2016

가스연료선박 지침

한 국 선 급

2016

가스연료선박 지침

GC-09-K

한 국 선 급

“가스연료선박 지침”의 적용

1. 이 지침은 별도로 명시하는 것을 제외하고 2016년 7월 1일 이후 건조 계약되는 가스연료 선박에 적용한다.
2. 2013년판 지침에 대한 개정사항 및 그 적용일자는 아래와 같다.

적용일자 : 2016년 7월 1일 (건조계약일 기준)

- **IGF Code를 반영하여 전면 개정함.**

차 례

제 1 장 총칙 ····· 1
제 1 절 일반사항 ····· 1
제 2 절 목적과 기능요건 ····· 3
제 3 절 일반요건 ····· 4
제 4 절 승인도면 및 자료 ····· 5

제 2 장 선급검사 ····· 7
제 1 절 일반사항 ····· 7
제 2 절 정기적 검사 ····· 7

제 3 장 선박설계 및 배치 ····· 9
제 1 절 일반사항 ····· 9
제 2 절 연료탱크의 배치 ····· 9
제 3 절 기관구역의 배치 ····· 11
제 4 절 기타 장치 및 구역의 배치 ····· 12

제 4 장 연료격납설비 ····· 15
제 1 절 일반사항 ····· 15
제 2 절 액화가스 연료격납 ····· 16
제 3 절 연료저장조건 ····· 41

제 5 장 재료 및 관 설계 ····· 45
제 1 절 일반사항 ····· 45
제 2 절 관설계 ····· 45
제 3 절 재료 ····· 48

제 6 장 연료의 수급 및 공급 ····· 53
제 1 절 연료수급 ····· 53
제 2 절 연료의 공급 ····· 54

제 7 장 기관 및 보일러 ····· 57
제 1 절 일반사항 ····· 57
제 2 절 피스톤 형식의 내연기관 ····· 57
제 3 절 주보일러 및 보조보일러, 가스터빈 ····· 58

제 8 장 화재안전 및 폭발장치 ····· 61
제 1 절 화재안전 ····· 61
제 2 절 폭발방지 ····· 62
제 3 절 통풍 ····· 64

제 9 장 전기설비 및 제어장치 ····· 67
제 1 절 전기설비 ····· 67
제 2 절 제어, 감시 및 안전장치 ····· 67

제 10 장 제조 및 시험 ····· 73
제 1 절 일반사항 ····· 73
제 2 절 일반시험요건 및 사양서 ····· 73

제 3 절 연료격납설비에 사용되는 금속재료의 용접 및 비파괴 검사 ····· 75
제 4 절 구조용 금속재료의 기타 요건 ····· 77
제 5 절 연료탱크의 시험 ····· 77
제 6 절 관의 용접, 용접 후 열처리 및 비파괴 검사 ····· 79
제 7 절 시험 ····· 79

제 1 장 총 칙

제 1 절 일반사항

101. 적용

1. 이 지침은 특별히 명시하지 않는 한 천연가스 산적운반선 이외의 선박으로서 SOLAS II-2/4.2.1.1에서 허용하는 것보다 낮은 인화점을 가지는 연료를 사용하는 선박에 적용한다.
2. 이 지침의 **2장**부터 **10장**은 액체 또는 기체상태의 천연가스를 연료로 사용하는 선박에만 적용한다.
3. 이 지침의 요건에 추가하여 **선급 및 강선규칙**의 관련 요건도 적합하여야 한다.

102. 정의

용어의 정의는 다음에 별도로 명시하지 않은 경우 **선급 및 강선규칙**에 따른다.

1. **사고(accidents)**라 함은 인명 손실, 부상, 환경적 피해 또는 자산 및 금융상의 손실을 수반하는 제어되지 않은 사건을 말한다.
2. **너비(breadth)**라 함은 최대 흘수(하기만재 흘수) 이하에서의 선박의 최대 형폭을 말한다. (SOLAS II-1/2.8 참조)
3. **연료수급(bunkering)**이라 함은 육상 또는 부유식 설비로부터 선박의 연료공급장치에 연결된 고정식 탱크 또는 이동식 탱크로 액체 또는 가스연료를 이송하는 것을 말한다.
4. **승인된 안전형**이라 함은 공인된 기준(IEC 60079 시리즈 및 IEC 60092-502 참조)을 근거로 인화성 분위기에서의 작동에 대하여 우리 선급이 인정하는 관련 기관에 의해 안전성이 인증된 전기설비를 말한다.
5. CNG라 함은 압축천연가스를 말한다.(26항 참조)
6. **제어장소**라 함은 **선급 및 강선규칙 8편**에 정의된 제어장소를 말하며 이 지침에서는 기관제어실을 추가한다.
7. **재료 선정을 위한 설계온도**라 함은 액화가스연료탱크에 액화가스연료가 적재되거나 또는 운송되는 상태의 최저 온도로 한다.
8. **설계증기압력** "P_0"라 함은 탱크 정부에서의 최대 게이지압력으로서, 탱크의 설계에 사용되어야 한다.
9. **이중차단 및 배출 밸브(double block and bleed valve)**라 함은 배관에 설치된 연속된 두 개의 밸브와 두 밸브 사이의 배관 내 압력을 방출할 수 있는 세 번째 밸브의 조합을 말한다. 이러한 세 개의 분리된 밸브 대신에 하나의 양방향 밸브(two-way valve)와 하나의 폐쇄밸브로 구성된 배치도 가능하다.
10. **이중연료 기관**이라 함은 지침이 적용되는 연료(점화용 연료 필요)와 기름연료을 사용하는 기관을 말한다. 기름연료는 증류유(distillate) 및 잔사유(residual) 연료를 포함한다.
11. **폐위구역**이라 함은 인공적인 통풍 부재 시, 환기가 제한되고 폭발성 분위기가 자연적으로 소멸되지 않는 공간을 말한다(IEC 60092-502의 정의 참조)
12. ESD(emergency shutdown)라 함은 비상정지를 말한다.
13. **폭발**이라 함은 제어되지 않은 연소의 폭연을 말한다.
14. **폭발압력도출**이라 함은 지정된 개구를 통하여 과압을 방출함으로써 컨테이너 또는 폐위구역의 최대 설계 과압을 초과하는 폭발 압력을 방지하기 위해 제공되는 수단을 말한다.
15. **연료격납설비**라 함은 탱크 연결부를 포함한 연료를 저장하기 위한 설비를 말하며, 설치되는 경우, 1차 및 2차 방벽, 관련 방열재 및 이들 사이에 공간을 포함한다. 또한 이러한 구성요소를 지지하는 인접 구조를 포함한다. 2차방벽이 선체구조의 일부일 경우에는 이 2차방벽은 연료저장창 구역의 주위벽으로 보아도 좋다.
    연료탱크 주위의 구역은 다음과 같이 정의된다:
    (1) **연료저장창 구역(fuel storage hold space)**이라 함은 연료격납설비가 있는 구획을 선체구조로서 폐위한 구역을 말한다. 탱크 연결부가 연료저장창 구역에 있는 경우, 연료저장창 구역은 또한 탱크연결부 구역이 된다.
    (2) **방벽간 구역**이라 함은 단열재 또는 기타의 재료에 의하여 완전히 또는 그 일부가 채워져 있는 경우 또는 채워져 있지 아니하는 경우의 어느 경우라도 1차와 2차방벽 사이의 구역을 말한다.
    (3) **탱크연결부 구역(tank connection space)**이라 함은 모든 탱크연결부와 탱크밸브의 주위 구역을 말하며, 탱크의 연결부가 폐위된 구역에 있는 경우 이 구역이 요구된다.

16. **충전한도**(FL)라 함은 액체연료가 기준온도에 도달할 때 연료의 최대액체용적과 연료탱크의 총용적과의 비를 말한다.
17. **연료준비실**(fuel preparation room)이라 함은 연료로 사용의 준비를 위하여 펌프, 압축기 또는 기화기가 있는 구역을 말한다.
18. **가스**라 함은 37.8 °C의 온도에서 절대압력 0.28 MPa을 초과하는 증기압을 갖는 유체를 말한다.
19. **가스소모장치**(gas consumer)라 함은 가스를 연료로 사용하는 선박 내에 있는 모든 장치를 말한다.
20. **가스기관**(gas only engine)이라 함은, 작동을 위하여 다른 형태의 연료를 사용하도록 전환할 수 없는, 오로지 가스만을 사용하는 기관을 말한다.
21. **위험구역**이라 함은 장비의 제작, 설치 및 사용에 대한 특별한 조치가 요구되는 양의 폭발성 가스 분위기가 존재하거나 혹은 존재할 것으로 예상되는 구역을 말한다.
22. **고압**이라 함은 1.0 MPa을 초과하는 최고사용압력을 말한다.
23. **독립형탱크**라 함은 선체구조의 일부를 구성하지 않고 자체적으로 지지되는(self-supporting) 탱크를 말하며, 선체강도에 필수적이지 않다.
24. LEL이라 함은 최저폭발한계를 말한다.
25. **길이**(L_f)은 **국제만재흘수선협약 제3규칙**에 정의된 길이를 말한다.
26. LNG라 함은 액화천연가스를 말한다.
27. **적재한도**(LL)라 함은 최대허용액체용적과 탱크에 적재할 수 있는 탱크용적과의 비를 말한다.
28. **저인화점 연료**(low-flashpoint fuel)라 함은 SOLAS II-2/4.2.1.1에서 허용하는 것보다 낮은 인화점을 가지는 가스 또는 액체 연료를 말한다.
29. MARVS라 함은 최대허용 도출밸브 설정치를 말한다.
30. MAWP라 함은 장치 구성품 또는 탱크의 최대허용 사용압력을 말한다.
31. **멤브레인 탱크**라 함은 인접하는 선체구조에 의하여 방열재를 통하여 지지된 얇은 막으로 구성되는 비자기지지형의 탱크를 말한다.
32. **다중연료기관**(multi-fuel engines)이라 함은 서로 분리되어 있는 둘 이상의 다른 연료를 사용할 수 있는 기관을 말한다.
33. **비위험구역**이라 함은 장비의 제작, 설치 및 사용에 대한 특별한 조치가 요구되는 양의 폭발성 가스 분위기가 존재하지 않을 것으로 예상되는 구역을 말한다.
34. **개방갑판**이라 함은 양 끝단이 개방된 갑판 또는 한 끝단이 개방되고 측면 판 또는 상부 갑판에 분포된 영구 개구를 통하여 갑판의 전 길이에 걸쳐 유효하도록 적절한 자연 통풍이 제공되어 심각한 화재위험성이 없는 갑판을 말한다.
35. **위험도**(risk)라 함은 사건의 발생 가능성과 결과의 심각성을 조합한 표현을 말한다.
36. **기준온도**(reference temperature)란 압력도출밸브의 설정압력에서 연료탱크 내 연료의 증기압에 대응하는 온도를 말한다.
37. **2차방벽**이라 함은 1차방벽으로부터 예상되는 누설된 액체연료를 임시로 저장하도록 설계되어 선체구조의 온도가 위험한 수준까지 떨어지는 것을 방지하는 연료격납설비의 액밀의 외측구성요소를 말한다.
38. **반폐위구역**이라 함은 지붕, 방풍막(windbreaks) 및 격벽으로 인하여 자연 통풍 조건이 개방갑판에서와는 현저히 다르고 따라서 가스의 확산이 일어나지 않도록 배치된 구역을 말한다.(IEC 60092-502참조)
39. **방출원**(source of release)이라 함은 가스, 증기, 분무 또는 액체가 대기중으로 방출되어 폭발성 분위기가 형성되는 지점 또는 위치를 말한다.
40. **허용할 수 없는 동력손실**이라 함은 SOLASII-1/26.3에 따라 필수 보기 중 하나가 작동불능 상태가 될 경우, 추진기관의 정상적인 작동을 유지하거나 또는 회복하는 것이 불가능한 손실을 말한다.
41. **증기압**이라 함은 특정 온도에서 액체의 절대포화 증기압을 말하며 MPa로 표시한다.

103. 선급부호

이 지침에 규정된 요건에 만족하는 선박은 추가특기사항으로서 GFS (dual fuel, gas only) 부호를 부여할 수 있다.

104. 대체 설계

1. 이 지침은 저인화점 연료의 사용과 관련된 모든 기기 및 배치에 대한 기능요건을 포함하고 있다.
2. 저인화점 연료장치의 연료, 설비 및 배치는 이 지침에서 규정하는 내용과 다르거나 이 지침에서 구체적으로 다루지 않는 연료를 사용하도록 설계할 수 있다. 이 경우, 관련 장에서 규정하는 목적과 기능요건의 의도를 충족시키고 동일한 수준의 안전성을 보장하여야 한다.
3. 대체 설계의 동등효력은 SOLAS II-1/55에 명시된 바와 같이 증명되고 우리 선급의 승인을 받아야 한다. 다만, 우리 선급은 이 지침에서 규정하는 특정 부착품(fitting), 재료, 기기, 장치, 장비의 항목 또는 형식에 대하여 운전방법 또는 절차상의 조치로 대신하는 것을 허용하지 않는다.

제 2 절 목적과 기능요건

201. 목적

이 지침의 목적은 안전하고 환경 친화적인 선박의 설계, 건조 및 운전에 대하여 규정하고, 특히 연료로서 가스 또는 저인화점연료를 사용하는 추진기관, 보조발전기관(auxiliary power generation machinery) 또는 기타 목적의 기관장치의 설치에 대하여 규정한다.

202. 기능요건

1. 장치의 안전 및 신뢰성(reliability 및 dependability)은 비교할 만한 전통적인 기름연료의 주기관과 보조기관으로부터 얻어진 것과 동등하여야 한다.
2. 연료와 관련된 위해요소의 확률과 결과는 통풍, 탐지 및 안전조치 등의 배치 및 시스템 설계를 통해 최소한으로 제한하여야 한다. 가스 누설 또는 위험 저감수단의 고장이 발생하는 경우, 필요한 안전조치가 수행되어야 한다.
3. 설계는 가스연료장치에 대한 위험 저감수단과 안전조치가 허용할 수 없는 동력의 손실로 이어지지 않도록 하는 것을 기본 개념으로 한다.
4. 위험구역은 선박, 선내인원 및 장비에 대한 안전에 영향을 미칠 수 있는 잠재적 위험도를 최소화 하도록 가능한 한 제한되어야 한다.
5. 위험구역에 설치되는 장비는 운전목적으로 요구되는 경우만 최소화 하여 설치하여야 하고 우리 선급의 승인을 받아야 한다.
6. 폭발성, 인화성 또는 독성가스의 농도가 의도하지 않게 축적되지 않도록 하여야 한다.
7. 장치 구성품은 외부의 손상에 대해 보호되어져야 한다.
8. 폭발확률의 감소를 위해 위험구역내의 발화원은 최소화 하여야 한다.
9. 연료를 요구되는 상태에서 누설 없이 수급하고 저장할 수 있도록 안전하고 적절한 연료공급장치, 연료저장장치 및 연료수급장치를 배치하여야 한다. 안전을 위하여 필수적인 경우가 아니라면 공회전을 포함한 모든 정상작동 상태에서 벤트(venting)를 방지하도록 설계하여야 한다.
10. 관장치, 격납설비 및 과압도출장치는 사용목적에 적절하게 설계, 제작 및 설치되어야 한다.
11. 기관장치 및 구성품은 안전하고 신뢰할 수 있는 작동을 보장할 수 있도록 설계, 제작, 설치, 운전, 유지보수 및 보호되어야 한다.
12. 가스 누설원이 설치된 연료격납설비와 기관구역은 화재나 폭발로 인하여 허용할 수 없는 동력손실이 발생하거나 다른 구역에 있는 장비가 작동불능이 되지 않도록 배치되어야 한다.
13. 안전하고 신뢰할 수 있는 작동을 위하여, 적합한 제어, 경보, 감시 및 차단장치를 제공하여야 한다.
14. 해당되는 모든 구역 및 지역에는 고정식 가스탐지장치를 설치하여야 한다.
15. 해당되는 위해요소에 적절한 화재탐지, 방화 및 소화장치를 제공하여야 한다.
16. 연료장치 및 가스사용기관의 시운전(commissioning), 해상시운전(trial), 유지보수는 안전, 가용성 및 신뢰성 측면에서 목적을 만족하여야 한다.
17. 장치 및 그 구성품이 사용된 규칙, 지침, 설계표준 및 안전, 가용성, 유지보수성 및 신뢰성과 관련된 원칙에 적합함을 기술문서를 통해 평가할 수 있어야 한다.
18. 장치 또는 구성품의 단일 고장이 안전하지 않은 또는 신뢰할 수 없는 상태로 이어져서는 안 된다.

제 3 절 일반요건

301. 목적

이 절은 선내 인원, 환경 또는 선박에 미치는 나쁜 영향을 제거 또는 감소시키기 위하여 필요한 위험도 평가가 수행되었는지의 확인하는 것을 목적으로 한다.

302. 위험도 평가

1. 저인화성 연료의 사용으로 인하여 발생하는 위험성이 선내 인원, 환경, 선박의 구조적 강도 또는 보존성에 미치는 영향을 다루었는지 확인하기 위하여 위험도 평가가 수행되어야 한다. 합리적으로 예측 가능한 고장에 따른 물리적 배치, 운전 및 유지보수와 연관된 위해요소에 대해 고려하여야 한다.
2. 천연가스를 연료로 사용하는 선박에 대하여 1항에서 요구하는 위험도 평가는 아래의 요건에 의하여 요구되는 경우에만 수행한다.
   (1) **3장 404.**의 5항, **406.**의 3항
   (2) **4장 201.**의 1항 (1)호, **201.**의 15항 (4)호 (사) (b)
   (3) **6장 102.**의 1항
   (4) **8장 303.**의 1항, **306.**
   (5) **9장 207.**의 1항 (10)호
   (6) **IGF Code, Annex 4.4**와 **6.8**
3. 위험도는 수용할 수 있는 공인된 위험도 해석기법을 사용하여 해석하여야 하며, 해석에 있어서 적어도 기능의 손실, 구성품의 손상, 화재, 폭발 및 전기 충격을 고려하여야 한다. 위험도를 가능한 어디에서든지 제거하도록 해석을 수행하여야 한다. 제거할 수 없는 위험도는 필요한 수준까지 최소화하여야 한다.
4. 위험도의 상세와 완화수단은 **위험도기반 선박설계 승인지침**의 해당 요건에 따라 우리 선급이 만족하도록 문서화 되어야 한다.

303. 폭발 결과의 제한 (Limitation of explosion consequences)

잠재적 방출원과 잠재적 발화원이 설치된 모든 구역에서의 폭발은 다음과 같이 제한되어야 한다.

1. 사고가 발생한 구역을 제외한 다른 모든 구역에 설치된 장비 및 장치의 기능을 방해하거나 손상을 주어서는 안 된다.
2. 선박에는 주갑판 하부의 침수 또는 점진적 침수가 발생하는 정도의 손상을 주어서는 안 된다.
3. 작업장소 및 거주구에는 정상작동 상태에서 그러한 장소에 머무르는 사람이 부상당할 수 있는 정도의 손상을 주어서는 안 된다.
4. 전력 분배에 필요한 제어장소 및 배전반실의 적절한 기능을 방해해서는 안 된다.
5. 구명설비 및 관련 진수설비에 손상을 주어서는 안 된다.
6. 폭발로 손상된 구역의 외부에 설치된 소화장치의 적절한 기능을 방해해서는 안 된다.
7. 화물, 가스 및 연료유(bunker oil)간의 연쇄반응으로 인해 선박의 다른 지역에 영향을 주어서는 안 된다.
8. 구명설비로의 접근을 막거나 탈출로를 방해해서는 안 된다.

제 4 절 승인도면 및 자료

401. 제출도면 및 자료

천연가스를 연료로 사용하는 기관이 설치되는 선박에 대하여는 공사를 시작하기 전에 다음 402. 및 403.에 기재된 도면 및 자료(승인용 3부 및 참고용 1부)를 제출하여 우리 선급의 승인을 받아야 한다. 또한, 우리 선급이 필요하다고 인정하는 경우에는 아래에 규정된 것 이외의 추가의 도면 및 자료의 제출을 요구할 수 있다.

402. 승인용 도면 및 자료

1. 다음을 포함하는 배치도

(1) 기관구역, 거주구역, 업무구역 및 제어장소
(2) 연료격납설비
(3) 연료준비실
(4) 연료수급관 및 육상연결구
(5) 가스탱크의 해치, 통풍관 및 다른 개구
(6) 연료준비실 및 기타 위험구역의 통풍관, 문 및 개구
(7) 거주구역, 업무구역 및 제어장소의 출입구, 공기흡입구 및 개구
(8) 위험구역(구역 0, 1, 2)

2. 연료격납설비에 대한 다음 도면 및 자료

(1) 용접부의 비파괴시험, 탱크의 강도 및 기밀시험에 관한 자료를 포함한 가스탱크의 도면
(2) 가스탱크의 지지 및 지주 도면
(3) 가스탱크 및 가스관장치의 재료 사양
(4) 가스탱크의 용접절차서
(5) 독립형탱크 C의 응력(열적 또는 기계적)제거 절차에 대한 사양
(6) 가스탱크의 설계하중 및 구조해석에 대한 사양
(7) 가스탱크에 대한 전응력해석
(8) 가스탱크의 냉각절차에 대한 사양
(9) 2차방벽(second barrier)의 배치 및 사양
(10) 가스탱크 방열의 도면 및 사양
(11) 가스탱크 표시판의 도면

3. 관장치에 대한 다음 도면 및 자료

(1) 안전 도출밸브의 통풍관을 포함한 가스관 및 유사한 관의 도면 및 사양
(2) 가스관에 설치되는 오프셋, 루프, 밴드 및 밸로즈, 슬립이음(탱크내부에 한함) 등과 같은 기계식이음 또는 유사한 수단의 도면 및 사양
(3) 가스관장치의 플랜지, 밸브 및 기타 부착품의 도면 및 사양. 설계온도 -55 °C 미만의 관장치에 사용하기 위한 밸브는 설계온도에서 누설시험 및 효력시험(형식시험)을 위한 자료
(4) 설계온도 -110 °C 미만인 경우 관장치의 전응력해석
(5) 가스관장치에 설치되는 팽창 부품의 형식승인 자료
(6) 가스관의 재료, 용접, 용접부 후열처리 및 비파괴시험에 대한 사양
(7) 가스관의 압력시험(구조 및 기밀 시험)에 대한 사양
(8) 가스(액체 및 증기)를 포함하는 모든 관장치의 효력 시험을 위한 프로그램
(9) 저온관의 방열에 대한 도면 및 사양(설치될 경우)
(10) 관의 전기적 접지에 대한 사양
(11) 육상 연결관을 분리하기 전에 가스 수급관으로부터 액체의 제거를 위한 방법에 대한 사양
(12) 가스 연료장치 관련 냉각 또는 가열장치(설치될 경우)

4. 안전 도출밸브에 대한 다음 도면 및 상세

(1) 안전 도출밸브, 압력/진공 도출밸브 및 관련 통풍관의 도면 및 사양
(2) 가스탱크 도출밸브의 용량 계산서(벤트관의 배압계산서 포함)
(3) 가스탱크 안전도출밸브의 설정압력 변경을 위한 절차에 대한 사양(그러한 배치가 예상되는 경우)

(4) 안전밸브 통풍 마스트의 계산서(위치, 높이, 상세)

5. 방화 관련 장치에 대한 다음 도면 및 자료

(1) 관, 밸브, 노즐 및 부착품을 포함한 물분무장치의 배치 및 사양
(2) 폐위된 구역을 통과하는 가스관에 요구되는 통풍 덕트 배치도
(3) 갑판 하부에 설치되는 저장탱크의 통풍 덕트 배치도(해당되는 경우)
(4) 저장탱크 및 통풍 트렁크를 위한 화재탐지장치의 배치도
(5) 저장탱크 및 관, 저장탱크연결부 구역의 통풍 트렁크를 위한 화재방열 배치도
(6) 드라이 케미컬 소화장치의 배치 및 사양

6. 전기설비에 대한 다음 도면 및 자료

(1) 위험구역의 모든 전기장비의 위치를 나타내는 도면 및 베리어(barrier)와 위험구역에 설치되는 전기 기기 사이의 적합성을 검증하기 위한 자료
(2) 본질 안전 회로의 계통도
(3) 증서 및 도면에 근거한 방폭장비의 목록

7. 다음 제어 및 감시장치

(1) 가스탐지장치
(2) 가스탱크 감시장치
(3) 가스 압축기 제어 및 감시장치
(4) 가스기관 제어 및 감시장치

8. 가스 장치의 안전 기능에 대한 시험 프로그램(해상 시운전 또는 선내 시험 프로그램에 포함 가능)

9. 3장 101.의 1항에 따른 위험성 분석 자료

403. 참고용 도면 및 자료

1. 다음 장비 및 장치에 대한 도면 및 자료

(1) 경보장치와 함께 에어로크의 위치 및 구조를 나타내는 도면 (설치될 경우)
(2) 가스밀 격벽 관통부 도면(설치될 경우)
(3) 가스 연료장치가 있는 구역의 기계식 통풍장치의 배치 및 사양(통풍기 및 전동기의 용량 및 위치 포함). 통풍기 및 이동식 환기장치의 회전부와 케이싱의 도면 및 사양
(4) 육상 연결구 및 펌프 시일 등과 같이 액체의 누설이 예상되는 액체 관장치 아래의 선체 강판의 보호에 대한 도면 및 사양
(5) 가스 탱크의 가스프리 및 퍼징을 위한 관장치의 배치 및 사양
(6) 고정식 가스 탐지 및 경보장치에 대한 탐지기, 경보장치의 사양 및 위치와 케이블 포설 경로 배치도
(7) 가스 펌프실, 압축기실 및 탱크연결부 구역에 있는 빌지 및 배수장치의 배치도
(8) 배기관 장치도

2. 연료탱크의 충전한도 검토 계산서

3. 작업지침서(연료수급, 가스프리, 정상운전 및 비상 운전 포함) ⚓

제 2 장 선급검사

제 1 절 일반사항

101. 일반

천연가스를 연료로 하는 기관이 설치된 선박의 선급검사는 특별히 이 장에서 규정한 것 외에는 **선급 및 강선규칙 1편**의 규정에 따른다.

제 2 절 정기적 검사

201. 연차검사

1. 천연가스를 연료로 하는 기관이 설치된 선박은 다음 사항을 포함한다.
(1) 가스 관장치의 원격제어밸브 외관검사 및 기능시험
(2) 가스관 덕트의 외관검사
(3) 각종 계측장치의 시험
(4) 비상차단장치의 시험(최소한 다음 사항을 포함한다) :
(가) 누설가스 탐지기 및 화재탐지기
(나) 비상정지(ESD) 보호 기관실의 전기적 분리 확인
(다) 가스 기관실에서 통풍장치와 관련하여 안전기능 확인
(라) 통풍장치의 기능 확인
(마) 가스 수급장소의 드립 트레이(drip tray) 검사
(5) 작동 및 보수유지를 위한 지침서를 확인한다.
(6) 요구되는 간판 또는 표지판의 목록을 확인한다.

202. 중간검사

1. 천연가스를 연료로 하는 기관이 설치된 선박은 201.의 1항에서 요구하는 사항에 추가하여, 다음 기기의 모든 경보장치 및 정지장치의 기능을 시험한다.
(1) 가스 압축기
(2) 가스 기관

203. 정기검사

1. 천연가스를 연료로 하는 기관이 설치된 선박은 202.의 1항에서 요구하는 사항에 추가하여, 다음 사항을 검사한다.
(1) 케이블 및 축의 밀봉장치와 함께 가스밀 격벽의 검사
전동기 및 압축기실의 격벽은 특별히 주의를 기울여야 한다. 축의 밀봉장치는 윤활 상태 및 과열에 대하여 점검한다.
(2) 가스탱크 고액면경보장치의 시험
(3) 다음 장치의 점검 및 시험
(가) 가스탱크 안전 도출밸브
(나) 탱크연결부 구역 및 2차방벽(second barrier) 구역의 압력/진공 밸브
(다) 가스 취급 기기 및 장비
(라) 가스 장치를 위한 보조장치 및 장비
(마) 이동식 가스 탐지기 및 산소 분석기. ⚓

제 3 장 선박설계 및 배치

제 1 절 일반사항

101. 목적

이 장은 동력발생장비, 연료저장장치, 연료공급장비 및 연료수급장치(refuelling system)의 안전한 위치 및 구역배치, 기계적 보호를 확보하는 것을 목적으로 한다.

102. 기능요건

1. 이 장은 **1장 202.**의 1항, 2항, 3항, 5항, 6항, 8항, 12항, 13항, 14항, 15항 및 17항에서 규정하는 기능요건과 관련되고, 특히 다음을 적용한다.
   (1) 선박의 안전한 운전 및 선박과 관련된 기타 위험요소를 고려하여 연료탱크는 충돌 또는 좌초로 인하여 탱크가 손상될 확률을 최소화 하도록 배치하여야 한다.
   (2) 연료격납설비, 연료배관 및 기타의 연료방출원은 방출된 가스를 개방구역의 안전한 위치로 배출할 수 있도록 배치하여야 한다.
   (3) 연료방출원이 있는 구역의 출입구 또는 기타 개구는 가연성, 질식성 또는 유독성 가스에 대비한 설계가 이루어지지 않은 구역에 그러한 가스가 유입되지 않도록 배치하여야 한다.
   (4) 연료배관은 기계적 손상으로부터 보호하여야 한다.
   (5) 추진 및 연료공급장치에 대해서는 가스누설에 대한 안전조치로 인하여 허용할 수 없는 동력의 손실이 발생하지 않도록 설계하여야 한다.
   (6) 가스 또는 저인화점 연료 기관이 설치된 기관구역에서 가스폭발이 일어날 가능성을 최소화하여야 한다.

제 2 절 연료탱크의 배치

201. 일반요건

1. 연료저장탱크는 기계적인 손상으로부터 보호되어야 한다.
2. 개방갑판에 있는 가스저장탱크와 장비들은 배출된 가스가 축적되지 않도록 충분한 자연통풍이 확보되는 곳에 위치하여야 한다.

202. 연료탱크의 위치

1. 연료탱크는 다음과 같은 배치로 충돌 또는 좌초로 인한 외부 손상으로부터 보호되어야 한다. (**그림 3.1** 참조)
   (1) 연료탱크는 하기만재흘수의 위치에서 선측으로부터 내측으로 선체중심선에 직각방향으로 측정하여 그 거리가 최소한 B/5 또는 11.5 m 중에서 작은 값 이상이 되어야 한다.
   (2) 각 연료탱크의 경계는 탱크 밸브를 포함하여 탱크구조의 횡방향, 종방향 및 수직방향의 외측 끝단(extreme outer longitudinal, transverse and vertical limits)으로 하여야 한다.
   (3) 독립형탱크는 보호거리가 탱크 외벽(탱크격납설비의 1차방벽)까지 측정되어야 한다. 멤브레인 탱크는 보호거리가 탱크단열재 주위의 격벽까지 측정되어야 한다.
   (4) 어떠한 경우에도 연료탱크의 경계는 다음보다 선체외판 또는 선미 끝단에 더 가까워서는 안 된다.
      (가) 여객선의 경우,
      B/10 또는 0.8 m 중 큰 쪽,
      다만 (1)호에서 요구되는 바와 같이 선체외판이 B/5 또는 11.5 m 중 작은 것 내에 위치하는 경우, 이 거리는 B/15 또는 2 m 중 작은 것 보다 클 필요는 없다.
      (나) 화물선의 경우,
      (a) $V_c \leq 1{,}000\,\mathrm{m}^3$ 인 경우, 0.8 m
      (b) $1{,}000\,\mathrm{m}^3 < V_c < 5{,}000\,\mathrm{m}^3$ 인 경우, $0.75 + V_c \times 0.2/4{,}000$ m

(c) $5{,}000\,\mathrm{m}^3 \le V_c < 30{,}000\,\mathrm{m}^3$ 인 경우, $0.8 + V_c/25{,}000\,\mathrm{m}$

(d) $V_c \ge 30{,}000\,\mathrm{m}^3$ 인 경우, 2 m

V_c : 20 °C에서 돔(dome)과 부속물을 포함하는 각 연료탱크의 총 설계부피의 100 %

(5) 연료탱크의 하단 경계는 선체중심선의 위치에서 선저외판의 내면에서 측정하여 B/15 또는 2 m 중 작은 값보다 위에 위치하여야 한다.

(6) 이중선체 선박의 경우에 B값을 특별히 고려할 수 있다.

(7) 여객선의 경우 SOLAS II-1/8.1에 따라 연료탱크는 선수수선으로부터 측정된 0.08L에서의 횡단면 후방에 있어야 하고 화물선의 경우 연료탱크는 충돌격벽 후방에 있어야 한다.

(8) 충돌 또는 좌초에 대하여 높은 저항성의 선체구조를 가진 선박에 대하여는 연료탱크의 위치를 103.에 따라 특별히 고려할 수 있다.

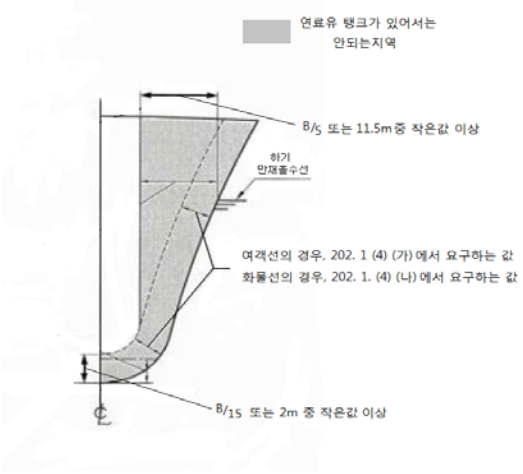


그림 3.1 연료유 탱크의 위치

2. 1항 (1)호 대신에 다음 계산방법이 연료탱크의 허용가능한 위치를 결정하는데 사용될 수 있다.

(1) 다음에 설명된 f_{CN}값은 여객선에서 0.02, 화물선에서 0.04 보다 작아야 한다.

f_{CN}값은 연료탱크 만의 종방향 투영경계(longitudinal projected boundaries)에 의해 제한되는 구역 내에서 발생할 수 있으면서 충돌에 의하여 연료탱크가 손상되는 확률로서 고려되거나 사용될 수 없는 충돌손상을 설명한다. 실제의 확률은 연료탱크의 전방 및 후방 구역을 포함하는 더 긴 손상을 설명할 때 보다 더 높게 나타난다.

(2) f_{CN}은 다음 식에 따라 계산된다.

$$f_{CN} = f_l \times f_t \times f_v$$

f_l는 SOLAS II-1/7-1.1.1.1에서 포함된 인자 p에 대한 공식을 사용하여 계산된다. $x1$값은 후단(aft terminal)에서부터 연료탱크의 최후단 경계까지의 거리를 적용하여야 하고, $x2$값은 후단에서부터 연료탱크의 최전단 경계까지의 거리를 적용하여야 한다.

f_t 는 SOLAS II-1/7-1.1.2 에서 포함된 인자 r에 대한 공식을 사용하여 계산되며, 손상이 연료탱크의 외부 경계를 관통하는 확률을 반영하며 식은 다음과 같다.

$f_t = 1 - r(x1, x2, b)$

연료탱크의 가장 바깥쪽 경계가 최대구획흘수선에 의해 주어진 경계의 외부에 있는 경우, b값은 0으로 하여야 한다.

f_v 는 SOLAS 규정 II-1/7-2.6.1에서 포함된 인자 v에 대한 공식을 사용하여 계산되며, 손상이 수직으로 연료탱크의 최하단 경계 상부로는 연장되지 않는 확률을 반영한다. 사용되어야 하는 식은 다음과 같다.

$f_v = 1.0 - 0.8 \cdot \frac{(H-d)}{7.8}$, $(H-d)$가 7.8 m이하인 경우 f_v는 1을 초과해서는 안 된다.

