

해양플랜트 Subsea용 기자재의 시험인증 절차

(초고압 압력밸브 및 플렉시블 조인트)

강재성¹·허은정¹·강호근²·박재홍³·하태범⁴

Developing Test & Certification Process for Subsea Equipment

Kang Jae Sung⁺, Heo Eun Jung¹ · Kang Ho Keun² · Park Jae Hong³ · Ha Tae Bum⁴

1. 서론

Subsea 생산플랜트 및 관련 기자재는 해양산업분야에서 가장 큰 성장성이 예상되는 분야이며 향후 해양 산업의 경쟁력은 해저와 해상플랜트의 엔지니어링 기술 및 핵심기자재의 개발로 자리잡을 것으로 예측된다

해양생산플랜트의 특성상 고장 또는 사고 발생시 인명, 환경, 자산 등에 미치는 피해규모는 해상플랜트에 비해 매우 크기 때문에 대부분의 오일메이저들은 해양생산플랜트(관련 기자재 포함) 계약 및 공사관리에 가장 중요한 항목의 하나로 시스템 및 기자재의 통합적 신뢰도 및 안전성을 요구하고 있다

특히 해저생산플랜트의 기자재 인증 및 평가 기술은 국내 해양업체 및 기자재 업체의 해저/해상 플랜트의 수주에 필요한 핵심원천 기술이며 그동안 국내업체에서는 기술적으로 낮은 상태에 있었지만 최근 심해 및 극지개발이 가속화되고 있어 그 기술개발 인증 및 평가의 중요성이 어느 때보다 높아지고 있다

본 연구에서는 고부가가치 해양플랜트Subsea 시장에 진출하려는 기업을 위해 수요기업(조선소)의 요구에 따라 개발된 기자재 및 부품을 시험인증 하는 절차에 대해 설명한다.

2. Subsea 기자재의 초고압 상태의 분류

해양구조물의 압력 범위는 현재 Wellhead 및 Christmas에서 사용하는 기자재의 압력 범위를 참고 하였으며, API 6A Spec.을 살펴보면 아래와 같이 분류될 수가 있다. 이는 현재 초고압 상태로 운영되는 해양 기자재의 기준으로 보아도 좋다

- ① 13,8 MPa (2000 psi)
- ② 20,7 MPa (3000 psi)
- ③ 34,5 MPa (5000 psi)

- ④ 69,0 MPa (10,000 psi)
- ⑤ 103,5 MPa (15,000 psi)
- ⑥ 138,0 MPa (20,000 psi)

초고압 상태는 또한 나사끝의 종류 및 구경에 따라 설계의 기준 및 압력의 크기에 제한이 있으며 이는 특히 Subsea 기자재를 설치하거나 설계시에 고려되어야 할 사항이다.[표 1]

[표 1] 나사구경에 따른 압력제한

나사산의 종류	파이프구경 (in)	파이프외경 (OD)	압력	
			Mpa	psi
Line-pipe/NPT (일반 크기)	½	21.3	69.0	10000
	¾ to 2	26.7 to 60.3	34.5	5000
	2½ to 6	73.0 to 168.3	20.7	3000
Tubing, non-upset, and external upset round thread	1.050 to 4½	26.7 to 114.3	34.5	5000
Casing (8 round, buttress, and extreme line)	4½ to 10¾	114.3 to 273.1	34.5	5000
	11¾ to 13¾	298.5 to 339.7	20.7	3000
	16 to 20	406.4 to 508.0	13.8	2000

온도의 범위는 [표 2]와 같이 API 6A Spec. 에서 구분했다. 현재 북극해에서 활발한 가스 및 원유의 탐사 활동 및 채굴 작업이 이루어지고 있으며, 그에 따른 온도 범위의 구분이 필요하다.

