



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년09월29일  
(11) 등록번호 10-1445205  
(24) 등록일자 2014년09월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*C10J 3/66* (2006.01) *C10B 53/02* (2006.01)  
*C10B 57/10* (2006.01) *C10B 49/22* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-7027598

(22) 출원일자(국제) 2011년03월23일  
 심사청구일자 2012년10월23일

(85) 번역문제출일자 2012년10월23일

(65) 공개번호 10-2013-0001284

(43) 공개일자 2013년01월03일

(86) 국제출원번호 PCT/CN2011/072061

(87) 국제공개번호 WO 2011/116689  
 국제공개일자 2011년09월29일

(30) 우선권주장  
 201010132481.3 2010년03월23일 중국(CN)

(56) 선행기술조사문현  
 EP01934306 A1\*  
 CN101294092 B\*  
 US20080307703 A1  
 WO2004072207 A1

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
우한 카이디 엔지니어링 테크놀로지 리서치 인스티튜트 코오퍼레이션 엘티디.  
중국, 후베이 430212, 지양시아 디스트릭트  
우한, 미아오쉬안 디밸롭먼트 존, 티1 지양시아  
에비뉴

(72) 발명자  
송, 칸  
중국, 후베이 430212, 지양시아 디스트릭트  
우한, 미아오쉬안 디밸롭먼트 존, 티1 지양시아  
에비뉴

지양, 마니  
중국, 후베이 430212, 지양시아 디스트릭트  
우한, 미아오쉬안 디밸롭먼트 존, 티1 지양시아  
에비뉴  
(뒷면에 계속)

(74) 대리인  
특허법인 필앤온지

전체 청구항 수 : 총 8 항

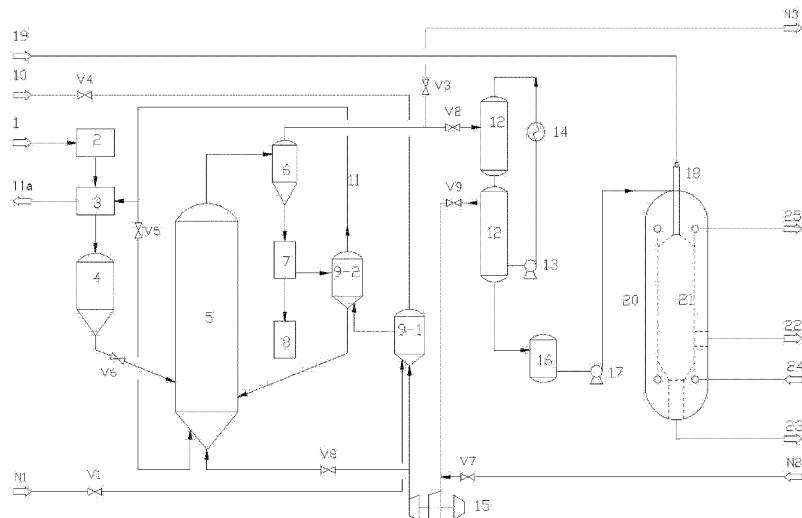
심사관 : 김광철

## (54) 발명의 명칭 열분해에 의해 바이오매스로부터 협성 가스를 제조하는 시스템 및 방법

### (57) 요약

열분해에 의해 바이오매스로부터 합성 가스를 제조하는 방법 및 시스템이 제공된다. 상기 방법은 1) 바이오매스 원료 물질(1)을 전처리하는 단계; 2) 열분해 베드(5)내에서 열분해 가스와 탄소 분말을 얻기 위해 고속 바이오매스 열분해 기술에 의해 상기 바이오매스 원료 물질(1)에 관한 열분해를 수행하는 단계; 3) 사이클론 분(뒷면에 계속)

## 대 표 도



리기(6)에 의해 상기 탄소 분말과 고체 가열 캐리어로부터 열분해 가스를 분리하는 단계; 4) 고체-고체 분리기(7)에 의해 상기 고체 가열 캐리어로부터 상기 탄소 분말을 분리하고, 이 탄소 분말은 탄소 분말 호퍼(hopper)(8)를 거쳐서 수집되며, 캐리어 가열 유동 베드내에서 고체 가열 캐리어를 가열한 후 열분해 베드(5)내에서 리사이클하는 단계; 5) 스프레이 응축을 위해 생성된 상기 열분해 가스를 응축 탱크(12)로 전달하고, 고압 오일 펌프(17)에 의해 압축되고나서 가스화되기 위해 가스화로(20)내로 도입된 바이오 연료 오일을 생성하기 위해 상기 열분해 가스내의 응축가능한 부분이 응축되는 단계; 6) 공기와 함께 연소시키기 위해 비응축 열분해 가스의 일 부분을 연소 베드(9-1)로 전달하고, 다른 부분을 유동 매개체로서 열분해 베드(5)로 전달하는 단계를 포함한다. 상기 원료 물질은 상기 캐리어 가열 유동 베드(9-2)에 의해 생성된 뜨거운 연도 가스를 사용하여 직접 건조된다. 상기 연소 베드(9-1)내에서 공기와 함께 열분해 베드(5)에 의해 생성된 비응축 열분해 가스를 연소시키는 것에 의해 생성된 열은 상기 열분해 베드(5)로 공급된다.

(72) 발명자

선, 퀸

중국, 후베이 430212, 지양시아 디스트릭트 우한,  
미아오쉬안 디밸럽먼트 존, 티1 지양시아 에비뉴

장, 쉬룡

중국, 후베이 430212, 지양시아 디스트릭트 우한,  
미아오쉬안 디밸럽먼트 존, 티1 지양시아 에비뉴

장, 하이췬

중국, 후베이 430212, 지양시아 디스트릭트 우한,  
미아오쉬안 디밸럽먼트 존, 티1 지양시아 에비뉴

장, 진퀴아오

중국, 후베이 430212, 지양시아 디스트릭트 우한,  
미아오쉬안 디밸럽먼트 존, 티1 지양시아 에비뉴

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

열분해에 의해 바이오매스로부터 합성 가스를 제조하는 방법으로서,

- 1) 바이오매스 원료 물질을 전처리하는 단계;
- 2) 열분해 베드의 생성물이 열분해 가스와 탄소 분말이 되도록 고속 바이오매스 열분해 기술을 사용하여 상기 바이오매스 원료 물질을 열분해하는 단계;
- 3) 사이클론 분리기를 사용하여 상기 탄소 분말과 고체 가열 캐리어로부터 열분해 가스를 분리하는 단계;
- 4) 고체-고체 분리기를 거쳐서 상기 고체 가열 캐리어로부터 상기 탄소 분말을 분리해내고, 수집을 위해 이 탄소 분말을 탄소 분말 저장통으로 공급하고, 캐리어 가열 유동 베드내에서 상기 고체 가열 캐리어를 가열하며, 재활용을 위해 상기 고체 가열 캐리어를 열분해 베드로 이송하는 단계;
- 5) 스프레이 응축(spray condensation)을 위해 생성된 열분해 가스를 응축 탱크로 이송하고, 생물학적 연료 오일을 생성하기 위해 상기 열분해 가스내의 응축 가능한 부분을 응축하고, 고압 오일 펌프에 의해 생성된 상기 생물학적 연료 오일을 압축하고, 가스화되도록 가스화로로 공급하며, 상기 스프레이 응축은 외부 순환법을 적용하고, 상기 응축 탱크의 바닥에 있는 생물학적 연료 오일은 압축되고, 고압 오일 펌프에 의해 퍼울려져서 외부 생물학적 연료 오일 열교환기에 의해 냉각된 후 스프레이 응축을 위해 응축 탱크로 회수되며, 상기 응축 가능한 열분해 가스는 생물학적 연료 오일을 생성하기 위해 응축되고, 상기 생물학적 연료 오일의 일 부분은 상기 생물학적 연료 오일 탱크로 공급되고, 다른 부분은 오일 순환 펌프에 의해 압축되고, 순환적으로 상기 열분해 가스를 분무하기 위해 상기 생물학적 연료 오일 열교환기에 의해 냉각되는 단계; 및
- 6) 공기와 함께 연소시키기 위해 비응축 열분해 가스의 일 부분을 연소 베드로 공급하고, 비응축 열분해 가스의 다른 부분은 유동 매개체로서 열분해 베드로 이송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 열분해에 의해 바이오매스로부터 합성 가스를 제조하는 방법.

