

(24) 등록일자 2022년08월25일

- (73) 특허권자  
연세대학교 원주산학협력단  
강원도 원주시 흥업면 연세대길 1
- (72) 발명자  
최항석  
강원도 원주시 지정면 가곡로 50, 1006동 402호(원주 롯데캐슬 더퍼스트)
- 황재규  
강원도 원주시 흥업면 북원로 1600, 102동 502호(남원주 두산위브)
- (74) 대리인  
김보경

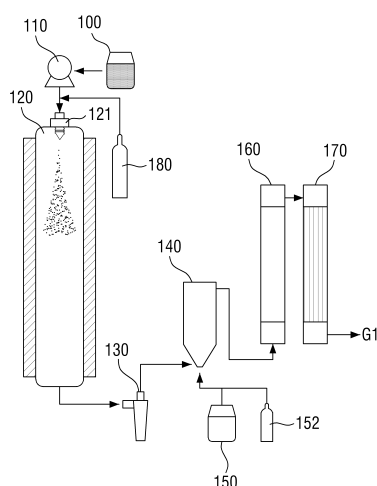
심사관 : 이수재

(54) 발명의 명칭 분사충 반응기를 이용한 증기 개질장치를 포함하는 바이오오일 가스화 시스템

(57) 요약

분사층 반응기를 이용한 증기 개질장치를 포함하는 바이오오일 가스화 시스템이 개시된다. 본 발명의 가스화 시스템은 바이오오일을 가스화 반응기로 투입시키기 위한 정량펌프와 상기 정량펌프에서 투입되는 바이오오일을 이류체 노즐을 통하여 투입하여 산화제와 함께 가스화 반응을 일으키는 바이오오일 가스화 반응기, 상기 바이오오일 가스화 반응기의 가스화 과정에서 생성되는 입자상 물질을 포집할 수 있는 사이클론 집진장치, 바이오오일 가스화를 통하여 생성된 합성가스를 증기 또는 촉매를 사용하여 개질하여 고품질의 개질가스를 생성하는 분사층 증기 개질장치, 및 상기 분사층 증기 개질장치로 steam을 공급하기 위한 steam generator를 포함하게 구성함으로써, 분사층 반응기가 분사판을 필요로 하지 않아 분사판을 사용하는 유동층 반응기에 비하여 반응기 내 압력손실이 낮은 장점이 있다.

## 대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*C10K 1/026* (2013.01)  
*C10K 1/028* (2013.01)  
*C10K 3/023* (2013.01)  
*C01B 2203/0216* (2013.01)  
*C01B 2203/0233* (2013.01)  
*C01B 2203/0883* (2013.01)  
*C10J 2300/0926* (2013.01)  
*C10J 2300/0976* (2013.01)  
*C10J 2300/1628* (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

US04758375 A\*  
 KR101705094  
 CN105602628 A  
 KR101772166 B1  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1405003218
과제번호	산림청
부처명	산림청
과제관리(전문)기관명	한국임업진흥원
연구사업명	신기후체제대응연구
연구과제명	국산재 바이오오일로부터 고품위 합성가스 생산을 위한 가스화 및 개질공정 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	서울대학교 산학협력단
연구기간	2017.03.31 ~ 2020.02.29

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

바이오 오일 가스화 시스템에서,

바이오오일을 가스화 반응기로 투입시키기 위한 정량펌프;

상기 정량펌프에서 투입되는 바이오오일을 이류체 노즐을 통하여 투입하여 산화제와 함께 가스화 반응을 일으키는 바이오오일 가스화 반응기; 및

상기 바이오오일 가스화 반응기의 가스화 과정에서 생성되는 입자상 물질을 포집할 수 있는 싸이클론 집진장치;

바이오 오일 가스화를 통하여 생성된 합성가스를 증기 또는 촉매를 사용하여 개질가스를 생성하는 분사층 증기 개질장치; 및

상기 분사층 증기 개질장치로 스팀(steam)을 공급하기 위한 스팀 제너레이터(steam generator);

를 더 포함하고,

상기 바이오오일 가스화 반응기의 가스화 과정에서 생성되는 입자상 물질이 상기 싸이클론 집진장치(130)에서 포집되고 상기 싸이클론 집진장치에서 포집되어 배출되는 합성가스가 상기 분사층 증기 개질장치로 공급되고,

상기 분사층 증기 개질장치는

상기 싸이클론 집진장치에서 가스화 과정에서 생성되는 입자상 물질이 포집된 합

성가스를 하부에서 공급받고, 상기 스팀 제너레이터에서 공급되는 스팀(steam)으로 개질과정을 거친 개질 가스를 생성하여 상부로 배출하는 분사층 반응기를 이용한 증기 개질장치를 포함하는 바이오오일 가스화 시스템.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 분사층 증기 개질장치는

상기 싸이클론 집진장치에서 가스화 과정에서 생성되는 입자상 물질이 포집된 합성가스를 공급받아 상기 스팀 제너레이터(steam generator)로부터 공급되는 스팀(steam)과 촉매를 사용하여 합성가스를 개질한 개질가스를 생성하는 분사층 반응기를 이용한 증기 개질장치를 포함하는 바이오오일 가스화 시스템.

