



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2012년06월28일  
 (11) 등록번호 10-1160900  
 (24) 등록일자 2012년06월22일

- |   |  |
|---|--|
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br>F02M 25/07 (2006.01) F02B 47/00 (2006.01)<br>(21) 출원번호 10-2010-0012684<br>(22) 출원일자 2010년02월11일<br>심사청구일자 2010년02월11일<br>(65) 공개번호 10-2011-0092954<br>(43) 공개일자 2011년08월18일<br>(56) 선행기술조사문헌<br>JP2007064092 A*<br>JP11093681 A*<br>JP2009250093 A<br>JP02011826 A<br>*는 심사관에 의하여 인용된 문헌 | (73) 특허권자<br>국방과학연구소<br>대전광역시 유성구 북유성대로488번길 160 (수남동)<br>(72) 발명자<br>백현중<br>경상남도 창원시 반림동 현대아파트 107-502<br>(74) 대리인<br>특허법인 원전 |
|---|--|

전체 청구항 수 : 총 6 항

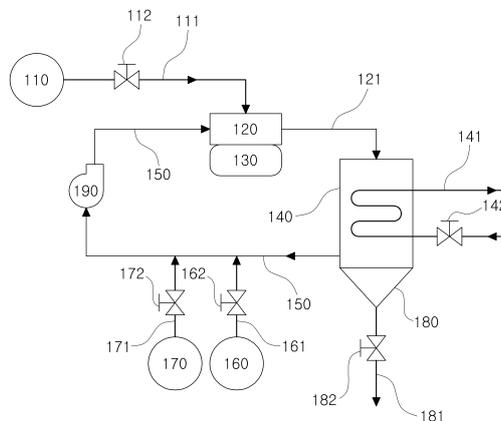
심사관 : 백남균

(54) 발명의 명칭 배기가스 재순환방식에 의한 폐회로 수소연소 시스템 및 방법

**(57) 요약**

본 발명은 연료로서 사용되는 수소를 공급하는 수소공급장치; 상기 수소공급장치의 수소공급관과 연결되어 상기 수소공급장치로부터 공급받은 수소를 연소하는 엔진의 연소실; 상기 연소실에서 수소 연소 후 상기 연소실 후단에 설치된 배기관을 통해 배출되는 고온의 배기가스를 냉각하여 저온의 배기가스로 변환시키고 배기가스 중의 물을 응축시키는 응축기; 및 상기 응축기와 상기 연소실 전단 사이에 연결되어 상기 저온의 배기가스 일부를 상기 응축기로부터 상기 연소실의 흡기로 재순환시키는 재순환관; 을 포함하는 배기가스 재순환방식에 의한 폐회로 수소연소시스템을 제공한다. 상기 엔진은 열기관이다. 본 발명은 이러한 구조에 의해, 연소실에서 수소 연소시 화염온도를 낮추면서 완전연소하도록 하고, 또한 수소 연소 후 배출되는 고온의 배기가스를 냉각하여 냉각한 저온의 배기가스 일부를 연소실로 재순환시키고 나머지 일부를 응축시킴으로써 수소 연소 안전성이 향상됨과 더불어 시스템의 효율성 및 운용성이 개선된다.

**대표도 - 도1**



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

연료로서 사용되는 수소를 공급하는 수소공급기(110)와,

엔진(130)의 헤드에 위치되고, 상기 수소공급기(110)의 수소공급관(111)과 연결되어 상기 수소공급기(110)로부터 공급받은 수소를 연소하는 연소실(120)과,

상기 연소실(120)에서 수소 연소 후 상기 연소실(120) 후단에 설치된 배기관(121)을 통해 배출되는 고온의 수증기를 포함한 배기가스를 냉각하여 저온의 수증기를 포함한 배기가스와 응축수로 변환시키는 응축기(140)와,

상기 응축기(140)에서 응축되는 수증기의 양을 조절하기 위한 냉각재유량조절밸브(142)와,

상기 응축기(140)와 상기 연소실(120) 전단 사이에 연결되어 상기 저온의 수증기를 포함한 배기가스를 상기 응축기(140)로부터 상기 연소실(120)의 흡기로 재순환시키는 재순환관(150)과,

상기 저온의 수증기를 포함한 배기가스를 저온흡입가스로 형성하기 위해 상기 재순환관(150)에 산소 및 희석가스를 각각 공급하는 산소공급기(160) 및 희석가스공급기(170)와,

상기 재순환관(150)을 통해 연소실(120)로 재순환되는 상기 저온흡입가스의 일부를 상기 연소실(120) 전단에서 상기 연소실(120) 후단으로 우회시키도록 상기 연소실(120) 전단의 상기 재순환관(150)으로부터 분기되어 상기 배기관(121)에 연결 설치된 바이패스관(200)을 포함하는 것을 특징으로 하는 배기가스 재순환방식에 의한 폐회로 수소연소시스템.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 바이패스관(200)에는, 우회되는 상기 저온흡입가스의 유량을 제어하기 위한 제어밸브(211)가 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 배기가스 재순환방식에 의한 폐회로 수소연소시스템.

