

스판덱스와 실의 변수가

MVS 탄성코어 방적사의 물성에 미치는 영향

1. 서 론

코어 방적사는 “필라멘트 코어사가 스테이플 섬유로 감싸지는 구조로, 실로 사용하기에 적합한 구조”이다. 코어 방적사는 폴리에스터, 나일론, 폴리우레탄 및 카본 등과 같은 연속 필라멘트로 생산된다. 주요 제조 공정은 정방기에 필라멘트를 공급하고, 필라멘트를 스테이플 섬유로 피복하는 것이다.

보다 편안하고 편리하며 다양한 의류에 대한 소비자들의 요구가 변화함에 따라 섬유산업에서 탄성코어 방적사의 응용분야는 확대되어 왔다. 탄성코어 방적사는 코어로 스판덱스를 사용하고 스테이플 섬유로 피복된다. 스판덱스는 최소 85%의 세그먼트화된 폴리우레탄을 포함한 장쇄상 고분자 섬유로 만 들어지며, 신도와 탄성회복력이 우수하다. 스판덱스 코어 방적사는 다양한 종류의 스테이플 섬유를 표면섬유로 사용하여 다양한 특성으로 생산될 수 있으므로 직물 생산자들에게 폭 넓은 가능성을 제공한다.

탄성코어 방적사를 생산하기 위한 기본조건은 스판덱스를 정방기에 공급하기 전에 신장시키는 것이다. 이러한 작용때문에 응력이 제거되면 스판덱스의 수축으로 최종 방적사에 탄성이 부여되므로, 방적사의 피복은 조밀하고 벌크하다. 탄성코어 방적사는 비탄성인 피복사의 신장 한계점에서 신장될 수 있으므로, 탄성코어 방적사는 신장에 대해 더 견딜 수 있다.

탄성코어 방적사를 생산하는 가장 일반적인 방법은 링정방기를 개조한 코어 정방이지만, 다른 종류의 정방기 예를 들어, 로터정방기와 MVS정방기를 개조하여 생산할 수도 있다.

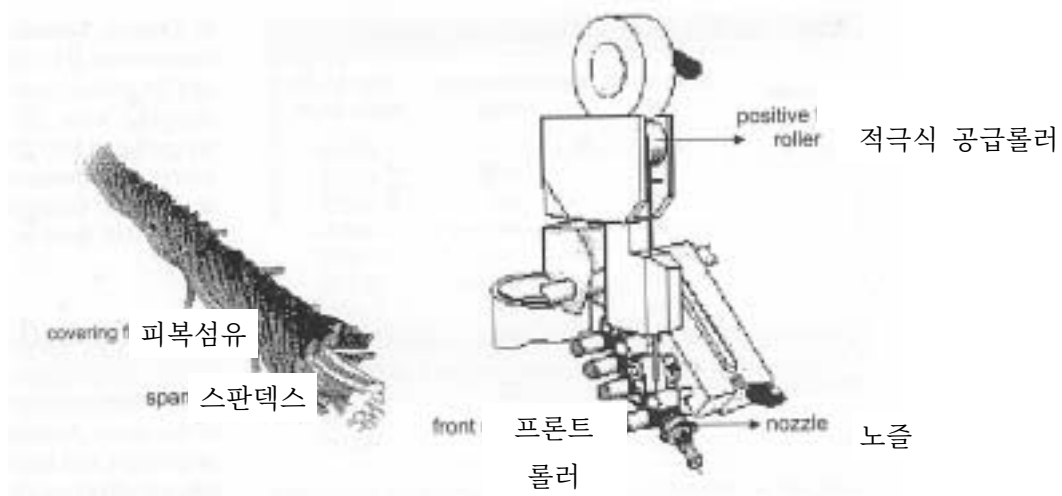
MVS정방은 초고속으로 100% 면섬유 방적을 할 수 있기 때문에 방적사 생산업자들의 관심을 빠르게 끌었다. MVS정방의 속도는 최대 400 m/min으로, 링정방 보다 15~20배 빠르고, 로터정방 보다는 2~3배 빠르다.

