

(24) 등록일자 2020년08월24일

- 수안특허법인

심사관 : 이수재

(54) 발명의 명칭 수소 생산 장치 및 이를 이용한 수소 생산 방법

(57) 요약

다양한 수소 개질 모드에 따라 연속적으로 수소 생산이 이루어질 수 있으며, 최적의 수소 생산 효율을 얻을 수 있는 수소 생산 장치 및 방법이 개시된다. 본 발명의 실시예에 따른 수소 생산 장치는, 연료를 수소 개질하여 수소를 포함하는 개질 연료를 내연기관에 공급하기 위한 수소 생산 장치로서, 적어도 하나의 개질 유닛을 포함하고, 상기 개질 유닛 내에 상기 연료를 수소 개질하기 위한 촉매를 구비하는 개질기; 상기 연료, 공기, 증기 및 상기 내연기관으로부터 배출되는 배기가스를 선택적으로 상기 개질기로 공급하는 공급부; 및 상기 내연기관과 관련된 운전 조건에 따라 다양한 수소 개질 모드 중 어느 하나의 수소 개질 모드를 결정하여 상기 공급부를 제어하는 제어부를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C01B 2203/1614 (2013.01)

C01B 2203/1657 (2013.01)

C01B 2203/169 (2013.01)

C01B 2203/1695 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2019R1A2C1011566

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원사업

연구과제명 바이오매스 가스화 및 수소 생성을 위한 산소전달물질 기반 반응 시스템

설계(1/3)(2019.3.1~2022.2.28)

기 여 율 1/1

주관기관 연세대학교

연구기간 2019.03.01 ~ 2020.02.29

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

연료를 수소 개질하여 수소를 포함하는 개질 연료를 내연기관에 공급하기 위한 수소 생산 장치로서,

적어도 하나의 개질 유닛을 포함하고, 상기 개질 유닛 내에 상기 연료를 수소 개질하기 위한 촉매를 구비하는 개질기;

상기 연료, 공기, 증기 및 상기 내연기관으로부터 배출되는 배기가스를 선택적으로 상기 개질기로 공급하는 공급부; 및

상기 내연기관과 관련된 운전 조건에 따라 다양한 수소 개질 모드 중 어느 하나의 수소 개질 모드를 결정하여 상기 공급부를 제어하는 제어부를 포함하고,

상기 제어부는, 상기 내연기관의 온도, 상기 내연기관의 작동 상태, 상기 증기의 공급 상태, 상기 개질기의 탄소 침착 상태, 상기 배기가스의 온도 및 상기 개질기에 의한 수소 발생량 중의 적어도 하나를 기반으로, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 어느 하나의 수소 개질 모드를 결정하고,

상기 제어부는,

상기 내연기관의 온도가 기준 온도 미만이거나, 상기 내연기관이 초기 시동 상태인 경우 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제1 수소 개질 모드를 결정하고,

상기 제1 수소 개질 모드는 제1 동작 모드와 제2 동작 모드를 교번하여 반복하여 수행하는 모드이고,

상기 제1 동작 모드는, 상기 제1 개질 유닛으로 상기 연료를 공급하여 수소 개질하고, 상기 제2 개질 유닛에 상기 공기를 공급하여 탄소 산화에 의해 개질 촉매를 재생하는 모드이고,

상기 제2 동작 모드는, 상기 제1 개질 유닛에 상기 공기를 공급하여 탄소 산화에 의해 개질 촉매를 재생하고, 상기 제2 개질 유닛으로 상기 연료를 공급하여 수소 개질하는 모드이며,

상기 제어부는, 상기 내연기관의 온도가 기준 온도 이상이고 상기 증기의 공급이 가능한 상태인 경우, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제2 수소 개질 모드를 결정하고,

상기 제2 수소 개질 모드는, 제1 작동 모드와 제2 작동 모드를 교번하여 반복하여 수행하는 모드이고,

상기 제1 작동 모드는, 상기 제1 개질 유닛으로 상기 연료를 공급하여 수소 개질하고, 상기 제2 개질 유닛에 상기 스팀을 공급하여 개질 촉매를 재생하는 모드이고,

상기 제2 작동 모드는, 상기 제1 개질 유닛에 상기 스팀을 공급하여 개질 촉매를 재생하고, 상기 제2 개질 유닛으로 상기 연료를 공급하여 수소 개질하는 모드인, 수소 생산 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 개질기는, 적어도 하나의 제1 개질 유닛과 적어도 하나의 제2 개질 유닛이 교번하여 상호 적층된 구조로 제공되고,

상기 공급부는,

상기 제어부에 의해 결정된 수소 개질 모드에 따라 상기 연료, 상기 공기, 상기 증기 및 상기 배기가스 중의 하나 이상을 선택하여 공급하는 제1 공급라인;

상기 제어부에 의해 결정된 수소 개질 모드에 따라 상기 연료, 상기 공기, 상기 증기 및 상기 배기가스 중의 하나 이상을 선택하여 공급하는 제2 공급라인; 및

상기 제어부에 의해 결정된 수소 개질 모드에 따라 상기 제1 공급라인 및 상기 제2 공급라인 중의 어느 하나를

상기 제1 개질 유닛으로 연결하고, 상기 제1 공급라인 및 상기 제2 공급라인 중의 다른 하나를 상기 제2 개질 유닛으로 연결하는 제1 유로 전환 밸브를 포함하는, 수소 생산 장치.

### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제어부는,

단위 시간당 연료 투입량을 누적하여 누적 연료 투입량을 산출하고;

상기 개질기의 단위 시간당 수소 발생량을 누적하여 누적 산소 발생량을 산출하고;

상기 누적 연료 투입량에 대한 상기 누적 산소 발생량을 기반으로 누적 전환율을 산출하고; 그리고

상기 누적 전환율이 최대값에 도달하였는지를 판단하여 상기 유로 전환 밸브의 전환 시점 또는 상기 수소 개질 모드의 전환 시점을 결정하도록 구성되는, 수소 생산 장치.

### 청구항 4

제2항에 있어서,

상기 제어부에 의해 결정된 수소 개질 모드에 따라 상기 적어도 하나의 제1 개질 유닛의 제1 배출라인과, 상기 적어도 하나의 제2 개질 유닛의 제2 배출라인 중 하나 이상을 선택하여 상기 내연기관으로 연결하는 제2 유로 전환 밸브를 더 포함하는, 수소 생산 장치.

### 청구항 5

삭제

### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 증기의 공급량과 온도가 제1 기준 조건을 만족하는 경우, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제3 수소 개질 모드를 결정하고,

상기 제3 수소 개질 모드는, 상기 제1 개질 유닛 및 상기 제2 개질 유닛에 각각 상기 연료와 상기 증기를 공급하여 상기 개질 촉매 및 상기 증기에 의해 상기 연료를 수소 개질하는 모드인, 수소 생산 장치.

### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 증기의 공급량 또는 온도가 상기 제1 기준 조건을 만족하지 않고 상기 배기가스의 공급량과 온도가 제2 기준 조건을 만족하는 경우, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제4 수소 개질 모드를 결정하고,

상기 제4 수소 개질 모드는, 상기 제1 개질 유닛 및 상기 제2 개질 유닛에 각각 상기 연료와 상기 배기가스를 공급하여 상기 개질 촉매 및 상기 배기가스에 의해 상기 연료를 수소 개질하는 모드인, 수소 생산 장치.

### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 개질기에 탄소 침착이 발생한 경우, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제5 수소 개질 모드를 결정하고,

상기 제5 수소 개질 모드는 제1 침착 탄소 제거 모드와 제2 침착 탄소 제거 모드를 교번하여 반복하는 모드이고,

상기 제1 침착 탄소 제거 모드는, 상기 제1 개질 유닛으로 상기 연료와 상기 배기가스를 공급하여 상기 개질 촉매 및 상기 배기가스에 의해 상기 연료를 수소 개질하고, 상기 제2 개질 유닛에 상기 공기를 공급하여 탄소 산화에 의해 개질 촉매를 재생하는 모드이고,

상기 제2 침착 탄소 제거 모드는, 상기 제1 개질 유닛으로 상기 공기를 공급하여 탄소 산화에 의해 개질 촉매를 재생하고, 상기 제2 개질 유닛으로 상기 연료와 상기 배기가스를 공급하여 상기 개질 촉매 및 상기 배기가스에 의해 상기 연료를 수소 개질하는 모드인, 수소 생산 장치.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 개질기에서 발생하는 수소 발생량을 감지하는 수소 센서를 더 포함하고,

상기 제어부는 상기 수소 센서에 의해 감지되는 수소 발생량을 기반으로 상기 개질기의 탄소 침착 여부를 판단하는, 수소 생산 장치.

#### 청구항 10

적어도 하나의 개질 유닛을 포함하고 상기 개질 유닛 내에 촉매를 구비하는 개질기에 의해 연료를 수소 개질하여 수소를 포함하는 개질 연료를 내연기관에 공급하는 수소 생산 방법으로서,

제어부에 의해, 상기 내연기관과 관련된 운전 조건에 따라 다양한 수소 개질 모드 중 어느 하나의 수소 개질 모드를 결정하는 단계; 및

상기 제어부에 의해 결정되는 수소 개질 모드에 따라 공급부를 제어하고, 상기 공급부에 의해 상기 연료, 공기, 증기 및 상기 내연기관으로부터 배출되는 배기가스를 선택적으로 상기 개질기로 공급하는 단계를 포함하고,

상기 수소 개질 모드를 결정하는 단계는,

상기 내연기관의 온도, 상기 내연기관의 작동 상태, 상기 증기의 공급 상태, 상기 개질기의 탄소 침착 상태, 상기 배기가스의 온도 및 상기 개질기에 의한 수소 발생량 중의 적어도 하나를 기반으로, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 어느 하나의 수소 개질 모드를 결정하고,

상기 수소 개질 모드를 결정하는 단계는,

상기 내연기관의 온도가 기준 온도 미만이거나, 상기 내연기관이 초기 시동 상태인 경우 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제1 수소 개질 모드를 결정하고,

상기 제1 수소 개질 모드는 제1 동작 모드와 제2 동작 모드를 교번하여 반복하여 수행하는 모드이고,

상기 제1 동작 모드는, 상기 제1 개질 유닛으로 상기 연료를 공급하여 수소 개질하고, 상기 제2 개질 유닛에 상기 공기를 공급하여 탄소 산화에 의해 개질 촉매를 재생하는 모드이고,

상기 제2 동작 모드는, 상기 제1 개질 유닛에 상기 공기를 공급하여 탄소 산화에 의해 개질 촉매를 재생하고, 상기 제2 개질 유닛으로 상기 연료를 공급하여 수소 개질하는 모드이며,

상기 수소 개질 모드를 결정하는 단계는, 상기 내연기관의 온도가 기준 온도 이상이고 상기 증기의 공급이 가능한 상태인 경우, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제2 수소 개질 모드를 결정하고,

상기 제2 수소 개질 모드는, 제1 작동 모드와 제2 작동 모드를 교번하여 반복하여 수행하는 모드이고,

상기 제1 작동 모드는, 상기 제1 개질 유닛으로 상기 연료를 공급하여 수소 개질하고, 상기 제2 개질 유닛에 상기 스팀을 공급하여 개질 촉매를 재생하는 모드이고,

상기 제2 작동 모드는, 상기 제1 개질 유닛에 상기 스팀을 공급하여 개질 촉매를 재생하고, 상기 제2 개질 유닛으로 상기 연료를 공급하여 수소 개질하는 모드인, 수소 생산 방법.

