

모듈식 원격 다발 용접장치 설계 및 성능시험

김수성, 이도연, 박근일, 이정원

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045, 305-353

sskim7@kaeri.re.kr

1. 서론

본 연구는 고방사성 차폐 핫셀 내에서 듀픽 핵연료 다발 원격 제조를 위하여 모듈식 용접장치 설계 및 성능 시험에 관한 것으로, 듀픽 기술의 완성 측면에서 궁극적으로 제조된 핵연료를 이용한 다발 원격 제조기술 개발은 핵연료의 안전성과 성능 향상을 고려할 때 반드시 필요하다. 또한 모듈식 다발 용접장치는 핫셀 내에서 핵연료 다발을 제조하는데 사용되며, 이때 다발조립은 연료봉을 조립치구에 고정된 다음 원격으로 상단용접의 헤드부로 이송하면서 연료봉이 장착된 상단 end-plate의 A면을 장착한 후 상단용접이 이루어지고, 마지막 공정인 하단 end-plate를 장착한 후 180°회전하여 B면의 하단용접이 수행된다.⁽¹⁾ 이와 같이 모든 작업공정이 원격으로 이루어지기 때문에 원격 조작기(manipulator)로 취급이 용이하도록 특수구조로 된 다발 용접장치의 설계가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 모듈식 다발제조장치의 기본설계 자료를 제공하였으며, 실제로 핫셀 내에서 다발조립 및 end-plate용접 시 원격 조작기를 이용한 작업조건을 선정하여 모의실험을 수행하면서 이에 따른 다발 용접장치의 원격성 및 운용성을 비교 분석하였다.

2. 본론

2.1 상·하단 다발용접장치 설계 및 분석

Fig. 1은 모듈식 원격 다발 용접장치의 기본 구성을 보여주고 있다. 기존의 집합체 연구용⁽²⁾으로 개발된 장비에 비해 조작과 크기 면에서 간결하게 설계하였고, 특히 핫셀 내에서 다발조립 및 원격운용이 개선되어 모듈화 개념으로 설계하였다. 여기서 Fig. 2는 모듈식 원격 다발용접장치의 설계 개념도를 보여주고 있으며, 또한 Fig. 3은 원격 다발 용접장치의 part별 분해, 교체 및 조립될 수 있는 모의형상으로 보여주고 있다. 모듈식

상하단 다발 용접장치의 조립설계는 기본적으로 원격 제조공정의 완벽을 기하기 위하여 전체 부품설계의 단순화 및 보수 운용 면에서 핫셀 내의 원격 조작기 작업이 용이하게 이루어져야 한다. 상단 용접헤드 part의 설계내용은 x-y 테이블에 부착된 서보모터의 직접 전달하는 방식에서 belt를 이용한 구동 방식과 x-y 테이블의 ball screw 사이즈를 교체하여 개선된 것이며, 기존보다 충분한 유효공간을 확보하였다. Mock-up시험용 상하단의 메인 프레임 part에서 개선된 설계 내용은 핫셀 내에 loop door를 이용하여 설치할 경우 메인 프레임을 4단 조립 형태로 구성하였으며, 여기서 메인 프레임의 크기는 직경 450mm이며, 각각의 부품은 상단헤드 조립부, 접합판 공급이송 조립부 및 밀판(bottom plate) 조립부로 핫셀 내에서 분리 및 결합이 가능하도록 설계하였다.

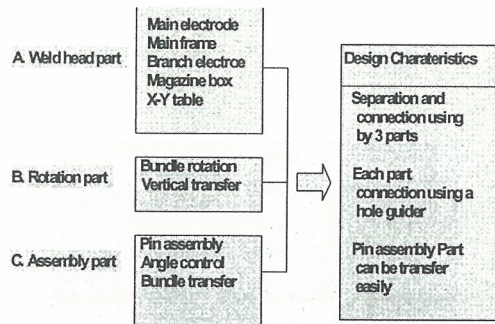


Fig.1 원격 다발용접장치의 기본 구성

2.2 원격 다발용접장치 성능시험 및 분석

모듈식 다발 용접장치의 모델링 설계는 PTC사의 Pro/E Wildfire 3.0 프로그램을 이용하여 3차원 형상화 작업을 진행하였으며, 전체적으로 3차원 형상을 구성하여 조립장치의 분해 및 조립 구조 형상을 분석하였다. Fig 4는 완성된 원격 다발 용접장치의 사진을 보여주며, mock-up 실험실을 이용하여 주요 핵심부분인 single 전극헤드와 가지전극의 조립 과정, 교체 방법의 성능시험이 수

행되었고, 작업의 원격성과 공정순서에 따른 부분 요소 그리고 운용성 분석 등이 검토되었다.

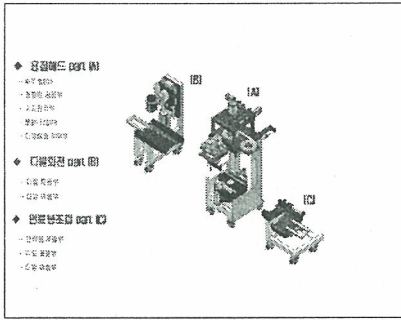


Fig. 2. 원격 다발 용접장치 설계 구성

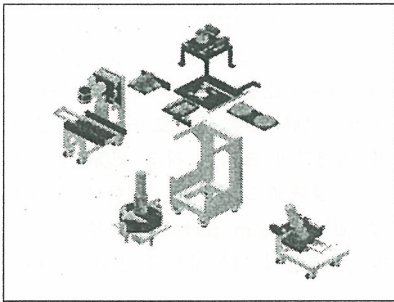


Fig. 3. 원격 용접장치 분해/결합 모형도

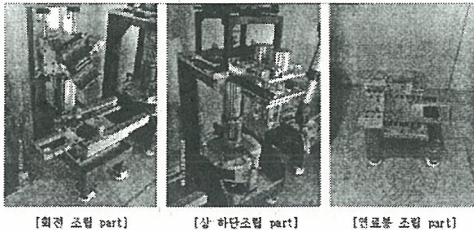
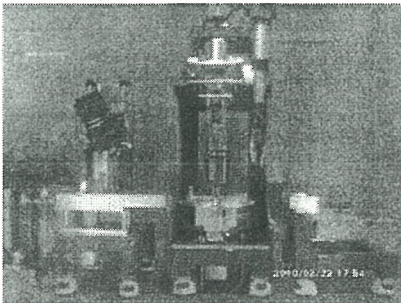


Fig. 4. 완성된 원격 상·하단 용접장치 사진

3. 결론

본 연구에서는 듀피크 핵연료 다발 제조를 위한 원격 용접장치 설계 및 모듈식 조립방법의 모의 시험을 통하여 원격 작업과정을 상세하게 여러 공정순서 및 mock-up시험 등을 수행하였다. 향후 IMEF 핫셀 내에서 원격 다발 용접장치의 제작 시 유효한 설계 자료가 제시될 것으로 판단된다.

4. 감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업에서 사용후핵연료 이용 재가공핵심기술개발과제의 일환으로 수행되었음.

5. 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.