

	NBI-2 개발운영사업	개정번호: 0
	기술시방서 (Technical Specification)	발행일자: '18. 9. 페이지: 1 / 68

제 목 : NBI-2 250W 저온헬륨설비 진공챔버 및 부대장치 제작/설치 기술시방서

개정 이력

개정번호	개정일자	개 정 사 유
0	2018. 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	담 당	주 재 준		2018. 09. 11
	담 당	문 경 모		2018. 9. 11
검 토	팀 장	곽 상 우		2018. 9. 12
승 인	부 장	홍 석 호		2018. 9. 12

목 차

1. 목적	5
2. 업무범위	5
3. 재료 및 부품	12
4. 적용규격	14
5. 요구사항	15
6. 기술사양	27
6.1 개요	27
6.2 업무범위	27
6.3 P&ID	28
6.4 주요구성 요소	29
6.5 상세 기술사양	38
7. 시운전.....	45
7.1 헬륨 계통 Purging	45
7.2 시스템 Conditioning	45
7.3 시스템 진공 배기	45
7.4 시스템 냉각 및 운전	46
8. 제어 계측 시스템(Local I&C)	46
8.1 일반사항	46
8.2 작업범위	46

8.3 제어시스템 interface	48
8.4 장비내장 제어사항과 interlock	49
8.5 제어시스템의 의무	50
9. NFRI 환경	51
9.1 NFRI 환경 Utility	51
9.2 NFRI 출입 및 작업준수 사항	52
9.3 KSTAR 토카막 주위 자기장	52
10. 품질보증 및 절차	54
11. 제출문서	58
12. 납품	62
13. 납기기간	62
14. 특허권 및 소유권.....	63
15 기타사항	63
16 참고자료	64

1. 목 적

본 문서는 국가핵융합연구소 (NFRI; National Fusion Research Institute)에서 연구개발 및 운전 중에 있는 차세대 초전도핵융합연구장치인 KSTAR (Korea Superconducting Tokamak Advanced Research) 장치 운영과 관련하여, NBI-2에 공급되는 액체(초임계)헬륨의 공급을 위해 헬륨냉동기 진공챔버 및 부대장치 제작/설치에 관한 기술시방서로서 설계, 제작, 운송, 설치, 시험/검사, 시운전, 품질보증업무 등의 수행 전반에 걸친 업무범위, 기술사양 및 제반 요구조건을 규정하며, 주어진 일정 내에 시스템 구축 및 성능시험 완료를 위한 방향을 제시한다.

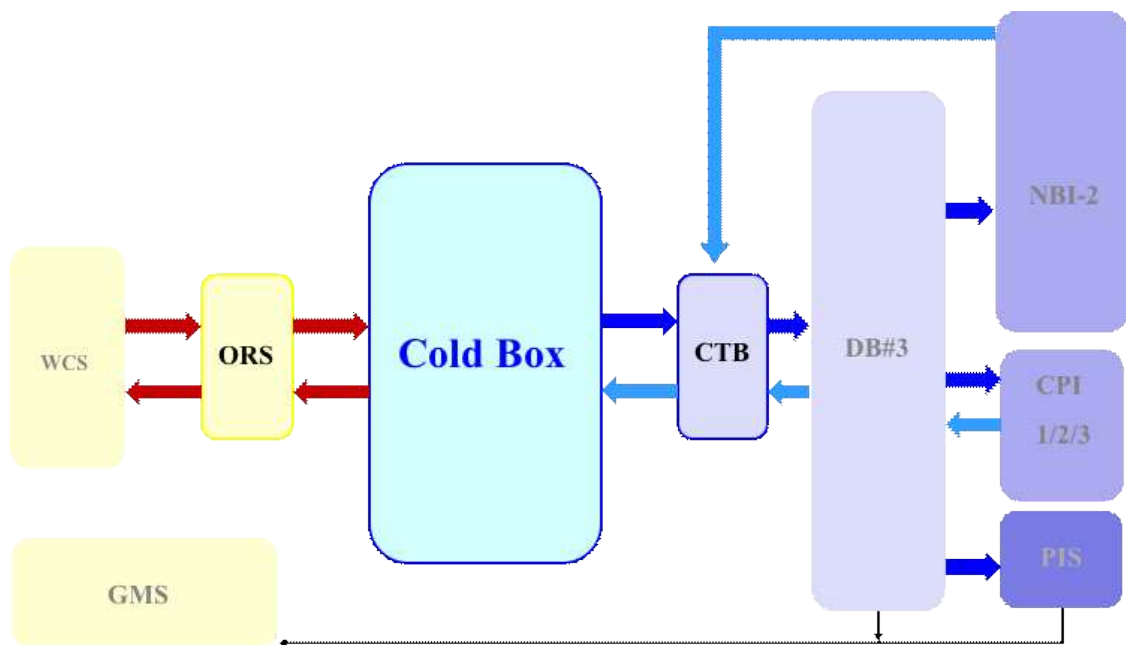


그림 1 NBI-2 냉동기 시스템 개념도

2. 업무범위

제작자는 본 기술시방서에서 요구하는 제반조건 및 기준을 만족시켜야 하며, 요구되는 기술력과 제작 및 조립에 필요한 제조, 시험 및 검사 설비 등을 필히 확보하여야 한다. 또한, 요구되는 제반 기술사항 및 기준에 맞추어 각종 절차서를 발행하여야 하며, 발주자의 승인을 취득한 후 절차서에 따라 공정을 진행하여야 하고, 주관기관의 기술적인 요구사항에 적극적으로 협조해야 한다.

제작자의 총체적인 업무범위는 아래 테이블에 나타난 바와 같으며 구체적인 업무 범위

는 본 기술시방서 및 NFRI-제작자간 계약서류에 따른다.

표 1 업무범위

구 분	내 용	비 고
1. 공학설계 및 제작도면 작성	<ol style="list-style-type: none"> 진공챔버; <ul style="list-style-type: none"> 진공챔버 80K adsorber 20K adsorber Turbine bearing buffer tank 20/80K adsorber filter 헬륨 배관 설계 액체질소 배관 설계 Vacuum pumping system (VPS) <ul style="list-style-type: none"> Roughing pumping (Rotary, backing) High vacuum pumping (TMP) Fit to pump and piping Utility 및 부대설비 <ul style="list-style-type: none"> 전기배선/냉각수/질소라인 압축공기 interface 각종 지지구조물, 보강재, 시스템 및 인터페이스 등 Local I&C <ul style="list-style-type: none"> 헬륨라인 제어계측 진공배기계 제어계측 중앙제어계 구축 인터페이스 시스템 P&ID 및 circuit diagram 제작설치를 위한 임시 구조물 설계 <ul style="list-style-type: none"> 용접, 조립 및 설치 관련 임시구조물 도면관리 방안 	AutoCad 3D Solid-works
2. 제작기술	<ol style="list-style-type: none"> 압력용기 및 배관 관련 인허가 취득 방안 <ul style="list-style-type: none"> 고압가스 일반제조시설의 처리 및 저장능력에 대한 변경 인허가 취득 (KGS, 관할구청) 압력용기 대상 품목 인허가 취득 후 설치 Shop 및 사이트 제작/설치 절차 <ul style="list-style-type: none"> Work shop 리스트 및 사양 (협력업체 포함) Work shop 관리 절차 (청결, 보안, 절차서) 	

구 분	내 용	비 고
	<p>배치, 품질관리 등)</p> <p>3) 원자재, 부자재 및 소모성 자재 사양 및 수급/관리 계획</p> <ul style="list-style-type: none"> - 원자재 및 부자재 수급/관리 절차 - 자재 및 부품 추적/청결 관리 방안 - 사급 품목 포함 <p>4) 제작설치 시작 전 사전 검증시험 절차서</p> <ul style="list-style-type: none"> - 용접절차서 (용접사 기량시험, WPQR, WPS) - 세정 및 청결관리 절차서 (시편 성분분석) <p>5) 제작설치 공정 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 품질관리 계획서 (부적합 보고서 포함) - 단품 성형, 가공 및 제작 절차서 - Work shop 제작 및 조립 절차서 - 포장 및 운송 절차서 - 현장설치 절차서 - 검사 및 시험 절차서 (치수, 공차, 비파괴검사 등) - 진공챔버 제작/설치/검사 공정 개념도 - Local I&C 제작설치 공정 개념도 - ITP (Inspection and Test Plan) - 마스터 스케줄 및 일정관리 절차서 - 문서관리 절차서 	
3. 제작설치	<p>1) 진공챔버</p> <ul style="list-style-type: none"> - 극저온진공용기 - 80K adsorber - 20K adsorber - Turbine break buffer tank - 20/80K adsorber filter - Turbine 2기(사급) 내부/외부 배관 연결 	

구 분	내 용	비 고
	<ul style="list-style-type: none"> - Heat exchanger(사급) 배관 연결 - 내부배관 및 극저온 계측기/센서류 - Cryogenic Valve를 포함한 밸브류 - 내/외부 Cable 및 배관 트레이 - Multi-layer insulation (MLI) - 외부 압력/유량계 부착 지지대 - 터빈 및 안전변과 연계 외부배관 - 진공챔버 상단 deck, 진입 계단 및 fence - 기타 안전 및 보호 장치 등 <p>2) 배관 Interface 연결</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dewar 연결용 bayonet connector 1set(S/R) - 헬륨압축기 시스템 배관 연결 <p>3) Vacuum system</p> <ul style="list-style-type: none"> - Roughing pumping system - High vacuum pumping system - Fit to pumps and piping <p>4) Utility</p> <ul style="list-style-type: none"> - 전기배선/냉각수/질소라인 압축공기 interface - 각종 지지구조물, 보강재, 시스템 및 인터페이스 등 <p>5) Local I&C</p> <ul style="list-style-type: none"> - 진공배기계 : Valve, Pump, Safety Valve - 헬륨분배계 : C/V, T, P, dP, Safety Valve, 등 각종 센서 및 계기류 (사급품과 제작자 공급품이 별도로 분리됨) - PLC base 제어계 구축 (통합 Process Control System 및 관련 Hardware와 Software) - System ground <p>6) 지지구조물</p> <ul style="list-style-type: none"> - 진공챔버용 deck, 계단, 지지구조물 - 기타 장치 및 설비용 지지구조물 	
4. 검사 및 시험	<p>1) 제작설치 전/후 검사 및 시험</p> <ul style="list-style-type: none"> - 원자재 및 모재 - 조립 및 설치 단품 입고검사 - 육안검사, 치수검사, 표면검사 및 누설검사 	<p>검사 및 시험 성적서 제출/용</p>

구 분	내 용	비 고
	<ul style="list-style-type: none"> - 용접부 비파괴 검사 (배관 PT는 적용 불가) - 가압시험 및 헬륨누설검사 - Local I&C 제작설치 검사 - 고압가스 일반제조시설의 처리 및 저장능력에 대한 변경 인허가 취득 <p>2) 제작설치 완료 후 검사 및 시험</p> <ul style="list-style-type: none"> - 육안검사 - 가압 및 헬륨누설검사 - Local I&C 사전 검증 테스트 	<p>접 비파괴 및 고압가스 부분은 원자력안전법규에 준함</p>
5. 시운전	<p>1) 헬륨라인 conditioning</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vacuum pumping & helium filling - Dew point 측정 (-65°C 이하) <p>2) Local I&C 최종점검</p> <ul style="list-style-type: none"> - 계측장비류 및 계측 데이터 검사 - 제어장비류 구동시험 - local alarm/interlock 구동시험 <p>3) 시운전</p> <ul style="list-style-type: none"> - 진공챔버 진공배기 - 헬륨라인 진공누설시험 - 질소라인 진공누설시험 - 진공챔버 운전냉각 (4.5 K) (Cooldown, Warmup, Liquefaction, Refrigeration) - NBI-2 냉각 - 완료보고서 작성/제출/승인 	
6. 사업관리	<p>1) 회의 및 보고</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kick-off meeting (KOM); 계약 후 1개월 이내 - 정기회의 1; 월간진도보고 (NFRI 내에서 대면보고, 보고서 작성) - 정기회의 2; 주간진도보고 (서면보고, NFRI에서 요구하는 경우 대면보고) - 비정기 회의; 기술적 이슈가 있는 경우 	

구 분	내 용	비 고
	2) 보고서 - 검사보고서 - 시험성적서 - 부적합보고서 - 회의발표자료 - 회의록 - 제작설치 완료보고서 (검사 및 시험보고서) - 시운전보고서 - 최종사업완료보고서 3) 문서관리 - 문서관리계획 제출/승인 - 문서교신체계 제출/승인 - 각종 검사 및 시험보고서 양식 제출/승인 - 부적합보고서 양식 제출/승인 - 문서관리대장 작성/제출 4) 일정 및 공정 관리 - 정기 월간/주간 진도보고를 통해 관리	

2.1 제작자는 진공챔버 및 부대장치 관련된 모든 제반사항에 대해 본 시방서에 따라 설계, 제작, 설치, 검사/시험, 시운전 및 사후관리를 보증기간동안 수행하고, 제작 및 설치결과와 성능에 대한 품질보증책임이 있다.

2.2 제작자는 서류제출요건에 명시된 문서를 정해진 기간 내에 제출하여 발주자의 승인을 받아야 한다.

2.3 제작자는 발주자가 작성한 기본설계를 근거로 제작에 필요한 모든 도면을 작성하고, 진공챔버 및 부대장치를 제작/조립하여 KSTAR 장치에 설치하여야 한다.

2.4 제작자는 관련규격 및 기술규격서에 따라서 설계, 제작, 검사 및 시험하는 것을 원칙으로 하나, 설계 및 제작과정에서 기능상 변경이 인정되는 부분은 발주자와 충분한 사전협의를 거쳐 성능에 영향을 주지 않는 범위 내에서 교정 및 수정 작업을 수행할 수 있다. 본 지시서에서 언급하는 교정 및 수정이라 함은 본제품의 제작 도중 또는 제작이 완료된 후 NFRI에서 실행하는 각종 시험 결과에 따라서 제품을 가공하는 등의 필요한 수정 및 교정 작업을 말한다.

2.4.1 제작자가 계약된 내용의 일부를 제3자에게 하도급 하고자 할 때에는 발주자의 승인을 받아야 한다.

2.4.2 위의 요건에 따라 하도급한 경우에도 본 계약조건은 동일하게 하도급자에게 적용되며, 제작자는 하도급자가 수행한 업무에 대하여 모든 책임을 진다.

2.5 납품업체는 기술시방서에 제시되어있는 모든 부품들에 대하여 납품하여야 한다.

2.6 제작자는 본시방서에 규정되어있지 않더라도 장치의 성능 및 정상운전을 위해 꼭 필요한 부분에 대해서 책임을 지고 제작 설치 및 검사를 수행하여야 하며, 제공된 P&ID의 운전시나리오를 만족할 수 있게 장치를 납품하여야 한다.

2.7 제작자는 진공챔버 및 부대장치 운전, 시험, 검사에 필요한 모든 장비 및 설비, 소모성 재료(헬륨가스 등)를 반드시, 제공하여야 한다.

2.8 NFRI에 반입되는 모든 장비의 각종 통관 및 인허가 관련 업무와 비용은 제작자가 전면 부담한다.

2.9 납품 및 설치장소 : 핵융합연구센터 내 지정장소

2.10 진공챔버 및 부대장치 제작 및 설치 완료 : 2019년 9월 이내

2.11 진공챔버 및 부대장치 시운전 완료 : 2019년 10월 이내

2.12 납품 및 설치장소 : 국가핵융합연구소 내 지정장소

표 2 일정표

업무내역	2018년			2019년										
	10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월
1-1. 계약 및 업무 협의														
1-2. 자재 구매														
1-3. 고압가스 변경 인허가														
2-1. 설계(진공용기/ADS/배관 등)														
2-2. 진공용기 제작														
2-3. ADS 제작														
2-4. 배관 제작														
3. Assembly														
3-1. 열교환기 조립														
3-2. 터빈 하우징 조립														
3-3. 내부배관 조립														
3-4. 저온밸브 조립														
3-5. MLI 작업														
3-6. Chamber housing/커버 조립														
3-7. 외부 배관 조립/buffer tank 조립														
3-8. 진공 시스템 조립														
4. 계장 설치														
4-1. 계장 hard wiring														
4-2. 프로그래밍														
5. 시운전														
6. 고압가스 변경 인허가 취득														
6-1. 최종 보고서 제출														

3. 재료 및 부품

- (1) 모든 사용 재료와 부품은 장치의 용도 및 요구되는 성능에 따라 관련 사양서에 명기하고 있는 모든 기준에 반드시 합치되거나 동등 이상의 제품을 사용하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 제작자가 사용 재료 또는 부품을 발주할 때는 발주할 자재 목록표 및 사양서를 NFRI에 제출하여야 하며 발주 자재가 입고된 후에는 (1)항에 언급하고 있는 사항 등을 확인하기 위한 관련 시험 성적서나 품질보증서 또는 품질확인서를 반드시 NFRI에 제출하여야 한다.
- (3) 관련 사양서에 언급되지 않거나 누락된 부품이나 재료의 사양에 대해서는 제작자가 임의로 결정해서는 안 되며 반드시 용도, 사양, Catalog 등 관련 자료를 서면으로 제출하여 NFRI의 승인을 취득한 후 사용한다.

3.1 재료사양

주요재료에 대한 사양은 다음과 같다.

