

절개탈피복에 의한 연료파편 회수

이계원, 이도연, 이영순, 김영환, 박근일, 이한수
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
 niwlee@kaeri.re.kr

1. 서론

경수로형 사용후핵연료의 건식 재활용 공정에서는 연료물질을 회수하기 위해 산화탈피복 및 기계적탈피복 방법을 이용하고 있다. 산화탈피복에 의해서는 UO_2 펠렛를 U_3O_8 분말로 전환하여 회수하기 때문에 회수율이 매우 높다. 기계적탈피복의 경우에는 연료파편(fuel fragment) 형태로 연료물질이 회수되므로 사용후핵연료 연소도가 증가됨에 따라 펠렛-피복관 상호작용에 의해 연료물질이 피복관에 고착되기 때문에 연소도에 따라서 회수율의 차이가 예상된다. 산화탈피복에 의해 얻은 U_3O_8 분말을 이용하여 전해환원을 할 경우에 처리용량 감소 뿐만 아니라 다공성 음극 바스켓을 사용하기 때문에 처리속도가 느리게 된다. 따라서 전해환원공정의 원료물질 형태로는 연료파편의 일종인 파쇄 펠렛과 U_3O_8 분말을 가공하여 제조된 다공성 펠렛을 이용하고 있다[1,2].

연료파편의 회수율과 입자크기는 원료물질 제조공정의 효율과 관련된 것으로 매우 중요하다. DUPIC 핵연료 펠렛 제조를 위해서 절개탈피복기로 연료파편을 회수한 후에 이를 산화·환원처리를 반복하여 소결성이 있는 DUPIC 분말을 제조하고 있다. 본 연구에서는 DUPIC 핵연료 제조의 일환으로 연소도가 다른 사용후핵연료를 이용하여 절개탈피복에 의한 연료파편의 회수율 및 입자크기를 분석하였으며, 이를 통해 전해환원공정에 공급할 수 있는 연료파편의 공급량을 평가하였다.

2. 실험

실험에 사용된 사용후핵연료의 절단연료봉의 특성은 Table 1과 같다. 평균연소도 56.9 GWd/tU의 경우에는 균일 및 불균일한 연소영역을 포함하며 (Fig. 1), 평균연소도 54.9 및 34.9 GWd/tU은 연료봉 중앙의 균일한 연소영역의 절단연료봉을 이용하여 절개탈피복 시험을 수행하였다(Fig.2.a).

절개탈피복은 유압실린더를 이용하여 절단연료봉을 slitter속으로 압출시켜 수행하였다. 연료판편

의 회수율(탈피복율)은 측정된 연료파편 및 연료봉의 무게, 피복관의 두께, 길이 및 밀도 자료를 이용하여 계산한 피복관의 무게로부터 계산하였다. 연료파편의 크기는 진동체(Fig. 2. b)를 이용하여 15분간 체질을 수행하였다.

Table 1. Spent Fuel Characteristics.

Rod No.	Average Burn-up (GWd/tU)	Rod-cut Length			Cladding Tube
		Bottom	Middle	Top	
HA03D15	56.9	10cm×6 rods	25cm×10 rods	10cm×6 rods	Zirlo
J502B13	54.9	-	25cm×1rod	-	Zirlo
J44A04	34.9	-	25cm×2 rods	-	Zir-4

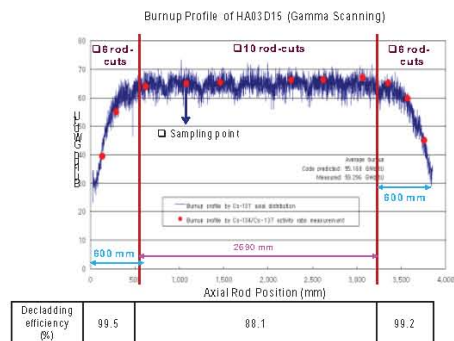


Fig. 1. Burn-up and mechanical decladding efficiency along the length of fuel rod.

