

〈研究論文(學術)〉

아크릴-황산동 복합체로 제조한 도전성 섬유 및 혼방한 모직물의 물성에 관한 연구

정영진 · 이명환 · 최해욱 · 이기환*

밀양대학교 섬유공학과
* 부산대학교 섬유공학과
(1999년 5월 21일 접수)

A Study on Physical Properties of PAN-CuSO₄ Electroconductive Fiber and Wool Blended Fabrics

Young Jin Jung, Myoung Hwan Lee, Hae Wook Choi, and Kee Hwan Lee*

Dept. of Textile Eng., Miryang National Univ., Korea

** Dept. of Textile Eng., Pusan National Univ., Korea*

(Received May 21, 1999)

Abstract—Electroconductive fiber was obtained by acryl fiber treated with CuSO₄. The properties and structure of fiber and fabric such as mechanical property, electrical conductivity, fine structure, electrification were investigated.

The experimental results are as follows : 1) The electrical conductivity of the conducting fiber was greatly increased but fine structure and physical properties were similar to acryl fiber. 2) Fabric made by mix spinning with conducting fiber was shown great electrification effect. 3) In the mix spinning with conducting fiber, it was necessary to use different finishing such as milled finish because stiffness of fabric made by mix spinning with conducting fiber was increased and elastic recovery was decreased. 4) The antimicrobial activity of electroconductive fiber blended wool was effective by Cu component for shake flask test.

1. 서 론

섬유고분자 물질은 일반적으로 열과 전기에 대해 우수한 절연성을 가지고 있어 절연체로 많이 사용되고 있지만 이에 도전성을 부여하면 금속에 비해 가볍고 가공성이 우수하기 때문에 금속의 대

체용으로 많이 사용되고 있다.

섬유고분자에 도전성을 부여하는 방법으로는 도전성을 갖는 물질을 첨가하는 것과 도핑하는 방법 그리고 도전성을 갖는 구조를 가지는 고분자를 합성하는 방법으로 나눌 수 있다. 도전성 물질을 첨가하는 방법으로는 천연고무에 카이본 블랙이나

아세틸렌 블랙을, 그리고 플라스틱에 금속분말을 첨가하여 도전성을 부여하였으며¹¹, 공액불포화 구조를 갖는 고분자화합물은 본질적으로 전기도전성을 가질 수 있다는 연구^{2,31} 아래로 폴리이미드, 폴리페닐렌, 폴리피롤 등의 고분자에 대한 연구가 되고 있다. 또한 도전성 고분자는 e-donor, e-acceptor의 첨가에 의해 상당히 전도도가 증가^{4,51}한다는 사실이 발견됨으로써 도핑에 의한 도전성 부여에 관한 연구가 많이 진행되고 있다. 도핑에 관한 연구를 보면 MacDiarmid⁶¹, Heeger⁷¹, Clark⁸¹ 등에 의해 폴리아세틸의 경우 전도도가 $10^{-5} \sim 10^{-9} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ 정도의 낮은 값을 나타냈으나 도핑한 결과 그 전도도가 $500 \sim 900 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ 정도로 향상됨을 발표하였다⁹¹.

고분자를 도핑에 의해 높은 전도도를 갖게 할 경우 도판트에 의해 고분자 주쇄에 비가역적인 반응이 일어나는 것이 필요한 경우가 있으며, poly(m-phenylene)은 AsF_5 와 같은 루이스 산을 도핑제로 처리할 경우 주쇄에 사슬간의 phenyl-phenyl 가교반응이 일어나며, PPS의 경우 도핑할 때 비가역반응이 진행되는 경우가 반응이 일어나지 않는 경우보다 높은 전도도를 나타내는 것으로 알려졌다¹⁰¹.

