

명세서

발명의 명칭: 액화가스 저장탱크 시스템, 그 설계 및 제조 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 선박의 액화가스 저장탱크 시스템, 그 압력 설계 방법 및 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로 액화가스는 선박 등 해상구조물의 액화가스 저장탱크를 이용하여 운반되거나 저장된다. 이러한 액화가스 중에 액화천연가스(LNG; Liquefied Natural Gas), 액화석유가스(LPG; Liquefied Petroleum Gas)는 각각 대략 -160°C , -45°C 의 극저온 상태로 액화가스 저장탱크 내에 저장된다. 액화가스 저장탱크 중 압력 용기형의 C-타입 액화가스 저장탱크는 사용 목적에 따라 내압(Internal Pressure)과 외압(External Pressure) 설계 조건을 반영하여 탱크의 헤드(Head), 셸(Shell), 새들(Saddle), 천장(Dome), 배수구(Sump) 등의 각 부위 별로 두께가 설계된다. 즉, 설계 내압과 외압을 충분히 견딜 수 있도록 각 부위 별로 두께가 설계되고 그 두께에 따라 C-type 액화가스 저장탱크의 각 부위가 제조된다. 액화가스 저장탱크의 내압과 외압은 IGF Code(International Code of safety for ships using Gases or other low-flashpoint Fuels)에 정의된 각 항목을 반영하여 설계된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [3] C-Type 액화가스 저장탱크는 그 내부의 압력에도 견뎌야 할 뿐만 아니라 그 외부의 압력에도 견뎌야 한다. 따라서 사용하여 C-Type 액화가스 저장탱크에 대한 압력설계를 할 때, 설계 내압(P_i)과 설계 외압(P_e)을 독립적으로 고려한다. 즉 설계 내압(P_i)을 견디는 내압 두께(T_i)와 설계 외압(P_e)을 견디는 외압 두께(T_e)를 계산한 후 둘 중 더 큰 값을 사용하여 액화가스 저장탱크의 각 부위별 두께를 설계한다.
- [4] 그런데, 종래의 압력 설계 하에서는 설계 내압(P_i) ($0.7\sim 0.75\text{MPa(g)}$)이 설계 외압(P_e) ($0.02\sim 0.045\text{MPa(g)}$) 보다 과도하게 커서 (즉, 내압 두께(T_i)가 외압 두께(T_e)보다 과도하게 커서), 설계 내압(P_i)에 의해 액화가스 저장탱크의 최종 두께가 결정되고 설계 외압(P_e)의 변동은 액화가스 저장탱크의 최종 두께에 영향을 미치지 않는다. 설계 외압을 변경시켜도 그에 따른 외압 두께(T_e)의 변화가 내압 두께(T_i)에 미치지 못하므로 설계 외압의 변경은 액화가스 저장탱크의 각 부위별 두께와 따라서 중량과 무관하다.
- [5] 따라서, 종래에는 외압을 설계할 때, IGF Code에 정의된 모든 외압 항목을 아무런 의심없이 습관적으로 반영하였다. 극단적으로 IGF Code에 정의된 모든 외압 항목을 설계 외압에 반영함에 있어 IGF code에 정의된 각 항목에 대해

통상적으로 설정되는 값보다 큰 값을 반영하여도 여전히 내압이 커서 통상의 인식을 벗어나는 값으로 외압을 설계한다고 하더라도 외압은 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량에 영향을 미치지 않고 설계 내압에 의해 액화가스 저장탱크의 각 부위의 두께가 결정된다. 즉, 종래에는 액화가스 저장탱크의 설계에 있어서 외압이 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량과는 무관하므로(액화가스 저장탱크의 설계 및 제조에서 기술상식으로 받아들여지는 사항이라고 말할 수도 있음), 설계 외압은 관심대상이 아니었으며 더욱이 설계 외압 감소를 통한 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량 감소는 상상밖의 일이었다.

- [6] 그러나, 본 발명자들은 앞서 살펴본 바와 같은 액화가스 저장탱크의 설계 및 제조에서 기술상식이나 편견 혹은 통념에서 벗어나 새로운 방식으로 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량을 줄일 수 있는 새로운 기술을 제공한다. 본 발명자들은 액화가스 저장탱크 각 부위별 두께를 최적화를 통해 액화가스 저장탱크의 설계 및 제조 경쟁력을 제고하는 새로운 기술을 제공한다.

기술적 해결방법

- [7] 본 발명자들이 제공하는 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량을 줄일 수 있는 새로운 기술은, 종래의 기술상식이나 편견 혹은 통념에서 벗어나, 설계 외압이 액화가스 저장탱크의 두께를 결정하는 기술사상에 기초한다. 따라서 설계 외압을 구성하는(정의하는) 항목 중 일부 항목을 제거하거나 그 값을 줄임으로써 설계 외압을 줄일 수 있고 이에 따라 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량을 줄일 수 있을 것이다.
- [8] 본 발명자들은, 특별한 이론에 구애되는 것은 아니며, 설계 내압이 설계 외압에 비해 여전히 충분히 큰 상태에서 설계 내압이 특정 범위에 있을 때 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량이 다음과 같이 결정됨을 밝혔다:
- [9] (1) 설계 내압이 약 0.65MPa(g) 이상(약 6.5bar(g) 이상)(예를 들어 약 0.65 ~ 0.70MPa(g))인 조건:
- [10] 종래와 동일하게, 설계 외압의 변화(예를 들어 약 0.045 ~ 0.020MPa(g) 사이에서 변화)에 상관없이 설계 내압에 의해 액화가스 저장 탱크의 두께 및 중량이 결정된다;
- [11] (2) 설계 내압이 약 0.65MPa(g) 미만(약 6.5bar(g) 미만)인 조건:
- [12] 설계 외압의 감소가 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량을 감소시킨다.
- [13] (i) 설계 내압이 약 0.45MPa(g)보다 클 때(즉 설계 내압이 0.45MPa(g) 보다 크고 약 0.65MPa(g) 미만일 때): 설계 외압 및 설계 내압 모두에 의해 액화가스 저장 탱크의 두께 및 중량이 결정된다. 예를 들어 설계 내압이 약 0.55MPa(g)일 때, 설계 외압이 약 0.045 ~ 0.03MPa(g) 범위 일 경우에는 그 범위에서 전적으로 설계 외압의 변화에 의해 액화가스 저장 탱크의 두께 및 중량이 결정되지만, 설계 외압이 그보다 작은 범위 예를 들어 약 0.03 ~ 0.02MPa(g) 범위일 경우에는 그 범위 내에서 설계 외압의 변화는 액화가스 저장 탱크의 두께 및 중량과

무관하고, 설계 내압에 의해 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량이 결정된다;

- [14] (ii) 설계 내압이 약 0.45MPa(g) 이하일 때;
- [15] 전적으로 설계 외압에 의해 액화가스 저장 탱크의 두께 및 중량이 결정된다.
- [16] 약 0.045 ~ 0.02MPa(g) 범위에서 설계 외압의 변동은 액화가스 저장 탱크의 두께 및 중량을 결정한다.
- [17] 따라서 위 설계 내압에 대한 조건 (2)의 경우에 (즉 설계 내압이 약 0.65MPa(g) 미만일 때), 설계 압력(설계 내압/설계 외압)을 낮춤으로써 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량을 절감할 수 있다. 예컨대, 설계 내압이 약 0.65MPa(g) 미만일 때, 설계 외압을 낮춰 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량을 줄일 수 있다. 외압 설계 시, 설계 외압의 구성하는 항목 중 일부 항목을 없애거나 그 값을 줄임으로써, 결과적으로 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량을 줄일 수 있다.
- [18] 예컨대, 액화가스 저장탱크의 운용 중에 그 내부에 음압(Vacuum Pressure)이 발생할 수 있으며 따라서 액화가스 저장탱크 설계 시 외압은 적어도 액화가스 저장탱크 내부의 음압을 고려한 음압 항목(P1)으로 최소 약 0.025 MPa(g)을 감안해야 하고 음압 항목 이외의 다른 외압 항목(P2: 압력용기 또는 그 일부를 완전하게 폐위하는 구획의 압력도출밸브의 설정압력, P3: 단열재의 중량 및 수축, 부식에 따른 예비 두께를 포함한 동판의 중량 및 압력용기가 받는다고 예상되는 기타의 외압에 의한 동판의 압축작용력 등, P4: 노출감판에 있는 압력용기 또는 그 일부의 수두에 의한 외압)을 감안하여 외압은 최소 약 0.040 MPa(g)로 설계될 것이다. 여기서 액화가스 저장탱크 내부의 음압을 고려한 음압 항목은 최소 약 0.025 MPa(g)로서 외압 설계 압력 중의 절반 이상을 차지한다.
- [19] 따라서, 위 설계 내압에 대한 조건 (2)의 경우에 있어서(즉 설계 내압이 약 0.65MPa(g) 미만일 때), 액화가스 저장탱크의 음압 발생을 제거/감소함으로써, 즉 외압 구성 항목 예를 들어 P1 ~ P4 중 음압 항목 P1을 제거하거나 감소시킴으로써, 외압 설계 압력을 낮출 수 있고 그에 상응하게 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량 절감할 수 있다.
- [20] 이에, 본 발명의 일 양태는 액화가스 저장탱크의 두께를 감소할 수 있고, 액화가스 저장탱크 중량 및 원가를 절감할 수 있는 액화가스 저장탱크 설계, 액화가스 저장탱크 시스템 제조 방법 및 그에 따른 액화가스 저장탱크 시스템을 제공한다.
- [21] 또, 본 발명의 다른 양태는 액화가스 저장탱크 내의 양압과 음압에 모두 효과적으로 대응할 수 있으며, 양압 및 음압 대응을 위한 설비를 간소화하고 비용을 절감할 수 있는 액화가스 저장탱크 시스템을 제공한다.
- [22] 본 발명의 일 실시 예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템은 액화가스 저장탱크의 두께가 적어도 설계 외압에 의해 결정되는 설계 내압 하에서의 설계 내압 및 설계 외압으로 설계된 액화가스 저장탱크와, 상기 액화가스 저장탱크에 결합하여 상기 액화가스 저장탱크의 내부에 발생하는 음압을 해소하는 음압 도출밸브를 포함한다.

