

● 진흥컬럼

수소흡장 합금과 대용량 2차 전지



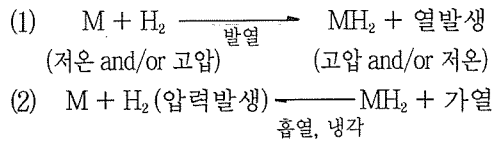
金 貞 欽
高麗大 教授 / 理博

수소흡장합금

수소흡장합금(水素吸藏合金)이란 영어로 Alloys for Hydrogen Storage Metal로서 수소 저장합금이라고도 한다. 이 합금과 수소가스를 함께 저온 또는 고압분위기 아래에 놓아두면 열을 발생시키면서 금속수소화물(MH₂)이 되고 반대로 금속수소화물을 고온 또는 저온분위기 아래 놓아두면 냉각이 되면서 수소를 방출하는 성질을 갖는다.

스스로 의체적의 1,000배나 되는 다량의 수소가스를 합금안에 수소원자의 형태로 흡수하면서 금속수소화물이 된다. 또, 수소흡장합금이 수소를 흡수하는 반응은 발열반응이고, 역으로 금속수소화물을 가열하면 흡열반응에 의해 냉각되면서 흡수한 수소를 방출하면서 다시 본래의 합금상태로 되돌아간다. 따라서 이때 방출된 수소를 써서 연료전지로서의 이용도 가능해 진다.

이 처럼 수소흡장합금은



이 처럼 가역적으로 수소를 흡수 또는 방출하면서 발열 또는 흡열(냉각)을 수반하기 때문에

- (A) 수소의 저장…… 저장된 수소를 다시 끄집어내서 2차전지의 음극으로 쓰거나 또는 연료전지의 연료로도 사용
- (B) (1)의 과정의 발열을 이용해서 히이트펌프(Heat Pump)의 Thermal Transport 장치로 이용
- (C) (2)의 과정을 써서 냉열·냉원열 발생장치로 사용
- (D) (2)의 과정에서 발생하는 압력으로 기계적에너지로 변환된다. 예컨대 수소컴프레터, 액추에이터로서의 사용이 가능 등등 폭넓은 응용이 가능하다.

수소흡장합금에 요구되는 특성

수소흡장합금은 희토류원소·칼슘·리튬·지르코늄·마그네슘 등의 금속 및 크롬·망강·철·코발트·니켈 등의 천이금속 및 이들의 합금으로 이루어진다.

이들 합금은 동일체적이면서도 약 1,000기압으로 압축한 기체수소와 동등한 양의 수소를 원자형태로 합금안에 붙잡아 둘수가 있다는 것이다. 또는 액체수소로 있을 때의 액체수소량의 약 2배의 양을 저장해 둘 수 있다. 그 결과 수소를 대량 저장해두거나 또는 운반할 때 고압가스 봄베에 비해 그 용량을 1/3에서 1/5 정도로 줄일수 있을 뿐만 아니라 폭발의 위험성이 전연없다는 큰 장점을 갖는다.

주지하는 바와 같이 수소는 연소시키면 물만을 형성할 뿐 공해가스는 하나도 방출치 않기 때문에 이 수소흡장합금은 클린에너지로서 각광을 받고 있다. 더군다나 수소를 저장한 상태

인 수소화물은 약간만 온도를 가해져도 쉽게 수소가스를 방출해주기 때문에 연료전지의 연료로서 무척 사용하기가 쉽게 된다.

물론 이들 합금을 공업적으로 잘 이용하려면 여러 특성이 요구된다. 예컨대

- ① 수소와 합금사이의 평형을 나타내는 평형 특성
- ② 반응속도
- ③ 수소의 되풀이되는 흡수 및 방출에 대한 내구성 등이 그것이다.

이들 특성은 모두가 응용시스템이나 기기의 성능에 크게 영향을 주는 중요한 특성들이다. 이들 특성들 중에서도 평형특성은 시스템이나 기기의 작동온도 및 압력에 관련이 되는 만큼 중요하다.

현재 합금의 종류 및 그 조성에 따라 갖가지 용도에 대응하는 평형특성을 갖인 합금이 개발되어 있고, 이미 공업적으로도 양산제조가 가능한 단계에 와 있다.

폭넓은 응용과 개발

수소저장합금의 응용으로서는

- ① 기본기능인 수소저장기능을 이용한 수소 저장장치
- ② 전기화학적 촉매
- ③ 수소저장기능을 이용한 2차전지용 음극
- ④ 에너지 변환기능을 이용한 히트펌프 또는 냉열·냉동열발생장치 등의 열적이용 등 폭넓은 용도와 응용이 있다.

2차전지에의 응용

이들 중 이미 현재 실용화되어 있는 것으로서는 니켈·수소축전지가 있다. 이 전지는 노트북형 PC, 핸드폰(Pocketable Phone), 휴대용 팩시밀리 등등 휴대용의 첨단전자 및 통신기기의 휴대용의 전원인 2차전지로서 그 고용량이면서도 소형화 할 수 있다는 점이 크게 주목을

받아 그 수요가 늘고 있다.

