

명세서

발명의 명칭: 액화가스 저장탱크 및 이를 포함하는 선박

기술분야

- [1] 본 발명은 액화가스 저장탱크 및 이를 포함하는 선박에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 최근 기술 개발에 따라 가솔린이나 디젤을 대체하여 액화천연가스(Liquefied Natural Gas; LNG), 액화석유가스(Liquefied Petroleum Gas; LPG) 등과 같은 액화가스를 널리 사용하고 있다.
- [3] 또한, LNG와 같은 액화가스를 해상에서 수송하거나 보관하는 LNG 운반선, LNG RV(Regasification Vessel), LNG FPSO(Floating, Production, Storage and Offloading), LNG FSRU(Floating Storage and Regasification Unit) 등의 선박 내에는 LNG를 극저온 액체 상태로 저장하기 위한 저장탱크(소위 "화물창"으로 지칭됨)가 설치되어 있다.
- [4] 또한, 액화가스 저장탱크는, 외부로부터의 열 침입에 의해 증발가스(Boil Off Gas; BOG)가 발생될 수 있으며, 단열 설계를 통해 증발 가스의 기화 비율인 자연 기화율(Boil Off Rate; BOR)을 낮추는 것이 액화가스 저장탱크 설계의 핵심 기술이다. 또한, 액화가스 저장탱크는 슬로싱(Sloshing) 등 다양한 하중에 노출되기 때문에 단열패널의 기계적 강도를 확보하는 것도 필수적일 수 있다.
- [5] 이러한 점을 고려할 때, 1차 단열벽 및 2차 단열벽의 두께 범위가 액화가스 저장탱크의 기계적 강도와 연관될 수 있다. 이에 따라 2차방벽의 저온 부담을 없애면서 2차단열벽의 기계적 강도 또한 유지할 수 있도록 하는 연구가 활발히 이루어지고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 본 발명은 상기와 같은 종래기술의 문제점을 해결하고자 창출된 것으로서, 본 발명의 목적은, 단열벽의 전체 두께에서 1차단열벽의 두께를 2차단열벽과 동일 또는 유사하게 하여, 2차단열벽의 기계적 강도를 일정 수준으로 유지하면서 2차방벽의 저온 부담 및 슬로싱 부담을 줄일 수 있도록 하는 액화가스 저장탱크 및 이를 포함하는 선박을 제공하는 것이다.
- [7] 또한, 본 발명의 목적은, 단열벽의 전체 두께에서 1차단열벽의 두께를 2차단열벽과 동일 또는 유사하게 하여, 선체의 취성파괴가 발생하지 않는 범위에서 2차방벽의 저온 부담 및 슬로싱 부담을 줄일 수 있도록 하는 액화가스 저장탱크 및 이를 포함하는 선박을 제공하는 것이다.
- [8] 또한, 본 발명의 목적은 2차방벽의 구성을 개선하여 단열 성능을 증가시킬 수 있도록 하는 액화가스 저장탱크 및 이를 포함하는 선박을 제공하는 것이다.
- [9] 또한, 본 발명의 목적은 2차단열벽을 선체에 고정시키는 고정부재의 구성을

개선하여 단열 성능의 증가는 물론 공수를 절감할 수 있도록 하는 액화가스 저장탱크 및 이를 포함하는 선박을 제공하는 것이다.

- [10] 또한 본 발명의 목적은, 2차방벽 상에 형성되는 1차단열벽의 수축 및 팽창에 대비하기 위해 마련되는 슬릿을 최적화 하고, 슬릿을 통해 발생하는 대류 현상 및 2차방벽으로의 열 침투를 최소화 할 수 있도록 하여 1차단열벽의 안정성을 향상시킴과 동시에 2차방벽의 저온 부담을 줄일 수 있도록 하는 액화가스 저장탱크 및 이를 포함하는 선박을 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [11] 본 발명의 일 측면에 따른 액화가스 저장탱크는, 1차방벽, 1차단열벽, 2차방벽, 2차단열벽으로 이루어지는 극저온 물질을 저장하는 액화가스 저장탱크로서, 상기 1차단열벽은, 상기 2차단열벽, 상기 2차방벽, 상기 1차단열벽의 일부인 고정단열벽이 적층되어 이루는 단위 요소가 이웃하여 배치된 상태에서, 이웃하는 상기 고정단열벽 사이의 공간 부분에 마련되는 연결단열벽을 포함하고, 이웃하는 상기 고정단열벽 사이에 상기 연결단열벽을 삽입 설치했을 때, 상기 고정단열벽과 상기 연결단열벽 사이에 형성되는 제1슬릿; 상기 고정단열벽의 길이 방향 및 폭 방향으로 다수 형성되는 제2슬릿; 및 상기 제1슬릿을 충전하는 제1충전단열재를 포함할 수 있다.
- [12] 구체적으로, 상기 제1충전단열재는, 상기 제1슬릿을 전부 충전하도록 형성되거나, 상기 제1슬릿의 하부에 공간이 생기도록 상기 제1슬릿의 입구로부터 일정 깊이까지 충전하도록 형성되거나, 상기 제1슬릿의 내부에 다수의 공간이 생기도록 상기 제1슬릿의 내부에 다층으로 충전하도록 형성될 수 있다.
- [13] 구체적으로, 상기 제1충전단열재는, 상기 제1슬릿의 내부에 다수의 공간이 생기도록 상기 제1슬릿의 내부에 다층으로 충전하도록 형성되는 경우에, 상기 제1슬릿의 상부에 형성되는 제1상부충전단열재; 상기 제1상부충전단열재로부터 일정 간격 이격되어 상기 제1슬릿의 중간에 형성되는 제1중간충전단열재; 및 상기 제1중간충전단열재와 일정 간격 이격되어 상기 제1슬릿의 하부에 형성되는 제1하부충전단열재로 이루어지고, 상기 제1상부충전단열재, 상기 제1중간충전단열재, 상기 제1하부충전단열재 각각은, 동일한 단열재 또는 서로 다른 단열재로 형성되고, 상기 단열재로는 글라스 울, 슈퍼 라이트(super lite), 연질 폼(foam) 재질, 에어로젤 블랭킷(aerogel blanket)일 수 있다.
- [14] 구체적으로, 상기 제1충전단열재는, 이웃하는 상기 고정단열벽 사이에 상기 연결단열벽을 삽입 설치한 후, 지그를 이용한 삽입 방식으로 상기 제1슬릿을 충전하거나, 접착부재를 이용하여 상기 고정단열벽의 측면과 대향되는 상기 연결단열벽의 양 측면에 부착된 상태에서, 이웃하는 상기 고정단열벽 사이에 상기 연결단열벽을 삽입 설치함에 의해 상기 제1슬릿을 충전할 수 있다.

- [15] 구체적으로, 상기 제2슬릿은, 상기 고정단열벽의 두께와 유사한 깊이로 형성되는 경우에, 내부에 제2충전단열재가 충전되고, 상기 제2충전단열재는, 상기 제2슬릿의 하부에 공간이 생기도록 상기 제2슬릿의 입구로부터 일정 깊이까지 충전하도록 형성되거나, 상기 제2슬릿의 내부에 다수의 공간이 생기도록 상기 제2슬릿의 내부에 다층으로 충전하도록 형성될 수 있다.
- [16] 구체적으로, 상기 제2충전단열재는, 상기 제2슬릿의 내부에 다수의 공간이 생기도록 상기 제2슬릿의 내부에 다층으로 충전하도록 형성되는 경우에, 상기 제2슬릿의 상부에 형성되는 제2상부충전단열재; 상기 제2상부충전단열재로부터 일정 간격 이격되어 상기 제2슬릿의 중간에 형성되는 제2중간충전단열재; 및 상기 제2중간충전단열재와 일정 간격 이격되어 상기 제2슬릿의 하부에 형성되는 제2하부충전단열재로 이루어지고, 상기 제2상부충전단열재, 상기 제2중간충전단열재, 상기 제2하부충전단열재 각각은, 동일한 단열재 또는 서로 다른 단열재로 형성되고, 상기 단열재로는 글라스 울, 슈퍼 라이트(super lite), 연질 폼(foam) 재질, 에어로젤 블랭킷(aerogel blanket)일 수 있다.
- [17] 구체적으로, 상기 연결단열벽의 길이 방향으로 적어도 하나 이상 형성되고, 상기 고정단열벽 사이에 상기 연결단열벽을 삽입 설치했을 때, 길이 방향으로 형성되는 상기 제2슬릿과 동일 선상에 위치되는 제3슬릿을 포함하고, 상기 제2슬릿 및 상기 제3슬릿은, 상기 고정단열벽 및 상기 연결단열벽의 두께 대비 절반 정도의 두께에 대응되는 깊이로 형성되고, 내부에 충전단열재가 충전되지 않고, 상기 제1충전단열재는, 상기 제2슬릿 및 상기 제3슬릿 각각의 깊이보다 적어도 더 길게 형성되고, 상기 제1슬릿, 상기 제2슬릿 및 상기 제3슬릿을 통한 열대류 경로가 불연속적으로 이루어질 수 있다.
- [18] 구체적으로, 상기 1차단열벽과 상기 2차단열벽은, 동일 또는 유사한 두께를 가질 수 있다.
- [19] 본 발명의 다른 측면에 따른 액화가스 저장탱크는, 1차방벽, 1차단열벽, 2차방벽, 2차단열벽으로 이루어지는 극저온 물질을 저장하는 액화가스 저장탱크로서, 상기 1차단열벽은, 상기 2차단열벽, 상기 2차방벽, 상기 1차단열벽의 일부인 고정단열벽이 적층되어 이루는 단위 요소가 이웃하여 배치된 상태에서, 이웃하는 상기 고정단열벽 사이의 공간 부분에 마련되는 연결단열벽을 포함하고, 상기 연결단열벽의 전후좌우 측면에 형성되는 제1단차부; 상기 고정단열벽의 전후좌우 측면에 형성되는 제2단차부; 이웃하는 상기 고정단열벽 사이에 상기 연결단열벽을 삽입 설치했을 때, 상기 연결단열벽과 상기 고정단열벽 사이에서 상기 제1단차부와 상기 제2단차부에 의해 형성되는 제1슬릿; 및 상기 제1슬릿을 충전하는 제1충전단열재를 포함할 수 있다.
- [20] 구체적으로, 상기 제1단차부는, 상기 연결단열벽 상부의 전후좌우 폭을 상기 연결단열벽 하부의 전후좌우 폭보다 좁게 형성하여 이루어지고, 상기

제2단차부는, 상기 고정단열벽 상부의 전후좌우 폭을 상기 고정단열벽 하부의 전후좌우 폭보다 좁게 형성하여 이루어지고, 상기 제1충전단열재는, 상기 연결단열벽의 하부와 상기 고정단열벽의 하부가 인접되도록 설치함에 의해 상기 연결단열벽의 상부와 상기 고정단열벽의 상부 사이에 마련되는 공간인 상기 제1슬릿에 충전될 수 있다.

- [21] 구체적으로, 상기 고정단열벽의 길이 방향 및 폭 방향으로 다수 형성되는 제2슬릿; 및 상기 연결단열벽의 길이 방향으로 적어도 하나 이상 형성되고, 상기 고정단열벽 사이에 상기 연결단열벽을 삽입 설치했을 때, 길이 방향으로 형성되는 상기 제2슬릿과 동일 선상에 위치되는 제3슬릿을 포함하고, 상기 제2슬릿 및 상기 제3슬릿은, 상기 고정단열벽 및 상기 연결단열벽의 두께 대비 절반 정도의 두께에 대응되는 깊이로 형성되고, 내부에 충전단열재가 충전되지 않고, 상기 제1충전단열재가 충전되는 상기 제1슬릿은, 상기 제2슬릿 및 상기 제3슬릿 각각의 깊이보다 적어도 더 길게 형성되고, 상기 제1슬릿, 상기 제2슬릿 및 상기 제3슬릿을 통한 열대류 경로가 불연속적으로 이루어질 수 있다.

- [22] 구체적으로, 상기 1차단열벽과 상기 2차단열벽은, 동일 또는 유사한 두께를 가질 수 있다.

발명의 효과

- [23] 본 발명에 따른 액화가스 저장탱크 및 이를 구비한 선박은, 연결단열벽을 포괄하는 1차단열벽과 2차단열벽의 전체 두께에서 1차단열벽의 두께를 2차단열벽과 동일 또는 유사하게 구성함으로써, 2차단열벽의 기계적 강도를 일정 수준으로 유지할 수 있음은 물론, 2차방벽의 저온 부담 및 슬로싱 부담을 줄일 수 있어, 2차방벽의 손상을 방지할 수 있다.
- [24] 또한, 본 발명에 따른 액화가스 저장탱크 및 이를 구비한 선박은, 연결단열벽을 포괄하는 1차단열벽과 2차단열벽의 전체 두께에서 1차단열벽의 두께를 2차단열벽과 동일 또는 유사하게 구성함으로써, 선체의 취성파괴를 방지하고, 2차방벽의 저온 부담 및 슬로싱 부담을 줄일 수 있다.
- [25] 또한, 본 발명에 따른 액화가스 저장탱크 및 이를 구비한 선박은, 단위 요소를 이루는 이웃하는 1차단열벽 사이의 공간에 마련되는 연결단열벽의 하면에 보조단열판을 마련함으로써, 단위 요소를 이루는 이웃하는 2차단열벽의 연결 부분에서의 단열 성능을 더욱 증대시킬 수 있다.
- [26] 또한, 본 발명에 따른 액화가스 저장탱크 및 이를 구비한 선박은, 2차방벽의 구성을 개선하여 단열 성능을 증가시킬 수 있다.
- [27] 또한, 본 발명에 따른 액화가스 저장탱크 및 이를 구비한 선박은, 2차단열벽과 선체 사이에 2차단열벽의 레벨링부재로 비접착탄성단열재를 적용함으로써, 기존의 마스틱과 레벨링웨지를 사용하지 않더라도 선체의 변형 부위의 수평을 맞출 수 있고, 탱크의 단열 성능을 증대시킬 수 있다.
- [28] 또한, 본 발명에 따른 액화가스 저장탱크 및 이를 구비한 선박은, 2차단열벽의

단위패널 측면 하부에 외부로 돌출되어 마련되는 돌출부와, 선체에 고정되는 스테드볼트에 의한 클리트(cleat) 구조 방식으로 인접한 2차단열벽의 단위패널을 고정시킴으로써, 2차단열벽에 구멍을 뚫어 스테드볼트로 단위패널을 고정시키는 방식 대비 공수를 절감할 수 있다.

- [29] 또한, 본 발명에 따른 액화가스 저장탱크 및 이를 구비한 선박은, 2차방벽 상에 형성되는 1차단열벽의 수축 및 팽창에 대비하기 위해 마련되는 슬릿을 최적화하고, 슬릿을 통해 발생하는 대류 현상 및 2차방벽으로의 열 침투를 최소화 할 수 있도록, 슬릿 구조를 개선하고 슬릿을 충전하는 충전단열재를 다양하게 구성함으로써, 슬릿 형성에 따른 1차단열벽의 안정성을 향상시킬 수 있음과 동시에 2차방벽의 저온 부담을 줄일 수 있어, 1차단열벽 및 2차방벽의 손상을 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [30] 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 단면도이다.
- [31] 도 2는 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 사시도이다.
- [32] 도 3은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차방벽을 설명하기 위한 도면이다.
- [33] 도 4의 (a) 및 (b)는 1차단열벽 및 2차단열벽의 두께 변화에 따른 2차방벽의 인장력을 보여주는 도면이다.
- [34] 도 5 내지 도 8은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차단열벽 및 2차단열벽의 두께를 도출하기 위해 제1케이스의 1차단열벽과 2차단열벽의 두께를 달리하면서 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면들이다.
- [35] 도 9 내지 도 12는 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차단열벽 및 2차단열벽의 두께를 도출하기 위해 실시한 제2케이스의 1차단열벽과 2차단열벽의 두께를 달리하면서 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면들이다.
- [36] 도 13 내지 도 16은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차단열벽 및 2차단열벽의 두께를 도출하기 위해 실시한 제3케이스의 1차단열벽과 2차단열벽의 두께를 달리하면서 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면들이다.
- [37] 도 17 내지 도 20는 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차단열벽 및 2차단열벽의 두께를 도출하기 위해 실시한 제4케이스의 1차단열벽과 2차단열벽의 두께를 달리하면서 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면들이다.
- [38] 도 21은 1차단열벽 및 2차단열벽의 두께 변화에 따른 2차방벽의 저온 스트레스와 선체의 취성과괴 확률을 나타내는 그래프이다.
- [39] 도 22, 도 23 및 도 24는 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의

2차방벽에 대한 다양한 구성을 설명하기 위한 도면들이다.

