

수소저장합금을 이용한 SMH 액추에이터 시스템 개발

Development of SMH Actuator System Using
Hydrogen-Absorbing Alloy

권대규*, 홍경주, 김경, 전원석, 방두열, 이성철, 김남균

(Tae-Kyu Kwon, Kyung-Ju Hong, Kyong Kim, Won-Suk Jeon, Du-Yeol Pang, Seong-Cheol Lee, and Nam-Gyun Kim)

Abstract : This paper presents development of an special metal hydride(SMH) actuator system using a peltier module. The newly developed simple SMH actuator, consisting of the plated hydrogen-absorbing alloy as a power source, Peltier elements as a heat source and a cylinder with metal bellows as a functioning part, has been developed. The SMH actuator is characterized by its small size, low weight, noiseless operation and a compliance similar to that of human body. A new SMH actuator that uses reversible reactions between the heat energy and mechanical energy of a hydrogen absorbing alloy. It is well known that hydrogen-absorbing alloys can reversibly absorb and desorb a large amount of hydrogen, more than about 1000 times of their own volume. To improve the thermal conductivity of the hydrogen-absorbing alloy, an electro-less copper plating has been carried out. For this purpose, the effects of the electro-less copper plating and the dynamic characteristics of the SMH actuator have been studied. The hydrogen equilibrium pressure increases and hydrogen is desorbed by heating the hydrogen-absorbing alloys, whereas by cooling the alloys, the hydrogen equilibrium pressure decreases and hydrogen is absorbed. The SMH actuator has the characteristic of being light and easy to use. Therefore, it is suitable for medical and rehabilitation applications.

Keywords : Special Metal Hydride(SMH) actuator, hydrogen-absorbing alloys, rehabilitation equipment, peltier element

I. 서론

수소저장(MH: Metal Hydride)합금은 1970년경에 폴란드 Philips사와 미국 Blookhaven 국립연구소에 의하여 그 특성이 발견되었다. 현재는 다양한 종류의 수소저장합금이 연구되고 있으며, 점차 새롭게 개발 및 개선되고 있는 실정이다. MH 합금의 이용 분야로는 수소의 저장 및 운반뿐 아니라 수소 동소체 분리, 열펌프, 압축기 및 Ni-MH 2차전지 등에 사용되고 있다. MH 합금을 이용한 수소저장법은 수소의 정제효과가 있으므로 고순도의 수소를 이용하는 전자, 반도체 산업 분야에 응용 가능성이 높아 널리 연구가 진행되고 있다. 최근에는 MH 합금을 이용한 응용분야로 액추에이터를 제작하고 이를 기계적 에너지로 변환하는 구동원으로 사용코자 하는 구상에 대한 기초연구가 진행되고 있다[1,2].

Kurosaki 등[3]은 기존의 Ca, Mm(misch metal), Ni, Al 합금 대신에 LaNi₅ 합금으로 대체하고 이를 용해하여 사용하였다. 그는 LaNi₅ 합금에 구리관을 각각 10%, 20%, 30%, 40%의 질량비로 코팅함으로써 열 전도성을 변화시키고, 열

전도성에 따라 LaNi₅ 합금의 수소저장 성능을 비교 분석하였다. 결과로 LaNi₅ 합금은 수소저장용량이 매우 크고 수소의 흡수, 방출속도가 뛰어나며 활성화가 용이하고 수소 내의 미량의 불순물 가스에 대한 저항력이 양호함을 밝혔다. 그러나, LaNi₅ 계 합금은 수소저장 특성이 뛰어나에도 불구하고 La 가격이 고가이며, 제조비용이 많이 들고, 작은 압력에도 쉽게 부스러지는 단점을 가지고 있다.

Lee 등[4]은 수소저장합금을 사용하여 수소저장 히트펌프 시스템에서 전체 반응속도를 제한하는 수소가동단계를 고찰하였다. 국내에서는 MH 합금에 관련한 연구는 주로 Ni-MH 전지 개발과 수소저장 용기 설계 및 개발이 주된 연구로 진행되고 있으며, 상용화 단계까지 연구되고 있으나, MH 합금을 이용한 액추에이터 개발 및 응용에 관한 연구는 전무한 실정이다. 또한 수소를 저장하는 방법에는 고압기체 저장법, 저온액체 저장법, 금속수소화물을 이용한 고체 저장법 등이 있다. 이중 MH 합금을 이용한 저장법은 저온액체 저장법 및 고압기체 저장법에 비하여 안전하고 단위 부피 당 저장용량이 더 큰 효율적인 저장법으로 알려져 있어 현재 다양한 연구가 진행되고 있다[5-12].

본 연구는 수소저장합금을 이용한 새로운 개념의 액추에이터 시스템을 개발하여 그 특성을 고찰하였다. 본 연구에서 개발한 SMH(Special Metal Hydride) 액추에이터는 분말 자체를 구리 동관에 삽입하여 구성한 새로운 형태의 액추에이터로 온도변화에 따른 수소와 압력 특성을 고찰하였다.

