

# 수소저장합금을 이용한 SMH 액추에이터 시스템 개발 Development of SMH Actuator System Using Hydrogen-Absorbing Alloy

\*홍경주<sup>1</sup>, 김경<sup>1</sup>, #권대규<sup>2,3</sup>, 김남균<sup>2</sup>

\*K. J. Hong<sup>1</sup>, K. Kim<sup>1</sup>, #T. K. Kwon<sup>2,3</sup> (kwon10@chonbuk.ac.kr), N. G. Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 의용생체공학과, <sup>2</sup>전북대학교 바이오메디컬공학부, <sup>3</sup>전북대학교 실버공학연구소

Key words : Special metal hydride(SMH) actuator, Hydrogen-absorbing alloys

## 1. 서론

수소저장(MH: metal hydride)합금은 1970년경에 폴란드 Philips사와 미국 Bloorhaven 국립연구소에 의하여 특성이 발견되었다. 현재 다양한 종류의 수소저장합금이 새롭게 개발되고 있는 실정이다. 수소저장합금은 수소의 저장 및 운반뿐 만 아니라 수소 동소체 분리, 열펌프, 압축기 및 Ni-MH 2차전지 등에 사용되고 있다. 최근에는 MH 합금을 이용한 응용분야로 액추에이터를 제작하고 이를 기계적 에너지로 변환하는 구동원으로 사용하는 기초연구가 진행되고 있다[1, 2]. 박정건[3] 등은  $Zr_{0.9}$ ,  $Ti_{0.1}$ ,  $Cr_{0.6}$ ,  $Fe_{1.45}$  합금을 사용하여 수소저장 열펌프(MHHP: metal hydride heat pump) 시스템을 구성하고 전체 반응속도를 제한하는 수소이동 단계를 고찰하였다. 그러나 지금까지의 연구 대부분이 수소저장합금의 특성에 관한 학술적인 연구에 치중되어 있었으며, 최근에는 기초적인 실용화 연구단계로 들어서고 있다. 현재 국내에서는 MH 합금에 관련한 연구는 주로 Ni-MH 전지 개발과 수소저장 용기 설계 및 개발이 주된 연구로 진행되고 있으며, 기존의 MH 액추에이터 모듈은 분말을 압축하여 만든 펠렛 타입으로 제작되어 실용화 단계까지 연구되고 있으며, MH 합금을 이용한 액추에이터 개발 및 응용에 관한 기초연구[4, 5]가 진행되고 있는 실정이다.

본 연구는 새로 개발한 SMH(special metal hydride) 액추에이터의 특성을 고찰하였다. SMH 액추에이터는 분말을 모듈에 삽입하여 구성한 새로운 타입의 액추에이터로 온도변화에 따른 수소압력 특성을 고찰하였다.

## 2. SMH 액추에이터 구동원리

수소저장합금이란 합금과 수소가 가역적으로 반응하여 형성된 금속수소화합물로서 다음의 반응식으로부터 그 특성을 알 수 있다. 즉, 수소저장합금  $M(s)$ 와 수소가스  $H_2(g)$ 와의 가역반응으로 금속수소화물  $MH_x(s)$ 가 형성되며 화학반응은 다음의 식 (1)로 표현할 수 있다.



여기서,  $Q(cal)$ 는 반응열이고, 식 (1)로부터 수소저장합금의 수소 흡탈착반응을 이용해서 가열·냉각되는 열에너지를 수소가스 압력으로 주어지는 기계에너지로 변환하는 것이 가능하다. 화학적인 에너지를 기계적 에너지로, 다시 열에너지로 변환시켜주는 원리를 이용하여 SMH 액추에이터에 수소저장합금의 에너지 변환 방식을 적용하였다. 수소저장합금의 수소흡수 탈착반응의 가역성을 이용하여 수소가스를 구동 매체로 액추에이터의 제작이 가능하다.