**청구항 3**

(a) 엔진의 연소실 내에서 과잉의 산소 분위기 하에서 수소를 연소하는 단계;

(b) 수소 연소 후 상기 연소실의 배기관을 통해 배출되는 고온의 수증기를 포함한 배기가스를, 내부에 2차 냉각재가 흐르는 응축기에 의해 저온의 수증기가 포함된 배기가스와 응축수로 냉각시키는 단계;

(c) 상기 이차 냉각재의 유량 변경에 따라 상기 응축기에서 응축되지 않은 저온의 수증기의 비율을 조절하는 단계;

(d) 상기 저온의 수증기가 포함된 배기가스를 상기 응축기와 상기 연소실 전단 사이에 연결된 재순환관을 통해 상기 응축기로부터 상기 연소실의 흡기계로 재순환시키는 단계;

(e) 상기 저온의 수증기가 포함된 배기가스에 산소 및 희석가스를 공급함으로써 저온흡입가스를 형성하는 단계;

(f) 상기 연소실로 유입되는 상기 저온흡입가스의 일부를 상기 연소실 전단에서 상기 연소실 후단으로 우회시키는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 배기가스 재순환방식에 의한 폐회로 수소연소방법.

**청구항 4**

제 3 항에 있어서,

상기 (a)단계에서, 수소의 완전연소를 위한 과잉의 산소를 수소 연소 시작 이전에 상기 연소실에 미리 충전하는 것을 특징으로 하는 배기가스 재순환방식에 의한 폐회로 수소연소방법.

**청구항 5**

제 3 항에 있어서,

상기 (a)단계에서, 수소를 회석하기 위한 회석가스를 상기 연소실에 미리 충전하는 것을 특징으로 하는 배기 가스 재순환방식에 의한 폐회로 수소연소방법.

**청구항 6**

제 5 항에 있어서,

엔진의 운전 중 화염이 꺼지거나 점화가 제대로 이루어지 않는 비정상적인 운전으로 인해 갑자기 수소 연소반응이 정지되는 경우에, 수소의 농도를 폭발점 아래로 떨어뜨리기 위해 연소실에 회석가스를 추가적으로 긴급 주입하는 것을 특징으로 하는 배기가스 재순환방식에 의한 폐회로 수소연소방법.

**청구항 7**

삭제

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

삭제

**청구항 11**

삭제

**청구항 12**

삭제

**청구항 13**

삭제

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

삭제

**청구항 16**

삭제

**청구항 17**

삭제

**청구항 18**

삭제

**청구항 19**

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 배기가스 재순환방식에 의한 폐회로 수소연소시스템 및 방법에 관한 것으로, 더 상세하게는 연소실에서 수소 연소시 화염온도를 낮추면서 완전연소하도록 하고, 또한 수소 연소 후 배출되는 고온의 배기가스를 냉각하여 냉각한 저온의 배기가스 일부를 연소실로 재순환시키고 나머지 일부를 응축시켜 외부에 배기가스를 방출하지 않도록 함으로써 수소 연소 안전성을 향상시킴과 더불어 시스템의 효율성 및 운용성을 개선하는 배기가스 재순환방식에 의한 폐회로 수소연소 시스템 및 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 최근 들어 지구환경 보존에 대한 관심이 점점 높아지고 있는 가운데 일반적으로 널리 사용되고 있는 탄화수소계 화석연료와는 달리 탄소원자를 포함하지 않는 수소에 관한 중요성이 나날이 고조되고 있다.

[0003] 근본적으로 수소는 무색, 무취, 무비, 무독성의 기체로서 단위 질량당 에너지가 매우 큰 특성을 지니고 있고 연료로서 우수한 성질을 지니고 있어 세계 각국에서 다양한 용도로 사용하기 위한 연구가 진행되고 있다. 차량의 경우 수소를 내연기관의 연료로 직접 사용하는 방법과 연료전지에 사용하여 전기에너지를 얻는 방법의 2가지 방향의 연구가 진행되고 있다.

