

3-Pin 핵연료 노내조사시험설비의  
노내시험부 Mock-up 제작

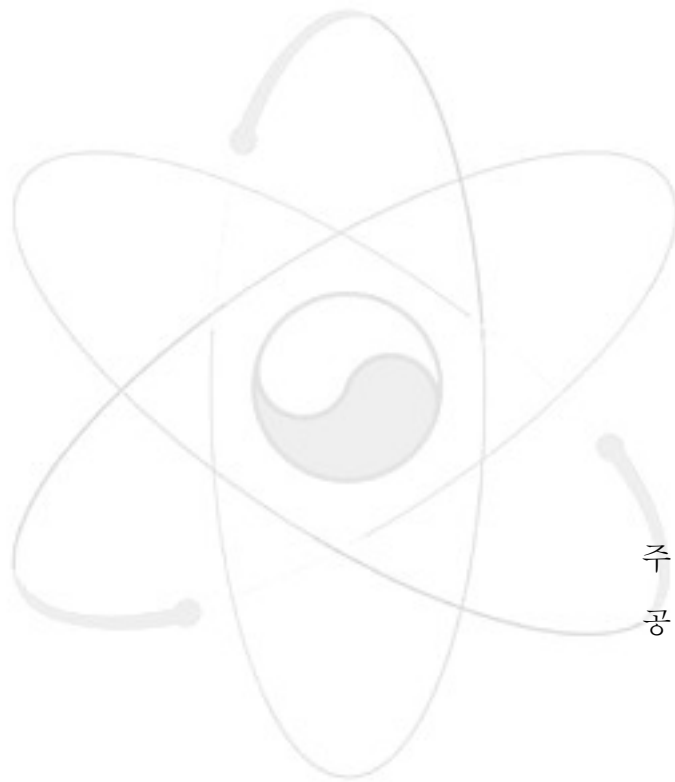
Manufacturing of In-Pile Test Section(IPS) Mock-up  
for the 3-Pin Fuel Test Loop

*KAERI*

# 제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 보고서를 3-Pin 핵연료 노내조사시험설비의 노내시험부 Mock-up 제작 기술보고서로 제출합니다.



2005. 10.

주저자 : 이 중 민

공저자 : 박 국 남

지 대 영

심 봉 식

박 수 기

안 성 호

이 정 영

김 학 노

김 영 진

## 요 약 문

3-Pin 핵연료노내조사시험설비는 하나로(HANARO)를 활용하여 핵연료 조사시험을 수행할 수 있는 설비로써 노내시험부와 노외공정부로 구성되어있다. 하나로 노심의 IR-1 조사공에 장착되는 노내시험부는 이중압력관 구조로써 가압경수로용(PWR) 핵연료 및 중수로용(CANDU) 핵연료봉을 최대 3개 까지 장착할 수 있도록 설계되었다. 노외공정부는 정상운전 유지를 위한 가압기, 냉각기, 펌프, 가열기 및 정화계통 등으로 구성된다.

ASME Section III 코드에 따라 설계된 노내시험부는 주냉각수 입·출구 노즐 및 수조수와의 열전달 차단을 위한 커버가 설치된 IPS Head, 두께 5.0 mm의 321 스테인리스강으로 9개의 SPND가 장착된 Outer Pressure Vessel, 두께 4.0 mm의 스테인리스강으로 외부압력관 사이에 Ne 가스가 충전된 Inner Pressure Vessel, 입구냉각수와 출구냉각수의 분리 및 단열역할을 하는 Flow Divider, 핵연료운반체 지지대·핵연료운반체 헤드·핵연료운반체 다리시험핵연료운반체로 구성된 Fuel Carrier Leg 등으로 구성된다.

노내시험부 Mock-up 제작은 2003년 말 대우정밀(주)과 계약에 따라 수행되었다. 상세설계도면에 근거하여 작성된 제작도면은 ‘내부조립도 및 외부조립도’로 구성된다. 내부조립도는 IPS head, Outer pressure vessel, Inner pressure vessel 및 Flow divider의 sub-assembly로 구성되며 외부조립도는 Top flange, Umbilical connector, Fuel carrier support stem & Carrier 및 Feedthrough & Thermal sleeve로 구성된다. 또한 상세설계도면과 다르게 제작된 내용은 제작도면에 나타내었으며 이러한 내용은 노내시험부 본 제품에 있어서는 보완을 통하여 제작될 것이다.

노내시험부 Mock-up 용접은 GMAW(Gas Metal Arc Welding) process를 통하여 수행하였다. 용접작업은 IPS head, Umbilical connector, Outer pressure vessel, Inner pressure vessel, Fuel carrier support stem, Flow divider에 대하여 이루어졌으며 이에 따라 비파괴 검사가 수행되었다. Leak test는 He gas를  $6.0 \text{ kg}_t/\text{cm}^2$ 의 압력으로 Neon gas inter-space gap 부분과 Main cooling water 유동부분에 주입하여 약 30분간을 유지하면서 수행하였다. 시험 결과 Neon gas inter-space gap 부분은 leak 발생이 없었으나, Main cooling water 유동부분은 Purge plug 부위에서의 불완전나사 부위로 인한 leak가 발생되었다. 따라서 불완전나사 부위를 재가공하여 시험을 다시 수행하였으며 leak는 발생되지 않았다.

노내시험부의 하나로 ‘운전제한 요건’ 만족를 확인하기 위하여 노내시험부 Mock-up의 하나로 유동관 차압시험, 노내시험부 내부차압시험, 노내시험부 하부의 내부집합체 진동시험을 계획하였으며, 본 보고서에 이에 대한 개략적인 내용을 기술하였다.

## SUMMARY

The 3-Pin Fuel Test Loop(FTL) is a facility which could conduct fuel irradiation test at HANARO. It is composed of an In-Pile Test Section(IPS) and an Out-Pile System (OPS). The IPS which shall be loaded in IR-1 irradiation hole has double pressure vessel and is designed to accommodate up to 3 pins of PWR or CANDU type fuel. The OPS contains pressurizer, cooler, pump, heater and purification system which are necessary to maintain the proper fluid conditions.

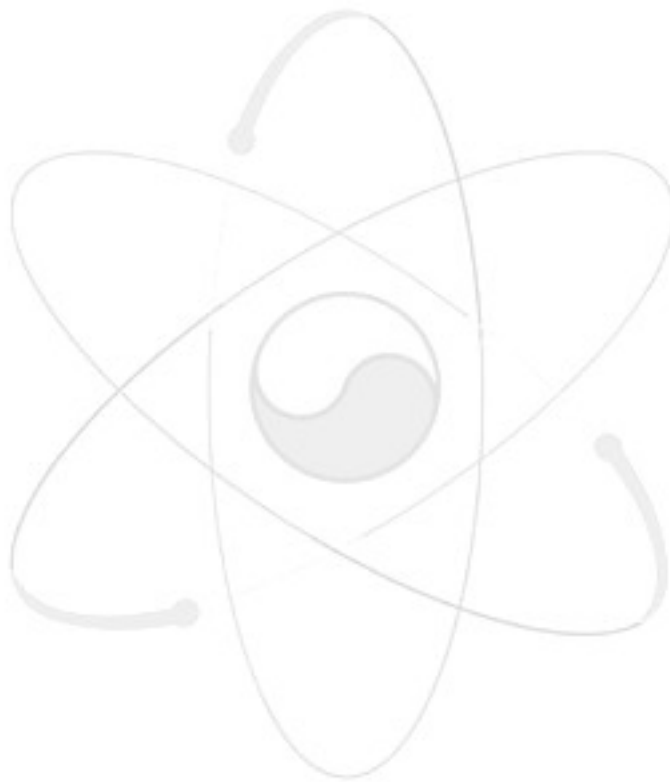
The IPS designed by ASME Section III code is composed of IPS Head, Outer Pressure Vessel, Inner Pressure Vessel, Flow Divider and Test Fuel Carrier. Inlet nozzle and outlet nozzle for main cooling water is located in IPS Head and is insulated from HANARO pool. Outer Pressure Vessel is a 321 stainless steel of 5.0 mm thickness and has 9 SPNDs. Inner Pressure Vessel is a 321 stainless steel of 4.0 mm thickness and Flow divider is designed for collar shape to prevent cooling water stagnation. Neon gas is filled into the gap between Outer Pressure Vessel and Inner Pressure Vessel to insulate the IPS from the HANARO pool. Flow Divider divides the outlet cooling water from inlet cooling water. Test Fuel Carrier is composed of Fuel Carrier Support Stem(with 6 slots for the hot cooling water injection), Fuel Carrier Leg(3 legs are arranged through the 120° angles) and Fuel Carrier Head.

Manufacturing process of IPS Mock-up was initiated in late of 2003 with DAEWOO Precision industries Company. Manufacturing drawings due to detail drawings are composed of Outer assembly and Inner assembly. IPS head, Outer pressure vessel, Inner pressure vessel and Flow divider is the sub-assembly the of Inner assembly and Top flange, Umbilical connector, Fuel carrier support stem & Carrier and Feedthrough & Thermal sleeve is the sub-assembly the of Outer assembly. the lists of deviations from detail drawings are shown in manufacturing drawings and these contents are will be used for the IPS manufacturing.

Welding of IPS Mock-up was performed by the GMAW(Gas Metal Arc Welding) process. After the welding process, non-destructive examination was conducted to the IPS head, Umbilical connector, Outer pressure vessel, Inner pressure vessel, Fuel carrier support stem and Flow divider. Leak test was performed to the Main cooling water part and Neon gas inter-space gap part by the He gas injection with the pressure of 6.0 kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup>, 30 minutes holding time. The result was shown that there was no leak at the Neon gas inter-space gap part but leak was occurred at Main cooling water part according to imperfect screw of purge plug. so, it was re-finished and test was performed to certify the leak tightness.

To satisfy the HANARO Limiting Operation Condition, IPS should be tested ahead

of installation at the HANARO reactor by the use of test facilities. IPS Mock-up and its test facilities will be designed and used for the test of 'Flow tube pressure drop', 'IPS inner assembly pressure drop' and 'IPS inner assembly vibration'.



# CONTENTS

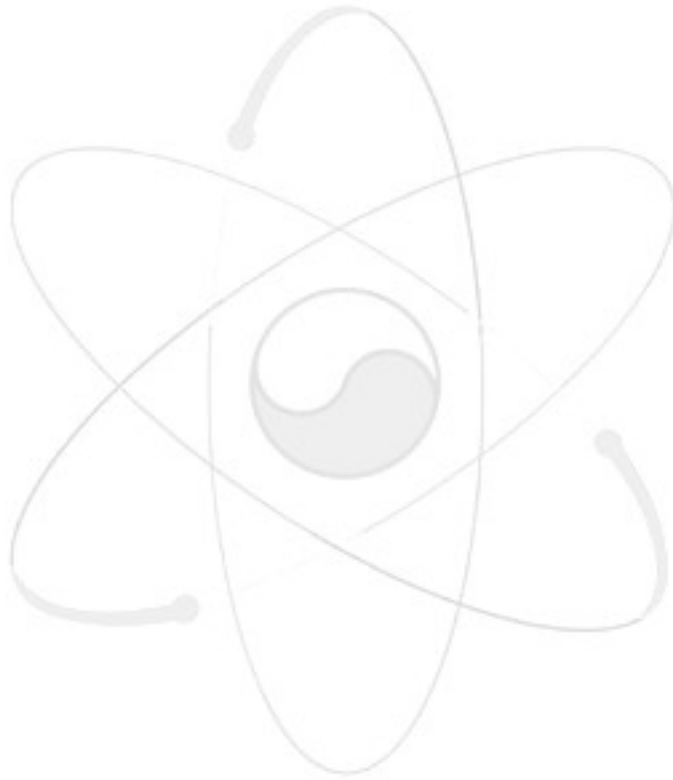
Statement for Report Submission .....	i
Summary in Korean .....	ii
Summary in English .....	iii
Contents in English .....	iv
Contents in Korean .....	v
List of Tables .....	vi
List of Figures .....	vii
Chapter 1. Introduction .....	1
1.1 System description .....	1
1.2 IPS(In-Pile Test Section) .....	1
1.3 OPS(Out of Pile System) .....	2
Chapter 2. IPS Mock-up .....	3
2.1 Design of IPS Mock-up .....	3
2.2 History of IPS Mock-up manufacturing .....	3
Chapter 3. Manufacturing drawing of IPS Mock-up .....	6
3.1 Components and Specifications of Outer-assembly .....	6
3.2 Components and Specifications of Inner-assembly .....	9
3.3 IPS Mock-up Assembly .....	12
Chapter 4. Manufacturing of IPS Mock-up .....	14
4.1 Test and Examination Plan .....	14
4.2 IPS Mock-up components .....	14
4.3 Welding and Non-destruction Examination .....	18
4.4 Leak Test and Tolerance Examination .....	19
Chapter 5. Utilization of IPS Mock-up .....	20
5.1 HANARO Flow Tube Pressure Drop Test .....	20
5.2 IPS Mock-up Inner Pressure Drop Test .....	21
5.3 IPS Mock-up Outer Pressure Vessel Vibration Test .....	21
5.4 IPS Mock-up Inner Assembly Vibration Test .....	22
Chapter 5. Conclusion .....	23
References .....	24
Appendix A : IPS Mock-up Components Lists .....	25

# 목 차

제출문 .....	i
요약문 .....	ii
Summary .....	iii
Contents .....	iv
목차 .....	v
표 목차 .....	vi
그림 목차 .....	vii
제 1 장 서 론 .....	1
1.1 개요 .....	1
1.2 노내시험부 .....	1
1.3 노외공정계통 .....	2
제 2 장 노내시험부 Mock-up .....	3
2.1 노내시험부 Mock-up 설계 .....	3
2.2 노내시험부 Mock-up 제작 경위 .....	3
제 3 장 노내시험부 Mock-up 제작도면 .....	6
3.1 외부조립도 .....	6
3.2 내부조립도 .....	9
3.3 총 조립도 .....	12
제 4 장 노내시험부 Mock-up 제작 .....	14
4.1 시험검사 계획 .....	14
4.2 노내시험부 Mock-up 제작부품 .....	14
4.3 용접 및 비파괴검사 .....	18
4.4 Leak-test 및 치수검사 .....	19
제 5 장 노내시험부 Mock-up 활용 .....	20
5.1 하나로 유동관 차압시험 .....	20
5.2 노내시험부 Mock-up 내부 차압시험 .....	21
5.3 노내시험부 Mock-up 외부 진동시험 .....	21
5.4 노내시험부 Mock-up 내부집합체 진동시험 .....	22
제 6 장 결 론 .....	23
참고문헌 .....	24
부록 A : 노내시험부 Mock-up 제작부품 List .....	25

