폴리프로필렌 실록실화 섬유의 열적 및 물리적 특성에 관한 연구

윤 철 수, 지 동 선, 한 정 련
단국대학교 섬유공학과

A Study on the Thermal and Physical Properties of Siloxylated Polypropylene Fibers

Cheol Soo Yoon, Dong Sun Ji, and Jeong Ryeon Han
Department of Textile Engineering, Dankook University, Seoul, 140-714, Korea

1. 서 론

폴리프로필렌 섬유는 강도, 인성, 내마모성, 레질리언스 등의 물리적 성질이 우수하여 각종 산업용 소재로 폭 넓게 사용되고 있다[1]. 그러나 폴리프로필렌은 장점도 많지만 분자구조 특성으로 인하여 대전방지성, 소수성 등과 같은 표면특성들이 좋지 안은 단점도 있다[2,3]. 따라서 폴리프로필렌의 표면특성을 개질 하기 위하여 금속화합물, 고분자 첨가제를 혼합시키는 방법[4,5], 물리적·화학적으로 섬유를 처리하는 방법[6],공중합과 블렌드에의한 방법 등이 사용되어 왔으며, 최근에는 유기물 고분자에 비하여 내열성, 내절연성, 그리고 표면특성이 우수한 실리콘을 공중합하여 변성수지를 개발하거나 블렌드하는 방법[1,7-9]등이 이용되고 있다.

그러나 실리콘을 폴리프로필렌 수지에 도입할 때 폴리프로필렌 수지로부터 실리콘이 분리되는 경우[10, 11]가 많아 본 연구에 앞서 이미 실록실화된 폴리프로필렌 블렌드를 제조하여 폴리프로필렌과 실리콘과의 상용성을 개선하여 보고한 바[12] 있다.

본 연구에서는 실리콘계 화합물인 알루미노실록산(aluminosiloxane)과 폴리프로필렌 수지를 원료로 사용하여 용융블렌딩 방법에 의해 폴리프로필렌/알루미노실록산 블렌드를 제조한 후 이를 이용하여 폴리프로필렌 실록실화 섬유를 제조한 후 알루미노실록산의 분자량과 조성비가 폴리프로필렌 실록실화 섬유의 열적 특성 및 물리적 특성에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

2. 실험

2.1 원료

수평균 분자량이 58,200인 폴리프로필렌(이하 PP), 수평균 분자량이 1,000인 알루미노실록산(이하 AS011) 및 수평균 분자량이 5,000인 알루미노실록산(이하 AS101)을 사용하였다.

2.2 블렌드 및 펠렛 제조

블렌딩시 수분에 의한 분해를 최대로 줄이기 위해 폴리프로필렌과 알루미노실록산의 각 원료를 진공오븐에서 48시간 이상 충분히 건조한 후 (주)대창기계에서 제작한 Side Feeding Twin Extruder를 사용하여 블렌딩 온도는 200℃로 하여 10분간 혼련하였으며 제조된 블렌드를 연속공정에 의하여 펠렛으로 제조하였다. 폴리프로필렌/알루미노실록산(PP/AS011)과 폴리프로필렌/알루미노실록산(PP/AS101) 블렌드의 무게조성비는 각각 95/5, 90/10으로 하여 제조하였다.

2.3 열분석

제조된 섬유를 시차 주사 열량계 (DSC, TA Instrument 2100, U.S.A.)를 이용하여 질소 분위기 하에서 약 5~10 mg의 시료를 10℃/min의 승온 및 냉각속도로 0~250℃의 온도범위에서 측정하여 열분석 곡선을 얻었다.

2.4 섬유제조

블렌드 펠렛의 수분을 충분히 건조한 후 직연신 용융방사기 Single Screw Extruder(L/D=30, 60 rpm)를 이용하여 240℃에서 용융방사하였으며, 이때 냉각은 Air cooling으로 하였고, 방사 Nozzle은 ϕ0.7mm, 36 holes인 것을 사용하였다. 또한 섬유의 권취속도는 450(m/min)으로 하였다.

2.5 기계적 특성 측정

인장강도, 신도, 및 인장탄성률 등의 기계적 특성을 측정하기 위하여 인장시험기 (LR10K, USA)를 사용하였다. 이때 Load cell은 500 N, Gauge Length는 25 mm, Cross head speed는 50 mm/min으로 하였으며 동일 시료에 대해 7개의 시편을 만들어 측정한 후 평균값을 구하였다.

