



세라믹을 활용한 섬유가공기술 동향

이범수, 박영환, 이권선, 박순영, 정성훈*, 구창모**

한국생산기술연구원, *한양대학교, **(주)원창

1. 서 론

세라믹 섬유란 무기섬유의 일종으로 무기재료를 원료로 하여 만든 섬유를 말한다. 인조섬유는 유기(有機) 섬유와 무기(無機) 섬유로 크게 나눌 수 있으며, 무기섬유는 다시 탄소섬유와 같은 비금속 원소로만 이루어진 섬유와 세라믹과 같은 금속원소와 비금속원소가 이온결합으로 이루어진 섬유로 나눌 수 있다.

무기섬유의 원료가 되는 무기재료는 '비금속 무기물질을 주원료로 하고 금속이나 무기재료를 부원료로 하여 고온처리 과정을 거쳐 만든 제품'으로 정의할 수 있다. 무기재료는 영어로 ceramics에 해당되며, ceramics는 무기화합물을 소성한 것의 총칭으로 말의 어원은 점토를 구워서 소결(燒結)하여 만든 기물을 뜻하는 그리스말 'Keramikos'에서 비롯되었다. 초기의 ceramics는 도자기류를 의미하는 말

이었지만, 근래에 와서 유리, 내화물, 연마재, 시멘트 등이 발전되면서 이러한 물질들도 ceramics에 포함되게 되어 ceramics의 범위가 점점 다양화되어 가고 있으며 재료의 적용도 여러 분야에서 다채롭게 이루어지고 있다. 이와 같은 무기재료는 점토위주에서 규산염으로 다시 순수산화물과 비산화물계로 확대 발전하면서 필수 일용품, 건설재료에서 현대 문명의 총아인 특수기능재료로 쓰이고 있으며, 아래 Table 1과 같은 분야에서 적용되고 있다[1-3].

2. 섬유가공분야에서 주로 사용되는 세라믹

우리주변에서 흔히 볼 수 있는 황토, 맥반석 등의 천연 원료 뿐만 아니라 여러가지 기능이 부가된 합성 세라믹 등 많은 종류의 세라믹은 내열성, 내식성, 경질성, 전자기적 및 화학적 특성이 우수하다. 특히 열에 강하고 안정성이 높아 섬유에 가공되기

Table 1. 산업분야에서 활용되고 무기재료 사용 용도

분야	세부 사용 용도
건축용 점토제품(structural clay)	벽돌, 기와, 토관, 도관 등
도자기(porcelain, pottery)	도기, 자기, 타일, 위생도기, 전기에자 등
내화물(refractories) 및 단열재(insulators)	내화벽돌, 내화물터, 단열벽돌, 내화단열벽돌, 도가니, 캐스터블 등
유리(glass), 법랑(porcelain enamel)	유리섬유, 렌즈, 관유리, 칠보, 알루미늄법랑
공구 제품 재료	절삭공구 및 연삭 연마재
시멘트 및 시멘트 제품	석회, 석고, 슬레이트
전기, 전자, 자성재료	절연체, 전도체, 반도체, 유전체, 압전체, 자성체, 광세라믹스
고온 구조재료	탄소내열재료, 원자력관련재료, 구조재료 등
생화학재료	인공골, 인공치근, 의료용 소재, 촉매담체, 촉매 등
세라믹 복합재료	섬유강화형 세라믹스, 세라믹 코팅, 입자분산강화 세라믹스

쉬운 장점이 있어 1,200~1,600 °C의 고온에서 견디는 내화재 등의 산업용 섬유로 주로 사용되어 왔으나 최근 들어 건강, 쾌적성 소재, 자기 치유기능 가공기술에 관한 연구개발이 활발히 이루어지면서 음이온, 원적외선에 대한 연구 뿐만 아니라 이들을 방사하는 바이오 세라믹에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다. 이러한 연구개발 결과를 이용하여 섬유분야에 다각도로 적용되고 있으며, 특히 보온성 소재, 의료용·건강 소재, 쾌적성 소재, 스포츠 웨어용 소재로 많은 개발이 진행되고 있다[4,5].

현재 세라믹은 다양한 용도로 섬유에 가공되어 응용되고 있으며, 섬유가공 분야에서 세라믹의 사용은 각종 기능성 소재를 요구하는 소비자의 욕구에 충족할 수 있는 대안으로써, 앞으로 더욱 늘어날 전망이다. 건강 기능 관련 소재로서의 세라믹가공 섬유제품의 경우에는 효과, 효능에 대한 과학적 근거가 부족한 경우가 많이 있어, 이를 뒷받침할 수 있는 생리 의학적 임상연구 및 성능평가 기준의 확립이 선행되어야 할 것으로 판단된다.

2.1. 음이온 및 원적외선 방사 세라믹

2.1.1. 음이온

이온이란 공기 중에 떠 있는, 전하를 띤 아주 작은 입자를 지칭하는 말로 직경이 1백만분의 1 mm 전후의 크기를 가지며, 이온에는 양이온과 음이온이 있으며 이 두가지 이온이 모여 다양한 물질을 형성한다. 음이온은 전자를 제공하여 중성이 될 수 있는 이온이며, 공기 중의 음이온은 물 분자와 결합한 형태로 존재한다. 이온은 고정된 상태로 존재할 수 없어 음이온이 양이온이 되거나 그 반대로 될 수 있으며, 항상 서로 합쳐져 중성이 되고 자 상태를 찾아다니게 되는데 이렇게 합치된 상태를 평형상태라 하며, 이 때 음이온쪽이 약간 강한 상태를 유지하면 지구상의 모든 생명체들에 있어 가장 쾌적한 상태가 된다고 한다.

뜨거운 여름 날 소나기가 내리기 직전의 불쾌감

Table 2. 주변 환경별 음이온 수

측정 장소	음이온 개수(개/cc)
폭포수 주변	3,000~10,000
삼 립	1,500~3,000
공원분수 주변	2,000~2,500
일반가정	0~100

은 양이온이 많이 존재하는 공기가 흐르고 있기 때문이며, 소나기가 그친 다음 느끼게 되는 상쾌감은 음이온이 충만하게 흐르고 있기 때문이다. 이러한 이온물질이 가장 많이 존재하는 곳이 폭포수 주변이며, 바위에 부딪힌 미세 물방울은 양이온으로, 주변 공기는 음이온으로 존재하고 있어 결과적으로 폭포수 주변은 음이온이 많은 환경으로 알려져 있다.