## 표 목 차

표 3.1 노내시험부 Mock-up 제작도면 구성 .....	6
표 6.1 노내시험부 설계사항 및 노내시험부 Mock-up 제작사항 비교 .....	23

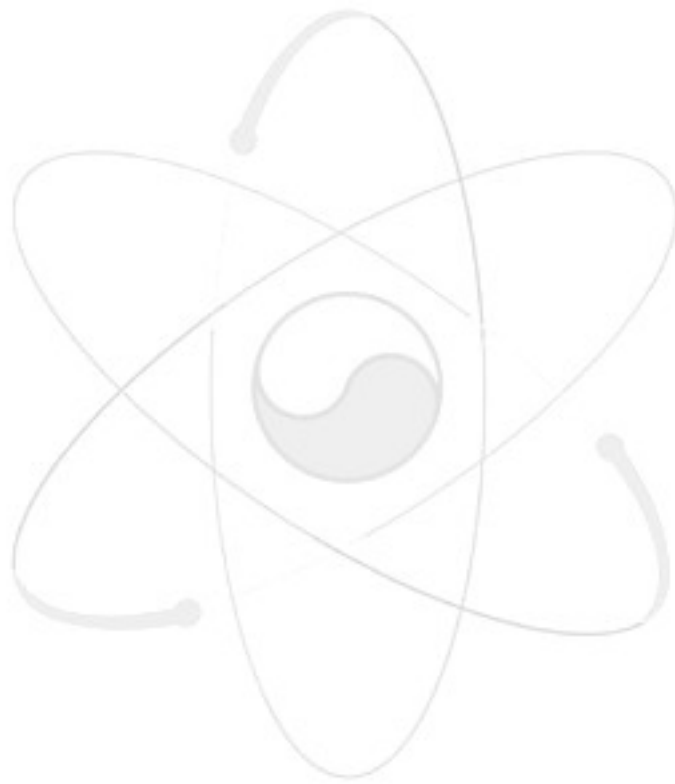




## 그림 목 차

그림 2.2.1 노내시험부 설계 개념도 (상부구조) .....	5
그림 2.2.2 노내시험부 설계 개념도 (하부구조) .....	5
그림 3.1.1 IPS Head 제작도면 .....	7
그림 3.1.2 Shroud Shell 제작도면 .....	7
그림 3.1.3 Outer Pressure Vessel 제작도면 .....	8
그림 3.1.4 Inner Pressure Vessel 제작도면 .....	8
그림 3.1.5 Flow Divider 제작도면 .....	9
그림 3.2.1 Top Flange 제작도면 .....	10
그림 3.2.1 Umbilical Connector 제작도면 .....	10
그림 3.2.3 Fuel Carrier Support Stem 제작도면 .....	11
그림 3.2.4 Fuel Carrier Head 제작도면 .....	11
그림 3.2.5 Fuel Carrier Leg 제작도면 .....	12
그림 3.2.6 Thermal Sleeve 제작도면 .....	12
그림 3.3 Cross-Sectional View of IPS .....	13
그림 4.2.1 Fuel Carrier Leg (외면) .....	14
그림 4.2.2 Fuel Carrier Leg (내면) .....	14
그림 4.2.3 Fuel Carrier Support Ring .....	15
그림 4.2.4 Fuel Carrier Head & Support ring .....	15
그림 4.2.5 Top Flange .....	15
그림 4.2.6 Top of Fuel Carrier Support Stem .....	15
그림 4.2.7 Top of Flow Divider .....	16
그림 4.2.8 Umbilical Connector .....	16
그림 4.2.9 Bottom of IPS Head .....	16
그림 4.2.10 Shroud Bellows .....	16
그림 4.2.11 Top of Inner Pressure Vessel .....	17
그림 4.2.12 Bottom of Inner Pressure Vessel .....	17
그림 4.2.13 Top of Outer Pressure Vessel .....	17
그림 4.2.14 Bottom of Outer Pressure Vessel .....	17
그림 4.3.1 Outer Pressure Vessel .....	18
그림 4.3.2 Outer Pressure Vessel .....	18
그림 4.3.3 Fuel Carrier Support Stem .....	18
그림 4.3.4 Brazing of Instrumentation .....	18
그림 4.4.1 Leak-Test for Neon gas interspace gap .....	19
그림 4.4.2 Leak-Test for Main cooling water .....	19
그림 4.4.3 Leak-Test Monitoring Gauge .....	19
그림 4.4.4 Leak-Test for IPS Mock-up .....	19

그림 5.1 Design of Pressure Drop Test for Flow Tube in HANARO ..... 20  
그림 5.2.1 Piping Layout for IPS Mock-up Test ..... 21  
그림 5.3.1 노내시험부 Mock-up 내부집합체 ..... 22



# 제 1 장 서 론

## 1.1 개요

3-Pin 핵연료노내조사시험설비는 하나로(HANARO)를 활용하여 핵연료 조사시험을 수행할 수 있는 설비로써 노내시험부와 노외공정부로 구성되어있다.

하나로 노심의 IR-1 조사공에 장착되는 노내시험부는 이중압력관 구조로써 가압경수로용(PWR) 핵연료 및 중수로용(CANDU) 핵연료봉을 최대 3개까지 장착할 수 있도록 설계되었다. 노외공정부의 주냉각수는 시험조건에 맞는 온도, 압력 및 유량을 유지하며 노내시험부에 공급된다. 노내시험부에서 흡수된 핵반응열은 주냉각수에 의하여 제거되며, 주냉각수펌프는 냉각수 순환을 위한 구동력을 제공한다. 주냉각수펌프 후단에 설치되는 주가열기는 핵연료시험설비 기동 시 냉각수를 가열하고, 시험중에는 주냉각기와 함께 주냉각수 온도조절 기능을 수행한다. 가압기는 시험핵연료의 운전모드에 맞는 주냉각수 압력을 제어한다. 정화계통 및 탈기계통은 주냉각수의 수질조건을 유지시킨다. 예상운전과도 및 설계기준사고 발생시 시험핵연료의 냉각을 위하여 비상냉각수계통이 설치되어있다.

본 보고서에서는 노내시험부의 Mock-up 제작을 통하여 설계의 타당성, 제작가능성, 등을 기술하고자 하며 제작과정 중에서 발생된 설계도면과의 불일치 사항에 대한 내용을 기술하여 향후 제작될 노내시험부 제작에 필요한 자료로 활용하고자 한다. 또한 노내시험부의 하나로 '운전제한 요건' 만족을 확인하기 위하여 노내시험부 Mock-up 시험을 계획하였으며 이에 대한 개략적인 내용을 기술하였다.

## 1.2 노내시험부

노내시험부는 품질등급 Q, 안전등급 1 및 Seismic Category I으로 설계되었으며 압력용기, 배관 및 지지대의 기계적 설계는 ASME Boiler & Pressure Vessel Section III에 따르도록 하였다.

노내시험부는 ASME Section III NB 코드를 따르며 5개의 주요부분으로 구성되어 있다. 노내시험부헤드(IPS Head)는 주냉각수의 입·출구 노즐을 형성하며 수조수와의 열전달 차단을 위한 단열재 커버가 설치되어 있다. 외부압력관 (Outer Pressure Vessel)은 두께 5.0 mm의 321 스테인레스강이며 원주방향으로 9개의 SPND 장착되어 있다. 내부압력관(Inner Pressure Vessel)은 두께 4.0 mm의 321 스테인레스강으로 설계되었으며 외부압력관과의 사이에는 불활성기체( $N_2$ ) 충전하여 수조수와의 열전달을 차단하도록 하였다. 유동분리관(Flow Divider)은 유입 냉각수의 유동을 안내하는 관으로 입구냉각수와 출구냉각수를 분리하는 역할을 한다. 시험핵연료운반체(Test Fuel Carrier)는 핵연료 지지대로서 3개의 다리가 120° 간격으로 배치되어 있는 핵연료운반체다리, 유출 냉각수의 유동을 안내하며 출구 부분에 6개의 슬롯이 형성되어 있는 핵연료운반체지지대 및 핵연료운반체다리와 핵연료운반체지지대를 연결하여 주는 핵연료운반체헤드로 구성되어 있다.

노내시험부와 노외공정계통을 연결하는 배관은 ASME Section III ND 코드를 따르며

고온냉각수 배관 및 저온냉각수 배관으로 구성되고 수조내 구조물과의 간섭사항 및 정상 운전에 따른 배관의 열팽창을 고려하여 설계하였다. 배관과 커버 사이에는 공기를 주입하여 수조수와 단열이 되도록 하였다.

노내시험부 지지대 및 배관 지지대는 ASME Section III NF 코드를 따르도록 설계하였으며, 이들은 수조벽 사각빔에 설치된다. 특히 원자로 노심상단에 하단 브래킷(Lower Bracket)을 설치하여 지진하중 시 노내시험부의 건전성이 유지할 수 있도록 하였다.

### 1.3 노외공정계통

노내시험부의 운전조건을 유지시키는 노외공정부의 주요 계통은 다음과 같다. 조사시험에서 요구되는 압력, 온도 및 유량조건을 유지시키는 주냉각수계통(MCW), 주냉각수 배관 파단사고 시 초기 냉각 역할을 하는 비상냉각수계통(ECW), 주냉각계통 콘크리트 관통부의 환형공간을 냉각시키는 관통부냉각수계통(PCW), 주냉각수의 체적, 순도 및 화학적 특성 제어하는 취출·보충 및 정화계통(LMP), 3-Pin 핵연료노내조사시험설비에서 배출되는 액체 및 기체 폐기물의 수집 및 처리하는 폐기물저장 및 이송계통(WST), 주냉각수계통 및 취출, 보충 및 정화계통의 열을 제거하는 중간냉각수계통(ICL), 유체의 수질을 주기적으로 감시하는 시료채취계통(TLS), 주냉각수의 용존산소를 제거하는 수소제어계통(HCS) 및 노내시험부 이중압력관 사이에 네온가스 충전과 수조내 배관과 배관커버 사이에 공기 충전시키는 IPS 충전가스 공급 및 감시계통 등으로 구성된다.

## 제 2 장 노내시험부 Mock-up

### 2.1 노내시험부 Mock-up 설계

노내시험부 Mock-up은 길이 5590 mm, 직경 68 mm의 이중압력관으로서 시험핵연료는 가압경수로용(PWR) 핵연료에 대해서만 고려되었다. 본체무게는 PWR 경우 153.2 kg이며, 품질등급 T, 안전등급 NNS로 설계되었다. 노내시험부 Mock-up은 조립성 및 진동, 차압시험을 목적으로 제작하며 이에 영향을 미치지 않는 부분은 상세설계도면과 다르게 제작됨을 허용하였다.

### 2.2 노내시험부 Mock-up 제작경위

노내시험부는 제작성 검증, 진동시험 및 차압시험을 통한 설계검증 등의 필요성에 따라 Mock-up 시험계획을 수립하였으나, 노내시험부와 하나로 구조물과의 간섭사항이 발생으로 인한 외부압력관 설계변경 및 내진설계 등의 추가 업무가 발생하여 상세설계는 상당 기간 지연되었다. 그러나 과제계획 수행을 위하여 Mock-up 시험은 제작발주 업무를 진행하였다. 개념설계 도면과 개념설계 내용을 통하여 기술시방서를 작성하였으며, 업체와 연구소 내의 '장치개발지원실'의 지원을 통하여 2003년 말 대우정밀주식회사와 계약을 체결하였다. 그림 2.2.1 및 그림 2.2.2에는 노내시험부의 개념 설계도를 나타내었다.

상세설계는 2004년 6월에 완료되었으며, 과제착수회의를 통하여 제작업무가 시작되었다. 이때 대우정밀주식회사에서는 IPS Mock-up 제작 소요기간을 약 2개월로 계획하였으나, IPS의 구조적 형상과 설계도면에 대한 이해를 위한 기간이 요구됨에 따라 공정은 7개월로 늘어났다.

과제 착수회의에서 Mock-up 제작 계획, NUKEM에서 제출된 도면에 대한 개략적인 검토, 제작 범위, 방법 등의 제작관련사항 및 제작설계 도면 작성 등에 대한 협의가 이루어 졌다. 2, 3, 4차 회의에서는 제작도면의 작성 및 승인을 요구하였으며(2004. 7.14) 이에 따라 도면 및 도면번호 체계, 제작 일정, 헤드부(HAN-FL-310-NG-R002)의 가공 및 내부압력관의 스페이서 가공 방법, 제작검사 범위, 연구소가 대우정밀에 제공할 자료 등에 대한 협의를 하였다. 5, 6, 7차 회의에서 제작설계 및 제작 일정을 협의하였고 Instrumentation Feed-through와 Thermal Sleeve에 대한 도면 검토 및 기계 가공된 부품에 대한 검사가 있었다. 8, 9, 10차 회의에서는 주로 2004년 11월말부터 제출된 도면에 대한 검토결과에 대하여 협의하였다. 그 내용은 Top Flange(002), Head(003), Outer Pressure Vessel(004), Umbilical Connector(005), Inner Pressure Vessel(006), Flow Divider(007), Fuel Carrier Support Stem(008), Instrumentation Feed-through 및 Thermal Sleeve(010) 등이다. 1단계 조립도를 Inner Assembly와 Outer Assembly로 구성하고 이에 대한 조립치수를 기입토록 하였다. 한편, 설계사의 노내시험부 구조해석 결과 노내시험부 헤드와 외부압력관의 볼트 체결 부위의 응력 및 핵연료 지지대 연결부위

의 응력을 현 설계보다 보수적으로 설계하여야 할 필요성이 대두되었으며 이러한 설계변경 사항 반영을 위하여 Mock-up 제작 납품기간을 2004. 8. 23에서 2004. 11. 23까지 3개월 연장하였다.