### 청구항 2

삭제

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 단계 4)에서 상기 캐리어 가열 유동 베드내에서 생성된 폐열 연기는 상기 바이오매스 원료 물질을 전처리하기 위해 상기 단계 1)에서 바이오매스 원료 물질을 건조시키기 위해 사용되는 것을 특징으로 하는 열분해에 의해 바이오매스로부터 합성 가스를 제조하는 방법.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

공기에 대한 상기 비응축 열분해 가스의 비율과 상기 단계 6)에서 상기 캐리어 가열 유동 베드의 온도는 열분해 베드의 온도가 확실하게 400-600°C가 만들어지도록 조절되고, 상기 열분해 베드내에서의 가스상의 체류 시간은 0.5-5초인 것을 특징으로 하는 열분해에 의해 바이오매스로부터 합성 가스를 제조하는 방법.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 단계 1)에서 상기 바이오매스 원료 물질의 전처리 공정은 바이오매스 원료 물질의 입자 크기가 1-6mm가 되도록 상기 바이오매스 원료 물질을 분쇄하고, 수분 함량이 10-20wt%가 될 때까지 건조하는 것을 특징으로 하는 열분해에 의해 바이오매스로부터 합성 가스를 제조하는 방법.

### 청구항 6

청구항 1, 청구항 3, 청구항 4 및 청구항 5중 선택된 어느 한 방법을 사용하여 열분해에 의해 바이오매스로부터 합성 가스를 제조하기 위해 바이오매스 물질 전처리부, 열분해부, 응축부 및 가스화부를 포함하는 가스화 시스템으로서,

상기 열분해부는 열분해 베드(5)와 연소 베드(9-1)를 포함하고;

상기 응축부의 응축 탱크(12)는 파이프라인을 경유하여 비응축 열분해 가스 압축기(15)에 연결되고;

상기 비응축 열분해 가스 압축기(15)의 출력은 상기 열분해 베드(5)와 상기 연소 베드(9-1)에 연결되고;

상기 비응축 열분해 가스는 상기 열분해 베드(5)의 유동 매개체 및 연소 베드(9-1)의 연료로서 사용되며; 그리고,

상기 응축부는 외부 순환으로 스프레이 응축을 적용하고, 상기 응축 탱크(12)의 저부(低部)는 파이프라인을 경유하여 오일 순환 펌프(13)에 연결되고, 상기 오일 순환 펌프(13)는 외부 생물학적 연료 오일 열교환기(14)에 연결되며;

생물학적 연료 오일의 일부는 순환적으로 상기 열분해 가스를 분무하기 위해 상기 오일 순환 펌프(13)에 의해 압축되고, 상기 생물학적 연료 오일 열교환기(14)에 의해 냉각되며, 상기 응축 탱크(12)의 저부는 생물학적 연료 오일 탱크(16)에 연결되는 것을 특징으로 하는 열분해에 의해 바이오매스로부터 합성 가스를 제조하는 가스화 시스템.

## 청구항 7

삭제

## 청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 열분해 베드(5)는 사이클론 분리기(6)와 고체-고체 분리기(7)에 연결되고, 상기 고체-고체 분리기(7)는 탄소 분말 저장통(8)과 캐리어 가열 유동 베드(9-2)에 연결되며, 재활용을 위해 가열된 고체 캐리어를 상기 열분해 베드(5)로 이송하기 위해서 상기 캐리어 가열 유동 베드(9-2)의 저부에는 상기 열분해 베드(5)와 연결된 파이프라인이 달려 있는 것을 특징으로 하는 열분해에 의해 바이오매스로부터 합성 가스를 제조하는 가스화 시스템.

## 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 캐리어 가열 유동 베드(9-2)의 꼭대기부(top part)는 폐열 및 연기 파이프라인(11)을 통해서 상기 바이오매스 물질 전처리부의 건조 시스템(3)에 연결되고, 상기 연소 베드(9-1)의 상부(upper part)는 공기 유입 파이프라인(10)에 연결되는 것을 특징으로 하는 열분해에 의해 바이오매스로부터 합성 가스를 제조하는 가스화 시스템.

## 청구항 10

제 6 항에 있어서,

상기 생물학적 연료 오일 탱크(16)와 가스화로(20)의 배출구를 연결하는 파이프라인은 고압 오일 펌프(17)에 달려 있고, 상기 생물학적 연료 오일은 압축되고, 가스화를 위해 상기 가스화로(20)로 이송되는 것을 특징으로 하는 열분해에 의해 바이오매스로부터 합성 가스를 제조하는 가스화 시스템.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 합성 가스의 제조에 관한 것으로서, 특히 열분해에 의해 바이오매스(biomass)로부터 합성 가스(synthetic gas)를 제조하는 시스템 및 방법에 관한 것이다. 본 발명의 제조 방법은 바이오매스를 사용하는 것에 의해 합성 가스나 가연 가스(combustible gas)를 제조하는 기술분야에 속한다. 합성 가스는 CO, H<sub>2</sub> 및 탄소, 수소 및 산소를 함유하는 다양한 탄수화물(carbohydrate)을 함유하는 혼합 가스이다. 본 발명에 따른

방법으로 제조된 합성 가스는 터빈 전력 발전 시스템, 연료 전지, 합성유, 야금술 및 다른 시스템을 위해 사용될 수 있다.

## 배경 기술

[0002]

전통적인 화석연료(석탄, 석유 및 천연가스) 보존량의 고갈과 화석 연료의 사용으로 인해 초래되는 환경 오염 문제가 인간의 생존과 발전을 직접적으로 위협함에 따라 환경친화적이고 재생가능한 에너지의 개발의 중요성에 대한 접근이 모든 국가 정부들의 컨센서스(consensus)가 되었다. 광합성을 통해 식물에 의해 생성되는 유기 물질인 바이오매스는 폭넓은 공급원을 가지고 있을 뿐만 아니라 이용가능한 양이 매우 많다. 바이오매스는 공업원료와 화학제품을 제조하고, 전력을 생산하기 위해 청정 가스(clean gas)나 액체 연료(liquid fuel)로 변환될 수 있다. 에너지로서 바이오매스는 이산화탄소를 배출하지 않아서 청정할 뿐만 아니라 재생가능하기 때문에 화석연료를 완전히 대체할 수 있는 새로운 에너지원으로서 모든 국가들에서 우선적으로 검토되고 있다.