$f_v = 0.2 - 0.2 \cdot \frac{(H-d)-7.8}{4.7}$, 모든 경우에 있어서 f_v는 0이상이어야 한다.

H는 기선으로부터 연료탱크 최하단 경계까지의 거리를 말하며, m로 표시된다.

d는 가장 깊은 흘수(하기만재흘수)이다

(3) 각 연료탱크의 경계는 탱크 밸브를 포함하여 탱크구조의 횡방향, 종방향 및 수직방향의 외측 끝단(extreme outer longitudinal, transverse and vertical limits)으로 하여야 한다.

(4) 독립형탱크는 보호거리가 탱크 외벽(탱크격납설비의 1차방벽)까지 측정되어야 한다. 멤브레인 탱크는 보호거리가 탱크단열재 주위의 격벽까지 측정되어야 한다.

(5) 어떠한 경우에도 연료탱크의 경계는 다음보다 선체외판 또는 선미 끝단에 더 가까워서는 안 된다.

(가) 여객선의 경우,

(a) B/10 또는 0.8 m 중 큰 쪽,

다만 (1)호에서 요구되는 바와 같이 선체외판이 B/5 또는 11.5m 중 작은 것 내에 위치하는 경우, 이 거리는 B/15 또는 2m 중 작은 것 보다 클 필요는 없다.

(나) 화물선의 경우

(a) $V_c \leq 1{,}000\,\mathrm{m}^3$ 인 경우, 0.8m;

(b) $1{,}000\,\mathrm{m}^3 < V_c < 5{,}000\,\mathrm{m}^3$ 인 경우, $0.75 + V_c \times 0.2/4{,}000$ m

(c) $5{,}000\,\mathrm{m}^3 \leq V_c < 30{,}000\,\mathrm{m}^3$ 인 경우, $0.8 + V_c/25{,}000$ m

(d) $V_c \geq 30{,}000\,\mathrm{m}^3$ 인 경우, 2 m

V_c : 20 °C에서 돔과 부속물을 포함하는 각 연료탱크의 총 설계부피의 100 %

(6) 2개 이상의 중첩되지 않는 연료탱크가 종방향으로 위치한 경우 f_{CN}은 (2)호에 따라 각 탱크에 대하여 개별적으로 계산되어야 한다. 완전한 연료탱크 배치에 사용되는 값은 개별 탱크에 대해 얻어진 모든 f_{CN}값의 합이다.

(7) 연료탱크 배치가 선체중심선에 대하여 비대칭인 경우 f_{CN}은 좌현과 우현 양쪽에서 계산되어야 하고 평균값이 평가를 위해 사용되어야 한다. (5)호에서의 최소거리는 양쪽에서 만족되어야 한다.

(8) 충돌 또는 좌초에 대하여 높은 저항성의 선체구조를 가진 선박에 대하여는 연료탱크의 위치를 **103.**에 따라 특별히 고려할 수 있다.

3. 완전한 또는 부분 2차방벽을 필요로 하는 연료격납설비에 연료가 운송되는 경우에는 다음의 규정에 따른다.

(1) 연료저장창 구역은 이중저로써 해수로부터 격리하여야 한다.

(2) 선측탱크를 형성하는 종통격벽도 설치하여야 한다.

제 3 절 기관구역의 배치

301. 기관구역의 개념

1. 가스연료를 사용하는 기관이 설치된 기관구역에서 가스폭발이 일어날 확률을 최소화하기 위해서 다음과 같은 대체 개념 중 하나를 적용할 수 있다.

(1) 가스 안전 기관구역: 기관구역에서의 배치에 정상뿐만 아니라 비정상상태의 모든 조건하에서의 가스 안전(즉, 본질적 가스 안전)을 고려한다. 가스 안전 기관구역에서 단일 손상이 기관구역 내에 연료가스의 누설을 야기해서는 안 된다.

(2) 비상정지장치로 보호되는 기관구역 : 기관구역에서의 배치에 정상상태 하에서는 위험하지 않으나 어떤 비정상상태에서 위험하게 될 잠재적 가능성을 가지고 있는 것으로 고려한다. 가스위험을 포함한 비정상 상태가 발생한 경우, 안전하지 않은 장치(점화원)와 기기의 비상정지가 자동적으로 이루어져야 하고, 이러한 조건에서 사용되거나 작동되는 장비와 기기는 승인된 안전형의 것이어야 한다. 비상정지장치로 보호되는 기관구역에서는 단일 손상으로 인해 해당 구역으로 가스가 방출될 수 있다. 통풍은 기

술적 결함으로 인해 발생하는 최대의 누설시나리오를 수용하도록 설계되어야 한다. 배관의 파열이나 가스켓의 파열과 같이 가스농도가 위험한 수준에까지 이를 수 있는 손상은 폭발압력도출장치 또는 비상정지장치로 예방조치를 하여야 한다.

302. 가스 안전 기관구역

1. 연료시스템에서 단일 손상이 발생해도 기관구역으로 가스방출이 일어나지 않아야 한다.
2. 기관구역 경계 내의 모든 연료배관은 **6장 205.**에 따라 기밀 덮개(gas tight enclosure)로 폐위하여야 한다.

303. 비상정지장치로 보호되는 기관구역

1. 비상정지장치로 보호하는 방법은 **선급 및 강선규칙 9편 3장 4절**에 따른 무인화 기관구역에만 적용할 수 있다.
2. 폭발 및 기관구역 외부의 손상으로부터 보호하고 동력공급의 이중화(redundancy)을 확보하기 위한 조치를 하여야 한다. 다음과 같은 조치를 하여야 한다. 다만 다음에 한정하지 않는다.
   (1) 가스탐지기
   (2) 차단밸브
   (3) 이중화
   (4) 충분한 통풍
3. 기관구역 내의 가스공급관은 다음과 같은 조건에서는 외부 기밀 덮개(enclosure)가 없어도 허용할 수 있다.
   (1) 추진동력 및 발전기용 기관은 어떠한 공동 경계면도 가지지 않는 두 개 이상의 기관구역에 나누어 설치하거나 단일의 사고가 양쪽 구역에 모두 영향을 미치지 않는다는 것을 증명하여야 한다.
   (2) 가스기관구역에는 가스기관이 그 기능을 유지하는 것을 보장하기 위하여 요구되는 최소한의 필수 장비, 구성품 및 장치만 설치하여야 한다.
   (3) 가스공급을 자동적으로 차단하고 모든 비방폭형 전기설비 또는 장치의 전원을 분리시키기 위한 고정식 가스탐지장치가 설치되어야 한다.
4. 여러 기관구역에 기관이 배치되는 경우에는 어느 하나의 기관구역에 연료 공급이 차단되는 경우 허용할 수 없는 동력의 손실이 발생하지 않도록 배치하여야 한다.
5. 비상정지장치로 보호되는 기관구역이 단일격벽에 의해서 분리된 경우, 어느 하나의 기관구역에서의 폭발이 인접구역의 보전성과 해당구역 내의 장비에 영향을 주지 않도록 기관구역은 폭발의 영향을 견딜 수 있는 강도를 가져야 한다.
6. 비상정지장치로 보호되는 기관구역은 가스의 축적이나 가스포켓의 형성을 최소화 할 수 있는 형상으로 설계하여야 한다.
7. 비상정지장치로 보호되는 기관구역의 통풍장치는 **8장 204.**에 따라 설치되어야 한다.

제 4 절 기타 장치 및 구역의 배치

401. 연료관의 위치 및 보호

1. 연료관은 선측으로부터 800 mm 이상 떨어진 곳에 위치하여야 한다.
2. 연료관은 SOLAS 협약에서 정의된 거주구역, 업무구역, 전기설비실을 직접적으로 통과해서는 안 된다.
3. 로로구역, 특수분류구역 및 개방갑판 상부를 통과하는 연료관은 기계적 손상으로부터 보호하여야 한다.
4. 비상정지장치로 보호되는 기관구역 내의 연료관은 가능한 한 전기설비나 인화성 액체를 저장하는 탱크로부터 멀리 떨어진 곳에 위치하여야 한다.
5. 비상정지장치로 보호되는 기관구역의 연료관은 기계적인 손상으로부터 보호하여야 한다.

402. 연료준비실

연료준비실은 개방구역에 위치하여야 한다. 개방구역에 위치하지 않는 경우 연료준비실은 이 지침의 탱크연결부 구역에 대한 요건에 따라 배치되고 설치되어야 한다.

403. 빌지 장치에 대한 요건

1. 이 지침이 적용되는 연료가 존재할 수 있는 장소에 설치된 빌지장치는 연료가 존재할 수 없는 구역의 빌지장치와 분리하여야 한다.
2. 액화가스연료를 2차방벽이 요구되는 연료격납설비로 운송하는 경우, 인접한 선체구조를 통해 연료저장창 구역 또는 방열구역에 유입되는 누설을 처리할 수 있는 적절한 배수장치를 설치해야 하고 배수장치는 안전구역에 있는 펌프와 연결되어서는 안 된다. 또한 누설탐지장치를 설치해야 한다.
3. 액화가스용 독립형탱크 형식A의 저장창 구역이나 방벽간 구역은 연료탱크에서 누설이나 파열이 발생한 경우 액화연료를 처리할 수 있는 적절한 배수장치를 설치하여야 한다.

404. 드립 트레이

1. 선체구조를 손상시킬 수 있는 누설이 발생할 수 있는 장소 또는 누설의 영향을 받는 지역을 제한할 필요가 있는 장소에는 드립 트레이를 설치해야 한다.
2. 드립 트레이는 적합한 재료로 제작되어야 한다.
3. 드립 트레이는 선체구조와 열적으로 격리되어 액체연료가 누설되는 경우 주위의 선체구조나 갑판구조가 견딜 수 없는 냉각에 노출되지 않아야 한다.
4. 트레이마다 드레인 밸브를 설치하여 빗물이 선측으로 배수될 수 있도록 한다.
5. 각각의 트레이는 위험도 평가에 따른 최대 누설량을 확실히 처리할 수 있도록 충분한 용량을 가져야 한다.

405. 폐위구역의 출입구 및 기타 개구의 배치

1. 가스안전구역에서 가스위험구역으로 직접적인 출입은 원칙적으로 허용되지 않는다. 운전상의 이유로 그러한 개구들이 필요한 경우, **406.**에 적합한 에어로크(air lock)를 설치하여야 한다.
2. 연료준비실이 갑판하부에 위치하도록 승인된 경우, 그 구역은 가능한 한 개방갑판으로부터 직접 접근이 가능하도록 독립적인 출입구가 있어야 한다. 갑판으로부터 별도의 접근이 불가능한 경우, **406.**에 적합한 에어로크를 설치하여야 한다.
3. 개방갑판에서 탱크연결부 구역으로 직접 출입이 가능한 독립된 입구가 없는 경우 볼트로 체결되는 덮개를 설치하여야 한다. 그러한 덮개가 있는 구역은 위험구역이 된다.
4. 선내의 다른 폐위구역에서 비상정지 보호 기관구역으로 접근이 된다면, 출입구에는 **406.**에 적합한 에어로크를 설치하여야 한다.
5. 불활성화 구역의 출입구는 사람들이 함부로 출입을 할 수 없도록 설치하여야 한다. 개방갑판에서 이러한 구역으로 출입하는 것이 아니라면, 불활성가스가 인접구역으로 누설되는 것을 방지할 수 있도록 밀봉장치를 설치하여야 한다.

406. 에어로크

1. 에어로크는 2개의 확실한 가스밀의 문이 설치된 가스밀 격벽으로 폐위된 구역이며 이 문은 1.5 m 이상 2.5 m 이하의 간격으로 떨어져 배치되어야 한다. 국제만재흘수선 협약의 요건을 적용받지 않는 경우 문턱의 높이는 300 mm 이상이어야 한다. 문은 자동폐쇄식 이어야 하며 어떠한 개방고정용 장치도 설치하여서는 안 된다.
2. 에어로크는 인접한 위험장소나 구역보다 높은 압력으로 기계적 통풍이 되어야 하고 에어로크 공간의 송풍기 및 흡입개구는 안전구역에 설치하여야 한다. 이 경우 환기팬의 형식은 **8장 302.**의 **3**항 (1)호의 요건을 만족하지 않은 것으로 할 수 있다. 환기덕트의 외측에는 메시가 13 mm × 13 mm 이하의 보호 금속망을 설치하여야 한다.
3. 에어로크는 에어로크로 격리된 가스위험구역에서 가장 중대한 사고가 발생했을 경우에도 가스가 안전구역으로 방출되지 않도록 설계하여야 한다. 사고는 **1장 402.**에 따른 위험도분석으로 평가하여야 한다.
4. 에어로크의 형상은 단순하게 하여야 한다. 자유롭고 쉽게 통행할 수 있어야 하고 바닥면적은 최소 1.5 m^2가 되어야 한다. 에어로크를 창고 등 다른 용도로 사용하면 안 된다.
5. 양쪽 문이 닫힘 위치에서 벗어나는 경우 이를 알려줄 수 있도록 에어로크의 양쪽으로 경고를 보낼 수 있는 가시가청 경보장치를 설치하여야 한다.
6. 갑판하부의 위험구역으로부터 통하는 입구가 있는 비위험 구역에 대하여 그러한 입구가 에어로크로 보호되는 경우 위험구역내의 부압이 상실된 상태에서는 통풍이 복구될 때 까지 그 구역으로 들어가서는 안

된다. 압력이 상실되었을 때 압력의 손실 및 에어로크 문의 개방을 알리는 가시 가청의 경보를 사람이 있는 장소에 발하여야 한다.

7. 안전에 필요한 필수장비는 계속 급전되어야 하며 승인된 방폭형이어야 한다. 여기에는 조명장치, 화재탐지장치, 선내 방송설비, 일반 경보장치 등이 포함된다. ⚓

제 4 장 연료격납설비

제 1 절 일반사항

101. 목 적

이 장의 목적은 인명, 선박 및 환경에 대한 위험성을 최소화하여 전통적인 기름 연료 선박과 동등한 수준으로 적합하게 가스를 저장하기 위함이다.

102. 기능요건

이 장은 **1장 202.**의 1항, **202.**의 2항, **202.**의 5항과 **202.**의 8항에서 17항까지의 기능적 요건에 관한 사항으로 다음에 따른다.

1. 연료격납설비는 탱크나 그 연결부로부터의 누설이 선박, 승선인명 또는 환경에 위험을 초래하지 않도록 설계되어야 한다. 또한, 다음의 잠재적 위험을 피하도록 해야 한다.
   (1) 선체재료의 허용한계보다 낮은 온도에 노출
   (2) 발화원이 있는 위치까지 가연성 연료의 확산
   (3) 연료 및 불활성 가스로 인한 잠재적 독성 위험 및 산소부족의 위험
   (4) 비상소집장소, 탈출경로 및 구명설비로의 접근 제한
   (5) 구명설비 유용성의 저하
2. 연료탱크의 압력 및 온도는 연료의 이송요건 및 격납설비의 설계한계 내로 유지할 수 있어야 한다.
3. 임의의 가스누출 이후 취해진 보호조치로 인해, 허용할 수 없을 정도의 추진력 손실을 초래하지 않도록 연료격납설비를 배치하여야 한다.
4. 연료격납을 위하여 이동식 탱크가 사용되는 경우, 이 장에 명시된 것과 같이 영구 설치된 탱크와 동등하도록 탱크를 설계하여야 한다.

103. 일반요건

1. 액체상태의 천연가스는 MARVS을 1.0 MPa까지 저장할 수 있다.
2. 가스연료탱크의 최대 허용작동압력(MAWP)은 최대허용설정압력의 90 %를 넘지 않아야 한다.
3. 갑판 하부에 위치한 연료격납설비는 인접한 구역과 기밀이어야 한다.
4. 모든 탱크 연결부, 부착물들, 플랜지 및 탱크 밸브들은, 탱크 연결부가 개방갑판상에 있지 않는 한, 반드시 가스밀 탱크 연결구역(gas tight tank connection spaces) 내부에 있어야 한다. 탱크 연결부로부터 누설이 있는 경우, 누설된 연료를 그 구역 내에 안전하게 보관할 수 있어야 한다.
5. 독립형탱크 형식 C의 연료저장탱크를 제외하고, 연료저장탱크와 연결된 배관은 탱크의 최고액면보다 상부에 부착되어야 한다. 다만, 우리 선급이 **선급 및 강선규칙 적용지침 1편 1장 104.**에 따라 동등효력을 인정하는 경우, 다른 형식의 탱크도 최고액면보다 하부에 배관을 연결할 수 있다.
6. 손상시 액체가 유출될 수 있는 탱크와 첫 번째 밸브 사이의 배관은 독립형탱크 형식 C와 동등한 안전도를 가져야 하며, 동적응력은 **4장 213.**의 1항 (2)호에 주어진 값을 넘지 않아야 한다.
7. 탱크 연결구역의 격벽의 재료는 발생 가능한 최대누출 시나리오에서 발생할 수 있는 최저온도에 상응하는 설계온도를 갖는 것으로 한다. 탱크연결부 구역은 누설이 일어나는 동안 증가되는 최대압력을 견딜 수 있도록 설계되어야 한다. 그렇지 않은 경우, 안전한 장소로의 압력도출벤트(pressure relief venting)가 반드시 있어야 한다.
8. 상세한 설계, 탐지 및 정지 시스템을 기초로 하여, 탱크연결부 구역으로의 최대가능 누설량을 결정하여야 한다.
9. 만약 배관이 탱크의 수위 하부에 연결되는 경우, 배관은 첫 번째 밸브까지 2차방벽으로 보호되어야 한다.
10. 액화가스 연료저장탱크가 개방갑판 상에 있는 경우, 선체는 드립 트레이(drip trays)를 이용하여 탱크 연결부에서의 잠재적 누설 및 기타 누설로부터 보호되어야 한다. 재료는 대기압에서 운송되는 연료의 온도에 상응하는 설계온도를 갖는 것으로 한다. 탱크의 정상작동압력은 선체구조를 보호하도록 고려되어야 한다.
11. 저장탱크 내의 액화가스를 안전하게 비우기 위한 수단이 제공되어야 한다.

12. 연료배관설비를 갖춘 연료저장탱크는 처리, 정화 및 환기가 가능하여야 한다. 이러한 절차수행을 위한 지침서가 반드시 선내에 비치되어야 한다. 탱크 및 연료배관 내의 폭발 위험 분위기를 방지하기 위하여 불활성 가스를 이용하여 불활성화를 수행한 후, 건조공기를 이용하여 환기를 하여야 한다. (**4장 302.** 참조)

제 2 절 액화가스연료 격납

201. 액화가스연료 격납

1. **1장 302.**에서 요구하는 위험성 평가는 선박의 액화가스연료 격납설비에 대한 평가를 포함하여야 하며, 이는 선박 전체의 설계에 통합되는 추가적 안전조치를 도출할 수도 있다.
2 고정식 액화가스연료 격납설비의 설계수명은 선박의 설계수명과 20년 중 큰 것보다 작지 않아야 한다.
3. 이동식 탱크의 설계수명은 20년보다 작지 않아야 한다.
4. 액화가스연료 격납설비는 북대서양 환경조건 및 항해구역에 제한을 받지 않는, 장기 해상상태 분포도를 기준으로 설계하여야 한다. 예상운항환경조건이 더 양호한 제한된 항해구역에서 전용으로 사용되는 액화가스연료 격납설비에 대해서는 우리 선급의 승인을 받아야 한다. 북대서양의 환경조건보다 더 가혹한 환경에서 운용되는 액화가스연료 격납설비는 더 엄격한 조건이 요구될 수 있다. (**선급 및 강선규칙 적용지침 3편 부록 3-2** 참조, 가상온도(assumed temperatures)는 설계온도에 대한 적합한 재료품질을 결정하기 위하여 사용되어야 하며, 이 항에서 다루지 않는 항목 중 하나임.)
5. 액화가스연료 격납설비는 다음과 같은 적절한 안전여유(safety margin)를 두고 설계하여야 한다.
   (1) 안전여유는 비손상 조건에서, 액화가스연료 격납설비의 설계수명동안 예측되는 환경조건과 균일만재적재, 부분적재조건 및 모든 중간단계에서의 부분충전을 포함하는 하중조건을 견딜 수 있도록 충분하여야 한다.
   (2) 안전여유는 하중, 구조모델링, 피로, 부식, 열영향, 재료의 가변성, 노화 및 건조 공차의 불확실성에 대해서도 적절하여야 한다.
6. 액화가스연료 격납설비의 구조강도는 소성변형, 좌굴 및 피로가 포함된 파괴모드에 대하여 평가되어야 하나 이에 국한하는 것은 아니다. 각 액화가스연료 격납설비의 설계에 대하여 고려되어야 할 특정설계조건은 **211.**에서 **214.**에 따른다. 설계조건은 다음의 3가지로 분류한다.
   (1) 극한설계조건(Ultimate Design Condition) - 액화가스연료 격납설비 구조와 그 구조요소들은 건조, 시험 및 예상 가능한 작동중 발생할 수 있는 하중에 대하여 구조건전성에 손실없이 견딜 수 있어야 한다. 설계는 다음 하중들의 적절한 조합들을 고려하여야 한다.
      (가) 내압
      (나) 외압
      (다) 모든 하중조건에서 선체의 거동으로 인한 동하중
      (라) 열로 인한 하중
      (마) 슬로싱(sloshing) 하중
      (바) 선체의 처짐(deflections)로 인한 하중
      (사) 지지구조 부근의 반응에 상응하는 탱크와 액화가스 연료 무게
      (아) 방열재 중량
      (자) 타워 및 기타 부착물 부근의 하중
      (자) 시험하중
   (2) 피로설계조건(Fatigue Design Condition) - 액화가스연료 격납설비 구조와 그 구조요소들은 누적되는 주기적 하중 하에서 파괴되어서는 안 된다.
   (3) 사고설계조건(Accidental Design Condition) - 액화가스연료 격납설비는 이 지침에서 다루고 있는 다음의 사고설계조건(사고 또는 비정상적 사건)을 각각 만족하여야 한다.
      (가) 충돌 - 액화가스연료 격납설비는 탱크와 지지구조에 위험을 초래할 수 있는, **205.**의 **5**항 (1)호에 명시된 충돌하중에 견딜 수 있어야 하며, 지지구조 또는 지지구조 근처 탱크구조의 변형이 없어야 한다.
      (나) 화재 - 액화가스연료 격납설비는 예상되는 화재 시나리오에서 **218.**의 **3**항 (1)호에 명시된 내압증가로 인한 파열없이 견딜 수 있어야 한다.

(다) 탱크의 부력을 야기하는 구획 침수 - 부상방지장치는 **205.**의 **5**항 (2)호에 명시된 상방향의 힘에 견디고, 선체구조의 위험을 초래할 수 있는 소성변형이 발생하지 않아야 한다. 선박에서의 안전한 대피를 위태롭게 하지 않는다면 연료격납설비의 소성변형 발생은 인정할 수 있다.

7. 요구되는 구조치수가 구조강도 요건을 만족하고 설계수명 동안 유지될 수 있도록 하는 수단이 적용되어야 한다. 그 수단에는 재료선택, 도장, 부식여유, 음극방식 및 불활성화 등을 포함할 수 있으나, 이에 국한하지 않는다.

8. 액화가스연료 격납설비에 대한 검사계획(inspection/survey plan)은 우리 선급의 검토 및 승인을 받아야 한다. 검사계획은 액화가스연료 격납설비의 생애에 걸쳐 검사 시에 조사 및 유효성을 확인해야 할 항목들, 특히 모든 운항 중 검사 시에 필요한 부분과 액화가스연료 격납설비 설계인자를 선택할 때 유지보수 및 시험이 필요할 것으로 추정되는 구역을 식별하여야 한다. 검사계획은 **208.**의 **2**항 (8)호 또는 **208.**의 **2**항 (9)호에 따른 특정 중요위치를 포함하여야 한다.

9. 액화가스연료 격납설비는 검사계획에 명시된 바에 따라 검사할 구획으로 접근할 수 있는 적절한 접근수단을 제공하도록 설계, 제작 및 설치되어야 한다. 모든 관련 내부장비를 포함한 액화가스연료 격납설비는 작동, 검사 및 유지보수 시 안전을 보장하도록 설계 및 제작되어야 한다.

202. 액화가스연료 격납설비의 안전원칙

1. 격납설비는 모든 발생 가능한 누설액을 안전하게 보관할 수 있는 완벽한 2차수밀방벽을 갖추어야 하며, 방열설비와 함께 선체구조가 안전하지 않은 수준까지 온도가 낮아지는 것을 방지할 수 있어야 한다.

2. **3**항에서 **5**항까지의 해당하는 적절한 안전수준을 증명할 수 있는 경우, 2차방벽의 크기와 구성 또는 배치를 경감 또는 생략할 수 있다.

3. 구조파괴가 임계상태로 진전될 확률은 아주 낮으나, 1차방벽을 통한 누설 가능성을 배제할 수 없는 경우, 액화가스연료 격납설비에는 누설을 안전하게 관리 및 처리할 수 있는 부분 2차방벽 및 소형 누설 방지설비를 갖추어야 한다. (임계상태란 균열이 불안정한 상태로 발전되는 것을 말한다) 배치는 다음에 따른다.

(1) 가스탐지기 또는 검사를 통하여 임계상태에 도달하기 전에 확실하게 탐지될 수 있는 파괴진행(failure development)은 시정조치를 취할 수 있도록 파괴진행시간이 충분히 길어야 한다.

(2) 임계상태에 도달하기 전에 확실하게 탐지될 수 없는 파괴진행은 탱크의 예상수명보다 훨씬 긴 예상 파괴진행시간을 가져야 한다.

4. 독립형탱크 형식 C와 같이 구조파괴 및 1차방벽을 통한 누설확률이 극히 낮고 무시할 수 있을 경우, 액화가스연료 격납설비에 2차방벽은 요구되지 않는다.

5. 전체 또는 부분 2차방벽을 요구하는 독립형탱크의 경우, 탱크로부터의 누설을 안전하게 처리하기 위한 수단이 있어야 한다.

6. 탱크형식에 따른 2차방벽

211.에서 **214.**에 정의된 탱크형식에 따른 2차방벽은 다음 **표4.1**에 따른다.

표 4.1 탱크형식에 따른 2차방벽

기본 탱크 형식	2차방벽요건
멤브레인	완전한 2차방벽
독립형 형식 A 형식 B 형식 C	 완전한 2차방벽 부분 2차방벽 2차방벽 필요 없음

7. 2차방벽의 설계

2차방벽의 설계(스프레이 실드가 설치된 경우 포함)는 다음의 요건에 따른다.

(1) 특별한 항로를 운항함으로 인해 다른 요건이 적용되는 경우를 제외하고, **208.**의 **2**항 (6)호에 따른 하중스펙트럼을 고려하여, 예상되는 가스연료의 누설을 15일 동안 격납할 수 있어야 한다.

(2) 1차방벽의 손상을 유발할 수 있는 액화가스 연료탱크 내의 물리적, 기계적 또는 운용상의 사건이 2차방벽의 기능을 손상하지 않아야 하며, 반대의 경우도 안 된다.

(3) 선체지지부재 또는 부착물의 파괴가 1차 및 2차방벽의 밀폐성을 손상시켜서는 안 된다.
(4) 2차방벽의 유효성은 육안검사 또는 우리 선급이 허용하는 그 외의 적절한 방법에 의해 주기적으로 점검할 수 있어야 한다.
(5) (4)호에서의 방법은 우리 선급의 승인을 받아야 하며, 최소한 다음을 포함하여야 한다.
(가) 수밀유효성이 손상되기 전, 2차방벽 내의 허용 가능한 결함의 크기 및 위치에 대한 상세
(나) 상기 (가)의 결함식별에 대하여 제안된 방법의 정확도 및 범위
(다) 실물크기 모형시험이 수행되지 않는 경우, 허용기준의 결정에 사용되는 축척계수(scaling factor)
(라) 제안된 시험의 유효성에 대한 열 및 기계적인 반복하중의 영향
(6) 2차방벽은 30도 경사에서도 기능적 요건에 적합하여야 한다.

8. 부분 2차방벽과 1차방벽의 소규모 누설에 대한 보호장치

(1) 202.의 3항에서 허용된 부분 2차방벽은 소규모 누설에 대한 보호장치와 함께 사용할 수 있어야 하며, 5항의 모든 요건을 만족하여야 한다. 소규모 누설에 대한 보호장치는 1차방벽에 누설을 감지하는 수단, 누설된 액화가스연료를 부분 2차방벽으로 유도하는 스프레이 실드와 같은 설비 및 자연 기화되게 하는 액체화물처리장치 등을 갖추어야 한다.
(2) 부분 2차방벽의 용량은 1차방벽의 누설탐지 후 208.의 2항 (6)호에 정하는 하중스펙트럼에 의한 파괴의 범위에 대응하는 액화가스 연료 누설을 기초로 하여 정하여야 한다. 이 경우에는 액체의 증발, 누설량, 신뢰할 수 있는 펌프능력 및 기타 관련 요인을 정확히 평가해야 한다.
(3) 액체누설탐지는 액체감지기에 의한 방법 또는 압력의 효율적 사용, 온도 또는 가스탐지장치 또는 이들의 조합에 의해 탐지할 수 있다.
(4) 독립형탱크가 누설된 액화가스연료를 수집하기 위한 명확한 위치에 있지 않은 경우, 부분 2차방벽은 공칭정지각도(nominal static angle)의 트림에서 그 기능적 요건에 적합하여야 한다.

203. 지지구조

1. 액화가스 연료탱크는 온도변화 및 선체의 처짐에 의하여 탱크 및 선체에 과도한 응력이 발생하지 않도록 탱크의 신축을 허용하고, 해당되는 경우, 205의 2항에서 5항의 정적 및 동적하중을 받는 탱크 본체의 이동을 방지하도록 선체로 지지하여야 한다.
2. 독립형탱크에는 부상방지장치를 설치하여야 하며, 이는 선체구조에 위험한 소성변형을 일으키지 않고 205.의 5항 (2)호에 정의된 하중에 견딜 수 있어야 한다.
3. 지지구조 및 이의 배치는 205.의 3항 (3)호 (아) 및 205.의 5항에서 정한 하중을 견딜 수 있어야 하나, 상호 또는 파랑하중과 함께 조합시킬 필요는 없다.

204. 관련 구조, 장치 및 방열재

1. 액화가스연료 격납설비는 관련 구조 및 장치에 의한 하중을 고려하여 설계되어야 한다. 이는 펌프타워, 액화가스 연료돔, 액화가스 연료펌프/관장치, 스트리핑 펌프/관장치, 질소 관장치, 출입 창구, 사다리, 배관 관통부, 액면지시장치, 독립 액면경보 게이지, 스프레이 노즐 및 기기장치(압력, 온도 및 스트레인 게이지 등)등을 포함한다.
2. 방열재는 허용온도(209.의 1항 (1)호 참조) 이하의 온도로부터 선체를 보호하기 위해 설치하여야 한다. 301.의 압력과 온도제어장치에 의해 유지될 수 있는 수준까지 탱크로부터의 열유속을 억제할 수 있어야 한다.

205. 설계하중

1. 일반사항

(1) 이 항은 206.에서 208.의 요건을 고려하여 설계하중을 정의한다. 이는 하중의 분류(영구, 기능, 환경 및 사고)와 하중의 상세를 포함한다.
(2) 고려되어야 하는 하중의 범위는 탱크의 형식에 따라, 다음의 2항부터 5항까지에서 상세히 규정한다.
(3) 탱크는 탱크의 지지구조 및 기타 부착물을 포함하여 아래에 설명된 하중조합을 고려하여 설계되어야 한다.

2. 영구하중

(1) 중력하중

탱크와 방열재의 무게, 타워 및 기타 부착물에 의한 하중을 고려하여야 한다.

(2) 영구외부하중

외부에서 탱크에 작용하는 구조물 및 장비의 중력하중을 고려하여야 한다.

3. 기능하중

(1) 탱크의 운용으로 발생하는 하중은 기능하중으로 분류한다.

(2) 모든 설계조건에서 탱크의 건전성을 보장하는데 필수적인 모든 기능하중이 고려되어야 한다.

(3) 기능하중을 정할 때 최소한 다음의 기준으로부터의 영향들을 고려하여야 한다.

(a) 내압
(b) 외압
(c) 열로 인한 하중
(d) 진동
(e) 상호작용에 의한 하중
(f) 건조 및 설치와 관련된 하중
(g) 시험하중
(h) 정적 횡경사 하중
(i) 액화가스연료의 중량
(j) 슬로싱
(k) 바람 및 파랑 충격과 개방갑판 상에 설치된 탱크에 대한 그린 파랑 충격

(가) 내압

(a) (b)를 포함한 모든 경우에, P_0는 최대허용설정압력 이상이어야 한다.

(b) 온도제어 없이 액화가스연료의 압력이 대기온도만으로 결정되는 액화가스연료 탱크에서, P_0는 45 ℃에서의 액화가스연료의 게이지 증기압 이상이어야 한다. 다만, 다음을 제외한다.

(i) 제한된 선박 운항구역을 고려하여 우리 선급이 인정하는 경우 주변온도 중 낮은 온도를 사용할 수 있다. 또한, 이 온도를 넘는 온도를 요구할 수 있다.

(ii) 운항기간의 제한이 있는 선박의 경우, P_0는 탱크의 방열재를 고려하여 운항중 실제 압력상승을 기초로 계산할 수 있다.

(c) 우리 선급이 특별히 고려하고 각종 탱크형식에 따라 **211.**에서 **214.**에 정한 제한조건으로, 동하중이 감소하는 특정 지역조건(항내 또는 기타 위치들)의 경우, P_0 보다 높은 증기압 P_h도 허용할 수 있다.

(d) 내압결정에 사용되는 압력은 다음과 같다.

(i) $(P_{gd})\max$: 최대 설계 가속도를 사용하여 결정되는 관련 액체압력
(ii) $(P_{gd}site)\max$: 특정 지역 가속도를 사용하여 결정되는 관련 액체압력
(iii) P_{eq} 는 다음 식에 의한 $P_{eq\,1}$또는 $P_{eq\,2}$ 중 큰 값으로 한다.

$$P_{eq\,1} = P_0 + (P_{gd})\max \qquad (\mathrm{MPa})$$

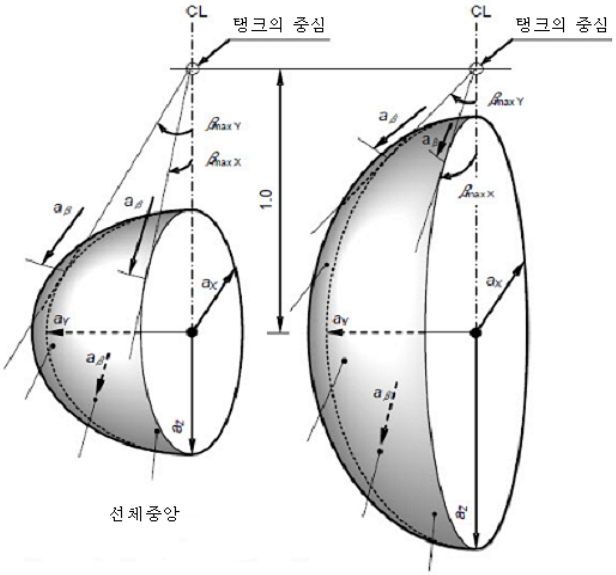
$$P_{eq\,2} = P_h + (P_{gd}\,site)\max \qquad (\mathrm{MPa})$$

(e) 내부 액체압은 **205.**의 **4**항 (1)호 (가)의 선박의 운동에 의하여 액화가스연료의 중심에 작용하는 가속도에 의한 것으로 하여야 한다. 중력과 동적가속도를 합성한 내부 액체압, P_{gd}는 다음 식에 따른다.

$$P_{gd} = a_\beta Z_\beta \frac{\rho}{1.02\times 10^5} \qquad (\mathrm{MPa})$$

a_β : 임의의 방향 β (**그림 4.1** 참조)에 있어서 중력 및 동하중에 의한 가속도의 무차원화 표시(즉, 중력가속도에 대한 비율). 대형선의 경우, 횡방향 수직 및 종방향 가속도를 고려하여 가속도 타원체가 사용된다.