11차 회의에서 2005년 1월 중순에 입회 검사를 요청해 왔고, 2005년 2월말까지 제작 도면을 제출할 것을 협의하였다. 그러나 11월 20일 대우정밀에서는 공문을 통하여 IPS mock-up 조립일정 및 입회일정을 2005년 2월말까지 연장할 것을 알려왔으며 조립시험 및 입회검사는 2005년 2월25일 수행되었다. 이때 아래 사항의 업무가 수행되고 협의되었다.

1. 조립구성부품 및 조립순서가 협의되면서 조립절차서 작성에 대하여 확인하였다.
2. Head sub-assembly의 밀폐용 O-ring 교체 여부, Outer pressure vessel 부위의 SPND line 노출에 따른 문제점, Instrumentation feedthrough 부위의 계장 line에 따른 조립상의 간섭 및 문제점, PWR Fuel carrier 부위의 연결 Pin 보강방법
3. Assembly 도면, 각 부품별 무게 확인 및 도면삽입, 주기부분 한글로 변환, 조립품 도면은 별도의 도면으로 세분화, 전체 도면의 번호체계를 조립순서와 연계하여 작성할 것 등을 협의.
4. Leak test 방법은 He 가스를 주입하고 3시간 동안 압력계 변화 및 Bubble leak를 확인

13차 회의(2005. 3. 4)에서는 leak-test 입회검사를 수행하였다. 시험은 Neon gas interspace-gap 부분 및 Cooling water 부분에 대하여 수행되었으며 각각 He 가스를 6 kg/cm<sup>2</sup>로 주입하여 30분간 압력 유지 상태를 확인하였다. 시험결과 Neon gas interspace-gap 부분은 Leak 발생이 없었으며 Cooling water 부분은 gas 조절 plug부위 불완전나사로 1차 Leak가 발생하였으나 plug부위 불완전나사부 챔버 제거 후 Leak 발생이 없었다. EMR 작성에 있어 Leak test 관련 절차서 및 보고서를 첨부하고 용접절차서에 Brazing 부위를 첨부할 것을 요구하였으며, 도면의 번호체계를 조립순서와 연계해 수정하도록 하였다.

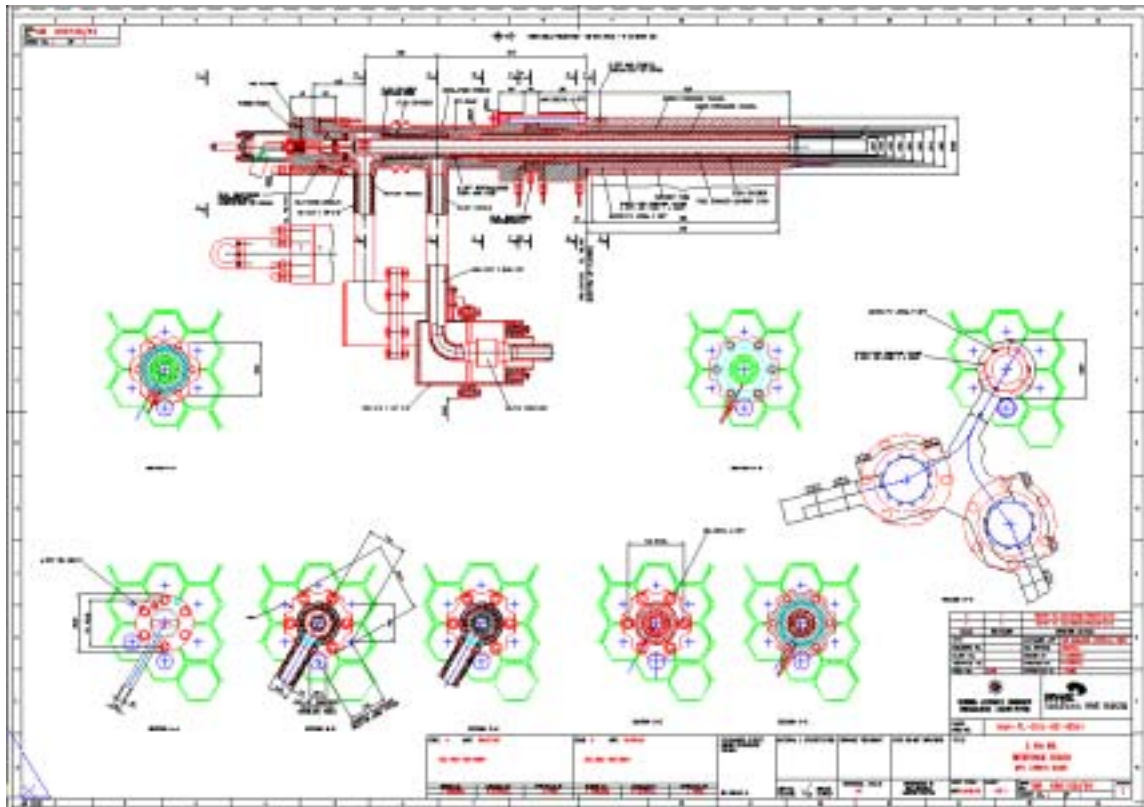


그림 2.2.1 노내시험부 설계 개념도 (상부구조)

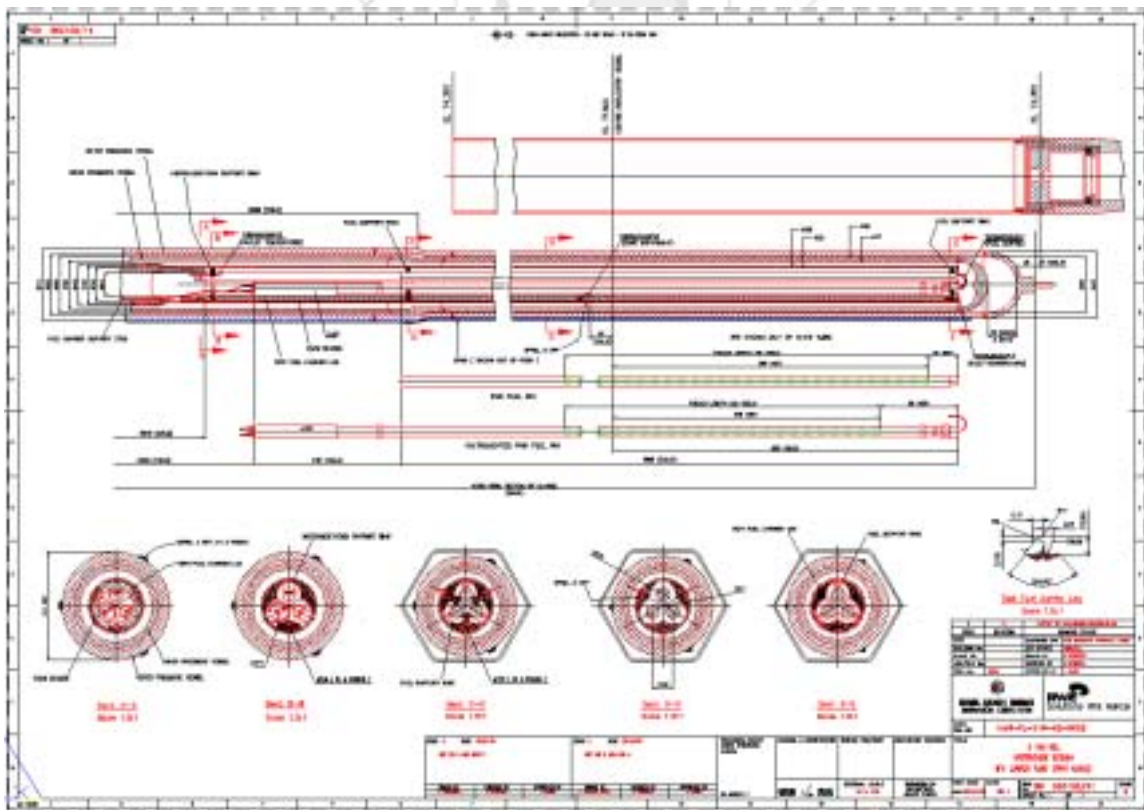
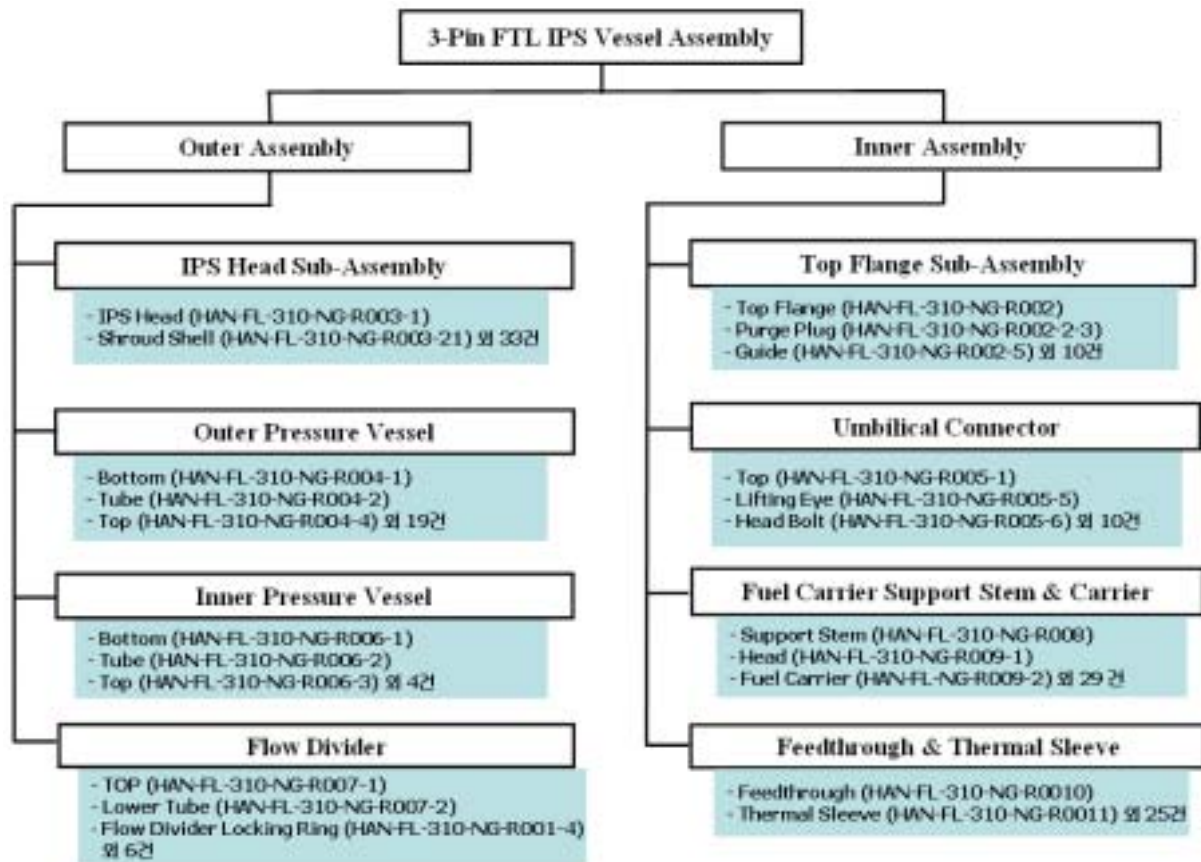


그림 2.2.2 노내시험부 설계 개념도 (하부구조)

## 제 3 장 노내시험부 Mock-up 제작도면

노내시험부 Mock-up은 상세설계도면을 바탕으로 각 부품별 제작도면을 작성하였다. 총 107개의 도면으로 구성된 제작도면은 가공품, 구매품, 각 조립도 등으로 세분화하여 구성하였다. 총 조립도 아래 2개의 Assembly가 있으며, 이는 각각 4개의 Sub-assembly로 구성된다. 표 3.1에는 제작도면의 구성을 나타내었다.

표 3.1 노내시험부 Mock-up 제작도면 구성



### 3.1 외부조립도 주요부품 및 기능

노내시험부 지지대는 IPS head, Outer pressure vessel에 연결되며 이는 수조내의 박스빔 및 Mounting plate에 설치된다. 이와 관련된 부품은 각 부품의 수명기간 동안에는 분해되지 않는 것으로서 제작도면에서는 Outer Assembly로 나타내었으며, IPS head sub-assembly, Outer pressure vessel, Inner pressure vessel 및 Flow divider로 구성된다.



### 3.1.1 IPS Head

IPS head는 주냉각수의 입구노즐 및 출구노즐이 설계된 부분이며 위로는 Top flange, 아래로는 Outer pressure vessel과 연결된다. 내부에는 Flow divider locking ring의 설치 홈이 설계되어 있으며 외부는 수조와의 단열을 위한 Shroud shell로 둘러싸여 있다. IPS head에는 Shroud shell과의 조립을 위한 용접부분이 중간에 있으며 입·출구 노즐은 배관과 용접으로 연결된다. 재료는 321 스테인리스강이며 설계무게는 13.487 kg이다.

