



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0153792
(43) 공개일자 2022년11월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 B01J 6/00 (2006.01) B01J 19/00 (2018.01)
 B01J 8/00 (2018.01) C01B 3/24 (2006.01)
 C01B 3/34 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 B01J 6/008 (2013.01)
 B01J 19/0053 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2021-0061202
 (22) 출원일자 2021년05월12일
 심사청구일자 2021년05월12일

(71) 출원인
 한국기계연구원
 대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
 (72) 발명자
 안국영
 대전광역시 유성구 계룡로 92, 101동 1502호
 김영상
 대전광역시 유성구 지족북로 33
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 특허법인 천지

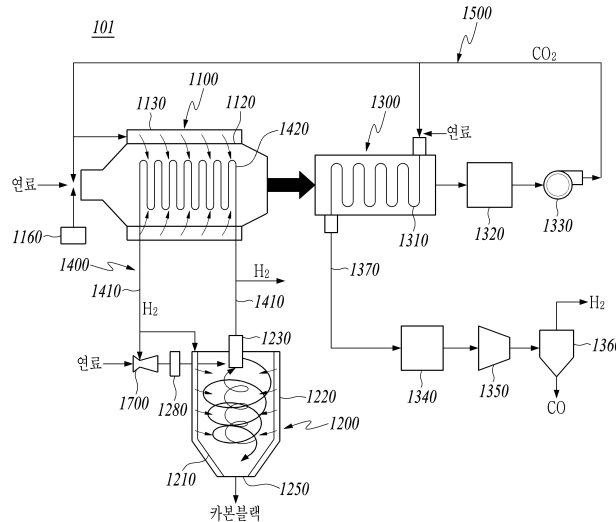
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 열분해 반응기, 이를 포함하는 수소 생산 시스템, 및 이를 이용한 수소 생산 방법

(57) 요약

본 발명의 일 측면에 따른 열분해 반응기는, 가열된 수소를 공급받아 연료와 혼합하여 연료를 열분해하는 내측 하우징, 및 상기 내측 하우징을 감싸는 외측 하우징을 포함하고, 상기 내측 하우징은 사이클론 구조로 이루어져서 열분해로 발생된 수소와 탄소를 분리시키며, 상기 외측 하우징에는 분리가스가 공급되고, 상기 내측 하우징에는 상기 분리가스를 분사하는 분사홀이 형성되어, 상기 분리가스의 분사에 의하여 상기 내측 하우징의 내벽에 카본 침적이 방지될 수 있다.

대표도 - 도1



- (52) CPC특허분류
B01J 8/0055 (2013.01)
C01B 3/24 (2013.01)
C01B 3/34 (2013.01)
C01B 2203/0222 (2013.01)
C01B 2203/0811 (2013.01)
C01B 2203/0833 (2013.01)
C01B 2203/148 (2013.01)

쿠엔

대전광역시 유성구 신성로84번길 43

- (72) 발명자

이동근

서울특별시 관악구 관악로 1

잡반티엔

대전광역시 중구 계룡로955번길 11

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1300
과제번호	MT1300
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	산업기술알키미스트프로젝트
연구과제명	CO2 upcycling 캐스캐이드 수소생산 기술
기여율	80/100
과제수행기관명	한국기계연구원
연구기간	2020.09.01 ~ 2021.04.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	7370
과제번호	NE7370
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	신재생에너지핵심기술개발
연구과제명	수소 전주기(생산, 저장/이송, 활용) 경제성, 환경성 평가 기술 개발
기여율	20/100
과제수행기관명	한국기계연구원
연구기간	2020.10.01 ~ 2021.03.31

명세서

청구범위

청구항 1

가열된 수소를 공급받아 연료와 혼합하여 연료를 열분해하는 내측 하우징;

상기 내측 하우징을 감싸는 외측 하우징;

을 포함하고,

상기 내측 하우징은 사이클론 구조로 이루어져서 열분해로 발생된 수소와 탄소를 분리시키며,

상기 외측 하우징에는 분리가스가 공급되고, 상기 내측 하우징에는 상기 분리가스를 분사하는 분사홀이 형성되는 것을 특징으로 하는 열분해 반응기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 내측 하우징 내부로 연료와 수소를 분사하며 선회류를 형성하는 분사부와 상기 내측 하우징의 상단에 연결되며 상기 내측 하우징의 내부로 돌출된 상부 배출관을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 열분해 반응기.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 분리 가스는 가열된 수소로 이루어진 것을 특징으로 하는 열분해 반응기.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 열분해 반응기는 상기 열분해 반응기로 유입되는 상기 연료와 상기 수소를 혼합하되 상기 수소의 유속을 증가시키는 이젝터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 열분해 반응기.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 열분해 반응기는 상기 이젝터에서 배출되는 수소와 연료를 가열하는 히터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 열분해 반응기.

청구항 6

연료를 산화시켜서 연소가스를 생성하는 연소기;

연료를 열분해하여 수소와 카본을 생산하는 열분해 반응기;

상기 열분해 반응기에서 생산된 수소를 상기 연소기로 공급하고 상기 수소를 가열하여 상기 열분해 반응기로 공급하는 가열 공급부; 및

연료와 이산화탄소와 물을 이용하여 수소와 일산화탄소를 생성하되, 상기 연소기에서 배출되는 연소가스를 이용하여 상기 연료를 가열하는 이산화탄소 전환 반응기;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 수소 생산 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 열분해 반응기는,

열분해 공간을 제공하며 원통부와 원뿔부를 갖는 내측 하우징과,

상기 내측 하우징 내부로 연료와 수소를 분사하며 선회류를 형성하는 분사부와,

상기 내측 하우징의 상단에 연결되며 상기 내측 하우징의 내부로 돌출된 배출관을 포함하는 것을 특징으로 하는 수소 생산 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 열분해 반응기는 상기 내측 하우징을 감싸는 외측 하우징을 더 포함하고, 상기 내측 하우징에는 복수의 분사홀이 형성되며,

상기 외측 하우징에는 분리가스가 공급되고, 상기 분사홀을 통해서 상기 내측 하우징 내부로 분리가스가 분사되는 것을 특징으로 하는 수소 생산 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 분리 가스는 상기 가열 공급부에서 공급되는 수소로 이루어진 것을 특징으로 하는 수소 생산 시스템.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 이산화탄소 전환 반응기에서 배출된 이산화탄소를 상기 이산화탄소 전환 반응기 및 상기 연소기로 공급하는 회수부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수소 생산 시스템.

청구항 11

제6항에 있어서,

상기 연소기는 연소 공간을 형성하는 연소기 라이너와 상기 연소기 라이너의 외면을 감싸며 냉각 공간을 형성하는 연소기 케이싱을 포함하고,

상기 연소기 라이너에는 복수의 냉각 홀이 형성되고,

상기 연소기 케이싱에는 상기 이산화탄소 전환 반응부에서 배출되는 이산화탄소가 공급되며, 상기 이산화탄소는 상기 냉각 홀을 통해서 상기 연소기 라이너 내부로 분사되는 것을 특징으로 하는 수소 생산 시스템.

