



Document Number IT-PD-401-23/00008
Document Date 14-August-2023
Version 1.0
Revision Date 14-August -2023
Ext. Reference

FY2023_LP02 냉각구조물 성능평가_기술시방서

	Name	Action	Affiliation
Author	Hee Jin Shim	14-August -2023 : Signed	KODA/SED/DCTT
Reviewer	Jaemin KIM	14-August -2023 : Recommended	KODA/SED/DCTT
Reviewer	Duck Young Ku	14-August -2023 : Recommended	KODA/SED/TTT
Approver	MunSeong Cheon	14-August -2023 : Approved	KODA/SED/DCTT



History of Revision

Rev. No.	Date	Description
1.0	14-August -2023	



KO comment

Name	Comment
Hee Jin Shim	
Duck Young Ku	
Jaemin KIM	
MunSeong Cheon	

ITER 진단 하부포트 냉각 구조물 성능 시험

목 차

1	목 적	- 2 -
2	계약범위 및 용역기간.....	- 2 -
2.1	계약범위	- 2 -
2.2	용역기간	- 2 -
3	상세 기술 사양.....	- 3 -
3.1	개요	- 3 -
3.2	냉각 구조물의 성능 시험	- 3 -
3.2.1	냉각 구조물.....	- 3 -
3.3	성능 시험.....	- 8 -
3.3.1	예비 시험.....	- 8 -
3.3.2	냉각 시험.....	- 9 -
3.3.3	가열 시험.....	- 9 -
3.3.4	대기중에서의 냉각 및 가열 시험.....	- 10 -
4	업무추진 요구사항.....	- 10 -
5	특기 사항.....	- 11 -
6	제출 문서.....	- 11 -
6.1	제출항목 및 제출시기	- 11 -
6.2	문서 제출.....	- 12 -
7	품질보증 요건	- 12 -
7.1	일반사항	- 12 -
7.2	계약이행 조직의 구성	- 13 -

ITER 진단 하부포트 냉각 구조물 성능 시험

1 목 적

한국핵융합에너지연구원(KFE) (이하 ITER 한국사업단)에서는 “ITER 장치 제작을 위한 한일협력 협정”의 일환으로 추진 중인 “ITER 하부포트 2 번 진단 통합장치 설계지원” 업무를 진행 중이다. 본 기술시방서는 “ITER 진단 하부포트 냉각 구조물 성능 시험” 용역 수행에 필요한 전반적인 기술 사양과 제반 조건을 기술하고 있으며, 업무 범위 및 내용에 대하여 명확하기 하기 위해 ITER 한국사업단에서 제공함으로 한다.

2 계약범위 및 용역기간

공급자는 본 시방서에서 언급하고 요구하는 모든 기술 사양 및 제반 조건을 만족시켜야 하며, 본 용역 수행에 필요한 기술 인력, 필요 장비 및 관련된 자료를 확보하여야 한다.

공급자는 본 시방서에서 요구하고 있는 기술 사양 및 제반 기준에 대하여 필요 시 ITER 한국사업단의 승인을 취득한 후 각각의 공정을 진행하여야 하며, ITER 한국사업단의 기술적인 요구 사항에 적극적으로 협조를 하여야 한다.

공급자는 본 시방서에 명기된 요건과 ITER 한국사업단이 제공하는 기술자료 및 참고자료를 기반으로 하여 세부 기술 업무를 수행하여야 한다.

2.1 계약범위

본 “ITER 진단 하부포트 냉각 구조물 성능 시험” 용역을 통해 수행하여야 할 상세 업무 내용 및 예상 결과물은 표 1 과 같다.

표 1. 세부 업무 내용

업무 내용	예상 결과물
냉각 구조물 성능 시험 <ul style="list-style-type: none"> - 성능시험 장치 제작 ¹⁾ - 성능 시험 수행 - 시험 결과 리포트 작성 	<ul style="list-style-type: none"> • Work Schedule • Testing Procedure and Plan • Test Report

¹⁾ 장치 구성의 사양은 ITER 한국사업단과 협의하여야 함.

2.2 용역기간

ITER 진단 하부포트 냉각 구조물 성능 시험

본 용역의 계약기간은 2024 년 1 월까지이며, 계약기간 및 세부일정은 발주자, ITER 한국사업단 및 공급자의 합의하에 조정될 수 있다.

3 상세 기술 사양

3.1 개요

ITER 하부포트의 냉각 구조물의 성능 평가를 수행한다. 여러 냉각 방식들에 대한 냉각 성능 평가를 수행함으로써, 하부포트 구조물에 적절한 냉각 방식을 선택할 수 있도록 성능 데이터를 구축하는 것이 본 과제 수행의 목적이다.