- [23] 본 발명의 일 실시 예에 따른 액화가스 저장탱크의 제조를 위한 압력 설계 방법은: 설계 내압이 액화가스 저장탱크의 두께가 적어도 설계 외압에 의해 결정되는 기준압력 범위 내인지 판단하고; 상기 설계 내압이 상기 기준압력 범위 내일 때, 설계 외압을 정의하는 압력 항목에서 액화가스 저장탱크 내부의 음압을 고려한 음압 항목을 제거하거나 감소하여 설계 외압을 산정함을 포함한다.
- [24] 본 발명의 일 실시 예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템을 제조하는 방법은: 액화가스 저장탱크의 두께를 적어도 설계 외압이 결정하도록 하는 설계 내압 조건 하에서 선택된 설계 내압 및 선택된 설계 외압에 따라 액화가스 저장탱크를 제조하고; 상기 액화가스 저장탱크의 내부 압력을 조절하기 위한 압력조절밸브를 상기 액화가스 저장탱크에 결합함을 포함한다.

발명의 효과

- [25] 본 발명의 실시예에 의하면, 액화가스 저장탱크의 두께를 감소할 수 있고, 액화가스 저장탱크 중량 및 원가를 절감할 수 있다.
- [26] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 액화가스 저장탱크 내의 양압과 음압에 모두 효과적으로 대응할 수 있으며, 양압 및 음압 대응을 위한 설비를 간소화하고 비용을 절감할 수 있다.
- [27] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 액화가스 저장탱크에 저장된 액화가스가 외부로 역류하는 것을 방지할 수 있으며, 액화가스 저장탱크 내의 양압과 음압에 모두 효과적으로 대응할 수 있으며, 양압 및 음압 대응을 위한 설비를 간소화하고 비용을 절감할 수 있다.
- [28] 본 발명이 해결하고자 하는 과제, 효과는 이상에서 언급된 과제 및 효과들로 제한되지 않는다. 언급되지 않은 다른 기술적 과제들 및 효과들은 이하의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [29] 도 1은 본 발명자들이 액화가스 저장탱크에 대한 압력 설계와 관련하여 새로운 방식에 근거하여 연구한 결과로부터 도출한, 액화가스 저장탱크의 두께와 중량에 미치는 설계 외압 범위를 개략적으로 도시한다.
- [30] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 두께를 결정하는 압력 설계 방법을 개략적으로 도시한다.
- [31] 도 3은 도 2의 압력 설계에 따른 액화가스 저장탱크 시스템의 제조 방법을 개략적으로 도시한다.
- [32] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템을 개략적으로 도시한다.
- [33] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 음압 도출밸브 및 액화가스 저장탱크와의 결합에 대해서 도시한다.
- [34] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 음압 도출밸브의 동작을 개략적으로

설명하기 위한 도면이다.

- [35] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템을 개략적으로 도시한다.
- [36] 도 8은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- [37] 도 9는 격리 밸브를 구비한 본 발명의 실시예에 액화가스 저장탱크 시스템을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- [38] 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- [39] 도 11은 도 10의 양압 도출밸브와 액화가스 저장탱크 및 음압해소원 간의 결합관계를 도시한다.
- [40] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 효과를 설명하기 위한 그래프이다.
- [41] 도 13은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- [42] 도 14는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- [43] 도 15는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- [44] 도 16 및 도 17은 도 15의 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템의 작동 상태를 나타낸 도면으로, 도 16은 음압 도출밸브가 압력 도출 동작을 수행하는 상태를 나타내고, 도 17은 음압 도출밸브가 진공 도출 동작을 수행하는 상태를 나타낸다.

발명의 실시를 위한 형태

- [45] 본 발명의 다른 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술하는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되지 않으며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 만일 정의되지 않더라도, 여기서 사용되는 모든 용어들(기술 혹은 과학 용어들을 포함)은 이 발명이 속한 종래 기술에서 보편적 기술에 의해 일반적으로 수용되는 것과 동일한 의미를 갖는다. 공지된 구성에 대한 일반적인 설명은 본 발명의 요지를 흐리지 않기 위해 생략될 수 있다. 본 발명의 도면에서 동일하거나 상응하는 구성에 대하여는 가급적 동일한 도면부호가 사용된다. 본 발명의 이해를 돕기 위하여, 도면에서 일부 구성은 다소 과장되거나 축소되어 도시될 수 있다.
- [46] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수형은 문구에서 특별히 복수형을 배제한다고 명시하지 않는 한 복수형도 포함한다. 본 출원에서, "포함하다", "가지다" 또는 "구비하다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징,

숫자, 단계, 동작, 구성요소, 성분, 부품, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 성분, 부품, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [47] 또한, 본 명세서에서 제1, 제2... 등을 지칭하는 용어들이 여러 구성 요소들을 기술하기 위하여 여기에서 사용되어 질 수 있다면, 상기 구성 요소들은 이러한 용어들로 한정되지 않는 것으로 이해되어 질 것이다. 단지 이러한 용어들은 어떤 구성 요소로부터 다른 구성 요소를 구별하기 위해서 사용되어질 뿐이다. 예를 들어 어떤 실시예에서 '제1 배관', '제1 배관 부분'으로 언급된 구성은 다른 실시예에서 '제2 배관', '제2 배관 부분'으로 각각 언급될 수 있다.
- [48] 본 명세서 및 특허청구범위의 목적을 위해, 달리 언급되지 않는 한, 명세서 및 특허청구범위에 사용된 수량, 백분율 또는 비율, 및 기타 수치를 나타내는 모든 숫자는 모든 경우에 "약"이라는 용어에 의해 변형되는 것으로 이해되어야 한다. "약"이라는 용어의 사용은 명시적으로 표시되는지 여부에 관계없이 모든 숫자 값에 적용된다. 이 용어는 일반적으로 통상의 기술자가 언급된 수치에 대한 합리적인 양의 편차로 간주할 수 있는 (즉, 동등한 기능 또는 결과를 갖는) 숫자의 범위를 지칭한다. 예를 들어, 이 용어는 주어진 숫자 범위에 대해 그 숫자 범위의 최종 기능, 효과 또는 결과를 변경하지 않는 $\pm 10\%$ 의 편차, 대안적으로 $\pm 5\%$ 의 편차, 대안적으로 $\pm 1\%$ 의 편차, 대안적으로 $\pm 0.5\%$ 의 편차 및 대안적으로 $\pm 0.1\%$ 의 편차를 포함하는 것으로 해석될 수 있다. 따라서, 반대로 지시되지 않는 한, 본 명세서 및 특허청구범위에 제시된 수치 파라미터는 본 발명에 의해 얻어지는 원하는 특성에 따라 변할 수 있는 근사치이다.
- [49] 본 명세서에 개시되는 내용은 액화가스 저장탱크 시스템에 관련된 것으로서, 액화가스 저장탱크의 두께를 감소할 수 있고, 액화가스 저장탱크 중량 및 원가를 절감하는 기술을 제공한다.
- [50] 액화가스 저장탱크의 두께는 액화가스 저장탱크의 내압 및 외압에 대한 설계 압력에 따라 좌우되며, 본 발명의 실시 예들은 액화가스 저장탱크의 외압 설계 시 외압을 구성하는 항목 중 일부를 제거하거나 최소화할 수 있는 기술사상을 통해 결과적으로 액화가스 저장탱크의 외압에 대한 설계 압력 값을 낮추어 액화가스 저장탱크의 두께나 중량을 절감하는 방안을 제공한다.
- [51] C-Type 액화가스 저장탱크는 그 내부의 압력에도 견뎌야 할 뿐만 아니라 그 외부의 압력에도 견뎌야 한다. 따라서 설계 내압(P_i)과 설계 외압(P_e)을 독립적으로 고려하여 설계 내압(P_i)을 견디는 내압 두께(T_i)와 설계 외압(P_e)을 견디는 외압 두께(T_e)를 계산한 후 둘 중 더 큰 값을 사용하여 C-Type 액화가스 저장탱크에 대한 압력설계를 한다.
- [52] 일반적으로는 C-Type 액화가스 저장탱크의 설계 내압은 예를 들어 약 0.7 ~ 0.75MPa(g)(약 7 ~ 7.5bar(g))로서, 설계 외압(평균적으로 약 0.045MPa(g)) 보다 최소 16 ~ 17배 이상 크다. 따라서, 설계 내압이 액화가스 저장 탱크의 각 부위

예를 들어 헤드(Head), 셸(Shell), 새들(Saddle), 천장(Dome), 배수구(Sump) 등의 설계 두께를 결정한다. 즉, 종래 설계 내압(0.7~0.75MPa(g)) 하에서는 설계 외압의 크기와 무관하게 설계 내압에 따라 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량이 결정되었다. 종래에 설계 외압의 변화가 액화가스 저장 탱크의 두께 및 중량에 영향을 미치지 않으므로, 외압을 설계할 때, IGF Code에 정의된 모든 외압 항목을 아무런 의심없이 습관적으로 반영하였다.

