

핫셀용 거시시편 표면분석을 위한 영상장치 개발

서항석, 전용범, 이형권, 권형문, 황용화, 장정남
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
nhsseo@kaeri.re.kr

1. 서론

한국원자력연구원내 조사후연료시험시설 콘크리트 핫셀(9407cell)에는 조사후 핵연료 시편의 거시조직영상을 투영하는 시험장치가 설치되어 있다. 콘크리트 핫셀은 사용후연료의 금속조직시험 시편을 준비 하는 셀로써, 내부에 설치된 기존 거시조직영상 장치는 습기, 화학약품 및 고준위방사선 등의 환경에 지속적으로 노출되어, 렌즈 및 부품이 열화 되었고 선예도와 해상도가 저하되었다. 또한 이 시스템은 시편의 직경이 9.5mm이하만 투영이 가능하도록 배율이 저배율(7X)로 고정되어 있어, 직경이 16 mm에 이르는 이중냉각환형핵연료의 거시조직 분석에는 적합하지 않다. 이러한 문제점을 보완하기 위해, 배율 조절이 가능하도록 거시조직영상 장치를 개발하였으며 장비의 유지보수 시 방사선피폭을 최소화하기 위해 분리형으로 제작하고, 9409핫셀 내부에 설치하였다.

2. 본론

Fig.1은 핫셀 내, 외부에 설치가 완료된 영상장치 사진이다. 사용자의 방사선 피폭을 방지하고 CCD 센서의 손상을 막기 위해 렌즈부분 및 광원부분을 핫셀 내부에 설치하고, 카메라는 핫셀 외부에 설치하였다. Fig.1의 가운데 그림이 핫셀 내부에 설치된 렌즈부분 사진이다. 렌즈군은 4군8매로 제작되었으며 코팅처리를 하여 렌즈를 보호하였다. Surface mirror의 반사율은 95 % 이상을 유지시켜 선명한 영상을 얻게 하였다. 렌즈 하단부분은 LED 특수조명장치로서 난반사 방지를 위하여 적색 LED를 사용하였다. Fig.1의 왼쪽그림은 핫셀 외부에 설치되어 영상장치와 연결 장착된 Cool-Snap CCD 카메라이다. Cool-Snap CCD 카메라 해상도는 1.392×1.040 pixel이고, 각 pixel의 크기는 $4.65 \mu\text{m} \times 4.64 \mu\text{m}$ 이다. Output Image size는 $1.376 \times 1.024, 1.280 \times 960$ pixel이며 pixel Depth는 8bit mono이다. 이미지 포착 및

분석을 위해 Image-Pro Plus 5.1 프로그램이 사용되었다. 카메라는 PC에 의해 제어된다. Fig.1의 오른쪽그림은 시편이송테이블 사진이다. 몸체는 핫셀 내부에 설치하였으며 제어반은 핫셀 외부에 설치하였다. 본 테이블은 시편의 높낮이 조절과 X,Y,Z축 및 Tilting까지 가능 하도록 제작되었다.

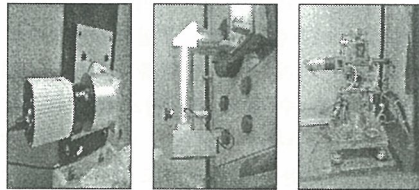


Fig. 1. Macroscopic visual examination system and Specimen table.

- 거시조직 사진 비교

Fig.2 사진은 거시시편표면 분석 영상장치를 통해 PWR 사용후연료 및 이중냉각환형핵연료의 시편 표면 조직의 영상을 획득한 배율 7X와 4X의 사진이다. Fig.2의 왼쪽사진은 7X 배율로 투영된 PWR 사용후연료 시편의 거시조직사진으로 미세한 크랙도 잘 나타나 있다. 오른쪽사진은 4X 배율로 투영된 이중냉각환형핵연료의 거시조직사진이다. 배율은 시편이송테이블이 고정된 상태에서 원격조종기를 이용하여 렌즈부분 노브만 반대 방향으로 밀어주면 변환된다. PWR 사용후핵연료의 직경은 9.5 mm이고 이중냉각환형핵연료 직경은 16 mm이다.

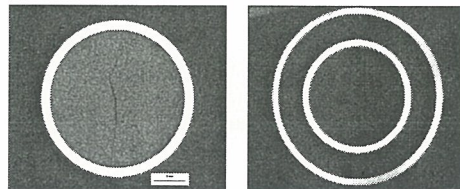


Fig. 2. Macroscopic inspection for PWR fuel sample and fuel cooled annular pellet fuel sample

3. 결론

조사후연료시험시설 콘크리트셀에 설치된 페리스코프는 배율 고정형으로 마운팅된 시편만 분석이 가능하고 시편의 파단면 및 결합부위에 대한 분석에는 한계가 있다. 이번에 개발된 거시시편표면 분석을 위한 영상장치는 페리스코프 거시조직사진 투영장치에 비해 뛰어난 선예도와 해상도를 갖추었으며 배율을 7X에서 4X로 변환할 수 있어, 이중냉각환형핵연료를 포함한 다양한 연구개발 분야에서 요구하는 고준위 시편의 거시조직 분석이 가능해졌다. 기존 시스템은 이미지 분석에 의한 시편의 제원 측정시 표준자에 의한 보정과 더불어 전자파일로의 전환을 위해 스캔과정을 거쳐야만 하였으나 핫셀용 거시시편표면 분석을 위한 영상장치는 이러한 과정이 불필요하며 CCD 카메라에 직접 이미지 분석 장치를 연결하여 시편의 제원을 측정할 수 있다. 본 시스템은 사용후핵연료 시편뿐만 아니라 마운팅이 어렵고 부피가 큰 시료 표면에 대한 조직시험에도 활용될 예정이다.