



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

(45) 공고일자 2019년11월04일  
(11) 등록번호 10-2023826  
(24) 등록일자 2019년09월16일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C10J 3/46 (2006.01) C10J 3/48 (2006.01)  
C10J 3/50 (2006.01) C10J 3/72 (2006.01)  
C10J 3/84 (2006.01) C10K 1/02 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
C10J 3/466 (2013.01)  
C10J 3/485 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7023282
- (22) 출원일자(국제) 2016년01월22일  
심사청구일자 2017년08월21일
- (85) 번역문제출일자 2017년08월21일
- (65) 공개번호 10-2017-0120602
- (43) 공개일자 2017년10월31일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2016/014563
- (87) 국제공개번호 WO 2016/122984  
국제공개일자 2016년08월04일
- (30) 우선권주장  
62/109,843 2015년01월30일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP04088086 A\*  
(뒷면에 계속)

- (73) 특허권자  
루머스 테크놀로지 엘엘씨  
미국 뉴저지 07003 블루필드 브로드 스트리트  
1515
- (72) 발명자  
창, 엘버트, 씨.  
미국, 텍사스 77479, 슈거랜드, 에스펜 코브 코트  
6411
- (74) 대리인  
특허법인 티앤아이

전체 청구항 수 : 총 31 항

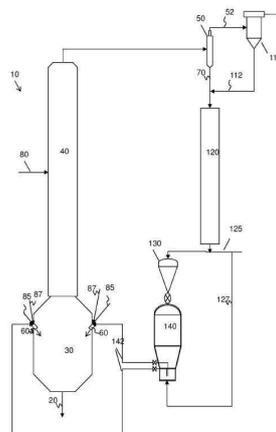
심사관 : 김광철

(54) 발명의 명칭 **숯 수집, 이송, 및 유동 제어를 위한 스탠드파이프 유체 베드 하이브리드 시스템**

**(57) 요약**

가스화기로부터의 고체 또는 재순환 숯 및 탄소질 물질을 가스화하기 위한 시스템을 개시한다. 재순환 시스템은 분리기로부터 고체를 수용하는 스탠드파이프를 포함할 수도 있고, 스탠드파이프는, 축적되는 숯의 베드에 걸쳐 압력 차를 생성하여 유입구 고체 스트림보다 큰 압력을 갖는 최하부 스트림을 생성한다. 재순환 시스템은, 또한, 최하부 스트림을 수용하는 보유 용기, 및 보유 용기로부터 숯을 수용하며 가스화 반응기로 재순환하는 숯의 연속적이면서 정확한 유동을 제공하도록 구성된 유동화 베드 분배 용기를 포함할 수도 있다.

**대표도** - 도1



(52) CPC특허분류

*C10J 3/506* (2013.01)

*C10J 3/723* (2013.01)

*C10J 3/84* (2013.01)

*C10K 1/02* (2013.01)

*C10J 2200/15* (2013.01)

*C10J 2300/094* (2013.01)

*C10J 2300/1807* (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

US03353925 A1\*

US04032305 A\*

US2013/0140168 A1

US2012/0111109 A1

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

탄소질 물질의 가스화 시스템으로서,

숯과 합성가스를 포함하는 오버헤드 생성물 스트림을 생성하는 탄소질 물질의 가스화를 위한 가스화 반응기;

상기 오버헤드 생성물 스트림을 상기 숯을 포함하는 고체 스트림과 상기 합성가스를 포함하는 기체 스트림으로 분리하기 위한 분리기; 및

상기 고체 스트림을 상기 가스화 반응기로 재순환시키는 시스템을 포함하고,

상기 재순환시키는 시스템은,

축적된 숯의 베드(bed)에 걸쳐 압력 차를 생성하여 상기 고체 스트림보다 큰 압력을 갖는 숯을 포함하는 최하부 스트림을 생성하도록 상기 분리기로부터 상기 고체 스트림을 수용하는 스탠드파이프;

상기 최하부 스트림을 수용하는 보유 용기; 및

상기 보유 용기로부터 숯을 수용하며, 재순환하는 숯의 연속적 유동을 상기 가스화 반응기에 제공하도록 구성된 유동화 베드(fluidized-bed) 분배 용기를 포함하며,

상기 스탠드파이프는, 스탠드파이프 내의 숯의 축적이 압력 차를 생성하며 그 축적되는 입자들의 중량으로 인해 스탠드파이프의 최하부에서의 압력이 스탠드파이프의 최상부에서의 압력보다 크게 되는 정도의 크기를 갖는 용기인 것을 특징으로 하는 탄소질 물질의 가스화 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 가스화 반응기는 하부 반응 섹션과 상부 반응 섹션을 포함하는 2단계 가스화 반응기이고, 상기 하부 반응 섹션은, 상기 재순환하는 숯을 연소하여 슬래그를 포함하는 고체 생성물 및 증기 생성물을 형성하도록 구성되고, 상기 상부 반응 섹션은, 상기 증기 생성물과 새로운 탄소질 공급원료를 처리하여 상기 오버헤드 생성물 스트림을 생성하도록 구성된, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 가스화 반응기는 탄소질 공급원료를 슬러리로서 수용하도록 구성된, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

#### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 고체 스트림을 재순환시키는 시스템은, 상기 가스화 반응기로의 숯의 유동을 감시 및 제어하도록 구성된 측정 시스템을 더 포함하는, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

#### 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 스탠드파이프는 상기 스탠드파이프의 최상부로부터 상기 스탠드파이프의 최하부까지 적어도 3psi의 압력 차를 생성하도록 구성된, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

#### 청구항 6

제1항에 있어서, 상기 기체 스트림으로부터 잔류 고체를 분리하기 위한 제2 분리기를 더 포함하는, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

#### 청구항 7

제6항에 있어서, 상기 제2 분리기에서 회수되는 상기 잔류 고체를 상기 스탠드파이프와 상기 가스화 반응기 중 적어도 하나에 공급하기 위한 유체 도관을 더 포함하는, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 8**

제1항에 있어서, 상기 스탠드파이프의 최하부 근처에서 질소와 합성가스 중 적어도 하나와 숯을 혼합하기 위한 장치를 더 포함하는, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 9**

제1항에 있어서, 상기 스탠드파이프는 주기적 가압 및 감압 동작 없이 연속적으로 동작하도록 구성된, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 10**

제1항에 있어서,

상기 유동화 베드 분배 용기의 중량 감소를 측정하기 위한 중량 셀 또는 상기 유동화 베드 분배 용기 내의 고체의 레벨과 볼륨의 감소를 감시하기 위한 방사선 기반 장치 중 적어도 하나를 더 포함하는, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 11**

제10항에 있어서, 상기 유동화 베드 분배 용기의 측정된 중량 차에 기초하여 상기 가스화 반응기로의 산소 함유 스트림의 유속을 조절하도록 구성된 제어 시스템을 더 포함하는, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 12**

제10항에 있어서,

상기 유동화 베드 분배 용기로부터 상기 가스화 반응기로 재순환하는 숯의 유동을 측정하기 위한 고체 유량계를 더 포함하는, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 13**

제12항에 있어서, 상기 고체 유량계는 상기 유동화 베드 분배 용기의 측정된 중량 또는 볼륨 차에 기초하여 교정(calibrate)되는, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 14**

제1항에 있어서, 상기 유동화 베드 분배 용기의 최하부의 근처에서 질소와 합성가스 중 적어도 하나로 숯을 유동화하기 위한 장치를 더 포함하는, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 15**

탄소질 물질의 가스화 시스템으로서,

숯과 합성가스를 포함하는 오버헤드 생성물 스트림을 생성하는 탄소질 물질의 가스화를 위한 가스화 반응기;

상기 오버헤드 생성물 스트림을 상기 숯을 포함하는 고체 스트림과 상기 합성가스를 포함하는 기체 스트림으로 분리하기 위한 분리기; 및

상기 고체 스트림을 상기 가스화 반응기로 재순환시키는 시스템을 포함하고,

상기 재순환시키는 시스템은,

상기 분리기로부터 상기 고체 스트림을 수용하고, 축적된 숯의 베드에 걸쳐 압력 차를 생성하고 상기 축적된 숯의 베드의 최하부 부분을 부분적으로 유동화하여 상기 고체 스트림보다 큰 압력을 가지는 상기 가스화 반응기로 재순환하는 숯의 연속적 유동을 제공하도록 구성된 스탠드파이프를 포함하며,

상기 스탠드파이프는, 스탠드파이프 내의 숯의 축적이 압력 차를 생성하며 그 축적되는 입자들의 중량으로 인해 스탠드파이프의 최하부에서의 압력이 스탠드파이프의 최상부에서의 압력보다 크게 되는 정도의 크기를 갖는 용기인 것을 특징으로 하는 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 16**

제15항에 있어서, 상기 분리기와 상기 스탠드파이프 사이의 보유 용기 및 상기 보유 용기로부터 숯을 수용하며, 재순환하는 숯의 연속적 유동을 상기 가스화 반응기에 제공하도록 구성된 유동화 베드(fluidized-bed) 분배 용기를 더 포함하는, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 17**

제15항에 있어서, 상기 가스화 반응기는 하부 반응 섹션과 상부 반응 섹션을 포함하는 2단계 가스화 반응기이고, 상기 하부 반응 섹션은, 상기 재순환하는 숯을 연소하여 슬래그를 포함하는 고체 생성물 및 증기 생성물을 형성하도록 구성되고, 상기 상부 반응 섹션은, 상기 증기 생성물과 새로운 탄소질 공급원료를 처리하여 상기 오버헤드 생성물 스트림을 생성하도록 구성된, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 18**

제15항에 있어서, 상기 스탠드파이프는 상기 스탠드파이프의 최상부로부터 상기 스탠드파이프의 최하부까지 적어도 3psi의 압력 차를 생성하도록 구성된, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 19**

제15항에 있어서, 상기 기체 스트림으로부터 잔류 고체를 분리하기 위한 제2 분리를 더 포함하는, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 20**