[0004] 수소가 에너지원으로서 가지는 장점은 공기중의 산소와 반응하면 폭발적인 연소반응에 의해 높은 열에너지를 발생하면서 매우 적은 양의 질소산화물만을 발생할 뿐 다른 공해물질이 생기지 않는다는 점이다.

[0005] 따라서, 수소는 저공해 자동차의 필요성이 대두되는 현대사회에서 자동차 엔진과 같은 내연기관은 물론 스틸링 엔진, 증기터빈 엔진 및 가스터빈 엔진 등과 같은 외연기관의 연료로서 환영받고 있고, 이 이외에도 항공기?우주선?수중함의 엔진에 이르기까지 넓은 범위에서 에너지원으로 사용되고 있다. 이러한 수소 연료는 공해물질이 거의 생기지 않기 때문에 해저에서 항해하는 잠수함이나 무인잠수정 등의 수중함에 유용하게 사용된다.

[0006] 그런데, 수소연료 엔진을 위한 연소 시스템은 몇 가지 기술적인 장애물이 있다. 즉, 수소가 산소와 연소반응을 하면, 화염온도가 약 3000K에 이르며 공기중의 부피함량이 18~59% 정도의 넓은 농도범위에서 폭발성이 있기 때문에, 높은 화염온도의 저감과 폭발 연소의 방지가 주요 기술적인 과제이다.

- [0007] 이를 해결하기 위한 일례로, 미국특허 제7,178,339호는 잠수함에 사용되는 수소/산소 연소기의 페루프 냉각시스템을 개시하고 있는데, 이 선행기술은 물을 이용하여 연소실의 온도를 저감시켜 연소효율을 향상시키도록 한 것이다.
- [0008] 그러나, 상기한 선행기술은 화염온도를 저감시키기 위해 연소실에 공급되는 물을 저장하는 물탱크와 물탱크로부터 연소실에 물을 주입하기 위한 시설을 별도로 설치해야 하며, 또한 수소 연소반응 후 외부로 배출되는 배기가스의 처리에 대하여 아무런 제시가 없다.
- [0009] 한편, 연소용 산소의 공급이 충분하지 못하면 불완전 연소하여 일부의 수소가 고온의 상태로 외부로 배출되어 화재 발생의 위험성이 있는데, 상기한 선행기술에서는 이러한 문제에 대해서 어떠한 해결책도 제시하고 있지 않다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0010] 따라서, 본 발명은 상기한 종래의 문제점을 감안하여 이루어진 것으로, 연소실에서 수소 연소시 화염온도를 낮추면서 완전연소하도록 하고, 또한 수소 연소 후 배출되는 고온의 배기가스를 냉각하여 냉각한 저온의 배기가스 일부를 연소실로 재순환시키고 나머지 일부를 응축시켜 외부에 배기가스를 방출하지 않도록 함으로써 수소 연소 안전성을 향상시킴과 더불어 시스템의 효율성 및 운용성을 개선하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0011] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명은 연료로서 사용되는 수소를 공급하는 수소공급장치; 엔진의 헤드에 위치되고, 상기 수소공급장치의 수소공급관과 연결되어 상기 수소공급장치로부터 공급받은 수소를 연소하는 연소실; 상기 연소실에서 수소 연소 후 상기 연소실 후단에 설치된 배기관을 통해 배출되는 고온의 배기가스를 냉각하여 저온의 배기가스로 변환시키는 응축기; 및 상기 응축기와 상기 연소실 전단 사이에 연결되어 상기 저온의 배기가스 일부를 상기 응축기로부터 상기 연소실의 흡기로 재순환시키는 재순환관; 상기 저온의 수증기를 포함한 배기가스를 저온흡입가스로 형성하기 위해 상기 재순환관에 산소 및 희석가스를 각각 공급하는 산소공급기 및 희석가스공급기; 상기 재순환관을 통해 연소실로 재순환되는 상기 저온흡입가스의 일부를 상기 연소실 전단에서 상기 연소실 후단으로 우회시키도록 상기 연소실 전단의 상기 재순환관으로부터 분기되어 상기 배기관에 연결 설치된 바이패스관을 포함하는 것을 특징으로 하는 배기가스 재순환방식에 의한 폐회로 수소연소시스템을 제공한다.

