

KAERI/TR-3359/2007

멀티핀 집합연료 원격 용접시스템 제작

Fabrication of Remote Welding System for
Multi-Pin Nuclear Fuels

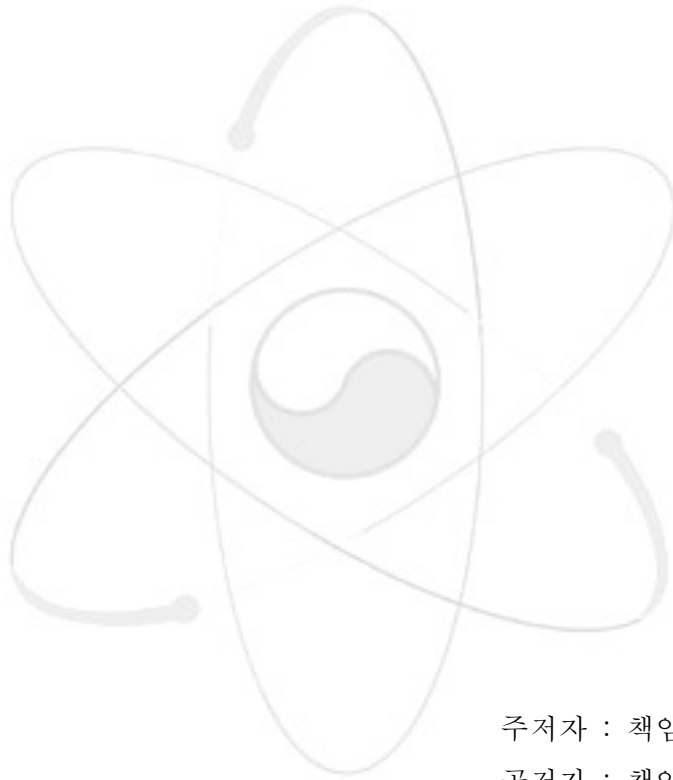
KAERI

한국원자력연구소

제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 보고서를 2007년도 “핵연료원격제조기술개발” 과제의 기술 보고서로 제출합니다.



2007. 2.

주저자 : 책임연구원 구대서
공저자 : 책임연구원 김수성
 책임연구원 박근일
 책임연구원 이정원
 책임연구원 손동성

요 약 문

멀티핀 집합연료 접합판 용접을 위한 원격용접 시스템을 설계하고 제작하였다. 원격용접 시스템의 성능실험을 수행하기 위하여 저항 용접법에 의하여 용접시편을 제작하였다. 제작한 용접시편의 봉단과 접합판간 토크를 측정하고 그 결과를 용접전류, 주전극 압력, 가지전극 압력 및 시간에 대하여 분석하였다. 용접인자에 따른 내환봉단과 접합판간 토크 및 외환봉단과 접합판간 토크제어는 가능함을 확인하고 용접시편 토크를 획득하였다. 핵연료 다발 봉단과 접합판간 토크 요건 연계하여 용접시편 적정 용접조건은 전류 4000A, 주전극 압력 4 bar, 가지전극 압력 2.5 bar 및 시간 2 cycles 이었다. 용접시편의 봉단과 접합판간 용접부 금속 조직실험을 수행하여 용접계면의 불연속성 및 용접 건전성을 조사하였다. 3핀 및 7핀용 집합연료 상·하면 지그를 제작하여 7핀 및 3핀 집합연료 상·하 접합판 용접을 수행하였다. 제작한 원격용접 시스템을 사용하여 멀티핀 집합연료 접합판 용접이 가능함을 확인하였다.

SUMMARY

Remote welding system for endplate welding of multi-pin nuclear fuels was designed, fabricated. Welding specimens were fabricated for the performance test of remote welding system by resistance welding method. The torque of welding between endplug and endplate of welding specimens was measured, and analyzed on current, pressure of main electrode, pressure of branch electrode and time. It was confirmed that the torque between inner endplug-endplate and outer endplug-endplate can be controlled by welding factors. The torque of welding specimens was available for connection of requirement between endplug and endplate. Welding condition of welding specimens is current 4000A, pressure 4 bar of main electrode, pressure 2.5bar of branch electrode and time 2 cycles. Metallographic examination on weldment between endplug and endplate was performed and continuity of welding line, integrity of weldability were investigated. Upper jig and lower jig for 7 pin nuclear fuels and 3 pin nuclear fuels were fabricated. The welding of upper endplate and lower endplate of 7 pin nuclear fuels and 3 pin nuclear fuels was carried out. It was confirmed that endplate welding of multi-pin nuclear fuels can be performed by remote welding system.

CONTENTS

CHAPTER 1 INTRODUCTION	1
CHAPTER 2 FABRICATION OF REMOTE WELDING SYSTEM FOR MULTI-PIN NUCLEAR FUELS ...	2
Section 1 Design and Fabrication	2
1. Fabrication Drawing	2
2. Remote Welding System	3
Section 2 Performance Test	22
1. Torque Measurement between Endplate and Rod	22
2. Metallographic Examination of Weldment	40
Section 3 Fabrication of 7 Pin & 3 Pin Fuels	41
1. Endplate Welding of 7 Pin Fuels	41
2. Endplate Welding of 3 Pin Fuels	44
CHAPTER 3 SUMMARY AND PLAN	46
CHAPTER 4 REFERENCES	47

목 차

제1장 서론	1
제2장 멀티핀 집합연료 원격용접 시스템 제작	2
제1절 설계 · 제작	2
1. 제작도면	2
2. 원격용접 시스템	3
제2절 성능시험	22
1. 집합판-공간 토크측정	22
2. 용접부 금속조직시험	40
제3절 7핀 및 3핀 집합연료 제작	41
1. 7핀 집합연료 집합판 용접	41
2. 3핀 집합연료 집합판 용접	44
제3장 요약 및 향후계획	46
제4장 참고문헌	47

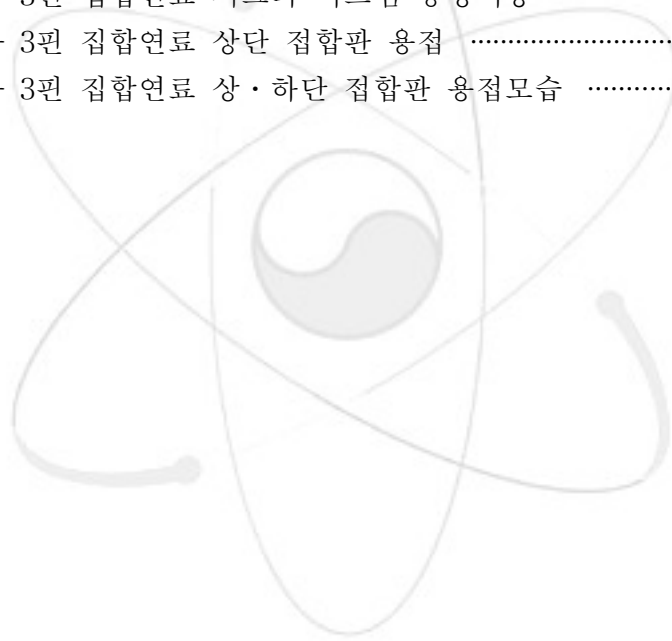
표 목 차

표 1 Welcom 200 저항용접 제어장치 CTH200-415 수동용접절차서	19
표 2 멀티핀 용접시편 제작절차서	20
표 3 멀티핀 집합연료 원격용접 절차서	21
표 4 전류에 따른 용접조건	22
표 5 주전극 압력에 따른 용접조건	22
표 6 가지전극 압력에 따른 용접조건	23
표 7 재현성 용접조건	23
표 8 전류에 따른 용접조건	24
표 9 주전극 압력에 따른 용접조건	24
표 10 가지전극 압력에 따른 용접조건	24
표 11 전류에 따른 용접조건	25
표 12 주전극 압력에 따른 용접조건	25
표 13 가지전극 압력에 따른 용접조건	25
표 14 전류 및 시간에 따른 용접조건	26
표 15 전류에 따른 용접시편의 토크	28
표 16 전류에 따른 용접시편의 토크	28
표 17 주전극 압력에 따른 용접시편의 토크	29
표 18 가지전극 압력에 따른 용접시편의 토크	30
표 19 전류 및 시간에 따른 토크	31

그림목차

그림 1 멀티핀 집합연료 원격용접 시스템 제작도면	3
그림 2 멀티핀 집합연료 원격 용접장치	4
그림 3 접합판 삼입장치부	4
그림 4 X-Y stage 부분 및 전극부분	5
그림 5 Jig Plate Exchanger	5
그림 6 X-Y Stage 부분	6
그림 7 컨트롤러 메인화면	7
그림 8 원점복귀 화면	8
그림 9 상면용접화면	9
그림 10 상면접합판 공급화면	9
그림 11 상면 접합판	10
그림 12 용접준비 화면	11
그림 13 상면용접 화면	12
그림 14 용접준비 화면	13
그림 15 배출작동 화면	13
그림 16 하면용접 화면	14
그림 17 하면접합판 공급화면	15
그림 18 하면 접합판	15
그림 19 용접준비 화면	16
그림 20 용접준비 화면	17
그림 21 배출작동 화면	18
그림 22 제작한 용접시편	27
그림 23 전류에 따른 용접시편 토크	33
그림 24 주전극 압력에 따른 용접시편 토크	33
그림 25 가지전극 압력에 따른 용접시편 토크	34
그림 26 가지전극에 따른 용접시편 토크	34
그림 27 시간에 따른 용접시편 토크	35
그림 28 시간에 따른 용접시편 토크	36

그림 29 시간에 따른 용접시편 토크	36
그림 30 시간에 따른 용접시편 토크	37
그림 31 특정 용접조건에 따른 용접시편 토크	38
그림 32 전류에 따른 용접시편 토크	38
그림 33 전류에 따른 용접시편 토크	39
그림 34 주전극 압력에 따른 용접시편 토크	39
그림 35 주전극 압력에 따른 용접시편 토크	40
그림 36 용접시편 용접부 종단면 사진	41
그림 37 연료봉 7핀 집합연료 지그장전	42
그림 38 연료봉 7핀 집합연료 지그의 시스템 중앙이송	42
그림 39 연료봉 7핀 집합연료 상단 접합판 용접	43
그림 40 연료봉 7핀 집합연료 상·하단 접합판 용접모습	43
그림 41 연료봉 3핀 집합연료 지그의 시스템 중앙이송	44
그림 42 연료봉 3핀 집합연료 상단 접합판 용접	45
그림 43 연료봉 3핀 집합연료 상·하단 접합판 용접모습	45



제 1 장 서론

중수로형 핵연료 집합체가 원자로에서 연소되는 동안 핵연료 피복관은 외압에 의해서 붕괴되고 핵분열에 의해 생성된 핵분열 물질로 인해 내압이 증가하게 된다. 피복관과 봉단마개의 용접부위에서 핵분열 물질 누출 가능성이 있기 때문에 이 용접부위는 핵연료의 안전성과 연결된다고 할 수 있다[1]. 이러한 용접부의 중요성 때문에 핵연료 봉단마개 용접에 대하여 연구가 계속 수행되고 있으며 연구 및 상용화단계의 용접방식은 용융용접, 고상용접 또는 저항용접으로 분류될 수 있다. 용융용접방식에는 TIG(tungsten inert gas)용접, EBW(electron beam welding) 및 LBW(laser beam welding) 등이 있으며 고상용접방식에는 upset butt 저항용접, 자력저항용접(magnetic force resistance welding), percussion welding, 플래시 용접(flash welding) 및 brazing 등이 있다[2]. 특히 용접성, 용접이음설계 경제적인 관점을 고려하여 중수로형 핵연료의 봉단마개 용접은 multi-cycle mode 를 이용한 저항업셋버트용접(resistance upset butt welding)방법이 이용되고 있다[3-4]. 이 방법은 용접물인 피복관과 봉단마개의 고유저항과 접촉저항에 의하여 발생하는 용접열과 가압력에 의한 소성변형 결과로 용접덧살(weld flash)이 발생하여 모서리(re-entrant corner)가 형성되며 이 부분은 응력 집중을 야기하고 미소균열의 발생장소가 된다[5].

