

ITER B형 방사성폐기물 절단장치의 예비연구

홍권표, 오완호, 김성균, 안상복, 류우석, 이현곤*, 정기정*, 나병찬**

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

*국가핵융합연구소, 대전광역시 유성구 어은동 52

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

kphong@kaeri.re.kr

1. 서론

국제핵융합실험로(ITER)의 핵심설비인 핵융합장치(Tokamak)에서는 그 운전과정에서 중성자에 의한 방사화와 삼중수소에 의한 오염으로 인한 방사성폐기물(중준위 B형 방사성폐기물)이 발생하게 된다. 이 방사성폐기물은 주로 핵융합장치의 내벽을 구성하는 스테인레스 계통 장치들이며 주기적인 수리, 교체 등에 의해 발생된다. 높은 방사능으로 인하여 핫셀 내에서 원격으로 처리한 후 중간 저장 용기에 담겨 ITER 운전기간중인 20년간 핫셀 내에서 임시보관되다가, ITER 운전이 끝나고 시설을 해제할 때 유치국인 프랑스가 최종처분하는 것으로 되어 있다.[1]

핫셀 내에서의 처리과정은 폐기물의 크기 및 부피 감축을 위한 절단과정, 오염된 삼중수소를 제거하기 위한 삼중수소 제거공정이 있고 폐기물특성 조사, 포장단계를 거치게 된다.

본 논문에서는 B형 방사성폐기물의 크기 감축에 적절한 절단장치에 관해 예비연구한 결과를 보여 주고 향후의 후속 업무에 관해서 기술하였다.[2]

2. 본론

2.1 B형 방사성폐기물의 특성

ITER B형 방사성폐기물은 Tokamak 운전과정에서 발생하는 것으로 다이버터(Divertor Cassette), 블랑켓 모듈(Blanket module, BM), 테스트 블랑켓 모듈(Test Blanket Module, TBM), 극저온냉각펌프(Cryopump) 등이 있다.[1] 이들 장치 폐기물은 주로 스테인레스 강으로 되어 있으며, 추후 프랑스 내 방사성폐기물 처분장에 보내기 위해서 운반용기의 용적 제한에 맞추어야 하므로 크기의 감축이 필수적이다.

2.2 적합한 절단장치 비교검토

스테인레스강이 주재료인 B형 폐기물은 형태 및 재질의 다양성으로 인하여 적합한 절단장치가 필요

하다. 워터젯 절단(Water jet cutting) 방식과 와이어 절단(Wire cutting) 방식은 삼중수소 존재에 따른 물 사용의 제한, 절단효율의 문제로 배제되었으며, 현재로서는 밴드쏘우(Band saw) 방식과 레이저절단 방식, 혹은 이들 두가지의 혼용방안이 유력하게 검토되고 있다. 이들 장치는 각각 장단점이 있어 어떤 장치를 선정할 지는 추후에 결정될 예정이다.

이들의 장단점을 비교한 결과는 Table 1.과 같다.

Table 1. Technical comparison of laser cutting and band saw cutting

	Laser cutting	Band saw cutting
Cutting thickness	about 100 mm for stainless steel	about 1 m (1000 mm) for stainless steel
Cutting difficulties	difficulties in complicate structure	difficulties in cutting material (Tungsten)
Cutting shape	can be controlled easily	only straight line
Cut surface of slices	very clean	less clean than laser
Cutting speed	fast	slow
Maintenance aspect	difficulties in laser beam setting	difficulties in exchange of band saw by power manipulator
Waste (chip)	produced less than band saw	produced more but can be collected
Waste (dust)	produced more than band saw	produced less than laser
Waste (liquid)	no liquid (possible to use air or gas for laser head cooling)	coolant oil should be used
Contamination inside room	almost same	almost same
Decontamination convenience	difficult to collect debris	chips are collected by tray and vacuum cleaner
External (out of red zone) equipment	need large equipment (generator, cooling system)	need some control cubicles

