

# 최근 섬유 가공기술 동향

용광중, 손성군

한국섬유소재연구소

## 1. 서 론

최근 섬유가공기술은 의류용 뿐만 아니라 각종 산업용으로의 전개를 위한 신 가능성을 발현시키는 수단으로 원료단계에서부터 제품화기술에 이르기까지 보통 2종 이상의 기술들을 적용하고 있고, 다수의 재료나 소재들을 복합화한 융복합 기술적인 요소가 강하게 나타나고 있다.

전자산업, 정밀화학, 생물학, 생화학, 재료공학, 나노기술 등 다양한 분야의 기술과 융합되고 복합화된 형태로 연구개발이 진행되고 있다. 각 분야에서 요구되는 고도의 기능을 만족시키기 위해 이업종간의 기술 융합이 자연스럽게 이루어지고 있고, 물리적 가공과 화학적 가공이 모두 필요한 경우가 대부분으로 점차 하이테크적 요소가 더 요구되어지고 있다.

본고에서는 섬유가공기술을 물리적 가공기술, 화학적 가공기술, 물리화학적 복합가공기술로 나누어 최근 개발되어지고 있는 기술이나 제품에 대하여 소개하고자 한다(Fig. 1).

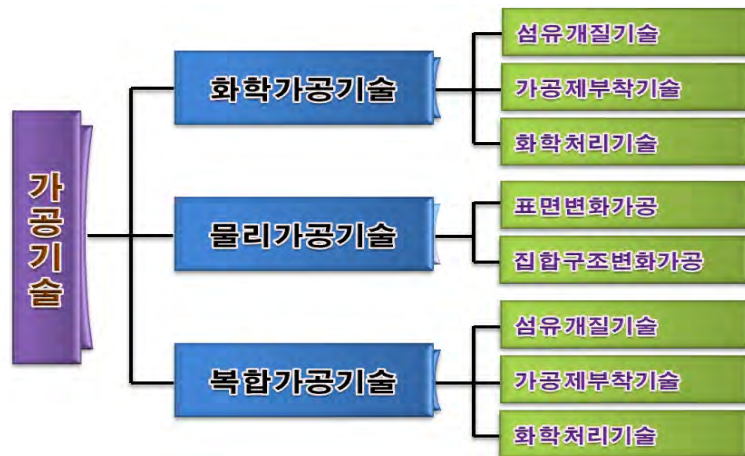


Fig. 1. 섬유가공기술.

## 2. 물리적 가공기술

섬유소재의 물리적 가공은 기모나 표면광택, 해연 등 섬유표면 가공이나 섬유 집합구조를 변화시키는 가공이 대부분으로 Raising, Pitch skin, Calendering, Chintz, Loose(elastic finishing) 등이 있다.

이중에서 기모 가공, 피치스킨 가공, Calendering 가공은 일반적으로 알려져 있으므로 마이크로 피치스킨(micro pitch skin) 가공과 탄화처리가공에 대하여 일부 소개한다.

### 2.1 마이크로 피치스킨(Micro pitch skin) 가공

마이크로 피치스킨은 Powder pitch skin, Diamond pitch skin 가공이라고도 한다. 개발초기 다이아몬드 세라믹 Roll에 의한 마이크로 피치가공방법을 사용하였기 때문에 다이아몬드 피치가공이



라고도 하고 파우더상의 분유나 밀가루와 유사한 촉감이 난다고 해서 Powder pitch skin 가공으로도 알려져 있다.

이후 독일 LAFER에서 Brush roll 방식의 마이크로 피치 개발에 성공하게 됨에 따라 세계 유수의 기업들이 이 시스템을 도입하고 있으며, 국내 경우 한국섬유소재연구소와 몇몇 기업 등에서 10여대 정도가 도입한 것으로 알려져 있다.

최근 국내 후가공 기계업체인 도유기계가 국산화에 성공해 본격적인 판매에 돌입 한 것으로 전해지고 있다.

## 2.2 탄화처리(Carbonization) 가공

탄화처리는 주로 탄소섬유 제조에 이용하고 있으며 PEN계와 Pitch계 탄소섬유가 주를 이루고 있다. 최근에는 천연섬유소재 자체를 탄화시킴으로써 환경산업용 필터로 적용한 제품들이 다수 보이고 있으며, 유해가스 흡착 제거를 위한 마스크용으로 간혹 소개되고 있다.

코코넛 섬유, 대나무섬유, Kenaf, Nettle, Linen, Rayon 등은 자체가 갖고 있는 다공질 특성 때문에 이를 섬유화하여 탄화 소성시키면 비표면적이 500~1,200m<sup>2</sup>/g 정도나 되는 탄소섬유를 얻을 수 있다는 점을 이용하여 일본 가고시마 공업기술센터와 아이찌현 공업기술연구소 등에서 관련 연구가 비교적 활발하게 진행되고 있다.

## 3. 화학적 가공기술

표면 개질을 하거나 코팅가공, 충전가공, 침투가공 등 화학약품을 이용한 기능성 부가가공으로, 최근에는 나노유연제나 나노발수제, 나노수지 등을 이용한 내부 침투에 의한 초기능 발현시도가 주를 이루고 있다.

### 3.1 화학처리기술 및 제품

화학처리기술이란 유연제나 발수제 등의 기능 가공제를 섬유에 처리함으로써 원하는 기능을 발휘시키는 가공기술을 의미하는 것으로 Padding process, Gravure process, Spray process, Rotor dumping 등이 있다.

이미 오래전부터 잘 알려진 공정이기 때문에 최근 이슈가 되고 있는 나노 가공제 처리에 관한 내용을 간단히 소개한다. 실리콘 유연제나 발수제를 나노화시킨 가공제를 섬유소재에 처리하는 것은 일반 가공제보다 섬유조직 내부 침투가 가능하기 때문에 Softness와 Draft 특성 또는 발수발유성 등이 우수하고 내구성 또한 기존 가공제보다 우수하여 적용사례가 점차 증가하고 있다.