3.2 냉각 구조물의 성능 시험

3.2.1 냉각 구조물

ITER 한국 사업단에서 제공될 냉각 구조물은 총 7 종이며, 아래 표 2 에 정리되어 있다.

표 2 각 냉각 구조물

Type	Quantity
CS-1	1 piece
CS-2	1 piece
CS-3-0	1 piece
CS-3-1	1 piece
CS-4	1 piece
CS-5	1 piece
CS-6	1 piece

성능시험의 이해를 돕기 위해 냉각 구조물의 사양은 아래와 같이 나열하였다.

- (1) 소재: SUS 304
- (2) 냉각 유로 직경: 14.0 mm
- (3) 파이프 규격 및 벤딩 반경: JIS 10A sch. 10., 46.5 mm
- (4) 히터를 부착하기 위해 4 군데 홀이 가공되어 있으며, 직경은 16 mm, 깊이는 최소 250 mm 임.
- (5) 직경 약 1.1 mm 의 열전대 설치용 홀을 24 군데 가공하며, 깊이는 30 mm 임.
- (6) 냉각 구조물, 히터 홀, 열전대 홀은 아래 그림을 참고하도록 함.

ITER 진단 하부포트 냉각 구조물 성능 시험

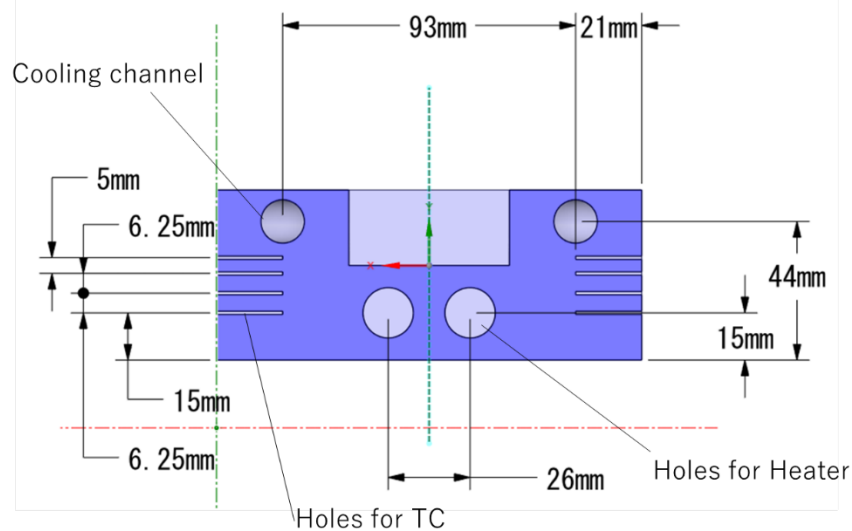


그림 1 냉각 구조물, 히터 홀, 열전대 홀 규격 및 위치

CS-1 규격

- (1) 건드릴 기계를 이용하여 냉각 채널이 가공되며, 좌측 상단의 홀은 플러그 용접이 됨.
- (2) 냉각수 입출구 파이프 길이는 100 mm 임. 용접으로 파이프 접합.