MVS정방에서 드래프트된 섬유들은 에어젯 노즐 입구의 스파이럴 오리피스(spiral orifice)로 공급된다. 이 단계에서 섬유들은 소용돌이치는 기류에 의해 꼬임이 부여된다. 이 꼬임 거동은 위쪽으로 향하는 경향이 있다. 오리피스에서 돌출된 니들이 위쪽으로 향하는 꼬임 거동을 막아주므로, 섬유들이 프론트 롤러의 닙 라인에서 벗어날 때 상단 부분의 섬유들 중 일부는 개면 상태를 유지한다. 섬유들이 오리피스를 통과한 후, 에어젯 기류의 소용돌이 힘과 고정식 중공 스펀들에서의 꼬임에 의해 섬유 상단 부분은 퍼지기 시작한다. 스펀들에서 꼬임이 부여된 섬유들은 섬유 코어 주위로 소용돌이 쳐지고, 중공 스펀들로 유입되면서 볼텍스사가 만들어 진다.

Tyagi 등은 폴리에스터-면 혼방 볼텍스사의 생산공정, 구조 및 물성에 대해 조사하였다. 이들은 MVS 정방기를 이용하여 코어 섬유의 비율을 약 50 ~ 60 %로 하고, 나머지 비율을 피복 섬유로 하는 볼텍스사를 제조하였다. 세 가지 종류의 섬유비율은 공정변수에 따랐다.

MVS정방기는 노터(knotter) 또는 스플라이서(splicer) 타입의 연결장치 및 볼텍스 탄성코어 방적사 생산을 위한 스판덱스 공급장치를 갖춰야 한다. <그림 1>은 MVS정방기와 스판덱스 공급장치로 생산된 탄성코어 방적사를 나타낸 것이다. <그림 1>에서 스판덱스와 드래프트된 스테이플 섬유가 드래프트 장치의 프론트 롤러 닙점에 함께 나와 있는 것을 볼 수 있다. 스판덱스 필라멘트 사는 적극식 공급 롤러와 드래프트 장치의 프론트 롤러 사이에서 신장 되었다. MVS 기계 제작자는 볼텍스 탄성코어 방적사 생산시, 실이 형성될 때 스판덱스에 꼬임이 들어가지 않도록 했다. 이 때문에 비트림 하중

(torsion load)에 매우 약한 스판덱스가 손상되지 않았고, 강력의 감소는 최소화 되었다. 한편 MVS는 원리적으로 코어의 스판덱스는 실의 중앙으로 이동하고 피복 섬유는 코어에 단단히 고정되는 경향이 있다. 코어가 피복 섬유에 의해 완전하게 피복되기 때문에 “코어가 없는 직물”이나 봉제 직물 제품에서의 문제가 감소되므로 직물 제품의 품질저하가 방지되었다.



<그림 1> 볼텍스 탄성코어 방적사와 스판덱스 공급장치

그 동안 볼텍스 탄성코어 방적사의 생산 시스템과 물성에 대한 연구는 없었다. 본고에서는 스판덱스의 변수가 볼텍스 탄성코어 방적사의 구조와 물성에 미치는 영향을 실험적으로 분석하였다.

2. 원료 및 시험방법

스판덱스와 실의 변수가 탄성코어 면방적사의 물성에 미치는 영향을 검토하기 위하여 스판덱스 공급장치가 부착된 볼텍스 정방기 MVS 810으로 12종의 실 샘플을 생산했다.

시험에 사용된 Manisa St1 원면의 특성은 다음과 같다: 마이크로네어 4.35, 50 % 스판섬유장 15.87 mm, 평균섬유장 24.70 mm, 균제도 51.39, 절단신도

5.11 %, 강력 29.49 g/tex

원면 베일은 동일한 혼타면기로 개면 및 정면 했다. Rieter C4 소면기의 생산속도는 30 kg/h 였다. 섬유의 배열과 슬라이버의 균제도 향상을 위해 연조공정을 3번 통과 시켰는데, Rieter SB851, Rieter RSB851 및 Rieter RSB D35 연조기를 각각 첫 번째, 두 번째, 세 번째 연조에 사용하였다. 연조공정을 3번 통과 시킨 후, 1.79 tex의 슬라이버를 MVS 810으로 이송시켰다. <표 1>은 실험 샘플과 공정변수의 목록을 나타낸 것이다. 약 200 g인 베이비 콘 10개를 실험 조건별로 준비했다. 또한 드럼간 변동을 피하기 위해 공정변수가 다른 실험 샘플들을 동일 드럼에서 방적하였다.