본 보고서에서는 multi-pin 집합 제조를 위한 원격용접기를 설계하고 제작하였다. 원격용접 시스템의 성능실험을 수행하기 위하여 저항 용접법에 의하여 용접 시편을 제작하였다. 제작한 용접시편의 봉단과 접합판간 토크를 측정하고 그 결과를 용접전류, 주전극 압력 및 가지전극 압력에 대하여 분석하였다. 용접인자에 따른 내환봉단과 접합판간 토크 및 외환봉단과 접합판간 토크제어는 가능함을 확인하였다. 핵연료 다발 봉단과 접합판간 토크 요건 연계하여 용접시편 토크를 획득 하였다. 용접시편의 봉단과 접합판간 용접부에 대한 금속조직실험을 수행하여 용접성을 확인하였다. 3핀 및 7핀용 상·하면 지그를 제작하여 3핀 및 7핀 집합연료 상·하 접합판 용접을 수행하였다. 제작한 원격용접 시스템을 사용하여 멀티핀 집합연료 접합판 용접이 가능함을 확인하였다. 앞으로 이 시스템에 대하여 핫셀에서 원격으로 조작할 수 있도록 원격 운용성을 평가하고 모듈방식으로 분해하고 결합할 수 있는 관련 기술을 개발해야 할 것이다.

제 2 장 멀티핀 집합연료 원격용접 시스템 제작

제 1 절 설계 · 제작

1. 제작도면

그림 1은 멀티핀 집합연료 원격용접 시스템 제작도면을 나타낸 것이다. 이 시스템은 aluminum profile structure(01E), jiggling plate changer assembly(02E), end plate insert system(03E), rotation unit assembly(04E), outlet-guide assembly(05E), connect 2 assembly(06E), jiggling plate assembly(07E), fixture for side B assembly(08E), jiggling plate assembly(09E), jiggling plate assembly(10E), aluminum profile structure assembly(11E), cylinder bracket base(12E) 및 electric welder(13E)로 구성된다.

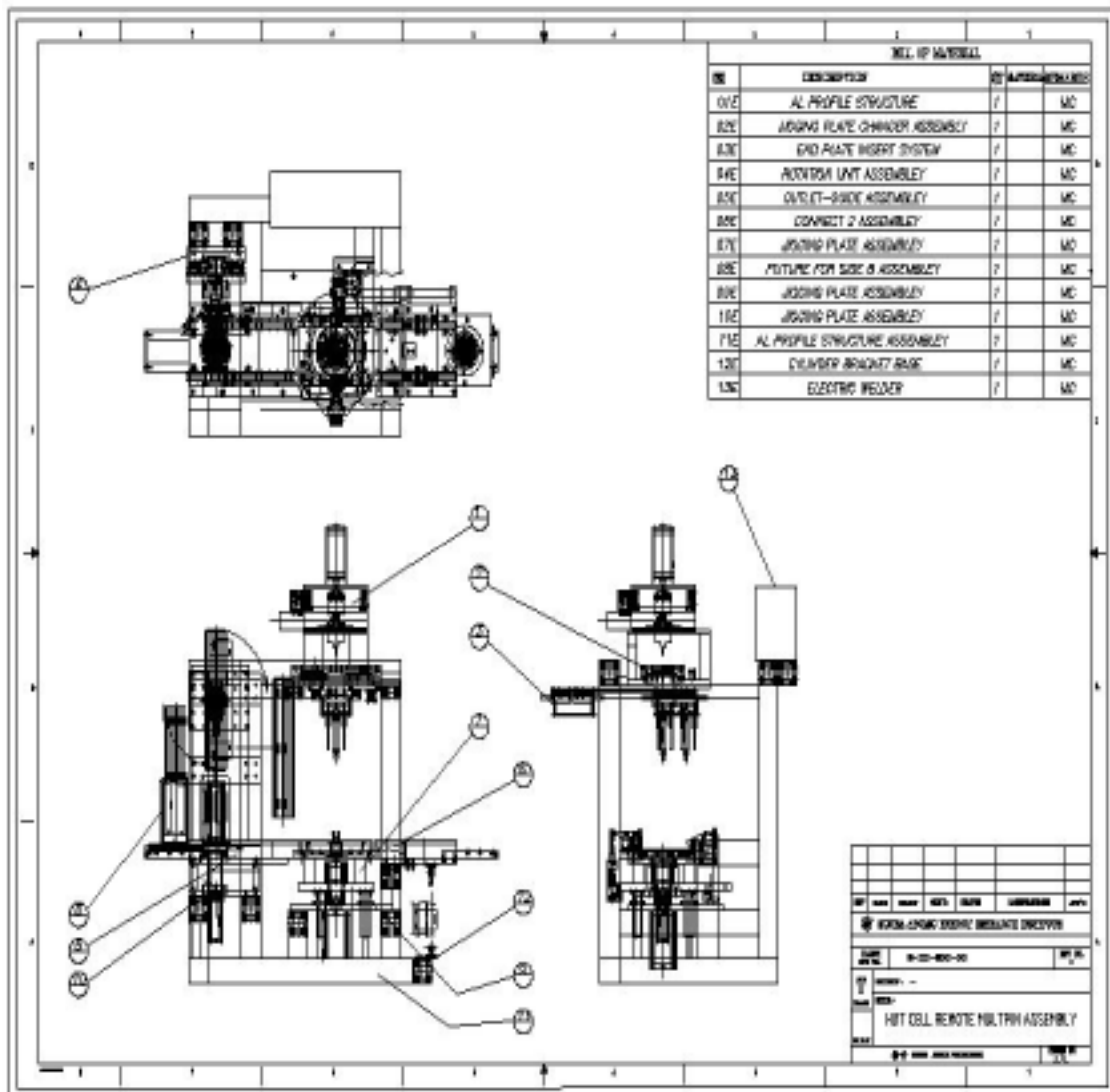


그림 1. 멀티핀 집합연료 원격용접 시스템 제작도면.

2. 원격용접 시스템

설계·제작한 멀티핀 집합연료 원격 용접장치는 그림 2에 나타내었다. 그림 3~6은 각각 집합판 삽입장치부, X-Y stage 부분 및 전극부분, jig plate exchanger, X-Y stage 부분을 나타낸 것이다.



그림 2. 멀티핀 집합연료 원격 용접장치.



그림 3. 접합판 삽입장치부.



그림 4. X-Y Stage 부분 및 전극부분.

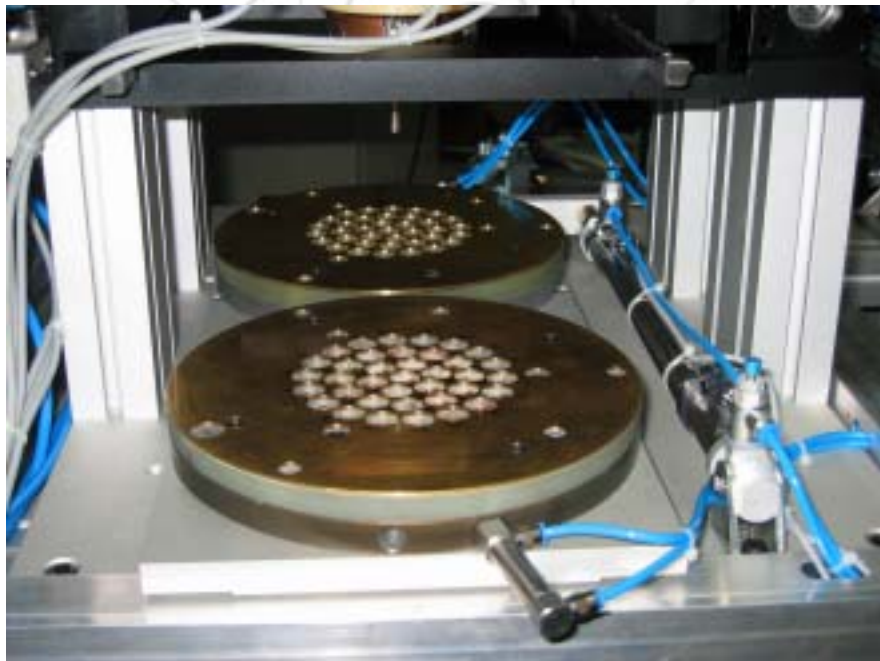


그림 5. Jig Plate Exchanger.



그림 6. X-Y Stage 부분.

가. 멀티핀 집합연료 원격용접 시스템 사용절차서

(1) 개요

본 매뉴얼은 작업공정에 따라 조작되는 과정을 직접 따라하면서 조작방법을 습득하도록 되어 있다.

기존의 큰 규모의 자동용접장치를 소형의 반 자동용접장치로 개조하면서, 공정간 운동반경 간섭의 소지가 있기에 공정은 순차적으로 진행되며, 안전한 조작을 위해 순서에 어긋나는 조작은 불이행되도록 프로그램 되어 있다. 불이행될 시에는 안전상 작동되지 않는다.

한 동작을 위해 같은 버튼을 여러 번 누를 시에는 기계의 오작동 및 무리를 줄 수 있으므로 삼가 해야 한다.

실습할 공정 레이아웃은 다음과 같다.

멀티핀 1번부터 37번까지 순서에 따라 용접한다. 용접 도중에 집합체를 빼내어 용접부를 확인한다. 수동용접한 후 집합연료 지그에서 용접된 집합체를 분리 및 제거 하는 공정까지 마칠 것이다.

(2) 초기상태점검

본 실험 장비의 운용에 앞서 장비의 초기 상태를 점검한다.

- 전원을 켜고 컨트롤박스안의 전원차단기를 ON에 위치시킨다.
터치 패널에 메인 화면(그림7)이 들어오며, 스크린 오른쪽 옆에 전원 스위치를 눌러 전원을 공급한다.
- 원격용접 시스템에서 이물질 제거하고, 접합판 공급치구의 장비박 위치, 장비고정베이스 하강, 고정 핀 해제 및 하면 jigging plate가 중앙에 위치하는지 눈으로 확인한다.
- 초기상태를 점검 한 후 5~6 bar에 공압 게이지를 맞춘다.



그림 7. 컨트롤러 메인화면.

(3) 원점복귀

원점복귀 버튼을 누른다. 원점복귀를 하지 아니하고 **X**, **Y**의 바탕이 모두 붉은 색이면 상면용접, 하면용접 버튼은 클릭 되지 않는다.



그림 8. 원점복귀 화면.

- 그림 8에서 X축 원점복귀 **원점** 버튼, Y축 원점복귀 **원점** 버튼 순으로 클릭하면 이송거리 디지털 숫자판이 변하면서 전극의 원점을 맞춘다. 이송거리 디지털 숫자판이 0.000이 되었을 때, **X**, **Y** 바탕이 붉은색에서 파란색으로 변한다.

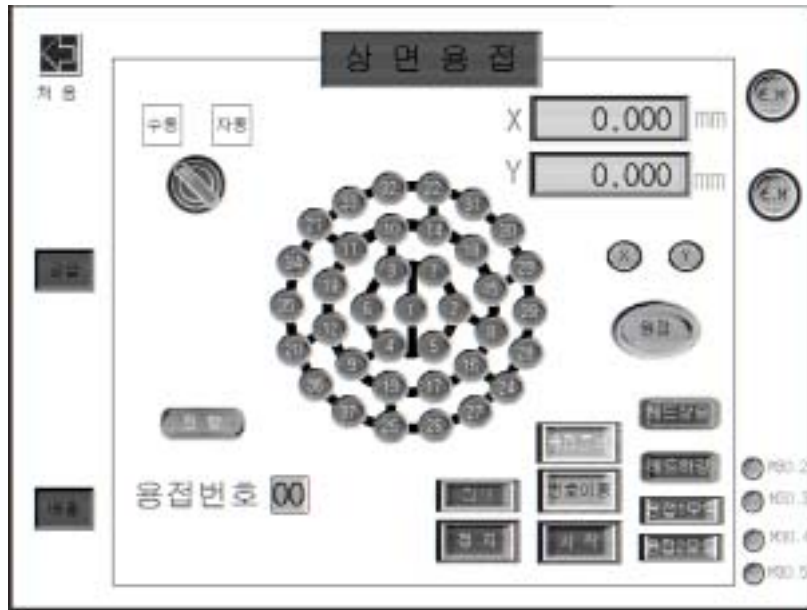




그림 9. 상면용접화면.

(4) 상면용접

(가) 상면용접화면

원점복귀화면에서  버튼, 메인화면복귀버튼,  버튼 순으로 클릭하면 그림 9와 같은 상면용접화면으로 이동한다.