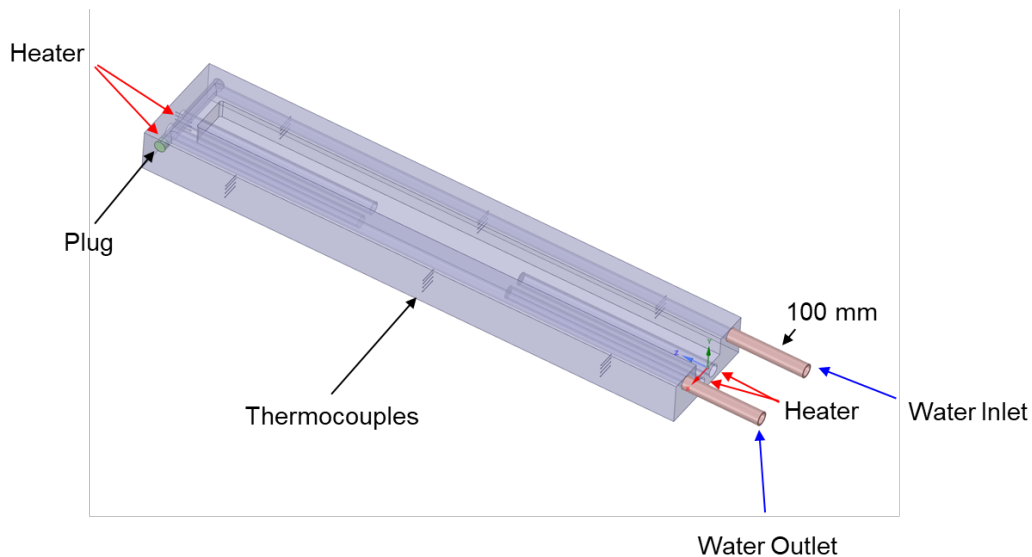


그림 2 CS-1 모델

CS-2 규격

- (1) 파이프는 아래 그림처럼 상판과 하판 사이에 설치되어 Hot Isostatic Pressing (HIP) 공법을 통해 접합됨.
- (2) 제작된 HIP 구조물은 볼트를 사용해 Base Plate 에 부착되며, Nord-lock 와셔 사용함.
- (3) 냉각수 입출구 파이프 길이는 100 mm 임.

ITER 진단 하부포트 냉각 구조물 성능 시험

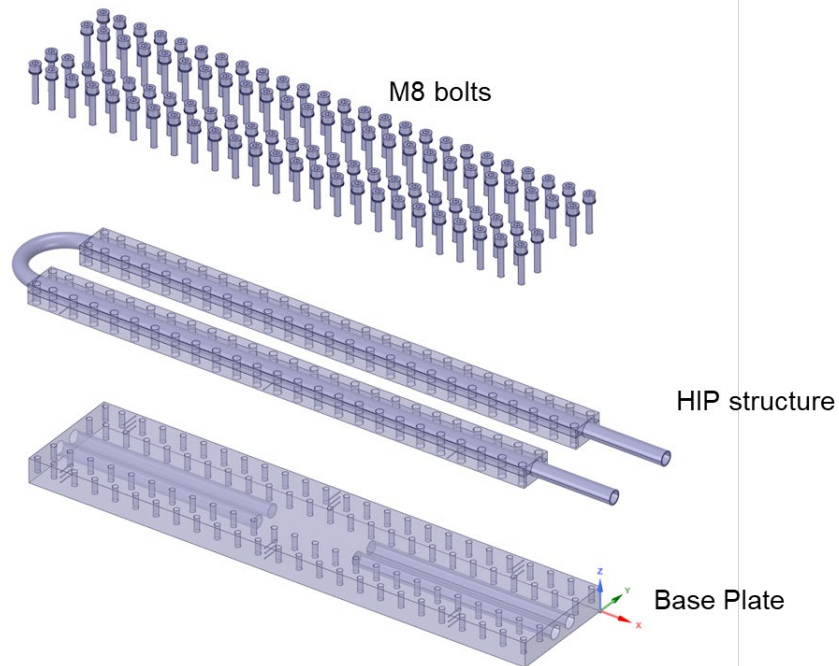


그림 3 CS-2 모델

CS-3-0 및 CS-3-1 규격

- (1) U 형태 그루브를 만든 Base Plate 에 파이프를 위치시키고 클램프를 이용해 고정함.
- (2) CS-3-1 은 파이프와 Base Plate 사이에 0.5 mm 두께의 무산소동 (oxygen-free copper) 시트를 삽입하여 제작됨.
- (3) 냉각수 입출구 파이프 길이는 100 mm 임.