[0003]

바이오매스를 청정 가스나 액체 연료로 변환하는 여러가지 방법이 있지만, 그중에서도 바이오매스 가스화 기술은 다양한 종류에 적용할 수 있고, 뛰어난 발전성을 가진다. 바이오매스의 가스화는 열화학 공정, 즉, 탄소, 수소 및 산소를 함유하는 탄수화물을 구성하는 혼합 가스를 생성하기 위해 고온에서 바이오매스를 가스화제(gasification agent)(공기, 산소, 증기, 이산화탄소 등과 같은)와 반응시키는 것이다. 이 혼합 가스는 합성 가스로 불리운다. 합성 가스의 구성성분은 사용된 바이오매스의 종류, 가스화제의 타입, 반응 조건 및 사용된 기화장치의 구조에 의해 결정된다. 가스화의 목표는 한편으로는 합성 가스내의 타르 함량 뿐만 아니라 가스화제와 원료의 소비를 최소화하고, 다른 한편으로는 합성 가스내의 유효 성분( $\text{CO}$ 와  $\text{H}_2$ ) 뿐만 아니라 탄소 변환 효율과 가스화 효율을 최대화하는 것이다. 이러한 목표는 바이오매스의 수분(moisture)과 재(ash), 그리고, 바이오매스의 입자크기, 가스화 압력 및 온도, 가스화제의 타입 및 사용된 기화장치의 타입 등에 의해 결정된다.

[0004]

가스화 공정에 사용되는 가스화로(furnace)는 고정 베드(fixed bed), 유동베드(fluidized bed) 및 연행 흐름 베드(entrained flow bed)와 같이 3가지 종류로 나누어질 수 있다. 상기 고정 베드는 간단한 가스화 구조, 편리한 작동, 유연한 동작 모드, 더 높은 탄소 변환율, 20%와 110% 사이의 넓은 운전 부하를 가지고, 고체 연료가 오랜 시간 동안 베드(bed)내에 머물 수 있다. 그러나, 온도가 불균일하고, 열교환의 효율성이 없고, 배출구에서 합성 가스의 낮은 발열량을 가지며, 합성 가스내에 많은 양의 타르가 함유된다. 상기 유동 베드는 물질 첨가와 재의 발산이 편리하고, 온도가 균일하며, 온도의 조정이 쉽다. 그러나, 유동 베드는 원료 물질의 특성에 민감하다. 원료 물질의 접착력, 열안정성, 수분함량 또는 재의 용융점이 변하게 되면, 작동은 비정상적으로 될 것이다. 또한, 가스화로의 정상적인 유동화를 유지하기 위해서, 유동 베드는 더 낮은 온도로 유지될 필요가 있고, 합성 가스는 많은 양의 타르를 가지게 된다. 많은 양의 타르가 고정 베드와 유동 베드내에 생성됨에 따라 타르 분해 유닛(tar cracking unit)과 정제 설비가 설치되어야 하고, 그 결과 공정은 더 복잡해진다. 상기 연행 흐름 베드는 높고, 균일한 운전 온도, 우수한 증폭 특성을 가지며, 특히 대규모 산업화에 적합하다. 타르는 완전히 분해된다. 그러나, 연행 흐름 베드는 원료 물질의 입자 크기에 대해 엄격한 요구를 가진다. 현재의 분쇄 기술에 기초할 때, 많은 셀룰로오스를 가지는 바이오매스를 연행 흐름 베드에 적합한 정도의 크기로 분쇄할 방법이 없다. 그래서, 연행 흐름 베드는 바이오매스의 가스화를 위해 사용될 수 없다. 현재까지, 가스화 이전에 바이오매스에 대한 전처리와 타르 분해는 바이오매스 가스화의 발전을 위해 어려운 문제이다.

[0005]

중국 특허 출원 제 200510043836.0 호는 저 타르 바이오매스를 가스화하는 장치 및 방법을 개시하고 있다. 그 방법은 열분해와, 가스화를 독립적으로 포함하고, 바이오매스는 저함량의 타르를 함유하는 합성 가스로 변환된다. 그 방법에 있어서, 가스화기내에서 열분해 가스와 숙은  $1000^{\circ}\text{C}$  근처에서 불완전 연소를 경험하고, 타르는 높은 온도에서 분해된다. 비록 타르 함량이 크게 감소되었지만, 많은 숙이 소비되었고, 이로 인해, 합성 가스내에 고함량의  $\text{CO}_2$ 가 함유되고, 이어지는 환원 반응에서 저함량의  $\text{CO}$ 가 생성된다. 다음으로, 연소 반응에서의 낮은 온도로 인해 이어지는 환원에서의 온도는 더 낮아지고, 환원 영역에서의 평균온도는  $700^{\circ}\text{C}$  보다 낮아지고, 이로 인해, 합성 가스( $\text{CO}$ 와  $\text{H}_2$ )의 생성 효율(대략 30%)이 크게 낮아진다. 그 다음으로, 재와 환원 반응으로부터 잔류한 미반응 탄소가 직접 방출되고, 그 결과 낮은 탄소 전환율로 귀결된다. 마지막으로, 이 방법에 사용된 가스화기는 고정 베드의 형태이고, 환원 반응이 열을 흡수하기 때문에 베드의 정상과 바닥사이의 온도 차이(정상은 대략  $1000^{\circ}\text{C}$ 이고, 바닥은 대략  $500^{\circ}\text{C}$ )가 크게 벌어지는데, 이것은 고정 베드의 고유한 단점이다.

[0006] 미국 특허 제 6,863,878B2 호는 탄소 함유 물질을 가진 합성 가스를 제조하는 방법 및 장치를 개시하고 있다. 이 방법은 탄화(또는 열분해)와 가스화를 독립적으로 포함한다. 이 방법에 있어서, 열분해로 인한 타르 함량을 줄이기 위해 탄화 온도는 450°F 미만이 되도록 조절되어야 한다. 그러나, 탄화 과정중에 고체 생성물이 가스화기의 반응 코일로 옮겨지기전에 분쇄되지 않아서 가스화 반응의 속도와 정도에 영향을 미치게 될 것이다. 다음으로, 가스화 반응이 반응 코일내에서 일어나기 때문에 많은 양의 이송 가스가 필요하지만, 이송 가스는 운송중에 많은 열을 빼앗기기 때문에 가스화 효율이 낮고, 온도가 불균일하며, 뒤따르는 폐열 회수 시스템이 거대해진다. 그 다음으로, 새롭게 생성된 합성 가스를 가스화와 탄화를 위한 열을 공급하기 위해 사용하는 것은 비경제적이다. 다음으로, 연소 생성물(주로 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O)은 직접 방출되고, 완전히 활용되지 않기 때문에 가스화 효율이 낮다. 마지막으로, 합성 가스내에 있는 재와 미반응 탄소 잔류물 역시 직접 방출되기 때문에 탄소 전환율 역시 낮다.

