

저인화점연료선박규칙 적용지침 개정사항 (선체)



선 체 규 칙 개 발 팀

- 주요 개정 내용 -

(1) 2019.07.01일자 시행사항 (건조계약일 기준)

- ◎ IGF Code의 부록(신개념 연료격납설비의 설계에 한계상태방법의 사용에 대한 기준) 지침의 부록화
- ◎ MSC.1/Circ.1591(Unified Interpretation of the IGF Code) 요건 반영.
- ◎ 규칙 제/개정 요청서(MET4200-438-2018, 연료격납설비 단열재료의 형식승인 근거) 요구 반영.
- ◎ 선급 및 강선규칙 적용지침 7편 5장 중 일부 요건 반영.
- ◎ 번역 오류 정정 및 용어 통일, 내용 명확화.

현 행	개 정
<p style="text-align: center;">제 5 장 선박설계 및 배치</p> <p style="text-align: center;">제 4 절 기관구역의 배치</p> <p>401. 기관구역의 안전개념</p> <p>1. <u>규칙 401.에서</u> 과급기 전단에서 공기와 혼합된 연료 가스를 사용하는 예혼합엔진(premixed engine)은 비상차단으로 보호되는 기관구역에 설치되어야 한다.</p> <p style="text-align: center;">제 7 절 <생략></p> <p style="text-align: center;">제 8 절 연료준비실</p> <p>801. 연료준비실</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 연료준비실은 위치에 관계없이 극저온의 가스 누출액을 안전하게 포함하도록 배치하여야 한다. 2. 연료준비실 경계의 재료는 구역의 경계, 즉 격벽 및 갑판에 <u>적절한 방열 장치를 설치하지 않는 한 가능한 최대</u>로 누출되는 시나리오에 적용할 수 있는 최저 온도에 맞추어 설계하여야 한다. 3. 연료준비실은 극저온의 액체가 누출되더라도 주위의 선체 구조가 견딜 수 없는 저온에는 노출되지 않도록 배치하여야 한다. 4. 연료준비실은 <u>누출 중 최대</u> 압력 상승에 견딜 수 있도록 설계되어야 한다. 대안으로 안전한 위치로 <u>압력도출 벤트장치</u>를 설치할 수 있다.Ⓜ 	<p style="text-align: center;">제 5 장 선박설계 및 배치</p> <p style="text-align: center;">제 4 절 기관구역의 개념</p> <p>401. 기관구역의 개념</p> <p>1. <u>규칙 401.의 적용상</u> 과급기 전단에서 공기와 혼합된 연료 가스를 사용하는 예혼합엔진(premixed engine)은 비상차단으로 보호되는 기관구역에 설치되어야 한다.</p> <p style="text-align: center;">제 7 절 <현행과 동일></p> <p style="text-align: center;">제 8 절 연료준비실</p> <p>801. 연료준비실</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 연료준비실은 위치에 관계없이 극저온의 가스 누출액을 안전하게 <u>수용</u>하도록 배치하여야 한다. 2. 연료준비실 경계의 재료는 구역의 경계, 즉 격벽 및 갑판에 <u>적절한 열 보호</u>를 하지 않는 한 가능한 <u>최대 누출</u> 시나리오에 적용할 수 있는 최저 온도에 맞추어 설계하여야 한다. 3. 연료준비실은 극저온의 액체가 누출되더라도 주위의 선체 구조가 견딜 수 없는 저온에 노출되지 않도록 배치하여야 한다. 4. 연료준비실은 <u>누출로 인한</u> 최대 압력 상승에 견딜 수 있도록 설계되어야 한다. 대안으로 안전한 위치로 <u>압력도출장치</u>를 설치할 수 있다.Ⓜ

현 행	개 정
<p style="text-align: center;">제 6 장 연료격납설비</p> <p style="text-align: center;">제 3 절 <생략></p> <p style="text-align: center;">제 4 절 액화가스연료격납</p> <p><새롭게 추가></p>	<p style="text-align: center;">제 6 장 연료격납설비</p> <p style="text-align: center;">제 3 절 <현행과 동일></p> <p style="text-align: center;">제 4 절 액화가스연료격납</p> <p>404. 2차 방벽의 설계</p> <p>1. <u>규칙 404.의 경우 비금속 재료의 2차 방벽은 다음에 정하는 바에 따른다.</u></p> <p>(1) 연료와의 적합성이 확인되어 있고 대기압에 있어서 연료온도에 따른 필요한 기계적 성질을 가지는 것으로 하여야 한다.</p> <p>(2) 우리 선급이 필요하다고 인정한 경우, 이 2차 방벽이 유효한 성능을 가짐을 확인하기 위하여 모형시험을 요구할 수 있다.</p> <p>(3) 이음부에 대해서는 시공법시험 및 시공확인시험을 하여야 한다. 이 시험의 방안은 미리 우리 선급의 승인을 받아야 한다.</p> <p>2. <u>규칙 404.의 1항의 경우 완전 2차 방벽에는 우리 선급이 특히 필요하다고 인정하는 경우를 제외하고 누설된 액체연료를 15일간 격납할 수 있음을 확인하기 위한 특별한 해석은 하지 않을 수 있다.</u></p> <p>3. <u>규칙 404.의 4항의 적용상 2차 방벽의 검사가 육안검사에 의하지 않을 경우의 검사방법은 다음의 요건에 따른다.</u></p> <p>(1) 2차 방벽의 검사방법 및 판정기준과 2차 방벽으로서의 성능에 대한 모형시험 등으로 유효성을 확인한다.</p> <p>(2) 2차 방벽은 필요한 기능을 모형시험에서 확인한다. 이 모형시험은 선박의 일생을 통하여 이 2차 방벽이 필요한 성능을 유지될 수 있음이 확인될 수 있어야 한다.</p> <p>(3) (1)호 및 (2)호에 관하여 유효성 및 신뢰성을 나타낸 충분한 자료가 제출되어 이것이 적절하다고 인정될 경우 이 모형시험을 생략할 수 있다.</p>

현 행	개 정
<p><새롭게 추가></p>	<p>405. 부분 2차 방벽과 1차 방벽의 소규모 누설에 대한 보호장치</p> <p>1. 부분 2차 방벽</p> <p>(1) 누설된 액화가스연료로부터 내저판의 보호는 다음의 요건에 따른다.</p> <p>(가) 드립 트레이(drip tray) 등을 설치하여 2차 방벽으로 하는 경우 예를 들어 그림 6.1와 같이 누설된 액화가스연료가 2차 방벽으로부터 새어나오지 않도록 고려가 되어있는 경우는 보호할 필요는 없으나 이와 같은 고려가 되어있지 않은 경우는 내저판을 단열재 등으로 보호하여야 한다.</p> <div data-bbox="1120 558 1792 877" data-label="Diagram"> </div> <p>그림 6.1 내저판을 보호하기 위한 드립 트레이(drip Tray)</p>
<p><새롭게 추가></p>	<p>(2) 규칙 405.의 1항에서 규정한 스프레이 실드는 그 기능이 시험에 의하여 확인되어야 한다.</p> <p>406. 지지 구조</p> <p>1. 냉각식 연료탱크와 지지대 금속부와의 사이에는 지지대를 통하여 선체구조 부재가 비정상적으로 냉각되는 일이 없도록 규칙 413.의 1항의 요건에 따라 적절한 단열재를 설치하여야 한다.</p>

현 행	개 정
<p>408. 방열재</p> <p>1. 408.의 요건에 따라 진공단열탱크의 방열은 우리 선급에 의해 적절하다고 인정된다.</p> <p><새롭게 추가></p>	<p>408. 단열</p> <p>1. 규칙 408.의 요건에 따라 진공단열탱크의 단열은 우리 선급에 의해 적절하다고 인정된다.</p> <p>409. 설계하중</p> <p>1. 열로 인한 하중</p> <p>(1) 규칙 409.의 3항 (3)호 (다) (a)의 경우 탱크구조에 과도한 열응력이 발생하지 않도록 쿨링다운을 위한 장치를 설치해야 한다.</p> <p>(2) (1)호에서 규정한 장치는 쿨링다운 실적이 있는 유사한 설계의 연료탱크로서 안전성이 입증되었는지 또는 열응력 해석을 하여 안전성이 확인된 온도강하곡선을 상회하지 않은 속도로 쿨링다운을 하여야 한다.</p> <p>(3) (1)호에 나타낸 장치는 연료적재시 뿐 아니라 부분 충전 항해중의 황천 항해시에도 연료탱크에 남아있는 액체연료의 비산에 의한 과도한 열응력이 생길 가능성이 있을 경우에는 쿨링다운을 하여야 한다.</p> <p>(4) 규칙 409.의 3항 (3)호 (다) (b)의 경우 쿨링다운시 및 연료의 부분적재시의 상하 방향의 온도분포 및 필요한 경우 연료만재 상태에 있어서 연료탱크판의 판두께 방향의 온도분포를 고려하여 열응력 해석을 하여 강도를 확인하여야 한다.</p> <p>(5) (4)호에서 정하는 연료탱크에 대하여 우리 선급은 지지구조의 방식이 특수한 경우에는 지지구조에 의한 연료탱크 구속조건을 고려한 연료탱크의 열응력 해석을 요구할 수 있다. 또한, 열팽창 계수가 다른 재료를 사용하는 경우에도 그 영향을 고려한 열응력 해석을 요구할 수 있다.</p> <p>(6) (4)호 및 (5)호에서 지지구조의 방식이 특수한 경우 우리 선급은 지지구조 자체의 열응력 해석을 요구할 수 있다.</p>

현 행	개 정
<p><새롭게 추가></p>	<p>2. 진동</p> <p>(1) <u>규칙 409.의 3항 (3)호 (라)의 적용상 연료탱크판 및 보강재는 주기관 및 프로펠러와 같은 기진원과 공진하여 악영향이 발생되지 않은 치수의 것이어야 한다. 연료탱크판 및 보강재의 고유진동수는 액체연료에 접해진 상태에 있어서 최저치로 하여야 한다.</u></p> <p>3. 정적 횡경사 하중</p> <p>(1) <u>규칙 409.의 3항 (3)호 (아)의 경우 선체의 손상 또는 침수에 의한 부가하중을 고려하지 않아도 좋다.</u></p> <p>4. 선박운동으로 인한 하중</p> <p>(1) <u>규칙 409.의 4항 (1)호 (가)의 “제한된 구역을 항해하는 선박”이란 선급부호에 “연해구역” 또는 “평수구역”으로 등록된 선박을 말한다. 이 경우 항해구역에 있어서 우리 선급이 적절하다고 인정하는 해상자료에 근거한 선체운동 계산의 결과에 의해서 동적하중을 결정할 수 있다.</u></p> <p>5. 슬로싱 하중</p> <p>(1) <u>규칙 409.의 4항 (1)호 (다)의 경우 슬로싱 하중은 연료탱크의 방식에 따른 모형 실험에 의한 검토를 한 것으로 한다. 선체동요주기와 액체의 고유주기의 동조를 피하기 위해서 이들에 관한 자료를 본선에 비치하여야 한다.</u></p> <p>(2) <u>(1)호에 관계없이 L_f가 90 m 미만의 선박으로서 독립형탱크 형식 C에 있어서는 특별히 슬로싱 하중에 의한 연료탱크의 구조강도에 대하여 고려하여야 할 필요는 없으나, 탱크내의 연료관장치, 연료펌프 등의 설치에 관해서는 슬로싱에 의한 충격압을 충분히 주의하여야 한다.</u></p>
<p><새롭게 추가></p>	<p>412. 설계조건</p> <p>1. 극한설계조건</p> <p>(1) <u>규칙 412.의 1항 (1)호 (다)의 적용상 9% 니켈강과 같이 용접부의 강도가 모재의 강도보다 낮을 경우 R_e 및 R_m 값은 용접금속의 기계적 성질의 규격치로 하여야 한다. 알루미늄합금 5083-O재 및 5083/5183의 용접접속 등에 9% Ni강은 용접법 등을 감안하여 사용상태의 저온에 있어서 항복응력 및 인장응력의 증가를 고려하여 R_e 및 R_m 값을 수정할 수 있다.</u></p>

현 행

개 정

<새롭게 추가>

2. 피로설계조건

(1) 규칙 412.의 2항의 경우 피로하중에 의한 응력은 원칙적으로 각종의 변동응력 중 지배적인 것에 대하여 그림 6.2의 누적빈도 곡선으로부터 구하여야 한다.

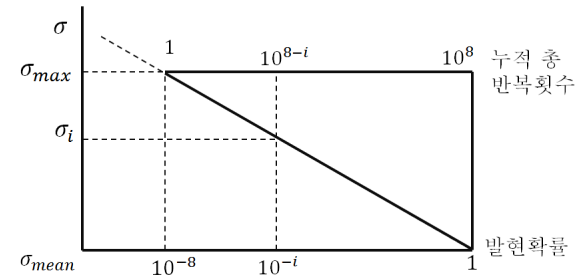


그림 6.2 누적빈도 곡선

(2) (1)호에서 나타낸 동적빈도 분포를 사용하여 규칙 415.의 2항 (4)호의 요건에 정한 피로강도해석을 행할 때 사용하는 대표응력(σ_i)의 수는 8점으로 하여 σ_i 및 그 반복횟수 n_i 는 일반적으로 다음 산식에 따를 수 있다.

$$\sigma_i = \frac{17-2 \cdot i}{16} \sigma_{max} \quad (\text{다만, } i = 1, 2, 3, \dots, 8)$$

$$n_i = 0.9 \times 10^i$$

σ_{max} : 하중최대 기대값에 의해서 발생하는 응력.

(3) 규칙 412.의 2항 (6)호의 경우 피로균열 전파속도의 산정에 사용하는 피로하중은 원칙적으로 규정하는 항해구역의 가장 가혹한 기간에 일어날 수 있는 하중의 최대 기대값을 사용하여야 한다. 규칙 그림 6.3의 하중 빈도분포를 사용하여 해석을 할 경우 대표응력(σ_i)의 수는 5점으로 하여 σ_i 및 그의 반복수 n_i 는 다음 식에 따를 수 있다.

$$\sigma_i = \frac{5.5-i}{5.3} \sigma_{max} \quad (\text{다만, } i = 1, 2, 3, \dots, 5)$$

$$n_i = 1.8 \times 10^i$$

σ_{max} : 하중최대 기대값에서 발생하는 응력.

현 행	개 정
<p>〈새롭게 추가〉</p> <p>413. 재료-및-제작 〈새롭게 추가〉</p>	<p>(4) <u>규칙 412.의 2항 (7)호에서 “특정항로에 종사하는 선박” 이란 409.의 4항 (1)의 “제한된 구역을 항해하는 선박”을 말한다.</u></p> <p>413. 재료</p> <p>1. 선체온도분포의 계산</p> <p><u>규칙 413.의 1항 (1)호의 경우 선체구조의 온도를 산출하는 경우의 계산조건은 다음에 정하는 바에 따른다.</u></p> <p>(1) 계산의 대상으로 하는 선박의 상태는 계획만재 흡수상태로 하여야 한다.</p> <p>(2) 계산의 대상으로 하는 연료탱크의 손상은 다음에 따른다. 다만, 독립형탱크 형식C에 관한 연료탱크의 손상은 고려하지 않아도 좋다.</p> <p>(가) 연료탱크는 선체의 횡방향 수밀격벽 간에 있는 모든 연료탱크가 손상한 것으로 한다. 다만, 선체의 횡단면이 선체의 중통격벽에 의해 2개 이상의 구획으로 분할된 경우 각각의 구획내의 모든 연료탱크가 손상한 것으로 가정한다.</p> <p>(나) 연료탱크의 손상개소는 예상되는 모든 부분을 포함한다.</p> <p>(다) 연료탱크의 손상 시, 액체연료만 누설하는 것으로 보고 연료탱크 지지구조 및 설치물 등이 변형 또는 파괴되지 않은 것으로 가정한다.</p> <p>(라) 완전 2차 방벽이 요구될 경우는 액체연료의 누설은 순간적으로 일어나고 손상 연료탱크내의 잔류연료 액위와 연료저장창 구역내 누설연료 액위는 바로 동일 액면에 달하는 것으로 가정한다.</p> <p>(3) 계산모델의 경계조건은 다음에 따른다.</p> <p>(가) 연료저장창 구역에 인접하는 구획의 온도는 열전달계산에 의하여 결정된 것으로 한다. 연료저장창 구역에 인접하는 구획에 바로 인접하는 구획의 온도는 0°C의 정지기체로 생각할 수 있으며, 또한 기관실의 경우 5°C의 정지기체로 할 수 있다.</p> <p>(나) 햇빛의 복사는 없는 것으로 한다.</p> <p>(다) 단열재, 지지구조 등의 연료저장창 구역내의 구조물은 액체연료를 흡수하지 않는 것으로 가정한다.</p> <p>(라) 동 구획내의 기체 및 액체는 같은 온도로 가정한다.</p> <p>(마) 연료탱크의 손상 시, 연료탱크와 연료저장창 구역의 각 액면에서의 압력은 대기압과 동등하다고 가정한다.</p> <p>(바) 단열재 내부의 기체이동은 없는 것으로 가정한다.</p> <p>(사) 습기의 영향은 없는 것으로 가정한다.</p>

현 행

개 정

<새롭게 추가>

(아) 연료탱크 손상 시에도 선체는 정상상태의 자세를 유지하는 것으로 가정할 수 있다.

(자) 도장의 영향은 없는 것으로 가정한다.

(4) 열전달계산의 계산조건은 다음에 따른다.

(가) 온도분포 및 열전달은 정상상태의 현상으로 취급하고 과도상태는 고려하지 않아도 좋다.

(나) 해수는 밀도 1.025 kg/m^3 및 응고점 -2.5°C 로 하는 이외에는 청수와 같은 성질로 가정한다.

(다) 액체연료는 균일온도로 가정한다.

(라) 각종 경계벽의 열전달율은 표 6.1에 나타난 값을 사용하여 계산할 수 있으나 보통 공표된 전열공학 자료의 실험식을 기본으로 하여 계산할 수 있으며 이 경우 복사에 의한 열전달도 고려하여야 한다.

표 6.1 각종 경계벽의 열전달율

경계벽	열전달율 ($\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$)
정지기체 ← → 선체 또는 액체	5.8
정지해수 ← → 선체	116.3
연료 증기 ← → 공기에 접한 선체	11.6

(마) 온도분포 검토대상의 재료는 일반적으로 방향성이 없는 균질인 것으로 가정한다.

(바) 휨 보강재는 핀(fin)으로 취급할 수 있다.

(사) 액체연료의 증발잠열에 의한 냉각은 고려하지 않아도 좋다.

(아) 각 단열재 온도는 판두께 중앙의 온도로서 표시하고 각각의 부재에 대해서는 다음에 따른다.

(a) 판에 부착된 2차 휨 보강재의 온도는 판의 온도와 같지만 2차 휨 보강재의 길이방향의 온도분포가 구분되어 있는 경우는 그 온도분포 면적 평균으로 할 수 있다.

(b) 판 또는 2차 휨 보강재를 지지하는 1차 휨 보강재의 온도는 웨브에 대해서는 길이의 중앙에서의 온도 또한 부재에 대해서는 면적의 온도로 한다.

(c) 내각과 외각을 접속하는 부재 예를 들면 브래킷과 거더 등의 온도는 내각온도와 외각온도의 평균으로 한다.

(d) 브래킷에 대해서는 브래킷의 면적중심에 대한 온도로 한다.

현 행	개 정
<p><새롭게 추가></p> <p><새롭게 추가></p> <p><새롭게 추가></p> <p><새롭게 추가></p> <p>2. <u>규칙 413.의 3항 (2)호에서 정하는 특성에 대한 시험방법은 지침 표 6.2에 따른다.</u></p> <p>3. <u>2항에 정하는 것 이외에 방열 방식에 대해서 우리 선급은 추가의 특성확인시험을 요구할 수 있다.</u></p>	<p>2. 선체구조용 재료</p> <p>(1) 재료의 설계 온도가 <u>규칙 413.의 2항 (2)호의 요건에 따라 규칙 표 7.3과 표 7.4의 재료에 대해 지정된 것보다 높은 온도 범위에 해당하는 경우 재료에 따른 충격 시험 온도 대신 설계온도에 상응하는 규칙 표 7.1에서 표 7.4에 주어진 충격 시험 온도를 사용할 수 있다.</u> 예를 들어, 설계온도가 -45°C에서 사용되는 2.25 % Ni 강관의 경우에는 그 충격시험 온도는 -50°C로, 설계온도가 -61°C로 사용되는 3.5 % Ni 강관의 경우에는 그 충격시험 온도는 -70°C로 할 수 있다.</p> <p>3. 단열재</p> <p>(1) <u>규칙 413.의 3항 (1)호에서 규정하는 독립형탱크의 단열재는 단열구조가 실제 생긴 강제변형 및 열신축을 받은 상태에 대해서도 단열성능을 저하시키는 유해한 결함이 발생하지 않도록 한다.</u></p> <p>(2) (1)호에 정한 성능은 필요에 따라 6항에 규정한 단열재시공법 시험에서 확인하여야 한다.</p> <p>4. 단열재의 보호</p> <p><u>규칙 413.의 3항 (4)호에서 규정하는 단열재는 다음 각호에 따라서 보호된 것으로 한다.</u></p> <p>(1) <u>연료저장창 구역 및 탱크덮개 내에 설치하는 단열재에 대하여는 특별히 필요하다고 인정하는 경우를 제외하고 화재에 대한 보호 및 기계적 손상에 대하여 보호하지 않아도 좋다.</u> 다만, 코팅 또는 알루미늄 호일 등에 의하여 표면처리된 것으로 하여야 한다.</p> <p>(2) <u>노출부에 설치된 단열재는 아연칠관 등으로 보호하거나 선급 및 강성규칙 8편 3장 201.의 요건에 정한 불연성의 단열재에 방습코팅을 한 것이어야 한다.</u> 우리 선급이 필요하다고 인정한 경우 기계적 손상에 대하여 보호하고 적절한 강제피복을 시공할 것을 요구할 수 있다.</p> <p>(3) <u>단열재 표면에 도포하는 도료는 선급 및 강성규칙 8편 4장 1절의 요건 혹은 이것과 동등 이상의 것으로 하여야 한다.</u></p> <p>5. 단열재의 특성</p> <p>(1) <u>규칙 413.의 3항 (2)호에서 규정하는 단열재의 특성은 일반적으로 표 6.2에 의하여 확인한다.</u></p> <p>(2) (1)호에 정하는 것 이외에 단열방식에 대해서 우리 선급은 추가의 특성확인시험을 요구할 수 있다.</p>

현 행	개 정
<p>4. 2항에서 정한 방열재 특성의 확인시험에서 별도로 정하는 승인 요령에 따라 승인된 방열재에 대하여는 이미 우리 선급에 의해 성능이 확인되어 그 성능이 목적을 위하여 충분하다고 인식된 경우에는 해당 항목의 시험을 생략할 수 있다.</p> <p>5. 2항에서 4항에 해당하지 않는 방열재에 대하여는 다음에 따른다.</p> <p>(1) 독립형탱크의 지지재에 사용되는 방열재에 대하여는 지침 표 6.1의 멤브레인, 세퍼멤브레인탱크의 란을 적용하여야 한다.</p> <p>(2) 규칙 408.의 규정에 따라 방열재의 설치가 요구되지 않는 가스탱크에 설치하는 방열재에 대하여는 방열방식에 따라서 규칙 413.의 3항 (2)호에서 규정하는 특성 중 필요한 특성에 대한 자료를 우리 선급에 제출하여야 한다.</p> <p><새롭게 추가></p> <p>1. 규칙 413.의 3항 (2)호에서 시험은 다음과 같이 실시하여야 한다.</p> <p>(1) 방열시공법 시험 실적이 없는 방열방식 및 시공방법에 대해서 우리 선급의 승인을 얻은 방안에 따라 시공법 확인을 위한 시험을 한다. 이 시험은 필요에 따라서 방열재 제조소 또는 조선소에서 하여야 한다.</p> <p>(2) 방열시공확인 시험 우리 선급의 승인을 득한 방안에 따라 방열시공 중의 작업관리, 작업환경관리 및 품질관리 상황을 확인하기 위한 시험을 하여야 한다.</p>	<p>(3) (1)호에 정한 단열재의 특성확인시험에서 별도로 정하는 승인요령에 따라 승인된 단열재에 대하여는 이미 우리 선급에 의해 성능이 확인되어 그 성능이 목적을 위하여 충분하다고 인식된 경우에는 해당 항목의 시험을 생략할 수 있다.</p> <p>(4) (1)호에서 (3)호에 해당되지 않는 단열재에 대하여는 다음에 따른다.</p> <p>(가) 독립형탱크의 지지재에 사용되는 단열재에 대하여는 표 6.2의 멤브레인의 란을 적용하여야 한다.</p> <p>(나) 규칙 408.의 요건에 따라 단열재의 설치가 요구되지 않는 연료탱크에 설치하는 단열재에 대하여는 단열방식에 따라서 규칙 413.의 3항 (2)호에서 규정하는 특성 중 필요한 특성에 대한 자료를 우리 선급에 제출하여야 한다.</p> <p>(5) 규칙 413.의 3항 (2)호에서 정하는 특성에 대한 시험방법은 표 6.3 또는 우리 선급이 적절하다고 인정하는 시험방법을 따른다.</p> <p>6. 단열재의 품질관리 규칙 413.의 3항 (2)호의 적용상 단열재의 제조, 저장, 취급, 조립, 품질관리 및 햇빛에 노출됨에 따른 영향에 대한 관리방법은 다음 각 호에 정하는 것을 따른다.</p> <p>(1) 단열재는 별도로 정한 승인요령에 따라서 승인을 받아야 한다. 이때 제조소에서 제조, 저장, 취급, 품질관리에 대해서 정해진 방법에 따라 시험 및 검사를 하여야 한다.</p> <p>(2) 단열시공에 관한 검사는 다음에 정하는 시험 및 검사를 하여야 한다.</p> <p>(가) 단열시공법 시험 실적이 없는 단열방식 및 시공방법에 대해서는 본 선급의 승인을 얻은 방안에 따라 시공법 확인을 위한 시험을 하여야 한다. 이 시험은 필요에 따라서 단열재 제조소 또는 조선소에서 하여야 한다.</p> <p>(나) 단열시공확인 시험 우리 선급의 승인을 득한 방안에 따라 단열시공 중의 작업관리, 작업환경관리 및 품질관리 상황을 확인하기 위한 시험을 하여야 한다.</p>

표 6.1 연료탱크 형식에 따른 방열재료의 특성(현행)

No.	확인항목	일체형탱크	멤브레인, 세미멤브레인탱크 ³⁾	독립형 탱크 형식 A/B	독립형 탱크형식 C	비고	
1	가스와 의 적합		○ ¹⁾	○ ¹⁾			
2	가스에 의한 용해		○ ¹⁾	○ ¹⁾			
3	연료의 흡수성	☐	○ ¹⁾	○ ¹⁾			
4	수축성		○ ¹⁾	○ ¹⁾	⊖		
5	시효성	☐	○	○ ¹⁾	□		
6	독립기포율	△	△	△	△	독립기포재료만 대상	
7	밀도	⊖	○	○	○		
8	기계적성질	굽힘강도	⊖	○	○	○	
		압축강도		○			
		인장강도	⊖	○	○	○	
		전단강도	⊖	○	⊖ ²⁾	⊖ ²⁾	
9	열팽창성	☐	○				
10	마모성		○	△ ¹⁾			
11	결합성	☐	△		□	접착 사용된 재료를 대상	
12	열전도율	⊖	○	○	○		
13	내진성	△	△	△ ¹⁾		규칙 413.의 3항 (7)호도 고려할 것	
14	화재 및 화염에 대한 저항성	⊖	○	○	○		
<p>(비고)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 표는 확인시험을 하여 특성을 확인할 필요가 있는 항목. △ 표는 재료의 종류에 따라서 확인시험을 할 필요가 있는 항목. □ 표는 특성에 관한 자료를 준비하여 두는 것이 바람직한 항목. <p>(주)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 방열재가 규칙 405.의 1항에서 규정하는 스프레이 실드로 된 경우는 필요로 한다. 기타 경우에는 이 특성에 관한 자료를 준비하여 둔다. 2) 가스탱크의 설계온도가 -10°C보다 높은 경우는 일반적으로 필요하지 않다. 3) 피로강도 특성에 대해서도 확인할 필요가 있다. 							

표 6.2 연료탱크 형식과 단일재료의 특성(개정)

No.	확인 항목	멤브레인	독립형탱크 형식 A/B	독립형탱크 형식 C	비고	
1	연료와의 적합	○ ¹⁾	○ ¹⁾			
2	연료에 의한 용해	○ ¹⁾	○ ¹⁾			
3	연료의 흡수성	○ ¹⁾	○ ¹⁾			
4	수축성	○ ¹⁾	○ ¹⁾			
5	시효성	○	○ ¹⁾	□		
6	독립기포율	△	△	△	독립기포재료만 대상	
7	밀도	○	○	○		
8	기계적성질	굽힘강도	○	○	○	
		압축강도	○			
		인장강도	○	○	○	
		전단강도	○			
		열팽창성	○	○ ²⁾	○ ²⁾	
9	마모성	○				
10	결합성	△	△ ¹⁾	□	접착 사용된 재료를 대상	
11	열전도율	○	○	○		
12	진동 저항성	△	△ ¹⁾		규칙 413.의 3항 (7)호도 고려할 것	
13	화재 및 화염 전파에 대한 저항성	○	○	○		
14	피로파괴 및 균열진전에 대한 저항성	△				
<p>(비고)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 표는 확인시험을 하여 특성을 확인할 필요가 있는 항목. △ 표는 재료의 종류에 따라서 확인시험을 할 필요가 있는 항목. □ 표는 특성에 관한 자료를 준비하여 두는 것이 바람직한 항목. <p>(주)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 단일재가 규칙 405.의 1항에서 규정하는 스프레이 실드로 된 경우는 필요로 한다. 기타 경우에는 이 특성에 관한 자료를 준비하여 둔다. 2) 연료탱크의 설계온도가 -10°C보다 높은 경우는 일반적으로 필요하지 않다. 						

표 6.3 단열재료 시험방법(신설)

시험항목	시험방법
1. 연료와의 적합성	연료에 침적후, 인장, 압축, 전단 및 굽힘시험 (DIN 53428)
2. 연료에 의한 용해성	연료에 침적전후, 시험편 치수 및 중량의 변화 (DIN 53428)
3. 연료의 흡수성	연료에 침적전후, 시험편의 중량비교 또는 흡수성 시험 (DIN 53428)
4. 수축성	ISO 2796, ASTM D 2126
5. 시효성	-
6. 독립기포율	ISO 4590, ASTM D6226
7. 밀도	ISO 845, ASTM D 1622
8. 기계적 성질	굽힘강도 (ISO 1209, ASTM C 203, D 790), 압축강도 (ASTM D695, D 1621), 인장강도 (ISO 1926, EN 1607, ASTM D638, D 1623), 전단강도 (ISO 1922, ASTM C 273) 열팽창성 (ASTM D 696, E 831)
9. 마모성	-
10. 결합성	ASTM D 1623
11. 열전도율	ISO 8302, KS L 9016, ASTM C 177, C 518
12. 진동 저항성	ISO 10055
13. 화재 및 화염전파에 대한 저항	DIN 4102
14. 피로파괴 및 균열전파에 대한 저항성	-

현 행	개 정
<p>(3) 완성검사 <u>방열</u>시공 후 치수, 모양, 외관 등에 대해서 미리 우리 선급의 승인을 받은 시공요령에 따라 검사를 하고, 16장 501.의 6항에서 정하는 시험에 대하여도, <u>방열</u> 성능을 확인하여야 한다.</p> <p><새롭게 추가></p>	<p>(다) 완성검사 <u>단열</u>시공 후 치수 모양, 외관 등에 대해서 미리 우리 선급의 승인을 받은 시공요령에 따라 검사를 하고, 규칙 16장 501.의 6항에서 정하는 시험에 대하여도 <u>단열</u> 성능을 확인하여야 한다.</p> <p>414. 제작</p> <p>1. 용접 이음부의 설계</p> <p>(1) 규칙 414.의 1항 (1)호에서 “<u>돔에 설치되는 작은 관통부</u>”라 함은 최대허용 설정압력이 0.07 MPa 이하의 연료탱크의 경우에 있어서 돔에 비하여 매우 작은 통상의 연료관 또는 이와 동등한 크기인 기타 관통부를 말한다.</p> <p>(2) (1)호에 정하는 관통부의 용접에 대하여는 완전용입형 용접으로 하지 않아도 좋으나 적절한 V형 홈을 가져야 한다. 이 경우 바깥지름이 100 mm 이상의 관통부에 대하여서 전 용접선에 대하여 바깥지름이 100 mm 미만의 관통부에 대하여는 적절히 선정하여 비파괴검사를 하여야 한다.</p> <p>(3) 규칙 414.의 1항 (2)호 (가)에서 “<u>대단히 작은 프로세스 압력용기</u>”라 함은 압력용기가 뒷덮판을 제거하기 어려운 정도로 작은 압력용기를 말한다.</p>

현 행	개 정									
<p><새롭게 추가></p>	<p>415. 탱크 형식</p> <p>1. 독립형탱크 형식 A</p> <p>(1) 설계기준</p> <p><u>규칙 415.의 1항 (1)호 (가)에서 “인정하는 기준”이라 함은 원칙적으로 선급 및 강선규칙 3편 15장의 요건을 말한다.</u></p> <p>(2) 구조해석</p> <p>(가) <u>규칙 415.의 1항 (2)호 (가)의 적용상 부식 예비두께는 규칙 401.의 7항의 요건에 따라 경감 또는 무시할 수 있다. 내압에 의한 막응력 또는 축응력을 무시할 수 없는 구조에 대하여서는 선급 및 강선규칙 3편 15장에서 정하는 식을 적절히 수정하여 적용하여야 한다.</u></p> <p>(나) (가)호에 따라서 <u>규칙 401.의 7항에 의한 부식예비두께를 고려하지 않는 경우 보강재의 단면계수는 선급 및 강선규칙 3편 15장 2절의 요건을 준용하여 산출된 값을 1.2로 나눈 값 이상이어야 한다.</u></p> <p>(다) <u>규칙 415.의 1항 (2)호 (나)의 적용상 하중 및 선체변형에 대하여는 다음을 고려하여야 한다.</u></p> <p>(a) <u>파랑에 의한 종방향 굽힘모멘트 및 정수중 종방향 굽힘모멘트에서 발생하는 선체변형</u></p> <p>(b) <u>지지구조의 방식으로 인해 필요한 경우 파랑에 의한 수평 굽힘모멘트 및 비틀림 모멘트에 의해서 발생하는 선체변형</u></p> <p>(c) <u>규칙 409.의 3항 (3)호 (가)의 요건에서 정한 내압</u></p> <p>(3) 허용응력</p> <p>(가) <u>규칙 415.의 1항 (3)호 (가)에서 “종래 사용되고 있는 방법” 이란 보이론을 말하며 대상으로 하는 응력의 종류는 굽힘응력과 축응력을 합한 것으로 한다.</u></p> <p>(나) <u>규칙 415.의 1항 (3)호 (가)에서 적용상 1차 부재에 대한 상세한 응력계산을 할 경우의 등가응력 σ_c에 대한 허용응력은 표 6.4에 따른다.</u></p> <p>표 6.4 등가 1차 응력에 대한 허용응력</p> <table border="1" data-bbox="1012 1244 1886 1396"> <thead> <tr> <th>페라이트강</th> <th>오스테나이트강</th> <th>알루미늄합금</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$0.79 R_e$</td> <td>$0.84 R_e$</td> <td>$0.79 R_e$</td> </tr> <tr> <td>$0.53 R_m$</td> <td>$0.42 R_m$</td> <td>$0.42 R_m$</td> </tr> </tbody> </table> <p>(비 고)</p> <p><u>각각의 재료에 대하여 상기 값중 작은 쪽으로 한다. R_e 및 R_m는 규칙 412.의 1항 (1)호 (다)에서 정하는 바에 따른다.</u></p>	페라이트강	오스테나이트강	알루미늄합금	$0.79 R_e$	$0.84 R_e$	$0.79 R_e$	$0.53 R_m$	$0.42 R_m$	$0.42 R_m$
페라이트강	오스테나이트강	알루미늄합금								
$0.79 R_e$	$0.84 R_e$	$0.79 R_e$								
$0.53 R_m$	$0.42 R_m$	$0.42 R_m$								

현 행	개 정
<p>〈새롭게 추가〉</p>	<p>2. 독립형탱크 형식 B</p> <p><u>(1) 구조해석</u></p> <p>규칙 415.의 2항 (2)호의 적용은 다음 각 호에 따른다.</p> <p>(가) 연료탱크를 구성하는 주요구조는 입체골조 구조해석 또는 유한요소법 등에 의한 해석을 하여야 한다. 이 경우 해석 대상범위는 선체의 국부구조 및 지지 구조를 포함하여 선체의 수직, 수평굽힘 및 비틀림모멘트에 의한 선체변형 및 국부적인 선체변형을 고려하여야 한다.</p> <p>(나) 연료탱크를 구성하는 주요 구조부재는 유한요소법에 의해 그 상세부까지 응력계산을 하여야 한다. 다만, 이와 동등한 결과를 얻을 수 있다고 인정되는 경우는 입체골조 구조해석에 따를 수 있다.</p> <p>(다) (가) 및 (나)에 있어서 규칙 415.의 2항 (2)호 (나)에서 정하는 선체와 연료탱크 간 상호작용력의 계산에 필요한 각종 동적하중은 원칙적으로 규칙 409.의 4항 (1)호 (가) 및 규칙 415.의 2항 (2)호 (다)에 따라 장기예측을 하여 우리 선급이 적절하다고 인정하는 발현확률의 최대 기대값으로 하여야 한다. 이 하중에 의한 동적응력(σ_{dm})은 상호의 위상차를 규칙 411.의 2항 (3)호에 따라 동적응력을 포함한 전응력은 이 동적응력과 정적응력(σ_{st})을 합한 것으로 한다. 다만, 연료탱크내 하중은 규칙 409.의 4항 (1)호 (가) 및 규칙 415.의 2항 (2)호 (다)에서 직접 계산한 가속도의 장기예측값을 사용하여 규칙 409.의 3항 (3)호 (가) (e)에서 정하는 내압으로 고려할 수 있다.</p> <p>(라) 연료탱크판 및 탱크판에 부착된 방요재의 치수는 그 응력분포 및 응력의 형태를 고려하여 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다.</p> <p>(마) 연료탱크내에 격벽을 설치한 경우 격벽판 및 격벽판에 붙은 방요재의 치수는 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다.</p> <p>(바) 연료탱크의 강도부재는 고응력부 또는 응력집중부의 모재 및 용접접속부에 대하여 피로강도해석을 하여야 한다. S-N 곡선은 다음 기재사항을 고려한 실험에 의하여 구하여야 한다.</p> <p>(a) 시험편의 모양 및 치수</p> <p>(b) 응력집중과 노치감도</p> <p>(c) 응력형태</p> <p>(d) 평균응력</p> <p>(e) 용접조건</p> <p>(f) 환경온도</p>

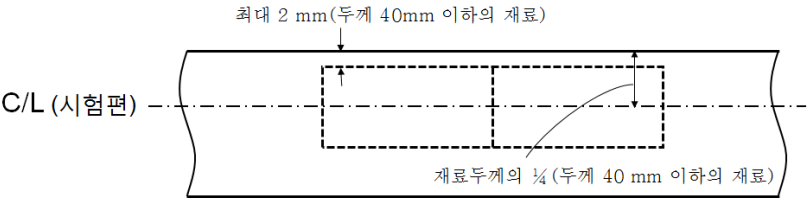
현 행	개 정
<p data-bbox="309 215 492 247"><새롭게 추가></p> <p data-bbox="309 558 492 590"><새롭게 추가></p>	<p data-bbox="1025 215 1921 359">(사) 2차 방벽의 설계기준에 관련하여 규칙 415.의 2항 (2)호 (가)에서 정하는 균열진전해석을 하여 예정된 초기균열이 일정기간에 한계균열 길이에 도달하지 않는 것을 확인하여 이 해석으로부터 얻은 균열길이에 기반하여 연료누설량을 구하여야 한다.</p> <p data-bbox="1025 367 1921 430">(아) 연료탱크판의 압축좌굴, 방요거더의 트리핑좌굴, 전단좌굴, 트리핑브래킷의 굽힘좌굴 등에 대하여 충분한 강도를 가지는 것을 확인하여야 한다.</p> <p data-bbox="1025 438 1921 502">(자) 응력해석의 정도는 규칙 16장 501.의 5항의 요건에 따라 모형탱크시험 또는 실선 압력시험시에 응력계측을 하여 확인하여야 한다.</p> <p data-bbox="981 550 1227 582">3. 독립형탱크 형식 C</p> <p data-bbox="996 590 1142 622">(1) 구조해석</p> <p data-bbox="1025 630 1921 726">(가) 규칙 415.의 3항 (1)호의 적용상 연료탱크 압력에 의한 치수, 모양 및 개구의 보강에 대하여서는 선급 및 강선규칙 5편 5장의 제1종 압력용기의 요건을 적용하여야 한다.</p> <p data-bbox="1025 734 1921 837">(나) 규칙 415.의 3항 (2)호 (다)의 설계외압 P_e 중 P_4는 액화가스연료탱크의 배치에 따라서 선급 및 강선규칙 3편 10장 2절 및 3편 16장 2절, 3편 17장 2절의 요건을 준용하여 산출한 것으로 한다.</p> <p data-bbox="996 845 1142 877">(2) 허용응력</p> <p data-bbox="1025 885 1921 981">규칙 415.의 3항 (3)호 (가)의 적용상 지지구조에서의 원주방향 응력은 발생 가능한 하중조건을 충분히 고려하여 우리 선급이 허용 가능한 질체에 따라 계산되어야 한다.</p> <p data-bbox="1025 997 1339 1029">(가) 보강링에서의 허용응력</p> <p data-bbox="1048 1037 1921 1101">탄소망간강으로 제작된 수평 실린더형 탱크가 새들(saddles)에 의해 지지되는 경우, 보강링에서의 등가응력(σ_e)은 다음의 허용응력(σ_{all}) 보다 작아야 한다.</p> $\sigma_e \leq \sigma_{all}$ <p data-bbox="1120 1149 1523 1181">σ_{all} : $0.57R_m$ 과 $0.85R_e$ 중 작은 값</p> <p data-bbox="1164 1189 1724 1220">R_m, R_e : 규칙 412.의 1항 (1)호 (다)에 따른다.</p> $\sigma_e : \text{등가응력 (N/mm}^2\text{)}$ $\sigma_e = \sqrt{(\sigma_n + \sigma_b)^2 + 3\tau^2}$ <p data-bbox="1164 1356 1836 1388">σ_n : 보강링 원주방향의 법선응력(normal stress)(N/mm²)</p> <p data-bbox="1164 1396 1657 1428">σ_b : 보강링 원주방향의 굽힘응력(N/mm²)</p> <p data-bbox="1164 1436 1579 1468">τ : 보강링에서 전단응력(N/mm²)</p>

