

조사 지르칼로이 피복관의 기계적 특성시험 기술 개발 Development of Mechanical Test Techniques for Irradiated Zircaloy Cladding in Hot Cell

김도식, 홍권표, 주용선, 안상복, 송용섭, 유병옥, 김기하
한국원자력연구소
(kimds@kaeri.re.kr)

고온 및 고압의 가혹한 방사선 분위기에서 사용되는 핵연료 피복관은 중성자 조사 및 수소화합물의 생성 등으로 인하여 기계적 성질이 저하된다. 따라서 조사된 핵연료 피복관의 손상기준 확립과 안전성 해석을 위해서는 연성 및 강도 등 기계적 특성을 정확히 이해하여야 할 필요가 있다. 핵연료 피복관의 종 및 횡 방향 인장특성 평가를 위하여 개발된 기존의 다양한 시험법들을 비교하고, 핫셀시험에 적합한 인장시험법을 개발하였다. 피복관의 종방향 인장시험은 튜브시편 또는 게이지부 내에서 균일한 변형률 분포를 얻도록 설계된 도그본 튜브시편(그림 1)을 사용한다. 피복관의 횡방향 인장시험에 사용되는 링시편(그림 2)은 게이지부 내에서 균일한 단축 원환변형을 분포 또는 평면변형을 조건을 나타내도록 설계한다. 연소 또는 조사된 피복관으로부터 시편을 제작하기 위해서는 핫셀 내에서 작업이 가능한 방전가공기(그림 3)를 사용한다. 피복관의 종방향 인장시험용 그립(grip)은 핀-부하형이며, 횡방향 인장시험의 경우는 시험 동안 시편의 곡률이 일정하게 유지되도록 그립의 형상 및 치수를 결정한다(그림 4). 피복관의 종 및 횡방향 강도와 변형 등 기계적 특성을 평가하기 위한 응력-변형률 곡선은 시험기의 복합 강성(K)을 고려하여 결정한다. 이상과 같이 검토된 인장시험법은 피복관의 안전성 해석(safety analysis)과 관련 규정(regulatory)에서 사용되는 피복관 손상기준(fuel damage criteria)의 개선에 필수적인 자료를 제공한다.

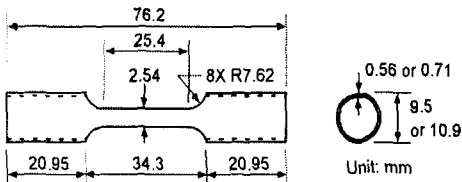


그림 1 Dogbone tube specimen

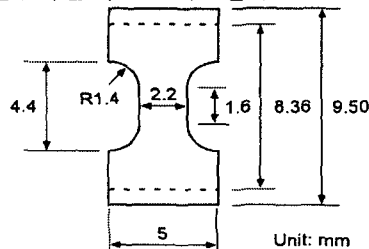


그림 2 Ring specimen

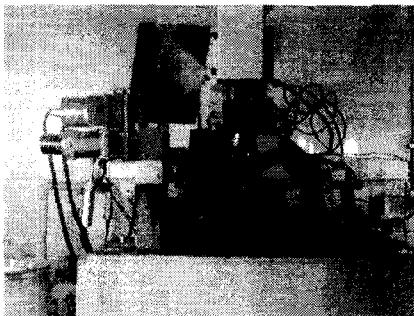


그림 3 EDM for manufacturing specimen

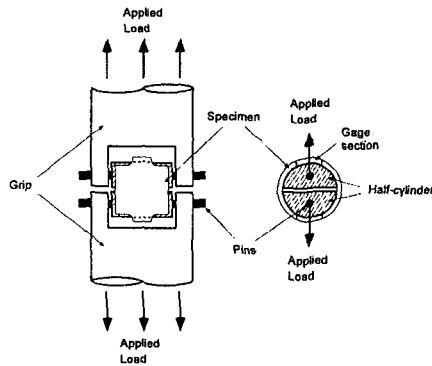


그림 4 Ring tensile test system