

# 아르곤셀 정제계통 설계

## Design of Purification system for Argon Cell

\*#홍동희<sup>1</sup>, 조일제<sup>2</sup>, 유길성<sup>3</sup>, 정원명<sup>4</sup>, 이은표<sup>5</sup>, 이원경<sup>6</sup>, 구정희<sup>7</sup>

\*#D. H. Hong(ndhhong@kaeri.re.kr)<sup>1</sup>, I. J. Cho<sup>2</sup>, K. S. Yoo<sup>3</sup>, W. M. Chung<sup>4</sup>, Y. P. Lee<sup>5</sup>, W. K. Lee<sup>6</sup>, J. H. Koo<sup>7</sup>  
 1,2,3,4,5,6,7 한국원자력연구원

Key words : Argon Purification, Argon Cell, Recirculation Purifiers, oxygen and moisture, design condition

### 1. 서론

파이로 종합시험 시설의 아르곤셀에서 수행하는 전해환원 공정, 전해정련공정, 전해제련 공정 등은 공정의 특성으로 인하여 불활성(아르곤) 분위기를 유지하여야 하며, 오염 물질의 외부 확산을 방지하기 위하여 셀은 항상 일정한 부압을 유지하여야 한다. 일정한 부압을 유지하고 있는 아르곤 셀에 여러 가지 요인으로 인하여 외부의 공기가 유입 될 경우에 셀 내부의 아르곤가스는 순도가 떨어지게 된다.

공정에 요구되는 아르곤가스 오염도 관리는 아르곤가스를 지속적으로 공급하고 배출구를 통하여 배출하면서 관리 할 수도 있다. 이렇게 할 경우 아르곤가스 소모에 따른 비용이 과다 할 뿐만 아니라 방사성 물질이 외부에 누출 되는 문제점이 발생 할 수도 있다.

따라서, 아르곤가스의 경제적인 활용과 방사성물질의 효율적인 관리 측면에서 고려 할 수 있는 방안이 아르곤가스를 순환하고 정제하여 재 사용하는 방식이다.

본 연구에서는 아르곤가스를 효율적이고 경제적으로 관리하기 위하여, 아르곤가스를 순환하고 정제하여 셀의 오염도를 일정하게 유지하는 정제 시스템의 설계에 대하여 설계요건, 정제장치, 시스템의 구성 등을 기술 하였다.

### 2. 아르곤셀의 제원 및 설계요건

본 과제에서 설계하는 아르곤셀은 체적이 약 1200m<sup>3</sup>(가로 40.3 m, 세로 4.8m, 높이 6.4m)이며, 운전시의 셀내부의 압력은 -10 ~ -200 mmAq, 셀 구조물의 설계압력은 +75 ~ -305 mmAq, 셀 내부 온도는 25 ~ 40 °C이다.

정제시스템 설계를 위하여 고려 할 요건은 아르곤셀에 아르곤가스를 최초로 Purging 할 때에 정화 장치를 가동하여 2일 이내에 셀 내부 아르곤가스 순도(Impurity level)가 산소 15 ppm, 수분 40 ppm이하로 유지되어야 하며, 공정 운전을 위한 아르곤가스 순도(Impurity level)는 산소 15 ppm, 수분 40 ppm 이하로 유지 되어야 한다.

### 3. 정제장치

아르곤가스의 정제 및 순환을 위한 정제장치의 원리는 흡착과 촉매반응을 이용하고 있다. 아르곤 셀 내에 존재하는 O<sub>2</sub> 불순물은 Pd-촉매탑 안에서 유량이 조절되어 공급되는 H<sub>2</sub>와 반응하여 H<sub>2</sub>O로 변환되며 이는 흡착Tower에서 제거된다. Dual로 구성된 흡착 Tower는 정제(Purify)와 재생(Regeneration)을 반복하면서 지속적으로 고순도 아르곤가스를 공급한다. 정제된 Ar Gas는 내부로 순환하여 사용되며, 반복 및 교체주기는 PLC로 프로그램 되어져 장

치 상부에 부착되어 있다.

장치는 정제용 Towers, Pneumatic Valves, Manual Valves, Sensor 와 Control Part로 Fig 1와 같이 구성되며, PLC(Programmable Logic Controller)에 의해 전 자동 으로 동작한다.

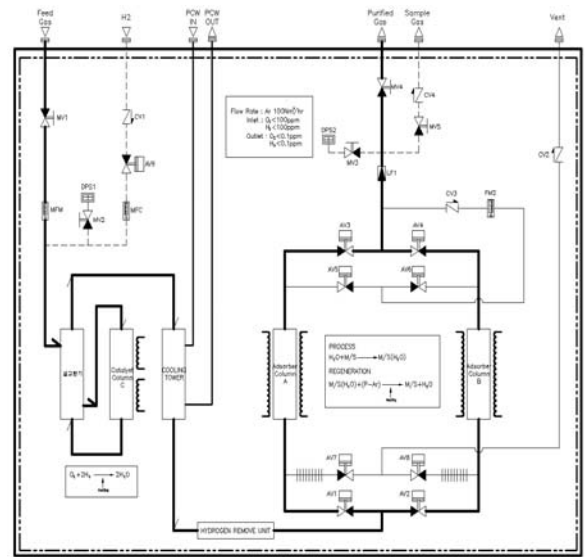


Fig 1. Purification Mechanism

### 4. 정제시스템 구성

아르곤셀에 초기 충전시에는 아르곤저장 탱크에서 고순도 아르곤을 지속적으로 공급하여 잔류 불순물 (Air+Moisture)이 200ppm 정도에서 제염계수 (Decontamination Factor)가 99 % 인 정화기를 사용했을 때 2일 이내에 산소 및 수분 55 ppm 으로 저감시킬 수 있다.