- [40] 도 25는 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 직각코너구조를 설명하기 위한 일부 단면도이다.
- [41] 도 26은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 둔각코너구조를 설명하기 위한 일부 단면도이다.
- [42] 도 27은 본 발명의 액화가스 저장탱크의 1차단열재 및 2차단열재의 사용 재질에 따른 열전도도를 나타내는 그래프이다.
- [43] 도 28은 본 발명의 제2실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 단면도이다.
- [44] 도 29는 본 발명의 제2실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 사시도이다.
- [45] 도 30은 본 발명의 제3실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 단면도이다.
- [46] 도 31은 본 발명의 제3실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 주요 부분에 대한 확대도이다.
- [47] 도 32는 본 발명의 제4실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 단면도이다.
- [48] 도 33은 1차단열벽을 이루는 연결단열벽과 고정단열벽 사이에 간극을 이루는 제1슬릿과 고정단열벽에 마련되는 다수의 제2슬릿을 충전하는 충전단열재를 설명하기 위한 도면이다.
- [49] 도 34는 1차단열벽을 이루는 연결단열벽과 고정단열벽 사이에 간극을 이루는 제1슬릿과 고정단열벽에 마련되는 다수의 제2슬릿을 충전하는 다른 실시예에 따른 충전단열재를 설명하기 위한 도면이다.
- [50] 도 35는 1차단열벽을 이루는 연결단열벽과 고정단열벽 사이에 간극을 이루는 제1슬릿과 고정단열벽에 마련되는 다수의 제2슬릿을 충전하는 또 다른 실시예에 따른 충전단열재를 설명하기 위한 도면이다.
- [51] 도 36은 본 발명의 제5실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 단면도이다.
- [52] 도 37은 도 36의 A-A' 선을 따라 절단한 연결단열벽의 단면도이다.
- [53] 도 38는 도 36의 B-B' 선을 따라 절단한 2차단열벽, 2차방벽, 1차단열벽을 이루는 고정단열벽이 적층되어 이루는 단위 요소의 단면도이다.
- [54] 도 39 및 도 40은 1차단열벽을 이루는 연결단열벽과 고정단열벽 사이에 간극을 이루는 제1슬릿을 충전하는 충전단열재를 설명하기 위한 도면이다.
- [55] 도 41 및 도 42는 본 발명의 제5실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 구조해석 결과를 나타낸 도면이다.
- [56] 도 43 내지 도 46은 본 발명의 제5실시예에 따른 액화가스 저장탱크와 비교예에 따른 액화가스 저장탱크에서 슬릿의 구조 및 슬릿을 충전하는 충전단열재의 적용 유무에 따라 달라지는 대류경로 및 2차방벽의 온도를 비교 설명하기 위한

도면이다.

- [57] 도 47은 본 발명의 제5실시예에 따른 액화가스 저장탱크와 비교예에 따른 액화가스 저장탱크에서 슬릿을 충전하는 충전단열재의 유무에 따라 슬릿 하부의 2차방벽의 온도를 비교한 그래프이다.
- [58] 도 48은 본 발명의 제6실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 단면도이다.
- [59] 도 49는 도 48의 A-A' 선을 따라 절단한 연결단열벽의 단면도이다.
- [60] 도 50은 도 48의 B-B' 선을 따라 절단한 2차단열벽, 2차방벽, 1차단열벽을 이루는 고정단열벽이 적층되어 이루는 단위 요소의 단면도이다.
- [61] 도 51은 1차단열벽을 이루는 연결단열벽과 고정단열벽 사이에 간극을 이루는 제1슬릿에 충전단열재가 충전된 상태를 도시한 확대도이다.
- [62] 도 52는 본 발명의 제7실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 사시도이다.
- [63] 도 53의 (a) 내지 (c)는 도 52의 2차단열벽, 2차방벽, 1차단열벽을 이루는 고정단열벽이 적층된 단위 요소의 평면, 측면 및 단면을 도시한 도면이다.
- [64] 도 54의 (a) 내지 (c)는 도 52의 1차단열벽을 이루는 연결단열벽의 평면, 측면 및 단면을 도시한 도면이다.
- [65] 도 55의 (a) 내지 (c)는 도 52의 1차단열벽을 이루는 다른 실시예에 따른 연결단열벽의 평면, 측면 및 단면을 도시한 도면이다.
- [66] 도 56은 도 52의 1차단열벽을 이루는 또 다른 실시예에 따른 연결단열벽의 배면 사시도이다.
- [67] 도 57은 1차단열벽을 이루는 고정단열벽과 연결단열벽이 교호적으로 연결되는 부분의 단면을 도시한 도면이다.
- [68] 도 58은 1차단열벽을 이루는 다수의 연결단열벽이 연속하여 연결되는 부분의 단면을 도시한 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [69] 본 발명의 목적, 특정한 장점 및 신규한 특징은 첨부된 도면들과 관련된 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예로부터 더욱 명백해질 것이다. 본 명세서에서 각 도면의 구성 요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면 상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명은 생략한다.
- [70] 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

- [71] 또한, 제 1, 제 2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [72] 이하 본 명세서에서, 액화가스는 LNG 또는 LPG, 에틸렌, 암모니아 등과 같이 일반적으로 액체 상태로 보관되는 모든 가스 연료를 포괄하는 의미로 사용될 수 있으며, 가열이나 가압에 의해 액체 상태가 아닌 경우 등도 편의상 액화가스로 표현할 수 있다. 이는 증발가스도 마찬가지로 적용될 수 있다. 또한, LNG는 편의상 액체 상태인 NG(Natural Gas) 뿐만 아니라 초임계 상태 등인 LNG를 모두 포괄하는 의미로 사용될 수 있으며, 증발 가스는 기체 상태의 증발 가스뿐만 아니라 액화된 증발가스를 포함하는 의미로 사용될 수 있다.
- [73] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [74] 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 단면도이고, 도 2는 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 사시도이다. 도 3은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차방벽을 설명하기 위한 도면이다.
- [75] 도 1 내지 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)는, 선박에 구비되어 극저온(약-160°C 내지 -170°C) 물질인 LNG와 같은 액화가스를 저장할 수 있다.
- [76] 이하에서 설명하는 액화가스 저장탱크(1)가 구비되는 선박은, 도시하지 않았지만, 화물을 출발지에서 목적지까지 수송하는 상선 외에도 해상의 일정 지점에 부유하여 특정한 작업을 수행하는 해양구조물을 포괄하는 개념임을 알려 둔다. 또한, 본 발명에서 액화가스 저장탱크(1)는, 액화가스를 저장하는 어떠한 형태의 탱크도 포함됨을 밝혀둔다.
- [77] 액화가스 저장탱크(1)는, 액화가스와 접촉하는 1차방벽(2), 1차방벽(2)의 외측에 설치되는 1차단열벽(3), 1차단열벽(3)의 외측에 설치되는 2차방벽(4), 2차방벽(4)의 외측에 배치되는 2차단열벽(5)을 포함하여 구성될 수 있다. 액화가스 저장탱크(1)는 2차단열벽(5)과 선체(7) 사이에 설치되는 마스틱(6)에 의해 선체(7)에 지지 될 수 있다.
- [78] 액화가스 저장탱크(1)는 단열성능 및 저장용량을 최적화하기 위해 1차단열벽(3)과 2차단열벽(5)의 두께를 최적화하는 것이 필요할 수 있다. 예를 들어, 1차단열벽(3)과 2차단열벽(5)의 주요 재질로 폴리우레탄 폼을 사용할 경우 1차단열벽(3)의 두께와 2차단열벽(5)의 두께를 합친 전체 두께는 250mm 내지 500mm 범위가 되도록 할 수 있다. 이와 관련하여, 도 4 내지 도 20에서 설명하도록 한다.
- [79] 상기에서, 액화가스 저장탱크(1)는, 평면 및 코너구조를 포함할 수 있다. 예를 들어, 액화가스 저장탱크(1)의 전후 방향의 횡벽, 횡벽 사이의 바닥, 세로벽 및

천장은 평면구조에 해당할 수 있다. 또한, 예를 들어, 액화가스 저장탱크(1)의 횡벽, 바닥, 세로벽, 천장이 만나는 구조는 코너구조에 해당할 수 있다. 여기에서, 코너구조는 둔각코너구조 또는 직각코너구조를 포함할 수 있다. 1차단열벽(3) 또는 2차단열벽(5)의 두께가 변화되는 경우, 둔각코너구조 또는 직각코너구조의 변화가 수반될 수 있으며, 도 25 내지 도 26에서 설명하도록 한다.

- [80] 도 1 및 도 2를 참조하면, 1차방벽(2)은, 극저온 물질인 액화가스를 수용하는 수용공간을 형성하며, 금속 재질로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 금속 재질은 스테인리스 강재가 될 수 있으며, 이에 한정되지 아니한다. 1차방벽(2)은, 2차방벽(4)과 함께 액화가스가 외부로 누설되는 것을 방지할 수 있다.
- [81] 1차방벽(2)은, 앵커 스트립(도시하지 않음)에 의해 1차단열벽(3)의 상부에 고정 결합되어, 액화가스 저장탱크(1)에 저장되는 극저온 물질인 액화가스와 직접 접촉되도록 설치될 수 있다.
- [82] 도 3을 참조하면, 1차방벽(2)은, 1차단열벽(3)의 상면에 접촉되는 평면부(21), 온도에 의한 수축 또는 팽창 응력(stress) 완화를 위한 곡면부(22), 평면부(21)와 곡면부(22) 사이의 경계부(23)로 구분될 수 있다. 예를 들어, 1.0 내지 1.5mm 두께의 스테인리스 강재, 바람직하게는 1.0 내지 1.2mm 두께의 스테인리스 강재로 된 코러게이션 멤브레인 시트(corrugation membrane sheet)로 형성될 수 있다. 즉, 1차방벽은 주름형상으로 형성될 수 있다.
- [83] 1차방벽(2)은, 주름형상이 제1곡률반경(R1)과 제2곡률반경(R2)을 갖도록 형성될 수 있다. 즉, 본 실시예의 1차방벽(2)은 평면부(21)와 곡면부(22) 사이의 경계부(23)에서 제1곡률반경(R1)을 이루고, 곡면부(22)가 제2곡률반경(R2)을 이루는 2가지 종류의 곡률반경(R1, R2)을 갖도록 형성될 수 있다. 예를 들어, 제1곡률반경(R1)은 제2곡률반경(R2)에 비해 작게 형성될 수 있다. 곡률반경(R1, R2)을 갖는 1차방벽(2)은, 상부가 완만한 곡선을 이루므로 용접 검사에 용이하고, 또한 옆에서 타격하는 유체가 바로 흘러가게 되므로 슬로싱에도 유연하게 대응할 수 있다.
- [84] 또한, 본 실시예의 1차방벽(2)은, 라지 코러게이션(Large corrugation)과 스몰 코러게이션(Small corrugation) 구분 없이 전 지역에서 수평 및 수직의 주름 크기가 동일하게 형성될 수 있다. 즉, 1차방벽(2) 전체에서 수평 및 수직의 주름 크기가 동일하므로, 1차방벽 제작이 용이할 수 있다.
- [85] 도 1을 참조하면, 1차단열벽(3)은, 외부로부터의 열 침입을 차단하면서 외부로부터의 충격 또는 내부에서의 액화가스 슬로싱으로 인한 충격을 견딜 수 있도록 설계되며, 1차방벽(2)과 2차방벽(4) 사이에 설치될 수 있다.
- [86] 1차단열벽(3)은, 1차방벽(2)의 외측으로 1차플라이우드(31)와 1차단열재(32)가 순차적으로 적층된 구조를 가질 수 있으며, 1차플라이우드(31)의 두께와 1차단열재(32)의 두께를 합친 두께에 해당할 수 있다. 1차단열벽(3)은 160mm 내지 250mm의 두께로 형성될 수 있다.
- [87] 1차플라이우드(31)는, 1차방벽(2)과 1차단열재(32) 사이에 설치될 수 있다.

- [88] 1차플라이우드(31)는, 6.5mm 내지 15mm의 두께로 형성될 수 있다.
- [89] 1차단열재(32)는, 외부로부터의 열 침입을 차단하면서 외부로부터의 충격 또는 내부에서의 액화가스 슬로싱으로 인한 충격을 견딜 수 있도록, 단열성능이 우수하면서 기계적 강도가 우수한 재질로 형성될 수 있다.
- [90] 1차단열재(32)는, 1차플라이우드(31)와 2차방벽(4) 사이에 폴리우레탄 폼으로 형성될 수 있으며, 150mm 내지 240mm의 두께 범위에 해당할 수 있다.
- [91] 도 1을 참조하면, 1차단열벽(3)의 일부, 2차방벽(4) 및 2차단열벽(5)이 적층되어 단위 요소를 이룰 수 있다. 여기에서, 단위 요소를 이루는 1차단열벽(3)의 일부는 고정단열벽(3b)으로 정의할 수 있으며, 고정단열벽(3b)의 폭은 단위 요소에 포함된 2차단열벽(5)의 폭보다 작은 폭을 가질 수 있다. 또한, 고정단열벽(3b), 2차방벽(4) 및 2차단열벽(5)은 기 고정된 상태로 배치될 수 있으나, 이에 한정되지 않고, 각각이 분리되어 액화가스 저장탱크(1) 내에 배치될 수도 있을 것이다. 이로 인해 1차단열벽(3)의 양측으로 2차방벽(4)의 일부가 노출될 수 있다. 단위 요소들은 이웃하여 배치될 수 있으며, 이때 이웃하는 1차단열벽(3) 사이의 공간 부분, 즉 2차방벽(4)이 노출되는 공간 부분에는 연결단열벽(3a)이 설치될 수 있다.
- [92] 2차방벽(4)은 메인방벽(41)과 보조방벽(42)으로 구분될 수 있으며, 메인방벽(41)은 단위 요소에서 2차단열벽(5)의 상부에 설치되고, 보조방벽(42)은 노출되는 메인방벽(41)과 연결단열벽(3a) 사이에 설치된다. 이때, 보조방벽(42)은 서로 인접한 단위 요소들에 마련된 메인방벽(41)을 상호 연결하도록 마련된다. 즉, 이웃하여 배치되는 단위 요소들은 메인방벽(41)에 적층되는 보조방벽(42) 및 연결단열벽(3a)에 의하여 마감될 수 있다.
- [93] 연결단열벽(3a)이 마련되는 부분의 적층 구조는 도 2에 의해 설명된다. 연결단열벽(3a)은 단위 요소를 이루는 1차단열벽(3)에서 설명한 것과 동일 또는 유사한 연결플라이우드(31a)와 연결단열재(32a)가 적층된 형태로 마련될 수 있으며, 본 명세서에서 1차단열벽(3)이 연결단열벽(3a) 및 고정단열벽(3b)을 포괄할 수 있음을 알려 둔다.
- [94] 도 2는 도 1의 A-A'면의 단면 구조를 나타내며, 연결단열벽(3a)은, 연결플라이우드(31a)와 연결단열재(32a)가 적층된 구조를 가질 수 있다. 연결단열벽(3a)의 두께는 연결플라이우드(31a)의 두께와 연결단열재(32a)의 두께를 합친 두께에 해당할 수 있다.
- [95] 연결플라이우드(31a)는, 6.5mm 내지 15mm의 두께로 형성될 수 있다.
- [96] 연결단열재(32a)는, 연결플라이우드(31a)와 2차방벽(4)의 보조방벽(42) 사이에 폴리우레탄 폼으로 형성될 수 있으며, 150mm 내지 240mm의 두께 범위에 해당할 수 있다.
- [97] 상기한 바와 같이, 1차단열벽(3)의 1차단열재(32)와 연결단열벽(3a)의 연결단열재(32a)는 두께가 동일할 수 있다. 다만, 연결단열벽(3a)의 연결단열재(32a)의 경우 하부에 2차방벽(4)의 메인방벽(41)에 더하여

보조방벽(42)이 더 적층되므로, 연결단열벽(3a)의 연결단열재(32a)는 1차단열벽(3)의 1차단열재(32)의 두께보다 보조방벽(42)의 두께만큼 작은 두께일 수 있다.

- [98] 상기한 연결단열벽(3a)은, 단위 요소들을 이웃하여 배치했을 때, 이웃하는 2차단열벽(5) 사이에 생기는 공간 부분을 보조방벽(42)과 함께 밀봉하면서 외부로부터의 열 침입을 차단하는 역할을 수행하도록 설치된다.
- [99] 그런데 연결단열벽(3a)은, 단위 요소를 이루는 이웃하는 고정단열벽(3b) 사이에 삽입 설치되는 구조이기 때문에, 연결단열벽(3a) 하부의 2차방벽(4)을 극저온으로부터 보호하는데 취약할 수 밖에 없다. 이에 따라 메인방벽(41)과 보조방벽(42)이 겹쳐지는 연결단열벽(3a) 하부의 2차방벽(4)에서 문제가 발생될 가능성이 높다. 이에 이하에서는 연결단열벽(3a)을 중심으로 설명한다.
- [100] 2차방벽(4)은, 단열벽(3a)을 포괄하는 1차단열벽(3)과 2차단열벽(5) 사이에 설치될 수 있으며, 1차방벽(2)과 함께 액화가스가 외부로 누설되는 것을 방지할 수 있다.
- [101] 고정단열벽(3b) 하단의 2차방벽(4)은 단일 방벽으로서 메인방벽(41)을 포함하고, 연결단열벽(3a) 하단의 2차방벽(4)은, 단위 요소를 서로 연결하는 메인방벽(41)과, 단위 요소를 이루는 2차단열벽(5) 상에 마련되는 보조방벽(42)을 포함할 수 있다.
- [102] 메인방벽(41)은, 단위 요소를 이루는 2차단열벽(5) 상에 마련되며 0.6mm 내지 1.0mm의 두께로 형성될 수 있고, 서로 인접한 메인방벽(41)은 보조방벽(42)이 적층되면서 기밀을 이룰 수 있다.
- [103] 보조방벽(42)은, 단위 요소들을 서로 연결하는 구성으로서 0.6mm 내지 1.0mm의 두께로 형성될 수 있고 메인방벽(41) 상에 적층될 수 있다.
- [104] 한편, 도 1 및 도 2를 참조하면, 2차단열벽(5)은, 고정단열벽(3b) 및 연결단열벽(3a)과 함께 외부로부터의 열 침입을 차단하면서 외부로부터의 충격 또는 내부에서의 액화가스 슬로싱으로 인한 충격을 견딜 수 있도록 설계될 수 있다. 또한, 2차단열벽(5)은 2차방벽(4)과 선체(7) 사이에 설치될 수 있으며, 2차단열재(51), 2차플라이우드(52)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [105] 2차단열벽(5)은, 2차방벽(4)의 외측으로 2차단열재(51)와 2차플라이우드(52)가 순차적으로 적층된 구조를 가질 수 있으며, 2차단열재(51)의 두께와 2차플라이우드(52)의 두께를 합친 전체 두께가 150mm 내지 240mm로 형성될 수 있다.
- [106] 2차단열재(51)는, 외부로부터의 열 침입을 차단하면서 외부로부터의 충격 또는 내부에서의 액화가스 슬로싱으로 인한 충격을 견딜 수 있도록, 단열성능이 우수하면서 기계적 강도가 우수한 재질로 형성될 수 있다.
- [107] 2차단열재(51)는, 2차방벽(4)과 2차플라이우드(52) 사이에서 폴리우레탄 폼으로 형성될 수 있으며, 140mm 내지 230mm의 두께로 형성될 수 있다.
- [108] 2차플라이우드(52)는, 2차단열재(51)와 선체(7) 사이에 설치될 수 있다. 예를

들어, 또한, 2차단열재(51)는 2차플라이우드(52)와 접하여 설치될 수 있다.