[0012] 삭제

[0013] 삭제

[0014] 삭제

[0015] 삭제

[0016] 삭제

[0017] 삭제

[0018] 삭제

- [0019] 삭제
- [0020] 삭제
- [0021] 삭제
- [0022] 삭제
- [0023] 본 발명에 따른 폐회로 수소연소시스템에 있어서, 상기 바이패스관에는, 우회되는 상기 저온흡입가스의 유량을 제어하기 위한 제어밸브가 설치되어 있다.
- [0024] 또한, 본 발명은 상기 목적을 달성하기 위해, (a) 엔진의 연소실 내에서 과잉의 산소 분위기 하에서 수소를 연소하는 단계; (b) 수소 연소 후 상기 연소실의 배기관을 통해 배출되는 고온의 수증기를 포함한 배기가스를, 내부에 2차 냉각재가 흐르는 응축기에 의해 저온의 수증기가 포함된 배기가스와 응축수로 냉각시키는 단계; (c) 상기 이차 냉각재의 유량 변경에 따라 상기 응축기에서 응축되지 않은 저온의 수증기의 비율을 조절하는 단계; (d) 상기 저온의 수증기가 포함된 배기가스를 상기 응축기와 상기 연소실 전단 사이에 연결된 재순환관을 통해 상기 응축기로부터 상기 연소실의 흡기계로 재순환시키는 단계; (e) 상기 저온의 수증기가 포함된 배기가스에 산소 및 희석가스를 공급함으로써 저온흡입가스를 형성하는 단계; (f) 상기 연소실로 유입되는 상기 저온흡입가스의 일부를 상기 연소실 전단에서 상기 연소실 후단으로 우회시키는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 배기가스 재순환방식에 의한 폐회로 수소연소방법을 제공한다.
- [0025] 본 발명에 따른 폐회로 수소연소방법에 있어서, 상기 (a)단계에서, 수소의 완전연소를 위한 과잉의 산소를 수소 연소 시작 이전에 상기 연소실에 미리 충전한다.
- [0026] 본 발명에 따른 폐회로 수소연소방법에 있어서, 상기 (a)단계에서, 수소를 희석하기 위한 희석가스를 상기 연소실에 미리 충전한다.
- [0027] 삭제
- [0028] 본 발명에 따른 폐회로 수소연소방법에 있어서, 엔진의 운전 중 화염이 꺼지거나 점화가 제대로 이루어지지 않는 비정상적인 운전으로 인해 갑자기 수소 연소반응이 정지되는 경우에, 수소의 농도를 폭발점 아래로 떨어뜨리기 위해 연소실에 희석가스를 추가적으로 긴급 주입한다.
- [0029] 삭제
- [0030] 삭제
- [0031] 삭제
- [0032] 삭제
- [0033] 삭제
- [0034] 삭제

[0035] 삭제

[0036] 삭제

**발명의 효과**

[0037] 본 발명에 의하면, 연소실에서 수소 연소시 화염온도를 낮추면서 완전연소하도록 하고, 또한 연소 후 고온의 배기가스를 저온의 배기가스로 생각하여 그 일부를 연소실로 재순환시키고 나머지 일부를 응축함으로써 수소 연소의 안전성과 효율성을 도모할 수 있어 내연기관, 외연기관 등의 여러 종류의 열기관에 효율적으로 적용할 수 있고, 외부에 배기가스를 방출하지 않기 때문에 수중함에 특히 유용하다.

**도면의 간단한 설명**

[0038] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 배기가스 재순환방식에 의한 폐회로 수소연소시스템의 구성을 나타낸 개요도.

도 2는 본 발명의 제2 실시예에 따른 배기가스 재순환방식에 의한 폐회로 수소연소시스템의 구성을 나타낸 개요도.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0039] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명한다.

[0040] (제1 실시예)

[0041] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 배기가스 재순환방식에 의한 폐회로 수소연소시스템의 개략적인 구성을 나타낸 것이다.

[0042] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명에 의한 폐회로 수소연소시스템은 연료로서 사용하는 수소를 저장하여 공급하는 수소공급기(110)와, 수소공급기(110)와 연결된 수소공급관(111)으로부터 공급받은 수소를 연소하기 위한 연소실(120)과, 연소실(120)에서 수소 연소 후 연소실(120) 후단에 설치된 배기관(121)을 통해 배출되는 고온의 배기가스를 생각하여 저온의 배기가스로 변환시키는 응축기(140)와, 응축기(140)와 연소실(120) 전단 사이에 연결되어 응축기(140)에서 냉각된 저온의 배기가스의 일부를 연소실(120)의 흡기로 재순환시키는 재순환관(150)을 포함한다.