<표 1> 실험 코드별 공정변수

실험 코드	실험의 변수 (Ne)	스판텍스의 변수 (dtex)	총 드래프트/ 메인 드래프트
1	30	-	89/25
2	30	22	91/25
3	30	33	93/25
4	30	44	95/25
5	40	-	118/33
6	40	22	122/33
7	40	33	126/33
8	40	44	128/33
9	50	-	148/36
10	50	22	157/36
11	50	33	161/36
12	50	44	164/36

모든 실험 샘플은 다음 정방 조건에 따라 MVS 810 볼텍스 정방기로 생산했다: 노즐 송출 각도 70 °, 니들 홀더 타입 1P130d L79.3, 스펀들 내경 1.1 mm,

톱 롤러 게이지 34-34-48.5 mm, 보텀 롤러 게이지 34-34-44.5 mm, 스펀들과 프론트 롤러의 간격 18.5 mm, 딜리버리 속도 300m/min, 노즐 압력 5.5kgf/cm², 권취비 0.99, 공급비 1. 코어 필라멘트로 3가지 변수의 Lycra® 167M 스판덱스를 사용했고, 코어의 드래프트 비는 4로 하였다.

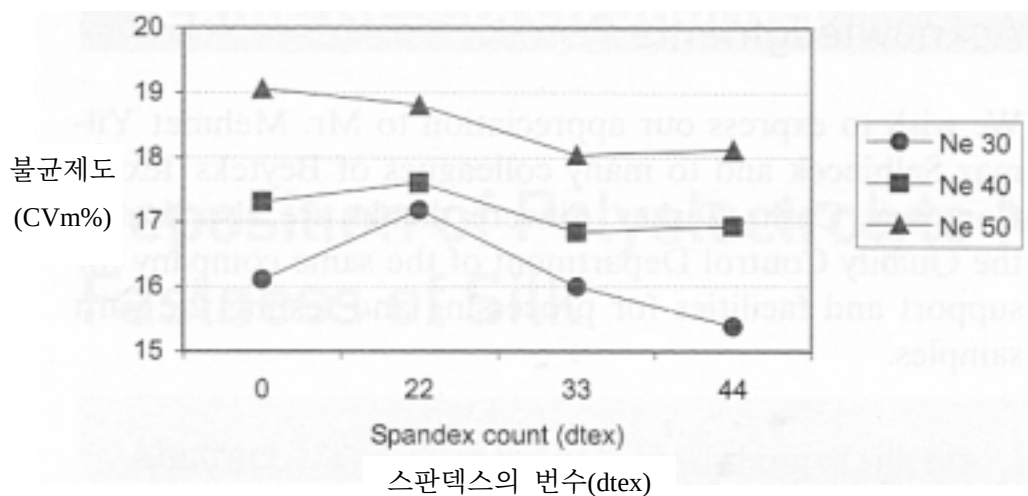
볼텍스 탄성코어 방적사 샘플을 시험하여 변수, 불균제도, IPI 값(실 1,000m 당 가는 결점, 굵은 결점 및 넵의 합계), 잔털, 강도, 절단신도, 절단일(B-Work) 등 주요 물리 및 기계적 특성을 평가했다. 볼텍스 탄성코어 방적사의 변수는 Dupont사의 기술 논문에 따라 결정했다. 실의 불균제도, IPI 값 및 잔털은 Uster Tester 3로 시험했고, 강도, 신도 및 절단일은 Uster Tensorapid로 시험했다. Uster Tensorapid 시험은 ISO 2062에 따라 시험하였다. 본고는 Costat 통계 패키지에서 유의수준을 0.05로 하여 이원 반복측정 분산분석과 다중비교법인 Student-Newman-Keuls(SNK)를 사용하여 시험결과를 분석했다.

3. 결과 및 토의

<표 2>는 실의 물리 및 기계적 특성을 나타낸 것이다. 통계분석에 따르면, 스판덱스와 실의 변수 그리고 이 두 인자 간의 상호작용은 실 샘플의 균제도와 IPI 값에 큰 영향을 미친다. <그림 2>는 볼텍스 탄성코어 방적사 샘플들의 평균 불균제도 값을 비교하여 나타낸 것이다. 세변수인 볼텍스 탄성코어 방적사는 태변수인 볼텍스 탄성코어 방적사보다 불균제도와 IPI 값이 높게 나타났다. 이는 단면내의 섬유율수로 설명할 수 있는데, 태변수인 볼텍스 탄성코어 방적사가 섬유 간에 겹쳐지는 효과를 더 많이 갖기 때문이다. 스판덱스가 들어간 볼텍스 탄성코어 방적사는 일반 볼텍스 방적사 보다 불균제도, 굵은 결점(+50%) 및 넵(+200%)이 높게 나타났다. 이러한 결과들은 스판덱스의 라이블리니스(liveliness, 원형으로 빨리 돌아오는 성능) 때문이다.

