

명세서

발명의 명칭: 단열탱크와 이를 포함하는 선박 및 단열탱크의 진공형성 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 단열탱크와 이를 포함하는 선박 및 단열탱크의 진공형성 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 액화수소는 극저온의 낮은 온도로 인하여 외부로부터의 열 침입이 발생하고, 이로 인한 다량의 증발 가스가 발생하는 문제가 있는바, 이를 방지하기 위하여 탱크 외부에 고진공 상태를 유지하면서, 단열층이 배치되어야 한다. 일반적으로, 적층 단열재(multi-layer insulation, MLI)를 설치한 진공 단열 구조가 이용되고 있으며, 이 외에도 판넬, 멤브레인이 이용되고 있고, 펄라이트(perlite), 글라스버블(glass bubble)을 이용하고 있다.
- [3] 소형 탱크의 경우는 상기와 같은 단열 구조를 이용하는데 문제가 없으나, 선박, 육상 터미널에 배치되는 대용량의 탱크의 경우는 내용기와 외용기 사이에 수십 토르(torr) 이하의 진공 상태를 유지하면서 단열재로 채워진 진공 단열 구조를 갖추도록 하기 위하여, 진공 작업을 하는 과정이 용이하지 않은 문제가 있다. 즉, 대형 탱크의 경우는 단열 공간이 상당히 크기 때문에 단열 공간을 고진공 상태로 만드는데 기술적인 어려움이 있다. 특히, 고진공의 단열층을 마련하기 위해 시간이 오래걸리는 문제가 있다.
- [4] 예를 들어, 적층 단열재, 별도의 판넬, 스프레이 타입의 단열재, 또는 멤브레인을 내용기 내부나 외부에 부착시키는 경우에 있어서, 대형 탱크에는 우선 단열재 시공이 어려우며, 특히 판넬의 경우 판넬과 판넬 사이의 연결부에서 열 침투가 발생할 가능성이 높은 문제가 있다.
- [5] 뿐만 아니라 단열재 손상이 있는 경우, 손상된 부위를 진공 공간에서 찾는 것이 쉽지 않으며, 국부적으로라도 손상이 생기게 되는 경우 해당 부분이 열교(thermal bridge)가 되어 높은 열 침입량과 국부적인 탱크 손상이 발생하게 되는 문제가 있다.
- [6] 종래 이용되고 있는 펄라이트(perlite)는 입자 형태가 불규칙적이고, 글라스버블(glass bubble)은 입자는 구형이나 입자 크기가 다양한 특성상, 각각의 입자 사이에 작은 입자들이 채워지는 구조로 인하여 진공 공간이 조밀하게 채워지게 되며, 이에 따라 펄라이트(perlite)나 글라스버블(glass bubble)이 채워진 공간을 진공으로 만드는 것은 실질적으로 어렵고, 해당 공간을 진공 상태로 만든다고 하더라도 상당히 오랜 작업 기간이 걸리는 것이 현실이다.
- [7] 최근에는 수십 마이크로미터 이하의 크기인 펄라이트(perlite), 글라스버블(glass bubble)와 같은 파우더형 단열재는 직경이 수십 마이크로미터로 매우 작아

빽빽하게 채워지는 형태가 되므로, 파우더로 빽빽하게 채워진 공간을 진공으로 만드는 작업은 어렵다는 단점이 있다.

- [8] 상기에서와 같이 단열 탱크의 경우, 특히 대용량의 단열 탱크에서 진공 단열 구조의 진공 작업에 어려움이 있는바 단열 성능을 갖추면서 진공 작업이 용이한 기술 개발이 필요하다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [9] 본 발명은 상기와 같은 종래기술의 문제점을 해결하고자 창출된 것으로서, 본 발명의 목적은, 단열탱크를 진공 상태로 만들기 위해 필요한 공수와 시간을 줄이면서, 단열탱크의 단열성능을 최적화한 단열탱크와 이를 포함하는 선박 및 단열 성능을 최적화한 단열공간을 포함하는 단열탱크의 진공형성 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제 해결 수단

- [10] 본 발명에 따른 단열탱크는, 액화가스를 저장하는 단열탱크에 있어서, 내부에 액화가스를 수용하는 제1 셀; 상기 제1 셀 외부에 배치되는 제2 셀; 및 상기 제1 셀과 상기 제2 셀 사이에 배치되는 단열공간;을 포함하고, 상기 단열공간은 단열 재료 채워지고 저진공이 형성될 수 있다.
- [11] 구체적으로, 상기 단열공간의 기체분자는 점성류, 흐름류 및 전이류 중 적어도 하나의 흐름을 가질 수 있다.
- [12] 구체적으로, 상기 단열공간 내 기체분자의 크누센수는 10 이하일 수 있다.
- [13] 구체적으로, 상기 단열공간의 압력은, 70 mTorr 내지 2,400 mTorr일 수 있다.
- [14] 구체적으로, 상기 단열공간의 압력은, 상기 제1 셀에서, 증발가스를 소비하는 수요처에서 소비가능한 양의 증발가스가 발생되도록 일정 값 이하가 될 수 있다.
- [15] 구체적으로, 상기 단열탱크의 외부에 마련되어, 상기 단열공간의 기체를 외부로 배출시키는 진공펌프를 더 포함하며, 상기 진공펌프는, 상기 제1 셀에 액화가스가 로딩된 후 상기 단열공간의 기체를 외부로 배출시킬 수 있다.
- [16] 구체적으로, 일단이 상기 진공펌프와 연결되며, 타단이 상기 단열공간 내부로 연장되는 진공배관을 더 포함할 수 있다.
- [17] 구체적으로, 상기 진공펌프는, 저진공 펌프일 수 있다.
- [18] 구체적으로, 상기 진공배관은, 상기 제2 셀보다 상기 제1 셀과 가깝게 배치될 수 있다.
- [19] 구체적으로, 상기 단열탱크를 포함하는 선박에 있어서, 상기 제1 셀에서 발생하는 증발가스를 소비하는 수요처를 더 포함하고, 상기 단열공간의 압력은, 상기 제1 셀에서 발생하는 증발가스가 상기 수요처에서 소비가능한 양이 되도록 일정 값 이하가 되며, 상기 제1 셀에서 발생하는 증발가스는 상기 선박의 추진연료로 소비될 수 있다.

- [20] 본 발명에 따른 단열탱크의 진공형성 방법은, 단열탱크 내부에 마련되어 액화 가스를 수용하는 제1 셀 및 상기 제1 셀 외부에 배치되는 제2 셀 사이에 배치된 단열공간의 진공형성 방법에 관한 것으로, 상기 단열공간의 압력을 낮추는 제1 진공단계;를 포함하고, 상기 단열공간은 저진공이 형성될 수 있다.
- [21] 구체적으로, 상기 단열탱크에 액화가스를 로딩한 후, 상기 단열탱크의 외부에 마련되는 진공펌프를 사용하여 상기 단열공간의 압력을 낮추는 제2 진공단계;를 더 포함할 수 있다.
- [22] 구체적으로, 상기 제2 진공단계는, 상기 단열탱크를 포함하는 선박이 운항을 시작한 후에 진행될 수 있다.
- [23] 구체적으로, 상기 제2 진공단계는, 상기 단열탱크의 압력을 측정하는 단계; 및 상기 단열탱크의 압력이 일정 압력보다 높은 경우, 상기 단열공간의 기체를 외부로 배출하여 상기 단열공간의 압력을 일정 값 이하로 낮추고, 상기 단열공간의 압력 변화를 관찰하는 것을 반복하는 제2 본진공 단계;를 포함할 수 있다.
- [24] 구체적으로, 상기 제2 진공단계는, 일단이 상기 진공펌프와 연결되며, 타단이 상기 단열공간 내부로 연장되는 진공배관을 통해 상기 단열공간의 기체를 외부로 배출시킬 수 있다.

발명의 효과

- [25] 본 발명에 따른 단열탱크와 이를 포함하는 선박 및 단열탱크의 진공형성 방법은 단열탱크에서의 단열 성능을 확보하면서, 상기 단열공간의 진공을 잡는 시간을 줄일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [26] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크 및 이를 포함하는 선박을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [27] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [28] 도 3은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [29] 도 4는 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [30] 도 5a, 5b는 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [31] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [32] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [33] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크 및 이를 포함하는 저장 터미널을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.

- [34] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [35] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [36] 도 11은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [37] 도 12는 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [38] 도 13은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [39] 도 14는 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [40] 도 15a, 15b는 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크 및 이를 포함하는 선박을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [41] 도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크 및 이를 포함하는 선박을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [42] 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [43] 도 18은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [44] 도 19는 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [45] 도 20은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [46] 도 21은 본 발명의 실시예에 따른 단열탱크에 배치된 진공배관을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [47] 도 22는 본 발명의 실시예에 따른 단열탱크에 배치된 진공배관을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [48] 도 23은 본 발명의 실시예에 따른 단열탱크에 배치된 진공배관을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [49] 도 24는 본 발명의 실시예에 따른 단열탱크에 배치된 진공배관을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [50] 도 25는 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [51] 도 26a는 기체분자가 점성류로 흐르는 것을 설명하기 위한 도면이고, 도 26b는 기체분자가 분자류로 흐르는 것을 설명하기 위한 도면이다.
- [52] 도 27은 크누센수와 압력의 관계를 나타내는 그래프이다.

- [53] 도 28은 단열공간의 압력과 진공시간의 관계의 실험결과를 나타내는 그래프이다.
- [54] 도 29는 단열공간의 압력과 열전도도의 관계를 나타낸 그래프이다.
- [55] 도 30은 본 발명의 일 실시예에 따른 단열공간의 진공형성 방법의 제1 진공단계의 순서도이다.
- [56] 도 31은 본 발명의 일 실시예에 따른 단열공간의 진공형성 방법의 제2 진공단계의 순서도이다.
- [57] 도 32은 본 발명의 다른 실시예에 따른 단열탱크 및 이를 포함하는 선박을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [58] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예로부터 더욱 명백해질 것이다. 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 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.
- [59] 또한 이하에서 내외 방향은 저장공간의 중심을 향하는 방향이 내측 방향인 것으로 보고 정의되는 표현임을 알려둔다.
- [60] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 단열탱크(600) 및 이를 포함하는 선박(30)에 대하여 설명을 하도록 한다.
- [61] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크 및 이를 포함하는 선박을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [62] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크(600)는, 액화가스를 저장하는 독립형 단열탱크(600)로서, 내부에 액화가스를 수용하는 제1 셸(610), 제1 셸(610) 외부에 배치되는 제2 셸(620), 및 제1 셸(610)과 제2 셸(620) 사이에 배치되는 단열공간(630)을 포함하며, 단열공간(630)은 단열재(632)로 채워지고 진공 처리된 공간이며, 단열공간(630)에는 단열재(632)가 뿔뿔하게 채워질 수 있다.
- [63] 본 발명에서의 단열재(632)는 발포 플라스틱 비드, 폴리우레탄, 폴리스티렌, 폴리에틸렌, 폴리아이소시아누레이트, 에어로젤 블랭킷, 폼드 실리카, 칼슘실리케이트, 미네랄울, 글라스울, 글라스 마이크로파이버, 펄라이트 및 할로우 글라스 마이크로 스피어(Hollow Glass Microsphere) 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다. 할로우 글라스 마이크로 스피어는, 3M사에서 제조하는 상표명 글라스버블(glass bubble)을 포함할 수 있다.
- [64] 단열재(632)가 채워진 단열공간(630)은 진공상태일 수 있다.

- [65] 본 발명에서는 단열공간(630)을 진공으로 만듦에 따라 단열성능을 높일 수 있으며 액화가스의 증발가스의 발생을 줄이는 효과가 있다.
- [66] 본 발명에 따른 선박(30)은 제1 쉘(610), 제2 쉘(620), 제1 쉘(610)과 제2 쉘(620) 사이에 배치되는 단열재(632)가 채워진 단열공간(630)을 포함하며, 단열탱크(600)의 단열공간(630)의 진공도를 조절할 수 있는 진공펌프(700)를 포함할 수 있고, 단열탱크(600)에서 발생하는 증발가스를 단열탱크(600) 외부로 이송하는데 이용되는 압축기(800)를 포함할 수 있다.
- [67] 실시예에 따라서는, 제1 쉘(610)과 제2 쉘(620) 사이에 배치된 단열공간(630) 내에 배치되는 진공배관(710)을 포함할 수 있다.
- [68] 이에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 단열공간(630)에 단열재(632)를 채우고, 단열공간(630)을 진공으로 만들기 위하여 진공펌프(700)만을 이용하여 진공 처리할 수 있으나, 다른 실시예에 따르면 진공배관(710)을 더 포함할 수도 있다.
- [69] 또한, 다른 일 실시예에 따르면, 단열공간(630)에 단열재(632)로서 폴리 우레탄 폼을 채우고, 단열공간(630)을 진공으로 만들기 위하여 진공펌프(700)만을 이용하여 진공 처리할 수 있으나, 또 다른 일 실시예에 따르면 진공배관(710)을 더 포함할 수도 있다.
- [70] 단열공간(630)에 단열재(632)가 채워진 상태에서 단열재(632) 사이의 공간을 진공으로 만드는 경우, 진공을 만드는 진공펌프(700)와 거리가 먼 곳에서는 배기가 원활하게 진행되지 않을 수 있으며, 단열탱크(600)의 크기가 커질수록 단열공간(630)을 진공으로 만드는 것이 어려울 수 있다. 이에 본 발명의 실시예에 따라서는, 단열탱크(600) 내 단열공간(630)에 진공배관(710)이 더 포함될 수 있으며, 진공배관(710)은 아래 도 21 내지 도 24를 통하여 설명하도록 한다.
- [71] 본 발명에 따르면 단열탱크(600)에서 발생한 증발가스(BOG)를 단열탱크 외부로 이송할 수 있다. 단열탱크(600)에서 발생하는 증발가스(BOG)를 단열탱크(600) 외부로 이송하는데 이용되는 압축기(800)를 포함할 수 있으며, 압축기(800)를 통하여 증발가스(BOG)를 외부로 이송시킴에 따라 제1 쉘(610) 내부 압력을 상압 이하로 낮출 수 있다.
- [72] 제1 쉘(610)을 상압 이하로 함에 따라, 제1 쉘(610)에서 누수(leak)가 발생하게 된다고 하더라도 누출된 액화가스를 안전하게 보관할 수 있게 된다.
- [73] 본 발명에서의 압축기(800)의 흡입 압력(suction pressure)은 진공일 수 있으며, 압축기(800)의 흡입 배관은 이중으로 되어 있는 이중 배관일 수 있다. 이 경우 배관에 누수(leak)가 발생하여도 외부 공기가 압축기(800)에 유입되지 않게 되는 이점이 있다.
- [74] 도면에 도시하지는 않았으나, 본 발명에 따른 선박(30)은 이중 배관으로 이루어진 압축기(800)를 포함한 배관시스템(미도시)을 더 포함할 수 있다.
- [75] 또한, 본 발명의 선박(30)은 단열탱크(600)에서 발생하는 증발가스(BOG)를 연료로 이용할 수 있고 연료로 이용할 수 있는 엔진이나 연료전지, 보일러를 포함할 수 있다.

