

섬유의 기능성 소재(내열, 난연 및 방염 소재) 최근 동향

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

1. 서언

- 본 문헌의 기능성 섬유 소재 최근 동향의 리뷰는 ①2008~2010년 사이에 섬유연구 합성섬유상을 수상한 소재, ②2008년 1월~2010년 12월까지 약 3년간 섬유학회지 및 섬유기계학회지에 게재된 기능성 소재 기사, ③2010년 1~12월 사이에 공개된 특허를 주로 소개하고 있다.
- 내열성에서는 폴리젯산의 내열성 향상이 주목을 받고 있다. 그러나 아직 난연성 및 방염성에서는 난연·방염제로서 할로젠 화합물이 많이 사용되고 있다. 할로젠 화합물의 사용에 대하여는 여러 가지 규제의 움직임이 있기 때문에 이에 대응하는 비할로젠계 난연제에 대한 특허출원이 주목을 받고 있다.

2. 섬유연구 합성섬유상으로 본 기능성 소재

- 과거 3년간 섬유연구 합성섬유상을 수상한 소재 가운데 「내열, 난연 및 방염소재」에 관련된 테마는 Teijin사의 폴리젯산섬유에 대한 내열성 향상과 Teijin사의 아라미드섬유에 대한 내열성과 방염성 향상이다. 내열, 난연 및 방염소재는 주로 산업자재용 용도에서 필요로 하는 성능이다. 섬유연구 합성섬유상은 주로 의류용 텍스타일이 대상이기 때문에 채택 건수가 적다.

3. 섬유학회지와 섬유기계학회지에 게재된 기능성 소재

- PBO 섬유의 구조와 특성(TOYOBO)

- PBO 섬유는 옥사졸 형태로 된 섬유로 유기계섬유 가운데에서는 최고의 강도, 탄성률 및 내열성을 갖는 섬유이다. PBO 섬유의 구조와 물성의 관계, 용도에 대하여 소개하고 있다.
- 물성은 3차원적 질서가 없는 결정구조, 고도의 분자배향, 주기적인 불균일구조, 선택배향 등이다. 용도는 PBO의 특성을 살린 「내열 및 난연제품」, 「복합재료」, 「로프, 케이블」 등이 주체이다. 일례로 용접로봇의 케이블커버가 있다. 로프와 케이블에서는 낮은 크리프(치수안정성), 절연성(유도전류가 생기지 않음) 등의 특징을 살린 용도로 전개되고 있다.

○ PPS 섬유 개론과 실용 예(TORAY)

- PPS 섬유는 결정성의 고기능 열가소성 엔지니어링 플라스틱인 polyphenylene sulfide 수지를 섬유화한 것이다. 내약품성, 내열성, 난연성, 전기특성, 내충열성, 단열성 등에서 우수한 성능을 발휘한다. PPS 고분자는 N-메틸 펠로리돈과 같은 극성용매에 황화나트륨을 용해하여 p-디클로로벤젠과 중축합반응을 시켜 얻는다.
- PPS 고분자를 펠릿(pellet)화한 후 용융방사, 연신, 권축가공, 절단하여 스테플(staple)섬유를 제조한다. 또한 멀티필라멘트(multi-filament) 뿐만 아니라 모노필라멘트(mono-filament)사도 만들어지고 있다. 섬유용은 인성이 높은 선(linear)형이 있다. PPS 섬유의 90%는 석탄 화력 발전소나 고온 소각용의 백 필터(back filter) 용도이다.

○ 탈할로젠 방염가공의 최신동향

- REACH를 포함한 탈할로젠 방염가공의 동향
 - 대표적인 탈할로젠 방염가공: 인질소계 분자간 축합형(셀룰로오스계 적용), 인질소계 섬유소 반응형(셀룰로오스계 적용), 금속 착염형(양모 적용), 인계 제1세대(폴리에스테르 적용), 인질소계 제4세대(폴리에스테르 적용)
 - 섬유분야 난연화 기술의 향후 가공제: 브롬계난연제(HBCD), 제1세대 인계난연제(RDP), 제2세대 인계난연제(RDX), 제3세대 인계난연제(PIP-DP), 제2세대 인계난연제(ADPP)

- 논할로겐 방염가공
 - PROBAN[®] 가공의 메커니즘, Daiwabo PROBAN[®] 가공 방법, 특징 등을 소개하고 있다. PROBAN[®] 약제는 포스핀을 황산 또는 염산과 포름알데히드로 반응시키면 THPS 또는 THPC를 생성한다. 이것을 요소와 반응시켜 초기 중합물을 만들어 포에 함침시킨다. 이 포를 암모니아 기체와 반응시켜 PROBAN[®] 올리고머를 PROBAN[®] 고분자로 중합시킨다.
 - THP그룹이 질소함유 그룹에 의해 가교되어 섬유 내부에 갇히게 된다. THP의 안정화를 위해 과산화수소로 산화처리하고 모든 불순물을 제거하기 위해 세정과 건조를 행한다. PROBAN[®] 가공면의 LOI값은 29~32%로 고도의 난연성을 나타낸다.