한편 아크릴계 고분자의 도전성에 관한 연구를 보면 폴리아크릴아미드를 Cu(II) 착물을 형성하여 요오드로 도핑할 때 그 전도도값이 염화구리 20~30%농도에서 약 $10^3 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ 까지 향상된다는 보고¹¹¹가 있고, 폴리아크릴산을 32% 염화구리로 착물을 형성시키고 2% 요오드로 도핑할 경우 $2.5 \times 10^3 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ 의 전기전도도를 나타냈다는 보고¹²¹가 있으며, 아크릴에 비닐피리딘을 공중합하여 Cu_xS 처리를 하여 $1.2 \times 10^{-2} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ 의 전기전도도를 나타냈다는 보고¹³¹가 있다. 또한 PET 필름에 아크릴아미드나 아크릴로니트릴의 단량체를 그라프트공중합반응에 의해 구리이온을 도입할 경우 순수 PET에 비해 10배 정도로 전도도가 향상됨을 보고하고 있다¹⁴¹.

또한 전기전도도가 높고 대기중에서 안정한 반면 부스러지기 쉽고 불용성 및 불용성인 폴리피롤을 가공성과 물리적 성질이 우수한 절연성 고분자와 복합체를 제조하는 연구¹⁵⁻¹⁸¹가 이루어지고 있다.

현재 실용화 되어있는 도전성 섬유¹⁹¹로는 전도성성분 균일형, 전도성성분 복합형, 표면 피복형 등이 있으며 테이진이 개발한 메탈리안은 섬유표면에 카본블랙을 피복한 도전성 피복섬유이며, ICI

사의 Epitropic은 섬유표면에 유동상 카본 미분말로 전도층을 형성시킨 동심원상 복합섬유이다. 금속²⁰¹ 및 반도체 피복형은 도금, 진공 증착법에 의해 전도층을 형성시킨 것으로 Rhom & Haars사의 X-static은 합성섬유에 은을 화학도금한 제품이며, 일본 잠모염색(주)의 Thunderon²¹¹은 아크릴섬유에 제 1동 이온을 배위결합시킨 도전성 섬유이다.

복합소재 제조기법에 의한 도전사의 제조²²¹는 폴리에스테르, 나일론 및 아크릴 섬유를 매트릭스로 하여 카본블랙을 충전시킨 방법이 시도되었으나 흑색섬유로 되어 최근에는 백색의 세라믹을 연입시킨 도전성 폴리에스테르 섬유가 생산되고 있다.

따라서 본 연구에서는 동절기 건조한 대기 습도 조건에서도 정전기 장애를 예방할 수 있는 유기 도전성 섬유를 제조하고 일정량 혼방하여 방적 및 염색의 트러블을 예방하고 영구적인 정전기 방지용 의류를 개발하고자 도전성 섬유의 제조와 물성, 혼방한 직물, 편물 및 모포 등의 실용제품의 품질평가를 하고자 한다.

2. 시료의 제조 및 분석

2.1 도전성 섬유의 제조

본 실험에 사용한 도전성 섬유는 2 데니아의 아크릴 섬유(staple fiber)를 사용하여 제조하였다. 사용한 약품은 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4\text{OH})\text{H}_2\text{SO}_4$, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, NaHSO_3 , CH_3COOH , CH_3COONa 이며, 처리온도는 60°C , 처리시간은 5시간으로 하였다.

2.2. 사와 직물의 제조

실험에 사용한 일반직물의 양모사는 메리노 $21\mu\text{m}$ 양모톱 100%를, 도전성 직물의 양모사는 $21\mu\text{m}$ 양모톱 95%와 도전성 섬유 5%를 혼방하여 Z675/S730의 2/60수로 제조하였다. 직물은 경사밀도 75본/인치, 위사밀도 68본/인치, 생지폭 64인치의 2/2 능직으로 재직하여 clear cut 가공과 milled 가공을 실시한 후 사용하였다.

2.3. 도전성 섬유

2.3.1. 도전성 섬유의 Cu, S 분석

제조된 도전성 섬유중의 Cu와 S의 함량은 ICP

atomic emission spectrometer를 이용하여 측정하였다.

2.3.2. 열적 거동

열적 거동은 시차주사열량계(Shimadzu DSC-50, Japan)를 이용하여 질소분위기하에서 승온속도 10°C/min로 측정하였다.

2.3.3. 밀도

밀도는 사염화탄소(비중 : 1.59)와 노르말 헵탄(비중 : 0.68) 혼합액의 밀도구배관을 이용하여 23°C에서 측정하였다.

