

신개념 복합 방적사

- 클러스터 방적사(Cluster-Spun Yarn)

1. 서 언

최근 복합방적사 방적기술은 신기술 개발에 집중해왔다. 복합 방적사의 경우 독특한 구조를 형성하기 위해 필라멘트와 스테이플 섬유를 조합시킨다. 복합 방적사는 링, 마찰, 에어젯, 로터 등 다양한 방적기술로 생산 할 수 있으며, 이 중 링 정방기를 개조하는 방법이 일반적이다.

코어 방적사는 기존 링 정방기에서 제조되며, 필라멘트와 스테이플 섬유로 구성된다. 필라멘트는 실의 중심 축인 코어(core)를 형성하고 스테이플 섬유는 쉬스(sheath)를 형성한다. 코어 방적사 제조기술은 기존 정방기를 조금만 개조하면 되므로 추가적인 생산비용이 발생하지 않는다. 코어 방적사 생산 시 가장 일반적인 문제는 필라멘트와 스테이플 섬유 간의 미끄러짐이다.

이러한 현상은 실에서 섬유를 한쪽 끝으로 분포시키고 필라멘트의 노출 구간을 발생시키는데, 이를 “strip-back” 또는 “barberpole” 이라고 한다. 필라멘트와 스테이플 섬유 간의 미끄러짐은 불완전한 피복을 유발하여 다음 공정에서 사절을 발생시킬 수 있다. 꼬임 수준을 높이면 쉬스와 코어의 결합에 도움이 되지만, 생산속도가 낮아져 생산비용이 증가한다. 또한 꼬임 수준이 높아지면 필라멘트의 비강도가 낮아진다.

최근 낮은 꼬임 수준에서 “strip-back” 현상을 감소시키거나 제거하는 여러 연구가 진행되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 가장 효과적인 방법은 분리 장치(spreading apparatus)를 이용하여 멀티 필라멘트를 분리시키는 것이다. 필라멘트의 분리 폭은 실의 구조와 물성에 많은 영향을 미치는데, 이는

스테이플 섬유와 필라멘트의 균일한 혼합이 섬유 간의 결합력과 마찰력을 향상 시키기 때문이다. 멀티 필라멘트를 모노 필라멘트로 분리하는 가장 효과적인 방법은 정전기장을 이용하는 것이다. 정전기장은 고전압과 필라멘트에 전기전도력을 부여하기 위한 물의 공급이 필요하므로, 이 방법은 안전상에 문제가 있다.