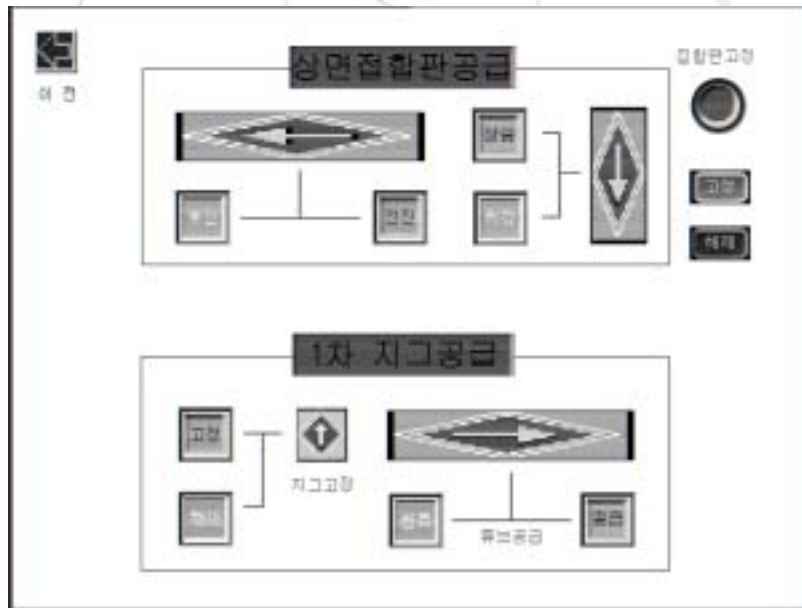







그림 10. 상면접합판 공급화면.

(나)상면 접합판 공급

- 상면용접화면에서  버튼을 클릭하면 그림 10과 같은 상면접합판 공급화면이 나타난다.
- 상면 접합판을 접합판 공급 안쪽위치에 올려놓는다.
- 1차 지그공급  (지그고정)버튼,  (튜브공급)버튼 순으로 클릭한다.
-  (튜브공급)버튼,  (지그고정)버튼 순으로 클릭한다.

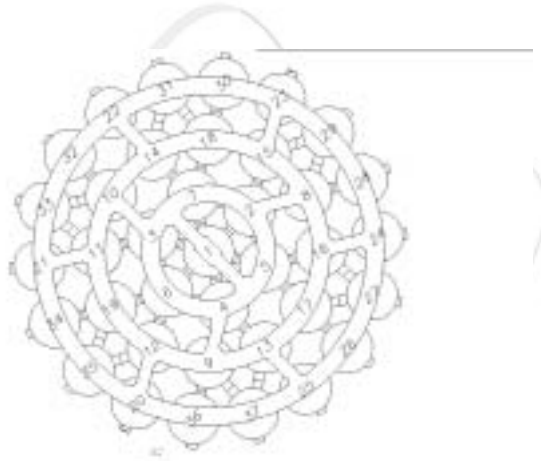


그림 11. 상면 접합판.

(다) 상면접합판 공급

- 그림 11과 같은 상면 접합판을 접합판 지그 위에 올려놓는다.
- 상면 접합판 공급의 “전진”버튼, “상승”버튼, “고정”버튼, “해제”버튼, “하강”버튼, “후진”버튼 순으로 클릭한다. 이때 앞 공정이 끝나기 전에 다음 버튼을 클릭하지 않도록 주의한다.

(라) 용접준비




-  버튼, 상면접합판공급화면  버튼 순으로 클릭한다.



그림 12. 용접준비 화면.

- 시스템 중앙에 있는 스톱퍼레버를 앞으로 밀어 고정위치에 놓고 조립된 연료 지그를 시스템 중앙베이스로 밀어 넣는다.
- 그림 12와 같은 용접준비화면에서 “고정”(지그고정)버튼, “상승”(테이블)버튼, “상승”(튜브)버튼을 순으로 클릭 하여 용접준비를 마친다.
-  버튼을 클릭하여 상면 용접화면으로 이동한다.

(마) 상면 접합판 용접

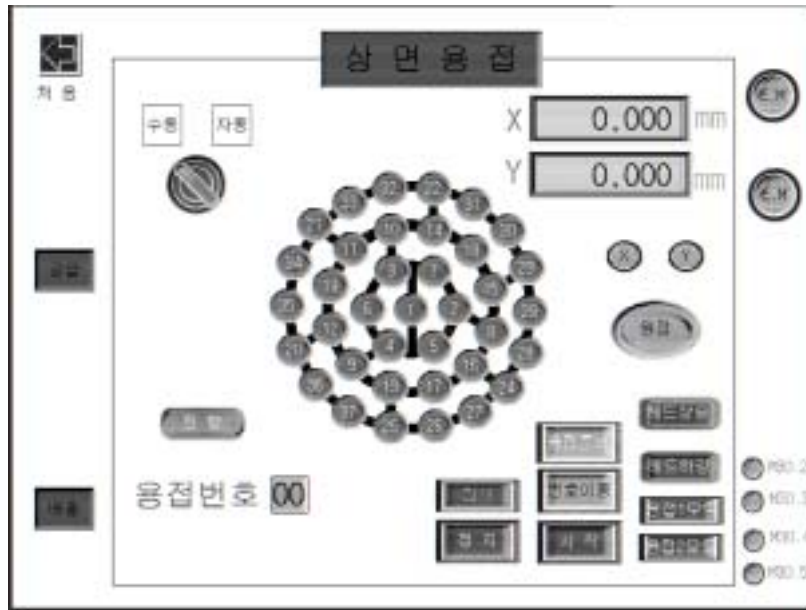



그림 13. 상면용접 화면.

- 원점 버튼은 녹색, X Y 버튼 바탕은 청색 표시된 것을 확인한다.
 - 그림 13에서 접합판 상면모양의 1번을 클릭하면 용접번호 01로 변하는가 확인 후 번호이동버튼을 클릭 한다.
 - X, Y 좌표와 장비의 X, Y 스테이지가 움직이는 것을 확인한다.
 - 좌표와 스테이지가 멈추는 것을 확인하고“헤드하강”버튼을 클릭하여, jigging plate의 01번에 전극이 맞게 삽입된 것을 확인한다.
 - “시작” 버튼 클릭 하여 용접을 실시한다.
 - “헤드상승”버튼을 클릭하여 헤드를 상면 jigging plate에서 분리시킨다.
 - 02번이후의 용접은 01번과 동일한 절차로 37번까지 용접을 수행한다.
- 운용중에 전원을 내리면 밸브가 작동하지 않아 기계적인 오류가 발생할 우려가 있으므로 운용중에 전원을 내리지 않도록 한다.
- 37봉 용접을 마친 것을 확인한 후 원점 버튼, 번호이동 버튼 순으로 클릭
- 하고 원점 버튼이 녹색으로 표시된 것을 확인한 후 “용접준비”버튼을 클릭 한다.



그림 14. 용접준비 화면.

- 그림 14에서 “하강”(튜브)버튼, “하강”(테이블)버튼, “해제”(지그고정)버튼 순으로 클릭 한 후  버튼을 클릭하여 상면용접화면으로 이동한다.
- 집합체 회전시 안전회전반경 확보를 위하여 배출버튼을 클릭하여 하면 jigging plate가 용접위치로 이동하도록 한다.

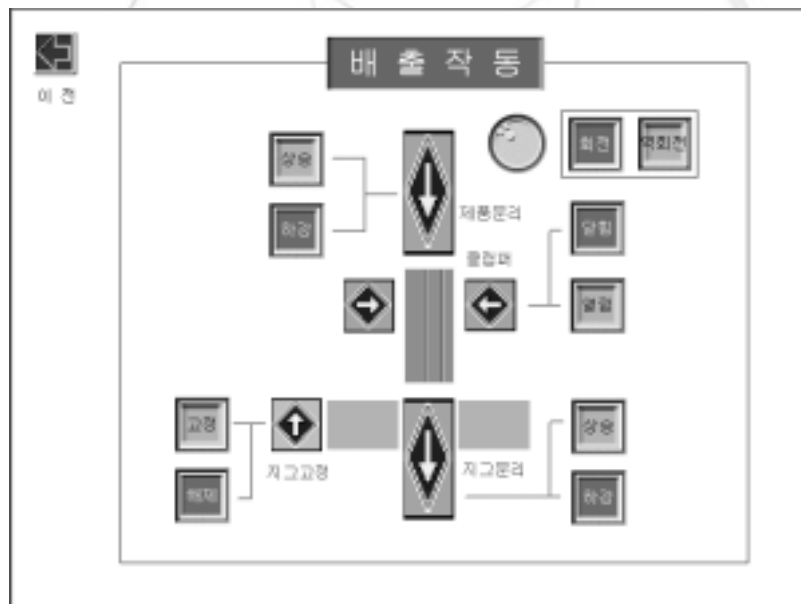


그림 15. 배출작동 화면.



- 시스템 중앙에 있는 스톱퍼레버를 당겨 해제시키고 회전장치 앞에 있는 스톱퍼레버를 민 후 연료지그를 회전장치 앞으로 이동시킨다.
- 그림 15에서 배출작동화면의 고정(지그고정)버튼, 상승(지그분리)버튼 순으로 클릭 한다.

(5) 하면용접

(가) 하면지그 교체

- 하면지그를 상승하여 고정되어 있는 집합체 밑에 위치시킨다.
- 고정정보를 클릭하여 하면지그를 고정한다. 이때 고정편이 하면지그판의 핀홀에 맞는지 확인한다.
- 회전버튼을 클릭하여 상승하여 고정되어 있는 집합체를 회전시킨다.
- 180° 회전후 하강보튼을 클릭하여 상면 용접된 집합체를 하면지그에 삽입시킨다.

(나) 하면 집합판공급

- 교체된 하면지그를 시스템 중앙에 위치시킨다.
- 배출작동화면  버튼, 상면용접화면  버튼 순으로 클릭하여 메인 화면으로 이동한 후 “하면용접”버튼을 클릭하여 그림 16과 같은 하면용접화면으로 이동한다.

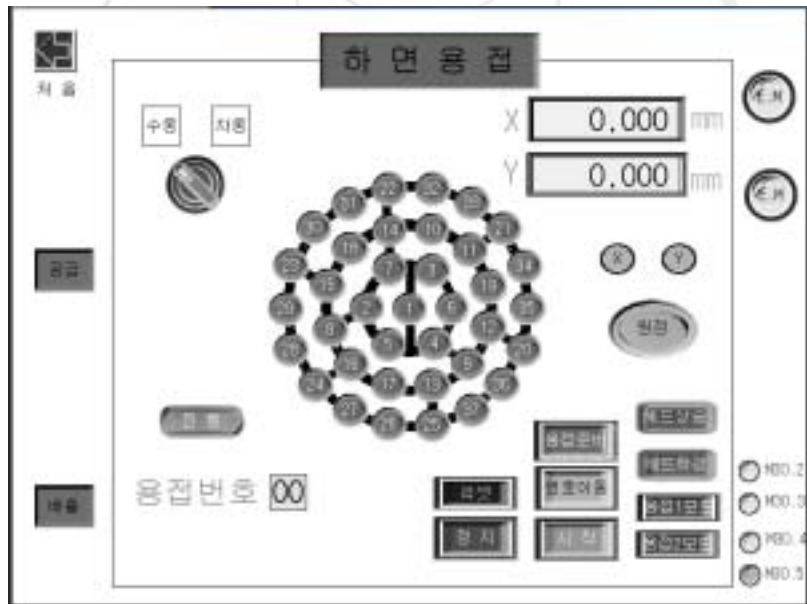


그림 16, 하면용접 화면.

-“공급”버튼을 클릭하여 그림 17과 같은 하면접합판 공급화면으로 이동한다.

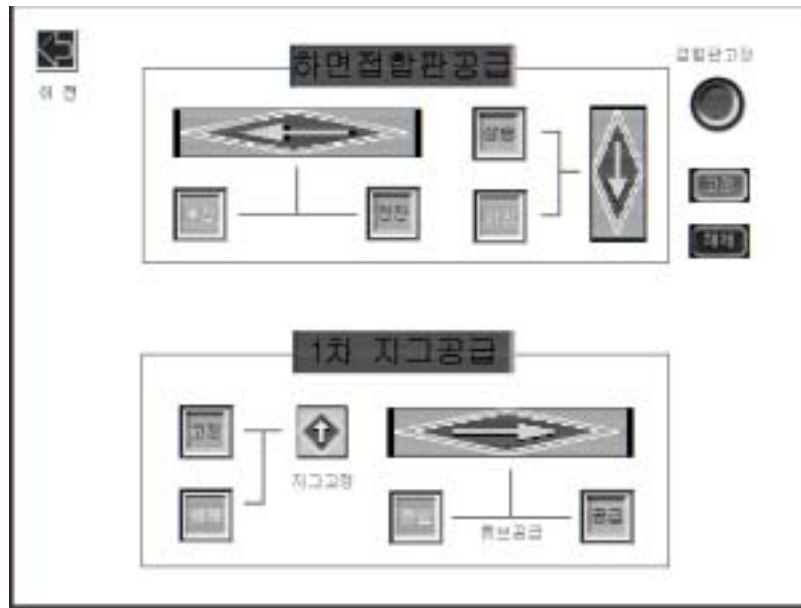


그림 17. 하면접합판 공급화면.