Z_β : 탱크판에서 β방향(**그림 4.2** 참조)으로 측정하는 점에 대응하는 최대액면높이(m).



a_β : 임의의 방향 β에 있어서 최종적인 가속도(정+동)
a_X : 가속도의 종방향
a_Y : 가속도의 횡방향
a_Z : 가속도의 상하방향

그림 4.1 가속도 타원

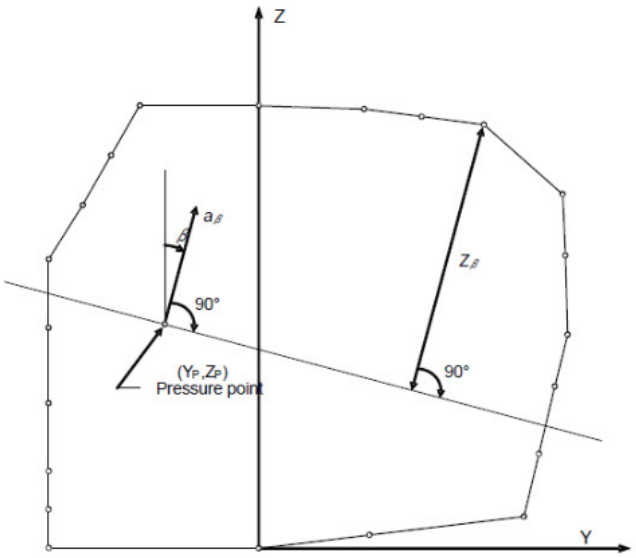


그림 4.2 내압을 구하는 방법

탱크 돔의 총용적(V_d)이 다음의 값을 초과하지 않는 경우를 제외하고 Z_β를 결정하는데 탱크돔은 총 탱크용적의 일부분으로 간주되어야 한다.

$$V_d = V_t\left(\frac{100-FL}{FL}\right)$$

V_t : 돔을 제외한 탱크용적

FL : 219.에 따른 충전한도

ρ : 설계온도에 있어서 액화가스연료 최대밀도(kg/m^3)

그 방향은 (P_{gd})max 또는 $(P_{gd}site)$max가 최대가 되는 방향을 고려하여야 한다. 세 방향에서의 가속도 성분이 고려되는 경우, **그림 4.1**의 타원 대신 타원체가 사용되어야 한다. 상기 식은 만재 탱크에만 적용한다.

(나) 외압

설계외압은 탱크의 어떠한 장소에 동시에 발생하는 최소 내압과 최대 외압의 차로 하여야 한다.

(다) 열로 인한 하중

(a) -55 ℃미만의 화물을 적재할 계획이 있는 탱크의 경우에는 과도(transient) 냉각 하중을 고려하여야 한다.

(b) 지지구조 또는 부착물 및 사용온도에 의한 열응력이 발생하는 액화가스 연료격납설비에 대하여는 정상적인(stationary) 열로 인한 하중을 고려하여야 한다. (**301.**의 **2**항 참조)

(라) 진동

진동으로 인해 액화가스 연료격납설비에 잠재적으로 손상을 줄 수 있는 영향을 고려하여야 한다.

(마) 상호작용에 의한 하중

관련구조물 및 장비를 포함하여 액화가스 연료격납설비와 선체구조 사이의 상호작용에 의한 정적하중을 고려하여야 한다.

(바) 건조 및 설치에 따른 하중

건조 및 설치에 따른 하중 또는 상태(예를 들어 인양)를 고려하여야 한다.

(사) 시험하중

10장 5절에 따른 액화가스 연료격납설비의 시험시 하중을 고려하여야 한다.

(아) 정적 횡경사 하중

0°에서 30°의 범위 내에서 가장 불리한 정적 횡경사각에 따른 하중을 고려하여야 한다.

(자) 기타 하중

언급되지는 않았지만, 액화가스 연료격납설비에 미치는 하중을 고려하여야 한다.

4. 환경하중

(1) 환경하중은 주위환경에 의해 연료격납설비에 미치는 하중을 의미한다. 다만, 이를 영구, 기능 또는 사고하중으로 분류하지는 않는다.

(가) 선박운동으로 인한 하중

동하중의 산정에는 선박이 그 운항기간 중에 만나는 것으로 예상되는 불규칙 해상에서 선체운동의 장기분포를 고려하여야 한다. 선박의 속력저하 및 조우각의 변화에 의한 동하중의 감소를 고려할 수 있다. 선체의 운동에는 전후동요, 좌우동요, 상하동요, 횡동요, 종동요, 및 선수동요를 포함하여야 한다. 탱크의 중량 중심에 다음에 규정하는 가속도 성분을 포함하여 산정하여야 한다.

(a) 상하방향 가속도: 상하동요, 종동요 및 가능한 경우 횡동요(선저에 수직성분)의 운동 가속도

(b) 횡방향 가속도 : 좌우동요, 선수동요 및 횡동요의 운동 가속도 및 횡동요의 중력성분

(c) 종방향 가속도 : 전후동요 및 종동요의 운동가속도 및 종동요의 중력성분

선체운동으로 인한 가속도를 예측하는 방안은 우리 선급에 제출 및 승인을 받아야 한다.(가속도 성분의 참조식은 **선급 및 강선규칙 7편 5장 428.**의 **2**항 (1)호를 참조한다.)

제한된 구역을 항해하는 선박에 대해여는 별도로 고려할 수 있다.

(나) 동적 상호작용에 의한 하중

관련 구조물 및 장비로부터의 하중을 포함하여 액화가스 격납설비와 선체구조의 상호작용으로 인한 하중의 동적 성분이 고려되어야 한다.

(다) 슬로싱 하중

액화가스 격납설비와 내부 구성품에 작용하는 슬로싱 하중은 허용적재높이에 기초하여 산정하여야 한다.

(라) 눈 및 얼음에 의한 하중

관련이 있는 경우 고려하여야 한다.

(마) 빙해지역 운항으로 인한 하중

빙해지역을 운항할 예정인 선박은 빙해지역 운항으로 인한 하중을 고려하여야 한다.

(사) 그린파랑하중

갑판상의 물로 인한 하중을 고려하여야 한다.

(아) 바람하중

바람으로 인한 하중을 적절히 고려하여야 한다.

5. 사고하중

사고하중은 비정상적이거나 계획하지 않은 상태에서 액화가스 연료격납 설비 및 이의 지지구조에 가해지는 하중으로 정의된다.

(1) 충돌하중

충돌하중은 만재적재상태에서 선수방향으로 아래 표의 "a" 에 상응하는 관성력 및 후방으로 "$a/2$" 관성력이 액화가스 연료격납설비에 작용하는 것으로 가정하여 산정하여야 한다. 여기서, g는 중력가속도이다.

표 4.2 선박의 길이에 따른 설계가속도

선박의 길이 (L) (m)	설계가속도(a) ($\mathrm{m/s^2}$)
$L > 100\,\mathrm{m}$	$0.5g$
$60 < L \leq 100\,\mathrm{m}$	$(2-\frac{3(L-60)}{80})g$
$L \leq 60\,\mathrm{m}$	$2g$
플루드 넘버($Fn=\frac{V}{\sqrt{gL}}$, $g=9.81\mathrm{m/s^2}$) ≥ 0.4 이상의 경우, 특별한 고려가 있어야 한다.	

(2) 침수로 인한 하중

독립형탱크의 경우, 탱크 구조와 인접한 선체의 지지구조 및 부상방지초크의 설계 시 완전히 침수된 빈 탱크의 부력에 의한 하중을 고려하여야 한다.

206. 구조 건전성

1. 구조설계는 적절한 안전율을 가지고, 모든 관련된 하중을 견딜 수 있는 능력을 가지고 있음을 보장하여야 한다. 또한 소성변형, 좌굴, 피로 및 액체의 누설 및 가스밀의 상실에 대한 가능성을 고려하여야 한다.
2. 액화가스 연료격납설비의 구조 건전성은 해당되는 액화가스 연료격납설비의 탱크형식에 따른 211.에서 214.까지의 요건에 따라 실증되어야 한다.
3. 새로운 설계방식이거나, 211.에서 214.까지의 요건으로 다룰 수 없는 형식의 액화가스 연료격납설비의 경우, 215.의 요건에 따라 구조적 건전성이 실증되어야 한다.

207. 구조해석

1. 해석

(1) 설계해석은 정역학, 동역학 및 재료강도에 대한 우리 선급이 인정하는 기준에 기초하여야 한다.

(2) 해석이 보수적인 경우, 하중영향을 계산하기 위해 간이 방법 또는 간이 해석이 사용될 수 있다. 모형시험을 조합하여 사용하거나 이론적 계산을 대신하여 사용할 수 있다. 이론적 방법이 부적절한 경우, 모형 또는 실물크기 시험이 요구될 수 있다.

(3) 동하중에 대한 응답을 결정할 경우, 동적 영향은 구조 건정성에 영향을 줄 수 있는 곳에 대하여 고려하여야 한다.

2. 하중 시나리오

(1) 고려하여야 하는 액화가스 연료격납설비의 각 위치 또는 부분과 해석해야 하는 모든 파괴모드에 대하여, 동시에 작용할 수 있는 모든 관련 하중의 조합이 고려되어야 한다.

(2) 건조 중, 화물취급 중, 시험 중 그리고 운항 중의 모든 관련된 단계에서 가장 불리한 시나리오와 조건들이 고려되어야 한다.

(3) 정적응력 및 동적응력이 별도로 계산되고, 또한 다른 적절한 계산방법이 확립되어 있지 않은 경우, 전체응력은 다음에 따른다.

$$\sigma_x = \sigma_{x,st} \pm \sqrt{\sum(\sigma_{x,dyn})^2}$$

$$\sigma_y = \sigma_{y,st} \pm \sqrt{\sum(\sigma_{y,dyn})^2}$$

$$\sigma_z = \sigma_{z,st} \pm \sqrt{\sum(\sigma_{z,dyn})^2}$$

$$\tau_{xy} = \tau_{xy,st} \pm \sqrt{\sum(\tau_{xy,dyn})^2}$$

$$\tau_{xz} = \tau_{xz,st} \pm \sqrt{\sum(\tau_{xz,dyn})^2}$$

$$\tau_{yz} = \tau_{yz,st} \pm \sqrt{\sum(\tau_{yz,dyn})^2}$$

$\sigma_{x,st}$, $\sigma_{y,st}$, $\sigma_{z,st}$, $\tau_{xy,st}$, $\tau_{xz,st}$, 및 $\tau_{yz,st}$: 정적응력

$\sigma_{x,dyn}$, $\sigma_{y,dyn}$, $\sigma_{z,dyn}$, $\tau_{xy,dyn}$, $\tau_{xz,dyn}$, 및 $\tau_{yz,dyn}$: 동적응력

상기의 응력성분은 가속도에 의한 응력성분과 처짐 및 비틀림에 기인하는 선체변형에 의한 응력성분으로부터 각각 구하여야 한다.

208. 설계조건

모든 관련 하중 시나리오와 설계조건에 대하여, 설계시 모든 관련된 파괴모드가 고려되어야 한다. 설계조건은 이 항의 앞부분에서 다루며, 하중 시나리오는 207.의 2항에 따른다.

1. 극한설계조건

(1) 구조적 능력은 탄성 및 소성 재료특성을 고려하여 시험 또는 해석에 의하여 결정하거나, 간이화된 선형 탄성 해석 또는 이 코드 요건에 따라 결정할 수 있다.

(가) 소성변형 및 좌굴이 고려되어야 한다.

(나) 해석은 다음의 특유의 하중값을 기초로 하여야 한다.

영구하중 : 예상값

기능하중 : 특정값

환경하중 : (파랑하중의 경우) 조우하는 10^8개 파 중 가장 큰 하중

(다) 최종강도 산정을 위해, 다음 재료변수를 적용한다.

R_e : 상온에서의 규격 최소 항복응력(N/mm^2). 항복점이 응력-변형선도에 명확하게 나타나지 않는 경우, 0.2 % 변형에서의 내력을 말한다.

R_m : 상온에서의 규격 최소 인장강도(N/mm^2). 알루미늄 합금과 같이, 불가피하게 용접금속의 인장강도가 모재보다 작은 부재를 용접하는 경우(under-matched weld), 각각 용접부의 R_e 및 R_m은 열처리 후의 값을 사용한다. 이 경우에 횡방향 용접인장강도는 모재의 실제 항복강도 보다 낮아서는 안 된다. 만약 이를 만족하지 못할 경우, 이 용접구조는 액화가스 연료격납설비에 적용되어서는 안 된다.

상기 특성은 용접금속을 포함한 제작상태에서의 재료의 기계적 성질의 규격 최소치에 대응하는 것이어야 한다. 우리 선급은 저온에서의 향상된 항복응력 및 인장강도에 대해 특별히 고려할 수 있다.

(라) 등가응력 σ_c (von Mises, Huber)은 다음에 따른다.

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x\sigma_y - \sigma_x\sigma_z - \sigma_y\sigma_z + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)}$$

σ_x, σ_y, σ_z: x축, y축, z축 방향의 전체 법선응력
τ_{xy}, τ_{xz}, τ_{yz}: $x-y$, $x-z$, $y-z$면의 전체 전단응력

상기의 값들은 **207.**의 **2**항 (3)호에 따른다.

(마) **5장 3절**에서 정하는 것 이외의 재료에 대한 허용응력은 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다.

(바) 응력은 피로해석, 균열진전해석 및 좌굴기준에 의하여 제한될 수 있다.

2. 피로설계조건

(1) 피로설계조건은 누적 주기 하중과 관련된 설계조건이다.

(2) 피로해석이 요구되는 경우, 피로하중의 누적 영향은 다음 식을 만족하여야 한다.

$$\sum \frac{n_i}{N_i} + \frac{n_{Loading}}{N_{Loading}} \leq C_W$$

n_i : 탱크의 수명동안 각 응력수준에서의 반복회수
N_i : Wöhler (S-N)곡선에 따른 각 응력수준에 대한 파괴까지의 반복회수
$n_{Loading}$: 탱크의 수명동안 적하 및 양하의 주기수로, 1,000 사이클 보다는 작아서는 안 된다. 적하 및 양하 주기에는 완전한 압력 및 열 사이클을 포함한다. (일반적으로 1,000 회는 운전시간 20년에 상당한다.)
$N_{Loading}$: 적하 및 양하에 의한 피로하중으로 인해 파괴에 이르는 반복회수
C_W : 최대 허용 누적 피로 손상율

피로손상은 탱크의 설계수명에 기초하여야 하며, 조우 파도의 수는 10^8 보다 작아서는 안 된다.

(3) 필요한 경우, 액화가스 연료격납설비는 예상수명동안의 모든 피로하중과 적절한 하중의 조합을 고려하여 피로해석을 하여야 한다. 또한 다양한 적재조건(filling condition)을 고려하여야 한다.

(4) 해석시 사용된 설계 S-N 곡선은 재료 및 용접, 건조상세, 제작절차 및 예상되는 응력상태에 적용할 수 있어야 한다.
S-N 곡선은 최종파괴시까지 관련 실험자료의 평균-2배의 표준편차(mean minus two standard deviation)에 상응하는 97.6 % 생존확률에 기초하여야 한다. 여러 가지 방법으로 도출된 S-N 곡선은 (7)호에서 (9)호에 명시된 허용 C_W 값을 조정하여 이용할 수 있다.

(5) 해석은 다음의 특정 하중값을 기초로 한다.
영구하중 : 예상값
기능하중 : 특정값 또는 특정 이력
환경하중 : 예상되는 하중이력, 10^8 사이클보다 작아서는 안 된다.
피로수명예측에 간이화된 동적 하중 스펙트럼은 우리 선급이 특별히 인정하는 경우 사용할 수 있다.

(6) **202.**의 **3**항과 같이 2차방벽의 크기가 감소된 경우, 피로균열 진행의 파괴역학해석은 다음을 결정하기 위해 수행되어야 한다.
(가) 구조에서 균열전파경로. (7)호에서 (9)호까지에서 필요로 하는 경우, 적용가능
(나) 균열성장율
(다) 균열이 탱크에 누설을 발생하기까지 소요되는 시간
(라) 균열의 두께방향 크기 및 형상
(마) 식별가능한 균열이 두께방향 관통하여 임계상황에 도달하는데 걸리는 시간
일반적으로, 파괴역학에서는 시험자료의 평균+2배의 표준편차를 취한 균열의 성장자료를 기초로 한다. 균열전파해석에서, 허용 비파괴 검사 및 육안검사 기준을 고려하여, 검사방법 적용으로 발견할 수 없는 최대크기의 초기균열을 추정하여야 한다.

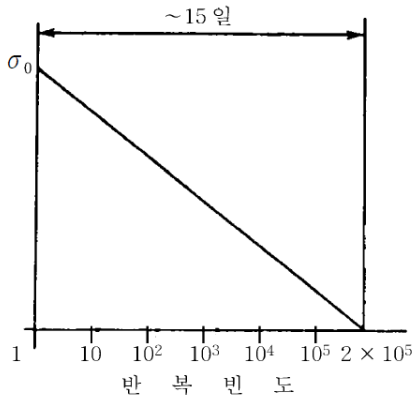
(7)호의 조건하에서 균열전파해석 : 15일 기간 동안의 간이화된 하중분포 및 진행과정이 사용될 수 있다. 이러한 분포는 **그림 4.3**에서와 같이 얻을 수 있다. (8)호 및 (9)호의 더 긴 기간 동안의 하중분포 및 진행과정은 우리 선급의 승인을 받아야 한다.

해당되는 경우, 배치는 (7)호에서 (9)호까지에 적합하여야 한다.

(7) 누설감지방법에 의해 확실히 감지될 수 있는 파괴의 경우, C_W 는 0.5 이하이어야 한다. 특정 항로에 종사하는 선박에 대해 다른 요건을 적용하는 경우를 제외하고, 누설의 감지시점으로부터 임계상황에 이르기까지의 예상 잔존 파괴진행시간은 15일 보다 작아서는 안 된다.

(8) 누설에 의해 감지되지 않으나, 운항 중 검사 시 확실히 식별될 수 있는 파괴의 경우, C_W 는 0.5 이하이어야 한다. 운항 중 검사방법으로 식별될 수 없는 최대크기의 균열이 임계상황에 이르기까지의 예상 잔존 파괴진행시간은 3번의 검사간격보다 작아서는 안 된다.

(9) 유효한 결함 또는 균열전파를 감지할 수 없는 탱크의 특정위치에서는 보다 엄격한 파괴허용기준이 최소값으로 적용되어야 한다. C_W 는 0.1 이하이어야 한다. 가정된 초기결함으로부터 임계상황에 도달하기까지의 예상되는 파괴진행시간은 탱크수명의 3배보다 작아서는 안 된다.



σ_0 : 선박의 일생에 있어서 최대응력의 기대치

반복빈도는 대수표시 : 2×10^5을 추정의 **일례**로써 표시한다.

그림 4.3 간소화된 하중 분포

3. 사고설계조건

(1) 사고설계조건은 발생가능성이 매우 낮은 사고하중에 대한 설계조건이다.

(2) 해석은 다음의 특성값들을 기초로 하여야 한다.

영구하중: 예상값

기능하중: 특정값

환경하중: 특정값

사고하중: 특정값 또는 예상값

205.의 **3**항 (3)호 (아) 및 **205.**의 **5**항에 언급된 하중들은 서로 또는 파도로 인한 하중과 조합할 필요는 없다.

209. 재료 및 제작

1. 재료

(1) 선체구조재료

(가) 선체구조에 사용되는 판 및 형강들의 재료등급을 결정하기 위해 모든 탱크형식에 대해 온도분포계산이 수행되어야 한다. 계산 시 다음의 가정을 적용하여야 한다.

(a) 모든 탱크의 1차방벽은 액화가스연료의 온도에 있는 것으로 가정하여야 한다.

(b) (a)에 추가하여, 완전 또는 부분 2차방벽이 요구되는 경우, 2차방벽은 임의의 1개 탱크에 대해 표준대기압에서 액화가스연료의 온도에 있는 것으로 가정하여야 한다.

(c) 항해구역이 제한되지 않는 경우, 주위온도가 대기는 5 °C 및 해수는 0 °C로 하여야 한다. 한정된 항로를 운항하는 선박에 대해서는 더 높은 주위온도를 적용할 수 있다. 반대로, 동계에 더 낮은 온도가 예상되는 지역을 운항하는 선박에 대해서는 우리 선급이 인정하는 경우 더 낮은 온도를 적용할 수 있다.

(d) 대기 및 해수가 잔잔한 조건으로 가정하여야 한다. 즉, 강제 대류(forced convection)에 대한 조정이 없어야 한다.

(e) **3**항 (6)호 및 **3**항 (7)호의 열 및 기계적 노후화, 압착작용(compaction), 선박운동 및 탱크진동과 같은 요소로 인한 선박의 수명동안 방열재 특성의 열화(degradation)가 가정되어야 한다.

(f) 해당되는 경우, 액체화물로부터 누설되는 화물의 증발증기로 인한 냉각효과가 고려되어야 한다.

(g) 가열장치가 (라)를 만족하는 경우. (다)에 따른 선체가열이 있는 것으로 한다.

(h) (다)에 기술된 경우를 제외하고, 다른 모든 가열방법은 인정하지 않는다.

(i) 내부선체와 외부선체를 연결하는 구조부재의 강재등급은 그 평균온도를 사용하여 정할 수 있다.

(나) 액화가스연료의 영향으로 설계조건에서 계산된 온도가 0 °C보다 낮은 모든 기타 선체구조의 재료는 **표5.5**에 따른다. 여기에는 액화가스 연료탱크, 이중저 판, 종격벽판, 횡격벽판, 늑판, 웨브, 스트링거와 모든 부착된 보강재를 포함한다.

(다) 재료의 온도가 **표 5.5**에 명시된 재료의 등급에 따라 허용 최저온도 아래로 떨어지지 않도록 하기 위하여 구조재료에 가열장치가 사용될 수 있다. (가)의 계산에서 그러한 가열설비를 다음의 위치에 고려할 수 있다.

(a) 임의의 횡방향 선체구조

(b) 가열에 대한 계산을 고려하지 않으며, 재료가 공기중 5 °C 및 해수 0 °C의 주위온도조건에 적합한 경우, 보다 낮은 주위온도가 요구될 경우, (나)에 규정하는 종방향 선체구조

(c) 상기 (b)를 대신하여, 액화가스연료 탱크 사이의 종격벽에 대해, 만약 재료가 -30 °C의 최저설계온도 또는 가열을 고려하고 (a)에 따라 결정된 온도보다 30 °C 더 낮은 온도, 둘 중 더 낮은 온도에서 적절하게 유지된다면, 가열에 대해 고려할 수 있다. 이러한 격벽이 유효하다고 고려되는 경우 및 그렇지 않은 경우 모두에 대해 선박의 종강도는 **선급 및 강선규칙 3편 3장**의 요건을 만족하여야 한다.

(라) (다)에 따른 가열수단은 다음 요건을 만족하여야 한다.

(a) 가열설비는 이 장치의 어떠한 부분이 고장난 상태에서도 예비의 가열장치에 의하여 이론적으로 필요한 열량을 100 % 이상 공급할 수 있는 것이어야 한다.

(b) 가열장치는 중요보기로 고려하여야 한다. (다) (a)에 따라 제공되는 최소 하나 이상 시스템의 모든 전기부품들에 비상전원이 공급되어야 한다.

(c) 가열장치의 설계 및 제작시 격납설비를 포함하여 우리 선급에 승인을 받아야 한다.

2. 1차 및 2차방벽의 재료

(1) 선체를 구성하지 않는 1차 및 2차방벽 제작에 사용되는 금속재료는 해당되는 설계하중에 적합하여야 하고, **표5.1**, **5.2** 또는 **5.3**에 따른다.

(2) 1차 및 2차방벽이 **표5.1**, **5.2** 및 **5.3**에 규정되지 않은 금속재료 또는 비금속재료로 제작된 경우, 재료는 방벽의 특성 및 용도에 따른 설계하중을 고려하여 우리 선급에 의해 승인되어야 한다.

(3) 1차 또는 2차방벽에 복합재료를 포함하여, 비금속 재료(**215.** 참조)가 사용되거나 포함되는 경우, 이들의 의도된 기능에 대한 적합성을 확인하기 위하여 해당되는 경우 다음의 특성에 대해 시험하여야 한다.

(가) 액화가스연료와의 적합성

(나) 노후화

(다) 기계적 특성

(라) 열팽창 및 열수축

(마) 마모(abrasion)

(바) 결합(cohesion)

(사) 진동 저항성

(아) 화재 및 화염 전파에 대한 저항성

(자) 피로파괴 및 균열 전파에 대한 저항성

(4) 해당되는 경우, 상기 특성들은 운용중 예상최대온도와 최저설계온도에 5 °C 낮은 온도 사이에서 시험하여야 하고, -196 °C보다 낮아서는 안 된다.

(5) 복합재료를 포함한 비금속재료가 1차 및 2차방벽으로 사용되는 경우, 결합절차는 상기 (1)호에서 (4)호에 따른 것과 같이 시험되어야 한다.

(6) 1차 및 2차방벽에 사용되는 재료가 화재와 화염의 확산이 느린 특성을 가지지 않은 경우, 적절한 장치로 보호되거나 또는 방화벽이 제공된다면 적절히 고려할 수 있다.(예를 들어 영구적인 불활성 가스와 같은 장치)

3. 액화가스 연료격납설비에 사용되는 방열재 및 기타 재료

(1) 액화가스 연료격납설비에 사용되는 하중을 견디는 방열재 및 기타 재료는 설계하중에 적합하여야 한다.

(2) 액화가스 연료격납설비에 사용되는 방열재 및 기타 재료는 다음의 특성을 가져야 하며 계획된 운용에 적합함을 보장하기 위하여 시험하여야 한다.

(가) 액화가스연료와의 적합성(compatibility)
(나) 액화가스연료와의 용해성(solubility)
(다) 액화가스연료와의 흡수성(absorption)
(라) 수축성(shrinkage)
(마) 노후화(ageing)
(바) 독립기포율(closed cell content)
(사) 밀도
(아) 액화가스연료와 기타 하중을 받는 범위까지의 기계적 성질. 열 팽창 및 수축
(자) 마모성(abrasion)
(차) 결합성(cohesion)
(카) 열 전도율
(타) 진동 저항성
(파) 화재 및 화염전파에 대한 저항성
(하) 피로파괴 및 균열 전파에 대한 저항성

(3) 해당되는 경우, 상기의 특성은 사용 중 예측되는 최고온도와 최저설계온도보다 5 °C 낮은 온도 사이에서 시험하여야 한다. 다만, 최저온도는 -196 °C보다 낮게 할 필요는 없다.

(4) 방열재가 설치되는 장소 또는 그 환경조건에 따라, 방열재료는 적절한 내화성 및 내화염전파성을 갖는 것이어야 하고, 또한 수증기의 침입 및 기계적 손상에 대하여 적절히 보호되어야 한다. 방열재가 노출갑판상 또는 그보다 위에 위치하거나 탱크덮개 관통부 근처에 위치하는 경우, 우리 선급의 기준에 따라 적절한 방화특성을 가지거나 또는 화염전파 특성이 낮은 재료로 보호되어야 하고, 승인된 유효한 증기 밀봉장치(Seal)를 하여야 한다.

(5) 방화기준에 적합하지 않는 방열재는 연료저장창 구역이 영구적으로 불활성화 되지 않는 경우, 이의 표면이 화염전파 특성이 낮은 재료로 보호되고 승인된 유효한 밀봉장치를 한 경우 사용될 수 있다.

(6) 방열재의 열전도율 시험은 적절히 숙성된 표본으로 시행하여야 한다.

(7) 분말상 또는 입자상의 방열재가 사용될 경우, 운용중 재료가 작아지는 것을 최소화하고, 필요한 열전도율을 유지하는 조치를 취하여야 한다. 또한, 화물격납설비에 가해지는 현저한 압력증가를 방지할 수 있는 방법도 고려하여야 한다.

210. 제작

1. 용접 이음부의 설계

(1) 독립형탱크의 탱크판의 모든 용접이음은 완전 용입형의 맞대기용접으로 하여야 한다. 탱크판과 돔의 연결부에는 용접절차 승인시험의 결과에 따라 완전용입형의 필릿이음용접으로 할 수 있다. 돔에 설치되는 작은 관통부를 제외하고 노즐의 용접도 원칙적으로 완전용입형으로 설계하여야 한다.

(2) 독립형탱크 형식 C 및 주로 곡면으로 제작되는 독립형탱크 형식 B의 수밀 1차 격벽의 용접이음의 상세는 다음에 따른다.

(가) 압력용기의 모든 길이방향 및 원주방향 이음은 양면 V형 개선 또는 일면 V형 개선의 완전용입형의 맞대기용접으로 하여야 한다. 완전용입형의 맞대기용접은 양면용접 또는 뒷댐판을 사용하여 행하여야 한다. 뒷댐판을 사용한 경우, 대단히 작은 프로세스 압력용기에 사용되는 경우를 제외하고 뒷댐판은 제거하여야 한다. 그 밖의 V형 개선은 용접절차 인정시험의 결과에 따라 우리 선급이 인

정하는 경우, 사용할 수 있다.(맨홀없이 진공 방열된 탱크의 경우, 길이방향 및 원주방향 이음(circumferential joint)은, 뒷댐링을 사용한 일면용접이 적용된 외판의 탑재용접을 제외하고는, 앞서 언급된 요건을 만족하여야 한다.) 독립형탱크 형식 C의 바이로브형(bilobe) 탱크 종형격벽으로의 탱크벽 연결에서, 완전 용입형 T형 용접을 허용할 수 있다.

(나) 탱크 본체와 돔 및 돔과 관련 부착품과의 이음부의 V형 개선 형상은 **선급 및 강선규칙 5편 5장**의 규정에 따라 설계하여야 한다. 용기의 노즐, 돔 또는 기타 관통부의 모든 용접 및 용기나 노즐의 플랜지이음의 모든 용접은 완전용입형의 용접으로 하여야 한다.

2. 접착 및 기타 이음공정에 대한 설계

(1) 접착에 의한 이음부(또는 기타 용접을 제외한 다른 방법)의 설계는 연결과정의 강도특성을 고려하여야 한다.

211. 독립형탱크 형식 A

1. 설계기준

(1) 독립형탱크 형식 A라 함은 주로 종래에 사용되는 있는 선체강도 해석법에 따라 인정하는 기준에 의해 설계되는 탱크를 말한다. 이 탱크가 주로 평판으로 구성되는 경우, 설계증기압 P_0는 0.07 MPa 미만이어야 한다.

(2) **202.**의 **4**항에 따른 완전 2차방벽이 설치되어야 한다. 2차방벽은 **202.**의 **5**항에 따라 설계되어야 한다.

2. 구조해석

(1) 구조해석은 **205.**의 **3**항 (3)호 (가)에 규정하는 내압을 고려하여 우리 선급이 적절하다고 인정하는 방법으로 하여야 하며, 해당 선체구조와 주요부재의 상호작용에 대해 고려하여야 한다.

(2) 이 지침에서 규정하지 않는 부분(예를 들면, 지지부의 구조)에 대하여는 **205.**의 **2**항에서 **205.**의 **5**항에 규정하는 설계하중 중 적절한 하중 및 지지부의 선체처짐(deflection)을 고려한 직접계산방법에 의하여 응력을 구하여야 한다.

(3) 지지부를 갖춘 탱크들은 **205.**의 **5**항의 사고하중에 대해 설계되어야 한다. 이 하중들은 서로 또는 환경하중과 조합할 필요는 없다.

3. 한계설계조건

(1) 주로 평판에 의하여 구성되는 탱크에 대해, 종래 사용되고 있는 방법으로 구하는 1차 및 2차부재(보강재, 특설늑골, 스트링거, 거더)의 공칭 멤브레인 응력은 니켈강, 탄소망간강, 오스테나이트계 강재 및 알루미늄 합금에 대하여 $R_m/2.66$ 또는 $R_e/1.33$중 작은 것을 넘어서는 안 된다. 여기서, R_m 및 R_e 는 **208.**의 **1**항 (1)호 (다)에 따른다. 다만, 1차부재에 관한 상세응력계산을 행할 경우, **208.**의 **1**항 (1)호 (라)에서 정한 등가응력 σ_c는 우리 선급이 인정하는 경우, 보다 높은 허용응력으로 할 수 있다. 이 상세계산은 선체구조와 액화가스 연료탱크 바닥의 처짐에 의한 선체와 액화가스 연료탱크의 상호 반력의 영향을 포함하고 굽힘, 전단, 축방향 및 비틀림 변형의 영향을 고려한 것이어야 한다.

(2) 탱크판의 두께는 **205.**의 **3**항 (3)호 (가)에 따른 내부압력과 **201.**의 **7**항의 부식 허용치를 고려하여 최소한 **선급 및 강선규칙 3편 15장**의 디프탱크의 규정에 적합하여야 한다.

(3) 액화가스 연료탱크 구조는 좌굴에 대해 검토되어야 한다.

4. 사고설계조건

(1) 탱크 및 탱크 지지부는 **201.**의 **6**항 (3)호 및 **205.**의 **5**항의 사고하중 및 설계조건을 고려하여 설계되어야 한다.

(2) **205.**의 **5**항의 사고하중을 적용할 경우, 응력은 사고의 낮은 발생확률을 고려하여 적절히 수정된 **1**항 (3)호의 허용기준에 따라야 한다.

212. 독립형탱크 형식 B

1. 설계기준

(1) 독립형탱크 형식 B는 응력수준, 피로수명 및 균열진전 특성 등을 결정하기 위해 모형시험, 정밀한 해석수단 및 해석법을 이용하여 설계된 탱크를 말한다. 이 탱크는 주로 평면판에 의하여 구성되는(직육면체 탱크) 경우, 설계증기압 P_0는 0.07 MPa 미만이어야 한다.

(2) 누설방지장치가 있는 부분 2차방벽이 **202.**의 **4**항에 따라 설치되어야 한다. 소규모 누설 방지장치는 **202.**의 **6**항에 따라 설계되어야 한다.

2. 구조해석

(1) 다음의 각 항에 대하여 모든 동적 및 정적하중의 영향을 고려하여 구조의 적합성을 확인하여야 한다. 유한요소해석 또는 이와 동등한 해석방법과 파괴역학해석 또는 이와 동등한 해석을 하여야 한다.

(가) 소성변형

(나) 좌굴

(다) 피로파괴

(라) 균열진전

(2) 선체와의 상호작용을 포함한 응력을 평가하기 위하여 3차원해석을 하여야 한다. 이 해석의 구조모델은 액화가스 연료탱크와 그 지지 및 고정방법과 적절한 범위의 선체구조부분을 포함하여야 한다.

(3) 불규칙파 중에 있어서 동형선에 의한 유효한 자료가 없을 경우에는 특정 선박의 가속도 및 운동의 정밀해석 및 이들의 힘 및 운동에 대한 선체와 액화가스 연료탱크 응답의 정밀해석을 수행하여야 한다.

3. 한계설계조건

(1) 소성변형

주로 구형의 독립형탱크 형식 B의 허용응력은 다음의 규정을 만족하여야 한다.

외판의 두께와 보강재의 크기는 독립형탱크 형식 A에 요구하는 것보다 작아서는 안 된다.

$$\sigma_m \leqq f$$
$$\sigma_L \leqq 1.5f$$
$$\sigma_b \leqq 1.5F$$
$$\sigma_L + \sigma_b \leqq 1.5F$$
$$\sigma_m + \sigma_b \leqq 1.5F$$
$$\sigma_m + \sigma_b + \sigma_g \leqq 3.0F$$
$$\sigma_L + \sigma_b + \sigma_g \leqq 3.0F$$

σ_m : 등가 1차 일반막응력

σ_L : 등가 1차 국부막응력

σ_b : 등가 1차 굽힘응력

σ_g : 등가 2차 굽힘응력

f : R_m/A 또는 R_e/B 중 작은 것

F : R_m/C 또는 R_e/D 중 작은 것

R_m 및 R_e : 208.의 1항 (1)호 (다)에 따른다.