2.3.4. 전기전도도 측정

도전성 섬유의 전기전도도는 일정 길이의 시료를 채취하여 양단에 은박지로 감싼 후 전류를 통하게 한 후 저항을 측정하여 계산하였다. 시료의 단면적은 섬유가 원통형이라 가정하고 밀도값을 이용하여 계산하였다.

2.3.5. 면간거리 및 겉보기 미결정 크기

면간 거리와 겉보기 미결정의 크기는 X-선회절장치(D/max-III-A, Rigaku Co., Japan)를 이용하여 X-선 회절강도곡선에서 공기산란 및 편광인자를 보정한 후 구하였다.

2.3.6. 인장강도

인장강도는 인장시험기(Tinius Olsen 1000)를 이용하여 측정하였다.

2.4. 직물

2.4.1. 대전성

직물의 마찰대전압은 KS K 0555, B법으로 측정하였으며 측정조건은 온도 20±2°C, 습도 40±2% RH, 드럼의 회전속도 400rpm이며 마찰포는 KS K 0905의 면과 나일론으로 하였다.

도전성 섬유혼방 및 일반직물의 정전기 시험은 Honest meter를 이용하여 온도 7±0.4°C, 습도 65±2% RH에서 실시하였다.

2.4.2. 객관적인 태 평가

역학적 특성의 측정은 KES-FB 시스템을 이용하여, 인장특성, 전단특성, 굽힘특성, 표면특성, 및 두께와 중량의 6특성 16항목을 측정하였으며 KN-

101-winter와 KN-301-winter일때를 가정하여 hand value와 total hand value를 계산하였다.

2.4.3 항균성시험

양모 100% 와 양모 95%, 도전성섬유 5%를 혼방한 직물의 항균성을 측정하기 위하여 정량실험인 shake flask test를 하였으며 공시균으로는 포도상구균(*Staphylococcus aureus*)을 사용하였다.

한천배지액과 공시균을 넣고 24시간 사전 배양한 다음 시료를 넣은 플라스크와 넣지않은 플라스크를 24시간 진탕 배양한 후 유리접시에 옮겨 48시간 배양하였다. 이때 유리접시에 나타난 세균의 수를 계산하여 다음의 식으로 균감소율을 구하였다.

$$\text{균감소율} = \frac{(B-A)}{B} \times 100$$

A : 진탕 후의 삼각플라스크내의 배양용액 1ml 당 균수

B : 진탕 전의 삼각플라스크내의 배양용액 1ml 당 균수

3. 결과 및 고찰

3.1 도전성 섬유의 구조와 물성

도전성 섬유는 아크릴섬유에 황산동을 환원제를 사용하여 제1동 이온으로 환원시킨 후 니트릴기와 배위결합으로 제조하였다. 예비실험에서 paddle염색기의 회전속도와 반응온도를 조정하고 황산동 및 황산하이드록실 아민을 23%(o.w.f.)농도에서 처리한 경우 수세후 아크릴섬유의 변형이 거의 없고 타 섬유와 혼방시 색상조정도 용이하였다. 10%(o.w.f.)농도이하의 낮은 농도에서는 황산동의 흡착이 미량으로 도전성이 거의 없으며, 30%(o.w.f.)농도이상의 높은 농도에서는 농색과 섬유의 영킴으로 방적 및 염색이 곤란하였으므로 도전성섬유의 제조는 23%(o.w.f.)농도에서 처리하였다.

Table 1은 미처리시료와 황산동 처리시료의 물성을 나타낸 것이다.

