



KR9900131

KAERI/TR-1248/99

핵연료봉 천공 및 개스포집 장치 시험기술

Fuel Rod Puncturing &
Fission Gas Monitoring System Examination Techniques

한국원자력연구소

30-48

6

제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 보고서를 핵 연료봉 천공 및 Fission Gas 포집장치 시험기술”에 관한 보고서로 제출합니다.

1999. 3.

과제명 : 조사재시험시설 운영

과제책임자 : 홍 권 표

주 저 자 : 송 응 섭

공 저 자 : 오 연 우

요 약 문

I. 제목

핵연료봉 천공 및 Fission Gas 포집장치 시험기술

II. 연구의 목적 및 중요성

조사된 핵연료봉 내에 축적되어 있는 핵분열 생성 가스는 CANCU형의 연료봉일 경우에는 약 1~2㎤ 정도이며 PWR의 경우는 약 40~50㎤ 정도가 검출된다. 본 시험기기는 기술사양서에서 언급한 바와 같이 CANDU 및 PWR 연료봉에 공용으로 사용할수 있는 장치로서 In Cell Part의 천공장치와 Out Cell Part의 포집장치로 구성되어 있으며 9개의 단계로 컴퓨터화 되어있어 단 한번의 Puncturing작업으로 가스 총 Mass량 및 Void volume, 압력등을 계산해 낼 수가 있다.

따라서 기기의 숙련 및 운용기술을 완벽히 익힘으로서 실험에 완벽을 기하고 핵연료봉 내의 가스의 거동을 확실히 알수가 있으며 핵연료의 설계에 큰 영향을 줄 수가 있다.

III. 연구의 내용 및 범위

본 보고서 에서는 CANDU 및 PWR 연료봉에 공용으로 사용할수 있는 핵연료봉 천공 및 가스포집 장치의 운용기술 및 사용절차에 대하여 기술하였다. 본 보고서에서 취급한 주요 내용은 다음과 같다.

- In Cell part equipment : Fuel Rod Puncturing
- Out Cell part equipment : Gas Collaction & Purge System
- Control Console Equipment
- 시험방법

IV. 연구 결과 및 활용에 대한 건의

In Cell 쪽의 Puncturing 장비와 Out Cell 쪽의 Pump류 및 Gas Collection 장비 설치시 가능한 진공라인의 길이를 줄이기 위하여 Incell 및 outcell 장비의 적절한 배치가 중요하다 하겠다. 그 방법으로는 먼저

Incell 장비를 핫셀 뒤쪽 벽면에 접근시켜 설치하고 진공라인은 벽면을 바로 관통하여 연하여 Gas Collection Sys.을 설치 하므로써 진공라인의 길이를 가능한 줄여 고진공을 얻기에도 용이하고 장비 및 핫셀의 효율적인 운용을 위하여도 바람직 하다고 하겠다.

SUMMARY

I. Project Title

Techniques for Operating Fuel Rod Puncturing and Fission Gas Monitoring System.

II. Objective and Importance of the Project

Fission gas products accumulated in irradiated fuel rod is 1-2cm³ in CANDU & 40-50cm³ in PWR fuel rod.

Fuel Rod Puncturing and Fission Gas Monitoring System can be used for both CANDU and PWR fuel rod. This system comprises puncturing device located at in cell part and monitoring device located at out cell part. The system has computerized 9 modes and can calculate both void volume and mass volume only single puncturing. An operator's proficiency plays an important role in successful operation of the devices. Valuable analysis of fission gas behavior in fuel rod can be achieved through well trained operator and optimized operating procedures of the device. Results obtained from the analyses can give more influence over design for fuel rods.

III. Scope and Contents of the Project

This report describes techniques and procedure for operating fuel rod puncturing and gas monitoring system which can be used for both CANDU and PWR fuel rod. Included are in cell part equipment for fuel rod puncturing, out cell equipment for gas collection and purge system, and control console equipment.

IV. Results and Proposal for the Applications

An arrangement of in cell and Out cell equipment can cause a total length of vacuum line. To reduce the vacuum line in cell equipment

should be set up close to rear wall of hot cell. The vacuum line should be penetrated through the wall directly and connected to out cell equipment which contains pumps and gas collection system. Hence, it is desirable to make the length of the vacuum line shorter as possible for gaining the high vacuum degree of vacuum and doing the efficient management of hot cell.

CONTENTS

Summary	2
Chapter 1. Introdtion	11
Section 1. Fission Gas	
1. Briefs of Equipments	
2. Principles of Test	
Chapter 2. Main Subject	13
Section 1. Briefs of Hot Cell	
1. Radiation Standard of Doserate	
2. Design Standard of Hot Cell	
3. Air condition system of Hot Cell	
A. Ventilation of β - γ Hot Cell	14
B. Design Standard	
C. Ventilation Condition Hot Cell	
Section 2. In Cell Part Equipments	
1. Pin Piercing Assembly	
A. Sample Chamber	
B. Pin Holder	15
C. Hydraulic Hand Pump	
2. Valves	
3. Gauges	
A. Course Pressure Gauge	
B. Baraton Pressure Gauge	
C. Vacuum & Pressure Measurement	
D. T ₂ Gauge	
E. Vacuum & Pressure Measurement	
F. Expension Chamber	
4. Vacuum Pipe	
가. Dose Rate Standard	
1) Bomb standard	
Section 3. Out Cell Part Equipments	16
1. Vacuum Pumps	
A. Rotary Pumps	

B. Turbo Pump	16
C. Diaphragm Pump	
2. Valves	
3. Gauges	
A. P ₄ Penning	
B. P ₅ Pirani Gauge	
4. Vacuum Pipe	
5. Sample Cylinder	
Section 4. control Console	
1. Computer	
2. Software	17
3. PLC	
4. Ink Jet Printer	
Section 5. Testing Method	
1. Briefs	
2. Operation Mode	
3. Mimic Display	18
4. Calculation of Mass Gas	
5. System Monitoring	19
Chapter 3. Accident in Fission Gas Collection	20
Chapter 4. Application Method of Research Development	
Results	21
Chapter 5. Bibliography	22
Attachment 1. Operation Procedure of Fuel Rod Puncturing & Fission Gas Monitoring System	33

목 차

요약문	2
제 1 장 서 론	11
제 1 절 핵분열 생성가스	
1. 장치개요	
2. 시험원리	
제 2 장 국내외 기술개발 현황	13
제 1 절 : 핫셀개요	
1. 방사선 방출기준	
2. 핫셀설계 기준	
3. 핫셀환기 계통	
가. 베타-감마 핫셀의 환기	14
나. 설계기준	
다. 핫셀환기 조건	
제 2 절 : In-Cell Part Equipments의 각 구성요소	
1. Pin Piercing Assembly	
가. Sample Chamber	15
나. Pin Holder	
다. Hydraulic Hand Pump	
2. Valves	
3. Gauge 류	
가. Course Pressure Gauge : 0-50 Bar Pressure	
나. Baraton Pressure Gauge	
다. Vacuum & Pressure Measurement	
라. T2 Gaugr	
마. Vacuum & Pressure Measurement	
바. Expension Chamber	
4. Vacuum Pipe	
제 3 절 : OUT CELL part equipment	16
1. Vacuum Pump 류	
가. Rotary pump	

나. Turbo pump	16
다. Diaphragm pump	
2. Valves	
3. Gauge 류	
가. P4 penning gauge	
나. P5 pirani gauge	
4. Vacuum 파이프	
5. Sample cylinder	
제 4 절 Control Console	
1. Computer	
2. Software	17
3. PLC	
4. Ink Jet Printer	
제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과	18
제 1 절 장치의 개요	
1. 개요	
제 2 절 장치의 시험	
2. Operation Mode	
3. Mimic Display	19
4. Gas Mess의 계산	
5. System Monitoring	
제 4 장 연구개발 목표 달성도 및 대외 기여도	20
제 5 장 연구개발 결과의 활용계획	21
제 6 장 참고문헌	22
첨 부 1 핵연료봉 천공장치 시험절차서	33

그 립 목 차

그림 1	Schematic Diagram P & ID	24
그림 2	IN CELL Equipment	25
그림 3	Glove Box Assembly	26
그림 4	Fuel Pin Piercing Tool Assembly	27
그림 5	Equipment & Penetration Layout	28
그림 6	Fuel Pin Piercing Tool	29
그림 7	Backing Ring Fuel Pin Piercing Tool	30
그림 8	Air Filter Assembly Detail	31
그림 9	Fuel rod loading Assembly	32

제 1 장 서 론

제 1절 핵분열 생성가스

우라늄이 핵분열하면 상온보다 낮은 온도에서도 기체상태로 존재하는 여러종류의 Xe 및 Kr 동위원소가 생성되는데 반감기가 짧은 동위원소는 원자로 가동중에 붕괴되어 고체 생성물이 되고 안정한 동위원소만이 기체상태로 존재한다. Xe 및 Ar은 UO_2 에 용해되지 않으므로 온도가 낮으면 UO_2 에 침입형 기체 원자로 존재하고 확산이 일어날 정도로 온도가 상승하면 결정립계로 확산하든지 또는 기포를 형성하기도 하면서 연료 외부로 유출한다. 핵분열기체의 유출 기구로는 리코일(recoil) 및 녹아웃(knockout) 모델, 등가구(equivalent sphere)확산 모델 그리고 결정립계 스위핑(sweeping) 모델 등이 있다. [1]

1. 장치 개요

본 장치는 M1콘크리트 핫셀에 설치되어 있으며, 이 핫셀에서는 하나로에서 조사된 핵연료 및 노재료에 대한 인입 및 각종 비파괴 검사를 하는 셀로 핵연료봉 천공 및 개스포집장치(FGMS)도 M1핫셀에 설치되어 있다. 이 장치는 크게 두개의 부분으로 나누어져 있다. 핫셀 내부의 부분은 핵연료봉 천공장치 및 압력, 온도 게이지류가 진공라인과 연결되어 있고 핫셀밖 즉 작업구역에는 터보펌프 및 Mechanical Pump와 개스 샘플링 장치 및 압력게이지류가 진공라인으로 구성되어 있다. 크게 이두개의 파트는 진공라인, 개스 샘플링 라인 그리고 글로브박스용 부압라인으로 연결되어 있다. (그림 1 참조)

2. 시험원리

시험의 원리는 핫셀밖의 장치에서 터보펌프 및 Mechanical Pump를 이용하여 인셀파트(그림 2참조) 및 아웃셀파트의 라인을 필요로 하는 충분한 고진공 상태로 만든후 인셀파트에서 핵연료봉을 핫셀밖의 유압잭을 이용하여 핀 Piercing 방식으로 천공한다. 누출된 핵분열 생성기체는 인셀 및 아웃셀쪽의 진공라인에 이송되고 이때 게이지에서 온도 및 압력을 측정하여 핵연료봉 내의 압력 및 개스량을 추정하게 되며 보이드 볼륨 까지도 측정이 가능하다. 게이지 값을 읽은후 개스의 샘플링을 하게 되는데 아웃셀파트내의 토플러 펌프를 이용하여 챔버에 샘플링 하게된다. 샘플링 된 개스는 화학분석부에 성분분석을 의뢰한다. 그리고 개스의 포집이 끝

나면 N2개스를 Purge하여 각 진공라인의 개스를 air filter(그림 8참조)을 거쳐 핫셀안으로 불어내고 모든 밸브를 닫는다.

