

판형 Bed $ZrCoH_x(x=1.5, 2.0, 2.5)$ 의 삼중수소 붕괴열 시뮬레이션 히터 열량측정

구대서, 정동유, 정도연, 정홍석

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

ndskoo@kaeri.re.kr

1. 서론

삼중수소는 중수로형 원전 방사성폐기물이며 한편으로는 핵융합반응의 소중한 연료물질이다. 핵융합반응에 사용되는 삼중수소 저장·공급용기는 흡탈장 기능이 필요하다[1]. 삼중수소 저장·공급용기에 사용하는 수소 동위원소 충전량을 정확하게 계량하기 위하여 삼중수소 붕괴열(0.324W/1g-tritium)을 위한 시뮬레이션 히터를 사용하여 삼중수소 저장·공급용기내 열량측정 실험을 수행하게 된다[2-3].

본 연구는 수소동위원소 수소화화학량 $x(x=1.5, 2.0, 2.5)$ 에 따른 판형 $ZrCo$ 저장·공급용기에 $ZrCoH_x(x=1.5, 2.0, 2.5)$ 흡착하였다. 그 흡착에 대한 삼중수소 37.5g, 50g 및 62.5g의 붕괴열 12.2W, 16.2W 및 20.3W 을 3개 카트리지 히터(시뮬레이션 히터, 8W/30V)를 사용하여 판형 $ZrCo$ 저장·공급용기내 모의 열량을 측정하였다. 각 수소 화학량 $x(x=1.5, 2.0, 2.5)$ 에 따른 열량측정 정확도 및 정상상태를 분석하였다.

2. 본론

2.1 실험 및 측정

Fig. 1은 $ZrCo$ 베드 수소흡·탈장 개략도를 나타낸 것이다. 실험장치는 $ZrCo$ 1:1베드 수소 저장·공급 시스템 및 인베드 헬륨열량 측정시스템으로 구성되어 있다. 측정방법은 $ZrCoH_x(x=1.5, 2.0, 2.5)$ 로 각각 흡착한 후 카트리지 히터를 각각 12.2W, 16.2W 및 20.3W로 가열한다. $ZrCo$ hydride(TC5) 온도가 정상상태에 도달하면 MB-602펌프를 켜고 MFC 13 slpm으로 헬륨가스 순환시킨다. 헬륨유출구 및 유입구 온도가 정상상태에 도달하면 ΔT_1 을 측정하고 카트리지 히터를 끄고 $ZrCo$ hydride 온도를 10°C 이상 떨어뜨린 후 다시 카트리지 히터를 가열하여 $ZrCo$ hydride 온도, 헬륨유출 및 유입구 온도가 정상상태에 도달

할 때 ΔT_2 를 측정한다. 같은 방법으로 ΔT_3 를 측정하여 ΔT 및 실내온도 평균 및 표준편차를 구하였다.

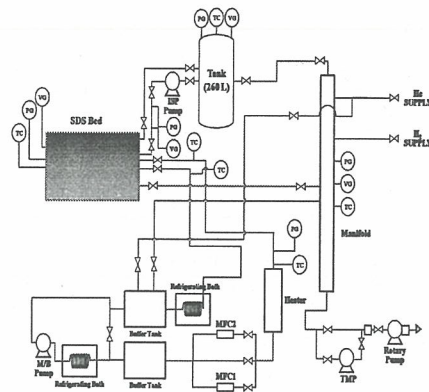


Fig. 1. A schematic diagram of experimental apparatus.

2.2 결과분석 및 논의

Fig. 2는 $ZrCoH_{1.5}$ 에 대한 삼중수소 37.5g 붕괴열 12.2W 모의 열량 3회 측정결과를 나타낸 것이다. ΔT 정상상태 및 $ZrCo$ hydride 정상상태 온도는 각각 28, 68°C였다. ΔT 정상상태 및 $ZrCo$ hydride 정상상태는 비슷한 경향을 나타내었다. 실내온도는 28°C 유지하였으며 헬륨순환가스 압력은 66~67kPa였다.

Fig. 3는 $ZrCoH_{2.5}$ 에 대한 삼중수소 62.5g 붕괴열 20.3W 모의 열량측정 결과를 나타낸 것이다. 정상상태 ΔT 는 41°C였다. ΔT 정상상태 도달시간은 약 53시간였다. SDS(storage and delivery system)의 삼중수소 충전량을 정확하게 계량하여 국제핵융합실험로(ITER)의 프라즈마 운전하려면 ΔT 정상상태 도달시간을 24시간 내로 단축하여야 한다. 본 예비실험 결과를 바탕으로 삼중수소 SDS용기, 히터 및 열전대 설계를 최적화하여 ITER 요건을 갖출 계획이다.