- [53] 액화가스 저장탱크의 설계에 있어서 설계 외압이 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량과는 무관하다는 것은 일종의 액화가스 저장탱크의 설계 및 제조에서 기술상식, 편견 혹은 통념으로, 설계 외압은 관심대상이 아니었으며 더욱이 설계 외압의 변화(예: 설계 외압의 감소)를 통한 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량 감소를 도모하는 것은 상상밖의 일이었다.
- [54] 그러나, 본 발명자들은 이 같은 업계의 기술상식이나 편견 혹은 통념에서 벗어나 새로운 방식으로 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량을 줄일 수 있는 새로운 기술을 제공한다. 본 발명자들은 액화가스 저장탱크 각 부위별 두께를 최적화를 통해 액화가스 저장탱크의 설계 및 제조 경쟁력을 제고하는 새로운 기술을 제공한다.
- [55] 본 발명자들이 제공하는 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량을 줄일 수 있는 새로운 기술은, 종래의 기술상식이나 편견 혹은 통념에서 벗어나, 설계 외압이 액화가스 저장탱크의 두께를 결정하는 기술사상에 기초한다. 따라서 설계 외압을 구성하는 항목 중 일부 항목을 제거하거나 그 값을 줄임으로써 설계 외압을 줄일 수 있고 이에 따라 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량을 줄일 수 있을 것이다.
- [56] 본 발명자들은, 특별한 이론에 구애되는 것은 아니며, 설계 내압이 설계 외압에 비해 여전히 충분히 큰 상태에서도 설계 내압이 특정 범위에 있을 때 설계 외압의 감소가 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량을 감소시킨다는 사실을 밝혔다. 본 발명자들이 도출한 설계 압력과 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량의 상관관계는 다음과 같다:
- [57] (1) 설계 내압이 약 0.65MPa(g)이상(약 6.5bar(g) 이상)(예를 들어 약 0.65 ~ 0.70MPa(g))인 조건 :
- [58] 약 0.045 ~ 0.02MPa(g) 범위에서 설계 외압의 변동은 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량에 영향을 주지 않으며, 전적으로 설계 내압에 의해 액화가스 저장 탱크의 두께 및 중량이 결정된다;
- [59] (2) 설계 내압이 약 0.65MPa(g) 미만(약 6.5bar(g) 미만)인 조건:
- [60] 설계 외압의 감소가 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량을 감소시킨다.
- [61] (i) 설계 내압이 약 0.65MPa(g) 미만인 조건에서 설계 내압이 약 0.45MPa(g)보다 클 때(즉 설계 내압이 0.45MPa(g) 보다 크고 약 0.65MPa(g) 미만일 때):
- [62] 설계 외압 및 설계 내압 모두에 의해 액화가스 저장 탱크의 두께 및 중량이 결정된다. 즉, 특정 범위의 설계 외압에서는 액화가스 저장 탱크의 두께 및

중량이 당해 설계 외압에 의해 결정되고 그 이하의 설계 외압 범위에서는 설계 내압에 의해 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량이 결정된다. 예를 들어 설계 내압이 약 0.55MPa(g)일 때, 설계 외압이 약 0.045 ~ 0.03MPa(g) 범위 일 경우에는 그 범위에서는 전적으로 설계 외압의 변화에 의해 액화가스 저장 탱크의 두께 및 중량이 결정되지만, 설계 외압이 그보다 작은 범위 예를 들어 약 0.03 ~ 0.02MPa(g) 범위 일 경우에는 그 범위에서 설계 외압의 변화는 액화가스 저장 탱크의 두께 및 중량과 무관하고, 설계 내압에 의해 액화가스 저장 탱크의 두께 및 중량이 결정된다;

- [63] (ii) 설계 내압이 약 0.65MPa(g) 미만인 조건에서 설계 내압이 약 0.45MPa(g) 이하일 때:
- [64] 전적으로 설계 외압에 의해 액화가스 저장 탱크의 두께 및 중량이 결정된다.
- [65] 약 0.045 ~ 0.02MPa(g) 범위에서 설계 외압의 변동은 액화가스 저장 탱크의 두께 및 중량을 결정한다.
- [66] 즉, 설계 내압이 설계 외압에 비해 여전히 충분히 큰 상태인 조건하에서 설계 내압이 감소함에 따라 액화가스 저장 탱크의 두께 및 중량이 결정되는 요인은, 설계 내압 -> 설계 외압 및 설계 내압 둘 모두 -> 설계 외압의 순으로 변한다.
- [67] 따라서, 위 설계 내압에 대한 조건 (2)의 경우에 있어서(즉 설계 내압이 약 0.65MPa(g) 미만일 때), 설계 압력을 낮춤으로써 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량을 절감할 수 있다.
- [68] 예컨대, 설계 내압이 약 0.65MPa(g) 미만일 때, 외압 설계 시에 외압 구성 항목 P1 ~ P4 중 음압 항목 P1을 제거하거나 감소시킴으로써, 설계 외압을 낮출 수 있고 그에 상응하게 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량 절감할 수 있다. 설계 외압의 음압 항목 P1의 제거나 감소는 예를 들어 액화가스 저장탱크에 음압 도출밸브를 설치하여 보상할 수 있다. 따라서, 설계 내압이 약 0.65MPa(g) 미만일 때에는, 액화가스 저장탱크에 음압 도출밸브를 설치하게 되면 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량 감소라는 뜻밖의 결과를 야기한다. 환언하면, 설계 내압이 약 0.65MPa(g) 미만일 때에 음압 도출밸브가 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량을 감소시키는 효과를 발휘한다고 볼 수 있다.
- [69] 액화가스 저장탱크의 운용 중에 그 내부에 음압(Vacuum Pressure)이 발생할 수 있으며 따라서 액화가스 저장탱크 설계 시 외압은 적어도 액화가스 저장탱크 내부의 음압을 고려한 음압 항목(P1)으로 최소 약 0.025MPa(g)을 감안해야 하고 음압 항목 이외의 다른 외압 항목(P2: 압력용기 또는 그 일부를 완전하게 폐위하는 구획의 압력도출밸브의 설정압력, P3: 단열재의 중량 및 수축, 부식에 따른 예비 두께를 포함한 동관의 중량 및 압력용기가 받는다고 예상되는 기타의 외압에 의한 동관의 압축작용력 등, P4: 노출갑판에 있는 압력용기 또는 그 일부의 수두에 의한 외압)을 감안하여 외압은 최소 약 0.040MPa(g)로 설계될 것이다. 여기서 액화가스 저장탱크 내부의 음압을 고려한 음압 항목은 최소 약 0.025 MPa(g)로서 외압 설계 압력 중의 절반 이상을 차지한다.

- [70] 여기서 본 발명자들은 특히 액화가스 저장탱크 내부의 음압을 고려한 음압 항목은 최소 약 0.025 MPa(g)로서 외압 설계 압력 중의 절반 이상을 차지하는 것에 주목하였다. 따라서, 본 발명의 일 실시 예에서는 설계 외압을 구성하는 항목들에서 음압 관련 항목을 제거하거나 최소화하면 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량 감소 효과를 극대화할 수 있다. 한편, 설계 압력에서 음압 항목의 제거/감소는 액화가스 저장탱크의 운용 시 음압 발생 상황의 방지를 필요하므로, 본 발명의 일 실시 예에 따른 액화가스 저장 탱크는 그 내부에 발생할 수 있는 음압을 제거/감소하기 위한 수단을 구비한다. 예를 들어 음압 도출밸브(vacuum relief valve)(다른 말로 진공 도출밸브)가 사용되어 액화가스 저장 탱크 내부의 음압이 제거/감소될 수 있다. 음압 도출밸브는 액화가스 저장탱크의 내부가 진공(음압)이 되지 않도록, 액화가스 저장탱크 내의 압력이 소정 압력일 때 자동으로 열리게 동작하도록 구성된다. 예컨대 액화가스 저장탱크의 내부에 약 0.005MPa(g)의 음압이 발생할 때, 자동으로 음압 도출밸브가 자동으로 열리도록 구성될 수 있다. 이 경우 설계 외압을 구성하는 음압 항목의 값은 약 0.005MPa(g)임을 이해할 것이다.
- [71] 또한, 본 발명에서 설계 외압을 구성하는 음압 항목 값의 감소분 중 일부를 설계 외압의 다른 항목들 예컨대 P3 항목(단열재의 중량 및 수축, 부식에 따른 예비 두께를 포함한 동관의 중량 및 압력용기가 받는다고 예상되는 기타의 외압에 의한 동관의 압축작용력 등), P4 항목(노출갑판에 있는 압력용기 또는 그 일부의 수두에 의한 외압) 등에 반영함으로써, 액화가스 저장탱크의 제조 유연성을 제고할 수 있다.
- [72] 본 명세서에 개시되는 내용은 액화가스 저장탱크의 외압에 대한 설계 압력 값을 낮추어 액화가스 저장탱크의 두께나 중량을 절감하는 방안을 제공하는 바, 본 발명의 실시예들은 특히 액화가스 저장탱크의 두께가 주로 외압에 의해 결정되는 경우에 유용하게 적용될 것이다.
- [73] 액화가스 저장탱크의 두께가 설계 외압에 의해 결정되는 조건은 설계 내압이 소정 범위인 경우 예컨대 약 0.65 MPa(g) 미만인 경우를 포함할 수 있고, 설계 내압이 감소함에 따라 액화가스 저장탱크의 두께에 대한 설계 외압의 영향력은 점점 커지며, 설계 내압이 약 0.45MPa(g) 이하일 경우 액화가스 저장탱크의 두께는 전적으로 설계 외압에 의해 결정된다. 따라서, 본 발명의 실시예들은 액화가스 저장탱크의 내압에 대한 설계 압력이 예를 들어 약 0.65 MPa(g) 미만인 경우에 유용하게 적용될 수 있다.
- [74] 본 발명의 일 구체예는 따라서 액화가스 저장탱크의 설계 외압이 최소 약 0.020MPa(g)이고 설계 내압이 약 0.65MPa(g) 미만인 것을 고려한 액화가스 저장탱크 제조 방법을 제공한다.
- [75] 이하 도면을 참조하여 구체적으로 설명을 한다.
- [76] 도 1은 본 발명자들이 액화가스 저장탱크에 대한 압력 설계와 관련하여 새로운 방식에 근거하여 연구한 결과 도출한, 액화가스 저장탱크의 두께와 중량에