공기 중에 떠 있는 양이온과 음이온은 오래전부터 1:1의 비율로 균형을 이루고 있었으나, 현대에 들어서면서 석유 등의 화석연료 사용량의 증가, 배기가스로 인한 공기오염, 농약, 전자제품에 사용된 접착제, 살충제, 각종 전기제품에서 방출되는 전자파 등이 공기 중의 양이온 증가를 가속시켜왔다. 이러한 생활환경이 두통, 어깨결림, 불면증, 피로감 등의 각종 질병을 유발시켜 현대인의 건강에 악영향을 미치고 있다. 음이온과 양이온이 인체에 미치는 영향을 Table 3에 나타내었다.

공기 중에 장기적으로 양이온이 증가하게 되면, 인체 내의 이온균형도 양이온 우위인 상태가 되어 조직과 자율신경은 체내 이온의 균형을 유지하려고

Table 3. 양이온과 음이온이 인체에 미치는 영향

작 용	음이온이 많을 때	양이온이 많을 때
자율신경조직	자율신경 이상 개선 작용	자율신경기능 저하
신진대사	세포 기능 활성화	세포 활성 저하
혈액의 정화	중혈작용과 산성 혈액의 알칼리화	산성화
저항력의 증진	감마-글로블린(단백질의 일종)의 증가에 의한 신체의 방위기전 증강	저항력 저하
위장 소화작용	부교감 신경을 자극 하여, 소화작용 촉진	교감신경을 흥분 시키고 위장의 운동을 억제
두통, 통증	두통, 신경통을 완화	두통, 신경통을 증폭

Table 4. 신체 내의 작용 및 주변 환경의 음이온의 역할

신체내의 작용	주변 환경에서의 역할
- 혈액의 정화작용	- 공기오염 정화작용 및 소취 작용
- 체세포 활성화 작용	- 살균작용
- 병에 대한 저항력 증가	- 항균, 항곰팡이 작용
- 자율신경 조정작용 활성화	- 식물 성장 촉진 작용
- 통증 완화 작용	- 유해물질 정화작용
- 알레르기 체질개선작용	

한다. 이때 인체는 상당한 스트레스를 받게 되며 이로 인하여 각종 병적인 증상이 나타나게 되는 것이다. 양이온은 자율신경 중에 혈관을 수축시키는 교감신경을 활성화시켜, 혈관이 수축되며 세포에 영양소를 운반해주는 혈류가 나빠져 세포의 활동이 쇠퇴하게 된다. 이러한 혈류의 악화는 고혈압이나 심장병 같은 질병을 유발시킨다.

반대로 음이온이 증가하게 되면, 자율신경 중에 혈관을 팽창시키는 부교감신경을 활성화시켜 수축되었던 혈관을 복원시키고 혈류를 좋게 하여 주고 체내로 들어온 음이온이 혈액에 녹아 들어가 세포막을 통한 신진대사를 활발하게 만들어 신체가 활력을 찾게 된다. 신체 내의 기능 및 주변 환경에서의 음이온 역할은 Table 4와 같이 알려져 있다.

2.1.2. 원적외선

원적외선은 일종의 눈에 보이지 않는 태양빛으로 전자파의 일종이다. 태양광선은 가시광선과 비가시광선으로 나누어지는데, 이중 적외선은 비가시광선에 속하며 근적외선, 중적외선, 원적외선으로 분류된다. 태양에너지는 적외선(49%), 가시광선(40%), 감마선/X선/자외선(11%), 원적외선(1.5%)으로 구성되어 있고, 약 0.75~1,000 μm 범위의 적외선 중에서 4~1,000 μm 범위의 파장으로 매우 긴 파장에 속하는 원적외선은 1.5% 정도로 아주 적은 양이지만, 생물의 체내에서 결합적, 합성적으로 작용하기 때문에 육성 광선이라고도 한다. 원적외선은 생물에 흡수되기 쉬우며 인체에 대해서는 생리 활성작용과 성장 촉진작용이 있는 인체에 유익한 광선으로 알려져 있다.

Table 5. 원적외선의 생체작용 효과 및 세부 조절 기능

생체작용	세부 조절 기능
온열작용	체온조절을 통하여 적정 체온 유지
숙성작용	미성장 어린이나 청소년들의 성장 촉진
자성작용	이온작용으로 체내의 칼슘과 철분 영양의 균형을 이루어 뼈를 튼튼하게 하는 기능
건습작용	체온을 유지할 수 있는 최적정 수분 유지
중화작용	체내의 노폐물을 제거, 땀 냄새 중화
공명작용	인체의 지방질 단백질 탄수화물의 영양을 분해하여 영양균형을 유지, 세포의 분자와 원자를 진동시켜 체력 유지

섬유제품에 부착된 세라믹이 원적외선을 방사하기 위해서는 외부로부터 어떠한 형태로든지 에너지 공급이 필요하다. 이러한 공급원에 따라 상온 세라믹 섬유제품에는 태양광 등 가시광을 흡수해서 원적외선으로 변환하는 것, 인체에서 발생하는 열을 세라믹이 흡수하여 원적외선을 재방사하는 것, 주위의 물체로부터 방사되는 원적외선과 열을 세라믹이 흡수해서 원적외선을 재방사하는 것으로 구분되어 있다.

원적외선의 생체작용 효과는 혈액순환을 촉진하여 신진대사를 활발하게 한다고 알려져 있으며, 원적외선이 인체에 미치는 대표적인 작용은 Table 5와 같다.

그러나, 아직까지 이러한 효과에 대한 명확한 규명이 없고 의학적으로도 확실한 효과가 입증되지 않은 상태이지만, 생명 과학적으로 중요한 연구 item이며 앞으로 더욱 발전될 것으로 생각된다.

원적외선은 플라스틱, 의·주 생활, 식품공업, 건축자재, 농업 및 원예, 축산, 화학공업, 정수산업, 건강유지 장비 등 많은 분야에서 이용되어지고 있으나, 원적외선에 대한 효능 및 효과에 대한 명확한 규명이 아직까지 이루어지지 않고 있다. 근래에 와서 원적외선에 대한 많은 연구결과가 발표되고 있으며, 꾸준한 연구가 진행되고 있어, 앞으로 이러한 증거들을 입증할 수 있는 기술의 발전이 있을 것으로 판단된다.