#### (1) 수영복용 발수속건 및 광촉매 소취 신기능소재<sup>1)</sup>

코마쓰세이렌(일본)에서는 최근 수영복용으로 발수속건소재 「DRYSARA」와 수영복에 남아 있는 소독제 냄새를 경감할 수 있는 광촉매 소취기능소재 「HOTOFRESH-CL」을 개발하여 본격 시판에 나섰다. DRYSARA는 물을 밀어 내어 생지 중에 물을 함유하기 어려운 가공을 처리하여 수영장과 바다에서 수영 후 기화열로 체온이 빼앗기는 것을 방지한다. 건조온도는 기존 수영복 소재의 1/3에 불과하고 세탁내구성이 우수하여 반복 사용해도 그 특징을 그대로 유지한다.

HOTOFRESH-CL은 광촉매 소취기능 소재로 수영복에 남아 있는 소독제인 염소냄새를 거의 남아있지 않을 정도로 경감시킨다. 그리고 땀과 가령취(노인냄새) 및 담배냄새 등에도 효과가 있다고 한다.

#### (2) 초 발수기능의 나노테크 직물<sup>2)</sup>

스위스 취리히 대학에서는 Spray sol-gel process에 의해 폴리에스터 직물에 수백만 개의 나노실리콘 필라멘트로 코팅하는 방식으로 초 발수기능을 실현하였다. 아래 그림에서처럼 직물에 떨어뜨린 물방울이 구를 형성하고 있고, 2도만 기울여도 굴러 떨어지며, 오랫동안 물에 담가놓아도 절대로 젖지 않는다고 연구자들은 밝히고 있다(Fig. 2, 3).

이와 같은 초 발수기능을 나타내는 것은 실리콘 나노 필라멘트 층으로, 화학적으로 높은 소수성을 갖고 있는 실리콘이 40nm 너비의 필라멘트 구조를 하고 있고, 이것이 폴리에스터 섬유 표면에서 촘촘한 조직구조를 형성함으로써 초 발수기능을 발휘하는 것이다. 이 기능은 조직 사이에 공기층이 있어 보온 효과를 발휘하며, 플라스트론(plastrons)으로 잘 알려진 이와 유사한 구조는 물발개 등의 수생곤충이 물속에서 숨을 쉬기 위한 용도로 활용한다.



Fig. 2. 나노 실리콘 코팅 발수가공.



Fig. 3. 소금쟁이의 Plastron 효과.

### (3) PFOA Free 친환경 불소수지<sup>3)</sup>

아사히그라스(일본)가 불소수지(PTFE)계 신제품으로 유화제 PFOA(Perfluoro Octanoic Acid) 화합물(암모늄염)을 함유하지 않는 친환경 불소수지 「Fluon<sup>®</sup> PTFE E series」를 개발하고 본격 시판에 나섰다.

PFOA는 오래전부터 PTFE 등의 불소수지 유화제로 사용되어 왔으나, 야생동물과 인체 혈액 등 주변 환경으로부터 PFOA가 검출되고 있다는 것이 밝혀지면서 미국 환경보호청(USEPA)이 2005년 1월에 PFOA에 관한 안전성평가 결과를 발표하였고, 이를 계기로 2006년 1월부터 PFOA 및 유관물질에 관한 환경배출량 감소를 업계에 권장함에 따라 캘리포니아 주에서는 PFOA 물질에 관한 규제안이 전격 발표되기에 이른다. 이에 따라 아사히그라스에서는 2010년까지 기존 불소수지 시리즈를 「E series」로 대체할 계획을 세우고 있다

### (4) 표면발수/이면흡습기능 Twin coating 가공<sup>4)</sup>

Carl Meiser GmbH & Co KG(독일)는 최근 표면 초 발수기능에 이면 흡습기능을 동시에 가지는 신규 코팅기술을 적용하여 의류용과 산업용으로 적용이 가능한 섬유소재 「Nopma comfort control」 coating cloths를 개발하였다(Fig. 4).

특히기술인 이 신규 코팅법은 박지 또는 단면 조직, 예를 들면 Single은 물론 Pique 직물에의 적용도 가능하며 기후변화와 습도변화에 최적으로 대응할 수 있어 Seat cover, 스포츠웨어, 요실금 환자용 내의, 자동차 내장재 및 각종 가구산업으로의 적용을 기대하고 있다.

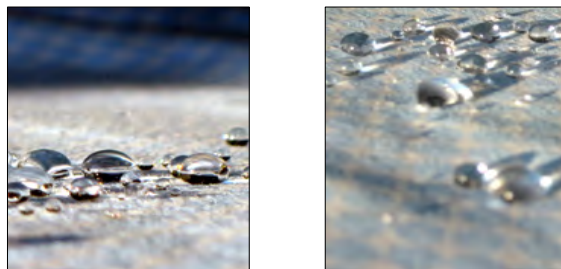


Fig. 4. Nopma comfort control 가공.

### (5) 나노가공으로 합성섬유 개질<sup>5)</sup>

도레이(일본)가 폴리머 분자 고리의 나노가공에 의한 합성섬유 개질기술 「나노모디」를 개발하였다. 기능약제의 최적 설계와 가공시 온도, 습도, 농도, 압력 등 다양한 조건을 제어하여, 자기

확산 내부반응이라는 현상을 발현시켜 기능약제를 섬유 내부까지 침투토록 함으로서 섬유를 구성하는 폴리머 고리를 분자수준으로 균일하게 개질하는 기술이다. 소재를 구성하는 섬유 표면적의 크기에 따라 효과가 달라지는 기존의 후가공 방법과는 달리 섬유물성 향상효과 외에 직·편물 소재 전체의 용적에 따라 그 효과를 달리할 수 있는 특징이 있다. 예를 들면 가수분해에 의해 자기열화가 쉬운 PLA 섬유의 경우 시한분해성을 부여함으로서 분해속도를 자유로이 조절할 수 있는 등 다양한 분야에의 적용이 기대되고 있다.