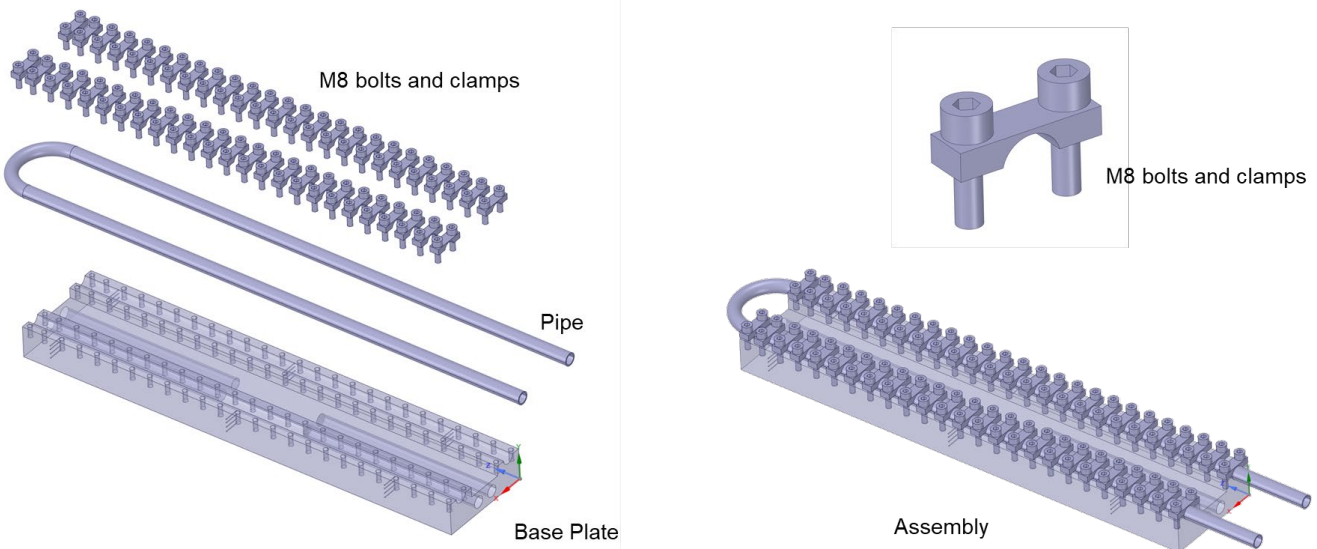


그림 4 CS-3-0 모델

ITER 진단 하부포트 냉각 구조물 성능 시험

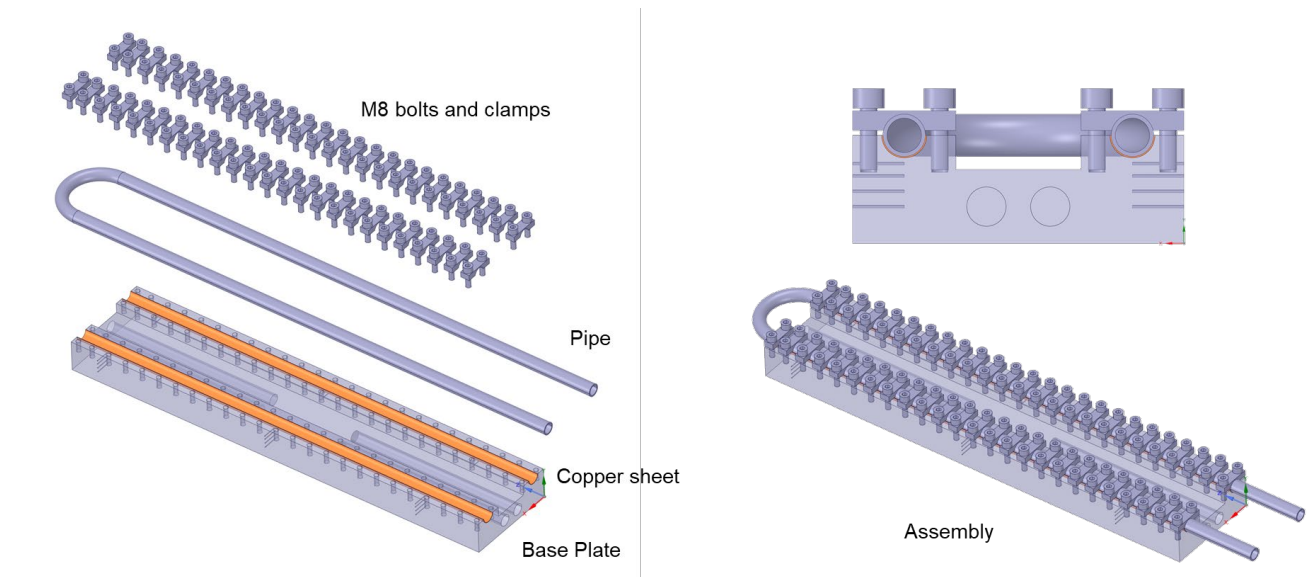


그림 5 CS-3-1 모델

CS-4 규격

- (1) 브레이징 공법을 활용하여 튜브를 접합함.
- (2) 냉각수 입출구 파이프 길이는 100 mm 임.