Table 1은 $ZrCoH_x(x=1.5, 2.0, 2.5)$ 의 각 삼중수소 37.5g, 50g 및 62.5g 붕괴열 12.2W, 16.2W 및

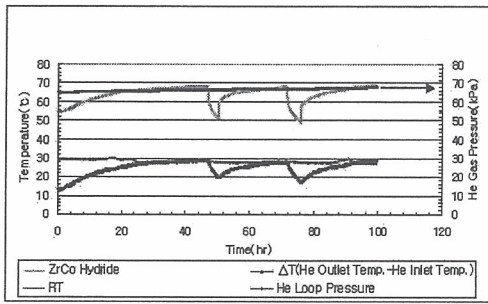


Fig. 2. He temperature increase due to ZrCoH_{1.5}

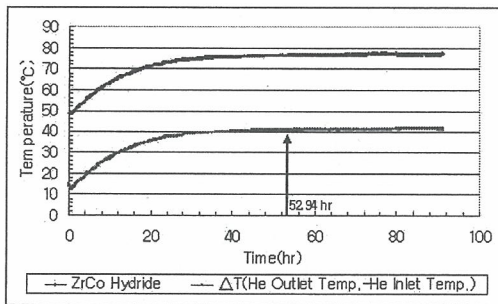


Fig. 3. He temperature increase due to ZrCoH_{2.5}

20.3W 모의 열량측정 결과를 나타낸 것이다. ΔT 및 실내온도 편차는 약 ±0.1°C 이내였다.

Table 1. Results of simulation calorimetry measurements.

ZrCoH _x	x=1.5	x=2.0	x=2.5
ΔT Mean(°C)	28.1±0.7	37.9±0.2	41.1±0.4
Room Temp.(°C)	27.7±1.0	27.7±0.8	27.5±0.4

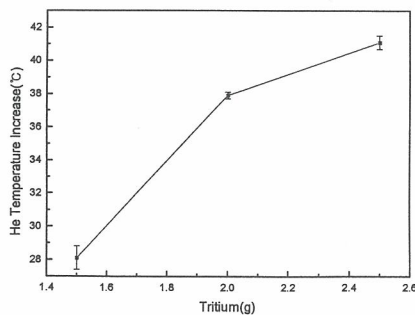


Fig. 4. Accuracy of He temperature increase due to ZrCoH_x(x=1.5,2.0,2.5)

Fig. 4는 ZrCoH_x(x=1.5, 2.0, 2.5)의 각 삼중수소 37.5g, 50g 및 62.5g 붕괴열 12.2W, 16.2W 및 20.3W에 따른 ΔT 온도편차를 나타낸 것이다. 수소화확량 x(x=1.5, 2.0, 2.5)증가에 따라 ΔT는 28~41°C로 증가하였으며 ΔT 온도편차는 약 ±0.1°C 이내였다.

3. 결론

전형 ZrCo 저장공급용기의 ZrCoH_x(x=1.5, 2.0, 2.5)흡장에 따른 삼중수소 37.5g, 50g 및 62.5g의 붕괴열 12.2W, 16.2W 및 20.3W의 모의 열량을 측정하고 정상상태를 분석 하였다. ΔT 및 실내온도 편차는 약 ±0.1°C 이내였다. 본 예비실험의 ΔT 정상상태 도달시간은 약 53시간였다. SDS (storage and delivery system)의 삼중수소 충전량을 정확하게 계량하여 국제핵융합실험로(ITER)의 플라즈마 운전하려면 ΔT 정상상태 도달시간을 24시간 내로 단축하여야 할 것이다.

4. 감사의 글

본 논문은 교육과학기술부의 국제핵융합실험로(ITER) 공동개발사업 지원으로 작성되었음.

5. 참고문헌

- [1] Myunghwa Shim et al., "Experimental Study on the Delivery Rate and Recovery Rate of ZrCo Hydride for ITER Application", Fusion Science and Technology, Vol. 54, pp. 27-30, July 2008.
- [2] Takumi Hayashi, et al., "Tritium Inventory Measurement by "In-Bed" Gas Flowing Calorimetry", Fusion Technology, V. 30, pp. 931-935, 1996.
- [3] Takumi Hayashi, et al., "Long Term Tritium Accountability Demonstration of ZrCo Storage Bed by "In-Bed" Gas Flowing Calorimetry", Fusion Technology, V. 34, pp. 510-514, 1998.