

형상기억합금을 사용한 지능형 유연구조체 설계 및 제작 Design and Fabrication of a Smart Flexible Structure using Shape Memory Alloy

*이경태¹, 김지수¹, 김형수¹, #안성훈²

*K.T Lee¹, J. S. Kim¹, H. S. Kim¹, #S. H. Ahn (ahnsh@snu.ac.kr)¹

¹서울대학교 기계항공공학부, ²서울대학교 기계항공공학부, 정밀기계설계공동연구소,

Key words : Shape Memory Wire, Smart structure, Flexible polymer, Soft morphing

1. 서론

형상기억합금(SMA: Shape Memory Alloy)은 변형이 발생한 후 열을 가할 경우 원래의 형상으로 돌아가는 열탄성 마르텐사이트 변태에 의한 형상기억효과를 갖는 재료이다[1]. 그 중에서 니켈과 티타늄으로 이뤄진 합금인 니티놀(Nitinol)은 안정성이 뛰어나고 반복적인 가열과 냉각 조건에서 초탄성 효과 및 형상기억효과가 우수하여 다양한 분야에서 활용되고 있다.

형상기억합금이 내장된 복합재는 Roger 구조체 내부에 형상기억합금을 내장시켜 구조체 전체에 일정한 응력을 가해줌으로써 진동을 감소시키기 위해 최초로 제작하였다[2]. 형상기억합금이 내장된 복합재는 응력을 한점이 아닌, 일정 영역 혹은 구조체 전체에 가해줄 수 있다는 점과 기존의 형상기억합금 구조체 외부에 체결한 구동기에서는 볼 수 없었던 큰 완충용량과 큰 회복 변형, 회복 응력 등의 장점들이 연구자들의 많은 관심을 끌었고, 이에 대해 많은 연구가 진행되었다. 그 중 에서 가장 많은 관심을 받는 분야 는 생체 모방형 구동기를 제작하는 연구이다. 모터와 같은 전통적인 구동기는 회전운동을 만들어 낼 수 있으며, 이를 선형운동으로 바꾸기 위해서는 복잡한 기계적 장치를 필요로 하기 때문에, 직선형태의 운동을 만들어내는 근육을 기반으로 하는 생물의 운동을 모사하는 구동기를 제작하는 데에 적합하지 않다. 하지만, 형상기억합금 와이어의 경우 직선운동을 만들어 낼 수 있고, 에너지 밀도가 높기 때문에, 생체 모방형 구동기를 제작하는

데에 적합하여 많은 연구에 사용되고 있다[3].

본 연구에서는 유연한 폴리머인 PDMS (PolyDiMethylSiloxane) 와 형상기억합금 선을 이용하여 문어 다리를 모사한 지능형 유연 구조체를 설계 제작하고자 한다. 문어다리는 Fig.1 과 같이 내부에 4 개의 길이방향 근육을 가지고 있으며, 이 4 개의 근육을 조합하여 다양한 2 차원 구동을 만들어 낼 수 있다.

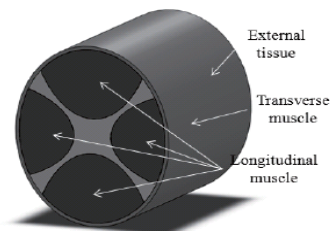


Fig.1 Simplified model of octopus arm

이를 모사하여, 간단한 구조를 가지면서, 자유로운 2 차원 구동을 만들어 낼 수 있는 구동기를 제작하고자 한다.

2. 구동기 설계 및 제작

문어다리를 모사한 구동기를 제작하기 위해 Fig.2 와 같이 개념설계를 실시하였다.

근육은 형상기억합금 와이어를 삽입하여 모사하였고, 구조를 단순화 시키고, 제어를 용이하게 만들기 위해, 근육의 개수를 4 개에서 3 개로 감소 시켰다.