II. 수소저장합금 이론 및 제작

1. 수소저장합금의 이론

MH 합금은 수소와 화학적으로 반응하여 금속 표면에 수

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2005. 7. 19, 채택확정: 2007. 8. 11

권대규, 김남균: 전북대 생체정보공학부

(kwn10@chonbuk.ac.kr/ngkim@chonbuk.ac.kr)

홍경주, 김 경: 전북대 대학원 의용생체공학과

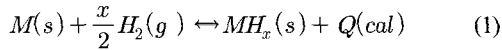
(nearwitch@chonbuk.ac.kr/jswws@lycos.co.kr)

전원석, 방두열, 이성철: 전북대 대학원 기계공학과

(jswws@hotmail.com/fishhh@hotmail.com/meconlee@moak.chonbuk.ac.kr)

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

소를 흡착시키는 합금으로 온도를 낮추거나 압력을 높여주면 수소를 흡수하여 금속수소 화합물이 되고 그와 동시에 열을 발생하게 된다. 이와 반대로 온도를 올리거나 압력을 낮추면 다시 수소를 방출하고 열을 흡수하는 성질을 가지고 있는 재료이다. 이와 같이 MH 합금은 합금과 수소가 가역적으로 반응하여 형성된 금속수소화합물로서 다음의 반응식으로부터 그 특성을 알 수 있다. 즉, 수소저장합금 $M(s)$ 와 수소가스 $H_2(g)$ 와의 가역반응으로 금속수화물 $MH_x(s)$ 가 형성되며 화학반응은 다음의 식 (1)로 표현할 수 있다.



여기서, $Q(cal)$ 는 반응열이고, (1)로부터 수소저장합금의 수소 흡·탈착반응을 이용해서 가열·냉각되는 열에너지를 수소가스 압력으로 주어지는 기계에너지로 변환하는 것이 가능하다.

2. 수소저장합금의 제조

지금까지 알려진 MH 합금의 수소형성 금속은 Mg, Ti, Zr과 같은 순금속과 Fe, Ti 등과 같은 금속간 화합물이 있다. 일반적으로 MgH_2 과 같은 순금속계 수소는 수소저장 용량은 크나 분해반응 평형압력이 매우 낮으며 수소의 흡수, 방출속도가 너무 느린 단점을 가지고 있다. 그러나 금속간 화합물계 수소는 수소저장 용량 및 수소의 흡수/방출속도가 매우 크고 분해반응 평형압력이 적합할 뿐 아니라 화학적인 안정성이 좋아 이에 대한 연구가 활발하게 진행되었으며, 그 결과 유망한 MH 합금 가운데 대표적으로 $LaNi_5$ 와 Mg_2Ni 합금들이 제시되었다[4,5]. 이 가운데 Mg_2Ni 은 수소저장 용량이 월등하게 크나 분해온도가 200℃ 이상인 고온용이라는 단점을 가지고 있다. 또한 Mg 저장 합금의 $LaNi_5$ 계 합금은 수소저장 특성이 뛰어나면서도 불구하고 La의 가격과 제조비용이 비싸며, 반복적인 수소의 흡수/방출 사이클을 반복하면 그 성질이 크게 저하되므로 La 대신에 값이 싼 희토류계 원소들의 복합체인 Mm로 치환하고 Ni 대신에 소량의 Al, Fe, Mn 등을 치환하여 $LaNi_5$ 와 비슷한 수소화반응에 대한 연구가 진행되고 있다.

MH 합금을 용해시켜 주는 진공아크로(VAF: Vacuum Arc Furnace)를 이용하여 아크 용해하였다. 사용한 MH 합금 순도는 각각 Zr 99.7%, Ti 99.99%, Cr 99.7%, Fe 99.7%의 고순도이며, MH 합금은 $Zr_{0.95}, Ti_{0.05}, Fe_{1.4}, Cr_{0.6}$ 의 구성비를 보여주고 있다. MH 합금을 용해시키기 위해 각 원소의 양을 정확하게 측정하여 총 질량이 14.85g인 MH 합금을 진공아크로의 몰드(mold)에 시편을 넣은 후 30분 동안 진공상태로 유지시키고 아크 용해하여 시편을 제조하였다. 본 연구에서는 1800℃에서 합금을 아크 용해하였고, 시편의 균질화를 증가시키기 위하여 5회 시편을 뒤집으면서 재 용해를 하였다.

그림 1은 SMH 액추에이터의 제조 과정을 도시한 것으로 그 과정은 다음과 같다.

a) Zr 6.49g, Ti 0.17g, Fe 2.33g, Cr 5.86g로 구성되도록 합금을 전자저울로 무게를 측정한다.

- b) 진공 아크로에서 합금을 용해하여 제조한다.
- c) 용해된 합금은 분쇄기를 통하여 잘게 부수고 500 μ m의 메쉬를 통해 합금을 걸러낸다.
- d) 걸러낸 합금들은 동관의 SMH 액추에이터에 주입시킨 후 동관 끝부분에 유리솜을 넣어 SMH 액추에이터 작동 시에 분말로 이루어진 합금들이 튜브 내로 이동하는 것을 방지시켰다.