[표 2] 적용 온도범위

온도범위	작동범위	
	°C	°F

+ 강재성(한국선급 해사연구팀 선임연구원), E-mail:kangjs@krs.co.kr, Tel: 042)869-9244

1 허은정 한국선급 해사연구팀 선임연구원
 2 강호근 한국선급 해사연구팀 책임연구원
 3 박재홍 한국선급 해사연구팀 팀장
 4 하태범 한국선급 선박해양시스템연구원 원장

	min	Max	min	Max
K	-60	82	-75	180
L	-46	82	-50	180
N	-46	60	-50	140
P	-29	82	-20	180
S	-18	60	0	140
T	-18	82	0	180
U	-18	121	0	250
V	2	121	35	250

높은 온도에서 작동하는 기자재에 대해서는 특별히 온도 범위를 정해야 하는데, 120 °C 이상의 온도에서 작동하거나 운용 되는 기자재는 [표 3]의 규정을 따른다. 그 이유는 온도 외에도, 온도에 따른 변형 및 강도에 대해서도 고려해야 하기 때문이다.

[표 3] 특정 온도 범위

구분	온도범위	
	°C	°F
X	-18 to 180	0 to 350
Y	-18 to 345	0 to 650

또한 [표 4]에서 명시하고 있듯이 특별히 고려해야 상태의 온도 범위를 볼 수 있으며, 이의 온도 범위에서는 검사 압력의 조정이 필요하다.

[표 4] 특정 온도 범위에 따른 감소 압력 범위

압력 (K to U)	감소압력범위	
	Class X	Class Y
MPa (psi)	MPa (psi)	MPa (psi)
13.8 (2000)	13.1 (1905)	9.9 (1430)
20.7 (3000)	19.7 (2860)	14.8 (2145)
34.5 (5000)	32.8 (4765)	24.7 (3575)
주. 온도 범위는 [표 2]를 참조		

3. 기자재의 성능평가 및 시험방법

이번 장에서는 Subsea 용 기자재 중 주요 기자재인 초고압용 압력제어 밸브 및 플렉시블 조인트의 성능평가 및 시험방법에 대해서 설명 하도록 하겠다.

3.1 초고압용 압력제어 밸브

이 절차서는 KS 표준 및 API-598 규정을 참고 하였으며, KS에서 규정하는 밸브의 검사 통칙에 대해 규정하고 그밖에 63K 이하의 일반용 밸브에 적용하여도 좋다 다만, 강제성이 있는 규정은 아니며, 참고사항일 뿐이다.

밸브를 시험 할 때의, 검사 및 사용 환경은 아래의 조건에서 수행되어야 한다.

- ① 외부온도: 38°C (100°F)
- ② 유체의 점도: 물의 점도보다 낮아야 한다
- ③ 유체의 종류: 공기, 불활성 가스, 등유, 물 또는 부식을 발생하지 않는 액체
- ④ 유체의 온도: 5°C(41°F) ~ 50°C(122°F)
- ⑤ 기타사항
 - a. 낮은 온도에서 작동하는 밸브의 사항은 명시되어야 하고 그 온도에서 테스트를 하여야 한다
 - b. Low Pressure Test 및 Low Pressure Backseat Test 에 사용하는 유체는 공기 와 불활성 가스이어야 한다
 - c. 일반적으로 압력테스트를 할 때에는 누설이 되지 않는 것을 원칙으로 한다.
 - d. 압력테스트를 할 때에 누설을 확인 할 수 있는 장치를 구비해야 한다
 - e. 테스트에 사용하는 물에는 수용성 기름과 부식억제제가 포함되어 있어야 한다. 구매자가 원하는 경우에는 습윤제를 첨가하여야 한다. Austenitic stainless steel valve를 검사할 때에는 Chloride가 첨가된 물을 사용하여야 하고, 이는 물에 대비해서 1/10000의 양을 넘지 않아야 하며, 성분량이 명시되어야 한다.

밸브의 압력에 및 규격에 따라서 검사 요구사항이 달라 질 수 있는데, [표 5]는 밸브의 규격이 NPS 4 이고 ASME Class 1500에서 규정하는 압력보다 낮은 밸브이고 NPS 4 보다 큰 규격의 밸브 이면서 ASME Class 600에서 규정하는 압력 안에 있는 밸브를 테스트 할 때에 사용되어 진다. [표 6]는 밸브의 규격이 NPS 4 이고 ASME Class 1500에서 규정하는 압력보다 낮은 밸브이고 NPS 4 보다 큰 규격의 밸브 이면서 ASME Class 600에서 규정하는 압력보다 큰 밸브를 테스트 할 때에 사용되어 진다.

