

건식재가공 핵연료다발 제조장비 개발(II)

김수성, 이도연, 박근일, 이정원

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045, 305-353

sskim7@kaeri.re.kr

1. 서론

본 연구는 핫셀 내에서 건식재가공 연료다발의 제조장비 개발이 필요하며, 원자로 내에서 연료 연소 시 다발제품의 안전성과 연료의 성능 향상을 고려할 때 반드시 중요하다. 또한 모듈식 제조장비는 핫셀 내에서 연료다발을 제조하는데 사용되며, 여기서 다발제조는 end cap용접된 연료봉을 조립치구에 고정된 다음 원격으로 상단용접 헤드부로 이송하고 연료봉이 장착된 조립치구 A면을 장착한 후 상단용접이 이루어지고, 마지막 공정인 하단 end plate를 장착한 후 180°회전하여 B면의 하단용접이 수행된다.⁽¹⁾ 이와 같이 모든 제조 과정이 핫셀 내에서 원격작업이 이루어지기 때문에 원격조정기로 취급이 용이하도록 특수구조를 가진 제조장비의 설계가 필요하다. 이와 같이 다발 조립 및 용접의 중요성으로 인하여 원자력 분야의 연료가공 관련 새로운 장치설계에 대하여 많은 연구가 수행되고 있으며, 앞으로도 이 분야의 지속적인 연구는 계속 될 것이다. 따라서 본 연구에서는 다발 제조장비의 하단부 설계에 필요한 기본설계 자료를 제공하며, 실제로 핫셀 내에서 원격 운용 시 manipulator를 이용한 작업변수를 선정하여 모사 시험을 수행하였고, 이에 따른 mock-up 장치 설치 전에 상세 설계의 미흡조건을 분석하였다.

2. 제조장비 하단부의 설계 및 분석

Fig. 1은 다발 제조장비 하단부의 기본설계 구성을 보여주며, 기존의 멀티핀 집합체 연구용⁽²⁾으로 개발된 용접기에 비해 조작과 크기 면에서 간결하게 설계되었고, 특히 핫셀 내에서 다발조립 및 원격운용이 개선되어 모듈화 개념으로 설계되었다. Fig. 2는 하단부 part별 원격 운용성을 위한 설계항목을 점검하기 위한 일람표를 보여주고 있다. 다발 회전부는 Fig. 3과 같이 상단용접 후 하단용접을 하기 위해서 다발을 180° 회전하도록 설계되었으며, 기존의 장치와는 일체형에서 분리형으로 변경되었다. 회전부의 글리퍼는 공압 실린더에 의한 클램프 기구장치를 설계하여 180° 회전하도록 구동되고 글리퍼에 의해 다발을 고정하여 회전시켜주는 장치이다. 여기서 전체 장치에서 볼 때 상단용접 후 다발 회전부로 이송하기 위해 conveyor roller 장치의 설계가 필요하였다. Fig. 4의 연료봉 조립부는 37개의 봉단용접된 연료봉이 설계도면에 규정된 순서에 의해 원격으로 수동 조작되도록 설계되었다. 이때 연료봉들을 일정한 형태로 정렬시킨 다음 상단에 집합판을 정확한 위치에 삽입하기 위해서 특수 설계된 조립치구(assembly jig)를 사용해야 한다. Fig. 4와 같이 연료봉 조립부는 전체 장치의 일체형에서 별도로 분리하여 메인 프레임에 쉽게 분리 및 조립될 수 있도록 설계되었다. 이것은 연료봉 조립 시 작업자 간의 거리를 가깝게 하기 위하여 핫셀 윈도우 앞으로 이동할 수 있도록 고안되었다. 또한 연료봉 조립부는 각 연료봉을 조립치구에 정확히 삽입하기 위하여 육안으로 작업할 수 있도록 경사각을 주는 장치와 메인 프레임으로 이송하게 하는 transfer conveyor 장치로 구성된다.

