

e-텍스타일에 활용되는 전도성 섬유 개발

한국과학기술정보연구원
전문연구위원 김기수
(kskjnoo@reseat.re.kr)

1. 서언

- 최근 Future Materials지에 소개된 「Various TECH」, 즉 Textile의 다양한 산업 기술로의 전개는 향후 섬유산업의 전개 방향을 잘 나타내고 있다. 예를 들면 ITtech, mobiltech, meditech는 각각 IT 산업, 자동차 산업, 의료용 산업 등으로의 섬유재료의 전개를 시사하고 있다. e-텍스타일은 ITtech나 smart-tech 등으로 분류되어 전기·전자 정보를 송수신하거나 광을 방출하는 섬유로서 이용되는 것을 말한다.

2. e-텍스타일의 개요

- 우리 인간이 몸에 입는 의복에 각종 정보를 발신하고 수신할 수 있는 기능을 부여할 수 있다면 대단히 편리할 것이다. 그러한 의복이 건강을 관리하고 필요에 따라 의약품을 자동적으로 투여하거나 의복에 갖추어진 터치패널 장비로 컴퓨터를 조작하게 할 수도 있을 것이다. 그러한 의류를 제조하기 위해서는 전기를 흐르게 할 수 있는 재료가 필수 불가결하다. 이러한 분야를 취급하는 섬유재료를 e-텍스타일이라 부르고 있다. 경우에 따라서는 스마트 텍스타일 혹은 입는(wearable) 컴퓨터의 일부분으로 생각해도 좋다.
- e-텍스타일의 영역은 본래 개발 전개가 훨씬 진보될 것으로 기대되었으나 휴대전화의 보급과 그 기능성 향상에 따라 진전이 늦어지는 감이 있다. 그러나 휴대전화나 iPad 등에는 없는 편리성이 e-텍스타일에서는 기대된다.

3. e-텍스타일의 개발 기법

- 본 문헌에서는 주로 e-텍스타일용 재료가 되는 전도성 재료에 대하여 설명하고 있다. e-텍스타일용 재료로서의 필요조건은 전기 또는 정보를 전달하는 것이다. 구체적으로는 ①금속섬유, ②도금 필름으로 만들어진 슬릿 사(slit yarn), ③도금섬유, ④도전 재료를 혼합하거나 흡착시킨 섬유, ⑤광섬유, ⑥기타 등이 있다.
 - 금속섬유로는 스테인리스, 구리, 니켈 등을 섬유상으로 연신시켜 만들거나 이것을 수지로 피복시킨 것이 있다. 전기저항이 낮아 전기를 흐르게 할 수 있는 재료로서는 우수하지만 세션화에 한계가 있으며, 또한 비중이 커서 무겁고 인장강도나 굴곡내구성이 높지 않은 점이 결점이다.
 - 도금섬유는 도금으로 밀착 강도의 문제가 해결될 수 있다면 경량이면서 유연하고 전기저항도 비교적 낮게 할 수 있다. 도금 필름의 슬릿 사는 경량이지만 세션화의 한계, 세탁에 대한 내구성 등이 문제점이다. 내세탁성을 향상시킬 수 있다면 다른 섬유와의 복합화 또한 가장 쉽기 때문에 향후 전개가 크게 기대된다. 본 문헌에서는 도금섬유에 초점을 맞춰 최근의 개발 동향에 대하여 소개하고 있다.

