

폴리프로필렌 스플리트사의 제조와 이를 이용해 제조한 제직포의 인장특성 평가

박태영

호원대학교 의상디자인학과

A Study on the Manufacture of Polypropylene Split Yarn and Tensile Property of Its Woven Fabric

Tae Young Park

Department of Apparel Design, Howon University, Kunsan, Korea

1. 서 론

폴리프로필렌(PP) 필름사는 크게 스플리트사(split yarn)는 슬리트사(slit yarn)로 구분된다. 이러한 PP 필름사의 제조공정은 필름압출과 연신공정이 연속적으로 이루어져 있으며 고도로 연신되고 가공되기 때문에 전형적인 멀티필라멘트사 제조공정과 비교하여 압출공정이 간단하고 소규모로도 가능하므로 경제적이다 할 수 있다[1-3]. 스플리트사는 슬리트사 제조공정에서 연신과정에 새로이 해섬장치를 부착하여 기계적으로 슬리트된 필름사를 일정한 기하학적 구조로 미세화하여 제조한다[2]. 이 해섬장치는 커팅드럼 또는 핀로울러와 같은 형태로 구성되어 있으며 커팅드럼 형태가 일반적으로 사용되어 왔다. 슬리트 필름사를 이용하여 제직한 PP 제직포에 관한 연구[4,5]에 의하면, 사폭이 좁고 기존 필름사보다 초기강성률이 낮은 고데니어 필름사를 제직포에 사용하면 고강력 제직포의 제직이 가능하나 워터제트직기를 사용할 때는 펌프용량으로 인해 고데니어 위사의 위입한계가 있음을 지적한 바 있다. 따라서, 슬리트사보다 부드러운 스플리트사를 사용하면 위입한계에 해당하는 스플리트사의 섬도를 증가시킬 수 있는 점과 슬리트사보다는 향상된 고강력 제직포를 생산할 수 있다. PP 슬리트사 제조와 이를 이용해 제조한 제직포에 관한 연구는 일부 진행된 바 있지만, 1970년대 초에 생산되기 시작한 스플리트사와 그 제직포는 오래 전에 개발되었지만 이에 대한 기초연구[2]는 거의 없다.

따라서, 본 연구에서는 고강력 제직포 생산에 적합하도록 슬리트사 제조공정에 해섬장치(커팅드럼 형태)를 부착하여 부드럽고 균일한 구조의 고데니어 스플리트사를 제조하였다. 이는 위사의 위입효과를 향상시켜 워터제트직기를 통한 고강력 PP 제직포를 제조할 수 있다. 이러한 고강력 제직포는 현재 물류용 백이나 지오텍스타일, 카페트기재 용도로 사용이 가능하며 스플리트 필름사 자체로는 PP 고강력 재봉사 용도로도 전개가 가능한 것으로 평가된다. 또한, 고강력 제직포인 경우에는 인장특성을 시험법인 KSK 0520법(그레브법)과 KSF 2124법(유효폭 5.0cm)과 보편화되기 시작하는 KSK 0753법(유효폭 20cm)을 통해 그 인장특성을 비교·분석하였다.

2. 실험

2.1 스플리트사와 제직포의 제조조건

본 실험에서 제조한 스플리트사는 용융지수 4.1인 폴리프로필렌(Daelim Poly PA-164[®])에 고밀도 폴리에틸렌(HDPE ; 대한유화 E308Y)을 3% 혼합하여 T다이를 통해 압출하였다. T다이의 압출온도는 243℃, 냉각수 온도는 30℃이하이며 연신비는 8.1로 고정하였다. 커팅드럼의 칼날 회전속도는 필름사의 사속보다도 약 3~3.5배 고속으로 회전하여 스플리트사를 제조하였다. PP 스플리트 제직포는 워터제트직기를 사용하였으며 위입속도는 위사의 굵기에 따라 500~650rpm으로 하였다. 스플리트사의 위입은 펌프용량(35ℓ)을 최대한 높였을 때, 8,000 De 위사까지 사용이 가능한 것으로 나타나 슬리트 필름사보다도 위입효과가 우수한 것으로 나타났다. 제직포의 조직은 평직으로 제조하였다.

2.2 인장특성 평가

스플리트사의 섬도는 KSK 0416의 타래법을 적용하여 측정하였으며 인장특성은 KSK 0409법(외올법)으로 평가하였다. 또한, 제직포의 인장특성은 KSK 0520법(그래브법)과 KSF 2124법(유효폭 5.0cm) 및 KSK 0753법(유효폭 20cm)으로 비교분석하였다. 제직포의 구조는 주사전자현미경(SEM)을 통해 촬영하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 스플리트사 제조장치

스플리트사 제조공정은 슬리트사 제조공정과 거의 동일하나 커팅드럼이 설치되어 있는 것이 특징이다. 본 연구에서는 해섬장치인 커팅드럼을 연신공정 중간에 설치하였다. 커팅드럼은 그 축과 평행하게 36열로 각각 칼날을 배열하였으며 각 열에 배치된 칼날은 0.8mm 간격으로 일정하게 배열되어 있지만 제조되는 스플리트사의 사축방향으로 볼 때 전체적인 칼날은 나선방향으로 구성하였다. 커팅드럼의 칼날 회전속도는 연신부를 통과하는 필름사의 사속보다도 고속으로 회전하여야 필름사를 균일하게 스플리트할 수 있다.

