(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2022 년 1 월 13 일 (13.01.2022)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2022/010184 A1

(51) 국제특허분류:
B63B 25/16 (2006.01) *F17C 13/00* (2006.01)
F17C 3/02 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2021/008387

(22) 국제출원일: 2021 년 7 월 1 일 (01.07.2021)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2020-0084336 2020 년 7 월 8 일 (08.07.2020) KR
10-2020-0089200 2020 년 7 월 17 일 (17.07.2020) KR

(71) 출원인: 현대중공업 주식회사 (**HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.**) [KR/KR]; 44032 울산시 동구 방어진순환도로 1000, Ulsan (KR).

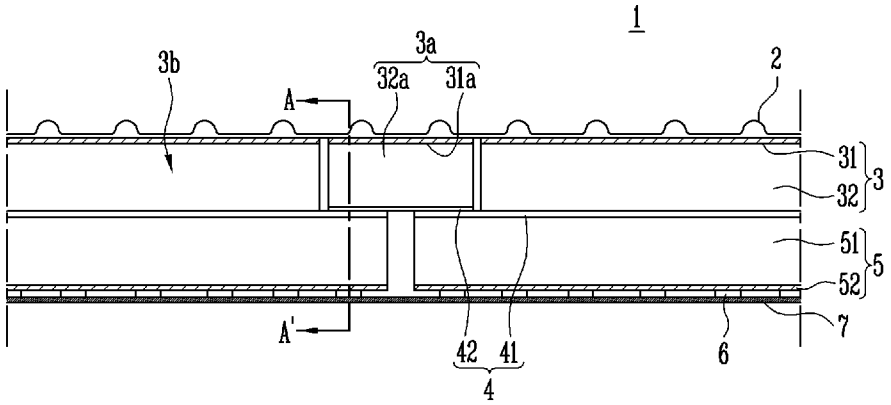
(72) 발명자: 박천진 (**PARK, Cheon Jin**); 44032 울산시 동구 방어진순환도로 1000, Ulsan (KR). 최병기 (**CHOI, Byung Ki**); 44032 울산시 동구 방어진순환도로 1000, Ulsan (KR). 오훈규 (**OH, Hoon Kyu**); 44032 울산시 동구 방어진순환도로 1000, Ulsan (KR). 임홍일 (**IM, Hong Il**); 44032 울산시 동구 방어진순환도로 1000, Ulsan (KR). 박민규 (**PARK, Min Kyu**); 44032 울산시 동구 방어진순환도로 1000, Ulsan (KR). 이상옥 (**LEE, Sang Ok**); 44032 울산시 동구 방어진순환도로 1000, Ulsan (KR). 박성보 (**PARK, Seong Bo**); 44032 울산시 동구 방어진순환도로 1000, Ulsan (KR). 김용태 (**KIM, Yong Tai**); 44032 울산시 동구 방어진순환도로 1000, Ulsan (KR). 허원석 (**HEO, Won Seok**); 44032 울산시 동구 방어진순환도로 1000, Ulsan (KR). 김동우 (**KIM, Dong Woo**); 44032 울산시 동구 방어진순환도로 1000, Ulsan (KR). 안재혁 (**AHN, Jae Hyeok**); 44032 울산시 동구 방어진순환도로 1000, Ulsan (KR). 손영무 (**SON, Young Moo**); 44032 울산시 동구 방어진순환도로 1000, Ulsan (KR).

(74) 대리인: 오종한 등 (**OH, Jong Han** et al.); 03155 서울시 종로구 종로3길 17 디타워 D2 23층, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,

(54) **Title:** LIQUEFIED GAS STORAGE TANK, AND SHIP INCLUDING SAME

(54) **발명의 명칭:** 액화가스 저장탱크 및 이를 포함하는 선박



(57) **Abstract:** The present invention relates to a liquefied gas storage tank, and a ship including same. A liquefied gas storage tank according to the present invention is a liquefied gas storage tank for storing cryogenic material, and is characterized by including: a primary barrier wall made of a metal material and forming an accommodating space for accommodating the cryogenic material; a first heat insulating wall which is provided on the outside of the primary barrier wall and in which a primary plywood and a primary heat insulating material are arranged sequentially; a secondary barrier wall provided on the outside of the primary heat insulating wall; and a secondary heat insulating wall which is provided on the outside of the secondary barrier wall and in which a secondary heat insulating material and a secondary plywood are arranged sequentially. The secondary barrier wall is composed of: a main barrier wall provided on each of the secondary heat insulating walls constituting a unit element; and an auxiliary barrier wall connecting the neighboring main barrier walls to each other. The secondary barrier wall is composed of a mixed material of a metal and a non-metal, and the first heat insulating wall is formed to have a thickness that is 66% to 166% of the thickness of the second heat insulating wall in order to lower thermal stress.

WO 2022/010184 A1

[다음 쪽 계속]

SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) **지정국** (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(57) 요약서: 본 발명은 액화가스 저장탱크 및 이를 포함하는 선박에 관한 것으로, 본 발명의 액화가스 저장탱크는, 극저온 물질을 저장하는 액화가스 저장탱크로서, 극저온 물질을 수용하는 수용공간을 형성하는 금속 재질의 1차방벽; 상기 1차방벽의 외측으로 1차플라이우드와 1차단열재가 순차 배치되는 1차단열벽; 상기 1차단열벽의 외측에 마련되는 2차방벽; 및 상기 2차방벽의 외측으로 2차단열재와 2차플라이우드가 적층으로 순차 배치되는 2차단열벽을 포함하며, 상기 2차방벽은, 단위 요소를 이루는 상기 2차단열벽 각각의 상부에 마련되는 메인방벽; 및 이웃하는 상기 메인방벽을 서로 연결하는 보조방벽으로 이루어지고, 상기 2차방벽은, 금속과 비금속의 혼합 소재로 이루어지고, 상기 1차단열벽은, 저온 부담(thermal stress)을 낮추기 위해 상기 2차단열벽의 66% 내지 166%의 두께를 갖는 것을 특징으로 한다.

명세서

발명의 명칭: 액화가스 저장탱크 및 이를 포함하는 선박

기술분야

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

배경기술

[2] 최근 기술 개발에 따라 가솔린이나 디젤을 대체하여 액화천연가스(Liquefied Natural Gas; LNG), 액화석유가스(Liquefied Petroleum Gas; LPG) 등과 같은 액화가스를 널리 사용하고 있다.

[3] 또한, LNG와 같은 액화가스를 해상에서 수송하거나 보관하는 LNG 운반선, LNG RV(Regasification Vessel), LNG FPSO(Floating, Production, Storage and Offloading), LNG FSRU(Floating Storage and Regasification Unit) 등의 선박 내에는 LNG를 극저온 액체 상태로 저장하기 위한 저장탱크(소위 "화물창"으로 지칭됨)가 설치되어 있다.

[4] 또한, 액화가스 저장탱크는, 외부로부터의 열 침입에 의해 증발가스(Boil Off Gas; BOG)가 발생될 수 있으며, 단열 설계를 통해 증발 가스의 기화 비율인 자연 기화율(Boil Off Rate; BOR)을 낮추는 것이 액화가스 저장탱크 설계의 핵심 기술이다. 또한, 액화가스 저장탱크는 슬로싱(Sloshing) 등 다양한 하중에 노출되기 때문에 단열패널의 기계적 강도를 확보하는 것도 필수적일 수 있다.

[5] 이러한 점을 고려할 때, 1차 단열벽 및 2차 단열벽의 두께 범위가 액화가스 저장탱크의 기계적 강도와 연관될 수 있다. 이에 따라 2차방벽의 저온 부담을 없애면서 2차단열벽의 기계적 강도 또한 유지할 수 있도록 하는 연구가 활발히 이루어지고 있다.

[6] 이와 더불어, 1차방벽의 경우 극저온 물질에 직접적으로 노출되기 때문에 극저온에 의한 열 응력(thermal stress)은 물론 슬로싱에 의한 압 응력(pressure stress) 부담을 최소화하기 위해 곡면부의 단면 형상을 최적화 하는 연구가 활발히 이루어지고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[7] 본 발명은 상기와 같은 종래기술의 문제점을 해결하고자 창출된 것으로서, 본 발명의 목적은, 1차방벽의 곡면부 단면 형상을 최적화하여 저온에 의한 열 응력(thermal stress)은 물론 슬로싱에 의한 압 응력(pressure stress) 부담을 최소화할 수 있도록 하는 액화가스 저장탱크 및 이를 포함하는 선박을 제공하는 것이다.

[8] 또한, 본 발명의 목적은, 단열벽의 전체 두께에서 1차단열벽의 두께를 2차단열벽과 동일 또는 유사하게 하여, 2차단열벽의 기계적 강도를 일정 수준으로 유지하면서 2차방벽의 저온 부담 및 슬로싱 부담을 줄일 수 있도록

하는 액화가스 저장탱크 및 이를 포함하는 선박을 제공하는 것이다.

[9] 또한, 본 발명의 목적은, 단열벽의 전체 두께에서 1차단열벽의 두께를 2차단열벽과 동일 또는 유사하게 하여, 선체의 취성파괴가 발생하지 않는 범위에서 2차방벽의 저온 부담 및 슬로싱 부담을 줄일 수 있도록 하는 액화가스 저장탱크 및 이를 포함하는 선박을 제공하는 것이다.

[10] 또한, 본 발명의 목적은 2차방벽의 구성을 개선하여 단열 성능을 증가시킬 수 있도록 하는 액화가스 저장탱크 및 이를 포함하는 선박을 제공하는 것이다.

[11] 또한, 본 발명의 목적은 2차단열벽을 선체에 고정시키는 고정부재의 구성을 개선하여 단열 성능의 증가는 물론 공수를 절감할 수 있도록 하는 액화가스 저장탱크 및 이를 포함하는 선박을 제공하는 것이다.

기술적 해결방법

[12] 본 발명의 일 측면에 따른 액화가스 저장탱크는, 극저온 물질을 저장하는 액화가스 저장탱크로서, 극저온 물질을 수용하는 수용공간을 형성하는 금속 재질의 1차방벽; 상기 1차방벽의 외측으로 1차플라이우드와 1차단열재가 순차 배치되는 1차단열벽; 상기 1차단열벽의 외측에 마련되는 2차방벽; 및 상기 2차방벽의 외측으로 2차단열재와 2차플라이우드가 적층으로 순차 배치되는 2차단열벽을 포함하며, 상기 2차방벽은, 단위 요소를 이루는 상기 2차단열벽 각각의 상부에 마련되는 메인방벽; 및 이웃하는 상기 메인방벽을 서로 연결하는 보조방벽으로 이루어지고, 상기 2차방벽은, 금속과 비금속의 혼합 소재로 이루어지고, 상기 1차단열벽은, 저온 부담(thermal stress)을 낮추기 위해 상기 2차단열벽의 66% 내지 166%의 두께를 갖는 것을 특징으로 한다.

[13] 구체적으로, 상기 1차단열벽은, 상기 2차단열벽, 상기 2차방벽, 상기 1차단열벽의 일부인 고정단열벽이 적층되어 이루는 단위 요소가 이웃하여 배치된 상태에서 상기 이웃하는 고정단열벽 사이의 공간 부분에 마련되는 연결단열벽을 포함할 수 있다.

[14] 구체적으로, 상기 연결단열벽은, 상기 2차단열벽의 67% 내지 167%의 두께를 가질 수 있다.

[15] 구체적으로, 상기 2차방벽은, 상기 액화가스 저장탱크에서 두께 방향을 기준으로 전체 두께의 40% 내지 60% 범위에 해당하는 중심 영역에 배치될 수 있다.

[16] 구체적으로, 상기 1차단열재는, 상기 2차단열재의 90% 내지 110%의 두께를 가질 수 있다.

[17] 구체적으로, 상기 1차방벽은, 상기 1차단열벽의 상면에 접촉되는 평면부, 제1곡률반경을 갖는 곡면부, 상기 평면부와 상기 곡면부 사이의 제2곡률반경을 갖는 주름형상으로 형성된 경계부로 이루어지고, 상기 제1곡률반경과 상기 제2곡률반경은 상이할 수 있다.

[18] 구체적으로, 상기 주름형상은, 수평 및 수직의 주름 크기가 동일할 수 있다.

[19] 구체적으로, 상기 2차방벽은, 제1부재/알루미늄포일/제2부재가 적층된 구조의 소재로 형성되고, 상기 제1부재와 상기 제2부재 중 적어도 하나는 글라스직물, 글라스-아라미드직물, 바잘트직물 또는 글라스직물/알루미늄포일/글라스직물일 수 있다.

[20] 구체적으로, 상기 1차단열재는, 발포제로 CO_2가 사용된 강화 폴리우레탄 폼으로 형성되고, 상기 2차단열재는, 발포제 HFC-245fa가 사용된 강화 폴리우레탄 폼으로 형성될 수 있다.

[21] 구체적으로, 직각코너구조를 더 포함하고, 상기 직각코너구조에 형성되는 상기 2차방벽의 곡률반경은 상기 1차단열벽의 두께 대비 25% 내지 50%일 수 있다.

[22] 구체적으로, 둔각코너구조를 더 포함하고, 상기 둔각코너구조에 형성되는 상기 2차방벽의 곡률반경은 상기 1차단열벽의 두께 대비 15% 내지 35%일 수 있다.

[23] 본 발명의 다른 측면에 따른 액화가스 저장탱크는, 극저온 물질을 저장하는 액화가스 저장탱크로서, 극저온 물질을 수용하는 수용공간을 형성하는 금속 재질의 1차방벽; 상기 1차방벽의 외측으로 1차플라이우드와 1차단열재가 순차 배치되는 1차단열벽; 상기 1차단열벽의 외측에 마련되는 2차방벽; 및 상기 2차방벽의 외측으로 2차단열재와 2차플라이우드가 순차 배치되는 2차단열벽을 포함하며, 상기 2차방벽은, 단위 요소를 이루는 상기 2차단열벽 각각의 상부에 마련되는 메인방벽; 및 이웃하는 상기 메인방벽을 서로 연결하는 보조방벽으로 이루어지고, 상기 보조방벽은 비접착 부분을 가지며, 상기 극저온 물질에 의한 상기 보조방벽의 저온 응력 상한값이 50MPa 이하를 갖도록 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[24] 본 발명의 또 다른 측면에 따른 액화가스 저장탱크는, 극저온 물질을 수용하는 수용공간을 형성하는 금속 재질의 1차방벽; 상기 1차방벽의 외측에 마련되는 1차단열벽; 상기 1차단열벽의 외측에 마련되며, 메인방벽과 보조방벽으로 이루어지는 2차방벽; 및 상기 2차방벽의 외측에 마련되는 2차단열벽으로 이루어지는 액화가스 저장탱크로서, 상기 1차방벽은, 상기 1차단열벽의 상면에 고정되는 복수 개의 평면부와, 상기 복수 개의 평면부 사이에 형성되어 상기 수용공간 쪽으로 곡면을 형성하고 가로 방향의 곡면부와 세로 방향의 곡면부를 포함하는 곡면부로 이루어지고, 상기 곡면부는, 이웃하는 상기 평면부 각각에 연결되며, 제1곡률반경(r1)을 갖는 한 쌍의 제1곡면부; 상기 곡면부의 상부를 이루며, 적어도 상기 제1곡률반경(r1)보다 큰 반경의 제2곡률반경(r2)을 갖는 제2곡면부; 및 상기 한 쌍의 제1곡면부 각각과 상기 제2곡면부를 연결하며, 적어도 상기 제2곡률반경(r2)보다 큰 반경의 제3곡률반경(r3)을 갖는 한 쌍의 제3곡면부를 포함하고, 상기 한 쌍의 제3곡면부는, 어느 하나의 제3곡면부의 제1곡률중심과 다른 하나의 제3곡면부의 제2곡률중심이 상기 곡면부의 내측에서 수평 방향으로 어긋나 위치되는 것을 특징으로 한다.

[25] 구체적으로, 상기 가로 방향의 곡면부와 상기 세로 방향의 곡면부는 교차되도록 형성되며, 상기 가로 방향의 곡면부와 상기 세로 방향의 곡면부는

높이와 폭이 동일할 수 있다.

[26] 구체적으로, 상기 제3곡률반경의 크기는, 상기 제2곡률반경의 크기와 상기 제1곡률반경의 크기를 합한 값보다 클 수 있다.

[27] 구체적으로, 상기 곡면부의 높이(H) 대비 폭(W)의 비율(W/H)은, 2.0 내지 3.0 범위($2.0 \leq W/H \leq 3.0$)이고, 상기 1차방벽의 저온에서의 열 응력 및 압 응력에 기초하여 결정될 수 있다.

[28] 구체적으로, 상기 한 쌍의 제1곡면부 각각은, 상기 평면부와 연결되는 제1연결지점과, 상기 한 쌍의 제3곡면부 각각과 연결되는 제2연결지점 사이에서 상기 제1곡률반경을 갖는 곡면 형상이며, 상기 제1연결지점은 상기 수용공간 측의 곡률중심으로부터 상기 제1곡률반경을 갖는 제1원의 곡선과 상기 제1원의 세로 중심선이 교차되는 지점과 동일한 위치이고, 상기 제2연결지점은 제1원의 곡선과 상기 제1원의 가로 중심선이 교차되는 지점으로부터 하측으로 30도 각도 이내의 상기 제1원의 곡선 부분에 위치될 수 있다.

[29] 구체적으로, 상기 1차방벽은, 상기 가로 방향의 곡면부와 상기 세로 방향의 곡면부가 교차되는 교차부로부터 일정 거리 내에 위치하고 상기 수용 공간 쪽으로 돌출되어 상기 평면부에 형성되는 돌출구조물을 더 포함할 수 있다.

[30] 구체적으로, 상기 돌출구조물은, 상기 가로 곡면부와 상기 세로 곡면부보다 크기가 작고, 볼록한 원형 또는 호 형상으로 이루어질 수 있다.

[31] 구체적으로, 상기 한 쌍의 제3곡면부의 상기 제1,2곡률중심은 상기 평면부가 형성하는 가상의 평면보다 상부에 위치할 수 있다.

[32] 본 발명의 또 다른 측면에 따른 선박은, 상기에 기재된 액화가스 저장탱크를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[33] 본 발명에 따른 액화가스 저장탱크 및 이를 구비한 선박은, 1차방벽의 곡면부 단면 형상을 최적화함으로써, 저온에 의한 열 응력(thermal stress)은 물론 슬로싱에 의한 압 응력(pressure stress) 부담을 최소화할 수 있다.

[34] 또한, 본 발명에 따른 액화가스 저장탱크 및 이를 구비한 선박은, 연결단열벽을 포괄하는 1차단열벽과 2차단열벽의 전체 두께에서 1차단열벽의 두께를 2차단열벽과 동일 또는 유사하게 구성함으로써, 2차단열벽의 기계적 강도를 일정 수준으로 유지할 수 있음은 물론, 2차방벽의 저온 부담 및 슬로싱 부담을 줄일 수 있어, 2차방벽의 손상을 방지할 수 있다.

[35] 또한, 본 발명에 따른 액화가스 저장탱크 및 이를 구비한 선박은, 연결단열벽을 포괄하는 1차단열벽과 2차단열벽의 전체 두께에서 1차단열벽의 두께를 2차단열벽과 동일 또는 유사하게 구성함으로써, 선체의 취성파괴를 방지하고, 2차방벽의 저온 부담 및 슬로싱 부담을 줄일 수 있다.

[36] 또한, 본 발명에 따른 액화가스 저장탱크 및 이를 구비한 선박은, 단위 요소를 이루는 이웃하는 1차단열벽 사이의 공간에 마련되는 연결단열벽의 하면에

보조단열판을 마련함으로써, 단위 요소를 이루는 이웃하는 2차단열벽의 연결 부분에서의 단열 성능을 더욱 증대시킬 수 있다.

[37] 또한, 본 발명에 따른 액화가스 저장탱크 및 이를 구비한 선박은, 2차방벽의 구성을 개선하여 단열 성능을 증가시킬 수 있다.

[38] 또한, 본 발명에 따른 액화가스 저장탱크 및 이를 구비한 선박은, 2차단열벽과 선체 사이에 2차단열벽의 레벨링부재로 비접착탄성단열재를 적용함으로써, 기존의 마스틱과 레벨링웨지를 사용하지 않더라도 선체의 변형 부위의 수평을 맞출 수 있고, 탱크의 단열 성능을 증대시킬 수 있다.

[39] 또한, 본 발명에 따른 액화가스 저장탱크 및 이를 구비한 선박은, 2차단열벽의 단위패널 측면 하부에 외부로 돌출되어 마련되는 돌출부와, 선체에 고정되는 스터드볼트에 의한 클리트(cleat) 구조 방식으로 인접한 2차단열벽의 단위패널을 고정시킴으로써, 2차단열벽에 구멍을 뚫어 스터드볼트로 단위패널을 고정시키는 방식 대비 공수를 절감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[40] 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 단면도이다.

[41] 도 2는 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 사시도이다.

[42] 도 3은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차방벽을 설명하기 위한 도면이다.

[43] 도 4의 (a) 및 (b)는 1차단열벽 및 2차단열벽의 두께 변화에 따른 2차방벽의 인장력을 보여주는 도면이다.

[44] 도 5 내지 도 8은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차단열벽 및 2차단열벽의 두께를 도출하기 위해 제1케이스의 1차단열벽과 2차단열벽의 두께를 달리하면서 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면들이다.

[45] 도 9 내지 도 12는 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차단열벽 및 2차단열벽의 두께를 도출하기 위해 실시한 제2케이스의 1차단열벽과 2차단열벽의 두께를 달리하면서 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면들이다.

[46] 도 13 내지 도 16은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차단열벽 및 2차단열벽의 두께를 도출하기 위해 실시한 제3케이스의 1차단열벽과 2차단열벽의 두께를 달리하면서 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면들이다.

[47] 도 17 내지 도 20는 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차단열벽 및 2차단열벽의 두께를 도출하기 위해 실시한 제4케이스의 1차단열벽과 2차단열벽의 두께를 달리하면서 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면들이다.

[48] 도 21은 1차단열벽 및 2차단열벽의 두께 변화에 따른 2차방벽의 저온

스트레스와 선체의 취성파괴 확률을 나타내는 그래프이다.

[49] 도 22, 도 23 및 도 24는 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 2차방벽에 대한 다양한 구성을 설명하기 위한 도면들이다.

[50] 도 25는 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 직각코너구조를 설명하기 위한 일부 단면도이다.

[51] 도 26은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 둔각코너구조를 설명하기 위한 일부 단면도이다.

[52] 도 27은 본 발명의 액화가스 저장탱크의 1차단열재 및 2차단열재의 사용 재질에 따른 열전도도를 나타내는 그래프이다.

[53] 도 28은 본 발명의 제2실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 단면도이다.

[54] 도 29는 본 발명의 제2실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 사시도이다.

[55] 도 30은 본 발명의 제3실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 단면도이다.

[56] 도 31은 본 발명의 제3실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 주요 부분에 대한 확대도이다.

[57] 도 32는 본 발명의 제1,2,3실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차방벽의 다른 실시예를 설명하기 위한 도면이다.

[58] 도 33은 1차방벽에 대한 형상을 설명하기 위한 도면이다.

[59] 도 34의 (a) 및 (b)는 1차방벽에 마련되는 돌출구조물을 설명하기 위한 도면이다.

[60] 도 35는 1차방벽의 단위방벽을 설명하기 위한 사시도이다.

[61] 도 36은 1차방벽의 곡면부 높이 대비 곡면부 폭의 비율(W/H)에 따른 본 미제스 응력 값(열 응력 및 압 응력)의 분포를 나타낸 도면이다.

[62] 도 37은 1차방벽의 단면 형상 최적화 시뮬레이션을 통한 1차방벽의 곡면부 높이 대비 곡면부 폭의 비율(W/H)에 따른 곡률반경 'r3-r2-r1' 값의 범위를 나타낸 도면이다.

[63] 도 38의 (a), (b) 및 (c)는 본 발명의 1차방벽과 비교대상의 1차방벽에서 가로 및 세로 곡면부로 유체가 유입될 때의 슬로싱 압력값에 대한 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면이다.

[64] 도 39의 (a) 및 (b)는 본 발명의 1차방벽과 비교대상의 1차방벽에 등분포 하중을 가했을 때 변형을 설명하기 위한 도면이다.

[65] 도 40은 둔각코너구조에서 2차방벽이 2차단열벽에 비접착되는 부분의 길이 변화에 따른 2차방벽의 응력 변화값을 나타낸 그래프이다.

발명의 실시를 위한 형태

[66] 본 발명의 목적, 특정한 장점 및 신규한 특징은 첨부된 도면들과 관련된 이하의

상세한 설명과 바람직한 실시예로부터 더욱 명백해질 것이다. 본 명세서에서 각 도면의 구성 요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면 상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명은 생략한다.

[67] 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[68] 또한, 제 1, 제 2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[69] 이하 본 명세서에서, 액화가스는 LNG 또는 LPG, 에틸렌, 암모니아 등과 같이 일반적으로 액체 상태로 보관되는 모든 가스 연료를 포괄하는 의미로 사용될 수 있으며, 가열이나 가압에 의해 액체 상태가 아닌 경우 등도 편의상 액화가스로 표현할 수 있다. 이는 증발가스도 마찬가지로 적용될 수 있다. 또한, LNG는 편의상 액체 상태인 NG(Natural Gas) 뿐만 아니라 초임계 상태 등인 LNG를 모두 포괄하는 의미로 사용될 수 있으며, 증발 가스는 기체 상태의 증발 가스뿐만 아니라 액화된 증발가스를 포함하는 의미로 사용될 수 있다.

[70] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[71] 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 단면도이고, 도 2는 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 사시도이다. 도 3은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차방벽을 설명하기 위한 도면이다.

[72] 도 1 내지 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)는, 선박에 구비되어 극저온(약-160℃ 내지 -170℃) 물질인 LNG와 같은 액화가스를 저장할 수 있다.

[73] 이하에서 설명하는 액화가스 저장탱크(1)가 구비되는 선박은, 도시하지 않았지만, 화물을 출발지에서 목적지까지 수송하는 상선 외에도 해상의 일정 지점에 부유하여 특정한 작업을 수행하는 해양구조물을 포괄하는 개념임을 알려 둔다. 또한, 본 발명에서 액화가스 저장탱크(1)는, 액화가스를 저장하는 어떠한 형태의 탱크도 포함됨을 밝혀둔다.

[74] 액화가스 저장탱크(1)는, 액화가스와 접촉하는 1차방벽(2), 1차방벽(2)의 외측에 설치되는 1차단열벽(3), 1차단열벽(3)의 외측에 설치되는 2차방벽(4), 2차방벽(4)의 외측에 배치되는 2차단열벽(5)을 포함하여 구성될 수 있다.

액화가스 저장탱크(1)는 2차단열벽(5)과 선체(7) 사이에 설치되는 마스틱(6)에 의해 선체(7)에 지지 될 수 있다.

[75] 액화가스 저장탱크(1)는 단열성능 및 저장용량을 최적화하기 위해 1차단열벽(3)과 2차단열벽(5)의 두께를 최적화하는 것이 필요할 수 있다. 예를 들어, 1차단열벽(3)과 2차단열벽(5)의 주요 재질로 폴리우레탄 폼을 사용할 경우 1차단열벽(3)의 두께와 2차단열벽(5)의 두께를 합친 전체 두께는 250mm 내지 500mm 범위가 되도록 할 수 있다. 이와 관련하여, 도 4 내지 도 20에서 설명하도록 한다.

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

[77] 도 1 및 도 2를 참조하면, 1차방벽(2)은, 극저온 물질인 액화가스를 수용하는 수용공간을 형성하며, 금속 재질로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 금속 재질은 스테인리스 강재가 될 수 있으며, 이에 한정되지 아니한다. 1차방벽(2)은, 2차방벽(4)과 함께 액화가스가 외부로 누설되는 것을 방지할 수 있다.

[78] 1차방벽(2)은, 앵커 스트립(도시하지 않음)에 의해 1차단열벽(3)의 상부에 고정 결합되어, 액화가스 저장탱크(1)에 저장되는 극저온 물질인 액화가스와 직접 접촉되도록 설치될 수 있다.

[79] 도 3을 참조하면, 1차방벽(2)은, 1차단열벽(3)의 상면에 접촉되는 평면부(21), 온도에 의한 수축 또는 팽창 응력(stress) 완화를 위한 곡면부(22), 평면부(21)와 곡면부(22) 사이의 경계부(23)로 구분될 수 있다. 예를 들어, 1.0 내지 1.5mm두께의 스테인리스 강재, 바람직하게는 1.0 내지 1.2mm 두께의 스테인리스 강재로 된 코러게이션 멤브레인 시트(corrugation membrane sheet)로 형성될 수 있다. 즉, 1차방벽은 주름형상으로 형성될 수 있다.

