과업 지시서 SDS 기술팀

1. 업 무 명

1.1 ITER 5x Bed 설계 분석 및 제작준비검토(MRR) 용역

2. 개요 및 목적

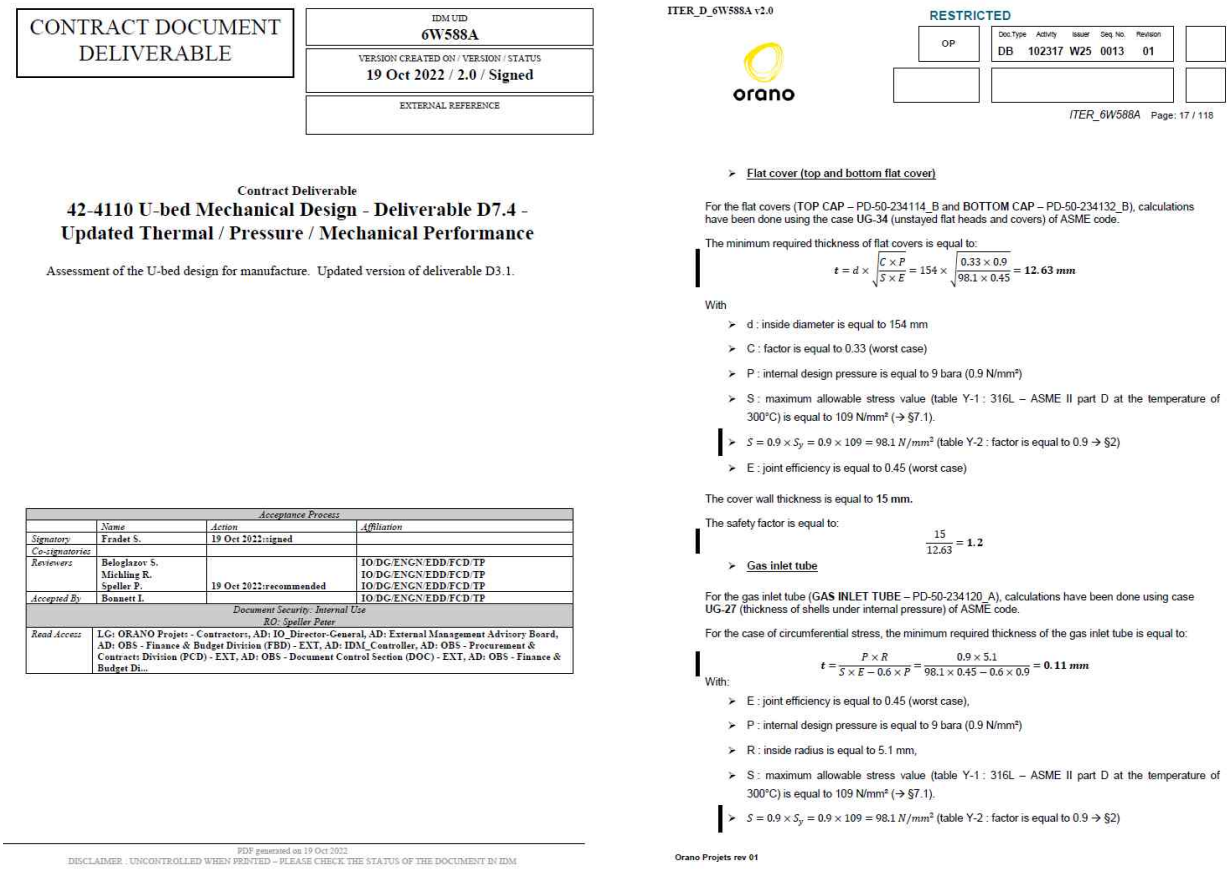
2.1 IO 주도 설계 과정에서 중성자빔장치(NBI)로부터 회수된 중수소(삼중수소 최대 20% 함유)의 저장 및 재순환 사용을 위한 대형 우라늄 수소화물 Bed가 새롭게 제시되었으며, 이는 기존의 70g 삼중수소 저장·공급용 우라늄 수소화물 저장용기(감손 우라늄 1.86kg 사용, 1x bed)에 비해 5배의 수소동위원소 저장용량(감손 우라늄 9.3kg 사용)을 가져 5x Bed라고 한다.

