

절단연료봉 이송 및 장진장치 개발

Development of Transportation & Loading device for Spent Nuclear Fuel Rod Cuts

**홍동희¹, 정재후¹, 김호동¹ 유길성¹, 이은표¹, 이원경¹

*#D. H. Hong(ndhhong@kaeri.re.kr)¹, J. H. Jung¹, H. D. kim¹, K. S. Yoo¹, Y. P. Lee¹, W. K. Lee¹

¹ 한국원자력연구원

Key words : loading device, Spent nuclear fuels, Slitting

1. 서론

사용후핵연료에서 유용한 물질을 회수하여 활용하기 위하여 사용후핵연료 집합체의 연료봉을 인출한 후에 절단하여 핫셀에서 슬리팅작업 등의 공정을 수행하여 핵연료 물질을 추출한다.

절단된 사용후핵연료봉을 탈피복하는 방법은 여러 가지가 있으나, 본 연구에서는 사용후핵연료 절단연료봉을 효과적으로 운반하여 장진하고 탈피복하는 장치에 대하여 기술하였다.

사용후핵연료는 고방사성 물질이므로 작업시에는 항상 방사능을 차폐 할 수 있는 핫셀에서 원격으로 취급하여야 한다.

절단연료봉 이송 및 장진장치는 30개의 사용후핵연료 절단연료봉을 수납용기에 장전한 후, 이를 운반하여 슬리팅장치 상부에 적재하면, 연료봉은 Fig 1에서 보는 바와 같이 중력에 의하여 하나씩 아래로 떨어지며, 기계적인 조작으로 슬리팅장치로 이송되고 장치에 로딩하여 슬리팅 작업을 수행한다.

본 연구를 통하여 개발한 장치는 핫셀에서 많은 량의 사용후핵연료 절단연료봉을 안전하게 이송하여 장진 할 수 있게 함으로써 작업 효율을 향상시키며, 사용후 핵연료의 분말의 비산 가능성을 줄여주는 효과가 있다.

2. 장치의 구성

장치는 사용후핵연료 절단연료봉을 이송하여 장진하는 장치와 장진된 절단연료봉을 Slitting하는 2개의 장치로 조합되어진다. 절단연료봉을 이송하고 장진하는 장치는 절단된 다수의 사용후핵연료봉을 수납하여 장전하는 수납 유닛과, 절단 연료봉을 기계적인 조작으로 하나씩 배출하는 피딩유닛, 피딩 유닛에서 배출된 절단 연료봉의 일단을 밀어서 후속 공정으로 안내하는 이송유닛으로 구성한다.

수납유닛은 상부를 개방할 수 있으며, 사용후핵연료 절단연료봉 여러 개를 내부에 수납하는 수납용기와, 수납용기의 상측에 결합되어 수납용기를 개폐할 수 있는 커버 및 수납 용기의 하측에 회전이 가능하게 결합되어 절단연료봉을 외부로 배출할 수 있는 회전판으로 구성한다.

피딩유닛은 수납용기가 삽입되는 피딩바디, 피딩바디의 아래쪽에 위치하여 둘레에 형성된 삽입 홈에 절단 연료봉을 하나씩 삽입한 후 회전하여 피딩바디 외부로 배출하는 회전 피딩기 및 회전 피딩기에서 배출된 절단 연료봉을 안내하는 가이드 판으로 구성한다.

이송 유닛은 절단 연료봉이 안착되는 홀더와, 홀더에 안착된 절단 연료봉의 일단을 밀어주는 푸셔, 및 푸셔를 이동 가능하게 지지하는 푸셔 지지대로 구성된다. 장치의 개념도는 Fig 1과 같다. 슬리팅장치는 장진된 절단연료봉을 세로 방향으로 절개하여 펠릿과 Hull로 분리하는 장치이며 장치의 개념도는 Fig 2와 같다.

