



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년02월09일  
(11) 등록번호 10-2496987  
(24) 등록일자 2023년02월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B63B 25/16 (2006.01) B63B 17/00 (2006.01)  
B63H 21/38 (2006.01) B63J 2/12 (2006.01)  
F25J 1/00 (2006.01) F25J 1/02 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
B63B 25/16 (2013.01)  
B63B 17/0027 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2021-0165891  
(22) 출원일자 2021년11월26일  
심사청구일자 2021년11월26일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020130050640 A  
KR1020210126800 A  
KR1020200135593 A

(73) 특허권자  
한국과학기술원  
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)  
(72) 발명자  
장대준  
대전광역시 유성구 대학로 291  
이진광  
대전광역시 유성구 대학로 291  
(74) 대리인  
특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 10 항

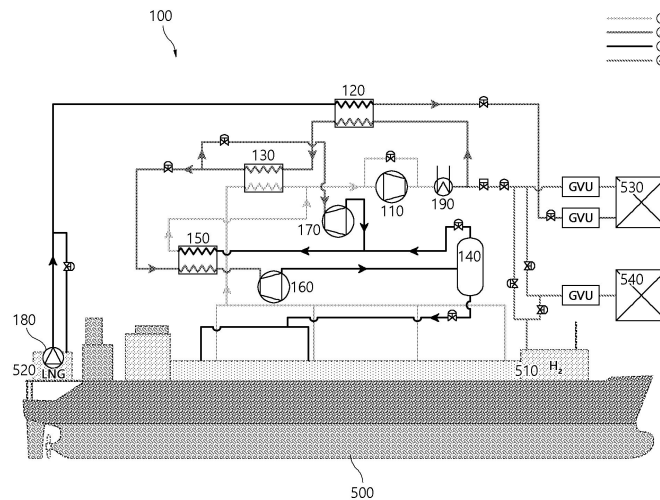
심사관 : 권중오

(54) 발명의 명칭 액화수소 운반선의 수소증발가스 재액화 장치

(57) 요약

본 발명은 액화수소 운반선의 수소증발가스 재액화 장치에 관한 것이다. 본 발명의 목적은 액화수소 운반선에서 수소증발가스 재액화에 별도의 동력이나 연료를 소비하지 않고, 추진에 사용될 LNG의 냉열을 이용하여 수소증발가스를 고효율 및 무냉매로 재액화할 수 있도록 하는, 액화수소 운반선의 수소증발가스 재액화 장치를 제공함에 있다. 특히 본 발명의 목적은, 실제 액화수소 운반선에 적용하여 실현할 수 있을 만큼 과도하게 복잡하지 않으면서 충분한 효율을 얻을 수 있는, 액화수소 운반선의 수소증발가스 재액화 장치를 제공함에 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

*B63H 21/38* (2013.01)

*B63J 2/12* (2013.01)

*F25J 1/0025* (2013.01)

*F25J 1/008* (2019.08)

*F25J 1/0262* (2013.01)

*F17C 2265/034* (2013.01)

*F25J 2210/90* (2013.01)

*F25J 2215/10* (2013.01)

*F25J 2230/30* (2013.01)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

액화수소를 저장하는 수소저장부(510), LNG를 저장하는 LNG저장부(520), 액화수소 및 LNG로 구동되는 주추진기관(530), 액화수소로 구동되는 보조기관(540)을 포함하는 액화수소 운반선(500)에 구비되며, 상기 수소저장부(510)에 저장된 액화수소가 증발하여 발생하는 수소증발가스를 재액화하는 수소증발가스 재액화 장치(100)에 있어서,

상기 수소저장부(510)에서 발생하는 수소증발가스를 공급받아 압축하는 압축기(110);

상기 압축기(110)에서 압축된 수소증발가스 및 상기 LNG저장부(520)에서 상기 주추진기관(530) 및 상기 보조기관(540)으로 전달되는 경로 상의 LNG를 서로 열교환시키는 예냉열교환기(120);

상기 예냉열교환기(120)에서 열교환된 수소증발가스 및 상기 수소저장부(510)에서 상기 압축기(110)로 전달되는 경로 상의 수소증발가스를 서로 열교환시키는 제1열교환기(130);

수소증발가스 및 액화수소의 혼합물을 공급받아 기액분리하여 액화수소를 상기 수소저장부(510)로 전달하는 기액분리기(140);

상기 제1열교환기(130)에서 열교환된 수소증발가스 일부 및 상기 기액분리기(140)에서 제공되는 수소증발가스를 서로 열교환시키는 제2열교환기(150);

상기 제2열교환기(150)에서 열교환된 수소증발가스를 재액화시켜 상기 기액분리기(140)로 전달하는 제1팽창수단(160);

상기 제1열교환기(130)에서 열교환된 수소증발가스 나머지 일부를 재액화시켜 상기 기액분리기(140)에서 제공되는 수소증발가스와 함께 상기 제2열교환기(150)로 전달하는 제2팽창수단(170);

을 포함하는 것을 특징으로 하는 수소증발가스 재액화 장치.

**청구항 2**

제 1항에 있어서, 상기 수소증발가스 재액화 장치(100)는,

상기 제1팽창수단(160)에 의한 재액화에 소비되는 에너지가 저감되도록,

상기 수소저장부(510)에서 발생하는 수소증발가스가 상기 예냉열교환기(120)에 의하여 LNG의 냉열로 미리 냉각되도록 형성되는 것을 특징으로 하는 수소증발가스 재액화 장치.

**청구항 3**

제 1항에 있어서, 상기 수소증발가스 재액화 장치(100)는,

상기 수소저장부(510)에서 발생하는 수소증발가스가 상기 예냉열교환기(120), 상기 제1열교환기(130), 상기 제2열교환기(150)를 순차적으로 통과하면서 단계적으로 냉각된 후 상기 제1팽창수단(160)으로 전달되는 메인흐름경로(A) 및

상기 LNG저장부(520)에서 공급되는 LNG가 상기 주추진기관(530) 및 상기 보조기관(540)으로 전달되는 냉열흐름경로(C)를 포함하며,

상기 메인흐름경로(A) 및 상기 냉열흐름경로(C) 간의 열교환에 의하여 상기 메인흐름경로(A)를 따라 흘러가는 수소증발가스가 LNG의 냉열로 최대역전온도 이하로 미리 냉각됨으로써, 상기 제1팽창수단(160)에 의한 재액화에 소비되는 에너지가 저감되는 것을 특징으로 하는 수소증발가스 재액화 장치.

**청구항 4**

제 3항에 있어서, 상기 메인흐름경로(A)에서는,  
 상기 예냉열교환기(120)에서 LNG의 냉열로 냉각이 수행되고,  
 상기 제1열교환기(130)에서 압축되기 전의 수소증발가스의 냉열로 냉각이 수행되고,  
 상기 제2열교환기(150)에서 냉각된 후 기액분리된 수소증발가스의 냉열로 냉각이 수행되는 것을 특징으로 하는 수소증발가스 재액화 장치.

**청구항 5**

제 3항에 있어서, 상기 수소증발가스 재액화 장치(100)는,  
 상기 제1열교환기(130)에서 배출된 수소증발가스 일부는 상기 메인흐름경로(A)를 따라 상기 제2열교환기(150)로 전달되되,  
 상기 제1열교환기(130)에서 배출된 수소증발가스 나머지 일부는 상기 메인흐름경로(A)로부터 분기되어, 상기 제2팽창수단(170)를 통과하며 온도가 저감되고, 상기 기액분리기(140)에서 제공되는 수소증발가스와 합류하여 상기 제2열교환기(150)를 통과하며 열교환한 후, 상기 제1열교환기(130)에서 배출된 수소증발가스가 상기 압축기(110)로 전달되는 경로 상에서 상기 메인흐름경로(A)와 다시 합류하는, 서브흐름경로(B)를 포함하며,  
 상기 서브흐름경로(B)에 의하여 상기 제1팽창수단(160) 전단의 온도저감정도가 조절되도록 함으로써 재액화효율이 조절되도록 형성되는 것을 특징으로 하는 수소증발가스 재액화 장치.

