

초극세 섬유의 발전과 개발방향

김진사

1. 서 론

1.1. 초극세 섬유의 개요

초극세 섬유는 일반적으로 단사섬도가 0.5데니어 이하 수준의 섬유를 지칭하며 통상적으로 0.05~0.5 데니어급 섬유가 주대상이나 최근 0.1 데니어 미만의 원사로 범위가 좁아지고 있다.

이러한 초극세 섬유의 제조 방법은 크게 직접 방사법과 복합방사법으로 대별할 수 있으나 직접 방사법에 의한 극세 섬유는 그 섬도에 한계가 있으며(2001년 양산 가능수준, 0.3 데니어급) 제조 공정상 안정성이 문제화되어, 폴리머 조합 및 구성에 따라 다양한 균일하고 섬도조절이 가능한 복합방사법으로 제조하는 것이 보편적이다.

초극세사의 용도적용의 기본개념은 원사의 섬유직경(d)에 따라 결정된다. 일반적으로 직물이나 부직포, 파일 등은 구성하는 원사의 섬유직경(d)이 가늘수록 촉감이 부드러워지고 외관이 치밀해진다. 이론적으로는 동일소재라도 이형단면 섬유보다 원형단면 섬유의 구부러짐 및 비틀림은 섬유직경이 가늘어질수록 지수 함수적으로 유연해진다는 것이다. 이러한 특징을 바탕으로 초극세사 섬유의 일반적인 특징은 다음과 같다.

- 1) 유연성(softness), 비틀림, 미끌림 등이 용이함
- 2) 초극세 섬유군에서 발생하는 미세 공간과 미세 조직과 타소재와의 미세한 상호 교락성(집중 응력의 분산효과)
- 3) 섬유군 표면에 존재하는 다수의 multi filament군과 단위 중량당의 표면적이 큰 계면 특성
- 4) 적은 곡률 반경(단면방향성, 광택, color tone

관련)과 직경에 대한 높은 길이의 비율, 겉보기 외관 관련 및 굴곡시 저(低)반발특성

5) 인체 및 생체에 대한 특이성 등을 들 수 있다.

즉, 섬유는 직경이 작아짐에 따라 유연성, 광택, 미끄러짐의 증가와 비표면적이 확대되고 비강도가 향상된다. 따라서 직편물이나 부직포와 같이 원단으로 제조했을 때 섬유의 치밀화, 공간의 미세화, 표면에 존재하는 섬유가닥수의 증가로 외관 및 촉감에서 차별화된다. 이들의 특성은 종래 섬유 소재가 가지고 있는 기능성을 크게 향상시키고 경우에 따라서는 새로운 기능을 부가하게 된다. 이러한 초극세 섬유는 주로 인조 스웨이드, 인공피혁, 투습방수 고밀도 직물, silk like 소재 및 wiping cloth 등으로 폭넓게 적용 중에 있으며, 초극세 섬유는 아직까지 확인되지 않은 천연 섬유에 존재하지 않은 미지의 영역이 많은 섬유로 더욱더 극세화됨에 따라 어떤 새로운 기능들이 나타날지는 명확하지 않다. 그것은 초극세 섬유가 점점 발전함에 따라 이제까지는 없었던 새로운 용도가 개발될 가능성이 크다는 것을 의미한다.

1.2. 초극세 섬유의 종류

초극세 섬유는 원사상태 및 제조방법에 따라 크게 일반 직물이나 편물용으로 주로 사용되는 장섬유(filament)와 부직포 형태로 적용되는 단섬유(staple)로 구별할 수 있으며 각각 형태별 제조 방법 역시 아래와 같이 다양하다.

장섬유 제조 방법으로는
초극세 섬유 직접 방사

Development and Trend of Ultra Fine Denier Fiber/Jin-Sa Kim

(주)KOLON 기술연구소 소장, (730-030) 경북 구미시 공단동 212, Phone: 054)469-3800, Fax: 054)461-6113, e-mail: penm@mail.kolon.co.kr

- 복합 방사(고분자 상호 배열체형 방사법)
- 해도형(海島型) 복합방사(일반 용출형 극세사 포함)
- 분할형(分割型) 복합방사
- 다층형(多層型) 복합방사
- random형 다요소형(多要素型) 복합방사

단섬유 제조방법으로는

- 해도형/분할형 복합방사
- melt blow법(jet 방사법)
- flash 방사법

폴리머 blend 방사법(용해형 복합섬유)

원심 방사법, fibril화법, 난류(亂流) 성형법 등이 일반적이며 최근 electro spinning에 의한 nano급 극세사 개발도 추진 중이다.

그중 가장 일반적인 제조 방식은 복합방사에 의한 초극세 섬유 제조법으로 2종의 폴리머를 여러 장의 분산판을 사용하여 폴리머 flow를 교차시켜 원하는 형태의 복합 단면을 형성시킨 후 방사하게 된다. 이때 사용되는 분산판의 형태에 따라서 크게 pipe type 복합방사와 etched plate type 복합방사, 2종의 제조방식으로 구별한다.

일반적으로 상용화된 복합방사 초극세 섬유는 크게 해도형 복합방사 초극세 섬유(필라멘트내 도성분의 섬도 및 개수에 따라 용출형, 해도형, 성운형으로 구별하기도 한다)와 N/P 분할사와 같은 분할형 복합방사 초극세 섬유 2가지이다.

