

저인화점연료 추진선박기준

[시행 2020. 7. 8.] [해양수산부고시 제2020-94호, 2020. 7. 8., 전부개정]



해양수산부(해사산업기술과), 044-200-5836~7

제1장 총 칙

제1조 (목적) 이 기준은 「선박안전법」 제26조에 따라 저인화점연료를 사용하는 기관을 설치한 선박의 구조 및 설비에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조 (정의) 이 기준에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. "사고"란 사망 및 부상 등의 인명 피해, 환경 피해 또는 자산 및 금융상의 손실을 발생시키는 사건을 말한다.
2. "너비(B)"란 최대구획만재흘수선 또는 그 하부에서의 최대 형폭을 말한다.
3. "연료 수급"이란 육상 또는 부유식 설비로부터 선박의 연료공급장치에 연결된 고정식 탱크 또는 이동식 탱크로 액체 또는 가스연료를 이송 받는 것을 말한다.
4. "승인된 안전형"이란 국제전기기술위원회 표준(IEC 60079) 및 국제전기기술위원회 표준(IEC 60092-502)에 따라 인화성 분위기에서의 작동에 대하여 인증된 전기설비를 말한다.
5. "제어장소"란 「선박방화구조기준」 제1장제2조제23항의 제어장소를 말하며 이 기준에서는 기관제어실을 추가한다.
6. "재료 선정을 위한 설계온도"란 액화가스연료탱크에 연료가 적재되거나 운송되는 상태의 최저온도를 말한다.
7. "설계증기압력(P_0)"이란 탱크 설계 시 사용되는 용어로 탱크 최상단에서 측정한 최대 압력계미지를 말한다.
8. "이중차단 및 배출 밸브"란 각 기관의 연료공급장치에 위치하여 가스연료의 공급을 차단하는 자동밸브의 조합을 말한다.
9. "이중연료 기관"이란 저인화점연료 및 기름연료를 동시에 사용하거나 이 중 어느 하나의 연료만으로 작동할 수 있는 기관을 말한다. 단 인화점이 섭씨 60도보다 낮은 기름연료는 제외한다.
10. "폐위구역"이란 강제적인 통풍이 없는 경우 폭발성 기체가 자연적으로 소멸될 수 없는 구역을 말한다.
11. "비상차단"이란 비상시 급정지하는 것을 말한다.
12. "폭발"이란 연소가 제어되지 않아 폭연하는 것을 말한다.
13. "폭발압력도출"이란 지정된 개구를 통하여 과압을 방출하여 어떤 구역 내의 최대설계압력을 초과하는 것을 방지하기 위한 수단을 말한다.
14. "연료격납설비"란 연료를 저장하기 위한 설비로서 탱크연결부를 포함한다. 이는 1차 및 2차 방벽 및 관련된 단열재와 틈새 공간을 포함하며, 이러한 구성요소를 지지할 필요가 있는 경우 인접 구조를 포함한다. 2차 방벽이 선체구조의 일부일 경우에는 이 2차 방벽은 연료저장창 구역의 경계가 될 수 있다. 연료탱크 주위의 구역은 다음과 같이 정의된다.

- 가. "연료저장창 구역"이란 연료격납설비가 있는 구획을 선체구조로 폐위한 구역을 말한다. 탱크연결부가 연료 저장창 구역에 있는 경우, 이 구역은 또한 탱크연결부 구역이 된다.
- 나. "방벽간 구역"이란 단열재 또는 그 밖의 재료로 전부 또는 일부가 채워 있거나 비어 있는 1차 방벽과 2차 방벽의 사이의 구역을 말한다.
- 다. "탱크연결부 구역"이란 모든 탱크연결부와 탱크 밸브의 주위 구역을 말하며, 폐워된 구역 내에 이러한 연결 부를 갖는 경우를 말한다.
15. "충전한도(FL)"란 액체연료가 기준온도에 도달할 때 연료탱크에 저장할 수 있는 연료탱크에 대한 최대액체용량의 비율을 말한다.
 16. "연료준비실"이란 연료공급을 위해 펌프, 압축기 또는 기화기가 있는 장소를 말한다.
 17. "가스"란 섭씨 37.8도의 온도에서 절대압력 0.28MPa를 초과하는 증기압을 갖는 유체를 말한다.
 18. "가스소모장치"란 주기관, 보조기관 등 가스를 연료로 사용하는 선박 내 모든 장치를 말한다.
 19. "가스전용기관"이란 오직 가스로만 작동되는 기관을 말한다.
 20. "위험구역"이란 폭발성 가스기체나 섭씨 60도 이하의 인화점을 가지는 가연성 가스가 존재하거나 존재할 것으로 예상되는 구역을 말한다.
 21. "고압"이란 최고사용압력이 1.0MPa를 초과하는 것을 말한다.
 22. "독립형 탱크"란 선체의 일부를 구성하지 아니하는 자기(自己)지지형의 탱크를 말한다.
 23. "최저폭발한계(LEL)"란 폭발을 일으키는 최저의 가스농도를 말한다.
 24. "길이(L)"란 선박만재흘수선기준 제2조에서 정의된 길이를 말한다.
 25. "적재한도(LL)"란 탱크 전체용량에 대해 적재할 수 있는 최대 액체용량의 비율을 말한다.
 26. "저인화점연료"란 섭씨60도 보다 인화점이 낮은 가스 또는 액체 연료를 말한다.
 27. "최대허용설정압력"이란 탱크 도출밸브의 최고 압력 설정치를 말한다.
 28. "최대허용사용압력"이란 탱크 또는 설비의 구성요소에 허용되는 최대 사용압력을 말한다.
 29. "멤브레인 탱크"란 선체의 일부를 구성하지 아니하는 비자기(非自己)지지형의 탱크로서 얇은 평판으로만 구성된 탱크를 말한다.
 30. "다중연료기관"이란 기관이 서로 분리되어 있어 둘 이상의 다른 저인화점 연료를 사용할 수 있는 기관을 말한다.
 31. "비위험구역"이란 폭발성 가스나 인화성가스로부터 안전한 구역으로서 위험구역 이외의 구역을 말한다.
 32. "개방갑판"이란 상방 및 최소한 2개 이상의 측면이 비바람에 완전히 노출되어 있는 갑판을 말한다.
 33. "위험도"란 사고가 발생할 가능성과 그 결과를 합친 것을 말한다.
 34. "기준온도"란 압력도출밸브의 설정압력에서 연료가 기화되기 시작할 때의 온도를 말한다.
 35. "2차 방벽"이란 연료를 격납하기 위하여 2개의 방벽을 설치하는 경우 외측의 방벽을 말한다.
 36. "반폐워구역"이란 자연통풍이 개방갑판과 비교하여 지붕, 바람막이 및 격벽과 같은 구조로 인하여 잘 되지 않으며, 가스가 확산되지 않도록 배치된 구역을 말한다.
 37. "방출원"이란 가스, 증기, 미스트 또는 액체가 대기 중으로 방출되어 폭발이 발생하는 장소 또는 위치를 말한다.

38. "허용할 수 없는 동력손실"이란 「개정된 1974년 해상에서의 인명안전을 위한 국제협약」(이하 "국제해상인명 안전협약"라 한다) II-1/26.3에 따라 필수 보기 중 하나가 고장 발생으로 추진기관이 정상적인 작동이 되지 않아 동력을 손실한 것을 말한다. 국제해상인명안전협약 II-1/26.3에 따라 필수 보기 중 하나가 작동불능 상태가 될 경우, 추진기관의 정상적인 작동을 유지하거나 또는 회복이 불가능한 손실을 말한다.
39. "증기압"이란 특정 온도에서 액체 절대포화 증기압을 말하며 MPa로 표시한다.
40. "천연가스"란 통상의 작동압력과 온도에서 응축되지 않은 가스로 주성분은 소량의 에탄과 탄화수소(주로 프로판과 부탄을 포함한다)를 포함한 메탄을 말한다.
41. "액화천연가스(LNG)"란 천연가스를 액화한 것을 말한다.

제3조(적용범위 등) ① 이 기준은 가스를 운송하는 선박 이외의 선박으로서 저인화점 연료를 사용하는 기관을 설치하는 선박(이하 "저인화점연료추진선박"이라 한다)에 적용한다. 다만, 「선박기관기준」제 147조에 따라 비상발전기, 비상소화펌프 엔진, 보조기기 등에 저인화점연료유가 사용되는 경우에는 이 기준의 적용을 제외한다.

② 이 기준의 제2장부터 제12장은 천연가스를 연료로 사용하는 기관을 설치하는 선박에 적용한다.

제4조 (특수한 선박 및 설비에 대한 특례) ① 이 기준에 적합하지 아니하거나 이 기준에 규정되어 있지 아니한 특수한 설비로서 해양수산부장관이 이 기준의 규정에 적합한 것과 동등이상의 효력이 있다고 인정하는 것에 대하여는 이 기준의 규정에 적합한 것으로 본다.

② 이 기준에 적합하지 아니하거나 이 기준에 규정되어 있지 아니한 연료의 취급등에 관한 특수한 방법으로서 해양수산부장관이 이 기준의 규정에 적합한 것과 동등이상의 효력이 있다고 인정하는 것에 대하여는 이 기준의 규정에 적합한 것으로 본다.

제5조 (일반사항) ① 저인화점연료장치는 기름연료를 사용하는 주기관 및 보조기관과 동등한 안전성, 신뢰성 및 신인성이 있어야 한다.

② 연료와 관련된 위험성을 최소화 하기 위해 통풍, 탐지 및 안전설비 등을 적절히 배치하여야 한다. 가스 누설 방지 설비 또는 기타 위험 저감 수단이 고장난 경우, 필요한 안전조치가 수행되어야 한다.

③ 가스연료장치는 동력 손실이 발생하지 않도록 설계되어야 한다.

④ 잠재적 위험이 발생하지 않기 위해 위험구역은 가능한 적어야 한다.

⑤ 작동에 필수적인 장비는 위험구역에 최소한으로 설치되어야 한다. 설치되는 장비는 승인된 안전형이어야 한다.

⑥ 폭발성, 인화성 또는 독성가스의 농도가 축적되지 않도록 하여야 한다.

⑦ 장치 구성품은 외부의 손상에 대해 보호되어야 한다.

⑧ 폭발 가능성을 줄이기 위해 위험구역내의 발화원은 최소화하여야 한다.

⑨ 연료공급장치, 연료저장장치 및 연료 수급장치는 연료 수급 및 저장 시 누설이 없도록 배치하여야 한다. 정상 운행 중에는 가스를 방출되지 않도록 설계되어야 하며, 안전을 위해 필요한 경우는 제외한다.

⑩ 관장치, 격납설비 및 압력도출장치는 사용목적에 적합하도록 설계, 제작 및 설치되어야 한다.

- ⑪ 기관장치 및 구성품은 안전하게 작동될 수 있도록 설계, 제작, 설치, 운전 및 유지보수 되어야 한다.
- ⑫ 연료격납설비와 기관구역은 화재나 폭발로 동력손실 또는 다른 구역에 위치한 장비가 작동불능 되지 않도록 배치되어야 한다.
- ⑬ 안전한 선박 운용을 위하여 적합한 제어, 경보, 감시 및 차단장치가 설치되어야 한다.
- ⑭ 가스 누설의 위험이 있는 모든 구역에 고정식 가스탐지장치를 설치하여야 한다.
- ⑮ 위험요소에 적절한 화재탐지, 방화 및 소화장치를 설치하여야 한다.
- ⑯ 연료장치 및 가스기관은 시운전과 유지보수를 통하여 안전성이 확보되어야 한다.
- ⑰ 장치 및 그 구성품과 관련된 규정, 설계 시 안전 및 유지보수와 관련된 기술문서가 작성되어야 한다.
- ⑱ 이 기준에 따른 장치 또는 설비는 단순한 고장으로 위험을 초래하지 않도록 신뢰성을 확보해야 한다.

제6조 (위험도 평가) ① 저인화점연료의 사용으로 인해 발생할 수 있는 위험이 선내 인원, 환경, 선박의 구조적 강도에 미치는 영향을 알기 위해 위험성 평가가 이행되어야 한다. 예측 가능한 고장 발생 시 기계의 운전이나 유지보수와 관련된 위험성이 평가에 포함되어져야 한다.

② 위험도평가 시 기계의 기능 손실, 구성품의 손상, 화재, 폭발 및 전기 충격 등이 최소한 고려되어야 한다. 위험도는 가능한 제거되어야 하며 제거할 수 없는 위험도는 적절히 저감되어야 한다. 위험의 세부적인 사항과 위험을 줄일 수 있는 방법 등은 문서화하여야 한다.

③ 천연가스를 연료로 사용하는 선박의 위험도 평가는 제16조제5항, 제18조제3항, 제20조제1항, 제34조제4항제2호가목3), 제60조제2항, 제103조제1항, 제106조, 제116조제1항제10호, 별표 1의 제4항라목과 제6항아목에 기술되어 있다.

제7조 (폭발로 인한 과도한 피해 방지) 가스 누출이 잠재적으로 발생할 수 있는 구역과 비방폭설비가 설치된 모든 구역에서는 폭발이 발생하더라도 다음 각 호에 따른 피해 또는 영향을 주어서는 안 된다.

다만, 이중관은 잠재적 방출원으로 고려되지 않는다.

1. 사고 발생 구역 외에 설치된 장비 및 장치의 기능 손상
2. 선박의 갑판 하부에 침수발생 또는 점진적 침수 발생
3. 일반적인 선박 작업 중일 경우 선원이 작업장소나 거주구역에서 부상 발생
4. 전력을 공급하기 위한 제어장소나 배전반실의 기능 상실
5. 구명설비 및 관련 진수설비에 손상
6. 폭발로 피해를 입은 구역 외에 설치된 소화장치의 기능 상실
7. 화물, 가스 및 연료유 간의 연쇄반응으로 인해 선박의 다른 구역에 영향
8. 구명설비로의 접근을 막거나 탈출로의 접근 방해

제2장 선박설계 및 배치

제8조 (일반사항) 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 그 밖의 개구는 가연성, 질식성 또는 유독성 가스에 대비한 설계가 이루어지지 않은 구역에 그러한 가스가 유입되지 않도록 배치하여야 한다.
- ④ 연료배관의 기계적 손상으로부터 보호하여야 한다.
- ⑤ 추진 및 연료공급장치는 가스 누설에 대한 안전조치가 허용할 수 없는 동력 손실을 발생시키지 않도록 설계하여야 한다.
- ⑥ 가스연료 기관이 설치된 기관구역에서 가스폭발이 일어날 가능성을 최소화하여야 한다.
- ⑦ 연료저장탱크는 기계적 손상으로부터 보호해야 한다.
- ⑧ 개방갑판에 있는 가스저장탱크와 장비들은 배출된 가스가 축적되지 않도록 자연통풍이 충분히 확보되는 곳에 위치하여야 한다.

제9조 (연료탱크의 위치) ① 연료탱크는 충돌 또는 좌초로 인한 외부 손상으로부터 보호되도록 다음과 같이 위치하여야 한다.

1. 연료탱크는 하기만재 흘수의 위치에서 선측으로부터 내측으로 선체중심선에 직각방향으로 측정하여 그 거리가 최소한 B/5 또는 11.5m 중 작은 값 이상이어야 한다.
2. 각 연료탱크의 경계는 탱크 밸브를 포함하여 탱크구조 횡방향, 종방향 및 수직방향의 외측 끝단으로 하여야 한다.
3. 독립형 탱크는 보호거리가 탱크 외벽(탱크격납설비의 1차 방벽)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 0.8m 중 큰 쪽. 다만 제1호에서 요구되는 바와 같이 선체외판이 B/5 또는 11.5m 중 작은값 내에 위치하는 경우, 이 거리는 B/15 또는 2m 중 작은값 보다 클 필요는 없다.
 - 나. 화물선의 경우,

1) $V_c \leq 1,000\text{m}^3$ 인 경우, 0.8m

2) $1,000\text{m}^3 < V_c < 5,000\text{m}^3$ 인 경우, $0.75 + V_c \times 0.2/4,000$ m

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

4) $V_c \geq 30,000\text{m}^3$ 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 2m 중 작은값 보다 위에 위치하여야 한다.
6. 쌍동선의 B값은 별도로 계산하여 결정할 수 있다. 다만, 이 규정의 값과 동등한 안전성을 지니고 있음을 입증하여야 한다.

7. 여객선의 경우 국제해상인명안전협약 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 제4조에 따라 결정할 수 있다.

② 제9조제1항제1호 대신에 다음의 계산방법으로 연료탱크의 허용가능한 위치를 결정할 수 있다.

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

f_{CN} 값은 연료탱크 만의 종방향 투영경계에 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 때보다 더 높게 나타난다.

2. f_{CN} 은 다음 식에 따라 계산된다.

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

f_l : 「국제해상인명안전협약」 II-1/7-1.1.1.1에 포함된 계수 p 에 대한 공식을 사용하여 계산된 값. $x1$ 값은 후단에서부터 연료탱크의 최후단 경계까지의 거리를 적용하여야 하고, $x2$ 값은 후단에서부터 연료탱크의 최전단 경계까지의 거리를 적용하여야 한다.

f_t : 국제해상인명안전협약 II-1/7-1.1.2에 포함된 계수 r 에 대한 공식을 사용하여 계산되며, 손상이 연료탱크의 외부 경계를 관통하는 확률을 반영한 값. 식은 다음과 같다.

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

연료탱크의 가장 바깥쪽 경계가 최대구획홀수선에 의해 주어진 경계의 외부에 있는 경우, b 값은 0으로 하여야 한다.

f_v : 국제해상인명안전협약 II-1/7-2.6.1에 포함된 계수 v 에 대한 공식을 사용하여 계산되며, 손상이 수직으로 연료탱크의 최하단 경계의 상부로 연장되는 확률을 반영한 값. 식은 다음과 같다.

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

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

H : 기선으로부터 연료탱크 최하단 경계까지의 거리(m)

d : 가장 깊은 홀수(하기만재 홀수)

3. 각 연료탱크의 경계는 탱크 밸브를 포함하여 탱크구조 횡방향, 종방향 및 수직방향의 외측 끝단으로 하여야 한다.

4. 독립형 탱크는 보호거리가 탱크 외벽(탱크격납설비의 1차 방벽)까지 측정되어야 한다. 멤브레인 탱크는 보호거리가 탱크단열재 주위의 격벽까지 측정되어야 한다.

5. 연료탱크의 경계는 선체외판 또는 선미 끝단에서 다음 거리 이상 떨어져 있어야 한다.

가. 여객선의 경우, 1) $B/10$ 또는 0.8m 중 큰 쪽. 다만 제1항제1호에서 요구되는 바와 같이 선체외판이 $B/5$ 또는 11.5m 중 작은 것 내에 위치하는 경우, 이 거리는 $B/15$ 또는 2m 중 작은 값 이하일 수 있다.

나. 화물선의 경우,

1) $V_c \leq 1,000\text{m}^3$ 인 경우, 0.8m

2) $1,000\text{m}^3 < V_c < 5,000\text{m}^3$ 인 경우, $0.75 + V_c \times 0.2/4,000\text{m}$

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

4) $V_c \geq 30,000\text{m}^3$ 인 경우, 2m

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

6. 2개 이상의 중첩되지 않는 연료탱크가 종방향으로 위치한 경우 f_{CN} 은 제2호에 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. 제5호에서의 최소거리는 양쪽에서 만족되어야 한다.

8. 충돌 또는 좌초에 대하여 높은 저항성의 선체구조를 가진 선박에 대하여는 연료탱크의 위치를 제4조에 따라 결정할 수 있다.

③ 전체 또는 부분 2차 방벽을 필요로 하는 연료격납설비에 연료가 운송되는 경우에는 다음에 따른다.

1. 연료저장창 구역은 이중저로서 해수로부터 격리하여야 한다.
2. 선측탱크를 형성하는 종통격벽도 설치하여야 한다.

제10조 (기관구역의 안전개념) 가스연료를 사용하는 기관이 설치된 기관구역에서 가스 폭발이 일어날 가능성을 최소화하기 위해서 다음과 같은 대체 개념 중 하나를 적용할 수 있다.

1. 가스 안전 기관구역: 기관구역에서의 배치에 정상뿐만 아니라 비정상상태의 모든 조건에서 가스 안전(즉, 본질적 가스 안전)구역이 되는 것이어야 한다. 가스 안전 기관구역에서 단일 손상이 기관구역 내에 연료가스의 누설을 야기해서는 안 된다.
2. 비상차단 보호 기관구역: 기관구역의 장치는 정상상태에는 비위험구역이 되는 것이어야 하나, 비정상상태에는 위험하게 될 가능성이 있을 수 있다. 가스위험을 포함한 비정상 상태가 발생한 경우, 안전하지 않은 장치(점화원)와 기관의 비상차단이 자동적으로 이루어져야 한다. 이러한 조건에서 사용되거나 작동하는 장비나 기관은 승인된 안전형의 것이어야 한다. 비상차단 보호 기관구역에서는 단일 손상으로 인해 해당 구역으로 가스가 방출될 수 있다. 벤트는 기술적 결함으로 인해 발생할 수 있는 최대의 누설 시나리오를 수용하도록 설계되어야 한다. 배관의 파열이나 개스킷의 파열과 같이 가스 농도가 위험한 수준에까지 이를 수 있는 손상은 폭발압력도 출장치 또는 비상차단 배치로 예방조치를 하여야 한다.

제11조 (가스 안전 기관구역) ① 연료장치에서의 단일 손상이 기관구역으로의 가스방출로 이어지지 않아야 한다.

② 기관구역 경계 내의 모든 연료배관은 제68조에 따라 가스밀 덮개로 폐워하여야 한다.

제12조 (비상차단 보호 기관구역) ① 비상차단으로 보호하는 방법은 정기적으로 무인화되는 기관구역에만 적용할 수 있다.

② 폭발 및 기관구역 외부의 손상으로부터 보호하고 동력 공급 이중화를 확보하기 위하여 최소한 다음의 조치를 포함하여야 하며, 이에 국한하지 않는다.

1. 가스탐지기
2. 차단밸브
3. 이중화
4. 충분한 통풍

③ 기관구역 내의 가스공급관은 다음의 조건에서는 가스밀의 외부 덮개가 없어도 허용될 수 있다.

1. 추진기관 및 발전기관을 공동 경계면을 갖지 않도록 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 위한 최소한의 필수 장비, 구성품 및 장치만 설치하여야 한다.
3. 가스공급을 자동으로 차단하고 모든 비방폭형 전기설비 또는 장치의 전원을 차단하기 위한 고정식 가스탐지 장치가 설치되어야 한다.

④ 여러 기관구역에 기관이 배치되는 경우에는 어느 하나의 기관구역에 연료 공급이 차단되더라도 허용할 수 없는 동력 손실이 발생하지 않도록 배치하여야 한다.

⑤ 비상차단 보호 기관구역이 단일 격벽으로 분리된 경우, 어느 하나의 기관구역에서의 폭발이 인접구역의 보전성과 해당구역 내의 장비에 영향을 주지 않도록 기관구역은 폭발의 영향을 견딜 수 있는 강도를 가져야 한다.

⑥ 비상차단 보호 기관구역은 가스의 축적이나 가스포켓의 형성을 최소화 할 수 있는 형상으로 설계하여야 한다.

⑦ 비상차단 보호 기관구역의 통풍장치는 제104조에 따라 설치되어야 한다.

제13조 (연료관의 위치 및 보호) ① 연료관은 선측으로부터 800mm 이상 떨어진 곳에 위치하여야 한다.

② 연료관은 「선박방화구조기준」에 정의된 거주구역, 업무구역과 자동전화교환기실, 공기조화실 등의 전기설비실을 직접적으로 통과해서는 안 된다.

③ 로로구역, 특수분류구역 및 개방갑판 상부를 통과하는 연료관은 기계적 손상으로부터 보호하여야 한다.

④ 비상차단 보호 기관구역 내의 가스연료관은 전기설비나 인화성 액체를 저장하는 탱크로부터 멀리 떨어진 곳에 위치하여야 한다.

⑤ 비상차단 보호 기관구역의 가스연료관은 기계적인 손상으로부터 보호하여야 한다.

제14조 (연료준비실) 연료준비실은 개방구역에 위치하여야 한다. 개방구역에 위치하지 않는 경우 연료준비실은 이 기준의 탱크연결부 구역에 대한 요건에 따라 배치되고 설치되어야 한다.

제15조 (빌지장치에 대한 요건) ① 이 기준이 적용되는 연료가 존재할 수 있는 장소에 설치된 빌지장치는 연료가 존재할 수 없는 구역의 빌지장치와 분리하여야 한다.

② 연료를 2차 방벽이 필요한 연료격납설비로 운송하는 경우, 인접한 선체구조를 통해 연료저장창 구역 또는 방벽간 구역에 유입되는 누설을 처리할 수 있는 적절한 배수장치를 설치하여야 한다. 배수장치는 안전구역의 배관과 독립되어야 하며, 누설탐지장치를 설치해야 한다.

③ 액화가스용 독립형탱크 형식 A의 저장창 구역이나 방벽간 구역은 연료탱크에서 누설이나 파열이 발생한 경우 액화연료를 처리할 수 있는 적절한 배수장치를 설치하여야 한다.

제16조 (누액받이) ① 선체구조를 손상시킬 수 있는 누설이 발생할 수 있는 장소 또는 누설의 영향을 받는 지역을 제한할 필요가 있는 장소에는 누액받이를 설치해야 한다.

② 누액받이는 적합한 재료로 제작되어야 한다.

③ 누액받이는 선체구조와 열적으로 격리되어 액체연료가 누설되는 경우 주위의 선체구조나 갑판구조가 건널 수 없는 냉각에 노출되지 않아야 한다.

④ 누액받이마다 드레인 밸브를 설치하여 빗물이 선측으로 배수되도록 설치한다.

⑤ 각각의 누액받이는 위험도 평가에 따른 최대 누설량을 확실히 처리할 수 있도록 충분한 용량을 가져야 한다.

제17조 (폐위구역의 출입구 및 기타 개구의 배치) ① 가스안전구역에서 가스위험구역으로 직접적인 출입은 원칙적으로 허용되지 않는다. 운전상의 이유로 그러한 개구들이 필요한 경우, 제18조에 적합한 에어로크를 설치하여야 한다.

② 연료준비실이 갑판하부에 배치된 경우, 그 구역은 가능한 한 개방갑판으로부터 직접 접근이 가능하도록 독립적인 출입구가 있어야 한다. 갑판으로부터 직접 접근이 불가능한 경우, 제18조에 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 비상차단 보호 기관구역로 연결된 출입구에는 제18조에 적합한 에어로크를 설치하여야 한다.

⑤ 불활성화 구역의 출입구는 사람들이 함부로 출입을 할 수 없도록 설치하여야 한다. 출입구가 개방갑판에 있는 것이 아니라면, 불활성가스가 인접구역으로 누설되는 것을 방지할 수 있도록 밀폐장치를 설치하여야 한다.

