

아르곤셀 냉각을 위한 순환팬의 설계방안

홍동희, 조일제, 유길성, 정원명, 이은표, 이원경, 구정희
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

ndhhong@kaeri.re.kr

1. 서론

파이로 종합시험 시설(PRIDE)의 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 분석하여 보면 셀 내부 온도 변화, 외부기온의 변화, 대기압의 변화가 있으나, 외부 요인에 의한 셀내부 압력변화는 크지 않은 것으로 분석되었다.

따라서, 셀의 일정한 부압(-) 유지를 위하여 우선적으로 고려하여야 할 사항은 셀 내부에서 발생하는 열량을 제거하여 셀 내부 온도를 일정하게 유지함으로써 셀의 압력을 일정하게 유지하여야 한다. 그러나 온도 조절만으로 셀의 압력을 일정하게 유지하는 것이 불가능 할 경우에는 압력이 떨어지면 아르곤가스를 공급하고, 압력이 증가할 경우에는 방출하여야 하는 문제가 발생한다.

본 연구에서는 아르곤셀의 운영에서 가장 중요한 셀의 일정한 온도(25~40 ℃) 유지를 위하여 아르곤셀에서 발생하는 열량이 과도 할 경우 방출하기 위하여 아르곤가스를 순환 시키고 냉각하는 냉각 시스템의 순환팬의 설계방안에 대하여 기술 하였다.

2. 본론

2.1 아르곤셀 냉각 및 순환을 위한 요건

아르곤셀의 냉각 및 순환팬의 설계를 위하여 제시된 요건은 냉각용량의 산정을 위하여 공정 운전중에 발생할 수 있는 열량을 80 kw로 산정하였다.

운전중에 아르곤셀 내부의 온도는 항상 25 ~ 40℃를 유지 하며, 냉각장치를 설치하여야 하는 장소가 협소하고 공정의 특성을 고려하여 냉각방식은 공냉식으로 하였다. 또한, 냉각장치는 2대를 설치하여운전하는 것으로 하였다.

2.2 아르곤셀 냉각 및 순환 시스템 구성

공정운전중에 과도하게 발생하는 열량을 제거하기 위한 냉각 및 순환시스템은 냉각팬, 냉각 열교환기(Cooler), 냉동기(Chiller Unit), 배관 및 관련 계측제어로 등으로 구성되며, 시스템의 구성을 위한 P&I는 Fig 1과 같으며, 아르곤셀의 냉각을 위하여 순환하여야 할 유량은 식(1)과 같다.

$$\dot{m} = \frac{H}{C\Delta T} = \frac{80 \times 1000 \text{ j/s}}{521 \cdot 6 \text{ j/kg}^\circ\text{C} \times 30^\circ\text{C}} = 5.11 \text{ kg/s}$$

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

-----(1)

따라서 냉각계통의 순환펌프로 순환하여야 할 아르곤의 양은 12,000 m³/h 이다.

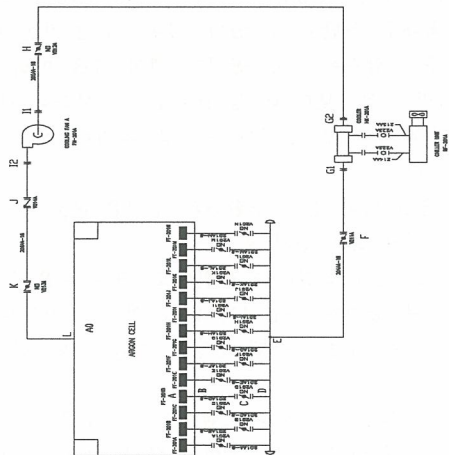


Fig. 1. Cooling system P&ID

2.3 냉각시스템의 순환팬 분석

아르곤셀이 부압인 경우에 환기나 냉각을 위하여 팬(fan)을 순환 시스템에 설치 할 경우 팬의 회전과 동시에 외부 공기가 내부로 유입될 수 있다. 따라서 이를 방지하기 위하여는 배관 내부에

팬(in line fan)을 설치하여야 하나, 시스템에서의 정압 차이가 클 경우에는 소음으로 인하여 in line fan의 사용이 불가능하여 원심 팬을 사용하여야 한다. 원심팬은 팬이 축을 따라 회전하면서 축과 맞닿은 면과의 마찰에 의해서 틈이 형성될 수 있고 그 틈으로 외부의 공기가 점차적으로 많이 유입도리 수있다. 이러한 외부 공기의 유입은 아르곤셀의 아르곤가스 순도를 떨어뜨려 시스템의 운영에 차질을 초래한다.

