

신소재 산업으로의 확장(7)

1.8 신합섬

최근 수년간 천연섬유에서 만들 수 없는, 어떤 뜻에서는 천연섬유를 뛰어넘은 신감성이나 고기능성을 갖춘 [신합섬] 이라고 불리는 합성섬유 소재가 일본을 선두로 개발되어 사용되고 있다. [신합섬]의 뜻과 범위는 명확하게 정의되지 않으나 대체적으로 일본 합섬 메이커들에 의해 개발된 신상품중 1988년 이후 히트되고 있는 신소재를 말하는 것으로 폴리에스터의 것이 가장 많이 개발되어 잘 알려져 있다. 신합섬은 천연섬유에서 배운 제품개발 개념과 고분자, 방사, 제직, 염색가공 등 합섬제조의 각 분야에서 이룩된 최신 기술을 총체적으로 복합하여 천연섬유에는 없는 합섬 고유의 특수한 질감과 기능을 창출한 창조섬유로서 천연섬유의 장점에 합섬의 특성을 가미하여 촉감, 광택, 피복성 등 천연섬유에는 없는 특수한 기능과 질감을 표현함으로써 이제까지의 천연섬유 모방의 단계에서 한단계 뛰어넘어 합성섬유의 신기능을 부여함으로써 합섬의 응용영역을 크게 확대하는데 기여했다.

신합섬의 영역은 최초의 신합섬이라 일컬어지는 피치스킨풍을 필두로 하여 신실크풍(new silk풍)소재, 소모풍소재, 레이온풍(rayon풍)소재 등 4개로 나누는 것이 일반적이나 그 외에도 많은 신합섬류들이 개발되고 있어 여기에서는 편의상 극세사 소재, 천연섬유풍 소재, 신기능성 소재, 신신합섬 소재 등으로 구분하였다.

그리고 일본의 경우 1992년도를 기점으로 패션이 여성경향에서 캐주얼로 옮겨질 것으로 보고 지난 몇 년간 지속된 여성경향 필라멘트풍 중심의 신합섬 시장이 스펀풍 중심의 캐주얼소재로 전환될 것으로 예상하고 있어 스펀 신합섬소재 개발에 주력하고 있다. 이러한 스펀 신소재는 신합섬의 기본 개념을 스펀소재에 적용한 것으로 신합섬의 연장으로 보고 있으며 특히 이를 신신합섬이라고도 부른다. 이러한 신합섬 소재와 그 현황을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 극세사

최근 각광받고 있는 극세사 개발은 국내외적으로 매우 활발하게 진행되고 있으며 독특한 용도 전개를 통하여 고유 영역을 점하고 있는 신합성 핵심소재 중 하나이다. 일반적으로 극세사라하면 모노필라멘트(monofilament)의 섬도가 1데니어 미만의 섬유를 말하며 특히 0.3데니어 미만의 섬유를 초 극세사라 한다. 극세사 소재는 크게 2가지 방법으로 얻을 수 있다.

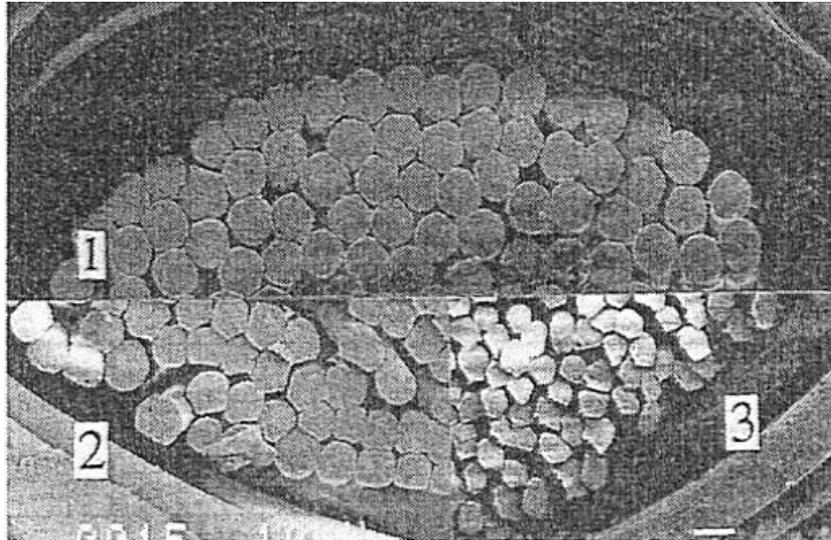
첫번째는 호모폴리머(homopolymer)를 사용하여 직접방사하여 얻는방법(세섬사)이다. 이는 첨단방사기술 및 관련장치의 노하우에 의해 이루어질 수 있다. 별도의 후 공정을 거치지 않기 때문에 제조원가의 절감은 물론, 원단의 기계적인 물성이 우수하고 일반적인 염색에서도 심미한 색상의 발현이 가능하며 세데니어 소재의 독특한 마이크로 소프트 터치(micro soft touch)가 가능하다.