**(6) 비 불소계 내구 발수발유가공제<sup>6)</sup>**

오하라파라둡화학(일본)이 최근 PFOS(perfluorooctane sulfonic acid)와 PFOA(perfluorooctanoic acid)를 함유하지 않은 발수발유가공제 「Paragium ECO-360」을 개발해 본격 시판에 나섰다.

이 발수발유제는 특수 왁스계로 폴리에스터와 나일론 섬유용 고 내구성의 발수성과 발유성 가공제로 불소계 발수제보다 저가이며 Soft 촉감을 동시에 부여할 수 있고, 열처리 온도도 130~140℃로 낮아 에너지 절감도 실현할 수 있다.

**(7) Palm 등의 식물계 유래 유연제<sup>6)</sup>**

오하라파라둡화학(일본)이 최근 팜유와 천연 다당류인 Hyaluronic acid와 Trehalose 등의 천연 다당류 식품과 화장품의 보수·보습성 유화제로 사용하는 천연식물 유래 물질을 이용한 무독성 유연제 「Parasoftener-SN」 시리즈를 개발하였다.

**(8) 항 곰팡이 섬유 「노-삼(nosum)」<sup>7)</sup>**

시키보(일본)가 건강 쾌적기능으로 항 곰팡이 기능을 갖는 새로운 섬유 「노-삼(nosum)」을 개발하고 항곰팡이 SEK 마크를 획득하였다고 발표하였다(Fig. 5). Nosum은 다양한 종류의 곰팡이에 특히 효과가 있고 세탁 내구성이 우수하며 경구독성과 피부 자극성이 없을 뿐 아니라 후가공 기법에 의해 기능성 부여가 가능하기 때문에 모든 소재에 적용이 가능하다고 한다.

한편 일본 섬유평가기술협회에서는 그동안 항곰팡이 관련한 평가기준이 없었으나 최근 3년에 걸쳐서 항곰팡이 시험방법인 발광시험법(ATP법)을 개발해 2009년 4월부터 본격적인 SEK 마크 인증에 들어갔으며, 시키보가 가장 먼저 이 마크(인증번호 01-09-A)를 획득하였다.

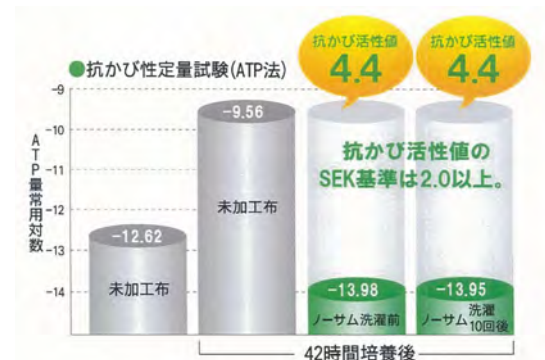


Fig. 5. Nosum의 항곰팡이성 정량시험(ATP법).

**(9) 축열보온가공소재 「LXS」<sup>8)</sup>**

유니타카 텍스타일(일본)이 최근 태양광의 근적외선을 효과적으로 흡수하는 적외선 흡수제를 응용한 축열보온소재 「LXS(룩스)」를 개발하였다(Fig. 6).

LXS는 태양광의 근적외선을 고효율로 흡수하는 적외선 흡수제를 폴리에스터 섬유의 비결정영역 부분에 균일하게 분산시켜 봉입하는 특수가공으로 축열보온 성능을 발휘토록 한 것으로 기존에는 없는 고 내구기능을 실현할 수 있는 신규 기능성 가공소재이다.

가공 후 촉감이나 소재특성 등의 저해가 없고 염색성도 우수할 뿐 아니라 후가공기법에 의한 추가적인 기능성 가공도 가능하여 다양한 섬유소재와의 복합으로 각종 용도로 적용이 확대될 것으로 기대하고 있다.

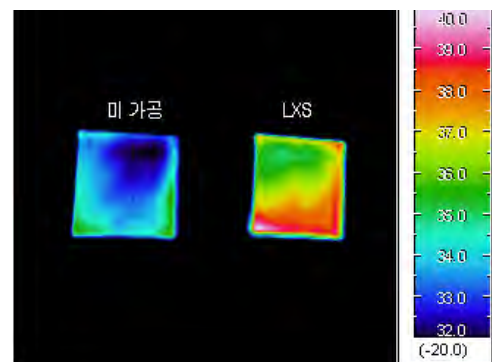


Fig. 6. LXS의 태양광 흡수 특성.



### (10) 특수 가공 신소재 「MAGMATEC」

시키보(일본)는 최근 천연용암을 면섬유에 부착시킴으로서 원적외선 방사효과에 의한 온열효과와 Healing 효과가 있는 신소재 「MAGMATEC」을 개발하였다<sup>9)</sup>.

이 가공은 다공질의 용암을 나노크기로 분쇄한 후 특수가공으로 면섬유에 부착시킨 것으로, 면소재의 쾌적성과 용암성분에 의한 축열성 및 원적외선 효과로 고효율의 열에너지 변환에 의해 미처리 제품에 비해 지속적으로 1~2℃ 정도 상승하는 것으로 나타났다.

## 3.2 코팅 가공기술 및 제품

섬유분야에서의 코팅가공이란 화학적 반응이 아닌 반데르발스 힘 등을 이용한 피막가공을 의미하는 것으로 일반적으로 Knife coating과 Roll coating, Laminating coating, Hot melt coating 등이 있다.

나노 기능재료를 코팅약제에 함유시켜 신규 기능성을 얻는 신기능성 가공기술도 하나의 기술 부류에 속한다. 그리고 최근에는 금속재로나 플라스틱 분야에서 사용해 온 특수 코팅(또는 도금)기술이 섬유산업에 그대로 적용하려는 시도가 많이 있다.