$$DN(NPS) \leq DN 100 (NPS 4) \text{ and ASME Class } \leq 1500$$

$$DN(NPS) > DN 100 (NPS 4) \text{ and ASME Class } \leq 600$$

[표 5] 밸브의 압력 및 규격에 따른 테스트 요구사항

시험종류	밸브종류					
	Gate	Globe	Plug	Check	Floating Ball	Butterfly and Trunnion Mounted Ball
Shell	Required	Required	Required	Required	Required	Required
Backseat	Required	Required	NA	NA	NA	NA
Low-pressure closure	Required	optional	Required	optional	Required	Required
High-pressure closure	optional	Required	optional	Required	optional	optional

Note: NA = Not applicable

- a. Backseat 시험은 모든 밸브에 요구된다. (다만, Backseat 특질을 가지는 Bellows seal valve는 제외하여도 무방하다)
- b. Lubricated plug 밸브는 High pressure closure 검사를 반드시 실시하고, Low pressure closure 검사는 선택사항이다.
- c. 구매자에 의해 부가적인 사항이 요구될 때에는 그에 대한 사항을 추가할 필요가 있다.
- d. Resilient-seat 형태를 가진 밸브의 High pressure closure 시험이 Low pressure closure 시험과 연속적으로 이루어지는 것은 지향한다.
- e. 수동으로 작동하는 Globe 밸브 및 Non-return 밸브의 High Pressure closure 시험은 110% 압력으로 시험한다.
- f. Double block/Bleed valve는 반드시 High pressure closure test를 실시 하여야 한다.

DN(NPS) ≤ DN 100 (NPS 4) and ASME Class > 1500
 DN(NPS) > DN 100 (NPS 4) and ASME Class > 600

[표 6] 밸브의 압력 및 규격에 따른 테스트 요구사항

시험종류	밸브종류					
	Gate	Globe	Plug	Check	Floating Ball	Butterfly and Trunnion Mounted Ball
Shell	Required	Required	Required	Required	Required	Required
Backseat	Required	Required	NA	NA	NA	NA
Low-pressure closure	Required	optional	Required	optional	Required	Required
High-pressure closure	optional	Required	optional	Required	optional	optional

Note: NA = Not applicable

- a. Backseat 시험은 모든 밸브에 요구된다. (다만, Backseat 특질을 가지는 Bellows seal valve는 제외하여도 무방하다)
- b. 구매자에 의해 부가적인 사항이 요구될 때에는 그에 대한 사항을 추가하여야 한다.
- c. Resilient-seat 형태를 가진 밸브의 High pressure closure 시험이 Low pressure closure 시험과 연속적으로 이루어지는 것은 지향한다.
- d. 수동으로 작동하는 Globe 밸브 및 Non-return 밸브의 High Pressure closure 시험은 110% 압력으로 시험한다.
- e. Double block/Bleed valve는 반드시 High pressure closure test를 실시하여야 한다.

밸브를 검사 할 때에는 크게 겉모양 검사, 구조검사 및 압력검사로 구분 할 수가 있다

우선 겉모양 검사는 아래와 같이 수행되어야 한다

- ① 주조품은 내외면 모두 해로운 기공, 주물귀, 모래 붙음, 모래 혼입, 스케일, 갈라짐 등이 없어야 한다.
- ② 단조품은 얼룩, 금형흔 등이 없어야 한다.
- ③ 기계 가공면에는 해로운 흠 및 다듬질 정도의 불균일 등이 없어야 한다.
- ④ 디스크 시트면에는 해로운 기공, 기타 흠이 없어야

한다.

⑤ 치수 지정이 없는 모서리 및 구석 부분은 적당한 모떼기, 등글기 등을 붙여야 한다.

⑥ 유체가 통과하는 부분은 적절한 다듬질 및 청소를 하여야 한다.

⑦ 밸브에는 각 규격에 맞는 밸브 사항이 바르게 되어 있어야 한다.

겉모양 검사를 완료한 후에 구조 검사는 아래와 같이 수행되어야 한다.

① 밸브 구조 검사는 무부하 상태에서 실시한다
 ② 핸들의 조작이 쉽고 밸브 스템과 디스크의 연결이 확실하여야 한다.