니켈·수소전지는 수소흡장합금과 수소가스와의 고체-기체반응에서 처럼, 알카리수용액 중에서 전기화학반응에 의해 가역적으로 수소를 흡장·방출하는 수소흡장합금의 성질을 이용한 것이다. 종래의 대표적인 2차전지인 니켈·카드뮴전지의 약 1.8배의 전기용량을 갖으며, 전압 또한 니켈·카드뮴전지와 호환성이 있는 2차전지이다.

또 초기에는 큰 과제였던 충전·방전의 반복에 대한 내구성의 문제도 합금성분의 조정 등에 의해 극복되어 현재는 니카드전지와 동등한 500사이클이상의 특성이 달성되어 있다.

이 신형의 충전식 2차전지인 니켈 수소축전지의 음극으로서는 현재 주로 희토류원소의 혼합물인 메쉬메탈과 니켈의 합금인 수소흡장합금이 사용되고 있다.

이 니켈·수소전지는 1990년 4월에 띄워진 허블(Hubble) 우주망원경에 탑재되어 크게 주목을 끌기도 하였다.

연료전지에의 응용

또 하나의 응용예로서는 수소와 산소로 전기를 발생시켜주는 신형의 연료전지가 있다. 연료인 수소를 대량 저장시켜주는 장치로서 용량이 작으면서도 수소저장능력이 큰 수소흡장합금탱크를 쓰면 소형이면서도 출력이 큰 연료전지를 만들수 있다.

특히 이중에서도 인산형연료전지는 중냉방식이 가능하기 때문에 소형화가 가능하다.

예컨대 최근 일본 삼요(三洋)전기가 개발한 소형인산연료전지에서는 120°C정도의 낮은 온도에서도 작동하는 전지본체에 평형특성이 수월한 수소흡장합금 및 합금용기를 개발해 내고 있다. 이 전지는 총중량 28kg이면서도 250W수준의 출력을 자랑하고 있다.

이 연료전지는 배출가스가 수증기인 H₂O뿐으로서 완전히 무공해이며, 또 소음, 전기노이

즈 레벨이 가솔린 구동의 소형발동기에 비해 매우 낮기 때문에 TV나 VTR 등의 촬영이나 조명등 전원으로서 큰 기대를 모으고 있다.

열이용기술에의 응용

환경문제 등의 점으로 볼때 앞으로 중요해질 응용으로서는 에너지변환기능을 이용한 열이용 시스템을 들 수 있다. 즉 수소흡장합금을 그 말썽많은 프론의 대체물로서 열에너지 변환매체로 쓴다면 클린(깨끗)하면서도 태양열과 배열을 구동원으로 하는 시스템을 구성할 수가 있다. 현재 이 분야에서 개발이 진척되고 있는 열이용시스템으로서는 축열시스템과 승온형 히이트펌프(Heat Pump), 냉열발생형 히이트 펌프, 장거리열수송시스템 등이 있다.

장기축열시스템은 수소흡수상태에 있는 합금(금속수소화물)에 열을 주어서 수소를 발출케 하고, 합금과 수소로 하여금 각각 분리된 상태에 있게 함으로써 열을 저장해 두자는 것이다. 이 열은 합금을 다시 수소와 반응시켜 발열케 함으로서 재사용이 가능해진다. 따라서 축열상태에서는 시스템전체를 상온으로 놓아 둘 수가 있어 단열장치가 따로 필요치 않는 장기적 축열이 가능해진다.

히이트 펌프시스템은, 평형수소특성이 서로 다른 2종의 합금을 넣은 용기안에 수소배관을 연결시켜서, 수소를 서로 왕래케함으로서, 한쪽 합금에서 다른 합금쪽으로 열을 이동시켜 열의 온도준위를 바꾸어주는 시스템이다. 이 용기안의 수소배관을 장거리에 걸쳐 설치해서 열의 흐름을 수소의 흐름으로서 수송케 하지는 것이 장거리열수송시스템이다.

프론이 없는 냉동시스템으로의 응용

히이트 펌프 시스템 중에서도 특히 주목을 받고 있는 것이 프론을 쓰지 않는 냉열발생장치이다. 냉열수요로서 앞으로 크게 신장이 예

상되는 -20°C 이하(F급)의 냉열발생형 히이트 펌프는 현재 150°C 정도의 구동열원을 써서 -20°C 의 출력을 목표로 시스템의 개발이 진행중에 있다.

이들 냉동시스템은 프론 가스는 하나로 사용하지 않고 수소흡장합금만 쓰며, 또 태양열, 공업폐열 등의 열을 유용하게 쓰기 때문에 환경대책상 앞으로 특히 중요해질 기술이라 생각된다.

열이용 기술개발의 과제

이들 열이용시스템의 개발에 공통된 과제는 우선 단위중량 또는 체적당의 수소흡장합금이 갖는 에너지밀도, 즉 반응열량을 어떻게 증가시켜 주는가 하는데 있다. 쉽게 말해 어떻게 하면 수소흡수량을 증가시켜주느냐 하는 것이 문제이다.