청구항 12

제6항에 있어서,

상기 이산화탄소 전환 반응기에서 배출된 연소가스의 일부를 상기 열분해 반응기로 유입되는 연료와 혼합하여 연료를 가열하는 연료 예열부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수소 생산 시스템.

청구항 13

연소기에서 연료를 연소하여 이산화탄소와 물을 포함하는 연소가스를 생성하는 연소 단계;

상기 연소 과정에서 생성된 연소가스를 이용하여 수소를 가열하는 수소 가열 단계;

상기 수소 가열 단계에서 가열된 수소와 연료를 혼합하여 열분해 반응기로 공급하는 혼합 가스 공급 단계;

상기 혼합 가스를 열분해하여 수소 및 카본을 생성하는 열분해 단계; 및

상기 연소기에서 공급되는 연소가스의 열을 이용하여 이산화탄소 전환 반응기에서 연료와 이산화탄소와 물을 반응시켜 수소 및 일산화탄소를 생성하는 전환 반응 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 수소 생산 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 수소 가열 단계는 상기 열 분해 단계에서 생성된 수소를 상기 연소기에 내부에 설치된 제1 열교환기로 공급하여 상기 연소기 내에서 상기 수소를 가열하는 것을 특징으로 하는 수소 생산 방법.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 전환 반응 단계에서 사용되고 배출된 연소가스에 포함된 이산화탄소를 상기 이산화탄소 전환 반응기로 공급하는 이산화탄소 회수 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수소 생산 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 이산화탄소 회수 단계는 일부의 이산화탄소는 상기 이산화탄소 전환 반응기로 공급하고, 나머지 이산화탄소는 상기 연소기로 공급하는 것을 특징으로 하는 수소 생산 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 연소 단계는 공급된 이산화탄소 중 일부를 연소기 라이너에 형성된 냉각 홀을 통해서 연소기 라이너 내부로 분사하여 상기 연소기 라이너를 냉각하는 것을 특징으로 하는 수소 생산 방법.

청구항 18

제13항에 있어서,

상기 열분해 단계는 상기 혼합가스가 선회류를 형성하도록 분사하여 카본은 하부로 배출하고, 수소는 상부로 분리하여 배출하는 것을 특징으로 하는 수소 생산 방법.

청구항 19

제13항에 있어서,

상기 열분해 단계는 상기 열분해 반응기의 내측 하우징에 형성된 복수의 분사홀을 통해서 분리 가스를 분사하는 것을 특징으로 하는 수소 생산 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 연료를 이용하여 수소를 생산하는 열분해 반응기, 수소 생산 시스템, 및 수소 생산 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 경제 발전 및 석유화학 기술의 발전으로 세계 에너지 수요가 지속적으로 증가하고 있으며, 이로 인하여 화석 연료가 빠른 속도로 고갈되고 있다. 또한 화석 연료의 연소 시에 발생하는 이산화탄소, 질소산화물 등과 같은 온실 가스의 농도 증가로 지구 온난화 문제가 대두되고 있다.

[0003] 이러한 문제를 해결하기 위해서 새로운 에너지원에 대한 연구가 진행되고 있는데, 화석연료를 대체할 에너지원으로서 수소가 주목받고 있다.

[0004] 수소는 연소 시에 이산화탄소와 산화질소를 배출하지 않고 물만 생성하기 때문에 청정 연료이며, 다양한 자원에서부터 생산이 가능하여 석유를 대체할 수 있다.

[0005] 미래의 수소 사회에 대응 가능한 수소생산기술은 경제성을 확보해야 하고, 이산화탄소를 배출하지 않으며, 대량

생산이 가능해야 한다는 세 가지 요구조건을 만족하여야 한다.

- [0006] 수소생산기술은 탄화수소 연료를 수증기 개질, 이산화탄소 개질, 부분 산화, 열분해 등의 방법으로 가공하여 수소를 생산하는 기술과 물을 전기화학적으로 분해하여 수소를 생산하는 기술로 구분될 수 있다.
- [0007] 물을 전기화학적으로 분해하는 기술은 대량생산 및 경제성 확보가 어렵고, 수전해에 공급하는 전력이 재생에너지 발전으로부터 공급되지 않으면 이산화탄소를 배출한다는 단점을 가지고 있다.
- [0008] 또한, 연료로부터 수소를 생산하는 방법은 지속적으로 연구가 진행되어 왔으나, 수소 생산 시에 다량의 이산화탄소를 발생시키는 문제가 있다. 이산화탄소의 배출을 감소시키기 위해서 별도의 이산화탄소 포집 장치를 설치하면, 경제성이 저하되는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 이산화탄소의 배출을 최소화하고, 에너지 효율이 향상된 열분해 반응기, 수소 생산 시스템, 및 수소 생산 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명의 일 측면에 따른 열분해 반응기는, 가열된 수소를 공급받아 연료와 혼합하여 연료를 열분해하는 내측 하우징, 및 상기 내측 하우징을 감싸는 외측 하우징을 포함하고, 상기 내측 하우징은 사이클론 구조로 이루어져서 열분해로 발생된 수소와 탄소를 분리시키며, 상기 외측 하우징에는 분리가스가 공급되고, 상기 내측 하우징에는 상기 분리가스를 분사하는 분사홀이 형성될 수 있다.
- [0011] 본 발명의 일 측면에 따른 열분해 반응기는 상기 내측 하우징 내부로 연료와 수소를 분사하며 선회류를 형성하는 분사부와 상기 내측 하우징의 상단에 연결되며 상기 내측 하우징의 내부로 돌출된 상부 배출관을 더 포함할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 분리 가스는 가열된 수소로 이루어질 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 열분해 반응기는 상기 열분해 반응기로 유입되는 상기 연료와 상기 수소를 혼합하되 상기 수소의 유속을 증가시키는 이젝터를 더 포함할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 열분해 반응기는 상기 이젝터에서 배출되는 수소와 연료를 가열하는 히터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 열분해 반응기.
- [0015] 본 발명의 일 측면에 따른 수소 생산 시스템은, 연료를 산화시켜서 연소가스를 생성하는 연소기, 연료를 열분해하여 수소와 카본을 생산하는 열분해 반응기, 상기 열분해 반응기에서 생산된 수소를 상기 연소기로 공급하고 상기 수소를 가열하여 상기 열분해 반응기로 공급하는 가열 공급부, 및 연료와 이산화탄소와 물을 이용하여 수소와 일산화탄소를 생성하되, 상기 연소기에서 배출되는 연소가스를 이용하여 상기 연료를 가열하는 이산화탄소 전환 반응기를 포함할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 열분해 반응기는, 열분해 공간을 제공하며 원통부와 원뿔부를 갖는 내측 하우징과, 상기 내측 하우징 내부로 연료와 수소를 분사하며 선회류를 형성하는 분사부와, 상기 내측 하우징의 상단에 연결되며 상기 내측 하우징의 내부로 돌출된 배출관을 포함할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 열분해 반응기는 상기 내측 하우징을 감싸는 외측 하우징을 더 포함하고, 상기 내측 하우징에는 복수의 분사홀이 형성되며, 상기 외측 하우징에는 분리가스가 공급되고, 상기 분사홀을 통해서 상기 내측 하우징 내부로 분리가스가 분사될 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 분리 가스는 상기 가열 공급부에서 공급되는 수소로 이루어질 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일 측면에 따른 수소 생산 시스템은 상기 이산화탄소 전환 반응기에서 배출된 이산화탄소를 상기 이산화탄소 전환 반응기 및 상기 연소기로 공급하는 회수부를 더 포함할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 연소기는 연소 공간을 형성하는 연소기 라이너와 상기 연소기 라이너의 외면을 감싸며 냉각 공간을 형성하는 연소기 케이싱을 포함하고, 상기 연소기 라이너에는 복수의 냉각 홀이 형성되고, 상기 연소기 케이싱에는 상기 이산화탄소 전환 반응부에서 배출되는 이산화탄소가 공급되며, 상기 이산화탄소는