제 2 장 국내외 기술개발현황

제 1 절 핫셀 개요

조사재시험시설의 핫셀은 6개의 베타-감마 콘크리트 핫셀, 1개의 알파-감마 콘크리트 핫셀, 그리고 2개의 납셀로 구성되어 있다.

핫셀의 차폐기준은 1Mev γ -ray 1.0EA+06 Ci의 점선원이 핫셀내에 존재할 때 작업구역 및 서비스구역에 대해서는 1.0×10^{-5} Sv/hr, 그리고 천정 및 바닥에 대해서는 1.5×10^{-4} Sv/hr 이다.

콘크리트 핫셀은 보강된 중량콘크리트 구조물로서 지하층으로 부터의 구조벽에 의하여 지지된다. 핫셀은 안전 정지진동에 견딜 수 있도록 설계되며 원격조종기, 차폐창, 도어, 케이블, 파이프 등을 위한 구멍을 갖는다. [5]

1. 방사선 방출기준

가. 소내 작업자의 피폭

조사재시험시설 건물의 차폐설계 및 작업자의 피폭기준은 원자력법에서 규정하는 선량한계치이하로 유지하는 것이다. 이를 위해, 조사재시험시설 건물의 각 구역에서의 선량제한치는 다음과 같이 설정되었다.

- . 구역 6,000 (비방사능지역) : 0.625×10^{-1} mrem/hr 이하
- . 구역 7,000 (핫셀 운전지역) : 2.5 mrem/hr 이하
- . 구역 8,000 (핫셀 작업지역) : 50 mrem/hr 이하
- . 구역 9,000 (방사능 물질 작업지역) : 50 mrem/hr 이상.

2. 핫셀설계 기준

핫셀의 설계기준치는 운전영역(구역 7,000)에서 선량율이 1.0 mrem/hr 이며, 작업영역(구역 8,000)에서 15 mrem/hr 이다. 구역 9,000은 방사성 물질이 있는 핫셀내부로서 출입이 통제된다. 단, 9101구역 및 9104구역은 구역내에서 방사성물질을 취급하기 전에는 각각 8000 및 7000구역에 준하여 관리한다.

3. 핫셀 환기 계통

가. 베타-감마핫셀 (M1~M5, M7핫셀)의 환기

각 핫셀은 핫셀루프위에 설치된 인입필터(MOD + HEPA)를 거쳐 작업구역의 공기가 핫셀내로 유입되며 유입된 공기는 핫셀내를 환기시킨 후 핫셀내의 1차 필터(PRE + HEPA)를 거쳐 핫셀밖으로 배출된다. 배출된 공기는 하나의 덕트로 모아진 후 2차 필터(HEPA + 활성탄 + HEPA)를 거쳐 DUP FAN을 통하여 굴뚝으로 배출된다. [4]

나. 설계기준

(1) 핫셀내부 운전조건

- 온도 : 18 ~ 30 °C
- 압력 : -15 ~ -25 mmAq.

(2) 핫셀내부는 항상 외부보다 낮은 압력을 유지하여 내부의 방사성 물질이 외부로 방출되는 것을 방지하도록 한다.

다. 핫셀 환기조건

- (1) 정상적인 핫셀의 환기회수는 시간당 최소 12 회 이상으로 한다.
- (2) 핫셀의 출입문을 열고서 작업할 경우에 핫셀밖으로 방사성 물질의 확산을 방지 하기 위해서 출입문개구에서의 공기유입 면속도가 최소 0.5 m/sec 가 되도록 배기시켜야 한다.
- (3) 핫셀의 배기팬은 정상상태일때에는 상용팬(Duty Fan)이 가동하다가 일정 기간 운전후 예비팬(Stand-By Fan)이 교대로 가동된다.
- (4) 각 핫셀은 HEPA 필터를 급기구측에 부착하고 배기구측에는 상용필터(Normal Filter)와 예비필터(Stand-by Filter)를 설치한다.
- (5) 핫셀의 배기는 지하 환기실에 있는 필터를 통과하여 굴뚝으로 배출된다.
- (6) 각 핫셀의 정압은 적합한 설정치와 경보장치를 갖춘 압력계에 의하여 감지되며 별도의 압력계를 설치하여 각 필터의 압력손실을 검사하여 압력손실이 설정치를 넘을 경우 필터를 교환한다.

제 2 절 : IN CELL part equipment의 각 구성요소

1. Fuel Pin Piercing Tool Assembly

PIN piercing assembly에는 sample chamber, fuel rod loading assembly, pin holder, hydraulic hand pump, fuel rod loading assembly로 구성되며(그림 4 참조)

가. Sample Chambe

나. Pin Holder

Pin holder에는 piercing pin이 장착되며 pin의 재질은 stainless steel로 되어있고 직경 5.996mm, 길이는 23mm이다.(그림 6참조) pin holder는 CANDU형 및 PWR형의 2가지 type이 있으며 상하 1 pair로 되어있다.(그림 7참조)

다. Hydraulic Hand Pump

수동으로 작동되는 hydraulic hand pump의 구성품 으로는 3.5 Ton. 용량의 hydraulic cylinder가 28mm의 행정을 가지며, Polyutrthane seals를 갖추고 있다. solenoid valvel를 거쳐 pin이 작동됨.

라. Fuel rod loading assembly(그림 9참조)

2. Valves

Valve5, 6, 7, 8, 9, 10 및 28번이 있으며 remote로 작동되는 on, off ball 밸브들이다.

3. Gauge 류

Course Pressure Gauge(P1), T1 Gauge, Baraton Pressure Gauge(P2), T2 Gauge, 및 Vacuum & Pressure Measurement 그리고 Expension Chamber등이 있다.

가. Course Pressure Gauge : 0-50 Bar Pressure Transducer non amplified wired in Kapton

나. T1 Gauge : A.J Thermosensors R.T.D Sensor PT100
3mm Diameter x 150mm long

다. Baraton Pressure Gauge (P2) : Chell Instruments Ltd MKS
Baraton Type 121 with single Conditioner

라. T2 Gauge : A.J Thermosensors R.T.D Sensor PT100
3mm Diameter x 50mm Long

마. Vacuum & Pressure Measurement : Edwards Barocel Cpaditance
Manometer type 622. Range 10mBar Pt no. W622 22 1 18

바. Expension Chamber : Whitey Co 316L-HDF4-200cm³ Sample
Chamber

4. Vacuum 파이프

Stainles Steel Grade 316, 6mmO/D x 1.5mm wall

제 3 절 Out Cell part equipment의 각 구성요소

1. Vacuum 펌프류

Out Cell Equipments(그림 3참조) 중에 vacuum 펌프는 Rotary pump(5 m³/h)와, Turbo pump 및 Diaphragm pump 등이 있다.

가. Rotary pump : Edwards E2M12 Two Stage Direct Drive Rotary Pump

나. Turbo pump : Edwards STP 300 Turbo Mocular Pump

다. Diaphragm pump

2. Valves

Valve 1, 2, 3, 4 및 11, 12, 18 그리고 sample chamber-용 13, 14, 26, 27번 밸브와 N₂ purge-용 16,17, 24, 25번 밸브 등이 있다.

3. Gauge 류

P4 penning gauge, P5 pirani gauge가 있다.

가. P4 penning gauge : Edwards AIM-S-NW25-SYS penning Head
10-2 ~ 10-8 mBar

나. P5 pirani gauge : Edwards APG-M 15mmOD S/S Pirani Head
1000~10-3 mBar

4. Vacuum 파이프

Stainles Steel Grade 316, 6mmO/D x 1.5mm wall

5. Sample Cylinder

Sample cylinder는 2개가 장착되어 있으며 사양은 Whitey Co. 316L-HDF4-300 Sample Cylinders with SS-16 DKM-H4 valve 이다.

제 4 절 Control Console

Computer Hardware 와 Ink Jet Printer로 구성된다.(그림 5참조)

1. Computer

- Athene PC386SX 33MHz
- 2Mb RAM
- 40MB Fixed Disk Drive
- 3.5 Inch, 1.44Mb Diskette Drive
- 14 inch Colour SVGA Monitor

- 16 bit SVGA Card 512K Ram on Board
- 102 UK keyboard
- 2 Serial, 1 Parallel Ports

2. Software

- Microsoft DOS 5

3. PLC

- Mitsubishi A15 PLC Range
- CPU Base Unit A1538B
- Extension Base A1555B
- Central Processor Unit A1S CPU
- Power Supply Module A1S 61P
- Digital Input 16 Point A1SX10
- Digital Output 16 Point A1SY10
- Analogue Input Module A1S64AD
- Temperature Sensor Input Module A1562RD4
- EEPROM Memory Cassette A15MCA-8KE

4. Ink Jet Printer

- Hewlett Packard 500 ABU Ink JET Printer with Option 171-22B
Power Supply module

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 장치의 개요

1. 개요

현재 조사재시험시설에 설치되어 있는 Fuel Rod Puncturing & Gas Collection System은 영국의 Gravatome사가 Ready Made로 발주하여 제작한 제품으로 국내 Agent는 신구통상에서 수행하였다. 이 System은 Normal Sample을 이용하여 작동 방법을 실시하는데 사용하기도 하고, Abnormal 상태 (System or Operation Error)에서도 Test의 본래 목적을 손상시키지 않고 실행된다. [2]

제 2 절 장치의 시험

1. Operation Mode

System 은 9개의 Operation Mode와 Manual Mode(F4)로 이루어진다. 처음 두개의 Test Mode는 Automatic Valve Test 기능과 Puncturing Tool의 작동시험을 하기위해 전원을 켜면 언제든지 나타난다. 3번째 Mode는 Fuel Rod Puncturing Process에 들어가게 되면, Gas Sampling 그리고 Collection의 Process가 시작된다. 나머지 Mode는 진행중인 Mode의 필요 조건을 충족 시키면 진행된다.