2차플라이우드(52)는, 6.5mm 내지 25mm의 두께로 형성될 수 있다.

- [109] 상기한 바와 같이, 본 실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)는, 1차단열벽(3)이 2차단열벽(5)의 66% 내지 166%의 두께를 가지고, 1차단열벽(3)에 포괄되는 연결단열벽(3a)이 2차단열벽(5)의 67% 내지 167%의 두께를 가지도록 하여, 연결단열벽(3a)이 2차단열벽(5)과 동일 또는 유사한 두께가 되도록 구성할 수 있다. 이러한 구성과 연관되도록 연결단열벽(3a)의 연결단열재(32a)가 2차단열재(51)의 90% 내지 110%의 두께를 가지도록 하여, 연결단열벽(3a)의 연결단열재(32a)가 2차단열재(51)와 동일 또는 유사한 두께가 되도록 구성될 수 있다. 본 실시예에서는 연결단열벽(3a)을 포괄하면 단위 요소를 이루는 고정단열벽(3b) 부분에 대해서는 상세히 언급하지 않지만, 2차단열벽(5)과의 관계에서 고정단열벽(3b) 역시 연결단열벽(3a)과 동일 또는 유사함을 밝혀둔다.
- [110] 이러한 두께 비율로 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5) 또는 연결단열벽(3a)의 연결단열재(32a)와 2차단열재(51)를 형성했을 때, 2차방벽(4)의 저온에서의 응력 상한 값은 연결단열벽(3a) 하부에서 50MPa 이하에 해당할 수 있다. 또한, 구체적으로는 2차방벽(4)의 저온에서의 응력 값은 연결단열벽(3a) 하부에서 40MPa 내지 50MPa 일 수 있다. 이러한 수치는 후술할 구조해석의 결과에 따라 얻어진 것이다.
- [111] 본 실시예에서는, 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께 또는 1차단열벽(3)의 연결단열재(32a)와 2차단열재(51)의 두께가 동일 또는 유사하도록 구성하였는데, 이와 관련하여, 도 4 내지 도 20을 통해 설명하도록 한다.
- [112] 도 4의 (a), (b)는 1차단열벽(3)에 포괄되는 연결단열벽(3a) 및 2차단열벽(5)의 두께 변화에 따른 연결단열벽(3a) 하부에서 2차방벽(4)의 인장력을 보여주는 도면이다. 도 4의 (a) 및 (b)에서 연결단열벽(3a), 2차방벽(4), 2차단열벽(5) 등을 합한 전체 두께는 동일한 것으로 가정한다.
- [113] 한편, 2차방벽(4) 및 2차단열벽(5)은 노출되는 온도에 따라 자체 수축량에 차이가 발생하게 되는데, 2차방벽(4) 및 2차단열벽(5)의 경우 연결단열벽(3a)의 두께가 얇아질수록 극저온의 액화가스의 냉열에 의한 영향을 많이 받을 수 있다. 또한, 이 경우, 자체 온도가 낮아지게 되어 수축량 자체가 증가하게 되어 저온에서의 응력이 증가하여 2차방벽(4)이 손상될 위험성이 높아지는 문제가 있다. 이러한 문제는 특히 연결단열벽(3a) 하부에서 서로 인접한 단위 요소들에 마련된 메인방벽(41)을 본딩 등으로 상호 연결하는 보조방벽(42)에서 많이 발생될 수 있다. 연결단열벽(3a) 하부에서 보조방벽(42)은 양단이 각 단위 요소의 메인방벽(41)에 연결되어 있는데, 단위 요소의 2차단열벽(5)이 수축함에 따라 보조방벽(42)의 양단이 서로 멀어지거나 가까워지도록 변형될 수 있기 때문이다.
- [114] 도 4의 (a)를 참조하면, 연결단열벽(3a)이 2차단열벽(5)보다 상대적으로 얇게 형성되어, 2차방벽(4)의 높이가 두께 방향을 기준으로 전체 두께의 중심에서 상방에 위치하는 경우를 나타낸다. 이때, 선체(7)의 6자유도 운동으로 인해

선체가 구조적으로 변형될 때 2차방벽(4)에 가해지는 기계적인 응력을 줄이기 위해, 2차단열벽(5)의 두께를 크게 확보함에 따라 2차단열벽(5)의 두께를 연결단열벽(3a) 대비 상대적으로 두껍게 할 수 있다.

- [115] 도 4의 (b)를 참조하면, 연결단열벽(3a) 및 2차단열벽(5)의 두께가 유사하게 형성되어, 2차방벽(4)의 높이가 두께 방향을 기준으로 전체 두께의 중심 영역에 위치하는 경우를 나타낸다. 여기에서, 중심 영역은 전체 두께의 40% 내지 60% 범위에 해당할 수 있다. 이 경우, 도 4의 (a)와 비교하여, 수축량 자체가 감소하게 되어 저온에서의 스트레스가 감소하게 될 것이다. 또한, 도 4의 (a)와 비교하여, 2차방벽의 손상위험이 상대적으로 낮아지게 될 것이다.
- [116] 본 발명에서는, 2차단열벽(5)의 기계적 강도를 일정 수준으로 유지하면서 2차방벽(4)의 저온 부담 및 슬로싱 부담을 줄일 수 있도록 하는 액화가스 저장탱크(1)를 도출하게 되었으며, 이하 도 5 내지 도 20을 참고하여 설명함에 의해 이해될 것이다.
- [117] 도 5 내지 도 20은, 상기한 본 실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)의 연결단열벽(3a)을 포괄하는 1차단열벽(3) 및 2차단열벽(5)의 두께를 도출하기 위해 제1케이스(도 5 내지 도 8), 제2케이스(도 9 내지 도 12), 제3케이스(도 13 내지 도 16), 제4케이스(도 17 내지 도 20) 별로 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 달리하면서 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면이다. 본 실시예에서는 연결단열벽(3a)의 두께 위주로 설명하지만, 1차단열벽(3)의 두께 역시 연결단열벽(3a)과 동일 또는 유사함을 알려 둔다.
- [118] 각 케이스 별로 구조해석을 실시함에 있어서, 해석 조건은 다음과 같다.
- [119] 첫째, 해석 모델인 제1케이스 내지 제4케이스의 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 전체 두께를 400mm로 동일하게 적용하였다.
- [120] 둘째, 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5) 각각의 두께를 달리함에 의해 2차방벽(4)의 위치만 다르게 하였다.
- [121] 셋째, 동일한 선형 온도 분포 조건을 고려하여 1차방벽(2) 위치의 온도를 액화가스의 온도인 -163°C 로 하고, 선체(7) 위치의 온도를 상온인 20°C 로 하였다.
- [122] 넷째, 응력값에 대한 최소값과 최대값으로 고정하여 스트레스가 다름을 색으로 표시, 예를 들어, 빨간색은 응력값이 가장 크고, 파란색으로 갈수록 응력값이 작음을 나타내었다.
- [123] 다섯째, 두께 비율은 전체 두께(400mm) 중 연결단열벽(3a)의 두께가 차지하는 비율로 하였다.
- [124] 상기와 같은 해석 조건으로 해석 모델인 제1케이스 내지 제4케이스의 구조해석을 하였다.
- [125] 도 5 내지 도 8은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차단열벽(3)에 포괄되는 연결단열벽(3a) 및 2차단열벽(5)의 두께를 도출하기 위해 제1케이스의 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 달리하면서 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면들이다.

- [126] 제1케이스는, 도 5에 도시한 바와 같이, 연결단열벽(3a)의 두께를 100mm로 하고, 2차단열벽(5)의 두께를 300mm로 형성한 케이스이다. 즉, 제1케이스는, 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 전체 두께(400mm) 중 연결단열벽(3a)의 두께가 차지하는 비율이 0.25로서, 2차방벽(4)이 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 합한 전체 두께의 중심으로부터 상단인 1차방벽(2) 쪽에 가깝게 위치된다.
- [127] 이러한 제1케이스의 경우, 도 6 내지 도 8에 나타난 바와 같이, 구조해석 결과 단위 요소들이 이웃하여 배치된 상태에서, 이웃하는 2차단열벽(5) 사이에 대응되는 2차방벽(4) 부분이 빨간색 계통으로 나타났으며, 응력 값은 70.12MPa로 산출되었다.
- [128] 제1케이스의 경우에 2차방벽(4)에서 응력이 발생하는 이유는 도 4를 통해 알 수 있다. 즉, 연결단열벽(3a)의 두께가 얇아지면서, 2차방벽(4)에서 액화가스의 냉열에 영향을 많이 받기 때문이다.
- [129] 도 9 내지 도 12는 본 발명의 제1실시에 따른 액화가스 저장탱크의 1차단열벽(3)에 포괄되는 연결단열벽(3a) 및 2차단열벽(5)의 두께를 도출하기 위해 실시한 제2케이스의 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 달리하면서 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면들이다.
- [130] 제2케이스는, 도 9에 도시한 바와 같이, 연결단열벽(3a)의 두께를 160mm로 하고, 2차단열벽(5)의 두께를 240mm로 형성한 케이스이다. 즉, 제2케이스는, 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 전체 두께(400mm) 중 연결단열벽(3a)의 두께가 차지하는 비율이 0.4로서, 2차방벽(4)이 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 합한 전체 두께의 중심으로부터 1차방벽(2) 쪽으로 약간 치우쳐 위치된다.
- [131] 이러한 제2케이스의 경우, 도 10 내지 도 12에 나타난 바와 같이, 구조해석 결과 단위 요소들이 이웃하여 배치된 상태에서, 이웃하는 2차단열벽(5) 사이에 대응되는 2차방벽(4) 부분이 노란색 계통으로 나타났으며, 응력 값은 55.09MPa로 산출되었다.
- [132] 도 13 내지 도 16은 본 발명의 제1실시에 따른 액화가스 저장탱크의 1차단열벽(3)에 포괄되는 연결단열벽(3a) 및 2차단열벽(5)의 두께를 도출하기 위해 실시한 제3케이스의 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 달리하면서 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면들이다.
- [133] 제3케이스는, 도 13에 도시한 바와 같이, 연결단열벽(3a)의 두께와 2차단열벽(5)의 두께를 동일 또는 유사하게 형성한 케이스이다. 즉, 제3케이스는, 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 전체 두께(400mm) 중 연결단열벽(3a)의 두께가 차지하는 비율이 약 0.5로서, 2차방벽(4)이 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 합한 전체 두께의 중심에 인접하여 위치된다.
- [134] 이러한 제3케이스의 경우, 도 14 내지 도 16에 나타난 바와 같이, 구조해석 결과 단위 요소들이 이웃하여 배치된 상태에서, 이웃하는 2차단열벽(5) 사이에

대응되는 2차방벽(4) 부분이 연한 하늘색 계통으로 나타났으며, 응력값은 47.63MPa로 산출되었다.

- [135] 도 17 내지 도 20는 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차단열벽(3)에 포괄되는 연결단열벽(3a) 및 2차단열벽(5)의 두께를 도출하기 위해 실시한 제4케이스의 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 달리하면서 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면들이다.
- [136] 제4케이스는, 도 17에 도시한 바와 같이, 연결단열벽(3a)의 두께를 240mm로 하고, 2차단열벽(5)의 두께를 160mm로 형성한 케이스이다. 즉, 제4케이스는, 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 전체 두께(400mm) 중 연결단열벽(3a)의 두께가 차지하는 비율이 0.6으로서, 2차방벽(4)이 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 합한 전체 두께의 중심으로부터 아래쪽에 위치된다.
- [137] 이러한 제4케이스의 경우, 도 18 내지 도 20에 나타난 바와 같이, 구조해석 결과 단위 요소들이 이웃하여 배치된 상태에서, 이웃하는 2차단열벽(5) 사이에 대응되는 2차방벽(4) 부분이 하늘색 계통으로 나타났으며, 응력값은 41.21MPa로 산출되었다.
- [138] 상기한 바와 같이, 제1케이스 내지 제4케이스 각각의 구조해석 결과, 연결단열벽(3a) 하부의 2차방벽(4)은 1차방벽(2)으로부터 멀어질수록 열수축으로 인한 저온 응력이 감소하는 경향을 보여줌을 알 수 있었다. 도 21을 참고하여 설명한다.
- [139] 도 21은 1차단열벽 및 2차단열벽의 두께 변화에 따른 2차방벽의 저온 스트레스와 선체의 취성파괴 확률의 관계를 나타내는 도면이다.
- [140] 도 21에 도시된 그래프와 같이, 제1케이스 내지 제4케이스뿐만 아니라, 연결단열벽(3a) 하부의 2차방벽(4)은 1차방벽(2)으로부터 더 멀어질수록, 저온에서 열수축으로 인한 응력값이 감소하는 것을 예측할 수 있다. 즉, 연결단열벽(3a) 하부의 2차방벽(4)은 1차방벽(2)으로부터 멀어질수록 온도가 가까울 때 대비 상대적으로 높아지기 때문에 수축이 작아져 응력이 감소하는 것임을 알 수 있다. 본 실시예에서는 연결단열벽(3a) 하부의 2차방벽(4)을 위주로 설명하지만, 단위 요소를 이루는 고정단열벽(3b) 하부의 2차방벽(4) 역시 1차방벽(2)으로부터 멀어질수록 응력이 감소하는 것은 자명하다 할 것이다. 연결단열벽(3a) 하부의 2차방벽(4)은 메인방벽(41)과 보조방벽(42)이 적층된 상태이고, 1차단열벽(3) 하부의 2차방벽(4)은 메인방벽(41)만으로 이루어져 있다.
- [141] 이와 같이 도출된 본 실시예의 액화가스 저장탱크(1)는 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 합한 전체 두께에서 연결단열벽(3a)의 두께를 증가시킴에 따라 2차방벽(4)이 받는 온도가 상승(극저온 액체가스로부터 냉열에 의한 영향력 감소)하게 된다. 이를 통해, 2차방벽(4) 자체의 냉열에 의한 수축이 감소되고, 냉열에 의한 응력이 감소됨으로써, 냉열로 인한 2차방벽(4)의 손상을 방지할 수 있다. 이러한 원리는 연결단열벽(3a)을 포괄하는 것으로 정의한

1차단열벽(3) 하부의 2차방벽(4)에도 적용됨은 물론이다.

- [142] 또한, 2차방벽(4)은, 연결단열벽(3a) 및 고정단열벽(3b)의 두께가 증가됨에 따라(2차단열벽(5)의 두께는 상대적으로 감소됨) 2차방벽(4)에 전달되는 슬로싱 하중 및 유체동하중이 낮아지고, 슬로싱에 의한 응력이 감소됨으로써, 슬로싱에 의한 손상을 방지할 수 있다. 또한, 2차단열벽(5)의 두께가 얇아짐에 따라(1차단열벽(3)의 두께는 상대적으로 두꺼워짐) 2차방벽(4)의 수평(flatness)을 맞추는 것이 용이해 질 수 있다.
- [143] 또한, 연결단열벽(3a) 및 고정단열벽(3b)의 두께가 증가됨에 따라 2차단열벽(5)의 두께가 상대적으로 감소되고, 1차방벽(2)으로부터 상대적으로 멀어지므로 인해 2차단열벽(5)의 냉열로 인한 수축력 역시 감소되고, 2차단열벽(5)의 수축력 감소에 따라 2차방벽(4)의 인장력이 감소됨으로써, 2차방벽(4)은 2차단열벽(5)의 수축력에 의한 손상을 방지할 수 있다.
- [144] 이러한 2차방벽(4)의 저온 스트레스를 고려할 때, 본 발명에서는 연결단열벽(3a) 및 2차단열벽(5)을 합한 두께에서 연결단열벽(3a)이 40% 이상에 해당하도록 배치하게 할 수 있다. 바람직하게는, 본 발명의 액화가스 저장탱크(1)는 제2케이스 내지 제4케이스의 범위, 즉, 연결단열벽(3a)이 연결단열벽(3a) 및 2차단열벽(5)을 합한 두께에서 40% 내지 60%에 해당하도록 배치할 수 있다. 더욱 바람직하게는, 본 발명의 액화가스 저장탱크(1)는 제3케이스의 범위, 즉, 연결단열벽(3a)이 연결단열벽(3a) 및 2차단열벽(5)을 합한 두께 대비 47% 내지 53%에 해당하도록 배치할 수 있다.
- [145] 그러나 연결단열벽(3a) 및 1차단열벽(3)의 두께를 증가시키게 되면 2차단열벽(5)의 두께가 상대적으로 감소하게 되므로 인해, 2차단열벽(5)은 선체(7)의 6자유도 운동으로 선체(7)가 구조적으로 변형될 때 가해지는 기계적인 응력에 취약할 수 밖에 없고, 이에 따라 2차단열벽(5)을 통해 2차방벽(4)에 전달되는 기계적인 응력 정도가 커질 수밖에 없다.
- [146] 또한, 액화가스가 적재된 상태에서, 1차방벽(2)이 깨지게 되는 등의 응급 상황(emergency condition)이 발생하게 될 수 있다. 이 경우, 1차방벽(2)이 더 이상 액화가스의 누설을 방지할 수 없게 되므로, 2차방벽(4)에 액화가스가 닿게 될 수 있다. 또한, 2차방벽(4)이 극저온의 액화가스에 닿게 되면, 선체(hull)의 온도가 낮아지게 되어, 취성파괴 확률이 높아질 수 있다. 또한, 저온으로 갈수록 선체의 재료강도는 높아지는데 비해 취성문제가 발생하게 되므로, 취성파괴 확률이 높아질 수 있다. 여기에서, 취성파괴(brittle fracture)는 소성변형이 거의 없이 발생하는 갑작스런 파괴에 해당할 수 있으며, 취성균열(brittle crack)으로 이해될 수도 있다.
- [147] 이와 관련하여, 도 21을 참조하면, 응급상황에서, 제1케이스에서 제4케이스로 갈수록 극저온의 액화가스가 닿은 2차방벽(4)이 선체에 가까워지게 되므로, 취성파괴 확률은 증가하게 된다. 즉, 도 21에서, 선체의 취성파괴 확률은 제 1케이스에서 제4케이스로 갈수록, 즉, 2차단열벽(5)의 두께 대비 연결단열벽

두께가 증가할수록 높아지게 된다. 또한, 제4케이스의 연결단열벽(3a)의 두께가 보다 두꺼워지는 경우, 취성 파괴 확률은 1에 가까워지며 선체는 균열(crack) 또는 분열될 수 있다.