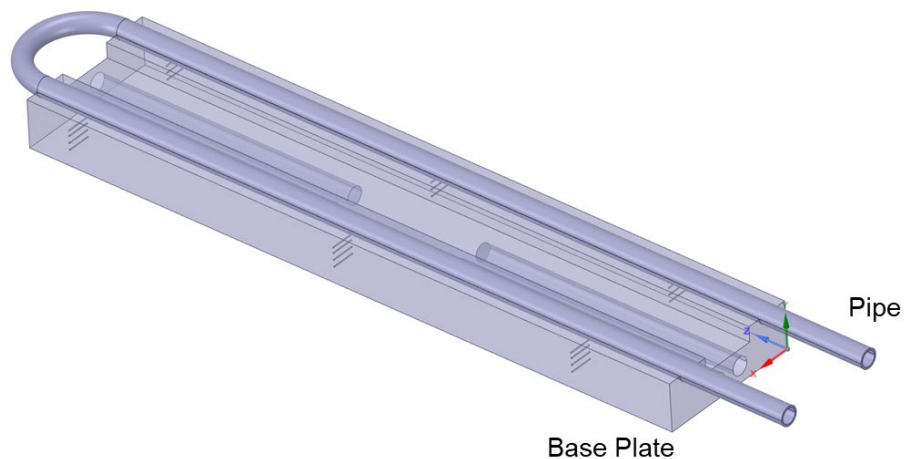


그림 6 CS-4 모델

CS-5 규격

- (1) TIG 용접으로 파이프를 접합함.
- (2) 파이프 주변의 모든 접합 선에 대해 fillet 용접을 수행함. 각장은 3mm 임.
- (3) 냉각수 입출구 파이프 길이는 100 mm 임.

ITER 진단 하부포트 냉각 구조물 성능 시험

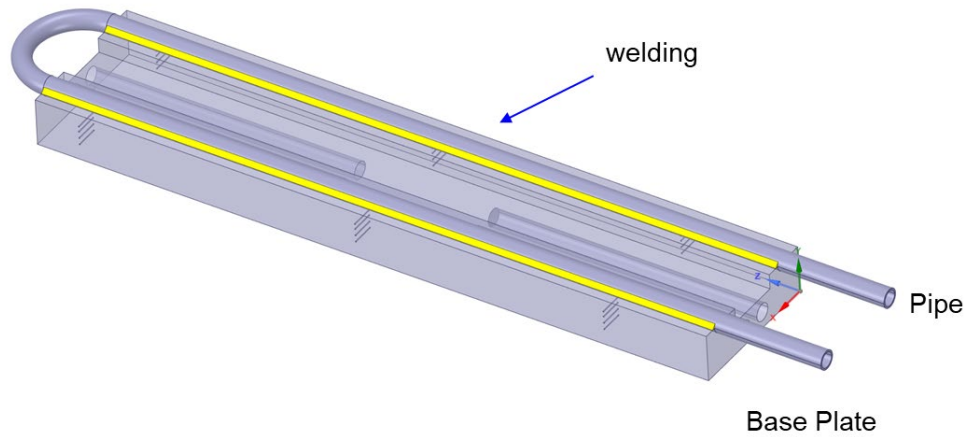


그림 7 CS-5 모델

CS-6 규격

- (1) 파이프와 Base Plate 사이에 0.5 mm 두께의 무산소동 (oxygen-free copper) 시트를 삽입하고 TIG 용접으로 튜브를 접합함. 각장은 3mm 임.
- (2) 냉각수 입출구 파이프 길이는 100 mm 임.

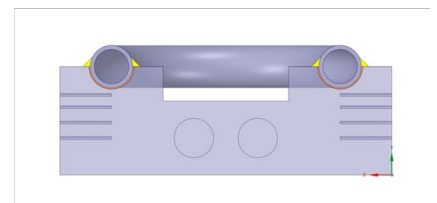
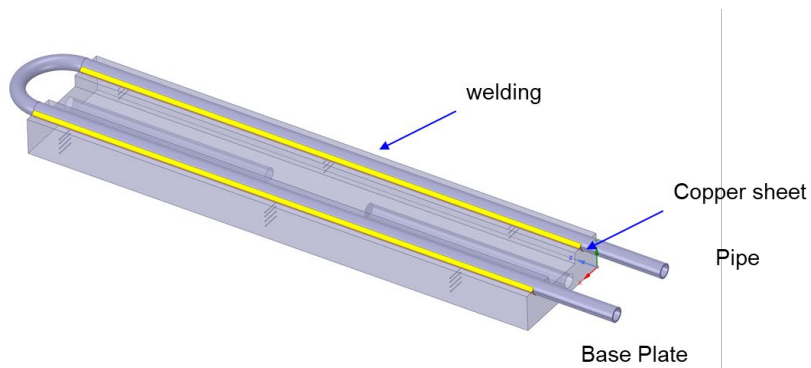


그림 8 CS-6 모델

ITER 진단 하부포트 냉각 구조물 성능 시험

3.3 성능 시험

제공된 목업에 대하여, 아래의 성능 시험을 수행한다. 시험에 앞서, 시험 절차서를 작성하여 제출 및 승인을 받아야 하며, 시험 결과는 보고서로 제출되어야 한다. 유량 측정을 위해서 체적 유량계 (오차는 측정값(reading)의 0.5% 이내)가 설치되어야 하며, 입 출구 유체 온도를 측정하기 위해 시편에 최대한 가까운 위치의 파이프 내에서 열전대로 온도를 측정할 수 있도록 해야 한다. 시험에 사용되는 열전대는 T-type 이며, Junction type 은 exposed type 을 사용한다. (아래 그림 참고)

