

PRIDE 셀장치의 시설 및 공정 연계 성능시험 및 개선

한중희*, 홍동희, 이원경, 조일제, 김기호

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*jhan@kaeri.re.kr

1. 서론

PRIDE(PyRoprocess Integrated inactive DEMonstration facility)의 셀장치들은 아르곤셀의 분위기에 영향을 주지 않고 내부의 공정장치 운전을 지원하기 위한 장치들로 크게 고정식 셀장치와 이동식 셀장치로 구분할 수 있다[1]. 고정식 셀장치는 주로 셀의 경계면에 위치하면서 공정 운전에서 필요한 유틸리티를 공급하며, 이동식 셀장치는 주로 장치 및 물질의 이송에 사용되는 장치들이다. 본 논문에서는 셀장치들의 운전 절차에 의한 원격 운전 성능 시험[2] 및 이후 개선된 셀장치들을 바탕으로 시설 및 공정과 연계한 성능 시험을 수행한 결과에 대해 기술한다.

2. 시설 연계 셀장치의 성능시험 및 개선

시설과 연계한 셀장치의 운전 성능은 주로 셀장치의 운전에서 의한 셀 내부의 불순물(산소 및 수분)의 농도 변화와 관련된 성능이 평가되어야 한다. 특히 LTL 및 STL과 같은 이송시스템의 경우에는 공정 장치 및 물질의 반출입 과정에서 셀 내부의 불순물 농도 변화를 최소화할 수 있는 운전 성능이 보장되어야 한다.

2.1 시설 연계 이송시스템의 성능시험 및 개선

시설과 연계한 이송시스템의 운전 성능을 확인하기 위해서 공정장치나 공정물질을 반입하는 경우에 셀 내부의 불순물의 농도 상승을 최소화하기 위한 이송시스템들의 퍼징시스템에 대한 운전 성능시험이 수행되었으며, 셀의 산소 농도 변화 측정을 통해 퍼징시스템의 기체교환 성능을 확인하였다.

2.1.1 퍼징시스템의 기체 교환 성능시험

Fig. 1은 LTL을 퍼징하지 않고 개방한 경우, 아르곤셀 내부의 산소 농도 변화 추이를 나타낸 그래프이다. LTL이 개방된 직후, 셀 전체의 산소 농도가 급격히 상승하였으며, 이후 서서히 평형에 이르는 과정을 볼 수 있으며, 최종적으로 약 1431 ppm의 산소가 증가되었다.

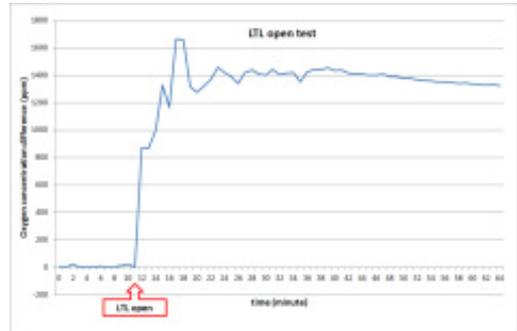


Fig. 1. O₂ concentration in the argon cell without purging.

한편 진공 압력 150 mmHg으로 퍼징을 2회 실시한 후 LTL을 개방한 경우 실제 아르곤셀의 산소 농도는 50 분 후 약 5 ppm으로 측정되었다.

LTL과 동일한 방식으로 STL 퍼징시스템의 성능 시험을 수행하였으며, 퍼징하지 않은 경우 20 ppm 증가하였으며, 퍼징을 수행한 경우에는 의미있는 변화는 나타나지 않았다.

2.1.2 시설연계 이송시스템의 성능 개선

이송시스템, 특히 LTL의 경우 퍼징을 하지 않고 개방을 하는 경우 셀의 불순물 농도에 큰 영향을 주게 되므로, 작업자의 실수에 의해 퍼징이 되지 않은 경우 임의로 LTL 상부 lid를 개방할 수 없도록 LTL 챔버 내의 산소 농도와 연계한 제어로직을 개선하였으며, 챔버 내의 압력이 낮은 경우 개폐시스템 및 셀 내부 압력에 대한 영향을 줄이기 위해 압력과 연계한 로직을 추가하여 시설과 연계한 운전 성능을 개선하였다.

