



KR9900207

KAERI/TR-1292/99

조사 핵연료시험시편 제작기술
Technique of Manufacturing specimen
of Irradiated Fuel Rods

30 - 48

한국원자력연구소

R

제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 보고서를 1999년도 “ 조사후시험시설운영” 과제의 기술 보고서로 제출합니다.

1999. 4.

주저자 : 책임기술기원 서항석
공저자 : 책임연구원 민 덕 기
 선임연구원 구 대 서
 선임기술원 이 은 표
 선임기술원 양 송 열

요 약 문

I. 제목

조사 핵연료시험시편 제작기술

II. 연구개발의 목적 및 필요성

조사핵연료에 대한 금속조직시험을 효율적으로 수행하기 위하여 조사 핵연료시험시편을 제작하는 기술을 확립하는데 있다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

미조사 및 조사 핵연료의 파괴시험시편을 제작하는 방법에 따른 시편제작 소요시간 분석

IV. 연구개발결과

연마지 120, 240 및 320 grit를 각각 사용하고 grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 조건으로 시편을 연마 하였을때 1mm 두께의 시편을 연마하는데 소요시간은 1시간 이내였다. 같은 조건에서 연마지 400 grit를 사용하고 시편을 연마 하였을때 1mm 두께의 시편을 연마하는데 소요시간은 1시간 이상였으며 연마지 600grit를 사용하는 경우는 15분 연마하였을 때 연마두께는 80-130 μ m 정도였으며 15분 이상 연마를 하였을때 더 이상 연마가 이루어지지 않았다.

Grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 힘을 가한 후 polishing cloths 위에 diamond paste 15 μ m를 바른 후 10분 연삭를 하였을때 연삭두께는 50 μ m정도였다. 같은 조건에서 diamond paste 9 μ m를 바른 후 10분 연삭를 하였을 때 연삭두께는 20 μ m정도였으며 diamond paste 6 μ m, 3 μ m, 1 μ m 및 1/4 μ m를 바른 후 15분 연삭하였으나 연삭되지 않았다.

V. 연구개발결과의 활용계획 및 건의사항

조사 핵연료시험시편 제작기술은 조사 핵연료의 파괴시험을 수행하기 위한 조사시편제작에 활용될 것이다.

SUMMARY

I. Project Title

Technique of manufacturing specimen of irradiated fuel rods

II. Objective and Importance of the Project

Aim of the project is to establish technique of manufacturing specimen of irradiated fuel rods in order to carry out metallography of PIE efficiently

III. Scope and Contents of Project

Analysis of the relation between requiring time of manufacturing specimen and manufacturing method in non irradiated & irradiated fuel rods

IV. Result of Project

It takes within an hour to grind 1mm of specimen thickness under 150rpm in speed of grinding, 600g gravity in force using #120, #240, #320 of grinding paper. In case of #400 of grinding paper, it takes more an hour to grind the same thickness as above. It takes up to a quarter to grind 80-130 μ m in specimen thickness using #400 of grinding paper. When grinding time goes beyond 15 minutes, the grinding thickness of specimen does not exist.

The polishing of specimen with 150 rpm in speed of grinding machine, 600g gravity in force, 10 minutes in polishing time using diamond paste 15 μ m on polishing cloths amounts to 50 μ m in specimen thickness. In case of diamond paste 9 μ m on polishing cloths, the polishing of specimen amounts to 20 μ m in specimen thickness. The polishing thickness of specimen with 15 minutes in polishing time using 6 μ m, 3 μ m, 1 μ m, 1/4 μ m does not exist

V. Proposal for Applications

Technique of manufacturing specimen of irradiated fuel rods will have application to the destructive examination of PIE

CONTENTS

CHAPTER 1 INTRODUCTION	9
CHAPTER 2 CURRENT STATUS OF TECHNOLOGY DEVELOPMENT IN DOMESTIC AND FOREIGN COUNTRY	10
CHAPTER 3 CONTENT AND RESULT OF PROJECT	11
CHAPTER 4 ACHIVEMENT AND SERVICE OF PROJECT	29
CHAPTER 5 APPLICATIONS OF PROJECT	30
CHAPTER 6 REFERENCE	31

목 차

제 1 장 서 론	9
제 2 장 국내외 기술개발현황	10
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	11
제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외 기여도	29
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	30
제 6 장 참고문헌	31

표 목 차

표 1 시편제작을 위한 연마 및 연삭조건	15
------------------------------	----

그림 목 차

그림 1 미세 절단기	12
그림 2 Hot mounting press	13
그림 3 연삭장치에 대한 도면	18
그림 4 그리드 (# 120)에 의한 연마시간에 따른 각 시편의 연마두께	19
그림 5 그리드 (# 240)에 의한 연마시간에 따른 각 시편의 연마두께	21
그림 6 그리드 (# 320)에 의한 연마시간에 따른 각 시편의 연마두께	22
그림 7 그리드 (# 400)에 의한 연마시간에 따른 각 시편의 연마두께	23
그림 8 그리드 (# 600)에 의한 연마시간에 따른 각 시편의 연마두께	25
그림 9 직경 15 μ m diamond paste에 의한 polishing time에 따른 각 시편의 polishing thickness	26
그림 10 직경 9 μ m diamond paste에 의한 polishing time에 따른 각 시편의 polishing thickness	27

제 1 장 서 론

원자로의 핵연료는 중성자 선속, 원자로 선출력, 원자로 온도 및 압력 등 원자로 운전 조건에 따라 핵연료의 이산화 우라늄이 핵반응을 통해서 많은 핵분열 에너지를 발생하게 되고 이 핵연료는 swelling 및 densification 같은 과정을 거치면서 핵연료의 조직변화가 발생한다. 원자로 핵연료의 거동 및 핵연료의 건전성을 평가하기 위하여 조사후 시험이 수행된다^[1-4]. 조사핵연료 파괴시험을 수행하여 조사 핵연료의 조직을 관찰하고 분석하게 된다^[5-6].

본 실험에서는 미조사 핵연봉, 고리1호기 및 고리2호기 조사 핵연료봉을 미세절단하여 hot mounting 하였다. Hot mounting 한 시편에 대하여 연마/연삭시간에 대한 연마제 크기 및 연삭천의 입자크기에 따른 연마 및 연삭되는 정도를 분석하였으며 이 조사시편 제작기술은 조사 핵연료봉 파괴시험 시편제작에 활용될 것이다.

제2장 국내외 기술개발현황

미국, 프랑스, 캐나다, 일본 등 원자력 선진국에서는 조사핵연료의 조직을 관찰하고 핵연료 특성을 분석하기 위하여 조사시편을 제작하는 조사시편제작기술을 보유하고 있다. 국내에서는 조사 핵연료를 취급할 수 있는 방사선 차폐시설이 거의 없고 조사시편 미세조직을 관찰하고 분석할 수 있는 조사시편제작시설이 거의 없는 관계로 조사시편 제작기술이 부진한 상태였으나 본 실험실에서 조사 핵연료의 조직을 관찰하고 핵연료 특성을 분석할 수 있는 조사핵연료 시편제작기술을 개발하였다.