3.2 필름사의 인장특성

Figure 1은 PP 스플리트사의 절단하중을 나타낸 것으로 섬도가 증가할수록 선형적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 인장강도는 3.2~3.5g/d 범위를 나타내었으며 6,000 De에서는 그 증가폭이 약간 감소하였다. 그러나, PP 원료 메이커에 따라서는 차이가 심한 것으로 평가되었는데 H사와 S사의 PP 원료로 압출된 스플리트사는 15~20% 정도 인장강도가 감소하는 것으로 나타나 최종제품의 용도에 따라 원료선정시 주의가 필요한 것으로 보인다. Figure 2는 스플리트사 변형률을 나타낸 것으로 11~14% 범위로 동일한 섬도의 슬리트사[4,5]에 비해 적게 나타났다. 이는 일부 저신도(절단신도)가 요구되는 지반보강용 지오택스타일 용도에는 유리한 것으로 평가된다.

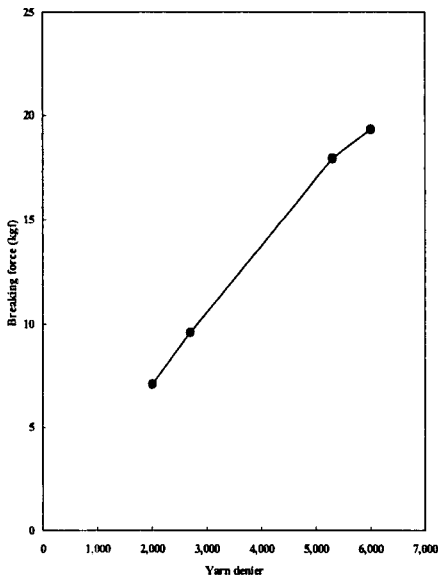


Figure 1. Effect of yarn denier on breaking force of polypropylene split yarn.

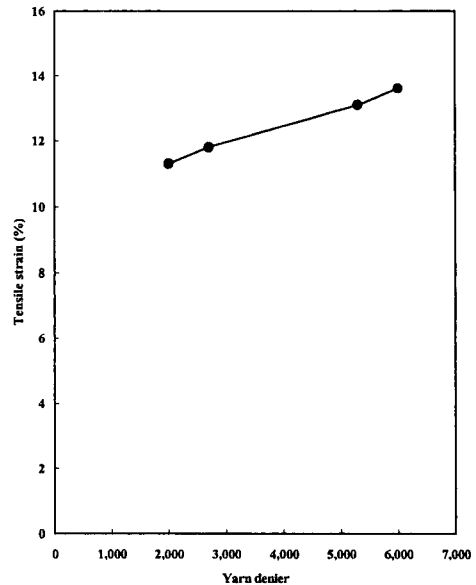


Figure 2. Effect of yarn denier on tensile strain of polypropylene split yarn.

3.3 제직포의 인장특성

Table 1은 PP 제직포의 제직설계인자를 나타낸 것으로 인장시험법에 따른 인장특성 결과치를 함께 나타내었다. 제직설계인자인 스플리트사의 데니어와 인치당 경·위사 밀도는 현재 일반화된 인장강도 KSK 0520(그래브법)을 기준으로 5t/m이하가 요구되는 물류용백과 5~15t/m이 요구되는 지오텍스타일을 기준으로 선정하였다. 현장 적용시 로트관리와 제직조건을 용이하게 하기 위해 스플리트사 섬도를 단순화하였다. 전반적으로 경사방향의 인장강도가 위사방향에 비해 낮게 나타났으며 PP 슬리트사 제직포에 비해 경사방향의 인장강도 감소폭은 위사방향보다도 크다. 이는 경사로 사용된 스플리트사가 위사에 비해 종광과 바디살의 마찰, 경사상호간 마찰 등으로 인해 제직과정에서 손상이 크다고 볼 수 있다.

