

<b>KFE</b>	초전도 시스템 연구 그룹	개정번호: 0
	기술 시 방 서 (Technical Specification)	발행일자: '24.09.20. 페이지: 1 / 53

## 제 목 : 초전도 도체 샘플 제작 시스템 구매 및 제작/설치

(1) 초전도 도체 샘플 제작 장비류 구매 및 설치

(2) 고진공 열처리 시스템 설비 제작 및 설치




## 개정 이력

개정번호	개정일자	개 정 사 유
0	2024. 09.	최초 발행

## 관련부서 검토

소속/직책	성 명	서 명	일 자

## 작성, 검토 및 승인

구 분	소속/직책	성 명	서 명	일 자
작 성	초전도시스템연구그룹/담당	장 용 복		24.9.20
검 토	초전도시스템연구그룹/그룹장	이 현 정		2024.10.2
승 인	토카막운전기술본부/본부장	박 영 민		24.10.2

## 목 차

1. 개 요	3
2. 계약 범위	3
3. 일반 공통 사항	9
4. 기술사양서	16
5. 품질보증 및 절차	42
6. 포장, 취급, 선적 및 운송관리	45
7. 제출 문서	46
8. 특허권 및 소유권	49
9. 일정	49

## 1. 개 요

본 문서는 한국핵융합에너지연구원(이하 KFE)에서 진행 중인 초전도 도체 시험 설비(이하 SUCCEX) 구축 과제로 “초전도 도체 샘플 제작 시스템 구매 및 제작/설치” 작업을 수행 하면서 필요한 전반적인 기술 사양과 제반 조건을 규정한다. 제작자는 본 기술시방서에서 언급하고, 요구하는 제반 조건 및 기준을 만족시켜야 한다. 또한, 요구하는 기술 능력뿐만 아니라 작업에 필요한 설계, 구매, 제조에 있어 시험 및 검사를 위한 제반 설비 등을 필히 확보하여야 한다.

제작자는 본 기술시방서에서 요구하고 있는 기술 사항 및 제반 기준에 대하여 KFE의 승인을 취득한 후 각각의 제 공정을 진행하여야 하며, KFE의 기술적인 요구 사항에 적극적인 협조를 하여야 한다.

## 2. 계약 범위

본 기술시방서에 명기된 “초전도 도체 샘플 제작 시스템 구매 및 제작/설치” 작업에 대한 모든 해석, 재료 구매, 세정, 제작 및 조립, 설치, 교정, 수정, 모든 검사 및 품질보증, 하자 보수 등 지정 장소에서의 작업 전반 및 구매/제작품에 대한 정해진 기간(설치 일정)에 대한 Shop, 장소의 보관까지를 계약 범위로 한다.

### 2.1 목적

「제4차 핵융합에너지 개발진흥기본계획」에 따른 핵융합 전력 생산 실증로에 적용될 초전도 도체의 성능시험을 위한 시설을 구축하기 위해 초전도 도체 샘플 제작은 필수 장비이며, 한국형 핵융합 실증로 건설 시 초전도 도체의 개발뿐만 아니라 향후의 핵융합 실증로 용 초전도 자석 제작에도 필수적이다. 초전도 도체 샘플 제작 시스템을 제작하기 위한 주요 공정으로는 열처리 진처리, 진공열처리, 열처리 후처리 3공정으로 분류되며, 주요 장비에 대해 구매 및 제작/설치를 목적으로 한다.

### 2.2 업무 범위

계약업체는 KFE에서 작성한 기술시방서에 따라 계약 후 구매발주를 위한 기본 설계 및 발주 리스트를 30일 이내에 작성하고 KFE의 승인을 받아 진행될 수 있도록 한다. 또한, 구매품 발주 계획, 제작 및 설치, 검사 및 시험에 대한 공정 절차서는 계약 후 45일 이내에 보고서로 제출하고 KFE의 승인을 득한 후 모든 공정을 진행하도록 한다.

계약자의 업무 범위는 아래 표 1과 같으며, 상세 내용에 대해서는 본 문서의 기술사양서를 참조하도록 한다.

표 1. 계약자 업무 범위

구 분	내 용	비 고
1. 설계	1) SUCCEX 실험동 내부 주요 장비/설비 배치도 2) 열처리 시스템 개념 설계 및 구조해석 3) 열처리 시스템 구조해석 결과를 반영한 제작도면 작성 4) 열처리 시스템 부대장치 설비 도면 (Vacuum-Chiller-Gas Purge) 5) 열처리 전처리/후처리 주요 설비 도면 6) Pipe & Line list 7) Interface 검증 및 간섭 검토를 위한 3차원 도면	AutoCad/ Solid works
2. 검증시험	1) 산업안전보건법 지침에 준한 Shop & Site 전용 작업장 마련 (Site 전용 작업장에 대해서는 타 장치와의 인터페이스 고려) 2) 자재 사양 검토 (원자재, 용접봉, 가설재, 소모재) - 열처리 실린더 : Seamless STS316L-350A-Sch20-EP Grade - 열처리 히터 : Heater Wire@KANTHAL A-1 Type[max 1,400°C] - 히터 센서 : K-Type Thermocouple - 히터 절연체 : Ceramic Form Block [150 mm 이상] - 열처리 구조물 : STS316L & 304L - 진공배기용 배관 및 구조물 : STS316L - 기타 구조물 : STS304 3) 자재 구매/공인기관 성분 검사 및 결과 4) 공정 절차서 작성 (구매-제작-설치-검사 및 시험) 5) 용접사기량 시험 및 용접절차서검증 [WPQR, WPS] - 자동 용접 : 80A 이하 배관에 적용 - 수동 용접 : 80A 이상 배관에 적용 - 배관 원자재 및 용접 배관에 대한 기밀성 시험 방안 포함 6) 시약 사용에 대한 산업안전보건법에 준한 신고 및 관리 방안 7) 산업안전보건법에 준한 안전관리 방안 절차 검증 - 현행 법규에 따라 안전관리 지침 준수 "필"	모든 공정 절차서 작성
3. 제작 및 설치	1) 산업안전보건법 지침에 준한 Shop & Site 전용 작업장 구축 2) 열처리 전처리 장비 구매 및 설치 - 관내연선도체[CICC; Cable In Conduit Conductor] 교정 장비 : 원형 및 사각 형상의 도체에 대해 직진도 교정 기능 : PS20-1 inch [OD10~20 mm], PS40-2 inch [OD20~50 mm] - 관내연선도체 절단 장비 : 도체 Conduit 외곽 원주 및 직선 방향 절삭 기능 : NSM-T 범용 밀링 [Travel XYZ 820/300/450] : HL-720-2000 범용 선반 [Size L3,730/W1,544mm] - 초전도 선재 표면 Cr 코팅 제거 장비 : 초음파 기능 [4-Bath with fume hood and temp controller] : 1bath→1.5kW power/28 kHz, 40 kHz/87liter-2kW heat power : 4 bath→3,000(L)×700(W)×700(H) mm : Chemical/DI Water/IPA/TCE Bath with gas purge system - 도체 Termination 제작 장비 : 초전도 선재와 Copper sleeve를 압축하는 기능	본 문서의 기술사양서를 참조할 것.

	<p>[압착 금형→ 10 to 50 mm, 압축 압력→ 32 kN-5s cycle]</p> <p>: 용접 장비 및 부속품</p> <p>[500A 알곤수동용접기, 배관 및 튜브 자동용접기, 정반 및 공구]</p> <p>: 도체 Lead Plug 부품</p> <p>[계약 후 설계 진행과 함께 제작 예정]</p> <p>: 고진공 펌프, TMP &amp; Backing Combi-pump[1 Set]</p> <p>[HiPace 800 TMP→ N<sub>2</sub>: 790 L/s, Ar: 780 L/s, He: 700 L/s]</p> <p>[Fore pump SmartVane70→ 1,167 L/min]</p> <p>: 검사 장비, Helium Detector</p> <p>[He pumping speed : Max 5L/s]</p> <p>[Fore pump : Oil Rotary Pump 36 L/min]</p> <p>[Main pump : Turbo Molecular Pump 31 L/sec]</p> <p>[Leak rate display range : 0.01E-12 to E-6 Pa*m<sup>3</sup>/sec]</p> <p>[With sniffer unit 10m, 0.01E-8 to E-5 Pa*m<sup>3</sup>/sec]</p> <p>3) 열처리 후처리 장비 및 측정기기 구매</p> <p>- 도체 Dip Solder 및 조립 장비</p> <p>: 도체 Termination에 Solder를 침투하는 기능</p> <p>: Heat 350°C-Ultrasounds bath [Pb free/wetting temp 200°C]</p> <p>- 도체 샘플 시험용 측정기기 및 밸브</p> <p>: 온도센서[300~4.2K], #CX-1050-CU-HT-1.4L, 수량 20EA</p> <p>: 온도계측기기[300~4.2K], LakeShroe Model #218S, 수량 3EA</p> <p>: 압력 계측기기[0~10bar], Output 4 to 20 mA DC, 수량 10EA</p> <p>: 오리피스 차압계 [계약 후 협의와 함께 제작], 수량 10EA</p> <p>: 유량 계측기기[0 to 50mbar and 0 to 100mbar], 수량 10EA</p> <p>: Cryogenic control valve, 수량 5EA</p> <p>[PM-TEV DN6/PN25 C-Po h=1,000 mm 이하]</p> <p>4) 진공열처리 설비 제작 및 설치</p> <p>- 히터시스템, 1식</p> <p>: Heater Wire@KANTHAL A-1 Type : max 1,400°C</p> <p>: Heater Zone@7 Sector [700 mm/Sector]</p> <p>: Heater Sensor@7 Sector, K-Type Thermocouple</p> <p>: Insulation, Ceramic Form Block [150 mm 이상]</p> <p>: 조립 치수, 5,000(L)×356(ID)×656(OD) mm</p> <p>: 소비 전력, 380V-3P-60kW</p> <p>- 열처리 실린더, 1식</p> <p>: 규격, Seamless STS316L-350A-Sch20-EP Grade</p> <p>[Ø355.6(OD)×Ø339.8(ID)×5,000(L) mm]</p> <p>: 실린더 연결/조립 플랜지 냉각용 구조</p> <p>: Both side bellows 조립 구조</p> <p>: 실린더 외부 Vacuum feed-thru (센서, 배관 등) ports 포함</p> <p>: 실린더 내부 양단 Radiation Shield 포함</p> <p>: 유효 작업 공간 [10,000(L)×1,000(W)×2,000(H) mm]</p> <p>: 실린더 &amp; 히터시스템 조립 치구 및 구조물</p> <p>- 진공배기시스템, 1식</p> <p>: Dry Vacuum Pump [1 Set]</p> <p>[Ultimate pressure : 6.0 × 10<sup>-4</sup> mbar]</p>	
--	---	--

	<p>[Max. pumping speed : 380 m<sup>3</sup>/h]  : Roots vacuum pump [1 Set]  [Nominal pumping speed: 2,585 m<sup>3</sup>/h]  [Differential pressure: 26.25 mbar]  : Turbo Molecular pump [1 Set]  [N<sub>2</sub>: 1,900 L/s, Ar: 1,800 L/s, He: 2,000 L/s]  [Ultimate pressure : 9.0 × 10<sup>-8</sup> mbar]  [Flange DN250-ISO-F]  : Gate Valve [2 EA]  [Flange DN250-ISO-F]  [Actuator : Pneumatic, double acting]  : Helium Leak Detector [1 Set]  [PFEIFFER ASM-392 Model]  [I/O Interface RS-232; USB, Ethernet]  [Backing pump with oil-free backing pump]  [Backing pump capacity 35 m<sup>3</sup>/h]  [Connection flange DN 25/40 ISO-KF]  [Input voltage(s) 220 V AC, 50/60 Hz]  [Leak rate display range:1.0×10<sup>-10</sup> mbar l/s]  - 가스 퍼지 시스템, 1식  : 2.0 x 10<sup>-9</sup> SCCS helium leak rate 이하로 연속 공급  : 배관 재질, STS316L-1/4 &amp; 1/2 inch tube-T0.89-EP Grade  : 가스 순도, Ar@99.9995%  : Ar 가스 공급 장치  - 냉각수 시스템, 1식  : 압축기 용량, 7HP [5kW]  : 최대 순환량, 5.0 bar@max 80 L/min  : 탱크용량, 120L  : 냉각능력, 21,500 kcal/hr  : 0.7Mpa(최대압력), 입구온도: 25°C 출구온도: 35°C 이하  : 배관 사양  [Seamless-STS316L-1/2 &amp; 3/4inch tube-T1.25-EP Grade]  - 제어시스템, 1식  : Heat element  [Heater Wire@KANTHAL A-1 Type]  [25°C to 650°C(30일간), 온도 균일도 : ±3°C]  [7 Sector, 3-zone 연결 제어, Left(1S)-Center(5S)-Right(1S)]  [최대 30개의 프로그램 패턴, 14세그먼트 컬러 LCD]  [레더시퀀스 제어 및 PID 제어 기능]  [Modbus/TCP/Ethernet/RS-485 통신]  [Thermocouples, K-type(Class 1) 커넥터 포함, 보호관 STS316L]  : SCR Power Control Panel  [Power : 380V/60Hz/3Ph]  [Transformer, 380V-800KVA-3P Y-D Down]  [SCR Unit, 380V 500A 3P Model: W-500A]  : Operating &amp; Monitoring</p>	
--	--	--

	[PLC Model Compact logic 1769] [ETOS Serial Server Interfacee, Etos 500XP-VG] [터치 HMI 구현] [PLC Programming/Local 운전 프로그램/Interlock] [가스 퍼지 시스템] : Monitoring Server 구축 [IPC SYS-610-i7-A1] [통합 운전 Monitoring Program 구축] : Rack & Cabinet [Rack : 19"] [Cabinet : 1,400(W) x 800(D) x 2,000(H) mm] : 케이블 및 트레이 설치 [전원 / 통신 케이블] [트레이 덕트]	
4. 검사 및 시험	1) 원자재 및 모재 시험 및 검사 2) 조립 및 설치 부품 입고검사 3) 제작 시 외관검사, 치수검사, 표면검사, 누설검사 4) 조립 후 외관검사, 치수검사, 표면검사, 누설검사 5) 설치 후 외관검사, 치수검사, 표면검사, 누설검사 6) 모든 용접부 결함 검사 (NDE 검사) 7) 헬륨 가압 시험 및 헬륨 진공 배기 방식의 누설검사 : 헬륨 가압식(상용압력 이상)@5.0 ppm 이하를 만족 : 헬륨 진공 배기식@ $1.0 \times 10^{-9}$ mbar-l/sec 이하를 만족	검사 Sheet 작성 및 기록/ 용접부 검사는 공인기관에서 원자력안전법 규에 준한 작업을 원칙으로 함.
5. 시 운전	1) 열처리 전처리 및 후처리 장비 - Shop, 입고 후 성능시험 - Site, 설치 완료 후 성능시험 2) 진공열처리 설비 - Shop, 진공열처리 시나리오 성능시험 - Site, 설치 완료 후 진공열처리 시나리오 성능시험 3) 성능시험용 초전도 도체 샘플[Mock-up] 제작 - 성능시험용 도체는 KFE에서 사급 [5 m-2EA] 4) 전반적인 공정별 시 운전은 KFE 참관을 원칙으로 함. 5) 본 계약에 대한 완료보고서 작성	

2.3 계약자는 위와 같이 업무 범위에 대한 모든 사항을 본 기술시방서에 따라 해석, 설계, 제작/설치, 검사 및 시험 및 사후관리를 보증기간 동안 수행하고 장비 구매와 시스템 제작 및 설치 결과에 대해 시 운전을 통한 성능에 대한 품질보증 책임이 있다.