두번째의 방법은, 상기의 방법으로는 제조할 수 없는 초극세화 기술로서, 서로 상용성이 없는 성질이 다른 2가지 이상의 고분자를 사용하여 방사한 후 후가공 단계에서 완전히 분할하여 극세화하는 박리분할법(분할사)과 1성분을 용해 제거하여 잔존성분을 세섬화 시키는 용출형(해도사)이 있다.

① 세섬사

고분자로부터 첨단방사, 연신공정을 이용하여 일반 원사와 동일한 공정으로 제조된 세섬사는 물성 및 후가공등의 공정성이 매우 양호하다. 또 이것은 복합방사에 의한 극세사 제품에 비하여, 제조원가의 저렴성과 감량을 거치지 않는 공정특성으로 인해 염색가공성이 우수한 장점과 유연성을 보유하고 있다. 직물, 편물 등 모든 형태의 전개가 가능하고, 견뢰도 측면에서 일반원사와 동일한 수준이며 특히 가연가공할 경우 벌크성이 우수하여 기모직물, 인조 스웨드(suede)등으로 사용될 수 있다. 또한 마광(buffing)에 의해 피치스킨퐁(peach skin퐁)의 소재로도 탁월한 효과를 나타내며 고수축사와 혼섬하여 사용할 경우에는 이수축 혼섬 효과와 세섬도 효과가 복합되어 촉감이 우수한 실키(silky)퐁의 직물 등으로 응용할 수 있다. <그림 7>은 극세사의 단면을 3가지의 섬도에 대해 보여주는 것으로, 머리카

락의 직경이 80~100인데 비해 그림에서 보여주는 섬유 직경은 $10.1\mu\text{m}$, $7.1\mu\text{m}$, $5.5\mu\text{m}$ 정도로 가늘다.

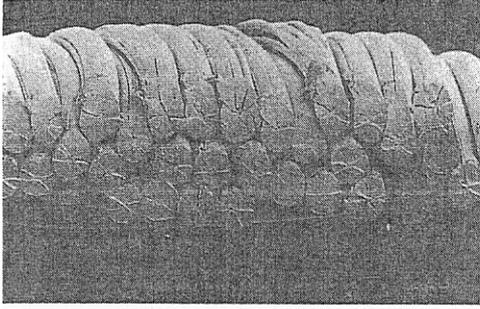


1. 5052(1.0d) 2. 5096(0.5d) 3. 70216(0.3d)

<그림 7> 극세사의 단면

② 박리 분할형 초극세사

방사단계에서 상용성이 없는 나일론과 폴리에스터를 특수 노즐을 통하여 복합 방사한 후 화학적 혹은 물리적 방법에 의하여 한가닥의 실을 십수개로 분할시키면 모노필라멘트(monofilament)의 섬도가 머리카락 굵기의 $1/20\sim 1/30$ 인 0.1데니어가 되는 섬유다발을 형성한다. 이 같이 제조된 초극세사는 기존의 코팅가공에 의한 투습방수원단의 대체 소재로서 별도의 코팅 가공 없이도 고밀도 가공에 의한 투습 방수효과와 부드러운 촉감을 지니고 있어 고기능 스포츠웨어로 사용하고 있다. 또한 일반사에 비해 단위 중량당 표면적이 대단히 커서 먼지를 흡착시키는 능력이 우수하고 마이크로 모세관 현상에 의한 흡수성, 합성섬유의 흡유성 등이 우수하므로 각종 와이퍼로도 각광받고 있다. <그림 8>은 분할전과 분할 후의 실의 모습이다.



(a) 분할 전 실 모양



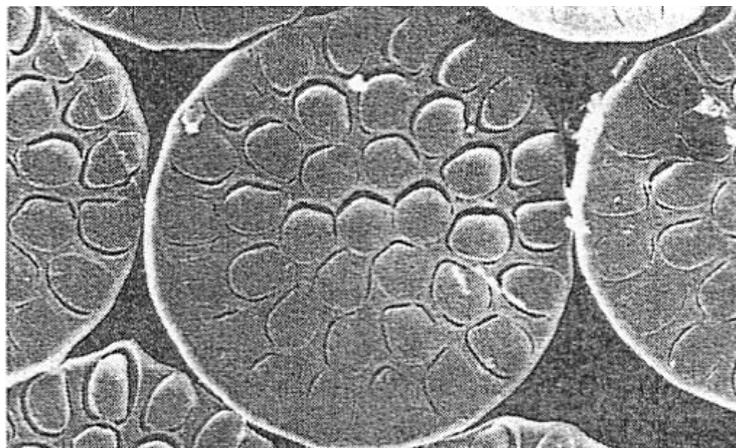
(b) 분할 후 실 모양

<그림 8> 박리 분리형 초극세사

③ 해도형 초극세사

해도형 초극세사는 <그림 9>와 같이 1개의 원사 단면내에 수십개의 섬 성분 필라멘트가 산재되어 단면이 해도형태를 보이는 극세사이다. 박리분할형 초극세사는 세섬도 한계가 0.1데니어인 반면 해도형은 원사단면내에 여러 개의 섬성분 필라멘트가 집속되어 단면이 해도형상을 보이는 복합섬유로서 섬 성분의 개수에 따라 0.1~0.001데니어까지 가능한 초극세 섬유이다.

