

ITER B형 방사성폐기물 절단장치 개념설계

홍권표, 오완호, 홍대석, 주용선, 안상복, 류우석, 이현곤*, 정기정*, 나병찬**

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 989-111

*국가핵융합연구소 ITER 한국사업단, 대전시 유성구 과학로 113

**ITER Organization, 13067 St. Paul lez Durance, France

kp8452@gmail.com

1. 서론

국제핵융합실험로(ITER)에서 발생하는 B형 방사성폐기물은 핵융합로(Tokamak)의 구조물의 수리 및 교체과정에서 발생하는 주로 스테인레스강 계열 금속폐기물로서 중성자에 의해 방사화되거나 삼중수소에 의해 오염된 중준위폐기물이다. 이들은 핫셀시설 내에서 원격으로 처리된 후 예비포장되어 ITER 가동기간(20년)동안 ITER 부지내에 저장되고, 그 후에는 프랑스 책임하에 최종포장되어 처분장으로 이송된다.

처리공정은 주로 절단공정, 삼중수소 제거공정, 특성조사공정, 예비포장공정 등이다. 처리공정 중에서 부피감축을 위해 B형 방사성폐기물을 절단하는 장치를 개념설계하였다.[1]

2. 본론

2.1 절단공정 개요

핵융합장치로부터 처리를 위해 핫셀시설로 운반되어 오는 ITER B형 금속폐기물은 그 크기가 최대 3.7 m 이므로 여러 가지의 처리공정을 거치기 위해, 그리고 나중의 처분장 이송을 위해 절단하여 부피를 축소한다. 여러 가지의 절단방법을 검토한 결과 ITER B형 금속폐기물을 절단하는 방식으로는 레이저 절단방식이 적절한 것으로 평가되었다. 절단된 폐기물들은 1.4 m 예비포장 바스켓에 담겨 후속 처리공정을 거치게 된다.

2.2 절단장치의 요건

절단장치는 핫셀 내에서 무인원격으로 운전되어야 하고, 고장시에도 원격으로 수리 또는 해체가 되어야 하므로 원격운전 및 유지관리 요건을 충족해야 한다.

또한 절단대상물은 주로 스테인레스강이며 절단두께가 최대 100 mm 이므로 절단장치는 이를 절단할 수 있는 능력을 가져야 한다.

이 밖에도 핫셀시설로 반입되는 폐기물을 적기에 처리할 수 있는 충분한 절단속도를 갖추어야 하는데 폐기물의 발생시기 및 발생량을 조사한 결과 매월 20톤의 절단처리 능력을 가져야 하는 것으로 분석되었다.

그리고 레이저절단과정에서 발생하는 용융물과 먼지 등 방사성 부산물은 오염이 확산되지 않도록 밀폐되어야 하며, 원격으로 수집되어야 한다.

2.3 절단장치 사양

2.3.1 레이저헤드

레이저 빔은 파이버(fiber)레이저 혹은 디스크(disk) 레이저 장치를 사용한다. 현재의 레이저 기술로는 100 mm 두께의 스테인레스강을 절단하지는 못하나 레이저 기술이 빠르게 발전하고 있고, 특별히 고안된 탠덤방식의 레이저헤드를 사용하면 가능하리라 보고 있다.

2.3.2 로봇팔

3차원적인 절단이 가능해야 하므로 레이저헤드는 6자유도를 갖는 로봇팔에 장착하는 것으로 개념이 수립되었다.(그림 1. 참조) 이 로봇팔은 6개의 자유도 외에 레일 위를 평행 이동할 수 있도록 하여 작업영역을 증가시켰다.

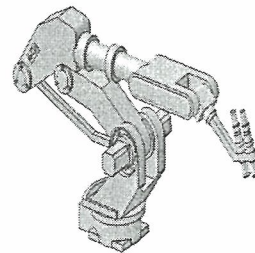


Fig. 1. Robot arm for laser cutting.

정밀절단을 위해 로봇팔은 좋은 복원력(± 0.2 mm)을 갖도록 하였으며, 작동 콘트롤러는 방사선

에 견딜 수 있도록 리솔버(resolver)를 쓰는 것으로 하였다.