2.2 본 용역은 한국핵융합에너지연구원(KFE)의 ITER Tritium SDS (삼중수소 저장 공급 시스템) 개발 과제의 일환으로 IO에서 개발한 5x Bed의 설계 분석 및 제작준비검토(MRR) 수행을 목표로 한다.

3. 과업 내용

3.1 과업 1: IO 제공 5x Bed 예비설계안 검토 및 코드적합성/제작성 개선을 위한 설계변경

3.1.1 IO에서 제공하는 강도 계산 자료 (Updated Thermal / Pressure / Mechanical Performance)가 ASME BPVC Section VIII, Division 2 코드를 준수하는지와 적합성을 평가한다.



CONTRACT DOCUMENT DELIVERABLE

IDM UID 6W588A

VERSION CREATED ON / VERSION / STATUS 19 Oct 2022 / 2.0 / Signed

EXTERNAL REFERENCE

Contract Deliverable

42-4110 U-bed Mechanical Design - Deliverable D7.4 - Updated Thermal / Pressure / Mechanical Performance

Assessment of the U-bed design for manufacture. Updated version of deliverable D3.1.

Acceptance Process			
	Name	Action	Affiliation
Signatory	Fradet S.	19 Oct 2022:signed	
Co-signatories			
Reviewers	Beloglazov S. Michling R. Speller P.	19 Oct 2022:recommended	IO/DG/ENGN/EDD/FCD/TP IO/DG/ENGN/EDD/FCD/TP IO/DG/ENGN/EDD/FCD/TP
Accepted By	Bonnett I.		IO/DG/ENGN/EDD/FCD/TP
Document Security: Internal Use RO: Speller Peter			
Read Access	LG: ORANO Projets - Contractors, AD: IO_Director-General, AD: External Management Advisory Board, AD: OBS - Finance & Budget Division (FBD) - EXT, AD: IDM_Controller, AD: OBS - Procurement & Contract: Division (PCD) - EXT, AD: OBS - Document Control Section (DOC) - EXT, AD: OBS - Finance & Budget Di...		

PDF generated on 19 Oct 2022
DISCLAIMER : UNCONTROLLED WHEN PRINTED – PLEASE CHECK THE STATUS OF THE DOCUMENT IN IDM

ITER_D_6W588A v2.0

RESTRICTED

OP	Doc.Type	Activity	Issuer	Seq. No.	Revision
	DB	102317	W25	0013	01

ITER_6W588A Page: 17 / 118

- Flat cover (top and bottom flat cover)

For the flat covers (TOP CAP – PD-50-234114_B and BOTTOM CAP – PD-50-234132_B), calculations have been done using the case UG-34 (unstayed flat heads and covers) of ASME code.

The minimum required thickness of flat covers is equal to:

$$t = d \times \sqrt{\frac{C \times P}{S \times E}} = 154 \times \sqrt{\frac{0.33 \times 0.9}{98.1 \times 0.45}} = \mathbf{12.63\ mm}$$

With

- d : inside diameter is equal to 154 mm
- C : factor is equal to 0.33 (worst case)
- P : internal design pressure is equal to 9 bara (0.9 N/mm²)
- S : maximum allowable stress value (table Y-1 : 316L – ASME II part D at the temperature of 300°C) is equal to 109 N/mm² (→ §7.1).
- $S = 0.9 \times S_y = 0.9 \times 109 = 98.1\ N/mm^2$ (table Y-2 : factor is equal to 0.9 → §2)
- E : joint efficiency is equal to 0.45 (worst case)

The cover wall thickness is equal to **15 mm.**

The safety factor is equal to:

$$\frac{15}{12.63} = \mathbf{1.2}$$

- Gas inlet tube

For the gas inlet tube (GAS INLET TUBE – PD-50-234120_A), calculations have been done using case UG-27 (thickness of shells under internal pressure) of ASME code.

