

헐(hull)의 사용후핵연료 잔여분말 자동분리 메커니즘 개발 Development on the Auto-Separation Mechanism for Spent Fuel Fine Powders

*#정재후¹, 김영환², 박병석³, 김기호⁴

*#J. H. Jung(njhjeong@nanum.kaeri.re.kr)¹, Y. H. Kim², B. S. Park³, K. H. Kim⁴

^{1, 2, 3, 4}한국원자력연구원

Key words : Hulls, Powder, Automatic separation, Recovery device, Simulated spent fuel, Rod-cuts

1. 서론

본 연구에서는 헐(hull)의 사용후핵연료(spent fuel) 잔여분말 자동분리 메커니즘을 개발하여 성능을 평가하는 것이다. 개발 후 성능 평가 목적은 탈피복/분말화 일체형 장치에서 사용후핵연료를 투입 후 일정한 온도와 산소를 공급하면 헐과 분말로 각각 분리된다. 분리되어 나온 헐에 묻어 있는 잔여분말을 분리 수집하기 위한 것이다. 산화반응 후 헐에 묻어 있는 잔여분말을 제거하고 회수할 수 있는 헐의 잔여분말 자동분리 메커니즘을 개발 후 성능평가하기 위하여 헐의 내/외부에 묻어 있는 잔여분말의 분리 특성을 조사 분석하고 헐의 공급방식, 이송방식, 헐 내/외부 잔여분말 분리방식, 운전방식 등을 검토, 선정하여 메커니즘을 고안 후 성능을 평가 하였다. 고안한 메커니즘의 설계·제작시 고려사항으로는 처리 용량 100 kgHM/batch, 연료봉 길이 50 mm, 헐에 묻어 있는 잔여분말 회수율 95 % 이상, 운전 조건은 1회에 12시간 이상 연속운전, 분리한 헐과 분말은 자동수집용기에 수집하기 위한 수집용기 연결방식, 헐 잔여분말 자동분리 메커니즘에서 수집된 분말과 고온진공 모듈의 자동연결방식 등이다. 최종적으로 헐의 공급, 이송 및 잔여분말 분리 등을 분석하여 conveyer 방식, parts feeder 방식, air shower 방식 등을 적용한 드럼 회전 및 축 왕복회전 등을 접목한 연속식 자동분리 메커니즘을 고안·개발 후 성능평가를 하였다.

2. 헐의 잔여분말 자동분리 메커니즘 고안

산화장치에서 산화반응 후 나온 헐에 묻어있는 분말을 제거하고 회수할 수 있는 헐의 잔여분말 자동분리 메커니즘을 고안하기 위하여 헐의 내/외부에 묻어 있는 잔여분말의 분리 특성을 조사하고 헐의 공급방식, 이송방식, 헐 내/외부 잔여분말 분리방식, 운전방식 등을 검토하고 선정하였다(그림 1).

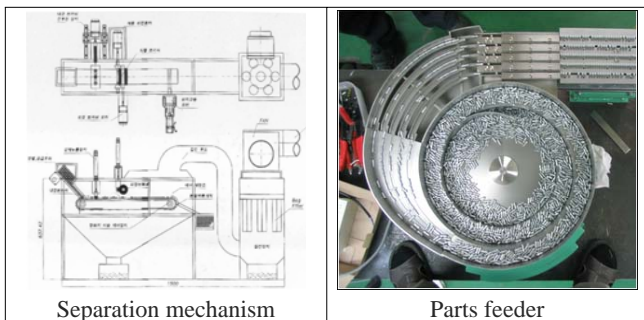


Fig 1. Device of separation mechanism with parts feeder.

고안한 헐의 잔여분말 자동분리 메커니즘을 설계할 때 고려할 사항들은 다음과 같다. 처리용량 100 kgHM/batch, 연료봉 길이 50 mm, 헐에 묻어 있는 잔여분말 회수율 95 % 이상, 운전 조건은 1회에 12시간 이상 연속운전, 분리한 헐과 분말을 자동으로 수집용기에

수집하기 위한 자동수집용기 연결방식, 헐 잔여분말 자동분리 메커니즘에서 수집된 분말과 고온진공 모듈의 자동연결방식 등이 있다(그림 2).

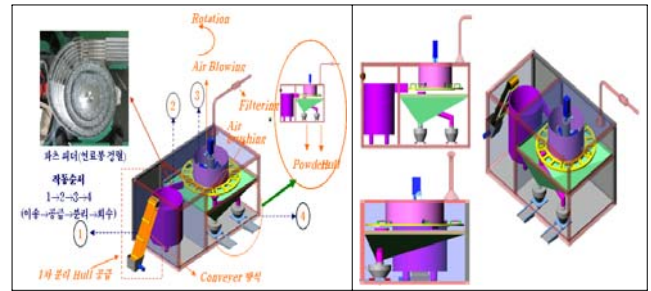


Fig 2. Concept of auto-separation mechanism.