[80] 1차방벽(2)은, 주름형상이 제1곡률반경(R1)과 제2곡률반경(R2)을 갖도록 형성될 수 있다. 즉, 본 실시예의 1차방벽(2)은 평면부(21)와 곡면부(22) 사이의 경계부(23)에서 제1곡률반경(R1)을 이루고, 곡면부(22)가 제2곡률반경(R2)을 이루는 2가지 종류의 곡률반경(R1, R2)을 갖도록 형성될 수 있다. 예를 들어, 제1곡률반경(R1)은 제2곡률반경(R2)에 비해 작게 형성될 수 있다. 곡률반경(R1, R2)을 갖는 1차방벽(2)은, 상부가 완만한 곡선을 이루므로 용접 검사에 용이하고, 또한 옆에서 타격하는 유체가 바로 흘러가게 되므로 슬로싱에도 유연하게 대응할 수 있다. 이와 관련하여 도 32 내지 도 39를 통하여 보다 상세하게 설명하도록 한다.

[81] 또한, 본 실시예의 1차방벽(2)은, 라지 코러게이션(Large corrugation)과 스몰

코러게이션(Small corrugation) 구분 없이 전 지역에서 수평 및 수직의 주름 크기가 동일하게 형성될 수 있다. 즉, 1차방벽(2) 전체에서 수평 및 수직의 주름 크기가 동일하므로, 1차방벽 제작이 용이할 수 있다.

[82] 도 1을 참조하면, 1차단열벽(3)은, 외부로부터의 열 침입을 차단하면서 외부로부터의 충격 또는 내부에서의 액화가스 슬로싱으로 인한 충격을 견딜 수 있도록 설계되며, 1차방벽(2)과 2차방벽(4) 사이에 설치될 수 있다.

[83] 1차단열벽(3)은, 1차방벽(2)의 외측으로 1차플라이우드(31)와 1차단열재(32)가 순차적으로 적층된 구조를 가질 수 있으며, 1차플라이우드(31)의 두께와 1차단열재(32)의 두께를 합친 두께에 해당할 수 있다. 1차단열벽(3)은 160mm 내지 250mm의 두께로 형성될 수 있다.

[84] 1차플라이우드(31)는, 1차방벽(2)과 1차단열재(32) 사이에 설치될 수 있다.

[85] 1차플라이우드(31)는, 6.5mm 내지 15mm의 두께로 형성될 수 있다.

[86] 1차단열재(32)는, 외부로부터의 열 침입을 차단하면서 외부로부터의 충격 또는 내부에서의 액화가스 슬로싱으로 인한 충격을 견딜 수 있도록, 단열성능이 우수하면서 기계적 강도가 우수한 재질로 형성될 수 있다.

[87] 1차단열재(32)는, 1차플라이우드(31)와 2차방벽(4) 사이에 폴리우레탄 폼으로 형성될 수 있으며, 150mm 내지 240mm의 두께 범위에 해당할 수 있다.

[88] 도 1을 참조하면, 1차단열벽(3)의 일부, 2차방벽(4) 및 2차단열벽(5)이 적층되어 단위 요소를 이룰 수 있다. 여기에서, 단위 요소를 이루는 1차단열벽(3)의 일부는 고정단열벽(3b)으로 정의할 수 있으며, 폭은 단위 요소에 포함된 2차단열벽(5)의 폭보다 작은 폭을 가질 수 있다. 또한, 고정단열벽(3b), 2차방벽(4) 및 2차단열벽(5)은 기 고정된 상태로, 배치될 수 있으나, 이에 한정되지 않고, 각각이 분리되어 액화가스 저장탱크(1) 내에 배치될 수도 있을 것이다. 이로 인해 1차단열벽(3)의 양측으로 2차방벽(4)의 일부가 노출될 수 있다. 단위 요소들은 이웃하여 배치될 수 있으며, 이때 이웃하는 1차단열벽(3) 사이의 공간 부분, 즉 2차방벽(4)이 노출되는 공간 부분에는 연결단열벽(3a)이 설치될 수 있다.

[89] 2차방벽(4)은 메인방벽(41)과 보조방벽(42)으로 구분될 수 있으며, 메인방벽(41)은 단위 요소에서 2차단열벽(5)의 상부에 설치되고, 보조방벽(42)은 노출되는 메인방벽(41)과 연결단열벽(3a) 사이에 설치된다. 이때, 보조방벽(42)은 서로 인접한 단위 요소들에 마련된 메인방벽(41)을 상호 연결하도록 마련된다. 즉, 이웃하여 배치되는 단위 요소들은 메인방벽(41)에 적층되는 보조방벽(42) 및 연결단열벽(3a)에 의하여 마감될 수 있다.

[90] 연결단열벽(3a)이 마련되는 부분의 적층 구조는 도 2에 의해 설명된다. 연결단열벽(3a)은 단위 요소를 이루는 1차단열벽(3)에서 설명한 것과 동일 또는 유사한 연결플라이우드(31a)와 연결단열재(32a)가 적층된 형태로 마련될 수 있으며, 본 명세서에서 1차단열벽(3)이 연결단열벽(3a) 및 고정단열벽(3b)을 포괄할 수 있음을 알려 둔다.

[91] 도 2는 도 1의 A-A'면의 단면 구조를 나타내며, 연결단열벽(3a)은,

연결플라이우드(31a)와 연결단열재(32a)가 적층된 구조를 가질 수 있다. 연결단열벽(3a)의 두께는 연결플라이우드(31a)의 두께와 연결단열재(32a)의 두께를 합친 두께에 해당할 수 있다.

[92] 연결플라이우드(31a)는, 6.5mm 내지 15mm의 두께로 형성될 수 있다.

[93] 연결단열재(32a)는, 연결플라이우드(31a)와 2차방벽(4)의 보조방벽(42) 사이에 폴리우레탄 폼으로 형성될 수 있으며, 150mm 내지 240mm의 두께 범위에 해당할 수 있다.

[94] 상기한 바와 같이, 1차단열벽(3)의 1차단열재(32)와 연결단열벽(3a)의 연결단열재(32a)는 두께가 동일할 수 있다. 다만, 연결단열벽(3a)의 연결단열재(32a)의 경우 하부에 2차방벽(4)의 메인방벽(41)에 더하여 보조방벽(42)이 더 적층되므로, 연결단열벽(3a)의 연결단열재(32a)는 1차단열벽(3)의 1차단열재(32)의 두께보다 보조방벽(42)의 두께만큼 작은 두께일 수 있다.

[95] 상기한 연결단열벽(3a)은, 단위 요소들을 이웃하여 배치했을 때, 이웃하는 2차단열벽(5) 사이에 생기는 공간 부분을 보조방벽(42)과 함께 밀봉하면서 외부로부터의 열 침입을 차단하는 역할을 수행하도록 설치된다.

[96] 그런데 연결단열벽(3a)은, 단위 요소를 이루는 이웃하는 고정단열벽(3b) 사이에 삽입 설치되는 구조이기 때문에, 연결단열벽(3a) 하부의 2차방벽(4)을 극저온으로부터 보호하는데 취약할 수 밖에 없다. 이에 따라 메인방벽(41)과 보조방벽(42)이 겹쳐지는 연결단열벽(3a) 하부의 2차방벽(4)에서 문제가 발생될 가능성이 높다. 이에 이하에서는 연결단열벽(3a)을 중심으로 설명한다.

[97] 2차방벽(4)은, 단열벽(3a)을 포괄하는 1차단열벽(3)과 2차단열벽(5) 사이에 설치될 수 있으며, 1차방벽(2)과 함께 액화가스가 외부로 누설되는 것을 방지할 수 있다.

[98] 고정단열벽(3b) 하단의 2차방벽(4)은 단일 방벽으로서 메인방벽(41)을 포함하고, 연결단열벽(3a) 하단의 2차방벽(4)은, 단위 요소를 서로 연결하는 메인방벽(41)과, 단위 요소를 이루는 2차단열벽(5) 상에 마련되는 보조방벽(42)을 포함할 수 있다.

[99] 메인방벽(41)은, 단위 요소를 이루는 2차단열벽(5) 상에 마련되며 0.6mm 내지 1.0mm의 두께로 형성될 수 있고, 서로 인접한 메인방벽(41)은 보조방벽(42)이 적층되면서 기밀을 이룰 수 있다.

[100] 보조방벽(42)은, 단위 요소들을 서로 연결하는 구성으로서 0.6mm 내지 1.0mm의 두께로 형성될 수 있고 메인방벽(41) 상에 적층될 수 있다.

[101] 한편, 도 1 및 도 2를 참조하면, 2차단열벽(5)은, 고정단열벽(3b) 및 연결단열벽(3a)과 함께 외부로부터의 열 침입을 차단하면서 외부로부터의 충격 또는 내부에서의 액화가스 슬로싱으로 인한 충격을 견딜 수 있도록 설계될 수 있다. 또한, 2차단열벽(5)은 2차방벽(4)과 선체(7) 사이에 설치될 수 있으며, 2차단열재(51), 2차플라이우드(52)를 포함하여 구성될 수 있다.

[102] 2차단열벽(5)은, 2차방벽(4)의 외측으로 2차단열재(51)와 2차플라이우드(52)가 순차적으로 적층된 구조를 가질 수 있으며, 2차단열재(51)의 두께와 2차플라이우드(52)의 두께를 합친 전체 두께가 150mm 내지 240mm로 형성될 수 있다.

[103] 2차단열재(51)는, 외부로부터의 열 침입을 차단하면서 외부로부터의 충격 또는 내부에서의 액화가스 슬로싱으로 인한 충격을 견딜 수 있도록, 단열성능이 우수하면서 기계적 강도가 우수한 재질로 형성될 수 있다.

[104] 2차단열재(51)는, 2차방벽(4)과 2차플라이우드(52) 사이에서 폴리우레탄 폼으로 형성될 수 있으며, 140mm 내지 230mm의 두께로 형성될 수 있다.

[105] 2차플라이우드(52)는, 2차단열재(51)와 선체(7) 사이에 설치될 수 있다. 예를 들어, 또한, 2차단열재(51)는 2차플라이우드(52)와 접하여 설치될 수 있다. 2차플라이우드(52)는, 6.5mm 내지 25mm의 두께로 형성될 수 있다.

[106] 상기한 바와 같이, 본 실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)는, 1차단열벽(3)이 2차단열벽(5)의 66% 내지 166%의 두께를 가지고, 1차단열벽(3)에 포괄되는 연결단열벽(3a)이 2차단열벽(5)의 67% 내지 167%의 두께를 가지도록 하여, 연결단열벽(3a)이 2차단열벽(5)과 동일 또는 유사한 두께가 되도록 구성할 수 있다. 이러한 구성과 연관되도록 연결단열벽(3a)의 연결단열재(32a)가 2차단열재(51)의 90% 내지 110%의 두께를 가지도록 하여, 연결단열벽(3a)의 연결단열재(32a)가 2차단열재(51)와 동일 또는 유사한 두께가 되도록 구성될 수 있다. 본 실시예에서는 연결단열벽(3a)을 포괄하면 단위 요소를 이루는 고정단열벽(3b) 부분에 대해서는 상세히 언급하지 않지만, 2차단열벽(5)과의 관계에서 고정단열벽(3b) 역시 연결단열벽(3a)과 동일 또는 유사함을 밝혀둔다.

[107] 이러한 두께 비율로 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5) 또는 연결단열벽(3a)의 연결단열재(32a)와 2차단열재(51)를 형성했을 때, 2차방벽(4)의 저온에서의 응력 상한 값은 연결단열벽(3a) 하부에서 50MPa 이하에 해당할 수 있다. 또한, 구체적으로는 2차방벽(4)의 저온에서의 응력 값은 연결단열벽(3a) 하부에서 40MPa 내지 50MPa 일 수 있다. 이러한 수치는 후술할 구조해석의 결과에 따라 얻어진 것이다.

[108] 본 실시예에서는, 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께 또는 1차단열벽(3)의 연결단열재(32a)와 2차단열재(51)의 두께가 동일 또는 유사하도록 구성하였는데, 이와 관련하여, 도 4 내지 도 20을 통해 설명하도록 한다.

[109] 도 4의 (a), (b) 는 1차단열벽(3)에 포괄되는 연결단열벽(3a) 및 2차단열벽(5)의 두께 변화에 따른 연결단열벽(3a) 하부에서 2차방벽(4)의 인장력을 보여주는 도면이다. 도 4의 (a) 및 (b)에서 연결단열벽(3a), 2차방벽(4), 2차단열벽(5) 등을 합한 전체 두께는 동일한 것으로 가정한다.

[110] 한편, 2차방벽(4) 및 2차단열벽(5)은 노출되는 온도에 따라 자체 수축량에 차이가 발생하게 되는데, 2차방벽(4) 및 2차단열벽(5)의 경우 연결단열벽(3a)의 두께가 얇아질수록 극저온의 액화가스의 냉열에 의한 영향을 많이 받을 수 있다.

또한, 이 경우, 자체 온도가 낮아지게 되어 수축량 자체가 증가하게 되어 저온에서의 응력이 증가하여 2차방벽(4)이 손상될 위험성이 높아지는 문제가 있다. 이러한 문제는 특히 연결단열벽(3a) 하부에서 서로 인접한 단위 요소들에 마련된 메인방벽(41)을 본딩 등으로 상호 연결하는 보조방벽(42)에서 많이 발생될 수 있다. 연결단열벽(3a) 하부에서 보조방벽(42)은 양단이 각 단위 요소의 메인방벽(41)에 연결되어 있는데, 단위 요소의 2차단열벽(5)이 수축함에 따라 보조방벽(42)의 양단이 서로 멀어지거나 가까워지도록 변형될 수 있기 때문이다.

[111] 도 4의 (a)를 참조하면, 연결단열벽(3a)이 2차단열벽(5)보다 상대적으로 얇게 형성되어, 2차방벽(4)의 높이가 두께 방향을 기준으로 전체 두께의 중심에서 상방에 위치하는 경우를 나타낸다. 이때, 선체(7)의 6자유도 운동으로 인해 선체가 구조적으로 변형될 때 2차방벽(4)에 가해지는 기계적인 응력을 줄이기 위해, 2차단열벽(5)의 두께를 크게 확보함에 따라 2차단열벽(5)의 두께를 연결단열벽(3a) 대비 상대적을 두껍게 할 수 있다.

[112] 도 4의 (b)를 참조하면, 연결단열벽(3a) 및 2차단열벽(5)의 두께가 유사하게 형성되어, 2차방벽(4)의 높이가 두께 방향을 기준으로 전체 두께의 중심 영역에 위치하는 경우를 나타낸다. 여기에서, 중심 영역은 전체 두께의 40% 내지 60% 범위에 해당할 수 있다. 이 경우, 도 4의 (a)와 비교하여, 수축량 자체가 감소하게 되어 저온에서의 스트레스가 감소하게 될 것이다. 또한, 도 4의 (a)와 비교하여, 2차방벽의 손상위험이 상대적으로 낮아지게 될 것이다.

[113] 본 발명에서는, 2차단열벽(5)의 기계적 강도를 일정 수준으로 유지하면서 2차방벽(4)의 저온 부담 및 슬로싱 부담을 줄일 수 있도록 하는 액화가스 저장탱크(1)를 도출하게 되었으며, 이하 도 5 내지 도 20을 참고하여 설명함에 의해 이해될 것이다.

[114] 도 5 내지 도 20는, 상기한 본 실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)의 연결단열벽(3a)을 포괄하는 1차단열벽(3) 및 2차단열벽(5)의 두께를 도출하기 위해 제1케이스(도 5 내지 도 8), 제2케이스(도 9 내지 도 12), 제3케이스(도 13 내지 도 16), 제4케이스(도 17 내지 도 20) 별로 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 달리하면서 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면이다. 본 실시예에서는 연결단열벽(3a)의 두께 위주로 설명하지만, 1차단열벽(3)의 두께 역시 연결단열벽(3a)과 동일 또는 유사함을 알려 둔다.

[115] 각 케이스 별로 구조해석을 실시함에 있어서, 해석 조건은 다음과 같다.

[116] 첫째, 해석 모델인 제1케이스 내지 제4케이스의 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 전체 두께를 400mm로 동일하게 적용하였다.

[117] 둘째, 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5) 각각의 두께를 달리함에 의해 2차방벽(4)의 위치만 다르게 하였다.

[118] 셋째, 동일한 선형 온도 분포 조건을 고려하여 1차방벽(2) 위치의 온도를 액화가스의 온도인 -163℃로 하고, 선체(7) 위치의 온도를 상온인 20℃로 하였다.

[119] 넷째, 두께 비율은 전체 두께(400mm) 중 연결단열벽(3a)의 두께가 차지하는

비율로 하였다.

[120] 상기와 같은 해석 조건으로 해석 모델인 제1케이스 내지 제4케이스의 구조해석을 하였다.

[121] 도 5 내지 도 8은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차단열벽(3)에 포괄되는 연결단열벽(3a) 및 2차단열벽(5)의 두께를 도출하기 위해 제1케이스의 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 달리하면서 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면들이다.

[122] 제1케이스는, 도 5에 도시한 바와 같이, 연결단열벽(3a)의 두께를 100mm로 하고, 2차단열벽(5)의 두께를 300mm로 형성한 케이스이다. 즉, 제1케이스는, 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 전체 두께(400mm) 중 연결단열벽(3a)의 두께가 차지하는 비율이 0.25로서, 2차방벽(4)이 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 합한 전체 두께의 중심으로부터 상단인 1차방벽(2) 쪽에 가깝게 위치된다.

[123] 이러한 제1케이스의 경우, 도 6 내지 도 8에 나타난 바와 같이, 구조해석 결과 단위 요소들이 이웃하여 배치된 상태에서, 이웃하는 2차단열벽(5) 사이에 대응되는 2차방벽(4)의 응력 값은 70.12MPa로 산출되었다.

[124] 제1케이스의 경우에 2차방벽(4)에서 응력이 발생되는 이유는 도 4를 통해 알 수 있다. 즉, 연결단열벽(3a)의 두께가 얇아지면서, 2차방벽(4)에서 액화가스의 냉열에 영향을 많이 받기 때문이다.

[125] 도 9 내지 도 12는 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차단열벽(3)에 포괄되는 연결단열벽(3a) 및 2차단열벽(5)의 두께를 도출하기 위해 실시한 제2케이스의 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 달리하면서 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면들이다.

[126] 제2케이스는, 도 9에 도시한 바와 같이, 연결단열벽(3a)의 두께를 160mm로 하고, 2차단열벽(5)의 두께를 240mm로 형성한 케이스이다. 즉, 제2케이스는, 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 전체 두께(400mm) 중 연결단열벽(3a)의 두께가 차지하는 비율이 0.4로서, 2차방벽(4)이 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 합한 전체 두께의 중심으로부터 1차방벽(2) 쪽으로 약간 치우쳐 위치된다.

[127] 이러한 제2케이스의 경우, 도 10 내지 도 12에 나타난 바와 같이, 구조해석 결과 단위 요소들이 이웃하여 배치된 상태에서, 이웃하는 2차단열벽(5) 사이에 대응되는 2차방벽(4)의 응력값은 55.09MPa로 산출되었다.

[128] 도 13 내지 도 16은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차단열벽(3)에 포괄되는 연결단열벽(3a) 및 2차단열벽(5)의 두께를 도출하기 위해 실시한 제3케이스의 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 달리하면서 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면들이다.

[129] 제3케이스는, 도 13에 도시한 바와 같이, 연결단열벽(3a)의 두께와 2차단열벽(5)의 두께를 동일 또는 유사하게 형성한 케이스이다. 즉, 제3케이스는,

연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 전체 두께(400mm) 중 연결단열벽(3a)의 두께가 차지하는 비율이 약 0.5로서, 2차방벽(4)이 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 합한 전체 두께의 중심에 인접하여 위치된다.

[130] 이러한 제3케이스의 경우, 도 14 내지 도 16에 나타난 바와 같이, 구조해석 결과 단위 요소들이 이웃하여 배치된 상태에서, 이웃하는 2차단열벽(5) 사이에 대응되는 2차방벽(4)의 응력값은 47.63MPa로 산출되었다.

[131] 도 17 내지 도 20는 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차단열벽(3)에 포괄되는 연결단열벽(3a) 및 2차단열벽(5)의 두께를 도출하기 위해 실시한 제4케이스의 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 달리하면서 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면들이다.

[132] 제4케이스는, 도 17에 도시한 바와 같이, 연결단열벽(3a)의 두께를 240mm로 하고, 2차단열벽(5)의 두께를 160mm로 형성한 케이스이다. 즉, 제4케이스는, 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 전체 두께(400mm) 중 연결단열벽(3a)의 두께가 차지하는 비율이 0.6으로서, 2차방벽(4)이 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 합한 전체 두께의 중심으로부터 아래쪽 에 위치된다.

[133] 이러한 제4케이스의 경우, 도 18 내지 도 20에 나타난 바와 같이, 구조해석 결과 단위 요소들이 이웃하여 배치된 상태에서, 이웃하는 2차단열벽(5) 사이에 대응되는 2차방벽(4)의 응력값은 41.21MPa로 산출되었다.

[134] 상기한 바와 같이, 제1케이스 내지 제4케이스 각각의 구조해석 결과, 연결단열벽(3a) 하부의 2차방벽(4)은 1차방벽(2)으로부터 멀어질수록 열수축으로 인한 저온 응력이 감소하는 경향을 보여줌을 알 수 있었다. 도 21을 참고하여 설명한다.

[135] 도 21은 1차단열벽 및 2차단열벽의 두께 변화에 따른 2차방벽의 저온 스트레스와 선체의 취성파괴 확률의 관계를 나타내는 도면이다.

[136] 도 21에 도시된 그래프와 같이, 제1케이스 내지 제4케이스뿐만 아니라, 연결단열벽(3a) 하부의 2차방벽(4)은 1차방벽(2)으로부터 더 멀어질수록, 저온에서 열수축으로 인한 응력값이 감소하는 것을 예측할 수 있다. 즉, 연결단열벽(3a) 하부의 2차방벽(4)은 1차방벽(2)으로부터 멀어질수록 온도가 가까울 때 대비 상대적으로 높아지기 때문에 수축이 작아져 응력이 감소하는 것임을 알 수 있다. 본 실시예에서는 연결단열벽(3a) 하부의 2차방벽(4)을 위주로 설명하지만, 단위 요소를 이루는 고정단열벽(3b) 하부의 2차방벽(4) 역시 1차방벽(2)으로부터 멀어질수록 응력이 감소하는 것은 자명하다 할 것이다. 연결단열벽(3a) 하부의 2차방벽(4)은 메인방벽(41)과 보조방벽(42)이 적층된 상태이고, 1차단열벽(3) 하부의 2차방벽(4)은 메인방벽(41)만으로 이루어져 있다.

[137] 이와 같이 도출된 본 실시예의 액화가스 저장탱크(1)는 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 합한 전체 두께에서 연결단열벽(3a)의 두께를 증가시킴에 따라 2차방벽(4)이 받는 온도가 상승(극저온 액체가스로부터 냉열에

의한 영향력 감소)하게 된다. 이를 통해, 2차방벽(4) 자체의 냉열에 의한 수축이 감소되고, 냉열에 의한 응력이 감소됨으로써, 냉열로 인한 2차방벽(4)의 손상을 방지할 수 있다. 이러한 원리는 연결단열벽(3a)을 포괄하는 것으로 정의한 1차단열벽(3) 하부의 2차방벽(4)에도 적용됨은 물론이다.

[138] 또한, 2차방벽(4)은, 연결단열벽(3a) 및 고정단열벽(3b)의 두께가 증가됨에 따라(2차단열벽(5)의 두께는 상대적으로 감소됨) 2차방벽(4)에 전달되는 슬로싱 하중 및 유체동하중이 낮아지고, 슬로싱에 의한 응력이 감소됨으로써, 슬로싱에 의한 손상을 방지할 수 있다. 또한, 2차단열벽(5)의 두께가 얇아짐에 따라(1차단열벽(3)의 두께는 상대적으로 두꺼워짐) 2차방벽(4)의 수평(flatness)을 맞추는 것이 용이해 질 수 있다.

[139] 또한, 연결단열벽(3a) 및 고정단열벽(3b)의 두께가 증가됨에 따라 2차단열벽(5)의 두께가 상대적으로 감소되고, 1차방벽(2)으로부터 상대적으로 멀어지므로 인해 2차단열벽(5)의 냉열로 인한 수축력 역시 감소되고, 2차단열벽(5)의 수축력 감소에 따라 2차방벽(4)의 인장력이 감소됨으로써, 2차방벽(4)은 2차단열벽(5)의 수축력에 의한 손상을 방지할 수 있다.

[140] 이러한 2차방벽(4)의 저온 스트레스를 고려할 때, 본 발명에서는 연결단열벽(3a) 및 2차단열벽(5)을 합한 두께에서 연결단열벽(3a)이 40% 이상에 해당하도록 배치하게 할 수 있다. 바람직하게는, 본 발명의 액화가스 저장탱크(1)는 제2케이스 내지 제4케이스의 범위, 즉, 연결단열벽(3a)이 연결단열벽(3a) 및 2차단열벽(5)을 합한 두께에서 40% 내지 60%에 해당하도록 배치할 수 있다. 더욱 바람직하게는, 본 발명의 액화가스 저장탱크(1)는 제3케이스의 범위, 즉, 연결단열벽(3a)이 연결단열벽(3a) 및 2차단열벽(5)을 합한 두께 대비 47% 내지 53%에 해당하도록 배치할 수 있다.

[141] 그러나 연결단열벽(3a) 및 1차단열벽(3)의 두께를 증가시키게 되면 2차단열벽(5)의 두께가 상대적으로 감소하게 되므로 인해, 2차단열벽(5)은 선체(7)의 6자유도 운동으로 선체(7)가 구조적으로 변형될 때 가해지는 기계적인 응력에 취약할 수 밖에 없고, 이에 따라 2차단열벽(5)을 통해 2차방벽(4)에 전달되는 기계적인 응력 정도가 커질 수밖에 없다.

[142] 또한, 액화가스가 적재된 상태에서, 1차방벽(2)이 깨지게 되는 등의 응급 상황(emergency condition)이 발생하게 될 수 있다. 이 경우, 1차방벽(2)이 더 이상 액화가스의 누설을 방지할 수 없게 되므로, 2차방벽(4)에 액화가스가 닿게 될 수 있다. 또한, 2차방벽(4)이 극저온의 액화가스에 닿게 되면, 선체(hull)의 온도가 낮아지게 되어, 취성파괴 확률이 높아질 수 있다. 또한, 저온으로 갈수록 선체의 재료강도는 높아지는데 비해 취성문제가 발생하게 되므로, 취성파괴 확률이 높아질 수 있다. 여기에서, 취성파괴(brittle fracture)는 소성변형이 거의 없이 발생하는 갑작스런 파괴에 해당할 수 있으며, 취성균열(brittle crack)으로 이해될 수도 있다.

[143] 이와 관련하여, 도 21을 참조하면, 응급상황에서, 제1케이스에서 제4케이스로

갈수록 극저온의 액화가스가 닿은 2차방벽(4)이 선체에 가까워지게 되므로, 취성파괴 확률은 증가하게 된다. 즉, 도 21에서, 선체의 취성파괴 확률은 제 1케이스에서 제4케이스로 갈수록, 즉, 2차단열벽(5)의 두께 대비 연결단열벽 두께가 증가할수록 높아지게 된다. 또한, 제4케이스를 초과하여 연결단열벽(3a)의 두께가 보다 두꺼워지는 경우, 취성 파괴 확률은 1에 가까워지며 선체는 균열(crack) 또는 분열될 수 있다.

[144] 따라서, 액화가스 저장탱크(1)의 단열시스템은 상술한 저온 스트레스뿐만 아니라 선체의 균열 또는 파괴위험까지 고려하여 배치되어야할 것이다. 본 발명에서 2차방벽(4)이 연결단열벽(3a)과 2차단열벽(5)의 두께를 합한 전체 두께의 중심 영역에 위치하는 제2케이스 내지 제4케이스가 저온 스트레스 및 선체 균열의 측면을 모두 고려할 때, 적절할 수 있다. 바람직하게는, 제3케이스가 저온 스트레스 및 선체 균열의 기계적 측면에서, 적절하다고 볼 수 있다.

[145] 따라서 본 발명은, 연결단열벽(3a) 및 1차단열벽(3)의 두께를 확보하여 2차방벽(4)의 저온 응력을 감소시키되, 2차단열벽(4)의 두께를 적절히 마련하여 선체(7)와 2차방벽(4) 간의 간격을 확보함에 의해 2차방벽(4)으로 하여금 선체(7)로부터 전달되는 구조적인 응력에 대한 부담을 줄일 수 있는, 제2케이스 내지 제4케이스가 적절한 실시예로 할 수 있다. 또한, 이 중 제3케이스가 저온 스트레스 및 기계적 강도의 측면을 모두 고려할 때, 바람직한 실시예에 해당할 것이다.