제3장 연구개발 수행내용 및 결과

1. 핵연료봉 미세 절단.

그림 1과 같은 핫셀에서 사용하고 있는 핵연료봉 미세절단기는 미국 BUEHLER사에서 제작한 isomet low speed saw를 핫셀내에서 원격조종기로 사용할 수 있도록 개조하였으며 미세절단기에 Diamond Blade 3"(0.15mm X 76mm), 4"(0.3mm X 102mm) 및 5"(0.4mm X 127mm)를 장착하여 사용할수 있다. 또한 시편을 절단할 때 열과 마찰을 최소한으로 줄이기 위하여 습식방법으로 절단하고 세척을 편리하게 하기 위하여 물을 윤활제로 사용하고 있으며 미세절단기로 절단할 수 있는 시편의 최소 두께는 0.2mm 정도이다.

본 실험에서는 제원과 연소도가 다른 미조사 핵연료봉 (ϕ 9.3mm), 고리원자력2호기 조사 핵연료봉(ϕ 8.26mm) 및 미조사 핵연료봉 (ϕ 9.3mm)를 각각 10mm씩 미세절단하여 실험을 수행하였다.

가. 미세절단 작업순서

- (1) 거시절단한 시편을 미세절단기에 장착한다.
- (2) 시편의 절단위치를 vice로 조절한다.
- (3) 시편의 절단부위를 절단휠위에 올려놓는다.
- (4) 휠의 회전속도를 약 700rpm로 조절한다.
- (5) 절단기기에 전원을 넣고 절단진행과정을 유심히 관찰한다.
- (6) 절단작업을 마치면 전원을 끈다.
- (7) 절단작업을 마치고 시편을 세척한 후 건조시킨다.
- (8) 건조작업을 마치고 시편을 마운팅 하게 된다.

2. 마운팅

미세절단을 마친 시편은 mounting press 기기를 이용하여 hot mounting을 한다. 그림 2의 mounting press기기는 덴마크 STRUERS사에서 제작한 DK-2610 predopress기기를 핫셀내에서 원격조종기로 취급이 용이하도록 개조하여 핫셀내부에 설치하였으며 hot mounting press의 온도 150°C, 압력 3.5Kpsi에서 ϕ 1¼" pre-mold를 사용한다. 시편을 mounting 하는 목적은 첫째는 조직검사를 위한 시

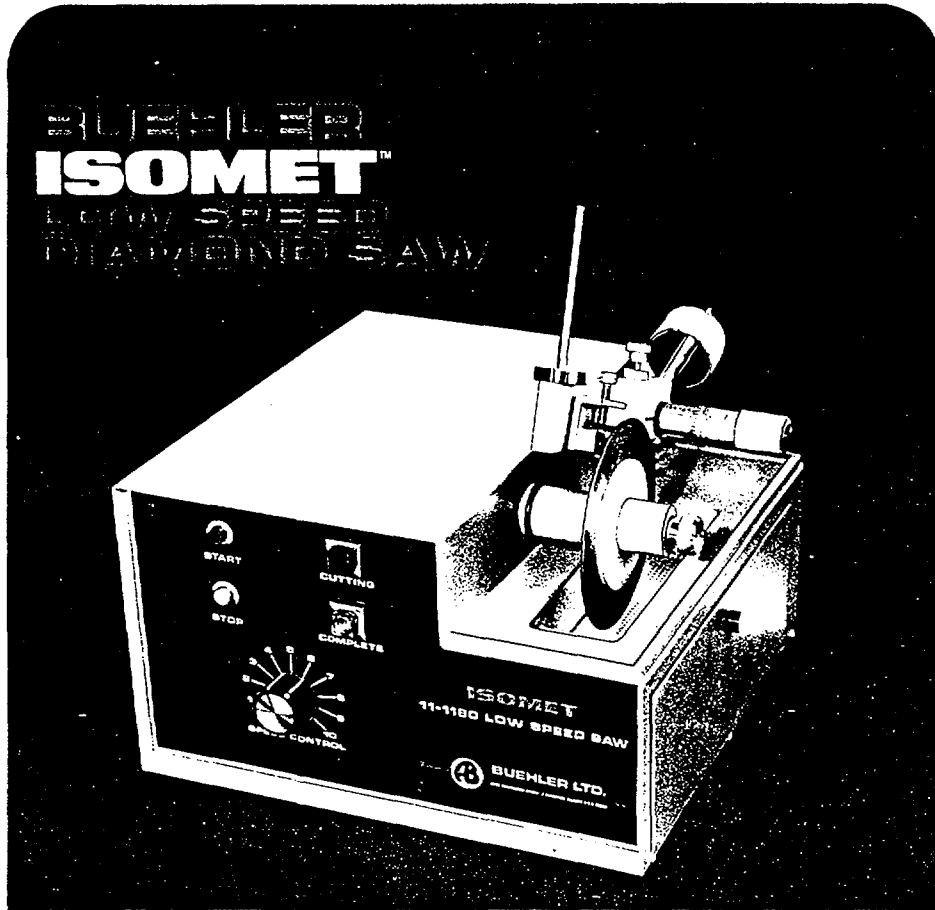


그림 1. 미세 절단기.

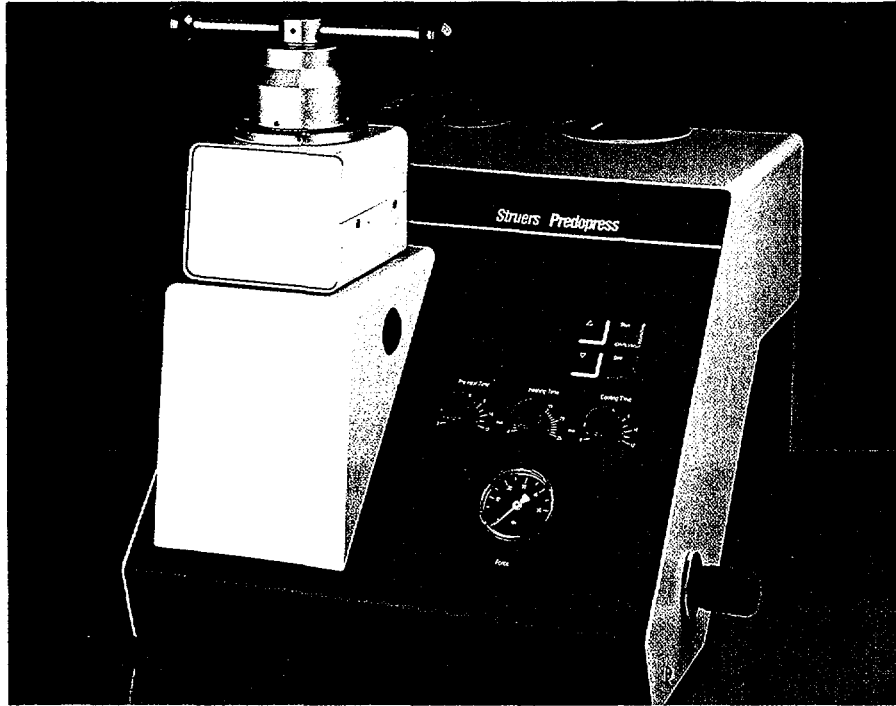


그림 2. Hot mounting press.