2.4 계약자는 서류 제출 요건에 명시된 문서를 정해진 기간 내에 제출하여 발주자의 승인을 받아야 한다.

2.5 계약자는 발주자가 요구하는 본 계약에 필요한 모든 도면 및 문서를 작성하여야 한다.

2.6 계약자는 관련 규격 및 기술 규격에 따라서 설계, 제작, 검사 및 시험하는 것을 원칙으로 하나, 설계 및 제작 과정에서 기능상 변경이 인정되는 부분은 발주자와 충분한 사전 협의를 거쳐 성능에 영향을 주지 않는 범위 내에서 교정 및 수정 작업을 수행할 수 있다. 본 시방서에서 언급하는 교정 및 수정이라 함은 본 제품의 제작 도중 또는 제작이 완료된 후 KFE 에서 실행하는 각종 시험 결과에 따라서 제품을 재가공하는 등의 필요한 수정 및 교정 작업을 말한다.

2.6.1 계약 상대방이 계약된 내용의 일부를 제3 자에게 하도급 하고자 할 때는 발주자의 서면 승인을 받아야 한다.

2.6.2 위의 요건에 따라 하도급한 경우에도 본 계약조건은 동일하게 하도급자에게 적용되며, 계약 상대방은 하도급자가 수행한 업무에 대하여 모든 책임을 진다.

## 2.7 추진 일정

2.7.1 계약 : 2024. 10월 이내

2.7.2 설계 및 자재 발주 : 계약 후 ~ 2025. 6월 이내

2.7.3 진공열처리 설비 제작 : 계약 후 ~ 2026. 3월 이내

2.7.4 도체 샘플 장비 구매 및 입고 : 계약 후 ~ 2026. 6월 이내

2.7.5 Shop, 시 운전 : 2026. 7월 ~ 2026. 9월 이내

2.7.6 Site, 설치 : 2026. 10월 ~ 2026. 11월 이내

2.7.7 종합시운전 및 성능검증 : 2026. 10월 ~ 2026. 12월 이내

2.7.8 완료보고서 제출 및 승인 : 2026. 12월 이내

표 2. 추진 일정표

항목	연도	2024				2025				2026				비고
	분기	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
구매/계약														
상세 설계/자재 발주														
진공열처리 설비 제작														
도체 샘플 장비 제작														
Shop, 시운전														
Site, 설치 및 종합시운전														
완료보고서 제출 및 승인														

## 2.8 납품 및 설치 장소

2.8.1 납품 : 한국핵융합에너지연구원



## 2.8.2 설치 : 한국에너지공과대학교 초전도 도체 시험 연구 센터

### 3. 일반 공통 사항

#### 3.1 적용 규격 및 범위

본 시방서는 공사 전반에 대하여 공통으로 적용하고, 본 시방서에 명시되지 않은 사항은 다음 중에서 최상위 등급을 적용한다.

- 1) 국가를 당사자로 하는 계약 관련 규정
- 2) 고압가스안전법, 산업안전보건법 등 본 공사와 관련이 되는 법령상의 관련 규정
- 3) 한국산업규격
- 4) 건축기계설비 표준시방서
- 5) 기타 본 공사와 관련이 있는 사항으로서 일반적으로 적용되는 기술적 상식이나 규정 또는 기준

#### 3.2 참조

- 1) 한국에너지공과대학교 초전도 도체 시험 연구 센터 장비 배치도
  - 2) 한국에너지공과대학교 초전도 도체 시험 연구 센터 건물도 및 Utility 배관도
- \* 상기 내용의 해당 도면은 계약 후 KFE 담당자 입회하에 열람이 진행될 수 있다.

#### 3.3 용어의 정의

- 1) 본 시방서에서 “발주자”라 함은 한국핵융합에너지연구원(KFE)를 말한다.
- 2) 본 시방서에서 “도급자”라 함은 계약자(제작자)를 말한다.
- 3) 본 시방서에서 “감독원”이라 함은 발주자가 지명한 공사 관리감독자를 말한다.
- 4) KSTAR 장치 : Korea Superconducting Tokamak Advanced Research 장치로서 KFE를 주관기관으로 하여 진행 중인 차세대 초전도핵융합 연구 장치이다.
- 5) KFE : Korea Institute Fusion Energy
- 6) SUCCEX(Superconducting Conductor Experiment) : 초전도 도체 시험 설비

#### 3.4 공정계획서 제출

- 1) 도급자는 계약일로부터 45일 이전에 상세한 공정계획서를 발주자에게 제출하고 승인을 받아야 한다.
- 2) 공정계획은 타 장치와의 연관성을 고려하여 계약서에 명시된 총 일정을 기준으로 작성하여야 한다. 단, 계약서에 명시된 완공 일자와 발주자가 원하는 완공 일자가 다른 경우 발주자가 원하는 날짜에 따른다.
- 3) 공정계획서는 다음과 같은 내용으로 작성하여야 한다.

- 전체 공정계획 및 실적표 (Master schedule)
- 시공도 작성 및 승인신청계획서
- 자재 및 제작도 승인신청계획서
- 자재 검수 및 반입, 제작 및 설치 공정 절차서
- 검사 및 시험 계획서
- 기타 감독원이 요구하는 내용

### 3.5 시공 도서 등의 제출

- 1) 도급자는 공정별로 공사에 착수하기 최소 15일 전에 감독원에게 시공 도서 2부를 제출하고 승인을 받아 시공에 임하여야 한다.
- 2) 시공 도서에는 해당 작업에 관한 주요 사항이 모두 포함되어야 한다.
- 3) 도급자가 감독원에게 시공 도서의 승인을 요청하는 때에는 감독원이 검토하는데 필요한 관련 자료를 첨부하여야 한다.
- 4) 도급자는 감독원이 시공 도서의 수정, 보완, 변경이 필요하다고 인정하여 요청하는 때에는 이에 따라야 한다.

### 3.6 사용 자재의 승인

- 1) 작업에 사용되는 모든 자재는 발주 7일 전에 자재 사용 승인 신청서를 제출하고 승인을 받아야 한다.
- 2) 관련 사양서에 언급되지 않거나 누락 된 부품이나 재료의 사양에 대해서는 제작자가 임의로 결정해서는 안 되며 반드시 용도, 사양, Catalog 등 관련 자료를 서면으로 제출하고 KFE의 승인을 취득한 후 사용한다.
- 3) 감독원은 자재 승인 과정에서 이를 심사하여 부적합하다고 판단되는 경우, 자재 승인을 하지 않을 수 있다.
- 4) 자재 사용 승인 신청서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.
  - 자재 견본 및 자재 품질에 관한 보증서나 시험성적서
  - 제조회사에 대한 자료(자본금, 생산시설, 실적, 자체 품질관리 계획 등)
  - 관련 규격이나 기준
  - 취급 요령, 사용 방법 등에 관한 자료
  - 제작공정도
  - 기타 발주자가 요구하는 자료

### 3.7 자재 반입 및 검사

- 1) 도급자는 자재를 현장에 반입하기 전에 자재반입계획서를 감독원에게 사전 제출하고 승인을 득한 후 반입하도록 한다.
- 2) 현장에 반입된 자재 및 장비는 감독원의 승인 없이 외부로 반출될 수 없다.
- 3) 사용되는 모든 자재는 공장 검사, 입고 검사 등 자재 검사를 받아야 한다.

4) 도급자는 감독원이 자재 검사에 지장이 없도록 모든 편의를 제공하여야 하며, 각종 시험 및 검사에 발생하는 모든 비용은 도급자가 부담하여야 한다.

### 3.8 시공 검사

- 1) 공정별로 감독원의 중간검사를 받아야 하고, 후속 작업은 선행 작업의 중간검사에 합격한 후에 시행하여야 한다.
- 2) 도급자는 감독원이 검사(작업 중 검사, 준공검사, 완공검사 및 하자 검사 등 모든 검사를 포함한다.)에 지장이 없도록 모든 편의를 제공하여야 하며, 검사에 발생하는 모든 비용은 도급자가 부담한다.
- 3) 사후 검사가 곤란한 공정은 감독원의 입회하에 시공한다.
- 4) 도급자는 시공 후 검사가 불가능 한 부분에 대해서는 감독원의 검사를 미리 받고 그 결과를 서면 또는 도면을 받도록 한다.

### 3.9 서류 제출 및 일정 등

- 1) 도급자는 일일/주간/월간 안전관리 교육, 일일 작업계획 및 실적, 주간 공정계획 및 실적, 월간공정 계획 및 실적 등을 감독원에게 협의한 일자로 문서를 제출하도록 한다.
- 2) 도급자는 작업 중 중요한 부위 및 매몰되는 부위에 대해서는 매몰 후 위치를 확인할 수 있도록 천연색으로 사진을 촬영하여 사진에 설명을 기재한 사진첩 2부를 제출하여야 한다.
- 3) 도급자는 계약 후 완공을 2026년 12월 이내에 완료하여야 한다.
- 5) 불가피한 일정 변경 사유가 발생할 시, 그 귀책 사유가 계약자에게 있을 않을 경우, 계약자는 일정을 KFE와 협의하여 조정할 수 있다.

### 3.10 현장관리 규정 등의 준수

- 1) 도급자는 당 연구소의 보안과 안전 관련 규정, 감독원이 현장 관리상 필요하여 제정한 규정이나 요구하는 사항에 대해서는 이를 준수하여야 한다.

### 3.11 현장 대리인 및 안전관리자 등

- 1) 도급자는 감독원이 본 작업에 적당하다고 인정하는 경험과 기술 능력이 있는 기술자를 현장 대리인으로 선정하여 현장에 상주시켜야 한다.
- 2) 도급자는 안전관리에 대해 안전관리보건법에 준한 충분한 경험과 자격을 가진 안전관리자를 현장에 상시 상주시켜야 한다.
- 3) 현장 대리인 및 안전관리자는 작업 전반에 대하여 도급자의 책임과 의무를 대행하여야 한다.

### 3.12 현장 조직

- 1) 도급자는 작업 전에 종사/인원의 조직표를 감독원에게 제출하고 승인을 받아야 한다.
- 2) 현장 대리인이나 관련 종사자가 업무 수행에 부적당하다고 감독원이 판단하여 교체를 요구할 때에는 즉시 교체하여야 한다.
- 3) 조직표에는 성명, 직위, 담당업무, 주소, 비상연락처를 기입하여야 한다.

### 3.13 책임 시공

- 1) 도급자는 본 시방서에 표기되지 않은 사항이 있어도 기술적 상식상의 품질이 확보될 수 있도록 시공하여야 한다.
- 2) 도급자는 설계도서에 누락 된 사항일지라도 공사의 성질상 당연히 시공하여야 할 경미한 사항은 감독원의 지시에 따라 시공하여야 한다. 이 경우에도 추가되는 경미한 비용은 도급자 부담으로 한다.

### 3.14 타 공사 도급자와의 협조

도급자는 타 공사에 지장이 없도록 하여야 하며, 타 공사가 원활히 시행될 수 있도록 필요한 협조를 하여야 한다.

### 3.15 이의

도면과 시방서의 내용이 서로 다르거나 명기가 없을 때, 관련 공사와 부합되지 아니할 때, 또는 의문이 생길 때에는 감독원의 해석 및 지시에 따라야 한다.

### 3.16 대관 업무

도급자는 관계 관청의 수속이 필요한 경우 허가, 신고, 검사 등을 도급자의 비용으로 발주자를 대행하여 신속하게 이를 행하여야 한다.

### 3.17 사용 자재

- 1) 모든 자재는 특이 사항이 없는 한 KS 인증품을 우선으로 하여야 하며, KS 인증품이 없는 경우에는 국산 최상급 신품을 사용하여야 한다.
- 2) 자재생산업체가 다수일 때에는 자체 품질관리, 생산시설 규모, 생산 실적이 우수한 업체에서 생산되는 자재를 사용하여야 한다.

### 3.18 안전관리 등

- 1) 도급자는 현장 실정에 맞는 자체 안전관리 계획을 산업안전보건법의 현행 법규에 따라 수립하고 시행하여야 하며, 정기교육 등을 실시하여 모든 종사자가 안전관리 규정을 준수하도록 한다.

- 2) 현장 작업자는 안전모, 안전화를 착용하여야 한다.
- 3) 도급자는 안전관리 소홀로 인하여 발생하는 사고나 재해에 대하여 민, 형사상의 모든 책임을 져야 한다.
- 4) 도급자는 작업 중에 발생할지 모르는 천재에 대해서는 필요한 모든 조치를 강구하고 피해를 최소화하여야 한다.
- 5) 도급자는 작업 중 타 시설물(기존건물, 포장, 도로, 수목)에 손상을 주거나 인명피해, 교통방해 등이 발생하지 않도록 필요한 모든 조치를 강구해야 한다.

### 3.19 폐기물

폐기물은 감독원의 지시에 따라 정리하고, 폐기물처리법에 의거하여 도급자 비용으로 전문 용역업체에 위탁 처리하여야 한다.

### 3.20 사고의 보고

도급자는 가설물이나 구조물의 파손 기타공사 수행에 영향을 미치는 사고나 인명의 손상 또는 제3 자에 피해를 미치는 사고가 일어났을 때 혹은 그로 인한 사고 발생의 징조를 발견 하였을 때는 응급조치를 취하고 감독원에게 즉시 보고하여야 한다.

### 3.21 작업 시간

도급자는 Site에서의 작업은 주간 작업[오전 9시~오후 6시]을 원칙으로 하며, 불가피한 사항으로 야간작업 및 주말(토, 일) 작업이 필요할 경우, 미리 감독원의 승인을 받아야 한다.

### 3.22 작업 일시 중지

감독원은 다음 사항이 발생하였을때, 작업의 일시 중지를 명할 수 있다. 또한, 작업 중지로 인한 손해는 도급자 부담으로 한다.

- 1) 도급자가 설계도서의 내용과 다르게 작업하거나 정당한 발주자의 지시에 응하지 아니한 때,
- 2) 작업 종사자의 안전을 위하여 필요하다고 인정되는 때,
- 3) 작업 종사자의 기술 미숙으로 조잡한 작업에 우려가 있을 때,
- 4) 관련되는 다른 작업의 진척으로 보아 작업의 계속이 부당하다고 인정되는 때,
- 5) 작업 소음으로 인하여 인근에 피해를 줄 우려가 예상되는 때,
- 6) 발주자가 설계 내용의 검토나 변경이 필요할 때,

### 3.23 설계 변경

- 1) 발주자는 다음의 사유가 발생할 때는 국가를 당사자로 하는 계약 관련 규정에 따라 설계를 변경할 수 있다.
  - 발주자의 내부 방침이 변경될 때,

- 설계 내용이 공사의 목적 달성에 현저히 부적합하다고 판명될 때,
  - 새로운 공법이나 자재가 개발되어 작업의 질을 향상시키거나, 작업비용을 절감할 수 있다고 판단될 때,
  - 현장 여건이나 설계조건이 변경될 때,
  - 기타 부득이한 사유가 발생할 때,
- 2) 설계 변경의 내용에 대하여 발주자와 도급자가 서면 합의한 경우에는 공사의 원활한 추진을 위하여 계약 변경 전이라도 변경된 내용에 따라 선 시공할 수 있다.

### 3.24 준공 도서의 작성

도급자는 준공과 동시에 발주자가 요구하는 바에 따라 준공 도서[준공 내역서 3부, A3(도면) 3부, A4 책자(도면) 3부, 외장저장매체 3매(CAD-A3 / PDF / WMF)]를 제출하여야 한다.

