

와이어 방전 가공을 이용한 형상기억합금 구동기 제작 Manufacturing of Shape Memory Alloy Actuator using Wire EDM

*이세원¹, #정도관¹, 송기영¹, 김한¹, 주종남¹

*S. W. Lee¹, #D. K. Chung(dogani04@snu.ac.kr)¹, K. Y. Song¹, H. Kim¹, C. N. Chu¹

¹서울대학교 기계항공공학부

Key words : shape memory alloy, actuator, wire EDM, multi mode actuating

1. 서론

형상기억합금(shape memory alloy)은 형상기억효과(shape memory effect), 초탄성(super elasticity), 생체 적합성 등의 특성을 보여, 최근 꾸준히 연구되어 왔다^[1]. 이 중 형상기억효과는 온도에 따라 금속의 상이 변화하고, 이에 따라 응력-변형률의 관계가 바뀌는 현상이다. 이러한 특성 때문에 형상기억합금은 구동기로서 활용되고, 높은 구동력과 반응 속도를 낼 수 있도록 연구, 개발되고 있다.

하지만 형상기억합금은 형상기억효과 때문에 일반적인 기계 가공 방식으로는 원하는 형태로 가공하기 어렵다^[2]. 따라서 형상기억합금의 가공에는 주로 레이저 가공을 이용한다. 레이저 가공은 비교적 빠른 속도로 가공물을 절단할 수 있지만, 열변형층이 발생한다. 열변형층은 형상기억효과를 잃어 구동에 영향을 주기 때문에, 구동기의 형상 회복 능력이 줄어들게 된다^[3]. 따라서 가공 후에 열변형층 제거를 위해 후처리 과정이 필요하다^[4]. 이에 비해 방전 가공은 열변형층이 작아 후처리 과정이 필요 없고, 난삭재에 다양한 형상을 가공할 수 있어 형상기억합금 가공에 적합하다^[5].

본 연구의 주제는 와이어 방전 가공을 통해 다양한 구동기를 제작하여 구동에 필요한 전력을 변화시키는 것이다. 또한 이를 통하여 구동 과정을 제어할 수 없는 형상기억합금의 약점을 극복하고, 하나의 구동기가 여러 단계의 구분된 구동을 수행할 수 있는 형상기억합금 구동기를 제작하였다.

Table 1 Properties of Ni-Ti shape memory alloys

Properties	Values
Composition(wt%)	Ni55.49-Ti 44.51
Austenite start temperature(°C)	63
Austenite finish temperature(°C)	77
Electrical Resistivity(Ω·cm)	0.000076

2. 형상기억합금 구동기 제작

연구에 사용한 형상기억합금의 물성치는 table 1 과 같다. 두께 1 mm 의 형상기억합금 판을 가공하여 Fig.1 과 같은 구동기를 제작하였다. Fig 1 (a), (b)는 각각 높이가 1.0 mm, 0.6 mm 이고, (c)는 높이 1.0 mm 시편에 폭 0.3 mm 깊이 0.3 mm 의 직사각형 홈이 0.3 mm 간격으로 배치된 형태이다. 구동기의 길이는 20 mm 이고, 여기에 전기 에너지를 가해 열이 발생하여 형상 회복이 되도록 하였다.

실험 결과 세 형상기억합금 시편의 구동 전력이 다르게 나타났다. (a), (b), (c)는 각각 가해진 전력이 0.360 W, 0.196 W, 0.214 W 일 때, 오스테나이트(austenite) 시작 온도에 도달하여 형상 회복이 시작되었다.

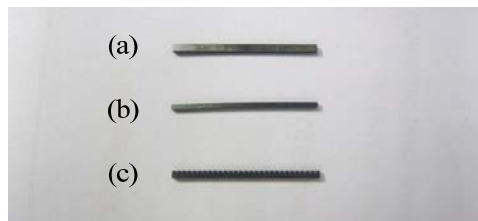


Fig. 1 Electro discharge machined Shape memory alloy actuators.