상기 냉각 홀을 통해서 상기 연소기 라이너 내부로 분사될 수 있다.

- [0021] 본 발명의 일 측면에 따른 수소 생산 시스템은 상기 이산화탄소 전환 반응기에서 배출된 연소가스의 일부를 상기 열분해 반응기로 유입되는 연료와 혼합하여 연료를 가열하는 연료 예열부를 더 포함할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일 측면에 따른 수소 생산 방법은, 연소기에서 연료를 연소하여 이산화탄소와 물을 포함하는 연소가스를 생성하는 연소 단계, 상기 연소 과정에서 생성된 연소가스를 이용하여 수소를 가열하는 수소 가열 단계, 상기 수소 가열 단계에서 가열된 수소와 연료를 혼합하여 열분해 반응기로 공급하는 혼합 가스 공급 단계, 상기 혼합 가스를 열분해하여 수소 및 카본을 생성하는 열분해 단계, 및 상기 연소기에서 공급되는 연소가스의 열을 이용하여 이산화탄소 전환 반응기에서 연료와 이산화탄소와 물을 반응시켜 수소 및 일산화탄소를 생성하는 전환 반응 단계를 포함할 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 수소 가열 단계는 상기 열 분해 단계에서 생성된 수소를 상기 연소기에 내부에 설치된 제1 열교환기로 공급하여 상기 연소기 내에서 상기 수소를 가열할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 전환 반응 단계에서 사용되고 배출된 연소가스에 포함된 이산화탄소를 상기 이산화탄소 전환 반응기로 공급하는 이산화탄소 회수 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 이산화탄소 회수 단계는 일부의 이산화탄소는 상기 이산화탄소 전환 반응기로 공급하고, 나머지 이산화탄소는 상기 연소기로 공급할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 연소 단계는 공급된 이산화탄소 중 일부를 연소기 라이너에 형성된 냉각 홀을 통해서 연소기 라이너 내부로 분사하여 상기 연소기 라이너를 냉각할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 열분해 단계는 상기 혼합가스가 선회류를 형성하도록 분사하여 카본은 하부로 배출하고, 수소는 상부로 분리하여 배출할 수 있다.
- [0028] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 열분해 단계는 상기 열분해 반응기의 내측 하우징에 형성된 복수의 분사홀을 통해서 분리 가스를 분사할 수 있다.

발명의 효과

- [0029] 상기한 바와 같이 본 발명의 일 측면에 따르면, 열분해 과정에서 생성된 수소를 연소기에서 가열하여 열분해 반응기로 공급하므로 에너지 효율이 향상될 뿐만 아니라, 연소기에서 발생된 열을 이용하여 순차적으로 열분해와 이산화탄소 전환 반응을 수행하여 수소를 생산하므로 에너지 효율이 더욱 향상될 수 있다.
- [0030] 또한, 연소 과정에서 발생된 이산화탄소를 외부로 배출하지 않고, 이산화탄소 전환 반응기에서 일산화탄소로 전환시키거나 연소기로 공급하므로 이산화탄소의 배출을 최소화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 수소 생산 시스템을 도시한 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 연소기를 잘라 본 단면도이다.
- 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 열분해 반응기를 도시한 절개 사시도이다.
- 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 이젝터를 도시한 단면도이다.
- 도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따른 수소 생산 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 6은 본 발명의 제2 실시예에 따른 수소 생산 시스템을 도시한 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예를 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0033] 본 발명에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 발명에서, '포함하다' 또는 '가지다' 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조