특징은 원사 상태에서 일반사와 동일한 거동을 보이므로 박리분할형과는 달리 일반사와 동일한 방법으로 직물, 편물, 부직포의 제조가 가능하고 섬도면에서 가장 가늘기 때문에 가장 탁월한 촉감을 나타내며 박리분할형에 비해 염색 및 후가공이 용이하다.

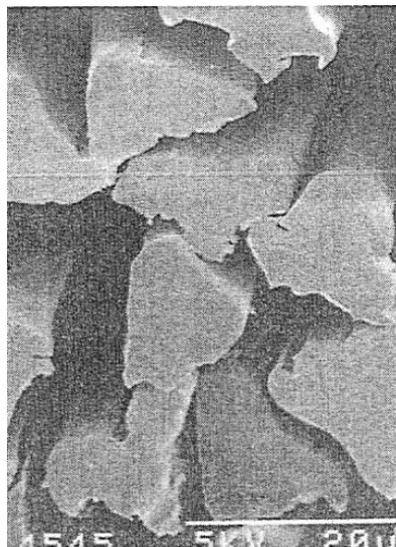


<그림 9> 해도사의 단면사진

(2) 천연섬유품의 소재

① 신실크퐁(new silk퐁) 소재

폴리에스터 섬유가 지닌 강하고 우수한 내구김성, 세탁성 및 탄성등 여러가지 실용적인 장점과 독특한 촉감, 광택, 풍부한 드레이프성 및 선명한 색상등의 실크가 가지는 특성과 우아한 감성을 접목시키는 것이 실크라이크(silklike)섬유 소재 추구의 목적이다. 실크라이크사의 개발 역사는 1960년대 중반에 개발된 삼각단면사와 알칼리 감량가공을 특징으로 하는 제 1세대, 1970년대 이수축 혼섬사를 중심으로 하는 제2세대, 1980년대 중반까지 천연섬유의 불규칙성을 제2세대와 더불어 도입하고 인공느낌을 배제하려는 제 3세대, 고분자의 미세개질과 특수 이형단면사, 고이수축 혼섬 등을 핵심으로 하여 새로운 외관 및 질감, 그리고 기능성을 부여하여 제 4세대 폴리에스터 즉 소위 신합섬이 탄생하게 되었다. 실크퐁의 소재는 이형단면사(특수 단면 및 불규칙 단면), 이수축 이섬도 혼섬, 알칼리 감량, 특수가연, 세섬화등 요소 기술의 축적을 바탕으로 최근에는 고분자 제어, 복합방사, 복합가연, 초극세화등 신기술 및 기초기술의 복합화를 통하여 고난도의 기술로 만들어 진다. 실크퐁 소재는 천연 실크와 유사한 소프트 터치, 우아한 광택, 피복성 및 볼륨감이 있을 뿐만 아니라 내구성이 우수하고 물세탁이 가능하며 염색성의 향상으로 천연실크의 기능을 한 단계 향상시킨 특징을 갖고 있다.



<그림 10> 신실크퐁 사의 이형단면

<그림 10>은 신실크품 섬유 단면을 보여주는 것으로서 이형단면을 보여주는 데 천연실크의 단면과 비슷한 모양을 하고 있다. 이러한 이유로해서 천연실크의 독특한 소리를 낼 수 있을 뿐 아니라 다단 고수축성으로서 본래의 실크에는 없는 부피감과 피복성도 갖고 있다. 아래표는 실크품 섬유를 정리한 것이다.

