

## 삼중수소 선원제조장치 설계

김광신, 이숙경, 송규민, 김경숙, 손순환

한국전력공사 전력연구원, 대전광역시 유성구 문지동 103-16번지

kimk@kepri.re.kr

삼중수소에서 나오는 베타선의 에너지를 이용하여 장기간 작동이 가능한 저전력 초소형의 전지를 개발하는 과제가 진행 중에 있다. 삼중수소를 기체상태로 사용했을 때보다 전지의 단위부피당 발생 전력을 높이고 기체의 누출 가능성을 없애기 위해 분말 또는 박막형태의 수소저장금속을 사용하기로 하였다. 삼중수소화 금속의 삼중수소 밀도는 기체 상태 일 때보다 높지만 베타선의 투과력이 약한 관계로 분말의 크기가 매우 작아야 하고 박막의 두께도 매우 얇아야 한다. 이러한 분말의 제조와 삼중수소를 분말 및 박막에 흡장하기 위한 장치를 설계하였다. 저장금속 들의 특성을 조사한 결과 본 연구에 가장 적합한 금속은 티타늄인 것으로 판단되었다.

본 장치의 기능은 크게 세 가지이다. 첫째, 삼중수소를 저장하기 위한 금속 분말을 제조하는 것이고 둘째, 제조된 분말과 다른 방법으로 제조된 금속 박막에 삼중수소를 흡장하는 것이고 마지막으로 분말제조와 전단계로서 원료가 되는 금속의 표면에 흡착되어 있는 불순물을 제거하여 활성화하는 것이다. 각 기능에 대한 구체적인 설명은 다음과 같다.

활성화 - 용기에 금속을 집어넣고 Ar으로 purge 한 후  $10^{-6}$  Torr 까지 진공배기하여 용기 내 불순물의 양을 최소화한다. 진공배기 후 약 1기압 정도로 고순도 수소를 주입하고 온도와 압력을 정확히 기록한다. 용기를 500°C로 2시간 정도 유지하며 압력의 변화를 측정한다. 압력 감소 속도가 증가하면 가열을 중지하고 용기가 상온이 될 때까지 기다린다. 이때의 온도와 압력으로부터 금속 내에 흡장된 수소의 양을 계산하고 이 값이 이론치와 근사하면 충분히 활성화 된 것으로 간주한다.

분말 제조 - 티타늄과 같은 금속은 원소상태일 때와 금속수소화물일 때의 밀도가 달라 수소가 흡장, 탈장됨에 따라 팽창, 수축을 하게 되어 점차 분말로 변하게 된다. 분말 제조는 저장금속의 수소 흡장 특성을 조사하는 방법을 응용하였다. 저장금속의 흡장 특성을 조사하는 방법은 세 가지가 있는데 수소와 금속을 집어넣은 용기를 밀폐하고 용기의 가열, 냉각을 반복하여 수소의 흡장 및 탈장을 반복하여 분말을 제조하는 밀폐형 열 사이클링 방법, 일정한 온도에서 수소를 주입했다 진공배기하는 작업을 반복하는 개방형 압력 사이클링 방법, 밀폐된 용기의 압력을 피스톤 등으로 변화시키는 밀폐형 압력 사이클링 방법이다. 개방형 압력 사이클링 방법은 반복적으로 주입되는 수소에 포함된 미량의 불순물이 분말에 누적되어 성능을 저하시키므로 바람직하지 않으며 밀폐형 압력 사이클링은 피스톤의 제작이 쉽지 않아 채택하지 않았다. 밀폐형 열 사이클링 방법은 저장금속이 합금인 경우 가열 과정에서 disproportionation에 의한 성능저하가 일어날 수 있으나 본 연구에서 선택한 티타늄은 합금이 아닌 단일 금속이므로 이러한 우려가 없어 본 연구에 채택하였다.

삼중수소 흡장 - 삼중수소의 흡장은 원리적으로 수소의 흡장과 다르지 않다. 활성화된 티타늄 분말이나 박막은 상온에서 자발적으로 빠른 속도로 삼중수소를 흡장하므로 용기 내부를 Ar로 purge하고 진공배기하여 불순물을 제거한 후 삼중수소를 계통 내에 주입하면 된다. 분말은 공기에 오염되었으면 다시 활성화과정을 거치면 되지만 박막의 경우는 전지의 기능을 하는 반도체 위에 코팅되어 있는 상태이므로 활성화가 불가능하므로 표면이 오염되지 않도록 주의해야 한다. 삼중수소 주입 후 용기 내 잔여 삼중수소는 최대한 회수하고 회수가 불가능한 미량은 삼중수소 회수 계통을 통과한 후 진공배기 함으로써 삼중수소의 대기 방출을 최소화한다. 삼중수소 흡장과정에서 온도 및 압력을 정확히 측정하여 삼중수소의 양을 정확히 관리해야 한다.