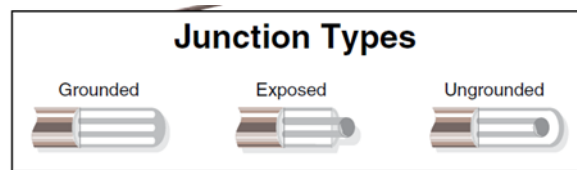


그림 9 TC junction 타입

3.3.1 예비 시험

- (1) 대기중에서 시험을 수행함.
- (2) 표면 온도 측정을 위해 적외선 카메라를 준비함.
- (3) 각 목업의 온도 분포를 측정시에 열전대를 활용하며, 열전대가 표면에 지속적인 힘을 가할 수 있도록 아래와 같은 방식의 측정 방식을 사용함. (이후 시험에서도 같은 방식을 사용함.)

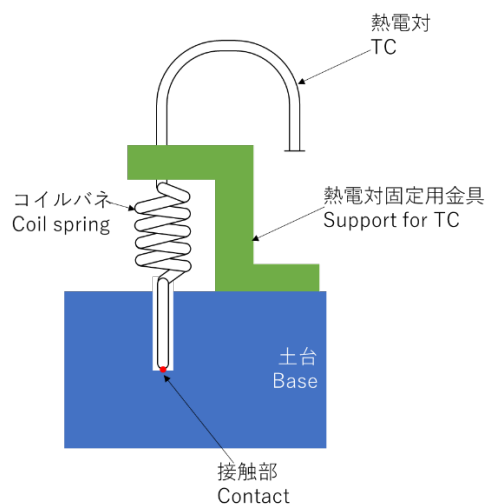


그림 10 표면 온도 측정 예시(개념도)

- (4) $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 의 물 (증류수)를 9 L/min ($\pm 1.5\%$) 공급함. 칠러의 용량은 3,000 W 이상이어야 함.
- (5) 2,500 W 용량의 히터를 사용함.
- (6) 적외선 카메라로 정상상태에 도달할 때까지 표면 온도를 측정하고 녹화함.

ITER 진단 하부포트 냉각 구조물 성능 시험

3.3.2 냉각 시험

- (1) 각 목업을 진공 챔버내에 설치하고 압력은 50 Pa 이하의 환경에서 시험을 수행함.
- (2) $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 의 물 (증류수)를 9 L/min ($\pm 1.5\%$) 공급함. 칠러의 용량은 3,000 W 이상이어야 함.
- (3) 2,500 W 용량의 히터를 사용함.
- (4) 시험 중 진공 챔버 압력, 열전대 측정온도, 물의 유량 및 입, 출구 온도를 지속적으로 모니터링하고 기록함.
- (5) 정상상태에 도달할 때까지 시험을 진행함.
- (6) 물의 입, 출구 온도차를 기반으로 열량을 계산함.
- (7) 시험 장치의 대략적인 개념도는 아래 그림과 같음.

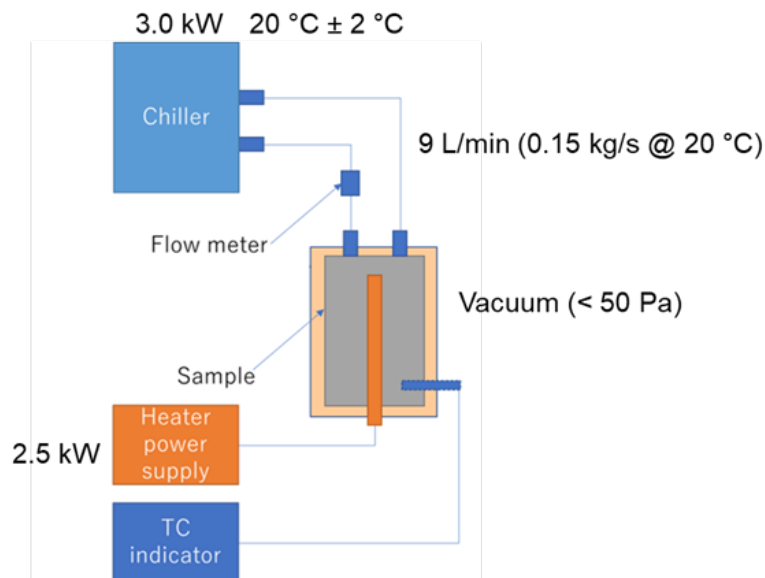


그림 4 냉각 시험 장치 개념도

3.3.3 가열 시험

- (1) 각 목업을 진공 챔버내에 설치하고 압력은 50 Pa 이하의 환경에서 시험을 수행함.
- (2) $90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 의 물 (증류수)를 8.7 L/min ($\pm 1.5\%$) 공급함.
- (3) 시험 중 진공 챔버 압력, 열전대 측정온도, 물의 유량 및 입, 출구 온도를 지속적으로 모니터링하고 기록함.
- (4) 정상상태에 도달할 때까지 시험을 진행함.