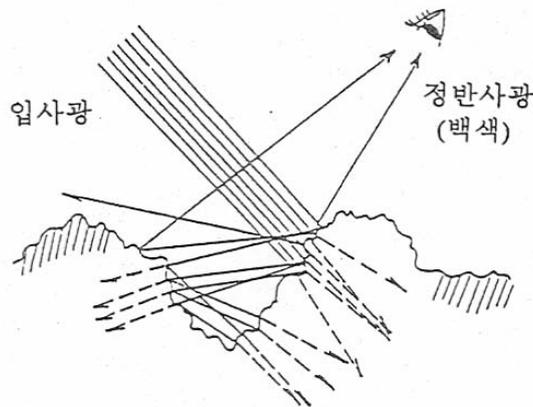
<실크품 섬유>

항 목	실 크 품
특징	<ul style="list-style-type: none"> - 신탐섬 소재중 가장 대표적인 소재로서 특수단면화, 이수축 이섬도 혼섬, 알칼리감량, 특수가연 등의 기초기술과 복합방사 고분자개질 등 신기술의 조합에 의해 제조 - 견과 및 질감 - 품위있는 광택 - 우수한 촉감과 강성 - 탄력성 및 반발성 - 취채(silk scroop)
원사특성	<ul style="list-style-type: none"> - 3화엽 단면사 - 다중다형 혼섬사 - 부정형 단면 혼섬사 - 이수축 복합사 - 다단 이수축 혼섬사 - 잠재권축 복합사 - 자기신장사
제조방법	<ul style="list-style-type: none"> - 복합방사후 알칼리 감량에 의한 특수삼각 단면화 - 노즐 및 연신 제어기술을 이용하여 다섬도 다단면 - 랜덤 복합방사 기술과 특수 가공기술에 의해 불규칙 단면 형성 - 고수축과 저수축 고분자의 복합방사 이수축 혼섬

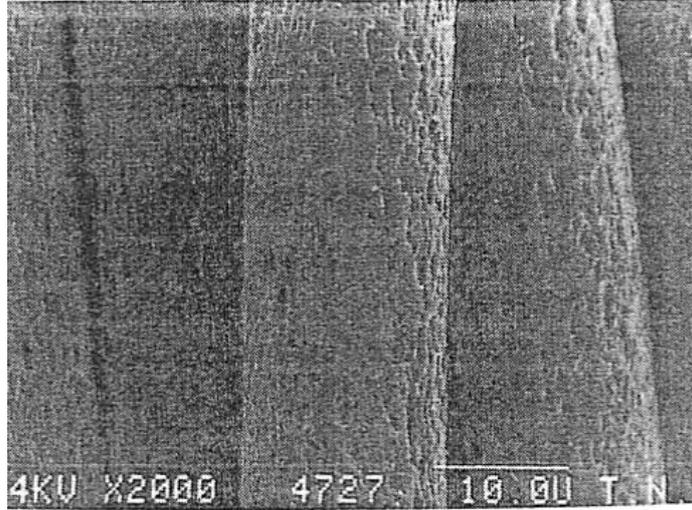
	<ul style="list-style-type: none"> - 극세사와 고수축사의 이수축 복합가공 - 한 단면내에 고수축과 저수축이 동시에 존재하는 이단면 이수축 복합사
--	--

② 레이온퐁(rayon퐁) 소재

레이온퐁 소재는 천연 레이온의 높은 피복성을 목표로한 제품으로서 섬유제조시 세라믹 필러(filler)를 다량 첨가하여 섬유의 비중을 높임으로써 피복성을 향상시킨 소재이다. 세라믹으로는 일반적으로 TiO_2 , 실리카 등이 사용되며 투입방법에 따라 폴리에스터 중합공정에서 투입하는 방법과 중합 후 방사공정에서 마스터배치(master batch)를 혼합하는 방법으로 나뉘어진다. 레이온퐁 소재중 심색사는 폴리에스터내에 TiO_2 함량조절과 균일한 분산기술을 이용하여 폴리에스터 내부에 TiO_2 를 미세하게 분산한 후, 알칼리 감량 처리함으로써 원사상에 표면요철 구조를 부여하여 소광성과 광에 대한 난반사 특성에 의해 고급스러운 색조의 파스텔 효과와 우수한 드레이프성을 나타내는 소재이다. <그림 11>은 이러한 섬유의 광학 특성을 나타내는 것이다. 이와 같이 미립자를 첨가한 후에 알칼리 감량가공을 통해서 섬유표면에 $0.2\sim 0.7\mu m$ 의 광파장 크기의 요철을 랜덤하게 형성시키면서 <그림 12>와 같이 섬유의 표면요철이 랜덤하게 되어서 발색성과 심색성을 주는 섬유를 얻을 수가 있다.



