

지구온난화 대책에 공헌하는 섬유기술

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

1. 공헌하는 섬유기술에 대한 전체적 전망

- 온난화 대책에 공헌하는 주요 섬유기술로서는 다양한 응용 분야가 있다. 대표적으로 ①전지와 커패시터 등 에너지 디바이스의 성능향상에 역할을 하는 부품소재로의 응용, ②자동차와 항공기 등 운송기기의 경량화에 역할을 하는 부품소재로의 응용, ③풍력발전용 날개 강화재료, 송전선의 텐션멤버, 초전도 전력 저장용 코일의 부품재료, 수소와 천연가스 등의 고압용기의 강화재료 등 에너지 관련 부품재료로의 응용 등이 있다.
- 단열재, 녹화 촉진소재 등도 또한 온난화 대책에 공헌하는 중요 기술이라 할 수 있다. 그 밖에 공기정화에 의한 공조 에너지의 저감, 온난화의 결과로서 증대되는 수자원 문제와 관련된 물 정화기능 부품재료로의 응용, 태양광의 차단 시트, PET 보틀의 섬유화 응용 등이 거론되고 있다. 본 문헌에서는 특히 에너지 디바이스, 운송기기, 에너지 관련 부품재료 등을 중심으로 관련 기술을 소개하고 있다.

2. 에너지 디바이스로의 응용기술

- 연료전지로의 응용
 - 연료전지의 전극은 통상 가스 확산 층과 촉매 층으로 구성되어 있다. 가스 확산 층의 역할은 ①분리막(separator)과 촉매 층간의 전자 수송, ②촉매 층으로의 기체 확산, ③공기 전극에서 발생하는 물의 배출이다. 재질로는 화학적 안정성과 함께 음이온 프리 등이 요구된다. 이들을 만족시키는 것으로는 탄소섬유 페이퍼나 니트(knit) 등이 사용되고 있다. 특히 공기 전극에서는 물이 넘치면 물에 의해 중심 층이 폐쇄되는 경향이 있기 때문에 비교적 눈금이 영성한 탄소섬유 제

품의 박지 니트의 사용이 제안되고 있다. 또한 확산 층의 전자 수송 능력을 높이고자 길이가 짧은 탄소섬유 프록(flock) 가공에 의한 수직 층의 섬유 배치 구조가 제안되고 있다.

- 고가인 현행의 불소계 고분자를 대체하는 막으로서 폴리이미드계와 폴리에테르계의 술폰화 고분자막 등이 검토되고 있다. 이 막들은 현재의 상품으로 대표되는 Nafion막에 뒤지지 않는 프로톤 전도성을 나타내고 있다. 더욱이 이 고분자에 의한 전계방사(electrospinning)법으로 얻어진 배열 나노섬유를 함유한 복합막의 경우는 나노섬유의 배열방향으로의 전도성이 향상되는 것으로 나타났다. 그러나 이것을 막과 수직방향의 전도성으로 어떻게 연결시키느냐가 과제이다. 또한 팽윤과 수축에 의한 치수 변화와 반복 하중에 견뎌야 하기 때문에 나노섬유에 의한 막의 적절한 보강대책의 검토도 필요하다.

○ 리튬이온전지(LIB)로의 응용

- LIB는 정극으로 리튬 함유 금속산화물을 사용하고 부극으로는 탄소 재료를 사용하는 물이 아닌 전해액계의 2차 전지이다. LIB는 정극으로 코발트산 리튬, 부극으로 카본을 사용하는 Yoshino의 발명으로 현실화되었다. 이 발명으로 Li 이온의 활성이 활용되기 시작되었고 지금까지의 어느 것보다도 안전성이 한 단계 높아지게 되었다. 1995년경부터 전해질로 비수계 겔상 고분자를 사용한 리튬 고분자 전지로서 실용화되어 휴대기기 등으로 폭넓게 사용되고 있다.
- LIB의 전형적인 전극 구조로서 정극은 알루미늄박에 LiCoO_2 를 도포한 것이고 부극은 구리 박에 카본을 도포한 것이다. 전극 사이에 위치하는 분리막 부분의 전해질은 유기 전해액을 고분자로 겔화시켜 고정화하여 액의 누출을 방지하고 있다. 분리막의 전형적인 재료로서는 폴리올레핀의 미세 다공막이다.
- 최근 안전성 면에서 우수한 신형의 Li 이온을 이용한 「SciB™」 전지도 개발되고 있다. 이 전지는 부극 재료로서 탄소재료 대신 불연성의 티탄산 리튬이 사용되고 있다. 이 전지는 충전방전 리사이클에서 방전 용량의 유지성과 급속 충전성에서도 우수한 것으로 나타났다.

