

PRIDE Ar Cell 기밀 성능 시험

장영국*, 노선호, 강희석, 이원경, 송대용, 조일제
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
*jangyk@kaeri.re.kr

1. 서론

한국원자력연구원에는 파이로 기술개발을 위한 공학 규모 파이로 일관 공정 시험 시설 (PRIDE : PyRoprocessing Integrated inactive DEmonstration facility) 이 있다. PRIDE는 감손우라늄을 또는 사용 후핵연료 대용물질(surrogate)을 사용하여 공학규모 파이로일관공정 시험을 할 수 있는 시설이다.

PRIDE는 아르곤 셀에서 수행하는 전해환원, 전해정련, 전해제련 공정 등은 공정의 특성으로 인하여 일정불순물농도 이하의 불활성(아르곤)분위기가 유지되어야 하며 이 조건에 부합시키기 위해 밀폐된 셀 안에 고순도의 아르곤가스를 채워서 아르곤 셀의 불순물 농도산소와 수분 각 50 ppm이하로 유지되도록 관리하고 있다.

본 논문에서는 PRIDE시설의 2014년 구축 후 정상가동한지 2년이 지난 시점에서 처음으로 실시한 아르곤 셀의 기밀성능 시험에 대한 내용을 기술한다.

2. 본론

2.1 Ar cell 기밀 성능 시험 시 고려사항

현재 한국원자력연구원내 PRIDE에서는 국내 최대의 규모(L40*W4.8*H6.4)의 불활성(Ar)분위기 셀을 운영 중이다. 운영 중인 셀에 대해 완벽한 항온 항습의 조건 등 모든 조건을 일정하게 만들고 실험을 하면 더욱 정확한 실험이 될 수 있으나 현실적으로 완벽한 조건을 유지할 수 없다. 이번 아르곤 셀의 기밀성능 시험에서는 아르곤 셀에 일정한 압력을 유지하는 조건으로 산소·수분의 계측기를 통해 오염도의 변화를 측정해 기밀성능을 실험 한다. 이번 논문의 결과 또한 정확한 값이 아닌 근사치의 값으로 현재 운영 중인 아르곤 셀의 기밀성능을 알아보고 향후 아르곤 셀의 운영에 참고 자료의 생산에 의의가 있다.

2.2 Ar cell 기밀 성능 시험 내용

2.2.1 아르곤 셀 기밀성능 시험 방법

1) Fig. 1에 보이는 Ar cell의 내부와 외부를 연결하는 모든 연결 부분의 닫힘 상태를 확인함.(아르곤(Return, 공급라인, 물질이동통로 (LTL, STL, Gravity tube), feed-through) 단, 셀 내 산소 및 수분의 변화를 측정 할 수 있는 계측기 2대를 가동한다.

2) Vent fan을 이용해 Ar cell의 압력을 부압 조건으로 조성함.(-40 mmAq)

3) 부압조건으로 일주일간 아르곤 셀 내의 산소·수분 농도의 변화추이를 관찰 및 기록한다.

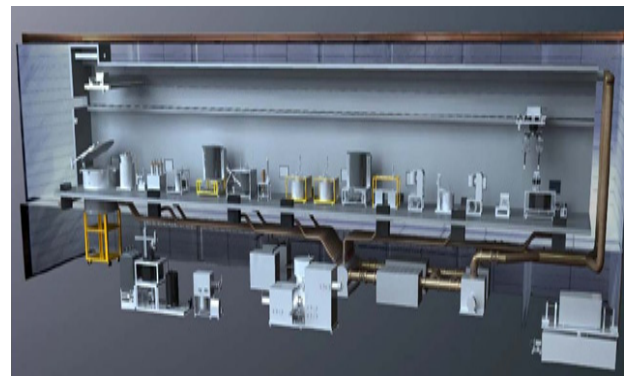


Fig. 1. Schematic diagram of Ar cell.

2.2.2 아르곤 셀의 오염도 변화

아르곤 셀의 압력을 부압을 유지한 상태에서 시험 전후에 측정된 산소, 수분 값의 변화는 Fig. 2의 그래프에서 보이듯이 산소 : 85 ppm (192→277), 수분 : 1 ppm(17→18) 의 변화가 있음을 확인할 수 있었다.