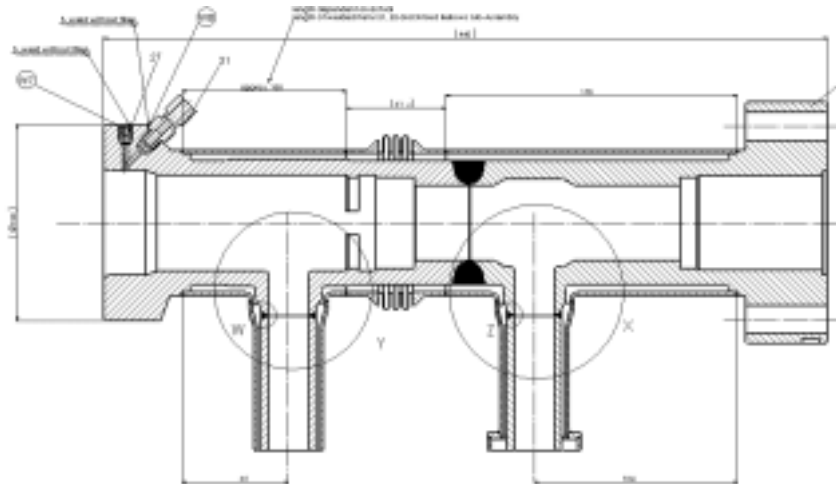


그림 3.1.1 IPS Head 제작도면

### 3.1.2 Shroud Shell

주냉각수와 수조수와의 단열을 위하여 IPS head 주위를 둘러싸는 커버로써 IPS head와 Shroud shell 사이의 공간에는 공기를 채우도록 설계되었다. IPS Mock-up은 상온에서 시험을 수행할 예정이므로 Shroud shell의 단열 기능은 고려될 필요가 없다. 재료는 321스테인리스강이며 설계무게는 0.61 kg이다.

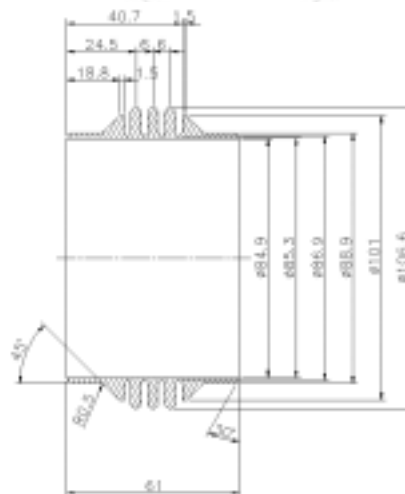


그림 3.1.2 Shroud Shell 제작도면



### 3.1.5 Flow divider

Flow divider는 Inner pressure vessel 내부에 위치하여 Inlet 냉각수와 Outlet 냉각수를 나누는 역할을 한다. 즉 냉각수는 Flow divider의 바깥면을 따라 아래로 흐르고, 하부에서는 180° 회전하여 Flow divider의 내부를 따라 위로 상승하여 Outlet 노즐로 나간다. Flow divider의 Spacer가 위치하는 부분 좌·우는 용접을 통하여 연결하였다. 따라서 상세설계 도면보다 많은 부분이 용접으로 제작되었다. 재료는 321스테인리스강이며 설계무게는 약 7.523 kg이다.

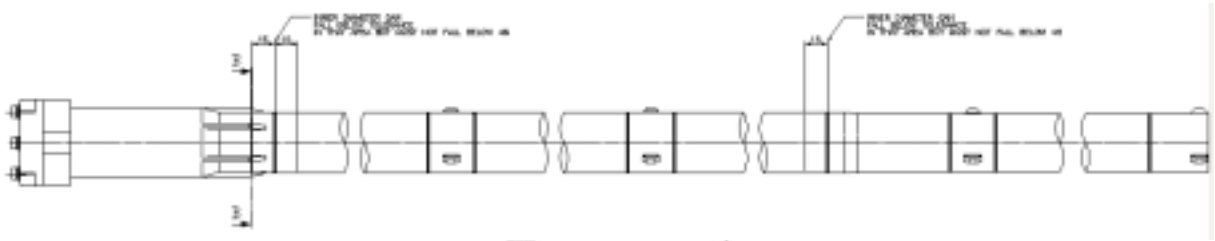


그림 3.1.5 Flow Divider 제작도면

## 3.2 내부조립도 주요부품 및 기능

시험핵연료는 사용자의 요구에 따라 중간 검사가 가능하도록 구조적 설계가 되었으며 이를 위하여 별도의 시험핵연료 검사대가 설계되었다. 중간 검사를 위하여 IPS의 Outer Assembly로부터 분리되는 부분을 Inner Assembly라고 하였으며 이에 해당되는 조립품은 Top flange sub-assembly, Umbilical connector, Fuel carrier support stem & Fuel carrier 및 Feedthrough & Thermal sleeve로 되어있다.

### 3.2.1 Top Flange

IPS에 장착되는 시험핵연료는 열전대, SPND, LVDT를 포함하고 있으며 이들 계측선들은 Top flange를 통하여 IPS 외부로 빠져나간다. IPS head의 상부에 연결되는 Top flange는 O-ring을 통하여 밀폐구조를 유지하고, 계측선이 통과하는 Top flange 부분은 Brazing을 밀폐구조를 유지하게 된다. Top flange 부분에는 이밖에 O-ring의 건전성을 감시하기 위한 Interspace test plug, IPS 최초 장전시 내부의 공기를 배출하기 위한 Purge plug, IPS head와 Top flange를 연결하기 위한 M10 head bolt, 핵연료 장전시 방향을 안내하기 위한 Guide 등이 설치되어 있다. 재료는 321스테인리스강이며 설계무게는 약 4.57 kg이다.



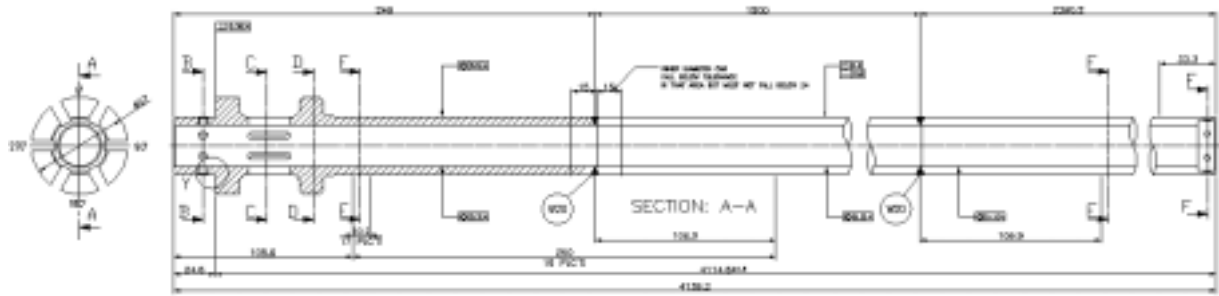


그림 3.2.3 Fuel Carrier Support Stem 제작도면

### 3.2.4 Fuel carrier head

Fuel carrier support stem과 Fuel carrier leg를 연결하는 부분으로 위·아래 모두 Pin hole이 가공되어 있다. 이는 Fuel carrier leg와 Fuel carrier support stem을 따로 제작함으로써 시험완료 이후 Fuel carrier support stem을 계속 사용하기 위함이다. 재료는 321스테인리스강이며 설계무게는 약 0.15 kg이다.

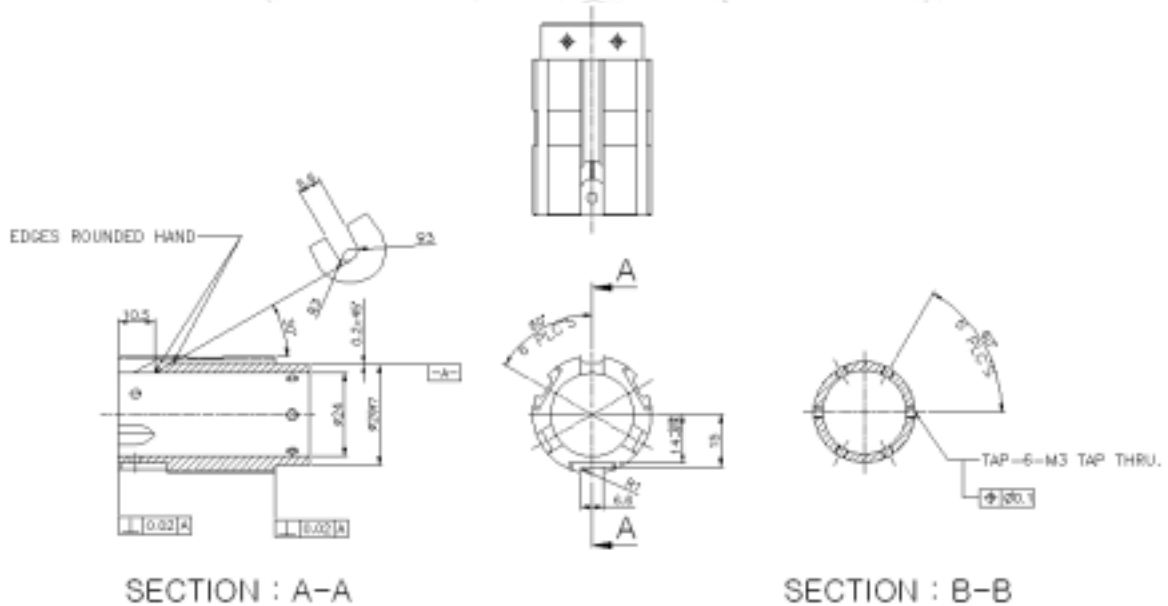


그림 3.2.4 Fuel Carrier Head 제작도면

### 3.2.5 Fuel carrier leg

3개의 Fuel carrier leg는 120° 간격으로 배치되며 4개의 Support ring을 통하여 그 형상을 구속하게 된다. Support ring은 LVDT 지지, 시험핵연료 구속의 기능을 동시에 포함한다. Support ring은 최대 3개의 핵연료가 장착될 수 있도록 설계되었다. 재료는 321스테인리스강이며 설계무게는 약 0.55 kg이다.

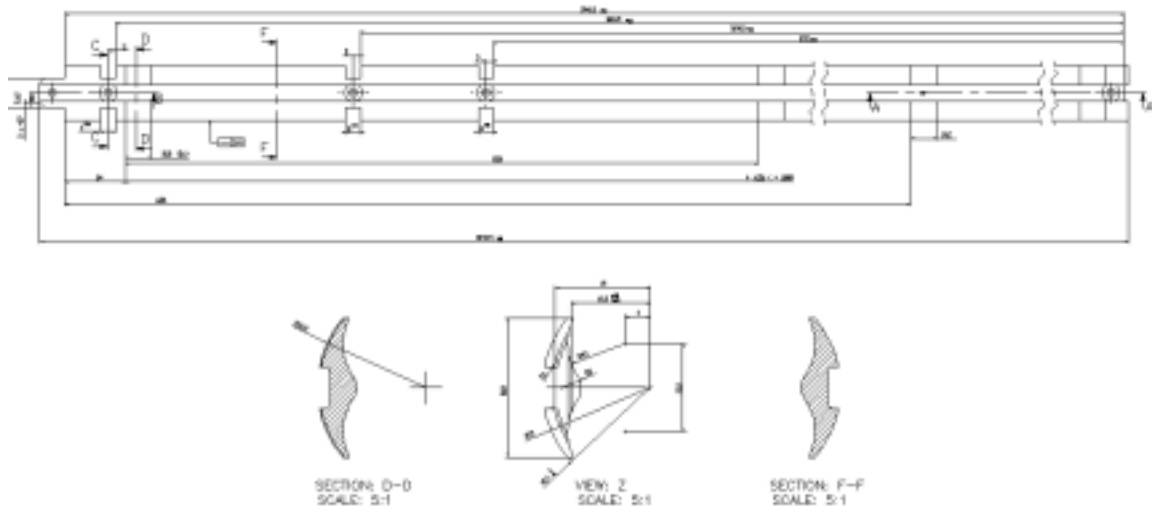


그림 3.2.5 Fuel Carrier Leg 제작도면

### 3.2.6 Thermal sleeve

IPS head, Inner pressure vessel 및 Outer pressure vessel은 6개의 M16 bolt로 연결되어 내부압력을 유지하게 된다. 또한 이러한 연결부위에서 IPS 내부로부터 하나로 수조 수로의 열전달을 막기 위하여 Thermal sleeve를 설계하였으며 IPS head 하단부와 Inner pressure vessel 상단부에 걸쳐 설치하도록 하였다. Thermal sleeve는 Inner ring, Middle ring 및 Outer ring의 3중 구조로 설계하였다. 재료는 321스테인리스강이며 설계무게는 약 0.23 kg이다.

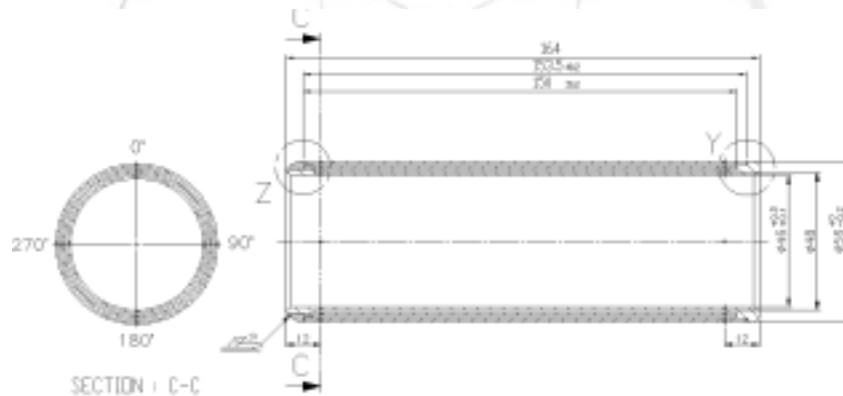


그림 3.2.6 Thermal Sleeve 제작도면

## 3.3 총 조립도

그림 3.3에는 Outer assembly와 Inner assembly에 나타난 부품을 조립한 형상을 나타내었다. Mock-up에서는 IPS assembly는 PWR Dummy fuel 및 PWR Fuel carrier leg를 제작하였다. 이때 IPS assembly 무게는 약 153 kg이며 길이는 5.6 m이다.