σ_m, σ_L, σ_g 및 σ_b : 2항 (3)호 (바)에 따른다.

A, B, C 및 D의 값은 **표 4.3**의 최소값 이상으로 하여야 한다.

표 4.3 A,B,C 및 D 값

	니켈강 및 탄소-망간강	오스테나이트 강	알루미늄 합금
A	3	3.5	4
B	2	1.6	1.5
C	3	3	3
D	1.5	1.5	1.5

상기의 값은 우리 선급이 인정하는 경우 설계조건을 고려하여 다른 값을 사용할 수 있다. 주로 평면판으로 구성되는 독립형탱크 형식 B에 대하여, 유한요소해석시 허용 멤브레인 등가응력(allowable membrane equivalent stresses)은 다음을 초과하여서는 안 된다.

(가) 니켈강 및 탄소-망간강 : $R_m/2$ 또는 $R_e/1.2$ 중 작은 값보다 작아야 한다.
(나) 오스테나이트 강 : $R_m/2.5$ 또는 $R_e/1.2$ 중 작은 값보다 작아야 한다.
(다) 알루미늄 합금 : $R_m/2.5$ 또는 $R_e/1.2$ 중 작은 값보다 작아야 한다.

우리 선급이 인정하는 경우, 응력, 해석방법 및 설계조건을 고려하여 수정할 수 있다.

(2) 좌굴

외압과 압축응력을 일으키는 기타 하중을 받는 액화가스 연료탱크의 좌굴강도해석은 우리 선급이 적절하다고 인정하는 기준에 따라 수행되어야 한다. 해석방법은 이론적인 것과 판 끝단의 정렬 불량, 직선도 및 편평도 불량, 정원과의 편차의 결과에 따른 실제 좌굴응력과의 차이를 적절히 고려할 수 있어야 한다.

(3) 피로설계조건

(가) 피로 및 균열진전 평가는 **208.**의 **2**항에 따라 수행되어야 한다. 승인기준은 결함의 식별가능성에 따라 **208.**의 **2**항 (7)호, **208.**의 **2**항 (8)호 또는 **208.**의 **2**항 (9)호를 따라야 한다.

(나) 피로해석은 건조공차(construction tolerance)를 고려하여야 한다.

(다) 우리 선급이 필요하다고 인정하는 경우, 모형시험은 구조부재의 응력집중계수 및 피로수명을 결정하기 위해 요구될 수 있다.

(4) 사고설계조건

(가) 탱크와 탱크지지부는 **201.**의 **6**항 (3)호 및 **205.**의 **5**항에 따라, 해당되는 사고하중 및 설계조건에 대해 설계하여야 한다.

(나) **205.**의 **5**항에 따른 사고하중을 적용할 때, 응력은 낮은 발생빈도를 고려하여 적절히 수정된 **3**항의 허용기준에 따라야 한다.

(5) 표시

압력용기의 모든 표시는 허용응력을 초과하는 국부응력을 일으키지 않는 방법으로 표시되어야 한다.

(6) 응력의 분류(Stress categories)

응력평가를 위해서, 응력을 다음과 같이 분류한다.

(가) 수직응력(Normal stress) : 대상으로 고려하는 단면에 수직의 응력성분

(나) 막응력 : 대상으로 고려하는 단면의 두께방향의 응력분포에 동일하고 두께방향에 균일하게 분포하고 있는 수직 응력성분

(다) 굽힘응력 : 대상으로 고려하는 단면에서 막응력을 제외한 후 두께방향에 변화하는 응력

(라) 전단응력 : 대상으로 고려하는 단면의 접선방향에 작용하는 응력성분

(마) 1차응력 : 하중에 의하여 발생되는 응력으로서 외부로부터의 힘 및 모멘트에 균형을 갖기 위하여 필요한 응력이다. 1차응력의 기본적인 특성은 그것이 자기 평형작용이 없는 것이다. 항복강도를 크게 초과한 1차응력은 파괴 또는 적어도 큰 변형을 일으킨다.

(바) 1차일반막응력 : 구조물에 분포하고 항복에 의하여 하중의 재배분을 일으키는 일이 없는 1차막응력

(사) 1차국부막응력 : 압력 또는 다른 기계적 하중에 따라 발생하고 또한, 1차응력 또는 불연속효과와 조합된 막응력이 구조물의 다른 부분에 하중을 전달할 때 과도한 변형을 일으키는 경우가 있다. 이 응력은 2차응력적인 성질을 가지고 1차국부막응력으로 분류한다. 이 응력영역이 다음 식을 만족할 때에는 국부적으로 간주할 수 있다.

$S_1 \leqq 0.5\sqrt{Rt}$ 및 $S_2 \geqq 2.5\sqrt{Rt}$

S_1 : 등가응력이 1.1 f를 넘는 영역의 자오선 방향의 거리
S_2 : 1차 일반막응력의 허용치를 넘는 기타의 고응력 영역까지의 자오선 방향의 거리
R : 용기의 평균반경
t : 1차 일반막응력의 허용치를 넘는 위치의 용기의 판두께
f : 1차 일반막응력의 허용치

(아) 2차응력 : 인접부재의 구속 또는 구조물의 자기구속에 의하여 발생되는 수직응력 또는 전단응력, 2차응력의 기본적 특성은 2차응력이 자기평행작용을 갖는 것이다. 국부적인 항복 또는 미세한 변형은 응력을 발생하는 원인이 되는 조건을 만족할 수 있다.

213. 독립형탱크 형식 C

1. 설계기준

(1) 독립형탱크 형식 C에 대한 설계기준은 파괴역학 및 균열진전기준을 포함한 수정된 압력용기기준에 기초한다. (2)호에 정의된 최소설계압력은 동적 응력이 충분히 작아서 최초 표면결함이 탱크의 수명동안 탱크외판 두께의 반 이상 진전되지 않는다는 것을 보장하도록 설계되어야 한다.

(2) 설계증기압 P_0는 다음보다 작아서는 안 된다.

$$P_0 = 0.2 + AC(\rho_r)^{1.5} \quad \text{(MPa)}$$

$$A = 0.00185\left(\frac{\sigma_m}{\Delta\sigma_A}\right)^2$$

σ_m : 설계 1차막응력
$\Delta\sigma_A$: 허용 동적막응력(발현확률 $Q = 10^{-8}$ 레벨에서의 양진폭)으로 다음에 따른다.
- 페라이트-펄라이트강, 마르텐사이트강, 오스테나이트강의 경우: 55 N/mm^2
- 알루미늄합금(5083-0)의 경우: 25 N/mm^2

C : 탱크의 크기에 따라 결정되는 아래의 값중 최대값: h, $0.75b$ 또는 $0.45l$
h : 탱크 높이(m) (선박의 깊이 방향)
b : 탱크 너비(m) (선박의 너비 방향)
l : 탱크 길이(m) (선박의 길이 방향)
ρ_r : 설계온도에 있어서 화물의 비중(ρ_r=1:청수)

2. 탱크외판두께

(1) 외판두께는 다음을 따른다.

(가) 압력용기의 경우, (4)호에 따라 계산된 두께는 마이너스 공차가 없는 성형(forming)후 최소두께로 고려하여야 한다.

(나) 성형후의 부식 예비두께를 포함한 압력용기의 동판 및 경판의 최소두께는 탄소망간강 및 니켈강에 대하여는 5 mm, 오스테나이트강에 대하여는 3 mm 및 알루미늄합금에 대하여 7 mm 이상이어야 한다.

(다) (4)호의 계산에 사용하는 용접이음 효율은 **10장 306.**의 **4**항에 정하는 검사 및 비파괴시험을 행할 경우 0.95로 하여야 한다. 이 수치는 사용재료, 이음의 종류, 용접법 및 하중의 종류 등을 고려하여 1.0까지 증가할 수 있다. 프로세스용 압력용기에 대하여 우리 선급은 부분적으로 비파괴시험을 인정할 수 있으나, 그 시행범위는 사용재료, 설계온도, 조립상태에서의 재료의 무연성 천이온도, 용접이음의 종류 및 용접법에 따라 **10장 306.**의 **4**항에 정한 것 이상이어야 하고, 또한 이음효율은 0.85 이하의 값을 적용하여야 한다. 특별한 재료에 대하여 상기의 이음효율은 용접이음부의 규정된 기계적 성질에 따라서 감소되어야 한다.

(2) 내부압력 계산시 **205.**의 **3**항 (3)호 (가)에 정의된 설계수압을 고려하여야 한다.
(3) 압력용기의 좌굴 검토시 사용하는 설계외부압력 P_e는 다음 식에 의한 것 이상이어야 한다.

$$P_e = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \quad (\mathrm{MPa})$$

P_1 : 진공 도출밸브(vacuum relief valve)의 설정압력. 진공 도출밸브가 설치되지 않은 압력용기에 대한 P_1은 특별히 고려하여야 하고 일반적으로 0.025 MPa 이상이어야 한다.
P_2 : 압력용기 또는 그 일부를 완전하게 폐위하는 구획의 압력도출밸브(PRVs, Pressure relief valves)의 설정압력, 기타의 경우에는 P_2 = 0으로 한다.
P_3 : 방열재의 중량 및 수축, 부식 예비두께를 포함한 동판의 중량 및 압력용기가 받는다고 예상되는 기타의 외압에 의한 동판의 압축작용력, 이것에는 반드시 한정하지는 않으나 돔의 중량, 타워 및 관장치의 중량, 반적재화물 등의 영향, 가속도 및 선체 변형의 영향을 포함하는 것으로 한다. 또한 내압 및 외압의 국부적인 영향에 대하여도 고려하여야 한다.
P_4 : 노출갑판상에 있는 압력용기 또는 그 일부의 수두에 의한 외압, 기타의 경우 P_4 = 0으로 한다.

(4) 내압에 기초한 부재치수는 다음에 따른다.
205.의 **3**항 (3)호 (가)에 정의된 내압 하에서 압력용기의 압력유지부의 형상 및 두께는 플렌지를 포함하여 결정되어야 한다. 이러한 계산은 모든 경우에 승인된 압력용기 설계이론에 기초하여야 한다. 압력용기의 압력유지부의 개구는 **선급 및 강선규칙 4편 2장**에 따른다.
(5) 정적 및 동적하중에 대한 응력해석
(가) 압력용기의 치수는 (1)호에서 (4)호까지 및 **3**항의 규정에 따라야 한다.
(나) 지지구조 및 지지구조부의 동판 또는 경판 부착품에 가해지는 하중 및 응력을 계산하여야 한다. **205.**의 **2**항에서 **205.**의 **5**항에 정하는 하중에서 해당되는 하중을 사용하여야 한다. 지지구조부의 응력은 우리 선급이 인정하는 공인기준에 따른다. 우리 선급이 필요하다고 인정할 경우에는 피로해석을 요구할 수 있다.
(다) 우리 선급이 필요하다고 인정할 경우, 2차응력 및 열응력에 대하여는 특별히 고려할 수 있다.

3. 한계설계조건

(1) 소성변형
독립형탱크 형식 C의 허용응력은 다음의 규정을 만족하여야 한다.

$$\sigma_m \leqq f$$
$$\sigma_L \leqq 1.5f$$
$$\sigma_b \leqq 1.5f$$
$$\sigma_L + \sigma_b \leqq 1.5f$$
$$\sigma_m + \sigma_b \leqq 1.5f$$
$$\sigma_m + \sigma_b + \sigma_g \leqq 3.0f$$
$$\sigma_L + \sigma_b + \sigma_g \leqq 3.0f$$

σ_m : 등가 1차 일반막응력
σ_L : 등가 1차 국부막응력
σ_b : 등가 1차 굽힘응력
σ_g : 등가 2차 굽힘응력
f : R_m/A 또는 R_e/B 중 작은 것

R_m과 R_e에 대하여는 **208.**의 **1**항 (1)호 (다)에 따른다.
σ_m, σ_L, σ_b 에 대하여는 **212.**의 **3**항 (6)호에 따른다.

A 및 B의 값은 **표 4.4**에 표시하는 최소값 이상으로 하여야 한다.

표 4.4 A 및 B의 값

	니켈강 및 탄소-망간강	오스테나이트강	알루미늄합금
A	3	3.5	4
B	1.5	1.5	1.5

(2) 좌굴기준은 다음에 따른다.
압축응력을 일으키는 외압 및 기타의 하중을 받는 압력용기의 치수 및 모양은 승인된 압력용기 좌굴이론을 이용한 계산에 기초하여야 하며, 또한, 판 가장자리의 어긋남, 진원도 및 규정의 호 또는 현의 길이를 통한 진원형으로부터의 오차에 의한 이론적인 좌굴응력과 실제의 좌굴응력과의 차를 적절하게 고려한 것이어야 한다.

4. 피로설계조건

(1) 독립형탱크 형식 C의 경우, 대기압에서 액화가스연료의 온도가 -55 ℃ 이하인 경우, 우리 선급은 탱크의 크기와 구성, 탱크 지지구조 및 부착물의 배치에 따라 정적 및 동적응력을 고려하여 **213.**의 **1**항 (1)호에 적합함을 확인하기 위해 추가검증을 요구할 수 있다.

(2) 진공방열 탱크의 경우, 지지부 설계에서 피로강도 및 안쪽과 바깥 판 사이에 대한 검사 가능성이 제한적이라는 것도 특별히 고려하여야 한다.

5. 사고설계조건

(1) 탱크 및 탱크지지구조는 사고하중 및 **205.**의 **5**항 및 **201.**의 **1**항 (6)호 (다)에 명시된 설계조건에서 해당되는 조건에 따라 설계되어야 한다.

(2) **205.**의 **5**항에 명시된 사고하중을 적용할 경우, 응력은 발생가능성이 낮음을 고려하여 적절히 수정한 **213.**의 **3**항 (1)호에 명시된 승인기준에 따라야 한다.

6. 표시

압력용기에 요구되는 표시는 허용 불가능한 국부응력을 일으키지 않는 방법으로 수행하여야 한다.

214. 멤브레인 탱크

1. 설계기준

(1) 멤브레인 격납설비는 열 및 기타의 신축이 멤브레인의 수밀성 상실에 과도한 위험이 없도록 설계하여야 한다.

(2) 해석 및 시험에 기초한 체계적 접근은 **2**항 (1)호에 명시된 사용 중 식별된 사례를 고려하여 탱크의 의도된 기능을 제공함을 입증하도록 사용되어야 한다.

(3) **202.**의 **6**항에서 요구하는 완전 2차방벽을 설치하여야 하며, 이 2차방벽은 **202.**의 **7**항에 따라 설계되어야 한다.

(4) 설계증기압 P_0는 원칙적으로 0.025 MPa를 넘어서는 안 된다. 다만, 선체구조 치수를 필요에 따라 증가하고, 또한 방열구조의 지지강도가 적절하면 P_0는 보다 큰 값으로 할 수 있으나 0.07 MPa 미만이어야 한다.

(5) 멤브레인탱크의 정의에는 비금속성 멤브레인이 사용될 경우, 또는 멤브레인이 방열재에 포함되는 경우, 혹은 멤브레인이 방열재와 조립되는 설계를 포함한다.

(6) 일반적으로 멤브레인의 두께는 10 mm를 넘어서는 안 된다.

(7) **303.**의 **1**항에 따라, 1차방열공간과 2차방열공간에 불활성 가스의 순환은 유효한 가스탐지방법을 충분히 가능하도록 하는 것이어야 한다.

2. 설계시 고려사항

(1) 멤브레인의 수명동안 수밀성을 상실하도록 할 수 있는 잠재적 사고가 평가되어야 한다. 이 사고는 아래의 사항을 포함하나, 이에 국한하여서는 안 된다.

(가) 한계설계사건

- 멤브레인의 인장파괴

- 방열재의 압축붕괴
- 열에 의한 노화
- 방열재와 선체구조 간 접착의 상실
- 방열재와 멤브레인의 접착의 상실
- 내부구조 및 이의 지지구조의 구조적 완전성
- 지지선체구조의 파괴

(나) 피로설계사건
- 선체와의 접착을 포함한 멤브레인의 피로
- 방열재의 피로균열
- 내부구조부재 및 이의 지지구조의 피로
- 평형수의 침수로 이어지는 내부선체의 피로균열

(다) 사고설계사건 : 내부 단층의 사고가 동시 또는 연속적으로 양쪽 멤브레인의 파괴를 일으키는 설계는 허용하지 않는다.
- 돌발적인 기계적 손상(운용중 탱크내부에서의 물체의 낙하 등)
- 방열공간의 돌발적인 과압
- 탱크내의 돌발적인 진공
- 내부선체구조를 통한 물의 침투

(2) 액화가스 연료격납설비의 제작에 사용되는 재료의 필요한 물질적 특성(기계적, 열특성, 화학적 등)은 1항 (2)호에 따라 설계개발시에 설정되어야 한다.

3. 하중 및 하중조합

방벽간 구역의 과압, 액화가스 연료탱크 내의 부압, 슬로싱의 영향, 선체진동의 영향, 또는 이들의 조합으로 가능한 탱크 건전성의 상실에 대하여 특별히 주의하여야 한다.

4. 구조해석

(1) 204.의 1항에 따른 액화가스 연료격납 구조 및 이와 관련된 구조부 및 장비의 최종강도 및 피로강도의 평가를 위하여 구조해석 및/또는 시험을 하여야 한다. 구조해석은 액화가스 연료격납설비에 치명적인 것으로 식별된 각 파괴모드를 평가하는데 필요한 자료를 제공하여야 한다.

(2) 선체구조해석은 205.의 3항 (3)호 (가)에 규정하는 내압을 고려하여 우리 선급이 적절하다고 인정하는 방법으로 하여야 한다. 다만, 선체의 변형 및 멤브레인과 방열재의 적합성에 대하여는 특별히 주의하여야 한다.

(3) (1)호 및 (2)호에 따른 해석은 선박 및 액화가스 연료격납 설비의 운동, 가속도 및 반응에 기초하여야 한다.

5. 한계설계조건

(1) 모든 임계 구성품, 하위체계 또는 조립품의 구조적 저항성은 운항중인 상태에 대해, 1항 (2)호에 따라 설정되어야 한다.

(2) 액화가스 연료격납설비 및 이것의 선체구조에 붙는 부착물, 탱크내부구조의 파괴모드에 대한 허용강도 기준의 선택은 고려하는 파괴모드와 관련된 결과를 반영하여야 한다.

(3) 내측 선체구조는 205.의 3항 (3)호 (가)에 규정하는 내압과 1항 (3)호에 따른 슬로싱 하중에 대한 요건을 고려하여 **선급 및 강선규칙 3편 15장**의 디프탱크의 규정에 적합하여야 한다.

6. 피로설계조건

(1) 지속적인 감시에 의해 파괴진행이 신뢰할 수 있게 식별되지 않는 경우, 피로해석은 탱크내부 구조물(즉, 펌트타워), 멤브레인과 펌프타워 결합부에 대해 수행하여야 한다.

(2) 피로계산은 다음에 따른 관련요건과 208.의 2항에 따라 수행되어야 한다.
(가) 구조적 완전성에 대한 구조 요소들의 중요도
(나) 검사의 유용성

(3) 균열이 양측 멤브레인에 동시 또는 종속적 파괴를 야기하도록 진행되지 않음을 시험 및/또는 해석에 의해 증명될 수 있는 구조요소의 경우, C_W는 0.5보다 작거나 같아야 한다.

(4) 주기적으로 검사되고 식별되지 않는 피로균열이 양측 멤브레인에 동시 또는 종속적 파괴를 야기하도록 진행될 수 있는 구조요소는 208.의 2항 (8)호에 따른 피로 및 파괴공학의 요건을 만족하여야 한다.

(5) 구조물이 운용 중 검사를 위해 접근이 불가하며, 피로균열이 경고 없이 양측 멤브레인에 동시 또는 종속적 파괴를 일으키도록 발전할 수 있는 경우, 208.의 2항 (9)호에 따른 피로 및 파괴공학의 요건을 만

족하여야 한다.

7. 사고설계조건

(1) 격납설비 및 지지구조부는 205.의 5항에 따른 사고하중에 대하여 설계되어야 한다. 이러한 하중들은 서로 또는 환경하중과 결합될 필요는 없다.

(2) 추가로, 관련 사고 시나리오는 위험도 해석에 기초하여 결정되어야 한다. 탱크 내부의 고박설비에 대해서는 특별히 주의하여야 한다.

215. 새로운 개념을 위한 한계상태설계

1. 211.에서 214.를 이용하여 설계할 수 없는 새로운 형태의 화물격납설비는 이 조 및 201.에서 210.까지 해당되는 규정을 이용하여 설계하여야 한다. 이 조에 따른 연료격납설비의 설계는 설정된 설계해법과 함께 새로운 설계에 적용할 수 있는 구조설계에 대한 접근법인 한계상태설계의 원칙에 기초하여야 한다. 상기의 보다 포괄적인 접근은 211.에서 214.를 사용하여 설계된 것으로 알려진 격납설비의 안전등급과 유사한 등급을 유지하여야 한다.
2. (1) 한계상태설계는 각 구조요소가 211.의 1항 (6)호에 따라 식별된 설계조건과 관련하여 가능한 파괴모드에 관해 평가되는 체계적 접근법이다. 한계상태는 구조물 또는 구조물의 일부가 더 이상 규정을 만족시키지 못하는 상태로 정의할 수 있다.

(2) 각 파괴모드에 대해, 하나 또는 그 이상 한계상태가 관련 있을 수 있다. 모든 관련 한계상태를 고려하여, 구조에 대한 한계하중은 모든 관련 한계상태로 결정되는 최소한계하중 이다. 한계상태는 다음 세가지 분류로 나누어진다.

- 최종 한계 상태 (ULS): 최대 하중을 견딜 수 있는 능력 또는, 어떤 경우에는, 비손상 조건에서 최대 적용되는 변형율 또는 변형에 상응하는 상태
- 피로 한계 상태(FLS): 시간에 따른 주기적 하중의 영향으로 인한 구조능력저하에 상응하는 상태
- 사고 한계 상태(ALS): 사고상황에서 구조물이 견디는 능력에 상응하는 상태

(3) 한계상태설계의 절차 및 관련 설계인자는 IGF Code의 **부속서**에 따른다.

216. 이동식 액화가스 연료탱크

1. 탱크의 설계는 213.에 따른다. 탱크지지구조(컨테이너 프레임 또는 트럭 새시)는 의도된 목적에 맞게 설계되어야 한다.
2. 이동식 연료탱크는 다음 설비가 갖추어진 전용공간에 배치되어야 한다.
   - 위치 및 화물작업에 따른 탱크의 기계적 보호 장치
   - 개방갑판 상에 위치한 경우 : 유출방지시스템 및 냉각을 위한 물분사 시스템
   - 폐위구역에 위치한 경우 : 해당 공간을 탱크 연결구역으로 간주
3. 이동식 가스연료탱크는 선박에 연결되어 있는 동안에는 갑판에 고정시켜야 한다. 탱크를 지지하고 고정하는 장치는 선박의 특성과 탱크의 위치를 고려하여, 예상되는 최대 정적 및 동적 경사와 예상되는 최대 가속도에 따라 설계되어야 한다.
4. 이동식 연료탱크의 강도와 탱크가 선박의 복원성에 미치는 영향을 고려하여야 한다.
5. 선박 배관계통과의 연결은 승인된 신축성 호스 또는 충분한 유연성을 갖도록 설계된 그 외의 수단으로 하여야 한다.
6. 임시 연결부(non-permanent connection)가 의도치 않은 분리 또는 파열되는 경우, 유출되는 연료의 양을 제한할 수 있는 설비가 배치되어야 한다.
7. 이동식 탱크의 압력도출장치는 고정식 배기장치에 연결되어야 한다.
8. 이동식 연료탱크에 대한 제어 및 감시장치는 선박의 제어 및 감시장치와 통합되어야 한다. 이동식 연료탱크의 안전장치는 선박의 안전장치(예: 탱크 밸브 차단장치, 누설/가스 탐지장치)와 통합되어야 한다.
9. 검사 및 정비를 위해 탱크 연결부로 안전하게 접근할 수 있어야 한다.
10. 선박의 연료 배관계통에 연결한 후에는 다음을 따른다.

(1) 6항의 압력도출장치를 제외하고, 각 이동식 탱크는 언제든지 분리가 가능해야 한다.

(2) 하나의 탱크를 분리해도 나머지 이동식 탱크는 사용이 가능해야 한다.

(3) 탱크는 205.에 제시된 충전한도를 초과하지 않아야 한다.

217. CNG 연료격납

1. CNG에 사용되는 저장탱크는 우리 선급의 승인을 받고 증서를 발급받은 것이어야 한다.
2. CNG 탱크에는 탱크의 설계압력 미만으로 설정되고 **204.**의 **2**항 (7)호 및 **204.**의 **2**항 (8)호에서 요구하는 배출구가 있는 압력도출밸브를 설치해야만 한다.
3. 탱크에 영향을 미칠 수 있는 화재가 발생했을 때, 탱크를 감압시킬 수 있는 적절한 수단을 갖추어야 한다.
4. 밀폐된 공간에 CNG를 저장하는 것은 통상적으로는 허용하지 않으나, **103.**의 **4.**항에서 **103.**의 **6.**항의 요건에 추가하여 다음을 만족시키는 경우, 선급에서 별도로 검토하여 승인할 수 있다.

(1) 탱크에 영향을 미칠 수 있는 화재 발생 시, 탱크의 감압 및 불활성화를 위한 적절한 수단을 제공하여야 한다.

(2) CNG 저장장치가 들어있는 밀폐구역 내의 모든 표면에는 고압가스 손실 및 이에 따른 응결로부터 보호할 수 있는 열 보호조치가 제공(격벽이 가스팽창 누설로 인해 발생할 수 있는 최저 온도에 맞게 설계된 경우는 제외)되어야 한다.

(3) CNG 저장장치가 있는 밀폐구역에 고정식 소화장치 설치하여야 한다. 제트화재(Jet-fire) 소화에 대해서는 별도로 검토할 수 있다.

218. 압력도출장치

1. 일반사항

(1) 모든 연료저장탱크에는 연료격납설비의 설계와 연료수송에 적합한 압력도출장치를 설치해야 한다. 설계용량 이상의 압력에 노출될 가능성이 있는 연료저장창 구역, 방벽간 구역, 탱크연결부 구역, 탱크 코퍼댐에는 적절한 압력도출장치를 설치해야 한다. **301.**에 명시된 압력제어시스템은 본 압력도출장치와 독립적인 것으로 해야 한다.

(2) 설계압력을 넘는 외부압력에 노출될 수 있는 연료 저장탱크에는 진공보호장치를 설치해야 한다.

2. 액화가스 연료탱크의 압력도출장치

(1) 진공 단열탱크의 진공공간으로 연료가 유입되는 것을 배제할 수 없고, 탱크가 갑판 아래에 있는 경우, 진공구역은 통풍장치에 연결된 압력도출장치로 보호해야 한다. 유출된 가스가 안전장소로 유입되지 않는다면, 40 ft 컨테이너의 크기를 초과하지 않는 탱크에 대해서 개방갑판에서 대기로 직접 방출시키는 것을 허용할 수 있다.

(2) 오작동 또는 누설시에 하나의 압력도출밸브는 차단할 수 있도록 액화가스 연료탱크에는 최소 2개 이상의 압력도출밸브를 설치해야만 한다.

(3) 방벽간 구역에는 **선급 및 강선규칙 7편 5장 802.**의 **1**항을 참고하여 압력도출장치를 설치해야 한다. 멤브레인 탱크인 경우, 설계자는 방벽간 구역에 대한 압력도출밸브의 크기가 적절한지 증명해야 한다.

(4) 압력도출밸브의 설정은 탱크설계에 사용된 증기압을 초과하지 않아야 한다. 전체 도출용량의 50 % 이하인 밸브는 순차적으로 높여서 최대허용설정압력보다 최대 5 %까지 높은 압력을 설정하여 불필요한 증기방출을 최소화시킬 수 있다.

(5) 압력도출장치에 장착하는 압력도출밸브에는 다음의 온도요건을 따른다.

(가) 설계온도가 영하인 액화가스 연료탱크에 장착되는 압력도출밸브는 결빙으로 인해 작동불능이 되지 않도록 설계 및 배치되어야 한다.

(나) 압력도출밸브의 제조 및 배치시 주위온도로 인한 결빙의 영향을 고려하여야 한다.

(다) 압력도출밸브는 용융점이 925 °C를 넘는 재료로 제작되어야 한다. 압력도출밸브의 고장대비(fail-safe) 작동이 손상되지 않는다면, 내부부품과 밀봉(seal)재료는 용융점이 더 낮은 것을 사용할 수 있다.

(라) 파일럿 구동 도출밸브의 감지 및 배기라인은 손상방지를 위해서 충분히 견고한 구조로 되어야 한다.

(6) 연료탱크의 압력도출밸브 고장시, 안전한 비상분리수단이 제공되어야 한다.

(가) 그 절차가 작동매뉴얼에 명시되어야 한다.

(나) 그 절차는 액화가스 연료탱크에 설치된 압력도출밸브 중 하나만 차단할 수 있도록 만들고, 이를 위해 물리적인 연동장치가 포함되어야 한다.

(다) 압력도출밸브의 차단은 선장의 감독 하에 실시해야 한다. 이러한 작업은 압력도출밸브 현장 및 선

박일지에 기록되어야 한다.

(7) 액화가스 연료탱크에 설치된 각각의 압력도출밸브는 다음과 같은 통풍장치에 연결되어야 한다.
(가) 출구에서 수직상방으로 방해받지 않고 정상적으로 방출되는 구조.
(나) 물이나 눈이 통풍장치에 유입되는 것을 최소화시킬 수 있도록 배치.
(다) 통풍 배출구의 높이가 일반적으로 노천갑판 위로 $B/3$이나 6 m 중 높은 것보다 낮지 않도록 해야 한다. 그리고 작업지역 및 통로보다 6 m 이상이 되도록 배치해야 한다. 그러나 통풍 마스트의 높이는 선급이 인정하는 경우 낮은 값으로 제한할 수 있다.

(8) 압력도출밸브에서의 배출구는 다음의 가장 가까운 장소로부터 최소 10 m 이상 떨어진 곳에 배치되어야 한다.
(가) 공기 유입구나 배출구 또는 거주구역, 업무구역 및 제어구역, 기타 안전구역으로 통하는 개구(opening)
(나) 기계설비의 배기가스 배출구

(9) 기타 모든 다른 연료가스 통풍 배출구는 (7)호 및 (8)호에 따라 설치되어야 한다. 연결된 구역의 정수압(hydrostatic pressure)으로 인해 가스 통풍 배출구로 유체가 넘치는 것을 막을 수 있는 수단이 마련되어야 한다.

(10) 통풍 배관계통에서, 액체가 축적될 수 있는 곳에는 이것을 배출시키기 위한 수단이 제공되어야 한다. 압력도출밸브와 배관은 어떠한 경우에도 액체가 압력도출밸브의 내부나 근처에 축적하지 않도록 배치해야 한다.

(11) 통풍 배출구에는 흐름에 영향을 미치지 않으면서 이물질이 침투하는 것을 방지하기 위해 메시가 13mm×13mm 이하인 적절한 보호스크린을 설치해야 한다.

(12) 모든 통풍배관은 통풍되는 유체의 흐름 또는 선박거동으로 인한 힘 또는 노출 가능한 온도변화에 의해 손상되지 않도록 설계하고 배치해야 한다.

(13) 압력도출밸브는 액체 연료탱크의 가장 높은 부분에 연결되어야 한다. 압력도출밸브를 액체연료탱크에 배치할 때, 15° 횡경사 및 **1장 102.**의 **25**항에 정의된 L에 대한 $0.015L$ 트림(trim) 조건하에 **219.**에 정의된 충전한도(FL)에서 증기상태를 유지해야 한다.

3. 압력도출장치의 크기

(1) 압력도출밸브의 크기
(가) 각 액화가스 연료탱크에서 압력도출밸브는 다음 (a) 또는 (b) 중 큰 값의 방출을 위한 총 압력도출용량을 가져야 하고, 액화가스 연료탱크 압력은 최대허용설정압력 보다 최대 20 %를 초과하여 상승하지 않아야 한다.
(a) 액화가스 연료탱크 불활성화 시스템의 최대사용가능(attainable)압력이 액화가스 연료탱크의 최대허용설정압력을 초과하는 경우, 액화가스 연료탱크 불활성화장치의 최대용량.
(b) 화재노출 시 생성되는 증기의 량으로 다음 식에 의한 값

$$Q = FGA^{0.82} \qquad (m^3/s)$$

Q : 표준조건 273.15 kelvin (K) 및 0.1013 MPa에서 최소 요구 공기배출량
F : 액화가스 연료 유형에 따른 화재 노출계수로 다음에 따르며, 노천갑판 상부로 일부가 튀어나온 독립형탱크의 화재노출계수는 갑판 위아래의 표면적을 바탕으로 결정한다.
- 갑판상에 위치한 방열이 안 된 탱크의 경우, F = 1.0
- 우리 선급의 승인을 받은 방열재로 방열된 갑판상 탱크의 경우, (내화재를 사용, 방열재의 열전도율, 화재 노출시 안정성을 바탕으로 승인) F = 0.5
- 화물창에 위치한 방열이 안 된 독립형탱크의 경우, F = 0.5
- 화물창에 위치한 방열된 독립형탱크의 경우(또는 방열된 화물창에 있고 방열이 안 된 독립형탱크의 경우), F = 0.2
- 불활성화 된 화물창에 있고 방열된 독립형탱크 (또는 불활성화가 되고 방열된 화물창에 있고 방열 안 된 독립형탱크)의 경우 F = 0.1
- 멤브레인 및 세미-멤브레인 탱크의 경우 F = 0.1

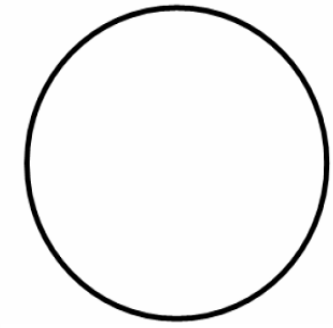
A : 탱크의 외부 표면적(m^2). 기타 탱크형식은 **그림 4.3**과 같다.
G : 다음 식에 따른 가스 계수

$$G = \frac{12.4}{LD}\sqrt{\frac{ZT}{M}}$$

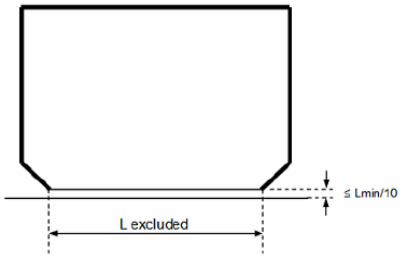
T : 도출상태(releaf)에서 Kelvin 온도. 즉 압력도출밸브 설정압력의 120 %로 한다.
L : 도출상태에서 기화된 재료의 잠열 (kJ/kg)
D : 비열 k와의 관계를 바탕으로 한 상수이며, 다음에 따른다.

$$D = \sqrt{k\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

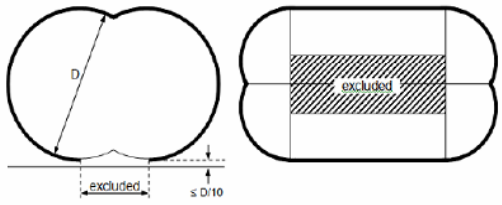
k : 도출조건에서 비열비이며, 1.0과 2.2 사이의 값. 만약 값을 모르는 경우, D는 0.606으로 한다.
Z : 도출조건에서 가스의 압축계수, 값을 모르는 경우 Z는 1.0으로 한다.
M : 제품의 분자질량. 각 액화가스연료의 가스계수를 정하고 압력도출밸브의 크기를 결정할 때 가장 큰 값을 사용한다.