### 3.25 도급자의 의무

- 1) 모든 작업은 시방서와 설계 도면에 부합되도록 시공하여야 하며, 도급자는 작업 전반에 대하여 책임을 져야 한다.
- 2) 도급자는 시방서, 설계 도면을 충분히 숙지하고 입찰 시 배포된 설계 도면을 참조하여 설치 현장을 확인 후 장비 배치도 및 상세 제작도를 다시 작성하여 KFE 승인 후 시공에 임하여야 한다.
- 3) 도급자는 국가기술자격법에 의하여 기술자격을 취득한 기술자를 현장에 배치하여 시공에 만전을 기하여야 한다.
- 4) 도급자는 발주자가 본 작업에 대해 최후 인계를 받을 때까지 시공목적물의 관리 책임을 져야 한다.
- 5) 도급자는 손상을 받은 부분이나 수준 이하로 시공된 부분은 발주자가 만족할 때까지 재시공하여야 한다.
- 6) 현장 대리인은 발주자의 승인 없이 작업 현장을 이탈하여서는 안 된다.
- 7) 도급자는 본 작업에 대한 제반 검사 결과 처분 지시가 있을 때에는 이에 따라야 하며, 이의를 제기하여서는 안 된다.
- 8) 본 작업으로 인하여 타 시설물을 훼손한 경우에는 도급자 부담으로 손해배상이나 원상복구를 하여야 한다.
- 9) 도급자는 발주자가 지명한 감독원의 정당한 업무 수행을 방해하여서는 안 된다.
- 10) 도급자는 계약 내용의 변경을 수반하는 사항은 발주자의 서면 통지가 없는 한 시행하여서는 안 된다.

### 3.26 이의 신청

도급자는 감독원의 지시 혹은 결정에 이의가 있는 경우에는 서면으로 3일 이내에 감독원에게 제출하여야 하고, 그 기간 내에 감독원에게 제출하지 않은 경우에는 결정 및 지시 등이 확정된 것으로 간주한다.

### 3.27 현장관리

- 1) 도급자는 작업 현장에서의 출입자 감시, 풍기 단속, 위생관리, 화재 및 도난 방지와 기타의 사고방지에 특히 유의하여야 한다.
- 2) 도급자는 발주자가 지정하는 장소에 작업명, 작업 기간, 작업 도급자명 등을 기재한 공사 안내 표지판을 설치하여야 한다.
- 3) 도급자는 작업장 및 그 부근에 있는 지상 및 지하의 기존 시설의 이용이나 통행에 지장을 주지 않도록 하여야 한다.
- 4) 도급자는 현장 사무실 내에 작업 현황을 파악할 수 있는 상황판을 발주자와 협의하여 설치하여야 한다.
- 5) 도급자는 작업 소음, 분진 발생 등에 대한 예방책을 강구하여 환경피해가 발생하지 않도록 하여야 한다.
- 6) 작업 현장은 항상 정돈된 상태에서 청결과 안전 관리에 만전을 기하고 작업자는 매일 일과 종료 후 현장 정리 정돈을 하고 감독원의 점검을 받는다.
- 7) 설치 전의 장비 및 자재는 보양을 철저히 하여 변형을 방지하고 변형된 장비 및 자재는 신속히 신품으로 대체하여야 한다.

### 3.28 공정계획 준수

- 1) 도급자는 감독원의 승인을 받은 공정계획에 따라 시공을 진척시켜야 한다.
- 2) 도급자는 공정계획대로 진척되지 않을 경우에는 그 상세한 원인과 공정 만회 대책을 강구하여 감독원에게 보고하여야 한다.
- 3) 감독원이 부진한 공정 만회를 위하여 부득이하다고 판단하여 지시하는 사항에 대해서 도급자는 특단의 조치를 강구하여 이행하여야 한다.

### 3.29 보양

제조업체에서 제작된 장비 및 자재는 현장 반입 후 도급자가 책임을 갖고 관리하여야 하며, 정해진 장소에 보관하고 먼지 등에 오염되지 않도록 보양하여야 한다.

### 3.30 도급자의 안전보건 확보를 위한 조건 제시

도급계약 시 명시하여야 할 사항들은 다음과 같다.

- (안전보건교육) 발주기관은 계약상대자가 요청할 경우 계약상대자 소속 근로자의 안전보건 교육에 필요한 장소 제공, 자료 제공 등 필요한 조치를 하여야 한다.
- (위험성평가) 계약상대자는 작업 시작 전에 위험성평가를 실시한 후 미리 위험성을 감소시키고, 그 결과를 발주기관 감독원에게 확인 받아야 한다.

- (안전보건 점검) 계약상대자는 발주기관이 실시하는 작업장 순회 점검, 안전보건 시정요구에 적극 협조하여야 한다.
- (위생시설 등의 협조) 발주기관은 계약상대자 소속 근로자의 건강을 보호하기 위하여 위생시설을 제공하거나 자신의 위생시설을 이용 할 수 있도록 적절한 협조를 하여야 한다.
- (안전보건 법령 준수) 계약상대자는 산업재해 예방과 근로자의 건강 관리를 위하여 산업안전보건법과 발주기관의 안전관리규정을 준수하고, 의무와 책임을 성실히 이행해야 한다.
- (안전보건정보 제공) 발주기관은 유해·위험 물질 및 설비의 작업을 실시하고자 할 때, 해당 작업의 안전보건에 관한 정보(유해물질의 명칭·유해성·유형성, 안전보건상의 주의사항, 사고 발생시 필요한 조치 등)를 작업이 시작되기 전까지 제공하여야 하며, 해당 근로자가 제공된 정보에 따라 필요한 조치를 받고 있는지 발주기관은 확인하여야 한다.
- (공사기간 등 준수-공사계약에 한함) 계약상대자가 안전보건 확보를 위해 공법 변경, 가시설 설계의 보강 등을 요청할 경우 발주기관은 이에 적극 협조하여야 하며, 이에 따라 증가된 비용에 대해서 계약 금액에 반영하여야 한다.
- (공사 기간의 연장) 폭염, 한파 등의 사유로 안전보건상 계약이행이 어려울 경우 산업재해 예방을 위하여 계약기간을 요청하는 경우에는 특별한 사유가 없으면 계약기간을 연장하여야 한다.

## 4. 기술사양서

### 4.1 목적

본 문서는 “초전도 도체 샘플 제작 시스템 구매 및 제작/설치”와 관련된 인허가 사항, 재료 사양 및 설계, 제작 및 설치, 검사 및 시험에 대한 사항들을 정리하여 제작자에게 제시하는데 목적이 있다.

### 4.2 작업 범위 및 내용

초전도 도체 샘플을 제작하기 위한 주요 공정은 열처리 전처리, 진공열처리 및 열처리 후처리 공정으로 분류되고 이 모든 공정에 필요한 제작 장비류, 진공열처리 설비, 시험 장비 및 부속품, 검사 및 시험 장비류가 포함된 전반적인 시스템 구축을 작업 범위로 한다.

과업 내용에 대해서는 다음과 같다.

#### 4.2.1 열처리 전처리 및 후처리 장비

열처리 전처리 공정은 5 m 이상의 길이로 제작된 도체의 Conduit에 대해서 직진도 교정 및 Conduit 양쪽을 적정 길이로 절단 제거하고 초전도 선재 표면의 Cr 코팅을 제거한 후에



Terminal Joint Block을 제작하는 공정이다. (그림1, 2, 3 예시 참조)



그림 1. Conduit Jacket 제거



그림 2. Cr 제거



그림 3. Termination 제작/조립

열처리 전처리 장비에 대한 구매품은 다음과 같다.

#### (1) 도체 교정 장비

초전도 도체 성능시험을 위해서는 5 m 이상의 길이가 필요하므로, 아래 그림 4와 같은 5 m 이상의 도체에 대해 직진도 교정 기능을 가져야 한다. 구매 사양은 다음과 같다.

- 원형 및 사각 형상 금형에 적용,
  - : PS20[1 inch], OD10 to 20 mm
  - : PS40[2 inch], OD20 to 50 mm
- 라인 스피드 5 to 30m/min
- 교정 길이에 따른 유효공간 [5 to 10 m]



그림 4. 원형/사각 도체에 대한 교정기

#### (2) 도체의 Conduit 절단/제거 장비

초전도 도체 성능시험을 위해서는 도체 양단으로 전류 통전을 위한 Current Joint Block이 체결되어야 하므로, 열처리 전처리 및 후처리 공정에서 적정 길이로 Conduit 제거와 열처리 전용 Terminal Joint Block에 대해 절단/제거에 사용되는 것으로 원주 방향의 절삭 기능과 직

선 방향의 절삭 기능을 갖는 범용 선반 및 밀링 장비이다. 구매 사양은 다음과 같다.

- NSM-T 범용 밀링 [그림 5.]
  - : Travel X-Y-Z 820-300-450
  - : Vertical Spindle NT40-75 to 3,600 rpm
  - : Horizontal Spindle NT50-90 to 1,400 rpm
  - : Size L1,700-W1,890-H2,270 mm
  - : Weight 2,300 kg
- HL-720-2000 범용 선반 [그림 6.]
  - : 센터간 유효 및 가공 거리 2000 mm
  - : 주축 관통경 OD77 mm
  - : 주축 회전수 변환수 12 step
  - : 베드길이 3,452 mm
  - : Size L3,730-W1,544 mm
  - : Weight 3,670 kg

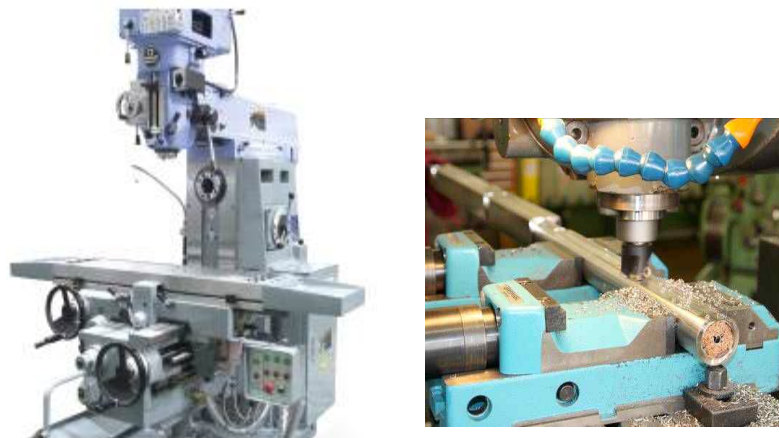


그림 5. 원형/사각 도체 직선 방향 절삭 장비



그림 6. 원형/사각 도체 원주 방향 절삭 장비

### (3) 초전도 선재 표면의 Cr 코팅 제거 장비

열처리 전처리 공정의 도체 Conduit 제거 후 초전도 선재 표면의 Cr 제거 및 중화 처리와

열처리 후처리 공정에서의 납땜 작업 후 플럭스 제거 공정에 사용되는 장비로써, 산처리 및 세척 공정에서 나오는 유독가스(Gas Fumes)에 대해 집진장치가 포함된 외부로 방출되는 기능을 갖추어야 한다. 구매 사양은 다음과 같으며, 관련된 사진은 그림 7과 같다.

- 초음파 기능 [4-bath with fume hood]
- : Chemical-DI Water-IPA-TCE Bath
- : 4-bath with temp controller < 90℃
- : Inert gas purge system
- : 1.5 kW power-28 to 40 kHz
- : 87 liter-2 kW heater
- : Size L3,000-W700-H700 mm
- : 집진장치 및 외부로 방출되는 덕트 설치 작업 포함



그림 7. 초전도 선재 표면 화학연마 장비

#### (4) 도체 Termination(Terminal Joint Block) 제작 장비

열처리 전처리 공정에서의 초전도 선재와 Copper Sleeve를 압축하는 기능을 가진 장비와 열처리 후처리 공정에서 초전도 선재+Copper Sleeve와 Current Lead Joint Block과의 금속 접합[납땜] 및 배관/튜브 용접에 사용되는 장비로 구매 사양은 다음과 같다.

- 초전도 선재+Copper Sleeve 유압 압착 장비 및 부속품 [그림 8.]
- : 압착 금형 @ OD 10 to 50 mm
- : 압착 길이 @ 600 mm
- : 압축 압력 @ 32 kN-5s cycle
- : Copper Sleeve/Lead Plug [계약 후 KFE 협의와 함께 설계/제작, 수량 10 SET]
- 도체 Dip Solder 장비 및 부속품 [그림 9.]
- : Pb free/wetting temp 200℃
- : Ultrasounds bath with temp controller < 350℃
- : Size L500-W500-H[Dip length] 700 mm
- : 휴대용 인두기 및 부속품/안전용품 포함

- : Current Lead Joint block [계약 후 KFE 협의와 함께 설계/제작, 수량 10 SET]
- 배관 및 튜브 금속 접합 용접기 [그림 10.]
- : Conduit block 용접기, 500A 알곤 용접기
- : 배관 및 튜브 용접기, 오비탈 알곤 자동용접기
- [1/4" to 3/4" tube & 8A to 50A Pipe에 적용되는 용접 헤더 및 클램프 포함]
- [1/4" to 3/4" tube & 8A to 50A Pipe에 적용되는 절단 장비 및 클램프 포함]
- [1/4" to 3/4" tube & 8A to 50A Pipe에 적용되는 먼 사상 장비 및 클램프 포함]
- : 용접 부속품 및 안전용품 포함

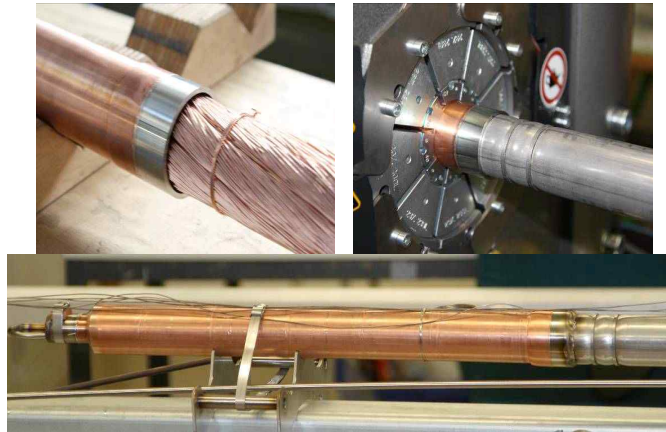


그림 8. Terminal Joint Block 제작 장비 및 부속품

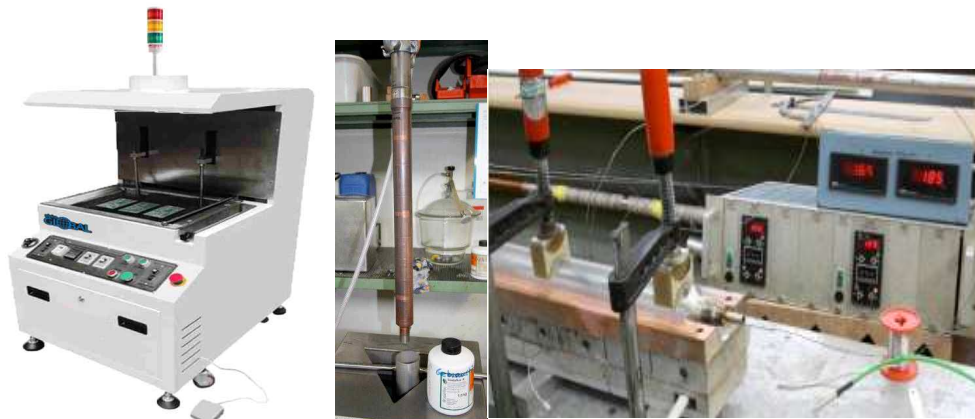


그림 9. 초전도 선재 Dip Solder 장비 및 부속품





그림 10. 배관 및 튜브 금속 접합 용접기 [수동 및 자동]

## (5) 도체 샘플 시험용 측정기기 및 밸브 구매품

도체 샘플 성능시험에 사용되는 측정기기 및 밸브에 대한 구매품 사양은 다음과 같다.