- Mode 1~3

- Mode 1 : Puncturing Test Sequence

- Mode 2 : Valve Test Sequence

- Mode 3 : Fuel rod Loading and Seal Test

- Mode F2, 3, 4, 10

- F2 : Help

- F3 : display

- F4 : Manual Test

- Fuel rod Puncturing Test Sequence

- Gas Sampling Sequence

- System Purge
- Void volume Determination
- System Close Down

F10 : Alarm Acknowledge

- Mode 4~9 : Auto Mode

2. Mimic Display

각각의 Sequence 중에는 화면상에 요구되는 Action에 신속히 대응하도록 System Mimic Display 형태로 나타난다. Sample Cylinder의 Manual Valve (V26, V27) 를 제외한 모든 Valve들은 자동적으로 작동 될 것이다. 만약 Operator가 Proceed/Abort Prompt에 대해, Proceed를 선택하면 Test 형태로 진행 될 것이며, 또는 "Abort"를 선택하면 Main Menu로 되돌아간다.

3. Gas Mess의 계산

지정된 Mode(5, 8)에서 Pressure, Time, Temperature 등의 Data들이 저장 및 Printer에 기록된다. Fuel Rod Void Volume의 계산과 Total Gas Quantity는 자동적으로 수행되어 기록된다. Sample Volume내 유지되는 Vacuum Level은 Leak Rate가 일정 한계값을 넘지않도록 하기 위하여 Monitor 되어진다.

4. System Monitoring

Fuel Rod Test Sequence중에 만약 불필요한 Response가 나타나면 Test는 중지 될것이며 Operator는 Fault Condition에 대하여 알아봐야 한다. Fault Condition으로 회복하는데 두가지 방법이 있는데, 이 Fault는 Instrumentation 혹은 Valve의 작동불량이며 Manual Mode(F4)에서 작동 시키거나 Valve Actuator을 제거하고 수동으로 Valve를 작동 해야만 된다.

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외 기여도

제 1절 핵분열 생성가스 포집중의 사고

핵분열생성가스 포집은 핫셀내에서 이루어지나 추출된 가스는 운전구역에서 가스포집계통 내에 포집된다. 그러나 이 작업도 글러브박스 내에서 이루어지므로 기기의 누출이나 파손으로 인해 가스가 누출 되더라도 글러브박스의 배기는 핫셀배기계통에 연결되어 필터를 거쳐 굴뚝을 통해 방출되므로 환경으로의 영향은 무시될 수 있다. 만일 포집기기의 파손과 글러브박스의 파손이 동시에 일어나는 경우나 포집된 가스의 글러브박스 바깥에서의 취급 중에 용기의 파손이 발생하는 경우에는 포집된 가스가 운전구역으로 모두 누출하게 된다. 35,000 MWD/MTU의 연소도를 갖는 가압경수로 핵연료 집합체 1개의 최대 갭방사능(Gap Activity)은 H-3 : 0.87 Ci, I-131 : 7.31 Ci 이므로, 핵연료봉 1개의 갭방사능(Gap Activity)은 윗값의 약 1/200 이하일 것으로 추정되어, 이 때 접지지점에서 개인에 대한 갑상선 피폭선량은 2.65 mSv에 이른다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

기존의 핵연료봉 천공 및 포집장치의 특징은 CANDU 및 PWR 연료봉에 대해 범용으로 사용할수 있는 제품이 없었으나 본 장치의 특징은 범용으로 사용할수 있는 것이 특징이고, 한 번의 천공작업으로 각종 Data들이 저장 및 출력되고 Fuel Rod Void Volume의 계산과 Total Gas Quantity는 자동적으로 수행되어 기록되는 Computerized된 것이 특징이다.

In Cell 쪽의 Puncturing 장비설치와 Out Cell 쪽의 Pump 및 Gas Collection sys.설치 상의 문제점 으로는 진공라인의 길이를 가능한 줄이기 위하여 Incell 장비를 Window전면에 접근시켜 설치 함으로서 좁은 핫셀에서 장비 뒤쪽에는 Dead Space가 생기게 되는 점이있고, 진공라인의 길이는 약 4.5m 정도로 길어져 고진공을 얻기 위하여는 강력한 Turbo Pump가 요구되며, 고진공이 얻어졌다고 하여도 Incell Part와 Outcell Part상의 위상차가 커질 수 밖에 없는 문제점 등이 있다. 따라서 가능한 진공라인의 길이를 줄이기 위하여는 핫셀뒤쪽 벽면에 접근시켜 설치하고 벽면을 바로 관통하여 연하여 Gas Collection Sys.을 설치함이 고진공을 얻기에도 좋고 핫셀의 효율적인 운용을 위하여도 바람직하다 하겠다.

제 6 장 참 고 문 헌

1. 이기순 저 “핵연료 개론” 1998.
2. “Fuel rod Puncturing and Fission gas Sampling” EMR
3. 노성기 외 “조사재시험시설 건설”, KAERI/RR-880/89, 과학기술처, 1989.
4. 노성기 외 “조사재시험시설 건설”, KAERI II/PR-3/90, 과학기술처, 1990.
5. 조사재시험시설 공기조화계통 정기점검 절차서 “IMEF-RC-1”, 1997.
6. 하나로 안전성 분석 보고서, 조사재시험시설 부분(SAR)

그 립 목 차

그림 1 : Schematic Diagram P & ID	24
그림 2 : In Cell Equipment	25
그림 3 : Glove Box Equipment	26
그림 4 : Fuel Pin Piercing Tool Assembly	27
그림 5 : Equipment & Penetration Layout	28
그림 6 : Fuel Pin Piercing Tool	29
그림 7 : Backing Ring Fuel Pin Piercing Tool	30
그림 8 : Air Filter Assembly Detail	31
그림 9 : Fuel Rod Loading Assembly	32