2.1.3. 섬유가공방법 및 기술개발 사례

Table 6. 음이온 및 원적외선 세라믹 소재를 이용한 섬유제품 관련 기술개발 사례[6]

재료	소재	특징	용도	상표명	개발회사
천연광석 파우더	후 가공 원단	· 세라믹 파우더를 섬유에 함침한 가공소재 · 음이온 발생	침구, 인테리어용	이오리나	다이와보
	레이온	· 레이온섬유에 혼입 혹은 코팅 방법 사용 · 음이온 발생 효과 · 항균, 소취	양말, T-shirt, 내의	미네온 헬스	대동섬유 (도미네)
	폴리에스터	· 오라스톤을 폴리에스터, 레이온 폴리노직 섬유의 방사시에 봉입 · 모세혈관 확장, 혈류량 증가, 신진대사 촉진, 어깨 결림, 요통, 관절염 치료 효과 · 난연성/항균/방충, 소취효과	내의, 잠옷, 어깨심, 스웨터, 양말, 건강침구, 수건 등	오라웰네스	-
	아크릴계 섬유	· 반영구적, 안전성이 높고 부드러운 촉감 · 일반염색가공 가능 · 음이온 발생	의류, 침장류, 인테리어	ION SAFE	가네보
	스판덱스	· 원사제조 공정에서 음이온 발생기능을 갖는 천연광석 파우더 혼입제조	의류용	SILESTA-1	유니타카
	가공원단	· 원적외선 방사가공 · 항균, 소취작용	의류용	-	뜨야킨 그룹
세라믹 파우더 (이산화규소 산화알루미늄)	음이온 가공원단	· 음이온 발생, 이온테라피 효과 · 원적외선 효과 · 음이온 효력 발생	의류용	M-5W	大和化學
세라믹 파우더 (알루미나 실리케이트)	-	· 원적외선 방사물질 혼합방사 · 보온효과	의류용	마소닉A	大和化學
8종류의 세라믹과 희토류 금속산화물을 결합시킨 파우더	나일론, 폴리에스터	· 특수 미립자를 원료 폴리머에 혼합방사 · 케온부근에서 원적외선을 방사하고 보온 효과	하의, 타이즈, 옷의 안감	-	福欲 ファベスト
특수 세라믹 혼합폴리머	특수 나일론사	· 세라믹 파우더와 conjugate 방사기술에 의해 제조 · 원적외선 발생	의류용	마소닉N	大和化學
활성화광수	면, 레이온, 아크릴 나일론	· 활성화 광수를 전사처리하는 기술 · 음이온과 원적외선 효과에 의한 대사 기능 촉진 · 활성화 염색가공	건강, 침구, 방석	활성면 시리즈	新紀産業

가공 방법으로는 음이온 및 원적외선 가공제를 원료와 혼합한 후 방사기술을 이용하여 원사 형태로 가공하거나 코팅법, padding법 등의 후 가공 방법을 이용하여 원단에 세라믹 입자를 부착시키는 방법을 많이 사용하고 있다. 음이온 및 원적외선 세라믹 소재를 이용한 섬유제품 관련 기술개발 사례

를 Table 6에 나타내었다[6]

2.1.4. 음이온 및 원적외선을 방사하는 천연 세라믹 종류

섬유가공분야에 사용되는 음이온 및 원적외선 방사 세라믹들은 주로 천연물질이며 다음과 같은 중

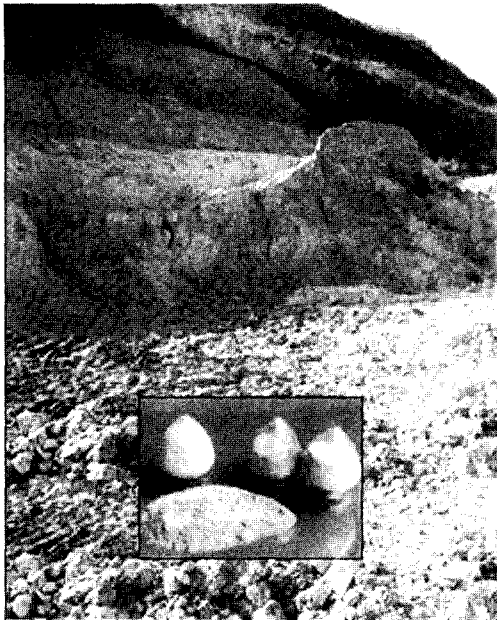


Figure 1. 벤토나이트의 실물 사진.

류들이 주로 사용되고 있다.

○ 벤토나이트(bentonite)

화산재나 응회암이 분해하여 생성된 몬모릴로나이트(montmorillonite)를 주 광물로 하는 입자가 매우 곱고 점력이 매우 강한 점토이다. 몬모릴로나이트는 약식으로 $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 6H_2O$ 로 표시하지만 full name으로는 $M(Al, Mg, Fe, Li)_4(Si, Al)_8O_{20}(OH)_4 \cdot nH_2O$ 로 표현되는 매우 복잡한 조성의 삼층 구조 광물이며, 여기서 M은 Na, Ca, K 등 층 사이에 들어가는 교환성의 양이온이다. 전자현미경으로 보면 미세한 목편상의 결정으로 되어 있어, 비표면적이 매우 커서 흡착성이나 반응성이 매우 크다. 일반적으로 물속에서 팽윤하는데 그 팽윤도는 교환성 양이

온의 종류에 따라서 크게 좌우되지만 일반적으로 큰 편이다. 이러한 물에 의한 용적변화가 매우 크기 때문에 점력이나 가소성은 크지만 건조시 큰 용적 변화에 의하여 균열이 가기 쉽다[3].

벤토나이트의 흡착성과 반응성을 이용하여 여과제, 탈색제, 탈취제, 촉매, 촉매 담체, 유기복합체 등을 제조하는데 매우 긴요하게 쓰이고 있으며, 원적외선 방사 효과가 있어 섬유제품에도 응용되고 있다.

섬유가공에서의 기법은 다른 세라믹 소재와 마찬가지로 바인더를 이용하여 섬유와 부착시키는 후가공법을 사용하고 있으며, 섬유 제품으로는 내의류, 운동복, 헬스복 등으로 개발되고 있다.