표3 재료 리스트

	항목	수량	사양	공급자
WCS	헬륨압축기	1	200W 공용사용	NFRI 기존 장치
	오일제거 시스템	1	200W 공용사용	NFRI 기존 장치
	헬륨압력제어 판넬	1	201W 공용사용	NFRI 기존 장치
	압력센서	3	0~10barA, 0~20barA	NFRI 기존 장치
	온도센서	2	PT100 (-20~150°C)	NFRI 기존 장치
	헬륨순도 분석기	1	가스크로마토그래피	계약자
Cold Box	진공챔버	1	2500*2500, [304L or 압력용기 steel 강] 밸브 및 배관 Hole cutting[Hole 약 30개]	계약자
	Plate-fin 열교환기/팽창터빈	5	2019년 납품 예정	NFRI 사급
	20K adsorber	1	10L, 20bar, molecular sieve 배관 용기	계약자
	80K adsorber	1	30L, 20bar, charcoal filling 압력용기	계약자
	Turbine warm panel MV	10	10bar, 17bar[가스안전공사 인증품]	계약자
	Turbine buffer tank	1	100L, 20bar 압력용기	계약자
	저온밸브	13	eq%	NFRI 사급
	상온밸브	2	국내제작	NFRI 사급
	내부배관	150A, 6m	304L, BA급 이상	계약자
		80A, 50m	304L, BA급 이상	계약자
		50A, 50m	304L, BA급 이상	계약자
		40A, 50m	304L, BA급 이상	계약자
		32A, 50m	304L, BA급 이상	계약자
		25A, 50m	304L, BA급 이상	계약자
		20A, 50m	304L, BA급 이상	계약자
		10A, 50m	304L, BA급 이상	계약자
		6A, 50m	304L, BA급 이상	계약자
		L-bow	1식	계약자
	Bayonet 1set(S/R)	2	5m	계약자
	MLI	1식	Cool cat	계약자
	제작 JIG 등	1식	제작품	계약자
	온도센서 (PT100_ROUSEMOUNT)	6	-	NFRI 사급
	온도센서 (CERNOX)	32	2.5~300K	NFRI 사급
	차압센서(Autrol)	4	0~100mbar, 4~20mA	NFRI 사급
	압력센서 (Autrol)	19	5 bar & 20 bar, 4~20mA	NFRI 사급
	차압계 오리피스	4	~40g/s(He)	계약자
	218 Monitor	6	Lake shore(8 ch or 12 ch(224))	계약자
	T sensor mounting block	17	Cu block & 진공 brazing	계약자
	PSV stop valve	6	10bar, 17bar[가스안전공사 인증품]	계약자
	PSV	6	10bar, 17bar[가스안전공사 인증품]	계약자
	Filters set [Filter and casing]	1	HP 입구 배관, 40μ[마이크로] metallic mesh	계약자
		2	터빈 입구, 20μ[마이크로] metallic mesh	계약자
		2	20k, 80k adsorber	계약자
	Check VV	3	40A/10A/20A, [가스안전공사인증]	계약자
	진공시스템	TMP ,1	PFEIFFER, 2000 l/s	계약자
		Rotary, 1	PFEIFFER, 2000 l/s	계약자
		진공모니터, 1	Max gauge	계약자
		진공게이지, 5	Prani, full rage	계약자
		Flexible hose, 2	진공용 주름관	계약자
		앵글 밸브, 4	NW40	계약자
		게이트 밸브, 1	150A	계약자
기타	유틸리티 용 배관	20m	water flexible hose	계약자
	튜브	각 30m	1/4, 1/2 인치	계약자
	Flange	1식	각 사이즈별	계약자
	피팅	1식	1/4, 1/2 인치	계약자
	유량계	2	터빈 냉각수용 유량계 ~50 lpm	계약자
	Control 시스템 (HW &SW)		Siemens cpu, I/O card	NFRI 사급
			Control PC	NFRI 사급
		각1 copy	WinCC, HMI-SW	계약자
		1식	각 계장 연결 Hard wiring	계약자
		1식	Relay, 차단기, Magnet	계약자
		1	ETOS	계약자
		1식	로직 프로그래밍 Man power	계약자
		1 ea	Control rack	계약자

3.2 부품사양

진공챔버 및 부대장치에 사용되는 주요 부품사양을 정리한 것이며, 모든 부품은 본 기술시방서에서 제시한 제품의 동등 이상을 사용하여야 한다. 추후 시스템 변경사항으로 인하여 NFRI는 부품 사양 및 개수를 변경할 수 있으며, 제작업체는 일체를 반영하여야 한다.

3.2.1 주요 부품 리스트

진공챔버 및 부대장치 관련부품 리스트는 별첨 (PDF) 파일을 참고하도록 한다. 각 부품의 사급 여부가 함께 기록되어 있다. 사급품 이외의 모든 부품의 납품 및 설치는 제작자의 업무범위에 해당된다. 사급품의 제작설치 및 Local I&C의 구현 또한 제작자의 업무범위에 해당된다.

3.2.2 Utility 관련

- 장치의 정상동작을 위해 필요한 모든 유틸리티 연결은 KSTAR 건물 내 주어진 조건으로부터 제작자가 설치해야 하며, 설치 시 발생하는 모든 인터페이스에 대해 책임지고 해결하여야 한다.
- 전원설비는 전원 노이즈 차단, 과전류 차단 및 별도의 접지선 연결이 필수적이다.
- Local I&C용 전원장치는 별도의 UPS에 연결시키도록 한다.
- 제작자는 일반전원과 UPS에 대해 KSTAR 건물 내 주어진 위치로부터 헬륨설비실까지의 전원케이블 (3상 380VAC) 및 분전반 설계 및 제작설치를 수행해야 한다.
- 밸브제어를 위한 압축공기 및 질소 라인은 각 장치에 연결되기 전에 버퍼탱크를 두어 일정한 압력으로 각 장치에 공급되도록 한다.
- 냉각수는 장치연결 이전에 필터를 설치하도록 한다.
- 모든 안전밸브와 유틸리티 관련 부품 및 설비는 승인“필”을 받은 후 설치하여야 한다.
- 전원케이블과 압축공기 및 냉각수 배관은 수요량을 먼저 파악/설계/승인 후 용량에 맞게 설치하도록 한다.
- 모든 유틸리티는 제어/계측/알람/인터록이 가능하도록 설치되어야 한다.

4. 적용규격

4.1 진공챔버 및 부대장치 기술규격

- 진공챔버 및 부대장치의 모든 제작, 설치, 인증 작업들은 ASME Code를 기준으로 실시한다. 단, 주관기관이 작성한 제작지침(Design Criteria, 재료 특성, 및 본 문서

- 등)과 ASME 코드가 상충될 때는 주관기관의 문건을 우선한다. 기타 필요한 곳에는 각종 KS 또는 ISO 규격을 사용하고 JIS 규격 등(KS 규격이 없을 경우)을 참조한다.
- 제작도는 Auto CAD Version 14 이상으로 작성하며, 3차원 도면은 Solidworks로 작성한다.
- 제작자는 제품의 제작 및 설치에 필요한 절차서를 작성하여 NFRI에 제출하고 승인을 받는다.
- 재료는 품질이 인증된 것을 사용한다.
- 모든 기계적 작업은 표면 보호를 위해 수용성 윤활제 사용을 원칙으로 한다.
- 황, 인, 망간, 실리콘이 함유된 윤활제 사용을 금한다.
- 용접사, 용접절차, 용접 검사자는 인증을 받는다.
- 모든 용접부위는 용접 전에 세정을 반드시 실시한다.
- 제작단계에서 용접부의 결함 발생시, NFRI의 승인을 받아 교정 작업을 실시한다.
- 제작자는 제작이 시작되기 전에 각 제작공정의 품질관리에 필요한 검사 및 시험 기준을 마련하여 NFRI에 제출하고, 승인을 받아 시행한다.
- 제작 및 품질유지를 위해 필요한 clip 또는 pad들은 NFRI와 협의하여 부착하거나 제거할 수도 있다.
- 제작자는 진공챔버 및 부대장치 제작 및 가 조립을 위한 전용작업장을 확보하여야 한다.
- Vacuum duct 내면의 표면조도는 3S 이하를 만족해야 한다.
- 표면처리 방법 및 순서는 제작자가 마련하여 NFRI의 승인을 받는다.
- 주요 구성물 제작 시 허용오차는 제작도면상의 허용오차를 적용하며, 각 구성물 조립 및 분해에 문제가 없도록 제어하는 것을 원칙으로 한다.
- 기계가공 시 일반 기계가공 공차를 적용한다.

4.2 진공챔버 및 부대장치 시험규격

- 시험 및 검사의 기준으로 적용될 code & standard는 아래와 같다.
 - . ASME Section VIII, Division 2 : Boiler and pressure vessel, Alternative rules
 - . ASME B31.3 : Process piping
- 상기 문서에 정의되어 있지 않은 시험 및 검사 기준은 본 시방서를 근거로 NFRI와 협의한 후 기준을 결정 한다.

5. 요구사항

진공챔버 및 부대장치 제작 설치를 위한 요구사항은 제 2절의 계약범위에서 언급한 사

항과 계약 후 제공되는 진공챔버 및 부대장치 제작 완료보고서에 포함되어있는 모든 내용을 충실히 이행하는 것이다.

- (1) 제작자는 제작 착수 전 설계 및 제작에 관계되는 자료와 도면을 NFRI에 제출하여 승인을 받은 후 제작에 착수하여야 한다.
- (2) 모든 제작공정은 관련 사양서 및 도면에서 명시된 사항들을 준수해야 함이 원칙이며, 변경 시에는 NFRI와 협의하여 승인을 받아야 한다.
- (3) (2)항과 관련하여 NFRI는 사양서에 언급되어 있거나 또는 제작상의 중요한 문제점이 있는 경우에는 제작자에게 제작공정의 변경을 요구할 수 있으며, 필요시 제작자는 NFRI와 협의 후 제작공정 변경에 적극 협조하도록 한다.
- (4) 제작자는 계약 후 월간 진도 보고 시 아래 명기한 사항이 포함된 추진현황 및 추진 예정 계획서를 작성하여 NFRI에 제출하여야 한다.
 - 1) 자재 발주 및 입고현황
 - 2) 설계, 제작, 시험 및 검사 업무 현황
 - 3) 문제점 및 기타 공정 진행현황을 파악하는데 도움이 되는 사항
 - 4) 공정 및 일정관리 현황 (ITP 진척사항 포함)

5.1 제작도면

- 제작자는 본 시방서를 만족하는 제작도 (Shop drawing)를 NFRI에 제출하고 승인을 얻는다. 제작도는 설치를 고려하여 다른 장치와의 인터페이스를 검증한 후 작성하여야 한다. 단, 제작도는 계약체결 후 3개월 이내에 NFRI 승인을 받도록 한다.
- 진공챔버 및 부대장치 제작설치에 필요한 모든 작업비계 및 기타 필요시 요구되는 지그도 본 계약에 포함되며, 제작도면 작성 및 제작과 설치를 해야 한다.
- 제작도는 NFRI가 승인한 업체에서 작성해야 한다.
- 지속적인 수정이 필요한 Jig & Fixture 완성도면은 제작설치완료 2개월 전까지 제출한다.
- 제작도는 Auto CAD Version 14 이상으로 작성하며, 인터페이스 및 간섭 체크를 위한 3차원 도면은 Solidworks로 작성한다.
- 제작도는 제작공정, 운송, 현장조립에서 사용되는 Main Jig & Fixtures 도면을 포함한다.
- 제작도 작성 시 기 설치되어있는 장치와 인터페이스가 있는 부분은 반드시 실측과 주요 파라미터를 확인하여 작성하여야 하며, 제작도 작성 오류로 인한 모든 책임은 제작자에게 있다.

5.2 자재

- 제작자는 사전에 모든 자재의 구매사양서 및 인증자료를 제출/승인 받도록 한다.
- 자재는 NFRI에서 최종 승인한 업체에서 구매해야 한다.
- 관련 사양 및 도면에 언급되지 않거나 누락된 재료와 그 사양에 대해서는 제작자가 임의로 결정해서는 안 되며 반드시 용도, 사양, Catalog 등 관련 자료를 서면으로 제출하여 NFRI의 승인을 취득한 후 사용한다. (단, 본 제품과 관련이 없는 Jig & Fixture 류는 제작자 판단 하에 별도의 서면 제출 없이 임의로 사용할 수 있다)

5.3 절차서

- 제작자는 본 기술시방서의 요구조건에 맞는 품질관리 계획서를 제출/승인 받도록 한다. 여기에는 부적합 처리 절차가 포함되어야 한다.
- 제작절차 및 품질관리에 필요한 제작절차서, 용접절차서, 세정절차서, 표면처리절차서, 시험 및 검사절차서, 포장 및 운송절차서, 현장설치절차서, 시운전절차서를 NFRI에 제출하여 승인을 받는다.
- 제작절차서는 기계가공을 포함하여 공장 및 현장에서의 제작/조립 절차를 기술한다.
- 용접절차서는 WPQR, WPS 및 용접순서를 기술한다.
- 세정절차서는 세정방법, 순서 등을 기술한다.
- 표면처리절차서는 표면처리 방법, 순서 등을 기술한다.
- 시험 및 검사절차서는 제작 중 재료 인증, 용접, 비파괴검사, 치수검사와 완제품 검사 및 시험 절차를 기술한다.
- 포장 및 운송절차서는 제작물의 품질을 유지할 수 있는 운송절차를 기술한다.
- 현장 설치절차서는 타 장치와의 인터페이스를 고려하여 설치방법, 설치순서, 기간 및 설치를 위해 필요한 작업 공간 등에 대해 자세히 기술한다.
- 시운전절차서는 장치 제작설치 완료 후 냉각시운전에 대해 자세히 기술한다.
- NFRI 요청 시 제작업체는 제작 절차 및 현장 설치 절차 등의 자료를 작성하여 요구시점과 장소에서 발표를 하여야한다.

5.4 제작 공정

5.4.1 작업장

진공챔버 및 부대장치 제작을 위한 전용작업장을 설치하여야 한다. 특히 전용작업장 내에 진공챔버 및 부대장치의 MLI 등의 설치를 위한 청결한 밀폐형 작업장을 마

련해야 하며, 밀폐형 작업장은 용접 등으로 인한 매연 및 분진 배기시설을 갖추어야 한다.

5.4.2 부품 보관 및 관리

아래의 조건을 만족할 수 있도록 제작사는 자재 및 부품의 보관과 관리에 만전을 기한다.

- 1) 모든 자재는 건물 내에 보관하여 외부 환경에 노출되지 않도록 한다.
- 2) MLI는 보관 규정에 따라 보관하고, 보관상태가 불량하거나, 기간이 경과한 제품은 사용하지 않는다.
- 3) 각 부품은 가공·세정 후 비닐로 봉합하고 건조제를 투입하여 온도와 습도가 잘 관리되는 장소에 보관한다.
- 4) 표면처리 된 부품은 작업 중 표면에 손상이 생기지 않도록 보관하며, 작업 중 작업자는 밟거나 표면에 흠이 생기지 않도록 주의한다.
- 5) 표면에 손상이 생겼을 경우 제작사는 기준값을 만족하도록 표면처리를 재 실시 하여야한다.
- 6) 부품은 도면의 예를 참고로 부품번호(분류번호)를 표시한다. (Tag 또는 가공측면에 표시)
- 7) 모든 부품은 설치 전에 패키지화하여 보관하며, 내용물 및 관련사항을 표시한다.
- 8) KSTAR 건물에 설치되는 모든 물품은 고유번호를 가지고 추적관리가 가능해야 하며 별도의 절차서를 제출/승인 받아 시행하도록 한다.

5.4.3 절단

부품의 절단에 의해 자재에 손상이 발생하지 않도록 관리하며, 용접변형 및 두께 마진을 고려하여 가공 여유를 가지게 절단하며 후 가공에 의해 제작공차를 만족하도록 한다. 가공 여유는 제작도면 작성 시 제작사가 적절한 값을 선정하고 주관기관에 제출하여 승인을 득한 후 결정한다. 각 절단 단품은 고유번호로 추적관리 되도록 한다.

5.4.4 기계가공

가공 절삭유를 사용하는 경우에는 자재에 해가 없고 통상적인 세정에 의해 제거될 수 있는 수용성을 사용한다. 부품이나 각 부분의 가공은 연속적으로 해서 빠른 시간

내에 세정이 이루어지고 다시 오염되는 일이 없도록 주의하여야 한다. 절단에 의해 자재에 손상이 발생하지 않도록 관리하며, 용접변형 및 두께 마진을 고려하여 가공 여유를 가지게 절단하며 가공에 의해 제작공차를 만족하게 한다. 특히 지지구조물은 현장 맞춤 시 후가공이 예상되어지므로 충분한 마진을 가지고 가공되어야 한다.

5.4.5 성형

진공덕트와 단열차폐체 panel 성형 시 표면에 크랙 (crack)과 굽힘 등이 발생하지 않게 하여야 하며, 이들 결함을 방지하기 위해 성형 시 표면보호용 sheet를 사용하는 것을 원칙으로 한다.

5.4.6 용접

현장 설치 시 용접을 제외한 모든 용접은 전용작업장 내에서 실시하며, 용접불량을 유발하지 않는 환경을 유지하고 작업을 실시한다.

- 1) 진공챔버 및 부대장치 제작에 사용하는 모든 용접은 GTAW 방식이 적용된다. 또한 배관용접에 대해서는 자동용접을 적용하도록 한다.
- 2) 진공부품 용접은 진공상태에 놓이는 면에서 수행하며, 구조적 보강을 위해 외부에 단속 용접을 수행한다.
- 3) 헬륨배관의 용접은 맞대기 자동용접을 원칙으로 하며, 자동용접이 불가능하다고 판단되면 NFRI의 승인을 득한 후 입회하에 수동용접을 진행 할 수 있다.
- 4) 용접부위는 용접 전에 충분히 세정한 후 용접직전에 산화막을 제거하여 용접 시 이물질 혼입에 의한 결함이 발생하지 않도록 하여야 하며, 용접에 의한 변형이 최소화되어야 한다.
- 5) 헬륨배관에 온도센서 부착을 위한 용접이나, 온도센서가 부착된 배관을 용접할 시에는 센서를 용접의 영향 (과전류, 과전압, 또는 용접열)으로부터 보호할 수 있는 방안을 마련하고 용접을 진행 하여야 한다.
- 6) 헬륨배관 및 duct 용접부등 맞대기 용접부는 RT 검사를 원칙으로 하며, NFRI에서 요구하는 모든 용접부에 대하여 제작업체는 RT 검사를 수행해야 한다.
- 7) 용접절차서 작성을 위한 용접부 시편에 대한 검사를 수행하고, 용접부 검사 및 보수에 대한 규정은 ASME 코드를 따른다.