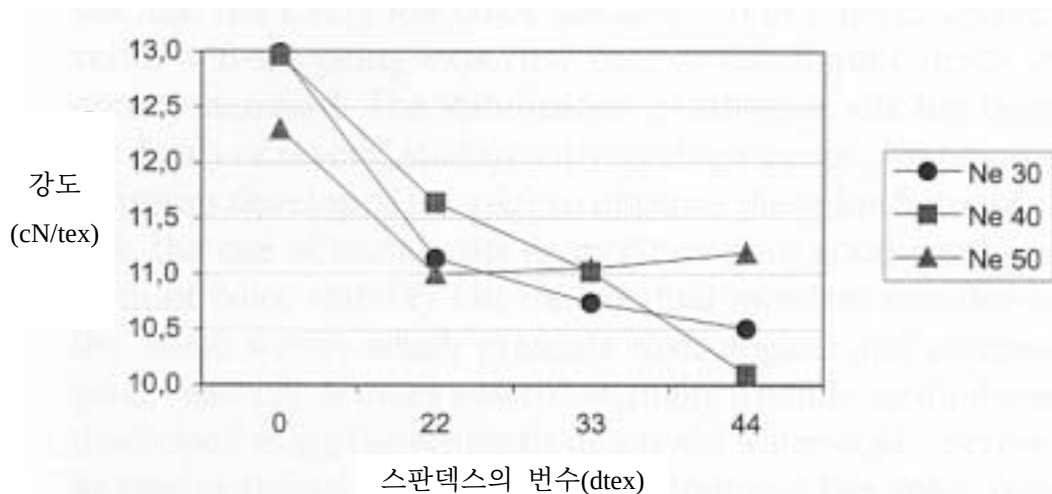
<표 2> 스판덱스가 볼텍스 탄성코어 방적사의 물성에 미치는 영향

	Ne30				Ne40				Ne50			
스판덱스의 변수(dtex)	0	22	33	44	0	22	33	44	0	22	33	44
실의 실제변수	30.1	29.7	29.9	29.6	39.9	39.8	39.6	39.7	49.9	49.4	49.6	49.7
불균제도 (CVm%)	16.11	17.19	16.00	15.39	17.32	17.61	16.85	16.94	19.06	18.81	18.04	18.12
가는 결점 (-50%)/km	44.30	66.00	36.00	21.25	138.30	175.00	114.00	147.00	416.00	346.30	237.50	270.20
굵은 결점 (+50%)/km	101.3	169.0	110.0	87.5	163.0	246.0	160.0	169.0	393.0	314.8	250.3	229.6
넵 (+200%)/km	133.0	239.0	175.0	125.0	171.0	340.0	210.0	267.0	354.0	308.5	227.3	213.5
강도(cN/tex)	12.99	11.14	10.74	10.51	12.96	11.64	11.02	10.10	12.30	11.00	11.05	11.19
강도의 CV%	10.61	9.08	7.69	7.17	10.73	9.82	9.87	9.79	11.80	12.96	10.40	11.71
신도(%)	6.34	5.76	6.94	6.93	5.58	6.26	7.22	9.34	5.15	8.29	9.38	10.76
신도의 CV%	7.62	7.12	10.16	7.67	10.38	15.18	16.59	24.14	10.74	59.97	37.30	33.52
절단일(N.cm)	3.93	3.20	3.31	3.23	2.68	2.65	2.58	2.75	1.95	2.88	2.87	2.97
잔털지수 (Uster®)	3.63	3.56	3.56	3.81	3.64	3.60	3.73	3.62	3.45	3.62	3.59	3.79
Zweigle S ₃	4.50	6.00	4.75	7.25	10.75	5.50	10.00	4.00	15.00	12.75	5.00	7.50