**청구항 6**

제 1항에 있어서, 상기 수소증발가스 재액화 장치(100)는,  
 상기 예냉열교환기(120), 상기 제1열교환기(130), 상기 제2열교환기(150)가 순차적으로 배열되어 단일 개의 케이스 내에 함께 수용되는 것을 특징으로 하는 수소증발가스 재액화 장치.

**청구항 7**

제 1항에 의한 수소증발가스 재액화 장치(100)를 이용한 수소증발가스 재액화 방법에 있어서,  
 상기 LNG저장부(520)에서 상기 주추진기관(530) 및 상기 보조기관(540)으로 LNG가 전달되는 냉열흐름단계;  
 상기 수소저장부(510)에서 발생하는 수소증발가스가 상기 압축기(110)로 전달되어 압축되는 압축단계;  
 상기 압축기(110)에서 압축된 수소증발가스 및 상기 LNG저장부(520)에서 상기 주추진기관(530) 및 상기 보조기관(540)으로 전달되는 경로 상의 LNG가 상기 예냉열교환기(120)에서 열교환되는 예냉단계;  
 상기 예냉열교환기(120)에서 열교환된 수소증발가스 및 상기 수소저장부(510)에서 상기 압축기(110)로 전달되는 경로 상의 수소증발가스가 상기 제1열교환기(130)에서 열교환되는 제1열교환단계;  
 상기 제1열교환기(130)에서 열교환된 수소증발가스 일부 및 상기 기액분리기(140)에서 제공되는 수소증발가스가 상기 제2열교환기(150)에서 열교환되는 제2열교환단계;  
 상기 제1열교환기(130)에서 열교환된 수소증발가스 나머지 일부가 상기 제2팽창수단(170)에서 재액화되는 제2팽창단계;  
 상기 제2열교환기(150)에서 열교환된 수소증발가스가 상기 제1팽창수단(160)에서 재액화되는 제1팽창단계;  
 상기 제1팽창수단(160)에서 재액화된 수소증발가스 및 액화수소의 혼합물이 상기 기액분리기(140)에서 기액분리

되는 기액분리단계;

상기 기액분리기(140)에서 분리된 액화수소가 상기 수소저장부(510)로 회귀되는 회귀단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 수소증발가스 재액화 방법.

### 청구항 8

제 7항에 있어서, 상기 제2열교환단계는,

상기 기액분리기(140)에서 제공되는 수소증발가스와 함께 상기 제2팽창단계에서 팽창되어 온도가 저감된 수소증발가스가 상기 제2열교환기(150)로 제공되어 열교환이 이루어지는 것을 특징으로 하는 수소증발가스 재액화 방법.

### 청구항 9

제 8항에 있어서, 상기 압축단계는,

상기 수소저장부(510)에서 발생되는 수소증발가스가 상기 제1열교환기(130)를 먼저 통과하여 상기 압축기(110)로 공급되는 것을 특징으로 하는 수소증발가스 재액화 방법.

### 청구항 10

제 9항에 있어서, 상기 압축단계는,

상기 기액분리기(140)에서 제공되는 수소증발가스 및 상기 제2팽창단계에서 팽창되어 온도가 저감된 수소증발가스가 상기 제2열교환기(150)를 통과하여 나온 후 상기 압축기(110)로 더 공급되는 것을 특징으로 하는 수소증발가스 재액화 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 액화수소 운반선의 수소증발가스 재액화 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 액화수소 운반선에서 수소증발가스 재액화에 별도의 동력이나 연료를 소비하지 않고 냉열을 이용하여 증발가스를 고효율 및 무냉매로 재액화할 수 있도록 하는, 수소증발가스 재액화 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 환경오염 등의 문제가 점점 심각해짐에 따라 탈 탄소 시대가 도래하였으며, 이에 따라 다양한 대체에너지에 대한 관심 및 필요가 급증하고 있다. 특히 수소에너지의 경우, 수소에너지의 원료가 되는 물은 지구상에 풍부하게 존재하며 수소를 연소시켜도 산소와 결합하여 극소량의 질소 및 물로 변하므로 공해물질로 인한 환경오염 염려가 없어, 주요 대체에너지로서 매우 중요하게 고려되고 있다. 국내에서도 수소에너지에 대한 관심이 매우 높으며, 국내 그린(green) 수소 생산에 한계가 있음을 파악하여 2035년까지 해외로부터 수소에너지를 수입해올 것을 적극 검토하고 있는 실정이다.

[0003] 장거리 수소 이송기술로는, 암모니아 이송기술, LOHC(액상유기물수소운반체) 이송기술, 액화수소 이송기술 등이 있는데, 현재 막대한 자금력을 가지고 있는 기존 국제 석유자본(oil majors)들에서는 액화수소 이송기술에 가장 관심이 많은 것으로 알려져 있다. 이에 액화수소의 대륙 간(호주/유럽 ↔ 아시아 등) 장거리 수송에 필요한 액화수소 운반선 개발이 활발하게 논의되고 있다.

[0004] 종래에도 다른 액화연료, 즉 LNG 운반선 등이 운용되어 왔는데, 이러한 액화연료 운반선의 운반과정에서 장시간의 시간지체 및 환경변화 등으로 인하여 증발가스가 발생하는 것은 불가피하다. 이에 따라 LNG 운반선 등에서도 증발가스를 재액화시키는 시스템이 구축되어 있다. 이 때, 운반선에서 사용가능한 에너지의 양이 매우 한정되어 있기 때문에, 증발가스를 재액화시키는 시스템의 경우 최대한 별도연료를 소비하지 않으면서도 효과적으로 재액

화를 실현하기 위하여 매우 다양한 개발 연구가 진행되어 왔다.

[0005] 액화수소 운반선의 경우에도 마찬가지로, 이러한 증발가스 재액화 시스템이 반드시 구비되어야 함은 자명하다. 그런데 종래의 LNG 등과 액화수소는 작동온도범위 등이 전혀 상이하기 때문에, 종래의 재액화 시스템을 그대로 활용하기는 어렵고, 액화수소에 맞게 새롭게 개발되어야 한다. 그러나 아직까지 액화수소 운반선 자체가 존재하지 않는 바, 액화수소 증발가스 재액화 시스템 연구는 실용적이라기보다는 학문적인 연구단계에 있는 상태이다. "Analysis and assessment of partial re-liquefaction system for liquefied hydrogen tankers using liquefied natural gas (LNG) and H2 hybrid Propulsion"(Hyunyoung Lee et al., International Journal of Hydrogen Energy 44, 2019)에도 액화수소 재액화 시스템 사이클의 한 예시가 개시된 바 있으나, 효율을 높이기 위한 학문적 목적으로 연구된 것이니만큼 구성이 매우 복잡하고 현실화하기 어려운 한계가 있다.