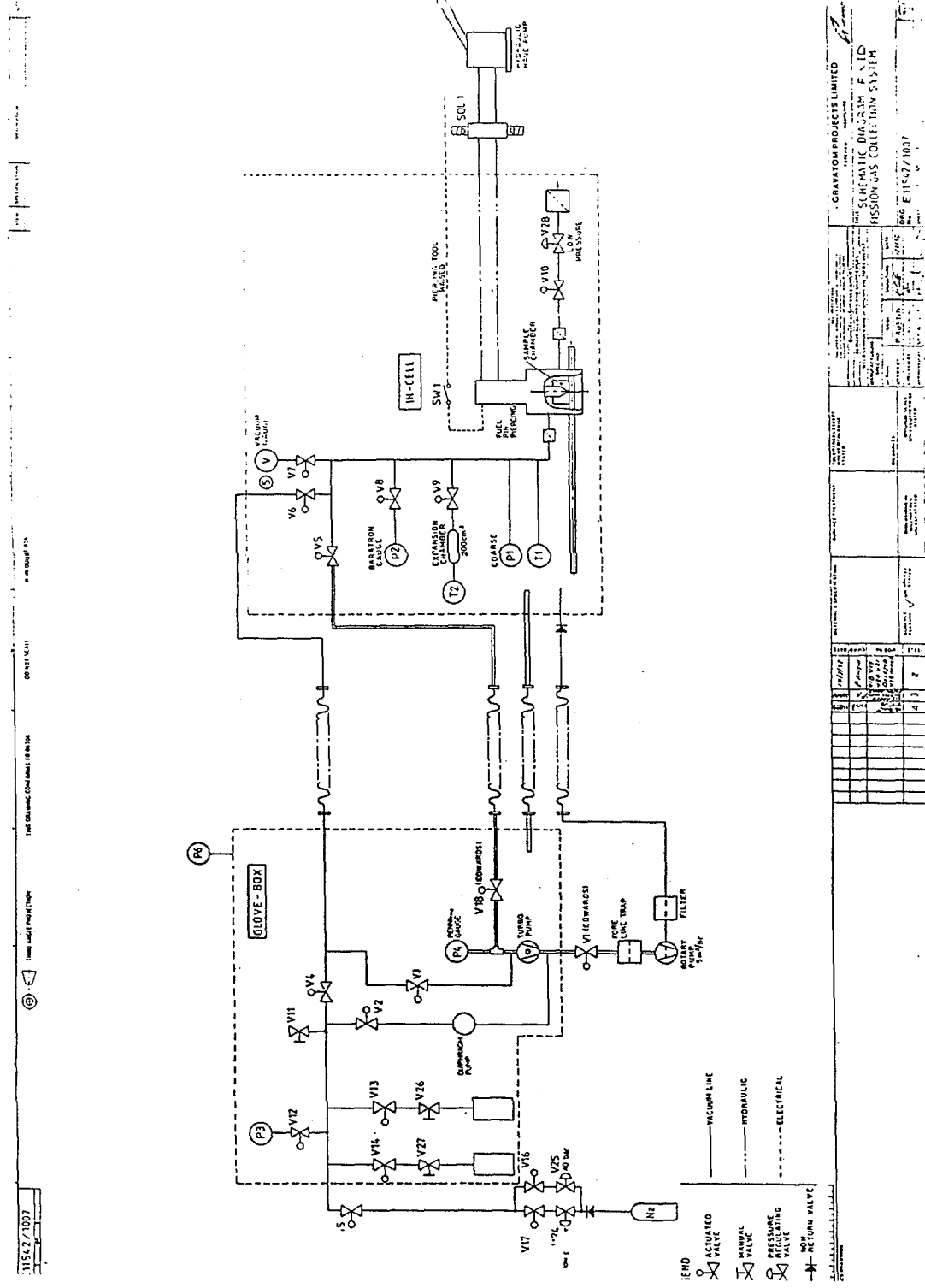


그림 1. Schematic Diagram P & ID

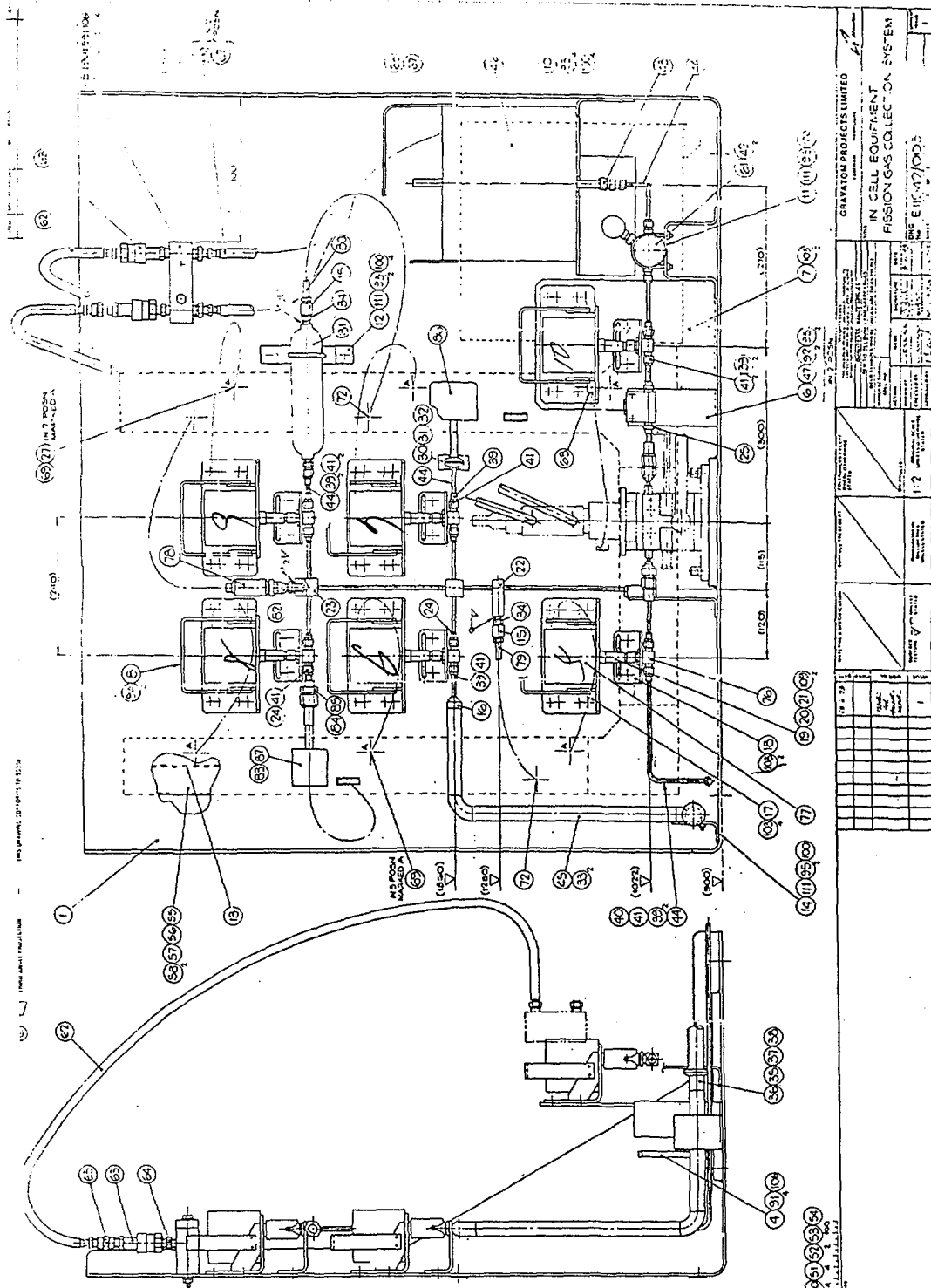
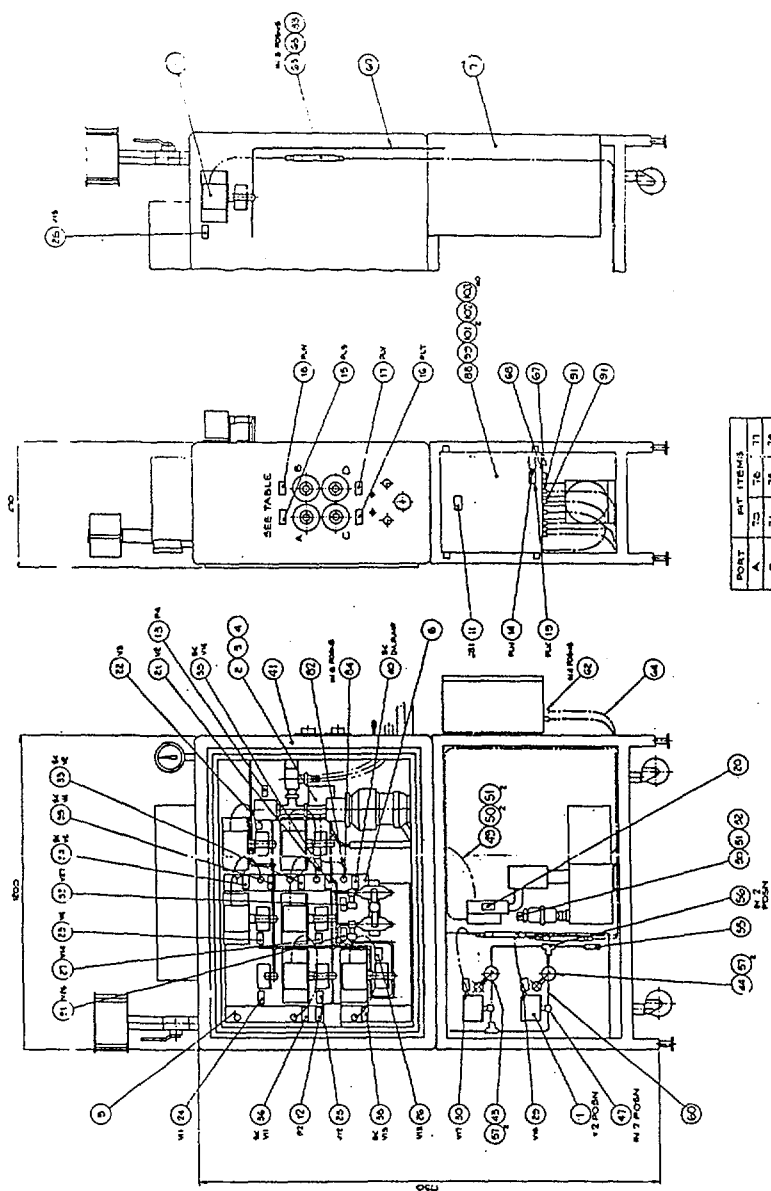


그림 2. In-Cell Equipments

REVISED
 1 WIRE GUARD, ITEM NO. 22, 23, 24, 25, 26, 27



POINT	REF. ITEM#
A	20
B	21
C	22
D	23
E	24
F	25
G	26
H	27
I	28
J	29
K	30
L	31
M	32
N	33
O	34
P	35
Q	36
R	37
S	38
T	39
U	40
V	41
W	42
X	43
Y	44
Z	45
AA	46
AB	47
AC	48
AD	49
AE	50
AF	51
AG	52
AH	53
AI	54
AJ	55
AK	56
AL	57
AM	58
AN	59
AO	60
AP	61
AQ	62
AR	63
AS	64
AT	65
AU	66
AV	67
AW	68
AX	69
AY	70
AZ	71
BA	72