- [76] 또한, 본 발명에 따른 선박(30)은 불활성 가스로 채워진 화물창(900)을 포함하며, 단열탱크(600)는 화물창(900)에 배치될 수 있다.
- [77] 관련하여 도 1에 도시된 본 발명에 따른 단열탱크(600)의 각 구성에 대하여는 아래의 도 2 내지 도 5를 통하여 설명하도록 한다.
- [78] 종래 이용되어 온 펄라이트(perlite)는 입자 형태가 불규칙적이고, 글라스버블(glass bubble)은 입자는 구형이나 입자 크기가 다양한 특성을 가지게 되어, 단열재를 채운 후 진공으로 만드는 과정에서 어려움이 있었다.
- [79] 이는 펄라이트(perlite), 글라스버블(glass bubble)의 경우, 각각의 입자 사이에 작은 입자들이 채워지는 구조로 인하여 진공 공간이 조밀하게 채워지게 되기 때문인 것으로, 펄라이트(perlite)나 글라스버블(glass bubble)이 채워진 공간을 진공펌프를 이용하여 진공으로 만드는 것은 실질적으로 어렵고, 해당 공간을 진공 상태로 만든다고 하더라도 상당히 오랜 작업 기간이 걸리는 문제가 있었다. 또한 수십 마이크로미터 이하의 크기인 펄라이트(perlite), 글라스버블(glass bubble)과 같은 미세 입자의 경우 전체 표면적이 넓어지게 되어 사이를 흐르는 유동이 닿는 면적이 커짐에 따라 저항이 증가하게 되어 진공을 만드는데 더 어려워지는 문제가 있었다.
- [80] 한편, EPS(Expanded Polystyrene)란, 발포 폴리스티렌으로 폴리스티렌의 고체 비드에서 생산되는 흰색의 발포 플라스틱 소재를 의미하며, EPS는 폴리스티렌(PS) 수지에 탄화수소 가스를 주입시킨 후 이를 증기로 부풀린 발포제품으로 열전도율이 매우 낮고, 흡습성이 낮으며, 뛰어난 쿠션 성능을 가지며, EPS Bead(Expanded polystyrene Bead)는 발포 폴리스티렌 비드를 의미하는 것으로서, 폴리스티렌 알갱이(EPS)를 압축, 성형해서 만든 단열 성능이 안정적인 소재를 의미한다.
- [81] 준불연 EPS 를 이용하여 화재 안정성을 확보할 수 있으며, EPS Bead에 불연성 무기물을 코팅하거나 특수 처리함으로써, EPS를 잘라도 모든 면에서 준불연 성능을 가질 수 있다.
- [82] EPP(Expanded Polypropylene)란, 발포 폴리 프로필렌으로 리올레핀 계열의 ‘폴리프로필렌(PP)’ 소재를 발포하여 만든 제품을 의미하며, 내열성이 좋고, 습기에 강하며 악품성이 강하고, 외부 스트레스에 강한 특징을 가진다. EPP는 반복적인 충격과 변형에 대해 우수한 회복성을 가지는 특징이 있어, EPP Bead로 구조된 폼의 경우, 극단적인 온도에 노출되었을 때, 높은 치수 안전성을 유지하는 특징이 있다.
- [83] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [84] 도 3은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [85] 도 4는 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.

- [86] 도 2 내지 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 단열탱크(600)는 독립형 탱크로서, MOSS 형(Type-B) 구형탱크일 수 있으며, 단열탱크(600)의 제1 셸(610)과 제2 셸(620)의 사이에 배치되는 단열공간(630)에는 단열재(632)가 채워질 수 있다.
- [87] 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 셸(610)은 상압탱크 일 수 있으며, 본 발명의 제1 셸(610)에서 의미하는 상압은 내부에서 발생하는 BOG(boil of gas)를 고려하여 0 ~ 0.7 barg의 상태를 의미한다.
- [88] 또한, 다른 실시예에 따라서는, 제1 셸(610)은 0.7 barg 이상의 가압탱크 일 수 있다. 0 barg는 1 atm는 의미하는 것으로서 1.7 atm의 가압에 해당된다.
- [89] 본 발명에 실시예에 따르면, 제1 셸(610) 내부의 증기압이 대기압 이하의 진공 상태가 가능하며, 제1 셸(610)의 증기 압력(vapor pressure)이 대기압(760 torr) 이하의 진공인 상태로도 선박(30) 동작이 가능하다.
- [90] 제1 셸(610) 내부의 증기 압력이 대기압 이하인 경우 알람이 발생하는 것으로, 제1 셸 내부의 압력 저하에 대한 알람은 대기압 이하에서 발생할 수 있는바, 제1 셸(610)의 저압 알람(alarm) 값은 대기압 이하일 수 있다.
- [91] 상기에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 선박(30)은 제1 셸(610) 내부 압력이 대기압 이하의 진공 압력에서도 운전이 가능한 것으로, 단열탱크(600) 내부 액화가스를 하역하는 과정에서 대기압 이하로 압력이 낮아지는 경우 역시 운전이 가능함은 물론이다.
- [92] 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 내부에 액화가스를 수용하는 제1 셸(610)은 극저온 소재로 이루어질 수 있으며, 제1 셸(610)과 제2 셸(620) 사이의 단열재(632)가 채워진 단열공간(630)은 불활성가스로 채워질 수 있다.
- [93] 실시예에 따라서, 단열공간(630)에 질소가스와 같은 불활성 가스를 채운 다음, 가스를 제거하여 단열공간(630)을 진공으로 만들어 잔존가스가 불활성 가스가 되도록 할 수 있다.
- [94] 또 다른 실시예로서는, 단열공간(630)에 수소가스를 채운 후 진공으로 만들어 잔존가스가 수소가스가 되도록 할 수도 있다.
- [95] 제2 셸(620)은 적어도 일부가 극저온 소재로 이루어질 수 있으며, 도 2에는 최하 단부를 포함한 일부 영역만이 극저온 소재로 이루어진 실시예를 도시하였다.
- [96] 도 4에는 도 3에서보다 제2 셸(620)의 더 많은 영역이 극저온 소재로 이루어진 실시예를 도시한 것으로, 제2 셸(620)의 하반부가 모두 극저온 소재로 이루어진 것을 확인할 수 있다.
- [97] 이와 같이 제2 셸(620)에서 극저온 소재로 이루어진 하단 부분은 드립 트레이(Drip tray) 역할을 할 수 있다.
- [98] 또한, 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이 제2 셸(620) 하부에는 온도 센서(640)가 배치될 수 있다.

- [99] 다만, 온도 센서(640)의 위치가 도 3 및 도 4에 도시된 위치에 제한되는 것은 아니며, 하단에 고이게 되는 대상의 온도를 측정할 수 있는 위치라면 어디든 가능하다.
- [100] 본 발명의 실시예에 따라서는 단열공간(630)의 압력을 계측하는 제1 압력 센서(650)를 포함할 수 있다.
- [101] 제1 압력 센서(650)는 단열공간(630) 내부 압력을 계측할 수 있는 어느 위치에라도 배치될 수 있고, 도 3 및 도 4에는 도시하지 않았으나, 단열공간(630) 내부 가스의 성분을 감지하는 가스 센서(660)를 더 포함할 수 있다.
- [102] 가스 센서(660)를 통하여 단열공간(630)에 존재하는 가스의 성분을 분석할 수 있으며, 가스 성분의 변화를 감지할 수 있는바, 이를 통하여 가스가 변화되는지 여부도 판단할 수 있다.
- [103] 도 5a, 5b는 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [104] 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크(600)로서, 도 5a, 5b는 선박(30) 내부에 단열탱크(600)를 배치하는 불활성 가스로 채워진 화물창(900)이 도시되어 있으며, 선박(30)의 화물창(900) 내부에 단열탱크(600)가 배치된 모습이다.
- [105] 불활성 가스로는 도 5에서와 같이 질소가스를 사용할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [106] 단열탱크(600)의 상부에는 가스를 수집하는 구성(gas sampling)이 더 포함될 수 있으며, 이렇게 수집된 가스 성분을 분석하는 가스 분석부(662)가 더 포함될 수 있다.
- [107] 실시예에 따라서는, 도 5에서와 같이 단열공간(630)의 압력을 계측하는 제1 압력 센서(650)와 화물창(900)의 압력을 계측하는 제2 압력 센서(910)를 모두 포함할 수 있으며, 화물창(900)에 질소가스를 주입하거나 배출시킬 수 있는 배관, 밸브를 더 포함할 수도 있다.
- [108] 본 발명에 따른 단열탱크(600)에 있어서 제1 셸(610)로부터 누수(leak)가 발생되는 경우, 제1 압력 센서(650)를 통하여 압력 변화를 감지하고, LNG탱크인 경우라면 단열공간(630)의 HC를 측정하며, 그 다음으로 제2 셸(620) 하단의 드립 트레이(Drip tray)를 통하여 온도를 측정하여 변화 여부를 통하여 누수를 감지할 수 있다.
- [109] 제2 셸(620)에서의 누수가 발생하는 경우는, 단열공간(630)의 압력 변화나 화물창(900)의 압력 변화를 감지한 후, 제1 압력 센서(650)를 통하여 단열공간(630)의 압력변화를 감지함으로써 누수를 감지할 수 있다.
- [110] 이하에서는 먼저 본 발명의 실시예에 따른 단열탱크(100) 및 이를 포함하는 저장 터미널(10)에 대하여 설명을 하도록 한다.
- [111] 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크(100)는, 액화가스를 저장하는 단열탱크(100)로서, 제1 셸(120), 제2 셸(130)을 포함하며, 상기 제1 셸(120)과 상기 제2 셸(130) 사이에 배치되며 단열재(142)가 채워지고 진공 처

- 리된 제1 단열공간(140)을 포함할 수 있으며, 제1 단열공간(140)에는 단열재(142)가 뽁뽁하게 채워질 수 있다.
- [112] 본 발명에서의 단열재(142)는 발포 플라스틱 비드, 폴리우레탄, 폴리스티렌, 폴리에틸렌, 폴리아이소시아누레이트, 에어로젤 블랭킷, 폼드 실리카, 칼슘실리케이트, 미네랄울, 글라스울, 글라스 마이크로파이버, 펄라이트 및 할로우 글라스 마이크로 스피어(Hollow Glass Microsphere) 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [113] 예를 들어, 제1 셀(120)과 제2 셀(130) 사이의 제1 단열공간(140)에는 단열재(142)가 채워질 수 있으며, 단열재(142)가 채워진 제1 단열공간(140)은 진공 상태일 수 있다.
- [114] 실시예에 따라서는, 본 발명에서 이용되는 단열재(142)는 코팅이 되어 있을 수 있으며, 코팅 소재는 단열재(142)와는 상이한 소재일 수 있다. 일 예로 EPS Bead에 불연성 무기물을 코팅할 수 있으며, 난연 소재로 코팅할 수도 있다. 그 외 난연제 및 기타 다양한 무기물을 복합한 조성물로 코팅할 수도 있으며, 코팅 소재가 상기 나열한 것에 제한되는 것은 아니다.
- [115] 본 발명의 일 실시예에 따라서는, 제1 단열공간(140)은 게터(getter, 미도시)를 포함할 수 있다.
- [116] 게터(getter)는 제1 단열공간(140) 내를 장기간 고진공으로 유지하기 위한 것으로, 내부에서 발생하는 가스나 외부로부터 침입해오는 가스가 있는 경우 이를 제거하기 위하여 가스 흡수제인 게터(getter)는 제1 단열공간(140) 내에 포함될 수 있다.
- [117] 게터(getter)는 제1 단열공간(140) 내의 어느 위치에라도 배치될 수 있으며, 실시예로는, 제1 단열공간(140)이 이루는 벽의 일측에 부착된 형태일 수 있다.
- [118] 본 발명에 일 실시예에 따르면, 제1 셀(120) 내부의 증기압이 대기압 이하의 진공 상태가 가능할 수 있다. 즉, 제1 셀(120)의 증기 압력(vapor pressure)이 대기압(760 torr) 이하의 진공인 상태로도 동작이 가능하며, 알림은 제1 셀(120) 내부의 증기 압력이 대기압 이하인 경우 발생할 수 있는 것으로, 제1 셀(120)의 저압 알람(alarm) 값은 대기압 이하일 수 있다.
- [119] 상기에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 저장 터미널(10)은 제1 셀(120) 내부 압력이 대기압 이하의 진공 압력에서 동작이 가능한 것으로, 단열탱크(100) 내부 액화가스를 하역하는 과정에서 대기압 이하로 압력이 낮아지는 경우 역시 동작이 가능함은 물론이다.
- [120] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [121] 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크(100)는, 내부에 액화가스를 수용하는 제1 셀(120), 및 제1 셀(120) 외부에 배치되는 제2 셀(130)을 포함하며, 제1 셀(120)과 제2 셀(130) 사이에 배치되는 제1 단열공간(140)을 포함할 수 있다.

- [122] 실시예에 따라서는, 제1 단열공간(140)은 단열재(142)로 채워져 있는 진공 상태일 수 있다.
- [123] 다른 실시예에 따라서는, 제1 셸(120)은 단열층(미도시)을 더 포함할 수 있으며, 이 때 단열재료로서 멤브레인, 단열포, 단열 판넬 등이 이용될 수 있고, 수소 가스가 채워질 수 있다.
- [124] 제1 셸(120)은 액화가스를 유지시키는 역할을 한다. 실시예에 따라서는 니켈(Ni) 성분이 9% 포함될 수 있으며, 제2 셸(130)의 경우 내부 단열 공간을 유지시키기 위한 것으로, 단열탱크(100)의 구조체 역할을 한다.
- [125] 본 발명인 제1 셸(120) 및 제2 셸(130) 중 적어도 하나는 콘크리트 소재일 수 있다. 즉, 단열재로 채워진 제1 단열공간(140)의 내외 중 적어도 하나는 콘크리트로 이루어진 구조체가 배치되는 형태로서 구조적으로 힘을 받는 구조가 된다.
- [126] 본 발명에 있어서, 제1 셸(120) 내에는 방벽(미도시)이 배치될 수 있으며 방벽(미도시)은 SUS, Invar 등의 극저온 소재로 이루어질 수 있으나 소재가 이에 한정되는 것은 아니다.
- [127] 제1 셸(120)은 철근과 콘크리트로 구성되는 철근 콘크리트 소재를 이용할 수 있다.
- [128] 철근은, 일반적으로 탄소강으로 이루어져 있으며, 특히 해양구조물 등에서 해수에 노출되는 경우에는 에폭시 도막 철근이나 아연 도금 철근, 스테인리스 스틸로 될 철근 등을 사용하기도 한다.
- [129] 본 발명의 제1 셸(120)에 이용되는 철근은 극저온 환경에서 저항성이 뛰어난 극저온 소재를 이용할 수 있으며, 일 실시예로는 스테인리스 스틸을 이용할 수 있다.
- [130] 본 발명의 제2 셸(130)은 단열탱크(100)에서 구조 강도를 유지하는 역할을 하는 것으로서, 제2 셸(130)은 상온 소재일 수 있으며, 바람직하게는 콘크리트 소재일 수 있다.
- [131] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크 및 이를 포함하는 저장 터미널을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [132] 도 8에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 저장 터미널(10)은, 제1 셸(120), 제2 셸(130), 제1 셸(120)과 제2 셸(130)사이에 배치되는 단열재(142)가 채워진 제1 단열공간(140)을 포함하는 단열탱크(100)를 포함하며, 진공펌프(200), 압축기(300)를 포함할 수 있다.
- [133] 본 발명에서의 저장 터미널(10)은 육상 또는 해상에 설치될 수 있다.
- [134] 저장 터미널(10)은 단열탱크(100)의 제1 단열공간(140)의 진공도를 조절할 수 있는 진공펌프(200)를 포함할 수 있다.
- [135] 진공펌프(200)는 단열탱크(100)와 저장 터미널(10)의 제작 후에도 운전이 가능한 것으로, 진공펌프(200)를 이용하여 제1 단열공간(140)의 진공도를 조절할 수 있다.