#### 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 개질기는, 적어도 하나의 제1 개질 유닛과 적어도 하나의 제2 개질 유닛이 교번하여 상호 적층된 구조로 제공되는, 수소생산 방법.

#### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 수소 개질 모드를 결정하는 단계는, 상기 증기의 공급량과 온도가 제1 기준 조건을 만족하는 경우, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제3 수소 개질 모드를 결정하고,

상기 제3 수소 개질 모드는, 상기 제1 개질 유닛 및 상기 제2 개질 유닛에 각각 상기 연료와 상기 증기를 공급하여 상기 개질 촉매 및 상기 증기에 의해 상기 연료를 수소 개질하는 모드이며,

상기 수소 개질 모드를 결정하는 단계는, 상기 증기의 공급량 또는 온도가 상기 제1 기준 조건을 만족하지 않고 상기 배기가스의 공급량과 온도가 제2 기준 조건을 만족하는 경우, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제4 수소 개질 모드를 결정하고,

상기 제4 수소 개질 모드는, 상기 제1 개질 유닛 및 상기 제2 개질 유닛에 각각 상기 연료와 상기 배기가스를 공급하여 상기 개질 촉매 및 상기 배기가스에 의해 상기 연료를 수소 개질하는 모드이며,

상기 수소 개질 모드를 결정하는 단계는, 상기 개질기에 탄소 침착이 발생한 경우, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제5 수소 개질 모드를 결정하고,

상기 제5 수소 개질 모드는 제1 침착 탄소 제거 모드와 제2 침착 탄소 제거 모드를 교번하여 반복하는 모드이고,

상기 제1 침착 탄소 제거 모드는, 상기 제1 개질 유닛으로 상기 연료와 상기 배기가스를 공급하여 상기 개질 촉매 및 상기 배기가스에 의해 상기 연료를 수소 개질하고, 상기 제2 개질 유닛에 상기 공기를 공급하여 탄소 산화에 의해 개질 촉매를 재생하는 모드이고,

상기 제2 침착 탄소 제거 모드는, 상기 제1 개질 유닛으로 상기 공기를 공급하여 탄소 산화에 의해 개질 촉매를 재생하고, 상기 제2 개질 유닛으로 상기 연료와 상기 배기가스를 공급하여 상기 개질 촉매 및 상기 배기가스에 의해 상기 연료를 수소 개질하는 모드이며,

상기 수소 개질 모드를 결정하는 단계는,

단위 시간당 연료 투입량을 누적하여 누적 연료 투입량을 산출하는 단계;

상기 개질기의 단위 시간당 수소 발생량을 누적하여 누적 산소 발생량을 산출하는 단계;

상기 누적 연료 투입량에 대한 상기 누적 산소 발생량을 기반으로 누적 전환율을 산출하는 단계; 및

상기 누적 전환율이 최대값에 도달하였는지를 판단하여 상기 제1 개질 유닛 및 상기 제2 개질 유닛으로 상기 연료, 상기 공기, 상기 증기 및 상기 배기가스를 공급하는 유로를 전환하는 유로 전환 밸브의 전환 시점 또는 상기 수소 개질 모드의 전환 시점을 결정하는 단계를 포함하는, 수소 생산 방법.

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001] 본 발명은 수소 생산 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 다양한 수소 개질 모드에 따라 연속적으로 수소 생산이 이루어질 수 있으며, 최적의 수소 생산 효율을 얻을 수 있는 수소 생산 장치 및 이를 이용한 수소 생산 방법에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0003] 최근 화석연료의 사용과 그에 따른 배기가스 배출로 인한 대기오염 문제가 지속적으로 제기되면서 수소가 새로운 청정 연료로 주목받고 있다. 연료로서의 수소에 대한 관심이 높아지는 가운데, 발전시스템, 연료전지, 운송 수단 등 수소의 응용 분야는 빠르게 넓어지는 추세이다. 수소를 효율적으로 생산하기 위해 연료 개질(Fuel Reforming)이 널리 사용되고 있는데, 탄화수소 연료를 농후 조건에서 산화시켜 수소만을 분리해내는 방법이다.

[0004] 기존의 개질 방법은 산화가스로 공기를 사용하기 때문에 반응 후의 가스에서 질소를 분리해내는 공정이 필요하고 독성이 강한 질소산화물이 생성되기도 한다. 이를 해결하기 위해 산소 발생장치를 추가하여 순 산소 반응을 유도하기도 하지만 장치의 대형화가 불가피하여 소형 개질기에는 사용이 어렵다.

- [0005] 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 매체순환 개질(Chemical Loop Reforming, CLR) 방법이 제안된다. CLR 방식은 공기 반응기와 연료 반응기가 구분되어 있어 금속 산소공여입자가 두 반응기를 순환하여 움직이면서 공기 반응기 쪽에서 산소만을 흡착하고 연료 반응기 쪽으로 전달하여 개질 반응을 일으킨다.
- [0006] CLR 방식은 산소공여입자가 공기에서 산소를 분리해내어 개질기로 전달하기 때문에 질소, 이산화탄소 등 반응에 필요하지 않은 불순물을 완전히 제거할 수 있으며 연료 반응기에서 화염이 발생하지 않아 질소산화물 발생이 원천적으로 차단된다는 장점이 있다.
- [0007] 하지만 금속 입자가 직접적으로 이동하기 때문에 입자의 유동 제어가 어렵고 시스템의 부피가 매우 커진다는 단점이 있다. 또한 흡열반응인 금속 산소공여입자의 산화 과정에 열이 공급되어야 하고 연료 반응기에서의 연료 산화 반응에도 고온이 유지되어야 하므로 별도의 열에너지가 필요하다는 것도 약점 중 하나이다. 또한, 기존의 개질 방식에 의할 경우, 개질된 수소 이외에 이산화탄소, 일산화탄소 등이 혼합된 반응 완료 기체에서 이산화탄소 등을 분리하는 공정이 필수적으로 요구됨에 따라 후속 공정이 복잡해지는 문제가 발생된다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-1720577호(2017.03.29)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 다양한 수소 개질 모드에 따라 연속적으로 수소 생산이 이루어질 수 있으며, 최적의 수소 생산 효율을 얻을 수 있는 수소 생산 장치 및 이를 이용한 수소 생산 방법을 제공하기 위한 것이다.
- [0011] 또한, 본 발명은 내연기관의 작동 상태에 따라 다양한 수소 개질 모드를 선택하여 높은 수소 생산 효율을 얻을 수 있는 수소 생산 장치 및 이를 이용한 수소 생산 방법을 제공하기 위한 것이다.
- [0012] 또한, 본 발명은 다수의 개질 유닛이 스택(Stack) 형태로 배치되어, 적층된 개질 유닛 간 열교환이 원활하게 이루어질 수 있는 수소 생산 장치 및 이를 이용한 수소 생산 방법을 제공하기 위한 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명의 실시예에 따른 수소 생산 장치는, 연료를 수소 개질하여 수소를 포함하는 개질 연료를 내연기관에 공급하기 위한 수소 생산 장치로서, 적어도 하나의 개질 유닛을 포함하고, 상기 개질 유닛 내에 상기 연료를 수소 개질하기 위한 촉매를 구비하는 개질기; 상기 연료, 공기, 증기 및 상기 내연기관으로부터 배출되는 배기가스를 선택적으로 상기 개질기로 공급하는 공급부; 및 상기 내연기관과 관련된 운전 조건에 따라 다양한 수소 개질 모드 중 어느 하나의 수소 개질 모드를 결정하여 상기 공급부를 제어하는 제어부를 포함한다.
- [0014] 상기 개질기는, 적어도 하나의 제1 개질 유닛과 적어도 하나의 제2 개질 유닛이 교번하여 상호 적층된 구조로 제공될 수 있다.
- [0015] 상기 공급부는, 상기 제어부에 의해 결정된 수소 개질 모드에 따라 상기 연료, 상기 공기, 상기 증기 및 상기 배기가스 중의 하나 이상을 선택하여 공급하는 제1 공급라인; 상기 제어부에 의해 결정된 수소 개질 모드에 따라 상기 연료, 상기 공기, 상기 증기 및 상기 배기가스 중의 하나 이상을 선택하여 공급하는 제2 공급라인; 및 상기 제어부에 의해 결정된 수소 개질 모드에 따라 상기 제1 공급라인 및 상기 제2 공급라인 중의 어느 하나를 상기 제1 개질 유닛으로 연결하고, 상기 제1 공급라인 및 상기 제2 공급라인 중의 다른 하나를 상기 제2 개질 유닛으로 연결하는 제1 유로 전환 밸브를 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 제어부는, 단위 시간당 연료 투입량을 누적하여 누적 연료 투입량을 산출하고; 상기 개질기의 단위 시간당 수소 발생량을 누적하여 누적 산소 발생량을 산출하고; 상기 누적 연료 투입량에 대한 상기 누적 산소 발생량을 기반으로 누적 전환율을 산출하고; 그리고 상기 누적 전환율이 최대값에 도달하였는지를 판단하여 상기 유로 전환 밸브의 전환 시점 또는 상기 수소 개질 모드의 전환 시점을 결정하도록 구성될 수 있다.
- [0017] 본 발명의 실시예에 따른 수소 생산 장치는, 상기 제어부에 의해 결정된 수소 개질 모드에 따라 상기 적어도 하

나의 제1 개질 유닛의 제1 배출라인과, 상기 적어도 하나의 제2 개질 유닛의 제2 배출라인 중 하나 이상을 선택하여 상기 내연기관으로 연결하는 제2 유로 전환 밸브를 더 포함할 수 있다.