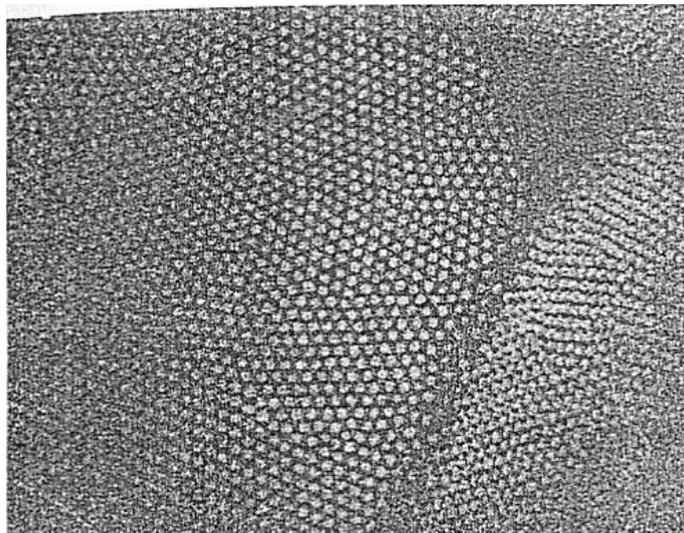
<그림 11> 심색사의 광학특성



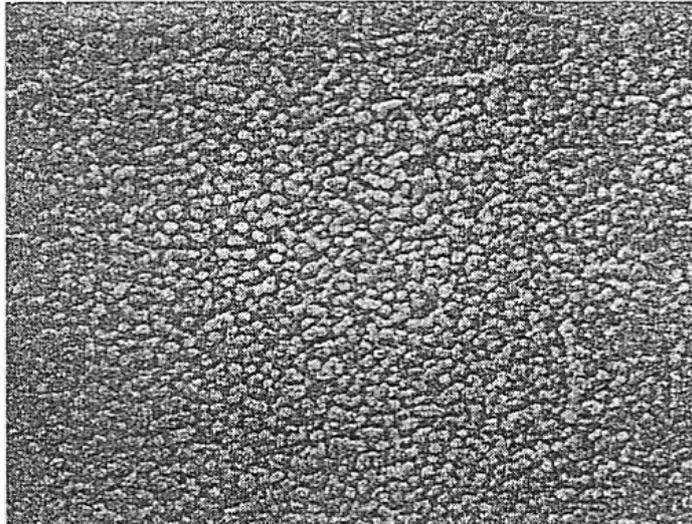
<그림 12> 심색사의 표면

이와는 대조적으로 요철을 규칙적으로 섬유표면에 형성시키면 해질무렵에 누에나방의 각막에서 마스크기술과 저온 플라즈마 에칭기술을 조합하여서 $0.1\mu\text{m}$ 의 규칙적인 요철을 형성시킴으로서 누에나방의 각막처럼 빛을 효율적으로 흡수할 수 있게 된다.

<그림 13>은 누에나방의 각막을 나타낸 그림이며 <그림 14>는 이러한 기술로써 만든 섬유제품의 표면을 나타내는 그림이다.



<그림 13> 누에나방의 각막



<그림 14> 정장용 소재의 표면

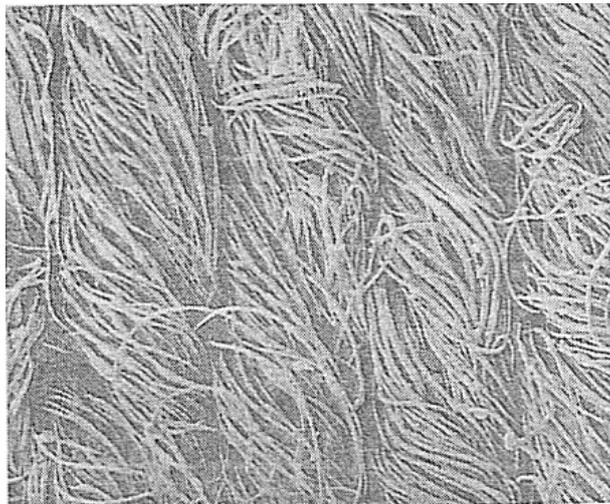
아래는 레이온퐁 소재의 특성을 정리한 것이다.

항목	레이온퐁
특징	<ul style="list-style-type: none"> - 깊이 있는 발색성과 우수한 드레이프성을 갖는 소재로서 무기물 미립자를 고분자에 혼입, 분산한 후 염색가공기술에 의해 섬유표면에 미세한 요철구조를 부여 - 드라이터치 - 높은 드레이프성 - 파스텔퐁 발색성 - 우수한 탄력성 및 염색성
원사 특성	<ul style="list-style-type: none"> - 소광성 원사 - 고비중 사 - 표면다공성 사
제조 방법	<ul style="list-style-type: none"> - 소광제 TiO_2 고분자내에 혼입분산하여 심색성과 탄력성 부여 - 고비중 세라믹을 혼입분산하여 레이온과 같은 높은 드레이프성 부여 - 정교 세라믹(fine ceramic)계 미립자를 균일분산하여 심색표면효과 부여

③ 소모퉁 소재

양모는 오래전부터 인류의 의복소재로서 사용되어 왔으며 촉감이나 보온성 등에서 다른소재와 매우 다른 특징을 갖고 있다. 그러나 양모의 취급이 까다롭고 구김이 잘가며 가격이 비싸다는 단점을 가지고 있기 때문에 오래전부터 합성의 편리함과 양모의 장점을 동시에 만족할 수 있는 새로운 소모퉁이 합성소재 개발이 요구되어 왔다.

소모퉁은 복합가연의 소재기술에 연사 및 알칼리 감량이라는 후공정 기술의 부가에 의해 신합성으로 자리잡게 되었으며 최근에는 폴리머 개질과 복합가연을 접목시켜 심색성을 부여하는 방식, 복합가연에 사용되는 구성사의 단면을 이형화, 세섬화시켜 탄성과 소프트 촉감을 강화하는 방식으로 발전되고 있다.



