

NITINOL을 이용한 차동식 액츄에이터의 동작성능 향상을 위한 연구

정상화(조선대 기계공학과), 김현욱*, 차경래, 송석, 신병수, 이경형(조선대 대학원 기계공학과)

A study on the Improvement of the Performance of Bidirectional NITINOL Actuator

S. H. Jeong(Mech. Eng. Dept., CSU), H. U. Kim*, K. R. Cha, S. Song, B. S. Shin, K. H. Lee(Mech. Eng. Dept., CSU)

ABSTRACT

In the recent years, as the research and the development of micro and precision machinery become active, the interest of micro actuators using SMA(Shape Memory Alloy) has been increased. The dynamic characteristic analysis of SMA is necessary for actuator application and many common researches report the material characteristics of SMA sufficiently. However, the research on dynamic characteristics is very deficient. In this paper, the helical spring are fabricated with NITI SMA wire of high resistivity. The force, response speed, temperature, and displacement are measured by digital force gauge, infrared thermometer, and laser displacement sensor so that the dynamic characteristics of this SMA is analyzed. Also, bidirectional actuator was fabricated and experimented for its performance.

Key Words : Shape Memory Alloy(SMA, 형상기억합금), Shape Memory Effect(SME, 형상기억효과), SMA Dynamical Characteristics(형상기억합금의 동특성)

1. 서론

최근 전 세계적으로 산업의 복잡 작업할수 없는 환경이나 작은 공간에서의 용이한 작업수행을 위해서 초소형 정밀 기계 기술에 관한 연구 및 개발이 활발하게 이루어지면서 형상기억합금(Shape Memory Alloy : SMA)을 이용한 초소형 액츄에이터(Micro Actuator)에 관한 관심이 증대되고 있다. 그 이유 중의 하나는 형상기억합금을 이용한 구동 방식은 다른 구동 방식보다 높은 에너지 대 부피비율을 가지고 있기 때문에 기존의 모터에 의한 구동보다 소형화가 간단하기 때문이다.

형상기억합금은 온도의 변화에 따라 그 형상이 변하고 힘을 발생하며 약 10리터 초형 모特的 연구

에이더, 초소형 유체 밸브(Fundic valve) 및 내시경(Endoscope)의 액츄에이터 등에 응용하는 연구와 관련되어 있어서 활발히 진행중이다[1-3].

특히 최근에는 형상기억합금으로 만든 합금(Tin (In))을 만들어 이온 액츄에이터에 적용하거나 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)에 응용하기 위한 연구가 많이 이루어지고 있다.

형상기억합금은 액츄에이터에 응용하기 위해서 구동 방식 특성의 분석이 필수적이지만, 지금까지의 연구에서는 형상기억합금의 온도 및 외력의 작용은 많이 연구되고 있으나 동적특성에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 논문에서는, 기초신(Hosur(HUT))의 고강도 NITINOL 와이어를 이용하여, 단방향 스프링(Uni-Dir-

spring)을 계측하고 디지털 힘 측정기(Digital force gauge)와 적외선 온도센서(Infrared thermometer) 그리고 레이저 변위 센서(Laser displacement sensor)를 이용하여 이 NiTiNiTi 스프링의 힘의 크기와 변형속도, 온도와 변위를 측정하여 형상기억합금의 동적 특성을 분석하였다. 또한 형상기억합금을 이용하여 작동식 액츄에이터를 제작하여 그 동적 성능을 실험하였고 형상기억합금의 잔존인 피스테리시스 특성과 온도변화에 따른 변형속도차 나타내는 특성을 해결하기 위하여 강제공냉식으로 형상기억합금의 동적 성능 개선하고 액츄에이터로서의 가능성을 확인하였다^{19,20}.

2. 형상기억합금의 동적성실험

형상기억합금의 동적성 실험을 위하여 지름 1mm의 원형 단면을 갖는 NiTiNiTi 스프링을 사용하였다. NiTiNiTi의 경우, 500 미터로 원상태로 회복 가능한 변형길이가 제한되어 있으며, 형상회복과정에서 큰 외력이 가해지면 리튬 변형 발현는 다른 줄이 끊겨 된다. 따라서 주어진 하이어를 그대로 사용할 경우 2%의 하중 변형을 가할때, 매우 작은 크기의 동적하중에 얻을 수 없다.