③ 밸브는 개폐 작동시 원활히 작동하여야 한다.
 ④ 글로브 밸브 및 앵글 밸브는 디스크와 디스크 시트가 동심상에 있고, 닫힐 때에는 디스크가 디스크 시트에 확실히 밀착되어야 한다.

⑤ 게이트 밸브는 전폐인 경우, 디스크의 디스크 시트면 중심이 밸브 몸통의 디스크 시트면 중심보다 위쪽에 있어야 하고, 또 전개인 경우, 디스크가 디스크 시트 구멍 지름에 남아서는 안 된다.

⑥ 체크 밸브는 디스크가 밸브 몸통 또는 덮개에 설치된 스토퍼의 위치까지 열리고, 자중으로 닫힘 위치까지 되돌아와야 한다.

⑦ 작은 플러그의 구멍 방향과 그 표시 홈이 일치하고, 또 플러그는 갈아맞춤면의 마모 또는 다시 갈아맞춤을 할 수 있는 여유가 있도록 조립되어 있어야 한다

밸브 압력검사는 가장 복잡하고 중요한 부분을 차지하고 있는데, 아래와 같이 4가지 종류의 검사 방법이 있다.

① Shell 테스트[표 7]:

- Shell 테스트는 Rating Pressure (상온에서 사용 가능한 최대압력)의 1.5배로 테스트를 수행한다. 근사값으로 하면 150#의 경우는 275 Psi X 1.5 로 테스트를 실시하고, 300#의 경우는 750 Psi X 1.5로 테스트를 실시하여야 한다.

- 재질 별로 조금씩 차이는 있지만 150#를 제외하면 Rating Pressure는 Rating X 2.5가 된다. 600#는 약 1500 Psi, 900#는 2,250 Psi 정도이다.

- Shell 테스트의 목적은 Valve Body의 결함여부를 검사하기 위한 것이다.

② Closure 테스트:

- Closure 테스트의 수압 시험은 Rating Pressure의 1.1 배로 테스트를 수행한다. 이러한 테스트의 목적은

Valve의 Passing 여부를 확인하기 위함이며, Passing의 허용범위는 API 598에 상세히 기술되어 있다

- 또한 Valve의 Type 및 Size에 따라 차이가 있다.

③ Back Seat 테스트:

- Valve를 완전히 개방하고 테스트를 실시하는 것으로서, Stem 으로 새는 것을 확인하는 방법이다. 시험압력은 Closure 테스트와 동일한 방법으로 수행된다.

④ Low Pressure 테스트:

- Closure 테스트 시 Air를 이용하여 테스트를 수행하는 방법이다. 보통 7kg/cm² 압력을 걸어 Passing 여부를 확인하는 방법으로 Valve를 Closing 한 상태에서 한 쪽면에 공기로 압력을 올린 다음 반대편의 Valve 의 disc 위에 물을 부어서 분당 발생하는 기포의 개수 및 Passing 여부를 확인하는 방법이다.

- 일반적으로 Maker에서는 Low Pressure를 많이 사용하고 있다.

[표 7] Shell 테스트 압력

밸브종류	Class	Shell Test 압력 (최소값)		
		Bar	Psig	
Ductile iron	150	26	400	
	300	66	975	
Cast iron	125	25	350	
				DN 50 to 300 (NPS 2 to 12)
				DN 350 to 1200 (NPS 14 to 48)
Cast iron	250	61	875	
				DN 50 to 300 (NPS 2 to 12)
				DN 350 to 600 (NPS 14 to 24)
Steel				
flanged	150 to 2500	b	b	
Butt weld	150 to 4500	b	b	
Threaded and socket weld	800	c	c	
	150 to 4500	b	b	
a. ASME B16.34에서 2500이하의 밸브에는 나사산으로 연결되는 것을 제한했다. b. ASME B16.34를 따른다. c. Class 800 밸브는 38°C(100°F)의 범위에서 1/2을 곱한 Shell 테스트 압력을 사용한다.				

