

## 삼중수소 SDS 베드 붕괴열에 따른 헬륨루프 온도예측

구대서, 정동유, 이정민, 정홍석

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

[ndskoo@kaeri.re.kr](mailto:ndskoo@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

삼중수소는 핵융합반응에 사용되는 연료이며 중수로형 원자력 발전소의 방사성폐기물이다. 삼중수소 SDS(storage and delivery system) 베드 시스템[1-4] 삼중수소는 방사성 물질이라서 재고량을 정확하게 계량하는 것이 필요하다. 이와 관련하여 삼중수소 붕괴열에 의한 온도변화를 측정하여 삼중수소 재고량을 정확하게 계량하는 연구가 필요하다[5-7].

따라서 본 연구에서는 삼중수소 SDS 베드 시스템에서 발생한 삼중수소 붕괴열에 따른 베드 내 헬륨루프 순환 헬륨 온도변화를 예측하고자 한다. 그 결과는 차기 삼중수소 SDS 베드 설계 및 베드 내 삼중수소 재고량 계량하여 물질수지를 관리하는데 활용하게 될 것이다.

### 2. 본론

#### 2.1 삼중수소 SDS 베드 시스템

Fig. 1은 삼중수소 SDS 베드 및 인베드 시스템이다. 이 시스템은 수소저장·공급용기, 수소저장 측정탱크, 베드 온도 컨트롤 패널, 온도·압력 디스플레이 패널, 수소 및 헬륨가스 공급·배기배관, 베드 내 헬륨루프 시스템 및 진공펌프, MBP(metal bellows pump)로 구성된다.

삼중수소 붕괴열용 베드 내 카트리지 히터 사용하여 삼중수소량 붕괴열에 따른 베드 내 헬륨루프 간 온도를 예측하고자 한다.

#### 2.2 SDS 베드 내 삼중수소 계량

삼중수소 붕괴열과 헬륨루프 내 일정한 유량으로 순환하는 헬륨 정압비열 4.968 cal/mol·K (1atm, 25℃)과 헬륨비중 0.1785 g/리터를 사용하여 헬륨루프 간 온도를 계산하였다.

#### 2.3 SDS 베드 내 헬륨루프 온도예측

##### 2.3.1. SDS 베드 조건

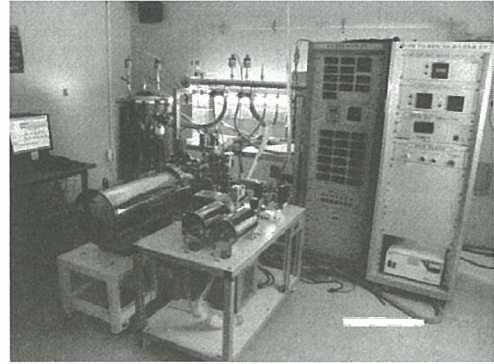


Fig. 1. Tritium SDS bed & in-bed system.

SDS 베드 내 헬륨루프 간 온도변화를 예측하기 위하여 베드 조건은 헬륨루프 헬륨유량 15리터/분, 베드 내 열 손실 40%로 가정하여 헬륨루프 유출관 온도와 유입관 온도차를 예측하였다. 삼중수소 붕괴열은 삼중수소 10g, 20g, 30g, 40g 및 50g에 따른 SDS 베드 헬륨루프 간 온도변화를 계산하고, 삼중수소량과 헬륨루프 온도 간 삼중수소량 표준편차를 구하였다.

##### 2.3.2. 예측결과

Table 1과 같이 삼중수소 10g일 때 SDS 베드 헬륨루프 간 온도는 약 8℃에서 삼중수소 50g일 때 약 42℃로 증가 하였다. 일정한 삼중수소 붕괴열에서 유체 헬륨가스를 일정한 유량으로 순환시킬 경우, 헬륨루프 간 온도는 삼중수소량에 대하여 선형적으로 증가하였으며 삼중수소량 표준편차는  $2.73 \times 10^{-7}$ 이었다.