3. 활성화(activation) 과정

MH 합금을 사용하기 위해서는 용해가 끝나고 활성화 처리를 함으로써 액추에이터로 사용할 수 있다. 활성화 처리라 함은 초기 분말 타입으로 이루어진 용해된 MH 합금들의 주위에 옥사이드(oxide)가 형성되어 있다. 이 옥사이드를 제거하고 동관 안에 삽입되어 있는 MH 합금에 열을 가했을 때 수소 압력이 방출되게 하는 과정을 수행한다.

그림 2는 SMH 액추에이터의 활성화 작업을 위한 장치를 보여주고 있다. MH합금의 활성화처리 과정은 다음과

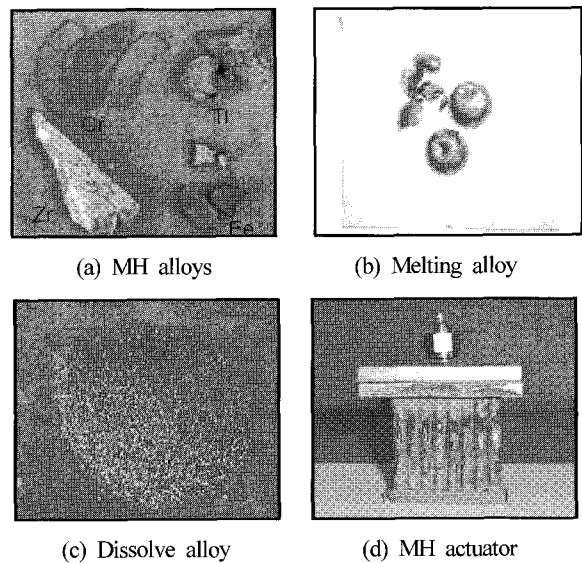


그림 1. SMH 액추에이터의 제작과정.
Fig. 1. Processing of SMH actuator product.

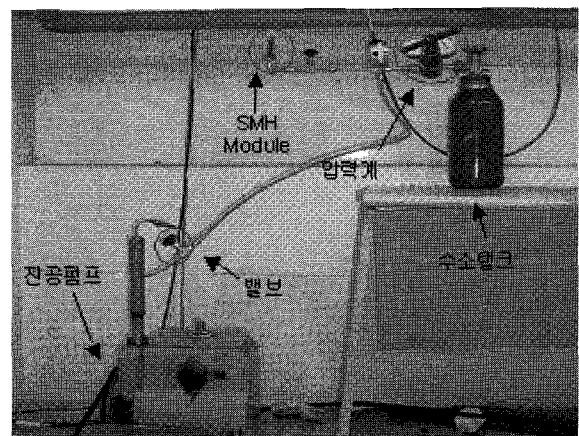


그림 2. SMH 액추에이터의 활성화시스템 형상사진.
Fig. 2. Photo of the activation system apparatus of SMH actuator.

같다. 활성화 처리를 하기 위한 방법은 첫째, 실험에 필요한 시스템을 구성한 후에, 수소 탱크에서 30기압의 수소 압력을 튜브를 통해 SMH 액추에이터에 주입시키고, 수소가 새어 나오지 않도록 각별히 유의하고 장시간 테스트를 통해 시스템에 leak 여부를 확인한다. 둘째, 시스템 내부를 진공펌프로 40분 동안 진공상태로 만들어 주고, 진공펌프에 연결되어 있는 밸브를 잠근다. 셋째, 수소 탱크를 통해 시스템에 수소압력을 가해주면서 수소가 합금에 흡착할 수 있도록 일정한 수소 압(본 연구에서는 40기압)으로 가압시킨다. 넷째, 수소를 가압 시켜주면 SMH 액추에이터는 수소를 흡착하고 방출하는 과정을 진행하게 된다. 여기서는 흡착과 방출 작용을 4회 반복하였고 흡수/방출 속도와 흡수량이 변하지 않을 때까지 계속 수행하였다.

4. SMH 액추에이터의 구동원리

SMH 액추에이터의 일반적인 특성으로는 하중에 대해서 응답이 부드럽고(탄력성), 구동원을 포함하는 장치를 소형 경량화 할 수 있고(고출력 대 중량비) 소음이 적고 인간과 접촉해서 작업을 수행하는 재활기에 적용할 수 있는 특징을 가지고 있다.

그림 3은 수소저장합금의 에너지변환 과정을 나타내고 있다. 화학적인 에너지를 기계적 에너지로, 다시 열에너지로 변환시켜 주는 원리를 이용하여 SMH 액추에이터에 수소저장합금의 에너지변환 방식을 적용하였다.

수소저장합금의 수소흡수 탈착반응의 가역성을 이용하여 수소가스를 구동 매체로 액추에이터의 제작이 가능하다. 이 액추에이터의 기본원리는 수소저장합금을 밀폐용기 내에 봉입해 히터나 쿨러 등을 이용해 합금을 가열·냉각해 그곳으로부터 이득 압력을 동작부에 이끌어 힘에 변환시키는 것으로 작동한다. 이 때, 수소저장합금을 가열·냉각하는 소자로서 p-형 반도체와 n-형 반도체를 교대로 정렬한 펠티어 소자를 사용하였으며 전류방향에 따라 흡·방열을 제어하였다 [10,13]. 펠티어 소자를 사용함으로써 전기적으로 수소의 방출 및 흡수와 수소압을 제어할 수 있는 이점이 있다. 이와 같이, 밀폐된 SMH 용기 안에 수소저장합금을 채우고 그 외부에 펠티어 소자를 부착하여 액추에이터 모듈을 제작함으로써 SMH 액추에이터의 구동원으로 동작하도록 하였다.