[표 8] 기타 테스트 압력

검사종류	검사압력	
	Bar	psig
Butterfly 및 체크밸브를 제외한 밸브		
High-pressure closure 및 backseat	b	b
Low-pressure closure 및 backseat	4 to 7	60 to 100

Butterfly 밸브		
High-pressure closure	c	c
Low-pressure closure	4 to 7	60 to 100
체크밸브		
Class 125(cast iron)		
DN 50 to 300 (NPS 2 to 12)	14	200
DN 350 to 1200 (NPS 14 to 48)	11	150
Class 250(cast iron)		
DN 50 to 300 (NPS 2 to 12)	35	500
DN 350 to 600 (NPS 14 to 24)	21	300
Class 150 (ductile iron)		
Class 300 (ductile iron)	17	250
Class 300 (ductile iron)	44	640
Carbon, alloy, stainless steel 과 special alloys		
Low-pressure closure (표 5,6 및 7을 참조)	b	b
Low-pressure closure (표 5,6 및 7을 참조)	4 to 7	60 to 100
a. Backseat 검사는 모든 밸브에 실시해야 한다. b. 최고허용압력에 110%를 가압한다. 이때의 온도는 38°C(100°F) c. 최고허용압력에 110%를 가압한다. 이때의 온도는 38°C(100°F) d. 최대/최소 압력		

[표 9] 테스트 시간

밸브크기		최소한의검사시간 (초)			
DN	NPS	Shell	Backseat (이 검사의 특징을 가진 밸브)	Closure (체크 밸브-API 594 참조)	Closure (체크 밸브 외의 밸브)
≤ 50	≤	15	15	60	15
65 to 150	(2½ to 6)	60	60	60	60
200 to 300	(8 to 12)	120	60	120	120
≥ 350	≥ (14)	300	60	120	120
a. 검사시간은 요구되는 압력이 밸브에 가해져 있고 검사 준비가 완료 되었을 때부터 측정한다.					

[표 10] 누설 허용치

밸브크기		Resilient Seated Valve	체크밸브를 제외한 금속 재질의 시트를 가진 밸브		금속 재질의 시트를 가진 체크 밸브		
DN (mm)	NPS (in)		Liquid Test (drops /minute)	Gas Test (bubbles /minute)	Liquid Test (cc/min)	Gas Test (m ³ /h)	Gas Test (ft ³ /h)
≤50	≤2	0	0	0	6	0.08	3
65	2½	0	5	10	7.5	0.11	3.75
80	3	0	6	12	9	0.13	4.5
100	4	0	8	16	12	0.17	6
125	5	0	10	20	15	0.21	7.5
150	6	0	12	24	18	0.25	9
200	8	0	16	32	24	0.34	12
250	10	0	20	40	30	0.42	15
300	12	0	24	48	36	0.50	18

350	14	0	28	56	42	0.59	21
400	16	0	32	64	48	0.67	24
450	18	0	36	72	54	0.76	27
500	20	0	40	80	60	0.84	30
600	24	0	48	96	72	1.01	36
650	26	0	52	104	78	1.09	39
700	28	0	56	112	84	1.18	42
750	30	0	60	120	90	1.26	45
800	32	0	64	128	96	1.34	48
900	36	0	72	144	108	1.51	54
1000	40	0	80	160	120	1.68	60
1050	42	0	84	168	126	1.76	63
1200	48	0	96	192	144	2.02	72

- a. 16방울의 물방울은 1mL와 같다.
b. 최소시간 동안은 액체가 누설되어서는 안된다.
- 0개의 물방울은 물의 누설이 없다고 본다.
- 가스 검사의 경우에는 0개의 공기방울이 누설이 없다고 본다.

3.2. 플렉시블 조인트

이 절차서는 수중환경 (ISO 13628-4), 특히 황화수소가 포함(15156)된 환경에서의 석유 및 천연가스 생산 시스템의 평가와 검사(13678)에 적용할 수 있으며 API 6A, API 16C의 규정을 참고하였다.

이 장비의 검사 및 사용 환경을 우선 정의 하다면 다음의 최대 정격 작동 압력에서만 작동하도록 설계되어야 한다.

- ① 13,8 MPa (2000 psi)
- ② 20,7 MPa (3000 psi)
- ③ 34,5 MPa (5000 psi)
- ④ 69,0 MPa (10,000 psi)
- ⑤ 103,5 MPa (15,000 psi)
- ⑥ 138,0 MPa (20,000 psi)

내부적으로 가장자리(끝단)과 배출구 연결이 나사로 조이도록 설계된 장비는 [표 11]에서 등급이 주어진 사용 압력과 나사 크기에 제한되어야 한다 등급은 배관과 케이싱 행어(casing hanger)를 포함하지 않는다.