[146] 상기한 제1케이스 내지 제4케이스와 유사 또는 동일한 구조해석 조건으로 1차단열벽(3) 및 2차단열벽(5)의 두께 변화에 따른 연결단열벽(3a) 하부의 응력 변화를 하기 [표 1]에 나타내었다. 여기서 연결단열벽(3a)은 전술한 바와 같이 1차단열벽(3)에 포괄되는 단열벽일 수 있으므로, 하기 [표 1]에서 1차단열벽(3)의 두께가 연결단열벽(3a)의 두께일 수 있다. 또한, 연결단열벽(3a) 하부의 응력 변화는 연결단열벽(3a) 하부층인 2차방벽(4)의 응력 변화일 수 있다.

[147] 하기에서, [표 1]을 참고하여 설명하는 실시예 1 내지 실시예 5 및 비교예 1 내지 비교예 3은, 앞서 언급한 예시(제1케이스 내지 제4케이스)와 동일한 수치를 사용하더라도 반드시 동일한 예시를 의미하는 것은 아님을 알려 둔다.

[148] [표1]

	1차단열벽	2차단열벽	2차방벽 응력값(MPa)
실시예 1	160	240	55.09
실시예 2	180	220	51.08
실시예 3	200	200	47.63
실시예 4	220	180	44.13
실시예 5	240	160	41.21
비교예 1	100	300	70.12
비교예 2	300	100	34.29
비교예 3	140	260	59.52

[149] [표 1]에 나타난 바와 같이, 실시예 1은, 1차단열벽(3)의 두께를 160mm로 하고, 2차단열벽(5)의 두께를 240mm로 형성한 경우로서, 이러한 실시예 1의 경우, 구조해석 결과 연결단열벽(3a) 하부층인 2차방벽(4)의 응력값은 55.09MPa로 산출되었다.

[150] 실시예 2는, 1차단열벽(3)의 두께를 180mm로 하고, 2차단열벽(5)의 두께를 220mm로 형성한 경우로서, 이러한 실시예 2의 경우, 구조해석 결과 연결단열벽(3a) 하부층인 2차방벽(4)의 응력값은 51.08MPa로 산출되었다.

[151] 실시예 3은, 1차단열벽(3)의 두께를 200mm로 하고, 2차단열벽(5)의 두께를 200mm로 형성한 경우로서, 이러한 실시예 3의 경우, 구조해석 결과 연결단열벽(3a) 하부층인 2차방벽(4)의 응력값은 47.63MPa로 산출되었다.

[152] 실시예 4는, 1차단열벽(3)의 두께를 220mm로 하고, 2차단열벽(5)의 두께를 180mm로 형성한 경우로서, 이러한 실시예 4의 경우, 구조해석 결과 연결단열벽(3a) 하부층인 2차방벽(4)의 응력값은 44.13MPa로 산출되었다.

[153] 실시예 5는, 1차단열벽(3)의 두께를 240mm로 하고, 2차단열벽(5)의 두께를 160mm로 형성한 경우로서, 이러한 실시예 5의 경우, 구조해석 결과 연결단열벽(3a) 하부층인 2차방벽(4)의 응력값은 41.21MPa로 산출되었다.

[154] 비교예 1은, 1차단열벽(3)의 두께를 100mm로 하고, 2차단열벽(5)의 두께를 300mm로 형성한 경우로서, 이러한 비교예 1의 경우, 구조해석 결과 연결단열벽(3a) 하부층인 2차방벽(4)의 응력값은 70.12MPa로 산출되었다.

[155] 비교예 2는, 1차단열벽(3)의 두께를 300mm로 하고, 2차단열벽(5)의 두께를 100mm로 형성한 경우로서, 이러한 비교예 2의 경우, 구조해석 결과 연결단열벽(3a) 하부층인 2차방벽(4)의 응력값은 34.29MPa로 산출되었다.

[156] 비교예 3은, 1차단열벽(3)의 두께를 140mm로 하고, 2차단열벽(5)의 두께를 260mm로 형성한 경우로서, 이러한 비교예 3의 경우, 구조해석 결과 연결단열벽(3a) 하부층인 2차방벽(4)의 응력값은 59.52MPa로 산출되었다.

[157] 상기한 실시예 1 내지 실시예 5는, 1차단열벽(3)의 두께를 160mm에서 240mm로 증가시키고, 상대적으로 2차단열벽(5)의 두께를 240mm에서 160mm로 감소시키면서 구조해석한 결과 연결단열벽(3a) 하부층인 2차방벽(4)의 응력값이 55.09MPa에서 41.21MPa로 변화되었으며, 액화가스 저장탱크(1)의 저온 스트레스 및 선체(7)의 균열 측면을 모두 고려할 때, 이러한 두께 범위 및 응력값에서 적절하였다.

[158] 그런데 비교예 1 내지 비교예 3의 경우에는 1차단열벽(3)과 2차단열벽(5)의 두께가 어느 한 쪽으로 치우치게 되어 액화가스 저장탱크(1)의 저온 스트레스 및 선체(7)의 균열 측면을 모두 고려할 때, 액화가스 저장탱크(1)의 단열시스템으로 적용하기에는 바람직하지 않다.

[159] 한편, 2차방벽(4)의 소재는 다양하게 구성될 수 있으며, 이와 관련하여, 도 22 내지 도 24에서 설명하도록 한다.

[160] 도 22, 도 23 및 도 24은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 2차방벽에 대한 다양한 구성을 설명하기 위한 도면들이다.

[161] 도 22에 도시된 바와 같이, 2차방벽(4)은,
글라스직물(GC)/알루미늄포일(AF)/글라스-아라미드직물(GAC)이 적층된 3층 구조의 제1소재로 형성될 수 있다.

[162] 글라스-아라미드직물(GAC)은, 글라스직물(Glass Cloth)에 아라미드(Aramid) 소재를 적용한 것으로, 글라스 섬유(Glass fiber) 2줄 당 아라미드 1줄을 혼합하여 제조될 수 있다.

[163] 이러한 제1소재는 2차방벽(4)의 보조방벽(42)에 적용될 수 있으며, 이에 한정되지 않고 2차방벽(4)의 메인방벽(41)에도 적용될 수 있음은 물론이다.

[164] 도 23에 도시된 바와 같이, 2차방벽(4)은,
글라스직물(GC)/알루미늄포일(AF)/글라스직물(GC)/알루미늄포일(AF)/글라스직물(GC)이 적층된 5층 구조의 제2소재로 형성될 수 있다.

[165] 이러한 제2소재는 2차방벽(4)의 메인방벽(41)에 적용될 수 있으며, 이에 한정되지 않고 2차방벽(4)의 보조방벽(42)에도 적용될 수 있음은 물론이다.

[166] 도 24에 도시된 바와 같이, 2차방벽(4)은, 현무암으로부터 추출되는 무기질계 바잘트(Basalt) 직물을 이용한 것으로,
바잘트직물(BC)/알루미늄포일(AF)/바잘트직물(BC)이 적층된 3층 구조의 제3소재로 형성될 수 있다.

[167] 이러한 제3소재는 2차방벽(4)인 메인방벽(41)에 적용될 수 있으며, 이에 한정되지 않고 2차방벽(4)인 보조방벽(42)에도 적용될 수 있음은 물론이다.

[168] 도 22 내지 도 24에서 설명한 바와 같이, 본 실시예의 2차방벽(4)은,
제1부재/알루미늄포일(AF)/제2부재가 적층된 다층 구조의 다양한 소재로 형성될 수 있다. 이때, 제1부재와 제2부재 중 적어도 하나는 글라스직물(GC), 글라스-아라미드직물(GAC), 바잘트직물(BC) 또는
글라스직물(GC)/알루미늄포일(AF)/글라스직물(GC)일 수 있다.

[169] 또한, 2차방벽(4)에 적용되는 다양한 소재는 2차방벽(4)의 메인방벽(41)과 보조방벽(42)에 여러 조합으로 적용될 수 있음은 물론이다.

[170] 도 25는 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 직각코너구조를 설명하기 위한 일부 단면도이고, 도 26은 본 발명의 제1실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 둔각코너구조를 설명하기 위한 일부 단면도이다.

[171] 상술한 도 5 내지 도 20에서, 연결단열벽(3a) 또는 1차단열벽(3)의 두께와 2차단열벽(5)의 두께가 동일, 유사범위에서 형성될 경우, 보다 안정된 단열시스템을 가지는 것으로 확인되었다. 예를 들어, 동일, 유사범위는 2차방벽(4)의 위치가 연결단열벽(3a) 또는 1차단열벽(3)과 2차단열벽(5)의 두께를 합한 전체 두께에서 40% 내지 60%에 위치하는 경우를 나타낼 수 있다. 이와 같은 구성은 도 25에 도시된 액화가스 저장탱크(1)의 직각코너구조와 도 26에 도시된 액화가스 저장탱크(1)의 둔각코너구조에도 동일하게 적용될 수 있다.

[172] 그런데 액화가스 저장탱크(1)의 직각코너구조 및 둔각코너구조에서는 2차방벽(4)이 곡선으로 형성될 수 밖에 없으며, 곡선으로 형성될 경우 직선 부분 대비 주변환경에 의한 하중에 취약해 지는데, 본 실시예는 이러한 하중에 의한 응력을 완화시킬 수 있다. 또한, 본 실시예는 선체변형흡수에 용이할 수 있다.

[173] 도 25를 참조하면, 직각코너구조에서 2차방벽(4)은, 1차단열벽(3)의 두께가 제1케이스 및 제2케이스보다 더 두꺼워짐에 따라, 곡률반경이 1차단열벽(3)의 두께 대비 25% 이상, 예를 들어 25% 내지 50%를 차지하게 된다.

[174] 또한, 직각코너구조에서 2차방벽(4)은, 1차단열벽(3)의 두께가 제1케이스 및 제2케이스보다 더 두꺼워짐에 따라, 기존의 얇은 두께의 1차단열벽 대비 선체(7) 측으로 이동하게 된다. 이 경우, 곡률반경이 커지게 되고, 곡률반경이 커지게 되면서 2차방벽(4)이 2차단열벽(5)에 비접착되는 부분(secondary Barrier scab part not glued)의 길이(L1)도 증가하게 된다. 이는 직각코너구조에서 2차방벽(4)의 유연성(flexibility) 증가를 의미하며, 이로써 직각코너구조에서 2차방벽(4)은 주변부 변형흡수, 예를 들어 선체변형흡수가 용이해지고, 저온 응력도 감소하게 된다. 예를 들어, 비접착되는 부분의 길이(L1)는 100mm 내지 200mm일 수 있다.

[175] 도 26을 참조하면, 둔각코너구조에서 2차방벽(4)은, 1차단열벽(3)의 두께가 제1케이스 및 제2케이스보다 더 두꺼워짐에 따라, 곡률반경이 1차단열벽(3)의 두께 대비 15% 이상, 예를 들어 15% 내지 35%를 차지하게 된다.

[176] 또한, 둔각코너구조에서 2차방벽(4)은, 1차단열벽(3)의 두께가 제1케이스 및 제2케이스보다 더 두꺼워짐에 따라, 기존의 얇은 두께의 1차단열벽 대비 선체(7) 측으로 이동하게 되어 곡률반경이 커지게 된다. 이 경우, 2차방벽(4)의 곡률반경이 커지게 되면서 2차방벽(4)이 2차단열벽(5)에 비접착되는 부분(secondary Barrier scab part not glued)의 길이(L2)도 증가하게 된다. 이는 둔각코너구조에서 2차방벽(4)의 유연성(flexibility) 증가를 의미하며, 이로써 둔각코너구조에서 2차방벽(4)은 주변부 변형흡수, 예를 들어 선체변형흡수가

용이해지고, 저온 응력도 감소하게 된다. 예를 들어, 본 실시예는 2차방벽(4)이 2차단열벽(5)에 비접착되는 부분의 길이(L2)가 50mm 내지 100mm, 바람직하게는 50mm 초과에서 100mm 미만일 수 있다.

[177] 1차단열벽(3)의 두께를 증가시킴에 따라 길어지는 2차방벽(4)의 비접착되는 부분의 길이(L2) 변화에 따른 2차방벽(4)의 응력 변화값을 하기 [표 2] 및 도 40으로 나타내었다.

[178] [표2]

	비접착되는 부분의 길이(L2)	응력값(MPa)
비교예 4	50	34.47
실시예 6	60	25.56
실시예 7	70	19.71
실시예 8	80	15.63
실시예 9	90	12.84
실시예 10	97.3	11.17

[179] [표 2] 및 도 40에 나타난 바와 같이, 비접착되는 부분의 길이(L2)가 증가할수록 2차방벽(4)의 응력 변화값이 낮아짐을 알 수 있고, 이는 비접착되는 부분의 길이(L2)가 증가할수록 둔각코너구조에서 2차방벽(4)의 유연성(flexibility)이 증가됨을 의미한다. 본 발명의 경우, 1차단열벽(3)의 두께를 2차단열벽(5)의 두께와 동일 또는 유사 두께로 형성할 수 있음에 따라, 비교예 4는 물론 실시예 6 내지 실시예 10과 같이 비접착되는 부분의 길이(L2)가 긴 2차방벽(4)을 형성할 수 있다.

[180] 상기와 같이, 본 발명의 직각코너구조 및 둔각코너구조에서의 2차방벽(4)은, 상대적으로 얇은 두께로 형성되는 1차단열벽의 직각코너구조 및 둔각코너구조 대비 기존의 2차방벽에 가해지는 저온에서의 응력이 감소될 수 있다. 또한, 비접착되는 부분이 증가하게 되어, 선체변형흡수 또한 용이하다.

[181] 도 27은 액화가스 저장탱크의 1차단열재 및 2차단열재의 사용 재질에 따른 열전도도를 나타내는 그래프이다.

[182] 상기한 본 발명의 실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)에서, 연결단열벽(3a) 및 1차단열벽(3)의 1차단열재(32, 32a) 및 2차단열벽(5)의 2차단열재(51) 각각은 재질이 모두 동일한 폴리우레탄 폼으로 형성되는 것을 설명하였으나, 경우에 따라 선택적으로 재질이 상이한 폴리우레탄 폼을 사용할 수 있다.

[183] 구체적으로, 강화 폴리우레탄 폼(RPUF)은, 폴리올(Polyol), 이소시아네이트(isocyanate), 발포제(blowing agent)를 혼합하여 제작되는데, 발포제로 HFC-245fa 또는 CO_2가 사용될 수 있다. HFC-245fa가 CO_2 대비 상대적으로 고가에 해당할 수 있다.

[184] 본 실시예의 경우, 1차단열재(32, 32a)를 발포제로 CO_2가 사용된 강화 폴리우레탄 폼으로 형성하고, 2차단열재(51)를 발포제 HFC-245fa가 사용된 강화 폴리우레탄 폼으로 형성한다.

[185] 발포제 HFC-245fa와 발포제 CO_2의 열전도도 특성을 도 27의 그래프를 참고하여 살펴보면, 발포제 HFC-245fa는 발포제 CO_2와 비교하여 상온에서는 열전도도값이 낮지만, 극저온으로 갈수록 동일하거나 비슷한 값을 보인다.

[186] 즉, 발포제 HFC-245fa와 발포제 CO_2의 열전도도값은, -80℃를 기점으로 이하의 온도에서는 동일 또는 유사한 값을 보이고, 이상의 온도에서는 발포제 HFC-245fa가 발포제 CO_2보다 낮은 값을 보인다.

[187] 이에 따라 본 실시예는 상대적으로 고가의 발포제 HFC-245fa를 1차단열재(32, 32a)와 2차단열재(51) 모두에 사용하지 않고, 경제적인 측면을 고려하여, 상대적으로 극저온에 가까운 1차단열재(32, 32a)를 발포제로 CO_2가 사용된 강화 폴리우레탄 폼으로 형성하고, 2차단열재(51)를 발포제 HFC-245fa가 사용된 강화 폴리우레탄 폼으로 형성할 수 있다.

[188] 도 28은 본 발명의 제2실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 단면도이고, 도 29은 본 발명의 제2실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 사시도이다.

[189] 도 28 내지 도 29에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제2실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)는, 내부에서 액화가스와 접촉하는 1차방벽(2), 1차방벽(2)의 외측에 설치되는 1차단열벽(3) 및 연결단열벽(3a), 1차단열벽(3) 및 연결단열벽(3a)의 외측에 설치되는 2차방벽(4), 2차방벽(4)의 외측에 배치되어 선체(7)에 고정되는 2차단열벽(5)을 포함하여 구성될 수 있으며, 전술한 제1실시예와 비교하여 연결단열벽(3a)의 구성이 상이하고, 다른 구성들은 동일 또는 유사하므로, 이하에서 중복 설명을 회피하기 위해 달라지는 부분에 대해서만 설명하기로 한다.

[190] 본 실시예에서, 전술한 제1실시예와 비교하여, 연결단열벽(3a) 의 구성이 상이할 수 있다.

[191] 구체적으로, 전술한 제1실시예와 비교하여 연결단열벽(3a)은 보조단열판(33)을 더 포함할 수 있다.

[192] 즉, 연결단열벽(3a)은, 연결플라이우드(31a), 연결단열재(32a), 보조단열판(33)이 적층되는 구조로 이루어질 수 있다.

[193] 보조단열판(33)은, 5mm 내지 10mm의 두께를 가질 수 있으며, 플라이우드나 고밀도 폴리우레탄 폼(HD PUF), FRP(Fiber Reinforced Plastic) 등으로 마련되어 2차방벽(4)의 하중 분산 효과를 얻을 수 있다. 또는 보조단열판(33)은 단열 특성이 우수한 VIP(Vacuum Insulation Panel), LD PUF 등으로 마련되어 연결단열벽(3a)이 형성되는 부분에서의 단열 취약성을 보완할 수 있다.

[194] 연결단열벽(3a)의 연결단열재(32a)와 단위 요소를 이루는 고정단열벽(3b)의 1차단열재(32)는 두께가 동일할 수 있다. 다만, 연결단열벽(3a)의 경우 하부에

2차방벽(4)의 메인방벽(41)에 더하여 보조방벽(42)이 더 적층되고, 또한 보조단열판(33)을 포함하므로, 연결단열벽(3a)의 연결단열재(32a)의 두께는 보조방벽(42)의 두께 및 보조단열판(33)의 두께 5mm 내지 10mm만큼 1차단열벽(3)의 1차단열재(32)보다 작은 두께일 수 있다.

[195] 상기한 보조단열판(33)은, 연결단열벽(3a)의 연결단열재(32a)의 하부뿐만 아니라 단위 요소를 이루는 1차단열벽(3)의 1차단열재(32) 하부에도 설치될 수 있음은 물론이다.

[196] 도 30는 본 발명의 제3실시예에 따른 액화가스 저장탱크를 설명하기 위한 일부 단면도이고, 도 31은 본 발명의 제3실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 주요 부분에 대한 확대도이다.

[197] 도 30 내지 도 31에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제3실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)는, 내부에서 액화가스와 접촉하는 1차방벽(2), 1차방벽(2)의 외측에 설치되는 1차단열벽(3) 및 연결단열벽(3a), 1차단열벽(3) 및 연결단열벽(3a)의 외측에 설치되는 2차방벽(4), 2차방벽(4)의 외측에 배치되어 선체(7)에 고정되는 2차단열벽(5), 2차단열벽(5)과 선체(7) 사이에 설치되는 레벨링부재(8), 2차단열벽(5)을 선체(7)에 고정하는 고정부재(9)를 포함하여 구성될 수 있으며, 전술한 제1실시예와 비교하여 레벨링부재(8)와 고정부재(9)가 상이하고, 다른 구성들은 동일 또는 유사하므로, 이하에서 중복 설명을 회피하기 위해 제1실시예와 다른 구성 요소인 레벨링부재(8) 및 고정부재(9)와 이로 인하여 달라지는 부분에 대해서만 설명하기로 한다.

[198] 레벨링부재(8)는, 2차단열벽(5)과 선체(7) 사이에 설치될 수 있다.

[199] 레벨링부재(8)는, 선체(7)의 변형 부위의 수평을 맞출 수 있고, 탱크의 단열 성능을 증대시키며, 2차단열벽(5)을 지지할 수 있는 비접착탄성단열재이며 EPS(Expanded Polystyrene) 등일 수 있다.

[200] 이러한 레벨링부재(8)는, 탄성력에 의해 2차단열벽(5)에 밀착되는 상면은 평평하게 되고, 선체(7)에 밀착되는 하면은 선체(7)의 변형에 맞도록 곡면을 가질 수 있다. 선체(7)의 변형은 예를 들어, 선체(7)의 블록간 용접 시에 발생될 수 있다.

[201] 즉, 레벨링부재(8)는, 기존의 마스틱과 레벨링웨지를 사용하지 않더라도 선체의 변형 부위의 수평을 맞출 수 있다. 여기서, 레벨링웨지는 선택적으로 사용될 수 있음은 물론이다.

[202] 본 실시예는, 상기한 바와 같은 레벨링부재(8)를 적용함으로써, 기존 갭(gap)의 크기에 따라 여러 타입으로 도포하는 마스틱과 달리 단일 크기로 시공 가능하고, 마스틱 경화시간이 필요 없으므로 작업 시간을 단축할 수 있고, 단열재를 적용함으로써, 보온력을 증가시킬 수 있다.

[203] 고정부재(9)는, 2차단열벽(5)을 선체(7)에 고정할 수 있도록, 돌출부(91)와 스터드볼트(92)를 포함하는 클리트(cleat) 구조로 이루어질 수 있다.

[204] 돌출부(91)는, 2차단열벽(5)의 단위패널 양 측면 하부에서 외부로 돌출되어

마련될 수 있으며, 플라이우드로 형성될 수 있다.

[205] 돌출부(91)는, 일측면이 2차단열벽(5)의 2차플라이우드(52)의 측면과 2차플라이우드(52)로부터 일정 높이까지의 2차단열재(51)의 일부 측면에 걸쳐 고정 설치될 수 있고, 하면이 2차플라이우드(52)의 하면과 동일한 레벨을 이룬다.

[206] 돌출부(91)의 폭 두께는, 2차단열벽(5)을 이루는 복수 개의 단위패널을 배치했을 때, 상호 대향되는 돌출부(91) 사이가 스터드볼트(92)가 삽입될 수 있는 정도일 수 있다.

[207] 스터드볼트(92)는, 선체(7)에 고정될 수 있다.

[208] 스터드볼트(92)는, 2차단열벽(5)을 이루는 복수 개의 단위패널을 배치했을 때, 이웃하는 2차단열벽(5)의 단위패널들 사이의 공간에 일치되도록 선체(7)에 고정 설치될 수 있다.

[209] 스터드볼트(92)는, 이웃하는 2차단열벽(5)의 단위패널 각각의 측면에 마련되어 대향하는 2개의 돌출부(91) 사이에 위치된 상태에서 볼트를 조임에 의해 2차단열벽(5)을 선체(7)에 고정시킬 수 있다.

[210] 이와 같이 본 실시예는, 연결단열벽(3a)을 포괄하는 1차단열벽(3)과 2차단열벽(5)의 전체 두께에서 1차단열벽(3, 3a)의 두께를 2차단열벽(5)과 동일 또는 유사하게 구성함으로써, 2차단열벽(5)의 기계적 강도를 일정 수준으로 유지할 수 있음은 물론, 2차방벽(4)의 저온 부담 및 슬로싱 부담을 줄일 수 있어, 2차방벽(4)의 손상을 방지할 수 있다.

[211] 또한, 본 실시예는, 단위 요소를 이루는 이웃하는 1차단열벽(3) 사이의 공간에 마련되는 연결단열벽(3a)의 하면에 보조단열판(33)을 마련함으로써, 단위 요소를 이루는 이웃하는 2차단열벽(5)의 연결 부분에서의 단열 성능을 더욱 증대시킬 수 있다.

[212] 또한, 본 실시예는, 2차방벽(4)의 구성을 개선하여 단열 성능을 증가시킬 수 있다.

[213] 또한, 본 실시예는, 2차단열벽(5)과 선체(7) 사이에 2차단열벽(5)의 레벨링부재(8)로 비접착탄성단열재를 적용함으로써, 기존의 마스틱과 레벨링웨지를 사용하지 않더라도 선체(7)의 변형 부위의 수평을 맞출 수 있고, 탱크의 단열 성능을 증대시킬 수 있다.

[214] 또한, 본 실시예는, 2차단열벽(5)의 단위패널 측면 하부에 외부로 돌출되어 마련되는 돌출부(91)와, 선체(7)에 고정되는 스터드볼트(92)에 의한 클리트(cleat) 구조 방식으로 인접한 2차단열벽(5)의 단위패널을 고정시킴으로써, 2차단열벽(5)에 구멍을 뚫어 스터드볼트로 단위패널을 고정시키는 방식 대비 공수를 절감할 수 있다.

[215] 본 발명은 상기에서 설명한 실시예들로 한정되지 않으며, 상기 실시예들의 조합 또는 상기 실시예 중 적어도 어느 하나와 공지 기술의 조합을 또 다른 실시예로서 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 28 내지 도 29의 실시예가 도 4 내지 도 27의 실시예와의 조합이 가능하다. 또한, 예를 들어, 도 30 내지 도 31의 실시예가

도 1 및 도 2의 단열시스템 또는 도 28 및 도 29의 단열시스템과 조합이 가능하다.

[216] 이하에서는 도 32 내지 도 39를 통해, 앞서 설명된 액화가스 저장탱크의 1차 방벽 형상에 대하여 상세하게 설명하도록 한다.

[217] 도 32는 발명의 제1,2,3실시예에 따른 액화가스 저장탱크의 1차방벽의 다른 실시예를 설명하기 위한 도면이고, 도 33은 1차방벽에 대한 형상을 설명하기 위한 도면이다.

[218] 도 32 내지 도 33에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제1,2,3실시예에 따른 액화가스 저장탱크(1)의 1차방벽(2)은, 도 3을 참고하여 설명한 2가지 종류의 곡률반경(R1, R2)을 갖도록 형성된 1차방벽(2)과 비교하여 단면 형상이 다를 수 있으며, 이하에서 구체적으로 설명한다.

[219] 도 32를 참조하면, 1차방벽(2)은, 1차단열벽(3)의 상면에 접촉되는 복수 개의 평면부(21), 온도에 의한 수축 또는 팽창 응력(stress) 완화를 위한 복수 개의 곡면부(22)로 이루어질 수 있다.

[220] 본 실시예의 곡면부(22)는, 평면부(21)로부터 곡면부(22)의 상단까지의 높이(H) 대비 이웃하는 평면부(21) 사이의 폭(W)의 비율(W/H)을 2.0 내지 3.0 범위($2.0 \leq W/H \leq 3.0$)가 되는 단면 형상을 갖도록 하여, 저온에 의한 열 응력(thermal stress)은 물론 슬로싱에 의한 압 응력(pressure stress) 부담을 최소화할 수 있도록 한다.

[221] 이때, 곡면부(22)의 폭(W)은 50mm~105mm, 바람직하게는 65mm~93mm, 더욱 바람직하게는 70mm~80mm일 수 있고, 곡면부(22)의 높이(H)는 30mm~50mm, 바람직하게는 30mm~45mm, 더욱 바람직하게는 33mm~40mm일 수 있다.

[222] 이러한 복수 개의 곡면부(22)는, 가로 방향과 세로 방향으로 교차되도록 형성될 수 있으며, 가로 방향의 곡면부(22)와 세로 방향의 곡면부(22)는 크기가 동일할 수 있다. 즉, 1차방벽(2) 전체에서 가로 및 세로 곡면부(22)의 크기가 동일하므로, 1차방벽 제작이 용이할 수 있다.

[223] 또한, 복수 개의 곡면부(22)는, 이웃하는 곡면부(22) 사이의 간격을 공지된 것(여기서, 공지된 것은 이하에서 '비교대상'이란 용어로 사용될 수 있음) 보다 넓게, 예를 들어, 350mm~400mm의 간격이 되도록 할 수 있다. 여기에서, 곡면부(22) 사이의 간격은 곡면부(22)의 최상단 지점 간의 간격에 해당할 수 있다. 또한, 1차방벽(2)을 이루는 복수 개의 단위 방벽(2a)의 크기는 도 35에 도시된 바와 같이 공지된 것 보다 큰 3:1비율, 예를 들어, 길이가 3,150mm~3,600mm이고 폭이 1,050mm~1,200mm의 크기로 형성할 수 있다.