도전성 섬유중의 Cu와 S의 함량은 각각 0.88wt%와 0.44wt%로서 아주 적은 양이 포함되어있음을 알 수 있다. 밀도의 경우를 보면 도전성 섬유와 미처리 섬유 사이에는 거의 차이가 없음을 알 수 있

다. 이는 도전성 섬유의 경우 Cu와 S의 함량에서 알 수 있듯이 아주 적은 양이 포함되어 있음으로 밀도에는 영향을 미치지 않음을 뜻하는 것이다. 그러나 그런 적은 양을 포함하고 있음에도 불구하고 전기전도도를 보면 아주 큰 차이를 보이고 있다. 전기전도도의 경우 도전성을 부여한 섬유의 경우가 거의 10^{14} 이상 큰 값을 보이고 있다. 이는 도전성섬유의 경우 적은 양의 Cu 도입에 의해서도 우수한 도전성을 나타낸다고 할 수 있다. 강도의 경우를 보면 황산동 처리를 하였을 때에도 그 값은 차이가 없음을 알 수 있다. 이상의 결과에서와 같이 황산동 처리의 경우 보통의 합성섬유나 합성수지에 도전성 물질을 복합시켜 높은 도전성을 얻었을 때 나타나는 단점인 본래의 성질을 잃어버리는 것과는 달리 도전성 처리를 하여도 그 본래의 성질을 잃어버리지 않는다는 것을 알 수 있다. 이는 아크릴-황산동 복합체의 경우 시아노기와 황산동이 배위결합을 하고 있고 구조적으로는 층간황산전류가 형성되었기 때문으로 추측된다.

Table 1. Physical properties of PAN and PAN-Cu_xS complex

Sample code	Concentration (wt%)	Density (g/cm ³)	Conductivity ($\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$)	Tenacity (g/d)
PAN	-	1.153	0.21×10^{-14}	3.25
PAN-Cu _x S	Cu : 0.89 S : 0.443	1.157	0.395	3.23

Fig. 1은 아크릴 섬유와 도전성 섬유의 IR-spectrum을 나타낸 것으로 미처리시료와 황산동 처리시료 사이에는 아무런 차이가 나타나지 않고 있다. 일반적으로 황산동을 처리하였을 때 PAN에 Cu가 결합되어 일부 흡수대의 이동이 예상¹³⁾되었으나 황산동 처리에 의한 Cu의 함량이 0.9wt%이하로 아주 적기때문에 이러한 흡수대의 이동이 나타나지 않은 것으로 생각되어진다.

Fig. 2는 미처리 섬유와 황산동 처리섬유의 DSC 분석결과로서 280°C에서부터 열분해에 의한 발열곡선이 나타나고 있다. Cu에 의해 착물이 형성되는 경우에는 고분자 리간드와 결합하고 있는 구리이온이 고분자 보다 열전도율이 크기때문에

열안정성이 떨어지나¹³⁾ 본 실험의 경우와 같이 Cu가 소량 함유된 경우에는 그 영향이 적어 열분해 시작온도의 변화가 없다고 생각되어진다.

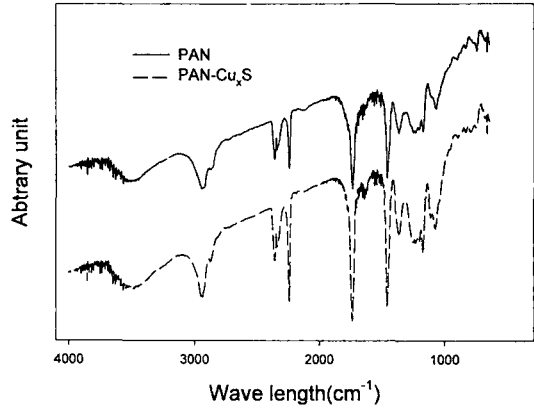


Fig. 1 IR-spectra of PAN and PAN-Cu_xS fiber.

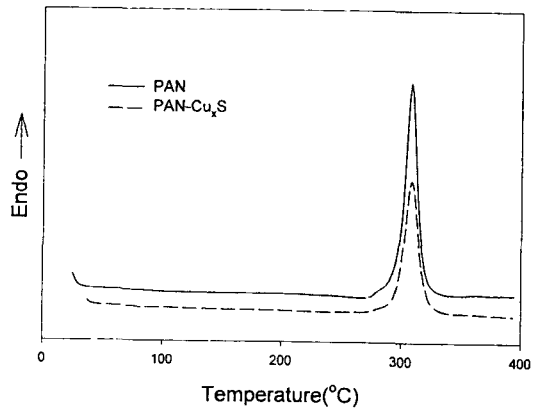


Fig. 2 DSC curves of PAN and PAN-Cu_xS fiber.

