

형상기억합금 스프링을 이용한 2 방향 BENDING 액츄에이터의 제작

김명순*, 이승기**, 이상훈*

*단국대학교 의과대학 의공학교실, **단국대학교 전기공학과

Abstract - This paper proposes two directional bending actuator using three links, two shape memory alloys (SMA) of coil-type springs and two guide wires. By the heating of two SMA springs sequentially, the bending and stretching of the actuator is possible. Bending angle, force and repeated bending motion of the actuator were measured and characterized. The performance of the actuator has been characterized for the possible application for catheter.

Keyword - Shape memory alloy coil-type spring, link, guide wire

1. 서론

형상기억합금은 높은 에너지 밀도를 가져 소형화에 유리하며 전기적 저항이 커 전기적 구동이 가능하다[1]. 또한 스프링으로 사용할 경우 고체 액츄에이터로서 높은 복원력을 가지므로, 형상기억합금을 이용한 액츄에이터가 활발히 연구되고 있다[2][3].

본 논문에서는 2개의 형상기억합금 코일형 스프링, 3개의 링크와 2개의 guide wire를 이용한 2방향성 bending 액츄에이터를 제작하였다. 또한, 제작된 2방향성 bending 액츄에이터의 동작 특성을 고찰하기 위하여 상부 및 하부의 스프링에 전류를 인가하고 기본적인 동작 특성을 분석함으로써 내시경용 액츄에이터로서의 응용 가능성을 제시하였다.

2. 액츄에이터의 구조 및 동작원리

102 μm 의 Ni-Ti 형상기억합금 선을 이용하여 스프링경 1.5 mm, 턴수 3회인 스프링을 제작하고 55 $^{\circ}\text{C}$, 10분간 열처리하였다. 아이소플라스트를 이용하여 외경 2.6 mm, 내경 1.0 mm, 두께 0.5 mm가 되는 2개의 링크(link A, link C)와, 외경 2.6 mm, 내경 1.6 mm, 두께 0.5 mm가 되는 1개의 링크(link B)를 제작하였다. 외경 1 mm, 내경 0.5 mm인 실리콘 튜브는 2방향성 bending 액츄에이터의 내부 채널로 사용하였으며, 직경 100 μm 인 2개의 실을 각각 중앙의 상부 링크와 중앙의 링크, 중앙의 링크와 하부의 링크에 180 $^{\circ}$ 방향으로 고정하여 2 방향 guide wire로 사용하였다. 2개의 형상기억합금 코일형 스프링은 각각 link A와 link B, link B와 link C에 고정되어 있으며, link A와 link C는 실리콘 튜브에 고정되어 있다. 그림 1에 제작된 2방향성 bending 액츄에이터의 구조가 나타나 있다.

프링은 각각 link A와 link B, link B와 link C에 고정되어 있으며, link A와 link C는 실리콘 튜브에 고정되어 있다. 그림 1에 제작된 2방향성 bending 액츄에이터의 구조가 나타나 있다.

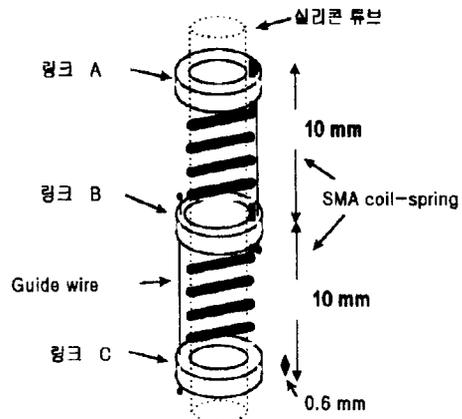


그림 1. Bending 액츄에이터의 구조

Bending 액츄에이터 상부의 스프링에 전류를 인가하면, 스프링이 수축하는 힘은 link A와 link B를 수직방향으로 잡아당기게 된다. 그런데 link A는 실리콘 튜브에 고정되어 있고, link B는 guide wire에 고정되어 있으므로, 스프링이 수축하는 힘은 guide wire를 잡아당기는 것과 같은 결과가 되어 guide wire의 방향으로 실리콘 튜브의 bending이 발생하게 된다. 이후 bending 액츄에이터 하부의 스프링에 전류를 인가하면, 하부 스프링이 수축하는 힘이 guide wire가 당겨지고 있는 힘을 제거하므로 stretching

동작을 하게 된다. 계속해서 하부 스프링에 전류를 인가하면 하부 스프링이 수축하는 힘은 상부의 guide wire를 잡아당기게 된다. 따라서 이번엔 상부의 guide wire가 당겨지고 있는 방향, 즉 반대 방향으로의 bending이 발생하게 된다. 제작된 bending 액츄에이터의 동작 모습이 그림 2에 나타나 있다.