Table 1. Desin factors and tensile properties of PP woven fabric in different test methods

Sample	Threads/in (Warp×Weft)	Tensile Strength(t/m)						Tensile Strain(%)						Remarks(De) (Warp×Weft)
		KSK 0520		KSF 2124		KSK 0753		KSK 0520		KSF 2124		KSK 0753		
		MD	CD	MD	CD	MD	CD	MD	CD	MD	CD	MD	CD	
A	12.5×12.5	5.1	5.3	3.2	3.6	3.2	3.8	14.1	15.1	14.0	14.2	14.0	14.8	2,100×2,100
B	12.5×12.5	7.2	7.3	5.1	5.3	5.4	5.5	16.0	16.1	15.2	15.6	15.1	16.3	2,700×2,700
C	10×10	10.2	10.9	7.2	7.4	7.3	7.6	18.8	19.3	16.1	16.1	18.7	19.5	5,300×5,300
D	10×10	15.1	16.1	10.2	10.6	10.4	10.6	24.4	24.9	18.9	20.5	22.0	22.5	6,000×6,000

인장특성 시험법에 따른 결과로는 그래브법으로 측정된 인장강도가 가장 크다. 조우에 파지되는 유효폭이 가장 큰 광폭스트립법인 KSK 0753으로 나타난 인장강도가 KSF 2124법과 약간 높은 값을 나타내어 유효폭이 증가할수록 제직포의 인장강도는 감소한다는 Myles 연구[6]와는 다소 차이가 있다. 한편, 고강력 제직포의 제조가 목적이려면 경사는 슬리트사, 위사는 스플리트를 사용하는 것도 바람직한 방법이라고 생각된다. PP 제직포의 절단시 변형률에서는 경사방향의 변형률이 위사방향에 비해 낮게 나타나 경사로 사용된 스플리트사가 제직과정에서 위사에 비해 손상이 크다고 볼 수 있다. 전반적으로 변형률은 KSK 0520(그래브법) > KSK 0753 > KSF 2124법 순으로 낮아졌다. 이러한 PP 제직포의 인장특성은 시편 파지방법과 게이지 길이의 증가에 따른 원인으로 평가된다. 인장강도와 변형률 측정에서 광폭스트립법이 KSF 2124법에 비해 크게 나타난 것은 시편크기에 비해 시편채취시 절단부 주위에 대한 스플리트사 절단빈도수가 다소 적게 나타났기 때문으로 보여진다. 한편, 스플리트사는 부드럽고 균일한 구조이기 때문에 제직과정에서 위입효과가 크게 향상되었다. 그 결과로 위사방향의 직단현상을 현저히 감소되었으며 제직효율은 약 2% 향상된 것으로 평가되었다.

4. 결론

본 연구에서는 고강력 재봉사와 물류용백, 지오텍스타일 및 카펫기재 용도로 사용이 가능하도록 고데니어 스플리트사와 이를 사용한 PP 제직포를 제조한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 해섬장치인 커팅드럼은 연신공정 중간에 설치하여 스플리트사를 제조하였으며 필름사를 균일하게 스플리트할 수 있도록 커팅드럼의 칼날속도는 필름사의 사속보다 3.5배 고속으로 회전하였다.
2. PP 스플리트사는 사축방향을 기준으로 줄기와 가지가 사선방향으로 구성되어 있어 위사로 사용될 경우, 스플리트사는 슬리트사에 비해 워터젯 직기에서 위입효과가 우수하다.
3. 스플리트사의 절단하중은 섬도가 증가할수록 선형적으로 증가하며 6,000 De에서는 그 증가폭이 약간 감소하였다. 인장강도는 3.2~3.5g/d 범위를 나타내었으며 원료메이커에 따라서는 차이가 나는 것으로 평가되었다. 절단시 변형률을 나타낸 것으로 11~14% 범위로 동일한 섬도의 슬리트사에 비해 적게 나타났다.

4. PP 제직포의 경사방향에 대한 인장강도는 위사방향에 비해 낮게 나타났다. 또한, 스플리트사의 인장강도가 슬리트사와 동일함에도 불구하고 전반적으로 슬리트사로 제조한 PP 제직포와 비교하여 인장강도가 낮게 나타났으며 특히, PP 슬리트사 제직포에 비해 경사방향의 인장강도 감소폭은 위사방향보다도 크다.

5. 인장특성 시험법에 따른 결과에서 인장강도와 변형률은 KSK 0520(그래브법) > KSK 0753 > KSF 2124법 순으로 나타났다.

참고문헌

1. A. Sen, V.B. Gupta, and A.K. Sengupta, "False-Twist Textured Polyethylene Terephthalate Slit Film Yarn", *Text. Res. J.*, **52**, pp.710-713(1982).
2. M. M. Schoppee and W.H. Poisson, "The Geometry of Ordered Split-Film Networks", *Text. Res. J.*, **52**, pp.862-869(1974).
3. E. P. Moore, Jr., "Polypropylene Handbook", pp.349-358, Hanser/Gardner Publications, Inc., Ohio, 1996.
4. T. Y. Park, "A Study on the Manufacturing and Tensile Property of Woven Geotextile from Polypropylene Slit Film Yarns", *J. Korean Fiber Soc.*, **38**, pp.523-531(2001).
5. T. Y. Park, "A Study on the Manufacturing and Property of High-Strength Polypropylene Woven Geotextile", *J. Korean Fiber Soc.*, **39**, pp.698-705(2002).
6. B. Myles and I. G. Carswell, " Tensile Testing of Geotextiles", proceedings of the 3rd International Conference on Geotextiles, pp.713-718, Vienna, 1986.