○ 면의 방염가공

- 타올에 적용할 수 있는 방염가공 특허가 등장하였다. 특허 3806380호 (방염포의 제조방법)의 요지는 셀룰로오스섬유로 된 포를 특정의 방염제, dihydroxymethyl glyoxal monourine 및 염화마그네슘을 함유한 방염처리 수용액 중에 침적시킨 후 이 포를 가열처리함으로써 우수한 방염성과 유연성 등을 갖는 방염포를 제조할 수 있다.

○ 폴리에스테르섬유의 염색 동시 가공용 할로겐 난연가공제 개발

- 인계난연제로서는 ADPP(anilinodiphenyl phosphate), RDPP (resorcinol-bis[diphenol phosphate])의 2가지가 유력하다. ADPP와 비교하여 RDPP는 흡수효율이 낮고 염색 동시 난연가공에서 ADPP와 같은 양을 부여하기 위해서는 다량을 첨가할 필요가 있다.
- RDPP는 가수분해성이 있어 폴리에스테르를 열화시키는 것으로 알려져 있다. 현재 인계난연제 가운데 폴리에스테르섬유의 염색 동시 난연가공에 적합한 화합물은 ADPP이다.

4. 공개특허로 본 섬유 기능소재와 가공제

- 내열, 난연 및 방염소재 관련 특허출원 사례를 소개한다. 3년 사이에

그 수가 너무 많아 2009년의 경우 주목받을 만한 것과 2010년 1월~12월 사이 공개된 특허 중에서 주요 특허를 소개하고 있다.

○ 내열성에 대한 특허 예(폴리젯산에 관계된 것)

- 「폴리젯산계 복합섬유」 특개: 2010-281006
- 「폴리젯산섬유, 섬유계 보드, 필름부착 섬유계 보드 및 섬유계 보드의 제조방법」 특개: 2010-12681 등

○ 내열성에 대한 특허 예(폴리젯산 이외)

- 「고내열성 폴리아미드섬유 및 그의 제조방법」 특개: 2010-180494
- 「내열성 방호복」 특개: 2010-255129 등

○ 난연·방염성 관련 특허 예(HBCD 대응)

- 「폴리에스테르섬유용 난연가공제 및 난연성 폴리에스테르섬유의 제조방법」 특개: 2010-285711

○ 난연·방염성 관련 특허 예(비할로젠 대응)

- 「난연성 폴리에스테르섬유」 특개: 2010-275652
- 「포스페이트-포스포네이트 결합을 함유한 유기인화합물 및 이를 활용한 난연성 폴리에스테르섬유, 난연성 폴리우레탄수지 조성물」 특개: 2010-265281 등

○ 난연·방염성 관련 특허 예(기타)

- 「항알레르기성 난연 여과재료」 특개: 2010-227758
- 「가교 아크릴레이트 섬유」 특개: 2010-095843 등

출처 : 山崎義一(Yoshikazu Yamasaki), “最新の繊維テキスタイル機能性素材のレビュー”, 「加工技術(日本)」, 46(4), 2011, pp.248~255

◁ 전문가 제언 ▷

- 합성섬유 산업의 기술발전 과제는 크게 생산기술의 발전, 고강도/고탄성률 등의 고성능 추구, 심미성의 추구, 마이크로 추구하고 나노섬유 기술, 기능성 섬유 그리고 환경대응 등이다. 향후 전개방향으로서 중요한 것은 새로운 관점에서 미래에 대응하는 것이다. 단순히 기존섬유의 응용보다도 타 산업분야와 융합하는 복합기술로의 발전이 바람직하다.
- 「최근의 기능성 소재(섬유, 텍스타일)」에 대한 리뷰(review) 보고가 “가공기술(일본)” 전문지에 시리즈로 게재되고 있다. 그 첫 번째가 「수분 및 열 특성」, 두 번째가 「운동기능 및 취급 용이성」, 세 번째가 「염색 및 염색성」 그리고 본 문헌에서 네 번째로 「내열, 난연 및 방염소재」에 관련된 소재를 소개하고 있다.
- 고강도 및 고탄성률 섬유에는 파라계 아라미드섬유, 초고분자량 폴리에틸렌섬유, 폴리아릴레이트섬유, PBO섬유, 탄소섬유 등이 일본에서 생산되는 대표적인 섬유제품이다. 고 내열성 섬유에는 메타계 아라미드섬유, PPS섬유, 폴리아미드섬유가 있다.
- 일본의 섬유산업은 2차 대전 후 크게 발전하여 세계 유수의 규모가 되었다. 그 후 한국, 대만 등의 추격을 받았고 중국의 급격한 확대로 인해 어려운 환경에 처하고 있다. 그 대책으로서 일본의 섬유산업은 세계화 전략과 고부가가치화를 병행하여 고성능섬유와 고기능섬유를 사용한 새로운 산업자재 용도로의 전개를 적극적으로 추진하고 있다.
- 한국의 섬유산업은 한때 장치산업으로서 크게 각광을 받았으나 지금은 선진기술 산업으로의 변환을 압박받는 격동의 시대를 겪고 있다. 1990년대까지는 폴리에스테르, 나일론 등의 생산거점으로 세계에서 주력 생산국으로서 역할을 하였으나 그 후 의류 등의 양산분야가 중국 등으로 옮겨가고 있다. 이런 흐름 가운데 한국 섬유산업은 요소기술의 극대화와 새로운 산업의 창조를 위하여 기술혁신에 도전해야 한다. 일본의 사례와 차별화 방안을 모색해야 한다.

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