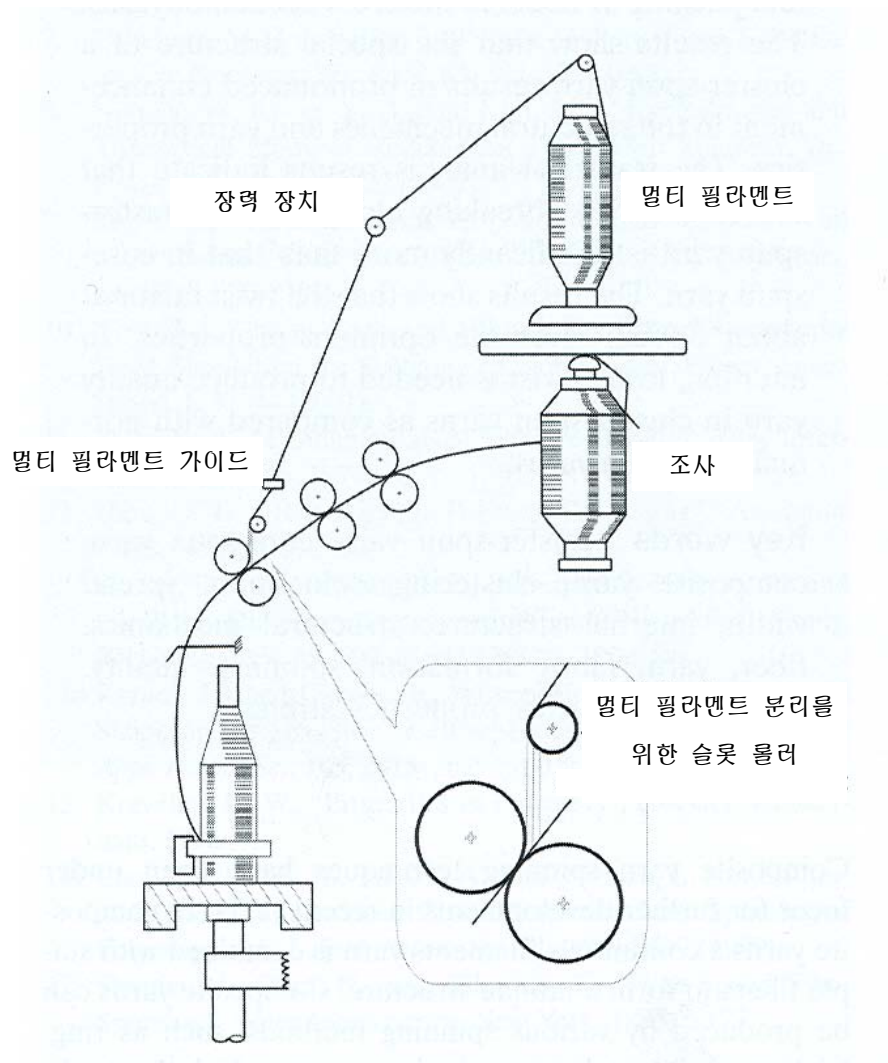
본 연구에서는 슬롯 롤러(slotted roller)를 이용한 솔로스핀 코어(Solospun core) 방적 기술을 사용하였으므로 이에 대해 간략하게 설명하고자 한다. 솔로스핀 코어 방적 기술은 1996년 CSIRO Textile and Fibre Technology, The Woolmark Company 및 WRONZ에 의해 최초로 개발되었다. 이 기술로 강력이 높고 잔털이 적은 우수한 품질의 단사를 제조할 수 있으며, 더블링과 가연 공정이 생략된다.

이 기술의 핵심 아이디어는 슬롯 롤러쌍이 부착된 간단한 장치를 사용하는 것이다. 이 장치는 실이 형성되는 영역인 정방삼각에서 실의 구조를 변형시킨다. 슬롯 롤러는 공급된 섬유를 프론트 롤러에서 여러 가닥의 섬유 스트랜드(strand)로 분리시킨다. 드래프트 롤러 통과 후, 섬유들은 다양한 각도와 속도로 한 곳에 집속 되는데, 이 때 섬유들은 각 위치에 따라 여러 꼬임 수준으로 작은 정방삼각을 형성하면서 치밀하게 결속된다.

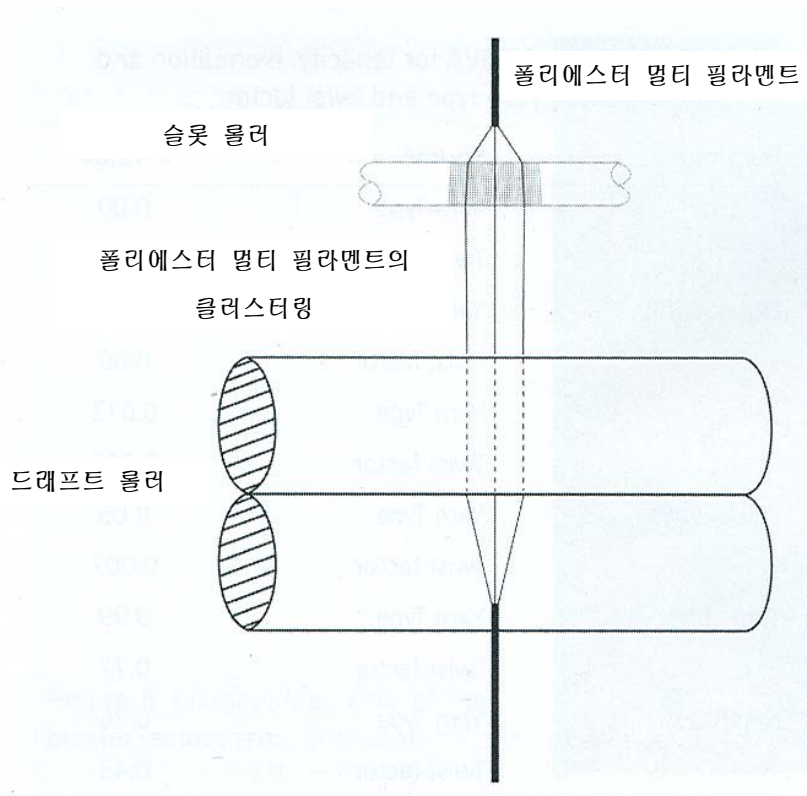
결국 이와 같은 과정은 섬유 스트랜드 간에 그리고 섬유 스트랜드 내에서 섬유를 이동 시켜 개별 섬유들이 결속되도록 하여 섬유 간의 결합력을 향상시킨다.

