

## 핫셀에서 절단 사용후핵연료봉 이송 및 장전 방안에 관한 연구

홍동희, 진재현, 정재후, 김영환, 윤지섭, 정기정

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

### 1. 절단 사용후핵연료봉의 이송 및 취급방안 도출

본 연구는 사용후핵연료 차세대관리공정을 수행하기 위하여 조사후 시험시설에서 사용후핵연료 집합체에서 연료봉을 인출한 후에 25cm 간격으로 절단하여 공정을 수행 할 조사재시험시설 지하에 위치한 핫셀의 Slitting장치로 이송하여야 한다. Slitting 장치에서는 사용후핵연료봉을 탈피복하기 위하여 이송용 Capsule로부터 절단 연료봉을 인출하여 장치에 장전하고 Slitting 작업이 완료되면, 절단 연료봉을 장전하여 Slitting하는 작업을 반복하여야 한다. 이러한 공정은 절단 연료봉을 1개씩 이송하고 취급하여야 하는 공정을 반복 하여야 하므로 시간이 많이 소요될 뿐만 아니라 핫셀에 사용후핵연료 분말이 비산될 가능성이 높다. 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 개선하기 위하여 절단연료봉의 이송절차, 이송용기, 슬리팅장치 등 공정장치, 핫셀 내부에서의 취급방안 등을 분석하여 다음과 같은 절단연료봉의 이송 및 취급방안을 도출하였다.

- ① Slitting작업의 효율성, 핫셀 내부에서 이송시 분말의 비산방지를 위하여 연료봉을 1개씩 취급하지 않고 여러개를 Capsule에 담아 운반하고 Capsule 자체를 Slitting 장치에 장전한다.
- ② 핫셀에 설치된 매니플레이트의 조작 능력을 감안하여 절단연료봉 이송용 캡슐은 절단연료봉을 포함하여 2 kg 이내로 하고 캡슐의 재질은 충격 및 낙화 등에 대비하여 충분한 강도를 유지하여야 한다.
- ③ Capsule은 핵물질 계량을 위한 NDA장치의 장전을 위하여 길이 300 mm, 지름 50 mm 이내로 한다.
- ④ 캡슐은 이송 중 절단 연료봉이 외부로 이탈되는 것을 방지하기 위하여 Cap으로 닫아야 하며, Cap은 매니플레이트를 이용하여 조작이 용이하여야 한다.
- ⑤ 핫셀 및 설치하는 슬리팅장치의 높이, 핫셀에 설치되는 매니플레이트의 조작능력 등을 분석한 결과 절단연료봉의 Slitting장치에 장전은 Capsule의 측면을 절개하여 이루어져야 한다.
- ⑥ 캡슐은 절단연료봉을 분리된 셀에 각 1개씩 꽂아 Capsule이 회전할 때마다 연료봉이 1개씩 Slitting 장치의 연료봉 가이드로 자동 투입되어야 한다.
- ⑦ 절단연료봉의 효과적인 Slitting장치의 장전을 위하여 절단 연료봉 1개를 Slitting장치에 장전한 후에는 이송용 캡슐을 장치에서 분리 하여야 하므로 캡슐을 장착하고 분리하는 캡슐장전 및 이송용 안착대를 제작하여 Slitting장치에 부착하여야 한다

### 2. 장치의 설계/제작 및 시험

절단 연료봉 이송 및 취급방안 분석에서 도출한 여러 요건을 반영한 시험용 장치는 절단 연료봉을 수집하여 운반하는 Capsule 및 Capsule을 Slitting 장치에 안착시키는 안착대의 2개 Part로 구성하여 그림 1과 같이 설계하여 제작하였으며, Capsule의 내부는 5개의 분리된 셀로 구성하여 절단연료봉 5개를 장전하여 Capsule이 60도 회전하면 1개의 절단연료봉이 하부의 연료봉 주입구로 장전 될 수 있도록 설계 하였다. 또한 핫셀이 협소하기 때문에 매니플레이트를 이용하여 capsule 및 안착대를 조작 할 경우 조작성이 좋아야 하며, Slitting장치 자체의 높이를 고려하여야 하기 때문에 사용후핵연료 절단연료봉의 장전은 그림에서 보는바와 같이 Capsule의 측면을 절개하여 장전하여야 한다. 이때 절단연료봉의 절단부위를 통하여 펠릿이나 분말이 핫셀로 비산되지 않고 Slitting 장치의 주입구로 들어 갈 수 있도록 Capsule의 연료봉 출구와 장치의 연료봉 입구가 일치 하도록 설계하였다. 연료봉의 장전 원리는 절단연료봉 5개가 장전된 Capsule을 캡슐 안착대에 장전한 후에 매니플레이트로 안착대를 밀어주면 Capsule이 슬리팅 장치의 절단연료봉 주입