ITER 진단 하부포트 냉각 구조물 성능 시험

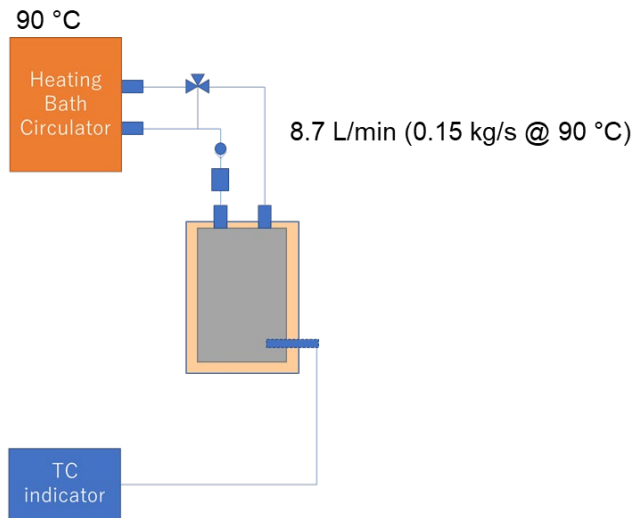


그림 5 가열 시험 장치 개념도

3.3.4 대기중에서의 냉각 및 가열 시험

- (1) 냉각 및 가열 시험의 결과를 확인 후 한개의 mock-up 모델을 선정하여, 대기중에서 냉각 및 가열 시험을 진행함.

수행되어야 하는 시험의 종류는 아래 표와 같다.

표 3 시험 종류

	CS-1	CS-2	CS-3-0	CS-3-1	CS-4	CS-5	CS-6
(1) 예비 시험	○	○	○	○	○	○	○
(2) 냉각 시험	○	○	○	○	○	○	○
(3) 가열 시험	○	○	○	○	○	○	○
(4) 대기중 시험	One mock-up selected for (2) Cooling Test and (3) Temperature Rise Test						

4 업무추진 요구사항

공급자가 제출해야 할 모든 문서는 영어로 작성함을 원칙으로 한다. 다만 현장 작업자의 원활한 업무 파악을 위하여 발주자 및 ITER 한국사업단이 필요하다고 판단하는 문서의 경우 영문과 국문의 혼용을 적용한다. 또한 JADA 관계자가 참석한 모든 회의는 영어로 진행되며, 회의에 참석한 공급자는 영어로 발표 및 질의응답을 수행한다. 영어 오역으로 인한 책임은 공급자가 가진다.

ITER 진단 하부포트 냉각 구조물 성능 시험

공급자는 매달 진행상황을 ITER 한국사업단에게 월간회의를 통하여 보고하여야 하며, 월간회의보고서는 회의 개최 전에 전자파일 형태로 제출하여야 한다. 월간회의와 별도로 특별한 현안에 대해서 기술회의를 요청할 경우, 공급자는 이에 적극 협조하여, 회의 참석 및 발표하여야 한다. 또한 공급자는 월간회의, 기술회의 등의 공식회의에서 논의되었던 내용을 중심으로 회의록을 3 일 이내에 작성하여 발주자 및 ITER 한국사업단에 제출하고, 검토를 받아 이를 관리하여야 한다.

5 특기 사항

모든 업무는 ITER 한국사업단이 제공하는 기술시방서 및 공급문서를 기준으로 실행하며 공급자 임의로 변경하여 적용할 수 없다. 또한 추가 상세 사양 및 보완사항은 공급자가 확정된 후 추후 계약범위 내에서 발주자 및 ITER 한국사업단과 협의하여 조정한다.

공급자는 본 용역의 수행과정에서 제공한 도면, 기술자료, 및 습득한 제반 지식을 발주자 및 ITER 한국사업단의 사전 승인 없이 국내/외 타 프로젝트에 임의로 사용하거나 반출할 수 없다. 본 기술시방서에서 언급하고 있는 용역의 산출물 (문서, 해석파일 등) 또는 용역의 수행 과정에서 공급자가 새로이 습득한 기술정보는 ITER 한국사업단의 소유로 한다. 또한 JADA 의 전체 사업일정 변경에 따라 용역기간 변경이 필요한 경우, 공급자는 상호 협의하에 계약 변경을 추진한다.