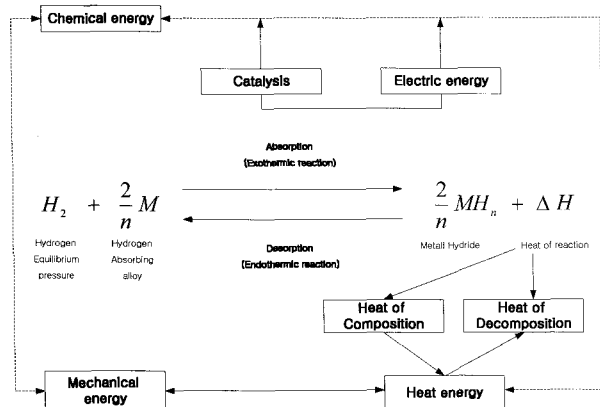


그림 3. 수소저장합금의 에너지 변환.
Fig. 3. Energy transformation of the hydride absorbing alloy.

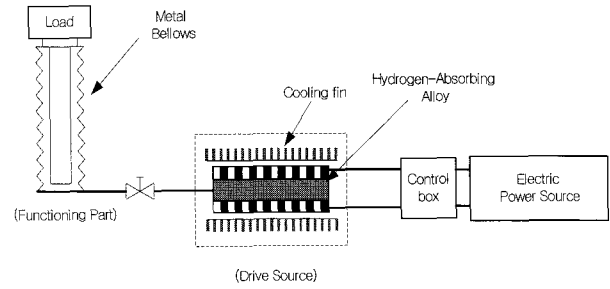


그림 4. SMH 액추에이터의 구동원리.
Fig. 4. Activate principle of the SMH actuator.

그림 4는 SMH 액추에이터의 기본적인 원리를 나타내는 그림이다. 크게 작동 부분과 기능적인 부분으로 나눌 수 있다. 작동부분을 구성하고 있는 장치들은 펠티어 소자에 전원을 공급하여 펠티어 소자를 구동시키고 냉각 팬을 구동시키기 위한 전원 공급장치가 필요하며, 펠티어 소자와 SMH 모듈에서 나오는 온도·압력을 계측하는 센서와 그리고 펠티어 소자를 제어할 수 있는 제어회로로 구성되어 있다. 기능 부분을 구성하는 장치는 SMH 액추에이터를 통하여 나오는 수소압력을 실린더로 전달하고 있다.

이와 같이 구성된 SMH 액추에이터의 작동 원리를 살펴 보면, 전원 공급장치에서 전류를 인가하면 제어회로를 통하여 펠티어 소자로 전류가 흘러가게 된다. 이때에 펠티어 소자에 인가되는 전류는 실험에서 얻어진 데이터를 토대로 하한온도 35℃에서 상한온도 75℃까지로 온도 제한을 두고, 펠티어 전류를 인가하였다. 펠티어 소자에 전류가 가해지면 펠티어 소자의 온도가 상승하게 되고, SMH 액추에이터는 수소 가스를 합금으로부터 탈착한다. 또한, 수소 압력에 의해서 피스톤이 상승하게 되며, 반대로 합금이 냉각되어질 경우에는 합금이 수소가스를 흡착하기 때문에 수소가스는 합금 안으로 다시 들어가게 되며 내부 압력은 감소가 되면서 피스톤은 하강하게 되는 원리이다.

III. 실험장치 및 방법

본 연구는 상온에서 반응속도가 비교적 빠르고 높은 압력을 방출하는 MH 합금으로 질량비 Zr_{0.95}, Ti_{0.05}, Fe_{1.4}, Cr_{0.6}의 구성 비율을 선정하였다. 이 합금을 이용하여 MH 모듈과 액추에이터를 제작하고 온도와 압력과의 특성을 검토하였다. SMH 액추에이터는 수소저장 합금의 외관을 열전도율이 좋은 동 파이프 8개를 용접하여 부착하였다. 동관 부분의 엠보싱 부분은 열처리하고, 열전도성을 좋게 하기 위하여 은으로 용접하였다. 기존의 액추에이터와 다르게 열전도율이 좋은 구리동관을 MH 합금의 열전도 매체로 사용하였고, 액추에이터의 열 근원으로 펠티어 소자를 사용하고 전류를 제어함으로써 온도를 변화시키도록 하였다.

그림 5는 본 연구에서 개발한 SMH 액추에이터의 실물 사진이다. 직경 4.75mm인 동관 8개로 이루어 졌으며, 전체 크기는 가로 42mm, 세로 73mm 이다. 동관과 벨브로 연결되는 부분은 M3, ϕ3.8 볼트 12개를 사용하여 완전히 체결하여 수소 압이 새어나오는 것을 방지하였다.