최근 코팅가공은 나노코팅에 의한 기능성 발현시도가 주를 이루고 있으며, 크게 기체상태에서 코팅이 이루어지는 기상법과 액체상태에서 코팅이 이루어지는 액상법이 있다. 각기 Sol-gel process를 시작으로 Sputtering 기술, 진공증착, 전해도금, 무전해도금, 기상증착 등이 있으며, 이들 대부분이 금속이나 플라스틱 산업에서 적용되어온 각종 나노 코팅기술들이 점차 섬유산업에 까지 파고들어온 것으로 최근의 기술융합을 실감하게 하는 분야라고 할 수 있다.

기상법에는 기체상태에서 코팅가공이 이루어지는 CVD(Chemical vapor deposition)법과 PVD(Physical vapor deposition) sputtering, 초임계 코팅, 전자빔(Electric beam) 코팅, LBL(Layer by layer)법, Micro wave 코팅, 저압 플라즈마코팅 등이 있다.

액상법에는 액체상태에서 코팅이 이루어지는 전기도금법과 무전해도금법, Sol-gel법, Stamp 또는 spray nano coating 기술 등을 들 수 있다.

### (1) Sol-Gel법

Sol-gel process는 Dry process와 Guest-host process, Nano metric process로 분류할 수 있다.

Dry process란 기능재료를 물에 용해 분산시킨 후 섬유에 처리하고 건조공정 중 물이 증발되면서 Sol과 Gel 중간상태에서 기능재료가 자기조직화에 의해 섬유표면에 나노피막을 형성하는 원리를 이용한 것이다. 일본의 후꾸이 대학이 Cotton 소재 표면에 Ag-ZnO의 나노피막을 형성하여 UV-cut과 항균성을 발휘시킨 사례가 있으며, 독일의 Com-tex가 Fluorinated siloxane을 Spray 공법으로 섬유에 부여한 후 130℃ 건조공정에서 Nano fiber 피막을 형성시킴으로서 반영구적인 발유풀성을 발휘하였다(Fig. 7).

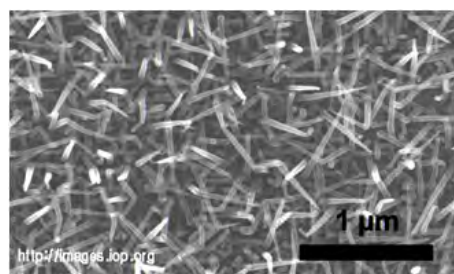


Fig. 7. Com-tex의 실리콘화이버.

Guest-host process란 연꽃잎을 모방함으로써 초내구 소수성 피막을 형성하는 기술로, 분자수용체인 Host(섬유소재) 물질과 Guest 물질(가공제)이 결합하여 Host 물질 표면에 나노크기의 미세 Guest 물질의 요철이 형성되도록 하는 기술이다(Fig. 8, 9).

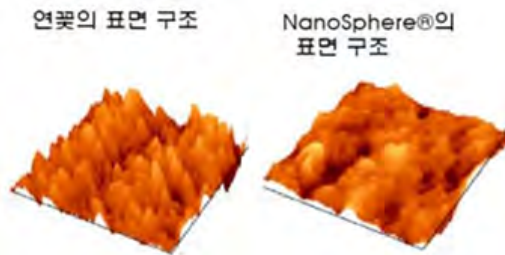


Fig. 8. 연꽃잎의 표면구조와 비교.



Fig. 9. 연잎의 발수원리.

Sol-gel법은 복잡한 형성물에 코팅이 쉽고 실온에서부터 100℃ 정도의 저온코팅이 가능하며, 코팅공정이 간단하고 코팅액의 리사이클이 가능하다는 장점 때문에 관련 연구가 활발하다.

반응제어가 가능한 고순도 금속 아파타이트 등의 유기금속화합물을 출발물질로 사용함으로써, 물 또는 유기용매로 가수분해와 중합반응을 진행함에 따라 필요한 2차 열처리 공정에서 발생할 수 있는 코팅 층의 크랙이나 격리 등의 문제점을 제어할 수 있다.

일본 후쿠이 대학에서 Sol-gel법에 의한 섬유가공 연구 보고는 다음과 같다<sup>10)</sup>. 유리섬유에 알루미늄 전구체 코팅을 행함으로써 알칼리 내성을 향상시킨 결과 콘크리트 보강재료의 사용이 가능함을 확인하였으며, 각종 유기섬유에도 Sol-gel 코팅법으로 콘크리트와의 친화성을 높여줌으로서 콘크리트 보강재료로서의 기능이 발현됨도 확인하였다. 그밖에 알루미늄 전구체 코팅용액에 프레임으로 고정된 PAN계 탄소섬유에서 2~6배의 강도향상을 보였으며, 내마모성 폴리에스터 섬유 등에서도 세라믹 막을 형성시킴으로써 폴리에스터 내마모성을 향상시켜 블라인드의 수명을 대폭 향상시킬 수 있었다(Fig. 10).

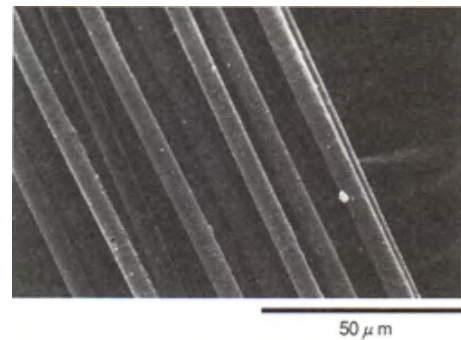


Fig. 10. 코팅된 PET 섬유 SEM 사진.

### (2) 적외선 투과 방지가공<sup>11)</sup>

아사쿠라(일본)에서는 근적외선 흡수색소를 이용한 적외선 투과방지 가공소재 「PEEP CUT」를 소개하였다(Fig. 11).

최근 적외선을 이용한 스포츠 선수 등 피사체에 대한 투사촬영에 대하여 사회문제가 되고 있으나, 아직 이에 대한 대책이 나오지 않고 있고, 또한 투과방지 색소의 경우 어두운 칼라가 주를 이루고 있어 패션성 문제로 상업화가 늦어지고 있다. 그러나 이 업체에서 개발한 근적외선 흡수색소는 후가공 기법을 이용하기 때문에 다양한 칼라를 재현할 수 있고, 견뢰도 또한 높아 수영복에 적용하여도 문제가 없다고 한다. 현재 나일론에 적용이 가능하며, 폴리에스터 소재에도 적용이 가능하도록 기술개발을 추진하고 있다.