- [148] 따라서, 액화가스 저장탱크(1)의 단열시스템은 상술한 저온 스트레스뿐만 아니라 선체의 균열 또는 파괴위험까지 고려하여 배치 되어야 할 것이다. 본 발명에서 2차방벽(4)이 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 합한 전체 두께의 중심 영역에 위치하는 제2케이스 내지 제4케이스가 저온 스트레스 및 선체 균열의 측면을 모두 고려할 때, 적절할 수 있다. 바람직하게는, 제3케이스가 저온 스트레스 및 선체 균열의 기계적 측면에서, 적절하다고 볼 수 있다.
- [149] 따라서 본 발명은, 연결단열벽(3a) 및 1차단열벽(3)의 두께를 충분히 확보하여 2차방벽(4)의 저온 응력을 감소시키되, 2차단열벽(4)의 두께를 적절히 마련하여 선체(7)와 2차방벽(4) 간의 간격을 구비하여 2차방벽(4)으로 하여금 선체(7)로부터 전달되는 구조적인 응력에 대한 부담을 줄일 수 있는, 제2케이스 내지 제4케이스가 적절한 실시예로 할 수 있다. 또한, 이 중 제3케이스가 저온 스트레스 및 기계적 강도의 측면을 모두 고려할 때, 바람직한 실시예에 해당할 것이다.
- [150] 한편, 2차방벽(4)의 소재는 다양하게 구성될 수 있으며, 이와 관련하여, 도 22 내지 도 24에서 설명하도록 한다.
- [151] 도 22, 도 23 및 도 24은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 2차방벽에 대한 다양한 구성을 설명하기 위한 도면들이다.
- [152] 도 22에 도시된 바와 같이, 2차방벽(4)은, 글라스직물(GC)/알루미늄포일(AF)/글라스-아라미드직물(GAC)이 적층된 3층 구조의 제1소재로 형성될 수 있다.
- [153] 글라스-아라미드직물(GAC)은, 글라스직물(Glass Cloth)에 아라미드(Aramid) 소재를 적용한 것으로, 글라스 섬유(Glass fiber) 2줄 당 아라미드 1줄을 혼합하여 제조될 수 있다.
- [154] 이러한 제1소재는 2차방벽(4)의 보조방벽(42)에 적용될 수 있으며, 이에 한정되지 않고 2차방벽(4)의 메인방벽(41)에도 적용될 수 있음은 물론이다.
- [155] 도 23에 도시된 바와 같이, 2차방벽(4)은, 글라스직물(GC)/알루미늄포일(AF)/글라스직물(GC)/알루미늄포일(AF)/글라스직물(GC)이 적층된 5층 구조의 제2소재로 형성될 수 있다.
- [156] 이러한 제2소재는 2차방벽(4)의 메인방벽(41)에 적용될 수 있으며, 이에 한정되지 않고 2차방벽(4)의 보조방벽(42)에도 적용될 수 있음은 물론이다.
- [157] 도 24에 도시된 바와 같이, 2차방벽(4)은, 현무암으로부터 추출되는 무기질계 바잘트(Basalt) 직물을 이용한 것으로, 바잘트직물(BC)/알루미늄포일(AF)/바잘트직물(BC)이 적층된 3층 구조의 제3소재로 형성될 수 있다.
- [158] 이러한 제3소재는 2차방벽(4)인 메인방벽(41)에 적용될 수 있으며, 이에

- 한정되지 않고 2차방벽(4)인 보조방벽(42)에도 적용될 수 있음은 물론이다.
- [159] 도 22 내지 도 24에서 설명한 바와 같이, 본 실시예의 2차방벽(4)은, 제1부재/알루미늄포일(AF)/제2부재가 적층된 다층 구조의 다양한 소재로 형성될 수 있다. 이때, 제1부재와 제2부재 중 적어도 하나는 글라스직물(GC), 글라스-아라미드직물(GAC), 바잘트직물(BC) 또는 글라스직물(GC)/알루미늄포일(AF)/글라스직물(GC)일 수 있다.
- [160] 또한, 2차방벽(4)에 적용되는 다양한 소재는 2차방벽(4)의 메인방벽(41)과 보조방벽(42)에 여러 조합으로 적용될 수 있음은 물론이다.
- [161] 도 25는 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 직각코너구조를 설명하기 위한 일부 단면도이고, 도 26는 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 둔각코너구조를 설명하기 위한 일부 단면도이다.
- [162] 상술한 도 5 내지 도 20에서, 연결단열벽(3a) 또는 1차단열벽(3)의 두께와 2차단열벽(5)의 두께가 동일, 유사범위에서 형성될 경우, 보다 안정된 단열시스템을 가지는 것으로 확인되었다. 예를 들어, 동일, 유사범위는 2차방벽(4)의 위치가 연결단열벽(3a) 또는 1차단열벽(3)과 2차단열벽(5)의 두께를 합한 전체 두께에서 40% 내지 60%에 위치하는 경우를 나타낼 수 있다. 이와 같은 구성은 도 25에 도시된 액화가스 저장탱크(1)의 직각코너구조와 도 26에 도시된 액화가스 저장탱크(1)의 둔각코너구조에도 동일하게 적용될 수 있다.
- [163] 그런데 액화가스 저장탱크(1)의 직각코너구조 및 둔각코너구조에서는 2차방벽(4)이 곡선으로 형성될 수 밖에 없으며, 곡선으로 형성될 경우 직선 부분 대비 주변환경에 의한 하중에 취약해 지는데, 본 실시예는 이러한 하중에 의한 응력을 완화시킬 수 있다. 또한, 본 실시예는 선체변형흡수에 용이할 수 있다.
- [164] 도 25를 참조하면, 직각코너구조에서 2차방벽(4)은, 1차단열벽(3)의 두께가 제1, 제2 케이스보다 더 두꺼워짐에 따라, 곡률반경이 1차단열벽(3)의 두께 대비 25% 이상, 예를 들어 25% 내지 50%를 차지하게 된다.
- [165] 또한, 직각코너구조에서 2차방벽(4)은, 1차단열벽(3)의 두께가 제1, 제2 케이스보다 더 두꺼워짐에 따라, 기존의 얇은 두께의 1차단열벽 대비 선체(7) 측으로 이동하게 된다. 이 경우, 곡률반경이 커지게 되고, 곡률반경이 커지게 되면서 2차방벽(4)이 2차단열벽(5)에 비접촉되는 부분(secondary Barrier scab part not glued)의 길이(L1)도 증가하게 된다. 이는 직각코너구조에서 2차방벽(4)의 유연성(flexibility) 증가를 의미하며, 이로써 직각코너구조에서 2차방벽(4)은 주변부 변형흡수, 예를 들어 선체변형흡수가 용이해지고, 저온 응력도 감소하게 된다. 예를 들어, 비접촉되는 부분의 길이(L1)는 100mm 내지 200mm일 수 있다.
- [166] 도 26를 참조하면, 둔각코너구조에서 2차방벽(4)은, 1차단열벽(3)의 두께가 제1, 제2 케이스보다 더 두꺼워짐에 따라, 곡률반경이 1차단열벽(3)의 두께 대비 15% 이상, 예를 들어 15% 내지 35%를 차지하게 된다.
- [167] 또한, 둔각코너구조에서 2차방벽(4)은, 1차단열벽(3)의 두께가 제1, 제2

케이스보다 더 두꺼워짐에 따라, 기존의 얇은 두께의 1차단열벽 대비 선체(7) 측으로 이동하게 되어 곡률반경이 커지게 된다. 이 경우, 2차방벽(4)의 곡률반경이 커지게 되면서 2차방벽(4)이 2차단열벽(5)에 비접촉되는 부분(secondary Barrier scab part not glued)의 길이(L2)도 증가하게 된다. 이는 둔각코너구조에서 2차방벽(4)의 유연성(flexibility) 증가를 의미하며, 이로써 둔각코너구조에서 2차방벽(4)은 주변부 변형흡수, 예를 들어 선체변형흡수가 용이해지고, 저온 응력도 감소하게 된다. 예를 들어, 비접촉되는 부분의 길이(L2)가 50mm 내지 90mm일 수 있다.

- [168] 상기와 같이, 본 발명의 직각코너구조 및 둔각코너구조에서의 2차방벽(4)은, 상대적으로 얇은 두께로 형성되는 1차단열벽의 직각코너구조 및 둔각코너구조 대비 기존의 2차방벽에 가해지는 저온에서의 응력이 감소될 수 있다. 또한, 비접촉되는 부분이 증가하게 되어, 선체변형흡수 또한 용이하다.
- [169] 도 27은 액화가스 저장탱크의 1차단열재 및 2차단열재의 사용 재질에 따른 열전도도를 나타내는 그래프이다.
- [170] 상기한 본 발명의 실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)에서, 연결단열벽(3a) 및 1차단열벽(3)의 1차단열재(32, 32a) 및 2차단열벽(5)의 2차단열재(51) 각각은 재질이 모두 동일한 폴리우레탄 폼으로 형성되는 것을 설명하였으나, 경우에 따라 선택적으로 재질이 상이한 폴리우레탄 폼을 사용할 수 있다.
- [171] 구체적으로, 강화 폴리우레탄 폼(RPUF)은, 폴리올(Polyol), 이소시아네이트(isocyanate), 발포제(blowing agent)를 혼합하여 제작되는데, 발포제로 HFC-245fa 또는 CO₂가 사용될 수 있다. HFC-245fa가 CO₂ 대비 상대적으로 고가에 해당할 수 있다.
- [172] 본 실시예의 경우, 1차단열재(32, 32a)를 발포제로 CO₂가 사용된 강화 폴리우레탄 폼으로 형성하고, 2차단열재(51)를 발포제 HFC-245fa가 사용된 강화 폴리우레탄 폼으로 형성한다.
- [173] 발포제 HFC-245fa와 발포제 CO₂의 열전도도 특성을 도 27의 그래프를 참고하여 살펴보면, 발포제 HFC-245fa는 발포제 CO₂와 비교하여 상온에서는 열전도도값이 낮지만, 극저온으로 갈수록 동일하거나 비슷한 값을 보인다.
- [174] 즉, 발포제 HFC-245fa와 발포제 CO₂의 열전도도값은, -80°C를 기점으로 이하의 온도에서는 동일 또는 유사한 값을 보이고, 이상의 온도에서는 발포제 HFC-245fa가 발포제 CO₂보다 낮은 값을 보인다.
- [175] 이에 따라 본 실시예는 상대적으로 고가의 발포제 HFC-245fa를 1차단열재(32, 32a)와 2차단열재(51) 모두에 사용하지 않고, 경제적인 측면을 고려하여, 상대적으로 극저온에 가까운 1차단열재(32, 32a)를 발포제로 CO₂가 사용된 강화 폴리우레탄 폼으로 형성하고, 2차단열재(51)를 발포제 HFC-245fa가 사용된 강화 폴리우레탄 폼으로 형성할 수 있다.
- [176] 도 28은 본 발명의 제2실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 단면도이고, 도 29은 본 발명의 제2실시예에 따른 액화가스 저장탱크를

설명하기 위한 일부 사시도이다.

- [177] 도 28 내지 도 29에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제2실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)는, 내부에서 액화가스와 접촉하는 1차방벽(2), 1차방벽(2)의 외측에 설치되는 1차단열벽(3) 및 연결단열벽(3a), 1차단열벽(3) 및 연결단열벽(3a)의 외측에 설치되는 2차방벽(4), 2차방벽(4)의 외측에 배치되어 선체(7)에 고정되는 2차단열벽(5)을 포함하여 구성될 수 있으며, 전술한 제1실시예와 비교하여 연결단열벽(3a)의 구성이 상이하고, 다른 구성들은 동일 또는 유사하므로, 이하에서 중복 설명을 회피하기 위해 달라지는 부분에만 대해서만 설명하기로 한다.
- [178] 본 실시예에서, 전술한 제1실시예와 비교하여, 연결단열벽(3a)의 구성이 상이할 수 있다.
- [179] 구체적으로, 전술한 제1실시예와 비교하여 연결단열벽(3a)은 보조단열판(33)을 더 포함할 수 있다.
- [180] 즉, 연결단열벽(3a)은, 연결플라이우드(31a), 연결단열재(32a), 보조단열판(33)이 적층되는 구조로 이루어질 수 있다.
- [181] 보조단열판(33)은, 5mm 내지 10mm의 두께를 가질 수 있으며, 플라이우드나 고밀도 폴리우레탄 폼(HD PUF), FRP(Fiber Reinforced Plastic) 등으로 마련되어 2차방벽(4)의 하중 분산 효과를 얻을 수 있다. 또는 보조단열판(33)은 단열 특성이 우수한 VIP(Vacuum Insulation Panel), LD PUF 등으로 마련되어 연결단열벽(3a)이 형성되는 부분에서의 단열 취약성을 보완할 수 있다.
- [182] 연결단열벽(3a)의 연결단열재(32a)와 단위 요소를 이루는 고정단열벽(3b)의 1차단열재(32)는 두께가 동일할 수 있다. 다만, 연결단열벽(3a)의 경우 하부에 2차방벽(4)의 메인방벽(41)에 더하여 보조방벽(42)이 더 적층되고, 또한 보조단열판(33)을 포함하므로, 연결단열벽(3a)의 연결단열재(32a)의 두께는 보조방벽(42)의 두께 및 보조단열판(33)의 두께 만큼 1차단열벽(3)의 1차단열재(32)보다 작은 두께일 수 있다.
- [183] 상기한 보조단열판(33)은, 연결단열벽(3a)의 연결단열재(32a)의 하부뿐만 아니라 단위 요소를 이루는 1차단열벽(3)의 1차단열재(32) 하부에도 설치될 수 있음은 물론이다.
- [184] 도 30는 본 발명의 제3실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 단면도이고, 도 31은 본 발명의 제3실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 주요 부분에 대한 확대도이다.
- [185] 도 30 내지 도 31에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제3실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)는, 내부에서 액화가스와 접촉하는 1차방벽(2), 1차방벽(2)의 외측에 설치되는 1차단열벽(3) 및 연결단열벽(3a), 1차단열벽(3) 및 연결단열벽(3a)의 외측에 설치되는 2차방벽(4), 2차방벽(4)의 외측에 배치되어 선체(7)에 고정되는 2차단열벽(5), 2차단열벽(5)과 선체(7) 사이에 설치되는 레벨링부재(8), 2차단열벽(5)을 선체(7)에 고정하는 고정부재(9)를 포함하여 구성될 수 있으며,

전술한 제1실시예와 비교하여 레벨링부재(8)와 고정부재(9)가 상이하고, 다른 구성들은 동일 또는 유사하므로, 이하에서 중복 설명을 회피하기 위해 제1실시예와 다른 구성 요소인 레벨링부재(8) 및 고정부재(9)와 이로 인하여 달라지는 부분에 대해서만 설명하기로 한다.

