

## 아르곤셀 냉각계통 설계

홍동희, 조일제, 유길성, 정원명, 이은표, 이원경, 구정희  
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150  
[ndhhong@kaeri.re.kr](mailto:ndhhong@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

파이로 종합시험 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.

아르곤셀에서 압력이 변화하는 요인을 분석하면 셀 내부 온도 상승에 따른 변화, 외부기온의 상승에 의한 변화, 대기압의 변화에 따른 압력변화가 있으나, 외부 요인에 의한 영향은 크게 미치지 않는 것으로 분석 되었다. 셀의 일정한 압력(-) 유지를 위하여 우선적으로 고려하여야 할 사항은 셀 내부에서 발생하는 열량을 냉각하여 셀 내부 온도를 셀의 압력을 일정하게 유지하여야 하나, 온도 조절로 압력유지가 불가능 할 경우 압력이 떨어지면 아르곤가스를 공급하고, 압력이 증가 할 경우에는 방출하여야 한다.

또한, 셀 내부 온도의 급격한 상승은 셀에 설치된 설비물의 손상을 초래 할 수 있다. 본 연구에서는 셀의 일정한 온도(25~40 °C) 유지를 위하여 아르곤 셀의 열량을 계산하고, 발생 열량이 과도 할 경우 방출하여 아르곤가스를 순환 시키고 냉각하여 온도를 일정하게 유지하는 냉각 시스템의 설계에 대하여 기술 하였다.

### 2. 설계를 위한 요건분석

아르곤셀 냉각계통 설계를 위하여 아르곤셀에서 발생하는 열원을 산정하여 보면, 공정장치 사용에 의한 발생열량 60 kw(최대 사용 동력의 30%계상), 백열등에 의한 발생열량 5 kw, 아르곤가스 순환펌프에 발생 열량 10 kw로 냉각하여야 할 총 열량은 75 kw이다.

아르곤 냉각계통 설계를 위하여 고려한 설계 요건은 아르곤셀 내부의 온도는 항상 25 ~ 40°C를 유지 하고, 냉각장치를 설치하여야 하는 변환시설은 장소가 협소하고 공정의 특성을 고려하여 냉각방식은 공냉식으로 하였다. 냉각장치는 모듈식으로 설치하여 아르곤셀의 여러 공정장치 운전에 따른 발생열량을 적절히 제거하고 고장에 대비한 stand-by 기능도 할 수 있도록 하였으며, 배관 내에서 아르곤 가스의 유동속도는 V=10m/S로 설정하였다.

외부기온 및 대기압에 의한 영향을 분석하여 보면 외부 기온이 떨어질 경우에도 보온 및 이중벽 차폐 등에 의하여 셀 내부 온도는 크게 영향을 받지 않을 것으로 예상되나, 셀 내부에 압력변화가 생길 경우에는 아르곤을 방출하거나 유입하여 셀의 압력을 조절하여야한다. 이를 구체적으로 살펴보면 압력을 일정하게 유지하기 위한 온도상승에 따른 셀의 체적변화는 셀 내부 온도가 1° C 상승 할 때 마다 아르곤 셀의 부피는 약 3 m<sup>3</sup> 증가 한다.

### 3. 냉각시스템 구성 및 주요장치 사양

아르곤셀 냉각시스템은 냉각팬(용량은 6,000 m<sup>3</sup>/hr 2대), 냉각 열교환기(Cooler 40Kw 2대), 냉동기(Chiller Unit 40Kw 2대), 배관 및 관련 계측제어로 등으로 구성되며 시스템 구성을 위한 P&I는 그림 1과 같다.

