

ITER 금속폐기물에 대한 원격 시편채취 기술개발

홍권표*, 김성근, 오완호, 정상희, 안홍주, 박명철, 안상복, 전용범
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
*kp8452@gmail.com

1. 서론

ITER(국제열핵융합실험로)의 토카막 진공용기 구조부품들은 핵융합반응과정에서 방사성물질이 되며, 수리 및 교체 과정을 통해 중준위방사성폐기물(B형폐기물)로 된다. 이들 폐기물은 핫셀에서 원격으로 처리되는데, 현재 ITER에 구축되고 있는 폐기물처리공정은 부피감축을 위한 절단, 삼중수소제거, 샘플링 및 측정, 특성조사, 포장 및 저장 등이다. 샘플링은 폐기물내 삼중수소 함량을 알아내기 위한 것으로 폐기물로부터 소량의 시편을 채취하고 분석하는 것이다. 샘플링의 어려운 점은 주로 스테인레스스틸(SS)인 대형의 금속물체를 대상으로 그 표면에서 원격으로 소량의 샘플을 채취해야 하는 것이다. 또 그 과정에서 냉각수도 사용치 말아야 한다. 이러한 샘플링의 방법으로 코어샘플링, 칩샘플링, 웨지샘플링 등 세가지 샘플링 기술들이 개발 중에 있다.

2. 본론

2.1 샘플링의 요건 및 기술개발 항목

ITER에 발생되는 중준위 금속폐기물 재질은 주로 스테인레스스틸(SS)이다. 이 외에도 텅스텐(W), 구리합금(CuCrZr), 베릴륨 등이 있으나 베릴륨의 경우 독성으로 인하여 샘플링 대상에서 배제되었고, 텅스텐의 경우는 가공이 난이하다는 문제점이 있다. 또한 ITER 핫셀에서는 삼중수소의 오염확산을 억제하기 위해 핫셀 내에서 물이나 유기액체의 사용을 제한하고 있다. 따라서 이번 샘플링 기술개발에서도 공기냉각 방식을 적용하였다.

현재 개발하고 있는 샘플링 기술은 3종류인데, 그 각각은 코어샘플링(core sampling), 칩샘플링(chip sampling), 웨지샘플링(wedge sampling)으로서 Table 1과 같다.

Table 1. Items of sampling experiment

Techniques	Objects	Sampling tools	Cooling method	Deuterium analysis
Core sampling	SS, Cu < 50 mm-th	Broach cutter	Air	No
Chip sampling	SS, Cu < 5 mm-th	Small drill	Air	Yes (by melting)
Wedge sampling	SS, Cu < 100 mm-th	Wheel saw (End mill)	Air	No

이들 세가지 기술 중 코어샘플링은 대상체의 두께에 제한(약 100 mm 이하)이 있고, 나머지는 대상체 두께에 제한이 없으나 이번 연구에서는 실험을 위해 위 Table 1와 같은 시편을 준비하였다.

2.2 코어샘플링

코어샘플링은 평편한 금속표면에 수직으로 코어드릴링하여 코어샘플을 채취하는 것이다. 샘플이 모재로부터 분리되기 위해서는 모재를 관통하여야 하므로 두꺼운 물체에 대해서는 적용하기 어렵다. 이번 실험에서는 공기냉각 방식으로 샘플링할 수 있는 최대 두께를 확인할 예정이고, 가공조건, 드릴 비트의 수명 등을 함께 확인할 예정이다. Fig. 1은 이번 실험에 사용될 가공장비이고 Fig. 2는 5 cm 정도를 코어링 할 수 있는 공구이다.



Fig. 1. Machining center (Mynx-6500).

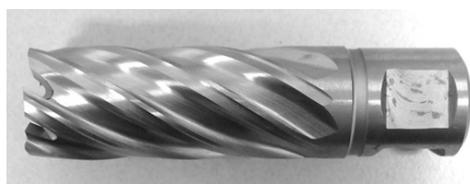


Fig. 2. Broach cutter(TnC Chark Co.)

또한 드릴링 중에 코어시편의 온도가 어느정도 올라가는지를 알기 위해 코어시편 중앙에 열전대를 삽입하여 드릴링 중에 온도를 측정할 예정인데, 그림 3은 core sample의 온도측정 개념도 인데, 10.5 mm의 내경을 갖는 코어드릴의 드릴링 위치와 열전대의 삽입위치를 볼 수 있다.