- [136] 실시예에 따라서는, 제1 셀(120)과 제2 셀(130) 사이에 배치된 제1 단열공간(140) 내에 배치되는 진공배관(210)을 포함할 수 있다.
- [137] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제1 단열공간(140)에 단열재(142)를 채우고, 제1 단열공간(140)을 진공으로 만들기 위하여 진공펌프(200)만을 이용하여 진공 처리할 수 있으나, 다른 실시예에 따르면 진공배관(210)을 더 포함할 수도 있다.
- [138] 제1 단열공간(140)에 단열재(142)가 채워진 상태에서 단열재(142) 사이의 공간을 진공으로 만드는 경우, 진공을 만드는 진공펌프(200)와 거리가 먼 곳에서는 배기가 원활하게 진행되지 않을 수 있으며, 단열탱크(100)의 크기가 커질수록 제1 단열공간(140)을 진공으로 만드는 것이 어려울 수 있는바, 단열탱크(100) 내 제1 단열공간(140)에는 진공배관(210)이 더 포함될 수 있으며, 진공배관(210)은 아래 도 21 내지 도 24를 통하여 설명하도록 한다.
- [139] 본 발명에 일 실시예에 따르면, 제1 셀(120) 내부의 증기압이 대기압 이하의 진공 상태가 가능할 수 있다. 즉, 제1 셀(120) 내부는 진공일 수도 있고, 진공이 아닐 수도 있다.
- [140] 제1 셀(120)의 증기 압력(vapor pressure)이 대기압(760 torr) 이하의 진공인 상태로 동작이 가능하며, 알람은 제1 셀(120) 내부의 증기 압력이 대기압 이하인 경우 발생할 수 있는 것으로, 제1 셀(120)의 저압 알람(alarm) 값은 대기압 이하일 수 있다.
- [141] 또한, 본 발명에 따르면 제1 셀(120)에서 발생한 증발가스(BOG)를 단열탱크(100) 외부로 이송할 수 있다.
- [142] 본 발명은 단열탱크(100)에서 발생하는 증발가스(BOG)를 단열탱크(100) 외부로 이송하는데 이용되는 압축기(300)를 포함할 수 있으며, 압축기(300)를 통하여 증발가스(BOG)를 외부로 이송시킴에 따라 제1 셀(120) 내부 압력을 상압 이하로 낮출 수 있다.
- [143] 본 발명에서의 압축기(300)의 흡입 압력(suction pressure)은 진공일 수 있다.
- [144] 압축기(300)의 흡입 배관은 이중으로 되어 있는 이중 배관일 수 있으며, 이 경우 배관에 누수(leak)가 발생하여도 외부 공기가 압축기(300)에 유입되지 않게 되는 이점이 있다.
- [145] 도면에 도시하지는 않았으나, 본 발명에 따른 저장 터미널(10)은 이중 배관으로 이루어진 압축기(300)를 포함한 배관시스템(미도시)을 더 포함할 수 있으며, 단열탱크(100)에서 발생하는 증발가스(BOG)를 연료로 이용할 수 있고 연료로 이용할 수 있는 엔진이나 연료전지, 보일러를 포함할 수 있다.
- [146] 도 6 내지 도 8에서 설명된 내용 중 아래에 기재된 다양한 실시예들과 중복되는 내용의 경우, 도 9 내지 도 20에 대한 설명 부분에 각각 기재하였다.
- [147] 상기에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크(100) 및 이를 포함하는 저장 터미널(10)에 대하여 설명을 하였으며, 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 단열탱크(400) 및 이를 포함하는 선박(20)에 대하여 설명을 하도록 한다.

- [148] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [149] 도 9에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크(400)는, 액화가스를 저장하는 멤브레인 단열탱크(400)로서, 내부에 액화가스를 수용하는 제1 셀(410), 제1 셀(410) 외부에 배치되는 제2 셀(420), 제1 셀(410)과 제2 셀(420) 사이에 배치되는 제1 단열공간(430), 및 제2 셀(420)과 제2 셀(420) 외부에 배치된 선체 내벽 사이에 배치되는 제2 단열공간(440)을 포함하며, 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)은 단열재(450)로 채워지고 진공 처리된 단열공간일 수 있으며, 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)에는 단열재(450)가 뿔뿔하게 채워질 수 있다.
- [150] 본 발명에서의 단열재(450)는 발포 플라스틱 비드, 폴리우레탄, 폴리스티렌, 폴리에틸렌, 폴리아이소시아누레이트, 에어로젤 블랭킷, 폼드 실리카, 칼슘실리케이트, 미네랄울, 글라스울, 글라스 마이크로파이버, 펄라이트 및 할로우 글라스 마이크로 스피어(Hollow Glass Microsphere) 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [151] 본 발명에 따른 단열재(450)가 채워진 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)은 진공 상태일 수 있다.
- [152] 본 발명에서는 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)을 진공으로 형성함에 따라 단열성능을 높일 수 있으며 액화가스의 증발가스의 발생을 줄이는 효과가 있다.
- [153] 본 발명에 일 실시예에 따르면, 제1 셀(410) 내부의 증기압이 대기압 이하의 진공 상태가 가능할 수 있다. 즉, 제1 셀(410)의 증기 압력(vapor pressure)이 대기압(760 torr) 이하의 진공인 상태로도 동작이 가능하며, 알람은 제1 셀(410) 내부의 증기 압력이 대기압 이하인 경우 발생할 수 있는 것으로, 제1 셀(410)의 저압 알람(alarm) 값은 대기압 이하일 수 있다.
- [154] 도 9에 도시된 본 발명에 따른 단열탱크의 각 구성에 대하여는 아래의 도 10 내지 도 15을 통하여 설명하도록 한다.
- [155] 도 10는 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [156] 도 11은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [157] 도 10 및 도 11에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 단열탱크(400)는, 진공펌프(470) 및 압력제어부(480)를 포함할 수 있다.
- [158] 도 10에서와 같이 제1 단열공간(430)과 제2 단열공간(440)에는 상이한 가스가 채워질 수 있으나, 도 11에서와 같이 제1 단열공간(430)과 제2 단열공간(440)에는 동일한 가스가 채워질 수도 있다.
- [159] 먼저, 도 10은 단열탱크(400)에 저장하는 액화가스가 액화수소인 경우로서, 제2 단열공간(440)에는 질소가스가, 제1 단열공간(430)에는 헬륨가스 또는 수소가스

가 채워지는 모습을 도시하였으나 각각의 채워지는 가스 종류가 상기 나열된 것에 한정되는 것은 아니다.

- [160] 상이한 가스를 채우는 경우, 제1 셀(410) 내부에 수용되어 있는 액화가스가 액화수소인 경우, 제1 단열공간(430)에는 액화수소의 냉각온도보다 낮거나 같은 수소가스나 헬륨가스를 채우며 이는 제1 단열공간(430)에 잔존가스의 결빙이 발생하지 않게 하기 위함이다.
- [161] 또한, 제2 단열공간(440)에는 액화수소의 냉각온도보다 높거나 같은 가스이면서 인화성이 없는 가스로서 수소, 헬륨가스 대비 저렴한 질소 가스를 채우는데 이는 비용을 낮출 수 있는 이점이 있다.
- [162] 본 발명에 따른 단열탱크(400)는, 가스로 채워진 제1 단열공간(430) 및 제2 단열공간(440)을 진공으로 만드는 진공펌프(470)를 포함할 수 있으며, 진공 작업 이후 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)의 잔존가스를 공급하는 작업을 통하여 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)의 압력을 제어하는 압력제어부(480)를 포함할 수 있다.
- [163] 즉, 도 11에서와 같이 본 발명에 따른 단열탱크(400)는 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)의 진공도를 조정할 수 있는 진공펌프(470)를 포함할 수 있으며, 진공펌프(470)는 단열탱크(400)와 선박(20)의 건조 후에도 운전이 가능하다.
- [164] 도 10은 도 11과는 달리, 제1 단열공간(430)과 제2 단열공간(440)이 상이한 가스로 채워진 경우로서, 제1 단열공간(430)을 진공으로 만드는 제1 진공펌프(472), 제2 단열공간(440)을 진공으로 만드는 제2 진공펌프(474)를 포함할 수 있다.
- [165] 또한, 진공 작업 이후, 제1 단열공간(430)의 잔존 가스와 동일한 가스를 공급하여 제1 단열공간(430)의 압력 제어를 하는 제1 압력제어부(482), 제2 단열공간(440)의 잔존 가스와 동일한 가스를 공급하여 제2 단열공간(440)의 압력 제어를 하는 제2 압력제어부(484)를 각각 포함할 수 있다.
- [166] 이는 동일한 가스로 채워진 제1 단열공간(430) 및 제2 단열공간(440)을 진공으로 만드는 하나의 진공펌프(470)를 포함하고, 진공 작업 이후 제1 단열공간(430)과 제2 단열공간(440)의 잔존 가스와 동일한 가스를 공급하는 작업을 통하여 제1 단열공간(430) 및 제2 단열공간(440)의 압력을 제어하는 하나의 압력제어부(480)를 포함하는 도 11과 차이가 있다. 일 예로, 동일한 잔존 가스는 질소 가스일 수 있다.
- [167] 본 발명의 단열탱크(400)에서 저장하고자 하는 액화가스는 도 10에 도시된 바와 같이 액화수소일 수 있으나 이에 한정하지 않으며 도 11에서와 같이 LNG를 포함할 수도 있다.
- [168] 도 12는 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [169] 도 13은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.

- [170] 도 12 및 도 13에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 단열탱크(400)에는 단열재(450)가 채워진 단열박스(460)가 배치될 수 있다.
- [171] 즉, 단열재(450)가 단열박스(460) 내부에 채워진 형태이며, 단열재(450)가 채워진 단열박스(460)는 제1 단열공간(430) 및 제2 단열공간(440) 중 적어도 하나에 배치될 수 있다.
- [172] 도 12 및 도 13에는 제1 단열공간(430) 및 제2 단열공간(440) 모두에 단열박스(460)가 배치된 모습을 도시한 것으로, 도 12 및 도 13에서의 단열탱크(400)의 제작 과정은, 단열재가 채워진 단열박스(460)를 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)에 배치한 후 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)을 진공으로 만들 수 있다.
- [173] 도 12는 도 10에서와 같이 단열탱크(400)에 저장하는 액화가스가 액화수소인 경우로서, 제2 단열공간(440)에는 질소가스가, 제1 단열공간(430)에는 헬륨가스 또는 수소가스가 채워진 실시예이다.
- [174] 즉, 제1 단열공간(430)과 제2 단열공간(440)이 상이한 가스로 채워진 경우로서, 제1 단열공간(430)을 진공으로 만드는 제1 진공펌프(472), 제2 단열공간(440)을 진공으로 만드는 제2 진공펌프(474)를 포함할 수 있다. 또한, 진공 작업 이후, 제1 단열공간(430)의 잔존 가스와 동일한 가스를 공급하여 제1 단열공간(430)의 압력 제어를 하는 제1 압력제어부(482), 제2 단열공간(440)의 잔존 가스와 동일한 가스를 공급하여 제2 단열공간(440)의 압력 제어를 하는 제2 압력제어부(484)를 포함할 수 있다.
- [175] 도 13은 도 10에서와 같이 제1 단열공간(430)과 제2 단열공간(440)이 동일한 가스로 채워진 경우로서, 동일한 가스로 채워진 제1 단열공간(430) 및 제2 단열공간(440)을 진공으로 만드는 하나의 진공펌프(470)를 포함할 수 있으며, 진공펌프(470)를 통한 진공 작업 이후 제1 단열공간(430) 및 제2 단열공간(440)의 압력을 제어하는 하나의 압력제어부(480)를 포함할 수 있다.
- [176] 도 14는 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [177] 도 14는 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440) 내부에 배치되는 단열박스(460)를 도시한 것으로서, 단열박스(460)는 가스가 이동하는 채널을 포함하는 형태일 수 있다.
- [178] 단열재(450)가 채워진 단열박스(460)를 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)에 배치한 후, 진공을 만드는 과정에서 단열박스(460)의 채널을 통하여 가스가 이동함으로써 진공 작업이 가능하다.
- [179] 실시예에 따라, 단열박스(460) 내부는 단열재(450)가 채워진 진공 상태이며, 단열박스(460)는 하나의 공간만으로 이루어지는 박스 형태일 수 있으며, 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)에는 단일 박스 형태의 단열박스(460)가 복수개 연결되도록 배치될 수 있다.

- [180] 다만, 단열박스(460)의 형태가 이에 한정되는 것은 아니며 복수개의 공간으로 이루어지는 형태가 연결된 구조일 수도 있다.
- [181] 도 14에서와 같이 하나의 공간을 2 공간으로 분리하는 보강부재가 하나 이상 포함된 형태일 수도 있는바, 단열박스(460)의 형태는 위에 나열된 형태에 한정되는 것이 아니며 단열재(450)가 채워진 진공 상태의 공간으로 이루어지는 형태이면 가능하다.
- [182] 실시예에 따라서는, 단열탱크(400) 내부로부터 선체 내벽으로 전달되는 액화가스의 하중을 전달하는 하중전달부(미도시)를 더 포함할 수 있다. 하중전달부(미도시)는 도 14에서 공간을 분리하는 보강부재 형태가 될 수 있으며, 제1 셀(410)에서 선체 내벽으로 하중을 전달할 수 있는 구조를 모두 포함할 수 있다.
- [183] 단열박스(460)의 구조를 이루는 프레임은 합판(Plywood) 혹은 탈가스(outgassing)가 적은 복합 소재로 이루어질 수 있다.
- [184] 도 15a, 15b는 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크 및 이를 포함하는 선박을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [185] 도 15a, 15b에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 선박(20)은 제1 셀(410), 제2 셀(420), 제1 셀(410)과 제2 셀(420) 사이에 배치되는 단열재(450)가 채워진 제1 단열공간(430), 제2 셀(420)과 제2 셀(420) 외부에 배치된 선체 내벽 사이에 배치되는 제2 단열공간(440)을 포함하고, 제1 단열공간(430) 및 제2 단열공간(440)의 진공도를 조절하는 진공펌프(470)와, 압력을 조절하는 압력제어부(480)를 포함하는 단열탱크(400)를 포함하며, 압축기(500)를 포함할 수 있다.
- [186] 본 발명에 따른 선박(20)은 상기에서 설명한 바와 같이, 진공펌프(470)를 포함함으로써 선박(20) 내에서 진공 작업이 더욱 용이하게 이루어질 수 있다.
- [187] 본 발명의 실시예에 따라서는, 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440) 내에 배치되는 진공배관(476)을 포함할 수 있다.
- [188] 일 실시예로서, 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)에 단열재(450)를 채우고, 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)을 진공으로 만들기 위하여 진공펌프(470)만을 이용하여 진공 처리할 수 있으나, 다른 실시예에 따르면 진공배관(476)을 더 포함할 수도 있다.
- [189] 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)에 단열재(450)가 채워진 상태에서 단열재(450) 사이의 공간을 진공으로 만드는 경우, 진공을 만드는 진공펌프(470)와 거리가 먼 곳에서는 배기가 원활하게 진행되지 않을 수 있으며, 단열탱크(400)의 크기가 커질수록 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)을 진공으로 만드는 것이 어려울 수 있는바, 단열탱크(400)내 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)에는 진공배관(476)이 더 포함될 수 있으며, 진공배관(476)은 아래 도 21 내지 도 24를 통하여 설명하도록 한다.
- [190] 또한, 상기에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 선박(20)은 제1 셀(410) 내부 압력이 대기압 이하의 진공 압력에서 운전이 가능한 것으로, 단열탱크(400) 내부

액화가스를 하역하는 과정에서 대기압 이하로 압력이 낮아지는 경우 역시 운전이 가능함은 물론이다.

