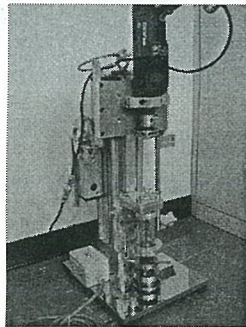


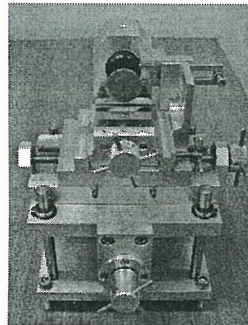
고연소 핵연료봉 Defueling machine 및 Declading machine 개발

서항석, 전용범, 이형권, 권형문, 장정남
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지
nhsseo@kaeri.re.kr

한국원자력연구원내 조사후연료시험시설은 원자로에서 조사한 핵연료 및 원자력재료에 대한 조사후시험 및 관련 시험기술의 개선/개발을 통하여 원자력 연구 개발을 적기에 효율적으로 지원하고 핵연료의 성능 및 건전성 평가, 핵연료의 개발 및 손상 원인규명 등에 필요한 특성 자료를 생산/제공하는 국내 유일의 시험 시설이다. 국내 상용 원자력 발전소에서 연소한 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 안전성연구 프로젝트의 지원을 위해 고연소 핵연료봉 Defueling machine 및 Declading machine 장치를 개발하게 되었다. 고연소도 핵연료에서는 핵연료봉의 여러 가지 성능 인자들이 변화하게 되므로 고연소도 핵연료봉의 안전성 검증을 위한 성능검증이 필요하다. 이에 원자력 선진국들은 고연소도 핵연료봉 안전성검증 방법과 평가기술개발을 주요 현안으로 채택하여 활발하게 연구 중에 있다. 국내의 경우 한국원자력연구원을 중심으로 고연소도 핵연료봉 성능 및 안전성연구 프로젝트가 진행되고 있다. 이를 위해, 1990년부터 국내 12개 가압경수로에 공급된 국내 핵연료봉 중에서 울진 2호기의 K23 핵연료봉집합체(58MWD/kgU-rod avg.)를 고연소도 핵연료봉으로 선정하여 조사후연료시험시설(PIEF)에서 핵연료봉의 안전성 시험을 수행하고 있다. 향후 연소도 70MWD/kgU-rod avg. 이상의 고연소도 핵연료의 안전성 기술 확보를 목표로 핵연료봉 안전성 시험 및 평가기술 개발을 진행 중이다. 핵연료봉의 피복관은 중성자 조사 및 표면 산화, 수소 침투에 의한 수소화물 석출등에 의해 피복관 기계적 성질이 약화된다. 이런 피복관 기계적성질의 성질의 변화는 피복관의 안정성에 영향을 미치므로, 피복관의 기계적 건전성 확인을 위한 시험이 필요하다.



Defueling machine



Declading machine

피복관의 기계시험을 위해서는 우선 피복관(cladding)과 소결체(Pellet)을 분리하는데 소결체는 조사가 되면서 팽윤현상(swelling) 및 피복관 creep down에 의해 피복관과 접촉이 일어나고 bonding층에 의한 화학반응에 의해서 피복관과 서로 고착하게 된다. 소결체와 피복관을 분리하기 위하여 유압을 이용한 장치를 그동안 사용하였으나 고연소도 핵연료봉의 경우 피복관과 연료봉이 서로 견고하게 결합되어 있어 분리가 용이하지 않다. 따라서 본 연구에서는 피복관의 기계적 실험을 위해서 분리시 피복관 손상을 최소화 하면서 피복관과 소결체를 안전하게 분리할 수 있는 핵연료봉 Defueling machine을 개발하여 핫셀 내부에 설치하였다. 또한 핵연료봉 단면 조직검사용 SEM시편과 밀도시편을 채취 할 수 있는 Declading machine도 개발하였다. Declading machine의 주요기능은 조사된 핵연료봉 소결체의 밀도측정을 위해서

는 피복판을 제거하고 소결체만 시험에 이용 된다. 따라서 피복판을 제거하기 위하여 적절한 크기로 절단 된 핵연료봉을 가로 방향으로 바이스에 고정 시키고 다이아몬드 blade를 사용하여 길이 방향으로 피복판만 45°씩 회전 하면서 8등분으로 절단 한다. 절단을 마치면 바이스에서 시편을 제거하면 피복판은 제거되고 소결체만 남는다. 본 논문에서는 고연소도 핵연료봉의 시험을 위해 개발된 이 기기들을 소개 하고 각 장비의 특징을 설명 하였다.

- 결론

사용후핵연료 및 고방사성 원자력 재료의 특성시험을 수행할 수 있는 Defueling machine 및 Declading machine을 개발하였다. 소결체는 조사가 되면서 팽윤현상(swelling) 및 피복판 creep down에 의해 피복판과 접촉이 일어나고 bonding층에 의한 화학반응에 의해서 피복판과 서로 견고하게 고착되어 있다. 따라서 피복판과 소결체가 견고하게 고착되어 있는 것을 핵연료봉 Defueling machine은 피복판의 기계적 성질이 변하지 않게 피복판과 소결체를 성공적으로 분리 하였으며 Declading machine도 소결체에 압력을 가하지 않고 피복판만 다이아몬드 blade로 절단하여 제거시킴으로써 소결체의 파손을 최소화 하여 밀도시편을 채취하는데 좋은 결과를 얻었다.