본 연구에서 다루고 있는 신개념 복합 방적사 “클러스터 방적사(cluster-spun yarn)”는 슬롯 롤러를 이용하여 폴리에스터 멀티 필라멘트를 분리하였으며, 스테이플 섬유로 면 섬유를 사용하였다. 미세한 흠이 파인 슬롯 롤러로 멀티 필라멘트를 2, 3 또는 4 가닥의 스트랜드로 분리하였고, 솔로스핀 방적

원리를 이용하여 클러스터 방적사를 제조하였다. 멀티 필라멘트는 랜덤하게 분리되므로 방적사 내부 구조의 특성을 보다 잘 설명하기 위하여 “클러스터 (cluster)”라는 용어를 고안해 냈으며, 클러스터링 기술이 클러스터 방적사의 내부 구조와 물성에 미치는 영향을 검토하였다. 한편 비교를 위하여 동일 조건에서 일반 코어 방적사를 제조하고 시험하였다.



<그림 1> 클러스터 방적 장치



<그림 2> 슬롯 롤러에 의한 멀티 필라멘트의 분리

2. 실험

2.1 방적사 제조

클러스터 방적사 제조시 면섬유와 폴리에스터 멀티 필라멘트를 사용하였으며, 프론트 롤러에 폴리에스터 멀티 필라멘트를 공급할 수 있도록 기존 링 정방기에 슬롯 롤러를 설치하였다. 클러스터 방적사의 제조원리는 <그림 1>과 같다. 폴리에스터 멀티 필라멘트가 클러스터링 될 수 있도록 1 mm의 미세홈이 파인 슬롯 롤러를 링 정방기에 부착하였다<그림 2>.

클러스터링 된 필라멘트는 프론트 롤러의 닙(nip)에서 스테이플 섬유와 결합되기 전에 장력조절장치를 통과한다. 필라멘트 가이드는 슬롯 롤러 이전에 드래프트 장치 위에 설치되며, 이 장치는 필라멘트가 드래프트 된 섬유 스트랜드의 중앙에 정확하게 위치할 수 있도록 한다. 링 직경과 스핀들 속도는

각각 46 mm, 7,680 rpm 이다.

2.2 원료 및 시험

선밀도가 Ne 1 인 카드 면 조사를 링 정방기의 백 롤러에 공급하였다. 이 시험에 사용된 면은 평균섬유장 16.6 mm, 2.5% 스펠섬유장 26.5 mm, 마이크로네어 3.9 mic 이다. 폴리에스터 멀티 필라멘트는 100 denier/34 fil. 이며, 비강도 39.51 cN/tex, 신도 33.14 % 이다.

멀티 필라멘트는 슬롯 롤러를 통과하면서 클러스터 상태로 분리되어 프론트 롤러에서 면섬유와 혼성된다. 혼성된 필라멘트와 스테이플 섬유는 가연되면서 치밀하게 결합되어 클러스터 방적사가 된다. 이 때 변수는 Ne 19.1 이며, 연계수는 3.5, 3.9, 4.3, 4.7, 5.2 이다.

코어 방적사도 클러스터 방적사와 동일한 소재로 동일한 정방기에서 동일 수준의 변수와 꼬임수로 제조하였다. 샘플 방적사는 시험 전에 표준시험 조건인 온도 20 ± 2 °C, 상대습도 65 ± 2 %에서 24시간 동안 방치하였다.

코어 방적사와 클러스터 방적사의 구조적 특성을 분석하기 위하여 주사전자현미경(SEM)을 사용하였으며, 사단면내 섬유 분포를 검토하기 위하여 현미경법과 영상 분석법을 사용하였다.