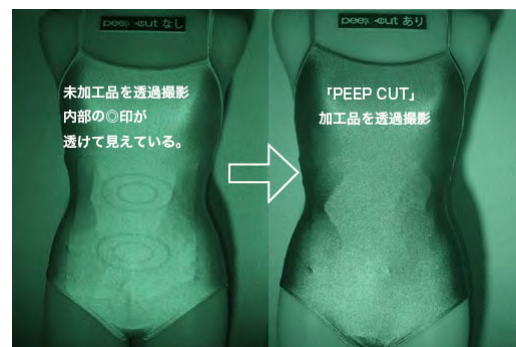


Fig. 11. PEEP CUT 적외선 투과 방지가공 수영복.

### (3) Conductive fiber

아진일렉트론(한국)은 Gold fabric과 Silver fiber 등 각종 Conductive fiber와 이를 이용한 전자파 차폐용 Sheet 등을 소개하였다. Gold fiber의 경우 PET를 Base로 Cu와 Ni 층을 코팅한 후 그 위에 Gold를 코팅하였고, Silver fiber 역시 PET base에 Ni와 Cu 층 코팅 후 Silver를 코팅하는 방법으로 제조하였다. 그밖에 Sn과 Ni-Sn fiber 외에 각종 Metal fiber 상에 Carbon을 코팅한 Conductive fabric과 Conductive cushion 등을 소개하였다(Fig. 12).

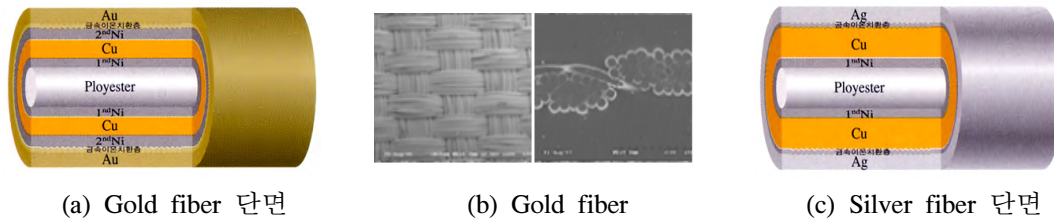


Fig. 12. Conductive fiber.

## 4. 물리화학적 복합가공기술

화학적인 방법과 물리적인 방법을 복합한 것으로, 최근에는 플라즈마, 초임계, 전자선, 자외선 등을 이용한 화학적 고도기능부여에 대한 연구개발이 활발히 진행되고 있다.

### 4.1 표면개질 가공기술

개질가공은 코팅가공과는 달리 섬유표면에 기능족 화합물을 결합시킴으로서 친수(hydrophilic)의 소수(hydrophobic)화나 발유(oleophobic)화, 또는 소수의 친수화 가공을 목적으로 행해진다. 그동안 일반 발수제나 발유제 또는 친수성 가공제 등의 화학적 가공이 주를 이루고 있었으나, 최근에는 나노기술을 응용함으로써 내구성과 기능성을 더욱 향상시키고 있다. 아직 실험단계에 있으나 플라즈마나 초임계유체, 전자빔(electric beam)을 이용한 표면개질 가공에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다.

나노기술을 이용한 발수, 발유가공의 경우는 처리 약제의 유화입자를 나노화한 후 표면 돌출 크기를 나노화하거나, 표면에 나노화이버를 나노간격으로 심어 물방울이나 기름방울이 섬유소재에 접촉이 되지 않도록 하는 원리로 발수발유 특성을 발휘하고 있다.

플라즈마 처리방법의 경우는, 우선 상압 플라즈마상태에서 섬유를 활성화시키고 기능성 가공을 분무처리함으로써 섬유표면을 개질하는 방법을 이용하고 있다. 전자빔의 경우는 플라즈마와 마찬가지로 전자빔으로 섬유를 활성화 시킨 후 기능성 가공제를 처리하는 전 조사법과 기능성 약제를 처리한 후 전자빔을 조사하는 동시 조사법을 행하고 있다. 동시 조사법의 경우는 라디칼 발생 등으로 효율이 떨어지기 때문에 전 조사방법을 선호하고 있고 플라즈마기술에 비해 아직 경제성분석이 되지 않아 특수분야에서 적용하고 있는 상황이다.

#### (1) APPLD 가공

Dow coming(미국)에서는 상압플라즈마 처리장치와 이를 이용한 신규표면처리 기술을 새로 개발하였다(Fig. 13, 14). APPLD(Atmospheric pressure plasma liquid deposition)라 부르는 이 신규공법은 고 내구성의 높은 친수성 또는 소수성을 나타내며 각종 바이오활성을 나타내기 때문에 활용도가 높을 것으로 기대하고 있다. 현재 15~50m/min의 속도로 현장화 생산이 가능하다. 지난 2007년 ITMA에서 처음 소개된 후 아직 그렇다할 현장적용 소식이 들리지 않고 있으나 향후 유망기술이 될 것으로 생각된다.

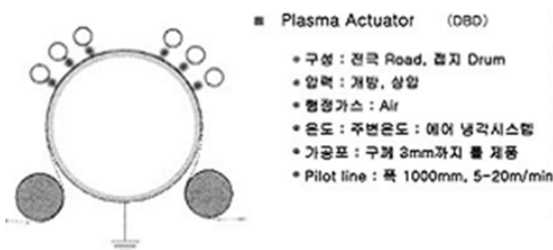


Fig. 13. Dow의 plasma actuator.



Fig. 14. Dow APPLD의 spray 장치.



**(2) 면 100% 방염가공<sup>12)</sup>**

쿠라보(일본)가 면 100% 소재에 전자선 그래프트 중합법을 활용한 고기능 방염가공소재 「EBRIQ」를 개발해 본격 생산에 들어갔다.