- [191] 본 발명에 따르면 제1 셀(410)에서 발생한 증발가스(BOG)를 단열탱크(400) 외부로 이송할 수 있으며, 단열탱크(400)에서 발생하는 증발가스(BOG)를 단열탱크(400) 외부로 이송하는데 이용되는 압축기(500)를 포함할 수 있고, 압축기(500)를 통하여 증발가스(BOG)를 외부로 이송시킴에 따라 제1 셀(410) 내부 압력을 상압 이하로 낮출 수 있다.
- [192] 본 발명에서의 압축기(500)의 흡입 압력(suction pressure)은 진공일 수 있으며, 실시예에 따라, 압축기(500)의 흡입 배관은 이중으로 되어 있는 이중 배관일 수 있어 배관에 누수(leak)가 발생하여도 외부 공기가 압축기(500)에 유입되지 않게 되는 이점이 있다.
- [193] 도면에 도시하지는 않았으나, 본 발명에 따른 선박(20)은 이중 배관으로 이루어진 압축기(500)를 포함한 배관시스템(미도시)을 더 포함할 수 있다.
- [194] 또한, 본 발명의 선박(20)은 단열탱크(400)에서 발생하는 증발가스(BOG)를 연료로 이용할 수 있고 연료로 이용할 수 있는 엔진이나 연료전지, 보일러를 포함할 수 있다.
- [195] 이하에서는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 단열탱크(400) 및 이를 포함하는 선박(20)에 대하여 설명을 하도록 한다.
- [196] 도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크 및 이를 포함하는 선박을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [197] 도 16에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크(400)는, 액화가스를 저장하는 멤브레인 단열탱크(400)로서, 내부에 액화가스를 수용하는 제1 셀(410), 제1 셀(410) 외부에 배치되는 제2 셀(420), 제1 셀(410)과 제2 셀(420) 사이에 배치되는 제1 단열공간(430), 및 제2 셀(420)과 제2 셀(420) 외부에 배치된 선체 내벽 사이에 배치되는 제2 단열공간(440)을 포함하며, 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440) 중 적어도 하나에는 진달부(464)를 포함하는 하중진달부재(462)가 배치되며 단열재(450)가 채워지고 진공 처리된 것을 특징으로 한다.
- [198] 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)에는 단열재(450)가 뽁뽁하게 채워질 수 있으며, 본 발명에서의 단열재(450)는 발포 플라스틱 비드, 폴리우레탄, 폴리스티렌, 폴리에틸렌, 폴리아이소시아누레이트, 에어로젤 블랭킷, 폼드 실리카, 칼슘실리케이트, 미네랄울, 글라스울, 글라스 마이크로파이버, 펄라이트 및 할로우 글라스 마이크로 스피어(Hollow Glass Microsphere) 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [199] 단열재(450)가 채워진 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)은 진공 상태일 수 있다.
- [200] 본 발명에서는 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)을 진공으로 만듦에 따라 단열성능을 높일 수 있으며 액화가스의 증발가스의 발생을 줄이는 효과가 있다.

- [201] 도 16에 도시된 본 발명에 따른 단열탱크 및 이를 포함하는 선박의 각 구성에 대하여는 아래의 도 17 내지 도 20을 통하여 설명하도록 한다.
- [202] 본 발명에 일 실시예에 따르면, 제1 쉘(410) 내부의 증기압이 대기압 이하의 진공 상태일 수 있다. 즉, 제1 쉘(410)의 증기 압력(vapor pressure)이 대기압(760 torr) 이하의 진공인 상태로도 동작이 가능하며, 알람은 제1 쉘(410) 내부의 증기 압력이 대기압 이하인 경우 발생할 수 있는 것으로, 제1 쉘(410)의 저압 알람(alarm) 값은 대기압 이하일 수 있다.
- [203] 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [204] 도 18은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [205] 도 17 및 도 18에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 단열탱크(400)는, 제1 단열공간(430) 및 제2 단열공간(440) 중 적어도 하나에 배치되는 하중전달부재(462)를 포함할 수 있다.
- [206] 제1 단열공간(430) 및 제2 단열공간(440)에 채워지는 단열재(450)는 하중전달부재(462) 사이에 채워질 수 있으며, 실시예에 따라서는, 하중전달부재(462)는 단열 성능이 높은 비금속 소재일 수 있다.
- [207] 하중전달부재(462) 사이에 채워지는 단열재(450)는 하중전달부재(462)의 구조에 의하여 제1 단열공간(430) 및 제2 단열공간(440) 내에 고르게 배치될 수 있으며, 이와 동시에 하중전달부재(462) 구조상 단열탱크(400)로부터 선체로 전달되는 하중을 분산시켜 전달시키는 효과가 있다.
- [208] 본 발명에서는 제1 단열공간(430) 및 제2 단열공간(440)에 하중전달부재(462)를 배치하는바, 단열탱크(400)의 제조 과정에서, 제1 단열공간(430) 및 제2 단열공간(440) 중 적어도 하나에 하중전달부재(462)를 배치한 후, 단열재(450)를 채우고, 그 다음 작업으로 진공펌프(470)를 이용하여 제1 단열공간(430) 및 제2 단열공간(440)을 진공으로 만들 수 있다.
- [209] 본 발명에 따른 단열탱크(400)는 진공펌프(470) 및 압력제어부(480)를 포함할 수 있다.
- [210] 도 17에서와 같이 제1 단열공간(430)과 제2 단열공간(440)에는 상이한 가스가 채워질 수 있으나, 도 18에서와 같이 제1 단열공간(430)과 제2 단열공간(440)에는 동일한 가스가 채워질 수도 있다.
- [211] 도 17에는 단열탱크(400)에 저장하는 액화가스가 액화수소인 경우로서, 제2 단열공간(440)에는 질소가스가, 제1 단열공간(430)에는 헬륨가스 또는 수소가스가 채워지는 모습을 도시하였으나 각각의 채워지는 가스 종류가 상기 나열된 것에 한정되는 것은 아니다.
- [212] 상이한 가스를 채우는 경우, 제1 쉘(410) 내부에 수용되어 있는 액화가스가 액화수소인 경우, 제1 단열공간(430)에는 액화수소의 냉각온도보다 낮거나 같은 수

소가스나 헬륨가스를 채우며 이는 제1 단열공간(430)에 잔존가스의 결빙이 발생하지 않게 하기 위함이다.

- [213] 또한, 제2 단열공간(440)에는 액화수소의 냉각온도보다 높거나 같은 가스이면서 인화성이 없는 가스로서 수소, 헬륨가스 대비 저렴한 질소가스를 채우는데 이는 비용을 낮출 수 있는 이점이 있다.
- [214] 본 발명에 따른 단열탱크(400)는, 가스로 채워진 제1 단열공간(430) 및 제2 단열공간(440)을 진공으로 만드는 진공펌프(470)를 포함할 수 있으며, 진공 작업 이후 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)의 잔존가스를 공급하는 작업을 통하여 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)의 압력을 제어하는 압력제어부(480)를 포함할 수 있다.
- [215] 즉, 도 18에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 단열탱크(400)는 진공펌프(470)를 포함하며, 진공펌프(470)는 단열탱크(400)와 선박(20)의 건조 후에도 운전이 가능하여, 진공펌프(470)를 이용하여 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)의 진공도를 조절할 수 있다.
- [216] 도 17은 제1 단열공간(430)과 제2 단열공간(440)이 상이한 가스로 채워진 경우로서, 제1 단열공간(430)을 진공으로 만드는 제1 진공펌프(472), 제2 단열공간(440)을 진공으로 만드는 제2 진공펌프(474)를 포함할 수 있다.
- [217] 또한, 진공 작업 이후, 제1 단열공간(430)의 잔존 가스와 동일한 가스를 공급하여 제1 단열공간(430)의 압력 제어를 하는 제1 압력제어부(482), 제2 단열공간(440)의 잔존 가스와 동일한 가스를 공급하여 제2 단열공간(440)의 압력 제어를 하는 제2 압력제어부(484)를 각각 포함할 수 있다.
- [218] 이는 동일한 가스로 채워진 제1 단열공간(430) 및 제2 단열공간(440)을 진공으로 만드는 하나의 진공펌프(470)를 포함하고, 진공 작업 이후 제1 단열공간(430)과 제2 단열공간(440)의 잔존 가스와 동일한 가스를 공급하는 작업을 통하여 제1 단열공간(430) 및 제2 단열공간(440)의 압력을 제어하는 하나의 압력제어부(480)를 포함하는 도 18과 차이가 있다. 일 예로, 동일한 잔존 가스는 질소 가스일 수 있다.
- [219] 본 발명의 단열탱크(400)에서 저장하고자 하는 액화가스는 도 17에 도시된 바와 같이 액화수소일 수 있으나 이에 한정하지 않으며 도 18에서와 같이 LNG를 포함할 수도 있다.
- [220] 도 19는 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [221] 도 20은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [222] 도 19는 단열탱크에 배치되는 하중전달부재(462)를 도시한 것으로서, 하중전달부재(462)는 제1 셸(410) 및 제2 셸(420)과 평행하도록 배치되는 상판, 하판, 및 상판, 하판을 연결하여 액화가스의 하중을 선체 내벽으로 전달하는 전달부(464)를 포함할 수 있다.

- [223] 도 20은 하중전달부재(462)의 단면을 도시한 것으로, 기둥 형태의 전달부(464) 복수개 배치될 수 있으며 복수개의 전달부(464) 사이로 단열재는 고르게 채워지게 된다.
- [224] 도 19 및 도 20에서와 같이, 본 발명에서는 상판과 하판을 기둥 형태의 전달부(464)로 연결한 하중전달부재(462)를 이용함에 따라, 단열탱크(400) 내부에서 선체로 전달되는 하중은 각각의 셸(410, 420)에 접촉되는 하중전달부재(462)의 상, 하판 및 전달부(464)를 통해 선체로 전달되며, 하중전달부재(462)를 통하여 하중을 전달하는 과정에서 하중이 고르게 분산되는 효과가 있다.
- [225] 도 16을 참고하면, 본 발명에 따른 선박(20)은 제1 셸(410), 제2 셸(420), 제1 셸(410)과 제2 셸(420) 사이에 배치되는 단열재(450)가 채워진 제1 단열공간(430), 제2 셸(420)과 제2 셸(420) 외부에 배치된 선체 내벽 사이에 배치되는 제2 단열공간(440), 제1 단열공간(430) 및 제2 단열공간(440)의 진공도를 조절하는 진공펌프(470), 압력을 조절하는 압력제어부(480)를 포함하는 단열탱크(400)를 포함하며, 압축기(500)를 포함할 수 있다.
- [226] 본 발명에 따른 선박(20)은 상기에서 설명한 바와 같이, 구비된 진공펌프(470)를 포함함으로써 선박(20) 내에서 진공 작업이 더욱 용이하게 이루어질 수 있다.
- [227] 본 발명의 실시예에 따라서는, 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440) 내에 배치되는 진공배관(476)을 포함할 수 있다.
- [228] 이에 일 실시예로서, 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)에 단열재(450)를 채우고, 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)을 진공으로 만들기 위하여 진공펌프(470)만을 이용하여 진공 처리할 수 있으나, 다른 실시예에 따르면 진공배관(476)을 더 포함할 수도 있다.
- [229] 또한, 다른 일 실시예에 따르면, 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)에 단열재(450)로서 폴리우레탄 폼을 채우고, 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)을 진공으로 만들기 위하여 진공펌프(470)만을 이용하여 진공 처리할 수 있으나, 또 다른 일 실시예에 따르면 진공배관(476)을 더 포함할 수도 있다.
- [230] 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)에 단열재(450)가 채워진 상태에서 단열재(450) 사이의 공간을 진공으로 만드는 경우, 진공을 만드는 진공펌프(470)와 거리가 먼 곳에서는 배기가 원활하게 진행되지 않을 수 있으며, 단열탱크(400)의 크기가 커질수록 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)을 진공으로 만드는 것이 어려울 수 있는바, 단열탱크(400)내 제1 단열공간(430), 제2 단열공간(440)에는 진공배관(476)이 더 포함될 수 있으며, 진공배관(476)은 아래 도 21 내지 도 24를 통하여 설명하도록 한다.
- [231] 또한, 상기에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 선박(20)은 제1 셸(410) 내부 압력이 대기압 이하의 진공 압력에서 운전이 가능한 것으로, 단열탱크(400) 내부 액화가스를 하역하는 과정에서 대기압 이하로 압력이 낮아지는 경우 역시 운전이 가능함은 물론이다.

- [232] 본 발명에 따르면 제1 쉘(410)에서 발생한 증발가스(BOG)를 단열탱크(400) 외부로 이송할 수 있으며, 단열탱크(400)에서 발생하는 증발가스(BOG)를 단열탱크(400) 외부로 이송하는데 이용되는 압축기(500)를 포함할 수 있고, 압축기(500)를 통하여 증발가스(BOG)를 외부로 이송시킴에 따라 제1 쉘(410) 내부 압력을 상압 이하로 낮출 수 있다.
- [233] 본 발명에서의 압축기(500)의 흡입 압력(suction pressure)은 진공일 수 있으며, 실시예에 따라, 압축기(500)의 흡입 배관은 이중으로 되어 있는 이중 배관일 수 있어 배관에 누수(leak)가 발생하여도 외부 공기가 압축기(500)에 유입되지 않게 되는 이점이 있다.
- [234] 도면에 도시하지는 않았으나, 본 발명에 따른 선박(20)은 이중 배관으로 이루어진 압축기(500)를 포함한 배관시스템(미도시)을 더 포함할 수 있다.
- [235] 또한, 본 발명의 선박(20)은 단열탱크(400)에서 발생하는 증발가스(BOG)를 연료로 이용할 수 있고 연료로 이용할 수 있는 엔진이나 연료전지, 보일러를 포함할 수 있다.
- [236] 도 21은 본 발명의 실시예에 따른 단열탱크에 배치된 진공배관을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [237] 도 22는 본 발명의 실시예에 따른 단열탱크에 배치된 진공배관을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [238] 도 23은 본 발명의 실시예에 따른 단열탱크에 배치된 진공배관을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [239] 도 24는 본 발명의 실시예에 따른 단열탱크에 배치된 진공배관을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [240] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 도 1 내지 도 20에서 설명한 단열탱크(100, 400, 600)는 제1 쉘(120, 410, 610), 제2 쉘(130, 420, 620) 사이에 단열재(42, 450, 632)로 채워지고 진공 처리된 단열공간(140, 430, 440, 630)에 각각의 진공펌프(200, 470(471, 472), 700)와 연결되는 진공배관(210, 476, 710)을 더 포함할 수 있다.
- [241] 도 21 내지 도 24에는, 진공배관(710)이 도시되어 있으며, 도시된 진공배관(710)은 제1 쉘(610), 제2 쉘(620)로 이루어진 단열탱크(600)에 적용된 일 예이며, 도시된 단열탱크(600) 외에 단열탱크(100, 400)의 각각의 단열공간(140, 430, 440, 630)에 진공배관(210, 476, 70)이 적용될 수 있다.
- [242] 아래에서는 단열탱크(600)에 적용된 실시예로 설명하도록 한다.
- [243] 도 21 내지 도 24에 도시된 바와 같이, 제1 쉘(610), 제2 쉘(620)사이에 배치되어 단열재(632)로 채워지고 진공 처리된 단열공간(630)에는 진공배관(710)이 포함될 수 있다.
- [244] 먼저, 단열탱크(600)의 단열공간(630)에는 하나 이상의 진공배관(710)이 포함될 수 있다. 진공배관(710)은 제1 쉘(610)을 둘러싸고 있으며 단열공간(630)에 채워진 단열재(632)에 묻혀진 상태일 수 있다.