4. 도금섬유의 제조방법에 대하여

- 초임계유체 염색과 기능 가공의 원리
 - 최근 초임계 이산화탄소 유체를 사용하는 섬유 염색원리를 응용하여 여러 가지 섬유에 무전해 도금의 핵이 되는 금속착체를 주입·환원·고정하는 방법에 대한 연구가 진행되어 왔다. 이 방법을 소개하기 전에 초임계유체 염색에 대하여 그 개요를 알아본다.
 - 초임계유체는 고체·액체·기체 등과 함께 물질 상태의 하나이다. 초임계유체는 액체 또는 기체를 밀봉 용기에 넣어 온도와 압력을 높임에 따라 얻어지는 균일 매체로 기체에 가까운 높은 확산성과 액체에 가까운 밀도를 갖는다. 물이나 알코올의 초임계유체는 화학적인 활성이 있어 유기물을 분해한다. 한편, 초임계 이산화탄소(scCO₂)는 불활성이면서 극성이 없기 때문에 소수성 고분자를 팽윤시키고 소수성

저분자 화합물을 용해시킨다.

- 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리프로필렌(PP) 등의 소수성 합성 섬유는 scCO₂ 중에서 크게 팽윤된다. 이 때문에 scCO₂ 중에서는 용해된 염료 등의 기능재료가 쉽게 섬유 속으로 확산이 가능해진다. 따라서 염료의 분산에 따른 염색뿐 아니라 각종 첨가제를 혼합 또는 주입시킴으로써 재료의 화학적, 물리적 성질을 개선시키는 것이 가능하다.

○ 초임계유체를 활용한 섬유·플라스틱의 도금

- 초임계 염색의 원리는 각종 섬유의 도금에 응용될 수 있다. 섬유의 도금은 기본적으로는 섬유의 표면을 부식(etching) 등으로 거칠게 만들어, 그 표면에 촉매를 작용시켜 석출되게 한 후 이것을 핵으로서 무전해 도금을 시행하는 것이다. 이와 같은 방법으로 도금섬유는 전자파 차단재료 등을 목적으로 생산되고 있으나 공정이 복잡하고 사용되는 약제도 많아 폐기액체 처리비용도 크다. 또한 사용 목적에 따라서는 도금의 밀착강도가 충분치 못한 경우도 많다.
- 초임계 염색의 원리를 응용하게 되면 유기 금속착체를 섬유 내부에 주입하여, 이것을 핵으로 이용함으로써 용이하게 무전해 도금을 시킬 수 있다. scCO₂에 용해되는 금속착체를 선택하여 이것을 용해시킨 scCO₂에 섬유나 직물을 투입하게 되면 착체는 염료와 마찬가지로 팽윤된 섬유 내부로 확산된다. 일반적으로 이와 같은 금속착체는 고온이 되면 열 환원 분해가 일어나 금속이 유리된다.

○ 도금섬유의 특징과 기능

- e-텍스타일에 사용되는 섬유재료는 금속 구리나 스테인리스 섬유로부터 도금 재료 등에 이르기까지 재료도 다양하기 때문에 각각 재료의 전기저항치도 차이가 크다. 금속섬유의 경우는 낮게는 0.01Ω/m에서부터 조절이 가능하고, 도금섬유나 슬릿 사의 경우는 0.2Ω/m부터 수Ω/m까지 분포하기 때문에 이를 이용한 전도성 섬유는 수Ω/m에서 수백 Ω/m까지 일반적으로 저항이 크다.

- 금속섬유에 있어서 도금 섬유가 갖는 가장 큰 우수성은 굴곡내구성이 높은 점이다. 같은 굵기의 구리선을 피복시킨 케이블에서는 약 1만 회의 굴곡에서 단선되고 전기저항이 무한대로 되는 데 대하여 도금 케블라(Kevlar) 섬유로 피복된 섬유 케이블에서는 초임계유체 처리조건에 따라 다소 변동하지만 약 200만 회를 초과하여도 단선되지 않고 전기저항도 10% 정도 상승에 그쳤다. 따라서 이러한 방법으로 조정된 도금 아라미드 케이블은 로봇 팔이나 케이블베어(cable veyor) 등의 굴곡내구성이 요구되는 목적에 적합하다.

