(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년11월03일
(11) 등록번호 10-2173489
(24) 등록일자 2020년10월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F17C 5/06 (2006.01) *F04D 17/10* (2006.01)
F04D 29/046 (2006.01) *F17C 13/02* (2006.01)
(52) CPC특허분류
F17C 5/06 (2013.01)
F04D 17/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-7027607
(22) 출원일자(국제) 2017년02월09일
심사청구일자 2018년09월21일
(85) 번역문제출일자 2018년09월21일
(65) 공개번호 10-2018-0136442
(43) 공개일자 2018년12월24일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2017/004669
(87) 국제공개번호 WO 2017/145769
국제공개일자 2017년08월31일
(30) 우선권주장
JP-P-2016-032072 2016년02월23일 일본(JP)
JP-P-2016-032073 2016년02월23일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2004116619 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
토키코 시스템 솔루션즈 가부시키가이샤
일본국 가나가와켄 요코하마시 츠루미쿠 츠루미츄오 3쵸메 9방 27고
(72) 발명자
요시다 준
일본 7440002 야마구찌 프레프 쿠다마츠 시 오아자 히가시토요이 794 가부시키가이샤 히타치 플랜트메카닉스 내
미마키 유키히로
일본 7440002 야마구찌 프레프 쿠다마츠 시 오아자 히가시토요이 794 가부시키가이샤 히타치 플랜트메카닉스 내
마츠오 에이토
일본 8560032 나가사키켄 오무라시 히가시오무라 1초메 2693-46 가부시키가이샤 아카이브 웍스 내
(74) 대리인
장수길, 성재동

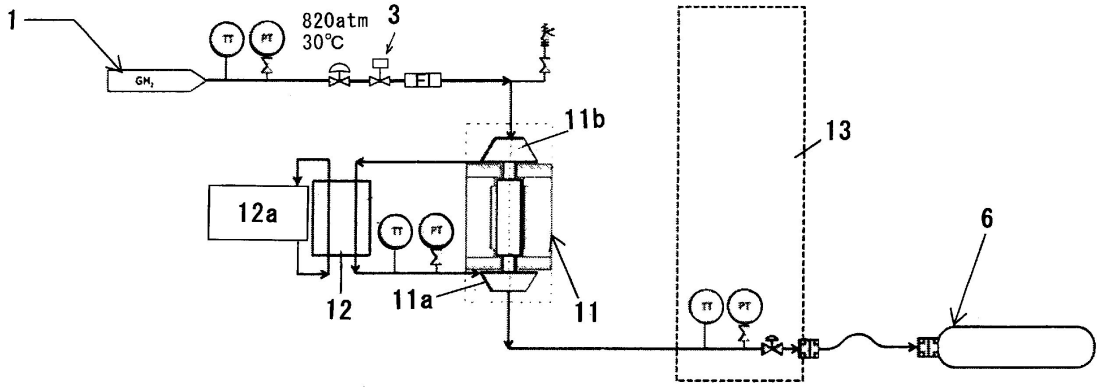
전체 청구항 수 : 총 11 항 심사관 : 홍기정

(54) 발명의 명칭 **고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템 및 그 제어 방법**

(57) 요 약

구성이 간이하고, 현지 공사 비용을 저감할 수 있고, 보수 관리 역무의 부담이 적고, 소비 전력의 비용을 포함하는 운전 비용을 저렴하게 할 수 있고, 또한 팽창기에 있어서 발생하는 에너지를 취출하여, 발전기 등의 외부에 유효 이용하는 수단을 별도로 설치할 필요가 없는, 수소 스테이션의 최종 충전부에 있어서의 프리쿨러 기능 등의 온도 강하 시스템 기술에 적용할 수 있는 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템을 제공하기 위해, 고압으로 축압된 수소 가스를 탱크(6)에 가압 충전할 때, 팽창 터빈을 사용하여 수소 가스의 엔탈피 강하를 행하는 충전 시스템에 있어서, 팽창 터빈 부분에 팽창 터빈·컴프레서(11)를 내장하는 프로세스를 구비한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
F04D 29/046 (2013.01)
F17C 13/026 (2013.01)
F17C 2221/012 (2013.01)
F17C 2227/0164 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
JP2015511695 A*
JP5461791 B2*
JP5685316 B2*
KR1020100011932 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명 세 서

청구범위

청구항 1

고압으로 축압된 수소 가스를 탱크에 가압 충전할 때, 팽창 터빈을 사용하여 수소 가스의 엔탈피 강하를 행하는 충전 시스템에 있어서, 팽창 터빈 부분에 팽창 터빈·컴프레서를 내장하는 프로세스를 구비하고, 당해 팽창 터빈·컴프레서의 팽창 터빈측 입구부에 냉각기를 설치하고, 컴프레서에서 압력을 상승시킨 수소 가스를 냉각기를 통해 팽창 터빈으로 유도하는 것을 특징으로 하는, 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

팽창 터빈·컴프레서가, 회전체의 로터축의 일방측에 팽창 작용을 행하는 임펠러를, 타방측에, 팽창에 의해 얻어진 회전 에너지를 소비하는 압축 작용을 행하는 임펠러를, 각각 구비하여 구성되어 이루어지는 것을 특징으로 하는, 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

팽창 터빈·컴프레서가, 공급되는 수소 가스를 사용한 동압식 가스 베어링 방식의 베어링을 구비하여 구성되어 이루어지는 것을 특징으로 하는, 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

팽창 터빈·컴프레서를 1대로 구성한 것을 특징으로 하는, 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

팽창 터빈·컴프레서를 복수 대, 직렬로 배치하여 구성한 것을 특징으로 하는, 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템.

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

팽창 터빈·컴프레서의 컴프레서측 입구부에 냉각기를 설치한 것을 특징으로 하는, 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템.

청구항 8

고압으로 축압된 수소 가스를 탱크에 가압 충전할 때, 팽창 터빈을 사용하여 수소 가스의 엔탈피 강하를 행하는 충전 시스템의 제어 방법에 있어서, 팽창 터빈 부분에 팽창 터빈·컴프레서를 내장하는 프로세스 및 팽창 터빈측 입구부에 냉각기를 구비하고, 컴프레서에서 압력을 상승시킨 수소 가스를 냉각기를 통해 팽창 터빈으로 유도하도록 하고, 또한, 당해 냉각기의 수소 가스의 출구 온도를 제어하는 것을 특징으로 하는, 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템의 제어 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 냉각기의 수소 가스의 출구 온도를 검지하여, 당해 출구 온도를 적정 온도가 되도록, 냉각기의 한랭 에너지양을 조절 추종하도록 한 것을 특징으로 하는, 고압 수소의 팽창 터빈 · 컴프레서식 충전 시스템의 제어 방법.

청구항 10

제8항 또는 제9항에 있어서,

수소 가스를 탱크에 가압 충전할 때의 충전 시간 배분에 의해, 각각의 충전 단계에서 최적의 가스 온도가 되도록, 냉각기의 한랭 에너지양을 조절 추종하도록 한 것을 특징으로 하는, 고압 수소의 팽창 터빈 · 컴프레서식 충전 시스템의 제어 방법.

청구항 11

제8항 또는 제9항에 있어서,

탱크의 압력 및 온도 상승을 검지하여, 각각의 충전 단계에서 최적의 가스 온도가 되도록, 냉각기의 한랭 에너지양을 조절 추종하도록 한 것을 특징으로 하는, 고압 수소의 팽창 터빈 · 컴프레서식 충전 시스템의 제어 방법.