2.2 시설연계 고정식 셀장치의 성능시험

고정식 셀장치의 경우에는 유지보수 과정에서 셀 내부의 불순물 농도가 상승할 수 있으며, 이 때문에 유지보수를 위한 글러브박스에 퍼징시스템을 갖추도록 개발되었으며, 이를 이용하여 작업창에 대한 유지보수 성능시험이 수행되었다. [3]

3. 공정 연계 셀장치의 성능시험 및 개선

아르곤셀 내에 설치되어 있는 공정장치들은 설치 또는 유지보수를 위한 반입/반출 과정에서 LTL이 사용되며, 운전을 위해 셀 크레인과 BDSM, MSM 등이 사용되며, 피드스루를 통해 전원이거나 냉각수 등의 각종 유틸리티가 공급된다. 따라서 공정과 연계한 셀장치의 운전성능을 평가하기 위해서는 이송시스템들의 양정 및 가반 하중이 공정장치의 운전이나 유지보수에 충분한 사양을 가지고 있는지 여부를 평가하고, 피드스루 등을 통해 공정 운전에는 필요한 유틸리티들이 공급되었는지를 확인해야 한다.

3.1 공정장치 운전 및 유지보수 작업 분석

아르곤셀 내에서 이루어지는 공정장치의 운전이나 유지보수 작업은 대부분 장치의 상부에서 접근하는 작업으로 셀 크레인이나 BDSM을 활용하여 수행되며, 장치의 설치나 유지보수를 위해서는 LTL로 반입이 가능한 크기이어야 한다. 이와 관련된 셀 크레인과 이송시스템의 운전 성능을 평가하기 위해 공정 작업에 소요되는 최대 양정 길이나 가반 하중에 대해 공정별 주요 장치별로 3D CAD 데이터를 기반으로 조사하였으며, 검토된 내용은 Table 1과 같다.

Table 1. Operation specification of process equipment

공정	항목	사양
환원	운전 최대 높이	4.1 m
	장치 모듈 최대 높이	1.75 m
	장치 모듈 최대 폭	1.7 m
	장치 모듈 무게	700 kg
정련	운전 최대 높이	3.3 m
	장치 모듈 최대 높이	2.1 m
	장치 모듈 최대 폭	2 m
	장치 모듈 무게	2500 kg
제련	운전 최대 높이	3.1 m
	장치 모듈 최대 높이	1.6 m
	장치 모듈 최대 폭	1.7 m
염폐기물 처리	운전 최대 높이	2.6 m
	장치 모듈 최대 높이	1.2 m
	장치 모듈 무게	200 kg

3.2 공정연계 셀장치의 성능시험 및 개선

검토된 공정의 운전 및 유지보수 작업과 관련하여 이에 필요한 셀장치의 운전 성능은 Table 2에 정

리되었으며, 공정 운전을 위한 운전 최대 높이 및 장치 모듈 무게는 모두 셀 크레인의 사양을 만족하며, 장치 모듈 최대 높이/폭은 LTL의 사양을 만족함을 확인하였다.

Table 2. Specification of in-cell crane and LTL

셀 크레인	
높이	5 m
인양 하중	3 ton
대형장치 이송시스템	
챔버 높이	2.2 m
챔버 직경	2.5 m

3.2.1 공정연계 운전 성능 개선

유지보수 시 장치를 반출하는 과정에서 공정 물질을 포함한 장치의 무게에 의해 하부테이블의 스프링이 압축되어 누설이 될 가능성이 발견되었으며, 이를 위해 약 3.3 배의 강성을 갖도록 하부테이블의 스프링을 교체하여 고 하중의 공정장치에도 누설이 되지 않도록 개선하였다. 하부테이블을 개선 후 다시 측정된 LTL의 누설률은 0.005% vol/day로 계산되었다.

4. 결론

본 논문에서는 셀장치들의 시설과 연계한 이송시스템의 퍼징 성능과 고정식 셀장치의 기밀 성능이 시험되었으며, 공정 운전과 연계해서는 셀 크레인 과 LTL의 운전 성능이 확인되었다. 또한 셀장치의 개선을 통해 셀장치의 성능을 향상시켰다.

5. 참고문헌

- [1] 조일제 외, 원격시스템 기술개발, KAERI/RR-3897/2014.
- [2] 한종희, 조일제, 이은표, 이원경, 김성현, 흥동희, PRIDE 셀장치의 원격 운전 성능 평가, KAERI/TR-4834/2012.
- [3] 한종희, 장영국, 노선호, 이원경, 흥동희, 조일제, 김기호, "PRIDE 아르곤셀 작업창의 유지보수 체계 수립", 한국방사성폐기물학회 2015 춘계학술발표회 논문요약집, 2015.