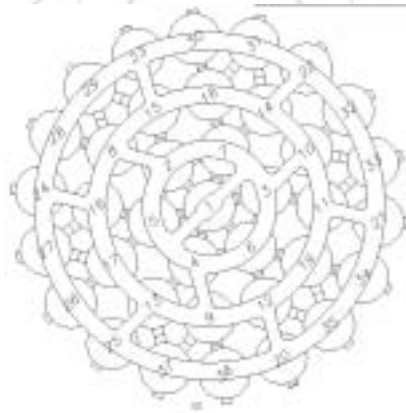



그림 18. 하면 접합판.

- 그림 18과 같은 하면 접합판을 하면접합판 지그에 올려놓는다.
- 그림 17에서 “전진”버튼, “상승”버튼, “고정”버튼 순으로 클릭하여 하면접합판을 공급한다.
- “해제”버튼, “하강”버튼, “후진”버튼 순으로 클릭하여 하면접합판 공급장치를 원위치로 이동시킨다.


-  버튼을 클릭한다.

(다) 용접준비




- “용접준비”버튼을 클릭 한다.



그림 19. 용접준비 화면.

- 시스템 중앙에 있는 스톱퍼레버를 앞으로 밀어 조립된 하면지그를 시스템 중앙에 위치시킨다.
- 그림 19에서 용접준비화면의 “고정”(지그고정)버튼, “상승”(테이블)버튼, “상승”(튜브)버튼 순으로 클릭하여 용접준비를 마친다.
-  버튼을 클릭하여 하면용접화면으로 이동한다.

(라) 하면용접

-  버튼은 녹색,   버튼 바탕은 청색 표시된 것을 확인한다.
- 접합판 상면모양에서 1번을 클릭하여, 용접번호 01로 변하는가 확인 후 “번호이동”버튼을 클릭 한다.
- X, Y 좌표와 장비 X, Y 스테이지가 움직이는 것을 확인한다.
- 좌표와 스테이지가 멈추는 것을 확인하고 “헤드하강”버튼을 클릭하여 jiggling plate의 01번에 전극이 맞게 삽입되는 지를 확인한다.
- 시작 버튼을 클릭 하여 용접 실시한다.

- “헤드상승”버튼을 클릭하여 01번 연료봉을 집합관에 용접한다.
- 02번이후의 용접은 01번과 동일한 절차에 의하여 37번까지 용접을 수행한다.
- 운용중에 전원을 내리면 밸브가 작동하지 않아 기계적인 오류가 발생할 우려가 있기 때문에 운용중에 전원을 내리지 않는다. 비상시에는 컨트롤박스의 비상 버튼을 눌러 전기공급을 정지시킨다.
- 37번 용접을 마친 것을 확인한 후 원점 버튼, 번호이동 버튼 순으로 클릭하여 원점 버튼이 녹색으로 표시된 것을 확인한 후 “용접준비”버튼을 클릭한다.



그림 20. 용접준비 화면.

- 그림 20에서 “하강”(튜브)버튼, “하강”(테이블)버튼, “해제”(지그고정)버튼 순으로 클릭 한 후 이전 버튼을 클릭하여 상면용접화면으로 이동한다.
- “배출”버튼을 클릭하여 하면 jigging plate가 용접 위치로 이동하도록 한다.

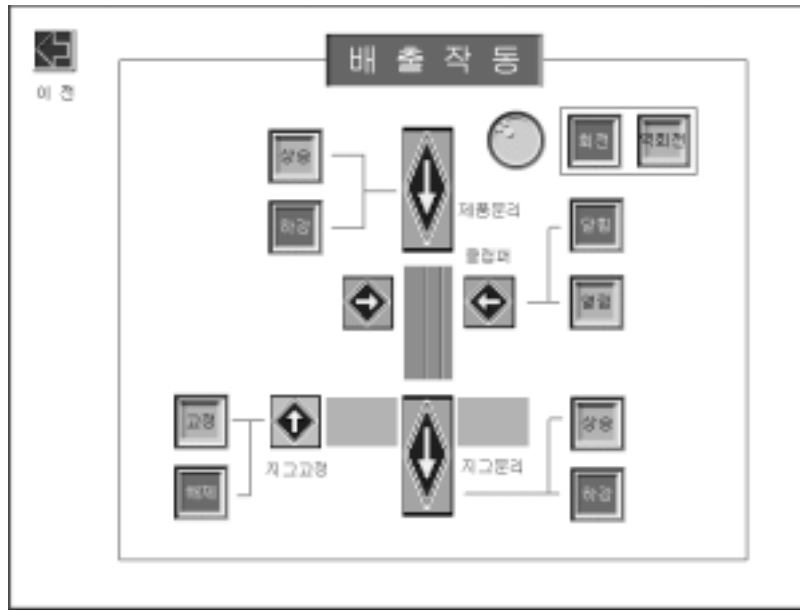


그림 21. 배출작동 화면.

- 시스템 중앙에 있는 스톱퍼레버를 당겨 해제시키고 회전장치 앞의 스톱퍼레버를 민 후 하면지그를 회전위치 앞으로 이동시킨다.
- 그림 21에서 배출작동화면의 “고정”(지그고정)버튼, “상승”(지그분리)버튼 순으로 클릭한다.
- “단힘”보튼, “상승”보튼 순으로 클릭하여 하면 용접된 집합체를 하면지그로부터 분리하여 보관함에 별도로 보관한다.

나. 용접실험절차서

멀티핀 집합연료 원격용접 시스템을 사용하여 용접실험 절차서에 따라 용접실험을 수행하였다. 표 1~3은 각각 Welcom 200 저항용접 제어장치 CTH200-415 수동용접 절차서, 멀티핀 용접시편 제작절차서 및 멀티핀 집합연료 원격용접 절차서를 나타낸 것이다.

표 1. Welcom 200 저항용접 제어장치 CTH200-415 수동용접 절차서

설정 값	세부 내용	비고
1	주전원 ON → 보조전원 ON → 저항용접모니터(RWM-10)을 저항용접제어장치 왼쪽 연결부에 접속함	
2	Y0: 0 Cycle로 설정	
3	Y1: 30 Cycle로 설정(Squeeze time)	
4	Y2: 0 Cycle로 설정	
5	Y3: 0 Cycle로 설정	
6	Y4: 0 Cycle로 설정(통전시간)	
7	Y5: 2.0KA로 설정(Weld current)	
8	Y6: 20%로 설정	
9	Y7: 0 로 설정	
10	Y8: 0 로 설정	
11	Y9: 2 Cycle로 설정(통전시간)	
12	Y10: 3.0KA로 설정(Weld current)	
13	Y11: 30%로 설정	
14	Y12: 3 Cycle로 설정(유지시간)	
15	Y13: 0 Cycle로 설정(용접완료지연)	
16	Y14: 10 Cycle로 설정	
17	Y15: 1 Time로 설정	
18	Y20: 45로 설정	
입력요령 및 용접모드		
1	시간/전류값을 변경할 경우 프리테스트 모드의 Y9/Y10에 시간/전류값을 입력한 후 엔터키를 누름	
2	용접할 경우 용접모드에서 수행	
3	신호만 보낼 때 테스트 모드에서 수행	
4	입력할 경우 프리테스트 모드에서 수행	
5	전류값 범위: 2.0-18.0 KA 이나 4.0kA이하에서 실험요망	
6	용접모드1/용접모드2는 저항용접모니터의 Sche1/Sche2에 입력	
7	저항용접모니터(RWM-10)을 저항용접제어장치 연결부에서 분리, 보조전원 OFF → 주전원 OFF	

표 2. 멀티핀 용접시편 제작절차서

순서 번호	세부 내용	비고
1	주전원 ON → 보조전원 ON → Touch Panel 내부전원 ON → 용접기 외부전원 ON	
2	원점복귀 Clip, 공압 5 bar 확인	
3	X 원점 Clip 후 Blue Color 확인, Y원점 Clip 후 Blue Color 확인	
4	처음 Clip, 상면용접 Clip	
5	Endplate 공급 Clip → 전진 → 상승 → 고정 → 하강 → 후진	
6	1차 지그 공급 → 고정 → 지그조립 → 조립완료, Stopper 1 안쪽위치 → 용접 시편 지그중앙위치 → 이전 Clip → 상면 용접 → 용접준비	
7	지그고정 → 상승 → 이전	
8	(17, 19, 31, 37) 17 Push, 번호이동 * 자동선택 클립 (이상시 정지), 용접후 수동선택 후 리셋	
9	헤드하강 Clip (주전극압 게이지 내렸다가 다시 올리며 조정 함, 보조전극은 항상 조정가능함)	
10	용접모드1: 내환봉 19개 용접시, 용접모드 2: 외환봉 18개 용접시,	
11	용접모드 1은 약 3초간 Push, 헤드상승	
12	19, 31, 37도 동일절차로 수행	
13	용접시편지그 밖으로 이동	
14	리셋→ 원점→ 번호이동→ 용접준비→ 하강→ 하강→ 해제→ 이전→ 초기상태 (Jig Exchanger B가 중앙위치)확인-Touch Screen 전원 OFF - 용접컨트롤러 전원은 OFF → 보조전원 OFF → 주전원 OFF	

표 3. 멀티핀 집합연료 원격용접 절차서.

순서 번호	세부 내용	비고
1	주전원 ON → 보조전원 ON → Touch Panel 내부전원 ON → 용접기 외부전원 ON	
2	원점복귀 clip, 공압 5 bar 확인	
3	X 원점 clip 후 blue color 확인, Y 원점 clip 후 blue color 확인	
4	처음 clip, 상면용접 clip	
5	endplate 공급 clip, 전진, 상승, 고정, 하강, 후진	
6	1차 지그 공급, 고정, 지그조립, 조립완료, stopper 1 안쪽 위치, A면 지그중앙 위치	
7	이전 clip, 상면용접, 용접준비, 지그고정, 테이블상승, 상승, 이전	
8	자동선택 클립(이상시 정지), 1봉부터 19번봉까지 자동 용접 수행, 용접후 수동선택 후 리셋	
9	reset clip, 원점, 번호이동 clip	
10	용접준비, 하강, 하강, 해제, 이전, stopper1 밖갈쪽, stopper2 안쪽, A면 지그 배출위치	
11	배출, 지그고정, 지그분리-상승-클리퍼 닫힘-상승-A면 지그 제거	
12	회전-B면 지그공급-하강-클리퍼 열림-지그하강-해제-B면 지그 입구쪽 대기	
13	상승-역회전-하강-이전-처음	
14	하면용접-공급-B면접합판 adapting-전진-상승-고정-하강-후진	
15	stopper1 안쪽-B면 지그 중앙위치-이전-용접준비	
16	지그고정-테이블상승-상승-이전	
17	자동선택 클립(이상시 정지), 19봉부터 37번봉까지 자동 용접 수행용접후, 수동선택 후 리셋	
18	리셋→ 원점→ 번호이동→ 용접준비→ 하강→ 하강→ 해제 → 이전→ 초기상태 (Jig Exchanger B가 중앙위치)확인 -Touch Screen 전원 OFF - 용접컨트롤러 전원은 OFF → 보조전원 OFF → 주전원 OFF	

제 2 절 성능실험

1. 접합판-봉간 토크측정

가. 실험조건

설계 제작한 멀티핀 집합연료 원격용접시스템을 사용하여 다음 표 4~14와 같이 전류, 주전극압력, 가지전극압력 및 시간에 따른 용접조건에 의하여 용접시편을 제작하였다.