본 연구에서는 지름 1mm의 형상기억합금 외이어를 직경 10mm, 길이 1mm를 가지는 나선형 스프링의 형태로 제작하여 작은 변형에도 큰 동적하중을 얻을 수 있도록 하였다. 열처리 조건은 양방향 효과를 최대한 억제시키는 조건을 구하여 350°C에서 30분간 열처리하여 일온에서 냉각하여 형상기억합금에 스프링의 형상을 기억시키는 방법을 사용하였다.

형상기억합금 스프링의 운동력의 크기와 온도의 변화, 그리고 형상기억스프링의 변형상을 측정하기 위하여 디지털 힘 센서와 적외선 온도 센서, 그래프 데이터 수집 센서를 사용하였다. 디지털 힘 센서는 RS232C 디지털 포트를 이용하여 아날로그로써 데이터를 직접 1명의 연결하여 디지털 온도로 변환하였다. 적외선 온도 센서는 하산로크 측정단으로부터 나오는 빛을 받아서 측정시키고 노이즈를 줄이기 위하여 저주파 통과 필터(Low pass filter)를 동적시퀀스 다른 LabView를 이용하여 PC에서 데이터를 처리하였다. 그리고 레이저 변위센서는 아나로그 측정단으로부터 나오는 전압을 LabView를 이용하여 PC에서 데이터를 처리하였다.

원래 온도 그리고 변위의 동적성 측정실험장치의 개요도를 Fig. 1에 나타내었다. 스프링과 결합된 작은 물체를 디지털 힘 측정기에 고정시키고 형상기억합금 스프링을 적당한 길이로 늘어놓은 뒤 전압을 인가하여 그 때 나오는 힘의 크기와 온도의 변화는 측정하고 힘 측정기를 제거한 후 형상기억합금 스프링의 변위를 측정하였다.

형상기억합금의 실험을 적용할 때의 3가지 방법, 그리고 실험계를 적용하는 방법이 있다. 실제로 적용할 때는 실험하고 외력을 가했지만, 작은 힘에도 쉽게 실험부분이 파손되는 것을 할 수 없었다. 그 관련 방법의 적용은 만능되는 힘이 어느 한부분에 집중과중을 일으킬 수 없다는 걸과 고정시키기위한 별도의 기계적 짐작 부분이 외란으로 작용하는 문제가 있었다. 따라서 본 연구는 짐작계급 이용하여 짐작하여 실험하므로써 기계적 짐작이 없이 액츄에이터는 가능하다.

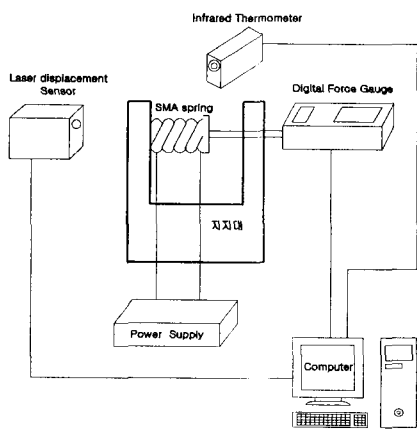


Fig. 1 Measurement of Force and Temperature

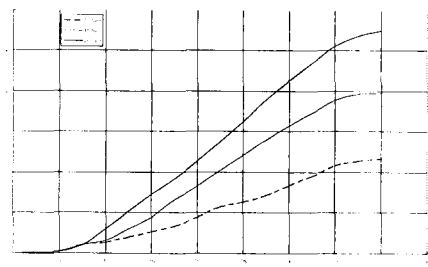


Fig. 2 Displacement of SMA

Figure 2에 지름 10mm의 형상기억합금 스프링을 10mm, 20mm, 30mm로 늘어놓고 0.05에서 0.03사이 전압과 0.2%의 변형을 형상기억합금 스프링에 가할때 각각

시간에 따른 형상기억합금 스프링의 변위의 변화는 나타낸 것이다.

결과로부터 형상기억합금 스프링이 액츄에이터로 사용될 수 있음을 알 수 있다.

3. 치동식액츄에이터의 동특성실험

3.1 치동식액츄에이터의 동특성

형상기억합금을 이용하여 치동식 액츄에이터를 제작하고 구동한 상태에서의 발생력을 측정하였다.