제18조 (에어로크) ① 에어로크는 2개의 확실한 가스밀 문이 설치된 가스밀 격벽으로 폐위된 구역이며 이 문은 1.5m이상 2.5m 이하의 간격으로 떨어져 배치되어야 한다. 「국제만재흡수선 협약」의 규정을 적용받지 않는 경우 문턱의 높이는 300mm 이상이어야 한다. 문은 자동폐쇄식이어야 하며 어떠한 개방고정용 장치도 설치하여서는 안 된다.

② 인접한 위험구역보다 높은 압력으로 기계식 통풍되어야 한다.

③ 에어로크로 격리된 가스위험구역에서 가장 중대한 사고가 발생했을 경우에도 가스가 안전구역으로 방출되지 않도록 설계하여야 한다. 사고는 제6조에 따른 위험도분석으로 평가하여야 한다.

- ④ 에어로크의 형상은 단순하여야 한다. 자유롭고 쉽게 통행할 수 있어야 하고 바닥면적은 최소 1.5㎡가 되어야 한다. 에어로크를 창고 등 다른 용도로 사용하면 안 된다.
- ⑤ 양쪽 문이 닫힘 위치에서 벗어나는 경우 에어로크의 양쪽으로 경고를 보낼 수 있는 가시가청 경보장치를 설치하여야 한다.
- ⑥ 갑판하부의 위험구역으로부터 통하는 비위험 구역의 입구가 에어로크로 보호되는 경우 위험구역 내의 부압이 상실된 상태에서는 통풍이 복구될 때까지 그 구역으로 들어가는는 안 된다. 압력이 손실되었을 때 압력의 손실 및 에어로크 문의 개방을 알리는 가시 가청의 경보를 인원이 상주하는 장소에 발하여야 한다.
- ⑦ 안전에 필요한 필수장비는 계속 급전되어야 한다. 이 장치는 승인된 안전형이어야 하며, 조명장치, 화재탐지장치, 선내 방송설비, 일반 경보장치 등이 포함된다.

제3장 연료격납설비

제1절 연료격납

제19조 (연료격납설비) ① 연료격납설비는 탱크나 그 연결부로부터의 누설이 선박, 인명 또는 환경에 위험을 초래하지 않도록 설계되어야 한다. 또한, 다음의 위험을 피하도록 해야 한다.

1. 선체 재료의 허용한계보다 낮은 온도에 노출
 2. 점화원이 있는 위치까지 가연성 연료의 확산
 3. 연료 및 불활성 가스로 인한 독성 유발 및 산소 부족의 위험
 4. 비상소집장소, 탈출경로 및 구명설비로의 접근 제한
 5. 구명설비 유용성의 저하
- ② 연료탱크의 압력 및 온도는 연료의 이송요건 및 격납설비의 설계 한계 내로 유지할 수 있어야 한다.
- ③ 임의의 가스 누출 후 취해진 보호조치로 인해, 허용할 수 없을 정도의 추진력 손실이 발생하지 않도록 연료격납설비를 배치하여야 한다.
- ④ 연료격납을 위하여 이동식 탱크가 사용되는 경우, 이 장에 명시된 것과 같이 영구 설치된 탱크와 동등하도록 탱크를 설계하여야 한다.
- ⑤ 액체 상태의 천연가스를 저장하는 설비의 최대허용설정압력은 1.0MPa 이하여야 한다.
- ⑥ 가스연료탱크의 최대허용사용압력은 최대허용설정압력의 90% 이하여야 한다.
- ⑦ 갑판 하부에 위치한 연료격납설비는 인접한 구역과 가스 밀폐가 되어야 한다.
- ⑧ 모든 탱크 연결부, 플랜지, 탱크 밸브 및 기타 관 부속품들은 탱크 연결부가 개방갑판상에 있지 않는 한, 반드시 가스 밀폐가 되는 탱크 연결부 구역 내부에 있어야 한다. 탱크 연결부로부터 누설이 있는 경우, 누설된 연료를 그 구역 내에 안전하게 저장할 수 있어야 한다.
- ⑨ 독립형탱크 형식 C의 연료저장탱크를 제외하고, 연료저장탱크와 연결된 배관은 탱크의 최고액면보다 상부에 부착되어야 한다. 다른 형식의 탱크에 최고액면보다 하부에 배관을 연결하고자 할 경우에는 제13항에 따라야 한다.

- ⑩ 손상시 액체가 유출될 수 있는 탱크와 첫 번째 밸브 사이의 배관은 독립형탱크 형식 C와 동등한 안전도를 가져야 한다. 동적 응력은 제34조제3항제1호나목에서 계산한 값을 넘지 않아야 한다.
- ⑪ 탱크연결부 구역의 격벽 재료는 발생 가능한 최대누출 시나리오에서의 최저온도에 상응하는 설계온도를 갖는 것으로 한다. 탱크연결부 구역은 누설이 일어나는 동안 증가되는 최대압력을 견딜 수 있도록 설계되어야 한다. 그렇지 않은 경우, 안전한 장소로의 압력도출벤트가 반드시 있어야 한다.
- ⑫ 상세 설계, 탐지 및 정지 시스템을 기초로 하여, 탱크연결부 구역으로의 최대가능 누설량을 결정하여야 한다.
- ⑬ 배관이 탱크의 수위 하부에 연결되는 경우, 배관은 첫 번째 밸브까지 2차 방벽으로 보호되어야 한다.
- ⑭ 액화가스연료 저장탱크가 개방갑판 상에 있는 경우, 선체는 누액받이를 설치하여 탱크 연결부에서의 잠재적 누설 및 그 밖의 부위의 누설로부터 보호되어야 한다. 재료는 대기압에서 운송되는 연료의 온도에 상응하는 설계온도를 갖는 것으로 한다. 탱크의 정상작동압력은 선체구조를 보호하도록 고려되어야 한다.
- ⑮ 저장탱크의 액화가스를 안전하게 비우기 위한 수단이 있어야 한다.
- ⑯ 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, 건조한 공기를 이용하여 환기를 하여야 한다.

제20조 (액화가스연료격납) ① 제6조에서 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 설계수명 또는 20년 중 큰 값 이상이어야 한다.
- ③ 이동식 탱크의 설계수명은 20년보다 길어야 한다.
- ④ 액화가스연료 격납설비는 북대서양 환경조건 및 항해구역에 제한을 받지 않는 장기 해상상태 분포도를 기준으로 설계하여야 한다. 예상되는 운항 환경 조건이 양호한 제한된 항해구역 전용 선박의 액화가스연료 격납설비에 대해서는 해상조건을 고려하여 설계하여야 한다. 북대서양의 환경조건보다 더 가혹한 환경에서 운용되는 액화가스연료 격납설비는 더 엄격한 조건이 요구될 수 있다. (「강선의 구조기준」제3조제5항을 참조하여 가상온도는 설계온도에 대한 적합한 재료품질을 결정하기 위하여 사용되어야 하며, 이 항에서 다루지 않는 항목 중 하나임.)
- ⑤ 액화가스연료 격납설비는 다음과 같은 적절한 안전여유를 두고 설계하여야 한다.
 1. 안전여유는 비손상 조건에서, 액화가스연료 격납설비의 설계수명 동안 예측되는 환경조건과 균일만재적재, 부분적재조건 및 모든 중간단계에서의 부분충전을 포함하는 하중조건을 견딜 수 있도록 충분하여야 한다.
 2. 안전여유는 하중, 구조모델링, 피로, 부식, 열 영향, 재료의 가변성, 노화 및 건조 공차의 불확실성에 대해서도 적절하여야 한다.
- ⑥ 액화가스연료 격납설비의 구조강도는 소성변형, 좌굴 및 피로가 포함된 파괴모드에 대하여 평가되어야 하나 이에 한정하지 않는다. 각 액화가스연료 격납설비의 설계에 대하여 고려되어야 할 특정설계조건은 제34조에 따른다. 설계조건은 다음의 3가지로 분류한다.
 1. 최종설계조건-액화가스연료 격납설비 구조와 그 구조요소들은 건조, 시험 및 예상 가능한 작동 중 발생할 수 있는 하중에 대하여 구조건전성에 손실 없이 견딜 수 있어야 한다. 설계는 다음 하중들의 적절한 조합들을 고

려하여야 한다.

가. 내압

나. 외압

다. 모든 하중조건에서 선체의 거동으로 인한 동하중

라. 열 하중

마. 슬로싱 하중

바. 선체의 변형에 의한 하중

사. 지지구조에 걸리는 탱크 및 연료 중량

아. 단열재 중량

자. 타워 및 근처 부속품에 작용하는 하중

차. 시험하중

2. 피로설계조건-액화가스연료 격납설비 구조와 그 구조요소들은 누적되는 반복 하중 하에서 파괴되어서는 안 된다.

3. 사고설계조건-액화가스연료 격납설비는 이 기준에서 다루고 있는 다음의 사고설계조건(사고 또는 비정상적 사건)을 각각 만족하여야 한다.

가. 충돌-액화가스연료격납설비는 탱크와 지지구조에 위험을 초래할 수 있는 제28조제5항제1호에 명시된 충돌하중에 견딜 수 있어야 하며, 지지구조 또는 지지구조 근처 탱크구조 변형이 없어야 한다.

나. 화재-액화가스연료격납설비는 예상되는 화재 시나리오에서 제40조1항에 명시된 내압증가로 인한 파열 없이 견딜 수 있어야 한다.

다. 탱크에 부력을 유발하는 구획 침수-부상방지설비는 제28조제5항제2호에 따른 상승력을 견뎌야 하며, 선체의 소성변형 위험이 없어야 한다. 선박에서의 안전한 대피를 위태롭게 하지 않는다면 연료격납설비의 소성 변형 발생은 인정할 수 있다.

⑦ 요구되는 구조치수가 구조강도 요건을 만족하고 설계수명 동안 유지되도록 조치를 취하여야 한다. 이러한 조치에는 재료의 선택, 도장, 부식여유, 음극방식 및 불활성화 등을 포함할 수 있으나, 이에 제한하지 않는다.

⑧ 선박 소유자는 액화가스연료 격납설비에 대한 검사계획을 수립하고 해양수산부장관 또는 그 업무를 대행하는 대행기관에 승인을 받아야 한다. 검사계획은 액화가스연료 격납설비의 생애에 걸쳐 검사 시에 조사 또는 유효성을 확인해야 할 항목들을 포함하여야 한다. 특히 운항 중 검사 시에 확인해야 할 항목과 액화가스연료 격납설비의 설계인자를 선택할 때 필요하다고 추정했던 유지보수 항목과 시험 항목들을 식별하여 포함하여야 한다. 검사 계획은 제31조제2항제8호 또는 제31조제2항제9호에 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.

제21조 (누설방지) ① 격납설비는 모든 발생 가능한 누설액을 안전하게 보관할 수 있는 완전 2차 액밀 방법을 갖추어야 하며, 단열설비와 함께 선체구조가 안전하지 않은 수준까지 온도가 낮아지는 것을 방지할 수 있어야 한다.

- ② 제3항에서 제5항까지의 해당하는 적절한 안전수준을 증명할 수 있는 경우, 2차 방벽의 크기와 구성 또는 배치를 경감 또는 생략할 수 있다.
- ③ 구조파괴가 균열이 불안정한 상태로 진전될 확률은 매우 낮으나, 1차 방벽을 통한 누설 가능성을 배제할 수 없는 경우, 액화가스연료 격납설비에는 누설을 안전하게 관리 및 처리할 수 있는 부분 2차 방벽 및 소형 누설 방지설비를 갖추어야 한다. 배치는 다음에 따른다.
1. 가스탐지기 또는 검사를 통하여 임계상태에 도달하기 전에 확실하게 탐지될 수 있는 파괴진행(failure development)은 시정조치를 취할 수 있도록 진행시간이 충분히 길어야 한다.
 2. 임계상태에 도달하기 전에 확실하게 탐지될 수 없는 파괴진행은 탱크의 예상수명보다 훨씬 긴 예상 진행시간을 가져야 한다.
- ④ 구조파손 및 1차 방벽을 통한 누설확률이 극히 낮고 무시할 수 있는 독립형탱크 형식 C와 같은 액화가스연료 격납설비에 2차 방벽은 요구되지 않는다.
- ⑤ 완전 또는 부분 2차 방벽을 요구하는 독립형 탱크의 경우, 탱크로부터의 누설을 안전하게 처리하기 위한 수단이 있어야 한다.

제22조 (탱크형식에 따른 2차 방벽) 제34조에 정의된 탱크형식에 따른 2차 방벽은 다음 표에 따른다.

기본 탱크 형식	2차 방벽요건
멤브레인	완전 2차 방벽
독립형 A B C	완전 2차 방벽 부분 2차 방벽 2차 방벽 필요 없음

제23조 (2차 방벽의 설계) 스프레이 실드가 설치된 경우를 포함하여, 2차 방벽의 설계는 다음 각 호에 따른다.

1. 특별한 항로를 운항함으로 인해 다른 요건이 적용되는 경우를 제외하고, 제31조제2항제6호에 따른 하중스펙트럼을 고려하여, 예상되는 가스연료의 누설을 15일 동안 격납할 수 있어야 한다.
2. 액화가스연료탱크 내에서 1차 방벽의 손상을 일으킬 수 있는 물리적, 기계적 또는 운용상의 사건이 2차 방벽의 기능을 손상하지 않아야 하며, 반대의 경우도 안 된다.
3. 선체의 지지구조 또는 부착물의 파괴가 1차 및 2차 방벽의 액밀을 손상시켜서는 안 된다.
4. 2차 방벽의 유효성은 육안검사를 통하여 검사하여야 한다. 육안검사가 불가능하다고 판단될 경우, 2차 방벽의 검사 방법 및 시험 절차는 해양수산부장관 또는 대항기관이 정하는 바에 따른다.
5. 제4항에서의 방법이 모형시험일 경우에는 다음을 확인하여야 한다.
 - 가. 액밀폐 유효성이 손상되기 전, 2차 방벽 내의 허용 가능한 결함의 크기 및 위치에 대한 상세
 - 나. 가목의 결함을 감지하기 위하여 제안된 방법의 정확도 및 범위
 - 다. 실물크기 모형시험이 수행되지 않는 경우, 허용기준의 결정에 사용되는 축척계수(scaling factor)

라. 제안된 시험의 유효성에 대한 열적, 기계적 반복하중의 영향

6. 2차 방벽은 30도의 정적 횡경사에서도 기능적 요건을 충족시켜야 한다.

- 제24조 (부분 2차 방벽과 1차 방벽의 소규모 누설에 대한 보호장치)** ① 제21조제3항에서 허용된 부분 2차 방벽은 소규모 누설에 대한 보호장치와 함께 사용할 수 있어야 하며, 제23조의 모든 요건을 만족하여야 한다. 소규모 누설에 대한 보호장치는 1차 방벽에 누설을 감지하는 수단, 누설된 액화가스연료를 부분 2차 방벽으로 유도하는 스프레이 실드와 같은 설비 및 자연 기화되게 하는 액체연료 처리수단 등을 갖추어야 한다.
- ② 부분 2차 방벽의 용량은 1차 방벽의 누설탐지 후 제31조제2항제6호에 정하는 하중스펙트럼에 의한 파괴의 크기에 해당하는 액화가스연료 누설을 기초로 정하여야 한다. 이 경우 액체의 증발, 누설량, 펌프능력의 신뢰성 및 기타 관련 요인을 정확히 평가해야 한다.
- ③ 액체누설탐지는 액체감지기로 감지하거나 압력, 온도, 가스탐지장치의 사용 또는 여러 탐지 방법의 조합으로 할 수 있다.
- ④ 누설된 액화가스연료를 수집하는 위치가 명확하지 않은 독립형 탱크의 경우, 부분 2차 방벽은 공칭 정적 트림에서도 기능적 요건에 적합하여야 한다.

- 제25조 (지지구조)** ① 액화가스연료탱크는 온도변화 및 선체의 변형에 의하여 탱크 및 선체의 과도한 응력이 발생하지 않도록 신축성이 있어야 하고 동시에 제28조제2항에서 제28조제5항의 해당되는 요건에 정의된 정적 및 동적 하중을 받는 탱크 본체가 선체로 지지되어 이동은 방지하여야 한다.
- ② 독립형 탱크에는 부상방지장치를 설치하여야 하며, 이는 선체구조에 위험한 소성변형을 일으키지 않고 제28조제5항제2호에 정의된 하중에 견딜 수 있어야 한다.
- ③ 지지구조 및 지지장치는 제28조제3항제3호아목 및 제28조제5항에서 정한 하중을 견딜 수 있어야 하나, 하중들을 상호 또는 파랑하중과 함께 조합시킬 필요는 없다.

- 제26조 (관련 구조와 장치)** 액화가스연료격납설비는 관련 구조 및 장치에 의한 하중을 고려하여 설계되어야 한다. 이는 펌프타워, 액화가스연료 돔, 액화가스연료 펌프 및 배관, 스트리핑 펌프 및 배관, 질소 배관, 출입 창구, 사다리, 배관 관통부, 액면지시장치, 독립 액면경보 게이지, 스프레이 노즐 및 기기장치(압력, 온도 및 스트레인 게이지 등)등을 포함한다.

- 제27조 (단열재)** 허용온도 이하의 온도로부터 선체를 보호하기 위해 단열재를 설치하여야 한다. 제4절의 압력과 온도 제어장치로 유지할 수 있는 수준까지 탱크로부터의 열유속을 억제할 수 있어야 한다.

- 제28조 (설계하중)** ① 설계 시 고려되어야 할 하중의 일반사항으로 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.
1. 이 절은 제29조부터 제31조의 규정을 고려하여 설계하중을 정의한다. 이는 하중의 분류(영구, 기능, 환경 및 사고)와 하중의 상세를 포함한다.
 2. 고려되어야 하는 하중의 범위는 탱크의 형식에 따라, 다음의 제2항부터 제5항까지에서 상세히 규정한다.
 3. 탱크는 탱크의 지지구조 및 그 밖의 부착물을 포함하여 아래에 설명된 하중조합을 고려하여 설계되어야 한다.

② 설계 중 영구하중은 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.

1. 중력하중은 탱크와 단열재의 무게, 타워 및 기타 부착물에 의한 하중
2. 영구외부하중은 외부에서 탱크에 작용하는 구조물 및 장비의 중력하중

③ 설계 중 기능하중은 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.

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.

가. 내압

- 1) 2)를 포함한 모든 경우, P_0 는 최대허용설정압력 이상이어야 한다.
- 2) 온도제어 없이 액화가스연료의 압력이 대기온도만으로 결정되는 액화가스연료 탱크에서의 P_0 는 섭씨45도에서의 액화가스연료의 게이지 증기압 이상이어야 한다. 다만, 다음을 제외한다.
 - 가) 제한된 해역에서 운항하는 선박의 경우 섭씨45도 보다 낮은 주위온도를 적용할 수 있다. 반대로 섭씨45도 보다 낮은 주위온도를 요구할 수도 있다.
 - 나) 운항기간의 제한이 있는 선박의 경우, P_0 는 탱크의 단열을 고려하여 운항 중 실제 압력상승을 기초로 계산할 수 있다.
- 3) 제한된 해역에서 운항하는 선박이 탱크형식에 따라 제34조의 제한조건으로 동하중이 감소하는 경우, P_0 보다 높은 증기압 P_h 도 허용할 수 있다.
- 4) 내압결정에 사용되는 압력은 다음과 같다.
 - 가) $(P_{ad})_{\max}$: 최대 설계 가속도를 사용하여 결정되는 관련 액체압력
 - 나) $(P_{ad\ site})_{\max}$: 특정 지역 가속도를 사용하여 결정되는 관련 액체압력
 - 다) P_{eq} 는 다음 식에 의한 $P_{eq\ 1}$ 또는 $P_{eq\ 2}$ 중 큰 값으로 한다.

$$P_{eq\ 1} = P_0 + (P_{ad})_{\max} \quad (\text{MPa})$$

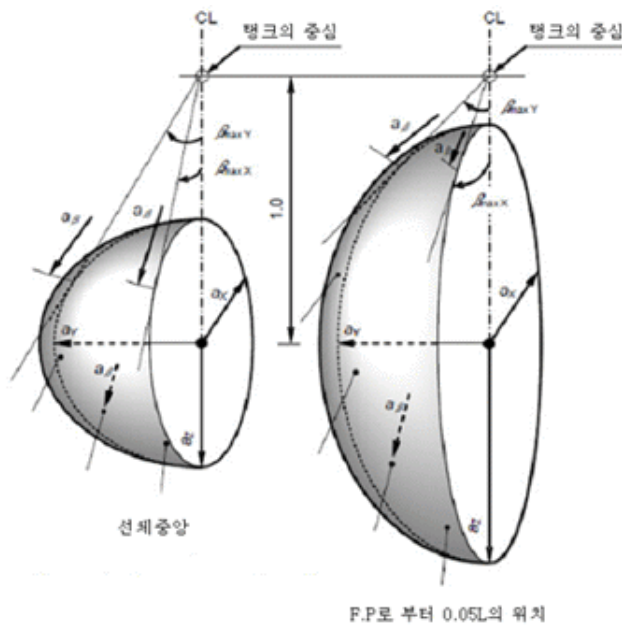
$$P_{eq\ 2} = P_h + (P_{ad\ site})_{\max} \quad (\text{MPa})$$

- 5) 내부 액체압은 제28조제4항제1호가목의 선박의 운동에 의한 액화가스연료의 중심에 작용하는 가속도에 의한 것으로 하여야 한다. 중력과 동적가속도를 합성한 내부 액체압, P_{ad} 는 다음 식에 따른다.

$$P_{ad} = a_{\beta} Z_{\beta} \frac{\rho}{1.02 \times 10^5} \quad (\text{MPa})$$

a_{β} : 임의의 방향 β (그림 1 참조)에 있어서 중력 및 동하중에 의한 가속도의 무차원 양(즉, 중력가속도에 대한 비율). 대형선의 경우, 횡방향 수직 및 종방향 가속도를 고려하여 가속도 타원체가 사용된다.

Z_{β} : 탱크판에서 β 방향(그림 2 참조)으로 측정하는 점에 대응하는 최대액면높이(m).



F.P로부터 0.05L의 위치

a_β : 임의의 방향 β 에 있어서 최종적인 가속도(정적+동적)

a_X : 가속도의 종방향 성분

a_Y : 가속도의 횡방향 성분

a_Z : 가속도의 상하방향 성분

그림 1 가속도 타원체

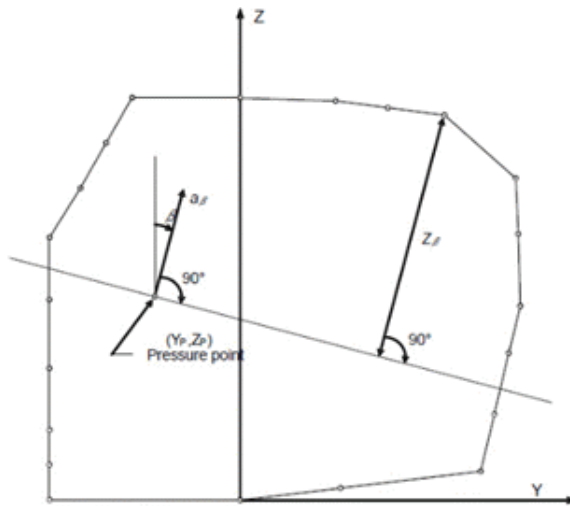


그림 2 내압을 구하는 방법

탱크 돔의 총용적(V_d)이 다음의 값을 초과하지 않는 경우를 제외하고 Z_3 를 결정하는데 탱크돔은 총 탱크용적의 일부분으로 간주되어야 한다.

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

V_t : 돔을 제외한 탱크용적

FL : 제41조에 따른 충전한도

ρ : 설계온도에 있어서 액화가스연료 최대밀도 (kg/m^3)

그 방향은 $(P_{ad})_{\max}$ 또는 $(P_{ad \text{ site}})_{\max}$ 가 최대가 되는 방향을 고려하여야 한다. 세 방향에서의 가속도 성분이 고려되는 경우, 그림 1의 타원(ellipse) 대신 타원체(ellipsoid)가 사용되어야 한다. 상기 식은 만재 탱크에만 적용한다.

나. 외압

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

다. 열 하중

1) 섭씨영하55도 미만의 액화가스연료를 적재할 계획이 있는 탱크는 냉각되는 동안 일시적으로 발생하는 열 하중을 고려하여야 한다.

2) 지지구조, 부착물 및 사용온도에 의한 열응력이 발생하는 액화가스연료격납설비는 정상적인 열 하중을 고려하여야 한다.

라. 진동

1) 진동으로 인해 액화가스연료격납설비에 잠재적으로 손상을 줄 수 있는 영향을 고려하여야 한다.

마. 상호작용에 의한 하중

1) 관련구조물 및 장비를 포함하여 액화가스연료격납설비와 선체구조 사이의 상호작용에 의한 정적하중을 고려하여야 한다.

바. 건조 및 설치에 따른 하중

- 1) 건조 및 설치에 따른 하중 또는 조건(예: 인양)을 고려하여야 한다.

사. 시험하중

- 1) 제11장제4절에 따른 액화가스연료격납설비의 시험하중을 고려하여야 한다.

아. 정적 횡경사 하중

- 1) 0도에서 30도의 범위 내에서 가장 불리한 정적 횡경사각에 따른 하중을 고려하여야 한다.

자. 기타 하중

- 1) 액화가스연료의 중량, 슬로싱, 바람 및 파랑 충격과 개방갑판 상에 설치된 탱크에 대한 그린 파랑 충격에 따른 하중 등 액화가스연료격납설비에 미치는 기타 하중을 고려하여야 한다.

④ 설계 중 환경하중은 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.

1. 환경하중은 주위 환경이 액화가스연료격납설비에 미치는 하중으로서 영구, 기능 또는 사고하중으로 분류하지는 않는다.

가. 선체 운동으로 인한 하중의 산정에는 선박이 그 운항기간 중 예상되는 불규칙 해상에서 선체운동의 장기 분포를 고려하여야 한다. 선박의 속력 저하 및 조우각의 변화에 의한 동하중의 감소를 고려할 수 있다. 선체의 운동에는 전후동요, 좌우동요, 상하동요, 횡동요, 종동요, 및 선수동요를 포함하여야 한다. 탱크의 가속도는 탱크의 무게 중심에서 산정하여야 하며, 선체운동으로 인한 가속도를 예측하는 방안은 해양수산부장관 또는 대항기관의 승인을 받아야 한다. 다만, 선박의 항해상태 등을 고려하여 지장이 없을 경우는 제외한다. 탱크의 가속도는 다음의 성분을 포함하여야 한다.

- 1) 상하방향 가속도 : 상하동요, 종동요 및 가능한 경우 횡동요(선저에 수직성분)의 운동 가속도
- 2) 횡방향 가속도 : 좌우동요, 선수동요 및 횡동요의 운동 가속도 및 횡동요의 중력성분
- 3) 종방향 가속도 : 전후동요 및 종동요의 운동가속도 및 종동요의 중력성분

나. 동적 상호작용에 의한 하중은 관련 구조물 및 장비로부터의 하중을 포함하여 액화가스 격납설비와 선체구조 상호작용으로 인한 하중의 동적 성분이 고려되어야 한다.