SMH 액추에이터의 일반적인 특성으로는 하중에 대해서 응답이 부드럽고, 구동원을 포함하는 장치를 소형 경량화 할 수 있고, 소음이 적고 인간에게 접촉하여 작업을 수행하는 재활기에 적용할 수 있는 특징을 가지고 있다.

Fig. 1은 SMH 액추에이터의 기본적인 원리를 나타내는 그림으로 작동 부분과 기능적 부분으로 나뉜다. 작동부분을 구성하고 있는 장치는 펠티어 소자에 전원을 공급하여 구동시키고, 냉각 팬을 구동시키며 압력, 온도센서의 전원을 공급한다. 기능부분을 구성하는 장치는 SMH 액추에이터를 통해 나오는 수소압력을 실린더로 전달한다.

펠티어 소자에 인가되는 전류는 2.5V로 30°C~70°C의 제한을

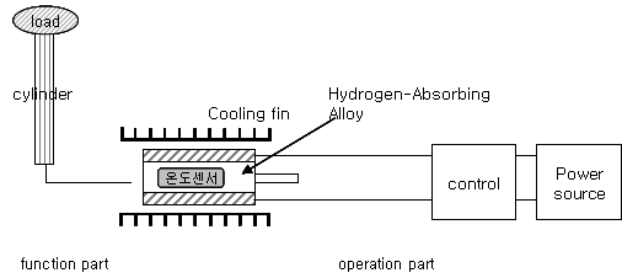


Fig. 1 Activate principle of SMH actuator

두었다. 펠티어 소자에 전류가 인가되어 온도가 상승하게 되면 수소는 합금에서 방출되고 방출되는 수소압에 의해 실린더는 상승한다. 반대로 펠티어 소자의 전류가 바뀌어 냉각이 되면 수소는 합금에 흡수되고 이 때 실린더는 하강하게 된다.

## 3. 실험장치 및 방법

본 연구는 상온에서 반응속도가 비교적 빠르고 높은 압력을 방출하는 MH 합금으로  $Zr_{0.9}Ti_{0.1}Cr_{0.7}Fe_{0.3}$ 의 조성비로 제작하여 SMH 모듈과 액추에이터를 제작하고 온도와 압력과의 특성을 검토하였다. 합금은 약 4g이고 75 $\mu$ m의 합금을 사용하였다.

SMH 모듈은 수소저장 합금의 외관을 열전도율이 좋은 구리로 제작되었다. Fig. 2는 본 연구에서 개발한 SMH 모듈로 크기는 약 가로 30 mm, 세로 40 mm이다. 액추에이터의 성능평가를 위해서 펠티어 소자를 동판의 앞, 뒷면에 부착하고 그 위에 히트싱크를 부착하고 냉각 팬을 부착하여 실험하였다. 그리고 표면에 온도센서를 부착하여 온도를 측정하였다.

Fig. 3은 SMH 액추에이터 성능평가를 위한 실험장치의 구성도로서, 실린더와 디지털 압력센서, 압력게이지, SMH 모듈로 구성되어 있다.

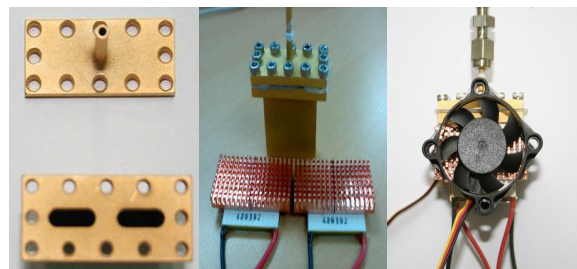


Fig. 2 Appearance of SMH module

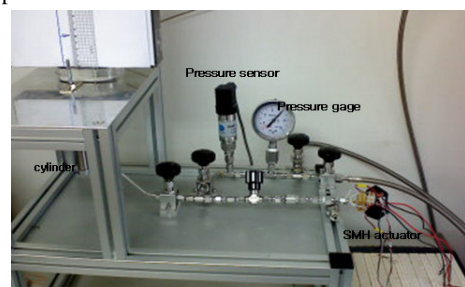


Fig. 3 A front of experimental apparatus

펠티어 소자의 온도제어는 펠티어 소자에 “+” 전류를 인가하

여 가열하고, 상한 온도에 도달하면, “-” 전류로 스위칭 될 때 냉각 팬을 작동시켜 하한 설정 온도까지 온도를 낮추어 액추에이터의 압력 및 온도를 측정하였다.