- [186] 레벨링부재(8)는, 2차단열벽(5)과 선체(7) 사이에 설치될 수 있다.
- [187] 레벨링부재(8)는, 선체(7)의 변형 부위의 수평을 맞출 수 있고, 탱크의 단열 성능을 증대시키며, 2차단열벽(5)을 지지할 수 있는 비접촉탄성단열재이며 EPS(Expanded Polystyrene) 동일 수 있다.
- [188] 이러한 레벨링부재(8)는, 탄성력에 의해 2차단열벽(5)에 밀착되는 상면은 평평하게 되고, 선체(7)에 밀착되는 하면은 선체(7)의 변형에 맞도록 곡면을 가질 수 있다. 선체(7)의 변형은 예를 들어, 선체(7)의 블록간 용접 시에 발생할 수 있다.
- [189] 즉, 레벨링부재(8)는, 기존의 마스틱과 레벨링웨지를 사용하지 않더라도 선체의 변형 부위의 수평을 맞출 수 있다. 여기서, 레벨링웨지는 선택적으로 사용될 수 있음은 물론이다.
- [190] 본 실시예는, 상기한 바와 같은 레벨링부재(8)를 적용함으로써, 기존 갭(gap)의 크기에 따라 여러 타입으로 도포하는 마스틱과 달리 단일 크기로 시공 가능하고, 마스틱 경화시간이 필요 없으므로 작업 시간을 단축할 수 있고, 단열재를 적용함으로써, 보온력을 증가시킬 수 있다.
- [191] 고정부재(9)는, 2차단열벽(5)을 선체(7)에 고정할 수 있도록, 돌출부(91)와 스테드볼트(92)를 포함하는 클리트(cleat) 구조로 이루어질 수 있다.
- [192] 돌출부(91)는, 2차단열벽(5)의 단위패널 양 측면 하부에서 외부로 돌출되어 마련될 수 있으며, 플라이우드로 형성될 수 있다.
- [193] 돌출부(91)는, 일측면이 2차단열벽(5)의 2차플라이우드(52)의 측면과 2차플라이우드(52)로부터 일정 높이까지의 2차단열재(51)의 일부 측면에 걸쳐 고정 설치될 수 있고, 하면이 2차플라이우드(52)의 하면과 동일한 레벨을 이룬다.
- [194] 돌출부(91)의 폭 두께는, 2차단열벽(5)을 이루는 복수 개의 단위패널을 배치했을 때, 상호 대향되는 돌출부(91) 사이가 스테드볼트(92)가 삽입될 수 있는 정도일 수 있다.
- [195] 스테드볼트(92)는, 선체(7)에 고정될 수 있다.
- [196] 스테드볼트(92)는, 2차단열벽(5)을 이루는 복수 개의 단위패널을 배치했을 때, 이웃하는 2차단열벽(5)의 단위패널들 사이의 공간에 일치되도록 선체(7)에 고정 설치될 수 있다.
- [197] 스테드볼트(92)는, 이웃하는 2차단열벽(5)의 단위패널 각각의 측면에 마련되어 대향하는 2개의 돌출부(91) 사이에 위치된 상태에서 볼트를 조임에 의해 2차단열벽(5)을 선체(7)에 고정시킬 수 있다.
- [198] 도 32는 본 발명의 제4실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 단면도이고, 도 33은 1차단열벽을 이루는 연결단열벽과 고정단열벽 사이에

간극을 이루는 제1슬릿과 고정단열벽에 마련되는 다수의 제2슬릿을 충전하는 충전단열재를 설명하기 위한 도면이고, 도 34는 1차단열벽을 이루는 연결단열벽과 고정단열벽 사이에 간극을 이루는 제1슬릿과 고정단열벽에 마련되는 다수의 제2슬릿을 충전하는 다른 실시예에 따른 충전단열재를 설명하기 위한 도면이고, 도 35는 1차단열벽을 이루는 연결단열벽과 고정단열벽 사이에 간극을 이루는 제1슬릿과 고정단열벽에 마련되는 다수의 제2슬릿을 충전하는 또 다른 실시예에 따른 충전단열재를 설명하기 위한 도면이다.

- [199] 도 32 내지 도 35에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제4실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)는, 내부에서 액화가스와 접촉하는 1차방벽(2)과, 1차방벽(2)의 외측에 설치되며 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b)으로 이루어지는 1차단열벽(3)과, 1차단열벽(3)의 외측에 설치되는 2차방벽(4)과, 2차방벽(4)의 외측에 배치되어 선체(7)에 고정되는 2차단열벽(5)을 포함하여 구성될 수 있으며, 전술한 제1실시예와 비교하여 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b) 사이에 간극을 이루는 제1슬릿(SL1)을 충전하는 것과, 고정단열벽(3b)에 다수의 제2슬릿(SL2)이 마련되는 것이 상이하고, 다른 구성들은 동일 또는 유사하므로, 이하에서 중복 설명을 회피하기 위해 달라지는 부분을 중심으로 설명하기로 한다.
- [200] 본 실시예의 1차단열벽(3)과 2차단열벽(5)은, 전술한 바와 같이 동일 또는 유사한 두께를 가질 수 있다.
- [201] 1차단열벽(3)은, 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b)으로 이루어질 수 있다.
- [202] 연결단열벽(3a)은, 고정단열벽(3b)을 포함하는 단위 요소들을 이웃하여 배치했을 때, 이웃하는 2차단열벽(5) 사이에 생기는 공간 부분을 밀봉하도록 이웃하는 고정단열벽(3b) 사이에 삽입 설치될 수 있으며, 이때 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b) 사이에 간극이 형성될 수 있다.
- [203] 제1슬릿(SL1)은, 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b) 사이에 형성되는 간극으로서, 1차단열벽(3)의 두께에 대응되는 깊이로 형성될 수 있다.
- [204] 또한, 본 실시예는 고정단열벽(3b)의 수축 및 팽창에 대비할 수 있도록, 고정단열벽(3b)에 일정 간격을 두고 다수의 제2슬릿(SL2)이 형성될 수 있다.
- [205] 제2슬릿(SL2)은, 고정단열벽(3b)에 가해지는 온도에 의한 수축 또는 팽창 응력을 최대한 완화할 수 있도록, 고정단열벽(3b)의 두께와 유사한 깊이로 형성될 수 있다. 예를 들어, 고정단열벽(3b)의 두께가 200mm인 경우, 제2슬릿(SL2)이 깊이는 185mm 내지 195mm일 수 있으며, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [206] 상기한 제1슬릿(SL1)과 제2슬릿(SL2)은, 온도에 의한 수축 또는 팽창 응력을 완화하여 1차단열벽(3)의 손상을 방지할 수 있지만, 대류 경로로 작용되어 2차방벽(4)의 저온 부담을 증가시킬 수 있다.
- [207] 이에 본 실시예에서는, 제1슬릿(SL1)을 제1충전단열재(GW1)로 전부 또는 일부 충전하고, 제2슬릿(SL2)을 제2충전단열재(GW2)로 일부 충전함으로써,

- 고정단열벽(3b)의 수축 및 팽창으로 인한 손상을 방지함과 동시에 2차방벽(4)의 저온 부담을 줄일 수 있도록 하는데, 이하에서 구체적으로 설명한다.
- [208] 제1충전단열재(GW1) 및 제2충전단열재(GW2)는, 지그를 이용하여 제1슬릿(SL1) 및 제2슬릿(SL2)에 삽입 충전할 수 있다.
- [209] 제1충전단열재(GW1)는, 도 33 내지 도 35에 도시된 바와 같이, 제1슬릿(SL1)을 전부 충전하도록 형성되거나(도 33 참고), 제1슬릿(SL1)의 하부에 공간이 생기도록 제1슬릿(SL1)의 입구로부터 일정 깊이까지 충전하도록 형성되거나(도 34 참고), 제1슬릿(SL1)의 내부에 다수의 공간이 생기도록 제1슬릿(SL1)의 내부에 다층으로 충전하도록 형성될 수 있다(도 35 참고).
- [210] 또한, 제2충전단열재(GW2)는, 도 33 내지 도 35에 도시된 바와 같이, 제2슬릿(SL2)의 하부에 공간이 생기도록 제2슬릿(SL2)의 입구로부터 일정 깊이까지 충전하도록 형성되거나(도 33 및 도 34 참고), 제2슬릿(SL2)의 내부에 다수의 공간이 생기도록 제2슬릿(SL2)의 내부에 다층으로 충전하도록 형성될 수 있다(도 35 참고).
- [211] 상기에서, 제1슬릿(SL1)에 충전되는 제1충전단열재(GW1)와 제2슬릿(SL2)에 충전되는 제2충전단열재(GW2) 각각은 제1슬릿(SL1)과 제2슬릿(SL2)의 공간에 충전된 상태에서 공간을 완전히 밀폐시킬 수 있도록 (+) 공차를 가지도록 형성될 수 있고, 이로 인해 수축 및 팽창을 흡수할 수 있다.
- [212] 도 33을 참조하면, 제1충전단열재(GW1)는 제1슬릿(SL1)을 전부 충전하도록 형성될 수 있고, 제2충전단열재(GW2)는 제2슬릿(SL2)의 하부에 공간이 생기도록 제2슬릿(SL2)의 입구로부터 일정 깊이까지 충전하도록 형성될 수 있다.
- [213] 제1충전단열재(GW1)와 제2충전단열재(GW2)는, 글라스 울로 형성 될 수 있으며, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [214] 상기에서, 제1충전단열재(GW1)는 제1슬릿(SL1)을 전부 채우도록 형성함으로써, 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b)의 연결 부분에서 단열 성능을 향상시킬 수 있게 한다. 제2충전단열재(GW2)는 제2슬릿(SL2)의 하부에 공간이 생기도록 형성함으로써, 제2충전단열재(GW2)에 의해 고정단열벽(3b)의 단열 성능을 향상시킴은 물론, 제2슬릿(SL2)의 공간 부분에서 고정단열벽(3b)의 수축 및 팽창을 흡수할 수 있게 한다.
- [215] 도 34를 참조하면, 제1충전단열재(GW1)는 제1슬릿(SL1)의 하부에 공간이 생기도록 제1슬릿(SL1)의 입구로부터 일정 깊이까지 충전하도록 형성될 수 있고, 제2충전단열재(GW2)는 제2슬릿(SL2)의 하부에 공간이 생기도록 제2슬릿(SL2)의 입구로부터 일정 깊이까지 충전하도록 형성될 수 있다.
- [216] 제1충전단열재(GW1)와 제2충전단열재(GW2)는, 글라스 울로 형성 될 수 있으며, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [217] 상기에서, 제1충전단열재(GW1)는 제1슬릿(SL1)의 하부에 공간이 생기도록 형성함으로써, 제1충전단열재(GW1)에 의해 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b)의

연결 부분에서 단열 성능을 향상시키는 물론, 제1슬릿(SL1)의 공간 부분에서 연결단열벽(3a) 및 고정단열벽(3b)의 수축 및 팽창을 흡수할 수 있게 한다. 제2충전단열재(GW2)는 제2슬릿(SL2)의 하부에 공간이 생기도록 형성함으로써, 제2충전단열재(GW2)에 의해 고정단열벽(3b)의 단열 성능을 향상시키는 물론, 제2슬릿(SL2)의 공간 부분에서 고정단열벽(3b)의 수축 및 팽창을 흡수할 수 있게 한다.

- [218] 도 35를 참조하면, 제1충전단열재(GW1)는 제1슬릿(SL1)의 내부에 다수의 공간이 생기도록 다층으로 충전하도록 형성 될 수 있고, 제2충전단열재(GW2)는 제2슬릿(SL2)의 내부에 다수의 공간이 생기도록 다층으로 충전하도록 형성 될 수 있다.
- [219] 제1충전단열재(GW1)는, 제1슬릿(SL1)의 상부에 형성되는 제1상부충전단열재(GW1-1)와, 제1상부충전단열재(GW1-1)로부터 일정 간격 이격되어 제1슬릿(SL1)의 중간에 형성되는 제1중간충전단열재(GW1-2)와, 제1중간충전단열재(GW1-2)와 일정 간격 이격되어 제1슬릿(SL1)의 하부에 형성되는 제1하부충전단열재(GW1-3)로 이루어질 수 있다.
- [220] 제1상부충전단열재(GW1-1), 제1중간충전단열재(GW1-2), 제1하부충전단열재(GW1-3) 각각은, 동일한 단열재 또는 서로 다른 단열재로 형성될 수 있으며, 이때 단열재로는 글라스 울, 슈퍼 라이트(super lite), 연질 폼(foam) 재질, 에어로젤 블랭킷(aerogel blanket) 등이 사용될 수 있다.
- [221] 제2충전단열재(GW2)는, 제2슬릿(SL2)의 상부에 형성되는 제2상부충전단열재(GW2-1)와, 제2상부충전단열재(GW2-1)로부터 일정 간격 이격되어 제2슬릿(SL2)의 중간에 형성되는 제2중간충전단열재(GW2-2)와, 제2중간충전단열재(GW2-2)와 일정 간격 이격되어 제2슬릿(SL2)의 하부에 형성되는 제2하부충전단열재(GW2-3)로 이루어질 수 있다.
- [222] 제2상부충전단열재(GW2-1), 제2중간충전단열재(GW2-2), 제2하부충전단열재(GW2-3) 각각은, 동일한 단열재 또는 서로 다른 단열재로 형성될 수 있으며, 이때 단열재로는 글라스 울, 슈퍼 라이트(super lite), 연질 폼(foam) 재질, 에어로젤 블랭킷(aerogel blanket) 등이 사용될 수 있다.
- [223] 상기에서, 제1충전단열재(GW1)는 제1슬릿(SL1)의 내부에 다수의 공간이 생기도록 다층으로 형성함으로써, 다층의 제1충전단열재(GW1-1, GW1-2, GW1-3)에 의해 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b)의 연결 부분에서 단열 성능을 향상시키는 물론, 제1슬릿(SL1)의 다수의 공간 부분에서 연결단열벽(3a) 및 고정단열벽(3b)의 수축 및 팽창을 흡수할 수 있게 한다. 제2충전단열재(GW2)는 제2슬릿(SL2)의 내부에 다수의 공간이 생기도록 형성함으로써, 다층의 제2충전단열재(GW2-1, GW2-2, GW2-3)에 의해 고정단열벽(3b)의 단열 성능을 향상시키는 물론, 제2슬릿(SL2)의 다수의 공간 부분에서 고정단열벽(3b)의 수축 및 팽창을 흡수할 수 있게 한다.
- [224] 도 36은 본 발명의 제5실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부

단면도이고, 도 37은 도 36의 A-A' 선을 따라 절단한 연결단열벽의 단면도이고, 도 38는 도 36의 B-B' 선을 따라 절단한 2차단열벽, 2차방벽, 1차단열벽을 이루는 고정단열벽이 적층되어 이루는 단위 요소의 단면도이고, 도 39 및 도 40은 1차단열벽을 이루는 연결단열벽과 고정단열벽 사이에 간극을 이루는 제1슬릿을 충전하는 충전단열재를 설명하기 위한 도면이고, 도 41 및 도 42는 본 발명의 제5실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 구조해석 결과를 나타낸 도면이고, 도 43 내지 도 46은 상기한 제5실시예에 따른 액화가스 저장탱크와 비교예에 따른 액화가스 저장탱크에서 슬릿의 구조 및 슬릿을 충전하는 충전단열재의 적용 유무에 따라 달라지는 대류경로 및 2차방벽의 온도를 비교 설명하기 위한 도면이고, 도 47은 본 발명의 제5실시예에 따른 액화가스 저장탱크와 비교예에 따른 액화가스 저장탱크에서 슬릿을 충전하는 충전단열재의 유무에 따라 슬릿 하부의 2차방벽의 온도를 비교한 그래프이다.

- [225] 도 36 내지 도 40에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제5실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)는, 내부에서 액화가스와 접촉하는 1차방벽(2)과, 1차방벽(2)의 외측에 설치되며 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b)으로 이루어지는 1차단열벽(3)과, 1차단열벽(3)의 외측에 설치되는 2차방벽(4)과, 2차방벽(4)의 외측에 배치되어 선체(7)에 고정되는 2차단열벽(5)을 포함하여 구성될 수 있으며, 전술한 제4실시예와 비교하여 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b) 사이에 간극을 이루는 제1슬릿(SL1)을 충전하는 제1충전단열재(GW1)와, 고정단열벽(3b)에 마련되는 다수의 제2슬릿(SL2)이 상이하고, 다른 구성들은 동일 또는 유사하므로, 이하에서 중복 설명을 회피하기 위해 달라지는 부분을 중심으로 설명하기로 한다.
- [226] 본 실시예의 1차단열벽(3)과 2차단열벽(5)은, 전술한 바와 같이 동일 또는 유사한 두께를 가질 수 있다.
- [227] 1차단열벽(3)은, 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b)으로 이루어질 수 있으며, 이때 연결단열벽(3a)은 고정단열벽(3b)을 포함하는 단위 요소들을 이웃하여 배치했을 때, 이웃하는 2차단열벽(5) 사이에 생기는 공간 부분을 밀봉하도록 이웃하는 고정단열벽(3b) 사이에 삽입 설치될 수 있다. 이때 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b) 사이에 간극이 형성될 수 있다.
- [228] 제1슬릿(SL1)은, 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b) 사이에 형성되는 간극으로서, 1차단열벽(3)의 두께에 대응되는 깊이로 형성될 수 있다.
- [229] 또한, 본 실시예는 고정단열벽(3b)의 수축 및 팽창에 대비할 수 있도록, 고정단열벽(3b)에 일정 간격을 두고 다수의 제2슬릿(SL2)이 형성될 수 있다. 제2슬릿(SL2)은, 고정단열벽(3b)의 길이 방향뿐만 아니라, 도 38에 도시된 바와 같이, 폭 방향으로 적어도 하나 이상 형성될 수 있다.
- [230] 또한, 본 실시예는 연결단열벽(3a)의 수축 및 팽창에 대비할 수 있도록, 연결단열벽(3a)에 적어도 하나 이상의 제3슬릿(SL3)을 형성할 수 있다. 제3슬릿(SL3)은, 상대적으로 좁은 폭 방향으로 형성되지 않고, 도 37에 도시된

바와 같이, 상대적으로 긴 길이 방향으로 적어도 하나 이상 형성될 수 있다. 길이 방향으로 형성되는 제3슬릿(SL3)은, 고정단열벽(3b) 사이에 연결단열벽(3a)을 삽입 설치했을 때, 길이 방향으로 형성되는 제2슬릿(SL2)과 동일 선상에 위치될 수 있다.

