조사하여 본 결과 Nylon66의 함량이 증가함에 따라 Nylon66 입자 크기가 증가하는 것으로 나타났다. NPPS8, 9에서는 평균 입자 크기는 0.13, 0.15 $\mu\text{m}$ 이며 NPPS7의 경우는 0.25 $\mu\text{m}$ 로 NPPS8, 9보다 상대적으로 큰 분산상을 갖고 있었다. 또한 NPPS7의 경우는 입자 크기의 분포 정도가 NPPS8, 9와 비교하여 불균일한 것을 관찰할 수 있었으며, 매트릭스 내에 분산 정도도 NPPS7에서 NPPS8, 9보다 불균일하게 분포되어 있는 것을 알 수 있었다.

## 4. 참고문헌

1. M. F. Cheung, A. Golovoy and H. V. Oene, *Polymer*, 31, 2307 (1990).
2. M. F. Cheung, A. Golovoy, V. E. Mindroiu, H. K. Plummer, Jr. and H. V. Oene, *Polymer*, 34, 3809 (1993).
3. S. Akhtar and J. L. White, *Polym. Eng. Sci.*, 32, 690 (1992).
4. J. P. Jog and V. M. Nadkarni, *J. Appl. Polym. Sci.*, 30, 997 (1985).
5. J. D. Menczel and G. L. Collins, *Polym. Eng. Sci.*, 32, 1264 (1992).
6. N. A. Mehl and L. Rebenfeld, *Polym. Eng. Sci.*, 32, 1451 (1992).
7. L. Rebenfeld, G. P. Desio and J. C. Wu, *J. Appl. Polym. Sci.*, 42, 801 (1991).
8. V. L. Shingankuli, J. P. Jog and V. M. Nadkarni, *J. Appl. Polym. Sci.*, 36, 335 (1988).