청구항 12

제9항에 있어서,

충전 초기 상기 출구 온도의 적정 온도가 충전이 진행된 단계의 상기 출구 온도의 적정 온도보다 낮게 설정하는 것을 특징으로 하는, 고압 수소의 팽창 터빈 · 컴프레서식 충전 시스템의 제어 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 연료 전지 자동차 등의 수소 자동차(이하, 단순히, 「수소 자동차」라고 하는 경우가 있음)의 연료가 되는 수소 가스를, 수소 가스 공급원으로부터 수소 자동차의 연료 탱크에 충전하기 위한 수소 충전 설비(이하, 「수소 스테이션」이라고 하는 경우가 있음)의 최종 충전부에 있어서의 프리쿨러 기능 등의 온도 강하 시스템 기술에 적용되는 고압 수소의 팽창 터빈 · 컴프레서식 충전 시스템 및 그 제어 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 수소 자동차의 연료로서 사용되는 수소 가스는, 수소 가스를 충전하는 경로에 설치되어 있는 팽창 밸브 등의 부분에서 고압으로부터 단열 팽창(등엔탈피 팽창)하면, 그 성상으로부터 역전 온도(-58℃)보다 높은 영역에서의 팽창으로 되기 때문에, 줄 톰슨 효과에 의해 팽창 후의 온도가 상승한다고 하는 성질을 갖고 있다.

[0003] 따라서, 수소 스테이션에 있어서, 수소 자동차의 연료가 되는 수소 가스를, 수소 가스 공급원으로부터 수소 자동차의 연료 탱크에 충전할 때, 수소 가스를 충전하는 경로에 설치되어 있는 팽창 밸브 등의 부분에서 수소 가스의 온도가 상승한다.

[0004] 이 수소 가스의 온도의 상승은, 수소 가스의 팽창비가 커질수록 현저해진다는 점에서, 수소 스테이션에서의 수소 가스 공급원으로부터의 공급 가스의 고압력화, 예를 들어 공급 가스의 압력(공급원의 탱크압)이 45→70㎫(G), 나아가 82㎫(G)로 고압력화되는 것에 수반하여, 더욱 자기 온도 상승량이 커진다.

[0005] 일례로서, 수소 가스를, 공급원의 탱크압인 70㎫(G), 30℃로부터 1단으로 팽창시켰을 때의, 각 2차압에 있어서의 자기 온도 변화의 일례를 도 1에 나타낸다.

[0006] 한편, 현상에서 보급이 개시된 연료 전지차에서는, 연료 탱크의 재질에 의한 온도 제한과, 연료 전지 본체 셀의 운용 온도의 제한으로부터, 수소 충전 시의 최고 온도 상한은 85℃로 되어 있다.

[0007] 그리고 상기 수소의 성질로부터, 아무런 수단도 실시하지 않고 그대로 수소 가스를 충전하면, 수소 충전 시의 온도가, 최고 온도 상한인 85℃를 초과해 버려, 연료 탱크의 재질에 의한 온도 제한이나 연료 전지 본체 셀의 운용 온도의 제한, 나아가 충전 후의 냉각에 수반되는 압력 강하 등의 문제가 발생하기 때문에, 수소 가스를 충전하는 경로에 열교환기 등의 냉각 수단을 배치하고, 이 냉각 수단으로 수소 가스를 냉각하면서 수소 자동차에

충전하는 방법이 제안되어, 실용화되고 있다(예를 들어, 특허문헌 1 참조).

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2004-116619호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 여기서, 도 2에, 현상의 일반적인 70㎫(G)의 수소 스테이션의 구성도를 나타낸다(출전 「NEDO 수소 에너지 백서」).

[0010] 이 수소 스테이션은, 수소 가스를 받아들이는 압축기 유닛으로 이루어지는 압축기 설비(1)와, 압축기 설비(1)로부터 보내져 온 수소 가스를 축압하는 축압기 유닛으로 이루어지는 수소 축압 설비(2)와, 수소 축압 설비(2)로부터의 수소 가스를 수소 자동차의 연료 탱크(6)에 충전하기 위한 경로에 설치된 팽창 밸브(3) 및 수소 가스 프리쿨러(4)와, 프리쿨러(4)를 통해 수소 가스의 냉각을 행하는 수소 프리쿨 시스템(5)을 구비하고, 또한 수소 프리쿨 시스템(5)에는, 압축기, 응축기, 팽창 밸브, 증발기, 어큐뮬레이터 등으로 이루어지는 냉동기 설비(7)와, 브라인 탱크, 1차 브라인 펌프, 2차 펌프 등으로 이루어지는 브라인 회로(8)를 구비하도록 하고 있다.

[0011] 그리고 이 수소 스테이션은, 온 사이트형, 오프 사이트형의 수소 스테이션의 양자 모두, 받아들인 수소는 압축기 설비(1)에서 중간압(도시예에서는 40㎫(G))이나 고압(도시예에서는 82㎫(G))까지 압축되고, 각각의 압력으로 수소 축압 설비(2)의 축압 유닛 내에서 압축 가스의 형태로 유지된다.

[0012] 이들 수소 가스를, 수요측인 차량 탑재 연료 탱크(6)에 충전하기 위해서는, 팽창 밸브(3)를 거친 팽창에 의해 행해지지만, 그때 수소 가스 자신의 온도 상승을 수반하기 때문에, 외부 설비인 수소 프리쿨 시스템(5)에 의해 -40℃까지 냉각된다.

[0013] 현상의 기술로는, 이 수소 프리쿨 시스템(5)은, 프레온 냉매 등의 통상의 냉동기 설비(7)와, -40℃ 부근에서 동작하는 브라인 회로(8)를 조합하여 구성되어 있기 때문에, 구성이 복잡하고, 또한 냉동기용 냉매 압축기, 1차 브라인 펌프, 2차 브라인 펌프 등의 많은 회전 기기도 필요해진다.

[0014] 이 때문에, 종래의 수소 스테이션의 최종 충전부에 있어서 수소 가스의 온도를 강하시키기 위해 사용되는 수소 프리쿨 시스템에 있어서는, 이하의 과제가 있었다.

[0015] 1) 외부 독립된 수소 프리쿨 시스템은 그 자체가 외부 전력으로 가동되는 시스템이다. 일반적인 수소 스테이션(300Nm^3/h)에서 약 40㎾로 되어 있고, 수소 프리쿨 시스템의 운용 자체가 운전 비용을 상승시킨다.

[0016] 2) 냉동기의 냉매에 프레온(대체 프레온)을 사용하기 때문에 법적인 취급을 받아, 이 프리쿨러 설비 자체가 고압 가스 보안법의 냉동 보안칙에 걸려, 설비나 운용에 있어서 제약을 받는다.

[0017] 3) 프레온이나 브라인을 스테이션 내에 보유하는 것은, 프레온이나 브라인의 외부 누설에 대한 환경 사고의 예방 대책이 필요해진다.

[0018] 4) 수소 프리쿨 시스템이, 냉동 회로와 브라인 회로의 2단 구성으로 복잡한 것이나, 냉매 압축기나 브라인 펌프 등의 회전기가 복수 존재하기 때문에, 많은 보수 관리 역무가 발생한다.

[0019] 5) 브라인을 거친 시스템이기 때문에, 운전 기동으로부터 정상 상태로 될 때까지 시간을 요한다. 이 때문에, 충전 작업의 상당히 전부터 수소 프리쿨 시스템을 사전 기동, 계 내를 정상 상태로 해 둘 필요가 있다.

[0020] 6) 수소 스테이션 자체의 설치 스페이스를 소형화할 때, 수소 프리쿨 시스템의 전유 스페이스가 그 제약이 된다.

[0021] 7) 현상의 -40℃라고 하는 온도에서는, 더 한층의 수소의 급속 충전에 제한이 발생한다. 장래에 있어서, 더욱 충전 시간을 짧게 하기 위해서는, 현상의 -40℃보다 낮은 온도로 예랭이 필요해질 가능성도 있다.