- [0018] 상기 제어부는, 상기 내연기관의 온도, 상기 내연기관의 작동 상태, 상기 증기의 공급 상태, 상기 개질기의 탄소 침착 상태, 상기 배기가스의 온도 및 상기 개질기에 의한 수소 발생량 중의 적어도 하나를 기반으로, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 어느 하나의 수소 개질 모드를 결정할 수 있다.
- [0019] 상기 제어부는, 상기 내연기관의 온도가 기준 온도 미만이거나, 상기 내연기관이 초기 시동 상태인 경우 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제1 수소 개질 모드를 결정할 수 있다. 상기 제1 수소 개질 모드는 제1 동작 모드와 제2 동작 모드를 교번하여 반복하여 수행하는 모드일 수 있다. 상기 제1 동작 모드는, 상기 제1 개질 유닛으로 상기 연료를 공급하여 수소 개질하고, 상기 제2 개질 유닛에 상기 공기를 공급하여 탄소 산화에 의해 개질 촉매를 재생하는 모드일 수 있다. 상기 제2 동작 모드는, 상기 제1 개질 유닛에 상기 공기를 공급하여 탄소 산화에 의해 개질 촉매를 재생하고, 상기 제2 개질 유닛으로 상기 연료를 공급하여 수소 개질하는 모드일 수 있다.
- [0020] 상기 제어부는, 상기 내연기관의 온도가 기준 온도 이상이고 상기 증기의 공급이 가능한 상태인 경우, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제2 수소 개질 모드를 결정할 수 있다. 상기 제2 수소 개질 모드는, 제1 작동 모드와 제2 작동 모드를 교번하여 반복하여 수행하는 모드일 수 있다. 상기 제1 작동 모드는, 상기 제1 개질 유닛으로 상기 연료를 공급하여 수소 개질하고, 상기 제2 개질 유닛에 상기 스팀을 공급하여 개질 촉매를 재생하는 모드일 수 있다. 상기 제2 작동 모드는, 상기 제1 개질 유닛에 상기 스팀을 공급하여 개질 촉매를 재생하고, 상기 제2 개질 유닛으로 상기 연료를 공급하여 수소 개질하는 모드일 수 있다.
- [0021] 상기 제어부는, 상기 증기의 공급량과 온도가 제1 기준 조건을 만족하는 경우, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제3 수소 개질 모드를 결정할 수 있다. 상기 제3 수소 개질 모드는, 상기 제1 개질 유닛 및 상기 제2 개질 유닛에 각각 상기 연료와 상기 증기를 공급하여 상기 개질 촉매 및 상기 증기에 의해 상기 연료를 수소 개질하는 모드일 수 있다.
- [0022] 상기 제어부는, 상기 증기의 공급량 또는 온도가 상기 제1 기준 조건을 만족하지 않고 상기 배기가스의 공급량과 온도가 제2 기준 조건을 만족하는 경우, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제4 수소 개질 모드를 결정할 수 있다. 상기 제4 수소 개질 모드는, 상기 제1 개질 유닛 및 상기 제2 개질 유닛에 각각 상기 연료와 상기 배기가스를 공급하여 상기 개질 촉매 및 상기 배기가스에 의해 상기 연료를 수소 개질하는 모드일 수 있다.
- [0023] 상기 제어부는, 상기 개질기에 탄소 침착이 발생한 경우, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제5 수소 개질 모드를 결정할 수 있다. 상기 제5 수소 개질 모드는 제1 침착 탄소 제거 모드와 제2 침착 탄소 제거 모드를 교번하여 반복하는 모드일 수 있다. 상기 제1 침착 탄소 제거 모드는, 상기 제1 개질 유닛으로 상기 연료와 상기 배기가스를 공급하여 상기 개질 촉매 및 상기 배기가스에 의해 상기 연료를 수소 개질하고, 상기 제2 개질 유닛에 상기 공기를 공급하여 탄소 산화에 의해 개질 촉매를 재생하는 모드일 수 있다. 상기 제2 침착 탄소 제거 모드는, 상기 제1 개질 유닛으로 상기 공기를 공급하여 탄소 산화에 의해 개질 촉매를 재생하고, 상기 제2 개질 유닛으로 상기 연료와 상기 배기가스를 공급하여 상기 개질 촉매 및 상기 배기가스에 의해 상기 연료를 수소 개질하는 모드일 수 있다.
- [0024] 본 발명의 실시예에 따른 수소 생산 장치는, 상기 개질기에서 발생하는 수소 발생량을 감지하는 수소 센서를 더 포함할 수 있다. 상기 제어부는 상기 수소 센서에 의해 감지되는 수소 발생량을 기반으로 상기 개질기의 탄소 침착 여부를 판단할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 실시예에 따른 수소 생산 방법은, 적어도 하나의 개질 유닛을 포함하고 상기 개질 유닛 내에 촉매를 구비하는 개질기에 의해 연료를 수소 개질하여 수소를 포함하는 개질 연료를 내연기관에 공급하는 수소 생산 방법으로서, 제어부에 의해, 상기 내연기관의 작동 상태에 따라 다양한 수소 개질 모드 중 어느 하나의 수소 개질 모드를 결정하는 단계; 및 상기 제어부에 의해 결정되는 수소 개질 모드에 따라 공급부를 제어하고, 상기 공급부에 의해 상기 연료, 공기, 증기 및 상기 내연기관으로부터 배출되는 배기가스를 선택적으로 상기 개질기로 공급하는 단계를 포함한다.
- [0026] 상기 수소 개질 모드를 결정하는 단계는, 상기 내연기관의 온도, 상기 내연기관의 작동 상태, 상기 증기의 공급 상태, 상기 개질기의 탄소 침착 상태, 상기 배기가스의 온도 및 상기 개질기에 의한 수소 발생량 중의 적어도 하나를 기반으로, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 어느 하나의 수소 개질 모드를 결정할 수 있다.
- [0027] 상기 개질기는, 적어도 하나의 제1 개질 유닛과 적어도 하나의 제2 개질 유닛이 교번하여 상호 적층된 구조로 제공될 수 있다. 상기 수소 개질 모드를 결정하는 단계는, 상기 내연기관의 온도가 기준 온도 미만이거나, 상기



내연기관이 초기 시동 상태인 경우 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제1 수소 개질 모드를 결정할 수 있다.

[0028] 상기 수소 개질 모드를 결정하는 단계는, 상기 내연기관의 온도가 기준 온도 이상이고 상기 증기의 공급이 가능한 상태인 경우, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제2 수소 개질 모드를 결정할 수 있다. 상기 수소 개질 모드를 결정하는 단계는, 상기 증기의 공급량과 온도가 제1 기준 조건을 만족하는 경우, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제3 수소 개질 모드를 결정할 수 있다.

[0029] 상기 수소 개질 모드를 결정하는 단계는, 상기 증기의 공급량 또는 온도가 상기 제1 기준 조건을 만족하지 않고 상기 배기가스의 공급량과 온도가 제2 기준 조건을 만족하는 경우, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제4 수소 개질 모드를 결정할 수 있다. 상기 수소 개질 모드를 결정하는 단계는, 상기 개질기에 탄소 침착이 발생한 경우, 상기 다양한 수소 개질 모드 중 제5 수소 개질 모드를 결정할 수 있다.

[0030] 상기 수소 개질 모드를 결정하는 단계는, 단위 시간당 연료 투입량을 누적하여 누적 연료 투입량을 산출하는 단계; 상기 개질기의 단위 시간당 수소 발생량을 누적하여 누적 산소 발생량을 산출하는 단계; 상기 누적 연료 투입량에 대한 상기 누적 산소 발생량을 기반으로 누적 전환율을 산출하는 단계; 및 상기 누적 전환율이 최대값에 도달하였는지를 판단하여 상기 제1 개질 유닛 및 상기 제2 개질 유닛으로 상기 연료, 상기 공기, 상기 증기 및 상기 배기가스를 공급하는 유로를 전환하는 유로 전환 밸브의 전환 시점 또는 상기 수소 개질 모드의 전환 시점을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

### 발명의 효과

[0032] 본 발명의 실시예에 의하면, 다양한 수소 개질 모드에 따라 연속적으로 수소 생산이 이루어질 수 있으며, 최적의 수소 생산 효율을 얻을 수 있는 수소 생산 장치 및 방법이 제공된다.

[0033] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 내연기관의 작동 상태에 따라 다양한 수소 개질 모드를 선택하여 높은 수소 생산 효율을 얻을 수 있는 수소 생산 장치 및 방법이 제공된다.

[0034] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 다수의 개질 유닛이 스택(Stack) 형태로 배치되어, 적층된 개질 유닛 간 열 교환이 원활하게 이루어질 수 있는 수소 생산 장치 및 이에 의한 수소 생산 방법이 제공된다.

### 도면의 간단한 설명

[0036] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 수소 생산 장치의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 수소 생산 장치를 구성하는 개질기를 보여주는 사시도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따라 제1 수소 개질 모드 시에 공급부의 밸브들의 개폐 상태를 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따라 제2 수소 개질 모드 시에 공급부의 밸브들의 개폐 상태를 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따라 제3 수소 개질 모드 시에 공급부의 밸브들의 개폐 상태를 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따라 제4 수소 개질 모드 시에 공급부의 밸브들의 개폐 상태를 나타낸 도면이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따라 제5 수소 개질 모드 시에 공급부의 밸브들의 개폐 상태를 나타낸 도면이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따라 누적 전환율을 기반으로 수소 개질 모드를 전환하거나 수소 개질 모드에서 유로 전환 밸브를 전환하는 시점을 결정하는 방법을 설명하기 위한 예시도이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 수소 생산 방법의 예시적인 순서도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0038] 비록 제1, 제2 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이

다. 따라서 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.