최종적으로 헐의 공급, 이송 및 잔여분말 분리 등을 분석하여 conveyer 방식, parts feeder 방식, air shower 방식 등을 적용한 드럼 회전 및 축 왕복회전 등을 접목한 연속식 자동분리 메커니즘 등을 고안하여 제작할 장치를 3D 에니메이션으로 구현하였다(그림 3).

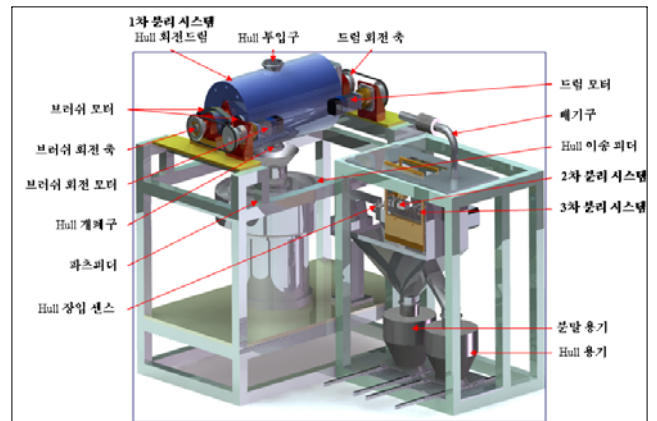


Fig 3. 3 Dimension modeling on the auto-separation mechanism.

3. 설계 및 제작

헐의 잔여분말 자동분리 메커니즘은 크게 헐/분말 분리 드럼부, brush 메커니즘부(드럼내부), parts feeder부, 헐 feeding부, 헐 내부 분리부, 헐 내/외 분리부, 헐/분말 배출부, 헐/분말 수집용기, control panel부 등으로 구성되어 있다. 설계 조건으로 연료봉 길이 50 mm, 잔여분말 회수율은 95 % 이상, 전기 용량은 3상 220 v, 운전 조건은 1회에 12 시간 이상 연속 운전, 운전 방법은 수동방식과 자동방식으로 가능하도록 하였다. 또한, 고안한 메커니즘의 성능을 평가하기 위하여 메커니즘의 처리 용량은 100 kgHM/batch, 크기는 길이(L) 1,500 x 높이(H) 1,229 x 폭(W) 1,200 mm로 설계 및 제작하였다(그림 4).

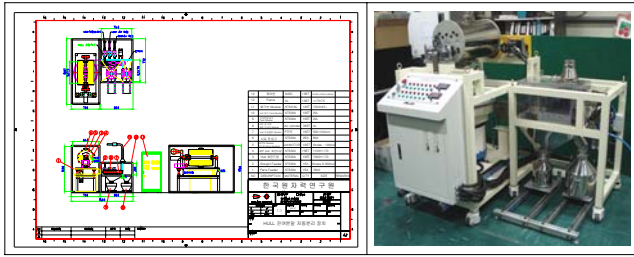


Fig 4. 2 Demension design and device on the auto-separation mechanism.

4. 혈의 잔여분말 자동분리 공정

혈에 묻어 있는 잔여 분말을 분리하기 위하여 잔여분말 자동분리 메커니즘의 드럼부에 있는 투입구의 뚜껑을 열어 준 후, 혈의 길이 50 mm를 갖는 일정한 용량의 혈을 드럼 내부로 투입한 후 뚜껑을 닫는다. 드럼 내부로 장입된 혈은 드럼 내부에 있는 브러시와 혈이 함께 회전하여 혈 외부에 묻어 있는 잔여분말을 분리하게 되며, 혈 내/외부에 묻어있는 잔여분말이 분리 완료되면 드럼 밑에 있는 나이프 게이트 밸브를 열어 주면 드럼 내부에 있는 혈이 파츠피더로 내려오게 되면 다시 나이프 게이트 밸브를 닫아 준다. 파츠피더로 내려온 혈은 파츠피더의 진동에 의해 혈이 정렬되면서 혈 내부의 분말을 제거하기 위한 곳으로 이동되면, 이때 혈을 클램핑 한 후 브러시(2개)가 회전하면서 혈 내부로 들어가 내부에 묻어있는 분말을 분리 한다. 혈 내부의 분말이 분리되면 혈은 다시 앞으로 이동된 후 혈 외부와 내부를 에어로 불어 주면 잔여분말분리 작업이 끝나고, 분말은 분말수집 용기로, 혈은 혈 수집용기로 수집된다. 이와 같이 혈에 묻어 있는 잔여분말 분리 작업 공정이 끝나면, 회수된 분말과 혈은 각각의 목적 위치로 이동하게 된다(그림 5).