장치의 구성 - 장치는 크게 기체 주입계통, 진공배기 계통, metering tank, 시료 용기 등으로

구성되며 온도와 압력 측정 센서, 시료 용기 가열 계통 등이 부착된다. 장치 제작에서 주의할 점은 제조과정에서 분말이 계통 내에 비산되지 않도록 기체의 주입속도 및 진공배기 속도를 조절해야 하는 것이다. 기체 주입 계통은 purge를 위한 Ar 과 수소, 삼중수소를 공급할 수 있는 배관과 기체 내 수분 및 산소를 최소화하기 위한 수분/산소 filter로 구성된다. 진공 배기 계통은  $10^{-6}$  Torr의 진공을 유지할 수 있도록 dry pump와 turbo molecular pump로 구성된다. metering tank는 주입되는 기체의 양을 정량하기 위한 것으로서 온도, 진공 센서 등이 부착되고 metering tank를 포함한 계통 배관 및 시료 용기의 부피는 정확하게 사전에 정량되어야 한다. metering tank와 연결되는 시료 용기는 시료를 넣고 꺼내기 쉽도록 제작되고 계통과 쉽게 분리될 수 있어야 한다. 또한 분말 제조를 위하여 온도와 압력센서가 부착되어 있어야 하며 가열을 할 수 있는 가열 계통은 선원제조장치로부터 분리될 수 있도록 제작되어야 한다.

향후 계획 - 현재 본 장치는 설계가 완료되어 제작 중에 있으며 분말 제조용으로 먼저 제작하여 사용한 후 발견된 문제점을 보완하여 삼중수소 흡장용을 제작할 예정이다. 다시 제작되는 부분은 metering tank와 시료 용기 및 배관으로서 본 장치는 대기 중에서 사용할 수 있으나 삼중수소를 사용할 때는 glove box 안에서 사용해야 하므로 삼중수소 흡장용 제작에는 이점이 고려될 것이다.

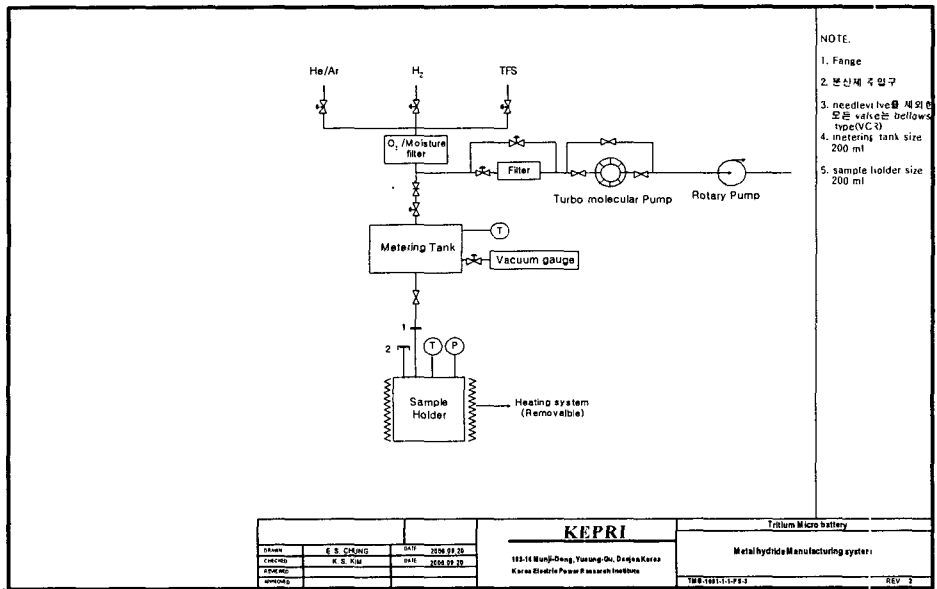


그림 1 삼중수소 선원제조장치