- [0039] 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다. 본 발명의 여러 실시예들의 각각 특징들이 부분적으로 또는 전체적으로 서로 결합 또는 조합 가능하며, 당업자가 충분히 이해할 수 있듯이 기술적으로 다양한 연동 및 구동이 가능하며, 각 실시예들이 서로에 대하여 독립적으로 실시 가능할 수도 있고 연관 관계로 함께 실시 가능할 수도 있다.
- [0040] 한편, 본 발명의 명세서에서 구체적으로 언급되지 않은 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대될 수 있는 잠정적인 효과는 본 명세서에 기재된 것과 같이 취급되며, 본 실시예는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해 제공된 것인 바, 도면에 도시된 내용은 실제 발명의 구현모습에 비해 과장되어 표현될 수 있으며, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 구성의 상세한 설명은 생략하거나 간략하게 기재한다. 이하에서는 첨부되는 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다.
- [0041] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 수소 생산 장치의 구성도이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 수소 생산 장치(100)는 예를 들어, 촉매에 의해 메탄 등과 같은 탄화수소를 포함하는 연료의 수소를 환원시키는 수소 개질에 의해 수소를 포함하는 개질 연료를 생성하여 내연기관(10)의 흡입라인(12)으로 공급할 수 있다.
- [0042] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 수소 생산 장치를 구성하는 개질기를 보여주는 사시도이다. 도 1 및 도 2를 참조하면, 수소 생산 장치(100)는 개질기(110), 공급부(120) 및 제어부(130)를 포함할 수 있다. 개질기(110)는 적어도 하나의 개질 유닛(111, 112)을 포함할 수 있다. 각 개질 유닛(111, 112) 내에는 연료를 수소 개질하기 위한 촉매가 구비될 수 있다.
- [0043] 개질기(110)는 적어도 하나의 제1 개질 유닛(111)과, 적어도 하나의 제2 개질 유닛(112)이 교번하여 상호 적층된 구조로 제공될 수 있다. 제1 개질 유닛(111)과 제2 개질 유닛(112)에 각각 구비되는 개질 촉매는 예를 들어, Ni 또는 Fe 계열의 다공성 금속 촉매가 사용될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 각 개질 유닛(111, 112)은 수소 개질과 동시에, 또는 수소 개질과 별도로, 개질 촉매의 표면에 흡착된 탄소를 제거하는 촉매 재생이 가능하게 제공될 수 있다.
- [0044] 이와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 수소 생산 장치는 개질기(110)가 다수의 제1 개질 유닛(111)과, 다수의 제2 개질 유닛(112)이 교번하여 적층된 스택(Stack) 구조로 이루어질 수 있다. 이에 따라, 제1 개질 유닛(111)과, 제2 개질 유닛(112)의 어느 하나에서 촉매에 의한 수소 생산이 수행되고, 다른 하나에서 촉매 재생이 수행되는 경우, 수소 개질에 의한 발열 반응이 이루어지는 개질 유닛과, 촉매 재생에 의한 흡열 반응이 이루어지는 개질 유닛 간에 열교환이 효율적으로 이루어져, 수소 개질 및 촉매 재생 효과가 증대될 수 있다.
- [0045] 개질기(110)의 제1 유입라인(113)으로 공급된 가스는 다수의 제1 개질 유닛(111)의 유입부로 분배되어 유입될 수 있다. 개질기(110)의 제2 유입라인(114)으로 공급된 가스는 다수의 제2 개질 유닛(112)의 유입부로 분배되어 유입될 수 있다. 개질기(110)의 다수의 제1 개질 유닛(111)의 배출부로 배출된 가스는 제1 배출라인(115)으로 합류될 수 있다. 개질기(110)의 다수의 제2 개질 유닛(112)의 배출부로 배출된 가스는 제2 배출라인(116)으로 합류될 수 있다.
- [0046] 공급부(120)는 연료, 공기, 증기 및 내연기관(10)(예를 들어, 차량의 엔진 등)으로부터 배출되는 배기가스를 선택적으로 개질기(110)로 공급할 수 있다. 제어부(130)는 내연기관과 관련된 운전 조건(예를 들어, 내연기관의 온도, 내연기관의 작동 상태, 증기 공급 상태, 개질기의 탄소 침착 상태, 배기가스의 온도, 개질기에 의한 수소 발생량 등)에 따라 다양한 수소 개질 모드 중 어느 하나의 수소 개질 모드를 결정하여 공급부(120)를 제어할 수 있다.
- [0047] 공급부(120)는 제1 공급라인(128), 제2 공급라인(129) 및 제1 유로 전환 밸브(F)를 포함할 수 있다. 제1 공급라인(128)은 제어부(130)에 의해 결정된 수소 개질 모드에 따라 연료, 공기, 증기 및 배기가스 중의 하나 이상을 선택하여 공급할 수 있다. 제2 공급라인(129)은 제어부(130)에 의해 결정된 수소 개질 모드에 따라 연료, 공기, 증기 및 배기가스 중의 하나 이상을 선택하여 공급할 수 있다.
- [0048] 제1 유로 전환 밸브(G)는 제어부(130)에 의해 결정된 수소 개질 모드에 따라 제1 공급라인(128) 및 제2 공급라인(129) 중의 어느 하나를 제1 개질 유닛(111)의 제1 유입라인(113)으로 연결하고, 제1 공급라인(128) 및 제2 공급라인(129) 중의 다른 하나를 제2 개질 유닛(112)의 제2 유입라인(114)으로 연결할 수 있다.
- [0049] 공급부(120)는 제1 공급라인(128)으로 연료를 공급하는 제1 연료 공급라인(121)과, 제1 연료 공급라인(121)으로

부터 분기되어 제2 공급라인(129)으로 연료를 공급하는 제2 연료 공급라인(122)을 구비할 수 있다. 제2 연료 공급라인(122)에는 제2 연료 공급라인(122)을 개폐하는 연료 개폐 밸브(C)가 설치될 수 있다.

[0050] 연료 개폐 밸브(C)가 개방되는 경우, 제1 공급라인(128)과 제2 공급라인(129)에 각각 연료가 공급될 수 있다. 연료 개폐 밸브(C)가 닫히는 경우, 제2 공급라인(129)으로 연료 공급이 차단되고, 제1 공급라인(128)에만 연료가 공급될 수 있다.

[0051] 공급부(120)는 열교환기(123)와, 증기 공급라인(124), 제1 가스 공급라인(125), 제2 가스 공급라인(126) 및 배기가스 공급라인(127)을 구비할 수 있다. 열교환기(123)는 내연기관(10)에서 배출되는 배기가스와 물을 열교환시켜, 증기를 생성할 수 있다. 열교환기(123)에 의해 생성된 증기는 증기 공급라인(124)을 통해 제1 가스 공급라인(125)으로 공급될 수 있다.

[0052] 제1 가스 공급라인(125)은 내연기관(10)으로부터 배기가스가 배출되는 배기가스 배출라인(14)으로부터 제2 공급라인(129)으로 연결될 수 있다. 제1 가스 공급라인(125)에는 제1 제어 밸브(A)와, 제2 제어 밸브(B) 및 개폐 밸브(D)가 설치될 수 있다.

[0053] 제1 제어 밸브(A)는 증기 공급라인(124)을 통해 공급되는 증기와, 배기가스 배출라인(14)으로부터 공급되는 배기가스 중의 어느 하나를 선택하거나, 배기가스 및 증기의 공급을 차단할 수 있다. 제2 제어 밸브(B)는 제1 제어 밸브(A)를 통과한 가스와 공기 중 공기를 선택하거나, 제1 제어 밸브(A)를 통과한 가스(배기가스와 증기 중의 어느 하나)를 선택할 수 있다.

[0054] 제2 가스 공급라인(126)은 제1 가스 공급라인(125)으로부터 제1 공급라인(128)으로 연결될 수 있다. 제2 가스 공급라인(126)에는 개폐 밸브(D)가 설치될 수 있다. 개폐 밸브(D)는 제2 제어 밸브(B)를 통과한 가스(증기, 배기가스 및 공기 중 어느 하나의 가스)를 제1 공급라인(128)으로 공급하도록 제2 가스 공급라인(126)을 개방하거나, 제2 제어 밸브(B)를 통과한 가스가 제1 공급라인(128)으로 공급되는 것을 차단하도록 제2 가스 공급라인(126)을 닫을 수 있다.

[0055] 배기가스 공급라인(127)은 배기가스 배출라인(14)으로부터 제1 공급라인(128)으로 연결될 수 있다. 가스 공급라인(125)에는 배기가스 개폐 밸브(E)가 설치될 수 있다. 배기가스 개폐 밸브(E)는 제1 공급라인(128)으로 배기가스가 공급되도록 배기가스 공급라인(127)을 개방하거나, 제1 공급라인(128)으로 배기가스의 공급을 차단하도록 배기가스 공급라인(127)을 닫을 수 있다.

[0056] 개질기(110)의 후단에는, 제어부(130)에 의해 결정된 수소 개질 모드에 따라 제1 개질 유닛(111)의 제1 배출라인(115)과, 제2 개질 유닛(112)의 제2 배출라인(116) 중 하나 이상을 선택하여 버퍼 탱크(140)를 통해 내연기관(10)으로 공급하기 위한 제2 유로 전환 밸브(G)가 설치될 수 있다.

[0057] 제2 유로 전환 밸브(G)는 제1 개질 유닛(111) 및 제2 개질 유닛(112) 중 어느 하나에 의해 수소 개질된 연료가 버퍼 탱크(140)로 공급되도록, 제1 개질 유닛(111)의 제1 배출라인(115)과 제2 개질 유닛(112)의 제2 배출라인(116)을 제1 연결라인(141)과 제2 연결라인(142)에 연결할 수 있다.

[0058] 제2 연결라인(142)에는 전환 밸브(H)가 설치될 수 있다. 전환 밸브(H)는 제2 연결라인(142)으로 공급되는 가스(재생 동작을 수행한 잔여 가스)가 버퍼 탱크(140)로 유입되도록 차단되거나, 잔여 가스를 배기라인(144)으로 배출하도록 개방될 수 있다.

[0059] 제어부(130)는 내연기관(10)의 온도, 내연기관(10)의 작동 상태, 증기의 공급 상태, 개질기(110)의 탄소 침착 상태, 배기가스의 온도 및 개질기(110)에 의한 수소 발생량 중의 적어도 하나를 기반으로, 다양한 수소 개질 모드 중 어느 하나의 수소 개질 모드를 결정할 수 있다. 다양한 수소 개질 모드는 제1 내지 제5 수소 개질 모드를 포함할 수 있다.

[0060] 하기의 표 1은 제1 내지 제5 수소 개질 모드의 밸브 A ~ H의 개폐 상태를 정리한 것이다. 표 2는 제1 내지 제5 수소 개질 모드 별로 각 개질 유닛 내에서 수행되는 리액터 모드를 정리한 것이다. 표 3은 제1 내지 제5 수소 개질 모드 별로 각 개질 유닛 내에서 수행되는 리액터 모드의 유입가스, 주 반응, 배출가스를 정리한 것이다.