**선행기술문헌**

**비특허문헌**

[0006] (비특허문헌 0001) 1. "Analysis and assessment of partial re-liquefaction system for liquefied hydrogen tankers using liquefied natural gas (LNG) and H2 hybrid Propulsion"(Hyunyoung Lee et al., International Journal of Hydrogen Energy 44, 2019)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0007] 따라서, 본 발명은 상기한 바와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 액화수소 운반선에서 수소증발가스 재액화에 별도의 동력이나 연료를 소비하지 않고, 추진에 사용될 LNG의 냉열을 이용하여 수소증발가스를 고효율 및 무냉매로 재액화할 수 있도록 하는, 액화수소 운반선의 수소증발가스 재액화 장치를 제공함에 있다. 특히 본 발명의 목적은, 실제 액화수소 운반선에 적용하여 실현할 수 있을 만큼 과도하게 복잡하지 않으면서 충분한 효율을 얻을 수 있는, 액화수소 운반선의 수소증발가스 재액화 장치를 제공함에 있다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 액화수소 운반선의 수소증발가스 재액화 장치(100)는, 액화수소를 저장하는 수소저장부(510), LNG를 저장하는 LNG저장부(520), 액화수소 및 LNG로 구동되는 주추진기관(530), 액화수소로 구동되는 보조기관(540)을 포함하는 액화수소 운반선(500)에 구비되며, 상기 수소저장부(510)에 저장된 액화수소가 증발하여 발생하는 수소증발가스를 재액화하는 수소증발가스 재액화 장치(100)에 있어서, 상기 수소저장부(510)에서 발생하는 수소증발가스를 공급받아 압축하는 압축기(110); 상기 압축기(110)에서 압축된 수소증발가스 및 상기 LNG저장부(520)에서 상기 주추진기관(530) 및 상기 보조기관(540)으로 전달되는 경로 상의 LNG를 서로 열교환시키는 예냉열교환기(120); 상기 예냉열교환기(120)에서 열교환된 수소증발가스 및 상기 수소저장부(510)에서 상기 압축기(110)로 전달되는 경로 상의 수소증발가스를 서로 열교환시키는 제1열교환기(130); 수소증발가스 및 액화수소의 혼합물을 공급받아 기액분리하여 액화수소를 상기 수소저장부(510)로 전달하는 기액분리기(140); 상기 제1열교환기(130)에서 열교환된 수소증발가스 일부 및 상기 기액분리기(140)에서 제공되는 수소증발가스를 서로 열교환시키는 제2열교환기(150); 상기 제2열교환기(150)에서 열교환된 수소증발가스를 재액화시켜 상기 기액분리기(140)로 전달하는 제1팽창수단(160); 상기 제1열교환기(130)에서 열교환된 수소증발가스 나머지 일부를 재액화시켜 상기 기액분리기(140)에서 제공되는 수소증발가스와 함께 상기 제2열교환기(150)로 전달하는 제2팽창수단(170); 을 포함할 수 있다.

[0009] 이 때 상기 수소증발가스 재액화 장치(100)는, 상기 제1팽창수단(160)에 의한 재액화에 소비되는 에너지가 저감되도록, 상기 수소저장부(510)에서 발생하는 수소증발가스가 상기 예냉열교환기(120)에 의하여 LNG의 냉열로 미리 냉각되도록 형성될 수 있다.

[0010] 또한 상기 수소증발가스 재액화 장치(100)는, 상기 수소저장부(510)에서 발생하는 수소증발가스가 상기 예냉열교환기(120), 상기 제1열교환기(130), 상기 제2열교환기(150)를 순차적으로 통과하면서 단계적으로 냉각된 후 상기 제1팽창수단(160)으로 전달되는 메인흐름경로(A) 및 상기 LNG저장부(520)에서 공급되는 LNG가 상기 주추진

기관(530) 및 상기 보조기관(540)으로 전달되는 냉열흐름경로(C)를 포함하며, 상기 메인흐름경로(A) 및 상기 냉열흐름경로(C) 간의 열교환에 의하여 상기 메인흐름경로(A)를 따라 흘러가는 수소증발가스가 LNG의 냉열로 최대 역전온도 이하로 미리 냉각됨으로써, 상기 제1팽창수단(160)에 의한 재액화에 소비되는 에너지가 저감될 수 있다.

[0011] 이 때 상기 메인흐름경로(A)에서는, 상기 예냉열교환기(120)에서 LNG의 냉열로 냉각이 수행되고, 상기 제1열교환기(130)에서 압축되기 전의 수소증발가스의 냉열로 냉각이 수행되고, 상기 제2열교환기(150)에서 냉각된 후기액분리된 수소증발가스의 냉열로 냉각이 수행될 수 있다.

[0012] 또한 상기 수소증발가스 재액화 장치(100)는, 상기 제1열교환기(130)에서 배출된 수소증발가스 일부는 상기 메인흐름경로(A)를 따라 상기 제2열교환기(150)로 전달되되, 상기 제1열교환기(130)에서 배출된 수소증발가스 나머지 일부는 상기 메인흐름경로(A)로부터 분기되어, 상기 제2팽창수단(170)를 통과하며 온도가 저감되고, 상기 기액분리기(140)에서 제공되는 수소증발가스와 합류하여 상기 제2열교환기(150)를 통과하며 열교환한 후, 상기 제1열교환기(130)에서 배출된 수소증발가스가 상기 압축기(110)로 전달되는 경로 상에서 상기 메인흐름경로(A)와 다시 합류하는, 서브흐름경로(B)를 포함하며, 상기 서브흐름경로(B)에 의하여 상기 제1팽창수단(160) 전단의 온도저감정도가 조절되도록 함으로써 재액화효율이 조절되도록 형성될 수 있다.

[0013] 또한 상기 수소증발가스 재액화 장치(100)는, 상기 예냉열교환기(120), 상기 제1열교환기(130), 상기 제2열교환기(150)가 순차적으로 배열되어 단일 개의 케이스 내에 함께 수용될 수 있다.

[0014] 또한 본 발명의 수소증발가스 재액화 방법은, 상술한 바와 같은 수소증발가스 재액화 장치(100)를 이용한 수소증발가스 재액화 방법에 있어서, 상기 LNG저장부(520)에서 상기 주추진기관(530) 및 상기 보조기관(540)으로 LNG가 전달되는 냉열흐름단계; 상기 수소저장부(510)에서 발생하는 수소증발가스가 상기 압축기(110)로 전달되어 압축되는 압축단계; 상기 압축기(110)에서 압축된 수소증발가스 및 상기 LNG저장부(520)에서 상기 주추진기관(530) 및 상기 보조기관(540)으로 전달되는 경로 상의 LNG가 상기 예냉열교환기(120)에서 열교환되는 예냉단계; 상기 예냉열교환기(120)에서 열교환된 수소증발가스 및 상기 수소저장부(510)에서 상기 압축기(110)로 전달되는 경로 상의 수소증발가스가 상기 제1열교환기(130)에서 열교환되는 제1열교환단계; 상기 제1열교환기(130)에서 열교환된 수소증발가스 일부 및 상기 기액분리기(140)에서 제공되는 수소증발가스가 상기 제2열교환기(150)에서 열교환되는 제2열교환단계; 상기 제1열교환기(130)에서 열교환된 수소증발가스 나머지 일부가 상기 제2팽창수단(170)에서 재액화되는 제2팽창단계; 상기 제2열교환기(150)에서 열교환된 수소증발가스가 상기 제1팽창수단(160)에서 재액화되는 제1팽창단계; 상기 제1팽창수단(160)에서 재액화된 수소증발가스 및 액화수소의 혼합물이 상기 기액분리기(140)에서 기액분리되는 기액분리단계; 상기 기액분리기(140)에서 분리된 액화수소가 상기 수소저장부(510)로 회귀되는 회귀단계; 를 포함할 수 있다.

[0015] 이 때 상기 제2열교환단계는, 상기 기액분리기(140)에서 제공되는 수소증발가스와 함께 상기 제2팽창단계에서 팽창되어 온도가 저감된 수소증발가스가 상기 제2열교환기(150)로 제공되어 열교환이 이루어질 수 있다.

[0016] 또한 상기 압축단계는, 상기 수소저장부(510)에서 발생하는 수소증발가스가 상기 제1열교환기(130)를 먼저 통과하여 상기 압축기(110)로 공급될 수 있다.

[0017] 또한 상기 압축단계는, 상기 기액분리기(140)에서 제공되는 수소증발가스 및 상기 제2팽창단계에서 팽창되어 온도가 저감된 수소증발가스가 상기 제2열교환기(150)를 통과하여 나온 후 상기 압축기(110)로 더 공급될 수 있다.