합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [0034] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명한다. 이 때, 첨부된 도면에서 동일한 구성 요소는 가능한 동일한 부호로 나타내고 있음에 유의한다. 또한, 본 발명의 요지를 흐리게 할 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략할 것이다. 마찬가지로 이유로 첨부 도면에 있어서 일부 구성요소는 과장되거나 생략되거나 개략적으로 도시되었다.
- [0035] 이하, 본 발명의 제1 실시예에 따른 수소 생산 시스템에 대해서 설명한다.
- [0036] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 수소 생산 시스템을 도시한 구성도이고, 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 연소기를 잘라 본 단면도이다.
- [0037] 도 1 및 도 2를 참조하여 설명하면, 본 실시예에 따른 수소 생산 시스템(101)은 연소기(1100), 열분해 반응기(1200), 이산화탄소 전환 반응기(1300), 가열 공급부(1400), 회수부(1500)를 포함할 수 있다.
- [0038] 연소기(1100)는 연료를 산화제와 반응시켜서 열과 연소가스를 생성한다. 연소기(1100)는 순산소 연소를 수행하며, 아래의 [화학식 1]과 같이 메탄과 산소의 반응에 의하여 섭씨 2000도 이상의 열과 이산화탄소와 물을 생성한다.
- [0039] [화학식 1]
- [0040] $CH_4 + 2O_2 \rightarrow 2H_2O + CO_2$
- [0041] 여기서 연료는 액화천연가스, 부탄가스, 메탄가스, 바이오매스 등의 탄화수소계 가스 연료로 이루어질 수 있다. 산화제는 산소를 포함하며, 95% 이상 또는 99% 이상의 산소를 포함하는 순산소로 이루어질 수 있다. 연소기(1100)는 산소 공급부(1160)와 연결되어 산화제를 공급받을 수 있다. 여기서 산소 공급부(1160)는 산소가 저장된 탱크로 이루어질 수 있다. 또한 산소 공급부(1160)는 공기 중에서 질소를 분리하는 공기 분리기 (ASU, Air Separation Unit) 또는 이온투과막(ITM, Ion Transfer Membrane)을 포함할 수 있다.
- [0042] 연소기(1100)는 연소 공간을 형성하는 연소기 라이너(1120)와 연소기 라이너(1120)의 외면을 감싸며 냉각 공간을 형성하는 연소기 케이싱(1130)을 포함하고, 연소기 라이너(1120)와 연소기 케이싱(1130) 사이에는 냉각 공간(1140)이 형성된다. 또한, 연소기 라이너(1120)에는 냉각 공간(1140)과 연결된 복수의 냉각 홀(1125)이 형성되며, 냉각 홀(1125)을 통해서 냉각 공간(1140)의 냉매가 연소기 라이너(1120) 내부로 분사되어 연소기 라이너(1120)의 냉각을 위하여 필름냉각, 충돌냉각을 수행할 수 있다.
- [0043] 한편, 연소기(1100)에는 이산화탄소 전환 반응기(1300)에서 열교환에 사용된 이산화탄소가 제1 응축기(1320)와 블로워(1330)를 거쳐서 공급될 수 있다. 이 때 이산화탄소는 섭씨 200도 내지 300도의 온도를 가질 수 있다.
- [0044] 연소기(1100)로 공급된 일부의 이산화탄소는 냉각 공간(1140)으로 유입되어 연소기 라이너(1120)의 냉각에 사용되며, 나머지 이산화탄소는 연료와 함께 연소기 라이너(1120) 내부로 공급될 수 있다. 또한 냉각 공간(1140)에는 과량의 산소를 포함하는 산화제가 공급될 수도 있다.
- [0045] 가열 공급부(1400)는 열분해 반응기(1200)에서 생산된 수소를 연소기(1100)로 공급하여 수소를 가열한 후에, 다시 열분해 반응기(1200)로 공급한다. 가열 공급부(1400)는 수소를 이송하는 수소 전달관(1410)과 수소 전달관(1410)에 연결 설치된 제1 열교환부(1420)를 포함한다.
- [0046] 수소 전달관(1410)은 연소기(1100)와 열분해 반응기(1200)를 연결하여 열분해 반응기(1200)에서 생성된 수소 중 일부를 연소기(1100)로 전달하고 연소기(1100)에서 가열된 수소를 열분해 반응기(1200)로 전달한다. 또한, 수소 전달관(1410)은 일부의 수소를 외부로 배출하여 저장한다. 또한, 수소 전달관(1410)은
- [0047] 제1 열교환부(1420)는 연소기(1100) 내부에 설치되거나 연소기 출구에 설치될 수 있으며 연소 과정에서 발생된 연소가스와의 열교환을 통해서 수소를 가열한다. 제1 열교환부(1420)로 공급되는 수소는 1000도 내지 1200도의 온도를 가지며, 제1 열교환부(1420)에서 배출되는 수소는 1600도 내지 1800도의 온도로 가열될 수 있다. 제1 열교환부(1420)는 관 형상의 열교환기 또는 판 형상의 열교환기로 이루어질 수 있다. 제1 열교환부(1420)는 고온에서 견딜 수 있는 세라믹으로 이루어질 수 있으며, 특히 고온에서 내부식성이 우수한 실리콘카바이드(SiC)로 이루어질 수 있다.
- [0048] 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 열분해 반응기를 도시한 절개 사시도이고, 도 4는 본 발명의 제1 실시예에

따른 이젝터를 도시한 단면도이다.

- [0049] 도 3 및 도 4를 참조하여 설명하면, 열분해 반응기(1200)에는 연료와 수소가 공급되고, 열분해 반응기(1200)는 아래의 [화학식 2]와 같이 연료를 열분해하여 수소와 카본을 생성한다. 여기서 열분해 반응기(1200)로 공급되는 연료는 메탄을 주성분으로 하는 연료로 이루어질 수 있다.
- [0050] [화학식 2]
- [0051] $CH_4 \rightarrow 2H_2 + C(s)$
- [0052] 열분해 반응기(1200)는 열분해 공간을 제공하며 원통부(1211)와 원뿔부(1212)를 갖는 내측 하우징(1210)과 내측 하우징(1210) 내부로 연료와 수소를 분사하며 선회류를 형성하는 분사부(1240)와 내측 하우징(1210)의 상단에 연결되며 내측 하우징(1210)의 내부로 돌출된 상부 배출관(1230)과 내측 하우징(1210)을 감싸는 외측 하우징(1220)을 포함할 수 있다.
- [0053] 내측 하우징(1210)은 상부에 위치하는 원통부(1211)와 원통부(1211)의 하부에 위치하는 원뿔부(1212)를 포함하며, 원뿔부(1212)는 하부로 갈수록 내경이 감소하는 구조로 이루어진다. 내측 하우징(1210)의 하부에는 카본이 배출되는 집진 출구(1250)가 형성된다.
- [0054] 분사부(1240)는 내측 하우징(1210)의 상부에 연결되어 연료와 가열된 수소를 분사하며, 선회류를 형성한다. 분사부(1240)는 내측 하우징(1210)의 중심에서 편심되게 연결되며, 바람직하게는 내측 하우징(1210)의 접선 방향으로 연결될 수 있다. 상부 배출관(1230)은 내측 하우징(1210)의 상단에 결합되며, 내측 하우징(1210)의 내부로 돌출되게 설치된다.
- [0055] 내측 하우징(1210)으로 분사된 연료는 가열된 수소에 의하여 가열되어 수소와 카본으로 분해되는데, 수소와 카본은 선회류를 형성하면서 하강하다가 카본은 원심력과 무게에 의하여 하부에 형성된 집진 출구(1250)로 배출되고, 가벼운 수소는 상승하여 상부 배출관(1230)을 통해서 배출될 수 있다. 배출된 카본은 용기에 저장된 후에 카본블랙 또는 탄소나노튜브 등의 제조에 사용될 수 있다.
- [0056] 상기한 바와 같이 본 제1 실시예에 따르면 별도의 분리 장치나 별도의 사이클론 없이도 열분해 과정에서 수소와 카본이 분리될 수 있으며, 이에 따라 고온의 수소가 냉각되는 일이 없이 연소기로 공급될 수 있다. 만약 열분해 반응기(1200)와 별도로 사이클론을 설치하면 사이클론 내부에서 수소가 냉각되어 열손실이 발생하며, 이는 에너지 효율을 현저히 저하시킬 수 있다.
- [0057] 열분해 반응기(1200)는 유입되는 연료와 수소를 혼합하되 수소의 유속을 증가시키는 이젝터(1700)를 더 포함할 수 있다. 이젝터(1700)는 높은 압력을 갖는 연료를 이용하여 낮은 압력을 갖는 수소를 가속하여 공급한다. 이젝터(1700)로 유입되는 연료는 4bar 내지 5bar의 압력 가질 수 있다.
- [0058] 이젝터(1700)에는 수소가 유입되는 제1 입구(1711)와 연료가 유입되는 제2 입구(1712)와 수소와 연료가 혼합되어 배출되는 출구(1713)가 형성된다. 제2 입구(1712)와 출구(1713)는 서로 마주하도록 배치되며, 제1 입구(1711)는 이젝터(1700)의 측면에 형성될 수 있다.
- [0059] 이젝터(1700)는 제트 노즐(1720), 흡입 챔버(1730), 혼합부(1740), 디퓨저(1750)를 포함할 수 있다. 제트 노즐(1720)은 제2 입구(1712)와 연결 형성되며 흡입 챔버(1730) 내부로 삽입 설치된다. 제트 노즐(1720)은 선단으로 갈수록 내경이 감소하도록 형성될 수 있으며, 흡입 챔버(1730) 내부로 연료를 분사한다. 다만 제트 노즐(1720)은 내경이 감소하다가 증가하도록 형성될 수도 있다.
- [0060] 흡입 챔버(1730)는 제1 입구(1711)와 연결 형성되며, 내부 공간을 갖는다. 흡입 챔버(1730) 내부로 고압의 연료가 분사되면 흡입 챔버(1730) 내부에 음압이 발생되고, 압축 공기는 흡입 챔버(1730) 내부로 가압되어 끌려오게 된다. 한편, 혼합부(1740)는 흡입 챔버(1730)와 연결된 관 형상으로 이루어지며 선단으로 갈수록 내경이 감소하도록 형성될 수 있으며, 이에 따라 혼합부(1740)에서 연료와 수소가 혼합되고, 유체의 속도는 증가한다. 디퓨저(1750)는 혼합부(1740) 및 출구(1713)와 연결 형성되고 선단으로 갈수록 내경이 증가하도록 형성된다. 디퓨저(1750)는 혼합된 유체를 감속시키고 유체의 압력을 증가시켜 배출하며, 디퓨저(1750)에서 배출된 유체는 열분해 반응기로 유입된다.
- [0061] 본 제1 실시예와 같이 내측 하우징(1210)에 이젝터(1700)가 연결되면 수소 및 연료가 보다 강한 선회류를 형성하여 수소와 카본이 보다 용이하게 분리될 수 있다.
- [0062] 한편, 열분해 반응기(1200)은 이젝터(1700)와 외측 하우징(1220) 사이에 설치되어 이젝터(1700)에서 배출되는