○ 토르말린(tourmaline)

주로 브라질, 인도, 중국, 아프리카에서 발굴되는 보석의 일종으로, 6각 주상형의 결정을 갖는 붕규산염이며 10월의 탄생석으로 알려져 있다. 산업용으로 사용되기 전에는 보석으로만 취급되었으며 화산활동으로 생성된 화성암의 일종이다. 토르말린은 굴절률에 따라 보석용, 환경개선소재, 화장품의 용도로 다양한 분야에서 활용되고 있다. 보석용으로 사용되는 토르말린은 굴절률이 1.62~1.64정도이며, 녹색, 청색, 분홍색, 빨간색, 갈색 등이 있으며, 연한 색부터 진한 색까지 10단계로 나뉘어 사용되고 있다. 구성 성분은 11종이 있으며 구조식은 $NaX_3Al_6(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH)_4$ 으로 X의 성분에 따라서 Table 8과 같은 특징을 갖고 있다.

토르말린은 퀴리 부부의 남편인 베에르가 토르말린의 결정이 외부로부터 압력을 받으면 결정표면에 전기가 생기는 것을 1880년에 발견하여 이후로 전기석이라 명명되어지고 있다. 1993년 이후로 일본,

Table 7. 벤토나이트의 화학조성 예

생산지	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Ig.loss
이태리(Ponza)	67.42	15.83	0.88	2.64	1.09	1.09	1.09	10.88
미국(Wyoming)	64.32	20.74	3.03	0.52	2.30	2.59	0.39	5.14
일본(Yamakata)	58.79	14.27	2.99	0.70	1.28	3.42	0.76	17.06
대한민국(경북 영일)	67.21	16.02	2.01	1.80	1.32	1.66	2.81	7.11

Table 8. 토르말린 구조중 X 성분에 의한 특성

X 성분	색상	산출 형태
Mn, Fe	흑색 철전기석	불투명 페그마이트 속에서 산출
Mg	갈색, 암녹색, 흑색	고토 전기석, 불투명 변성암, 페그마이트 속에서 산출
Al, Li	투명적색, 녹색, 이중색, 불투명	리치아전기석, 리치아운모에서 산출



Figure 2. 토르말린 원석 및 분말 사진.

미국에서 토르말린에 대한 연구개발을 활발히 진행하면서 토르말린을 이용한 각종 제품들에서 생산되고 있으며, 특히 섬유나 화장품 응용 제품들이 다양하게 진행되고 있다.

광물중 에너지를 갖고 있는 물질이 3가지가 있는데, 방사선을 발생키는 우라늄 광석, 영구적으로 자력을 갖는 자철광, 전기적 성질을 띠는 토르말린이 그것이다.

에너지를 갖고 있는 3가지 광물중 토르말린이 갖고 있는 특징은 첫번째로 항상 전기를 띠고 있으며, 외부로부터 전기장이 가해지지 않더라도 처음부터 전기분극을 갖고 있는 극성 결정체라는 것이다. 이것은 미세한 크기로 분쇄하여도 토르말린 결정의 양단에 플러스 전극과 마이너스 전극을 영구적으로 유지할 수 있게 하는 이유이다. 토르말린의 플러스

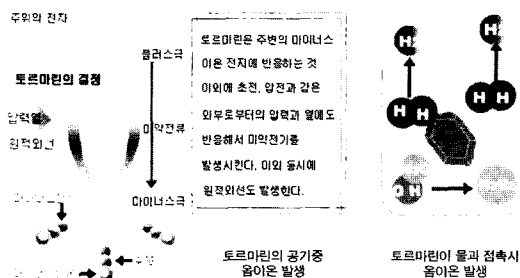


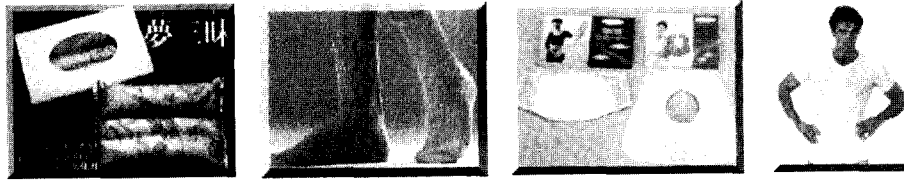
Figure 3. 토르말린의 전기적 성질을 나타내는 개략도.

전극은 대기 중의 음이온을 흡수하고, 응집된 음이온은 토르말린 내부에 쌓여 마이너스 전극으로 방출되면서 0.06 mA의 약 전류가 발생하며, 이 전류는 인간의 신체에 가장 적합한 전류라고 알려져 있다. 이러한 연구결과를 토대로 현재 의료, 섬유, 화장품 등의 분야에서 활용되고 있다. 두번째로 음이온과 원적외선을 방사한다. 토르말린 분말은 물과 접촉하면 순간적으로 방전하여 효과가 극대화된다. 토르말린의 마이너스 전극에 축적된 전자는 물과 접촉하는 순간에 방전되어 히드록실 이온을 만들며, 이 이온이 계면활성 물질을 발생시키는데 이것이 음이온이다. 이러한 과정을 통해 물은 수소이온이 감소하고 pH 7.5를 나타내는 약알칼리성을 띠게 된다. 또, 몸으로부터 방출되는 열에너지를 토르말린이 흡수하여 음이온과 원적외선으로 변환시켜 체온 상승효과를 가져와 모세혈관 확장에 의한 피부활성화, 신진대사를 촉진시켜 혈액순환을 좋게 하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 위에서 살펴본 예들을 Figure 3에 나타내었다.

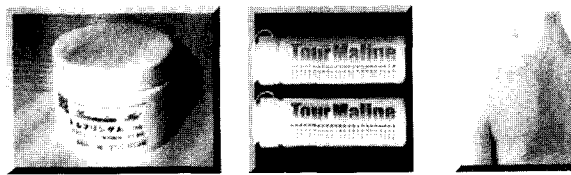
또한, 토르말린은 소취, 탈취작용, 염소제거 기능과 함께 피부개선, 미백효과, 아토피 피부 개선효과 등을 갖고 있는 것으로 알려져 있다. 섬유에 응용되고 있는 가공방법을 살펴보면, 토르말린을 섬유에 부착시키는 방법으로, 주로 padding법을 사용한 후가공법이 많이 채택되고 있으며, 섬유와 직접적인 친화력이 없기 때문에 특수 바인더(binder)를 사용하여 섬유에 부착시킨다. 토르말린은 온도가 높을수록, 마찰, 압력이 생길수록 효과가 극대화되는 경향이 있어, 주로 운동복, 내의류, 보호대 등의 섬유제품 용도로 개발되고 있다. Figure 4에 토르말린이 섬유 제품으로 활용되고 있는 예 및 기타 제품들을 나타내고 있다.