[표 11] 나사구경에 따른 압력제한

나사산의 종류	파이프구경 (in)	파이프외경 (OD)	압력	
			Mpa	psi
Line-pipe/NPT (일반 크기)	1½	21.3	69.0	10000
	2 to 2½	26.7 to 60.3	34.5	5000
	2½ to 6	73.0 to 168.3	20.7	3000
Tubing, non-upset, and external upset round thread	1.050 to 4½	26.7 to 114.3	34.5	5000
Casing (8 round, buttress, and extreme line)	4½ to 10¾	114.3 to 273.1	34.5	5000
	11¾ to 13¾	298.5 to 339.7	20.7	3000

	16 to 20	406.4 to 508.0	13.8	2000
--	----------	----------------	------	------

장비는 [표 12]에 주어진 최소 또는 최고 온도와 함께 아니면 구매자와 제조자 사이에 합의된 최저와 최고 온도에서의 하나 또는 그 이상의 구체화된 온도에서 작동하도록 설계되어야 한다.

최저 온도는 장비가 접할 수 있는 가장 낮은 기온이다 최고 온도는 장비에 직접적으로 전달되는 시추액의 최고 온도이다.

[표 12] 적용 온도범위

온도범위	작동범위			
	°C		°F	
	min	Max	min	Max
K	-60	82	-75	180
L	-46	82	-50	180
N	-46	60	-50	140
P	-29	82	-20	180
S	-18	60	0	140
T	-18	82	0	180
U	-18	121	0	250
V	2	121	35	250

온도 평가를 선택하는 것은 궁극적으로 사용자의 책임이다. 이러한 선택을 결정하는데 있어서 사용자는 시추 그리고/또는 생산 작업 중에 경험할 수 있는 장비의 온도를 고려하여야 한다. 120도 이상의 온도에서 작동하거나 운용 되는 기자재는 [표 13]의 규정을 따른다. 왜냐하면 온도 외에도 온도에 따른 변형 및 강도에 대해서도 고려해야 하기 때문이다. 또한 [표 14]에 보면 특정 고려해야 할 극심한 상태의 온도 범위를 볼 수 있으며 그 온도 범위에서는 검사 압력의 조정이 필요하다.

[표 13] 특정 온도 범위

구분	온도범위	
	°C	°F
X	-18 to 180	0 to 350
Y	-18 to 345	0 to 650

[표 14] 특정 온도 범위에 따른 감소 압력 범위

압력 (K to U)	감소압력범위	
	Class X	Class Y
MPa (psi)	MPa (psi)	MPa (psi)
13.8 (2000)	13.1 (1905)	9.9 (1430)
20.7 (3000)	19.7 (2860)	14.8 (2145)
34.5 (5000)	32.8 (4765)	24.7 (3575)

주. 온도 범위는 표 2-15의 표를 참조

장비는 [표 13]에 나타난 요건들을 충족하는 금속을 포함한 재료로 설계되어야 한다 [표 14]는 현재나 미래의

Subsea 환경을 정의하지 않으나 작동 조건과 상대적인 (관련된) 부식성의 정도의 다양한 수준에 대한 재료 등급을 제공한다. 기계적 성질이 요건을 충족시키지 못한다면, 스테인레스 철강 그리고/또는 CRA 재료가 탄소와 저합금 철강 대신에 재료 등급 AA와 BB를 위해 사용될 수 있다. 유사하게, 모든 재료 등급의 경우, 침식-방지 합금이 스테인레스 철강 대신에 사용될 수 있다

재료 등급 DD, EE, FF 그리고 HH에 있어서, 제조자는 재료 공정과 재료 성질(예를 들어 경도)에 관한 ISO 15156(모든 부분) (NACE MR0175: 2항을 참조)의 요건을 충족하여야 한다. 특정 조건을 위한 재료 등급과 특정 재료의 선택은 궁극적으로의 구매자의 책임이다