E11542/006

GRAYATOM PROJECTS LIMITED
 JENSEN ASSEMBLY
 P.O. BOX 200, WASHINGTON
 DISTRICT OF COLUMBIA
 20540-0200
 E11542/006

그림 3. Glove Box assembly

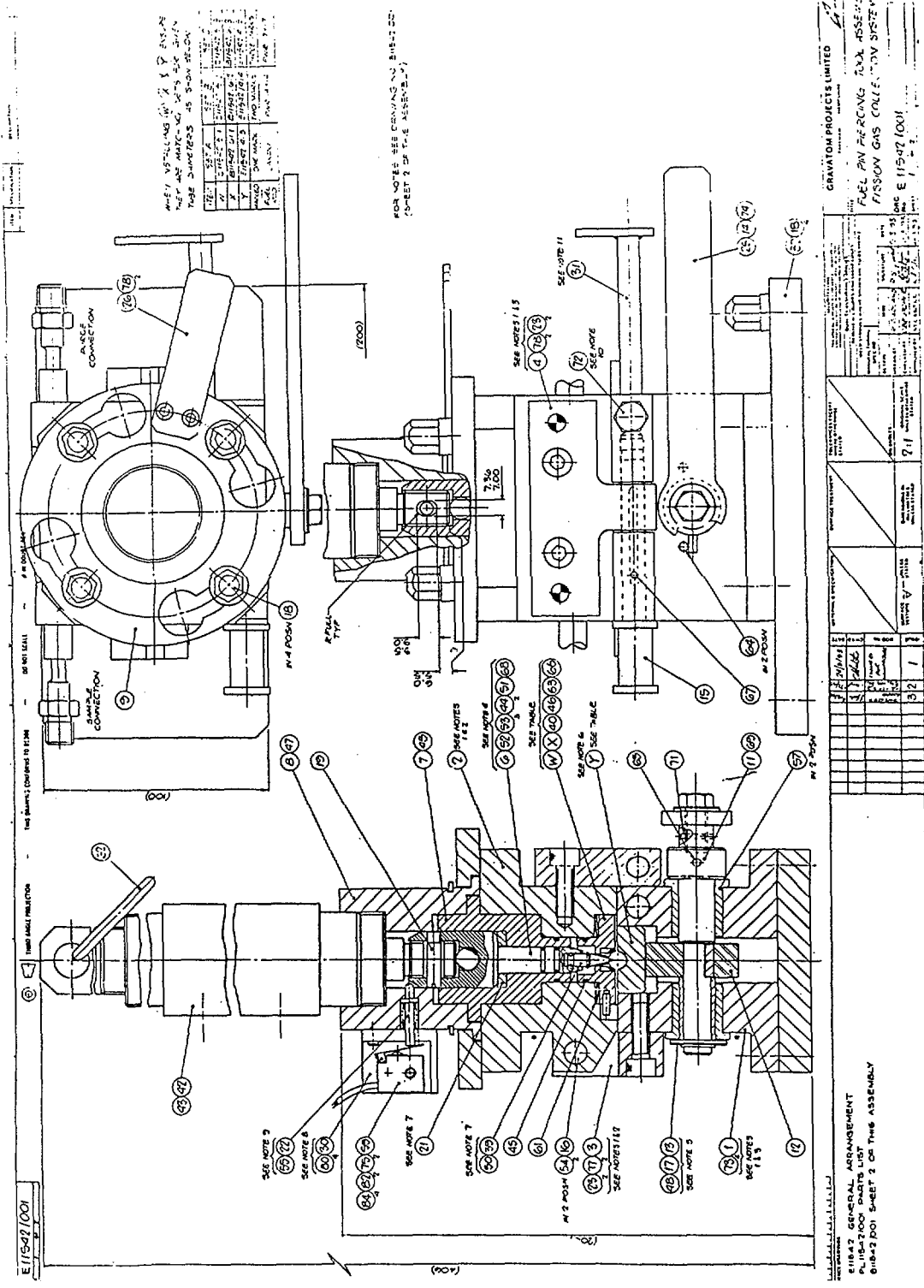


그림 4. Fuel Pin Piercing Tool Assembly

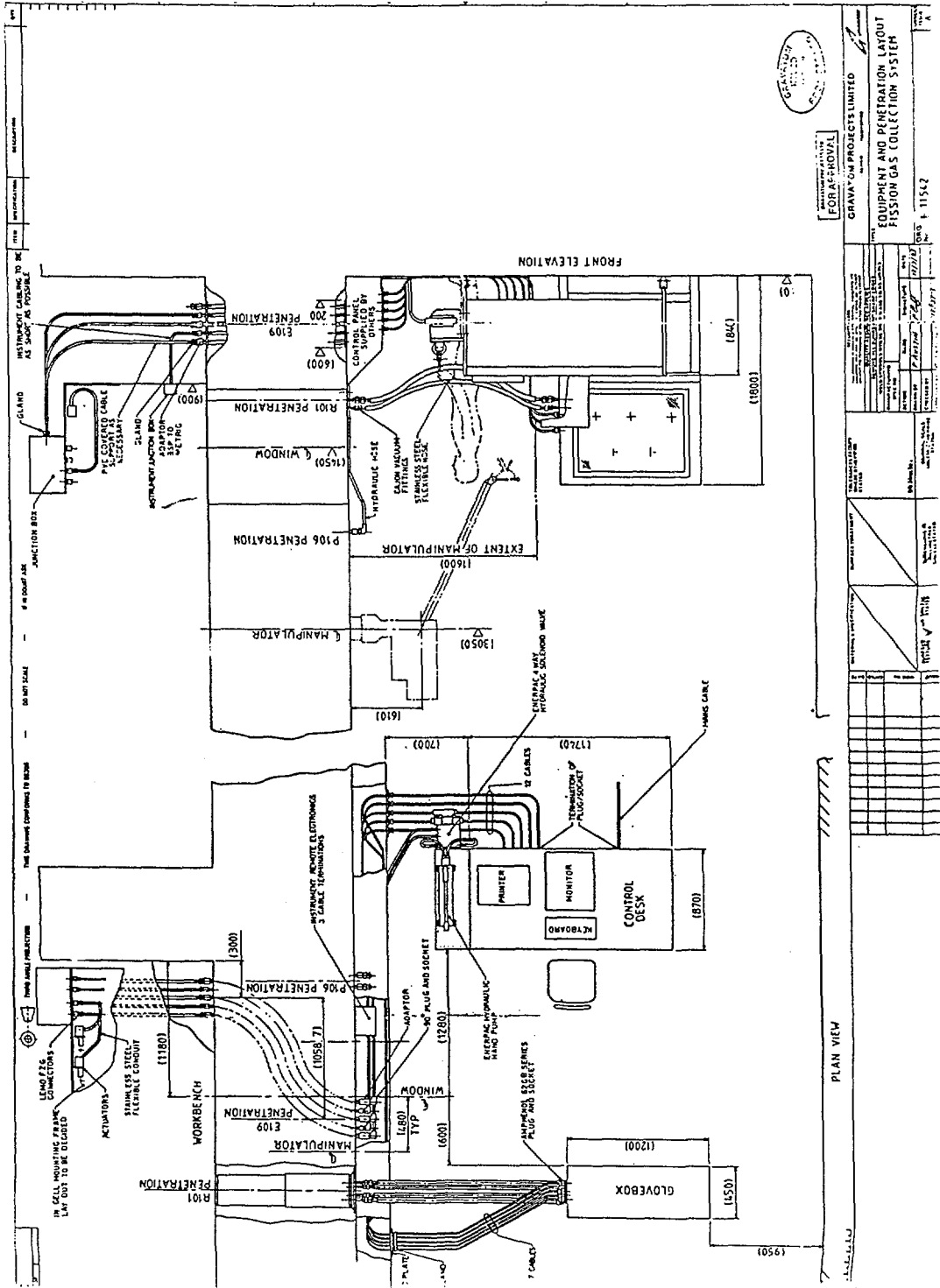
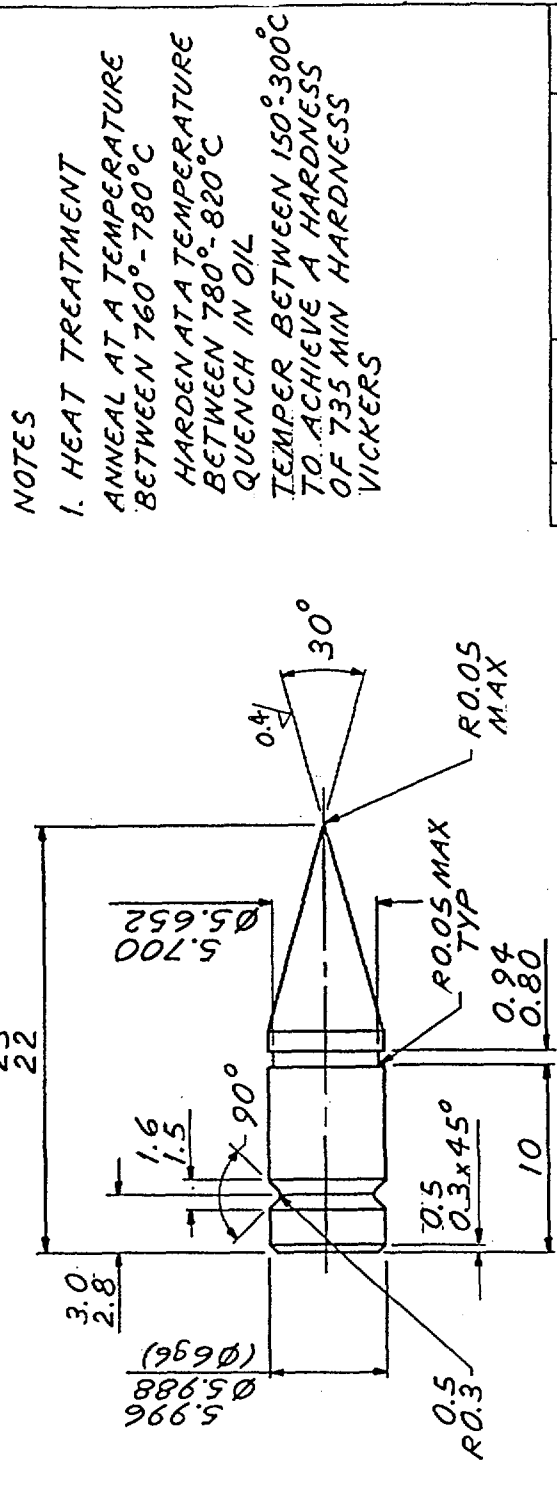


그림 5. Equipment & Penetration Layout

THIRD ANGLE PROJECTION — THIS DRAWING CONFORMS TO BS308 — DO NOT SCALE — IF IN DOUBT ASK

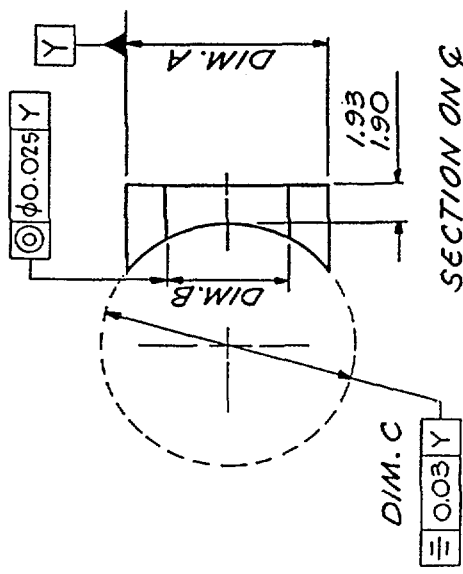


NOTES
 1. HEAT TREATMENT
 ANNEAL AT A TEMPERATURE
 BETWEEN 760°-780 °C
 HARDEN AT A TEMPERATURE
 BETWEEN 780°- 820 °C
 QUENCH IN OIL
 TEMPER BETWEEN 150°-300°C
 TO ACHIEVE A HARDNESS
 OF 735 MIN HARDNESS
 VICKERS

REFERENCE DRAWINGS E.11542/001 ASSEMBLY	REMOVE ALL BURRS AND SHARP EDGES, FILE NO.	WELD SYMBOLS WHERE SHOWN ARE TO BS 499 Pt 2.	SURFACE 16, μ m UNLESS STATED	ORIGINAL SCALE UNLESS OTHERWISE STATED	DIMENSIONS IN MILLIMETRES UNLESS STATED
MAT'L & SPEC. TOOL STEEL BS 4659:1989 (MICREADY B01)	SURFACE TREATMENT NATURAL & CLEAN	TOLERANCES EXCEPT STATED ± 0.2 ON ANGLES ±	QUALITY ASSURANCE APPLIES SECURITY CLASS THIS DRAWING IS PRIVATE & CONFIDENTIAL, THEREFORE ITS CONTENTS MAY NOT BE DISCLOSED, COPIED OR ALTERED WITHOUT THE PERMISSION OF GRAVATON PROJECTS LIMITED.	GRAVATON PROJECTS LIMITED FAREHAM HAMPSHIRE	
MANUFACTURING SPEC No.				DRG No. B 11542/7	CURRENT ISSUE No. 1
				Sheet 1 of 1	GP004-A3
				ISSUE MOD NO. 1	CHECKED DATE 4-3-93
				DRAWN BY P. AUSTIN	REVISION STATUS 2/3/93
				CHECKED BY C. BUTCHER	4/3/93
				APPROVED BY M. CASTLE	4/3/93
				ACTION NAME SIGNATURE	DATE

그림 6. Fuel Pin Piercing Tool

THIRD ANGLE PROJECTION — THIS DRAWING CONFORMS TO BS308 — DO NOT SCALE — IF IN DOUBT ASK



SECTION ON ϕ

B11542/6/3	9.67	7.00	15.85
	$\phi 9.60$	$\phi 6.93$	15.80
B11542/6/2	9.67	7.00	13.55
	$\phi 9.60$	$\phi 6.93$	13.50
B11542/6/1	9.67	7.00	12.60
	$\phi 9.60$	$\phi 6.93$	12.55
DRG NO.	DIM. A	DIM. B	DIM. C

REFERENCE DRAWINGS E11542/001 ASSEMBLY	REMOVE ALL BURRS AND SHARP EDGES.	W.O. NO. PA1N 2249 FILE NO.	QUALITY ASSURANCE APPLIES SECURITY CLASS. THIS DRAWING IS PRIVATE & CONFIDENTIAL, THEREFORE ITS CONTENTS MAY NOT BE DIVULGED, COPIED OR ALTERED WITHOUT THE PERMISSION OF GRAYATOM PROJECTS LIMITED.
MANUFACTURING SPEC NO.	WELD SYMBOLS WHERE SHOWN ARE TO BS 499 PT.2	SURFACE TREATMENT NATURAL & CLEAN	TOLERANCES EXCEPT WHERE OTHERWISE STATED
	SURFACE Ra UNLESS TEXTURE Δ um STATED	ORIGINAL SCALE UNLESS OTHERWISE STATED	DIMENSIONS IN MILLIMETRES UNLESS STATED
	5:1		
TITLE BACKING RING FUEL PIN PIERCING TOOL FISSION GAS COLLECTION SYSTEM		GRAYATOM PROJECTS LIMITED FAREHAM HAMPSHIRE	
DRG No. B11542/6/1- Sheet 1 of 1		CURRENT ISSUE 3	