표 1

모드	밸브 A	밸브 B	밸브 C	밸브 D	밸브 E	밸브 F	밸브 G	밸브 H
제1수소개질모드	C	공기	C	C	C	S	S	O or C
제2수소개질모드	증기	증기	C	C	C	S	S	C
제3수소개질모드	증기	증기	O	O	C	F	F	C

제4수소개질모드	배기가스	배기가스	O	O	C	F	F	C
제5수소개질모드	C	공기	C	C	O	S	S	O or C

[0062] \* O: Open(열림), C: Closed(닫힘), S: Switched(전환), F: Fixed(고정)

표 2

[0063]

모드	제1 리액터 모드	제2 리액터 모드	비고
제1수소개질모드	촉매 기반 연료 분해(수소 개질)	탄소 산화(공기에 의한 촉매 재생)	최초 시동시에 선택 (온도 낮은 상태)
제2수소개질모드	촉매 기반 연료 분해(수소 개질)	증기에 의한 촉매 재생	엔진이 충분히 가열된 상태에서 선택
제3수소개질모드	증기에 의한 개질(연료 + 증기)	증기에 의한 개질 (연료 + 증기)	수소 생산 효율이 가장 높은 모드
제4수소개질모드	증기 및 드라이 개질(연료 + 배기가스)	증기 및 드라이 개질 (연료 + 배기가스)	배기가스 재순환을 이용하는 모드
제5수소개질모드	증기 및 드라이 개질(연료 + 배기가스)	탄소 산화(공기에 의한 촉매 재생)	개질기에 탄소 과도 흡착(코킹)시 선택

표 3

[0065]

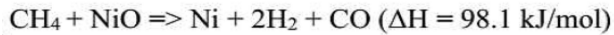
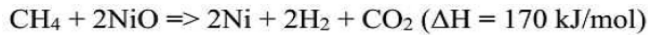
모드	제1 리액터 모드			제2 리액터 모드		
	유입가스	주 반응	배출가스	유입가스	주 반응	배출가스
제1수소 개질모드	연료	촉매 연료 분해	H <sub>2</sub> , 연료, 연료 분해물	공기	탄소 산화	CO <sub>2</sub> , CO, N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>
제2수소개질 모드	연료	촉매 연료 분해	H <sub>2</sub> , 연료, 연료 분해물	증기	증기 재생	H <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> , CO
제3수소개질 모드	연료+증기	증기 개질	H <sub>2</sub> , 연료/분해물, H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> , CO	연료+증기	증기 개질	H <sub>2</sub> , 연료/분해물, H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> , CO
제4수소개질 모드	연료+배기가스	증기 및 드라이 개질	H <sub>2</sub> , 연료/분해물, 배기가스 물질	연료+배기가스	증기 및 드라이 개질	H <sub>2</sub> , 연료/분해물, 배기가스 물질
제5수소개질 모드	연료+배기가스	증기 및 드라이 개질	H <sub>2</sub> , 연료/분해물, 배기가스 물질	공기	탄소 산화	CO <sub>2</sub> , CO, N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>

[0067] 도 3은 본 발명의 실시예에 따라 제1 수소 개질 모드 시에 공급부의 밸브들의 개폐 상태를 나타낸 도면이다. 제어부(130)는 내연기관(10)의 온도가 기준 온도 미만이거나, 내연기관(10)이 초기 시동(최초 시동) 상태인 경우 다양한 수소 개질 모드 중 제1 수소 개질 모드를 결정할 수 있다. 제1 수소 개질 모드는 제1 동작 모드와 제2 동작 모드를 교번하여 반복하여 수행하는 모드일 수 있다. 제1 수소 개질 모드의 제1 동작 모드는 제1 개질 유닛(111)으로 연료를 공급하여 촉매 기반 연료 분해에 의해 수소 개질을 수행하고, 제2 개질 유닛(112)에 공기를 공급하여 탄소 산화(carbon oxidation)에 의해 개질 촉매를 재생(regeneration)하는 모드일 수 있다.

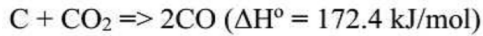
[0068] 제1 수소 개질 모드의 제2 동작 모드는 제1 개질 유닛(111)에 공기를 공급하여 탄소 산화에 의해 개질 촉매를 재생하고, 제2 개질 유닛(112)으로 연료를 공급하여 촉매 기반 연료 분해에 의해 수소 개질을 수행하는 모드일 수 있다. 제1 수소 개질 모드에서, 각 개질 유닛(111, 112)은 제1 시간 동안 촉매 기반 연료 분해를 통한 수소 개질을 수행한 후, 제2 시간 동안 공기를 불어넣어 개질 촉매에 쌓여 있는 탄소를 태워 제거함으로써 개질 촉매를 재생할 수 있다.

[0069] [수소 개질 반응식]

[0070]  $\text{CH}_4 \Rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2$  ( $\Delta H^\circ = +75.6 \text{ kJ/mol}$ )



[공기에 의한 촉매 재생 반응식]



촉매 기반 메탄 연료 분해에 의해 수소를 생성하는 과정은 주로 발열 반응에 해당하며, 제1 수소 개질 모드에서 제1 개질 유닛(111)과 제2 개질 유닛(112) 중 수소 생산이 수행되고 있는 개질 유닛에서는 열이 발생하게 된다. 이와 달리, 공기에 의한 촉매 재생 과정은 주로 흡열 반응에 해당하며, 제1 수소 개질 모드에서 제1 개질 유닛(111)과 제2 개질 유닛(112) 중 촉매 재생이 수행되고 있는 개질 유닛에서는 열을 흡수하게 된다.

본 발명의 실시예에 따른 수소 생산 장치는 개질기(110)가 다수의 제1 개질 유닛(111)과, 다수의 제2 개질 유닛(112)이 교번하여 적층된 스택(Stack) 구조로 이루어져 있으므로, 촉매에 의한 수소 생산이 수행되는 개질 유닛에서 발생하는 열이 상하 적층된 다른 개질 유닛으로 효율적으로 전달되어 촉매 재생을 위한 열로 활용될 수 있다. 따라서, 촉매 수소 개질 반응에 의해 발생하는 열을 효율적으로 활용할 수 있으며, 촉매 재생을 위해 필요한 열에너지 공급량을 줄여 전체 수소 개질 및 촉매 재생 효율을 높일 수 있다. 필요에 따라, 개질기(110)에 장착된 히터(도시 생략)를 이용하여 하나 이상의 개질 유닛(111, 112)에 추가적인 열을 공급하여 수소 개질 및/또는 촉매 재생을 수행할 수도 있다.

수소 개질에 의해 발생하는  $\text{H}_2$ , 연료, 연료분해물 등의 가스는 제2 유로 전환 밸브(G)를 통해 버퍼 탱크(140)로 유입된 후 내연기관(10)으로 공급될 수 있다. 촉매 재생 과정에서 발생하는  $\text{CO}_2$ , CO,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  등의 배출가스는 제2 유로 전환 밸브(G)를 통해 외부로 배기될 수 있다. 필요에 따라, 전환 밸브(H)를 닫아  $\text{CO}_2$ , CO,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  등의 배출가스를 버퍼 탱크(140)로 유입시킬 수도 있다.

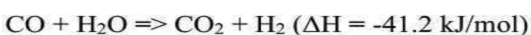
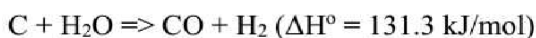
실시예에서, 각 개질 유닛(111, 112)에서 수소 개질로부터 촉매 재생으로 전환하는 시점, 다시 말해, 각 개질 유닛(111, 112)에 공급되는 유입 가스를 연료에서 공기로 전환하는 시점은 누적 연료 투입량에 대한 누적 수소 발생량의 비율을 기반으로 산출되는 누적 전환율(ACR; Accumulated Conversion Ratio)이 최대가 되는 시점을 기반으로 결정될 수 있다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따라 제2 수소 개질 모드 시에 공급부의 밸브들의 개폐 상태를 나타낸 도면이다. 제어부(130)는 내연기관(10)의 온도가 기준 온도 이상이고 증기의 공급이 가능한 상태인 경우, 다양한 수소 개질 모드 중 제2 수소 개질 모드를 결정할 수 있다. 실시예에서, 제2 수소 개질 모드는 내연기관(10)에 해당하는 엔진이 충분히 가열된 상태에서 수행될 수 있다.

제2 수소 개질 모드는 제1 작동 모드와 제2 작동 모드를 교번하여 반복하여 수행하는 모드일 수 있다. 제2 수소 개질 모드의 제1 작동 모드는 제1 개질 유닛(111)으로 연료를 공급하여 촉매 기반 연료 분해에 의해 수소 개질을 수행하고, 제2 개질 유닛(112)에 증기를 공급하여 증기 가스 발생(steam gasification)에 의해 개질 촉매를 재생하는 모드일 수 있다.

제2 수소 개질 모드에서, 제1 개질 유닛(111)과 제2 개질 유닛(112)은 수소 발생 효율에 따라 교번하여 제1 작동 모드와 제2 작동 모드를 수행할 수 있다. 제2 수소 개질 모드의 제2 작동 모드는 제1 개질 유닛(111)에 증기를 공급하여 증기 가스 발생에 의해 개질 촉매를 재생하고, 제2 개질 유닛(112)으로 연료를 공급하여 촉매 기반 연료 분해에 의해 수소 개질을 수행하는 모드일 수 있다.

[증기에 의한 촉매 재생 반응식]



증기에 의해 개질기(110)의 촉매에 흡착된 탄소를 제거하여 촉매를 재생하는 과정에서 발생하는 CO,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  등의 배출가스는 제2 유로 전환 밸브(G)를 통해 제2 연결라인(142)으로 배출될 수 있다. 이때, 전환 밸브



(H)를 닫아, 증기 재생 시에 발생되는 CO, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> 등의 배출가스를 버퍼 탱크(140)로 유입시켜 내연기관(10)의 연료로 활용할 수 있다.

[0085] 도 5는 본 발명의 실시예에 따라 제3 수소 개질 모드 시에 공급부의 밸브들의 개폐 상태를 나타낸 도면이다. 제어부(130)는 증기의 공급량과 온도가 제1 기준 조건을 만족하는 경우, 다양한 수소 개질 모드 중 제3 수소 개질 모드를 결정할 수 있다.

[0086] 제3 수소 개질 모드는 제1 개질 유닛 및 제2 개질 유닛에 각각 연료와 증기를 공급하여 개질 촉매 및 증기에 의해 연료를 수소 개질하는 모드일 수 있다. 제3 수소 개질 모드에서는, 제1 개질 유닛(111)과 제2 개질 유닛(112) 모두에서 수소 개질 동작이 수행될 수 있다. 제3 수소 개질 모드는 제1 내지 제5 수소 개질 모드 중 가장 높은 H<sub>2</sub> 발생 효율을 얻을 수 있는 모드이다.

[0087] [증기에 의한 수소 개질 반응식]

[0088]  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$  ( $\Delta\text{H} = 206 \text{ kJ/mol}$ )

[0089]  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$  ( $\Delta\text{H} = -41.2 \text{ kJ/mol}$ )

[0090] 제1 개질 유닛(111)과 제2 개질 유닛(112)에서 증기에 의한 수소 개질에 의해 발생하는 H<sub>2</sub>, 연료, 연료분해물, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CO 등의 배출물은 제2 유로 전환 밸브(G)를 통해 버퍼 탱크(140)로 유입된 후, 내연기관(10)의 연료로 공급될 수 있다.

[0091] 도 6은 본 발명의 실시예에 따라 제4 수소 개질 모드 시에 공급부의 밸브들의 개폐 상태를 나타낸 도면이다. 제어부(130)는 증기의 공급량 또는 온도가 제1 기준 조건을 만족하지 않고 배기가스의 공급량과 온도가 제2 기준 조건을 만족하는 경우, 다양한 수소 개질 모드 중 제4 수소 개질 모드를 결정할 수 있다.