표 4. 전류에 따른 용접조건

시편번호	전류(A)	주전극압력 (psi)	가지전극압력 (psi)	시간(cycle)
#A01	3000	64	50	2
#A02	3000	64	50	
#A03	4000	64	50	
#A04	4000	64	50	
#A05	5000	64	50	
#A06	5000	64	50	
#A07	6000	64	50	
#A08	6000	64	50	

표 5. 주전극 압력에 따른 용접조건

시편번호	전류(A)	주전극압력 (psi)	가지전극압력 (psi)	시간(cycle)
#MP01	5000	58	50	2
#MP02	5000	58	50	
#MP03	5000	73	50	
#MP04	5000	73	50	
#MP05	5000	80	50	
#MP06	5000	80	50	
#MP07	5000	87	50	
#MP08	5000	87	50	

표 6. 가지전극압력에 따른 용접조건

시편번호	전류(A)	주전극압력 (psi)	가지전극압력 (psi)	시간(cycle)
#BP01	6000	87	50	2
#BP02	6000	87	50	
#BP03	6000	87	55	
#BP04	6000	87	55	
#BP05	6000	87	60	
#BP06	6000	87	60	
#BP07	6000	87	65	
#BP08	6000	87	65	

표 7. 재현성 용접조건

시편번호	전류(A)	주전극압력 (psi)	가지전극압력 (psi)	시간(cycle)
#RT01	7000	73	55	2
#RT02	7000	73	55	
#RT03	7000	73	55	
#RT04	7000	73	55	
#RT05	7000	73	55	
#RN06	7000	73	55	
#RN07	7000	73	55	
#RS08	7000	73	55	
#RH09	7000	73	55	

표 8. 전류에 따른 용접조건

시편번호	전류(A)	주전극압력 (bar)	가지전극압력 (bar)	시간(cycle)
#A01	3800	4.0	2.5	3
#A02	4000			
#A03	4200			
#A04				
#A05	4400			

표 9. 주전극 압력에 따른 용접조건

시편번호	전류(A)	주전극압력 (bar)	가지전극압력 (bar)	시간(cycle)
#MP01	4200	5.0	2.5	3
#MP02		3.5		
#MP03		3.5		
#MP04		4.0		
#MP05		4.5		

표 10. 가지전극 압력에 따른 용접조건

시편번호	전류(A)	주전극압력 (bar)	가지전극압력 (bar)	시간(cycle)
#BP01	4200	4.0	2.8	3
#BP02			2.8	
#BP03			2.5	
#BP04			3.0	
#BP05			3.5	

표 11. 전류에 따른 용접조건

시편번호	전류(A)	주전극압력 (bar)	가지전극압력 (bar)	시간(cycle)
#A01	3600	4.0	2.5	3
#A02	3800			
#A03	4000			
#A04	4200			
#A05	4400			

표 12. 주전극 압력에 따른 용접조건

시편번호	전류(A)	주전극압력 (bar)	가지전극압력 (bar)	시간(cycle)
#MP01	4200	2.5	2.5	3
#MP02		3.0		
#MP03		3.5		
		3.5		
#MP04		4.0		
		4.0		
#MP05		4.5		

표 13. 가지전극 압력에 따른 용접조건

시편번호	전류(A)	주전극압력 (bar)	가지전극압력 (bar)	시간(cycle)
#BP01	4200	4.0	1.5	3
#BP02			2.0	
			2.0	
#BP03			2.5	
			2.5	
#BP04			3.0	
#BP05			3.5	

표 14. 전류 및 시간에 따른 용접조건

시편번호	전류(A)	주전극압력(Bar)	가지전극압력(Bar)	시간(Cycle)
#17	4000	4	2.5	2
#19				3
#31				
#37				
#17	3800	4	2.5	2
#19				3
#31				
#37				
#17	4000	4	2.5	3
#19				4
#31				
#37				
#17	4000	4	2.5	4
#19				5
#31				
#37				
#17	3800	4	2.5	3
#19				4
#31				
#37				
#17	3800	4	2.5	4
#19				5
#31				
#37				
#17	3600	4	2.5	2
#19				3
#31				
#37				

(계속)

시편번호	전류(A)	주전극압력(Bar)	가지전극압력(Bar)	시간(Cycle)
#17	3600	4	2.5	3
#19				
#31				4
#37				
#17	3600	4	2.5	4
#19				
#31				5
#37				

나. 봉-접합관간 토크측정 및 토크그래프

(1) 토크측정

설계하여 제작한 멀티핀 집합연료 원격용접 시스템을 사용하여 전류, 주전극압력, 가지전극압력 및 시간에 따른 용접조건에 의하여 제작한 용접시편은 그림 22와 같다. 용접시편들의 내환봉-접합관간의 토크 및 외환봉-접합관간의 토크측정치들 표15~19에 나타내었다.



그림 22. 제작한 용접시편.

표 15. 전류에 따른 용접시편의 토크

시편번호	전류(A)	외환토크(N·m)		내환토크(N·m)	
1-1	3200	7.0	7.6	6.0	6.0
1-2	3000	7.6	7.5	6.0	6.5
1-3	3400	7.4	7.4	7.0	7.0
1-4	3200	7.0	7.0	6.5	6.3

표 16. 전류에 따른 용접시편의 토크

시편번호	전류(A)	외환토크(N·m)		내환토크(N·m)	
1-1	3000	5.5			
1-2		5.4			
1-3				5.4	
1-4				5.7	
1-9		6.6			
1-11				5.0	
1-17	4000	5.5			
1-18		5.9			
1-19				5.0	
1-20				5.6	
1-5		6.2			
1-7				5.5	
1-29	5000	5.8			
1-30		5.4			
1-31				5.8	
1-32				5.5	
1-26		6.0			
1-28				5.9	
1-13	6000	5.6			
1-14		5.6			
1-15				5.6	
1-16				5.5	
1-21		5.9			
1-23				5.6	

표 17. 주전극 압력에 따른 용접시편의 토크

시편번호	주전극압력(psi)	외환토크(N·m)	내환토크(N·m)
2-1	58	5.5	
2-2		4.8	
2-3			5.2
2-4			5.5
2-5		5.7	
2-7			6.0
2-9		73	6.5
2-10	6.6		
2-11			5.8
2-12			6.0
2-13	6.6		
2-15			6.5
2-17	80		7.0
2-18		6.6	
2-19			6.3
2-20			5.6
2-21		6.9	
2-23			6.3
2-25		87	7.1
2-26	6.5		
2-27			6.5
2-28			5.6
2-29	7.2		
2-31			6.3

표 18. 가지전극 압력에 따른 용접시편의 토크

시편번호	가지전극압력(psi)	외환토크(N · m)	내환토크(N · m)
3-1	50	7.2	
3-2		6.8	
3-3			7.0
3-4			5.9
3-5		7.1	
3-7			6.5
3-9		55	7.1
3-10	6.6		
3-11			5.9
3-12			5.6
3-13	7.0		
3-15			6.6
3-17	60		7.0
3-18		6.6	
3-19			6.8
3-20			6.2
3-21		7.5	
3-23			6.3
3-25		65	7.1
3-26	6.8		
3-27			6.2
3-28			6.2
3-29	7.2		
3-31			7.1

표 19. 전류 및 시간에 따른 토크

시편번호	전류(A)	주전극압력 (bar)	가지전극압력 (bar)	시간(cycle)	토크(Nm)
#17	4000	4	2.5	2	10
#19					10
#31				3	11.5
#37					12.5
#17	3800	4	2.5	2	9.0
#19					9.4
#31				3	10
#37					10.5
#17	4000	4	2.5	3	12
#19					12
#31				4	12
#37					13
#17	4000	4	2.5	4	12.5
#19					12.6
#31				5	12.5
#37					13.6
#17	3800	4	2.5	3	11
#19					11.3
#31				4	10.6
#37					10
#17	3800	4	2.5	4	12
#19					11.6
#31				5	11
#37					11.2
#17	3600	4	2.5	2	8
#19					8
#31				3	8.2
#37					9

(계속)

시편번호	전류(A)	주전극압력 (bar)	가지전극압력 (bar)	시간(cycle)	토크(Nm)
#17	3600	4	2.5	3	9.5
#19					9
#31				4	9.5
#37					10.1
#17	3600	4	2.5	4	10.1
#19					10.3
#31				5	10.1
#37					11

(2) 토크그래프

그림 23은 전류(3000-3400A)에 따른 용접시편의 외환봉-접합판간의 토크측정치를 나타낸 것이다. 토크는 7(N·m)와 8(N·m) 사이값을 나타내었다. 그림 24는 전류(6000A), 주전극압력 87psi, 시간 2사이클에서 가지전극압력에 따른 용접시편의 외환봉-접합판간의 토크측정치를 나타낸 것이다. 토크는 6.6(N·m)와 7.5(N·m) 사이값을 나타내었다. 그림 25는 전류(6000A), 주전극압력 87psi, 시간 2사이클에서 가지전극 압력에 따른 용접시편의 외환봉-접합판 및 내환봉-접합판간의 토크측정치를 나타낸 것이다. 토크는 5.5(N·m)와 7.5(N·m) 사이값을 나타내었다. 내환봉-접합판간의 토크가 외환봉-접합판의 토크보다 작은 경향을 나타내었다.

그림 26은 가지전극 압력(2.5~3.5bar) 에 따른 용접시편의 외환봉-접합판 및 내환봉-접합판간의 토크측정치를 나타낸 것이다. 토크는 11(N·m)와 13.5(N·m) 사이값을 나타내었다. 그림 27은 시간(2~3cycle)에 따른 용접시편의 외환봉-접합판 및 내환봉-접합판간의 토크측정치를 나타낸 것이다. 토크는 5(N·m)와 12.5(N·m) 사이값을 나타내었다. 용접시간에 따른 토크의 차가 큼을 확인 할 수 있다.

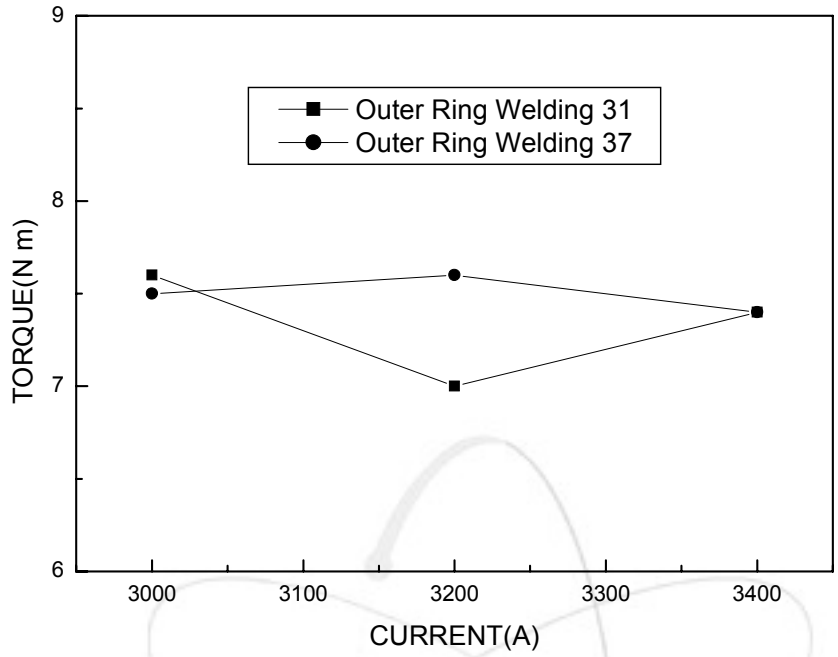


그림 23. 전류에 따른 용접시편 토크.

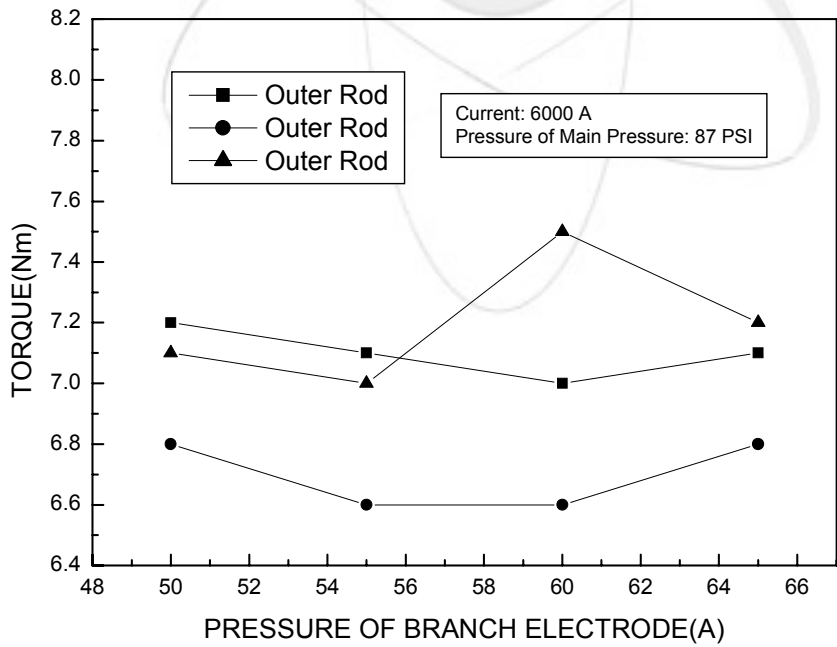


그림 24. 가지전극 압력에 따른 용접시편 토크.

