

연료회수용 절개탈피복 시스템 개선

이재원*, 이도연, 이영순, 양재환, 조용준

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*njwlee@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후핵연료를 사용한 파이로 일관공정시험용 원료를 제조하기 위해 기계적 탈피복 방법을 적용할 예정이다. 기계적 탈피복 기술로는 진동탈피복(vibrational decladding) 및 절개탈피복(slitting decladding) 방법이 있으며, 원료제조에 이들 방법이 병행해서 적용될 것이다. 사용후핵연료봉의 피복관을 절개하여 연료물질을 회수하는 절개탈피복 방법은 KAERI에서 개발하여 DFDF의 공기 핫셀에서 다양한 연소도 별로 시험을 통해 이의 기술이 확립되어 있다. 본 연구에서는 절개탈피복 방법의 알곤 핫셀에 적용하기 위해 유압시스템의 개선과 절개탈피복 장치의 Stand와 절개기 모듈(Slitting module)을 개조하였다.

2. 유압시스템 개선

DFDF에서의 절개탈피복 장치는 연료봉의 피복관을 절개 하는 자전형태의 전단 날이 부착된 절개 모듈, 연료봉을 절개기 모듈 속으로 수직으로 이동시키는 유압실린더, 유압실린더를 구동시키는 유압펌프로 구성되어 있다. DFDF에서의 피복관을 절개하는데 필요한 구동원으로 유압을 사용하고 있다. 알곤 핫셀에서 수행되는 파이로 일관공정시험을 위해서 실린더의 구동원으로 알곤 가스, 유압, 알곤 가스 추진 유압의 사용을 고려하였다. DFDF 시험결과에 의하면 사용후핵연료봉 피복관의 절개에 최대 300 kgf의 힘이 요구되었다. 알곤 가스 구동 실린더를 사용할 경우에 유효직경 100 mm의 매우 큰 실린더가 요구되며, 속도제어에 어려움이 있다. 유압실린더를 사용할 경우에, 구동원으로 유압펌프 또는 알곤 구동 유압펌프가 사용될 수 있다. 알곤 구동 유압펌프는 전기를 사용하지 않는 펌프로, 핫셀 내부에 펌프를 사용할 수 있다는 장점이 있다. 즉, 3-8 bar의 알곤 가스를 사용하여, 가스의 의해 최대 700 bar의 유압이 발생된다. 이러한 장점을 이용하여 알곤 가스 추진 유압 펌프를 적용한 유압시스템 구성하였다(Fig. 1). 유압 오일

은 내방사선이 우수한 Ployphenyl ether 계로 선정하였다.

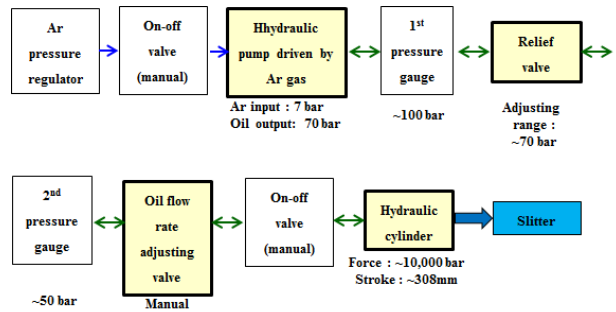


Fig. 1. Hydraulic system for slitter.

3. 절개탈피복 장치 개선

Fig. 2는 개선 전후의 절개탈피복 장치의 도면으로 실린더 고정, 절개기 모듈 및 이의 안착부에 대한 개선을 수행하였다. 그리고 Pusher의 안착 및 이의 이동을 위한 Moving die를 추가하였다.

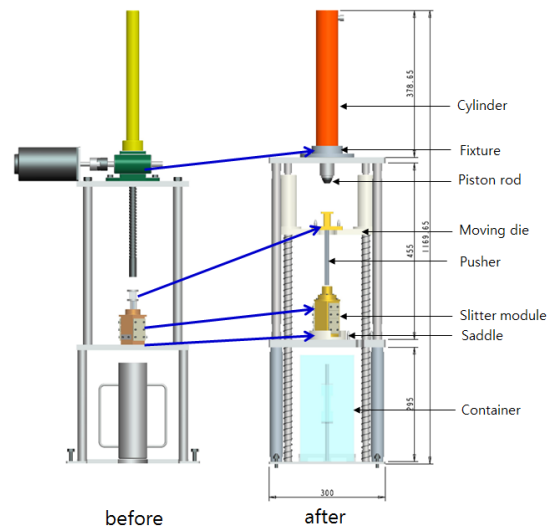


Fig. 2. Slitting equipment for decladding of fuel rod.