○ 현무암

현무암은 대개 암회색 내지 흑색을 띤 세립질의 화산암으로, 화산에서 분출되는 용암 중에서 가장 많은 양을 차지한다. 현무암은 암석 겉표면에 불규



(섬유 제품 : 베개, 양말, 보호대, 내의류)



(기타 개발제품 : 화장품, 정수기 필터, 의료용 밴드)

Figure 4. 토르말린을 이용한 섬유 제품 및 기타제품 사진.

칙한 빈 틈이 있는 다공질 구조를 많이 가지고 있는데, 이는 마그마가 분출되면서 그 속에 함유된 휘발성 성분이 빠져 나간 흔적이다. 현무암이 용암류로 산출되는 경우에는 유리질을 이루며 다공상이 되지 않는 경우도 종종 있다. 주로 대양저 지각을 이루고 있으며, 우리나라에는 백두산에서 마천령 산맥의 대부분과 연천에서 추가령 사이의 저지대, 황해도의 신제, 제주도, 울릉도, 독도, 해금강 등지에 분포되어 있다.

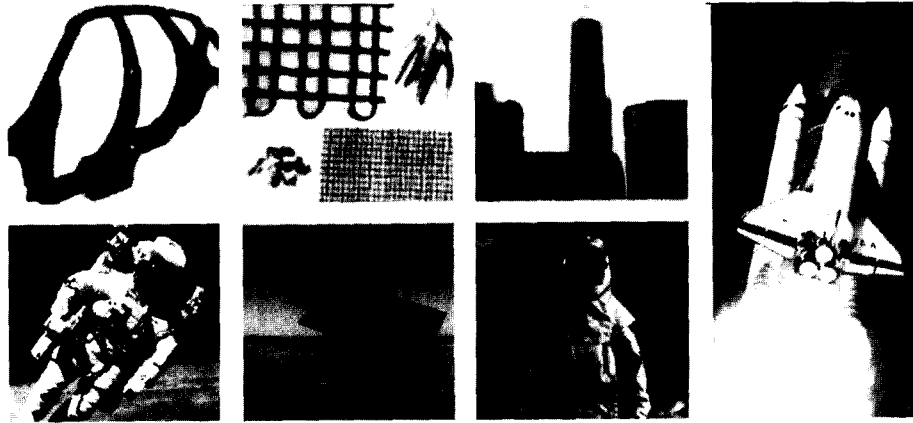
현무암은 화학조성상 심성암인 반려암에 해당하는 것으로 무수규산물(SiO_2)을 50% 정도 함유하는 미세한 입자인 화성암이라고 한다. 어원은 분명하지 않고 에디오피아어의 철을 함유하는 돌이라는 뜻인 'Basel' 에서 유래된 것으로 알려져 있다. 현무암은 대부분의 경우 용암류(熔岩流)로 산출되는데, 암상이나 암맥 등의 관입암체를 이룬다. 현무암은 신선할 때는 대부분 회흑색에서 흑색이며 미세

한 입자이고 치밀하게 보이지만, 다공질인 경우도 있다. 변질작용으로 녹니석이 다량으로 생성되면 녹색을 띠며, 산화 작용을 받으면 갈색 또는 적색을 띤다. 현무암 용암에는 오각이나 육각의 다가주상의 절리(節理)나 새끼줄 모양이나 베개 모양의 표면구조 등이 발달하여 있으며, 현무암의 비중은 2.75~3.00, 평균 2.87이다. 지표에서 관찰되는 것으로는, 화강암과 함께 가장 다량으로 산출되는 화성암이다. 또한 형성시기도 고생대의 것에서부터 현재의 것까지 여러 가지가 있다. 관입암체나 화산의 연구 및 실내실험에 의하여 현무암마그마의 결정분화작용 그 밖의 과정에서 중성-산성의 암석(안산암이나 유문암 등)이 생성되는 것이 밝혀져 현무암마그마야 말로 화성암의 원천, 즉 원(源)마그마라는 생각이 일반적으로 받아들여지고 있다. 그러나, 현무암마그마의 조성에도 여러 가지가 있고, 결정작용의 과정이나 유도되는 중성-산성암의 계열도 다르다는 것이 알려져 있다[8].

현재 현무암을 이용한 섬유가 활용되고 있는 분야를 Figure 6에 나타내었으며, 국내업체에서 개발된 현무암 관련 섬유제품(방석)을 Figure 7에 나타내었다.



Figure 5. 현무암의 용암분출시, 응고 후 원석 및 섬유상태 사진.



(a) 보강용 섬유 : (섬유보강콘크리트/섬유보강플라스틱/복합재료/저장탱크/방탄타일)



(b) 친환경 섬유 : (단열재/흡음재/판넬/방화재료/의료기기)

Figure 6. 현무암 섬유의 활용 제품 사진.

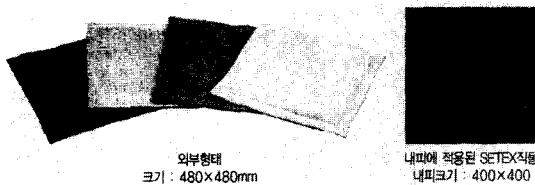


Figure 7. 현무암 섬유의 활용 생활제품(방석) 사진.

