

아르곤셀 아르곤 공급시스템 설계방안

홍동희, 조일제, 유길성, 정원명, 이은표, 이원경, 구정희
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150
 ndhhong@kaeri.re.kr

1. 서론

파이로 중합시험 시설의 아르곤셀에서 수행하는 전해환원 공정, 전해정련공정, 전해제련 공정 등은 공정의 특성으로 인하여 불활성(아르곤) 분위기를 유지하여야 하며, 오염 물질의 확산을 방지하기 위하여 셀은 항상 일정한 부압을 유지하여야 한다. 셀의 일정한 압력(부압)유지를 위하여 우선적으로 고려하여야 할 사항은 셀 내부에서 발생하는 열량을 제거하여 부피팽창에 의한 압력의 증가를 방지하여야 한다. 그러나 온도의 조절로 압력유지가 불가능 할 경우에 압력이 증가 할 때에는 아르곤을 배출하여 압력을 조절하고, 과도한 냉각 등으로 인하여 압력이 떨어지면 아르곤을 공급하여 압력을 조절하여야 한다.

본 연구에서는 일정한 압력유지를 위하여 압력이 증가하고 감소하는 원인을 분석하여 아르곤가스를 공급하고 배출하는 압력조절 시스템과 아르곤을 공급하고 저장하는 시스템의 설계 방안을 기술하였다.

2. 아르곤 공급계통 설계 요건

아르곤셀 아르곤 공급을 위한 셀의 체적은 약 1200m^3 (가로 40.3 m, 세로 4.8m, 높이 6.4m)이며, 아르곤셀의 운전압력은 $-10 \sim -200 \text{ mmAq}$, 셀 구조물의 설계압력은 $+75 \sim -305 \text{ mmAq}$, 셀 내부 온도는 $25 \sim 40 \text{ }^\circ\text{C}$ 이다.

아르곤은 액체 상태로 저장하며, 아르곤 탱크용량은 아르곤셀에 탱크로리의 도움 없이 아르곤으로 Purge시켜 셀 오염도를 200 ppm 이하로 유지시킬 수 있는 양을 기준으로 하는 것이 바람직하나, 고압가스 안전관리법상 관리 대상이 되지 아니하는 양으로 설정하였다.

공정장치로 공급되는 아르곤의 순도는 99.9999% 이상으로 하고, 공급시스템은 One through로 한다. 또한, 시스템 운전중에 아르곤셀의 공기 누수량(Leak Rate)은 셀 체적의 0.02 %/day로 하였다.

배관 내에서 아르곤가스의 유동속도 $V=10\text{m/s}$ 로 하였으며, 외부기온 및 대기압의 영향에 대해서는 온도는 셀의 냉각시스템에 의하여 조절되고, 대기압에 의하여 셀의 압력변화가 생길 경우에는 아르곤을 방출하거나 유입하여 셀의 압력을 조절하는 것으로 하였다.

3. 아르곤 저장 및 공급시스템 구성

아르곤셀에 아르곤가스를 원활하게 공급하기 위한 아르곤 저장 및 공급시스템은 초저온 아르곤 저장 탱크, 압력 조절시스템과 기화기 및 공급 기능에 필요한 배관 시스템으로 구성한다. 아르곤가스의 공급은 액체아르곤 저장 탱크에서 기화기를 경유하면서 기체화한 후에 각 소요 처에 공급하도록 하였다. 아르곤저장 탱크는 가능한 많은 양의 아르곤가스를 저장하여 공정운전을 효율적으로 수행 할 수 있게 하여야 한다. 아르곤 저장 및 공급시스템 구성을 위한 주요장치 및 제원은 아래와 같으며 시스템 계통도는 그림 2와 같다.

• 아르곤 공급탱크

액체아르곤 탱크용량은 아르곤셀의 분위기가 깨졌을 때 탱크로리의 도움 없이 아르곤으로 Purge시킬 수 있는 양과 고압가스 안전관리법 등을 고려하여 3톤으로 설정 하였으며, 탱크 재질은 Stainless Steel로 하고, 수직 원통형 용기로 설계도는 그림 1과 같다.