다. 액화가스연료격납설비와 내부 구성품에 작용하는 슬로싱 하중은 액화가스연료의 계획된 충전 수준의 전범위에 대하여 평가되어야 한다.

라. 관련이 있는 경우 눈과 얼음에 의한 하중을 고려하여야 한다.

마. 빙해지역을 운항할 예정인 선박은 빙해지역 운항으로 인한 하중을 고려하여야 한다.

바. 갑판상의 파랑 충격 하중을 고려하여야 한다.

사. 바람으로 인한 하중을 적절히 고려하여야 한다.

- ⑤ 사고하중은 비정상적이거나 계획하지 않은 상태에서 액화가스연료격납설비 및 이의 지지구조에 가해지는 하중으로 정의된다.

1. 총돌하중은 만재적재상태에서 선수방향으로 아래 표의 “ a ” 에 상응하는 관성력 및 후방으로 “ $a/2$ ” 관성력이 액화가스연료격납설비에 작용하는 것으로 가정하여 산정하여야 한다. 여기서, g 는 중력가속도이다.

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

2. 독립형 탱크의 경우, 탱크 구조와 인접한 선체의 지지구조 및 부상방지 초크의 설계 시 완전히 침수된 빈 탱크의 부력에 의한 하중을 고려하여야 한다.

제29조 (구조 건전성) ① 구조설계는 적절한 안전율을 가지고, 모든 관련된 하중을 견딜 수 있어야 한다. 또한 소성 변형, 좌굴, 피로 및 액밀폐과 가스밀폐 소실에 대한 가능성을 고려하여야 한다.

② 액화가스연료격납설비의 구조 건전성은 해당되는 액화가스연료격납설비의 탱크형식에 따른 제34조에 따라 실증되어야 한다.

③ 새로운 설계방식이거나 제34조로 다룰 수 없는 형식의 액화가스연료격납설비의 경우, 제35조에 따라 구조적 건전성이 실증되어야 한다.

제30조 (구조해석) ① 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. 동하중에 대한 응답을 결정할 경우, 동적 영향은 구조 건전성에 영향을 줄 수 있는 곳에 대하여 고려하여야 한다.

② 구조해석 시 다음 각 호의 기준에 따른 하중 시나리오가 고려하여야 한다.

1. 고려하여야 하는 액화가스연료격납설비의 각 위치 또는 부분과 해석해야 하는 모든 파괴모드에 대하여, 동시에 작용할 수 있는 모든 관련 하중의 조합이 고려되어야 한다.
2. 건조, 연료취급, 시험 및 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.

제31조 (설계조건) ① 모든 관련 하중 시나리오와 설계조건은 설계 시 모든 관련된 파괴모드가 고려되어야 한다. 설계조건은 이 항의 앞부분에서 다루며, 하중 시나리오는 제30조제2항에 따른다.

② 설계 시 최종설계조건은 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.

1. 구조성능은 탄성 및 소성 재료특성을 고려하여 시험 또는 해석에 의하여 결정하거나, 간이화된 선형 탄성 해석 또는 이 기준의 규정에 따라 결정할 수 있다.

가. 소성변형 및 좌굴이 고려되어야 한다.

나. 해석은 다음의 특성 하중을 기초로 한다.

- 1) 영구하중 : 예상값
- 2) 기능하중 : 특정값
- 3) 환경하중 : (파랑하중의 경우) 10^8 개 조우 파도에 의한 하중 중 가장 큰 값

다. 최종강도 산정을 위해, 다음 재료변수를 적용한다.

- 1) R_e : 상온에서의 규격 최소 항복응력(N/mm^2)으로서 항복점이 응력-변형률 선도에 명확히 나타나지 않는 경우, 0.2% 변형률에서의 내력을 적용한다.
 - 2) R_m : 상온에서의 규격 최소 인장강도(N/mm^2)로서 알루미늄 합금과 같이 불가피하게 용접 금속의 인장강도가 모재보다 작은 부재를 용접하는 경우, 각각 용접부의 R_e 및 R_m 은 열처리 후의 값을 사용한다. 이 경우 횡방향 용접인장강도는 모재의 실제 항복강도 보다 낮아서는 안 된다. 이를 만족하지 못할 경우, 이 용접구조는 액화가스연료격납설비에 적용할 수 없다.
- 상기 특성은 용접금속을 포함한 제작상태에서의 재료의 기계적 성질의 규격 최소치에 대응하는 것
이어야 한다. 규격 최소치는 저온에서의 향상된 항복응력 및 인장강도를 고려할 수 있다.

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

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

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$: x 축, y 축, z 축 방향의 전체 수직응력

$\tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$: $x-y, x-z, y-z$ 면의 전체 전단응력

상기의 값들은 제30조제2항제3호에 따른다.

마. 제59조에서 정하는 것 이외의 재료에 대한 허용응력은 해양수산부장관 또는 대행기관이 적절하다고 인정하는 바에 따른다.

바. 응력은 피로해석, 균열진전해석 및 좌굴기준에 의해 제한될 수 있다.

③ 설계 시 피로설계조건은 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.

1. 피로설계조건은 누적 주기 하중과 관련된 설계조건이다.

2. 피로해석이 요구되는 경우, 피로하중의 누적 영향은 다음 식을 만족하여야 한다. 피로손상은 탱크의 설계수명에 기초하여야 하며, 조우 파도의 수는 10^8 보다 작아서는 안 된다.

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

n_i : 탱크의 수명동안 각 응력수준에서의 응력 사이클수

N_i : Wöhler(S-N)곡선에 따라 각 응력수준에서 파괴에 이르는 사이클수

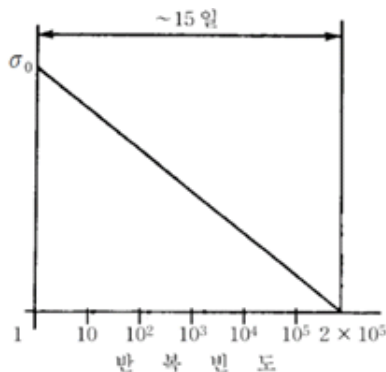
$n_{Loading}$: 탱크의 수명 동안 적하 및 양하 사이클수. 단, 1,000회 보다 작아서는 안 된다. 적하 및 양하 주기에는 완전한 압력 및 열 주기를 포함한다.

$N_{Loading}$: 적하/양하에 의한 피로하중으로 인해 파괴에 이르는 사이클수

C_W : 최대 허용 누적 피로 손상률

3. 필요한 경우, 액화가스연료격납설비는 예상수명동안의 모든 피로하중과 적절한 하중의 조합을 고려하여 피로 해석을 하여야 한다. 또한 다양한 충전조건을 고려하여야 한다.
4. 해석시 사용된 설계 S-N 곡선은 재료 및 용접, 건조상태, 제작절차 및 예상되는 응력상태에 적용할 수 있어야 한다. S-N 곡선은 최종파괴시까지 관련 실험자료 평균 2배의 표준편차에 상응하는 97.6 % 생존확률에 기초하여야 한다. 여러 가지 방법으로 도출된 S-N 곡선은 제7호에서 제9호에 명시된 허용 C_W 값을 조정하여 이용할 수 있다.
5. 해석은 다음의 특성 하중을 기초로 한다.
- 가. 영구하중 : 예상값
 - 나. 기능하중 : 특정값 또는 특정 미력
 - 다. 환경하중 : 예상되는 하중미력, 10^8 사이클보다 작아서는 안 된다.
- 피로수명예측에 간미화된 동적 하중스펙트럼은 필요하다고 인정되는 경우 사용할 수 있다.
6. 제21조제3항과 같이 부분 2차 방벽이 설치된 경우, 피로균열 진행의 파괴역학해석은 다음을 결정하기 위해 수행되어야 한다.
- 가. 구조에서 균열전파경로. 제7호부터 제9호에서 해당되는 규정에서 필요로 하는 경우
 - 나. 균열성장율
 - 다. 균열이 탱크에 누설을 발생하기까지 소요되는 시간
 - 라. 균열의 두께방향 크기 및 형상
 - 마. 식별가능한 균열이 두께방향 관통하여 임계상황에 도달하는데 걸리는 시간
7. 일반적으로, 파괴역학에서는 시험자료 평균 2배의 표준편차를 취한 균열의 성장자료를 기초로 한다. 균열전파 해석 및 파괴역학에 대한 방법은 공인된 기준을 기반으로 해야 한다. 균열전파해석 시, 적용된 검사방법으로 발견할 수 없는 초기균열 최대크기는 허용된 비파괴 검사와 육안검사의 기준에 의하여 추정하여야 한다. 제 8호의 조건하에서 균열전파해석은 15일 동안의 간소화된 하중분포 및 진행과정이 사용될 수 있다. 이러한 분

포는 그림 3에서와 같이 얻을 수 있다. 장치는 제8호에서 제10호까지의 해당되는 규정에 적합하여야 한다. 제9호 및 제10호의 더 긴 기간 동안의 하중분포 및 진행과정은 해양수산부장관 또는 대행기관의 승인을 받아야 한다.



σ_0 : 선박의 일생에 있어서 최대응력의 기대치
반복빈도는 대수표시 : 2×10^5 을 추정의 일레로써 표시한다.

그림 3 간소화된 하중 분포

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

9. 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 검사간격의 3배보다 작아서는 안 된다.

10. 유효한 결함 또는 균열전파를 감지할 수 없는 탱크의 특정위치에서는 보다 엄격한 파괴허용기준이 최솟값으로 적용되어야 한다. C_W 는 0.1 이하이어야 한다. 가정된 초기결함으로부터 임계상황에

도달하기까지의 예상되는 파괴진행시간은 탱크수명의 3배보다 작아서는 안 된다.

④ 설계 시 사고설계조건은 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.

1. 사고설계조건은 발생가능성이 매우 낮은 사고하중에 대한 설계조건이다.
2. 제28조제3항제3호아목 및 제28조제5항에 언급된 하중들은 상호 또는 파도로 인한 하중과 조합할 필요는 없다. 해석은 다음의 특성 하중을 기초로 하여야 한다.
 - 가. 영구하중: 예상값
 - 나. 기능하중: 특정값
 - 다. 환경하중: 특정값
 - 라. 사고하중: 특정값 또는 예상값

제32조 (재료) ① 선체구조재료는 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.

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

가. 모든 탱크의 1차 방벽은 액화가스연료의 온도로 가정한다.

나. 가목에 추가하여 완전 또는 부분 2차 방벽이 요구되는 경우, 2차 방벽은 임의의 1개 탱크에 대해 표준대기압에서 액화가스연료의 온도로 가정하여야 한다.

다. 항해구역이 제한되지 않는 경우, 주위온도는 대기는 섭씨5도, 해수는 섭씨0도로 하여야 한다. 제한된 항로를 운항하는 선박에 대해서는 더 높은 온도를 적용할 수 있다. 반대로, 동계에 더 낮은 온도가 예상되는 지역을 운항하는 선박에 대해서는 해양수산부장관 또는 대항기관이 인정하는 경우 더 낮은 온도를 적용할 수 있다.

라. 대기 및 해수가 잔잔한 조건으로 가정하여야 한다. 즉, 강제 대류에 대한 조정이 없어야 한다.

마. 제32조제3항제6호 및 제32조제3항제7호의 열적 및 기계적 노후화, 압착, 선박운동 및 탱크진동과 같은 요소로 인한 선박의 수명동안 단열재 성능의 저하가 가정되어야 한다.

바. 해당되는 경우 액화가스연료에서 생성되는 증발증기의 냉각효과가 고려되어야 한다.

사. 가열장치가 제32조제1항제4호를 만족하는 경우, 제32조제1항제3호에 따른 선체 가열이 있는 것으로 한다.

아. 제32조제1항제3호에 기술된 경우를 제외하고, 다른 모든 가열방법은 인정하지 않는다.

자. 내부 선체와 외부 선체를 연결하는 구조 부재의 강제 등급은 그 평균온도를 사용하여 정할 수 있다.

2. 액화가스연료의 영향으로 설계조건에서 계산된 온도가 섭씨0도 보다 낮은 모든 기타 선체구조 재료는 별표 6에 따른다. 여기에는 액화가스연료탱크, 이중저 판, 종격벽판, 횡격벽판, 늑판, 웨브, 스트링거와 모든 부착된 보강재를 포함한다.

3. 재료의 온도가 별표 6에 명시된 재료의 등급에 따라 허용 최저온도 보다 낮아지지 않도록 구조재료에 가열장치가 사용될 수 있다. 제32조제1항제1호의 온도분포계산에 의한 가열설비를 다음의 위치에 고려할 수 있다.

가. 임의의 횡방향 선체구조

나. 가열에 대한 계산을 고려하지 않고 재료가 대기 섭씨5도 및 해수 섭씨0도의 주위온도조건에 적합한 경우, 보다 낮은 주위온도가 요구되는 제32조제1항제2호에 규정하는 종방향 선체구조

다. 재료가 섭씨영하30도의 최저설계온도 또는 가열을 고려하여 제32조제1항제1호에 따라 결정된 온도보다 섭씨30도 낮은 온도 중 더 낮은 온도에서도 적합한 경우, 제32조제1항제2호를 대신하는 액화가스연료탱크 사이의 종격벽. 이 경우, 해당 격벽이 유효한 것으로 간주되는 경우와 그렇지 않은 경우 모두에 대하여 선박의 종강도는「강선의 구조기준」의 규정을 만족하여야 한다.

4. 제32조제1항제3호에 따른 가열수단은 다음 규정을 만족하여야 한다.

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

나. 가열장치는 중요보기로 고려하여야 한다. 제32조제1항제3호가목에 따라 제공되는 최소 하나 이상 시스템의 모든 전기부품들에 비상전원이 공급되어야 한다.

다. 가열장치의 설계 및 제작시 격납설비를 포함하여 해양수산부장관 또는 대항기관의 승인을 받아야 한다.

② 1차 및 2차 방벽의 재료는 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.

1. 선체를 구성하지 않는 1차 및 2차 방벽 제작용 금속재료는 해당하는 설계하중에 적합하여야 하고, 별표 2, 별표 3 또는 별표 4에 따른다.

2. 1차 및 2차 방벽이 별표 2, 별표 3 및 별표 4에 규정되지 않은 금속재료 또는 비금속재료로 제작된 경우, 재료는 방벽의 특성 및 용도에 따른 설계하중을 고려하여 해양수산부장관 또는 대행기관의 승인을 받아야 한다.
 3. 복합재료를 포함한 비금속 재료가 1차 또는 2차 방벽에 사용되거나 포함되는 경우, 이들의 의도된 기능에 대한 적합성을 확인하기 위하여 다음의 특성에 대해 해당하는 시험을 하여야 한다.
 - 가. 액화가스연료와의 적합성
 - 나. 노후화
 - 다. 기계적 특성
 - 라. 열팽창 및 열수축
 - 마. 마모
 - 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 운용 중 예상최대온도와 최저설계온도 보다 섭씨5도 낮은 온도 사이에서 시험하여야 하고, 섭씨영하196도보다 낮아서는 안 된다.
 5. 복합재료를 포함한 비금속재료가 1차 및 2차 방벽으로 사용되는 경우, 결합절차는 제1호부터 제4호까지와 같이 시험되어야 한다.
 6. 1차 및 2차 방벽에 사용되는 재료가 화재와 화염의 확산이 느린 특성을 가지지 않은 경우, 영구적인 불활성 가스 장치 등과 같은 적절한 장치로 보호되거나 방화벽이 제공된다면 적절히 고려할 수 있다.
- ③ 액화가스연료격납설비에 사용되는 단열재 및 기타 재료는 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.
1. 액화가스연료격납설비에 사용되는 하중을 견디는 단열재 및 기타 재료는 설계하중에 적합하여야 한다.
 2. 액화가스연료격납설비에 사용되는 단열재 및 기타 재료는 다음의 특성에 대해 계획된 운용에 적합함을 보장하기 위하여 시험하여야 한다.
 - 가. 액화가스연료와의 적합성
 - 나. 액화가스연료에 의한 용해성
 - 다. 액화가스연료의 흡수성
 - 라. 수축성
 - 마. 시효성
 - 바. 독립기포율
 - 사. 밀도
 - 아. 액화가스연료와 기타 하중을 받는 범위까지의 기계적 성질, 열 팽창 및 수축
 - 자. 마모성
 - 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 섭씨5도 낮은 온도 사이에서 시험하여야 한다. 다만, 최저온도는 섭씨영하196도보다 낮게 할 필요는 없다.
4. 설치 장소 또는 환경조건에 따라 단열재는 적절한 내화성 및 내화염 전파성을 가져야 하고, 수증기의 침입 및 기계적 손상에 대하여 적절히 보호되어야 한다. 단열재가 노출갑판이나 그보다 위에 위치하거나 탱크덮개 관통부 근처에 위치하는 경우, 한국산업표준 또는 이와 동등한 기준에 따라 적절한 내화성을 가지거나 느린 화염 전파 특성을 갖는 재료로 보호되어야 하고 승인된 증기밀봉장치로 보호하여야 한다.
5. 단열재의 표면이 느린 화염전파 특성이 있고 승인된 유효한 증기밀봉이 되는 재료로 보호되는 경우, 방화 기준에 적합하지 않은 단열재는 영구적으로 불활성화되지 않는 연료저장창 구역에 사용될 수 있다.
6. 단열재의 열전도율 시험은 적절히 열화된 표본(aged sample)으로 시행하여야 한다.
7. 분말 또는 입자상의 단열재가 사용될 경우, 운용 중 다짐을 줄이고 필요한 열전도율을 유지하기 위한 조치를 취하여야 한다. 또한, 액화가스연료격납설비에 가해지는 과도한 압력증가를 방지하여야 한다.

제33조 (제작) ① 용접 이음부의 설계 시 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.

1. 독립형 탱크의 탱크판의 모든 용접이음은 완전용입형의 맞대기용접으로 하여야 한다. 탱크판과 돔의 연결부에는 용접절차 승인시험의 결과에 따라 완전용입형의 필릿이음용접으로 할 수 있다. 돔에 설치되는 작은 관통부 외에는 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 맞대기 용접으로 하여야 한다. 완전용입형의 맞대기용접은 양면용접 또는 뒷댐판을 사용하여 행하여야 한다. 뒷댐판을 사용한 경우, 대단히 작은 프로세스 압력용기에 사용되는 경우를 제외하고 뒷댐판은 제거하여야 한다. (맨홀 없이 진공 단열된 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 「산적액체위험물 운송선박의 시설 등에 관한 기준」제26 조 에 따라 설계하여야 한다. 용기의 노즐, 돔 또는 기타 관통부의 모든 용접 및 용기나 노즐의 플랜지이음의 모든 용접은 완전용입형의 용접으로 하여야 한다.
- ② 접착에 의한 이음부(또는 기타 용접을 제외한 다른 방법)의 설계는 연결과정의 강도특성을 고려하여야 한다.

제34조 (탱크 형식) ① 독립형탱크 형식 A는 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.

1. 설계기준

- 가. 독립형탱크 형식 A란 주로 종래에 사용되는 있는 선체강도 해석법에 따라 인정하는 기준에 의해 설계되는 탱크를 말한다. 이 탱크가 주로 평판으로 구성되는 경우, 설계증기압 는 0.07 미만이어야 한다.

나. 제22조에 따른 완전 2차 방벽이 설치되어야 한다. 2차 방벽은 제23조에 따라 설계되어야 한다.

2. 구조해석

가. 구조해석은 제28조제3항제3호가목에 규정하는 내압을 고려하여 야 하며, 선체구조와 주요부재의 상호작용을 고려하여야 한다.

나. 지지부의 구조와 같이 이 기준에서 규정하지 않는 부분에 대하여는 제28조제2항부터 제5항까지에 규정하는 설계하중 중 적절한 하중 및 지지부의 선체 변형을 고려한 직접계산방법에 의하여 응력을 구하여야 한다

다. 지지부를 갖춘 탱크들은 제28조제5항의 사고하중에 대해 설계되어야 한다. 이 하중들 상호 또는 환경하중과 조합할 필요는 없다.

3. 한계설계조건

가. 주로 평판에 의하여 구성되는 탱크에 대해 종래 사용되고 있는 방법으로 구하는 보강재, 특설늑골, 스트링거, 거더를 포함한 1차 및 2차 부재의 공칭 막응력은 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 제31조제1항제1호다목에 따른다. 다만, 1차 부재에 관한 상세응력 계산을 행할 경우, 제31조제1항제1호라목에서 정한 등가응력 σ_c 는 보다 높은 허용응력으로 할 수 있다. 이 상세계산은 선체구조와 액화가스연료탱크 바닥의 처짐에 의한 선체와 액화가스연료탱크의 상호 반력의 영향을 포함하고 굽힘, 전단, 축방향 및 비틀림 변형의 영향을 고려한 것이어야 한다.

나. 탱크판의 두께는 제28조제3항제3호가목에 따른 내부압력과 제20조제7항의 부식 허용치를 고려하여 최소한「강선의 구조기준」의 디프탱크의 규정에 적합하여야 한다.

다. 액화가스연료탱크 구조는 좌굴에 대해 검토되어야 한다.

4. 사고설계조건

가. 탱크 및 탱크 지지부는 제20조제6항제3호 및 제28조제5항의 사고하중 및 설계조건을 고려하여 설계되어야 한다.

나. 제28조제5항의 사고하중을 적용할 경우, 응력은 사고의 낮은 발생 빈도를 고려하여 적절히 수정된 제34조제1항제3호의 허용기준에 따라야 한다.

② 독립형탱크 형식 B는 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.

1. 설계기준

가. 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_o 는 0.07MPa 미만이어야 한다.

나. 누설방지장치가 있는 부분 2차 방벽이 제22조에 따라 설치되어야 한다. 소규모 누설방지장치는 제24조에 따라 설계되어야 한다.

2. 구조해석

가. 다음의 각 항에 대하여 모든 동적 및 정적하중의 영향을 고려하여 구조 적합성을 확인하여야 한다. 유한요소해석 또는 이와 동등한 해석방법과 파괴역학해석 또는 이와 동등한 해석을 하여야 한다.

- 1) 소성변형
- 2) 좌굴
- 3) 피로파괴
- 4) 균열진전

나. 선체와의 상호작용을 포함한 응력을 평가하기 위하여 3차원해석을 해야 한다. 이 해석의 구조모델은 액화가스연료탱크와 그 지지 및 고정방법과 적절한 범위의 선체구조부분을 포함하여야 한다.

다. 동형선에 의한 유효 자료가 없을 경우, 불규칙파에 대한 특정 선박의 가속도 및 운동, 이 가속도와 운동에 의한 힘 및 운동이 미치는 선체와 액화가스연료탱크 응답의 정밀해석을 수행하여야 한다.

3. 최종설계조건

가. 독립형탱크 형식 B는 주로 구형이며 허용응력은 다음을 만족하여야 한다.

$$\sigma_m \leq f$$

$$\sigma_L \leq 1.5f$$

$$\sigma_b \leq 1.5F$$

$$\sigma_L + \sigma_b \leq 1.5F$$

$$\sigma_m + \sigma_b \leq 1.5F$$

$$\sigma_m + \sigma_b + \sigma_g \leq 3.0F$$

$$\sigma_L + \sigma_b + \sigma_g \leq 3.0F$$

여기서,

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 : 제37조제1항제1호다목에 따른다.

σ_m , σ_L , σ_g 및 σ_b : 바목에 따른다.

A , B , C 및 D 의 값은 다음 표의 최솟값 이상으로 하여야 한다.

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

표의 값은 설계조건을 고려하여 다른 값을 사용할 수 있다. 주로 평면판으로 구성되는 독립형탱크 형식 B에 대하여, 유한요소 해석시 허용 멤브레인 등가응력은 다음을 초과하여서는 안 된다.

- 1) 니켈강 및 탄소-망간강: $R_m/2$ 또는 $R_e/1.2$ 중 작은값보다 작아야 한다.
- 2) 오스테나이트강: $R_m/2.5$ 또는 $R_e/1.2$ 중 작은값보다 작아야 한다.
- 3) 알루미늄합금: $R_m/2.5$ 또는 $R_e/1.2$ 중 작은값보다 작아야 한다.

응력, 해석방법 및 설계조건을 고려하여 수정할 수 있다. 외판의 두께와 보강재의 크기는 독립형

탱크 형식 A에 요구하는 것보다 작아서는 안 된다.

나. 외압과 압축응력을 일으키는 기타 하중을 받는 액화가스연료탱크의 좌굴강도해석은 해양수산부장관 또는 대행기관이 적절하다고 인정하는 기준에 따라 수행되어야 한다. 해석방법은 이론적인 것과 판 끝단의 정렬 불량, 직선도 및 편평도 불량, 정원과의 편차의 결과에 따른 실제 좌굴응력과 차이를 적절히 고려할 수 있어야 한다.

다. 피로설계조건

- 1) 피로 및 균열진전 평가는 제31조제3항에 따라 수행되어야 한다. 승인기준은 결함의 식별가능성에 따라 제31조제3항제7호, 제31조제3항제8호 또는 제31조제3항제9호를 따라야 한다.
- 2) 피로해석은 건조공차를 고려하여야 한다.
- 3) 모형시험은 구조 부재의 응력집중계수와 피로수명을 결정하기 위해 필요한 경우 요구될 수 있다.

라. 사고설계조건

- 1) 탱크와 탱크지지부는 제20조제6항제3호 및 제28조제5항에 따라 해당되는 사고하중과 설계조건에 대해 설계하여야 한다.
- 2) 제28조제5항의 사고하중을 적용할 때, 응력은 낮은 발생빈도를 고려하여 적절히 수정된 제34조제1항제3호의 허용기준에 따라야 한다.

마. 표시

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

바. 응력평가를 위해서 응력을 다음과 같이 분류한다.

- 1) 수직응력 : 대상으로 고려하는 단면에 수직의 응력성분

- 2) 막응력 : 대상으로 고려하는 단면의 두께방향의 응력분포에 동일하고 두께방향에 균일하게 분포하고 있는 수직 응력성분
- 3) 굽힘응력 : 대상으로 고려하는 단면에서 막응력을 제외한 후 두께방향에 변화하는 응력
- 4) 전단응력 : 대상으로 고려하는 단면의 접선방향에 작용하는 응력성분
- 5) 1차 응력 : 하중에 의하여 발생하는 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.
- 6) 1차 일반막응력 : 구조물에 분포하고 항복에 의하여 하중의 재배분을 일으키는 일이 없는 1차막응력
- 7) 1차 국부막응력 : 압력 또는 다른 기계적 하중에 따라 발생하며 1차 응력 또는 불연속효과와 조합된 막응력이 구조물의 다른 부분에 하중을 전달할 때 과도한 변형을 일으키는 경우가 있다. 이 응력은 2차 응력적인 성질을 가지고 1차 국부막응력으로 분류한다. 이 응력영역이 다음 식을 만족할 때에는 국부적으로 간주할 수 있다.

$$S_1 \leq 0.5 \sqrt{Rt} \text{ 및 } S_2 \geq 2.5 \sqrt{Rt}$$

S_1 : 등가응력이 $1.1f$ 를 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

- 8) 2차 응력은 인접부재의 구속 또는 구조물의 자체 구속에 의하여 발생하는 수직응력 또는 전단응력이다. 2차 응력의 기본 특성은 자기제한적(self-limiting)이라는 것이다. 국부적인 항복 또는 미세한 변형은 응력을 발생하는 원인이 될 수 있다.