- [231] 상기에서, 제2슬릿(SL2)은, 고정단열벽(3b)에 가해지는 온도에 의한 수축 또는 팽창 응력을 완화하면서 단열 성능을 확보할 수 있도록, 고정단열벽(3b)의 두께 대비 약 절반 정도의 두께에 대응되는 깊이로 형성될 수 있으며, 내부에 충전단열재가 충전되지 않는다. 예를 들어, 고정단열벽(3b)의 두께가 200mm인 경우, 제2슬릿(SL2)의 깊이는 약 90mm 정도일 수 있으며, 이에 한정되는 것은 아니며 100mm 내지 50mm 범위 내로 형성될 수 있음은 물론이다. 제3슬릿(SL3)은, 제2슬릿(SL2)과 유사 또는 동일하게 형성될 수 있다.
- [232] 상기한 제1슬릿(SL1), 제2슬릿(SL2) 및 제3슬릿(SL3)을 어떠한 충전단열재로도 충전하지 않았을 경우에, 도 41에 나타난 구조해석 결과와 같이, 얕은 깊이로 형성된 제2슬릿(SL2)이 형성된 고정단열벽(3b) 대비 깊은 깊이로 형성된 제1슬릿(SL1) 부근의 고정단열벽(3b) 및 연결단열벽(3a)에서 단열 성능이 저하됨을 알 수 있다. 이는 깊이가 깊은 제1슬릿(SL1)을 통해 대류 현상이 많이 발생되기 때문이다.
- [233] 이에 본 실시예에서는, 제1슬릿(SL1)을 제1충전단열재(GW1)로 일부 충전함으로써, 도 42에 나타난 구조해석 결과와 같이, 제1충전단열재(GW1)가 열대류 현상을 방지하여 깊은 깊이로 형성된 제1슬릿(SL1) 부근의 고정단열벽(3b) 및 연결단열벽(3a)에서도 얕은 깊이로 형성된 제2슬릿(SL2)이 형성된 고정단열벽(3b)에서의 단열 성능과 유사한 단열 성능을 나타낼 수 있다. 즉, 제1슬릿(SL1)에 제1충전단열재(GW1)를 충전할 경우 모든 부분에서 저온 전달 깊이가 평탄화됨을 알 수 있다.
- [234] 본 실시예에서, 제1슬릿(SL1)에 충전되는 제1충전단열재(GW1)는, 슬릿을 통한 열대류 현상을 개선할 수 있도록, 고정단열벽(3b) 또는 연결단열벽(3a)의 두께 대비 약 절반 정도의 두께에 대응되는 깊이로 형성되는 제2슬릿(SL2) 또는 제3슬릿(SL3)의 깊이보다 적어도 더 길게 형성되어야 한다.
- [235] 구체적으로, 제1충전단열재(GW1)가 일부 충전되는 제1슬릿(SL1)의 공간 부분으로 형성되는 대류경로가 고정단열벽(3b)의 제2슬릿(SL2)의 공간 부분으로 형성되는 대류경로 및 연결단열벽(3a)의 제3슬릿(SL3)의 공간 부분으로 형성되는 대류경로와 연결될 경우, 열대류 현상이 증가되기 때문에, 열대류 현상을 방지하기 위해서는 제1충전단열재(GW1)로 경로를 차단해야만 한다.
- [236] 예를 들어, 제2슬릿(SL2) 및 제3슬릿(SL3)의 깊이는 90mm일 경우, 제1충전단열재(GW1)가 제1슬릿(SL1)의 입구로부터 80mm의 길이로 형성될 경우, 10mm의 연결경로가 형성될 수 밖에 없고, 이에 따라 연결경로를 차단할 수 있도록 제1충전단열재(GW1)는 적어도 90mm 이상의 길이로 형성되어야 한다.

- [237] 또한, 본 실시예의 제1충전단열재(GW1)는, 도 40에 도시된 바와 같이, 접착부재(10)를 이용하여 고정단열벽(3b)의 측면과 대향되는 연결단열벽(3a)의 양 측면에 부착될 수 있다.
- [238] 기존에는 연결단열벽(3a)을 이웃하는 고정단열벽(3b) 사이에 설치한 후 제1충전단열재(GW1)를 지그를 이용하여 삽입 설치하였으나, 본 실시예의 경우 제1충전단열재(GW1)가 양 측면에 부착된 상태의 연결단열벽(3a)를 이웃하는 고정단열벽(3b) 사이에 바로 삽입 설치할 수 있어, 설치 공수를 절감할 수 있다. 이때 고정단열벽(3b)에 부착되는 제1충전단열재(GW1)는, 연결단열벽(3a)를 이웃하는 고정단열벽(3b) 사이에 삽입 설치하기 전에는 압축된 상태(부피가 줄어든 상태)를 유지하고, 설치 후에는 압축이 해제된 상태(부피가 커진 상태)가 되어 제1슬릿(SL1)을 완전하게 막을 수 있게 된다.
- [239] 상기에서는 본 실시예의 제1충전단열재(GW1)는 제1슬릿(SL1)에 일부 충전되는 것으로 설명하였지만, 도 33 및 도 35를 참고하여 설명한 제4실시예의 제1충전단열재(GW1)와 동일 또는 유사하게 형성될 수 있는 등 다양하게 형성된 상태에서 접착부재(10)로 연결단열벽(3a)의 양 측면에 부착 후에 연결단열벽(3a)를 이웃하는 고정단열벽(3b) 사이에 삽입 설치할 수 있음은 물론이다.
- [240] 이하에서는, 도 43 내지 도 47을 참고하여, 본 실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)와 비교예에 따른 액화가스 저장탱크(1')에서 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b)에 형성되는 슬릿의 구조와 슬릿을 충전하는 충전단열재의 적용 유무에 따라 달라지는 대류경로 및 그에 따른 온도 차이를 비교 설명한다.
- [241] 도 43의 (a) 및 도 45는 본 실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)를 도시한 것으로, 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b)은 전술한 구성과 동일하다. 직각코너구조 및 둔각코너구조는 도 25 및 도 26에 도시된 것을 적용하였으나, 이에 한정되지 않고 다른 직각코너구조 및 둔각코너구조를 적용하여도 무방하다.
- [242] 도 43의 (b)는 비교예에 따른 액화가스 저장탱크(1') 도시한 것으로, 본 실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1) 대비하여, 제1슬릿(SL1')은 깊이가 동일하지만 제1충전단열재(GW1)를 충전하지 않은 것에 차이가 있고, 제2슬릿(SL2')은 깊이가 고정단열벽(3b)의 두께와 유사한 깊이로 형성되는 것에 차이가 있으며, 그 이외의 구성은 동일 또는 유사할 수 있다.
- [243] 도 44의 (a)는 본 실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)에서의 제1,2,3대류경로(CP1, CP2, CP3)를 도시한 것이다.
- [244] 제1대류경로(CP1)는, 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b) 사이에 형성되는 간극인 제1슬릿(SL1)에 대응되는 경로로서, 제1슬릿(SL1)의 상부에서 제1충전단열재(GW1)에 의해 대류차단경로(CP1')가 형성됨에 따라 제1슬릿(SL1)의 하부 공간 부분으로만 경로가 형성됨을 알 수 있다.
- [245] 제2대류경로(CP2)는, 고정단열벽(3b)의 두께 대비 약 절반 정도의 두께에

대응되는 깊이로 형성되는 제2슬릿(SL2)에 대응되는 경로로서, 제2슬릿(SL2)의 공간 부분으로 경로가 형성되지만 제1슬릿(SL1)에 충전된 제1충전단열재(GW1) 부분에서 차단됨을 알 수 있다.

[246] 제3대류경로(CP3)는, 연결단열벽(3a)의 두께 대비 약 절반 정도의 두께에 대응되는 깊이로 형성되는 제3슬릿(SL3)에 대응되는 경로로서, 제3슬릿(SL3)의 공간 부분으로 경로가 형성되지만 제1슬릿(SL1)에 충전된 제1충전단열재(GW1) 부분에서 차단됨을 알 수 있다.

[247] 도 44의 (b)는 비교예에 따른 액화가스 저장탱크(1')에서의 제4,5,6대류경로(CP4, CP5, CP6)를 도시한 것이다.

[248] 제4대류경로(CP4)는, 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b) 사이에 형성되는 간극인 제1슬릿(SL1')에 대응되는 경로로서, 본 실시예와 달리 제1슬릿(SL1')에는 충전단열재가 충전되지 않음에 따라 제1슬릿(SL1')의 모든 공간 부분으로 경로가 형성됨을 알 수 있다.

[249] 제5대류경로(CP5)는, 고정단열벽(3b)의 두께와 유사한 깊이로 형성되는 제2슬릿(SL2')에 대응되는 경로로서, 제2슬릿(SL2')의 공간 부분으로 형성된 제5대류경로(CP5)가 제1슬릿(SL1')의 공간 부분으로 형성된 제4대류경로(CP4)와 연결됨을 알 수 있다.

[250] 제6대류경로(CP6)는, 연결단열벽(3a)의 두께와 유사한 깊이로 형성되는 제3슬릿(도시하지 않음)에 대응되는 경로로서, 제3슬릿의 공간 부분으로 형성된 제6대류경로(CP6)가 제4대류경로(CP4) 및 제5대류경로(CP5)와 연결됨을 알 수 있다.

[251] 상기한 바와 같이, 본 실시예의 액화가스 저장탱크(1)는 제1,2,3대류경로(CP1, CP2, CP3) 상호간이 불연속적이면서 대류영역이 감소됨을 알 수 있으며, 비교예의 액화가스 저장탱크(1')는 제4,5,6대류경로(CP4, CP5, CP6)가 연속적이면서 대류영역이 증가됨을 알 수 있다.

[252] 또한, 도 44 (b)에 도시된 바와 같이, 비교예의 액화가스 저장탱크(1')는 제4,5,6대류경로(CP4, CP5, CP6) 각각이 1차방벽(2)으로부터 2차방벽(4)까지 대류 공간을 이루게 되므로, 1차방벽(2)에서의 온도가 2차방벽(4)에 직접 영향을 미쳐 2차방벽(4)에서 온도 하강이 심하게 일어나게 된다. 반면에, 본 실시예의 액화가스 저장탱크(1)는 제1,2,3대류경로(CP1, CP2, CP3) 각각이 제1충전단열재(GW1)에 의해 1차방벽(2)에서의 온도가 2차방벽(4)으로 전도되는 것을 방지할 수 있어, 비교예의 액화가스 저장탱크(1') 대비 본 실시예의 액화가스 저장탱크(1)의 2차방벽(4)에서 온도 하강이 덜 일어나게 된다.

[253] 이러한 대류경로 차이로 인하여 본 실시예의 액화가스 저장탱크(1)와 비교예의 액화가스 저장탱크(1') 각각의 2차방벽(4)에서도 온도 차이가 발생된다.

[254] 도 45 및 도 46에 도시된 바와 같이, 단위 요소들을 이웃하여 배치했을 때, 이웃하는 2차단열벽(5) 사이에 생기는 공간 부분에서 2차방벽(4)에 근접되도록 온도센서(TL)를 부착하였다.

- [255] 1차방벽(2)의 온도가 -196도, 선체(7)의 온도가 10도인 상태에서 온도센서(TL)를 통해 온도를 측정한 결과, 본 실시예의 액화가스 저장탱크(1)에서는 -79.3도였고, 비교예의 액화가스 저장탱크(1')에서는 -100.9도였다. 이러한 결과는 상기한 바와 같이 비교예의 액화가스 저장탱크(1') 대비 본 실시예의 액화가스 저장탱크(1)의 대류경로가 불연속적이면서 대류영역이 감소함에 따른 것임을 알 수 있다.
- [256] 도 47은 본 실시예의 액화가스 저장탱크(1)에서 제1슬릿(SL1)에 제1충전단열재(GW1)를 충전한 것 대비 비교예의 액화가스 저장탱크(1')에서 제1슬릿(SL1')에 충전단열재를 충전하지 않았을 때, 제1슬릿(SL1, SL1') 하부의 2차방벽(4)의 온도를 비교한 그래프이다.
- [257] 1차방벽(2)의 온도가 -196도, 선체(7)의 온도가 10도인 상태에서, 제1슬릿(SL1, SL1') 높이가 0.2mm 일 때, 제1충전단열재(GW1)가 충전된 본 실시예의 제1슬릿(SL1) 하부의 2차방벽(4)의 온도는 -90도 정도였고(그래프 A), 충전단열재가 충전되지 않은 비교예의 제1슬릿(SL1') 하부의 2차방벽(4)의 온도는 -150도 정도였다(그래프 B).
- [258] 이를 통해 비교예의 액화가스 저장탱크(1') 대비 본 실시예의 액화가스 저장탱크(1)의 2차방벽(4)에서 온도 하강이 덜 일어남(열대류 방지)을 알 수 있다.
- [259] 도 48은 본 발명의 제6실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 단면도이고, 도 49는 도 48의 A-A' 선을 따라 절단한 연결단열벽의 단면도이고, 도 50은 도 48의 B-B' 선을 따라 절단한 2차단열벽, 2차방벽, 1차단열벽을 이루는 고정단열벽이 적층되어 이루는 단위 요소의 단면도이고, 도 51은 1차단열벽을 이루는 연결단열벽과 고정단열벽 사이에 간극을 이루는 제1슬릿에 충전단열재가 충전된 상태를 도시한 확대도이다.
- [260] 도 48 내지 도 51에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제6실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)는, 내부에서 액화가스와 접촉하는 1차방벽(2)과, 1차방벽(2)의 외측에 설치되며 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b)으로 이루어지는 1차단열벽(3)과, 1차단열벽(3)의 외측에 설치되는 2차방벽(4)과, 2차방벽(4)의 외측에 배치되어 선체(7)에 고정되는 2차단열벽(5)을 포함하여 구성될 수 있으며, 전술한 제5실시예와 비교하여 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b) 각각의 측면에 형성되는 단차부(ST1, ST2)가 상이하고, 다른 구성들은 동일 또는 유사하므로, 이하에서 중복 설명을 회피하기 위해 달라지는 부분을 중심으로 설명하기로 한다.
- [261] 본 실시예의 1차단열벽(3)과 2차단열벽(5)은, 전술한 바와 같이 동일 또는 유사한 두께를 가질 수 있다.
- [262] 1차단열벽(3)은, 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b)으로 이루어질 수 있으며, 이때 연결단열벽(3a)은 고정단열벽(3b)을 포함하는 단위 요소들을 이웃하여 배치했을 때, 이웃하는 2차단열벽(5) 사이에 생기는 공간 부분을 밀봉하도록

이웃하는 고정단열벽(3b) 사이에 삽입 설치될 수 있다.

- [263] 연결단열벽(3a)은, 도 48 및 도 49에 도시된 바와 같이, 상부와 하부로 구분될 수 있으며, 상부의 전후좌우 폭이 하부의 전후좌우 폭보다 좁게 형성되고, 이로 인해 연결단열벽(3a)의 전후좌우 측면에 포지티브 형태의 제1단차부(ST1)가 형성될 수 있다.
- [264] 연결단열벽(3a)의 상부와 하부는, 연결단열벽(3a)의 두께의 절반 정도의 위치를 기준으로 구분될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 연결단열벽(3a)의 두께와 유사한 깊이로 형성되는 제3슬릿(SL3)의 깊이에 따라 결정될 수 있는데 후술함에 의해 이해될 것이다. 여기서, 제3슬릿(SL3)은, 연결단열벽(3a)의 길이 방향으로 적어도 하나 이상 형성되고, 고정단열벽(3b) 사이에 연결단열벽(3a)을 삽입 설치했을 때, 길이 방향으로 형성되는 제2슬릿(SL2)과 동일 선상에 위치될 수 있다.
- [265] 또한, 연결단열벽(3a)은, 도 48 및 도 49에 도시된 바와 같이, 저면 모서리에 네거티브 형태의 챔퍼(CH)가 형성될 수 있다.
- [266] 챔퍼(CH)는, 연결단열벽(3a)을 이웃하는 고정단열벽(3b) 사이에 설치할 때, 삽입을 용이하게 하는 역할을 한다.
- [267] 고정단열벽(3b)은, 도 48 및 도 50에 도시된 바와 같이, 상부와 하부로 구분될 수 있으며, 상부의 전후좌우 폭이 하부의 전후좌우 폭보다 좁게 형성되고, 이로 인해 고정단열벽(3b)의 전후좌우 측면에 포지티브 형태의 제2단차부(ST2)가 형성될 수 있다.
- [268] 고정단열벽(3b)의 상부와 하부는, 고정단열벽(3b)의 두께의 절반 정도의 위치를 기준으로 구분될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 고정단열벽(3b)의 두께와 유사한 깊이로 형성되는 제2슬릿(SL2)의 깊이에 따라 결정될 수 있는데 후술함에 의해 이해될 것이다.
- [269] 상기에서, 제1단차부(ST1)와 제2단차부(ST2)는, 동일 또는 유사한 형태일 수 있으며, 이웃하는 고정단열벽(3b) 사이에 연결단열벽(3a)을 삽입 설치했을 때, 서로 마주보면서 공간이 정의되어 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b) 사이에 제1충전단열재(GW1)가 충전되는 제1슬릿(SL1)을 형성할 수 있게 한다.
- [270] 즉, 제1단차부(PS1)는, 연결단열벽(3a)을 상부와 하부로 구분했을 때, 상부의 전후좌우 폭을 하부의 전후좌우 폭보다 좁게 형성하여 이루어지고, 제2단차부(PS2)는, 고정단열벽(3b)을 상부와 하부로 구분했을 때, 상부의 전후좌우 폭을 하부의 전후좌우 폭보다 좁게 형성하여 이루어지며, 이때 제1충전단열재(GW1)는, 연결단열벽(3a)의 하부와 고정단열벽(3b)의 하부가 인접되도록 설치함에 의해 연결단열벽(3a)의 상부와 고정단열벽(3b)의 상부 사이에 마련되는 공간인 제1슬릿(SL1)에 충전될 수 있다. 제1슬릿(SL1)에 충전되는 제1충전단열재(GW1)는 제1슬릿(SL1)의 공간에 충전된 상태에서 공간을 완전히 밀폐시킬 수 있도록 (+) 공차를 가지도록 형성될 수 있으며, 이로 인해 연결단열벽(3a) 및 고정단열벽(3b)의 수축 및 팽창에도 제1슬릿(SL1)에

열대류 경로가 생기지 않는다.