3	ISSUED FOR	15/4/93
2	ISSUED FOR	26/3/93
1	ISSUED FOR	16/3/93
ISSUE	MOD. NO.	REVISION STATUS
		DATE
DRAWN BY	PAUSTIN	3/3/93
CHECKED BY	CEUTHEA	3/3/93
APPROVED BY	M. CASTLE	
ACTION	NAME	SIGNATURE

그림 7. Backing Ring Fuel Pin Piercing Tool

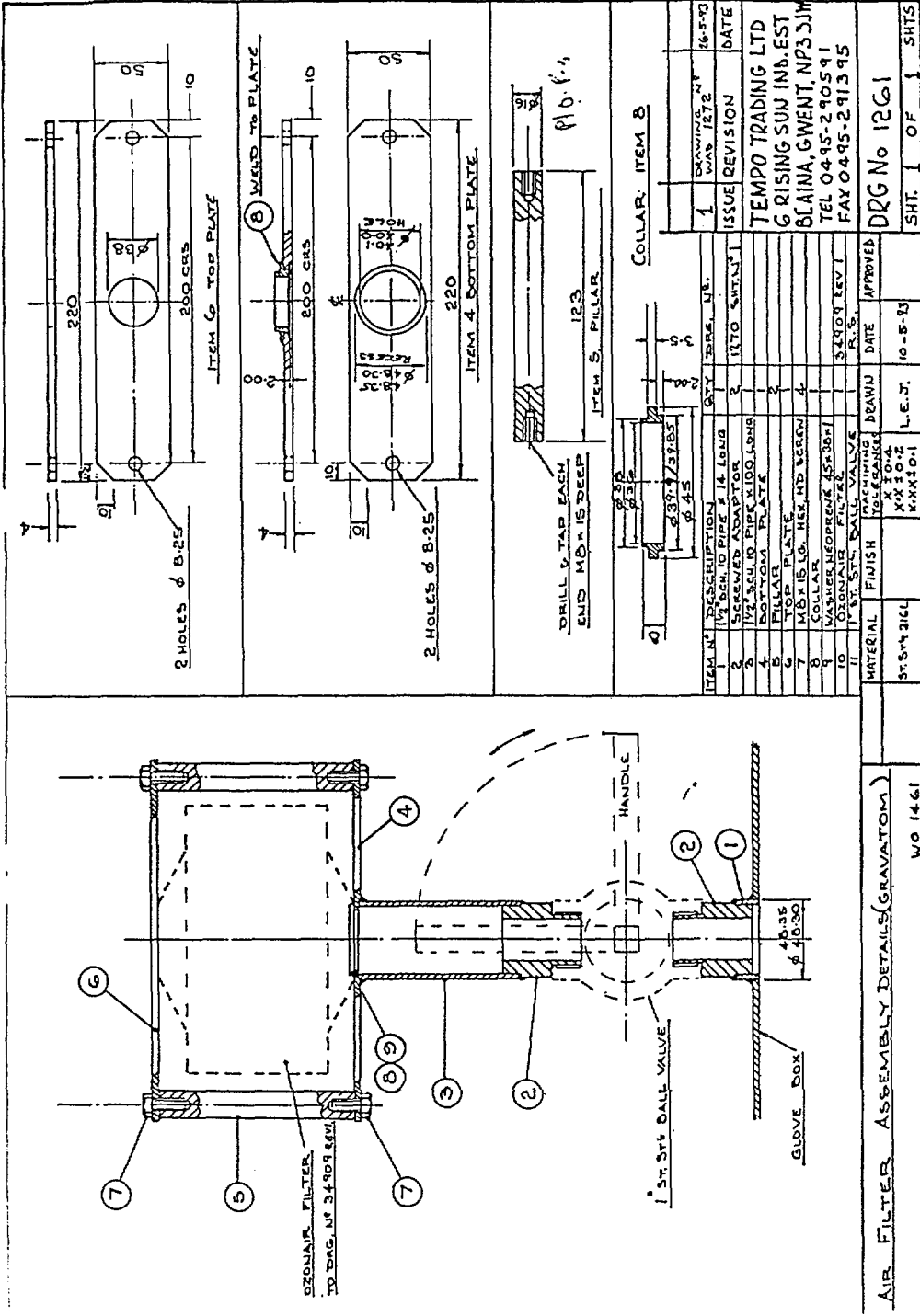


그림 8. Air Filter Assembly Detail

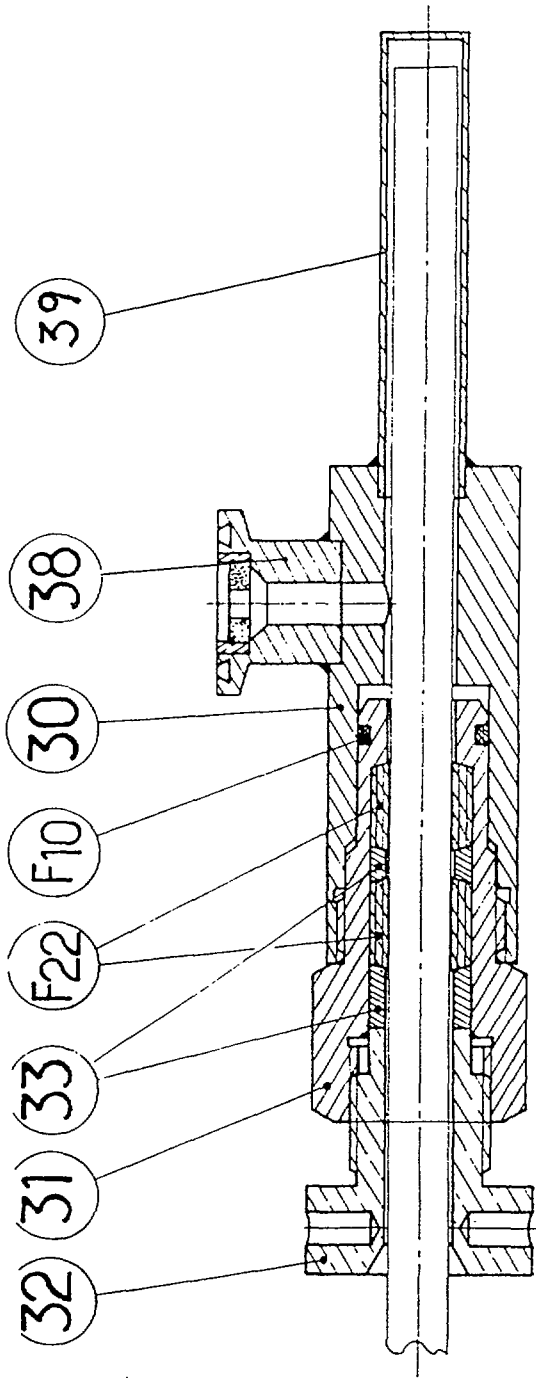


그림 9. Fuel Rod Loading Assembly

첨부 1

FUEL ROD PUNCTURING &
GAS MONITORING SYSTEM

운전 절차서

개정번호 : rev. 0

일 자 : 1998. 6.

조사재시험시설운영분야
한국원자력연구소

1. 목 적

본 시험 절차서는 조사재시험시설 (이하 시설이라 한다.) M1 핫셀내에 설치되어 있는 Fuel Rod Puncturing & Fission Gas Collection Sys. 시험기기의 시험절차 및 기기작동 순서등 안전과 실험목적에 부합되는 최적의 상태를 유지, 관리하기 위한 시험절차에 대하여 기술한다.

2. 적 용 범 위

Fuel Rod Puncturing & Gas Collection Sys. 시험기기란 조사한 PWR 및 CANDU 형의 핵연료봉내에 생성된 Fission Gas를 연료봉을 천공한후 fission gas를 포집하는 장치로 Incell Part 및 Out Cell Part와 콘트롤 콘솔 등으로 구성 되어있다.

3. 참 조 문 서

- EF-E-1900-DT-H104 : Fuel Rod Puncturing & Gas Collection Sys. 기술사양서
- EMR for Fuel Rod Puncturing & Gas Collection System.

4. 책임사항

4.1 조사재시험시설과제책임자

- 본 시험절차서에 관한사항 총괄

4.2 방사선관리담당자

- Fission gas의 leak 및 작업종사자의 안전에 관한사항
- 오염상태에 따른 작업시간의 결정
- 기타 방사선안전관리 지침서에 따른 업무의 수행

5. 사용장비, 공구 및 장비 검교정 사항

- Master-slave Manipulator
- N₂ gas

6. 운전조건, 점검 및 준비사항

6.1 시험기기 운전조건

- 440 V 메인파워의 공급

- M1 Hot Cell 셀 라이팅 점등
- 유틸리티 담당자는 DUP Fan을 가동하여 핫셀내부에 부압이 걸려있어야 한다.

6.2 시험전 준비사항 및 점검사항

- Puncturing 하고자 하는 핵연료봉의 준비
- Glove Box rear 쪽의 N2 purge Line에 N2 Gas 봄베의 Regulator와 연결상태 확인
- Hot Cell 내부의 Panel 및 Glove Box내의 진공라인중 열려져 있는 Valve가 없는가 확인
- 진공 그리스, 그리스 스틱, 아세톤이나 알코올, 연료봉을 닦을수 있는 얇은 스폰.

7. 시험업무 절차

7.1 시험전 초기사항

1. Power를 On한다.
2. F4 Key를 누른후 Password 2를 지정함.
 - 화면상에 Mimic Display가 보임.
 - V2 Valve만이 화면상에 노랑색으로 Display됨.
 - Manual을 사용하기 위해서는 전체 Valve의 Close Signal을 전달 해야함.

참고 I/O표

I/O	NAME
X50	V2 OPEN
X51	V2 CLOSED
X52	V3 OPEN
X53	V3 CLOSED

- PLC상에 X53과 X51을 Short시켜서 V2 Valve에 Close Signal명령을 줌
- 이후 Mimic Display내 모든 Valve의 Open/Close를 행할 수 있다..
- 모든 Valve의 Open/Close명령은 각Valve의 Hot Key를 이용하여 행할 수 있다.

3. Manual Valve Test

다음 Valve의 동작은 Open후 바로Close를 행함.

V1 -> V2 -> V4 -> V5 -> V6 -> V7 -> V8 -> V9 ->
V10 -> V12 -> V13 -> V14 -> V15 -> V17 -> V16

4. Vent & Pump 작동 Test

가. 다음의 Valve를 Open시킴.