- 온도센서, 수량 20EA [300 to 4.2K]
  - : Cernox@1050 high temp sensor in CU package
  - : LakeShroe Model #CX-1050-CU-HT-1.4L
  - : Calibrated 1.4 to 325 K
- Vacuum Feed-thru
  - : CF Flange Type@20 pin, 10EA
- Cernox@온도센서 Wire
  - : 절연 규격, #28(7/0.127, SA,  $\Phi 0.8$ , Teflon, 260℃)
  - : 연선, \*4C (색상: Red, White, Black, Green), Twist-pair(두 선씩 꼬아 있을 것)
  - : Shield,  $\Phi 0.1$ -SA-밀도 90% 이상
  - : 씨즈 규격,  $\Phi 3.3 \pm 0.2$  (Teflon, 260℃)(색상: WT)
  - : 길이, 300 m 이상
- 온도 센서용 Copper Mounting Block 제작, 수량 20EA
  - : 온도센서를 배관에 부착하기 위한 Mounting Block 제작
  - : 무산소용 재료의 Heat Sink Block을 배관에 브레이징 접합 후 센서 부착 방식
  - : 적용 배관 사양은 계약 후 설계와 함께 반영 예정
- 온도계측기기, 수량 3EA [300 to 4.2K]
  - : Lake Shroe Model #218S
  - : Model 218 temperature monitor, 8-channel, 220V
  - : with IEEE-488, analog output and relays
- 압력 계측기기, 수량 10EA
  - : Range, 0 to 10 bar
  - : Power Supply, DC 24V (2-Wire System)
  - : Output, 4 to 20 mA DC
- 유량 계측기기, 수량 10EA

- : Differential Pressure Transmitter
- : Cal. Range, 0 to 50 mbar-5EA
- : Cal. Range, 0 to 100 mbar-5EA
- : Power Supply, DC 24V (2-Wire System)
- : Output, 4 to 20 mA DC
- Cryogenic Control Valve, 수량 5EA
- : PM-TEV DN8/PN25 C-Po h=1,000 mm 이하 [상세 사양은 계약 후 협의 후 발주]

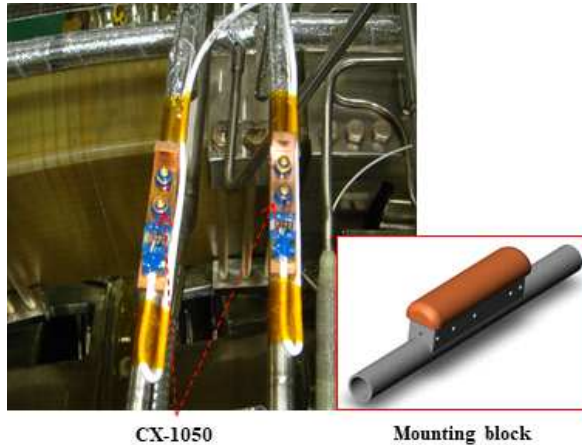


그림 11. 온도센서 및 Mounting Block



그림 12. 온도계측기기



Pressure [P]



Differential pressure [DP]

그림 13. 압력 및 유량 계측기기



그림 14. Cryogenic Control Valve

## (6) 도체 시험용 고진공 펌프 [그림 15.]

- HiPace@800 TMP for TCP350, DN200 ISO-K
- : Pumping Speed for  $N_2$ -790 L/s, Ar-780 L/s, He-700 L/s
- : Connection flange (out), DN25 ISO-KF

- : Connection flange (in), DN200 ISO-K
- : Rotation speed  $\pm 2\%$ , 49,200 rpm
- SmartVane@70 Backing Pump
- : Pumping Speed, 1,167 LPM
- : Connection flange (out), DN25 ISO-KF
- : Connection flange (in), DN40 ISO-K



그림 15. 고진공 펌프 스테이션

## (7) 도체 시험용 샘플 제작품 기밀시험용 헬륨 누설 측정 장비 및 부속품

초전도 도체 시험용 샘플 제작공정의 열처리 전처리 및 후처리 공정 중 용접 접합부에 대한 기밀시험에 사용되는 헬륨 누설 측정 장비로 구매품 사양은 다음과 같다.

- Helium Detector, 수량 1 Set [그림 16.]
  - : He pumping speed, Max 5 L/s
  - : Fore pump, Oil Rotary Pump(36 L/min)
  - : Main pump, Turbo Molecular Pump(31 L/sec)
  - : Leak rate display range,  $0.01\text{E}-12$  to  $\text{E}-6 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{sec}$
  - : Exteranl interface, RS232C, RS485
  - : With Sniffer unit 10m,  $0.01\text{E}-8$  to  $\text{E}-5 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{sec}$
- 진공용 부속품
  - : KF25 1.5 m 벨로우즈, 10EA - KF40 1.5 m 벨로우즈, 10EA
  - : KF25 센터링 & 클램프, 50 Set - KF40 센터링 & 클램프, 50 Set
  - : KF25 게이트 밸브, 5EA - KF40 게이트 밸브, 5EA
  - : KF25 Tee Union, 10EA - KF40 Tee Union, 10EA
  - : KF25 to KF40 Reducing Union, 10EA
  - : KF40 Union to KF25 Reducing TEE, 5EA
  - : KF25 PFEIFFER Full Range Gauge, 5EA
  - : KF25 PFEIFFER Pirani Gauge, 5EA
  - : PFEIFFER 진공게이지 측정 장비-2채널, 2EA

: 진공그리스 및 안전용품



그림 16. Helium Detector with Sniffer Unit

#### 4.2.2 진공열처리 설비

초전도물질인  $Nb_3Sn$  화합물을 생성시키기 위한 진공열처리 설비의 구성은 히터 시스템, 열처리 실린더, 진공배기시스템, 가스퍼지시스템, 냉각수시스템 및 제어시스템으로 분류되며, 열처리 공정은 초전도 도체가 극저온 환경에서 초전도 성질을 가지기 위해 최대 약  $650^{\circ}C$  온도로 약 30일 동안 고진공 상태에서 온도 균일도를 유지하면서 Conduit 내부로 Ar 가스 퍼지와 함께 열처리하는 공정이다. 아래 그림 17은 초전도 선재에 대한 열처리 온도 조건이다.

진공열처리 설비에 대한 구매품과 제작 및 설치의 사양은 다음과 같다.

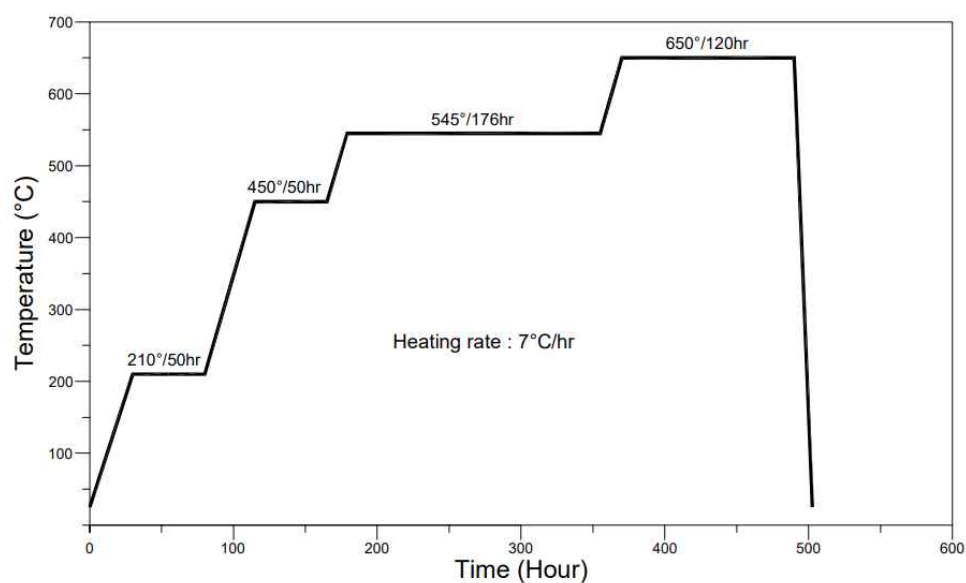


그림 17.  $Nb_3Sn$  초전도 선재에 대한 열처리 온도 조건



## (1) 히터 시스템 및 열처리 실린더

와이어 히터, 온도센서 및 절연체로 구성/조립된 히터시스템의 사양은 페라이트계 FeCrAl alloy 재료의 KANTHAL A-1 Type 히터를 사용하며, 초전도 도체 샘플에 대한 직경 및 유효 길이가 고려된 사양으로 최대 5 m 길이로 제작되어야 하고 전체 길이에서 7 Sector로 분류되어 조립되는 구조로 제작하도록 한다.

- Heater Wire
  - : KANTHAL A-1 Type
  - : Max Temp@1,400℃
- Heater Zone
  - : 7 Sector@700 mm/Sector
- Heater Sensor
  - : 7 Sector@K-Type Thermocouple
- Insulation
  - : Ceramic Form Block@150 mm 이상
- Heater Housing
  - : STS316L/304L@700 mm/Sector
  - : Half 덮개형으로 분리되는 구조로 제작
  - : 냉각용 Fan 설치@700 mm/Sector
- 조립 치수 : 5,000(L)×356(ID)×656(OD) mm
- 소비 전력 : 380V-3P-60kW

열처리 실린더의 사양은 오스테나이트 계열의 STS316L/304L 재질의 KS Seamless Pipe 350A-S20-EP Grade 규격품을 사용하도록 하며, 실린더 양단으로 플랜지 조립품으로 열변형이 보상되는 구조(Bellow)와 플랜지에는 냉각수가 통수되는 구조로 제작되어야 한다. 또한, 650℃ 온도 조건에서의 설계/구조해석과 함께 보강 작업이 진행되어야 하고 진공 배기 시스템, 가스 퍼지 시스템 및 냉각수 시스템과 연결되는 인터페이스 라인에 대해 설계 및 제작/설치가 되어야 한다. 제작 및 설치 사양은 다음과 같다.

- KS 규격품
  - : 무계목-350A-Sch20-EP Grade
  - : Ø355.6(OD)×Ø339.8(ID)×5,000(L) mm
- 재질 : STS 316L or 304L
- 실린더 연결 및 조립용 플랜지는 냉각수 통수용 구조
- 실린더 Both Side Bellows 구조
- 실린더 외부
  - : Vacuum Feed-thru (센서, 배관 등) Ports 포함
  - : 냉각용 배관/부속품, 진공 배관/부속품, 가스 퍼지 배관/부속품에 대해 제작/설치 포함
  - : 온도센서/부속품, 진공 센서/부속품에 대해 구매/설치 포함
- 실린더 내부 양단 Radiation Shield 포함

- 열처리로 유효 작업 공간  
: 10,000(L)×1,000(W)×2,000(H) mm



그림 18. Ceramic Heater 및 열처리 실린더의 개념 사진

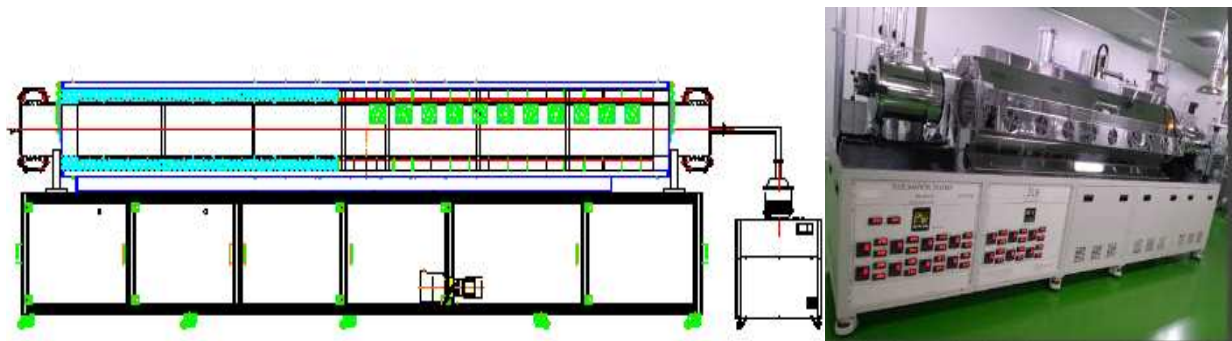


그림 19. 진공열처리 시스템에 대한 개념도

## (2) 진공 배기 시스템

대기압 분위기에서 순차적으로 진공 펌프 가동과 함께 10시간 이내에 진공도가  $1.0 \times 10^{-5}$  mbar 이하까지의 배기 능력 기능을 가져야 하며, 히터 가동 후 목표 온도 진행 과정과 최대 온도 유지 구간에서의 진공도가  $5.0 \times 10^{-5}$  mbar 이하의 배기 능력 기능을 가져야 한다.

진공 배기 시스템에 대한 구매품 사양은 다음과 같으며, 구성품에 대한 성능시험과 함께 시스템 설치를 완료하여야 한다.

- Roughing pump system
  - : Dry vacuum pump
    - Ultimate pressure,  $6.0 \times 10^{-4}$  mbar
    - Power, 240V × 3Φ × 60Hz
    - Cooling water flow rate, 4.0 [L/min]
    - Max. pumping speed, 380 [m<sup>3</sup>/h]
  - : Roots vacuum pump
    - Differential pressure, 26.25 mbar
    - Nominal pumping speed, 2,585 m<sup>3</sup>/h (43,000 l/min)
    - Rated power, 6.3kW, 60Hz

- Voltage, 265/460V, 60Hz
- Cooling method, Air
- High vacuum pump system
  - : Turbo Molecular pump
  - N<sub>2</sub>, 1,900 [L/s]-Ar, 1,800 [L/s]-He, 2,000 [L/s],
  - Ultimate pressure,  $9.0 \times 10^{-8}$  [mbar]
  - max 31,500rpm  $\pm 2\%$
  - Voltage, 220ACV  $\times 2\Phi \times 50/60$ Hz
  - Power, 1.35kW
  - Cooling method water flow rate, Water 1.0 [L/min]
  - Flange, DN250-ISO-F
- Gate valve
  - : Size, DN250
  - : Flange, ISO-F
  - : Pressure range,  $1.0 \times 10^{-9}$  mbar to 1.2 bar
  - : Actuator, Pneumatic, double acting
- Helium Leak Detector [PFEIFFER ASM-392 Model]
  - : I/O Interface RS-232, USB, Ethernet
  - : Backing pump with oil-free backing pump
  - : Backing pump capacity 35 m<sup>3</sup>/h
  - : Connection flange DN 25/40 ISO-KF
  - : Input voltage(s) 220 V AC, 50/60 Hz
  - : Minimum detectable leakage rate for helium
    - [sniffing leak detection  $1.0 \times 10^{-8}$  mbar l/s]
    - [vacuum leak detection  $1.0 \times 10^{-10}$  mbar l/s]
- 성능시험
  - : 구성품 단독 시험 및 결과 보고서
    - Dry & Roots vacuum pump
    - Cryo-sorption pump & Turbo Molecular pump
    - Gate valve
    - Helium Leak Detector



그림 20. Dry &amp; Root Pump



그림 21. TMP

그림 22. Gate  
Valve그림 23. Helium Leak  
Detector

### (3) 가스 퍼지 및 냉각수 시스템

가스 퍼지 시스템은 초전도 선재의 제조 과정에서 사용되는 오일 및 기타 불순물에 대해 적정온도 구간에서의 가스공급과 함께 제거되는 기능과 초전도 도체[Conduit] 재질에 따라 산소농도에 따른 결함방지 목적으로 설치되어야 한다. 냉각수 시스템은 열처리로 실린더의 플랜지 조립부 실링부와 진공 배기 시스템에 공급되며, 30일간의 연속운전 환경에 안정적인 운전을 위해서 전용 냉각수 시스템이 필요하다. 시스템 사양은 다음과 같다.