- [245] 진공배관(710)의 측면에는 흡입구(716)와 플러그(715)가 형성될 수 있으며, 흡입구(716)는 단열재(632) 사이에 기체가 흡입되는 통로일 수 있고, 플러그(715)는 펌프배관(711) 및 진공펌프(700)가 연결될 수 있으며, 진공펌프(700)가 가동되면 단열재(632) 사이의 기체가 흡입구(716)를 통해 진공배관(710) 내부로 흡입되어 외부로 배출되어 단열공간(630)을 진공 상태로 만들 수 있다.
- [246] 진공배관(710)은 하나 이상 배치될 수 있으며, 바람직하게는 둘 이상 배치될 수 있다. 진공배관(710)은 단열공간(630)에 배치되며 흡입구(716)는 진공배관(710)에 진공배관(710)의 길이 방향을 따라 다수 형성되어, 진공배관(710)을 둘러싼 다양한 위치에서 흡입이 일어나도록 할 수 있다.
- [247] 제1 셸(610)과 제2 셸(620)의 높이의 중간 부분에 상호 용접된 중앙 용접선(714)이 형성될 수 있으며, 이 때, 진공배관(710)이 중앙 용접선(714)과 동일한 위치에서 제2 셸(620)에 고정되는 경우, 단열탱크(600)의 구조 안정성과 진공배관(710)의 고정력이 저하될 수 있는바, 진공배관(710)은 중앙 용접선(714)과 겹쳐지지 않도록 서로 이격되어 고정될 수 있다.
- [248] 실시예에 따라서는, 플러그(715)가 중앙 용접선(714)과 인접한 위치에 형성될 수 있으며, 플러그(715)는 중앙 용접선(714)으로부터 수직 방향으로 약 10m 내에 형성될 수 있고, 바람직하게는 2m 이내에 형성될 수 있다. 그에 따라 작업자는 다른 도구의 사용 없이도 펌프배관(711)을 플러그(715)에 용이하게 연결할 수 있다. 즉, 진공배관(710)을 대각선 방향 또는 수직 방향으로 배치할 때 작업자가 진공배관(710)에 펌프배관(711)을 연결할 수 있으므로, 작업자의 작업 효율을 높일 수 있다.
- [249] 도 22는 단열탱크(600)의 횡단면을 도시한 것으로, 제1 셸(610)과 제2 셸(620) 사이의 단열공간(630)에는 진공배관(710)이 배치될 수 있으며, 실시예에 따라서는 진공배관(710)은 복수개 배치될 수도 있다.
- [250] 진공배관(710)은 단열공간(630) 내에서 서로 같은 거리만큼 제1 셸(610), 제2 셸(620)로부터 이격될 수 있으며, 각각의 이격되는 거리는 서로 동일하거나 상이할 수 있다.
- [251] 복수개의 진공배관(710)이 단열공간(630)에 배치되는 경우라면, 각각 단열공간(630) 내에서 제2 셸(620)과 가깝게 배치되거나, 또는 제1 셸(610)과 가깝게 배치될 수 있다.
- [252] 진공배관(710)에는, 흡입구(716)가 구비될 수 있으며, 연결부(712)에 의해 제2 셸(620)에 고정될 수 있다. 진공배관(710)에는 플러그(715)가 구비되어, 플러그(715)로 펌프배관(711)이 연결되고, 흡입구(716)를 통해 단열공간(630) 내 기체가 흡입될 수 있다.
- [253] 도 23은 진공배관(710)의 단면도를 도시한 것으로서, 진공배관(710)은 측면(폭 방향)에 형성되는 흡입구(716)와 흡입구(716)를 덮는 필터부(717)를 포함할 수 있다.

- [254] 진공배관(710)은 플러그(715)를 통해 펌프배관(711)과 연결되고, 진공펌프(700)가 가동되는 경우 흡입구(716)를 통해 단열공간(630) 내부 기체들이 진공배관(710)으로 흡입되어 외부로 배기될 수 있다.
- [255] 이때, 단열공간(630)은 파우더 등의 단열재(632)로 충전되어 있으므로, 진공펌프(700)가 가동되는 경우 단열재(632)가 흡입구(716)로 흡입될 수 있고, 진공배관(710)을 따라 단열재(632)가 진공펌프(700)로 전달될 수 있는바, 흡입구(716)를 통해 단열재(632)가 진공펌프(700)로 유입되는 것을 방지하기 위해, 흡입구(716)는 필터부(717)로 커버될 수 있다.
- [256] 필터부(717)는 메쉬 등의 다공성 구조를 가지고 있고, 실시예에 따라서는, 여러 겹으로 배치되어 단열재(632) 필터링 효과를 높일 수 있다. 예를 들어, 필터부(717)는 금속으로 된 메쉬나, 펄프 소재로 제조된 필터가 다중으로 적층된 형태일 수 있다.
- [257] 필터부(717) 자체에 형성되는 구멍 또는 필터부(717)가 다중으로 적층되면서 형성되는 구멍은 단열재(632)가 흡입구(716)로 유입되는 것을 방지하기 위해 단열재(632)의 입자 직경보다 직경이 작을 수 있다. 필터부(717)는 상기 소재 외에 다양한 소재로 구성될 수 있으며, 다양한 크기 또는 형태로 제조될 수 있으나, 본 발명은 이에 제한되지 않는다.
- [258] 필터부(717)는 흡입구(716)가 형성되는 영역만을 커버할 수도 있고, 진공배관(710) 전체를 감싸면서 흡입구(716)가 형성되는 영역을 커버할 수도 있다. 다만, 본 발명은 이에 제한되지 않는다.
- [259] 도 24에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따라서는, 진공배관(710)은 연결부(712)에 의하여 제2 쉘(620)에 고정되도록 배치될 수 있다.
- [260] 연결부(712)는 단열공간(630)에 구비됨에 따라, 연결부(712)는 제1 쉘(610)로부터 냉열을 전달받아 온도가 떨어질 수 있는바, 연결부(712)는 저온에서도 견딜 수 있는 소재로서, 우드(wood), SUS, PTFE(polytetrafluoroethylene), 베크라이트(bakelite)로 제조될 수 있다.
- [261] 다만, 연결부(712)가 제2 쉘(620)의 중앙 용접선(714)에 설치되는 경우 단열탱크(600)의 구조 안정성과 진공배관(710)의 고정력이 저하될 수 있으므로, 진공배관(710)은 중앙 용접선(714)과 겹쳐지지 않도록 서로 이격되어 설치되는 것이 바람직하다.
- [262] 도 25는 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크를 설명하기 위하여 도시한 도면이다.
- [263] 도 25를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 단열탱크(600)는, 액화가스를 저장하는 독립형 단열탱크로서, 내부에 액화가스를 수용하는 제1 쉘(1010), 제1 쉘(1010) 외부에 배치되는 제2 쉘(1020), 및 제1 쉘(1010)과 제2 쉘(1020) 사이에 배치되는 단열공간(1030)을 포함하며, 단열공간(1030)은 단열재로 채워지고 진공 처리된 공간이다.
- [264] 일례로, 본 발명에서의 단열재는 분말(Powder) 또는 비드(Bead)일 수 있다.

- [265] 다른 예로, 본 발명에서 단열재는 예를 들어, 발포 플라스틱 비드, 폴리우레탄, 폴리스티렌, 폴리에틸렌, 폴리אי소시아누레이트, 에어로젤 블랭킷, 폼드 실리카, 칼슘실리케이트, 미네랄울, 글라스울, 글라스 마이크로파이버, 펄라이트 및 할로우 글라스 마이크로 스피어(Hollow Glass Microsphere) 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다. 할로우 글라스 마이크로 스피어는, 3M사에서 제조하는 상표명 글라스버블(glass bubble)을 포함할 수 있다. 이하에서는, 단열재로 글라스버블을 사용하는 것으로 설명하였으나, 이는 설명을 위한 것이며, 본 발명은 단열재의 종류에 의해 제한되는 것이 아니다.
- [266] 한편, 단열탱크(1000)의 외부에는 단열공간(1030)의 기체를 배출시키기 위해 진공펌프(1100)가 마련될 수 있다. 이하에서 진공을 형성하는 것은 진공펌프(1100)에 의해 기체를 배출시켜 압력을 낮추는 것을 의미한다. 진공도는 일정 공간에서 기체를 배출시킨 정도를 나타낼 수 있으며, 진공도를 높이는 것은 일정 공간에서 기체를 배출시켜 압력을 낮추는 것을 나타낼 수 있다.
- [267] 진공펌프(1100)는 선박에 마련된 것일 수 있으며, 진공펌프(1100)는 단열공간(1030)을 저진공으로 만들 수 있다. 진공펌프(1100)는 저진공 펌프일 수 있다. 이때 진공펌프(1100)는 5 m³/hr 이상의 용량을 가지고, 바람직하게는, 10 m³/hr 이상의 용량을 가질 수 있다. 이때 진공펌프(1100)는 단열공간(1030)의 압력을 100mTorr 이하로 낮출 수 있으며, 바람직하게, 단열공간(1030)의 압력을 10mTorr 이하로 낮출 수 있으며, 바람직하게, 단열공간(1030)의 압력을 1mTorr 이하로 낮출 수 있다.
- [268] 이때 단열탱크(1000)는 증발가스를 사용하는 수요처(미도시)에서 필요로 하는 증발가스의 양보다 증발가스가 제1 셀(1010) 내에서 적게 발생하도록 할 수 있다. 단열탱크(1000)의 단열성능은 단열공간(1030)의 진공도에 의해 결정될 수 있고, 단열공간(1030)의 진공도는 적어도 저진공일 수 있다.
- [269] 일례로, 단열공간(1030)의 압력은 70mTorr 이상일 수 있다. 더 바람직하게, 단열공간(1030)의 압력은 100mTorr일 수 있으며, 단열공간(1030)의 압력은 300mTorr 이상일 수 있다. 단열공간(1030)의 압력을 높게 설정할수록, 단열공간(1030)을 진공상태로 만들기 위해 필요한 공수나 시간이 줄어들 수 있다.
- [270] 진공배관(1140)은 단열탱크(1000)의 외부에 마련되는 진공펌프(1100)와 연결될 수 있으며, 구체적으로, 진공펌프(1100)와 단열탱크(1000)의 사이에는 매니폴드(1030)가 마련될 수 있으며, 상기 진공펌프(1100)와 상기 매니폴드(1030)를 연결하는 펌프배관(1110)과, 상기 매니폴드(1030)와 상기 진공배관(1140)을 연결하는 매니폴드배관(1130)이 마련될 수 있다. 펌프배관(1110) 및 매니폴드배관(1130) 중 적어도 하나에는 밸브(미도시)가 형성되어, 상기 밸브(미도시)는 단열공간(1030) 내부 기체의 흐름을 제어할 수 있다.
- [271] 진공배관(1140)은 제1 셀(1010)을 둘러싸고 있으며 단열공간(1030)에 채워진 단열재에 묻혀진 상태일 수 있다.

- [272] 진공배관(1140)은 제2 셀(1020)보다 제1 셀(1010)에 가깝게 배치될 수 있다. 후술할 바와 같이, 단열공간(1030)에서 기체분자의 크누센수(Kn)는 단열공간(1030)의 압력이 낮을수록 작아질 수 있는데, 크누센수(Kn)가 작을수록 단열공간(1030)에서 기체분자의 유동을 제어하는 것이 용이하다. 그에 따라, 비교적 온도가 낮은 제1 셀(1010)과 가까운 위치에 진공배관(1140)을 배치하여, 진공펌프(1100)에 의해 기체분자가 진공배관(1140)을 따라 용이하게 외부로 배출될 수 있고, 단열공간(1030)의 진공을 빠르게 잡을 수 있다.
- [273] 진공배관(1140)은 복수 개 마련되어 단열공간(1030)의 상부와 하부에 각각 마련될 수 있으며, 하나의 진공배관(1140)이 제1 셀(1010)을 둘러싸는 구조로 형성될 수 있다.
- [274] 진공배관(1140)은 서포트(미도시)에 의하여 제1 셀(1010) 또는 제2 셀(1020)에 고정될 수 있다. 서포트(미도시)는 제1 셀(1010)에 고정되어, 제1 셀(1010)에 가깝게 배치되는 진공배관(1140)과 서포트(미도시)의 거리가 가까워져, 서포트(미도시)의 길이를 줄일 수 있다. 진공배관(1140)은 측면(폭방향)에 형성되는 흡입구(미도시)와 흡입구(미도시)를 덮는 필터부(미도시)를 포함할 수 있다. 진공배관(1140)은 일단이 매니폴드배관(1130)과 연결되고, 타단이 단열공간(1030)으로 삽입된 형태일 수 있으며, 이때 타단에는 흡입구(미도시)가 마련될 수 있다.
- [275] 진공배관(1140)은 펌프배관(1110)과 연결되고, 진공펌프(1100)가 가동되는 경우 상기 진공배관(1140)에 형성되는 흡입구(미도시)를 통해 단열공간(1030) 내부 기체들이 진공배관(1140)으로 흡입되어 외부로 배기될 수 있다.
- [276] 이때, 단열공간(1030)은 파우더 등의 단열재로 충전되어 있으므로, 진공펌프(1100)가 가동되는 경우 단열재가 흡입구(미도시)로 흡입될 수 있고, 진공배관(1140)을 따라 단열재가 진공펌프(1100)로 전달될 수 있는바, 흡입구(미도시)를 통해 단열재가 진공펌프(1100)로 유입되는 것을 방지하기 위해, 흡입구(미도시)는 필터부(미도시)로 커버될 수 있다.
- [277] 필터부(미도시)는 메쉬 등의 다공성 구조를 가지고 있고, 실시예에 따라서는, 여러 겹으로 배치되어 단열재 필터링 효과를 높일 수 있다. 예를 들어, 필터부(미도시)는 금속으로 된 메쉬나, 펄프 소재로 제조된 필터가 다중으로 적층된 형태일 수 있다.
- [278] 필터부(미도시) 자체에 형성되는 구멍 또는 필터부(미도시)가 다중으로 적층되면서 형성되는 구멍은 단열재가 흡입구(미도시)로 유입되는 것을 방지하기 위해 단열재의 입자 직경보다 직경이 작을 수 있다. 필터부(미도시)는 상기 소재 외에 다양한 소재로 구성될 수 있으며, 다양한 크기 또는 형태로 제조될 수 있으나, 본 발명은 이에 제한되지 않는다.
- [279] 필터부(미도시)는 흡입구(미도시)가 형성되는 영역만을 커버할 수도 있고, 진공배관(1140) 전체를 감싸면서 흡입구(미도시)가 형성되는 영역을 커버할 수도 있다. 다만, 본 발명은 이에 제한되지 않는다.