편준비를 잘 하고 또한 실험을 수행하기 어려운 형상, 크기를 갖는 시편의 취급을 용이하게 함에 있다. 둘째는 시편표면의 가장자리나 표면의 결함을 본래대로 보존하는데 있으며 셋째는 시편표면에 손상을 입히지 않고 mount 표면에서 시편을 확인할 수 있도록 실험자의 이름, 시료번호, 실험분류번호 등을 mount 표면에 표시하는데 있다.

가. Hot mounting 작업순서

- (1) 준비된 고유번호판을 셀내로 넣는다.
- (2) 핫마운팅기기에 전원을 넣고 약 5분동안 예열시킨다.
- (3) 모듈드를 올린다.
- (4) 이 모듈드중심에 시편을 올려 놓는다.
- (5) 모듈드를 내린다.
- (6) 이 모듈드 원주통에 정해진 양의 pre-mold를 넣는다.
- (7) Pre-mold 에 준비된 고유번호판을 올려 놓는다.
- (8) 모듈드의 윗판을 닫고 이것을 단단히 조인다.
- (9) 모듈드를 올린 후 3.5Kpsi 압력을 가하고 15분동안 가열하고 10분 동안 냉각시킨다.
- (10) 모듈드를 내린다.
- (11) 뚜껑을 열고 모듈드를 올린다.
- (12) 마운팅한 시편을 모듈드로부터 제거한다.
- (13) 마운팅기기의 전원을 차단한다.
- (14) 마운팅을 마친 시편을 grinding 한다.

3. Grinding 및 polishing

시편제작을 위하여 표 1과 같은 연마 및 연삭조건으로 실험을 수행하였다. 연마는 시편을 준비하는 작업중에서 가장 중요한 작업이다. 작업자는 연마과정을 통하여 시편의 기계적인 표면손상을 감소시키는 작업을 반복하고 절단작업과정에 따르는 표면손상은 연마작업으로 제거해야 한다. 연마작업을 수행할 때는 처음에는 거친 연마제를 사용하고 점차로 고운 연마제를 사용하여 시편의 표면손상을 제거해야 한다. 즉 이상적인 연마순서는 120, 240, 320, 400, 600 grit size 순으로 될 것이다. 미세절단에서와 같이 모든 연마작업도 습식으로 수행하여 시편조직에 어떠한 영향도 끼치지 않도록 하여 시편으로부터 제거되는 금

표 1. 시편제작을 위한 연마 및 연삭조건

속도(rpm)	하중(g중)	크기(grit)	시간 (분)	미조사연료 (mm)	고리2호기연료 (mm)	고리1호기연료 (mm)
150	660	120	5	0.21	0.18	0.26
			10	0.32	0.33	0.41
			15	0.37	0.42	0.49
			20	0.45	0.51	0.56
			30	0.53	0.58	0.64
150	660	240	5	0.18	0.19	0.22
			10	0.26	0.31	0.32
			15	0.33	0.40	0.40
			20	0.39	0.49	0.47
			30	0.48	0.59	0.56
150	660	320	5	0.14	0.19	0.18
			10	0.21	0.28	0.26
			15	0.27	0.35	0.32
			20	0.32	0.41	0.40
			30	0.39	0.53	0.46
150	660	400	5	0.12	0.16	0.19
			10	0.20	0.25	0.28
			15	0.25	0.31	0.34
			20	0.29	0.36	0.38
			30	0.35	0.44	0.45

(계속)

속도(rpm)	하중(g중)	크기(grit) dia. paste	시간(분)	미조사연료 (mm)	고리2호기연료 (mm)	고리1호기연료 (mm)
150	660	600	5	0.04	0.05	0.08
			10	0.06	0.08	0.11
			15	0.08	0.10	0.13
			20	0	0	0
			30	0	0	0
150	660	15 μ m	5	0.03	0.03	0.03
			10	0.05	0.05	0.05
			15	0.09	0.09	0.09
150	660	9 μ m	5	0.01	0.01	0.01
			10	0.02	0.02	0.02
			15	0.03	0.03	0.03
150	660	6 μ m	5	0	0	0
			10	0	0	0
			15	0	0	0
150	660	3 μ m	5	0	0	0
			10	0	0	0
			15	0	0	0
150	660	1 μ m	5	0	0	0
			10	0	0	0
			15	0	0	0
150	660	1/4 μ m	5	0	0	0
			10	0	0	0
			15	0	0	0

속분말 loading 현상을 억제시켜야 한다. 물은 연마입자들 사이에 시편 금속표면에서 제거된 분말이 연마제 입자사이에 끼어들기 전에 씻어내는 역할을 하고 연마과정에서 시편표면 마찰열을 냉각시켜준다. 그림 3은 연삭장치에 대한 도면을 나타낸다.

연삭(polishing)은 외관상으로 평면을 가지고 흠이 없는 경면을 만드는 마지막 연마과정이다. 시편에 대하여 질적인 면이나 양적인 면에서 정확한 조직적인 해석을 수행하기 위해 연삭이 필요하다. 연마제로는 Al_2O_3 , MgO , Cr_2O_3 , Fe_2O_3 및 diamond compound 를 사용하고 있으나 본 시험에서는 diamond compound를 사용하였다. 연마는 $15\mu m$, $9\mu m$, $6\mu m$, $3\mu m$, $1\mu m$, 및 $1/4\mu m$ 순으로 수행하였다.