각 샘플 별로 30개의 시료를 ASTM D 2256-97에 따라 시험속도 400 m/min, 파지거리 250 mm 시험조건에서 비강도와 신도를 검토하였다. Uster Tester 4를 사용하여 ASTM D 1425-96에 따라 측정 길이 1,000 m 당, 시험속도 400 m/min 으로 균제도 시험을 하였다.

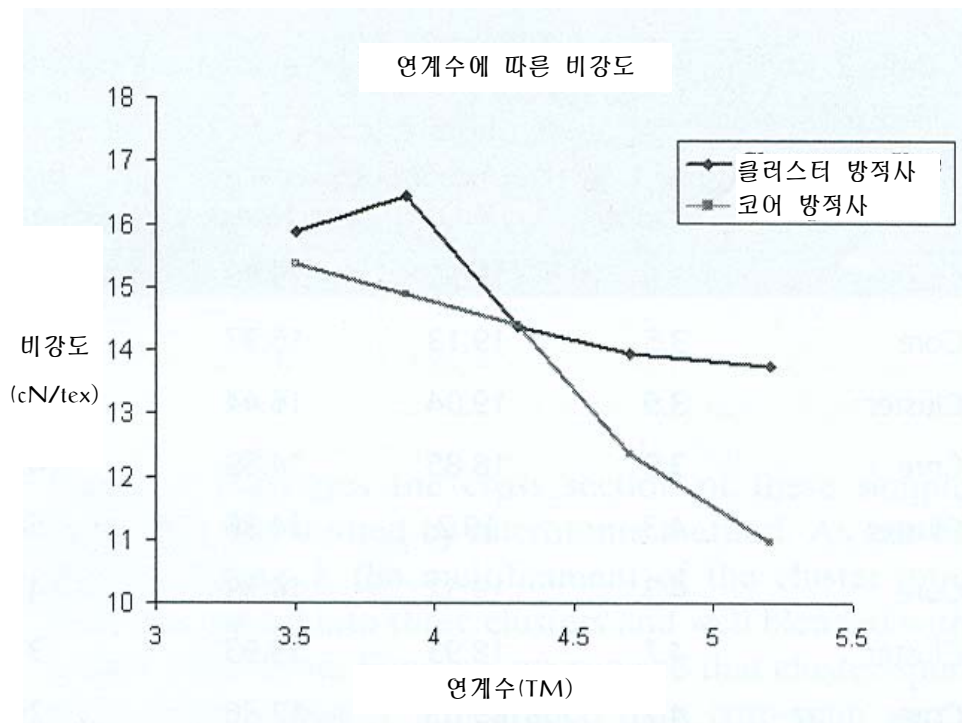
모든 시험은 표준시험 조건인 온도 20 ± 2 °C, 상대습도 65 ± 2 %에서 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