#### 청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 스팀 제너레이터(steam generator)로부터 공급되는 액체(스팀 또는  $N_2$ )에 의해 고체입자가 코어(core) 영

역을 통해 증 상부로 분출되고, 증 상부로 분출된 고체입자는 애눌러스(annulus)영역으로 낙하하여 반응기 하부로 이동하며 반응기 내부에서 순환하며, 합성가스(Syngas)는 반응기 하부에서 투입되어 베드 머티리얼(bed material)과 함께 유동하며 스팀(steam)개질과정을 거친 후 리포밍 가스(reforming gas) 배출되는 분사층 반응기를 이용한 증기 개질장치를 포함하는 바이오오일 가스화 시스템.

## 청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 분사층 증기 개질장치에서 출력되는 고온의 개질가스를 냉각시키는 열교환기;

상기 열교환기에서 냉각된 개질가스를 유입받아 입자에 전하를 부여하여 분진을 부착제거하는 전기집진 장치;및

상기 전기집진장치에서 배출되는 개질가스;

를 더 포함하는 분사층 반응기를 이용한 증기 개질장치를 포함하는 바이오오일 가스화 시스템.

## 청구항 8

삭제

## 청구항 9

삭제

## 청구항 10

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 증기 개질장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 분사층 반응기를 사용하여 바이오오일의 가스화 과정에서 생성된 합성가스를 개질하여 품질을 향상 시키는 시스템에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 바이오 에너지란 바이오매스 자원을 에너지화하여 이용하는 것을 말하며 최근 석유, 가스, 석탄을 비롯한 화석 연료의 다량 사용으로 기후변화, 대기오염 등의 환경문제 및 자원 고갈의 우려 때문에 바이오 에너지는 중요한 화석연료 대체에너지 자원으로써 큰 관심을 끌고 있다.

[0003] 바이오매스 자원을 에너지로 전환, 이용하는 방법은 직접적으로 연소하는 방법 외에도 가스화 및 급속열분해 방법이 있으며, 그 중 급속 열분해 방법은 바이오 오일의 수율을 가장 높일 수 있는 방법으로서, 산소가 없는 상태에서 바이오매스를 열적으로 분해하여 액상(바이오 오일), 고상(바이오 찌(Char)), 가스상의 연료 등 유용한 생성물로 회수하는 방법이다.

[0004] 일반적으로 증기개질은 3-25 atm의 압력, 700-800 °C에서 수증기를 시료 내 유기성분과 반응시켜 고품질의 syngas를 생산하는 공정으로 암모니아, 메탄올합성 및 Fischer-Tropsch 공정과 같은 여러 공정에서 널리 사용되는 공정이다.

[0005] 또한, CH<sub>4</sub> 전환율이 90-92 %로 높아 수소생산 효율이 높고 대용량의 시료를 처리 가능하여 상업적 이용이 용이하다.

[0006] 따라서 증기 개질기의 효율을 향상시킬 수 있는 시스템의 개발이 절실한 상황이다.

## 선행기술문헌

## 특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) KR 등록특허공보 제10-1772166호(2017.08.22)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0008] 이러한 문제점을 해결하기 위한 본 발명은 기존의 반응기 형태에 비해 다양한 장점을 가지는 분사층 반응기를 사용하여 증기 개질기의 효율을 향상시킬 수 있는 분사층 반응기를 이용한 증기 개질장치를 포함하는 바이오오일 가스화 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0009] 이러한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 분사층 반응기를 이용한 증기 개질장치를 포함하는 바이오오일 가스화 시스템은 바이오 오일 가스화를 통하여 생성된 합성가스를 증기 또는 촉매를 사용하여 개질가스를 생성하게 구성함으로써 달성될 수 있다.

[0010] 또한, 상기 분사층 증기 개질장치로 steam을 공급하기 위한 스팀 제너레이터(steam generator)를 더 포함하고, 상기 분사층 증기 개질장치는 상기 스팀 제너레이터에서 공급되는 steam으로 개질과정을 거친 개질 가스를 생성하도록 구성할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 분사층 증기 개질장치는 상기 사이클론 집진장치에서 가스화 과정에서 생성되는 입자상 물질이 포집된 합성가스를 하부에서 공급받아 스팀 개질을 거친 후 상부로 개질된 개스가 배출되게 구성한다.

