

10,000 Ci 삼중수소 저장용기의 수소저장특성

박대엽, 백승우, 이민수, 안도희, 손순환*, 송규민*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045(덕진동 150-1)

*한전전력연구원, 대전광역시 유성구 문지동 103-16

dypark@kaeri.re.kr

1. 서론

삼중수소는 반감기가 12.3년으로 베타입자방출에 의해 헬륨-3으로 붕괴되는 수소의 방사성 동위원소이다. 중수형 원자력 발전소(CANadian DeUterium Pressure Heavy Water Reactor)의 중수계통에 삼중수소가 존재하면 발전소 종사자의 방사선 피폭 및 발전소 전체의 방사선 준위가 상승한다. 월성 원자력 발전소에서는 삼중수소제거설비(WTRF : wolsong tritium removal facility)로 순도 99% 이상인 삼중수소를 회수하여 안정하게 저장 보관한다[1].

삼중수소 취급시설간의 삼중수소 이송과 계량/분배 시설에서의 삼중수소 공급을 위해서는 안전한 형태로 저장 및 운송할 수 있는 저장용기가 필요하다. 기체상태의 삼중수소는 액체상태에 비해 그 위험도가 낮으나, 기체상태 그대로 용기에 저장하면 누설의 위험성이 있다. 많은 양의 삼중수소를 저장하려면 금속 tritide 형태로 저장하는 것이 안정하다.

금속 tritide 형태로 삼중수소를 저장하는 금속 물질들의 삼중수소 저장특성은 대체적으로 잘 알려져 있으며, 현재 원자력 선진국에서는 ITER, 삼중수소산업, 삼중수소 취급시설 등 여러 가지 형태의 용도에 따라 다양한 형태의 저장용기를 사용하고 있다.

본 연구에서는 삼중수소 저장용기의 개발을 위하여 설계 제작된 시험용 10,000 Ci 저장용기의 수소저장특성을 알아보았다.

2. 본론

2.1 실험재료 및 장치

설계 제작된 10,000 Ci 삼중수소 저장용기는 Fig. 1과 같이 제작되었다. 저장용기는 316L 스테인리스 스틸로 제작되었으며 상단에 수소의 유입과 회수를 위한 3/8" 튜브가 존재하며 이 튜브 끝에 7 μ m의 다공성 스테인리스 스틸 필터가 부착

되어 저장용기로 부터의 ZrCo tritide 입자의 유출을 막는다. 이 저장용기의 저장용기에 충전된 저장금속 물질인 ZrCo은 SAES Getters (Milano,Italy)사의 시료 25.5 g을 사용하여 10,000 Ci의 삼중수소를 저장한다. 이 실험에서는 삼중수소를 대신하여 99.99 % 고순도 수소가스를 사용하여 저장특성을 알아보았다.

실험 장치는 Fig. 2와 같이 시스템 내부계통의 진공은 Turbo Molecular pump(TMP)와 rotary pump를 이용하여 유지하며, TMP는 10^{-6} torr이하의 진공을 만들 수 있다. 저장용기에 thermocouple을 설치하여 온도 변화를 측정하였다. 압력변화는 MKS PR4000 Baratron gauge(1000 torr head, uncertainty ± 1 torr)로 측정하였다. 각 센서로부터 측정된 데이터는 Lab View를 통해서 수집하였다. 저장용기의 실험을 위해 10 l의 체적 탱크를 설치하였다. 실험 장치의 운전은 Paek 등[2]에 기술한 바와 유사하다.

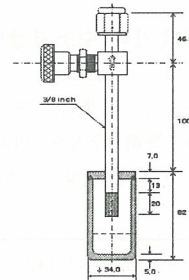


Fig. 1. Diagram of a 10,000 Ci tritium storage vessel.

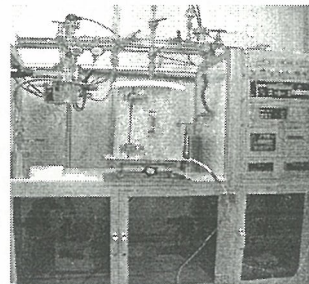


Fig. 2. Experimental apparatus

2.2 ZrCo의 활성화

저장용기를 상온에서 rotary pump와 TMP를 이용하여 압력이 10^{-6} torr이하인 진공상태로 만든다. ZrCo에 포함되어 있는 휘발성 불순물을 제거하기 위해 500°C로 저장용기를 가열한 후 5시간 동안 유지시켜 vacuum annealing을 수행한다. ZrCo와 수소와의 초기 흡장반응속도가 늦기 때문에 저장용기의 온도를 100°C로 맞춘 후 수소를 반응기로 주입한다. 수소가 시료에 모두 흡착이 될 때까지 온도를 유지한다. 주입된 수소가 시료에 모두 흡착되면 진공상태에서 반응기의 온도를 350°C로 올려 5시간동안 흡착된 수소를 탈착시킨다. Fig. 3는 100°C에서 시료에 수소를 흡착시킬 때의 압력변화를 나타내고 있다. 수소흡착은 70분 후에 완료되었다.