③ 독립형탱크 형식 C는 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.

1. 설계기준

- 가. 독립형탱크 형식 C의 설계기준은 파괴역학 및 균열진전기준을 포함한 수정된 압력용기기준에 기초한다. 나. 목에 정의된 최소설계압력은 동적 응력이 충분히 작아서 최초 표면결함이 탱크의 수명동안 탱크외판 두께의 반 이상 진전되지 않는다는 것을 보장하도록 설계되어야 한다.

나. 설계증기압 P_0 는 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 1차 막응력

$\Delta\sigma_A$: 허용 동적 막응력(발현확률 $Q=10^{-3}$ 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 값 중 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 연료의 비중(ρ_r :청수)

2. 탱크외판두께

가. 외판두께는 다음을 따른다.

- 1) 압력용기의 경우, 라목에 따라 계산된 두께는 마이너스 공차가 없는 성형 후 최소두께로 고려하여야 한다.
 - 2) 성형후의 부식 예비두께를 포함한 압력용기의 동판 및 경판의 최소두께는 탄소망간강 및 니켈강은 5mm, 오스테나이트강은 3mm 및 알루미늄합금은 7mm 이상이어야 한다.
 - 3) 라목의 계산에 사용하는 용접이음 효율은 제130조제4항에 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 부분적으로 비파괴시험을 인정할 수 있으나, 그 시행범위는 사용재료, 설계온도, 조립상태에서의 재료의 무연성 천이온도, 용접이음의 종류 및 용접법에 따라 제130조제4항에 정한 것 이상이어야 한다. 또한 이음효율은 0.85이하의 값을 적용하여야 한다. 특별한 재료에 대하여 상기의 이음효율은 용접이음부의 규정된 기계적 성질에 따라서 감소되어야 한다.
- 나. 내부압력 계산시 제28조제3항제3호가목에 정의된 설계액체압을 고려하여야 한다.

다. 압력용기의 좌굴 검토시 사용하는 설계외부압력 P_e 는 다음 식에 의한 것 이상이어야 한다.

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

P_1 : 진공 도출밸브의 설정압력, 진공 도출밸브가 설치되지 않은 압력용기에 대한 P_1 은 특별히 고려하여야 하고 일반적으로 0.025 MPa 이상이어야 한다.

P_2 : 압력용기 또는 그 일부를 완전하게 폐쇄하는 구획의 압력도출밸브의 설정압력, 기타의 경우에는 $P_2 = 0$ 으로 한다.

P_3 : 단열재의 중량 및 수축, 부식 예비두께를 포함한 동판의 중량 및 압력용기가 받는다고 예상되는 그 밖의 외압에 의한 동판의 압축작용력, 이것에는 반드시 한정하지는 않으나 동물의 중량, 타워 및 관장치의 중량, 연료의 부분 적재 등의 영향, 가속도 및 선체 변형의 영향을 포함하는 것으로 한다. 또한 내압 및 외압의 국부적인 영향에 대하여도 고려하여야 한다.

P_4 : 노출갑판에 있는 압력용기 또는 그 일부의 수두에 의한 외압, 기타의 경우 $P_4 = 0$ 으로 한다.

라. 내압에 기초한 부재치수는 제28조제3항제3호가목에 정의된 내압 하에서 압력용기의 압력유지부의 형상 및 두께는 플랜지를 포함하여 결정되어야 한다. 이는 모든 경우에 승인된 압력용기 설계이론에 기초하여야 한다. 압력용기의 압력유지부의 개구 설계는「선박기관기준」에 따른다.

마. 정적 및 동적하중에 대한 응력해석

- 1) 압력용기의 치수는 가목에서 라목까지 및 제3호의 규정에 따라야 한다.
- 2) 지지구조 및 지지구조부의 동판 또는 경판 부착품에 가해지는 하중 및 응력을 계산하여야 한다. 제28조제2항부터 제5항까지에 정하는 하중에서 해당되는 하중을 사용하여야 한다. 지지구조부의 응력은 공인 표준에 따르며, 피로해석을 요구할 수 있다.
- 3) 필요시 2차 응력 및 열응력을 고려하여야 한다.

3. 최종설계조건

가. 독립형탱크 형식 C의 허용응력은 다음의 규정을 만족하여야 한다.

$$\sigma_m \leq f$$

$$\sigma_L \leq 1.5f$$

$$\sigma_b \leq 1.5f$$

$$\sigma_L + \sigma_b \leq 1.5f$$

$$\sigma_m + \sigma_b \leq 1.5f$$

$$\sigma_m + \sigma_b + \sigma_a \leq 3.0f$$

$$\sigma_L + \sigma_b + \sigma_a \leq 3.0f$$

σ_m : 등가 1차 일반막응력

σ_L : 등가 1차 국부막응력

σ_b : 등가 1차 굽힘응력

σ_a : 등가 2차 굽힘응력

f : R_m/A 또는 R_e/B 중 작은 것

R_m 과 R_e 에 대하여는 제31조제1항제1호다목에 따른다.

σ_m , σ_L , σ_b 에 대하여는 제34조제2항제3호바목에 따른다.

A 와 B 의 값은 다음 표에 표시하는 최솟값 이상이어야 한다.

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

나. 좌굴기준은 압축응력을 일으키는 외압 및 기타의 하중을 받는 압력용기의 치수 및 모양은 승인된 압력용기 좌굴이론을 이용한 계산에 기초하여야 하며, 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

가. 대기압에서 액화가스연료의 온도가 섭씨영하55도 이하인 독립형탱크 형식 C의 경우, 탱크의 크기와 구성, 지지구조 및 부착물의 배치에 따라 정적 및 동적응력을 고려하여 제1호가목에 적합한지 확인하기 위해 추가검증을 요구할 수 있다.

나. 진공단열탱크는 지지부 설계에서 피로강도 및 안쪽과 바깥 판 사이에 대한 검사가 제한적이라는 것을 고려하여야 한다.

5. 사고설계조건

가. 탱크 및 탱크지지구조는 사고하중 및 제28조제5항와 제20조제6항제3호에 명시된 설계조건에서 해당되는 조건에 따라 설계되어야 한다.

나. 제29조제5항에 명시된 사고하중을 적용할 경우, 응력은 발생가능성이 낮음을 고려하여 적절히 수정한 제34조제3항제3호가목에 명시된 승인기준에 따라야 한다.

6. 압력용기에 요구되는 표시는 허용할 수 없는 국부응력을 일으키지 않는 방법으로 수행하여야 한다.

④ 멤브레인 탱크는 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.

1. 설계기준

가. 멤브레인 격납설비는 열 및 기타의 신축으로 인하여 멤브레인의 밀폐성이 상실되지 않도록 설계하여야 한다.

나. 해석 및 시험에 기초한 체계적 접근법은 제2호가목에 명시된 바와 같이 사용 중 식별된 사건을 고려하여 탱크의 의도된 기능을 제공함을 입증하는 데 적합하여야 한다.

다. 제22조에서 요구하는 완전 2차 방벽을 설치하여야 하며, 이 2차 방벽은 제23조에 따라 설계되어야 한다.

라. 설계증기압 P_o 는 원칙적으로 0.025MPa를 넘어서는 안 된다. 다만, 선체구조 치수를 필요에 따라 증가시키고 단열구조 지지강도도 적절하다면 P_o 는 0.07MPa 미만의 더 큰 값으로 할 수 있다.

마. 멤브레인 탱크는 비금속성 멤브레인이 사용될 경우, 멤브레인이 단열재로 사용되는 경우, 또는 멤브레인이 단열재와 조립되는 설계를 포함한다.

바. 일반적으로 멤브레인의 두께는 10mm를 넘어서는 안 된다.

사. 제49조제1항에 따라 1차와 2차 단열공간은 가스탐지가 가능하도록 불활성 가스가 순환되어야 한다.

2. 설계시 고려사항

가. 멤브레인의 수명동안 액밀성을 상실하도록 할 수 있는 잠재적 사건이 평가되어야 한다. 이 사건은 다음을 포함하나 이에 국한되지 않는다.

1) 최종설계사건

- 멤브레인의 인장파괴
- 단열재의 압축붕괴
- 열에 의한 노화
- 단열재와 선체구조 간 접착의 상실
- 단열재와 멤브레인의 접착의 상실
- 내부구조 및 이의 지지구조 구조적 완전성
- 지지선체구조 파괴

2) 피로설계사건

- 선체와의 접착을 포함한 멤브레인의 피로
- 단열재의 피로균열
- 내부구조부재 및 이의 지지구조 피로
- 평형수의 침수로 이어지는 내부선체의 피로균열

3) 사고설계사건 : 내부 단층의 사고가 동시 또는 연속적으로 양쪽 멤브레인의 파괴를 일으키는 설계는 허용하지 않는다.

- 돌발적인 기계적 손상(운용 중 탱크내부에서의 물체의 낙하 등)
- 단열공간의 돌발적인 과압
- 탱크내의 돌발적인 진공
- 내부선체구조를 통한 물의 침투

나. 액화가스연료격납설비의 제작에 사용되는 재료의 필요한 물질적 기계적, 열특성, 화학적 특성 등은 제1호 나목에 따라 설계 과정에서 설정되어야 한다.

3. 단열공간의 과압, 액화가스연료탱크 내의 부압, 슬로싱의 영향, 선체진동의 영향, 또는 이들의 조합으로 가능한 탱크 건전성의 상실에 대하여 주의하여야 한다.

4. 구조해석

가. 제26조에 따른 액화가스연료격납 구조 및 이와 관련된 구조부 및 장비의 최종강도 및 피로강도의 평가를 위하여 구조해석 또는 시험을 하여야 한다. 구조해석은 액화가스연료격납설비에 치명적인 것으로 식별된 각 파괴모드를 평가하는데 필요한 자료를 제공하여야 한다.

나. 선체구조해석은 제28조제3항제3호가목에 규정하는 내압을 고려하여야 한다. 다만, 선체의 변형 및 멤브레인 과 단열재의 적합성에 대하여는 주의하여야 한다.

다. 가목과 나목에 따른 해석은 선박 및 액화가스연료격납 설비의 운동, 가속도 및 반응에 기초하여야 한다.

5. 최종설계조건

가. 제1호나목에 따라 작동중인 상태에서의 주요 부품, 하위장치(sub-system) 또는 조립품의 구조적 저항성을 설정하여야 한다.

나. 액화가스연료격납설비 및 이것의 선체구조에 붙는 부착물, 탱크내부구조 파괴모드에 대한 허용강도기준의 선택은 고려하는 파괴모드와 관련된 결과를 반영하여야 한다.

다. 내측 선체구조는 제28조제3항제3호가목에 규정하는 내압과 제28조제4항제1호다목에 따른 슬로싱 하중에 대한 규정을 고려하여「강선의 구조기준」의 디프탱크의 규정에 적합하여야 한다.

6. 피로설계조건

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

나. 피로계산은 다음에 따른 관련규정과 제31조제2항에 따라 수행되어야 한다.

1) 구조적 완전성에 대한 구조 요소들의 중요도

2) 검사의 유용성

다. 균열이 양측 멤브레인에 동시 또는 종속적 파괴를 발생시키지 않음을 시험 또는 해석에 의해 증명될 수 있는 구조요소의 경우, C_w 는 0.5보다 작거나 같아야 한다.

라. 주기적으로 검사되는 구조 요소로서 식별되지 않는 피로균열이 양측 멤브레인에 동시 또는 종속적 파괴를 발생시킬 수 있는 구조요소는 제31조제2항제8호에 따른 피로 및 파괴공학의 규정을 만족하여야 한다.

마. 작동 중 접근할 수 없는 구조요소로서 양측 멤브레인에 동시 또는 종속적 파괴를 일으킬 수 있는 피로 균열이 갑자기 발생할 수 있는 경우, 제31조제2항제9호에 따른 피로 및 파괴공학의 규정을 만족하여야 한다.

7. 사고설계조건

가. 격납설비 및 지지구조부는 제28조제5항에 따른 사고하중에 대하여 설계되어야 한다. 이러한 하중들은 서로 또는 환경하중과 결합될 필요는 없다.

나. 추가로, 관련사고 시나리오는 위험도 평가에 기초하여 결정되어야 한다. 탱크 내부의 고박설비에 대해서도 고려하여야 한다.

제35조 (신개념 연료격납설비를 위한 한계상태설계) ① 제34조를 이용하여 설계할 수 없는 신개념 연료격납설비는 이 조 및 제20조부터 제33조까지 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. 이 조의 방법으로 설계된 격납설비는 제34조를 사용하여 설계된 격납설비와 동등한 안전성을 가져야 한다.

② 한계상태설계는 제20조제6항에 따라 식별된 설계조건과 관련된 가능한 파괴모드에 관해 평가되는 각 구조요소가 평가되는 체계적 접근법이다. 한계상태는 구조 또는 구조의 일부가 더 이상 규정을 만족시키지 못하는 상태로 정의할 수 있다.

③ 각 파괴모드에 대해 하나 이상의 한계상태가 관련될 수 있다. 모든 관련된 한계상태를 고려하여, 구조요소에 대한 한계하중은 모든 관련된 한계상태에서 결정되는 최소한계하중이다. 한계상태는 다음 세 가지 분류로 나누어진다.

1. 최종한계상태: 최대 하중을 견딜 수 있는 능력 또는 일부 경우에는 비손상 상태에서 최대 좌굴 및 소성붕괴로 인한 구조물의 최대 적용되는 변형률 또는 변형에 상응하는 상태
2. 피로한계상태: 시간에 따른 주기적 하중의 영향으로 인한 구조능력저하에 상응하는 상태
3. 사고한계상태: 사고 시 구조물이 견디는 능력에 상응하는 상태

④ 한계상태설계의 절차 및 관련 설계인자는 별표 1의 신개념 연료격납설비의 설계에 한계상태 방법론의 표준에 따를 수 있다.

제2절 이동식 액화가스연료탱크 및 압축천연가스연료격납

제36조 (이동식 액화가스연료탱크) ① 탱크의 설계는 제34조제3항에 따른다. 컨테이너 프레임 또는 트럭 새시를 포함한 탱크지지구조는 의도된 목적에 맞게 설계되어야 한다.

② 이동식 연료탱크는 다음의 설비가 구비된 전용구역에 배치되어야 한다.

1. 위치 및 화물작업에 따른 탱크의 기계적 보호 장치
2. 개방갑판상에 위치한 경우: 누출방지 및 냉각을 위한 물분무장치
3. 폐위구역에 위치한 경우: 해당 구역을 탱크연결부 구역으로 간주하여 배치

- ③ 이동식 가스연료탱크는 선박에 연결된 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 수단으로 하여야 한다.
- ⑥ 임시 연결부가 의도치 않게 분리 또는 파열되는 경우, 유출되는 연료의 양을 제한할 수 있는 설비가 배치되어야 한다.
- ⑦ 이동식 탱크의 압력도출장치는 고정식 배출장치에 연결되어야 한다.
- ⑧ 이동식 연료탱크에 대한 제어 및 감시장치는 선박의 제어 및 감시장치와 통합되어야 한다. 이동식 연료탱크의 안전장치는 탱크 밸브 차단장치, 가스 탐지장치와 같은 선박의 안전장치와 통합되어야 한다.
- ⑨ 검사 및 정비를 위해 탱크 연결부로 안전하게 접근할 수 있어야 한다.
- ⑩ 선박의 연료 배관계통에 연결한 후에는 다음을 따른다.
 1. 제6항의 압력도출장치를 제외하고, 각 이동식 탱크는 언제든지 분리가 가능해야 한다.
 2. 하나의 탱크를 분리해도 나머지 이동식 탱크는 사용이 가능해야 한다.
 3. 탱크는 제41조에 명시된 충전한도를 초과하지 않아야 한다.

제37조 (압축천연가스연료격납) ① 압축천연가스에 사용되는 저장탱크는 해양수산부장관 또는 대항기관의 승인을 받아야 한다.

- ② 압축천연가스탱크에는 탱크의 설계압력 미만으로 설정되고 제39조제7항 및 제8항에서 요구하는 배출구가 있는 압력도출밸브를 설치해야만 한다.
- ③ 탱크에 영향을 미칠 수 있는 화재가 발생했을 때, 탱크를 감압시키는 적절한 수단을 갖추어야 한다.
- ④ 폐위구역에 압축천연가스를 저장하는 것은 통상적으로는 허용하지 않으나, 제20조제4항에서 제20조제6항까지의 규정에 추가하여 다음을 만족하는지 검토한 후 허용할 수 있다.
 1. 탱크에 영향을 미칠 수 있는 화재 발생 시, 탱크의 감압 및 불활성화를 위한 적절한 수단을 제공하여야 한다.
 2. 격벽이 가스팽창 누설로 인해 발생할 수 있는 최저 온도에 맞게 설계되지 않은 경우, 압축천연가스저장장치가 들어있는 폐위구역 내의 모든 표면에는 고압가스 손실 및 이에 따른 응결로부터 보호할 수 있는 열 보호조치가 제공되어야 한다.
 3. 압축천연가스 저장장치가 있는 폐위구역에 고정식 소화장치를 설치하여야 한다. 제트화재 소화에 대해서도 추가로 고려하여야 한다.

제3절 압력도출장치 및 액화가스연료탱크의 적재한도

제38조 (일반사항) ① 모든 연료저장탱크에는 연료격납설비의 설계와 연료수송에 적합한 압력도출장치를 설치해야 한다. 설계용량 이상의 압력에 노출될 가능성이 있는 연료저장창 구역, 방벽간 구역, 탱크연결부 구역, 탱크의 코퍼댐에는 적절한 압력도출장치를 설치해야 한다. 제42조에 명시된 압력제어장치는 본 압력도출장치와 독립적인

것으로 해야 한다.

② 설계압력을 넘는 외부압력에 노출될 수 있는 연료 저장탱크에는 부압방지장치를 설치해야 한다.

제39조 (액화가스연료탱크의 압력도출장치) ① 진공단열탱크의 진공구역으로 연료가 유입될 수 있고 탱크가 갑판 아래에 있는 경우, 진공공간은 벤트장치에 연결된 압력도출장치로 보호해야 한다. 40ft 컨테이너의 크기 이하의 탱크는 유출된 가스가 안전장소로 유입되지 않는다면 개방갑판에서 대기로 직접 방출시키는 것을 허용할 수 있다.

② 오작동 또는 누설시에 하나의 압력도출밸브는 차단할 수 있도록 액화가스연료탱크에는 최소 2개 이상의 압력도출밸브를 설치해야 한다.

③ 방벽간 구역에는 「산적액체위험물 운송선박의 시설등에관한기준」 제2장 제70조를 참고하여 압력도출장치를 설치해야 한다. 멤브레인 탱크인 경우, 설계자는 단열공간에 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 설치한 압력도출밸브에는 다음의 온도 규정을 따른다.

1. 설계온도가 영하인 액화가스연료탱크에 장착되는 압력도출밸브는 결빙으로 인해 작동불능이 되지 않도록 설계 및 배치되어야 한다.

2. 결빙의 영향을 고려하여 압력도출밸브를 제작 및 설치하여야 한다.

3. 압력도출밸브는 용융점이 섭씨925도를 넘는 재료로 제작되어야 한다. 압력도출밸브의 고장대비(fail-safe)기능에 영향이 없다면 내부부품과 밀봉재료는 용융점이 더 낮은 것을 사용할 수 있다.

4. 파일럿 구동 도출밸브의 감지 및 배기라인은 손상되지 않도록 견고한 구조여야 한다.

⑥ 연료탱크의 압력도출밸브 고장 시에는 비상격리장치를 이용할 수 있어야 한다.

1. 절차를 작동지침서에 명시하여야 한다.

2. 절차는 액화가스연료탱크에 설치된 압력도출밸브 중 하나만 차단할 수 있도록 하고, 이를 위해 물리적인 연동장치가 포함되어야 한다.

3. 압력도출밸브의 차단은 선장의 감독 하에 실시해야 한다. 이러한 작업은 압력도출밸브가 있는 장소 및 선박일지에 기록되어야 한다.

⑦ 액화가스연료탱크에 설치된 각각의 압력도출밸브는 다음과 같은 벤트장치에 연결되어야 한다.

1. 배출물이 방해받지 않고 정상적으로 출구에서 수직 상방으로 유도되는 구조

2. 벤트장치로 물이나 눈이 유입될 가능성을 최소화하도록 배치

3. 벤트 출구의 높이가 일반적으로 노출갑판 상 B/3이나 6m 중 높은 것 이상이어야 하고, 작업지역 및 통행로보다 6m 이상 높아야 한다. 그러나 가스분산해석 등을 통하여 인정되는 경우, 벤트마스트의 높이는 낮은 값을 허용할 수 있다.

⑧ 압력도출밸브에서의 배출구는 다음의 가장 가까운 장소로부터 최소 10미터이상 떨어진 곳에 배치되어야 한다.

1. 거주구역, 업무구역 및 제어구역, 그 밖의 비위험구역으로 통하는 공기 유입구, 배출구 또는 개구
2. 기관장치의 배기가스 배출구

⑨ 그 밖의 모든 다른 연료가스 벤트 출구는 제7항 및 제8항에 따라 설치되어야 한다. 벤트로 연결된 구역의 정수압으로 인해 벤트 출구로 유체가 넘치는 것을 막을 수 있는 수단이 마련되어야 한다.

⑩ 벤트관장치에는 액체가 고일 수 있는 장소에 배수설비를 설치하여야 한다. 압력도출밸브와 관장치는 어떠한 경우에도 액체가 압력도출밸브의 내부나 근처에 축적하지 않도록 배치해야 한다.

⑪ 벤트의 출구에는 유체 흐름에 영향을 주지 않고 이물질의 침입을 방지하기 위한 13mm² 메시 이하의 적절한 보호망을 설치하여야 한다.

⑫ 모든 벤트관장치는 노출될 수 있는 벤트관장치의 온도 변화, 유체 흐름 또는 선박의 운동에 의한 힘에 의해 손상이 일어나지 않도록 설계하고 배치하여야 한다.

⑬ 압력도출밸브는 연료탱크의 가장 높은 부분에 연결되어야 한다. 압력도출밸브는 15° 횡경사 및 제2조제24항에 정의된 L에 대한 0.015L 트림조건하에 제41조에 정의된 충전한도(FL)에서 증기상태가 유지되도록 연료탱크에 위치해야 한다.

제40조 (압력도출장치의 용량) ① 압력도출밸브의 용량은 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.

1. 압력도출밸브는 각 액화가스연료탱크의 압력이 도출밸브의 최대허용설정압력의 120% 이하에서 다음 중 많은 가스량을 배출할 수 있는 총용량을 가진 것이어야 한다.

- 가. 액화가스연료탱크 불활성가스장치의 최대사용압력이 연료탱크 도출밸브의 최대허용설정압력을 넘는 경우, 연료탱크 불활성가스장치의 최대 용량
- 나. 다음 식에서 계산된 화재에 노출된 상태에서 증발하는 증기량

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

Q : 표준조건 273.15kelvin (K) 및 0.1013MPa에서 최소 요구 공기배출량

F : 액화가스연료탱크 유형에 따른 화재 노출계수

- 갑판상에 위치한 단열이 안 된 탱크의 경우, $F = 1.0$
- 내화재를 사용하여 단열재의 열전도율과 화재 노출시 안정성을 바탕으로 해양수산부장관 또는 대행기관의 승인을 받은 단열재로 단열된 갑판상 탱크의 경우), $F = 0.5$
- 연료저장창에 위치한 단열되지 않은 독립형 탱크의 경우,

$$F = 0.5$$

- 연료저장창에 위치한 단열된 독립형 탱크의 경우 (또는 단열된 연료저장창에 있고 단열되지 않은 독립형 탱크의 경우),

$$F = 0.2$$

- 불활성화된 연료저장창에 있고 단열된 독립형 탱크 (또는 불활성화 및 단열된 연료저장창에 있고 단열되지 않은 독립형 탱크)의 경우, $F = 0.1$

- 멤브레인 및 세미-멤브레인 탱크의 경우 $F = 0.1$

노출갑판에 부분적으로 노출된 독립형 탱크의 경우, 화재 노출 계수는 갑판 위와 아래의 표면적을 기준으로 결정되어야 한다.

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 : 비열비 k 와의 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, D 는 0.606

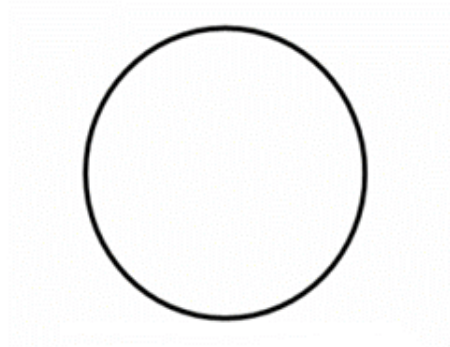
으로 한다.

Z : 도출조건에서 가스의 압축계수이며 값을 모르는 경우 Z 는 1.0으로 한다.

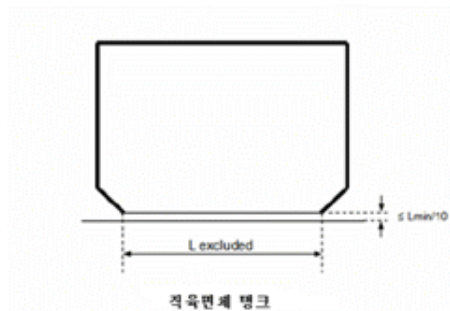
M : 제품의 분자질량

각 액화가스연료의 가스계수를 정하고 압력도출밸브의 크기를 결정할 때 가장 큰 값을 사용한다.

A : 탱크의 외부 표면적(m^2). 기타 탱크형식은 그림 4와 같다.