5.4.7 표면처리

저온헬륨을 공급하는 진공챔버 및 부대장치는 저온과 상온사이의 복사열에 의한 열손실을 최소화하기 위하여 각 구조물에 대한 표면처리를 하여야 하며, 진공유지를 위한 sealing 부의 표면조도 기준을 만족하는 표면처리가 되어야 한다.

- 1) G10을 포함한 모든 지지구조물은 3S 이하의 표면조도가 되게 한다.
- 2) Vacuum duct 및 transfer line 내면의 표면조도는 0.8S 이하이어야 한다.
- 3) Vacuum duct 와 transfer line 및 외부 지지구조물은 주관기관과 협의하여 GBB 처리를 한다.

5.4.8 세정

세정은 용접 전후에 반드시 실시해야 하며 방법은 기본적으로 다음과 같은 과정을 거친다.

- 1) 세정은 승인된 세정절차서에 따라 실시한다.
- 2) 알칼리 및 유기용매 세정 후 수세에 사용되는 세정수의 pH는 규정치 이하가 되어야 한다.
- 3) G10 부품의 세정은 제품의 품질에 영향을 미치지 않는 방법으로 세정을 실시해야 한다.

표 4 용접 세정 절차

용접전 용접부 세정	용접후 세정
1. Air Blowing	1. Air Blowing
2. 1차 예비탈지 세정	2. 1차 예비탈지 세정
3. 고압 수세	3. 고압 수세
4. 검사	4. 검사
5. 2차 예비탈지 세정	5. 2차 예비탈지 세정
6. 고압 수세	6. 고압 수세
7. 본 탈지 세정	7. 본 탈지 세정
8. 고압 수세	8. 고압 수세
9. 건조	9. 건조
10. 검사	10. 검사
11. 포장	11. 포장

5.4.9 절연

지지구조물과 장치간은 기본적으로 절연되어야 하며, 각각의 ground를 가지고 있어야 한다.

5.4.10 허용오차 및 정밀도

- 1) Vacuum duct, transfer line 및 단열차폐체의 주요 구성물 제작 시 허용오차는 제작도면상의 허용오차를 적용하며, 각 구성물 조립/분해에 문제가 없도록 제어하는 것을 원칙으로 한다.
- 2) 기계가공 시 일반 기계가공 공차를 적용한다.
- 3) 헬륨배관이 극저온으로 냉각될 때 수축량을 고려하여 허용공차 및 정밀도를 고려하도록 한다.

5.5 설치 공정

제작자는 설치공정에 필요한 각종 업무의 사양, 설치도면, 품질관리 계획, 그리고 각종 절차 등을 수립하여 설치 업무를 수행하여야 한다.

5.5.1 도면 및 절차서

진공챔버 및 부대장치를 설치하기 위한 설치절차서, 설치사양서, jig 제작사양서 및 도면, 그리고 용접/세정 절차서 등을 작성하여 주관기관의 승인을 받아야 한다. 이를 위해 절차서 및 사양서를 작성할 때 주관기관과 서로 협의한다.

5.5.2 설치장비 및 지그

제작자는 진공챔버 및 부대장치 설치를 위한 모든 필요 장비 및 지그를 공급하여야 하며, 도면 승인을 받은 후 착수 하여야 한다. 본 계약과 관련하여 구매, 제작된 장비 및 치구류는 주관기관 소유이며, 주관기관이 요구하는 장비 및 치구류는 제작품과 함께 납품하여야 한다.

5.5.3 설치 일정

진공챔버 및 부대장치를 설치하는 시점에 타 장치와 설치 인터페이스를 검토하여야 하며, 주어진 일정내에 설치를 진행하여 타 장치의 설치에 간섭이 발생하지 않도록 하여야 한다.

5.6 검사 및 시험

제작이 진행되는 동안과 설치되는 동안 제품의 품질을 확인할 수 있는 검사 및 시험

을 실시하여야 하며, 모든 검사 및 시험에 대해서는 절차서를 작성한 후 수행해야 한다. 또한 모든 검사 및 시험은 성적서를 제출하여야 한다.

모든 검사는 제작자가 선행하여 실시 한 후 결과를 NFRI에 통보하며, NFRI 감독관은 결과를 통보받은 후 2일 이내에 공장에 입회하여 검사 결과를 확인 한다. 검사결과 확인을 위한 장비와 인력 등 모든 제반사항은 제작자가 제공하여야 한다.

- (1) 제작자는 NFRI가 지정한 아래의 검사 이외에도 제작 중 진행되는 검사에 대한 제안도 제출하여야 한다.
- (2) 제작자의 최종 검사 계획은 NFRI의 승인을 얻어야 하며 모든 검사의 실행은 제작자의 책임이다. 또한 주요 검사는 ITP에 따라 실행 1주일 전에 NFRI에 통보하여야 한다.
- (3) 모든 장비의 design과 제작은 관련 코드에 의거하여 승인/검사가 이루어져야 하며 검사원은 모든 장비가 사양서의 요구조건에 부합하는지를 확인하여야 한다.
- (4) 제작과 검사 중 NFRI 대표자들에게는 각종 문서에 대한 열람 권한을 포함한 제작과 관련된 모든 작업장소, 사무실, 실험실에 대한 접근 권한이 부여되어야 한다.
- (5) 검사 중 NFRI의 어떠한 승인도 계약서에 명시된 제작자의 책임으로부터 면제하지 않는다.

적용가능 코드는 아래와 같으며, NFRI가 작성한 기준과 ASME 코드가 상충될 때는 NFRI의 문건이 우선된다.

표5. 적용규격

압력용기	Design code: ASME VIII div 1 ed 2004, 제작 code: 제작사 표준
용접사 자격	ASME IX 또는 EN287-1
용접 절차 승인 보고서	ASME IX 또는 EN287-3
Screw	제작사 표준
Safety relief valve	API RP 520, 521 (규격 결정)
Instrumentation	IEC 또는 NEC 또는 CSA
재료 검정서	ASME II 또는 EN10204
Pump	제작사 표준
Piping	ASME
전기	NEC, NEMA, IEC
도색	제작사 표준
단열	제작사 표준

5.6.1 일반 사항

- (1) 모든 시험 및 검사기준은 관련 도면 및 사양에 따른다.
- (2) 제작자는 제작계획서 제출 시 검사품목 및 요령서 (시험항목, 시험기기, 시험기준 및 방법, 검사 Sheet 등)를 제출하여 NFRI의 사전 승인을 받는다.

- (3) 모든 시험 및 검사는 NFRI의 입회하에 공동 실시하는 것을 원칙으로 하며 검사 Sheet에 그 결과를 기록하여 합부 판정을 하며 그 결과를 NFRI에 제출하여야 한다.
- (4) NFRI는 제작자의 제출 자료가 부적합하다고 판단 될 경우, 제 3의 공인기관에 성능시험을 의뢰할 수 있다. 공인기관의 검사결과 제작자가 제출한 자료가 부적합한 것으로 판정되는 경우 제작자는 제반비용 일체를 부담해야 한다.
- (5) NFRI의 검사원 또는 NFRI가 위촉한 제 3의 검사기관의 검사원이 검사를 실시할 때, 검사원이 필요하다고 판단되는 자료의 제출을 요구하는 경우 제작자는 즉시 그 자료를 제출한다.
- (6) NFRI는 필요시 제 3의 검사기관 또는 검사원에게 감독관에 준하는 권한을 위임할 수 있다.
- (7) 제작자는 제작 중 부품관리 Sheet를 보관 유지해야하며, NFRI에 제출해야 한다.

5.6.2 제작 중 검사 및 시험

제작이 진행되는 동안 제품의 품질을 확인할 수 있는 재료검사, 부분품 치수검사, 부분품 표면검사, 부분품 용접부 비파괴검사 및 헬륨 누설 검사, 형상 검사, 공장 내 완제품 시험 검사를 실시한다.

5.6.2.1 재료검사

- 1) 제작자는 구매 자재의 인증자료를 제출 한다(Mill Sheet 및 각종 검사성적서).
- 2) G10 검사 : Mill Sheet 또는 재료검사 성적서
- 3) 모든 부품은 입고 시 검사성적서를 동봉한다.

5.6.2.2 치수검사

- 1) 기계가공 부분품의 치수와 형상검사를 실시한다.
- 2) 단품별 헬륨배관 용접 후 현장에서 치수검사를 실시한다.
- 3) 정밀 형판 (template)을 제작하여 측정할 수 있다.

5.6.2.3 용접부 검사

- 1) 모든 용접 관련 작업은 해당 코드에 의거하여 수행하여야 하고 압력용기와 각종 piping의 용접사는 인증된 검사기관에서 발급한 자격증을 소지하여야 한다. 제작

자는 ASME 코드 기준에 따라 비파괴검사 (NDE)를 실시해야 하며, NFRI가 작성한 기준과 ASME 코드가 상충될 때는 NFRI의 문건이 우선한다.

- 2) 모든 용접부 검사는 방사선시험 (RT)을 기본으로 하며, 추가로 초음파시험(UT) 검사를 실시할 수 있다. (단, RT 또는 UT가 불가능한 부위는 PT를 실시한다. PT를 실시한 후 세정이 어려운 곳이 진공면일 경우 PT를 수행하지 않으며 NFRI 감독관의 재량으로 visual check로 결정한다.)
- 3) X-ray 검사의 정도는 design 코드에 언급된 바를 준수하여야 하며, 그 외 비파괴 검사는 성능 의문 시 NFRI에서 요구할 수 있다.
- 4) 압력용기에 부착되는 T-접합, pipe의 돌레 방향의 용접은 최소 10%의 RT를 수행해야 한다. 용접 관련 결함이 발견될 경우 NFRI는 최고 100% 까지의 RT를 요구할 수 있다.
- 5) 진공면의 용접부위는 스케일(scale)이 없어야 한다.
- 6) 누설위험이 있는 부위의 용접은 누설발생 가능성을 철저히 배제하기 위해 용접 후 누설 검사를 실시한다. 누설 검사의 방법과 절차는 제작자가 절차서를 작성한 후 NFRI의 승인을 득한 후 시행한다.

5.6.2.4 표면검사

- 1) Vacuum Duct 표면 조도가 시방서의 기준을 만족하는지 조도계를 이용하여 측정한다.
- 2) 부분품 내/외면에 대한 육안검사
- 3) Vacuum duct 내 모든 표면은 오일, 그리스, 산화막, 자성 불순물, 먼지 등이 없어야 하며, 진공도를 악화시키는 이물질이 없는 청결 상태를 유지해야 한다.
- 4) 현장 맞춤 시 후가공이 필요 없는 모든 면에 대해 표면검사를 실시한다.

5.6.3 현장검사 및 시험

제품이 입고되는 시점부터 설치되는 과정에서 제품의 품질을 확인할 수 있는 재료 검사, 치수검사, 표면검사, 용접부 검사 및 누설 검사, 절연 성능검사, 설치 후 헬륨누설 검사를 실시한다.

- 1) 모든 검사 및 시험은 NFRI의 입회하에 실시한다.
- 2) 재료, 치수, 표면, 용접부에 대한 검사는 제작 중 검사 및 시험과 같은 기준으로 진행하는 것을 원칙으로 한다.
- 3) 각 검사 및 시험에 대한 성적서와 관련 자료를 NFRI에 제출한다.
- 4) 헬륨누설 검사 시 헬륨기체누설 허용치는 1.0×10^{-9} mbar · l/s 이하로 한다.

5.6.4 헬륨누설 시험

- 1) 미리 준비되는 단품에서 배관의 용접부에 대한 헬륨 누설검사를 실시한다.
- 2) 헬륨배관은 용접이 진행되는 동안 계속 가압 및 누설검사를 수행하며, 최종 용접 후에 전체적인 가압 및 누설 검사를 수행한다.
- 3) 최종 가압시험은 30 bar로 하여 육안검사를 수행 한다 (헬륨용기는 10 bar).
- 4) 헬륨누설 검사 시 헬륨기체누설 허용치는 1.0×10^{-9} mbar · l/s 이하로 한다.

5.6.5 설치

진공챔버 및 부대장치 설치를 위하여 타 장치와 설치 인터페이스를 검토하여야 하며, 주어진 일정 내에 설치를 완료하여야 한다.

- 1) 설치는 반드시 각 단위 시스템 별 납기 및 설치시기가 부합되도록 진행이 되어야 하며, 계약자의 자체 사유나 이에 따른 일정 지연 등의 이유로 전체 설치 일정을 연기할 수 없다. 그러므로 반드시 정해진 계획과 일정에 의거하여 기간 내에 완료되어야 한다.
- 2) 설치기간을 앞당기기 위해 단품검사를 완료하지 않고 미리 설치해야 할 경우 NFRI와 협의하여 설치시기 및 검사방법을 확정하고 작업을 진행할 수 있다.
- 3) 제작설치 완료일정 준수를 위해 야간이나 주말 및 공휴일 작업을 진행 할 경우 관련양식에 의거하여 NFRI의 허락을 득하고 진행 하여야 한다.

5.6.6 진공챔버 및 부대장치 및 각종 헬륨 transfer line 성능 검사

- 1) 제작자는 진공챔버 및 부대장치와 cryogenic transfer line의 허용 열침입을 검토할 수 있는 방법을 제시하여야 한다.
- 3) 성능 검사에는 진공챔버 및 부대장치 헬륨 line의 압력강하 검사도 포함하도록 한다.
- 3) 성능 검사는 각종 진공, 누설, 압력 검사 합격 후 실시하도록 한다.
- 4) 최종 성능 검사는 진공챔버 및 부대장치용 process control system (PCS)을 이용한 KSTAR 냉각 대상물의 저온 냉각 및 운전 조건 충족 시에만 합격한 것으로 한다.

5.6.7 각종 센서 및 계기류의 wiring과 작동 검사

- 1) 제작자 측에서의 기계적 조립과 각종 전선연결 종료 후 제작자는 wiring과 valve 류의 위치표시, transmitter류의 calibration 등을 포함한 각 부품의 올바른 작동의 확인을 위한 전면적인 검사의 실시 후 NFRI의 점검을 받도록 한다.
- 2) NFRI는 제작자가 제공한 electrical circuit diagram에 의거한 wiring의 일치 점검과 PCS 또는 신호단자들의 electrical cabinet에서 각종 I/O 신호를 통한 계기류들의 정상적인 작동의 확인과 필요시 수리 후에만 장비의 운송에 동의한다.
- 3) 모든 계장류 연결은 circuit diagram을 작성하여 NFRI의 승인을 받아 시행한다.

5.7 기타 사항

- 1) 모든 설계기준, 제작방법 및 공정, 재료선정, 시험 및 품질관리 등은 관련도면 및 specification에 언급된 사항을 기준으로 하며 제작자가 임의로 변경하여 적용할 수 없다.
- 2) 제작자는 NFRI에서 작성한 도면 및 specification에 언급된 모든 기술사항에 대하여 충분히 검토를 하여야 하며 그 검토 결과 누락된 부분, 미비한 사항, 또는 NFRI에서 제시한 사항보다 우수한 (성능, 수명 등) 대안이 있을 때는 제작 방안 제출 시 제작자의 의견과 이유, 변경방법 및 내용, 장단점 등을 기술하고, 상세한 근거 자료를 첨부하여 제출하여야 한다.
- 3) 추가 상세 사양 및 보완사항은 제작자가 확정된 후 추후 계약범위 이내에서 NFRI와 협의 조정한다.
- 4) 제작사는 제작을 위한 협력업체 선정 필요성이 있을 경우 주관기관에 사전 평가 자료를 제출하고 협력업체 자격승인을 득하여야 한다.
- 5) 제작자는 계약기간 중 매월 말 월간 진도보고회를 실시하며, 매주 주간회의 실시 및 주간보고서를 제출하여야 한다. 보고서에는 해당 기간에 수행된 제작 공정에 대한 품질관리 결과물을 반드시 포함하여야 한다. 월간진도 보고회 및 주간보고서 양식은 주관기관에서 제공한다.
- 6) 계약 후 1개월 이내에 KOM (Kick-Off Meeting)을 실시하여 제작 조직도, 제작 공정, 및 일정 등에 대하여 보고하여야 한다.
- 7) 주관기관이 지정하는 주요 공정에 대해 제작자는 그 일정을 10일 이전에 통보하여 주관기관의 현장 작업 입회가 원활할 수 있도록 협조하여야 한다.
- 8) 제작 감독을 위해 주관기관의 직원 2명이 계약기간 중 상주할 숙박시설, 사무실, 및 편의시설 (사무실비품, 복사, 통신시설 등; 사용료 포함)을 제공한다.

6. 제작 및 설치 기술사양

6.1 개요

6.1.1 문서의 성격

본 문서는 KSTAR 진공챔버 및 부대장치 제작 및 설치를 위한 것이며, 이에 대한 필요한 기술사양과 시스템의 이해 및 고려해야 할 사항들을 정리하여 제작자에게 제시하는 데 목적이 있다.

6.1.2 제작 및 설치의 기본 원칙

진공챔버 및 부대장치 제작 및 설치의 기본원칙은 주어진 기간 안에 본 기술시방서에 지시된 바와 같이 제작하여 NFRI 지정장소에 조립 및 설치를 하고 지정 대상물과 연결하여 본 기술시방서와 관련 참고자료에 명시된 성능과 기능을 만족하는데 있다.