[0043] 또한, 본 발명에 의한 폐회로 수소연소시스템은 상기 재순환관(150)을 통해 상기 연소실(120) 내부로 재순환되는 저온의 배기가스에 산소와 희석가스를 추가로 혼합하여 공급하도록 재순환관(150)에 각각 연결된 산소공급관(161)과 희석가스공급관(171)을 구비하는 산소공급기(160)와 희석가스공급기(170)를 더 포함한다. 단, 정상운전 중 연소실의 온도가 충분히 낮을 경우 희석가스는 사용하지 않을 수도 있다.

[0044] 또한, 상기 연소실(120) 내부에는, 도면에 도시하지 않았지만, 수소공급기(110)로부터 수소공급관(111)을 통해 연소실(120) 내부로 공급되는 수소 연료를 분사하기 위한 분사노즐과, 이 분사노즐의 근접 위치에 설치되어 수소 연료를 점화하기 위한 점화기와, 재순환관(150)을 통해 연소실(120) 내부로 저온의 배기가스, 추가로 공급된 산소 및 희석가스의 혼합물로 이루어진 혼합가스(간단히, '저온흡입가스' 라고 함)를 유입하기 위한 흡기계와, 상기 저온흡입가스와 수소와의 연소반응에 의해 발생하는 고온의 배기가스를 배기관(121)으로 배출하기 위한 배기계와 구비되어 있다.

[0045] 상기 수소공급관(111)에는 수소의 유량을 조절하기 위한 수소유량조절밸브(112)가 설치되어 있고, 마찬가지로 상기 산소공급관(161)과 희석가스공급관(171)에는 산소의 유량을 조절하기 위한 산소유량조절밸브(162)와 희석가스의 유량을 조절하기 위한 희석가스유량조절밸브(172)가 설치되어 있다.

[0046] 여기서, 상기 연소실(120)은 엔진의 연소실로서, 엔진(130)의 헤드부에 위치되며, 본 발명에서 사용되는 엔진(130)은 내연기관 또는 외연기관 등의 열기관이다. 그리고, 상기 점화기는 스파크 점화기이며, 엔진이 외연기관인 경우 초기 점화용으로 사용되며, 엔진이 내연기관인 경우에는 매 폭발행정마다 점화하는 용도로 사용된다. 그리고, 상기 엔진(130)이 내연기관의 경우에는, 엔진(130)의 구동력에 의해 상기 저온의 배기가스 등을 연소실(120) 내로 공급할 수 있지만, 상기 엔진(130)이 외연기관인 경우에는, 상기 재순환관(150)에, 더

상세하게는 연소실(120) 후단과 산소공급관(161) 및 희석가스공급관(171) 사이의 재순환관(150) 도중에 송풍기(190)를 설치하여 그 송풍기(190)의 구동력에 의해 상기 저온흡입가스를 연소실(120) 내로 송풍하면서 공급할 수 있다.

[0047] 본 발명에서 주목할 점은, 수소연소시스템의 운전 초기시, 즉 연소실(120)에서 연소반응을 시작하기 전에, 연소실(120) 내부가 산소공급기(160)와 희석가스공급기(170)로부터 산소공급관(161)과 희석가스공급관(171)을 경유하여 재순환관(150)을 통해 유입되는 희석가스와 산소로 미리 충전된 상태로 있고, 이때, 산소가 수소의 완전연소를 위해 과잉으로 공급되는 분위기 조건하에 있다는 것이다.

[0048] 이러한 분위기하에서, 연소실에서의 연소 반응식은 다음과 같다.

[0049]  $H_2 + nO_2 \rightarrow H_2O + (n-1/2)O_2$  (여기서,  $n > 1/2$ )

[0050] 상기 반응식에서  $nO_2$ 는 연소실에서의 과잉 산소를 의미하며,  $(n-1/2)O_2$ 는 고온의 배기가스 속의 잉여 산소를 의미한다. 여기서, 고온의 배기가스는 고온 수증기, 잉여 산소 및 희석가스로 이루어진다.

[0051] 상기와 같이 연소반응 시작 전에 연소실(120) 내부는 과잉 산소 분위기 상태에 있으며, 연소반응 시작 후에는 산소공급기(160)의 산소공급관(161)으로부터 재순환관(150)을 통해 연소실(120)에 산소가 추가 공급된다. 이는 연소실(120)에서의 수소와의 연소반응에 의해 산소가 소모되기 때문에, 이를 보충하기 위해 시스템의 운전 중 지속적으로 산소를 공급함으로써, 수소를 완전연소할 수 있도록 하여 시스템의 안전성과 효율성을 확보하기 위한 것이다. 그리고, 이러한 수소 연소는 수소, 산소, 희석가스의 각 공급량과, 재순환되는 저온의 배기가스의 유량과, 후술하는 응축기(140)의 이차 냉각재의 유량에 의해 제어된다.

