

건식제가공 핵연료다발 제조장비 개발(I)

김수성, 이도연, 박근일, 이정원
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
 sskim7@kaeri.re.kr

1. 서론

본 연구는 핫셀 내에서 건식제가공 핵연료 다발의 제조장비 개발이 필요하며, 원자로 내에서 연료 연소 시 다발제품의 안전성과 연료의 성능 향상을 고려할 때 반드시 중요하다. 또한 모듈식 원격제조장비는 핫셀 내에서 핵연료 다발을 제조하는데 사용되며, 이때 다발 제조는 봉단용접된 연료봉을 조립치구에 고정한 다음 원격으로 상단용접 헤드부로 이송하고 연료봉이 장착된 조립치구 A면을 장착한 후 상단용접이 이루어지고, 마지막 공정인 하단 접합판을 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 핵연료 가공 관련 새로운 장치설계에 대하여 많은 연구가 수행되고 있으며, 앞으로도 이 분야의 지속적인 연구는 계속 될 것이다. 따라서 본 연구에서는 건식제가공 다발 제조의 설계에 필요한 기본 자료를 제공하며, 실제로 핫셀 내에서 다발 조립 및 용접 시 원격조정기를 이용한 작업 변수를 선정하여 모의실험을 수행하고 이에 따른 작업의 원격성 및 운용성인 면에서 비교 분석하였다.

2. 제조장비 상단부의 설계 및 검토

Fig. 1은 모듈식 원격제조장비의 기본구성을 보여주고 있으며, 기존의 멀티핀 집합체 연구용⁽²⁾으로 개발된 용접기에 비해 조작과 크기 면에서 간결하게 설계되었고, 특히 핫셀 내에서 다발조립 및 원격운용이 개선되어 모듈화 개념으로 설계되었다. Table 1은 모듈식 제조장비의 설계반영 사항이다. 여기서 Fig. 2 및 Fig. 3은 모듈식 원격제조장치 상단부의 프레임과 용접전극 헤드부에서 개선 전과 개선 후의 설계 내용을 보여주고 있으며, 또한 Fig. 4 및 Fig. 5는 핵연료 다발제조장치의 A/B면 가지전극부 및 접합판 이송부에 대한 개선 전후의 설계와 Pro/E를 이용한 입체형상을 보여주고 있다.

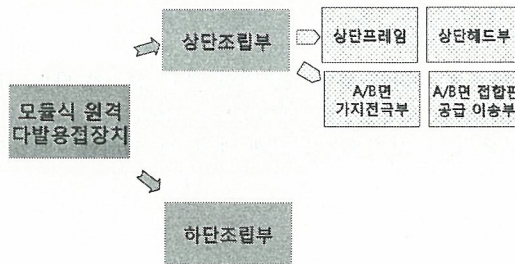


Fig. 1 모듈식 원격 제조장비의 기본구성

Table 1 모듈식 원격 제조장비의 설계 반영사항

모듈 구분	주요 부품	설계 반영 사항
상단 프레임	프레임, 게이지	• 프레임 두께 최소화, 게이지 측면 이동 > 전면 시야 확보
상단 헤드부	W-Cu 전극 X-Y 테이블	• 전극용치만 교체 가능 • 전극용치 분리/교체후 장착시 작업 기준점 일정 유지 가능
A/B면 가지전극부	Be-Cu 가지 전극판	• A/B 가지전극판 교체 : 볼트에 의한 분리
	Be-Cu 가지 전극	• 특수 치구 이용 손상 가지전극만 교체
A/B면 접합판 이송부	접합판 보관함	• A/B면 접합판 위치가 상이하므로 보관함 장착후 접합판 홀더에 삽입 : 실린더 이용
	접합판 홀더	• 삽입된 접합판 X, Y축으로 정확히 이동

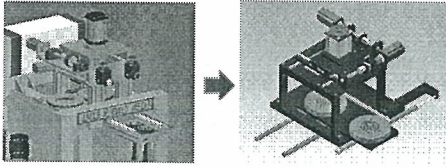


Fig. 2 상단프레임 개선 전/후 설계

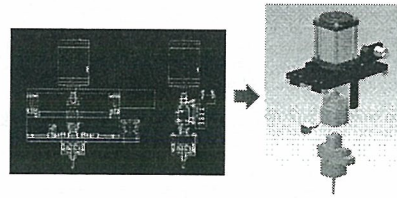


Fig. 3 전극헤드부의 개선 전/후 설계

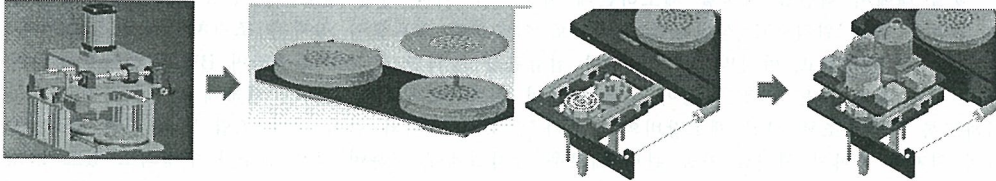


Fig. 4 A/B면 가지전극부의 개선 전/후 설계

Fig. 5 A/B면 집합판 이송부 개선 전/후 설계

3. Pro-E 이용한 모의실험 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. 주요 핵심 Sub assembly인 단일 전극을 가지는 용접헤드부와 가지전극부의 조립 과정, 교체 방법 및 모의실험을 통하여 핫셀 내에서의 원격작업을 위한 기술적인 사항을 사전에 검증하고 문제점 분석을 통하여 운전 형태와 원격성 분석 및 제조공정 순서에 따른 부분 요소 그리고 상황 분석 등을 검토할 수 있었다.

4. 결론

본 연구는 건식재가공 핵연료 다발을 위한 기본적인 모듈 설계와 다발 제조장비의 모의시험을 통하여 원격 작업과정 그리고 Pro-E 을 이용한 애니메이션으로 상세하게 여러 공정순서 및 운전 조작 등이 수행되었다. 향후 핫셀 내에서 원격 제조장비의 설계 제작 시 유효한 기본 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.