

SPEEK/PVDF 조성에 따른 이온성 고분자 금속 복합체 작동기의 작동 성능 개선

Performance Improvement of IPMC Actuator according to composition ratio between SPEEK and PVDF

전진한* · 이숙기** · 오일권† · 이선우***

Jin-Han Jeon, Sook-Gi Lee, Il-Kwon Oh and Sunwoo Lee

1. 서 론

최근 들어, 전기활성고분자를 생체의료 장비, 생체 모방 로봇, 에너지 포집 장치, 인공근육, 초소형 매니플레이터 등에 적용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중, IPMC는 Nafion과 같은 이온성 고분자 막의 양단에 전극층이 적층된 구조로, 생체적 합성과 생체모방성을 지니며, 가볍고, 소모 전력이 낮으며 대변형을 한다. 그러나, 현재까지 주로 사용되는 이온성 고분자 막은 과플루오르화 고분자가 주류를 이루고 있어, 환경 친화적이지 못하며 가격 또한 비싸며 작동기로서 straightening back의 문제가 있다. 그래서 Nafion 기반의 작동기를 대체할 값싸고 친환경적이며, 작동 성능이 우수한 이온성 고분자막에 대한 연구가 요구되고 있다.

SPEEK(sulfonated poly(ether ether ketone))는 상온에서 높은 양이온 전도도를 가지며, 수분 함량 및 기계/열적 안정성을 지녀, 연료전지용 전해질 막으로 활발히 연구되고 있다. 그러나 SPEEK의 술폰화도 제어의 어려움으로 막의 수분함량 및 수화된 상태에서 기계적 물성의 약화가 단점으로 지적되어 왔으며 이는 뛰어난 기계적 물성/내화학적/소수성 특징을 지닌 PVDF를 첨가함으로써 양이온 전도도, 수분함량, 기계적 강성 등의 개선이 보고 되고 있다.

본 연구에서는 값싸고 친환경적인 이온교환막으로 우수한 성능을 갖고 있는 SPEEK/PVDF에 기반하여, SPEEK/PVDF 블렌딩 막의 조성에 따른 각각의 기계적 물성치를 평가하고 이를 통해 우수한 전기-기계적 성능을 지닌 고분자 작동기를 개발하고자 한다.

2. 실험

2.1 SPEEK/PVDF 막의 제조

진한 황산 (95~98%, Aldrich)으로 PEEK(450G, Victrex®)를 이온성 작용기인 SO₃H로 술폰화시켜 SPEEK를 제조하였다. 용매로 DMAc (10-15%, Aldrich)를 이용하여 제조된 SPEEK와 PVDF-TrFE (SOLEF®, Solvay)를 10:0, 9:1 비로 용해시킨 후 casting하여 SPEEK/PVDF 블렌딩 막을 제조하였다. Fig. 1은 일련의 과정을 보여준다.

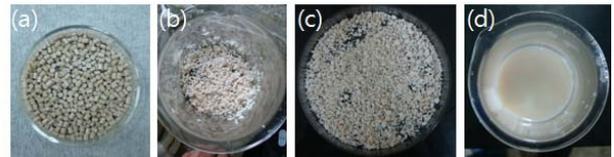


Fig 1. Preparation process of SPEEK solution (a) pure PEEK pellet, (b) sulfonated PEEK before dry, (c) dried SPEEK, and (d) dissolved SPEEK in DMAc.

2.2 SPEEK/PVDF 막의 물성

SPEEK의 구조 분석을 위해 Infrared(IR)와 300MHz NMR Spectroscopy를 살펴보았다. IR Spectroscopy는 Fig. 2과 같이 1080cm⁻¹에서 술폰산기(SO₃H)의 symmetrical stretching band를 확인할 수 있었으며, 술폰화 정도는 Fig. 3과 같이 수소 NMR Spectroscopy로 분석하여, H₁~H₁₅의 peak가 측정되었고, 그 중 7.52ppm에서 H₁₃의 peak와 나머지 proton의 peak 면적비율을 이용하여 작용기의 결합 정도를 분석한 결과 92.18%로, 작동기로 사용하기에 충분한 이온성 작용기의 결합 정도를 확인하였다.

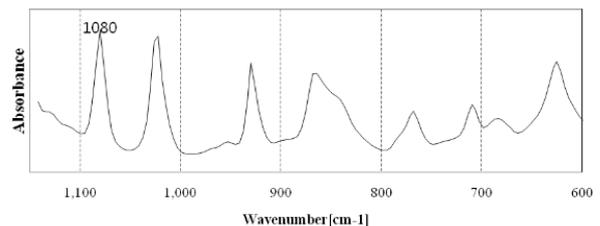


Fig 2. IR spectroscopy of SPEEK.