5. 용도 전개

- 전도성 섬유 등의 전기·정보전달 재료와 각종 센서를 조합시킨 e-텍스타일로서의 전개는 날이 갈수록 증가되고 있다. 응용사례는 다음과 같다.
 - 각종 부품: e-텍스타일용의 각종 부품이 현재 시판되고 있으며, 주로 전도성 섬유나 각종 커넥터(connector), 센서 등이다. 의류에 부착하거나 소매에 배치한 터치키(touch key)로 전자기기의 조작이 가능하게 하는 제품의 예도 있다.
 - 입을(wearable) 컴퓨터로서의 실례: 아직은 스마트(smart)의 단계는 아니지만 초박형의 고효율 솔라 파워 재킷이 등장하였다. 솔라 패널(얇은 스테인리스 판상에 인듐·칼륨·디세렌으로 구성)을 재킷의 등에 배치하여 재킷 내부에 장착된 카드 크기의 충전기를 2시간 만에 풀 충전이 가능하게 되어 30군데에 각종 커넥터가 접속할 수 있도록 되어 있다. USB에 접속이 가능해지면 어떠한 휴대 디바이스도 접속할 수 있다. 200~400달러에 시판되고 있고 현재도 개량 중에 있다.
 - 군사 관련 e-텍스타일: 통신을 위한 안테나를 설치한 입을 안테나 군복이 있다. 안테나에는 의복으로서의 유연성이 확보되어 착용 시에 안테나의 파손이 없고 조작이 쉬운 평면 루프 타입이 장착되어 있다. 안테나는 케이블을 통하여 GPS/Soldie 라디오에 접속되어 있다. 안테나 부위에는 DuPont사가 개발한 전도성 섬유가 사용되고 있다. 이외에도 극한, 폭염, 모래 폭풍 등에서도 쾌적하게 군사행동을 할 수 있는 미래형 군복에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다.

- 비접촉 재킷(No-contact Jacket): 여성을 범죄로부터 보호하기 위해 제안된 여성 전용 의류가 있다. 내부층은 도전성 섬유로 되어 있어 9V의 전지로부터 발생하는 8만V의 저전류 전압에 의해 범죄를 범하는 자에게 불쾌한 통증을 수반케 하는 쇼크를 주도록 설치되어 있다. 도전성 섬유로는 당시 DuPont사가 개발한 도전성 아라미드 섬유가 사용되었다. 도전성 섬유 부분은 착용자를 전기 쇼크로부터 보호하기 위해 고무제품의 내부층과 방수성 나일론으로 코팅된 테플론의 샌드위치 구조로 되어 있기 때문에 외장 부분이 젖은 상태에서도 기능을 발휘한다. 또한 사고를 방지하기 위한 처리도 되어 있다.
- HealthVest®: 인체의 생리기능을 모니터링 할 수 있는 시스템이 여러 가지 제안되고 있다. 여기에서 소개하는 「HealthVest®」는 조밀하게 편직된 ECG 전극과 호흡 센서 및 도전 통로로 구축된 패널과 기반 구조로서 2층으로 된 신축직물과 도금 폴리에틸렌섬유로 된 패널로 구성되어 있다. 휴대하고 있는 전화를 통하여 병원 등에 생리기능 정보가 전달되는 시스템으로 되어 있다.

○ 기타 응용전개



- 솔라 패널과 배터리를 탑재한 쇼핑백(Solar Shopper)은 아직 가격은 비싸지만, 유럽에서 판매되고 있다. 휴대전화의 충전 등이 가능하다.
- 마이크로이어폰, 스피커 및 스위치 버튼을 조합시키고 블루투스(Bluetooth)를 장착한 운전용 장갑도 등장하였다. 오토바이 등의 운전 중에도 블루투스가 작동되어 핸들에서 손을 떼지 않고도 장갑을 향해 말하는 것만으로 휴대전화를 통해 통화할 수 있다.
- 섬유상의 솔라 배터리는 아직 충분하게 제품 전개에 이르지 못하고 있으나 개발이 진행되고 있다. 섬유상 재료에 각 성분을 부여하고 표면적을 크게 하기 위한 노력이 경주되고 있다.
- e-텍스타일을 패션에 응용하려는 시도가 이루어지고 있다. 광섬유, 발광체 등의 조합에 의해 무대에서 화려하고 아름다운 장면을 만들고자 하는 제안이 점점 증가되고 있다.