#### - 가스 퍼지 시스템

- : 정/가변식 유량계,  $2.0 \times 10^{-9}$  SCCS helium leak rate 이하로 연속 공급
- : 배관, 무계목-STS316L-1/4 & 1/2 inch tube-T0.89-EP Grade
- : 배관 부속품-STS316L-1/4 & 1/2 inch-Valve & Fitting
- : Ar gas, 99.9995%
- : Ar gas 공급 및 분배 장치에 대한 제작/설치 및 검사 성적서

#### - 냉각수 시스템

- : 최대 토출 압력, 0.7Mpa
- : 입구 온도, 25℃ - 출구 온도, 35℃ 이하
- : 배관, STS316L-1/2" inch tube-T1.0-BA Grade  
STS316L-3/4" inch tube-T1.25-BA Grade

: Chiller, 1식

- 압축기 용량 : 7HP [5kW]
- 최대 순환량 : 5.0 bar@max 80 [L/min]
- 탱크용량 : 120L
- 전원 : 380V, 50/60Hz
- 냉각능력 : 21,500 [kcal/hr]



그림 24. 가스 퍼지 시스템



그림 25. 냉각수 시스템

#### (4) 제어시스템

제어시스템의 구성은 운전 제어와 모니터링 시스템으로 분류된다. 전반적인 운전 정보에 대해서 PLC(Programmable Logic Controller) 및 원격 단말 장치(Remote Terminal Unit, RTU)로 수집된 정보는 네트워크를 통해 중앙/로컬 모니터링, 제어시스템 및 데이터베이스의 처리 체계로 전송하고 데이터 분석 및 제어할 수 있는 SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition, 원격감시제어) 시스템 기능을 가져야 한다.

본 공정에 대한 요구조건 및 주요 부품에 대한 사양은 다음과 같다.

- 모든 작업은 한국전기설비규정을 준수하고 자격 있는 자에 의해 이루어져야 한다.
- 도급자는 계약 후 현장 확인을 통해 충분히 시스템을 이해한 후 작업을 진행하여야 한다.
- 도급자는 각 구성품에 대해 전기 용량을 확인한 후 한국전기설비규정에 부합하는 전선 규격, 전기 제품을 선정하고 설계 도면을 제출하여 감독원의 승인을 받아야 한다.
- 모든 케이블과 전기용품은 주기하여 사용과 유지보수의 어려움이 없도록 한다.
- 모든 프로그램(PLC, ETOS, HMI 등)은 수정 전후 작업 내용에 대해 백업하고 감독원에게 제출하여야 한다.
- 제어시스템

: Heat element

- Heater Wire@KANTHAL A-1 Type
- max 1,400℃
- 25℃ to 650℃(30일간 연속운전), 온도 균일도 :  $\pm 3^{\circ}\text{C}$

- 700 mm @ 7 Sector로 구성, 히터 제어는 3 Zone 구분 운전
- : Temperature Controller
  - 최대 30개의 프로그램 패턴, 14세그먼트 컬러 LCD
  - 레더시퀀스 제어 및 PID 제어 기능
  - Modbus /TCP / Ethernet / RS-485 통신
  - 히터 결선→ 3 Zone 연결→ Left(1S)-Center(5S)-Right(1S)
- : Thermocouples
  - K-type (Class 1) 커넥터 포함
  - 센서 보호관→ STS316L
- : SCR Power Control Panel
  - Power, 380V/60Hz/3Ph/
  - Transformer [380V-800KVA-3P Y-D Down Transformer]
  - SCR Unit [380V 500A 3P Model: W-500A]
- : Operating & monitoring
  - PLC model compact logic 1769  
[L33ER CPU, AU Module 4EA, AO 2EA DI 3EA, DO 5EA, TC 3EA 외]
  - Touch→ 15" Panel
  - NCT Transformer, AC220V
  - Others→ LS Elec or Honeywell Electric Parts etc
  - Local Control Enclosure & Control 전장부품
- : Local Panel Monitoring system
  - ETOS Serial Server Interface
  - Industrial Ethernet Switching Hub
  - 터치 HMI 구현
  - PLC Programming/Local 운전 프로그램/Interlock
  - 가스퍼지시스템
- : Monitoring Server 구축
  - IPC SYS-610-i7-A1  
[IPC-610MB-00 /CPU Core i7-6700 (3.4GHz)/RAM DDR4 8GB]  
[모니터 24" TFT LCD]
  - 통합 운전 Monitoring Program 구축
- : Rack & Cabinet
  - Rack : 19"

- Cabinet : 1,400(W) x 800(D) x 2,000(H) mm

: 케이블 및 트레이 설치

- 전원 / 통신 케이블

#### 4.2.3 주요 설비에 대한 인터페이스 배관 구축

Utility(냉각수, 압축공기, 질소 가스, 진공 라인) 배관 구축 및 구조물 제작/설치에 적용되며, Shop & Site 현장 작업에 공통 적용된다.

##### (1) 배관 시공 준비

- 1) 배관공사 전에 Shop Drawing을 작성하여 감독원의 승인을 득한 후 시공한다. Shop Drawing 작성은 유지관리 측면과 타 공종 및 현장 상황을 고려하여 작성하여야 한다.
- 2) 배관이 불규칙하게 절단된 부분은 평평하게 절단하고 연마하여 평활하게 한다.
- 3) 배관 안팎에 있는 스케일 및 오염물들을 제거하여야 한다.
- 4) 환경에 따라 배관과 장비를 연결할 수 있도록 플랜지 또는 유니온을 준비한다.
- 5) 배관공이 배관을 틀리게 연결하는 것을 막기 위하여 시스템별로 표식을 하여 구분 관리하여야 한다.

##### (2) 배관 시공

###### 1) 접합 및 설치

- 배관의 배열은 도면에 지시된 것과 같이 해야 한다. 실제 현장 조건이나 혹은 다른 이유로 인하여 상세도면을 변경할 때는 감독자의 승인을 득한 후에 해야 한다.
- 배관의 접합은 원칙적으로 용접(TIG)접합 및 플랜지 접합으로 하며, 50A 미만에서는 필요에 따라 감독원의 승인하에 나사 접합을 할 수 있다.
- 나사 연결 부분은 테프론 테이프와 함께 접속되어야 한다.
- 모든 배관은 구간별 지지물(Support)을 설치해야 한다. 혹 도면에 나타나 있지 않더라도 시공자가 판단하기에 필요한 부분이나 감독원의 지시가 있을 때에는 시공자가 설치해야 한다.
- 시공 시 다음 사항에 대해서는 공사담당자의 “필히” 입회하에 시공하여야 한다.
  - 배관 세정 및 검사
  - 연결 배관 용접 직전
  - 연결 배관 용접 후
  - 시스템 별 배관 연결 과정
  - 검사 및 시험
- 배관의 세척은 사용 유체에 따라 맞는 세척 방법을 택하여 완전히 세척하여야 하며, 세척 후 발생하는 폐기물은 특정 폐기물 처리 방법에 따라 처리되어야 한다.
- 내압테스트 및 Flushing에 사용하는 개스킷 중 해체 후 재 조립을 필요로 하는 부위는

본 공사용 개스킷을 사용하지 않고 Temporary 개스킷을 사용한다.

- 가공 면의 녹 방지를 위하여 도포된 방청제는 용접 및 설치 전 완전히 제거한다.

## 2) 절 단

- 배관 및 부속류는 전용 절단기(Band Saw)를 사용하도록 한다.
- 고속그라인더 절단기의 경우 날은 Austenite Stainless 강용과 탄소강용을 구분하여 각기 절단하고자 하는 재질에 적합하게 제작된 날을 사용한다.
- 배관용 관재를 파이프 카터를 사용하여 절단하는 경우에는 내면을 리머 또는 줄로 마감한다.
- 스테인리스강의 절단은 관 내벽에 문제가 없도록 조치가 가능한 경우엔 플라즈마 제트 (Plasma Jet)로 절단할 수 있다.

## 3) 용 접

용접에 대한 사항은 용접사양서에 따른다.

## 4) 제작 및 설치

- 배관의 제작은 운반과 설치를 고려하여 적절한 Piece로 제작되어야 한다.
- 배관 재료를 운반할 때는 내부에 토사 등의 이물질이 들어가지 않도록 충분한 보호 대책을 강구한다.
- 가공 면은 손상을 방지하기 위한 필요한 조치를 해야 한다.
- 배관을 제작, 설치할 때는 그것에 필요한 재료가 도면 및 시방서에 적합한 것인가를 확인한 후 시공한다.
- 배관 설치 시에는 타 공사 또는 시설에 대해 방해나 손상을 주지 않도록 한다.
- 밸브를 설치할 때는 내부를 청소한 후 반드시 닫은 상태로 설치하여야 한다.
- 밸브 등과 같이 조작이 필요한 부품의 핸들은 조작이 용이한 위치가 되도록 한다.
- 플랜지의 연결 시에는 중심 또는 플랜지 면의 평행상태를 확인하고 볼트가 일치하도록 접속한다.
- 플랜지 볼트 구멍의 방향은 특히 지정하는 것을 제외하고는 중심선을 중심으로 대칭이 되도록 하며 동서남북의 방향이나 수직, 수평과 볼트 구멍이 일치하지 않도록 한다.
- 배관의 수평, 수직 및 관의 상호 평행 간격은 Level Transit, 수준기 등을 사용하여 정확히 시공한다.
- 배관 지지대는 배관 Support와 Hanger 및 검증된 상세도에 따라 제작 설치한다.

## 5) 검 사

- 검사의 종류
  - 배관 사양의 준수 여부 검사
  - 직선도, 수직도, 표준도 및 제시 도면 준수 여부 검사
- 당 공사에 필요하다고 인정하는 시점에 여하의 검사를 시행할 수 있다.

## 6) 기타 사항

- 본 공사 중 타 시설물에 대한 파손이 있을 때는 파손한 자가 책임을 지고 원상 복구하여야 한다.
- 중요 시설물 근처를 통과할 때나 매설할 때는 감독자의 사전 승인을 득한 후에 시행하여야 한다.
- 공사 중 동원된 시공자 소속 일체의 인원에 대한 재해보상을 시공자가 진다.



- 안전 작업 규칙 및 기타 안전 수칙은 준수해야 한다.
- 시공자는 매일 작업 완료 후 작업장 내외를 청결히 정돈하여야 하며 장비 및 자재 관리를 철저히 하여 공사의 혼잡성을 피하여야 한다.

### (3) 배관의 화학세정

본 공사에서 사용되는 STS 304L 및 STS 316L 배관의 화학세정(Chemical Cleaning)에 대하여 적용한다. 산세의 목적은 관내에 생성된 스케일, 유분, 기타 오염물을 제거하여 청정한 표면을 유지하고 2차 오염을 최대한 방지하는 데 있다. 산세 작업은 자격을 갖춘 외부 전문 업체에서 시행 후 배관 내 약품을 완전히 제거하고 개방된 부분은 비닐 등으로 밀봉하여 현장에 반입되어야 한다. 단, EP & BA Grade 규격품에 대해서는 제외된다.

### (4) SHOP DWG 작성

#### 1) 목적

본 공사에 대한 공학 설계 및 시공은 일반적인 건축물의 설비 설계 및 공사와 달리 실험 장치를 위한 시설로서 장치와의 인터페이스(Interface)가 복잡하여 추후 연결 위치 변경의 소지가 많고 Utility의 복잡성으로 인하여 입체적인 도면화 및 최적화가 필요하다.

#### 2) 업무 범위

- 부하계산이 필요하지 않고 시스템 등의 단순한 위치, 경로 등이 변경되는 경우 현장 여건을 고려한 도면화 및 정리를 한다.
- 시공 전 타 공정에 간섭되는지 여부를 사전에 검토하여 최적화된 시공이 가능하도록 하여 공사의 품질관리, 원가관리가 될 수 있도록 한다.

#### 3) 기술자 등급

현장 shop drawing은 시스템 난이도에 따라 건설부분 고급기술자 또는 중급기술자가 현장에 상주하여 작성하여야 한다.

### (5) 용접사양서

#### 1) 적용 범위

- 본 공사의 기계 구조물, 관류 등의 제작, 설치 공사에 대해 적용한다.
- 사용하는 기자재 일체는 모두 KS 표준 제품을 사용하며, 부득이한 경우는 사전에 감독원의 승인을 받고 사용하여야 한다.
- 본 사양서 이외의 기술적인 사항은 KS에 규정된 “용접 공사 시공 기준”에 따른다.

#### 2) 용접재료 및 절차

용접 공사 재료는 특별한 지시가 없는 한 KS 관련 규정에 준한다. 단, KS에 명시된 사항은 JIS나 ANSI 등의 관련 규정에 따른다.

#### 3) 공정계획서

- 용접 공사량과 설비 능력을 기본으로 하여 전체 공정을 결정하며, 상세한 공정계획을 수립한다. (공정표, 인원 배치표, 가공표 작성 및 공작법을 결정할 것)

- 공정표에는 완성 예정일, 재료 및 부품의 구입 시기를 표시하고, 작업 구분별 공정표를 모아서 용접 소요 공수표를 만들어 공사량의 평균화를 도모한다.
- 인원 배치표는 각 구조의 블록별로 설비 능력을 고려하여 공사 기간 중의 소요 인원 변동이 적게 되도록, 조립 관계자와 협의하여 결정한다.
- 공작법은 각 구조의 설계도에 따라 상세하게 수립한다. 이를 위해 절단 조건, 홈 및 용접 조건의 결정, 용접법의 선택, 용접 순서 등을 결정한다.
- 용접 전의 재료 가공 요령에 대해 치수별로 절단과 홈 가공의 예정표를 작성한다.
- 용접의 성공 여부는 용접 전의 준비 정도에 달려있으므로, 재료, 용접봉, 지그, 조립, 가용접, 홈의 가공과 청소 작업 등에 대한 준비를 철저히 하도록 한다.
- 기타 용접에 대한 관리는 용접 관리표를 작성하여 시행토록 한다.

#### (6) 용접사

본 공사의 용접공은 발주처에서 요구하는 기능검사에 합격하여야 한다.

##### 1) 용접사의 자격시험 요청

시공사는 용접사의 자격시험 요청서(Welder Qualification Test Schedule)를 작성하여 사전 발주처의 승인을 득하도록 한다.

- 용접사 자격시험 입회 요청서
- Welder Qualification Test Schedule
- 용접사 이력서
- 용접 절차서

##### 2) 용접사 자격시험

용접사 자격시험은 테스트 시편을 마련하여 용접 자세(6G), 용접방법(GTAW) 등이 기술된 요청서와 용접 절차서에 의한다.

##### 3) 용접사 자격시험 결과

용접사 자격시험 테스트 시편은 육안검사, 비파괴검사를 하여 합격판정을 받은 용접사에게 자격을 부여한다.

- 용접사 기량 시험 결과
- 용접사 검인증 기록서
- 방사선 투과 검사보고서

#### (7) 용접봉

##### 1) 용접봉의 기호

\* 표기법( EX: KS E 4316)

KS	<u>  E  </u>	<u>  00  </u>	<u>  X  </u>	<u>  △  </u>
전극 Electrode의 약자	↑	용접자세	피복제와 전원의 특성	
	최저인장강도			

용접 자세 : 전 자세, 수평/아래 보기 자세, 아래 보기 자세, 전 자세 또는 특정 자세

## 2) 용접봉의 선택

- 모재의 두께에 적절한 크기의 용접봉을 선택하며 KS 제품을 사용토록 한다.
- 수직 자세나 위보기 자세로 용접 시는 용접봉의 굵기를 가능한 작은 것을 사용하며, 그 이외의 자세는 굵은 용접봉을 사용한다. (단, 제1층 용접 시는 가는 것을 사용한다.)
- Stainless 배관 용접봉은 아래 사항을 참조한다.

