

나선형 IPMC 작동기의 구동특성

Dynamic Characteristics of Helical IPMC Actuator

이송림* · 김우영** · 성태홍*** · 오일권†
 Song-Lin Li, Woo-Young Kim, Tai-Hong Cheng, Il-Kwon Oh

1. 서론

전기활성고분자의 일종인 이온성 고분자-금속 복합물(IPMC)은 플루오르로 치환된 이온성 고분자 막과 백금, 금과 같은 전기전도성이 뛰어난 금속으로 이루어진 구조로서 유연성이 뛰어나고 생체적합성도 우수하다. 또한, 저전압에서 구동이 가능하고 동작시 열이나 전자기파 등이 발생하지 않아, 인공근육, 생체모방 로봇, 에너지 포집 장치, 의료기구 등에 IPMC 를 널리 적용하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 최근 IPMC 로 해파리의 움직임을 모사한 생체모방형 로봇이 개발되었고, 원통형 구조로 제작되어 굽힘 방향을 제어할 수 있는 IPMC 를 기반으로 한 카테터, 마이크로펌프 등과 같은 의료기구에 적용하고자 하는 연구가 발표되었다.

현재까지 응용된 IPMC 작동기의 구동원리는 대부분 전압을 인가하였을 때의 굽혀지는 기계적 성질을 이용한 것이다. 본 연구에서는 IPMC 를 직경과 길이 변화를 동시에 구현할 수 있는 나선형 IPMC 스텐트(stent)를 제조하였다. IPMC 작동기가 나선형으로 제작되어 구동될 때 굽힘과 길이방향 병진 운동은 크지 않고, 그 직경의 확장-수축이 상대적으로 크게 발생한다. 나선형 IPMC 작동기의 구동특성을 조화 가진, 구형과 가진, DC 가진에 대하여 살펴 보았으며 직경의 확장-수축이 요구되는 스텐트 등에 응용될 수 있음을 보이고자 한다.

2. 실험

2.1 나선형 IPMC 작동기의 제조

본 연구에서는 무전해도금 방법으로 Nafion 막(Dopunt Company)에 백금(Aldrich)층을 입힌 IPMC 를 사용하였다. IPMC 막을 길이와 너비가 각각

50mm, 3mm 의 띠 모양으로 자르고 그것을 직경이 3mm 의 유리봉에 되게 고정시킨 뒤 90°C의 물에 한 시간 동안 열처리 하는 방법으로 나선형 모양을 형성시켰다. 그림 1 은 열처리과정을 보여준다.

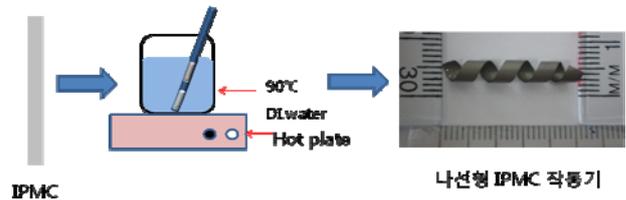


Fig. 1. The fabricate process of helical IPMC actuator.

2.2 직경변화의 측정

나선형 구조의 동특성을 살펴보기 위해 유한요소법으로 나선형 작동기를 모델링 하였고 분석한 결과 그림 2 에서와 같이 1 차모드와 2 차모드에서는 굽힘모드가 나타났고 3 차모드에서는 비틀림모드에 의한 직경의 확장-수축하는 동작이 나타났다. 나선형 구조의 동적 응답은 비틀림모드와 굽힘모드가 혼재하지만, 유한요소 해석결과 굽힘에 해당하는 1 차모드와 2 차모드에 비해 비틀림에 해당하는 3 차모드가 주요한 모드로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 나선형 작동기의 확장-수축 거동에 대한 구동특성만을 살펴보았다.

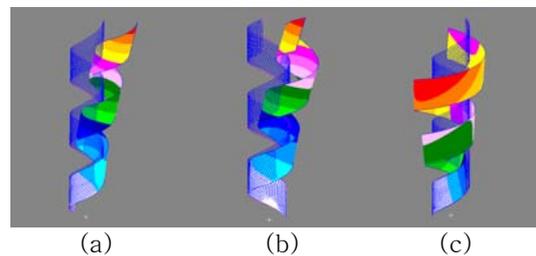


Fig. 2. Finite element analysis of helical IPMC actuator. (a) 1st bending mode. (b) 2nd bending mode. (c) 3rd torsional mode.

그림 3 은 본 연구에서 제작한 나선형 IPMC 작동기의 구동시 사진이다.

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

* 전남대학교 기계공학과

** 전남대학교 기계시스템공학부

*** 중국 온주대학교 기계전자공학원

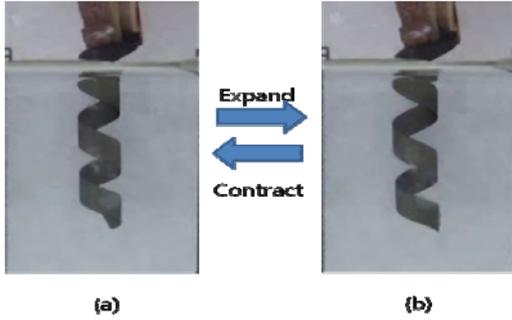


Fig. 3. Photo of actuation principle of helical IPMC actuator. (a) contract (b) expand.