**발명의 효과**

[0018] 본 발명에 의하면, 액화수소 운반선에서 수소증발가스 재액화에 별도의 동력이나 연료를 소비하지 않고, 추진에 사용될 LNG의 냉열을 이용하여 수소증발가스를 고효율 및 무내재로 재액화할 수 있는 큰 효과가 있다. 특히 본 발명에서는, 수소증발가스 재액화 효율만을 향상시키는 것을 추구하기보다는 실제 액화수소 운반선에 적용가능한 한지를 함께 고려하여, 과도하게 복잡한 구성을 배제하고 최대한 간소화된 구성을 통해 극대의 효율을 얻을 수 있도록 하는 효과가 있다. 즉 본 발명에서는 액화수소 운반선의 수소증발가스 재액화 장치의 최적화를 실현하는 효과가 있는 것이다.

**도면의 간단한 설명**

[0019] 도 1은 본 발명의 수소증발가스 재액화 장치의 개념도.

도 2는 본 발명의 수소증발가스 재액화 장치의 실시예.

도 3은 도 2의 실시예에서의 개략적인 경로들.

도 4는 도 2의 실시예에서의 온도측정 위치들.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0020] 이하, 상기한 바와 같은 구성을 가지는 본 발명에 의한 액화수소 운반선의 수소증발가스 재액화 장치를 첨부된 도면을 참고하여 상세하게 설명한다.

[0021] 도 1은 본 발명의 수소증발가스 재액화 장치의 개념도를 도시한 것이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 수소증발가스 재액화 장치(100)는, 액화수소를 저장하는 수소저장부(510), LNG를 저장하는 LNG저장부(520), 액화수소 및 LNG로 구동되는 주추진기관(530), 액화수소로 구동되는 보조기관(540)을 포함하는 액화수소 운반선(500)에 구비된다. 상기 수소증발가스 재액화 장치(100)의 근본적인 기능은 물론 당연히 상기 수소저장부(510)에 저장된 액화수소가 증발하여 발생하는 수소증발가스를 재액화하는 것이다. 여기에서 상기 주추진기관(530)은, 구체적으로는 ME-GI 엔진, X-DF 엔진, 가스터빈 등이 될 수 있다. 또한 상기 보조기관(540)은, 연료전지나 이중연료발전 내연기관 엔진(DFDE) 등이 될 수 있다.

[0022] 이 때, 효율만을 중요하게 고려한다면 물론 다수의 부품 및 복잡한 유로를 사용하여 재액화 장치를 꾸밀 수 있을 것이다. 그런데 상기 액화수소 운반선(500)은 대륙 간을 이동하면서 액화수소를 운반하는 선박으로, 매우 장기간 동안 외부로부터 고립된 환경에 놓이기 때문에, 사용할 수 있는 자원이 극히 제한될 수밖에 없다. 재액화 장치에 포함되는 부품 개수가 늘어날수록 중량이 무거워져 상기 액화수소 운반선(500) 자체의 연비가 떨어질 것은 자명하므로, 재액화 장치는 부품 개수가 적게 들어가는 것이 바람직하다. 물론 재액화 장치가 차지하는 부피가 지나치게 커지면 상기 액화수소 운반선(500)의 저장공간 및 다른 구동장치 등의 배치공간이 줄어들게 되므로, 재액화 장치의 부피 또한 최소화되는 것이 바람직하다. 뿐만 아니라 재액화 장치에서의 유체 흐름이 복잡해질수록 재액화 장치 자체를 운용하기 위한 에너지가 많이 들어가게 되며, 이는 운반기간 동안 외부로부터 연료를 추가 공급받기 어려운 고립상황에서 상당한 리스크가 되기 때문에, 재액화 장치의 유로 구성도 간소화되는 것이 바람직하다. 즉 상기 액화수소 운반선(500)의 운용환경을 고려할 때, 재액화 장치를 구성함에 있어서 효율만을 고려할 것이 아니라 장치 구성을 간소화하는 것이 반드시 고려되어야 하는 것이다.

[0023] 본 발명은 바로 이러한 점을 고려하여, 최적화된 간소화 구성으로 극대의 효율을 얻어낼 수 있는 수소증발가스 재액화 장치(100)를 제공하고자 한다. 도 1은 이러한 본 발명의 수소증발가스 재액화 장치(100)의 개념적인 구성을 도시한 것으로, 도시된 바와 같이 1개의 압축기, 3개의 열교환기, 2개의 팽창수단, 1개의 기액분리기로 된 상당히 간소화된 구성으로 이루어진다. 보다 구체적으로는, 본 발명의 수소증발가스 재액화 장치(100)는, 압축기(110), 예냉열교환기(120), 제1열교환기(130), 제2열교환기(150), 제1팽창수단(160), 제2팽창수단(170), 기액분리기(140)를 포함한다. 수소증발가스를 재액화하는 주요 역할을 하는 것은 결국 상기 제1팽창수단(160) 및 상기 기액분리기(140)로서, 상기 제1팽창수단(160)에서 수소증발가스가 재액화되어 기상(수소증발가스) 및 액상(액화수소)이 섞여있는 상태가 된 후 상기 기액분리기(140)로 전달되어 기액분리됨에 따라 액화수소가 상기 수소저장부(510)로 되돌아가게 된다.

[0024] 이 때 본 발명의 수소증발가스 재액화 장치(100)는, 상기 제1팽창수단(160)에 의한 재액화에 소비되는 에너지가 저장되도록, 상기 수소저장부(510)에서 발생하는 수소증발가스가 상기 예냉열교환기(120)에 의하여 LNG의 냉열로 미리 냉각되도록 형성된다. LNG 역시 액상을 형성하기 위해서 매우 낮은 온도로 저장되므로 상당한 냉열에너지를 가지고 있으며, 어차피 상기 주추진기관(530) 등으로 공급되는 과정에서 어떠한 유로를 지나 흘러가면서 냉열에너지를 외부로 어느 정도 방출하게 된다. 본 발명에서는 이렇게 버려지는 냉열에너지를 활용하여 수소증발가스를 미리 냉각함으로써, 최종적으로 상기 제1팽창수단(160)에서 재액화를 할 때 소비되는 에너지를 크게 저장하여 결과적으로 전체적인 시스템 효율을 향상한다.

[0025] 또한 본 발명의 수소증발가스 재액화 장치(100)에서, 단지 LNG의 냉열만 활용하는 것은 아니다. 도 1에서는, 수소증발가스가 상기 예냉열교환기(120), 상기 제1열교환기(130), 상기 제2열교환기(150)를 순차적으로 거치면서 온도가 단계적으로 떨어지는 것, 또한 LNG가 상기 주추진기관(530) 또는 상기 보조기관(540)으로 공급되는 과정에서 수소증발가스와 열교환함으로써 온도가 떨어지는 것을 대략적으로 ①, ②, ③, ④의 경로 색깔로 구분하고 있다. ①, ②, ③ 경로는 색깔이 연해질수록 상대적으로 높은 온도를, 색깔이 진해질수록 상대적으로 낮은 온도를 나타내며, ④ 경로는 최종적으로 상기 주추진기관(530) 또는 상기 보조기관(540)로 LNG 또는 액화수소 또는 수소증발가스가 전달되는 경로로서 다른 경로들과는 구분된다. 도 1에 잘 나타난 바와 같이, ①, ②, ③ 경로가



서로 적절하게 연관됨으로써 단계적인 열교환이 이루어지게 되며, 이를 통해 과도하게 장치 복잡성을 증가시키지 않으면서도 효율을 극대화할 수 있게 된다.