수소와 연료를 가열하는 히터(1280)를 더 포함할 수 있다. 히터(1280)는 전기 에너지를 이용하여 연료와 수소를 가열하며, 연료와 수소의 혼합 가스는 히터(1280)에 의하여 섭씨 1300도 내지 1500도로 가열될 수 있다.

- [0063] 외측 하우스(1220)은 내측 하우스(1210)을 감싸도록 설치되며 내측 하우스(1210)에는 복수의 분사홀(1215)이 형성된다. 외측 하우스(1220)은 내측 하우스(1210)을 감싸면서 분리 공간(1260)을 형성한다.
- [0064] 외측 하우스(1220)에는 분사홀(1215)을 통해서 내측 하우스(1210)으로 유입되어 내측 하우스(1210)에 카본의 침적을 방지하는 분리 가스가 공급되는데, 여기서 분리 가스는 수소로 이루어질 수 있다.
- [0065] 연소기(1100)에서 가열된 수소 중 일부는 외측 하우스(1220)과 내측 하우스(1210) 사이의 분리 공간(1260)으로 유입되며, 분리 공간(1260)으로 유입된 수소는 분사홀(1215)을 통해서 내측 하우스(1210) 내부로 분사되어 열을 공급할 뿐만 아니라 분사된 수소가 내측 하우스(1210)의 내벽에 보호층을 형성하여 카본이 침적되는 것을 방지할 수 있다.
- [0066] 한편, 도 1에 도시된 바와 같이, 이산화탄소 전환 반응기(1300)는 아래의 [화학식 3]에서와 같이 연료와 이산화탄소를 이용하여 수소와 일산화탄소를 생성한다. 이산화탄소 전환 반응기(1300)는 연소기(1100)에서 배출된 연소가스를 이용하여 연료와 이산화탄소를 가열한다. 여기서 이산화탄소 전환 반응기(1300)로 공급되는 연료는 메탄을 주성분으로 하는 연료로 이루어질 수 있다.
- [0067] [화학식 3]
- [0068] $CH_4 + CO_2 \rightarrow 2CO + 2H_2$
- [0069] 또한, 이산화탄소 전환 반응기(1300)는 아래의 [화학식 4]와 같이 이산화탄소, 연료, 및 물을 공급받아 수소와 일산화탄소를 생성할 수도 있다. 이를 위해서 이산화탄소 전환 반응기(1300)는 별도의 라인을 통해서 물을 공급받을 수도 있다.
- [0070] [화학식 4]
- [0071] $3CH_4 + CO_2 + 2H_2O \rightarrow 4CO + 8H_2$
- [0072] 이산화탄소 전환 반응기(1300)는 열교환을 위한 제2 열교환부(1310)를 포함하며, 제2 열교환부(1310)는 판 형상 또는 관 형상으로 이루어질 수 있다. 이산화탄소 전환 반응기(1300)에서 사용된 후에 냉각된 일부 이산화탄소는 제1 응축기(1320)와 블로워(1330)를 거쳐서 이산화탄소 전환 반응기(1300)로 다시 유입될 수 있다.
- [0073] 연소기(1100)에서 배출되는 연소가스의 온도는 1200도 이상이며, 이에 따라 이산화탄소 전환 반응기(1300)에서 연료와 이산화탄소는 900도 이상으로 가열될 수 있다.
- [0074] 이산화탄소 전환 반응기(1300)에는 제1 응축기(1320)와 블로워(1330)가 연결되며, 연소가스에 포함된 물은 제1 응축기(1320)에서 분리되고, 이산화탄소는 블로워(1330)에 의하여 이동될 수 있다. 제1 응축기(1320)는 연소가스에 포함된 수분을 전부 또는 일부 응축할 수 있다.
- [0075] 회수부(1500)는 이산화탄소 전환 반응기(1300)에서 배출된 연소가스에 포함된 이산화탄소를 연소기(1100) 및 이산화탄소 전환 반응기(1300)로 공급한다. 또한, 회수부(1500)는 물을 응축시키지 않고 이산화탄소와 함께 물을 연소기(1100) 및 이산화탄소 전환 반응기(1300)로 공급할 수도 있다. 회수부(1500)는 블로워(1330)와 연결되어 블로워(1330)에서 이산화탄소를 공급받을 수 있다.
- [0076] 상기한 바와 같이 이산화탄소 전환 반응기(1300)에서 배출되는 일부 이산화탄소는 회수부(1500)에 의하여 이산화탄소 전환 반응기(1300)로 공급되어 수소 생성 반응에 참여하며, 나머지 이산화탄소는 연소기로 공급되어 열원으로 사용될 수 있다. 이에 따라 본 실시예에 따르면 이산화탄소의 배출 없이 수소, 일산화탄소, 카본을 생산할 수 있다.
- [0077] 이산화탄소 전환 반응기(1300)에는 수소 및 일산화탄소를 배출하는 수소 배출관(1370)이 연결되고, 수소 배출관(1370)에는 제2 응축기(1340), 압축기(1350), 수소 추출기(1360)가 연결될 수 있다. 제2 응축기(1340)는 수소 및 일산화탄소에 포함된 수분을 제거하고, 압축기(1350)는 가스를 압축하며, 수소 추출기(1360)는 수소와 일산화탄소를 분리하여 배출한다. 수소 추출기(1360)는 압력변동 흡착 용기(PSA, Pressure Swing Absorption)로 이루어지거나, 멤브레인 방식으로 이루어질 수 있다.
- [0078] 수소 추출기(1360)에서 추출된 일산화탄소는 디메틸카보네이트(DMC), 메탄올(Methanol), 또는 케톤(Ketone)의