6.2 제작 및 설치 업무범위

- 1) NBI-2 진공챔버 및 부대장치는 그림 2에서 보는 바와 같이 진공챔버, ORS와 Cold Box를 연결하는 배관등의 헬륨 인터페이스 전반에 걸친 냉각시스템을 모두 포함한다.
- 2) 제작자는 이를 운영할 수 있는 진공배기계, 제어시스템 및 utility 전반에 관해 제작 및 설치를 하여야 한다.
- 3) 제작자는 3D 모델링을 통해 제작성, 작업성, 시스템 인터페이스 및 구조안정성을 검증하고 2D 도면을 작성하여 NFRI의 승인을 받은 후 제작 및 설치 작업에 착수하도록 한다. 2D 도면은 공장 작업, 운송 및 현장설치 시 요구되는 임시구조물 등 진공챔버 및 부대장치 제작설치 전반에 걸친 도면을 포함한다.
- 4) Local I&C 또한 별도의 circuit diagram 및 제어계측 모니터 화면을 작성하여 사전 승인을 받도록 한다. 여기에는 헬륨 및 질소 냉각라인, 진공배기계, 각종 밸브 제어를 위한 공압라인, 냉각수 및 전원설비 (일반전원 및 UPS)가 포함된다.
- 5) 모든 도면은 고유의 도면 관리번호 승인 체계를 마련하여 관리되어야 한다.
- 6) 제작도면 외에도 각종 제작 절차서 및 검사/시험 절차서가 마련되어 NFRI의 사전 승인을 받은 이후에 제작설치 작업을 착수하도록 한다.
- 7) 모든 제작설치 공정은 NFRI의 사전 승인을 받은 품질관리 계획서에 따라 관리되어야 한다. 여기에는 부적합 보고서 처리 및 관리가 포함된다.
- 8) ITP (Inspection and Test Plan), 제작설치공정 흐름도 및 제작설치 일정표를 작성하여 NFRI의 사전 승인을 받도록 한다.

- 9) 월간 및 주간보고서를 통해 NFRI에 정기적으로 제반 실적을 보고해야 한다.
- 10) 제작설치 완료 후 시운전을 통해 진공챔버 및 부대장치 제작설치가 성공적으로 완수되었음을 검증하도록 한다.
- 11) 시운전이 완료된 이후 최종보고서를 제출하여야 한다. 여기에는 계약 이후의 제반 수행사항이 빠짐없이 포함되어야 한다.

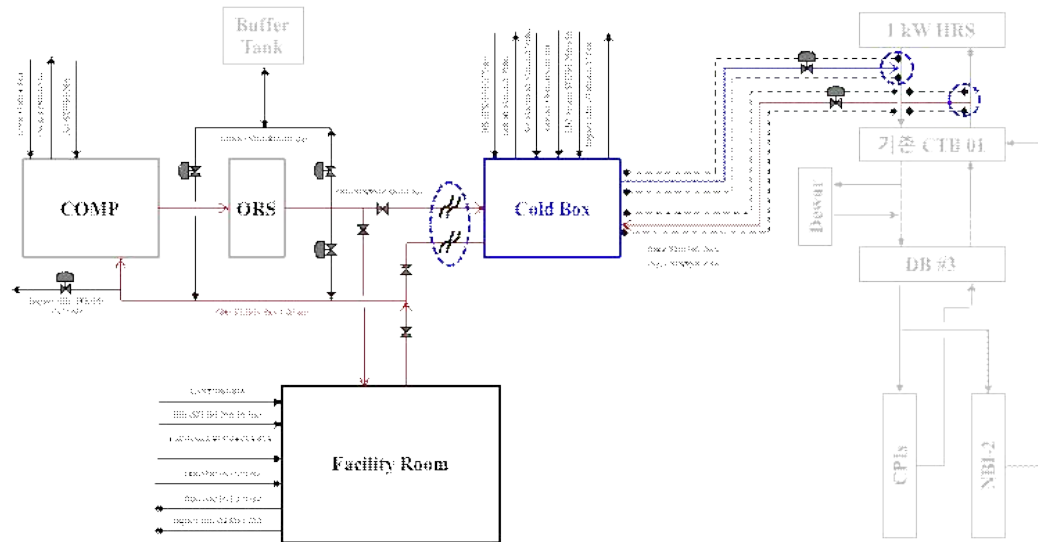


그림 2 공정 흐름도

6.3 P&ID

6.3.1 헬륨라인 P&ID

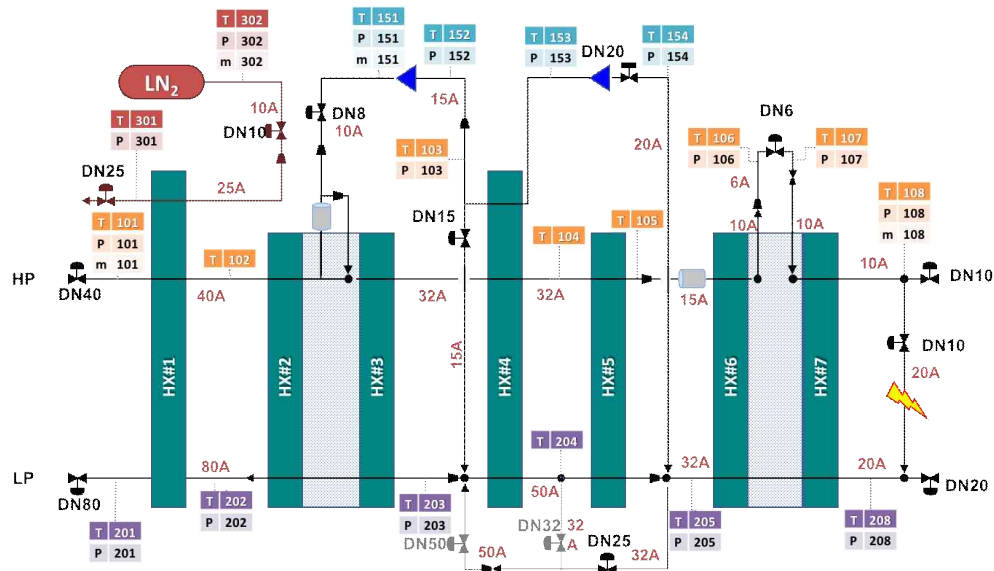


그림 3 Cold Box P&ID

- 1) 제작자는 P&ID 상의 모든 부분을 업무범위로 한다.
- 2) 본 시방서에 별도로 언급된 사급품목 외의 모든 단품은 제작자가 준비하여 설치해야

한다.

- 3) 제작설치 이전에 모든 헬륨라인에 대한 열수력 해석을 수행하여 NFRI의 승인을 받아야 하며 이를 제작설계 도면에 반영해야 한다.

6.3.4 진공배기계 P&ID

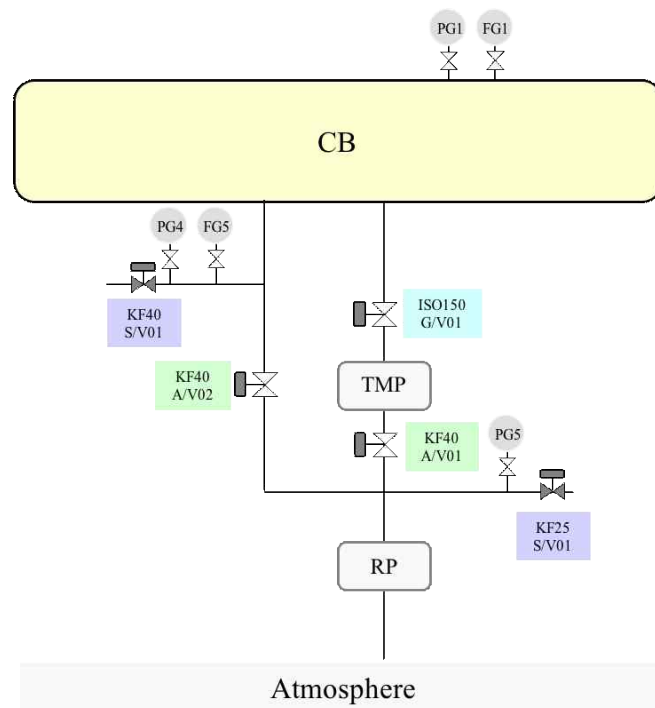


그림 6 진공배기계 P&ID

- 1) 진공배기계는 local I&C를 통해 local 터치패널 및 PC에서 제어가 가능하도록 한다.
- 2) 중앙제어 연계 시에는 interlock, alarm 및 각종 제어계측 신호 저장만을 포함시키도록 한다.

6.4 주요 구성요소

6.4.1 진공챔버

진공챔버는 수직실린더 형태로 제작하는 것을 기본으로 한다. 진공챔버에는 아래와 같은 장치들이 부착된다.

- 1) 진공챔버 상부
 - 헬륨 유량/압력을 제어하기 위한 저온밸브 (수량은 냉각공정 참조)
 - 헬륨 냉각을 위한 팽창터빈 카트리지 (수량은 냉각공정 참조)

- 내부 진공 파괴 시 저온용기 파손을 방지하기 위한 안전기구
- ORS와 연결되는 상온 배관 포트
- CTB와 연결 될 bayonet 포트

2) 진공챔버 측면

- 저온용기 내부 진공배기를 위한 진공펌프
- 내부 온도, 압력 및 유량 센서 연결부
- 각종 필터류 교체를 위한 Access Port

3) 진공챔버 내부

- 냉각용 열교환기, 연결배관, 온도/압력/유량 센서, 저온필터 등 주요 부품
- 20/80K 내부흡착기
- 주요부품 고정을 위한 설치구조물
- 외부로부터의 열침입을 방지하기 위한 구조물

진공챔버는 지게차 혹은 이동용 바퀴 (caster wheel)를 이용하여 이동할 수 있도록 설계/제작되어야 한다. 아래 그림은 Cold Box 외형도 샘플을 나타낸다.

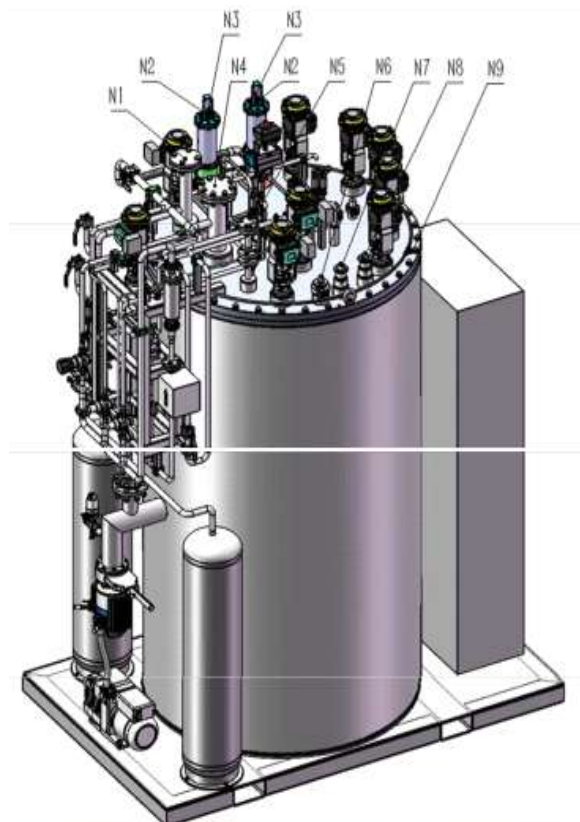


그림 5 Cold Box 외형도 예시

6.4.2 열교환기

NFRI에서 설계한 냉각공정에 따르면 CB 열교환기는 313K에서 4.45K의 범위에서 운

전된다. 각각의 열교환기는 6.2에서 설명한 냉각공정에 적합하도록 설계/제작되어야 한다. 팽창장치는 NFRI에서 별도로 조달하여 공급할 예정 (본 계약에서 제외) 이며, 입찰 시 기술제안서에 CB 열교환기 설계 시 열교환기 설치를 위한 내부공간을 고려하여 내부배관을 설계하고 지급 된 열교환기의 설치는 계약자의 업무 범위 이다.

6.4.3 저온팽창장치

헬륨을 극저온까지 냉각시키기 위해서는 등엔트로피 팽창과정을 수행하는 팽창장치가 필수적이다. 팽창장치는 NFRI에서 별도로 조달하여 공급할 예정 (본 계약에서 제외) 이며, 입찰 시 기술제안서에 CB 저온용기 설계 시 팽창장치 설치를 위한 내부공간을 고려하여 내부배관을 설계하고 지급 된 열교환기의 설치는 계약자의 업무 범위 이다.

6.4.4 저온 필터 및 내부흡착기

CB 내부에 순환하는 헬륨에 포함 된 불순물을 제거하기 위해흡착기를 장착해야 한다. 내부흡착기는 내부에 활성탄을 충전한 용기(charcoal vessel)의 형태로 제작되어야 하며 80 K의 온도지점과 20 K의 온도지점에 설치되어야 한다.

CB 내부흡착기는 흡착제에 포집된 불순물은 제거하기 위한 재생운전을 고려해야 하며, 이를 위한 장치를 고려해야 한다. 또한, CB 내부 흡착기 내부에 충전된 흡착제가 CB 헬륨회로에 유입되는 것을 방지하기 위하여 각 흡착기 출구 측에는 필터 (fine cryogenic filter)를 부착해야 한다.

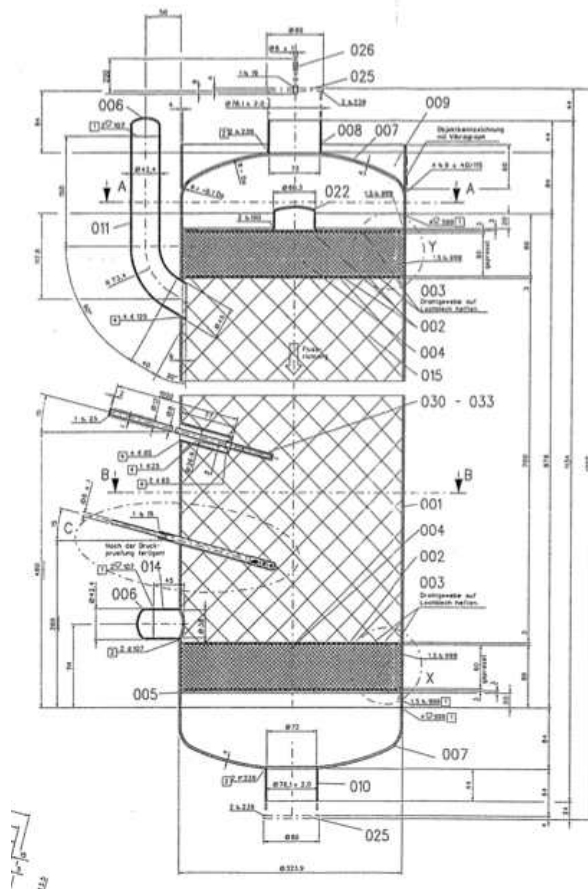


그림 6 80K 흡착기 도면 예시

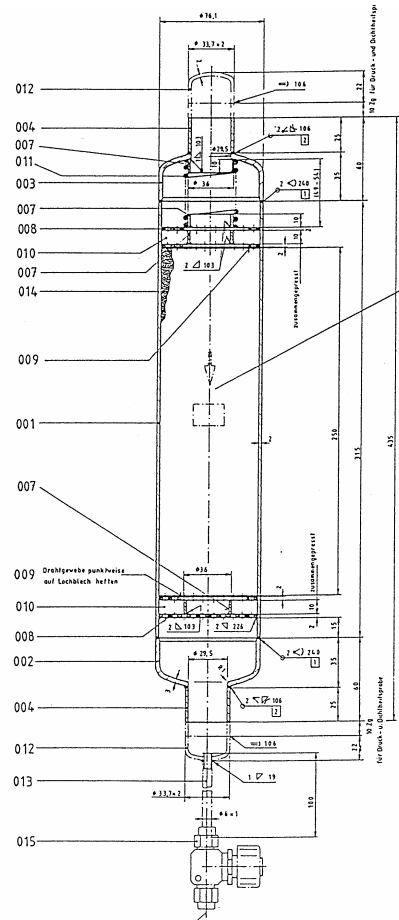


그림 7 20K 흡착기 도면 예시

표 6 내부흡착기 사양

Item	용량	압력	내부충진재	재질	비고
20K 내부흡착기	10L	20bar	활성탄	STS304L	
80K 내부흡착기	30L	20bar	폴리클러시브	STS304L	고압가스인허가필

6.4.6 터빈 buffer tank

터빈의 안정적인 구동을 위해서 비상시 터빈가스베어링에 헬륨을 공급하는 역할을 수행하며 진공챔버 외부에 설치된다. 사양은 아래와 같다.

- 1) 용량 : 100L
- 2) 디자인 압력 : 20bar
- 2) 재질 : STS304L 압력용기
- 3) 인증 : 고압가스인허가 필

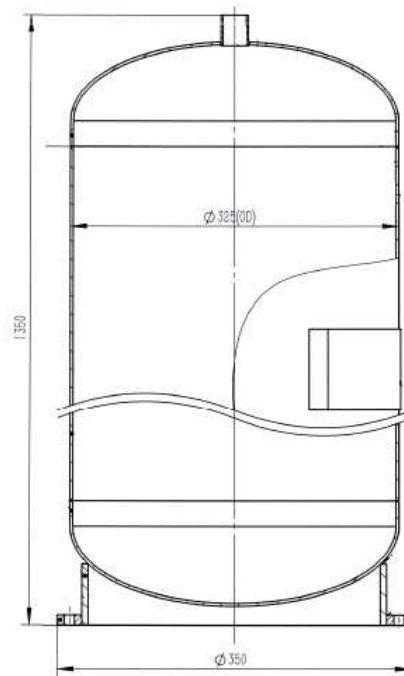


그림 8 터빈 버퍼탱크 형상 예시

6.4.5 진공챔버 배관

진공챔버의 배관은 내부/외부 헬륨배관, 내부/외부 질소배관, 냉각수 배관, 공압 배관으로 구분된다. 모든 배관은 스테인리스 스틸 재질이어야 하며, 진공챔버 내부배관은 4.5K의 온도에서도 문제가 없도록 재질을 선정해야 한다. 각 배관은 아래의 규격에 맞도록 선정해야 한다.