- [271] 예를 들어, 두께가 10mm인 제1충전단열재(GW1)를 제1슬릿(SL1)에 삽입하기 위해서는, 제1충전단열재(GW1)의 압축 상태를 고려하여 제1슬릿(SL1)의 폭이 최소 6mm 정도여야 하므로, 본 실시예에서는 연결단열벽(3a)의 하부 측면과 고정단열벽(3b)의 하부 측면 사이의 폭이 2mm(일반적으로 연결단열벽과 고정단열벽 사이의 거리)가 되도록 설치하고, 연결단열벽(3a)에 마련되는 제1단차부(ST1)의 폭이 2mm가 되도록 형성하고, 고정단열벽(3b)에 마련되는 제2단차부(ST2)의 폭이 2mm가 되도록 형성할 수 있다. 제1슬릿(SL1)을 충전하는 제1충전단열재(GW1)의 두께는 가변될 수 있으므로, 본 실시예의 제1단차부(ST1) 및 제2단차부(ST2) 각각의 폭 또한 가변될 수 있음은 물론이다.
- [272] 본 실시예에서, 제1슬릿(SL1)을 형성하는 제1단차부(ST1) 및 제2단차부(ST2)의 깊이는, 고정단열벽(3b) 또는 연결단열벽(3a)의 두께 대비 약 절반 정도의 두께에 대응되는 깊이로 형성되는 제2슬릿(SL2) 또는 제3슬릿(SL3)이 형성되지 않을 경우, 특별하게 제한되지 않지만, 제2슬릿(SL2) 또는 제3슬릿(SL3)이 형성될 경우에 열대류 현상을 방지하기 위해서 제한될 필요가 있다.
- [273] 즉, 제5실시예에서 전술한 바와 같이, 슬릿을 통한 열대류 현상을 방지하기 위해서, 제1슬릿(SL1)에 충전되는 제1충전단열재(GW1)가 제2슬릿(SL2) 또는 제3슬릿(SL3)의 깊이보다 적어도 더 길게 형성되어야 한다는 점을 고려할 때, 본 실시예의 제1충전단열재(GW1)가 충전되는 제1슬릿(SL1)의 깊이는 제2슬릿(SL2) 및 제3슬릿(SL3)의 깊이보다 더 깊게 형성되어야 한다.
- [274] 예를 들어, 충전단열재가 충전되지 않는 제2슬릿(SL2) 및 제3슬릿(SL3)의 깊이가 90mm일 경우, 제1충전단열재(GW1)가 충전되는 제1슬릿(SL1)의 깊이는 적어도 90mm 이상의 깊이, 일례로 105mm의 깊이로 형성되어야 한다.
- [275] 도 52는 본 발명의 제7실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 사시도이고, 도 53의 (a) 내지 (c)는 도 52의 2차단열벽, 2차방벽, 1차단열벽을 이루는 고정단열벽이 적층된 단위 요소의 평면, 측면 및 단면을 도시한 도면이고, 도 54의 (a) 내지 (c)는 도 52의 1차단열벽을 이루는 연결단열벽의 평면, 측면 및 단면을 도시한 도면이고, 도 55의 (a) 내지 (c)는 도 52의 1차단열벽을 이루는 다른 실시예에 따른 연결단열벽의 평면, 측면 및 단면을 도시한 도면이고, 도 56은 도 52의 1차단열벽을 이루는 또 다른 실시예에 따른 연결단열벽의 배면 사시도이고, 도 57은 1차단열벽을 이루는 고정단열벽과 연결단열벽이 교호적으로 연결되는 부분의 단면을 도시한 도면이고, 도 58은 1차단열벽을 이루는 다수의 연결단열벽이 연속하여 연결되는 부분의 단면을 도시한 도면이다.
- [276] 상기에서, 도 53의 (c)는 도 53의 (a)에서 A-A' 선을 따라 절단한 연결단열벽의 단면도이고, 도 54의 (c)는 도 54의 (a)에서 B-B' 선을 따라 절단한 연결단열벽의 단면도이고, 도 55의 (c)는 도 55의 (a)에서 C-C' 선을 따라 절단한 연결단열벽의 단면도이다.

- [277] 도 52 내지 도 58에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제7실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)는, 내부에서 액화가스와 접촉하는 1차방벽과, 1차방벽의 외측에 설치되며 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b)으로 이루어지는 1차단열벽(3)과, 1차단열벽(3)의 외측에 설치되는 2차방벽(4)과, 2차방벽(4)의 외측에 배치되어 선체(7)에 고정되는 2차단열벽(5)을 포함하여 구성될 수 있으며, 전술한 제5실시예와 비교하여 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b) 각각의 측면에 형성되는 단차부(PS1, PS2, PS3, PS4) 및 단차부(PS1, PS2, PS3, PS4)를 단열패드(IP1, IP2)로 마감하는 것이 상이하고, 다른 구성들은 동일 또는 유사하므로, 이하에서 중복 설명을 회피하기 위해 달라지는 부분을 중심으로 설명하기로 한다.
- [278] 본 실시예의 1차단열벽(3)과 2차단열벽(5)은, 전술한 바와 같이 동일 또는 유사한 두께를 가질 수 있다.
- [279] 1차단열벽(3)은, 연결단열벽(3a)과 고정단열벽(3b)으로 이루어질 수 있으며, 이때 연결단열벽(3a)은 고정단열벽(3b)을 포함하는 단위 요소들을 이웃하여 배치했을 때, 이웃하는 2차단열벽(5) 사이에 생기는 공간 부분을 밀봉하도록 이웃하는 고정단열벽(3b) 사이에 삽입 설치될 수 있다. 이하에서, 고정단열벽(3b)의 전후좌우 측면은 연결단열벽(3a)의 전후 측면과 연결되는 측면이라 정의되고, 연결단열벽(3a)의 좌우 측면은 이웃하는 다른 연결단열벽(3a)의 좌 측면 또는 우 측면과 연결되는 측면이라 정의한다.
- [280] 고정단열벽(3b)은, 도 52 및 도 53의 (a) 내지 (c)에 도시된 바와 같이, 상부와 하부로 구분될 수 있다. 고정단열벽(3b)의 상부와 하부는, 고정단열벽(3b)의 두께의 절반 정도의 위치를 기준으로 구분될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [281] 고정단열벽(3b)은, 상부의 전후좌우 폭이 하부의 전후좌우 폭보다 좁게 형성되어, 전후좌우 측면에 포지티브 형태의 제1단차부(PS1)가 형성될 수 있다.
- [282] 제1단차부(PS1)는, 고정단열벽(3b)의 전후좌우 측에서 후술할 연결단열벽(3a)에 형성되는 제2단차부(PS2), 제3단차부(PS3) 또는 제4단차부(PS4)의 전후 측면과 중첩되어, 도 57에 도시된 바와 같이, 제1슬릿(SL1)을 형성할 수 있다. 고정단열벽(3b)의 제1단차부(PS1) 상에는 제1단열패드(IP1)가 접착 형성될 수 있는데, 제1단열패드(IP1)에 대해서는 후술하기로 한다.
- [283] 연결단열벽(3a)은, 도 52, 도 54의 (a) 내지 (c) 및 도 56의 (a) 내지 (c)에 도시된 바와 같이, 상부와 하부로 구분될 수 있다. 연결단열벽(3a)의 상부와 하부는, 연결단열벽(3a)의 두께의 절반 정도의 위치를 기준으로 구분될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [284] 연결단열벽(3a)은, 이웃하는 2개의 고정단열벽(3b) 사이에 생기는 직선 형상의 공간 부분에 삽입 설치되는 것으로, 도 54의 (a) 내지 (c)에 도시된 바와 같이, 상부의 전후 폭이 하부의 전후 폭보다 넓게 형성되고, 상부의 좌우 폭이 하부의

- 좌우 폭보다 좁게 형성되어, 전후좌우 측면에 제2단차부(PS2)가 형성될 수 있다.
- [285] 제2단차부(PS2)는, 도 54의 (b)에 도시된 바와 같이 연결단열벽(3a)의 좌우 측면에서 포지티브 형태를 이루며, 도 54의 (c)에 도시된 바와 같이 연결단열벽(3a)의 전후 측면에서 네거티브 형태를 이룰 수 있다.
- [286] 연결단열벽(3a)의 좌우 측면에서 포지티브 형태를 이루는 제2단차부(PS2)는, 이웃하는 2개의 고정단열벽(3b) 사이에 생기는 직선 형상의 공간 부분에 다수의 다른 연결단열벽이 연속 삽입 설치될 때, 이웃하여 연결되는 다른 연결단열벽의 측면에 네거티브 형태로 형성되는 단차부와 중첩되어, 도 58에 도시된 바와 같이, 제4슬릿(SL4)을 형성할 수 있다. 연결단열벽(3a)의 좌우 측면에서 포지티브 형태를 이루는 제2단차부(PS2) 상에는 제2단열패드(IP2)가 형성될 수 있는데, 제2단열패드(IP2)에 대해서는 후술하기로 한다. 여기서 다른 연결단열벽은, 도 55의 (b)에 도시된 바와 같이, 일 측면에 네거티브 형태의 제3단차부(PS3)를 갖는 연결단열벽(3a)이거나, 도 56에 도시된 바와 같이, 전후좌우 측면의 함몰부에 네거티브 형태의 제4단차부(PS4)를 갖는 연결단열벽(3a)일 수 있다.
- [287] 연결단열벽(3a)의 전후 측면에서 네거티브 형태를 이루는 제2단차부(PS2)는, 이웃하는 2개의 고정단열벽(3b) 사이에 삽입 설치될 때, 고정단열벽(3b)의 전후좌우 측면에서 포지티브 형태를 이루는 제1단차부(PS1)와 중첩되어, 도 57에 도시된 바와 같이, 제1슬릿(SL1)을 형성할 수 있다.
- [288] 또한, 연결단열벽(3a)은, 이웃하는 2개의 고정단열벽(3b) 사이에 생기는 직선 형상의 공간 부분에 삽입 설치되는 것으로, 도 55의 (a) 내지 (c)에 도시된 바와 같이, 상부의 전후 폭이 하부의 전후 폭보다 넓게 형성되고, 상부의 좌우 폭이 하부의 좌우 폭과 동일하게 형성되되 좌우 측면에서 엇갈리게 형성되어, 전후좌우 측면에 제3단차부(PS3)가 형성될 수 있다.
- [289] 제3단차부(PS3)는, 도 55의 (b)에 도시된 바와 같이 연결단열벽(3a)의 좌우 측면 중에서 일 측면이 네거티브 형태를 이루고 타 측면이 포지티브 형태를 이루며, 도 54의 (c)에 도시된 바와 같이 연결단열벽(3a)의 전후 측면에서 네거티브 형태를 이룰 수 있다.
- [290] 연결단열벽(3a)의 좌우 측면 중에서 네거티브 형태를 이루는 제3단차부(PS3)는, 이웃하는 2개의 고정단열벽(3b) 사이에 생기는 직선 형상의 공간 부분에 다수의 다른 연결단열벽이 연속 삽입 설치될 때, 이웃하여 연결되는 다른 연결단열벽의 측면에 포지티브 형태로 형성되는 단차부와 중첩되어, 도 58에 도시된 바와 같이, 제4슬릿(SL4)을 형성할 수 있다. 여기서 다른 연결단열벽은, 도 54의 (b)에 도시된 바와 같이, 좌우 측면에 포지티브 형태의 제2단차부(PS2)를 갖는 연결단열벽(3a)이거나, 도 55의 (b)에 도시된 바와 같이, 타 측면에 포지티브 형태의 제3단차부(PS3)를 갖는 연결단열벽(3a)일 수 있다.
- [291] 연결단열벽(3a)의 좌우 측면 중에서 포지티브 형태를 이루는 제3단차부(PS3)는, 이웃하는 2개의 고정단열벽(3b) 사이에 생기는 직선 형상의 공간 부분에 다수의 다른 연결단열벽이 연속 삽입 설치될 때, 이웃하여 연결되는

다른 연결단열벽의 측면에 네거티브 형태로 형성되는 단차부와 중첩되어, 도 58에 도시된 바와 같이, 제4슬릿(SL4)을 형성할 수 있다. 연결단열벽(3a)의 좌우 측면 중에서 포지티브 형태를 이루는 제3단차부(PS3) 상에는 제2단열패드(IP2)가 형성될 수 있는데, 제2단열패드(IP2)에 대해서는 후술하기로 한다. 여기서 다른 연결단열벽은, 도 55의 (b)에 도시된 바와 같이, 일 측면에 네거티브 형태의 제3단차부(PS3)를 갖는 연결단열벽(3a)이거나, 도 56에 도시된 바와 같이, 전후좌우 측면의 함몰부에 네거티브 형태의 제4단차부(PS4)를 갖는 연결단열벽(3a)일 수 있다.

- [292] 또한, 연결단열벽(3a)은, 이웃하는 4개의 고정단열벽(3b) 사이에 생기는 교차 형상의 공간 부분에 삽입 설치되는 것으로, 도 56에 도시된 바와 같이, 상부의 전후좌우 폭이 하부의 전후좌우 폭보다 넓게 형성되어, 전후좌우 측면에 제4단차부(PS4)가 형성될 수 있다.
- [293] 제4단차부(PS4)는, 연결단열벽(3a)의 전후좌우 측면의 돌출부 및 전후좌우 측면의 함몰부에서 네거티브 형태를 이룰 수 있다.
- [294] 연결단열벽(3a)의 전후좌우 측면의 돌출부에서 네거티브 형태를 이루는 제4단차부(PS4)는, 이웃하는 4개의 고정단열벽(3b) 사이에 생기는 교차 형상의 공간 부분에 삽입 설치될 때, 이웃하는 2개의 고정단열벽(3b) 사이에 생기는 직선 형상의 공간 부분에 설치된 다른 연결단열벽의 측면에 포지티브 형태로 형성되는 단차부와 중첩되어, 도 58에 도시된 바와 같이, 제4슬릿(SL4)을 형성할 수 있다. 여기서 다른 연결단열벽은, 도 54의 (b)에 도시된 바와 같이, 좌우 측면에 포지티브 형태의 제2단차부(PS2)를 갖는 연결단열벽(3a)이거나, 도 55의 (b)에 도시된 바와 같이, 타 측면에 포지티브 형태의 제3단차부(PS3)를 갖는 연결단열벽(3a)일 수 있다.
- [295] 연결단열벽(3a)의 전후좌우 측면의 함몰부에서 네거티브 형태를 이루는 제4단차부(PS4)는, 이웃하는 4개의 고정단열벽(3b) 사이에 생기는 교차 형상의 공간 부분에 삽입 설치될 때, 이웃하는 4개의 고정단열벽(3b) 각각의 전후좌우 측면에서 포지티브 형태를 이루는 제1단차부(PS1)와 중첩되어, 도 57에 도시된 바와 같이, 제1슬릿(SL1)을 형성할 수 있다.
- [296] 상기한 본 실시예의 제1슬릿(SL1)은, 도 57에 도시된 바와 같이, 이웃하는 고정단열벽(3b) 사이에 연결단열벽(3a)을 삽입 설치했을 때, 고정단열벽(3b)의 측면에 형성되는 제1포지티브 단차부 상에 연결단열벽(3a)의 측면에 형성되는 제1네거티브 단차부가 중첩되어 고정단열벽(3b)과 연결단열벽(3a) 사이에 형성되는 공간으로, 굴곡진 형태를 갖는다. 여기서, 고정단열벽(3b)의 측면에 형성되는 제1포지티브 단차부는 고정단열벽(3b)의 전후좌우 측면에 형성되는 포지티브 형태의 제1단차부(PS1)일 수 있으며, 연결단열벽(3a)의 측면에 형성되는 제1네거티브 단차부는 연결단열벽(3a)의 전후 측면에 형성되는 제2단차부(PS2), 제3단차부(PS3)이거나, 연결단열벽(3a)의 전후좌우 측면의 함몰부에 형성되는 제4단차부(PS4)일 수 있다.