Fig. 2 Various configurations in a shape memory actuator for multi mode actuating

3. Multi mode 구동기 제작

위 결과를 바탕으로 Fig. 2 와 같이 멀티 모드(multi mode)로 동작할 수 있는 구동기를 제작하였다. Fig. 1 (b), (c)의 구동기 형태를 하나의 형상기억합금에 가공하여 단계적으로 구동할 수 있도록 하였다. 전체 길이는 60 mm 이고, 30 mm 마다 형태를 구분지었다.

형상기억합금 구동기에 전류를 점차 증가시키며 형상 회복을 관찰하였다. 실험 결과 제작한 구동기는 Fig. 3 과 같이 단계적으로 구동하였다. 0 A 에서 4.1 A 까지 전류를 증가 시키는 과정에서는 발열은 하지만 오스테나이트 시작 온도에 도달하지 못해, 구동하지 않았다. 또한 4.1 A 에서 보다 작은 전력에서도 구동할 수 있는 부분이 구동하기 시작했고, 다른 부분은 구동하지 않았다. 그 후 4.9 A 를 넘어서자 구동기의 나머지 부분도 구동하기 시작하여, 결국 전체 형상이 회복되었다.

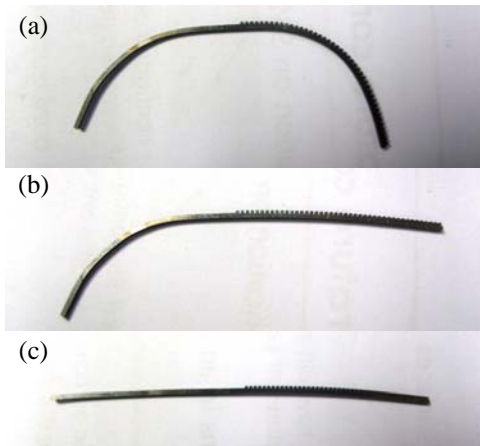


Fig. 3 Multi mode actuating sequence according to current increase; (a) between 0 A and 4.1 A, (b) between 4.1A and 4.9 A, (c) over 4.9 A

4. 결론

본 연구에서는 와이어 EDM 을 이용하여 형상기억합금 구동기를 제작하였다. 다양한 형태의 형상기억합금 구동기를 제작하여 구동에 필요한 전력을 변화시킬 수 있었다. 또한 하나의 구동기에 여러 형상을 조합하여 구분된 구동을 하도록 하였다.

추후 이 결과를 연속적인 동작을 하는 구동기에 적용하면 시간에 따른 구동 제어가 가능하여, 형상기억합금 구동기의 적용 범위를 더욱 넓힐 수 있을 것이다.

후기

이 논문은 2010 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0001201).

참고문헌

1. T. Hu, C.S.Wen, J. Lu, S.L.Wu, Y.C. Xin,W.J. Zhang, C.L. Chu, J.C.Y. Chung, K.W.K. Yeung, D.T.K. Kwok, Paul K. Chu, "Surface mechanical attrition treatment induced phase transformation behavior in NiTi shape memory alloy," Journal of Alloys and Compounds, **482**, 298-301, 2009
2. K. Otsuka, C.M. Wayman, "Mechanism of Shape Memory Effect and Superelasticity," Cambridge University Press, 27-48, 1998
3. H.C. Lin, K.M. Lin, Y.S. Chen, C.L. Chu, "The wire electro-discharge machining characteristics of Fe-30Mn-6Si and Fe-30Mn-6Si-5Cr shape memory alloys," Journal of Materials Processing Technology, **161**, 435-439, 2005
4. M. Leester-Schaedel, B. Hoxhold, C. Lesche, S. Demming, S. Buttgenbach, "Micro actuators on the basis of thin SMA foils," Microsystem Technology, **14**, 697-704, 2008
5. S.L. Chen, S.F. Hsieh, H.C. Lin, M.H. Lin, J.S. Huang, "Electrical discharge machining of TiNiCr and TiNiZr ternary shape memory alloys," Materials Science and Engineering A, **445-446**, 486-492, 2007