구형접시형, 반구형 또는
반타원형 탱크 또는 원형탱크



직육면체 탱크

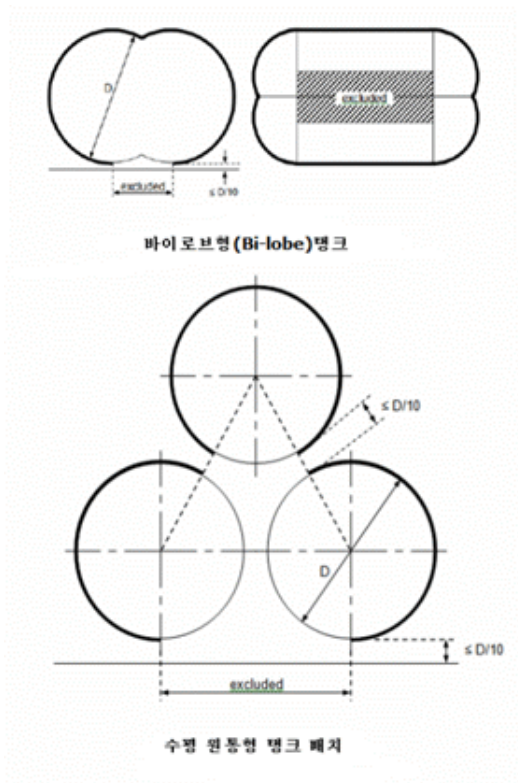


그림 4 탱크별 외부 표면적

2. 연료저장창 구역 내의 진공단열탱크와 코퍼댐으로 잠재적 화재하중으로부터 격리되거나 화재하중이 없는 선박의 구역으로 둘러싸인 연료저장창 구역 내의 탱크인 경우 다음과 같이 적용된다. 화재하중을 고려하여 압력도출밸브의 크기가 결정되는 경우, 화재계수 F 는 아래와 같은 값으로 줄일 수 있다.

$$F=0.5 \text{를 } F=0.25$$

$$F=0.2 \text{를 } F=0.1$$

다만, 최소 0.1 이상으로 한다.

3. 도출조건에서 공기의 요구 질량유량(mass flow)은 다음과 같다.

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

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

- ② 벤트관장치의 크기는 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.

1. 제1항에서 요구하는 유량을 확보할 수 있는 크기를 결정할 때, 압력도출밸브의 상하류측의 압력손실을 고려해야 한다.
2. 상류의 압력손실
 - 가. 탱크에서 압력도출밸브 입구까지 벤트관에서의 압력저하는 모든 증기흐름에서 제1항제3호에 따라 계산된 유량에서 밸브설정압력의 3%를 이하여야 한다.
 - 나. 파일럿 작동식 압력도출밸브는 파일럿장치로 탱크 돔으로부터 직접 감지할 때, 입구측 관의 압력손실의 영향을 받지 않아야 한다.
 - 다. 유동형 파일럿의 경우, 원격감지 파일럿장치 배관의 압력 손실을 고려해야 한다.

3. 하류의 압력손실

가. 공통 벤트헤더와 벤트마스터가 설치되는 경우, 부착된 모든 압력도출밸브의 유량이 계산서에 포함되어야 한다.

나. 다른 탱크와 연결된 모든 연결관을 포함하여 압력도출밸브의 출구에서 개구단까지의 벤트관에서 발생하는 배압은 다음의 값 이하여야 한다.

- 1) 불균형 압력도출밸브의 경우: 최대허용설정압력의 10%
- 2) 균형 압력도출밸브의 경우: 최대허용설정압력의 30%
- 3) 파일럿 작동식 압력도출밸브의 경우 : 최대허용설정압력의 50%

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

제41조 (적재한도) ① 액화가스 저장탱크는 제2조제34항에 정의된 기준온도에서 98%를 초과하여 충전하면 안 된다. 실제 연료 만재 시 온도에 대한 적재한도곡선은 다음에 따른다.

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

LL>Loading limit) : 제2조제25항에 정의된 적재한도(%)

FL(Filling limit) : 제2조제15항에 정의된 충전한도(%)로서 이 식에서는 98%를 적용

ρ_R : 기준온도에서 연료의 상대밀도

ρ_L : 적재온도에서 연료의 상대밀도

② 외부에 화재가 발생했을 때, 탱크 단열재로 보호되거나 탱크 위치로 인해 탱크 내용물의 온도가 올라갈 가능성이 매우 낮다면, 이는 별도로 검토하여 기준온도를 사용하여 계산한 것보다 적재한도를 더 높게 허용할 수 있다. 그러나 이 경우에도 95%를 넘으면 안 된다. 압력 관리용으로 2차 수단이 추가 설치된 경우에도 95%이하이어야 한다. 다만, 연료소모장치에 의해서만 압력이 유지 및 제어되는 경우, 제1항에 따라 계산한 적재한도를 사용해야 한다.

제4절 연료 저장 조건

제42조 (탱크압력 및 온도의 제어) ① 주위설계의 상한온도에서 연료의 최대 게이지 증기압을 견디도록 설계된 액화가스연료탱크를 제외하고, 액화가스연료탱크의 압력 및 온도는 다음 중 하나의 방법으로 설계범위 내를 유지하여야 한다.

1. 증기의 재액화
2. 증기의 연소
3. 압력 축적
4. 액화가스연료의 냉각

② 제1항에 따라 선정된 방법은 탱크가 정상 사용 압력에서 만재해 있고 선박이 가동정지상태, 즉 본선 사용전력만 생산되는 상황이라고 가정했을 때, 15일 동안 탱크의 압력도출밸브 설정압력 미만으로 유지할 수 있어야 한다.

③ 탱크의 압력제어를 위한 연료 증기의 대기 배출은 비상상황 이외에는 허용하지 않는다.

제43조 (설계) ① 항해구역에 제한을 받지 않는 경우, 주위설계 상한온도는 대기 섭씨45도 및 해수 섭씨32도로 한다. 이 온도보다 고온 또는 저온인 지역을 항해하는 경우, 설계 온도를 적절히 증감하여야 한다.

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

제44조 (재액화 설비) ① 재액화 설비는 제2항에 따라 계산되고 설계되어야 한다. 소비하지 않거나 적은 경우에도 충분한 크기여야 한다.

② 재액화 설비는 다음 중 한 가지 방식으로 하여야 한다.

1. 증발연료를 압축, 응결시켜 연료탱크로 회수하는 직접 방식
2. 연료 또는 증발연료가 압축 없이 냉매에 의해 냉각 또는 응결되는 간접 방식
3. 증발연료가 연료/냉매 열 교환기에서 압축 및 응결되어 연료탱크로 회수되는 복합 방식
4. 재액화 설비가 설계조건 내에서 압력제어를 하는 동안 천연가스가 포함된 폐기를 만들어 내는 경우, 이러한 폐기가 가능한 한 대기로 배출되지 않도록 설계되어야 한다.

제45조 (연소장치) 발생하는 증기는 관련 규정에 따른 가스소모장치에서 소모하거나 전용 가스연소장치(GCU)를 이용하여 연소시킬 수 있다. 가스연소장치의 용량이 요구되는 증기량을 충분히 소비할 수 있어야 한다. 용량 계산 시, 저속으로 조타하는 기간과 선박의 추진이나 기타 작업에서 소모되지 않는 기간을 고려하여야 한다.

제46조 (적합성) 연료의 냉각에 사용되는 냉매 또는 보조제는 접촉할 수 있는 연료에 적합하여야 한다. 위험한 반응이나 과도한 부식생성물을 발생시키지 않아야 한다. 또한, 여러 가지 냉매나 보조제를 사용하는 경우에는 물질 간에도 서로 적합해야 한다.

제47조 (장치의 가용성) ① 연료저장조건을 유지하는 장치 및 이를 지원하는 부속장비는 기계장치의 부속품 또는 제어장치의 부속품에 단일 고장이 발생하여도 다른 장치 또는 작동을 통해 연료탱크의 압력 및 온도가 유지될 수 있어야 한다.

② 가스연료탱크의 압력 및 온도를 설계범위 내로 유지하기 위해 설치된 열 교환기는 예비의 열 교환기가 있어야 한다. 단, 열 교환기의 용량이 압력제어에 필요한 최대용량의 25%를 초과하고, 외부지원 없이 선상에서 수리가 가능한 경우는 제외한다.

제5절 환경 제어 및 불활성화

제48조 (연료격납설비 내의 환경 제어) ① 각 연료탱크에서 안전하게 가스프리하고, 가스프리 상태에서 연료를 안전하게 충전할 수 있도록 관장치가 배치되어야 한다. 또한 환경의 변화 후에도 가스 또는 에어 포켓의 잔류의 가능

성을 최소화 하도록 배치되어야 한다.

- ② 중간 단계에 불활성 매체를 사용함으로써, 환경변화 작업 중 어떤 단계에서라도 연료탱크에 가연성 혼합물이 잔존할 가능성이 없도록 불활성가스 생산장치, 불활성가스 역류방지장치 등이 설계되어야 한다.
- ③ 각 연료탱크마다 가스 채취 지점을 두어 환경변화의 진행상황을 감시하도록 해야 한다.
- ④ 탱크에서 가스프리용으로 사용되는 불활성 가스는 외부로부터 선박으로 공급할 수 있다.

제49조 (독립형탱크 형식 C를 제외한 연료저장창 구역 내의 환경 제어) ① 완전 또는 부분 2차 방벽이 요구되는 액화가스연료 격납설비의 방벽간 구역과 연료저장창 구역은 적합한 건조 불활성가스로 불활성화 되어야 한다. 본 선의 불활성가스 생산설비 또는 정상적인 조건에서 30일간 사용할 수 있는 충분한 양을 저장할 수 있는 저장탱크에서 공급되는 불활성가스로 불활성 상태를 유지해야 한다. 선박의 운항조건에 따라 더 짧은 기간을 검토 후 허용할 수 있다.

② 부분 2차 방벽만을 요구하는 제1항에서 정하는 구역은 건조공기를 채울 수 있다. 이 경우, 이들 구역 중 가장 큰 구역을 불활성화 하기 위하여 선박에 충분한 불활성가스를 저장하고 있거나 불활성가스 발생장치가 설치되어야 한다. 위험한 상태가 되기 전에 액화가스연료탱크의 누설을 즉시 발견하고 불활성화할 수 있도록 구역을 배치하고, 관련 증기탐지장치가 설치되어야 하며, 불활성가스장치의 성능이 적합하여야 한다. 선박에는 예상되는 요구량의 적절한 품질의 건조 공기를 충분히 공급할 수 있는 설비를 설치하여야 한다.

제50조 (독립형탱크 형식 C 주위 구역의 환경제어) 액화가스연료탱크 주위 구역은 적합한 건조공기로 채워져 있어야 하며, 공기건조장치에서 건조공기를 공급받아 이 상태를 유지해야 한다. 이 규정은 저하된 온도로 인한 결로 및 동결이 문제를 일으키는 액화가스연료탱크에만 적용한다.

제51조 (불활성가스 역류방지 등) 연료증기가 불활성가스 생산설비로 역류하는 것을 방지하기 위하여 아래와 같은 설비를 갖추어야 한다.

1. 가연성 기체가 비위험구역으로 역류하는 것을 방지하기 위해, 불활성가스 공급라인에 2개의 폐쇄밸브를 나란히 설치하고 그 사이에 하나의 이중차단 및 배출 밸브를 설치한다. 또한 잠글 수 있는 역류방지밸브를 이중차단 및 배출 밸브 설비와 연료 시스템 사이에 설치한다. 이들 밸브는 비위험 구역 밖에 배치하여야 한다.
2. 가스배관계통의 연결장치가 영구적인 것이 아니라면, 제2항에서 요구하는 밸브를 2개의 역류방지밸브로 대체할 수 있다.
3. 불활성화되는 각 구역은 분리될 수 있도록 배치되어야 하며, 이들 구역의 압력을 제어하기 위한 제어장치와 압력도출밸브 등을 설치하여야 한다.
4. 누설탐지를 위하여 단일구역에 불활성가스가 계속 공급되는 경우, 각 구역에 공급되는 가스의 양을 감시할 수 있는 수단을 갖추어야 한다.

제52조 (선내에서의 불활성 가스의 생산 및 저장) ① 설비는 산소농도 5%(부피비) 이하의 불활성 가스를 생산할 수 있어야 한다. 설비에서 공급되는 불활성 가스를 측정하는 산소농도 연속계측장치를 설치하고, 산소농도가 부피 기준 최대 5%로 설정된 경보기를 갖추어야 한다.

- ② 불활성 가스설비에는 연료격납설비에 적합한 압력 제어 및 감시장치가 설치되어야 한다.
- ③ 질소생성장치 또는 질소저장장치가 기관실 외부의 별도 구획에 설치되는 경우, 이러한 구획에는 시간당 최소 6회의 환기가 가능한 독립된 기계식 배기통풍장치를 설치하여야 한다. 산소저하 경보기도 설치되어야 한다.
- ④ 질소용 배관은 환기가 완벽하게 되는 구역에만 설치되어야 한다. 폐위구역의 질소배관은 다음을 만족하여야 한다.
 - 1. 용접구조이어야 한다.
 - 2. 밸브 설치 등을 위한 플랜지 연결부는 최소로 한다.
 - 3. 길이는 가능한 짧게 한다.

제4장 관 설계 및 재료

- 제53조 (일반사항)** ① 연료관은 연료의 극한 온도로 인한 열 팽창 또는 수축을 과다한 응력을 일으키지 않고 흡수할 수 있어야 한다.
- ② 열 신축 및 연료탱크와 선체구조 거동에 의해 관, 관장치 및 구성품, 그리고 탱크에 과대한 응력이 발생하지 않도록 설계하여야 한다.
 - ③ 장치 내부에서 응축될 수 있는 무거운 성분을 함유한 연료의 경우, 응축된 액체를 안전하게 제거할 수 있는 수단을 설치해야 한다.
 - ④ 저온용 관은 선체의 온도가 선체재료의 설계온도 이하로 떨어지는 것을 방지하기 위해 필요한 경우 인접한 선체구조와 열전달이 방지되도록 분리되어야 한다.
 - ⑤ 연료관 및 그 외의 안전한 작동과 유지를 필요로 하는 모든 배관은 국제표준화기구 기준(ISO 14726)을 참조하여 국제적으로 통용되는 색깔로 표시되어야 한다.
 - ⑥ 열 전달을 방지하기 위하여 탱크 또는 관을 선체구조로부터 분리하는 경우에는 관 또는 탱크의 어느 것에 대하여도 전기적으로 접지하는 설비를 하여야 한다. 모든 개스킷불이 관이음 및 호스의 연결부는 전기적으로 접지되어야 한다.
 - ⑦ 액이 충만한 상태로 격리될 우려가 있는 모든 관장치 및 구성품에는 압력도출밸브를 설치하여야 한다.
 - ⑧ 저온연료를 취급하는 배관은 습기의 응축이 최소화되도록 단열하여야 한다.
 - ⑨ 발화원을 생성하거나 이중관 또는 덕트를 손상시키지 않는 연료공급관 이외의 관 및 케이블을 이중관 또는 덕트 내에 설치할 수 있다. 이중관 또는 덕트 내에는 작동에 필수적인 관 및 케이블만을 설치하여야 한다.

- 제54조 (관 두께)** ① 관의 최소두께는 다음 식에 따라 계산하여야 한다.

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

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

$$t_0 = \frac{P \cdot D}{2Ke + P} \text{ (mm)}$$

P : 제55조에 규정하는 설계압력(MPa)

D : 관의 바깥지름(mm)

K : 제56조에 규정하는 허용응력(N/mm²)

e : 이음효율, 이음매 없는 관 및 이와 동등하다고 인정되는 제조법에 따른다. 또한 승인된 제조자에 의하여 제조되는 용접관으로서 한국산업표준에 따라 용접부의 비파괴 시험이 시행된 종시임 또는 나선형시임 용접관에 대하여는 1.0으로 한다. 제조법을 고려하여 1.0 미만의 이음효율이 요구될 수 있다.

b : 굽힘가공에 대한 예비두께(mm). b 는 내압으로 인한 굽힘 응력이 허용압력을 넘지 않을 때의 값이어야 한다. 응력을 확인할 수 없는 경우, b 의 값은 다음 식에 따라야 한다.

$$b = \frac{Dt_0}{2.5r} \text{ (mm)}$$

r : 평균굽힘 반지름(mm)

c : 부식예비두께(mm). c 의 값은 부식 또는 침식의 우려가 있는 경우, 다른 설계조건에서 요구되는 값보다 커야 한다. 부식예비두께는 선박의 예상 수명을 고려하여야 한다.

a : 관두께에 대한 마이너스의 제작공차(%)

② 관의 절대최소두께는 「선박기관기준」에 따른다.

제55조 (설계조건) ① 다음 설계조건 중에서 가장 큰 압력을 관, 관장치 및 구성품에 적절히 사용하여야 한다.

1. 도출밸브로부터 격리될 수 있고 항상 증기만을 포함하는 장치 또는 구성품의 경우, 증기압력 장치의 사용 압력과 사용 온도에서 장치가 포화증기 초기상태일 때를 가정하여 45°C일 때의 증기압
2. 연료탱크 및 연료 프로세스장치의 최대허용설정압력
3. 관련 펌프 또는 압축기의 도출밸브의 설정압력
4. 연료관장치의 최대 양하 또는 적하 총액두
5. 관장치 중의 도출밸브 설정압력

② 관, 관장치 및 구성품의 설계압력은 1.0MPa 게이지압 이상이어야 한다. 다만, 개구단 관장치는 0.5MPa 게이지압 이상이어야 한다.

제56조 (허용응력) ① 스테인리스강을 포함한 강관에 대하여 제54조제1항의 강도두께 식의 허용응력은 다음 중 작은 것으로 한다.

$R_m/2.7$ 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-변형률 선도에 명확히 나타나지 않

는 경우, 0.2% 변형률에서의 내력을 적용한다.

② 부가되는 하중에 따른 관의 손상, 붕괴, 과대한 변형 또는 좌굴을 방지하기 위하여 기계적 강도가 필요한 경우에는 관 두께를 제54조에서 요구되는 것보다 증가시켜야 한다. 다만, 기계적으로 강도를 증가 시키는 것이 불가능하거나 과대한 국부응력이 발생할 우려가 있을 경우 이러한 하중은 다른 설계방법에 의하여 감소, 보호 또는 제거시켜야 한다. 지지구조, 선체변형, 이송작업 중 액체 서지압력, 매달린 밸브의 중량, 로딩 암 연결부의 반동, 또는 그 밖의 원인에 의하여 이러한 부가하중이 발생할 수 있다.

③ 강 이외의 재료로 제작된 관의 허용응력은 해양수산부장관 또는 대항기관의 승인을 받아야 한다.

④ 고압 연료관장치에 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 호킹과 새킹으로 인한 내압 및 하중

⑤ 설계온도가 섭씨영하110도 이하일 경우에는 관장치의 각 지관에 대하여 전응력해석을 수행하여야 한다. 이러한 응력해석은 가속도를 포함한 관의 무게, 내압, 열 신축 및 선체의 호킹 및 새킹에 의하여 부가되는 하중에 따른 모든 응력을 고려하여야 한다.

제57조 (관의 유연성) 연료관은 피로를 고려하여 실제 작동 상태에서 보호되도록 유연성 있게 배치 및 설치하여야 한다.

제58조 (관의 조립 및 이음상세) ① 플랜지, 밸브 및 부착품 등은 제55조에서 규정하는 설계압력을 고려하여 「선박 기관기준」에 적합하여야 한다. 증기용 관에 사용하는 벨로즈, 신축이음에 대하여는 제55조제1항에 규정하는 설계압력 보다 낮은 최소 설계압력으로 할 수 있다.

② 고압 가스관장치에 사용되는 모든 밸브 및 신축이음은 해양수산부장관 또는 대항기관의 승인을 받아야 한다.

③ 관장치는 용접으로 연결하여야 하며 플랜지 이음부는 최소한으로 하여야 한다. 개스킷은 가스 분출(blow-out)로부터 보호되어야 한다.

④ 관의 조립 및 이음상세는 다음을 따른다.

1. 직접이음

가. 루트부에 완전 용입형의 맞대기용접 이음은 모든 경우에 사용할 수 있다. 설계온도가 섭씨영하10도 미만인 경우, 맞대기 용접은 양면용접 또는 양면용접과 동등한 것이어야 한다. 이 경우 최초의 층에 뒷담판, 인서트 링 또는 불활성가스의 사용에 의한 용접은 양면 용접법과 동등한 것으로 인정할 수 있다. 설계압력이

1.0MPa를 초과하고 또한 설계온도가 섭씨영하10도 이하인 경우에는 뒷담판이 제거되어야 한다.

나. 「선박기관기준」에 따른 용접치수를 가진 슬리브 삽입 용접이음 및 관련 용접은 바깥지름이 50mm 이하이고 설계온도가 섭씨영하55도 이상의 계측용 및 개구단 관장치에만 사용할 수 있다.

다. 「선박기관기준」에 따른 나사박이 이음은 바깥지름 25mm이하의 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.

1) 설계온도가 섭씨영하55도 미만의 경우, 맞대기 용접형 플랜지를 사용하여야 한다.

2) 설계온도가 섭씨영하10도 미만의 경우, 호칭지름이 100mm를 초과 시 삽입형 플랜지를 사용하지 않아야 하고 호칭지름이 50mm를 초과 시 소켓 용접형 플랜지를 사용할 수 없다.

3. 신축이음

벨로즈 및 신축이음이 제1항에 따라 설치될 경우 다음을 적용한다.

가. 필요한 경우, 벨로즈는 동결되지 않도록 보호하여야 한다.

나. 삽입형 이음은 연료탱크 내부에만 사용할 수 있다.

다. 벨로즈는 폐위구역에 설치해서는 안 된다.

제59조 (금속재료) ① 연료격납설비 및 관장치의 재료는 별표 2, 별표 3, 별표 4, 별표 5, 별표 6에서 주어진 최소 규정에 따라야 한다.

② 용점이 섭씨925도 미만인 재료를 가스탱크 외부의 관장치에 사용해서는 안 된다.

③ 해양수산부장관이 승인한 경우 압축천연가스탱크에 대해서는 상기 표에서 언급하지 않은 재료를 사용할 수 있다.

④ 요구되는 경우, 고압가스 내측관의 외측관 또는 덕트는 최소한 별표 5에서 최저설계온도 섭씨영하55도의 관 재료에 대한 요구사항을 만족하여야 한다.

⑤ 액화가스가 들어있는 가스관 주위의 덕트나 외측관은 최소한 별표 5에서 최저설계온도 섭씨영하165도의 관 재료에 대한 요구사항을 만족하여야 한다.

제5장 연료 수급

제60조 (일반사항) ① 연료를 저장탱크로 이송하는 관장치는 관장치로부터의 누설이 인체, 환경, 또는 선박에 위험을 유발하지 않도록 설계하여야 한다.

② 연료 수급장소는 충분한 자연통풍이 제공되는 개방갑판에 위치하여야 한다. 폐위 혹은 반폐위된 연료 수급장소는 위험도 평가에서 위치의 특성을 고려하여야 한다.

③ 연료관의 손상이 선박의 연료격납설비에 손상을 일으켜 통제할 수 없는 가스배출이 발생하지 않도록 연결구 및 배관을 배치하여야 한다.

- ④ 누설된 연료를 안전하게 처리할 수 있는 장치가 설치되어야 한다.
- ⑤ 펌프흡입구 및 연료 수급 라인 내에 있는 압력을 도출시키고 액체를 배출하기 위한 적절한 설비를 갖추어야 한다. 액체는 액화가스연료탱크 또는 그 밖의 적절한 장소로 배출하여야 한다.
- ⑥ 연료가 누설되는 경우, 주위의 선체 및 갑판구조는 허용할 수 없는 냉각에 노출되지 않아야 한다.
- ⑦ 압축가스연료 수급장소의 경우, 빠져나간 콜드제트(cold jet)가 주변 선체구조에 영향을 미칠 가능성이 있다면 저온강의 차폐장치를 설치하여야 한다.

제61조 (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 연료 수급 중에 호스에 걸리는 최대압력의 5배 이상이 되도록 설계하여야 한다.

제62조 (매니폴드) 연료 수급 매니폴드는 연료 수급 동안 외부하중을 견딜 수 있도록 설계되어야 한다. 연료 수급장소의 연결구는 추가의 안전 건식 분리커플링 및 신속한 자기밀봉 분리기능을 갖춘 건식 분리형이어야 한다. 커플링은 표준형이어야 한다.

제63조 (연료 수급장치) ① 연료 수급 계통은 불활성가스로 퍼징하는 장치를 갖추어야 한다.

② 연료 수급장치는 저장탱크에 주입하는 동안에 공기 중으로 가스가 누출되지 않도록 배치되어야 한다.

③ 육상연결구에 근접하여 각 연료 수급 계통에 수동 정지밸브와 원격 차단밸브를 연속해서 설치하거나 원격 과수동 겸용의 밸브가 설치되어야 한다. 원격밸브는 연료 수급 작업을 위한 제어 장소 또는 기타 안전한 장소에서 조작이 가능하여야 한다.

④ 연료 수급 완료 후 연료 수급 배관으로부터 액체를 배수하기 위한 수단이 제공되어야 한다.

⑤ 연료 수급 계통은 불활성가스 주입 및 가스프리가 가능하도록 배치되어야 한다. 연료 수급을 하지 않는 중에는 연료 수급 배관은 가스프리 상태여야 한다. 다만, 가스프리를 하지 않는 것에 대한 영향을 평가하고 승인을 받는다면 가스프리를 하지 않을 수 있다.

⑥ 연료 수급 계통이 선측 양쪽으로 가로질러 배치된 경우 적절한 격리장치를 설치하여 사용하지 않는 쪽의 선측에 설치된 연료 수급 계통으로 연료가 이송되지 않도록 하여야 한다.

⑦ 자동 및 수동 비상정시 시에 연료 수급장소의 통신을 위하여 선박과 육상간의 통신장치 또는 동등한 수단을 설치하여야 한다.

⑧ 압력서지를 고려함으로 인해 디폴트 시간이 더 높은 값에서 요구된다는 것이 증명되지 않는다면, 경보의 발생부터 제3항에서 요구하는 원격작동밸브의 완전한 차단까지의 디폴트시간은 제144조제6항에 따라 계산된 값으로 하여야 한다.

제6장 연료소모장치로의 연료 공급

- 제64조 (일반사항)** ① 연료공급장치는 작동 및 검사를 위해 안전하게 접근할 수 있고 연료 누설의 영향이 최소화되도록 배치하여야 한다.
- ② 연료소모장치로 연료 이송을 위한 관장치는 하나의 격벽이 손상되더라도 관에서 주위지역으로 누설되어 선내의 선원, 환경, 선박에 위험을 야기하지 않도록 설계되어야 한다.
- ③ 기관실 외부의 연료관은 누설이 발생한 경우 선원의 부상 위험 및 선박의 손상을 최소화되도록 설치 및 보호하여야 한다.

- 제65조 (연료 공급의 이중화)** ① 단일 연료장치에서 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 단일 연료장치에서 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.