현 행	개 정
<p><새롭게 추가></p>	<p>등가응력 σ_e는 <u>규칙 409.의 3항 (3)호 (아) 및 4항 (1)호 (나), 5항에 정하는 하중조건을 충분히 고려하여 우리 선급이 인정하는 절차에 따라 보강링의 모든 범위에 걸쳐 계산되어야 한다.</u></p> <p><u>(나) 보강링에 대하여는 다음의 가정이 적용되어야 한다.</u></p> <p><u>(a) 보강링은 웨브, 면판, 이중판 그리고 조합되는 동판으로 형성되는 원주방향 범으로 고려하여야 한다.</u></p> <p><u>동판의 유효폭은 다음에 따른다.</u></p> <p><u>(i) 원통형 동체</u></p> <p><u>웨브의 각 측면에서 $0.78\sqrt{rt}$ 이하의 유효폭 (mm).</u></p> <p><u>이중판의 경우, 그 거리 내에 포함시킬 수 있다.</u></p> <p><u>여기서,</u></p> <p><u>r : 원통형 동체의 평균 반지름 (mm)</u></p> <p><u>t : 동판 두께 (mm)</u></p> <p><u>(ii) 종격벽(로브 탱크(lobe tank)의 경우)</u></p> <p><u>유효폭은 적절한 기준을 만들어 그에 따르고, 웨브의 각 측면에서 $20t_b$ 값을 기준값으로 할 수 있다.</u></p> <p><u>여기서,</u></p> <p><u>t_b : 격벽 두께 (mm).</u></p> <p><u>(b) 보강링은 탱크의 전단력으로부터 이차원전단류이론에 의해 결정되는 전단응력 때문에 링의 각 측면에서 원주방향 힘을 받는 것으로 되어야 한다.</u></p> <p><u>(다) 지지구조에서의 반력 계산을 위해 다음의 요인들이 고려되어야 한다.</u></p> <p><u>(a) 지지구조 재료의 탄성률(목재 또는 유사 재료의 중간층)</u></p> <p><u>(b) 탱크와 지지구조 사이의 접촉면의 변화와 다음에 의한 적절한 반력의 변화</u></p> <p><u>(i) 탱크의 열수축</u></p> <p><u>(ii) 탱크와 지지구조 재료의 소성변형</u></p> <p><u>지지구조에서 반력의 최종분포는 어떠한 인장력도 보여서는 안 된다.</u></p> <p><u>(라) 보강링의 좌굴강도는 검토되어야 한다.</u></p>

현 행	개 정
<p><새롭게 추가></p>	<p>4. 멤브레인 탱크</p> <p>(1) 설계기준</p> <p><u>규칙 415.의 4항 (1)호 (라)에 의해 설계증기압을 0.025 MPa 보다 높은 압력으로 할 경우 규칙 16장 505.의 1항 (1)호에서 규정하는 모형시험에 있어서도 이 증기압을 고려한 것이어야 한다. 이 경우 인접된 선체구조의 용접 및 구조상세에 대하여는 응력집중에 대한 특별한 고려를 하여야 한다.</u></p> <p>(2) 설계시 고려사항</p> <p>(가) <u>규칙 415.의 4항 (2)호 (가)의 적용상 단열재 및 멤브레인의 피로 및 소성변형의 평가에는 규칙 409.의 모든 정적 및 동적 응력과 열응력을 고려하여야 한다.</u></p> <p>(나) (가)의 평가는 <u>규칙 16장 505.의 1항 (1)호에 명시된 시험의 필수 부분으로서 실제 탱크의 입체 효과 및 제조 정확도와 재료의 분포 효과를 고려하여 탱크의 요소, 2차 방벽, 단열 구조, 탱크 지지구조와 결합된 모형으로 피로 시험을 통해 검증되어야 한다.</u></p> <p>(3) 하중 및 하중조합</p> <p><u>규칙 415.의 4항 (3)호에서 정하는 멤브레인 파괴에 관한 검토는 다음에 따른다.</u></p> <p>(a) <u>방벽간 구역의 과압 및 부압에 대하여서는 멤브레인의 원형 모형 (prototype model)에 대하여 파열시험 등을 하여 멤브레인의 최종강도를 확인하여야 한다.</u></p> <p>(b) <u>슬로싱 하중에 대하여서는 우리 선급이 필요하다고 인정하는 경우 멤브레인의 원형 모형(prototype model)에 대한 충격시험 등을 하여 멤브레인의 내충격 강도를 확인하여야 한다.</u></p> <p>(4) 구조해석</p> <p><u>규칙 415.의 4항 (4)호 (나)의 적용상 멤브레인 탱크에 인접하는 선체구조는 선급 및 강선규칙 3편 15장의 요건에 따르고 기타 우리 선급이 필요한 경우에는 멤브레인 탱크의 구조강도상 선체구조의 응력을 제한함을 고려하여야 한다. 멤브레인, 멤브레인 지지구조 및 단열재의 허용응력은 재료의 기계적 성질, 건조실적, 제품사양 및 품질관리 상황에 따라서 정한다.</u></p>

현 행	개 정
<p style="text-align: center;">제 7 절 압력도출장치</p> <p>702. 액화가스 연료탱크의 압력도출장치</p> <p>1. 규칙 702.의 3항에서 방벽간 구역의 압력도출밸브의 크기는 다음과 같이 결정한다.</p> <p>(1) 탱크가 <u>방열</u>시공된 경우에 독립형 탱크 형식 A를 둘러싸는 방벽간 구역에 대한 압력도출장치의 총 도출 용량은 다음 식에 따라 결정할 수 있다.</p> <p><생략></p> <p>(3) 멤브레인탱크—또는—세미멤브레인탱크의 방벽간 구역의 압력도출장치의 도출용량은 멤브레인탱크 또는 세미멤브레인탱크—설계요건에 따라 평가되어야 한다.</p> <p>(4) 일체형 탱크에 인접한 방벽간 구역의 압력도출장치의 도출용량은 독립형탱크 형식 A의 경우와 같이 결정할 수 있다.</p> <p>703. <생략></p> <p style="text-align: center;"><새롭게 추가></p> <p style="text-align: center;">제 9 절 연료 저장 조건</p> <p>901. 탱크압력 및 온도의 제어</p> <p>1. 규칙 901.의 1항에서 액화가스연료 탱크의 압력과 온도는 최소 15일 동안 규칙 15장 201.의 2항에서 요구하는 안전장치가 작동된 이후를 포함하여 항상 설계 범위 내에서 통제되고 유지되어야 한다. 안전장치가 활성화되는 것만으로는 비상상황으로 간주되지 않는다.</p>	<p style="text-align: center;">제 7 절 <현행과 동일></p> <p>702. 방벽간 구역의 압력도출장치</p> <p>1. 규칙 702.의 3항에서 방벽간 구역의 압력도출밸브의 크기는 다음과 같이 결정한다.</p> <p>(1) 탱크가 <u>단열</u>시공된 경우에 독립형탱크 형식 A를 둘러싸는 방벽간 구역에 대한 압력도출장치의 총 도출 용량은 다음 식에 따라 결정할 수 있다.</p> <p><생략></p> <p>(3) 멤브레인 탱크의 방벽간 구역의 압력도출장치의 도출용량은 멤브레인 탱크 설계요건에 따라 평가되어야 한다.</p> <p>703. <현행과 동일></p> <p style="text-align: center;">제 8 절 액화가스연료탱크의 적재한도</p> <p>801. 적재한도</p> <p>1. <u>규칙 801.의 2항 적용상 기준온도를 사용하여 계산한 것보다 높은 적재한도는 규칙 801.의 1항의 공식을 사용하는 적재한도가 95%보다 낮은 값일 때, 규칙 801.의 1항의 적재한도의 대안으로 간주되고 적용될 수 한다.</u></p> <p style="text-align: center;">제 9 절 연료 저장 조건</p> <p>901. 탱크압력 및 온도의 제어</p> <p>1. 규칙 901.의 1항에서 액화가스연료탱크의 압력과 온도는 최소 15일 동안 규칙 15장 301.의 2항에서 요구하는 안전장치가 작동된 이후를 포함하여 항상 설계 범위 내에서 통제되고 유지되어야 한다. 안전장치가 활성화되는 것만으로는 비상상황으로 간주되지 않는다.</p>

현 행	개 정
<p style="text-align: center;">제 7 장 재료 및 관 설계</p> <p style="text-align: center;">제 3 절 <생략></p> <p style="text-align: center;">제 4 절 재료</p> <p>401. 금속재료</p> <p>1. 규칙 표 7.1의 경우 다음에 따라야 한다. (1) 비고 (1)의 종방향 및 나선형 용접관의 사용은 규칙 2편 1장 4절의 관련 <u>규정</u>에 따른다. (2) ~ (3) <생략></p> <p>2. <생략></p> <p>3. 규칙 표 7.3의 경우 다음에 따른다. (1) <생략> (2) 비고 (5)에서의 화학성분의 규격치는 규칙 2편 1장의 관련 <u>규정</u>을 적용한다. (3) <생략></p> <p>4. 규칙 표 7.4의 경우 다음에 따라야 한다. (1) <생략> (2) 비고 (2)의 단조품 및 주조품의 규격치는 규칙 2편 1장의 각 <u>규정</u>에 따른다. (3) ~ (5) <생략></p> <p>5. 규칙 표 7.5에서 선체구조용 압연강재의 경우에는 규칙 2편 1장 301.에 따른 재료기호별로 적절하게 적용한다.</p>	<p style="text-align: center;">제 7 장 재료 및 관 설계</p> <p style="text-align: center;">제 3 절 <현행과 동일></p> <p style="text-align: center;">제 4 절 재료</p> <p>401. 금속재료</p> <p>1. 규칙 표 7.1의 경우 다음에 따라야 한다. (1) 비고 (1)의 종방향 및 나선형 용접관의 사용은 선급 및 강선규칙 2편 1장 4절의 관련 <u>요건</u>에 따른다. (2) ~ (3) <현행과 동일></p> <p>2. <현행과 동일></p> <p>3. 규칙 표 7.3의 경우 다음에 따른다. (1) <현행과 동일> (2) 비고 (5)에서의 화학성분의 규격치는 선급 및 강선규칙 2편 1장의 관련 <u>요건</u>을 적용한다. (3) <현행과 동일></p> <p>4. 규칙 표 7.4의 경우 다음에 따라야 한다. (1) <현행과 동일> (2) 비고 (2)의 단조품 및 주조품의 규격치는 선급 및 강선규칙 2편 1장의 각 <u>요건</u>에 따른다. (3) ~ (5) <현행과 동일></p> <p>5. 규칙 표 7.5에서 선체구조용 압연강재의 경우에는 선급 및 강선규칙 2편 1장 301.에 따른 재료기호별로 적절하게 적용한다.</p>

현 행	개 정
제 16 장 제조 및 시험 제 1 절 <생략> 제 2 절 일반 시험조건 및 사양서 201. 인장시험 1. 재료의 인장 강도, 항복 응력 및 신장률에 대한 요구 값은 선급 및 강선규칙 2편 의 적용 가능한 재료요건에 따라야 한다. 202. 인성시험 1. <생략> <새롭게 추가>	제 16 장 제조 및 시험 제 1 절 <현행과 동일> 제 2 절 일반 시험조건 및 사양서 201. 인장시험 1. <u>규칙 201.의 1항의 적용상</u> 재료의 인장강도, 항복응력 및 신장률에 대한 요구 값은 선급 및 강선규칙 2편 의 적용 가능한 재료요건에 따라야 한다. 202. 인성시험 1. <현행과 동일> 2. <u>규칙 202.의 2항과 관련하여</u> 재료의 두께가 40 mm 이하인 경우, 샤프피 V노치 충격시험편을 재료의 최종 압연 방향과 가로 혹은 세로 방향으로 길이방향을 가지는 충격시험편의 표면이 재료의 압연된 표면으로부터 2 mm 사이에 위치하도록 절단 가공해야 한다.(<u>그림 16.1 참조</u>) <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">그림 16.1 모재 시험편의 위치</p>
<새롭게 추가>	3. <u>규칙 202.의 3항과 관련하여</u> <u>그림 16.2</u> 을 참조한다.

현 행

개 정

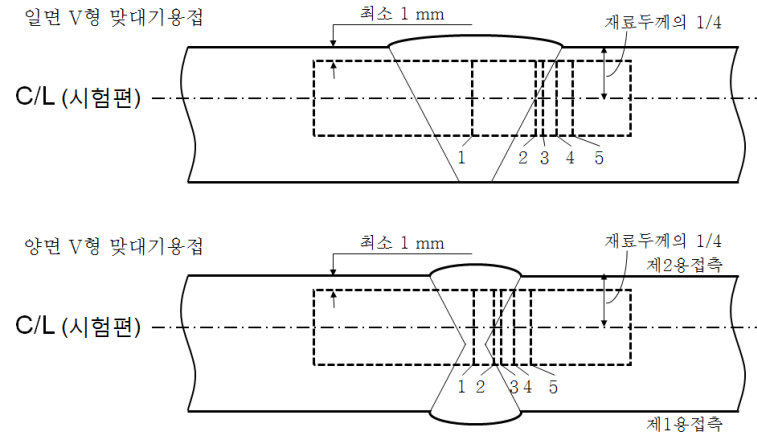


그림 16.2 용접 시험편의 노치위치

4. 규칙 202.의 4항과 관련하여 샤프피 V노치 시험편의 재시험은 선급 및 강선규칙 2편 1장 109.에 따른다.

<새롭게 추가>

현 행	개 정
<p style="text-align: center;">제 3 절 연료격납설비에 사용되는 금속재료의 용접 및 비파괴검사</p> <p>301. 일반사항</p> <p>1. 이 절의 요건은 독립형 탱크, 세미-멤브레인탱크, 프로세스용 압력용기 및 일체형탱크와 관장치에 대한 것이며 멤브레인탱크에 대하여는 그 구조양식에 따라 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다.</p> <p>2. 이 절의 요건을 만족시키기 위하여 다음에 따른다.</p> <p>(1) 스테인리스강의 충격시험은 표 7.3 및 표 7.4의 오스테나이트강에 대하여 일반적으로 생략할 수 있다.</p> <p>(2) 알루미늄합금의 충격시험에 대하여는 5083형의 알루미늄합금 및 5183형의 용접용 재료에 대하여 일반적으로 생략할 수 있다.</p> <p><새롭게 추가></p> <p>303. 연료탱크 및 프로세스용 압력용기의 용접절차 인정시험</p> <p>6. 규칙 303.의 5항과 관련하여 방사선 투과검사 또는 초음파 탐상검사는 우리 선급이 필요하다고 인정하는 경우에도 실시할 수 있다.</p> <p>1. 규칙 303.의 4항에서 다음 (1) 및 (2)를 만족하여야 한다.</p> <p>(1) (3)호에 규정된 모재 및 용접 금속이 강도 수준이 달라 가로방향 굽힘시험을 대신하여 길이방향 굽힘시험이 요구될 때에는 선급 및 강선규칙 2편 2장 404.에 따른다.</p> <p>(2) 독립형탱크 형식 C 및 프로세스용 압력 용기에 대하여 선급 및 강선규칙 7편 5장 605.의 규정에 따라 매크로검사, 마이크로검사 및 경도 시험을 하여야 한다. 기타의 독립형탱크는 선급 및 강선규칙 2편 2장 4절의 요건에 따라 매크로검사를 하여야 한다.</p>	<p style="text-align: center;">제 3 절 연료격납설비에 사용되는 금속재료의 용접 및 비파괴검사</p> <p>301. 일반사항</p> <p>1. 규칙 3절의 요건은 독립형탱크 및 프로세스용 압력용기와 관장치에 대한 것이며, 멤브레인 탱크에 대하여는 그 구조양식에 따라 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다.</p> <p>2. 규칙 305.의 경우 다음에 따른다.</p> <p>(1) 스테인리스강의 충격시험은 규칙 표 7.3 및 표 7.4의 오스테나이트강에 대하여 일반적으로 생략할 수 있다.</p> <p>(2) 알루미늄합금의 충격시험에 대하여는 5083형의 알루미늄합금 및 5183형의 용접용 재료에 대하여 일반적으로 생략할 수 있다.</p> <p>3. 2차 방벽의 용접절차 인정시험은 선급 및 강선규칙 2편 2장 4절을 따른다.</p> <p>303. 연료탱크 및 프로세스용 압력용기의 용접절차 인정시험</p> <p>1. 규칙 303.의 3항과 관련하여 방사선 투과검사 또는 초음파 탐상검사는 우리 선급이 필요하다고 인정하는 경우에도 실시할 수 있다.</p> <p>2. 규칙 303.의 4항의 경우 다음에 따른다.</p> <p>(1) 규칙 303.의 4항 (3)호에 규정된 모재 및 용접 금속이 강도 수준이 달라 가로방향 굽힘시험을 대신하여 길이방향 굽힘시험이 요구될 때에는 선급 및 강선규칙 2편 2장 404.에 따른다.</p> <p>(2) 규칙 303.의 4항 (5)호에 따라 독립형탱크 형식C 및 프로세스용 압력용기에 대하여는 매크로검사, 마이크로검사 및 경도시험을 하여야 한다. 기타의 독립형탱크는 선급 및 강선규칙 2편 2장 4절의 요건에 따라 매크로검사를 하여야 한다.</p>

현행	개정
<p>2. <u>규칙 303.의 5항에서 용접절차인정시험은 선급 및 강선규칙 2편의 관련 요건을 준수하여야 한다.</u></p> <p>3. <u>규칙 303.의 5항 (1)호에서 용접금속이 모재보다 낮은 인장강도를 가지는 경우 이음부의 횡인장강도는 예를 들어, 9% Ni강의 경우 규칙 2편 2장 404.의 5항의 규정에 따라야 한다.</u></p> <p>4. <u>규칙 303.의 5항 (2)호에서 굽힘시험은 규칙 2편 2장 404.의 6항의 규정에도 따른다. 모재가 규칙 2편 1장에 정한 RLP 9의 경우 굽힘시험은 생략할 수 있다.</u></p> <p>5. <u>규칙 303.의 5항 (3)호의 경우 충격시험의 시험온도는 선급 및 강선규칙 적용지침 7편 5장 603.의 2항에 따라도 좋다.</u></p> <p>304. 관장치의 용접절차 인정시험</p> <p>1. 관장치의 용접절차 인정시험은 <u>선급 및 강선규칙 2편 2장의 관련 요건을 따라야 한다.</u></p> <p>305. 용접시공시험</p> <p>1. 용접시공시험은 <u>선급 및 강선규칙 적용지침 2편 2장 103.의 관련 요건에 적합하여야 한다.</u></p> <p>2. <u>규칙 305.의 1항에서 2차 방벽의 용접시공시험 시험편의 수는 건조실적 및 품질관리 상황 등을 고려하여 동일조건의 용접시공에 대하여는 우리 선급이 인정하는 바에 따라 감할 수 있다. 이 경우 용접자세마다 맞대기 용접이음 200 m까지 감할 수 있다. 또한 시험 결과는 선급 및 강선규칙 7편 5장 605.의 3항 (5)호에 따른다.</u></p> <p>3. <생략></p>	<p>3. <u>규칙 303.의 5항에서 용접절차인정시험은 선급 및 강선규칙 2편 2장 4절 및 5편 5장 4절의 관련 요건에 따라야 한다.</u></p> <p>4. <u>규칙 303.의 5항 (1)호에서 용접금속이 모재보다 낮은 인장강도를 가지는 경우 이음부의 횡인장강도는 예를 들어, 9% Ni강의 경우 선급 및 강선규칙 2편 2장 404.의 5항의 요건에 따라야 한다.</u></p> <p>5. <u>규칙 303.의 5항 (2)호에서 굽힘시험은 선급 및 강선규칙 2편 2장 404.의 6항의 요건에도 따른다. 모재가 선급 및 강선규칙 2편 1장에 정한 RLP 9의 경우 굽힘시험은 생략할 수 있다.</u></p> <p>6. <u>규칙 303.의 5항 (3)호의 경우 충격시험의 시험온도는 지침 6장 413.의 2항 (1)호에 따라도 좋다.</u></p> <p>304. 관장치의 용접절차 인정시험</p> <p>1. 관장치의 용접절차 인정시험은 <u>선급 및 강선규칙 2편 2장의 관련 요건을 따라야 한다.</u></p> <p>305. 용접시공시험</p> <p>1. 용접시공시험은 <u>규칙 305.의 요건에 따르는 외에 선급 및 강선규칙 2편 2장 3절 및 5편 5장 405.의 관련 요건에 적합하여야 한다.</u></p> <p>2. <u>규칙 305.의 1항에서 2차 방벽의 용접시공시험 시험편의 수는 건조실적 및 품질관리 상황 등을 고려하여 동일조건의 용접시공에 대하여는 우리 선급이 인정하는 바에 따라 감할 수 있다. 이 경우 용접자세마다 맞대기 용접이음 200 m까지 감할 수 있다. 또한 시험 결과는 규칙 303.의 5항에 따른다.</u></p> <p>3. <현행과 동일></p>

현 행	개 정
<p>306. 비파괴검사</p> <p>1. 규칙 306.에서 비파괴시험 방법 및 판정기준은 다음에 따라야 한다. (1) ~ (4) <생략></p> <p>2. <생략></p> <p>3. 규칙 306.의 2항에서 독립형탱크 형식A 및 형식B와 세미-멤브레인탱크의 탱크판의 맞대기용접 이음부 이외의 비파괴검사는 <u>화물탱크</u>의 중요구조 부재중 우리 선급이 특히 필요하다고 인정하는 고응력부 등의 필릿용접이음에 대하여는 <u>(나)의 자기탐상시험</u> 또는 침투탐상시험을 하여야 한다. 또한, <u>화물탱크</u>의 중요부재 중 거더면재 등의 맞대기 용접이음에는 우리 선급이 특히 필요하다고 인정하는 고응력부에 대하여 <u>(나)의 방사선 투과시험</u>을 하여야 한다.</p> <p>4. 규칙 306.의 7항에서 선체구조가 2차 방벽으로 되는 경우의 해당 2차 방벽의 방사선 투과시험은 이중저정판 및 격벽판에 대하여 선급 및 강선규칙 2편 2장 309.의 <u>규정</u>에 따르고 일반 선체구조로서의 외판과 동등의 시험을 하여야 한다.</p>	<p>306. 비파괴검사</p> <p>1. 규칙 306.의 <u>1항</u>에서 비파괴시험 방법 및 판정기준은 다음에 따라야 한다. (1) ~ (4) <현행과 동일></p> <p>2. <현행과 동일></p> <p>3. 규칙 306.의 2항에서 독립형탱크 형식 A 및 형식 B의 탱크판의 맞대기용접 이음부 이외의 비파괴검사는 <u>연료탱크</u>의 중요구조 부재중 우리 선급이 특히 필요하다고 인정하는 고응력부 등의 필릿용접이음에 대하여는 <u>1항의 자분탐상시험</u> 또는 침투탐상시험을 하여야 한다. 또한, <u>연료탱크</u>의 중요부재 중 거더면재 등의 맞대기 용접이음에는 우리 선급이 특히 필요하다고 인정하는 고응력부에 대하여 <u>1항의 방사선 투과시험</u>을 하여야 한다.</p> <p>4. 규칙 306.의 7항에서 선체구조가 2차 방벽으로 되는 경우의 해당 2차 방벽의 방사선 투과시험은 이중저정판 및 격벽판에 대하여 선급 및 강선규칙 2편 2장 309.의 <u>요건</u>에 따르고 일반 선체구조로서의 외판과 동등의 시험을 하여야 한다.</p>

현 행	개 정
<새롭게 추가>	제 4 절 구조용 금속재료의 기타요건 404. 멤브레인 탱크 1. <u>규칙 404.에서 품질보증의 방법, 용접시공조건, 설계상세, 재료의 품질관리, 건조방법, 검사 및 구성요소의 시공확인시험 기준은 규칙 16장 505.의 1항 (1)호에서 정한 원형(prototype)크기의 모형시험 또는 별도 시공기술 확립을 위한 표본시험이 확립되고 그 유효성이 확인되어야 하며 이들은 멤브레인 탱크의 단일구조를 포함한 연료탱크 건조요령서에 기재되어야 한다.</u> 2. <u>1항의 건조요령서는 원형(prototype)크기의 모형시험에 의하여 확인된 후에 우리 선급의 승인을 받아야 한다.</u>
<새롭게 추가>	제 5 절 시험 501.제조중 시험 및 검사 1. 연료탱크의 구조시험 및 누설시험 <u>규칙 501. 2항의 요건에 따른 수압 또는 수압-공기시험으로 연료탱크의 누설을 검사할 수 없는 경우는 연료탱크의 누설시험을 별도로 하여야 한다. 이 시험은 연료탱크의 최대허용 설정압력 이상의 압력에서 기밀시험을 한다.</u> 2. 독립형탱크 형식B의 응력계측장치 <u>규칙 501.의 5항의 적용상 동일 조선소에서 건조되고 동일 설계로 간주되는 연료탱크에 대하여 이전에 건조된 연료탱크에 응력계측을 하여 설계응력과 양호한 대응이 확인된 경우에는 그 이후에 건조된 연료탱크에 대하여는 이 계측장치의 설치를 생략할 수 있다.</u>

현 행	개 정
<p><새롭게 추가></p> <p><새롭게 추가></p>	<p>3. 가스 시운전 및 연료만재시험</p> <p>(1) <u>규칙 501.의 6항 및 규칙 702.의 5항의 요건에 따라 다음에 규정한 시험을 우리 선급검사원 입회하에 실시하여 연료격납설비 및 연료취급기기 등의 성능을 확인하여야 한다.</u></p> <p>(가) 가스 시운전</p> <p><u>표 16.1에 정하는 항목에 대해서 모든 공사가 완료된 후 적당량의 액체연료를 사용하여 연료격납설비, 연료취급기기 및 계측장치의 성능을 확인하는 시험을 하여야 한다. 다만, 콜다운 작업 또는 규칙 6장 901.의 1항에 명시된 압력 및 온도 제어가 요구되지 않는 연료탱크에 대해서는, 연료탱크 건조자가 건조하는 첫 번째 연료탱크를 제외하고, 조선소 또는 제조공장에서 표 16.1의 5와 6 항목에 명시된 장치들의 성능을 확인하기 위한 대체매체로 작동시험을 한 경우, 이 가스 시운전은 생략할 수 있다.</u></p> <p>(나) 연료만재시험</p> <p><u>우리 선급이 필요하다고 인정하는 경우, 모든 공사가 완료된 후 계획된 연료를 만재한 상태에서 연료격납설비, 연료취급기기 및 계측장치가 계획된 조건을 만족하는가를 확인하는 시험을 한다.</u></p> <p>(2) (1)호에 정하는 가스 시운전 및 연료만재시험에 사용하는 실제 액체 및 가스 연료 종류는 연료격납설비, 이송설비, 재액화장치 등의 설계조건상 가장 엄격한 조건을 재현할 수 있는 것이어야 한다. 또한 설계온도에 관한 확인은 설계온도를 결정하는 기본이 된 연료를 가능한 한 설계사용 온도에 가까운 온도까지 냉각되는 상태로 재현하여야 한다.</p> <p>(3) (1)호에 규정한 가스 시운전 및 연료만재시험에 사용하는 실제 액체 및 가스 연료량은 (1)호에 정한 재시험을 하는데 충분한 양이어야 한다.</p> <p>(4) (1)호 (나)에 규정한 연료만재시험은 (1)호 (가)에 규정한 가스시운전시에 할 수 있다.</p> <p>4. 콜드 스폿검사</p> <p>(1) <u>규칙 501.의 7항에 규정하는 연료탱크의 인접 선체구조의 콜드 스폿검사는 멤브레인 탱크 및 내부단열방식 탱크와 필요한 경우 독립형탱크에 대하여 3항 (1)호에 정한 연료만재시험시에 하여야 한다.</u></p>

표 16.1 가스시운전의 시험항목(신설)

항목	<input checked="" type="radio"/> 우리 선급 검사원 입회 <input type="radio"/> 기록치 제출	주요시험 대상기기	주요 확인 내용
1. 드라이시험	<input type="radio"/>	·불활성가스 발생장치(IGS)	·노즐 ·건조도의 시간에 대한 변화(연료탱크내, 연료저장창 구역내)
2. 불활성시험	<input type="radio"/>	·불활성가스 발생장치	·불활성가스 발생장치의 운전상태 ·연료탱크내 분위기계측
3. 가스 연료에 의한 불활성 가스 퍼지시험	<input type="radio"/>	·연료증발기 ·압축기	·연료탱크내 O ₂ /가스 연료의 농도(시간에 대한 변화) ·가스(또는 액) 공급량 ·증발기 성능 ·압축기 성능
4. 쿨다운시험	<input checked="" type="radio"/> / <input type="radio"/>	·스프레이 펌프 ·압축기 ·연료관계통 ·연료탱크의 온도계 ·스프레이 관계통	·연료탱크 온도강하 곡선 ·연료저장창 구역내 검사/탱크단열 상황 ¹⁾ (쿨다운 완료시) ·스프레이 관계통의 냉각상태 ·연료관계통의 냉각상태 ·스프레이 펌프의 성능 ·연료소비량 ·압축기성능(육상으로 보내는 가스의 특성) ·연료탱크 온도/압력 ·연료탱크 수축량 ²⁾
5. 액체 연료 적재시험	<input checked="" type="radio"/> / <input type="radio"/>	·압축기 ·적하관련액, 가스관계통 ·액면계/온도계	·연료탱크 온도/압력/액면 ·연료저장창 구역 온도/압력 ·매니홀드부의 액체 및 가스 연료의 온도/압력 ·액체 및 가스 연료관계통의 사용상태
6. 연료펌프의 작동시험	<input checked="" type="radio"/> / <input type="radio"/>	·모든 연료펌프	·연료펌프 토출압력/진류값 ·연료탱크 액면/압력 ·스트리핑 상태
7. 압력/온도 제어장치 작동시험	<input checked="" type="radio"/> / <input type="radio"/>	·제어장치의 형식에 따라 다름	·좌동
(비고) 1) 우리 선급은 단열재의 품질관리 상황 및 건조실적을 고려하여 생략할 수 있다. 2) 독립형탱크의 경우만 확인한다.			

현 행	개 정
<p><새롭게 추가></p>	<p>502. 독립형탱크 형식 A</p> <p>1. 수압 또는 수압 - 공기압시험</p> <p>(1) <u>규칙 502.</u>에서 연료탱크의 수압 또는 수압 - 공기압시험은 다음에 따라 실제의 하중상태(정하중+동하중)를 모의시험 하여야 한다.</p> <p>(가) 연료탱크의 시험</p> <p>수두 및 공기압으로 화물의 정압, 선체운동에 의한 가속도 및 증기압을 포함하는 내압에 대한 수압 - 공기압의 모의시험. (<u>그림 16.3, 그림 16.4, 그림 16.5</u> 참조)</p> <p>(나) 지지구조의 하중시험</p> <p>물 무게만으로 화물의 중량 및 선체운동에 의한 가속도로 인하여 생긴 하중에 대한 수압 모의시험. (<u>그림 16.6</u> 참조)</p> <p>(2) (1)호 (가) 및 (나)에서 정하는 각 시험은 각각 별개로 할 수 있다.</p> <p>(3) (1)호 (나)에 정하는 시험은 동일 제조소에서 건조된 동일 형식이라고 간주되는 연료탱크 및 지지구조물은 우리 선급이 지장이 없다고 인정하면 2번째 이후 건조된 연료탱크 및 지지구조물에 대하여는 시험을 생략할 수 있다.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="981 831 1422 1150" style="text-align: center;"> </div> <div data-bbox="1458 850 1899 1150" style="text-align: center;"> </div> </div> <p style="display: flex; justify-content: space-around;">그림 16.3 방형탱크의 내압 모의시험 그림 16.4 구형탱크의 내압 모의시험</p>

현 행

개 정

<새롭게 추가>

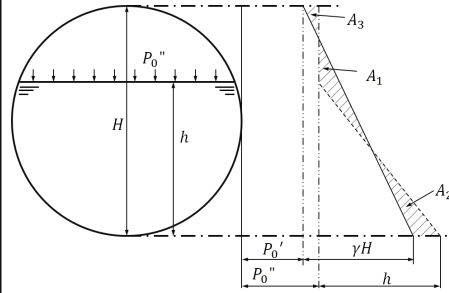


그림 16.5 압력배출상태에서의 내압 모의시험

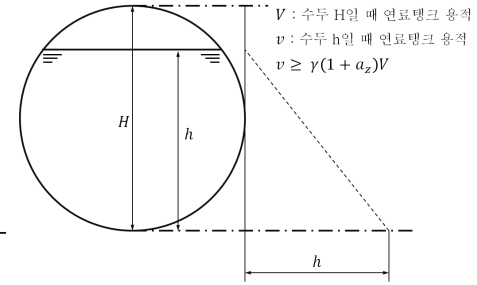


그림 16.6 지지구조의 하중상태 모의시험

* 그림 16.3 부터 그림 16.6까지의 기호설명

- : 실제 만난다고 예상되는 최대하중 상태.

... : 상기 가능한 모의 시험한 압력상태

($P_0'' > P_0$ 또는 $P_0'' > P_0'$ 에서 또한, 가능한 한 $A_2 + A_3 > A_1$ 이 되도록 P_0'' 및 h 를 선정한다.)

H : 탱크 깊이, γ : 연료비중, h : 시험시 수두,

a_z : 상하방향 최대가속도(무차원)

P_0 : 통상 항해시의 설계증기압

P_0' : 항내 압력하역시 설계증기압

P_0'' : 시험시 공기압

V : 수두 H일 때 연료탱크 용적
 v : 수두 h일 때 연료탱크 용적
 $v \geq \gamma(1 + a_z)V$

현 행	개 정
<p>〈새롭게 추가〉</p> <p>〈새롭게 추가〉</p> <p>〈새롭게 추가〉</p> <p style="text-align: center;">제 7 절 <생략></p>	<p>503. 독립형탱크 형식 B</p> <p>1. 연료탱크의 구조시험 및 누설시험</p> <p>(1) <u>규칙 503.의 시험에 대해서는 501. 1항 및 502. 1항의 요건에 따른다.</u></p> <p>504. 독립형탱크 형식 C</p> <p>1. 수압 또는 수압 - 공기압시험</p> <p>(1) <u>규칙 504.의 1항에서 “간단한 원통형 또는 구형의 압력용기”라 함은 충분한 실적이 있고 지지구조물을 가진 원통형 또는 구형의 압력용기를 말한다. 과도한 굽힘응력을 일으키는 지지구조물이나 쌍원통형과 같은 특수한 형상의 탱크에 대해서는 표본시험에 의한 변형계측을 하여 응력상태를 확인한다.</u></p> <p>(2) <u>규칙 504.의 4항에서 “필요하다고 인정하는 경우”라 함은 연료탱크 꼭대기까지 물이 찬 경우 선대 또는 선체구조가 이 수압하중에 견디지 못한 경우 및 수압시험을 하여 설계하중을 크게 상회하는 과도한 하중이 연료탱크의 부재 또는 그 인접구조에 걸리는 것으로 가정한 경우를 말한다.</u></p> <p>(3) <u>규칙 504.의 6항의 경우 누설시험은 압력용기의 최대허용 설정압력 이상의 압력으로 하는 기밀시험으로 한다.</u></p> <p>505. 멤브레인 탱크</p> <p>1. 설계 개발 시험</p> <p>(1) <u>규칙 505.의 1항 (1)호의 요건에서 명시된 시험은 1차 방벽, 단열재 및 2차 방벽이 설치된 모형으로 수행하여야 한다. 시험 대상 및 시험 절차는 탱크의 개별 형식에 따라 결정하여야 한다.</u></p> <p>2. 멤브레인 탱크 등의 인접 선체구조</p> <p>(1) <u>규칙 505.의 2항 (1)호에서 “수압시험”이라 함은 선급 및 강선규칙 3편 1장 209.에 의한 수압시험을 말한다. 이 경우 평형수 적재탱크, 코퍼뎀 등의 선체구조측으로부터 수압을 가할 수 있다.</u></p> <p>(2) <u>규칙 505.의 2항 (2)호에서 “멤브레인을 지지하는 연료저장창 구조”의 누설시험은 선급 및 강선규칙 3편 1장 209.에 따라야 한다.</u></p> <p style="text-align: center;">제 7 절 <현행과 동일></p>

현 행	개 정
<p><새롭게 추가></p>	<p style="text-align: center;">부록 3 신개념 연료격납설비의 설계에 한계상태방법의 사용에 대한 기준</p> <p>101. 일반사항</p> <p>1. 이 부록의 목적은 <u>규칙 6장 416.</u>에 따라 신개념 연료격납설비의 한계상태설계의 절차 및 관련 설계인자를 제공함에 있다.</p> <p>2. 한계상태설계는 각 구조요소가 <u>규칙 6장 401.</u>의 6항에서 확인되는 설계조건과 관련된 가능한 파괴모드에 관해 평가되는 체계적 접근법이다. 한계상태는 구조물 또는 구조물의 일부가 더 이상 규정을 만족하지 못하는 상태로 정의할 수 있다.</p> <p>3. 한계상태는 다음 세가지 분류로 나누어진다.</p> <p>(1) 최종한계상태(ULS-ultimate limit states) : 최대 하중을 견딜 수 있는 능력 또는, 일부 경우에는, 비손상 상태에서 최대 좌굴 및 소성붕괴로 인한 구조물의 최대 적용 가능한 변형률, 변형 또는 불안정성에 상응하는 한계상태</p> <p>(2) 피로한계상태(FLS-fatigue limit states) : 시간에 따른 반복 하중의 영향으로 인한 열화(degradation)에 상응하는 한계상태</p> <p>(3) 사고한계상태(ALS-accident limit states) : 사고 상황에서 구조물이 견디는 능력에 관련된 한계상태</p> <p>4. 연료격납설비의 개념에 따라 <u>규칙 6장 401.</u>에서 <u>414.</u>의 관련 요건을 준수하여야 한다.</p> <p>102. 설계 방식</p> <p>1. 이 부록의 설계 방식은 하중저항계수설계방식에 기반을 두고 있다. 하중저항계수설계방식의 기본 원리는 설계 하중효과 L_d가 모든 시나리오에서 고려된 모든 파괴모드에 대하여도 설계 저항 R_d을 초과하지 않음을 검증하는 것이다.</p> $L_d \leq R_d$

현 행	개 정
<p>〈새롭게 추가〉</p>	<p>(1) 설계 하중 F_{dk}은 특성 하중과 주어진 하중 구분에 따른 하중계수를 곱하여 구한다.</p> $F_{dk} = \gamma_f \cdot F_k$ <p>γ_f : 하중계수 F_k : <u>규칙 6장 409.에서 412.에 명시된 하중 값</u></p> <p>설계 하중효과 L_d(예, 응력, 변형률, 변형 및 진동)는 설계 하중에서 유도된 가장 불리하게 조합된 하중효과이고, 다음 식과 같다.</p> $L_d = q(F_{d1}, F_{d2}, \dots, F_{dN})$ <p>q : 하중과 구조해석에 의해 결정된 하중효과 사이의 함수관계</p> <p>(2) 설계 저항 R_d은 다음 식에 의해 결정된다.</p> $R_d = \frac{R_k}{\gamma_R \cdot \gamma_C}$ <p>R_k : 특성저항. <u>규칙 7장에서 다루는 재료의 경우, 이것에 한정하지는 않으나 규격 최소항복응력, 규격 최소인장강도, 단면의 소성저항 및 최종좌굴강도일 수 있다.</u></p> <p>γ_R : 저항계수. 다음 식에 따른다.</p> $\gamma_R = \gamma_m \cdot \gamma_s$ <p>γ_m : <u>재료 물성의 확률 분포를 고려한 부분 저항계수(재료계수)</u></p>

현 행	개 정								
<p><새롭게 추가></p>	<p>γ_s : 분석 정확도를 포함하여 능력 결정을 위한 방법, 건조 품 질과 같은 구조물의 능력에 대한 불확실성을 고려한 부분 저항계수</p> <p>γ_C : 연료의 유출 및 발생 가능한 인명피해와 관련하여 파괴의 잠재 적 결과를 설명하는 결과등급계수</p> <p>2. 연료격납 설계는 잠재적 파괴결과를 고려하여야 한다. 결과등급은 파괴모드가 최종한계상태, 피로한계상태 또는 사고한계상태와 관련된 경우 파괴의 결과를 지정하기 위해 표 1.1에 정의되었다.</p> <p style="text-align: center;">표 1.1 결과등급</p> <table border="1" data-bbox="1070 770 1816 983"> <thead> <tr> <th>결과등급</th> <th>정의</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>낮음</td> <td>파괴가 연료의 미소 유출을 수반함</td> </tr> <tr> <td>보통</td> <td>파괴가 연료의 유출 및 인명피해(부상)의 가능성을 수 반함</td> </tr> <tr> <td>높음</td> <td>파괴가 연료의 상당한 유출 및 인명피해(부상/사망)의 높은 가능성을 수반함</td> </tr> </tbody> </table> <p>103. 필수 해석</p> <p>1. 3차원 유한요소해석은 탱크와 선체, 해당되는 경우 지지 및 고정장치를 포함하 는 통합 모델로 수행하여야 한다. 예상치 못한 파괴를 피하기 위해 모든 파괴 모드를 식별하여야 한다. 불규칙파에 대한 상세한 선박 가속도 및 거동, 그리 고 이러한 힘 및 거동에 대한 선박 및 연료격납설비의 응답을 결정하기 위해 유체 동력학적 해석을 수행하여야 한다.</p> <p>2. 외압 및 압축응력을 일으키는 기타 하중을 받는 연료탱크의 좌굴강도해석은 우리선급이 적절하다고 인정하는 기준에 따라 수행되어야 한다. 해석방법은 판 의 편평도 불량, 판 끝단의 정렬 불량, 직진도, 정원도 및 규정의 호 또는 현의 길이를 통한 정원으로부터의 편차의 결과에 따른 이론적 좌굴응력과 실제 좌 굴응력과의 차이를 적절히 고려할 수 있어야 한다.</p>	결과등급	정의	낮음	파괴가 연료의 미소 유출을 수반함	보통	파괴가 연료의 유출 및 인명피해(부상)의 가능성을 수 반함	높음	파괴가 연료의 상당한 유출 및 인명피해(부상/사망)의 높은 가능성을 수반함
결과등급	정의								
낮음	파괴가 연료의 미소 유출을 수반함								
보통	파괴가 연료의 유출 및 인명피해(부상)의 가능성을 수 반함								
높음	파괴가 연료의 상당한 유출 및 인명피해(부상/사망)의 높은 가능성을 수반함								