Table 2는 처리시료와 미처리시료의 (100), (110)면의 면간 거리와 미결정 크기를 나타낸 것으로 다소 그 값의 변화가 나타나지만 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

아크릴-황산동 섬유에 있어 황산동이온이 착염 형태로 흡착되어 있을것으로 생각되었으나 유산동의 일종인 Cu₉S₅의 회절선(면간격 1.97Å, 3.21Å, 2.79Å)이 확인되었다. 그러나 이러한 동이온이 아크릴에 염색하는 방법으로 흡착되어 있으므로 아크릴 섬유의 결정영역에는 영향을 미치지 못하기 때문에 결정영역의 변화는 없는 것으로 생각된다.

이상에서와 같이 아크릴섬유에 황산동처리를 하였을 때의 전기전도도는 큰 값의 증가를 보이지만 물성과 미세구조의 변화는 없음을 알 수 있다.

Table 2. D-spacing and crystallite size of PAN and PAN-Cu_xS

		PAN	PAN-Cu _x S
D-spacing (Å)	(100)	5.2771	5.1553
	(110)	3.0481	3.0179
Crystallite size (Å)	(100)	29.4922	29.4681
	(110)	32.5110	33.0332

3.2. 도전성섬유를 함유한 직물의 물성

3.2.1. 대전성

합성섬유제품이나 수지 제품을 신체에 부착한 경우 인체 동작의 마찰에 의해 정전기가 발생하며 인체에 대전되기 쉽다. 이러한 정전기는 불쾌한 전기충격을 일으키거나 먼지나 오물을 부착시키며 나아가서는 화재나 폭발의 원인을 제공하고 있다. 본 실험에서는 도전성 섬유를 혼방한 경우의 대전 방지 효과를 알아보기로 대전성 섬유를 혼방한 직물의 마찰 대전압을 측정하였다. Table 3은 양모/폴리에스테르/도전성섬유의 혼방율을 각기 달리하여 마찰대전압을 측정된 결과를 나타낸 것이다.

양모/폴리에스테르가 50/50으로 혼방된 경우는 마찰대전압이 아주 큰 값을 가지나 도전성 섬유를 혼방한 경우에는 그 값이 크게 떨어짐을 알 수 있다. 이는 도전성 섬유가 혼방될 경우 제전효과가 아주 우수함을 나타내는 것이라 할 수 있다. 또한 혼방율이 다른 경우 즉, 6%, 8%의 경우를 살펴보면 큰 값의 차이가 없음을 알 수 있다. 이는 도전성 섬유가 일부 혼방되면 그 혼방율의 크기에 관계없이 제전효과가 뛰어난 것을 나타내는 것이라 할 수 있다.

또한 도전성 섬유를 혼방한 경우의 제전효과를 알아보기 위하여 정전기 시험을 행하였다. 정전기 시험은 -10kV의 전압을 걸어준 후 측정된 전하의 양을 사용하였으며 그 결과는 Table 4와 같다.

Table 4에서 알 수 있듯이 도전성 섬유가 혼방된 직물의 경우 그 전하량이 적음을 알 수 있다. 이는 도전성 섬유가 뛰어나 제전성을 가지고 있는

을 의미하는 것이라 할 수 있다. 또한 도전성 섬유를 혼방한 경우 일반 가공직물보다 milled 가공직물의 전하량이 더 크나 양모직물보다는 적음을 알 수 있다. 이는 객관적인 태의 경우와 유사하게 직물의 가공형태에 따라 제전성도 다소 차이가 남을 의미한다.

Table 3. The frictional electrostatic property of the fabric

Sample code	Frictional electrostatic(Volt)	
	Cotton	Nylon
Wool/Poyester (50/50)	750	1100
Wool/Poyester/Conducting fiber(50/44/6)	42	38
Wool/Poyester/Conducting fiber(50/42/8)	41	38

Table 4. The electrostatic property of the fabric

Sample Code	Wool (100%)		Wool/Conducting fiber(95%/5%)	
	General finish	Shrink proofing	General finish	Milled finish
Charge (kV)	-2.30	-3.00	-1.42	-1.95

3.2.2. 객관적인 태 평가

도전성 섬유의 혼방이 역학적 성질에 미치는 영향을 비교해 보기위해 현재 객관적인 태 평가방법중 가장 보편적으로 사용되고 있는 KES-FB 시스템을 이용하여 16종의 역학적 특성을 측정하였으며 결과를 Table 5에 나타내었다.