해도형 복합방사 : 해도형 복합섬유는 용도 측면에서 살펴보면 우선적으로, 직물/편물로 적용 시에는 해도형 초극세 섬유와 고수축사를 합사하여 해도형 초극세사를 표면으로 부출시킨 후 기모나 buffing 등의 표면 효과 처리로 모스 효과(MOSS effect)나 스웨이드 가공이 주종이며, 경편은 effect 부분에 해도형 초극세사를 사용하고 ground 부분에는 일반 원사를 적용하여 기모처리 또는 중간조직에 스판덱스를 보강 신축성을 부여 가공하는 것이 일반적이다. 주용도는 스웨이드물이며, 특히 2-face bonding물로 전개하는 것이 보편적이다.

현재 상기의 가공법으로 주용도는 의류용을 중심으로 활발하게 상품화가 진행되고 있다. 특히

소재 자체가 천연피혁 대체소재로서 2000년, 2001년 구제역 파동 등으로 천연피혁의 생산이 급감하고 환경보호단체들의 모피 불매운동 및 소비자의 인식변화 등으로 시장은 지속적으로 성장하고 있다.

해도형 복합방사의 point는 폴리머 flow의 정밀성과 해도(海島) 폴리머의 통합을 얼마나 유연하게 달성할 수 있는가 하는 방사 구금 설계 부분과 용출성 해성분 폴리머의 선택이다. 여기서 초극세화 섬도는 해도 폴리머의 복합 비율과 도성분의 수로서 결정된다. 도성분 수는 초기 의류용으로는 4개에서부터 최근 실험실 단계이지만 600개까지 보고되고 있으며, 의류용으로는 2,000개까지 집적한 실적도 있다. 물론 공정상으로 선택용해성, 공통 방사온도 및 제사성 등도 중요한 point이며 후가공에 있어 보통 섬유와 동일하게 직물, 편물, 부직포로 제조한 후 용제에 의한 초극세화가 해도형 초극세 섬유의 장점이다.

해도형 복합방사의 분할 수와 단사섬도는 구금

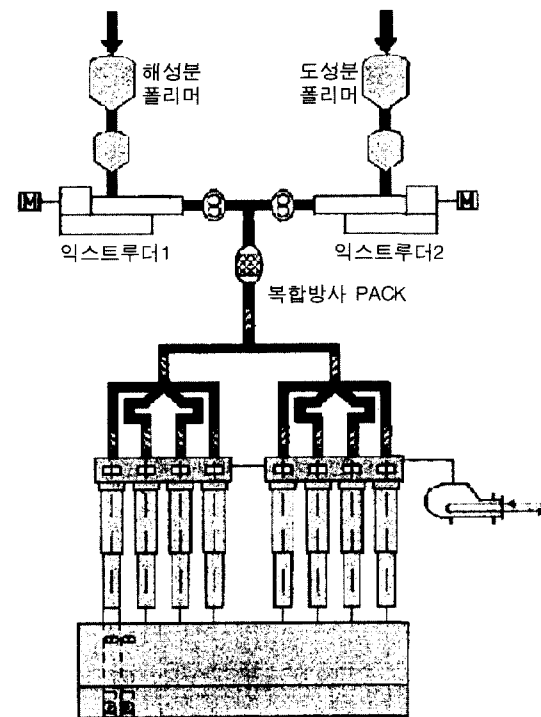


Figure 1. 해도형 복합방사 시스템의 기본 모식도.

설계 기술과 해성분과 도성분의 비율 중량 토출량으로 결정되어진다. 현재 적정 해/도 폴리머 비율은 30:70이 일반적이거나 해성분을 2%까지 줄이는 것도 이론적으로 가능하지만 용도 및 폴리머에 따라 적정 비율을 선택 결정해야 할 필요가 있으며, 결론적으로 해도형 섬유의 제조 point는 해성분 폴리머의 선택과 완벽한 구금내 폴리머 유동에 대한 설계 및 가공 정밀도에 있으며, 해성분이 비율이 낮고 상용성이 적을 때는 기계적인 박리도 가능하다.

해도형 복합섬유의 형성 원리를 살펴보면 우선 Figure 1과 같은 복합방사 시스템을 구축할 필요가 있다. 그림에서와 같이 2대 이상의 해성분 폴리머와 도성분 폴리머를 도입할 수 있는 익스트루더를 사용하는 것이 가장 기본적인 특징이며 그중 핵심 point는 복합방사 pack 부분으로 Figure 2와 같이 해성분 폴리머 사이 사이에 도성분 폴리머가 벌집형태로 단면을 형성한 후 구금에서 필라멘트화 되는데 복합방사 pack의 설계가 얼마나 최적화되었는지에 따라 향후 용출성 및 단면 안정성, 생산성 등에 영향을 미치게 되므로 각각 생산업체별로 기술적인 노하우가 집적된 부분이다. 이렇게 생산된 복합방사 전체 필라멘트는 2~3 데니어 수준의 일반 필라멘트와 유사한 형태이나 해성분 폴리머를 용출시킨 후에는 단사섬도가 초극세사로서 의미가 있는 0.1 데니어 미만의 필라멘트로 초극세화된다.

복합방사 pack에서 Figure 2와 같은 해도형 초극세 필라멘트를 형성하게 되는데, Figure 3과 같

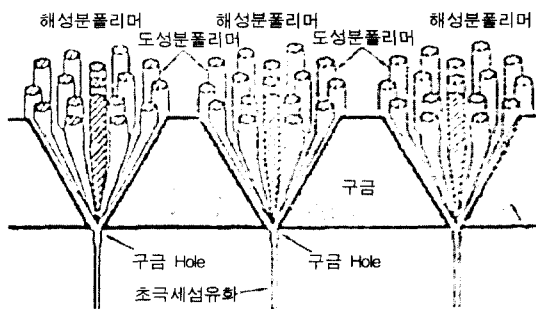


Figure 2. 해도형 복합방사 원사의 해/도성분 복합단면 구성 형태(大阪 CMC Research 자료 인용).