현 행	개 정												
<p>〈새롭게 추가〉</p>	<p>3. 피로 및 균열진전해석을 105.의 1항에 따라 수행하여야 한다.</p> <p>104. 최종한계상태</p> <p>1. 구조 저항은 탄성 및 소성 재료 물성을 모두 고려한 완전한 해석 또는 시험을 통해 정할 수 있다. 최종강도에 대한 안전여유는 하중과 저항의 확률적 특성(동적하중 및 압력하중, 중력하중, 재료강도, 좌굴능력)의 기여를 고려한 안전 관련 부분계수(하중계수, 저항계수)에 의해 도입되어야 한다.</p> <p>2. 슬로싱 하중을 포함하는 환경하중, 기능하중 및 영구하중의 적절한 조합을 해석에서 고려하여야 한다. 표 1.2에 주어진 부분 하중계수를 갖는 적어도 두 개의 하중 조합이 최종한계상태 평가에 사용되어야 한다.</p> <p style="text-align: center;">표 1.2 부분 하중계수</p> <table border="1" data-bbox="1070 762 1809 874"> <thead> <tr> <th>하중 조합</th> <th>영구하중</th> <th>기능하중</th> <th>환경하중</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>'a'</td> <td>1.1</td> <td>1.1</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>'b'</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> <td>1.3</td> </tr> </tbody> </table> <p>하중 조합 'a'의 영구하중 및 기능하중에 대한 하중계수는 증기압, 연료 중량, 설비 자체 중량 등과 같이 연료격납설비에 적용할 수 있는 일반적으로 잘 제어된 및/또는 지정된 하중에 적절하다. 예측 모델의 고유 변동성 및/또는 불확실성이 더 높은 경우, 영구하중 및 기능하중에 대해 보다 높은 하중계수가 적절할 수 있다.</p> <p>3. 슬로싱 하중의 경우, 추정 방법의 신뢰도에 따라 우리 선급이 적절하다고 인정하는 더 큰 하중 계수를 요구할 수 있다.</p>	하중 조합	영구하중	기능하중	환경하중	'a'	1.1	1.1	0.7	'b'	1.0	1.0	1.3
하중 조합	영구하중	기능하중	환경하중										
'a'	1.1	1.1	0.7										
'b'	1.0	1.0	1.3										

현 행	개 정
<p><새롭게 추가></p>	<p>4. 연료격납설비의 구조적 파괴가 인명피해의 높은 가능성과 연료의 상당한 유출을 수반한다고 고려되는 경우, 결과등급계수 γ_C는 1.2로 하여야 한다. 위험 분석을 통해 정당화되고 우리 선급이 승인하는 경우 작은 값을 사용할 수 있다. 위험 분석은 계획된 연료와 관련된 누출 및 이보다 덜한 위해로부터 선체 구조를 보호하기 위한 완전 또는 부분 2차 방벽의 준비를 포함하는 요인을 고려하여야 하나 이에 한정하지 않는다. 반대로, 예를 들어 더 위험하거나 더 높은 압력의 연료를 운반하는 선박의 경우, 우리 선급이 필요하다고 인정하는 경우 더 높은 값을 정할 수 있다. 결과등급계수는 어떠한 경우에도 1.0 보다 작지 않아야 한다.</p> <p>5. 사용된 하중계수들과 저항계수들은 안전수준이 규칙 6장 402.의 1항에서 5항에 설명된 연료격납설비의 안전수준과 동등한 것으로 하여야 한다. 이는 알려진 성공한 설계에 맞게 계수를 보정하여 수행할 수 있다.</p> <p>6. 재료계수 γ_m는 일반적으로 재료의 기계적 성질의 통계적 분포를 반영하여야 하며, 규정된 전형적인 기계적 성질과 함께 해석되어야 한다. 규칙 7장에 정의된 재료에 대하여 재료계수를 다음과 같이 정할 수 있다.</p> <p style="padding-left: 40px;">1.1 : 우리 선급이 규정한 특유의 기계적 성질이 기계적 성질의 통계적 분포에서 전형적으로 하위 2.5 % 정량을 나타내는 경우</p> <p style="padding-left: 40px;">1.0 : 우리 선급이 규정한 특유의 기계적 성질이, 규정된 것보다 하위일 확률이 매우 낮고 무시될 수 있을 정도로 충분히 작은 정량을 나타내는 경우</p> <p>7. 부분 저항계수 γ_{si}는 일반적으로 건조 공차, 건조 품질, 적용되는 해석방법의 정확도 등을 고려한 구조물의 능력에 대한 불확실성에 기초하여 설정되어야 한다.</p>

현 행	개 정
<p><새롭게 추가></p>	<p>(1) 8항에 주어진 한계상태 기준을 사용한 과도 소성변형에 대한 설계의 경우, 부분 저항계수 γ_{si}는 다음과 같이 취해진다.</p> $\gamma_{s1} = 0.76 \cdot \frac{B}{\kappa_1}$ $\gamma_{s2} = 0.76 \cdot \frac{D}{\kappa_2}$ $\kappa_1 = \text{Min} \left(\frac{R_m}{R_e} \cdot \frac{B}{A}; 1.0 \right)$ $\kappa_2 = \text{Min} \left(\frac{R_m}{R_e} \cdot \frac{D}{C}; 1.0 \right)$ <p>A, B, C 및 D : <u>규칙 6장 415.의 2항 (3)호 (가)에 따른다.</u> R_m 과 R_e : <u>규칙 6장 412.의 1항 (1)호 (다)에 따른다.</u></p> <p>위에서 주어진 부분 저항계수는 기존의 독립형탱크 형식 B에 맞게 보정된 결과이다</p> <p>8. 과도 소성변형에 대한 설계</p> <p>(1) 아래에 주어진 응력 허용기준은 탄성 응력해석을 참조한다.</p> <p>(2) 구조물의 막 응답에 의해 하중이 주로 전달되는 연료격납설비의 부분은 다음의 한계상태기준을 만족하여야 한다.</p> $\sigma_m \leq f$ $\sigma_L \leq 1.5f$ $\sigma_b \leq 1.5F$ $\sigma_L + \sigma_b \leq 1.5F$ $\sigma_m + \sigma_b \leq 1.5F$ $\sigma_m + \sigma_b + \sigma_g \leq 3.0F$ $\sigma_L + \sigma_b + \sigma_g \leq 3.0F$

현 행	개 정
<p><새롭게 추가></p>	<p> σ_m : 등가 1차 일반막응력 σ_L : 등가 1차 국부막응력 σ_b : 등가 1차 굽힘응력 σ_g : 등가 2차 응력 </p> $f = \frac{R_c}{\gamma_{s1} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_c}$ $F = \frac{R_c}{\gamma_{s2} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_c}$ <p>위 응력 합은 각 응력 성분($\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$)을 합산하여 수행되어야 하며, 등가 응력은 각 응력 성분들의 합을 기반으로 아래의 식과 같이 계산되어야 한다.</p> $\sigma_L + \sigma_b = \sqrt{(\sigma_{Lx} + \sigma_{bx})^2 - (\sigma_{Lx} + \sigma_{bx})(\sigma_{Ly} + \sigma_{by}) + (\sigma_{Ly} + \sigma_{by})^2 + 3(\tau_{Lxy} + \tau_{bxy})^2}$ <p>(3) 거더, 보강재 및 강판의 굽힘에 의해 하중이 주로 전달되는 연료격납설비의 부분은 다음의 한계상태 기준을 만족하여야 한다.</p> $\frac{\sigma_{ms} + \sigma_{bp}}{1.25F} \leq 1.25F \quad (\text{비교1, 비교2})$ $\frac{\sigma_{ms} + \sigma_{bp} + \sigma_{bs}}{1.25F} \leq 1.25F \quad (\text{비교2})$ $\frac{\sigma_{ms} + \sigma_{bp} + \sigma_{bs} + \sigma_{bt} + \sigma_g}{3.0F} \leq 3.0F$ <p> σ_{ms} : 1차 부재의 등가 단면 막응력 σ_{bp} : 1차 부재의 굽힘에 기인한 2차 및 3차 부재의 응력과 1차 부재의 등가 막응력 σ_{bs} : 2차 부재의 굽힘에 기인한 3차 부재 응력과 2차 부재의 단면 굽힘응력 σ_{bt} : 3차 부재의 단면 굽힘응력 σ_g : 등가 2차 응력 </p>

현 행	개 정
<p><새롭게 추가></p>	$F = \frac{R_e}{\gamma_{s2} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_c}$ <p>σ_{ms}, σ_{bp}, σ_{bs} 및 σ_{bt}: (4)호에 따른다.</p> <p>비고1: 1차 부재의 등가 단면 막응력과 등가 막응력의 합($\sigma_{ms} + \sigma_{bp}$)은 일반적으로 3차원 유한 요소 해석에서 직접적으로 입수할 수 있다.</p> <p>비고2: 계수 1.25는 설계 개념, 구조물의 배치 및 응력 계산에 사용된 방법을 고려하여 우리 선급이 필요하다고 인정하는 경우 조정할 수 있다.</p> <p><u>외판은 우리 선급의 요구 사항에 따라 설계되어야 한다. 막응력이 상당한 경우, 판의 굽힘 능력에 대한 막응력의 영향을 적절히 고려하여야 한다.</u></p> <p>(4) 단면 응력의 분류</p> <p>(가) 수직 응력: 기준 평면에 수직인 응력의 구성 요소</p> <p>(나) 등가 단면 막응력: 고려하는 구조부재의 횡단면의 응력 평균값과 같고 균등하게 분배되는 수직 응력의 구성 요소. 이것이 단순한 판 단면인 경우, 단면 막응력은 (2)호에 정의된 막응력과 동일하다.</p> <p>(다) 단면 굽힘응력: 굽힘 작용에 노출된 구조부재의 단면에 선형으로 분포된 수직 응력(그림 1.1 참조)의 구성 요소</p>

현 행

개 정

<새롭게 추가>

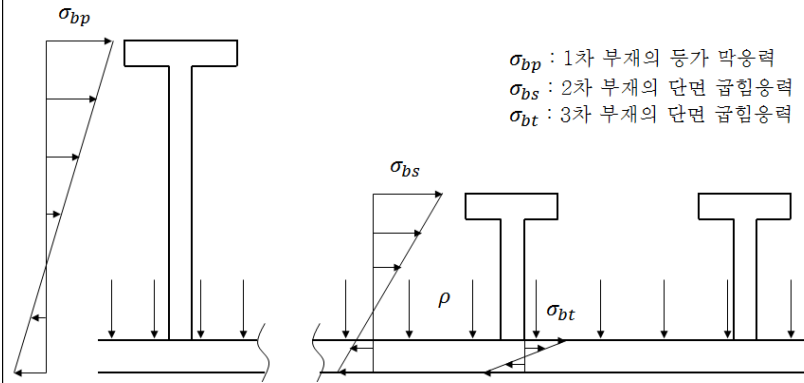


그림 1.1 단면응력의 세 가지 분류의 정의
(응력 σ_{bp} 와 σ_{bs} 는 단면에 수직)

9. 적용된 인정된 좌굴 기준에 별도 명시되어 있지 않는 한, 좌굴에 대한 설계에는 동일한 계수 γ_c , γ_m , γ_{si} 를 사용하여야 한다. 어떠한 경우에도 종합적인 안전수준은 이들 계수에 의해 주어진 것 보다 작지 않아야 한다.

105. 피로한계상태

1. 연료격납설비의 개념에 따라 적용 가능한 경우 **규칙 6장 412.**의 2항에 기술된 피로설계조건을 준수하여야 한다. **규칙 6장 416.** 및 이 기준에 따라 설계된 연료격납설비는 피로해석이 요구된다.
2. 피로한계상태의 하중계수는 모든 하중 분류에 대해 1.0으로 하여야 한다.
3. 결과등급계수 γ_c 및 저항계수 γ_R 은 1.0으로 하여야 한다.
4. 피로손상은 **규칙 6장 412.**의 2항 (2)호에서 (5)호에 설명된 바와 같이 계산되어야 한다. 연료격납설비에 대해 계산된 누적 피로손상율은 **표 1.3**에 주어진 값보다 작거나 같아야 한다.

현 행	개 정											
<p><새롭게 추가></p>	<p>표 1.3 최대 허용 누적 피로손상율</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: center;">C_w</th> <th colspan="3" style="text-align: center;">결과등급</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">낮음</th> <th style="text-align: center;">보통</th> <th style="text-align: center;">높음</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td style="text-align: center;">0.5</td> <td style="text-align: center;">0.5*</td> </tr> </tbody> </table> <p>* 결함이나 균열의 식별가능성에 따라, 규칙 6장 412.의 2항 (7)호에서 (9)호에 따라 더 낮은 값을 사용하여야 한다.</p> <p>5. 우리 선급이 낮은 값들을 정할 수 있다.</p> <p>6. 규칙 6장 412.의 2항 (6)호에서 (9)호에 따라 균열진전해석이 요구된다. 해석은 우리 선급의 “고망간강 피로 및 균열진전 평가 지침서”에 규정된 방법에 따라 수행되어야 한다.</p> <p>106. 사고한계상태</p> <p>1. 연료격납설비의 개념에 따라 적용 가능한 경우 규칙 6장 412.의 3항에 기술된 사고설계조건을 준수하여야 한다.</p> <p>2. 손상 및 변형이 사고 시나리오를 확대시키지 않는 한 수용할 수 있음을 고려하면, 하중계수 및 저항계수는 최종한계상태에 비교하여 완화될 수 있다.</p> <p>3. 영구하중, 기능하중 및 환경하중에 대해 사고한계상태의 하중계수는 1.0으로 하여야 한다.</p> <p>4. 규칙 6장 409.의 3항 (3)호 (아) 및 5항에 언급된 하중들은 서로 또는 규칙 6장 409.의 4항에 정의된 환경 부하와 조합될 필요는 없다.</p> <p>5. 저항계수(γ_R)은 일반적으로 1.0으로 하여야 한다.</p> <p>6. 결과등급계수(γ_C)은 일반적으로 104.의 4항에 정의된 바와 같이 정하여야 하나, 사고 시나리오의 성격을 고려하여 완화될 수 있다.</p> <p>7. 특성 저항(R_k)는 일반적으로 최종한계상태를 위해 정하여야 하나, 사고 시나리오의 성격을 고려하여 완화될 수 있다.</p> <p>8. 추가적인 사고 시나리오는 위험 분석에 근거하여 결정되어야 한다.</p> <p>107. 시험</p> <p>1. 이 부록에 따라 설계된 연료격납설비는 연료격납설비의 개념에 따라 적용 가능한 경우 규칙 16장 2절에 기술된 것과 동일한 정도로 시험되어야 한다.</p> <p><끝></p>	C_w	결과등급			낮음	보통	높음		1.0	0.5	0.5*
C_w	결과등급											
	낮음	보통	높음									
	1.0	0.5	0.5*									

저인화점연료선박 규칙 적용지침 개정사항 (기관)



기 관 규 칙 개 발 팀

- 주 요 개 정 내 용 -

(1) 2018.07.01일자 시행사항

- ◎ UI GF Rev.1 철회 후 UI GF New로 복귀함.

(2) 2019.01.01일자 시행사항

- ◎ IACS Rec.146 Risk assessment for IGF code 반영

(3) 2019.07.01일자 시행사항

- ◎ 제개정요청 반영(위험구역)
- ◎ 편제 수정
- ◎ IACS UI GF13, GF14, GF15

현 행	개 정
<p style="text-align: center;">제 1 장 일반사항</p> <p style="text-align: center;">제 1 절 일반사항</p> <p>102. 정의</p> <p>1. ~ 4. <생략></p> <p>5. <u>규칙 102.의 17항에서 연료준비실 내부에 기화기 또는 열교환기와 같은 장비가 설치된 탱크연결부 구역은 연료준비실로 간주되지 않는다. 이러한 장비는 잠재적 방출원만으로 간주되고 발화원으로는 간주되지 않는다.</u></p> <p style="text-align: center;">제 6 장 연료격납설비</p> <p style="text-align: center;">제 9 절 연료 저장 조건</p> <p>901. <생략></p> <p>903. 재액화 설비</p> <p>1. <신설></p> <p style="text-align: center;">제 11 장 화재안전</p> <p style="text-align: center;">제 3 절 방화</p> <p>301. 방화</p> <p>1. ~ 2. <신설></p> <p>3. <생략></p>	<p style="text-align: center;">제 1 장 일반사항</p> <p style="text-align: center;">제 1 절 일반사항</p> <p>102. 정의</p> <p>1. ~ 4. <생략></p> <p>5. <u>규칙 102.의 17항에서 연료준비실 내부에 기화기 또는 열교환기와 같은 장비가 설치된 탱크연결부 구역은 연료준비실로 간주되지 않는다. 이러한 장비는 잠재적 방출원만으로 간주되고 발화원으로는 간주되지 않는다.</u></p> <p style="text-align: center;">제 6 장 연료격납설비</p> <p style="text-align: center;">제 9 절 연료 저장 조건</p> <p>901. <현행과 동일></p> <p>903. 재액화 설비</p> <p>1. <u>열교환기로부터 회수되는 냉각매체가 기관구역으로 되돌아오는 경우, 이 매체에 연료의 존재를 탐지하고 경보하는 장치를 설치하여야 한다. 모든 벤트 출구는 안전한 장소에 설치하여야 하고 승인된 플레임스크린을 부착하여야 한다.</u></p> <p style="text-align: center;">제 11 장 화재안전</p> <p style="text-align: center;">제 3 절 방화</p> <p>301. 방화</p> <p>1. <u>규칙 301.의 1항에서 방화는 탈출설비는 제외하며, 구조적 방화를 말한다.</u></p> <p>2. <u>규칙 301.의 1항에서 펌프 또는 압축기와 같은 연료 준비를 위한 장치나 기타의 점화원을 포함한 폐위구역에는 선급 및 강선규칙 8편 8장 301.의 1항과 FSS 코드 의 요건에 적합한 고정식 소화장치를 설치하여야 하며, 가스 화재를 진압하는데 필요한 농도/사용량을 고려하여야 한다.</u></p> <p>3. <현행과 동일></p>

현 행	개 정
<p style="text-align: center;">제 5 절 <신설></p> <p>402. 위험구역</p> <p>1. <u>규칙 402.의 2항에서</u> 이 구역에 설치되는 계기 및 전기장치는 구역 “1”에 적합한 형식이어야 한다.</p> <p>2. <u>규칙 402.의 2항에서</u> 독립형탱크 형식 C의 연료저장창 구역은 통상 구역 “1”로 고려되지 않는다.</p> <p>3. <u>규칙 402.의 2항 (3)호에서</u> 가스 또는 증기배출구는 개방감판상에 위치한 연료탱크의 얼리지 개구 또는 측심관, 연료탱크 덮개로부터 3m 이내의 모든 구역이다.</p> <p>4. <신설></p>	<p style="text-align: center;">제 5 절 위험구역</p> <p>502. 구역 “1” (zone 1)</p> <p>1. <u>규칙 402.의 2항에서</u> 이 구역에 설치되는 계기 및 전기장치는 구역 “1”에 적합한 형식이어야 한다.</p> <p>2. <u>규칙 402.의 2항에서</u> 독립형탱크 형식 C의 연료저장창 구역은 통상 구역 “1”로 고려되지 않는다. 위험구역 분류의 목적상, 모든 잠재적 누설원이 탱크연결부 구역에 있고 위험구역으로의 접근수단이 없는 독립형탱크 형식 C를 포함한 연료저장창 구역은 비위험구역으로 간주한다. 잠재적 누설원(예를 들면, 탱크연결부 구역)을 포함하는 연료저장창 구역은 구역 “1”로 간주하며, 볼트조임식 덮개가 설치된 탱크연결부 구역이 있는 연료저장창 구역은 구역 “2”로 간주된다.</p> <p>3. <u>규칙 402.의 2항 3항에서</u> “연료탱크의 출구, 가스 또는 증기배출구”는 개방감판상에 위치한 연료탱크의 얼리지 개구 또는 측심관, 연료탱크 덮개를 말한다.</p> <p>4. <u>규칙 502.에</u> 정의된 구역 외에 구역 “1”에 포함되는 구역은 다음과 같다.</p> <p>(1) 가스 조절용 또는 차단 및 배출밸브가 포함된 외함 또는 구획</p> <p>(2) 다음의 환기구로부터 3 m 이내의 개방감판 구역 또는 개방감판의 반폐위된 구역</p> <p style="margin-left: 20px;">(가) 탱크연결부 구역</p> <p style="margin-left: 20px;">(나) 연료저장창 구역</p> <p style="margin-left: 20px;">(다) 방벽간 구역</p> <p style="margin-left: 20px;">(라) 연료를 포함하는 배관이 있는 폐위/반폐위 구역</p> <p style="margin-left: 20px;">(마) (1)호의 외함 또는 구획</p> <p>(3) 다량의 가스 또는 증기를 방출하는 연료탱크의 벤트 출구로부터 상부는 반경 6 m 이내의 원통형(높이의 제한 없음), 하부는 6 m 이내의 반구형인 개방감판 구역 또는 개방감판의 반폐위된 구역</p> <p>(4) (3)호 적용시, 가스분산분석을 통해 최대 3 m까지 완화할 수 있다.</p>

현 행	개 정
<p>503. <신설></p> <p>4. <u>규칙 402.의 3항에서 이 구역에 설치되는 계기 및 전기 장치는 구역 “2”에 적합한 형식이어야 한다.</u></p> <p>2. <신설> ↓</p> <p style="text-align: center;">제 13 장 ~ 제 14 장 <생략> 제 15 장 제어장치</p> <p style="text-align: center;">제 3 절 <생략></p> <p style="text-align: center;">제 4 절 방커링 및 가스탱크 감시</p> <p>402. 넘침 제어</p> <p>1. <u>규칙 402.의 3항에서 각 입거라 함은 다음을 말한다.</u></p> <p>(1) 화물선의 선박안전증서 또는 선박안전구조증서의 갱신을 위해 요구되는 선박의 선저외판 검사</p> <p>(2) IMO Res.A 1104에 따른 여객선의 매 60개월마다의 선저외판 검사</p> <p>2. <u>규칙 402. 3항에서 고액면경보란 1항에서 말하는 고액면경보장치를 말하며 규칙 402.의 2항에서 명시하는 액화가스 연료탱크의 충전을 차단시키는 독립적인 센서와 추가의 센서를 포함하지 않는다.</u></p> <p>3. <u>규칙 402. 3항에서 “입거 이후의 첫 번째 화물 만재의 경우”라 함은 규칙 402.의 2항에 명시된 모든 고액면경보, 추가 센서 및 비상차단을 활성화시키는 센서의 위치가 입거시에 시뮬레이션으로 시험한 조건에서 시험이 가능한 첫 번째 화물 적재를 의미한다. 액체 화물을 이용한 고액면경보의 시험은 선장이 선박의 일지 또는 화물기록부에 기록하고 “각 입거” 이 후 첫 번째 연차검사시 우리 선급에 의해 확인되어야 한다.</u></p>	<p>503. 구역 “2” (zone 2)</p> <p>1. <u>규칙 402.의 3항에서 이 구역에 설치되는 계기 및 전기 장치는 구역 “2”에 적합한 형식이어야 한다.</u></p> <p>2. <u>규칙 503.에 정의된 구역 외에 구역 “2”에 포함되는 구역은 다음과 같다.</u></p> <p>(1) <u>지침 502.의 4항 (3)호에 정의된 구역에서 원통형 및 반구형으로부터 4m 이내의 구역</u></p> <p>(2) <u>구역‘1’으로부터 비위험구역을 보호하는 에어로크</u></p> <p style="text-align: center;">제 13 장 ~ 제 14 장 <현행과 동일></p> <p style="text-align: center;">제 15 장 제어장치</p> <p style="text-align: center;">제 3 절 <생략></p> <p style="text-align: center;">제 4 절 방커링 및 가스탱크 감시</p> <p>402. 넘침 제어</p> <p>1. <u>규칙 402.의 3항에서 각 입거라 함은 다음을 말한다.</u></p> <p>(1) 화물선의 선박안전증서 또는 선박안전구조증서의 갱신을 위해 요구되는 선박의 선저외판 검사</p> <p>(2) IMO Res.A 1104에 따른 여객선의 매 60개월마다의 선저외판 검사</p> <p>2. <u>규칙 402. 3항에서 고액면경보란 1항에서 말하는 고액면경보장치를 말하며 규칙 402.의 2항에서 명시하는 액화가스 연료탱크의 충전을 차단시키는 독립적인 센서와 추가의 센서를 포함하지 않는다.</u></p> <p>3. <u>규칙 402. 3항에서 “입거 이후의 첫 번째 화물 만재의 경우”라 함은 규칙 402.의 2항에 명시된 모든 고액면경보, 추가 센서 및 비상차단을 활성화시키는 센서의 위치가 입거시에 시뮬레이션으로 시험한 조건에서 시험이 가능한 첫 번째 화물 적재를 의미한다. 액체 화물을 이용한 고액면경보의 시험은 선장이 선박의 일지 또는 화물기록부에 기록하고 “각 입거” 이 후 첫 번째 연차검사시 우리 선급에 의해 확인되어야 한다.</u></p>

현 행	개 정
<p style="text-align: center;">제 8 절 가스탐지 <생략></p> <p style="text-align: center;">제 10 절 통풍</p> <p>1001. 통풍 1. <신설></p> <p style="text-align: center;">부록 1 저인화점 연료공급장치에 사용되는 기자재의 요건</p> <p style="text-align: center;">제 1 절 ~ 제 3 절 <생략></p> <p style="text-align: center;">제 4 절 스크루형 가스압축기</p> <p>401. ~ 404. <생략> 405. 강도 1. <생략> 2. 스크루 축의 강도는 규칙 5편 3장 303.에 따른다.</p>	<p style="text-align: center;">제 8 절 가스탐지 <현행과 동일></p> <p style="text-align: center;">제 10 절 통풍</p> <p>1001. 통풍 1. 규칙 1001.의 1항에서 통풍장치가 작동 중에 '요구되는 통풍능력'을 발휘하는지 확인하는 허용되는 수단은 다음과 같지만, 이에 국한하지는 않는다. (1) 부압 표시기와 결합된 통풍 팬 또는 전동기의 작동 감시 (2) 유량 표시기와 결합된 통풍 팬 또는 전동기의 작동 감시 (3) 요구되는 공기 유량이 확보되었음을 나타내는 유량지시기 감시</p> <p style="text-align: center;">부록 1 저인화점 연료공급장치에 사용되는 기자재의 요건</p> <p style="text-align: center;">제 1 절 ~ 제 3 절 <생략></p> <p style="text-align: center;">제 4 절 스크루형 가스압축기</p> <p>401. ~ 404. <생략> 405. 강도 1. <생략> 2. 스크루 축의 강도는 규칙 5편 3장 203.에 따른다.</p>

부록 2 LPG 연료 선박의 요건 (2019)

제 1 절 일반사항

101. 적용

1. 이 부록은 **규칙 1장 101.**의 1항에 따른 저인화점 연료 중 LPG(liquefied petroleum gas) 연료를 사용하는 선박에 적용한다. 다만, **규칙 1장 101.**의 1항 (1)호 및 (2)호에도 불구하고 LPG 화물을 연료로 사용하는 액화가스 산적 운반선에 대해서는 이 부록의 요건을 적용할 수 있으며 이 부록에서 규정하는 요건 이외에는 **선급 및 강선규칙 7 편 5장 16절**을 따른다.
2. 이 부록이 적용되는 연료는 가스상태 및 액체상태의 LPG를 포함한다.
3. 이 부록은 **규칙**의 요건에 추가되는 요건을 규정하며 이 부록에서 규정하지 않는 사항에 대해서는 **규칙**의 관련 요건을 따른다. (**규칙**에서 언급된 용어 중 액화천연가스 및 천연가스는 각각 LPG액체 및 LPG가스로 바꾸어 적용한다.)

102. 정의

용어의 정의는 다음에 별도로 명시하지 않은 경우 **규칙**에 따른다.

1. **LPG**라 함은 액화석유가스를 말하며, 주로 프로판(C_3H_8)과 부탄(C_4H_{10}) 또는 이들의 혼합으로 구성되어 있으며, 소량의 프로필렌 및 부틸렌을 함유하고 있다. 이 부록에서는 액체 상태 뿐 만 아니라 가스 상태의 석유가스도 LPG라 지칭한다. 다만, 액체 상태와 기체 상태를 구분할 필요가 있는 경우, 액체 상태의 LPG는 LPG액체, 가스 상태의 LPG는 LPG가스라 지칭한다.
2. **연료**라 함은 LPG 연료를 말한다.
3. **임계온도**라 함은 가스가 액화될 수 있는 최대 온도를 말한다.
4. **자연발화(auto ignition)온도**라 함은 점화매체 없이 가스가 스스로 발화할 수 있는 온도를 말한다.
5. **가스분산해석**이라 함은 컴퓨터유체역학(CFD) 해석과 같은 적절한 모델링 기법을 사용하여 수행하는 가스의 분산 거동 해석을 말한다.
6. **통풍해석**이라 함은 컴퓨터유체역학(CFD) 해석과 같은 적절한 모델링 기법을 사용하여 수행하는 구역의 통풍 효율 해석을 말한다.
7. **통풍효과(effectiveness of ventilation)**이라 함은 가스 누설로 인한 폭발성 가스 분위기의 확산과 지속성을 제어하는 효과를 말하며, 희석등급, 통풍의 유효성 및 통풍장치의 설계에 의존한다. (IEC 60079-10-1, 6.5.4 참조)
8. **희석등급(degree of dilution)**이라 함은 누설 가스를 안전한 수준으로 희석시키기 위한 환기능력 또는 대기조건의 척도를 말하며, 고희석(high dilution), 중희석(medium dilution), 저희석(low dilution)으로 구분된다. (IEC 60079-10-1, 6.5.4 참조)
9. **누설(leakage)**이라 함은 탱크 또는 장치 내의 가스 또는 액체가 장치의 외부로 새는 것을 말한다.
10. **방출(relief)**이라 함은 탱크 또는 장치 내부의 압력제어를 목적으로 압력도출밸브를 통해 가스를 외기로 내보내는 것을 말한다.
11. **배출(exhaust)**이라 함은 위험구역 내의 누설가스를 강제통풍장치를 통해 외기로 내보내는 것을 말한다.
12. **플래쉬 가스(flash gas)**라 함은 프로판과 부탄을 각각 주입하는 연료수급의 과정에서 액체상태의 LPG가 감압 또는 가열됨으로 인해 액체상태의 LPG로부터 생성되는 증기를 말한다.

103. 일반사항

1. 이 부록에서는 LPG는 LNG와는 다른 특성을 가지고 있음을 고려하여 LNG 연료에 적용하는 **규칙**의 상세요건 중 LPG에 적용할 수 없는 요건에 대한 대체요건 및 추가요건을 규정한다.
2. 연료저장 탱크가 압력식 탱크 이외의 저온식 탱크인 경우에는 특별히 고려하여야 한다.
3. 1항에서 언급한 LPG와 LNG의 다른 특징은 대표적으로 **표 1**과 같다. 다만 **표 1**에 한정하지는 않는다.

표 1 LPG와 LNG의 특성 및 관련 위험성

<신설>

특성	LNG	LPG	관련 위험성
15℃ 대기압에서의 증기 비중	0.55	1.52(Propane) 2(Butane)	· 누설가스의 배출/확산이 잘 안됨
공기 중 인화성 농도 범위 (%)	5 ~ 15	2.2 ~ 9.5(Propane) 1.8 ~ 8.4(Butane)	· 적은 농도에도 인화성 분위기 형성
자연발화 온도 (℃)	595	459(Propane) 405(Butane)	· 낮은 온도에서 자연발화가능성 · 미 연소된 가스의 발화가능성
대기압에서의 비등점 (℃)	-161	-42(Propane) -1(Butane)	· 육안으로 누설확인이 어려움 · LPG는 롤오버현상이 발생하지 않음.
45℃에서의 증기압(MPa)	-	1.5(Propane) 0.4(Butane)	· 상온의 고압에서 액체상태가 됨 · 성분비에 따라 상변화의 경계가 달라짐
임계온도(℃)	-82.9 5	96(Propane) 152(Butane)	· 연료를 상온에서 압력식으로 저장 가능함.
임계압력 (MPa)	4.6	42.6(Propane) 38(Butane)	· 임계온도에서 액화될 수 있는 최소압력
정압/정적비열비 k(Cp/Cv)	1.31	1.13(Propane) 1.096(Butane)	· 연료공급 이중관의 외측관 설계압력
조성비의 다양성	메탄	부탄 및 프로판	· 조성비에 따른 특성의 변화

4. 표 1에 나타난 LPG의 특성 중 선박의 배치 및 시스템 설계에 있어서 특별히 고려되어야 할 특성과 관련 위험성은 다음과 같다.

(1) 가스의 비중

(가) LPG가스가 누설 또는 방출되면 공기보다 무거워 바닥면으로 흘러 고이게 되고, 대기확산에 의하여 농도가 안전한 수준으로 확산되기 전에, 갑판상부를 타고 이동할 수 있다. 따라서 방출원 주위의 바닥 배치 및 주위 구역의 개구를 확인하여 가스의 축적 및 다른 구역으로의 침입 가능성이 없는지 확인하여야 한다.

(나) LPG추진선박에 있어서 LPG의 누설 또는 방출 가능부는 주로 다음과 같다.

- 벤트마스트
- LPG 연료 관장치의 밸브 및 플랜지 연결부
- LPG 연료 공급장치를 구성하는 장비
- LPG 연소 장비
- 탱크 연결부 및 밸브
- 벙커링 매니폴드
- 연료관의 손상
- 연료탱크의 손상

(다) LPG가스는 LNG와 분산특성이 다르므로 상기 가스 누설 가능부가 설치된 지역 및 구역에 대하여 가스의 축적 방지를 위한 안전조치(가스탐지, 통풍, 비위험구역의 개구와의 거리 등)가 특별히 고려되어야 한다.

(라) 위험구역의 통풍출구를 통해 개방구역으로 배출된 가스가 바닥을 타고 통풍입구로 재순환 될 가능성이 없는지 확인하여야 한다.

(2) 자연발화 온도

(가) 자연발화 온도는 미연소가스가 배기장치 및 기관장치의 고온 표면과 같은 고온부에서 점화원 없이 발화할 수 있다는 점에서 특별히 고려되어야 한다.

(나) LPG의 주성분인 프로판과 부탄은 자연발화 온도가 각각 459℃, 405℃이고 이는 LNG(595℃)와 비교했을 때 상대적으로 낮다. 따라서 미연소된 가스가 배기장치 내에서 자연발화의 가능성을 고려하여야 한다.

(3) 임계온도

(가) LNG는 임계온도가 -83℃로서 액체상태로 저장하기 위해서는 탱크 내부를 극저온으로 유지하여야 한다. 반면에 LPG는 임계온도가 부탄과 프로판의 조성비에 따라 96℃에서 152℃이므로 상온에서 압력식 탱크를 사용하여 액체상태로 저장이 가능하다.

(나) LPG를 압력식으로만 저장하기 위해서는 탱크의 압력이 사용온도에서의 LPG의 증기압 이상이어야 한다. 사용온도는 외부로부터 LPG에 유입되는 복사열을 고려하여 결정하여야 한다.

(4) 45℃에서의 증기압과 조성비의 다양성

(가) LPG는 기관실의 기준온도인 45℃에서 증기압이 0.4MPa에서 1.5MPa로서 프로판과 부탄의 성분비에 따라 연료의 액상과 기상 압력조건이 결정된다. 따라서 연료공급압력이 증기압 근처인 경우, 연료공급장치에서

<신설>

의도치 않은 상변화의 가능성을 고려하여야 한다.

(나) 규칙에서 요구하는 퍼징 및 벤트 요건은 가스연료에 적합하게 규정되었으므로 액체상태의 연료를 공급하는 관장치의 퍼징 및 벤트장치에 대해서는 액체연료에 적합하게 설계 및 배치되어야 한다.

(다) LPG는 프로판과 부탄의 조성비에 따라 특성이 다르므로 LPG의 조성비는 연료소모장치의 정상적인 작동에 적합하여야 한다.

4. 규칙 1장 103.의 적용상, 규칙의 목적과 기능요건의 의도를 충족시키고 동등한 안전성을 보장한다는 것을 검증하기 위하여 105.의 위험도 평가를 수행하여야 한다.

104. 기능요건

1. 규칙 2장 201.의 2항의 적용상, LPG 누설에 대한 통풍, 탐지 및 안전조치는 LNG 누설에 대한 것과 동등한 효력을 갖추어야 한다.

2. 연료소모장치는 LPG의 조합가능한 모든 구성성분의 특성에 적합하여야 한다.

3. 규칙 2장 201.의 적용상, 규칙 6장 901.에서 요구하는 연료 탱크내의 연료의 압력 및 온도를 제어하기 위한 수단 갖추어야 한다. 독립형 탱크 형식C인 경우에도, 고온 측의 설계주위온도에서 최대로 상승할 수 있는 연료의 온도에 대응하는 최대게이지 증기압을 견디도록 설계되지 않은 경우에는 규칙 6장 901.에서 요구하는 탱크의 압력 및 온도의 제어수단을 갖추어야 한다.

4. LPG는 상온에서 압력에 따라 상(phase)이 변화할 수 있음을 고려하여야 한다. 연료공급장치의 설계압력이 증기압과 가까운 경우 상변화로 인하여 연료소모장치의 기능 및 관내 유동에 나쁜 영향을 미치지 않도록 설계되어야 한다.

5. 연료소모장치에서 미연소된 가스가 배기장치에서 발화하는 것을 방지하도록 설계되어야 한다.

6. 대기의 벤트관으로 LPG액체가 방출되지 않도록 하여야 한다.

105. 위험도 평가

1. LPG를 연료로서 사용함으로 인하여 선내 인원, 환경 및 선박에 발생하는 위험성을 확인하기 위하여 위험도 평가를 수행하여야 한다. 위험도 평가를 수행함에 있어서 장비의 배치, 운전 및 유지 보수와 관련된 모든 위험성에 대하여 고려하여야 한다.

2. 위험도 평가는 발생 가능한 연료의 누설 및 그 결과를 다루어야 한다. 특히 LPG가스가 공기 보다 무거운 특성을 고려하여 바닥에서의 가스 축적 및 다른 구역으로의 확산 가능성에 대하여 고려하여야 한다.

3. 위험도 평가는 부록 4에 따라 수행되어야 한다. 다만, 부록 4의 2절은 LNG의 특성 및 위험요소를 다루고 있으므로 LPG의 특성 및 그에 따른 위험요소를 위험도 평가에 적용하여야 한다.

4. 위험도 평가에서는 규칙 3장 201.에 추가하여 최소한 다음에 대하여 고려하여야 한다. 다만, 다음에 한정하지는 않는다.

- (1) LPG의 누설가능성 및 그 영향
- (2) 누설된 LPG의 선박 내 분산 특성
- (3) 다음의 구역에 대해서는 HAZID를 수행하여 누설 가스가 비위험 구역으로 유입될 가능성 및 그 영향에 대하여 다루어야 한다. 다만, 다음에 한정하지는 않는다. 필요시, 해당 구역의 누설 가스의 분산특성 및 통풍특성을 증명하기 위하여 분산해석 및/또는 통풍해석을 수행하여야 한다.
 - (가) 탱크연결부 구역
 - (나) 연료탱크
 - (다) 연료준비실
 - (라) 병커링 지역
 - (마) 이중관으로 폐위되지 않은 연료관이 설치된 구역
 - (바) 가스밸브유닛 구역
 - (사) 벤트마스트 주위
- (4) 103.의 4항에 따른 LPG의 위험성
- (5) 305.의 1항에 따른 드립 트레이에서의 누설탐지
- (6) 701.의 2항에 따른 배기장치 내에서 미연소 가스의 발화
- (7) 703.의 1항에 따른 가스터빈 구역의 가스누설
- (8) LPG 연료가 벤트관 내에 체류할 가능성
- (9) 고압의 액체연료를 기관에 공급하는 경우 연료관 내 LPG액체의 퍼징 및 벤트
- (10) 병커링 시 프로판과 부탄이 각각 연료탱크에 주입되는 경우, 플래쉬(flash)가스의 발생으로 인한 탱크 내부의 압력상승
- (11) 1001.의 4항에 따른 위험가스의 재순환 가능성
- (12) 1001.의 5항에 따른 위험구역의 통풍의 유효성

<신설>

- (13) 1201.의 1항 (1)호 및 (2)호에 따른 가스탐지기의 설치
- (14) 여객선에 대하여 1301.의 2항에 따른 위험성

제 2 절 선급등록 및 검사

201. 선급등록

1. 선급부호

이 부록의 요건에 만족하는 선박은 추가특기사항으로서 LFFS(LPG duel fuel, LPG only) 부호를 부여할 수 있다.

2. 제조중등록검사

규칙 4장 203.의 3항에 추가하여 다음의 자료를 제출하여야 한다.

(1) 승인용 도면 및 자료

- (가) 벤트마스트 헤드를 포함한 벤트마스트의 상세도면
- (나) 위험구역 내의 통풍덕트 출구 배치도
- (다) 가스탐지기의 상세 배치도
- (라) 연료관을 폐위하는 이중관 및 덕트의 경로 및 통풍 입출구의 배치
- (마) 105.에 따른 위험도 평가 자료

(2) 참고용 도면 및 자료

- (가) 연소 기관의 승인 자료
- (나) 통풍해석 및 분산해석 자료
- (다) 온도제어장치가 없는 압력식 연료탱크의 설계증기압력 계산식

제 3 절 선박설계 및 배치

301. 기능요건

1. 규칙 5장 201.의 2항의 적용상, 개방구역으로 방출된 가스의 축적 가능성을 최소화하고 대기로 분산이 잘 되도록 벤트마스트, 위험구역의 통풍출구 등의 위치는 주위의 배치를 고려하여 결정하여야 한다.
2. 규칙 5장 201.의 3항의 적용상, LPG가스의 비중 및 분산특성을 고려하여 방출된 가스가 비위험구역의 개구로 유입되지 않도록 개구를 배치하여야 한다.