미치는 설계 외압 범위를 개략적으로 도시한다. 도 1은, 설계 내압(P_i)이 약 0.45MPa(g), 약 0.55MPa(g) 및 약 0.65MPa(g)와 같이 다양하게 변할 때, 설계 외압(P_e)의 변화(0.045MPa(g) $\rightarrow$ 0.02MPa(g))(가로 축)에 따른 액화가스 저장탱크의 중량 변화(단위 %)(세로 축)를 나타낸다.

- [77] 도 1에서 액화가스 저장탱크의 중량 변화와 관련하여 설계 외압이 0.045MPa(g)인 경우를 기준 중량을 설정하여 100%로 표시한 것으로서, 예를 들어 90%는 액화가스 저장탱크의 중량이 설계 외압이 0.045MPa(g)인 경우에 비해서 약 10%이 감소한 것을 의미한다.
- [78] 도 1을 참조하면, 특정 범위의 설계 내압 하에서는 설계 외압이 변함에 따라(즉 설계 외압이 감소함에 따라) 액화가스 저장탱크의 중량이 변함(감소)을 확인할 수 있다.
- [79] 구체적으로 살펴보면, 설계 내압이 약 0.65MPa(g) 또는 그 이상인 경우에는, 설계 외압이 변하여도 (즉 설계 외압이 약 0.045MPa(g)에서 약 0.02MPa(g)로 감소하여도) 액화가스 저장탱크의 중량에는 아무런 변화가 없음을 알 수 있다. 즉, 설계 내압이 약 0.65MPa(g) 또는 그 이상인 경우에는 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량은 전적으로 설계 내압에 좌우된다.
- [80] 그러나, 설계 내압이 약 0.45MPa(g) 또는 그 이하인 경우에는, 설계 외압이 감소하는 것에 비례하여 액화가스 저장탱크의 중량이 감소함을 알 수 있다. 즉, 설계 외압이 0.045MPa(g) $\rightarrow$ 0.04MPa(g) $\rightarrow$ 0.035MPa(g) $\rightarrow$ 0.030MPa(g) $\rightarrow$ 0.025MPa(g) $\rightarrow$ 0.020MPa(g)로 감소할수록 그에 상응하여 액화가스 저장탱크의 중량이 100% $\rightarrow$ 99% $\rightarrow$ 92% $\rightarrow$ 88% $\rightarrow$ 84% $\rightarrow$ 80%점차로 감소함을 확인할 수 있다. 예컨대, 설계 내압이 약 0.45MPa(g)인 경우에 있어서, 설계 외압이 약 0.045MPa(g)에서 약 0.025MPa(g)로 감소할 경우 약 16% 만큼, 약 0.020MPa(g)로 감소할 경우 약 20% 만큼 액화가스 저장탱크의 중량이 감소한다.
- [81] 한편, 설계 내압이 약 0.65MPa(g)보다 낮지만 약 0.45MPa(g)보다 높은 경우에는, 특정 범위의 설계 외압에서 액화가스 저장탱크의 중량이 설계 외압에 의해 영향을 받는다. 설계 외압이 약 0.045MPa(g) ~ 0.030MPa(g) 범위에서는 설계 외압이 감소함에 따라 액화가스 저장탱크의 중량이 감소한다. 하지만 설계 외압이 그보다 낮은 범위 0.030MPa(g) ~ 0.020MPa(g) 범위에서는 설계 외압이 감소하여도 액화가스 저장탱크의 중량은 변화가 없다.
- [82] 도 1로부터 설계 내압이 0.65MPa(g) 이상인 경우에는 설계 외압의 변화가 액화가스 저장탱크의 중량에 영향을 미치지 않지만, 설계 내압이 약 0.65MPa(g) 미만인 경우에는 설계 외압이 변함에 따라(설계 외압이 감소함에 따라) 액화가스 저장탱크의 중량이 감소함을 알 수 있다.
- [83] 즉, 본 발명자들은, 업계에 알려진 일반적인 기술상식과 달리, 소정 범위의 설계 내압에서는 설계 외압이 액화가스 저장탱크의 두께에 따라서 중량에 영향을 미친다는 뜻밖의 놀라운 결과를 도출하였다.
- [84] 따라서, 본 발명자들이 제시한 도 1에서 확인할 수 있는, 기술사상 내지는

발명개념을 활용하면, 액화가스 저장탱크의 중량을 줄일 수 있고 원가를 절감할 수 있다. 이를 도 1을 제차 참조하여 구체적으로 설명한다. 설계 내압을 0.65MPa(g) 미만으로 할 경우, 설계 외압을 감소시키면 그에 상응하게 액화가스 저장탱크의 두께를 따라서 중량을 감소시킬 수 있다. 특히, 설계 외압을 구성하는 성분들(P1 ~ P4) 중 액화가스 저장탱크의 운용 중에 발생할 수 있는 음압을 고려한 항목(P1)(약 0.025MPa(g))이 전체 외압 성분(평균적으로 약 0.045MPa(g))의 절반 이상이므로, 설계 외압에서 음압 항목(P1) 하나를 제거하거나 감소시킴으로써 큰 범위로 액화가스 저장탱크의 중량을 감소시킬 수 있다. 또한 설계 외압에서 음압 항목은 액화가스 저장탱크 내부의 음압 발생 상황을 감안하여 고려되는 것이므로, 외압 설계에서 음압 관련 항목의 배제는 액화가스 저장탱크 내부에 음압이 발생하지 않을 것을 요구하고, 이는 음압 도출밸브를 액화가스 저장탱크에 구비함으로써 구현이 가능하다.

- [85] 예컨대, 설계 내압을 약 0.45MPa(g)로 하고 액화가스 저장탱크에 음압 도출밸브를 설치한다고 하면, 설계 외압을 구성하는 항목들 중 음압 관련 항목(P1)을 감소시킬 수 있고, 실질적으로 음압 도출밸브의 작동 공차를 고려하여 설계 외압을 약 0.020MPa(g) 감소시킬 수 있으므로, 도 1에 도시된 바와 같이 액화가스 저장탱크의 중량을 약 16% 감소시킬 수 있다.
- [86] 반면, 도 1에서 파악할 수 있듯이, 설계 내압이 약 0.65MPa(g) 또는 그 이상인 경우에는 액화가스 저장탱크의 두께 및 중량은 전적으로 설계 내압에 좌우되므로, 본 발명의 실시예 등과 달리 종래에 설계 내압을 0.7 ~ 0.75MPa(g)로 설계하는 경우에는 음압 도출밸브를 설치하여 설계 외압을 감소시켜도 액화가스 저장탱크의 중량 감소를 달성할 수 없다. 따라서 종래의 경우에 음압 도출밸브를 액화가스 저장탱크에 결합하여 액화가스 저장탱크의 중량을 감소하는 구성은 기술상식 혹은 경험칙에서 벗어나는 것으로 상상밖의 일이었다.
- [87] 본 발명의 일 실시예는 이상에서 설명한 본 발명의 기본 개념 내지는 기술사상에 근거하여 액화가스 저장탱크의 두께를 결정짓는 압력 설계를 하고 그에 따라 액화가스 저장탱크 시스템을 제조하는 방법을 제공한다.
- [88] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 두께를 결정하는 압력 설계 방법을 개략적으로 도시한다.
- [89] 단계 S11에서 액화가스 저장탱크의 두께와 연관한 압력 설계에서 설계 내압(P_{d_int})을 결정하고, 결정된 설계 내압(P_{d_int})이 액화가스 저장탱크의 두께가 설계 외압(P_{d_ext})에 의해 결정되는 기준압력값 혹은 기준압력범위(P_{ref})인지 판단된다. 상기 단계 S10에서 기준압력범위(P_{ref})는 일 실시예에서 예를 들어 약 0.65MPa(g) 미만일 수 있다. 상기 단계 S11에서 기준압력범위(P_{ref})는 예를 들어 약 0.45MPa(g) 이상 약 0.65MPa(g) 미만, 예를 들어 약 0.45MPa(g) 이상 약 0.55MPa(g) 미만, 예를 들어 약 0.45MPa(g) 이상 약 0.50MPa(g) 미만, 예를 들어 약 0.45MPa(g) 이상 0.60Pa 미만일 수 있다.