[0052] 상기 희석가스는 연소실(120) 내부에서 수소를 희석하여 수소와 산소의 직접적인 연소반응에 의해 발생하는 고온의 연소열(즉, 수소 화염)의 온도를 낮추기 위해 사용되며, 본 발명에 따라 재순환되는 저온의 배기가스 만으로도 수소화염을 충분한 수준으로 낮출 수 있을 경우에는 정상운전 중 사용하지 않을 수도 있다. 일반적으로 연소실(120) 내에 수소가 많으면 엔진의 출력을 높일 수 있지만, 수소 화염의 온도가 매우 높아지는 문제가 있기 때문에, 본 발명에서는 위와 같이 희석가스와 저온의 재순환 배기가스를 연소실(120)에 주입하도록 하고 있다. 이러한 희석가스와 저온의 재순환 배기가스는 수소의 폭발 방지에도 기여한다. 상기 희석가스와 산소의 공급량은 수소 유량, 산소 농도, 화염 온도 및 연소실 압력 등의 측정값을 이용하여 결정된다.

[0053] 본 발명에서 사용되는 희석가스는 헬륨, 아르곤, 질소 및 이산화탄소로 이루어지는 군에서 선택될 수 있다. 그러나, 선택되는 가스의 종류에 따라 소요되는 희석가스의 양, 시스템의 효율 및 시스템의 운용비용 등이 달라지므로, 엔진의 사용용도나 환경에 따라 최적의 희석가스를 선정하는 것이 바람직하다. 만일, 시스템의 운전 중, 화염이 꺼지거나 점화가 제대로 이루어지지 않는 등의 비정상적인 운전으로 인해 갑자기 수소 연소반응이 정지되는 경우에는, 수소의 농도를 폭발점 아래로 떨어뜨리기 위해 희석가스를 연소실(120)에 긴급 주입하는 것이 좋다.

[0054] 한편, 상기 응축기(140)는 연소실(120)로부터 배출되는 고온의 배기가스를 이차 냉각재에 의해 저온의 상태로 변환하기 위해, 내부에 이차 냉각재가 흐르는 냉각배관(141)이 구비될 수 있다. 상기 냉각배관(141)은 도면에 도시된 바와 같은 사행(蛇行)형 구조로 이루어져 있으나, 반드시 이에 한정되지 않으며, 예를 들면 관형 구조로 이루어질 수도 있다. 상기 냉각재유입구는 급수원(미도시)에 연결된다. 이차 냉각재로서는, 해수(海水) 등을 사용한다. 이러한 구조에 의하면, 냉각배관(141)을 통해 이차 냉각재가 응축기(140) 내부로 흐르면서 고온의 배기가스와의 직접적인 열교환이 이루어짐으로써 냉각효과가 증대된다. 열교환이 이루어진 후의 이차 냉각재는 외부로 배출되어 폐수처리된다. 이차 냉각재의 유량은 냉각배관(141)에 설치된 냉각재유량조절밸브(142)에 의해 조절되며, 수증기의 응축량을 적절히 변경시킬 수 있다.

[0055] 이러한 구조의 응축기(140)에 의해 연소실(120)로부터 배출되는 고온의 배기가스가 신속히 냉각되어 저온의 배기가스로 변환되고, 또한 저온의 배기가스 일부는 물로 응축된다. 응축된 물(응축수)은 응축기(140)의 하단에 설치된 기수분리기(180)에 의해 저온의 배기가스로부터 분리되어 회수된다. 이렇게 기수분리기(180)에 회수된 응축수는 제어밸브(182)의 개폐에 따라 응축수배출관(181)을 통해 방출된다. 방출된 응축수는 예컨대, 잠수함이나 무인잠수정 등의 수중함의 중성 부력을 유지하기 위해 함내에 저장될 수 있다. 바람직하게는, 방출된 응축수는 수중함의 부력변화를 줄이기 위해 수소공급기(110) 또는 산소공급기 (150) 주위의 적정 장소에 저장된다.