[0022] 그런데, 상기 종래의 수소 스테이션의 최종 충전부에 있어서 수소 가스의 온도를 강하시키기 위해 사용되는 수

소 프리쿨 시스템이 갖는 문제점에 비추어, 본건 출원인은, 먼저, 일본 특허 출원 제2015-059323호에 있어서, 구성이 간이하고, 보수 관리 역무의 부담이 적고, 소비 전력의 비용을 포함하는 운전 비용을 저렴하게 할 수 있는, 수소 스테이션의 최종 충전부에 있어서 수소 가스의 온도를 강하시키기 위해 사용되는 수소 프리쿨 시스템을 제안하고 있다.

[0023] 이 수소 스테이션의 최종 충전부에 있어서 수소 가스의 온도를 강하시키기 위해 사용되는 수소 프리쿨 시스템은, 수소 가스를 팽창 감압하는 과정에서 외부로 일을 취출하는 팽창기에 의해 수소 가스의 온도 저하를 행하고, 그 냉열 에너지를 이용하여 수소 가스의 예랭을 행하는 것이며, 상기 종래의 수소 스테이션의 최종 충전부에 있어서 수소 가스의 온도를 강하시키기 위해 사용되는 수소 프리쿨 시스템이 갖는 문제점을 해소할 수 있는 것인 반면, 이하의 과제가 있었다.

[0024] 8) 팽창기에 있어서 발생하는 에너지를 취출하여, 유효 이용하는 수단을 별도로 설치할 필요가 있다.

[0025] 본 발명은, 상기 종래의 수소 스테이션의 최종 충전부에 있어서 수소 가스의 온도를 강하시키기 위해 사용되는 수소 프리쿨 시스템이 갖는 문제점에 비추어, 구성이 간이하고, 현지 공사 비용을 저감할 수 있고, 보수 관리 역무의 부담이 적고, 소비 전력의 비용을 포함하는 운전 비용을 저렴하게 할 수 있고, 또한 팽창기에 있어서 발생하는 에너지를 취출하여, 발전기 등의 외부에 유효 이용하는 수단을 별도로 설치할 필요가 없는, 수소 스테이션의 최종 충전부에 있어서의 프리쿨러 기능 등의 온도 강하 시스템 기술에 적용할 수 있는 고압 수소의 팽창 터빈 · 컴프레서식 충전 시스템 및 그 제어 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0026] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 고압 수소의 팽창 터빈 · 컴프레서식 충전 시스템은, 고압으로 축압된 수소 가스를 탱크에 가압 충전할 때, 팽창 터빈을 사용하여 수소 가스의 엔탈피 강하를 행하는 충전 시스템에 있어서, 팽창 터빈 부분에 팽창 터빈 · 컴프레서를 내장하는 프로세스를 구비하고, 당해 팽창 터빈 · 컴프레서의 팽창 터빈측 입구부에 냉각기를 설치한 것을 특징으로 한다.

[0027] 더 구체적으로는, 팽창 터빈 · 컴프레서는, 회전체의 로터축의 일방측에 팽창 작용을 행하는 임펠러를, 타방측에, 팽창에 의해 얻어진 회전 에너지를 소비하는 압축 작용을 행하는 임펠러를, 각각 구비하여 구성할 수 있다.

[0028] 또한, 공급되는 수소 가스를 사용한 동압식 가스 베어링 방식의 베어링을 구비하여 구성할 수 있다.

[0029] 이 경우에 있어서, 팽창 터빈 · 컴프레서를 1대로 구성할 수 있다.

[0030] 또한, 팽창 터빈 · 컴프레서를 복수 대, 직렬로 배치하여 구성할 수 있다.

[0031] 삭제

[0032] 또한, 팽창 터빈 · 컴프레서의 컴프레서측 입구부에 냉각기를 설치할 수 있다.

[0033] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 고압 수소의 팽창 터빈 · 컴프레서식 충전 시스템의 제어 방법은, 고압으로 축압된 수소 가스를 탱크에 가압 충전할 때, 팽창 터빈을 사용하여 수소 가스의 엔탈피 강하를 행하는 충전 시스템의 제어 방법에 있어서, 팽창 터빈 부분에 팽창 터빈 · 컴프레서를 내장하는 프로세스 및 팽창 터빈측 입구부에 냉각기를 구비하고, 당해 냉각기의 수소 가스의 출구 온도를 제어하는 것을 특징으로 한다.

[0034] 이 경우에 있어서, 상기 냉각기의 수소 가스의 출구 온도를 검지하여, 당해 출구 온도를 적정 온도가 되도록, 냉각기의 한랭 에너지양을 조절 추종하도록 할 수 있다.

이 경우, 상기 출구 온도의 적정 온도를, 충전 초기를 충전이 진행된 단계보다 낮게 설정하도록 할 수 있다.

[0035] 또한, 수소 가스를 탱크로 가압 충전할 때의 충전 시간 배분에 의해, 각각의 충전 단계에서 최적의 가스 온도가 되도록, 냉각기의 한랭 에너지양을 조절 추종하도록 할 수 있다.

[0036] 또한, 탱크의 압력 및 온도 상승을 검지하여, 각각의 충전 단계에서 최적의 가스 온도가 되도록, 냉각기의 한랭 에너지양을 조절 추종하도록 할 수 있다.

발명의 효과

[0037] 본 발명의 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템에 의하면, 고압으로 축압된 수소 가스를 탱크에 가압 충전할 때, 팽창 터빈을 사용하여 수소 가스의 엔탈피 강하를 행하는 충전 시스템에 있어서, 팽창 터빈 부분에 팽창 터빈·컴프레서를 내장하는 프로세스를 구비하고, 팽창 터빈·컴프레서에서 최종적으로 수소를 팽창시켜, 엔탈피를 저하(온도 강하)시킨 수소 가스를 조절 탱크측으로 충전하도록 함으로써, 구성이 간이하고, 보수 관리 역무의 부담이 적고, 소비 전력의 비용을 포함하는 운전 비용을 저렴하게 할 수 있는, 예를 들어 수소 스테이션의 최종 충전부에 있어서 수소 가스의 온도를 강하시키기 위해 사용되는 수소 프리쿨 시스템을 제공할 수 있다.

[0038] 그리고 팽창 터빈 부분에 팽창 터빈·컴프레서를 내장하는 프로세스를 구비하는 것, 즉, 회전축의 일방측에 팽창용 임펠러, 타방측에 압축용 임펠러를 갖는 팽창 터빈·컴프레서를 사용함으로써, 팽창기에 있어서 발생하는 에너지를 취출하여, 유효 이용하는 수단을 별도로 설치할 필요가 없고, 또한 팽창 터빈측에서 얻어진 회전 에너지를 이용하여 컴프레서측에서 수소 가스의 압력을 상승시켜, 팽창 터빈 입구로 유도되도록 함으로써, 컴프레서에서 승압된 만큼, 팽창 터빈의 팽창비가 커져, 더 많은 열낙차(=한랭 발생량)를 얻도록 할 수 있다.

[0039] 또한, 팽창 터빈측 입구부에 냉각기를 구비하여 수소 가스의 온도를 적정값으로 낮춤으로써, 탱크 충전 완료 시의 온도 여유도의 확보나 더 효율이 낮은 팽창 터빈에서의 프로세스 성립이 가능해진다.

[0040] 그런데 이 프로세스에 사용하는 팽창기, 즉, 터빈은, 현재의 표준적인 수소 충전소(수소 스테이션)에 상응하는 용량으로 설계한 경우, 매우 소형이고 고속인 회전체가 되는 것을 피할 수 없다. 가령 5㎏의 고압 수소 가스를 약 3분에 충전하는 시스템의 경우, 팽창 터빈의 직경은 8 내지 12㎜, 최대의 팽창비 시에 상당하는 회전수는 120만 회전/분에 상당한다.