- [0026] 도 2는 본 발명의 수소증발가스 재액화 장치의 실시예를 도시한 것으로, 도 1의 장치와 같은 구성이되 배치를 좀더 최적화한 것이다. 도 1에서는 개념적인 장치 구성을 나타낸 것으로, 각 경로들을 지나면서 온도가 어떻게 변화하는지가 좀더 잘 나타나게 한 것인 바 장치들의 실제 배치와는 무관하게 도시되었다. 이에 따라 도 1에서는 3개의 열교환기(120)(130)(150)가 별도의 장치로서 각각의 배치가 서로와 무관하게 나타났다. 그러나 실제로 한정적인 공간에 이러한 장치를 설치하기 위해서는 배치공간을 최소화하기 위한 최적 배치 또한 고려되어야 하며, 도 2는 바로 이러한 최적 배치까지 고려된 실시예인 것이다.
- [0027] 한편 도 2에서는 3개의 열교환기(120)(130)(150)가 별도의 장치로 도시되지는 않았으며, 이해를 쉽게 하기 위해 3개의 열교환기(120)(130)(150)에 해당하는 범위에 점선 네모로서 표시하였다. 실제로 열교환이라는 것은 온도 범위가 다른 열교환매체들이 흘러가는 유로들을 서로 가깝게 배치하기만 해도 일어나는 것이며, 따라서 도 2에서와 같이 유로들을 서로 가깝게 배치하기만 하여도 열교환기로서의 작용을 할 수 있다. 물론 그 효율을 더욱 높이기 위해 도 2에서 3개의 열교환기(120)(130)(150) 위치에 열교환기 장치가 구비되게 하여도 무방함은 물론이다.
- [0028] 더불어, 이와 같이 열교환이 일어나는 과정에서 불필요하게 외부의 영향을 받는 것을 최소화할 수 있도록, 상기 수소증발가스 재액화 장치(100)에서는, 상기 예냉열교환기(120), 상기 제1열교환기(130), 상기 제2열교환기(150)가 순차적으로 배열되어 도 2에 도시된 바와 같이 단일 개의 케이스 내에 함께 수용되도록 하는 것이 바람직하다. 상기 케이스는 외부와 단열됨으로써 그 내부공간이 열적 안정이 이루어지게 된다. 즉 이러한 배치를 통해 앞서 설명한 바와 같은 공간활용성을 극대화하는 장치 부피 저감이 실현될 수 있게 된다.
- [0029] 이제 도 2를 참조하여 각부의 역할을 보다 구체적으로 설명한다. 먼저 설명하자면, 본 발명에서는 효율 극대화를 위해 수소증발가스가 LNG 뿐만 아니라 현재 열교환기를 지나 다른 장치를 통과한 후의 수소증발가스 또는 현재 열교환기로 들어오기 전의 수소증발가스 등과 다양하게 열교환하도록 구성된다. 따라서 일단은 각 장치의 역할을 먼저 설명하고, 전체적인 수소증발가스의 흐름은 그 이후에 설명하기로 한다.
- [0030] 상기 압축기(110)는, 상기 수소저장부(510)에서 발생하는 수소증발가스를 공급받아 압축하는 역할을 한다. 기체가 압축되면 압력 및 온도가 올라가게 되는데, 이 때 지나치게 온도가 올라가는 것을 방지하기 위해 상기 압축기(110)의 후단에는 후냉기(after cooler, 190)가 구비될 수 있다.
- [0031] 상기 예냉열교환기(pre-cooling heat exchanger, 120)는, 상기 압축기(110)에서 압축된 수소증발가스 및 상기 LNG저장부(520)에서 상기 주추진기관(530) 및 상기 보조기관(540)으로 전달되는 경로 상의 LNG를 서로 열교환시키는 역할을 한다. 도 1, 2 등에 잘 나타난 바와 같이, 상기 LNG저장부(520)에는 LNG펌프(180)가 구비되어 있어 상기 주추진기관(530) 등으로 LNG를 공급하게 되어있으며, 이 과정에서 LNG가 가지고 있는 풍부한 냉열에너지를 이용하여 상기 예냉열교환기(120)에서 수소증발가스가 미리 냉각되게 한다. 이렇게 함으로써 추후에 수소증발가스가 재액화되는데 소비되는 에너지를 상당히 절약할 수 있다.
- [0032] 상기 제1열교환기(120)는, 상기 예냉열교환기(120)에서 열교환된 수소증발가스 및 상기 수소저장부(510)에서 상기 압축기(110)로 전달되는 경로 상의 수소증발가스를 서로 열교환시키는 역할을 한다.
- [0033] 상기 기액분리기(140)는, 수소증발가스 및 액화수소의 혼합물을 공급받아 기액분리하여 액화수소를 상기 수소저장부(510)로 전달하는 역할을 한다. 위 설명에서는 각부를 순차적으로 설명하느라 어디에서 공급을 받는지를 생략하여 기재하였지만, 도면을 참조하면 상기 기액분리기(140)는 상기 제1팽창수단(160)에서 재액화된 수소증발가스 및 액화수소의 혼합물을 최종적으로 공급받아 상기 수소저장부(510)로 회귀시키는 역할을 하는 장치이다. 한편 상기 기액분리기(140)에서 액상의 액화수소를 상기 수소저장부(510)로 되돌리고 나면 기상의 수소증발가스가 남게 되는데, 이 수소증발가스는 적당한 냉열에너지를 가지고 있기 때문에 다른 경로상의 수소증발가스를 냉각하는 데에 또 사용된다.
- [0034] 상기 제2열교환기(150)는, 상기 제1열교환기(130)에서 열교환된 수소증발가스 일부 및 상기 기액분리기(140)에서 제공되는 수소증발가스를 서로 열교환시키는 역할을 한다. 앞서 설명한 바와 같이 최종적으로 기액분리가 일어나는 과정에서 액상의 액화수소는 상기 수소저장부(510)로 되돌려지고, 기상의 수소증발가스는 또다른 열교환에 사용된다고 하였는데, 바로 상기 제2열교환기(150)에서 이 수소증발가스가 사용되는 것이다.
- [0035] 상기 제1팽창수단(160)은, 상기 제2열교환기(150)에서 열교환된 수소증발가스를 재액화시켜 상기 기액분리기(140)로 전달하는 역할을 한다. 즉 상기 제1팽창수단(160)이 상기 수소증발가스 재액화 장치(100) 전체의 재액

화에서 핵심적인 역할을 하게 되는데, 이 때 상기 제1팽창수단(160)으로 들어오는 수소증발가스는 앞서 여러 열교환기들을 거치면서 단계적으로 어느 정도 냉각되었기 때문에 보다 적은 에너지를 가지고도 쉽게 재액화할 수 있게 된다.