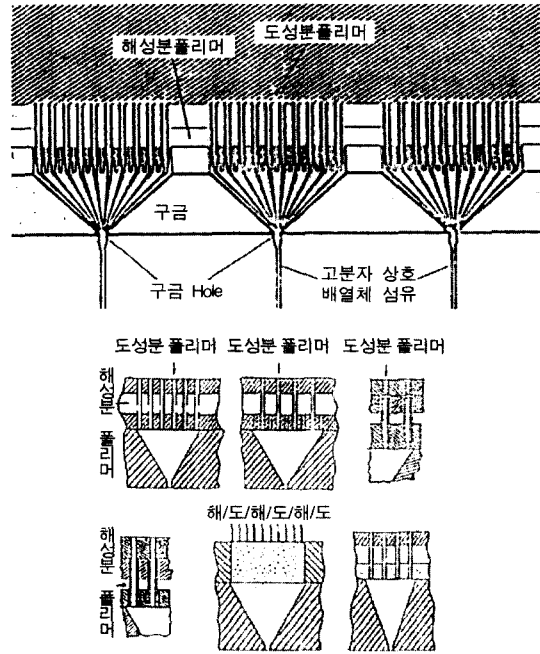


Figure 3. 다양한 초극세 섬유의 제조 방법(大阪 CMC Research 자료 인용).

은 형태의 구금과 분배판의 적절한 조합이 필요하다. 즉, 복합방사 pack은 해성분과 도성분 폴리머를 각각 구금 상부까지 독립적으로 유도하는 분배판간 조합을 거친 후 구금 상부에서 서로 만나도록 유도하는 것으로서 분배판과 구금의 조합 형식은 Figure 3에서와 같이 업체별로 차별화되어 있으며 형식도 다양하다.

분할형 복합방사 : 상품화된 소재 중에서는 N/P 분할사가 대표적인 소재로 해도형 복합방사처럼 큰 중량 감소를 감안하면 해도형과 같이 어느 한 성분을 용해 제거하는 것도 가능하지만 오히려 박리 분할하여 양성분을 다같이 제품화하는 복합방사 원사이다. 기술적으로는 PET/nylon의 조합과 같이 상호 비상용성인 폴리머를 복합방사하게 되므로 박리특성과, nylon 성분의 수축에 유효한 벤질알콜(benzyl alcohol) 용법의 재조명, 염색 특성이 전혀 다른 PET와 nylon의 염색견뢰도가 높은 염색기술 등에서 확립되어야 할 과제가 많다.

분할형 극세사 단면 형성 역시 해도형 복합방

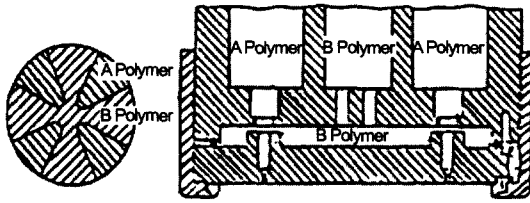


Figure 4. 분할형 복합방사 기본 원사 단면 및 복합방사 장치(大阪 CMC Research 자료 인용).

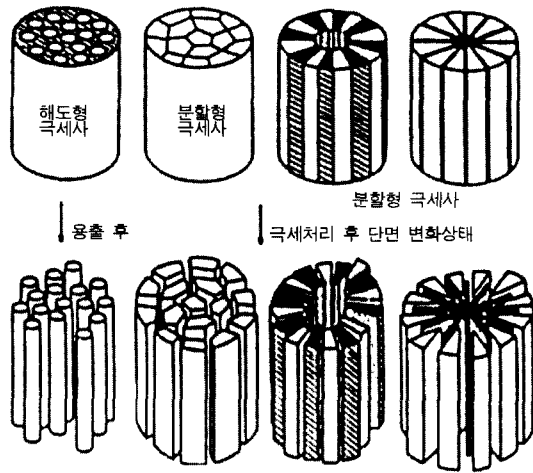


Figure 5. 각종 극세사 용출 전후 단면 상태 변화 모식도(大阪 CMC Research 자료 인용).

사 단면 형성법과 유사하나 단면 형태가 해도형과 달리 silk tone과 wiping성을 향상시키기 위해 이형단면화시킨 소재가 많다는 것도 특징이다. 박리형 복합방사섬유 제조를 위한 복합방사 장치의 기본 모식도는 Figure 4와 같다.

분할형 복합방사의 극세화 기술 point는 초극세 섬유 수준까지 2성분 폴리머의 분할 수를 올려서 얻을 수 있는 점에 있으며, 이것을 상품화 수준까지 달성시킬 수 있는 기술은 해도사와 마찬가지로 구급 설계가 제1의 point이다. 단면의 기본 형태로 구분하면 광(光)자형 섬유로 2성분 폴리머가 +자형으로 서로 교차 혼합시키는 기본 방식과 중공(中空) 환상(環狀) 복합방사로 내부에 중공이 형성되는 것이 특징인데 직물내부에서 극세 섬유의 섬유간 거리가 크게 되는 만큼 양호한 촉감이 얻을 수 있다.

섬유기술과 산업, 제 6 권 제 1/2 호, 2002년

다음 Figure 5는 각종 분할형 초극세사의 단면 형태와 초극세 처리후 박리 상태를 모식화한 것이다. 해도형 극세사 대비 분할 후 폴리머의 감량이 적어 원단 중량 손실이 적고 조직 전개가 상대적으로 자유로운 장점이 있지만 비상용성인 2종의 폴리머를 복합방사하기 때문에 발생하는 한계점도 양면의 날처럼 존재한다.