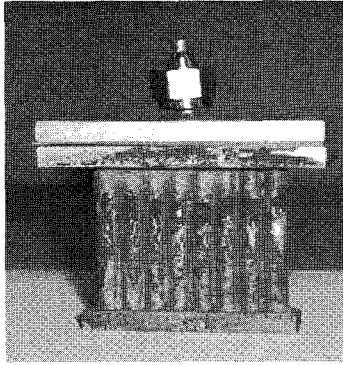


그림 5. SMH 구리관의 형상.
Fig. 5. Appearance of SMH Cu tube.

표 1. SMH 액추에이터 구성 요소.

Table 1. Elements of SMH actuator composition.

type	size (mm)	metal hydride		
		weight (g)	mesh (μm)	components
Cu pipe	64×41×7t	14.85	500	Zr _{0.95} , Ti _{0.05} , Fe _{1.4} , Cr _{0.6}

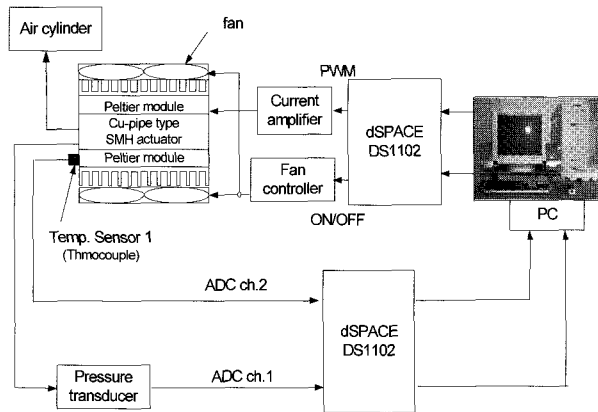


그림 6. 실험장치의 블록선도.
Fig. 6. Block diagram of experiment apparatus.

표 2. 압력변환기, 실린더 및 펠티어 소자의 사양.

Table 2. Specifications of the pressure transducer, cylinder and peltier module.

Pressure Transducer		Cylinder		Peltier module	
pressure range	100mbar ~600 bar	diameter	∅40	size	40×40×4.12 (mm)
supply voltage	9~28 VDC	stroke	100mm	maximum voltage	67.1V
output	0~5V (3 wires)	maximum pressure	0.18MPa	maximum current	6.0A
accuracy	± 0.15% FS	piston speed	50~750mm/s	maximum temperature	70.4℃
operating temp.	-20 ~ 80℃	cylinder type	single-acting cylinder		

표 1은 SMH 액추에이터의 물리적 크기와 합금의 종류를 나타내고 있다. SMH 액추에이터의 총 MH합금 무게는 14.85g이며 500 μm 메쉬의 합금 분말을 사용하였다.

그림 6은 SMH 액추에이터 성능평가를 위한 실험장치의 블록선도이다. 액추에이터의 성능평가를 위해서 40×40×4.12mm 크기의 펠티어 소자를 동관의 앞·뒤 면에 각각 부착하고, 다른 쪽 면에 히트 싱크(40×40×8t)를 부착하고, 그 위에 냉각 팬을 부착하여 실험하였으며, 냉각 팬은 ON/OFF 제어를 할 수 있게 하였다.

먼저, 펠티어 소자의 성능을 평가하기 위해서 인가 전류를 Mathlab 5.3 Simulink와 dSPACE 1103 제어보드를 사용하여 제어하였다. 또한, 자체적으로 제작한 전류증폭회로를 사용하였고, 트랜지스터 및 Op-Amp와 세라믹 저항으로 구성하여 피드백 신호를 Op-Amp에서 받아 전류를 제어할 수 있게 제작하였다. 펠티어 소자의 온도제어는 펠티어 소자에 “+” 전류를 인가하여 가열하고, 상한 설정 온도에 도달하면, “-” 전류로 스위칭하여 냉각시켰으며, “-” 전류로 스위칭될 때 냉각 팬을 작동시켜 하한 설정 온도까지 온도를 낮추어 동관타입의 액추에이터의 압력 및 온도를 측정하였다.

IV. 결과 및 고찰

그림 7은 SMH 액추에이터의 입력전류와 온도에 대한 상관관계를 표시하고 있다. 펠티어 소자에 계단입력으로 전류를 0.2A에서 2A까지 0.2A씩 전류를 증가시키면서 입력 전류에 대한 SMH 액추에이터의 온도변화 선도이며, 그래프에서 x축은 액추에이터의 구동시간(sec)을 표시하고, y축은 액추에이터의 온도(℃)를 나타내고 있다.

입력 전류 0.2A에서 0.6A 사이에서는 온도가 30℃에서 거의 변화가 없는 것으로 보이고 있는데, 이에 대한 이유는 펠티어 소자의 양단간(가열면과 냉각면)의 온도차로 인하여 냉각되는 펠티어 소자 면이 가열되고 다른 한쪽면의 펠티어 소자의 열을 흡수하는 현상으로 그 온도가 30℃에서 수렴함을 실험으로 알 수 있었다. 0.8A에서 2A까지의 입력전류를 인가했을 때는 일정한 온도범위에서 그 온도 값을 수

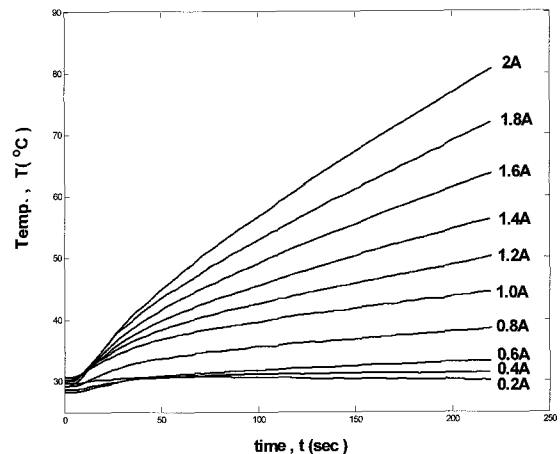


그림 7. 입력전류와 온도 변화 관계.
Fig. 7. Relationship between current input and temperature transformation.