3. 결과 및 고찰

Figure 1은 PP와 AS011을 사용하여 제조한 폴리프로필렌 실록실화 섬유들의 용융거동을 나타낸 DSC 곡선이다. PP/AS011 블렌드 섬유의 조성비가 100/0, 95/5, 90/10인 블렌드 섬유는 171~169℃ 에서 각각 용융거동이 나타나고 있으며, 섬유 내에 AS011의 함량이 증가하여도 용융온도에는 크게 변화가 없는 것을 알 수 있었다. 그러나 용융열량의 경우는 87.41, 77.35, 그리고 74.47 J/g으로 약.12.9 J/g 감소하는 것을 알 수 있었다.

Figure 2는 PP와 AS101을 사용하여 제조한 폴리프로필렌 실록실화 섬유들의 용융거동을 나타낸 DSC 곡선이다. PP/AS101 블렌드 섬유의 용융거동 역시 Figure 1의 결과와 같이 조성비에 관계없이 약 170℃에서 용융온도의 변화없이 용융거동을 나타내었다. 그러나 용융열량의 경우 87.41, 82.85 그리고 67.34J/g으로 섬유 내에 AS101의 함량이 약 10% 증가함에 따라 약 20J/g 감소하는 것을 알 수 있었다.

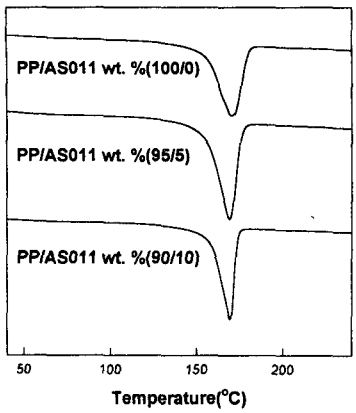

Figure 1. DSC curves of PP/AS011 blended fibers.

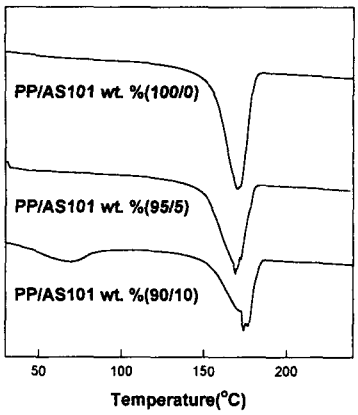

Figure 2. DSC curves of PP/AS101 blended fibers.

이상의 Figure 1과 Figure 2의 결과에서 폴리프로필렌 실록실화 섬유의 용융온도의 변화가 없는 것은 AS와 폴리프로필렌과의 결합에서 두 고분자 주쇄상에 서로간에 어떠한 화학결합으로 인한 분해반응으로 블록 공중합체나 랜덤공중합체가 형성되는 것이 아니라 IPN과 같은 물리적인 결합을 형성하는 것이라 생각되며, 또한 용융열량의 감소현상은 두 고분자 사이에 물리적인 결합으로 인하여 순수 폴리프로필렌에 비하여 블렌드 섬유 내의 두 고분자 서로간의 결정화의 방해로 인하여 나타난 결과라고 생각된다. 그리고 분자량이 높은 AS101을 사용한 블렌드 섬유에서 용융열량의 감소가 더 크게 나타난 것은 AS011이 블렌드 섬유 내에서 형성하였던 고리의 크기보다 더 크게 형성되어 폴리프로필렌의 결정화를 더욱 방해하여 나타난 결과라고 생각된다.

Figure 3은 제조된 폴리프로필렌 실록실화 섬유의 인장 특성 변화를 알아보기 위하여 AS의 조성비와 분자량에 따라 나타낸 결과이다. 인장강도의 경우 순수 PP의 강도가 약 457 MPa 인데 AS011을 5~10 %로 증가하였을 경우 약 423~386 MPa로 71 MPa정도가 감소하였으며 AS101의 경우는 5~10 % 정도 증가하였을 경우 약 394~337 MPa로 119MPa정도 감소하는 것을 알 수 있었다. 또한 AS011보다 분자량이 큰 AS101의 경우에 강도가 더 크게 감소하는 것을 알 수 있었다. 그리고 신도의 경우 순수 PP의 신도가 약 400 % 인데 AS011을 5~10 %로 증가하였을 경우 약 428~456 %로 증가하는 것을 알 수 있었으며 AS101을 5~10 %로 증가하였을 경우 약 434~493%로 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한 분자량이 큰 AS101을 사용한 경우에 신도가 크게 증가하는 것을 알 수가 있었다. 탄성률의 경우 PP의 탄성률은 627 (N/mm^2) ($\times 10^{-3}$)로 나타났는데 AS011을 5~10%로 증가하였을 경우 595~482 (N/mm^2)($\times 10^{-3}$)로 감소하였으며 AS101을 5~10%로 증가하였을 경우 481~279 (N/mm^2)($\times 10^{-3}$)로 감소하는 것을 알 수 있었다.