공급자는 본 용역의 업무 중 일부를 협력업체를 통해 수행할 경우, 공급자와 협력업체와의 계약 이전에 반드시 발주자 및 ITER 한국사업단의 승인을 거쳐 협력업체를 결정하여야 한다. 또한 협력업체 선정을 위한 정보를 발주자 및 ITER 한국사업단에 제공하여야 한다.

6 제출 문서

6.1 제출항목 및 제출시기

공급자는 본 기술시방서에서 제시한 일정, 계획, 보고서 등을 표 4 에 명기된 기한 내에 제출해야 하며, 본 용역이 시방서 요건에 따라 수행되었음을 증빙하는 문서 및 기록물을 제출하여야 한다.

표 4 제출문서 및 제출시기

항목	문서	내용	제출 시기	비고
용역준비	Detailed Work Schedule	• 업무수행 공정표	계약 후 2 주	영문
냉각 성능 시험	월간진도보고서	• 진행 사항 • 월간 공정표	매월	영문
	Testing Procedure and Plan	• 시험 계획서	'23.09	영문
	Test report	• 시험 보고서	'24.01	영문

ITER 진단 하부포트 냉각 구조물 성능 시험

6.2 문서 제출

용역 수행 중 개발된 문서 및 도면은 전자파일 형태로 ITER 한국사업단 정보관리시스템 (ITER Korea Information Management System, IKIMS)의 교신기능을 통해 발주자 및 ITER 한국사업단에게 제출하여야 하며, 이렇게 제출된 문서 및 도면은 발주자 및 ITER 한국사업단의 검토/승인 후 JADA의 문서관리 시스템 (JADA Document Control Center, DCS)에 등록된다. 문서 및 도면이 IKIMS 나 DCS에서 승인되지 못하는 경우, 공급자는 미승인 문서에 대해 발생한 검토자들의 의견을 반영하여 개정본을 IKIMS를 통해 제출하여야 한다. 문서 및 도면은 PDF 파일 형태로 제출하되, 검토 등의 목적을 위해 발주자 및 ITER 한국사업단이 요청하는 경우 Microsoft Office 파일 등 원본 파일을 전달할 수 있다.

7 품질보증 요건

7.1 일반사항

- 공급자는 업무수행 시 발주처 및 ITER 한국사업단에서 제시하는 품질보증요구조건을 준수하여야 한다.
- 품질보증요건의 이행은 ITER 한국사업단에서 수립한 지침서, 절차서 또는 지시서에 따라 수행하여야 한다.
- 만일, 공급자가 계약의 일부를 다른 업체에 하도급 할 경우에도 계약에서 요구하는 동일한 품질요건을 적용하여야 하며, 하도급자 계약사항에 대해서는 ITER 한국사업단 및 JADA의 동의를 필요하며, 공급자는 동의를 요청하는 문서 (Letter for Concurrence)를 ITER 한국사업단에 발송하고 승인을 득해야 한다.
- 공급자는 ITER 한국사업단의 요청 시 연구원 해당부서의 검토 또는 승인을 받아야 하며, 품질 검사 요청 시 적극 협조하고 승인된 절차에 의해서 업무를 수행해야 한다.
- 발주자 및 ITER 한국사업단은 공급자의 업무수행 중 명시된 기술시방서 요건 및 품질보증계획에 따라 이행여부 점검 및 부적합사항의 원인을 사전에 제거하기 위해 품질검사를 시행할 권한을 가진다.
- 공급자는 발주자 및 ITER 한국사업단이 제한 없이 공급자 또는 그 하도급자의 본 용역과 관련된 시설을 출입하여 검사, 감사 및 감독하며 필요시 관련된 모든 문서를 검토 및 열람할 수 있도록 조치하여야 한다.

ITER 진단 하부포트 냉각 구조물 성능 시험

- 공급자는 발주자 및 ITER 한국사업단의 품질보증감사 시 최대한 협조해야 한다.
- 본 용역 업무에서 준용하는 기술문서 및 성능시험을 위한 목업은 ITER 한국사업단이 공급자에게 제공한다.
- 공급자 및 협력업체는 CFSI(Counterfeit, Fraudulent, & Suspect Item)의 방지 의무를 다하여야 한다.

7.2 계약이행 조직의 구성

계약이행을 위하여 다수의 조직이 관련되는 경우, 각 조직의 책임한계가 명확히 수립되어야 하고, 각 조직 간의 상호 의견교환을 위한 절차가 마련되어야 하며, 중요한 정보의 의견교환은 서류화 되어야 한다.