

원격성을 고려한 고효율 탈피복/분말화 일체형 장치 개발

김영환, 정재후, 김기호, 박근일, 이정원, 이영순, 이도연

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045

yhkim3@kaeri.re.kr

1. 서론

탈피복/분말화 일체형 장치의 기능은 파이로 프로세스 공정의 일부인 전기 금속환원 장치에 U_3O_8 의 균질화 된 미세 분말을 만들어 공급하는 로드컷(펠릿+연료봉)의 산화 및 탈피복 장치이다. 장치의 개발 목적은 투입된 로드컷을 공기와 열을 이용하여 분말화 하고 운전 및 유지·보수가 용이한 모듈구조를 가지는 사용후핵연료 50 kgHM/batch 규모의 탈피복/분말화 일체형 장치를 제작하는데 있다. 또한 고방사선 환경의 핫셀 안에서 원격운전 및 유지보수가 용이하게 할 수 있는 모듈화 설계기술을 확보하는데 있다. 장치개발을 위해서 기계적 및 화학적 탈피복 방법들을 분석하였으며, 헬의 수량과 크기에 따른 반응기크기를 예측하는식을 도출하여 반영하였다. 또한 3D프로그램 분석과 산화핵심메커니즘과 회수핵심메커니즘을 개발하고, 기초성능시험자료를 설계에 반영하였다. 또한 원격안전성과 유지·보수성을 고려하여 모듈 및 반자동화 대상을 분석하고, 결정하였으며, 장치를 제작하였다. 장치의 주요 구성은 크게 허터 모듈부, 반응 모듈부, 지지 모듈부, 그리고 전기/센서부 등으로 되어 있다.

2. 본론

2.1 설계 조건

펠릿 처리 용량 50 kgHM/batch, 분말 회수율 99 % 이상, 최종 분말 입도 2-100 μm 이내, 사용 온도 500도, U_3O_8 분말화 시간 12 시간/1회, 전기용량 30 kw, 100 A, 220 V, 3상 등이다.

2.2 모듈/반자동화 대상 결정 및 분석

탈피복/분말화 일체형 장치의 원격 안전성과 유지·보수성 확보를 위하여 작업환경과 장치구조, 접근성 분석 등을 고려하였다. 또한 설계도면을 검토, 보완하고, 모듈식 및 반자동화 대상을 결정하여, 분석하였으며, 그림 1과 같다.

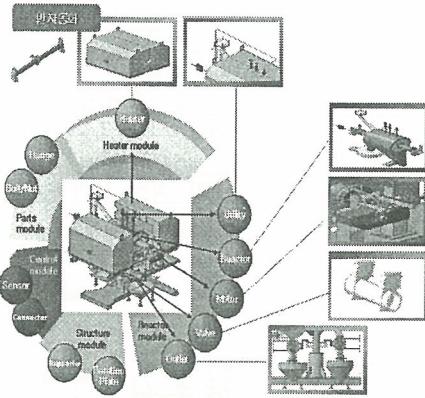


Fig. 1. Modular designs for remotely operated vol-oxidizer

2.3 유지·보수성을 고려한 모듈식 탈피복/분말화 일체형 장치 3D

탈피복/분말화 일체형 장치 시제품 개발을 위해 산화장치의 장치 용량과 크기를 반영하고, 원격장비 및 유지·보수 관련 등을 고려하여 모듈화 요건 설정 및 상세 설계를 수행하였고, 표 1, 그림 2와 같다.

2.3.1 반응기부

반응기 구동 모듈부의 촉·탈 부분은 베벨기어와 5°의 경사 플레이트 구조를 반영하여 인양 고리에 의한 모터 모듈의 슬라이딩 운동으로 쉽게 유지 보수가 가능하게 설계하였다. 반응기 모듈은 SF 용량 50 kgHM/batch 규모로, 직경(D)은 350 x 깊이(L) 400 mm로 결정하였고, 헬/분말 이송 경사각(transfer slop angle)을 45°로 하였다.

2.3.2 배출부

나이프게이트 밸브 (knife-gate valve) 모듈은 공기 냉각장치(air cooling system)를 고려하였으며, 클램프 탈착 방식의 모듈화 개념 고려하였다. 배출부 모듈에서 분말용기(30 L)와 헬용기(20 L)의 용량을 결정하였으며, 배출부 모듈은 플렉시블 및 용접방법을 적용한 모듈형태로 하였고, 또한 배출

부 모듈의 엔드캡 탈착은 전후슬라이드 방법을 적용하였다. 유지·보수를 위하여 회전 플레이트 모듈은 장치 전체가 하단부의 50 cm 위치에서 180도 회전하는 판(plate)을 고려하였다. 또한 장치 회전 위치 제어용 스토퍼를 설치하였다.