<그림 15> 소모퉁 소재의 표면

<그림 15>는 개발된 소모퉁 소재의 한 예로 섬도, 분자 배향도, 수축률이 서로 다른 물성을 가진 2종의 원사를 심효과(core effect)형태로 복합교락시킨 후 심효과(core effect)형태로 복합교락시킨 후 가연가공을 거쳐서 만들어진 별키성이 풍부한 스펀라이크사(spunlike사)를 사용하여 만든 직물의 표면사진으로서 천연소모와 유사함을 알 수가 있다. 아래 표는 소포퉁 소재의 특성을 정리한 것이다.

소모품 소재의 특성

항목	소모품
특징	<ul style="list-style-type: none"> - 소모와 같이 공기층이 두껍고 잔털이 잘 발달된 복합다층구조를 갖는 벌키(bulky)성 소재로서 그갯섬유(micro fiber)의 복합사가공 기술이 주종임. - 스펀퐁의 감촉 - 우수한 벌키성과 탄력성 - 풍만감(fullness)
원사특성	<ul style="list-style-type: none"> - 복합가연사 - 심색성 복합가연사 - 다층구조 복합가연사 - 표면 변화사
제조방법	<ul style="list-style-type: none"> - 이단면 이섬도 복합사 가공 - 신도차이를 이용한 복합가연가공 - 공급속도 차이를 이용한 복합가연가공 - 원사표면에 양모와 같은 스케일 형성

④ 신질감 소재

피치스킨퐁(peach skin퐁) 직물은 감성과 질감을 중시하는 신합섬의 대표소재로서 세섬유 또는 세데니어의 원사를 자유롭게 사용하여 섬세하고 부드러운 직물표현 질감을 부여한 소재를 칭하며, 통상은 복숭아의 표면과 같은 부드러운 촉감과 광에 대해 우아한 색조를 발하는 것이 특징이다.

초기의 피치스킨퐁 소재는 주로 면과 폴리에스터/나일론 복합사를 사용한 기모제품이 주종을 이루었으며 점차로 다양화되어 나일론 극세사, 폴리에스터 일반극세사, ATY등으로 확대되어 가고있다.

한편 신합섬 붐과 함께 비마광(non-buffing)타입으로서 수축이 서로 다른 복합사를 사용한 얇은 기모소재가 새롭게 개발되었는데 이것은, 폴리머 개발 및 이수축

손섬등에 의해 직물표면에 미세한 루프를 형성시킴으로서 굳이런 마이크로 분말 촉감을 주는 제품들이다.

<피치스킨풍 소재의 특징>

항목	소모품
특징	<ul style="list-style-type: none"> - 극세사 또는 세데니어의 원사를 사용하여 섬세하고 부드러운 질감을 가진 소재로서 마광(buffing)에 의한 소재와 이수축혼섬에 의한 얇은 기모품이 있음 - 부드러운 감촉(soft touch) - 따뜻한 감촉 - 은은한 광택, 외관 - 우수한 볼륨감
원사특성	<ul style="list-style-type: none"> - 초극세사(0.3데니어 이하) - 세섬도사(0.3~0.7 데니어) - 이수축 혼섬사 - 이용해성 복합사 - 에어풀(airfull) 구조사
제조방법	<ul style="list-style-type: none"> - 분할형 또는 해도형 복합사의 분할 및 마광(buffing) - 감량속도 차이가 큰 2종의 고분자로 된 복합사와 고수축사 혼섬 - 특수사 가공에 의해 공기층을 많이 함유하는 가공사 제조

(3) 신 신타합섬 소재

폴리에스터 장섬유를 주축으로 한 신타합섬 1988년 이후 수년간 큰 호황을 누렸으나 1992년이후 주로 단섬유를 이용한 신제품을 신타합섬(또는 신타합섬 next, 차세대(post) 신타합섬)이라 부르고 있다. 패션의 경향이 캐주얼로 바뀌면서 소재의 선호도도 장섬유에서 단섬유로 바뀌어 신타합섬은 특수 단섬유 방적사 소재위주로

개발되고 있다.

아래 표는 신, 신신합성의 공정별 요소기술을 보여주는 것이다.