[0007] 중국 특허출원 제 200810236639.4 호는 고온 가스화에 의해 바이오매스로부터 합성 가스를 제조하는 방법을 개시하고 있다. 이 방법은 또한 탄화와 고온 가스화를 결합하고 있다. 그러나, 이 방법은 다음과 같은 문제점을 안고 있다: 첫번째, 탄화로의 열이 외부 연소가스와 산소의 직접 연소에 의해 공급되고, 도입된 고품질의 외부 연료 가스는 시스템의 에너지 소비를 크게 증가시킨다; 두번째, 적용된 열분해 가스 분말 공급시스템이 복잡하다; 고온 열분해 가스가 저온 탄소 분말과 혼합되고, 가스화로내로 공급될 때, 혼합물은 타르를 형성하기 위해 쉽게 응결될 수 있고, 장애를 초래하며 정상적인 작동에 영향을 미친다. 마지막으로, 탄화로내에 생성된 고압 숯은 분말로 만들어지기 위해 놀려서 식혀진 후에 정상 압력 밀링 머신으로 공급되며, 그리고나서 탄소 분말은 압축되어 열분해 가스에 의해 가스화로내로 공급된다. 이러한 전체 공정은 복잡하고, 에너지 소비가 높기 때문에 프로젝트의 실행가능성이 좋지 않다.

[0008] 상술한 방법들로부터, 바이오매스 또는 고체 탄소 함유 물질로부터 이루어지는 종래의 가스화는 합성 가스를 고효율과 낮은 비용으로 제조할 수 없다. 비록 독립적인 열분해와 가스화의 기술이 다양한 바이오매스에 적용될 수 있고, 합성 가스내에 포함된 타르의 함량을 줄일 수 있다 할지라도 불균일한 온도, 폐열 회수를 위한 과도한 설비 투자, 원료의 과소비, 낮은 가스화 효율 및 낮은 탄소 전환율이 바이오매스 가스화의 산업적 적용을 제한한다. 특히, 연행 흐름 베드에 적용할 수 있는 바이오매스 가스화를 위한 효과적인 방법이 존재하지 않는다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 중국 특허 출원 No.200510043836.0  
 (특허문헌 0002) 미국 특허 No.6,863,878B2  
 (특허문헌 0003) 중국 특허 출원 No.200810236639.4

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0010] 상술한 기술적 문제와 관련하여 본 발명은 저비용과 고효율을 갖는 열분해에 의해 바이오매스로부터 합성 가스를 제조하는 방법 및 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

#### 과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명의 기술적 양태는 다음과 같다.
- [0012] 열분해에 의해 바이오매스로부터 합성 가스를 제조하는 방법은 다음과 같은 단계들을 포함한다.
- [0013] 1) 바이오매스 원료 물질을 전처리 하는 단계: 1-6mm의 입자 크기를 갖도록 바이오매스 원료 물질을 분쇄하고, 수분 함량이 10-20wt%가 될 때까지 상기 원료 물질을 건조하는 공정;
- [0014] 2) 열분해 베드의 생성물이 열분해 가스와 탄소 분말이 되도록 고속 바이오매스 열분해 기술을 사용하여 상기 바이오매스 원료 물질을 열분해하는 단계;

- [0015] 3) 사이클론 분리기를 거쳐서 상기 탄소 분말과 고체 가열 캐리어로부터 열분해 가스를 분리하는 단계;
- [0016] 4) 고체-고체 분리기를 거쳐서 상기 고체 가열 캐리어로부터 상기 탄소 분말을 분리해내고, 수집을 위해 이 탄소 분말을 탄소 분말 저장통으로 공급하고, 캐리어 가열 유동 베드내에서 상기 고체 가열 캐리어를 가열하며, 재활용을 위해 상기 고체 가열 캐리어를 열분해 베드로 이송하는 단계; 상기 단계 1)의 바이오매스 원료 물질을 건조시키기 위해 상기 캐리어 가열 유동 베드내에서 생성된 폐열 연기를 이송하며;
- [0017] 5) 스프레이 응축을 위해 생성된 상기 열분해 가스를 응축 탱크로 이송하고, 생물학적 연료 오일을 생성하기 위해 상기 열분해 가스내의 응축 가능한 부분을 응축하고, 고압 오일 펌프에 의해 생성된 상기 생물학적 연료 오일을 압축한 후 가스화되도록 가스화로로 공급하는 단계; 및
- [0018] 6) 공기와 함께 연소시키기 위해 비응축 열분해 가스의 일 부분을 연소 베드로 공급하고, 비응축 열분해 가스의 다른 부분은 유동 매개체로서 열분해 베드로 이송하는 단계; 공기에 대한 상기 비응축 열분해 가스의 비율과 상기 단계 6)에서 상기 캐리어 가열 유동 베드의 온도는 열분해 베드의 온도가 확실하게 400-600°C가 만들어지도록 조절되고, 상기 열분해 베드내에서의 가스상의 체류 시간은 0.5-5초이다.
- [0019] 상기 스프레이 응축은 외부 순환법을 적용하고, 상기 응축 탱크의 바닥에 있는 생물학적 연료 오일은 압축되고, 고압 오일 펌프에 의해 퍼울려져서 외부 생물학적 연료 오일 열교환기에 의해 냉각된 후 스프레이 응축을 위해 응축 탱크로 회수되며, 상기 응축 가능한 열분해 가스는 생물학적 연료 오일을 생성하기 위해 응축되고, 상기 생물학적 연료 오일의 일 부분은 상기 생물학적 연료 오일 탱크로 공급되고, 다른 부분은 오일 순환 펌프에 의해 압축되고, 순환적으로 상기 열분해 가스를 분무하기 위해 상기 생물학적 연료 오일 열교환기에 의해 냉각된다.
- [0020] 열분해에 의해 바이오매스로부터 합성 가스를 제조하기 위한 가스화 시스템은 바이오매스 물질 전처리부, 열분해부, 응축부 및 가스화부를 포함한다. 상기 열분해부는 열분해 베드와 연소 베드를 포함하고; 상기 응축부의 응축 탱크는 파이프라인을 경유하여 비응축 열분해 가스 압축기에 연결되고; 상기 비응축 열분해 가스 압축기의 출력은 상기 열분해 베드와 상기 연소 베드에 각각 연결되며; 상기 비응축 열분해 가스는 상기 열분해 베드의 유동 매개체 및 연소 베드의 연료로서 사용된다.
- [0021] 상기 응축부는 외부 순환으로 스프레이 응축을 적용한다. 상기 응축 탱크의 저부(底部)는 파이프라인을 경유하여 오일 순환 펌프에 연결되고, 상기 오일 순환 펌프는 외부 생물학적 연료 오일 열교환기에 연결되며; 상기 생물학적 연료 오일의 일부는 순환적으로 상기 열분해 가스를 분무하기 위해 상기 오일 순환 펌프에 의해 압축되고, 상기 생물학적 연료 오일 열교환기에 의해 냉각되며, 상기 응축 탱크의 저부는 생물학적 연료 오일 탱크에 연결된다.
- [0022] 상기 열분해 베드는 사이클론 분리기와 고체-고체 분리기에 연결된다. 상기 고체-고체 분리기는 탄소 분말 저장통과 캐리어 가열 유동 베드에 연결된다. 재활용을 위해 가열된 고체 캐리어를 상기 열분해 베드로 이송하기 위해서 상기 캐리어 가열 유동 베드의 저부에는 상기 열분해 베드와 연결된 파이프라인이 달려 있다.
- [0023] 상기 캐리어 가열 유동 베드의 꼭대기부(top part)는 폐열 및 연기 파이프라인을 통해서 상기 바이오매스 물질 전처리부의 건조 시스템에 연결되고, 상기 연소 베드의 상부(upper part)는 공기 유입 파이프라인에 연결된다.
- [0024] 상기 생물학적 연료 오일 탱크와 가스화로의 배출구를 연결하는 파이프라인은 상기 고압 오일 펌프에 달려 있고, 상기 생물학적 연료 오일은 압축되고, 가스화를 위해 상기 가스화로로 이송된다.