2.3.3 밀폐박스(Confinement box) 및 환기설비

절단할 때 발생하는 연기는 역시 방사성물질을 함유하고 있으므로 가급적 확산되지 않도록 절단장치 전체를 둘러싸는 밀폐박스를 고안하였으며, 이 박스 안의 환기를 위해 팬과 헤파필터(HEPA filter)를 사용한 국부환기설비를 갖추도록 하였다.

2.3.4 용융물 수집장치(dross collection box)

레이저 절단과정에서 금속 용융물이 발생되므로 절단대상물을 안전하게 지지하면서 용융물을 효과적으로 수집하기 위해, 그리고 나중에 다른 B형 폐기물과 같이 예비포장이 가능하게 하기 위해 그림 2와 같은 1100 mm x 1100 mm x 200 mm(높이)의 용융물 수집장치를 고안하였다. 모두 12개의 용융물 수집장치(dross box)가 밀폐박스 내에 설치되도록 하였다.

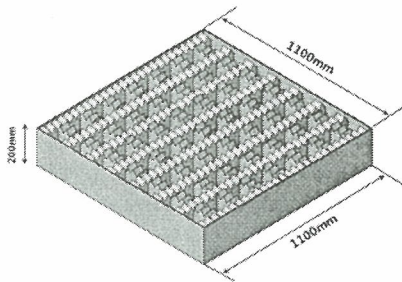


Fig. 2. Dross collection box.

2.3.5 집크레인(Jib crane)

절단작업이 완료되면 절단된 금속폐기물 조각들은 예비포장 바스켓으로 옮겨 담아야 하므로 이를 위해 밀폐박스 옆에 집크레인을 설치하도록 하였다. 집크레인의 최대 취급용량은 B형 금속폐기물 절편을 취급할 수 있도록 5톤으로 하였다.

2.3.6 유틸리티

레이저 절단장치에 필요한 유틸리티는 레이저 발생장치에 공급되는 전기, 용융물을 제거시키기 위한 고압개스, 그리고 레이저 헤드부위를 냉각시키기 위한 냉각수이다.

2.3.7 장치의 배치

주어진 핫셀공간에 장치를 배치한 결과는 그림 3과 같으며, 이를 3차원으로 나타낸 것은 그림 4와 같다.

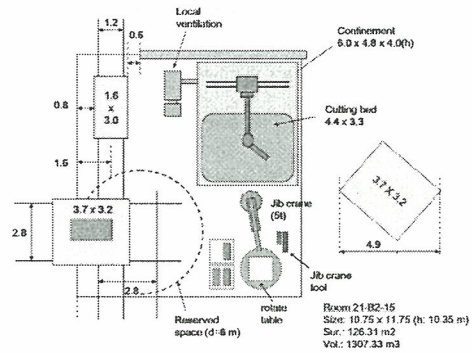


Fig. 3. Layout of cutting station.

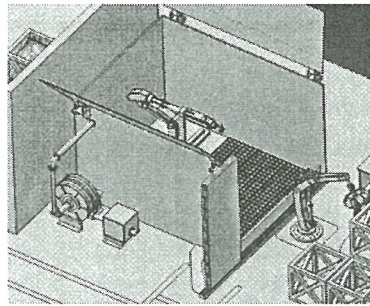


Fig. 4. 3D drawing of cutting station.

3. 결론

ITER B형 방사성폐기물의 절단장치와 그 부속설비를 개념설계하였다. 레이저절단 방식을 적용하였으며 핫셀 내에서 원격으로 운전 및 유지관리가 가능하도록 하였다.

앞으로 이 개념설계를 바탕으로 보다 자세한 설계가 수행될 예정이다.

4. 감사의 글

이 연구는 ITER 기구 및 국가핵융합연구소 ITER 한국사업단의 지원을 받아 수행되었습니다.

5. 참고문헌

[1] Final report of conceptual design of cutting equipment(ITER_D_4H9LGM).