[224] 이와 같이, 본 실시예의 1차방벽(2)에서 곡면부(22) 사이의 간격을 넓게하고 단위 방벽(2a)의 크기를 크게 할 수 있는 것은, 상기한 평면부(21)로부터 곡면부(22)의 상단까지의 높이(H) 대비 이웃하는 평면부(21) 사이의 폭(W)의 비율(W/H)을 2.0 내지 3.0 범위($2.0 \leq W/H \leq 3.0$)가 되도록 한 곡면부(22)의 단면 형상에 의해 가능하며, 도 36 내지 도 39를 참고하여 후술함에 의해 더욱 이해될 것이다.

[225] 한편, 도 2에 도시된 바와 같이, 가로 방향의 곡면부와 세로 방향의 곡면부는 교차되도록 형성될 수 있다. 이때, 가로 방향의 곡면부와 세로 방향의 곡면부는높이와 폭이 각각 동일하게 형성될 수 있다.

[226] 또한, 곡면부(22)는, 곡률반경이 서로 다른 제1,2,3곡면부(22a, 22b, 22c)를 갖는 단면 형상으로 형성될 수 있다.

[227] 제1곡면부(22a)는, 이웃하는 평면부(21) 각각에 연결되어 한 쌍으로 형성되며, 제1곡률반경(r1)을 갖는다. 제1곡률반경(r1)은 4mm~12mm일 수 있다.

[228] 한 쌍의 제1곡면부(22a) 각각은, 평면부(21)와 연결되는 제1연결지점(P1)과, 한 쌍의 제3곡면부(22c) 각각과 연결되는 제2연결지점(P2) 사이에서 제1곡률반경(r1)을 갖는 곡면 형상일 수 있다.

[229] 여기서, 제1연결지점(P1)은 수용공간 측의 제1곡률중심(C1)으로부터 제1곡률반경(r1)을 갖는 제1원(A1)의 최하부 곡선 부분과 제1원(A1)의 세로 중심선이 교차되는 지점과 동일한 위치일 수 있다. 제1곡면부(22a)의 제1곡률중심(C1)은 평면부(21)가 형성하는 가상의 평면보다 상부에 위치할 수 있다.

[230] 제2연결지점(P2)은 제1원(A1)의 곡선과 제1원(A1)의 가로 중심선이 교차되는 지점으로부터 하측으로 30도 각도 이내의 제1원(A1)의 곡선 부분에 위치될 수 있다.

[231] 제2곡면부(22b)는, 곡면부(22)의 상부를 이루며, 적어도 제1곡률반경(r1)보다 큰 반경의 제2곡률반경(r2)을 갖는다. 여기서, 제2곡률반경(r2)은 7mm~15mm일 수 있다.

[232] 제2곡면부(22b)는, 한 쌍의 제3곡면부(22c) 중 어느 하나의 제3곡면부(22c)와 연결되는 제3연결지점(P3)과, 다른 하나의 제3곡면부(22c)에 연결되는 제4연결지점(P4) 사이에서 제2곡률반경(r2)을 갖는 곡면 형상일 수 있다.

[233] 여기서, 제3연결지점(P3)과 제4연결지점(P4) 각각은, 수용공간 반대측의 제2곡률중심(C2)으로부터 제2곡률반경(r2)을 갖는 제2원(A2)의 세로 중심선을 기준으로 양측으로 일정 각도, 예를 들어, 3도 내지 10도 사이의 제2원(A2)의 곡선 부분에 위치될 수 있다. 제2곡면부(22b)의 제2곡률중심(C2)은 평면부(21)가 형성하는 가상의 평면보다 상부에 위치할 수 있다.

[234] 제3곡면부(22c)는, 한 쌍의 제1곡면부(22a) 각각과 제2곡면부(22b)를 연결하는 한 쌍으로 형성되며, 적어도 제2곡률반경(r2)보다 큰 반경의 제3곡률반경(r3)을 갖는다. 여기서, 제3곡률반경(r3)은 25mm~45mm일 수 있다.

[235] 즉, 제1,2,3곡면부(22a, 22b, 22c) 각각의 제1,2,3곡률반경(r1, r2, r3)의 크기는 '제1곡률반경(r1) ≤ 제2곡률반경(r2) < 제3곡률반경(r3)'일 수 있다. 이때, 본 실시예는 제3곡률반경(r3)의 크기가 제2곡률반경(r2)의 크기와 제1곡률반경(r1)의 크기를 합한 값보다 클 수 있다.

[236] 한 쌍의 제3곡면부(22c) 중 어느 하나의 제3곡면부(22c)는, 한 쌍의 제1곡면부(22a) 중 어느 하나의 제1곡면부(22a)가 연결되는 제2연결지점(P2)과

제2곡면부(22b)의 일측이 연결되는 제3연결지점(P3) 사이에 제3곡률반경(r3)을 갖는 곡면 형상일 수 있다.

[237] 어느 하나의 제3곡면부(22c)는 수용공간 반대측의 제3곡률중심(C3)으로부터 제3곡률반경(r3)을 갖는 제3원(A3)의 곡선 부분에 마련될 수 있다.

[238] 또한, 한 쌍의 제3곡면부(22c) 중 다른 하나의 제3곡면부(22c)는, 한 쌍의 제1곡면부(22a) 중 다른 하나의 제1곡면부(22a)가 연결되는 제2연결지점(P2)과 제2곡면부(22b)의 타측이 연결되는 제4연결지점(P4) 사이에 제3곡률반경(r3)을 갖는 곡면 형상일 수 있다.

[239] 다른 하나의 제3곡면부(22c)는 수용공간 반대측의 제4곡률중심(C4)으로부터 제3곡률반경(r3)을 갖는 제4원(A4)의 곡선 부분에 마련될 수 있다.

[240] 상기에서, 제2,3,4연결지점(P2, P3, P4) 각각은, 한 쌍의 제3곡면부(22c)를 기준으로 위치를 살펴볼 때, 제2연결지점(P2)은 한 쌍의 제1곡면부(22a) 중 어느 하나의 제1곡면부(22a)의 제1원(A1)의 곡선과 제3원 곡선 또는 한 쌍의 제1곡면부(22a) 중 다른 하나의 제1곡면부(22a)의 제1원(A1)의 곡선과 제4원(A4)의 곡선이 만나는 지점일 수 있다.

[241] 또한, 제3연결지점(P3)은 제2원(A2)의 곡선과 제3원(A3)의 곡선이 만나는 지점일 수 있다. 제3연결지점(P3)은 제3원(A3)의 최상부 곡선 부분과 제3원(A3)의 세로 중심선이 교차되는 지점과 동일한 위치일 수 있다.

[242] 제4연결지점(P4)은 제2원(A2)의 곡선과 제4원(A4)의 곡선이 만나는 지점일 수 있다. 제4연결지점(P4)은 제4원(A4)의 최상부 곡선 부분과 제4원(A4)의 세로 중심선이 교차되는 지점과 동일한 위치일 수 있다.

[243] 상기한 한 쌍의 제3곡면부(22c)는, 동일한 크기의 제3곡률반경(r3)을 갖되, 어느 하나의 제3곡면부(22c)의 제3곡률중심(C3)과 다른 하나의 제3곡면부(22c)의 제4곡률중심(C4)이 수평 방향으로 어긋나 위치될 수 있다. 또한, 본 실시예의 제3,4곡률중심(C3, C4)은 곡면부(22)의 내측에 위치된다. 따라서, 제3,4곡률중심(C3, C4)은 이웃하는 평면부(21) 사이를 가상선으로 연결했을 때, 가상선의 윗쪽인 곡면부(22)의 내측에 위치된다. 즉, 제3곡면부(22c)의 제3,4곡률중심(C3, C4)은 평면부(21)가 형성하는 가상의 평면보다 상부에 위치할 수 있다.

[244] 상기한 바와 같이, 본 실시예의 곡면부(22)의 모든 곡률중심(C1, C2, C3, C4)은 평면부(21)가 형성하는 가상의 평면보다 상부에 위치할 수 있다.

[245] 도 34의 (a) 및 (b)는 1차방벽에 마련되는 돌출구조물을 설명하기 위한 도면이다.

[246] 본 실시예의 1차방벽(2)은, 도 34의 (a) 및 (b)에 도시된 바와 같이, 가로 곡면부(22)와 세로 곡면부(22)가 교차되는 교차부의 주변 평면부(21)에 돌출구조물(24)을 더 구비할 수 있다. 예를 들어, 돌출구조물(24)은 교차부로부터 일정 거리 이내에 구비될 수 있다. 또한, 일정 거리는 동일 선상에 위치한 교차부 간의 거리에서 1/3 범위에 해당할 수 있으며, 이에 한정되지 아니한다.

[247] 돌출구조물(24)은, 가로 곡면부(22)와 세로 곡면부(22)보다 크기가 작고, 도 34의 (a)에 도시된 바와 같이 볼록한 원형 또는 도 34의 (b)에 도시된 바와 같이 호 형상 등 다양한 형상으로 이루어질 수 있다.

[248] 이러한 돌출구조물(24)은, 가로 곡면부(22)와 세로 곡면부(22)가 교차되는 부분에서 슬로싱에 의한 압 응력(pressure stress) 부담을 더욱 최소화할 수 있도록 한다.

[249] 도 35는 1차방벽의 단위방벽을 설명하기 위한 사시도이다.

[250] 본 실시예에 의한 1차방벽(2)은, 이웃하는 곡면부(22) 사이의 간격을 공지된 것 보다 넓은 350mm~400mm의 간격이 되도록 할 수 있고, 이로 인하여 도 35에 도시된 바와 같이 1차방벽(2)을 이루는 복수 개의 단위 방벽(2a) 각각의 크기를 공지된 것 보다 큰 3:1비율, 예를 들어, 길이가 3,150mm~3,600mm이고 폭이 1,050mm~1,200mm의 크기로 형성할 수 있다. 본 실시예는 단위 방벽(2a)의 크기를 크게 함으로써, 기존 대비 단위 방벽(2a)의 설치 개수를 줄일 있어, 1차방벽(2)의 설치 공수를 절감할 수 있다.

[251] 또한, 도 35에 도시된 단위 방벽(2a)에서, 곡면부(22)의 최상단부 간의 폭이 350mm~400mm에 해당할 수 있다. 여기에서, 곡면부(22)의 최상단부는 도 32의 제2곡면부(22b)의 최상단지점에 해당할 수 있다. 이는, 비교대상 단위 방벽(공지된 단위 방벽)과 비교하여 곡면부의 최상단부 간의 폭이 증가한 것으로서, 비교대상 단위 방벽에 비해 생산 및 설치시에 보다 용이할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예에 따른 단위 방벽(2a)은 가로 방향의 곡면부(22) 및 세로 방향의 곡면부(22)의 폭 및 높이가 동일함으로 인해, 비교대상 단위 방벽에 비해 제작 비용을 절감할 수 있다.

[252] 도 36은 1차방벽의 곡면부 높이 대비 곡면부 폭의 비율(W/H)에 따른 본 미제스 응력 값(열 응력 및 압 응력)의 분포를 나타낸 도면이고, 도 37은 1차방벽의 단면 형상 최적화 시뮬레이션을 통한 1차방벽의 곡면부 높이 대비 곡면부 폭의 비율(W/H)에 따른 곡률반경 'r3-r2-r1'값의 범위를 나타낸 도면이다.

[253] 본 실시예의 1차방벽(2)은, 저온에 의한 열 응력(thermal stress)은 물론 슬로싱에 의한 압응력(pressure stress) 부담을 최소화할 수 있도록, 상기한 바와 같이, 곡면부(22)의 단면 형상을 평면부(21)로부터 곡면부(22)의 상단까지의 높이(H) 대비 이웃하는 평면부(21) 사이의 폭(W)의 비율(W/H)을 2.0 내지 3.0 범위($2.0 \leq W/H \leq 3.0$)가 되도록 하고, 이에 더하여 제1,2,3곡면부(22a, 22b, 22c) 각각의 제1,2,3곡률반경(r1, r2, r3)이 서로 다르게 하되, 제3곡률반경(r3)의 크기가 제2곡률반경(r2)의 크기와 제1곡률반경(r1)의 크기를 합한 값보다 크게 되도록 하였는데, 이러한 곡면부(22)의 단면 형상은 이하 도 36 내지 도 39에 도시된 실험 데이터에 의해 얻어졌으며, 이에 더하여 공지된 1차방벽을 비교대상으로 대비해 보았다.

[254] 여기서, 비교대상 1차방벽은 본 발명의 1차방벽(2)과 달리 라지 코러게이션(Large corrugation)과 스몰 코러게이션(Small corrugation)을 가진다.

[255] 도 36에 도시된 바와 같이, 1차방벽(2)의 곡면부(22)의 높이(H) 대비 곡면부(22)의 폭(W)의 비율(W/H)에 따른 본 미제스 응력(Von Mises Stress)으로부터 열 응력 및 압 응력 둘 다를 고려했을 때, 본 발명의 1차방벽(2)은 높이와 폭의 비율(W/H)이 2.0 내지 3.0 범위에서 열 응력 및 압 응력이 집중되었으며, 비교대상의 1차방벽의 경우에는 라지 코러게이션이나 스몰 코러게이션 각각의 높이와 폭의 비율(W/H)이 약 1.5 이하였으며, 열 응력과 압 응력이 크게 차이가 났다. 즉, 높이와 폭의 비율(W/H)이 2.0 내지 3.0 범위를 갖는 본 발명이 높이와 폭의 비율(W/H)이 1.5 이하인 비교대상과 대비하여 열 응력 및 압 응력 모두가 양호함을 알 수 있었다.

[256] 구체적으로, 본 발명은 열 응력이 1차방벽(2)의 높이와 폭의 비율(W/H)의 크기에 비례하여 커지며, 압 응력이 1차방벽(2)의 높이와 폭의 비율(W/H)의 크기에 반비례하여 작아지며, 높이와 폭의 비율(W/H)이 2.0 내지 3.0 범위일 때 열 응력 및 압 응력의 분포가 집중되고, 이때 본 발명의 1차방벽(2)은 열 응력과 압 응력이 110MPa 내지 210MPa 사이에 있음을 알 수 있다.

[257] 반면에, 비교대상은, 1차방벽의 높이와 폭의 비율(W/H)이 약 1.5 이하인 라지 코러게이션에서 최대 열 응력이 약 73MPa, 최대 압 응력이 약 310MPa였으며, 1차방벽의 높이와 폭의 비율(W/H)이 1.5 이하인 스몰 코러게이션에서 최대 열 응력 및 최대 압 응력이 약 150MPa였다.

[258] 또한, 도 37에 도시된 바와 같이, 본 발명은 1차방벽(2)의 높이와 폭의 비율(W/H)이 2.0 내지 3.0범위이고, 곡률반경 'r3-r2-r1'값이 10mm~30mm 범위, 바람직하게는 15mm~27mm 에서, 1차방벽(2)의 단면 형상 최적화 결과를 얻었다.

[259] 반면에, 비교대상은, 1차방벽의 라지 코러게이션 및 스몰 코러게이션의 높이와 폭의 비율(W/H)이 약 1.5 이하일 때, 라지 코러게이션의 곡률반경 'r3-r2-r1'값은 약 48mm였고, 스몰 코러게이션의 곡률반경 'r3-r2-r1'값은 약 21mm였으며, 이로부터 비교대상 1차방벽은 본 발명의 1차방벽(2)의 단면 형상과 다름을 알 수 있다.

[260] 한편, 본 발명의 1차방벽(2)은 항복 응력이, 상온에서는 170Mpa이고, -170도의 저온에서는 220Mpa 정도인데, 상온에서 제작함 따라서 170Mpa 내지 180MPa가 넘지않는 범위가 요구된다.

[261] 이에 따라, 본 실시예의 1차방벽(2)은 열응력($y=72.446e^{0.3522x}$) 또는 압응력($y=255.95e^{-0.233x}$)이 약 170MPa를 넘지 않고 비교대상과 차별화되도록 높이와 폭의 비율(W/H)이 2.0 내지 3.0 범위, 그리고 170MPa 이하를 만족하는 'r3-r2-r1'값이 15mm~27mm 범위인 형상을 갖도록 하는 것이 바람직할 수 있다.

[262] 하기 [표 3]은 도 36에 도시된 1차방벽(2)의 곡면부(22)의 높이(H) 대비 곡면부(22)의 폭(W)의 비율(W/H)에 따른 본 미제스 응력(Von Mises Stress)으로부터 열응력 및 압응력의 분포를 도표로 나타낸 것이다.

[263] [표3]

W/H	열응력 ($y=72.446e^{0.3522x}$)	압응력 ($y=255.95e^{-0.233x}$)
2.0	146.5	160.6
2.1	151.8	156.9
2.2	157.2	153.3
2.3	162.9	149.8
2.4	168.7	146.3
2.5	174.7	142.9
2.6	181.0	139.7
2.7	187.5	136.4
2.8	194.2	133.3
2.9	201.2	130.2
3.0	208.4	127.2

[264] 도 38의 (a), (b) 및 (c)는 본 발명의 1차방벽과 비교대상의 1차방벽에서 가로 및 세로 곡면부로 유체가 유입될 때의 슬로싱 압력값에 대한 구조해석을 실시한 결과를 나타낸 도면으로, 이때 가로 및 세로 곡면부로 유입되는 유체의 속도는 5m/s의 속도로 하였다. 도 38의 (a)는 본 발명의 1차방벽(2)에서 가로 또는 세로 곡면부(22)로 유체가 유입될 때의 슬로싱 압력값에 대한 구조해석으로 곡면부(22)의 제1지점(P1)에서 최대 슬로싱 압력 값 305.29Pa를 얻었다. 또한, 도 38의 (b)는 비교대상의 1차방벽에서 가로 곡면부(라지 코러게이션)로 유체가 유입될 때의 슬로싱 압력값에 대한 구조해석으로 가로 곡면부(라지 코러게이션)의 제2지점(P2)에서 최대 슬로싱 압력 값 10,515Pa를 얻었고, 도 38의 (c)는 비교대상의 1차방벽에서 세로 곡면부(스몰 코러게이션)로 유체가 유입될 때의 슬로싱 압력값에 대한 구조해석으로 세로 곡면부(스몰 코러게이션)의 제3지점(P3)에서 최대 슬로싱 압력 값 3577.6Pa를 얻었다.

[265] 여기서, 본 발명의 1차방벽(2)은 전술한 바와 같이, 가로 및 세로 곡면부(22)의 크기 및 높이가 동일한 단면 형상을 갖지만, 비교대상의 1차방벽은 일반적인 곡면부 단면 형상을 가지는 크기가 큰 가로 곡면부(라지 코러게이션)와 크기가 작은 세로 곡면부(스몰 코러게이션)가 교차되는 것으로, 본 발명의 1차방벽(2)이 비교대상의 1차방벽 대비 슬로싱 압력 값이 가로 곡면부에서는 우수하고, 세로 곡면부에서는 매우 우수함을 알 수 있다.

[266] 도 39의 (a) 및 (b)는 본 발명의 1차방벽과 비교대상의 1차방벽에 등분포 하중을 가했을 때 변형을 나타낸 것(슬로싱 충격압력에 의한 구조해석 결과를 나타낸 것)으로, 이때 1차방벽에 대해 전체 충격압력 10bar를 가하여 탄소성 구조해석을

하였다. 이는 1차방벽 단면 형상에서의 동적거동과 소성변형량을 파악하기 위함이다. 도 39의 (a)에 도시된 본 발명의 1차방벽(2)의 곡면부(22)의 단면 형상이 도 39의 (b)에 도시된 비교대상의 1차방벽의 곡면부(라지 코러게이션)의 단면 형상보다 경사가 완만하여, 본 발명의 1차방벽(2)에는 변형이 거의 일어나지 않고 비교대상의 1차방벽에는 변형이 많이 일어남을 알 수 있다. 이와 같이, 비교대상의 1차방벽의 경우 변형을 방지하기 위해 곡면부의 하단에 우드웨지나 금속과 같은 보형물을 넣어야 하는 등 추가 작업이 필요하다.

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

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

[269] [부호의 설명]

[270] 1: 액화가스 저장탱크 2: 1차방벽

[271] 2a: 단위 방벽 21: 평면부

[272] 22: 곡면부 22a: 제1곡면부

[273] 22b: 제2곡면부 22c: 제3곡면부

[274] 23: 경계부 24: 돌출구조물

[275] 3: 1차단열벽 3b: 고정단열벽

[276] 31: 1차플라이우드 32: 1차단열재

[277] 3a: 연결단열벽 31a: 연결플라이우드

[278] 32a: 연결단열재 33: 보조단열판

[279] 4: 2차방벽 41: 메인방벽

[280] 42: 보조방벽 GAC: 글라스-아라미드직물

[281] AF: 알루미늄포일 GC: 글라스직물

[282] BC: 바잘트직물 5: 2차단열벽

[283] 51: 2차단열재 52: 2차플라이우드

[284] 6: 마스틱 7: 선체

[285] 8: 레벨링부재 9: 고정부재

[286] 91: 돌출부 92: 스터드볼트

[287] A1: 제1원 A2: 제2원

[288] A3: 제3원 A4: 제4원

[289] C1: 제1곡률중심 C2: 제2곡률중심

[290] C3: 제3곡률중심 C4: 제4곡률중심

[291] P1: 제1연결지점 P2: 제2연결지점

[292] P3: 제3연결지점 P4: 제4연결지점

[293] r1: 제1곡률반경 r2: 제2곡률반경

[294] r3: 제3곡률반경

청구범위

[청구항 1] 극저온 물질을 저장하는 액화가스 저장탱크로서,
극저온 물질을 수용하는 수용공간을 형성하는 금속 재질의 1차방벽;
상기 1차방벽의 외측으로 1차플라이우드와 1차단열재가 순차 배치되는 1차단열벽;
상기 1차단열벽의 외측에 마련되는 2차방벽; 및
상기 2차방벽의 외측으로 2차단열재와 2차플라이우드가 적층으로 순차 배치되는 2차단열벽을 포함하며,
상기 2차방벽은,
단위 요소를 이루는 상기 2차단열벽 각각의 상부에 마련되는 메인방벽; 및
이웃하는 상기 메인방벽을 서로 연결하는 보조방벽으로 이루어지고,
상기 2차방벽은,
금속과 비금속의 혼합 소재로 이루어지고,
상기 1차단열벽은,
저온 부담(thermal stress)을 낮추기 위해 상기 2차단열벽의 66% 내지 166%의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

[청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 1차단열벽은,
상기 2차단열벽, 상기 2차방벽, 상기 1차단열벽의 일부인 고정단열벽이 적층되어 이루는 단위 요소가 이웃하여 배치된 상태에서 상기 이웃하는 고정단열벽 사이의 공간 부분에 마련되는 연결단열벽을 포함하는 것을 특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

[청구항 3] 제2항에 있어서,
상기 연결단열벽은, 상기 2차단열벽의 67% 내지 167%의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

[청구항 4] 제1항에 있어서, 상기 2차방벽은,
상기 액화가스 저장탱크에서 두께 방향을 기준으로 전체 두께의 40% 내지 60% 범위에 해당하는 중심 영역에 배치되는 것을 특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

[청구항 5] 제1항에 있어서, 상기 1차단열재는,
상기 2차단열재의 90% 내지 110%의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

[청구항 6] 제1항에 있어서, 상기 1차방벽은,
상기 1차단열벽의 상면에 접촉되는 평면부, 제1곡률반경을 갖는 곡면부,
상기 평면부와 상기 곡면부 사이의 제2곡률반경을 갖는 주름형상으로 형성된 경계부로 이루어지고,
상기 제1곡률반경과 상기 제2곡률반경은 상이한 것을 특징으로 하는

액화가스 저장탱크.

[청구항 7] 제6항에 있어서, 상기 주름형상은,
수평 및 수직의 주름 크기가 동일한 것을 특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

[청구항 8] 제1항에 있어서, 상기 2차방벽은,
제1부재/알루미늄포일/제2부재가 적층된 구조의 소재로 형성되고,
상기 제1부재와 상기 제2부재 중 적어도 하나는 글라스직물,
글라스-아라미드직물, 바잘트직물 또는
글라스직물/알루미늄포일/글라스직물인 것을 특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

[청구항 9] 제1항에 있어서,
상기 1차단열재는, 발포제로 CO_2가 사용된 강화 폴리우레탄 폼으로 형성되고,
상기 2차단열재는, 발포제 HFC-245fa가 사용된 강화 폴리우레탄 폼으로 형성되는 것을 특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

[청구항 10] 제1항에 있어서,
직각코너구조를 더 포함하고,
상기 직각코너구조에 형성되는 상기 2차방벽의 곡률반경은 상기 1차단열벽의 두께 대비 25% 내지 50%인 것을 특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

[청구항 11] 제1항에 있어서,
둔각코너구조를 더 포함하고,
상기 둔각코너구조에 형성되는 상기 2차방벽의 곡률반경은 상기 1차단열벽의 두께 대비 15% 내지 35%인 것을 특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

[청구항 12] 극저온 물질을 저장하는 액화가스 저장탱크로서,
극저온 물질을 수용하는 수용공간을 형성하는 금속 재질의 1차방벽;
상기 1차방벽의 외측으로 1차플라이우드와 1차단열재가 순차 배치되는 1차단열벽;
상기 1차단열벽의 외측에 마련되는 2차방벽; 및
상기 2차방벽의 외측으로 2차단열재와 2차플라이우드가 순차 배치되는 2차단열벽을 포함하며,
상기 2차방벽은,
단위 요소를 이루는 상기 2차단열벽 각각의 상부에 마련되는 메인방벽; 및
이웃하는 상기 메인방벽을 서로 연결하는 보조방벽으로 이루어지고,
상기 보조방벽은 비접착 부분을 가지며, 상기 극저온 물질에 의한 상기 보조방벽의 저온 응력 상한값이 50MPa 이하를 갖도록 이루어지는 것을

특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

[청구항 13] 극저온 물질을 수용하는 수용공간을 형성하는 금속 재질의 1차방벽;
상기 1차방벽의 외측에 마련되는 1차단열벽;
상기 1차단열벽의 외측에 마련되며, 메인방벽과 보조방벽으로 이루어지는 2차방벽; 및
상기 2차방벽의 외측에 마련되는 2차단열벽으로 이루어지는 액화가스 저장탱크로서,
상기 1차방벽은,
상기 1차단열벽의 상면에 고정되는 복수 개의 평면부와, 상기 복수 개의 평면부 사이에 형성되어 상기 수용공간 쪽으로 곡면을 형성하고 가로 방향의 곡면부와 세로 방향의 곡면부를 포함하는 곡면부로 이루어지고,
상기 곡면부는,
이웃하는 상기 평면부 각각에 연결되며, 제1곡률반경(r1)을 갖는 한 쌍의 제1곡면부;
상기 곡면부의 상부를 이루며, 적어도 상기 제1곡률반경(r1)보다 큰 반경의 제2곡률반경(r2)을 갖는 제2곡면부; 및
상기 한 쌍의 제1곡면부 각각과 상기 제2곡면부를 연결하며, 적어도 상기 제2곡률반경(r2)보다 큰 반경의 제3곡률반경(r3)을 갖는 한 쌍의 제3곡면부를 포함하고,
상기 한 쌍의 제3곡면부는,
어느 하나의 제3곡면부의 제1곡률중심과 다른 하나의 제3곡면부의 제2곡률중심이 상기 곡면부의 내측에서 수평 방향으로 어긋나 위치되는 것을 특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

[청구항 14] 제13항에 있어서,
상기 가로 방향의 곡면부와 상기 세로 방향의 곡면부는 교차되도록 형성되며, 상기 가로 방향의 곡면부와 상기 세로 방향의 곡면부는 높이와 폭이 동일한 것을 특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

[청구항 15] 제13항에 있어서, 상기 제3곡률반경의 크기는,
상기 제2곡률반경의 크기와 상기 제1곡률반경의 크기를 합한 값보다 큰 것을 특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

[청구항 16] 제13항에 있어서,
상기 곡면부의 높이(H) 대비 폭(W)의 비율(W/H)은,
2.0 내지 3.0 범위($2.0 \leq W/H \leq 3.0$)이고,
상기 1차방벽의 저온에서의 열 응력 및 압 응력에 기초하여 결정되는 것을 특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

[청구항 17] 제13항에 있어서, 상기 한 쌍의 제1곡면부 각각은,
상기 평면부와 연결되는 제1연결지점과, 상기 한 쌍의 제3곡면부 각각과 연결되는 제2연결지점 사이에서 상기 제1곡률반경을 갖는 곡면

형상이며,
상기 제1연결지점은 상기 수용공간 측의 곡률중심으로부터 상기 제1곡률반경을 갖는 제1원의 곡선과 상기 제1원의 세로 중심선이 교차되는 지점과 동일한 위치이고,
상기 제2연결지점은 제1원의 곡선과 상기 제1원의 가로 중심선이 교차되는 지점으로부터 하측으로 30도 각도 이내의 상기 제1원의 곡선 부분에 위치되는 것을 특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

