

MJS사에서 폴리에스터/레이온 소재와

폴리에스터/면 소재의 물성 비교

1. 서 언

비원형 단면의 섬유로 만든 MJS사는 비강도, 마모강도, 탄성 회복률 등의 특성에서 원형 단면 섬유의 MJS사에 비해 그다지 좋은 특성을 나타내지 못한다. 더군다나 실의 잔털량에서는 원형 단면 섬유사인 경우에 더욱 심각한 문제이다. MJS사는 폴리에스터의 혼방률이 높거나 방출 속도가 낮을 때 만족할 만한 잔털량 범위 안에 있는 실을 생산할 수 있다.

삼각 단면의 섬유로 만든 실은 원형 단면의 섬유로 만든 실보다 더 적은 랩/cm, 더 적은 래퍼 섬유, 더 작은 나선각, 더 큰 나선 직경을 나타낸다. 혼방 과정에서 폴리에스터 섬유의 비율과 방출 속도가 증가할수록 이러한 요인들도 함께 커지게 된다.

섬유제품에 대한 수요가 꾸준히 증가함에 따라서 방적사의 생산량을 증대시켜야 할 필요성은 급격히 증가하고 있다. 이러한 시장 경향에 보다 신속히 대처하기 위해 방적공장에서는 현대 기술에 의존하고 있다. 최근 몇 년 동안 에어젯(air-jet) 정방은 다른 정방 시스템에 비해 그 중요성이 커지고 있다. 에어젯 방적사의 경우, 최근 두드러지게 높은 성장 속에 에어젯 방적사의 구조와 특성간의 연관성을 확립하는데 목적을 둔 연구가 상당히 늘어가고 있다. 에어젯 정방에 관한 중요 문헌들을 종합적으로 목록화한 자료는 1999년 Textile Progress에 게재된 바 있다. 드물게 제직용 에어젯 방적사에 대처하기 위한 참고 문헌은 있었으나, 지금까지 섬유의 단면 형태가 실의 특성에 어떤 영향을 주고 있는지를 다룬 것은 없었다.

여기에서는 섬유 단면과 방출 속도에 따른 폴리에스터/레이온과 폴리에스터/면 소재의 링방적사와 MJS사의 구조적이고 특징적인 변동을 고찰해 보고자 한다.

이러한 시도의 대부분은 공장에서 대규모로 이루어지고, 이들 실의 품질 특성에 변동을 줄 수 있는 메커니즘을 충분한 고찰해 볼 수 없기 때문에, 이와 같은 상세한 정보는 어떤 지침을 확립하는데 필수적이다.

2. 시험 방법에 대한 고찰

네 세트의 16.8tex 실을 160~200m/min의 방출 속도로 링 정방과 에어젯 정방 시스템에서 폴리에스터/레이온과 폴리에스터/면 섬유의 두 가지 혼용 소재를 생산하였다.

원면으로 Shankar-4 면이 사용되었는데, 규격은 2.5% 스패 길이(span length) 3.5mm, 섬도 1.52dtex, 성숙도 0.97, 비강도 30.5cN/tex, 인장 신도 6.30%이었다.

<표 1> 폴리에스터와 비스코스 레이온 섬유의 규격

섬유	섬유 단면	섬유장 mm	선밀도 dtex	인장강도 cN/tex	인장신도 %	마찰계수	
						섬유와 섬유 μ_{ff}	섬유와 금속 μ_{fm}
폴리에스터	원형단면	44	2.22	45.02	29.2	0.399	0.161
폴리에스터	삼각단면	44	2.22	40.61	30.0	0.424	0.165
레이온	-	44	1.66	24.24	18.5	-	-

폴리에스터와 레이온 섬유의 규격은 <표 1>에 나타나 있다. 폴리에스터와 레이온 섬유를 혼합하기 위해 각각의 두 성분을 손으로 잘 개섬시켜 균일하게 혼합하였다. 그러나 폴리에스터/면사에 대해서는 개면 단계에서 정소면

(combed cotton)과 폴리에스터를 혼합하였다. 폴리에스터의 비율은 실에서 궁극적으로 요구하는 비율보다 낮은 약 1.2%로 유지되었다. 원형 단면과 삼각 단면의 두 가지 다른 형태의 폴리에스터 섬유가 사용되었다.