일반직물의 인장성질을 비교해보면 도전성섬유 5%를 혼방한 직물의 경우 양모 100% 직물보다 LT가 크고 RT, WT는 다소 작은 값을 보이고 있다. 이것으로 도전성 섬유를 혼방한 직물이 다소 딱딱한 촉감을 가지고 탄성회복성이 작음을 알 수 있다. 굽힘성질에서는 도전성 섬유를 혼방한 직물이 굽힘강성 B와 굽힘허스테리시스 2HB 모두 증가하므로 직물이 stiff해지고 굽힘변형에 대한 회복성이 적음을 알 수 있다. 압축성질과 표면성질의 경우 큰 변화는 없으나 압축 레질리언스의 경우 다소 감소하는 경향을 보이고 있다.

이상의 역학적 특성을 비교해보면 일반 가공직물의 경우는 도전성 섬유를 혼방하였을 때 직물이 다소 stiff해지고 거칠며 탄성회복성이 좋지 않음을 알 수 있으며, 이것은 THV에서의 Koshi값이 크고 Fukurami가 적은 값을 가져 구김회복성, 탄력성, softness가 다소 부족하다는 결과와 유사함을 알 수 있다. 도전성 섬유를 혼방한 직물의 경우 milled 가공을 한 직물의 인장, 전단, 압축, 굽힘 특성치들이 일반가공직물의 특성치보다 양모 100% 일반직물의 역학적 특성치에 더 근접해 있음을 알 수 있다. 이는 도전성 섬유를 혼방할 경우 다소 직물의 태가 나빠질 수 있으나 가공방법을 달리하여 stiff하고 거친 촉감을 줄여야 할 필요가 있다는 것을 의미한다.

그리고 hand value와 total hand value를 KN-101-winter와 KN-301-winter일 때의 식을 이용하여 계산한 결과를 Table 6에 나타내었다. Total hand value를 비교해보면 양모 100% 일반직물의 경우 4.09로 아주 좋은 값을 나타내었으나 방축가공을 하면 3.69로 다소 떨어짐을 알 수 있다. 또한 도전성섬유를 혼방한 경우는 3.69로 방축가공 직물의 경우와 같은 값을 가지나 milled

가공을 할 경우 4.07로 양모 100%의 일반직물과 비슷한 값을 가짐을 알 수 있다. 이는 객관적인 태 평가방법에서와 같이 도전성 섬유를 혼방할 때 직물의 조건을 조정하거나 가공방법을 달리하여 직물의 태를 개선할 필요가 있다는 것을 의미한다.

3.2.3 항균성

양모 100%와 도전성 섬유 5%를 혼방한 직물의 항균성을 조사하기 위하여 공시균으로 황색포도상구균을 사용하여 shake flask test를 하였으며, 그 결과를 Table 6과 Fig. 3에 나타내었다.

양모 100% 직물의 균감소율은 21.9%로 양모자체의 영양원이 작용하여 균의 증식에 영향을 주었기 때문으로 생각되며 도전성섬유를 5% 혼방한 직물의 경우는 균감소율이 98.6%로 아주 우수한 항균효과를 나타내었다. 이러한 결과는 도전성 섬유에 포함되어 있는 Cu성분이 우수한 항균효과를 나타내기 때문으로 생각된다.