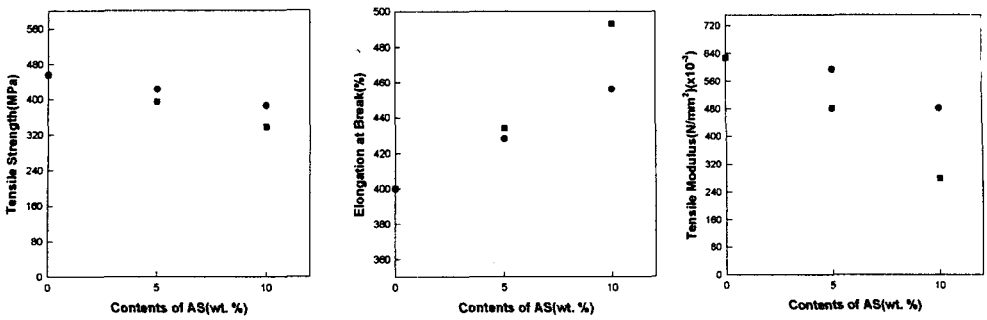

Figure 3. Effect of contents of AS on the tensile properties of PP/AS blended fibers. (●: AS011, ■:AS101)

4. 결 론

PP/AS011, PP/AS101 폴리프로필렌 실록실화 섬유를 제조한 후 AS 함량과 분자량이 제조된 섬유의 열적 및 물리적 특성에 미치는 영향을 고찰한 결과 PP/AS011과 PP/AS101 섬유는 약 170℃에서 용융온도의 변화가 없어 AS 함량과 분자량은 섬유의 용융온도에는 큰 영향을 주지 않는다는 것을 알 수 있었으며 용융열량은 크게 감소하는 현상으로 보아 용융열량에 더 큰 영향을 준다는 것을 알 수 있었고, 알루미노실록산은 폴리프로필렌에 화학적인 결합이 아닌 IPN과 같은 물리적인 결합을 형성하여 순수 폴리프로필렌의 결정화를 방해한다는 것을 알 수 있었다. 또한 AS의 함량과 분자량이 증가함에 따라 인장 강도와 탄성률은 감소하며 신도는 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. J. J. Jeung, T. W. Son, S. K. Lim, B. H. Moon, and S. S. Kim. *J. Korean Fiber, Soc.*, **34**, 16(1997).
2. P. K. Pak, H. W. Kim, K. K. Na, S. S. Kim, M. C. Lee, and C. J. Park, *J. Korean Fiber, Soc.*, **36**, 936(1998).
3. H. H. Cho and K. H. Kim, *J. Korean Fiber Soc.*, **35**. 263(1998).
4. M. Farber, *Am. Dyestuff Ropt.*, **55**, 536(1966)
5. F. Fordemwalt, *Am. Dyestuff Rept.*, **54**, 107(1965).
6. C. D. Shah and D. K. Jain, *J. Text. Res.*, **53**, 274(1983).
7. F. Sundardi, *J. Appl. Polym. Sci.*, **22**, 3163(1978).
8. F. O. Stark, J. R. Falender, and A. P. Wright, "Comprehensive Organometallic Chemistry" , Chapter 9.3, 305(1982).
9. M. J. Owen and T. C. Kendrick, *Macromolecules*, **3**, 458(1970).
10. D. W. Scott, *J. Amer. Chem. Soc.*, **68**, 2294(1946).
11. J. E. McGrath et al., "Initiation of Polymerization" , F. E. Bailey, Jr., ed., "ACS Symposium Series" , No. 212, P. 145(1983).
12. C. S. yoon, D. S. Ji, and J. R. Han., *P. Korean Textile Conference.*, **34**, 83(2001).