Fig. 3과 4는 20턴의 치동식 형상기억합금 액츄에이터에 33와 30N의 전류를 60초씩 주기로 번갈아 가며 반복적으로 흘려준 경우의 시간에 따른 발생력의 변위를 나타낸 것이다.

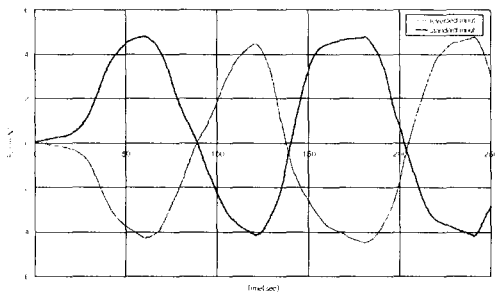


Fig. 3 Function force of 20-turn bidirectional SMA actuator

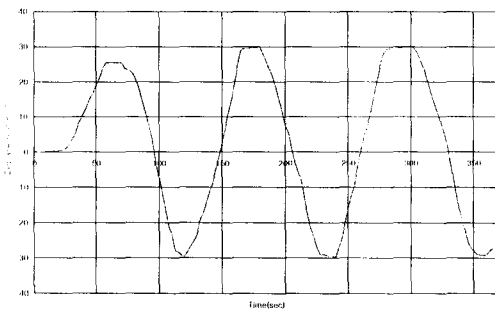


Fig. 4 Displacement of 20-turn bidirectional SMA actuator applying periodic input

치동식 액츄에이터의 동적 특성의 평가에 따라 실험적으로 변위하여 반복동작의 가능성을 실험을 통해 검증하였다.

Fig. 5와 같은 치동식 액츄에이터가 30mm와 35mm의 변위를 얻기 위해서 일쪽의 형상기억합금에 30N의 전류를 20초의 전압을 인가했을 때 액츄에이터의 동작을 나타내었다.

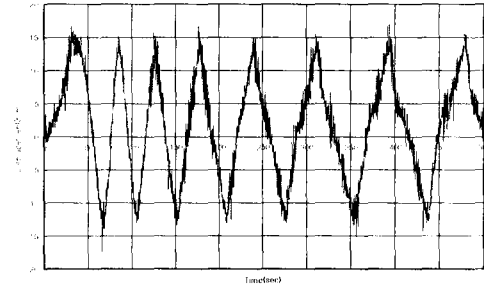


Fig. 5 Displacement of the conventional bidirectional SMA actuator(20turn)

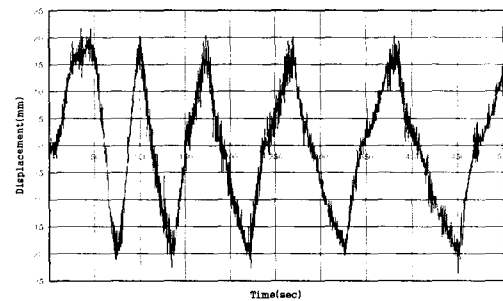


Fig. 6 Displacement of the conventional bidirectional SMA actuator(40turn)

작업공정으로 실험한 결과 치동식 형상기억합금의 반응속도가 빨라지다가 시간이 흐른후에 느리다 반응을 할 수 있었다. 이는 형상기억합금의 온도차 요인으로 인하여 반복적으로 인가되는 전류의 형상기억합금의 온도상승과도 관련이 있는 것으로 판단된다. 실험시의 외부온도는 21°C였다.

3.2 치동식액츄에이터의 동적성능 개선

본의 실험을 통해서 작업공정을 통해 한 방향의 형상기억합금 액츄에이터의 가장단 변위의 40%이상으로 반복속도위를 얻을 수 있었다. 이를 위해서 일쪽의 형상기억합금 스프링을 한쪽 끝만 사용하고 일정한 변위를 얻기 위한 각각 20턴의 형상기억합금 치동식 액츄에이터의 반응속도를 실험하였다.

Fig. 7과 같은 각각 30mm와 35mm의 변위를 얻기 위해 일쪽의 형상기억합금에 30N의 전류를 20초의 전압을 인가했을 때 액츄에이터의 동작을 나타내었다.