6. 향후 전망

- 휴대전화와 iPad 등이 눈부시게 발전함에 따라 상대적으로 입는 컴퓨터의 개발이 늦어지고 있는 감이 든다. 그러나 입는 컴퓨터에는 휴대전화 등으로는 커버할 수 없는 우수성과 편리성, 더 나아가 폭넓은 응용 분야가 전개될 것으로 기대된다.
- e-텍스타일은 「가늘고」, 「길고」, 「가볍고」, 「강하고」, 「아름다운」 섬유에 특성에 더하여 도전성을 부여하거나, 그 의복과 전자재료 및 각종 센서를 조합함으로써 편리성을 배가시킬 수 있다. 이를 위해 다양한 전문 분야의 융합이 필요하다. 향후 큰 발전이 기대된다.

출처 : 堀 照夫, “e-텍스타일에 이용하는 도전성纖維의開發”, 「加工技術(日本)」, 46(5), 2011, pp.267~277



◁ 전문가 제언 ▷

- 섬유가 의류용 용도를 목적으로 발전해온 사실은 명백하다. 많은 국가에서 섬유산업은 그들 나라의 근대화 및 경제성장에 크게 공헌해온 것 또한 주지의 사실이다. 이와 같은 의류용 섬유산업은 성숙 단계를 넘어 최근에는 저임금 국가로 이동해 가고 있다. 이에 반해 선진국에서는 섬유재료의 특징(경량, 유연성, 고강도 등)을 살려 다양한 산업용 용도로의 전개가 진행되고 있다.
- 세계 섬유시장은 2005년도 11,040억 달러에서 2015년에는 16,820억 달러로 연평균 4.3%로 성장할 것으로 예측되고 있다. 의류 및 내장 자재, 건축자재 등 일상생활에서 친숙한 섬유이지만 여러 가지의 물성, 기능을 갖는 고기능섬유가 최근 주목을 받고 있다. 섬유가 갖는 우수한 특성은 물론 금속에 뒤지지 않는 고강도 물성과 내열성, 난연성 등의 기능을 부가한 고기능 섬유는 항공우주산업, 토목건설, 자동차, IT, 의료, 환경 분야 등으로 응용범위가 점점 확대되고 있다.
- 한국 지식경제부가 2008년 3월에 “섬유의류 전략기술개발사업” 계획을 발표하였다. 한국의 섬유산업 미래상을 조명하면서, 과거는 수출주도형 고용창출, 대량생산, 일반 섬유제품, 세계 6위 섬유 수출국의 키워드로 정리하였다. 미래를 향한 방향으로는 고부가가치화, 디지털/IT화, 브랜드화, 세계화를 목표로 우주항공, 나노섬유, 슈퍼섬유, 친환경, 다기능 복합화, 유비쿼터스화를 지향하는 것으로 설정하였다. 2015년에는 세계 3위의 섬유강국을 목표로 하면서 원천소재기술과 6T 접목을 방법으로 설정하고 있다.
- 한국의 섬유산업은 한때 장치산업으로서 크게 각광을 받았으나, 지금은 선진기술 산업으로의 변환을 압박받는 격동의 시대를 겪고 있다. 1990년대까지는 폴리에스테르, 나일론 등의 생산 거점으로서 세계에서 주력 생산국으로서 역할을 하였으나, 그 후 의류 등의 양산 분야에서 중국 등으로 옮겨주고 있다. 이런 흐름 가운데 한국 섬유산업은 다양한 관점으로부터 요소기술의 극대화화 와 새로운 산업의 창조를 위하여 기술혁신에 도전해야 한다.

이 분석물은 **교육과학기술부 과학기술진흥기금**을 지원받아 작성하였습니다.