

## PP/Ag 나노복합섬유의 제조와 특성

여상영, 정성훈, 조현혹\*

한양대학교 섬유공학과, \*부산대학교 섬유공학과

### Preparation and Characterization of PP/Ag Nanocomposite Fibers

Sang Young Yeo, Sung Hoon Jeong, and Hyun Hok Cho\*

Department of Textile Engineering, Hanyang University, Seoul, Korea

\*Department of Textile Engineering, Pusan National University, Pusan, Korea

#### 1. 서 론

폴리프로필렌(PP)은 염료와 반응할 수 있는 염착 좌석이 없기 때문에 염색이 불가능하고 열 안정성 및 광 안정성이 부족한 섬유로써 1970년대까지 의류용 섬유로 그다지 주목을 받지 못하였다. 하지만, 좋은 성능을 가진 각종 첨가제가 개발되었고, 상용성이 좋은 안료가 개발이 되면서 그런 단점들이 더 이상 문제가 되지 않을 뿐만 아니라, 안료를 사용함으로써 염색을 하는 다른 섬유들보다 일광 견뢰도 측면에서 매우 유리하고 폴리에스테르나 나일론 등에 비해 값이 싸다는 장점이 있기 때문에 적당한 용도로 전개하면 새로운 소재로의 가치가 있다. 최근에는 분자 레벨에 가까운 크기의 입자들의 혼합에 의해 무기-유기 나노복합체의 제조가 가능해짐에 따라, 그에 따른 응용으로 광학적, 전기적, 기계적인 분야 등 많은 잠재력을 가진 나노복합체에 대해 활발한 연구가 이루어지고 있다. 또한 과학기술이 발달하면서 인간의 생활수준은 비약적으로 향상되었지만, 생활환경은 산업발달의 부산물로 배출되는 공해물질들로 취약해져 감에 따라 항균에 대한 관심이 증대되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 폴리프로필렌 중합체와 나노사이즈의 은 입자를 sheath-core 형태로 복합방사하여 그 복합섬유들의 물성들을 살펴보고, 예로부터 항균력이 있다고 알려져 있는 재료인 은을 첨가시킴으로 인하여 나타나는 항균효과에 대해 알아보았다.

#### 2. 실험

우선 방사와 은 입자의 분산을 잘 이루어지기 위해, 나노사이즈의 은 powder를 무게비로 3%와 10%를 포함하는 PP/Ag 마스터배치 pellet을 만들고, 방사직전에 마스터배치와 PP침을 진공건조기로 100℃에서 2시간 동안 예비건조 후 사용하였다. 방사장치는 내경이 25mm인 2개의 extruder와 gear pump로 구성된 sheath-core 복합방사기이고, 은 입자를 core에 첨가했을때의 노즐 직경은 0.5mm이고 토출량은 3.00g/min이고, sheath 부분에 넣었을때는 각각 1.0mm와 4.00g/min였다. 토출된 섬유는 모두

1000m/min의 속도로 권취하였다 (Table 1).

방사된 섬유의 X-선 회절분석을 위해 RINT2000 Wide angle goniometer을 이용하여 적도방향에(회절각;  $2\theta = 5 \sim 70^\circ$ ) 대한 강도분포곡선을 얻었다. 또한, 섬유의 열적 거동은 PERKIN ELMER DSC7을 이용하여 실험하였는데, 온도범위  $0 \sim 250^\circ\text{C}$ , 승온속도  $20^\circ\text{C}/\text{min}$ 로 하였다. 표면과 단면의 구조 분석을 위해 주사전자현미경(JEOL JSM-6330F)을 이용하여 섬유의 단면과 표면을 관찰하였다. 항균도 시험은 정량적인 평가인 'AATCC 100' 테스트방법을 이용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Figure 1의 (a), (b) 각각 3g/min, 4g/min의 토출량에 대해 은 입자의 함량에 따른 X선 회절 강도분포곡선을 나타낸 것이다. 순수 PP(fiber 1)의 회절피크각도( $2\theta = 14.7, 21.2^\circ$ ) 부분을 살펴보면, 은 입자가 core부분에 있을 때(fiber 2, 3)와 sheath부분에 있을 경우(fiber 5, 6, 7) 모두 은 입자가 함유되면 PP의 결정화도가 감소하지만, 은 입자의 함유량이 증가하여도 피크의 면적은 그리 크게 변하지 않음을 알 수 있다. 또한, 은 입자의 회절피크각도( $2\theta = 38.0, 44.3, 64.5^\circ$ ) 부분에서 은의 함량이 증가할수록 피크가 점점 뚜렷해지고, 뾰족해짐을 알 수 있다.