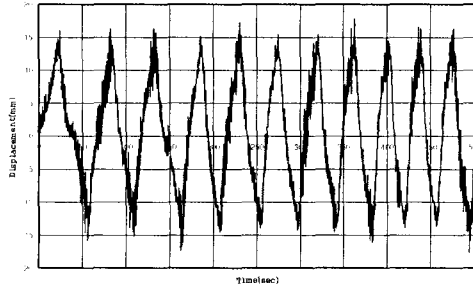


Fig. 7 Displacement of the proposed actuator system with a cooling device(25mm)

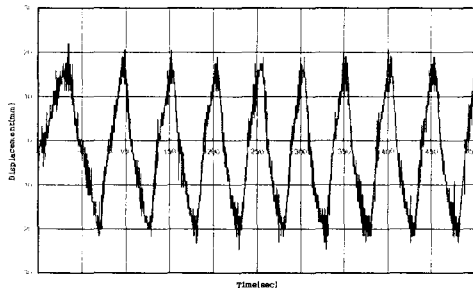


Fig. 8 Displacement of the proposed actuator system with a cooling device(30mm)

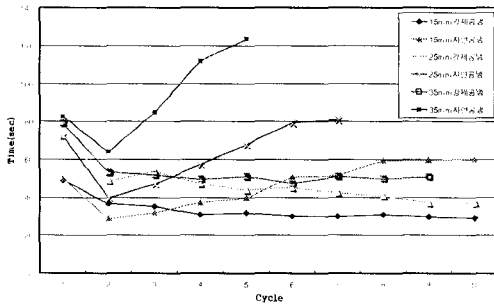


Fig. 9 Response time of SMA actuator Displacement

Fig. 9는 차동식 액츄에이터의 강제냉각 성능능률과 자연냉각 능력능률의 결과를 비교하였다.

강제냉각한 차동식 액츄에이터가 시어클의 지남에 따라 전후 방향으로 능동형능이 나타남을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 선경 1mm를 가지는 형상기억합금 피

막을 이용하여 직경 15mm, 20mm의 형상기억합금 스프링을 제작하여 200 전압과 30mA 전류를 적용시켰을 때 발생하는 열과 온도, 변위를 측정하였다. 또한 형상기억합금의 인장에 기존의 연구에서 사용한 선경 0.2mm가 아닌 1mm를 적용하여 200V 전압과 30mA 전류를 적용한 차동식 액츄에이터의 부피의 길이를 감소시켰다.

차동법을 이용한 액츄에이터를 제작하여 동적형의 수동분리 형상기억합금 스프링은 온도변에 의해 증가하므로 기존의 기계식인 액츄에이터에 의해 무너진 동작을 필요로 하는 부분에 솔레노이드를 비롯한 다른 액츄에이터를 대체할 수 있는 충분한 가능성을 가짐을 알 수 있고 강제냉각방식에 의한 실험을 통하여 반응속도와 히스테리시스수가 개선됨을 알 수 있었다. 또한 본 연구에서 사용한 선경 1mm의 스프링이 아닌 선경 0.1, 0.2mm이하의 형상기억합금을 적용한다면 더욱 빠른 응답속도를 가질 것이다. 따라서, 형상기억합금을 이용하여 액츄에이터를 제작하면 부드러운 움직임이 필요한 세팅분야나 조종분야 로봇으로의 응용이 가능한 것이다. 또한 전형적으로 동작을 제어할 수 있는 장점은 차동법으로 피이드로 로봇이나 매트 등 여러방면으로의 응용이 가능함을 보였다.

참고문헌

1. Robert E. Watson, "Comparison of the response of Shape Memory Alloy Actuators using Air-Cooling and Water-Cooling", 1984
2. T. C. Waram, "Actuator design using Shape Memory Alloys", Canada, 1992
3. T. Waram, "Design Principle For Ni-Ti Actuators", Shape Memory and Superelastic Technologies, pp. 234-244, 1997.
4. S. H. Jeong, H. U. Kim, K. R. Chu, 2002, "A study on the Development of Bidirectional Actuator using NiTi Shape Memory Alloy", KACC, pp723 - 726
5. S. S. Kim, S. H. Lee, Y. J. Lee, 1999, "Improvement of Response Speed of Shape-Memory Alloy Actuator and Its Experimental Measurement", KACC, pp397 - 400