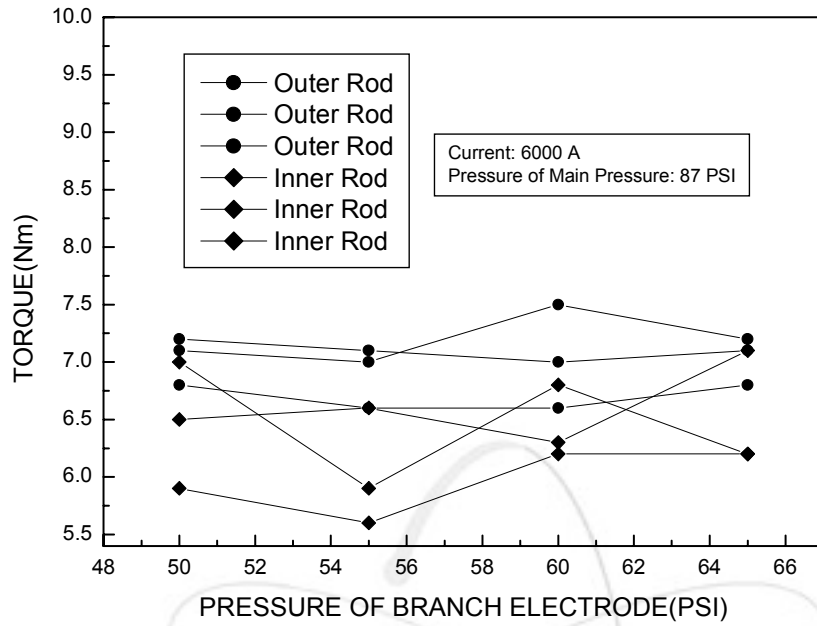


그림 25. 가지전극 압력에 따른 용접시편토크.

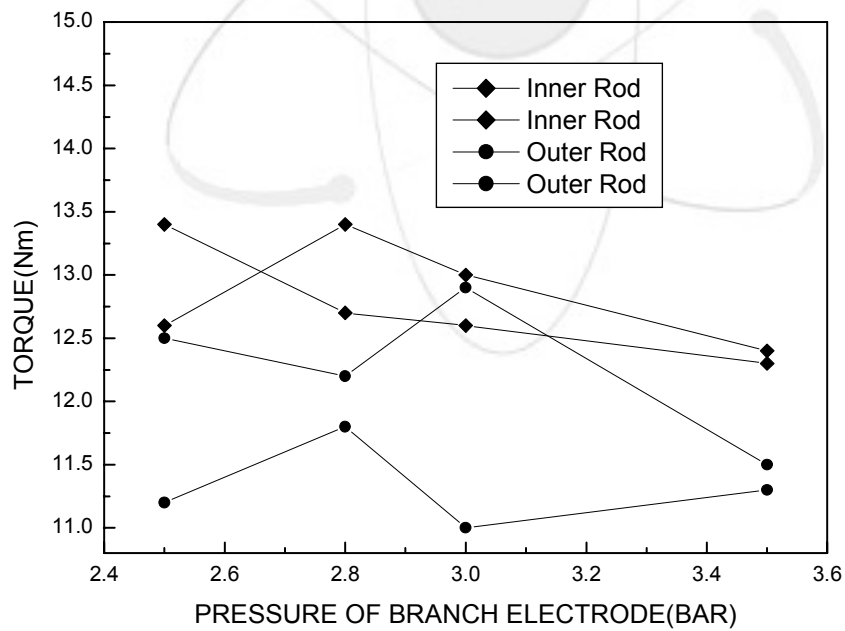


그림 26. 가지전극 압력에 따른 용접시편토크.

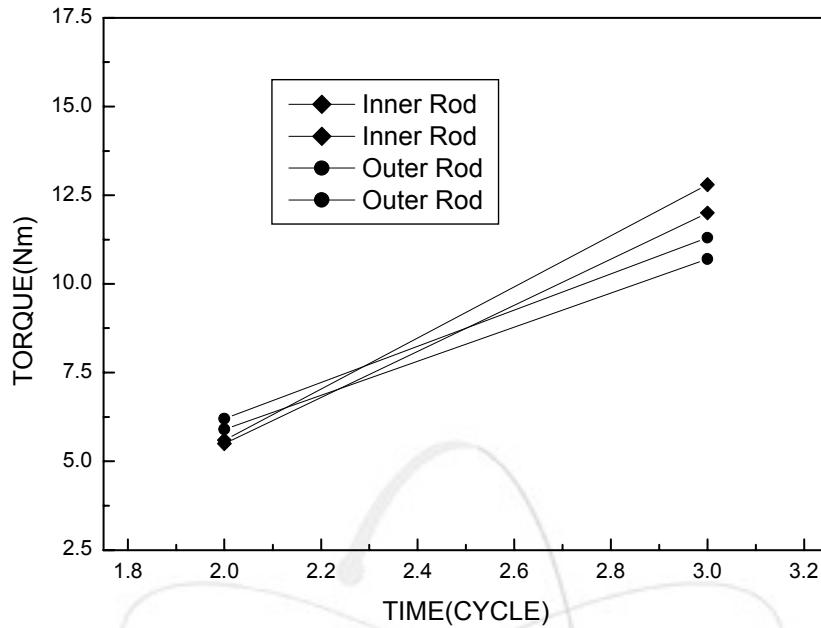


그림 27. 시간에 따른 용접시편 토크.

그림 28은 시간(2~3cycle)에 따른 용접시편의 외환봉-접합판 및 내환봉-접합판간의 토크측정치를 나타낸 것이다. 토크는 5(N·m)와 13(N·m) 사이값을 나타내었다. 용접시간에 따른 토크의 차가 크음을 확인할 수 있다. 그림 29는 전류 3600A, 주전극압력 4bar, 가지전극압력 2.5 bar에서 시간(2~4cycle)에 따른 용접시편의 내환봉-접합판간의 토크측정치를 나타낸 것이다. 토크치는 8(N·m)와 10.3(N·m) 사이값을 나타내었다.

그림 30은 전류 3600A, 주전극 압력 4bar, 가지전극 압력 2.5 bar에서 시간(3~5cycle)에 따른 용접시편의 외환봉-접합판간의 토크측정치를 나타낸 것이다. 토크는 8(N·m)와 11(N·m) 사이값을 나타내었다.

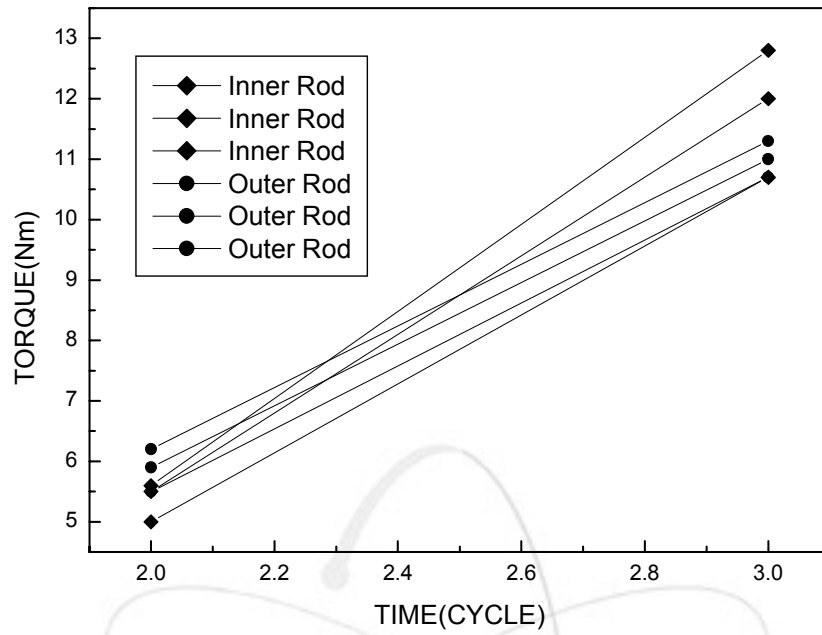


그림 28. 시간에 따른 용접시편 토크.

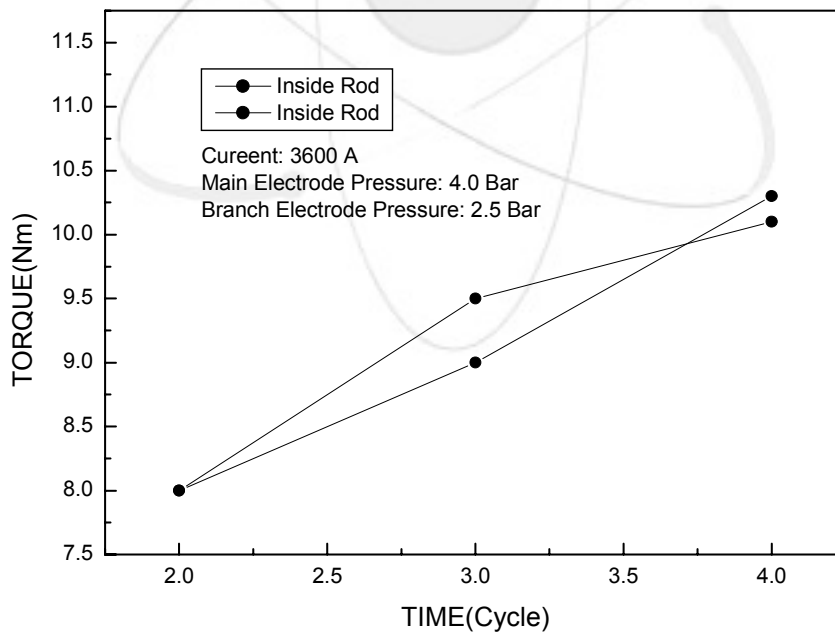


그림 29. 시간에 따른 용접시편 토크.

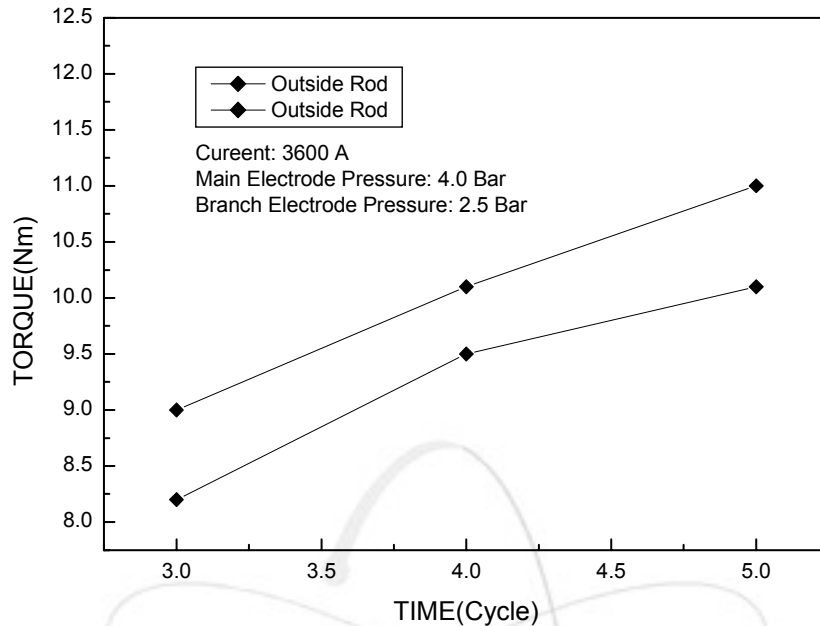


그림 30. 시간에 따른 용접시편 토크.

그림 31은 전류 7000A, 주전극 압력 73psi, 가지전극 압력 55psi 및 시간 2 cycle에서 용접시편의 내환봉-접합판간 및 외환봉-접합판간의 토크측정치를 나타낸 것이다. 토크는 4.5(N·m)와 5.8(N·m) 사이값을 나타내었다.

그림 32는 주전극 압력 64psi, 가지전극 압력 50psi 및 시간 2 cycle에서 전류 (3000~6000A)에 따른 용접시편의 내환봉-접합판간 및 외환봉-접합판간의 토크 측정치를 나타낸 것이다. 토크는 5(N·m)와 6.6(N·m) 사이값을 나타내었다. 그림 33은 전류(3800~4400A)에 따른 용접시편의 내환봉-접합판간 및 외환봉-접합판간의 토크측정치를 나타낸 것이다. 토크는 8(N·m)와 12(N·m) 사이값을 나타내었다.

그림 34는 전류 5000A, 가지전극 압력 50psi, 시간 2 cycle에서 주전극 압력(58~87psi)에 따른 용접시편의 내환봉-접합판간 및 외환봉-접합판간의 토크측정치를 나타낸 것이다. 토크는 4.8(N·m)와 7(N·m) 사이값을 나타내었다. 그림 35는 주전극 압력(3.5~5bar)에 따른 용접시편의 내환봉-접합판간 및 외환봉-접합판간의 토크측정치를 나타낸 것이다. 토크는 11(N·m)와 13.5(N·m) 사이값을 나타내었다.