302. 기관구역의 배치

1. 연료시스템에서 단일 손상이 발생하여도 기관구역에 가스누설이 발생하지 않아야 한다. 즉, 가스 안전 기관구역만 허용된다.
2. 독립된 가스밀의 폐위구역에 설치된 가스터빈의 경우에는 비상차단장치로 보호되는 기관구역을 허용할 수 있다. 이 경우, 규칙 5장 6절에 추가하여 가스터빈이 설치된 구역에 압력검지기를 설치하여 구역 내 부압이 유지됨을 확인할 수 있어야 한다. 또한 구역 내에 부압이 유지되지 않을 경우 향해선교, 항시 사람이 있는 중앙제어장소 또는 선내 안전센터에 가시가청의 경보를 발하여야 한다.

303. 연료관의 위치 및 보호

1. 5장 701.의 3항의 적용상, 개방갑판 상의 모든 LPG 연료관장치는, 105.의 4항에 따른 위험도 평가에 따라 누설된 LPG가 축적되거나 거주구역, 기관구역 등의 비위험구역으로 확산될 가능성이 있는 경우, 이중관으로 보호되어야 한다. 다만, 누설된 LPG가 축적되거나 비위험구역으로 확산될 가능성이 없음이 증명되는 경우 이중관이 요구되지 않는다.
2. 연료관을 폐위하는 이중관 또는 덕트는 비위험구역으로 개구가 있어서는 안 된다. 가스 안전 기관구역에 가스밸브유닛 구역이 설치되는 경우, 가스밸브유닛 구역으로의 접근 수단은 최대 누설압력을 견딜 수 있는 볼트로 체결되는 덮개만 허용된다.

304. 발지장치

1. 위험구역의 발지관은 기관구역 또는 다른 비위험구역으로 유도되어서는 안 된다.
2. 위험구역의 발지는 각 구역마다 독립적으로 구성되어 선외로 배출되거나, 가스탐지기가 설치된 밀폐된 탱크로 유도되어야 한다. 만약, 어느 위험구역의 발지가 다른 위험구역의 발지와 연결되어 있다면 한 구역에서 누설된 가스가 연결된 발지관을 통해 다른 구역으로 침입하는 것을 방지하는 수단을 갖추어야 한다.

<신설>

305. 드립트레이

1. 위험도 평가에서 요구되는 경우 누설된 연료를 격리하는 드립 트레이에는 누설을 탐지하고 연료를 차단하는 수단이 설치되어야 한다.
2. 누설된 연료로 인하여 냉각에 노출될 수 있는 드립트레이는 저온에 적합한 재료로 제작되어야 한다.

306. 폐위구역의 출입구 및 기타 개구의 배치

1. 규칙 5장 1101.의 3항의 적용상, 비위험구역에서 탱크연결부 구역으로의 접근 방법은 그림 1과 같다.

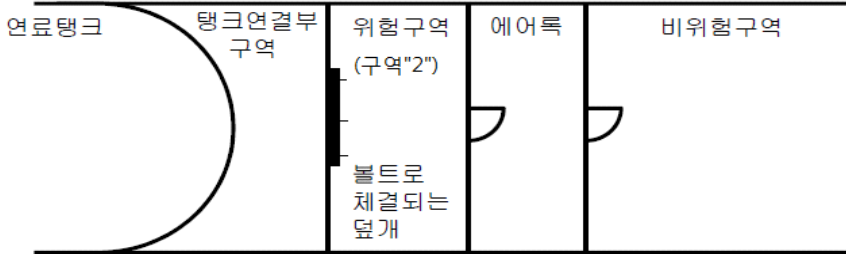


그림 1 비위험구역에서 탱크연결부 구역으로의 접근 방법

307. 벤트관 및 압력도출관의 출구

1. 다음의 LPG가스 배출관은 벤트마스트에 연결되어야 한다.
 - (1) 탱크의 압력도출밸브
 - (2) 가스연료 공급관의 벤트관 및 블리드 라인
2. 다음의 LPG액체 배출관은 연료탱크에 연결되어야 한다. 다만, 부득이한 경우에는 벤트마스트에 연결할 수 있다.
 - (1) 액체연료 공급관의 압력도출밸브
 - (2) 액체연료 공급관의 벤트관 및 블리드 라인
 - (3) 병커링 라인의 압력도출밸브

제 4 절 연료격납설비

401. 일반요건

1. 규칙 6장 301.의 1항의 적용상, LPG를 저장하는 설비의 최대허용설정압력은 1.0 MPa을 초과할 수 있다.
2. 규칙 6장 301.의 4항의 적용상, 폐위구역에 설치된 연료탱크는 연료저장장치 구역과는 별도로 탱크연결부 구역을 구성하여야 한다. 또한 탱크 연결부가 개방 감판상에 있는 경우에도 105.의 4항에 따른 위험도 평가에 따라 누설된 LPG가 축적되거나 거주구역, 기관구역 등의 비위험구역으로 확산될 가능성이 있는 경우, 탱크연결부 구역을 설치하고 배기통풍 출구를 안전한 장소에 설치하여야 한다.
3. 규칙 6장 6절은 적용하지 않는다.

402. 액화가스연료 격납

1. 규칙 6장 402.의 1항의 적용상, 대기압에서 연료온도가 -10℃ 이상인 경우 이차방벽은 요구되지 않는다.
2. 규칙 6장 402.의 1항의 적용상, 대기압에서 연료온도가 -55℃ 이상인 경우 선체구조가 2차 방벽으로서의 역할을 한다고 볼 수 있다.

403. 설계하중

1. 규칙 6장 409.의 3항 (3)호 (가) (b)의 적용상, 설계증기압력 P_0 는 고온 측의 설계주위온도에서 열전달로 인해 최대 상승할 수 있는 연료 온도에서의 게이지 증기압이상이어야 한다.

404. 압력도출장치

1. 규칙 6장 702.의 7항 (1)호의 적용상, 증기방출은 출구에서 수직상방의 방향으로 흐름에 방해 받지 않는 분출(jet)의 형태로 배출되어야 한다. 또한 벤트 출구의 배치는 105.의 4항 (3)호 (사)에 따라 가스분산해석을 수행하여 다음을 확인하여야 한다.
 - (1) 방출된 가스가 주위의 비위험구역의 개구로 유입되지 않음,

<신설>

- (2) 방출된 가스가 개방압관 상에 축적되지 않음, 및
- (3) 방출된 가스가 기관의 배기가스 배출구 및 기타 발화원에서 인화성 분위기를 조성하지 않음
- 2. **규칙 6장 702.의 10항**의 적용상, 드레인관에는 벤트관 가까이에 2개의 자동폐쇄밸브를 설치하고 배수 시에 각각의 밸브를 순차적으로 개방하여 벤트관 내의 가스가 드레인관을 통해 배출되지 않도록 하여야 한다.
- 3. **규칙 6장 702.의 적용상**, 연료탱크 압력도출밸브에 연결된 벤트관에는 가스가 탐지되면 불활성 가스로 퍼징할 수 있는 장치를 설치하여야 한다.

405. 연료 저장 조건

- 1. **규칙 6장 901.의 1항**의 적용상, 압력식 탱크에 대해서는 '주위설계의 상한온도에서 연료의 최대 게이지 증기압'은 고온 측의 설계주위온도에서 열전달로 인해 최대로 상승할 수 있는 연료 온도에서의 게이지 증기압을 적용하여야 한다.
- 2. 1항의 경우를 제외하고는 **규칙 6장 901.의 1항**에서 요구하는 온도 및 압력제어 수단을 갖추어야 한다.

제 5 절 병커링

501. 기능요건

규칙 8장 201.에 추가하여 다음을 적용하여야 한다.

- 1. 병커링 관장치는 의도하는 모든 LPG의 온도, 압력 및 성분에 적합하여야 한다.
- 2. 병커링 중 연료탱크에서 발생하는 증기를 처리할 수 있는 수단을 갖추어야 한다. **규칙 6장 901.**에 따른 증기를 처리하는 수단이 없는 경우에는 매니폴드에 증기회수 연결구를 설치하여야 한다.

502. 병커링 스테이션

- 1. **규칙 8장 301.의 1항**의 적용상, 매니폴드가 개방구역에 설치된 경우에도 병커링 매니폴드의 하부에는 가스탐지기를 설치하여야 하고, 바닥면에서 30 cm 이내의 높이로 적절한 간격으로 설치하여야 한다. 가스가 탐지되면 경보 및 비상차단을 작동시킬 수 있어야 한다.
- 2. 병커링 작업동안 병커링 제어장소에서 병커링 매니폴드 지역을 육안 또는 CCTV로 관찰할 수 있어야 한다.

제 6 절 연료소모장치로의 연료 공급

601. 기능요건

규칙 9장 201.에 추가하여 다음을 적용한다.

- 1. 연료공급장치는 기관에 요구되는 연료의 온도, 압력 및 유량을 연속적으로 공급할 수 있어야 한다.
- 2. LPG액체를 공급하는 연료공급관장치에 대해서는 퍼징, 드레인, 벤트 및 누설에 대한 조치를 특별히 고려하여 가스에 대한 것과 동등이상의 안전성을 확보하여야 한다.
- 3. 연료는 사용온도에서의 증기압을 고려하여 연료 공급과정에서 다음과 같이 의도하지 않은 상변화가 발생하지 않도록 하여야 한다.
 - (1) 연료가 가스상태로 공급되는 경우에는 공급압력을 고려하여 연료의 온도가 노점이하로 내려가지 않도록 조치하여야 한다.
 - (2) 연료가 액체상태로 공급되는 경우에는 사용온도에서 압력이 증기압이하로 내려가지 않도록 조치하여야 한다.

602. 가스공급장치의 안전기능

- 1. **규칙 9장 401.의 4항 (1)호**의 적용상, 액체연료 공급관의 경우 블리드 라인(bleed line)은 연료탱크로 유도되어야 한다.
- 2. **규칙 9장 401.의 4항 (1)호**의 적용상, 연료 공급관의 이중차단 밸브 사이에는 퍼징관을 연결하여 블리드 밸브가 열리면 자동으로 블리드 라인을 퍼징함으로써 비중이 무거운 가스가 배출배관 내에 잔존하지 않도록 하여야 한다.
- 3. **규칙 9장 401.의 7항**의 적용상, 액체연료 공급관의 경우 벤트관은 연료탱크로 유도되어야 한다.
- 4. **규칙 9장 401.의 10항**의 적용상, 가스관의 파손을 신속히 탐지하는 수단으로, 적절한 경우, 과류방지밸브를 설치할 수 있다. 가스탐지장치는 가스관의 파손을 신속히 탐지하는 수단으로 인정되지 않는다.

<신설>

603. 내측 관의 가스누설에 대비한 통풍덕트 및 외측 관의 설계

- 1. **규칙 9장 802.**의 1항 (2)호의 적용상, k 값은 연료의 사용가능한 성분조성비를 고려하여 가장 엄격한 값을 적용하여야 한다.(프로판: 1.13, 부탄 : 1.096)

제 7 절 추진을 포함한 발전 기관 및 기타 연료소모장치

701. 기능요건

규칙 10장 201.에 추가하여 다음을 적용한다.

- 1. 연료소모장치는 사용하고자 하는 연료의 구성성분의 특성에 대한 운전에 적합하도록 설계되어야 한다.
- 2. 미연소된 가스가 배기장치에서 자기발화하지 않도록 배기가스의 온도를 고려하여야 한다. 다만, 배기가스의 온도를 낮추는 것이 불가능한 경우, 위험도 평가를 통하여 안전성이 확보됨을 문서로 제출하여야 한다.

702. 피스톤 형식의 내연기관

- 1. 내연기관은 우리선급의 형식승인을 받아야 하며, 다음 항목이 확인되어야 한다. 다만 다음에 한정하지는 않는다.
 - (1) 피스톤 하부공간의 LPG가스 축적 방지 및 배출방법
 - (2) 배기장치내의 미연소된 LPG가스에 대한 안전조치
 - (3) 착화 실패에 따른 미연소 가스의 제거 방법

703. 가스터빈

- 1. **규칙 10장 501.**의 1항의 적용상, 폐위구역 내에서의 가스누설 및 그 영향에 대하여 위험도 평가를 수행하여야 한다.

제 8 절 화재안전

801. 방화

- 1. **규칙 11장 301.**의 3항의 적용상, 연료준비실은 A류 기관구역 및 고화재 위험구역과 분리되어야 한다. 분리는 A-60급으로 방열된 폭 900 mm의 코퍼뎀으로 한다.

802. 소화

- 1. **규칙 11장 4절**의 적용상, 연료준비실에는 FSS Code에 적합한 고정식 소화장치를 설치하여야 하고 가스화재의 소화용으로 요구되는 농도 및 분무율이 고려되어야 한다.

제 9 절 폭발방지

901. 기능요건

- 1. **규칙 12장 4절**의 적용상, 위험구역의 분류에 있어서 LPG가스의 비중이 공기보다 무겁다는 점을 고려하여야 한다. 필요시, IEC 60079-10-1을 참고할 수 있다.

제 10 절 통풍

1001. 일반요건

- 1. **규칙 13장**의 적용상, 위험구역의 통풍덕트는, **규칙 13장 8절**에서 허용하는 것을 제외하고, 거주구역, 업무구역, 기관구역, 제어장소, 로로구역을 통과하지 않아야 한다.
- 2. **규칙 13장 3절**의 적용상, 통풍이 요구되는 구역의 통풍덕트의 배치에 대하여 LPG가스는 공기보다 무거운 특성을 고려하여 통풍덕트의 출구는 구역의 가장 낮은 곳에 배치하여야 하고, 통풍효율을 저해하지 않는 한 바닥면에 가까이 설치하여야 한다. 이에 추가하여, 통풍되는 구역이 선체 외판과 접하거나 또는 손상시 해수가 유입할 수 있는 구역인 경우, 통풍덕트에는 바닥 상방 약 2m 부근의 위치에 비상용 배기 덕트를 설치하고 그 개구는

<신설>

노출감판 및 구역 내에서 개폐할 수 있는 댐퍼를 설치하여야 한다.

- 3. **규칙 13장 3절**의 적용상, 각 구역의 통풍입구의 개수 및 위치는 구역의 크기 및 배치를 고려하여 결정되어야 하며 바닥의 구조가 복잡한 경우에는 통풍해석을 통해 통풍용량 및 덕트의 배치가 적절한지 확인하여야 한다.
- 4. **규칙 13장 305.**의 적용상, 위험구역의 공기출구에서 배출되는 가스가 공기 흡입구를 통하여 재순환 되지 않도록 배치되어야 한다. 이러한 배치의 만족을 확인하기 위하여 필요시 위험도 평가를 수행하여야 한다.
- 5. **규칙 13장 305.**의 적용상, 위험구역의 통풍출구는 상방으로 배출되는 구조이어야 한다.
- 6. **규칙 13장 308.**의 적용상, IEC 60092-10-1에 따른 통풍효과(effectiveness of ventilation)확인하여야 한다. 특히, LPG가스의 누출율과 폭발하한계치(LEL)를 고려하여 LPG누설에 대한 회석등급은 LNG가스 누설에 대한 회석 등급과 동등수준을 확보하도록 통풍용량을 결정하여야 한다.

1002. 연료준비실

- 1. **규칙 13장 601.**의 적용상, 연료준비실의 통풍 트렁크에는 승인된 자동 고장안전(fail-safe)형 화재댐퍼가 설치되어야 한다.

1003. 덕트 및 이중관

- 1. **규칙 13장 801. 1호**의 적용상, 이중관 및 덕트의 모든 범위에 걸쳐 부압이 유지되도록 이중관 및 덕트 상의 통풍 입구 및 출구의 위치를 결정하여야 한다.
- 2. **규칙 13장 801. 3호**의 적용상, 이중관 및 덕트의 통풍입구는 발화원으로부터 멀리 떨어진 비위험 개방구역에 위치하여야 한다.
- 3. **선급 및 강선규칙 7편 5장 16절**의 적용을 받는 선박의 경우, **7편 5장 1604.의 3항** (2)호에도 불구하고 이중관 및 덕트의 통풍입구는 **2항**의 요건을 따른다.

제 11 절 전기설비

1101. 일반요건

- 1. **규칙 14장 301.의 3항**의 적용상, 위험구역에 설치되는 전기기기는 IEC 60079-20에 따라 LPG의 구성성분에 적합한 승인된 안전형이어야 한다. IEC 60079-20에서는 LPG의 주요 성분인 부탄인과 프로판에 대하여 다음과 같은 온도등급 및 장비그룹으로 분류하고 있다.

	온도등급	장비그룹
프로판	T2	IIA
부탄	T2	IIA

제 12 절 제어, 감시 및 안전장치

1201. 가스 탐지

- 1. **규칙 15장 801.의 1항**에서 요구하는 장소에 추가하여 다음의 장소에 가스탐지기를 영구적으로 설치하여야 한다.
 - (1) 위험도 평가의 결과에 따라 요구되는 경우, 로로구역의 통풍입구
 - (2) 벙커링 스테이션
- 2. **규칙 15장 801.의 6항**의 적용상, 벙커링 스테이션에서 누설가스를 탐지하는 경우, 최저폭발한계 30 %의 가스농도에서 가시·가청 경보가 발하여야 하고 최저폭발한계 60 %의 가스농도에서 벙커링장치의 비상차단장치를 작동하여야 한다.

제 13 절 여객선에 대한 특별고려 사항

1301. 일반요건

- 1. 가스위험구역에 면하는 여객구역의 개구에는 가스탐지장치를 설치하여야 한다.
- 2. 선내의 가스시설 및 가스누설이 여객의 안전에 미치는 위험성에 대하여 위험도 평가를 수행하여야 한다.↓

부록 4 위험도 평가 (2019)

제 1 절 일반사항

101. 일반

위험도를 제거하거나 완화하기 위해 위험도 평가가 요구된다. 이와 관련하여 위험도 평가는 허용가능하고 인정되는 기법을 사용하여 수행되어야 하며, 위험도와 위험도 저감방안은 문서로 우리 선급에 제출되어야 한다. 위험도 평가를 문서화하는 방법에는 많은 기술과 수단이 있음이 인정된다. 따라서 위험도 평가를 특정 기술이나 문서화 방법으로 제한하는 것은 이 문서의 취지가 아니다. 다만, 이 부록은 본 규칙을 만족시키는데 도움이 되는 추천 방법 및 사례를 설명하기 위함이다.

102. 목적

이 규칙에 명시된 위험도 평가의 목적/목표는 선원과 선박 또는 환경에 대한 악영향을 미치는 요인을 제거 또는 완화하는 데 도움이 되는 것이다. 즉, 인명, 환경 또는 선박에 해를 끼치는 저인화점 연료를 사용함으로써 발생하는 의도치 않은 사건을 일어나지 않거나, 사고의 심각성을 줄이기 위함이다.

103. 범위

- 이 규칙에서는 저인화점 연료의 사용을 위해 위험도 평가를 요구하고 있다. 위험도 평가 시 다음의 항목을 고려할 수 있다.
 - (1) 필요에 따라 연료를 수급하고 저장하고, 상태를 조절하여 하나 이상의 주기관, 보일러 또는 기타 연료소모장치에 연료를 이송하기 위하여 선내에 설치된 장비: 이러한 장비에는 벙커링 매니폴드에서 연료소모장치에 연료를 공급하기 위한 매니폴드, 밸브, 배관, 탱크, 펌프/압축기, 열교환기 및 계기가 포함된다.
 - (2) 작동을 제어하는 장비: 압력 및 온도 조절기 및 감시장치, 유량조절기, 신호처리장치 및 제어판 등이 포함된다.
 - (3) 감지, 경보 및 안전조치를 유발하는 장비: 연료의 누출 및 누출에 따른 화재를 식별하여 연료소모장치에 연료공급을 차단하는 감지기 등을 포함한다.
 - (4) 의도치 않은 연료의 벤트, 수용 또는 처리를 하는 장비: 즉 벤트용 관, 마스트 및 밸브, 넘침탱크, 2차 격납 및 통풍장치 등을 포함한다.
 - (5) 화재, 연료 접촉 및 화재의 확산으로부터 선체 표면을 보호하기 위한 소화장치와 배치: 물분무장치, 워터 커튼 또는 방화 뎀퍼 등
 - (6) 연료관을 퍼지 또는 불활성화하는 계통: 벙커링 계통의 퍼지/불활성화 용도의 질소 저장 및 공급 장치와 연료의 이송/처분(disposal)에 사용되는 장치 등
 - (7) 장치를 수용하는 구조와 구조물: 연료 저장창구역, 탱크연결부 구역 및 연료저장실 등
- 위험도 평가의 범위는 위의 평가 대상인 항목 중 일부를 제외할 수 있으며, 사용 환경(context of use)을 변경하지 않고, 이전의 위험도 평가의 결과로 얻게 된 저감방안을 포함하여야 한다. 이를 통해 평가에 투입되는 시간 및 공임을 줄일 수 있다. 앞에서 쓰인 '사용환경'은 설계 또는 배치의 차이, 설치 위치, 작동 방식, 주변 구역의 사용 및 노출된 인원의 수와 유형과 같은 차이를 말한다. 예를 들면, 장비가 갑판 상에 있는 화물선의 경우, 동일한 장비가 여객선의 갑판 아래에 설치되면 '사용 환경'은 변경되어야 한다. '사용 환경'을 다룸에 있어 이러한 '차이'가 위험도를 현저히 감소시키거나 증가시킬 수 있다는 사실을 인지하는 것이 중요하며, 이러한 위험도를 제거하거나 완화하기 위한 방법을 줄이거나, 늘리거나 바꾸거나 대체할 필요가 있다.
- 액화천연가스와 관련하여 요구하는 위험도 평가는 5장 10절 1001. 5항, 5장 12절 1201. 3항, 6장 4절 401. 1항, 6장 4절 415. 4항 (7)호 (나), 8장 3절 301. 1항, 13장 401. 1항, 13장 7절 701. 및 15장 8절 801. 1항 (10)호 및 부록3 104.의 4항 및 106.의 8항에 기술되어 있다. 그러므로 이 규칙의 위험도 평가의 범위는 이 부록으로 제한한다. 그러나 이 부록에서 요구되는 위험성 평가의 범위에 대한 이견이 있을 수 있으므로, 위험도 평가의 범위를 정할 때, 우리 선급의 승인을 얻어야 한다.
- 위험도 평가에는 선내에 설치된 벙커링 장치에 대한 고려가 포함되지만, 선박의 도착, 접근 및 계류, 준비, 시험과 연결, 연료 이송 및 완료와 연결 해제와 같은 벙커링 작업은 고려되지 않는다. 연료의 벙커링은 ISO/TC 18683에 따른 별도의 평가 대상이며, 구체적이고 적절한 지침을 참조하여야 한다.
- 이 규칙에서는 물리적 배치, 운영 및 유지보수에 대한 고려를 요구한다. 일반적으로 유지보수와 관련된 위험은 작업이 수행되기 전에 작업별 위험도 평가에 의해 통제된다. 그러므로 유지보수의 고려는 안전하고 적절한 작업 환경을 조성하기 위한 설계 및 배치의 고차원적 고려를 의미한다. 예를 들어 장비의 격리, 구역의 환기, 비상 대

<신설>

피, 난방 및 조명 및 장비로의 접근 등을 고려하여야 한다. 이 고려의 목적은 유지보수 중에 해가 될 수 있는 원하지 않는 사건을 최소화하는 것이다. 추가로 열악한 근무 환경을 조성하는 불충분한 작업의 결과로써, 유지보수 후 원치 않는 사건의 발생가능성을 최소화하는 것이다.

- 6. 장치의 제어와 연결 호환성과 같은 잠재적인 시스템 통합 문제를 인식해야 한다. 이는 여러 이해관계자가 설계, 공급, 건조 및 설치 등의 각각의 요소에 개별적으로 관여되는 경우 특히 중요하다.
- 7. 작업 관련 위험은 위험도 평가에서 제외될 수 있다. 이는 중요한 안전 고려 사항이며, 선박의 안전관리시스템에 의해 보호될 것으로 예상된다. 범위는 선내에 설치된 설계 및 배치를 포함해야 한다. 따라서 설계를 완료하기 전에 위험도 평가를 수행하는 경우, 위험이 적절히 저감되도록 수정해야 한다.
- 8. 이 규칙은 위험도 평가의 주기적인 업데이트에 대해서는 언급하지는 않고 있다. 그러나 연료장치의 수명 동안 위험이 적절히 저감되도록 하기 위하여 설계와 배치 및/또는 작동의 변경이 이루어진 곳과 장비 및 제어의 성능 변화에 따라 수행되어야 한다. 위험도 평가의 최종 범위는 우리 선급과 합의한 후 적용 가능한 이 규칙 및 t 선급및강선규칙에 따라야 한다.

104. 접근법

국제해사기구(IMO)는 공식안전평가(FSA)에 관한 지침을 발행하였으며, 위험도 평가 접근법 및 기준에 대한 유용한 정보를 제공한다. 지침의 목적은 해상 안전 및 환경 보호에 관한 새로운 규정을 평가하는 것이다. 이와 관련하여 평가는 의사 결정을 알리기 위해 위험도 정량화 및 비용 편익 분석에 초점을 맞추고 있다. 이 규칙은 사람, 환경 또는 자산에 대하여 저인화점 연료 사용으로 인한 위험의 정량적 추정을 요구하지 않는다. 위험도 평가는 단순히 위험을 제거하기 위한 추가 조치가 필요한지, 또는 적절히 저감되는지를 확인하는데 도움이 되는 정보를 제공하기만 하면 된다. 따라서 위험도 평가에 대한 질적 또는 준 정량적 접근법(즉, 정성적 위험도 평가)이 적절하다. 이는 완전히 정량적인 접근법이 부적절하거나 상황이 정량적인 접근법의 사용을 선호하지 않는다는 것을 의미하지는 않는다. 중요한 것은 위험도 평가가 위험 요소가 제거되거나 적절히 저감되었음을 입증하는 데 도움이 되는 충분한 수준의 위험도 평가인가이다.

위험도 평가는 최소한 다음을 상세히 설명하여야 한다.

- 인화점이 낮은 연료가 잠재적으로 해를 끼칠 수 있는 원인: 위험요소 식별
 - 즉, 중대한 상해 또는 사망, 환경 오염 및/또는 선박의 구조적 강도 또는 무결성의 손실을 초래할 수 있는 원치 않는 사건을 체계적으로 식별해야 한다.
- 위험요소의 잠재적 심각성: 결과 분석
 - 중상, 한 명 또는 두 명 이상의 사망자, 유해한 환경 영향 및 안전한 작업을 위태롭게 하는 중대한 구조손상/선박 손상과 관련하여 표현된 해의 잠재적 심각성(즉, 결과)
- 위험요소의 발생 가능성: 확률 분석
 - 위험요소가 발생할 확률 또는 빈도
- 위험도
 - 심각도 X 발생가능성
- 위험도 허용에 대한 판단: 위험도 평가
 - 위험도는 위험이 '적절히 저감'되었는지 판단하기 위한 기준과 비교되어야 한다. 위에서 언급된 요구사항을 다루기 위해 인정되는 기술은 ISO 31010, ISO 17776, ISO 16901, NORSOK Z-013, CPR 12E 및 CCPS와 HSE 등을 참고할 수 있다. 다음의 1항은 위의 요구사항을 충족시키기 위한 접근법을 개괄적으로 설명한다.

1. 이 규칙의 요구사항을 충족시키기 위한 접근법(정성적 위험도 평가)

(1) 위험요소 식별

- (가) 연료시스템을 장비의 기능과 위치를 고려하여 개별 부품으로 나눈다.
 - 이것은 시스템의 각 부분에 대한 체계적인 고려를 촉진하고, 특정 항목, 활동 또는 부품과 관련된 원하지 않는 사건의 구체적인 원인을 식별하는 데 도움이 된다. 시스템의 전형적인 구분은 예를 들면 다음과 같다.
 - (a) 저장탱크로 연결되는 병커링 스테이션과 연료관
 - (b) 연료저장창 구역
 - (c) 탱크연결부 구역
 - (d) 연료준비실
 - (e) 엔진으로의 연료 공급을 조절하는 연료공급관과 밸브
- (나) 원하지 않는 사건(예: 연료의 누설 또는 연료 시스템의 고장으로 인한 전력의 손실)을 초래할 수 있는 참조어, 문구 및 일련의 사례를 도출한다.
- (다) 설계 및 배치 정보, 위치 계획도, 공정 흐름도, 저감 방안 및 계획된 비상조치와 관련하여 참조어를 사용하여 원하지 않는 사건의 잠재적 원인(예: 연료 누설 및 전력의 손실)을 식별한다. 참조어는 진행자가 주도

<신설>

하고 직무 전문가가 참석한 회의에서 토론 및 아이디어 제안을 격려하는데 사용된다.

(라) 원하지 않는 사고의 잠재적 원인과 및 저감 방안을 기록한다.

(2) 결과 분석

(가) 확인된 각각의 원인에 대해 증상, 단일 또는 여러 명의 사망자, 환경에 미치는 악영향 및 안전한 작동을 위태롭게 하는 심각한 손상과 같은 잠재적 결과를 추정한다. 잠재적 영향은 다음에 대한 판단 및 참조를 사용하여 직무 전문가에 의해 산정될 수 있다.

- (a) 연료의 특성/위험요소 LNG의 특성과 위험은 2절에 요약되어 있다.
- (b) 누설된 장소
- (c) 분산(dispersion)/누설의 경로
- (d) 점화원의 위치 및 강도
- (e) 취약한 수용체와의 근접성
- (f) 존재하는/계획된 저감 조치의 예상되는 효과

(나) 결과 가정의 분류

결과는 직무 전문가에 의해 심각도의 지표로 분류될 수 있다. 예를 들면, 인명에 대한 위해의 분류는 증상, 단일 사망자 및 다수의 사상자로 구분할 수 있다.

(3) 확률 분석

(가) '원인과 결과'의 연간 발생 가능성을 추정하여야 한다. 발생 가능성은 직무 전문가(또는 적절한 자격을 갖춘 개인)가 '원인과 결과 한 쌍' 또는 동일한 결과를 갖는 원인의 그룹에 대해서 추정할 수 있다. 평가는 사고 및 아차사고보고서, 사고 및 장비 누출 보고서, 유사 산업 또는 기타 산업의 사고와의 유사성 저감조치의 신뢰성 및 효과에 대한 고려를 통해 추정할 수 있다. '원인-결과'간의 결합 가능성이 신뢰할 만한 것인지(즉, 합리적으로 예측이 가능한지) 항상 명확하지는 않다. 의도치 않은 사건은 다음과 같은 경우에 신뢰성이 있는 것으로 간주할 수 있다.

- (a) 이전에도 발생되었던 사건으로 다시 일어날 가능성이 있다.
- (b) 일어난 사건은 아니지만, 백만번에 한번 이상의 연례 확률로 발생 가능할 것으로 간주된다.
- (c) 비상조치가 사건을 커버할 수 있도록 계획되거나, 비상조치가 예방할 수 있도록 계획된다.

(나) 발생가능성 추정의 분류

유사한 상황은 직무 전문가(또는 적절한 자격을 갖춘 개인)에 의해 분류되어 사고 또는 기타 원하지 않는 사건의 발생 징후를 제공할 수 있다.

(4) 위험도 분석

(가) 위험도 추정

위험 등급은 위험 등급을 제공하기 위해 결과 분류와 가능성 분류를 결합하여 직무 전문가(또는 적합한 자격을 갖춘 개인)가 추정할 수 있다

(5) 위험도 평가

(가) 위험이 적절히 저감되었는지 판단하는 단계

추정된 위험은 위험 매트릭스에 포함된 위험 기준과 비교될 수 있다. 매트릭스는 위험 등급(결과 및 가능성과 관련)을 나타내며, 기준은 위험이 적절히 저감되었는지 여부를 나타낸다.

실질적인 위험 등급에 따라 위험 저감 방안의 적용 여부를 결정할 수 있다.

- 허용불가 등급 : 반드시 위험 저감 방안을 제공하여야 한다.
- 관리가능 등급 : 실용적이고 비용면에서 효율적이라면 고려되고 수행되어야 한다.
- 무시가능 등급 : 가능한 한 위험도를 줄이는데 허용된 우수한 관행을 넘어선다면 더 이상 고려할 필요가 없을 수 있다.

2. 위험 저감방안의 고려사항

(1) 모든 합리적으로 실행 가능한 저감방안이 구현된 경우, '실용-합리적 최소화' 영역의 위험으로 간주된다. 이는 비현실적이거나 실행 비용이 위험의 감소와 균형을 맞추는 한 추가 또는 대안 조치가 확인되어 실행되었음을 의미한다. 이러한 '실용-합리적 최소화(ALARP)'의 개념은 많은 산업 분야에서 확립되어 있으며, IMO에서 모범 사례로 인정받고 있다.

(2) 저감 방안을 고려할 때에는 다음과 같은 저감 계층 구조가 모범사례이다.

(가) 원하지 않는 사건을 예방하기 위한 조치. 즉, 원치 않는 이벤트가 일어나지 않도록 하거나, 발생 가능성을 현저히 줄이는 것이다.

(나) 원하지 않는 사건이 발생할 경우 피해를 방지하기 위한 조치. 즉, 원치 않는 이벤트가 발생한 이후의 결과의 심각도를 줄이는 것이다.

(3) 저감 방안을 고려할 때 절차적인 제어보다 기술적인 해결책을 고려하는 것이 좋다. 이는 본질적으로 보다 안전한 설계를 촉진하는 데 도움이 된다. 또한, 능동적 조치보다는 수동적 조치를 고려하는 것이 우수 사례가 된다. 저감방안의 예시는 3절에 열거되어 있다.

<신설>

- (4) 저감 조치가 효과적인지 판단하기 위해 '원인'에서 '결과'로의 경로를 설명하거나 도표화하고 저감조치의 효과를 검토하는 것이 유용할 수 있다.
- (5) 단일의 저감 방안 또는 다수를 조합한 저감 방안이 실용적이고 비용 절감 효과가 있는지의 여부는 가능한 자원 및 기술과 관련하여야 한다. 직무전문가가 결정할 수 없는 경우, 비용편익분석이 도움이 될 수 있다. 어떠한 경우든 직무전문가가 그 조치를 실용적이고 비용 효율적이라고 판단하였음에도 불구하고 저감방안을 이행하지 않는다면 문서화된 정당한 사유를 제시하여야 한다.

105. 팀

위험도 평가를 수행하는 팀은 집단적으로 적합하며 자격을 갖추고 있고, 경험이 풍부한 분야의 직무전문가로 구성되어야 한다. 위에서 언급한 정성적 위험도 분석의 경우, 이것은 분석팀이 학위 및/또는 공인된/전문적인 기술을 보유하고 선박을 운영한 경험이 있으며, 위험도 평가에 경험이 있는 개인을 포함함을 의미한다. 기술 설계와 연료의 안전한 사용을 다루기 위해 관련 분야에 대한 이러한 자격과 경험이 있어야 한다. 한 명의 직무전문가가 앞에서 기술한 요건을 충족시킬 가능성은 거의 없다. 어떤 경우든 기계, 공정, 전기 및 운영의 측면에서 적절한 토론 및 아이디어 창출을 보장하기 위한 전형적인 직무전문가의 수는 4~8인 정도이다.

직무전문가 이외에 팀은 진행자(위원장 또는 의장)가 주도해야 한다. 진행자는 연료 시스템에 기득권이 없는 공평한 위험도 평가를 이끌어야 한다. 진행자는 보고를 돕기 위하여 서기(또는 비서)가 지원할 수 있다.

팀이 소비하는 시간은 합의된 범위와 설계의 복잡성에 달려 있다. 예를 들어, 새로운 설계를 위한 정성적 위험도 분석 회의는 2~3일의 근무일을 요구할 수 있지만, 이전에 평가되고 승인된 설계에 대한 사소한 변경은 반일만 소요될 수도 있다.

106. 보고서

1. 주 보고서

위험도 평가를 문서화하는 보고서는 작성되어야 한다. 결과, 결론, 권장사항 및 취해진 조치를 뒷받침할 정도로 충분히 상세해야 한다. 이것은 평가가 중요한 설계 및 운영상의 결정에 대한 정보를 주기 때문이다. 또한 이 보고서는 '적절히 저감'되었음을 입증하는 데 도움이 되는 기록이다. 완성된 작업표로만 구성된 보고서는 충분하지 않다. 다만, 보고서의 구체적인 내용과 구조는 설계, 평가의 특성 및 보고서의 선호도에 따라 달라질 수 있다. 그러나 정성적 위험도 분석의 경우 보고서는 다음을 제공하여야 한다.

- (1) 설계 및 배치 개요

이는 의도한 작동 및 공정 조건과 관련된 설계 및 배치에 대한 간단한 설명이다. 기술 부속서에는 공정 흐름도, 일반배치도 및 평가 중에 사용된 모든 정보가 포함되어야 한다. 전체 보고서에 포함하기에는 다루기 힘든 자료인 경우, 이 자료에 대한 언급은 자료를 열람할 수 있도록 제공된다면 충분하다.
- (2) 위험도 평가 과정에 대한 설명

이는 위험도 평가 방법에 대한 설명이며, 설계가 평가를 위한 부분, 위험 확인 방법 및 위험 범주 및 위험 기준의 선택으로 나뉘는 방법을 포함한다.
- (3) 팀의 관련 자격 및 전문 지식에 대한 정보

모든 팀원(진행자와 서기 포함)의 이름, 직위, 관련 자격, 전문 지식 및 경험 등을 나열할 수 있다.
- (4) 위험도 결과 및 결론

결과의 목록 또는 결과에 대한 토론이며, 위험도가 '필요에 따라 저감'되었는지의 여부에 대한 판단을 말한다.
- (5) 권장사항 및 조치

여기에는 모델링 및 분석(예: 가스 분산 또는 복사열 범위) 요청, 조사 및/또는 이행해야 할 추가 저감 조치, 이들에 대한 책임자와 완료 날짜가 포함될 수 있다.

제 2 절 액화천연가스(LNG)의 특성 및 위험성

201. LNG의 특성

액화천연가스(LNG)는 극저온의 액체이다. 소량의 에탄, 프로판 및 불활성 질소를 함유한 메탄으로 구성된다. 연료로 사용되는 경우 일반적으로 94 % 이상이 메탄이다. 대기압에서 온도는 약 162 °C이고 비중은 약 0.42이다. 따라서, LNG가 바다로 방출되면 떠오른다(그리고 빠르게 급속히 끓을 수 있음). 10 bar까지의 압력에서 저장될 때 온도는 전형적으로 약 -100 °C 이하로 유지되고 비중은 약 0.4이다.

대기 상태로 방출된 LNG는 빠르게 무색, 무취 및 무독성 가스를 형성한다. 무색이지만, 온도가 매우 낮기 때문에 공기 중의 수증기가 응축되어 눈에 보이는 안개 또는 구름이 형성된다. 차가운 가스는 초기에 공기보다 무겁고, 온도가 약 -100 °C로 상승할 때까지 공기보다 무거운 비중을 유지한다. -100 °C부터 가스는 공기보다 가벼워지며 개방된 환경에서는 가스 농도가 5% 미만으로 된다. 이 온도와 농도까지 가스는 여전히 눈에 보이는 증기 구름이 형성된다.

기체가 대기 조건에서 계속 가열됨에 따라 기체의 체적은 액체상태와 대비하여 600배 팽창하고, 공기 대비 비중은 약 0.55로서 공기보다 훨씬 가볍다.(공기 = 1)

가스가 분산됨에 따라 그 농도가 감소한다. 공기 중의 가스 농도 5 %와 15 % 사이에서의 혼합물은 인화성을 가지며, 발화원이 있거나 약 595 °C(자연발화온도) 이상의 고온부와 접촉함으로써 점화될 수 있다. 5 % 미만 및 15% 초과 농도에서 혼합물은 더 이상 인화성을 갖지 않으며 점화될 수 없다. 대기 중 LNG의 15 % 및 5 % 농도는 일반적으로 최고인화한계 및 최저인화한계라 한다. 최근에는, 점화가 반드시 폭발을 일으키지 않을지라도, 최고폭발한계 및 최저폭발한계로 지칭된다.

202. LNG 위험요소

1. 극저온 화상

액체 온도가 매우 낮기 때문에 피부와 접촉하면 LNG가 화상을 유발한다. 또한 차가운 가스를 호흡하면서 폐를 손상시킬 수 있다. 화상의 심각성과 폐 손상은 액체/기체가 접촉하는 표면적 및 노출 기간과 직접적으로 관련된다.

2. 저온 취성

저온 LNG와 접촉하면 많은 물질이 연성을 잃어 부서지기 쉽다. 여기에는 일반적으로 선박 구조 및 갑판에 사용되는 탄소 및 저 합금강이 포함된다. 이러한 저온 취성으로 재료가 파손되어 접촉된 재료의 기존 응력이 추가적인 충격, 압력 또는 사용없이 균열 및 파손을 일으킬 수 있다. LNG 의무의 경우, 저온 취성에 강한 물질이 사용된다. 이러한 재질에는 스테인리스 강, 알루미늄 및 니켈 함량이 높은 합금강이 포함된다.

3. 질식성

LNG는 독성이 없으며 알려진 발암 물질이 아니다. 그러나 가스가 끓기 때문에 변질되고 주변 공기와 섞이면서 질식을 일으킬 수 있다. 질식의 가능성은 대기 중 가스 농도와 노출 기간과 관련이 있다.

4. 팽창과 압력

대기 증으로 방출된 LNG는 액체의 수백배(주변 조건에서 약 600 배)의 가스 생성량으로 급속히 끓는다. 따라서 제한되거나 완화되지 않으면 압력이 증가하여 주변 구조물과 장비가 손상될 수 있다.

5. 화재

(1) 액면화재(pool fire)

LNG의 '작은' 방출은 급속하게 끓어서(즉 증발하여) 가스로 '급격히 기화(flash)'한다. 그러나 '많고' 갑작스런 방출을 감안할 때, LNG의 차가운 액면은 액면에서 증발하는 가스와 주변 공기가 섞이고 분산되어 형성될 것이다. 이 혼합물이 가연 범위(예: 공기와 함께 5 % ~ 15 %) 내에 있고 점화원 또는 자연발화 온도(595 °C) 이상의 가열된 표면과 접촉하면 발화되어 화염이 '역행(travel back)'하여 액면에 액면화재가 발생한다.