- [90] 단계 S13에서 설계 내압(P_{d_int})이 기준압력범위(P_{ref})에 속하게 되면, 설계 외압(P_{d_ext})을 정의하는(구성하는) 압력 항목들 중에서 액화가스 저장탱크 내부의 음압을 고려한 음압(P_{vac})을 배제하거나 최소로 하여 설계 외압(P_{d_ext})을 결정한다. 종래 설계 외압을 구성하는 한 항목인 음압(P_{vac})은 최소 0.025MPa(g)이고 그 외 외압 항목은 0.015MPa(g)일 수 있다. 그러나 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 단계 S13에서 음압(P_{vac})은 제거되거나 0.005MPa(g)까지 감소할 수 있다 (즉, 음압(P_{vac})은 최소 0.02MPa(g)만큼 감소될 수 있음 - 이는 종래 설계 외압에 비해 0.02MPa(g) 만큼 감소한 것을 의미하며 그 감소분에 상응하여 액화가스 저장탱크의 두께를 줄일 수 있고, 이에 인해 액화가스 저장탱크의 중량을 줄일 수 있음).
- [91] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 결정된 설계 외압(P_{ext})은 최소 약 0.020MPa(g)일 수 있고, 설계 내압(P_{d_int})은 최대 약 0.65MPa(g) 일 수 있다. 일
- [92] 실시 예에서, 설계 외압(P_{ext})은, 예를 들어 최소 약 0.020MPa(g), 약 0.020 MPa(g) 이상 약 0.045MPa(g) 미만, 약 0.020MPa(g) 이상 약 0.030MPa(g) 이하, 약 0.020MPa(g) 이상 약 0.040MPa(g) 이하일 수 있다.
- [93] 일 실시 예에서 설계 내압(P_{d_int})은 약 0.65MPa(g) 미만 일 수 있다. 설계 내압(P_{d_int})은 예를 들어 약 0.45MPa(g) 이상 약 0.65MPa(g) 미만, 예를 들어 약 0.45MPa(g) 이상 약 0.55MPa(g) 미만, 예를 들어 약 0.45MPa(g) 이상 약 0.50MPa(g) 미만, 예를 들어 약 0.45MPa(g) 이상 0.60MPa(g) 미만일 수 있다.
- [94] 또한, 설계 내압(P_{d_int})은 0.45과 0.65 사이의 임의의 값(0.45는 포함하되, 0.65는 미포함)을 상한값 및 하한값으로 하는 다양한 압력 범위(단위: MPa(g))로 설정될 수 있다. 마찬가지로, 설계 외압(P_{ext})은, 0.02와 0.045 사이의 임의의 값(0.02는 포함하고 0.045는 미포함)을 상한값 및 하한값으로 하는 다양한 압력 범위(단위: MPa(g))로 설정될 수 있다.
- [95] 상기 설계 내압(P_{d_int})의 값들 혹은 범위들과 설계 외압(P_{ext})의 값들 혹은 범위들은, 액화가스 저장탱크의 압력 설계에 있어서 서로 상충하지 않은 범위에서 다양한 조합으로 세트를 이루어 설계 내압 및 설계 외압으로 결정될 수 있다.
- [96] 도 2를 참조하여 설명한 액화가스 저장탱크 설계 방법에서, 설계 내압(P_{d_int})은 설계 외압이 액화가스 저장탱크의 중량을 결정짓는 기준이 되는 기준압력범위(P_{ref})와 동일할 수 있다.
- [97] 다음 도 3을 참조하여 도 2의 압력 설계에 따른 본 발명의 일 실시 예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템 제조 방법을 설명한다.
- [98] 단계 S21에서 도 2의 압력 설계에 의해 결정된 설계 내압(P_{d_int}) 및 설계 외압(P_{d_ext})에 따라 (그 설계 압력을 견딜 수 있도록) 액화가스 저장탱크를 제조한다. 앞서 살펴본 바와 같이 본 실시 예에 따르면 압력 설계에서 설계 외압을 구성하는 항목들 중 감소 혹은 제거된 음압 항목(의 외압 압력 값)에 상응하여 액화가스 저장탱크의 두께를 감소시킬 수 있고, 이에 상응하여 액화가스

저장탱크의 중량은 줄어들게 된다.

- [99] 한편, 설계 외압을 구성하는 항목에서 제외된 음압 항목으로 인해 액화가스 저장탱크 내의 진공 발생 상황을 배제할 필요가 있으며, 이를 위해 단계 S23에서 진공(음압)발생방지/해소 수단을 준비한다. 예를 들어 음압발생방지/해소 수단으로서, 음압 도출밸브(Vacuum Relief Valve)가 준비될 수 있다.
- [100] 단계 S25에서 음압발생방지/해소 수단을 액화가스 저장탱크에 결합한다. 예를 들어 음압발생방지/해소 수단은 액화가스 저장탱크의 상부에 결합한다. 본 실시예의 액화가스 저장탱크의 제조 방법에서, 액화가스 저장탱크 내부의 진공발생방지는 간단히 음압 도출밸브를 액화가스 저장탱크에 결합함으로써 손쉽게 구현이 가능하다. 상기 액화가스 저장탱크 시스템 제조방법에서 단계 S21 및 단계 S23의 순서는 중요하지 않으며 임의의 순으로 진행되어도 상관없다. 음압발생방지/해소 수단, 음압발생방지/해소 수단을 액화가스 저장탱크에 결합하는 방식은 도 5 및 관련된 아래의 설명으로부터 이해할 수 있을 것이다.
- [101] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템을 개략적으로 도시한다. 본 실시예의 액화가스 저장탱크 시스템은 도 3을 참조하여 설명을 한 방법에 의해 제조될 수 있다.
- [102] 도 4를 참조하면, 액화가스 저장탱크 시스템(1000)은 액화가스 저장탱크(100)와 음압발생방지/해소 수단(10)을 포함한다. 구체적으로 살펴보면, 액화가스 저장탱크(100)에는 음압발생방지/해소 수단으로서 음압 도출밸브(Vacuum Relief Valve)(10)가 제공된다. 액화가스 저장탱크(100)는 액화가스를 저장하기 위한 내부 공간을 구비하며, 원형 단면의 원기둥 구조를 가지는 압력 용기형의 C-Type 탱크와, C-Type 탱크의 외부를 감싸는 단열재를 포함하여 구성될 수 있다. C-Type 탱크는 액화천연가스(LNG; Liquefied Natural Gas), 액화석유가스(LPG; Liquefied Petroleum Gas) 등과 같은 초저온 상태의 액화가스를 내부에 수용할 수 있다. 액화가스 저장탱크(100)는 선체 상에 설치되는 지지 장치들에 의해 지지될 수 있다. 지지 장치들은 C-Type 액화가스 저장탱크를 고정 상태로 지지하는 하나 이상의 지지 장치와 C-Type 액화가스 저장탱크의 열수축/팽창에 대응할 수 있도록 C-Type 탱크를 슬라이딩 가능하게 지지할 수 있는 지지 장치를 포함하여 구성될 수 있다.
- [103] 음압 도출밸브(10)는 액화가스 저장탱크(100)의 상부에 결합될 수 있다. 음압 도출밸브(10)는 제1 출입구(10A) 및 제2 출입구(10B)를 포함한다. 음압 도출밸브(10)의 제1 출입구(10A)는 액화가스 저장탱크(100)의 상부에서 그 내부와 유체 연통 가능하게 결합한다. 음압 도출밸브(10)의 제2 출입구(10B)는 음압해소원 예를 들어 대기나 공기 혹은 불활성 가스 등에 노출되어 음압해소원과 연통한다. 예를 들어 음압 도출밸브(10)의 제2 출입구(10B)는 그 끝단이 개방되어 대기나 공기 혹은 불활성 가스와 연통한다. 따라서, 본 실시예에 따르면 액화가스 저장탱크(100)의 내부 공간에 음압(Vacuum Pressure) 발생시 음압 도출밸브(10)는 열린상태(액화가스 저장탱크(100)의 내부와 연통된

제1 출입구가 제2 출입구와 연통되어 유체가 흐를 수 있는 상태)가 되며, 이로 인해 제2 출입구(10B)와 연통하는 대기나 불활성 가스가 제1 출입구(10A)를 통해 액화가스 저장탱크(100) 내부로 도입되어, 액화가스 저장탱크(100)의 내부 공간의 음압(진공 상태)을 해소(제거)할 수 있다. 본 실시예에서 음압 도출밸브(10)의 제1 출입구(10A) 및 제2 출입구(10B)는 동작시에 대기 등의 유체가 음압 도출밸브(10)를 통해 흐르는 방향을 기준으로 하여 유입구 및 유출구로 각각 지칭될 수 있다.