실린더의 원격 교체가 용이하도록 실린더가 장착된 플랜지와 상부 플레임의 결속을 Captive fastener

로 하였다(Fig. 3). 절개기 모듈에 삽입된 연료봉을 배출하기 위한 Pusher의 직진 운동을 보장하기 위해 Moving die와 Guide pin을 설치하였다. 또한, 절개기 모듈의 안착과 원주방향 회전방지를 위해 정육각형의 절개기 모듈의 형태를 이용한 Saddle을 제작하여 설치하였다.

절개기 모듈의 전단 날은 축방향으로 기존 3개에서 1개를 추가 장착하여, 전단 날의 마모 저하와 전단 날 간격별로 투과 깊이를 완화시켜 피복관의 급격한 전단을 방지토록 하였다(Fig. 4).

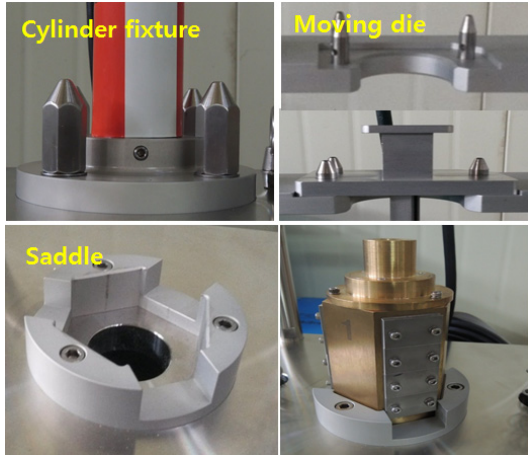


Fig. 3. An improved slitting stand.

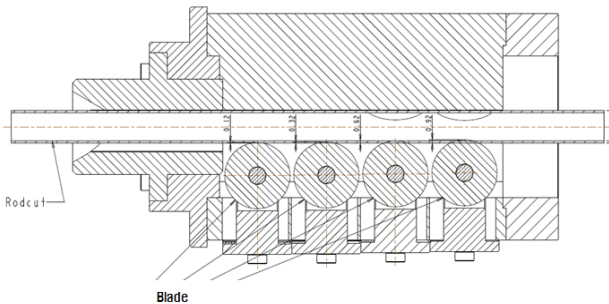


Fig. 4. An improved slitter module.

4. 모의봉 사용 절개시험

길이 250 mm Zirlo 재질의 피복관에 백시멘트 반죽을 충전후 경화하여 시험용 모의봉을 제조하였다. 알곤 가스의 압력을 4 bar, Relief valve의 압력을 20 bar로 조절한 후에 모의봉을 절개기 모듈에 삽입 후 절개 시험을 하였으며, 피복관과 경화된 백시멘트가 잘 분리됨을 확인 할 수 있었다(Fig. 5).

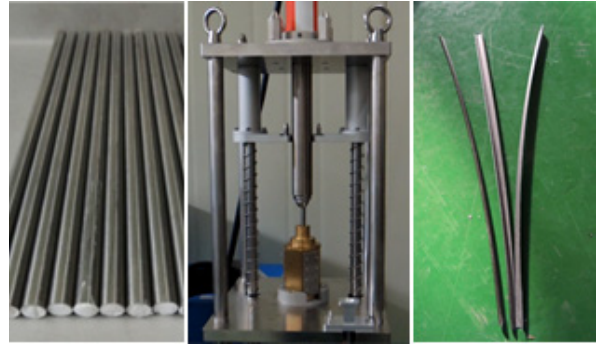


Fig. 5. Slitting of the simulated rod charged with white cement.

5. 결론

유압시스템은 전원이 필요 없이, Ar 가스(또는 공기)를 사용하여 유압실린더를 구동하는 방법으로 개선하였으며, 원격운전이 용이한 Slitting stand를 개발하였으며, 절개기 모듈을 개선하였다.

6. 감사의 글

이 논문은 2012년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(원자력 기술개발사업, No. 2012M2A8A5025696).