렵하지 않고 꾸준히 상승함을 알 수 있었다. 그 원인으로는 일정한 전류를 펄터 소자에 인가하면, 어느 온도 값에 수렴치 않고 계속적으로 상승함을 알 수 있었다.

그림 8은 실린더의 30kg의 무게를 가중시키고, 펄터 소자의 상한 온도를 35°C에서 50°C로 설정하고, 냉각 시 펄터 소자에 인가되는 펄스 입력전류의 진폭을 2A로 구동했을 시의 SMH 액추에이터의 압력-온도의 변분을 나타내고 있다. 그래프의 x축은 구동된 시간이며, y축의 각각의 온도 - 압력의 변화량을 표시하고 있다. 펄터 소자는 “+” 전류를 인가하면 가열이 되고, “-” 전류를 인가하면 냉각이 되는 특성을 가지고 있어 동관 타입의 액추에이터를 가열·냉각시킴으로 액추에이터에서 수소 압력이 발생함을 알 수 있었다. 냉각 팬은 SMH 액추에이터의 펄터 온도를 낮출 경우 냉각 효율을 향상시키기 위해서 ON/OFF 제어를 하였다. 본 연구에서 개발한 SMH 액추에이터 실제적

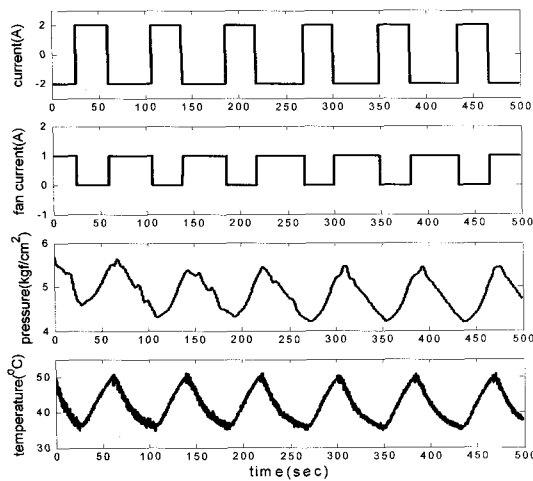


그림 8. 50°C와 35°C사이의 SMH 모듈의 온도-압력 변분.
Fig. 8. Temperature-pressure variation of SMH module between 50°C and 35°C.

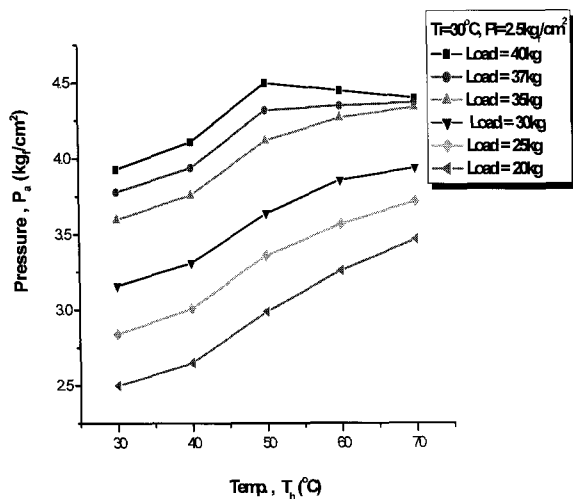


그림 9. SMH 액추에이터의 온도와 압력사이의 관계.
Fig. 9. Relationship between temperature and pressure of SMH actuator.

으로 작동하고 있음을 알 수 있었으며 온도-압력의 히스테리시스가 약간 발생되고 있음을 알 수 있었다.

그림 9는 SMH 액추에이터의 온도-압력에 대한 상관관계를 표시하고 있다. 그래프 x축은 상한온도(T_h)를 나타내며, y축은 실린더의 압력(P_a)을 나타내고 있다. 실린더에 가해진 하중이 각각 20kg, 25kg, 30kg, 35kg일 때 압력전도는 압력의 손실이 없이 일정한 압력(0.35kgf/cm^2)을 유지하며 상승하는 것을 알 수 있었다. 그러나 실린더의 하중이 37kg, 40kg일 때는 50°C까지는 다른 하중과 비슷한 압력을 유지하며 진행이 되는 것을 볼 수 있으나 60°C가 넘어가면서 압력손실(실린더의 부피 증가, 0.5kgf/cm^2)이 발생하여 실린더 내부의 압력은 다소 떨어지는 경향을 보였다.