[0012] 한편, 이러한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 의한 바이오오일 가스화 시스템은 바이오오일을 가스화 반응기로 투입시키기 위한 정량펌프와, 상기 정량펌프에서 투입되는 바이오오일을 이류체 노즐을 통하여 투입하여 산화제와 함께 가스화 반응을 일으키는 바이오오일 가스화 반응기, 상기 바이오오일 가스화 반응기의 가스화 과정에서 생성되는 입자상 물질을 포집할 수 있는 사이클론 집진장치, 바이오오일 가스화를 통하여 생성된 합성가스를 증기 또는 촉매를 사용하여 개질하여 고품질의 개질가스를 생성하는 분사층 증기 개질장치, 및 상기 분사층 증기 개질장치로 steam을 공급하기 위한 steam generator를 포함하게 구성함으로써 달성될 수 있다.

[0013] 그리고 분사층 증기 개질장치는 상기 steam generator로부터 공급되는 액체(스팀 또는  $N_2$ )에 의해 고체입자가 core 영역을 통해 층 상부로 분출되고, 층 상부로 분출된 고체입자는 annulus영역으로 낙하하여 반응기 하부로 이동하며 반응기 내부에서 순환하며, Syngas는 반응기 하부에서 투입되어 bed material와 함께 유동하며 steam 개질과정을 거친 후 reforming gas로 배출되게 구성할 수 있다.

### 발명의 효과

[0014] 따라서, 본 발명의 분사층 반응기를 이용한 증기 개질장치를 포함하는 바이오오일 가스화 시스템에 의하면, 분사층 반응기가 분사판을 필요로 하지 않아 분사판을 사용하는 유동층 반응기에 비하여 반응기 내 압력손실이 낮은 장점이 있다.

[0015] 또한, 본 발명의 분사층 반응기를 이용한 증기 개질장치를 포함하는 바이오오일 가스화 시스템에 의하면, 분사층 반응기가 높은 유속에서 운전되므로 반응기 내 기체-고체 간 혼합효율이 우수하기 때문에 더 활발한 개질반응을 기대할 수 있다.

[0016] 그리고 본 발명의 분사층 반응기를 이용한 증기 개질장치를 포함하는 바이오오일 가스화 시스템에 의하면, 분사층 반응기가 bed material로 사용되는 고체 입자(촉매)의 크기에 자유롭기 때문에 입자파쇄의 전처리에 소모되는 에너지 및 비용절감 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명에 따른 바이오오일 가스화 및 분사층 증기 개질장치 시스템의 주요 구성도,