재료 등급 DD, EE, FF 그리고 HH는 ISO 15156(모든 부분) (NACE MR0175: 2항을 참조)과 일치하는 평가된 사용 압력 표시와 접두어에 일치하는 단위 안에서의 황화수소의 부분적 압력의 최대 허용치 표시와 지시의 부분으로서 포함해야 한다. 최대 허용 부분 압력은 장비 조립물에서의 제한 구성물을 위한 표시된 온도 등급에서 (표 2-15) ISO 15156(모든 부분) (NACE MR0175: 2항 참조)에 일치하여야 한다. 예를 들어, MPa로 표시된 평가된 사용 압력과 함께 하는 장비에서의 "FF-10"은 10kPa H2S 최대 허용 부분 압력에서 평가된 재료등급FF를 나타낸다. 부분 압력을 위해 어떤 황화수소 한계도 ISO 15156(모든 부분) (NACE MR0175: 2항)에 의해 정의되지 않은 곳에서는, "NL"이 표시로 사용되어야 한다(예를 들어, "DD-NL").

ISO 15156(모든 부분) (NACE MR0175: 2항을 보라)는 여기에서 정의된 외부에서의 파라미터인 특정한 황화물 작업 적용을 위한 재료의 적합성을 위한 검사 또는 기록된 현장 이력에 의한 조항들을 포함한다 이것은 ISO 15156(모든 부분) (NACE MR0175: 2항을 참조)에서 정의된 한계를 넘어서는 시추액 환경에서의 재료의 사용을 포함할 수 있고 아니면 ISO 15156(모든 부분) (NACE MR0175: 2항)에서 언급하지 않은 재료의 사용을 포함할 수도 있다. 그러한 황화물 작업 적용에서 장비는 재료 등급 ZZ로 표시될 수 있다.

의도된 적용에 대한 기록된 데이터의 적용성을 평가하고 결정하는 것은 구매자의 책임이다 재료 등급 ZZ에 있어서, 제조자는 구매자에 의해 제공되거나 승인된 재료 규정을 충족시켜야 하며 PSL에 관계없이 건설 재료의 문서화하는 추적가능한 기록을 유지해야만 한다

재료등급 평가를 완료한 후에는 결모양 검사 장력검사, 용접검사, 경도검사 및 압력검사를 실시한다.

결모양 검사는 밸브의 검사 절차에 준하여 실시하고 다음으로 행하는 검사는 장력검사가 있다. 연결부는 표준 또는 비표준 재료로 제작될 수 있으나 표준 재료는 [표 15]에서 규정한 것처럼, [표 16]에서 보여진 적용 가능한 특성 요건을 충족하여야 한다

[표 15]에서 보여지는 구성물을 위한 비표준 재료는

그 적용에서 허용되는 최저 강도 표준 재료의 그것과 적어도 동등한 설계 스트레스 강도SM을 가져야 한다. 비표준 재료는 다음과 같은 최소 요건을 포함한 문서화된 지침을 따라야 한다.

- 장력
- 항복 강도
- 경도
- 충격 강도
- 최소 15%의 신장도
- 최소 20%의 영역 감소

[표 15] 표준/비표준 재료의 적용

종류	압력등급에 따른 재료등급					
	13.8 MPa	20.7 MPa	34.5 MPa	69.0 MPa	103.5 MPa	138.0 MPa
플랜지 타입	60K, 75K	60K, 75K	60K, 75K	60K, 75K	75K, NS	75K, NS
	NS	NS	NS	NS	-	-
나사산 타입	60K, 75K	60K, 75K	60K, 75K	NA	NA	NA
	NS	NS	NS	-	-	-
기타						

주. NS 는 비표준 재료임.

[표 16] 표준 재료 물성 요구치

재료등급	0.2% 상쇄(offset) 항복강도 min.(MPa)	인장강도 min.(MPa)	연신율 in 50mm Min.(%)	감소율 in area Min.(%)
36K	248	483	21	No requirement
45K	310	483	19	32
60K	414	586	18	35
75K	517	655	17	35

다음으로 용접검사는 전문가에 의해 실시되어 지는데 검사자는 다음과 같은 자격이 인정되어야 한다.