[0056] 이와 같이, 본 발명은, 연소실(120) 내에서 희석가스와 과잉 산소가 존재하는 분위기 하에서 수소를 연소하여

발생되는 연소열(즉, 수소 화염의 열에너지)을 엔진으로 전달하면서, 연소실(120)로부터 배기계와 배기관(121)을 통해 배출되는 고온의 배기가스를 응축기(140)를 통과하도록 하여 저온의 배기가스로 냉각하고 냉각된 저온의 배기가스 일부는 재순환관(150)을 통해 연소실(120)의 흡기로 재순환되고 나머지 일부는 응축수로 함내에 방출하도록 한 것이다. 이에 의해, 연소실(120)의 화염온도를 낮추면서 수소의 완전연소를 도모할 수 있을 뿐만 아니라 외부로 배기가스를 방출시키지 않으므로, 시스템의 안전성과 효율성을 대폭 향상시킬 수 있다. 따라서, 본 발명에 의한 폐회로 수소연소시스템은 해저에서 항해하는 수중함에 특히 유용하게 사용될 수 있다.

[0057] 상술한 바와 같은 구조를 갖는 본 발명에 따른 폐회로 수소연소시스템에 의한 연소방법을 설명하면 다음과 같다.

[0058] 먼저, 운전 초기시 연소실(120) 내부를 과잉 산소 분위기로 한다. 이때, 희석가스공급기(170)로부터 희석가스공급관(171)을 통해 공급되는 희석가스를 연소실(120)에 함께 주입할 수도 있다.

[0059] 이 상태에서, 수소공급기(110)의 수소공급관(111)으로부터 연소실(120)에 수소 연료를 공급하여 과잉 산소 분위기 하에서 수소 연소반응을 행한다. 이러한 수소 연소반응에 의해 고온의 연소열(즉, 수소 화염의 열에너지)과 수증기, 즉 고온의 배기가스가 생성되는데, 고온의 연소열은 엔진(130)에 전달되고 고온의 배기가스는 연소실(120) 내부의 배기계로부터 배기관(121)을 통해 배출되게 된다. 이때, 엔진(130)은 고온의 연소열, 즉 수소 화염의 열에너지를 기계적 에너지나 전기로 변환시킨다. 이러한 연소반응시에 수소는 과잉 산소에 의해 완전연소가 이루어지며, 연소열의 온도는 저온 흡입가스에 의해 낮추어지므로 안정된 수소 연소반응을 행할 수 있게 된다.

[0060] 다음으로, 상기 배기관(121)을 통해 배출된 고온의 배기가스는 응축기(140)를 통과하게 된다. 고온의 배기가스는 산소/수소 반응으로 생성된 수증기, 잉여 산소, 희석가스로 구성된다. 응축기(140)를 통과하는 고온의 배기가스의 열은, 이차 냉각재가 유동되는 냉각배관(141)과의 직접적인 열교환에 의해 제거되어 냉각된다. 여기서, 열교환이 이루어진 후의 저온의 배기가스 중 수증기의 대부분은 기수분리기(180)를 통해 응축수로 분리되고, 나머지는 재순환관(150)을 경유하여 연소실(120)의 흡기계로 재순환된다. 이 과정에서 미량의 희석가스도 응축수에 용해되어 제거될 수 있다. 저온의 배기가스는 응축되지 않고 남은 수증기, 잉여 산소, 희석가스로 구성된다. 여기서 응축기(140)에서 수증기의 응축량은 응축기(140)의 이차 냉각재의 유량에 의해 제어된다.

[0061] 이러한 재순환과정에서, 산소공급기(160)와 희석가스공급기(170)로부터 산소와 희석가스를 산소공급관(161)과 희석가스공급관(171)을 통해 재순환관(150)에 추가 공급함으로써 상기 저온의 배기가스와 혼합된다.

[0062] 이렇게 혼합된 수증기, 희석가스 및 산소로 이루어진 저온흡입가스는 연소실(120) 내부에서 다시 연소반응을 하면서 상술한 바와 같이 고온의 배기가스를 배출하고 그 일부를 재순환하는 과정을 반복하게 된다. 이때 수소 화염의 온도와 연소실 압력은 수소, 산소, 희석가스 및 수증기의 농도를 조절함으로써 제어된다.

[0063] 한편, 엔진(130)이 외연기관인 경우에는, 재순환관(150)에 설치된 송풍기(190)의 구동력에 의해 상기 저온흡입가스를 연소실(120) 내로 송풍하면서 공급한다.

[0064] (제2 실시예)

[0065] 도 2는 본 발명의 제2 실시예에 따른 배기가스 재순환방식에 의한 폐회로 수소연소시스템의 개략적인 구성을 나타낸 것이다.