- 제66조 (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 연료 수급하는 동안을 말한다. 탱크밸브는 접근가능 여부와 관계없이 제109조제2항에서 요구하는 안전장치가 작동되면 자동으로 작동하여야 한다.
- ② 각 가스소모장치 또는 소모장치 세트의 주 가스 공급관에는 한 개의 수동작동 정지밸브와 한 개의 자동작동밸브가 직렬로 연결되거나 수동과 자동 작동 밸브가 결합된 주 가스연료밸브가 설치되어야 한다. 이 밸브들은 가스연료 기관이 있는 기관 구역의 외부에 있는 배관에 위치하여야 하고, 가스 가열을 위한 설비가 설치된다면 이 설비에 가능한 한 가깝게 위치하여야 한다. 주 가스연료 밸브는 제109조제2항에서 요구하는 안전장치에 의해 작동되는 경우 자동으로 가스 공급을 차단시켜야 한다.
- ③ 자동 주 가스연료밸브는 가스연료 기관이 있는 기관 구역 내의 탈출로 상의 안전한 장소, 기관제어실(적용 가능한 경우), 기관구역의 외부와 선교에서 작동할 수 있어야 한다.
- ④ 각 가스소모장치에는 한 조의 "이중차단 및 배출 밸브"가 설치되어야 한다. 이 밸브들은 제109조제2항에서 요구되는 안전장치가 작동되었을 때, 직렬로 된 두 개의 가스연료 밸브가 자동으로 닫히고 배출 밸브가 자동으로 열리도록 하기 위해서 제1호 또는 제2호와 같이 배치되어야 한다.
1. 두 개의 차단밸브는 가스소모장치에 연결된 가스연료 배관에 직렬로 연결되어야 한다. 배출밸브는 두 개의 직렬 밸브 사이의 가스연료를 외기의 안전한 장소로 배출하는 배관에 있어야 한다.
 2. 직렬로 연결된 차단 밸브들 중 하나와 배출 밸브의 기능이 하나의 밸브에 결합되어 있고 가스 기구로의 흐름이 차단되고 배출이 가능하도록 배치되어야 한다.
- ⑤ 2개의 차단밸브는 고장폐쇄형(fail-to-close)이어야 하고 배출밸브는 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 배출 밸브 이후의 가스 공급 기관 전체가 자동으로 환기되어야 한다.
- ⑧ 기관의 정비 중 안전한 분리를 보증하기 위하여 각 기관의 가스 공급관에는 이중차단 및 배출 밸브 전단에 한 개의 수동 차단 밸브를 설치하여야 한다.
- ⑨ 한 대의 기관 장치 및 여러 대의 기관장치에 각 기관에 분리된 주 밸브가 설치될 경우, 주 가스연료 밸브와 이중차단 및 배출 밸브 기능은 결합될 수 있다.
- ⑩ 비상차단 보호 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 사용될 수 있다.

제67조 (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 기계식 부압 통풍되어야 하고 통풍 횟수는 시간당 30회이어야 한다. 또한 제116조에서 요구하는 가스탐지장치를 설치하여야 한다. 이러한 밀폐장치에 대하여 동등한 안전수준을 갖는 대체설비를 설치하고자 하는 경우에는 해양수산부장관의 승인을 얻어야 한다.

② 제1항의 규정은 완전 용접된 가스 벤트관이 기계식으로 통풍되는 구역을 통과하는 경우에는 적용하지 않아도 된다.

제68조 (가스안전 기관구역 내에 설치된 연료소모장치로의 연료공급장치) ① 가스 안전 기관구역을 통과하는 연료 공급관은 이중관 또는 덕트에 의해 완전히 밀폐되어야 한다. 이러한 이중관 또는 덕트는 다음 중 하나에 만족하여야 한다.

1. 가스 배관은 내측의 관에 가스연료가 있는 이중관 장치여야 한다. 이중관 사이의 공간은 가스연료의 압력보다 높은 압력의 불활성가스로 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 통풍장치를 설치하여야 한다. 이러한 환기능력은 가스탐지 시 질소가스를 덕트에 자동적으로 충전할 수 있도록 되어 있다면 시간당 10회로 경감할 수 있다. 통풍 기용 전동기는 설치되는 장소의 방폭보호 규정에 적합하여야 한다. 통풍장치의 배기구기는 가스/공기 혼합물이 발화 할 수 없는 곳에 설치하여야 하고 보호망이 설치되어야 한다.
3. 동등한 안전수준을 갖는 대체설비를 설치하고자 하는 해양수산부장관의 승인을 받아야 한다.

② 가스 분사밸브까지의 가스관과 덕트의 연결은 이중덕트에 의하여 완전히 보호되어야 한다. 이러한 배치는 분사밸브와 실린더 커버의 교체 또는 분해 점검이 가능하여야 한다. 또한, 가스가 연소실 내에 분사되기까지의 기

관 자체의 모든 가스관은 이중 덕트로 하여야 한다. 저압 기관의 경우 실린더 흡기시에 각각의 실린더 흡기구로 가스가 직접 공급되고, 단일 고장으로 기관구역으로의 연료 방출이 일어나지 않는다면 흡기구관의 이중 덕트는 생략할 수 있다.

제69조 (비상차단 보호 기관구역의 연료공급장치) ① 가스연료 공급장치 내의 압력은 1.0MPa 이하여야 한다.

② 가스연료 공급배관의 설계압력은 1.0MPa 이상이어야 한다.

제70조 (외측관 또는 덕트의 설계 압력) 가스연료장치의 외측관 또는 덕트의 설계압력은 가스 내측관의 최대사용압력 이상이어야 한다. 다만, 사용압력이 1MPa를 초과하는 가스연료 공급장치의 경우에 외부덕트의 설계압력은 모든 파열판 및 통풍장치를 고려하여 이중관 내외측 사이에서 발생 가능한 순간 최대압력 이상으로 할 수 있다.

제71조 (고압연료관 외측관의 설계 압력) ① 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() : 이 압력은 임계압력으로 취급되어야 하며 다음의 수식으로 구하여야 한다

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

p_0 : 내측관의 최고사용압력

k : C_p/C_v 정압비열을 정적비열로 나눈 값(메탄: 1.31)

② 상기 압력을 받을 때 직관의 접선 막응력(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.

③ 상기 식의 최고 압력을 사용하는 대신에 대표적인 시험으로 얻은 최고압력을 사용할 수 있다. 이 경우에는 시험보고서를 제출하여야 한다.

제72조 (강도의 검증) 강도를 검증하기 위해 덕트 또는 관의 보존성을 증명하는 계산을 수행하여야 한다. 계산을 대신하여 대표적인 시험으로 강도를 검증할 수 있다.

제73조 (덕트의 시험과 치수) 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.

제74조 (압축기 및 펌프의 격벽 관통부) 압축기 또는 펌프가 격벽이나 갑판을 관통하는 축으로 구동되는 경우, 격벽 관통부는 가스밀 구조여야 한다.

제75조 (압축기 및 펌프) 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 환경, 선내 진동 및 가속, 종동요, 상하운동 및 횡동요의 영향, 가스 등이며, 이에 한정하지는 않는다.

제76조 (액화가스의 유입 방지) 기관이 액화 상태의 연료로 작동하도록 설계된 경우를 제외하고는 가스 제어부 또는 가스연료기관에 액화 상태의 가스가 유입되지 않도록 배치하여야 한다.

제77조 (압축기 및 펌프의 부속품과 계측장비) 압축기 및 펌프에는 효율적이고 안정된 기능을 위한 부속품과 계측장비를 설치하여야 한다.

제7장 추진을 포함한 발전기관 및 기타 연료소모장치

제78조 (일반사항) ① 배기장치는 연소되지 않은 가스연료가 축적되지 않도록 설계되어야 한다.

- ② 누설 가스의 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. 기관에 따라서 이러한 부품 및 장치는 공기흡입 매니폴드 및 소기구역을 포함할 수 있다.
- ③ 폭발도출 벤트는 선원이 통상 근무하는 구역으로부터 떨어져서 배치하여야 한다.
- ④ 모든 가스소모장치는 독립된 배기장치를 갖추어야 한다.

제79조 (피스톤형식 내연기관의 일반) ① 배기장치에는 하나의 실린더에서 점화 실패로 인해 장치 내에 생성된 미연소 가스가 발화할 때 발생할 수 있는 과도한 폭발 압력을 방지할 수 있도록 충분한 용량의 폭발도출장치를 설치하여야 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 디젤기관이 아닌 각 기관의 크랭크 케이스와 섬프에는 다른 기관과 독립된 벤트장치를 설치하여야 한다.
- ④ 가스가 보조장치 매체(윤활유, 냉각수)로 직접 유출될 가능성이 있는 경우, 가스 확산을 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 착화 실패 또는 불완전연소를 감시하고 탐지하는 장치를 설치하여야 한다. 착화실패 또는 불완전연소가 탐지되는 경우, 해당 실린더로의 가스공급을 차단되고, 한 실린더가 운전을 중단하더라도 기관의 운전이 비틀림 진동의 측면에서 가능하다면 가스 운전을 허용할 수 있다.
- ⑦ 이 기준이 적용되는 연료로 시동하는 기관은 연료공급 밸브를 개방한 후에 기관에 따라 정해진 시간 내에 기관 감시장치에서 착화가 탐지되지 않으면 연료공급 밸브가 자동으로 차단되어야 한다. 연소되지 않은 연료혼합물을 배기장치로부터 제거하는 장치를 설치해야 한다.
- ⑧ 제80조, 제81조 및 제82조에서 규정된 기관의 점화매체 및 주 연료는 다음 표와 같다.

	가스전용		미중연료	다중연료
점화 매체	스파크	점화용 연료	점화용 연료	해당 없음
주 연료	가스	가스	가스 또는 연료유	가스 또는 액체연료

제80조 (피스톤형식 내연기관-이중연료 기관) ① 가스연료 공급의 차단 시, 기관은 기름연료만으로 지속적인 운전이 가능하여야 한다.

② 기관의 출력변동을 최소한으로 유지하면서 가스연료 운전에서 연료유 운전으로, 또한 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 비상차단 시, 가스연료 공급은 점화원보다 먼저 또는 동시에 차단되어야 한다. 각 실린더 또는 기관 전체에 대한 가스공급을 차단하지 않은 상태에서 점화원 차단이 가능해서는 안 된다.

제81조 (피스톤형식 내연기관-가스전용기관 요건) 정상정지 또는 비상차단 시, 가스연료 공급은 점화원보다 먼저 또는 동시에 차단되어야 한다. 각 실린더 또는 기관 전체에 가스공급을 먼저 또는 동시에 차단하지 않은 상태에서 점화원 차단이 가능해서는 안 된다.

제82조 (피스톤형식 내연기관-다중연료 기관) ① 하나의 연료 공급이 차단된 경우, 기관은 출력변동을 최소한으로 유지하면서 대체 연료를 사용하여 계속해서 운전이 가능해야 한다.

② 기관의 출력변동을 최소한으로 유지하면서 하나의 연료 운전에서 대체 연료 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 대체 연료 모드로 전환되어야 한다. 대체 연료 모드로의 수동 전환이 항상 가능하여야 한다.

제83조 (주보일러 및 보조보일러) ① 각 보일러에는 전용의 강제 송풍장치를 설치해야 한다. 모든 관련 안전기능이 유지되는 경우, 비상용으로 보일러 강제 송풍장치 사이에 연결관을 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 연소장치는 반드시 연료유로 생성된 화염에 의하여 점화되도록 가스 노즐 및 버너제어장치를 구성하여야 한다. 가스연료로 착화하도록 설계하고자 할 경우 해양수산부장관 또는 대행기관의 승인을 받아야 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 제4항에서 요구하는 자동 연료전환장치는 지속적으로 이용하기 위해 경보장치로 감시되어야 한다.
- ⑩ 운전 중인 모든 버너에서 화염 소실이 발생하면 재착화 전에 보일러 연소실을 자동으로 퍼징하는 설비를 설치한다.
- ⑪ 보일러는 수동으로 퍼징할 수 있는 설비를 갖추어야 한다.

- 제84조 (가스터빈)** ① 누설가스의 점화로 인해 발생할 수 있는 최대 압력을 견딜 수 있는 강도로 설계되지 않은 경우, 가스누설에 의한 폭발을 고려하여 적절하게 설계된 압력도출장치가 배기장치에 부착되어야 한다. 배기연도에 설치된 압력도출장치로부터 도출된 압력은 인원이 배치되지 않는 안전한 장소로 유도되어야 한다.
- ② 가스터빈은 제12조 및 제69조에 명시된 비상차단 개념에 따라 설치된 가스밀의 폐위구역 내에 설치할 수 있다. 이 경우, 이 폐위구역 내에는 가스공급 배관 압력이 1.0MPa를 초과하는 것도 허용할 수 있다.
 - ③ 가스탐지장치와 차단기능은 비상차단 보호 기관구역에 대한 규정에 따른다.
 - ④ 폐위구역의 환기는 제9장의 비상차단 보호 기관구역에 대한 규정에 따른다. 다만, 이에 추가하여 독립된 전기 회로를 갖춘 100%용량의 팬 2대가 설치 되도록 완전한 이중화를 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.

제8장 폭발방지 및 화재안전

- 제85조 (일반사항)** ① 폭발가능성은 아래와 같은 방법으로 최소화시킨다.

1. 점화원의 수를 줄인다.
 2. 인화성 혼합물질이 형성될 가능성을 줄인다.
- ② 이 장에서 정의되지 않은 개방갑판 및 다른 구역의 위험구역은 국제전기기술위원회 표준(IEC 60092-502)를 근거로 결정되어야 하며, 위험구역 내에 설치되는 전기설비도 이러한 표준에 따라야 한다.
 - ③ 전기 설비와 전선은 운항 목적에 필수적인 것으로 국제전기기술위원회 표준(IEC 60092-502) 및 국제전기기술위원회 표준(IEC 60079-10-1)에 기초한 것을 제외하고, 원칙적으로 위험구역 내에 설치하여서는 안 된다.
 - ④ 비상차단 보호 기관구역의 전기설비는 다음 사항을 만족해야 한다.
 1. 화재 탐지기 및 탄화수소 탐지기와 화재경보 및 가스경보에 추가하여, 조명장치 및 통풍기는 구역 "1"(zone 1)에 대하여 안전이 증명된 것이어야 한다.
 2. 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.

제86조 (구역 분류) ① 위험구역 분류는 폭발 가스 분위기가 발생할 수 있는 구역을 분석하고 분류하여, 분류된 위험구역 내에서 전기기기를 안전하게 사용 할 수 있도록 한다.

② 적절한 전기장치의 선택을 쉽게 하고 적절한 전기설비의 설계를 위해 위험구역은 구역 "0", "1", "2"로 구분되며 그 분류는 제87조에 따른다.

③ 통풍 덕트는 통풍되는 구역과 동일한 위험구역으로 분류되어야 한다.

제87조 (위험구역) ① 구역 "0" (zone 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) 은 다음을 포함한다. 다만 다음에 한정하지는 않는다.

1. 탱크연결부 구역, 연료저장창 구역 및 방벽간 구역. 이러한 구역의 환기구로부터 3m 이내의 개방갑판구역이나 개방갑판의 반폐위구역
2. 제105조에 따른 통풍장치를 갖춘 연료준비실
3. 연료탱크 출구, 가스 또는 증기 배출구, 연료 수급 매니폴드 밸브, 기타 연료밸브, 연료배관 플랜지, 연료준비실 통풍 배기구 및 온도변화에 의해 발생할 수 있는 소량의 가스 또는 증기 혼합물의 압력 배출을 위한 가스탱크 개구로부터 3m 이내의 갑판상 구역 또는 갑판상 반폐위 구역
4. 연료준비실 입구, 연료준비실 통풍 흡입구 및 구역 1의 기타 개구로부터 1.5m 이내의 개방갑판상 또는 갑판상의 반폐위 구역
5. 가스연료 수급 매니폴드 밸브 주위의 누출 방지 코밍 내의 개방갑판상의 지역 및 이러한 지역으로부터 3m까지 범위에서 갑판 상 2.4m 높이까지의 구역
6. 연료를 포함하는 배관이 있는 폐위 또는 반폐위 구역, 예를 들어, 연료관을 둘러싼 덕트, 반폐위된 연료 수급장소. 연료를 포함한 배관이 있는 폐위구역이나 반폐위구역의 환기구로부터 3m 이내의 개방갑판 또는 개방갑판의 반폐위구역
7. 비상차단 보호 기관구역은 정상 운전 중에는 비위험구역으로 간주되지만 가스 누설 탐지 후에도 작동되어야 하는 장비는 구역 "1"에 적합한 형식이어야 한다.
8. 에어로크로 보호되는 구역은 정상작동 중에는 비위험구역으로 간주되지만 보호되는 구역과 위험구역사이의 차압이 상실된 후에도 작동하여야 하는 장비는 구역 1에 적합한 형식이어야 한다.
9. 연료격납설비(독립형탱크 형식 C를 제외)가 노출된 경우에는 그 외부표면으로부터 2.4m 이내의 구역
10. 가스 조절용 또는 차단 및 배출밸브가 포함된 외함이나 구획
11. 다량의 가스나 증기를 방출하는 연료탱크의 벤트 출구로부터 상부는 반경 6m 이내의 원통형(높이의 제한 없음), 하부는 6m 이내의 반구형인 개방갑판이나 개방갑판의 반폐위구역. 다만, 가스분산해석을 통해 3m까지 완화할 수 있다.

③ 구역 "2" (zone 2)는 다음을 포함한다. 다만 다음에 한정하지는 않는다.

1. 구역 1의 개방 또는 반폐위 구역 주위의 1.5m 이내의 구역
2. 탱크연결부 구역으로의 볼트로 체결된 덮개가 설치된 구역
3. 제2항제11호에 정의된 구역으로부터 원통형 및 반구형 4m 이내의 구역
4. 구역 "1"으로부터 비위험구역을 보호하는 에어로크

제88조 (방화) ① 펌프, 압축기, 열교환기, 기화기 및 압력용기와 같은 연료공급을 위한 장비가 설치된 구역은 화재 방열 규정에 대하여 특정기관구역으로 간주되어야 한다.

② 개방갑판상의 연료탱크와 면하는 거주구역, 업무구역, 제어구역, 탈출로 및 기관구역의 경계는 A60급으로 방열하여야 한다. A60급 방열은 항해선교 갑판의 하부까지 연장되어야 한다. 이에 추가하여, 연료탱크가 산적포장으로 간주되는 경우 연료탱크는 「위험물 선박운송 및 저장규칙」의 규정에 따라 화물로부터 분리되어야 한다. 「위험물 선박운송 및 저장규칙」의 적하 및 분리규정의 목적상, 개방갑판상의 연료탱크는 제 2.1급 포장으로 고려되어야 한다.

③ 연료격납설비가 설치된 구역은 특정기관구역 또는 고화재위험인 구역과 분리되어야 한다. 분리는 A60급으로 방열된 폭 900mm의 코퍼댐으로 한다. 연료격납설비가 설치된 구역과 화염 위험도가 낮은 기타 구역과의 화재방열성을 결정할 때에는 「국제해상인명안전협약」 II-2/9에 따라 특정기관구역으로 고려되어야 한다. 연료격납설비가 설치된 구역들 간의 경계는 A60급 또는 900mm 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 예상압력을 고려하여 결정하여야 한다.

⑥ 연료 수급장소는 특정기관구역, 거주구역, 제어장소 및 고화재위험구역과는 방열등급 A60급에 의해 분리되어야 한다. 다만, 탱크, 공소, 화재 위험이 거의 없거나 혹은 전혀 없는 보기실, 화장실 및 이와 유사한 구역은 A0급으로 경감될 수 있다.

⑦ 비상차단 보호 기관구역이 단일 경계로 분리되어 있는 경우, 그 경계는 A60급 이어야 한다.

제89조 (소화주관) ① 요구되는 소화펌프의 용량 및 작동 압력이 요구되는 개수의 소화전 및 호스와 물분무장치를 동시에 작동하는 것이 충분하다면 제90조 물분무장치는 소화주관 장치의 일부분으로 할 수 있다.

② 저장탱크가 개방갑판상에 위치한 경우 소화주관의 손상 부분을 격리시키기 위해 소화 주관에 격리밸브를 부착하여야 한다. 소화주관 일부분의 격리는 물의 공급으로부터 격리된 부분 앞쪽의 소화라인을 손상시키지 않아야 한다.

제90조 (물분무장치) ① 냉각 및 방화를 위하여 개방갑판에 위치한 연료저장탱크의 노출부에 뿌릴 수 있는 물분무장치를 설치하여야 한다.

② 물분무장치는 개방갑판상의 연료저장탱크와 면하는 탱크로부터 10m이하 거리의 선루, 압축기실, 펌프실, 화물제어실, 연료 수급 제어장소, 연료 수급장소 및 통상 사람이 거주하는 거주구의 경계를 보호하여야 한다.

③ 물분무장치는 가장 큰 수평의 투영면에 대하여는 10 l/min/m², 수직면에 대하여는 4 l/min/m²의 분무율로 위에 명시된 모든 지역을 보호하도록 설계되어야 한다.

- ④ 손상된 부분을 격리하기 위하여, 스톱밸브가 40m를 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 물분무 펌프의 용량은 위에 명시된 보호 대상 지역 중 가장 큰 수압이 요구되는 지역으로 필요한 양의 물을 공급하기에 충분하여야 한다.
- ⑥ 물분무장치가 주 소화장치의 일부가 아닐 경우, 스톱밸브를 통해 선박의 소화주관에 연결하여야 한다.
- ⑦ 물분무장치에 물을 공급하는 펌프의 원격시동장치와 시스템에서 상시 폐쇄되어 있는 밸브의 원격조작장치는 보호 대상 지역에서 화재가 발생할 경우에도 사용이 가능하여야 하고, 쉽게 접근할 수 있는 위치에 있어야 한다.
- ⑧ 노즐은 승인된 전양정형(full bore type)이어야 하며 보호되는 구역 전체에 물 분배가 효과적으로 이뤄질 수 있도록 배치하여야 한다.

제91조 (드라이케미컬 분말소화장치) ① 연료 수급장소에는 누설이 될 수 있는 모든 지점을 보호하기 위하여 드라이케미컬 분말소화장치를 고정식으로 설치하여야 한다. 용량은 적어도 3.5kg/s로 45초 이상 방출할 수 있어야 한다. 장치는 보호 대상 구역 외부의 안전한 위치에서 수동으로 쉽게 작동시키도록 배치하여야 한다.

② 최소 5kg 용량의 휴대식 분말 소화기 1개를 연료 수급장소 근처에 비치하여야 하며, 국제해사기구의 문서의 규정에 의해 추가의 휴대식 소화기를 요구할 수 있다.

제92조 (화재탐지 및 경보장치) ① 연료저장창 구역, 탱크연결부구역으로의 통풍용 트렁크 및 탱크연결부 구역 내부와 화재가 발생할 수 있는 가스연료장치가 설치된 모든 구역에는 「선박소방설비기준」에 적합한 고정식 화재탐지장치와 화재경보장치를 설치하여야 한다.

② 연기탐지기 설치만으로는 화재탐지가 충분하다고 고려하지 않는다.

제9장 통풍 및 전기설비

제93조 (위험구역의 통풍) 위험구역의 통풍에 사용되는 덕트는 비위험구역의 통풍에 사용되는 덕트로부터 분리되어야 한다. 통풍은 선박이 운항되는 모든 온도 및 환경조건에서 작동될 수 있는 것이어야 한다.

제94조 (환풍기 팬용 전동기) 환풍기 팬용 전동기는 사용되는 구역과 동일한 위험구역에 대하여 승인된 경우를 제외하고 위험구역용 통풍 덕트 내에 위치할 수 없다.

제95조 (가스원이 있는 구역에 사용되는 환풍기의 설계) 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 구조 것이어야 한다.
- 가. 정전기 제거를 고려한 비금속구조 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 첼제(오스테나이트계 스테인리스강 포함)의 하우징.

마. 13mm 이상의 선단 간격을 갖는 오스테나이트계 스테인리스 포함) 임펠러 및 하우징의 조합.

2. 어떠한 경우에도 임펠러와 케이싱 사이의 방사형의 공기 틈은 베어링이 설치되어 있는 그 부분에 한하여 임펠러 축 지름의 0.1배 이상이고 최소 2mm이상이어야 한다. 다만, 13mm를 초과할 필요는 없다.
3. 알루미늄 또는 마그네슘 합금의 고정부품이나 회전부품과 첼제의 고정부품이나 회전부품과의 조합은 선단 간격에 관계없이 스파크가 발생할 위험이 있는 것으로 간주하며 이러한 장소에 사용해서는 안 된다.

제96조 (통풍장치의 분리) 가스축적을 피하기 위하여 요구되는 통풍장치는 이 규칙에서 특별히 언급되지 않는 한, 각각 충분한 용량을 갖는 독립된 환풍기로 구성되어야 한다.

제97조 (위험 폐위구역의 공기 흡입구) 위험 폐위구역의 공기 흡입구는 비위험구역에 설치되어야 한다. 비위험 폐위구역의 공기흡입구는 위험구역의 경계로부터 최소 1.5m 이상 떨어진 비위험 구역에 설치하여야 한다. 공기흡입덕트가 더 위험한 구역을 통과하는 경우, 그 덕트는 가스밀이어야 하고 위험구역보다 상대적으로 과압을 가져야 한다.

제98조 (비위험구역의 공기 출구) 비위험구역의 공기 출구는 위험구역 외부에 설치되어야 한다.

제99조 (위험폐위구역의 공기 출구) 위험 폐위구역으로부터의 공기 출구는 통풍되는 구역과 같거나 덜 위험한 개방 지역에 위치하여야 한다.

제100조 (통풍장치의 필수 용량) 통풍장치의 요구되는 용량은 일반적으로 구역의 전체 용적을 기준으로 한다. 복잡한 형상을 갖는 구역의 경우 통풍 용량의 증가가 요구될 수도 있다.

제101조 (출입구가 위험구역에 있는 비위험구역) 위험구역으로의 출입구를 갖는 비위험구역은 에어로크 장치가 설치되어야 하며 외부의 위험구역에 비해 상대적으로 높은 압력이 유지되어야 한다. 과압의 통풍은 다음의 규정에 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, 국제전기기술위원회 표준(IEC 60092-502)의 표5에 따라서 전기설비가 자동 혹은 프로그램에 의하여 분리되어야 한다.

제102조 (출입구가 폐워된 위험구역에 있는 비위험구역) 폐워된 위험구역으로의 출입구를 갖는 비위험구역은 에어록 장치가 설치되어야 하며 위험구역은 비위험구역보다 상대적으로 낮은 압력이 유지되어야 한다. 위험구역의 배기식 통풍은 감시되어야 하고 통풍의 실패 시 다음이 요구된다.

1. 가시광 경보가 인원이 상주하는 장소에 제공되어야 한다.
2. 부압이 즉시 복구되지 않을 경우, 국제전기기술위원회 표준(IEC 60092-502)의 표5에 따라서 전기설비가 자동 혹은 프로그램에 의하여 분리되어야 한다.

제103조 (탱크연결부 구역의 요건) ① 탱크연결부 구역에는 시간당 최소 30회 이상의 환기능력을 갖는 부압 형식의 유효한 기계식 통풍장치가 설치되어야 한다. 다른 적절한 방폭 수단이 설치된 경우에는 환기횟수를 줄일 수 있다. 대체수단의 동등성은 위험도 평가에 의해 증명되어야 한다.

- ② 탱크연결부 구역의 통풍 트렁크에는 승인된 자동 고장안전형(fail-safe) 화재댐퍼가 설치되어야 한다.

제104조 (기관구역의 요건) ① 가스연료 기관이 있는 기관구역의 통풍장치는 다른 모든 통풍장치에서 독립적인 것이어야 한다.