가. Grinding 및 polishing 작업순서

- (1) 연마기 위에 emery paper 120, 240, 320, 400, 600 grit를 장착한다.
- (2) 시편을 연마지위에 올려 놓는다.
- (3) 마찰열과 분진을 방지하기 위하여 밸브를 조정하여 물을 연속적으로 흐르게 한다.
- (4) 연마기를 가동시킨다.
- (5) 5분, 10분, 15분, 20분, 30분동안 연마를 수행한다.
- (6) 연마를 마친 시편은 물로 깨끗이 세척한다.
- (7) 물로 세척한 시편은 다시 polishing을 수행한다.
- (8) Polishing cloth위에 diamond paste($15\mu m$, $9\mu m$, $6\mu m$, $3\mu m$, $1\mu m$, $1/4\mu m$)를 골고루 바른 후 연마기 위에 장착한다.
- (9) 시편을 polishing cloth 위에 올려 놓는다.
- (10) 밸브를 조정하여 polishing oil을 연속적으로 흐르게 한다.
- (11) 연마기를 가동시킨다.
- (12) 5분, 10분, 15분동안 연삭을 수행한다.
- (13) 연삭을 마친 시편은 알콜로 깨끗이 세척을 한다.
- (14) 알콜로 세척한 시편은 dryer로 건조시킨다.

시편준비 작업이 끝나면 시편을 etching하고 시편조직을 관찰한다.

4. 결과분석

그림 4는 grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 힘을 가한 후 연마지 120 grit에 연마를 하였을 때 시간에 따른 연마두께를 나타낸 것이다. B, C

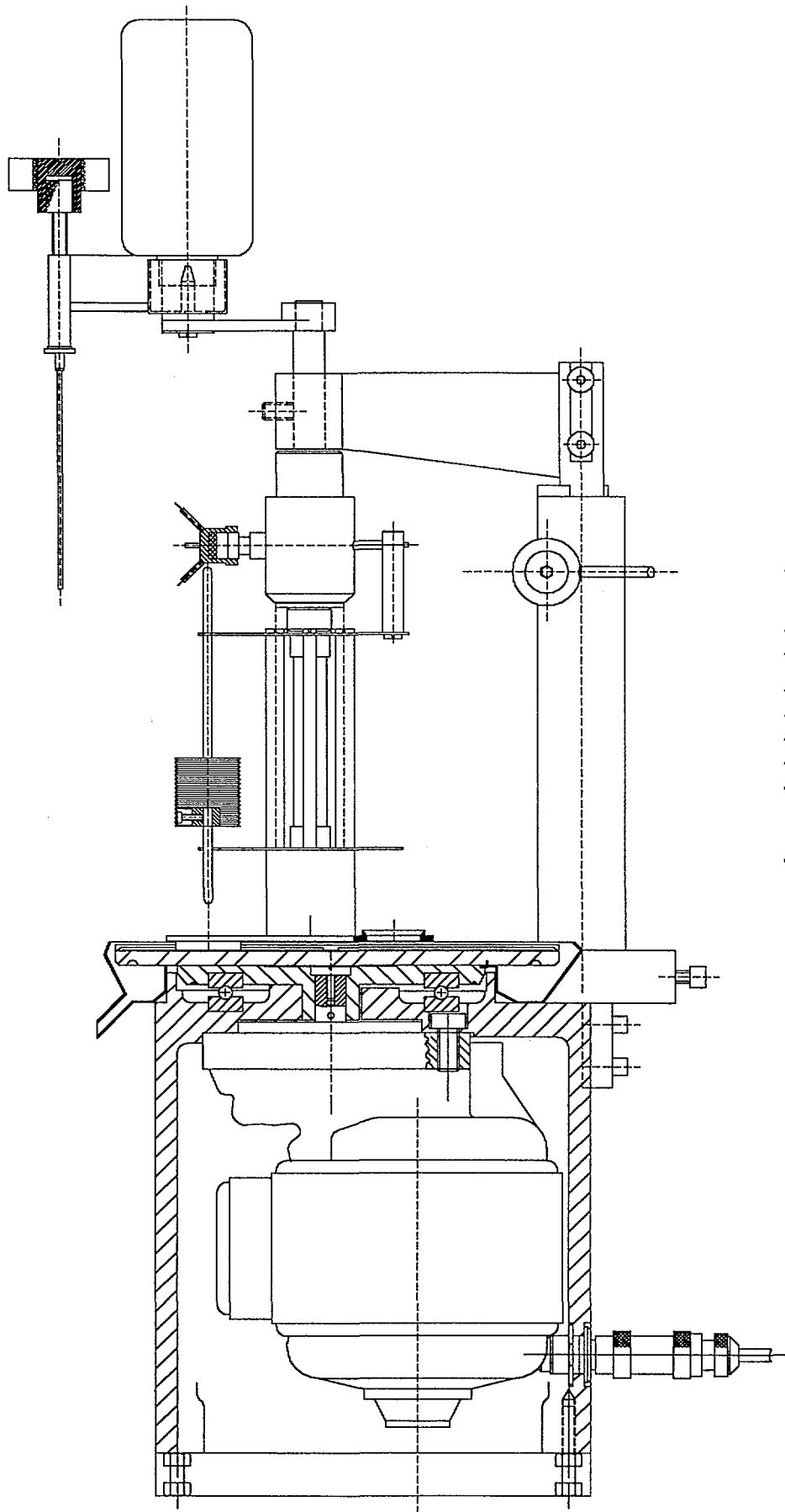


그림 3. 연삭장치에 대한 도면.

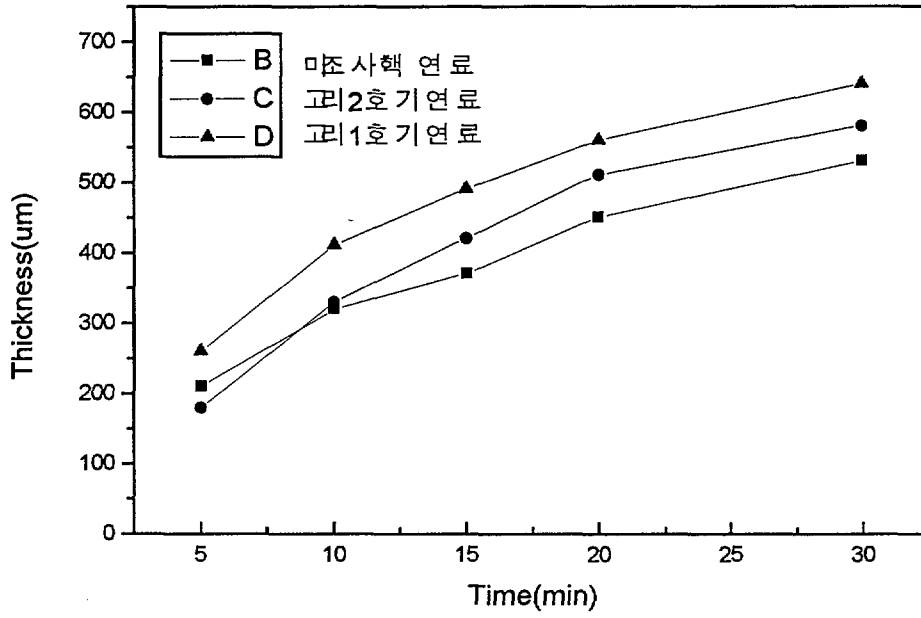


그림 4. 그리드 (# 120)에 의한 연마시간에 따른 각 시편의 연마두께.