- [0036] 상기 제2팽창수단(170)은, 상기 제1열교환기(130)에서 열교환된 수소증발가스 나머지 일부를 재액화시켜 상기 기액분리기(140)에서 제공되는 수소증발가스와 함께 상기 제2열교환기(150)로 전달하는 역할을 한다.
- [0037] 도 3은 도 2의 실시예에서의 개략적인 경로들을 표시한 것으로서, 이제 본 발명의 수소증발가스 재액화 장치(100)에서 어떻게 열교환 등이 일어나는지를 수소증발가스의 흐름을 따라가면서 보다 구체적으로 설명한다.
- [0038] 기본적으로 상기 수소증발가스 재액화 장치(100)의 핵심 콘셉트는 LNG의 냉열을 이용하여 수소증발가스를 냉각하는 것이다. 이를 고려하여, LNG의 냉열이 흘러가는 경로, 즉 상기 LNG저장부(520)에서 공급되는 LNG가 상기 주추진기관(530) 및 상기 보조기관(540)으로 전달되는 경로를 냉열흐름경로(C)라고 정의한다.
- [0039] 또한 상기 냉열흐름경로(C)와 열교환하여 최종적으로 상기 수소저장부(510)로 재액화된 액화수소를 회귀시키는 경로를 메인흐름경로(A)라고 정의한다. 보다 구체적으로는, 상기 메인흐름경로(A)는, 상기 수소저장부(510)에서 발생하는 수소증발가스가 상기 예냉열교환기(120), 상기 제1열교환기(130), 상기 제2열교환기(150)를 순차적으로 통과하면서 단계적으로 냉각된 후 상기 제1팽창수단(160)으로 전달되는 경로이다. 상술한 바와 같이 상기 메인흐름경로(A) 및 상기 냉열흐름경로(C) 간의 열교환에 의하여 상기 메인흐름경로(A)를 따라 흘러가는 수소증발가스가 LNG의 냉열로 최대역전온도 이하로 미리 냉각됨으로써, 상기 제1팽창수단(160)에 의한 재액화에 소비되는 에너지가 저감된다.
- [0040] 이 때 상기 메인흐름경로(A)에 포함되는 각 열교환기들을 순차적으로 따라 흘러가는 수소증발가스는, LNG 또는 다른 경로상의 수소증발가스와 열교환하면서 단계적으로 냉각되게 된다. 보다 구체적으로는, 상기 예냉열교환기(120)에서 LNG의 냉열로 냉각이 수행되고, 상기 제1열교환기(130)에서 압축되기 전의 수소증발가스의 냉열로 냉각이 수행되고, 상기 제2열교환기(150)에서 냉각된 후 기액분리된 수소증발가스의 냉열로 냉각이 수행된다. 앞서 설명한 바와 같이 LNG는 상당한 냉열에너지를 가지고 있으므로 상기 예냉열교환기(120)에서 수소증발가스가 매우 효과적으로 냉각될 수 있다. 또한 상기 예냉열교환기(120)로 들어가기 전 수소증발가스는 상기 압축기(110)를 거치면서 압력 및 온도가 올라간 상태가 되며, 즉 상기 압축기(110)로 들어가기 이전의 수소증발가스는 상대적으로 낮은 온도를 갖는다. 따라서 상기 압축기(110)로 들어가기 이전의 수소증발가스의 냉열을 활용하여 상기 압축기(110) 및 상기 예냉열교환기(120)를 통과한 수소증발가스를 냉각할 수 있는 것이다. 또한 상기 기액분리기(140)에서는 재액화 과정을 끝낸 수소증발가스 및 액화수소의 혼합물을 기액분리하며, 액화수소는 상기 수소저장부(510)로 보내되 남은 수소증발가스는 다시 재순환시켜야 한다. 즉 어차피 상기 기액분리기(140)에서 나온 수소증발가스를 상기 수소증발가스 재액화 장치(100) 순환경로 중 어딘가로 되돌려야 하는데, 이 때 상기 기액분리기(140)에서 나온 수소증발가스는 재액화 이전 단계의 수소증발가스보다는 상대적으로 온도가 낮기 때문에, 역시 이 냉열을 활용하여 냉각을 수행할 수 있다.
- [0041] 이와 같이 본 발명의 수소증발가스 재액화 장치(100)에서는 상기 메인흐름경로(A) 및 상기 냉열흐름경로(C) 간의 열교환을 통해 재액화 효율을 크게 향상시킨다. 이 때 주로 최종적인 재액화 역할을 수행하는 상기 제1팽창수단(160)으로 수소증발가스가 들어오기 전까지, 수소증발가스는 3개의 열교환기들(120)(130)(150)을 순차적으로 거치면서 단계적으로 냉각되는데, 마지막 냉각단계에서는 이미 앞서 냉각이 두 번 이루어졌기 때문에 열교환이 잘 이루어지지 못할 수도 있다. 이러한 점을 고려하여, 상기 제1팽창수단(160) 전단의 온도를 효과적으로 저감시키도록 형성하여 시스템 효율을 더욱 향상시키기 위해, 상기 수소증발가스 재액화 장치(100)에서는 서브흐름경로(B)를 더 포함한다.
- [0042] 상기 서브흐름경로(B)는, 상기 메인흐름경로(A) 중에서 상기 제1열교환기(130) 배출지점에서 분기된다. 즉 상기 제1열교환기(130)에서 배출된 수소증발가스 일부는 상기 메인흐름경로(A)를 따라 상기 제2열교환기(150)로 전달되되, 상기 제1열교환기(130)에서 배출된 수소증발가스 나머지 일부는 상기 메인흐름경로(A)로부터 분기되어 상기 서브흐름경로(B)를 형성하는 것이다.
- [0043] 상기 서브흐름경로(B)를 구체적으로 설명하자면, 상기 제1열교환기(130)에서 배출된 수소증발가스 나머지 일부가 먼저 상기 제2팽창수단(170)를 통과하며 온도가 저감된다. 다음으로 상기 기액분리기(140)에서 제공되는 수소증발가스와 합류하여 상기 제2열교환기(150)를 통과하며 열교환한다. 이렇게 열교환하고 난 수소증발가스는, 상기 제1열교환기(130)에서 배출된 수소증발가스가 상기 압축기(110)로 전달되는 경로 상에서 상기 메인흐름경로(A)와 다시 합류하게 된다.

- [0044] 앞서 설명한 바와 같이 상기 서브흐름경로(B)에 의하여 상기 제1팽창수단(160) 전단의 온도가 더욱 효과적으로 저감될 수 있으며, 따라서 제1팽창수단(160)에서의 재액화율이 더욱 향상된다. 즉 상기 서브흐름경로(B)로 흘러가는 수소증발가스의 유량을 조절함으로써 재액화효율을 올리거나 낮출 수 있다. 즉, 상기 서브흐름경로(B)에 의하여 상기 제1팽창수단(160) 전단의 온도저감정도가 조절되도록 함으로써 재액화효율이 조절될 수 있게 되는 것이다.
- [0045] 상기 메인흐름경로(A), 상기 서브흐름경로(B), 상기 냉열흐름경로(C)를 고려하여, 상기 수소증발가스 재액화 장치(100)에서의 동작 흐름 즉 수소증발가스의 재액화 방법을 단계적으로 정리하면 다음과 같다.
- [0046] 먼저 상기 LNG저장부(520)에서 상기 주추진기관(530) 및 상기 보조기관(540)으로 LNG가 전달되는 냉열흐름단계가 이루어지면서 상기 냉열흐름경로(C)가 형성된다. 상기 냉열흐름단계는 물론 LNG의 흐름에 관련된 것인바 수소증발가스의 흐름에 관련된 다른 단계들과는 무관하게 독립적으로 계속 이루어지게 된다.
- [0047] 수소증발가스는, 상기 수소저장부(510)에서 발생하는 수소증발가스가 상기 압축기(110)로 전달되어 압축되는 압축단계, 상기 압축기(110)에서 압축된 수소증발가스 및 상기 LNG저장부(520)에서 상기 주추진기관(530) 및 상기 보조기관(540)으로 전달되는 경로 상의 LNG가 상기 예냉열교환기(120)에서 열교환되는 예냉단계, 상기 예냉열교환기(120)에서 열교환된 수소증발가스 및 상기 수소저장부(510)에서 상기 압축기(110)로 전달되는 경로 상의 수소증발가스가 상기 제1열교환기(130)에서 열교환되는 제1열교환단계, 상기 제1열교환기(130)에서 열교환된 수소증발가스 일부 및 상기 기액분리기(140)에서 제공되는 수소증발가스가 상기 제2열교환기(150)에서 열교환되는 제2열교환단계, 상기 제2열교환기(150)에서 열교환된 수소증발가스가 상기 제1팽창수단(160)에서 재액화되는 제1팽창단계, 상기 제1팽창수단(160)에서 재액화된 수소증발가스 및 액화수소의 혼합물이 상기 기액분리기(140)에서 기액분리되는 기액분리단계, 상기 기액분리기(140)에서 분리된 액화수소가 상기 수소저장부(510)로 회귀되는 회귀단계를 순차적으로 거치면서 상기 메인흐름경로(A)를 형성한다.
- [0048] 이 과정에서, 상기 제1열교환단계 이후에 상기 서브흐름경로(B)가 분기되면서, 상기 제1열교환기(130)에서 열교환된 수소증발가스 나머지 일부가 상기 제2팽창수단(170)에서 재액화되는 제2팽창단계가 이루어진다. 이에 따라, 상기 제2열교환단계는, 상기 기액분리기(140)에서 제공되는 수소증발가스와 함께 상기 제2팽창단계에서 팽창되어 온도가 저감된 수소증발가스가 상기 제2열교환기(150)로 제공되어 열교환이 이루어지게 된다. 또한 상기 압축단계는, 상기 수소저장부(510)에서 발생하는 수소증발가스가 상기 제1열교환기(130)를 먼저 통과하여 상기 압축기(110)로 공급되도록 형성되는데, 이 때 상기 기액분리기(140)에서 제공되는 수소증발가스 및 상기 제2팽창단계에서 팽창되어 온도가 저감된 수소증발가스가 상기 제2열교환기(150)를 통과하여 나온 후 상기 압축기(110)로 더 공급됨으로써 상기 서브흐름경로(B)가 상기 메인흐름경로(A)에 다시 합류된다.
- [0049] 도 4는 도 2의 실시예에서의 온도측정 위치들을 표시한 것이며, 하기의 표 1 및 표 2는 각각 만선/공선 향해 시열물질 평형 및 효율을 나타낸 것이다.