제조 등에 사용될 수 있다. 수소는 수소 저장부로 이동되어 저장된다.

- [0079] 상기한 바와 같이 본 제1 실시예에 따르면 열분해 과정에서 생성된 수소가 연소기(1100)에서 가열되어 열분해 반응기(1200)로 공급되므로 에너지 효율이 향상될 수 있다. 또한, 연소기(1100)에서 발생된 열에 의하여 순차적으로 열분해와 이산화탄소 전환 반응이 이루어지므로 에너지 효율이 향상될 수 있다.
- [0080] 또한, 연소 과정에서 발생된 이산화탄소는 외부로 배출되지 않고, 이산화탄소 전환 반응기(1300)에서 일산화탄소로 전환되거나 연소기(1100)로 공급되므로 이산화탄소의 배출이 최소화될 수 있다.
- [0081] 또한, 열분해 반응기(1200)의 내측 하우징(1210)에 분사홀(1215)이 형성되고, 분사홀(1215)을 통해서 가열된 수소가 분사되므로 내측 하우징(1210)에 카본이 침적되는 것을 방지하고, 수소가 열원으로 활용될 수 있다. 또한, 열분해 반응기(1200) 내부에서 원심력에 의하여 카본과 수소가 분리되므로 별도의 분리장치가 필요하지 않으며, 열손실 없이 수소를 연소기(1100)로 공급할 수 있다.
- [0082] 이하에서는 본 발명의 제1 실시예에 따른 수소 생산 방법에 대해서 설명한다.
- [0083] 도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따른 수소 생산 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0084] 도 1 및 도 5를 참조하여 설명하면, 본 제1 실시예에 따른 수소 생산 방법은 연소 단계(S101), 수소 가열 단계(S102), 혼합가스 공급 단계(S103), 열분해 단계(S104), 전환 반응 단계(S105), 이산화탄소 회수 단계(S106)를 포함할 수 있다.
- [0085] 연소 단계(S101)는 연료를 산화시켜서 열과 연소가스를 생성한다. 연소 단계(S101)는 메탄을 주성분으로 하는 연료를 산소가 풍부한 산화제와 반응시켜서 순수한 수소 반응을 유도하며, 이 과정에서 2000도 이상의 열과 이산화탄소와 물로 이루어진 연소 가스를 생성한다.
- [0086] 연소 단계(S101)에는 이산화탄소가 공급되는데, 공급된 이산화탄소 중 일부는 연소기(1100) 내부로 공급되고, 일부 이산화탄소는 냉각 공간(1140)으로 공급될 수 있다. 또한, 연소 단계(S101)에서 냉각 공간(1140)으로 과량의 산소를 포함하는 산화제가 공급될 수도 있다.
- [0087] 즉, 연소 단계(S101)에서 일부 이산화탄소는 연료 및 산소와 함께 연소기(1100) 내부로 공급되며, 일부 이산화탄소는 연소기 라이너(1120)에 형성된 냉각 홀(1125)을 통해서 연소기 라이너(1120) 내부로 분사되어 연소기 라이너(1120)을 냉각할 수 있다.
- [0088] 수소 가열 단계(S102)는 연소 과정에서 생성된 연소가스를 이용하여 수소를 가열한다. 수소 가열 단계(S102)는 열분해 단계(S104)에서 생성된 수소 가스를 연소기 내부에 설치된 제1 열교환부(1420)로 공급하여 연소기(1100) 내부에서 수소를 가열한다.
- [0089] 혼합가스 공급 단계(S103)는 수소 가열 단계(S102)에서 가열된 수소와 연료를 혼합하여 열분해 반응기(1200)로 공급한다. 혼합가스 공급 단계(S103)는 이젝터(1700)를 이용하여 수소를 가속시켜서 열분해 반응기(1200)로 공급한다. 혼합가스 공급 단계(S103)는 이젝터(1700)에서 배출된 혼합가스를 히터(1280)로 가열한 후에 열분해 반응기(1200)로 공급할 수 있다.
- [0090] 열분해 단계(S104)는 혼합 가스를 열분해 반응기(1200) 내부에서 열분해하여 수소 및 카본을 생성한다. 열분해 단계(S104)는 혼합가스가 선회류를 형성하도록 분사하여 카본은 하부로 배출하고, 수소는 상부로 분리하여 배출할 수 있다.
- [0091] 열분해 단계(S104)는 열분해 반응기(1200)의 내측 하우징(1210)에 형성된 복수의 분사홀(1215)을 통해서 분리가스를 분사하여 내측 하우징(1210)의 벽면에 침적된 카본을 이탈시킬 수 있다. 열분해 단계(S104)는 수소 가열 단계(S102)에서 가열된 수소 가스의 일부를 내측 하우징(1210)에 형성된 분사홀(1215)을 통해서 분사할 수 있으며, 이에 따라 분리가스는 수소가 된다.
- [0092] 전환 반응 단계(S105)는 연소기(1100)에서 공급되는 연소가스의 열을 이용하여 연료와 이산화탄소를 반응시켜 수소 및 일산화탄소를 생성한다. 전환 반응 단계(S105)는 제2 열교환부(1310)로 연료 및 이산화탄소를 공급하여 연소가스에 의하여 연료 및 이산화탄소를 섭씨 900도 이상으로 가열할 수 있다. 또한, 전환 반응 단계(S105)는 연료, 이산화탄소, 및 물을 공급하여 수소와 일산화탄소를 생성할 수도 있다.
- [0093] 이산화탄소 회수 단계(S106)는 이산화탄소 전환 반응기(1300)에서 사용되고 배출된 연소가스에 포함된 이산화탄소를 이산화탄소 전환 반응기(1300)로 공급한다. 이산화탄소 회수 단계(S106)는 연소가스에 포함된 수분을 응축

하는 응축 단계를 포함할 수 있다. 이산화탄소 회수 단계(S106)는 연소가스에서 물을 분리하지 않고, 물과 이산화탄소를 함께 이산화탄소 전환 반응기(1300)로 공급할 수도 있다. 이산화탄소 회수 단계(S106)는 일부의 이산화탄소는 이산화탄소 전환 반응기(1300)로 공급하고, 나머지 이산화탄소는 연소기(1100)로 공급할 수 있다.