및 D는 각각 미조사핵연료시편($\phi 9.3\text{mm}$), 고리2호기 핵연료봉시편($\phi 8.26\text{mm}$), 고리1호기 핵연료봉시편($\phi 9.11\text{mm}$)이다. 연마시간이 5분에서 30분으로 증가할수록 각 시편의 연마두께는 약 200에서 500 μm 정도로 증가하는 경향을 나타내었다. 조사핵연료봉 시편 C, D가 미조사 핵연료봉시편 B보다 연마두께가 약간 크게 나타났으나 시편 직경차의 영향으로 추정되었다. Grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 힘을 가한 상태에서 30분 동안 연마하였을 때 각 시편은 500 - 600 μm 정도 연마됨으로 1mm 두께의 시편을 연마하는데 소요시간은 1시간 이내임을 알 수 있다.

그림 5는 grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 힘을 가한 후 연마지 240 grit에 연마를 하였을 때 시간에 따른 연마두께를 나타낸 것이다. B, C 및 D는 각각 미조사핵연료시편($\phi 9.3\text{mm}$), 고리2호기 핵연료봉시편($\phi 8.26\text{mm}$) 및 고리1호기 핵연료봉시편($\phi 9.11\text{mm}$)이다. 연마시간이 5분에서 30분으로 증가할수록 각 시편의 연마두께는 약 200-500 μm 정도로 증가하는 경향을 나타내었다. 조사핵연료봉 시편 C, D가 미조사 핵연료봉시편 B보다 연마두께가 약간 크게 나타났으나 시편의 직경 차이가 영향을 미친 것으로 사료되었다. Grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 힘을 가한 상태에서 30분동안 연마하였을 때 각 시편은 500 - 600 μm 정도 연마됨으로 1mm 두께의 시편을 연마하는데 소요시간은 1시간 이내임을 알 수 있다.

그림 6은 grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 힘을 가한 후 연마지 320 grit에 연마를 하였을 때 시간에 따른 연마두께를 나타낸 것이다. B, C 및 D는 각각 미조사 핵연료시편($\phi 9.3\text{mm}$), 고리2호기 핵연료봉시편($\phi 8.26\text{mm}$) 및 고리1호기 핵연료봉시편($\phi 9.11\text{mm}$)이다. 연마시간이 5분에서 30분으로 증가할수록 각 시편의 연마두께는 약 100-500 μm 정도로 증가하는 경향을 나타내었다. 조사핵연료봉 시편 C, D가 미조사 핵연료봉시편 B보다 연마두께가 약간 크게 나타났으나 시편 직경차에 기인한 것으로 추정되었다. Grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 힘을 가한 상태에서 30분동안 연마하였을 때 각 시편은 400 - 500 μm 정도 연마됨으로 1mm 두께의 시편을 연마하는데 소요시간은 1시간 이내임을 알 수 있다.

그림 7은 grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 힘을 가한 후 연마지 400 grit에 연마를 하였을 때 시간에 따른 연마두께를 나타낸 것이다. B, C 및 D는 각각 미조사 핵연료시편($\phi 9.3\text{mm}$), 고리2호기 핵연료봉시편($\phi 8.26\text{mm}$) 및 고리1호기 핵연료봉시편($\phi 9.11\text{mm}$)이다. 연마시간이 5분에서 30분으로 증가할수

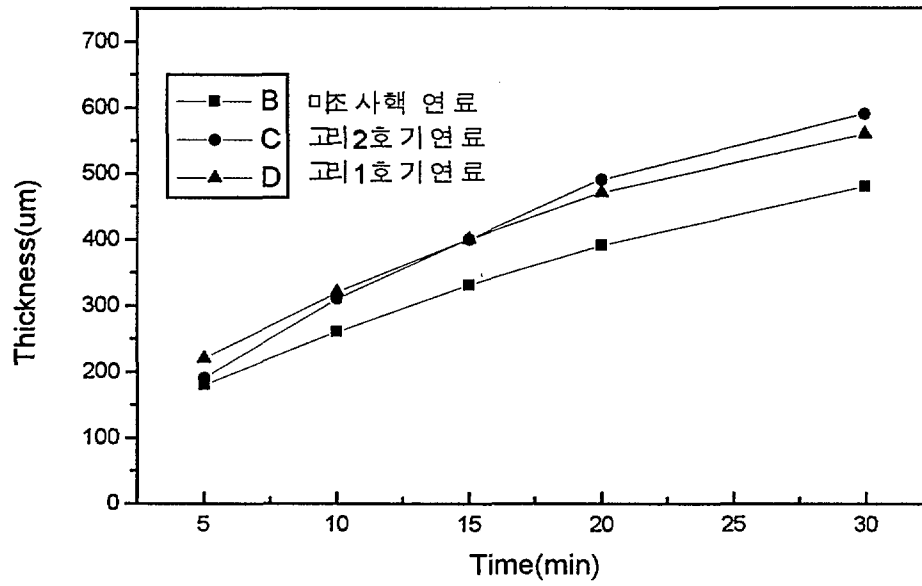


그림 5. 그리드 (# 240)에 의한 연마시간에 따른 각 시편의 연마두께.

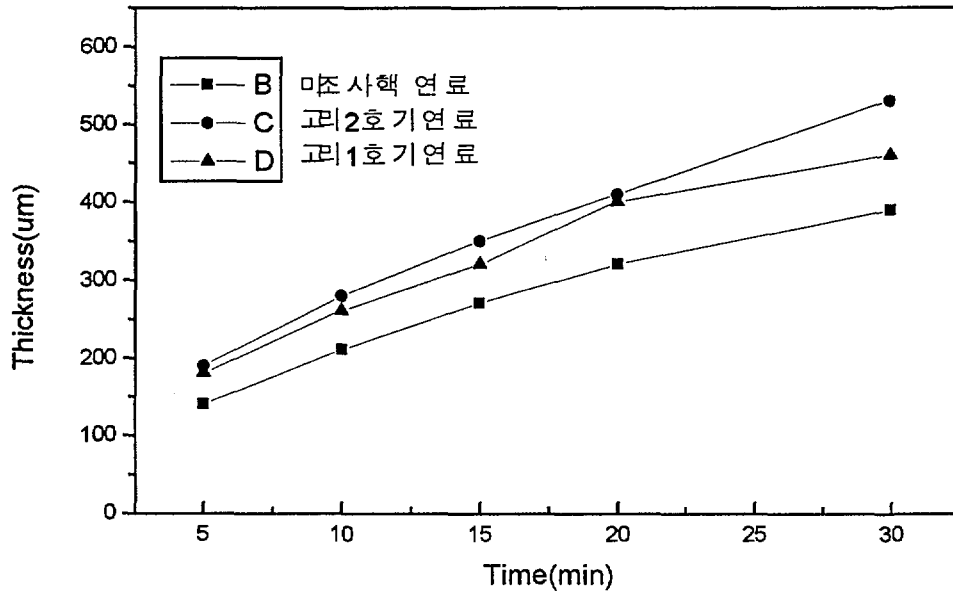


그림 6. 그리드 (# 320)에 의한 연마시간에 따른 각 시편의 연마두께.