- [280] 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 단열탱크(1000)는 단열공간(1030)에 단열재를 충전하고, 그 안에 진공배관(1140)을 설치하여, 진공펌프(1100)와 거리가 먼 단열공간(1030)에서도 진공을 형성할 수 있다.
- [281] 한편, 통상적인 액화수소를 저장하는 저장탱크의 경우, 충분한 단열성능을 가지 못하면, 다량의 증발가스가 발생하므로, 단열공간을 고진공으로 만든다. 그러나, 단열공간을 고진공으로 만들기 위해서 많은 시간이 소요된다.
- [282] 따라서 본 발명은 단열공간(1030)을 저진공으로 만들기 때문에 단열공간(1030)을 진공으로 만드는 시간과 공수를 줄일 수 있다. 구체적으로, 본 발명은 크누센수(Kn, Knudsen number)를 통해 진공을 잡기 용이한 압력 범위를 파악할 수 있다. 크누센수와 관련하여 이하에서 상세히 설명한다.
- [283] 단열공간(1030)을 저진공으로 만들 때, 크누센수가 고려될 수 있다. 크누센수는 흐름의 특성을 표시하는 무차원 수로서, 아래 식과 같이 유체분자가 연속적으로 충돌하면서 이동하는 평균 거리인 평균 자유 경로(mean free path, λ)와 흐름을 특징짓는 대표적인 길이인 특성 길이(characteristic length)의 비로 나타낼 수 있다. 이때 유체분자가 단열재 사이를 통과하는 경우, 특성길이는 단열재의 평균 기공 크기(average pore size, δ_p)일 수 있다.
- [284]
- $$Kn = \frac{\text{mean free path of the gas molecules}}{\text{average pore size}} = \frac{\lambda}{\delta_p} = \frac{k_b T}{\sqrt{2} \pi d_g^2 p \delta_p}$$
- [285] K_b 는 볼츠만 상수(Boltzmann's constant; $1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$), T 는 절대온도, d_g 는 유체 분자의 직경, p 는 절대압력, δ_p 는 단열재의 지름,
- $$\delta_p = \left[\frac{0.905}{(1 - \psi)^{\frac{1}{3}}} - 1 \right] d_p$$
- ψ 는 단열재의 공극률.
- [286] 단열공간(1030)에 포함된 기체분자들은 단열공간(1030)내 압력이 낮지 않을 경우, 이웃하는 기체분자와 서로 운동에너지를 주고 받으며 진공펌프(1100)로 이동할 수 있다.
- [287] 그러나, 크누센수가 커지면, 이는 기체분자들이 상호작용이 적어진다는 것을 의미하고, 이에 따라 기체분자의 움직임을 조절하기가 어려워지고 진공펌프(1100)로 단열공간(1030)을 진공으로 만드는 것이 어려워진다.
- [288] 도 26a는 기체분자가 점성류로 흐르는 것을 설명하기 위한 도면이고, 도 26b는 기체분자가 분자류로 흐르는 것을 설명하기 위한 도면이다.
- [289] 기체분자는 크누센수의 값에 따라 점성류, 흐름류, 전이류, 분자류로 분류될 수 있으며, 여기서 크누센수가 커질수록 기체분자의 흐름은 점성류에서 분자류로 바뀔 수 있다.

- [290] 점성류는, 분자간 운동량 및 에너지 전달이 연속적으로 이루어지므로, 펌프에 의해 기체분자의 유동을 제어할 수 있으며, 분자류는 기체분자가 희박한 상태에서 기체분자의 유동으로, 기체분자간 충돌이 무시될 수 있으며, 펌프에 의해 기체분자의 유동을 제어하기 어렵다.
- [291] 도 26a를 참조하면, 기체분자가 점성류로 흐르는 경우, 방향성이 강하므로 펌프에 의해 기체분자가 단열재의 기공 사이로 통과하게 제어하기 용이하며, 도 26b를 참조하면, 기체분자가 분자류로 흐르는 경우, 방향성이 약하므로 펌프에 의해 기체분자가 단열재의 기공 사이로 통과하게 제어하기 어렵다.
- [292] 크누센수가 0.01 이하인 경우 기체분자는 점성류로 유동할 수 있고, 크누센수가 0.01 초과 0.1 이하인 경우 기체분자는 흐름류로 유동할 수 있고, 크누센수가 0.1 초과 10 이하인 경우 기체분자는 전이류로 유동할 수 있고, 크누센수가 10 초과인 경우 기체분자는 분자류로 유동할 수 있다.
- [293] 크누센수가 10 초과인 분자류의 경우, 기체분자의 유동을 제어하기 어려우므로, 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크(1000)의 단열공간(1030)의 경우 크누센수가 10 이하까지 압력을 줄이는 것이 바람직하며, 즉, 단열공간(1030)의 압력이 크누센수가 10이 되는 압력보다 큰 것이 바람직하다.
- [294] 또한 단열공간(1030)에 진공을 잡을 때 기체분자의 흐름은 점성류, 흐름류 및 전이류 중 적어도 하나인 것이 바람직하다.
- [295] 도 27은 크누센수와 압력의 관계를 나타내는 그래프이다. 이때 단열공간(1030)에 충전되는 단열재의 지름은 $1,000\mu\text{m}$ 이며, 단열재의 공극률은 0.5이고, 온도는 273K, 기체분자의 지름은 3.63pm 이다. 본 명세서에서 단열재의 지름(직경)은 단열공간(1030)에 채워진 단열재 전체 지름의 평균값이다.
- [296] 도 27를 참조하면, 크누센수는, 압력이 낮아지면 증가할 수 있다. 따라서 본 발명의 일 실시예에 따른 단열공간(1030)을 진공으로 만드는 과정에서 단열공간(1030)이 일정 압력 이하가 되면, 기체분자의 흐름은 분자류가 될 수 있다. 이때 분자류의 흐름을 제어하기 어려우므로, 진공펌프(1100)를 이용하여 단열공간(1030)을 진공으로 만들기 어려워질 수 있다.
- [297] 도 27에 따르면, 일례로 단열재의 지름이 $1,000\mu\text{m}$ 이고 단열공간(1030)의 압력이 66mTorr 이하인 경우, 크누센수는 10보다 클 수 있고, 이때 단열재 내 기체분자는 분자류가 될 수 있다.
- [298] 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크(1000)는 단열공간(1030)의 충전되는 단열재의 지름과 단열공간(1030)의 압력에 따라 크누센수를 조절할 수 있다.
- [299] 크누센수를 조절하기 위해, 단열재의 지름은 단열재를 체(Sieve)로 걸러 조절 가능하며, 체의 메쉬의 크기는, 단열재의 지름에 따라 결정될 수 있고, 단열재의 지름은, 10 내지 $3,000\mu\text{m}$ 일 수 있다.

- [300] 기체분자의 흐름이 분자류가 되지 않는 범위에서 단열공간(1030)의 압력을 낮추는 것이 바람직하므로, 도 27에 따르면, 단열재의 지름이 1,000 μm 인 경우, 단열공간(1030)의 압력이 66mTorr까지 진공을 형성하는 것이 바람직하다.
- [301] 한편, 단열공간(1030)에 단열재로 글라스버블(Glass bubble, GB)이 공급될 수 있으며, 아래 표 1은 글라스버블의 크기에 기초하여, 크누센수가 10이 되는 압력(KN10)과 크누센수가 100이 되는 압력(KN100)을 나타낸다. 진공을 잡을 때 온도는 30 °C이고, 글라스버블의 크기는 10 내지 3,000 μm 일 수 있다.
- [302] 기체분자의 흐름이 분자류가 되지 않는 범위에서 단열공간(1030)의 압력을 낮추는 것이 바람직하므로, 아래 표 1에 따라, 적어도 KN10까지 단열공간(1030)의 압력을 낮추는 것이 바람직하다. 즉, 단열공간(1030)의 압력은 표 1의 KN10 보다 큰 것이 바람직하다.
- [303] 일례로 단열재의 지름이 65 μm 인 경우, 단열공간(1030)의 압력이 약 1125.9mTorr가 될 때까지 진공을 형성하는 것이 바람직하다. 다만, 크누센수는 단열재의 직경에 따라 달라질 수 있으므로, 크누센수가 일정 값이 되는 압력은 단열재의 직경에 따라 달라질 수 있다. 일례로, 크누센수가 10이 되는 압력(KN10)은 단열재의 지름이 65 μm 인 경우, 1125.9 mTorr일 수 있다.
- [304] 표 1에 따르면 단열재의 직경이 크면 비교적 낮은 압력까지 크누센수가 10 이상일 수 있고, 이에 따르면 비교적 낮은 압력까지 단열공간(1030)의 압력을 빠르게 낮출 수 있다.

[표1]

글라스버블의 크기(μm)	KN10(mTorr)	KN100(mTorr)
10	7318.3	731.8
30	2439.4	243.9
65	1125.9	112.6
115	636.4	63.6
177	413.5	41.3
300	243.9	24.4
420	174.2	17.4
1000	73.2	7.3

- [306] 한편, 크누센수에 따라 단열공간(1030)을 진공으로 만들기 위해 필요한 진공시간이 달라질 수 있다.
- [307] 도 28은 단열공간의 압력과 진공시간의 관계의 실험결과를 나타내는 그래프이다.
- [308] 아래 표 2와 도 28는 Lab scale에서 단열공간(1030)의 압력과 진공시간을 측정한 결과를 나타낸다. 여기서 단열재의 지름은 65 μm 일 수 있다.

[309] 단열공간(1030)의 압력은 일정 압력이 도달하면, 압력이 그 이하로 떨어지는 것은 어렵다. 일례로 표 2와 도 28을 참조하면, 단열공간(1030)의 압력이 약 120mTorr부터 단열공간(1030)의 압력이 줄어드는 속도가 감소하며, 단열공간(1030)의 압력을 120mTorr 보다 더 작게 만들기 위해 많은 시간이 필요하다.

[310] [표2]

경과시간(hour:min)	압력(mTorr)	경과시간(hour:min)	압력(mTorr)
0:00	-	1:59	253
0:14	1901	2:29	238
0:14	1800	2:59	219
0:15	1700	3:28	212
0:16	1600	4:36	198
0:17	1500	5:04	208
0:18	1400	5:34	198
0:19	1300	6:04	213
0:21	1200	6:34	205
0:22	1100	7:04	211
0:24	1000	7:34	215
0:26	900	8:34	204
0:29	800	9:34	197
0:33	700	10:04	181
0:38	600	24:35	138
0:46	500	31:29	134
1:00	400	32:32	128
1:30	316	47:32	125

[311] 한편, 도 28의 그래프에서 단열공간(1030)의 압력과 경과 시간의 그래프 개형과 도 27의 크누센수와 단열공간(1030)의 압력의 그래프 개형을 비교해보면, 크누센수가 커질수록 단열공간(1030)을 진공으로 만드는 시간은 커질 수 있다는 것이 확인된다.

[312] 상기 표 2를 참조하면, 일례로, 단열공간(1030)의 압력은 24시간 내에 형성될 수 있는 것이며, 바람직하게, 12시간 내에 형성될 수 있는 것이다. 이때 단열공간(1030)의 압력은 70 mTorr 이상일 수 있으며, 더욱 바람직하게 300 mTorr 이상일 수 있다. 단열공간(1030)의 압력을 높게 설정할수록, 단열공간(1030)을 진공상태로 만들기 위해 필요한 공수나 시간이 줄어들 수 있다.

- [313] 따라서 본 발명은 압력을 쉽게 떨어트릴 수 있는 일정 압력까지 단열공간(1030)의 압력을 낮출 수 있고, 이때 단열공간(1030)에서 기체분자 흐름의 크누센수가 10이하일 수 있고, 단열공간(1030)에서 기체분자의 흐름은 적어도 점성류, 흐름류 및 전이류 중 적어도 하나일 수 있다.
- [314] 도 29는 단열공간의 압력과 열전도도의 관계를 나타낸 그래프이다.
- [315] 도 29는 단열재로 글라스버블(Glass Bubbles), 펄라이트분말(Perlite Powder) 및 에어로겔비드(Aerogel Beads)가 단열공간(1030)에 충전되고 진공이 잡히는 경우와, 단열재가 단열공간(1030)에 충전되지 않고 진공이 잡히는 경우에, 열전도도(Absolute k-value)와 저온진공압력(CVP, Cold Vacuum Pressure)을 그래프로 나타낸 것이다. 단열공간(1030)의 온도는 -253 °C 내지 0 °C일 수 있다.
- [316] 도 29를 참조하면, 단열공간(1030)의 압력이 낮을수록 열전도도(k)가 작아질 수 있다. 이는 단열공간(1030)의 압력이 낮을수록 단열탱크(1000)의 내부로 열이 적게 전달되는 것을 의미한다.
- [317] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크(1000) 내에 액화수소가 저장될 수 있다. 구체적으로, 단열탱크(1000)의 제1 쉘(1010) 내 액화수소가 저장될 수 있다.
- [318] 단열탱크(1000) 외부의 열은 제2쉘(1020), 단열공간(1030) 및 제1 쉘(1030)을 통과하여 액화수소로 전달될 수 있다. 이때 액화수소는 외부의 열에 의해 기화되면서 제1 쉘(1010) 내 증발가스가 발생할 수 있다.
- [319] 단열탱크(1000)의 단열성능을 높이기 위해, 단열공간(1030)에 단열재를 충전하고, 상기 단열공간(1030)을 진공상태로 만들 수 있다. 이때 진공은 단열탱크(1000)의 외부 압력보다 낮은 압력인 것을 의미할 수 있다.
- [320] 도 27 및 도 28을 참조하면, 크누센수가 10 이하에서, 단열공간(1030)의 압력을 빠르게 낮출 수 있다. 따라서, 크누센수가 10 이하인 범위에서 단열공간(1030)의 압력을 낮추는 것이 바람직하다.
- [321] 또한, 도 28을 참조하면, 단열공간(1030)의 압력은 단열공간(1030)의 진공을 잡는 시간이 24시간이 지난 후에 더 이상 내려가지 않는 경향이 있다. 따라서, 단열공간(1030)의 압력은 단열공간(1030)의 진공을 잡는 시간이 길어도 24시간이 되기 전에 형성되는 것일 수 있다.
- [322] 반대로, 도 29를 참조하여, 단열공간(1030)의 압력이 낮춰 단열탱크(1000)의 단열성능을 높이는 것이 바람직하다.
- [323] 즉, 도 27 내지 도 29를 참조하면, 크누센수가 10 이하인 범위에서 단열공간(1030)의 압력을 낮추는 것이 진공을 잡는 시간에 있어서 바람직하고, 단열공간(1030)의 압력을 최대한 낮추는 것이 단열탱크(1000)의 단열성능에 있어서 바람직하다. 다만, 크누센수가 10 이상이 되는 압력까지 단열공간(1030)의 압력을 낮출 수 있으며, 본 발명에서 단열공간(1030)의 압력이 크누센수가 10 이상이 되는 범위로 한정되는 것은 아니다.
- [324] 단, 단열탱크(1000)의 단열성능은 단열탱크(1000)에서 증발가스의 발생량을 줄이고 액화수소의 낭비를 방지하기 위한 것이므로, 단열탱크(1000)에서 발생하는

증발가스를 연료로서 모두 사용할 수 있다면, 사용할 수 있는 증발가스가 발생하는 압력 범위에서는, 단열공간(1030)의 압력을 높여 단열탱크(1000)의 단열성능을 오히려 낮추되 단열공간(1030)의 진공을 잡는 시간을 줄일 수 있다.