표 7 KSTAR NBI-2 저온헬륨설비 진공챔버 배관사양

항목		기준압력	사양	비고
냉각수		10 bar	STS304L SCH5	동급 이상
공압		10 bar	STS Tube	
헬륨	고압	20 bar	STS304L SCH10	
	저압	10 bar	STS304L SCH5	
질소	액체질소	20 bar	STS304L SCH10	
	기체질소	10 bar	STS304L SCH5	

6.4.8 저온 밸브

저온 밸브(Cryogenic valves)는 Extended Stem Type의 공기구동밸브(air operated actuator)를 사용해야 하며, 정밀한 제어를 위해 Positioner를 구비해야 한다. 극저온에서 사용되는 저온 밸브들은 저온사용, 누설방지구조를 갖추어야 하며, 각 밸브당 열손실은 매우 적도록 설계 및 제조 되어야 한다. 모든 밸브의 성적서에는 각 밸브의 열침입량을 제시해야 한다.

저온 밸브는 NFRI에서 지급할 예정이다.

표 8 진공챔버 밸브 사이즈

Item	Q'ty	Remarks
DN80	1	LP-warm end (상온 밸브)
DN50 (orDN32)	1	20K LP return
DN40	1	HP-warm end (상온 밸브)
DN32	1	HX#4 by-pass
DN25	2	HX#5 by-pass & LN2 outlet
DN20	2	1 HV & 1 MV
DN15	1	TX#1 to 20K LP
DN10	3	5K by-pass (HP&LP)
DN8	1	TX#1 inlet SV
DN6	1	J-T

안전밸브는 외부 배관과 연결되는 구간의 길이가 최소 800mm 이상 유지 할 수 있도록 설계해야 하며 각 배관의 사이즈와 유량을 고려하여 밸브를 선정해야 한다. 아래 표는 진공챔버에 설치 될 안전 밸브의 규격을 나타내었으며 그림은 P&ID에서의 안전밸브 위치를 나타내었다.

표 9 안전밸브 규격

Location	Size	S.P.	Q'ty	Remarks
LN2 300K	25A 기준 유량에 따라 밸브 사이즈 선정	10 bar	1	
300K-HP		17 bar	1	
30K-MP		10 bar	1	TX#1-outlet
10K-LP		10 bar	1	TX#2-outlet
7K-HP		17 bar	1	
5K-HP		17 bar	1	
27K-LP		10 bar	1	HX#4/#5 by-pass
300K-LP		10 bar	1	

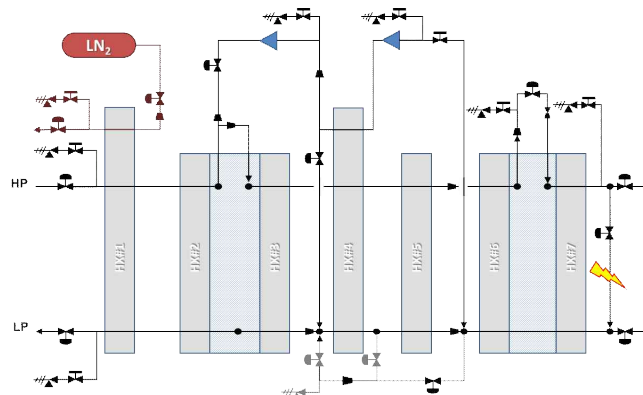


그림 9 진공챔버 안전밸브 위치

6.4.7 계장류

진공챔버의 계장류는 진공챔버의 운전 및 제어에 필요한 측정을 수행해야 한다. NFRI에서 규정하는 계장류의 측정 구격은 아래의 표 3에 나타나 있다. 본 계장류 구격에 나타나 있지 않은 항목은 설계단계에서 NFRI와 협의해야 한다.

표 10 KSTAR NBI-2 저온헬륨설비 진공챔버 계장 사양

Item	요 구 사 양		Unit
전기데이터	비표준 전기신호(모터전류, 히터용량 등)들은 표준 interface로 변환시켜야 한다.		mA/A/ mV/V/W
유동	헬륨/ 질소	오리피스, 벤추리노즐 혹은 피토투브	g/s l/hr
	냉각수	자기유도 유량계 혹은 초음파 유량계	
위치	위치측정	inductive, resistive, capacitive transmitter	%
	밸브의 End-S/W	inductive 또는 capacitive 센서	
운전시간	압축기 혹은 전동기에 적용		hr
기동회수	압축기 혹은 전동기에 적용		-
액위	LHe	초전도센서/차압센서를 이용한 액위측정	%
	LN2	캐패시터센서/차압센서를 이용한 액위측정	
	Oil level	캐패시터센서 혹은 플로트	
압력	<ul style="list-style-type: none"> Capacity or resistive sensor Span과 offset 조절가능 해야 함. 		bar
차압	<ul style="list-style-type: none"> Capacity or resistive sensor Span과 offset 조절가능 해야 함. 교정을 위한 manifold 장착 년간 drift는 제시요망 		mbar
압력계	기계적인 진동을 감쇠시키기 위한 오일 충전 방식		bar
회전수	팽창터빈/압축기	제어시스템에 회전수 I/O 고려	Hz
온도	<ul style="list-style-type: none"> 배관의 표면에 설치하여 측정함. 중복설치(2개의 온도 센서) 		℃/K

진공챔버를 포함한 저온헬륨설비 전체의 제어시스템은 Siemens PCS7-400 기종을 사용한다. 본 계약에서는 Siemens CPU, IO card, control PC를 제외한 진공챔버에서 필요한 제어시스템의 소프트웨어를 포함하며, PLC 하드웨어를 위한 별도의 캐비닛과 HMI 및 시스템 license를 포함해야 한다. 또한 헬륨냉동기 시운전 및 정상 운전을 위해 프로그램 로직 구현을 해야 하며 관련 로직은 NFRI와 협의하에 진행 한다.

저온온도센서(CERNOX), 압력 및 차압계는 NFRI에서 지급하며 관련 사항은 아래 표와 같다.

표 11 진공챔버 온도센서 리스트

	LP	HP	EP	LN2	Type
300K	T201	T101	None	T301	PT100
80K	T202	T102	T151	T302	CERNOX
27K	T203	T103	T152	None	CERNOX
14K	T204	T104	T153	None	CERNOX
11K	T205	T105	T154	None	CERNOX
8K	None	T106	None	None	CERNOX
7K	None	T107	None	None	CERNOX
5K	T208	T108	None	None	CERNOX

표 12 압력 및 차압 센서 리스트

	LP	HP	EP	LN2
300K	P201	P101, m101	None	P301
80K	P202	None	P151, m151	P302, m302
27K	P203	None	P152	None
14K	None	None	P153	None
11K	P205	None	P154	None
8K	None	P106	None	None
7K	None	P107	None	None
5K	P208	P108, m108	None	None

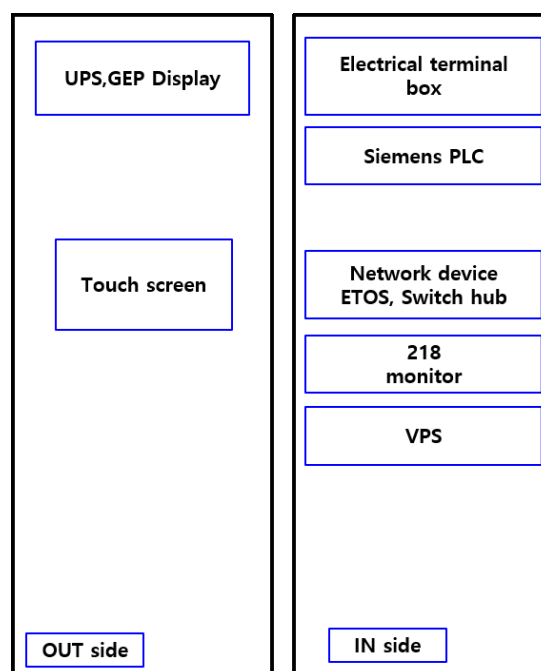


그림 10 250W Control rack 구성 개념도

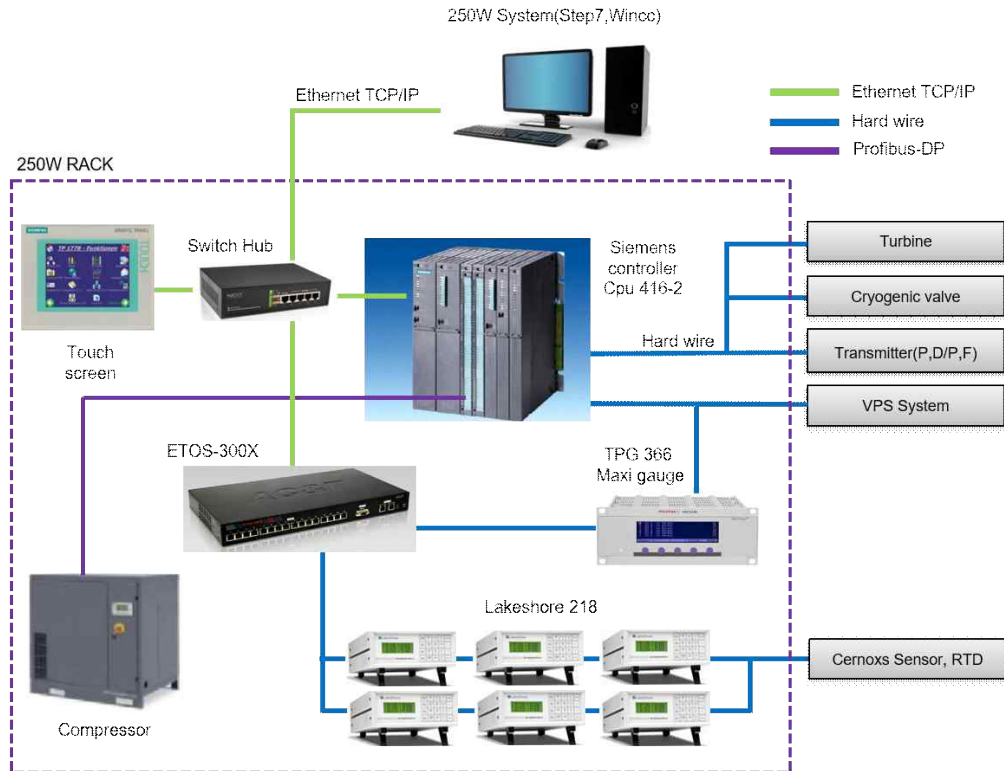


그림 11 250W 네트워크 구성 개념도

진공챔버 내부 구성 요소

- (1) 저온헬륨분배를 위한 다수의 원격제어 cryogenic valve 시스템
- (2) 다수의 헬륨특성 (T , P , dm/dt , L) 측정 센서류
- (3) (1)~(2)항의 계기와 valve들을 연결하는 내부배관 및 내부흡착기 (80K 및 20K 각 1개)
- (5) Cryostat용 MLI (30 layers) 및 MLI 지지를 위한 박판 (알루미늄 또는 STS 박판)
- (6) 내부 배관 및 헬륨용기용 MLI (30 layers)

진공챔버 외부 구성 요소

- (7) (1)~(6) 항목을 감싸는 외부 진공 용기
- (8) 비상 운전 시 가압된 헬륨 배기를 위한 상온 PSV 시스템
- (9) 다수의 헬륨특성(T , P , dm/dt , l) transmitter 및 indicator와 각종 전원장치
- (10) KSTAR 각종 헬륨회로 정화(purge) 및 pumping을 위한 상온 valve 및 pump류
- (11) 터빈 베어링과 연계한 buffer tank 및 상온 밸브류
- (11) (7)~(10)항의 계기와 valve들을 연결하는 배관류
- (12) 진공 유지에 필요한 각종 진공 pump류
- (13) 장비와 인명 보호를 위한 모든 안전장치
- (14) 각종 electrical cabinet

(15) 진공챔버의 valve, 계기, 및 각종 system을 monitoring 및 control 할 수 있는 Process Control System (PCS)과 NFRI에서 제시한 Functional Analysis에 부합하는 PCS의 programming

(16) 각종 지지대, 하중 보강재, deck, 계단, 안전 fence 등

6.5 상세 기술 사양

6.5.1 허용 열침입과 단열

6.5.1.1 허용 열침입

(2) 진공챔버의 총 허용 외부 열침입: 4.5 K에서 100 W 이하

(3) 열침입 계산 후 NFRI 승인을 받아 작업에 착수하도록 한다.

6.5.1.2 단열 방식

(1) 모든 단열 재료의 설치해체는 가능한 부품으로의 접근이 용이하게 설계되어야 한다.

(2) MLI (multi-layer insulation)는 배기가 용이하도록 layer 사이에 spacer가 포함된 다공성의 피복 형식의 제품이어야 한다.

(3) Cryostat 복사열 차폐는 30장의 MLI 및 MLI 지지용 알루미늄 또는 스테인레스스틸 (STS) 박판으로 하고, 내부배관은 30장의 MLI로 감싸져야 한다. 단, 극저온부에서 멀리 떨어진 압력 게이지용 미세 배관부의 경우는 제외된다.

(4) MLI를 감는 방식은 최외각 층의 복사가 내부로 전달되지 않도록 하여야 하며, NFRI의 승인을 거쳐야 한다.

6.5.2 재료 선택과 접합

(1) 진공챔버 및 부대장치 제작에 사용되는 모든 재료는 NFRI의 사전 승인 대상이다.

(2) 모든 배관은 BA급 이상의 pipe를 사용하도록 한다.

(3) 헬륨이 흐르는 모든 배관은 STS304L/316L (또는 동등 재료)로 제작되어야 하고 모든 헬륨 배관은 **AUTO** GTAW 용접을 적용하여야 한다.

(4) 해체가 필요한 계기들의 미세관 (최대 외경: 6 mm)의 연결은 Gyrolok[®] fitting 또는 동등의 것으로 한다.

(5) NFRI interface와 연결되는 부위 중 해체가 가능한 곳은 loose counter flange type

이어야 한다.

- (6) 헬륨이 흐르는 모든 배관은 어떠한 물질로도 오염되어서는 안 되고 내부 세정 절차와 작업은 제작자가 실시한다.
- (7) 각종 외부 진공 용기 및 재킷의 재료는 STS304L 또는 동등 재료이어야 하며 특히 비자성체이어야 하고 고진공 환경에 적합하여야 한다.
- (8) Process 유체의 압력에 노출된 모든 부품은 최신의 ASME 또는 동등 code가 적용되어야 한다.
- (9) Valve 부위를 제외한 내부배관과 용접부위는 30 bar의 내부 압력에 견뎌야 한다.
- (10) 외부 진공 용기와 재킷의 내압은 1.5 bar 이상이다.
- (11) 내부 헬륨 배관의 bellows 사용은 지양하고 온도 변화에 의한 팽창과 수축에 대한 대비는 배관의 적절한 디자인으로 해결하여야 한다. bellows 사용 시는 NFRI의 승인을 "필히" 얻어야 한다.
- (12) KSTAR 주장치실의 자장에 노출된 모든 지지 구조물, platform, 배관, valve, 장비 등은 비자성체이어야 한다.

6.5.3 진공 배기 시스템과 허용 누설

6.5.3.1 진공 시스템

- (1) 각 진공 section에는 over pressure에 대비한 안전장치를 설치하여야 한다.
- (2) 진공 시스템의 유지보수를 위하여 특별한 공구가 요구 될 경우 그 공구는 제작자가 공급하여야 한다.

6.5.3.2 진공 배기 시스템

- (1) 진공배기 시스템의 port는 배관에서 MLI가 떨어져 나가지 않도록 설계되어야 하며, 필요하다면 mesh를 설치하여 펌프를 보호하도록 한다.
- (2) 초벌배기용 진공계와 고진공 배기용 진공계로 구성되어있으며, 각 장치는 시방서의 사양에 따라 제작 설치되어야 한다.
- (3) 진공시스템은 자체적인 I&C와 interlock 시스템을 구성하고 있어야 하며, 주제어실에서 모든 상황을 모니터링 및 제어 할 수 있어야 한다.

6.5.3.3 허용 누설

- (1) 상온에서 진공챔버의 허용 최고 압력은 1.0×10^{-4} mbar 이하이다.

- (2) 진공챔버 전체 헬륨 허용 누설율은 1×10^{-9} mbar · l/s 이하이다.

6.5.4 Valve류

6.5.4.1 Cryogenic valve

- (1) 모든 cryogenic valve는 원격제어 valve이다.
- (2) 비상시 valve가 fail safe position (fail open 또는 fail close)으로 전환하는 허용 시간은 3초 이내이다.
- (3) 별도의 언급이 없으면 모든 cryogenic control valve의 accuracy는 R100이다.
- (4) Cryogenic valve와 부속 장비는 “WEKA”사의 것 동급이상으로 하며 (KSTAR DB#2와 동일 사양 유지) 모든 cryogenic valve 유형은 NFRI의 승인을 얻어야 한다 (Cryogenic valve NFRI 지급).
- (5) 본체는 STS316L 또는 동일성능 재료로 이루어져 있어야 하며 metal bellows sealing의 extended spindle type이어야 하고 추가 safety stuffing box로 이중보호가 되어 있어야 한다. spindle과 bellows 조합은 flange로부터 해체가 가능하여야 한다.
- (6) Actuator는 진공 용기 외부로 노출되어 있어야 하며 valve는 내부배관 및 상부 flange에 용접되어야 한다.
- (7) 모든 control valve는 actuator가 digital pneumatic control 및 analog feedback signal로 제어되는 electro-pneumatic positioner가 장착된 axial stroke 형식이어야 한다. Valve의 위치 표시는 가능하여야 하고 제어 시스템과 연동 되어야 한다. 모든 control valve는 최소한 하나의 end-switch가 장착되어 fail-safe position을 표시 하여야 한다.