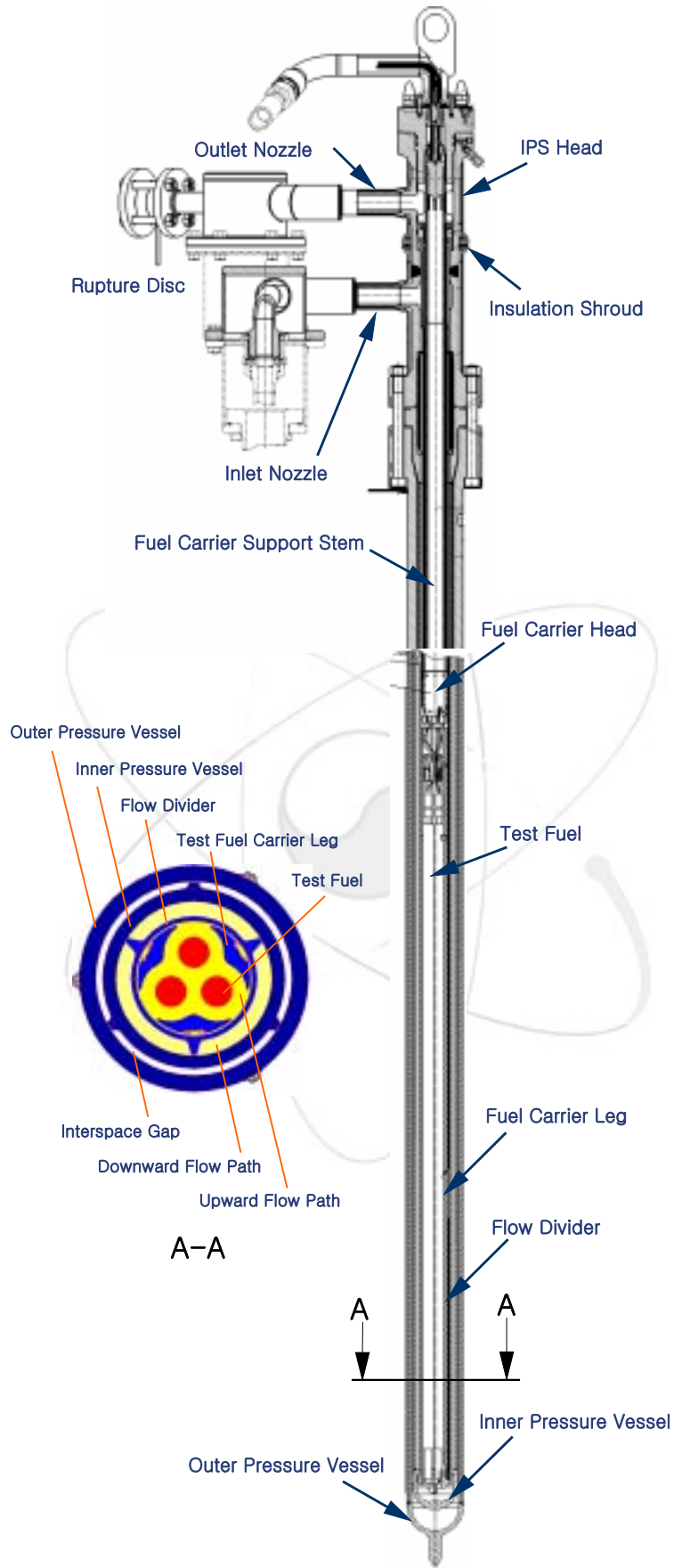


그림 3.3 Cross-Sectional View of IPS

## 제 4 장 노내시험부 Mock-up 제작

### 4.1 시험검사계획

노내시험부 Mock-up은 다음과 같은 시험검사계획에 따라 제작되었다.

- 자재확인
- Cutting
- 단품 기계가공 (Milling, Turning, 연삭 등)
- 정삭가공
- 치수검사
- 가 조립
- 용접
- 검사 (외관검사, 치수검사)
- 완성품 가 조립
- 최종검사 (치수 및 성능검사)
- 포장
- 제작종료 보고서 (EMR) 작성 및 검토

### 4.2 노내시험부 Mock-up 제작 부품

노내시험부 Mock-up 제작도면은 외부조립도 도면 58건, 내부조립도 도면 46건으로 구성되어있으며 이에 대한 구성은 부록 A에 나타내었다. 그림 4.2.1~그림 4.2.8은 Inner Assembly에 해당하는 제작부품을 나타내었으며 그림 4.2.9~그림 4.14는 Outer Assembly에 해당하는 제작부품을 나타내었다. 그림 4.2.1 및 그림 4.2.2에서는 시험핵연료 지지대 역할을 하는 Fuel Carrier Leg의 외면과 내면을 나타내었다.



그림 4.2.1 Fuel Carrier Leg (외면)



그림 4.2.2 Fuel Carrier Leg (내면)



그림 4.2.3의 (가)는 Upper Fuel Support Ring으로써 그림 4.2.4의 (라)의 Lower Fuel Support Ring과 함께 시험핵연료를 지지하게 된다. (나)의 Lower Spring Sub-Assembly는 시험핵연료에 장착되는 LVDT를 지지하는 역할과 동시에 2개의 hole에 봉을 장착하여 LVDT가 장착되지 않은 2개의 시험핵연료의 수직방향 움직임을 제한하게 된다. (다)의 Upper Spring Sub-Assembly는 3개의 봉이 hole에 장착되어 1개는 LVDT가 장착된 시험핵연료봉의 수직방향 움직임을 제한하게 되며 나머지 2개는 Thermocouple line을 안내하는 역할을 하게 된다. (마)는 Fuel Carrier Head로서 Fuel Carrier leg와 Fuel Carrier Support Stem을 연결하는 역할을 하며 Pin으로 연결되도록 하였다.



그림 4.2.3 Fuel Carrier Support Ring      그림 4.2.4 Fuel Carrier Head & Support ring

노내시험부의 Inner Assembly와 Outer Assembly는 그림 4.2.5를 통하여 분리 된다. 이는 Outer Assembly에 해당하는 IPS Head와 Inner Assembly에 해당하는 Top Flange가 M10 Head Bolt로 연결됨에 기인한다. Top Flange는 그림 4.2.6의 Fuel Carrier Support Stem 상부와 bolt로 체결되며, 노내시험부의 주냉각수는 Fuel Carrier Support Stem 상부의 6개 Slot을 통하여 배출되고 이는 출구 노즐로 이동하게 된다.



그림 4.2.5 Top Flange

그림 4.2.6 Top of Fuel Carrier Support Stem

Inner Assembly는 Flow divider의 내부에 장착된다. 주냉각수는 그림 4.2.7에서 나타난 6개의 column을 따라 노내시험부 하부로 이동하도록 되어있다. 그림 4.2.8은 Inner Assembly로부터 나오는 계측선(Thermocouple, SPND, LVDT)들이 노내시험부 바깥으로 통하도록 하는 통로역할과 함께 Inner Assembly를 들어 올릴 수 있는 Lift ring이 설치되어 있다.



그림 4.2.7 Top of Flow Divider



그림 4.2.8 Umbilical Connector

그림 4.2.9에는 IPS Head의 하부를 나타내었다. 그림에서 나타난 6개의 hole은 M16 Bolt가 관통하는 부분이며 이를 통하여 Outer Pressure Vessel과 연결된다. 그림 상단 부분에 주냉각수 입구노즐이 나타나있다. 그림 4.2.10은 IPS Head와 수조수와의 단열을 위한 Shroud Bellows로서 IPS Mock-up에서는 기능상 역할을 하지 않으므로 스테인리스강으로 그 형상만을 가공하여 장착하였다.



그림 4.2.9 Bottom of IPS Head



그림 4.2.10 Shroud Bellows

그림 4.2.11에는 Inner Pressure Vessel의 상단을 나타내었다. 이 부분은 IPS Head와 Outer Pressure Vessel 사이에 끼워지며 주냉각수가 IPS 외부로 유출되는 것을 방지하기 위하여 Helicoflex Seal이 장착된다. 그림 4.2.12는 Inner Pressure Vessel의 최하단 부위를 나타내었다. IPS로 유입되는 주냉각수는 그림에서와 같은 형상을 통하여 중앙으로 수렴될 수 있도록 되어있으며, 주변의 Spacer를 통하여 Outer Pressure Vessel과는 일정한 gap을 유지할 수 있도록 되어있다.



그림 4.2.11 Top of Inner Pressure Vessel    그림 4.2.12 Bottom of Inner Pressure Vessel

그림 4.2.13은 Outer Pressure Vessel의 상부로서 IPS Head와 M16 Bolt로 연결되는 부분 및 IPS 지지대가 부착되는 부분을 나타내었다. IPS 지지대는 400 mm의 tube형태로서 6개 M12 Bolt를 장착하도록 되어있다. Outer Pressure Vessel의 하단은 그림 4.2.13과 같은 형상으로 되어있다. 중앙의 뾰족한 부분은 하나로 유동관의 Spider에 장착되는 부분으로 IPS를 지지하는 역할은 하지 않는다.

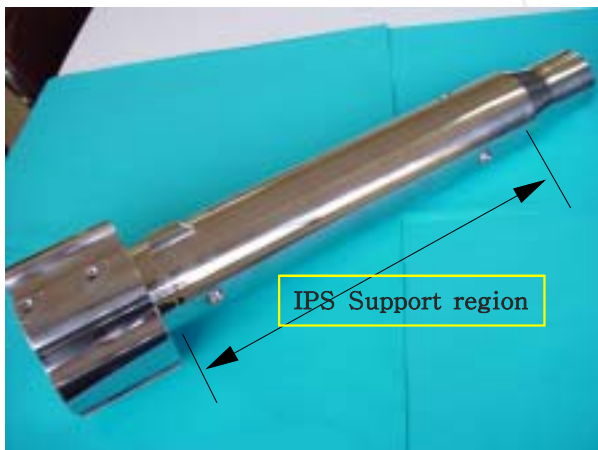


그림 4.2.13 Top of Outer Pressure Vessel    그림 4.2.14 Bottom of Outer Pressure Vessel

### 4.3 용접 및 비파괴 검사

노내시험부 Mock-up 제작을 위한 용접은 ASME 코드를 따라 수행되었다. 용접방법은 GMAW process를 통하여 수행하였다. weld layer 1은 GTAW process를 적용하였으며, weld layer 2는 GMAW process를 적용하였다. 차폐가스는 Ar 98%+ O<sub>2</sub> 2%의 혼합성분으로 하였다. 용접작업은 IPS head, Umbilical connector, Outer pressure vessel, Inner pressure vessel, Fuel carrier support stem, Flow divider에 대하여 이루어졌으며 이에 따라 비파괴 검사가 수행되었다. 액체침투탐상검사는 침투제는 P2 type, 세척제는 R1-3 type, 현상제는 D4 type을 통하여 수행되었으며, 방사선투과검사는 약 42초간의 노출에 대한 후방 Screen 방법을 통하여 수행하였다.

그림 4.3.1은 Outer Pressure Vessel의 용접 전 형상이며, 그림 4.3.2는 Seismic 하중에 대하여 IPS를 구속하기 위하여 Lower Bracket과 체결되는 Pin Lug 부위의 용접 후 상태를 나타내었다.

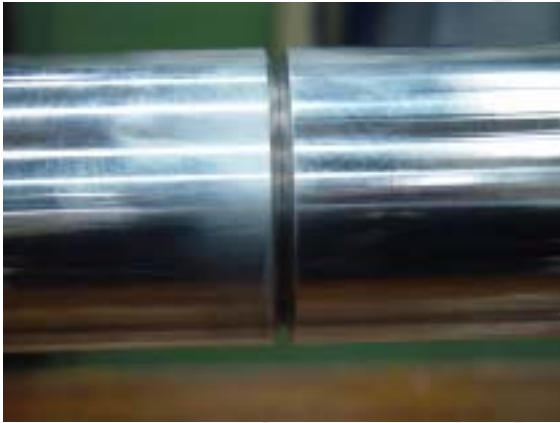


그림 4.3.1 Outer Pressure Vessel

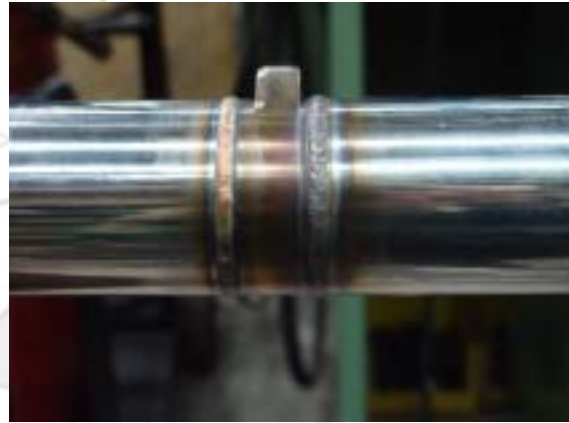


그림 4.3.2 Outer Pressure Vessel

그림 4.3.3은 Fuel Carrier Support Stem의 용접 모습이며 그림 4.3.4는 IPS의 Instrumentation Feedthrough의 Brazing 장면이다. Brazing은 ASME Section IX에 따라 수행되어야 하나 Mock-up에서는 상온·상압의 조건이므로 코드를 따르지 않았다.



그림 4.3.3 Fuel Carrier Support Stem



그림 4.3.4 Brazing of Instrumentation

#### 4.4 Leak test 및 치수검사

Leak test는 18℃의 He gas를 6.0 kg<sub>t</sub>/cm<sup>2</sup>의 압력으로 노내시험부 Mock-up에 주입하여 약 30분간 유지하였다. 시험은 Neon gas inter-space gap 부분과 Main cooling water 유동부분에 대하여 수행하였다. 시험 결과 Neon gas inter-space gap 부분은 leak 발생이 없었으나, Main cooling water 유동부분은 Purge plug 부위에서 leak가 발생하였으며 이는 plug의 불완전나사 부위로 인한 것으로 확인되었다. 따라서 불완전나사 부위를 재가공하여 시험을 다시 수행하였으며 leak는 발생되지 않았다. 노내시험부 Mock-up의 주요부분에 대한 외관 및 치수검사를 수행하였으며 이에 대한 결과는 Inspection report로 제출되었다.

그림 4.4.1은 Neon gas inter-space gap 부분에 대한 leak-test를 수행하는 과정을 나타내었으며, 그림 4.4.2는 Main cooling water 유동부분에 대한 leak-test 수행 모습을 나타내었다.



그림 4.4.1 Leak-Test for Neon gas interspace gap



그림 4.4.2 Leak-Test for Main cooling water

그림 4.4.3은 Leak-test를 위하여 설치된 압력 Gauge를 나타내었으며, 그림 4.4.4는 Leak-test가 수행되고 있는 노내시험부 Mock-up의 전체적인 모습을 나타내었다.