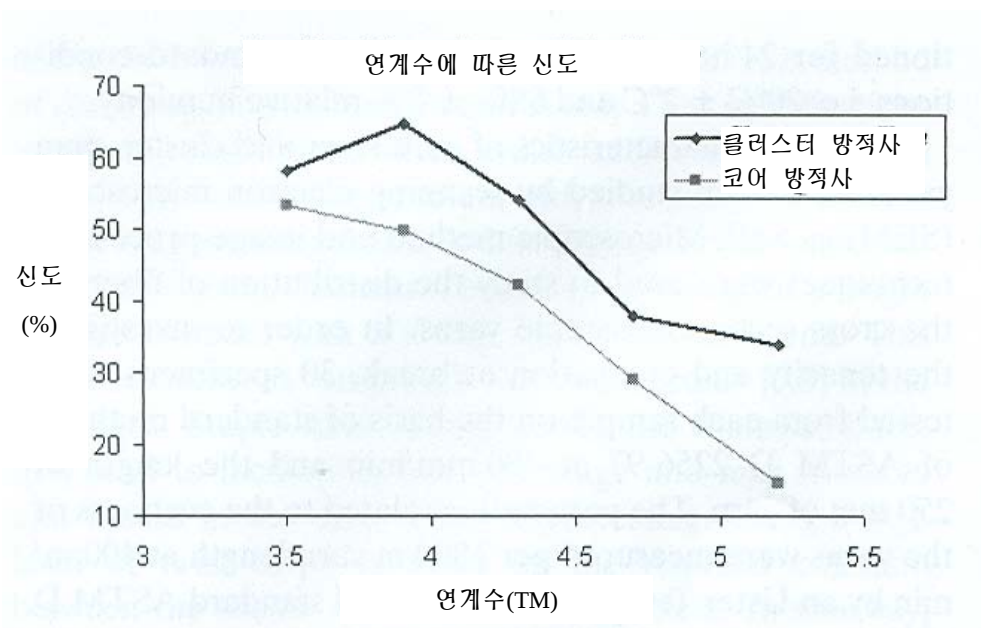
3.1 비강도 및 신도

<그림 3>과 <그림 4>는 5가지 꼬임 수준의 클러스터 방적사와 코어 방적사의 비강도 및 신도를 나타낸 것이 있다. TM 3.9의 클러스터 방적사의 강력이 가장 높은 것으로 나타났다.

비강도와 신도를 비교하기 위해 이원 분산분석(two-way ANOVA)을 하였으며, 분석 결과는 <표 1>과 같다. <표 1>에서 p -값은 귀무가설을 부정하기에 충분한 값이다. 클러스터 방적사와 코어 방적사의 비강도 및 신도의 차는 5 % 수준에서 통계적으로 유의하였으며, 클러스터 방적사의 비강도와 신도는 코어 방적사 보다 높았다. 이는 클러스터링이 방적사의 물성과 구조에 큰 영향을 미친다는 의미이다.



<그림 3> 연계수와 클러스터링이 복합방적사의 비강도에 미치는 영향



<그림 4> 연계수와 클러스터링이 복합방적사의 신도에 미치는 영향

즉 폴리에스터 필라멘트와 면섬유의 혼섬이 섬유 간의 결합력과 마찰력을 향상시켜 필라멘트와 스테이플 섬유 간의 미끄러짐을 감소시키기 때문이다. 또한 코어 방적사에 비해 클러스터 방적사의 인장특성이 향상된 것은 섬유의 이동이 증가했기 때문이다.

<표 1> 사종 및 연계수별 사물성의 이원 분산분석(two-way ANOVA) 결과

사물성 항목	요인	p-값
비강도(cN/tex)	사종	0.00
	연계수	0.00
신도(%)	사종	0.00
	연계수	0.00

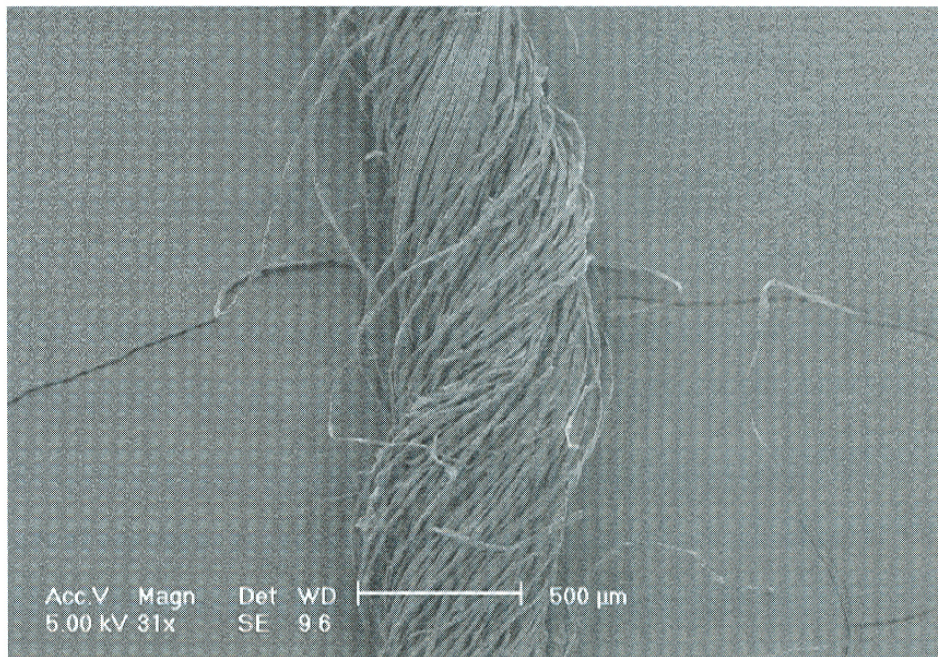
CVm%	사종	0.012
	연계수	0.012
굵은 결점(+50%)	사종	0.05
	연계수	0.007
가는 결점(-50%)	사종	0.99
	연계수	0.77
넵(+200%)	사종	0.86
	연계수	0.43

