

수중에서 박테리아 셀룰로오스 작동기의 굽힘 성능 Bending Performance of Bacterial Cellulose Actuator under Water

전진한*·박민우*·김성준**·김재환***·오일권†

Jeon Jin-Han, Park Min-Woo, Kim Seong-Jun, Kim Jae-Hwan and Oh Il-Kwon

Key Words : Bacterial Cellulose Actuator (박테리아 셀룰로오스 작동기), Biopolymer(천연고분자)

ABSTRACT

Bacterial Cellulose Actuator with biocompatible and biodegradable properties was newly developed as an electro-active biopolymer under water. The performance of the BC actuator was improved through Li treatment. The mechanical and chemical properties of BC membranes were measured such as the tensile test, proton conductivity. The surface morphology of the bacterial cellulose was observed by using SEM. The electromechanical bending responses under both direct current and alternating current excitations were investigated. In voltage-current test, the power consumption under dynamic excitation increases with increasing voltage. Present results show that the bacterial cellulose actuator can be a promising smart material and may possibly have diverse applications under water.

1. 서론

박테리아 셀룰로오스는 식물성 셀룰로오스와 달리 초산균(*acetobacter xylinum*)에 의해 음식물 폐기물을 분해 함으로써 환경친화적으로 생산되는 천연고분자 재료이다. 이것은 물리·화학적 장점 때문에 응용가치가 높아 최근 대량생산방법에 대해 활발한 연구가 진행되고 있다[1].

최근에 Kim 등[2]은 식물성 셀룰로오스(PC: plant cellulose)를 이용하여 전기반응 종이 작동기를 개발하여 지능재료로 이용 가능함을 보였다. 하지만 다른 전기반응 고분자들에 비하여 대변형과 힘이 상대적으로 부족한 상태이다.

본 연구에서는 상대적으로 높은 기계적 인장강성, 이온교환성, 결정화도 그리고 박판가공성 등의 장점을 갖는 박테리아 셀룰로오스를 이용하여 작동기를 제작하였다. 특히, 식물성 셀룰로오스는 강한 친수성 특징 때문에 물속 구동이 어려운데 반해, 본 작동기는 물속에서 구동이 가능하였다.

2. 박막 및 작동기 제작

2.1 박테리아 셀룰로오스 작동기 제작

초산균을 이용하여 정지 배양 방법으로 생산된 박테리아 셀룰로오스(BC: 10×40×0.04mm)에 스퍼터링 방법으로 Fig. 1 과 같이 금 전극층을 적층하였다. 고분자 내부 이온 전이 효과를 극대화 시키기 위해

LiCl 1.5N 에 함침시켜 최종 제작하였다.

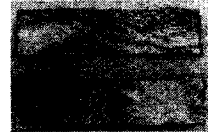


Fig. 1 Au coated Bacterial Cellulose Actuator.

3. 실험

3. 1 특성 평가

(1) 기계적 물성치

BC를 PC, Li 처리 유무 및 건조/젖은 상태에 따라 각각 필름을 10×30mm의 직사각형 형태로 절단하여 200 mm/min의 속도로 인장하중 실험 (PT-200N, Minebea)하여 Strain-Stress 곡선을 얻었다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 전반적으로 PC 보다 BC의 인장강도가 증가했음을 확인하였다.

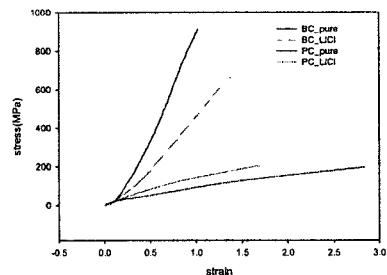


Fig. 2 Stress-strain curves of BC and PC in wet condition

(2) 표면 형상

Li 처리에 따른 표면의 형상을 검토하기 위하여 SEM 이미지를 얻었으며, 특히, BC에서 가는 섬유소들이 발견되었고, Li 처리를 통해 섬유소 사이가 매워짐을 Fig. 3 (d)를 통해 확인할 수 있다.