- ② 비상차단 보호 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 비상차단 보호 기관구역에는 국제전기기술위원회 표준(IEC 60079-10-1)에서 정의한 높은 수준의 통풍이 가능하도록 충분한 이중화를 갖추어야 한다.

- ④ 비상차단 보호 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.

제105조 (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.

제106조 (연료 수급장소) 개방갑판상이 아닌 장소에 위치한 연료 수급장소는 연료 수급 작업을 하는 동안 방출되는 증기를 외부로 배출할 수 있도록 적절히 통풍되어야 한다. 자연통풍이 충분치 않을 경우, 제60조제2항에서 요구

하는 위험도 평가에 따라 기계식 통풍을 해야 한다.

- 제107조 (덕트 및 이중관)** ① 연료관을 포함한 덕트 및 이중관에는 시간당 최소 30회 이상의 환기능력을 갖는 부압식의 효과적인 기계식 통풍장치가 설치되어야 한다. 제68조제1항을 만족하는 경우는 제외한다.
- ② 가스안전구역에 설치된 이중관 및 가스밸브장치 구역의 통풍장치는 다른 통풍장치와 독립되어야 한다.
- ③ 이중관 또는 덕트의 통풍 입구는 발화원으로부터 멀리 떨어진 비위험지역에 위치하여야 한다. 입구측의 개구에는 적절한 보호 금속망을 부착하여야 하고 물의 유입으로부터 보호되어야 한다.
- ④ 이중관 또는 덕트의 통풍용량은 유속의 흐름이 3m/s로 확보되었을 경우 시간당 30회 이하를 허용할 수 있다. 유속은 연료관 및 그 밖의 구성품이 설치된 상태의 덕트에 대하여 계산되어야 한다.

- 제108조 (전기설비)** ① 발전 및 배전장치 및 관련 제어장치는 단일 고장으로 인해 연료탱크의 압력 및 선체구조 온도를 정상적인 작동한계 내로 유지하는 능력이 손실되지 않도록 설계하여야 한다.
- ② 전기설비는 국제전기기술위원회 표준(IEC 60092)에 따른다.
- ③ 운항목적 또는 안전성 향상을 위해 필수적인 경우를 제외하고는 전기설비 또는 전선은 위험구역에 설치되어서는 안 된다.
- ④ 제2항의 규정에 따라 전기기기가 위험구역에 설치되는 경우, 전기설비는 국제전기기술위원회 표준(IEC 60092-502)에 따라 선택, 설치 및 유지되어야 한다. 위험구역용 전기설비는 승인된 안전형이어야 한다.
- ⑤ 제5조에 규정된 발전 및 배전장치의 단일 손상의 고장모드 및 영향분석(FMEA)은 한국산업표준 "고장모드 및 영향분석(KS A IEC 60812)"에 따라 분석되고 문서화되어야 한다.
- ⑥ 위험구역 내의 조명장치는 적어도 2개의 분기회로로 나누어져야 한다. 모든 스위치 및 보호장치는 모든 극 또는 상을 차단하여야 하며, 비위험구역에 설치되어야 한다.
- ⑦ 전기기기의 선내 설치는 선체구조에 안전하게 부착되어야 한다.
- ⑧ 연료탱크의 저액면에서 경보를 울리고, 최저액면에서 연료펌프의 전동기를 자동으로 차단하는 장치를 갖추어야 한다. 자동 차단은 펌프의 낮은 토출압력, 전동기의 낮은 전류 또는 저액면을 감지하는 방식으로 할 수 있다. 차단되는 경우 선교, 항시 사람이 있는 중앙제어장소 또는 선내안전센터에 가시경의 경보를 발하여야 한다.
- ⑨ 잠수식 연료펌프 전동기 및 관련 급전 케이블은 액화가스연료격납설비 내에 설치할 수 있다. 가스프리 작업 중에는 연료펌프 전동기의 공급전원은 차단될 수 있어야 한다.
- ⑩ 개방갑판상의 위험구역에서 에어로크로 보호되는 출입 입구를 가진 비위험구역에 대하여 에어로크 구역 내의 과압이 상실되었을 때 그 구역 내에 설치된 승인된 안전형이 아닌 전기설비는 전원이 차단되어야 한다.
- ⑪ 에어로크로 보호되는 구역에 설치되는 비상소화펌프, 추진, 발전, 조선, 양묘 및 계선장치용 전기설비는 승인된 안전형이어야 한다.

제10장 제어, 감시 및 안전 장치

- 제109조 (일반사항)** ① 단일의 고장이 발생했을 때에도 가스연료장치의 제어, 감시 및 안전장치는 제65조에 따른 추진과 발전을 위한 동력을 유지할 수 있어야 한다.

- ② 별표 7에서 명시된 장치의 고장과 수동으로는 조치할 수 없을 정도로 빨리 진전되는 고장이 발생했을 경우 가스안전장치는 가스공급장치를 자동으로 폐쇄할 수 있어야 한다.
- ③ 비상차단 보호 기관구역에 대하여 안전장치는 가스누설 시에 가스공급을 차단하고 그에 추가하여 기관구역에 있는 모든 비방폭형 전기설비를 차단하여야 한다.
- ④ 가능한 공통된 원인의 고장을 방지하기 위하여 안전기능은 가스제어장치로부터 독립된 전용의 가스안전장치에 배치하여야 한다.
- ⑤ 현장의 계기를 포함한 안전장치는 가스탐지기의 고장이나 감지기 회로의 단선으로 발생할 수 있는 잘못된 정지가 방지되도록 배치되어야 한다.
- ⑥ 2대 이상의 가스공급장치가 필요한 경우, 각 장치마다 독립된 가스제어장치 및 가스안전장치를 설치하여야 한다.
- ⑦ 연료 수급을 포함한 전체 연료가스장비의 안전한 관리에 필수인 매개변수를 기기측 및 원격으로 확인할 수 있는 적절한 계측장치를 설치하여야 한다.
- ⑧ 독립된 액화가스 저장탱크의 각 탱크연결구역에 있는 빌지웰에는 액면계와 온도감지기를 설치하여야 한다. 빌지웰의 고액면에서 경보가 작동해야 한다. 저온이 감지되면 안전장치가 작동하여야 한다.
- ⑨ 선박에 임시로 설치된 탱크에도 선박에 영구적으로 설치된 탱크와 같이 감시장치를 설치하여야 한다.

제110조 (연료탱크용 액면계) ① 각 액화가스연료탱크에는 액면계측장치를 설치하여야 하고 연료탱크가 사용 중일 때 액면을 항상 확인할 수 있도록 배치하여야 한다. 액면계측장치는 액화가스연료탱크의 전체 설계압력범위 및 연료사용온도범위 내 어떤 온도에서도 작동이 되도록 설계되어야 한다.

- ② 한 개의 액면계를 설치할 경우, 탱크를 비우거나 가스프리할 필요 없이 탱크를 사용하면서 유지보수가 가능하도록 배치하여야 한다.
- ③ 액화가스연료탱크의 액면계는 다음과 같은 형식으로 할 수 있다.
 1. 중량 또는 유량 계측의 방법으로 연료의 양을 측정하는 간접식 장치
 2. 방사성 동위원소 또는 초음파를 이용하여 계측하는 장치로써 연료탱크를 관통하지 않는 밀폐식 장치

제111조 (연료탱크의 넘침 제어) ① 각 연료탱크에는 다른 액면지시장치와 독립적으로 작동하고, 작동 시 가시경보 경보를 발하는 고액면경보장치가 설치되어야 한다.

- ② 고액면경보와 별도로 작동하는 추가의 센서는 연료 수급 관장치가 과도한 액체압력을 받지 않고 탱크가 액체로 가득 채워지는 것을 방지하도록 차단밸브를 자동으로 작동시켜야 한다.
- ③ 탱크 내의 감지기는 시운전 전에 검증할 수 있는 위치에 있어야 한다. 선박 인도 후 및 각 입거 후에 첫 번째 연료 만재를 하는 경우, 경보점까지 액화가스연료탱크 내의 액체연료수위를 상승시킴으로써 고액면경보시험이 시행되어야 한다.
- ④ 고액면경보장치 및 넘침경보장치의 전기회로 및 감지기를 포함한 액면 경보장치의 모든 구성요소는 성능시험을 할 수 있는 것이어야 하고 연료 수급 작업을 하기 전에 이 장치들을 제147조제4항에 따라 시험하여야 한다.
- ⑤ 넘침제어장치를 오버라이딩하는 장치가 설치된 경우, 오작동을 방지할 수 있는 것이어야 한다. 오버라이딩 장치가 작동하는 경우, 항해선교, 항시 사람이 있는 중앙제어장소 또는 선내안전센터에 연속적인 가시경보를 발하

여야 한다.

- 제112조 (연료탱크의 압력감시)** ① 각 연료탱크의 증기부에는 직접 판독 게이지가 제공되어야 한다. 또한, 선교 및 항시 사람이 있는 중앙제어장소 또는 선내안전센터에 간접식 지시장치가 제공되어야 한다.
- ② 압력지시계에는 탱크 내에서 허용된 최고 및 최저 압력이 명확하게 표시되어야 한다.
- ③ 선교 및 항시 사람이 있는 중앙제어장소 또는 선내안전센터에 부압 보호가 요구되는 경우 고압경보장치 및 저압경보장치가 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 확인할 수 있는 매니폴드용 압력계를 설치하여야 한다.
- ⑥ 대기에 개구단이 없는 연료저장창 구역 및 방벽간 구역에는 압력계를 설치하여야 한다.
- ⑦ 압력계 중 한 개 이상은 사용압력범위 전체를 지시할 수 있어야 한다.
- ⑧ 잠수식 연료펌프 전동기 및 관련 급전 케이블에 대하여 연료탱크의 저액면에서 경보를 울리고, 최저액면에서 전동기를 자동으로 차단하는 장치를 갖추어야 한다. 자동 차단은 펌프의 낮은 토출압력, 전동기의 낮은 전류 또는 저액면을 감지하는 방식으로 할 수 있다. 차단되는 경우 선교 및 항시 사람이 있는 중앙제어장소 또는 선내안전센터에 가시광의 경보를 발하여야 한다.
- ⑨ 진공단열장치 및 압력 증가식(pressure build-up) 연료배출장치가 설치된 독립형탱크 형식 C를 제외하고 각 연료탱크는 적어도 3개 지점(탱크의 바닥, 중간, 최고허용액면 중 최상부)에서 연료의 온도를 측정하고 지시하는 장치를 갖추어야 한다.

- 제113조 (연료 수급 제어)** ① 연료 수급장소에서 떨어진 안전한 위치에서 연료 수급을 제어할 수 있어야 한다. 이 위치에서는 탱크액면을 감시할 수 있어야 하며, 제112조제9항에서 요구되는 경우 탱크압력 및 탱크온도를 감시할 수 있어야 한다. 제63조제3항 및 제90조제7항에서 요구하는 원격제어밸브는 이 위치에서 조작할 수 있어야 한다. 넘침경보 및 자동정지 또한 이 위치에 지시되어야 한다.
- ② 연료 수급 계통을 폐위하는 덕트의 통풍장치가 정지한 경우 가시광의 경보를 연료 수급제어장소에 발하여야 한다.
- ③ 연료 수급 계통 주위의 덕트 내에 가스가 탐지되는 경우 연료 수급제어장소에 가시광의 경보를 발하고 비상 차단을 지시하여야 한다.

- 제114조 (가스압축기의 감시)** ① 가스압축기는 항해선교 및 기관제어실 양쪽에 가시광의 경보장치를 설치하여야 한다. 최소한 경보는 입구 가스 저압, 출구 가스 저압, 출구 가스 고압 및 압축기 작동을 포함하여야 한다.
- ② 격벽축글랜드 및 베어링의 온도 감시장치를 설치하여야 하고, 항해선교 또는 항시 사람이 있는 중앙제어장소에 자동으로 연속적인 가시광의 경보를 발하여야 한다.

- 제115조 (가스기관의 감시)** 「선박기관기준」에 따라 제공되는 계기에 추가하여, 다음에 대한 지시기를 항해 선교, 기관 제어실과 현장 조종 장소에 설치하여야 한다.

1. 가스전용기관의 경우 기관의 운전
2. 2중 연료기관의 경우 기관의 운전과 운전 모드

제116조 (가스 탐지) ① 다음 장소에는 가스탐지기를 영구 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 외의 독립형 탱크의 방벽간 구역 및 연료저장창 구역을 포함한 연료증기가 축적될 수 있는 기타의 폐위 또는 반폐위 구역
 7. 에어로크
 8. 가스가열장치의 팽창탱크
 9. 연료장치와 관련된 전동기실
 10. 제6조 위험도 평가의 결과에 따라 요구되는 경우, 거주구역 및 기관구역의 모든 통풍입구
- ② 각 비상차단 보호 기관구역에는 가스탐지장치를 이중화해야 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. 가스 분산 분석 또는 물리적 연기 시험이 이용하여 최상의 배치를 하여야 한다.
- ⑤ 가스탐지장치는 국제전기기술위원회 표준(IEC 60079-29-1)에 따라 설계, 설치 및 시험되어야 한다.
- ⑥ 최저폭발한계의 20%의 증기농도에서 가시·가청 경보가 발하여야 한다. 2개의 탐지기에서 최저폭발한계의 40%의 증기농도를 탐지하면 안전장치가 작동되어야 한다.
- ⑦ 가스연료 기관을 포함하는 기관구역에서 가스 배관을 둘러싸고 있는 통풍되는 덕트에 대하여는 최저폭발한계의 30%에서 경보가 울리도록 설정될 수 있다. 안전장치는 최저폭발한계의 60%에서 작동되어야 한다.
- ⑧ 가스탐지장치로부터의 가시가청경보는 항해선교 또는 항시 사람이 있는 중앙제어장소에 위치되어야 한다.
- ⑨ 이 조에서 요구되는 가스탐지는 지연없이 연속적이어야 한다.

제117조 (화재 탐지) 가스연료기관이 설치된 기관구역 및 연료저장창 구역으로서 독립형 탱크가 설치된 구역에서의 화재탐지 시에 요구되는 안전조치는 별표 7에 따른다.

제118조 (통풍) ① 요구되는 통풍능력이 상실되면 선교, 항시 사람이 있는 중앙제어장소 또는 선내안전센터에 가시·가청의 경보를 발하여야 한다.

- ② 비상차단 보호 기관구역의 기관실 통풍 고장시 안전장치가 작동하여야 한다.

제119조 (가스공급장치의 안전 기능) ① 자동 밸브의 작동으로 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 가스연료 기관이 있는 기관 구역에 영구적으로 부착하여야 한다.
- ④ 가스압축기는 기기측에서 수동으로 비상 정지시킬 수 있어야 하며 압축기, 펌프 및 연료공급장치는 다음의 장소에서 수동원격 비상정지하기 위한 장치를 갖추어야 한다.

1. 항해선교
2. 화물제어실
3. 선내안전센터
4. 기관제어실
5. 화재제어실
6. 연료준비실의 출구 근처

제11장 제조 및 시험

제1절 일반 시험규정 및 사양서

제120조 (일반사항) ① 제조, 시험, 검사 및 성적증명서는 「선박안전법」 및 「강선의 구조기준」에 따른다.

- ② 용접 후 열처리가 규정되어 있거나 요구되는 경우, 모재의 성질은 제4장의 해당 표에 따른 적합한 열처리 조건에서 결정되어야 한다. 또한 용접부의 성질은 제2절에 따른 적합한 열처리 조건에서 결정되어야 한다. 용접 후 열처리가 적용되는 경우, 시험규정은 적절히 변경될 수 있다.

제121조 (인장시험) ① 인장시험은 「강선의 구조기준」에 따라 시행되어야 한다.

- ② 인장강도, 항복응력 및 연신율은 「강선의 구조기준」에 따라야 한다. 항복점이 명확한 탄소망간강 및 그 밖의 재료는 항복비의 제한에 대하여 고려하여야 한다.

제122조 (인성시험) ① 별도로 언급하지 않는 한, 금속재료의 승인시험은 샤르피 V노치 인성 시험을 실시하여야 한다. 샤르피 V노치 시험의 평가 기준은 3개의 표준크기(10mm × 10mm) 시험편의 최소 평균 에너지값 및 개개의 시험편에 대한 최소 흡수 에너지값이다. 샤르피 V노치 시험편의 치수 및 허용오차는 「강선의 구조기준」에 따른다. 5mm 보다 작은 치수의 시험편의 시험 및 규정은 「강선의 구조기준」에 따라야 한다. 서브 사이즈 시험편의 최소 평균 흡수에너지값은 다음 표에 따른다.

샤르피 V노치 시험편 치수(mm)	3개 시험편 평균값의 최소요구치
10 × 10	KV
10 × 7.5	5/6KV
10 × 5.0	2/3KV
(비고) KV는 별표 2 부터 별표 5 에 따른 에너지 값 (J)	

오직 1개의 개별 흡수에너지값은 규정의 최소 평균 흡수에너지값 미만이어도 된다. 다만, 이 값은 최소 평균 흡수에너지값의 70%(최소 흡수에너지값) 이상이어야 한다.

- ② 모재의 경우, 재료의 두께로 채취 가능한 최대 치수의 샤르피 시험편은 표면과 두께중심의 가운데에 가능한 가까운 위치에서 시험편을 채취하고 노치의 방향이 재료 표면에 수직이 되도록 기계 가공하여야 한다.(그림 5 참조)

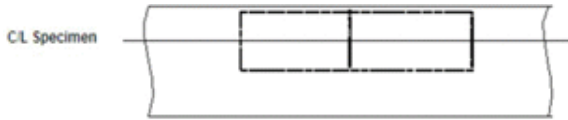


그림 5 모재 시험편의 위치

- ③ 용접 시험편의 경우, 재료두께를 고려하여 최대 치수의 샤르피 시험편은 표면과 두께중심의 가운데에 가능한 가까운 위치에서 시험편을 채취하고 기계가공하여야 한다. 어떠한 경우에도 재료의 표면과 시험편의 단부까지의 거리는 1mm 이상이어야 한다. 양면 V형 맞대기용접의 경우, 시험편은 제2용접 측의 표면과 가깝게 기계가공하여야 한다. 일반적으로 시험편은 그림 6에서 표시하는 노치의 위치가 용접의 중심선, 경계부 및 경계부로부터 1mm, 3mm 및 5mm가 되도록 채취하여야 한다.

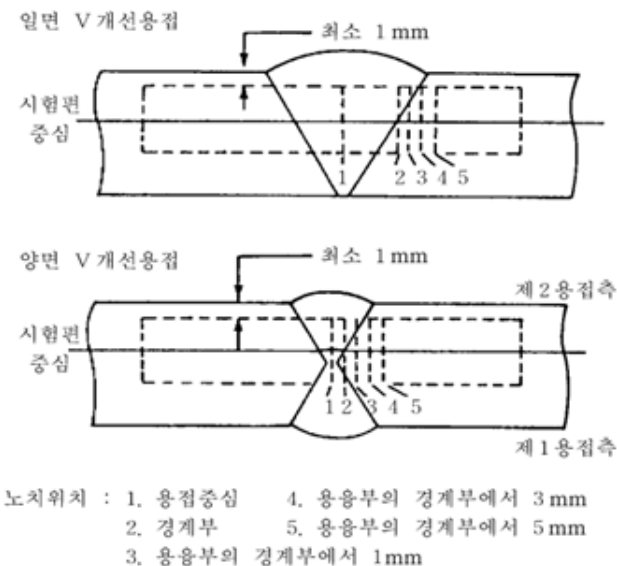


그림 6 용접 시험편의 노치 위치

- ④ 최초 3개의 샤르피 V노치 시험편의 평균 흡수에너지값이 상기 규정을 만족하지 않는 경우, 또는 2개 시험편의 개별 흡수에너지값이 규정의 평균값보다 낮은 경우, 또는 1개 시험편의 흡수에너지값이 개별 시험편에 허용되는 최소 흡수에너지값보다 낮은 경우에는 다시 같은 재료로부터 3개의 시험편을 채취하여 재시험할 수 있다. 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.

제123조 (굽힘시험) ① 재료시험시 굽힘시험을 생략할 수 있지만, 용접시험시 굽힘시험은 하여야 한다. 굽힘시험을 하는 경우, 「강선의 구조기준」에 따라 시행하여야 한다.

② 굽힘시험은 가로방향 굽힘시험이어야 하며, 지정시험기관이 요구하는 바에 따라 앞면굽힘, 뒷면굽힘 또는 측면굽힘으로 할 수 있다. 다만, 모재와 용접금속의 강도가 다를 경우에는 가로방향 굽힘시험 대신에 세로방향 굽힘시험을 할 수 있다.

제124조 (단면 관측 및 기타시험) 필요하다고 인정되는 경우 매크로단면관측, 마이크로단면관측 및 경도시험을 요구할 수 있으며 「강선의 구조기준」에 따라 수행하여야 한다.

제2절 연료격납설비에 사용되는 금속재료의 용접 및 비파괴검사

제125조 (일반사항) 이 절은 1차 방벽 및 2차 방벽(2차 방벽을 형성하는 내부 선체 포함)에만 적용한다. 승인시험은 탄소강, 탄소망간강, 니켈합금강 및 스테인리스강에 적용하지만 이 외의 재료에도 적용할 수 있다. 스테인리스강 및 알루미늄합금의 용접에 대한 충격시험은 해양수산부장관 또는 대행기관이 승인한 경우 생략할 수 있고, 기타 시험은 각 재료에 대하여 추가로 요구할 수 있다.

제126조 (용접재료) 연료탱크의 용접재료는 「강선의 구조기준」에 적합하여야 한다. 다만, 용착금속시험 및 맞대기 용접시험은 모든 용접재료에 대하여 적용하여야 한다. 인장시험 및 샤르피 V노치 충격시험의 결과는 「강선의 구조기준」에 적합하여야 한다. 용착금속의 화학성분은 참고용으로 기록되어야 한다.

제127조 (연료탱크 및 프로세스용 압력용기의 용접절차 인정시험) ① 연료탱크 및 프로세스용 압력용기의 모든 맞대기용접에 대하여 용접절차 인정시험을 하여야 한다.

② 용접절차 인정시험의 시험재는 다음을 대표하여야 한다.

1. 모재
2. 용접재료 및 용접법
3. 용접자세

③ 판의 맞대기용접의 경우, 시험재는 압연방향이 용접방향에 평행하게 되도록 하여야 한다. 각 용접절차 인정시험에 의해 인정된 두께의 범위는 「강선의 구조기준」에 따라야 한다. 방사선 투과검사 또는 초음파 탐상검사는 제조자가 선택하여 시행할 수 있다.

④ 각 시험재마다 다음의 용접절차 인정시험을 제2절에 따라 시행하여야 한다.

1. 가로방향 인장시험
2. 「강선의 구조기준」에서 요구하는 용접 길이(세로)방향의 모든 인장시험
3. 가로방향 굽힘시험. 이는 앞면굽힘, 뒷면굽힘 또는 측면굽힘 일 수 있다. 다만, 모재와 용접금속의 강도수준이 다를 경우, 가로방향 굽힘시험을 대신하여 세로방향 굽힘시험을 요구할 수 있다.
4. 3개 1조로된 샤르피 V노치 충격시험. 일반적으로 그림 6에 표시하는 노치의 위치가 다음의 각 위치가 되도록 채취하여야 한다.

가. 용접의 중심선

나. 경계부

다. 경계부로부터 1mm

라. 경계부로부터 3mm

마. 경계부로부터 5mm

5. 매크로단면관측, 마이크로단면관측 및 경도시험도 요구될 수 있다.

⑤ 각 시험은 다음의 규정을 만족하여야 한다.

1. 인장시험: 가로방향 인장강도는 모재의 규격 최소인장강도 이상이어야 한다. 알루미늄합금의 경우, 용접금속이 모재보다 낮은 인장강도를 가지는 언더매치(under-matched) 용접부의 용접금속강도에 관한 규정인 제31조제 1항제1호다목에 적합하여야 한다. 어떠한 경우에도 파단위치는 참고용으로 기록되어야 한다.

2. 굽힘시험: 시험편 두께의 4배에 해당하는 직경의 굽힘시험용 플런저로 180도 굽힌 후에도 파단이 없어야 한다

3. 충격시험 : 샤르피 V노치 충격시험은 접합된 모재에 대한 규정온도로 실시하여야 한다. 용접금속의 충격시험 결과는 최소 평균 흡수에너지값(KV)은 27J이상이어야 한다. 서브사이즈 시험편 및 개개의 흡수에너지값은 제 122조에 따른다. 경계부 및 열영향부의 충격시험의 결과는 적용되는 모재의 가로방향 또는 세로방향 규정에 따라 최소 평균 흡수에너지값(KV)을 나타내어야 한다. 서브사이즈 시험편의 최소 평균 흡수에너지값(KV)은 제 122조에 따른다. 재료의 두께가 표준크기(full-size) 또는 본 규정의 서브 사이즈로 가공이 불가능한 경우, 시험 절차 및 판정기준은 해양수산부장관 또는 대행기관이 인정하는 기준에 따른다.

⑥ 필릿용접에 대한 용접절차시험은 「강선의 구조기준」에 따른다. 이 경우, 용접재료는 모재의 충격특성과 동등 이상의 것이어야 한다.

제128조 (관장치의 용접절차시험) 관장치의 용접절차시험은 제127조 연료탱크에 대한 규정에 따른다.

제129조 (용접시공시험) ① 일체형탱크 및 멤브레인 탱크를 제외한 모든 연료탱크 및 프로세스용 압력용기에 대하여 일반적으로 맞대기용접이음 약 50m마다 각 용접자세마다 시공시험을 하여야 한다. 2차 방벽도 1차 방벽에 요구하는 것과 동등한 시공시험을 하여야 한다. 해양수산부장관의 승인을 받아 시험의 수를 경감할 수 있다. 연료 탱크 또는 2차 방벽에 대하여는 필요시 제2항부터 제5항에 정한 것 외의 시험을 요구할 수 있다.

② 독립형탱크 형식 A 및 B와 세미 멤브레인 탱크의 시공시험으로는 굽힘시험을 하여야 한다. 용접절차 인정시험에서 요구되는 경우에는 용접길이 50m마다 3개 1조 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, 제2항에서 규정하는 시험에 추가하여 가로방향 인장시험을 하여야 한다. 인장시험은 제127조제5항을 따른다.

④ 품질보증/품질관리(QA/QC) 프로그램은 재료 제조자 품질매뉴얼에서 규정한 용접시공의 지속적인 적합성을 보장하여야 한다.

⑤ 멤브레인 탱크의 시험은 제127조의 관련 규정에 따른다.