- [104] 한편, 음압은 일 예로서 0MPa(g)(0 bar(g)) 이하의 압력일 수 있다. 음압 도출밸브(10)는 액화가스 저장탱크(100) 내부 압력이 음압과 관련하여 설정된 압력에 미달하는 경우에 자동으로 열린상태가 되어 음압을 해소하도록 구성될 수 있다. 일 예로서 음압 도출밸브(10)는 예를 들어 액화가스 저장탱크(100)의 압력이 감소하여 0 barg가 경우에 자동으로 열린상태가 될 수 있다. 또는 음압 도출밸브(10)는 액화가스 저장탱크(100) 내부의 압력과 외부의 압력 간의 차가 약 0.005MPa(g)일 때 즉 액화가스 저장탱크(100) 내부의 압력이 대기압보다 약 0.005MPa(g) 낮을 때, 자동으로 열린상태가 될 수 있으며, 이는 앞서 도 2를 참조하여 설명을 한 압력 설계 방법에서, 음압(P_{vac})이 0.005MPa(g)까지 감소하는 경우에 대응한다. 즉, 도 2를 참조하여 설명한 압력 설계 방법에서 설계 외압(P_{d_ext})의 음압 항목을 종래의 0.025MPa(g)에서 0.002MPa(g) 만큼 줄여 0.005MPa(g)로 설계한 실시 예에 따라 액화가스 저장탱크를 제조할 때, 액화가스 저장탱크에 결합되는 음압 도출밸브는 액화가스 저장탱크 내부의 압력이 대기압보다 약 0.005MPa(g) 낮을 때 자동으로 되도록 구성된다.
- [105] 도 5를 참조하여 음압 도출밸브(10)의 자세한 구조 및 액화가스 저장탱크(100)와의 결합에 대해서 설명을 한다.
- [106] 도 5를 참조하면, 음압 도출밸브(10)는 제2 출입구(10B)(유입구), 제1 출입구(10A)(유출구)를 정의하는 밸브 본체(10C), 밸브판(10D), 밸브 덮개(10E), 밸브 노즐(10F), 밸브판 가이드(G)를 포함하여 구성될 수 있다. 제2 출입구(10B)와 제1 출입구(10A)는 기체 등의 유체 흐름 방향을 전환하도록 예를 들어 대략 90도로 전환하도록 구성된다. 제1 출입구(10A)는 액화가스 저장탱크(100)에 유체 연통하도록 결합된다. 예를 들어 제1 출입구(10A)는 배관(pipe)을 통해 액화가스 저장탱크(100)에 결합할 수 있다. 제2 출입구(10B)는 외부의 공기, 대기 혹은 불활성 가스와 연통한다. 예컨대 액화가스 저장탱크(100) 내부에 음압 발생시 제2 출입구(10B)(유입구)로 유입된 외부의 공기, 대기 혹은 불활성 가스가 제1 출입구(10A)(유출구)를 통해 액화가스 저장탱크(100) 내로 유입될 수 있고 이에 따라 액화가스 저장탱크(100) 내부의 음압이 해소된다.
- [107] 밸브 본체(10C) 내부에는 밸브판(10D)이 배치되어 있으며 제2 출입구(10B)(유입구)를 폐쇄한다(이 경우 밸브는 닫힌상태가 된다). 밸브 덮개(10E)는 제2 출입구(10B)의 반대 측에서 밸브 본체(10C)의 상부를 폐쇄한다. 밸브 덮개(10E)에는 밸브판 가이드(10G)가 고정결합되고, 밸브판(10D)은 밸브판

가이드(10G)에 이동 가능하게(상하이동 가능하게) 결합하며, 휴지 상태에서는 제2 출입구(10B)를 폐쇄하도록 배치된다. 일 예로서 밸브 노즐(10F)이 제2 출입구(10B) 내벽에 결합될 수 있고 이 경우 밸브판(10D)이 밸브 본체(10C) 내의 밸브 노즐(10F)의 일단을 폐쇄하여 제2 출입구(10B)를 폐쇄할 수 있다.

- [108] 밸브판(10D)은 액화가스 저장탱크(100) 내부 압력 조건에 따라서 밸브 노즐(10F)의 일단과 밸브 덮개(10E) 사이에서 이동하도록 구성된다. 밸브판(10D)의 하면(제2 출입구(10B) 측에 노출되는 부분)의 면적(ds) 및 자중(무게)은 미리 설정한 압력 범위 또는 압력 값에 따라 결정된다. 즉, 액화가스 저장탱크(100)의 내부에 소정 범위 또는 값의 음압이 발생하게 되면 그에 따라 밸브 노즐(10F) 상에 안착하고 있던 밸브판(10D)이 밸브 덮개(10E)를 향해 위쪽으로 들어올려 질 수 있도록 그 두께(자중) 및 하면의 면적(ds)이 결정된다.
- [109] 액화가스 연료탱크(100) 압력이 높을 경우에는 밸브판(10D) 자체의 자중 및 연료탱크(100)의 높은 압력에 의해 아래방향(중력방향)으로 힘이 작용하여(도면에서 화살표 참조) 밸브판(10D)은 밸브 노즐(10F) 상에 안착되어 밸브판이 닫힌상태로 유지된다.
- [110] 그러나 액화가스 연료탱크(100)의 내부 압력이 감소하여 음압에 도달하게 될 경우(도 6A 참조), 밸브판(10D) 자체의 자중보다 면적(ds)에 작용하는 대기압의 힘이 더 커지므로 대기가 밸브판(10C)을 위쪽으로(밸브 덮개(10E) 쪽으로) 들어올려 열린상태(제1 출입구(10A)와 제2 출입구(10B) 사이에 유체 통로가 형성되는 상태)가 된다. 밸브가 열리게 되면 대기가 공기가 액화가스 연료탱크(100) 내부로 유입되게 되고 그에 따라 액화가스 연료탱크(100) 내부의 압력이 증가하게 되고 음압은 해소된다.
- [111] 대기의 유입으로 액화가스 연료탱크(100) 내부의 압력이 증가하여 음압이 해소되면(도 6B 참조), 밸브판(10D) 자체의 자중과 액화가스 연료탱크(100)의 높은 압력에 의해 아래방향(중력방향, 제2 출입구(10B) 측)으로 힘이 밸브판(10D)의 하면의 면적(ds)에 작용하는 힘보다 커지게 되고 따라서 밸브판(10D)은 밸브 노즐(10F)를 향해 아래로 이동하여 밸브 노즐(10F) 상에 다시 안착하여 밸브판이 닫힌 상태가 된다.
- [112] 밸브판(10D)을 열린 상태로 하기 위한 액화가스 저장탱크(100) 내부의 미리 결정된 압력 범위 또는 압력 값은 예를 들어 약 0.025 ~ 0.000MPa(g) 범위 또는 예를 들어 약 -0.040MPa(g)일 수 있다. 미리 결정된 압력 값은 예를 들어 약 0.050MPa(g)일 수 있다.
- [113] 도 5 및 도 6의 음압 도출밸브(10)의 구조는 단지 예로서 도시한 것일 뿐이며, 액화가스 저장탱크(100) 내부의 압력 조건에 따라 자동으로 개폐되어 음압을 감소/해소하는 동작을 하는 것이라면 그 세부 구조에는 제한이 없다. 예컨대, 밸브판(10D)이 밸브 본체(10C) 내의 제1 출입구(10A) 상에 바로 안착되어 제1 출입구(10A)를 폐쇄하는 구조로 구현될 수 있다.
- [114] 도 7은 액화가스 저장탱크 시스템(1000)의 또 다른 실시예를 도시한다. 본

실시예에서는 음압 도출밸브(10)가 액화가스 저장탱크(100)와 벤트 마스트(300)를 연결하는 배관(200) 상에서 액화가스 저장탱크(100) 상부에 인접하여 설치된다. 구체적으로 본 실시예의 음압 도출밸브(10)의 제1 출입구(10A)는 액화가스 저장탱크(100) 상부에 배관(200)의 배관 부분(200A)을 통해 액화가스 저장탱크(100)와 유체 연통하고, 제2 출입구(10B)는 배관(200)의 배관 부분(200B)을 통해 벤트 마스트(300)와 유체 연통한다. 따라서, 액화가스 저장탱크(100)의 내부 압력이 전술한 소정 범위 혹은 소정 값의 음압일 경우 음압 도출밸브(10)가 열린상태가 되어 벤트 마스트(300)를 통해 대기가 액화가스 저장탱크(100)의 내부로 도입되어 그 내부의 음압을 도출(제거/감소)한다.