항 목	PIPE	용도	TIG 용접봉
오스테나이트계 스테인리스 배관	STS 304L/316L	내식, 내열, 고온, 저온 배관용	E308L/E316L
냉간 압연 스테인리스 강판	STS 304	열교환, 축매, 가열로 용기용	E308

## 3) 용접봉의 관리

본 공사의 GTAW (Gas Tungsten-Arc Welding) 용접에 관한 봉접봉의 관리는 따로 규정을 마련하지 않고, 아크 용접의 경우에는 다음의 내용을 준수하여야 한다.

- 용접봉의 피복제는 습기를 흡수하면 용착, Crack, 기타 결함이 생기기 쉬우므로 보관에 유의하며, 작업착수 이전에 반드시 확인한다.
- 저수소계 및 일루미나이트계의 피복 용접봉은 습기 흡수의 영향이 크므로 작업 전에 반드시 건조시킨다.

## (8) 절단

## 1) 일반사항

- 절단 작업은 공사의 특성상 자동 절단기 또는 그라인딩을 할 수 있다. 이때 그라인더의 재료는 절단하고자 하는 배관 재료와 동일한 재료를 원칙으로 한다.
- 절단 효율, 절단면의 형상, 절단 정밀도가 좋도록 절단 계획을 수립한다.

## 2) 절단 준비

- 모재 표면에 스케일, 녹 등을 완전히 제거한다.
- 마킹은 스트레인(strain)을 완전히 제거한 후에 정확히 시행한다.
- 고정용 치구, 자동 절단기 등을 KS 규격품으로 완전히 준비한다.

## 3) 절단 시행

- 절단은 치구를 갖춘 후 자동 절단기를 사용하여 정확하게 절단한다.  
(단, 부득이한 경우 수동으로 절단할 수 있으나 필히 그라인딩 할 것)
- 절단 스트레인이 발생하지 않도록 적절한 순서에 따라 치구를 사용하여 절단한다.
- Angle, Channel 등의 절단은 반드시 Cutter로써 절단한다.
- 절단으로 인한 슬래그(slag), 이바리(burr) 등은 브러시, 끌, 그라인더 등으로 완전히 제거한다.
- 제품에 절단 Notch가 생기지 않도록 주의하며, 표면의 거칠기의 한도는 다음 기준 이하가 되도록 한다.

구 분	자유단	용접 이음단
거칠기	0.15mm 이하	0.8mm 이하
Notch 길이(R)	0.5mm 이하	2mm 이하

## (9) 개선 가공

## 1) 일반사항

- 개선부의 수분, 녹, 도료, 유지류 등은 Blow hole이나 갈라짐의 원인이 되므로 완전히 제거해야 한다.
- 개선 가공에 의해서 발생하는 슬래그, 이바리(burr) 등은 브러시, 끌, 그라인더 등으로써 완전히 제거해야 한다.
- 개선 형상이 불량한 경우 슬래그 혼입, 기포, 균열 등의 원인이 되므로 필히 그라인더로 정확히 다듬질한다.

## 2) 일반배관 개선 형상

- 판 두께별 홈 형상은 다음을 표준으로 한다.

판 두께(m/m)	형 상
6mm 이하	V, I 형
6 - 20	X, Y 형
20 이상	X, U, H GUD

- 홈의 폭을 좁히면 용접시간이 적어지지만, root의 용입이 불량하게 되므로 적정 간격을 유지하도록 한다.
- I형 또는 V형의 root 간격의 최대치는 사용 봉경(심선 직경) 한도로 한다.

## 3) Stainless 배관

구 분		TIG		MIG
가 공	1) V 형 가공이음 Bevel 각 Root 면 높이 Root 간격	B S R	50 - 60° 0 - 2mm 3 - 5mm	40 - 45° 1.5 - 3mm 3mm
	2) X 형 가공 Bevel 각 Root 면 높이 Root 간격	B S R	80 - 90° 0 - 2mm 0 - 2mm	60 - 70° 2 - 3mm 0 - 1mm
	3) T 형 가공 Bevel 각도 Root 면 높이 Root 간격	◎ B : 45° - 60° ◎ S : 0 - 2mm ◎ R : 0 - 2mm		
이 음	1) 용접 덧붙임 2) Bead 요철 3) Bead 폭 직선도 4) Back chipping	◎ h = 0.25 - 0.3 ◎ Bead 길이 100mm 이내에서 Bead 폭 벗어남 5mm 이내 ◎ chipping 여부		

## (10) 조립 및 가 용접

## 1) 조립

- 조립 순서는 용접순서, 용접 작업의 특성을 고려하여 계획하고, 용접 불능 개소가 없도록 하며, 또한 불필요한 변형 또는 잔류응력이 남지 않도록 미리 검토하여 결정한다.
- 수축이 큰 맞대기 이음을 먼저 조립하고, Fillet 용접을 다음에 시행한다.
- 조립 및 가 조립은 원칙적으로 정반 위에서 실시한다.
- 형상이 복잡하고 다듬질 정도가 높고, 같은 형의 제품으로 수량이 많은 것 등은 조립용 지그(JIG) 또는 변형 방지용 보조 재료를 사용한다.

## 2) 가 용접

- 가 용접은 본 용접 전에 좌우의 홈 부분을 잠정적으로 고정하기 위한 짧은 용접이나 터짐, 기공, 슬래그 섞임 등의 결함을 수반하기 쉬우므로 원칙적으로 본 용접을 하는 홈 내에 시행하는 것은 좋지 않다.  
(만약, 부득이한 경우에는 본 용접 전에 깎아 낼 것)
- 가 용접의 제거는 원칙적으로 초층의 반대편을 적당한 시기에 시행한다.
- 가 용접은 필히 숙련된 용접공이 시행토록 한다.
- 가 용접의 용접봉은 본 용접보다 한 치수 작은 것을 사용토록 한다.
- 가 용접의 간격은 박판(3 mm 정도)에서는 50 mm 마다, 후판에서는 약 300 mm 마다 붙인다.  
(불필요한 가 용접의 개소는 최소로 줄일 것)
- 가 용접 개소는 용접을 행하는 중간 부분 또는 단속 용접부의 중간으로 취한다.
- 가 용접부에 균열, 기포 등을 발견했을 때는 필히 끝로 따내도록 한다.  
(본 용접에 있어서 슬래그 침투가 없도록 자동 용접부의 슬래그는 완전히 제거한다.)

## (11) 용접 준비

## 1) 홈의(Groove) 확인, 보수

- 용접 홈의 상태가 표준치수로 되어있는지 여부를 용접 전에 반드시 확인한다.
- 이음홈의 엇갈림이 과대하게 되면 용접결함이 생기기 쉽고, 이음에 굽힘 응력이 생기므로 허용한계 내로 고정한다.
  - 길이 방향 이음 : 판 두께의 5%(단,  $T \leq 20$ 일 때 1 mm,  $T \geq 60$ 일 때 3 mm)
  - 원주 이음 : 판 두께의 10%(단,  $T \leq 15$ 일 때 1.5 mm,  $T \geq 60$ 일 때 6 mm)
- 이음면의 개선 형상이 불충분하거나 간격이 너무 커서 용접봉이나 쇠불이를 끼우고 용접을 하면, 반드시 결함이 생겨 이음 강도가 부족하게 되므로 이런 방법은 절대로 사용하지 않도록 한다.
- 이음면의 간격이 너무 벌어진 경우에는 다음과 같이 보수한다.
  - 맞대기 용접
    - : 편측 또는 양측에 덧붙임 용접을 하여 깎아낸 후 정규의 홈으로 만든 다음 용접한다.
    - : 판 두께 6 mm 정도의 받침쇠를 대서 용접한다.
  - (이 받침쇠는 떼어내서 뒷면 용접을 하여도 되나 그대로 남겨두어도 된다.)

: 판을 전부 또는 일부(약 300 mm 길이) 교환한다.

- 필렛(Fillet) 용접

: 간격이 1.5 mm 이하이면 그대로 규정한 다리 길이(각장)로 용접한다.

: 간격이 1.5 mm~4.5 mm 경우에는 그대로 용접하여도 되나 벌어진 만큼의 각 장을 증가시킨다.

: 간격이 4.5 mm 이상일 때는 Liner를 넣거나, 모자란 판을 300 mm 이상 잘라내어 교환한다.

## 2) 흙의 청소

수분, 빨간 녹, Mill scale, 페인트, 기름, Grease, 먼지, 슬래그 등은 기공, 균열의 원인이 되므로 용접 전 또는 각 층마다 완전히 슬래그를 제거하고, 와이어브러시, 그라인더, shot blast 또는 화학 약품에 의해 청소를 필히 해야 한다.

## (12) 용접 시행 (본 용접)

### 1) 용작법

- 용작법은 용접에 수반하는 변형과 수축 및 잔류응력의 경감, 공수의 저감, 모재의 재질 및 용접방법에 따라 적당히 선택한다.
- 용접장이 길어지면 종단으로 향하여 수축과 잔류응력이 커짐으로, 전진법을 쓰지 말고 후퇴법, 대칭법, Skip 법을 사용토록 한다.
- 잔류응력을 특히 적게 해야 할 개소에는 후퇴법을 사용한다.
- 변형의 비대칭을 피해야 할 개소에는 대칭법을 사용한다.
- 다층 용접시에는 Build up 법에 의해 비드를 붙이는 것이 보통이나 특히 변형 및 잔류응력을 적게 해야 하는 개소에는 Cascade법 또는 Block법으로 시행한다.

### 2) 용접순서

- 용접순서는 제품의 조립이 용이하도록 선정하며 다음에 따른다.
  - 모든 배관은 1-pass의 재살용접으로 모재가 완전용착이 될 수 있도록 한다. 단, 소재의 형상에 따라 Filler를 사용할 수도 있으며, Filler의 두께는 Ø1.6 mm 이하 것을 사용하도록 한다.
  - 완전 용착이 판단되었을 경우, 모재의 두께 및 형상에 따라 multi-pass로 용접한다.
  - 용접열로 인한 배관 내부의 산화를 방지하기 위해 불활성가스를 이용한 내부 정제 작업을 충분히 진행하면서 용접한다.
  - 수축량이 가장 크게 될 가능성이 있는 이음을 먼저 용접하고, 수축량이 적은 것을 나중에 한다.
  - 배관 용접은 기본적으로 전진법의 180° Sector로 나누어 진행하도록 한다.
- 밀면 따내기 및 뒷면 용접
  - 맞대기 이음의 제1층 째는 용입 불량 등의 결함이 생기기 쉬우므로 제2층 이후가 완료된 다음 밀면 따내기에 의해 제거하여 뒷면 용접을 한다.
  - 밀면 따내기는 일반적으로 Gouging을 하여 시행할 것이나 특히 변형이나 모재에 손상을 주어서는 안 되는 경우에는 웨이퍼 등에 의한 기계적 방법으로 행한다.

### 3) 용접 적정 전류

- 용접전류는 용접자세, 홈 형상, 모재의 종류에 따라 사용한다.
  - 아래 보기 자세 : 강전류
  - 위 보기 자세 : 아래 보기의 10~20% 감소 전류
  - 수직 자세 : 아래 보기의 20~30% 감소 전류
- 과다 전류는 언더 컷, 기공, 슬래그 섞임의 발생이 쉽고 표면의 파형이 거칠게 되며, 용접봉 홀더 부근의 피복이 녹아 떨어져서 사용할 수 없게 되거나, Crater 결함이 생기기 쉬우므로 반드시 적정 전류를 선택한다.
- 과소 전류는 용입 불량으로 인한 Overlap의 발생 원인이 되고, 슬래그 섞임이 생겨 강도가 불완전해지므로 적정 전류를 선택한다. (단, 상기 결함이 생기지 않는 범위 내에서 용접 입열을 크게 하는 것이 좋으므로 고전류 고속 용접을 하는 것이 좋다.)
- 아크(ARC) 길이는 짧게 하고 아크 전압을 너무 낮게 하면 단전하기 쉽고, 아크를 무리하게 길게 하고 전압을 높이면 아크가 불안정하게 되어, 용융금속의 산화나 질화가 일어나기 쉽고, Spattering이 심하게 되어 좋지 않으므로 아크 길이는 심선 직경에 대략 같은 길이로 한다.

#### 4) 용접 시 주의 사항

- 용접에 앞서 용접순서, 운봉법, JIG 사용, 예열, 후열 등 변형 방지 대책을 수립한다.
- 형상이 복잡하고 다듬질 정도가 높고 또 같은 형의 제품으로 수량이 많은 것 등은 조립 용 치구 또는 변형 방지용 보조 재료를 사용토록 하며 이때 치구의 정밀도를 확실히 하도록 한다.
- 용접의 시작점과 끝나는 점은 용입이 불충분하여 갈라지거나 blow hole이 발생하기 쉬우므로 아래와 같이 한다.
  - 용접선의 양단에 end tap을 붙여 결합부를 판 밖으로 이동시킨다.
  - ARC를 다시 발생시킬 때는 아크를 끝부분 조금 앞에서 발생시켜 끝부분을 완전히 보수한 후 전진을 시작한다.
  - 용접을 완료한 후에는 끝부분의 패인 곳을 완전히 제거하고 ARC를 자른다.
- 용접을 이어가는 부분은 결함이 생기기 쉬우므로 특히 주의하여 슬래그를 청소하여 용입이 잘되도록 한다.
- 다층으로 용접할 경우 각층마다 망치, 와이어브러시 등으로 슬래그를 완전히 제거하고, 용접부의 이상 유무를 확인한 후, 상층의 용접을 시행한다.
- 용접 중에 크랙, 기공, 슬래그 침투의 불량을 발견하면 반드시 불량 부분을 수정한 후 보수 용접하도록 한다.
- 기온이 -5℃ 이하의 한랭 시에는 용접 작업에 앞서 반드시 이음부에 가스를 사용하여 30~37℃로 예열하여야 한다.

### (13) 용접검사 및 결함의 보수

#### 1) 일반사항

- 용접 전, 용접 중, 용접 후에 있어서 용접공의 기능, 용접재료, 용접설비, 용접시공, 상황, 용접 후 열처리 등의 적부를 검사하는 작업검사(Procedure Inspection)를 필히 실시한다.
- 용접 후 제품이 요구대로 완성되었는지 여부를 검사하는 수입검사는 공사 사양서에 명기

되어 있거나 또는 감독원이 필요하다고 인정하는 경우 시공자는 파괴검사 및 비파괴검사를 실시하여 성적표를 감독원에게 제출하여야 한다.

- 기타 검사에 대한 것은 KS 기준에 따른다.

## 2) 용접 전 작업검사

- 용접봉, 모재, 용접시공법 및 용접공에 대해서는 필히 검사를 실시한다.
- 용접설비인 용접기, 부속기구, 안전기구, 지그 및 고정부의 적부와 작동의 정확성을 검사한다.
- 용접봉은 외관과 치수 및 용착 금속의 성분과 성질, 모재와 조합한 이음의 성질, 작업성 등을 조사한다.
- 모재는 화학성분, 기계적 성질, 물리적 화학적 성질 및 각종 결함(개재물, 라미네이션, 표면의 요철, 평활도, 표면의 흠, 기타)의 유무를 조사한다.
- 용접 준비로서, 흠의 각도, root간격, 이음면의 표면상황(산화막, 녹, 도료, 유지, grease, 먼지, 기타의 유무)이음의 맞춤, 가 용접 상태, 반침쇠의 상황을 조사한다.
- 기타 지그, 역 변형, 고정 상황 등 조립에 관하여 검사한다.
- 모재와 용접봉이 결정되면 본 용접에 사용되는 흠의 형상, 용접 조건, 예열 및 후 열처리의 적부를 조사하기 위해 반드시 용접시공법 시험(Welding Procedure Test, 즉 용접물과 동일한 모재, 용접봉 및 용접시공 방법을 사용하여 별개의 이음 시험편을 만들어서 외관 검사와 방사선 투과검사 또는 기타 비파괴검사를 하여, 용접부의 건전성을 조사하는 이외에 이음의 인장, 굽힘, 충격 등의 기계적 시험 및 단면의 조직검사를 하여 용접부의 완전도를 확인하는 것을 말함)을 하고 난 후 용접을 시행한다.
- 용접공의 기능검사는 용접사 자격시험에 의거 실시하여 합격자에 한해 용접에 임하게 한다.