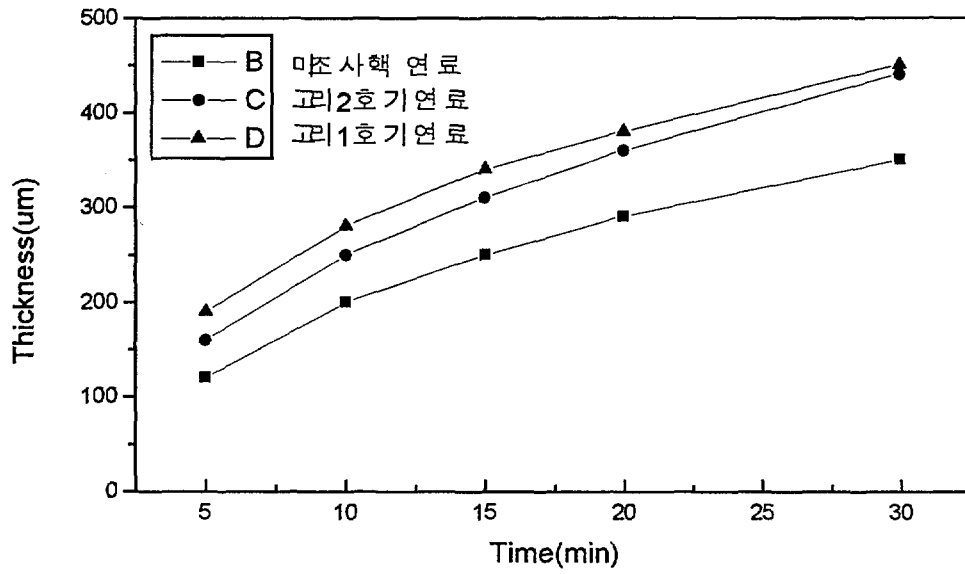


그림 7. 그리드 (# 400)에 의한 연마시간에 따른 각 시편의 연마두께.

특 각 시편의 연마두께는 약 100-450 μm 정도로 증가하는 경향을 나타내었다. 조사핵연료봉 시편 C, D가 미조사 핵연료봉시편 B보다 연마두께가 약간 크게 나타났으나 시편 직경차에 기인한 것으로 추정되었다. Grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 힘을 가한 상태에서 30분동안 연마하였을때 각 시편은 400 - 450 μm 정도 연마됨으로 1mm 두께의 시편을 연마하는데 소요시간은 1시간 이상임을 알 수 있다.

그림 8은 grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 힘을 가한 후 연마지 600 grit에 연마를 하였을 때 시간에 따른 연마두께를 나타낸 것이다. B, C 및 D는 각각 미조사 핵연료시편($\phi 9.3\text{mm}$), 고리2호기 핵연료봉시편($\phi 8.26\text{mm}$) 및 고리1호기 핵연료봉시편($\phi 9.11\text{mm}$) 이다. 연마시간이 5분에서 15분으로 증가할수록 각 시편의 연마두께는 약 50-100 μm 정도로 증가하는 경향을 나타내었다. 조사핵연료봉 시편 C, D가 미조사 핵연료봉시편 B보다 연마두께가 약간 크게 나타났으나 시편 직경차에 의한 것으로 생각되었다. Grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 힘을 가한 상태에서 15분이상 연마를 하였을 때 더 이상 연마가 이루어지지 않음을 알 수있다.

그림 9는 grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 힘을 가한 후 polishing cloths 위에 diamond paste 15 μm 를 바른 후 연삭을 하였을 때 시간에 따른 연삭두께를 나타낸 것이다. B, C 및 D는 각각 미조사 핵연료시편($\phi 9.3\text{mm}$), 고리2호기 핵연료봉시편($\phi 8.26\text{mm}$) 및 고리1호기 핵연료봉시편($\phi 9.11\text{mm}$) 이다. 연삭시간이 5분에서 15분으로 증가할수록 각 시편의 연삭두께는 약 30 - 100 μm 정도로 증가하는 경향을 나타내고 있으며 조사핵연료봉 시편과 미조사 핵연료봉 시편 모두 연삭두께 차이가 없음을 나타내고 있다. 각 시편을 15분 동안 polishing을 수행할 때 연삭두께는 모두 같게 나타났다. Grinding machine의 속도와 하중을 150rpm, 600g중을 주고 연삭의 최적조건인 10분 동안 polishing을 하였을 때 연삭두께는 50 μm 정도였다.

그림 10은 grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 힘을 가한 후 polishing cloths 위에 diamond paste 9 μm 를 바른 후 연삭을 하였을 때 시간에 따른 연삭두께를 나타낸 것이다. B, C 및 D는 각각 미조사 핵연료시편($\phi 9.3\text{mm}$), 고리2호기 핵연료봉시편($\phi 8.26\text{mm}$) 및 고리1호기 핵연료봉시편($\phi 9.11\text{mm}$) 이다. 연삭시간이 5분에서 15분으로 증가할수록 각 시편의 연삭두께는 약 10 - 30 μm 정도로 증가하는 경향을 나타내고 있으며 조사핵연료봉 시편과 미조사 핵연료봉 시편 모두 연삭두께 차이가 없음을 나타내고 있다. 각 시편을 15분동안