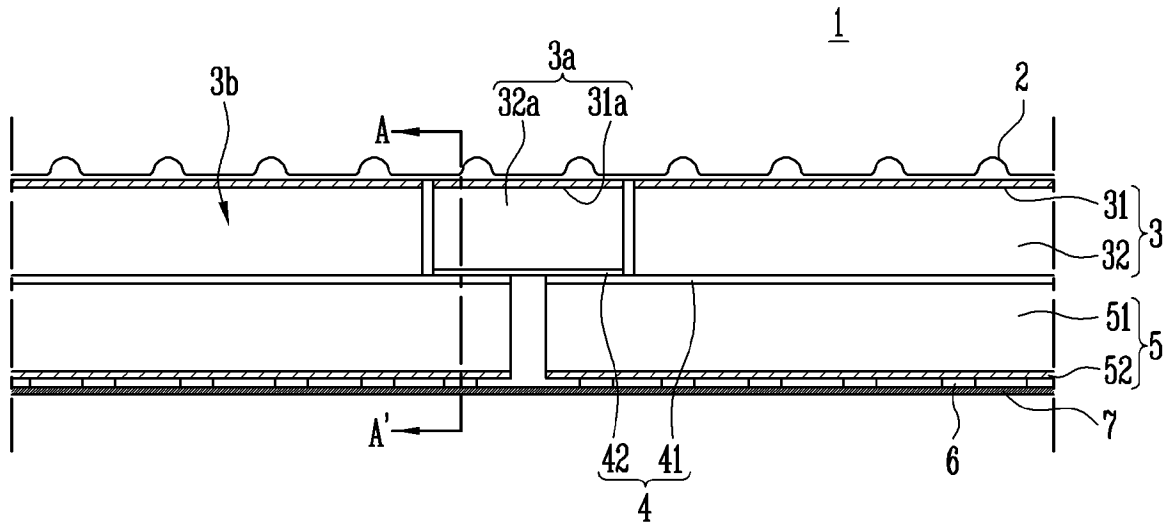
[청구항 18] 제13항에 있어서, 상기 1차방벽은,
상기 가로 방향의 곡면부와 상기 세로 방향의 곡면부가 교차되는 교차부로부터 일정 거리 내에 위치하고 상기 수용 공간 쪽으로 돌출되어 상기 평면부에 형성되는 돌출구조물을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

[청구항 19] 제18항에 있어서, 상기 돌출구조물은,
상기 가로 곡면부와 상기 세로 곡면부보다 크기가 작고, 볼록한 원형 또는 호 형상으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

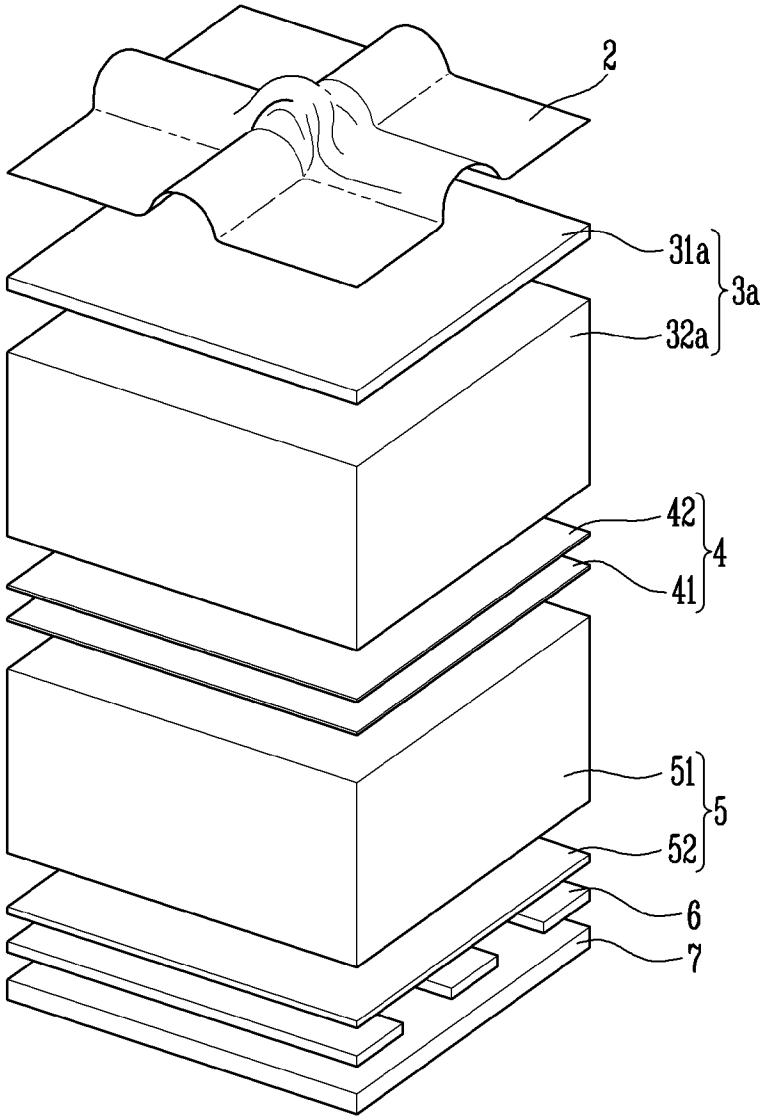
[청구항 20] 제13항에 있어서, 상기 한 쌍의 제3곡면부의 상기 제1,2곡률중심은 상기 평면부가 형성하는 가상의 평면보다 상부에 위치하는 것을 특징으로 하는 액화가스 저장탱크.

[청구항 21] 제1항 내지 제20항 중 어느 한 항의 상기 액화가스 저장탱크가 구비되는 것을 특징으로 하는 선박.

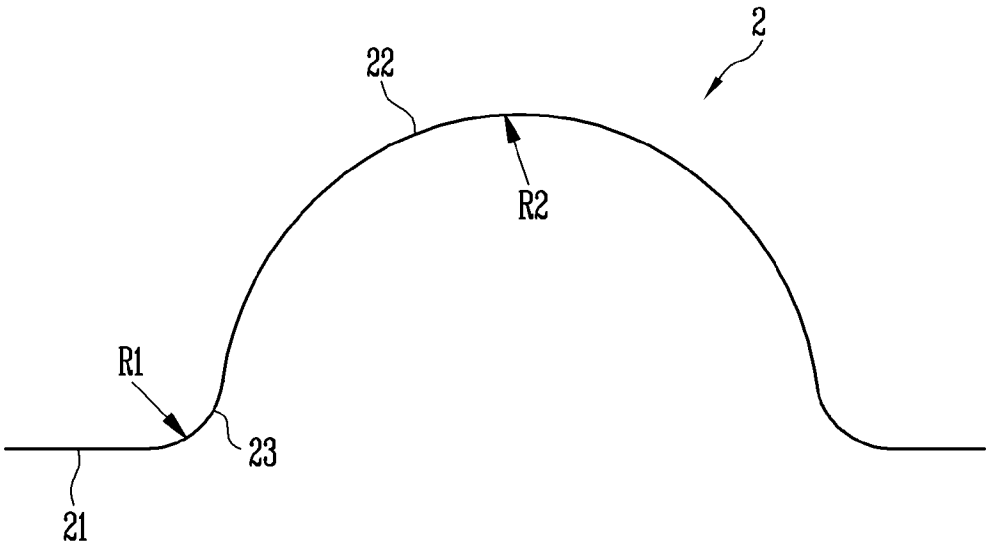
[도1]


1
3a
3b
32a
31a
A
2
31
32
3
51
52
5
A'
7
42
41
6
4

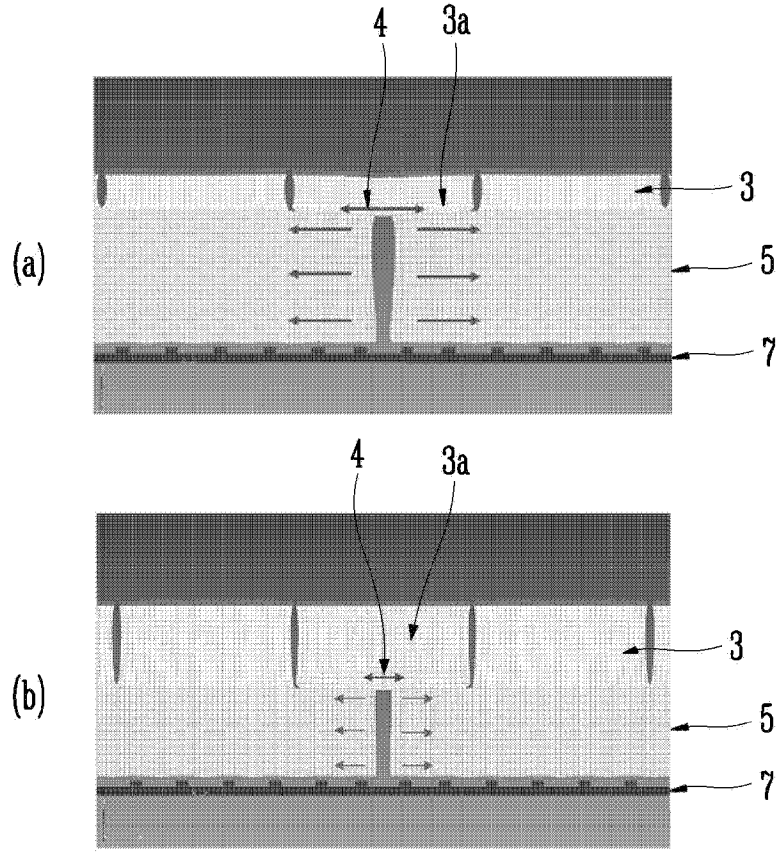
[도2]


2
31a
3a
32a
42
4
41
51
5
52
6
7

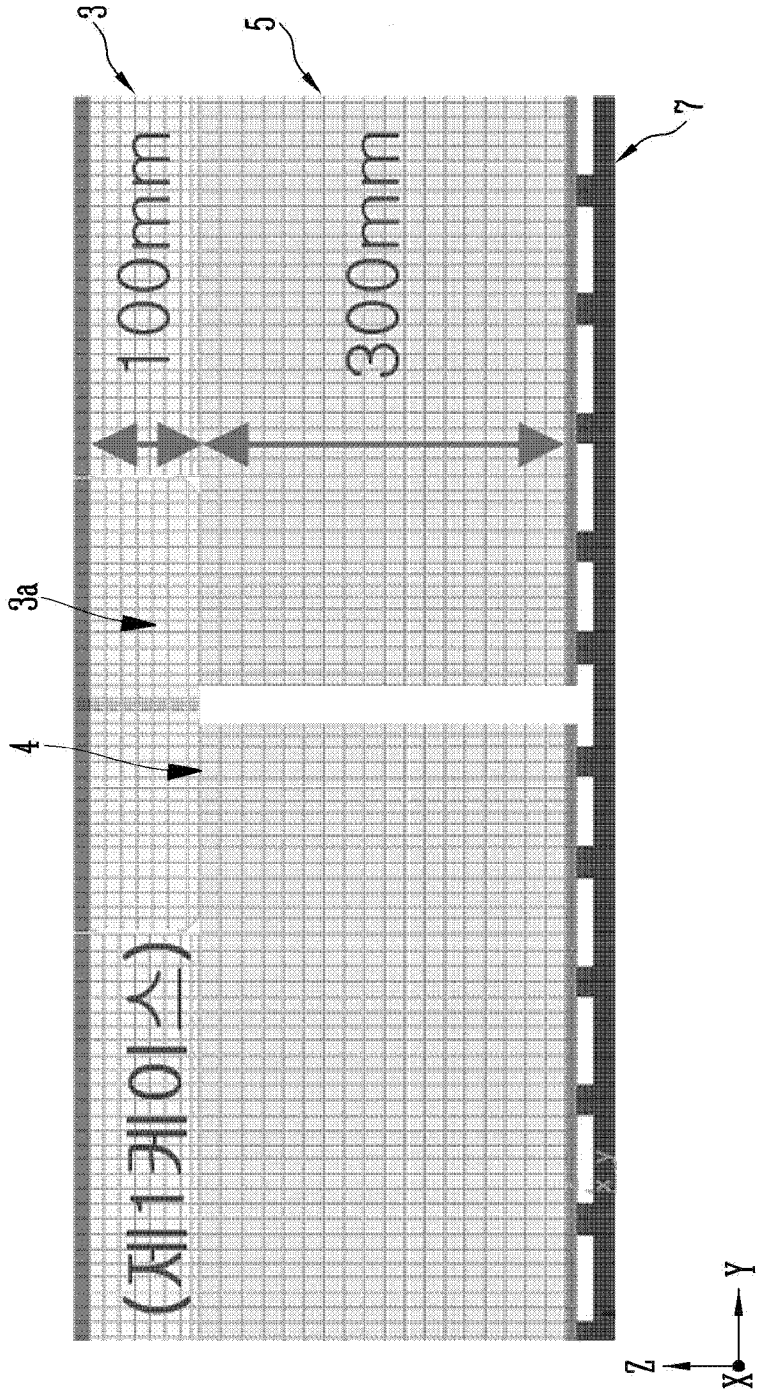
[도3]



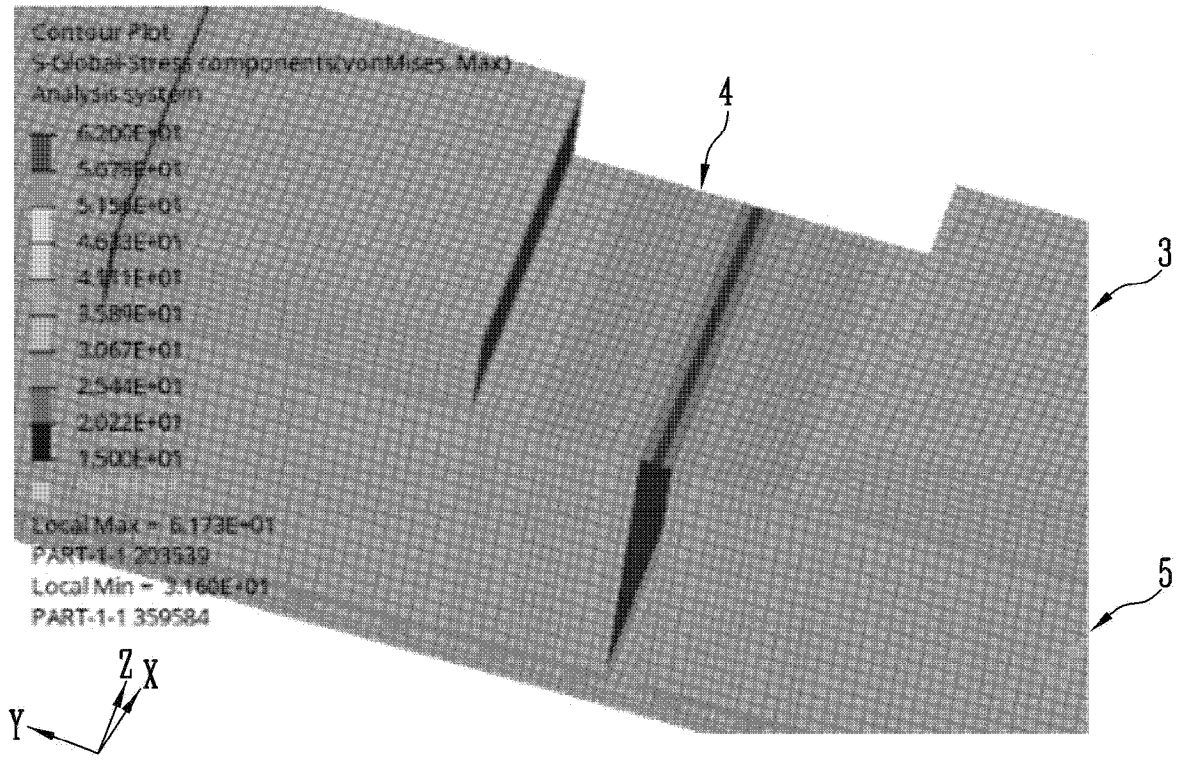
[도4]



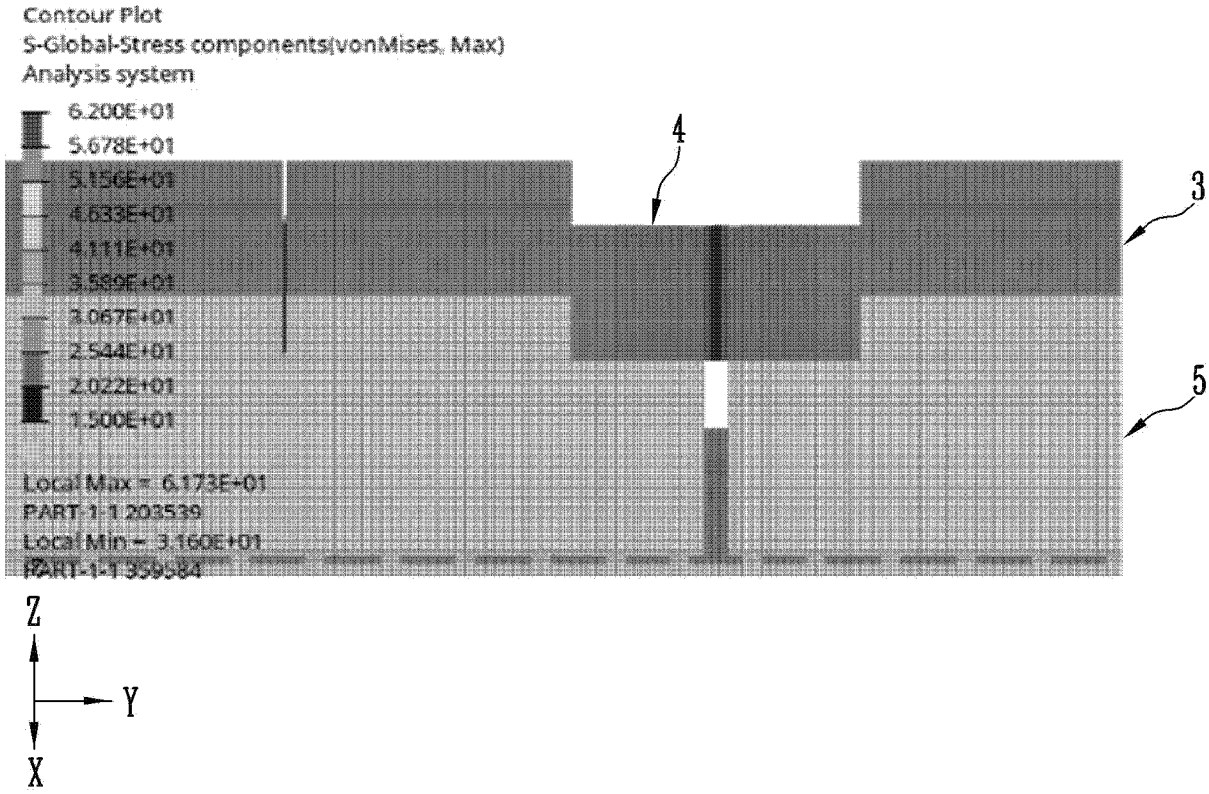
[도5]



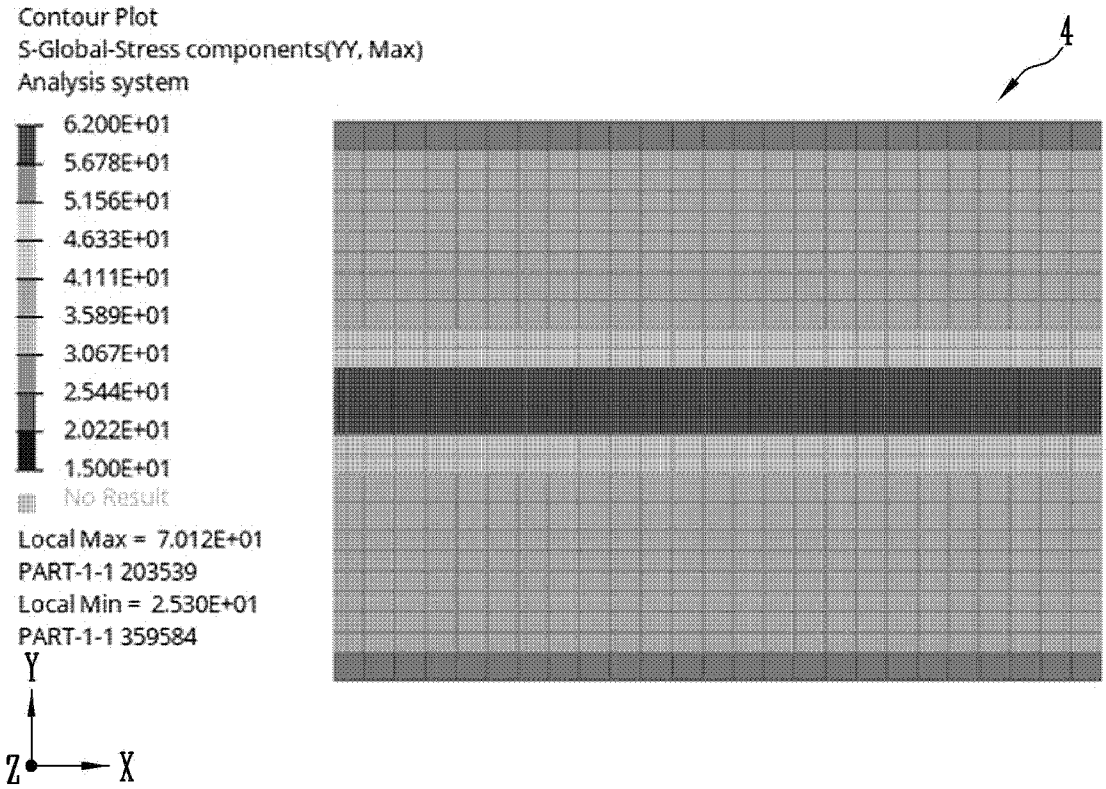
[도6]


Contour Plot
S-Global-Stress components(vonMises, Max)
Analysis system
6.200E+01
5.678E+01
5.156E+01
4.633E+01
4.111E+01
3.589E+01
3.067E+01
2.544E+01
2.022E+01
1.500E+01
Local Max = 6.173E+01
PART-1-1 203539
Local Min = 3.160E+01
PART-1-1 359584
4
3
5
Z
X
Y

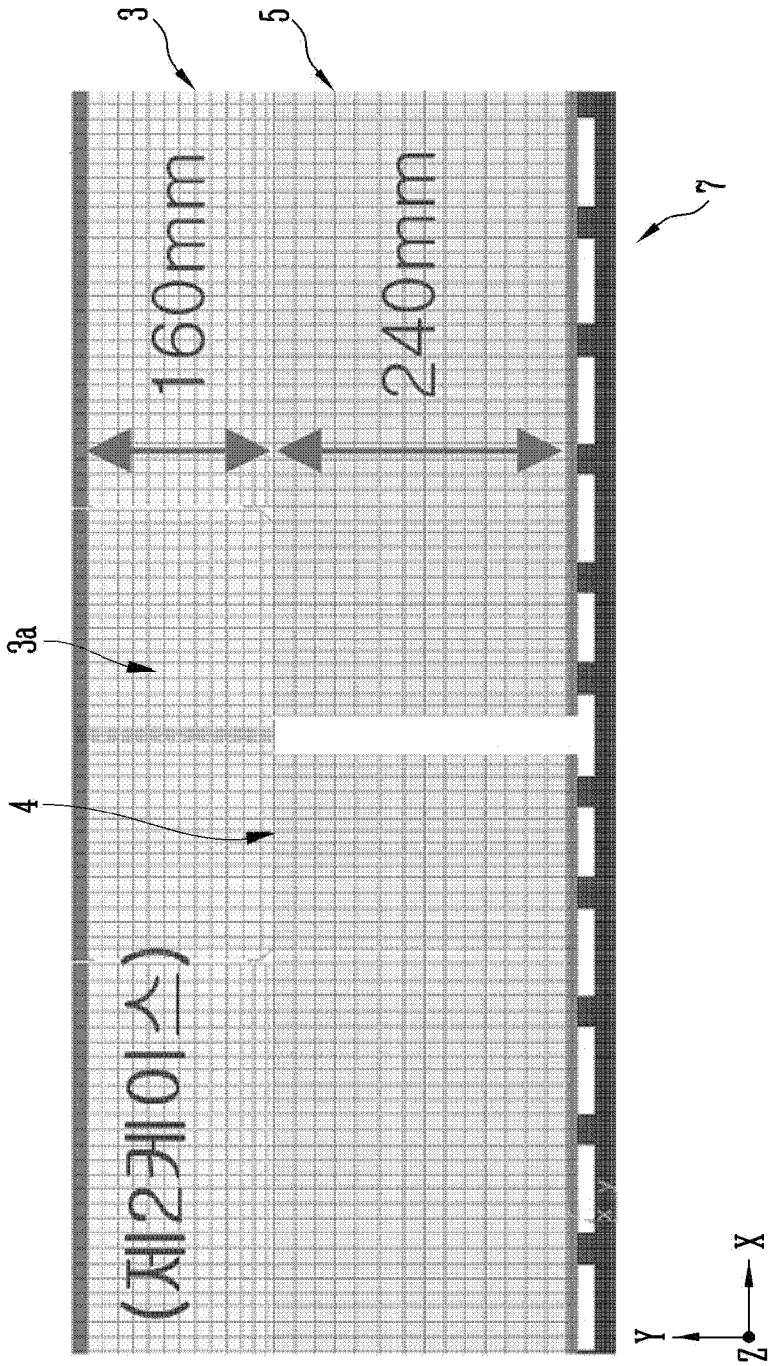
[도7]


Contour Plot
S-Global-Stress components(vonMises, Max)
Analysis system
6.200E+01
5.678E+01
5.156E+01
4.633E+01
4.111E+01
3.589E+01
3.067E+01
2.544E+01
2.022E+01
1.500E+01
Local Max = 6.173E+01
PART-1-1 203539
Local Min = 3.160E+01
PART-1-1 359584
4
3
5
Z
Y
X

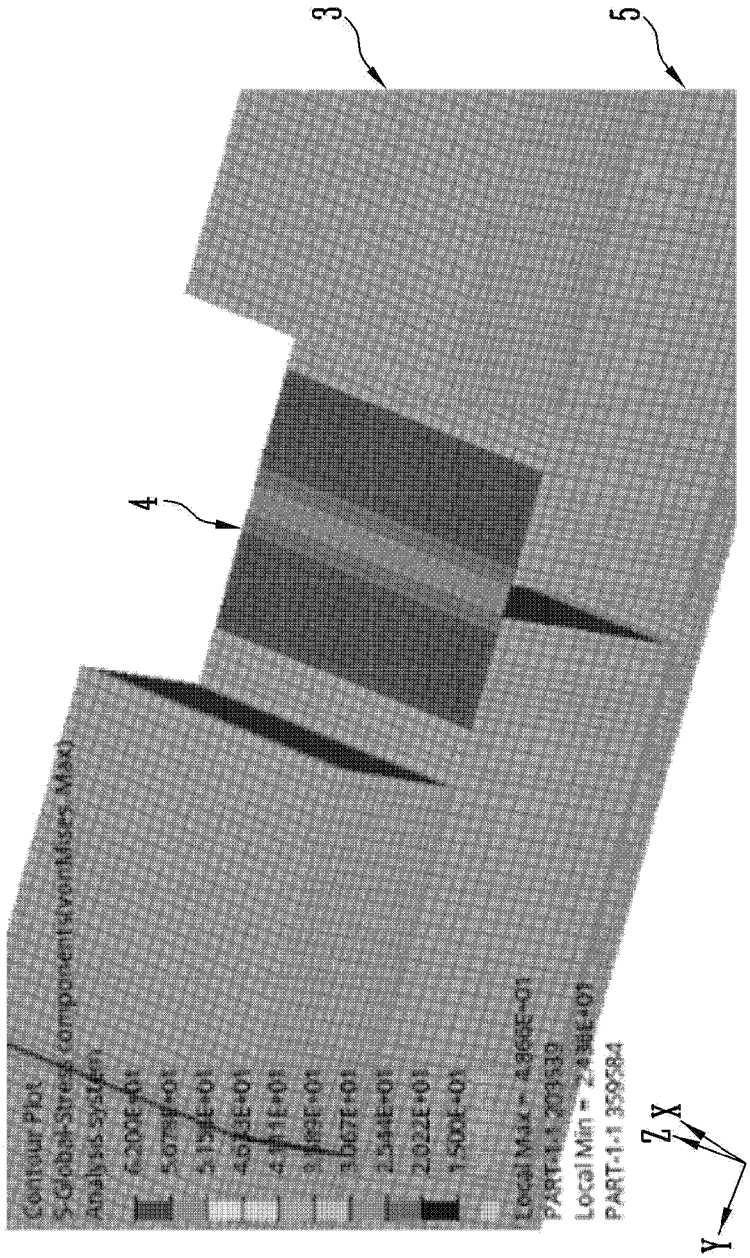
[도8]