## 3) 용접 중 작업검사

- 용접봉의 보관과 건조 상태를 반드시 검사하여 양호한 것만 사용토록 한다.
- 이음의 표면 청소 상황을 검사한다.
- 각 층마다 비드 형상, 융합 상황, 용입 부족, 슬래그 섞임, 터짐, 비드의 파형, 크레이터(crater)의 처리, 밀면 따내기 상황 등을 외관검사 또는 침투, 자기와류, 방사선 투과검사 등으로 검사한다.
- 용접전류, 용접 전압, 용접 속도, 용착 순서, 운봉법, 용접 자세 등이 사전에 지정된 조건과 일치하는가를 검사한다. (필요에 따라서 예열온도와 중간온도 등도 검사한다.)
- 결함이 발견되면 즉시 보수 용접을 실시한다.

## 4) 용접 후 작업검사

- 후 열처리, 변형 교정 등 부가된 작업에 관련된 검사로서 적당한 온도, 유지시간, 가열과 냉각 속도, 기타 작업조건이 지정된 조건대로 실시되고 있는가를 검사한다.
- 균열, 변형, 치수 틀림의 유무를 검사한다.

## 5) 수입검사

- 수입검사는 일반적으로 육안검사만을 행하나 감독원이 필요하다고 요구하는 경우 파괴검사 또는 비파괴 검사를 실시할 수 있으며 그 시험 성적서를 제출해야 한다.
- 수입검사는 전반 검사(전 용접에 대한 것)와 발체검사(결함이 발생하기 쉬운 곳을 골라서 하는 것)로 구별한다.



- 검사 결과 수입(Acceptance)의 가부를 판단하며, 수입 불능 시는 보수용접을 한다. 보수 후에는 재 검사를 하여 완전하다는 것을 확인해야 한다.

#### 6) 육안 검사

검사관의 육안이나 렌즈로 직접 조사하며, 하기와 같은 사항들이 발견된다면 즉시 그 결함에 대한 보수를 실시한다.

- 치수상의 결함
  - 변형
  - 치수 불량
  - 형상 불량
- 구조상의 결함
  - 기공
  - Under cut
  - 용접 표면의 crack
  - Overlap

#### 7) 파괴, 비파괴 시험 대상

육안으로 발견 불가능한 결함은 파괴시험법, 비파괴 시험법(X-선, γ-선, 액체침투 형상시험, 자분탐상, 초음파탐사) 등으로써 시험 검사하여 결함 발견 시 보수한다.

- 구조상의 결함
  - 불순물 용입
  - 용입 불량
  - 용합 불량
  - 기공
  - Under cut
  - Crack
- 성질상의 결함
  - 기계적 성질(항복점, 인장강도, 연성, 경도, 충격치, 피로강도 등)
  - 물리적 성질(열, 전자기적 성질)
  - 화학적 성질(화학적 성분, 내식성 등)

#### 8) 결함의 보수

- 결함부의 보수는 당사 감독원의 지시에 따라 행하며 단독으로 처리할 수 없다.
- 슬래그 침투나 blow hole 등은 충분히 제거한 후 재용접한다.
- Crack은 완전히 그 부분을 제거하고 개선 가공을 다시 한 다음 재용접한다. 필요에 따라 stop hole을 가공하거나 인접 용접부의 일부를 절단하는 등의 처리를 해야 한다.
- Under cut, 용입 부족 등은 동종의 재질로 정성껏 수정 작업을 한다.
- Overlap은 그 부분을 불어내고 재용접한다.

#### 4.2.4 성능시험용 초전도 도체 샘플 [Mock-up] 제작 및 장비/설비 검증

본 계약과 함께 구매 및 제작되는 장비와 설비에 대해 최종 검증 시험이 필요하고 이에, KFE에서 제공되는 초전도 도체에 대해 성능시험에 필요한 도체 샘플을 제작하여야 한다.

제작은 KFE에서 제공되는 개념도를 근거로 제작도 설계가 우선 진행하며, 최종 KFE에서 승인된 도면을 근거로 제작을 착수하도록 한다. 또한, Mock-up 제작은 본 계약에서 구매/제작된 장비와 설비를 사용하도록 하며, 제작과 검사 및 시험 절차에 대해서는 KFE와 협의 후 진행하여야 한다. [그림 26. 초전도 도체 샘플 [Mock-up] 제작 관련 개념도 및 사진]

제작에 대한 요구조건은 다음과 같다.

- 계약 후, KFE에서 제공되는 개념도를 근거로 제작도 설계를 우선 진행하여야 한다.
- 제작은 본 계약에서 구매/제작된 장비와 설비를 사용하도록 한다.
- Mock-up 구조물은 열처리 전처리와 후처리 공정에 대해 구분 설계 진행되어야 한다.
- 열처리 후 구조물의 경우, 전기적으로 절연될 수 있는 재료가 사용되어야 한다.
- 성능시험에 필요한 센서류[온도/압력/유량] 구매/제작/설치가 포함되며, 사양 및 수량에 대해서는 계약 후 KFE와 협의 후 진행하도록 한다.
- 초전도 도체와 연결되는 Joint Block 및 Current Lead Joint 부속품 제작 및 설치 작업도 본 계약에 포함된다.

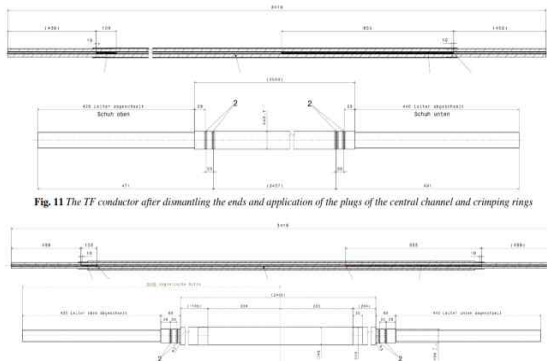


그림 26. 성능시험용 도체 샘플 [Mock-up] 개념도 및 사진

## 5. 품질 보증 및 절차

### 5.1 적용 범위

이 절은 기술시방서에 명시된 대로 구매 품목, 기자재 제작, 수리 또는 시공의 작업공정에 대한 구매자의 품질 검사 권한, 검사 진행 요령, 계약자의 자체 품질관리 책임 등을 규정한다.

### 5.2 계약자 자체 품질 검사 요건

- (1) 계약자의 품질 검사 조직은 계약서요건, 계약서가 요구하는 기술기준, 구매자가 검토한 설계서류 및 품질보증계획서 등의 요건에 맞는 품질 검사 업무를 관리할 수 있도록 해당 검사 관련 지시서, 절차서 등을 작성하여 이행하여야 한다.
- (2) 품질 검사 관련 업무에는 품질보증, 구조해석, 설계, 구매, 용접, 비파괴검사, 성능시험, 포장, 취급, 선적, 운송 등이 포함된다.
- (3) 구매자의 검사 또는 공인검사를 받기 전에 계약자의 자체 품질 검사가 선행되어 필요한

후속 조치가 완료되어야 한다. 계약자의 자체 품질 검사가 선행되지 아니하였을 경우 구매자는 검사 진행을 거절할 수 있다. 다만, 압력시험 등 부득이한 검사 공정의 경우에는 구매자와 계약자 검사 인원이 동시에 검사를 진행할 수 있다.

- (4) 계약자는 원활한 구매자의 품질 검사를 위해 구매자의 비용 지불 없이 구매자의 품질 검사자가 계약자의 해당 공장 출입, 자료열람 및 검사장비 사용 등 관련 업무에 협조해야 한다.

### 5.3 품질검사계획(Quality Plan) 제출요건

- (1) (제출 및 검토) 계약자는 공급 품목(하도급 품목 포함)에 대한 제작, 수리 및 시공과 검사 및 시험공정을 자세히 기술하는 품질검사 및 시험계획(ITP)을 작성, 제출하여 제작 또는 작업착수 이전까지 구매자의 검토를 받아야 하며 구매자는 계약자 품질검사계획에 구매자의 품질검사점(입회점, 필수확인점)을 선정한다.
- (2) (기술기준의 준수) 품질검사계획은 계약요건에 의해 적용되는 모든 기술기준을 준수할 수 있도록 제작 및 시험검사 공정이 설정되어야 한다.
- (3) (작성방법) 품질검사 및 시험계획에는 최소한 다음 사항이 포함되도록 해야 한다.
  - ① 계약번호 및 계약명
  - ② 기기명, 기기번호
  - ③ 품질검사계획번호 및 개정번호
  - ④ 작업, 시험, 검사공정
  - ⑤ 공정별 적용서류(절차서, 도면 등) 및 개정번호
  - ⑥ 계약자 자체 입회점 및 필수확인점
  - ⑦ 구매자 입회점 및 필수확인점 표시란
  - ⑧ 검사결과 확인서명란
  - ⑨ 해당 공정의 품질보증기록 제출여부 등
- (4) 계약자는 구매자가 품질검사계획에 대해 승인되지 않은 상태에서는 제작공정을 진행할 수 없다.

### 5.4 구매자의 품질검사요건

#### 5.4.1 일반요건

- (1) 구매자는 계약자와의 원활한 업무 수행을 위하여 담당 검사자를 임명하여 구매 품목의 제작 전에 계약자의 제작 공장을 방문하여 필요한 사항을 협의할 수 있다.
- (2) 계약체결 후 조속한 시일 내에 구매자가 제작 전 방문을 할 수 있도록 계약자는 구매자에게 연락하여야 한다.
- (3) 제작 전 방문은 구매자와 계약자 간 업무 편의를 위한 것으로서 제작 전 방문 시에 협의된 내용이 계약요건을 변경할 수 없으며 계약자의 책임을 면제할 수 없다.
- (4) 계약자는 구매자가 품질검사점 선정에 필요한 자료 및 정보 제출을 요구시에는 그 해당 자료를 구매자에게 제공하여야 한다.

#### 5.4.2 제작 중 검사

- (1) 제작이 진행되는 동안 제품의 품질을 확인할 수 있는 재료검사, 부분품 치수검사, 부분품 표면검사, 부분품 용접부 검사를 실시한다.
- (2) 계약자는 구매자의 입회점이나 필수확인점에 대하여 실제 작업 최소 5일 전에 구매자의 담당 검사자에게 서면으로 입회 요청을 해야 하며 다시 2일 전에 구두로 확인해야 한다.
- (3) 입회검사요청서에는 계약번호, 계약명, 검사품명, 검사공정, 수량, 예정일자, 검사장소, 계약자측 담당자 및 전화번호 등이 포함되어야 한다.
- (4) 제작, 시험, 검사에 적용하는 절차서, 도면 등은 계약요건에 따라 사전에 구매자기술부서의 검토 또는 필요시 승인을 받아야 한다.
- (5) 검사과정에서 부적합사항이 발견되면 해당 작업을 중단하고 필요한 시정조치 완료 후 필요시 구매자의 재검사를 받아야 한다.
- (6) 구매자는 검사결과가 만족한 경우에는 승인된 품질검사 및 시험계획(필요 시 Traveller 포함)에 서명하고, 불만족한 경우에는 부적합보고서 또는 시정조치요구서를 발행하여 부적합 품목에 대한 시정을 요구할 수 있다.

#### 5.4.3 출하 검사

- (1) 계약자는 제품을 제작 공장에서 출하를 하려면 아래 사항에 대한 조치가 완결된 후 구매자의 출하 검사를 받아야 한다.
  - ① 출하품목에 관련한 설계, 품질서류의 제출 및 구매자 승인종결
  - ② 제작, 시험, 검사 및 감사 관련 지적사항 종결(NCR, CAR 등)
  - ③ 품질증빙서류의 완비(각종 품질검사 및 기록서류 등)
  - ④ 계약자 품질보증확인서(Certificate of conformance) 발행
  - ⑤ 재료인 경우에는 적용 기술기준에 따라 재료확인서(Certificate of compliance)
- (2) 상기 사항이 완료된 후 구매자에게 출하검사를 요청하여 그 결과가 만족하면 구매자의 검사자는 출하승인서를 발급하며 불만족할 경우 출하를 보류할 권한을 갖는다.
- (3) 출하승인서의 발급이 선적지시를 의미하는 것은 아니며 계약서에 명시된 별도의 인도 일정 또는 구매자의 지시에 따라 선적을 해야 한다.
- (4) 구매자의 출하승인이 제품의 품질보증을 의미하지 아니하며 구매자가 출하 승인을 한 후 발견된 어떠한 품질문제점에 대한 책임도 계약자에게 있다.
- (5) 품질증빙서류 제출에 대한 세부요건은 구매시방서 서류제출요건에 따른다.

#### 5.4.4 현장조립 후 검사

- (1) 모든 검사 및 시험은 KFE 입회하에 실시한다.
- (2) 각 검사 및 시험에 대한 성적서와 관련 자료를 KFE에 제출한다.

## 5.5 부적합사항 관리

- (1) 계약자는 제작, 시험, 검사과정에서 부적합사항이 발견되면 즉시 해당 품목의 작업을 중지하고 품질보증 요건에 따라 처리하여야 한다.
- (2) 부적합사항의 처리과정이 다중의 작업공정, 검사 및 시험이 요구되는 경우 별도의 품질 검사계획서를 작성하여 구매자의 검토를 받아 시행하여야 한다.
- (3) 부적합품목을 현 상태 사용(Use-As-Is) 또는 수리(repair)하여 사용할 경우 구매자의 승인을 받아야 한다.
- (4) 계약자는 구매자가 승인한 내용에 따라 필요한 조치를 완료하고 구매자의 담당 검사자로부터 종결확인 서명을 받아야 한다.
- (5) 종결된 계약자 부적합사항보고서는 품질증빙서류에 포함되어야 한다.

## 5.6 공급자 불일치사항 관리

- (1) 계약자는 계약 이행 과정 중 아래와 같은 구매시방서 요건과 불일치사항이 발생한 경우에는 “공급자 불일치사항 처리 요청서(SDDR; Supplier Deviation Disposition Request)”를 발행하여 구매자에게 제출하여야 한다.
  - 제작된 또는 제작중인 기자재, 용역 및 공사가 구매 계약요건에 맞지 않을 때
  - 공급자가 계약서상의 일부 내용을 변경하고자 할 때
  - 부적합사항에 대해 현상태 사용(Use-As-Is) 또는 수리(repair) 사용 시
- (2) 계약자는 공급자 불일치사항 처리 요청서가 종결되지 않은 상태에서 기자재(또는 용역 및 공사)를 출하할 수 없다.
- (3) 공급자 불일치사항 처리요청서는 부적합 사항보고서 (NCR ; Non-Conformance Report)의 처리수단으로는 가능하나 그 대체 목적으로는 발행할 수 없다.
- (4) 종결된 공급자 불일치사항 처리 요청서는 품질증빙서류에 포함되어야 한다.