분할형 복합방사는 해도형 복합방사와 비교할 때 용출형 폴리머가 아닌 비상용성 폴리머를 사용하는 것과 추출처리하는 것이 아닌 만큼 각각의 폴리머의 비율별로 섬도 조합 및 다양한 외관의 차별화를 꾀할 수 있다는 장점이 있다. 구조적인 면에서 성분 폴리머간의 계면장력 및 물리적 마찰력에 의해 단면이 극세화되므로 필라멘트가 가장자리 부분에서의 단면 형태가 분할에 큰 영향을 주게 된다.

그 외 다층형(多層型) 복합섬유로서 폴리머 flow를 구급 내부에서 static mixer를 적용한 기술과 random형 다요소형(多要素型) 복합방사섬유가 있다.

다층형(多層型) 복합섬유는 예를 들어, 나무의 나이테와 같은 단면을 가지는 필라멘트, 적어도 3층으로 되는 심초(sheath-core)형 복합섬유로서 각 상호간에 접착성이 적은 중합체가 인접하는 것으로 방사하여 다층간이 부분적 뒤섞임을 일으키는 것으로 높은 광택성을 가지는 구조의 필라멘트가 된다.

random형 다요소형 복합섬유는 일반적으로 구성요소의 수가 많을수록 섬유의 횡단면에 대한 균질성이 양호하다. 이 형의 복합섬유 제조에는 복수의 폴리머 성분을 정지 안내장치를 겸비한 혼합기를 통과시켜 폴리머 세류(細流)의 분할과 재합류를 반복하여 방사하는 방법 혹은, 2가지 방사원료에 다른 위상(位相)의 접합, 분할을 여러번 반복하여 얻어진 2가지의 다층소재를 복합방사하는 방법으로 이 random형 복합섬유에 있어서도 해도형과 같이 섬유 형성 후 성분의 뒤섞임 혹은 용출에 의해 섬유의 피브릴화도 가능하며 섬도 범위가 0.5~0.001 데니어까지 다양화할 수 있으나 섬도 불균일 문제가 있어 주로 장섬유보다는

단섬유 부직포 부분에서 많은 연구와 발전이 있었다.

2. 초극세 섬유의 기술 개발 현황

2.1. 국내외 초극세 섬유의 개발 현황

전 세계적으로 초극세 섬유의 제조 기술 및 용도의 차별화는 일본이 가장 앞서 있으며, 초극세 단섬유부분에서는 일본이, 초극세 장섬유 부분에서는 한국이 주도하고 있으며, 대만이 추격하고 있는 형상이다. 현재까지 개발되어 있는 초극세 섬유는 직접방사식, 추출형 복합섬유, 분할형 복합섬유의 3가지 방식으로 생산중이다(Figure 6).

상기의 3가지 방식에 의한 초극세 섬유는 각각 그 특성에 있어서 차이가 있기 때문에 적재적소의 형태로 사용되고 있다. 물론 각 섬유의 용도는 계속 확대되어 가고 있지만 기본적인 원사의 특성으로 인하여 추출형 초극세사는 인공피혁 및

고감성 직물, 박리형 초극세 섬유는 고밀도 직물, 직접방사식 초극세 섬유는 특수 가공사의 용도로 구분되어 전개되고 있다. 화섬업체들이 각각의 생산방식의 초극세사중 한가지가 아닌 동시에 소유하고 있다는 것은 용도에 적합한 소재의 개발로서 독자적인 상품의 확대를 추구하고 있기 때문인 것으로 여겨진다.

일본의 주요 화섬업체에서도 상기의 3가지 방식의 기술을 모두 소유하는 것이 추세이다. 인공피혁, 인조 스웨이드가 개발되었을 당시에는 각자 각자의 기술로서 초극세 섬유를 개발하였는데 추출형 복합섬유는 도레이, 쿠라레이, 분할형 복합섬유는 가네보, 데이진, 직방형은 유니티카, 미쯔비시 레이온이 주도적으로 개발하였다. 하지만 이제는 각사 모두 관련 제조기술들이 다양화되어 있기 때문에 이와 같이 구분을 한다는 것은 무의미하게 되었다.

도레이는 추출형 복합섬유를 주종으로 생산하

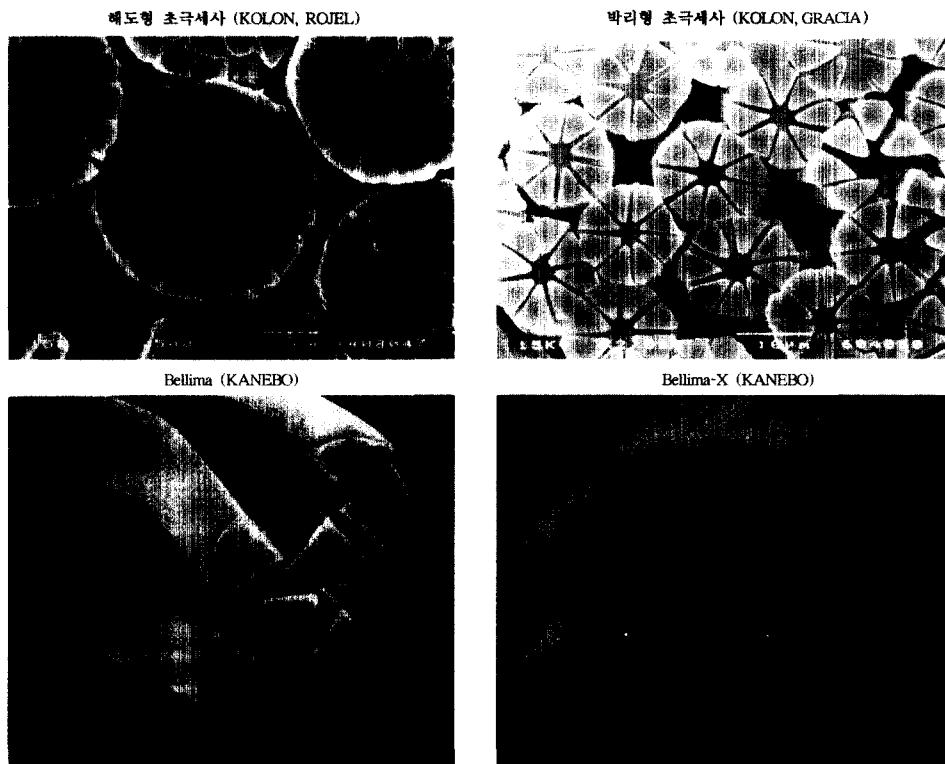


Figure 6. 주요 복합방사 초극세 섬유 단면 형태(일부 大阪 CMC Research 자료 인용).