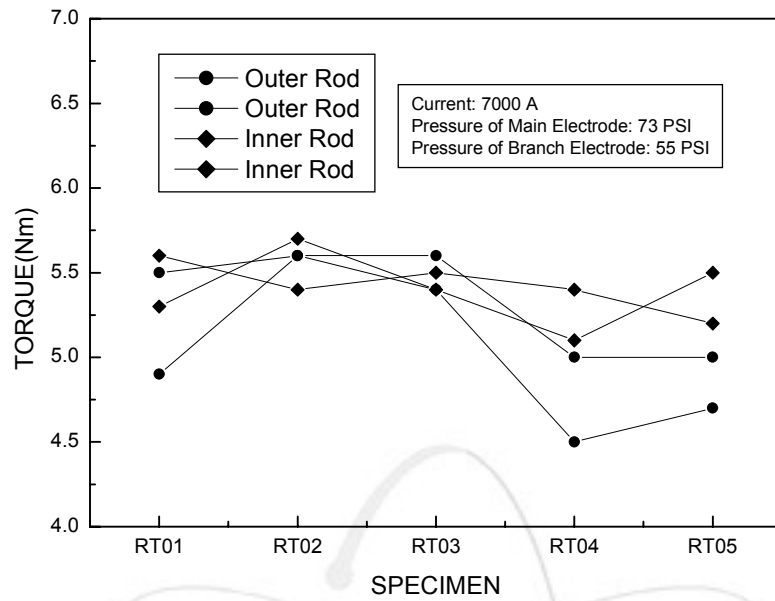


그림 31. 특정 용접조건의 용접시편 토크

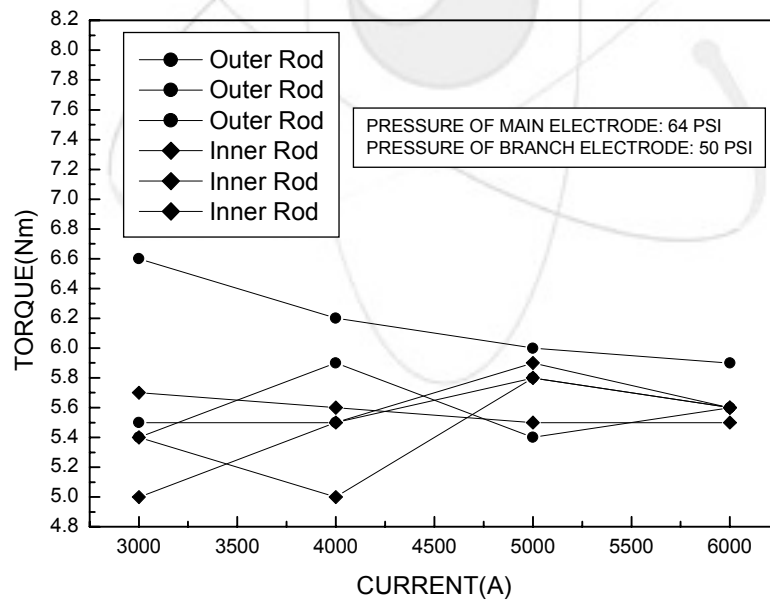


그림 32. 전류에 따른 용접시편 토크.

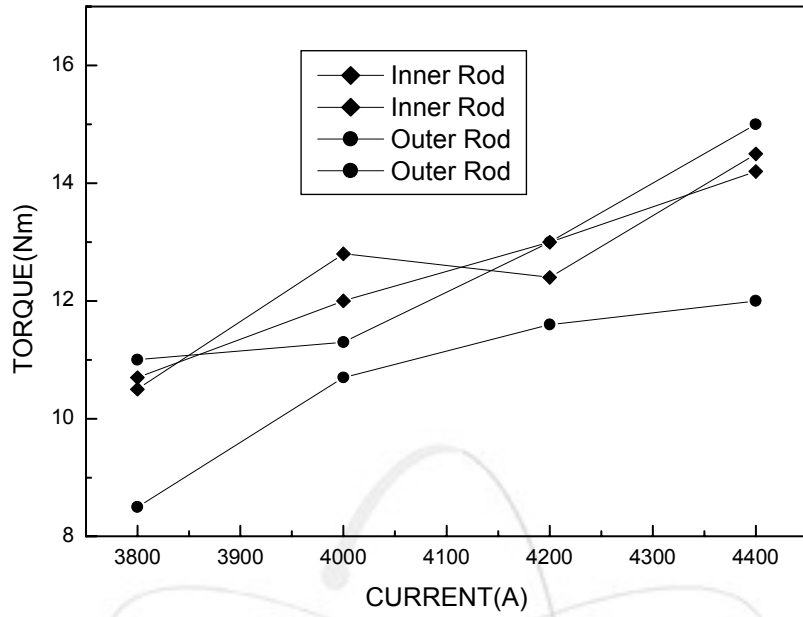


그림 33. 전류에 따른 용접시편 토크.

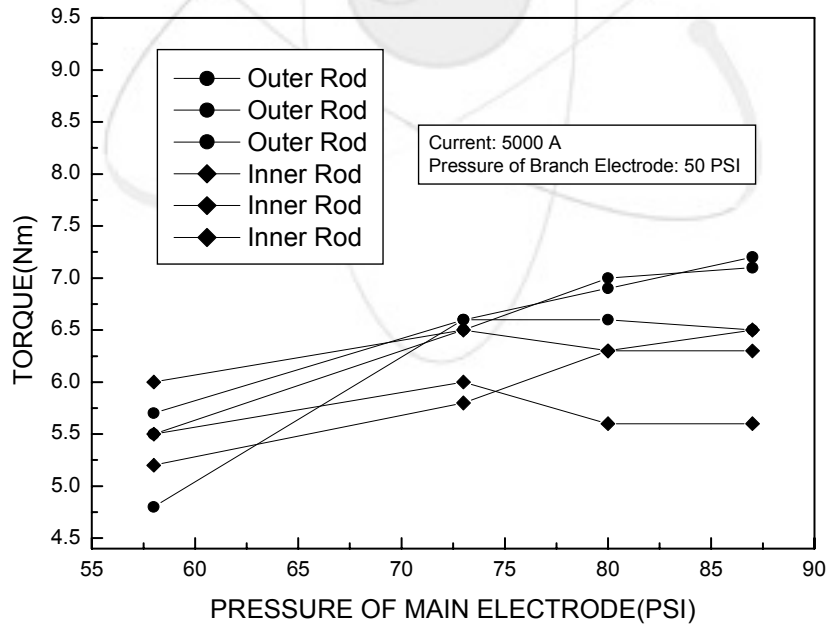


그림 34. 주전극 압력에 따른 용접시편 토크.

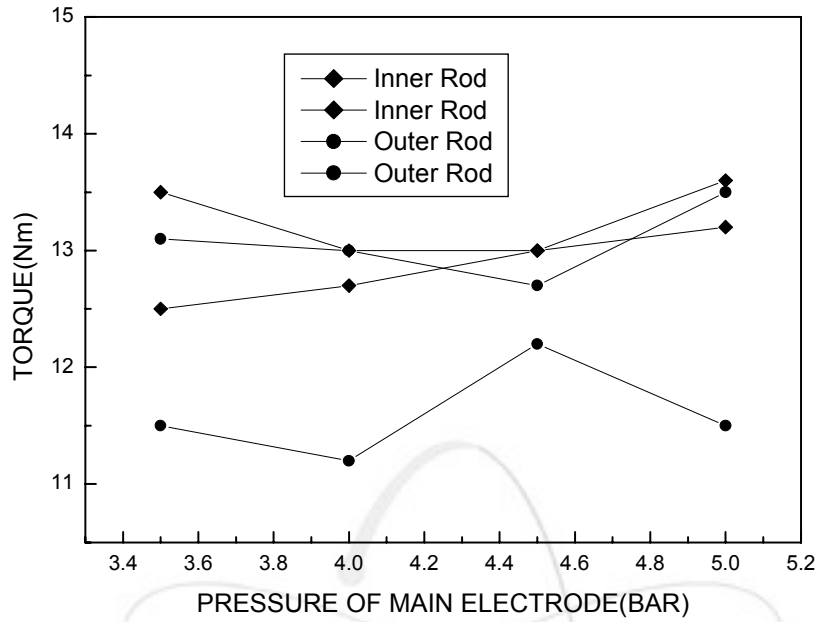
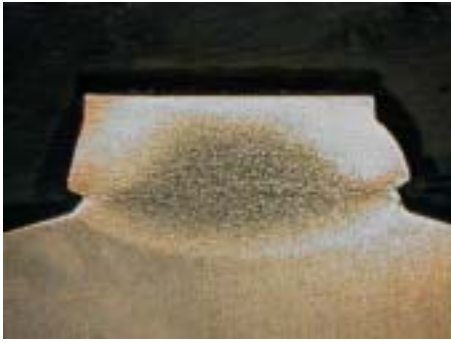


그림 35. 주전극 압력에 따른 용접시편 토크.

이상으로 용접조건인자 전류, 주전극압력, 시간을 변화시키면 용접시편 봉-접합관간의 토크를 제어할 수 있음을 확인하였다. 앞으로 이 시스템을 핫셀에서 운용하기 위한 용접시스템에 대한 원격 운용성을 평가하고 모듈방식으로 결합하고 분해할 수 있는 관련기술을 개발해야 할 것이다.

2. 용접부 금속조직실험

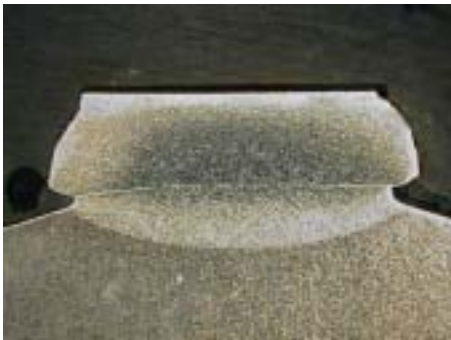
그림 36는 전류에 따른 용접시편의 봉과 접합관간 용접부의 금속조직사진을 나타낸 것이다. 용접계면에 불연속적 용접선을 관찰할 수 있다. 전류 증가에 의한 용접열이 커짐에 따라 용접건전성이 달라짐을 알 수 있다.



[3800A 4bar 3cycle (x50)]



[4000A 4bar 3cycle (x50)]



[4200A 4bar 3cycle (x50)]



[4400A 4bar 3cycle (x50)]

그림 36. 용접시편 용접부 종단면 사진.

제 3 절 7핀 및 3핀 집합연료 제작

1. 7핀 집합연료 접합판 용접

연료봉 7핀용 상면지그와 하면지그를 제작하였다. 그림 37과 같이 연료봉 7핀 집합연료를 상면지그에 장전하여 그림 38과 같이 연료봉 7핀 집합연료 지그를 원격용접 시스템 중앙으로 이송하였다. 상단 접합판을 공급하여 그림 39와 같이 연료봉 7핀 집합연료 상단 접합판 용접을 수행하였다. 연료봉 7핀 집합연료의 하면 접합판 용접을 하기 위하여 연료봉 7핀 집합연료 상단 접합판면을 하면지그에 장전한 후 하단 접합판을 공급하여 용접을 수행하였다. 그림 40은 연료봉 7핀 집합연료 상·하단 접합판 용접모습을 나타낸 것이다.

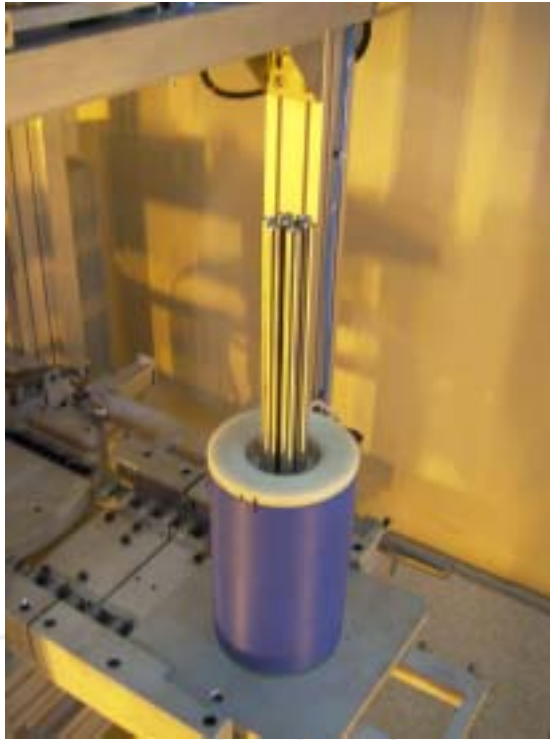


그림 37. 연료봉 7핀 집합연료지그장전.