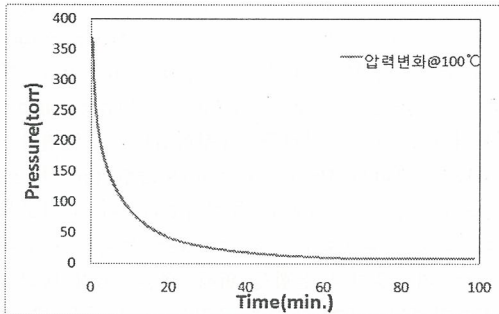
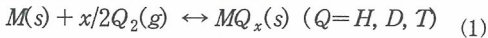


Fig. 3. The variation of the hydrogen pressure during the activation of ZrCo

2.3 삼중수소 저장용기의 수소저장반응

금속 수소화(Metal hydride)는 수소동위원소(hydrogen isotopes)를 저장하는데 있어서 가장 일반적인 방법이다. 특히 금속이 미세입자로 되어 있을 때 수소와의 반응이 가장 잘 일어난다. 금속 수소화반응은



과 같은 반응식을 따르며 이 반응은 발열반응이고 상온에서 자발적으로 일어난다. ZrCo와 H의 흡장비가 1:3이 되도록 이상기체상태방정식 PVT 법에 의해 ZrCo와 반응할 수소량을 결정하였다.

약 370 Torr의 수소를 상온에서 ZrCo와 반응을 시켰다. Fig. 4에 저장용기 내부의 압력변화를 나타내었다. 흡장이 완료되면 Fig. 5와 같은 온도 조건으로 흡장된 수소를 탈장시킨다. Fig. 5에서 50분 후에 수소흡장이 완료되는 것을 볼 수 있으며 10회의 흡탈장 과정이 반복되었을 때 저장능력의 저하됨이 보이지 않았고 최종 저장용기에

흡장된 수소의 양은 H/ZrCo=2.97이 되었다.

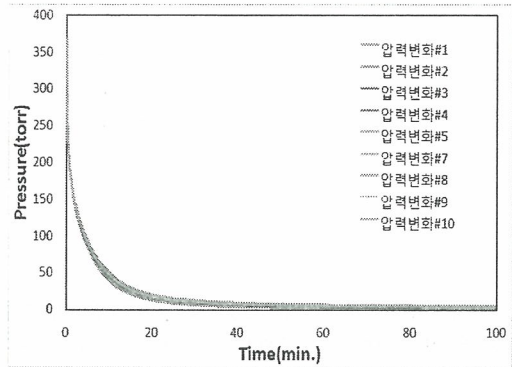


Fig. 4. rate variation according to the cycle of absorption and decomposition of the hydride

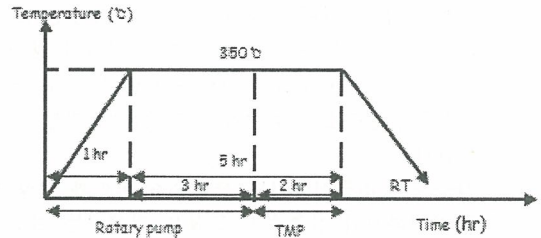


Fig. 5. the process of desorption of the hydrogen

3. 결론

삼중수소 저장용기의 개발을 위해 설계, 제작된 실험용 10,000 Ci 저장용기에는 25.5g의 ZrCo가 충전되었다. 매회 10,000 Ci의 삼중수소에 해당하는 수소를 ZrCo에 흡탈장시키는 실험을 10회 수행하였다. 10회 흡탈장 반응의 결과 수소의 양은 H/ZrCo=2.97임을 보였으며 흡탈장이 반복됨에 따른 수소저장능력의 저하가 보이지 않았다. 이 결과로 실험용 저장용기는 약 10,000 Ci의 삼중수소를 저장할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

[1] Ahn, D. H., Paek S., Lee, H. and Chyng H., "Tritium Activativites in Korea", Fusion Sci. Tech, 41(3), 329-333(2002)
 [2] Paek, S., Ahn, D. H., Kim, K. R. and Chung, H., "Properties of Titanium Sponge Bed for Tritium Storage", Fusion Sci. Tech., 41(3), 788-792(200)