Contour Plot
S-Global-Stress components(YY, Max)
Analysis system
6.200E+01
5.678E+01
5.156E+01
4.633E+01
4.111E+01
3.589E+01
3.067E+01
2.544E+01
2.022E+01
1.500E+01
No Result
Local Max = 7.012E+01
PART-1-1 203539
Local Min = 2.530E+01
PART-1-1 359584
Y
Z
X
4

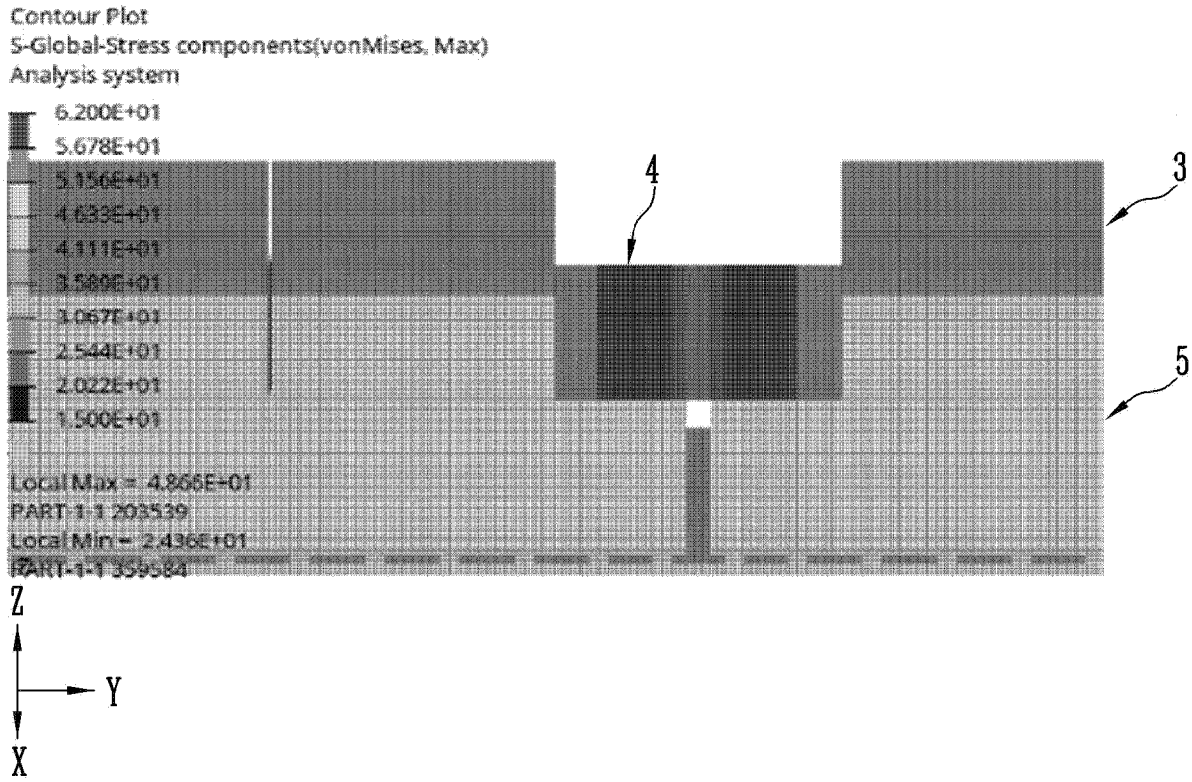
[도9]



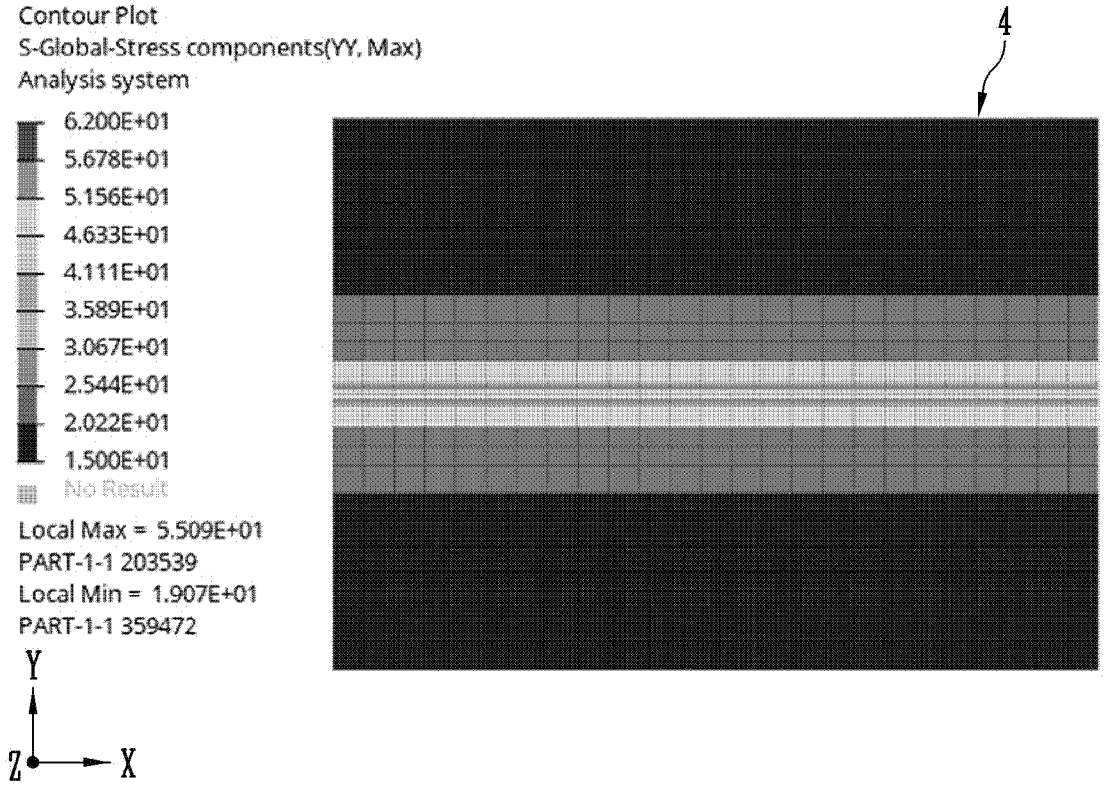
[도10]


3
5
4
Contour Plot
S-Global-Stress components-VonMises, Max
Analysis System
6.20E+01
5.67E+01
5.15E+01
4.63E+01
4.11E+01
3.59E+01
3.06E+01
2.54E+01
2.02E+01
1.50E+01
Local Max = 4.866E+01
PART-1-1.200530
Local Min = 2.438E+01
PART-1-1.359284
Z
X
Y

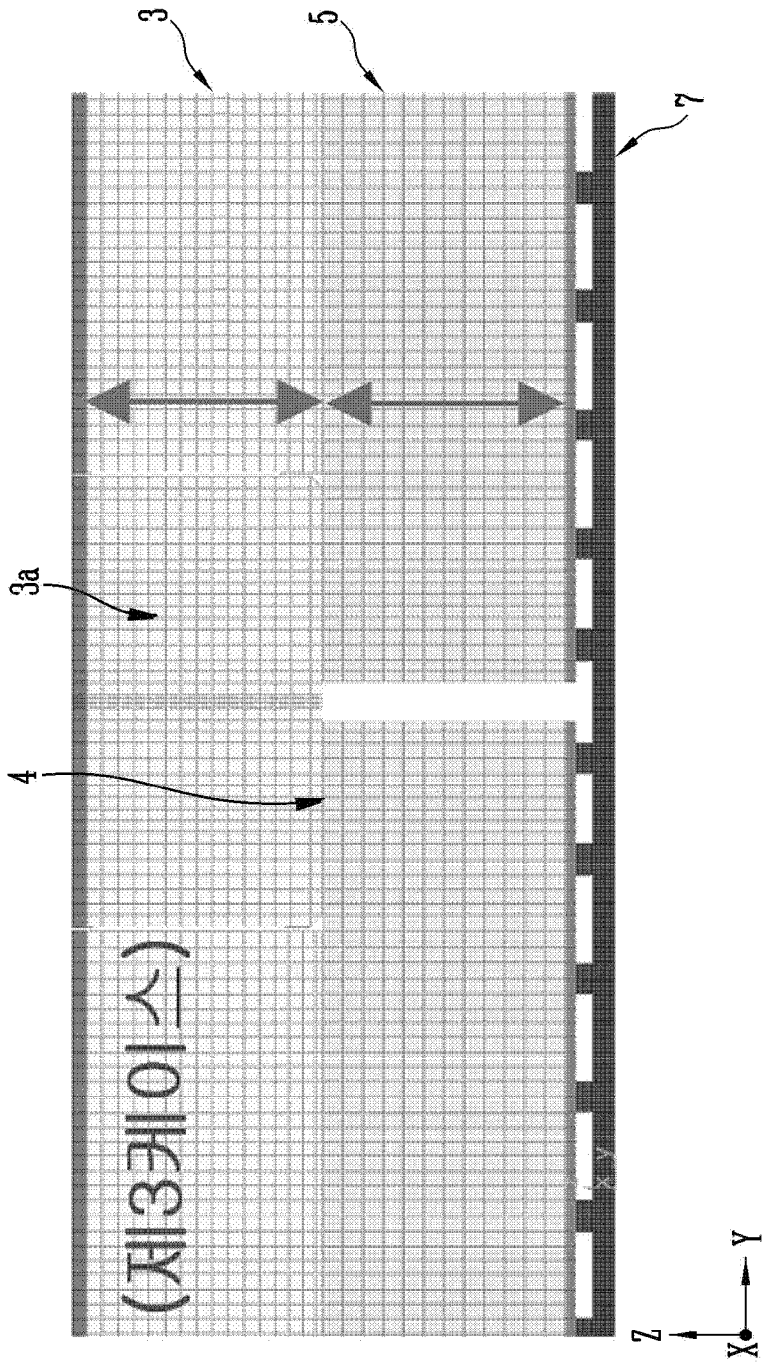
[도11]


Contour Plot
S-Global-Stress components(vonMises, Max)
Analysis system
6.200E+01
5.678E+01
5.156E+01
4.633E+01
4.111E+01
3.589E+01
3.067E+01
2.544E+01
2.022E+01
1.500E+01
Local Max = 4.866E+01
PART-1-1 203539
Local Min = 2.436E+01
PART-1-1 359584
4
3
5
Z
Y
X

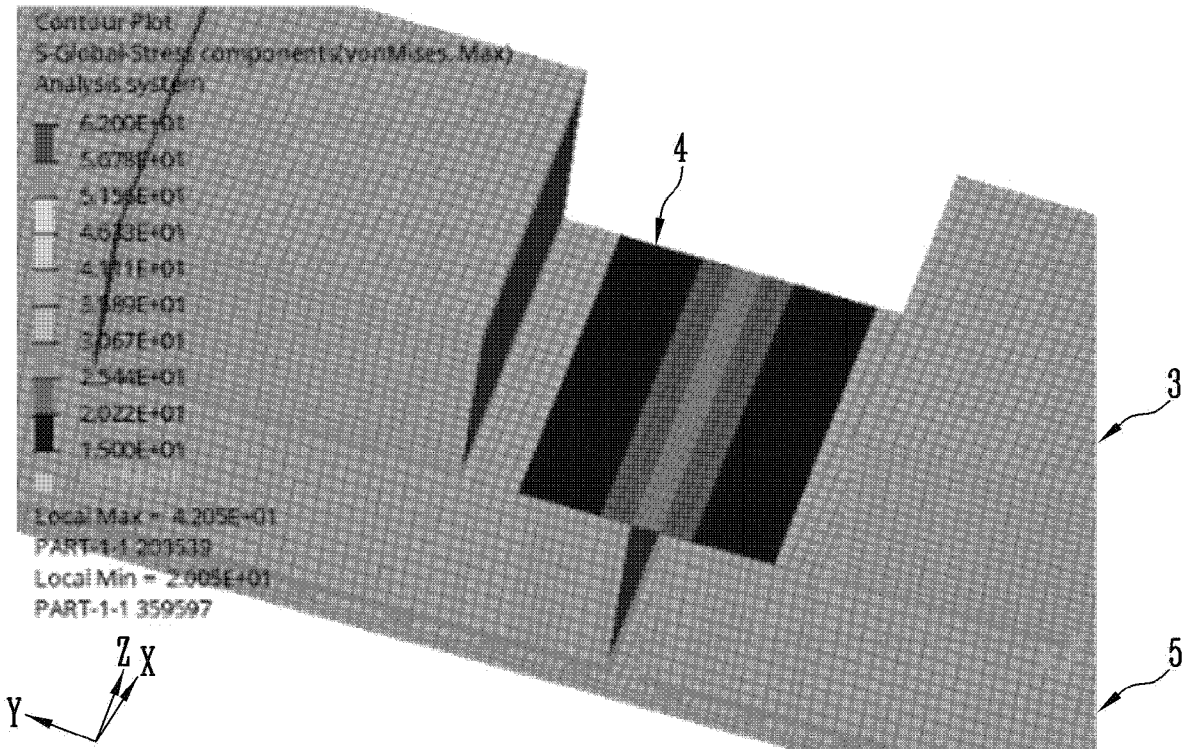
[도12]


Contour Plot
S-Global-Stress components(YY, Max)
Analysis system
6.200E+01
5.678E+01
5.156E+01
4.633E+01
4.111E+01
3.589E+01
3.067E+01
2.544E+01
2.022E+01
1.500E+01
No Result
Local Max = 5.509E+01
PART-1-1 203539
Local Min = 1.907E+01
PART-1-1 359472
4
Y
Z
X

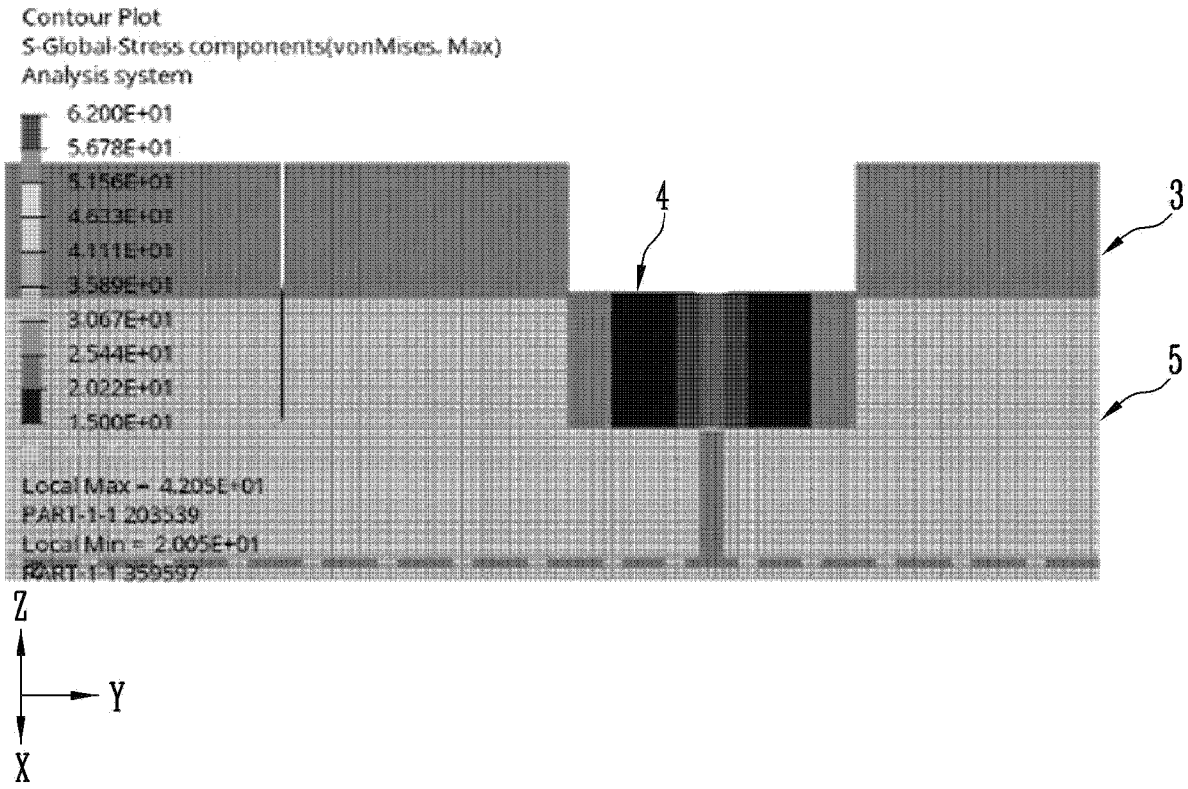
[도13]



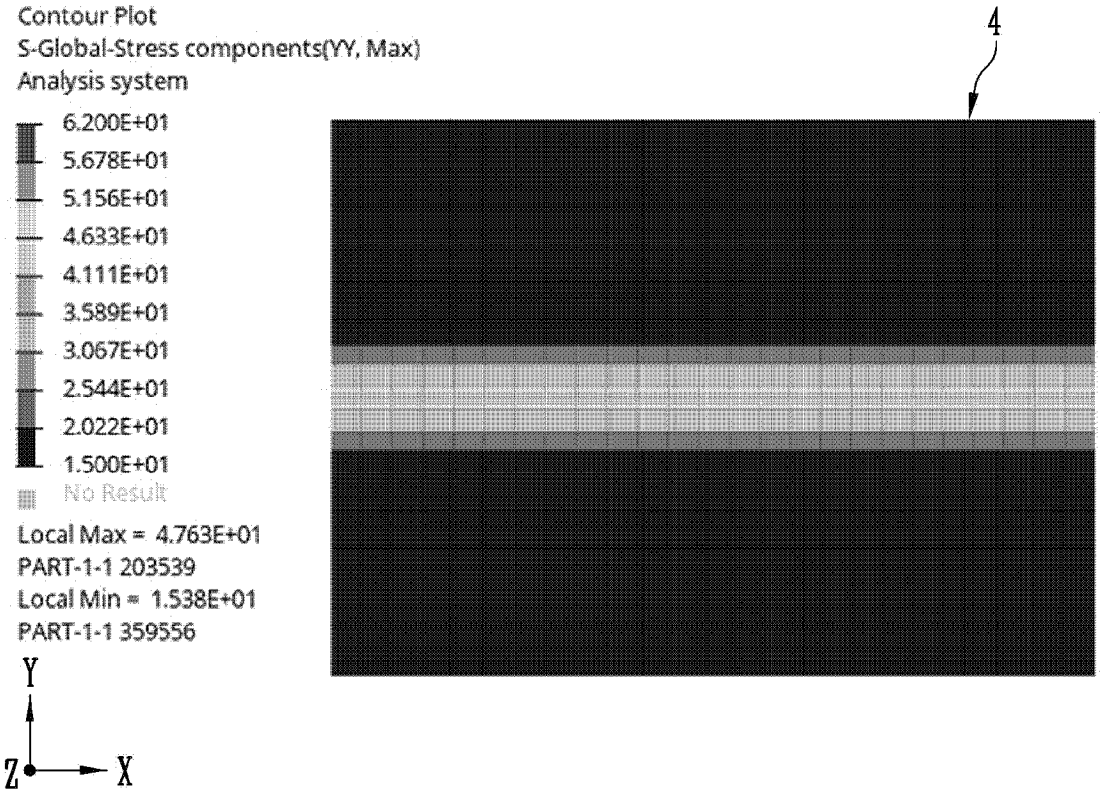
[도14]


Contour Plot
S-Global-Stress components(vonMises. Max)
Analysis system
6.200E+01
5.678E+01
5.156E+01
4.633E+01
4.111E+01
3.589E+01
3.067E+01
2.544E+01
2.022E+01
1.500E+01
Local Max = 4.205E+01
PART-1-1 208539
Local Min = 2.005E+01
PART-1-1 359597
Z
X
Y
4
3
5

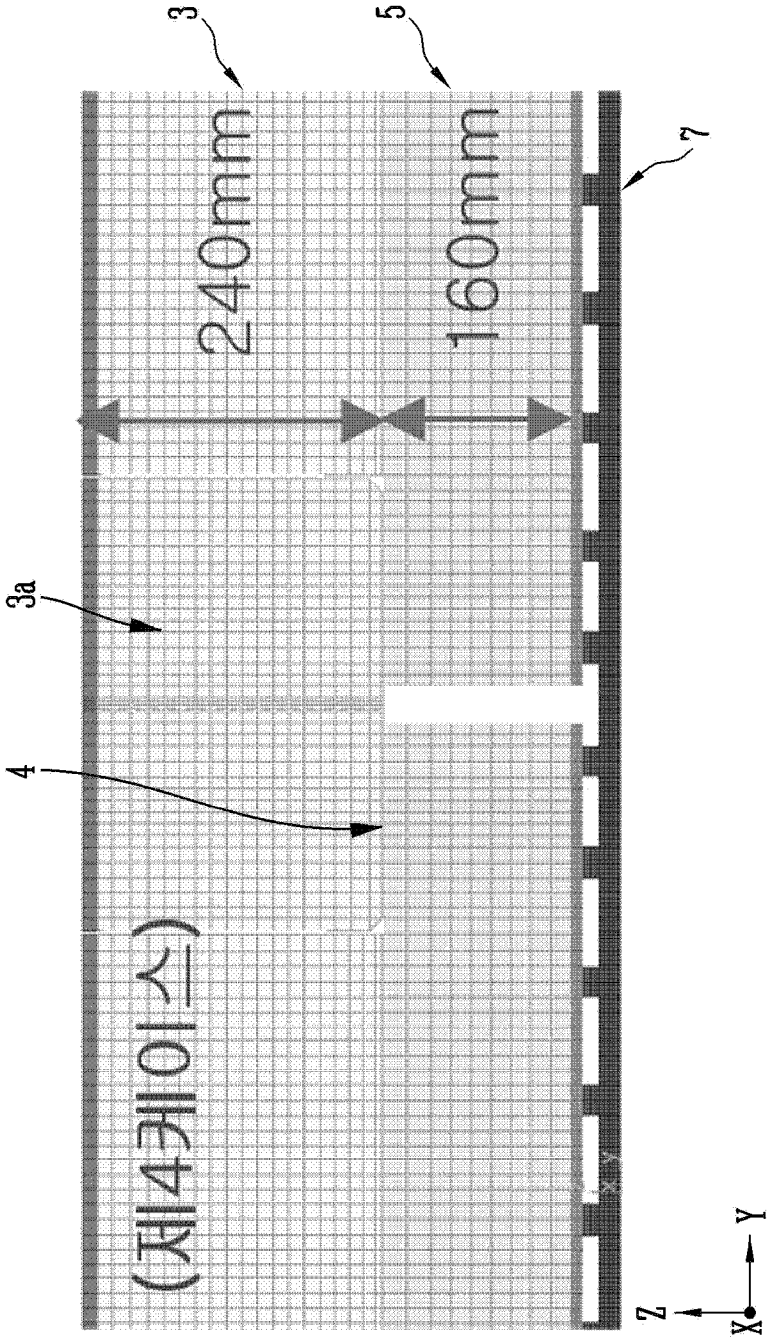
[도15]


Contour Plot
S-Global-Stress components(vonMises. Max)
Analysis system
6.200E+01
5.678E+01
5.156E+01
4.633E+01
4.111E+01
3.589E+01
3.067E+01
2.544E+01
2.022E+01
1.500E+01
Local Max = 4.205E+01
PART-1-1 208539
Local Min = 2.005E+01
PART-1-1 359597
Z
Y
X
4
3
5

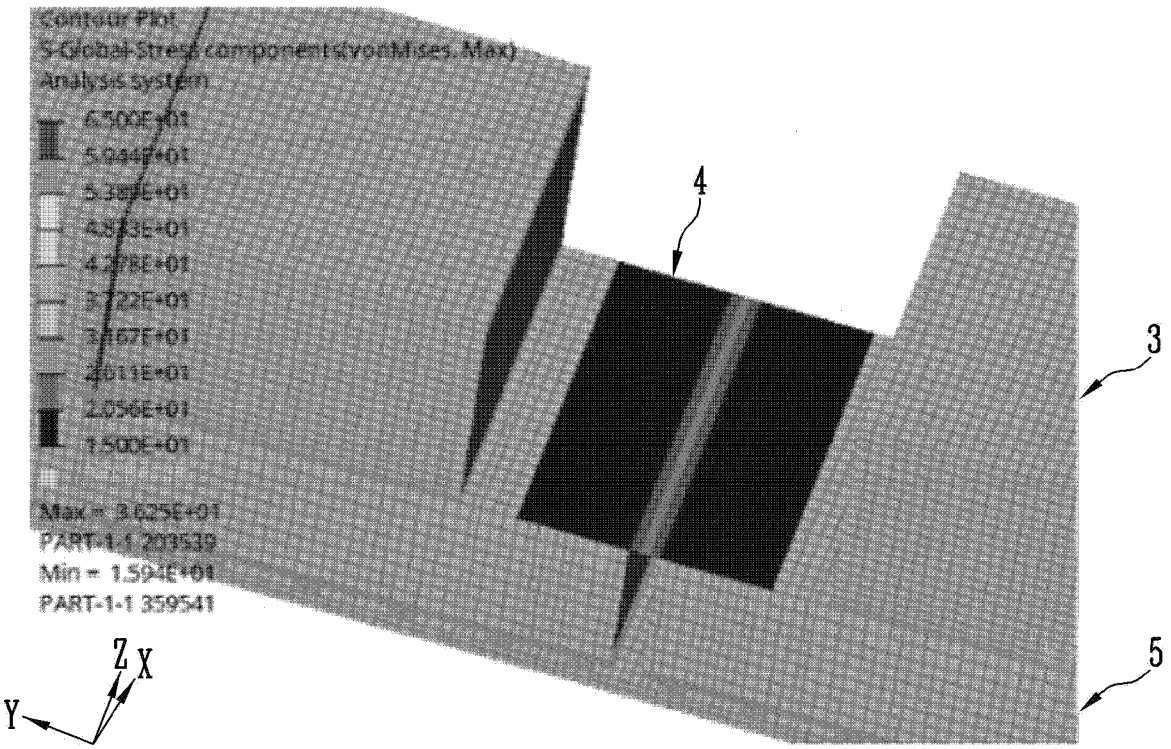
[도16]


Contour Plot
S-Global-Stress components(YY, Max)
Analysis system
6.200E+01
5.678E+01
5.156E+01
4.633E+01
4.111E+01
3.589E+01
3.067E+01
2.544E+01
2.022E+01
1.500E+01
No Result
Local Max = 4.763E+01
PART-1-1 203539
Local Min = 1.538E+01
PART-1-1 359556
Y
Z
X
4

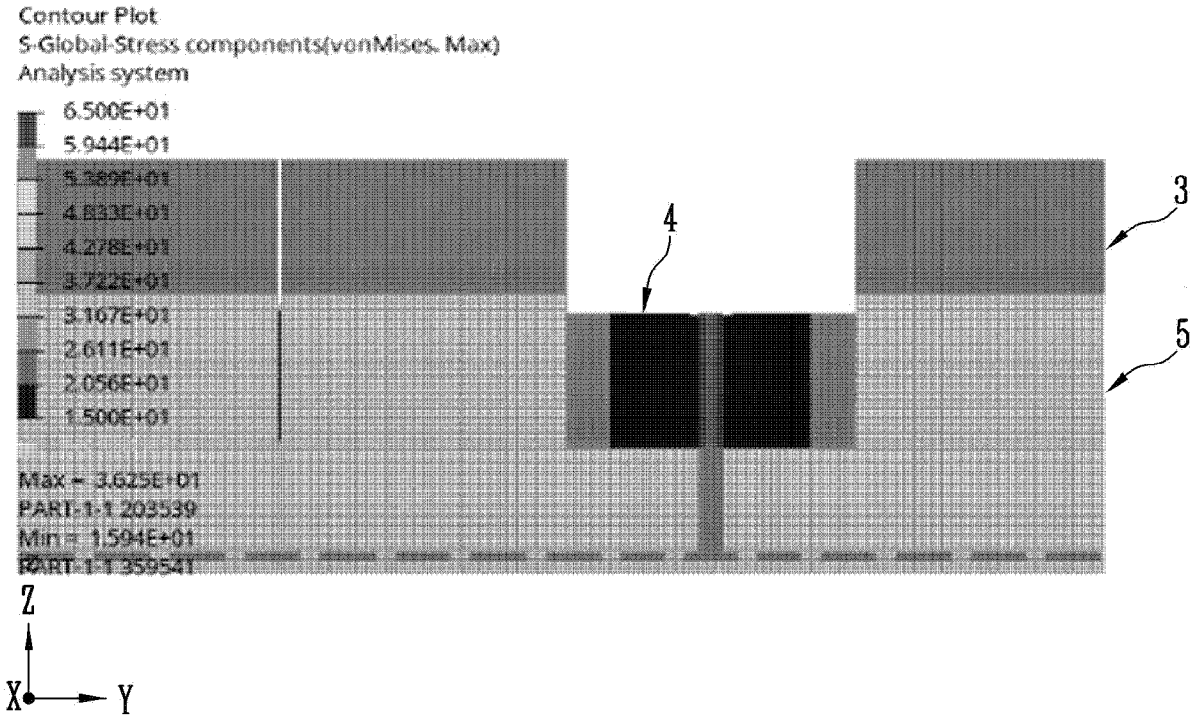
[도17]