For the case of circumferential stress, the minimum required thickness of the gas inlet tube is equal to:

$$t = \frac{P \times R}{S \times E - 0.6 \times P} = \frac{0.9 \times 5.1}{98.1 \times 0.45 - 0.6 \times 0.9} = \mathbf{0.11\ mm}$$

With:

- E : joint efficiency is equal to 0.45 (worst case),
- P : internal design pressure is equal to 9 bara (0.9 N/mm²)
- R : inside radius is equal to 5.1 mm,
- S : maximum allowable stress value (table Y-1 : 316L – ASME II part D at the temperature of 300°C) is equal to 109 N/mm² (→ §7.1).
- $S = 0.9 \times S_y = 0.9 \times 109 = 98.1\ N/mm^2$ (table Y-2 : factor is equal to 0.9 → §2)

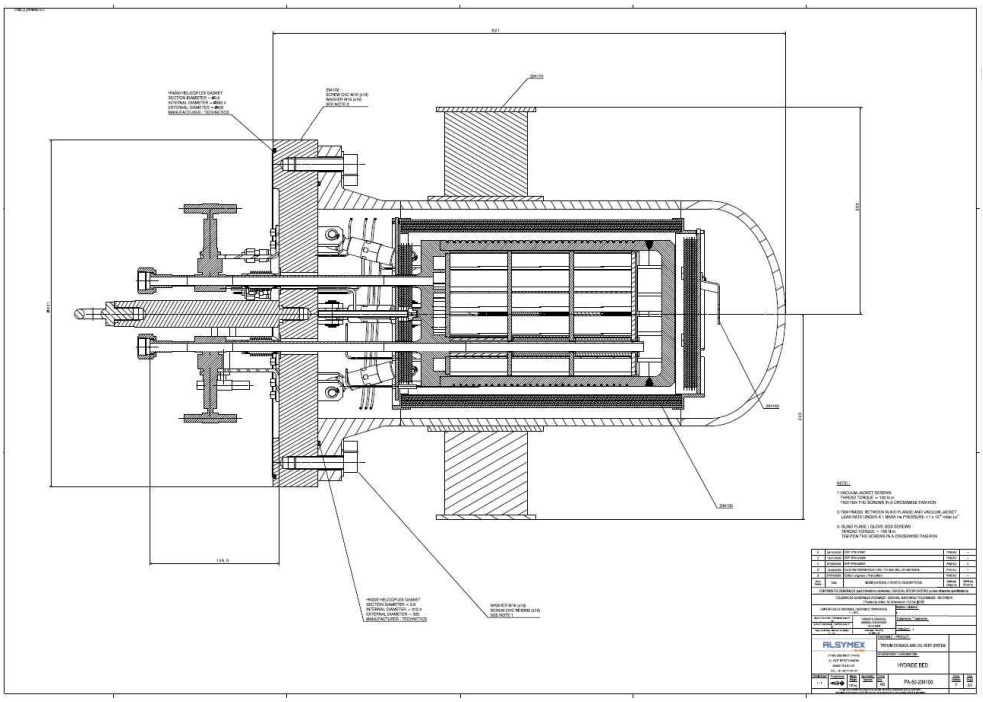
Orano Projets rev 01

<그림 3-1> Updated Thermal / Pressure / Mechanical Performance (IO 제공)