### 발명의 효과

- [0025] 본 발명의 장점은 아래와 같이 요약된다.
- [0026] 첫번째, 본 발명은 고속 열분해 기술을 적용한다. 중국 특허출원 제 200810236639.4 호에 개시된 가스화 방법과 비교하여 본 발명은 바이오매스를 직접 생물학적 연료 오일로 변환하기 때문에 바이오매스의 체적 에너지 밀도를 향상시키고, 운반과 저장을 편리하게 한다; 즉, 400-600°C의 온도에서 고에너지 수득율(60-80%)이 실현될 수 있고, 에너지 소비를 감소시킬 뿐만 아니라 전체 시스템의 탄소 전환율을 향상시킬 수 있다.
- [0027] 두번째, 본 발명은 또한 스스로 생성된(self-produced) 비응축 열분해 가스의 연소에 의해 생성된 열을 이용하는 것에 의해 열분해 베드의 열원으로서 순환 고체 가열 캐리어를 가열하는 기술을 적용한다. 본 발명의 상기 열분해 베드 가열 기술은 다음과 같은 특징을 가진다: 1) 열분해 기법에 의해 필요로 하는 열은 기본적으

로 외부 에너지를 도입하지 않고, 시스템의 열적 평형을 실현하기 위해서 시스템의 내부 부분들로부터 제공된다; 2) 순환 고체 가열 캐리어를 가열하는 열은 비응축 열분해 가스와 공기를 직접 연소시키는 것에 의해 제공받는다. 즉, 열분해 가스의 화학 에너지를 사용하고, 다른 한편으로, 순수한 산소 대신에 공기를 사용하기 때문에 전체 시스템의 비용을 크게 줄이고, 열분해 베드의 사용 유연성을 증가시킨다; 3) 가열된 순환 고체 가열 캐리어가 직접 원료 물질과 접촉하기 위해 열분해 베드로 이송되기 때문에 열분해 베드의 열효율을 증가시킬 뿐만 아니라 고속 열분해 반응의 오일(oil) 수득율을 향상시킨다.

[0028] 세번째, 본 발명은 원료 물질을 건조시키기 위해 비응축 열분해 가스의 연소에 의해 생성된 폐열 연기를 사용하기 때문에 전체 시스템의 에너지 효율을 향상시킨다.

[0029] 네번째, 본 발명은 가스화로의 유입구에서 원료 물질을 전처리하는 공정을 채택하지 않는다. 원료 물질은 고압 오일 펌프에 의해 압축된 후 가스화로로 직접 공급된다. 그 공정은 간단하고, 효율적이다. 유입구에 공급되는 중국 특허출원 제 200810236639.4 호에 개시된 가스화 방법과 비교하여 본 발명의 방법은 분말의 공압 이송에 따른 기술적 문제와 건조 탄소 분말을 공급할 때의 타르 막힘을 피할 수 있을 뿐만 아니라 유입 원료 물질의 에너지 소비를 크게 줄이고, 시스템의 안정성, 신뢰성 및 실행 가능성을 증가시킨다.

[0030] 다섯번째, 본 발명은 외부 순환 스프레이 응축을 채택한다. 생물학적 연료 오일 열교환기가 응축 탱크의 외부에 배치되기 때문에 청소와 수리가 편리하고, 또한 수리를 위해 운행을 중단할 필요가 없다.

[0031] 여섯번째, 본 발명은 오일 펌프 압축 및 운송 기술을 채택한다. 중국 특허출원 제 200810236639.4 호에 개시된 가스화 방법과 비교하여 본 발명의 방법은 분말의 공압 이송에 따른 기술적 문제와 건조 탄소 분말을 공급할 때의 타르 막힘을 피할 수 있을 뿐만 아니라 시스템의 안정성, 신뢰성 및 실행 가능성을 증가시킨다.

[0032] 일곱번째, 고속 열분해 기술에 따라 생성된 생물학적 연료 오일은 석탄 슬래그를 거의 함유하지 않기 때문에 바이오매스로부터 합성 가스를 만드는 공정에서 재의 높은 용융점의 문제를 피할 수 있다. 또한, 가스화로를 위한 후속 슬래그 방출 시스템을 필요로 하지 않고, 알칼리 금속의 부식과 재의 축적을 피할 수 있을 뿐만 아니라 시스템의 안정성, 신뢰성 및 실행 가능성을 증가시킨다.

[0033] 간단하게, 본 발명은 간단함, 효율성, 에너지 절약, 경제성 및 높은 프로젝트 실행 가능성을 실현하는 것을 목표로 한다. 한편, 본 발명은 가스화 효율성을 증대시키고, 유효 합성 가스의 양을 줄이며, 시스템의 에너지 전환율을 향상시킨다.

### 도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 열분해에 의해 바이오매스로부터 합성 가스를 제조하는 방법 및 시스템에 대한 계통도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 본 발명에 따른 바람직한 실시예, 방법 및 시스템 레이아웃 구조가 첨부도면과 함께 설명된다.

[0036] 도 1을 참조하면, 바이오매스로부터 합성 가스를 제조하기 위한 가스화 시스템은 바이오매스 원료 전처리부, 열분해부, 응축부 및 가스화부를 포함한다. 더 구체적으로, 가스화 시스템은 바이오매스 원료(1), 분쇄 시스템(2), 건조 시스템(3), 바이오매스 저장통(biomass stock bin)(4), 열분해 베드(5), 사이클론 분리기(cyclone separator)(6), 고체-고체 분리기(7), 탄소분말 저장통(8), 연소 베드(9-1), 캐리어(carrier) 가열 유동 베드(9-2), 연소 베드(9-1)로 이어지는 공기 유입 파이프라인(10), 폐열 및 연기 파이프라인(11), 건조 시스템의 폐열 연기 배출구(11a), 응축 탱크(12), 오일 순환 펌프(13), 생물학적 연료 오일 열교환기(14), 비응축 열분해 가스 압축기(15), 생물학적 연료 오일 탱크(16), 고압 오일 펌프(17), 가스화로 버너(18), 가스화로 버너(18)에 이어지는 산소 파이프라인(19), 가스화로(20), 가스화로의 물냉각수(21), 합성 가스 파이프라인(22), 석탄 슬래그(coal slag) 파이프라인(23), 탈염 및 탈산수 파이프라인(24), 포화 수증기 파이프라인(25), 외부 연료 파이프라인(N1), 연소 베드로 이어지는 공기 파이프라인(N2) 및 빈 파이프라인(N3)를 포함한다.

[0037] 상기 열분해부는 열분해 베드(5), 연소 베드(9-1) 및 캐리어(carrier) 가열 유동 베드(9-2)를 포함한다. 상기 열분해 베드(5)는 사이클론 분리기(6) 및 고체-고체 분리기(7)와 연결된다. 고체-고체 분리기(7)는 상기 탄소 분말 저장통(8) 및 캐리어(carrier) 가열 유동 베드(9-2)와 연결된다. 상기 캐리어(carrier) 가열 유동 베드(9-2)의 저부(低部)에는 가열된 고체 캐리어(solid carrier)를 재활용할 목적으로 가열된 고체 캐리어를 상기

열분해 베드(5)로 이송하기 위해 열분해 베드(5)와 연결되는 파이프라인이 설치된다.