- [0094] 이하에서는 본 발명의 제2 실시예에 따른 수소 생산 시스템에 대해서 설명한다.
- [0095] 도 6은 본 발명의 제2 실시예에 따른 수소 생산 시스템을 도시한 구성도이다.
- [0096] 도 6을 참조하여 설명하면, 본 제2 실시예에 따른 수소 생산 시스템(102)은 연소기(1100), 열분해 반응기(1200), 이산화탄소 전환 반응기(1300), 가열 공급부(1400), 회수부(1500), 연료 예열부(1610), 수소 추기부(1620)를 포함할 수 있다.
- [0097] 본 제2 실시예에 따른 수소 생산 시스템(102)은 연료 예열부(1610)와 수소 추기부(1620)를 제외하고는 상기한 제1 실시예에 따른 수소 생산 시스템과 동일한 구조로 이루어지므로 동일한 구성에 대한 중복 설명은 생략한다.
- [0098] 연료 예열부(1610)는 이산화탄소 전환 반응기(1300)에서 열교환에 사용되고 배출되는 연소가스 중 일부를 이젝터(1700)의 전방으로 공급한다. 연료 예열부(1610)에 의하여 공급된 연소가스는 연료와 열교환을 통해서 연료의 온도를 상승시킬 수 있다. 연소가스와의 열교환을 통해서 연료는 섭씨 200도 내지 400도로 가열될 수 있다.
- [0099] 수소 추기부(1620)는 열분해 반응기(1200)에서 배출된 수소 중 일부를 추기하여 이산화탄소 전환 반응기(1300)로 공급한다. 수소 추기부(1620)에서 공급된 수소는 이산화탄소 전환 반응기(1300) 내부에서 산화되어 이산화탄소 전환 반응기(1300)에 열을 공급할 수 있다.
- [0100] 이하에서는 본 발명의 제2 실시예에 따른 수소 생산 방법에 대해서 설명한다.
- [0101] 본 제2 실시예에 따른 수소 생산 방법은 혼합가스 공급 단계와 전환 반응 단계를 제외하고는 상기한 제1 실시예에 따른 수소 생산 시스템과 동일한 구조로 이루어지므로 동일한 구성에 대한 중복 설명은 생략한다.
- [0102] 혼합가스 공급 단계는 이산화탄소 전환 반응기(1300)에서 열교환에 사용되고 배출된 연소가스 중 일부를 공급하여 연료와 혼합하는 1차 혼합 단계와 수소 가열 단계에서 가열된 수소와 연료를 혼합하여 열분해 반응기(1200)로 공급하는 2차 혼합 단계를 포함할 수 있다.
- [0103] 1차 혼합 단계에서 연소가스와 혼합된 연료는 200도 내지 400도로 가열되며, 가열된 연료는 이젝터(1700)로 공급될 수 있다. 2차 혼합 단계는 이젝터(1700)를 이용하여 가열된 수소를 가속시켜서 열분해 반응기(1200)로 공급한다. 또한, 혼합가스 공급 단계는 이젝터(1700)에서 배출된 혼합가스를 히터(1280)로 가열한 후에 열분해 반응기(1200)로 공급할 수도 있다.
- [0104] 전환 반응 단계(S105)는 연소기(1100)에서 배출되는 연소가스와 열분해 반응기(1200)에서 배출된 수소 중 일부를 이산화탄소 전환 반응기(1300)로 공급하고, 연료와 이산화탄소를 열분해 반응기(1200)로 공급하여, 연소가스 및 수소의 열을 이용하여 연료와 이산화탄소를 반응시켜서 수소 및 일산화탄소를 생성한다.
- [0105] 이상, 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명하였으나, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서, 구성 요소의 부가, 변경, 삭제 또는 추가 등에 의해 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있을 것이며, 이 또한 본 발명의 권리범위 내에 포함된다고 할 것이다.

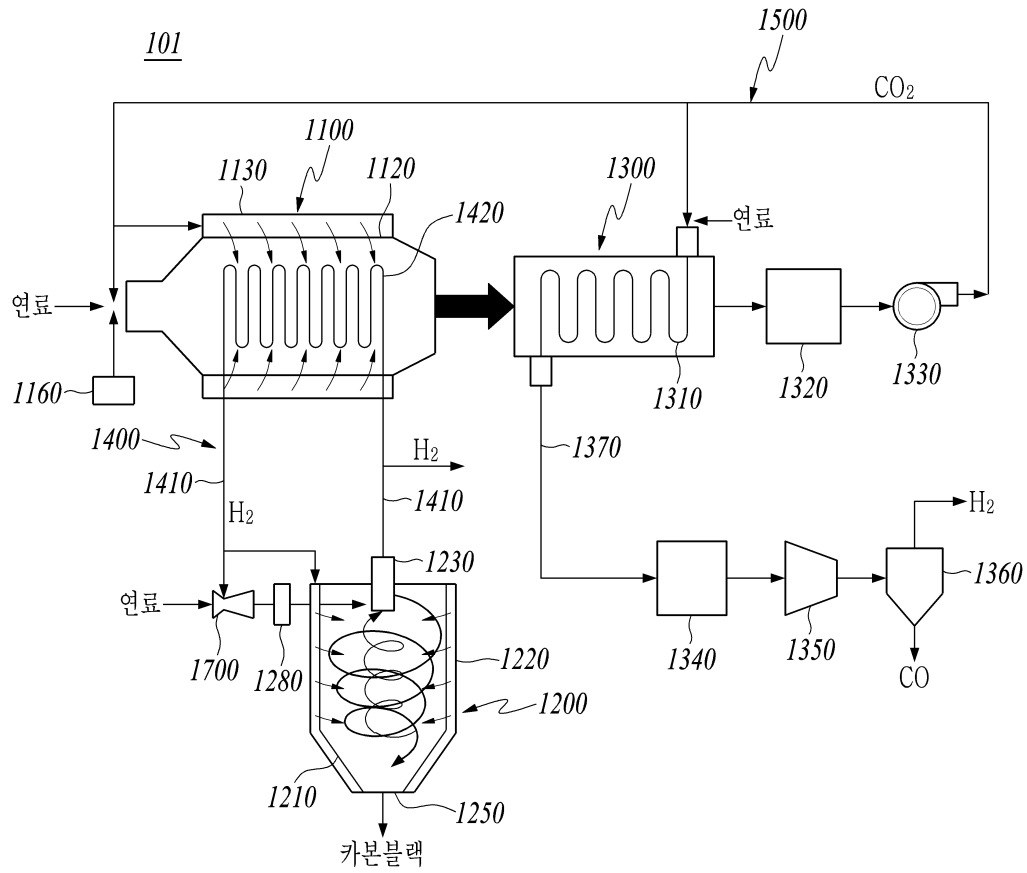
부호의 설명

- [0106] 101, 102, 103: 수소 생산 시스템
- 1100: 연소기
- 1120: 연소기 라이너
- 1130: 연소기 케이싱
- 1140: 냉각 공간
- 1125: 냉각 홀
- 1200: 열분해 반응기