V16 -> V9 -> V15 -> V4 -> V6 -> V10을 Open후 Close 시킴.

V16은 Open후 약 5초후 Close시킴.

나. Pump 작동 Test

모든 Valve를 Close시킨후 V1을 Open후 Rotary Pump를 On시킴. 약 2분을 Running후 Turbo Pump를 On시킴. 약 5분간 Pump를 Running시킴. Pump를 Off시킬때는 먼저 Turbo Pump를 Off시키고 Rotary Pump를 Off, V1을 Close시킴.

7.2 시편준비

Fission Gas Puncturing 시험기기에 사용되는 시편으로서는 PWR 및 CANDU형 핵연료봉에 한하며 연료봉이 손상되지 않아 개스의 누출이 없는 것이어야 한다. 천공할 연료봉이 정해지면 천공할 부위를 정확히 예측하여 거즈 및 아세톤으로 표면을 깨끗이 닦아내고 진공그리스를 얇게 원주방향으로 도포한다.

진공그리스를 도포한 부위는 이물질이 묻지않도록 하여 Piercing Tool에 장착하고 잠금장치를 채운다.

7.3 시험절차 (순차별절차 및 기기작동 순서등)

7.3.1 상세시험절차

1) Fuel Rod Loading And Seal Test

(1) 모든 Valve가 닫혀진 상태에서 (질소를 40Bar에 고정시킨다.) V16, V15, V4, V6을 순차적으로 Open시킴.

(2) 이때 Course Pressure Gauge P1을 읽고 (값을 기억하여야 함.) 10초동안 진행시킴. 그리고 V16을 Close시킴, 이때 압력이 최소한 40 Bar의 10%가 60초 동안 남아 있는가를 확인함.

Note 1. 만약 P1의 압력이 유지가 안된다면, Seal에 문제가 발생된 것이므로 각 Valve 접점부위 및 각 Pipe의 상태를 확인하여 재차 Seal Test를 실시함.

Note 2. P1의 압력이 유지되었다면 V10을 Open시키고 P1의 Gauge가 대기압 상태까지 될때까지 기다린다. 모든 Valve를 Close시킴. 그리고 Manual Valve인 V26 & V27(Glove Box내에 있음.)을 Open시킴.

(3) V1을 Open시키고 Rotary Pump를 "On"시킴. 약 2분후 Turbo Pump를 On시킴.

Turbo Pump가 Speed-Up되면 다음의 Valve들을 V18, V5, V7, V8, V9, V3, V4, V11, V12, V13, V14를 순차적으로 Open시킴.

(4) P5 Baratron Gauge의 Reading 값이 2.38×10^{-1} Torr가 되면 V6를 Open시키고 V5를 Close시킴. 이때 P5가 $2.38 \times 10^{-1}(25.00)$ Torr가 될때까지 기다림. P5가 $2.38 \times 10^{-1}(25.00)$ Torr에 도달하면 V6를 Close시킴. Vacuum Pump는 계속 작동되는 가운데 10분동안 P5 Gauge Reading값이 $2.38 \times 10^{-1}(25.00)$ Torr가 유지되면 Seal Test는 성공된 것 이며 다음 Mode로 넘어감.

Note : 만약 10분내에 P5가 $2.38 \times 10^{-1}(25.00)$ Torr를 유지하지 못하면 Fuel Pin Piercing부분과 V8, V9, V10 Valve 및 Pipe에서 Leak가 발생한것 이므로 확인후 다시 한번 Sealing Test를 실시함.

2) Fuel Rod Puncturing Sequence

(1) 이 시점에서 Vacuum Leak Test가 끝났다고 하여도 Vacuum 은 부족한 상태임. 그러므로 V6 Valve를 열고, Vacuum Pump를 P5 Gauge가 2.3×10^{-1} Torr 까지 도달되도록 Vacuum Pump를 계속 Running 시킴.

(2) 요구된 Vacuum(P_5 2.3×10^{-1} Torr: 25.00)에 도달하면 V_5 , V_6 , V_8 , V_9 를 Close시킴. 그리고 Puncturing Tool이 상단에 위치하였는가를 확인함. "Sol. 1"을 Open 하고 수동으로 Hydraulic System을 Pump 함.

최대의 Hydraulic System이 압축되었을 때 (약 5T까지) Fuel Rod는 Puncturing 됨.

Solenoid Valve Sol1을 닫고(P) Sol 1을 (R)을 누르게 되면 Tool은 상단으로 이동 하게됨. 이동이 확인되면, Sol 1의 (R)을 다시 눌러 Close시킴.

Note : Fuel Rod를 Puncturing하기 전에 먼저 P_1 과 T_1 의 값을 따로 Memo해 두어야 함. 왜냐하면 Puncturing과 동시에 Fuel Rod에서 Sample Gas는 각 Pipe로 흡수됨.

3) Gas Collection Sequence

(1) Sample Gas를 자동적으로 P_1 Gauge와 T_1 Gauge Chamber로 이동 흡수됨.

(2) 이때에 Display되는 Pressure Gauge "P1" 과 Sample Chamber Temperature Gauge "T1" 의 값을 확인함.

(3) 만약 P_1 의 압이 5Bar 이하면 V_8 Valve를 열음. 그리고 Baratron Pressure Gauge "P2"와 Temperature "T1"의 값을 Memo해둔다. (5초 동안 안정화 된 후 값을 읽음)

(4) 만약 P_1 의 Pressure가 5Bar보다 크거나 같으면 V_9 Valve를 Open시킴. (왜냐하면 200cc Expansion Chamber에 Gas를 확산시킴으로써 system을 보호 하기 위함.)

그리고 V_8 Valve를 Open시킴. 그리고 Baratron Gauge "P2"와 Temperature "T1"의 값을 읽어서 Memo함. (Pressure가 5초 동안 안정화 된 후 값을 읽음)

4) Gas Sampling Sequence

(1) 먼저 P_3 (Penning Gauge)에 나타난 Vacuum양이 6×10^{-3}

Torr이상에 도달 하여야만 Gas 포집이 가능하다.

(2) 만약, Baratron Gauge P2의 압력값이 750 Torr를 초과 하면 Transfer는 이루어지지 않는다. 그러나, 압력이 750 Torr 이하가 되면 Turbo Pump와 Diaphragm Pump가 가동함으로 포집Gas가 Sample Container로 Transfer가 되어 질 것이다.

(3) Gas 포집을 위한 2단계

A. 자체압을 이용한 포집

포집 Gas의 Transfer를 위해 V12,V3은 닫고 , V6 Valve는 Open시킴.

Note : “Baratron Gauge P2의 압력이 떨어지는 것을 확인하고 이값이 안정화 될때 이것을 읽고 (Memo 해둬)” V14,V13을 닫아준다. (약 10초 소요) 그리고 Sample Cylinder의 V26, V27 Manual Valve를 손으로 닫아줌.

B. Diaplam Pump와 Turbo Pump를 이용한 포집.

먼저 V26과 V27을 손으로 Open시킴. V1,V4를 Close시킴. V2를 Open시키고 Diaplam Pump를 작동시킴 그리고 V6를 Open시킴.

Note : V12를 Open시키고 P3 Gauge의 값을 증가하다가 값이 안정화 되는 것을 확인함. 이때 V26과V27를 닫고 V13과 V14를 Close시킴. 그리고 V1,V4를 Open시킴. V2를 Close시키고 Diaplame Pump를 Off시키고 V6를 Close시킴.

* V1을 Close시키기전 Turbo & Rotary Pump를 Off시킴.

5) System Purge

(1) 먼저 V17를 Open시켜 낮은 압력의 Nitrogen을 채운다.

(2) Vacuum Pump들 모두가 정지된것을 확인하고 (만약 정지가 안 되었다면 Off시킴.) V10, V4 Valve를 Open시킴.

만약 잔류된 Fission Gas가 있다면 V10을 통하여 서서히 감소 하게 될것이다(약 10분소요) 이때 Nitrogen Purge Inlet Regulator의 Set 보다 떨어진다면 V16,V13,V14를 제외한 모든 Valve를 Open시킴. (60초 동안 진행시킴.)

(3) V17, V10, V2를 닫고 Rotary Pump를 작동시킴.

(4) Rotary Pump를 “Off”시키고, V17 Valve를 열어 System 내를

Nitrogen으로 채워 줌. (약 30초 행함.) V17 Valve를 닫고 120초 동안 Rotary Pump를 "On" 시킴. 그리고 Off시킴.

(5) V1, V4, V8를 Close시키고 V2, V6를 Open시킨후 Diaphragm Pump를 On시킴. 이것을 10회 반복.

(6) 모든 Valve를 닫음.

6) Void Volume Determination

(1) Void Volume은 Multiple Expansion 방법으로 결정된다.

(2) V1 Valve를 열고 Rotary Vacuum Pump를 "On"시킴.

V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9를 Open시킴. 900초 이내에 P5 Gauge가 2×10^{-2} Torr 이하로 되는 것을 확인함. (초기 5초간은 V5와 V18를 닫아 놓고 작동)

(3) Turbo Pump와 300cc Expansion Volume, Large Bore Pipe를 분리하기 위해 V3, V5, V9을 Close시킴.

(4) V15, V17을 Open하여 Nitrogen으로 채운다. (약 60초간 실시)

(5) 이때 Pressure "P2"와 Temperature "T1"을 Record한다.

(6) V15와 V6을 닫고, V9를 Open 60초동안 진행시킴.

그런다음 System의 Pressure "P2"와 Temperature "T2"를 읽어 기록한다.

(7) 이때 얻어진 값을 Fuel Rodel Void Volume을 수작업으로 계산한다.

(8) Evacuation Pressure와 Nitrogen Fill하면서 9회정도 반복하여 평균값을 기록한다.

7) System Close Down

(1) System 전원을 "Off"하기전 반드시 Nitrogen 1 Bar로 Purge하여야 한다.

(2) V16 Valve를 제외한 모든 Valve는 열고 Rotary Pump를 작동

시킨다.

10초후 Vacuum Pump를 Off하고 Purge를 약 60초 동안 실시한다.

Valve는 Puncturing Head로 부터 가까이 있는 Valve들 부터 닫기 시작하여 마지막으로 V17 Valve를 닫는다.

(3) Power를 Off한다.

8. 작업시 주의사항

- 8.1 시험 담당자는 본 시험절차서를 충분히 숙지한 후 시험을 하여야 한다.
- 8.2 공기조화시설의 정상가동 조건하에서 시험을 수행한다.
- 8.3 방사선안전관리 요원에게 시험내용을 통보하고 필요시 지원을 받는다.