- [325] 즉, 본 발명은 단열탱크(1000)의 단열성능과, 단열공간(1030)을 진공으로 만드는 시간을 모두 고려하여, 단열탱크(1000)의 목표로 하는 단열성능을 달성하면서 단열공간(1030)을 진공으로 만드는 시간을 단축할 수 있다.
- [326] 본 발명의 일 실시예에 따른 단열탱크(1000)는 단열공간(1030)이 300mTorr 이상의 압력을 가지고, 이때 단열탱크(1000)에서 하루에 발생하는 수소의 증발가스는 선박의 추진연료로 모두 사용될 수 있다. 단열탱크(1000)에서 발생하는 증발가스가 추진연료로 모두 사용되는 것은 하나의 예시이며, 증발가스는 추진연료 외 보일러, 발전장치 등의 증발가스 수요처에서 사용될 수 있다. 다만, 본 발명은 증발가스의 수요처에 의해 제한되지 않는다.
- [327] 일례로 도 29를 참조하면 글라스버블이 채워진 단열공간(1030)의 압력이 600 내지 700 mTorr인 경우, 열전도도(k)의 값은 6 mW/mK일 수 있다.
- [328] 이때 단열탱크(1000)에 저장되는 액화수소는 하루에 약 0.11%가 증발되며, 이는 약 300kg/hr(7.2ton/day)에 해당하는 양이다.
- [329] 단열탱크(1000)는 액화수소를 추진연료로 사용하는 선박에 마련되어, 상기 선박은 하루에 1.5ton의 수소를 연료로 사용하므로, 단열탱크(1000)에서 하루에 발생하는 수소의 증발가스는 선박의 추진연료로 모두 사용될 수 있다.
- [330] 본 발명의 단열탱크(1000)는 70mTorr 내지 2,400mTorr의 압력을 가진 저진공 상태의 단열공간(1030)을 포함하고, 바람직하게, 100mTorr 내지 1,000mTorr의 압력을 가진 단열공간(1030)을 포함하고, 더 바람직하게, 300mTorr 내지 700mTorr의 저진공 상태의 단열공간(1030)을 포함한다. 이때 단열탱크(1000)에서 발생하는 증발가스는 추진연료의 연료로 모두 사용될 수 있다.
- [331] 따라서, 단열공간(1030)의 압력은 추진연료 외 다양한 수요처에서 필요한 증발가스의 총량을 고려하여 정해질 수 있다. 즉, 필요한 증발가스의 양이 많아질수록 단열탱크(1000)의 단열성능은 떨어져도 무방하므로, 단열공간(1030)의 압력은 높아지고 진공도는 낮아질 수 있다.
- [332] 단열공간(1030)에 단열재로 글라스버블(Glass bubble, GB)이 공급될 수 있으며, 아래 표 3은 글라스버블의 크기에 기초하여, 크누센수가 10이 되는 압력(KN10)과 크누센수가 100이 되는 압력(KN100)을 나타낸다. 진공을 잡을 때 온도는 저온 영역으로, 약 -0 °C이하일 수 있다. 글라스버블의 크기는 10 내지 3,000 μ m일 수 있다.
- [333] 기체분자의 흐름이 분자류가 되지 않는 범위에서 단열공간(1030)의 압력을 낮추는 것이 바람직하므로, 아래 표 3에 따라, 저온영역에서 적어도 KN10까지 단열공간(1030)의 압력을 낮추는 것이 바람직하다. 즉, 단열공간(1030)의 압력은 표 3의 KN10 보다 큰 것이 바람직하다.

- [334] 일례로 단열재의 지름이 65 μm 인 경우, 단열탱크(1000) 외부의 온도와 단열탱크(1000) 내부의 온도의 사이 값인 -116.5°C에서 단열공간(1030)의 압력이 580.39mTorr가 될 때까지 진공을 형성하는 것이 바람직하고, 액화수소가 저장되는 온도인 -253°C에서, 단열공간(1030)의 압력이 약 74.32mTorr가 될 때까지 진공을 형성하는 것이 바람직하다. 다만, 단열재의 지름에 따라 크누센수는 달라질 수 있으며, 단열재의 지름에 따라 단열공간(1030)의 목표 진공도 값은 달라질 수 있다.
- [335] 또한 크누센수와 온도는 비례관계로, 온도가 낮아질수록 크누센수는 줄어들 수 있다. 단열공간(1030)의 온도가 낮아질수록 크누센수는 작아지므로, 비교적 낮은 압력까지 단열공간(1030)의 기체분자가 분자류가 되지 않고, 점성류, 흐름류 및 전이류 중 적어도 하나로 남아있을 수 있다. 이는 저온 영역에서는 짧은 시간 동안 단열공간(1030)을 높은 진공도로 만들 수 있다는 의미를 가질 수 있다. 즉, 20°C에서는 압력을 낮추는 것이 어려웠다면, -253°C에서는 압력을 빠르게 낮출 수 있다는 것이다.
- [336] 따라서, 저온진공압력(Cold Vacuum Pressure, CVP)에서는 상온진공압력(Warm Vacuum Pressure, WVP) 대비 더 큰 크누센수를 가질 때까지 단열공간(1030)의 압력을 낮출 수 있다.

- [337] [표3]

글라스버블 의 크기(μm)	KN10(mTorr)			KN100(mTorr)		
	-253 °C	-116.5 °C	20 °C	-253 °C	-116.5 °C	20 °C
10	483.06	3772.45	7076.8	48.31	377.25	707.7
30	161.02	1257.50	2358.9	16.10	125.75	235.9
65	74.32	580.39	1088.7	7.43	58.04	108.9
115	42.00	328.05	615.4	4.20	32.80	61.5
177	27.29	213.14	399.8	2.73	21.31	40.0
300	16.10	125.75	235.9	1.61	12.58	23.6
420	11.50	89.82	168.5	1.15	8.98	16.8
1000	4.83	37.73	70.8	0.48	3.77	7.1

- [338] 이하에서는, 본 발명의 일 실시예에 따른 단열공간의 진공형성 방법을 설명한다.
- [339] 도 30은 본 발명의 일 실시예에 따른 단열공간의 진공형성 방법의 제1 진공단계의 순서도이다.
- [340] 본 발명의 일 실시예에 따른 단열공간(1030)의 진공형성 방법은, 제1 진공단계(1200)와 제2 진공단계(1300)를 포함한다.

- [341] 제1 진공단계(1200)는 액화수소를 단열탱크(1000) 내 로딩하기 전에 진행될 수 있으며, 제2 진공단계(1300)는 액화수소를 단열탱크(1000) 내 로딩한 후에 진행될 수 있다. 도 25를 참조하면, 여기서 액화수소는, 단열탱크(1000) 내부에서 액화 가스를 수용하는 제1 쉘(1010)에 액화수소를 로딩될 수 있다. 상기 제1 쉘(1010) 외부에는 제2 쉘(1020)이 배치되고, 상기 제1 쉘(1010)과 제2 쉘(1020) 사이에는 단열공간(1030)이 배치될 수 있다.
- [342] 구체적으로, 제1 진공단계(1200)는 욕상에 마련된 진공펌프에 의해 진행될 수 있으며, 제2 진공단계(1300)는 액화수소를 단열탱크(1000)에 로딩한 후, 상기 단열탱크(1000)를 탑재된 선박이 운항을 시작한 후 진행될 수 있다.
- [343] 이에 따라 본 발명의 일 실시예에 따른 단열공간(1030)의 진공형성 방법은, 선박의 운항 중에 단열공간(1030)의 진공도를 조절할 수 있으므로, 선박이 운항 중에 단열공간(1030)의 진공도가 변경될 것을 대비하여, 단열공간(1030)의 진공도를 크게 낮춰 놓을 필요가 없으므로, 선박의 운항 전에 단열공간(1030)의 진공을 잡는 시간을 크게 줄일 수 있다.
- [344] 특히, 본 발명의 일 실시예에 따른 단열공간(1030)은 저진공 상태의 비교적 높은 압력 값을 가지므로, 선박의 운항 중에도 단열공간(1030)의 진공도를 조절하는 것이 가능하다.
- [345] 또한, 선박의 운항 중에 단열공간(1030)의 단열재 또는 단열탱크(1000) 자체에서 수분 또는 가스가 배출되어 단열공간(1030)의 진공도가 달라질 수 있다. 이때 선박 내 진공펌프(1100)가 단열공간(1030)에서 수분 등을 외부로 배출시켜 단열공간(1030) 내 진공도를 유지할 수 있다.
- [346] 도 30을 참조하면, 제1 진공단계(1200)는 예비진공 단계(1210), 제1 본진공 단계(1220), 진공유지 테스트 단계(1230) 및 단열탱크의 압력 측정 단계(1240)를 포함할 수 있다.
- [347] 예비진공 단계(1210)는 단열공간(1030)에 단열재가 충전되기 전에 진행될 수 있다. 예비진공 단계(1210)에서는 진공펌프(1100)를 사용하여 단열공간(1030)의 기체를 외부로 배출시켜 단열공간(1030)의 압력을 일정 값 이하로 낮춘다. 예비진공 단계(1210)에서는, 단열공간(1030)의 압력을 1,000mTorr 이하, 바람직하게 700mTorr 이하, 바람직하게 500mTorr 이하, 바람직하게 300mTorr 이하로 낮출 수 있다.
- [348] 이후 단열공간(1030)의 압력을 일정 시간 측정하여, 단열공간(1030)의 압력 변화를 관찰한다.
- [349] 이때 단열공간(1030)의 압력이 커지는 경우, 단열탱크(1000)의 제1 쉘(1010) 또는 제2 쉘(1020) 자체에서 수분, 가스 등이 배출되는 것일 수 있다.
- [350] 반대로, 단열공간(1030)의 압력이 작아지는 경우, 제1 쉘(1010) 또는 제2 쉘(1020)에서 가스의 누출이 발생하는 것일 수 있다.
- [351] 예비진공 단계(1210)에서 단열공간(1030)의 압력을 낮춘 후 압력 변화를 관찰하는 것이 여러 번 반복될 수 있다. 이와 같이 단열공간(1030)의 압력을 낮추고 압

- 력 변화를 관찰하는 것을 반복하면서, 단열공간(1030) 내 압력 상승 정도가 일정 값 이하가 되는 경우, 제1 본진공 단계(1220)가 진행될 수 있다.
- [352] 예비진공 단계(1210)에서 단열공간(1030)의 압력을 일정 값 이하로 낮추면서, 단열탱크(1000) 자체가 가지고 있는 수분, 가스를 외부로 배출할 수 있다.
- [353] 단열공간(1030)의 압력을 일정 값 이하까지 낮추어 단열탱크(1000)의 누출 여부를 판단할 수 있다. 구체적으로, 단열공간(1030)의 압력이 1mTorr 이하까지 도달되는지 여부로 누출 여부를 판단할 수 있다. 즉, 단열공간(1030)의 압력이 1mTorr 이하가 되는 경우, 단열탱크(1000)에서는 누출이 발생하지 않는 것으로 판단될 수 있다. 누출여부판단 단계는, 단열공간(1030)의 압력을 낮추고, 압력 변화를 관찰하는 것 이전에 진행될 수 있다.
- [354] 예비진공 단계(1210) 후에 단열공간(1030)에 단열재가 충전될 수 있다. 이때 단열재는 분말 또는 비드로 구성되고, 바람직하게, 할로우 글라스 마이크로 스피어(Hollow Glass Microsphere)일 수 있다.
- [355] 제1 본진공 단계(1220)는 단열공간(1030)에 단열재가 충전된 후에 진행될 수 있다. 단열공간(1030)에 단열재가 충전된 후 진공펌프(1100)으로 단열공간(1030)의 기체를 외부로 배출시켜 단열공간(1030)의 압력을 일정 값 이하로 낮출 수 있다.
- [356] 이때 단열공간(1030)의 압력은 2,400mTorr 이하이고, 바람직하게 1,000mTorr 이하, 바람직하게 700mTorr 이하, 바람직하게 500mTorr 이하, 바람직하게 300mTorr 이하이다. 단열공간(1030)의 온도는 상온이며, 단열공간(1030)의 압력은 상온진공압력(Warm Vacuum Pressure, WVP)이다.
- [357] 단열공간(1030)의 압력은 크누센수가 10 이하인 범위에서 최대한 낮은 압력이 되는 것이 바람직하고, 일례로, 단열재의 지름이 65 μ m인 경우, 단열공간(1030)의 압력은 70mTorr 내지 2,400mTorr 바람직하게 100mTorr 내지 1,000mTorr, 바람직하게 300mTorr 내지 700mTorr일 수 있다.
- [358] 진공유지 테스트 단계(1230)에서는 진공펌프(1100)를 사용하여 단열공간(1030)의 기체를 외부로 배출시켜 단열공간(1030)의 압력을 일정 값 이하로 낮춘다. 이후 단열공간(1030)의 압력을 일정 시간 측정하여, 단열공간(1030)의 압력 변화를 관찰한다.
- [359] 이때 단열공간(1030)의 압력이 커지는 경우, 단열탱크(1000)의 제1 셀(1010) 또는 제2 셀(1020) 자체에서 수분, 가스 등이 배출되는 것일 수 있다.
- [360] 진공유지 테스트 단계(1230)에서는 단열공간(1030)의 압력을 낮춘 후 압력 변화를 관찰하는 것이 여러 번 반복될 수 있다. 이와 같이 단열공간(1030)의 압력을 낮추고 압력 변화를 관찰하는 것을 반복하면서, 단열공간(1030) 내 압력 상승 정도가 일정 값 이하가 되는 경우, 액화수소가 단열탱크(1000) 내 로딩될 수 있다. 단열공간(1030)에서 압력이 약 100 mTorr 이하, 바람직하게 약 70 mTorr 이하, 바람직하게 약 50 mTorr 이하, 바람직하게 약 30 mTorr 이하, 바람직하게 약 10 mTorr 이하로 변할 때까지 진공유지 테스트 단계(1230)는 지속될 수 있다.