4. 결 론

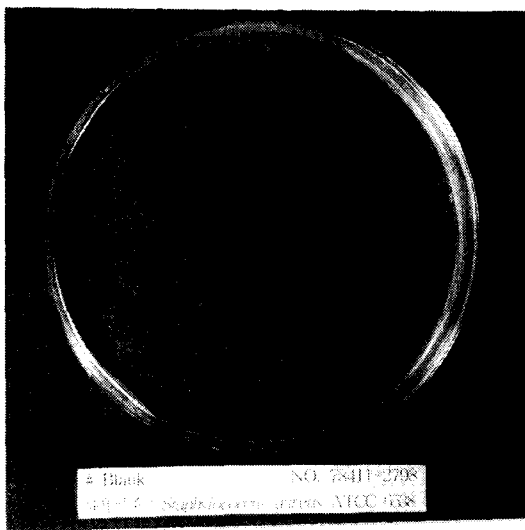
동절기 건조한 대기 습도 조건에서도 정전기 장애를 예방할 수 있는 유기 도전성 섬유를 제조

Table 5. Mechanical properties of the fabric with different finishing

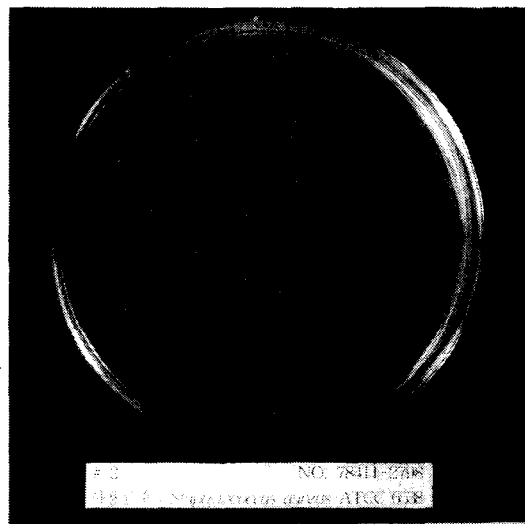
Sample Code		Wool (100%)		Wool/Conducting fiber (95%/5%)	
		General finish	Shrink proofing	General finish	Milled finish
Tensile	LT	0.602	0.550	0.6178	0.527
	WT	9.00	11.00	7.20	8.57
	RT	69.51	72.98	68.24	72.85
Bending	B	0.0812	0.0988	0.1164	0.1211
	2HB	0.0304	0.0222	0.0392	0.0356
Surface	MIU	0.192	0.186	0.172	0.174
	MMD	0.0141	0.0144	0.0147	0.0146
	SMD	2.210	2.106	1.9732	2.439
Compression	LC	0.363	0.330	0.317	0.389
	WC	0.193	0.109	0.128	0.204
	RC	61.66	54.13	55.47	64.22
Shearing	G	0.56	0.54	0.60	0.59
	2HG	0.69	0.35	0.57	0.61
	2HG5	1.23	0.91	1.22	1.18
Thickness(mm)		0.276	0.156	0.269	0.359
Weight(mg/cm ²)		19.2	22.8	23.2	21.8

Table 6. Hand value and total hand value of the fabric

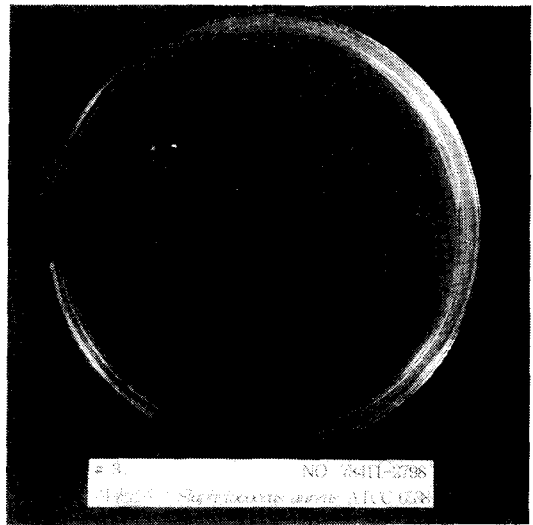
Sample Code		Wool (100%)		Wool/Conducting fiber(95%/5%)	
		General finish	Shrink proofing	General finish	Milled finish
Hand value	Koshi	4.32	5.99	6.32	5.60
	Numeri	6.97	6.47	6.41	6.57
	Fukurami	5.31	3.47	3.55	5.46
Total hand value		4.09	3.69	3.69	4.07



(a)



(b)



(c)

Fig. 3 Optical photographs of shake flask test. (a) Cultivation, (b) Wool fabric, (c) Wool (95%)/Electroconductive fiber(5%) blended fabric.