그림38. 연료봉 7핀 집합연료 지그의
시스템 중앙이송.

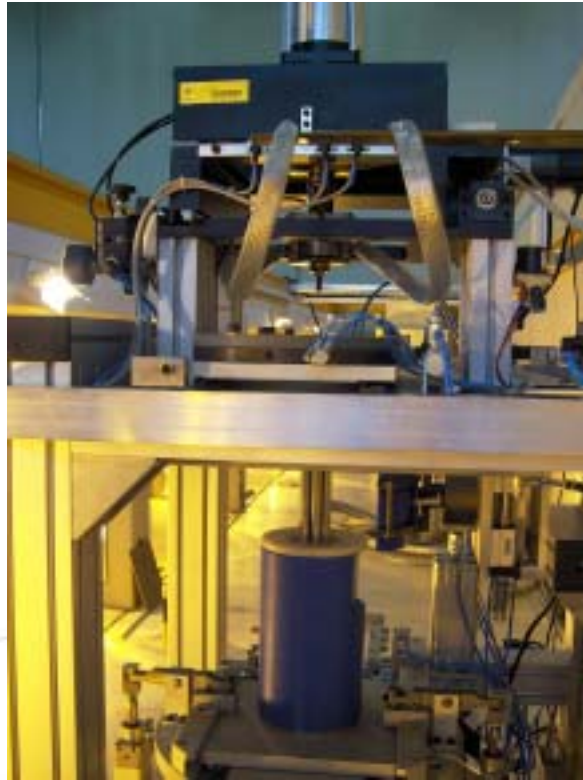


그림 39. 연료봉 7핀 집합연료 상단
접합판 용접.



그림 40. 연료봉 7핀 집합연료 상·하단 접합판 용접모습.

2. 3핀 집합연료 접합판 용접

연료봉 3핀용 집합연료 상면지그와 하면지그를 제작하였다. 연료봉 3핀 집합연료를 상면지그에 장전하여 그림 41과 같이 원격용접 시스템 중앙으로 이송하였다. 상단 접합판을 공급하여 그림 42와 같이 연료봉 3핀 집합연료 상단 접합판 용접을 수행하였다. 연료봉 3핀 집합연료 하면 접합판 용접을 하기 위하여 연료봉 3핀 집합연료 상단 접합판면을 하면지그에 장전한 후 하면 접합판을 공급하여 용접을 수행하였다. 그림 43은 연료봉 3핀 집합연료 상·하단 접합판 용접모습을 나타낸 것이다.

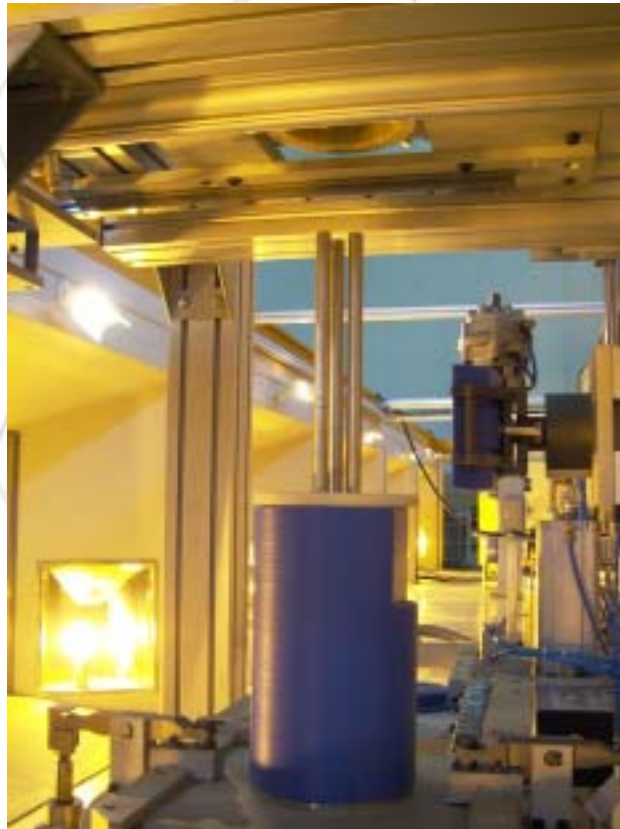


그림41. 연료봉 3핀 집합연료 지그의 시스템 중앙이송.

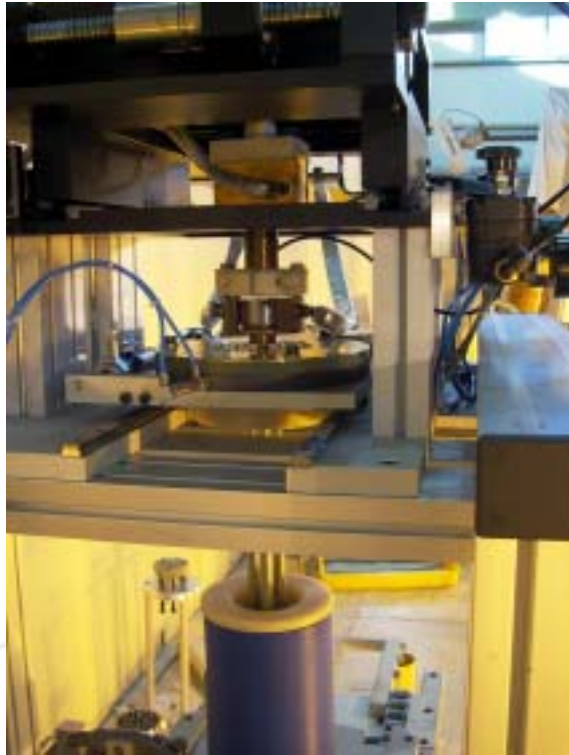


그림42. 연료봉 3핀 집합연료 상단
접합관 용접.



그림 43. 연료봉 3핀 집합연료 상·하단 접합관 용접모습.

제 3 장 요약 및 향후과제

멀티핀 집합연료 접합판 용접을 위한 원격용접 시스템을 설계하고 제작하였다. 원격용접 시스템의 성능실험을 수행하기 위하여 저항 용접법에 의하여 용접시편을 제작하였다. 제작한 용접시편의 봉단과 접합판간 토크를 측정하고 그 결과를 용접전류, 주전극 압력, 가지전극 압력 및 시간에 대하여 분석하였다. 용접인자에 따른 내환봉단과 접합판간 토크 및 외환봉단과 접합판간 토크제어는 가능함을 확인하고 용접시편 토크를 획득하였다. 핵연료 다발 봉단과 접합판간 토크 요건 연계하여 용접시편 적정 용접조건은 전류 4000A, 주전극 압력 4 bar, 가지전극 압력 2.5 bar 및 시간 2 cycles 이었다. 용접시편의 봉단과 접합판간 용접부 금속 조직실험을 수행하여 용접계면의 불연속성 및 용접 건전성을 조사하였다. 7핀 및 3핀용 집합연료 상·하면 지그를 제작하여 3핀 및 7핀 집합연료 상·하 접합판 용접을 수행하였다. 제작한 원격용접 시스템을 사용하여 멀티핀 집합연료 접합판 용접이 가능함을 확인하였다. 앞으로 이 시스템에 대하여 핫셀에서 원격으로 조작할 수 있도록 원격 운용성을 평가하고 모듈방식으로 분해하고 결합할 수 있는 관련기술을 개발해야 할 것이다.

제 4 장 참고문헌

- [1] Truant. P.T., CANDU Fuel performance: Power Reactor Experience, AECL-MISE-250-3 rev.1.(1983).
- [2] 이정원 외, “중수로 핵연료 봉단마개의 저항업셋 용접을 위한 용접변수,” 대한용접학회지, 제7권, 제2호, p. 61(1989).
- [3] Vagi, J. J., Koppenhofer, R. L. and Martine, P. C.: Methods for End Capping Zirconium Clad Reactor Fuel Pins, Weld. J., Feb., pp. 78-84.(1959).
- [4] Kanne, W. R. Jr., Solid-State Resistance Welding of Cylinders and Spheres, Weld. J., May, pp. 33-38(1986).
- [5] 박철주 외, “저항업셋 용접법을 이용한 Zr-4 End Cap 용접부의 특성에 관한 연구,” 대한용접학회지 제 10권, 4호, p. 241(1992).

서 지 정 보 양 식					
수행기관보고서번호	위탁기관보고서번호	표준보고서번호	INIS 주제코드		
KAERI/TR-3359/2007					
제목/부제	멀티핀 집합연료 원격 용접시스템 제작				
연구책임자 및 부서명 (Ar, Tr등의 경우 주저자)	구대서(미래형원자로연료개발부)				
연구자 및 부서명	김수성(건식공정핵연료기술개발부), 박근일(건식공정핵연료기술개발부), 이정원(건식공정핵연료기술개발부), 손동성(미래형원자로연료개발부)				
출판지	대전	발행기관	한국원자력연구소	발행년	2007.2.
페이지	p.47	도 표	있음(○), 없음()	크 기	29.7 cm
참고사항					
비밀여부	공개(○), 대외비(), ___급비밀			보고서종류	기술보고서
연구위탁기관				계약번호	
초록(15-20줄내외)	<p>멀티핀 집합연료 집합판 용접을 위한 원격용접 시스템을 설계하고 제작하였다. 원격용접 시스템의 성능실험을 수행하기 위하여 저항 용접법에 의하여 용접시편을 제작하였다. 제작한 용접시편의 봉단과 집합판간 토크를 측정하고 그 결과를 용접 전류, 주전극 압력, 가지전극 압력 및 시간에 대하여 분석하였다. 용접인자에 따른 내환봉단과 집합판간 토크 및 외환봉단과 집합판간 토크제어는 가능함을 확인하고 용접시편 토크를 획득하였다. 핵연료 다발 봉단과 집합판간 토크 요건 연계하여 용접시편 적정 용접조건은 전류 4000A, 주전극 압력 4 bar, 가지전극 압력 2.5 bar 및 시간 2 cycles 이었다. 용접시편의 봉단과 집합판간 용접부 금속조직실험을 수행하여 용접계면의 불연속성 및 용접 건전성을 조사하였다. 7핀 및 3핀용 집합연료 상·하면 지그를 제작하여 3핀 및 7핀 집합연료 상·하 집합판 용접을 수행하였다. 제작한 원격용접 시스템을 사용하여 멀티핀 집합연료 집합판 용접이 가능함을 확인하였다.</p>				
주제명키워드 (10단어 내외)					
멀티핀 집합연료, 집합판, 저항용접, 토크					

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET					
Performing Org. Report No.	Sponsoring Org. Report No.	Standard Report No.	INIS Code	Subject	
KAERI/TR-3359/2007					
Title/Subtitle	Fabrication of Remote Welding System for Multi-Pin Nuclear Fuels				
Project Manager and Department(or Main Author)	Koo Dae-Seo(Department of Advanced Nuclear Fuel)				
Researcher and Dept.	Kim Soo-Sung(Department of Dry Process Nuclear Fuel Technology), Park Geun-II(Department of Dry Process Nuclear Fuel Technology), Lee Jung-Won(Department of Dry Process Nuclear Fuel Technology), Sohn Dong-Seong(Department of Advanced Nuclear Fuel)				
Pub. Place	Daejeon	Publisher	KAERI	Pub. Date	2007.2.
Page	p.47	III & Tab.	yes(○), no()	Size	29.7 cm
Note					
Classified	Open(○), Document	Restricted(),	—Class	Report Type	Technical Report
Sponsoring Org.				Contract No.	
Abstract (15-20 Lines)	<p>Remote welding system for endplate welding of multi-pin nuclear fuels was designed, fabricated. Welding specimens were fabricated for the performance test of remote welding system by resistance welding method. The torque of welding between endplug and endplate of welding specimens was measured, and analyzed on current, pressure of main electrode, pressure of branch electrode and time. It was confirmed that the torque between inner endplug-endplate and outer endplug-endplate can be controlled by welding factors. The torque of welding specimens was available for connection of requirement between endplug and endplate. Welding condition of welding specimens is current 4000A, pressure 4 bar of main electrode, pressure 2.5bar of branch electrode and time 2 cycles. Metallographic examination on weldment between endplug and endplate was performed and continuity of welding line, integrity of weldability were investigated. Upper jig and lower jig for 7 pin nuclear fuels and 3 pin nuclear fuels were fabricated. The welding of upper endplate and lower endplate of 7 pin nuclear fuels and 3 pin nuclear fuels was carried out. It was confirmed that endplate welding of multi-pin nuclear fuels can be performed by remote welding system.</p>				
Subject Keywords (About 10 words)	Multi-Pin Nuclear Fuels, Endplate, Resistance Welding, Torque				