이들 섬유는 MMC 소면기와 Lakshmi Rieter DO/2S 연조기에서 처리하여 최종 연조 슬라이버를 만들었다. 카드 슬라이버에 대해 연조 2회 처리로 최종 방출되어 나온 연조 슬라이버는 2.8dtex가 되었다. 이 연조 슬라이버를 가지고 Murata 802 MJS 에어젯 정방기(spinner)에서 실로 방출하였다. MJS사를 방출하는데 사용된 기기 인자들은 리본폭 4mm, 분사젯 압력(injector jet pressure) 3.0kgf/cm², 가연젯압력(twisting jet pressure) 4.5kgf/cm² 이었다.

링방적사에서는 이 연조 슬라이버를 가지고 1.5hank의 로빙을 만든 후, 스핀들 속도 15,000 rpm의 Lakshmi Rieter 정방기 G 5/1에서 실로 방출하였다. 실로 방출하기에 앞서 소량의 착색 섬유를 혼섬 과정에서 원섬유(grey fiber)에 첨가 하였고, 그 로트는 정상적인 방식으로 실로 방출하였다. 그런 다음, 방출된 실을 구성 섬유와 같은 굴절률을 가지는 용액에 침지시켰고, 착색 섬유는 영상분석기를 통해 쉽게 관찰될 수 있었다. 실의 구조적 요인 즉, 래퍼 섬유, 랩/cm, 나선각과 나선 직경들은 Leica Q500 MC 영상분석기를 사용해서 시스 섬유(sheath fiber)들을 관찰하였다. 각각의 시료별로 두 끝이 화면에 나타나는 80개의 실들을 관찰하였다. 또한 이들 실을 가지고 ASTM 규격에 따라서 인장신도, 굽힘 강성률과 링루프법에 의한 탄성 회복률, 마모 강도와 Zweigle 잔털량 시험기에 의한 잔털량을 시험하였다.

3. 시험 결과와 검토

삼각 단면의 폴리에스터 섬유를 사용한 실은 원형 단면의 폴리에스터 섬유를 사용한 실보다 랩/cm이 더 적다는 것을 <표 2>에서 보여주고 있다. 더

적은 랩을 나타내는 분명한 이유는 삼각 단면의 폴리에스터 섬유인 경우 섬유간(fiber to fiber)의 마찰력이 높기 때문에 드래프트 과정에서 변부 섬유의 이탈 작용을 억제하고 이로 인해 후속 단계에서 래퍼 섬유의 형성을 방해하기 때문이다. 삼각 단면의 폴리에스터 섬유는 굽힘 강성률이 높아 래퍼 섬유의 형성을 감소시킨다. 대체로 폴리에스터 섬유의 혼방률이 증가할수록 그리고 방출 속도가 160에서 200m/min로 증가할 때 랩/cm도 함께 증가한다. 다른 한편 불충분한 래핑으로 적은 랩을 얻게 되는 면섬유의 경우 높은 굽힘 강성률과 짧은 섬유장 때문에 폴리에스터/면사는 폴리에스터/레이온사보다 더 적은 랩/cm를 나타낸다. 또한 래퍼 섬유는 구성 섬유의 단면에 따라서 상당히 달라진다.

<표 2> MJS사의 구조적 요인에 따른 섬유 단면과 방출 속도의 영향

섬유형태	섬유단면	랩/cm			래퍼섬유/100 cm			나선각, deg			나선직경, x 10 ⁻³ cm		
		160 ^a	180 ^a	200 ^a	160 ^a	180 ^a	200 ^a	160 ^a	180 ^a	200 ^a	160 ^a	180 ^a	200 ^a
폴리에스터/ 레이온(65:35)	원형단면	9.95	11.07	12.40	8	11	15	39.3	42.0	45.8	149.9	145.0	144.0
	삼각단면	8.20	8.45	11.04	6	9	12	38.2	39.6	43.4	148.3	144.7	141.3
폴리에스터/ 레이온(48:52)	원형단면	9.92	10.09	11.90	8	9	14	37.0	38.7	42.0	148.9	144.8	143.2
	삼각단면	7.10	7.79	8.48	5	8	11	36.5	38.8	40.4	145.3	140.8	140.3
폴리에스터/ 면(65:35)	원형단면	8.69	10.10	11.40	6	9	11	36.0	38.2	40.8	141.1	138.3	137.9
	삼각단면	6.79	8.30	8.99	5	8	9	33.2	37.5	39.0	139.9	137.0	135.8
폴리에스터/ 면(48:52)	원형단면	8.54	8.85	9.63	5	8	12	35.0	37.8	39.8	138.0	136.5	134.8
	삼각단면	6.50	7.52	7.94	4	6	10	32.0	33.8	38.8	135.0	131.1	130.9