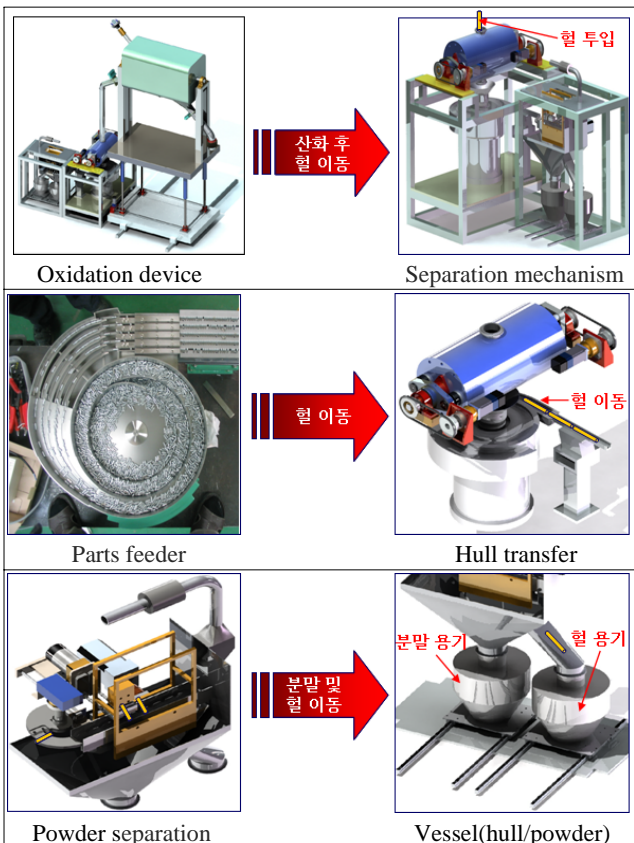


Fig 5. Process flow of the auto-separation device.

5. 성능 평가

혈에 묻어 있는 잔여분말을 자동으로 분리하기 위하여 제작된 메커니즘에 대한 동작시험과 기본특성시험을 수행(드럼내 메시 회전, part feeder 회전 및 연료봉 정렬, 혈 이동, 클램핑 동작 상태, air shower 상태, 분리된 분말과 혈 수집, control panel 작동상태 등) 하였다. 수행결과, 일부를 보완(회전 드럼부, 드럼내 메시, 드럼내 혈 배출부, 나이프 게이트 밸브 부착 등)하여 성능 평가를 수행하였다. 성능 평가에 사용된 재료는 기 년도에 개발한 산화반응 모듈의 탈피복/분말화 산화/회수 핵심장치로부터 회수한 50 mm 길이 (연료봉 규격 : SUS 316 tube, \varnothing 10.07 mm)의 혈(사용후핵연료 기준 20 kgHM 용량, 내/외부에 약 3% 분말 잔류)을 이용하여 사용후핵연료 10 kgHM에 해당하는 용량을 2회에 걸쳐 혈에 묻어 있는 잔류 분말 분리 시험을 수행하였다. 성능평가 결과, 당초 목표 이상을 달성하였다(그림 6).



Fig 6. Test results of auto-separation device for hull and Powders.

6. 결론

본 연구에서 개발한 혈(hull)의 잔여분말 자동분리 메커니즘은 산화장치에서 산화 후 분리되어 나온 혈에 묻어있는 잔여분말을 회수하기 위한 것이다. 이 메커니즘의 주요부는 크게 드럼부, 파츠 피더부, 혈/분말 분리부 및 control panel부 등으로 구성되며, 고장 시 유지·보수를 고려하여 부품들을 모듈 형태로 구성하였다. 이와 같은 형태를 가진 혈의 잔여분말 자동분리 메커니즘은 향후 공학규모인 high-throughput 탈피복/분말화 장치의 연속식 메커니즘을 개발하는데 활용될 수 있다.

참고문헌

1. K.Okada, "Separation method for a spent fuel rod", Japanese Patent No. 84140163, July 5, 1984.
2. C.S.Choi et al., "Improvement of conversion and reconversion process for nuclear fuel", KAERI/RR-802/88, 1988.
3. 양명승 외, "핵연료제조 및 품질관리기술개발," KAERI/RR-1744/96, 한국원자력연구소, 과학기술처, 1996.
4. Cul. B. D, Hunt. R.H, Spencer. B, 2004, Advanced Head-end Processing of Spent Fuel, "2004 American Nuclear Society Winter Meeting", Washington DC. Nov, 16.