Table 1. Specifications of the high throughput vol-oxidizer

처리용량	50 khHM/batch
사용온도	500 °C
반응기 회전	3 - 5 rpm
장치크기	(L) 1,400 x (H) 2,000 x (W) 1,500 mm
유지·보수	180° 회전, 반자동
모듈기능	모듈별 분리 기능

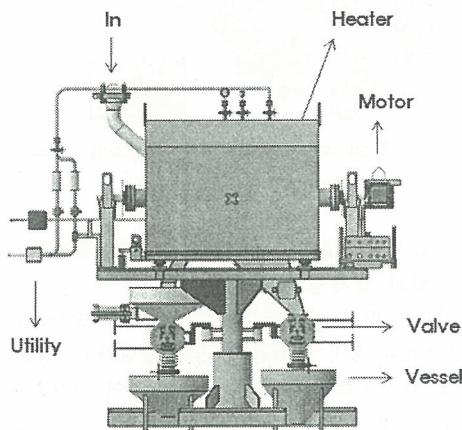


Fig. 2. 3D of the high throughput vol-oxidizer

2.4 탈피복/분말화 장치 제작

High-throughput 탈피복/분말화 장치제작은 핵심장치 개발과 열적, 기계적 프로그램분석 등을 토대로 장치를 제작하였다. 이 장치는 처리용량이 50 khHM/batch이며, 장치의 안전성을 고려한 원격운전 및 유지·보수성을 고려하고, 모듈화 요건을 설정하였으며, 장치의 부품별 모듈 및 반자동화 특성을 분석하고, 모듈 대상 및 반자동화 대상(히터 모듈)을 선정하였다. 또한 유지·보수를 위하여 장치 전체가 180도 회전하는 회전 플레이트 모듈 등, 모듈별 유지·보수를 고려하고, 이를 반영하여 탈피복/분말화 일체형 장치의 3D를 구축하고, 장치를 제작하였으며, 그림 3과 같다.

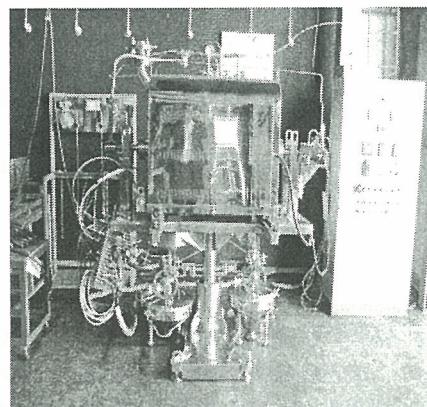


Fig. 3. High throughput vol-oxidizer

3. 결론

SF 절단연료봉을 동시에 탈피복 및 분말화 할 수 있는 모듈식 고효율 탈피복/분말화 장치가 개발되었다. 장치개발을 위해서 기계적 및 화학적 탈피복 방법들을 분석하여, 로터리 케일(Rotary kiln)방식을 선정하였다. 또한 혈의 수량과 크기에 따른 반응기크기를 예측하는 식을 도출하여 반영하였다. 또한 3D프로그램 분석과 열적, 구조적 해석을 통하여 산화핵심메커니즘과 회수핵심메커니즘을 개발하고, 기초성능시험자료를 설계에 반영하였다. 또한 원격운전 및 유지·보수성을 고려하여 모듈 및 반자동화 대상을 분석하고, 결정하였다. 모듈화 설계를 위하여 원격운전 및 유지·보수 치침에 근거한 모듈화요건을 설정하고, 3D를 구축하였다. 원격성 취급을 위해서 제시된 모듈화 방법들은 핫셀 내 공정장치의 모듈화 설계에 적용될 수 있고, 설계 및 특성 파악을 위한 재활용 가치로 역할을 할 수 있다. 또한 고효율 탈피복 분말화 일체형 장치의 설계기술은 PRIDE 시설 및 ESPF 시설에 활용될 수 있다.

4. 참고문헌

- [1] G. Uchiyama, M. Kitamura, K. Yamazaki, "Development of vol-oxidation process for tritium control in reprocessing," JAERI-M, 91-199, Nov., 1991.
- [2] K. Okada, "Separation method for a spent fuel rod", Japanese Patent No. 84140163, July 5, 1984.