<그림 2> 실과 스판덱스 변수에 따른 볼텍스 탄성코어 방적사의 불균제도

통계 분석에 따르면, 스판덱스의 변수 및 스판덱스와 실의 변수 인자 간의 상호작용은 볼텍스 탄성코어 방적사의 강도에 큰 영향을 미친다. 그러나 실의 변수 인자가 볼텍스 탄성코어 방적사의 강도에 미치는 영향은 크지 않다 (신뢰수준 95%). <그림 3>은 볼텍스 탄성코어 방적사의 평균 강도를 나타낸다. <그림 3>과 같이 스판덱스가 공급된 볼텍스 탄성코어 방적사는 스판덱스가 공급되지 않은 볼텍스 방적사 보다 강도가 낮다. 이는 볼텍스 탄성코어 방적사에 가해지는 대부분의 하중 응력이 주로 신장이 덜 되는 부분 즉, 스테이플섬유에 작용하여 코어인 스판덱스는 강력에 크게 기여하지 못하기 때문이다. 스판덱스의 변수가 증가함에 따라 볼텍스 탄성코어 방적사의 강도가 감소하는 것은 이러한 가정을 뒷받침해준다. 동일 변수 생산시 코어사로 굵은 스판덱스를 사용할 수록 단면내 섬유율수는 감소한다. 한편 본고에서는 볼텍스 탄성코어 방적사의 변수에 따라 스판덱스의 변수가 볼텍스 탄성코어 방적사의 강도에 미치는 영향도 조사했다.



<그림 3> 실과 스판덱스 변수에 따른 볼텍스 탄성코어 방적사의 강도

실의 높은 신도와 우수한 탄성회복력은 스트레치 직물 설계에 필요한 주

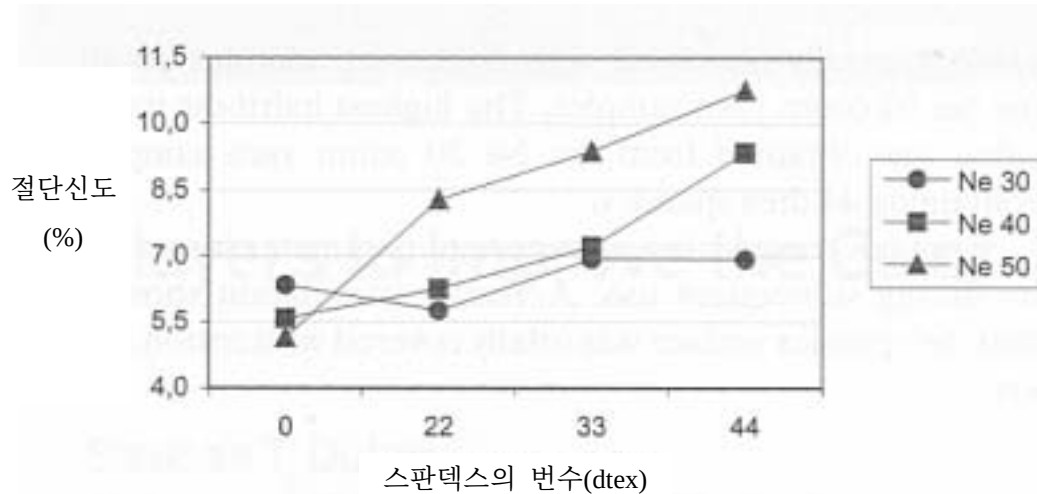
요 인자이다. 통계 분석에 따르면, 스판덱스와 실의 변수 및 이 두 인자 간의 상호작용은 볼텍스 탄성코어 방적사의 절단신도에 큰 영향을 미친다. 통계 분석에서 세변수인 볼텍스 탄성코어 방적사가 태변수인 볼텍스 탄성코어 방적사 보다 절단신도 값이 더 높은 것으로 나타났다. 이는 피복 섬유의 피복효과와 관련지을 수 있다. 즉, 세변수인 볼텍스 탄성코어 방적사의 절단신도가 더 높은 이유는 동일한 섬유장으로 피복할 경우, 작은 직경의 세 변수사가 더 많이 감싸지기 때문이다.

<그림 4>와 같이 스판덱스가 공급된 볼텍스 탄성코어 방적사의 절단신도는 스판덱스가 공급되지 않은 볼텍스 방적사 보다 높았다. 단, 22dtex의 스판덱스가 공급된 Ne30의 볼텍스 탄성코어 방적사는 예외이다. 동일 변수일 때, 더 굵은 스판덱스가 들어간 볼텍스 탄성코어 방적사의 절단신도가 더 높았다. 이는 모든 샘플에 대해 스판덱스의 드래프트비가 일정하기 때문에 스판덱스의 변수가 증가함에 따라 스판덱스의 함유율이 증가하기 때문이었다. 스판덱스의 변수가 절단신도에 미치는 영향은 세 변수에서 더 분명하게 나타났다.