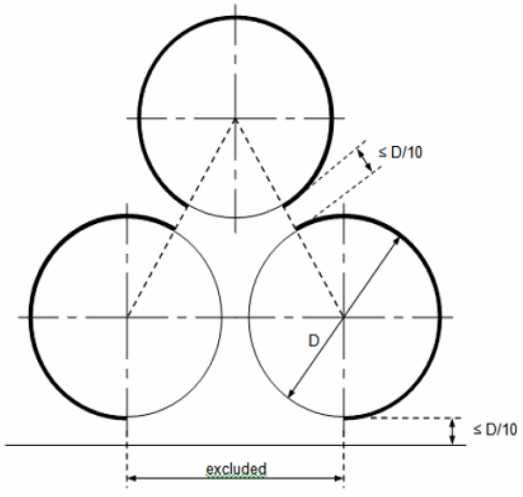
구형겹시형, 반구형 또는
반타원형 탱크 또는 원형탱크



직육면체 탱크



바이로브형(Bi-lobe)탱크



수평 원통형 탱크 배치

그림 4.4 탱크별 외부 표면적

(나) 연료저장창 구역 내의 진공단열탱크와 코퍼댐으로 잠재적 화재하중으로부터 격리되거나 화재하중이 없는 선박의 구역으로 둘러쌓인 연료저장창 구역 내의 탱크인 경우 다음과 같이 적용된다.
화재하중을 고려하여 압력도출밸브의 크기가 결정되는 경우, 화재계수 F는 아래와 같은 값으로 줄일 수 있다. 다만, 최소 0.1 이상으로 한다.

$F=0.5$ 를 $F=0.25$

$F=0.2$ 를 $F=0.1$

(다) 도출조건에서 공기의 요구 유량(mass flow)은 다음과 같다.

$$M_{air} = Q\rho_{air} \quad (\mathrm{kg/s})$$

ρ_{air} : 공기밀도로 1.293 kg/m^3 로 한다.(공기는 온도 273.15 K, 및 압력 0.1013 MPa일 경우)

(2) 통풍 배관계통의 크기

(가) (1)호에서 요구하는 유량을 확보할 수 있는 크기를 결정할 때, 압력도출밸브의 상류(upstream)와 하류(downstream)의 압력손실을 고려해야 한다.

(나) 상류의 압력손실

(a) 탱크에서 압력도출밸브 입구까지 통풍라인의 압력저하는 모든 증기흐름에서 (1)호 (다)에 따라 계산된 유량(flow rate)에서 밸브설정압력의 3 %를 초과하지 않아야 한다.

(b) 조종-작동 압력도출밸브는, 조종장치가 탱크 돔으로부터 직접 감지하는 경우, 유입관의 압력손실에 영향을 받지 않아야 한다.

(c) 플로우 형식 조종장치(flowing type pilots)의 경우, 원격감지 조종장치 배관의 압력손실을 고려해야 한다.

(다) 하류의 압력손실

(a) 공통 통풍장치(common vent header)와 주통풍장치(vent master)가 설치되어 있는 경우, 모든 부착된 압력도출밸브로부터의 흐름을 포함하여 계산해야 한다.

(b) 압력도출밸브 출구로부터 대기로 방출되는 위치까지 통풍배관 내의 제조시(built-up) 배압(back pressure)은 다른 탱크와 연결되는 통풍배관 간 연결부를 포함하여 다음의 값을 초과하지 않아야 한다. 압력도출밸브 제조자가 인정하는 경우, 다른 값이 사용될 수 있다.
- 불균형 압력도출밸브의 경우: 최대허용설정압력의 10 %
- 균형 압력도출밸브의 경우: 최대허용설정압력의 30 %
- 파일럿 작동 압력도출밸브의 경우 : 최대허용설정압력의 50 %

(라) 안정적인 압력도출밸브 작동을 위해서, 배출(blow-down)은 유입구 압력손실과 정격용량에서 최대허용설정압력의 0.02배를 합한 것 이상으로 하여야 한다.

219. 액화가스 연료탱크의 충전한도

1. 액화가스 저장탱크는 **1장 102.**의 **36**항에 정의된 기준온도에서 98 %를 초과하여 충전하면 안 된다.
실제 연료 만재시 온도에 대한 적재한계곡선은 다음에 따른다.

$$LL = FL\frac{\rho_R}{\rho_L}$$

LL(Loading limit) : **1장 102.**의 **27**항에 정의된 적재한계 (%)
FL(Filling limit) : **1장 102.**의 **16**항에 정의된 충전한도 (%), 여기서는 98 %
ρ_R : 기준온도에서 연료의 상대밀도
ρ_L : 적재온도에서 연료의 상대밀도

2. 탱크 방열재와 탱크위치로 인해, 외부에 화재가 발생했을 때 탱크 내용물의 온도가 올라갈 가능성이 매우 낮다면, 이는 별도로 검토하여 기준온도를 사용하여 계산한 것보다 적재한계를 더 높게 허용할 수 있다. 그러나, 이 경우에도 95 %를 넘으면 안 된다. 압력 관리용으로 2차 시스템이 추가 설치된 경우에도 95 %이하이어야 한다.(301. 참조). 다만, 압력이 연료소모장치(consumer)에 의해서만 유지/제어되는 경우, 1항에 따라 계산한 적재한계를 사용해야 한다.

제 3 절 연료저장조건

301. 연료저장 조건의 유지

1. 탱크압력 및 온도의 제어

(1) 상한의 주위 설계온도에서 연료의 만재 계기 증기압을 견디도록 설계된 액화가스 연료탱크를 제외하고, 액화가스 연료탱크의 압력 및 온도는 우리 선급이 허용 가능한 다음 중 하나의 방법으로 설계범위 내에서 유지되어야 한다.

(가) 증기의 재액화(reliquefaction)

(나) 증기의 열산화(thermal oxidation)

(다) 압력 축적

(라) 액화가스연료의 냉각

선택된 방법은 탱크가 정상적인 사용압력에서 만재해 있고 선박이 정지가동상태(idle condition), 즉 본선 사용전력만 생산되는 상황이라고 가정했을 때, 15일 동안 탱크의 압력을 탱크설정압력 미만으로 유지할 수 있어야 한다.

(2) 비상시를 제외하고는 탱크의 압력제어를 위한 연료증기의 통풍은 허용하지 않는다.

2. 설계

(1) 항해구역에 제한을 받지 않는 경우, 보다 높은 주위설계온도는 대기 45 ℃ 및 해수 32 ℃ 로 한다. 특히, 춥거나 더운 지역에서의 사용을 위해서는, 이러한 설계온도를 적절히 높이거나 낮추어야 한다.

(2) 전체용량은 대기로 배출시키지 않아도 설계조건 내의 압력으로 제어할 수 있는 용량이어야 한다.

3. 재액화 설비

(1) 재액화 설비는 (2)호에 따라 계산되고 설계되어야 한다. 소비를 하지 않거나 적게 하는 경우에도 충분하도록 크기를 정해야 한다.

(2) 재액화 설비는 다음 중 한 가지 방법으로 하여야 한다.

(가) 증발연료를 압축, 응결시켜 연료탱크로 회수하는 직접 시스템

(나) 연료 또는 증발연료가 압축 없이 냉매에 의해 냉각 또는 응결되는 간접 시스템

(다) 증발연료가 연료/냉매 열 교환기에서 압축 및 응결되어 연료탱크로 회수되는 복합 시스템

(라) 설계조건 내에서 압력제어를 하는 동안 재액화 시스템이 메탄이 포함된 폐기(waste stream)를 만들어 내는 경우, 이러한 폐기가스는 합리적인 수준에서 가능한 한 대기로 배출시키지 않고 폐기해야 한다.

4. 열산화 장비(thermal oxidation systems)

열산화는 이 지침에 기술된 소모장치(consumer) 관련 규정에 따라 증기를 소비하거나 전용 가스연소장치(GCU)에서 할 수 있다. 산화장비의 용량이 요구되는 증기량을 충분히 소비할 수 있음을 입증하여야 한다. 이러한 관점에서, 저속운전(slow steaming) 기간 및/또는 선박의 추진이나 기타 작업에서 소모가 없는 기간을 고려하여야만 한다.

5. 적합성

연료의 냉장 또는 냉각에 사용되는 냉매 또는 보조물질은 접촉하게 되는 연료에 적합하여야 한다(위험한 반응이나 과다한 부식물을 생성하지 않고). 또한, 여러 가지 냉매나 물질을 사용하는 경우, 물질 간에도 서로 적합해야만 한다.

6. 장치의 가용성

(1) 장치 및 이를 지원하는 부속장비의 가용성은 (기계의 비정적(non-static) 요소 또는 제어시스템 요소에) 단일 고장이 발생하여도 그 외의 작동/장비에 의해 연료탱크의 압력 및 온도가 유지될 수 있어야 한다.

(2) 가스연료탱크의 압력 및 온도를 설계범위 내로 유지하는 데에만 사용하는 열 교환기는, 압력제어에 필요한 최대용량의 25%를 초과하는 용량을 가지고 있고 외부지원 없이 선상에서 수리 가능한 경우가 아니라면, 예비 열 교환기(standby heat exchanger)가 있어야 한다.

302. 연료격납설비 내의 환경제어

1. 배관계통은 각 연료탱크에서 가스를 안전하게 제거하고, 가스가 없는 상태에서 연료를 안전하게 충전할 수 있도록 배치되어야 한다. 또한, 주변 대기의 변화 후에도 가스 포켓 또는 공기 잔류의 가능성을 최소화 하도록 배치되어야 한다.
2. 격납설비는 불활성 매체를 중간단계로 활용하는 대기변환작업 중 어떤 단계에서든지 연료탱크에 가연성 혼합물이 잔존할 가능성이 없도록 설계되어야 한다.
3. 각 연료탱크마다 가스 샘플링 지점을 두어 대기의 변화추이를 모니터링 하도록 해야 한다.
4. 탱크에서 가스를 제거하는데 사용되는 불활성 가스는 외부로부터 선박으로 공급할 수 있다.

303. 연료저장창 구역의 환경제어 (독립형탱크 형식 C 이외의 연료 격납설비)

1. 완전 또는 부분 2차방벽이 요구되는 액화가스연료 격납설비와 연관된 방벽간 구역과 연료저장창 구역은 적절한 건조 불활성가스로 불활성화 되어야 하며, 본선의 불활성가스 생산설비 또는 본선의 저장탱크에서 공급되는(적어도 30일 간의 정상적인 소비에 충분한 양) 보급가스로 불활성 상태를 유지해야 한다. 우리 선급은 선박의 운항조건(ship's service)에 따라 더 짧은 기간을 검토후 허용할 수 있다.
2. 1항을 대신하여, 1항에서 부분 2차방벽 만을 요구하는 구역은, 선박에 이러한 구역 중 가장 큰 구역을 불활성화 하기에 충분한 불활성가스를 저장하고 있거나 불활성가스 생산설비가 있고, 그러한 구역의 구조와 관련 증기탐지설비 및 화물탱크의 누설이 위험상황으로 전개되기 전 신속하게 탐지되어 불활성화가 이뤄질 수 있는 능력을 가지고 있다면, 건조공기로 충전할 수 있다. 예상되는 필요량을 충족할 수 있는 적절한 품질의 충분한 건조공기를 공급할 수 있는 장치를 설치해야 한다.

304. 독립형탱크 형식 C 주위 구역의 환경제어

액화가스 연료탱크 주위 구역은 적절한 건조공기로 채워져 있어야 하며, 적절한 공기건조장치에서 건조공기를 공급받아 이 상태를 유지해야 한다. 이 규정은 표면온도 저하로 인한 결로(condensation) 및 동결(icing)이 발생하는 액화가스 연료탱크에만 적용한다.

305. 불활성화

1. 연료증기가 불활성가스 생산설비로 역류하는 것을 방지하기 위하여 아래와 같은 설비를 갖추어야 한다.
2. 가연성 기체가 비위험구역으로 역류하는 것을 방지하기 위해, 불활성가스 공급라인에 2개의 폐쇄밸브를 나란히 설치하고 그 사이에 하나의 이중차단 및 배출 밸브(double block and bleed valve)를 설치한다. 또한 잠글 수 있는 역류방지밸브를 추기밸브 설비와 연료 시스템 사이에 설치한다. 이들 밸브는 비위험 구역 밖에 배치하여야 한다.
3. 가스배관계통의 연결장치가 영구적인 것이 아니라면, 2개의 역류방지밸브는 2.에서 요구하는 밸브로 대체할 수 있다.
4. 불활성화 되는 각 구역은 분리될 수 있도록 배치되어야 하며, 이들 구역의 압력을 제어하기 위한 제어장치와 압력도출밸브 등을 설치하여야 한다.
5. 단열구역에 누설탐지 설비의 일부로써 불활성가스가 계속해서 공급되는 경우, 각 구역에 공급되는 가스의 양을 모니터링 할 수 있는 수단을 갖추어야 한다.

306. 선내에서의 불활성 가스의 생산 및 저장

1. 설비는 산소농도가(용적율) 5%를 넘지 않는 불활성 가스를 생산할 수 있어야 한다. 설비에서 공급되는 불활성 가스를 측정하는 산소농도 연속계측장치를 설치하고, 산소농도를 최대(용적율) 5%로 설정한 경보기를 갖추어야 한다.
2. 불활성가스 설비에는 연료격납설비에 맞는 압력제어 및 모니터링 장치가 설치되어야 한다.
3. 질소생성장치 또는 질소저장장치가 기관실 외부의 별도 구획에 설치되는 경우, 이러한 구획에는 시간당

최소 6회의 환기가 이루어지는 독립된 기계식 추출환기시스템(mechanical extraction ventilation system)을 설치하여야 한다. 산소저하경보기도 설치되어야 한다.

4. 질소배관은 제대로 환기가 이루어지는 공간으로만 연결되어야 한다. 폐위된 공간의 질소배관은 다음을 만족하여야 한다.

(1) 전체적으로 용접구조이어야 한다.

(2) 플랜지 연결부는 최소로(밸브 설치 목적) 한다.

(3) 길이는 가능한 짧게 한다. ⚓

제 5 장 재료 및 관 설계

제 1 절 일반사항

101. 목적

이 절은 연료의 제품특성을 고려하여 모든 운전조건에서 선박 및 인체, 환경에 대한 위험을 최소화 할 수 있도록 가스연료의 안전한 취급을 확보하는 것을 목적으로 한다.

102. 기능요건

1. 이 장은 **1장 202.**의 1항, 5항, 6항, 8항, 9항 및 10항의 기능요건과 관련되고, 특히 다음을 적용한다.
   (1) 연료배관은 연료의 극한 온도로 인한 열 팽창 또는 수축을 과다한 응력을 일으키지 않고 흡수할 수 있어야 한다.
   (2) 열 신축 및 연료탱크와 선체구조의 거동에 의해 관, 관장치 및 구성품, 그리고 탱크에 과대한 응력이 발생하지 않도록 설계하여야 한다.
   (3) 연료가스에 시스템 내부에서 응축될 수 있는 무거운 성분이 있을 경우, 응축된 액체를 안전하게 제거할 수 있는 수단을 설치해야 한다.
   (4) 저온용 관은 선체의 온도가 선체재료의 설계온도보다 저온으로 내려가지 아니하도록 필요한 경우 인접하는 선체구조로부터 열적으로 격리하여야 한다.

제 2 절 관 설계

201. 일반사항

1. 연료관 및 그 외의 안전하고 신뢰할 수 있는 운전 및 유지를 필요로 하는 모든 배관은 **EN ISO 14726** 또는 동등 이상의 기준에 따라 색깔로 표시되어야 한다.
2. 탱크 또는 관을 열적으로 격리하기 위하여 선체구조로부터 분리하는 경우에는 관 또는 탱크의 어느 것에 대하여도 전기적으로 접지하는 설비를 하여야 한다. 모든 개스킷붙이 관이음 및 호스의 연결부는 전기적으로 접지되어야 한다.
3. 액이 충만된 상태로 격리될 우려가 있는 모든 관장치 및 관장치 요소에는 압력도출밸브를 설치하여야 한다.
4. 저온연료를 수용하는 배관은 습기의 응축을 최소화하는 범위까지 열적으로 단열하여야 한다.
5. 연료공급관 이외의 관 및 케이블을 이중관 또는 덕트 내에 설치할 수 있다. 다만, 관 및 케이블이 발화원을 생성하거나 이중관 또는 덕트의 보존성을 해치는 경우는 제외한다. 이중관 또는 덕트 내에는 운전 목적상 필수적인 관 및 케이블만을 설치하여야 한다.

202. 관의 두께

1. 관의 최소두께는 다음 식에 따라 계산하여야 한다.

$$t = \frac{t_0 + b + c}{1 - \frac{a}{100}} (\mathrm{mm})$$

t_0 : 설계압력으로부터 계산되는 이론적 요구두께(mm)로서 다음 식에 따른 값

$$t_0 = \frac{P \cdot D}{2Ke + P}$$

P : 203.에 규정하는 설계압력(MPa)

D : 관의 바깥지름(mm)

K : 204.에 규정하는 허용응력(N/mm^2)

e : 이음효율, 이음매 없는 관 및 이와 동등하다고 인정되는 제조법에 따르고 또한 승인된 제조자에 의하여 제조되는 용접관으로서 공인된 기준에 따라 용접부의 비파괴시험이 행하여진 종시임 또는 나선형시임 용접관에 대하여는 1.0으로 한다.
기타의 경우, 제조법을 고려하여 공인된 기준에 따라서 1.0 미만의 이음효율이 요구될 수 있다.

b : 굽힘가공에 대한 예비두께(mm). b는 내압에 의하여 계산된 굽힘부에 있어서 응력이 허용압력을 넘지 아니하는 값이어야 한다. 응력을 계산에 의하여 확인할 수 없는 경우, b의 값은 다음 식에 따라야 한다.

$$b = \frac{Dt_0}{2.5r}$$

r : 평균굽힘 반지름(mm)

c : 부식예비두께(mm). c의 값은 부식 또는 침식의 염려가 있는 경우, 다른 설계조건에서 요구되는 관두께에 증가시켜야만 되기 때문에 그 값은 관에 기대하는 수명에 따라야 한다.

a : 관두께에 대한 마이너스의 제작공차(%)

2. 절대 최소 두께는 우리 선급이 인정하는 기준에 적합하여야 한다.

203. 설계조건

1. 다음 설계조건 중에서 가장 큰 압력을 관, 관장치 및 관장치 요소에 적절히 사용하여야 한다.

(1) 도출밸브로부터 격리되고, 항상 증기만이 존재하는 장치 또는 관장치 요소에서는 장치의 사용압력 및 온도에서 장치 내에 포화압력의 초기상태에 있다고 가정하고 45 °C에서의 증기압력. 다만 다음을 제외한다.

(가) 제한된 지역에서 운항하는 선박에 대하여 우리 선급이 인정하는 경우 45 °C미만의 온도를 사용할 수 있다. 또한, 이 온도를 넘는 온도를 요구할 수 있다.

(나) 운항기간의 제한이 있는 선박의 경우, 설계증기압력 P_0는 탱크의 방열재를 고려하여 운항 중 실제 압력상승을 기초로 계산할 수 있다.(독립형탱크 형식 C의 적재한도에 관한 **선급 및 강선규칙 7편 5장 413.**의 2항 (2)호 참조)

(2) 연료탱크 및 연료 프로세스장치의 최대 허용도출밸브설정압력.

(3) 관련 펌프 또는 압축기의 도출밸브의 설정압력.

(4) 연료관장치의 최대 양하 또는 적하 총액두.

(5) 관장치 중의 도출밸브 설정압력.

2. 관, 관장치 및 관장치 요소의 설계압력은 1.0 MPa 게이지압 이상이어야 한다. 다만, 개구단관장치에 대하여는 0.5 MPa 게이지압 이상이어야 한다.

204. 허용응력

1. 스테인레스강을 포함한 강관에 대하여 202.의 1항의 강도두께 식의 허용응력은 다음 중 작은 것으로 한다.

$$R_m/2.7 \text{ 또는 } R_e/1.8$$

여기서,

R_m : 상온에 있어서 규격 최소 인장강도(N/mm^2)

R_e : 상온에 있어서 규격 최소 항복응력 (N/mm^2)으로 응력-변형곡선에서 정의된 항복응력을 보여주지 않는 경우, 0.2 % 내력을 적용한다.

2. 부가되는 하중에 따른 관의 손상, 붕괴, 과대한 변형 또는 좌굴을 방지하기 위하여 기계적 강도가 필요한 경우에는 관 두께를 202.에서 요구되는 것보다 증가시켜야 한다. 다만, 기계적으로 강도를 증가하는 것이 실제적으로 불가능하거나 과대한 국부응력이 발생할 염려가 있을 경우 이러한 하중은 다른 설계방법에 의하여 감소, 방지 또는 제거시켜야 한다. 지지구조, 선체변형, 이송작업 중 액체 서지압력, 매달린 밸브의 중량, 로딩 암 연결부의 반동, 또는 기타 원인에 의하여 이러한 부가하중이 발생할 수 있다.
3. 강 이외의 재료로 제작된 관의 허용응력은 우리 선급의 승인을 받아야 한다.
4. 고압연료관장치에 대하여는 다음의 사항을 고려한 응력해석을 수행하여 충분한 구조강도를 가지고 있는지 확인하여야 한다.
   (1) 관장치의 중량으로 인한 응력
   (2) 가속도(무시할 수 없는 경우)
   (3) 선박의 호깅과 새깅으로 인한 내압 및 하중
5. 설계온도가 -110 °C이하일 경우에는 관장치의 각 지관에 대하여 전응력해석을 수행하야 한다. 이러한 응력해석은 관의 무게 (무시할 수 없는 경우 가속도 포함), 내압, 열신축 및 선체의 호깅 및 새깅에 의하여 부가되는 하중에 따른 모든 응력을 고려하여야 한다.

205. 관의 유연성

연료관은 실제 운전 상태에서 피로의 가능성을 고려하여 관장치의 온전함을 유지할 수 있도록 필요한 유연성을 갖도록 배치 및 설치하여야 한다.

206. 관의 조립 및 이음상세

1. 플랜지, 밸브 및 부착품 등은 203.의 1항에 규정하는 설계압력을 고려하여 우리 선급이 인정하는 기준에 적합하여야 한다. 증기용 관에 사용하는 벨로즈, 신축이음에 대하여는 203.의 1항에 규정하는 설계압력 보다 낮은 최소 설계압력으로 할 수 있다.
2. 고압 가스관장치에 사용되는 모든 밸브 및 신축이음은 우리 선급이 인정하는 기준에 따라 승인된 제품이어야 한다.
3. 관장치는 용접으로 연결하여야 하며 플랜지 이음부는 최소한으로 하여야 한다. 가스켓은 블로우아웃(blow-out)으로부터 보호되어야 한다.
4. 관의 조립 및 이음상세는 다음을 따른다.
   (1) 직접이음
      (가) 루트부에 완전 용입형의 맞대기용접 이음은 모든 경우에 사용할 수 있다. 설계온도가 -10 °C 미만인 경우, 맞대기 용접은 양면용접 또는 양면용접과 동등한 것이어야 한다. 이 경우 최초의 층에 뒷댐판, 인서트링 또는 불활성가스의 사용에 의한 용접은 양면 용접법과 동등한 것으로 인정할 수 있다. 설계압력이 1.0 MPa을 초과하고 또한 설계온도가 -10 °C 이하인 경우에는 뒷댐판이 제거되어야 한다.
      (나) 우리 선급이 인정하는 기준에 따른 용접치수를 가진 슬리브 삽입 용접이음 및 관련 용접은 바깥지름이 50 mm 이하이고 설계온도가 -55 °C 이상의 개구단 관장치에만 사용할 수 있다.
      (다) 우리 선급이 인정하는 기준에 적합한 나사박이 이음은 바깥지름 25 mm 이하의 부속관 및 계측용 관에만 사용할 수 있다.
   (2) 플랜지이음
      (가) 플랜지는 맞대기 용접형, 삽입형 또는 소켓 용접형이어야 한다.
      (나) 개구단 관을 제외한 모든 관에 대하여는 다음을 적용한다.
         (a) 설계온도가 -55 °C 미만의 경우, 맞대기 용접형 플랜지를 사용하여야 한다.
         (b) 설계온도가 -10 °C 미만의 경우, 호칭지름이 100 mm를 초과 시 삽입형 플랜지를 사용하지 않아야 하고 호칭지름이 50 mm를 초과 시 소켓 용접형 플랜지를 사용하지 않아야 한다.
   (3) 신축이음
      벨로즈 및 신축이음이 1항에 따라 설치되는 경우, 다음을 적용하여야 한다.
      (가) 필요한 경우, 벨로즈는 동결에 대하여 보호되어야 한다.
      (나) 삽입형 이음은 연료탱크 내부에서만 사용되어야 한다.
      (다) 벨로즈는 폐위구역에 설치해서는 안 된다.

(4) 기타이음

(1)호부터 (3)에서 규정하는 것 이외의 관이음은 우리 선급이 인정하는 바에 따른다.

제 3 절 재료

301. 금속재료

1. 연료격납설비 및 관장치의 재료는 다음 표에서 주어진 최소 요건에 따라야 한다.
   - **표 5.1** : 설계온도가 0 °C 이상의 연료탱크 및 프로세스용 압력용기의 판, 관(이음매 없는 관 및 용접관), 형재 및 단조품
   - **표 5.2** : 설계온도가 0 °C 미만 -55 °C 이상의 연료탱크, 2차방벽 및 프로세스용 압력용기의 판, 형재 및 단조품
   - **표 5.3** : 설계온도가 -55 °C 미만 -165 °C 이상의 연료탱크, 2차방벽 및 프로세스용 압력용기의 판, 형재 및 단조품(합금강 및 알루미늄 합금)
   - **표 5.4** : 설계온도가 0 °C 미만 -165 °C 이상의 연료 및 프로세스용 관장치의 관(이음매 없는 관 및 용접관), 단조품 및 주조품
   - **표 5.5** : **4장 504.**의 **13**항 (1)호 (가) (b)에 의하여 요구되는 선체구조용 판 및 형재
2. 융점이 925 °C 미만인 재료는 가스탱크 외부의 관장치에 사용되어서는 아니 된다.
3. 우리 선급이 특별히 승인한 경우 압축천연가스(CNG) 탱크에 대해서는 상기 표에서 언급하지 않은 재료를 사용할 수 있다.
4. 요구되는 경우, 고압가스 내측관(inner pipe)의 외측관(outer pipe) 또는 덕트는 최소한 **표 5.4**에서 최저설계온도 -55 °C의 관 재료에 대한 요구사항을 만족하여야 한다.
5. 액화가스가 들어있는 가스관 주위의 덕트나 외관(outer pipe)은 최소한 **표 5.4**에서 최저설계온도 -165 °C의 관 재료에 대한 요구사항을 만족하여야 한다.

표 5.1 설계온도가 0 °C 이상 연료탱크 및 프로세스 압력용기의 판, 관(이음매 없는 관 및 용접관)[(1)(2)], 형재 및 단조품

<table>
<tr><td colspan="3">1. 화학성분 및 열처리의 요건</td></tr>
<tr><td colspan="3">- 탄소망간강, 세립킬드강으로 할 것
- 합금성분을 소량 추가할 경우에는 우리 선급의 승인을 받을 것
- 화학성분은 우리 선급의 승인을 받을 것
- 열처리는 노멀라이징 또는 담금질 후 템퍼링[(4)]으로 할 것</td></tr>
<tr><td colspan="3">2. 인장 및 인성(충격)시험의 규정</td></tr>
<tr><td colspan="3">2.1 채취빈도</td></tr>
<tr><td>판</td><td colspan="2">각 피스(piece) 마다 시험</td></tr>
<tr><td>형재 및 단조품</td><td colspan="2">각 배치(batch) 마다 시험</td></tr>
<tr><td colspan="3">2.2 기계적 성질</td></tr>
<tr><td>인장특성</td><td colspan="2">최소 항복응력은 410 N/mm^{2}를 넘지 아니할 것[(5)]</td></tr>
<tr><td colspan="3">2.3 인성 (샤르피 V노치 충격시험)</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">가로방향 및 세로방향은 시험편의 길이방향이 압연방향과 각각 직각 또는 평행할 때</td></tr>
<tr><td>판</td><td colspan="2">가로방향 시험편: 최소 평균 흡수에너지값(KV) 27 J</td></tr>
<tr><td>형재 및 단조품</td><td colspan="2">세로방향 시험편: 최소 평균 흡수에너지값(KV) 41 J</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시험온도</td><td>두께(mm)</td><td>시험온도(°C)</td></tr>
<tr><td>$t \leq 20$</td><td>0</td></tr>
<tr><td>$20 < t \leq 40$[(3)]</td><td>-20</td></tr>
<tr><td colspan="3">(비고)
(1) 이음매 없는 관 및 부착품은 선급 및 강선규칙 2편의 규정에 따른다. 종방향 및 나선형 용접관의 사용은 우리 선급의 승인을 받아야 한다.
(2) 관의 경우, 샤르피 V노치 충격시험을 요구하지 않는다.
(3) 이 표는 재료 두께 40 mm까지 적용할 수 있다. 재료 두께가 40 mm를 초과하는 경우, 우리 선급의 승인을 받아야 한다.
(4) 온도제어압연(CR) 또는 열가공제어법(TMCP)을 행한 강재는 노멀라이징 또는 담금질 후 템퍼링을 한 것으로 간주할 수 있다.
(5) 규격 최소 항복응력이 410 N/mm^{2}를 초과하는 경우, 용접부 및 열영향부의 경도에 대하여 자료를 제출하여야 한다.</td></tr>
</table>

표 5.2 설계온도가 0 °C 미만 -55 °C 이상의 연료탱크, 2차방벽 및 프로세스용 압력용기의 판, 형재 및 단조품(1) 다만, 최대두께 25 mm(2)로 한다.

1. 화학성분 및 열처리의 규정

- 탄소망간강, 킬드강, 알루미늄처리의 세립강으로 할 것

- 화학성분(레이들분석)

C	Mn	Si	S	P
0.16 % 이하(3)	0.70 ~ 1.60 %	0.10 ~ 0.50 %	0.025 % 이하	0.025 % 이하

- 임의의 첨가원소 : 합금 및 세립화용 원소는 일반적으로 다음에 따를 것

Ni	Cr	Mo	Cu	Nb	V
0.80 % 이하	0.25 % 이하	0.08 % 이하	0.35 % 이하	0.05 % 이하	0.10 % 이하

- 알루미늄 함유량은 최소 0.02 % 일 것(산 가용성은 최소 0.015 %)

- 열처리는 노멀라이징 또는 담금질 후 템퍼링(4)으로 할 것

2. 인장 및 인성(충격)시험의 규정

2.1 채취 빈도

판	각 피스(piece)마다 시험
형재 및 단조품	각 배치(batch)마다 시험

2.2 기계적 성질

인장특성	최소 항복응력은 410 N/mm^{2}를 넘지 아니할 것(5)

2.3 인성 (샤르피 V노치 충격시험)

	가로방향 및 세로방향은 시험편의 길이방향이 압연방향과 각각 직각 또는 평행할 때
판	가로방향 시험편: 최소 평균 흡수에너지값(KV) 27 J
형재 및 단조품	세로방향 시험편: 최소 평균 흡수에너지값(KV) 41 J
시험온도	설계온도보다 5 °C 낮은 온도 또는 -20 °C 중 낮은 것

(비고)

(1) 단조품에 대한 샤르피 V노치 충격시험 및 화학성분의 규정은 우리 선급의 승인을 받는 것이어야 한다.

(2) 두께가 25 mm를 넘는 재료의 경우, 다음과 같이 샤르피 V노치 충격시험을 하여야 한다.

재료의 두께(mm)	시험온도(°C)
25 < t ≤ 30	설계온도보다 10 °C 낮은 온도 또는 -20 °C 중 낮은 것
30 < t ≤ 35	설계온도보다 15 °C 낮은 온도 또는 -20 °C 중 낮은 것
35 < t ≤ 40	설계온도보다 20 °C 낮은 온도
40 < t	시험온도는 우리 선급의 승인을 받아야 한다.

충격에너지 값은 시편형태의 표에 따라 값이 정하여진다. 탱크 또는 탱크의 한 부분으로 사용되는 재료는 용접 후에 완전히 열응력을 제거하여야 하며 설계온도보다 5 °C 낮은 온도 또는 -20 °C 중 낮은 온도에서 시험을 하여야 한다.

강력부재와 다른 외장품에 열응력을 제거시키기 위하여 시험온도는 주위 탱크판 두께에서 요구하는 값과 같게 하여야 한다.

(3) 설계온도가 -40 °C 이상의 경우, 탄소함유량은 우리 선급의 승인을 받아 0.18 %까지 증가시킬 수 있다.

(4) 온도제어압연방법 또는 열가공제어법(TMCP)은 노멀라이징 또는 담금질 후 템퍼링을 한 것으로 간주할 수 있다.

(5) 규격 최소 항복응력이 410 N/mm^{2}를 초과하는 경우, 용접부 및 열영향부의 경도에 대하여 자료를 제출하여야 한다.

지침 : 두께 25 mm를 초과하는 재료에 대한 시험온도가 -60 °C 이하인 경우, 그 적용은 특별히 처리된 강이나 **표 5.3**에 의한 강이 요구될 수 있다.

표 5.3 설계온도가 -55 °C 미만 -165 °C[2] 이상의 연료탱크, 2차방벽 및 프로세스용 압력용기의 판, 형재 및 단조품[1] 단, 최대두께 25 mm[3][4]로 한다.

최저설계온도 (°C)	화학성분[5] 및 열처리	충격시험온도 (°C)
-60	1.5 % 니켈강 - 노멀라이징, 노멀라이징 후 템퍼링, 담금질 후 템퍼링 또는 열가공제어법(TMCP)[6]	-65
-65	2.25 % 니켈강 - 노멀라이징, 노멀라이징 후 템퍼링, 담금질 후 템퍼링 또는 열가공제어법(TMCP)[6][7]	-70
-90	3.5 % 니켈강 - 노멀라이징, 노멀라이징 후 템퍼링, 담금질 후 템퍼링 또는 열가공제어법(TMCP)[6][7]	-95
-105	5 % 니켈강 - 노멀라이징, 노멀라이징 후 템퍼링, 담금질 후 템퍼링 또는 열가공제어법(TMCP)[6][7]	-110
-165	9 % 니켈강 - 2회 노멀라이징 후 템퍼링 또는 담금질 후 템퍼링[6]	-196
-165	오스테나이트강[9](예 304, 304 L 316, 316 L 321 및 347) 고용화 처리	-196
-165	알루미늄합금(예 5083형) 어닐링	요구하지 않음
-165	오스테나이트 Fe-Ni 합금강(예 36 % 니켈강) 열처리는 승인을 득하여야 함	요구하지 않음

1. 인장 및 충격시험의 규정

1.1 채취 빈도

판	각 피스(piece)마다 시험
형재 및 단조품	각 배치(batch)마다 시험

1.2 인성 (샤르피 V노치 충격시험)

	가로방향 및 세로방향은 시험편의 길이방향이 압연방향과 각각 직각 또는 평행할 때
판	가로방향 시험편 : 최소 평균 흡수 에너지값(KV) 27 J
형재 및 단조품	세로방향 시험편 : 최소 평균 흡수 에너지값(KV) 41 J

(비고)

(1) 가혹한 조건하에서 사용되는 단조품의 충격시험은 우리 선급의 승인을 받아야 한다.

(2) 설계온도가 -165 °C 미만에 대한 규정은 우리 선급의 승인을 받아야 한다.

(3) 두께 25 mm를 넘는 1.5 % Ni, 2.25 % Ni, 3.5 % Ni과 5 % Ni에 대한 재료의 충격시험은 다음과 같이 시행되어야 한다.

재료의 두께(mm)	시험온도(°C)
$25 < t \leq 30$	설계온도보다 10 °C 낮은 온도
$30 < t \leq 35$	설계온도보다 15 °C 낮은 온도
$35 < t \leq 40$	설계온도보다 20 °C 낮은 온도

에너지 값은 적용한 시편형태에 따라 표의 값을 따라야 한다. 두께가 40 mm 를 넘는 재료의 경우, 샤르피 V노치 충격에너지 값을 특별히 고려하여야 한다.