○ 전기이중층 커패시터(EDLC)로의 응용

- EDLC는 전기이중층의 원리를 이용한 축전지이다. 전기이중층이란 고체와 액체의 계면에서 나타나는 현상으로 고체상의 하전 이온과 액체 내의 하전 이온이 서로 반대 부호가 되어 층상으로 분포되어 있는 상태이다. 통상의 커패시터의 구조는 활성탄 전극을 알루미늄 집전 전극의 양단 혹은 편면에 도포 또는 접촉시켜 분리막과 교대로 설치하여 전해질 액에 침적하여 케이스에 봉입하는 형태로 되어 있다.
- EDLC는 화학반응을 수반하지 않기 때문에 충전방전에 의한 열화가 없고 수명이 길고 아주 짧은 시간에 충전이 가능하다. 출력밀도와 에너지 밀도에서 2차 전지와 비교할 경우, EDLC는 에너지 밀도가 작지만 출력밀도를 크게 할 수 있다.
- 이와 같은 특징을 살린 고성능 EDLC를 슈퍼커패시터라고 한다. 슈퍼커패시터는 자동차와 철도 등의 보조 동력원이나 에너지 재생용, 순간 정전 대응, 풍력발전 등으로 응용이 기대된다. 또한 파워쇼벨(power shovel) 등의 동력원으로도 적용되고 있다. 활성탄 전극으로 탄소나노섬유(다층 탄소나노튜브)를 첨가함으로써 전기전도도가 높아지고 높은 전류밀도 영역에서의 성능이 현저하게 향상된다.
- EDLC의 분리막으로는 통상 셀룰로오스나 아라미드의 다공성 시트가 사용되고 있다. 그러나 이에 대하여 나노섬유를 적용하면 보다 얇아져 단락방지 성능이 우수하고 축전성능이 향상될 것으로 추정된다.

○ 나트륨황전지로의 응용

- 나트륨황전지는 부극으로 액체 나트륨, 정극으로 액체 황을 사용하고 전해질로서 나트륨이온을 통과시키는 특수 세라믹을 사용하는 화학 전지로 약 300℃의 고온에서 작동된다. 액체 나트륨과 액체 황은 세라믹 막으로 분리되어 있다. 부극 측에서 나트륨이 나트륨이온과 전자로 분리되어 막을 통하여 나트륨이온이 정극 측으로 이동하여 다황화 나트륨을 생성한다. 전자는 전지의 부하 회로로서 정극 측으로 이동함으로써 방전이 일어나게 된다.

- 전력회사에서는 야간 전력을 싼값으로 제공하기 때문에 야간 전력을 나트륨황전지에 저장하여 주간에 이용할 수 있으므로 지구온난화 대책과 전력요금 절약 대책의 일석이조의 설비투자로서 도입하기 시작하였다. 또한 대규모 태양전지와 풍력 발전 등의 발전량 변동의 평균화에도 유용하다.
- 나트륨황전지의 정극(황)으로 탄소섬유가 이용되고 있다. 이 경우, 탄소섬유는 통전성과 에너지의 부여 효율을 높일 수 있는 기능을 갖고 있다. 가까운 장래에 탄소 나노섬유 등도 활용될 것이다.

○ 에너지 디바이스로의 응용에 관한 향후 전망

- 고성능 에너지 디바이스에 있어서 아주 흥미로운 개발이 세계적으로 이루어지고 있다. 이를 위해 기술이 크게 진전되고 있다. 최근 신형 LIB로서 정극으로는 니켈계 재료나 오리빈형 인산철을 사용하고 부극으로는 탄소 대신 이론용량이 큰 실리콘을 사용하는 개발도 행해지고 있다.
- 섬유의 응용 관점에서 보면 전극재료로서는 탄소나노튜브와 탄소 나노섬유의 응용이 유망하다. 이는 우수한 전기전도성, 보강 효과, 치수 안정성 효과, 미세 분산 상태에서의 작용 효과, 미세공극 유지 가능성 등의 성질을 갖고 있기 때문이다. 또한 분리막으로는 내열성 고분자의 나노섬유가 유망하다.

3. 항공기 · 자동차 경량화로의 응용기술

- 운송 부분은 이산화탄소 배출량의 약 20%를 점유하고 있다. 그 중에서도 자동차가 점유하는 비율이 높다. 이에 비해 항공기의 비율은 작다고는 하나 이 부문에서도 세계적인 배출량은 8억 톤에 달하고 있다. 지금까지의 연비 개선노력에도 불구하고 매년 증가율이 커지고 있다.
- 항공기 경량화로의 응용
 - 항공기에서는 경량화가 그대로 연비향상으로 연결되기 때문에 탄소

섬유 강화 복합재료(CFRP)의 응용이 추진되고 있다. 머지않아 취항이 예정되어 있는 B787이나 A350에서는 구조부문 재료의 약 50%를 복합재료화하고 있다. 특히 B787은 당초 계획에서 취항이 크게 지연되고 있다. 이것은 복합재료 제품인 주날개와 동체로서의 신뢰성 면에서 어려움이 있기 때문이다.