Figure 2는 fiber 4, 5, 6, 7의 은 입자의 함량에 따른 열적특성을 보여주고 있다. 순수 PP(fiber 4)에 비해 은 입자가 함유된 섬유들의 녹는점 피크의 면적이 다소 줄어드는 것을 보아 결정화도가 감소함을 뜻하는데, 이는 X선 회절분석 결과와 같은 결과를 보여준다. 또한, 은 입자 함량의 변화와 녹는점에는 큰 상관관계가 없음을 보이고 있다.

다음 Figure 3은 fiber 3의 단면 주사전자현미경 사진인데, (a)는 sheath 부분으로 은 입자가 없는 부분이고, (b)는 core 부분으로 은 입자가 있는 부분임을 보여 주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 은 입자의 평균 크기는 30nm이며, 일부는 2차 결합되어 있음을 알 수 있다.

다음에 보이는 Table 2는 정량적인 항균테스트 실험을 한 결과이다. 먼저 core부분에 은을 함유하고 있는 fiber 2, 3에서는 은의 항균효과가 나타나지 않지만, 은을 sheath 부분에 함유하고 있는 fiber 5, 7에서는 공히 99%를 상회하는 뛰어난 항균력을 보여주고 있다. 이것은 균들이 fiber 표면에 접촉함으로, 표면에 있는 은 입자의 항균작용으로 인하여 균들의 증식이 억제되고, 더 나아가 균들이 죽는 현상, 즉 살균의 효과도 보이고 있다. 이는 섬유의 내부에 있는 은 입자는 항균작용에 기여하지 못하나, 섬유 표면에 있는 은 입자는 항균작용에 강력하게 기여함을 알 수 있다.

### 4. 결론

상업적으로 널리 쓰이는 PP를 기질로 하여 나노 은 입자를 각각 sheath와 core 부분에 함유하도록 용융방사하여 나노복합섬유를 얻었다. 제조된 나노복합섬유는 X선 회절 강도분포곡선과 주사전자현미경 사진으로부터 은 입자를 함유하고 있음을 알 수 있었다. 또한, 섬유내의 은 입자의 함량이 증가할수록 순수 PP 섬유가 갖고 있던 결정화도는 다소 감소함을 알 수 있었으며, DSC 실험 결과 녹는점과는 뚜렷한 상관관

계가 없었다. 그리고, 항균테스트 결과로부터 core 부분에 은 입자가 있는 섬유는 항균 효과가 나타나지 않지만, sheath 부분에 은 입자를 함유하고 있는 섬유는 뛰어난 항균작용을 보임을 알 수 있었다.

### 5. 참고문헌

- 1) H. C. Kim, *Polymer Science and Technology*, **7**, 59(1996).
- 2) 公開特許, 平6-39284(1994).
- 3) A.El-Salmawy, and Y. Kimura, *Textile Res. J.*, **71**, 145(2001).
- 4) S. N. Maiti and P. K. Mahapatro, *J. of Applied Poly. Sci.*, **37**, 1889(1989).
- 5) Nakamura, *US Patent*, 5,985,301(1999).

