

산업용 전기전도성 폴리에스터/면혼방 소재 개발(I)

1. 서언

전기전도성 소재는 주로 대전방지 또는 정전기 방지(electrostatic discharge, ESD), 전자파(electromagnetic interference, EMI) 차폐, 마이크로파 감쇠, 저항 가열식(resistive heating) 소재 및 신호전달 소재 등으로 활용되고 있다. 기존의 전기전도성 소재는 주로 섬유 형태로 가늘게 만든 금속이나 금속염 코팅을 활용하여 제조하였다. 이러한 금속 기반의 소재는 전기전도성이 우수한 장점이 있지만, 반면 소재의 태, 유연성 및 미적인 면에서 문제가 있다.

최근 전기전도성 제품용으로 금속 기반 소재를 대신할 수 있는 복합고분자(conjugated polymer, CP)가 소개되었다. 복합고분자는 단일결합과 이중결합이 번갈아가면서 배열하고 있어 본질적으로 전기전도성을 가지고 있다. 그러나 대부분의 복합고분자는 일반적인 용매에는 용해되지 않기 때문에 복합고분자 상태 그대로 제조 공정에 적용하기 어려운 단점이 있다. 따라서 여러 형태의 섬유소재를 대상으로 복합고분자를 함유할 수 있는 기질체로 활용하는 연구가 이루어져왔다.

대표적인 복합고분자로는 폴리피롤(polypyrrole, PPy), 폴리아닐린(polyaniline), 폴리티오펜(polythiophene)이 있다. 이들 복합고분자 중 폴리피롤은 합성이 용이하고, 전도성이 우수하며, 안정성이 좋아 섬유소재쪽에서 가장 많이 선호되는 물질이다.

복합고분자의 섬유 기질로의 증착은 화학적 중합 방식이 주로 활용되고 있다. 화학적 중합 방식은 단량체, 산화제 및 도핑제를 넣은 반응조 안에 섬유소재를 넣어 섬유소재에 고분자가 증착되도록 하는 방식이다. 지금까지는 면, 양모, 견 등의 천연섬유소재나 폴리에스터, 폴리아미드 등의 합성섬유소재 등 주로 1종의 섬유에 폴리피롤을 화학적 중합하는 연구가 진행되어 왔다. 그러므로 화학적 특성이 서로 다른 2종의 섬유가 혼방된 소재에 폴리피

를 증착하는 연구가 진행될 필요가 있다. 따라서 본 연구에서 폴리에스터/면 혼방 소재에 폴리피롤을 화학적으로 중합하고자 하였다.

2. 실험

복합고분자의 기질체용 섬유소재로 폴리에스터/면 65/35 혼방 평직 소재 (130 g/m^2)를 사용하였다. 피롤 단량체는 인도 Spectrochem사의 제품을 사용하였고, 산화제로는 인도 뭄바이의 Loba Chemie사의 염화제삼철(iron(III) chloride) 6수화물을 사용하였다. 피롤은 증류한 후 4°C 에서 보관한 후에 사용되었고, 그외 다른 약제는 도착한 후 그대로 사용되었다.

폴리피롤의 In-situ 화학적 중합을 통한 직물 표면 증착은 실험용 지거 장치를 사용하여 2step으로 진행되었다. 직물 샘플은 중합 전에 먼저 정련하고, 중량 (10 ± 0.05)g, 크기 (7×110)cm로 경사방향으로 긴 형태로 준비하였다.

피롤 단량체 용액은 피롤이 적절하게 분포되도록 1시간 동안 처리하였고, 이후 예냉처리한 산화제를 단량체 용액에 1시간 동안 한방울씩 천천히 가하였다. 산화제를 첨가한 후 반응용액에 실험용 직물을 넣고 $4-5^\circ\text{C}$ 에서 2시간 동안 가공하였다. 이 때 액비는 1:40으로 하였다. 가공이 끝난 후 직물 샘플을 꺼내서 수세하고, 하룻밤 동안 건조하였다.

이와 같은 방식으로 제조한 폴리피롤 코팅 직물은 단량체 농도에 따라 각각 PC 10, PC 20, PC 30으로 명명하였다.

폴리피롤 코팅 PC 직물의 전기전도도는 AATCC76:2005 시험법에 의거하여 표면저항으로 측정하였고, 경사 방향의 인장 강도는 ASTM D5035:06으로 측정하였다. 폴리피롤 코팅의 형태적 특성은 주사전자현미경(JEOL 모델 JSM 5400)을 사용하여 정밀 관찰하였으며, FT-IR 분석은 Perkin-Elmer 2000 모델을 사용하였다. 폴리피롤 코팅의 내구성은 일반적인 염색견뢰도 시험법을 참고하여, 물세탁(ISO C10:03) 및 드라이클리닝(ISO D01:10) 후의 전기전도도를 측

정하여 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

(1) 전기전도성

폴리피롤의 중합은 피롤 단량체의 산화와 양이온 라디칼의 형성을 통해 이루어진다. 중합의 진행은 단량체 라디칼이 연속적으로 결합되면서 이합체(dimer), 삼합체(trimer) 및 소중합체(oligomer)를 형성하면서 이루어진다. 섬유소재는 표면적이 넓어 단량체의 흡착 및 연속적인 고분자 사슬 형성이 가능하다. 폴리피롤은 직물의 표면과 미세한 틈 위에 중합되며, 폴리피롤이 직물에 코팅되고 나면 미처리 상태에서 백색이었던 직물의 색이 검은색으로 변하게 된다.

<표 1> 단량체 농도에 따른 직물의 표면저항

단량체 농도(%)	미처리 직물	PC 10	PC 20	PC 30
표면 저항 (Ω /square)	$10^{12}\sim 10^{14}$	2250	57	73

피롤 단량체 용액의 농도에 따른 PC 직물의 표면 저항을 <표 1>에 나타내었다. 미처리 PC직물의 표면저항은 $(10^{12}\sim 10^{14})\Omega$ /square으로 높게 나타났다. 폴리피롤 코팅시 미처리 직물에 비해 표면저항은 매우 크게 낮아졌으며, 단량체 농도가 높아지면서 PC10에 비해 PC20의 표면저항은 크게 낮아졌으나, PC20과 PC30의 경우 차이가 거의 나타나지 않아 포화수준에 다다른 것으로 판단되었다. 이것은 단량체의 농도가 높을 때 중합조에서 일어나는 폴리피롤의 호모폴리머(homopolymer) 형성에 의한 것으로 판단되었다. 검은색 가루 형태로 형성되는 폴리피롤 호모폴리머 침전물은 섬유소재의 전기전도성을 높이는데 기여하지 않는다. 그러므로

피를의 섬유소재로의 증착을 높이고, 호모폴리머 침전물 형성을 줄이기 위해
반응 용액의 단량체 농도는 신중하게 조절하여야 한다.

(계속)

♣ Melliand International (2012, Issue 1)