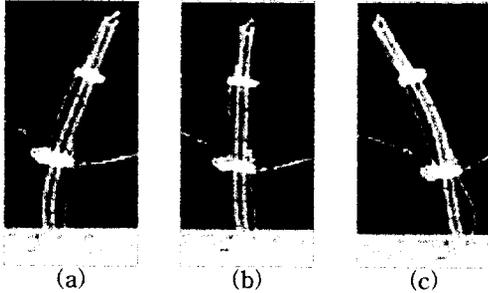


그림 2. 양방향 bending 액츄에이터의 동작 사진
 (a) 상부 스프링 수축 (bending)
 (b) 하부 스프링 수축 (stretching)
 (c) 하부 스프링 수축 (bending)

3. Bending 액츄에이터의 특성평가

3.1 실험장치 및 측정방법

제작된 1방향성 bending 액츄에이터는 전류로 구동하게 된다. 전류변화에 따른 bending 액츄에이터의 동작특성을 고찰하기 위하여 그림 3과 같은 실험장치를 구성하였다.

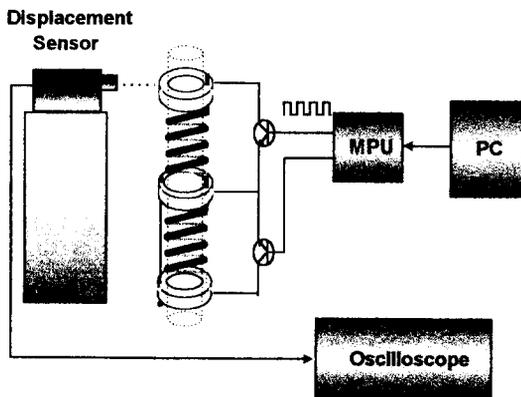


그림 3. Bending 액츄에이터의 동작특성 측정을 위한 실험장치

상부 및 하부의 형상기억합금 스프링에 정전류를 인가하여 발생하는 변위를 레이저 변위계로 검출하였으며, 측정된 변위는 bending 각도로 환산하여 나타내었다.

또한, 내시경용 액츄에이터로서의 성능평가를 위해 전류변화에 따른 bending 액츄에이터의 발생력을 측정하였으며, 인가전류에 따른 stretching 특성 및 반복동작 특성을 측정하였다.

3.2 측정 결과

그림 4는 상부 및 하부의 스프링에 100 ~ 200 mA의 정전류를 각각 5초간 인가했을 때 나타나는 bending 각도의 변화를 나타내고 있다.

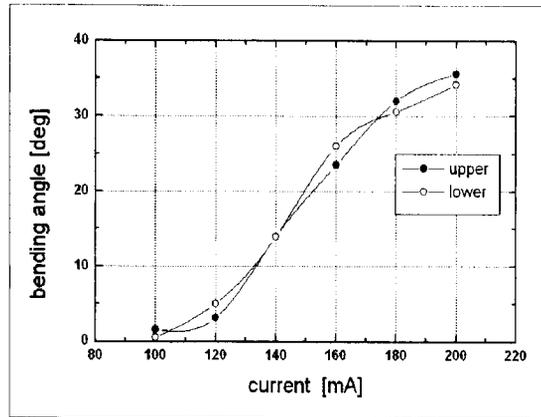


그림 4. 인가전류 변화에 따른 bending 각도의 변화

그림에서 상부(upper)의 bending 각도와 하부(lower)의 bending 각도는 서로 방향이 좌·우의 180°로 반대 방향이며 (그림 2 참조), bending 각도는 거의 유사하게 발생하는 것을 볼 수 있다. 인가전류의 증가에 따라 bending 각도가 거의 선형적으로 증가하며, 200 mA 이하의 낮은 전류로 bending 액츄에이터의 구동이 가능함을 보여준다.

그림 5는 상부의 스프링에 5초간 정전류를 인가한 다음 곧바로 하부의 스프링에 동일 정전류를 인가하여 차동식으로 동작시켰을 때와 상부의 스프링에만 5초간 정전류를 인가한 경우의 시간에 따른 bending 각도 변화를 나타내고 있다.

상부 및 하부에 연속적으로 전류를 인가한 경우, 상부 스프링의 수축에 의해 발생한 bending이 하부 스프링에 전류를 인가하면 상부 스프링에 의해 발생

한 bending이 제거되어 원래의 위치로 되돌아 왔다가 연속하여 반대방향으로 bending이 발생하는 것을 볼 수 있다. 한편, 상부에만 전류를 인가하고 하부 스프링에는 전류를 인가하지 않은 경우에는 상부 스프링의 수축에 의한 bending이 35% 미만으로 감소하는 것을 볼 수 있다. 이것은 가열된 상부 스프링의 자연방열에 의한 stretching 효과로 볼 수 있다. 이 경우에는 하부 스프링에 전류를 인가하지 않았으므로 반대 방향의 bending은 발생하지 않았다.

