

핫셀용 가변형 페리스코프 표면영상 분석 장치 개발

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

1. 서론

고연소도 핵연료의 안전성시험 및 평가 기술 개발을 위한 일환으로 한국원자력연구원내 조사후연료시험시설(PIEF),납셀(9409cell)에는 조사후 핵연료 시편 표면의 거시 조직 영상을 투영하는 시험장치가 설치되어 있다. 이 거시조직영상 투영 장치는 습기 및 고준위 방사선의 환경에 지속적으로 노출 되어, 렌즈 및 부품이 경화되고 열화 되어 선예도와 해상도가 현격히 저하 되었다. 또한 이 시스템은 시편 직경이 9.5mm이하만 투영이 가능하도록 배율이 저배율(7X)로 고정 되어 있어, 직경이 16 mm에 이르는 이중냉각환형핵연료나 직경이 9.5mm이상 시편의 거시조직영상을 투영하는데 적합하지 않다. 이러한 문제점을 보완 하기 위해, 배율 조정이 가능하도록 가변형 페리스코프 표면영상 장치를 개발하였으며 장비의 유지 보수 시 방사선피폭을 최소화하고 카메라를 방사선으로부터 보호하기 위해 분리형으로 제작 하였다.

2. 본론

Fig.1은 핫셀 내부 및 외부에 설치가 완료된 영상장치 사진이다. 고방사선으로부터 카메라의 방사선 피폭을 방지하고 CCD 센서의 손상을 막기 위해 렌즈부분 및 광원부분을 핫셀 내부에 설치하고 카메라는 핫셀 외부에 설치하였다. 왼쪽 그림이 핫셀 내부에 설치된 표면 영상 분석 장치 본체 사진이다. 렌즈군은 5군10매로 제작되었으며 코팅처리를 하여 렌즈를 보호하였다. Surface mirror의 반사율은 98 % 이상을 유지시켜 선명한 영상을 얻게 하였다. 렌즈 하단부분은 시편관찰을 위한 LED 특수조명장치로서 시편의 표면 상태에 따라 조명의 밝기를 조절할 수 있다. 또한 빛의 난반사 방지를 위하여 적색 LED를 사용하였다. 조명장치 윗부분에 있는 검정색 노브는 배율 변환을 위한 장치로서 앞쪽으로 당기면 4X, 밀어

넣으면 7X로 영상을 투영 할 수 있어 시편 크기가 16mm까지 영상투영이 가능하다. 오른쪽그림은 핫셀 외부에 설치된 InnerView-274KY CCD Camera이다. CCD Camera에 대한 사양은 해상도 1,628(H) × 1,236(V) pixel이고, pixel size는 4.4μm(H)×4.4μm(V)이다. Output Image size는 7.16(H) × 5.40(V)mm이며 Frame rate는 10fps다. Shutter speed는 1/18750 to 1/12(sec), 이미지 포착 및 분석을 위해 INNERVIEW-iX software가 사용되었다. software 주요기능은 Image and Data File Format Support. Auto save. Multi-Focus. Image Tiling 및 Auto calibration. Point, Distance, Circle, Polyline Measurement. Particle Count. phase Analysis등 이다.

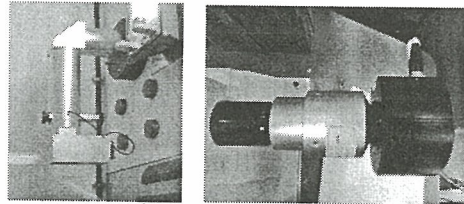


Fig. 1. Macroscopic visual examination system.

- 거시조직 사진 비교 -

Fig.2 사진은 핫셀용 가변형 페리스코프 표면영상 분석장치를 통해 PWR 사용후핵연료(울진3호기.HA03-D16) 및 결합연료봉의 End plug 시편표면을 투영한 거시조직사진이다. 왼쪽사진은 7X 배율로 투영된 사용후핵연료 시편의 거시조직사진으로 전반적인 시편의 표면상태 및 미세한 크랙까지 잘 나타내고 있다. 오른쪽사진은 결합연료봉의 End plug 거시조직사진으로 용접선과 파단면의 상태를 선명하게 나타내고 있다.

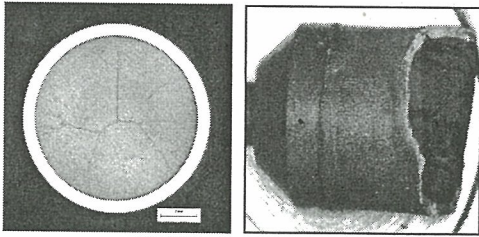


Fig. 2. Macroscopic inspection for PWR fuel sample and End plug sample.

3. 결론

기존에 설치되어있던 거시조직사진 투영장치는 렌즈의 성능이 저하되어 심도가 낮고 해상도가 떨어져 시편의 파단면 및 결합부위에 대한 분석에 한계가 있었다. 그러나 이번에 개발된 핫셀용 가변형 페리스코프 표면영상 분석 장치는 기존의 거시조직사진 투영장치에 비해 뛰어난 선예도와 해상도를 갖추었다. Fig.2 사진에서 보듯 미세한 크랙 및 파단면에 대해 선명한 영상을 나타내고 있다. 배율도 7X 및 4X 로 변환할 수 있어 직경이 16mm인 이중냉각환형핵연료를 포함한 피복관 결합부위에 대한 고준위 시편의 거시조직사진 투영이 가능해졌다. 영상투영시 CCD 카메라에 직접 이미지 분석 장치를 연결하여 시편의 제원 및 크기도 측정할 수 있다. 본 장치는 사용후 핵연료 단면 및 피복관 결합부위에 대한 거시조직 영상 투영 및 시편 조직 분석에 활용된다.