<신, 신신합성의 공정별 요소 기술>

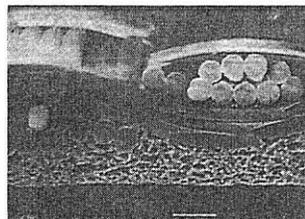
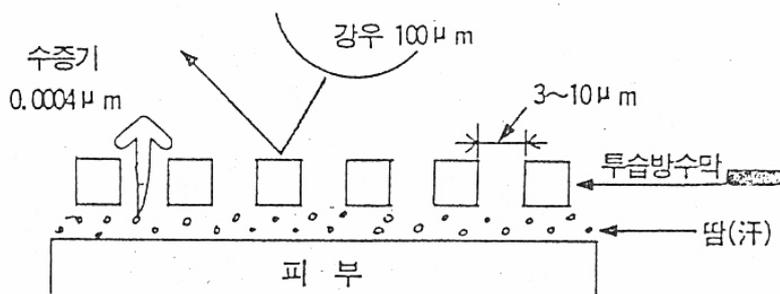
공정	요소기술
고분자개질	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자기신장 폴리머 ○ 고수축성 폴리머 ○ 고수축 고응력성 폴리머 ○ 미립자 혼합 폴리머 ○ 고염색성 폴리머(분산 이염성, 캐티온 염색가능) ○ 용해성 폴리머(용제, 알칼리 감량 등)
방사기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 특수 단면사 방사기술 ○ 초극세사 방사기술 ○ 복합사 방사기술 ○ 고속 방사기술 ○ 방사 혼섬기술(이형, 이섬도, 이폴리머 등)
연신기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 랜덤 열처리기술 ○ 연신 혼섬기술(이형, 이섬도, 이폴리머 등) ○ 수축성 제어기술
실의 가공기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 특수 에어 가공기술 ○ 특수 벌키 가공기술 ○ 실 길이차 혼섬기술 ○ 루프 잔털 가공기술 ○ 다층구조 혼섬기술
제작기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저온 가호 기술 ○ 비가호 기술

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고속 제작기술 ○ 극세사, 벌크사 제작기술
염색가공기술	<ul style="list-style-type: none"> ○ 특수 이완 처리기술 ○ 고도 감량가공 기술 ○ 고도 기모가공 기술 ○ 균일 염색가공 기술

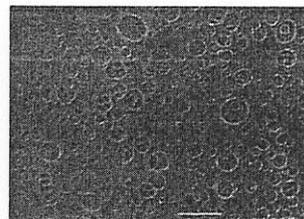
(4) 신기능성 소재

① 초발수 고밀도 직물

일반 코팅법에 의해 제조되는 투습방수포와는 달리 고수축사와 극세사를 혼섬하여 고밀도 제작 및 고수축가공을 통하여 제조된 초고밀도 직물로서 우수한 방수성, 내구발수성, 방풍성 등을 지니고 있으며 고수축에 의해 형성된 극세 루프 및 극세사 부상효과에 의해 소프트한 마이크로 분말 촉감을 발현하도록 되어 있다. <그림 16>은 초발수 고밀도 직물의 투습방수 원리를 나타낸 것이고 <그림 17>은 초발수 고밀도 직물위에 물방울이 얹혀있는 것을 보여준다.

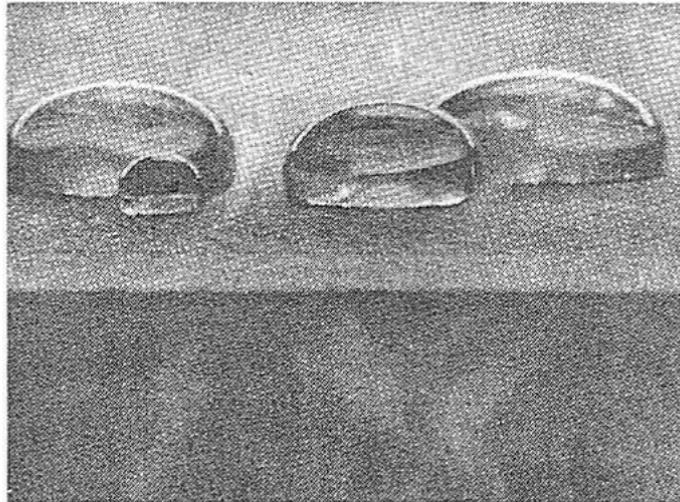


단면형태



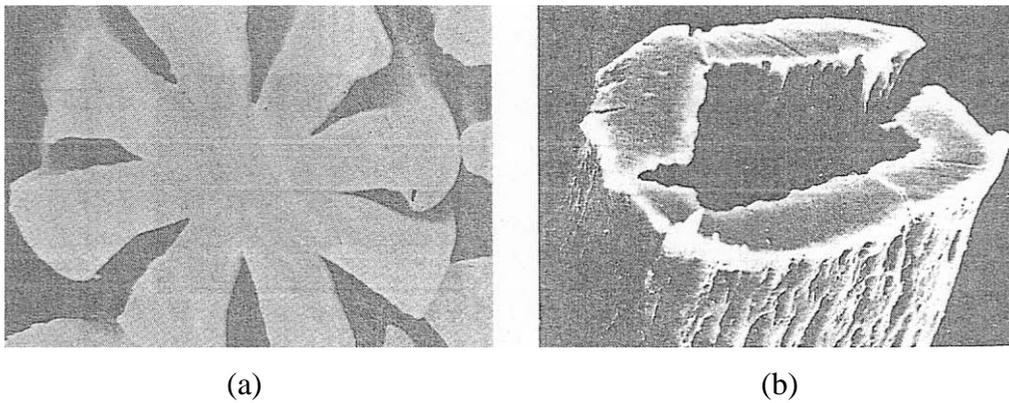
표면형태

<그림 16> 초발수 고밀도 직물의 투습방수 원리



<그림 17> 초발수 고밀도 직물

② 흡수속건소재



(a)