† 교신저자; 전남대학교 기계시스템공학부 부교수
E-mail : ikoh@chonnam.ac.kr
Tel : (062) 530-1685, Fax : (062) 530-1689

* 전남대학교 기계공학과

** 전남대학교 지능시스템 설계 및 제어실험실

*** 전남대학교 화학과

Table 1. Mechanical properties of SPEEK and SPEEK/PVDF films

Membrane	Young's modulus (MPa)	Tensile strength (MPa)	Yield stress (MPa)	Yield strain (%)	Break stress (MPa)	Break strain (%)	Blocking Force (gf, @DC 3V)
SPEEK	1830.06	55.75	51.24	3	41.31	21	0.056
SPEEK/PVDF	1436.51	52.06	49.31	1.9	40.52	11.7	0.069

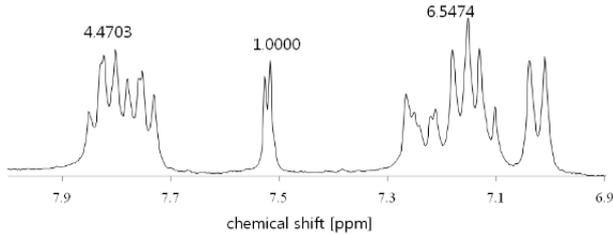


Fig 3. NMR spectroscopy graph of SPEEK.

제작된 막의 인장 강성과 강도는 10×30mm 의 직사각형 형태로 절단하여 10mm/min 의 속도로 인장하중 실험 (PT-200N, Minebea)을 수행하였다.

3. 결과 및 토의

Table 1 은 SPEEK, SPEEK/PVDF 필름의 기계적 물성치를 보여준다. SPEEK 의 인장강성은 1,830 MPa 로 고분자 작동기로 사용하기에 높은 반면, SPEEK/PVDF 블렌딩 필름의 강성은 1,436 MPa 로 막이 부드러워졌다. 이는 SPEEK 와 PVDF 의 상대적 구성비를 달리함으로써 기계적 강성을 조절할 수 있음을 의미한다. 또한 본 연구팀의 이전 연구결과를 바탕으로 SPEEK 에 PVDF 를 섞어 줌으로써 water uptake 는 감소하는 반면, 이온교환용량과 양이온 전도도는 유지되거나 증가하였고, 이는 친수성인 SPEEK 와 소수성인 PVDF 가 섞이면서 상분리 현상에 의해 고분자 막 내부에 나노-채널이 형성되었고, PVDF 에 의해 산기의 분산이 잘 이루어졌기 때문이다. 이를 통해 기계적 물성은 완화시키면서, 내부 화학적/전기적 물성을 유지 또는 향상시키는 SPEEK/PVDF 조성비가 있을 것으로 판단되며, 현재 이러한 고분자 작동기의 작동성능을 평가 중에 있다.

Fig. 4 는 3Hz 에서 1.5V 부터 3.0V 의 조화가진에 따른 SPEEK/PVDF 작동기의 응답으로, 인가 전압이 증가함에 따라 응답의 왜곡이나 시간 지연 없이 작동기의 끝단 변위가 단조 증가하였다.

Fig. 5 는 SPEEK 와 SPEEK/PVDF 작동기의 인가 전압과 주파수에 따른 소모 전류를 보여준다. 한 사이클의 면적은 작동기의 소모된 전기적 에너지를 의미하며 인가전압과 주파수가 증가함에 따라 그 면적 또한 증가하였으며, 3.0V, 2.0Hz 에서 약 0.075mA/mm² 의 전류를 소모하였다.

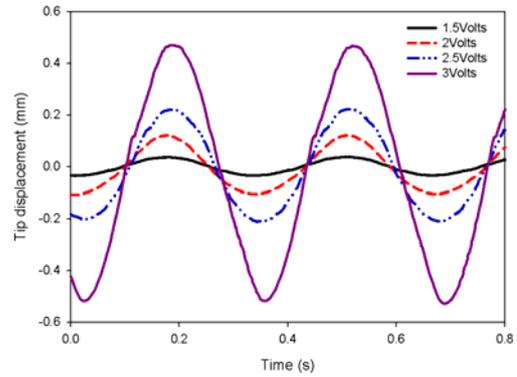


Fig 4. Harmonic responses of a SPEEK/PVDF-blend actuator under sinusoidal inputs.

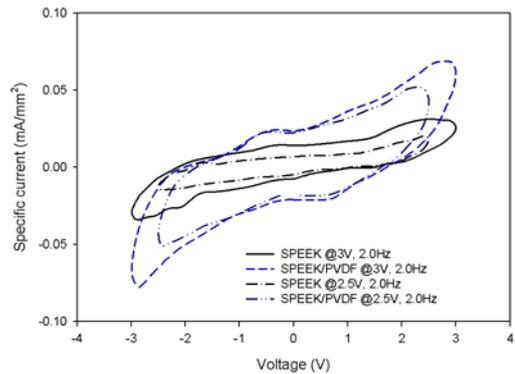


Fig 5. V-I diagrams of the SPEEK and SPEEK/PVDF Actuators.

4. 결론

본 연구를 통해서 SPEEK 와 SPEEK/PVDF 에 기반한 새로운 전기활성 고분자 작동기의 화학구조, 기계적 물성, 작동 특성 및 소모 전류를 살펴보았다. 친수성인 SPEEK 와 소수성인 PVDF 의 조합이 기계·화학적 물성의 향상을 야기하여 작동 성능 또한 향상되었음을 알 수 있다. 특히 PVDF 의 조합에 따른 효과로 내부에 나노-채널이 형성되었고, 강성이 조절됨으로써 작동기의 굽힘 성능이 향상되었다. 이를 바탕으로 현재 SPEEK/PVDF 조성에 따른 작동기의 성능 향상에 대한 연구를 수행 중에 있다.

후 기

이 논문은 2008 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 국가지정연구실사업의 지원을 받아 수행된 연구임. (No. R0A-2008-000-20012-0)