^a 방출 속도, m/min

<표 2>에서 보는 바와 같이 삼각 단면의 섬유는 래퍼 섬유가 적다. 이러한 변화는 원칙적으로 가장자리에 위치하여 래퍼 섬유의 형성을 관장하는 섬유들의 발생률이 감소한 것과 틀림없이 관련있다. 게다가 래퍼 섬유의 발생률

은 폴리에스터/면사보다 폴리에스터/레이온에서 훨씬 더 많고, 폴리에스터의 혼방률이 증가할수록 이에 따라 증가한다. 이미 언급한 대로 구성 섬유들의 굽힘 강성률간의 차이는 래퍼 섬유의 변동과 관계있다. 매우 분명한 것은 래퍼 섬유의 수는 방출 속도가 높아질수록 훨씬 많아진다.

3.1. 나선각(helix angle)의 영향

폴리에스터/레이온 혼방사는 폴리에스터/면 혼방사와 비교하여 그 밖의 조건들이 동일한 경우에도 훨씬 더 작은 나선각을 나타낸다. 이러한 경향은 래퍼 섬유의 발생률이 높은 폴리에스터/레이온 혼방에서 변부 섬유의 이탈 작용이 더 원활하였기 때문이다. 삼각 단면의 폴리에스터 섬유를 사용하면 나선각은 감소하는 경향이 있다. 높은 굽힘 강성률 때문에 삼각 단면은 코어 주위를 감싸기 위해 더 큰 비틀림이 요구된다. 방출 속도 또한 많은 래퍼 섬유가 형성되는 만큼 나선각을 더 크게 변화시킨다. <표 2>에서 공정 인자가 나선 직경에 미치는 영향을 나타내고 있다. 예상한 바와 같이 나선 직경은 비원형 단면 폴리에스터 섬유를 사용한 실에서 더 크고, 폴리에스터 혼방률이 48%에서 65%로 증가함에 따라 함께 증가한다. 게다가 섬유 조성이 다른 실들 간의 비교를 통해 섬유 강연성이 나선 직경에 미치는 영향을 확인하였다. 폴리에스터/레이온과 폴리에스터/면사 모두 생산 속도가 증가함에 따라 나선 직경은 급격하게 감소한다. 생산 속도는 구조적으로 래핑을 방해하고 이로 인해 래퍼 섬유는 코어 주위를 더욱 단단하게 감싸게 된다.

3.2. 다섯 가지 시험 요인들

실의 특성에 대한 다섯 가지 시험 요인 즉, 섬유 단면, 섬유 혼합, 폴리에스터 함유률, 방출 방식, 방출 속도들이 주는 영향을 신뢰 수준 99%에서

ANOVA분석으로 평가되었다<표 3>.

<표 3> ANOVA 시험 결과

공정 변수	비강도	인장 신도	마모 강도	굽힘 강성률	탄성 회복률	잔털량
A	s	s	s	s	s	s
B	s	s	s	s	s	s
C	s	s	s	s	s	-
D	s	s	s	s	s	s
E	s	s	s	s	s	s