## 6. 포장, 취급, 선적 및 운송관리

- (1) 부품, 재료, 제품 포장 및 운반 등은 관련 Specification과 도면에 명기된 사항을 기준으로 한다.
- (2) 포장 박스(Box)는 나무로 만들며 지게차나 크레인(Crane)으로 들어 올릴 수 있어야 하며 이때 변형 및 파손되지 않도록 충분히 견고하여야 한다.
- (3) 제작품이 포장된 박스 내에서 흔들리거나 움직이지 않도록 고정시켜야 하며 필히 방수 포장을 하여야 한다.
- (4) KFE에서 지정한 장소로 운반할 때는 반드시 포장된 도로를 이용하여야 하며 본 제작품이 충격이나 진동 등 어떠한 외부 압력도 받지 않도록 세심한 주의를 하여야 한다.
- (5) 계약자는 상기 내용을 감안하여 사전에 포장 및 운반 방법을 상세히 작성한 후 KFE에 제출하고 승인을 받아야 한다.
- (6) 제작 공장에서 설치 장소인 KFE로 수송이 가능한 무게와 크기로 제작되어야 한다.
- (7) 조립 현장으로 옮겨진 후 오염 또는 손상이 발생되었는지 검사하여야 하며, 이상 발견

시 재 세정해야 한다.

- (8) 제작품의 부분품도 청결하고 건조한 폐쇄 공간에 보관해야 한다. (Site Condition 유지)
- (9) 설치가 완료된 후 보호를 위한 덮개를 설치한다.
- (10) KSTAR 현장의 단품 최대 무게 허용 용량은 20 톤(7.5 톤 크레인 사용가능)이며, 주 건물 문의 크기는 높이가 10 m이며 폭은 8 m이다.
- (11) KSTAR 하역장소는 길이 20 m, 폭 10 m, 높이 20 m 크기를 허용할 수 있다.
- (12) 한국에너지공과대학교 초전도 도체 시험 연구 센터의 하역장소 및 정보에 대해서는 계약 후 공유하도록 한다.

## 7. 제출 문서

### 7.1 적용 범위

- (1) 이 기술시방서는 계약자가 구매자에게 제출해야 할 각종 서류, 도면 및 품질증빙서류 등에 대한 세부 요건을 규정한다.
- (2) 계약서 본문(계약일반조건, 계약특수조건, 기술시방서 본문 등)에 규정된 요건은 이 시방서에 기술된 내용에 우선하여 계약자에게 적용한다. 만일, 이 기술시방서와 계약서 본문 내용이 상호 불 일치하거나 불명확한 내용이 있는 경우에 계약자는 구매자에게 통보하여 명확한 해석을 받은 후 이행하여야 한다.

### 7.2 일반요건

- (1) (계약자 의무) 계약자는 이 기술시방서에서 정하는 대로 계약이행을 위한 각종 서류 및 도면을 구매자에게 제출하여야 한다.
- (2) (서류품질) 계약자가 제출하는 서류 및 도면은 정상적인 육안으로 판독이 가능할 수 있도록 작성 또는 복사상태가 양호해야 하며 재복사 또는 전자매체 제작 등이 가능한 상태의 품질이 유지되어야 한다.
- (3) (구매자의 검토) 계약자가 제출하는 서류 및 도면은 계약요건에 따라 업무에 적용하기 전에 구매자의 검토를 받아야 한다.
- (4) (서류식별) 계약자가 제출하는 서류에는 서류명칭, 서류번호, 개정번호, 작성 일자 등이 명확하게 기재되어야 하며 서류의 각 면마다 서류번호, 개정번호, 페이지가 표시되어야 한다.
- (5) (서류번호) 계약서요건에 구매자가 제시한 서류분류번호 부여 방법이 있는 경우 계약자는 이를 준수해야 한다.
- (6) (서류승인) 계약자가 제출하는 모든 서류에는 작성, 검토, 승인권자의 소속, 직책, 성명, 서명, 일자 등이 포함되어야 한다.

### 7.3 서류 및 도면의 제출

- (1) 계약자는 기술시방서 접수 후 아래에 명기된 사항이 포함된 제작 추진방안 및 추진

일정을 제출하여야 한다.

- 설계, 제작 및 품질관리 방안
- 추진 인력 편성표(인원, 경력 등)
- 제작 공정표
- 기타 관련 자료

(2) 제작 전 아래 명기한 자료를 각 3부씩 제출해야 한다.

- 제작도
- 검사 및 시험 절차서
- 제작 별 공정 절차서
- 검사 및 시험 계획서(ITP)
- 포장 및 운송절차서
- 설치 절차서

(3) 제작 기간 중 아래 명기한 자료를 제출해야 한다.

- 제작공정에 대한 검사 및 시험 성적서
- 주요 공정의 제작 진행 상황 사진
- 각 공정별 제작 방법 및 품질관리 기록서
- 부적합 보고서

(4) 매주 주간 진척사항 및 업무 진행 상황을 문서로 작성하여 제출한다.

(5) 완료 시 아래 명기한 자료를 각 3부씩 제출해야 한다.

- 제작도면(Jig & Fixture 포함)
- 제작 별 공정 절차서
- 검사 및 시험 절차서
- 검사 및 시험 계획서(ITP)
- 검사 및 시험 성적서
- 설치 절차서
- 주요 공정의 제작 진행 상황 자료
- 각 공정별 제작방법 및 품질관리 기록서
- 부적합 보고서

(6) 자료 제출 일정

- 제작 추진 방안 및 추진 일정 자료: 계약 후 45일 이내
- 제작 전 제출자료: 착수 전 15일 이내
- 제작 중 제출자료: 협의 후 결정
- 완료 시 제출자료: 설치 완료 검사 후 제출

(7) (자체검토, 승인) 계약자가 구매자에게 제출하는 모든 서류 및 도면은 계약서 및 계약서에서 요구하는 기술기준과 품질보증계획서에 따라 작성, 검토, 승인되어야 한다. 계약자가 자체승인하지 아니한 서류가 구매자에게 제출되어서는 안된다.

(8) (용지사용) 서류에는 일반적으로 A4용지를 사용하며, 도면에는 크기에 따라 A0, A1, A2, A3 등의 용지를 사용한다.

(9) (전자매체의 사용) 구매자의 요청에 따라 전자매체를 이용한 서류를 제출하는 경우, 이 전자매체는 관리 기준이 수립, 운영된 것이어야 하며 검색 가능, 복사 가능, 재생가능,

이중 보관 등의 품질 요건이 충족되어야 한다.

- (10) (제출) 계약자는 서류 송부 전을 사용하여 서류 및 도면을 구매자에게 제출하여야 한다.
- (11) (재고기록) 계약자는 구매자가 제공한 품목의 물량에 대한 재고기록을 유지하고 구매자의 요청 시 재고기록보고서를 구매자에게 서면으로 제출하여야 한다.

#### 7.4 기록매체 제작 및 검사요건

- (1) 기록매체에 수록할 모든 자료(도면 및 문서)는 전자파일 그대로 수록하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 기록매체에 수록할 모든 자료(도면 및 문서)의 Image File Format은 CCITT Group4 TIFF 압축 방식 또는 PDF(Portable Document Format)를 사용한다.
- (3) Image File은 화면 검색 및 출력 시 판독이 가능한 해상도(200DPI 이상)를 유지하도록 Scanning되어야 한다.
- (4) 도면 및 문서의 Image File 변환 시 Scanning 축척은 1:1로 하여야 한다.
- (5) 도면인 경우는 Multi-page TIFF (1개의 이미지파일 내에 다수개의 페이지를 모두 포함시킬 수 있는 파일포맷)를 사용할 수 없으며, 문서인 경우에 한하여 Multipage TIFF를 사용한다.
- (6) 기록매체에 수록할 경우 자료의 목록과 원문 이미지 데이터가 연계될 수 있도록 수록 폴더명, 파일명(File Name) 등을 동일하게 부여하여 수록토록 하여야 한다.
- (7) 전자매체에 수록하여 보관되는 모든 기록물은 사업주 전산시스템에 등록 가능한 형태의 자료이어야 한다.
- (8) (기록검사) 계약자가 제출한 전자매체에 수록된 기록물은 구매자의 내부기준(수량 검사 및 파일 수록상태 검사, 화질 검사, 검색 연동성 검사 및 외관검사, 표준 색인 목록 검사 등)에 따라 별도의 인수검사를 하여 전자매체 및 수록된 기록물의 품질이 불량하다고 판정 시에는 인수를 거절할 수 있다.

#### 7.5 품질증빙서류

- (1) (제출요건) 계약자는 모든 작업이 완료되고 품질보증계획서의 요건에 따라 제품을 공급함을 보증하는 품질증빙서류를 구매자에게 제출하여야 한다.
- (2) (품질증빙서류의 종류) 일반적으로 품질증빙서류는 다음과 같다.
  - ① 자재/부품 목록 [재료시험성적서 또는 재료확인서(Certificate Of Compliance) 포함]
  - ② 제작 중 발생된 각종 시험, 검사보고서
  - ③ 특수 작업(용접, 비파괴검사) 기록
  - ④ 부적합보고서(NCR), 시정조치요구서, 공급자 불일치사항 처리요청서(SDDR)종결분
  - ⑤ 최종 제작도면(Final Fabrication Drawing)
  - ⑥ 일반규격품 적합성 인증서(Certification of Conformance for CGI Dedication)
  - ⑦ 기타 품질검사계획에 의거 요구되는 서류 (공정별 절차서)
- (3) (편철) 품질증빙서류는 편철, 색인, 페이지 부여 등에 있어 찾아보기에 불편함이 없어야



하며 계약자의 책임자가 그 앞 페이지에 최종검토, 확인서명을 해야 한다.

- (4) (식별) 품질증빙서류의 바인더 앞표지에는 품목 WBS, 계약번호, 계약명, 기기명, 계약자 등의 필요한 식별표시가 되어야 한다.
- (5) (제출서류의 소유권) 계약자가 구매자에게 제출한 서류 및 도면은 구매자의 소유이며 계약자는 제출한 서류 또는 도면의 반환을 요구할 수 없다.

## 8. 특허권 및 소유권

- (1) 계약자는 본 사업의 수행 과정에서 계약자가 설계 시 사용하거나 제공한 특허 또는 상품권으로 인하여 발생할 수 있는 어떠한 종류의 책임으로부터 KFE는 완전히 면책되도록 하여야 한다. 단, KFE가 작성한 구매 사양서 및 도면과 관련되는 사항은 제외된다.
- (2) 본 계약에 의거 계약자가 공급한 기지재 (Know-How 포함)가 KFE를 상대로 특허권 분쟁이 야기되었을 때, 이에 대한 모든 비용 및 손해는 계약자가 부담한다.
- (3) 계약자(하도급자 포함)는 본 사업의 수행과정에서 반출된 도면 및 기술자료, 습득한 제반 지식을 KFE의 사전 승인 없이 국내·외 타 Project에 임의로 사용하거나 반출될 수 없으며, 이로 인해 야기된 제반 문제에 대해서는 계약자가 모든 책임을 진다.


## 9. 일정

- (1) 계약자는 계약 후 30일 이내에 기본 설계 및 구매품 발주 리스트 작성 후 KFE에 제출하여야 한다.
- (2) 계약자는 계약 후 45일 이내에 상세 공정계획서를 KFE에 제출하여야 한다.
- (3) 계약자는 계약 후 45일 이내에 설계 및 제작에 관계되는 자료와 도면을 KFE에 제출하여 승인을 받은 후 제작에 착수하여야 한다.
- (4) 계약자는 계약 후 주요 설비에 대한 제작 및 설치와 종합시운전 및 성능검증을 아래 일정에 맞게 완료되어야 한다.
  - 설계 및 자재 발주 : 계약 후 ~ 2025. 6월 이내
  - 진공열처리 설비 제작 : 계약 후 ~ 2026. 3월 이내
  - 도체 샘플 장비 구매 및 입고 : 계약 후 ~ 2026. 6월 이내
  - Shop, 시 운전 : 2026. 7월 ~ 2026. 9월 이내
  - Site, 설치 : 2026. 10월 ~ 2026. 11월 이내
  - 종합시운전 및 성능검증 : 2026. 10월 ~ 2026. 12월 이내
  - 완료보고서 제출 및 승인 : 2026. 12월 이내
- (5) 계약자는 장치 제작 및 설치 기간 중 제작공정 및 품질관리 진도보고를 매달 한 번씩 실시하여야 한다.
- (6) 공정 진도와 관련하여 매주 주간보고서를 작성하여 제출한다.
- (7) 제작 및 설치 진행 중에는 일일보고서를 작성하여 제출한다.
- (8) 불가피한 일정 변경 사유가 발생할 시 그 귀책 사유가 계약자에게 있을 않을 경우, 계약자는 일정을 KFE와 협의하여 조정할 수 있다.

(SDDR, Supplier Deviation Disposition Request)

[illegible]

## 붙임 2 : Document Transmittal Sheet

	Document Transmittal Sheet		FAX	
			TEL	
			E-mail	
Registration No : DR-Serial No.-WBS (받는곳에서 기입)			Filer	
	Name	Work Group		
From			TRANS. DATE	/ /
To			TRANS. NO.	DS-Serial No.-WBS (보내는곳에서 기입)
ATTN			WBS NO.	
CC			PROJECT	
<p>THE FOLLOWING DOCUMENTS ARE TRANSMITTED FOR YOUR :</p> <p> <input type="checkbox"/> Information      <input type="checkbox"/> Approval      <input type="checkbox"/> Review/Comment      <input type="checkbox"/> Reference  <input type="checkbox"/> Design      <input type="checkbox"/> Quotation      <input type="checkbox"/> Fabrication      <input type="checkbox"/> Construction  <input type="checkbox"/> Record      <input type="checkbox"/> Technical Memo      <input type="checkbox"/> _____ </p> <p>THESE DOCUMENTS ARE :</p> <p> <input type="checkbox"/> Draft      <input type="checkbox"/> Preliminary      <input type="checkbox"/> Final      <input type="checkbox"/> Revision </p>				
No.	Document No.	Rev.No.	Q'TY	Description
Remarks :				
Distribution List :			Supplier Originator	
Organization Name	Division Name	Name :		
		Signed _____		
<p>Acknowledgement of Receipt :</p> <p> <input type="checkbox"/> Not Required;  <input type="checkbox"/> Required; Please return a copy of this transmittal after signing bellow </p> <p>Received by : _____ Date : ____/____/____</p>				

## 붙임 3 : 검사 및 시험계획서 표지


시공계약자 마크

검사 및 시험계획서(ITP)

Total ○○ Sheets

(with cover sheet)

품질 검사 및 시험계획서(ITP)

			
<b>Document status</b>			
<input type="checkbox"/> <b>Approved.</b> <input type="checkbox"/> <b>Approved with comments.</b> Work may proceed subject to comments noted. <input type="checkbox"/> <b>Revise and resubmit.</b> Work may not proceed.			
<u>Note</u>			
Approval or review hereunder shall not be construed to relieve Contractor of his responsibilities and liability under the Contract.			
Date	Approved	Approved	Approved

OWNER'S NAME : National Fusion Research Center

PROJECT NAME : ○○○○○○○○○○○○○○○○○

DOC. NO. :

		- SAMPLE -			
0	...				
Rev. No.	Date	Descriptions	Prepared by	Reviewed by	Approved by

## 붙임 4 : 검사 및 시험계획서

○○○○○ 제작 검사 및 시험계획서			공 급 자 :				ITP No.		
			과 제 명 : (필요 항목으로 변경기재 가능)				개정번호 No.		
			조립단계 : (필요 항목으로 변경기재 가능)				Page of		
번호	공정	검사 및 시험종류	적용 규격 및 절차	검사주관				검사보고서 번호	비고
				시공업체		주관기관			
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

주1) 검사주관에 검사점 기입 H : Hold Point, W : Witness Point, R : Review Point