[0092] 제4 수소 개질 모드는 배기 가스 재순환(EGR; Exhausted Gas Recirculation)을 이용한 증기 및 드라이 개질 모드로, 제1 개질 유닛(111) 및 제2 개질 유닛(112)에 각각 연료와 배기가스를 공급하여 개질 촉매 및 배기가스에 의해 연료를 수소 개질하는 모드일 수 있다.

[0093] [드라이 개질 반응식]

[0094]  $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \Rightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2$  ( $\Delta\text{H} = 247 \text{ kJ/mol}$ )

[0095] 제4 수소 개질 모드에서는 제1 개질 유닛(111)과 제2 개질 유닛(112) 모두에서 연료 및 배기가스에 의한 수소 개질 동작이 수행될 수 있다. 제4 수소 개질 모드에서, 연료와 배기가스에 포함된 재순환 가스 및 수증기가 각 개질 유닛(111, 112)으로 공급될 수 있다.

[0096] 제4 수소 개질 모드의 경우, 가열된 상태의 배기가스를 사용할 수 있어, 별도의 열교환 없이 수소 개질을 수행할 수 있다. 내연기관(10)의 배기가스 온도는 약 550℃ - 900℃일 수 있으며, Ni 촉매의 작동온도(500℃ - 750℃), Fe 촉매의 작동온도(650℃ - 900℃)와 유사하다. 따라서 Ni 촉매 또는 Fe 촉매를 구비한 개질기(110)를 사용하면, 배기가스를 통한 수소 생산이 가능하다.

[0097] 도 7은 본 발명의 실시예에 따라 제5 수소 개질 모드 시에 공급부의 밸브들의 개폐 상태를 나타낸 도면이다. 제어부(130)는 개질기(110)에 탄소 침착이 발생한 경우, 다양한 수소 개질 모드 중 제5 수소 개질 모드를 결정할 수 있다. 제5 수소 개질 모드는 개질기(110)에 탄소가 과도하게 흡착되어 코킹(coking)이 발생하는 경우에 사용될 수 있으며, 제1 침착 탄소 제거 모드와 제2 침착 탄소 제거 모드를 교번하여 반복하는 모드일 수 있다.

[0098] 제5 수소 개질 모드의 제1 침착 탄소 제거 모드는, 제1 개질 유닛(111)으로 연료와 배기가스를 공급하여 개질 촉매 및 배기가스에 의해 연료를 수소 개질하고, 제2 개질 유닛(112)에 공기를 공급하여 탄소 산화에 의해 개질 촉매를 재생하는 모드일 수 있다.

[0099] 제5 수소 개질 모드의 제2 침착 탄소 제거 모드는 제1 개질 유닛(111)으로 공기를 공급하여 탄소 산화에 의해 개질 촉매를 재생하고, 제2 개질 유닛(112)으로 연료와 배기가스를 공급하여 개질 촉매 및 배기가스에 의해 연료를 수소 개질하는 모드일 수 있다. 제5 수소 개질 모드에서, 제1 개질 유닛(111)과 제2 개질 유닛(112) 중 어느 하나에는 연료와 배기가스에 포함된 재순환 가스 및 수증기가 공급되고, 다른 하나에는 탄소 산화 반응에 의

한 촉매 재생을 위한 공기가 공급될 수 있다.

[0100] 개질기(110)의 후단에는 수소 센서(도시 생략됨)가 구비될 수 있다. 수소 센서는 제1 개질 유닛(111)과 제2 개질 유닛(112)의 후단에 각각 설치되어, 제1 개질 유닛(111)과 제2 개질 유닛(112)에서 발생하는 수소 발생량을 감지할 수 있다. 제어부(130)는 수소 센서에 의해 감지되는 수소 발생량을 기반으로 개질기(110)의 탄소 침착 여부를 판단할 수 있다.

[0101] 제1, 제2 및 제5 수소 개질 모드 중 어느 하나에서 수소 개질에 의한 발열 반응이 수행되는 동안, 다른 하나는 촉매 재생에 의한 흡열 반응이 수행될 수 있다. 이때, 적층된 개질 유닛(111, 112) 간에 열교환이 효율적으로 이루어져, 개질기(110)의 발열 반응과 흡열 반응이 원활하게 이루어질 수 있다.

[0102] 도 8은 본 발명의 실시예에 따라 누적 전환율을 기반으로 수소 개질 모드를 전환하거나 수소 개질 모드에서 유로 전환 밸브를 전환하는 시점을 결정하는 방법을 설명하기 위한 예시도이다. 도 1 및 도 8을 참조하면, 제어부(130)는 단위 시간당 연료 투입량을 누적하여 누적 연료 투입량을 산출하고, 개질기(110)의 단위 시간당 수소 발생량을 누적하여 누적 산소 발생량을 산출할 수 있다.

[0103] 제어부(130)는 누적 연료 투입량에 대한 누적 산소 발생량을 기반으로 누적 전환율(ACR; Accumulated Conversion Ratio)을 산출하고, 누적 전환율이 최대값( $ACR_{max}$ )에 도달하였는지를 판단하여 유로 전환 밸브(F, G)의 전환 시점 또는 수소 개질 모드의 전환 시점을 결정할 수 있다. 제어부(130)는 하기 누적 전환율 산출 수식에 따라 누적 전환율을 기반으로 각 수소 개질 모드 내에서 제1 유로 전환 밸브(F)와 제2 유로 전환 밸브(G)의 유로 스위칭 시점을 결정하거나, 수소 개질 모드 간의 스위칭 시점을 결정할 수 있다.

[0104] [누적 전환율 산출 수식]

$$[0105] \quad ACR(t) = \int_0^t 0.5 \dot{n}_{H_2}(t) dt / \int_0^t \dot{n}_{CH_4}(t) dt$$

[0106] 상기 누적 전환율 산출 수식에서,  $\dot{n}_{H_2}(t)$ 는 단위시간당 수소 발생량(분자량 기준),  $\dot{n}_{CH_4}$ 는 단위시간당 연료 투입량(분자량 기준)이다. 계수 0.5는 연료(예를 들어,  $CH_4$ ) 분자 1개당  $H_2$  2개가 발생하는 것을 기준으로 적용한 값으로, 연료의 종류에 따라 변화되는 값이다.

[0107] 제어부(130)는 누적 수소 발생량(20)과 누적 연료 투입량(30)을 기반으로 산출되는 누적 전환율  $ACR(t)$ (40)을 기준으로 제1, 제2 또는 제5 수소 개질 모드 내에서 제1 유로 전환 밸브(F)와 제2 유로 전환 밸브(G)의 유로 스위칭 시점을 결정하거나, 수소 개질 모드 간의 스위칭 시점을 결정할 수 있다.

[0108] 제어부(130)는 누적 전환율  $ACR(t)$ (40)이 최대 누적 전환율  $ACR_{max}$  값을 초과하였는지 여부에 따라, 유로 스위칭 또는 모드 스위칭을 수행할 수 있다. 즉, 최대 누적 전환율  $ACR_{max}$  값에 도달한 최대 누적 전환율 시점( $T_{max}$ )을 유로 스위칭 또는 모드 스위칭을 위한 기준 시점으로 설정할 수 있다.

[0109] 상술한 바와 같은 본 발명의 실시예에 의하면, 일반 내연기관에 Add-on될 수 있는 수소 생산 장치가 제공될 수 있으며, 내연기관의 운행 상태에 따라 공급부의 밸브들을 조정하여 최적의 수소 생산 효율을 얻을 수 있다. 본 발명의 실시예에 의하면, 유로 전환 밸브가 마련되는 수소 생산 장치에 의하여, 다양한 형태의 수소개질(재생) 조합이 가능하며, 전환 밸브 및 복수의 모드를 통하여, 연속적인 수소개질이 수행될 수 있고, 수소 생산 효율이 안정적으로 유지될 수 있다.

[0110] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 수소 생산 방법의 예시적인 순서도이다. 도 9에 도시된 시나리오를 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 수소 생산 방법의 일 예에 대해 설명한다. 도 1, 도 2 및 도 9를 참조하면, 내연기관(10)의 작동이 개시된 최초 시동 시에 상술한 제1 수소 개질 모드에 따라 수소 생산이 이루어진다(S10). 제1 수소 개질 모드에서, 각 개질 유닛(111, 112)은 촉매 기반 수소 개질을 위한 연료 반응기(fuel reactor) 모드와, 촉매 재생을 위한 공기 반응기(air reactor) 모드를 번갈아 수행할 수 있다.

[0111] 제1 수소 개질 모드에서, 제1 개질 유닛(111)이 연료 반응기 모드로 동작하는 동안 제2 개질 유닛(112)은 공기 반응기 모드로 동작하고, 반대로 제1 개질 유닛(111)이 공기 반응기 모드로 동작하는 동안에는 제2 개질 유닛(112)이 연료 반응기 모드로 동작할 수 있다. 이를 통해 제1 개질 유닛(111)과 제2 개질 유닛(112) 간의 열교환을 통해 수소 개질 및 촉매 재생이 효율적으로 이루어질 수 있다.