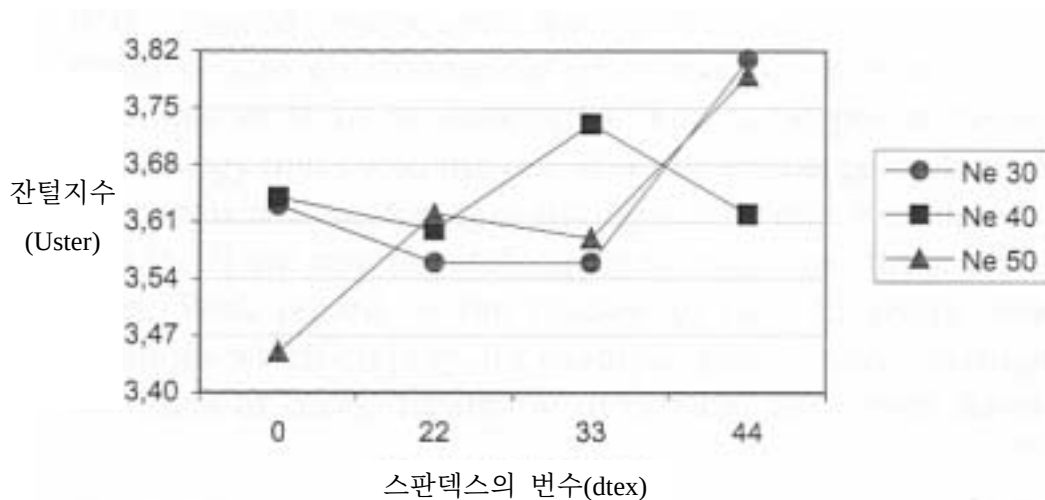
절단일은 실의 변수 및 스판덱스와 실의 변수 인자 간의 상호작용에 의해 영향을 받았다. 한편 스판덱스의 변수가 절단일에 미치는 영향은 크지 않았는데, 이는 스판덱스의 변수가 강도와 절단신도에 미치는 영향과 반대되는 자연스런 결과였다.

볼텍스 탄성코어 방적사 샘플의 잔털 특성은 USTER 잔털지수로 평가하였다. 스판덱스의 변수 및 스판덱스와 실의 변수 간의 상호작용은 볼텍스 탄성코어 방적사의 잔털 특성에 큰 영향을 미쳤다. <그림 5>와 같이 Ne50의 잔털지수는 일반적으로 스판덱스의 변수가 증가함에 따라 증가하였고, 44dtex의 스판덱스가 공급된 Ne30의 볼텍스 탄성코어 방적사의 잔털지수가 가장 높았

다.



<그림 4> 실과 스판텍스 변수에 따른 볼텍스 탄성코어 방적사의 절단신도



<그림 5> 실과 스판텍스 변수에 따른 볼텍스 탄성코어 방적사의 잔털지수

코어의 피복은 연속 방출시 방출 안정성을 위해 중요한 변수로, 실의 외관 검사를 통해 스판텍스의 표면이 면섬유로 완전히 피복된 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

노터 또는 스플라이싱 타입의 연결장치와 스판덱스 공급장치가 부착된 MVS정방기로 일반 볼텍스 방적사 또는 볼텍스 탄성코어 방적사를 방적할 수 있다. 본고는 스판덱스와 실의 변수 인자가 볼텍스 탄성코어 방적사의 물성과 구조에 미치는 영향에 대해 조사했다. 연구 결과 볼텍스 탄성코어 방적사의 여러 물성은 스판덱스와 실의 변수에 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 태번수의 실은 세번수의 실 보다 불균제도, IPI 및 절단신도가 더 낮게 나타났다. 스판덱스의 드래프트비가 일정하기 때문에 스판덱스는 태번수일 수록 불균제도가 더 낮았다. 스판덱스가 공급된 볼텍스 탄성코어 방적사는 볼텍스 방적사 보다 강도는 낮고 절단신도는 더 높았다. 볼텍스 탄성코어 방적사에서 탄성이 있는 부분인 스판덱스는 사강력에 크게 기여하지 않는 반면 비탄성 부분은 볼텍스 탄성코어 방적사의 신장 한계를 제한했다. 스판덱스의 라이브리니스로 생기는 스테이플 섬유유동성은 볼텍스 탄성코어 방적사의 잔털 특성에 영향을 미쳤다. 결국 볼텍스 탄성코어 방적사의 물성은 스판덱스와 실의 변수의 조합으로 결정된다.

앞으로 연조비와 스판덱스의 중앙 위치가 볼텍스 탄성코어 방적사에 미치는 영향에 대한 좀 더 자세한 연구가 필요하다고 생각된다.