그리고

도 2는 본 발명에 따른 분사층 증기 개질장치 및 그 내부유동을 도시한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정 해석되지 아니하며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.
- [0019] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "장치" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 및/또는 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0020] 명세서 전체에서 "및/또는"의 용어는 하나 이상의 관련 항목으로부터 제시 가능한 모든 조합을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 예를 들어, "제1 항목, 제2 항목 및/또는 제3 항목"의 의미는 제1, 제2 또는 제3 항목뿐만 아니라 제1, 제2 또는 제3 항목들 중 2개 이상으로부터 제시될 수 있는 모든 항목의 조합을 의미한다.
- [0021] 이하, 도면을 참고하여 본 발명의 일실시예에 대하여 설명한다.
- [0022] 본 발명의 분사층 반응기를 이용한 증기 개질장치를 포함하는 바이오오일 가스화 시스템은 분사층 반응기가 분사관을 필요로 하지 않아 분사관을 사용하는 유동층 반응기에 비하여 반응기 내 압력손실이 낮은 장점을 갖도록 구성된 것이 하나의 특징이다.
- [0023] 또한, 본 발명의 분사층 반응기를 이용한 증기 개질장치를 포함하는 바이오오일 가스화 시스템은 분사층 반응기가 높은 유속에서 운전되므로 반응기 내 기체-고체 간 혼합효율이 우수하기 때문에 더 활발한 개질반응을 기대할 수 있다는 것과 분사층 반응기가 bed material로 사용되는 고체 입자(촉매)의 크기에 자유롭기 때문에 입자 파쇄의 전처리에 소모되는 에너지 및 비용절감 효과가 있다는 것을 또 다른 특징으로 한다.
- [0024] 이를 위하여 본 발명의 일실시예에 의한 분사층 반응기를 이용한 증기 개질장치를 포함하는 바이오오일 가스화 시스템은 정량펌프(110)와, 바이오오일 가스화 반응기(120), 싸이클론 집진장치(130), 분사층 증기 개질장치(140), steam generator(150), 열교환기(160), 전기집진 장치(170)를 포함하여 구성한다.
- [0025] 도 1의 본 발명에 따른 바이오오일 가스화 및 분사층 증기 개질장치 시스템의 주요 구성도를 참고하면, 도시된 바와 같이 본 발명의 분사층 반응기를 이용한 증기 개질장치는 분사층 반응기를 사용하여 바이오오일의 가스화 과정에서 생성된 합성가스를 개질하여 품질을 향상 시키는 시스템에 관한 것이다.
- [0026] 분사층 반응기는 내부에 유체를 고르게 주입하기 위한 목적으로 사용되는 분사관을 필요로 하지 않아 유동층 반응기보다 압력 손실이 적으며, 유동층 반응기보다 높은 유속에서 운전되므로 기체-고체 간 열 및 물질전달이 우수하다는 장점이 있다.
- [0027] 상술한 본 발명의 개질장치 시스템은 공급되는 바이오오일(100)을 가스화 반응기로 투입시키기 위한 정량펌프(110)와, 정량펌프(110)에서 투입되는 바이오오일을 이류체 노즐(121)을 통하여 투입하여 산화제(180)와 함께 투입되어 가스화 반응을 일으키는 바이오오일 가스화 반응기(120), 바이오오일 가스화 반응기(120)의 가스화 과정에서 생성되는 입자상 물질을 포집할 수 있는 싸이클론 집진장치(130), 바이오오일 가스화를 통하여 생성된 합성가스를 증기 또는 촉매를 사용하여 개질하여 고품질의 개질가스를 생성하는 분사층 증기 개질장치(140), 분사층 증기 개질장치로 steam을 공급하기 위한 steam generator(150), 분사층 증기 개질장치(140)에서 출력되는 고온의 개질가스를 냉각시키는 열교환기(160), 열교환기(160)에서 냉각된 개질가스를 전기집진 장치(170)에 투입하여 최종 개질가스(G1)를 배출하도록 동작한다.
- [0028] 분사층 증기 개질장치(140)는 싸이클론 집진장치(130)에서 가스화 과정에서 생성되는 입자상 물질이 포집된 합성가스를 공급받아 steam generator(150)로부터 공급되는 steam과 촉매(152)를 사용하여 합성가스를 개질하여 고품질의 개질가스를 생성하여 열교환기(160)로 전송하여 고온의 개질가스를 냉각시키도록 동작한다.
- [0029] 도 2의 본 발명에 따른 분사층 증기 개질장치 및 그 내부유동을 도시한 도면을 참고하면, 분사층 증기 개질장치(140) 내부의 입자 흐름은 steam generator(150)로부터 공급되는 steam과 촉매(152)인 N<sub>2</sub>에 의해 Spout area를 따라 고체입자가 core 영역을 통해 분수지역(fountain area)으로 층 상부로 분출되고, 층 상부로 분출된 고체입

자는 Annulus area로 낙하하여 반응기 하부로 이동하며 반응기 내부에서 순환하게 된다.