(b)

<그림 18> 흡수속건소재의 단면

소수성 섬유인 폴리에스터에 흡수성을 부여하는 방법으로 섬유표면에 친수성 단량체를 고착시키는 방법, 특수 이형단면사를 이용하는 방법, 표면개질 중공섬유를 이용하는 방법 등이 있다. <그림 18>의 (a)는 특수이형단면구조에 의해 흡수성과 속건성을 부여하는 소재이다. 그림에서 보듯이 용해성이 다른 2종의 고분자를 특수복합방사한 후 1성분을 용해한 것으로 표면에 형성된 골에서 일어나는 마이크로 모세관 현상에 의해서 수분이동이 신속하게 일어난다. <그림 18>의 (b)는 친수성 고분자를 폴리에스터와 혼합방사하여 친수성 고분자를 용출시켜 섬유중에

다수의 미세공을 형성시킨 것으로 이러한 미세공은 섬유내부로 서로 연통되어 있고 섬유 측면에도 개구되어 있어 뛰어난 흡습성과 신속한 팽 증발로 쾌적한 착용감을 주며 정전기의 발생이 없으며, 부드러운 촉감과 실크와 같은 우아한 광택이 발휘되는 소재이다.

③ 감온변색 소재

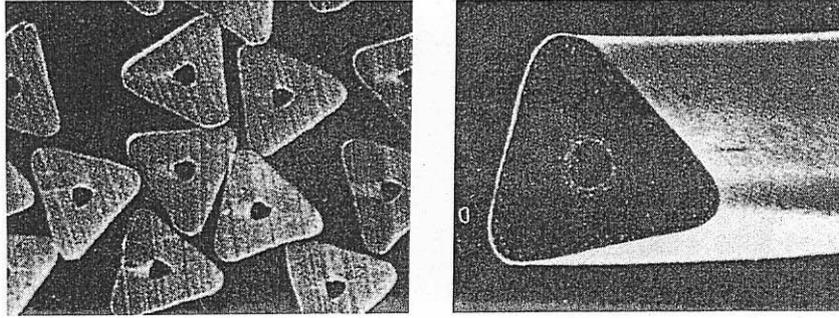
온감 변색물의 변색기능을 증가시킬 수 있는 특수한 수지에 의해 마이크로 캡슐화된 온감 변색물을 섬유표면에 균일하게 분산 부착시켜 주위의 온도에 따라 색이 변하는 섬유소재이다. 색이 변하는 원리는 색상을 나타내는 발색성분 및 현색성분, 기타 발색, 소색 작용을 돕는 제 3성분을 마이크로 캡슐화한 것으로 각 성분이 온도와의 상호작용으로 발색과 소색을 하는 것으로 마이크로 캡슐내의 발색성분을 원하는 색상으로 발현되도록 성분을 교체함으로써 원하는 변색 색상을 얻을 수 있다.

④ 제전사(制電絲)

제전사는 합성섬유, 특히 폴리에스터 섬유의 가장 큰 단점인 정전기 발생을 억제하고, 정전기 발생으로 인한 오염물 부착, 불쾌감, 마찰음 등을 개선한 소재로서 기존의 대전방지 가공 소재와는 달리 반영구적인 기능성 소재이다. 이 섬유는 기존의 보통 폴리에스터 섬유가 가지는 물성을 저하시키지 않으면서 반영구적인 제전 성능을 가지게 하기 위해 섬유의 내부에 대전방지 기능이 우수한 첨가제를 혼합방사법으로 미세 균일분산시켜 제조한다.

이러한 제전사는 종래의 대전방지 소재들에 비해 온습도에 거의 영향을 받지 않으며 착용시 마찰음이 없고 의복에 달라붙지도 않기 때문에 쾌적한 착용감을 느낄수가 있다. 특히 세탁에 희나 제전효과의 저하가 거의 없어 반영구적인 지속성을 가진다. <그림 19>는 제전사의 단면 모양을 보여주는 예로서 섬유중심의 공간 부분에 제전제가 지중되어 정전기가 표면뿐 아니라 중공부에서도 방전되어 정전기를 방지하는 효과가 크다. 또한 섬유가 중공구조로 되어 있어서 가벼우며 실

크와 흡사한 삼각단면 모양을 하고 있어서 촉감이 부드럽고 상쾌하며 프리즘처럼 빛을 분산하여 아름답고 우아한 광택을 발산한다.



<그림 19> 제전사의 단면사진