6.5.4.1.1 Cryogenic valve 설치

저온 밸브는 valve의 sealing부와 용접부가 근접한 구조로 되어있어 용접열에 의해 valve seal이 손상될 우려가 크다. 이 때문에 제작자는 아래의 valve 설치 순서에 준하여 valve를 설치하여야 한다.

- (1) 저온밸브는 본 조립 전 밸브 stem의 변위에 따른 작동유무를 테스트하여 valve가 제대로 동작되는지 검사한다.
- (2) 저온밸브를 port에 용접하기 전 저온 밸브의 하우징과 stem부를 분해한다.
- (3) Port에 valve 하우징을 삽입하고 용접한다. CV가 설치되는 각 포트는 valve 하

우징의 용접부에 맞게 진공챔버에 부착되어 있어야 한다.

- (4) Valve 하우징과 진공챔버 내부 배관 연결이 끝나면, valve 하우징에 valve stem 을 연결한다.

6.5.4.1.2 Cryogenic valve 영점조정

저온 밸브의 설치가 완료되면, 분해와 조립 과정에서 제작 초기에 설정된 setting 값이 변화될 가능성이 있기 때문에 저온 밸브의 영점 조정을 실시한다. 영점 조정은 CV 업체의 전용 조정 장치를 이용하도록 하고 NFRI의 입회하에 진행하여야 하며 조정 결과는 check sheet에 기록하여 NFRI에 제출하여야 한다.

6.5.4.2 Non-cryogenic valve

(1) 상온의 Motorized shut-off valve

- 2개의 end-switch로 구성된 O-ring shaft seal의 ball valve
- Fail safe position으로의 확실한 이동을 위해서 actuator는 spring-loaded pneumatic piston-type이어야 한다.

(2) Solenoid valve

- 24 V DC용 coil로 구성되어야 하며, local status LED 화면을 포함하여야 한다.
- Solenoid 교체는 배관 내부를 외부로 노출시키지 않고 가능하여야 한다.

(3) Pressure safety valve

- 분출 압력은 8 bar이며, 극저온영역에서 사용될 수 있는 것을 사용한다. 또한 KGS에서 검증된 제품을 사용하도록 한다.
- 주기적인 calibration을 위해서 모든 safety valve는 탈부착이 가능하여야 한다.
- (4) 모든 manual valve는 평상시 운전 상태를 확인하기 위해서 최소한 하나의 end-switch가 장착되어야 한다.

6.5.5 헬륨특성 측정장비

진공챔버의 보호를 위해 필요한 모든 센서류와 계측기 등의 장비는 지정한 등급 이상의 것을 공급 및 설치하여야 한다. 최종적으로 설치된 센서류와 계측기 등의 열침입이 허용 열침입을 입증하는 데 정밀도와 정확성이 부족할 경우 제작자는 제작과정에 상응하는 이론적으로 계산된 열침입 계산 문서를 제출하여야 한다. 단, 탈부착이 불가능한 온도 센서 element의 경우 최소한 하나의 redundancy를 두어야 한다.

6.5.5.1 온도 측정 unit: 최종 측정 온도의 허용 오차는 아래와 같다

- (1) 10 K 이하: ± 0.1 K;
- (2) 10 K와 80 K 사이: ± 0.3 K;
- (3) 80 K 이상: ± 0.5 K;
- (4) 사용되는 센서는 SHe/LHe/GHe의 경우 각각 Lakeshore Cernox와 PT100 또는 동등이어야 한다.
- (5) 제작자는 센서 등의 장착으로 발생하는 process helium의 압력강하와 열침입 값을 NFRI에 제시하여야 한다.

6.5.5.2 Orifice 유량계 제작 및 설치

6.5.5.2.1 제작사양

Orifice 유량계의 제작 및 설치에 대한 제작 사양은 본 기술 시방서에 기술된 기준에 따르며, 본 공사에 사용될 orifice 유량계, 차압계 및 압력계의 사양은 아래 그림과 같다. 유량 측정을 위한 1/4" 배관은 진공챔버에 설치되는 별도의 포트에 연결되며, 다시 압력 및 차압계에 연결된다.

6.5.5.2.2 Orifice 유량계 영점조정

Orifice 유량계는 모두 orifice와 차압계, 압력계로 이루어져 있다. 여기에 배관에 설치되어 있는 온도 센서를 포함한다. Orifice 유량계 시스템의 구성은 그림 6.5-3 과 같다. Orifice 유량계 시스템의 설치는 내부 배관에 orifice 유량계를 설치하고 유량계의 1/4" 배관을 진공챔버 외부에 설치되어 있는 차압계 및 압력계에 연결한다. Orifice 유량계와 차압계 및 압력계를 연결할 때 배관 사이에 metering valve를 설치한다. 배관 연결 방식은 auto welding과 fitting을 이용한다. 연결이 완료된 후 1/4" 배관이 흔들리지 않도록 support 등을 이용하여 chamber에 1/4" 배관을 고정시킨다. 전체적인 설치 순서는 아래와 같다.



그림 12 압력 및 차압 transmitter

- (1) 배관은 현장실측을 하여 설치한다.
- (2) 실측 후 단품을 벤딩하고 실제 조립 시 문제가 없는지 확인한다.
- (3) 1/4" 배관의 연결은 자동용접으로 연결한다.
- (4) 용접 후 용접부 세정은 브러쉬로 한다.
- (5) Metering valve는 fitting을 이용하여 연결한다. 설치부분은 가능한 flange 부분과 근접한 곳에 설치한다.
- (6) 차압계의 3-way valve에 연결되는 부분은 loctite 등의 본드류를 이용하여 연결한다.
- (7) 압력계와 차압계 high측 배관을 연결한다. 연결은 fitting류를 사용한다.
- (8) 배관간의 support를 설치하여 고정한다.

6.5.5.2.3 차압계 및 압력계 설치대 제작

차압계와 압력계를 진공챔버에 설치하기 위해 차압계 및 압력계 설치대를 제작한다. 설치대의 재질은 STS304L을 사용하여야 하며, 차압계와 압력계를 고정 시킬 볼트류 또한 STS304L 재질을 사용하여야 한다. 설치대 제작 순서는 아래와 같다.

- (1) Plate 소재를 사용한다.
- (2) 가공도면에 근거하여 레이저 가공을 한다.
- (3) 도면에 의거하여 절곡 한다.
- (4) 용접절차에 따라 fit-up 및 용접을 한다.
- (5) 치수검사를 한다.
- (6) 가공 변형량 체크 및 치수검사
- (7) 금속 표면은 GBB처리를 한다.

6.5.5.2.4 차압계 및 압력계 fitting부 헬륨누설 검사

차압계와 압력계의 설치가 완료된 후, 용접부 및 fitting부의 헬륨 누설 검사를 실시한다. 검사 압력은 8 bar 이상, 10 bar 이하, 헬륨 가스로 하며, 비눗물과 sniffer test기를 이용하여 실시한다. 검사가 완료된 곳은 이물질이 남지 않도록 알콜 등과 같은 세정제를 이용하여 세정한다. 제작자는 각 point 별로 검사 결과를 작성하여 NFRI에 제출하여야한다.

6.5.6 온도센서

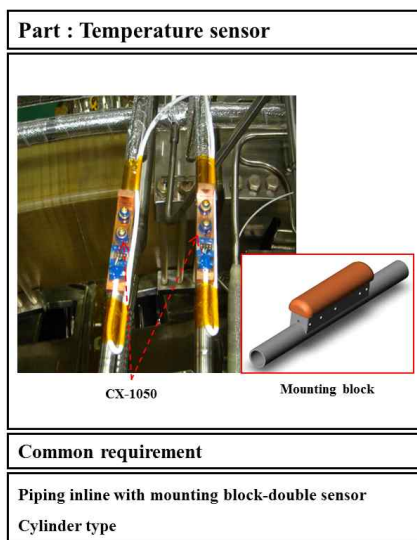


그림 13 온도센서 및 mounting block

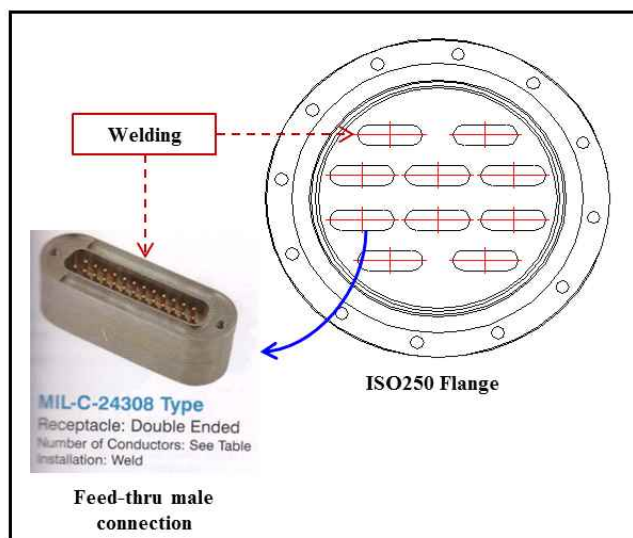


그림 14 Electrical feed-thru port

- (1) 저온 온도센서는 NFRI에서 사급한다.
- (2) 제작자는 사급 받은 온도센서를 배관에 부착하기 위한 온도센서 mounting block 을 제작하여 납품 및 설치하도록 한다.
- (3) Mounting block은 구리 재질의 heat sink 블록을 배관에 브레이징 하고 그 위에 온도센서를 부착하는 방식이다. 온도센서의 4-wire는 stycast를 이용하여 이 heat sink에 접착시켜 신호선으로부터 센서로 전달되는 열을 차단하게 된다.
- (4) 센서 신호선과 연결되는 케이블은 NFRI의 승인을 받은 것이어야 한다.
- (5) 센서 신호선과 연결 케이블 사이에는 별도의 터미널 단자를 설치하도록 한다.
- (6) 센서 신호선 연결이 완료되면 센서 보호를 위해 커버를 설치한다.
- (7) 제작자는 NFRI의 지원 및 승인을 받아 KSTAR에서 활용되고 있는 mounting block을 설계개선 및 업그레이드하여 납품 및 설치하도록 한다.
- (8) 제작자는 진공챔버 cryostat에 설치되는 electrical feed-thru port를 제작/납품 및

설치해야 한다(그림 6.5-6). 단, 25핀 feed-thru 자체는 NFRI에서 사급한다.

- (9) Feed-thru의 수량은 본 시방서 대비 30% 가량의 여유분을 두도록 한다 (30% 이상의 추가에 대해서는 추후 NFRI와 구체적으로 협의 및 결정).

6.5.7 진공부품

- (1) 사용되는 진공부품 리스트는 아래 테이블과 같다.
- (2) NFRI 사급품 이외의 제품 및 배관작업은 제작자의 업무범위에 해당된다.

6.5.7 절연 및 grounding

- (1) 진공챔버 전체는 장비 보호를 위하여 KSTAR 건물로부터 전기적으로 절연되어야 한다 (절연 파괴 전압: 1 kV). 절연 방법은 사전에 NFRI의 허가를 받아야 한다.
- (2) 모든 grounding을 요하는 장비는 KSTAR main grounding 시스템에 연결하여야 한다.
- (3) 배관용 절연부품은 NFRI가 제공하며 토카막 장치에 연결되는 TL3 및 TL4 끝부분의 G10 절연은 제작자의 업무범위에 해당 된다 (벨로우즈 포함).

7. 시운전

7.1 헬륨계통 purging

- (1) Pumping & filling 방식으로 250W 헬륨냉동기, ORS 및 CTB 헬륨계통을 5회이상 헬륨치환 작업을 수행 한다(완료 조건,Dew point; -70°C 이하).
- (2) Dew point 조건 만족 후 최종 질소 수치를 측정해 5ppm 이하가 되면 운전 조건 완료, 만족하지 못 할 경우 purging 작업 반복

7.2 시스템 conditioning

- (1) 200W 헬륨냉동기 및 CB 운전 이전에 각 시스템의 이상 유무를 점검한다.
- (2) 제작자는 CB 시운전 이전에 CB의 점검리스트를 작성하여 NFRI의 승인을 받아야 하며, 시운전 이후 개선사항을 포함하여 점검리스트를 최종 작성 및 제출해야 한다.
- (3) 점검 대상은 다음과 같다.
- Utility
 - 진공배기계
 - 액체질소 냉각계통
 - 헬륨 냉각계통
 - 인터록/알람 계통
 - Local I&C 전반

7.3 시스템 진공배기

- (1) 초벌배기는 5E-3 mbar 영역까지 수행한다.

- (2) 고진공배기는 5E-5 mbar 영역까지 수행한다.
- (3) 진공배기가 완료되면 헬륨 및 질소 냉각라인의 누설검사를 실시한다.

7.4 시스템 냉각 및 운전

- (1) 250W 헬륨냉동기 운전과 함께 CB 냉각운전이 시작된다.
- (2) 제작자는 CB 냉각운전 자동화를 고려하여 냉각 시스템을 구축해야 하며, 시운전 결과를 기반으로 냉각 자동화를 구현해야 한다.
- (3) CB 시운전을 통해 모든 알람/인터록이 점검되어야 하며, cryogenic valve 및 모든 제어장치들이 자동으로 운전될 수 있도록 제어계측 시스템을 구축해야 한다.
- (4) 이를 위해서 모든 제어계측/알람/인터록 시스템은 운전 조건을 셋팅할 수 있도록 프로그램 되어야 한다.
- (5) 특히, cryogenic valve 및 Turbine는 제어 지시값 셋팅 및 제어명령 이후 정해진 운전 포지션으로 이동하기까지의 시간을 셋팅하여 구동되도록 프로그램 되어야 한다.

8. 제어계측시스템 (Local I&C)

8.1. 일반사항

본 장에서는 확장성이 있는 운전 제어 시스템 (Process Control System - PCS)에 대한 기능적 요구 사양, 설계 특징, H/W, S/W, 성능, 서비스를 설명하였다. 제작자는 이러한 요구 사항에 부합하는 완전하고 운전 가능한 PCS를 공급하여야 한다. 본 장에서 열거된 요구 사양들은 제안될 시스템의 품질, 성능, 확장성, 사용 용이성에 대한 표준 마련을 위한 지침들이다.

8.2. 작업 범위

8.2.1 제작자 의무 사항

- (1) 제작자는 본 장에 지정된 모든 기능적 요구 사양들을 만족시키는 microprocessor 기반의 PCS를 공급하여야 한다. 제작자가 제출하는 제안서에는 본 사양에 대한 모든 예외 사항, 설명, 또는 기능 향상 등을 포함하여야 한다. 제작자는 예외 사항을 제외한 본 장의 모든 기능적 사양들을 만족시켜야 한다.
- (2) 제작자는 또한 다음의 서비스를 공급하여야 한다.
 - 시스템 조립 및 설치
 - 냉동기 운전엔 필요한 모든 프로그래밍 (자동화 운전로직, Interlock, Trend 등)

- 운전에 필요한 HMI 작화 및 구성 (각장비의 운전화면, SFC 등)
 - 포함된 모든 장치의 운전과 interlock의 simulation 및 시스템 시연과 검사
 - Simulation이 가능한 설치, NFRI에서의 시스템의 운전, engineering, 유지보수 교육, 운전자 교육
 - 시스템 점검 및 초기운전 보조 서비스
 - 운전에 필요한 모든 절차서 작성(Cooldown, Warmup, Liquefaction, Refrigeration)
- (3) 모든 H/W와 S/W는 NFRI로 이동 설치 전 표준 FAT (Factory Acceptance Test)를 거쳐야 한다.
- (4) 제작사의 제안서에 추천 spare part의 unit별 가격을 명시하여야 한다. 제작자는 NFRI에서 시스템의 초기시동, 검토, 시운전을 위한 검증된 인력을 공급하여야 한다.

8.2.2 표준 제품의 사용

본 시스템은 명기된 사양을 만족하기 위하여 제작자의 표준 제품 (H/W, S/W, firmware, 등)으로 구성되어야 한다. 표준 제품이란 제작자의 제품 번호가 부여되고 제품 사양서와 설치/사용 설명서가 포함된 쉽게 취득이 가능한 제품을 말한다.

8.2.3 운전 제어 시스템 (PCS)의 H/W & S/W

제어나 진단에 사용되는 모든 센서는 PCS 에 연결되어야 한다. 안전 기능을 위한 PLC (Programmable Logic Controller) 사용은 field bus를 통하여 PCS에 연결되어야 한다. PCS에서 500 ms 이하의 고속 제어 회로나 고속 반응은 특별한 제어 장비나 H/W를 요구할 수 있으므로 정확히 명시되어야 한다.

- (1) 250W시스템에 사용되는 S/W는 Siemens Step7,Wincc 이다.
- (2) 위 프로그램을 활용하여 250W시스템의 자동화로직 및 운전화면을 구성 하여야 한다.

8.2.4 현장 검증된 제품의 사용

본 시스템의 모든 H/W, S/W, firmware 등은 현장 검증된 것으로 구비되어야 한다. 현장 검증된 것이란 현장에서 성공적으로 설치 운전되고 있는 것을 의미한다. 즉, 제작자는 본 시스템의 모든 장비에 대한 현장 검증 및 상황 파악 가능성을 열어 두어야 한다.