**Table 1.** Spinning conditions of PP/Ag sheath-core fibers.

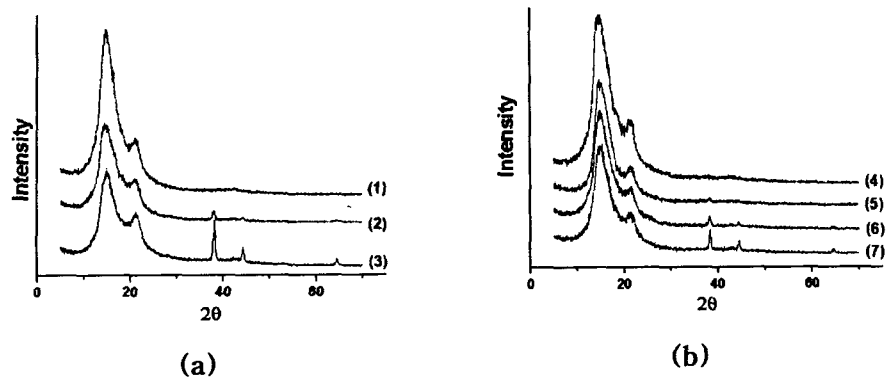
| Run no. | Component<br>(sheath/core) | Extruding ratio<br>(sheath/core) | Extrusion volume<br>(g/min) | Nozzle diameter<br>(mm) |
|---------|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1       | PP/PP                      | 50/50                            | 3.0                         | 0.5                     |
| 2       | PP/M1 <sup>1)</sup>        | 50/50                            | 3.0                         | 0.5                     |
| 3       | PP/M2 <sup>2)</sup>        | 50/50                            | 3.0                         | 0.5                     |
| 4       | PP/PP                      | 50/50                            | 4.0                         | 1.0                     |
| 5       | M1/PP                      | 10/90                            | 4.0                         | 1.0                     |
| 6       | M1/PP                      | 30/70                            | 4.0                         | 1.0                     |
| 7       | M1/PP                      | 50/50                            | 4.0                         | 1.0                     |

<sup>1)</sup>M1: Master-Batch type1 (PP + Ag 3wt.%)

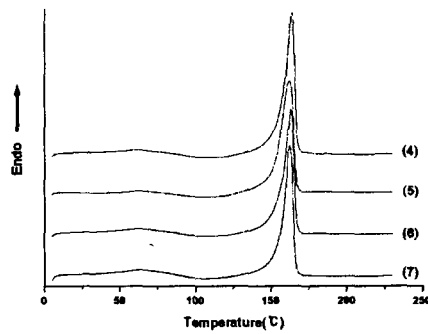
<sup>2)</sup>M2: Master-Batch type2 (PP + Ag 10wt.%)

**Table 2.** Quantitative Antibacterial Evaluation for Conjugate Fibers (%)

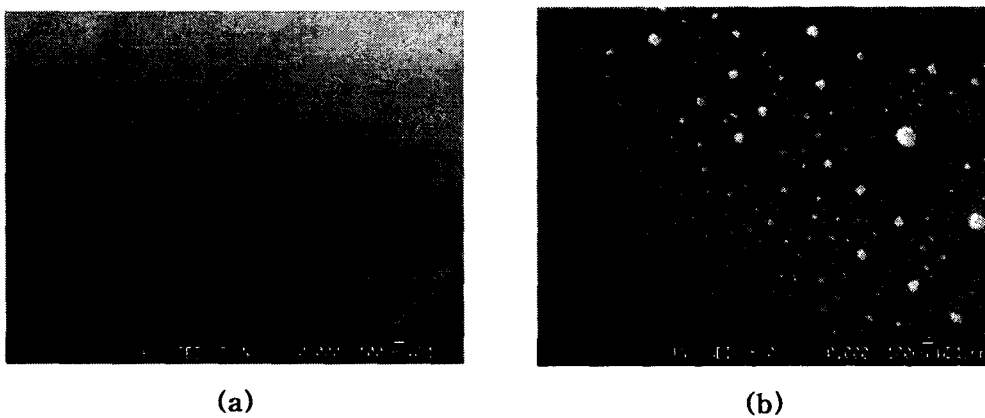
| Microbe type          | (1) | (3)  | (5)  | (7)  |
|-----------------------|-----|------|------|------|
| Staphylococcus aureus | -   | 19.4 | 99.9 | 99.8 |
| Klebsiella Pneumoniae | -   | 14.8 | 99.9 | 99.8 |



**Figure 1.** X-ray diffractograms of PP/Ag conjugate fibers of varying filler concentration; (a) containing Ag in core section, (b) containing Ag in sheath section.



**Figure 2.** DSC thermograms of PP/Ag conjugate fibers of varying filler concentration.



**Figure 3.** SEM of the cross section of the conjugate fiber 3; (a) sheath section, (b) core section.