[0038] 상기 캐리어(carrier) 가열 유동 베드(9-2)의 꼭대기부는 상기 폐열 및 연기 파이프라인(11)을 통해 바이오매스 원료 전처리부의 건조 시스템(3)에 연결된다. 연소 베드(9-1)의 상부는 공기 유입 파이프라인(10)에 연결된다.

[0039] 상기 응축부의 응축 탱크(12)는 파이프라인을 거쳐서 상기 비응축 열분해 가스 압축기(15)에 연결된다. 상기 비응축 열분해 가스 압축기(15)의 출력은 각각 상기 열분해 베드(5)와 연소 베드(9-1)로 연결된다. 비응축 열분해 가스는 연소 베드(9-1)의 연료와 열분해 베드(5)의 유동 매개체(fluidizing medium)로서 사용된다.

[0040] 스프레이 응축(spray condensation)은 외부 순환 방식을 적용한다. 상기 응축 탱크(12)의 저부는 파이프라인을 경유하여 오일 순환 펌프(13)에 연결된다. 상기 오일 순환 펌프(13)는 외부 생물학적 연료 오일 열교환기(14)에 연결된다. 생물학적 연료 오일의 일부는 열분해 가스를 순환적으로 분무하기 위해 오일 순환 펌프(13)에 의해 압축되고, 생물학적 연료 오일 열교환기(14)에 의해 냉각된다. 응축 냉크(12)의 저부는 생물학적 연료 오일 탱크(16)에 연결된다.

[0041] 상기 생물학적 연료 오일 탱크(16)의 배출구(outlet)와 상기 가스화로(20)를 연결하는 파이프라인에는 고압 오일 펌프(17)가 설치된다. 생물학적 연료 오일은 압축된 후 가스화를 위해 가스화로(20)로 이송된다.

[0042] 열분해에 의해 바이오매스로부터 합성 가스를 제조하는 방법은 다음과 같은 단계들을 포함한다.

[0043] 1) 바이오매스 원료 물질을 전처리하는 단계: 1-6mm의 입자 크기를 갖도록 바이오매스 원료 물질을 분쇄하고, 수분 함량이 10-20wt%가 될 때까지 원료 물질을 건조하는 공정;

[0044] 2) 캐리어 가열 유동 베드의 온도를 조절하고 공기에 대한 비응축 열분해 가스의 비율을 조절하는 것에 의해 열분해 베드의 온도가 400~600°C가 되도록 보장하면서 고속 바이오매스 열분해 기술을 사용하여 바이오매스 원료 물질을 열분해하는 단계; 열분해 베드의 가스상의 체류시간은 0.5~5초이고, 열분해 베드의 생성물을 열분해 가스와 탄소 분말이다.

[0045] 3) 사이클론 분리기를 거쳐서 탄소 분말과 고체 가열 캐리어(heat carrier)로부터 열분해 가스를 분리하는 단계;

[0046] 4) 고체-고체 분리기를 거쳐서 고체 가열 캐리어로부터 탄소 분말을 분리하고, 이 탄소 분말의 수집을 위해 탄소 분말을 탄소 분말 저장통으로 공급하며, 캐리어 가열 유동 베드내에서 고체 가열 캐리어를 가열하고나서 재활용할 목적으로 고체 가열 캐리어를 열분해 베드로 이송하는 단계;

[0047] 5) 스프레이 응축을 위해 상기에서 생성된 열분해 가스를 응축 탱크로 이송하고, 생물학적 연료 오일을 생성하기 위해 열분해 가스내에 있는 응축 가능한 부분(condensable part)를 응축하며, 고압 오일 펌프를 이용하여 생성된 생물학적 연료 오일을 압축하고나서 가스화될 수 있도록 가스화로로 공급하는 단계;

[0048] 6) 공기와 함께 연소하기 위해 비응축 열분해 가스의 일 부분을 연소 베드로 공급하고, 유동 매개체로서 비응축 열분해 가스의 다른 부분을 열분해 베드로 이송하는 단계;

[0049] 상기 스프레이 응축은 외부 순환법(external circulating method)을 적용한다. 응축 탱크의 바닥에 있는 생물학적 연료 오일은 압축되고, 오일 펌프에 의해 퍼올려져서 외부 생물학적 연료 오일 열교환기에 의해 냉각된 후 스프레이 응축을 위해 응축 탱크로 회수된다. 응축할 수 있는 열분해 가스의 일 부분은 생물학적 연료 오일을 생성하기 위해 응축된다. 생물학적 연료 오일의 일 부분은 생물학적 연료 오일 탱크로 공급되고, 생물학적 연료 오일의 다른 부분은 오일 순환 펌프에 의해 압축되며, 순환적으로 열분해 가스를 분무하기 위해 생물학적 연료 오일 열교환기에 의해 냉각된다.

[0050] 상기 단계 2)에서 캐리어 가열 유동 베드내에서 생성되는 폐열 연기는 바이오매스 원료 물질을 전처리하기 위한 상기 단계 1)에서 바이오매스 원료 물질을 건조시키기 위해 사용된다.

[0051] 작업 공정:

[0052] 1. 시스템 시동 공정:

[0053] 1) 빈 파이프라인(N3)상에 있는 제어 밸브 V3를 개방하고, 응축 탱크(12)로 이어지는 제어 밸브 V2 및 응축 탱크(12)와 비응축 열분해 가스 압축기(15) 사이의 파이프라인상에 있는 제어 밸브 V9을 닫힌 상태로 유지하는 단계;