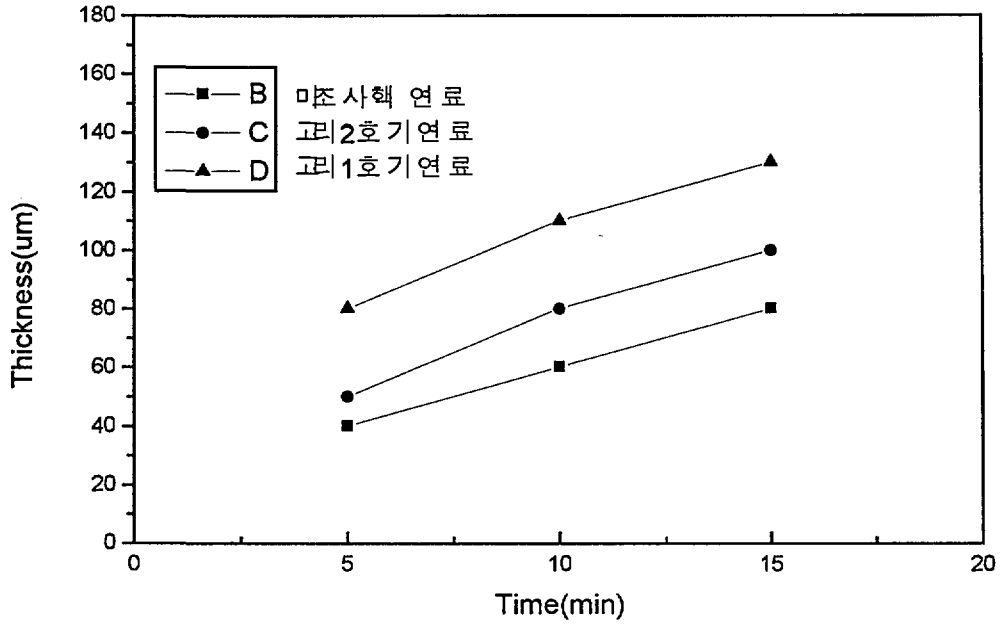


그림 8. 그리드 (# 600)에 의한 연마시간에 따른 각 시편의 연마두께.

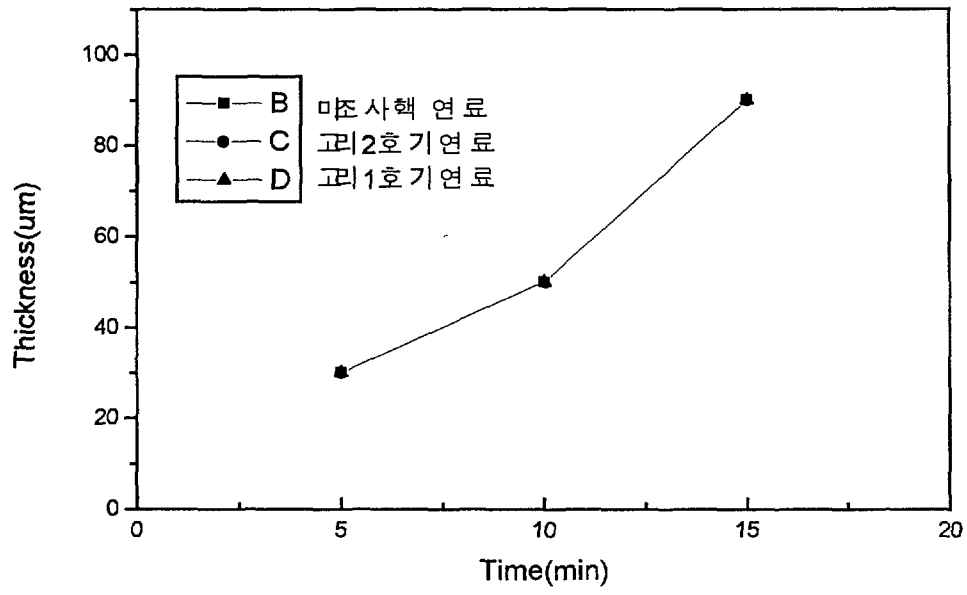


그림 9. 직경 $15\mu\text{m}$ diamond paste에 의한 polishing time에 따른 각 시편의 polishing thickness.

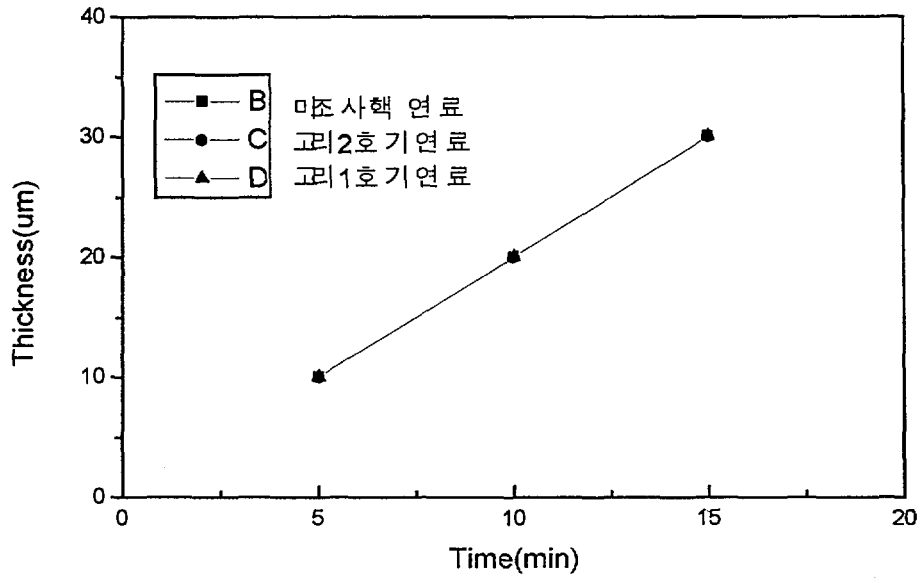


그림 10. 직경 $9\mu\text{m}$ diamond paste에 의한 polishing time에 따른 각 시편의 polishing thickness.

polishing을 수행할 때 연삭두께는 모두 같게 나타났다. Grinding machine의 속도와 하중을 150rpm, 600g중을 주고 연삭의 최적조건인 10분 동안 polishing을 하였을 때 연삭두께는 20 μ m정도였다. 한편 grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 힘을 가한 후 polishing cloths 위에 diamond paste 6 μ m, 3 μ m, 1 μ m 및 1/4 μ m를 바른 후 미조사 핵연료시편(ϕ 9.3mm), 고리2호기 핵연료봉시편(ϕ 8.26mm) 및 고리1호기 핵연료봉시편(ϕ 9.11mm)에 각각 15분 연삭하였으나 연삭되지 않았다.

이상에서 살펴본 바와 같이 연마지 120, 240 및 320 grit를 각각 사용하고 grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 조건으로 시편을 연마 하였을 때 1mm 두께의 시편을 연마하는데 소요시간은 1시간 이내였다. 같은 조건에서 연마지 400 grit를 사용하고 시편을 연마 하였을 때 1mm 두께의 시편을 연마하는데 소요시간은 1시간 이상였으며 연마지 600grit를 사용하는 경우는 15분 연마하였을 때 연마두께는 80-130 μ m 정도였으며 15분 이상 연마 하였을 때 각 시편은 더 이상 연마되지 않았다. Grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 힘을 가한 후 polishing cloths 위에 diamond paste 15 μ m를 바른 후 10분 연삭 하였을 때 연삭두께는 50 μ m정도였다. 같은 조건에서 diamond paste 9 μ m를 바른 후 10분 연삭 하였을 때 연삭두께는 20 μ m정도였으며, 표 1에서 diamond paste 6 μ m, 3 μ m, 1 μ m 및 1/4 μ m를 바른 후 15분 연삭하였으나 각 시편은 연삭되지 않음을 알 수 있다.