8.2.5 분산, 개방, 현장 적격 구조

- (1) 제안된 본 시스템은 중앙 제어 시스템뿐 아니라 여러 (분산된) 위치에서 운전제어, 모니터링 및 data 저장에 가능한 microprocessor 기반의 시스템이어야 한다. 본 시스템은 H/W의 변경 없이 광범위한 운전 사양 영역에 적합도록 회로 논리와 관련 구성 요소 수준의 변경이 가능할 정도의 확장성과 유연성이 있어야 한다.
- (2) 본 시스템은 개방 구조 기반이어야 한다. 개방 시스템이란 선천적으로 타사 제품이나 platform과 Modbus, Profibus, OPC, Ethernet TCP/IP와 같은 산업 표준 통신 protocol을 통하여 정보를 공유하고 통합할 수 있어야 한다.

8.2.6 S/W 보호

특허에 의해 제약을 받지 않는 모든 S/W와 실행파일들을 사용자가 저장장치로부터 복사하는 것을 방지하는 장치나 프로그램은 설치하지 않도록 한다. 사용자의 시스템 시동을 방지하는 제약장치는 설치하지 않도록 한다. 즉 본 시스템의 S/W 접근 시 key-disk나 암호를 요구하지 말아야 한다.

8.2.7 S/W 개정 상태

제작자의 표준 S/W 또는 본 시스템에 적용되는 다른 S/W도 FAT 시점에 입수 가능한 가장 최근에 현장 검증된 것이어야 한다. 제작자는 S/W upgrade 시 요구되는 절차서를 제출하여야 한다.

8.2.8 변경과 추가 사항

본 사양은 NFRI나 지정된 대표자에 의해 유지되고 개정될 것이며, 추후 변경과 추가 사항의 제안에 대한 내용은 검토 후 변경될 수 있다.

8.3. 제어 시스템 interface

전자 장비는 250W Control rack에 장착되어야 한다. 측정 장비는 24 V DC의 전원을 사용하여야 한다. PCS 제어에 필요한 모든 센서와 기동장치는 NFRI에서 제공하는 사급품을 제외하고 제작자가 공급하여야 한다.

- (1) Analog I/O는 PCS에 다음의 방법 중 하나로 연결되어야 한다.

- 서로 절연되고 500 Ω 이하의 저항을 가지고 극성 반전 방지 장치가 장착된 2-wire mode의 4-20 mA의 DC 전류를 출력.
 - Field bus 출력 (방식은 NFRI와 협의).
- (2) 측정 범위가 조정이 가능한 센서나 transmitter는 관련 electrical cabinet 또는 250W Control rack에 연결된 field bus나 전기 신호선으로 부터 조정이 가능하여야 한다.
- (3) 센서의 출력신호와 관련 물리량이 서로 비선형이고 표준화된 선형화 수단이 없을 시 그 물리량은 PCS에서 환산할 수 있다. 필요한 data는 제작자가 공급하여야 한다.
- (4) 정보처리 기능이 있는 장비 사용 시 그 장비는 PCS에 field bus로 연결되어야 한다. 모든 논리 및 제어 S/W와 field bus interface 설명은 NFRI에 제출하여야 한다.
- (5)본 계약과 별도로 진행되는 헬륨 압축기시스템과의 연동 운전을 위한 케이블 연결, 프로그래밍, 로직구성, 알람설정 등 Coldbox와 연계 운전시 압축기운영(압축기 STAT/STOP/Interlock 등)에 필요한 모든 자재 및 기술을 제작자가 제공하여야한다.

8.4. 장비 내장 제어 사항과 interlock

- (1) PCS의 기능 정지 시 hard-wired interlock 또는 program된 안전 unit에 의해 파손에 대비한 모든 장비들의 기본적인 자가 보호 기능이 구비되어 있어야 한다.
- (2) 안전을 위한 기능을 PLC에서 구현할 경우, 이러한 기능들은 PCS의 기능 불량에 대해 충분히 대응할 수 있어야 한다. PLC의 모든 I/O들은 PCS에서 field bus를 통하여 접근할 수 있어야 한다. PLC에서 구현되는 모든 논리는 제작자가 기술력을 제공하고 논리에 대한 기본 개념은 NFRI가 제공되어야 한다.

8.4.1 시스템 알람 및 인터록

- (1) 시스템 알람은 아래와 같이 4단계로 프로그램 되어야 한다.
- HH (High high), H (High), L (Low), LL (Low low)
 - 알람 대상; T (온도), P (압력), M (유량), L (액체헬륨 레벨), H (Valve position), S (밸브 구동 스피드,Turbine 구동 스피드) 등.
- (2) 시스템 인터록은 1~5 까지 5단계로 구성되어야 한다.
- 인터록 5단계; 시스템 warning
 - 인터록 2~4단계; Local 시스템 인터록
 - 인터록 1단계; 시스템 Trip, Stop
- (3) 알람 및 인터록 셋팅값은 추후에 입력이 가능하도록 프로그래밍 하도록 한다. 시운전 이후 셋팅값을 최종 정리할 계획이다.

- (4) 인터록 시스템은 중앙인터록 인터페이스를 검토하여 구축되어야 하며, 제작자는 별도의 로컬-중앙 인터록 연계를 위한 control system을 제공해야 한다.

8.5 제어 시스템의 의무

- (1) 헬륨냉동기의 주요장치인 헬륨압축기, Coldbox(Turbine, Vacuum system)를 포함한 모든 제어장치들이 자동으로 운전될 수 있도록 제어계측 시스템을 구축해야 한다.
- (2) 안전과 관련된 Interlock 기능 구성.
- (3) 5가지의 Operation mode 개발
(Cooldown, LN2냉각, Warmup, Liquefaction, Refrigeration)
 - Cooldown : Cold-box의 터빈을 이용하여 헬륨의 온도를 10K까지 냉각하는 모드
 - LN2 냉각 : 액체질소 냉각을 통한 열교환기 Pre cooling
 - Warmup : Cold-box의 터빈을 정지시키고 헬륨의 온도를 250K이상 승온하는 모드
 - Liquefaction : 10K 냉각된 헬륨을 팽창시켜 액체헬륨을 생산모드
 - Refrigeration : 냉각대상체인 NBI-2 시스템을 냉각하기 위한 모드
 - 위 4가지 운전모드에 맞는 로직 구성 및 개발 / 운전 및 TEST (NFRI와 협의)
- (4) 헬륨압축기의 STAT/STOP 및 관련시스템의 Interlock 구성.
- (5) 압축기 및 Coldbox 및 냉동기와 관련한 모든 센서(온도, 압력, 유량)값들과 valve 위치의 감시.
- (6) 모든 원격제어 valve들의 원격제어.
- (7) 온도, 압력, 유량, 스피드 등 헬륨냉동기의 모든 정보의 Trend 기능
- (8) 250W 냉동기 운전 화면 작화(운전에 필요한 로직 적용 등)
 - 250W 냉동기 MAIN 화면 (냉동기의 전체적인 사항 표시)
 - 250W Compressor 화면
 - 250W Cold box 화면(Turbine 세부화면 포함)
 - 250W SFC 화면(냉동기 운전 로직 시각화 및 Setpoint 변경)
 - 250W Trend 화면 (어느 화면에서든 운전자가 원하는 데이터 Trend 출력)
 - 250W 헬륨냉동기의 운전을 조작하는 MODE 화면
 - 기타 NFRI에서 요청하는 화면 등
 - 아래 그림15는 250W 냉동기의 운전화면 예시이며, 아래와 같은 형태로 NFRI가 요청하는 사항에 맞추어 구성하여야 한다.

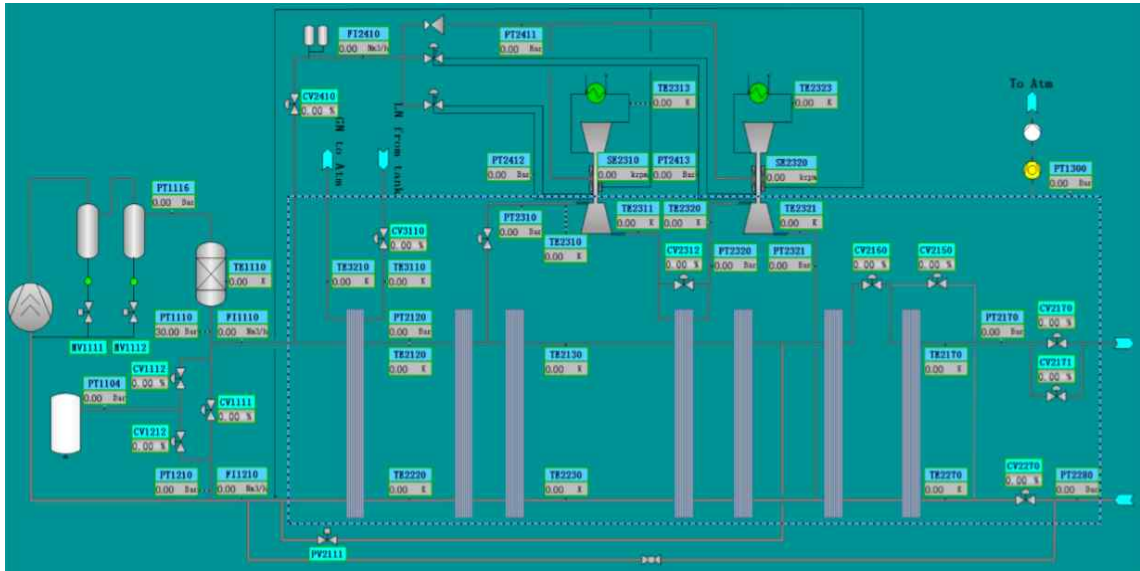


그림 15 250W 냉동기 운전화면 (샘플)

9. NFRI 환경

9.1. NFRI 제공 utility

제작자는 계약 후 2개월 이내에 필요 utility 요구량을 NFRI에 제시하여야 한다.

9.1.1 전력

- (1) 제작자는 380V, 3상, 60 Hz의 전원 (일반/UPS)을 KSTAR 건물 내 정해진 위치로 부터 헬륨설비실 까지 케이블을 포설하고 250W Control RACK에 연결.

9.1.2 냉각수 (Cooling water)

- (1) NFRI는 공급(32 °C, 3.5 barg), 회수(37 °C, 2.1 barg) 냉각수 manifold를 헬륨장치 실에 공급한다.
- (2) 냉각수가 흐르는 라인의 재료는 STS304 또는 동급 이상으로 해야 한다.
- (3) Valve로 격리될 수 있는 냉각수 공간은 적절한 안전장치가 구비되어야 한다.

9.1.3 기타

- (1) NFRI는 압축공기(20 °C, 6 barg, 응결점: 7 barg에서 -40 °C)를 헬륨설비실에 공급

한다.

- (2) NFRI는 헬륨장치실과 KSTAR 주장치실에 각각 최대 적재중량이 20 ton과 150 ton인 crane을 공급한다.

9.2. NFRI 출입 및 작업 준수 사항

9.2.1 Access card

제작자가 NFRI의 출입을 요청한 모든 작업인원은 NFRI가 정한 모든 규정들을 준수한다는 가정하에서만 지정된 작업장소를 출입할 수 있는 card가 발급된다.

9.2.2 작업공간

- (1) 제작자에게 할당된 작업공간은 NFRI의 승인 없이 확장할 수 없고 재료와 장비의 보관은 지정된 작업공간에서만 가능하다.
- (2) 작업공간을 구분 짓는 fence는 작업자가 공급하여야 한다.
- (3) 제작자는 타 제작자 그리고 NFRI의 다른 작업들과의 간섭을 최소화하기 위한 적절한 주의를 기울여야 한다.

9.2.3 화재 예방용 fence

제작자는 화재나 폭발의 위험을 최소화하기 위하여 용접, 절단, 연삭 등과 같이 고온이 발생하는 작업 시, 작업장 주위에는 fence를 설치하여야 한다.

9.3. KSTAR 토카막 주위 자기장

KSTAR 토카막 주위 자기장은 아래 표와 같으며, 표시된 거리 이외의 값들은 linear interpolation을 이용하여 산출하도록 한다.

표 13. 토카막주위 자기장 표

	z=0 (floor)					z=center of tokamak				
distance from axis of tokamak	max. B during IM	max. B during Blip	max. B during SOF	max. B during SOB	max. B during EOB	max. B during IM	max. B during Blip	max. B during SOF	max. B during SOB	max. B during EOB
[m]	[G]	[G]	[G]	[G]	[G]	[G]	[G]	[G]	[G]	[G]
5.0	721.2	673.1	697.4	854.6	992.4	55953.0	52222.0	51790.0	43327.0	54898.0
5.5	547.6	511.0	689.8	842.0	947.9	43492.0	40592.0	43107.0	34978.0	43678.0
6.0	413.5	385.9	654.0	795.2	879.6	54994.0	54994.0	56055.0	55661.0	55598.0
6.5	317.0	295.8	597.5	723.6	794.2	42042.0	42042.0	42224.0	42147.0	42136.0
7.0	249.6	232.9	530.0	639.3	700.7	31534.0	31534.0	31607.0	31663.0	31678.0
7.5	202.0	188.5	460.1	552.9	607.2	25126.0	25126.0	25789.0	25931.0	25992.0
8.0	166.9	155.7	393.8	471.7	519.8	19699.0	19699.0	20158.0	20267.0	20345.0
8.5	139.7	130.4	334.2	399.3	441.7	10325.0	10325.0	10654.0	10727.0	10791.0
9.0	117.9	110.0	282.6	336.9	374.0	2093.3	2091.7	2145.3	2155.7	2144.2
9.5	100.0	93.3	238.8	284.3	316.5	463.1	444.5	560.8	626.8	774.8
10.0	85.2	79.5	202.1	240.4	268.3	317.8	297.0	625.9	720.0	868.5
10.5	72.9	68.0	171.6	204.0	228.0	243.8	227.5	543.3	628.1	740.8
11.0	62.6	58.4	146.3	173.9	194.6	186.7	174.2	437.7	508.5	591.6
11.5	54.0	50.4	125.3	148.9	166.8	145.3	135.6	348.1	406.2	468.4
12.0	46.8	43.7	107.9	128.2	143.7	115.4	107.6	278.4	326.0	373.5
12.5	40.7	38.0	93.3	110.9	124.4	93.2	87.0	225.0	264.2	301.4
13.0	35.6	33.2	81.1	96.4	108.2	76.6	71.5	183.9	216.5	246.1
13.5	31.3	29.2	70.8	84.2	94.5	63.8	59.5	152.1	179.4	203.4
14.0	27.6	25.7	62.1	73.9	83.0	53.7	50.1	127.1	150.2	170.0
14.5	24.4	22.8	54.8	65.1	73.2	45.7	42.6	107.3	126.9	143.5
15.0	21.7	20.3	48.5	57.7	64.8	39.2	36.6	91.4	108.2	122.2
15.5	19.4	18.1	43.1	51.3	57.6	33.9	31.7	78.5	93.0	104.9
16.0	17.4	16.2	38.5	45.8	51.4	29.6	27.6	67.9	80.5	90.8
16.5	15.6	14.6	34.4	41.0	46.1	25.9	24.2	59.1	70.1	79.0
17.0	14.1	13.1	31.0	36.8	41.4	22.9	21.3	51.8	61.5	69.3
17.5	12.7	11.9	27.9	33.2	37.3	20.3	18.9	45.6	54.2	61.0
18.0	11.5	10.8	25.3	30.1	33.8	18.0	16.8	40.4	48.0	54.1
18.5	10.5	9.8	22.9	27.3	30.7	16.1	15.1	35.9	42.8	48.1
19.0	9.6	8.9	20.9	24.8	27.9	14.5	13.5	32.1	38.2	43.0
19.5	8.8	8.2	19.0	22.7	25.5	13.1	12.2	28.8	34.3	38.6
20.0	8.0	7.5	17.4	20.7	23.3	11.8	11.0	26.0	30.9	34.8
20.5	7.4	6.9	16.0	19.0	21.4	10.7	10.0	23.5	28.0	31.5
21.0	6.8	6.3	14.7	17.5	19.6	9.8	9.1	21.3	25.4	28.6
21.5	6.3	5.9	13.5	16.1	18.1	8.9	8.3	19.4	23.1	26.0
22.0	5.8	5.4	12.5	14.9	16.7	8.2	7.6	17.7	21.1	23.7
22.5	5.4	5.0	11.5	13.8	15.5	7.5	7.0	16.2	19.3	21.7
23.0	5.0	4.7	10.7	12.8	14.3	6.9	6.4	14.9	17.7	19.9
23.5	4.6	4.3	9.9	11.8	13.3	6.3	5.9	13.7	16.3	18.3
24.0	4.3	4.0	9.2	11.0	12.4	5.9	5.5	12.6	15.0	16.9
24.5	4.0	3.8	8.6	10.3	11.5	5.4	5.1	11.6	13.9	15.6
25.0	3.8	3.5	8.0	9.6	10.8	5.0	4.7	10.8	12.9	14.5

10. 품질보증 및 절차

10.1 적용범위

- 1) 이 문서는 기술시방서에 명시된 대로 구매품목, 기자재 제작, 수리 또는 시공의 작업 공정에 대한 구매자의 품질검사권한, 검사진행요령, 계약자의 자체 품질관리 책임 등을 규정한다.
- 2) 시험 및 검사의 기준으로 적용될 Code & Standard는 아래와 같다.
 - ASME Section VIII, Division 2 : Boiler and pressure vessel, Alternative Rules
 - ASME B31.3 : Process Piping
 - 4항에 언급된 검사 기준 포함.