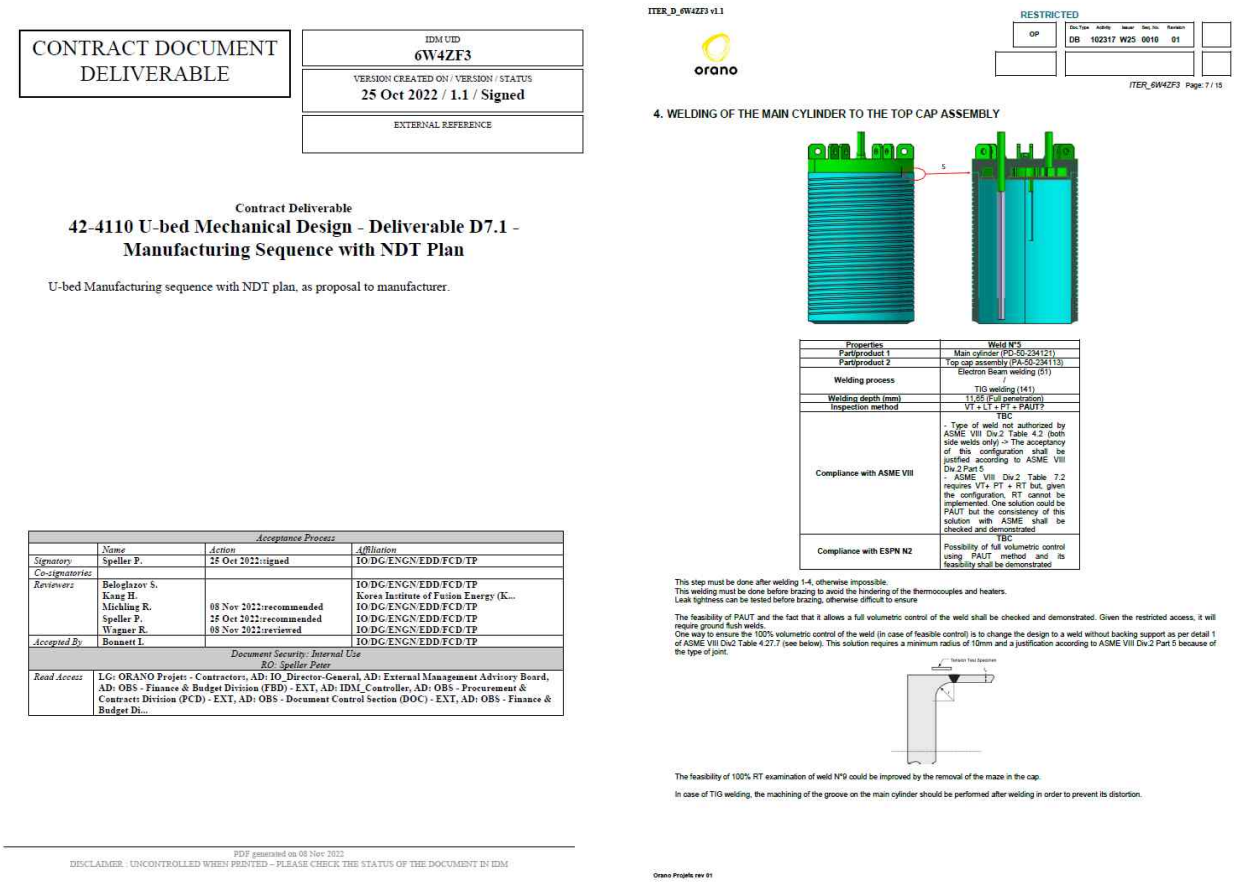
3.1.2 IO가 제공하는 제작도면 (Drawings for Manufacturer)과 제작 및 NDT 계획 (Manufacturing Sequence with NDT Plan)을 바탕으로, 적합성 평가를 포함하는 '제작성 개선' 및 '용접부의 코드 적합성 충족'을 위한 설계 변경안을 도출한다.

3.1.3 계약자는 설계 변경안이 코드 적합성을 충족하는지 확인해야 한다.