수소흡장합금이 1 mol의 수소 가스와 반응할 때의 반응열량은 대략 6~8kcal 이다.

한편 합금의 1kg당의 수소흡장량은 대표적인 희토류·니켈계합금에서는 5~7mol임으로, 1회의 수소 흡수 또는 방출로 이용가능한 열량은 합금 1kg당 30~60kcal이다.

한편 수소가스 1 mol당의 반응열량은 합금의 종류와는 무관하게 거의 변화하지 않음으로, 합금의 단위중량당의 반응량을 크게 하기 위해서는 수소흡수량을 크게 해줄 필요가 있다. 이런점에서 비교적 가벼운 원소인 마그네슘·티탄 등을 주성분으로 하는 합금계에 큰 기대가 걸려 있다.

또 단위시간당의 수소의 출입의 회수를 어떻게 하면 늘려줄 수 있는가에 따라서도 열출력을 증가시킬 수가 있다. 이것은 즉 합금이 발생시키는 열을 얼마나 빨리 그리고 얼마나 많이 이용열로서 외부로 빼낼 수 있는가 하는 문제 즉 합금용기의 열교환성능의 향상 또한 큰 문제로서 클로우즈업 된다는 것이다.

이처럼 합금재료기술과 시스템화기술의 향

상은 모두가 열이용시스템의 실용화를 위해서는 중요해진다. 특히 수소흡수량의 향상을 목표로 둔 합금재료의 개량은 현재 실용화 단계에 있는 니켈·수소축전지 또는 수소저장탱크의 성능향상에도 크게 기여하기 때문에 특히 중요해진다.

수소에너지사회의 건설

이처럼 수소흡장합금을 중심으로 하는 열이용시스템은 클린한(깨끗한) 수소를 에너지원으로 하는 미래의 소위 수소에너지 사회에서 매우 중요한 역할을 하게 된다.

예컨대 장거리수송시스템이나 수소흡장합금에 의한 축열·히이트펌프 시스템 등의 열이용시스템을 결합시킨다면 광역으로 분산된 갖가지 열원과 열부하사이에 열공급이 가능한 광역 열이용시스템(Thermal Network System)을 구축할 수가 있게 된다.

또 수소를 태양광 등 재생가능한 1차에너지를 써서 전기분해나 열·광분해 등에 의해 제조하고, 수소흡장합금을 쓴 저장탱크를 써서 저장하고, 이것을 2차에너지원으로 재사용한다면, 현재처럼 석탄이나 석유 등 재생불가능한 화석연료를 1차에너지원으로 하는 에너지 시스템을 대체해 줄 클린한 수소에너지시스템을 구축해 줄 수가 있다.

이 경우 에너지를 이용하고자 하는 곳으로는 파이프라인이나 탱크로 수소를 수송해주고, 전기가 필요한 때는 연료전지를 써서 발전을 시켜준다. 그리고 이때 발생하는 폐열은 앞서말한 장거리열수송이나 냉열발생 등의 열이용시스템을 써서 유효하게 재사용을 하게 한다. 또 수소흡장합금을 연료탱크로 쓰는 수소자동차나

배기가스를 쓰는 냉동차 등을 개발해내서 장래의 우리의 에너지를 점차 화석연료에서 깨끗한 수소에너지쪽으로 옮겨줄 수 있게 될 것 같다.

향후의 문제점

이와 같은 수소에너지사회를 실현시키기 위해서는 단순히 수소흡장합금의 응용시스템이나 재료 또는 기기의 개발에 그칠 것이 아니라, 현재의 화석연료를 중심으로 하는 에너지 시스템의 경제성이라던가 환경보전에 대한 코스트의 식을 바꾸어줄 필요가 있다.

따라서 에너지 시스템이 비교적 건전하게 가능하고 있고, 환경이 치명적인 타격을 아직도 받고있지 않는 현재야 말로, 수소제조기술이나 수소흡장합금을 중심으로 하는 수소에너지 이용기술 등 수소관련기술개발을 착실히 진척시킬 좋은 첩스라 생각된다.

그리는 한편 수소에 의한 깨끗(클린)한 에너지사회를 실현시키기 위해서는 현재까지 일상생활에서 그리 친숙치 않았던 수소가스에 대해 그 안전성의 인식이라던가, 에너지자원으로서의 중요성 등을 일반대중에게 널리 홍보 해줄 필요도 있다.

그런점에서 현재 실용화단계에 들어가있는 니켈·수소축전지 또는 소형연료전지 등을 현재의 건전지나 수은전지처럼 널리 휴대용 전자제품의 전원으로 보급시킨다는 것은 깨끗한 에너지인 수소를 쓰는 수소에너지사회를 실현시키는 목표를 위해서는 커다란 한발자욱이 되리라 믿고 있다.

이런점에서 우리도 앞날을 내다보고 수소관련 에너지기술을 좀더 적극적으로 개발했으면 한다.