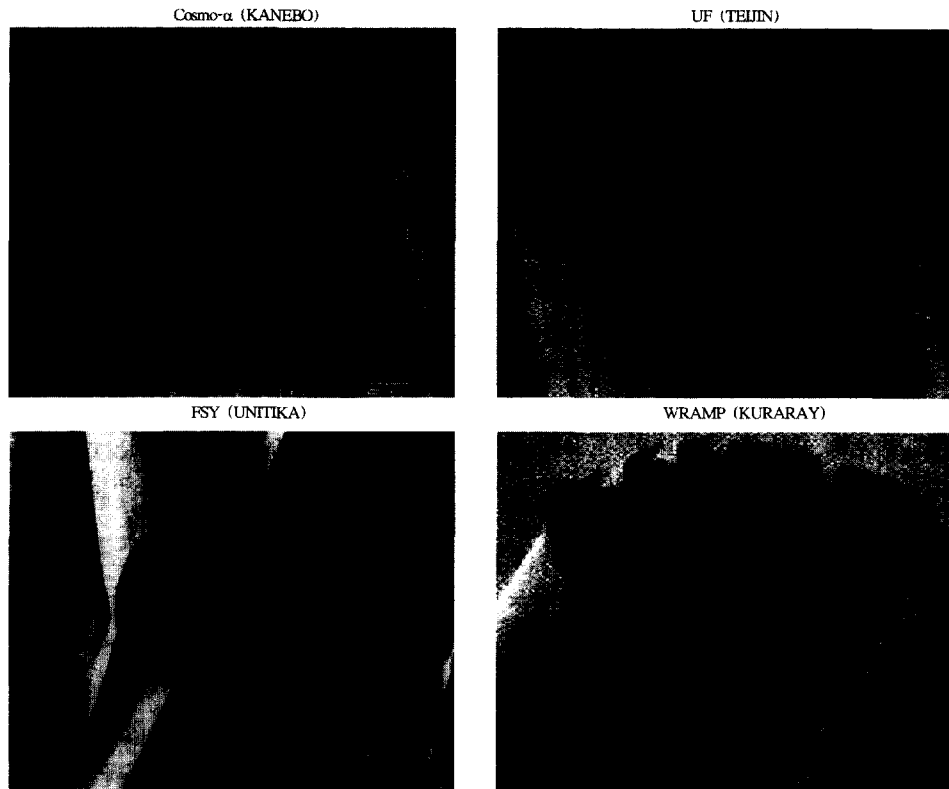


Figure 6. Continued.

고 있지만 분할형 복합섬유와 0.4 데니어급의 직접방사형(직방형) 원사도 생산중에 있다. 가네보도 기존 분할형인 베리마-X외 추출형 복합방사 초극세 섬유인 코스모- α 를 생산중이다. 유니티카도 직방형의 이큐(EQ)를 중심으로 추출형인 FSY를 개발하였다. 하지만 도요보의 경우 1988년 직방형의 0.3데니어급 극세사를 상품화하여 시장에 참여하였지만 직방형 하나만으로는 이 분야에서 크게 뒤지고 있는 것으로 평가받고 있다. 일본 화섬업계의 초극세 섬유의 생산량은 한국이나 대만에 비해 열세이므로 상대적으로 고급화, 고부가가치화에 중점을 두고 있다.

대만의 경우 일본이나 한국에 비해 후발주자이나 turnkey 방식의 발빠른 기술도입으로 해도형 초극세사를 양산중이며 생산기술 측면에서는 상당한 기술력을 확보하고 있으나 아직까지 품질안정성 부분에서 부족하다는 것이 전반적인 평가이

다. 하지만 각각 화섬업체별 생산량이 국내업계에 비해 대규모인 것으로 알려져 아주 위협적 상황이다.

EU 및 미주의 합섬업체들은 환경규제로 복합방사형 초극세사보다는 직접방사식 초극세 섬유 개발에 치중한 편이지만 최근 복합방사형 섬유의 극세화에 관심을 가지게 되었으며 그 관심의 시작은 바로 신타섬의 등장이었다. 현재 생산중인 섬유는 대개 0.3~0.5 데니어 수준으로 초극세 섬유라 말하기는 힘들지만 종래 생산중인 섬도에 비한다면 꽤 가늘어졌다고 할 수 있으며 EU 및 미주의 화섬업계 역시 초극세 섬유의 개발붐에 휩싸여 있다고 판단된다.

이에 비해 국내 초극세 섬유 개발은 천연섬유보다 가늘다는 특징에서 기인되는 여러 가지의 장점으로 인하여 천연섬유로는 표현될 수 없는 감성 및 기능을 직편물 상에서 표출시킬 수 있기

때문에 중요한 고부가가치 신합섬 소재로서 평가되고 있다. 따라서 국내에서도 초극세 섬유의 제조와 관련된 연구가 각 화섬업체에서 활발하게 수행되어 온 결과 0.5 데니어급 수준의 극세사는 이미 일반화된 상태이며 직접방사법으로는 0.1~0.3 데니어급 극세사가 생산되고 있다. N/P 분할사 역시 코오롱, 효성, 휴비스 및 새한 등에서 개발 완료되어 정규 양산 중에 있으며 국내 생산비중도 가장 높은 편이다.