(4) 9 % Ni강, 오스테나이트 스테인리스강 및 알루미늄 합금의 경우, 두께가 25 mm 이상인 재료를 사용할 수 있다.

(5) 화학성분은 **선급 및 강선규칙 2편 1장** 또는 우리 선급이 인정하는 기준에 적합하여야 한다.

(6) 열가공제어법(TMCP) 니켈강은 우리 선급의 승인을 받아야 한다.

(7) 담금질 후 템퍼링한 강은 우리 선급의 승인을 받아 더욱 낮은 설계온도의 장소에 사용할 수 있다.

(8) 특별히 열처리한 5 % 니켈 강(예를 들면, 3회 열처리한 5 % 니켈강 등)은 충격시험이 -196 °C에서 행하여 진다면 -165 °C 이하의 장소에 사용할 수 있다.

(9) 충격시험은 우리 선급의 승인을 받아 생략할 수 있다.

표 5.4 설계온도가 0 °C 미만 -165 °C 이상[3]의 연료 및 프로세스용 관장치의 관(이음매 없는 관 및 용접관)[1], 단조품[2] 및 주조품[2] 단, 최대두께는 25 mm로 한다.

최저설계 온도(°C)	화학성분[5] 및 열처리	충격시험	
		시험온도 (°C)	최소평균흡수 에너지(KV)(J)
-55	탄소망간강, 세립킬드강, 노멀라이징 또는 특별히 승인된 방법[6]	[4]	27
-65	2.25 % 니켈강, 노멀라이징, 노멀라이징 후 템퍼링 또는 담금질 후 템퍼링[6]	-70	34
-90	3.5 % 니켈강, 노멀라이징, 노멀라이징 후 템퍼링 또는 담금질 후 템퍼링[6]	-95	34
-165	9 % 니켈강[7], 2회 노멀라이징 후 템퍼링 또는 담금질 후 템퍼링	-196	41
	오스테나이트강(예: 304, 304 *L*, 316, 316 *L*, 321 및 347) 고용화처리[8]	-196	41
	알루미늄합금(예: 5083형) 어닐링	-	요구하지 않음
1. 인장 및 인성(충격)시험의 규정			
1.1 채취 빈도			
- 각 배치(batch)마다 시험하여야 한다.			
1.2 인성 (샤르피 V노치 충격시험)			
충격시험 : 세로방향 시험편			
(비고) (1) 종방향 및 나선형 용접관의 사용은 우리 선급의 승인을 받아야 한다. (2) 단조품 및 주조품에 대한 규정은 우리 선급에 의해 고려될 수 있다. (3) 설계온도가 -165 °C 미만의 규정은 우리 선급의 승인을 받아야 한다. (4) 시험온도는 설계온도보다 5 °C 낮은 온도 또는 -20 °C 중 낮은 온도이어야 한다. (5) 화학성분은 **선급 및 강선규칙 2편 1장** 또는 우리 선급이 인정하는 기준에 따른다. (6) 담금질 후 템퍼링한 강은 우리 선급의 승인을 받아 더욱 낮은 설계온도의 장소에 사용할 수 있다. (7) 화학성분은 주조품에는 적용하지 아니 한다. (8) 충격시험은 우리 선급의 승인을 받아 생략할 수 있다.			

표 5.5 4장 504.의 13항 (1)호 (가) (b)에 의하여 요구되는 선체구조용의 판 및 형재

선체구조의 최저 설계온도(°C)	강재 등급의 최대 두께(mm)							
	A	B	D	E	AH	DH	EH	FH
0이상[1] -5이상[2]	우리 선급이 인정하는 기준에 따른다.							
0미만 -5까지	15	25	30	50	25	45	50	50
-5미만 -10까지	×	20	25	50	20	40	50	50
-10미만 -20까지	×	×	20	50	×	30	50	50
-20미만 -30까지	×	×	×	40	×	20	40	50
-30미만	**표 5.2**의 두께제한과 동표 비고 (2)의 제한을 적용하지 않을 경우를 제외하고 **표 5.2**에 적합할 것							
(비고) "×"는 사용하지 않는 강재의 등급을 표시								

제 6 장 연료의 수급 및 공급

제 1 절 연료수급

101. 일반사항

1. 목적

이 절은 인체, 환경 또는 선박에 위험을 유발하지 않고 연료수급 작업을 실시할 수 있도록 선상에 적절한 장치를 규정하는 것을 목적으로 한다.

2. 기능요건

(1) 이 절은 1장 202.의 1항부터 11항, 13항부터 17항의 기능요건과 관련되고, 특히 다음을 적용한다.

(가) 연료를 저장탱크로 이송하는 관장치는 관장치로부터의 누설이 인체, 환경, 또는 선박에 위험을 유발하지 않도록 설계하여야 한다.

102. 연료수급장소

1. 연료수급장소는 충분한 자연통풍이 제공되는 개방갑판에 위치하여야 한다. 폐위 혹은 반폐위 된 연료수급장소는 위험도 평가에서 특별한 고려를 하여야 한다.
2. 연료관의 손상이 선박의 연료격납설비에 손상을 일으켜 통제할 수 없는 가스배출이 발생하지 않도록 연결구 및 배관을 배치하여야 한다.
3. 누설된 연료를 안전하게 처리할 수 있는 장치가 설치되어야 한다.
4. 펌프흡입구 및 연료수급관장치내에 있는 압력을 도출시키고 액체를 배출하기 위한 적절한 설비를 갖추어야 한다. 액체는 액화가스연료탱크 또는 기타 적절한 장소로 배출하여야 한다.
5. 연료가 누설되는 경우, 주위의 선체 및 갑판구조는 허용할 수 없는 냉각에 노출되지 않아야 한다.
6. 압축가스 연료수급장소의 경우, 빠져나간 콜드제트(cold jet)가 주변 선체구조에 영향을 미칠 가능성이 있다면 저온강의 차폐장치를 설치하여야 한다.

103. 선박의 연료호스

1. 연료 이송에 사용하는 액체 및 증기 호스는 연료와 호환되어야 하고 연료온도에 적합한 것이어야 한다.
2. 탱크의 압력 또는 펌프나 가스압축기의 토출압력을 받는 호스의 파괴압력은 연료수급 중에 호스에 걸리는 최대압력의 5배 이상이 되도록 설계하여야 한다.

104. 매니폴드

연료수급 매니폴드는 연료수급 동안 외부하중을 견딜 수 있도록 설계되어야 한다. 연료수급장소의 연결구는 추가의 안전 건식 분리커플링 및 신속한 자기밀봉 분리기능을 갖춘 건식 분리형(dry-disconnect type)이어야 한다. 커플링은 표준형이어야 한다.

105. 연료수급장치

1. 연료수급 라인은 불활성가스로 퍼징하는 장치를 갖추어야 한다.
2. 연료수급장치는 저장탱크에 주입하는 동안에 공기 중으로 가스가 배출되지 않도록 배치되어야 한다.
3. 육상연결구에 근접하여 각 연료수급 라인에 수동작동 정지밸브와 원격작동 차단밸브를 연속해서 설치하거나 원격작동과 수동작동 겸용의 밸브가 설치되어야 한다. 원격작동밸브는 연료수급 작업을 위한 제어장소 또는 기타 안전한 장소에서 조작이 가능하여야 한다.
4. 연료수급 완료 후 연료수급 관으로부터 액체를 드레인하기 위한 수단이 제공되어야 한다.
5. 연료수급 라인은 불활성가스 주입 및 가스프리가 가능도록 배치되어야 한다. 연료수급을 하지 않는 중에는 연료수급관은 가스프리 상태이어야 한다. 다만, 가스프리를 하지 않는 것에 대한 영향을 평가하고 승인을 받는다면 가스프리를 하지 않을 수 있다.
6. 연료수급 라인이 선측 양쪽으로 가로질러 배치된 경우 적절한 격리장치를 설치하여 사용하지 않는 쪽의 선측에 설치된 연료수급 라인으로 연료가 이송되지 않도록 하여야 한다.

7. 자동 및 수동 비상정시 시에 연료공급 장소와의 통신을 위하여 선박과 육상간의 통신시스템 또는 동등한 수단을 설치하여야 한다.
8. 압력서지를 고려함으로 인해 디폴트 시간이 더 높은 값에서 요구된다는 것이 증명되지 않는 다면, 경보의 발생부터 3항에서 요구하는 원격작동밸브의 완전한 차단까지의 디폴트시간은 10장 603.의 7항에 따라 계산된 값으로 하여야 한다.

제 2 절 연료의 공급

201. 일반사항

1. 목적

이 절은 연료를 연료소모장치(consumer)로 안전하고 신뢰성 있게 공급하는 것을 목적으로 한다.

2. 기능요건

(1) 이 절은 1장 202.의 1항에서 6항, 8항에서 11항 및 13항에서 17항의 기능요건과 관련되고, 특히 다음을 적용한다.

(가) 연료공급장치는 작동 및 검사를 위한 안전하게 접근할 수 있고 연료누설의 영향이 최소화되도록 배치하여야 한다.

(나) 연료소모장치로 연료이송을 위한 관장치는 하나의 격벽이 손상되더라도 관에서 주위지역으로 누설되어 선내의 선원, 환경, 선박에 위험을 야기하지 않도록 설계되어야 한다.

(다) 기관실 외부의 연료관은 누설이 발생한 경우 선원의 부상위험 및 선박의 손상을 최소화 하도록 설치 및 보호되어야 한다.

202. 연료공급의 이중화

1. 단일연료 장치에서 연료공급장치는 연료탱크로부터 연료소모장치까지 전체 장치에 걸쳐서 완전한 이중화 및 분리가 되도록 배치되어야 하며, 한 장치에서의 누설이 허용할 수 없는 동력의 손실로 이어지지 않도록 하여야 한다.
2. 단일연료 장치에서 연료는 2개 이상의 탱크에 나누어 저장하여야 한다. 각 탱크는 분리된 구획에 설치하여야 한다.
3. 독립형탱크 형식 C에 한해서, 한 탱크에 두 개의 완전히 분리된 탱크연결부 구역을 설치하는 경우에는 하나의 탱크를 허용할 수 있다.

203. 가스공급장치의 안전 기능

1. 연료저장탱크의 입구와 출구에는 탱크에 가능한 가깝게 밸브를 설치하여야 한다. 통상의 운전 동안 조작이 요구되고 접근을 할 수 없는 밸브는 원격으로 조작되어야 한다. 여기서 통상의 운전이라 함은 연료소모장치에 가스를 공급할 때와 연료를 수급하는 동안을 말한다. 탱크밸브는, 접근가능 여부와 관계없이, 9장 201.의 2항 (1)호 (나)에서 요구하는 안전장치가 작동하면 자동으로 작동하여야 한다.
2. 각 가스소모장치 또는 소모장치 세트의 주 가스 공급관에는 한 개의 수동작동 정지밸브와 직렬로 결합된 한 개의 자동작동 “주 가스 연료밸브” 또는 한 개로 결합된 수동 및 자동 작동 밸브가 설치되어야 한다. 이 밸브들은 가스연료 기관이 있는 기관 구역의 외부에 있는 배관 부분에 위치하여야 하고, 만일 가스 가열을 위한 설비가 설치된다면 이 설비에 가능한 한 가깝게 위치하여야 한다. 주 가스연료 밸브는 9장 201.의 2항 (1)호 (나)에서 요구하는 안전장치에 의해 작동되는 경우 자동으로 가스 공급을 차단시켜야 한다.
3. 자동 주 가스연료 밸브는 가스연료 기관이 있는 기관 구역 내의 탈출로 상의 안전한 장소, 기관제어실(적용되는 경우), 기관구역 외부와 항해선교로부터 작동할 수 있어야 한다.
4. 각 가스소모장치에는 한 조의 “이중 차단 및 배출 밸브(double block and bleed vale)"가 설치되어야 한다. 이 밸브들은 9장 201.의 2항 (1)호 (나)에서 요구되는 안전장치가 작동되었을 때, 직렬로 된 두 개의 가스연료 밸브가 자동으로 닫히고 배출 밸브가 자동으로 열리도록 하기 위해서 (1)호 또는 (2)호와 같이 배치되어야 하며 다음 요건에 적합하여야 한다.

(1) 두 개의 차단밸브는 가스소모장비에 연결된 가스연료 배관에 직렬로 연결되어야 한다. 배출 밸브는 두 개의 직렬 밸브들 사이의 가스연료 배관 부분을 외기의 안전한 장소로 배출하는 배관에 있어야 한다. 또는

(2) 직렬로 연결된 차단 밸브들 중 하나와 배출 밸브의 기능이 하나의 밸브에 결합되어 있고 가스 기구로의 흐름이 차단되고 배출이 가능하도록 배치되어야 한다.

5. 2개의 차단 밸브는 고장폐쇄형(fail-to-close)이어야 하고 배출 밸브는 고장개방형(fail-to-open)이어야 한다.
6. 이중차단밸브는 기관의 정상 정지를 위해서도 사용되어야 한다.
7. 주 가스연료 밸브가 자동으로 차단되는 경우, 기관으로부터 가스 배관으로 역류가 예상되므로 이중차단 및 배출밸브 이후의 가스 공급 지관 전체가 환기되어야 한다.
8. 기관의 정비 중 안전한 분리를 보증하기 위하여 각 기관의 가스 공급관에는 이중차단 및 배출밸브 이전에 한 개의 수동 차단 밸브를 설치하여야 한다.
9. 한 대의 기관 장치 및 다중 기관장치에 대하여, 각 기관에 분리된 주 밸브가 설치될 경우, 주 가스 연료 밸브와 이중차단 및 배출 밸브 기능은 결합될 수 있다.
10. 비상정지로 보호되는 기관구역을 지나가는 각 주가스 공급관 및 고압장치에 연결되는 각 가스 공급관에 대하여 기관실 내의 가스관의 파손을 신속히 탐지하기 위한 수단을 갖추어야 한다. 파손이 탐지되면 밸브는 자동으로 차단되어야 한다. 일시적인 부하변동으로 인하여 차단되는 것을 방지하기 위하여 차단은 시간이 지연되어야 한다. 이 밸브는 기관실에 들어가지 전 또는 기관실 내의 관이 들어오는 부분에 가능한 가까운 위치에서 가스 공급관에 설치되어야 한다. 이 밸브는 독립적으로 사용되거나 또는 주가스밸브와 같이 다른 기능과 복합적으로 사용 될 수 있다.

204. 기관구역 외부에서 연료의 분배요건

1. 선박 내의 폐위된 구역을 통과하는 가스공급관은 2차 밀폐장치로 보호되어야 한다. 이러한 밀폐장치는 통풍되는 덕트 또는 이중관으로 할 수 있다. 덕트 또는 이중관 장치는 기계식으로 부압(underpressure) 통풍되어야 하고 통풍 횟수는 시간당 30회이어야 한다. 또한 **9장 207.**에서 요구하는 가스탐지장치를 설치하여야 한다. 이러한 밀폐장치에 대하여 우리 선급이 허용하는 동등한 안전수준을 가지는 대체설비를 인정할 수 있다.
2. 1항의 요건은 완전 용접된 가스 벤트관이 기계식으로 통풍되는 구역을 통과하는 경우에는 적용하지 않아도 된다.

205. 가스안전 기관구역 내에 설치된 연소장치로의 연료공급장치

1. 가스 안전 기관구역을 통과하는 연료공급관은 이중관 또는 덕트에 의해 완전히 폐위되어야 한다. 이러한 이중관 또는 덕트는 다음 중 하나에 만족하여야 한다.
   (1) 가스 배관은 내측의 관에 가스연료가 있는 이중관 장치이어야 한다. 이중관 사이의 공간은 가스연료의 압력보다 높은 압력의 불활성가스에 의하여 가압되어야 한다. 관 사이의 불활성가스 압력의 손실을 알리는 적절한 경보장치가 설치되어야 한다. 내측관의 가스가 고압일 경우, 이러한 장치는 주 가스밸브가 닫히면 기관과 주 가스밸브 사이의 관이 자동적으로 불활성 가스로 퍼징되도록 배치하여야 한다.
   (2) 가스연료 배관은 통풍되는 관 또는 덕트 내에 설치하여야 한다. 가스연료 배관과 외측 관 또는 덕트 사이의 공간은 적어도 시간당 30회의 환기 능력을 갖는 기계식 부압(under pressure) 통풍장치를 설치하여야 한다. 이러한 환기능력은 가스탐지 시 질소가스를 덕트에 자동적으로 충전할 수 있도록 되어 있다면 시간당 10회로 경감할 수 있다. 통풍기용 전동기는 설치되는 장소의 방폭보호 요건에 적합하여야 한다. 통풍장치의 배기구는 가스/공기 혼합물이 발화 할 수 없는 곳에 설치하여야 하고 보호망이 설치되어야 한다.
   (3) 우리 선급이 허용하는 동등한 안전수준을 가지는 대체설비를 인정할 수 있다.
2. 가스 분사밸브까지의 가스배관과 덕트의 연결은 덕트에 의하여 완전히 보호되어야 한다. 이러한 배치는 분사밸브와 실린더 커버의 교체 또는 분해점검이 가능하여야 한다. 또한, 가스가 연소실 내에 분사되기까지의 기관 자체의 모든 가스관은 이중 덕트로 하여야 한다. 다만, 저압 가스기관의 실린더에 공기가 흡입되는 동안 가스가 각 개별 실린더로 직접 공급되어 엔진의 고장이 기관실 내부로 연료가스 누설을 야기하지 않는 경우, 흡기관의 이중 덕트는 생략할 수 있다.

206. 비상정지장치로 보호되는 구역의 연료공급장치

1. 가스연료 공급장치 내의 압력은 1.0 MPa을 초과하여서는 안 된다.
2. 가스연료 공급배관의 설계압력은 1.0 MPa 이상이어야 한다.

207. 내측 관의 가스누설에 대비한 통풍덕트 및 외측 관의 설계

1. 가스연료장치의 외측관 또는 덕트의 설계압력은 가스 내측관의 최대사용압력 이상이어야 한다. 다만, 사용압력이 1 MPa을 초과하는 가스연료 공급장치의 경우에 외부덕트의 설계압력은 모든 파열판 및 통풍장치를 고려하여 이중관 내외측 사이에서 발생 가능한 순간 최대압력 이상으로 할 수 있다.
2. 고압배관에 대하여, 덕트의 설계압력은 다음 중 높은 값 이상이어야 한다.
   (1) 최고 충만 압력 : 원형의 공간에서의 가스의 흐름에 의한 파열 면에서의 정압
   (2) 파열 면에서 국부 순간 최고 압력(p) : 이 압력은 임계압력으로 취급되어야 하며 다음의 수식으로 구하여야 한다.

$$p = p_0\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$$

p_0 : 내측 관의 최고사용압력
k : C_p/C_v 정압비열을 정적비열로 나눈 값(메탄 : 1.31)

상기 압력을 받을 때 직관의 접선막응력(tangential membrane stress)이 인장강도를 1.5로 나눈 값($R_m/1.5$)을 초과하여서는 안 된다. 모든 관장치 구성요소의 압력 등급은 직관과 같은 수준의 강도가 반영되어야 한다. 상기 식의 최고 압력을 사용하는 대신에 대표적인 시험으로 얻은 최고압력을 사용할 수 있다. 이 경우에는 시험보고서를 제출하여야 한다.

3. 강도를 검증하기 위해 덕트 또는 관의 보존성을 증명하는 계산을 수행하여야 한다. 계산을 대신하여 대표적인 시험으로 강도를 검증할 수 있다.
4. 저압 연료배관에 대하여, 덕트는 연료관의 최고사용압력 이상의 설계압력에 적합한 치수를 가져야 한다. 덕트는 연료관의 예상 파열 압력을 견딜 수 있는지 확인하기 위한 압력시험을 실시하여야 한다.

208. 압축기 및 펌프

1. 압축기 또는 펌프가 격벽이나 갑판을 관통하는 축에 의해 구동되는 경우, 격벽 관통부는 가스밀 구조이어야 한다.
2. 압축기 또는 펌프는 사용하고자 하는 목적에 적합하여야 한다. 모든 장비 및 기관은 적절히 시험하여 해상환경에서의 사용에 적합함을 확인하여야 한다. 적합함을 확인함에 있어서 고려해야 할 항목은 다음과 같다. 다만 다음에 한정하지는 않는다.
   (1) 환경
   (2) 선내 진동 및 가속
   (3) 종동요, 상하운동 및 횡동요의 영향
   (4) 가스성분
3. 기관이 액화가스에 작동하도록 설계된 경우를 제외하고는 가스제어부(gas control section) 또는 가스연료기관에 액화가스가 유입되지 않도록 장치하여야 한다.
4. 압축기 및 펌프에는 효율적이고 신뢰성 있는 기능을 발휘하는데 필요한 부속품과 장치들이 설치되어야 한다. ⚓

제 7 장 기관 및 보일러

제 1 절 일반사항

101. 목적

이 절은 기계, 전기 또는 열에너지를 안전하고 신뢰성 있게 전달하는 것을 목적으로 한다.

102. 기능요건

1. 이 장은 **1장 202.**의 1항, 11항, 13항, 16항 및 17항의 기능요건과 관련되고, 특히 다음을 적용한다.
   (1) 배기장치는 연소되지 않은 가스연료가 축적되지 않도록 설계되어야 한다.
   (2) 누설가스의 점화로 인해 발생할 수 있는 최대 압력을 견딜 수 있는 강도로 설계되지 않은 경우, 발화성 가스/공기 혼합기체를 포함하거나 포함할 가능성이 있는 기관 부품 또는 장치에는 적절한 압력 도출장치를 설치하여야 한다. 엔진에 따라서 이러한 부품 및 장치는 공기흡입 메니폴드 및 소기구역을 포함할 수 있다.
   (3) 폭발도출 벤트는 선원이 통상 존재하는 구역으로부터 떨어져서 배치하여야 한다.
   (4) 모든 가스소모장치는 독립된 배기장치를 갖추어야 한다.

제 2 절 피스톤 형식의 내연기관

201. 일반

1. 배기장치에는 폭발도출 벤트장치를 설치하여야 한다. 이 벤트장치는 한 실린더에서 연소되지 않은 가스가 배기장치에서 점화되는 경우 과도한 폭발압력을 방지하기에 충분한 치수이어야 한다.
2. 피스톤 하부공간이 크랭크케이스와 직접 연결되는 기관의 경우 크랭크케이스 내의 연료가스축적의 잠재된 위험에 대하여 상세한 평가를 수행하여 기관의 안전 개념에 반영하여야 한다.
3. 2행정 크로스헤드 디젤기관(two-stroke crosshead diesel engines)이 아닌 각 기관의 크랭크 케이스와 섬프에는 다른 기관과 독립된 벤트장치를 설치하여야 한다.
4. 가스가 보조장치 매체(윤활유, 냉각수)로 직접 유출될 가능성이 있는 경우, 가스확산을 방지하기 위해서 기관의 출구 바로 다음에 가스를 배출하는 적절한 장치를 설치하여야 한다. 보조장치 매체에서 추출된 가스는 개방구역의 안전한 곳으로 배출되어야 한다.
5. 기관에 점화장치가 있는 경우, 가스연료가 주입되기 전에 각 장치의 점화장치가 올바르게 작동하는지 확인하여야 한다.
6. 착화실패(misfiring) 또는 불완전연소를 감시하고 탐지하는 장치를 설치하여야 한다. 착화실패 또는 불완전연소가 탐지되는 경우, 해당 실린더로의 가스공급이 차단되고 한 실린더가 운전을 중단하더라도 기관의 운전이 비틀림 진동 측면에서 허용되는 조건으로 가스운전을 허용할 수 있다.
7. 이 지침이 적용되는 연료로 시동하는 기관에 대하여, 연료공급 밸브를 개방한 후에 기관에 따라 정해진 시간 내에 기관 감시장치에서 착화가 탐지되지 않으면 연료공급 밸브가 자동으로 차단되어야 한다. 연소되지 않은 연료혼합물을 배기장치로 부터 제거할 수 있는 장치를 설치해야 한다.
8. **202., 203.** 및 **204.**에서 규정된 기관의 점화매체 및 주 연료는 **표 7.1**과 같다.

표 7.1 기관의 점화 매체

	가스전용		이중연료	다중연료
점화 매체	스파크	점화용 연료	점화용 연료	해당 없음
주 연료	가스	가스	가스 및/또는 연료유	가스 및/또는 액체연료

202. 이중연료 기관

1. 가스연료 공급의 차단 시, 기관은 기름연료 만으로 지속적인 운전이 가능하여야 한다.
2. 기관의 출력변동을 최소한으로 유지하면서 가스연료 운전에서 연료유 운전으로 또는 그 반대로 자동 전환할 수 있는 장치를 설치하여야 하고 시험을 통해서 신뢰도가 수용 가능한 수준인지를 증명해야 한다. 가스연소 시 기관의 운전이 불안정한 경우, 기관은 자동으로 기름연료모드로 전환되어야 한다. 또한 가스연료장치는 언제든지 수동으로 정지할 수 있어야 한다.
3. 정상정지 또는 비상정지 시, 가스연료 공급은 점화원보다 먼저 또는 동시에 차단되어야 한다. 각 실린더 또는 기관 전체에 대한 가스공급을 차단하지 않은 상태에서 점화원 차단이 가능해서는 안 된다.

203. 가스기관 요건

정상정지 또는 비상정지 시, 가스연료 공급은 점화원보다 먼저 또는 동시에 차단되어야 한다. 각 실린더 또는 기관 전체에 대한 가스공급을 먼저 또는 동시에 차단하지 않은 상태에서 점화원 차단이 가능해서는 안 된다.

204. 다중연료 기관

1. 하나의 연료 공급이 차단된 경우, 기관은 출력변동을 최소한으로 유지하면서 대체연료를 사용하여 계속해서 운전이 가능해야 한다.
2. 기관의 출력변동을 최소한으로 유지하면서 하나의 연료 운전에서 대체연료 운전으로 자동 전환할 수 있는 장치를 설치하여야 하고 시험을 통해서 신뢰도가 수용 가능한 수준인지 증명해야 한다. 특정 연료를 사용할 때 기관의 운전이 불안정한 경우, 기관은 자동으로 대체연료모드로 전환되어야 한다. 대체연료모드로의 수동전환이 항상 가능하여야 한다.

제 3 절 주보일러 및 보조보일러, 가스터빈

301. 주보일러 및 보조보일러

1. 각 보일러에는 전용의 강제 송풍장치를 설치해야 한다. 모든 관련 안전기능이 유지되는 경우, 비상용으로 보일러 강제 송풍장치 사이에 크로스오버를 설치할 수 있다.
2. 보일러의 연소실 및 연도는 어떠한 경우에도 가스연료가 축적되지 않도록 설계되어야 한다.
3. 버너는 모든 점화상태에서 안정된 연소를 유지할 수 있도록 설계되어야 한다.
4. 주보일러에는 보일러 점화를 중단하지 않고 가스연료 운전에서 연료유 운전으로 자동 전환되는 장치를 설치하여야 한다.
5. 보일러 및 연소장치가 가스연료 점화에 대해 우리 선급에 의해 설계 및 승인되지 않는 경우, 가스연료가 단지 연료유 화염에 의해 점화될 수 있도록 가스노즐 및 버너 제어장치가 구성되어야 한다.
6. 정상적인 점화가 이루어지지 않거나 연소가 지속되지 않는 경우, 버너로 유입되는 가스연료를 차단할 수 있도록 설치하여야 한다.
7. 각 가스버너의 관에는 수동조작의 차단밸브를 설치하여야 한다.
8. 이 버너를 소화한 후, 불활성가스에 의해 버너의 가스공급관을 자동으로 퍼징하는 설비를 하여야 한다.
9. 4항에서 요구하는 자동 연료전환장치는 지속적으로 이용하기 위해 경보장치로 감시되어야 한다.
10. 운전 중인 모든 버너에서 화염소실(flame failure)이 발생하면 재착화(relighting)를 하기 전에 보일러 연소실을 자동으로 퍼징하는 설비를 설치한다.
11. 보일러는 수동으로 퍼징할 수 있는 설비를 갖추어야 한다.

302. 가스터빈

1. 누설가스의 점화로 인해 발생할 수 있는 최대 압력을 견딜 수 있는 강도로 설계되지 않은 경우, 가스누설에 의한 폭발을 고려하여 압력도출장치는 적절히 설계되어야 하고 배기장치에 부착되어야 한다. 배기연도 내의 압력도출장치는 사람과 멀리 떨어진 안전한 장소로 유도되어야 한다.
2. 가스터빈은 **3장 303.** 및 **6장 206.**에 명시된 비상정지(ESD)원리에 따라 설치된 기밀의 폐위구역 내에 설치

할 수 있다. 이 경우, 이 폐위구역 내에서는 가스공급 배관의 압력이 1.0 MPa을 초과하는 것도 허용할 수 있다.

3. 가스탐지장치와 차단기능은 비상정지장치로 보호되는 기관구역에 대한 요건에 따른다.
4. 폐위구역의 환기는 **8장 3절**의 비상정지장치로 보호되는 기관구역에 대한 요건에 따른다. 다만, 이에 추가하여 완전한 이중화(독립된 전기회로를 갖춘 100 %용량의 팬 2대)를 갖추어야 한다.
5. 단일 연료 가스터빈을 제외하고는 기관의 출력변동을 최소로 유지하면서 가스연료 운전에서 연료유 운전으로 또는 그 반대로 쉽고 신속하게 자동으로 전환시키는 장치를 설치하여야 한다.
6. 운전 중 배기장치에 연소되지 않은 연료가스를 발생시킬 수 있는 불완전 연소를 감시하고 탐지하는 장치를 설치하여야 한다. 불완전 연소가 탐지되면 연료가스 공급이 중단되어야 한다.
7. 각 터빈에는 배기온도가 고온이 되는 경우에 자동으로 정지하는 장치를 설치하여야 한다. ⚓

제 8 장 화재안전 및 폭발방지

제 1 절 화재안전

101. 일반

1. 목적

이 절은 선박의 연료로서 천연가스를 저장, 처리, 이송, 사용하는 것과 관련된 모든 장치 구성품에 대한 방화, 화재탐지 및 소화에 대한 요건을 규정하는 것을 목적으로 한다.

2. 기능요건

이 절은 **1장 202.**의 **2**항, **4**항, **5**항, **7**항, **12**항, **14**항, **15**항 및 **17**항의 기능요건과 연관된다.

102. 방화

1. 펌프, 압축기, 열교환기, 기화기 및 압력용기와 같은 연료공급을 위한 장비가 설치된 구역은 화재방열요건에 대하여 A류 기관구역으로 간주되어야 한다.
2. 개방갑판상의 연료탱크에 면하는 거주구역, 업무구역, 제어구역, 탈출로 및 기관구역의 경계는 A-60급으로 방열하여야 한다. A-60급 방열은 항해선교 갑판의 하부까지 연장되어야 하고, 그 상부로는 항해선교창을 포함하여 A-0 급으로 방열하여야 한다. 이에 추가하여, 연료탱크가 산적포장(bulk packaging)으로 간주되는 경우 연료탱크는 **IMDG 코드**의 요건에 따라 화물로부터 분리되어야 한다. **IMDG 코드**의 적하 및 분리요건의 목적상, 개방갑판상의 연료탱크는 제 2.1류 포장(class 2.1 package)으로 고려되어야 한다.
3. 연료격납설비가 설치된 구역은 A류 기관구역 또는 고화재위험인 구역과 분리되어야 한다. 분리는 A-60급으로 방열된 폭 900 mm의 코퍼댐으로 한다. 연료격납설비가 설치된 구역과 화염 위험도가 낮은 기타 구역과의 화재방열성을 결정할 때 **SOLAS II-2/9**에 따라 연료격납설비는 A류 기관구역으로 고려되어야 한다. 연료격납설비가 설치된 구역들 간의 경계는 A-60급 또는 900 mm 코퍼댐으로 하여야 한다. 독립형탱크 형식 C는 연료저장창 구역을 코퍼댐으로 고려할 수 있다.
4. 연료저장창 구역에 화재위험이 있는 기관 또는 장비를 설치하여서는 안 된다.
5. 로로구역을 통과하는 연료관의 방화는 관의 용도 및 예상압력에 따라서 우리 선급이 특별히 고려하는 바에 따른다.
6. 연료수급 장소는 방열등급이 A-0급으로 경감될 수 있는 탱크, 공소, 화재 위험이 거의 없거나 혹은 전혀 없는 보기실, 화장실 및 이와 유사한 구역을 제외한 A류 기관구역, 거주구역, 제어장소 및 고화재위험구역과는 A-60급에 의해 분리되어야 한다.
7. 비상정지장치로 보호되는 기관구역이 단일 경계로 분리되어 있는 경우, 그 경계는 A-60급 이어야 한다.

103. 소화

1. 소화주관

(1) 요구되는 소화펌프의 용량 및 작동 압력이 요구되는 개수의 소화전 및 호스와 물분무장치를 동시에 작동하는 것이 충분하다면 아래에서 요구되는 물분무장치는 소화주관 장치의 일부분으로 할 수 있다.

(2) 저장탱크가 개방갑판상에 위치해 있는 경우, 소화주관의 손상부분을 격리시키기 위해 소화 주관에 격리밸브(isolating valve)를 부착하여야 한다. 소화주관 일부분의 격리는 물의 공급으로부터 격리된 부분 앞쪽의 소화라인을 손상시키지 않아야 한다.

2. 물분무 장치

(1) 냉각 및 방화를 위하여 개방갑판에 위치한 연료저장탱크의 노출부에 뿌릴 수 있는 물분무장치를 설치하여야 한다.

(2) 또한, 물분무 장치는 개방 갑판 상의 연료저장탱크에 면하면서 탱크로 부터 10 m 이상 떨어져 있지 않는 선루, 압축기실, 펌프실, 화물제어실, 연료수급 제어장소, 연료수급 장소 및 통상 사람이 거주하는 거주구의 경계를 보호하여야 한다.

(3) 물분무장치는 가장 큰 수평의 투영면에 대하여는 10 l/min/m^2, 수직면에 대하여는 4 l/min/m^2의 분무율로 위에 명시된 모든 지역을 보호하도록 설계되어야 한다.

(4) 손상된 부분을 격리하기 위하여, 스톱밸브가 40 m를 초과하지 않는 간격으로 설치되거나 또는 시스템이 독립적으로 작동되는 2개 이상의 부분으로 분할되어야 한다. 단, 필요한 제어장치는 보호대상 영역에 화재가 발생한 경우 접근 불가능한 상태가 되지 않고 쉽게 접근할 수 있는 위치에 있어야 한다.
(5) 물분무펌프의 용량은 위에 명시된 보호되는 지역에서 수압적으로 가장 큰 양을 요구하는 지역에 필요한 물의 양을 공급하기에 충분한 것이어야 한다.
(6) 물분무 장치가 주 소화장치의 일부가 아닐 경우, 스톱밸브를 통해 선박의 소화주관에 연결하여야 한다.
(7) 물분무장치에 물을 공급하는 펌프의 원격시동장치와 시스템에서 상시 폐쇄되어 있는 밸브의 원격 조작장치는 보호되는 지역에서 화재가 발생할 경우 접근 불가능한 상태가 되지 않고 쉽게 접근할 수 있는 위치에 있어야 한다.
(8) 노즐은 승인된 전양정형(full bore type)이어야 하며 보호되는 구역 전체에 걸쳐 물 분배가 효과적으로 이뤄질 수 있도록 배치하여야 한다.

3. 드라이케미컬 분말 소화 장치

(1) 연료수급장소에는 모든 가능한 누설지점을 보호하기 위하여 드라이케미컬 분말 소화 장치 영구적으로 설치하여야 한다. 용량은 적어도 3.5 kg/s의 비율로 최소 45초 동안 방출할 수 있어야 한다. 시스템은 보호되는 구역 외부의 안전한 위치로부터 수동으로 쉽게 작동시킬 수 있도록 배치되어야 한다.
(2) 최소 5 kg 용량의 휴대식 분말 소화기 1개를 연료수급장소 근처에 비치하여야 하며, 다른 IMO 문서의 요건에 의해 추가의 휴대식 소화기를 요구할 수 있다.