- [0054] 2) 외부 연료 파이프라인(N1)상에 있는 제어 밸브 V1과 연소 베드로 이어지는 공기 파이프라인(N2)상에 있는 제어 밸브 V7을 개방하고, 연소 베드(9-1)내에 있는 연료와 공기의 연소에 의해 생성되는 고온 연기(heat smoke)를 고체 가열 매개체를 가열하는 캐리어 가열 유동 베드(9-2)로 공급하기 위해 열분해 베드(5)와 비응축 열분해 가스 압축기(15) 사이의 파이프라인상에 있는 제어 밸브 V8을 닫힌 상태로 유지하는 단계;
- [0055] 3) 열분해 베드(5)와 캐리어 가열 유동 베드(9-2) 사이의 폐열 연기 파이프라인상에 있는 제어 밸브 V5 및 바이오매스 원료 물질을 건조하기 위해 건조 시스템(3)내로 부분적인(partial) 폐열 연기를 공급하는 열분해 베드(5)와 바이오매스 저장통(4) 사이의 파이프라인상에 있는 제어 밸브 V6를 개방하고, 부분적인 폐열 연기를 유동 매개체로서 열분해 베드(5)로 공급하며, 사이클론 분리기(6)을 거쳐서 열분해 베드(5)내의 반응에 의해 생성되는 혼합 열분해 가스로부터 고체를 분리하고나서 파이프라인 N3를 통해 시스템으로부터 방출하는 단계;
- [0056] 4) 10-20분 동안 상기 단계 1), 2) 및 3)를 실행한 후에 제어 밸브 V2를 개방하고, 응축 탱크(12)의 분무를 통해 열분해 가스를 냉각하고, 생물학적 연료 오일을 수집하고, 이렇게 15-30분 동안 운행한 후 제어 밸브 V9을 개방하고, 제어 밸브 V1, V5 및 V7을 닫음과 동시에 제어 밸브 V4 및 V8을 개방하는 단계; 이러한 사정하에서 시스템은 정상적인 운영을 시작한다.
- [0057] 2. 시스템의 정상 운영 공정:
- [0058] 바이오매스 원료 물질이 분쇄 시스템(3)를 거친 후 건조 시스템(3)로 공급된다. 바이오매스 원료 물질은 건조 시스템내의 고온 연기에 의해 탈수되고, 건조된 후 저장을 위해 바이오매스 저장통(4)내로 이송된다. 바이오매스 원료 물질은 또한 공급기(feeder)에 의해 열분해 베드(5)로 이송될 수 있다.
- [0059] 열분해 베드(5)의 생성물은 열분해 가스와 CO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> 및 타르를 포함하는 탄소 분말을 포함한다. 굵은(coarse) 열분해 가스는 사이클론 분리기(6)에 의해 분리된 후 굵은 열분해 가스내에 포함된 고체 가열 캐리어와 탄소 분말 입자들은 재 방출 포트를 거쳐서 고체-고체 분리기(7)로 떨어진다.
- [0060] 분리된 주요 열분해 가스는 생물학적 연료 오일에 의해 순환적으로 분무되기 위해 응축 탱크(12)로 공급된다. 비응축 열분해 가스는 비응축 열분해 가스 압축기(15)내에서 압축된 후 연소 베드(9-1)와 열분해 베드(5)로 각각 공급된다. 응축 열분해 가스는 생물학적 연료 오일을 생성하기 위해 응축된다. 생성된 생물학적 연료 오일의 일부는 순환 분무(cyclic spray)를 위해 사용될 수 있다. 나머지는 생물학적 연료 오일내에서 생성되고 생물학적 연료 오일 탱크(16)로 공급된다.
- [0061] 고체-고체 분리기(7)내에서 고체 가열 캐리어와 탄소 분말이 분리된 후, 고체 가열 캐리어는 캐리어 가열 유동 베드(9-2)내로 떨어지고, 탄소 분말은 탄소 분말 저장통(8)으로 공급된다.
- [0062] 연소 베드(9-1)내에서, 연소를 위한 비응축 열분해 가스는 파이프라인 10으로부터의 공기와 함께 연소 반응을 겪는다. 연소에 의해 생성된 고온 연기는 순환 고체 가열 캐리어를 가열하기 위해 캐리어 가열 유동 베드(9-2)로 공급된다. 열분해 베드(5)의 온도는 공기에 대한 연소에 의해 생성된 비응축 열분해 가스의 비율을 조정하는 것에 의해 400-600°C로서 조절된다. 열분해 베드(5)내에서 가스상의 체류 시간은 0.5-5초가 되도록 조절된다. 캐리어 가열 유동 베드(9-2)를 통과하는 폐열 연기는 건조를 위해 건조 시스템(3)으로 공급된다.
- [0063] 생물학적 연료 오일 탱크(16)내에 있는 생물학적 연료 오일의 압력은 먼저 고압 오일 펌프(17)에 의해 가스화로(20)의 작동 압력과 동등해지도록 끌어 올려진 후, 가스화로 버너(18)로 공급된다. 파이프라인 19내의 산소는 또한 가스화(20)내에서 고온 가스화 반응을 생성하기 위해 가스화로 버너(18)로 공급된다. 가스화로의 배출구에서 합성 가스(22)의 온도는 탈염수 및 탈산수(desalinated and deoxidized water)로 채워진 가스화로의 물 냉각벽(21)의 열교환량과 산소의 양을 조정하는 것에 의해 1200-1600°C로 조절된다. 가스화 생성물은 주로 CO와 H<sub>2</sub>이고, 또한 적은 양의 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O를 포함하고, CH<sub>4</sub>의 양이 검출된다. 탈염수 및 탈산수는 중압 포화 수증기를 생성하기 위해 가스화로의 물 냉각벽(21)에 의해 냉각되고, 파이프라인 25를 통해 다음 시스템으로 공급된다. 또한, 가스화에 의해 생성되는 석탄 슬래그는 파이프라인 23을 경유하여 방출된다.
- [0064] 실시예 1
- [0065] 바이오매스의 원료 물질로서 목재(wood)를 취한다. 건조된 목재의 기본적인 구성성분과 특성 데이터는 표 1에 열거된다.

[0066]

: 건조된 목재의 기본적인 구성성분과 특성 데이터

항목	기호	단위	값
탄소	C <sub>ar</sub>	%(Kg/Kg)	39.43
수소	H <sub>ar</sub>	%(Kg/Kg)	5.21
산소	O <sub>ar</sub>	%(Kg/Kg)	38.36
질소	N <sub>ar</sub>	%(Kg/Kg)	0.15
황	S <sub>ar</sub>	%(Kg/Kg)	0.21
염소	Cl <sub>ar</sub>	%(Kg/Kg)	0.00
재	A <sub>ar</sub>	%(Kg/Kg)	5.00
수분	M <sub>ar</sub>	%(Kg/Kg)	11.64
재 용융점(Ash fusion point)	FT	°C	1436
낮은 열량(Low heat value)	LHV	MJ/Kg	14.75

[0067]

주요한 운전조건은 다음과 같이 설정된다.

[0068]

1) 분쇄 시스템(2)의 배출구에서 물질의 입경은 6mm이다;

[0069]

2) 건조 시스템(2)의 배출구에서 물질의 수분 함량은 15wt%이다;

[0070]

3) 열분해 베드(5)의 압력은 정상 압력이고, 온도는 400°C로 조절된다;

[0071]

4) 열분해 베드(5)의 가스상 체류시간은 5초이다; 그리고

[0072]

5) 가스화로(20)의 압력은 4.0MPa(A)이 되도록 조절되고, 온도는 1400°C로 조절된다.

[0073]

상기에서 설정된 조건에 따르면, 본 발명의 시행 공정에서 시스템의 실행 파라미터와 주요 데이터는 첨부 도면과 더불어 상세하게 설명된다.

[0074]

1) 열분해 베드(5)로 공급되는 바이오매스 원료 물질의 생물학적 연료 품질 구현도는 55%이다;

[0075]

2) 파이프라인 22에 의해 출력되는 합성 가스내의 CO와 H<sub>2</sub>의 건조 기준 함량은 76%이다;

[0076]

3) 시스템의 탄소 전환율은 99.9%이고, 합성 가스의 효율적인 산소 소비량(effective oxygen consumption)은 0.33mol/mol이다.

[0077]

실시예 2

[0078]

바이오매스의 원료 물질로서 실시예 1에서의 목재(wood)를 취한다.(표 1)

[0079]

주요한 운전조건은 다음과 같이 설정된다.

[0080]

1) 분쇄 시스템(2)의 배출구에서 물질의 입경은 5mm이다;

[0081]

2) 건조 시스템(2)의 배출구에서 물질의 수분 함량은 20wt%이다;

[0082]

3) 열분해 베드(5)의 압력은 정상 압력이고, 온도는 500°C로 조절된다;

[0083]

4) 열분해 베드(5)의 가스상 체류시간은 3초이다; 그리고

[0084]

5) 가스화로(20)의 압력은 4.0MPa(A)이 되도록 조절되고, 온도는 1400°C로 조절된다.

[0085]

상기에서 설정된 조건에 따르면, 본 발명의 시행 공정에서 시스템의 실행 파라미터와 주요 데이터는 첨부 도면과 더불어 상세하게 설명된다.