그림 4.4.3 Leak-Test Monitoring Gauge



그림 4.4.4 Leak-Test for IPS Mock-up

## 제 5 장 노내시험부 Mock-up 활용

노내시험부의 상세설계가 완료됨에 따라 노내시험부의 제작성 및 성능 검증을 위한 Mock-up을 제작하였다. 이에 따라 제작도면을 제작하여 설계검증 및 차압, 진동 시험을 수행하고자 한다. 또한 Mock-up 제작을 통하여 용접부위 및 Spacer 부분의 설계도면 미비점을 보완하였으며, 이러한 사항은 향후 노내시험부 제작에 활용될 것이다. 또한 노내시험부 Mock-up에서 기밀 유지가 요구되는 주요 부분에 대해서는 검사성적서 및 제작 절차서를 작성하였다.

노내시험부는 하나로 장착에 앞서 노외시험을 통한 하나로 운전제한요건 및 자체 성능 검증 시험을 수행하여야 한다. 이를 위하여 노내시험부 Mock-up이 활용될 것이며 다음과 같은 시험을 수행하는데 활용될 수 있을 것이다.

### 5.1 하나로 유동관 차압시험

노내시험부는 IR-1 조사공에 설치되며 하나로 운전제한 요건이 만족됨을 확인하여야 한다. “수조입구와 유동관 출구의 차압은 유량 19.6 kg/s에서 209 kPa 이상”일 것이라는 요건을 IR-1 유동관에 적용할 경우 유량 12 kg/s에서  $\Delta P=198$  kPa 이면 만족되는 것으로 나타났다. 이러한 시험을 위하여 기존에 설치되어 있는 1-Channel 유동시험장치를 활용하고자 한다. 정상운전 상태의 평가 및 Cold 운전상태로의 불확실성 등을 고려하여 약 1.0 kg/s~10.0 kg/s의 유량 범위에 대하여 측정을 수행할 예정이다. 그림 5.1에는 하나로 유동관 차압시험을 수행하기 위한 시험장치의 설계를 나타내었다.

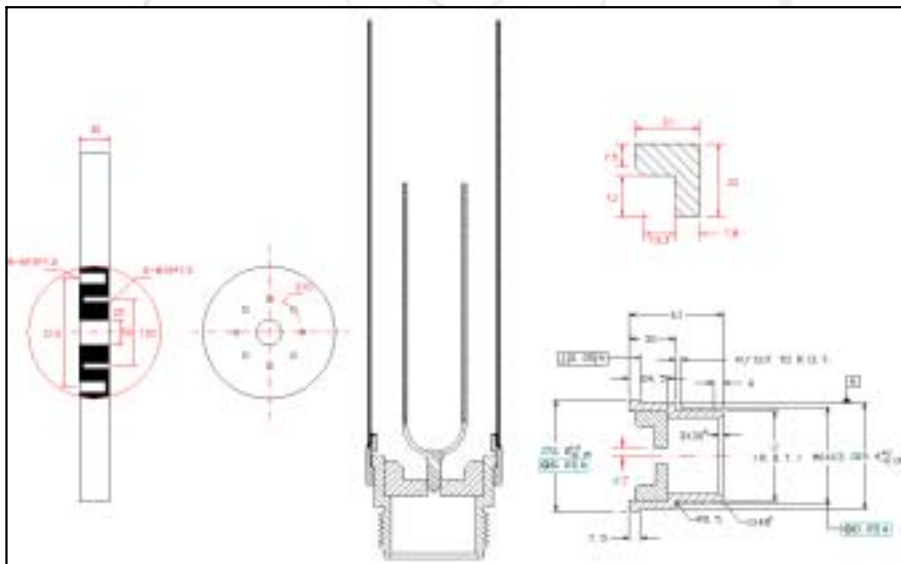


그림 5.1 Design of Pressure Drop Test for Flow Tube in HANARO

## 5.2 노내시험부 Mock-up 내부차압시험

노내시험부 입구 및 출구에서의 차압을 측정하여 설계 data 및 사고해석 data와 비교하고자 한다. 노내시험부는 유량 1.6 kg/s, 온도 300℃에서 약 320 kPa의 차압이 발생하는 것으로 설계되었다. 한편 Mock-up 시험은 상온에서 수행되므로 유량 2.2 kg/s, 온도 20℃에서 약 490 kPa으로 시험조건을 보정하여 수행할 예정이다. 시험을 위한 배관의 Layout은 그림 5.2.1에 나타내었다.

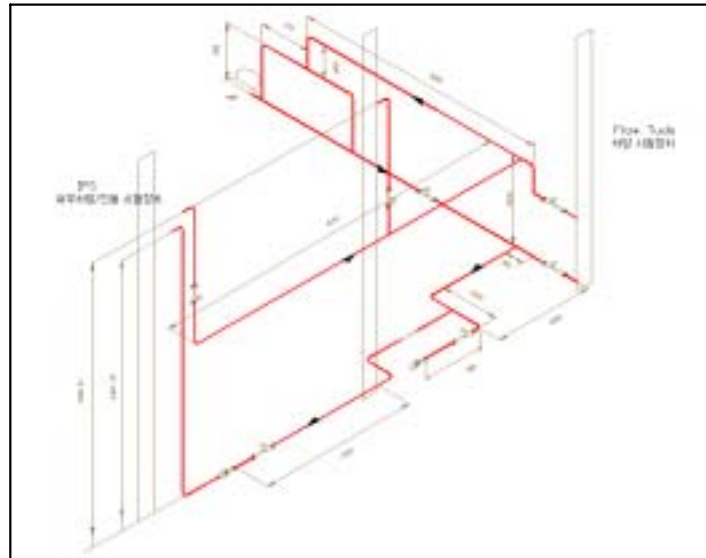


그림 5.2.1 Piping Layout for IPS Mock-up Test

## 5.3 노내시험부 Mock-up 내부집합체 진동시험

내부진동시험은 냉각수의 유동에 의하여 과도한 진동이 발생하는지에 대한 확인을 목적으로 하며 이를 위하여 핵연료 지지대에 진동센서를 장착하여 시험대상체의 최대변위가 0.5 mm이하로 나타나는 것을 확인하고자 한다.

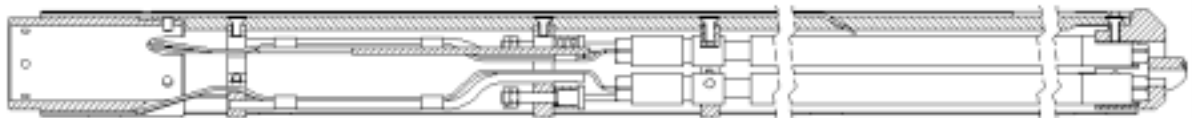


그림 5.3.1 노내시험부 Mock-up 내부집합체

## 제 6 장 결 론

노내시험부의 Mock-up은 설계의 타당성 및 제작가능성을 검증하고 나아가 설계 검증 시험을 수행하는 것을 목적으로 제작하였다. 이를 위하여 상세설계도면에 근거한 제작도면을 작성하였다. 노내시험부 Mock-up은 제작도면은 ‘내부조립도 및 외부조립도’로 구성된다. 내부조립도는 IPS head, Outer pressure vessel, Inner pressure vessel 및 Flow divider의 sub-assembly로 구성되며 외부조립도는 Top flange, Umbilical connector, Fuel carrier support stem & Carrier 및 Feedthrough & Thermal sleeve로 구성된다. 설계도면과 다르게 제작된 부분은 표 6.1과 같다. 이러한 사항은 향후 제작될 노내시험부 제작에는 적용될 수 없으며 특히 용접부위에 있어 상세설계도면을 충실히 반영할 수 있는 방법은 모색되어야 할 것으로 나타났다.

**표6.1 노내시험부설계사항및 노내시험부Mock-up제작사항비교**

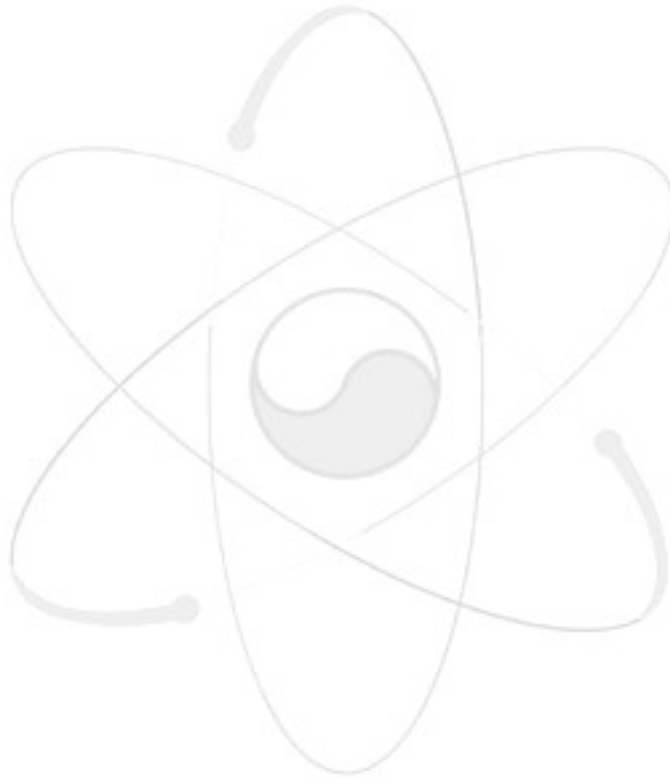
구분	부품	제작	설계
용접	Outer Pressure Vessel	4 Parts	2 Parts
	Inner Pressure Vessel	6 Parts	1 Part
	Flow Divider	9 Parts	1 Part
	Fuel Carrier Support Stem	2 Parts	1 Part
Brazing	Instrumentation Feedthrough	Non-Code	ASME IV Code
계측라인	Thermocouple, SPND, LVDT	1 mm Wire	Instrumentation line
Shroud Bellows	Shroud Bellows	모의형상 제작 (Stainless Steel)	구매 (제작사: Witzenmann)
Sealing	Sealing	O-ring	Helicoflex Seal (제작사: Garlock)
Hiltap	Hiltap	모의형상 제작 (Stainless Steel)	구매 (제작사: Hiltap)

노내시험부 Mock-up 용접은 GMAW(Gas Metal Arc Welding) process를 통하여 수행하였으며 이에 따라 비파괴 검사가 수행되었다. Leak test는 He gas를 6.0 kg/cm<sup>2</sup>의 압력으로 Neon gas inter-space gap 부분과 Main cooling water 유동부분에 주입하여 약 30분간을 유지하면서 수행하였다. 시험 결과 Main cooling water 유동부분은 Purge plug 부위에서의 불완전나사 부위로 인한 leak가 발생되었다. 따라서 불완전나사 부위를 재가공하여 시험을 다시 수행하였으며 이에 따라 leak는 발생되지 않았다. 향후 제작될 노내시험부는 고압의 조건에서 운전되므로 노내시험부 Mock-up과 같은 누설이 발생되지 않도록 제작에 있어 각별한 관리가 이루어져야 할 것이다. 또한 노내시험부 Mock-up에 대해서는 차압시험 및 진동시험을 수행할 계획이며, 이에 따른 결과는 하나로 ‘운전제한요건’ 확인 및 설계검증 자료로 활용될 것이다.

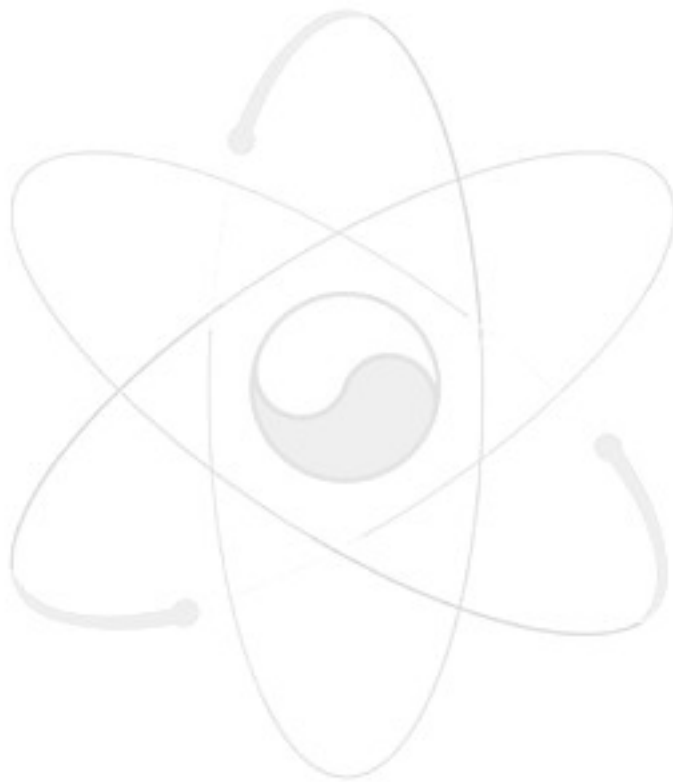


## 참고문헌

1. ASME B&PV Section III Div. 1 Sub. NB - Class 1 Components, 2001
2. Design specification for In-Pool Section(IPS), HAN-FL-E-310-DD-R001, Rev. 1, 2005.
3. Welding Plan for IPS Assembly, HAN-FL-E-310-LX-R004, Rev. 0, 2004.
4. Data Sheet for Shroud Bellows Sub-Assembly, HAN-FL-E-310-DS-R007, Rev. 0, 2005.
5. Data Sheet for Hiltap Connectiors, HAN-FL-E-300-DS-R011, Rev. 0, 2005.
6. In-Pool Parts 3 Pin FTL IPS Assembly, HAN-FL-310-NG-R001, Rev. 1, 2005