해도형 및 추출형 초극세 섬유 제조기술은 인공피혁용의 0.05 데니어 미만의 나일론과 PET 초극세사 모두를 개발 양산 중에 있으나 아직까지 완성된 수준은 아닌 것으로 평가된다.

특히 지금까지 국내 화섬업계에서는 기술적으로 초극세 섬유 선발인 일본 기술을 벤치마킹하는 수준이었지만 상황이 변해서 이미 일본 초극세사 양산 수준을 극복하고 차세대 복합방사 시장을 주도해 나가기 위해서 많은 투자를 아끼지 않고 있다. 그 결과 차별화 초극세 섬유 개발과 0.01 데니어급까지 초극세 섬유 개발 분야에서 큰 성과가 있다. 현재 국내 복합방사 초극세 섬유의 생산규모는 연간 약 40,000톤 수준인 것으로 알려져 있다.

2.2. 복합방사 초극세 섬유 생산 기술상의 극복과제

복합섬유의 방사 구금장치는 종래 단일 성분의 방사 구금 장치에 비해 복수 성분을 유도하는 구조가 조합되어 있어 장치가 상당히 복잡하게 된다. 또는 성질이 다른 적어도 2가지 이상의 성분이 복합방사되는 것으로 균일한 단일성분의 방사에서는 생기지 않는 문제점을 필연적으로 지니게 된다.

복합방사 구금장치 : 복합섬유의 방사 구금장치는 일반적으로 제작 및 그 정밀도, 조립, 조업정비 측면에서 가능한 간단한 것이 요구되고 복합섬유의 구조, 복합화의 안정, 섬도 균일성, 구금에서의 다공화도 등에 세밀한 부분에서의 특화된 기술이 요구된다.

다음으로, 복합섬유의 복합비율은 강제적으로 변화시키는 경우 이외에는 각 단섬유간에 있어서

도 단섬유의 축방향에 있어서도 균일하게 되어야만 한다. 한편 복합구조도 통상 안정, 균일하지 않으면 안된다. 이것의 불균일은 섬유의 치명적인 결점으로 된다.

접합면의 뒤섞임 : 접합형의 복합섬유는 일반적으로 유사한 구조의 폴리머로 되면 접합성이 좋고 양성분간의 접착성, 상용성이 불충분하면 방사 후의 외력에 의해 양성분의 계면에서 뒤섞여 초기의 목적을 달성하는 것이 불가능하다.

곡사(曲絲, kneeing) 현상 : 용융점도가 다른 2성분을 복합방사하는 경우 구금 토출공 직하에서 사조가 용융점도가 큰 쪽으로 쏠리는 경향이 있는데, 이것은 사질을 약화시킴으로써 방사성을 저하시키고 이때 방사 구금에 점착되어 조업이 곤란해진다. 이의 해결방안으로 용융방사온도에서 각각의 폴리머의 용융점도가 근접하는 조성, 중합도를 선정하여야 하는데 이 경우 적용할 수 있는 폴리머 조합이 한정적으로 된다.

상기의 문제점들은 1차적으로 적합한 폴리머 조합을 우선 고려하여야 하며, 2차적으로 복합방사 구금장치의 최적설계를 통해 극복할 수 있는 방법을 모색하여야 한다.

2.3. 초극세 섬유 가공상의 문제점

초극세 섬유 차별화 원단 개발에 따라 발생 예측되는 문제점들은 바로 초극세화가 진행될수록 심화되는 초극세사 자체가 지니는 고유한 특성과 관계 있다. 즉, 필라멘트의 감량 분할 특성과 염색성에 관련된 문제이다.

단일 필라멘트가 16조각 이상으로 분할시킬 때 예상되는 균일하고 신속하게 용출 분할시키는 방안 도출로서 해성분 폴리머 공중합, 복합방사 구금 설계, 신규 감량법 개발 등의 세부적인 문제점들을 해결해야 하며, 초극세화에 따른 투입 염료량 증가에 따른 세탁견뢰도 및 일광견뢰도 극복을 위한 방안 도출의 문제점이 수반된다.

상기의 문제점들을 해결하기 위해서는 폴리머 중합 단계에서부터 복합방사 구금 설계, 방사, 제사, 사가공, 감량공정, 염가공 모든 부분에서 개선이 필요하며 부분적 개선가능하나 상위공정에

서부터 개선하는 것이 적용 효과 및 안정화 가능성이 커진다.

3. 초극세 섬유 기술 개발

3.1. 분야별 초극세 섬유의 기술 개발 방향

EU 및 미주지역에서 강세를 보이는 직접방사형 초극세 섬유는 필라멘트 균일 냉각 시스템의 발전으로 현재 나일론, PET 모두 0.3 데니어 수준까지 극세화가 진행되었고 고밀도 직물이나 특수 사가공용 등 차별화 소재용으로 적용되고 있다. 현재 0.1 데니어급이 개발 진행중이나 2000년대 초극세 섬유 범주에 포함시키기에는 이미 부족한 감이 많다.

분할형 초극세사도 MOSS물과 고밀도 직물 중심으로 상품군이 형성되어 있어 원단 및 사가공용도 부분에서 개발이 많이 이루어지기는 하지만 원사측면에서는 비상용성 폴리머의 조합이라는 한계로 더 이상의 발전에는 담보상태이다.