2.3 밴드쏘우(Band saw) 절단기

밴드쏘우 절단기는 장치폐기물 장착유닛, 밴드쏘우, 절단물 이송유닛, 청소 및 제염 유닛 등으로 나누어진다. 장치폐기물의 폭과 높이를 고려하여 밴드쏘우 절단기 전체크기는 4m(W) x 6m(L) x 4.5m(H) 로 예측된다. 또한 절단된 폐기물을 취급, 운반할 수 있는 5톤 용량의 지브(Jib) 크레인 이 추가로 필요하며, 절단과정에서 발생하는 부산물

(chip and dust)를 수집할 수 있도록 원심분리기형 청소기가 필요하다. 이들을 공간에 배치해보면 그림 1과 같다.

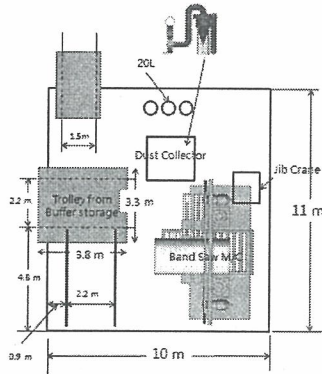


Fig. 1. 밴드쏘우 절단기의 평면배치도(위) 및 입면배치도(아래)

2.4 레이저 절단기

레이저 절단기는 밴드쏘우 절단기와 비교하여, 크기가 작고, 작업성이 우수하며, 절단속도가 크다. 또한 원격 유지관리 측면에서 밴드쏘우 절단기보다 유리하다. 단지 현재까지 개발된 레이저 절단기로는 장치폐기물 절단에 미흡한 점이 있는데, 좋은 절단능력을 갖는 장치가 속속 개발되고 있어 2020년 이후에 사용되는 ITER 장치폐기물 절단에는 활용이 가능할 것으로 판단된다.

레이저 절단기는 절단과정에서 연기(Fume)가 발생되므로 이의 제거가 중요한 과제이다. 이의 해결 방안으로는 레이저 절단기를 개폐형 밀폐박스에 넣고, 핫셀 내부에 국부적 환기장치를 설치하는 것이 좋은 방안이 될 수 있다.

레이저 절단기를 공간에 배치해 본 그림은 그림 2와 같다.

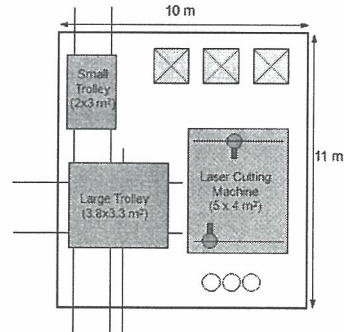


Fig. 2. 레이저 절단기의 배치도

2.5. 향후의 연구방향 및 내용

레이저절단 방식이 절단기를 원격으로 취급하기 쉽고 장치 자체의 크기가 비교적 작으므로 유력한 절단방식으로 부각되고 있다. 절단 시에 발생하는 연기(fume)와 용융찌꺼기(dross)의 원격제거 방안이 숙제로 남아 있지만 적절한 가변형 밀폐박스과 청소기가 개발되면 가능하리라 본다. 레이저 절단의 또 하나의 문제점은 절단능력인데, 절단능력이 증가된 높은 출력의 레이저가 계속 개발되고 있어 향후에 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

3. 결론

ITER B형 방사성폐기물을 조사, 분석함으로써 적합한 절단장치를 선정하기 위한 예비연구를 수행하였다. 밴드쏘우 및 레이저 절단기가 ITER B형 폐기물 절단에 적합한 절단장치 후보로 분석되었으며, 향후의 개념설계 등을 위한 기초자료를 도출하였다.

4. 감사의 글

이 논문은 ITER 기구 및 국가핵융합연구소 ITER 한국사업단의 지원을 받아 수행된 것입니다.

5. 참고문헌

- [1] Summary report: Type B waste amount estimate revision (ITER_D_2LKT6H).
- [2] Final report: Preliminary Study on RH Feasibility of ITER Type B Radwaste Treatment and Storage Equipment and Its Cost Assessment (ITER_D_32JCPD).