## 부록 A : 노내시험부 Mock-up 제작 부품 List



	제품명	KAERI Drawing No.	NUKEM Drawing	DPI 검토도면	Rev.	수량	재질 및 규격	Code
	IPS Assembly	HAN-FL-310-NG-R000		HAN-FL-310-NG-R000		1	IPS 전체임이거 나터난 조립도	
	IPS Assembly	HAN-FL-310-NG-R001	OH 99C143/2	HAN-FL-310-NG-R000-1	A	1	see sub-assembly drawing	
	<b>OUTER ASSEMBLY</b>							
	Head sub-assembly	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1		1	see sub-assembly drawing	
	IPS HEAD	HAN-FL-310-NG-R003	OH99C143/34	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-1	A	1	ASEM III SA-306 Grade F321	
	IPS HEAD Upper Part	HAN-FL-310-NG-R003		HAN-FL-310-NG-R00 1-1-1-1		1		
	IPS HEAD Lower Part	HAN-FL-310-NG-R003		HAN-FL-310-NG-R00 1-1-1-2		1		
	Shroud Bellows Sub-ass'y	HAN-FL-310-NG-R003		HAN-FL-310-NG-R00 1-1-1-3		1		
	Flange-1	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-2		2	ASME II SA-182 Grade F316L	
	Flange-2	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-3		1	ASME II SA-182 Grade F316L	
	Housing End Plate	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-4		1	ASME II SA-182 Grade F316L	
	Pipe T			HAN-FL-310-NG-R00 1-1-5		1	ASME II SA-312 Grade F316L	
	Pipe T Schedule 40s-Length 95			HAN-FL-310-NG-R00 1-1-6		1	ASME II SA-312 Grade F316L	
	Pipe T Schedule 40s-Length 51,9			HAN-FL-310-NG-R00 1-1-7		1	ASME II SA-312 Grade F316L	
	Pipe T Schedule 40s-Length 75			HAN-FL-310-NG-R00 1-1-8		1	ASME II SA-312 Grade F316L	
	Pipe T Schedule 80s-(bended)	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-9		1	ASME II SA-312 ASME III NO	
	Pipe T Schedule 80s-(bended)	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-10		1	ASME II SA-312 ASME III NO	
	Pipe T 57 x2 -length 46	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-11		1	ASME II SA-312 Grade F316L	
	Pipe T 57 x2 -length 19	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-12		1	ASME II SA-312 Grade F316L	
	Pipe T 57 x2 (bended)	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-13		1	ASME II SA-312 Grade F316L	
	Pipe T 57 x2 (bended)	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-14		1	ASME II SA-312 Grade F316L	
	Tube 133 x3 -length 95	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-15		1	ASME II SA-312 Grade F316L	
	Tube 133 x3 -length 95	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-16		1	ASME II SA-312 Grade F316L	
	45° Elbow LR T Schedule 40 S		ANSI B 16.9	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-17		1	ASME II SA-403 Grade WP316L	
	90° Elbow LR T Schedule 40 S		ANSI B 16.9	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-18		1	ASME II SA-403 Grade WP316L	
	90° Elbow LR T Schedule 80 S		ANSI B 16.9	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-19		2	ASME II SA-403 ASME III NO	
	Shroud shell R44.45x2x100	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-20		1	ASME II SA-312 Grade F316L	
	Shroud shell R44.45x2x178	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-21		1	ASME II SA-312 Grade F316L	
	Shroud shell with side pipe-R44.45x2x178	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-22		1	ASME II SA-312 Grade F316L	
	Shroud shell with side pipe-R44.45x2x100	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-23		1	ASME II SA-312 Grade F316L	
	Reducer	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-24		1	ASME II SA-306 Grade F316L	
	Reducer	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-25		1	ASME II SA-306 Grade F316L	
	Ring	HAN-FL-310-NG-R003	OH 99C143/4	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-26		2	ASME II SA-306 Grade F316L	
	M8x8 set screw with flat point			HAN-FL-310-NG-R00 1-1-27		1	ASME II SA-193 Grade B8T	
	Slip -on Flange		ASME B 16.5 DN 25 CL	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-28		2	ASME II SA-182 Grade F316L	
	Hitap T sch 80 buft welded			HAN-FL-310-NG-R00 1-1-29		2	ASME II SA-A 479ASME III NO	
	Male connector SS-400-1-2Rs		Swagelok	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-30		2	ASME II SA-479 Grade 316	
	Thermolok Seal Gland MG 10		Thmnooax	HAN-FL-310-NG-R00 1-1-31		1	316L	

	<b>OUTER PRESSURE VESSEL</b>	HAN-FL-310-WG-R004	OH 99C143/5	HAN-FL-310-WG-R00 1-2	A	1	
	Bottom		OH 99C143/5	HAN-FL-310-WG-R00 1-2-1		1	ASME II SA-336 o ASME III NB
	Tube		OH 99C143/5	HAN-FL-310-WG-R00 1-2-2		1	ASME II SA-336 o ASME III NB
	Tube		OH 99C143/5	HAN-FL-310-WG-R00 1-2-3		1	ASME II SA-336 o ASME III NB
	Top		OH 99C143/5	HAN-FL-310-WG-R00 1-2-4		1	ASME II SA-336 o ASME III NB
	Male connector SS-400-1-2RS		Swagelok	HAN-FL-310-WG-R00 1-2-5		1	ASME II SA-479 Grade 316
	Male connector SS-400-1-2RS		Swagelok	HAN-FL-310-WG-R00 1-2-6		1	ASME II SA-479 ASME III ND
	Core Bottom SPND(HAN-FL-310-N-NE-007)	HAN-FL-E-310-DS-R011		HAN-FL-310-WG-R00 1-2-7		1	
	Core centreline SPND(HAN-FL-310-N-NE-007)	HAN-FL-E-310-DS-R011		HAN-FL-310-WG-R00 1-2-8		1	
	Core top SPND(HAN-FL-310-N-NE-001)	HAN-FL-E-310-DS-R011		HAN-FL-310-WG-R00 1-2-9		1	
	Core Bottom SPND(HAN-FL-310-N-NE-008)	HAN-FL-E-310-DS-R011		HAN-FL-310-WG-R00 1-2-10		1	
	Core centreline SPND(HAN-FL-310-N-NE-005)	HAN-FL-E-310-DS-R011		HAN-FL-310-WG-R00 1-2-11		1	
	Core top SPND(HAN-FL-310-N-NE-002)	HAN-FL-E-310-DS-R011		HAN-FL-310-WG-R00 1-2-12		1	
	Core Bottom SPND(HAN-FL-310-N-NE-000)	HAN-FL-E-310-DS-R011		HAN-FL-310-WG-R00 1-2-13		1	
	Core centreline SPND(HAN-FL-310-N-NE-006)	HAN-FL-E-310-DS-R011		HAN-FL-310-WG-R00 1-2-14		1	
	Core top SPND(HAN-FL-310-N-NE-003)	HAN-FL-E-310-DS-R011		HAN-FL-310-WG-R00 1-2-15		1	
	Retaining bands		Sheet metal 15*10*1	HAN-FL-310-WG-R00 1-2-16		As Req	ASME II SA-240 Grade 316L or
	Washer 2mm thick for M16 screw			HAN-FL-310-WG-R00 1-2-17		6	ASME II SA-240 UNS-S31603
	Socket Head Cap Screw M16 x2.0 x180			HAN-FL-310-WG-R00 1-2-18		6	ASME II SB-637 UNS-W07718
	Hexagon Nut M16 x2.0			HAN-FL-310-WG-R00 1-2-19		6	ASME II SB-637 UNS-W07718
	Helicoflex Seal type HN100 Rwf ND150		82,5 o/d x 80 id x 2,6m	HAN-FL-310-WG-R00 1-2-20		1	Spring :Nimonic 90 Outer Lining
	Helicoflex Seal type HN100 Rwf ND100		95,7 o/d x 91,5id x 2,6m	HAN-FL-310-WG-R00 1-2-21		1	Spring :Nimonic 90 Outer Lining
	<b>INNER PRESSURE VESSEL</b>	HAN-FL-310-WG-R005	OH 99C143/6	HAN-FL-310-WG-R00 1-3	A	1	
	Bottom		OH 99C143/6	HAN-FL-310-WG-R00 1-3-1		1	ASME II SA-336 o ASME III NB
	Tube		OH 99C143/6	HAN-FL-310-WG-R00 1-3-2		1	ASME II SA-336 o ASME III NB
	Top		OH 99C143/6	HAN-FL-310-WG-R00 1-3-3		1	ASME II SA-336 o ASME III NB
	Thimolok Seal Gland MG 10		Thimocoax	HAN-FL-310-WG-R00 1-3-4		1	316L
	Helicoflex Seal type HN100 Rwf ND150		82,5 o/d x 80 id x 2,6m	HAN-FL-310-WG-R00 1-3-5		1	Spring :Nimonic 90 Outer Lining
	Helicoflex Seal type HN100 Rwf ND100		95,7 o/d x 91,5id x 2,6m	HAN-FL-310-WG-R00 1-3-6		1	Spring :Nimonic 90 Outer Lining
	<b>FLOW DIVIDER</b>	HAN-FL-310-WG-R006	OH 99C143/7	HAN-FL-310-WG-R00 1-4	A	1	
	Top		OH 99C143/7	HAN-FL-310-WG-R00 1-4-1		1	ASME II SA-479 Grade 316L
	Lower Tube		OH 99C143/7	HAN-FL-310-WG-R00 1-4-2		1	ASME II SA-479 Grade 316L
	Upper Tube		OH 99C143/7	HAN-FL-310-WG-R00 1-4-3		1	ASME II SA-479 Grade 316L
	FLOW DIVIDER LOCKING RING	HAN-FL-310-WG-R008	1H89C143/39	HAN-FL-310-WG-R00 1-4-4	A	1	see table
	Locking ring		1H89C143/39	HAN-FL-310-WG-R00 1-4-4-1		1	ASEM II SA-479 UNS-S21600
	Modified Hexagon socket head cap		1H89C143/39	HAN-FL-310-WG-R00 1-4-4-2		3	ASEM II SA-193 Grade B&S Cla
	Helicoll tangles free running screw		1H89C143/39	HAN-FL-310-WG-R00 1-4-4-3		3	304
	Retaining bands		Sheet metal 10*10*0	HAN-FL-310-WG-R00 1-4-5		17	ASME II SA-240 UNS-S31603

		<b>Lower spring sub-assembly</b>	HAN-FL-E-310-NG-R023	SH99C143/24	HAN-FL-310-NG-R00 2-4-8	A	1	see sub-assembly drawing
		LOWER spring support ring	HAN-FL-E-310-NG-R024	1H99C143/25	HAN-FL-310-NG-R00 2-4-8-1	A	1	ASEMII SA-479 orASEMIII NG
		LOWER SHAFT	HAN-FL-E-310-NG-R025	SH99C143/26	HAN-FL-310-NG-R00 2-4-8-2	A	2	ASEMIII SA-479 orASEMIII NG
		hexagon nut M3x05			HAN-FL-310-NG-R00 2-4-8-3		4	ASME II SA-396 Grade B8T cla
		pwr compression spring		data sheet HAN-FL-	HAN-FL-310-NG-R00 2-4-8-4		2	XTCrNAI 17-7/1,4568
		Retaining band		sheet metal 19*7*0.1	HAN-FL-310-NG-R00 2-4-9		7	ASME II SA-240 UNS-S31603
		Retaining band		sheet metal 104*10*	HAN-FL-310-NG-R00 2-4-10		1	ASME II SA-240 UNS-S31603
		Retaining band		sheet metal 18*10*0	HAN-FL-310-NG-R00 2-4-11		18	ASME II SA-240 UNS-S31603
		Ø3*0.002/-0.004xlong Parallel Pin			HAN-FL-310-NG-R00 2-4-12		3	ASME II SA-479 UNS-S31603
		Hexagon socket countersunk head screw M			HAN-FL-310-NG-R00 2-4-13		6	ASME II SA-193 Grade B8T Cla
		Hexagon socket countersunk head screw M			HAN-FL-310-NG-R00 2-4-14		6	ASME II SA-193 Grade B8T Cla
		pwr Thermocouple Fuel Pin	HAN-FL-310-NG-R010	SH99C143/11	HAN-FL-310-NG-R00 2-4-15		2	
		pwr Fully Thermocouple Fuel Pin	HAN-FL-310-NG-R010	SH99C143/11	HAN-FL-310-NG-R00 2-4-16		1	
		<b>INSTRUMENTATION FEEDTHROUGH</b>	HAN-FL-310-NG-R039	SH99C143/40	HAN-FL-310-NG-R00 2-5	A	1	see table
		Sealing Plug	HAN-FL-310-NG-R046	SH99C143/47	HAN-FL-310-NG-R00 2-5-1	A	1	ASEMII SA-479 G ASEMIII NB
		Upper connecting bar	HAN-FL-310-NG-R047	SH99C143/48	HAN-FL-310-NG-R00 2-5-2	A	1	ASEMIII SA-479 Grade 316L
		Lower connecting bar	HAN-FL-310-NG-R052	SH99C143/53	HAN-FL-310-NG-R00 2-5-3	A	1	ASEMII SA-479 Grade 316L
		Upper Guide	HAN-FL-310-NG-R048	SH99C143/49	HAN-FL-310-NG-R00 2-5-4	A	1	ASEMIII SA-479 Grade 316L
		Lower Guide	HAN-FL-310-NG-R049	SH99C143/50	HAN-FL-310-NG-R00 2-5-5	A	1	ASEMII SA-479 Grade 316L
		INSTRUMENTATION FEEDTHROUGH LOCKING	HAN-FL-310-NG-R040	SH99C143/41	HAN-FL-310-NG-R00 2-5-6	A	1	ASEMIII SA-193 Grade B&S Cla
		Inlet thermocouple(HAN-FL-310-N-YE-005)			HAN-FL-310-NG-R00 2-5-7		1	See Date Sheet HAN-FL-E-310-
		Core mid-height thermocouple(HAN-FL-310-N			HAN-FL-310-NG-R00 2-5-8		1	See Date Sheet HAN-FL-E-310-
		SPND)(HAN-FL-310-N-NE-010)			HAN-FL-310-NG-R00 2-5-9		1	See Date Sheet HAN-FL-E-310-
		Fuel Centre thermocouple (HAN-FL-310-N-YE			HAN-FL-310-NG-R00 2-5-10		1	See Fuel Pin Drawing
		Outlet thermocouple(HAN-FL-310-N-YE-008)			HAN-FL-310-NG-R00 2-5-11		1	See Date Sheet HAN-FL-E-310-
		Inlet thermocouple(HAN-FL-310-N-YE-006)			HAN-FL-310-NG-R00 2-5-12		1	See Date Sheet HAN-FL-E-310-
		Fuel Centre thermocouple (HAN-FL-310-N-YE			HAN-FL-310-NG-R00 2-5-13		1	See Fuel Pin Drawing
		SPND)(HAN-FL-310-N-NE-011)			HAN-FL-310-NG-R00 2-5-14		1	See Date Sheet HAN-FL-E-310-
		Outlet thermocouple(HAN-FL-310-N-YE-009)			HAN-FL-310-NG-R00 2-5-15		1	See Date Sheet HAN-FL-E-310-
		Fuel Centre thermocouple (HAN-FL-310-N-YE			HAN-FL-310-NG-R00 2-5-16		1	See Fuel Pin Drawing
		Outlet thermocouple(HAN-FL-310-N-YE-010)			HAN-FL-310-NG-R00 2-5-17		1	See Date Sheet HAN-FL-E-310-
		Inlet thermocouple(HAN-FL-310-N-YE-007)			HAN-FL-310-NG-R00 2-5-18		1	See Date Sheet HAN-FL-E-310-
		SPND)(HAN-FL-310-N-NE-012)			HAN-FL-310-NG-R00 2-5-19		1	See Date Sheet HAN-FL-E-310-
		LVDT-Lead1(HAN-FL-310-N-2E-001)			HAN-FL-310-NG-R00 2-5-20		1	See Fuel Pin Drawing
		LVDT-Lead2(HAN-FL-310-N-2E-001)			HAN-FL-310-NG-R00 2-5-21		1	See Fuel Pin Drawing
		<b>THERMAL SLEEVE</b>	HAN-FL-310-NG-R044	SH99C143/45	HAN-FL-310-NG-R00 2-6	A	1	see table
		Inner ring		SH99C143/45	HAN-FL-310-NG-R00 2-6-1		1	ASEMIII SA-479 Grade 316L
		Middle Ring		SH99C143/45	HAN-FL-310-NG-R00 2-6-2		1	ASEMII SA-479 Grade 316L
		Outer ring		SH99C143/45	HAN-FL-310-NG-R00 2-6-3		1	ASEMIII SA-479 Grade 316L
		Ring		SH99C143/45	HAN-FL-310-NG-R00 2-6-4		1	ASEMII SA-479 Grade 316L