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

. 전남대학교 기계공학과
.. 전남대학교 환경공학과
... 인화대학교 기계공학과

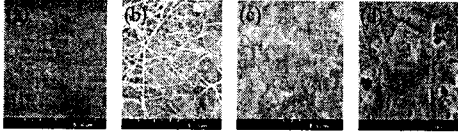


Fig. 3 SEM images: (a) pure PC, (b) pure BC, (c) Li-treated BC($\times 10k$), (d) Li-treated BC($\times 50k$)

(3) 식물성 및 박테리아 셀룰로오스 물성치

각 시편의 측정된 물성치는 Table 1 과 같다. Li 처리한 BC 의 양이온 전도도가 무처리 보다 높아 작동기의 성능을 향상시켰고, 인장강도의 경우 BC 가 PC 보다 훨씬 높았다.

Table. 1 Properties of the BC and PC

Membrane Treatment	PC		BC	
	Li	Non	Li	Non
Proton conductivity ($10^{-3} \cdot S \cdot cm^{-1}$)	7.71	7.48	8.14	5.26
Thickness (μm)	35.7 ± 1.7	44.2 ± 0.3	48.8 ± 4.8	40.5 ± 5.6
Tensile Strength (MPa)	194.67	204.48	661.88	913.58

3. 2 작동 성능 평가

3.2.1 DC 응답

Li 처리를 통해 작동기의 응답성 및 성능이 향상되었음을 Fig.4 를 통해 알 수 있다.

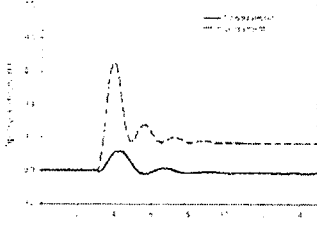


Fig. 4 Tip displacement of bacterial cellulose actuator under DC excitation (2.5V)

3.2. 2 AC 응답

Fig. 5 는 BC 작동기의 조화응답으로, Li 처리한 것이 반응 속도나 변위에 있어서 우수한 성능을 보였다.

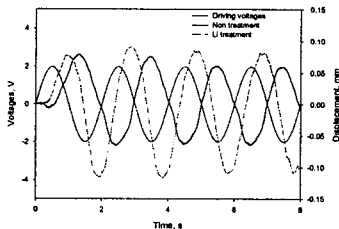


Fig. 5 AC response of bacterial cellulose actuator at $2.0 \cdot \sin(2\pi \cdot 0.5 \cdot t)$

3.2.3 V-I 특성

동적 가짐에 따른 전력 소모 특성을 살펴보기 위해 Fig. 6 와 같이 전압-전류 히스테리시스 특성을 살펴 보았다. 이런 이격현상은 작동기, 센서 그리고 감쇄 특성 향상연구에 있어 매우 중요한 정보를 제공하고 있다.

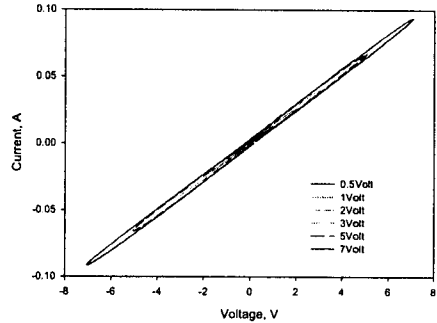


Fig. 6 Hysteresis of bacterial cellulose actuator at 0.5 Hz

4. 결론

이번 연구에서는 수중에서 작동이 가능한 박테리아 셀룰로오스를 이용하여 작동기를 제작하고 그 성능을 평가하였다. 지능재료로 널리 연구되는 식물성 셀룰로오스와 기계적 물성치 등의 비교를 통해 박테리아 셀룰로오스의 작동기로써 가능성을 살펴보고, 특히 Li 이온교환을 통해 고분자 내부 이온 전이 효과를 극대화 시킴으로써, DC, AC 응답 특성에서 작동 변위와 반응 속도가 향상됨을 알 수 있었다.

후 기

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

참 고 문 헌

- (1) Kim S. J., Song H. J., Chang M. H., and Choi C. N., 2007, "Production of bacterial cellulose by pilot scale and its properties", Korean J. Biotechnol. Bioeng, Vol. 22, No. 2, pp. 91-96.
- (2) Kim J., Yoon S. and Onuaies Z., 2006, "Discovery of Cellulose as a Smart Material", Macromolecules, Vol. 39, pp. 4202-4206.