[0066] 본 발명의 제2 실시예에 의한 수소연소시스템은 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 재순환관(150)을 통해 연소실(120)로 재순환되는 상기 저온흡입가스의 일부를 상기 송풍기(190) 후단에서 상기 연소실(120) 후단으로 우회시키도록 상기 송풍기(190)와 연소실(120) 사이의 재순환관(150)에 바이패스관(200)을 분기 형성하고 이를 배기관(121)에 연결 형성한 점을 제외하고는, 나머지 구성은 상기 제1 실시예에 의한 구성과 동일하므로, 제1 실시예와 동일한 구성에 대하여는 동일한 도면부호를 병기하고 그 중복된 설명은 생략하기로 한다.

[0067] 제2 실시예는 연소실(120)로부터 배출되는 배기가스에 남아있을 수도 있는 잔류 수소를, 바이패스관(200)을 통해 송풍기(190) 후단에서 연소실(120) 후단으로 우회하는 저온흡입가스 일부에 의해 희석시킴으로써 안전성을 높이기 위한 것이다. 상기 바이패스관(200)에는, 우회되는 상기 저온흡입가스의 유량을 제어하기 위한 제어밸브(211)가 설치되어 있다.

[0068] 이러한 구조를 갖는 제2 실시예는 바이패스관(200)의 추가 설치에 의해 제1 실시예에 비해 복잡하지만 시스템의 안전성이 더 높으나, 송풍기(190)에 의해 저온흡입가스를 유동하는 경우에만 사용된다. 따라서, 제2 실시예는 재순환관(150)에 송풍기(190)가 설치된 경우에만 사용되는 구조이므로, 스텔링 엔진, 증기터빈 엔진 및 가스터빈 엔진과 같은 외연기관에만 적용된다. 엔진이 외연기관인 경우, 도 1과 같이 송풍기(190)를 설치한 구성과 도 2와 같은 구성 모두 사용할 수 있다. 그러나, 엔진이 내연기관인 경우에는, 도 2의 구성을 사용할 수 없고 도 1의 구성만 사용할 수 있는데, 이때 도 1의 구성에 있어서도 송풍기는 불필요하다.

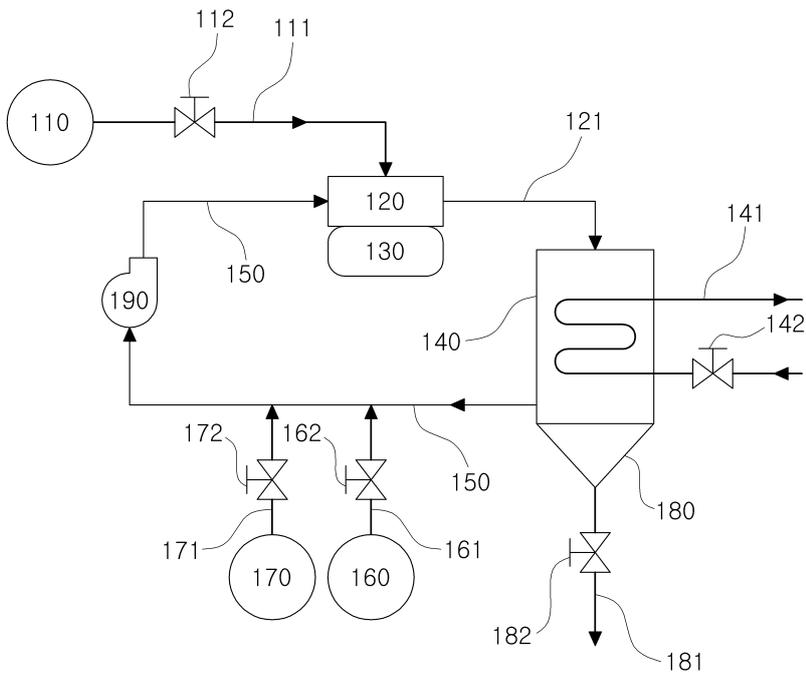
[0069] 이상, 바람직한 실시예를 통하여 본 발명에 관하여 상세히 설명하였으나, 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양하게 변경, 응용될 수 있음은 당업자에게 자명하다. 따라서, 본 발명의 진정한 보호 범위는 다음의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술적 사상은 본 발명의 권리 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

**부호의 설명**

- [0070] 110 : 수소공급기
- 111 : 수소공급관
- 120 : 연소실
- 130 : 엔진
- 121 : 배기관
- 140 : 응축기
- 141 : 냉각배관
- 150 : 재순환관
- 160 : 산소공급기
- 161 : 산소공급관
- 170 : 희석가스공급기
- 171 : 희석가스공급관
- 180 : 기수분리기
- 181 : 응축수배출관
- 190 : 송풍기
- 200 : 바이패스관

도면

도면1



도면2