[0041] 그래서 본 발명의 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템에 있어서는, 구체적으로는, 회전체의 로터축의 일방측에 팽창 작용을 행하는 임펠러(터빈)를 타방측에, 팽창에 의해 얻어진 회전 에너지를 소비하는 압축 작용을 행하는 임펠러(컴프레서)를 각각 구비하여 구성한다.

[0042] 터빈에 의한 수소 가스의 팽창에 의해 취출된 에너지는, 터빈 회전체의 고속 회전이라고 하는 형태로 운동 에너지로서 취출되지만, 이 고속 회전을 실현하기 위해, 팽창 터빈·컴프레서에는, 공급되는 수소 가스를 사용한 동압식 가스 베어링 방식의 베어링을 채용한다.

[0043] 이 때문에, 회전 에너지로서 취출된 「일」은, 베어링에 의한 마찰 손실(축 손실)이 매우 작은 값으로 억제된 것으로 할 수 있다.

[0044] 터빈에서 얻어진 회전 에너지로부터 이 축 손실을 차감한 양의 에너지가 컴프레서측에서 프로세스 가스를 원심 승압함으로써 소비되어, 회전이 균형을 이룬다.

[0045] 즉, 터빈에 의해 취출된 회전 에너지(터빈 동력)는, 회전축의 반대측에 설치되고, 동일한 회전수로 구동되는 컴프레서에서, 프로세스 가스를 승압함으로써 소비된다.

[0046] 이 동압식 가스 베어링 방식의 베어링에서, 본 발명과 같은 소형이고 고속인 회전체의 베어링을 구성함으로써, 초고속 회전의 실현과, 매우 적은 축 손실의 실현을 담보할 수 있다.

[0047] 이와 같이 하여, 동력 회수를 발전 회수나, 외부로 취출한 회수를 행하지 않고, 터빈·컴프레서로서 클로즈된 시스템으로 할 수 있어, 구성이 간이하고, 현지 공사 비용을 저감할 수 있다.

[0048] 컴프레서측에서 승압된 프로세스 가스는, 열역학적인 압축에 의해 압력 상승과 온도 상승을 수반한다. 온도의 상승은, 필요에 따라서, 냉각기(공랭 또는 수랭의 애프터 쿨러)를 설치함으로써, 예를 들어 약 20℃ 부근으로 냉각되어, 열로서 외부로 버려진다. 압력 상승은, 그만큼 터빈 입구에 있어서의 압력 상승으로 귀결되기 때문에, 터빈에서의 팽창비를 더욱 높여, 결과적으로 한랭 발생량을 증대시키는 효과를 발휘한다.

[0049] 본 발명에 있어서, 터빈에서 취출한 동력을, 발전기 등에서 전력으로 변환하지 않고, 터빈·컴프레서를 채용하여 프로세스 내부에서 이용한다고 한 기술적인 이유는, 지나치게 소형이고 고속인 회전 기기는, 발전기 자체가 소형이고 또한 고주파가 되어 성립되지 않는 경우가 있고, 또한 프로세스 가스가 수소인 관계상, 방폭의 관점에서 우위성을 들 수 있다.

[0050] 또한, 팽창 터빈·컴프레서를 복수 대, 직렬로 배치하여 구성함으로써, 팽창 터빈·컴프레서의 터빈 효율을 각각의 팽창 비율로 최대의 영역에서 운전을 행하여, 한랭 발생량에 여유를 갖게 할 수 있다.

[0051] 또한, 팽창 터빈·컴프레서의 팽창 터빈측 입구부 및/또는 컴프레서측 입구부에 냉각기를 설치함으로써, 수소

가스의 온도 강하를 보조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0052] 도 1은 수소 가스의 팽창 밸브를 사용한 팽창(밸브 팽창)에 의한 충전 유량 및 압력, 그리고 온도의 변화를 나타내는 그래프이다.

도 2는 종래의 수소 프리쿨 시스템을 사용한 수소 스테이션의 설명도이다.

도 3은 본 발명의 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템의 일 실시예를 나타내는 설명도이다.

도 4는 본 발명의 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템의 변형 실시예를 나타내는 설명도이다.

도 5는 수소 가스의 팽창 밸브를 사용한 팽창(밸브 팽창)(종래 방식)과 본 발명의 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템(실시예)에 의한 충전 유량 및 압력의 변화를 나타내는 그래프이다.

도 6은 수소 가스의 팽창 밸브를 사용한 팽창(밸브 팽창)(종래 방식)과 본 발명의 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템(실시예)에 의한 온도의 변화를 나타내는 그래프이다.

도 7은 본 발명의 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템의 제어 방법을 실시하는 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템의 시스템 구성의 일 실시예를 나타내는 설명도이다.

도 8은 팽창 터빈측 입구부에 냉각기를 구비하여 수소 가스의 온도를 변화시킨 경우의 충전 완료 온도와 터빈 효율의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 9는 본 발명의 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템의 제어 방법을 실시하는 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템의 시스템 구성의 일 실시예를 나타내는 설명도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0053] 이하, 본 발명의 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템 및 그 제어 방법의 실시 형태를, 도면에 기초하여 설명한다.

[0054] 이 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템은, 본 발명의 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템을, 수소 스테이션의 최종 충전부에 있어서 수소 가스의 온도를 강하시키기 위해 사용되는 수소 프리쿨 시스템에 적용한 것이며, 고압으로 축압된 수소 가스를 탱크에 가압 충전할 때, 팽창 터빈을 사용하여 수소 가스의 엔탈피 강하를 행하는 충전 시스템에 있어서, 팽창 터빈 부분에 팽창 터빈·컴프레서를 내장하는 프로세스를 구비하도록 한 것이다.

[0055] 여기서, 팽창 터빈 부분에 팽창 터빈·컴프레서를 내장하는 프로세스를 구비하기 위해, 본 실시예에 있어서는, 종래, 예를 들어 냉매의 압축과 팽창을 행하기 위해 범용되고 있는 회전축의 일방측에 팽창용 임펠러, 타방측에 압축용 임펠러를 갖는 터빈·컴프레서(본 명세서에 있어서, 「팽창 터빈·컴프레서」라고 함)를 사용할 수 있다.

[0056] 이 팽창 터빈·컴프레서는, 공급되는 수소 가스를 사용한 동압식 가스 베어링 방식의 베어링(레이디얼 및 스러스트 양방향의 지지를 행하는 베어링)을 구비하여 구성할 수 있다.

[0057] 구체적으로는, 도 3에 나타낸, 수소 스테이션의 수소 가스의 최종 팽창 기구와 같이, 이 수소 프리쿨 시스템(10)은, 수소 가스원 라인(9)을 팽창 터빈·컴프레서(11)의 회로에 접속하여 구성되고, 팽창 터빈·컴프레서(11)에서 최종적으로 수소 가스를 팽창시켜, 엔탈피 저하(온도 강하)시킨 수소 가스를, 수소 가스 공급 유닛(13)을 통해, 수소 자동차의 연료 탱크(6)에 충전하도록 하고 있다.

[0058] 여기서, 팽창 터빈·컴프레서(11)는, 회전축의 일방측에 팽창용 임펠러를 갖는 팽창 터빈(11a)를 타방측에 압축용 임펠러를 갖는 컴프레서(11b)를 구비하도록 하고, 팽창 터빈(11a)측에서 얻어진 회전 에너지를 이용하여 컴프레서(11b)측에서 수소 가스의 압력을 상승시켜, 팽창 터빈(11a)의 입구로 유도되도록 함(수소 가스는, 컴프레서(11b)에 공급되고, 그 후, 팽창 터빈(11a)에 공급됨.)으로써, 컴프레서(11b)에서 승압된 만큼, 팽창 터빈(11a)의 팽창비가 커져, 더 많은 열낙차(=한랭 발생량)를 얻도록 할 수 있는 것이 된다.