<표 2> 클러스터 방적사와 코어 방적사의 연계수별 사물성 비교

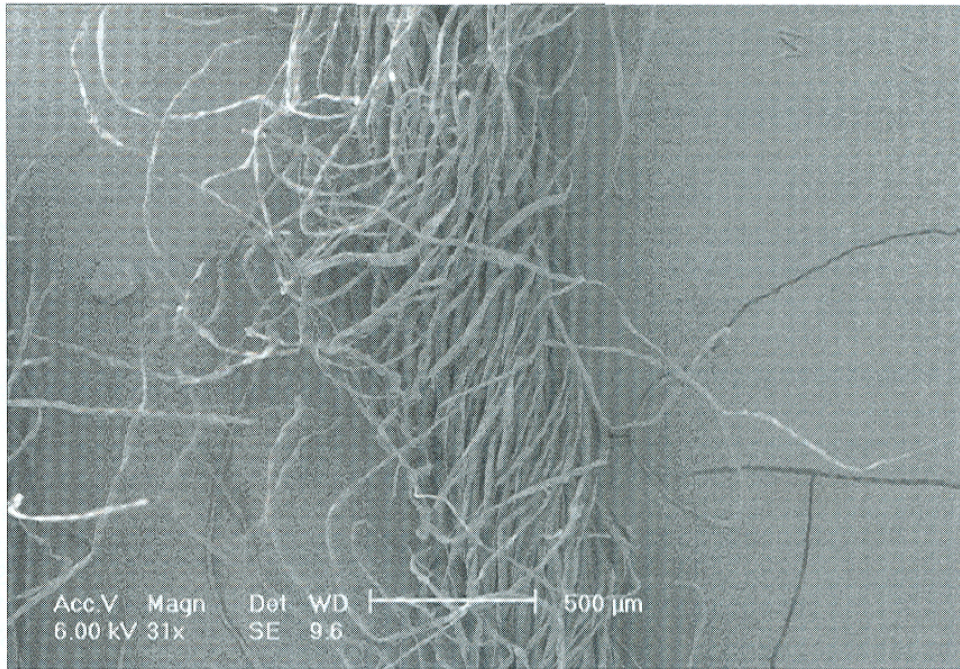
사종	연계수	변수(Ne)	비강도 (cN/tex)	신도 (%)	CVm%	가는결점 (-50%)	굵은결점 (+50%)	넵 (+200%)
클러스터	3.5	18.99	15.88	58.12	15.92	2	412	236
코어	3.5	19.13	15.37	53.19	16.00	2	411	311
클러스터	3.9	19.04	16.44	64.64	15.16	1	340	292
코어	3.9	18.85	14.89	49.83	15.65	5	351	308
클러스터	4.3	19.20	14.36	54.02	15.48	0	319	288
코어	4.3	19.32	14.39	42.26	15.71	1	368	308
클러스터	4.7	18.93	13.93	37.80	15.14	3	328	291
코어	4.7	19.05	12.36	29.04	15.53	1	345	290
클러스터	5.2	18.92	13.74	33.83	14.94	3	297	300
코어	5.2	18.89	10.96	14.55	15.34	0	304	266