s - 신뢰구간 99 %에서 유의함

A - 정방 방식, B - 섬유 혼합, C - 폴리에스터 혼방률, D - 섬유 단면, E - 방출 속도

<표 4>는 인장 강도 결과를 나타내고 있다. 예상했던 대로 링방적사는 섬유 단면, 실의 조성, 방출 속도에 따라서 MJS사보다 강력이 약 19.8~31%정도 더 크다. 그러나 링방적사와 MJS사의 두 경우 모두 섬유 혼방에서 폴리에스터 비율이 48%에서 65%로 증가함에 따라 비강도도 증가하였다. 섬유 단면이 주는 영향을 보면, 예상한 경향대로 비원형 단면의 경우 아마도 삼각 단면 섬유로 만든 실이 비강도와 패킹 밀도가 낮기 때문에 낮은 단사강도 값을 나타냈다. 방출 속도가 증가하면 MJS사의 비강도는 향상된다. 게다가 비강도 지수는 예상대로 폴리에스터/레이온사보다 폴리에스터/면사에서 상당히 더 낮았다. 폴리에스터/레이온과 폴리에스터/면 소재의 링방적사에서 인장 신도는 공정 인자에 따라서 6.5%에서 10.98%로 변하였다. 폴리에스터/레이온과 폴리에스터/면 MJS사에서는 인장 신도가 각각 8.75%에서 9.58%와 5.43%에서 7.02%로 변하였다.

방출 속도가 주는 영향은 사 비강도에서와 같이 비슷하게 나타났다. <표

4>와 같이 인장 신도는 삼각 단면의 폴리에스터 섬유로 만든 실에서 상당히 높고 섬유 조성에서 폴리에스터 함유율이 증가할수록 커진다. MJS사의 인장 강도 거동은 섬유간 결속을 해주는 래퍼 섬유에 좌우되기 때문에 래퍼 섬유의 형성은 섬유 인자들, 섬유 혼합의 강연도, 공정의 변수 등에 의해 대부분 좌우되어지는 통합된 결과이다.

<표 4> 폴리에스터/레이온과 폴리에스터/면 링 방적사와 MJS사의 비강도, 인장신도, 마모강도, 굽힘 강성률에 대한 섬유 단면과 방출속도의 영향

섬유 형태	섬유 단면	비강도, g/tex				인장 신도, %				마모 강도, 회				굽힘 강성률, dynes/cm			
		원사	MJS사			면	MJS사			면	MJS사			원사	MJS사		
			160°	180°	200°		160°	180°	200°		160°	180°	200°		160°	180°	200°
폴리에스터 / 레이온(65:35)	원형 단면	20.95	16.50	15.72	17.26	9.79	8.65	8.90	9.47	1078	854	880	964	1.10	2.60	2.68	2.61
	삼각 단면	20.15	14.25	14.55	14.90	10.98	8.96	9.07	9.58	610	418	455	568	1.25	2.40	2.42	2.61
폴리에스터 / 레이온(48:52)	원형 단면	20.11	15.83	16.20	16.87	9.24	8.57	8.87	9.05	634	492	535	589	0.91	2.43	2.56	2.61
	삼각 단면	18.76	13.33	13.52	13.85	9.38	8.65	8.98	9.20	450	6321	337	374	1.05	2.22	2.26	2.47
폴리에스터 / 면 (65:35)	원형 단면	18.58	15.47	15.87	16.20	7.22	6.56	6.60	6.72	545	310	325	343	1.20	2.50	2.58	2.65
	삼각 단면	18.29	13.45	13.68	13.89	7.45	6.67	6.84	7.02	420	190	225	278	1.39	2.33	2.40	2.49
폴리에스터 / 면 (48:52)	원형 단면	17.03	13.88	14.05	14.35	6.50	5.43	5.64	5.79	460	205	256	338	1.08	2.32	2.35	2.39
	삼각 단면	16.87	12.87	12.99	13.20	6.85	5.69	5.78	5.84	252	146	180	198	1.15	2.12	2.20	2.29

△ 방출 속도, m/min

3.3. 방출 속도의 영향

일반적으로 MJS사는 마모 시험 과정에서 높은 장력을 받기 때문에 링방적 사보다 마모 저항성이 더 떨어졌다. 이것은 적은 수의 래퍼 섬유들이 조기에 절단되어 코어 섬유가 노출됨으로써 마모 저항의 저하를 초래하기 때문이다. MJS사에서 폴리에스터/면사의 경우 마모 저항이 낮았고, 폴리에스터/레이온 혼방의 실에서는 높은 값을 보였다<표 4>.