앞으로 차세대 초극세 섬유 및 차별화 초극세 섬유의 발전은 주로 해도형 초극세 섬유를 중심으로 전개될 것으로 예상된다. 해도형 초극세 섬유는 2001년 현재 스웨이드나 인조피혁 부분으로 특화되어 있다. 이러한 초극세 섬유의 시장이 고부가가치이면서 화섬업계와 후가공업계간 기술교류와 지원 등의 유기적인 접목이 이루어지지 못한 상황에서 상품화가 불가능하며 국내 섬유업계의 고질적인 병폐인 기술 copy 역시 기본적으로 해도형 초극세사의 확보 없이는 불가능하므로 수익성과 경제성 및 상품화 지속성 측면에서 화섬업계와 후가공업계간의 win-win 전략 소재로의 가치가 충분하다.

3.2. 국내외 초극세사의 기술 개발 수준

직접방사형 초극세 섬유 : 직접방사형은 0.5 데니어 수준에서 기술적 담보상태에 머물다가 최근 ROQ(radial outflow quenching) system의 보급으로 0.3 데니어 수준까지 양산중이며 0.1 데니어급 극세사 개발에 집중하고 있으나 이미 해도형과 분할형 초극세사의 발전으로 인해 소재 자체

는 초극세사가 용도가 아닌 범용소재 차별화로 방향을 전환한 상황이다.

직접방사형 초극세사라도 0.1 데니어급 미만의 초극세사를 생산할 수 있으나 단면 균일성 측면에서 아주 불량하며 필라멘트 장섬유용으로 적용하기에는 많은 문제점이 있어 단섬유 부직포 방향으로만 진행되고 있는 실정이다.

하지만 ROQ system의 공급으로 0.1~0.3 데니어급 사이에서는 물성면에서 어느 정도 안정화시킬 수 있으나 생산방식의 특성상 생산성이 떨어지는 것은 어쩔 수 없으며 0.1 데니어 미만의 초극세 섬유와는 기능과 촉감면에서 아직 많은 거리가 있다.

용도 역시 해도형 극세사나 박리형 극세사 원단의 대체를 위한 저가양산용으로 많이 적용되고 있는 실정이다.

분할형 초극세 섬유 : 분할형 초극세사 역시 최근 0.05~0.1 데니어급 박리형 N/P 분할사 개발을 진행하고 있으며 비상용성 이성분 폴리머의 염색성 개선에 더 많은 비중을 두고 있다. 해도형 극세사가 기존 구급설계 기술의 이용성 폴리머 공중합 기술이 필수적인 것에 비하면 박리형 초극세사는 구급설계 기술만 확보된다면 곧바로 생산 가능하기에 대만 및 중국에서의 생산량이 증가하고 있는 추세이다. 대만과 중국 원사와 비교할때 단면 분할 성능과 분할 전후의 효과 측면에서 국내제품이 아직까지는 우위에 있다.

물리적으로 분할 가능한 박리형 초극세 섬유는 현재 장섬유 필라멘트보다는 단섬유 스테이플을 중심으로 개발이 활발하게 진행되고 있다. 즉 초극세 부직포나 닦음천(wiping cloth) 등의 용도 개발이 적극적으로 진행되어 산자용으로 폭넓게 적용할 수 있다.

해도형 초극세 섬유 : 일본의 경우 단섬유로 천연피혁에 근접한 인공피혁 개발을 중심으로 진행되고 있어 원사소재의 첨단화보다는 독창적인 후가공법 개발에 전념하고 있다.

즉, 천연피혁을 대체할 수 있는 고성능 피혁소재의 개발을 목표로 하여, 특히 레자와 합성피혁에서는 성능적으로 만족할 수 없었던 제화용 소

재를 주테마로 천연피혁의 구조와 특성, 성능과의 관계를 해석하고, 그 결과를 모델화해서 각각의 역할을 인공물로 치환하는 방법이 고안되었다. 곧 초극세 섬유로 제조된 부직포의 일체구조를 기본으로 기계적 성질, 물리적 성질과 2차 가공성 및 촉감을 천연피혁에 가깝게 하기 위해 폴리우레탄 수지를 바인더 및 표면층 형성수지로 채택하여 상품개발을 진행하고 있다.

장섬유로 해도형 초극세사 필라멘트의 개발은 국내를 중심으로 이루어지고 있다. 코오롱, 효성, 휴비스, 새한 등 주요 화섬업체에서는 모두 생산중에 있으나 알칼리 이용성 PET 공중합 기술이 아직까지는 지속적인 개발 발전 단계로서 용출속도 측면에서는 만족스럽지만 균일용출성과 폴리머간 물성적인 균형 측면에서 다소의 불안 요소가 존재하고 있는 것으로 평가된다.

현수준의 해도형 초극세사는 용출 후 단사섬도 0.04~0.06 데니어가 일반적이나 업체간 해도형 초극세사의 기술적 우위를 점하기 위해 0.01 데니어급 해도형 극세사 개발에 노력을 경주하고 있다. 특히 기존의 해도형 초극세사 제조방법인 pipe type으로는 0.01 데니어가 한계로 여겨졌으나 etched plate type이 기술적으로 보완이 되면서부터 이용출성 해성분 폴리머만 개발할 수 있다는 전제 하에서 0.001 데니어급 초극세사의 제조 가능성이 열렸다. etched plate type은 pack내 체류시간과 형성 도성분 수 측면에서 강점을 지니고 있고, pipe type은 폴리머 path의 안정성과 단면 형성의 안정성에서 강점을 지니고 있어 조만간 0.01 데니어급과 0.001 데니어급의 해도형 초극세사의 개발이 가능하리라 예상된다.