(2) 제트화재(jet fire)

압력을 가하여 저장할 경우 LNG의 방출은 액체의 분사, 공기연행(entrain, 액체가 기포를 흡수해서 없앴), 증기 발생 및 공기와의 혼합으로 배출될 수 있다. 가연성 범위에 있는 동안 혼합물이 점화원 또는 가열된 표면(자연 발화 온도 이상)에 분산되어 점화되면 발화한다. 결과로 나오는 화염은 '역행'되며 방출원에서 압축된 제트화재가 발생할 수 있다. 유사하게, LNG가 가열되어 가스를 형성하는 경우, 이 가스의 가압 방출로 인해 점화되어 제트화재가 발생할 수 있다.

(3) 표면화재(flash fire)

LNG를 대기 증으로 방출하고 수십 초 내에 점화하면 과압을 일으키지 않고 액면화재나 제트화재가 발생할 수 있다. 이는 증기구름의 가연성 부분이 상대적으로 작고 점화시 방출 지점에 가까울 가능성이 있기 때문이다. 그러나 점화가 지연되면 가스 구름이 더 커지고 방출 지점에서 더 멀리 이동할 수 있다. 점화는 구름의 가연성 부분이 몇 초 내에 급속하게 소모되므로 표면화재가 된다. 이 점화는 폭발적이고 소리가 날 가능성이 크

<신설>

며, 과압이 거의 없음에도 불구하고 종종 폭발로 오인된다.

(4) 액면화재, 제트화재 및 표면화재로부터의 열 방사

사람들이 입는 해나 화재로 인한 구조물과 장비의 손상은 화재의 크기, 화재로부터의 거리 및 노출 시간에 따라 다르다. 화재의 1m 내에서 열 방사는 약 170 kW/m² 일 수 있지만 화재로부터의 거리가 멀어지면 급격히 감소한다.

대략적인 가이드로서 :

- 6 kW/ m² 이상일 경우, 탈출로가 손상될 수 있기 때문에 부상 또는 사망을 피하기 위해 탈출로에서 몇 분 이내의 거리가 있어야한다.
- 35kW/m²는 즉각적인 사망을 초래한다.
- 오랫동안 정상상태 화재에 노출되면 산업 장비 및 구조물의 손상이 시작되는 복사열은 37.5 kW/m²이다.
- 표면화재 시 산업 장비 및 구조물은 크게 손상되지 않는다.
- 액면, 제트 또는 표면화재 내에 사람은 치명적인 상해를 입을 수 있다.

선박의 LNG 화재는 장비 및 구조물(선체 포함)에 치명적인 손상을 줄 수 있다.

6. 폭발

LNG를 대기로 방출하고 생성된 인화성 구름의 점화를 수십 초 이상 지연시키면 폭발할 수 있다. 이것은 구름이 가연성 혼합물을 통해 이동(즉,연소)함에 따라 화염 속도를 증가시키는 정도의 구속 및 표면적 증가를 야기하는 장치 및 구조물의 내부 및 주변에 구름이 분산되었을 수 있기 때문이다. 그 결과 과압은 개인에게 해를 입히고 구조와 장비를 손상시키기에 충분할 수 있다. 이러한 폭발은 고속 아음속(subsonic) 연소 (즉, 화염이 가연성 구름을 통과하는 속도)로 분류되는 폭연(폭렬보다는)일 가능성이 가장 높다.

(1) 폭발로 인한 과압

사람들에게 해를 입히고 폭발로 인한 구조물과 장비의 손상은 과압이 발생하는 정도와 과압이 전달되는 속도(충격으로 알려짐)에 따라 다르다. 또한 해로움은 강한 표면에 떨어지거나 던져지거나 폭발의 결과로 물체와 파편에 부딪치는 결과이다.

(2) 대략적인 가이드로서 :

- 0.25 bar와 1 bar의 폭발로 인한 사망 위험 확률은 각각 약 1 %와 50 %이다.
- 0.25 bar 미만은 단단한 표면에 사람을 던져 부상이나 사망을 초래할 수 있다.
- 일반적으로 0.3 bar는 구조물 및 산업 설비의 손상 한계이다.

선박에서 기화된 LNG 폭발은 장비 및 구조물(선체 포함)에 치명적인 손상을 초래할 수 있다.

7. 신속한 상 전이

방출시 LNG는 공기, 물/바다, 강 또는 육상에서 발생하는 주변으로부터의 열로 인해 급속히 증발한다. 그러나 이 급속하고 때로는 폭발적인 끓는 현상은 신속한 상 전이가 아니다. 신속한 상 전이는 액체가 폭발적으로 증발하는 즉, 액체에서 가스로 순간적으로 전이하는 것이다. 이는 급속 가열보다 더 심한 폭발적인 사건이며 액체 배출 및 과압을 유발할 수 있다. 이 현상은 용융 금속과 물의 우연한 접촉이 신속한 상 전이를 초래할 수 있는 철강 산업에서 잘 알려져 있다.

8. 롤오버

천천히, 저장된 냉각된 LNG는 주위로부터의 열이 서서히 탱크 내로 누설됨에 따라 증발한다 (즉, 'boil-off'). 본질적으로, 탱크의 벽면과 접촉하는 액체는 따뜻해지고 덜 치밀해져 맨 위로 올라간다. 그 후, 이 최상부층은 액체층의 밀도를 증가시키기 위해 증발(즉, 'boil-off')하기 시작한다. 벽에서 더 멀리 떨어진 액체도 따뜻하지만 느린 속도로 흘러내림으로써 최상층 아래의 밀도가 낮은 층이 형성된다. w정수두로 인해 이 층의 포화 상태가 변하고 가열되더라도 증발하지는 않지만 액체 상태로 유지되고 '과열' 상태가 된다. 가열이 계속되면, 갇힌 층의 밀도는 감소한다. 이것은 불안정한 상태이며 이 층의 밀도가 최상층과 유사할 때 두 층이 빠르게 혼합되고 과열된 하층이 증발한다. 이러한 신속한 혼합 및 증발은 롤오버(roll over)로 알려져 있으며, 적절하게 제어되지 않으면 과압 및 가스 방출을 야기 할 수 있다.

앞에서 기술한 가열 메커니즘은 다수의 상이한 층을 초래할 수 있고 층화(stratification)로 지칭된다. 이것은 잘 알려져 있고 환기, 혼합 및 온도 조절을 통해 안전하게 관리되는 현상이다. 위의 현상은 다른 밀도의 LNG가 병커에 의해 촉진되거나, 직접적으로 발생할 수 있다.

<신설>

표 1 연료유와 LNG의 위험성 비교

위험	LNG	연료유
1. 극저온 화상: 액체와 피부 접촉시 화상을 입을 수 있으며, 치명적일 수 있다. 가스를 흡입하면 폐에 화상을 입고 치명적인 부상을 입을 수 있다.	○	×
2. 저온 취성: 장비/구조물이 액체와 접촉하면 파손될 수 있다.	○	×
3. 급격한 상변화: 해수로 방출되면 액체에서 가스로 즉각적으로 '폭발적인' 전환이 발생할 수 있다. 이로 인해 선체가 구조적으로 손상될 수 있다.	○	×
4. 가스 팽창: 액체 액면은 빠르게 비등하고, 가스가 따뜻해지면서 팽창하여 액체의 600배가 된다. 이로 인해 장비가 손상될 수 있다.	○	×
5. 질식: 밀폐된 공간에서 공기 중 가스의 이동 및 혼합은 산소 함량을 감소시키고 질식을 유발할 수 있다.	○	○
6.액면화재: 액면 위의 가스/증기는 발화되어 액면화재를 일으킬 수 있다. 복사열의 강도는 치명적인 부상을 입히고 구조물과 주요 장비를 파괴할 수 있다.	○	○
7. 표면화재: 가스/증기는 액면에서 떨어져 나와 점화되어 화재를 일으킬 수 있다. 단기간의 강력한 복사열은 2차 화재를 유발할 수 있으며, 화재 및 중요한 장비에 치명적인 파손을 입힐 수 있다. 대부분의 경우 화재가 액면으로 역행하여 액면화재도 발생된다.	○	× (연료유가 에어로졸로 분사되어 미세한 공기 방울이 생기면 점화되어 표면화재가 발생하거나 폭발할 수 있다.)
8. 폭발 가스/증기는 밀폐된 구역에서 분산되어 수집될 수 있으며 폭발로 이어질 수 있다. 폭발은 치명적인 부상을 입히고, 2차 화재를 일으키며 구조물과 주요 장비를 파괴할 수 있다. 대부분의 폭발은 액면/가스 공급원으로 역화하고, 액면화재 또는 제트화재를 발생시킨다.	○	× (연료유가 에어로졸로 분사되어 미세한 공기 방울이 생기면 점화되어 표면화재가 발생하거나 폭발할 수 있다.)
9. 톨오버 저장된 액체는 다른 층이 다른 밀도와 온도를 가지는 계층구조일 수 있다. 이로 인해 층이 전복되어 다량의 가스/증기가 발생될 수 있다. 적절한 조치가 없을 경우 표면화재 또는 폭발이 일어날 수 있다.	○	×
10. BOG LNG는 지속적으로 비등하므로, 재액화하거나 소각하여야 한다. BOG가 방출되면 발화되어 제트화재(방출 압력이 충분한 경우), 표면화재 또는 폭발이 발생할 수 있다.	○	×
비고) 연료유는 중유(heavy fuel oil, HFO)를 의미한다.		

제 3 절 저감방안의 예

301. 일반

이 규칙에서 발생가능성을 줄이기 위한 조치와 결과를 줄이기 위한 조치는 모두 저감방안에 해당된다. 다른 많은 산업 분야에서 예방 대책, 완화 대책이라는 용어를 사용하는 것이 일반적이며, 전자는 가능성을 줄이고 후자는 결과를 감소시키는 것으로 이해된다. 예방 및 완화 조치는 안전 장치 또는 보호책이라고도 한다.

302. 기술상의 저감방안

1. 기계적 충격으로부터 보호
2. 바람, 파도 및 날씨로부터 보호
3. 압력도출, 벤트
4. 충돌/좌초로부터 분리 또는 물리적 보호조치 증가
5. 2차 밀폐(예: 이중관)
6. 플랜지 연결부보다는 용접식 연결부
7. 경보 및 자동폐쇄문
8. 격벽 분리/코퍼덤
9. 드립 트레이 용량, 액체 감지
10. 스프레이 보호 적용 범위
11. 방출된 증기/가스의 극저온 및 압력으로부터 구조 보호
12. 독립적인 빌지
13. 화재 및 가스 감지, 감시, 가시거청의 경보 및 차단
14. 압력 및 온도 감지, 가시거청의 감시, 경보 및 차단
15. 수위 감지
16. 강제/자연 통풍 - 에어로크
17. 점화원의 최소화 - 방폭형 전기설비
18. 방화 및 냉각 장치 - 포말, 물분무장치
19. 화재 댐퍼
20. 구역 분리
21. 접근부 배치
22. 물리적 차폐
23. 계류장력 감시/경보
24. 지지대의 변형 감시
25. 완충/넘침 탱크 - 연료 재순환
26. IEC 61508에 대한 독립적인 안전 임계치 제어
27. 레이더 감시
28. 서비스 유체 - 수위/가스 감지, 경보, 차단
29. 플레임어레스터

303. 절차상의 저감방안

1. 검사의 빈도수 증가 (보수 포함)
2. 부품 교체 빈도수 감소
3. 저인화점연료에 대한 특별 교육
4. 접근 제한
5. 감시⇕

저인화점연료선박 규칙 적용지침 개정사항 (기관)



기 관 규 칙 개 발 팀

- 주요 개정 내용 -

(1) 2018.07.01일자 시행사항

- UI GF Rev.1 철회 후 UI GF New로 복귀함.

(2) 2019.01.01일자 시행사항

- IACS Rec.146 Risk assessment for IGF code 반영

(3) 2019.07.01일자 시행사항

- 제개정요청 반영(위험구역)
- 편제 수정
- IACS UI GF13, GF14, GF15

현 행	개 정
<p style="text-align: center;">제 1 장 일반사항</p> <p style="text-align: center;">제 1 절 일반사항</p> <p>102. 정의</p> <p>1. ~ 4. <생략></p> <p>5. <u>규칙 102.의 17항에서 연료준비실 내부에 기화기 또는 열교환기와 같은 장비가 설치된 탱크연결부 구역은 연료준비실로 간주되지 않는다. 이러한 장비는 잠재적 방출원만으로 간주되고 발화원으로는 간주되지 않는다.</u></p> <p style="text-align: center;">제 6 장 연료격납설비</p> <p style="text-align: center;">제 9 절 연료 저장 조건</p> <p>901. <생략></p> <p>903. 재액화 설비</p> <p style="text-align: center;">제 11 장 화재안전</p> <p style="text-align: center;">제 3 절 방화</p> <p>301. 방화</p> <p>1. ~ 2. <신설></p> <p>3. <생략></p>	<p style="text-align: center;">제 1 장 일반사항</p> <p style="text-align: center;">제 1 절 일반사항</p> <p>102. 정의</p> <p>1. ~ 4. <생략></p> <p>5. <u>규칙 102.의 17항에서 연료준비실 내부에 기화기 또는 열교환기와 같은 장비가 설치된 탱크연결부 구역은 연료준비실로 간주되지 않는다. 이러한 장비는 잠재적 방출원만으로 간주되고 발화원으로는 간주되지 않는다.</u></p> <p style="text-align: center;">제 6 장 연료격납설비</p> <p style="text-align: center;">제 9 절 연료 저장 조건</p> <p>901. <현행과 동일></p> <p>903. 재액화 설비</p> <p>1. <u>열교환기로부터 회수되는 냉각매체가 기관구역으로 되돌아오는 경우, 이 매체에 연료의 존재를 탐지하고 경보하는 장치를 설치하여야 한다. 모든 벤트 출구는 안전한 장소에 설치하여야 하고 승인된 플레임스크린을 부착하여야 한다.</u></p> <p style="text-align: center;">제 11 장 화재안전</p> <p style="text-align: center;">제 3 절 방화</p> <p>301. 방화</p> <p>1. <u>규칙 301.의 1항에서 방화는 탈출설비는 제외하며, 구조적 방화를 말한다.</u></p> <p>2. <u>규칙 301.의 1항에서 펌프 또는 압축기와 같은 연료 준비를 위한 장치나 기타의 점화원을 포함한 폐위구역에는 선급 및 강선규칙 8편 8장 301.의 1항과 FSS 코드 의 요건에 적합한 고정식 소화장치를 설치하여야 하며, 가스 화재를 진압하는데 필요한 농도/사용량을 고려하여야 한다.</u></p> <p>3. <현행과 동일></p>

현 행	개 정
<p style="text-align: center;">제 5 절 <신설></p> <p>402. 위험구역</p> <p>1. <u>규칙 402.의 2항</u>에서 이 구역에 설치되는 계기 및 전기장치는 구역 “1”에 적합한 형식이어야 한다.</p> <p>2. <u>규칙 402.의 2항</u>에서 독립형탱크 형식 C의 연료저장창 구역은 통상 구역 “1”로 고려되지 않는다.</p> <p>3. <u>규칙 402.의 2항 (3)호</u>에서 가스 또는 증기배출구는 개방감판상에 위치한 연료탱크의 얼리지 개구 또는 측심관, 연료탱크 덮개로부터 3m 이내의 모든 구역이다.</p> <p>4. <신설></p>	<p style="text-align: center;">제 5 절 위험구역</p> <p>502. 구역 “1” (zone 1)</p> <p>1. <u>규칙 402.의 2항</u>에서 이 구역에 설치되는 계기 및 전기장치는 구역 “1”에 적합한 형식이어야 한다.</p> <p>2. <u>규칙 402.의 2항</u>에서 독립형탱크 형식 C의 연료저장창 구역은 통상 구역 “1”로 고려되지 않는다. 위험구역 분류의 목적상, 모든 잠재적 누설원이 탱크연결부 구역에 있고 위험구역으로의 접근수단이 없는 독립형탱크 형식 C를 포함한 연료저장창 구역은 비위험구역으로 간주한다. 잠재적 누설원(예를 들면, 탱크연결부 구역)을 포함하는 연료저장창 구역은 구역 “1”로 간주하며, 볼트조임식 덮개가 설치된 탱크연결부 구역이 있는 연료저장창 구역은 구역 “2”로 간주된다.</p> <p>3. <u>규칙 402.의 2항 3항</u>에서 “연료탱크의 출구, 가스 또는 증기배출구”는 개방감판상에 위치한 연료탱크의 얼리지 개구 또는 측심관, 연료탱크 덮개를 말한다.</p> <p>4. <u>규칙 502.에 정의된 구역 외에 구역 “1”에 포함되는 구역은 다음과 같다.</u></p> <p>(1) 가스 조절용 또는 차단 및 배출밸브가 포함된 외함 또는 구획</p> <p>(2) 다음의 환기구로부터 3 m 이내의 개방감판 구역 또는 개방감판의 반폐위된 구역</p> <p style="margin-left: 20px;">(가) 탱크연결부 구역</p> <p style="margin-left: 20px;">(나) 연료저장창 구역</p> <p style="margin-left: 20px;">(다) 방벽간 구역</p> <p style="margin-left: 20px;">(라) 연료를 포함하는 배관이 있는 폐위/반폐위 구역</p> <p style="margin-left: 20px;">(마) (1)호의 외함 또는 구획</p> <p>(3) 다량의 가스 또는 증기를 방출하는 연료탱크의 벤트 출구로부터 상부는 반경 6 m 이내의 원통형(높이의 제한 없음), 하부는 6 m 이내의 반구형인 개방감판 구역 또는 개방감판의 반폐위된 구역</p> <p>(4) (3)호 적용시, 가스분산분석을 통해 최대 3 m까지 완화할 수 있다.</p>

현 행	개 정
<p>503. <신설></p> <p>4. 규칙 402.의 3항에서 이 구역에 설치되는 계기 및 전기 장치는 구역 “2”에 적합한 형식이어야 한다.</p> <p>2. <신설> ↓</p> <p style="text-align: center;">제 13 장 ~ 제 14 장 <생략> 제 15 장 제어장치</p> <p style="text-align: center;">제 3 절 <생략></p> <p style="text-align: center;">제 4 절 벙커링 및 가스탱크 감시</p> <p>402. 넘침 제어</p> <p>1. <u>규칙 402.의 3항</u>에서 각 입거라 함은 다음을 말한다. (1) 화물선의 선박안전증서 또는 선박안전구조증서의 갱신을 위해 요구되는 선박의 선저외판 검사 (2) IMO Res.A 1104에 따른 여객선의 매 60개월마다의 선저외판 검사</p> <p>2. <u>규칙 402. 3항</u>에서 고액면경보란 1항에서 말하는 고액면경보장치를 말하며 <u>규칙 402.의 2항</u>에서 명시하는 액화가스 연료탱크의 충전을 차단시키는 독립적인 센서와 추가의 센서를 포함하지 않는다.</p> <p>3. <u>규칙 402. 3항</u>에서 “입거 이후의 첫 번째 화물 만재의 경우”라 함은 <u>규칙 402.의 2항</u>에 명시된 모든 고액면경보, 추가 센서 및 비상차단을 활성화시키는 센서의 위치가 입거시에 시뮬레이션으로 시험한 조건에서 시험이 가능한 첫 번째 화물 적재를 의미한다. 액체 화물을 이용한 고액면경보의 시험은 선장이 선박의 일지 또는 화물기록부에 기록하고 “각 입거” 이 후 첫 번째 연차검사시 우리 선급에 의해 확인되어야 한다.</p>	<p>503. <u>구역 “2” (zone 2)</u></p> <p>1. 규칙 402.의 3항에서 이 구역에 설치되는 계기 및 전기 장치는 구역 “2”에 적합한 형식이어야 한다.</p> <p>2. <u>규칙 503.에 정의된 구역 외에 구역 “2”에 포함되는 구역은 다음과 같다.</u> (1) <u>지침 502.의 4항 (3)호에 정의된 구역에서 원통형 및 반구형으로부터 4m 이내의 구역</u> (2) <u>구역 ‘1’으로부터 비위험구역을 보호하는 에어로크</u></p> <p style="text-align: center;">제 13 장 ~ 제 14 장 <현행과 동일></p> <p style="text-align: center;">제 15 장 제어장치</p> <p style="text-align: center;">제 3 절 <생략></p> <p style="text-align: center;">제 4 절 벙커링 및 가스탱크 감시</p> <p>402. 넘침 제어</p> <p>1. <u>규칙 402.의 3항</u>에서 각 입거라 함은 다음을 말한다. (1) 화물선의 선박안전증서 또는 선박안전구조증서의 갱신을 위해 요구되는 선박의 선저외판 검사 (2) IMO Res.A 1104에 따른 여객선의 매 60개월마다의 선저외판 검사</p> <p>2. 규칙 402. 3항에서 고액면경보란 1항에서 말하는 고액면경보장치를 말하며 규칙 402.의 2항에서 명시하는 액화가스 연료탱크의 충전을 차단시키는 독립적인 센서와 추가의 센서를 포함하지 않는다.</p> <p>3. 규칙 402. 3항에서 “입거 이후의 첫 번째 화물 만재의 경우”라 함은 규칙 402.의 2항에 명시된 모든 고액면경보, 추가 센서 및 비상차단을 활성화시키는 센서의 위치가 입거시에 시뮬레이션으로 시험한 조건에서 시험이 가능한 첫 번째 화물 적재를 의미한다. 액체 화물을 이용한 고액면경보의 시험은 선장이 선박의 일지 또는 화물기록부에 기록하고 “각 입거” 이 후 첫 번째 연차검사시 우리 선급에 의해 확인되어야 한다.</p>

현 행	개 정
<p style="text-align: center;">제 8 절 가스탐지 <생략></p> <p style="text-align: center;">제 10 절 통풍</p> <p>1001. 통풍 1. <신설></p> <p style="text-align: center;">부록 1 저인화점 연료공급장치에 사용되는 기자재의 요건</p> <p style="text-align: center;">제 1 절 ~ 제 3 절 <생략></p> <p style="text-align: center;">제 4 절 스크루형 가스압축기</p> <p>401. ~ 404. <생략> 405. 강도 1. <생략> 2. 스크루 축의 강도는 규칙 5편 3장 303.에 따른다.</p>	<p style="text-align: center;">제 8 절 가스탐지 <현행과 동일></p> <p style="text-align: center;">제 10 절 통풍</p> <p>1001. 통풍 1. 규칙 1001.의 1항에서 통풍장치가 작동 중에 '요구되는 통풍능력'을 발휘하는지 확인하는 허용되는 수단은 다음과 같지만, 이에 국한하지는 않는다. (1) 부압 표시기와 결합된 통풍 팬 또는 전동기의 작동 감시 (2) 유량 표시기와 결합된 통풍 팬 또는 전동기의 작동 감시 (3) 요구되는 공기 유량이 확보되었음을 나타내는 유량지시기 감시</p> <p style="text-align: center;">부록 1 저인화점 연료공급장치에 사용되는 기자재의 요건</p> <p style="text-align: center;">제 1 절 ~ 제 3 절 <생략></p> <p style="text-align: center;">제 4 절 스크루형 가스압축기</p> <p>401. ~ 404. <생략> 405. 강도 1. <생략> 2. 스크루 축의 강도는 규칙 5편 3장 203.에 따른다.</p>

부록 2 LPG 연료 선박의 요건 (2019)

제 1 절 일반사항

101. 적용

1. 이 부록은 **규칙 1장 101.의 1항**에 따른 저인화점 연료 중 LPG(liquefied petroleum gas) 연료를 사용하는 선박에 적용한다. 다만, **규칙 1장 101.의 1항 (1)호 및 (2)호**에도 불구하고 LPG 화물을 연료로 사용하는 액화가스 산적 운반선에 대해서는 이 부록의 요건을 적용할 수 있으며 이 부록에서 규정하는 요건 이외에는 **선급 및 강선규칙 7 편 5장 16절**을 따른다.
2. 이 부록이 적용되는 연료는 가스상태 및 액체상태의 LPG를 포함한다.
3. 이 부록은 **규칙**의 요건에 추가되는 요건을 규정하며 이 부록에서 규정하지 않는 사항에 대해서는 **규칙**의 관련 요건을 따른다. (**규칙**에서 언급된 용어 중 액화천연가스 및 천연가스는 각각 LPG액체 및 LPG가스로 바꾸어 적용한다.)

102. 정의

용어의 정의는 다음에 별도로 명시하지 않은 경우 **규칙**에 따른다.

1. **LPG**라 함은 액화석유가스를 말하며, 주로 프로판(C_3H_8)과 부탄(C_4H_{10}) 또는 이들의 혼합으로 구성되어 있으며, 소량의 프로필렌 및 부틸렌을 함유하고 있다. 이 부록에서는 액체 상태 뿐 만 아니라 가스 상태의 석유가스도 LPG라 지칭한다. 다만, 액체 상태와 기체 상태를 구분할 필요가 있는 경우, 액체 상태의 LPG는 LPG액체, 가스 상태의 LPG는 LPG가스라 지칭한다.
2. **연료**라 함은 LPG 연료를 말한다.
3. **임계온도**라 함은 가스가 액화될 수 있는 최대 온도를 말한다.
4. **자연발화(auto ignition)온도**라 함은 점화매체 없이 가스가 스스로 발화할 수 있는 온도를 말한다.
5. **가스분산해석**이라 함은 컴퓨터유체역학(CFD) 해석과 같은 적절한 모델링 기법을 사용하여 수행하는 가스의 분산 거동 해석을 말한다.
6. **통풍해석**이라 함은 컴퓨터유체역학(CFD) 해석과 같은 적절한 모델링 기법을 사용하여 수행하는 구역의 통풍 효율 해석을 말한다.
7. **통풍효과(effectiveness of ventilation)**이라 함은 가스 누설로 인한 폭발성 가스 분위기의 확산과 지속성을 제어하는 효과를 말하며, 희석등급, 통풍의 유효성 및 통풍장치의 설계에 의존한다. (IEC 60079-10-1, 6.5.4 참조)
8. **희석등급(degree of dilution)**이라 함은 누설 가스를 안전한 수준으로 희석시키기 위한 환기능력 또는 대기조건의 척도를 말하며, 고희석(high dilution), 중희석(medium dilution), 저희석(low dilution)으로 구분된다. (IEC 60079-10-1, 6.5.4 참조)
9. **누설(leakage)**이라 함은 탱크 또는 장치 내의 가스 또는 액체가 장치의 외부로 새는 것을 말한다.
10. **방출(relief)**이라 함은 탱크 또는 장치 내부의 압력제어를 목적으로 압력도출밸브를 통해 가스를 외기로 내보내는 것을 말한다.
11. **배출(exhaust)**이라 함은 위험구역 내의 누설가스를 강제통풍장치를 통해 외기로 내보내는 것을 말한다.
12. **플래쉬 가스(flash gas)**라 함은 프로판과 부탄을 각각 주입하는 연료수급의 과정에서 액체상태의 LPG가 감압 또는 가열됨으로 인해 액체상태의 LPG로부터 생성되는 증기를 말한다.

103. 일반사항

1. 이 부록에서는 LPG는 LNG와는 다른 특성을 가지고 있음을 고려하여 LNG 연료에 적용하는 **규칙**의 상세요건 중 LPG에 적용할 수 없는 요건에 대한 대체요건 및 추가요건을 규정한다.
2. 연료저장 탱크가 압력식 탱크 이외의 저온식 탱크인 경우에는 특별히 고려하여야 한다.
3. 1항에서 언급한 LPG와 LNG의 다른 특징은 대표적으로 **표 1**과 같다. 다만 **표 1**에 한정하지는 않는다.

표 1 LPG와 LNG의 특성 및 관련 위험성

특성	LNG	LPG	관련 위험성
15℃ 대기압에서의 증기 비중	0.55	1.52(Propane) 2(Butane)	· 누설가스의 배출/확산이 잘 안됨
공기 중 인화성 농도 범위 (%)	5 ~ 15	2.2 ~ 9.5(Propane) 1.8 ~ 8.4(Butane)	· 적은 농도에도 인화성 분위기 형성
자연발화 온도 (℃)	595	459(Propane) 405(Butane)	· 낮은 온도에서 자연발화가능성 · 미 연소된 가스의 발화가능성
대기압에서의 비등점 (℃)	-161	-42(Propane) -1(Butane)	· 육안으로 누설확인이 어려움 · LPG는 롤오버현상이 발생하지 않음.
45℃에서의 증기압(MPa)	-	1.5(Prfopane) 0.4(Butane)	· 상온의 고압에서 액체상태가 됨 · 성분비에 따라 상변화의 경계가 달라짐
임계온도(℃)	-82.9 5	96(Propane) 152(Butane)	· 연료를 상온에서 압력식으로 저장 가능함.
임계압력 (MPa)	4.6	42.6(Propane) 38(Butane)	· 임계온도에서 액화될 수 있는 최소압력
정압/정적비열비 k(Cp/Cv)	1.31	1.13(Propane) 1.096(Butane)	· 연료공급 이중관의 외측관 설계압력
조성비의 다양성	메탄	부탄 및 프로판	· 조성비에 따른 특성의 변화

4. 표 1에 나타난 LPG의 특성 중 선박의 배치 및 시스템 설계에 있어서 특별히 고려되어야 할 특성과 관련 위험성은 다음과 같다.

(1) 가스의 비중

(가) LPG가스가 누설 또는 방출되면 공기보다 무거워 바닥면으로 흘러 고이게 되고, 대기확산에 의하여 농도가 안전한 수준으로 확산되기 전에, 갑판상부를 타고 이동할 수 있다. 따라서 방출원 주위의 바닥 배치 및 주위 구역의 개구를 확인하여 가스의 축적 및 다른 구역으로의 침입 가능성이 없는지 확인하여야 한다.

(나) LPG추진선박에 있어서 LPG의 누설 또는 방출 가능부는 주로 다음과 같다.

- 벤트마스트
- LPG 연료 관장치의 밸브 및 플랜지 연결부
- LPG 연료 공급장치를 구성하는 장비
- LPG 연소 장비
- 탱크 연결부 및 밸브
- 벙커링 매니폴드
- 연료관의 손상
- 연료탱크의 손상

(다) LPG가스는 LNG와 분산특성이 다르므로 상기 가스 누설 가능부가 설치된 지역 및 구역에 대하여 가스의 축적 방지를 위한 안전조치(가스탐지, 통풍, 비위험구역의 개구와의 거리 등)가 특별히 고려되어야 한다.

(라) 위험구역의 통풍출구를 통해 개방구역으로 배출된 가스가 바닥을 타고 통풍입구로 재순환 될 가능성이 없는지 확인하여야 한다.

(2) 자연발화 온도

(가) 자연발화 온도는 미연소가스가 배기장치 및 기관장치의 고온 표면과 같은 고온부에서 점화원 없이 발화할 수 있다는 점에서 특별히 고려되어야 한다.

(나) LPG의 주성분인 프로판과 부탄은 자연발화 온도가 각각 459℃, 405℃이고 이는 LNG(595℃)와 비교했을 때 상대적으로 낮다. 따라서 미연소된 가스가 배기장치 내에서 자연발화의 가능성을 고려하여야 한다.

(3) 임계온도

(가) LNG는 임계온도가 -83℃로서 액체상태로 저장하기 위해서는 탱크 내부를 극저온으로 유지하여야 한다. 반면에 LPG는 임계온도가 부탄과 프로판의 조성비에 따라 96℃에서 152℃이므로 상온에서 압력식 탱크를 사용하여 액체상태로 저장이 가능하다.

(나) LPG를 압력식으로만 저장하기 위해서는 탱크의 압력이 사용온도에서의 LPG의 증기압 이상이어야 한다. 사용온도는 외부로부터 LPG에 유입되는 복사열을 고려하여 결정하여야 한다.

(4) 45℃에서의 증기압과 조성비의 다양성

(가) LPG는 기관실의 기준온도인 45℃에서 증기압이 0.4MPa에서 1.5MPa로서 프로판과 부탄의 성분비에 따라 연료의 액상과 기상 압력조건이 결정된다. 따라서 연료공급압력이 증기압 근처인 경우, 연료공급장치에

<신설>

서 의도치 않은 상변화의 가능성을 고려하여야 한다.

- (나) 규칙에서 요구하는 퍼징 및 벤트 요건은 가스연료에 적합하게 규정되었으므로 액체상태의 연료를 공급하는 관장치의 퍼징 및 벤트장치에 대해서는 액체연료에 적합하게 설계 및 배치되어야 한다.
- (다) LPG는 프로판과 부탄의 조성비에 따라 특성이 다르므로 LPG의 조성비는 연료소모장치의 정상적인 작동에 적합하여야 한다.

4. 규칙 1장 103.의 적용상, 규칙의 목적과 기능요건의 의도를 충족시키고 동등한 안전성을 보장한다는 것을 검증하기 위하여 105.의 위험도 평가를 수행하여야 한다.

104. 기능요건

- 1. 규칙 2장 201.의 2항의 적용상, LPG 누설에 대한 통풍, 탐지 및 안전조치는 LNG 누설에 대한 것과 동등한 효력을 갖추어야 한다.
- 2. 연료소모장치는 LPG의 조합가능한 모든 구성성분의 특성에 적합하여야 한다.
- 3. 규칙 2장 201.의 적용상, 규칙 6장 901.에서 요구하는 연료 탱크내의 연료의 압력 및 온도를 제어하기 위한 수단 갖추어야 한다. 독립형 탱크 형식C인 경우에도, 고온 측의 설계주위온도에서 최대로 상승할 수 있는 연료의 온도에 대응하는 최대게이지 증기압을 견디도록 설계되지 않은 경우에는 규칙 6장 901.에서 요구하는 탱크의 압력 및 온도의 제어수단을 갖추어야 한다.
- 4. LPG는 상온에서 압력에 따라 상(phase)이 변화할 수 있음을 고려하여야 한다. 연료공급장치의 설계압력이 증기압과 가까운 경우 상변화로 인하여 연료소모장치의 기능 및 관내 유동에 나쁜 영향을 미치지 않도록 설계되어야 한다.
- 5. 연료소모장치에서 미연소된 가스가 배기장치에서 발화하는 것을 방지하도록 설계되어야 한다.
- 6. 대기의 벤트관으로 LPG액체가 방출되지 않도록 하여야 한다.

105. 위험도 평가

- 1. LPG를 연료로서 사용함으로 인하여 선내 인원, 환경 및 선박에 발생하는 위험성을 확인하기 위하여 위험도 평가를 수행하여야 한다. 위험도 평가를 수행함에 있어서 장비의 배치, 운전 및 유지 보수와 관련된 모든 위험성에 대하여 고려하여야 한다.
- 2. 위험도 평가는 발생 가능한 연료의 누설 및 그 결과를 다루어야 한다. 특히 LPG가스가 공기 보다 무거운 특성을 고려하여 바닥에서의 가스 축적 및 다른 구역으로의 확산 가능성에 대하여 고려하여야 한다.
- 3. 위험도 평가는 부록 4에 따라 수행되어야 한다. 다만, 부록 4의 2절은 LNG의 특성 및 위험요소를 다루고 있으므로 LPG의 특성 및 그에 따른 위험요소를 위험도 평가에 적용하여야 한다.
- 4. 위험도 평가에서는 규칙 3장 201.에 추가하여 최소한 다음에 대하여 고려하여야 한다. 다만, 다음에 한정하지는 않는다.
 - (1) LPG의 누설가능성 및 그 영향
 - (2) 누설된 LPG의 선박 내 분산 특성
 - (3) 다음의 구역에 대해서는 HAZID를 수행하여 누설 가스가 비위험 구역으로 유입될 가능성 및 그 영향에 대하여 다루어야 한다. 다만, 다음에 한정하지는 않는다. 필요시, 해당 구역의 누설 가스의 분산특성 및 통풍특성을 증명하기 위하여 분산해석 및/또는 통풍해석을 수행하여야 한다.
 - (가) 탱크연결부 구역
 - (나) 연료탱크
 - (다) 연료준비실
 - (라) 병커링 지역
 - (마) 이중관으로 폐위되지 않은 연료관이 설치된 구역
 - (바) 가스밸브유닛 구역
 - (사) 벤트마스트 주위
 - (4) 103.의 4항에 따른 LPG의 위험성
 - (5) 305.의 1항에 따른 드립 트레이에서의 누설탐지
 - (6) 701.의 2항에 따른 배기장치 내에서 미연소 가스의 발화
 - (7) 703.의 1항에 따른 가스터빈 구역의 가스누설
 - (8) LPG 연료가 벤트관 내에 체류할 가능성
 - (9) 고압의 액체연료를 기관에 공급하는 경우 연료관 내 LPG액체의 퍼징 및 벤트
 - (10) 병커링 시 프로판과 부탄이 각각 연료탱크에 주입되는 경우, 플래쉬(flash)가스의 발생으로 인한 탱크 내부의 압력상승
 - (11) 1001.의 4항에 따른 위험가스의 재순환 가능성
 - (12) 1001.의 5항에 따른 위험구역의 통풍의 유효성

<신설>

- (13) 1201.의 1항 (1)호 및 (2)호에 따른 가스탐지기의 설치
- (14) 여객선에 대하여 1301.의 2항에 따른 위험성

제 2 절 선급등록 및 검사

201. 선급등록

1. 선급부호

이 부록의 요건에 만족하는 선박은 추가특기사항으로서 LFFS(LPG duel fuel, LPG only) 부호를 부여할 수 있다.

2. 제조중등록검사

규칙 4장 203.의 3항에 추가하여 다음의 자료를 제출하여야 한다.

(1) 승인용 도면 및 자료

- (가) 벤트마스트 헤드를 포함한 벤트마스트의 상세도면
- (나) 위험구역 내의 통풍덕트 출구 배치도
- (다) 가스탐지기의 상세 배치도
- (라) 연료관을 폐위하는 이중관 및 덕트의 경로 및 통풍 입출구의 배치
- (마) 105.에 따른 위험도 평가 자료

(2) 참고용 도면 및 자료

- (가) 연소 기관의 승인 자료
- (나) 통풍해석 및 분산해석 자료
- (다) 온도제어장치가 없는 압력식 연료탱크의 설계증기압력 계산식

제 3 절 선박설계 및 배치

301. 기능요건

1. 규칙 5장 201.의 2항의 적용상, 개방구역으로 방출된 가스의 축적 가능성을 최소화하고 대기로 분산이 잘 되도록 벤트마스트, 위험구역의 통풍출구 등의 위치는 주위의 배치를 고려하여 결정하여야 한다.
2. 규칙 5장 201.의 3항의 적용상, LPG가스의 비중 및 분산특성을 고려하여 방출된 가스가 비위험구역의 개구로 유입되지 않도록 개구를 배치하여야 한다.

302. 기관구역의 배치

1. 연료시스템에서 단일 손상이 발생하여도 기관구역에 가스누설이 발생하지 않아야 한다. 즉, 가스 안전 기관구역만 허용된다.
2. 독립된 가스밀의 폐위구역에 설치된 가스터빈의 경우에는 비상차단장치로 보호되는 기관구역을 허용할 수 있다. 이 경우, 규칙 5장 6절에 추가하여 가스터빈이 설치된 구역에 압력검지기를 설치하여 구역 내 부압이 유지됨을 확인할 수 있어야 한다. 또한 구역 내에 부압이 유지되지 않을 경우 향해선교, 항시 사람이 있는 중앙제어장소 또는 선내 안전센터에 가시가청의 경보를 발하여야 한다.

303. 연료관의 위치 및 보호

1. 5장 701.의 3항의 적용상, 개방갑판 상의 모든 LPG 연료관장치는, 105.의 4항에 따른 위험도 평가에 따라 누설된 LPG가 축적되거나 거주구역, 기관구역 등의 비위험구역으로 확산될 가능성이 있는 경우, 이중관으로 보호되어야 한다. 다만, 누설된 LPG가 축적되거나 비위험구역으로 확산될 가능성이 없음이 증명되는 경우 이중관이 요구되지 않는다.
2. 연료관을 폐위하는 이중관 또는 덕트는 비위험구역으로 개구가 있어서는 안 된다. 가스 안전 기관구역에 가스밸브유닛 구역이 설치되는 경우, 가스밸브유닛 구역으로의 접근 수단은 최대 누설압력을 견딜 수 있는 볼트로 체결되는 덮개만 허용된다.

304. 발지장치

1. 위험구역의 발지관은 기관구역 또는 다른 비위험구역으로 유도되어서는 안 된다.
2. 위험구역의 발지는 각 구역마다 독립적으로 구성되어 선외로 배출되거나, 가스탐지기가 설치된 밀폐된 탱크로 유도되어야 한다. 만약, 어느 위험구역의 발지가 다른 위험구역의 발지와 연결되어 있다면 한 구역에서 누설된 가스가 연결된 발지관을 통해 다른 구역으로 침입하는 것을 방지하는 수단을 갖추어야 한다.

<신설>

305. 드립트레이

1. 위험도 평가에서 요구되는 경우 누설된 연료를 격리하는 드립 트레이에는 누설을 탐지하고 연료를 차단하는 수단이 설치되어야 한다.
2. 누설된 연료로 인하여 냉각에 노출될 수 있는 드립트레이는 저온에 적합한 재료로 제작되어야 한다.

306. 폐위구역의 출입구 및 기타 개구의 배치

1. 규칙 5장 1101.의 3항의 적용상, 비위험구역에서 탱크연결부 구역으로의 접근 방법은 그림 1과 같다.