이 방염가공소재는 기존의 방염가공 방법과는 달리 면 섬유에 전자선 그래프트 중합에 의해 기능성 분자(모노머)를 직접 셀룰로오스 분자에 부여하기 때문에 높은 방염성과 높은 세탁 내구성을 반영구적으로 지속시킬 수 있는 쾌적 안전소재이며, 일본 방염협회의 인증규격에 합격하였다.

**(3) 전자선 그래프트 가공에 의한 접촉 냉감소재<sup>13)</sup>**

쿠라보(일본)가 전자선 그래프트 중합기술에 의해 영구적 항균소취 및 흡습발열 효과를 부여한 고기능성 면소재 「EBRIQ<sup>®</sup>」에 접촉냉감을 새로이 부여할 수 있는 연속 생산기술을 개발하고 본격 적용에 나섰다. 이 기술은 면 소재의 촉감을 그대로 유지하면서 전자선 조사에 의해 섬유 표면을 활성화시킴으로써 기능약제를 분자수준으로 강고히 결합하는 반영구적인 기능성 가공기술로, 즉효성과 환경부하 감소효과가 높은 것이 특징이다.

**(4) 초임계 CO<sub>2</sub> 처리에 의한 섬유표면가공<sup>14,15)</sup>**

후쿠이현 공업기술센터(일본)에서 무용제 코팅 또는 라미네이트 코팅된 섬유 표면을 초임계 CO<sub>2</sub>(SC-CO<sub>2</sub>)를 처리함으로써 0.3~10 $\mu$ m 정도의 미세구조를 형성, 코팅막의 유연성과 흡습성 등을 부여하는데 성공하였다(Fig. 15).

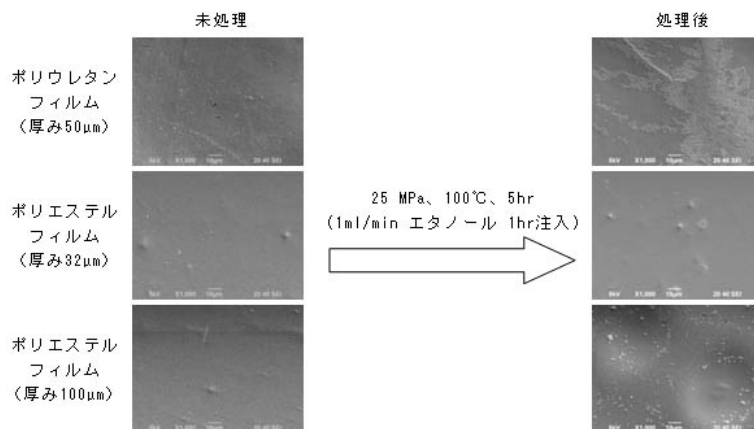


Fig. 15. 초임계이산화탄소 처리 전후 사진.

그리고 교토 공예섬유대학원(일본)에서도 초임계 이산화탄소 유체를 이용하는 개질기술을 개발하였다고 발표하였다<sup>16)</sup>. 이 가공법은 PP 소재 표면에 polyoxyethylene lauryl ether 등 HLB가 다른 기능 가공제를 처리함으로써 친수화 가공이 가능하다고 밝히고 있다.

**(5) 저온 플라즈마 가공 「Nanophase」<sup>17)</sup>**

유니티카(일본)가 저온플라즈마 가공기술을 이용한 고내구성 기능가공소재 「Nanophase」(나노페이스)를 개발하였다. 나노페이스는 유니티카独自の 저온 플라즈마 가공기술을 응용하여 폴리에스터 섬유표면을 나노수준으로 개질함으로써 제균성과 소취성 등 다양한 기능성 가공제를 그래프트 중합이 가능하게 한 것으로, 기존 제품과는 달리 우수한 세탁 내구성과 유연한 촉감을 발현하는 것이 특징이다. 한편 유니티카는 폴리에스터 소재 외에 셀룰로오스 섬유(면, 리오셀) 소재에도 이 기술을 적용한 차별화 소재의 개발도 추진하고 있다.

**(6) Aramid 섬유의 표면처리에 의한 염색성 향상기술<sup>18)</sup>**

이시가와 현공업시험장(일본)에서는 고반응성 Halogen 가스 등을 포함하는 기상에서 Aramid 섬유직물을 표면 개질함으로써 염색성을 향상시킬 수 있는 기술을 개발하였다. Aramid 섬유표면은



기상반응으로 활성기가 형성되어 염색성이 향상되는 것으로, 이 기술을 이용하면 향후 Aramid 섬유 염색의 용대 확대에 도움이 될 것으로 예상하고 있다(Fig. 16).

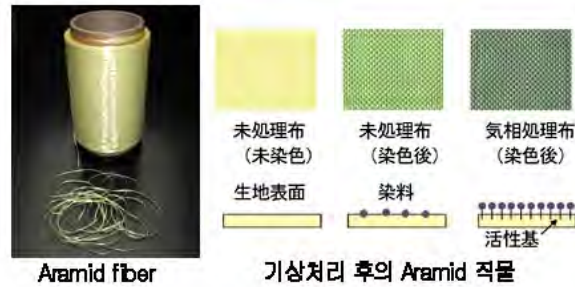


Fig. 16. 아라미드 섬유 염색 모식도.

## 4.2 코팅가공기술

물리화학적 처리에 의한 코팅가공은 전자빔이나 플라즈마, 자외선, 적외선 등의 물리적 에너지를 이용하는 방법이 주류이다. 최근에는 화학적 개질방법과 구분 없이 사용하는 경향이 있으나 본고에서는 이를 구분해 별도로 정리하였다.