[0059] 또한, 팽창 터빈·컴프레서(11)의 팽창 터빈(11a)측의 입구부에 냉각기(12)를 설치할 수 있다.

[0060] 냉각기(12)의 냉열원(12a)에는, 수랭 방식의 것이나 칠러 유닛 방식의 것을 적합하게 사용할 수 있다.

[0061] 또한, 도시는 생략하지만, 마찬가지의 냉각기를, 컴프레서(11b)측의 입구부에 설치할 수 있다. 이 경우, 팽창 터빈(11a)측의 입구부에 설치한 냉각기(12)는 생략할 수도 있다.

[0062] 이에 의해, 수소 가스의 온도 강하를 보조할 수 있어, 수소 가스의 온도를 적정값으로 낮춤으로써, 탱크 충전 완료 시의 온도 여유도의 확보나 더 효율이 낮은 팽창 터빈에서의 프로세스 성립이 가능해진다.

[0063] 도 5 및 도 6에, 수소 가스의 팽창 밸브를 사용한 팽창(밸브 팽창)(종래 방식)과 본 발명의 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템(실시예)에 의한 충전 유량 및 압력 및 온도의 변화를 나타낸다.

[0064] 본 발명의 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템을, 수소 스테이션의 최종 충전부에 있어서 수소 가스의 온도를 강하시키기 위해 사용되는 수소 프리쿨 시스템에 적용함으로써, 수소 가스원 라인(9)의 고압(82 ㎫)(원압)의 수소 가스로부터 수소 자동차의 연료 탱크(6)에 대해 압력차를 이용하여 팽창 터빈·컴프레서(11)를 구동하여, 팽창된 수소 가스를 직접적으로 충전할 수 있다.

[0065] 이 경우, 충전 초기에 있어서는, 원압과 연료 탱크(6)의 내압의 차가 크다는 점에서, 팽창 터빈(11a)에서의 팽창비 및 컴프레서(11b)에 의한 팽창비를 비교적 크게 취할 수 있기 때문에, 더 많은 한랭을 발생할 수 있다.

[0066] 충전이 진행됨에 따라 연료 탱크(6)의 내압은 상승해 가고, 팽창 터빈·컴프레서(11)에 의한 발생 한랭은 작아져 가지만, 최종적으로 85℃ 이하에서 충전을 종료할 수 있다.

[0067] 그런데 도 3에 나타낸 실시예에 있어서는, 1대의 팽창 터빈·컴프레서(11)를 사용하도록 하였지만, 도 4에 나타낸 변형 실시예에 나타낸 바와 같이, 복수 대, 직렬로 배치하여 구성하도록 하거나, 또한 복수 대, 직렬로 배치한 것을 병렬로 배치하여 구성하도록 할 수 있다.

[0068] 이에 의해, 팽창 터빈·컴프레서(11)의 터빈 효율을 각각의 팽창 비율로 최대의 영역에서 운전을 행하여, 한랭 발생량에 여유를 갖게 하도록 하거나, 용이하게 설비 유량을 증가시킬 수 있어, 큰 프리쿨 냉각기 없이, 대형의 연료 전지 버스나 트럭의 충전 설비를 구성하는 것이 가능하다.

[0069] 그런데 도 3에 나타낸 실시예(도 4에 나타낸 실시예에 있어서도 마찬가지임)에 있어서는, 도 7에 나타낸 바와 같이, 팽창 터빈·컴프레서(11)의 팽창 터빈(11a)측의 입구부에 냉각기(12) 및 그 제어 장치(14)를 설치하여, 냉각기(12)의 수소 가스의 출구 온도를 제어하도록 하고 있다.

[0070] 이와 같이 구성함으로써, 냉각기(12)의 수소 가스의 출구 온도를 적정하게 낮출 수 있고, 이에 의해 충전 완료 시의 연료 탱크(6) 내의 온도 여유도를 갖게 할 수 있다.

[0071] 도 7에 있어서, 냉각기(12)의 수소 가스의 출구 온도를, 제어 장치(14)에 의해, 예를 들어 통상의 33℃ 부근으로부터 25℃, 20℃로 강하시킴으로써, 도 8에 나타낸 바와 같이, 충전 후의 연료 탱크(6) 내의 온도 상승에 대해 여유를 갖게 함과 함께, 팽창 터빈 효율이 더 낮은 것이라도 프로세스로서 구성할 수 있게 된다. 즉, 새로운 쿨러로 온도 강하시키는 것이 아니라, 냉각기(12)의 한랭을 조절함으로써 목적의 온도로 할 수 있다.

[0072] 이 경우, 냉각기(12)의 수소 가스의 출구 온도를 검지하고, 충전 초기(최초의 20 내지 30초)는 비교적 설정을 낮게, 충전이 진행됨에 따라(한랭 부하도 감소함에 따라) 적정한 한랭 발생을 프로그램하여, 수소 가스의 출구 온도를 목적의 온도에 추종시키도록 하는 것이 바람직하다.

[0073] 구체적으로는, 수소 가스를 연료 탱크(6) 내에 충전하는 프로토콜의 제어는, 수소 가스 공급 유닛(13) 내에 설치한 제어 장치(컨트롤러)에서 행하도록 한다. 이 경우, 미리 지정된 충전 시간 배분에 상응하는 최적의 한랭을 내부 계산하여, 팽창 터빈(11a)의 입구 온도(냉각기(12)의 출구 온도)를 최적으로 제어함으로써, 불필요한 냉각을 행하는 일 없이, 최소의 외부 에너지로 충전을 행할 수 있다.

[0074] 또한, 연료 탱크(6) 내의 압력 및 온도 상승을 검지하여, 수소 가스의 출구 온도를 목적의 온도에 추종시키도록 할 수도 있다.

[0075] 구체적으로는, 도 9에 나타낸 바와 같이, 수소 가스 공급 유닛(13)측에서 연료 탱크(6)의 현재의 압력 및 온도를 검지하고, 충전 완료까지의 최적의 한랭량을 계산하여, 자동 제어로 팽창 터빈(11a)의 입구 온도(냉각기(12)의 출구 온도)를 최적으로 제어함으로써, 불필요한 냉각을 행하는 일 없이, 최소의 외부 에너지로 충전을 행할 수 있다.

[0076] 본 발명의 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템을, 수소 스테이션의 최종 충전부에 있어서 수소 가스의 온도를 강하시키기 위해 사용되는 수소 프리쿨 시스템에 적용함으로써, 종래의 수소 스테이션의 최종 충전

부에 있어서 수소 가스의 온도를 강하시키기 위해 사용되는 수소 프리쿨 시스템의 과제를, 이하와 같이 해결할 수 있다.

[0077] 과제 1)에 대해서는, 팽창 터빈·컴프레서 자체의 가동에는 외부 전력을 필요로 하지 않기 때문에, 종래의 수소 프리쿨 시스템의 운전 비용(전기 요금)에 대해, 거의 전력은 필요로 하지 않는다.

[0078] 과제 2)에 대해서는, 냉매가 존재하지 않으므로, 별개로는 냉동칙에 걸리지 않는 시스템이 된다. 수소 스테이션 전체의 고압 가스 보안법 중에서 대처할 수 있다.

[0079] 과제 3)에 대해서는, 프레온 냉매나 브라인 자체가 존재하지 않으므로, 환경 사고에 대한 리스크는 없어진다.

[0080] 과제 4)에 대해서는, 상당히 심플한 시스템 구성으로 되기 때문에, 운전 비용뿐만 아니라 보수 비용도 대폭 저감할 수 있다.