- [297] 굴곡진 형태를 갖는 제1슬릿(SL1)은, 직선 형태를 갖는 슬릿 대비 열대류 현상이 감소하지만, 제1슬릿(SL1)의 공간을 통해 열대류 현상이 발생할 수 있다.
- [298] 이에 본 실시예에서는, 열대류 현상을 방지할 수 있도록, 고정단열벽(3b)의 전후좌우 측면에 포지티브 형태로 형성되는 제1단차부(PS1) 상에 제1단열패드(IP1)가 접착 형성된다.
- [299] 제1단열패드(IP1)는, 고정단열벽(3b)에서 연결단열벽(3a)과 마주하는 측면에 형성되는 제1포지티브 단차부 상에 접착 형성될 수 있고, 연결단열벽(3a)이 이웃하는 고정단열벽(3b) 사이에 설치될 때, 연결단열벽(3a)에 접착되지 않는 상태로 연결단열벽(3a)에서 고정단열벽(3b)과 마주하는 측면에 형성되는 제1네거티브 단차부에 의해 압착되어 제1슬릿(SL1)의 공간 부분을 차단할 수 있다.
- [300] 제1단열패드(IP1)는, 글라스 울과 같은 단열 재질로 형성될 수 있으며, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [301] 또한, 본 실시예의 제4슬릿(SL4)은, 도 58에 도시된 바와 같이, 다수의 연결단열벽(3a)이 연속 설치될 때, 이웃하는 연결단열벽(3a) 중에서 어느 하나의 연결단열벽(3a)의 측면에 형성되는 제2포지티브 단차부 상에 다른 하나의 연결단열벽(3a)의 측면에 형성되는 제2네거티브 단차부가 중첩되어 이웃하는 연결단열벽(3a) 사이에 형성되는 공간으로, 굴곡진 형태를 갖는다. 여기서, 어느 하나의 연결단열벽(3a)의 측면에 형성되는 제2포지티브 단차부는 연결단열벽(3a)의 좌우 측면 중 적어도 어느 한 측면에 형성되는 제2단차부(PS2), 제3단차부(PS3)일 수 있으며, 다른 하나의 연결단열벽(3a)의 측면에 형성되는 제2네거티브 단차부는 연결단열벽(3a)의 좌우 측면 중 적어도 어느 한 측면에 형성되는 제3단차부(PS3)이거나, 연결단열벽(3a)의 전후좌우 측면의 돌출부에 형성되는 제4단차부(PS4)일 수 있다.
- [302] 굴곡진 형태를 갖는 제4슬릿(SL4)은, 직선 형태를 갖는 슬릿 대비 열대류 현상이 감소하지만, 제4슬릿(SL4)의 공간을 통해 열대류 현상이 발생할 수 있다.
- [303] 이에 본 실시예에서는, 열대류 현상을 방지할 수 있도록, 이웃하는 연결단열벽(3a)의 좌우 측면에 형성되는 제2포지티브 단차부 또는 제2네거티브 단차부 중에서 제2포지티브 단차부 상에 제2단열패드(IP2)가 접착 형성된다.
- [304] 제2단열패드(IP2)는, 이웃하는 연결단열벽(3a) 중에서 어느 하나의 연결단열벽(3a)의 측면에 형성되는 제2포지티브 단차부 상에 접착 형성될 수 있고, 이웃하는 연결단열벽(3a)이 이웃하는 고정단열벽(3b) 사이에 연속 설치될 때, 이웃하는 연결단열벽(3a) 중에서 다른 하나의 연결단열벽(3a)의 측면에 형성되는 제2네거티브 단차부에 의해 압착되어 제4슬릿(SL4)의 공간 부분을 차단할 수 있다.
- [305] 제2단열패드(IP2)는, 글라스 울과 같은 단열 재질로 형성될 수 있으며, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [306] 상기한 본 실시예에서, 제1,2,3,4단차부(PS1, PS2, PS3, PS4) 각각의 폭은, 동일

또는 유사할 수 있으며, 예를 들어 30mm일 수 있으며, 이에 한정되는 것은 아니다.

- [307] 또한, 제1,4슬릿(SL1, SL4) 각각의 폭은, 동일 또는 유사할 수 있으며, 예를 들어, 연결단열벽(3a)의 상부 측면과 고정단열벽(3b)의 상부 측면 사이의 폭이 2mm이고, 연결단열벽(3a)의 하부 측면과 고정단열벽(3b)의 하부 측면 사이의 폭이 2mm일 수 있으며, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [308] 또한, 제1,2단열패드(IP1, IP2) 각각의 두께와 폭은, 동일 또는 유사할 수 있으며, 예를 들어, 두께가 10mm이고 폭이 30mm일 수 있으며, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [309] 이와 같이 본 실시예는, 연결단열벽(3a)을 포괄하는 1차단열벽(3)과 2차단열벽(5)의 전체 두께에서 1차단열벽(3, 3a)의 두께를 2차단열벽(5)과 동일 또는 유사하게 구성함으로써, 2차단열벽(5)의 기계적 강도를 일정 수준으로 유지할 수 있음은 물론, 2차방벽(4)의 저온 부담 및 슬로싱 부담을 줄일 수 있어, 2차방벽(4)의 손상을 방지할 수 있다.
- [310] 또한, 본 실시예는, 단위 요소를 이루는 이웃하는 1차단열벽(3) 사이의 공간에 마련되는 연결단열벽(3a)의 하면에 보조단열판(33)을 마련함으로써, 단위 요소를 이루는 이웃하는 2차단열벽(5)의 연결 부분에서의 단열 성능을 더욱 증대시킬 수 있다.
- [311] 또한, 본 실시예는, 2차방벽(4)의 구성을 개선하여 단열 성능을 증가시킬 수 있다.
- [312] 또한, 본 실시예는, 2차단열벽(5)과 선체(7) 사이에 2차단열벽(5)의 레벨링부재(8)로 비접촉탄성단열재를 적용함으로써, 기존의 마스틱과 레벨링웨지를 사용하지 않더라도 선체(7)의 변형 부위의 수평을 맞출 수 있고, 탱크의 단열 성능을 증대시킬 수 있다.
- [313] 또한, 본 실시예는, 2차단열벽(5)의 단위패널 측면 하부에 외부로 돌출되어 마련되는 돌출부(91)와, 선체(7)에 고정되는 스티드볼트(92)에 의한 클리트(cleat) 구조 방식으로 인접한 2차단열벽(5)의 단위패널을 고정시킴으로써, 2차단열벽(5)에 구멍을 뚫어 스티드볼트로 단위패널을 고정시키는 방식 대비 공수를 절감할 수 있다.
- [314] 또한, 본 실시예는, 2차방벽(4) 상에 형성되는 1차단열벽(3)의 수축 및 팽창에 대비하기 위해 마련되는 슬릿을 최적화 하고, 슬릿을 통해 발생하는 대류 현상 및 2차방벽(4)으로의 열 침투를 최소화 할 수 있도록, 슬릿 구조를 개선하고 슬릿을 충전하는 충전단열재를 다양하게 구성함으로써, 슬릿 형성에 따른 1차단열벽(3)의 안정성을 향상시킬 수 있음과 동시에 2차방벽(4)의 저온 부담을 줄일 수 있어, 1차단열벽(3) 및 2차방벽(4)의 손상을 방지할 수 있다.
- [315] 본 발명은 상기에서 설명한 실시예들로 한정되지 않으며, 상기 실시예들의 조합 또는 상기 실시예 중 적어도 어느 하나와 공지 기술의 조합을 또 다른 실시예로서 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 28 내지 도 29의 실시예가 도 4 내지 도

27의 실시예와의 조합이 가능하다. 또한, 예를 들어, 도 30 내지 도 31의 실시예가 도 1 및 도 2의 단열시스템 또는 도 28 및 도 29의 단열시스템과 조합이 가능하다. 또한, 예를 들어, 도 32 내지 도 58의 실시예가 도 1 내지 도 31의 실시예와의 조합이 가능하다.

[316] 이상 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세히 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당해 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함은 명백하다고 할 것이다.

[317] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속하는 것으로 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

[318] [부호의 설명]

[319] 1, 1': 액화가스 저장탱크 2: 1차방벽

[320] 21: 평면부 22: 곡면부

[321] 23: 경계부 3: 1차단열벽

[322] 3b: 고정단열벽 31: 1차플라이우드

[323] 32: 1차단열재 3a: 연결단열벽

[324] 31a: 연결플라이우드 32a: 연결단열재

[325] 33: 보조단열판 4: 2차방벽

[326] 41: 메인방벽 42: 보조방벽

[327] GAC: 글라스-아라미드직물 AF: 알루미늄포일

[328] GC: 글라스직물 BC: 바잘트직물

[329] 5: 2차단열벽 51: 2차단열재

[330] 52: 2차플라이우드 6: 마스틱

[331] 7: 선체 8: 레벨링부재

[332] 9: 고정부재 91: 돌출부

[333] 92: 스티드볼트 10: 접착부재

[334] SL1, SL1': 제1슬릿 SL2, SL2': 제2슬릿

[335] SL3: 제3슬릿 SL4: 제4슬릿

[336] GW1: 제1충전단열재 GW1-1: 제1상부충전단열재

[337] GW1-2: 제1중간충전단열재 GW1-3: 제1하부충전단열재

[338] GW2: 제2충전단열재 GW2-1: 제2상부충전단열재

[339] GW2-2: 제2중간충전단열재 GW2-3: 제2하부충전단열재

[340] CP1: 제1대류경로 CP1': 대류차단경로

[341] CP2: 제2대류경로 CP3: 제3대류경로

[342] CP4: 제4대류경로 CP5: 제5대류경로

[343] CP6: 제6대류경로 TL: 온도센서

[344] ST1: 제1단차부 ST2: 제2단차부

[345] CH: 챔퍼 IP1: 제1단열패드

- [346] IP2: 제2단열패드 PS1: 제1단차부
- [347] PS2: 제2단차부 PS3: 제3단차부
- [348] PS4: 제4단차부

청구범위

- [청구항 1] 1차방벽, 1차단열벽, 2차방벽, 2차단열벽으로 이루어지는 극저온 물질을 저장하는 액화가스 저장탱크로서,
상기 1차단열벽은,
상기 2차단열벽, 상기 2차방벽, 상기 1차단열벽의 일부인 고정단열벽이 적층되어 이루는 단위 요소가 이웃하여 배치된 상태에서, 이웃하는 상기 고정단열벽 사이의 공간 부분에 마련되는 연결단열벽을 포함하고,
이웃하는 상기 고정단열벽 사이에 상기 연결단열벽을 삽입 설치했을 때, 상기 고정단열벽과 상기 연결단열벽 사이에 형성되는 제1슬릿;
상기 고정단열벽의 길이 방향 및 폭 방향으로 다수 형성되는 제2슬릿; 및
상기 제1슬릿을 충전하는 제1충전단열재를 포함하는 액화가스 저장탱크.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 제1충전단열재는,
상기 제1슬릿을 전부 충전하도록 형성되거나,
상기 제1슬릿의 하부에 공간이 생기도록 상기 제1슬릿의 입구로부터 일정 깊이까지 충전하도록 형성되거나,
상기 제1슬릿의 내부에 다수의 공간이 생기도록 상기 제1슬릿의 내부에 다층으로 충전하도록 형성되는 액화가스 저장탱크.
- [청구항 3] 제2항에 있어서, 상기 제1충전단열재는,
상기 제1슬릿의 내부에 다수의 공간이 생기도록 상기 제1슬릿의 내부에 다층으로 충전하도록 형성되는 경우에,
상기 제1슬릿의 상부에 형성되는 제1상부충전단열재;
상기 제1상부충전단열재로부터 일정 간격 이격되어 상기 제1슬릿의 중간에 형성되는 제1중간충전단열재; 및
상기 제1중간충전단열재와 일정 간격 이격되어 상기 제1슬릿의 하부에 형성되는 제1하부충전단열재로 이루어지고,
상기 제1상부충전단열재, 상기 제1중간충전단열재, 상기 제1하부충전단열재 각각은,
동일한 단열재 또는 서로 다른 단열재로 형성되고,
상기 단열재로는 글라스 울, 슈퍼 라이트(super lite), 연질 폼(foam) 재질, 에어로젤 블랭킷(aerogel blanket)인 액화가스 저장탱크.
- [청구항 4] 제1항에 있어서, 상기 제1충전단열재는,
이웃하는 상기 고정단열벽 사이에 상기 연결단열벽을 삽입 설치한 후, 지그를 이용한 삽입 방식으로 상기 제1슬릿을 충전하거나,
접착부재를 이용하여 상기 고정단열벽의 측면과 대향되는 상기 연결단열벽의 양 측면에 부착된 상태에서, 이웃하는 상기 고정단열벽 사이에 상기 연결단열벽을 삽입 설치함에 의해 상기 제1슬릿을 충전하는 액화가스 저장탱크.

- [청구항 5] 제1항에 있어서, 상기 제2슬릿은,
상기 고정단열벽의 두께와 유사한 깊이로 형성되는 경우에, 내부에 제2충전단열재가 충전되고,
상기 제2충전단열재는,
상기 제2슬릿의 하부에 공간이 생기도록 상기 제2슬릿의 입구로부터 일정 깊이까지 충전하도록 형성되거나,
상기 제2슬릿의 내부에 다수의 공간이 생기도록 상기 제2슬릿의 내부에 다층으로 충전하도록 형성되는 액화가스 저장탱크.
- [청구항 6] 제5항에 있어서, 상기 제2충전단열재는,
상기 제2슬릿의 내부에 다수의 공간이 생기도록 상기 제2슬릿의 내부에 다층으로 충전하도록 형성되는 경우에,
상기 제2슬릿의 상부에 형성되는 제2상부충전단열재;
상기 제2상부충전단열재로부터 일정 간격 이격되어 상기 제2슬릿의 중간에 형성되는 제2중간충전단열재; 및
상기 제2중간충전단열재와 일정 간격 이격되어 상기 제2슬릿의 하부에 형성되는 제2하부충전단열재로 이루어지고,
상기 제2상부충전단열재, 상기 제2중간충전단열재, 상기 제2하부충전단열재 각각은,
동일한 단열재 또는 서로 다른 단열재로 형성되고,
상기 단열재로는 글라스 울, 슈퍼 라이트(super lite), 연질 폼(foam) 재질, 에어로젤 블랭킷(aerogel blanket)인 액화가스 저장탱크.
- [청구항 7] 제1항에 있어서,
상기 연결단열벽의 길이 방향으로 적어도 하나 이상 형성되고, 상기 고정단열벽 사이에 상기 연결단열벽을 삽입 설치했을 때, 길이 방향으로 형성되는 상기 제2슬릿과 동일 선상에 위치되는 제3슬릿을 포함하고,
상기 제2슬릿 및 상기 제3슬릿은,
상기 고정단열벽 및 상기 연결단열벽의 두께 대비 절반 정도의 두께에 대응되는 깊이로 형성되고, 내부에 충전단열재가 충전되지 않고,
상기 제1충전단열재는,
상기 제2슬릿 및 상기 제3슬릿 각각의 깊이보다 적어도 더 길게 형성되고,
상기 제1슬릿, 상기 제2슬릿 및 상기 제3슬릿을 통한 열대류 경로가 불연속적으로 이루어지는 액화가스 저장탱크.
- [청구항 8] 제1항에 있어서, 상기 1차단열벽과 상기 2차단열벽은,
동일 또는 유사한 두께를 가지는 액화가스 저장탱크.
- [청구항 9] 1차방벽, 1차단열벽, 2차방벽, 2차단열벽으로 이루어지는 극저온 물질을 저장하는 액화가스 저장탱크로서,
상기 1차단열벽은,
상기 2차단열벽, 상기 2차방벽, 상기 1차단열벽의 일부인 고정단열벽이

적층되어 이루는 단위 요소가 이웃하여 배치된 상태에서, 이웃하는 상기 고정단열벽 사이의 공간 부분에 마련되는 연결단열벽을 포함하고,
 상기 연결단열벽의 전후좌우 측면에 형성되는 제1단차부;
 상기 고정단열벽의 전후좌우 측면에 형성되는 제2단차부;
 이웃하는 상기 고정단열벽 사이에 상기 연결단열벽을 삽입 설치했을 때,
 상기 연결단열벽과 상기 고정단열벽 사이에서 상기 제1단차부와 상기 제2단차부에 의해 형성되는 제1슬릿; 및
 상기 제1슬릿을 충전하는 제1충전단열재를 포함하는 액화가스 저장탱크.

[청구항 10]

제9항에 있어서, 상기 제1단차부는,
 상기 연결단열벽 상부의 전후좌우 폭을 상기 연결단열벽 하부의 전후좌우 폭보다 좁게 형성하여 이루어지고,
 상기 제2단차부는,
 상기 고정단열벽 상부의 전후좌우 폭을 상기 고정단열벽 하부의 전후좌우 폭보다 좁게 형성하여 이루어지고,
 상기 제1충전단열재는,
 상기 연결단열벽의 하부와 상기 고정단열벽의 하부가 인접되도록 설치함에 의해 상기 연결단열벽의 상부와 상기 고정단열벽의 상부 사이에 마련되는 공간인 상기 제1슬릿에 충전되는 액화가스 저장탱크.

[청구항 11]

제10항에 있어서,
 상기 고정단열벽의 길이 방향 및 폭 방향으로 다수 형성되는 제2슬릿; 및
 상기 연결단열벽의 길이 방향으로 적어도 하나 이상 형성되고, 상기 고정단열벽 사이에 상기 연결단열벽을 삽입 설치했을 때, 길이 방향으로 형성되는 상기 제2슬릿과 동일 선상에 위치되는 제3슬릿을 포함하고,
 상기 제2슬릿 및 상기 제3슬릿은,
 상기 고정단열벽 및 상기 연결단열벽의 두께 대비 절반 정도의 두께에 대응되는 깊이로 형성되고, 내부에 충전단열재가 충전되지 않고,
 상기 제1충전단열재가 충전되는 상기 제1슬릿은,
 상기 제2슬릿 및 상기 제3슬릿 각각의 깊이보다 적어도 더 깊게 형성되고,
 상기 제1슬릿, 상기 제2슬릿 및 상기 제3슬릿을 통한 열대류 경로가 불연속적으로 이루어지는 액화가스 저장탱크.

[청구항 12]

제9항에 있어서, 상기 1차단열벽과 상기 2차단열벽은,
 동일 또는 유사한 두께를 가지는 액화가스 저장탱크.