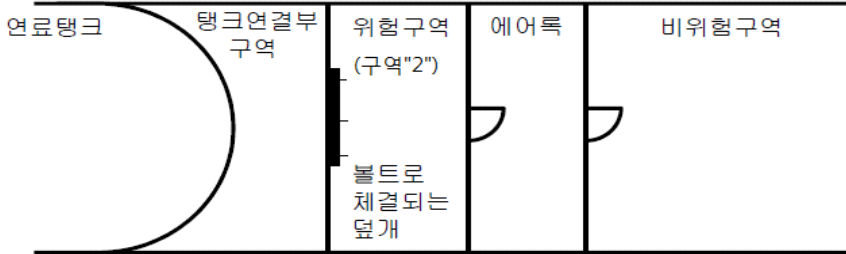


그림 1 비위험구역에서 탱크연결부 구역으로의 접근 방법

307. 벤트관 및 압력도출관의 출구

1. 다음의 LPG가스 배출관은 벤트마스트에 연결되어야 한다.
 - (1) 탱크의 압력도출밸브
 - (2) 가스연료 공급관의 벤트관 및 블리드 라인
2. 다음의 LPG액체 배출관은 연료탱크에 연결되어야 한다. 다만, 부득이한 경우에는 벤트마스트에 연결할 수 있다.
 - (1) 액체연료 공급관의 압력도출밸브
 - (2) 액체연료 공급관의 벤트관 및 블리드 라인
 - (3) 병커링 라인의 압력도출밸브

제 4 절 연료격납설비

401. 일반요건

1. 규칙 6장 301.의 1항의 적용상, LPG를 저장하는 설비의 최대허용설정압력은 1.0 MPa을 초과할 수 있다.
2. 규칙 6장 301.의 4항의 적용상, 폐위구역에 설치된 연료탱크는 연료저장장치 구역과는 별도로 탱크연결부 구역을 구성하여야 한다. 또한 탱크 연결부가 개방 감판상에 있는 경우에도 105.의 4항에 따른 위험도 평가에 따라 누설된 LPG가 축적되거나 거주구역, 기관구역 등의 비위험구역으로 확산될 가능성이 있는 경우, 탱크연결부 구역을 설치하고 배기통풍 출구를 안전한 장소에 설치하여야 한다.
3. 규칙 6장 6절은 적용하지 않는다.

402. 액화가스연료 격납

1. 규칙 6장 402.의 1항의 적용상, 대기압에서 연료온도가 -10℃ 이상인 경우 이차방벽은 요구되지 않는다.
2. 규칙 6장 402.의 1항의 적용상, 대기압에서 연료온도가 -55℃ 이상인 경우 선체구조가 2차 방벽으로서의 역할을 한다고 볼 수 있다.

403. 설계하중

1. 규칙 6장 409.의 3항 (3)호 (가) (b)의 적용상, 설계증기압력 P_0 는 고온 측의 설계주위온도에서 열전달로 인해 최대 상승할 수 있는 연료 온도에서의 게이지 증기압이상이어야 한다.

404. 압력도출장치

1. 규칙 6장 702.의 7항 (1)호의 적용상, 증기방출은 출구에서 수직상방의 방향으로 흐름에 방해 받지 않는 분출 (jet)의 형태로 배출되어야 한다. 또한 벤트 출구의 배치는 105.의 4항 (3)호 (사)에 따라 가스분산해석을 수행하여 다음을 확인하여야 한다.
 - (1) 방출된 가스가 주위의 비위험구역의 개구로 유입되지 않음,

<신설>

- (2) 방출된 가스가 개방압관 상에 축적되지 않음, 및
- (3) 방출된 가스가 기관의 배기가스 배출구 및 기타 발화원에서 인화성 분위기를 조성하지 않음
- 2. **규칙 6장 702.의 10항**의 적용상, 드레인관에는 벤트관 가까이에 2개의 자동폐쇄밸브를 설치하고 배수 시에 각각의 밸브를 순차적으로 개방하여 벤트관 내의 가스가 드레인관을 통해 배출되지 않도록 하여야 한다.
- 3. **규칙 6장 702.의 적용상**, 연료탱크 압력도출밸브에 연결된 벤트관에는 가스가 탐지되면 불활성 가스로 퍼징할 수 있는 장치를 설치하여야 한다.

405. 연료 저장 조건

- 1. **규칙 6장 901.의 1항**의 적용상, 압력식 탱크에 대해서는 '주위설계의 상한온도에서 연료의 최대 게이지 증기압'은 고온 측의 설계주위온도에서 열전달로 인해 최대로 상승할 수 있는 연료 온도에서의 게이지 증기압을 적용하여야 한다.
- 2. 1항의 경우를 제외하고는 **규칙 6장 901.의 1항**에서 요구하는 온도 및 압력제어 수단을 갖추어야 한다.

제 5 절 병커링

501. 기능요건

- 규칙 8장 201.**에 추가하여 다음을 적용하여야 한다.
- 1. 병커링 관장치는 의도하는 모든 LPG의 온도, 압력 및 성분에 적합하여야 한다.
 - 2. 병커링 중 연료탱크에서 발생하는 증기를 처리할 수 있는 수단을 갖추어야 한다. **규칙 6장 901.**에 따른 증기를 처리하는 수단이 없는 경우에는 매니폴드에 증기회수 연결구를 설치하여야 한다.

502. 병커링 스테이션

- 1. **규칙 8장 301.의 1항**의 적용상, 매니폴드가 개방구역에 설치된 경우에도 병커링 매니폴드의 하부에는 가스탐지기를 설치하여야 하고, 바닥면에서 30 cm 이내의 높이로 적절한 간격으로 설치하여야 한다. 가스가 탐지되면 경보 및 비상차단을 작동시킬 수 있어야 한다.
- 2. 병커링 작업동안 병커링 제어장소에서 병커링 매니폴드 지역을 육안 또는 CCTV로 관찰할 수 있어야 한다.

제 6 절 연료소모장치로의 연료 공급

601. 기능요건

- 규칙 9장 201.**에 추가하여 다음을 적용한다.
- 1. 연료공급장치는 기관에 요구되는 연료의 온도, 압력 및 유량을 연속적으로 공급할 수 있어야 한다.
 - 2. LPG액체를 공급하는 연료공급관장치에 대해서는 퍼징, 드레인, 벤트 및 누설에 대한 조치를 특별히 고려하여 가스에 대한 것과 동등이상의 안전성을 확보하여야 한다.
 - 3. 연료는 사용온도에서의 증기압을 고려하여 연료 공급과정에서 다음과 같이 의도하지 않은 상변화가 발생하지 않도록 하여야 한다.
 - (1) 연료가 가스상태로 공급되는 경우에는 공급압력을 고려하여 연료의 온도가 노점이하로 내려가지 않도록 조치하여야 한다.
 - (2) 연료가 액체상태로 공급되는 경우에는 사용온도에서 압력이 증기압이하로 내려가지 않도록 조치하여야 한다.

602. 가스공급장치의 안전기능

- 1. **규칙 9장 401.의 4항 (1)호**의 적용상, 액체연료 공급관의 경우 블리드 라인(bleed line)은 연료탱크로 유도되어야 한다.
- 2. **규칙 9장 401.의 4항 (1)호**의 적용상, 연료 공급관의 이중차단 밸브 사이에는 퍼징관을 연결하여 블리드 밸브가 열리면 자동으로 블리드 라인을 퍼징함으로써 비중이 무거운 가스가 배출배관 내에 잔존하지 않도록 하여야 한다.
- 3. **규칙 9장 401.의 7항**의 적용상, 액체연료 공급관의 경우 벤트관은 연료탱크로 유도되어야 한다.
- 4. **규칙 9장 401.의 10항**의 적용상, 가스관의 파손을 신속히 탐지하는 수단으로, 적절한 경우, 과류방지밸브를 설치할 수 있다. 가스탐지장치는 가스관의 파손을 신속히 탐지하는 수단으로 인정되지 않는다.

<신설>

603. 내측 관의 가스누설에 대비한 통풍덕트 및 외측 관의 설계

1. 규칙 9장 802.의 1항 (2)호의 적용상, k 값은 연료의 사용가능한 성분조성비를 고려하여 가장 엄격한 값을 적용하여야 한다.(프로판: 1.13, 부탄 : 1.096)

제 7 절 추진을 포함한 발전 기관 및 기타 연료소모장치

701. 기능요건

규칙 10장 201.에 추가하여 다음을 적용한다.

1. 연료소모장치는 사용하고자 하는 연료의 구성성분의 특성에 대한 운전에 적합하도록 설계되어야 한다.
2. 미연소된 가스가 배기장치에서 자기발화하지 않도록 배기가스의 온도를 고려하여야 한다. 다만, 배기가스의 온도를 낮추는 것이 불가능한 경우, 위험도 평가를 통하여 안전성이 확보됨을 문서로 제출하여야 한다.

702. 피스톤 형식의 내연기관

1. 내연기관은 우리선급의 형식승인을 받아야 하며, 다음 항목이 확인되어야 한다. 다만 다음에 한정하지는 않는다.
 - (1) 피스톤 하부공간의 LPG가스 축적 방지 및 배출방법
 - (2) 배기장치내의 미연소된 LPG가스에 대한 안전조치
 - (3) 착화 실패에 따른 미연소 가스의 제거 방법

703. 가스터빈

1. 규칙 10장 501.의 1항의 적용상, 폐위구역 내에서의 가스누설 및 그 영향에 대하여 위험도 평가를 수행하여야 한다.

제 8 절 화재안전

801. 방화

1. 규칙 11장 301.의 3항의 적용상, 연료준비실은 A류 기관구역 및 고화재 위험구역과 분리되어야 한다. 분리는 A-60급으로 방열된 폭 900 mm의 코퍼뎀으로 한다.

802. 소화

1. 규칙 11장 4절의 적용상, 연료준비실에는 FSS Code에 적합한 고정식 소화장치를 설치하여야 하고 가스화재의 소화용으로 요구되는 농도 및 분무율이 고려되어야 한다.

제 9 절 폭발방지

901. 기능요건

1. 규칙 12장 4절의 적용상, 위험구역의 분류에 있어서 LPG가스의 비중이 공기보다 무겁다는 점을 고려하여야 한다. 필요시, IEC 60079-10-1을 참고할 수 있다.

제 10 절 통풍

1001. 일반요건

1. 규칙 13장의 적용상, 위험구역의 통풍덕트는, 규칙 13장 8절에서 허용하는 것을 제외하고, 거주구역, 업무구역, 기관구역, 제어장소, 로로구역을 통과하지 않아야 한다.
2. 규칙 13장 3절의 적용상, 통풍이 요구되는 구역의 통풍덕트의 배치에 대하여 LPG가스는 공기보다 무거운 특성을 고려하여 통풍덕트의 출구는 구역의 가장 낮은 곳에 배치하여야 하고, 통풍효율을 저해하지 않는 한 바닥면에 가까이 설치하여야 한다. 이에 추가하여, 통풍되는 구역이 선체 외판과 접하거나 또는 손상시 해수가 유입할 수 있는 구역인 경우, 통풍덕트에는 바닥 상방 약 2m 부근의 위치에 비상용 배기 덕트를 설치하고 그 개구는

<신설>

노출감판 및 구역 내에서 개폐할 수 있는 댐퍼를 설치하여야 한다.

- 3. **규칙 13장 3절**의 적용상, 각 구역의 통풍입구의 개수 및 위치는 구역의 크기 및 배치를 고려하여 결정되어야 하며 바닥의 구조가 복잡한 경우에는 통풍해석을 통해 통풍용량 및 덕트의 배치가 적절한지 확인하여야 한다.
- 4. **규칙 13장 305.**의 적용상, 위험구역의 공기출구에서 배출되는 가스가 공기 흡입구를 통하여 재순환 되지 않도록 배치되어야 한다. 이러한 배치의 만족을 확인하기 위하여 필요시 위험도 평가를 수행하여야 한다.
- 5. **규칙 13장 305.**의 적용상, 위험구역의 통풍출구는 상방으로 배출되는 구조이어야 한다.
- 6. **규칙 13장 308.**의 적용상, IEC 60092-10-1에 따른 통풍효과(effectiveness of ventilation)확인하여야 한다. 특히, LPG가스의 누출율과 폭발하한계치(LEL)를 고려하여 LPG누설에 대한 회석등급은 LNG가스 누설에 대한 회석등급과 동등수준을 확보하도록 통풍용량을 결정하여야 한다.

1002. 연료준비실

- 1. **규칙 13장 601.**의 적용상, 연료준비실의 통풍 트렁크에는 승인된 자동 고장안전(fail-safe)형 화재댐퍼가 설치되어야 한다.

1003. 덕트 및 이중관

- 1. **규칙 13장 801. 1호**의 적용상, 이중관 및 덕트의 모든 범위에 걸쳐 부압이 유지되도록 이중관 및 덕트 상의 통풍 입구 및 출구의 위치를 결정하여야 한다.
- 2. **규칙 13장 801. 3호**의 적용상, 이중관 및 덕트의 통풍입구는 발화원으로부터 멀리 떨어진 비위험 개방구역에 위치하여야 한다.
- 3. **선급 및 강선규칙 7편 5장 16절**의 적용을 받는 선박의 경우, **7편 5장 1604.의 3항** (2)호에도 불구하고 이중관 및 덕트의 통풍입구는 **2항**의 요건을 따른다.

제 11 절 전기설비

1101. 일반요건

- 1. **규칙 14장 301.의 3항**의 적용상, 위험구역에 설치되는 전기기기는 IEC 60079-20에 따라 LPG의 구성성분에 적합한 승인된 안전형이어야 한다. IEC 60079-20에서는 LPG의 주요 성분인 부탄인과 프로판에 대하여 다음과 같은 온도등급 및 장비그룹으로 분류하고 있다.

	온도등급	장비그룹
프로판	T2	IIA
부탄	T2	IIA

제 12 절 제어, 감시 및 안전장치

1201. 가스 탐지

- 1. **규칙 15장 801.의 1항**에서 요구하는 장소에 추가하여 다음의 장소에 가스탐지기를 영구적으로 설치하여야 한다.
 - (1) 위험도 평가의 결과에 따라 요구되는 경우, 로로구역의 통풍입구
 - (2) 벙커링 스테이션
- 2. **규칙 15장 801.의 6항**의 적용상, 벙커링 스테이션에서 누설가스를 탐지하는 경우, 최저폭발한계 30 %의 가스농도에서 가시·가청 경보가 발하여야 하고 최저폭발한계 60 %의 가스농도에서 벙커링장치의 비상차단장치를 작동하여야 한다.

제 13 절 여객선에 대한 특별고려 사항

1301. 일반요건

- 1. 가스위험구역에 면하는 여객구역의 개구에는 가스탐지장치를 설치하여야 한다.
- 2. 선내의 가스시설 및 가스누설이 여객의 안전에 미치는 위험성에 대하여 위험도 평가를 수행하여야 한다.↓

부록 4 위험도 평가 (2019)

제 1 절 일반사항

101. 일반

위험도를 제거하거나 완화하기 위해 위험도 평가가 요구된다. 이와 관련하여 위험도 평가는 허용가능하고 인정되는 기법을 사용하여 수행되어야 하며, 위험도와 위험도 저감방안은 문서로 우리 선급에 제출되어야 한다. 위험도 평가를 문서화하는 방법에는 많은 기술과 수단이 있음이 인정된다. 따라서 위험도 평가를 특정 기술이나 문서화 방법으로 제한하는 것은 이 문서의 취지가 아니다. 다만, 이 부록은 본 규칙을 만족시키는데 도움이 되는 추천 방법 및 사례를 설명하기 위함이다.

102. 목적

이 규칙에 명시된 위험도 평가의 목적/목표는 선원과 선박 또는 환경에 대한 악영향을 미치는 요인을 제거 또는 완화하는 데 도움이 되는 것이다. 즉, 인명, 환경 또는 선박에 해를 끼치는 저인화점 연료를 사용함으로써 발생하는 의도치 않은 사건을 일어나지 않거나, 사고의 심각성을 줄이기 위함이다.

103. 범위

1. 이 규칙에서는 저인화점 연료의 사용을 위해 위험도 평가를 요구하고 있다. 위험도 평가 시 다음의 항목을 고려할 수 있다.
 - (1) 필요에 따라 연료를 수급하고 저장하고, 상태를 조절하여 하나 이상의 주기관, 보일러 또는 기타 연료소모장치에 연료를 이송하기 위하여 선내에 설치된 장비: 이러한 장비에는 벙커링 매니폴드에서 연료소모장치에 연료를 공급하기 위한 매니폴드, 밸브, 배관, 탱크, 펌프/압축기, 열교환기 및 계기가 포함된다.
 - (2) 작동을 제어하는 장비: 압력 및 온도 조절기 및 감시장치, 유량조절기, 신호처리장치 및 제어판 등이 포함된다.
 - (3) 감지, 경보 및 안전조치를 유발하는 장비: 연료의 누출 및 누출에 따른 화재를 식별하여 연료소모장치에 연료공급을 차단하는 감지기 등을 포함한다.
 - (4) 의도치 않은 연료의 벤트, 수송 또는 처리를 하는 장비: 즉 벤트용 관, 마스트 및 밸브, 넘침탱크, 2차 격납 및 통풍장치 등을 포함한다.
 - (5) 화재, 연료 접촉 및 화재의 확산으로부터 선체 표면을 보호하기 위한 소화장치와 배치: 물분무장치, 워터 커튼 또는 방화 댄퍼 등
 - (6) 연료관을 퍼지 또는 불활성화하는 계통: 벙커링 계통의 퍼지/불활성화 용도의 질소 저장 및 공급 장치와 연료의 이송/처분(disposal)에 사용되는 장치 등
 - (7) 장치를 수송하는 구조와 구조물: 연료 저장창구역, 탱크연결부 구역 및 연료저장실 등
2. 위험도 평가의 범위는 위의 평가 대상인 항목 중 일부를 제외할 수 있으며, 사용 환경(context of use)을 변경하지 않고, 이전의 위험도 평가의 결과로 얻게 된 저감방안을 포함하여야 한다. 이를 통해 평가에 투입되는 시간 및 공임을 줄일 수 있다. 앞에서 쓰인 '사용환경'은 설계 또는 배치의 차이, 설치 위치, 작동 방식, 주변 구역의 사용 및 노출된 인원의 수와 유형과 같은 차이를 말한다. 예를 들면, 장비가 갑판 상에 있는 화물선의 경우, 동일한 장비가 여객선의 갑판 아래에 설치되면 '사용 환경'은 변경되어야 한다. '사용 환경'을 다룸에 있어 이러한 '차이'가 위험도를 현저히 감소시키거나 증가시킬 수 있다는 사실을 인지하는 것이 중요하며, 이러한 위험도를 제거하거나 완화하기 위한 방법을 줄이거나, 늘리거나 바꾸거나 대체할 필요가 있다.
3. 액화천연가스와 관련하여 요구하는 위험도 평가는 5장 10절 1001. 5항, 5장 12절 1201. 3항, 6장 4절 401. 1항, 6장 4절 415. 4항 (7)호 (나), 8장 3절 301. 1항, 13장 401. 1항, 13장 7절 701. 및 15장 8절 801. 1항 (10)호 및 부록3 104.의 4항 및 106.의 8항에 기술되어 있다. 그러므로 이 규칙의 위험도 평가의 범위는 이 부록으로 제한한다. 그러나 이 부록에서 요구되는 위험성 평가의 범위에 대한 이견이 있을 수 있으므로, 위험도 평가의 범위를 정할 때, 우리 선급의 승인을 얻어야 한다.
4. 위험도 평가에는 선내에 설치된 벙커링 장치에 대한 고려가 포함되지만, 선박의 도착, 접근 및 계류, 준비, 시험과 연결, 연료 이송 및 완료와 연결 해제와 같은 벙커링 작업은 고려되지 않는다. 연료의 벙커링은 ISO/TC 18683에 따른 별도의 평가 대상이며, 구체적이고 적절한 지침을 참조하여야 한다.
5. 이 규칙에서는 물리적 배치, 운영 및 유지보수에 대한 고려를 요구한다. 일반적으로 유지보수와 관련된 위험은 작업이 수행되기 전에 작업별 위험도 평가에 의해 통제된다. 그러므로 유지보수의 고려는 안전하고 적절한 작업 환경을 조성하기 위한 설계 및 배치의 고차원적 고려를 의미한다. 예를 들어 장비의 격리, 구역의 환기, 비상 대

<신설>

피, 난방 및 조명 및 장비로의 접근 등을 고려하여야 한다. 이 고려의 목적은 유지보수 중에 해가 될 수 있는 원하지 않는 사건을 최소화하는 것이다. 추가로 열악한 근무 환경을 조성하는 불충분한 작업의 결과로써, 유지보수 후 원치 않는 사건의 발생가능성을 최소화하는 것이다.

- 6. 장치의 제어와 연결 호환성과 같은 잠재적인 시스템 통합 문제를 인식해야 한다. 이는 여러 이해관계자가 설계, 공급, 건조 및 설치 등의 각각의 요소에 개별적으로 관여되는 경우 특히 중요하다.
- 7. 작업 관련 위험은 위험도 평가에서 제외될 수 있다. 이는 중요한 안전 고려 사항이며, 선박의 안전관리시스템에 의해 보호될 것으로 예상된다. 범위는 선내에 설치된 설계 및 배치를 포함해야 한다. 따라서 설계를 완료하기 전에 위험도 평가를 수행하는 경우, 위험이 적절히 저감되도록 수정해야 한다.
- 8. 이 규칙은 위험도 평가의 주기적인 업데이트에 대해서는 언급하지는 않고 있다. 그러나 연료장치의 수명 동안 위험이 적절히 저감되도록 하기 위하여 설계와 배치 및/또는 작동의 변경이 이루어진 곳과 장비 및 제어의 성능 변화에 따라 수행되어야 한다. 위험도 평가의 최종 범위는 우리 선급과 합의한 후 적용 가능한 이 규칙 및 t 선급및강선규칙에 따라야 한다.

104. 접근법

국제해사기구(IMO)는 공식안전평가(FSA)에 관한 지침을 발행하였으며, 위험도 평가 접근법 및 기준에 대한 유용한 정보를 제공한다. 지침의 목적은 해상 안전 및 환경 보호에 관한 새로운 규정을 평가하는 것이다. 이와 관련하여 평가는 의사 결정을 알리기 위해 위험도 정량화 및 비용 편익 분석에 초점을 맞추고 있다. 이 규칙은 사람, 환경 또는 자산에 대하여 저인화점 연료 사용으로 인한 위험의 정량적 추정을 요구하지 않는다. 위험도 평가는 단순히 위험을 제거하기 위한 추가 조치가 필요한지, 또는 적절히 저감되는지를 확인하는데 도움이 되는 정보를 제공하기만 하면 된다. 따라서 위험도 평가에 대한 질적 또는 준 정량적 접근법(즉, 정성적 위험도 평가)이 적절하다. 이는 완전히 정량적인 접근법이 부적절하거나 상황이 정량적인 접근법의 사용을 선호하지 않는다는 것을 의미하지는 않는다. 중요한 것은 위험도 평가가 위험 요소가 제거되거나 적절히 저감되었음을 입증하는 데 도움이 되는 충분한 수준의 위험도 평가인가이다.

위험도 평가는 최소한 다음을 상세히 설명하여야 한다.

- 인화점이 낮은 연료가 잠재적으로 해를 끼칠 수 있는 원인: 위험요소 식별
 - 즉, 중대한 상해 또는 사망, 환경 오염 및/또는 선박의 구조적 강도 또는 무결성의 손실을 초래할 수 있는 원치 않는 사건을 체계적으로 식별해야 한다.
- 위험요소의 잠재적 심각성: 결과 분석
 - 중상, 한 명 또는 두 명 이상의 사망자, 유해한 환경 영향 및 안전한 작업을 위태롭게 하는 중대한 구조손상/선박 손상과 관련하여 표현된 해의 잠재적 심각성(즉, 결과)
- 위험요소의 발생 가능성: 확률 분석
 - 위험요소가 발생할 확률 또는 빈도
- 위험도
 - 심각도 X 발생가능성
- 위험도 허용에 대한 판단: 위험도 평가
 - 위험도는 위험이 '적절히 저감'되었는지 판단하기 위한 기준과 비교되어야 한다. 위에서 언급된 요구사항을 다루기 위해 인정되는 기술은 ISO 31010, ISO 17776, ISO 16901, NORSOK Z-013, CPR 12E 및 CCPS와 HSE 등을 참고할 수 있다. 다음의 1항은 위의 요구사항을 충족시키기 위한 접근법을 개괄적으로 설명한다.

1. 이 규칙의 요구사항을 충족시키기 위한 접근법(정성적 위험도 평가)

(1) 위험요소 식별

- (가) 연료시스템을 장비의 기능과 위치를 고려하여 개별 부품으로 나눈다.
 - 이것은 시스템의 각 부분에 대한 체계적인 고려를 촉진하고, 특정 항목, 활동 또는 부품과 관련된 원하지 않는 사건의 구체적인 원인을 식별하는 데 도움이 된다. 시스템의 전형적인 구분은 예를 들면 다음과 같다.
 - (a) 저장탱크로 연결되는 벙커링 스테이션과 연료관
 - (b) 연료저장창 구역
 - (c) 탱크연결부 구역
 - (d) 연료준비실
 - (e) 엔진으로의 연료 공급을 조절하는 연료공급관과 밸브
- (나) 원하지 않는 사건(예: 연료의 누설 또는 연료 시스템의 고장으로 인한 전력의 손실)을 초래할 수 있는 참조어, 문구 및 일련의 사례를 도출한다.
- (다) 설계 및 배치 정보, 위치 계획도, 공정 흐름도, 저감 방안 및 계획된 비상조치와 관련하여 참조어를 사용

<신설>

하여 원하지 않는 사건의 잠재적 원인(예: 연료 누설 및 전력의 손실)을 식별한다. 참조어는 진행자가 주도하고 직무 전문가가 참석한 회의에서 토론 및 아이디어 제안을 격려하는데 사용된다.

(라) 원하지 않는 사고의 잠재적 원인과 및 저감 방안을 기록한다.

(2) 결과 분석

(가) 확인된 각각의 원인에 대해 증상, 단일 또는 여러 명의 사망자, 환경에 미치는 악영향 및 안전한 작동을 위태롭게 하는 심각한 손상과 같은 잠재적 결과를 추정한다. 잠재적 영향은 다음에 대한 판단 및 참조를 사용하여 직무 전문가에 의해 산정될 수 있다.

- (a) 연료의 특성/위험요소 LNG의 특성과 위험은 2절에 요약되어 있다.
- (b) 누설된 장소
- (c) 분산(dispersion)/누설의 경로
- (d) 점화원의 위치 및 강도
- (e) 취약한 수용체와의 근접성
- (f) 존재하는/계획된 저감 조치의 예상되는 효과

(나) 결과 가정의 분류

결과는 직무 전문가에 의해 심각도의 지표로 분류될 수 있다. 예를 들면, 인명에 대한 위해의 분류는 증상, 단일 사망자 및 다수의 사상자로 구분할 수 있다.

(3) 확률 분석

(가) '원인과 결과'의 연간 발생 가능성을 추정하여야 한다. 발생 가능성은 직무 전문가(또는 적절한 자격을 갖춘 개인)가 '원인과 결과 한 쌍' 또는 동일한 결과를 갖는 원인의 그룹에 대해서 추정할 수 있다. 평가는 사고 및 아차사고보고서, 사고 및 장비 누출 보고서, 유사 산업 또는 기타 산업의 사고와의 유사성 저감조치의 신뢰성 및 효과에 대한 고려를 통해 추정할 수 있다. '원인-결과'간의 결합 가능성이 신뢰할 만한 것인지(즉, 합리적으로 예측이 가능한지) 항상 명확하지는 않다. 의도치 않은 사건은 다음과 같은 경우에 신뢰성이 있는 것으로 간주할 수 있다.

- (a) 이전에도 발생되었던 사건으로 다시 일어날 가능성이 있다.
- (b) 일어난 사건은 아니지만, 백만번에 한번 이상의 연례 확률로 발생 가능할 것으로 간주된다.
- (c) 비상조치가 사건을 커버할 수 있도록 계획되거나, 비상조치가 예방할 수 있도록 계획된다.

(나) 발생가능성 추정의 분류

유사한 상황은 직무 전문가(또는 적절한 자격을 갖춘 개인)에 의해 분류되어 사고 또는 기타 원하지 않는 사건의 발생 징후를 제공할 수 있다.

(4) 위험도 분석

(가) 위험도 추정

위험 등급은 위험 등급을 제공하기 위해 결과 분류와 가능성 분류를 결합하여 직무 전문가(또는 적합한 자격을 갖춘 개인)가 추정할 수 있다

(5) 위험도 평가

(가) 위험이 적절히 저감되었는지 판단하는 단계

추정된 위험은 위험 매트릭스에 포함된 위험 기준과 비교될 수 있다. 매트릭스는 위험 등급(결과 및 가능성과 관련)을 나타내며, 기준은 위험이 적절히 저감되었는지 여부를 나타낸다.

실질적인 위험 등급에 따라 위험 저감 방안의 적용 여부를 결정할 수 있다.

- 허용불가 등급 : 반드시 위험 저감 방안을 제공하여야 한다.
- 관리가능 등급 : 실용적이고 비용면에서 효율적이라면 고려되고 수행되어야 한다.
- 무시가능 등급 : 가능한 한 위험도를 줄이는데 허용된 우수한 관행을 넘어선다면 더 이상 고려할 필요가 없을 수 있다.

2. 위험 저감방안의 고려사항

(1) 모든 합리적으로 실행 가능한 저감방안이 구현된 경우, '실용-합리적 최소화' 영역의 위험으로 간주된다. 이는 비현실적이거나 실행 비용이 위험의 감소와 균형을 맞추는 한 추가 또는 대안 조치가 확인되어 실행되었음을 의미한다. 이러한 '실용-합리적 최소화(ALARP)'의 개념은 많은 산업 분야에서 확립되어 있으며, IMO에서 모범 사례로 인정받고 있다.

(2) 저감 방안을 고려할 때에는 다음과 같은 저감 계층 구조가 모범사례이다.

(가) 원하지 않는 사건을 예방하기 위한 조치. 즉, 원치 않는 이벤트가 일어나지 않도록 하거나, 발생 가능성을 현저히 줄이는 것이다.

(나) 원하지 않는 사건이 발생할 경우 피해를 방지하기 위한 조치. 즉, 원치 않는 이벤트가 발생한 이후의 결과의 심각도를 줄이는 것이다.

(3) 저감 방안을 고려할 때 절차적인 제어보다 기술적인 해결책을 고려하는 것이 좋다. 이는 본질적으로 보다 안전한 설계를 촉진하는 데 도움이 된다. 또한, 능동적 조치보다는 수동적 조치를 고려하는 것이 우수 사례가

<신설>

된다. 저감방안의 예시는 3절에 열거되어 있다.

- (4) 저감 조치가 효과적인지 판단하기 위해 '원인'에서 '결과'로의 경로를 설명하거나 도표화하고 저감조치의 효과를 검토하는 것이 유용할 수 있다.
- (5) 단일의 저감 방안 또는 다수를 조합한 저감 방안이 실용적이고 비용 절감 효과가 있는지의 여부는 사용 가능한 자원 및 기술과 관련하여야 한다. 직무전문가가 결정할 수 없는 경우, 비용편익분석이 도움이 될 수 있다. 어떠한 경우든 직무전문가가 그 조치를 실용적이고 비용 효율적이라고 판단하였음에도 불구하고 저감방안을 이행하지 않는다면 문서화된 정당한 사유를 제시하여야 한다.

105. 팀

위험도 평가를 수행하는 팀은 집단적으로 적합하며 자격을 갖추고 있고, 경험이 풍부한 분야의 직무전문가로 구성되어야 한다. 위에서 언급한 정성적 위험도 분석의 경우, 이것은 분석팀이 학위 및/또는 공인된/전문적인 기술자를 보유하고 선박을 운영한 경험이 있으며, 위험도 평가에 경험이 있는 개인을 포함함을 의미한다. 기술 설계와 연료의 안전한 사용을 다루기 위해 관련 분야에 대한 이러한 자격과 경험이 있어야 한다. 한 명의 직무전문가가 앞에서 기술한 요건을 충족시킬 가능성은 거의 없다. 어떤 경우든 기계, 공정, 전기 및 운영의 측면에서 적절한 토론 및 아이디어 창출을 보장하기 위한 전형적인 직무전문가의 수는 4~8인 정도이다.

직무전문가 이외에 팀은 진행자(위원장 또는 의장)가 주도해야 한다. 진행자는 연료 시스템에 기득권이 없는 공평한 위험도 평가를 이끌어야 한다. 진행자는 보고를 돕기 위하여 서기(또는 비서)가 지원할 수 있다.

팀이 소비하는 시간은 합의된 범위와 설계의 복잡성에 달려 있다. 예를 들어, 새로운 설계를 위한 정성적 위험도 분석 회의는 2~3일의 근무일을 요구할 수 있지만, 이전에 평가되고 승인된 설계에 대한 사소한 변경은 반일만 소요될 수도 있다.

106. 보고서

1. 주 보고서

위험도 평가를 문서화하는 보고서는 작성되어야 한다. 결과, 결론, 권장사항 및 취해진 조치를 뒷받침할 정도로 충분히 상세해야 한다. 이것은 평가가 중요한 설계 및 운영상의 결정에 대한 정보를 주기 때문이다. 또한 이 보고서는 '적절히 저감'되었음을 입증하는 데 도움이 되는 기록이다. 완성된 작업표로만 구성된 보고서는 충분하지 않다. 다만, 보고서의 구체적인 내용과 구조는 설계, 평가의 특성 및 보고서의 선호도에 따라 달라질 수 있다. 그러나 정성적 위험도 분석의 경우 보고서는 다음을 제공하여야 한다.

- (1) 설계 및 배치 개요
 - 이는 의도한 작동 및 공정 조건과 관련된 설계 및 배치에 대한 간단한 설명이다. 기술 부속서에는 공정 흐름도, 일반배치도 및 평가 중에 사용된 모든 정보가 포함되어야 한다. 전체 보고서에 포함하기에는 다루기 힘든 자료인 경우, 이 자료에 대한 언급은 자료를 열람할 수 있도록 제공된다면 충분하다.
- (2) 위험도 평가 과정에 대한 설명
 - 이는 위험도 평가 방법에 대한 설명이며, 설계가 평가를 위한 부분, 위험 확인 방법 및 위험 범주 및 위험 기준의 선택으로 나뉘는 방법을 포함한다.
- (3) 팀의 관련 자격 및 전문 지식에 대한 정보
 - 모든 팀원(진행자와 서기 포함)의 이름, 직위, 관련 자격, 전문 지식 및 경험 등을 나열할 수 있다.
- (4) 위험도 결과 및 결론
 - 결과의 목록 또는 결과에 대한 토론이며, 위험도가 '필요에 따라 저감'되었는지의 여부에 대한 판단을 말한다.
- (5) 권장사항 및 조치
 - 여기에는 모델링 및 분석(예:가스 분산 또는 복사열 범위) 요청, 조사 및/또는 이행해야 할 추가 저감 조치, 이들에 대한 책임자와 완료 날짜가 포함될 수 있다.

제 2 절 액화천연가스(LNG)의 특성 및 위험성

201. LNG의 특성

액화천연가스(LNG)는 극저온의 액체이다. 소량의 에탄, 프로판 및 불활성 질소를 함유한 메탄으로 구성된다. 연료로 사용되는 경우 일반적으로 94 % 이상이 메탄이다. 대기압에서 온도는 약 162 °C이고 비중은 약 0.42이다. 따라서, LNG가 바다로 방출되면 떠오른다(그리고 빠르게 급속히 끓을 수 있음). 10 bar까지의 압력에서 저장될 때 온도는 전형적으로 약 -100 °C 이하로 유지되고 비중은 약 0.4이다.

대기 상태로 방출된 LNG는 빠르게 무색, 무취 및 무독성 가스를 형성한다. 무색이지만, 온도가 매우 낮기 때문에 공기 중의 수증기가 응축되어 눈에 보이는 안개 또는 구름이 형성된다. 차가운 가스는 초기에 공기보다 무겁고, 온도가 약 -100 °C로 상승할 때까지 공기보다 무거운 비중을 유지한다. -100 °C부터 가스는 공기보다 가벼워지며 개방된 환경에서는 가스 농도가 5% 미만으로 된다. 이 온도와 농도까지 가스는 여전히 눈에 보이는 증기 구름이 형성된다.

기체가 대기 조건에서 계속 가열됨에 따라 기체의 체적은 액체상태와 대비하여 600배 팽창하고, 공기 대비 비중은 약 0.55로서 공기보다 훨씬 가볍다.(공기 = 1)

가스가 분산됨에 따라 그 농도가 감소한다. 공기 중의 가스 농도 5 %와 15 % 사이에서의 혼합물은 인화성을 가지며, 발화원이 있거나 약 595 °C(자연발화온도) 이상의 고온부와 접촉함으로써 점화될 수 있다. 5 % 미만 및 15% 초과 농도에서 혼합물은 더 이상 인화성을 갖지 않으며 점화될 수 없다. 대기 중 LNG의 15 % 및 5 % 농도는 일반적으로 최고인화한계 및 최저인화한계라 한다. 최근에는, 점화가 반드시 폭발을 일으키지 않을지라도, 최고폭발한계 및 최저폭발한계로 지칭된다.

202. LNG 위험요소

1. 극저온 화상

액체 온도가 매우 낮기 때문에 피부와 접촉하면 LNG가 화상을 유발한다. 또한 차가운 가스를 호흡하면서 폐를 손상시킬 수 있다. 화상의 심각성과 폐 손상은 액체/기체가 접촉하는 표면적 및 노출 기간과 직접적으로 관련된다.

2. 저온 취성

저온 LNG와 접촉하면 많은 물질이 연성을 잃어 부서지기 쉽다. 여기에는 일반적으로 선박 구조 및 갑판에 사용되는 탄소 및 저 합금강이 포함된다. 이러한 저온 취성으로 재료가 파손되어 접촉된 재료의 기존 응력이 추가적인 충격, 압력 또는 사용없이 균열 및 파손을 일으킬 수 있다. LNG 의무의 경우, 저온 취성에 강한 물질이 사용된다. 이러한 재질에는 스테인리스 강, 알루미늄 및 니켈 함량이 높은 합금강이 포함된다.

3. 질식성

LNG는 독성이 없으며 알려진 발암 물질이 아니다. 그러나 가스가 끓기 때문에 변질되고 주변 공기와 섞이면서 질식을 일으킬 수 있다. 질식의 가능성은 대기 중 가스 농도와 노출 기간과 관련이 있다.

4. 팽창과 압력

대기 중으로 방출된 LNG는 액체의 수백배(주변 조건에서 약 600 배)의 가스 생성량으로 급속히 끓는다. 따라서 제한되거나 완화되지 않으면 압력이 증가하여 주변 구조물과 장비가 손상될 수 있다.

5. 화재

(1) 액면화재(pool fire)

LNG의 '작은' 방출은 급속하게 끓어서(즉 증발하여) 가스로 '급격히 기화(flash)'한다. 그러나 '많고' 갑작스런 방출을 감안할 때, LNG의 차가운 액면은 액면에서 증발하는 가스와 주변 공기가 섞이고 분산되어 형성될 것이다. 이 혼합물이 가연 범위(예: 공기와 함께 5 % ~ 15 %) 내에 있고 점화원 또는 자연발화 온도(595 °C) 이상의 가열된 표면과 접촉하면 발화되어 화염이 '역행(travel back)'하여 액면에 액면화재가 발생한다.

(2) 제트화재(jet fire)

압력을 가하여 저장할 경우 LNG의 방출은 액체의 분사, 공기연행(entrain, 액체가 기포를 흡수해서 없앴), 증기 발생 및 공기와의 혼합으로 배출될 수 있다. 가연성 범위에 있는 동안 혼합물이 점화원 또는 가열된 표면(자연 발화 온도 이상)에 분산되어 점화되면 발화한다. 결과로 나오는 화염은 '역행'되며 방출원에서 압축된 제트화재가 발생할 수 있다. 유사하게, LNG가 가열되어 가스를 형성하는 경우, 이 가스의 가압 방출로 인해 점화되어 제트화재가 발생할 수 있다.

(3) 표면화재(flash fire)

LNG를 대기 중으로 방출하고 수십 초 내에 점화하면 과압을 일으키지 않고 액면화재나 제트화재가 발생할 수 있다. 이는 증기구름의 가연성 부분이 상대적으로 작고 점화시 방출 지점에 가까울 가능성이 있기 때문이다. 그러나 점화가 지연되면 가스 구름이 더 커지고 방출 지점에서 더 멀리 이동할 수 있다. 점화는 구름의 가연성 부분이 몇 초 내에 급속하게 소모되므로 표면화재가 된다. 이 점화는 폭발적이고 소리가 날 가능성이

<신설>

크며, 과압이 거의 없음에도 불구하고 종종 폭발로 오인된다.

(4) 액면화재, 제트화재 및 표면화재로부터의 열 방사

사람들이 입는 해나 화재로 인한 구조물과 장비의 손상은 화재의 크기, 화재로부터의 거리 및 노출 시간에 따라 다르다. 화재의 1m 내에서 열 방사는 약 170 kW/m² 일 수 있지만 화재로부터의 거리가 멀어지면 급격히 감소한다.

대략적인 가이드로서 :

- 6 kW/ m² 이상일 경우, 탈출로가 손상될 수 있기 때문에 부상 또는 사망을 피하기 위해 탈출로에서 몇 분 이내의 거리가 있어야한다.
- 35kW/m²는 즉각적인 사망을 초래한다.
- 오랫동안 정상상태 화재에 노출되면 산업 장비 및 구조물의 손상이 시작되는 복사열은 37.5 kW/m²이다.
- 표면화재 시 산업 장비 및 구조물은 크게 손상되지 않는다.
- 액면, 제트 또는 표면화재 내에 사람은 치명적인 상해를 입을 수 있다.

선박의 LNG 화재는 장비 및 구조물(선체 포함)에 치명적인 손상을 줄 수 있다.

6. 폭발

LNG를 대기로 방출하고 생성된 인화성 구름의 점화를 수십 초 이상 지연시키면 폭발할 수 있다. 이것은 구름이 가연성 혼합물을 통해 이동(즉,연소)함에 따라 화염 속도를 증가시키는 정도의 구속 및 표면적 증가를 야기하는 장치 및 구조물의 내부 및 주변에 구름이 분산되었을 수 있기 때문이다. 그 결과 과압은 개인에게 해를 입히고 구조와 장비를 손상시키기에 충분할 수 있다. 이러한 폭발은 고속 아음속(subsonic) 연소 (즉, 화염이 가연성 구름을 통과하는 속도)로 분류되는 폭연(폭렬보다는)일 가능성이 가장 높다.

(1) 폭발로 인한 과압

사람들에게 해를 입히고 폭발로 인한 구조물과 장비의 손상은 과압이 발생하는 정도와 과압이 전달되는 속도(충격으로 알려짐)에 따라 다르다. 또한 해로움은 강한 표면에 떨어지거나 던져지거나 폭발의 결과로 물체와 파편에 부딪치는 결과이다.