3.1.4 계약자는 설계안 분석 및 개선안에 대한 보고서를 작성한다.



<그림 3-2> Drawings for Manufacturer (IO 제공)



CONTRACT DOCUMENT DELIVERABLE

IDM UID
6W4ZF3

VERSION CREATED ON / VERSION / STATUS
25 Oct 2022 / 1.1 / Signed

EXTERNAL REFERENCE

Contract Deliverable

42-4110 U-bed Mechanical Design - Deliverable D7.1 - Manufacturing Sequence with NDT Plan

U-bed Manufacturing sequence with NDT plan, as proposal to manufacturer.

Acceptance Process			
	Name	*Action*	*Affiliation*
Signatory	Speller P.	25 Oct 2022::signed	IO/DG/ENGN/EDD/FCD/TP
Co-signatories			
Reviewers	Beloglazov S. Kang H. Michling R. Speller P. Wagner R.	 08 Nov 2022::recommended 25 Oct 2022::recommended 08 Nov 2022::reviewed	IO/DG/ENGN/EDD/FCD/TP Korea Institute of Fusion Energy (K... IO/DG/ENGN/EDD/FCD/TP IO/DG/ENGN/EDD/FCD/TP IO/DG/ENGN/EDD/FCD/TP
Accepted By	Bonnett I.		IO/DG/ENGN/EDD/FCD/TP
Document Security: Internal Use *RO: Speller Peter*			
Read Access	LG: ORANO Projets - Contractors, AD: IO_Director-General, AD: External Management Advisory Board, AD: OBS - Finance & Budget Division (FBD) - EXT, AD: IDM_Controller, AD: OBS - Procurement & Contracts Division (PCD) - EXT, AD: OBS - Document Control Section (DOC) - EXT, AD: OBS - Finance & Budget Di...		

PDF generated on 08 Nov 2022
DISCLAIMER : UNCONTROLLED WHEN PRINTED – PLEASE CHECK THE STATUS OF THE DOCUMENT IN IDM

ITER_D_6W4ZF3 v1.1

orano

RESTRICTED

OP	Doc.Type	Activity	Issuer	Seq.No.	Revision	
	DB	102317	W25	0010	01	

ITER_6W4ZF3 Page: 7 / 15

4. WELDING OF THE MAIN CYLINDER TO THE TOP CAP ASSEMBLY

Properties	Weld N°5
Part/product 1	Main cylinder (PD-50-234121)
Part/product 2	Top cap assembly (PA-50-234113)
Welding process	Electron Beam welding (51) + TIG welding (141)
Welding depth (mm)	11,65 (Full penetration)
Inspection method	VT + LT + PT + PAUT?
Compliance with ASME VIII	TBC - Type of weld not authorized by ASME VIII Div.2 Table 4.2 (both side welds only) -> The acceptancy of this configuration shall be justified according to ASME VIII Div.2 Part 5 - ASME VIII Div.2 Table 7.2 requires VT+ PT + RT but, given the configuration, RT cannot be implemented. One solution could be PAUT but the consistency of this solution with ASME shall be checked and demonstrated
Compliance with ESPN N2	TBC Possibility of full volumetric control using PAUT method and its feasibility shall be demonstrated

This step must be done after welding 1-4, otherwise impossible.
This welding must be done before brazing to avoid the hindering of the thermocouples and heaters.
Leak tightness can be tested before brazing, otherwise difficult to ensure

The feasibility of PAUT and the fact that it allows a full volumetric control of the weld shall be checked and demonstrated. Given the restricted access, it will require ground flush welds.
One way to ensure the 100% volumetric control of the weld (in case of feasible control) is to change the design to a weld without backing support as per detail 1 of ASME VIII Div2 Table 4.27.7 (see below). This solution requires a minimum radius of 10mm and a justification according to ASME VIII Div.2 Part 5 because of the type of joint.