[0081] 과제 5)에 대해서는, 팽창 터빈·컴프레서의 기동과 동시에 온도 강하 상태가 만들어지기 때문에, 계 내의 시상수가 매우 작다. 사전 기동의 시간은 매우 짧다.

[0082] 과제 6)에 대해서는, 팽창 터빈·컴프레서의 콜드 박스뿐이면 되므로 대폭의 공간 절약화가 도모된다. 종래의 것에 비해 체적 비율로 10% 정도가 된다.

[0083] 과제 7)에 대해서는, 팽창 터빈·컴프레서를 복수 대 조합하거나, 최적의 유량의 팽창 터빈·컴프레서를 사용함으로써, 용이하게 설비 유량을 증가시킬 수 있어, 큰 프리쿨 냉각기 없이, 대형의 연료 전지 버스나 트럭의 충전 설비를 구성하는 것이 가능하다.

[0084] 과제 8)에 대해서는, 팽창 터빈·컴프레서를 사용함으로써, 팽창기에 있어서 발생하는 에너지를 취출하여, 유효 이용하는 수단을 별도로 설치할 필요가 없고, 또한 팽창 터빈측에서 얻어진 회전 에너지를 이용하여 컴프레서측에서 수소 가스의 압력을 상승시켜, 팽창 터빈 입구로 유도되도록 함으로써, 컴프레서에서 승압된 만큼, 팽창 터빈의 팽창비가 커져, 더 많은 열낙차(=한랭 발생량)를 얻도록 할 수 있고, 또한 팽창 터빈측 입구부에 냉각기를 구비하여 수소 가스의 온도를 적정값으로 낮춤으로써, 탱크 충전 완료 시의 온도 여유도의 확보나 더 효율이 낮은 팽창 터빈에서의 프로세스 성립이 가능해진다.

[0085] 이상, 본 발명의 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템 및 그 제어 방법에 대해, 그 실시예에 기초하여 설명하였지만, 본 발명은 상기 실시예에 기재된 구성에 한정되는 것은 아니며, 그 취지를 일탈하지 않는 범위에 있어서 적절하게 그 구성을 변경할 수 있는 것이다.

산업상 이용가능성

[0086] 본 발명의 고압 수소의 팽창 터빈·컴프레서식 충전 시스템 및 그 제어 방법은, 구성이 간이하고, 현지 공사 비용을 저감할 수 있고, 보수 관리 역무의 부담이 적고, 소비 전력의 비용을 포함하는 운전 비용을 저렴하게 할 수 있고, 또한 팽창기에 있어서 발생하는 에너지를 취출하여, 발전기 등의 외부에 유효 이용하는 수단을 별도로 설치할 필요가 없다고 하는 특성을 갖고 있다는 점에서, 수소 스테이션의 최종 충전부에 있어서 수소 가스의 온도를 강하시키기 위해 사용되는 수소 프리쿨 시스템의 용도에 적합하게 사용할 수 있다.

부호의 설명

[0087] 1 : 압축기 설비

2 : 수소 축압 설비

3 : 팽창 밸브

4 : 프리쿨러

5 : 수소 프리쿨 시스템

6 : 연료 탱크(탱크)