(2) 대략적인 가이드로서 :

- 0.25 bar와 1 bar의 폭발로 인한 사망 위험 확률은 각각 약 1 %와 50 %이다.
- 0.25 bar 미만은 단단한 표면에 사람을 던져 부상이나 사망을 초래할 수 있다.
- 일반적으로 0.3 bar는 구조물 및 산업 설비의 손상 한계이다.

선박에서 기화된 LNG 폭발은 장비 및 구조물(선체 포함)에 치명적인 손상을 초래할 수 있다.

7. 신속한 상 전이

방출시 LNG는 공기, 물/바다, 강 또는 육상에서 발생하는 주변으로부터의 열로 인해 급속히 증발한다. 그러나 이 급속하고 때로는 폭발적인 끓는 현상은 신속한 상 전이가 아니다. 신속한 상 전이는 액체가 폭발적으로 증발하는 즉, 액체에서 가스로 순간적으로 전이하는 것이다. 이는 급속 가열보다 더 심한 폭발적인 사건이며 액체 배출 및 과압을 유발할 수 있다. 이 현상은 용융 금속과 물의 우연한 접촉이 신속한 상 전이를 초래할 수 있는 철강 산업에서 잘 알려져 있다.

8. 롤오버

천천히, 저장된 냉각된 LNG는 주위로부터의 열이 서서히 탱크 내로 누설됨에 따라 증발한다 (즉, 'boil-off'). 본질적으로, 탱크의 벽면과 접촉하는 액체는 따뜻해지고 덜 치밀해져 맨 위로 올라간다. 그 후, 이 최상부층은 액체층의 밀도를 증가시키기 위해 증발(즉, 'boil-off')하기 시작한다. 벽에서 더 멀리 떨어진 액체도 따뜻하지만 느린 속도로 흘러내림으로써 최상층 아래의 밀도가 낮은 층이 형성된다. w정수두로 인해 이 층의 포화 상태가 변하고 가열되더라도 증발하지는 않지만 액체 상태로 유지되고 '과열' 상태가 된다. 가열이 계속되면, 갇힌 층의 밀도는 감소한다. 이것은 불안정한 상태이며 이 층의 밀도가 최상층과 유사할 때 두 층이 빠르게 혼합되고 과열된 하층이 증발한다. 이러한 신속한 혼합 및 증발은 롤오버(roll over)로 알려져 있으며, 적절하게 제어되지 않으면 과압 및 가스 방출을 야기 할 수 있다.

앞에서 기술한 가열 메커니즘은 다수의 상이한 층을 초래할 수 있고 층화(stratification)로 지칭된다. 이것은 잘 알려져 있고 환기, 혼합 및 온도 조절을 통해 안전하게 관리되는 현상이다. 위의 현상은 다른 밀도의 LNG가 병커에 의해 촉진되거나, 직접적으로 발생할 수 있다.

표 1 연료유와 LNG의 위험성 비교

위험	LNG	연료유
1. 극저온 화상: 액체와 피부 접촉시 화상을 입을 수 있으며, 치명적일 수 있다. 가스를 흡입하면 폐에 화상을 입고 치명적인 부상을 입을 수 있다.	○	×
2. 저온 취성: 장비/구조물이 액체와 접촉하면 파손될 수 있다.	○	×
3. 급격한 상변화: 해수로 방출되면 액체에서 가스로 즉각적으로 '폭발적인' 전환이 발생할 수 있다. 이로 인해 선체가 구조적으로 손상될 수 있다.	○	×
4. 가스 팽창: 액체 액면은 빠르게 비등하고, 가스가 따뜻해지면서 팽창하여 액체의 600배가 된다. 이로 인해 장비가 손상될 수 있다.	○	×
5. 질식: 밀폐된 공간에서 공기 중 가스의 이동 및 혼합은 산소 함량을 감소시키고 질식을 유발할 수 있다.	○	○
6.액면화재: 액면 위의 가스/증기는 발화되어 액면화재를 일으킬 수 있다. 복사열의 강도는 치명적인 부상을 입히고 구조물과 주요 장비를 파괴할 수 있다.	○	○
7. 표면화재: 가스/증기는 액면에서 떨어져 나와 점화되어 화재를 일으킬 수 있다. 단기간의 강력한 복사열은 2차 화재를 유발할 수 있으며, 화재 및 중요한 장비에 치명적인 파손을 입힐 수 있다. 대부분의 경우 화재가 액면으로 역행하여 액면화재도 발생된다.	○	× (연료유가 에어로졸로 분사되어 미세한 공기 방울이 생기면 점화되어 표면화재가 발생하거나 폭발할 수 있다.)
8. 폭발 가스/증기는 밀폐된 구역에서 분산되어 수집될 수 있으며 폭발로 이어질 수 있다. 폭발은 치명적인 부상을 입히고, 2차 화재를 일으키며 구조물과 주요 장비를 파괴할 수 있다. 대부분의 폭발은 액면/가스 공급원으로 역화하고, 액면화재 또는 제트화재를 발생시킨다.	○	× (연료유가 에어로졸로 분사되어 미세한 공기 방울이 생기면 점화되어 표면화재가 발생하거나 폭발할 수 있다.)
9. 롤오버 저장된 액체는 다른 층이 다른 밀도와 온도를 가지는 계층구조일 수 있다. 이로 인해 층이 전복되어 다량의 가스/증기가 발생할 수 있다. 적절한 조치가 없을 경우 표면화재 또는 폭발이 일어날 수 있다.	○	×
10. BOG LNG는 지속적으로 비등하므로, 재액화하거나 소각하여야 한다. BOG가 방출되면 발화되어 제트화재(방출 압력이 충분한 경우), 표면화재 또는 폭발이 발생할 수 있다.	○	×
비고) 연료유는 중유(heavy fuel oil, HFO)를 의미한다.		

제 3 절 저감방안의 예

301. 일반

이 규칙에서 발생가능성을 줄이기 위한 조치와 결과를 줄이기 위한 조치는 모두 저감방안에 해당된다. 다른 많은 산업 분야에서 예방 대책, 완화 대책이라는 용어를 사용하는 것이 일반적이며, 전자는 가능성을 줄이고 후자는 결과를 감소시키는 것으로 이해된다. 예방 및 완화 조치는 안전 장치 또는 보호책이라고도 한다.

302. 기술상의 저감방안

1. 기계적 충격으로부터 보호
2. 바람, 파도 및 날씨로부터 보호
3. 압력도출, 벤트
4. 충돌/좌초로부터 분리 또는 물리적 보호조치 증가
5. 2차 밀폐(예: 이중관)
6. 플랜지 연결부보다는 용접식 연결부
7. 경보 및 자동폐쇄문
8. 격벽 분리/코퍼덤
9. 드립 트레이 용량, 액체 감지
10. 스프레이 보호 적용 범위
11. 방출된 증기/가스의 극저온 및 압력으로부터 구조 보호
12. 독립적인 빌지
13. 화재 및 가스 감지, 감시, 가시경의 경보 및 차단
14. 압력 및 온도 감지, 가시경의 감시, 경보 및 차단
15. 수위 감지
16. 강제/자연 통풍 - 에어로크
17. 점화원의 최소화 - 방폭형 전기설비
18. 방화 및 냉각 장치 - 포말, 물분무장치
19. 화재 댐퍼
20. 구역 분리
21. 접근부 배치
22. 물리적 차폐
23. 계류장력 감시/경보
24. 지지대의 변형 감시
25. 완충/넘침 탱크 - 연료 재순환
26. IEC 61508에 대한 독립적인 안전 임계치 제어
27. 레이더 감시
28. 서비스 유체 - 수위/가스 감지, 경보, 차단
29. 플레임어레스터

303. 절차상의 저감방안

1. 검사의 빈도수 증가 (보수 포함)
2. 부품 교체 빈도수 감소
3. 저인화점연료에 대한 특별 교육
4. 접근 제한
5. 감시⇕

저인화점연료선박 규칙 개정사항 (5장, 6장 제외)



기 관 규 칙 개 발 팀

- 주요 개정 내용 -

- (1) 2019.01.01일자 시행사항 (건조계약일 기준)
 - LPG 요건 적용 조항 신설
 - 번역 오류 정정
- (2) 2019.01.01일자 시행사항 (검사신청일 기준)
 - IACS UR Z25 (Rev.1 Sep 2017) 반영
- (3) 2019.07.01일자 시행사항 (건조계약일 기준)
 - IGF 편제에 맞게 수정 (3장, 11장, 12장)

현 행	개 정 안
<p style="text-align: center;">제 1 장 일반사항</p> <p style="text-align: center;">제 1 절 일반사항</p> <p>101. 적용</p> <p>1. 이 규칙은 저인화점 연료를 사용하는 선박에 적용한다. 다만 다음의 선박에는 적용하지 않는다.</p> <p>(1) 선급 및 강선규칙 7편 5장을 만족하는 화물을 연료로 사용하는 액화가스 산적운반선</p> <p>(2) 선급 및 강선규칙 7편 5장의 요건에 적합한 연료 저장 및 분배장치의 설계와 배치를 갖는 화물 이외의 기타 저인화점의 가스 연료를 사용하는 액화가스 산적운반선</p> <p>2.1항에도 불구하고 다음의 선박에 대해서는 요건을 적절히 완화하여 적용할 수 있다.</p> <p>(1) SOLAS II-1의 적용을 받지 않는 선박</p> <p>(2) 선박안전법 및 고시의 적용을 받는 국내항해에 종사하는 선박</p> <p>3. 이 규칙의 5장부터 15장은 액체 또는 기체상태의 천연가스를 연료로 사용하는 선박에만 적용한다.</p> <p>4. 이 규칙의 요건에 추가하여 선급 및 강선규칙의 관련 요건에도 적합하여야 한다.</p> <p>〈이하 생략〉</p>	<p style="text-align: center;">제 1 장 일반사항</p> <p style="text-align: center;">제 1 절 일반사항</p> <p>101. 적용</p> <p>1. 이 규칙은 저인화점 연료를 사용하는 선박에 적용한다. 다만 다음의 선박에는 적용하지 않는다.</p> <p>(1) 선급 및 강선규칙 7편 5장을 만족하는 화물을 연료로 사용하는 액화가스 산적운반선</p> <p>(2) 선급 및 강선규칙 7편 5장의 요건에 적합한 연료 저장 및 분배장치의 설계와 배치를 갖는 화물 이외의 기타 저인화점의 가스 연료를 사용하는 액화가스 산적운반선</p> <p>2.1항에도 불구하고 액화석유가스(LPG) 화물을 연료로 사용하는 액화가스 산적운반선에 대해서는 부록 2의 101.의 1항에 따른다.</p> <p>3.1항에도 불구하고 다음의 선박에 대해서는 이 규칙의 요건을 적절히 완화하여 적용할 수 있다.</p> <p>(1) SOLAS II-1의 적용을 받지 않는 선박</p> <p>(2) 선박안전법 및 고시의 적용을 받는 국내항해에 종사하는 선박</p> <p>4. 이 규칙의 5장부터 15장은 액체 또는 기체상태의 천연가스를 연료로 사용하는 선박에만 적용하며, 액체 또는 기체상태의 석유가스를 연료로 사용하는 선박에 대해서는 부록 2의 요건을 따른다.</p> <p>5. 이 규칙의 요건에 추가하여 선급 및 강선규칙의 관련 요건에도 적합하여야 한다.</p> <p>〈이하 현행과 동일〉</p>

현 행	개 정 안
<p style="text-align: center;">제 2 장 <생략> 제 3 장 일반요건</p> <p style="text-align: center;">제 1 절 <생략> 제 2 절 위험도 평가</p> <p>201. 위험도 평가</p> <p>1. ~2. <생략></p> <p>3. 위험도는 수용할 수 있는 공인된 위험도 해석기법을 사용하여 해석하여야 하며, 해석에 있어서 적어도 기능의 손실, 구성품의 손상, 화재, 폭발 및 전기 충격을 고려하여야 한다. 위험도를 가능한 어디에서든지 제거하도록 해석을 수행하여야 한다. 제거할 수 없는 위험도는 필요한 수준까지 최소화하여야 한다.</p> <p>202. 폭발 결과의 제한(Limitation of explosion consequences)</p>	<p style="text-align: center;">제 2 장 <현행과 동일> 제 3 장 일반요건</p> <p style="text-align: center;">제 1 절 <현행과 동일> 제 2 절 위험도 평가</p> <p>201. 위험도 평가</p> <p>1. ~2. <생략></p> <p>3. 위험도는 수용할 수 있는 공인된 위험도 해석기법을 사용하여 해석하여야 하며, 해석에 있어서 적어도 기능의 손실, 구성품의 손상, 화재, 폭발 및 전기 충격을 고려하여야 한다. 위험도를 가능한 어디에서든지 제거하도록 해석을 수행하여야 한다. 제거할 수 없는 위험도는 필요한 수준까지 최소화하여야 한다. 상세요건은 부록 4를 참조하여야 한다.</p> <p style="text-align: center;">제 3 절 폭발 결과의 제한 (Limitation of explosion consequences)</p>
<p style="text-align: center;">【지침 참조】</p> <p>잠재적 방출원과 잠재적 발화원이 설치된 모든 구역에서의 폭발은 다음과 같이 제한되어야 한다.</p> <p>1. ~ 8. <생략></p> <p style="text-align: center;">제 4 장 선급등록 및 검사 제 1 절 ~ 제 2 절 <생략> 제 3 절 정기적 검사</p> <p>301. ~ 302. <생략></p> <p>303. 정기검사</p> <p>1. ~ 3. <생략></p> <p>4. 압력도출밸브</p> <p>(1) <생략></p> <p>(2) 연료 공급 및 병커링 배관의 압력도출밸브 연료 공급 및 병커링 배관의 압력도출밸브는 <u>무작위로 선정하여</u> 개방검사를 하고, 조정하여 성능시험을 하여야 한다. <이하 생략></p>	<p style="text-align: center;">【지침 참조】</p> <p>301. 폭발 결과의 제한</p> <p>잠재적 방출원과 잠재적 발화원이 설치된 모든 구역에서의 폭발은 다음과 같이 제한되어야 한다.</p> <p>1. ~ 8. <생략></p> <p style="text-align: center;">제 4 장 선급등록 및 검사 제 1 절 ~ 제 2 절 <현행과 동일> 제 3 절 정기적 검사</p> <p>301. ~ 302. <현행과 동일></p> <p>303. 정기검사</p> <p>1. ~ 3. <현행과 동일></p> <p>4. 압력도출밸브</p> <p>(1) <생략></p> <p>(2) 연료 공급 및 병커링 배관의 압력도출밸브 연료 공급 및 병커링 배관의 압력도출밸브는 무작위로 선정하여 개방검사를 하고, 조정하여 성능시험을 하여야 한다.<이하 생략></p>

현 행	개 정 안
<p style="text-align: center;">제 9 장 연료소모장치로의 연료 공급</p> <p style="text-align: center;">제 1 절 ~ 제 3 절 <생략> 제 4 절 가스공급장치의 안전 기능</p> <p>401. 가스공급장치의 안전 기능</p> <p>1. ~ 2. <생략></p> <p>3. 자동 주 가스 연료밸브는 가스연료 기관이 있는 기관 구역 내의 탈출로 상의 안전한 장소, <u>기관제어실, 기관구역의 외부(적용 가능한 경우)와 선교에서 작동할 수 있어야 한다.</u></p>	<p style="text-align: center;">제 9 장 연료소모장치로의 연료 공급</p> <p style="text-align: center;">제 1 절 ~ 제 3 절 <현행과 동일> 제 4 절 가스공급장치의 안전 기능</p> <p>401. 가스공급장치의 안전 기능</p> <p>1. ~ 2. <현행과 동일></p> <p>3. 자동 주 가스 연료밸브는 가스연료 기관이 있는 기관 구역 내의 탈출로 상의 안전한 장소, <u>기관제어실(있는 경우), 기관구역의 외부와 선교에서 작동할 수 있어야 한다.</u></p>

저인화점연료선박규칙 적용지침 개정사항
(5장, 6장)



선 체 규 칙 개 발 팀

- 주요 개정 내용 -

(1) 2019.07.01일자 시행사항 (건조계약일 또는 검사신청일 기준)

● 번역 오류 정정 및 용어 통일, 내용 명확화

현 행	개 정 안
제 5 장 선박설계 및 배치 제 1 절 ~ 제 2 절 <생략> 제 3 절 연료탱크의 배치	제 5 장 선박설계 및 배치 제 1 절 ~ 제 2 절 <현행과 동일> 제 3 절 연료탱크의 배치
<p>301. <생략></p> <p>302. 연료탱크의 위치</p> <p>1. <생략></p> <p>2. <중략></p> <p>(1) <생략></p> <p>(2) <중략></p> <p>f_t는 SOLAS II-1/7-1.1.1에서 포함된 인자 p에 대한 공식을 사용하여 계산된다. <중략></p> <p>f_t는 SOLAS II-1/7-1.1.2에서 포함된 인자 r에 대한 공식을 사용하여 계산되며, 손상이 연료탱크의 외부 경계를 관통하는 확률을 반영하며 식은 다음과 같다.</p> $f_t = 1 - r(x1, x2, b)^6$ <p><중략></p> <p>f_v는 SOLAS 규정 II-1/7-2.6.1에서 포함된 인자 v에 대한 공식을 사용하여 계산되며, 손상이 수직으로 연료탱크의 최하단 경계의 상부로 연장되지 않을 확률을 반영한다. 사용되어야 하는 식은 다음과 같다.</p> <p><중략></p> <p>여기서, H는 기선으로부터 연료탱크 최하단 경계까지의 거리를 말하며, m로 표시된다.</p> <p>d는 가장 깊은 홀수(하기만재 홀수)이다</p> <p>(3) ~ (8) <생략></p> <p>3. 전체 또는 부분 2차 방벽을 필요로 하는 연료격납설비 <중략></p>	<p>301. <현행과 동일></p> <p>302. 연료탱크의 위치</p> <p>1. <현행과 동일></p> <p>2. <중략></p> <p>(1) <현행과 동일></p> <p>(2) <중략></p> <p>f_t는 SOLAS II-1/7-1.1.1에 포함된 계수 p에 대한 공식을 사용하여 계산된 값. <중략></p> <p>f_t는 SOLAS II-1/7-1.1.2에 포함된 계수 r에 대한 공식을 사용하여 계산되며, 손상이 연료탱크의 외부 경계를 관통하는 확률을 반영한 값. 식은 다음과 같다.</p> $f_t = 1 - r(x1, x2, b)$ <p><중략></p> <p>f_v는 SOLAS 규정 II-1/7-2.6.1에 포함된 계수 v에 대한 공식을 사용하여 계산되며, 손상이 수직으로 연료탱크의 최하단 경계의 상부로 연장되지 않을 확률을 반영한 값. 식은 다음과 같다.</p> <p><중략></p> <p>H : 기선으로부터 연료탱크 최하단 경계까지의 거리(m)</p> <p>d : 가장 깊은 홀수(하기만재홀수)</p> <p>(3) ~ (8) <현행과 동일></p> <p>3. <u>완전</u> 또는 부분 2차 방벽을 필요로 하는 연료격납설비 <중략></p>

현행	개정안
<p style="text-align: center;">제 4 절 기관구역의 배치</p> <p>401. 기관구역의 안전개념</p> <p>〈중략〉</p> <p>1. 가스 안전 기관구역: 기관구역에서의 배치에 정상뿐만 아니라 비정상상태의 모든 조건하에서의 가스 안전(즉, 본질적 가스 안전)을 고려한다. 가스 안전 기관구역에서 단일 손상이 기관구역 내에 연료가스의 누설을 야기해서는 안 된다.</p> <p>2. 비상차단으로 보호되는 기관구역: 기관구역에서의 배치에 정상상태 하에서는 위험하지 않으나 어떤 비정상상태에서 위험하게 될 잠재적 가능성을 가지고 있는 것으로 고려한다. 가스위험을 포함한 비정상 상태가 발생한 경우, 안전하지 않은 장치(점화원)와 기기의 비상차단이 자동적으로 이루어져야 하고, 이러한 조건에서 사용되거나 작동되는 장비와 기기는 승인된 안전형의 것이어야 한다. 비상차단으로 보호되는 기관구역에서는 단일 손상으로 인해 해당 구역으로 가스가 방출될 수 있다. 통풍은 기술적 결함으로 인해 발생하는 최대의 누설시나리오를 수용하도록 설계되어야 한다. 배관의 파열이나 개스킷의 파열과 같이 가스 농도가 위험한 수준에까지 이를 수 있는 손상은 폭발압력도출장치 또는 비상차단 배치로 예방조치를 하여야 한다.</p> <p style="text-align: center;">제 5 절 가스 안전 기관구역</p> <p>501. 가스 안전 기관구역</p> <p>1. 연료시스템에서 단일 손상이 발생해도 기관구역으로 가스방출이 일어나지 않아야 한다.</p> <p>2. 〈생략〉</p>	<p style="text-align: center;">제 4 절 기관구역의 개념</p> <p>401. 기관구역의 개념</p> <p>〈중략〉</p> <p>1. 가스 안전 기관구역: 기관구역의 장치는 정상상태뿐만 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.</p> <p>2. 비상차단으로 보호되는 기관구역: 기관구역의 장치는 정상상태에는 비위험구역이 되는 것이어야 하나, 비정상상태에는 위험하게 될 가능성이 있다. 가스위험을 포함한 비정상상태가 발생한 경우, 안전하지 않은 장치(점화원)와 기관의 비상차단이 자동적으로 이루어져야 하고, 이러한 조건에서 사용되거나 작동하는 장비 또는 기관은 승인된 안전형의 것이어야 한다. 비상차단으로 보호되는 기관구역에서는 단일 손상이 구역에 가스 누출을 야기할 수 있다. 벤트는 기술적 고장으로 인해 발생 가능한 최대 누설 시나리오를 수용하도록 설계되어야 한다. 배관의 파열이나 개스킷의 파열과 같이 가스 농도가 위험한 수준에까지 이를 수 있는 손상은 폭발압력도출장치 또는 비상차단 배치로 예방조치를 하여야 한다.</p> <p style="text-align: center;">제 5 절 가스 안전 기관구역</p> <p>501. 가스 안전 기관구역</p> <p>1. 연료장치에서의 단일 손상이 기관구역으로의 가스방출로 이어지지 않아야 한다.</p> <p>2. 〈현행과 동일〉</p>

현행	개정안
<p style="text-align: center;">제 6 절 비상차단으로 보호되는 기관구역</p> <p>601. 비상차단으로 보호되는 기관구역</p> <p>1. ~ 2. <생략></p> <p>3. 기관구역 내의 가스공급관은 다음의 조건에서는 <u>가스밀의 외부 덮개가 없어도 허용할 수 있다.</u></p> <p>(1) <u>추진동력 및 발전기용 기관</u>은 어떠한 공동 경계면도 가지지 않는 두 개 이상의 기관구역에 나누어 설치하거나 <중략></p> <p>(2) ~ (3) <생략></p> <p>4. ~ 7. <생략></p> <p style="text-align: center;">제 7 절 연료관의 위치 및 보호</p> <p>701. 연료관의 위치 및 보호</p> <p>1. ~ 3. <생략></p> <p>4. 비상차단으로 보호되는 기관구역내의 <u>연료관</u>은 가능한 한 전기설비나 인화성 액체를 저장하는 탱크로부터 멀리 떨어진 곳에 위치하여야 한다.</p> <p>5. 비상차단으로 보호되는 기관구역의 <u>연료관</u>은 기계적인 손상으로부터 보호하여야 한다.</p> <p style="text-align: center;">제 8 절 <생략></p> <p style="text-align: center;">제 9 절 발지장치</p> <p>901. 발지장치에 대한 요건</p> <p>1. ~ 3. <생략></p> <p style="text-align: center;">제 10 절 ~ 제 11 절 <생략></p>	<p style="text-align: center;">제 6 절 비상차단으로 보호되는 기관구역</p> <p>601. 비상차단으로 보호되는 기관구역</p> <p>1. ~ 2. <현행과 동일></p> <p>3. 기관구역 내의 가스공급관은 다음의 조건에서는 <u>가스밀 외부 덮개 없이 허용될 수 있다.</u></p> <p>(1) <u>추진기관 및 발전기관</u>을 어떠한 공동 경계면도 가지지 않는 두 개 이상의 기관구역에 나누어 설치하거나 <중략></p> <p>(2) ~ (3) <현행과 동일></p> <p>4. ~ 7. <현행과 동일></p> <p style="text-align: center;">제 7 절 연료관의 위치 및 보호</p> <p>701. 연료관의 위치 및 보호</p> <p>1. ~ 3. <현행과 동일></p> <p>4. 비상차단으로 보호되는 기관구역의 <u>가스연료관</u>은 가능한 한 전기설비나 인화성 액체를 저장하는 탱크로부터 멀리 떨어진 곳에 위치하여야 한다.</p> <p>5. 비상차단으로 보호되는 기관구역의 <u>가스연료관</u>은 기계적인 손상으로부터 보호하여야 한다.</p> <p style="text-align: center;">제 8 절 <현행과 동일></p> <p style="text-align: center;">제 9 절 발지장치</p> <p>901. 발지장치</p> <p>1. ~ 3. <현행과 동일></p> <p style="text-align: center;">제 10 절 ~ 제 11 절 <현행과 동일></p>

현행	개정안
<p style="text-align: center;">제 12 절 에어로크</p> <p>1201. 에어로크 1. ~ 6. <생략> 7. 안전에 필요한 필수장비는 계속 급전되어야 하며 승인된 <u>방폭형</u>이어야 한다. <중략></p> <p style="text-align: center;">제 6 장 연료격납설비</p> <p style="text-align: center;">제 1 절 ~ 제 2 절 <생략></p> <p style="text-align: center;">제 3 절 일반요건</p> <p>301. 일반요건 1. ~ 6. <생략> 7. <u>탱크 연결구역</u>의 격벽의 재료는 발생 가능한 최대누출 시나리오에서 발생할 수 있는 최저온도에 상응하는 설계온도를 갖는 것으로 한다. <중략> 8. ~ 12. <생략></p> <p style="text-align: center;">제 4 절 액화가스연료 격납</p> <p>401. 일반 1. ~ 7. <생략> 8. 액화가스연료 격납설비에 대한 검사계획(inspection/survey plan)은 우리 선급의 검토 및 승인을 받아야 한다. 검사계획은 액화가스연료 격납설비의 생애에 걸쳐 검사 시에 조사 및 유효성을 확인해야 할 항목들, 특히 <u>모든 운항 중 검사 시에 필요한 부분과 액화가스연료 격납설비 설계인자를 선택할 때 유지보수 및 시험이 필요할 것으로 추정되는 구역을 식별하여야 한다.</u> 검사계획은 412.의 2항(8)호 또는 412.의 2항(9)호에 따른 특정 중요위치를 포함하여야 한다. 9. <생략></p>	<p style="text-align: center;">제 12 절 에어로크</p> <p>1201. 에어로크 1. ~ 6. <현행과 동일> 7. 안전에 필요한 필수장비는 계속 급전되어야 하며 승인된 <u>안전형</u>이어야 한다. <중략></p> <p style="text-align: center;">제 6 장 연료격납설비</p> <p style="text-align: center;">제 1 절 ~ 제 2 절 <현행과 동일></p> <p style="text-align: center;">제 3 절 일반요건</p> <p>301. 일반요건 1. ~ 6. <현행과 동일> 7. <u>탱크연결부 구역</u>의 격벽 재료는 발생 가능한 최대누출 시나리오에서 발생할 수 있는 최저온도에 상응하는 설계온도를 갖는 것으로 한다. <중략> 8. ~ 12. <현행과 동일></p> <p style="text-align: center;">제 4 절 액화가스연료격납</p> <p>401. 일반 1. ~ 7. <현행과 동일> 8. 액화가스연료격납설비에 대한 검사계획(inspection/survey plan)은 우리 선급의 검토 및 승인을 받아야 한다. 검사계획은 액화가스연료격납설비의 생애에 걸쳐 검사 시에 조사 및/또는 유효성을 확인해야 할 항목들과 특히 액화가스연료격납설비 설계인자를 선택할 때 추정되는 모든 <u>필요한 운항 중 검사, 유지보수 및 시험을 식별하여야 한다.</u> 검사계획은 412.의 2항(8)호 또는 412.의 2항(9)호에 따른 특정 중요위치를 포함하여야 한다. 9. <현행과 동일></p>

현행	개정안
<p>402. 액화가스연료격납설비의 안전원칙</p> <p>1. 격납설비는 모든 발생 가능한 누설액을 안전하게 보관할 수 있는 <u>완전한 2차 수밀 방벽</u>을 갖추어야 하며, <u>방열설비와 함께 선체구조가 안전하지 않은 수준까지 온도가 낮아지는 것을 방지할 수 있어야 한다.</u></p> <p>2. ~ 4. <현행과 동일></p> <p>5. <u>전체</u> 또는 부분 2차방벽을 요구하는 독립형탱크의 경우, <중략></p> <p>403. <생략></p> <p>404. 2차 방벽의 설계</p> <p><중략></p> <p>1. <중략> 412.의 2항 (6)호에 따른 <u>하중스펙트럼을 고려하여</u> <중략></p> <p>2. 1차 방벽의 손상을 유발할 수 있는 액화가스 연료탱크 내의 물리적, 기계적 또는 운용상의 사건이 2차 방벽의 기능을 <u>손상하지 않아야 하며</u>, 반대의 경우도 안 된다.</p> <p>3. 선체지지부재 또는 부착물의 파괴가 1차 및 2차 방벽의 <u>밀폐성을 손상시켜서는 안 된다.</u></p> <p>4. <생략></p> <p>5. 4항에서의 방법은 우리 선급의 승인을 받아야 하며, 최소한 다음을 포함하여야 한다.</p> <p>(1) <u>수밀유효성이 손상되기 전, 2차 방벽 내의 허용 가능한 결함의 크기 및 위치에 대한 상세</u></p> <p>(2) (1)호의 결함 식별에 대하여 제안된 방법의 <u>정확도 및 범위</u></p> <p>(3) <u>실물크기 모형시험이 수행되지 않는 경우, 허용기준의 결정에 사용되는 축척계수(scaling factor)</u></p> <p>(4) 제안된 시험의 유효성에 대한 <u>열 및 기계적인 반복하중의 영향</u></p> <p>6. 2차 방벽은 <u>30도 경사에서도 기능적 요건에 적합하여야 한다.</u></p> <p>405. 부분 2차 방벽과 1차 방벽의 소규모 누설에 대한 보호장치</p> <p>1. <중략> 누설된 액화가스연료를 부분 2차 방벽으로 유도하는 스프레이 실드와 같은 설비 및 자연 기화되게 하는 <u>액체화물처리장치</u> 등을 갖추어야 한다.</p>	<p>402. 액화가스연료격납설비의 안전원칙</p> <p>1. 격납설비는 모든 발생 가능한 누설액을 안전하게 보관할 수 있는 <u>완전 2차 액밀 방벽</u>을 갖추어야 하며, <u>단열설비와 함께 선체구조가 안전하지 않은 수준까지 온도가 낮아지는 것을 방지할 수 있어야 한다.</u></p> <p>2. ~ 4. <현행과 동일></p> <p>5. <u>완전</u> 또는 부분 2차방벽을 요구하는 독립형탱크의 경우, <중략></p> <p>403. <현행과 동일></p> <p>404. 2차 방벽의 설계</p> <p><중략></p> <p>1. <중략> 412.의 2항 (6)호에 따른 <u>하중빈도분포를 고려하여</u> <중략></p> <p>2. 액화가스연료탱크 내에서 1차 방벽의 손상을 일으킬 수 있는 물리적, 기계적 또는 운용상의 사건이 2차 방벽의 기능을 <u>손상하지 않아야 하며</u>, 반대의 경우도 안 된다.</p> <p>3. 선체의 지지구조 또는 부착물의 파괴가 1차 및 2차 방벽의 <u>액밀을 손상시켜서는 안 된다.</u></p> <p>4. <생략></p> <p>5. 4항에서의 방법은 우리 선급의 승인을 받아야 하며, 최소한 다음을 포함하여야 한다.</p> <p>(1) <u>액밀 유효성이 손상되기 전, 2차 방벽내의 허용 가능한 결함의 크기 및 위치에 대한 상세</u></p> <p>(2) (1)호의 결함을 감지하기 위해 제안된 방법의 <u>정확도 및 범위</u></p> <p>(3) <u>실물크기 모형시험이 수행되지 않는 경우, 허용기준 결정시의 축척계수(scaling factor)</u></p> <p>(4) 제안된 시험의 유효성에 대한 <u>열적 및 기계적 반복하중의 영향</u></p> <p>6. 2차 방벽은 <u>30도의 정적 횡경사에서도 기능적 요건을 충족시켜야 한다.</u></p> <p>405. 부분 2차 방벽과 1차 방벽의 소규모 누설에 대한 보호장치</p> <p>1. <중략> 누설된 액화가스연료를 부분 2차 방벽으로 유도하는 스프레이 실드와 같은 설비 및 자연 기화되게 하는 <u>액체의 처리수단</u> 등을 갖추어야 한다.</p>

현행	개정안
<p>2. 부분 2차 방벽의 용량은 1차 방벽의 누설탐지 후 412.의 2항 (6)호에 정하는 <u>하중스펙트럼에</u> 의한 파괴의 범위에 대응하는 액화가스 연료 누설을 기초로 하여 정하여야 한다. 이 경우에는 액체의 증발, 누설량, 신뢰할 수 있는 펌프능력 및 기타 관련 요인을 정확히 평가해야 한다.</p> <p>3. 액체누설탐지는 <u>액체감지기에 의한 방법 또는 압력의 효율적 사용, 온도 또는 가스탐지장치 또는 이들의 조합에 의해 탐지할 수 있다.</u></p> <p>4. 독립형탱크가 누설된 액화가스연료를 수집하기 위한 명확한 위치에 있지 않은 경우, 부분 2차 방벽은 <u>공칭 정지 각도(nominal static angle)의 트림에서 그 기능적 요건에 적합하여야 한다.</u></p>	<p>2. 부분 2차 방벽의 용량은 1차 방벽의 누설탐지 후 412.의 2항 (6)호에 정하는 <u>하중빈도분포에</u> 의한 파괴의 범위에 대응하는 액화가스연료누설을 기초로 하여 정하여야 한다. 이 경우에는 액체의 증발, 누설량, 신뢰할 수 있는 펌프능력 및 기타 관련 요인을 정확히 평가해야 한다.</p> <p>3. <u>요구되는 액체누설탐지는 액체감지기로 또는 압력, 온도 또는 가스탐지장치의 효과적 사용으로, 또는 이들의 조합으로 할 수 있다.</u></p> <p>4. 누설된 액화가스연료를 수집하기 위한 명확한 위치를 제시하지 않는 독립형탱크의 경우, 부분 2차 방벽은 <u>공칭 정적 트림에서도 기능적 요건에 적합하여야 한다.</u></p>
<p>406. 지지구조</p> <p>1. 액화가스 연료탱크는 온도변화 및 선체의 변형에 의하여 탱크 및 선체에 <u>과도한 응력이 발생하지 않도록 탱크의 신축을 허용하고, 해당되는 경우, 409.의 2항에서 5항의 정적 및 동적하중을 받는 탱크 본체의 이동을 방지하도록 선체로 지지하여야 한다.</u></p> <p>2. <생략></p> <p>3. 지지구조 및 <u>이의 배치는 409.의 3항 (3)호 (아) 및 409.의 5항에서 정한 하중을 견딜 수 있어야 하나, 상호 또는 파랑하중과 함께 조합시킬 필요는 없다.</u></p>	<p>406. 지지구조</p> <p>1. 액화가스연료탱크는 온도변화 및 선체의 변형에 의하여 탱크 및 선체의 <u>과도한 응력이 발생하지 않고 탱크의 신축을 허용하는 동시에, 409.의 2항에서 5항의 해당되는 요건에 정의된 정적 및 동적 하중을 받는 탱크 본체의 이동을 방지하도록 선체로 지지하여야 한다.</u></p> <p>2. <현행과 동일></p> <p>3. 지지구조 및 <u>지지장치는 409.의 3항 (3)호 (아) 및 409.의 5항에 정의된 하중을 견딜 수 있어야 하나, 하중들을 상호 또는 파랑하중과 함께 조합시킬 필요는 없다.</u></p>
<p>407. 관련 구조와 장치</p> <p>액화가스 연료격납설비는 관련 구조 및 장치에 의한 하중을 고려하여 설계되어야 한다. 이는 펌프타워, <u>액화가스 연료돔, 액화가스 연료펌프 및 관장치, 스트리핑 펌프 및 관장치, 질소 관장치, 출입 창구, 사다리, 배관 관통부, 액면지시장치, 독립 액면경보 게이지, 스프레이 노즐 및 기기장치(압력, 온도 및 스트레인 게이지 등)등을 포함한다.</u></p>	<p>407. 관련 구조와 장치</p> <p>액화가스연료격납설비는 연관 구조 및 장치에 의한 하중을 고려하여 설계되어야 한다. 이는 펌프타워, <u>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.</u></p>
<p>408. 방열재</p> <p><u>방열재는 허용온도(413.의 1항 (1)호) 이하의 온도로부터 선체를 보호하기 위해 설치하여야 한다. 9절의 압력과 온도제어장치에 의해 유지될 수 있는 수준까지 탱크로부터의 열유속을 억제할 수 있어야 한다.</u></p>	<p>408. 단열</p> <p><u>413.의 1항 (1)호와 같이 선체구조재료들의 허용온도 이하의 온도로부터 선체를 보호하기 위해 단열이 되어야 한다. 그리고 9절의 압력 및 온도 제어장치에 의해 유지될 수 있는 수준까지 탱크로의 열유속을 억제할 수 있어야 한다.</u></p>

현행	개정안
<p>409. 일반</p> <p>1. <생략></p> <p>2. 영구하중</p> <p>(1) 중력하중 <u>탱크와 방열재의 무게, 타워 및 기타 부착물에 의한 하중을 고려하여야 한다.</u></p> <p>(2) <생략></p> <p>3. 기능하중</p> <p>(1) ~ (2) <생략></p> <p>(3) <중략></p> <p>(가) 내압</p> <p>(a) <생략></p> <p>(b) <중략></p> <p>(i) <u>제한된 선박 운항구역을 고려하여 우리 선급이 인정하는 경우 주변온도 중 낮은 온도를 사용할 수 있다. 또한, 이 온도를 넘는 온도를 요구할 수 있다.</u></p> <p>(ii) <u>운항기간의 제한이 있는 선박의 경우, P_0는 탱크의 방열재를 고려하여 운항 중 실제 압력상승을 기초로 계산할 수 있다.</u></p> <p>(c) ~ (e) <생략></p> <p>(나) ~ (자) <생략></p> <p>4. 환경하중</p> <p>(1) <u>환경하중은 주위환경에 의해 연료격납설비에 미치는 하중을 의미한다. 다만, 이를 영구, 기능 또는 사고하중으로 분류하지는 않는다.</u></p> <p>(가) <u>선박운동으로 인한 하중 <중략> 탱크의 중량 중심에 다음에 규정하는 가속도 성분을 포함하여 산정하여야 한다. <중략></u></p> <p>(나) <생략></p> <p>(다) <u>슬로싱 하중 액화가스 격납설비와 내부 구성품에 작용하는 슬로싱 하중은 허용적 재높이의 최대값을 기준으로 산정되어야 한다.</u></p> <p>(라) <u>눈 및 얼음에 의한 하중 관련이 있는 경우 고려하여야 한다.</u></p> <p>(마) ~ (아) <생략></p> <p>5. <생략></p>	<p>409. 일반</p> <p>1. <현행과 동일></p> <p>2. 영구하중</p> <p>(1) 중력하중 <u>탱크, 단열재, 타워에 의한 하중 및 기타 부착물의 무게를 고려하여야 한다.</u></p> <p>(2) <현행과 동일></p> <p>3. 기능하중</p> <p>(1) ~ (2) <현행과 동일></p> <p>(3) <중략></p> <p>(가) 내압</p> <p>(a) <현행과 동일></p> <p>(b) <중략></p> <p>(i) <u>운항구역의 제한이 있는 선박의 경우, 우리 선급이 인정하는 경우 45℃ 보다 낮은 주위온도를 적용할 수 있다. 역으로, 45℃ 보다 낮은 주위온도를 요구할 수도 있다.</u></p> <p>(ii) <u>운항기간의 제한이 있는 선박의 경우, P_0는 탱크의 단열을 고려하여 운항 중 실제 압력상승에 근거하여 계산할 수 있다.</u></p> <p>(c) ~ (e) <현행과 동일></p> <p>(나) ~ (자) <현행과 동일></p> <p>4. 환경하중</p> <p>(1) <u>환경하중은 주위환경에 의해 액화가스연료격납설비에 미치는 하중으로서 영구, 기능 또는 사고하중으로 분류되지 않는 하중을 의미한다.</u></p> <p>(가) <u>선박운동으로 인한 하중 <중략> 탱크의 가속도는 탱크의 무게 중심에서 산정하여야 하며, 다음의 성분을 포함하여야 한다. <중략></u></p> <p>(나) <현행과 동일></p> <p>(다) <u>슬로싱 하중 액화가스연료격납설비와 내부 구성품에 작용하는 슬로싱 하중은 액화가스연료의 계획된 충전 수준의 전범위에 대하여 평가되어야 한다.</u></p> <p>(라) <u>눈 및 얼음에 의한 하중 관련이 있는 경우 눈과 얼음을 고려하여야 한다.</u></p> <p>(마) ~ (아) <현행과 동일></p> <p>5. <현행과 동일></p>

