

사용후핵연료 시편 분석을 위한 핫셀용 저배율 페리스코프

서항석, 이형권, 양송열, 전용범

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

nhsseo@kaeri.re.kr

한국원자력연구소 조사후시험시설 납셀에는 폴라로이드 필름을 사용한 사용후핵연료 시편의 거시조직 시험장치가 설치되어있다. 주로 사용후핵연료의 금속조직시험에 앞서 저배율로 시편의 표면 및 마운팅 상태를 관찰하고 시편의 거시조직사진을 제공하기 위해 사용되어 왔다. 기존의 거시조직 시험장치는 습기 및 방사선에 의해 노후화되고 렌즈 및 부품이 경화되어 선예도와 해상도가 저하된 상태이다. 이에 따라 조사후시험시설 콘크리트셀에 페리스코프를 설치하고 사진포착을 위해 CCD 카메라를 장착하였다.

- 핫셀용 이미지 획득/분석 장치

그림 1은 핫셀 내부에 설치하기 전, 페리스코프 사진이다. 페리스코프는 사용자의 방사능 피폭을 막기 위해 상단의 콘크리트 핫셀 차폐벽을 수평으로 통과하고 핫셀 내의 시편 위치까지 수직으로 설치된다. 그림 1의 왼쪽 부분에 장착된 것이 CCD 카메라이다. 설치된 시스템의 CCD 해상도는 $1,392 \times 1,040$ pixel이고, 각 pixel의 크기는 $4.65 \mu\text{m} \times 4.64 \mu\text{m}$ 이다. 이미지 포착 및 분석을 위해 Image-Pro Plus 5.1 프로그램이 사용되었다. 또한 시편 관찰을 위한 광원으로 LED 링 라이트에 의한 광폭 조명기구를 사용하였다. 그림 2는 핫셀 내에서 원격조종기에 의한 조작이 쉽도록 제작한 시편 스테이지이다. X, Y, Z 방향으로 미세조절이 가능하도록 제작되었다.

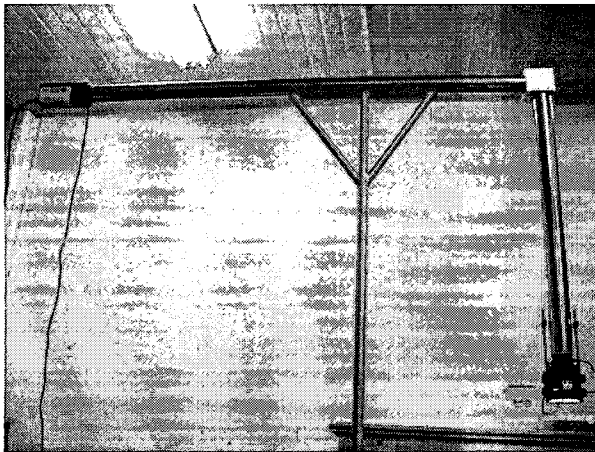


그림 1. 핫셀용 페리스코프

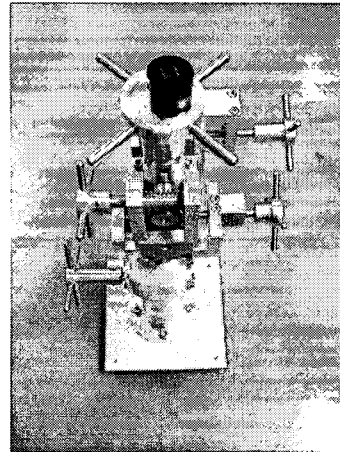


그림 2. 시편 스테이지

- 거시조직 사진 비교

기존의 폴라로이드 필름을 사용한 장치와 새로 설치된 페리스코프에서 획득한 거시조직사진을 비교하였다. 사용된 시편은 소결체 평균연소도 59.8 GWd/tU인 고연소도 사용후핵연료 시편이다. 그림 3, 4에서 보듯이 페리스코프에 의해 촬영된 사진의 선명도가 폴라로이드 필름에 비해 매우 우수한 것을 알 수 있다. 또한 국내 PWR 고연소도 핵연료의 특성 중 하나로 소결체 중앙부에서 결정립 내에 미세하게 형성되는 버블로 인해 소결체 중앙부와 주변부의 밝기가 뚜렷한 경계로 구분되는 현상을 페리스코프를 통해 보다 명확하게 확인할 수 있었다.

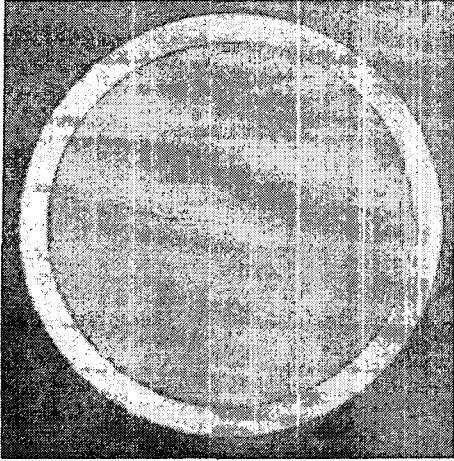


그림 3. 사용후핵연료 시편 거시조직사진
(폴라로이드 필름)

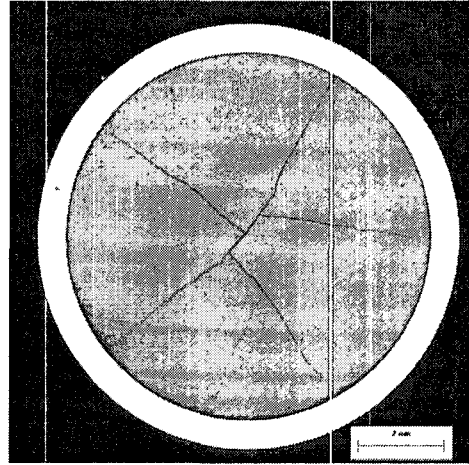


그림 4. 사용후핵연료 시편 거시조직사진
(페리스코프)

- 결론

기존 거시조직 시험장치의 노후화에 따라 핫셀용 저배율 페리스코프를 제작하고 조사후시험 시설 콘크리트셀에 설치하였다. 새로 설치된 핫셀용 페리스코프는 기존의 폴라로이드 필름을 사용한 거시조직 시험장치에 비해 뛰어난 선예도와 해상도를 갖고 있는 것으로 확인되었다. 또한 기존 시스템은 이미지 분석에 의한 시편의 제원측정시 표준자에 의한 보정과 더불어 전자과일로의 전환을 위해 스캔과정을 거쳐야만 한다. 핫셀용 페리스코프는 이러한 과정이 불필요하며 CCD 카메라에 직접 이미지 분석장치를 연결하여 시편의 제원을 측정할 수 있다. 본 시스템은 사용후핵연료 시편 뿐만 아니라 시편 절단 및 마운팅이 어렵고 부피가 큰 시료에 대한 조직시험에도 활용될 예정이다.