

PRIDE 천정이동 양팔 서보조작기 시스템의 유지보수 방안

박병석, 이효직, 이종광, 유승남, 김기호, 김호동
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
 nbspark@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후핵연료 건식처리공정인 Pyroprocess 기술을 종합적으로 평가하기 위한 PRIDE (Pyroprocess Integrated inactive Demonstration facility)의 아르곤 셀에는 공정장치들의 운전 및 유지보수를 위해 3차원적으로 이동이 가능한 천정이동 양팔 서보조작기 시스템이 설치된다. 일반적으로 핫셀이나 아르곤 셀에 놓이는 공정장치나 원격 취급장비들은 이들에 대한 원격 유지보수성을 고려하여 설계, 제작되어야 한다. 본 논문에서는 개발한 천정이동 양팔 서보조작기 시스템의 유지보수 방안에 대해 소개한다.

2. 본론

2.1 PRIDE 원격 취급 시스템

그림 1은 건설 중인 PRIDE의 단면도를 보여준다. 2층은 기밀이 유지되는 아르곤 셀로서 아르곤 분위기가 요구되는 공정장치들이 놓이며, 1층은 아르곤 분위기가 요구되지 않는 공정장치들이 놓인다. 아르곤 셀의 좌측 전면에는 17개의 투시창(A)이 설치되며, 각각의 투시창 좌우에는 상업용 기계식 마스터-슬레이브 조작기(B)가 1조씩(HWM A100, 연속 취급하중 15kgf, 최대 순간 취급하중 25 kgf) 설치된다. 아르곤 셀 1단에는 개발한 천정이동 양팔 마스터-슬레이브 서보조작기(슬레이브 조작기 한팔: 연속 취급하중 25kgf, 최대 순간 취급하중 50kgf, 슬레이브 조작기 천정이동 장치: 조작기 양팔 부착 상태에서 취급하중 400 kgf, 조작기 양팔 제거 상태에서 취급하중 800 kgf, 보조 호이스트: 500 kgf)가 설치되는데, 양팔 마스터(C)와 슬레이브(D) 및 각각의 이동장치(E, F)로 구성된다. 아르곤 셀 2단에는 천정이동 크레인(G, 취급하중 2.8 tons)이 설치되며, 셀 천정에는 blister hoist(H, 취급하중 2.0 tons)가 설치된다. 아르곤 셀 바닥에는 아르곤 분위기를 유지하면서 공정물질 또는 공정장치의 반입/반출이 가능하게 해주는 LTL (Large Transfer Lock) 시스템이 설치된다. LTL로 반입/반출 가능한 제

원은 지름 2.2 m, 높이 2.2 m, 중량 2.8 tons 이하여야 한다. 장치 높이가 2.2 m 이하로 제한되는 이유는 2.8톤 크레인 hook 높이가 약 5 m 이기 때문이다. 공정장치를 들어올리기 위해 hook에 매달리는 취급장비의 높이(약 0.6 m)를 고려하면 실제적으로는 크레인의 취급 높이는 4.4 m가 된다. 어느 한 최대 높이의 공정장치를 LTL로 반출하려고 할 때 옆에 있는 또 다른 같은 최대 높이의 공정장치 위를 통과하기 위해서는 기본적으로 최대 높이의 2배가 확보되어야 한다. 따라서, 공정장치 최대 높이는 2.2 m가 된다. 천정이동 양팔 서보조작기는 PRIDE 제약 조건(시설 제한, 천정 크레인 제한, 공정장치 크기 등) 하에서 공정장치 최대 높이(2.2 m)까지의 작업 및 상부와의 간섭 없이 이동이 가능하도록 최적으로 설계/제작 하였다. 서보조작기가 부착된 텔리스코핑 튜브를 완전히 접었을 때 조작기 손목까지 높이는 2.4 m이다.

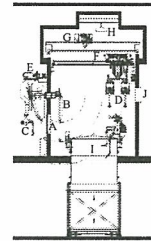


Fig. 1. Cross section view of the PRIDE.

2.2 PRIDE 원격 운전/유지보수용 천정이동 양팔 서보조작기 시스템

그림 2는 PRIDE 천정이동 양팔 서보조작기(Bridge transported Dual-arm Servo-Manipulator, BDSM) 시스템의 개략도를 보여준다. 천정이동장치 및 제어 시스템을 제외하고는 서보조작기의 기계적 구조는 기계식 마스터-슬레이브 조작기와 유사하다. 3차원적으로 이동이 가능한 천정이동장치는 기계식 조작기에 비해 서보조작기의 작업영역을 크게 증가시킨다. 또한, 서보조작기는 기계식 조작기에 비해 작업자의 피로를 크게 줄일 수 있다. 기계식 조작기는 슬레이브 조작기가 취급하

는 무게를 그대로 작업자에게 전달하지만, 서보조작기는 작업자에게 슬레이브 조작기가 취급하는 무게를 전혀 느끼지 못하게 할 수 있기 때문이다. 2009년까지 천정이동 양팔 서보조작기 시스템의 시제품 개발을 완료하였으며, 현재는 PRIDE에 설치할 실증용 천정이동 양팔 서보조작기 시스템의 제작을 완료하여 성능시험 중에 있으며, 2011년 12월에 PRIDE에 설치를 완료할 예정이다.