10.2 용어의 정의

- 1) 구매자 또는 제작자
핵융합연구센터 또는 그의 위임자를 의미하며, 공사계약의 경우 발주자로도 정의함.
- 2) 계약자
구매자에게 계약에 의거 기자재 및 용역을 공급하는 자 또는 공사계약을 체결한 자로서 이 시방서에서는 공급자, 판매자 및 하도급계약자 등을 포함함.
- 3) 품질검사계획 (Quality plan 및 ITP)
공급품목의 구분, 작업공정 설정, 적용서류의 명시, 검사자 입회점 등을 포함하는 서류로서 계약자가 작성하여 작업착수이전에 구매자의 검토를 받아야 함.
- 4) 리뷰포인트 (Review point)
계약자가 작업을 진행하기 이전 또는 이후에 제출하는 각종 보고서 및 문서, 구매자의 입회 없이 계약자 책임하에 수행되는 제반 공정 포인트를 말한다.
- 5) 입회점 (Witness point)
계약자가 작업을 진행하기 이전에 구매자에게 서면으로 입회검사를 요청해야 하는 중요 제작 및 시험검사 단계로서 그 입회검사결과가 만족하다는 구매자의 확인서명 후에 다음 공정을 진행할 수 있음. 다만 계약자가 구매자에게 입회요청을 명확하게 하였고 구매자가 입회할 의사가 없음이 확인되면 계약자 판단 하에 작업을 진행할 수 있음.
- 6) 필수확인점 (Hold point)
입회점보다 더 중시되는 제작 및 시험검사 단계로서 구매자가 입회하거나, 또는 구매

자가 입회할 의사가 없음을 서류상으로 확인하기 전에는 해당 작업을 진행할 수 없음.

7) 출하승인서

구매자가 계획한 모든 입회검사결과가 만족할 경우 구매자가 계약자에게 발행하는 서류로서 제작공장에서 제품을 출하하기 위해서는 본 출하승인서를 사전에 발급받아야 함. 출하승인서는 품질증빙서류와 같이 기자재 인도시 구매자에게 제출되어야 하며 출하승인서가 없을 경우 구매자는 기자재 인도를 거부할 수 있음.

단, 구매자의 형편에 따라 출하검사를 생략할 수 있음.

8) 검 사

어떤 품목 또는 업무가 명시된 요건에 일치하는지를 확인하기 위하여 시험, 조사 또는 측정 등을 하는 행위로서 이 부록에서는 품질검사, 입회검사, 검사 등으로 표시됨.

10.3 계약자 자체 품질검사요건

- 1) 계약자의 품질검사조직은 계약서 요건, 계약서가 요구하는 기술기준, 구매자가 검토한 설계서류 및 품질보증계획서 등의 요건에 맞는 품질검사업무를 관리할 수 있도록 해당 검사관련 지시서, 절차서 등을 작성하여 이행하여야 한다.
- 2) 품질검사 관련 업무에는 품질보증, 설계, 구매, 용접, 비파괴검사, 내압(수압, 공기압, 진공)시험, 성능시험, 포장, 취급, 선적, 운송 등이 포함된다.
- 3) 구매자의 검사 또는 공인검사를 받기 전에 계약자의 자체 품질검사가 선행되어 필요한 후속조치가 완료되어야 한다. 계약자의 자체 품질검사가 선행되지 아니하였을 경우 구매자는 검사진행을 거절할 수 있다. 다만, 압력시험 등 부득이한 검사공정의 경우에는 구매자와 계약자 검사인원이 동시에 검사를 진행할 수 있다.
- 4) 계약자는 원활한 구매자의 품질검사를 위해 구매자의 비용지불 없이 구매자의 품질검사자가 계약자의 해당 공장출입, 자료열람 및 검사장비 사용 등 관련 업무에 협조해야 한다.

10.4 품질검사계획 (Quality plan) 제출 요건

- 1) (제출 및 검토) 계약자는 공급품목(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 다음사항이 포함되도록 해야하며 양식 견본은 품질검사 및 시험계획서(붙임 1)를 참조할 수 있다.

- 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 승인하지 않은 상태에서는 제작공정을 진행해서는 안된다.

10.5 구매자의 품질검사 요건

10.5.1 일반요건

- 1) 구매자는 계약자와의 원활한 업무수행을 위하여 담당 검사자를 임명하여 구매품목의 제작전에 계약자의 제작공장을 방문하여 필요한 사항을 협의할 수 있다.
- 2) 계약체결후 조속한 시일내에 구매자가 제작전 방문을 할 수 있도록 계약자는 구매자에게 연락하여야 한다.
- 3) 제작전 방문은 구매자와 계약자간 업무편의를 위한 것으로서 제작전 방문시에 협의된 내용이 계약요건을 변경할 수 없으며 계약자의 책임을 면제할 수 없다.
- 4) 계약자는 구매자가 품질검사점 선정에 필요한 자료 및 정보 제출을 요구시에는 그 해당자료를 구매자에게 제공하여야 한다.

10.5.2 제작 중 검사

- 1) 계약자는 구매자의 입회점이나 필수확인점에 대하여 실제 작업 최소 5일전에 구매자의 담당 검사자에게 서면으로 입회요청을 해야 하며 다시 2일전에 구두로 확인해야 한다.
- 2) 입회검사요청서에는 계약번호, 계약명, 검사품명, 검사공정, 수량, 예정일자, 검사장소, 계약자측 담당자 및 전화번호 등이 포함되어야 한다.
- 3) 제작, 시험, 검사에 적용하는 절차서, 도면 등은 계약요건에 따라 사전에 구매자기술키서의 검토 또는 필요시 승인을 받아야 한다.

- 4) 검사과정에서 부적합사항이 발견되면 해당작업을 중단하고 필요한 시정조치 완료 후 필요시 구매자의 재검사를 받아야 한다.
- 5) 구매자는 검사결과가 만족한 경우에는 승인된 품질검사 및 시험계획(필요시 Traveller 포함)에 서명하고, 불만족한 경우에는 부적합보고서 또는 시정조치요구서를 발행하여 부적합 품목에 대한 시정을 요구할 수 있다.

10.5.3 출하검사

- 1) 계약자는 제품을 제작공장에서 출하를 하려면 아래사항에 대한 조치가 완결된 후 구매자의 출하검사를 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
 - 재료인 경우에는 적용 기술기준에 따라 재료확인서 (Certificate of Compliance)를 제출해야 한다.
- 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 인도일정 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.

10.5.4 포장, 취급, 선적 및 운송관리

- 1) 품질검사계획에 포장준비, 포장 및 선적과정이 포함된 경우에는 구매자의 입회검사를 받아야 한다.
- 2) 계약자는 구매자의 출하 승인후에도 제품이 포장, 취급, 선적 및 운송과정에서 손상을 입지 않고 안전하게 구매자에게 인도될 수 있도록 필요한 제반 조치를 취해야 한다.
- 3) 대형 중량물과 운송중 손상이 우려되는 품목은 필요에 따라 특별한 조치를 취하여야 한다.

10.6 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 품질검사계획서를 작성하여 구매자의 검토를 받아 시행하여야 한다.
- 3) 부적합품목을 현상태 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.

10.7 공급자 불일치 사항 관리

- 1) 계약자는 계약 이행과정중 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) 사용시
- 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.

11. 제출 문서

11.1 적용범위

- 1) 이 시방서는 계약자가 구매자에게 제출해야 할 각종 서류, 도면 및 품질증빙서류 등에 대한 세부요건을 규정한다.
- 2) 계약서 본문(계약일반조건, 계약특수조건, 기술시방서 본문 등)에 규정된 요건은 이 시방서에 기술된 내용에 우선하여 계약자에게 적용한다.
만일, 이 시방서와 계약서 본문내용이 상호 불일치하거나 불명확한 내용이 있을 경

우에 계약자는 구매자에게 통보하여 명확한 해석을 받은 후 이행하여야 한다.

11.2 용어의 정의

1) 구매자

핵융합연구센터 또는 그의 위임자를 의미하며, 공사 계약의 경우 발주자로도 정의함.

2) 계약자

구매자에게 계약에 의거 기자재 및 용역을 공급하는 자 또는 공사 계약을 체결한 자로서 이 시방서에서는 공급자, 판매자, 하도급 계약자 등을 포함함.

3) 서류

계약 이행을 위하여 계약자가 구매자에게 제출해야 할 설계, 구매, 품질, 사업관리업 무 등에 관련된 계획서, 지시서, 절차서, 규격서, 도면 등을 총칭하는 말로서 좁은 의미로 사용시에는 도면은 제외됨.

4) 품질증빙서류

품질보증활동결과 생산된 각종 시험, 검사 등의 관련서류를 종합 정리한 것으로서 계약요건에 따라 구매자에게 제출됨.

5) 품질보증확인서(Certificate of Conformance)

공급품목 또는 역무가 해당요건(계약서 및 계약서에서 요구하는 기술기준 등)에 만족하는 정도를 확인하도록 권한이 부여된 자에 의해 서명 또는 인증된 서류.

6) 재료확인서 (Certificate Of Compliance)

재료가 해당요건(계약서 및 계약서에서 요구하는 기술기준 등)에 만족하고 있다는 것을 입증하는 증명서.

11.3 일반요건

1) (계약자 의무) 계약자는 이 시방서에서 정하는 대로 계약 이행을 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 재 복사 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, 작성일자 등이 명확하게 기재되어야 하며 서류의 각 면마다 서류번호, 개정번호, 페이지가 표시되어야 한다.

5) (서류번호) 계약서요건에 구매자가 제시한 서류분류번호 부여방법이 있을 경우 계약

자는 이를 준수해야 한다.

- 6) (서류승인) 계약자가 제출하는 모든 서류에는 작성, 검토, 승인권자의 소속, 직책, 성명, 서명, 일자 등이 포함되어야 한다.

11.4 서류 및 도면의 제출

- 1) 제작자는 제작사양서 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 5부씩 제출해야 한다.
 - 제작도
 - 제작절차서 (제작절차, 용접절차, 세정절차, 표면처리절차)
 - 검사 및 시험 계획서
 - 포장 및 운송절차서
 - 설치 절차서
- 3) 제작 기간 중 아래 명기한 자료를 제출해야 한다.
 - 제작공정에 대한 검사 및 시험 성적서
 - 주요공정의 제작 진행상황 사진
 - 각 공정별 제작방법 및 품질관리 기록서
 - 부적합 보고서
- 4) 매주 주간 진척사항 및 업무진행 상황을 문서로 작성하여 제출한다.
- 5) 완료 시 아래 명기한 자료를 각 5부씩 제출해야 한다.
 - 제작도면(Jig & Fixture 포함)
 - 제작절차서(제작절차, 용접절차, 세정절차, 표면처리절차)
 - 검사 및 시험 절차서
 - 검사 및 시험 성적서
 - 설치 절차서
 - 주요공정의 제작 진행상황 자료
 - 각 공정별 제작방법 및 품질관리 기록서
 - 부적합 보고서
- 6) 자료 제출 일정
 - 제작 추진방안 및 추진일정 자료: 계약 후 20일 이내

- 제작 전 제출자료: 계약 후 1개월 이내
 - 제작 중 제출자료: 협의 후 결정
 - 완료 시 제출자료: 설치완료 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 관리기준이 수립, 운영된 것이어야 하며 검색가능(Retrievable), 복사가능(Copiable), 재생가능(Reproducible), 이중보관(Duplicable) 등의 품질요건이 충족되어야 한다.
 - 10) (제출) 계약자는 서류 송부전(붙임 3)을 사용하여 서류 및 도면을 구매자에게 제출하여야 한다.
 - 11) (재고기록) 계약자는 구매자가 제공한 품목의 물량에 대한 재고기록을 유지하고 구매자의 요청시 재고기록보고서를 구매자에게 서면으로 제출하여야 한다.

11.5 기록매체 제작 및 검사요건

- 1) 기록매체(CD-ROM 등)에 수록할 모든 자료(도면 및 문서)는 전자파일 그대로 수록하는 것을 원칙으로 한다.
- 2) CD-ROM에 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 Multipage TIFF (1개의 이미지파일 내에 다수개의 페이지를 모두 포함시킬 수 있는 파일포맷)를 사용할 수 없으며, 문서인 경우에 한하여 Multipage TIFF를 사용한다.
- 6) CD-ROM에 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 외관 검사, 표준 색인목

록 검사 등)에 따라 별도의 인수검사를 하여 전자매체 및 수록된 기록물의 품질이 불량하다고 판정시에는 인수를 거절할 수 있다.

11.6 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 제작중 발생된 각종 시험, 검사보고서
 - ③ 특수작업(용접, 비파괴검사, 세정) 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 바인드 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.

12. 납품

- 1) 제작자가 공장에서의 제작 및 공장에서의 시험 검사를 완료하고 NFRI까지 운반한 후 외관검사, 치수검사, 수량검사 등의 입고검사에 합격한 뒤 제작 사양서 상의 내용을 만족 시키는 설치 및 시험 검사를 완료해야 납품을 완료한 것으로 한다.
- 2) 제작자는 포장 박스 해체작업 및 입고 검사 시 반드시 입회하여야 한다.

13. 납기

“진공챔버 및 부대장치 제작 및 설치” 완료는 2019년 08월 이전에 종료되어야 한다.

14. 특허권 및 소유권

- (1) 제작자는 본 사업의 수행과정에서 제작자가 설계 시 사용하거나 제공한 특허 또는 상품권으로 인하여 발생할 수 있는 어떠한 종류의 책임으로부터 NFRI가 완전히 면책되도록 하여야 한다. 단, NFRI가 작성한 구매 사양서 및 도면과 관련되는 사항은 제외된다.
- (2) 본 계약에 의거 제작자가 공급한 기자재 (Know-How 포함)가 NFRI를 상대로 특허권 분쟁이 야기되었을 때, 이에 대한 모든 비용 및 손해는 제작자가 부담한다.
- (3) 제작자(하도급자 포함)는 본 사업의 수행과정에서 반출된 도면 및 기술자료 습득한 제반 지식을 NFRI의 사전 승인 없이 국내외 타 project에 임의로 사용하거나 반출할 수 없으며, 이로 인해 야기된 제반 문제에 대해서는 제작자가 모든 책임을 진다.
- (4) 본 사양서에서 언급하고 있는 모든 제작품의 개발 및 제작에 관련된 모든 know-how의 사용 권한은 NFRI에 있다.

15. 기타 사항

- 1) 모든 설계기준, 제작방법 및 공정, 재료선정, 시험 및 품질관리 등은 관련도면 및 사양서에 언급된 사항을 기준으로 하며 제작자가 임의로 변경 적용할 수 없다.
- 2) 제작자는 NFRI에서 작성한 도면 및 사양서에 언급된 모든 기술사항에 대하여 충분히 검토를 하여야 하며 그 검토 결과 누락된 부분, 미비한 사항, 또는 NFRI에서 제시한 사항보다 우수한 대안이 있을 때는 제작 방안 제출 시 제작자의 의견을 이유, 변경방법 및 내용, 장단점 등을 기술하고, 상세한 근거 자료를 첨부하여 제출하여야 한다.
- 3) 추가 상세 사양 및 보완사항은 제작자가 확정된 후 추후 계약범위 이내에서 NFRI와 협의 후 조정한다.
- 4) 각종 spare part와 3년간 소모품 내역은 NFRI와 협의 후 승인받도록 한다.
- 5) 제작자의 외주 제작은 적합한 자격을 보유한 업체를 추천하여 최종 NFRI의 승인을 득한 이후에 시행한다.
- 6) 제작사는 계약기간 중 매월 말 월간 진도보고회를 실시하며, 매주 주간보고서를 제출하여야 한다. 보고서에는 해당 기간에 수행된 제작 공정에 대한 품질관리 결과물을 반드시 포함하여야 한다. 월간진도보고회 및 주간보고서 양식은 NFRI에서 제공한다.
- 7) 계약 후 1 개월 이내에 Kick-Off Meeting을 실시하여 제작 조직도, 제작 공정 및 일정 등에 대하여 보고하여야 한다.
- 9) NFRI가 지정하는 주요 공정에 대해 제작사는 그 일정을 10 일 이전에 통보하여, NFRI의 현장 작업 입회가 원활할 수 있도록 협조하여야 한다.
- 10) 한글 사양서와 영문 사양서의 내용이 상이할 경우 한글 사양서의 내용을 따르도록 한다.

다.

16. 참고자료

16.1. 문서양식

- 1) 품질검사 및 시험계획서(ITP) 표지
- 2) 검사 및 시험 계획서
- 3) 문서 검토 요청서
- 4) 공급자 불일치 사항 처리 요청서

16.2. 별첨

- 1) KSTAR 진공챔버 및 부대장치 제작설치를 위한 주요 부품 리스트

[붙임 1] 공급자 제출문서 표지


시공계약자 마크

검사 및 시험계획서(ITP)

Total ○○ Sheets

(with cover sheet)

품질 검사 및 시험계획서(ITP)

			
Document status			
<input type="checkbox"/> Approved. <input type="checkbox"/> Approved with comments. Work may proceed subject to comments noted. <input type="checkbox"/> Revise and resubmit. Work may not proceed.			
Note			
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 2] 검사 및 시험 계획서

검사 및 시험계획서			시공계약자 :				ITP No.		
			과 제 명 :				Rev. No. 0		
			조립단계 :				Page of		
번호	공정	검사 및 시험종류	적용 규격 및 절차	검사주관				검사성적서	비고
				WS		NFRI			
			- SAMPLE -						

H : Hold Point, W : Witness Point, R : Review Point

[붙임 3] 문서 검토 요청서

	Document Transmittal Sheet			FAX	
				TEL	
				E-mail	
				Filer	
NFRI Registration No :					
	Name	Work Group			
From			TRANS. DATE (yyyy/mm/dd)	2006 / /	
To			TRANS. NO.		
ATTN			JOB 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"/> _____ <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	
1	-				
2					
	- END -				
<p>Remarks :</p> <p>1.</p>					
Distribution List :			NFRI 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 for this transmittal after signing bellow Received by : _____ Date : ____/____/____ </p>					

[붙임 4] 공급자 불일치 사항 처리 요청서

