

내압크립시험용 핵연료 소결체 제거 장치 개발

서항석, 김도식, 전용범, 이형권, 황용화, 권형문, 장정남, 권인찬

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

nhklee1@kaeri.re.kr

1. 서론

조사후 연료 시험시설은 국내 상용 원자력발전소에서 조사된 핵연료의 성능 시험을 평가/검증하는 시험시설이다. 국내 원자력발전소에서 연소한 조사후 핵연료의 성능 및 건전성을 평가하고 고방사성 원자력 재료의 특성시험을 수행함으로써 고연소도, 고성능 핵연료의 성능평가 분석과 핵연료 및 원자력재료의 건전성 검증시험 결과를 제공한다. 따라서 고연소도 조사후 핵연료 Assembly에 대한 구조부품 조사 성능기술개발의 일환으로 조사후 핵연료 피복관에 대한 기계적 특성시험 [피복관 인장(횡/중), 압축, 굽힘, 파괴인성, 지연수소균열, 내압크리프, 내압피로파괴] 을 수행하기 위한 시편을 제작하기 위하여 본 장비를 개발하게 되었다. 본 장비는 핫셀 내부에 설치하여 원격조종기에 의해 운영되므로 모든 기능을 원격조종기 운전이 적합하게 제작 하였다.

2. 본론

핵연료봉 피복관은 중성자 조사를 받으면 피복관의 기계적 성질이 약화 된다. 이런 피복관 기계적 성질의 변화는 피복관의 안전성에 영향을 미치므로 피복관의 기계적 건전성 확인을 위한 시험이 필요하다. 피복관의 기계적 시험을 위해서는 우선 피복관(Cladding)과 소결체(Pellet)을 분리하여야 하는데 소결체는 원자로에서 조사되면서 팽윤현상(swelling)과 소결체-피복관의 Chemical interaction layer형성에 의해 서로 고착하게 된다. 따라서 피복관 과 소결체가 견고하게 분당(bonding)되어 있는 상태의 핵연료봉을 피복관 손상을 최소화 하면서 소결체를 완벽하게 제거할 수 있는 연료봉 소결체 제거장비를 개발하게 되었다^[1]. 소결체를 파쇄 하는 드릴은 출력 420W/ 회전속도 1,100RPM의 드릴을 사용하였으며 드릴비트는 초경합금 ϕ 6.0mm, 길이60/140mm를 사용하였다. 드릴축에 소재를 고정하고 드릴비트는 하

단에 고정된 상태에서 피삭재(연료봉)가 회전하면서 천공되는 방식으로 소결체를 파쇄 하게 하였다. 시편 길이가 200mm 이상의 시편을 제작할 때는 원심력에 의한 시편의 편심을 방지하기 위해 시편안내관 베어링축을 사용하여 제작한다. 또한 드릴비트부분에는 소결체를 파쇄 할 때 발생하는 드릴칩이 비산되지 않도록 원형 투명아크릴 하우징을 제작 후 드릴비트를 하우징속에 고정하여 칩의 비산을 방지 하였다. 장비의 뒤 부분에는 납판을 부착해 앞,뒤 무게 중심을 같게 하였으며 복원력에 의해 feedback 되게 하였다.^[2] Fig.1의 왼쪽사진은 제작 완료된 사진이며 오른쪽 사진은 핫셀 내부에 설치한 후 연료봉을 장비에 장착하고 천공을 시작하기 전 사진이다.

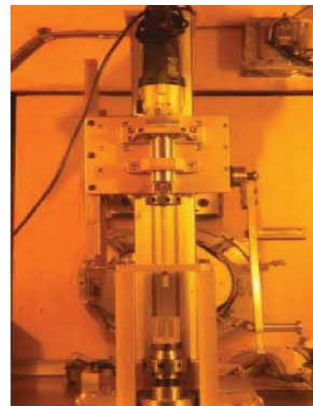


Fig.1. Defueling Machine.

고방사성 핵연료인 고리3호기 T94-M04핵연료봉에 대한 피복관의 기계적 특성시험시편을 제작하기 위하여 제작한 장비를 핫셀 내부에 설치하고 시편 제작을 하였다. 먼저 연료봉 길이310mm인 시편을 제작 할 때는 우선 60mm 드릴로 연료봉을 천공하고 다시 140mm드릴로 교체한 후 천공을 한다. 천공이 끝나면 시편을 반대로 고정시키고 다시 전과 동일하게 천공을 한다. 천공시간은 약 8시간 소요 되며 천공 방법은 원적조종기로 30/sec 동안 시편에 강하게 힘을 가한 후 10/sec 정지 하는 방법으로 작업을 수행 하였다. 가열된 드릴비트에 냉각수가 흐르지 않게 물을 조금씩 뿌려주면서 천공을 하였다. 천공을 마친 시편은 피복관 내부에 약 1mm의 두께로 붙어있는 소결체를 제거하기 위하여 온도 90도의 화학용액(질산 1 : 물1)에 시편을 담가 피복관 내부에 붙어있는 소결체를 완전히 제거시킨다. 용해시간은 약 20분 정도 소요되며 용해된 시편은 물로 깨끗이 세척 후 에탄올 용액으로 다시 세척/건조 과정을 거쳐 시편 제작을 완료 한다. Fig2의 왼쪽사진은 천공을 마친 사진이며 오른쪽 사진은 천공 후 용해하여 시편제작이 완료된 사진이다.

3. 결론

고연소 핵연료봉에서 피복관을 기계적 내압 크럼시험용 시편을 제작하기 위해 손상이 전혀 없는 핵연료 소결체 제거장치를 개발하여 시편을 가공하였다. 그 결과 시편에 손상이 전혀 없이 성공적으로 시편을 가공하였다.

4. 참고문헌

- [1] 서항석 외 5인, “고연소핵연료봉 밀도시편채취 장치 및 핵연료봉 Tube core drilling machine 개발”. 한국방사성폐기물학회 춘계학술발표회 논문집. 2007.
- [2] 서항석 외 4인, “고연소핵연료봉 Defueling machine 및 Declading machine 개발”, 한국방사성폐기물학회추계학술발표회논문집, 2009.

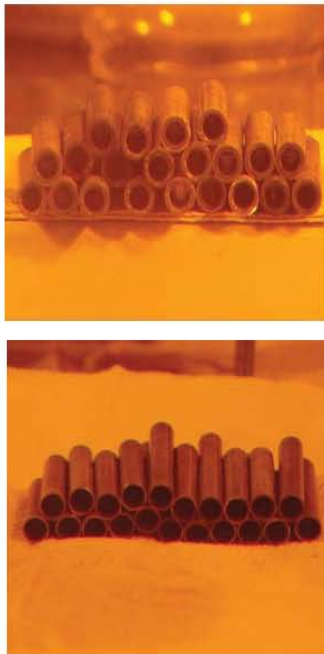


Fig.2. Photographs after puncture of fuel cladding and dissolution of pellet.