○ 자동차 경량화로의 응용

- 승용차로의 CFRP 응용은 지금까지 고급 스포츠카를 중심으로 스포일러(spoiler), 지붕, 프로펠러 샤프트, 샷시(chassis)의 일부에 사용되어 왔다. 특히 프로펠러 샤프트는 경량화 이외의 이점도 많아 보다 광범위하게 활용되고 있다.
- 최근 지구상의 이산화탄소 배출량 삭감을 위해 차체 경량화에 의해 연비를 개선시키는 것에 관심이 높아지고 있다. 또한 EV 자동차에서는 주행거리 향상을 위해 차체 경량화에 대한 요구가 강하다. 차체 경량화의 가장 유력한 후보는 CFRP 부품재료로서 널리 이용되고 있다. 그러나 지금까지 재료로서 고가인 점, 성형 효율이 낮은 점 등의 난점이 있어서 CFRP의 응용은 특정 용도에 한정되고 있다. 최근 CFRP를 중급 자동차나 EV 자동차에도 적용하려는 움직임이 커지고 있다.

○ 자동차의 경량화와 탄소섬유의 전망

- 탄소섬유는 경량화를 위한 재료로서 그 수요가 신장됨에 따라 생산 능력이 증대되고 있다. 그러나 자동차로의 CFRP 응용을 확대하기 위해서는 탄소섬유의 코스트 대응성과 대량생산 대응성을 향상시켜야 하는 큰 과제가 남아 있다.

4. 풍력발전, 고압용기, 송전선으로의 응용기술

○ 풍력발전으로의 응용

- 풍력발전의 날개 재질은 유리섬유나 탄소섬유로 강화된 복합재료이다. 거대 설비가 되면 그 날개의 직경이 100m 급으로 되고 발전능력

도 1기당 3~5MW가 된다. 대부분의 경우, 대형 날개의 재질은 탄소 섬유 단독 또는 유리섬유가 병용되고 있다. 그 발전 코스트는 기존의 화력발전에 손색이 없는 수준에 도달하고 있다.

○ 송전선으로의 응용

- 신흥국가에서는 전력수요의 증대와 함께 새로운 전선의 부설이 증대되고 있다. 또한 스마트그리드(smart grid)화에 수반되는 쌍방향 전기 에너지 전달의 필요성으로 인해 새로운 전선 케이블의 설치 수요가 높아지고 있다.
- 종래의 전선에서는 고온에 의한 이완, 적설에 수반되는 단선 등의 문제가 있었다. 또한 송전선 탑 간격을 크게 함으로써 코스트를 줄여야 한다는 요구도 있다. 이에 대한 대책으로는 탄소섬유 등 고강력·고탄성 섬유를 텐션미터로서 채택하려는 시도가 있다. 북미, 남미, 중국 등에서는 CFRP 선재를 코어(core)로 하는 전선 케이블의 수요가 확대되고 있다.



출처 : 松尾達樹(Matsuo Tatsuki), “地球温暖化への対策と纖維技術”, 「加工技術(日本)」, 46(5), 2011, pp.316~329

◁ 전문가 제언 ▷

- 세계 섬유시장은 2005년도 11,040억불에서 2015년에는 16,820억불로 연평균 4.3%로 성장할 것으로 예측되고 있다. 의류 및 내장 자재, 건축자재 등 생활 가운데 친숙한 섬유이지만 여러 가지의 물성, 기능을 갖는 고기능섬유가 최근 주목을 받고 있다. 섬유가 갖는 우수한 특성과 함께 금속에 뒤지지 않는 고강도 물성 및 내열성, 난연성 등의 기능을 부가한 고기능 섬유는 항공우주산업, 토목건설, 자동차, IT, 의료, 환경 분야 등으로 응용범위가 점점 확대되고 있다.
- 본 문헌에서 소개하는 온난화 대책에 공헌하는 주요 섬유기술로는 다양한 응용 분야가 있다. 대표적으로 ①전지와 커패시터 등 에너지 디바이스의 성능향상에 역할을 하는 부품소재로의 응용, ②자동차와 항공기 등 운송기기의 경량화에 역할을 하는 부품소재로의 응용, ③풍력발전용 날개 강화재료, 송전선의 텐션멤버, 초전도 전력 저장용 코일의 부품재료, 수소와 천연가스 등의 고압용기의 강화재료 등 에너지 관련 부품재료로의 응용 등이 있다.
- 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, 자동차산업, 의료용 산업 등으로의 섬유재료의 전개를 시사하고 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 방향으로 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. 한국 섬유산업은 다양한 관점으로부터 요소기술의 극대화 와 새로운 산업의 창조를 위하여 기술혁신에 도전해야 한다.

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