Table 7. The antimicrobial activity of the fabric

Sample code	Wool (100%)	Wool/conducting fiber(95%/5%)
Reduction percentage of bacteria (%)	21.9	98.6

하고 일정량 혼방하여 방직 및 염색의 트러블을 예방하고 영구적인 정전기 방지용 의류를 개발하고자 도전성 섬유 제조와 물성, 혼방한 직물의 역학적, 전기적 성질을 연구한 결과 아래와 같은 결과를 얻었다.

1. 아크릴-황산동처리 시료의 경우 전기전도도는 큰 값으로 증가를 보이나 구조와 물성의 변화는 나타나지 않았다.
2. 도전성섬유를 혼방한 경우 5%정도의 혼방율로도 뛰어난 대전효과를 보임을 알 수 있다.
3. 도전성섬유를 혼방할 경우 직물이 다소 stiff하고 탄성회복성이 떨어지기 때문에 도전성 섬유를 혼방을 할 때 직물의 조건을 조정하거나 가공방법을 달리할 필요가 있다.

4. Cu가 배위결합된 도전성 섬유를 소량 혼방한 양모직물은 우수한 항균성을 나타내었다.

참고문헌

1. R. H. Norman, "Conductive Rubbers and Plastics", Applied Science Publishers Ltd., London, (1970).
2. W. A. Little, Phys. Rev., **135**(6A), A1416(1964).
3. W. A. Little, J. Polym. Sci. C, **17**, 3(1967).
4. T. Ito, H. Shirakawa, and S. Ikeda, J. Polym. Sci., Polym. Chem. Ed., **12**, 11(1974).
5. T. C. Clark, R. H. Geiss, J. F. Kwak, and G. B. Street, J. Chem. Soc. Chem. Comm., 489(1978).
6. A. G. Mac Diarmid and A. J. Heeger, Synthetic Metals, **1**, 101(1979 / 80).
7. Y. W. Park, A. J. Heeger, M. A. Druy, and A. G. Mac Diarmid, J. Chem. Phys., **73**, 946(1980).
8. T. C. Clark and G. B. Street, Synthetic metals, **1**, 119(1979 / 80).
9. T. C. Chung, A. Feldblum, A. J. Heeger, and A. G. Mac Diarmid, J. Chem. Phys., **74**, 5504(1981).
10. L. W. Shacklette, R. L. Elsenbaumer, R. R. Chance, H. Eckhardt, J. E. Frommer, and R. H. Baughman, J. Chem. Phys., **75**, 1919(1981).
11. F. Higashi, C. S. Cho, and H. Kakinoki, J. Polym. Sci., Polym. Chem. Ed., **5**, 2303(1977).
12. H. Kakinoki, O. Sumita, C. S. Cho, and F. Higashi, J. Polym. Sci., Polym. Lett. Ed., **14**, 407(1976).
13. D. C. Kim, H. Y. Song, J. M. Lee, R. Y. Lee, S. Y. Mo, K. S. Bae, and J. W. Jeon, J. Korean Fiber Soc., **25**, 20(1988).
14. H. U. Chang, S. S. Im, and J. W. Kim, Polymer(Korea), **9**, 1(1985).
15. Y. H. Park and J. S. Cheung, J. Korean Fiber Soc., **26**, 65(1989).
16. Y. H. Park and M. H. Han, J. Appl. Polym. Sci., **45**, 1973(1992).
17. Y. H. Park and Y. S. Ho, J. Korean Fiber Soc., **31**, 755(1994).
18. Y. H. Park and M. H. Han, J. Korean Fiber Soc., **32**, 594(1995).
19. B. K. Park, J. Korea Soc. Dyers Finishers, **11**(2), 75(1999).
20. L. E. Warren, U. S. Pat. 5,041,306(1991).
21. 特公昭 57-56581, 特開昭 56-169808(日本壺毛染色)
22. 市橋邦夫, "텍스스타일新複合素材の企劃と加工.", 纖維社, p66(1996).