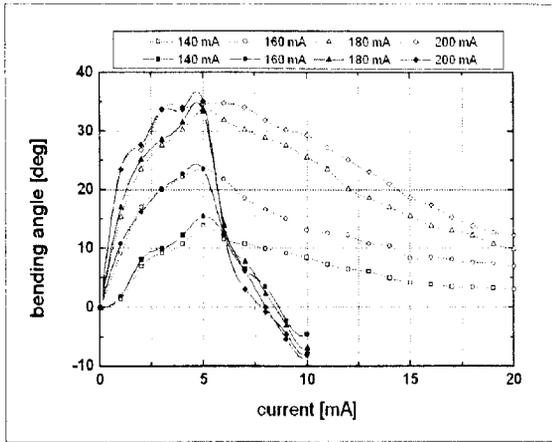


그림 5. Bending 액츄에이터의 stretching 특성

그림 6은 인가 전류에 따른 bending 액츄에이터의 발생력 변화를 나타내고 있다. 액츄에이터에 15 초 동안 전류를 인가한 후의 발생력을 측정함으로써, 인가전류 증가에 따라 발생력이 거의 선형적으로 증가하는 것을 볼 수 있다.

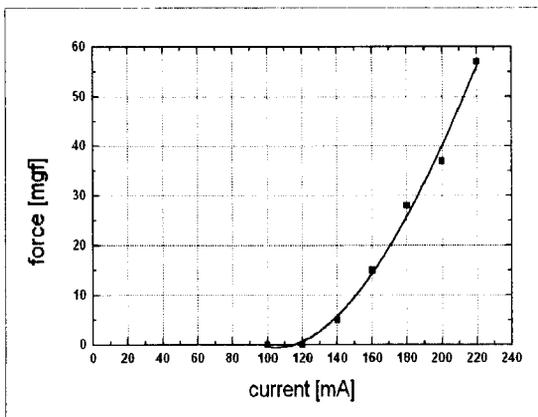


그림 6. Bending 액츄에이터의 발생력 변화

그림 7은 0.125 Hz의 주파수를 갖는 전류를 인가했을 때 액츄에이터의 반복동작 특성을 측정된 결과

이다. 상부와 하부에 인가하는 전류의 duty 비는 50%로 일정하게 유지하였다. 그림에서 bending 각도의 양의 값은 상부 스프링에 의한 bending을, 음수 값은 하부 스프링에 전류를 계속 인가하여 발생하는 반대방향으로의 bending을 의미하며 0 값은 bending이 발생하지 않은 원래의 위치를 의미한다. 반복동작 횟수가 증가해도 2 방향으로 거의 일정한 bending 각도를 유지하고 있음을 알 수 있다.

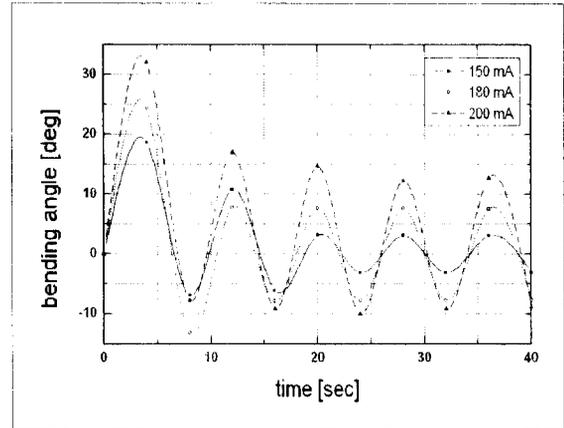


그림 7. Bending 액츄에이터의 반복동작 특성

4. 결 론

본 논문에서는 3개의 링크, 2개의 형상기억합금 코일형 스프링과 2개의 guide wire를 이용하여, 좌·우 180°의 bending 동작을 하는 2방향성 bending 액츄에이터를 제작하였다. 제작된 bending 액츄에이터의 동작특성을 분석하기 위하여 100 ~ 200 mA 사이의 정전류를 인가하여 그때의 bending 각도를 측정하였고, 액츄에이터의 발생력과 일정 주파수에서의 반복동작 특성을 측정하였다.

제작된 bending 액츄에이터를 내시경용 액츄에이터로 응용할 경우, 150 ~ 200 mA 정도의 낮은 전류로 구동하며 연속적인 반복동작을 할 수 있는 우수한 특성을 갖는 능동형 내시경의 제작이 가능할 것으로 판단된다.

본 논문은 선도기술 개발사업 (초소형 작동형 내시경 개발) 연구비 지원에 의해 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] D. E. Hodgson, "Using Shape Memory Alloys", Shape Memory Applications Inc., 1988.
- [2] G. Lim K. Minami, M. Sugihara, M. Uchiyama and M. Esashi, "Active Catheter with Multi-link Structure Based on Silicon Micromachining", *Proc. IEEE MEMS Workshop*, pp. 116-121, 1995.
- [3] 舟久保 熙康 (編), 形状記憶合金, 産業圖書, pp. 150-157, 1984.