○ 황토

태양 에너지를 오래 받은 규소성 광물로 원적외선 및 음이온을 방출하는 기능을 갖고 있으며, 또한 노화방지, 성인병 예방, 신진대사 증진 등의 작용을 하며, 일반적으로 점토라고도 한다. 국내에서 지질의 특성상 붉으면서 노란빛을 띠는 흙을 채취할 수 있으며, 우리나라 선조들은 예로부터 이를 황토라 부르면서 집을 짓거나, 도기를 굽는 재료로 사용하여 왔다. 점토를 정의할 때 여러 가지 방법이 있으며, 물리적 성질 중 단위 입자의 크기, 즉 입자 지름(반경)과 입도분포로서 점토를 정의하며, 독일

공업규격(DIN)에서는 0.002 mm 이하를, 미국공업규격(ASTM)과 일본공업규격(JIS)로 0.0005 mm 이하를 점토라 하며 보편적으로 $1 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-4}$ mm 를 기준으로 하고 있다. 이를 입자의 구성으로 볼 때 모래(석영: 0.002 mm 이상), 실트(silt : 0.002~0.0002 mm), 점토(mud: 0.0002 mm 이하)로 구성된다. 따라서, 점토는 미립입자의 집합체이며 이는 적당한 수분과 결합되어 가소성을 가지고 있다. 화학적으로 설명하면 황토(점토)는 SO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O , Fe_2O_3 , TiO_2 등으로 되어 있다. 특히 Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SO_2 등의 조성에 따라 색상이 여러 가지 형태로 나타난다. 황토는 일반적으로 광맥에 따라 알칼리 금속과 알칼리 토금속산화물의 광괴로 얻어진다. 알칼리 성분은 K_2O , Na_2O 와 알칼리토금속은 CaO , MgO 에서 산화철, 산화알루미늄, 산화티탄 등의 유색으로 함께 얻어진다(9,10).

황토를 활용하여 섬유에 적용하는 방법은 크게 침염법, 패딩법, 프린팅법 3가지로 나눌 수 있다(7).

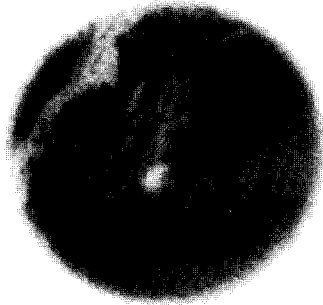


Figure 8. 황토(적토) 가루 사진.

- ▶ 침염법 : 전처리 → cation제에 의한 개질화(70 °C × 20min: water, cation화제) → 염색(70 °C × 50 min: water, 황토, binder, Na₂CO₃) → 고착 → 탈수 → 건조 → bio-washing → 유연제 처리 → 건조
- ▶ Padding법 : 조액준비(황토, binder, 증점제, water) → padding(roller padding, tenter mangle padding, rotary padding, hand print padding) → dry(110 °C × 5 min) → curing(150 °C × 1 min)
- ▶ Printing법 : 조액준비(황토, binder, 증점제, water) → printing(auto screen printing, rotary printing, hand printing) → dry(110 °C × 5 min) → curing(150 °C × 1 min)
(단, padding법에 비해 조액의 점도를 높게 조절함. 6,000~8,000 cps)

현재 섬유제품으로 침구류(베개 커버, 이불), 실내 인테리어용(커튼, 블라인드, 벽지) 재료, 의류(남·여 내의류), 양말, 타올 등에 활용되고 있으며, 또한 피부미용 화장품/팩 등으로 활용되고 있다.

○ 기타

그 밖에도 맥반석과 옥이 섬유제품(침구류, 실내 인테리어용 재료, 의류, 양말, 타올, 방석 등)에 응용되고 있다. 맥반석은 화성암중 석영암반에 속하는 암석으로 무수규산과 산화알루미늄이 주성분이

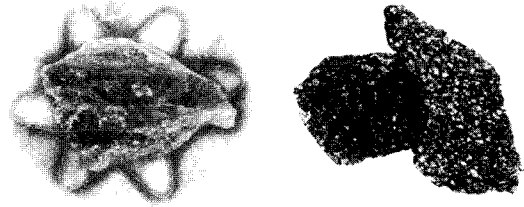


Figure 9. 옥 및 맥반석 원석 사진.

며 인체 및 살아있는 세포에 꼭 필요한 40여종의 미네랄로 구성되어 생체 발육과 생리기능을 조절하여 세포의 활력을 유지하며 1m²당 3만~15만 여개의 다공성으로 강력한 흡착작용을 하고 미네랄을 발생시키고, 또한 이온을 교환하는 기능과 원적외선을 방출하는 특징을 갖고 있다. 옥은 인체에 극히 필요한 광물질, 칼슘, 마그네슘을 함유하고 있으며, 그 성분중 마그네슘은 엽록소의 구성물질로 되어 있다. 동시에 우리 인체세포를 구성하고 있는 세포 역시 마그네슘으로 되어 있어 옥에서 나오는 기파동과 인체 세포의 기파동이 같은 파동으로, 옥에서 발산하는 파동이 우리 인체세포에 끌고루 침투하여 공명공진 작용을 함으로써 조직의 부활, 혈액순환, 혈액의 알칼리화, 체내의 유해 노폐물 배설 등을 통해 건강을 유지하는 기능을 갖고 있다[11].

3. 세라믹을 활용한 기타 가공기술

3.1. 축열, 보온가공

3.1.1. 축열, 보온가공용 세라믹

축열, 보온 가공제로는 주로 원적외선 방사 세라믹이 사용되며 산화물계 세라믹, 탄화물계 세라믹이 주종을 이룬다. 이중 Al₂O₃가 광반사 특성이 우수하여 다른 세라믹과 혼합하여 사용하며, 탄화지르코늄도 가시광선과 근적외선을 흡수하여 원적외선을 방사하는 특성이 있어 빛을 흡수하여 열을 발산하므로, 이것을 섬유에 가공하면 추운날씨에도 체열의 발산을 막아 체온유지를 가능하게 하여 널리 사용되고 있다. 축열, 보온 가공제로 활용되고 있는

Table 9. 축열, 보온 가공제로 활용되고 있는 가공제

구분	가공제
산화물계 세라믹	Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ , MgO, MnO, SiO ₂ , TiO ₂
탄화물계 세라믹	ZrC, SiC

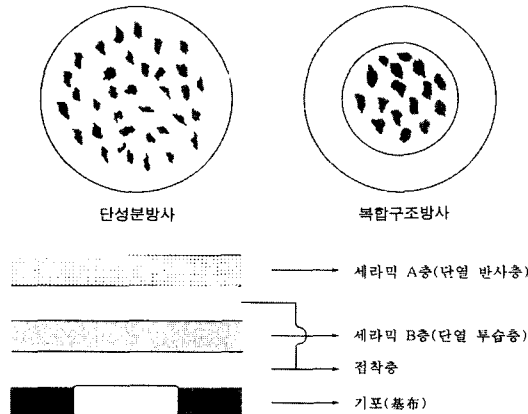


Figure 10. 섬유내부 세라믹 혼입방법 및 수지이용 코팅 방법 개략도.

가공제를 Table 9에 나타내었다[12].