- [0112] 제1 수소 개질 모드에 따라 생성되는 연료에 의해 내연기관(10)이 일정 시간 운전되어 정상 작동 조건이 되면, 높은 수소 생산 효율을 얻을 수 있는 제3 수소 개질 모드로 전환될 수 있다(S11, S12). 이때, 열교환기(123)의 물과 배기가스 간의 열교환에 의해 충분한 양과 온도의 증기가 생성될 수 있는 경우, 정상 작동 조건인 것으로 판단할 수 있다. 제3 수소 개질 모드에서, 각 개질 유닛(111, 112)에는 연료와 증기가 포함된 가스가 공급될 수 있다.
- [0113] 제3 수소 개질 모드에서, 제어부(130)는 단위 시간당 연료 공급량을 누적하여 누적 연료 공급량을 산출하고, 단위 시간당 수소 발생량을 누적하여 누적 수소 발생량을 산출한 후, 누적 연료 공급량에 대한 누적 수소 발생량을 기반으로 누적 전환율을 산출할 수 있다. 산출된 누적 전환율은 제3 수소 개질 모드에서 제2 수소 개질 모드로 전환하는 시점을 결정하는데 활용될 수 있다.
- [0114] 즉, 누적 전환율이 최대 누적 전환율에 도달한 후 감소하기 시작하면, 제어부(130)는 제3 수소 개질 모드에서 제2 수소 개질 모드로 전환할 수 있다(S13, S14). 제2 수소 개질 모드에서, 각 개질 유닛(111, 112)은 촉매 기반 수소 개질을 위한 연료 반응기 모드와, 증기에 의해 촉매를 재생하는 증기 반응기 모드를 번갈아 수행할 수 있다.
- [0115] 제2 수소 개질 모드에서, 제1 개질 유닛(111)이 연료 반응기 모드로 동작하는 동안 제2 개질 유닛(112)은 증기 반응기 모드로 동작하고, 반대로 제1 개질 유닛(111)이 증기 반응기 모드로 동작하는 동안에는 제2 개질 유닛(112)이 연료 반응기 모드로 동작할 수 있다. 이를 통해 제1 개질 유닛(111)과 제2 개질 유닛(112) 간의 열교환을 통해 수소 개질 및 촉매 재생이 효율적으로 이루어질 수 있다. 제2 수소 개질 모드가 설정된 시간 이상 지속되면, 다시 가장 높은 수소 생산 효율을 얻을 수 있는 제3 수소 개질 모드로 전환될 수 있다(S15, S16).
- [0116] 제3 수소 개질 모드로 운전 중에, 증기 생성을 위해 열교환기(123)에 공급되어야 하는 물의 양이 충분하지 못하여 증기 발생량이 기준 값에 미달하는 경우, 제3 수소 개질 모드에서 제2 수소 개질 모드로 전환할 수 있다(S18). 제3 수소 개질 모드로 운전 중에, 증기 발생을 위한 물이 모두 소모된 경우에는 제3 수소 개질 모드에서 제4 수소 개질 모드로 전환될 수도 있다.
- [0117] 제2 수소 개질 모드에서 누적 연료 공급량에 대한 누적 수소 발생량의 비율을 기초로 산출되는 누적 전환율이 최대값에 도달하면, 제4 수소 개질 모드로 전환할 수 있다(S19, S20). 제4 수소 개질 모드에서, 각 개질 유닛(111, 112)은 연료와 배기가스가 포함된 가스를 공급받아 수소 개질을 수행할 수 있다.
- [0118] 제4 수소 개질 모드로 운전 중에 개질기(110)의 촉매에 탄소가 과도하게 흡착되어 탄소 침착에 의해 코킹(coking)이 발생하는 경우, 제5 수소 개질 모드로 전환할 수 있다(S21, S22, S23). 제5 수소 개질 모드에서, 각 개질 유닛(111, 112)은 개질 촉매 및 배기가스에 의해 연료를 수소 개질하는 연료 반응기 모드와, 공기에 의한 탄소 산화에 의해 촉매를 재생하는 공기 반응기 모드를 번갈아 수행할 수 있다.
- [0119] 제5 수소 개질 모드에서, 제1 개질 유닛(111)이 연료 반응기 모드로 동작하는 동안 제2 개질 유닛(112)은 공기 반응기 모드로 동작하고, 반대로 제1 개질 유닛(111)이 공기 반응기 모드로 동작하는 동안에는 제2 개질 유닛(112)이 연료 반응기 모드로 동작할 수 있다. 이를 통해 제1 개질 유닛(111)과 제2 개질 유닛(112) 간의 열교환을 통해 수소 개질 및 촉매 재생이 효율적으로 이루어질 수 있다.
- [0120] 탄소 침착에 의한 코킹 발생 여부는 개질기(110)의 후단에는 수소 센서(도시 생략됨)에 의해 측정되는 수소 발생량을 기반으로 결정될 수 있다. 제어부(130)는 수소 센서에 의해 감지되는 수소 발생량이 기준 수소 발생량에 미달하는 경우, 개질기(110)의 촉매에 탄소가 흡착되어 탄소 침착에 의해 코킹이 발생한 것으로 판단하여 제5 수소 개질 모드로 전환할 수 있다. 제5 수소 개질 모드로 일정 시간 운전하여 탄소 침착에 의한 코킹이 해결되면, 다시 내연기관(10)의 다양한 운전 조건을 기반으로 어느 하나의 수소 개질 모드를 판단하여 해당 모드로 전환할 수 있다.
- [0121] 본 발명의 실시예에 의하면, 개질 모듈의 상류 측 및 하류 측에 유로 변경이 가능한 밸브를 마련하여, 다양한 수소 개질 모드에 따라 연속적으로 수소 생산이 이루어질 수 있으며, 내연기관(10)의 다양한 운전 조건에 따라 최적의 수소 생산 효율을 달성할 수 있다. 또한, 다수의 개질 유닛이 스택(Stack) 형태로 배치되어, 적층된 개질 유닛 간 열교환이 원활하게 이루어질 수 있다.
- [0122] 본 발명의 실시예에 따른 수소 생산 장치 및 방법은 내연기관 차량에 적용될 수 있으며, 다양한 수소 개질 모드를 제공하여 수소 생산 효율 및 연료 효율을 향상시킬 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 수소 생산 장치 및 방법은 차량의 운행 상태(예를 들어, 시동시, 정상 운행시, 고속 운행시, 차량 정지 시 등)에 따라서 연료/공기/



스팀/배기가스 공급 유로를 조정하여, 최적의 수소 생산 효율을 얻을 수 있으며, 차량의 전체적인 연료 효율을 향상시킬 수 있다.

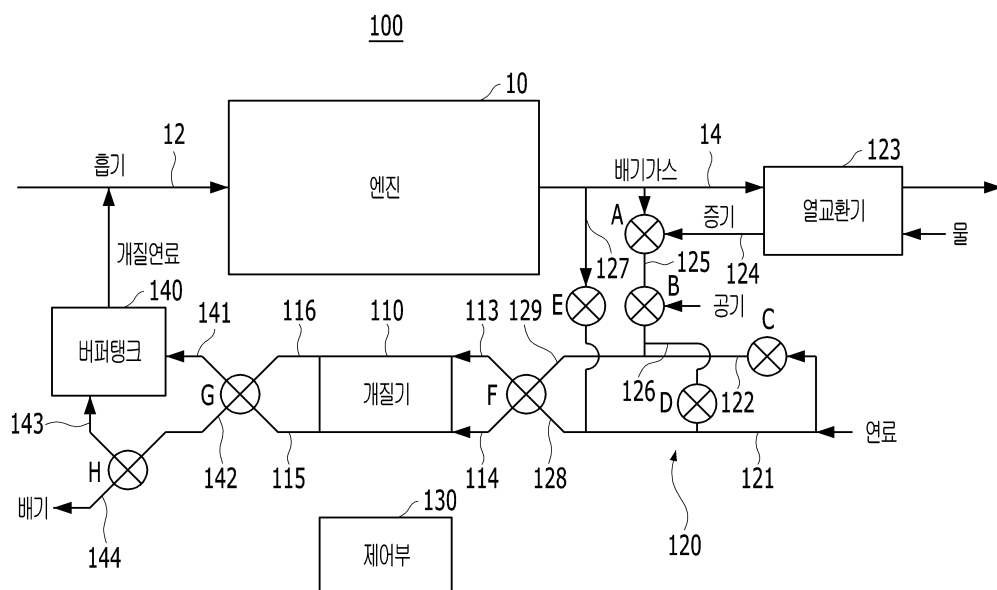
[0123] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고 특허청구 범위와 발명의 상세한 설명 및 첨부한 도면의 범위 안에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 본 발명의 범위에 속하는 것은 당연하다.

### 부호의 설명

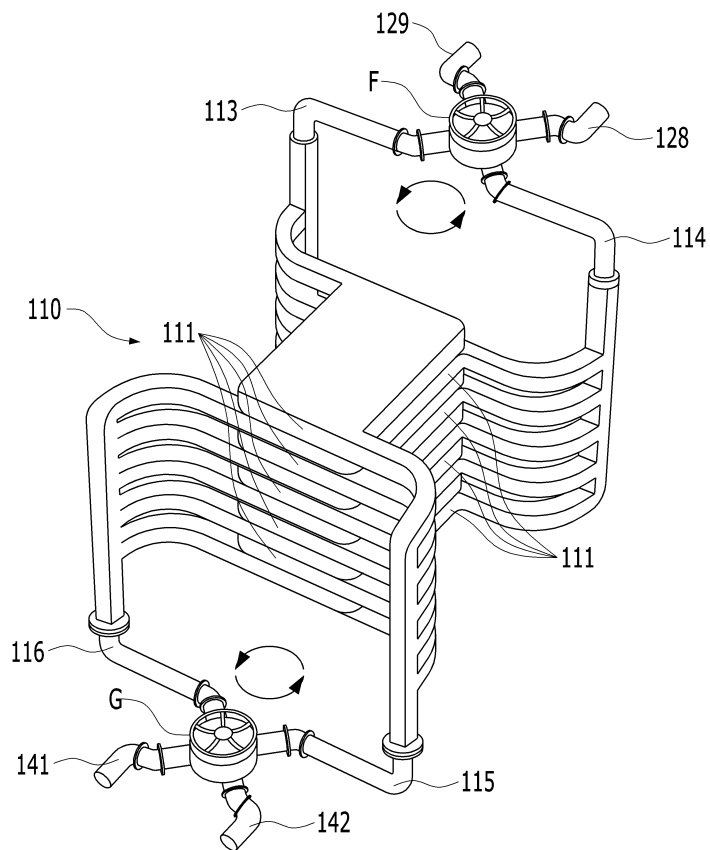
[0124]	10: 내연기관	100: 수소 생산 장치
	110: 개질기	111: 제1 개질 유닛
	112: 제2 개질 유닛	113: 제1 유입라인
	114: 제2 유입라인	115: 제1 배출라인
	116: 제2 배출라인	120: 공급부
	121: 제1 연료 공급라인	122: 제2 연료 공급라인
	123: 열교환기	124: 증기 공급라인
	125: 제1 가스 공급라인	126: 제2 가스 공급라인
	127: 배기가스 공급라인	128: 제1 공급라인
	129: 제2 공급라인	130: 제어부
	A: 제1 제어 밸브	B: 제2 제어 밸브
	C: 연료 개폐 밸브	D: 개폐 밸브
	E: 배기가스 개폐 밸브	F: 제1 유로 전환 밸브
	G: 제2 유로 전환 밸브	H: 전환 밸브

