

Pyroprocess 공정장치의 배치 및 원격 취급성 분석

김성현, 유승남, 김기호

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

hyun@kaeri.re.kr

1. 서론

한국원자력연구원에서는 고온에서 전기화학적인 방법으로 사용후 핵연료 속의 각종 핵물질을 분리 및 정제하는 파이로 프로세스 기술을 개발하고 있다. 현재 이 기술을 구현하기 위해 공학규모의 pyroprocess 공정을 일괄공정으로 실험하기 위한 파이로 종합시험시설(PRIDE : Pyroprocess Integrated DEmonstration Facility)을 건설 중에 있다. 파이로 프로세스는 고온에서 전기화학적인 방법으로 사용후 핵연료 속의 각종 핵물질을 분리 및 정제하는 기술이다. 이 공정은 전해환원, 전해정련, 전해제련 및 염 폐기물의 주요 공정으로 구성되어 있다.

원자력 시설에서는 방사성 물질을 취급하며, 작업자는 방사선에 피폭될 수 있다. 작업자의 안전한 운전을 위하여 방사성물질을 취급하는 장치는 작업자와의 물리적으로 격리하는 장소에 설치된다. 밀폐된 장소는 핫셀이라 부르며, 여기에 설치된 모든 공정장치들은 원격으로 운전 및 유지보수 작업을 수행하여야 한다.

핫셀에서는 MSM, BDSM, 크레인 등과 같은 원격 취급 장비가 설치되며, 이 장비를 이용하여 셀 내에서 이루어지는 모든 작업을 원격으로 수행하여야 한다. 원격작업을 위해서는 셀 내에 설치되는 모든 공정장치들은 원격작업이 이루어 질 수 있도록 설계/제작되어야 한다. 원격작업 수행의 신뢰성을 확보를 위해 동일 조건을 갖은 목업에서 장치를 미리 원격작업을 수행함으로써, 원격작업의 가능성을 점검하고 수정사항을 도출하여 장치를 수정한다. 설계단계에서부터 디지털 목업을 이용한 원격 취급성 검증은 장치 제작 전에 수행함으로써 제작 후에 발생할 수 있는 문제점을 개선할 수 있다. 디지털 목업을 이용한 검증작업은 제작기간의 단축 및 예산절감을 이점을 갖는다.

본 연구에서는 3차원 설계기술을 활용하여 PRIDE 가상 목업을 구축하고 장치의 제작 전에 원격 취급 장비의 원격 접근성을 검증하고자 한다. 또한 공정 장치의 원격 접근성을 분석하여 공

정장치의 배치 위치를 선정하였다.

2. 본론

2.1 PRIDE 시설

파이로 종합시험시설은 파이로 프로세스의 일괄공정을 실증위한 단일 셀로 구성된 목업 시설이다. 이 목업은 아르곤 분위기의 목업으로써 내부크기는 40(L) x 4.8(W) x 6.4(H)m 의 크기를 갖는다. 파이로 프로세스는 사용후 핵연료 속의 각종 핵물질을 분리 및 정제하는 기술로, 이 기술은 4 개의 주요 공정(전해환원, 전해정련, 전해제련, 염 폐기물)으로 이루어져 있다. 파이로 종합시험시설에는 12개의 공정장치가 설치될 예정이다. 파이로 종합시험시설은 2011년 까지 건설될 예정이며 크레인, 17조의 원격조정기 및 천정이동형 양팔형 서보조작기가 설치될 예정이다. 그림 1은 파이로 종합시험시설에 설치될 공정장치 및 원격 취급 장비가 배치된 시설 도면이다.

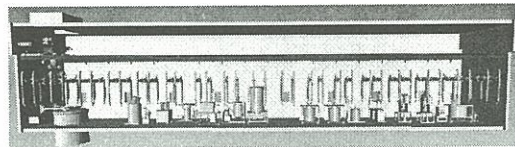


Fig. 1. PRIDE 시설의 배치도

2.2 PRIDE 디지털 목업 구축

본 연구에서 디지털 목업을 구축에 사용되는 3차원 모델은 시뮬레이션을 목적으로 제작된 형상데이터의 속성을 갖는다. 이는 일반적인 저작도구인 3차원 CAD와는 많은 차이점을 갖는다. 3차원 CAD 데이터 모델은 기하학적 형상데이터를 중요시 하지만 시뮬레이션을 위해서는 모델의 기구학적 구조에 따라 동작을 하기 위해서는 형상데이터, 관절 정보 및 계층 구조의 데이터 구조를 갖는다. 디지털 목업에 사용된 공정장치나 원격 취급 장비는 3차원 CAD의 형상 데이터를 이용하여 시뮬레이션을 이용한 데이터 구조를 갖는 모