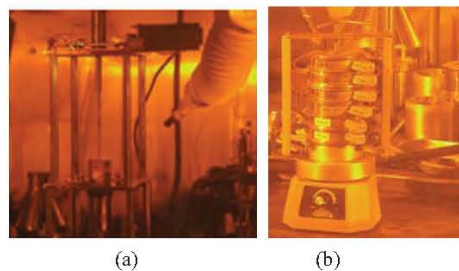


Fig. 2. Mechanical decladder and sieve shaker.

3. 결과 및 토의

평균연소도 56.9 GWd/tU의 사용후핵연료의 연료봉 위치에 따른 연료파편의 회수율을 측정하여 Fig. 1에 나타내었다. 연소도가 낮은 연료봉 상하단은 99.2~99.5%의 회수율을 보이며, 균일하게 연소된 부분은 88.1%로 낮았다. 균일하게 연소된 영역에서의 연료물질 회수율은 평균연소도 54.9 GWd/tU의 경우는 82.9%, 평균연소도 34.9 GWd/tU는 99.0%로 연소도가 낮은 경우 회수율이 높음을 알 수 있었다. 연소도가 높은 경우에 펠렛-피복관 상호작용에 의해 연료파편의 회수율이 낮음을 알 수 있었다.

평균연소도 54.9 및 34.9 GWd/tU에 대한 회수 연료파편의 크기를 분석하여 회수 연료파편 기준으로 연료파편 크기분포를 무게백분율로 Fig. 3에 나타내었다. 연료파편의 대부분은 0.5~5 mm에 분포하며 2~5 mm 사이에 가장 분포도가 높았다.

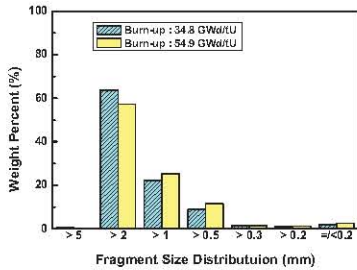


Fig. 3. Fragment size distribution.

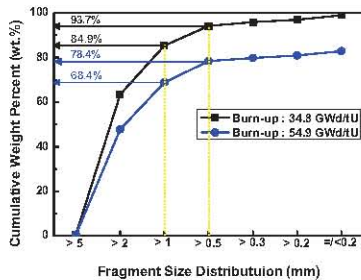


Fig. 4. Cumulative fragment size distribution on the basis of fuel material.

Fig. 4는 연료물질기준으로 연료파편 크기분포를 누적무게백분율로 나타낸 것이다. 연료물질을 기준으로 연소도 34.8 GWd/tU의 경우에 전해환원공정에 공급하는 연료파편의 크기가 1~5 mm

에서 0.5~5 mm로 확장되면 84.9%에서 93.7%로 증가하게 된다. 파이로 공정의 기준 사용후핵연료인 연소도 55 GWd/tU의 경우에는 68.4%에서 78.4%로 전해환원공정으로 공급하는 원료물질의 양이 증가하게 된다.

4. 결론

사용후핵연료의 연소도에 따라서 절개탈피복에 의한 연료파편 회수율은 저연소도의 경우에는 99%이상이며, 고연소도는 82~88%였다. 한미공동연구 파이로 공정의 기준 사용후핵연료는 연소도가 55 GWd/tU이며, 전해환원공정에 공급되는 연료파편의 크기가 1~5 mm에서 0.5~5 mm로 확장되면 68.4%에서 78.4%로 10%가 증가하게 된다.

5. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국연구재단의 원자력기술개발사업으로 지원받았습니다.

6. 참고문헌

[1] Y. Sakamura and T. Omori, Nucl. Technol., 171, pp. 266-275 (2010).
 [2] 최은영 등, 2011 한국방사성폐기물학회 추계학술대회 논문요약집, pp. 169-170 (2011).