현 행	개 정 안
<p>410. 구조 건전성</p> <p>1. 구조설계는 적절한 안전율을 가지고, 모든 관련된 하중을 견딜 수 있는 <u>능력을 가지고 있음을 보장하여야 한다.</u> 또한 소성변형, 좌굴, 피로 및 액체의 누설 및 가스밀의 상실에 대한 가능성을 고려하여야 한다.</p> <p>2. ~ 3. <생략></p> <p>411. <생략></p> <p>412. 설계조건 <중략></p> <p>1. 극한설계조건 (1) <중략> (가) <생략> (나) 해석은 다음의 <u>특유의 하중을</u> 기초로 한다. 영구하중 : 예상값 기능하중 : 특정값 환경하중 : (파랑하중의 경우) 10^8개 <u>과 중 가장 큰 하중</u></p> <p>(다) ~ (바) <생략></p> <p>2. 피로설계조건 (1) <생략> (2) <중략> n_i : 탱크의 수명동안 각 응력수준에서의 <u>반복회수</u> N_i : Wöhler (S-N)곡선에 따른 각 응력수준에 대한 <u>파괴까지의 반복회수</u> $n_{Loading}$: 탱크의 수명동안 적하 및 양하의 주기수로, 1,000 사이 <u>클 보다는 작아서는 안 된다.</u> 적하 및 양하 주기에는 완전한 압력 및 열 주기를 포함한다. (일반적으로 1,000 회는 운전시간 20년에 상당한다.) $N_{Loading}$: 적하 및 양하에 의한 피로하중으로 인해 파괴에 이르는 <u>반복회수</u></p>	<p>410. 구조 건전성</p> <p>1. 구조설계는 적절한 안전율을 가지고, 모든 관련된 하중을 견딜 수 있는 <u>능력을 가져야 한다.</u> 또한 소성변형, 좌굴, 피로 및 <u>액밀과 가스밀의 상실</u>에 대한 가능성을 고려하여야 한다.</p> <p>2. ~ 3. <현행과 동일></p> <p>411. <현행과 동일></p> <p>412. 설계조건 <중략></p> <p>1. 최종설계조건 (1) <중략> (가) <현행과 동일> (나) 해석은 다음의 <u>하중 값</u>을 기초로 한다. (a) 영구하중 : 예상값 (b) 기능하중 : 특정값 (c) 환경하중 : (파랑하중의 경우) 10^8개 <u>조우 파도에 의한 하중 중 가장 큰 값</u></p> <p>(다) ~ (바) <현행과 동일></p> <p>2. 피로설계조건 (1) <현행과 동일> (2) <중략> n_i : 탱크의 수명동안 각 응력수준에서 <u>반복횟수</u> N_i : Wöhler (S-N)곡선에 따른 각 응력수준에서 <u>파괴에 이르는 반복횟수</u> $n_{Loading}$: 탱크의 수명 동안 적하 및 양하의 반복횟수. 단, 1,000 회 <u>보다 작아서는 안 된다.</u> 적하 및 양하 주기에는 완전한 압력 및 열 주기를 포함한다. (일반적으로 1,000 회는 운전시간 20년에 상당한다.) $N_{Loading}$: 적하 및 양하에 의한 피로하중으로 인해 파괴에 이르는 <u>반복횟수</u></p>

현행	개정안
<p>〈중략〉 (3) ~ (4) 〈생략〉 (5) 해석은 <u>다음의 특정 하중값을</u> 기초로 한다. (가) ~ (다) 〈생략〉 (6) 〈중략〉 (가) 구조에서 균열전파경로. (7)호에서 (9)호까지에서 필요로 하는 경우, 적용가능 (나) ~ (마) 〈생략〉 일반적으로, 파괴역학에서는 시험자료의 평균+2배의 표준편차를 취한 균열의 성장자료를 기초로 한다. 〈새롭게 추가됨〉 <u>균열전파해석에서, 허용 비파괴 검사 및 육안검사 기준을 고려하여, 적용된 검사방법으로 발견할 수 없는 최대크기의 초기균열을 추정하여야 한다.</u> 〈중략〉 해당되는 경우, <u>배치는 (7)호에서 (9)호까지에</u> 적합하여야 한다. (7) 〈생략〉 (8) 〈중략〉 예상 잔존 파괴진행시간은 <u>3번의 검사간격보다</u> 작아서는 안 된다. (9) 〈생략〉 3. 사고설계조건 (1) 〈생략〉 (2) 하중은 <u>다음의 특성값을</u> 기초로 하여야 한다. (가) ~ (다) 〈생략〉</p> <p>413. 재료 및 제작 1. 재료 (1) 선체구조재료 (가) 〈중략〉 (가) 〈생략〉 (나) (가)에 추가하여, 〈중략〉 (나) 〈생략〉 (다) 〈생략〉 (다) 〈생략〉</p>	<p>〈중략〉 (3) ~ (4) 〈현행과 동일〉 (5) 해석은 <u>다음의 하중값을</u> 기초로 한다. (가) ~ (다) 〈현행과 동일〉 (6) 〈중략〉 (가) 구조에서 균열전파경로. (7)호에서 (9)호까지의 해당되는 요건에서 필요로 하는 경우 (나) ~ (마) 〈생략〉 일반적으로, 파괴역학에서는 시험자료의 평균+2배의 표준편차를 취한 균열의 성장자료를 기초로 한다. <u>균열전파해석 및 파괴역학 방법은 공인된 기준에 기초하여야 한다.</u> <u>균열전파해석 시, 적용된 검사방법으로 발견할 수 없는 초기균열 최대크기는 허용된 비파괴 검사와 육안검사의 기준에 의하여 추정하여야 한다.</u> 〈중략〉 <u>장치는 (7)호에서 (9)호까지의 해당되는 요건에</u> 적합하여야 한다. (7) 〈현행과 동일〉 (8) 〈중략〉 예상 잔존 파괴진행시간은 <u>검사간격의 3배보다</u> 작아서는 안 된다. (9) 〈현행과 동일〉 3. 사고설계조건 (1) 〈현행과 동일〉 (2) 하중은 <u>다음의 하중값을</u> 기초로 한다. (가) ~ (다) 〈현행과 동일〉</p> <p>413. 재료 및 제작 1. 선체구조재료 (1) 〈중략〉 (가) 〈현행과 동일〉 (나) (가)에 추가하여, 〈중략〉 (다) 〈현행과 동일〉 (라) 〈현행과 동일〉</p>

현행	개정안
<p>(e) <중략> 선박의 수명동안 <u>방열재</u> 특성의 열화(degradation)가 고정되어야 한다.</p> <p>(f) <생략></p> <p>(g) 가열장치가 (라)를 만족하는 경우, (다)에 따른 선체가열이 있는 것으로 한다.</p> <p>(h) (다)에 기술된 경우를 제외하고, <중략></p> <p>(i) <생략></p> <p>(나) 액화가스연료의 영향으로 설계조건에서 계산된 온도가 0℃보다 낮은 모든 커터선체구조의 재료는 표 7.5에 따른다. 여기에는 액화가스 연료탱크, 이중저 판, 종격벽판, 횡격벽판, 늑판, 웨브, 스트링거와 모든 부착된 보강재를 포함한다.</p> <p>(다) 재료의 온도가 표 7.5에 명시된 재료의 등급에 따라 허용 최저온도 아래로 떨어지지 않도록 하기 위하여 구조재료에 가열장치가 사용될 수 있다. (가)의 계산에 의한 가열설비를 다음의 위치에 고려할 수 있다.</p> <p>(a) <생략></p> <p>(b) 가열에 대한 계산을 고려하지 <u>않으며</u>, 재료가 대기 5℃ 및 해수 0℃의 주위온도조건에 적합한 경우, 보다 낮은 주위온도가 요구될 경우, (나)에 규정하는 <u>중방향 선체구조</u></p> <p>(c) (b)를 대신하여, 액화가스연료 탱크 사이의 종격벽에 대해, 만약 재료가 -30℃의 최저설계온도 또는 가열을 고려하고 (a)에 따라 결정된 온도보다 30℃ 더 낮은 온도, 둘 중 더 낮은 온도에서 적절하게 유지된다면, 가열에 대해 <u>고려할 수 있다</u>. 이러한 격벽이 유효하다고 고려되는 경우 및 그렇지 않은 경우 모두에 대해 선박의 종강도는 선급 및 강선규칙 3편 3장의 요건을 만족하여야 한다.</p> <p>(라) (다)에 따른 가열수단은 다음 요건을 만족하여야 한다.</p> <p>(a) <생략></p> <p>(b) 가열장치는 중요보기로 고려하여야 한다. (다) (a)에 따라 제공되는 최소 하나 이상 시스템의 모든 전기부품들에 비상전원이 공급되어야 한다.</p> <p>(c) <생략></p>	<p>(마) <중략> 선박의 수명동안 <u>단열재</u> 특성의 열화(degradation)가 고정되어야 한다.</p> <p>(바) <현행과 동일></p> <p>(사) 가열장치가 (4)를 만족하는 경우, (3)에 따른 선체가열이 있는 것으로 한다.</p> <p>(아) (3)에 기술된 경우를 제외하고, <중략></p> <p>(자) <현행과 동일></p> <p>(2) 액화가스연료의 영향으로 설계조건에서 계산된 온도가 0℃보다 낮은 모든 선체구조의 재료는 표 7.5에 따른다. 여기에는 액화가스연료탱크를 지지하는 선체구조, 이중저 판, 종격벽판, 횡격벽판, 늑판, 웨브, 스트링거와 모든 부착된 보강재를 포함한다.</p> <p>(3) 재료의 온도가 표 7.5에 명시된 재료의 등급에 허용된 최저온도 아래로 떨어지지 않도록 하기 위하여 구조재료에 가열장치가 사용될 수 있다. (1)의 계산에 의한 가열설비를 다음의 위치에 고려할 수 있다.</p> <p>(가) <현안과 동일></p> <p>(나) 가열에 대한 계산을 고려하지 <u>않고</u> 재료가 대기 5℃ 및 해수 0℃의 주위온도조건에 적합한 경우, 보다 낮은 주위온도가 요구되는 (2)에 규정된 <u>중방향 선체구조</u>.</p> <p>(다) 재료가 -30℃의 최저설계온도 또는 가열을 고려하고 (1)에 따라 결정된 온도보다 30℃ 더 낮은 온도 중 더 낮은 온도에서도 적절한 경우, (2)를 대신하는 액화가스연료탱크 사이의 종격벽, 이 경우, 해당 격벽이 유효한 것으로 간주되는 경우와 그렇지 않은 경우 모두에 대해 선박의 종강도는 선급 및 강선규칙의 요건을 만족하여야 한다.</p> <p>(4) (3)에 따른 가열수단은 다음 요건을 만족하여야 한다.</p> <p>(가) <현행과 동일></p> <p>(나) 가열장치는 중요보기로 고려하여야 한다. (3) (가)에 따라 제공되는 최소 하나 이상 시스템의 모든 전기부품들에 비상전원이 공급되어야 한다.</p> <p>(다) <현행과 동일></p>

현행	개정안
<p>2.1차 및 2차 방벽의 재료</p> <p>(1) <생략></p> <p>(2) <중략> 비금속재료(416, 참조)로 제작된 경우, <중략></p> <p>(3) 1차 또는 2차 방벽에 복합재료를 포함하여, 비금속 재료가 사용되거나 <중략></p> <p>(4) 해당되는 경우, 상기 특성들은 운용 중 예상최대온도와 최저설계온도에 5°C 낮은 온도 사이에서 시험하여야 하고, -196°C보다 낮아서는 안 된다.</p> <p>(5) <생략></p> <p>(6) 1차 및 2차 방벽에 사용되는 재료가 화재와 화염의 확산이 느린 특성을 가지지 않은 경우, 적절한 장치로 보호되거나 또는 방화벽이 제공된다면 적절히 고려할 수 있다.(예를 들어 영구적인 불활성 가스와의 같은 장치)</p> <p>3. 액화가스연료격납설비에 사용되는 방열재 및 기타 재료</p> <p>(1) 액화가스 연료격납설비에 사용되는 하중을 견디는 방열재 및 기타 재료는 설계하중에 적합하여야 한다.</p> <p>(2) 액화가스 연료격납설비에 사용되는 방열재 및 기타 재료는 다음의 특성을 가져야 하며 계획된 운용에 적합함을 보장하기 위하여 시험하여야 한다.</p> <p>(가) ~ (하) <생략></p> <p>(3) 해당되는 경우, 상기 특성들은 운용 중 예상최대온도와 최저설계온도에 5°C 낮은 온도 사이에서 시험하여야 하고, -196°C보다 낮아서는 안 된다.</p> <p>(4) 방열재가 설치되는 장소 또는 크-환경조건에 따라, 방열재료는 적절한 내화성 및 내화염 전파성을 갖는 것이어야 하고, 또한 수증기의 침입 및 기계적 손상에 대하여 적절히 보호되어야 한다. 방열재가 노출감판상 또는 그보다 위에 위치하거나 탱크덮개 관통부 근처에 위치하는 경우, 우리 선급의 기준에 따라 적절한 방화특성을 가지거나 또는 화염전파 특성이 낮은 재료로 보호되어야 하고, 승인된 유효한 증기 밀봉장치(Seal)를 하여야 한다.</p> <p>(5) 방화기준에 적합하지 않은 방열재는 연료저장창 구역이 영구적으로 불활성화 되지 않는 경우, 이의 표면이 화염전파 특성이 낮은 재료로 보호되고 승인된 유효한 밀봉장치를 한 경우 사용될 수 있다.</p>	<p>2.1차 및 2차 방벽의 재료</p> <p>(1) <현안과 동일></p> <p>(2) <중략> 비금속재료로 제작된 경우, <중략></p> <p>(3) 복합재료를 포함한 비금속재료(416, 참조)가 1차 또는 2차 방벽에 사용되거나 <중략></p> <p>(4) 해당되는 경우, 상기 특성들은 운용 중 예상최대온도와 최저설계온도보다 5°C 낮은 온도(단, -196°C보다 낮지 않은 온도) 사이에서 시험하여야 한다.</p> <p>(5) <현행과 동일></p> <p>(6) 영구적인 불활성 가스 분위기와 같이 적절한 장치로 보호되거나 또는 화재지연방벽이 제공된다면, 내화성과 내화염 전파성을 가지지 않은 재료를 1차 및 2차 방벽에 사용하는 것에 대하여 고려할 수 있다.</p> <p>3. 액화가스연료격납설비에 사용되는 단열재 및 기타 재료</p> <p>(1) 액화가스연료격납설비에 사용되는 하중을 견디는 단열재 및 기타 재료는 설계하중에 적합하여야 한다.</p> <p>(2) 액화가스연료격납설비에 사용되는 단열재 및 기타 재료는 다음의 특성을 가져야 하며 계획된 운용에 적합함을 보장하기 위하여 시험하여야 한다.</p> <p>(가) ~ (하) <현안과 동일></p> <p>(3) 해당되는 경우, 상기 특성들은 운용 중 예상최대온도와 최저설계온도보다 5°C 낮은 온도(단, -196°C보다 낮지 않은 온도) 사이에서 시험하여야 한다.</p> <p>(4) 장소 또는 환경조건에 따라, 단열재는 적절한 내화성 및 내화염 전파성을 가져야 하고, 또한 수증기의 침입 및 기계적 손상에 대하여 적절히 보호되어야 한다. 단열재가 노출감판상 또는 그보다 위에 위치하고 탱크덮개 관통부에 인접한 경우, 단열재는 우리 선급의 기준에 따라 적절한 내화성을 가지거나 또는 느린 화염전파 특성을 가지며 유효한 승인된 증기밀봉(vapour seal)이 되는 재료로 보호되어야 한다.</p> <p>(5) 단열재의 표면이 느린 화염전파 특성을 가지며 승인된 유효한 증기밀봉이 되는 재료로 보호되는 경우, 내화 기준에 적합하지 않은 단열재는 영구적으로 불활성화 되지 않는 연료저장창 구역에 사용될 수 있다.</p>

현행	개정안
<p>(6) 방열재의 열전도율 시험은 적절히 <u>숙성된 표본</u>으로 시행하여야 한다.</p> <p>(7) 분말상 또는 입자상의 방열재가 사용될 경우, <u>운용중 재료가 작아지는 것을 최소화하고, 필요한 열전도율을 유지하는 조치를 취하여야 한다. 또한, 화물격납설비에 가해지는 현저한 압력증가를 방지할 수 있는 방법도 고려하여야 한다.</u></p> <p>414. <생략></p> <p>415. 탱크 형식</p> <p>1. 독립형탱크 형식 A</p> <p>(1) ~ (2) <생략></p> <p>(3) <u>한계설계조건</u></p> <p>(가) <중략> 공칭 <u>멤브레인 응력</u>은 니켈강, <중략></p> <p>(나) ~ (다) <현행과 동일></p> <p>(4) <생략></p> <p>2. 독립형탱크 형식 B</p> <p>(1) ~ (2) <생략></p> <p>(3) <u>한계설계조건</u></p> <p>(가) 소성변형</p> <p><중략></p> <p>σ_g : 등가 2차 굽힘응력</p> <p><중략></p> <p>$\sigma_m, \sigma_L, \sigma_g$ 및 σ_b : <u>2항 (3)호 (바)</u>에 따른다.</p> <p><중략></p>	<p>(6) 단열재의 열전도율 시험은 적절히 <u>열화된 표본</u>으로 시행하여야 한다.</p> <p>(7) 분말상 또는 입자상의 단열재가 사용될 경우, <u>운용 중 다짐 (compaction)을 줄이고 필요한 열전도율을 유지하기 위한 조치를 취하여야 한다. 또한, 액화가스연료격납설비에 가해지는 과도한 압력증가를 방지하여야 한다.</u></p> <p>414. <현행과 동일></p> <p>415. 탱크 형식</p> <p>1. 독립형탱크 형식 A</p> <p>(1) ~ (2) <현행과 동일></p> <p>(3) <u>최종설계조건(ultimate design condition)</u></p> <p>(가) <중략> 공칭 <u>막응력</u>은 니켈강, <중략></p> <p>(나) ~ (다) <현행과 동일></p> <p>(4) <현행과 동일></p> <p>2. 독립형탱크 형식 B</p> <p>(1) ~ (2) <현행과 동일></p> <p>(3) <u>최종설계조건(ultimate design condition)</u></p> <p>(가) 소성변형</p> <p><중략></p> <p>σ_g : 등가 2차 응력</p> <p><중략></p> <p>$\sigma_m, \sigma_L, \sigma_g$ 및 σ_b : <u>(7)호</u>에 따른다.</p> <p><중략></p>

현 행

표 6.3 A,B,C 및 D 값

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

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

(가) 니켈강 및 탄소-망간강 : $R_m/2$ 또는 $R_e/1.2$ 중 작은값 보다 작아야 한다.

(나) 오스테나이트 강 : $R_m/2.5$ 또는 $R_e/1.2$ 중 작은값 보다 작아야 한다.

(다) 알루미늄 합금 : $R_m/2.5$ 또는 $R_e/1.2$ 중 작은값 보다 작아야 한다.

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

(나) <생략>

(다) 피로설계조건

(a) 피로 및 균열진전 평가는 <생략>

(b) 피로해석은 건조공차 <생략>

(c) 우리 선급이 필요하다고 인정하는 경우, <생략>

(라) 사고설계조건

(a) 탱크와 탱크지지부는 <생략>

(b) 409.의 5항에 따른 사고하중을 적용할 때, <생략>

(마) 표시

<생략>

(바) 응력의 분류(Stress categories)

<생략>

(a) 수직응력(Normal stress) : <생략>

개 정 안

표 6.3 A,B,C 및 D 값

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

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

(가) 니켈강 및 탄소-망간강 : $R_m/2$ 또는 $R_e/1.2$ 중 작은 값

(나) 오스테나이트 강 : $R_m/2.5$ 또는 $R_e/1.2$ 중 작은 값

(다) 알루미늄 합금 : $R_m/2.5$ 또는 $R_e/1.2$ 중 작은 값

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

(나) <현행과 동일>

(4) 피로설계조건

(가) 피로 및 균열진전 평가는 <생략>

(나) 피로해석은 건조공차 <생략>

(다) 우리 선급이 필요하다고 인정하는 경우, <생략>

(5) 사고설계조건

(가) 탱크와 탱크지지부는 <생략>

(나) 409.의 5항에 따른 사고하중을 적용할 때, <생략>

(6) 표시

<생략>

(7) 응력의 분류(Stress categories)

<생략>

(가) 수직응력(Normal stress) : <생략>

현행	개정안
<p>(b) 막응력 : <생략> (c) 굽힘응력 : <생략> (d) 전단응력 : <생략> (e) 1차응력 : <생략> (f) 1차일반막응력 : <생략> (g) 1차국부막응력 : <생략> (h) 2차응력 : <생략></p> <p>3. 독립형탱크 형식 C</p> <p>(1) 설계기준 (가) <생략> (나) <중략> ρ_r : 설계온도에 있어서 <u>화물</u>의 비중($\rho_r=1$:청수)</p> <p>(2) 탱크외관두께 (가) 소성변형 (a) ~ (b) <생략> (c) (4)호의 계산에 사용하는 용접이음 효율은 <중략> (나) 내부압력 계산시 409의 3항 (3)호 (가)에 정의된 설계수압을 고려하여야 한다. (다) <생략> (라) <중략> 압력용기의 압력유지부의 개구는 선급 및 강선규칙 4편 2장에 따른다. (마) <생략></p> <p>(3) <u>한계설계조건</u> (가) 소성변형 <중략> σ_g : 등가 2차 굽힘응력 <중략> R_m 과 R_c 에 대하여는 412의 1항 (1)호 (다)에 따른다. $\sigma_m, \sigma_L, \sigma_b$ 에 대하여는 415의 2항 (3)호 (바)에 따른다. A 및 B의 값은 표 6.4에 표시하는 <u>최소값</u> 이상으로 하여야 한다. <중략></p>	<p>(나) 막응력 : <생략> (다) 굽힘응력 : <생략> (라) 전단응력 : <생략> (마) 1차응력 : <생략> (바) 1차일반막응력 : <생략> (사) 1차국부막응력 : <생략> (아) 2차응력 : <생략></p> <p>3. 독립형탱크 형식 C</p> <p>(1) 설계기준 (가) <현행과 동일> (나) <중략> ρ_r : 설계온도에 있어서 <u>연료</u>의 비중($\rho_r=1$:청수)</p> <p>(2) 탱크외관두께 (가) 소성변형 (a) ~ (b) <현행과 동일> (c) (라)의 계산에 사용하는 용접이음 효율은 <중략> (나) 내부압력 계산시 409의 3항 (3)호 (가)에 정의된 설계 액체압을 고려하여야 한다. (다) <현행과 동일> (라) <중략> 압력용기의 압력유지부의 개구는 선급 및 강선규칙 5편 5장에 따른다. (마) <현행과 동일></p> <p>(3) <u>최종설계조건(ultimate design condition)</u> (가) 소성변형 <중략> σ_g : 등가 2차 응력 <중략> R_m 및 R_c : 412의 1항 (1)호 (다)에 따른다. $\sigma_m, \sigma_L, \sigma_b$ 및 σ_g : 2항 (7)호에 따른다. A 및 B의 값은 <u>최소한 표 6.4의 값</u> 이상으로 하여야 한다. <중략></p>

현행	개정안
<p>(나) 좌굴기준은 다음에 따른다. <생략></p> <p>(4) 피로설계조건 (가) 독립형탱크 형식 C의 경우, 대기압에서 액화가스연료의 온도가 -55℃ 이하인 경우, 우리 선급은 탱크의 크기와 구성, 탱크 지지구조 및 부착물의 배치에 따라 정적 및 동적응력을 고려하여 <u>415.의 3항 (1)호 (가)에 적합함을 확인하기 위해 추가검증을 요구할 수 있다.</u></p> <p>(나) <u>진공방열 탱크</u>의 경우, <중략></p> <p>(5) 사고설계조건 (가) <생략> (나) <u>409.의 5항에 명시된 사고하중을 적용할 경우, 응력은 발생가능성이 낮음을 고려하여 적절히 수정한 415.의 3항 (3)호 (가)에 명시된 승인기준에 따라야 한다.</u></p> <p>(6) <생략></p> <p>4. 멤브레인 탱크 (1) 설계기준 (가) 멤브레인 격납설비는 <u>열 및 기타의 신축이 멤브레인의 수밀성 상실에 과도한 위험이 없도록 설계하여야 한다.</u> (나) 해석 및 시험에 기초한 체계적 접근은 (2)호 (가)에 <u>명시된 사용 중 식별된 사례를</u> 고려하여 탱크의 의도된 기능을 제공함을 입증하도록 사용되어야 한다. (다) ~ (바) <생략> (사) <u>1011.의 1항에 따라, 1차 방열공간과 2차 방열공간에 불활성 가스의 순환은 유효한 가스탐지방법을 충분히 가능하도록 하는 것이어야 한다.</u></p> <p>(2) 설계시 고려사항 (가) 멤브레인의 수명동안 수밀성을 <u>상실하도록 할 수 있는 잠재적 사고가 평가되어야 한다.</u> 이 사고는 아래의 사항을 포함하나, 이에 국한하여서는 안 된다. (a) <u>한계설계사건</u> <생략> (b) <생략></p>	<p>(나) 좌굴 <현행과 동일></p> <p>(4) 피로설계조건 (가) 독립형탱크 형식 C의 경우, 대기압에서 액화가스연료의 온도가 -55℃ 이하인 경우, 우리 선급은 탱크의 크기와 구성, 탱크 지지구조 및 부착물의 배치에 따라 정적 및 동적응력을 고려하여 <u>(1)호 (가)에 적합함을 확인하기 위해 추가검증을 요구할 수 있다.</u></p> <p>(나) <u>진공단열탱크</u>의 경우, <중략></p> <p>(5) 사고설계조건 (가) <현행과 동일> (나) <u>409.의 5항에 명시된 사고하중을 적용할 경우, 응력은 발생가능성이 낮음을 고려하여 적절히 수정한 (3)호 (가)에 명시된 승인기준에 따라야 한다.</u></p> <p>(6) <현행과 동일></p> <p>4. 멤브레인 탱크 (1) 설계기준 (가) 멤브레인 격납설비는 <u>멤브레인의 밀폐성 상실의 과도한 위험 없이 열 및 다른 신축이 보상되도록 설계되어야 한다.</u> (나) 해석 및 시험에 기초한 체계적 접근은 (2)호 (가)에 <u>명시되어 있는 식별된 사용 중 사건을</u> 고려하여 탱크의 의도된 기능을 제공함을 입증하도록 사용되어야 한다. (다) ~ (바) <현행과 동일> (사) <u>1101.의 1항에 따라, 1차 및 2차 단열공간 전체에서 불활성 가스의 순환은 효과적인 가스탐지방법을 허용하기에 충분하여야 한다.</u></p> <p>(2) 설계시 고려사항 (가) 멤브레인의 수명동안 <u>액밀의 상실을 초래할 수 있는 잠재적 사고가 평가되어야 한다.</u> 이 사고는 아래의 사항을 포함하나, 이에 국한하여서는 안 된다. (a) <u>극한설계사건</u> <현행과 동일> (b) <현행과 동일></p>

현행	개정안
<p>(c) 사고설계사건 : 내부 단층의 사고가 동시 또는 연속적으로 양쪽 멤브레인의 파괴를 일으키는 설계는 허용하지 않는다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 돌발적인 기계적 손상(운용 중 탱크내부에서의 물체의 낙하 등) - 방열공간의 돌발적인 과압 - 탱크내의 돌발적인 진공 - 내부선체구조를 통한 물의 침투 <p>(나) <생략> (3) ~ (4) <생략> (5) 한계설계조건 (가) ~ (다) <생략> (6) ~ (7) <생략></p> <p>416. 새로운 개념을 위한 한계상태설계</p> <p>1. 415.를 이용하여 설계할 수 없는 새로운 형태의 <u>화물격납설비</u>는 이 조 및 401.에서 414.까지 해당되는 규정을 이용하여 설계하여야 한다. <중략> 2. <생략></p> <p style="text-align: center;">제 5 절 이동식 액화가스 연료탱크</p> <p>501. 이동식 액화가스 연료탱크</p> <p>1. ~ 4. <생략> 5. 선박 배관계통과의 연결은 승인된 신축성 호스 <중략> 6. ~ 9. <생략> 10. 선박의 연료 배관계통에 연결한 후에는 다음을 따른다. (1) 6항의 압력도출장치를 제외하고, 각 이동식 탱크는 언제든지 분리가 가능해야 한다. (2) ~ (3) <생략></p>	<p>(c) 사고설계사건</p> <ul style="list-style-type: none"> - 돌발적인 기계적 손상(운용 중 탱크내부에서의 물체의 낙하 등) - 단열공간의 돌발적인 과압 - 탱크내의 돌발적인 진공 - 내부선체구조를 통한 물의 침투 <p><u>단일 내부 사건이 두 멤브레인의 동시 또는 종속적 파괴를 일으킬 수 있는 설계는 허용하지 않는다.</u></p> <p>(나) <현행과 동일> (3) ~ (4) <현행과 동일> (5) 최종설계조건(ultimate design condition) (가) ~ (다) <현행과 동일> (6) ~ (7) <현행과 동일></p> <p>416. 새로운 개념을 위한 한계상태설계</p> <p>1. 415.를 이용하여 설계할 수 없는 새로운 형태의 <u>연료격납설비</u>는 이 조 및 401.에서 414.까지 해당되는 규정을 이용하여 설계하여야 한다. <중략> 2. <현행과 동일></p> <p style="text-align: center;">제 5 절 이동식 액화가스연료탱크</p> <p>501. 이동식 액화가스 연료탱크</p> <p>1. ~ 2. <현행과 동일> 5. 선박 연료관장치와의 연결은 승인된 신축성 호스 <중략> 6. ~ 9. <현행과 동일> 10. 선박의 연료 배관계통에 연결한 후에는 다음을 따른다. (1) 7항의 압력도출장치를 제외하고, 각 이동식 탱크는 언제든지 분리가 가능해야 한다. (2) ~ (3) <현행과 동일></p>

현행	개정안
<p style="text-align: center;">제 6 절 <생략></p> <p style="text-align: center;">제 7 절 압력도출장치</p> <p>701. 일반사항</p> <ol style="list-style-type: none"> 모든 연료저장탱크에는 <u>연료격납설비의 설계와 연료수송에 적합한 압력도출장치를 설치해야 한다.</u> 설계용량 이상의 압력에 노출될 가능성이 있는 연료저장창 구역, 방벽간 구역, 탱크연결부 구역, 탱크 코퍼댐에는 적절한 압력도출장치를 설치해야 한다. <u>901.에 명시된 압력제어시스템은 본 압력도출장치와 독립적인 것으로 해야 한다.</u> 설계압력을 넘는 외부압력에 노출될 수 있는 연료저장탱크에는 <u>진공보호장치를 설치해야 한다.</u> <p>702. 액화가스 연료탱크의 압력도출장치</p> <ol style="list-style-type: none"> 진공 단열탱크의 진공공간으로 연료가 유입되는 것을 배제할 수 없고, 탱크가 갑판 아래에 있는 경우, 진공구역은 <u>통풍장치에 연결된 압력도출장치로 보호해야 한다.</u> <중략> <생략> 방벽간 구역에는 선급 및 강선규칙 7편 5장 802.의 1항을 참고하여 압력도출장치를 설치해야 한다. <중략> ~ 5. <생략> <중략> (1) 그 절차가 <u>작동매뉴얼에</u> 명시되어야 한다. (2) ~ (3) <생략> <생략> <중략> (1) 거주구역, 업무구역 및 제어구역, 기타 <u>안전구역으로</u> 통하는 공기 유입구, 배출구 또는 개구 (2) <u>기계설비의 배기가스 배출구</u> 카타-모든 다른 연료가스 벤트 출구는 7항 및 8항에 따라 설치되어야 한다. 연결된 구역의 정수압(hydrostatic pressure)으로 인해 가스 벤트 출구로 유체가 넘치는 것을 막을 수 있는 수단이 마련되어야 한다. 	<p style="text-align: center;">제 6 절 <현행과 동일></p> <p style="text-align: center;">제 7 절 압력도출장치</p> <p>701. 일반사항</p> <ol style="list-style-type: none"> 모든 연료저장탱크에는 <u>연료격납설비의 설계 및 운반되고 있는 연료에 적합한 압력도출장치를 설치해야 한다.</u> 설계용량 이상의 압력에 노출될 가능성이 있는 연료저장창 구역, 방벽간 구역, 탱크연결부 구역, 탱크 코퍼댐에는 적절한 압력도출장치를 설치해야 한다. <u>901.에 명시된 압력제어장치는 압력도출장치와 독립적인 것으로 해야 한다.</u> 설계압력을 넘는 외부압력에 노출될 수 있는 연료저장탱크에는 <u>부압방지장치를 설치해야 한다.</u> <p>702. 압력도출장치</p> <ol style="list-style-type: none"> 진공단열탱크의 진공공간으로 연료가 유입되는 것을 배제할 수 없고, 탱크가 갑판 아래에 있는 경우, 진공구역은 <u>벤트장치에 연결된 압력도출장치로 보호해야 한다.</u> <중략> <현행과 동일> 방벽간 구역에는 압력도출장치를 설치해야 한다. <중략> ~ 5. <현행과 동일> <중략> (1) 그 절차가 <u>작업지침서에</u> 명시되어야 한다. (2) ~ (3) <현행과 동일> <현행과 동일> <중략> (1) 거주구역, 업무구역 및 제어구역, 기타 <u>비위험구역으로</u> 통하는 공기 유입구, 배출구 또는 개구 (2) <u>기관장치의 배기가스 배출구</u> 모든 다른 연료가스 벤트 출구는 7항 및 8항에 따라 설치되어야 한다. <u>벤트로</u> 연결된 구역의 정수압(hydrostatic pressure)으로 인해 가스 벤트 출구로 유체가 넘치는 것을 막을 수 있는 수단이 마련되어야 한다.

현행	개정안
<p>10. ~ 11. <생략></p> <p>12. 모든 벤트관장치는 노출될 수 있는 벤트관장치와 온도 변화, 유체 흐름 또는 선박의 운동에 의한 힘에 의해 손상이 일어나지 않도록 설계하고 배치하여야 한다.</p> <p>13. <생략></p> <p>703. 압력도출장치의 용량</p> <p>1. 압력도출밸브의 용량</p> <p>(1) <중략></p> <p>(가) 액화가스 연료탱크 불활성 <u>가스의</u> 최대사용압력이 연료탱크 도출밸브의 최대허용설정압력을 넘는 경우, 연료탱크 불활성가스장치의 최대 용량</p> <p>(나) <생략></p> <p>(나) <생략></p> <p>(다) 도출조건에서 공기의 요구 <u>유량(mass flow)</u>은 다음과 같다.</p> <p><중략></p> <p>2. 벤트관장치의 크기</p> <p>(1) <생략></p> <p>(2) 상류의 압력손실</p> <p>(가) 탱크에서 압력도출밸브 입구까지 벤트관에서의 압력저하는 모든 증기흐름에서 1항-(3)호에 따라 계산된 유량에서 밸브설정압력의 3%를 이하하여야 한다.</p> <p>(나) ~ (다) <생략></p> <p>(3) 하류의 압력손실</p> <p>(가) <생략></p> <p>(나) <중략></p> <p>(a) ~ (c) <생략></p> <p><새롭게 추가></p> <p>(4) 안정적인 압력도출밸브 작동을 위해서, <u>배출(blow-down)</u>은 정격용량에서 흡입측 압력손실과 최대허용설정압력의 0.02배를 합한 것 이상으로 하여야 한다.</p>	<p>10. ~ 11. <현행과 동일></p> <p>12. 모든 벤트관장치는 노출될 수 있는 온도 변화, 유체 흐름 또는 선박의 운동에 의한 힘에 의해 손상이 일어나지 않도록 설계하고 배치하여야 한다.</p> <p>13. <현행과 동일></p> <p>703. 압력도출장치의 용량</p> <p>1. 압력도출밸브의 용량</p> <p>(1) <중략></p> <p>(가) 액화가스연료탱크 불활성<u>가스장치의</u> 최대사용압력이 연료탱크 도출밸브의 최대허용설정압력을 넘는 경우, 연료탱크 불활성가스장치의 최대 용량</p> <p>(나) <현행과 동일></p> <p>(2) <현행과 동일></p> <p>(3) 도출조건에서 공기의 요구 <u>질량유량(mass flow)</u>은 다음과 같다.</p> <p><중략></p> <p>2. 벤트관장치의 크기</p> <p>(1) <현행과 동일></p> <p>(2) 상류의 압력손실</p> <p>(가) 탱크에서 압력도출밸브 입구까지 벤트관에서의 압력저하는 모든 증기흐름에서 1항에 따라 계산된 유량에서 밸브설정압력의 3%를 이하하여야 한다.</p> <p>(나) ~ (다) <현행과 동일></p> <p>(3) 하류의 압력손실</p> <p>(가) <현행과 동일></p> <p>(나) <중략></p> <p>(a) ~ (c) <현행과 동일></p> <p><u>압력도출밸브의 제조사에 의해 제공된 대체값은 인정할 수 있다.</u></p> <p>(4) 안정적인 압력도출밸브 작동을 위해서, <u>블로우다운(blow-down)</u>은 정격용량에서 흡입측 압력손실과 최대허용설정압력의 0.02배를 합한 것 이상으로 하여야 한다.</p>

현행	개정안
<p style="text-align: center;">제 8 절 <생략></p> <p style="text-align: center;">제 9 절 연료 저장 조건</p> <p>901. 탱크압력 및 온도의 제어</p> <p>1. <u>주위설계의 상한온도에서</u> 연료의 최대 게이지 증기압을 견디도록 설계된 액화가스 연료탱크를 제외하고, <중략></p> <p>2. <생략></p> <p>902. 설계</p> <p>1. 항해구역에 제한을 받지 않는 경우, <u>주위설계 상한 온도</u>는 대기 45℃ 및 해수 32℃ 로 한다. 특히, 고온 또는 저온 지역을 항해하는 경우, <u>이러한 설계 온도를 적절히 증감하여야 한다.</u></p> <p>2. <생략></p> <p>903. 재액화 설비</p> <p>1. <생략></p> <p>2. 재액화 설비는 다음 중 한 가지 방법으로 하여야 한다.</p> <p>(1) 증발연료를 압축, <u>응결시켜</u> 연료탱크로 회수하는 직접 시스템</p> <p>(2) 연료 또는 증발연료가 압축 없이 냉매에 의해 냉각 또는 <u>응결되는</u> 간접 시스템</p> <p>(3) 증발연료가 연료/냉매 열 교환기에서 압축 및 <u>응결되어</u> 연료탱크로 회수되는 복합 시스템</p> <p>(4) <생략></p> <p>904. 연소 장치</p> <p><u>연소는 이 규칙에 기술된 가스소모장치 관련 규정에 따라 증기(vapour)를 소비하거나 전용의 가스연소장치(GCU)에서 할 수 있다. 산화 장비의 용량이 요구되는 증기량을 충분히 소비할 수 있음을 입증하여야 한다. 이러한 관점에서, 저속 조타 기간 및/또는 선박의 추진이나 기타 작업에서 소모가 없는 기간을 고려하여야만 한다.</u></p>	<p style="text-align: center;">제 8 절 <현행과 동일></p> <p style="text-align: center;">제 9 절 연료 저장 조건</p> <p>901. 탱크압력 및 온도의 제어</p> <p>1. <u>주위설계온도의 상한조건에서</u> 연료의 최대 게이지 증기압을 견디도록 설계된 액화가스 연료탱크를 제외하고, <중략></p> <p>2. <현행과 동일></p> <p>902. 설계</p> <p>1. 항해구역에 제한을 받지 않는 경우, <u>주위설계온도의 상한</u>은 대기 45℃ 및 해수 32℃ 로 한다. 특히, 고온 또는 저온 지역을 항해하는 경우, <u>이 온도는 우리선급이 적절하다고 인정하는 바에 따라 증감하여야 한다.</u></p> <p>2. <현행과 동일></p> <p>903. 재액화 설비</p> <p>1. <현행과 동일></p> <p>2. 재액화 설비는 다음 중 한 가지 방법으로 하여야 한다.</p> <p>(1) 증발연료를 압축, <u>응축시켜</u> 연료탱크로 회수하는 직접 시스템</p> <p>(2) 연료 또는 증발연료가 압축 없이 냉매에 의해 냉각 또는 <u>응축되는</u> 간접 시스템</p> <p>(3) 증발연료가 연료/냉매 열 교환기에서 압축 및 <u>응축되어</u> 연료탱크로 회수되는 복합 시스템</p> <p>(4) <현행과 동일></p> <p>904. 연소 장치</p> <p><u>발생되는 증기(vapour)는 관련 규정에 따른 가스소모장치에서 소모하거나 전용 가스연소장치(GCU)를 이용하여 연소할 수 있다. 연소장치의 용량이 요구되는 증기량을 충분히 소비할 수 있음을 입증하여야 한다. 이러한 관점에서, 저속 조타 기간 및/또는 선박의 추진이나 기타 작업에서 소모가 없는 기간을 고려하여야만 한다.</u></p>

현행	개정안
<p>905. ~ 906. <생략></p> <p style="text-align: center;">제 10 절 연료격납설비 내의 대기 제어</p> <p>1001. 연료격납설비 내의 대기 제어</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 각 연료탱크에서 안전하게 가스프리하고, 가스프리 상태에서 연료를 안전하게 충전할 수 있도록 관장치가 배치되어야 한다. 또한 주변대기의 변화 후에도 가스 또는 에어 포켓의 잔류의 가능성을 최소화 하도록 배치되어야 한다. 2. 중간 단계에 불활성 매체를 사용함으로써, 대기 변환 작업 중 어떤 단계에서라도 연료탱크에 가연성 혼합물이 잔존할 가능성이 없도록 설계되어야 한다. 3. 각 연료탱크마다 가스 채취 지점을 두어 대기의 변화 추이를 감시하도록 해야 한다. 4. <생략> <p style="text-align: center;">제 11 절 연료저장창 구역의 대기 제어(독립형탱크 형식 C 제외)</p> <p>1101. 연료저장창 구역의 대기 제어(독립형탱크 형식 C 제외)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ~2. <생략> <p style="text-align: center;">제 12 절 ~ 제 14 절 <생략></p>	<p>905. ~ 906. <현행과 동일></p> <p style="text-align: center;">제 10 절 연료격납설비 내의 환경제어</p> <p>1001. 연료격납설비 내의 환경제어</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 각 연료탱크에서 안전하게 가스프리하고, 가스프리 상태에서 연료를 안전하게 충전할 수 있도록 관장치가 배치되어야 한다. 환경을 변화시킨 후에도 가스 또는 에어 포켓의 잔류의 가능성을 최소화 하도록 배치되어야 한다. 2. 중간 단계로서 불활성 매체를 사용한 환경변화 작업의 어떤 단계에서라도 연료탱크에 가연성 혼합물이 잔존할 가능성이 없도록 설계되어야 한다. 3. 각 연료탱크마다 가스 채취 지점을 두어 환경변화의 진행상황을 감시하도록 해야 한다. 4. <현행과 동일> <p style="text-align: center;">제 11 절 연료저장창 구역 내의 환경제어(독립형탱크 형식 C 제외)</p> <p>1101. 연료저장창 구역 내의 환경제어(독립형탱크 형식 C 제외)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ~2. <현행과 동일> <p style="text-align: center;">제 12 절 ~ 제 14 절 <현행과 동일></p>