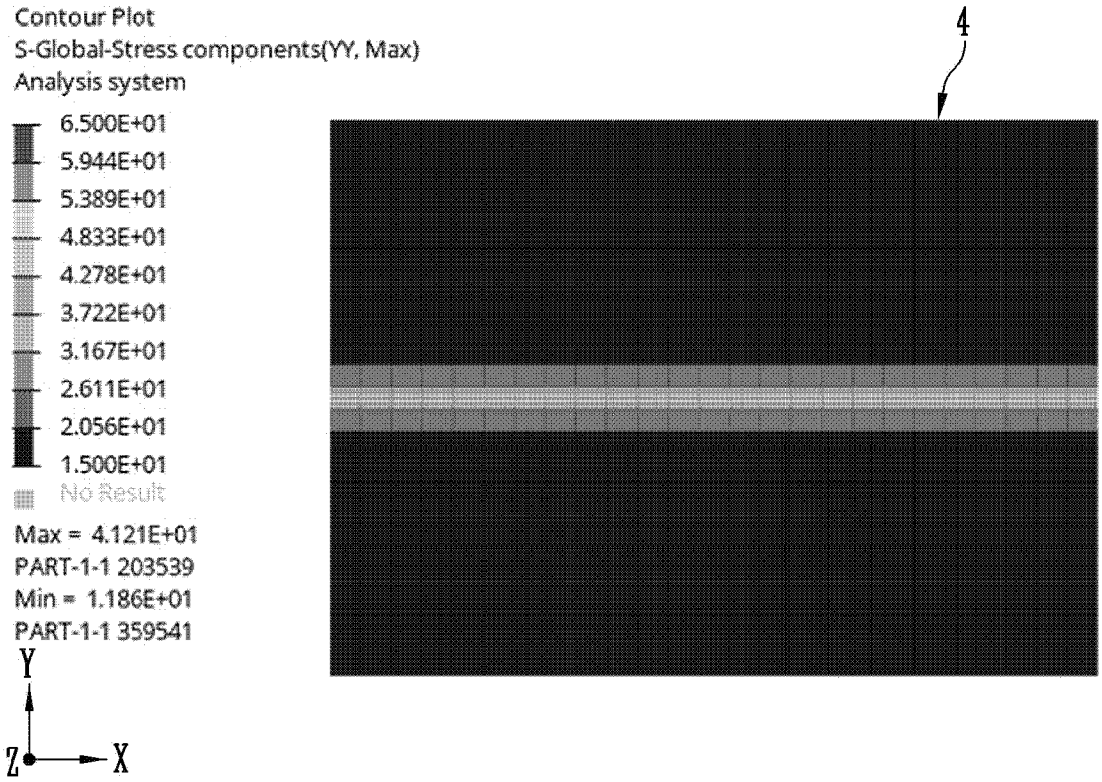
[도18]


Contour Plot
S-Global-Stress components(vonMises, Max)
Analysis system
6.500E+01
5.944E+01
5.389E+01
4.833E+01
4.278E+01
3.722E+01
3.167E+01
2.611E+01
2.056E+01
1.500E+01
Max = 3.625E+01
PART-1-1 203539
Min = 1.594E+01
PART-1-1 359541
Z
X
Y
4
3
5

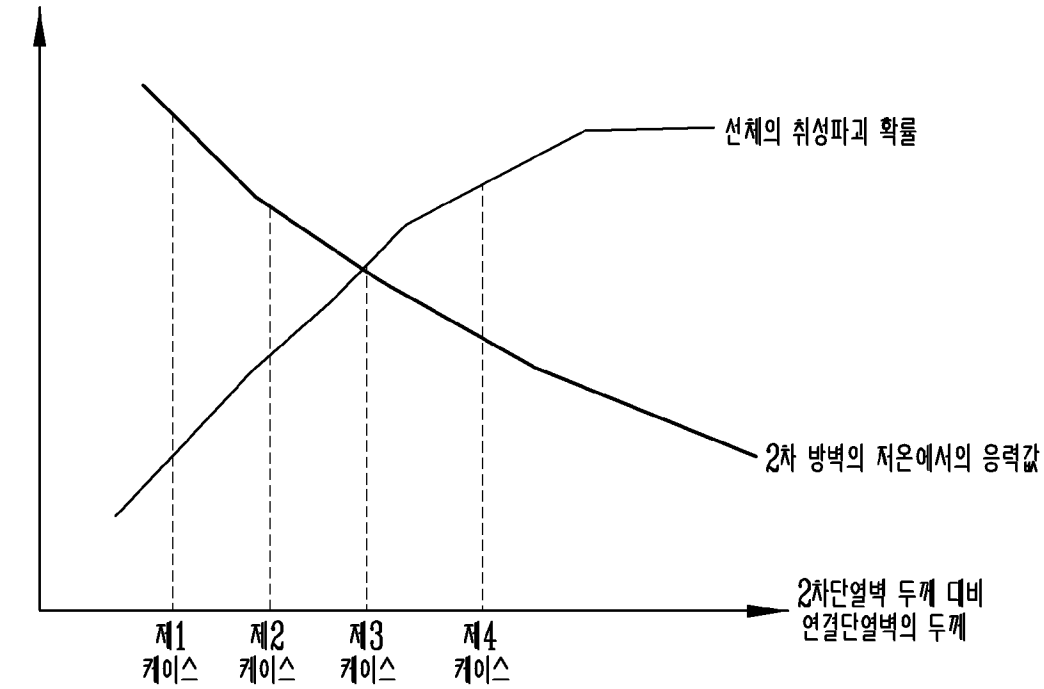
[도19]


Contour Plot
S-Global-Stress components(vonMises, Max)
Analysis system
6.500E+01
5.944E+01
5.389E+01
4.833E+01
4.278E+01
3.722E+01
3.167E+01
2.611E+01
2.056E+01
1.500E+01
Max = 3.625E+01
PART-1-1 203539
Min = 1.594E+01
PART-1-1 359541
Z
X
Y
4
3
5

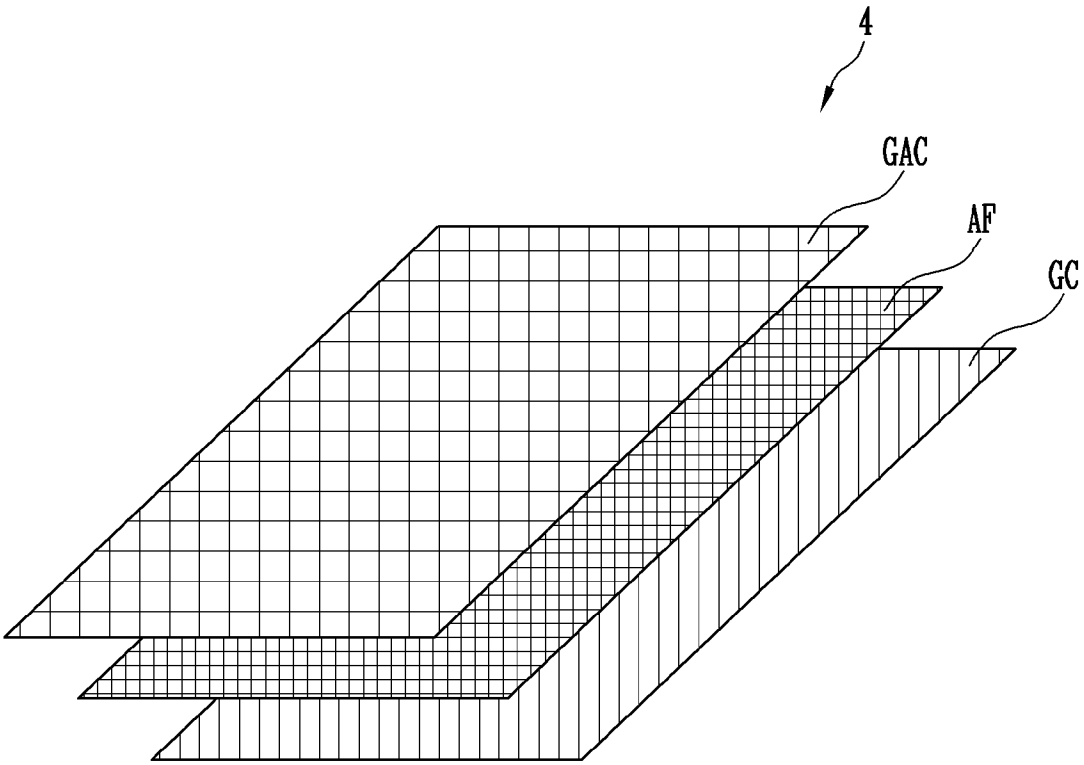
[도20]


Contour Plot
S-Global-Stress components(YY, Max)
Analysis system
6.500E+01
5.944E+01
5.389E+01
4.833E+01
4.278E+01
3.722E+01
3.167E+01
2.611E+01
2.056E+01
1.500E+01
No Result
Max = 4.121E+01
PART-1-1 203539
Min = 1.186E+01
PART-1-1 359541
Y
Z
X
4

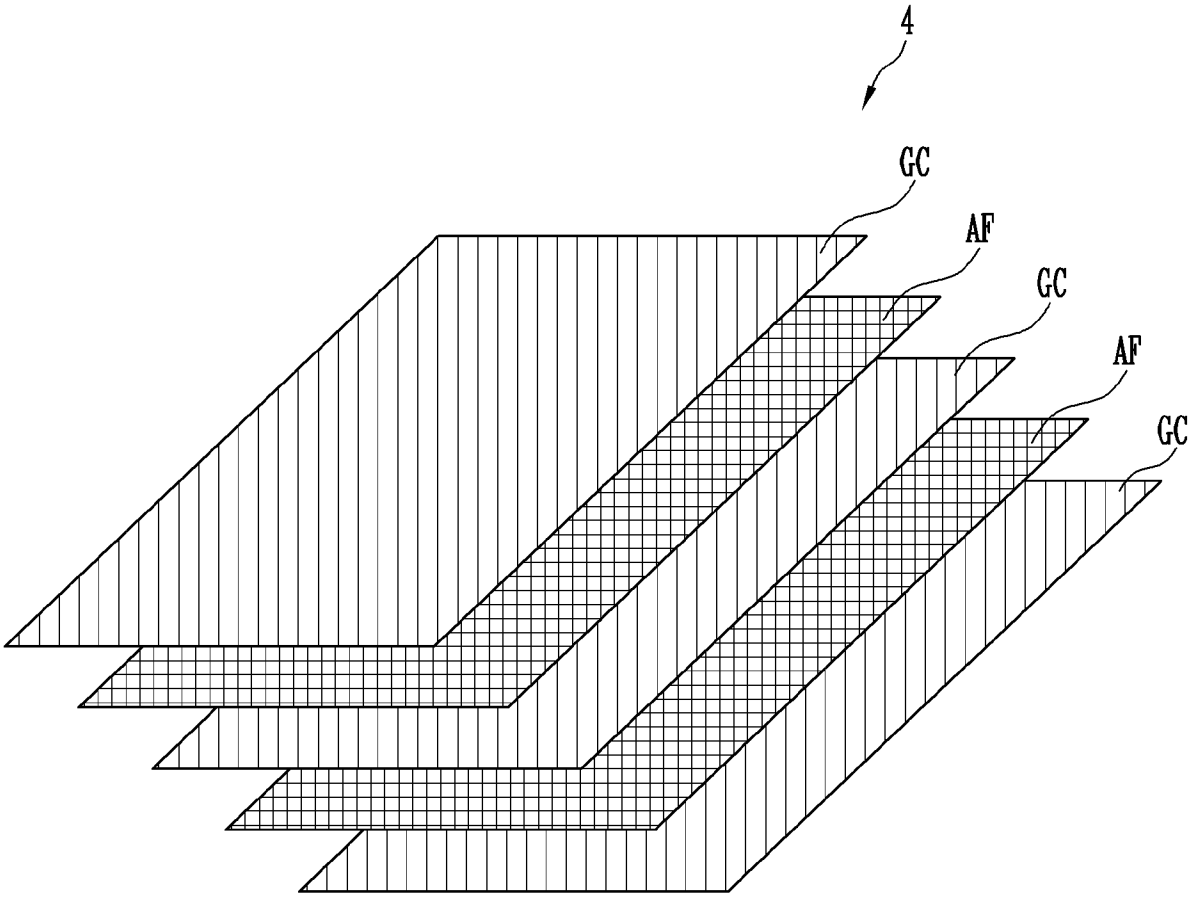
[도21]


선체의 취성파괴 확률
2차 방벽의 저온에서의 응력값
2차단열벽 두께 대비
연결단열벽의 두께
제1
케이스
제2
케이스
제3
케이스
제4
케이스

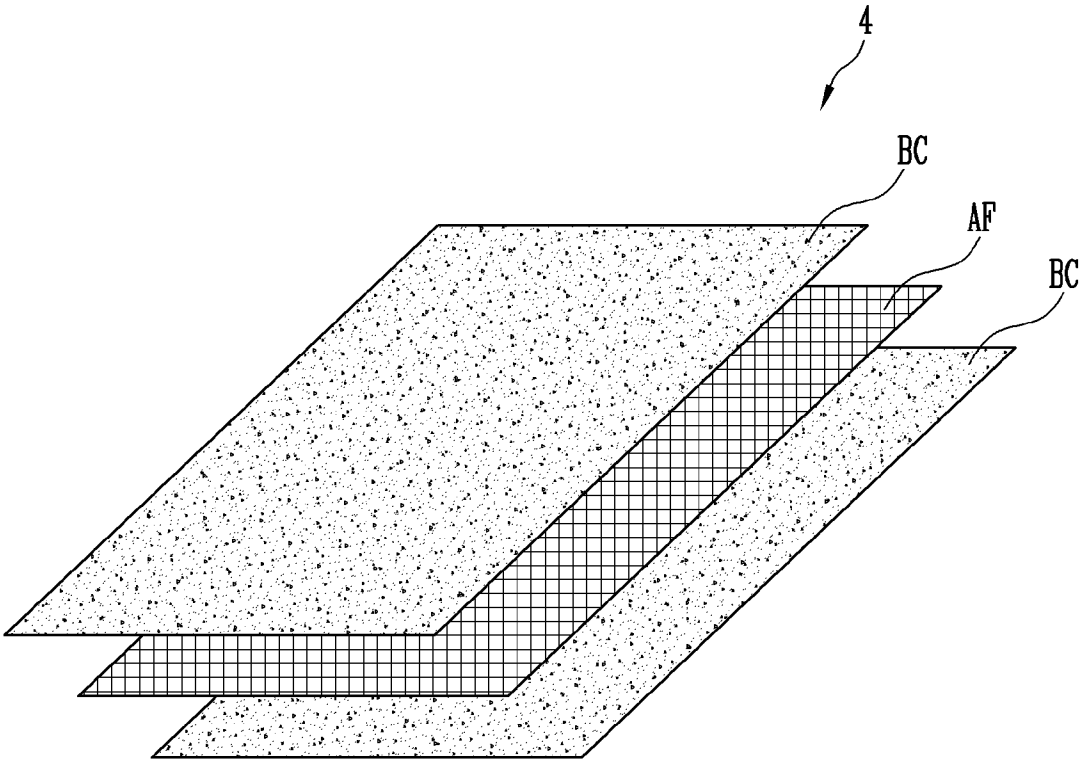
[도22]



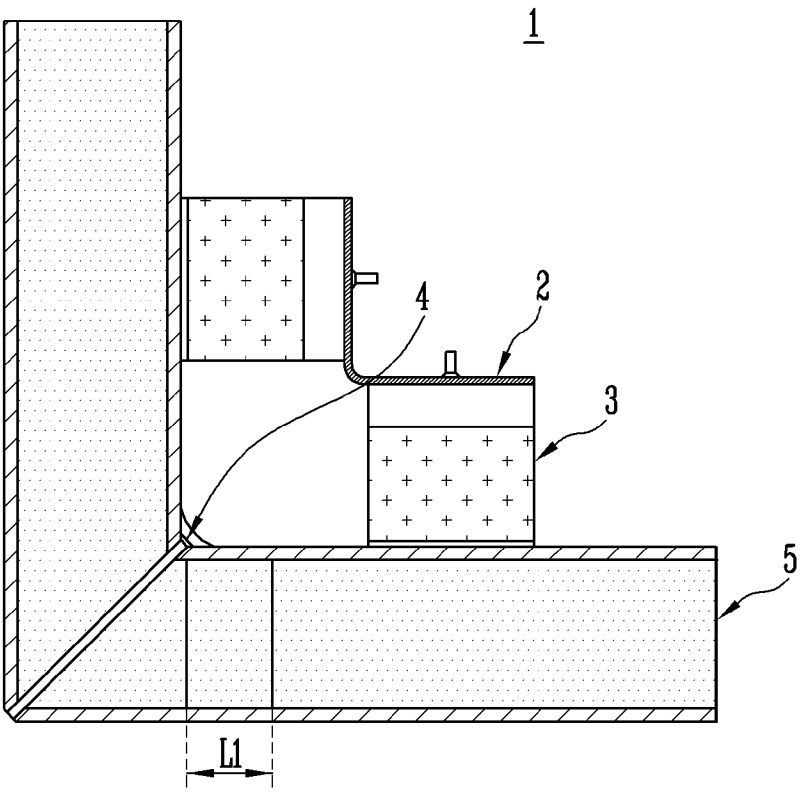
[도23]



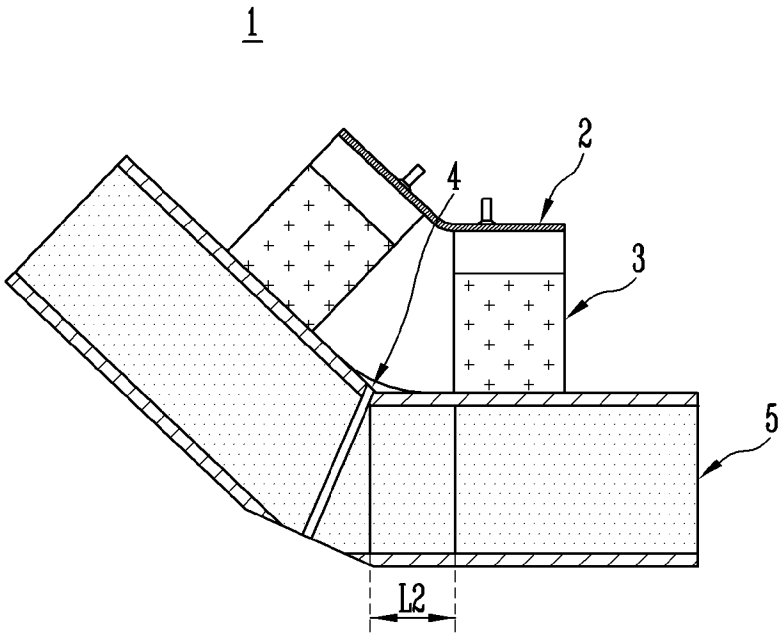
[도24]



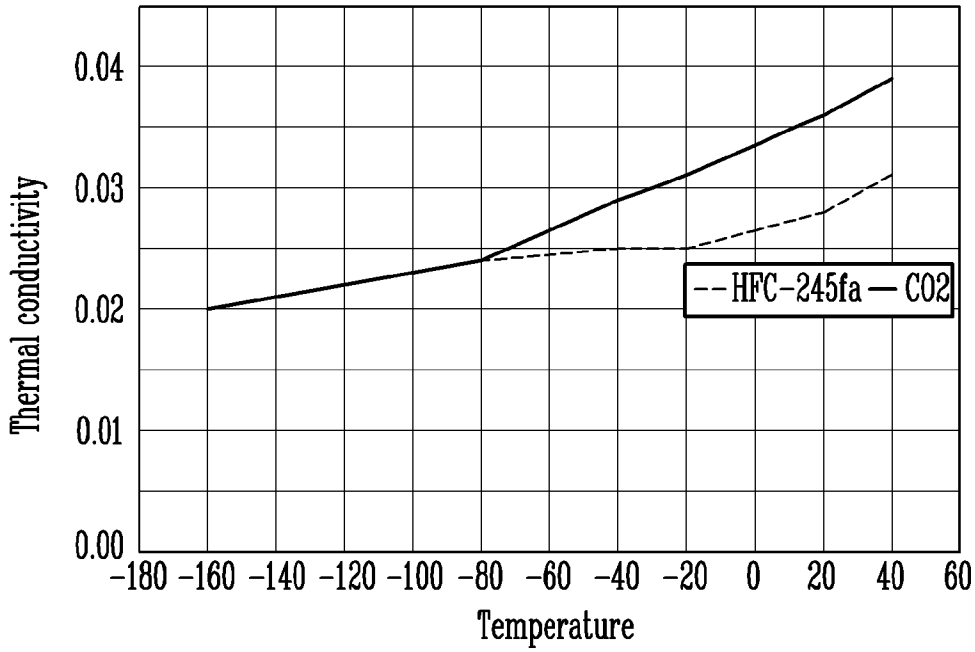
[도25]



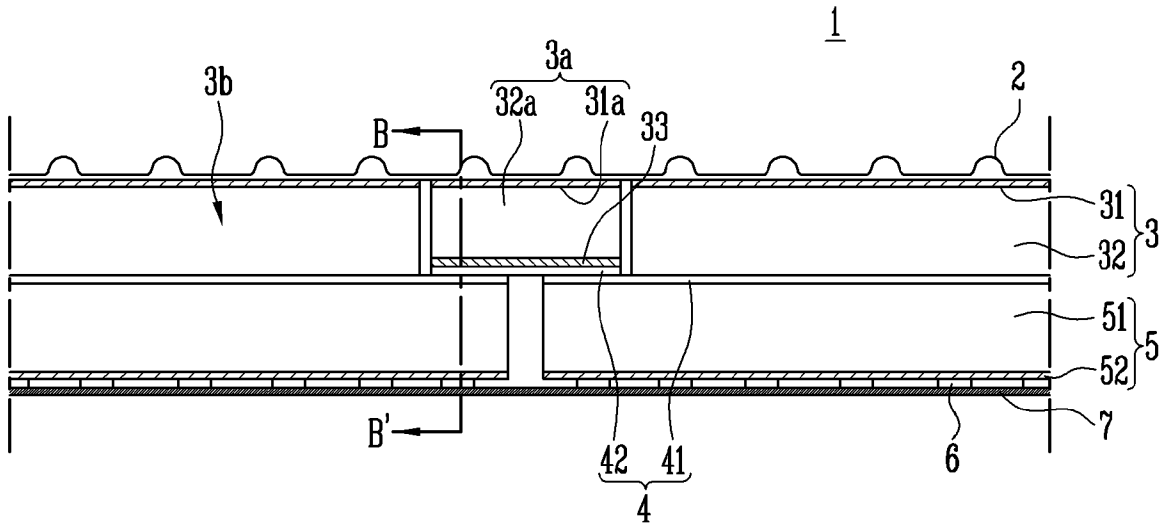
[도26]


1
2
4
3
5
L2

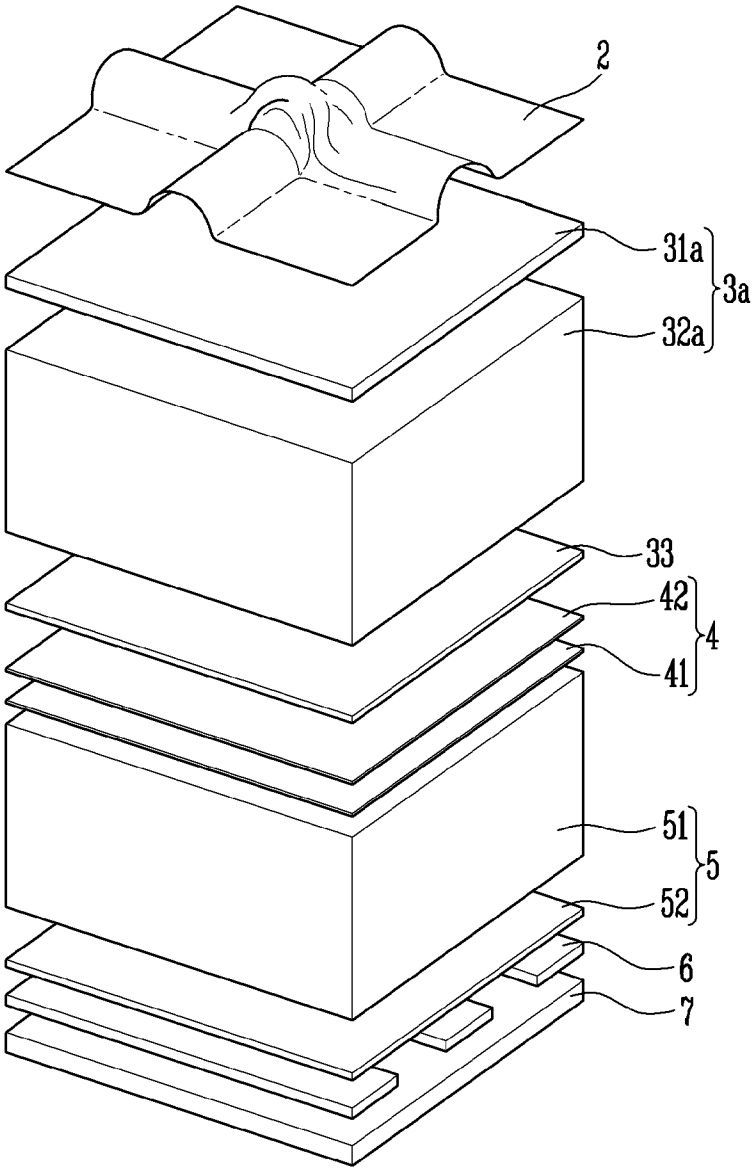
[도27]


0.04
0.03
0.02
0.01
0.00
Thermal conductivity
-180 -160 -140 -120 -100 -80 -60 -40 -20 0 20 40 60
Temperature
HFC-245fa
CO2

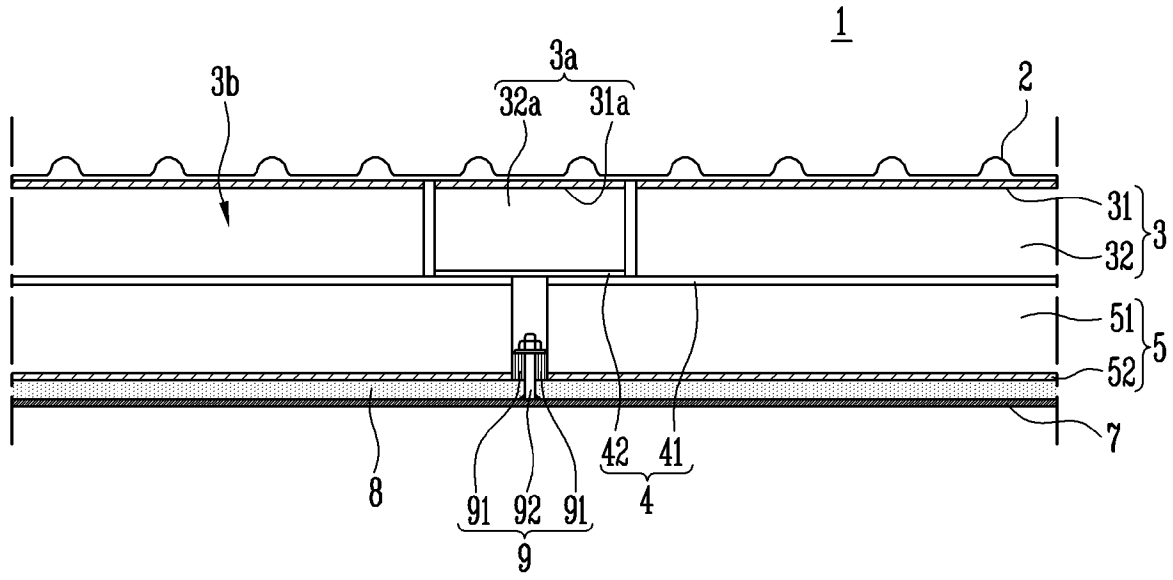
[도28]


