

고연소 핵연료봉 밀도시편 채취장치 및 핵연료봉 Tube core drilling machine 개발

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

조사후시험시설은 국내 상용 원자력발전소에서 조사된 핵연료를 시험/평가할 수 있는 국내 유일의 시험시설이다. 국내 상용 원자력 발전소에서 연소한 원전 조사후핵연료의 성능을 평가하고 건전성을 검증하며, 고방사성 원자력 재료의 특성 시험을 수행함으로써 고연소도, 고성능 핵연료의 원전 조사 성능평가 분석과 핵연료 및 원자력 재료의 건전성 검증시험 결과를 제공 한다. 따라서 고연소도 핵연료봉 성능 및 안정성연구 프로젝트의 지원을 위해 고연소 핵연료봉 밀도시편 채취장치 및 핵연료봉 Tube core drilling machine 장치를 개발하게 되었다. 고연소도 핵연료에서는 핵연료봉의 여러 가지 성능 인자들이 변화하게 되므로 고연소도 핵연료봉의 안정성 검증을 위한 성능검증이 필요하다. 이에, 원자력 선진국들은 고연소도 핵연료봉 안정성검증방법과 평가기술개발을 주요 현안으로 채택하여 활발하게 연구 중에 있다. 국내의 경우 한국원자력연구원을 중심으로 고연소도 핵연료봉 성능 및 안정성연구 프로젝트가 진행되고 있다. 이를 위해, 1990년부터 국내 12개 가압경수로에 공급된 국내 핵연료봉 중에서 울진 2호기의 K23핵연료봉집합체(52.5 MWD/kgU-rod avg.)를 고연소도 핵연료봉으로 선정하여 조사후시험시설(PIEF)에서 핵연료봉의 안전성 시험을 수행하고 있다. 향후 연소도 70 MWD/kgU-rod avg. 이상의 고연소도 핵연료봉 개발을 목표로 핵연료봉 안정성 시험 및 평가기술 개발을 진행중이다.



Fig 1. OM picture of pellet and cladding.

핵연료봉 피복관은 중성자 조사를 받으면 피복관 기계적 성질이 약화된다. 이런 피복관 기계적 성질의 변화는 피복관의 안전성에 영향을 미치므로, 피복관의 기계적 건전성 확인을 위한 시험이 필요하다. 피복관의 기계시험을 위해서는 우선 피복관(cladding)과 소결체(pellet)을 분리하는데 소결체는 조사가 되면서 팽윤현상(swelling)에 의해 피복관과 접촉이 일어나고, 고압과 고온에 의한 화학반응에 의해서 피복관과 서로 고착하게 된다. 소결체와 피복관을 분리하기 위하여 유압을 이용한 장치를 그동안 사용하였으나, 고연소도의 핵연료봉의 경우 Fig. 1처럼 서로 견고하게 결합되어 기존장치를 이용한 분리가 용이하지 않다.