#### 4. 결과 및 고찰

펠티어 소자를 이용하여 수소저장합금을 가열 및 냉각한 결과, SMH 모듈의 수소가 흡방출하게 됨으로서 Fig. 4와 같이 실린더가 구동되어졌다. 5kg의 하중을 가했을 때 약 50 mm 정도의 실린더 행정 길이가 변화하였다.

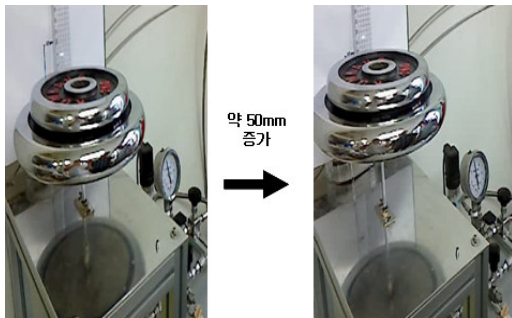


Fig. 6 Driving behavior of the SMH actuator, weight load is 5kg

#### 5. 결론

본 연구에서는 열원으로 펠티어 모듈을 열원으로 이용하고 SMH 모듈의 표면 온도에 의하여 SMH 액추에이터를 제어하였다. 분말로 이루어진 새로운 형태의 소형 SMH 모듈을 개발하여 실린더를 구동시키는 새로운 개념의 SMH 액추에이터 시스템을 제작하고 온도 제어에 따른 수소 흡방출에 의한 SMH 액추에이터를 개발하였다. 본 실험의 결과, 수소를 이용하여 약 50mm의 실린더 행정 길이가 변하는 결과를 확인하였다. 향후 연구에서는 신개념 소형 고효율 SMH 액추에이터를 이용하여 효율적이고 경량인 액추에이터로 사람에게 직접 접촉하여 사용하는 재활 기기나 보조기기에 응용할 수 있을 것으로 기대한다.

#### 감사의 글

“이 논문 또는 저서는 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임”(지방연구중심대학육성사업/헬스케어기술개발사업단)

#### 참고문헌

1. S. Shimizu, et al, "Evaluation of a new force display using metal hydride alloys," J. of Robotics and Mechatronics, Vol. 9, 1, Oct., 28, 1997..
2. Y. Wakisaka, et al, "Application of hydrogen absorbing alloys to medical and rehabilitation equipment," IEEE Trans. on Rehabilitation Engineering, Vol. 5, No. 2, June 1997.
3. Park, J. G., Kim, D. M., Jang, K. J., Han, J. S., Cho, K. and Lee, J. Y. "The intrinsic degradation behavior of (V<sub>0.53</sub>Ti<sub>0.47</sub>)(O<sub>0.925</sub>)Fe<sub>0.075</sub> alloy during temperature-induced hydrogen absorption-desorption cycling," Journal of Alloys and Compounds, Vol. 295, pp 150~181, 2000
4. Kwon, T. K. , Choi, K. H., Pang, D. Y., Lee, S. C. and Kim, N. G., "Design and development of SMH actuator system," Proceedings of the KSPE Spring Annual Conference, pp. 551~555, 2005.
5. Kim, K., Pang, D. Y., Choi, K. H., Lee, S. C., Kim, Y. Y., Kwon, T. K., Hong, C. U. and Kim, N. G., "Dynamic characteristics of the SMH actuator using hydrogen absorbing alloys," Proc. of SPIE Vol. 6042, 60424J, 1~6, 2005.