9. 비상사태 발생시 처리사항

9.1 방사선 사고

- 방사선누출사고가 발생하였을 때의 긴급대책의 입안 등은 핵물질 보장조치 및 방사선 관리 부서에서 수행되어야 한다.
- 방사선안전관리 요원 및 시설운영 책임자에게 보고하고 필요한 조치를 강구한다.
- 방사능 누출의 가능성이 있는 경우에는 즉각 대피로를 따라 대피한 후 방사선 안전관리요원에게 보고하고 필요한 조치를 행한다.
- 방사성물질의 누출이 있는 경우에는 주변을 차단하고 방사선 안전관리 규정에 의한 조치를 취한다.
- 보고 계통을 따라 보고한 후 시설 안전관리 규정 및 방사선 안전관리 규정에 따른 복구 조치를 취한다.

10. 사용 양식

- FISSION GAS MONITORING SYSTEM CHECK LIST

FISSION GAS MONITORING SYSTEM CHECK LIST

검사 내용	Confirmation & Results	Signature of KAERI	Signature of SHINKU
<p>1. Puncturing Test Sequence Mode</p> <p>1-1. Mimic display상의 P를 누름으로써 Puncturing이 되는가?</p> <p>1-2. Mimic display상의 R를 누름으로써 return이 되는가 ?</p> <p>2. Valve Test Sequence</p> <p>2-1. 각각의 Valve들이 자동으로 open & close 동작을 하는가 ?</p> <p>2-2. test후 main menu로 돌아 오는가 ?</p> <p>3. Fuel Rod Loading & Seal Test</p> <p>3-1. Fuel Rod Type의 선택이 가능한가 ?</p> <p>3-2. In-Cell안의 Vaccum Value가 $2 * 10^{-2}$Torr에 도달 하는가 ?</p> <p>3-2. Turbo pump가 On 되는가 ?</p> <p>3-3. Turbo pump의 On후 30분 내에 In-Cell안의 Vaccum value가 $2 * 10^{-3}$Torr에 도달 하는가 ?</p> <p>3-4. Test가 성공적으로 진행된 후 Main Mode로 돌아오는가 ?</p> <p>4. System Purge</p> <p>4-1. System안에 Nitrogen이 꽉 차도록 valve들이 정확한 작동을 하는가 ?</p> <p>4-2. Rotary pump의 작동으로 System evacuating이 가능한가 ?</p> <p>4-3. Main Menu로 돌아 오는가 ?</p>			

검사 내용	Confirmation & Results	Signature of KAERI	Signature of SHINKU
<p>5. System Close Down 5-1. System 전원을 off하기전 Nitrogen 1 Bar로 purge가 되는가 ? 5-2. System purge가 양호하게 끝났음을 operator에게 report해 주는가 ? 5-3. System이 양호하게 suht down이 되는가 ?</p> <p>6. Help Mode 6-1. 어떤 display 상태에서도 Key board상의 F2 key에 의하여 현 재 상태에 대한 도움말을 보여 주는가 ? 6-2. F2 key를 눌렀을 때 그 화면에 해당하는 정상적인 도움말이 display 되는가 ?</p> <p>7. Display Mode 7-1. Fuel Rod Loading & Seal Test Mode의 어느 화면에서도 F3 key에 의하여 display mode로 전환 되는가 ? 7-2. Display Mode에서 F9를 hit시 F3 Mode를 요청했던 화면으로 되돌아 가는가 ?</p> <p>8. Manual Mode 8-1. Valve 개개의 조작이 수동으로 가능한가 ? 8-2. 자동으로 행해졌던 동작이 수동으로도 모두 가능한가 ? 8-3. 각 valve의 동작 상태를 Displat사에서 새상 변화와 함께 이상없이 보여 주는가 ?</p> <p>10. Alarm Acknowledgement 10-1. 조작 또는 공정상의 fault를 모두 display 하는가 ? 10-2. Key board의 F10을 hit할 경우 Alarm message가 clear 되는가 ?</p>			

** Check Date :

VOID VOLUME 계산수식

Pressure 1 = ????	torr	Vvoid + Vsamp. Pressure = ????	torr
Temperature 1 = ????	K	Temperature 1 = ????	K
Pressure 2 = ????	torr	Vvoid + Vsamp pressure + Vexp = ????	
Temperature 2 = ????	K	torr	
Sample volume area = ????	cc	Temperature = ????	K
		Vvoid = ???.	???cc

● 기본공식

$$P = \frac{P_2 * (V_{void} + V_{samp}) + V_{exp}}{Temp_1} * \frac{Temp_2}{V_{void}}$$

Gas 압력이 5bar보다 클 경우 상기 기본공식을 사용, 5bar보다 작을 경우에는 P1대신 P2를 쓴다.

● Gas는 계산식

$$Mass(gm) = \frac{P_2 * (V_{void} + V_{samp}) + V_{exp}}{R} + T_2 (R = 62400)$$

압력의 값에 관련하여 P₂를 P₁으로 대체하고 그리고 T₂는 T₁으로 대체한다. R은 GAS의 상수로 값은 62400이다.

Void volume 결정

Void volume은 Multiple expansion 방법에 의하여 결정되어진다. 이것은 Capman gauge가 2×10^{-2} Torr에 도달할 때 비로서 할 수 있다.

Pump들과 Expansion Chamber들은 이들 주위의 Valve들이 닫혀져 격리되어야 한다. (V3와 V9을 Close시킴) 저압 Nitrogen은 작은 구멍을 통한 Pipe Work에서 Sample chamber로 흘러 들어간다.(V15, V17를 60초간 Open)시킴. 잔류 압들은 Expansion chamber로 들어가게 된다 (V9을 open시킴) 압력이 안정화 될 때 Baratron gauge로부터 P2값을 읽고, 온도는 T2를 읽고 기록한다. 온도값들이 각각 나타나고 이들을 이용하여 Void Volum 계산식에 적용할수 있게 된다.

$$V_{\text{void}} = \frac{(V_{\text{samp}} * \frac{T_1 P_2}{T_2 P_1} - 1) + \frac{T_1 R_2}{T_2 P_1} * V_{\text{exp}}}{1 - \frac{T_1 P_2}{T_2 P_1}}$$

V7 Valve를 닫고 Nitrogen를 채우는 것을 10이상 반복하여 Void volume 평균값을 얻는다.

확인된 Void volume의 값들과 Sample chamber volume, Fission gas pressure, Fuel pin내에 적재된 값을 확인하여 계산한다.

Sample volume의 조정은, sample area의 구성품 교체시 사용한다.

Sequence Test Mode

작동중에 가능 한 Mode임

만약 Sequence시 "In-cell" Area가 2×10^{-2} 으로 Vacuum down 될 때 작동된다. 이 Area는 압이 올라가게 되며 이때 Baratron gauge를 읽는다.

Expansion chamber는 system으로부터 격리되고 sample area는 2×10^{-2} 으로 re-vacuum된다. "In-cell" area는 격리되고 그리고 expansion chamber내에 있는 gas는 sample area로 확산된다.

압력이 안정화 되어질때 : P_2 와 T_1 를 읽는다. T_2 는 expansion chamber probe에 위치한 것의 값을 읽는다.

만약 T_1 , T_2 의 온도값이 다르다면 Fomular1를 사용하고, 온도값이 같다면 Fomular2를 이용하여 계산한다.

$$\text{Fomular 1} \quad V_1 = \frac{P_2 V_2 T_1}{P_1 T_2 - P_2 T_1}$$

$$V_2 = 293.5 \text{cc}$$

$$\text{Fomular 2} \quad V_1 = \frac{P_2 V_2}{P_1 - P_2} V$$

서 지 정 보 양 식					
수행기관 보고서번호	위탁기관 보고서번호	표준 보고서번호	INIS 주제코드		
KAERI/TR-1248/99					
제목/부제	핵연료봉 천공 및 가스 포집장치 시험기술				
연구책임자 및 부서명 (주저자)	송 용 섭 (조사재시험시설운영)				
연구자 및 부서명					
발 행 지	대 전	발행 기관	한국원자력연구소	발행일	1999. 2.
페 이 지	P. 48	도표	유(○), 무()	크 기	4 x 6 배판
참고사항					
비밀여부	공개(○), 대외비(), ___급 비밀		보고서 종류	기술 보고서	
연구위탁기관			계약번호		
초 록 (300단어 내외)	<p>조사된 핵연료봉 내에 축적되어 있는 핵분열 생성 가스는 CANCU형의 연료봉일 경우에는 약 1~2cm³정도이며 PWR의 경우는 약 40~50cm³정도가 검출된다. 본 시험기기는 CANDU 및 PWR 연료봉에 공용으로 사용할수 있는 장치로서 In Cell Part의 천공장치와 Out Cell Part의 포집장치로 구성되어 있으며 9개의 단계로 컴퓨터화 되어있어 단 한번의 Puncturing작업으로 가스 총 Mass량 및 Void volume, 압력등을 계산해 낼 수가 있다.</p> <p>따라서 기기의 숙련 및 운용기술을 완벽히 익힘으로서 실험에 완벽을 기하고 핵연료봉 내의 가스의 거동을 확실히 알수가 있으며 핵연료의 설계에 큰 영향을 줄 수 있는 시험 방법 및 절차에 대하여 상세히 기술 하였다.</p>				
주제명 (10단어 내외)	핵연료봉 천공장치, Fission Gas 포집장치, Control Console, 진공펌프, 밸브류				

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET					
Performing Org. Report No.		Sponsoring Org. Report No.		Standard Report No.	
KAERI/TR-1248/99					
Title/Subtitle					
Fuel Rod Puncturing & Fission Gas Monitoring System Examination Techniques					
Project Manager and Dept.(main author)		Woong Sup. Soong (IMEF Dept)			
Researcher and Dept					
Pub. Place	Taejeon	Pub. Org.	KAERI	Pub. Date	2. 1999
Page	p. 48	Fig. and Tab	Yes(○), No()	Size	19 x26 cm
Note					
Classified	Open(○), Outside(), __Class			Report Type	Technical Report
Sponsoring Org.				Contract No.	
Abstract (About 300 words)					
<p>Fission gas products accumulated in irradiated fuel rod is 1-2cm³ in CANDU & 40-50cm³ in PWR fuel rod. Fuel Rod Puncturing and Fission Gas Monitoring System can be used for both CANDU and PWR fuel rod. This system comprises puncturing device located at in cell part and monitoring device located at out cell part. The system has computerized 9 modes and can calculate both void volume and mass volume only single puncturing. This report describes techniques and procedure for operating fuel rod puncturing and gas monitoring system which can be play an important role in successful operation of the devices. Results obtained from the analysies can give more influence over design for fuel rods.</p>					
Subject Key Words About (10 Words)					
Fuel Rod Puncturing Equipment, Fission Gas Monitoring and Sampling System, Control Console, Vacuum Pump and Valves.					