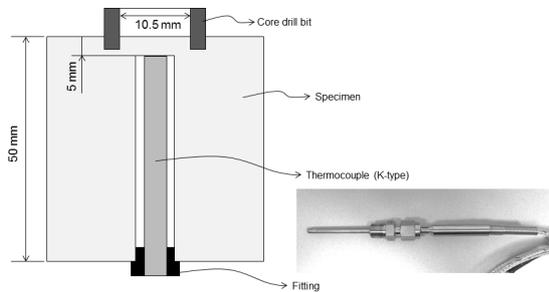


Fig. 3. Temperature measurement of sample.

2.3 칩 샘플링

칩 샘플링은 드릴링할 때 부수적으로 얻어지는 칩을 샘플로 채취하는 것이다. 샘플채취는 비교적 쉽게 가능하지만 샘플링 도중에 칩 속의 삼중수소가 유실되므로 수소함량 분석에는 어려움이 있다. 하지만 이 기술이 완성되면 핫셀 내에서 실시간으로 온라인 측정까지 가능하게 되므로 시편채취 후 분석실까지 이송하는 다른 기술에 비해 획기적인 기술이라 할 수 있다.

이번 실험에서는 칩샘플링 전후에 시편 및 칩의 수소함량의 변화를 측정하여 샘플링과정에서의 수소유실의 양상을 파악할 예정이다.

우선 시편준비 단계에서 시편의 크기는 수소함량 분석이 가능하도록 직경 4 mm, 높이 5 mm 인 원기둥 형태로 한다. 두 번째 단계로 수소 장입실험을 수행하는데 수소장입량은 다양하게 하여 함량에 따른 유실량 차이도 분석한다.

수소가 장입된 시편들은 드릴링하기 전에 수소함량을 측정하고 드릴링 후에 칩과 잔유시편의 함량을 측정한다. 이렇게 하면 드릴링 과정에서의 수소유실에 관한 정보를 얻을 수 있다. 수소함량 분석은 시편을 녹여서(melting) 분석하는데 LECO RH404 장비를 사용할 예정이다.

추가로 시편의 깊이별 수소함량 차이를 알아내기 위해 드릴링 시 깊이별로 칩을 수거하여 각각 수소함량을 측정할 계획이다.

2.4 웨지 샘플링

웨지 샘플링은 금속물체 표면 부위에서 관통없이

샘플을 채취하는 것으로 여기서의 핵심기술은 사면절단(slope cutting)기술이다.

스테인레스스틸의 표면을 사면절단하기도 어렵지만 이를 냉각수 없이 절단해 내기 위해서는 그에 맞는 강도를 가진 원형톱을 사용해야 한다.

Fig. 4는 웨지샘플링의 개념도이다.

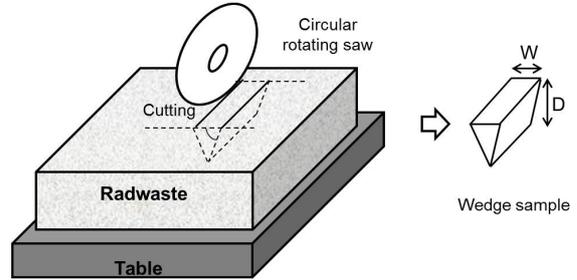


Fig. 4. Wedge sampling by circular saw.

이번 실험에서는 톱날을 수직으로 고정하고 물체를 기울여 사면절단 실험을 수행할 예정이다.

3. 결론

한 샘플링 기술을 정리, 소개하였다. 샘플링 기술은 세가지 방향으로 개발 중인데, 그 각각은 코어샘플링, 칩샘플링, 웨지샘플링이다.

코어샘플링 기술은 대상물을 관통해서 코어샘플을 채취하는 것이고, 약 50 mm 이하 두께의 대상물에 적용하여 실험 중이다. 칩샘플링은 드릴링할 때 생기는 칩을 샘플로 채취하는 것으로 칩 생성과정에서 시편속의 함유수소가 얼마나 유실되는지도 측정할 계획이다. 웨지샘플링은 원형톱을 이용한 사면절단(slope cutting) 방식으로 썩기형태의 샘플을 채취하는 기술이다.

위의 세가지 기술은 모두 ITER B형 폐기물에 대해 적용하기 위한 것으로 냉각수 없이 샘플링이 가능하도록 개발하고 있다.

4. 참고문헌

[1] Type B radwaste treatment plan in ITER, 254, 2015 International Hanaro Symposium.