INNER ASSEMBLY				HAN-FL-310-NG-R00	2		
	<b>Top Flange Assy</b>	HAN-FL-310-NG-R002	OH 99C143/3	HAN-FL-310-NG-R00	2-1		1
	Top Flange	HAN-FL-310-NG-R002		HAN-FL-310-NG-R00	2-1-1		1 ASME II SA-336 o ASME II NB
	M6x8 Set Screw			HAN-FL-310-NG-R00	2-1-2		4 ASME II SA-193 ASME II NB
	PURGE PLUG	HAN-FL-310-NG-R042	3H99C143/43	HAN-FL-310-NG-R00	2-1-3	A	2 ASEM II SA-193 G ASEM III MB
	INTERSPACE TEST PLUG	HAN-FL-310-NG-R043	3H99C143/44	HAN-FL-310-NG-R00	2-1-4	A	1 ASEM II SA-193 G ASEM III MB
	GUIDE	HAN-FL-310-NG-R050	3H99C143/51	HAN-FL-310-NG-R00	2-1-5	A	2 ASEM II SA-240 UMS-S31603
	PIN	HAN-FL-310-NG-R051	3H99C143/52	HAN-FL-310-NG-R00	2-1-6	A	2 ASEM II SA-240 UMS-S31603
	PLUG COVER PLATE	HAN-FL-310-NG-R041	3H99C143/42	HAN-FL-310-NG-R00	2-1-7	A	3 ASEM II SA-479 Grade 316L
	Socket Head Cap Screw M6 x1,0 x10			HAN-FL-310-NG-R00	2-1-8		10 ASME II SA-3193M Grade 88S
	Bonded seal for male RS fittings		SS-2-RS-2V(Swage)	HAN-FL-310-NG-R00	2-1-9		3 inner ring FKM bonded to 316 o
	O-Ring		DIN 3771_Sortenmerk	HAN-FL-310-NG-R00	2-1-10		2 Viton 500
	O-Ring		DIN 3771_Sortenmerk	HAN-FL-310-NG-R00	2-1-11		2 Viton 500
	O-Ring		DIN 3771_Sortenmerk	HAN-FL-310-NG-R00	2-1-12		1 Viton 500
	<b>UMBILICAL CONNECTOR</b>	HAN-FL-310-NG-R036	3H99C143/37	HAN-FL-310-NG-R00	2-2	A	1 see table
	Top		3H99C143/37	HAN-FL-310-NG-R00	2-2-1		1 ASEM II SA-479 Grade 321
	Tube		3H99C143/37	HAN-FL-310-NG-R00	2-2-2		1 ASEM II SA-479 Grade 321
	Pipe 1" Schedule 80 (banded)		3H99C143/37	HAN-FL-310-NG-R00	2-2-3		1 ASEM II SA-479 Grade 321
	Adapter		3H99C143/37	HAN-FL-310-NG-R00	2-2-4		1 ASEM II SA-479 Grade 321
	LIFTING EYE	HAN-FL-310-NG-R035	3H99C143/36	HAN-FL-310-NG-R00	2-2-5	A	1 ASEM II SA-479 Grade 316L
	HEAD BOLT	HAN-FL-310-NG-R037	3H99C143/38	HAN-FL-310-NG-R00	2-2-6	A	6 ASEM II SB-657 U ASEM III MB
	Socket Head Cap Screw M6 x1,0 x20			HAN-FL-310-NG-R00	2-2-7		6 ASME II SA-3193M Grade 88S
	Socket Head Cap Screw M6 x1,0 x25			HAN-FL-310-NG-R00	2-2-8		8 ASME II SA-3193M Grade 88S
	Bonded seal for male RS fittings		SS-16-RS-2V(Swage)	HAN-FL-310-NG-R00	2-2-9		1 inner ring FKM bonded to 316 o
	hose adapter		DIN EN ISO 8434-1 lig	HAN-FL-310-NG-R00	2-2-10		1
	O-Ring		DIN 3771_Sortenmerk	HAN-FL-310-NG-R00	2-2-11		1 Viton 500
	O-Ring		DIN 3771_Sortenmerk	HAN-FL-310-NG-R00	2-2-12		1 Viton 500
	<b>FUEL CARRIER SUPPORT STEM</b>	HAN-FL-310-NG-R007	OH 99C143/8	HAN-FL-310-NG-R00	2-3	A	1
	Top		OH 99C143/8	HAN-FL-310-NG-R00	2-3-1		1 ASME II SA-479 ASME II NG
	Tube		OH 99C143/8	HAN-FL-310-NG-R00	2-3-2		1 ASME II SA-479 ASME II NG
	<b>PWR FUEL CARRIER</b>	HAN-FL-310-NG-R008	OH 99C143/9	HAN-FL-310-NG-R00	2-4	A	1
	Fuel carrier head	HAN-FL-310-NG-R012	1H99C143/13	HAN-FL-310-NG-R00	2-4-1		1 see part drawing
	Fuel carrier leg (mid-height thermocouple p	HAN-FL-310-NG-R013	1H99C143/14	HAN-FL-310-NG-R00	2-4-2		1 see part drawing
	Fuel carrier leg (pwr)	HAN-FL-310-NG-R014	1H99C143/15	HAN-FL-310-NG-R00	2-4-3		2 see part drawing
	Lower fuel supporting ring(pwr)	HAN-FL-310-NG-R017	3H99C143/18	HAN-FL-310-NG-R00	2-4-4		1 see part drawing
	Upper fuel supporting ring(pwr)	HAN-FL-310-NG-R019	3H99C143/20	HAN-FL-310-NG-R00	2-4-5		1 see part drawing
	Countersunk socket head screw M3 x0,5 x			HAN-FL-310-NG-R00	2-4-6		6 ASME II SA-3193M Grade 88T c
	<b>Upper spring sub-assembly</b>	HAN-FL-E-310-NG-R021	3H99C143/22	HAN-FL-310-NG-R00	2-4-7	A	1 see sub-assembly drawing
	UPPER SPRING MOUNT(pwr)	HAN-FL-E-310-NG-R028	1H99C143/29	HAN-FL-310-NG-R00	2-4-7-1	A	1 see table
	UPPER SPRING SUPPORT	HAN-FL-E-310-NG-R029	1H99C143/30	HAN-FL-310-NG-R00	2-4-7-1-1	A	2 ASEM II SA-479 or ASEM III NG
	Round stock			HAN-FL-310-NG-R00	2-4-7-1-2		2 ASME II SA-479 UNS-S31603
	Round stock			HAN-FL-310-NG-R00	2-4-7-1-3		1 ASME II SA-479 UNS-S31603
	Upper shaft(pwr)	HAN-FL-E-310-NG-R031	3H99C143/32	HAN-FL-310-NG-R00	2-4-7-2	A	1 ASEM II SA-479 or ASEM III NG
	hexagon nut M3x0,5			HAN-FL-310-NG-R00	2-4-7-3		2 ASME II SA-336 Grade 88T cla
	pwr compression spring		data sheet HAN-FL-	HAN-FL-310-NG-R00	2-4-7-4		1 XCHNIAI 17-0/1,4568

서 지 정 보 양 식					
수행기관보고서번호	위탁기관보고서번호	표준보고서번호	INIS주제코드		
KAERI/TR-3509/2005					
제목 / 부제 : 3-Pin 핵연료 노내조사시험설비의 노내시험부 Mock-up 제작					
연구책임자 및 부서명 (TR,AR인경우 주저자)	이종민		하나로 이용기술개발부		
연구자 및 부서명	박국남, 지대영 심봉식, 박수기 안성호, 이정영 김영진		하나로 이용기술개발부		
발행지	대전	발행기관	한국원자력연구소	발행일	2005. 10
페이지	28 p.	도표	유(0), 무( )	크기	18×26Cm
참고사항					
비밀여부	공개(0) , 대외비( ) , - - 급비밀		보고서종류	기술보고서	
연구위탁기관			계약번호		
<p>초록</p> <p>노내시험부 Mock-up은 설계의 타당성 및 제작가능성을 검증하고 나아가 설계 검증 시험을 수행하는 것을 목적으로 2003년 말 대우정밀(주)과 계약에 따라 수행되었다. 제작을 위하여 상세설계도면에 근거한 제작도면을 작성하였다. 노내시험부 Mock-up은 제작도면은 ‘내부조립도 및 외부조립도’로 구성된다. 내부조립도는 IPS head, Outer pressure vessel, Inner pressure vessel 및 Flow divider의 sub-assembly로 구성되며 외부조립도는 Top flange, Umbilical connector, Fuel carrier support stem &amp; Carrier 및 Feedthrough &amp; Thermal sleeve로 구성된다. 제작과정에서 설계도면과 다르게 제작된 tube 부분은 향후 제작될 노내시험부 제작에는 적용될 수 없으며 특히 용접부위에 있어 상세설계도면을 충실히 반영할 수 있는 방법은 모색되어야 할 것으로 나타났다.</p> <p>노내시험부 Mock-up 용접은 GMAW(Gas Metal Arc Welding) process를 통하여 수행하였으며 이에 따라 비파괴 검사가 수행되었다. Leak test는 He gas를 6.0 kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup>의 압력으로 Neon gas inter-space gap 부분과 Main cooling water 유동부분에 주입하여 약 30분간을 유지하면서 수행하였다. 또한 노내시험부 Mock-up에 대해서는 차압시험 및 진동시험을 수행할 계획이며, 이에 따른 결과는 하나로 ‘운전제한 요건’ 확인 및 설계검증 자료로 활용될 것이다.</p>					
주제명 키워드 : 하나로, 핵연료노내조사시험설비, 노내시험부, Mock-up 시험					

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET					
Performing Org. Report No.		Sponsoring org. Report No		Standard Report No.	INIS Subject Code
KAERI/TR-3509/2005					
Title/Subtitle : Manufacturing of In-Pile Test Section(IPS) Mock-up for the 3-Pin Fuel Test Loop					
Project Manager and Dept or Major Author		J. M. Lee		HANARO Utilization Technology Development Division	
Researcher and Dept.		K. N. Park, D. Y. Chi B. S. SIM, S. K. Park S. H. Ahn, C. Y. Lee Y. J. Kim		HANARO Utilization Technology Development Division	
Pub.place	Taejon	Pub. Org	KAERI	Pub.Date	2005. 10
Page	28p.	Fig & Tab	Yes(0), No( )	Size	18×26Cm
Note					
Classified	Open(0) , Restricted( ) , - - Class Document		Report Type	Tech. Report	
Sponsoring Org.				Contract No.	
<p><b>Abstract</b></p> <p>Manufacturing process of IPS Mock-up was initiated in late of 2003 with DAEWOO Precision industries Company. Manufacturing drawings due to detail drawings are composed of Outer assembly and Inner assembly.</p> <p>Welding of IPS Mock-up was performed by the GMAW(Gas Metal Arc Welding) process. After the welding process, non-destructive examination was conducted.</p> <p>Leak test was performed to the Main cooling water part and Neon gas inter-space gap part by the He gas injection with the pressure of 6.0 kg/cm<sup>2</sup> and 30 minutes holding time. the result was shown that there was no leak at the Neon gas inter-space gap part but leak was occurred at Main cooling water part according to imperfect screw of purge plug. so, it was re-finished and test was performed to certify the leak tightness.</p> <p>To satisfy the HANARO Limiting Operation Condition, IPS should be tested ahead of installation at the HANARO reactor by the use of test facilities. IPS Mock-up and its test facilities will be designed and used for the test of 'HANARO flow tube pressure drop', 'IPS inner pressure drop' and 'IPS inner vibration'.</p>					
Subject Keywords : HANARO, Fuel Test Loop, IPS, Mock-up Test					