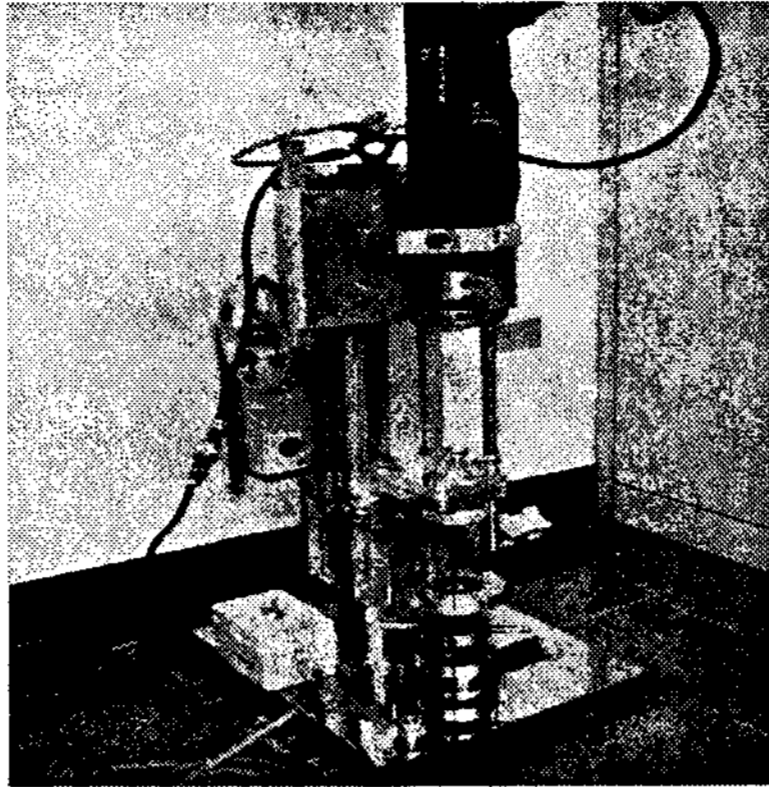


Fig 2. Tube core drilling machine.

따라서 본 연구에서는 피복관의 기계적 실험을 위해서 분리시 피복관 손상을 최소화하면서 피복관과 소결체를 안전하게 분리할 수 있는 핵연료봉 Tube core drilling machine(Fig. 2)을 개발하여 핫셀 내부에 설치하였다. 또한, 핵연료봉 단면 조직검사용 SEM시편과 밀도시편을 채취할수 있는 밀도시편 채취장치(Fig. 3)을 개발하였다. 밀도시편 채취장치의 주요기능은 조사된 핵연료봉 소결체의 밀도측정을 위해서 피복관을 축방향으로 절단하여 밀도시편을 채취한다. 축방향으로 피복관 두 지점을 교차하게 절단한 후 핵연료봉을 파쇄하여 SEM조직 시편을 제작할 수 있다. 본 논문에서는 고연소도 핵연료봉의 실험을 위해 개발된 이 기기들을 소개하고 각 장비의 특징을 설명하였다.

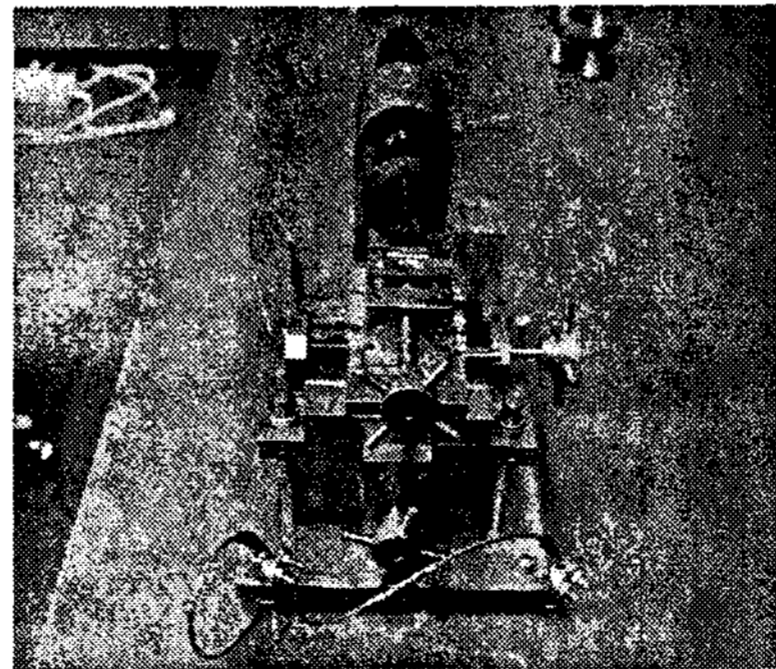


Fig 3. 밀도 시편 채취장치.

- 결론

사용후핵연료 및 고방사성 원자력 재료의 특성시험을 수행할 수 있는 Tube core drilling machine 및 밀도시편 채취장치를 개발하였다. 핵연료봉 Tube core drilling machine은 피복관의 기계적 성질이 변하지 않게 피복관과 소결체를 성공적으로 분리 하였으며 밀도시편 채취 장치는 소결체에 압력을 가하지 않고 피복관에만 다이아몬드 휠로 절단하여 제거함으로써 소결체의 파손을 최소화하여 시편을 채취하는데 좋은 결과를 얻었다.