그림 10은 각각의 실린더에 가해진 초기하중을 따른 실린더 행정길이의 변화를 나타내는 그래프로서, 상한온도가 60°C와 50°C에서 실린더 행정길이의 변화는 온도가 상승하고 실린더 하중이 무거운 경우에 더 큰 변위가 발생하는 것을 알 수 있었다. 그러나 상한온도가 40°C와 37°C에서 실린더의 하중은 작을수록 그 변위가 상승함을 알 수 있었다. 그 원인으로는 초기압력이 1kgf/cm^2 에서 실린더 하중이 큰 경우(30kg, 40kg)에 MH 합금이 수소압력을 흡착 할 때 부가된 하중으로 인하여 실린더의 변위가 커짐을 알 수 있었

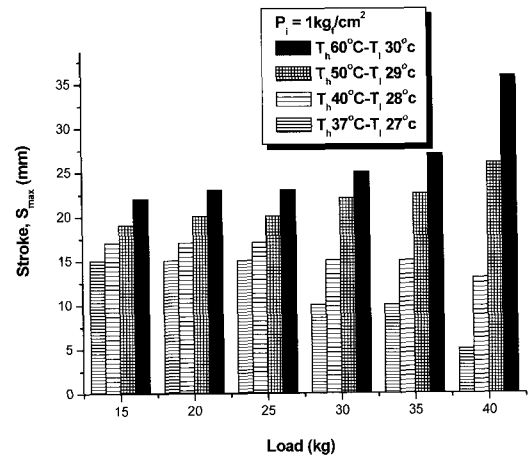


그림 10. 최대 실린더 행정과 하중과의 관계; 공압실린더의 초기압력 1kgf/cm^2 .
Fig. 10. Relationship between maximum cylinder stroke and load; initial pressure of air cylinder is 1kgf/cm^2 .

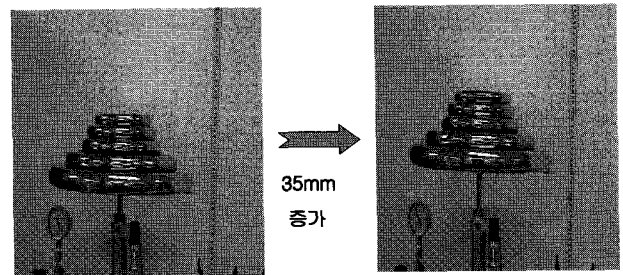


그림 11. SMH 액추에이터의 구동특성; 하중 40kg 일 경우.
Fig. 11. Driving behavior of the SMH actuator; weight load is 40kg.

고, 반면 20kg과 15kg일 때 MH합금은 수소압력을 흡착할 때 실린더의 부가된 하중의 영향을 받지 않음을 알 수 있었다. 따라서 초기압력 1kgf/cm^2 일 때 SMH 액추에이터를 사용할 수 있는 하중은 30kg 이상 일 때 상한온도를 50°C 이상으로 가열하며 물체의 하중이 30kg 이하 일 때는 상한온도를 40°C 이하로 액추에이터를 가열시켜 사용하는 것이 적합함을 알 수 있었다. 그림 11은 SMH 액추에이터 실린더 하중이 40kg일 때 실제 움직인 행정길이 변화를 나타내고 있다.

V. 결론

본 연구에서는 열원으로 펠티어 모듈과 온도센서를 부착하여 분말 자체를 구리 동관에 삽입하여 구성한 새로운 형태의 SMH 액추에이터 시스템을 제작하고 액추에이터의 압력-온도의 특성을 고찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 입력전류를 펠티어 소자에 인가하였을 경우 신개념 SMH 액추에이터에서 수소가스가 발생하였고, SMH 액추에이터의 온도에 따른 수소 압력이 유효하게 변화하는 것을 알 수 있었다.

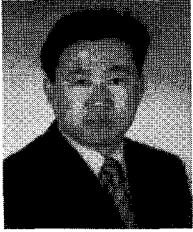
2. 펠티어 소자를 이용하여 SMH 액추에이터 모듈의 상, 하한의 온도범위를 유지하도록 제어가 가능함을 확인할 수 있었고, 반복되는 주기는 입력전류에 의존하고 있음을 알 수 있었다.

3. SMH 액추에이터의 입력전류 값에 따라 온도의 변화를 알게 되었고, 설정 온도에 따라 입력 전류 값과 액추에이터의 주기를 알 수 있었고, SMH 액추에이터는 소형인데 반해 고출력을 발생하는 액추에이터이며, 소음이 거의 없으며, 휴대가 가능하다는 이점을 알 수 있었다.

추후 연구에서는 온도제어 주기를 낮추고 펠티어 소자를 열원으로 하는 SMH 액추에이터를 개발하고 보다 효율적이며 경량인 액추에이터로 작동하는 실비용 기기 시스템의 구동 특성을 생성하고 의지보조기에 응용할 수 있음을 기대한다.