4. 화재 탐지 및 경보 장치

(1) 갑판 하부의 연료저장창 구역 및 연료격납설비용 통풍 트렁크 그리고 연료가스장치가 설치된 화재가 발생할 수 있는 기타 모든 구역에는 **FSS코드**에 적합한 고정식 화재탐지장치 및 화재경보장치가 설치되어야 한다.
(2) 연기탐지기만으로 신속한 화재탐지가 충분한 것으로 고려하여서는 안 된다.

제 2 절 폭발방지

201. 일반사항

1. 목적

이 절은 폭발방지와 폭발이 미치는 영향을 제한하는 것을 목적으로 한다.

2. 기능요건

(1) 이 절은 **1장 202.**의 **2**항, **3**항, **4**항, **5**항, **7**항, **8**항, **12**항, **13**항, **14**항 및 **17**항의 기능요건과 연관되며 특히 다음을 적용한다.
(가) 폭발가능성은 아래와 같은 방법으로 최소화시킨다.
(a) 점화원의 수를 줄인다.
(b) 인화성 혼합물(ignitable mixture)이 형성될 가능성을 줄인다.

3 일반요건

(1) 이 절에서 정의되지 않은 개방갑판 및 다른 구역의 위험구역은 공인된 기준(**IEC 60092-502, Part 4.4**)을 근거로 결정되어야 한다. 위험구역 내에 설치되는 전기설비는 그 기준에 따라야 한다.
(2) 전기 설비와 전선은 운항 목적상 필수적인 것이 아닐 경우에는 원칙적으로 **203.**의 위험구역 내에 설치하여서는 안 된다.(장비의 형식 및 설치 요건은 **IEC 60092-502** 및 **IEC 60079-10-1: Part 10-1**에 따라야 한다.)
(3) 비상정지장치로 보호되는 기관 구역 내에 설치된 전기설비는 다음 사항을 만족해야 한다.
(가) 화재 탐지기 및 탄화수소 탐지기와 화재경보 및 가스경보에 추가하여, 조명장치 및 통풍기는 위험구역 1(zone 1)에 대하여 안전이 증명된 것이어야 한다.
(나) 가스연료기관이 있는 기관구역에 설치되고 구역 1(zone 1)에 대하여 증명되지 않은 모든 전기설비는 가스연료기관이 있는 구역에서 두 개의 탐지기에 의하여 최저폭발한계(LEL)의 40 %를 초과하는 가스농도가 탐지될 경우 자동적으로 차단되어야 한다.

202. 구역 분류

1. 구역 분류는 폭발 가스 분위기가 발생할 수 있는 구역을 분석하고 분류하기 위한 한 방법이다. 이 분류의 목적은 이러한 구역 내에서 전기기기를 안전하게 사용 할 수 있도록 하기 위함이다.
2. 적절한 전기장치의 선택을 용이하게 하고 적절한 전기설비의 설계를 하기 위해 위험구역은 구역 0, 1, 2로 구분되며 그 분류는 203.에 따른다.(IEC 60079-10-1 : Part 10-1 참조 및 IEC 60092-502의 지침 및 예를 참조)
3. 통풍 덕트는 통풍되는 구역과 동일한 위험구역으로 분류되어야 한다.

203. 위험구역

1. 구역 "0" (zone 0)

구역 "0"는 다음을 포함한다. 다만 다음에 한정하지는 않는다.

(1) 연료탱크의 내부
(2) 연료를 포함하는 배관 및 장비의 내부
(3) 연료탱크용 압력도출관 또는 벤트장치 관의 내부

2. 구역 "1" (zone 1)

(1) 이 구역에 설치되는 계기 및 전기장치는 구역 "1"에 적합한 형식이어야 한다.
(2) 구역 "1"은 다음을 포함한다. 다만 다음에 한정하지는 않는다.
  (가) 탱크연결부 구역, 연료저장창 구역(독립형탱크 형식 C의 연료저장창 구역은 통상 구역 "1"로 고려되지 않는다) 및 방벽간 구역
  (나) 305.에 따른 통풍장치를 갖춘 연료준비실
  (다) 연료탱크 출구, 가스 또는 증기 배출구(예를 들면, 그런 구역은 개방 갑판 상에 위치한 연료탱크의 얼리지 개구 또는 측심관 ,연료탱크 덮개 및 가스증기 배출구로부터 3 m 이내의 모든 구역이다), 연료수급 매니폴드 밸브, 기타 연료밸브, 연료배관 플랜지, 연료준비실 통풍 배기구 및 온도변화에 의해 발생될 수 있는 소량의 가스 또는 증기 혼합물의 압력 배출을 위한 가스탱크 개구로부터 3 m 이내의 갑판상 구역 또는 갑판상 반폐위 장소
  (라) 연료준비실 입구, 연료준비실 통풍 흡입구 및 구역 1의 기타 개구로부터 1.5 m 이내의 개방갑판 상 또는 갑판 상 반폐위 구역의 장소
  (마) 가스 연료수급 매니폴드 밸브 주위의 누설 코밍 내의 개방 갑판상의 지역 및 이러한 지역으로부터 3 m까지 범위에서 갑판 상 2.4 m 높이 까지
  (바) 연료를 포함하는 배관이 있는 폐위 또는 반폐위 구역, 예를 들어, 연료관을 둘러싼 덕트, 반폐위 된 연료수급 장소
  (사) 비상정지장치로 보호되는 기관구역은 정상 운전 중에는 비위험구역으로 간주되지만 가스 누설 탐지 후에도 작동되어야 하는 장비는 구역 1에 적합한 형식이여야 한다.
  (아) 에어로크로 보호되는 구역은 정상작동 중에는 비위험구역으로 간주되지만 보호되는 구역과 위험구역사이의 차압이 상실된 후에도 작동하여야 하는 장비는 구역 1에 적합한 형식이여야 한다.
  (자) 연료격납설비(독립형탱크 형식 C를 제외)가 노출된 경우에는 그 외부표면으로부터 2.4 m 이내의 구역

3. 구역 "2" (zone 2)

(1) 이 구역에 설치되는 계기 및 전기 장치는 구역 2에 적합한 형식이어야 한다.
(2) 구역 "2"는 다음을 포함한다. 다만 다음에 한정하지는 않는다.
  (A) 구역 1의 개방 또는 반폐위 구역 주위의 1.5 m 이내의 구역
  (B) 탱크연결부 구역으로의 볼트로 체결된 덮개가 설치된 구역

제 3 절 통풍

301. 일반사항

1. 목적

이 절은 가스연료기관 및 장비의 안전한 운전을 위하여 필요한 통풍장치에 대해 규정하는 것을 목적으로 한다.

2. 기능요건

이 절은 **1장 202.**의 2항, 5항, 8항, 10항, 12항, 13항, 14항 및 17항의 기능요건과 연관된다.

302. 일반요건

1. 위험구역의 통풍에 사용되는 덕트는 비위험구역의 통풍에 사용되는 덕트로부터 분리되어야 한다. 통풍은 선박이 운항되는 모든 온도 및 환경조건에서 작동될 수 있는 것이어야 한다.
2. 환풍기용 전동기는 사용되는 구역과 동일한 위험구역에 대하여 승인된 것이 아닌 한 위험구역용 통풍 덕트 내에 위치되어서는 안 된다.
3. 가스원이 있는 구역에 사용되는 환풍기의 설계는 다음을 만족하여야 한다.
   (1) 환풍기는 통풍구역 내 또는 그 구역과 연결된 통풍장치 내의 가스에 발화원이 될 염려가 없는 것이어야 한다. 환풍기 및 환풍기가 설치되는 장소의 환풍덕트는 아래에서 규정하고 있는 것과 같이 스파크가 발생하지 않는 구조의 것이어야 한다.
      (가) 정전기 제거를 고려한 비금속구조의 임펠러 또는 하우징
      (나) 비철재료의 임펠러 및 하우징
      (다) 오스테나이트계 스테인리스강의 임펠러 및 하우징
      (라) 알루미늄합금 혹은 마그네슘 합금의 임펠러 및 링과 하우징 사이에서의 정전기 및 부식을 고려하여, 임펠러가 설치되어 있는 부분에 비철재료의 적절한 두께의 링이 설치된 철제(오스테나이트계 스테인리스강 포함)의 하우징.
      (마) 13 mm 이상의 선단 간격을 갖는 오스테나이트계 스테인리스 포함) 임펠러 및 하우징의 조합.
   (2) 어떠한 경우에도, 임펠러와 케이싱 사이의 방사형의 공기틈 (radial air gap)은 베어링이 설치되어 있는 그 부분에 한하여 임펠러 축 지름의 0.1배 이상이고 최소 2 mm이상이어야 한다. 다만, 13 mm를 초과할 필요는 없다.
   (3) 알루미늄 또는 마그네슘 합금의 고정부품 또는 회전부품과 철재의 고정부품 또는 회전부품과의 조합은 선단 간격에 관계없이 스파크가 발생할 위험이 있는 것으로 간주하며 이러한 장소에 사용해서는 아니 된다.
4. 가스축적을 피하기 위하여 요구되는 통풍장치는 이 지침에서 특별히 언급되지 않는 한, 각각 충분한 용량을 갖는 독립된 환풍기로 구성되어야 한다.
5. 위험 폐위구역의 공기 흡입구는 비위험구역에 설치되어야 한다. 비위험 폐위구역의 공기흡입구는 위험구역의 경계로부터 최소 1.5 m 이상 떨어진 비위험 구역에 설치하여야 한다. 공기흡입 덕트가 더 위험한 구역을 통과하는 경우, 그 덕트는 가스밀이어야 하고 위험구역보다 상대적으로 과압을 가져야 한다.
6. 비위험구역의 공기 출구는 위험구역 외부에 설치되어야 한다.
7. 위험 폐위구역으로부터의 공기 출구는 통풍되는 구역과 같거나 덜 위험한 개방 지역에 위치하여야 한다.
8. 통풍장치의 요구되는 용량은 일반적으로 구역의 전체 용적을 기준으로 한다. 복잡한 형상을 갖는 구역의 경우 통풍 용량의 증가가 요구될 수도 있다.
9. 위험구역으로의 입구를 갖는 비위험구역은 에어로크 장치가 설치되어야 하며 외부의 위험구역에 비해 상대적으로 높은 압력이 유지되어야 한다. 과압의 통풍은 다음의 요건에 따라 배치되어야 한다.
   (1) 초기 기동 중 또는 과압 통풍이 상실된 후에는, 가압되지 않은 구역에 승인된 안전형이 아닌 전기설비를 작동하기 전에,
      (가) 최소 5회 이상 환기가 되도록 퍼징을 실시하거나 측정수단에 의해 그 구역이 위험하지 않음을 확인하여야 한다.
      (나) 그 구역에 가압을 하여야 한다.
   (2) 과압 통풍의 운전은 감시되어야 하고 과압통풍의 실패 시:
      (가) 가시·가청 경보가 인원이 상주하는 장소에 제공되어야 한다.

(나) 과압이 즉시 복구되지 않을 경우, 공인된 기준(IEC 60092-502, 표 5)에 따라서 전기설비가 자동 혹은 프로그램에 의하여 분리되어야 한다.

10. 폐위된 위험구역으로의 개구를 갖는 비위험구역은 에어로크 장치가 설치되어야 하며 위험구역은 비위험구역에 비해 상대적으로 낮은 압력이 유지되어야 한다. 위험구역의 배기식 통풍 작업은 감시되어야 하고 통풍의 실패 시 :

(1) 가시·가청 경보가 인원이 상주하는 장소에 제공되어야 한다.

(2) 부압이 즉시 복구되지 않을 경우, 공인된 기준(IEC 60092-502, 표 5)에 따라서 전기설비가 자동 혹은 프로그램에 의하여 분리되어야 한다.

303. 탱크연결부 구역

1. 탱크연결부 구역에는 시간당 최소 30회 이상의 환기능력을 갖는 부압 형식의 유효한 기계식 통풍장치가 설치되어야 한다. 다른 적절한 방폭의 수단이 설치된 경우에는 환기횟수를 줄일 수 있다. 대체수단의 동등성에 대해서는 위험도 평가에 의해 증명이 되어야 한다.
2. 탱크연결부 구역의 통풍 덕트에는 승인된 자동 페일-세이프(fail safe)형 화재댐퍼가 설치되어야 한다.

304. 가스연료 기관이 있는 기관구역

1. 가스연료 기관이 있는 기관구역의 통풍장치는 다른 모든 통풍장치에서 독립적인 것이어야 한다.
2. 비상정지로 보호되는 기관구역에는 시간당 최소 30회 이상의 환기능력을 갖는 통풍장치가 설치되어야 한다. 통풍장치는 모든 구역에 양호한 공기 순환이 되도록 하는 것이어야 하며 특히 그 구역에 가스 포켓이 형성되는 것을 탐지할 수 있는 것이어야 한다. 대체수단으로, 기관구역에 가스가 탐지되었을 때 환기 횟수가 자동적으로 30회로 증가되는 경우, 통상적인 운전 조건 하에서는 최소 15회 이상 환기되는 배치를 허용 할 수 있다.
3. 비상정지로 보호되는 기관구역에는 IEC 60079-10-1에 정의된 높은 수준의 통풍능력을 확보할 수 있는 충분한 이중화를 갖추어야 한다.
4. 비상정지로 보호되는 기관구역의 통풍 팬 및 가스안전 기관구역의 이중관의 통풍 팬의 개수 및 출력은 주배전반 또는 비상배전반으로부터 분리된 회로를 갖는 한 개의 통풍기 또는 주배전반 또는 비상배전반으로부터 공통 회로를 갖는 한 개의 통풍기 그룹이 작동되지 않을 경우, 전체 통풍 능력의 50 %를 초과한 손실이 되지 않는 것이어야 한다.

305. 연료준비실

1. 연료준비실에는 시간당 최소 30회 이상의 환기능력을 갖는 부압식의 효과적인 기계식 통풍장치가 설치되어야 한다.
2. 통풍 팬의 개수 및 출력은 주배전반 또는 비상배전반으로부터 분리된 회로를 갖는 한 개의 통풍기 또는 주배전반 또는 비상배전반으로부터 공통 회로를 갖는 한 개의 통풍기 그룹이 작동되지 않을 경우, 전체 통풍 능력의 50 %를 초과한 손실이 되지 않는 것이어야 한다.
3. 연료준비실의 통풍장치는 펌프 또는 압축기가 작동될 때는 운전되고 있어야 한다.

306. 연료수급 장소

개방갑판 상이 아닌 장소에 위치한 연료수급 장소는 연료수급 작업을 하는 동안 방출되는 증기를 외부로 배출할 수 있도록 적절히 통풍되어야 한다. 자연통풍이 충분치 않을 경우, 6장 102.의 1항에서 요구하는 위험도 평가에 따라 기계식 통풍을 해야 한다.

307. 덕트 및 이중관

1. 연료관을 수용하는 덕트 및 이중관에는 시간당 최소 30회 이상의 환기능력을 갖는 부압식의 효과적인 기계식 통풍장치가 설치되어야 한다. 6장 202.의 1항 (1)호를 만족하는 경우에는 이 요건을 적용하지 않는다.
2. 가스안전구역에 설치된 이중관 및 기스밸브장치 구역의 통풍장치는 다른 통풍장치와 독립되어야 한다.
3. 이중관 또는 덕트의 통풍 입구는 발화원으로부터 멀리 떨어진 비위험지역에 위치하여야 한다. 입구개구에는 적절한 보호 금속망을 부착하여야 하고 물의 유입으로부터 보호되어야 한다.

4. 이중관 또는 덕트의 통풍용량은 유속의 흐름이 3 m/s로 확보되었을 경우 시간당 30회 이하를 허용할 수 있다. 유속은 연료관 및 기타 구성품이 설치된 상태의 덕트에 대하여 계산되어야 한다. ⚓

제 9 장 전기설비 및 제어장치

제 1 절 전기설비

101. 일반

1. 목적

이 절은 가연성 분위기에서 발화의 위험을 최소화하는 전기설비에 대해 규정하는 것을 목적으로 한다.

2. 기능요건

(1) 이 절은 **1장 202.**의 1항, 2항, 4항, 7항, 8항, 11항, 13항 및 16항부터 18항의 요건과 관련되고, 특히 다음을 적용한다.

(가) 발전 및 배전장치와 그와 관련된 제어장치는 단일 고장으로 인해 연료탱크 압력 및 선체구조 온도를 정상적인 작동한계 내로 유지하는 능력이 손실되지 않도록 설계하여야 한다.

102. 일반요건

1. 전기설비는 IEC 60092시리즈 또는 동등 이상의 기준을 따라야 한다.
2. 운항목적 또는 안전성 향상을 위해 필수적인 경우를 제외하고는 전기설비 또는 전선은 위험구역에 설치되어서는 안 된다.
3. 2항의 규정에 따라 전기기기가 위험구역에 설치되는 경우, 전기설비는 IEC 60092-502 또는 동등 이상의 기준에 따라 선택, 설치 및 유지되어야 한다. 위험구역용 전기설비는 승인된 안전형이어야 한다.
4. 101.의 2항 (1)호 (가)에 규정된 발전 및 배전장치의 단일 손상의 고장모드 및 영향이 IEC 60812 또는 동등 이상의 기준에 따라 분석되고 문서화 되어야 한다.
5. 위험구역 내의 조명장치는 적어도 2개의 분기회로로 나누어져야 한다. 모든 스위치 및 보호장치는 모든 극 또는 상을 차단하여야 하며 비위험구역에 설치되어야 한다.
6. 전기기기의 선내 설치는 선체구조에 안전하게 부착되어야 한다.
7. 연료탱크의 저액면에서 경보를 울리고 연료펌프의 전동기를 자동으로 차단하는 장치를 갖추어야 한다. 자동 차단은 펌프의 낮은 토출압력, 전동기의 낮은 전류 또는 저액면을 감지하는 방식으로 할 수 있다. 차단되는 경우 항해선교 및 항시 사람이 있는 중앙제어장소 또는 선내안전센터에 가시가청의 경보를 발하여야 한다.
8. 잠수식 연료펌프 전동기 및 관련 급전 케이블은 액화가스 연료격납설비 내에 설치할 수 있다. 가스프리 작업 중에는 연료펌프 전동기의 공급전원은 차단될 수 있어야 한다.
9. 개방갑판상의 위험구역에서 출입하는 입구(에어로크로 보호되는)를 가진 비위험구역에 대하여 에어로크 구역 내의 과압이 상실되었을 때 그 구역 내에 설치된 승인된 안전형이 아닌 전기설비는 전원이 차단되어야 한다.
10. 에어로크로 보호되는 구역에 설치되는 비상소화펌프, 추진, 발전, 조선, 양묘 및 계선장치용 전기설비는 승인된 안전형이어야 한다.

제 2 절 제어, 감시 및 안전장치

201. 일반

1. 목적

이 절은 이 지침에 규정된 가스연료장치의 효율적이고 안전한 조작을 지원하는 제어, 감시 및 안전장치에 대해서 규정하는 것을 목적으로 한다.

2. 기능요건

(1) 이 절은 **1장 202.**의 1항, 2항, 11항, 13항부터 15항, 17항 및 18항의 요건과 관련되고, 특히 다음을 적용한다.

(가) 단일의 고장이 발생했을 때 가스연료장치의 제어, 감시 및 안전장치는 **6장 202.**의 1항에 따른 추진

과 발전을 위한 동력을 유지할 수 있도록 장치되어야 한다.

(나) **표 9.1**에서 명시된 장치의 고장 및 수동으로는 조치할 수 없을 정도로 빨리 진전되는 고장이 발생했을 경우 가스안전장치는 가스공급장치를 자동으로 폐쇄할 수 있어야 한다.

(다) 비상정지장치로 보호되는 기관구역에 대하여 안전장치는 가스누설 시에 가스공급을 차단하고 그에 추가하여 기관구역에 있는 모든 비방폭형 전기설비를 차단하여야 한다.

(라) 가능한 공통된 원인의 고장을 방지하기 위하여 안전기능은 가스제어장치로부터 독립된 전용의 가스안전장치에 배치하여야 한다.

(바) 현장의 계측장비를 포함한 안전장치는 고장 난 가스탐지기 또는 감기지 회로의 단선으로 인해 발생하는 잘못된 정지를 방지할 수 있도록 배치해야 한다.

(사) 요건을 만족하기 위해서 2대 이상의 가스공급장치가 필요한 경우, 각 장치마다 독립된 가스제어장치 및 가스안전장치를 설치하여야 한다.

202. 일반요건

1. 연료수급을 포함한 전체 연료가스장비의 안전한 관리에 필수적인 파라미터를 기기측에서 및 원격으로 확인할 수 있는 적절한 계측장치를 설치하여야 한다.
2. 독립된 액화가스 저장탱크의 각 탱크연결구역에 있는 빌지웰에는 액면계와 온도감지기를 설치하여야 한다. 빌지웰의 고액면에서 경보가 작동해야 한다. 저온이 감지되면 안전장치가 작동하여야 한다.
3. 선박에 영구히 설치된 탱크가 아닌 경우에도 선박에 영구히 설치된 탱크와 같이 감시장치를 설치하여야 한다.

203. 연료수급 및 가스탱크 감시

1. 연료탱크용 액면계(level indicator)

(1) 각 액화가스 연료탱크에는 액면계측장치를 설치하여야 하고 연료탱크가 사용 중일 때마다 항상 액면을 확인할 수 있도록 배치하여야 한다. 액면계측장치는 액화가스 연료탱크의 전체 설계압력범위 및 연료사용온도범위 내 어떤 온도에서도 작동이 되도록 설계되어야 한다.

(2) 액면계가 한 개만 설치된 경우, 액면계는 탱크를 비우거나 가스프리(gas free)를 할 필요 없이 탱크의 사용 상태에서도 유지보수가 가능하도록 배치하여야 한다.

(3) 액화가스 연료탱크의 액면계는 다음과 같은 형식으로 할 수 있다.

(가) 중량 또는 유량 계측과 같은 방법으로 연료의 양을 측정하는 간접식 장치.

(나) 방사성 동위원소 또는 초음파를 이용하여 계측하는 장치로써 연료탱크를 관통하지 않는 밀폐식 장치

2. 넘침 제어

(1) 각 연료탱크에는 다른 액면지시장치로부터 독립적으로 작동하고 작동 시 가시가청경보를 발하는 고액면경보장치가 설치되어야 한다.

(2) 고액면경보와 별도로 작동하는 추가의 센서는 연료수급 관장치가 과도한 액체압력을 받지 않고 탱크가 액체로 가득 채워지는 것을 방지하도록 차단밸브를 자동으로 작동시켜야 한다.

(3) 탱크 내의 센서는 시운전 전에 검증할 수 있는 위치에 있어야 한다. 선박 인도 후 및 각 입거 후에 첫 번째 연료만재를 하는 경우, 경보점까지 액화가스 연료탱크 내의 액체연료수위를 상승시킴으로써 고액면경보시험이 시행되어야 한다.

(4) 고액면경보장치 및 넘침경보장치의 전기회로 및 센서를 포함한 액면 경보장치의 모든 구성요소는 성능시험을 할 수 있는 것이어야 하고 연료수급작업을 하기 전에 이 장치들을 **IGF Code, 18.4.3**에 따라 시험하여야 한다.

(5) 넘침제어장치를 오버라이딩하는 장치가 설치된 경우, 오작동을 방지할 수 있는 것이어야 한다. 오버라이딩 장치가 작동하는 경우, 항해선교 및 항시 사람이 있는 중앙제어장소 또는 선내안전센터에 연속적인 가시경보를 발하여야 한다.

3. 압력감시

(1) 각 연료탱크의 증기부에는 직접 판독 게이지가 제공되어야 한다. 또한, 항해선교 및 항시 사람이 있는 중앙제어장소 또는 선내안전센터에 간접식 지시장치가 제공되어야 한다.

(2) 압력지시계에는 탱크 내에서 허용된 최고 및 최저 압력이 명확하게 표시되어야 한다.

(3) 항해선교 및 항시 사람이 있는 중앙제어장소 또는 선내안전센터에 고압경보장치 및 저압경보장치(부압

보호가 요구되는 경우)가 제공되어야 하며, 설정압력에 도달하기 전에 경보를 발하여야 한다.
(4) 각 연료펌프의 토출관과 각 액체 및 증기 연료 매니폴드에는 1개 이상의 압력계가 설치되어야 한다.
(5) 선박의 매니폴드 밸브와 육상과의 호스 연결부 사이에는 그 장소에서 압력을 읽을 수 있는 매니폴드용 압력계를 설치하여야 한다.
(6) 대기에 개구단을 가지지 않는 연료저장창 구역 및 방벽간 구역에는 압력계를 설치하여야 한다.
(7) 압력계 중 한 개 이상은 사용압력범위 전체를 지시할 수 있는 것이어야 한다.

4. 잠수식 연료펌프 전동기 및 관련 급전 케이블에 대하여 연료탱크의 저액면에서 경보를 울리고 전동기를 자동으로 차단하는 장치를 갖추어야 한다. 자동 차단은 펌프의 낮은 토출압력, 전동기의 낮은 전류 또는 저액면을 감지하는 방식으로 할 수 있다. 차단되는 경우 항해선교 및 항시 사람이 있는 중앙제어장소 또는 선내안전센터에 가시가청의 경보를 발하여야 한다.
5. 진공단열장치가 설치된 독립형탱크 형식 C 및 압력 증가식 연료배출장치를 제외하고 각 연료탱크는 적어도 3개 지점(최고허용액면 하부의 탱크정부 및 탱크의 바닥과 중간)에서 연료의 온도를 측정하고 지시하는 장치를 갖추어야 한다.

204. 연료수급 제어

1. 연료수급 장소에서 떨어진 안전한 위치에서 연료수급을 제어할 수 있어야 한다. 이 위치에서는 탱크압력, 탱크온도(**203.**의 **11**항에 의해 요구되는 경우) 및 탱크액면을 감시할 수 있어야 한다. **6장 105.**의 **3**항 및 **8장 103.**의 **2**항 (7)호에서 요구하는 원격제어밸브는 이 위치에서 조작할 수 있어야 한다. 넘침경보 및 자동정지 또한 이 위치에 지시되어야 한다.
2. 연료수급관을 폐위하는 덕트의 통풍장치가 정지한 경우 가시가청의 경보를 연료수급제어장소에 발하여야 한다.(**207.** 참조)
3. 연료수급관 주위의 덕트 내에 가스가 탐지되는 경우 연료수급제어장소에 가시가청의 경보를 발하고 비상정지를 지시하여야 한다.

205. 가스압축기 감시

1. 가스압축기는 항해선교 및 기관제어실 양쪽에 가시가청의 경보장치를 설치하여야 한다. 최소한 경보는 입구 가스 저압, 출구 가스 저압, 출구 가스 고압 및 압축기 작동을 포함하여야 한다.
2. 격벽축그랜드 및 베어링의 온도 감시장치를 설치하여야 하고, 항해선교 또는 항시 사람이 있는 중앙제어장소에 자동으로 연속적인 가시가청의 경보를 발하여야 한다.

206. 가스기관 감시

1. **선급 및 강선규칙 5편**에 따라 제공되는 계기에 추가하여, 다음에 대한 지시기를 항해 선교, 기관 제어실과 현장 조종 장소에 설치하여야 한다.
(1) 단일 가스기관의 경우 기관의 운전
(2) 2중 연료기관의 경우 기관의 운전과 운전 모드

207. 가스 탐지

1. 다음 장소에는 가스탐지기를 영구적으로 설치하여야 한다.
(1) 탱크연결부 구역
(2) 연료배관을 둘러싸고 있는 모든 덕트
(3) 가스배관 또는 가스장비, 가스소모장치가 설치된 기관구역 내
(4) 압축기실 및 연료준비실
(5) 덕트 없이 연료배관이나 다른 연료 장비를 포함하는 기타 폐위 구역
(6) 독립형탱크 형식 C 이외의 독립형탱크의 방벽간 구역 및 연료저장창 구역를 포함하여 연료증기가 축적될 수 있는 기타의 폐위 또는 반폐위 구역
(7) 에어로크
(8) 가스가열장치의 팽창탱크
(9) 연료장치와 관련된 전동기실
(10) **1장 402.**에 규정된 위험도 평가의 결과에 따라 요구되는 경우, 거주구역 및 기관구역의 모든 통풍입구

2. 비상정지장치로 보호되는 각 기관 구역에는 이 중의 가스탐지장치를 설치하여야 한다.
3. 각 구역의 탐지기 개수는 구역의 크기, 배치 및 통풍을 고려하여 결정되어야 한다.
4. 탐지기는 가스가 축적될 수 있는 장소 및 통풍 출구 측에 위치하여야 한다. 최상의 배치를 찾기 위하여 가스 분산 분석 또는 물리적 연기 시험이 이용되어야 한다.
5. 가스탐지장치는 IEC 60079-29-1에 따라 설계, 설치 및 시험되어야 한다.
6. 최저폭발한계(LEL)의 20 %의 증기농도에서 가시·가청 경보가 발하여야 한다. 2개의 탐지기에서 최저폭발한계(LEL)의 40 %의 증기농도를 탐지하면 안전장치가 작동되어야 한다.(**표 9.1**의 **주)1** 참조)
7. 가스연료 기관을 포함하는 기관구역에서 가스 배관 주위의 통풍되는 덕트에 대하여는 최저폭발한계의 30 %에서 경보가 울리도록 설정될 수 있다. 안전장치는 최저폭발한계의 60%에서 작동되어야 한다. (**표 9.1**의 **주)1** 참조)
8. 가스탐지장치로부터의 가시·가청 경보는 항해선교 또는 항시 사람이 있는 중앙제어장소에 위치되어야 한다.
9. 이 절에서 요구되는 가스탐지는 지연됨 없이 연속적이어야 한다.

208. 화재 탐지

가스연료기관이 설치된 기관구역 및 연료저장창 구역으로서 독립형탱크가 설치된 구역에서의 화재탐지 시에 요구되는 안전조치는 아래 **표 9.1**에 따른다.

209. 통풍

1. 요구되는 통풍능력이 상실될 경우 항해선교, 항시 사람이 있는 중앙제어장소 또는 선내안전센터에 가시·가청의 경보를 발하여야 한다.
2. 비상정지장치로 보호되는 기관구역에 대하여, 기관실의 통풍 고장시 안전장치가 작동하여야 한다.

210. 가스공급 장치의 안전 기능

1. 자동 밸브의 동작으로 인하여 연료공급이 차단되면, 그 차단의 원인이 확인되고 필요한 예방조치가 취해질 때까지 연료 공급 밸브를 열어서는 안 된다. 이러한 취지의 설명을 제공하며 보기 쉬운 표지판이 가스 공급 라인의 차단 밸브용 조작 장소에 게시되어야 한다.
2. 연료 공급의 차단을 유발하는 연료 누설이 발생한다면, 누설이 발견되고 처리될 때까지 연료 공급이 되어서는 안 된다. 이러한 취지의 설명서를 기관구역 내의 잘 보이는 위치에 게시하여야 한다.
3. 기관이 가스로 운전될 때에는 연료 배관들을 손상시킬 위험이 있는 무거운 물건을 들어 올리지 않도록 하는 경고 게시판을 가스 연료 기관이 있는 기관 구역에 영구적으로 부착하여야 한다.
4. 압축기, 펌프 및 연료 공급장치는, 적용되는 경우, 다음의 장소에서 수동원격 비상정지하기 위한 장치를 갖추어야 한다.
   (1) 항해선교
   (2) 화물제어실
   (3) 선내안전센터
   (4) 기관제어실
   (5) 화재제어실
   (6) 연료준비실의 출구 근처
   가스압축기는 기기측에서 수동으로 비상 정지시킬 수 있어야 한다.

표 9.1 기관 가스 공급 장치의 감시

파라메타	경보	탱크밸브[6]의 자동 차단	가스 연료기관 구역에 대한 가스 공급 자동 차단	비고
탱크연결부 구역에 20 % LEL의 가스 탐지	X			
2개의 탐지기[1]에서 탱크연결부 구역에 40 % LEL의 가스 탐지	X	X		
연료저장창 구역 화재탐지	X			
갑판하부의 연료격납설비용 통풍트렁크에서의 화재탐지	X			
탱크연결부 구역 빌지웰 고액면	X			
탱크연결부 구역 빌지웰 저온	X	X		
탱크와 가스 연료 기관이 설치된 기관 구역 사이의 덕트 내 20 % LEL의 가스 탐지	X			
탱크와 가스연료기관이 설치된 기관 구역 사이의 덕트 내에 2개의 탐지기[1]에서 40 % LEL의 가스탐지	X	X[2]		
연료준비실 가스 탐지, 20 % LEL	X			
연료준비실 2개의 탐지기[1]에서 40 % LEL의 가스 탐지	X	X[2]		
가스연료기관이 설치된 기관구역 내부의 덕트 내 30 % LEL의 가스탐지	X			가스연료기관이 설치된 기관 구역에 이중관이 설치된 경우
가스연료기관이 설치된 기관 구역 내부의 덕트 내에 2개의 탐지기[1]에서 60 % LEL의 가스 탐지	X		X[3]	가스연료기관이 설치된 기관 구역에 이중 관이 설치된 경우
가스연료기관이 설치된 비상정지장치로 보호되는 기관구역의 20 % LEL의 가스탐지	X			
가스연료기관이 설치된 비상정지장치로 보호되는 기관구역에 2개의 탐지기[1]에서 40 % LEL의 가스 탐지	X		X	또한, 가스연료기관이 설치된 기관 구역 내의 비방폭형 전기설비를 분리하여야 한다.
탱크와 가스연료기관이 설치된 기관 구역 사이의 덕트 내 통풍 손실	X		X[2]	
가스연료기관이 설치된 기관 구역 내부의 덕트 내 통풍 손실[5]	X		X[3]	가스연료기관이 설치된 기관 구역에 이중관이 설치된 경우
가스연료기관이 설치된 비상정지장치로 보호되는 기관구역 내의 통풍 손실	X		X	
가스연료기관이 설치된 기관구역의 화재 탐지	X			

표 9.1 기관 가스 공급 장치의 감시 (계속)

가스 공급의 비정상 가스 압력	X		X	
밸브 제어장치의 작동 매체 손실	X		X [4)]	필요 시 지연된 시간
기관의 자동정지(기관 고장)	X		X [4)]	
수동 작동 기관 비상 정지	X		X	

주)

1) 이중화를 위화여 서로 가까이 위치한 두 개의 독립적인 가스 탐지기가 요구된다. 가스 탐지기가 자기 감시형일 경우에는 한 개의 가스 탐지기 설치가 허용될 수 있다.

2) 탱크가 2대 이상의 기관에 가스를 공급하고, 다른 공급관이 완전히 분리되고 분리된 덕트에 설치되며 덕트 외부에 부착된 주 밸브를 가질 경우, 통풍손실 또는 가스 탐지 시 덕트 내로 유도되는 공급관에 설치된 주 밸브만 닫혀야 한다.

3) 2대 이상의 기관에 가스가 공급되고, 다른 공급관이 완전히 분리되고 분리된 덕트에 설치되며 덕트의 외부이며 가스 연료 기관이 설치된 기관 구역의 외부에 부착된 주 밸브를 가질 경우, 통풍손실 또는 가스 탐지 시 덕트 내로 유도되는 공급관에 설치된 주밸브만 닫혀야 한다.

4) 이중 차단 및 배출밸브만 작동(이중차단 밸브는 닫히고, 배출밸브는 열림)

5) 만일 덕트가 불활성 가스(**6장 205.**의 1항 (1)호 참조)에 의해 보호된다면 불활성 가스 과압 손실이 이 표에 주어진 것과 동일한 조치를 유도하여야 한다.