[0086]

1) 열분해 베드(5)로 공급되는 바이오매스 원료 물질의 생물학적 연료 품질 구현도는 60%이다;

[0087]

2) 파이프라인 22에 의해 출력되는 합성 가스내의 CO와 H<sub>2</sub>의 건조 기준 함량은 80%이다;

[0088]

3) 시스템의 탄소 전환율은 99.9%이고, 합성 가스의 효율적인 산소 소비량(effective oxygen consumption)은

0.31mol/mol이다.

[0089] 실시예 3

[0090] 바이오매스의 원료 물질로서 실시예 1에서의 목재(wood)를 취한다.(표 1)

[0091] 주요한 운전조건은 다음과 같이 설정된다.

[0092] 1) 분쇄 시스템(2)의 배출구에서 물질의 입경은 4mm이다;

[0093] 2) 건조 시스템(2)의 배출구에서 물질의 수분 함량은 10wt%이다;

[0094] 3) 열분해 베드(5)의 압력은 정상 압력이고, 온도는 600°C로 조절된다;

[0095] 4) 열분해 베드(5)의 가스상 체류시간은 2초이다; 그리고

[0096] 5) 가스화로(20)의 압력은 4.0MPa(A)이 되도록 조절되고, 온도는 1400°C로 조절된다.

[0097] 상기에서 설정된 조건에 따르면, 본 발명의 시행 공정에서 시스템의 실행 파라미터와 주요 데이터는 첨부 도면과 더불어 상세하게 설명된다.

[0098] 1) 열분해 베드(5)로 공급되는 바이오매스 원료 물질의 생물학적 연료 품질 구현도는 65%이다;

[0099] 2) 파이프라인 22에 의해 출력되는 합성 가스내의 CO와 H<sub>2</sub>의 건조 기준 함량은 82%이다;

[0100] 3) 시스템의 탄소 전환율은 99.9%이고, 합성 가스의 효율적인 산소 소비량(effective oxygen consumption)은 0.31mol/mol이다.

[0101] 실시예 4

[0102] 바이오매스의 원료 물질로서 실시예 1에서의 목재(wood)를 취한다.(표 1)

[0103] 주요한 운전조건은 다음과 같이 설정된다.

[0104] 1) 분쇄 시스템(2)의 배출구에서 물질의 입경은 3mm이다;

[0105] 2) 건조 시스템(2)의 배출구에서 물질의 수분 함량은 13wt%이다;

[0106] 3) 열분해 베드(5)의 압력은 정상 압력이고, 온도는 450°C로 조절된다;

[0107] 4) 열분해 베드(5)의 가스상 체류시간은 1초이다; 그리고

[0108] 5) 가스화로(20)의 압력은 4.0MPa(A)이 되도록 조절되고, 온도는 1400°C로 조절된다.

[0109] 상기에서 설정된 조건에 따르면, 본 발명의 시행 공정에서 시스템의 실행 파라미터와 주요 데이터는 첨부 도면과 더불어 상세하게 설명된다.

[0110] 1) 열분해 베드(5)로 공급되는 바이오매스 원료 물질의 생물학적 연료 품질 구현도는 66%이다;

[0111] 2) 파이프라인 22에 의해 출력되는 합성 가스내의 CO와 H<sub>2</sub>의 건조 기준 함량은 84%이다;

[0112] 3) 시스템의 탄소 전환율은 99.9%이고, 합성 가스의 효율적인 산소 소비량(effective oxygen consumption)은 0.3mol/mol이다.

[0113] 실시예 5

[0114] 바이오매스의 원료 물질로서 실시예 1에서의 목재(wood)를 취한다.(표 1)

[0115] 주요한 운전조건은 다음과 같이 설정된다.

[0116] 1) 분쇄 시스템(2)의 배출구에서 물질의 입경은 2mm이다;

[0117] 2) 건조 시스템(2)의 배출구에서 물질의 수분 함량은 16wt%이다;

[0118] 3) 열분해 베드(5)의 압력은 정상 압력이고, 온도는 550°C로 조절된다;

[0119] 4) 열분해 베드(5)의 가스상 체류시간은 1.5초이다; 그리고

[0120] 5) 가스화로(20)의 압력은 4.0MPa(A)이 되도록 조절되고, 온도는 1400°C로 조절된다.

- [0121] 상기에서 설정된 조건에 따르면, 본 발명의 시행 공정에서 시스템의 실행 파라미터와 주요 데이터는 첨부 도면과 더불어 상세하게 설명된다.
- [0122] 1) 열분해 베드(5)로 공급되는 바이오매스 원료 물질의 생물학적 연료 품질 구현도는 70%이다;
- [0123] 2) 파이프라인 22에 의해 출력되는 합성 가스내의 CO와 H<sub>2</sub>의 건조 기준 함량은 86%이다;
- [0124] 3) 시스템의 탄소 전환율은 99.9%이고, 합성 가스의 효율적인 산소 소비량(effective oxygen consumption)은 0.3mol/mol이다.
- [0125] 실시예 6
- [0126] 바이오매스의 원료 물질로서 실시예 1에서의 목재(wood)를 취한다.(표 1)
- [0127] 주요한 운전조건은 다음과 같이 설정된다.
- [0128] 1) 분쇄 시스템(2)의 배출구에서 물질의 입경은 1mm이다;
- [0129] 2) 건조 시스템(2)의 배출구에서 물질의 수분 함량은 18wt%이다;
- [0130] 3) 열분해 베드(5)의 압력은 정상 압력이고, 온도는 520°C로 조절된다;
- [0131] 4) 열분해 베드(5)의 가스상 체류시간은 0.5초이다; 그리고
- [0132] 5) 가스화로(20)의 압력은 4.0MPa(A)이 되도록 조절되고, 온도는 1400°C로 조절된다.
- [0133] 상기에서 설정된 조건에 따르면, 본 발명의 시행 공정에서 시스템의 실행 파라미터와 주요 데이터는 첨부 도면과 더불어 상세하게 설명된다.
- [0134] 1) 열분해 베드(5)로 공급되는 바이오매스 원료 물질의 생물학적 연료 품질 구현도는 75%이다;
- [0135] 2) 파이프라인 22에 의해 출력되는 합성 가스내의 CO와 H<sub>2</sub>의 건조 기준 함량은 90%이다;
- [0136] 3) 시스템의 탄소 전환율은 99.9%이고, 합성 가스의 효율적인 산소 소비량(effective oxygen consumption)은 0.285mol/mol이다.

### 부호의 설명

- [0137] 1: 바이오매스 원료, 2: 분쇄 시스템, 3: 건조 시스템, 4: 바이오매스 저장통(biomass stock bin), 5: 열분해 베드, 6: 사이클론 분리기(cyclone separator), 7: 고체-고체 분리기, 8: 탄소분말 저장통, 9-1: 연소 베드, 9-2: 캐리어(carrier) 가열 유동 베드, 10: 공기 유입 파이프라인, 11: 폐열 및 연기 파이프라인, 11a: 건조 시스템의 폐열 연기 배출구, 12: 응축 탱크, 13: 오일 순환 펌프, 14: 생물학적 연료 오일 열교환기, 15: 비 응축 열분해 가스 압축기, 16: 생물학적 연료 오일 탱크, 17: 고압 오일 펌프, 18: 가스화로 버너, 19: 산소 파이프라인, 20: 가스화로, 21: 가스화로의 물냉각수, 22: 합성 가스 파이프라인, 23: 석탄 슬래그(coal slag) 파이프라인, 24: 탈염수 및 탈산수 파이프라인, 25: 포화 수증기 파이프라인

## 도면

## 도면1