제130조 (비파괴검사) ① 설계자가 더 엄격한 기준을 적용하지 않는 한 모든 시험절차 및 승인기준은 한국산업표준 등 공인 표준에 따라야 한다. 원칙적으로 내부결함을 검출하기 위해 방사선 투과검사를 하여야 한다. 방사선 투과검사는 한국산업표준 "강용접 이음부의 방사선 투과 시험방법(KS B 0845)", 국제표준화기구 기준(ISO 2437, 2504) 및 국제표준화기구 기준(ISO/R 1027) 등에 따라 수행한다. 방사선 투과검사를 대신하여 승인된 초음파 탐상검사를 할 수 있다. 초음파시험은 한국산업표준 "강관의 초음파 탐상 검사 방법(KS D 0250)"에 따른다. 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 섭씨영하20도 미만인 독립형탱크 형식 A 및 세미 멤브레인 탱크의 경우 또는 온도에 관계없이 모든 독립형 탱크 형식 B의 경우에는 용접부 전길이에 걸쳐 내부결함을 검출하기 위해 연료탱크 외판의 모든 완전 용입 맞대기용접부는 적절한 비파괴 검사를 하여야 한다. 제1항에 규정한 조건에서 방사선 투과검사 대신에 초음파 탐상검사를 할 수 있다.

③ 보강재, 기타의 부착품 및 부속장치의 용접을 포함한 탱크의 나머지 구조 용접은 필요시 자분탐상법 또는 침투탐상법에 따라 시험하여야 한다. 자분탐상시험은 한국산업표준 "강자성 재료의 자분탐상검사 방법 및 자분 모양의 분류(KS D 0213)", 침투탐상시험은 한국산업표준 "침투 탐상 시험 방법 및 침투 지시 모양의 분류(KS B0816)"에 따른다.

④ 독립형탱크 형식 C의 비파괴 검사 범위는 적용하는 표준에 따라 전체 또는 부분검사를 하여야 한다. 다만, 다음에 정하는 것 이상으로 하여야 한다.

1. 제34조제3항제2호가목3)의 규정에 따른 모든 비파괴 검사를 하여야 하며, 방사선 투과검사의 일부를 제1항에서 규정한 초음파 탐상검사로 대신할 수 있다. 이에 추가하여 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

1) 용접길이의 10% 이상의 모든 용접부

2) 개구부 주변의 보강링, 노즐 등의 전 용접부

2. 제35조제3항제2호가목3)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 요구되는 부분

⑤ 품질보증/품질관리 프로그램은 재료 제조자 품질매뉴얼에 규정한 용접부에 대해 비파괴 검사를 통해서 용접의 적합성을 확인하도록 하여야 한다.

⑥ 관장치의 검사는 제4장의 규정에 따라 하여야 한다.

⑦ 필요 시에는 내부결함을 검출하기 위해 2차 방벽은 방사선 투과검사를 하여야 한다. 선체 외판이 2차 방벽의 일부인 경우, 현측 후판의 모든 횡연이음 및 선측외판의 모든 횡연과 종연이음의 교차부는 방사선 투과검사를 하

여야 한다.

제3절 구조용 금속재료의 기타 규정

제131조 (일반사항) 용접부의 검사 및 비파괴 검사는 제129조와 제130조의 규정에 따라야 한다. 설계 시 더 엄격한 기준이나 허용오차를 적용한 경우에도 충족시켜야 한다.

제132조 (독립형 탱크) 주로 원통형으로 제조되는 독립형탱크 형식 B 및 C의 경우, 진원도, 바른 형상으로부터의 국부적인 오차, 용접부 정렬 및 서로 다른 두께를 가지는 판들의 테이퍼와 같은 제조와 관련된 허용오차들은 적용하는 공인 표준에 적합하여야 한다. 허용오차는 제34조제2항제3호가목 및 제34조제3항제3호나목의 좌굴해석도 고려하여 결정하여야 한다.

제133조 (2차 방벽) 제작 중 2차 방벽의 시험 및 검사에 대한 규정은 해양수산부장관 또는 대항기관의 확인을 받아야 한다.

제134조 (멤브레인 탱크) 품질보증/품질관리 프로그램은 용접절차시험, 설계상세, 재료, 제작, 각 요소의 검사 및 시공시험의 지속적인 적합성을 보장하여야 한다. 이러한 기준과 절차는 원형시험 프로그램에서 개발되어야 한다.

제4절 시험

제135조 (제조중 시험 및 검사) ① 모든 액화가스연료탱크와 압력용기는 제136조에서 제139조의 해당되는 탱크의 형식에 따라, 수압시험 또는 수압-공기압시험을 하여야 한다.

② 모든 탱크는 기밀시험을 하여야 하고 제1항에 따른 압력시험과 결합하여 수행할 수 있다.

③ 연료격납설비의 가스밀폐시험은 제19조제7항에 따른다.

④ 2차 방벽의 검사 규정은 방벽으로의 접근성을 고려하여야 결정하여야 한다.

⑤ 새로운 독립형탱크 형식 B가 설치되는 선박 또는 제35조에 따라 설계된 탱크는 적어도 1개의 원형탱크 및 그 지지구조를 제1항에서 요구하는 시험을 하는 동안 스트레인 게이지 또는 기타 적절한 장비로 응력을 계측하여 응력 크기를 확인하여야 한다. 탱크의 형상 및 지지구조와 그 부착품의 배치에 따라 독립형탱크 형식 C도 동일한 계측장치를 요구할 수 있다.

⑥ 격납설비로서의 모든 성능은 액화가스연료가 안정된 온도상태에 도달했을 때, 최초의 천연가스연료 수급 중의 설계변수에 적합한지 검사하여야 한다. 설계변수를 검증하는 필수 구성 요소 및 의장품의 성능에 대한 기록은 선내에 보관하여 필요시 확인할 수 있어야 한다.

⑦ 연료격납설비는 최초의 천연가스연료 수급 시 또는 직후에, 액화가스연료가 안정된 온도상태에 도달했을 때 콜드스팟(cold spot) 검사를 하여야 한다. 육안으로 확인할 수 없는 단열재 표면에 대한 건전성 검사는 해양수산부장관 또는 대항기관의 기준에 따라 시행되어야 한다.

⑧ 제32조제1항제3호 및 제4호에 따라 가열설비를 설치할 경우, 이 설비는 필요한 열출력 및 열확산에 대하여 시험하여야 한다.

제136조 (독립형탱크 형식 A) 모든 독립형탱크 형식 A는 수압 또는 수압-공기압 시험을 하여야 한다. 이 시험은 적어도 탱크상부의 압력을 최대 허용설정압력에 상응하는 압력으로 하고, 가능한 한 탱크에 발생하는 응력이 설계 압력에 가깝도록 하여야 한다. 수압-공기압시험을 할 경우, 시험상태는 탱크 및 지지구조 실제의 하중상태에 가 능한 한 가까운 것으로 동적요소를 포함하며, 영구변형을 일으키는 정도의 응력을 회피하도록 하여야 한다.

제137조 (독립형탱크 형식 B) 독립형탱크 형식 B는 수압 또는 수압-공기압시험을 다음에 따라 시행하여야 한다. ① 시험은 독립형탱크 형식 A에 대한 제136조에 따라야 한다.

② 시험상태에서 1차 부재의 최대 막응력 또는 굽힘응력은 시험온도에서 재료의 항복응력(조립상태)의 90%를 넘어서는 안 된다. 계산상의 응력이 항복응력의 75%를 넘을 경우, 원형시험을 할 때 스트레인 게이지 또는 다른 장치를 사용하여 상기의 상태가 만족하는 것을 확인하여야 한다.

제138조 (독립형탱크 형식 C) ① 각 압력용기는 탱크정부에서 1.5Po 이상의 압력으로 수압시험을 하여야 한다. 시험 중에 모든 부위가 계산에 의한 1차 일반막응력이 재료의 항복응력의 90%를 넘지 않도록 하여야 한다. 이 응력이 계산에서 항복응력의 75%를 넘는다고 예상될 경우 위 조건에 만족함을 확인하여야 한다. 간단한 원통형 또는 구형 압력용기가 아닌 경우 일련의 동일 탱크에 대해 첫 압력용기의 시험 시 스트레인게이지 또는 다른 적절한 장치를 사용하여 감시하여야 한다.

② 시험에 사용하는 수온은 조립상태의 재료의 무연성(nil-ductility) 전이온도보다 섭씨30도 이상 높은 온도이어야 한다.

③ 압력은 판두께 25mm 당 2시간을 유지하여야 하며 어떠한 경우에도 2시간 미만으로 하여서는 안 된다.

④ 액화가스연료 압력용기의 수압-공기압시험은 필요하다고 인정되는 경우, 제1항에서 제3항의 규정에 따라 할 수 있다.

⑤ 사용온도에 따라서 더 높은 허용응력이 사용되는 탱크의 시험할 때에는 특별한 주의가 필요하며, 이 경우에도 제1항의 규정에 적합하여야 한다.

⑥ 공사 완료 후 각 압력용기 및 그 부착품은 적절한 누설시험을 하여야 한다. 이 때에는 누설시험을 제1항부터 제4항에 따른 압력시험과 결합하여 실시할 수 있다.

⑦ 액화가스연료탱크 이외의 압력용기의 공기압시험은 개별적으로 고려하여 필요시 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.

제139조 (멤브레인 탱크) ① 설계 개발을 위한 시험은 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.

1. 제34조제4항제1호나목에서 요구되는 설계 개발을 위한 시험은 모서리 및 연결부를 포함한 1차 및 2차 방벽의 일련의 해석적 모형과 물리적 모형을 포함하여야 한다. 이러한 모형은 정적, 동적 및 열하중으로 인한 예상되는 조합된 변형에 대해 건담을 입증하기 위하여 시험하여야 한다. 시험 모형은 완전한 연료격납설비의 원형크기 모형으로 제작되어야 한다. 해석적 및 물리적 모형에서 고려하는 시험조건은 연료격납설비가 그 수명동안

의 가장 극한운용조건을 대표하는 것이어야 한다. 제23조의 2차 방벽의 주기적 시험에서 제안하는 허용조건은 원형크기의 모형으로 시험한 결과에 기초할 수 있다.

2. 멤브레인 재료 및 멤브레인에서의 대표 용접부 또는 접합부의 피로성능은 시험을 통하여 결정되어야 한다. 선체구조와 단열재를 고정하는 설비의 최종강도 및 피로성능은 해석적 방법이나 시험으로 결정하여야 한다.

② 멤브레인 탱크 시험 시 다음 각 호의 기준을 고려하여 한다.

1. 멤브레인 액화가스연료격납설비가 설치된 선박에서 일반적으로 액체를 적재하고, 멤브레인을 지지하는 선체구조에 인접한 모든 탱크 및 기타 구역은 수압시험을 하여야 한다.
2. 멤브레인을 지지하는 모든 연료저장창구조는 액화가스연료격납설비의 설치 전 밀폐시험을 하여야 한다.
3. 일반적으로 액화가스연료를 포함하지 않는 파이프 터널 및 기타 구획은 수압시험을 하지 않아도 된다.

제5절 용접, 용접 후 열처리 및 비파괴검사

제140조 (일반사항) 용접은 제2절에 따라 수행되어야 한다.

제141조 (용접 후 열처리) 용접 후 열처리는 탄소강, 탄소망간강 및 저합금강 관의 모든 맞대기 용접에 대하여 실시하여야 한다. 필요 시 관장치의 설계온도 및 설계압력을 고려하여 두께가 10mm 미만인 관에 대하여 열응력 제거를 위한 열처리 규정을 면제할 수 있다.

제142조 (비파괴검사) 용접시공 전과 시공 중에 통상의 관리를 하여야 하고 용접 후 육안검사를 하여야 한다. 이에 추가하여 이 절의 규정에 따라 용접이 정확하게 수행되었는지 확인하기 위하여 다음의 검사를 하여야 한다.

1. 다음에 해당하는 관장치의 맞대기용접이음에 대한 100% 방사선검사 또는 초음파검사
 - 가. 설계온도 섭씨영하10도 미만
 - 나. 1.0 MPa 이상의 설계압력
 - 다. 비상차단장치로 보호되는 기관구역의 가스공급관
 - 라. 내경 75mm 초과
 - 마. 관두께 10mm 초과
2. 해양수산부장관 또는 대항기관에 의하여 승인된 자동용접절차로 제조된 관단면의 맞대기 용접이음부는 방사선검사 또는 초음파검사의 점진적 범위 감소가 가능하나, 각 이음부의 10% 미만으로 감소시킬 수 없다. 결함이 발견되는 경우, 시험범위를 100%로 하여야 하며 이미 승인된 용접부위까지 검사에 포함되어야 한다. 이는 문서화된 품질보증절차와 기록을 검토하여 만족할 만한 용접을 계속적으로 수행할 수 있는 제조자의 능력이 입증되는 경우에만 승인을 할 수 있다.
3. 방사선투과검사 또는 초음파탐상검사의 비율은 이중연료관장치의 외측관의 용접이음에 대하여 10%까지 감소할 수 있다.
4. 제1호부터 제3호까지에서 다루지 않는 기타 관의 맞대기 용접이음의 경우, 용도, 설치장소 및 재료에 따라 부분 방사선투과검사 또는 초음파탐상검사 또는 기타 비파괴검사를 수행하여야 한다. 통상 관의 맞대기 용접이음의 최소 10%는 방사선투과검사 또는 초음파탐상검사를 하여야 한다.

제6절 시험 규정

제143조 (관장치 구성품의 시험) ① 섭씨영하55도 미만의 온도에서 작동하도록 설계된 각 유형의 관장치 구성품은 다음의 시험을 하여야 한다.

1. 밸브의 각 크기와 형식은 밸브의 정격설계압력까지의 간격으로 모든 작동압력 및 온도 범위에서 시트 기밀시험을 받아야 한다. 허용 가능한 누출율은 지정시험기관에서 요구하는 사항에 따라야 하며, 시험 중 밸브의 정상적인 작동이 검증되어야 한다.
2. 흐름 또는 유량은 밸브의 치수 및 형식마다 적용하는 표준에 적합하여야 한다.
3. 압력을 받는 구성품은 정격압력의 1.5배 이상의 압력으로 압력시험을 하여야 한다.
4. 용융점이 섭씨925도 미만의 재료로 만들어진 비상차단밸브의 경우, 한국산업표준 "탄력성 및 탄성중합체의 시일불이 금속제관 구성품의 내화성-시험방법(KS V ISO 19921)", 한국산업표준 "탄력성 및 탄성중합체의 시일불이 금속제관 구성품의 내화성-시험작업대(KS V ISO 19922)"에 따라 화재시험을 하여야 한다.

② 제58조제4항제1호 및 제3호에서 허용되는 연료탱크 외측의 연료관에 사용하는 신축 벨로스 및 연료탱크 내에 사용하는 신축 벨로스는 다음의 시험을 하여야 한다.

1. 미리 압축되어 있지 않은 벨로스 요소는 설계압력의 5배 이상의 압력으로 압력시험을 하고 파열되어서는 안 된다. 시험시간은 5분 이상이어야 한다.
2. 플랜지, 스테이 및 접합부 등의 모든 부착품이 부착된 신축관은 최소 설계온도 및 제조자가 지시하는 최대 변위상태에서 설계압력의 2배의 압력으로 압력시험을 하고 영구변형이 발생되지 않아야 한다.
3. 신축관의 완성품에 대하여는 압력, 온도, 축방향 이동, 회전방향 이동 및 횡방향 이동의 상태에서 최소한 그 실제의 사용 중에 가해지는 반복회수로 열신축에 대한 반복시험을 하여야 한다. 이 시험의 시험조건이 적어도 사용온도에서의 시험보다 엄격할 경우에는 상온에서의 시험이 허용된다.
4. 신축관의 완성품에 대하여 내압을 가하지 않은 상태에서 보정된 관의 길이에 해당하는 벨로스의 반복시험을 적어도 2,000,000주기로 5Hz 이상의 주파수로 선박의 변형, 가속도 및 관 진동에 대한 주기적 피로시험을 수행해야 한다. 이 시험은 관장치의 배치와 관련된 선박의 변형으로 인한 하중이 실제로 발생하는 경우에만 요구된다.

제144조 (관장치의 시험) ① 이 규정은 연료탱크의 내외의 관장치에 적용한다. 다만, 연료탱크 내의 관 및 개구단 관에 대하여는 필요하다고 인정되는 경우 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 연료 수급 작업 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 검증 가능하고 반복할 수 있는 것이어야 한다.
- ⑦ 제63조제8항 및 제111조제2항에서 규정된 밸브의 차단신호 시작부터 밸브가 완전히 폐쇄되기까지의 시간은 다음 값들보다 크지 않아야 한다. 연료 수급 속도는 연료 수급호스 또는 암, 관련된 선박과 육상 배관장치를 고려하여 밸브 폐쇄로 인한 서지압력이 허용되는 압력 이하가 되도록 조정되어야 한다.

$$1. \frac{3,600U}{BR} \quad (\text{초})$$

U = 작동신호 액위에서 멀리지 용적(m^3)

BR = 선박과 육상시설간에 합의된 최대 적재속도(m^3/h)

2. 5초

제12장 작업규정, 비상훈련 및 선원의 자격

제145조 (일반사항) ① 해당 기준에서 다루는 모든 선박에는 해당 기준 1부 또는 해당 기준의 조항을 포함하는 국제 규정이 선내에 비치되어야 한다.

- ② 모든 가스 관련 설비에 대해서는 가스 설비의 정보를 포함한 유지보수절차서를 선내에 비치하여야 한다.
- ③ 훈련된 인원이 연료 공급, 저장 및 이송 장치를 안전하게 작동할 수 있도록 상세한 연료취급매뉴얼을 포함한 작업절차서를 선내에 비치하여야 한다.
- ④ 선내에는 비상대응절차서를 비치하여야 한다.

제146조 (유지보수 요건) ① 유지보수절차서에는 탱크의 위치와 인접 공간에 대한 사항이 포함되어야 한다.

- ② 연료격납설비의 작동 중 점검, 유지보수 및 검사는 제20조제8항에 따라 요구되는 검사계획에 부합되도록 수행하여야 한다.
- ③ 유지보수절차서에는 폭발 위험이 있는 구역/지역에 설치된 전기설비의 유지보수에 대한 정보 및 절차가 포함되어야 한다. 폭발 위험이 있는 구역내의 전기설비 점검 및 유지보수는 우리 선급이 인정하는 기준에 따라 수행하여야 한다. 폭발 위험이 있는 구역에서 전기 설비의 검사 및 유지 보수는 국제전기기술위원회 표준(IEC 60079-17)에 따라 수행되어야한다.

제147조 (연료 수급에 대한 요건) ① 연료 수급 작업이 시작되기 전에 연료를 받는 선박측의 선장 또는 그 대리인과 연료공급측 담당자는 다음을 수행해야 한다.

1. 냉각(cooling down)을 포함한 이송 절차에 서면으로 동의해야 하며, 필요한 경우, 이송의 모든 단계와 체적에서의 최대 이송 속도를 기입하여야 한다.
 2. 비상 시의 조치에 서면으로 동의한다.
 3. 연료 수급 안전점검표를 작성하고 날인한다.
- ② 연료 수급 작업이 완료되면 선박측 담당자는 연료 공급측 담당자가 작성하고 서명한 「가스 또는 기타 저인화점연료를 사용하는 선박의 안전에 관한 국제 규정(IGF Code)」 부록 C-1에 명시된 정보를 포함하여 이송된 연료에 대한 연료 인도 통지서에 서명 후 수령하여야 한다.
- ③ 제어, 자동화 및 안전장치는 다음 각 호의 기준을 고려하여야 한다.
1. 제145조제3항에서 요구하는 연료취급매뉴얼에는 다음을 포함하여야 하고, 이에 국한되지 않는다.
 - 가. 장치의 냉각 및 예열 절차, 연료의 적재와 필요한 경우 배출, 샘플링, 가스 제거 및 불활성화를 포함한 입거시부터 차기 입거시까지의 선박 전체 작동
 - 나. 수급되는 연료의 온도 및 압력 제어, 경보 및 안전장치
 - 다. 최저연료온도, 최대탱크압력, 이송율, 충전한도 및 슬로싱 한계를 포함하여 시스템 한계, 냉각율(cool down rate) 및 연료 수급 전의 연료저장탱크 최대 온도
 - 라. 불활성가스장치의 작동
 - 마. 소화장치의 작동과 유지보수 및 소화제의 사용을 포함한 소화 및 비상절차
 - 바. 특정 연료의 안전한 취급을 위해 필요한 연료 특성 및 특수 장비
 - 사. 고정식 및 휴대식 가스 탐지장치의 작동 및 유지보수
 - 아. 비상차단장치 및 비상분리장치(설치된 경우)
 - 자. 누출, 화재 또는 잠재적 연료 층화(stratification)로 인한 롤오버(roll-over)와 같은 비상 상황에 취해야 할 조치사항에 대한 설명
 2. 연료 장치 개략도와 관장치 계통도를 선박의 연료 수급 제어장소와 연료 수급장소에 항상 비치하여야 한다.
- ④ 연료 수급 사전 점검사항 시 다음 각 호의 기준을 고려하여야 한다.
1. 연료 수급 작업을 수행하기 전에 점검을 수행하고 연료 수급 안전점검표를 작성하여야 한다. 다음의 사항을 포함하여야 하며, 이에 국한되지 않는다.
 - 가. 선박과 육상간의 통신시스템(SSL)을 포함한 모든 통신 방법 (설치된 경우)
 - 나. 고정식 가스탐지장치 및 화재탐지장치의 작동상태 점검
 - 다. 휴대식 가스탐지장치의 작동상태 점검
 - 라. 원격 제어 밸브의 작동상태 점검
 - 마. 연료수급용 호스 및 커플링 점검
 2. 연료 수급 작업 후 양측의 책임자가 협의하여 작성한 연료 수급 안전점검표에 서명하여야 한다.
- ④ 연료 수급 담당자 사이의 통신 시 다음 각 호의 기준을 고려하여야 한다.
1. 연료 수급 작업 중 선박측 담당자와 육상측 담당자 사이의 통신은 항상 유지되어야 한다. 통신을 유지할 수 없는 경우에는 연료 수급을 중단하고 복구될 때까지 연료 수급을 재개하지 않아야 한다.

2. 연료 수급에 사용되는 통신 장치는 한국산업표준에 따른다.
3. 연료 수급 책임자는 연료 수급 작업과 관련된 모든 요원과 직접 즉각적으로 소통할 수 있어야 한다.
4. 자동 비상차단장치를 위한 통신수단은 선박과 육상간의 통신장치(SSL) 또는 이와 동등한 수단을 말한다. 이는 연료를 수급받는 선박과 연료 공급원 간의 비상차단장치와 호환이 가능하여야 한다.

⑤ 전기 접지

연료 수급 이송장치로써 설치된 호스, 이송 암, 배관 및 부속품은 전기적으로 연속적으로 절연되어야 하며, API RP 2003와 동등한 수준의 안전을 제공해야 한다.

⑥ 이송 조건

1. 연료 이송 중에는 연료안전 예방조치가 표기된 경고판을 연료 수급 지역의 접근로에 게시되어야 한다.
2. 이송 작업 중, 연료 수급 매니폴드 지역의 인원은 필수 인원으로 제한하여야 한다. 연료 수급 직무에 종사하거나 작업장 주변에서 일하는 모든 직원은 개인 보호 장비(PPE)를 착용해야 한다. 이송에 필요한 조건을 유지하지 못하면 작업이 중단되고 모든 필요한 조건이 충족될 때까지 이송이 재개되지 않아야 한다.
3. 고정되지 않은 탱크를 사용하는 선박에서의 벙커링 작업 관련 절차는 고정된 연료탱크 및 장치와 동등한 수준의 안전성이 보장되도록 수행하여야 한다. 이동식 탱크는 선박에 선적하기 전에 채워야 하며, 연료장치에 연결하기 전에 적절히 고정시켜야 한다.
4. 선박에 영구적으로 설치되지 않은 탱크의 경우, 필요한 모든 탱크 관련 장치(배관, 제어장치, 안전장치, 도출장치 등)를 선박의 연료장치에 연결하는 것은 연료 수급 과정의 일부로 간주한다. 출발지에서 출발하기 전에 연료 수급 과정을 끝내야 한다. 해상 항해 또는 작동 중 이동식 탱크의 연결 및 분리는 허용되지 않는다.

제148조 (폐위구역 진입 규정) ① 정상적인 운항 상황에서 작업자는 고정식 또는 휴대식 장비로 산소가 충분하고 폭발성 대기가 없음이 확인된 경우에만 연료 탱크, 연료 저장실, 공소, 탱크연결부 구역 또는 가스나 가연성 증기가 축적될 수 있는 그 밖의 폐위구역에 진입할 수 있다.

② 위험구역으로 지정된 곳에 진입하는 인원은 가스가 없는 것이 확인된 후 그 상태가 유지되지 않는 한 잠재적인 발화원을 갖고 해당 구역에 진입해서는 안 된다.

제149조 (연료장치의 불활성화 및 정화에 관한 규정) ① 연료장치의 불활성 및 퍼징의 목적은 연료장치의 배관, 탱크, 장비 자체 내부나 주위 또는 인접한 구역에 가연성 대기가 형성되는 것을 방지하는 것이다.

② 연료장치의 불활성 및 퍼징 절차는 공기가 가스가 있는 배관이나 탱크로 유입되지 않도록 하고, 반대로 가스는 연료장치의 외함(enclosure) 또는 인접한 구역 내의 공기가 있는 곳으로 유입되지 않도록 해야 한다.

제150조 (연료장치 또는 그 인근에서의 화기 작업에 대한 규정) 가연성이 있거나 탄화수소로 오염되었거나 연소생성물로 인해 유독가스를 방출할 수 있는 연료 탱크, 연료 배관 및 단열장치 주위에서의 화기 작업은 화기 작업에 대한 안전이 확보되었음을 입증하고, 화기 작업과 관련된 모든 사항에 대하여 승인을 얻은 후 수행하여야 한다.

제151조 (반복 훈련 및 비상사태 대비 훈련) ① 선내비상훈련은 주기적으로 수행되어야 한다. 관련 훈련은 다음을 포함하며, 이에 국한되지 않는다.

1. 비상훈련교육
 2. 제145조제3항에서 요구하는 연료취급매뉴얼에 기초한 연료공급 절차 검토
 3. 긴급사태에 대한 대응 훈련
 4. 비상사태 대응 시 필요한 장비의 시험
 5. 연료 공급 및 비상사태 대응 시, 지정된 선원이 배정된 임무를 수행할 수 있도록 훈련되어있는지 확인
- ② 가스 관련 훈련은「국제해상인명안전협약」에서 요구하는 정기 훈련에 추가될 수 있다. 위험 및 사고 통제를 위한 대응하고, 안전장치를 점검 및 시험하여야 한다.

제152조 (선원의 자격) 선사는 가스연료를 사용하는 선박에 탑승하는 선원들이 적합한 능력을 갖추기 위한 훈련을 완료했는지 확인하여야 하고, 「선원의 훈련·자격증명 및 당직근무의 기준에 관한 국제협약(STCW)」에 명시된 규정에 적합한지 확인해야 한다.

제153조 (재검토기한) 해양수산부장관은「훈련·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 이 고시에 대하여 2021년 1월 1일 기준으로 매3년이 되는 시점(매 3년째의 12월 31일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

부칙 <제2020-94호,2020.7.8.>

이 고시는 발령한 날부터 시행한다.