폴리에스터와 혼방한 레이온과 면섬유들이 다른 양의 래퍼를 생산하는 것으로 관찰된 경향들을 설명하고 있다. 방출 속도가 높을수록 마모 저항성은

좋아지게 된다. 이것에 대한 분명한 이유는 실의 코어를 감싸고 있는 래퍼 섬유 수가 증가함으로 인해 마모 저항성이 좋아지기 때문이다. 더욱 분명한 것은 MJS사의 마모 저항성은 원형 단면의 섬유로 만든 실에서 훨씬 더 좋다. 원형 단면 폴리에스터 섬유의 경우 섬유와 금속간의(fiber to metal) 마찰력이 낮기 때문에 마모되는 섬유 표면으로부터 마찰력의 전달 효력을 감소시킨다. 이는 마모를 저하시키고 이로 인해 마모 저항성이 향상된다. 게다가, 원형 단면 폴리에스터 섬유는 섬유간의(fiber to fiber) 낮은 마찰력으로 인해 효과적으로 코어를 감싸고 있어 섬유 파손을 지연시키는 래퍼 섬유를 더 많이 생산하도록 돕는다.

3.4. 굽힘 강성률

<표 4>에 제시한 대로 굽힘 강성률은 MSJ사에서 훨씬 높고 폴리에스터 함유율이 증가함에 따라 함께 증가한다. 비록 면섬유가 레이온보다 더 단단할지라도, 굽힘 강성률 값은 동일한 공정 조건에서 방출한 폴리에스터/면사보다 폴리에스터/레이온 MJS사에서 훨씬 더 높게 나타나고 있다.

폴리에스터/레이온 혼방사에서 래퍼 섬유의 높은 발생률은 높은 굽힘 강성률에 영향을 준다. 섬유 단면과 관련하여 굽힘 강성률은 링방적사와 MJS사에 대해 분명한 경향을 나타내고 있다. 링방적사의 경우에 굽힘 강성률은 삼각 단면의 폴리에스터 섬유에서 더 높다. 그러나 MJS사의 경우 높은 굽힘 강성률은 원형 단면 폴리에스터 섬유에 해당하고, 낮은 굽힘 강성률은 비원형 단면 섬유에 해당한다. 원형 단면 폴리에스터사의 경우 결속하는 래퍼 섬유의 발생률이 높아 코어 섬유의 자유로운 움직임을 억제한다. 방출 속도는 실의 강성률을 조절하는 또 다른 주요한 요인이다. 그러므로 높은 방출 속도에서 래퍼 섬유가 많아지는 것은 그러한 문제를 완화시킬 수도 있기 때문에

방출 속도를 조심스럽게 선택하는 것이 필요하다.

3.5. 섬유 단면과 방출 속도

섬유 단면과 방출 속도가 탄성 회복률에 주는 영향을 <표 5>에 제시하였다. 실제로 링 방적사는 MJS사보다 탄성 회복률이 더 좋다는 것이 이 연구에서 확인되었다. 혼합에서 폴리에스터 혼방률이 높을수록 더 좋은 탄성 회복률을 얻을 수 있고, 이것은 폴리에스터 혼방률이 탄성 회복률에 직접적으로 영향을 주고 있음을 시사한다. 방출 속도를 증가 시키면 섬유 혼방과 관계없이 탄성 회복률을 현저하게 향상시킨다. 또한 혼합 조성은 실의 탄성 회복률을 결정하는데 중요한 역할을 하고 있음을 주목해야 한다. 이 시험에서 그 데이터를 보면 폴리에스터/레이온사가 폴리에스터/면사보다 탄성 회복률이 더 좋다는 것을 명백하게 보여주고 있다. 더 긴 섬유장과 낮은 굵힘 강성 덕분에 레이온 섬유는 구조를 강화시키기 위해 더 많은 래퍼를 생산하는 것을 돕는다. 또 레이온 섬유의 높은 인장 신도는 더 좋은 회복률을 가능하게 한다. 게다가 항상 원형 단면에 비해 삼각 단면 폴리에스터 섬유에서 더 낮은 탄성 회복률 값을 갖게 된다. 실의 조기 절단을 초래하는 낮은 실의 패킹밀도는 탄성 회복률에 분명히 나쁜 영향을 주는 요인이다.