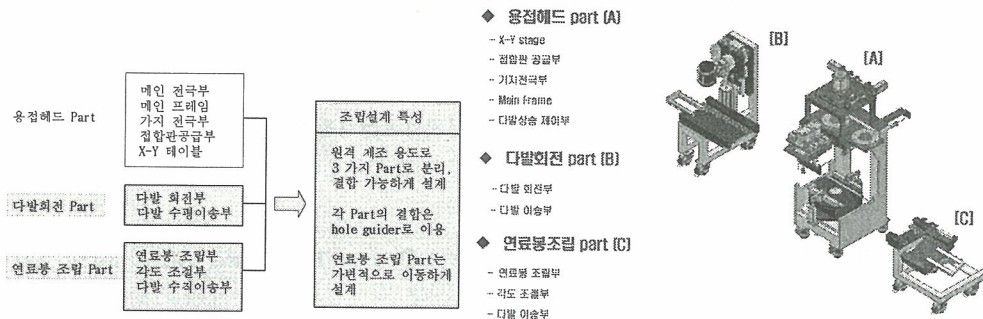


Fig. 1. 다발 제조장비의 하단부 설계 구성

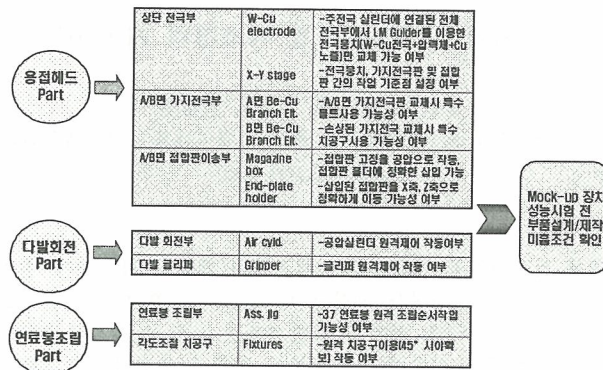


Fig. 2. 원격 운용성을 위한 하단부 설계 점검표

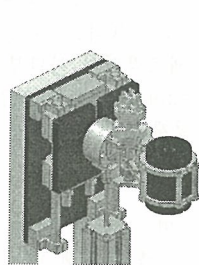


Fig. 3. 다발 회전부 및 클리퍼 모형도

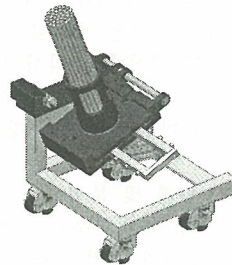


Fig. 4. 연료봉 조립부의 모형도

3. Pro-E 이용한 모사시험 및 분석

모듈식 다발 제조장비의 모델링 설계는 PTC사의 Pro/E Wildfire 3.0 프로그램을 이용하여 3차원 형상화 작업을 진행하였으며, 전체적으로 3차원 형상을 구성하여 조립장치의 분해 및 조립 구조형상을 분석하였다. 핵심 Sub assembly인 다발 회전부, 다발 클리퍼 및 연료봉 조립장치의 조립 과정, 교체 방법 및 모사시험을 통하여 핫셀 내에서의 원격작업을 위한 기술적인 사항을 사전에 검증하고 문제점 분석을 통하여 운전 형태와 제조공정 순서에 따른 부분 요소 그리고 상세설계 분석 등을 검토할 수 있었다.

4. 결론

본 연구는 건식재가공 연료다발을 위한 기본적인 모듈 설계와 하단부 제조장비의 모의시험을 통하여 원격 작업과정 그리고 Pro-E 을 이용한 모의동작으로 상세하게 여러 공정순서 및 운전 조작 등이 수행되었다. 금년 하반기에는 핫셀 내에서 원격 제조장비의 제작 시 유효한 설계 자료가 제시될 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업에서 건식재가공산화물전환체기술개발과제의 일환으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] Trunt P.T., 1983, "CANDU Fuel Performance," Power Reactor Experience, AECL-MISE-250-3 rev.1
- [2] GE Canada Nuclear Products, 1995, "Bundle Assembly Welder Manual," KNFC Equipment Data Book, April.