The feasibility of 100% RT examination of weld N°9 could be improved by the removal of the maze in the cap.

In case of TIG welding, the machining of the groove on the main cylinder should be performed after welding in order to prevent its distortion.

Orano Projets rev 01

<그림 3-3> Manufacturing Sequence with NDT Plan (IO 제공)

3.2 코드 적합성을 충족하는 제작도면/검사계획 및 제반문서 작성: 계약자는 ‘과업 1’의 설계 개선안을 바탕으로 하기의 제작문서들을 작성한다.

- 제작 및 검사계획서 (MIP).
- 제작도면.
- 제작절차, 용접절차서 및 Inspection Plan.
- 그 외 기술시방서 ‘6.2. 설계 자료의 제공’에 언급된 제반문서들

3.3 ITER 5x Bed 생산준비검토(MRR) 수행

3.3.1 계약자는 IO에서 제공하는 ‘Manufacturing Readiness Review Procedure’에 근거하여 IO와 진행하는 MRR 회의를 준비하고 참석 및 수행한다.

3.3.2 계약자는 MRR에서 IO와 합의한 사항들을 바탕으로 ‘과업 2’에서 작성한 문서들을 개정한다.

3.4 상기 과업에 대한 상세한 내역은 기술시방서의 ‘3. 용역범위/용역기간’ 항목을 참조한다.

3.5 상기에 언급된 IO 제공 설계자료는, 입찰 전 과업설명회에 참여한 업체에 한하여 발주자가 제공한다.

4. 업무기간

○ 업무기간 : 계약일 ~ 2024년 12월 31일

○ 수행금액 : 총 2억원 이내(VAT 포함) (2023년도 3천2백만원+2024년도 1억6천8백만원)

* 첨부 예산추진계획서 참조

5. 결과물 제출

세부적인 결과물 목록 및 제출일정은 기술시방서의 ‘4.4 제출 문서 및 일정’을 참고한다.

#		업무 내용	대표 결과물
1	ITER 5x Bed IO 설계안 분석	- IO 설계안에 대한 코드 적합성 분석 - 제작성 개선안 및 설계 변경안 도출 - 특정코드 적합성 충족을 위한 설계 변경안 도출 - 설계 분석 보고서 작성 및 IO 제출	• 설계분석 보고서 (전자문서, 2024.04.28.)
2	ITER 5x Bed 제작도면 및 절차서 작성	- 제작 및 검사 계획서 작성 - 제작 도면 및 제반문서 작성 - 설계 개선안과 코드 적합성 해결안을 포함한 NDT Plan 작성	• 도면 및 제작관련문서 (전자문서, 2024.07.31.)
3	ITER 5x Bed 생산준비검토 (MRR) 수행	- MRR 수행 - MRR을 반영한 제작문서 개정 - 용역 최종 보고서 작성	• 최종 보고서 (전자 문서, 2024.12.31.)

6. 요구 사항

7.1 본 용역 수행 기관은 본 업무 수행에 있어서 기술사항 및 제반 기준에 대하여 필요시 발주자의 승인을 취득한 후 각각의 과업을 진행하여야 하며, 발주자의 기술적인 요구 사항에 적극적인 협조를 하여야 한다.

7.2 본 용역 수행 기관은 진도 관리를 위해 최소 1개월 1회 수준의 정기적 혹은 부정기적 미팅을 진행하여야 하며 이에 대한 회의록 작성 및 관련자 공유에 대한 의무가 있다.

7.3 본 용역 수행 기관은 발주자가 제공하는 모든 문서 및 자료와 발주자에 제출하는 모든 결과물에 대하여 발주자 승인 후 외부 유출할 수 있다.

7.4 본 용역 수행 기관은 본 용역과 관련한 논문 및 학술 발표에 대하여 내용, 공개 범위, 공저자 표기, 사사 등에 대한 발주자와의 협의 및 승인 후 발표/제출 하여야 한다.