- [361] 액화수소가 단열탱크(1000) 내 로딩되면, 단열탱크 압력 측정 단계(1240)에서는 단열공간(1030)의 압력(저온진공압력, CVP)을 측정할 수 있다. 단열탱크(1000) 내 액화수소로 인해 단열공간(1030)의 온도가 낮아질 수 있다. 온도가 낮아짐에 따라 단열공간(1030)의 압력은 낮아질 수 있으며, 온도가 낮아지면 크누센수도 작아지므로, 단열공간(1030)의 압력을 쉽게 낮출 수 있다.
- [362] 도 31은 본 발명의 일 실시예에 따른 단열공간의 진공형성 방법의 제2 진공단계의 순서도이다.
- [363] 제2 진공단계(1300)는 액화수소를 단열탱크(1000) 내 로딩한 후에 진행될 수 있다. 구체적으로, 제2 진공단계(1300)는 액화수소를 단열탱크(1000)에 로딩한 후, 상기 단열탱크(1000)를 탑재된 선박이 운항을 시작한 후 진행될 수 있다.
- [364] 제2 진공단계(1300)는 단열탱크의 압력을 측정하는 단계(1310), 제2 본진공 단계(1320) 및 진공유지 테스트 단계(1330)를 포함할 수 있다.
- [365] 선박의 운항이 시작되면, 주기적으로 단열공간(1030) 내 압력(CVP)이 측정될 수 있다. 이때 단열공간(1030)의 압력이 일정 압력보다 높은 경우, 제2 본진공 단계(1320)가 진행될 수 있다. 이때 단열공간(1030)의 압력은, 70mTorr 내지 2,400mTorr일 수 있다. 바람직하게 단열공간(1030)의 압력은 100mTorr 내지 1,000mTorr, 바람직하게 300mTorr 내지 700mTorr일 수 있다.
- [366] 제2 본진공 단계(1320)에서 사용되는 진공펌프(1100)는 선박에 마련된 것으로, 단열공간(1030)을 저진공으로 만들 수 있는 사양을 가질 수 있다.
- [367] 진공유지 테스트 단계(1330)에서는 진공펌프(1100)를 사용하여 단열공간(1030)의 기체를 외부로 배출시켜 단열공간(1030)의 압력을 일정 값 이하로 낮춘다. 이후 단열공간(1030)의 압력을 일정 시간 측정하여, 단열공간(1030)의 압력 변화를 관찰한다.
- [368] 이때 단열공간(1030)의 압력이 커지는 경우, 단열탱크(1000)의 제1 쉘(1010) 또는 제2 쉘(1020) 자체에서 수분, 가스 등이 배출되는 것일 수 있다.
- [369] 진공유지 테스트 단계(1330)에서는 단열공간(1030)의 압력을 낮춘 후 압력 변화를 관찰하는 것이 여러 번 반복될 수 있다. 이와 같이 단열공간(1030)의 압력을 낮추고 압력 변화를 관찰하는 것을 반복하면서, 단열공간(1030) 내 압력 상승 정도가 일정 값 이하가 되는 경우, 주기적으로 단열탱크의 압력을 측정하는 단계(1310)가 선박이 목적지에 도착할 때까지 수행될 수 있다.
- [370] 제2 진공단계(1300)는 단열탱크(1000)에 액화수소를 로딩한 후에 진행된다. 단열공간(1030)의 온도가 액화수소에 의해 낮아지고, 이때 크누센수도 함께 작아지므로, 단열공간(1030) 내 기체의 흐름은 상온에서보다 비교적 낮은 압력까지 점성류, 흐름류 및 전이류 중 적어도 하나로 유지될 수 있다. 즉, 제2 진공단계(1300)에 따르면 상온에서보다 낮은 압력까지 낮은 크누센수가 유지되고 그에 따라 단열공간(1030)의 압력을 낮은 압력까지 빠르게 낮출 수 있다.
- [371] 도 32은 본 발명의 다른 실시예에 따른 단열탱크 및 이를 포함하는 선박을 설명하기 위하여 도시한 도면이다.

- [372] 도 32를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 단열탱크(1000)는, 액화가스를 저장하는 장치로서, 내부에 액화가스를 수용하는 제1 셀(1010), 제1 셀(1010) 외부에 배치되는 제2 셀(1020), 및 제1 셀(1010)과 제2 셀(1020) 사이에 배치되는 단열공간(1030)을 포함하며, 단열공간(1030)은 단열재(1040)로 채워지고 진공 처리된 공간이며, 단열공간(1030)에는 단열재(1040)가 뽁뽁하게 채워질 수 있다.
- [373] 일례로, 본 발명에서의 단열재(1040)는 분말 또는 비드 형태의 단열재일 수 있다.
- [374] 다른 예로, 본 발명에서 단열재(1040)는 발포 플라스틱 비드, 폴리우레탄, 폴리스티렌, 폴리에틸렌, 폴리아이소시아누레이트, 에어로젤 블랭킷, 폼드 실리카, 칼슘실리케이트, 미네랄울, 글라스울, 글라스 마이크로파이버, 펄라이트 및 할로우 글라스 마이크로 스피어(Hollow Glass Microsphere) 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [375] 단열재(1040)가 채워진 단열공간(1030)의 진공은 저진공일 수 있으며, 단열공간(1030)의 압력은 70 mTorr 내지 2,400 mTorr일 수 있으며, 바람직하게 100 mTorr 내지 1,000 mTorr, 바람직하게, 300mTorr 내지 700mTorr일 수 있다.
- [376] 본 발명은 크누센수가 10 이하인 범위에서 단열공간(1030)의 압력을 낮추는 것이 진공을 잡는 시간에 있어서 바람직하고, 단열공간(1030)의 압력을 최대한 낮추는 것이 단열탱크(1000)의 단열성능에 있어서 바람직하므로, 진공을 잡는 시간과 단열탱크(1000)의 단열성능을 모두 고려하여 단열공간(1030)의 압력을 최적화한 것이다.
- [377] 본 발명에서는 단열공간(1030)을 저진공으로 만듦에 따라 단열성능을 높일 수 있으며 액화가스의 증발가스의 발생을 줄이는 효과가 있다.
- [378] 본 발명에 따른 선박(30)은 제1 셀(1010), 제2 셀(1020), 제1 셀(1010)과 제2 셀(1020) 사이에 배치되는 단열재(1040)가 채워진 단열공간(1030)을 포함하며, 단열탱크(1000)의 단열공간(1030)의 진공도를 조정할 수 있는 진공펌프(1100)를 포함할 수 있고, 단열탱크(1000)에서 발생하는 증발가스를 단열탱크(1000) 외부로 이송하는데 이용되는 압축기(1400)를 포함할 수 있다.
- [379] 압축기(1400)는 제1 셀(1010)에서 발생한 증발가스(BOG)를 압축하여 단열탱크(1000) 외부로 이송할 수 있다. 압축기(1400)를 통하여 증발가스(BOG)를 외부로 이송시킴에 따라 제1 셀(1010) 내부 압력을 상압 이하로 낮출 수 있다.
- [380] 또한, 선박(30)은 제1 셀(1010) 내 액화가스를 소비할 수 있는 수요처(1500)를 더 포함할 수 있다. 구체적으로, 수요처(1500)는 제1 셀(1010) 내에서 발생하는 증발가스를 소비하는 장치일 수 있다. 예를 들어, 수요처(1500)는, 엔진이나 연료전지, 보일러를 포함할 수 있다. 제1 셀(1010)에서 발생한 증발가스는 압축기(1400)에 의해 증발가스를 소비하는 수요처(1500)로 공급될 수 있다.
- [381] 예를 들어, 수요처(1500)가 추진엔진에 해당하는 경우, 선박(30)은 단열탱크(1000)에서 발생하는 증발가스(BOG)를 연료로 사용하면서 추진될 수 있다.

- [382] 한편, 단열공간(1030)에 단열재(1040)가 채워진 상태에서 단열재(1040) 사이의 공간을 진공으로 만드는 경우, 진공을 만드는 진공펌프(1100)와 거리가 먼 곳에 서는 배기가 원활하게 진행되지 않을 수 있으며, 단열탱크(1000)의 크기가 커질수록 단열공간(1030)을 진공으로 만드는 것이 어려울 수 있다.
- [383] 도 25를 참조하면, 진공배관(1140)은 제1 웰(1010)과 제2 웰(1020) 사이에 배치된 단열공간(1030) 내에 배치될 수 있다. 즉, 단열공간(1030)에 단열재(1040)를 채우고, 단열공간(1030)을 진공으로 만들기 위하여 진공펌프(1100)만을 이용하여 진공 처리할 수 있으나, 진공배관(1140)은 단열공간(1030) 안으로 연장되고, 진공배관(1140)은 상기 진공펌프(1100)와 연결되어 단열공간(1030) 내부의 기체를 뽑아낼 수 있다.
- [384] 이와 같이 본 발명에 따른 단열탱크(600)는, 진공배관(710)과 진공배관(710)에 형성되는 흡입구(716)를 단열공간(630)에 넓게 분포시켜 흡입구(716)로부터 단열공간(630)의 각 지점까지의 거리를 감소시킴으로써 흡입구(716)로부터 거리가 멀수록 배기 성능이 떨어지는 문제를 해결할 수 있다.
- [385] 또한, 진공배관(710)이 중앙 용접선(714)과 이격되어 제2 웰(620)에 고정되도록 하여 단열탱크(600)의 구조 안정성과 고정력이 저하되는 것을 방지할 수 있다. 또한, 진공배관(710)을 대각선 방향 또는 수직 방향으로 배치할 때 진공배관(710)의 플러그(715)가 데크 부근에 위치하도록 하여, 작업자가 펌프배관(711)을 플러그(715)에 연결하는 것을 용이하게 할 수 있다.
- [386] 또한, 단열탱크(1000) 내 단열공간(1030)의 압력을 일정 값 이상까지만 낮추어서 진공을 만드는 시간을 줄이고, 동시에 단열공간(1030)의 압력을 일정 값 이하로 유지하여 단열탱크(1000)에서 연료로 모두 사용될 수 있는 양의 증발가스가 발생하도록 할 수 있다.
- [387] 또한, 단열공간(1030)을 저진공으로 만들기 때문에, 진공펌프(1100)의 요구 스펙이 낮아지고, 진공펌프(1100)의 설치 및 가동 비용을 줄일 수 있으며, 단열공간(1030)을 선박이 정박한 상태에서 진공으로 만드는 시간을 줄여 출항 준비 시간을 획기적으로 줄일 수 있다.
- [388] 또한, 액화수소를 단열탱크(1000) 내 로딩한 후 단열공간(1030)의 압력을 낮추기 때문에, 상온에서보다 낮은 압력까지 낮은 크누센수가 유지되고 그에 따라 단열공간(1030)의 압력을 낮은 압력까지 빠르게 낮출 수 있다.
- [389] 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.
- [390] 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 양이 가능함은 명백하다고 할 것이다.

- [391] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속하는 것으로 개 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의하여 명확해질 것이다.
- [392] [부호의 설명]
- [393] 10: 저장 터미널 20, 30: 선박
- [394] 100: 단열탱크 120: 제1 쉘
- [395] 130: 제2 쉘 140: 제1 단열공간
- [396] 142: 단열재 200: 진공펌프
- [397] 210: 진공배관 300: 압축기
- [398] 400: 단열탱크 410: 제1 쉘
- [399] 420: 제2 쉘 430: 제1 단열공간
- [400] 440: 제2 단열공간 450: 단열재
- [401] 460: 단열박스 462: 하중전달부재
- [402] 464: 전달부 470: 진공펌프
- [403] 472: 제1 진공펌프 474: 제2 진공펌프
- [404] 476: 진공배관 480: 압력제어부
- [405] 482: 제1 압력제어부 484: 제2 압력제어부
- [406] 500: 압축기 600: 단열탱크
- [407] 610: 제1 쉘 620: 제2 쉘
- [408] 630: 단열공간 632: 단열재
- [409] 640: 온도 센서 650: 제1 압력 센서
- [410] 660: 가스 센서 662: 가스 분석부
- [411] 700: 진공펌프 710: 진공배관
- [412] 800: 압축기 900: 화물창
- [413] 910: 제2 압력 센서
- [414] 1000: 단열탱크 1010: 제1 쉘
- [415] 1020: 제2 쉘 1030: 단열공간
- [416] 1040: 단열재
- [417] 1100: 진공펌프 1110: 펌프배관
- [418] 1120: 매니폴드 1130: 매니폴드배관
- [419] 1140: 진공배관
- [420] 1200: 제1 진공단계 1210: 예비진공 단계
- [421] 1220: 제1 본진공 단계 1230: 진공유지 테스트 단계
- [422] 1240: 단열탱크의 압력 측정 단계
- [423] 1300: 제2 진공단계
- [424] 1310: 주기적으로 단열탱크의 압력을 측정하는 단계
- [425] 1320: 제2 본진공 단계 1330: 진공유지 테스트 단계
- [426] 1400: 압축기 1500: 수요처

청구범위

- [청구항 1] 액화가스를 저장하는 단열탱크에 있어서,
내부에 액화가스를 수용하는 제1 셀;
상기 제1 셀 외부에 배치되는 제2 셀; 및
상기 제1 셀과 상기 제2 셀 사이에 배치되는 단열공간;을 포함하고,
상기 단열공간은 단열재로 채워지고 저진공이 형성되는 것을 특징으로 하는, 단열탱크.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 단열공간의 기체분자는 점성류, 흐름류 및 전이류 중 적어도 하나의 흐름을 가지는 것을 특징으로 하는, 단열탱크.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서,
상기 단열공간 내 기체분자의 크누센수는 10 이하인 것을 특징으로 하는, 단열탱크.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서,
상기 단열공간의 압력은,
70 mTorr 내지 2,400 mTorr인 것을 특징으로 하는, 단열탱크.
- [청구항 5] 제 1 항에 있어서,
상기 단열공간의 압력은,
상기 제1 셀에서, 증발가스를 소비하는 수요처에서 소비가능한 양의 증발가스가 발생되도록 일정 값 이하가 되는 것을 특징으로 하는, 단열탱크.
- [청구항 6] 제 1 항에 있어서,
상기 단열탱크의 외부에 마련되어, 상기 단열공간의 기체를 외부로 배출시키는 진공펌프를 더 포함하며,
상기 진공펌프는,
상기 제1 셀에 액화가스가 로딩된 후 상기 단열공간의 기체를 외부로 배출시키는 것을 특징으로 하는, 단열탱크.
- [청구항 7] 제 6 항에 있어서,
일단이 상기 진공펌프와 연결되며, 타단이 상기 단열공간 내부로 연장되는 진공배관을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 단열탱크.
- [청구항 8] 제 7 항에 있어서,
상기 진공펌프는,
저진공 펌프인 것을 특징으로 하는, 단열탱크.
- [청구항 9] 제 8 항에 있어서,
상기 진공배관은,
상기 제2 셀보다 상기 제1 셀과 가깝게 배치되는 것을 특징으로 하는, 단열탱크.
- [청구항 10] 제 1 항의 상기 단열탱크를 포함하는 선박에 있어서,

상기 제1 셀에서 발생하는 증발가스를 소비하는 수요처를 더 포함하고,
 상기 단열공간의 압력은,
 상기 제1 셀에서 발생하는 증발가스가 상기 수요처에서 소비가능한 양이
 되도록 일정 값 이하가 되며,
 상기 제1 셀에서 발생하는 증발가스는 상기 선박의 추진연료로 소비되는
 것을 특징으로 하는, 선박.

[청구항 11] 단열탱크 내부에 마련되어 액화가스를 수용하는 제1 셀 및 상기 제1 셀 외
 부에 배치되는 제2 셀 사이에 배치된 단열공간의 진공형성 방법에 관한
 것으로,
 상기 단열공간의 압력을 낮추는 제1 진공단계;를 포함하고,
 상기 단열공간은 저진공이 형성되는 것을 특징으로 하는, 단열탱크의 진
 공형성 방법.

[청구항 12] 제 11 항에 있어서,
 상기 단열탱크에 액화가스를 로딩한 후, 상기 단열탱크의 외부에 마련되
 는 진공펌프를 사용하여 상기 단열공간의 압력을 낮추는 제2 진공단계;를
 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 단열탱크의 진공형성 방법.

[청구항 13] 제 12 항에 있어서,
 상기 제2 진공단계는,
 상기 단열탱크를 포함하는 선박이 운항을 시작한 후에 진행될 수 있는 것
 을 특징으로 하는, 단열탱크의 진공형성 방법.

[청구항 14] 제 12 항에 있어서,
 상기 제2 진공단계는,
 상기 단열탱크의 압력을 측정하는 단계; 및
 상기 단열탱크의 압력이 일정 압력보다 높은 경우, 상기 단열공간의 기체
 를 외부로 배출하여 상기 단열공간의 압력을 일정 값 이하로 낮추고, 상기
 단열공간의 압력 변화를 관찰하는 것을 반복하는 제2 본진공 단계;를 포
 함하는 것을 특징으로 하는, 단열탱크의 진공형성 방법.

[청구항 15] 제 12 항에 있어서,
 상기 제2 진공단계는,
 일단이 상기 진공펌프와 연결되며, 타단이 상기 단열공간 내부로 연장되
 는 진공배관을 통해 상기 단열공간의 기체를 외부로 배출시키는 것을 특
 징으로 하는, 단열탱크의 진공형성 방법.