1
3a
3b
32a
31a
33
2
B
31
32
3
51
52
5
7
B'
42
41
4
6

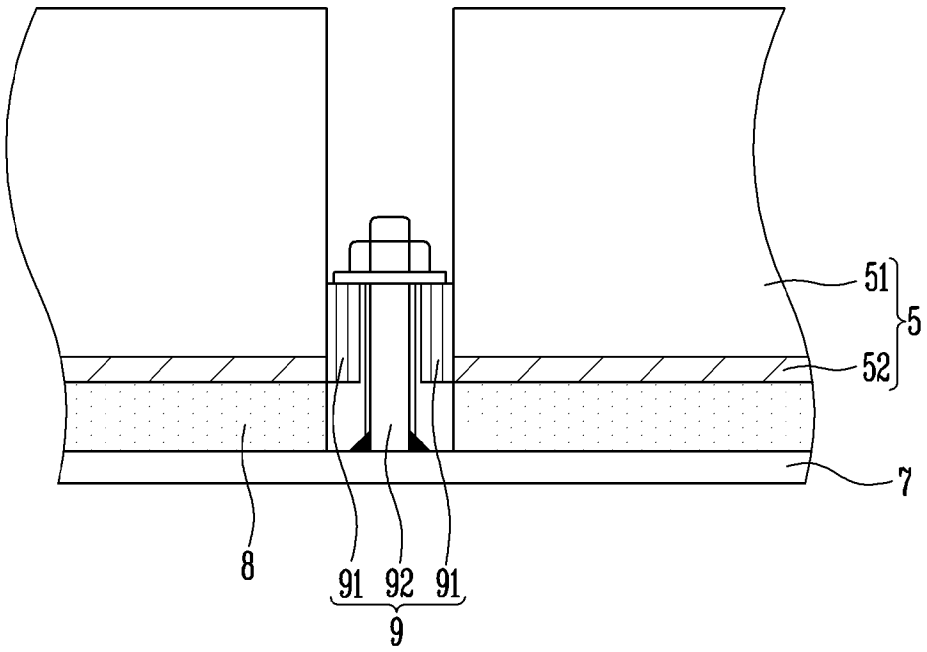
[도29]


2
31a
3a
32a
33
42
41
4
51
52
5
6
7

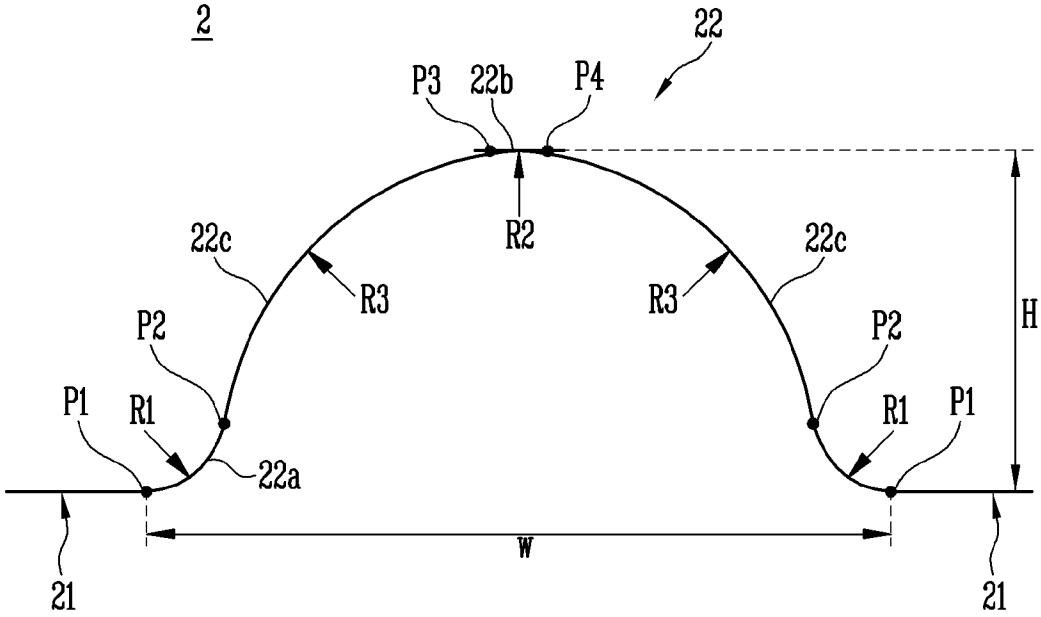
[도30]


1
3a
3b
32a
31a
2
31
32
3
51
52
5
7
42
41
4
8
91
92
91
9

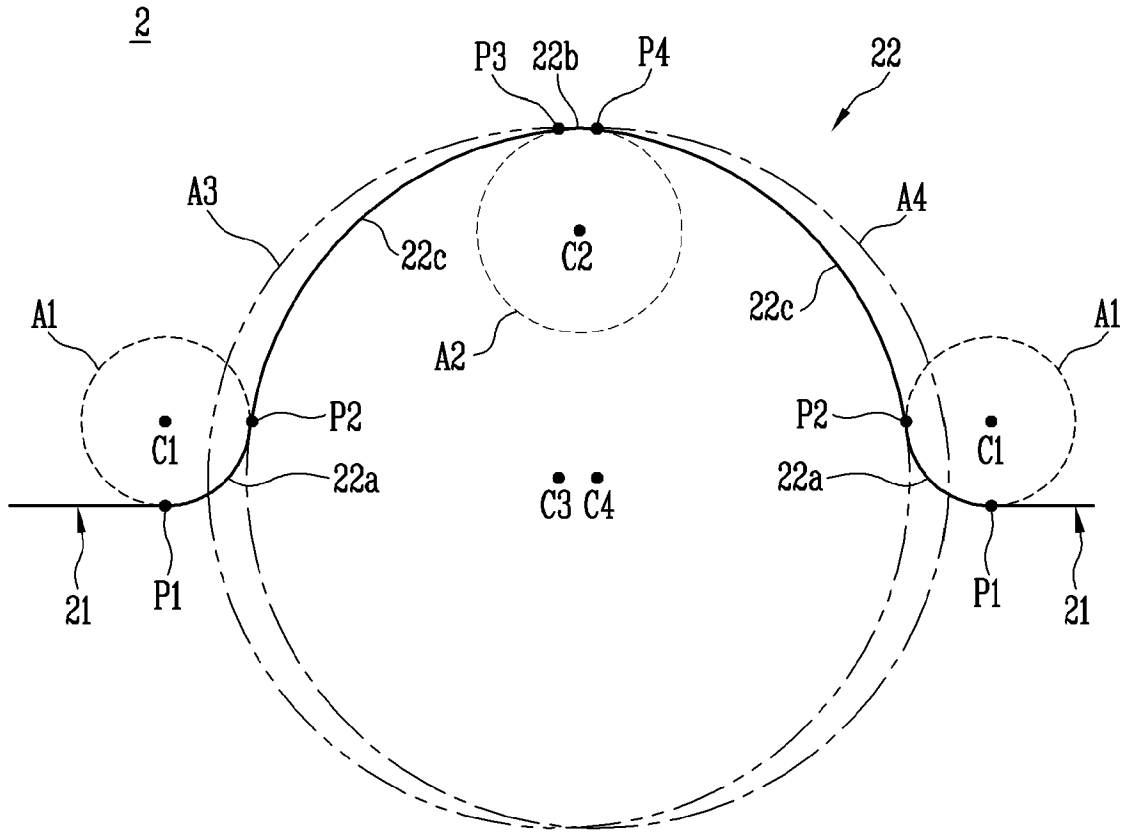
[도31]


51
5
52
7
8
91
92
91
9

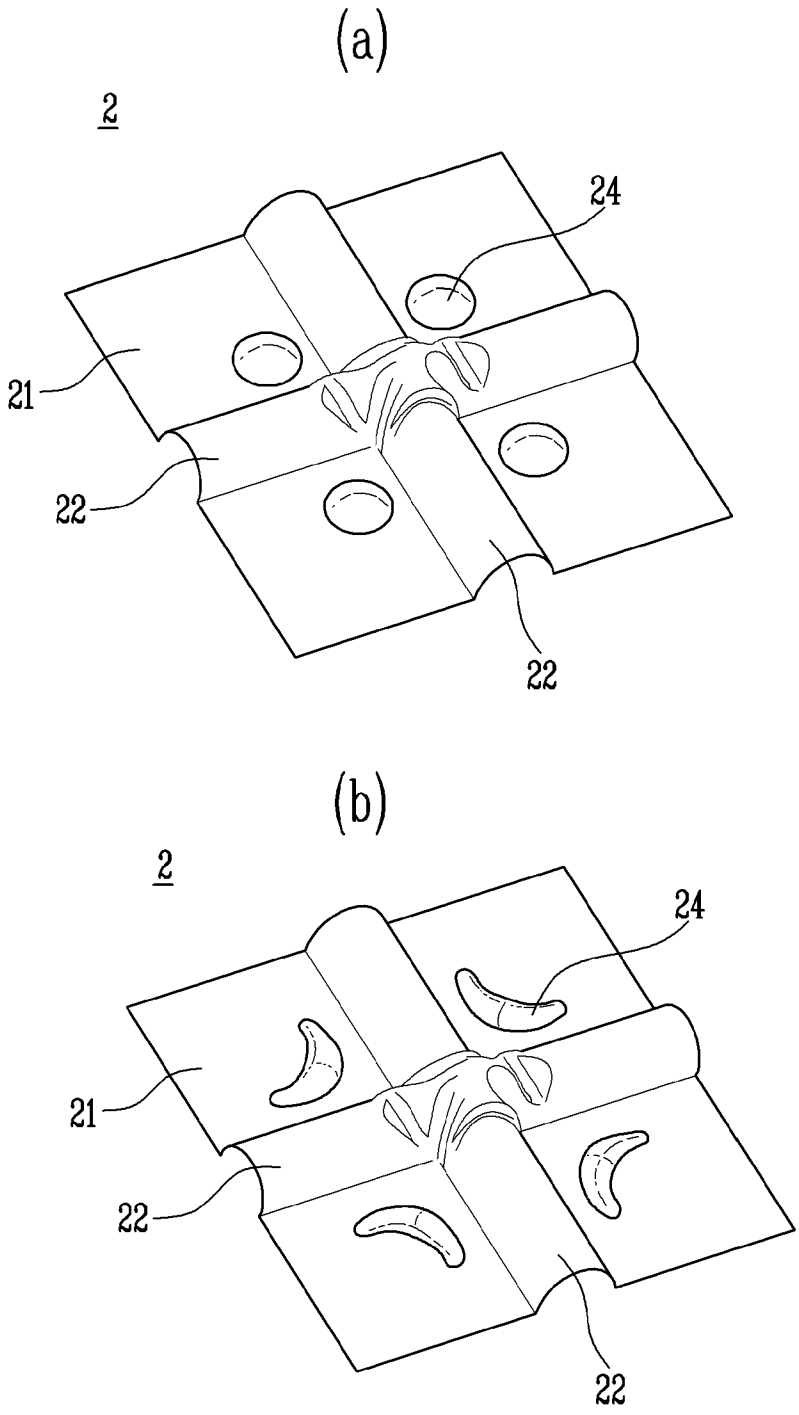
[도32]


2
22
P3
22b
P4
R2
22c
R3
R3
22c
H
P2
P2
P1
R1
R1
P1
22a
21
W
21

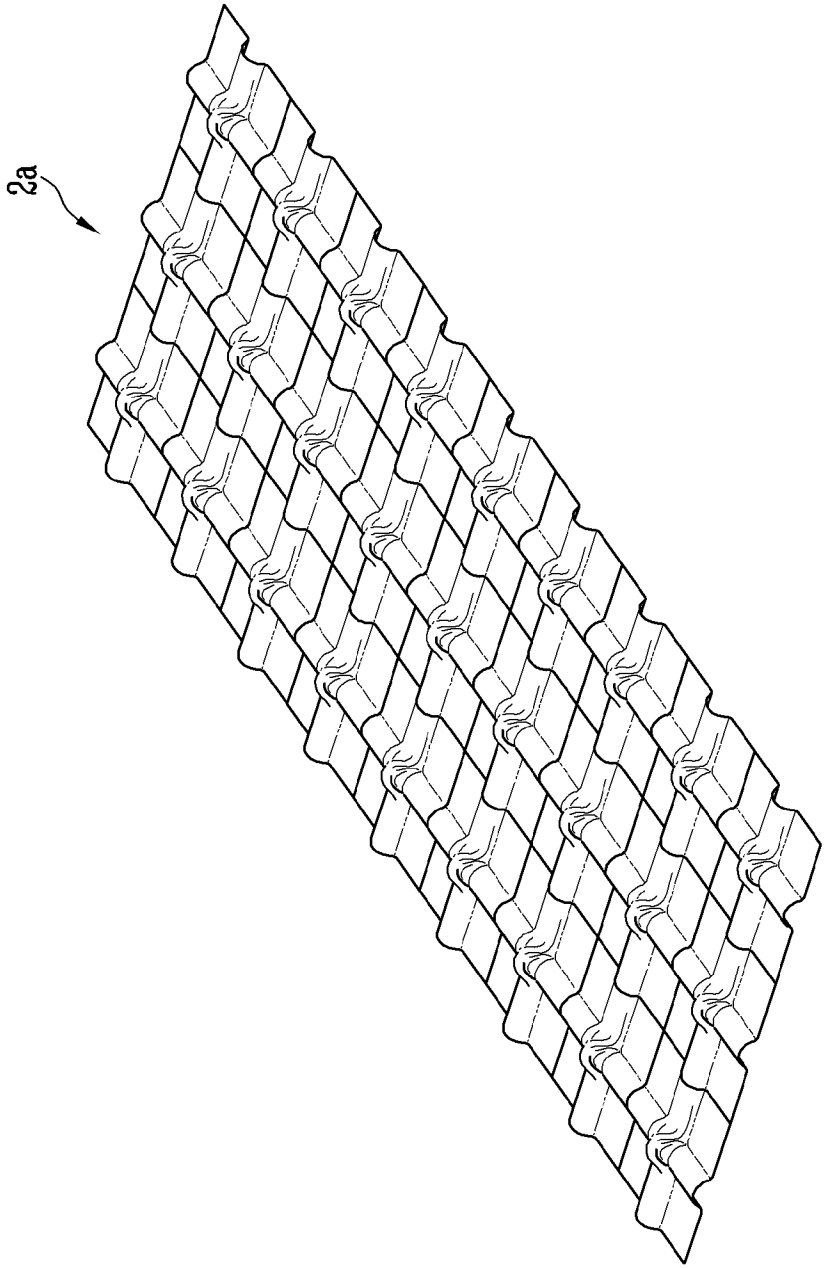
[도33]


2
P3
22b
P4
22
A3
22c
C2
A4
22c
A1
A2
A1
P2
P2
C1
C1
22a
22a
C3
C4
21
P1
P1
21

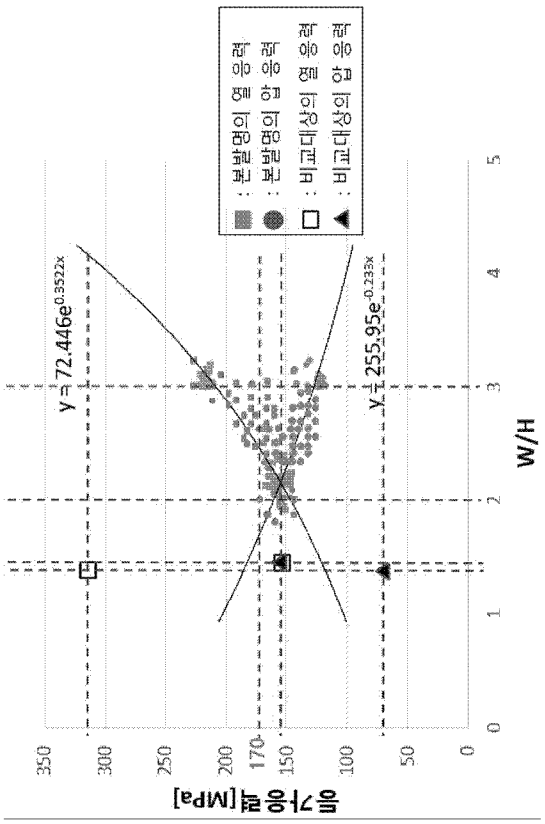
[도34]



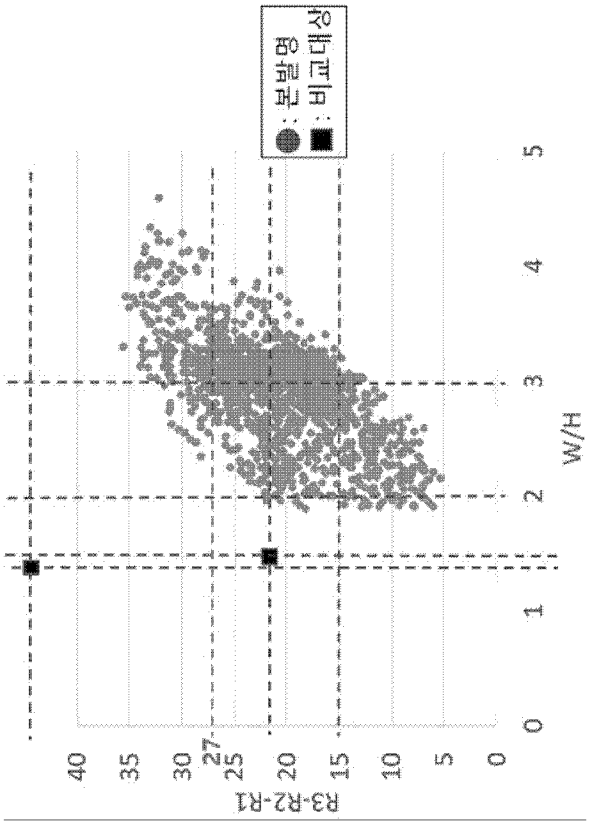
[도35]



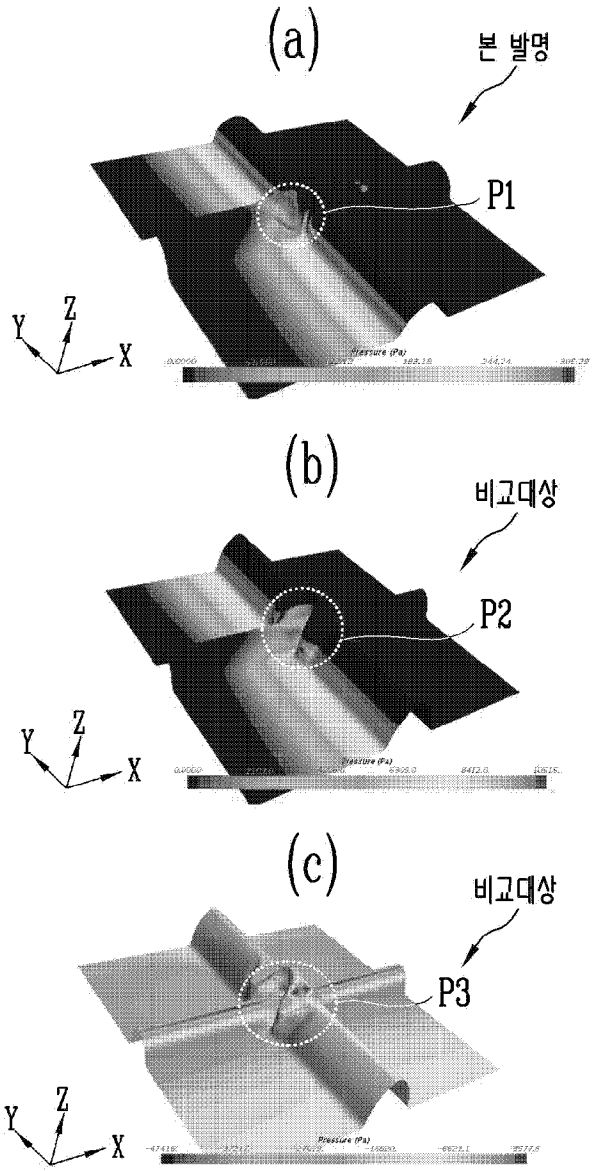
[도36]


등가응력[MPa]
W/H
y = 72.446e^0.3522x
y = 255.95e^-0.233x
: 본발명의 최대 응력
: 본발명의 최소 응력
: 비교대상의 최대 응력
: 비교대상의 최소 응력

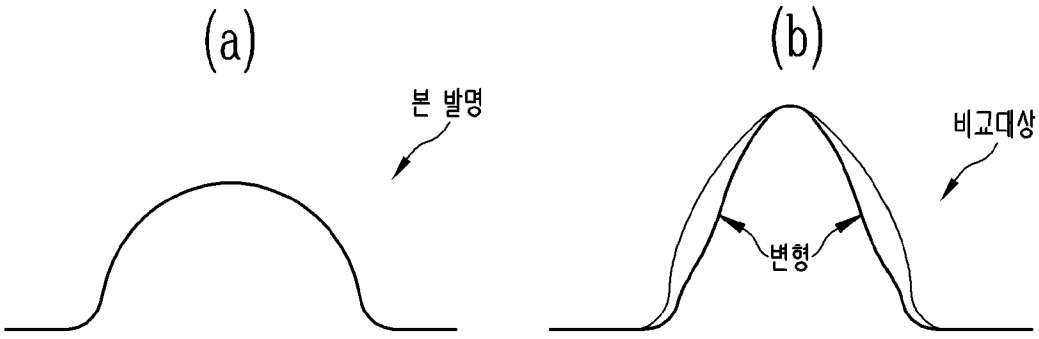
[도37]


R3-R2-R1
W/H
: 본발명
: 비교대상

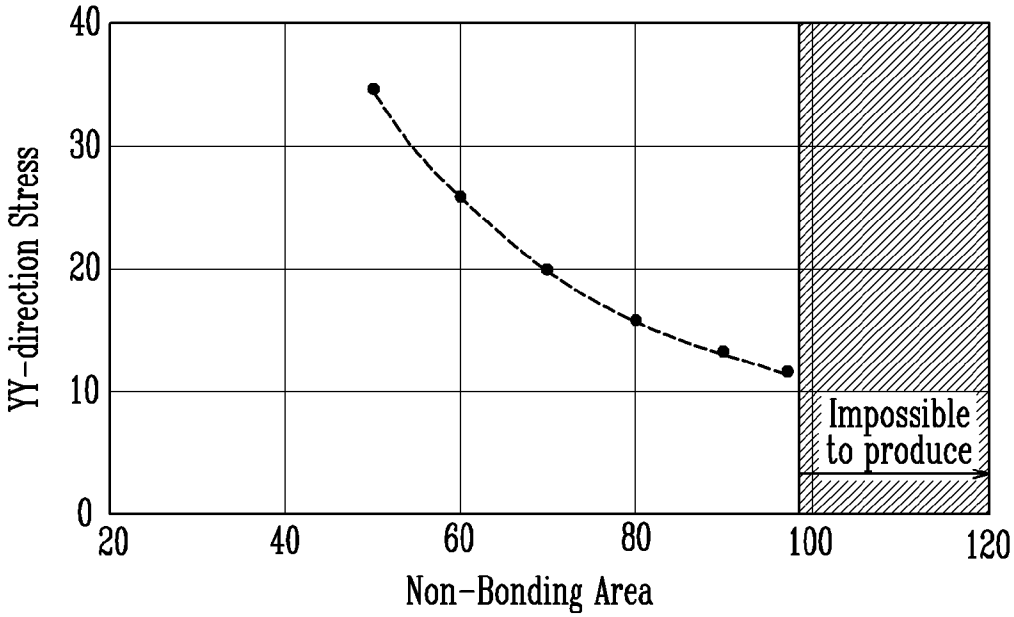
[도38]



[도39]



[도40]


40
30
20
10
0
YY-direction Stress
20
40
60
80
100
120
Non-Bonding Area
Impossible
to produce

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2021/008387

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B63B 25/16(2006.01)i; **F17C 3/02**(2006.01)i; **F17C 13/00**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B63B 25/16(2006.01); B63B 9/06(2006.01); B65D 90/06(2006.01); F17C 3/04(2006.01); F17C 5/00(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above
Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 저장탱크(storage tank), 방벽(barrier), 저온 부담(thermal stress), 두께(thickness), 곡률반경(radius of curvature), 곡면부(curved surface)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-0782737 B1 (HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.) 05 December 2007 (2007-12-05) See paragraphs [0057]-[0153] and figure 1.	1-12,21
A		13-20
Y	KR 10-1337642 B1 (SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD.) 05 December 2013 (2013-12-05) See paragraphs [0020]-[0026] and figures 1-2.	1-12,21
Y	KR 10-2014-0041971 A (HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.) 07 April 2014 (2014-04-07) See paragraph [0013].	1-11,21
Y	KR 10-1556259 B1 (SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD.) 30 September 2015 (2015-09-30) See paragraphs [0050]-[0052] and figures 8-10.	6-7
A	KR 10-1617036 B1 (SAMSUNG HEAVY IND. CO., LTD.) 02 May 2016 (2016-05-02) See paragraphs [0021]-[0038] and figure 3.	1-21

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
23 September 2021	**24 September 2021**

Name and mailing address of the ISA/KR	Authorized officer
Korean Intellectual Property Office **Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon 35208**	
Facsimile No. **+82-42-481-8578**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2021/008387

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
KR 10-0782737 B1	05 December 2007	CN 101688640 A	31 March 2010
		CN 101688640 B	08 June 2011
		ES 2383392 A1	20 June 2012
		ES 2383392 B1	03 May 2013
		JP 2010-528241 A	19 August 2010
		JP 5337796 B2	06 November 2013
		KR 10-0935516 B1	06 January 2010
		KR 10-2009-0046591 A	11 May 2009
		WO 2008-147003 A1	04 December 2008
KR 10-1337642 B1	05 December 2013	KR 10-2012-0013233 A	14 February 2012
KR 10-2014-0041971 A	07 April 2014	None	
KR 10-1556259 B1	30 September 2015	KR 10-2015-0045189 A	28 April 2015
KR 10-1617036 B1	02 May 2016	KR 10-2016-0001850 A	07 January 2016

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2021/008387

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

B63B 25/16(2006.01)i; **F17C 3/02**(2006.01)i; **F17C 13/00**(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

B63B 25/16(2006.01); B63B 9/06(2006.01); B65D 90/06(2006.01); F17C 3/04(2006.01); F17C 5/00(2006.01)

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 저장탱크(storage tank), 방벽(barrier), 저온 부담(thermal stress), 두께(thickness), 곡률반경(radius of curvature), 곡면부(curved surface)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-0782737 B1 (현대중공업 주식회사) 2007.12.05 단락 [0057]-[0153] 및 도면 1	1-12,21
A		13-20
Y	KR 10-1337642 B1 (삼성중공업 주식회사) 2013.12.05 단락 [0020]-[0026] 및 도면 1-2	1-12,21
Y	KR 10-2014-0041971 A (현대중공업 주식회사) 2014.04.07 단락 [0013]	1-11,21
Y	KR 10-1556259 B1 (삼성중공업 주식회사) 2015.09.30 단락 [0050]-[0052] 및 도면 8-10	6-7
A	KR 10-1617036 B1 (삼성중공업 주식회사) 2016.05.02 단락 [0021]-[0038] 및 도면 3	1-21

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☑ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

"A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌
"D" 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌
"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌
"L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌
"O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌
"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌
"T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌
"X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.
"Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.
"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2021년09월23일(23.09.2021)	**2021년09월24일(24.09.2021)**

ISA/KR의 명칭 및 우편주소	심사관
대한민국 특허청 **(35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)**	**방승훈**
팩스 번호 **+82-42-481-8578**	전화번호 **+82-42-481-5560**

국 제 조 사 보 고 서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2021/008387

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-0782737 B1	2007/12/05	CN 101688640 A	2010/03/31
		CN 101688640 B	2011/06/08
		ES 2383392 A1	2012/06/20
		ES 2383392 B1	2013/05/03
		JP 2010-528241 A	2010/08/19
		JP 5337796 B2	2013/11/06
		KR 10-0935516 B1	2010/01/06
		KR 10-2009-0046591 A	2009/05/11
		WO 2008-147003 A1	2008/12/04
KR 10-1337642 B1	2013/12/05	KR 10-2012-0013233 A	2012/02/14
KR 10-2014-0041971 A	2014/04/07	없음	
KR 10-1556259 B1	2015/09/30	KR 10-2015-0045189 A	2015/04/28
KR 10-1617036 B1	2016/05/02	KR 10-2016-0001850 A	2016/01/07