제4장 연구개발 목표달성도 및 대외기여도

조사시편 제작기술개발은 조사 핵연료봉의 파괴시험을 수행하게 함으로써 핵연료의 조직관찰, 핵연료 특성분석, 핵연료 밀도측정 및 반경방향 연소도측정을 할 수 있었다. 이와 같은 파괴시험을 통하여 조사 핵연료의 조직 및 특성등을 분석할 수 있었다.

제5장 연구개발결과의 활용계획

개발한 조사핵연료시편 제작기술을 활용하여 조사핵연료 시편을 제작하여 원자로 핵연료의 조직 및 특성등을 분석하여 조사핵연료의 안전성 평가 및 결함원인규명에 활용될 것이다.

제6장 참고문헌

- [1] P. Barbero, " Post-Irradiation Analysis of the Gundremmingen BWR Spent Fuel," EUR-6301(1978).
- [2] L. A. Neima가 and H. Ocken, " Post-Irradiation Examination of Light Water Reactor Fuel: a United States Perspective," in Post Irradiation Examination, British Nuclear Energy Society, London(1980).
- [3] Ian J. Hastings et al., " Post-Irradiation Behavior of UO₂ Fuel II : Fragments at 175 to 275°C in Air," Nucl. technol., 68, 40(1985).
- [4] Ian J. Hastings et al., " Post-Irradiation Behavior of Naturally and Artificially Defected UO₂ Fuel Elements at 250°C in Air," Nucl. technol., 68, 418(1985).
- [5] J. B. Ainscough, B. W. Oldfield and J. O. Ware, " Isothermal Grain Growth Kinetics in Sintered UO₂ Pellets," J. Nucl. Mater., 49, 117(1973/74).
- [6] D. L. Douglass, " The Metallurgy of Zirconium," IAEA, p. 389(1971).

서 지 정보 양 식					
수행기관보고서번호	위탁기관보고서번호	표준보고서번호	INIS 주제코드		
KAERI/TR-1292/99					
제목/부제					
조사 핵연료 시험시편 제작기술					
연구책임자 및 부서명		민덕기(핵연료주기시험팀)			
연구자 및 부서명		서항석(주저자, 조사후시험시설운영) 민덕기(핵연료주기시험팀) 구대서(사용후핵연료 특성 계량화 기술개발) 이은표(조사후시험시설운영) 양송열(조사후시험시설운영)			
출판지	대전	발행기관	한국원자력연구소	발행년	1999. 4
페이지	p. 31	도 표	있음(○), 없음()	크 기	21cmx29.7cm
참고사항	기술보고서				
비밀여부	공개(○), 대외비(), ___급비밀		보고서종류	기술보고서	
연구위탁기관			계약번호		
초록(15-20줄내외)					
<p>조사후 시험을 효율적으로 수행하기 위하여 조사 핵연료의 파괴시험시편을 제작하는 방법에 따른 시편제작 소요시간을 분석하여 조사 핵연료 시험시편을 제작하는 기술을 확립하였다. 연마지 120, 240 및 320 grit를 각각 사용하고 grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 조건으로 시편을 연마 하였을때 1mm 두께의 시편을 연마하는데 소요시간은 1시간 이내였다. 같은 조건에서 연마 지 400 grit를 사용한 경우의 소요시간은 1시간 이상이었다. 연마지 600grit를 사용하고 15분 연마하였을 때 연마두께는 80-130μm 정도였으며 15분 이상 연마 하였을 때 더 이상 연마되지 않았다. Grinding machine의 속도 150rpm, 하중 600g중의 힘을 가한 후 polishing cloths 위에 diamond paste 15μm를 바른 후 10 분 연삭을 하였을 때 연삭두께는 50μm정도였다. 같은 조건에서 diamond paste 9 μm를 바른 후 10분 연삭 하였을 때 연삭두께는 20μm정도였으며 diamond paste 6 μm, 3μm, 1μm 및 1/4μm를 바른 후 15분 연삭하였으나 연삭되지 않았다. 조사 핵 연료시편 제작기술은 조사 핵연료의 파괴시험을 수행하기 위한 조사시편제작에 활용될 것이다.</p>					
주제명키워드 (10단어 내외)					
조사핵연료, 조사후시험, 연마, 연삭					

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET					
Performing Org. Report No.		Sponsoring Org. Report No.		Standard Report No.	
KAERI/TR-1292/99					
Title/Subtitle		Technique of Manufacturing Specimen of Irradiated Fuel Rods			
Project Manager and Department		Duck-Kee Min(Nuclear Fuel Cycle Examination Team)			
Researcher and Dept.		<p>Hang-Seok Seo(Main Writer, Department of Spent Fuel Examination Technology)</p> <p>Duck-Kee Min(Nuclear Fuel Cycle Examination Team)</p> <p>Dae-Seo Koo(Department of Post Irradiation Examination Facility)</p> <p>Eun-Pyo Lee(Department of Post Irradiation Examination Facility)</p> <p>Song-Yeol Yang(Department of Post Irradiation Examination Facility)</p>			
Pub. Place	Daejeon	Publisher	KAERI	Pub. Date	1999. 4
Page	p. 31	III & Tab.	yes(O), no()	Size	21cmx29.7 cm
Note					
Classified	Open(O), Restricted(), ___Class Document			Report Type	Technical Rep.
Sponsoring Org.				Contract No.	
Abstract (15-20 Lines)					
<p>Technique of manufacturing specimen of irradiated fuel rods to perform efficient PIE is developed by analyzing the relation between requiring time of manufacturing specimen and manufacturing method in irradiated fuel rods. It takes within an hour to grind 1mm of specimen thickness under 150rpm in speed of grinding, 600g gravity in force using #120, #240, #320 of grinding paper. In case of #400 of grinding paper, it takes more an hour to grind the same thickness as above. It takes up to a quarter to grind 80-130μm in specimen thickness using #400 of grinding paper. When grinding time goes beyond 15 minutes, the grinding thickness of specimen does not exist. The polishing of specimen with 150 rpm in speed of grinding machine, 600g gravity in force, 10 minutes in polishing time using diamond paste 15μm on polishing cloths amounts to 50μm in specimen thickness. In case of diamond paste 9 μm on polishing cloths, the polishing of specimen amounts to 20μm. The polishing thickness of specimen with 15 minutes in polishing time using 6μm, 3μm, 1μm, 1/4μm does not exist. Technique of manufacturing specimen of irradiated fuel rods will have application to the destructive examination of PIE</p>					
Subject Keywords (About 10 words)					
Irradiated Fuel Rod, PIE, Grinding, Polishing					