천정이동 양팔 서보조작기 시스템은 아르곤 셀에 설치되어 사용되기 때문에 운전 중 고장이 발생하여 보수가 필요하거나, 부품의 수명이 다하여 교체가 필요할 경우 셀 내 또는 셀 밖에서 작업이 이루어지거나 그렇지 못한 경우 이에 대한 대책이 마련되어야 한다. 아래에 이의 내용에 대해 상세히 기술한다.

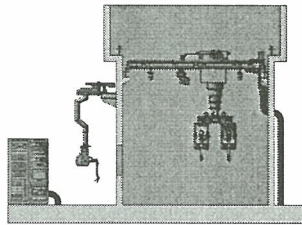


Fig. 2. Graphical view of the BDSM for the PRIDE.

2.3 천정이동 양팔 서보조작기 시스템의 유지보수 방안

2.3.1 천정이동장치 유지보수 방안

아르곤 셀 내에서 양팔 슬레이브 서보조작기를 3차원적으로 이동시키는 천정이동장치는 크게 거더(X 방향 구동), 트롤리(Y 방향 구동), 텔리스코핑 튜브(Z 방향 구동) 및 회전판 으로 구성된다. 거더는 모터 구동부를 제외하면 유지보수 대상이 거의 존재하지 않기 때문에 비상용 모터 구동부를 부가적으로 장착하여 2중화 하였으며, 트롤리 및 텔리스코프 튜브 모터 구동부도 2중화 하였다. 고장 발생 가능성은 매우 낮지만 만약 운전 중에 모터 구동부가 고장이 발생한다면, 비상용 모터 구동부로 계속해서 운전을 수행한다. 그러나, 트롤리에 장착된 텔리스코핑 튜브는 모터 구동부외에도 다른 부위에서 고장이 발생할 가능성이 존재한다. 이 경우에는 회전판 및 텔리스코핑 튜브가 부착된 트롤리를 blister hoist 또는 천정이동 크레인으로 들어올려 LTL로 반출 한 후 유지보수하게 된다. 그림 3은 크레인을 사용하여 들어 올리는 모습을 보여준다.

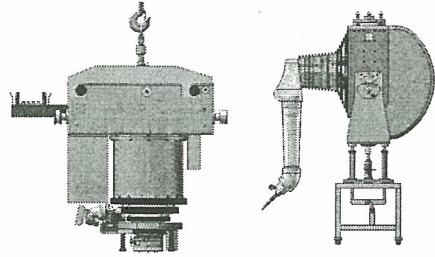


Fig. 3. Trolley module Fig. 4. Servo-manipulator module.

2.3.2 서보조작기 유지보수 방안

텔리스코픽 튜브 말단 회전판에 부착되는 슬레이브 서보조작기를 기계식 조작기로 탈/부착 할 수 있도록 설계/제작하였다. 각각의 서보조작기는 독립적으로 분리/부착될 수 있다. 분리된 서보조작기는 천정이동 크레인을 사용하여 LTL로 반출 후 유지보수하게 된다. 그림 4는 서보조작기가 회전판으로부터 분리된 모습을 보여 준다.

3. 결론

현재 제작 완료하여 성능시험 중에 있는 천정이동 양팔 서보조작기 시스템은 2011년 12월에 PRIDE의 아르곤 셀에 설치할 예정이며, 2012년부터는 PRIDE 시설의 원격 운전 및 유지보수에 활용될 예정이다. 천정이동 양팔 서보조작기는 운전 중에 고장이 발생하더라도 지속적인 운전 및 유지보수가 가능하도록 비상구동부를 부가적으로 장착하였으며, 아르곤 셀 외부로의 반출이 가능하도록 부분적으로 모듈화 하였다.

4. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국연구재단의 원자력기술개발사업으로 지원받았습니다.

5. 참고문헌

- [1] 박병석, 이효직, 이종광, 유승남, 김기호, 김호동, "PRIDE 원격 운전/유지보수용 천정이동 양팔 서보조작기의 모듈화 설계", 한국방사성폐기물학회, 2011년 춘계학술발표회 논문요약집, pp. 153-154, 2011.