가. 정제 소요시간

$$\frac{dc}{dt} = -\frac{0.99 \times Q}{V_R} \times C, \quad \frac{dc}{c} = -\frac{0.99 \times Q}{V_R} \times dt$$

$$C = C_0 \times e^{-\frac{0.99 \times Q}{V_R} \times t}, \quad Q = -\frac{V_R}{0.99t} \times \ln \frac{C}{C_0}$$

$$t = -\frac{V_R}{0.99 \times Q} \times \ln \frac{C}{C_0} \text{-----식(1)}$$

여기서, Q = 정화유량

V<sub>R</sub> = Ar Cell의 체적(1,200 m<sup>3</sup>)

$C =$  정화후의 Ar Cell의 오염도(55 ppm)

$C_0 =$  초기 충전시 Ar Cell의 오염도(200 ppm)

$t =$  시간

위 수식에서 200m<sup>3</sup>/h의 정화기를 사용할 경우 정화 소요 시간 7시간 50분이 걸린다.

나. 정화유량에 따른 배관 크기는

$$Q = A \times V \text{에서 } Q = \frac{\pi \times d^2}{4} \times V \text{에서}$$

유효직경을 계산하면 65 mm(2-1/2 ") 이다.

다. 정상 운전시 정화시간

200m<sup>3</sup>/h의 유량의 정화기로 정상 운전시 오염도를 55 ppm에서 30 ppm(산소 10ppm, 수분 20ppm)으로 down시키는데 걸리는 시간을 식 (1)을 이용하여 계산해 보면

$$Q = -\frac{V_R}{0.99t} \times \ln \frac{C}{C_0} \text{에서}$$

$$t = -\frac{V_R}{0.99 \times Q} \times \ln \frac{C}{C_0} \text{-----식(2)}$$

식(2)를 계산하면 약 4시간 걸린다.

라. 배관 두께

$$t = \frac{P \cdot D_0}{2(S \cdot E + P \cdot Y)} \text{-----식(3)}$$

$P$ : 내부 설계압력

$D_0$ : 배관의 바깥지름 76.3mm

$S$ : 배관 재질의 허용응력 115,142.4kPa

$Y$ : 보정계수 0.4

$E$ : 용접이음계수 1

식 (3)을 계산하면 배관의 두께는 0.3 mm(sch 5s)이다.

마. 정제시스템의 구성

Ar 가스 순환/정제 시스템은 설계요건 및 정제 장치의 효율적인 운영방안 등을 고려하여 Fig 2와 같이 Ar 가스 순환 fan, 냉각기, 정제설비(200 m<sup>3</sup>/hr), 산소 및 수분측정기 등으로 구성 하였다.

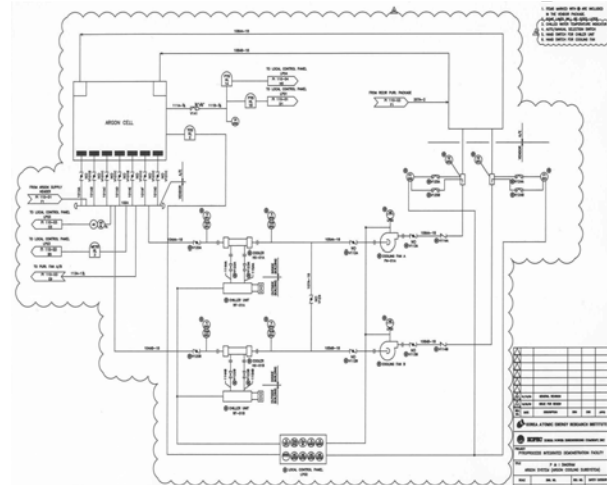


Fig 2. Purification system P&ID

### 5. 결론

본 과제에서 수행하는 아르곤셀 정제계통은 냉각을 위한 냉각시스템과 연계하여 설계하는 국내 최초의 불활성 분위기 셀이다. 경제적이고 효율적인 시설의 설계를 위하여 국내, 외의 유사시설조사하여 확보한 자료를 사전에 분석하여 우리의 공정에 적합한 설계 요건을 설정하여 설계를 수행 하였다. 향후 시설을 구축하여 시운전을 완료 한 후에, 추가적인 연구가 수행되면 불활성 분위기에서 수행하는 공정 시스템에 유용하게 활용될 것으로 예상된다.

### 후기

본 연구는 과학기술부에서 지원하는 원자력연구개발 중.장기 기금으로 수행되었음

### 참고문헌

1. ANL-7959 Hot Fuel Examination Facility/North Facility Safety Report, February 1975, Argonne National Laboratory
2. The EBR-II Fuel Cycle Story, Charles E. Stevenson, American Nuclear Society