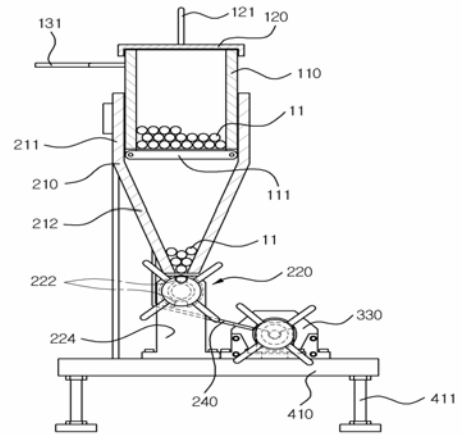


Fig 1. Schematic diagram of transportation & loading device

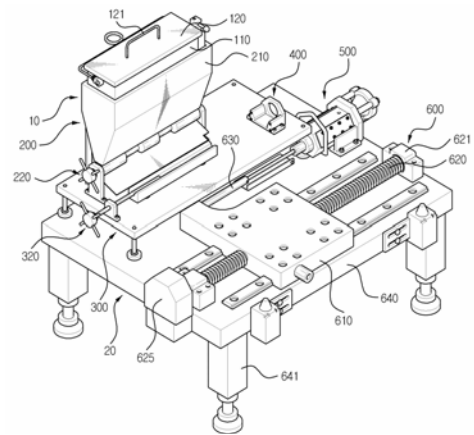


Fig 2. Schematic diagram of decladding drive

3. 장치의 설계 및 제작

사용후핵연료로부터 유용한 물질을 회수하기 위하여 사용후핵연료 집합체에서 연료봉을 인출한 후에 절단하여 이송유닛에 담아서 공정장치가 설치될 핫셀의 슬리팅장치로 이송하여야 한다. 슬리팅장치에서는 사용후핵연료 절단연료봉을 Hull과 Pellet로 분리하기 위하여 이송유닛으로부터 절단연료봉을 1개씩을 인출하여 장치에 장전하고 슬리팅 작업을 수행하며, 작업이 완료되면 다시 장전하여 슬리팅하는 작업을 반복하여 수행하여야 한다. 이러한 공정의 반복적인 공정은 시간이 많이 소요될 뿐만 아니라 핫셀에서 사고가 발생할 확률과 사용후핵연료 분말이 비산될 가능성이 높다.

본 연구에서는 이와 같은 문제점을 개선하기 위하여 절단연료봉의 이송절차, 이송용기, 슬리팅장치 취급방안 등을 분석 하였으며,

슬리팅 작업의 효율성, 핫셀 내부에서 분말의 비산방지를 위하여 절단연료봉 30개를 수납유닛에 담아 운반하고 이를 슬리팅장치 상부에 장전하는 장치를 Fig 3과같이 제작 하였다

- 장치의 설계를 위하여 반영한 주요 요건은 다음과 같다.
- ① 이송유닛은 절단연료봉 30개를 이상을 이송 할 수 있어야 하고,이송시 낙화 등의 사고에 대비하여 충분한 강도를 유지하여야 한다.
 - ② 이송유닛은 절단연료봉을 이송하여 슬리팅 장치에 로딩 한후에 기계적인 조작으로 연료봉 1개씩을 Slitting 장치의 연료봉 가이드를 통하여 자동 투입 할 수 있도록 하여야 한다.
 - ③ 이송유닛은 이송 중 절단연료봉이 외부로 이탈되는 것을 방지하기 위하여 뚜껑으로 닫을 수 있어야 하며, 이때 뚜껑의 조작은 매니플레이터를 이용하여 자유롭게 할 수 있어야 한다.
 - ④ 이송유닛은 핫셀에서 슬리팅장치에 장작이 간편하고 용이하며 조작기로 취급하기가 편리한 구조로 하여야 한다.
 - ⑤ 슬리팅장치는 상부 많은 량의 연료봉을 적재하여 연료봉을 연속적으로 넣을 수 있는 자동 메커니즘으로 하여 연속적인 슬리팅 작업이가능 하여야 한다.



Fig 3. transportation & loading device

4. 장치의 시험

수납 유닛은 사용후핵연료 절단연료봉을 수납하는 용기와 수납 용기를 밀봉할 수 있는 커버로 구성되며, 그 상부는 개방될 수 있다. 수납 용기의 양측에는 결합바가 회전 할 수 있도록 연결되어 있다. Fig 1은 회전판이 회전하지 않은 상태에서 수납 용기내부에 절단 연료봉을 수납된 상태를 표시한 개념도 이다.보조 결합바를 회전 시키면, 이에 연결된 회전판이 회전하면서 내부에 보관된 절단 연료봉이 아래로 떨어져 회전 피딩기로 이동하게 된다. 회전 피딩기는 수납용기 내부에 보관되어 있는 절단 연료봉을 하나씩 이송 유닛으로 공급하게 된다.