3.2 균제도

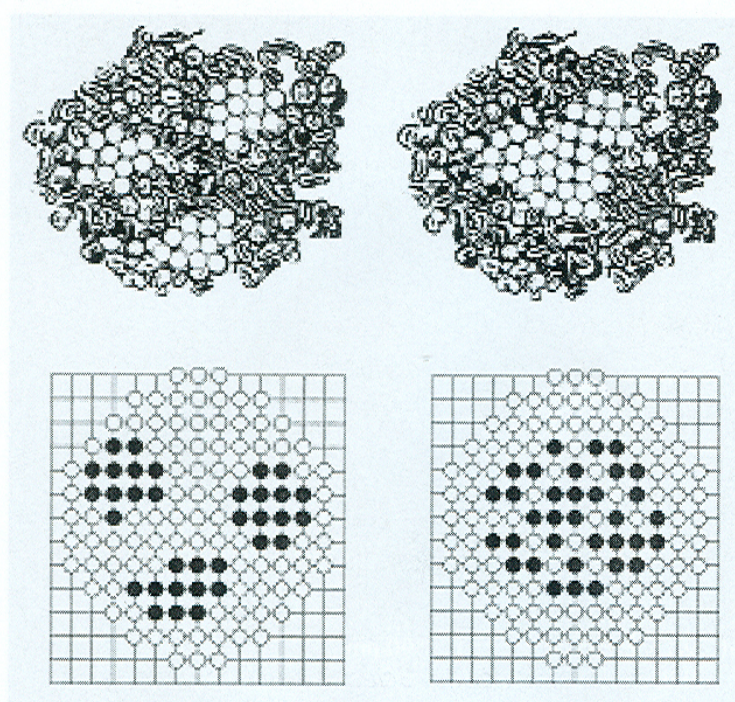
클러스터 방적사와 코어 방적사의 5가지 연계수 조건에서 CVm%, 가는 결점(-50%), 굵은 결점(+50%) 및 뉘(+200%)은 <표 2>와 같다. 클러스터 방적사는 모든 연계수 조건에서 코어 방적사 보다 불균제도가 낮았다. 이는 클러스터 방적사 생산 시, 필라멘트 분리로 인해 필라멘트와 면섬유가 일정 수준으로 혼섬되었기 때문이다. 이러한 결과는 분리된 필라멘트가 스테이플 섬유와 혼섬된 다음, 즉 꼬임을 받기 직전에 실의 불균제를 개선할 수 있다는 의미이다. 한편 클러스터링은 실의 충전 밀도와 분리 폭에 많은 영향을 미친다. 이는 표면 섬유에 의한 필라멘트 피복과 균제도에 중요한 요소이다. 연계수 별로 불균제도 및 사결점간에는 뚜렷한 변화가 없었다. 클러스터 방적사의 굵은 결점은 코어 방적사 보다 적었지만, 가는 결점과 뉘의 차는 5 % 수준에서 통계적으로 유의하지 않았다<표 1>.



<그림 5> 클러스터 방적사의 길이방향 외관



<그림 6> 코어 방적사의 길이방향 외관



<그림 7> 클러스터 방적사(좌)와 코어 방적사(우)의 단면

3.3 사외관 및 단면

<그림 5>와 <그림 6>은 SEM으로 클러스터 방적사와 코어 방적사의 길이 방향 외관을 촬영한 것이다. <그림 7>은 마이크로톰(microtome)으로 방적사 샘플의 단면을 나타낸 것이다. <그림 7>과 같이 클러스터 방적사의 멀티 필라멘트는 3개의 클러스터로 분리되어 면섬유와 잘 혼성되어 있다. <그림 5>와 같이 클러스터 방적사는 코어 방적사에 비해 외관이 깨끗하고 잘 집속되어 있다.

4. 결 론

본고에서는 슬롯 롤러로 분리한 폴리에스터 멀티 필라멘트를 면 섬유와 함께 방적하는 클러스터 방적사라고 하는 신개념 복합방적사 제조 기술에 대해 소개하였다. 클러스터 방적사 제조를 위해 솔로스핀 방적원리를 이용하여 미세 홈이 파인 슬롯 롤러로 멀티 필라멘트를 2, 3 또는 4 가닥의 스트랜드로 분리하였다. 연계수별로 코어 방적사와 클러스터 방적사를 제조하여 비강도, 신도, 균제도 등의 사물성을 측정하였다. 샘플 방적사 단면의 섬유 분포를 검토하기 위하여 현미경법과 SEM을 이용하였다. SEM 관찰 결과 나타난 클러스터 방적사와 코어 방적사의 구조 차이는 물성의 차이로 나타났다. 클러스터 방적사의 특수한 내부구조와 구조적 메커니즘은 클러스터 방적사의 물성 향상시킨다. 슬롯 롤러에 의한 필라멘트의 분리는 복합방적사의 물성과 구조에 큰 영향을 미쳤다. 클러스터 방적사의 물성과 구조가 향상된 것은 폴리에스터 필라멘트와 면섬유의 균일한 혼성으로 인해 섬유 간의 결합력과 마찰력이 향상되었기 때문이다.