코팅가공기술 역시 기상법과 액상법으로 나눌 수 있다. 기상법에는 CVD(Chemical vapor deposition)법과 PVD(Physical vapor deposition) sputtering, 초임계 코팅, 전자빔(Electric beam) 코팅, LBL(Layer by layer)법, Microwave 코팅, 저압 플라즈마 코팅기술이 있고, 액상법에는 전기 도금법과 무전해 도금법, stamp 또는 spray nano coating 기술 등이 있으나, 최근의 기술로는 아직 실용화단계까지는 도달하지 않았다.

### (1) 기상법

CVD법은 열화학적인 기상증착기술로 Thermal CVD, Laser CVD, Ion CVD법 등이 있으며(Fig. 17) 섬유표면에 실리콘 나노화이버 등의 코팅에 의한 고내구성 발수층을 형성하는데 이용된다.

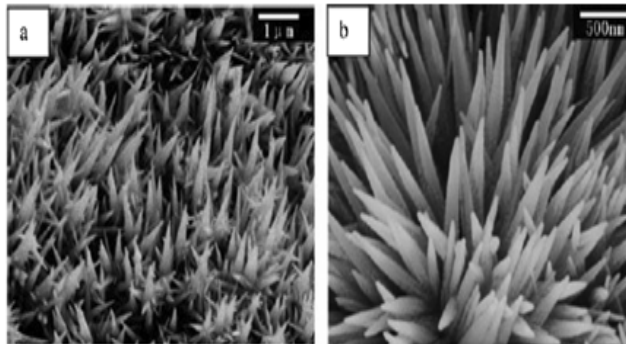


Fig. 17. CVD법에 의한 나노화이버 코팅.

PVD법의 경우는 진공속에서 코팅재료에 전자빔을 쏘아 이온을 발생시킨 후 반응가스와 반응해 섬유표면에 코팅물을 형성시키는 기술로 Sputtering(Fig. 18), 진공증착법, 전자선 표면성장법, Ion plating법 등이 있다. 섬유소재에 금속피막을 형성시킴으로서 전자파차단 등의 기능소재 개발에 이용된다.

LBL법은 플러스(+) 전하와 마이너스(-) 전하를 갖는 물질간 이동의 정전기력에 의해 연속적으로 나노입자를 흡착해 코팅하는 기술로, 섬유상에 TiO<sub>2</sub> 등의 기능재료 코팅에 이용된다(Fig. 19).

Microwave 코팅법은 각종 섬유소재에 Nano-silver를 초음파 코팅함으로써 전자파 차단과 항균성을 부여한 것으로 특히 포도상구균에 효과가 있으며, Nano-silver 크기는 50~100nm이다.

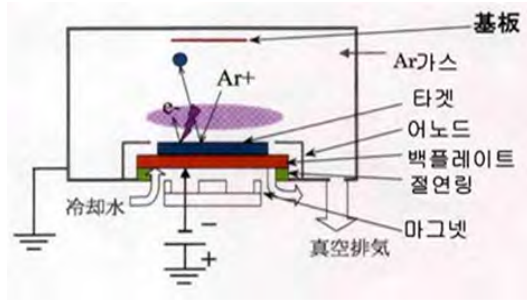


Fig. 18. Sputtering 개요도.

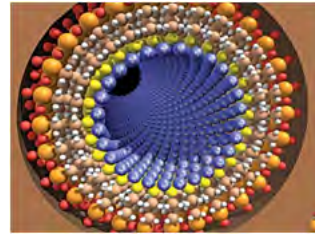


Fig. 19. LBL 코팅 개념도.

### (2) 액상법

Stamp나 Spray 기술은 소재에 기능재료를 부여한 후 UV 조사에 의해 나노 코팅층을 형성시키는 것으로 일본의 다이셀 화학과 후지필름이 Stamp 방법을 이용하였으며(Fig. 20), 게이오 대학은 Spray 방법(Fig. 21)을 이용하여 연잎 표면과 유사한 초발수 코팅을 하는데 성공하였다.

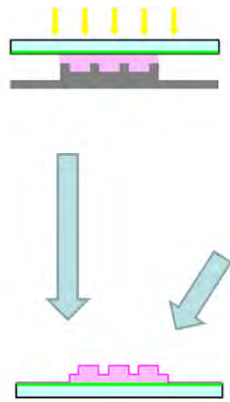


Fig. 20. Stamping.

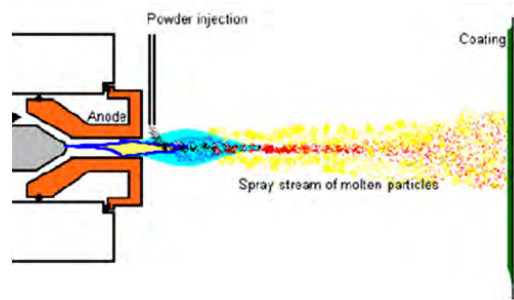


Fig. 21. Spray nano-coating 방법.

### (3) 전자선 조사에 의한 광촉매 고정화 PP 재료<sup>10)</sup>

일본 교토대학과 후쿠이대학이 공동으로 전자선 조사에 의한 광촉매 고정화 폴리프로필렌 재료를 개발하였다고 발표하였다.

광촉매 산화티탄은 본래 도료와 섬유 등에 담지하면 산화티탄에 의해 기재 자신을 열화시키는 단점이 있으나, 세균과 바이러스 등의 단백질과 납 및 카드뮴 등의 중금속 접착제로 알려진 하이드록시 아파타이트를 섬유와 산화티탄 사이에 형성시키면 유기물을 섬유표면 가까이 농축시킬 수 있을 뿐 아니라 기재 열화 보호층으로의 기능을 기대할 수 있다(Fig. 22).

그러나 하이드록시 아파타이트가 PET나 PP 섬유 등의 소수성 합성섬유에는 접착력이 없기 때문에, 아크릴산을 전자선 그래프트 중합함으로써 섬유표면에 산성기를 도입하여 친수화한 후 여기에 강력한 하이드록시 아파타이트 층을 형성시키고 산화티탄을 담지시키면 기재 열화를 막을 수 있다.