냉각을 위한 냉각 유량(kg/s)을 계산하여 보면

$$H = \dot{m} \times c \times \Delta t, \quad \dot{m} = \frac{H}{c \Delta T} = \frac{80 \times 1000 \text{ j/s}}{521.6 \text{ j/kg}^\circ\text{C} \times 30^\circ\text{C}} = 5.11 \text{ kg/s}$$

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho_{Ar}} = \frac{5.11 \text{ kg/s}}{1.623 \text{ kg/m}^3} = 3.15 \text{ m}^3/\text{s} = 11,300 \text{ m}^3/\text{h} \approx 12000 \text{ m}^3/\text{h}$$

c: Argon 가스 27°C에서의 정압 비열 (521.6 j/kg °C)

Δt: 냉각기를 통한 온도 차 (40°C - 10°C = 30°C)

따라서, 냉각유량은 냉각장치 1대를 운전할 때에는  $6,000\text{m}^3/\text{h}$  이며, 두대 모듈을 운전할 경우에는  $12,000\text{m}^3/\text{h}$ 가 된다.

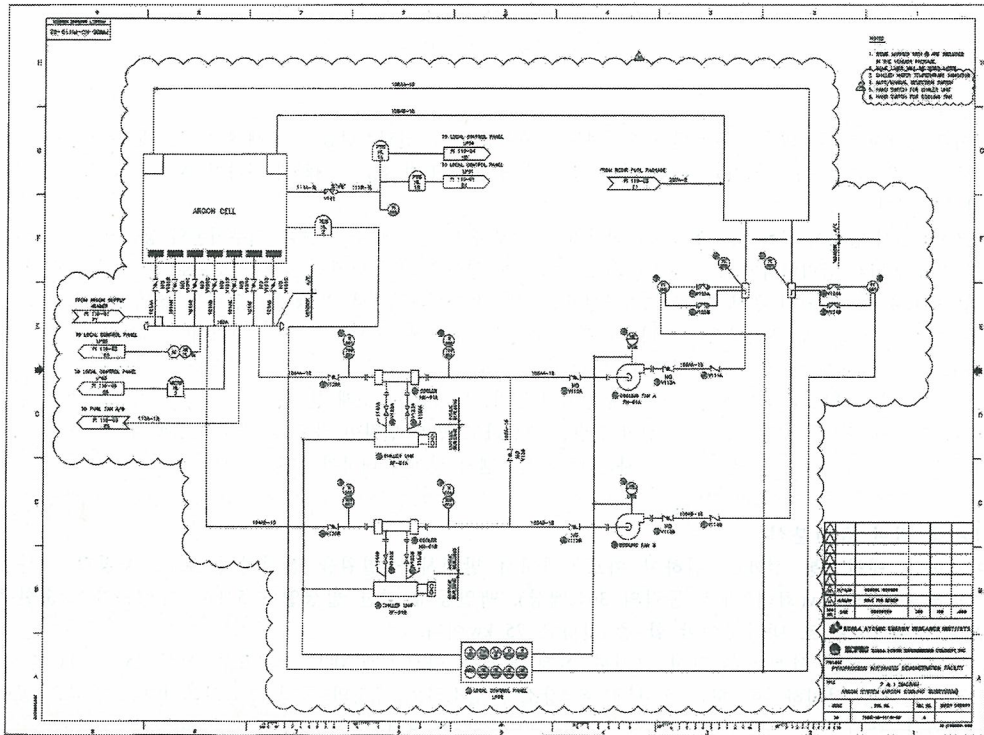


그림 1. 냉각시스템 P&I

#### 4. 결론

본 과제에서 수행하는 파이로 종합시험시설 냉각계통은 아르곤셀의 정화를 위한 정화시스템과 연계하여 설계하는 국내 최초의 시설이다. 경제적이고 효율적인 시설의 설계를 위하여 국내, 외의 유사시설의 및 장치 제작업체를 통하여 확보한 자료들을 사전에 분석하여 우리의 공정에 적합한 설계 요건을 설정하여 설계를 수행 하였다. 또한, 2009년도에 시설을 구축하여 시운전 단계를 거쳐, 추가적인 연구가 수행되면 향후 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)