3.6. 잔털량

잔털량 결과는 <표 5>에 나타나 있다. 일반적으로 MJS사는 래퍼 섬유가 실의 몸체에서 섬유가 돌출하는 것을 억제하기 때문에 링방적사보다 잔털량이 적다. 폴리에스터/면사와 폴리에스터/레이온사 중에 전자는 굵힘 강성률이 더 크고 면의 섬유장 변동으로 인해 상대적으로 잔털이 더 많다. 다른 한편으로는 비원형 단면의 폴리에스터 섬유를 사용한 실은 원형 단면을 사용한

경우보다 짧고 긴 잔털들이 적다. 섬유 조성 and 생산 속도 역시 잔털량에 상당한 영향을 주고 있다. 폴리에스터의 비율이 증가하면서 동시에 생산 속도가 감소할 때, 짧고 긴 잔털 모두 현저하게 감소한다. 이러한 감소는 위에서 언급한 요인들에 의한 것이다.

<표 5> 폴리에스터/레이온과 폴리에스터/면 링 방적사와 MJS사의 탄성 회복률과 잔털량에 대한 섬유 단면과 방출 속도의 영향

섬유 형태	섬유 단면	탄성 회복률, %			잔털량 / 10cm												
		링 방적사	MJS사			링 방적사			MJS사								
			160°	180°	200°	1mm	2mm	3mm	160°			180°			200°		
									1mm	2mm	3mm	1mm	2mm	3mm	1mm	2mm	3mm
폴리에스터 / 레이온(65:35)	원형 단면	67.7	42.6	43.9	45.3	651	79	19	335	28	3	348	31	4	358	35	9
	삼각 단면	65.0	36.5	37.0	39.2	625	68	13	269	15	2	322	25	4	335	31	5
폴리에스터 / 레이온(48:52)	원형 단면	64.0	38.8	40.3	42.3	674	89	34	349	30	4	366	47	6	383	51	10
	삼각 단면	62.4	35.0	36.8	38.5	645	85	22	267	14	3	310	29	5	380	49	9
폴리에스터 / 면 (65:35)	원형 단면	63.7	40.0	41.2	42.8	730	95	40	350	74	11	362	82	12	370	89	15
	삼각 단면	61.5	34.5	35.0	37.0	674	88	25	295	56	9	340	64	10	360	82	12
폴리에스터 / 면 (48:52)	원형 단면	59.6	32.0	35.8	40.2	873	126	51	382	76	12	390	88	14	402	96	17
	삼각 단면	58.2	30.8	33.0	35.0	775	102	38	389	42	10	358	50	12	378	88	14

a 방출 속도, m/min

4. 결론

폴리에스터/레이온 MJS사는 폴리에스터/면 MJS사보다 더 많은 래퍼 섬유와 램/cm, 더 큰 나선각과 더 큰 나선 직경을 나타내고 있다. 이러한 구조적 요인들은 폴리에스터 비율과 방출 속도 모두 증가했을 때 상승하는 관계를 보이고 있다. 다른 한편 비원형 섬유로 방출한 실은 래퍼 섬유와 램/mm는 적고, 나선 직경은 크게 나타나고 있다. 더욱이 MJS사는 링방적사보다 훨씬 약한 비강도, 적은 신도, 나쁜 마모 저항성, 높은 강성도, 나쁜 탄성 회복률 등을 나타내고 있다. 방출 속도가 높고 폴리에스터 함유율이 많으면 이러한 특성들은 현저히 증가하게 된다. 그러나 동일한 공정 조건에서 생산된 폴리

에스터/레이온사보다 폴리에스터/면사에서 이러한 증가는 현저하게 적어진다. 실의 품질에 관련해서 삼각 단면 섬유는 에어젯 정방에서 의미 있는 이점을 제공하지는 못한다. 일반적으로 삼각 단면을 사용한 실은 원형 단면 섬유를 사용한 실보다 대체로 강력은 더 약하고, 신장성은 더 크고, 덜 단단하고, 잔털이 적고, 나쁜 마모 저항성을 가지고, 나쁜 탄성 회복률을 갖고 있다. 그럼에도 불구하고 폴리에스터/레이온사는 폴리에스터/면사보다 더 강하고, 더 신장성이 있고, 더 단단하고, 더 좋은 마모 저항성을 가진다.

(Polyester-Viscose and Polyester-Cotton MJS yarns compared ; Textile Asia, 2006, No. 11)