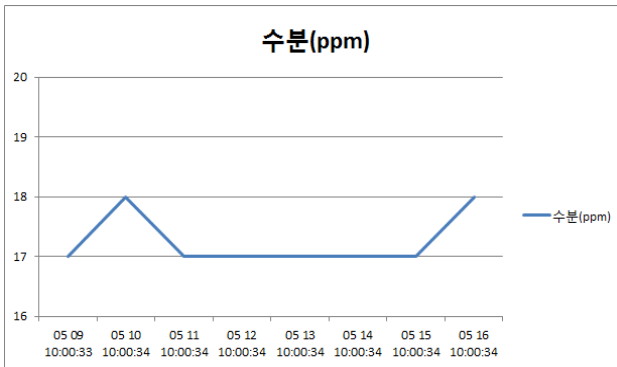
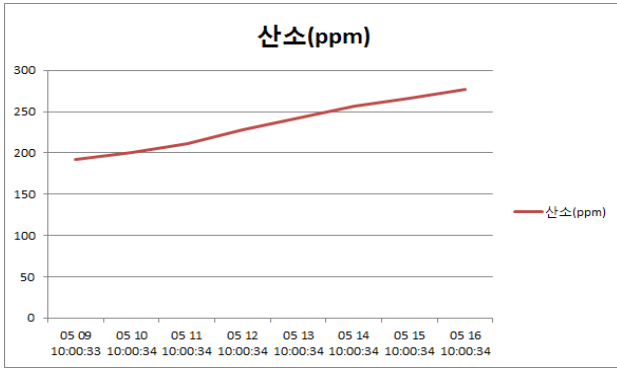


Fig. 2. Changed curve diagram of Oxygen and moisture.

3. 결론

3.1 아르곤 셀의 설계기준

$$0.02 \text{ V\%/day} = 0.02 \times 0.01 \times 1200 \text{ m}^3 = 0.24 \text{ m}^3/\text{day} \quad (1)$$

3.2 기밀 성능 시험 결과 계산 (Leakage rate)

PRIDE시설의 Ar cell 기밀 성능 시험 결과 시험기간 내 산소계측기를 통한 산소오염도의 증가수치는 총 85 ppm이 상승한 것을 확인했으며, 수분의 오염도 변화는 미미함을 확인했다. (산소오염도의 경우 1일(24 시간) 기준 약 12 ppm이 상승)

The Leak Volume 방정식 $C_1 V_1 = C_2 V_2$ 이용해 Ar cell leakage rate를 계산하면,

$$C_1 = 200,000 \text{ ppm}, C_2 = 12 \text{ ppm} \quad (2)$$

$$V_1 = \text{leakage volume}, V_2 = \text{Ar Cell Volume}(1200 \text{ m}^3)$$

$$200,000 \text{ ppm} \times V_1 = 12 \text{ ppm} \times 1200 \text{ m}^3 \quad (3)$$

$$V_1 = 0.072 \text{ m}^3/\text{day}$$

3.3 결과

한국원자력연구원내에서 현재 운영 중인 아르곤 셀의 기밀성능시험을 해본 결과 설계기준치 대비 30% 정도의 우수한 기밀 성능으로 운영되고 있음을 확인했다. 물론 완벽한 조건의 기밀성능 시험은 아니지만 주기적인 아르곤 셀의 기밀성능 시험을 실시해 아르곤 셀에 대한 일정농도 이하의 불순물 농도분위기를 유지할 수 있는 예측가능성을 발견했으며 아울러 Argon cell에서 실험을 수행하는 전해환원, 전해정련, 전해제련 공정의 실험에 원하는 양질의 기본 환경을 제공해 줄 수 있는 자료로 유용하게 활용될 것이다.

4. 참고문헌

- [1] GUIDELINE FOR GLOVEBOXES THIRD EDITION AGS-G001, February 2007, AMERICAN GLOVEBOX SOCIETY STANDARD DEVELOPMENT COMMITTEE pp.75-78.