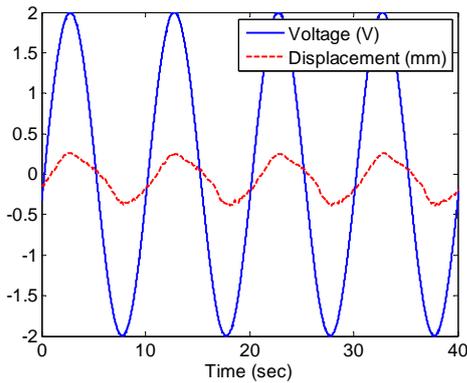


Fig. 4. Radial displacement of helical IPMC actuator under driving sinusoidal voltage of 2V, 0.1Hz.

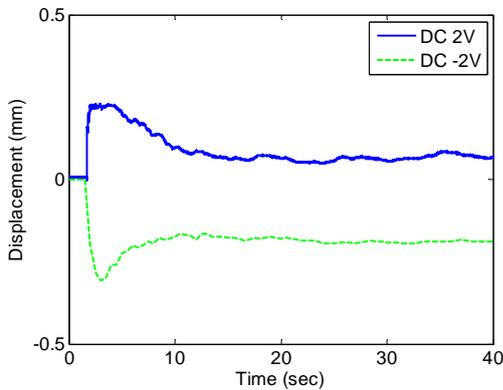


Fig. 5. Radial displacement of helical IPMC actuator under driving different step response voltage.

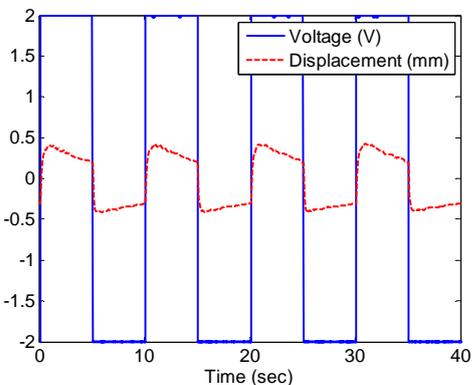


Fig. 6. Radial displacement of helical IPMC actuator under driving square Voltage of 2V, 0.1Hz.

나선형 IPMC 작동기의 구동은 20°C의 물속에서 진행하였고 레이저 센서(Keyence, LK-031)로 반경 방향 변위를 측정하여 그 직경의 변화율을 얻었다. 2V, 0.1Hz의 주파수의 교류전압, ±2V 직류전압, 2V, 0.1Hz의 구형파로 구동기가 전압에 대한 반경 방향 응답을 살펴보았다.

3. 결과 및 토의

그림 4는 0.1Hz의 주파수에서 2V의 교류전압을 인가하였을 때 측정된 반경방향 변위 응답이다. 교류전압을 인가하게 되면 작동기의 반경방향에서의 변위는 ±0.3mm가 얻어졌다.

그림 5는 각각 2V, -2V의 직류전압을 인가하였을 때 얻은 반경방향 변위 응답이다. 직류전압을 인가하였을 경우 나선형 작동기의 반경방향 응답은 초기변위를 유지하지 못하고 작아지는 것을 볼 수 있다. 이런 현상이 나타나는 원인은 IPMC의 고유한 성질인 스트레이트닝백 때문에 발생하는 것으로 판단된다. DC +2V 가진 시 최대 0.2mm 수축되었다가 점차 변위가 줄어 0.1mm 정도 수축된 상태를 유지하고, DC -2V 가진시 최대 0.3mm 확장되었다가 점차 변위가 줄어 0.2mm 정도 확장된 상태를 유지함을 볼 수 있는데 이는 나선형 구조에 기인한 것으로 보인다.

그림 6은 작동기에 2V, 0.1Hz의 구형파로 인가하였을 때 반경방향 변위를 나타낸다. 빠른 응답특성을 보이나 DC 응답에서와 같이 스트레이트닝백 현상과 수축-확장의 비 대칭성이 나타난다.

4. 결론

본 연구에서 나선형 IPMC 작동기를 제작하고 구동특성을 살펴보았다. 2V의 교류전압을 인가할 때 나선형 IPMC 작동기의 직경이 팽창-수축하는 초기 직경대비 ±20%의 변화율이 얻어졌다. 본 연구에서 개발한 나선형 IPMC 작동기는 직경의 확장-수축운동이 요구되는 작동기에 응용될 수 있고, 이러한 작동기는 인체 내부에 삽입되어 좁아진 부분을 확장할 수 있는 스텐트와 같은 의료기구에 적용하여 능동형 및 지능시스템화 하는데 응용될 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 지식경제부 소재원천기술개발사업(2009-1738)의 지원을 받아 수행된 연구임.