따라서, 시스템의 정압 차이가 큰 경우에 원심 팬을 이용하여 외부 공기의 유입을 완전히 차단할 수 있는 순환 팬을 개발하여야 한다.

2.4 냉각시스템 순환팬 설계 방안

아르곤셀의 순환팬은 운전중에도 아르곤가스가 내부에 충전 되어야 하고, 하나의 흡입구와 토출구가 형성된 축으로서 그 축은 내부에 장착되어 구동력을 전달받아 회전이 가능하여야 한다.

또한 축은 외부공기의 유입을 차단하기 위하여 바깥 면과의 사이에 일정 공간이 확보 되도록 덮개로 덮고, 그 공간은 제 2 작동기체를 지속적으로 주입해주는 가스공급부가 있어야 한다.

이때, 팬의 축과 접촉하는 부분과 덮개부의 홀이 접촉하는 부분은 차폐를 위하여 패킹유닛을 설치한다. 이러한 패킹유닛은 축을 통한 기체의 흐름을 최대한 차단할 수 있다. 한편, 제 2 작동기체의 주입 압력은 외부 공기가 팬의 축을 따라 유입되려는 압력보다 더 높아야 한다. 이러한 구성을 통하여 외부 공기의 유입을 완전히 차단할 수 있다.

기술한 바와 같은 순환팬의 형상은 Fig 2와 같으며 이와 같은 팬의 효과는

첫째, 팬이 회전하는 동안에도 팬의 축을 통하여 외부 공기가 유입되지 않아 외부 공기로부터 야기될 수 있는 시스템 운영의 차질을 방지할 수 있다.

둘째, 외부 공기의 시스템으로의 유입을 차단함으로써 인해 아르곤가스 등의 불활성가스로 채워진 셀 내부의 가스 순도를 시스템의 운영에 차질이 없는 정도의 순도로 유지시킬 수 있다.

셋째, 외부 공기의 유입을 막는바, 시스템의 정비 과정에서 아르곤가스 등의 불활성가스의 정화에 소요되는 경비를 줄일 수 있어 비용 절감의 효과를 얻을 수 있다.

넷째, 시스템이 차질 없이 운영될 수 있어 시스템

의 신뢰도가 향상되고 작업의 효율성이 좋아진다.

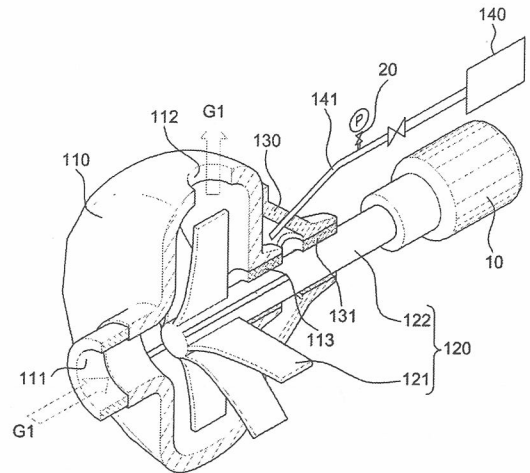


Fig. 2. Circulation Fan

3. 결론

본 과제에서 수행하는 냉각시스템의 순환팬은 파이프 종합시험시설 냉각계통의 핵심적인 기계 장치로 운전중에 외부공기의 유입 없이 사용할 수 있는 상용 장치가 없다.

기존의 상용장치를 개선하여 외부공기의 유입을 차단 할 수 있는 순환펌프를 고안 함으로서 정화 시스템과 연계하여 아르곤셀을 정제하고, 냉각하는 시스템을 구축 할 수 있다. 또한 PRIDE시설은 국내 최초로 건설하는 아르곤셀로 2010년도에 시설을 구축하여 시운전 단계를 거쳐, 추가적인 연구가 수행되면 향후 불활성 분위기에서 수행하는 공정 시스템에 유용하게 활용될 것으로 예상된다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부에서 지원하는 원자력 연구개발 중.장기 기금으로 수행되었음

5. 참고문헌

- [1] ANL-7959 Hot Fuel Examination Facility /North Facility Safety Report, February 1975, Argonne National Laboratory pp 42-53.
- [2] The EBR-II Fuel Cycle Story, Charles E. Stevenson, American Nuclear Society pp16-25.