3.1.2. 축열보온 가공법

섬유내부에 세라믹을 혼입하는 방법과 우레탄 등의 수지를 혼합하여 코팅하는 후가공법이 있으며, 주로 세라믹을 혼입하는 방법이 많이 활용되고 있다.

3.1.3. 축열, 보온가공의 원리

태양으로부터 조사된 근적외선 및 가시광선을 원단이 흡수하여 열에너지로 변환시켜 의복내로 보낸다. Figure 11은 광흡수, 열변환 원리를 나타내었다.

그리고, 의복내로 보내진 에너지와 인체로부터 발생하는 열을 원단이 반사해서 열을 의복내로 축적한다.

위의 두 가지 방법으로 열을 만들고 보온하는 기능을 발휘한다. Figure 13은 규산지르코늄계 세라믹 함유 PET 및 일반 PET를 사용한 이불의 온열 효과를 비교한 자료이다.

3.1.4. 제품개발 사례

일본의 Unitica와 스포츠용품 생산업체인 Descente

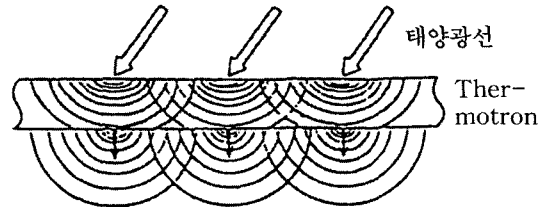


Fig 11. 광흡수, 열변환 원리.

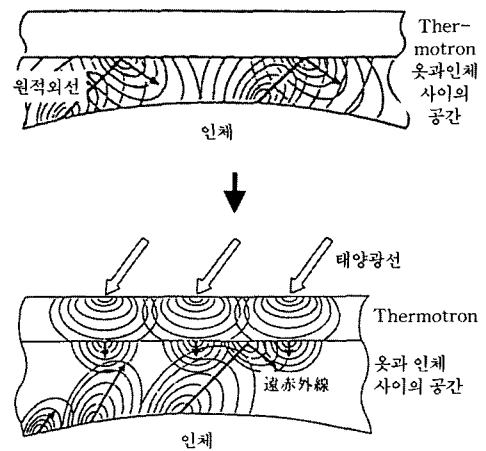


Figure 12. 보온, 열반사 원리.

가 공동개발한 Solar-α를 출시하여 판매한 후 관련 제품들이 꾸준히 출시되고 있다. 이것은 태양의 빛 에너지를 열에너지로 변환시켜 섬유자체를 따뜻하게 하고 인체로부터 발산되는 열은 인체로 다시 반사시키는 축열보온 소재이다. 사용된 세라믹은 탄화지르코늄이며 Figure 14는 탄화지르코늄이 부착된 섬유의 단면 사진이다.

3.1.5. 사용용도

축열보온 소재는 회색계통이 대부분이지만 최근 백색계의 세라믹을 사용한 것이 개발됨으로써 스키복, 등산복, 트레이닝 웨어 등 스포츠 웨어 뿐만 아니라 스웨터, 바지 등의 각종 의류에도 사용되고 있다.

3.2. 비침 방지가공

가시광선이 통과하는 원단은 의복내부가 비치게

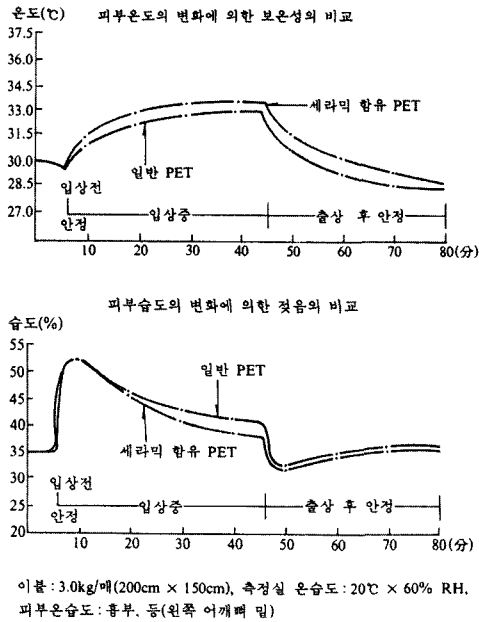


Figure 13. 규산지르코늄계 세라믹 함유 PET 및 일반 PET를 사용한 이불의 온열효과 비교.

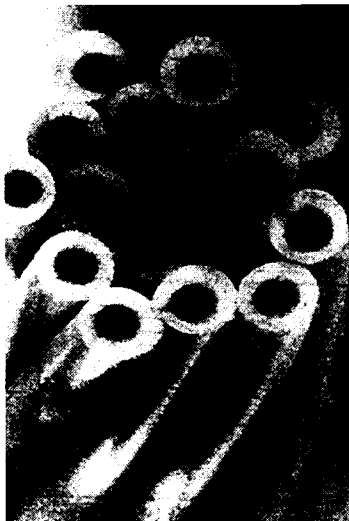


Figure 14. 탄화지르코늄이 부착된 유니티카 파이버의 단면.

된다. 특히 흰색의 얇은 천이나 여성의 속옷은 비치는 원단이 많다. 또 수영복의 경우, 섬유와 섬유 사이에 물이 들어가 굴절률이 변화하여, 원단이 건조된 경우는 비치지 않다가 젖었을때 비치는 것도

있다. 이때 특수 세라믹을 이용하여 비침방지 가공을 하며, 주로 수영복 원단에 이용된다[13].

3.3. 항균방취 및 소취가공

항균방취 가공은 섬유상의 잡균의 번식을 막고 땀에 의한 냄새 발생을 방지하는 기능으로, 유·무기계 항균제를 사용할 수 있다. 특히 무기물계 항균제로는 은이 주로 사용되고 있으며, 산화티탄, 제올라이트 등도 이용되고 있다. 무기물계 항균제는 경구독성이 없고, 열안정성도 높기 때문에 용이하게 합성섬유와 혼합하여 가공 또는 바인더를 이용하여 섬유에 고착하는 방법이 사용되고 있다. 섬유 제품 용도로는 양말, 남/여 내의에 많이 사용되고 있으며, 스포츠웨어에서도 많이 활용되고 있다. 소취가공은 냄새 그 자체를 없애는 작용으로 흡착에 의한 방법과 분해에 의한 방법이 있다. 흡착방법중 대표적인 것이 활성탄이다. 산화티탄의 미세분말에 의한 광촉매 작용은 여러분야에서 연구, 상품화되고 있지만 섬유에서 연구되고 있는 것은 광촉매에 의한 소취작용이다[13].