7 : 냉동기 설비

8 : 브라인 회로

9 : 수소 가스원 라인

10 : 수소 프리쿨 시스템

11 : 팽창 터빈 · 컴프레서

11a : 팽창 터빈

11b : 컴프레서

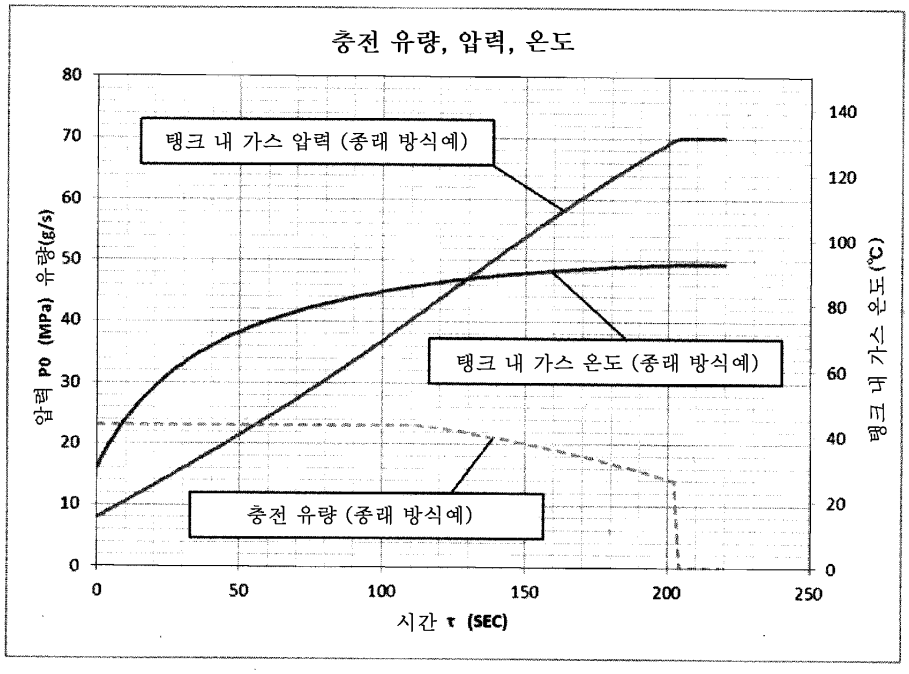
12 : 냉각기

12a : 냉열원

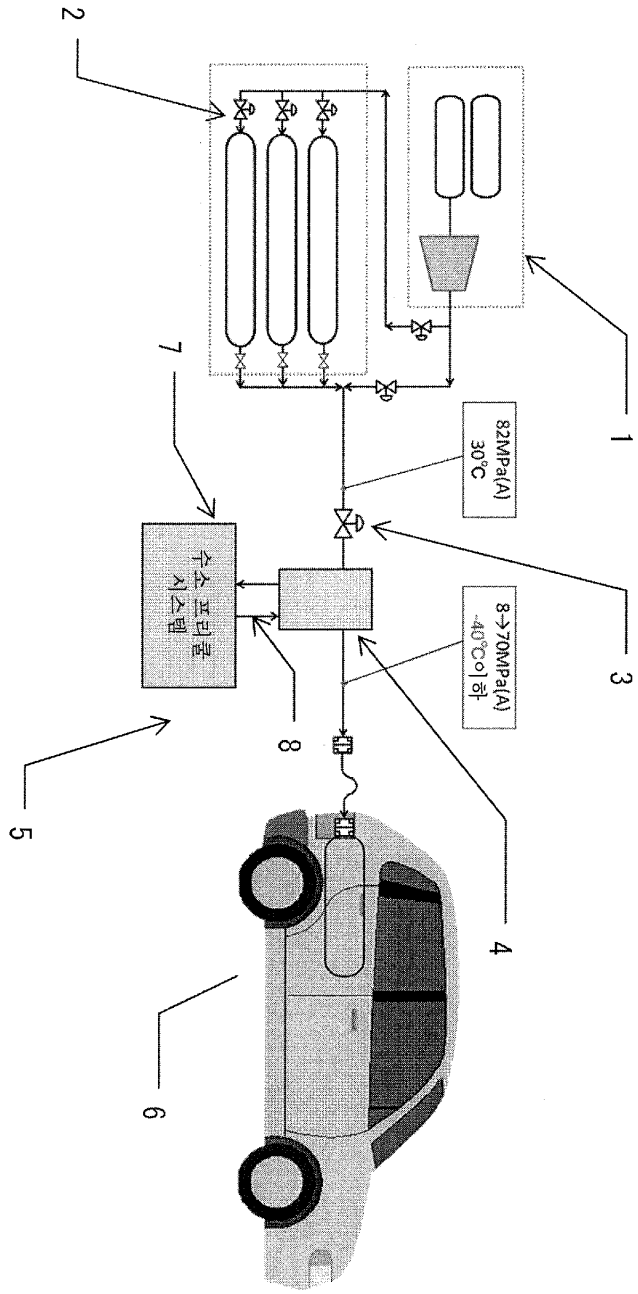
13 : 수소 가스 공급 유닛

도면

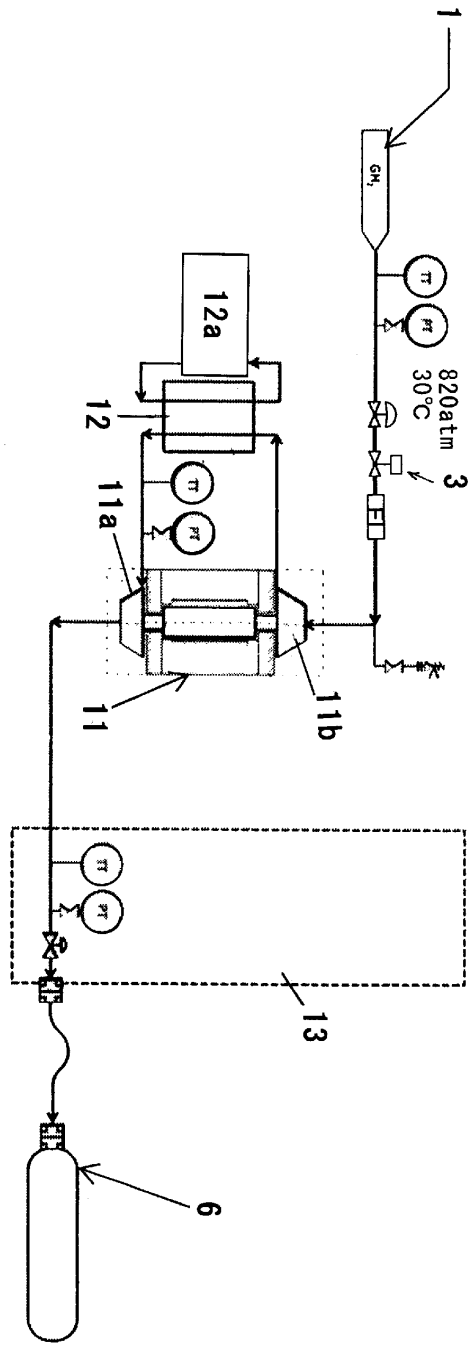
도면1



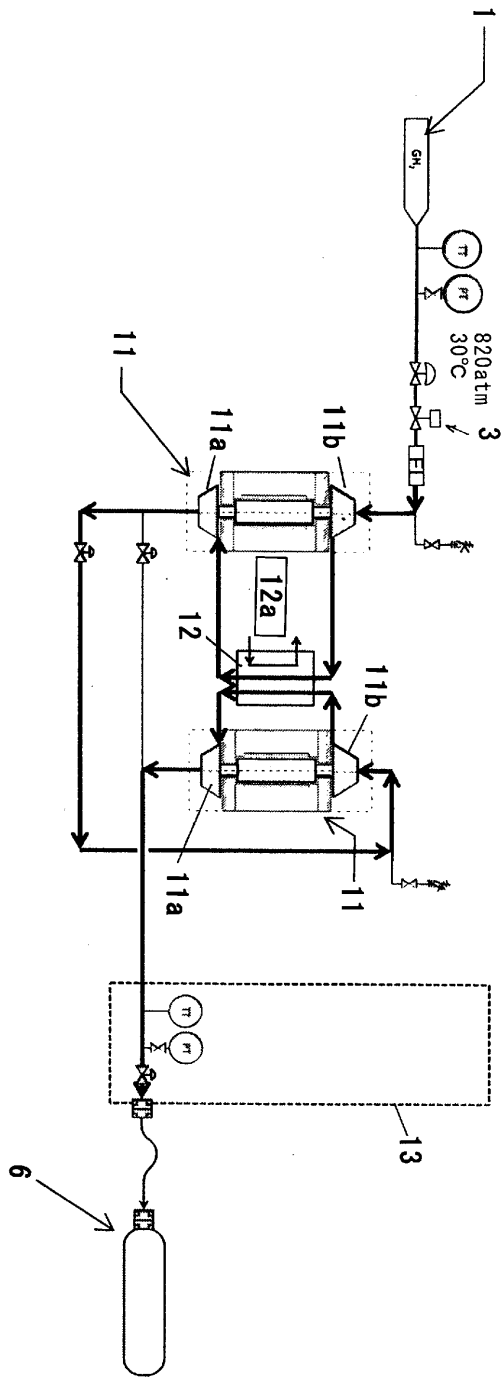
도면2



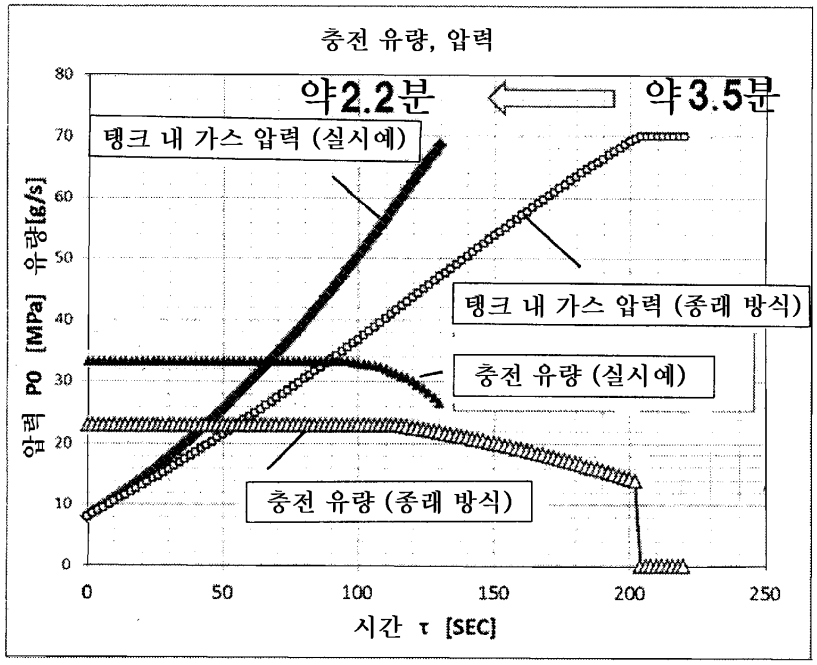
도면3



도면4

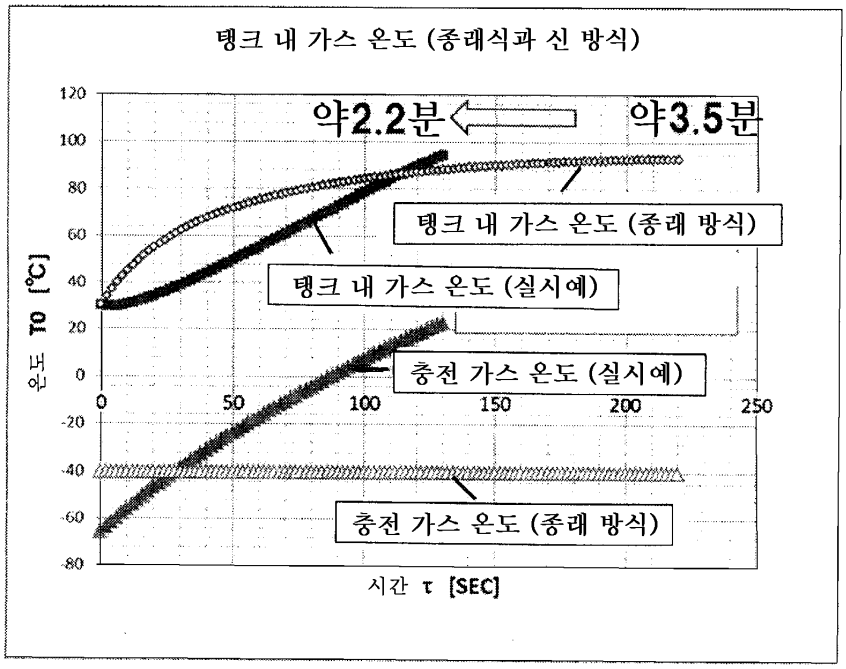


도면5