6) **6장 203.**의 1항에 명시된 밸브들

제 10 장 제조 및 시험

제 1 절 일반사항

101. 일반사항

1. 제조법, 시험, 검사 및 성적증명서는 **선급 및 강선규칙 2편 2장** 및 이 장의 규정에 따른다.
2. 용접 후 열처리가 규정되어 있거나 요구되는 경우, 모재의 성질은 **5장**의 해당 표에 따른 적합한 열처리 조건에서 결정되어야 한다. 그리고 용접부의 성질은 **3절**에 따른 적합한 열처리 조건에서 결정되어야 한다. 용접 후 열처리가 적용되는 경우, 시험요건은 우리 선급이 승인한 경우 변경될 수 있다.

제 2 절 일반 시험요건 및 사양서

201. 인장시험

1. 인장시험은 **선급 및 강선규칙 2편 1장 2절**에 따라 시행되어야 한다.
2. 인장강도, 항복응력 및 연신율은 우리 선급이 인정하는 것이어야 한다. 항복점이 명확한 탄소망간강 및 기타 재료는 항복강도와 항복비의 제한에 대하여 고려하여야 한다.

202. 인성시험

1. 별도로 언급하지 않는 한, 금속재료의 승인시험은 샤르피 V노치 인성 시험을 실시하여야 한다. 샤르피 V노치 시험에 대한 요건은 3개 표준크기(10 mm×10 mm)의 시험편의 최소 평균 에너지값 및 개개의 시험편에 대한 최소 에너지값이다. 샤르피 V노치 시험편의 치수 및 허용오차는 **선급 및 강선규칙 2편 1장 2절**의 규정에 따른다. 5 mm 보다 작은 치수의 시험편의 시험 및 요건은 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다. 서브 사이즈의 최소 평균값은 다음 표에 따른다.

샤르피 V노치 시험편 치수	3개 시험편 평균값의 최소요구치
10 mm x 10 mm	KV
10 mm x 7.5 mm	5/6 KV
10 mm x 5.0 mm	2/3 KV
(비고) KV는 **표 5.1** 부터 **표 5.5** 에 따른 에너지 값 (J)	

오직 1개의 개별 값은 규정의 평균치 미만이어도 된다. 다만, 이 값이 평균치의 70 % 이상이어야 한다.

2. 모재의 경우, 재료의 두께로 채취 가능한 최대 치수의 샤르피 시험편은 표면과 두께의 중심 사이의 가운데에 가능한 가까운 위치에서 시험편을 채취하고 노치의 방향이 재료 표면에 수직이 되도록 기계 가공하여야 한다.(**그림 10.1** 참조)

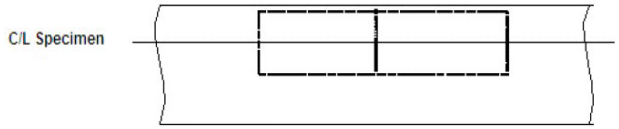
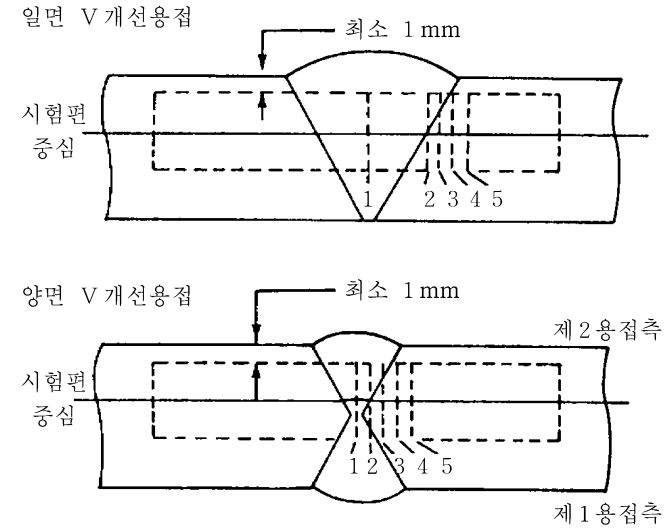


그림 10.1 모재 시험편의 위치

3. 용접 시험편의 경우, 재료두께를 고려하여 최대 치수의 샤르피 시험편은 가능한 한 표면과 두께의 중심간의 중앙에 가까운 위치가 시험편의 중앙이 되도록 기계가공 하여야 한다. 어떠한 경우에도 재료의 표면과 시험편의 단부까지의 거리는 약 1 mm 이상이어야 한다. 양면 V형 맞대기용접의 경우, 시험편은 제 2

용접 측의 표면과 가깝게 기계가공 하여야 한다. 일반적으로 시험편은 **그림 10.2**에서 표시하는 노치의 위치가 용접의 중심선, 경계부 및 경계부로부터 1 mm, 3 mm 및 5 mm가 되도록 채취하여야 한다.



노치위치 : 1. 용접중심 4. 용융부의 경계부에서 3 mm
2. 경계부 5. 용융부의 경계부에서 5 mm
3. 용융부의 경계부에서 1mm

그림 10.2 용접 시험편의 노치위치

4. 최초 3개의 샤르피 V노치 시험편의 평균값이 상기 규정을 만족하지 않는 경우, 또는 2개 이상의 시험편의 값이 규정의 평균값보다 낮은 경우, 또는 1개의 시험편의 값이 개개의 시험편에 허용되는 최소값보다 낮은 경우에는 다시 같은 재료로부터 3개의 시험편을 채취하여 재시험할 수 있고, 또한 먼저 실시한 시험결과를 포함하여 새로운 평균값을 얻을 수 있다. 이 새로운 평균값이 규정에 적합하고 요구되는 평균값보다 낮은 것이 2개 이하이고, 또한 1개의 결과가 개개 시험편에 요구되는 값보다 낮을 경우에는 피스(piece) 또는 배치(batch)를 인정할 수 있다.

203. 굽힘시험

1. 재료시험시 굽힘시험을 생략할 수 있지만, 용접시험시 굽힘시험은 하여야 한다. 굽힘시험을 하는 경우, **선급 및 강선규칙 2편 2장**에 따라 시행하여야 한다.
2. 굽힘시험은 가로방향 굽힘시험을 하여야 하며, 우리 선급이 요구하는 바에 따라 앞면굽힘, 뒷면굽힘 또는 측면굽힘으로 할 수 있다. 다만, 모재와 용접금속의 강도레벨이 다를 경우에는 가로방향 굽힘시험 대신에 세로방향 굽힘시험을 할 수 있다.

204. 단면 관측 및 기타시험

우리 선급이 필요하다고 인정하는 경우에 매크로단면, 마이크로단면 관측 및 경도시험을 요구할 수 있으며 **선급 및 강선규칙 2편 2장**에 따라 수행하여야 한다.

제 3 절 연료격납설비에 사용되는 금속재료의 용접 및 비파괴검사

301. 일반사항

이 절은 1차방벽 및 내부 선체가 2차방벽을 형성하는 경우를 포함하는 2차방벽에 적용한다. 승인시험은 탄소강, 탄소망간강, 니켈합금강 및 스테인리스강에 적용하지만 이 외의 재료에도 적용할 수 있다. 우리 선급의 승인을 받아 스테인리스강 및 알루미늄합금의 용접에 대한 충격시험은 생략할 수 있고 기타시험은 각 재료에 대하여 특별히 요구할 수 있다.

302. 용접재료

연료탱크의 용접용 재료는 **선급 및 강선규칙 2편 2장 6절**의 규정에 적합하여야 한다. 다만, 용착금속시험 및 맞대기용접시험은 모든 용접재료에 대하여 적용하여야 한다. 인장시험 및 샤르피 V노치 충격시험의 결과는 **선급 및 강선규칙 2편 2장 6절**에 적합하여야 한다. 이 경우 용착금속의 화학성분을 참고용으로 기록하여야 한다.

303. 연료탱크 및 프로세스용 압력용기의 용접절차 인정시험

1. 연료탱크 및 프로세스용 압력용기의 모든 맞대기용접에 대하여 용접절차 인정시험을 하여야 한다.
2. 용접절차 인정시험의 시험재는 다음에 따라 채취하여야 한다.
   (1) 모재마다
   (2) 용접재료 및 용접법마다
   (3) 용접자세마다
3. 판의 맞대기용접의 경우, 시험재는 압연방향이 용접방향에 평행하게 되도록 하여야 한다. 각 용접절차 인정시험에 의해 입증된 두께의 범위는 **선급 및 강선규칙 2편 2장 4절**에 따라야 한다. 방사선 투과검사 또는 초음파 탐상검사는 제조자의 선택으로 시행될 수 있다.
4. 각 시험재마다 다음의 용접절차 인정시험을 **2절**에 따라 시행하여야 한다.
   (1) 가로방향 인장시험
   (2) **선급 및 강선규칙 2편 2장**에서 요구하는 경우, 용접 길이방향인 세로방향의 모든 인장시험
   (3) 굽힘시험 : 굽힘시험은 가로방향 굽힘시험을 하여야 하며, 앞면굽힘, 뒷면굽힘 또는 측면굽힘으로 할 수 있다. 다만, 모재와 용접금속의 강도가 다를 경우, 가로방향 굽힘을 세로방향 굽힘시험으로 대신할 수 있다.
   (4) 충격시험 : 3개 1조로된 샤르피 V노치 충격시험편은 일반적으로 **그림 10.2**에 표시하는 노치의 위치가 다음의 각 위치가 되도록 채취하여야 한다.
      (가) 용접의 중심선
      (나) 경계부
      (다) 경계부로부터 1 mm
      (라) 경계부로부터 3 mm
      (마) 경계부로부터 5 mm
   (5) 매크로단면, 마이크로단면 및 경도시험은 우리 선급이 필요하다고 인정할 경우, 요구할 수 있다.
5. 각 시험은 다음의 규정을 만족하여야 한다.
   (1) 인장시험: 가로방향 인장강도는 모재의 규격 최소인장강도 이상이어야 한다. 용접금속이 모재보다 낮은 인장강도를 가지는 경우, 알루미늄합금은 언더매치(under-matched)용접부의 용접금속강도에 대한 규정에 관한 **4장 208.**의 1항 (1)호 (다)에 적합하여야 한다. 어떠한 경우에도 파단위치는 참고용으로 우리 선급에 제출하도록 하여야 한다.
   (2) 굽힘시험: 굽힘 안쪽 직경을 시험편 두께의 4배로 하여 180도 굽혀도 바깥쪽에 홈 또는 균열 등이 없어야 한다.
   (3) 충격시험 : 샤르피 V노치 충격시험은 사용모재에 대한 규정온도로 행하여야 한다. 용접금속의 충격시험 결과 중 최소 평균 흡수에너지값(KV)은 27 J이상이어야 한다. 서브사이즈 시험편 및 개개의 최소 흡수에너지 값은 **10장 202.**에 따른다. 경계부 및 열영향부의 충격시험의 결과는 적용되는 모재의 가로방향 또는 세로방향 규정에 따라 나타내어야 하며, 서브사이즈 시험편의 최소 평균 흡수에너지값(KV)은 **10장 202.**에 따른다. 재료의 두께가 표준크기(full-size) 또는 규정의 서브 사이즈로 가공이 불가능한

경우, 시험절차 및 판정기준은 우리 선급이 인정하는 기준에 따른다.

6. 필릿용접에 대한 용접절차 인정시험은 **선급 및 강선규칙 2편 2장**의 규정에 따른다. 이 경우, 용접재료는 모재의 충격특성과 동등 이상의 것이어야 한다.

304. 관장치의 용접절차 인정시험

관장치의 용접절차 인정시험은 **303.**의 연료탱크에 대한 요건에 따른다.

305. 용접시공시험

1. 일체형탱크 및 멤브레인탱크를 제외한 모든 연료탱크 및 프로세스용 압력용기에 대하여 일반적으로 맞대기용접이음 약 50 m마다 각 용접자세마다 시공시험을 하여야 한다. 우리 선급의 승인을 받아 시험의 수를 경감받은 경우를 제외하고 2차방벽에 대하여는 1차방벽에 요구하는 것과 동등한 시공시험을 하여야 한다. 연료탱크 또는 2차방벽에 대하여는 우리 선급이 필요하다고 인정할 경우, **2**항부터 **5**항에 정한 것 이 외의 시험을 요구할 수 있다.
2. 독립형탱크 형식 A 및 B와 세미 멤브레인탱크의 시공시험으로는 굽힘시험을 하여야 하며, 용접절차 인정시험에서 요구되는 경우에는 용접길이 50 m마다 3개 1조의 샤르피 V노치 충격시험을 추가로 하여야 한다. 샤르피 V노치 충격시험편은 노치의 위치가 교대로 용접 중심선과 열영향부(용접절차 인정시험의 결과에 의해 가장 취약한 위치)가 되도록 채취하여야 한다. 오스테나이트 스테인리스강의 경우, 모든 노치의 위치는 용접 중심선과 일치하여야 한다.
3. 독립형탱크 형식 C 및 프로세스용 압력용기의 경우, **2**항에서 규정하는 시험에 추가하여 가로방향 용접이음부 인장시험을 하여야 한다. 인장시험은 **303.**의 **5**항을 따른다.
4. 품질보증/품질관리 프로그램은 재료 제조자 품질메뉴얼에서 규정한 용접시공의 지속적인 적합성을 보장하여야 한다.
5. 일체형탱크 및 멤브레인탱크의 시험은 **3**항의 관련 규정에 따른다.

306. 비파괴검사

1. 설계자가 설계상의 가정을 충족하기 위하여 더 엄격한 기준을 규정하지 않는 한 모든 시험절차 및 승인기준은 우리 선급이 인정하는 기준에 따라야 한다. 원칙적으로 내부결함을 검출하기 위해 방사선 투과검사를 하여야 한다. 방사선 투과검사를 대신하여 승인된 초음파 탐상검사를 할 수 있다. 다만, 초음파 탐상검사 결과를 검증하기 위해 선정된 위치에 대하여 방사선 투과검사에 의한 보충시험을 추가로 수행하여야 한다. 방사선 투과검사 및 초음파 탐상검사의 기록은 보관되어야 한다.
2. 설계온도가 -20 °C 미만인 독립형탱크 형식 A 및 세미 멤브레인탱크의 경우, 그리고 온도에 관계없이 모든 독립형탱크 형식 B의 경우에는 용접부 전길이에 걸쳐 내부결함을 검출하기 위해 연료탱크 외판의 모든 완전용입 맞대기용접부는 적절한 비파괴 검사를 하여야 한다. **1**항에 규정한 바와 같이 동일한 조건하에서 방사선 투과검사 대신에 초음파 탐상검사를 할 수 있다.
3. 보강재, 기타의 부착품 및 부속장치의 용접을 포함한 탱크의 나머지 구조의 용접은 우리 선급이 필요하다고 인정하는 경우, 자기탐상법 또는 침투탐상법에 따라 시험하여야 한다.
4. 독립형탱크 형식 C의 경우, 비파괴 검사의 범위는 우리 선급이 인정하는 기준에 따라 전체 또는 부분검사를 하여야 한다. 다만, 다음에 정하는 것 이상으로 하여야 한다.
   (1) **4장 213.**의 **2**항 (1)호 (다)의 규정에 따른 모든 비파괴 검사: 방사선 투과검사의 일부를 **1**항에서 규정한 초음파 탐상검사로 대신할 수 있다. 이에 추가하여, 우리 선급은 개구부 주변의 보강링, 노즐 등의 용접부 전체에 초음파 탐상검사를 요구할 수 있다.
      (가) 방사선 투과검사: 전 용접길이에 걸쳐 모든 맞대기용접부
      (나) 표면균열검출을 위한 비파괴 검사:
         (a) 용접길이의 10 % 이상의 모든 용접부
         (b) 개구부 주변의 보강링, 노즐 등의 전 용접부
   (2) **4장 213.**의 **2**항 (1)호 (다)의 규정에 따른 부분 비파괴검사:
      (가) 방사선 투과검사: 모든 맞대기용접의 교차부 및 균일하게 선정된 위치에서 용접부 전 길이의 10 %
      (나) 표면균열검출을 위한 비파괴 검사: 개구부 주변의 보강링, 노즐 등의 전 용접길이
      (다) 초음파 탐상검사: 각 경우에 따라 우리 선급에서 요구하는 부분

5. 품질보증/품질관리 프로그램은 재료 제조자 품질메뉴얼에서 규정한 용접부에 대해서 비파괴 검사를 통해서 용접의 적합성을 확인하도록 하여야 한다.
6. 관장치의 검사는 **5장**의 규정에 따라 하여야 한다.
7. 필요하다고 인정되는 경우 내부결함을 검출하기 위해 2차방벽은 방사선 투과검사을 하여야 한다. 선체외판이 2차방벽의 일부인 경우, 현측 후판의 모든 횡연이음 및 선측외판의 모든 횡연과 종연이음의 교차부는 방사선 투과검사을 하여야 한다.

제 4 절 구조용 금속재료의 기타요건

401. 일반사항

용접부의 검사 및 비파괴 검사은 **305.** 및 **306.**의 규정에 따라야 한다. 설계상 더 엄격한 기준 또는 허용오차를 적용하는 경우, 그 기준 또는 허용오차에 적합하여야 한다.

402. 독립형탱크

주로 회전체에 의해 제조되는 독립형탱크 형식 B 및 형식 C의 경우, 진원도, 바른 형상으로부터의 국부적인 오차, 용접부 정렬 및 서로 다른 두께를 가지는 판들의 테이퍼와 같은 제조와 관련된 허용오차들은 우리 선급이 인정하는 기준에 적합하여야 한다. 허용오차는 **4장 212.**의 **3**항 (1)호 및 **4장 213.**의 **3**항 (2)호의 좌굴해석에도 관련하여 정하여야 한다.

403. 2차방벽

제작 중, 2차방벽의 시험 및 검사에 대한 규정은 우리 선급에 의해 승인되어야 한다.(**4장 202.**의 **7**항 (5)호 및 **4장 203.**을 참조한다.)

404. 멤브레인탱크

품질보증/품질관리 프로그램은 용접절차 인정시험, 설계상세, 재료, 제작, 각 요소의 검사 및 시공시험의 지속적인 적합성을 보장하여야 한다. 이러한 기준과 절차는 원형시험 프로그램 중에 개발되어야 한다.

제 5 절 연료탱크의 시험

501. 제조중 시험 및 검사

1. 모든 액화가스연료탱크와 압력용기는 **502.**에서 **505.**까지 해당되는 탱크의 형식에 따라, 수압시험 또는 수압-공기압시험을 하여야 한다.
2. 모든 탱크는 기밀시험을 하여야 하고 **1**항에 따른 압력시험과 결합하여 할 수 있다.
3. 연료격납설비의 기밀시험은 **4장 103.**의 **3**항에 따른다.
4. 2차방벽의 검사에 관한 요건은 방벽의 접근성을 고려하여(**4장 202.**의 **7**항 참고), 각각의 경우에 대하여 우리 선급이 정하는 바에 따른다.
5. 새로운 독립형탱크 형식 B가 설치되는 선박, 또는 **4장 215**에 따라 설계된 탱크에 있어서 적어도 1개의 원형(prototype)탱크 및 그 지지구조는, **1**항에서 요구하는 시험을 하는 동안, 스트레인 게이지(strain gauges) 또는 기타 적절한 장비로 응력레벨을 확인하기 위하여 그 응력을 계측하여야 한다. 탱크의 형상 및 지지구조와 그 부착품의 배치에 따라 독립형탱크 형식 C도 우리 선급이 필요하다고 인정한 경우, 동일한 계측장치를 요구할 수 있다.
6. 화물격납설비로서의 모든 성능은, 액화가스연료가 안정된 온도상태에 도달했을 때, 우리 선급의 요건에 따라 최초의 액화천연가스 수급 중의 설계변수에 적합함을 증명하여야 한다. 설계변수를 증명하는 중요한 구조요소 및 의장품의 성능에 대한 기록은 보관되어 우리 선급에 제출되어야 한다.
7. 연료격납설비는 최초의 액화천연가스 연료수급시 또는 직후에, 액화가스연료가 안정된 온도상태에 도달했을 때, 콜드스폿(cold spot) 검사를 하여야 한다. 육안으로 확인할 수 없는 방열재 표면에 대한 건전성 검사는 우리 선급이 인정하는 기준에 따라 시행되어야 한다.

8. **4장 209.**의 1항 (1)호 (다) 및 **4장 209.**의 1항 (1)호 (라)에 따라 가열설비를 설치할 경우, 이 설비는 필요한 열출력 및 열확산에 대하여 시험하여야 한다.

502. 독립형탱크 형식 A

모든 독립형탱크 형식 A에 대하여 수압 또는 수압-공기압 시험을 하여야 한다. 이 시험은 적어도 탱크상부의 압력을 최대 허용설정압력에 상응하는 압력으로 하고, 또한 가능한 한 탱크에 발생하는 응력이 설계압력에 가깝도록 하여야 한다. 수압-공기압시험을 할 경우, 시험상태는 탱크 및 지지구조의 실제의 하중상태에 가능한 한 가까운 것으로, 동적요소를 포함하며, 영구변형을 일으키는 정도의 응력을 회피하도록 하여야 한다.

503. 독립형탱크 형식 B

독립형탱크 형식 B는 수압 또는 수압-공기압시험을 다음에 따라 시행하여야 한다.

(1) 시험은 독립형탱크 형식 A에 대한 **502.**의 요건에 따라야 한다.

(2) 또한, 시험상태에서 1차지지부재의 최대 막응력 또는 굽힘응력은 시험온도에서 재료의 항복응력(조립상태)의 90 %를 넘어서는 안 된다. 계산상의 응력이 항복응력의 75 %를 넘을 경우, 원형시험(Prototype test)시 스트레인 게이지(stain gauge) 또는 다른 적절한 장치를 사용하여 상기의 상태가 만족하는 것을 확인하여야 한다.

504. 독립형탱크 형식 C

1. 각 압력용기는 탱크정부에서 $1.5\,P_0$ 이상의 압력으로 수압시험을 하여야 하며 어떠한 부위에 있어서도 시험중에 계산에 의한 1차 일반막응력이 재료의 항복응력의 90 %를 넘지 않도록 하여야 한다. 간단한 원통형 또는 구형의 압력용기를 제외하고 이 응력이 항복응력의 75 %를 넘는다고 예상될 경우, 원형시험을 할 때 압력용기에 스트레인게이지 또는 다른 적절한 장치를 부착하고 상기의 상태가 만족하는 것을 확인하여야 한다.
2. 시험에 사용하는 수온은 조립상태의 재료의 무연성 천이온도보다 적어도 30 °C 높은 온도이어야 한다.
3. 압력은 판두께 25 mm 당 2시간을 유지하여야 하며 어떠한 경우에도 2시간 미만으로 하여서는 안 된다.
4. 액화가스연료 압력용기의 수압-공기압시험은 우리 선급이 필요하다고 인정하는 경우, 1항에서 3항에 규정하는 상태로 할 수 있다.
5. 사용온도에 따라서 보다 높은 허용응력을 사용하는 압력용기의 시험에서는 우리 선급이 인정하는 경우, 특별히 고려할 수 있다. 다만, 1항의 규정에는 완전히 적합하여야 한다.
6. 공사 완료 후 각 압력용기 및 그 부착품은 적절한 누설시험을 하여야 한다. 이 때는 누설시험을 1항 또는 4항에 따른 압력시험과 결합하여 실시할 수 있다.
7. 액화가스 연료탱크 이외의 압력용기의 공기압시험은, 각각의 경우에 대하여 우리 선급이 적절하다고 인정하는 경우에 한하여 시행하여야 한다. 압력용기가 안전하게 물을 채울 수 없게 설계 또는 지지되어 있는 경우, 또는 이러한 용기를 건조시킬 수 없고 사용 중에 시험용 매체의 잔류를 허용할 수 없는 경우에 한하여 이 시험을 인정하여야 한다.

505. 멤브레인 탱크

1. 설계 개발을 위한 시험

(1) **4장 214.**의 1항 (2)호에서 요구되는 설계 개발을 위한 시험은 모서리 및 연결부를 포함한 1차 및 2차 방벽 양쪽의 일련의 해석적 모형과 물리적 모형을 포함하여야 한다. 이러한 모형은 정적, 동적 및 열하중으로 인한 예상되는 조합된 변형에 대해 견딤을 입증하기 위하여 시험하여야 한다. 이는 완전한 연료격납설비의 원형크기의 모형(prototype-scaled model)의 제작이 될 것이다. 해석적 및 물리적 모형에서 고려하는 시험조건은 연료격납설비가 그 수명동안의 가장 극한운용조건을 대표하는 것이어야 한다. **4장 202.**의 7항에 요구하는 2차방벽의 주기적 시험 시 제안하는 허용조건은 원형크기의 모형으로 시험한 결과에 기초할 수 있다.

(2) 멤브레인 재료 및 멤브레인에서의 대표적인 용접부 또는 접합부의 피로성능은 시험에 의하여 결정되어야 한다. 선체구조와 방열재를 고박하는 설비의 최종강도 및 피로성능은 해석적 방법 또는 시험에 의해 결정되어야 한다.

2. 시험

(1) 멤브레인 연료격납설비가 설치된 선박에서, 액체를 적재하면서 멤브레인을 지지하는 선체구조에 인접한 모든 탱크 및 기타 구역은 수압시험을 하여야 한다.

(2) 멤브레인을 지지하는 모든 화물창구조는 연료격납설비의 설치 전 밀폐시험을 하여야 한다.

(3) 일반적으로 액체화물을 포함하지 않는 파이프 터널 및 기타 구획은 수압시험을 할 필요는 없다.

제 6 절 관의 용접, 용접후 열처리 및 비파괴검사

601. 일반사항

용접은 **3절**의 요건에 따라 수행되어야 한다.

602. 용접후 열처리

용접후 열처리는 탄소강, 탄소망간강 및 저합금강 관의 모든 맞대기 용접에 대하여 실시하여야 한다. 우리 선급은 관장치의 설계온도 및 설계압력을 고려하여 두께가 10 mm 미만의 관에 대하여 열응력 제거를 위한 열처리의 요건을 면제할 수 있다.

603. 비파괴검사

용접시공 전 및 시공 중에 통상의 검사 및 용접후의 외관검사에 추가하여 용접이 정확하게 그리고 **508.**의 요건에 따라 행하여진 것인가를 확인하기 위하여 다음의 검사를 하여야 한다.

(1) 다음 관장치의 맞대기 용접이음에 대하여는 100 % 방사선검사 또는 초음파검사.

(가) -10 °C 미만의 설계온도 또는

(나) 1.0 MPa 이상의 설계압력 또는

(다) 비상차단장치로 보호되는 기관구역의 가스공급관 또는

(라) 내경 75 mm 초과 또는

(마) 관두께 10 mm 초과

(2) 우리 선급에 승인된 자동용접시공에 의해 제조된 관단면의 맞대기 용접이음부는 방사선검사 또는 초음파검사의 범위를 점차 감소할 수 있으나 각 이음부의 10 % 이상은 시험을 하여야 한다. 결함이 발견되는 경우, 시험범위를 100 %로 하여야 하며 이미 승인된 용접부위까지 검사에 포함되어야 한다. 우리 선급이 문서화된 품질보증절차와 기록을 검토하여 만족할 만한 용접을 계속적으로 수행할 수 있는 제조자의 능력이 입증될 때 승인을 할 수 있다.

(3) 방사선검사 또는 초음파검사는 이중연료관장치의 외측관의 용접이음에 대하여 10 %까지 감소할 수 있다.

(4) (1)호 부터 (3)호에 의해 다루지 않는 기타 관의 맞대기 용접이음의 경우, 용도, 설치장소 및 재료에 따라 부분 방사선검사 또는 초음파검사 또는 기타 비파괴검사를 수행하여야 한다. 통상 관의 맞대기 용접이음의 최소 10 %는 방사선검사 또는 초음파검사를 하여야 한다.

제 7 절 시험

701. 관장치 구성품의 시험

1. 밸브

(1) 형식시험

(가) -55 °C 미만의 온도로 사용하는 밸브는 **제조법 및 형식승인 등에 관한 지침 3장 15절**에 따라 형식승인을 받아야 한다.

(나) -55 °C 이상의 온도로 사용하는 밸브에 대해서는 형식승인이 요구되지 않는다.

(2) 제품시험

(가) 모든 밸브는 제조자의 공장에서 우리 선급 검사원의 입회하에 다음의 시험을 하여야 한다.

(a) 모든 밸브는 설계압력의 1.5배의 압력으로 밸브몸체의 수압시험을 하여야 한다.
(b) 안전밸브를 제외한 밸브는 설계압력의 1.1배의 압력으로 밸브시트와 밸브봉의 누설시험을 하여야 하고, 이에 추가하여 -55 ℃ 미만의 온도로 사용하는 밸브는 치수 및 형식마다 최소 10 %에 대하여 설계온도에서 밸브작동과 누설확인을 포함한 저온시험을 하여야 한다.
(c) 안전밸브는 주위온도에서 설정압력에 대한 작동시험을 하여야 한다.

(나) 바깥지름 25 mm 이하의 계측용 관장치에 사용되는 밸브는 제품시험 시 우리 선급 검사원의 입회를 생략할 수 있다. 다만, 밸브의 시험기록은 검토용으로 제출되어야 한다.

(다) 제조자는 다음의 모든 조건을 만족할 경우 (가)의 제품시험을 면제해 줄 것을 우리 선급에 요청할 수 있다.
(a) -55 ℃ 미만의 온도로 사용하는 밸브에 대한 (1)호에서 요구하는 형식승인을 받을 것
(b) 제조자가 우리 선급에서 평가하여 인정한 승인된 품질시스템을 갖추고 있고 정기적인 심사를 받을 것
(c) 품질관리계획에 밸브마다 다음의 시험을 하도록 하는 규정이 있고, 제조자가 그 시험의 기록을 유지할 것
(i) 모든 밸브에 대하여 설계압력의 1.5배의 압력으로 밸브몸체의 수압시험
(ii) 안전밸브를 제외한 밸브에 대하여 설계압력의 1.1배의 압력으로 밸브시트와 밸브봉의 누설시험
(iii)안전밸브에 대하여 주위온도에서 설정압력에 대한 작동시험
(d) 안전밸브를 제외한 -55 ℃ 미만의 온도로 사용하는 밸브에 대하여 치수 및 형식마다 최소 10 %에 대하여 설계온도에서 밸브작동과 누설확인을 포함한 저온시험을 우리 선급 검사원의 입회하에 할 것

2.신축이음

연료탱크 외측의 연료용 관에 사용하는 신축 밸로스 및 연료탱크 내에 사용하는 신축 밸로스로써 우리 선급이 요구하는 것은 **제조법 및 형식승인 등에 관한 지침 3장 15절**에 따라 형식승인을 받아야 한다.

702. 연료펌프 및 가스압축기의 시험

1. 연료펌프

(1) 펌프는 **제조법 및 형식승인 등에 관한 지침 3장 15절**에 따라 형식승인을 받아야 한다. 디프웰 펌프 및 잠수 펌프가 아닌 다른 형식의 펌프는 잠수 펌프의 요건을 따른다.

(2) 제품시험

(가) 형식승인을 받은 모든 펌프는 제조자의 공장에서 우리 선급 검사원의 입회하에 다음의 (a) 및 (b)의 시험을 하여야 한다.
(a) 설계압력의 1.5배의 압력으로 펌프몸체의 수압시험을 하여야 한다.
(b) 다음의 용량시험을 하여야 한다. 디프웰 펌프 및 잠수 펌프가 아닌 다른 형식의 펌프는 잠수 펌프의 요건을 따른다.
(i) 잠수 펌프는 설계매체 또는 설계온도 이하의 매체로 용량시험을 하여야 한다,
(ii) 디프웰 펌프는 물로 용량시험을 할 수 있다.

(나) 제조자는 다음의 모든 조건을 모두 만족할 경우 (가)의 제품시험을 면제 해줄 것을 우리 선급에 요청할 수 있다.
(a) 펌프가 (1)호에서 요구하는 형식승인을 받을 것.
(b) 제조자가 우리 선급에서 평가하고 인정한 승인된 품질시스템을 갖추고 있고 정기적인 심사를 받을 것
(c) 품질관리계획에 펌프마다 설계압력의 1.5배의 압력으로 펌프몸체의 수압시험을 하여야 하고 용량시험을 하도록 하는 규정이 있고, 제조자가 그 시험의 기록을 유지할 것

2. 가스압축기

(1) 가스압축기의 주요부분에 사용하는 재료는 **5장 3절** 및 **선급 및 강선규칙 2편 1장**의 규정에 적합하여야 한다

(2) 모든 압축기는 제조자의 공장에서 우리 선급 검사원의 입회하에 다음의 시험을 하여야 한다.
(가) 내압을 받는 부품은 설계압력의 1.5배로 수압시험을 하여야 한다.
(나) 설계압력에서 누설시험을 하여야 하고, 독성 또는 인화성 가스에 사용되는 압축기는 시험매체로서

불활성가스를 사용하여야 한다.

(다) 성능시험을 포함한 작동시험을 하여야 한다.

703. 관장치의 시험

1. 이 요건은 연료탱크의 내외의 관장치에 적용한다. 다만, 우리 선급은 연료탱크 내의 관 및 개구단 관에 대하여는 완화할 수 있다.
2. 모든 연료 관장치는 조립 후 적절한 유체로 강도시험을 하여야 한다. 액체관의 경우, 설계압력의 1.5배로 압력시험을 하여야 하고 증기관의 경우, 최대사용압력의 1.5배로 압력시험을 하여야 한다. 관장치 또는 장치의 일부가 완성품이고 모든 부착품이 완비된 경우, 선내에 설치하기 전에 압력시험을 할 수 있다. 선내에서 행한 용접이음은 적어도 설계압력의 1.5배로 압력시험을 하여야 한다.
3. 연료 관장치는 선내 조립 후 적용되는 탐지방법에 따른 압력으로 공기 또는 기타 적절한 매체를 이용하여 누설시험을 하여야 한다.
4. 이중 가스연료관장치의 경우, 외측관 또는 덕트는 가스관이 파열시 예상되는 최대압력을 견딜 수 있다는 것을 증명하기 위해 압력시험을 하여야 한다.
5. 연료 또는 연료증기를 취급하기 위한 밸브, 부착품 및 관련 장비를 포함하는 모든 관장치는 최초의 연료수급작업 이전에 통상의 사용상태에서 인정하는 기준을 따라 시험을 하여야 한다.
6. 액화가스 관장치에 부착된 비상차단밸브는 30초 이내의 동작으로 부드럽게 완전히 폐쇄되어야 한다. 밸브의 폐쇄시간 및 작동특성에 대한 정보는 선내에서 이용할 수 있어야 하며 폐쇄시간은 검증되고 반복할 수 있는 것이어야 한다.
7. **6장 105.**의 **8**항 및 **9장 203.**의 **2**항 (2)호에서 규정된 밸브의 폐쇄시간(즉, 차단신호 시작부터 밸브가 완전히 폐쇄되기까지의 시간)은 다음 식에 의한 값 이하이어야 한다.

$$\frac{3{,}600\,U}{BR} \text{ (초)}$$

U = 작동신호 액위에서 얼리지 용적(m^3)

BR = 선박과 육상시설간에 합의된 최대 적재속도(m^3/h) 또는 5초 중에서 적은 값

연료수급 속도는 연료수급호스 또는 암, 관련된 선박과 육상 배관장치를 고려하여 밸브 폐쇄로 인한 서지 압력이 허용되는 압력 이하가 되도록 조정되어야 한다. ⚓

인 쇄 2016년 3월 24일
발 행 2016년 4월 1일

가스연료선박 지침

발행인 박 범 식
발행처 **한 국 선 급**
부산광역시 강서구 명지오션시티 9로 36
전화 : 070-8799-7114
FAX : 070-8799-8999
Website : http://www.krs.co.kr

신고번호 : 제 2014-000001호 (93. 12. 01)

Copyright© 2016, **KR**
이 지침의 일부 또는 전부를 무단전재 및 재배포시 법적 제재를 받을 수 있습니다.