표 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vapor Fraction	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Temperature(°C)	-220.00	-145.24	-159.41	40.00	-165.25	-165.25	-240.46	-230.00	-230.00
Pressure(bar)	2.00	2.00	2.00	140.00	140.00	140.00	2.50	140.00	140.00
mass flow(kg/h)	290.00	290.00	762.92	762.92	344.50	344.50	344.50	418.42	418.42
Fluid	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	0.3	0	1	1	1	0	1	1	1
	-249.29	-249.29	-249.29	-242.95	-168.28	-160.00	17.65	17.65	5.58
	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	25.00	25.00	25.00	6.00
	418.42	290.81	127.61	473.05	472.92	2415.06	2415.06	2158.53	256.53
	H2	H2	H2	H2	H2	LNG	LNG	LNG	LNG

[0050]

표 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vapor Fraction	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Temperature(°C)	-220.00	-160.00	-171.21	40.00	-175.86	-175.86	-244.82	-230.00	-230.00
Pressure(bar)	2.00	2.00	2.00	140.00	140.00	140	2.50	140.00	140.00
mass flow(kg/h)	116.00	116.00	292.23	292.23	125.02	125	125.02	167.21	167.21
Fluid	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2	H2
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	0.3	0	1	1	1	0	0	0	1
	-249.29	-249.29	-249.29	-246.14	-178.69	-160.00	-92.96	-92.96	-126.89
	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	25.00	25.00	25.00	6.00
	167.21	116.21	51.00	176.15	176.23	2338.20	2338.20	2081.67	256.53
	H2	H2	H2	H2	H2	LNG	LNG	LNG	LNG

[0051]

[0052] 만선행해(laden voyage) 시 수소증발가스 발생량은 290kg/h 정도이며, 표 1을 기반으로 할 때 비출력(specific power), 즉 수소증발가스 1kg/h를 액화시킬 때 소비되는 전력 (kW)은 3.875kWh/kg 정도인 것으로 산출된다. 공선행해(ballast voyage) 시 수소증발가스 발생량은 116kg/h 정도이며, 표 2를 기반으로 할 때 비출력(specific power)은 3.443kWh/kg 정도인 것으로 산출된다.

표 3

- Voyage data and Fuel/Cargo price

Laden voyage		Ballast voyage		LNG Price		LH2 Price	
Day	Time(h)	Day	Time	\$/ton	\$/mmbtu	\$/ton	\$/mmbtu
8	192	8	192	600	12.66	7,000	61.5

- Power consumption for the operation of the re-liquefaction plant

Laden voyage		Ballast voyage	
Power	Time(h)	Power	Time(h)
1,122.88 kW	192	400.084 kW	192

- Profits for a round-trip voyage

Recovered LH2					Consumed LNG for power				
Laden voyage		Ballast voyage		Total	Laden voyage		Ballast voyage		Total
Recovered LH2	Price	Recovered LH2	Price		LNG	Price	LNG	Price	
55.68 ton	\$ 389,760	22.272 ton	\$ 155,904	\$ 545,664	36.495 ton	\$ 21,897	13.24 ton	\$ 7,944	\$ 29,841

\* LNG price was estimated with 190g/kWh SGC

[0053]

[0054] 표 3은 만선행해(laden voyage)/공선행해(ballast voyage)에 드는 시간, LNG 소비량, 액화수소 운반량 등을 예시적으로 나타낸 것이다. 표 3의 최하단에는 액화수소 재액화(Recovered LH2) 및 LNG 소비량(Consumed LNG for power)이 예시적으로 계산되며, 이로부터 얻을 수 있는 경제적 이득이 네모칸으로 표시되어 있다. 즉 액화수소 운반선에 본 발명의 수소증발가스 재액화 장치를 구비함으로써 표 3에 나타난 바와 같은 엄청난 경제적 이득을 얻을 수 있게 되는 것이다.

[0055] 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이다.

부호의 설명

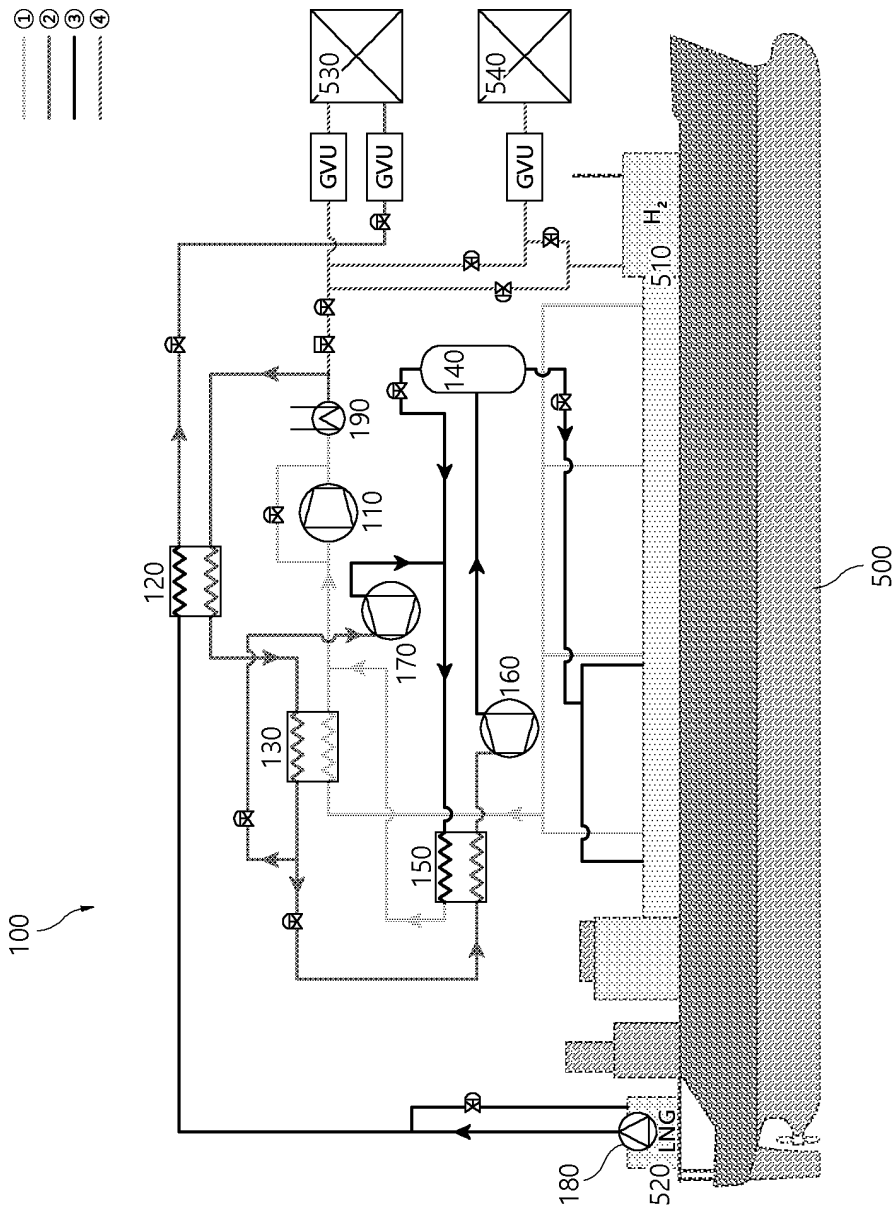
[0056]