Fig. 2는 삼중수소량에 따른 SDS 베드 헬륨루프 간 온도를 나타낸 것이다. SDS베드가 삼중수소를 많이 흡장하면 SDS베드 내 헬륨루프 간 온도가 선형적으로 증가함을 알 수 있다. 따라서 SDS베드 헬륨루프 간 온도를 알면 SDS베드 내 삼중수소 재고량을 계량할 수 있음을 알 수 있으며, SDS 베드 내 삼중수소 재고 물질수지 관리가 가능할 것으로 생각된다.

Table 1. Temperature increase due to tritium storage.

Tritium(g)	$\Delta T(^{\circ}C)$			SD'
xi	yi			$\alpha'$
10	8.35	m	0.8351	
20	16.70			
30	25.05	r	1	
40	33.40			
50	41.76			2.73E-07

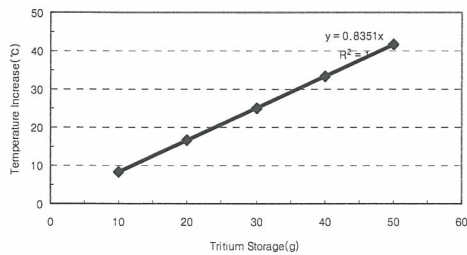


Fig. 2. Temperature vs tritium amount.

### 3. 결론

삼중수소 SDS 베드 붕괴열에 따른 헬륨루프 온도예측 연구로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

3.1 차기 성능이 양호한 삼중수소 SDS 베드 설계 하고 베드내 삼중수소 재고량을 계량하기 위하여 삼중수소 붕괴열에 따른 베드 내 헬륨루프 순환 헬륨 온도변화를 예측하였다.

3.2 삼중수소 SDS 베드 내 헬륨루프 헬륨유량 15 리터/분, 베드 내 열 손실 40%로 가정하고 삼중수소 붕괴열 10~50g에 따른 삼중수소 SDS 베드 내 헬륨루프 간 온도는 8~42°C 정도이었으며, 삼중 수소량 표준편차는  $2.73 \times 10^{-7}$  정도였다.

3.3 SDS 베드가 삼중수소를 많이 흡장하면 SDS 베드 내 헬륨루프 간 온도가 선형적으로 증가하였으며, SDS 베드 헬륨루프 간 온도를 알면 SDS 베드 내 삼중수소 재고량을 계량하여 SDS 베드 내 삼중수소 재고 물질수지 관리가 가능할 것으로 생각된다.

### 4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 지식경제부의 국제핵융합실험로 공동개발사업으로 수행되었습니다. (NRF 2012-0000276)

### 5. 참고문헌

- [1] M. Shim, et al., "Hydriding/dehydriding characteristics on fast heat transfer response ZrCo bed for ITER", Fusion Engineering and Design 84, pp. 1763-1766, 2009.
- [2] M. Shim, et al., "Heat analysis on the initial reference design of ZrCo hydride beds for iter", Fusion Engineering and Design 83, pp. 1433-1437, 2008.
- [3] H. Chung, et. al., "Korea's progress on the iter tritium systems", Fusion Engineering and Design 84, pp. 599-603, 2009.
- [4] S Cho, et al., "ITER storage and delivery system R & D in Korea", IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 38, No. 3 pp. 425-433, 2010.
- [5] T. Hayashi, et al., "Tritium inventory measurements by 'in-bed' gas flowing calorimetry", Fusion Technology, Vol. 30, pp. 931-936, 1996.
- [6] T. Hayashi, et al., "Tritium accounting stability of a ZrCo bed with 'in-bed' gas flowing calorimetry", Fusion Science and Technology, Vol. 48, pp. 317-323, 2005.
- [7] J. M. Miller, et. al., "Operating experience with tritium accounting and analysis systems in our tritium-handling facilities", Fusion Technology, Vol. 28, pp. 1050-1054, 1995.