• 공급 유량

아르곤셀을 건설한 후에 아르곤가스를 초기에 충전 할 경우에는 아르곤의 비중을 고려하여 셀 하부에서 아르곤을 공급하고, 공기는 셀 상부로 배출하면서 아르곤가스를 충전 하여야 한다. 이때에는 아르곤가스의 유실을 최소화 하여야 하므로 충전 시간을 충분히 가지며 서서히 아르곤가스를 충전 하도록 하여야 한다. 셀 체적이 $1,200 \text{ m}^3$ 이므로 셀 전체적으로 1회 충전 소요 시간을 약 6시간으로 고려하면 초기 충전 유량은 $200\text{m}^3/h$ 가 된다. 이를 토대로 충전용 배관의 크기를 산출하여 보면

$$Q = A \times V \text{ 에서 } 200 \text{ m}^3/h = \pi d^2/4 \times 10 \text{ m/S} \text{ 이므로}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0.055}{\pi \times 10}} = 0.084m = 84mm, \quad t = \frac{P \cdot D_0}{2(S \cdot E + P \cdot Y)} = 0.876 \text{ mm 이므로}$$

배관 선정시 배관의 크기는 3 1/2", 두께는 Schedule 5S 로 선정하면 충분하다.

정상 운전시의 배관의 크기는 누수량(Leak Rate)은 셀 체적의 0.02 %/day를 적용 할 경우 누설에 의한 아르곤가스의 보충 공급유량이 아주 작으므로 배관 규격결정에 이 값을 적용 할 수 없다. 따라서 정상공급배관은 최소한의 규격으로 결정하여도 되므로 배관 규격을 3/4" Schedule 5S로 선정한다.

• 아르곤(Ar) 가스 공급설비

아르곤 공급설비는 주로 옥외에 설치하여야 하며, 기화장치를 포함하여 액체아르곤 저장 탱크, 압력 조절장치, 유량계 및 배관으로 구성되어있다.

기화기는 액체상태로 저장중인 아르곤을 기체 상태로 바꾸어 주며 Maximum Flow Rate 는 200 m³/h 이며, Design Pressure 15 kg/cm², Design Temperature -200 ~ 50 °C이다.

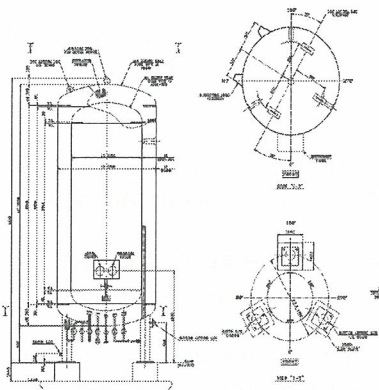


그림 1. 아르곤저장탱크 설계도

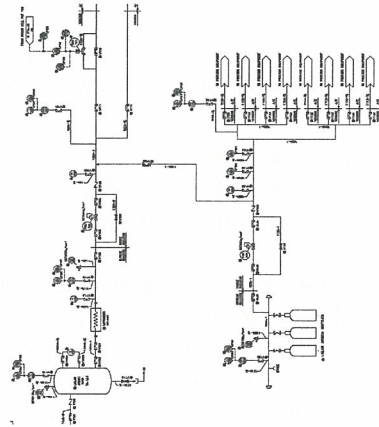


그림 2. 아르곤공급시스템 계통도

4. 결론

본 과제에서 수행하는 파이로 종합시험시설 아르곤 저장 및 공급계통은 아르곤셀의 냉각 및 정화시스템과 연계하여 설계/건설하는 국내 최초의 시설이다. 경제적이고 효율적인 시설의 설계를 위하여 국내, 외의 유사시설의 자료를 확보하여 사전에 분석하여 우리의 공정에 적합한 설계 요건을 설정하고 설계를 수행하여야 한다.

또한, 2009년도에 설계를 완료하여 시설을 구축한 후에 시운전 단계를 거쳐 추가적인 연구가 수행되면 향후 아르곤셀의 설계 및 불활성 분위기에서 수행하는 공정 시스템에 유용하게 활용될 것으로 예상된다.

5. 참고자료

- 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
- 3) Air Conditioning & Refrigeration Institute (ARI)