3.4. 태양광, 자외선, 가시광선 차폐 가공

산화티탄 등의 세라믹스에는 다양한 광선을 차폐하는 효과가 있다. 합성섬유에 혼합하여 특정의 파장을 흡수, 반사시켜 외부로부터의 광선을 차폐하는 가공이다. 주로 스포츠웨어에 활용되고 있다.

또한, 세라믹스를 혼입하여 생산된 섬유는 태양광선을 흡수, 반사함으로써 여름의 강한 햇빛에 의한 의류 내부의 온도 상승을 억제하여 청량감을 갖는다[13].

3.5. 대전 방지가공

공기가 건조한 계절에는 정전기에 고생하는 경우가 많다. 천연 섬유는 흡습성이 높아 정전기가 발생되기 어렵지만, 폴리에스터, 나일론과 같은 합성 섬유는 흡습성이 낮아 대전(帶電)하기 쉽고, 옷을 벗을 때 방전되어 정전기가 발생된다. 내구성과 기

능성이 좋은 합성섬유는 스포츠웨어 및 일상복으로 사용되는 경우가 많아 이러한 정전기의 발생은 소비자에게 불쾌감을 준다. 정전기 발생을 막기 위한 방법으로는 도전성이 높은 카본을 혼입한 폴리에스터와 나일론 섬유를 이용하여 직물을 제작하여 사용하고 있다[13].

4. 결 론

국내 섬유산업은 2000년대 들어서면서, 저임금 국가(중국, 인도, 베트남, 남미 등)의 섬유산업으로부터 추격을 받는 속도가 점차 빨라지고 있다. 섬유 관련 제품의 수출량도 2000년도 180억불에서 2001년에는 160억불로 점차적으로 감소되고 있으며, 후발개도국과의 섬유 제품 차별화가 미흡하여 세계 섬유시장에서 경쟁력이 약해지고 있다. 따라서 정부차원에서 섬유산업은 3D의 사양산업이 아닌, 성장 동력산업으로의 변환을 위해 다각적인 노력이 진행되고 있다. 그리고 소비자들은 더욱더 고기능성을 갖는 섬유제품을 요구하고 있으며, 이러한 소비자들의 요구에 부합하기 위해서는 유기물계 만의 소재로는 만족시킬 수 없고, 유기물계와 무기물계의 기능을 활용하여 복합기능을 표현할 수 있는 소재들이 검토되고 있다. 향후, 미래 섬유는 인간사회 및 환경과의 조화를 중요시하는 방향으로 추진될 전망이다.

기존 천연섬유를 능가할 수 있는 극한 기능성을 가진 섬유가 등장하고, new frontier, 쾌적 fashion성, 의료용 섬유 등의 부가가치가 높은 분야가 많은 발전이 있을 것으로 생각된다. 그리고, 부가가치가 높은 섬유를 개발하기 위해서는 무기물계의 소재를 활용한 섬유관련 염색가공기술의 연구개발이 현재보다 더욱더 추진되어야 할 것으로 생각한다.

참고문헌

1. 이준근, 송종택, 김병훈, 한상목, 김환, 박정현, 김철영, "세라믹공학", 반도출판사, 1991.
2. 김중희, 박지연, 김도경, "최신세라믹공학", 반도출판사, 1997.
3. 이준근, 백용혁, 이병하, 김종욱, 이진성, "무기재료공학개론", 반도출판사, 1998.
4. 한국섬유공학회, "인조섬유", 형설출판사, 1996.
5. 이정민, 김진우, 김공주, "섬유가공학", 형설출판사, 1998.
6. 박영환, 손성근, 2002 "최근섬유기술동향", D&F, 2002.
7. (주)원창, Tourmaline, 구창모 사장, Personal Discussion.
8. (주)세코텍, Catalogue.
9. (주)우리섬유, 천연염색 기술자료.
10. (주)우리섬유, "황토 천연염료 및 염색제품 개발에 관한 연구", 산업자원부, 2000.
11. 파인세라믹 산업의 성장기대 분야 및 수요예측, Information Center for Materials, Aug., Vol. 6, No. 8, 2001.
12. 일본섬유학회, 이해자, 유혜자, "흥미로운 섬유의 세계", 경춘사, 1995.
13. MIZUNO Corp., Takeshi Matsuzaki, Ceramic for Sportswear, Ceramics Japan, Nov. 2001.

약 력



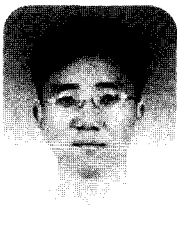
이 범 수

1991. 한양대학교 섬유공학과(학사)
 1993. 한양대학교 섬유공학과(석사)
 2003. 한양대학교 섬유고분자공학(박사수료)
 1992-1999. 한국생산기술연구원 상근연구원
 1999-현재. 한국생산기술연구원 선임연구원
 (429-450) 경기도 시흥시 정왕동 시화공단 3
 가 101블럭
 전화 : 031)496-6711, Fax : 031)496-6710
 e-mail : beomsoo@kitech.re.kr



박 영 환

1981. 서울대 섬유공학과(학사)
 1983. 서울대 대학원 섬유공학과(석사)
 1991. 서울대 대학원 섬유공학과(박사)
 1984. 6-1988. 2, 1991. 12-1994. 4
 (주)효성 중앙연구소 근무
 1994. 5-현재. 한국생산기술연구원 섬유
 화학소재본부 본부장



이 권 선

1999. 건국대학교 섬유공학과(학사)
 1999-현재. 한국생산기술연구원 연구원
 2003. 건국대학교 석사 4학기



박 순 영

1990. 영남대학교 섬유공학과(학사)
 1992. 이화여대 의류직물학과(석사)
 2001-현재. 이화여대 의류직물학과
 (박사과정)
 1992-현재. 한국생산기술연구원 연구원



정 성 훈

1984. 한양대학교 섬유공학과(학사)
 1990. 미국 North Carolina State Univ.(석사)
 1994. 미국 North Carolina State Univ.(박사)
 현재. 한양대학교 응용화학공학부 부교수



구 창 모

1980. 대구대학교(석사)
 1983-1989. 우진나염 연구개발 실장
 1989-1991. 실크나염단지 연구개발 실장
 1992-현재. (주)원창 사장