회전 손잡이를 이용하여 회전 피딩기를 회전하게 되면, 삽입 홈에 삽입된 절단 연료봉은 회전하여 가이드 판으로 떨어져 이송 유닛으로 이동하게 된다. 가이드 판은 기울어져 있어서, 절단 연료봉이 중력에 의하여 자연스럽게 굴러 떨어져 홀더에 일시 저장되게 된다. 홀더는 절단 연료봉이 안착될 수 있는 홀더 홈이 있으며, 홀더의 한측에는 푸셔가 설치되어 있다. 푸셔가 전진하면, 푸셔 바디가 절단 연료봉을 밀게 되어 슬리팅 공정으로 안내하게 된다. 슬리팅 장치에서는 절단연료봉을 슬리팅하여 pellet와 hull로 분리한다. 제작한 장치를 이용하여 절단 연료봉을 이송하고 장치에 장전 하여 슬리팅작업 수행한 결과 절단연료봉 1개씩을 조작기로 이송하

여 작업을 수행 할 때와 비교하여 작업시간이 많이 단축 되었으며, 밀폐된 대용량의 용기를 이용하여 절단 연료봉을 이송하고 취급 하므로 사용후핵연료 분말의 비산을 방지 할 수 있었고, 운반용기의 이송 및 취급회수를 줄여 사고의 빈도를 줄이는 효과를 거두었다.

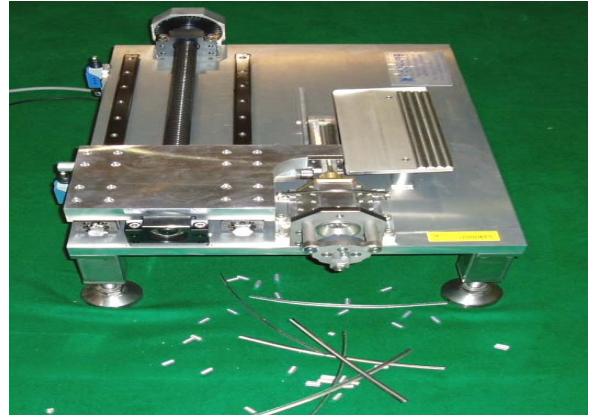


Fig 4. decladding drvice

4. 결론

본 연구에서 개발한 사용후핵연료봉 이송 및 장전장치는 핫셀에서 절단된 사용후핵연료봉을 1개씩을 운반/취급하지 않고, 대용량의 수납 용기에 담아서 이송한 후에 기계적인 조작으로 1개씩을 슬리팅장치에 장전 할 수 있게 함으로서 이송작업 효율이 향상되고, 한꺼번에 많은 양을 이송하기 때문에 핵연료의 분말이 비산 가능성이 현저히 줄었고, 조작기의 운전 실수에 따른 사고를 예방할 수 있으며, 작업의 신뢰도를 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

개발한 장치를 활용 할 경우 많은 양의 절단연료봉을 슬리팅 하여야 하는 대형 핫셀에서는 공정에 소요되는 시간을 크게 단축 할 수 있고, 안전성과 신뢰성을 높일 수 있을 뿐만 아니라, 추가적인 연구를 수행하여 취급공정을 자동화 수 있다.

후기

본 연구는 과학기술부에서 지원하는 원자력연구개발 중.장기 기금으로 수행되었음

참고문헌

1. Macheret and M. Bourgeois, "Mechanical Decladding of Stainless-steel-clad Oxide Fuels", CEA-R-4469, 1973.
2. Materials Hartrumpf and Roland Munser, "Optical three-dimensional measurements by radially symmetric structured light projection", applied optics, vol. 36, 1997
3. Peckner, D. and Bernstein, I, Handbook of Stainless Steels, Mcgraw Hill, P. 18-50, 1997