그 외 현실적으로 가장 필요한 원착 극세사의 경우 흑색을 중심으로 일부 기술개발이 시도되고 있으나 해결해야 할 과제가 많으며 도성분 차별화 역시 생산보다는 후가공에서 기술적 한계로 인해 해결 방안 모색단계에 있어 해도형 극세사의 기술적 우위를 확고히 하기 위해서는 전폭적인 연구와 투자가 필요하리라 판단된다.

대만 역시 대량생산 설비를 갖추었다는 장점은 있지만 기술적으로 보편화된 소재 중심으로 운영

하기 때문에 아직까지는 해도형 극세사 품질 안정화를 중심으로 기술개발이 진행중이다. 중국에서도 일부 해도형 극세사를 생산중이나 초보 단계이며 생산량도 pilot 수준이다. 국내와 일본의 기술을 벤치마킹 수준으로 아직까지는 해결해야 할 기술적 격차가 큰 편이다.

3.3. 국내 해도형 복합방사의 개발 방향

국내 화섬업체가 가장 높은 경쟁력을 지니고 있으면서 중점적으로 개발을 진행해야 할 분야가 바로 해도형 복합방사 분야이다. 그중 가장 우선적으로 접근 가능한 부분이 바로 도성분 폴리머의 차별화 부분이다.

기존 정규 PET 폴리머대신 차별화 폴리머를 적용하는 것이 바로 point이다. 도성분 폴리머로서 캐치온 가염형 폴리머(cation dyeable polymer, CDP)를 도입하여 초극세화에 따른 필연적인 부작용인 고농도의 분산염료 염색으로 색이 탁해지는 문제점을 개선할 수 있다. 그 외 일반적으로 초극세사가 지니는 가장 큰 문제점인 세탁견뢰도 및 일광견뢰도를 개선하기 위해 도성분 폴리머를 원착시켜서 진농색 color의 세탁견뢰도 및 일광견뢰도를 향상시킬 수 있다. 기존 진농색 해도사스웨이드 원단의 세탁견뢰도 및 일광견뢰도는 1.0~2.0급 수준이며 천연피혁의 경우도 2.0~2.5급 수준으로 아주 열악하다. 이를 3.0급 이상의 견뢰도를 확보할 수 있다면 용도 적용 가능 분야가 매우 넓어질 것으로 기대된다. 그 외 현재 원단의 기본 개념중의 하나는 신축성이다. 도성분 폴리머로 PTT나 PBT 소재를 도입하여 스웨이드 원단 자체의 신축성 및 외관 촉감을 향상시킬 수 있다. 물론 이때 가장 필수적인 부분은 바로 해성분 폴리머와의 적합성으로 충분히 고려되어야 한다.

다음 단계로서 차세대 초극세화 섬유의 개발이다. 기존의 해도형 초극세사의 섬도는 평균 0.05 데니어로 단사직경이 2.5 μm 수준이다. 하지만 단사직경이 1.0 μm 급의 초극세사 개발이 필요하다. 이는 아직까지 촉감부분에서 개선의 여지가 많다는 것을 의미하는 것으로 0.01 데니어급의 초

극세사 개발이 필요하며 향후 0.001 데니어급 초극세사 개발을 병행하여야 할 것이다. 단사직경 0.3 μm 수준의 0.001 데니어급 초극세사 필라멘트는 기존 스웨이드 물이 지나는 촉감과 같은 기존 특성의 한계치로 판단되며 원사 강도, 반발력 등에서 새롭고 흥미로운 물성 및 특성들이 나타날 것으로 예상된다.

물론 차세대 초극세사들이 현실화되기 위해서는 기본적으로 해결해야 할 전제조건들이 많이 있으며 오히려 이 부분들의 해결 방안 모색이 극세섬유 발전에 더 중요한 point가 될 수 있다.

첫째로는, 현재 가공상 정형화된 알칼리 이용성 폴리머(주로 PET)의 성능 up-grade이다. 물론 알칼리 이용성 폴리머는 PET계 해도형 초극세섬유의 핵심기술이며 각사의 초일급 기업비밀이다. 빠른 용출성, 균일한 용출성 및 도성분 폴리머와 절묘한 조화를 이루어야 하는 현재의 이용성 폴리머의 공중합 기술 역시 아주 까다로운 기술이며, 업계간 기술력 구분의 척도라는 것은 분명하다.

두번째는, 해성분 폴리머의 감량기술 up-grade이다. 해도형 초극세사의 단면에서 알 수 있듯이

초극세화되는 경우 필라멘트 최내층까지 침투해 들어가기가 까다롭고 같은 알칼리 용해성인 초극세 도성분 역시 비표면적이 기하급수적으로 증가하기 때문에 안정적인 감량조건을 선정하기가 아주 어려워진다. 그리고 도성분 차별화의 경우도 차별화 폴리머로 주로 공중합 폴리머가 많이 적용될 것이다. 이는 기존 해성분 폴리머와의 용출 속도차이가 줄어든다는 것을 의미한다. 이러한 문제점을 극복할 수 있는, 지금보다 한단계 up-grade된 알칼리 이용성 폴리머의 개발이 필요하다.

마지막으로, 염가공 기술의 up-grade이다. 염색은 바로 원사 비표면적과 염료량의 상관함수이다. 초극세화가 된다는 것은 비표면적이 기하급수적으로 증가한다는 것을 의미하며 결과적으로 원하는 2~3데니어 수준의 정상적인 원단과 동일한 색상을 얻기 위해서는 염료 투입이 급속히 증가하여야 한다는 것을 의미하며 밝은 색에 비해 중농색인 경우 그 투입량이 급속히 증가하게 된다. 원사 상에서 원착화하여 개선하는 방법도 있지만 기본적으로 염가공 기술의 up-grade로 해결해야 할 부분이다.