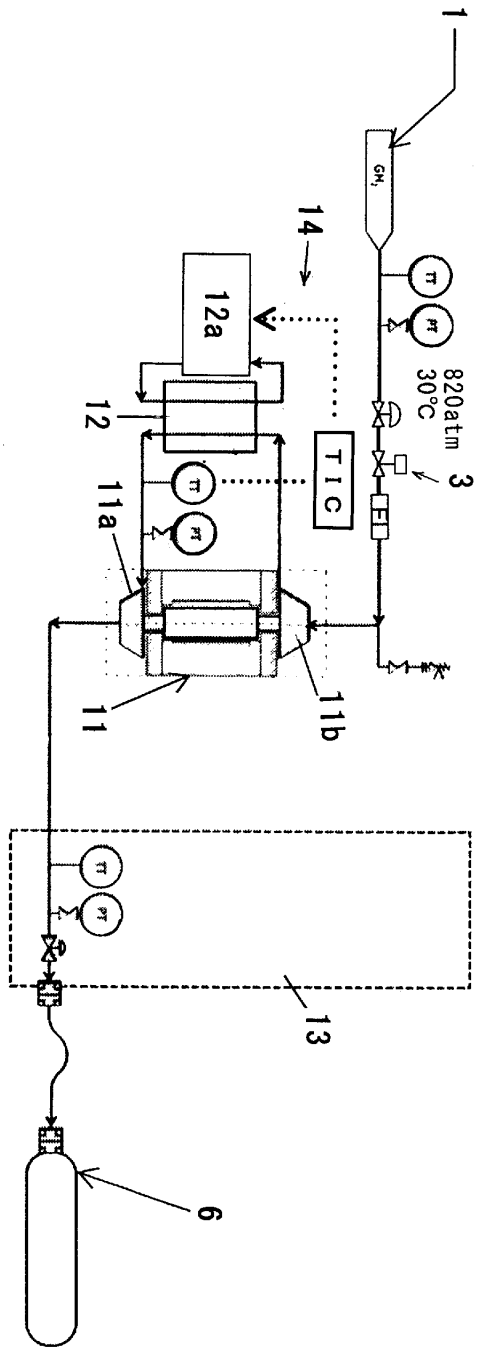
탱크 용량 : 156L 수소 가스 원압 : 82MPa(A)、 온도 : 30℃
초기 탱크 압력 : 8MPa(A)、 초기 탱크 온도 : 30℃

도면6

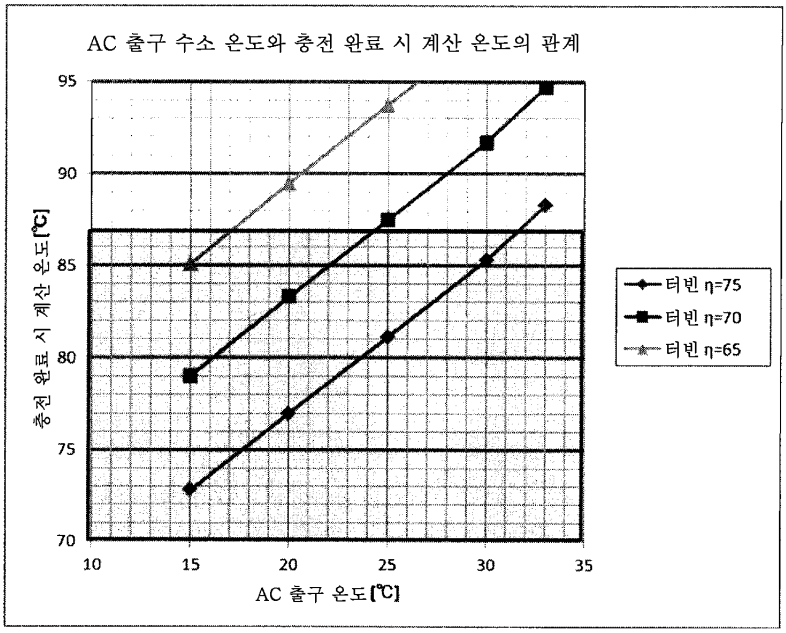
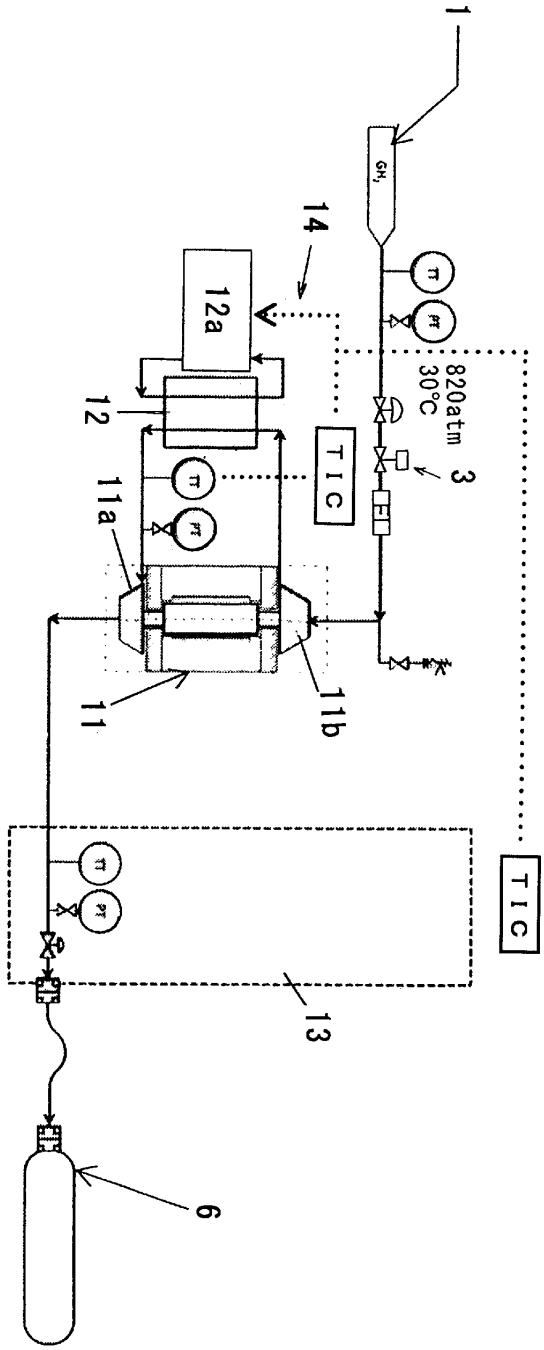


탱크 용량 : 156L 수소 가스 원압 : 82MPa(A)、 온도 : 30℃
초기 탱크 압력 : 8MPa(A)、 초기 탱크 온도 : 30℃

도면7



도면8


AC 출구 수소 온도와 충전 완료 시 계산 온도의 관계
충전 완료 시 계산 온도[℃]
95
90
85
80
75
70
10
15
20
25
30
35
AC 출구 온도[℃]
터빈 η=75
터빈 η=70
터빈 η=65

도면9