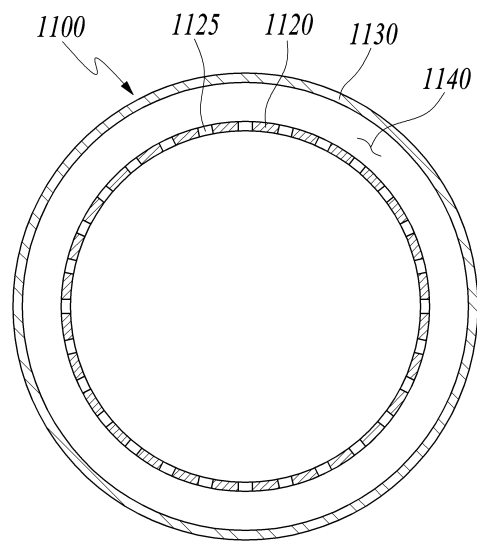
- 1210: 내측 하우징
- 1211: 원통부
- 1212: 원뿔부
- 1220: 외측 하우징
- 1230: 상부 배출관
- 1240: 분사부
- 1250: 집진 출구
- 1300: 이산화탄소 전환 반응기
- 1310: 제2 열교환부
- 1320: 제1 응축기
- 1330: 블로워
- 1340: 제2 응축기
- 1350: 압축기
- 1360: 수소 추출기
- 1400: 가열 공급부
- 1410: 수소 전달관
- 1420: 제1 열교환부
- 1500: 회수부
- 1610: 연료 예열부
- 1620: 수소 추기부
- 1700: 이젝터
- 1711: 제1 입구
- 1712: 제2 입구
- 1713: 출구
- 1720: 제트 노즐
- 1730: 흡입 챔버
- 1740: 혼합부
- 1750: 디퓨저

도면

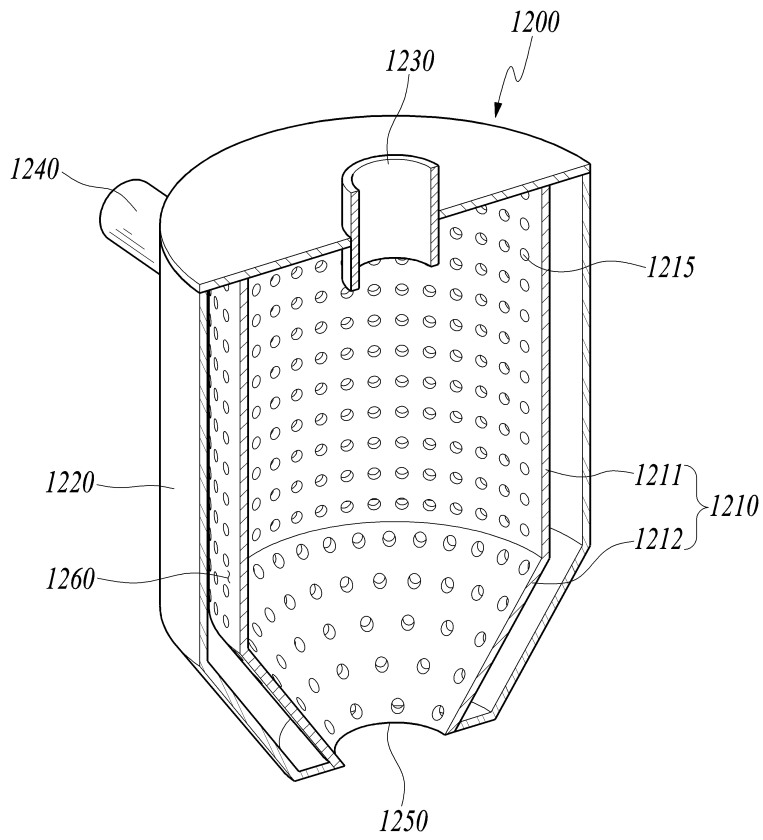
도면1



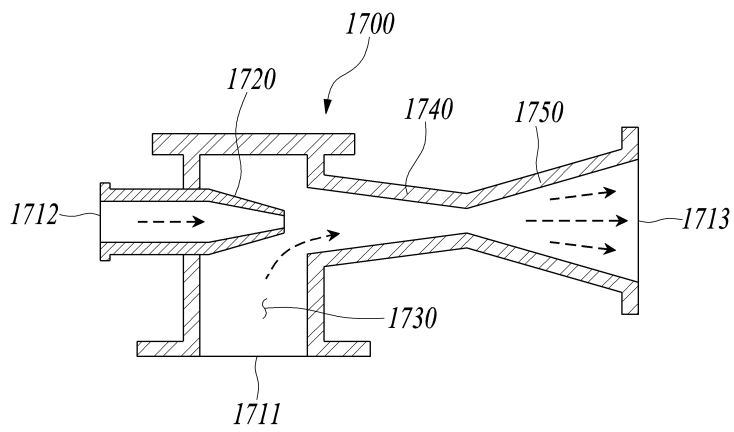
도면2



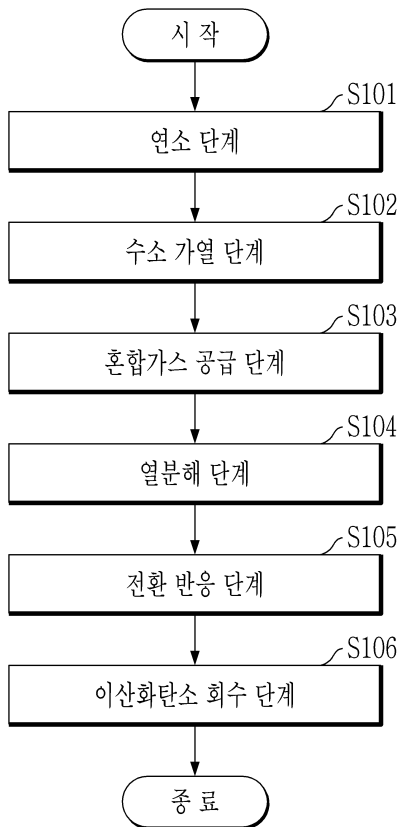
도면3



도면4



도면5



도면6