- [115] 본 실시예에서, 벤트 마스트(300)와 음압 도출밸브(10) 사이의 배관(200) 즉 배관 부분(200B)에 질소 가스와 같은 불활성 가스가 충전되어 벤트 마스트(300)를 통해 대기로부터의 오염원이 음압 도출밸브(10)로 유입되는 것을 차단할 수도 있다. 또한, 이러한 목적을 위해 배관 부분(200B) 내부에 필터가 제공될 수도 있다.
- [116] 도 7의 실시예에서는 액화가스 저장탱크(100)의 내부의 음압을 도출하기 위해 대기가 사용되었으나, 도 8에 도시된 바와 같이 질소 가스와 같은 불활성 가스가 사용될 수 있다. 도 8을 참조하면 본 실시예에서는 음압 도출밸브(10)의 제2 출입구(10B)가 배관 부분(200'B)을 통해 불활성 가스 저장탱크(400)에 연통된다. 본 실시예에서 불활성 가스 저장탱크(400)의 압력은 약 0.7 ~ 1.0MPa(g)로 설정될 수 있다. 액화가스 저장탱크(100)로부터 불활성 가스 저장탱크(400)로의 역류를 방지하도록, 음압 도출밸브(10)와 불활성 가스 저장탱크(400) 사이의 배관 부분(200'B)에 역지밸브가 마련될 수도 있다.
- [117] 이상에서 설명을 한 실시예들에서, 음압 도출밸브(10)와 액화가스 저장탱크(100) 사이에 음압 도출밸브(10)의 유지, 보수를 위해 도 9에 도시된 바와 같이, 격리밸브(20)가 제공될 수 있다. 격리밸브(20)로서 수동으로 조작되는 볼 밸브가 사용될 수 있다.
- [118] 전술한 실시예들 전부 혹은 일부에서 액화가스 저장탱크 내부의 압력이 소정 범위 혹은 소정 값의 양압(Positive)일 경우에 그 내부 양압을 도출하기 위한 양압 도출밸브(Pressure relief valve)(혹은 압력도출밸브)가 더 구비될 수 있으며 도 10에 개략적으로 도시되어 있다.
- [119] 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템을 개략적으로 나타낸 도면이다. 본 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템(1000)은 전술한 액화가스 저장탱크(100) 및 음압 도출밸브(10) 외에 양압 도출밸브(30)를 더 구비한다.
- [120] 본 실시예의 경우 벤트 마스트(300)에 연결된 배관(200)의 후단 부분(200B)이 분기점(200P)에서 음압 도출밸브(10)에 연결되는 배관 부분(200B1) 및 양압 도출밸브(30)에 연결되는 배관 부분(200B2)으로 분기한다. 한편 양압 도출밸브(30)는 배관부분(200B2)에 연결되는 제1 출입구(10'A)와

배관부분(200C)를 통해 액화가스 저장탱크(100)에 연결되는 제2 출입구(10'B)를 구비한다.

- [121] 본 실시예의 음압 도출밸브(10)는 도 4 내지 도 9를 참조하여 설명을 한 실시예의 음압 도출밸브(10)와 구조, 연결형태 및 기능이 실질적으로 동일하므로 그 설명은 생략한다.
- [122] 본 실시예의 양압 도출밸브(30)는 음압 도출밸브(10)가 작동하는 소정 범위 혹은 값의 음압보다 더 높은 압력 예를 들어 양압(Positive pressure) 값 혹은 양압 범위에서 작동한다. 즉, 양압 도출밸브(30)는 액화가스 저장탱크(100)의 내부 압력이 양압과 관련하여 설정된 소정 압력 범위 혹은 압력 값을 초과하는 경우 자동으로 열린상태가 되도록 설정된다. 따라서, 본 실시예의 양압 도출밸브(30)는 음압 도출밸브(10)와 동일한 구조를 채용하지만, 연결형태 및 밸브판의 두께 및 크기에서 차이가 있는 밸브로 구현될 수 있으며, 이에 대해서는 도 11을 참조하여 설명을 한다.
- [123] 도 11을 참조하면, 본 실시예에서 양압 도출밸브(30)는 도 4 내지 도 9를 참조하여 설명을 한 음압 도출밸브(10)의 구조와 유사하게, 밸브 본체(10C), 제1 출입구(10'A), 제2 출입구(10'B), 밸브판(10'D), 밸브 덮개(10E), 밸브 노즐(10F), 밸브판 가이드(10G)를 포함하여 구성된다. 본 실시예에서 양압 도출밸브(30)의 제2 출입구(10'B)(유입구)(밸브판(10D)에 의해 개폐되는 출입구)가 액화가스 저장탱크(100)에 유체 연통하도록 결합하고, 제1 출입구(10'A)(유출구)가 벤트 마스트(300)에 유체연통하도록 구성된다. 따라서 액화가스 저장탱크(100)의 내부가 소정의 양압 혹은 양압 범위가 되면, 그 압력에 의해 밸브판(10'D)이 들어올려져 열린상태가 되고 그에 따라 액화가스 저장탱크(100)의 내부가 외부 대기와 연통하게 되어 액화가스 저장탱크(100) 내부의 소정의 양압을 도출할 수 있게 된다. 예를 들어, 액화가스 저장탱크(100) 내의 압력이 예를 들어 100 mbarg에 도달할 경우 양압 도출밸브(30)가 열린상태가 되도록 양압 도출밸브(30)의 밸브판(10'D)의 자중(두께) 및 하면 면적(ds')이 설정될 수 있다.
- [124] 본 실시예에서 음압 도출밸브(10) 및 양압 도출밸브(30)의 각 밸브판의 자중(두께) 및 하면 면적(ds)은 각각 액화가스 저장탱크(100) 내부의 소정 음압 범위(값) 및 소정 양압 범위(값)에 대응하여 자동으로 개폐되도록, 적절하게 설정된다.
- [125] 이상 본 실시예에 따르면 음압 도출밸브(10) 및 양압 도출밸브(30)에 의해 액화가스 저장탱크(100) 내에 음압 발생시 음압에 대응할 수 있음은 물론, 양압 발생시에는 양압에도 대응할 수 있다.
- [126] 도 10 및 도 11을 참조하여 설명을 한 실시예에서도 밸브(10, 30)가 벤트 마스트(300) 대신에 불활성 가스 저장탱크(400)에 결합할 수 있다. 또, 음압 도출밸브(10)와 액화가스 저장탱크(100) 사이에 그리고/또는 양압 도출밸브(30)와 액화가스 저장탱크(100) 사이에 유지, 보수를 위해 격리 밸브(도 9 참조)가 더 구비될 수 있다.

- [127] 다음 본 발명의 실시예들에 따른 효과는 도 12에서 확인할 수 있다. 도 12는, 용량 1,750m³의 액화가스 저장탱크를 제조할 때, 설계 내압을 0.49 MPa(g)로 고정한 상태에서 설계 외압을 0.02 ~ 0.045MPa(g)로 변경시 액화가스 저장탱크의 설계중량 변화를 %로 표시한 도면이다. 도 12를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따라, 음압 항목을 0.025MPa(g)에서 0.005MPa(g)로 감소하여 설계 외압(P_{ext})을 0.040MPa(g)에서 0.020MPa(g)으로 감소할 경우, 액화가스 저장탱크의 중량을 15% 포인트 감소시킬 수 있는 효과가 있다.
- [128] 이하 본 발명의 또 다른 실시 예들에 대해서 도 13 내지 도 17을 참조하여 설명을 한다. 이하에서 설명되는 실시 예들에서 음압 도출밸브(Vacuum Relief Valve) 및 양압 도출밸브(Pressure Relief Valve)는 도 1 내지 도 12를 참조하여 설명한 실시 예들의 음압 도출밸브 및 양압 도출밸브와 동일하게 구성될 수도 있다.
- [129] 본 발명의 다른 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템은 액화가스 저장탱크와, 액화가스 저장탱크의 내부 공간에 음압(Vacuum Pressure) 발생시 액화가스 저장탱크의 내부 공간의 음압을 해소(음압 상태를 제거)하는 음압 도출밸브(vacuum relief valve)와, 음압 도출밸브에 의해 진공 상태가 제거되는 동안 액화가스 저장탱크의 내부 공간에 질소 등의 불활성 가스를 공급하는 불활성 가스 공급라인을 포함할 수 있다.
- [130] 본 실시예에 의하면, 액화가스 저장탱크의 음압에 효과적으로 대응하여 액화가스 저장탱크의 두께를 저감하고, 액화가스 저장탱크의 중량 및 원가를 절감할 수 있으며, 음압 도출밸브가 설치된 라인을 통해 액화가스 저장탱크 내부로 인화 원인이 될 수 있는 대기의 산소가 유입되는 것을 방지하여 화재 발생을 방지하고, 안전성을 확보할 수 있다.
- [131] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템을 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 13을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템(1000)은 액화가스 저장탱크(100), 음압 도출밸브(510), 불활성 가스 저장탱크(520), 불활성 가스 공급라인(530) 및 역지밸브(540)를 포함할 수 있다.
- [132] 액화가스 저장탱크(100)는 액화가스를 저장하기 위한 내부 공간을 구비할 수 있다. C-Type 탱크(20)는 액화천연가스(LNG; Liquefied Natural Gas), 액화석유가스(LPG; Liquefied Petroleum Gas) 등과 같은 초저온 상태의 액화가스를 내부에 수용할 수 있다.
- [133] 액화가스 저장탱크(100)는 원형 단면의 원기둥 구조를 가지는 압력 용기형의 C-Type 탱크(25)와, C-Type 탱크(25)의 외부를 감싸는 단열재(35)를 포함할 수 있다. 액화가스 저장탱크(100)는 선체(65) 상에 설치되는 지지 장치(45, 55)에 의해 지지될 수 있다.
- [134] 지지 장치(45, 55) 중 하나 이상의 지지 장치(45)는 C-Type 액화가스 저장탱크를 고정 상태로 지지하고, 다른 하나 이상의 지지 장치(55)는 C-Type 액화가스

저장탱크의 열수축/팽창에 대응할 수 있도록 C-Type 탱크(25)를 슬라이딩 가능하게 지지할 수 있다.