- 100 : 수소증발가스 재액화 장치
- 110 : 압축기
- 120 : 예냉열교환기
- 130 : 제1열교환기
- 140 : 기액분리기

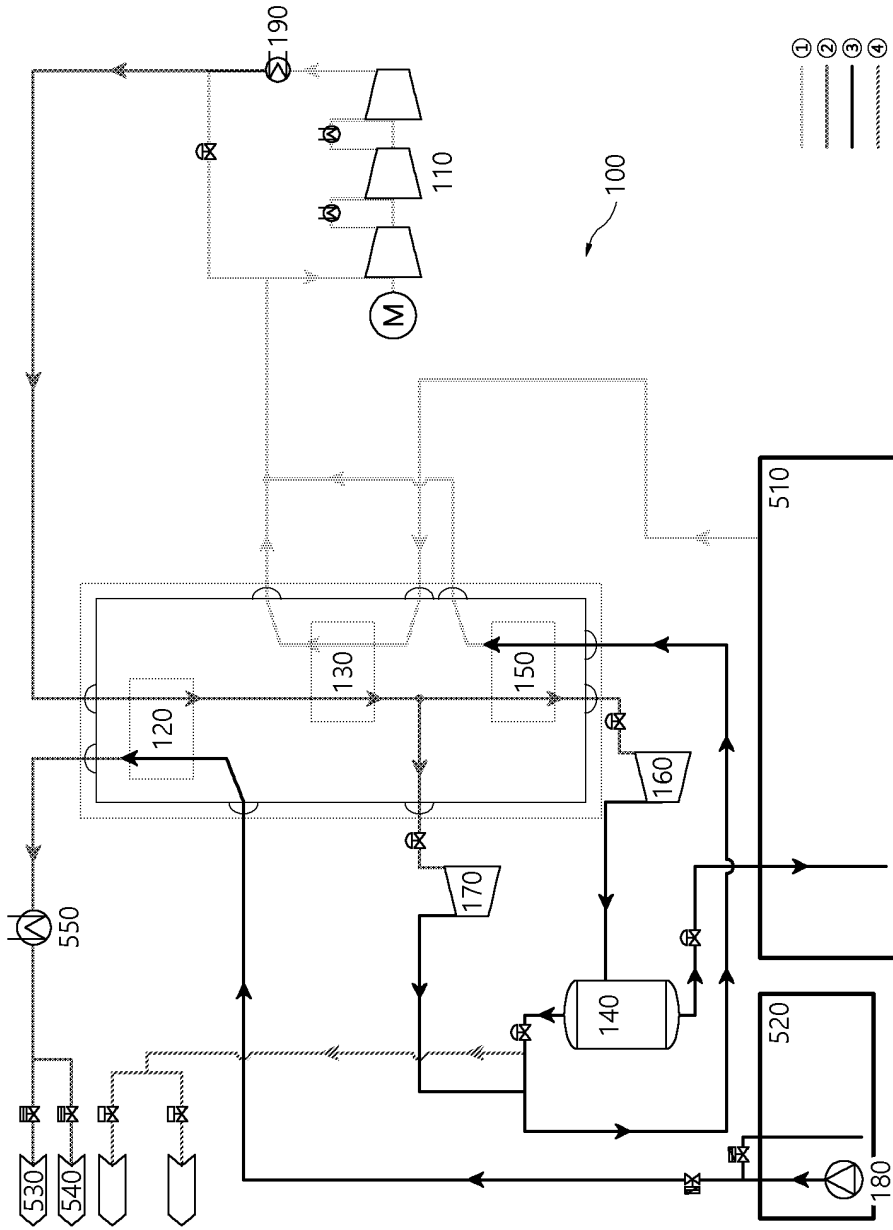
- 150 : 제2열교환기
- 160 : 제1팽창수단
- 170 : 제2팽창수단
- 180 : LNG펌프
- 190 : 후냉기
- 500 : 액화수소 운반선
- 510 : 수소저장부
- 520 : LNG저장부
- 530 : 주추진기관
- 540 : 보조기관

도면

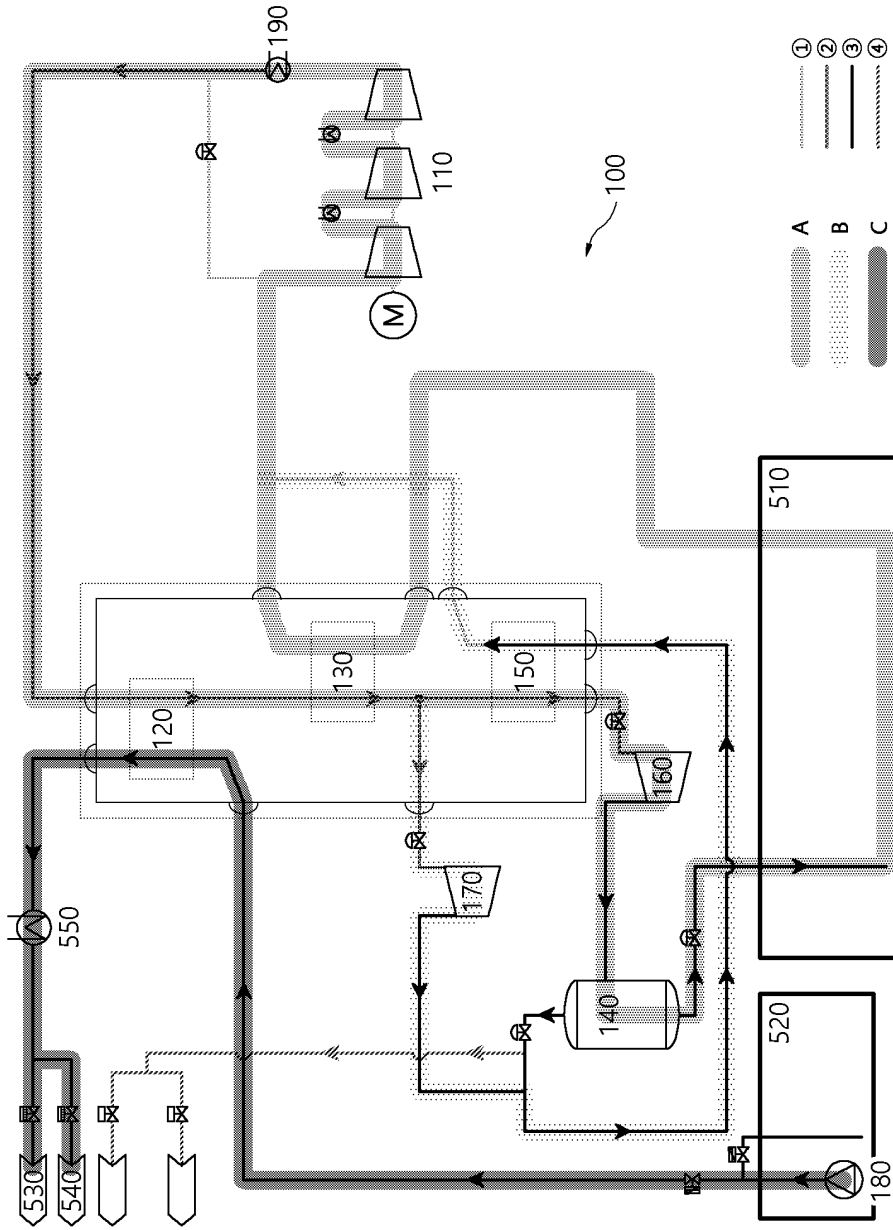
도면1



도면2



도면3



도면4