구에 접촉되고, 매니플레이트로 Capsule을 시계의 회전방향으로 60도 돌려주면 봉 1개가 Slitting 장치에 장전된다. 장전이 완료되면 Slitting 장치와의 마찰을 피하기 위하여 매니플레이트로 안착대를 밀어서 장치와 분리 시킨 후에 장전된 절단 연료봉이 Slitting되어 사용후핵연료 펠릿과 Hull로 분리된다. 본 연구에서는 핫셀에서의 실증시험 수행시의 안전성을 위하여 그림 1과 같은 시험용 사용후핵연료 절단연료봉 장전 Capsule, 안착대 등을 제작하여 절단 연료봉의 이송/장전 시험을 반복하여 수행한 결과 연료봉 5개(1 Capsule)의 이송/장전 시간은 연료봉 하나씩 취급할 경우에 비하여 대폭 단축되었으나, Capsule에 절단연료봉 5개를 담았을 때의 무게가 약 4 kg으로 매니플레이트로 이송 및 취급하기가 무거웠고, 잡을 수 있는 손잡이가 없어 취급이 용이하지 않았으며, Capsule이 완전히 밀폐되지 않아 이송 중에 절단연료봉이 외부로 이탈 할 가능성이 있었다. 그러나 capsule로 절단 연료봉을 이송하고 취급하므로 작업자의 부주의로 인한 연료봉의 낙하사고와 사용후핵연료 펠릿 조각의 비산은 없었다. 시험 결과 발견된 문제점 및 모의 장치 설계 자료는 실증용 절단연료봉 운반 및 취급 용기설계에 반영하여 핫셀에서 공정장치 성능시험 수행 중에 검증할 예정이다.

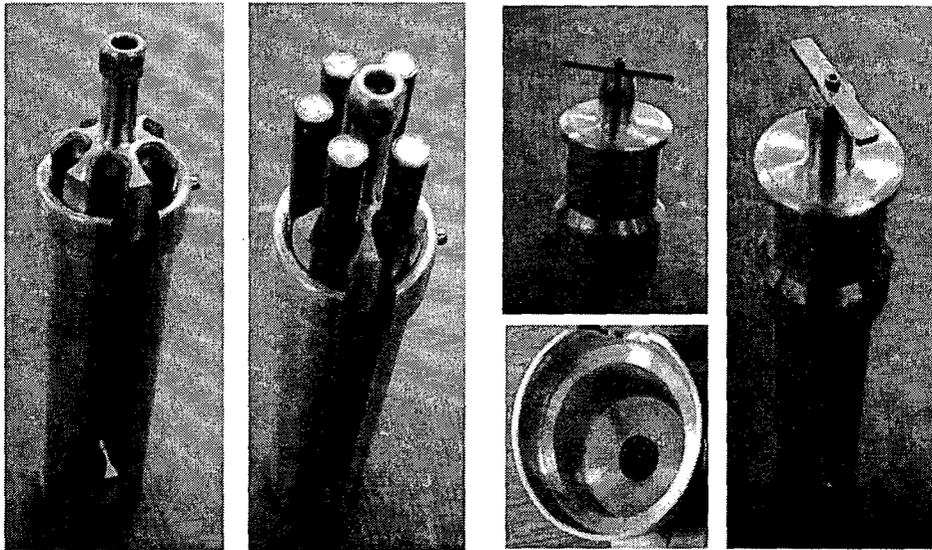


그림 1. 사용후핵연료 절단연료봉 이송용 capsule

### 3. 결론

본 연구에서 개발한 절단연료봉을 이송/취급용 capsule은 핫셀에 고방사성물질인 사용후핵연료 분말을 비산하지 않고 절단연료봉을 안전하게 이송하는 방안을 도출하여 실험용 장전장치를 제작하고 성능 시험을 수행하여 타당성과 안전성을 검증하였다. 시험결과 1 Capsule(절단연료봉 5개)의 장전에 소요되는 시간은 절단연료봉을 1개씩 취급하여 5번 장전하는 경우에 비하여 단축 되었으며, capsule이 밀폐된 상태에서 절단 연료봉을 취급하므로 작업자의 부주의로 인한 연료봉의 낙하사고 및 사용후핵연료 펠릿 조각 등 분말의 비산 문제를 원천적으로 해결하였다. 이러한 연구결과는 대형 핫셀에 설치되는 성능이 우수한 매니플레이트를 이용 할 경우 1 Capsule에 장전하는 사용후핵연료의 절단연료봉의 숫자를 늘릴 수 있어(10 개이상) 공정에 소요되는 시간을 많이 단축 할 수 있고, 고방사성 핵물질인 사용후핵연료 절단연료봉의 이송 및 취급에 대한 신뢰성을 높일 수 있다. 향후 대형 핫셀 등 사용후핵연료를 이용하기 위한 공정에서 본 연구 결과를 보완하여 활용 할 경우 사용후핵연료 절단연료봉을 이송, 장전 및 취급공정을 자동화 하여 공정의 효율성을 높이고 안전성을 향상시킬 수 있다.