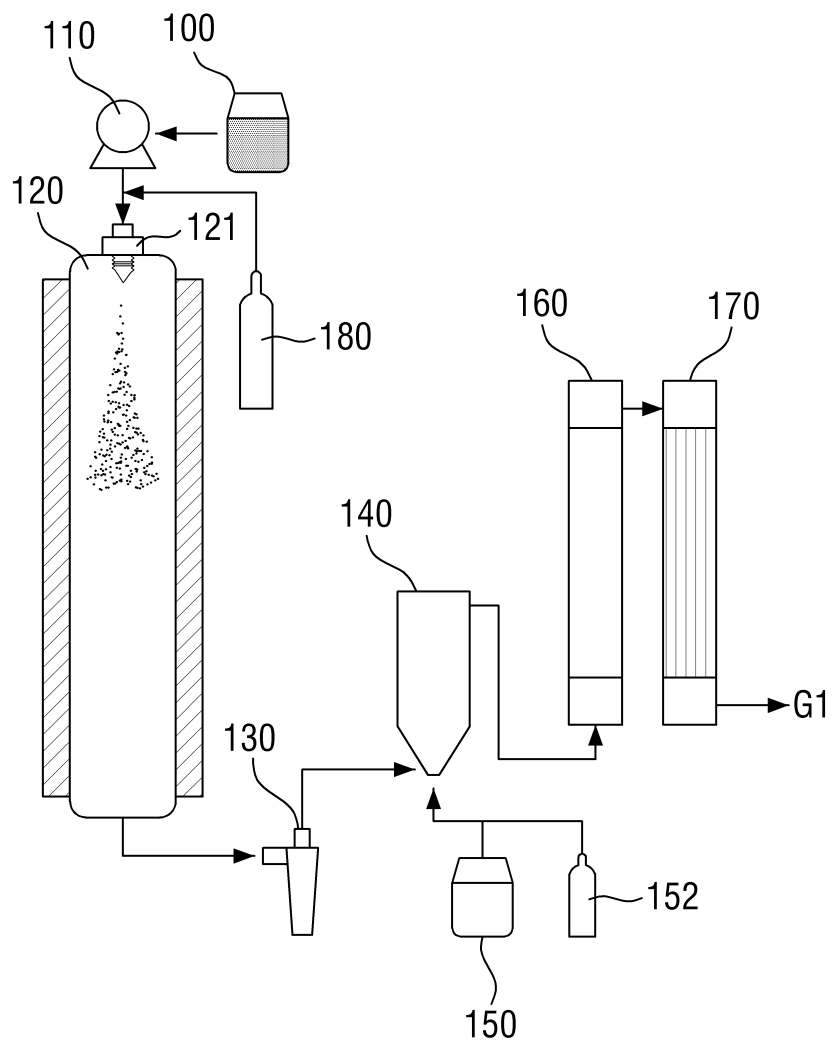
- [0030] 싸이클론 집진장치(130)에서 유입되는 합성가스(Syngas)는 분사층 증기 개질장치(140) 하부에서 투입되어 bed material과 함께 유동하며 steam 개질과정을 거친 후 Reforming gas로 배출되어 열교환기(160)로 이송된다.
- [0031] 이 과정에서 필요에 따라 반응기 상단의 촉매층(catalyst bed)에 촉매를 충전하여 추가적인 개질 반응을 수행할 수도 있다.
- [0032] 상술한 본 발명의 바이오오일 가스화 시스템의 작용을 알아보면 다음과 같다.
- [0033] 먼저, 정량펌프(110)를 통하여 바이오오일을 가스화 반응기(120)로 투입하면, 바이오오일 가스화 반응기(120)는 정량펌프(110)에서 투입되는 바이오오일을 이류체 노즐(121)을 통하여 투입하여 산화제(180)와 함께 가스화 반응을 일으킨다.
- [0034] 이후 바이오오일 가스화 반응기(120)의 가스화 과정에서 생성되는 입자상 물질이 싸이클론 집진장치(130)에서 포집된다.
- [0035] 싸이클론 집진장치(130)에서 포집되어 배출되는 합성가스를 분사층 증기 개질장치(140)에서 증기 또는 촉매를 사용하여 개질하여 고품질의 개질가스를 생성하여 열교환기(160)로 유입시켜 고온의 개질가스를 냉각시키는 과정을 수행한다.
- [0036] 이때 steam generator(150)에서 분사층 증기 개질장치(140)로 steam을 공급하여 steam 개질과정을 거친 후 개질가스(Reforming gas)로 열교환기(160)로 배출하는 것이다.
- [0037] 열교환기(160)에서 배출되는 냉각된 개질가스를 전기집진 장치(170)로 유입받아 입자에 전하를 부여하여 분진을 부착제거하는 과정을 수행하여 개질가스(G1)를 배출하도록 작동하는 것이다.
- [0038] 다시 말하면 상술한 개질과정을 거친 개질가스(reforming gas)는 열교환기(160)와 전기집진 장치(170)를 통과함으로써 분진이 제거된 최종 개질가스(G1)가 배출되는 것으로, 이러한 개질가스(G1)는 합성천연가스, FT 디젤, 메탄올, 에탄올, 수소 또는 DME등의 고부가 합성연료 생산에 활용이 가능하다.
- [0039] 이상에서 본 발명은 기재된 구체예에 대하여 상세히 설명되었지만 본 발명의 기술사상 범위 내에서 다양한 변형 및 수정이 가능함은 당업자에게 있어서 명백한 것이며, 이러한 변형 및 수정이 첨부된 특허 청구범위에 속함은 당연한 것이다.

### 부호의 설명

- [0040] 100 : 탱크
- 110 : 정량펌프
- 120 : 바이오오일 가스화 반응기
- 130 : 싸이클론 집진장치
- 140 : 분사층 증기 개질장치
- 150 : 스팀 제너레이터
- 160 : 열교환기
- 170 : 전기집진 장치                      G1 : 배출되는 개질가스

도면

도면1





도면2