- AWS-인증 용접 검사 또는
- AWS-상급 인증 용접 검사 또는
- AWS-인증 제휴 용접 검사 또는
- 제조자의 문서화된 양성 프로그램에 의해 인증된 용접 검사

경도검사를 실시 할 때에 느슨한 연결은 경도 테스트를 요구하지 아니한다. 그러나 69.0MPa, 103.5MPa, 138.0MPa(10000psi, 15000psi, 20000psi) 사용 압력을 가지는 가요성 연결부는 경도 검사를 하여야 한다

- ① 경도 테스트는 ISO 6506, 1-4부 또는 ASTM E10

(브리넬) 또는 ISO 6508, 1-3부 또는 ASTM E18(로크웰)에 규정된 절차에 따라서 시행되어야 한다.

② ASTM E110과 ISO 6506(모든 부분) 또는 ASTM E10 또는 ISO 6508(모든 부분) 또는 적용가능하다면 ASTM E18의 요건을 충족하는 휴대가능한 검사기는 경도 테스트를 위해 사용될 수 있다

③ IASO 18265 또는 ASTM E140은 그 적용의 범위 내에서 재료의 경도 기록의 환산을 위해 사용되어야 한다. 다른 환산표 또한 존재한다. 사용자는 ISO 18265 또는 ASTM E140의 범위 밖의 개별 재료의 상호관련성을 확립할 수 있다.

④ 검사는 제조자의 지침서와 최종 열처리 사이클모든 스트레스-완화 열처리 사이클을 포함와 테스트 장소에 모든 외부 기계에 의해 결정된 장소에서 시행되어야 한다.

⑤ 본체, 가장자리와 배출구 연결 그리고 클램프 허브 가장자리가 다른 재료 명칭을 지니면 각 부분 별로 테스트 되어야 한다.

압력검사를 실시 할 때에는 물 또는 테스트 용액으로서의 첨가제가 섞인 물을 사용하며 페인트 작업을 하기 전에 테스트를 완료한다. 그러나, 본체와 다른 압력-유지 부분이 조립 재료로 만들어졌다면 테스트는 페인트 칠 후에 완료될 수 있다. 루즈 커넥터, 블로그와 밸브-제거 플러그는 정수압 테스트를 요구하지 않는다.

[표 17] 수압 테스트 압력

사용압력 MPa	끝단 및 배출구 연결부					
	플랜지 직경 (mm)		배관 및 튜빙나사산	케이싱 나사산 (mm)		
	346 이하	425 이상		114.3-273.1	298.5-339.7	406.5-508.0
13.8	27.6	20.7	27.6	27.6	27.6	15.5
20.7	41.5	31.0	41.5	41.4	31.0	-
34.5	51.7	51.7	51.7	51.7	-	-
69.0	103.5	103.5	103.5	-	-	-
103.5	155.0	155.0	-	-	-	-
138.0	207.0	-	-	-	-	-

지금까지 조사 및 분석된 기준들은 참고 사항일 뿐이며, 이에 따른 계속적인 보완이 수행될 예정이다.

4. 결론

최근 해양플랜트를 활용한 해저 자원개발의 트렌드가 고수심화로 진행되는 추세에 있다 따라서 해양부유식 구조물은 Subsea 분야로 진출되고 있는 상황이며, 전 세계 에너지 수급 현황 및 원유가의 변동을 고려할 경우 심해저 해양플랜트 시장은 향후 조선해양/기자재의 핵심 산업분야로 성장할 것으로 예측된다.

본 연구에서는 “해양플랜트 Subsea 초고압 시험인증 연계협력체계 구축 사업”의 일환으로 수행되고 있는 기술개발 기자재 중에서 a) 초고압 압력밸브 및 b) 플렉시블 조인트에 대한 성능시험 절차에 대해 설명되었다

후 기

본 연구는 “해양플랜트 Subsea 초고압 시험인증 연계 협력체계 구축 사업”의 지원을 받아 수행되었음.

참고문헌

- [1] API SPEC 6D, Specification for pipeline valves
- [2] API 598, Valve inspection and testing
- [3] ASME F1508, Standard specification for angle style, pressure relief valves for steam, gas and liquid services
- [4] ANSI B16_34, Steel valves
- [5] ISO 5208: 1993, Industrial valves; pressure testing of valves
- [6] ISO 10423:2003, Petroleum and natural gas industries - Drilling and production equipment - Wellhead and christmas tree equipment
- [7] ASME/ANSI B16.1 - 1998 - Cast Iron Pipe Flanges and Flanged Fittings