- [135] 음압 도출밸브(vacuum relief valve)(510)는 액화가스 저장탱크(100)의 상부에 마련될 수 있다. 음압 도출밸브(510)는 불활성 가스 공급라인(530) 상에 설치될 수 있다. 음압 도출밸브(510)는 액화가스 저장탱크의 내부 공간에 음압(Vacuum Pressure) 발생시 액화가스 저장탱크의 내부 공간의 음압(진공 상태)을 해소(제거)할 수 있다. 실시예에서, 음압은 약 0MPa(g) 이하의 압력일 수 있다. 음압 도출밸브(510)는 액화가스 저장탱크(100) 내부 압력이 음압과 관련하여 설정된 압력에 미달하는 경우에 자동 개방되도록 설정될 수 있다.
- [136] 불활성 가스 저장탱크(520)는 불활성 가스 공급라인(530)을 통해 불활성 가스를 공급할 수 있다. 실시예에서, 불활성 가스는 질소(N_2) 가스를 포함할 수 있다. 불활성 가스 저장탱크(520)는 자연적 흐름에 의해 불활성 가스가 불활성 가스 공급라인(530)을 통해 액화가스 저장탱크(100)로 공급되도록, 약 0.7 ~ 1.0MPa(g) 압력으로 설정될 수 있다.
- [137] 불활성 가스 공급라인(530)은 음압 도출밸브(510)에 의해 진공 상태가 제거되는 동안, 액화가스 저장탱크(100)의 내부 공간에 불활성 가스를 공급할 수 있다. 역지밸브(check valve)(540)는 액화가스 저장탱크(100) 내에 저장된 액화가스가 불활성 가스 저장탱크(520)로 역류하는 것을 방지하도록 불활성 가스 공급라인(530)에 마련될 수 있다. 역지밸브(540)는 음압 도출밸브(510)와 불활성 가스 저장탱크(520) 사이에 설치될 수 있다.
- [138] 본 발명의 실시예에 의하면, 음압 도출밸브(510)와 불활성 가스 공급라인(530)의 적용에 의해 압력을 보충하여 액화가스 저장탱크(100)의 두께를 감소하고 액화가스 저장탱크(100)의 중량 및 원가를 절감할 수 있으며, 질소 등의 불활성 가스 공급을 통해 액화가스 저장탱크(100) 내의 압력을 보충하여 액화가스 저장탱크(100) 내부로 대기 중 인화 원인이 될 수 있는 산소(O_2)가 유입되는 것을 방지하고 화재 발생을 방지할 수 있다. 또한, 역지밸브(540)에 의해 액화가스가 불활성 가스 저장탱크(520)로 역류하는 것을 방지할 수 있다.
- [139] 도 14는 본 발명의 다른 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템을 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 14의 실시예를 설명함에 있어서 앞서 설명한 실시예와 동일하거나 상응하는 구성요소에 대하여는 중복 설명을 생략할 수 있다. 도 14의 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템(1000)은 배기라인(vent line)(560)과, 양압 도출밸브(550)를 더 포함하는 점에서, 앞서 설명한 실시예와 차이가 있다.
- [140] 배기라인(560)은 액화가스 저장탱크(100) 내에 기준 압력보다 높은 양압(Positive pressure) 발생시 액화가스 저장탱크(100) 내의 양압을 제거하기 위해 제공될 수 있다. 양압 도출밸브(550)는 배기라인(560)에 마련될 수 있다. 양압 도출밸브(510)는 액화가스 저장탱크(100) 내부 압력이 양압과 관련하여

설정된 압력을 초과하는 경우에 자동 개방되도록 설정될 수 있다. 도 14의 실시예에 의하면, 음압 도출밸브(510)와 양압 도출밸브(550)에 의해 액화가스 저장탱크(100)의 음압 및 양압에 모두 대응하여 액화가스 저장탱크(100) 내부 압력을 제어할 수 있다.

- [141] 도 15는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템을 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 16 및 도 17은 도 15의 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템의 작동 상태를 나타낸 도면으로, 도 16은 음압 도출밸브가 압력 도출 동작을 수행하는 상태를 나타내고, 도 17은 음압 도출밸브가 진공 도출 동작을 수행하는 상태를 나타낸다.
- [142] 도 15 내지 도 17의 실시예를 설명함에 있어서 앞서 설명한 실시예들과 동일하거나 상응하는 구성요소에 대하여는 중복 설명을 생략할 수 있다. 도 15 내지 도 17의 실시예에 따른 액화가스 저장탱크 시스템(1000)은 음압 도출밸브(510a)가 배기라인(560)에 설치되어 액화가스 저장탱크(100) 내에 양압 발생시 양압을 제거함은 물론, 액화가스 저장탱크(100) 내에 양압 발생시에는 양압 또한 제거하도록 동작하고, 또한 제1 제어 밸브(570)와 제2 제어 밸브(580) 및 압력 측정기(590)를 더 포함하는 점에서 앞서 설명한 실시예와 차이가 있다.
- [143] 압력 측정기(590)는 액화가스 저장탱크(100) 내의 증기압(vapor pressure)을 측정할 수 있다. 제1 제어 밸브(570)는 불활성 가스 공급라인(530)에서 역지밸브(540)와 불활성 가스 저장탱크(520) 사이에 설치될 수 있다. 이에 따라, 제1 제어 밸브(570)로 액화가스가 누출되는 것을 역지밸브(540)에 의해 방지할 수 있으므로, 제1 제어 밸브(570)를 상온용 제어 밸브로 구현할 수 있으며, 제1 제어 밸브(570)의 비용을 절감할 수 있다.
- [144] 제1 제어 밸브(570)는 압력 측정기(590)에 의해 측정된 액화가스 저장탱크(100) 내의 증기압에 따라 개폐될 수 있다. 제2 제어 밸브(580)는 배기라인(160)에서 음압 도출밸브(110a)의 후단에 설치될 수 있다. 제2 제어 밸브(180)는 압력 측정기(590)에 의해 측정된 액화가스 저장탱크(100) 내의 증기압에 따라 개폐될 수 있다.
- [145] 압력 측정기(590)에 의해 측정된 액화가스 저장탱크(100) 내의 증기압이 제1 기준압을 초과하는 경우, 도 16에 도시된 바와 같이, 제1 제어 밸브(570)는 차단되고, 제2 제어 밸브(580)는 개방될 수 있다. 예를 들어, 액화가스 저장탱크(100) 압력이 0 MPa(g) 초과 시, 제1 제어 밸브(570)는 차단되고, 제2 제어 밸브(580)는 개방되어 액화가스 저장탱크(100) 내 양압을 대기로 방출할 수 있다. 이때, 음압 도출밸브(510a)는 액화가스 저장탱크(100)의 양압 해소를 위해 양압 도출밸브 기능을 수행하게 된다.
- [146] 압력 측정기(590)에 의해 측정된 액화가스 저장탱크(100) 내의 증기압이 제1 기준압 보다 낮은 제2 기준압 이하인 경우, 도 17에 도시된 바와 같이, 제1 제어 밸브(570)는 개방되고, 제2 제어 밸브(580)는 차단될 수 있다. 예를 들어, 액화가스 저장탱크(100) 압력이 0 barg 일 경우, 제2 제어 밸브(580)가 차단되어

외부 배기측으로의 에어 유입이 차단되고, 음압 도출밸브(510a)는 진공 도출 기능을 수행할 수 있다.

[147] 액화가스 저장탱크(100) 압력이 진공 도출을 위한 설정 압력(예를 들어, 100 mbarg)에 도달할 경우, 제1 제어 밸브(570)의 개방에 따라 불활성 가스 저장탱크(120)로부터 불활성 가스 공급라인(530)을 통해 불활성 가스(예를 들어, 질소 가스)가 공급되어 액화가스 저장탱크(100)로 유입되고, 이에 따라 액화가스 저장탱크(100)의 음압을 효과적으로 해소할 수 있으며, 대기 중의 산소 등의 유입으로 인한 화재 사고 등의 위험을 방지할 수 있다.

[148] 또한, 도 15 내지 도 17의 실시예에 의하면, 음압 도출밸브(110a)에 의해 진공 도출 기능을 수행함과 동시에 배기 라인(560)으로 액화가스 저장탱크(100) 내 발생하는 과도한 양압에도 대응할 수 있으며, 액화가스 저장탱크(100) 내 음압 도출밸브(510a) 주변에 국부적 혹은 일시적인 압력 강하로 밸브가 오작동하여 개방되더라도 제1 제어 밸브(570)가 정상 동작(Normal Operation) 상황에서 차단(Close) 상태를 유지하므로, 질소(N_2) 등의 불활성 가스가 액화가스 저장탱크(100)로 불필요하게 유입되는 것을 차단할 수 있다.

[149] 이상의 실시예들은 본 발명의 이해를 돕기 위하여 제시된 것으로, 본 발명의 범위를 제한하지 않으며, 이로부터 다양한 변형 가능한 실시예들도 본 발명의 범위에 속하는 것임을 이해하여야 한다. 본 발명의 보호범위는 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이며, 본 발명의 보호범위는 청구범위의 문언적 기재 그 자체로 한정되는 것이 아니라 실질적으로는 기술적 가치가 균등한 범주의 발명까지 미치는 것임을 이해하여야 한다.

[150]

산업상 이용가능성

[151] 본 발명의 실시예들은 액화가스 저장탱크의 내압에 대한 설계 압력이 예를 들어 약 0.65 MPa(g) 미만인 경우에 유용하게 적용될 수 있다.