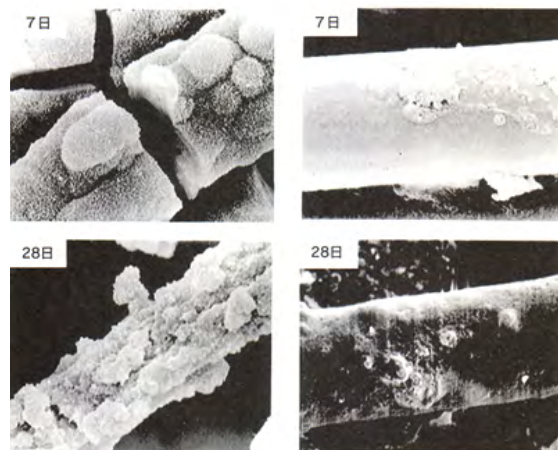


Fig. 22. 코팅처리된 유리섬유의 내알칼리성 개선효과.

#### (4) Oeko-Tex, Smartsilver blend 승인<sup>19)</sup>

Oeko-Tex가 Nano scale의 섬유용 기능성 약제와 각종 산업용 약제를 생산하고 있는 Nano Horizon사의 항균기능성 브랜드인 SmartSilver에 대해 공식적으로 승인하였다(Fig. 23). 이번 승인은 Silver 첨가물에 대한 인체유해성 여부를 다각도로 시험한 결과 착용자와 작업자의 인체에 대한 유해성이 없음을 의미하는 것으로, 향후 Nano-silver 사용에 대한 인체 유해성 논란이 점차 수그러들 것으로 예상하고 있다.



Fig. 23. SmartSilver tag.

### 4.3 섬유집합구조 변화가공

섬유집합 구조변화란 Elastic 가공 등 섬유 집합구조 변형에 의한 기능성 발현기술을 의미하는 것으로 주로 물리화학적 가공에 의한 것이 많다.

일본 유니타카는 2010년 신 소재로 레이온과 폴리에스터 심초 복합섬유를 특수 복합 가공함으로써 기존과는 다른 촉감과 비틀림 형상을 갖는 신소재 「WELLCELL」<sup>20)</sup>를 개발하였다. 그동안 레이온과 폴리에스터를 혼섬 또는 복합할 경우 제·편직시에 혼방부가 장력을 받아 벗어나는 경우가 많아, 이를 해결하기 위해 Wave 느낌을 부여해 커버 하였으나 자연스러운 Wave 느낌을 얻기 어려웠다. 그러나 WELLCELL은 레이온과 특수 복합가공한 섬유로 폴리에스터 바인더 심초 복합섬유를 사용하고 있고, 자연스런 Wave 느낌을 표현하기 위해 특수 에어가공기술 외에 복합 가공시에 바인더 섬유를 융착시킴으로서 레이온 교락점을 고정화 하는 등의 특수가공을 거쳐 자연스런 촉감과 Wave 느낌을 실현하는데 성공하였다.

## 5. 결 론

이상에서 언급한 섬유가공기술을 살펴본 바와 같이 향후에는 환경에 대한 높은 관심과 규제에 대응하기 위한 친환경 소재를 이용한 가공기술과 친환경 공정의 가공기술에 대한 기초 연구가 많이 진행될 것이며, 그리고 고기능 및 고내구성에 대한 수요를 충족하기 위하여 나노기술 또는 나노기술과 융합된 기술, 2종 이상의 기술이 복합된 융복합기술이 적용된 가공제품이 계속 출현될 것으로 생각된다.

## 참고문헌

1. 연합뉴스신문(2008.11.15).
2. <http://www.pci.uzh.ch/e/index.php>
3. <http://www.agc.co.jp/news/2008/0918.pdf>
4. International Dyer DEC., p.7(2008)
5. <http://www.toray.co.jp/news/rd/nr081210.html>
6. <http://www.paragium.co.jp/topics/index.html>
7. <http://www.shikibo.co.jp/news/2009/nosum.html>
8. <http://www.unitika.co.jp/news/io-pdf/00224.pdf>
9. <http://www.shikibo.co.jp/> <http://www.cotton.or.jp/topics.html>
10. 加工技術, Vol. 43. No. 10(2008).
11. <http://www.ymdchem.co.jp/newsttopics/081212.html>
12. <http://www.kurabo.co.jp/news/20090609135735.html>
13. <http://www.cotton.or.jp/topics.html>
14. 연합뉴스신문(2009.02.15).
15. [http://www.fklab.fukui.fukui.jp/kougi/kg/kenkyu/jp/sen26\\_26.html](http://www.fklab.fukui.fukui.jp/kougi/kg/kenkyu/jp/sen26_26.html)
16. 加工技術, Vol. 43, No. 6(2008).

- 17. <http://www.unitika.co.jp/news/io-pdf/00215.pdf>
- 18. [http://www.irii.jp/infor/2009\\_0701/topics2\\_4.html](http://www.irii.jp/infor/2009_0701/topics2_4.html)
- 19. <http://www.nanotech-now.com/news>
- 20. <http://www.unitika.co.jp/news/io-pdf/00203.pdf>

**용 광 중** (현) 한국섬유소재연구소 수석연구원



- 주요 경력 -

- 1995 성균관대학교 섬유공학과(학사)
- 1997 성균관대학교 섬유공학과(석사)
- 2003 성균관대학교 섬유공학과(박사)
- 1997~1998 (주)효성T&C
- 1998~2005 한국생산기술연구원 연구원
- 현재 한국섬유소재연구소 수석연구원

Tel. : 070-7829-2091 / Fax. : 031-864-8148 / E-mail : dragon@koteri.re.kr

**손 성 군** (현) 한국섬유소재연구소 전문위원



- 주요 경력 -

- 1986 전북대학교 화학과(학사)
- 1986~1988 (주)유니온물산 연구원
- 1996~2002 (주)거룡엔필텍 연구소장
- 2002~2008 디엔에프 대표
- 현재 한국섬유소재연구소 전문위원

Tel. : 070-7829-3203 / Fax. : 031-864-8145 / E-mail : sohnsk@koteri.re.kr