델을 생성하였다. 이 형상데이터는 실측 크기의 모델이다. 구성된 모델들은 회전과 이동에 관한 기구학적인 특성 및 동작의 범위라는 속성을 부여하여 동작하는 장치의 모델을 완성하였다. 완성된 모델은 PRIDE 가상 시뮬레이터를 사용하여 원격 접근성 분석을 수행한다. 시뮬레이터의 모델 입력 및 목업 입력 모듈을 이용하여 PRIDE 디지털 목업을 구성하였다. 구성된 목업에서 원격 접근성을 분석하기 위해 외부 입력장치(haptic, joystick, 3D mouse)를 이용하여 원격 취급 장비를 시뮬레이션을 구현하였다.

2.3 원격 접근성 분석

2.3.1 원격 취급 장비의 작업영역

파이로 공정에 사용될 원격조정기는 셀의 크기와 설치될 공정장치가 작업영역 안에 있는지가 원격조정기의 규격을 결정하는 주요 요건이 된다. 원격조정기는 작업높이(operating height)에 따라 셀 내의 작업가능 요건을 만족하기 때문에 셀 바닥까지 도달하는 조건으로 Wallishmiller 사의 A110을 선정하였다. 원격조정기는 설치위치는 3.05m이고, tong이 셀 바닥까지 도달하며 최대 도달거리는 3.353 m 이다. 공정장치를 조작할 수 있는 높이는 원격조정기의 작업영역과 작업자의 시야에 따른 밀접한 관계를 갖는다. 또한 원격 조정기의 작업영역에 따라 설치될 공정장치의 높이 및 설치 위치가 선택될 수 있다. 그림 2는 원격 조정기의 작업영역에 따라 셀 앞에서 설치될 수 있는 공정장치의 최대 높이를 보여준다.

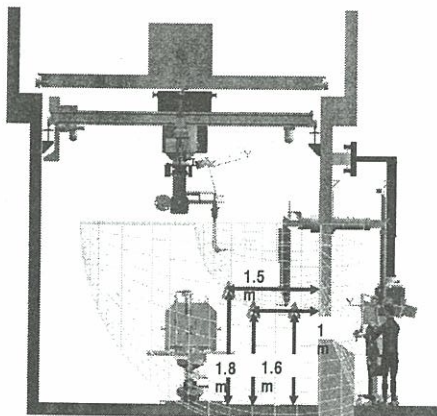


Fig. 2. 원격 조정기의 작업영역

2.3.2 공정장치의 원격 접근성 분석

PRIDE 목업에서 수행되는 첫 번째 공정은 전해환원공정이다. 전해환원공정에 사용되는 장치는 전해환원장치와 cathode processor 장치이다. 장치 제작을 위해 모델링된 장치를 디지털 목업에 그림 2에 보는바와 같이 원격조정기의 작업영역에 따라 장치를 배치하였다. 전해환원공정에 사용되는 장치들의 높이는 1.8 m 이상이기 때문에 장치를 셀 앞쪽에서 1.5 m이 떨어진 위치에 설치하였다. 원격 접근성에 대한 분석은 장치의 운전 절차 및 유지보수 절차에 대한 시나리오 구성하고, 이를 이용하여 원격으로 접근이 필요한 지점을 선정하였다. 외부 입력장치(haptic)를 이용하여 현재 배치된 공간에서 원격조정기를 동작시켜 접근 지점에 대한 접근성 및 충돌 가능성을 분석하고 작업자 시야에 대한 작업자 시야 확보성을 분석하였다.

3. 결론

파이로 종합시험시설, 공정장치 및 원격 취급 장비의 설계도를 이용하여 3차원 모델링을 하여 시뮬레이터에서 가상공간의 PRIDE 디지털 목업을 구축하였다. 가상 원격조정기의 작업영역분석하고 이를 이용하여 3차원 모델링된 공정장치를 원격조정기의 작업영역 안에 배치하였다. 배치된 공정장치는 원격조정기의 시뮬레이션 동작을 이용하여 전해환원공정의 장치 운전 및 유지보수 지점에 대한 접근성 분석을 수행하였다. 이 분석 결과를 토대로 장치 제작 전에 공정장치의 원격 운전에 대한 문제점을 도출하여 원격에 대한 설계 오류를 수정한 공정장치 제작에 반영토록 하였다.

4. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국연구재단의 원자력기술개발사업으로 지원받았습니다.

5. 참고문헌

- [1] V. E. Whisker, and et al., "Using immersive virtual reality to develop and evaluate NPP construction schedule", 2003 American Nuclear Society, 2003.