참고문헌

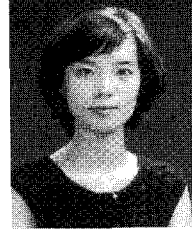
- [1] S. Shimizu, et al, "Evaluation of a new force display using metal hydride alloys," *J. of Robotics and Mechatronics*, vol. 9, no. 1, Oct., 28, 1997.
- [2] Y. Wakisaka, et al, "Application of hydrogen absorbing alloys to medical and rehabilitation equipment," *IEEE Trans. on Rehabilitation Engineering*, vol. 5, no. 2, June 1997.
- [3] K. Kurosaki, et al, "Design and development of MH actuator system," *Elsevier Science, Sensors and Actuator*, A 113, pp. 118-123, 2004.
- [4] S.-G. Lee, Y.-K. Kim, and J.-Y. Lee, "Operating characteristics of hydride heat pump using Zr-based laves phase alloys," *Int. J. of Hydrogen Energy*, vol. 20, no. 1, pp. 55-63, 1995.
- [5] H. Fujii and S. Orimo, "Hydrogen storage properties in nano-structured magnesium and carbon-related materials," *Elsevier Physica*, B 328, pp. 77-80, 2003.
- [6] P. Termsuksawad, et al, "Measurement of hydrogen in alloys by magnetic and electronic techniques." *J. of Alloys and Compounds*. 373, pp. 86-95, 2004.
- [7] H. Fujii and S. Orimo, "Hydrogen storage properties in nano-structured magnesium and carbon-related materials," *Elsevier Physica B*, vol. 328, pp. 77- 80, 2003.
- [8] P. Termsuksawad, S. Niyomsan, R. B. Goldfarb, V. I. Kaydanov, D. L. Olson, B. Mishra, and Z. Gavra, "Measurement of hydrogen in alloys by magnetic and electronic techniques." *Journal of Alloys and Compounds*. vol. 373, pp. 86-95, 2004.
- [9] G. Min and D. M. Rowe, "Improved model for calculating the coefficient of performance of a Peltier module," *Energy Conversion & Management*, vol. 41, pp. 163-171, 2000.
- [10] D. Stefan, S. Amine, G. Stephane, and Claeys Wilfrid, "Laser Seebeck Effect Imaging(SEI) and Peltier Effect Imaging(PEI) complementary investigation methods," *Microelectronics Reliability*, vol. 43, pp. 1609- 1613, 2003.
- [11] C. Reiyu, H. Guanming, and D. Stefan, "Thermoelectric cooler application in electronic cooling," *Applied Thermal Engineering*, vol. 24, pp. 2207-2217, 2004.
- [12] M. Farid, N. Nobuyuki, S. Hidenori, Matsumoto Akihiko, and Tsutsumi Kazuo, "Preparation and characterization of carbonaceous material-based hydrogen absorbing composites," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 372, pp. 243-250, 2004.
- [13] 전원석, "펠티어 소자를 이용한 SMH 액추에이터 개발과 온도-압력특성," 전북대학교 대학원 석사학위논문, pp. 21-27, 2005.



권 대 규

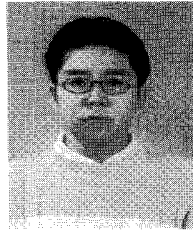
1968년 2월 1일생. 1993년 전북대 기계공학과 졸업. 1995년 동 대학원 석사. 1999년 일본 Tohoku 대학 기계전자공학 박사. 2003년~현재 전북대학교 생체정보공학부 조교수. 관심분야는 바이오메카트로닉스, 바이오시스템 제어 및 응용.

어 및 응용.



홍 경 주

1982년 3월 30일생. 2005년 전북대 신소재공학부 졸업. 현재 대학원 의용생체공학과 석사과정. 관심분야는 재활보조기기 및 응용.



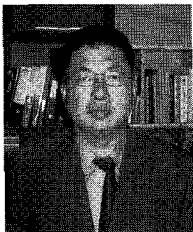
김 경

1981년 2월 14일생. 2003년 전북대 전자정보공학부 졸업. 2005년 전북대 의용생체공학과 석사. 동 대학원 박사과정, 관심분야는 재활의료기기.



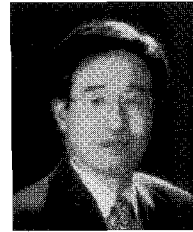
전 원 석

1976년 12월 30일생. 2003년 홍익대 기계정보공학과 졸업. 2005년 전북대 대학원 기계공학과. 현재 (주)K-Net. 관심분야는 메카트로닉스, 제어계측 시스템 응용.



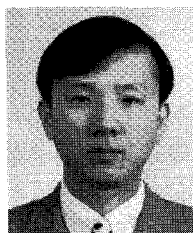
방 두 열

1965년 10월 2일생. 1988년 전북대 기계공학과 졸업. 1991년 동 대학원 석사. 1996년 9월~2004년 6월 순천제일대학 제어계측과 조교수. 관심분야는 메카트로닉스, 임베디드시스템, 시스템 제어 및 응용.



이 성 철

1952년 11월 15일생. 1974년 전북대 기계공학과 졸업. 1976년 동 대학원 석사. 일본 Tohoku대학 박사. 1979년~현재 전북대학교 기계공학과 교수. 관심분야는 메카트로닉스, 계측제어 응용.



김 남 군

1957년 10월 6일생. 1987년 프랑스 루이 파스퇴르 대학 박사. 현재 전북대학교 생체정보공학부 교수. 한국과학재단 전문위원. 관심분야는 감각운동 협응, 휴먼 인터페이스, 재활훈련 및 치료기기.