형상기억합금 와이어의 위치를 잡아주기 위하여, 내부에 ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene)로 만들어진 원판을 삽입하였고, 외부는 PDMS 로 제작하였다

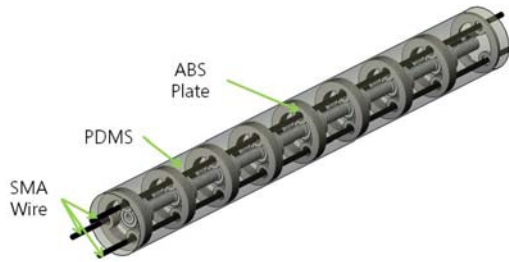


Fig. 2 Conceptual design of actuator

구동기의 제작과정은 다음과 같다.

우선 FDM (Fused Deposition Method) 방식의 3D 프린터를 이용하여, 내부에 삽입될 구조체를 제작하였다. 사용한 3D 프린터는 Stratasys 사의 sst 768 모델로써, 사용한 재료는 ABS P400 이다. 정밀한 형상의 가공이 가능한 3D 프린터의 특성을 활용하여, 원관 형태의 구조체 끝단에는 약 400 μ m 의 직경을 갖는 구멍을 만들어 놓았다.

이렇게 미리 만들어 놓은 구멍에 300 μ m 의 직경을 갖는 형상기억합금 와이어를 통과시켜 ABS 구조체와 연결시켰다.

그 후, 미리 제작한 몰드에 ABS 구조체와 형상기억합금 와이어를 올려 놓은 후, 형상기억합금을 고정시킨 후, PDMS 를 부어준 후, 100 $^{\circ}$ C에서 3 시간 동안 경화시켰다.

실제 제작된 구동기는 Fig.3 과 같다.

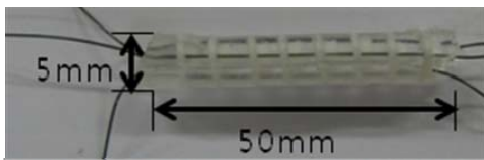


Fig. 3 Fabricated actuator

3. 구동실험

제작한 구동기의 성능을 확인하기 위해 구동실험을 실시하였다. 각 형상기억합금 와이어에 1.2A 의 전류를 10 초씩 흘려주어 구동시켰으며, Fig.4 에서 확인할 수 있는 것처럼 3 개의 형상기억합금 와이어가 정상적으로 작동하여, 구동기가 3 개의 방향으로 구동되고 있음을 확인할 수 있었다.

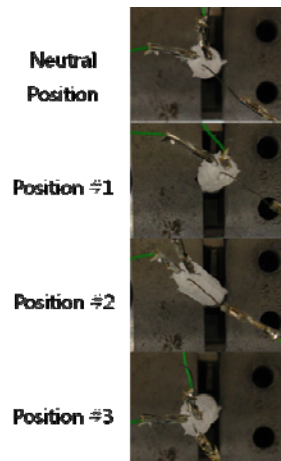


Fig.4 Result of Actuation test

4. 결론

본 연구에서는 형상기억합금과 유연한 폴리머인 PDMS 를 이용하여, 단순한 구조로 2 차원 구동이 가능한 문어다리를 모사한 구동기를 제작하였고, 구동실험을 통해 2 차원 구동이 가능함을 확인하였다.

후기

본 연구는 2011 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원 (No. 2009-0087640) 과 한국연구재단-신기술융합형 성장동력사업 (No. 2009-0082824) 의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. W. J Buehler, and R. C. Wiley, "TiNi-ductile intermetallic compound," ASM transactions quarterly, Vol. 55, No. 2, p. 269, 1962.
2. Rogers, Craig A., "Active vibration and structural acoustic control of shape memory alloy hybrid composites: Experimental results," The Journal of the Acoustical Society of America, Vol.88, No. 6,2803-2811, 1990.
3. A. A. Villanueva, K. B. Joshi, J. B. Blottmann, and S. Priya, "A bio-inspired shape memory alloy composite (BISMAC) actuator," Smart Materials and Structure, Vol.19, pp. 1-17, 2010.