### 도면

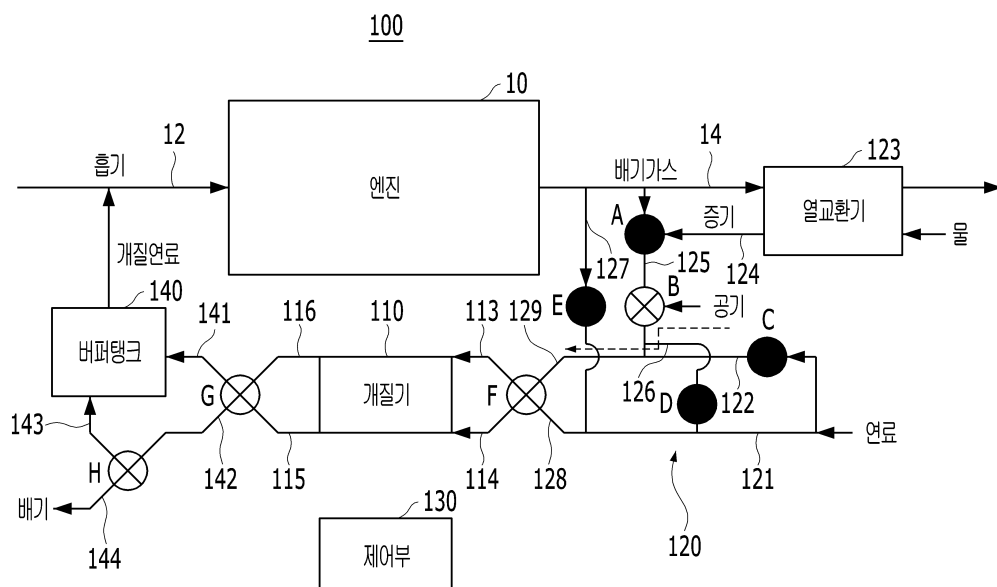
#### 도면1



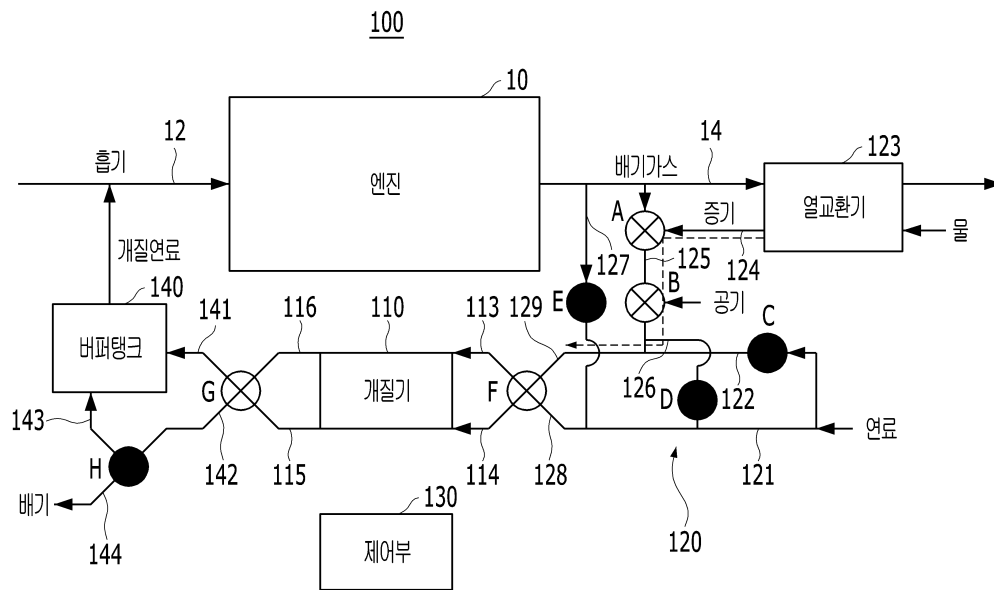
도면2



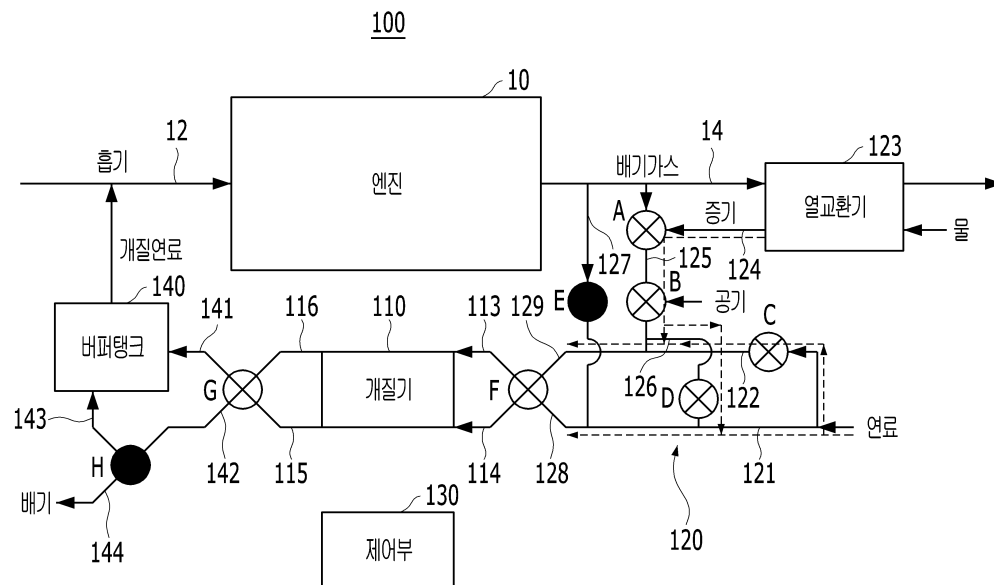
도면3



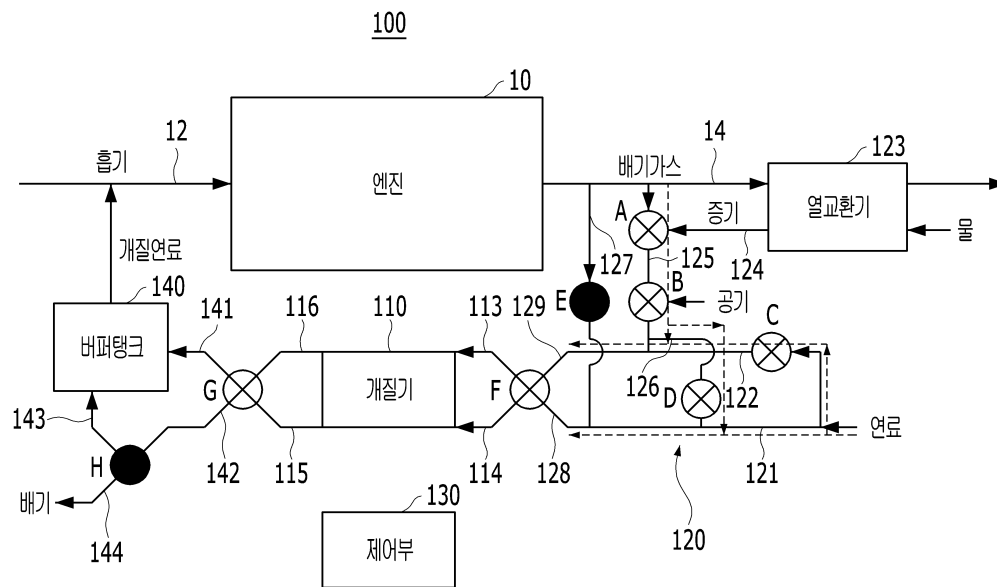
도면4



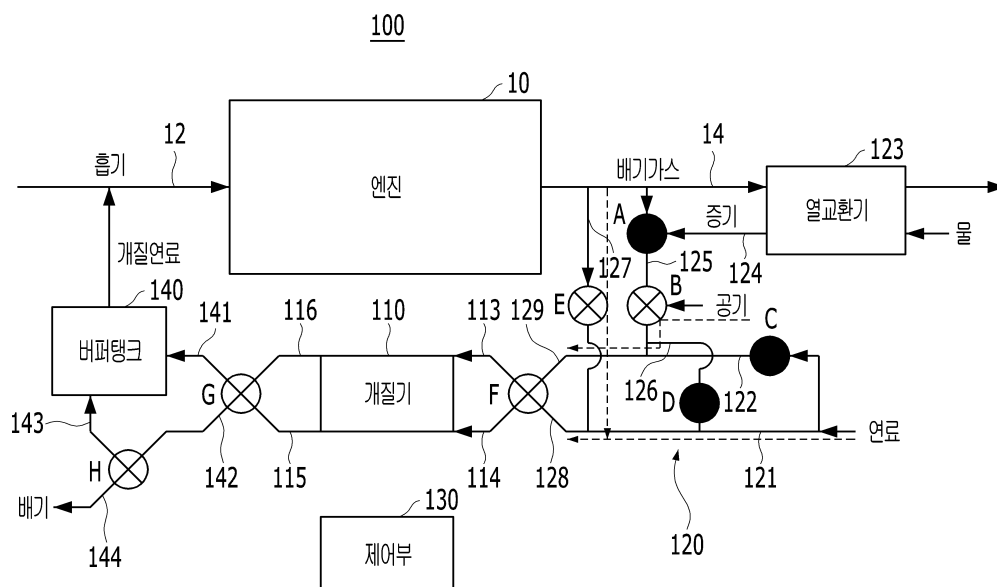
도면5



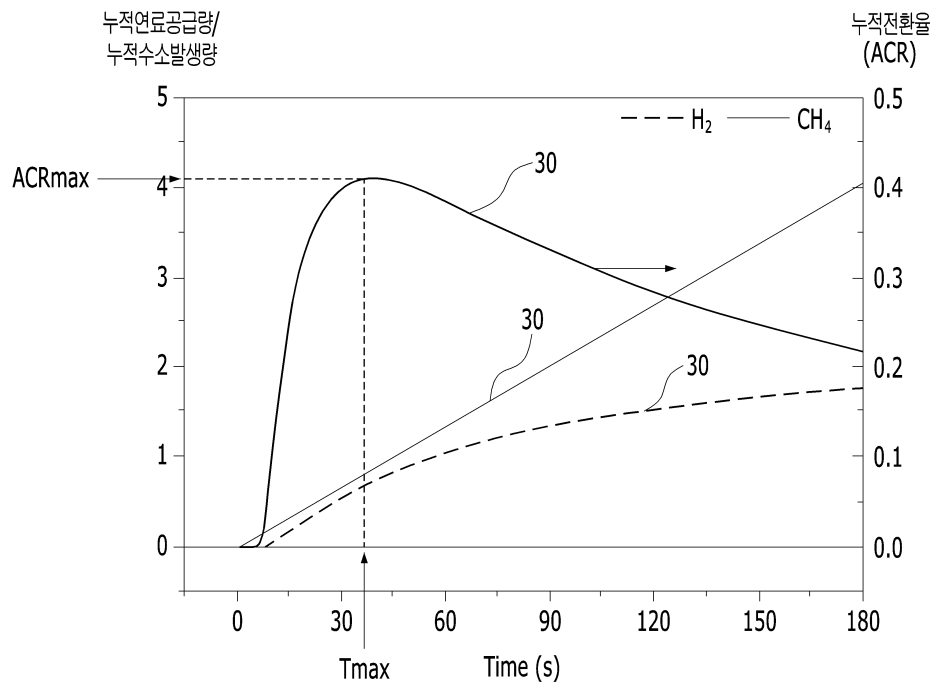
도면6



도면7



도면8



도면9