제19항에 있어서, 상기 제2 분리기에서 회수되는 상기 잔류 고체를 상기 스탠드파이프와 상기 가스화 반응기 중 적어도 하나에 공급하기 위한 유체 도관을 더 포함하는, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 21**

제15항에 있어서, 상기 스탠드파이프의 최하부의 근처에서 질소와 합성가스 중 적어도 하나로 숯을 유동화하기 위한 분배기를 더 포함하는, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 22**

제15항에 있어서, 상기 스탠드파이프는 주기적 가압 및 감압 동작 없이 연속적으로 동작할 수도 있는, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 23**

제16항에 있어서,  
상기 유동화 베드 분배 용기의 볼륨 또는 볼륨 차를 측정하기 위한 레벨 측정 장치를 더 포함하는, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 24**

제15항에 있어서, 유동화되는 숯을 상기 스탠드파이프로부터 상기 가스화 반응기로 이송하기 위한 유동 도관, 및 추가 유동화 가스를 상기 유동 도관에 도입하기 위한 제2 유동 도관을 더 포함하는, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 25**

제16항에 있어서, 상기 스탠드파이프로부터 상기 가스화 반응기로 재순환하는 숯의 유동을 측정하기 위한 고체 유량계를 더 포함하는, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 26**

제25항에 있어서, 상기 고체 유량계는 상기 유동화 베드 분배 용기의 측정된 중량 또는 볼륨 차에 기초하여 고정되는, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**청구항 27**

숯을 가스화 반응기로 재순환시키는 방법으로서,

숯과 합성가스를 포함하는 가스화 반응기 유출물을 분리하여 상기 숯을 포함하는 고체 스트림과 상기 합성가스를 포함하는 증기 스트림을 생성하는 분리 단계;

상기 고체 스트림 내의 숯을 스탠드파이프에 공급하고 상기 스탠드파이프 내에 숯의 양을 축적하여 그 축적된 숯의 중량에 의해 압력 차를 생성하는 공급 단계;

상기 숯을 상기 가스화 반응기로 재순환시키는 재순환 단계; 및

상기 가스화 반응기로 재순환하는 숯의 유속을 측정하는 단계를 포함하며,

상기 스탠드파이프는, 스탠드파이프 내의 숯의 축적이 압력 차를 생성하며 그 축적되는 입자들의 중량으로 인해 스탠드파이프의 최하부에서의 압력이 스탠드파이프의 최상부에서의 압력보다 크게 되는 정도의 크기를 갖는 용기인 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 28**

제27항에 있어서, 상기 공급 단계와 상기 재순환 단계는,

상기 고체 스트림 내의 숯을 보유 용기를 통해 상기 스탠드파이프에 공급하는 단계;

상기 스탠드파이프 내에 축적된 상기 숯의 양 중 일부를 유동화 매질로 유동화하는 단계; 및

상기 숯을 상기 가스화 반응기로 재순환시키는 단계를 포함하는, 방법.

**청구항 29**

제27항에 있어서, 상기 공급 단계와 상기 재순환 단계는,

상기 고체 스트림 내의 숯을 스탠드파이프에 공급하는 단계;

숯을 상기 스탠드파이프의 최하부로부터 보유 용기를 통해 유동화 베드 분배 용기로 이송하는 단계;

상기 분배 용기 내의 숯을 유동화 매질로 유동화하는 단계; 및

상기 숯을 상기 가스화 반응기로 재순환시키는 단계를 포함하는, 방법.

**청구항 30**

삭제

**청구항 31**

제27항에 있어서, 숯을 함유하는 공정 용기의 볼륨 차와 중량 차 중 적어도 하나를 통해 상기 유속을 측정하기 위한 계량계를 교정하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 32**

제27항에 있어서, 상기 가스화 반응기로 재순환하는 측정된 상기 숯의 유속에 기초하여 상기 가스화 반응기에 공급되는 스팀, 공기, 산소, 또는 산소 풍부 공기 중 적어도 하나의 유속을 조절하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본원에 개시된 실시예는, 탄소질 물질 등의 일반적으로 고체 공급원료를 합성가스 등의 바람직한 기체 생성물로 전환하는 가스화 시스템 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 가스화 공정은, 석탄, 석유 코크스, 및 석유 잔류물과 같은 고체 또는 액체 공급원료를 합성 가스(합성가스(syngas))로 전환하는 데 널리 사용된다. 합성가스는, 수소, 메탄올, 암모니아, 합성 천연 가스, 또는 교통용

합성 오일과 같은 화학 물질을 생성하거나 발전용 연료 가스로서 중요한 중간 공급원료이다.

[0003] 가스화 공정의 일반적인 관행은, 일반적으로 연속적으로 연결된 여러 개의 용기를 포함하는 로크 호퍼(lock-hopper)들의 복잡한 시스템을 사용하여 미반응 숯을 가스화 반응기로 다시 재순환시키는 것이며, 각 용기는 개별적으로 가압 및 감압될 수 있다. 이 시스템은 통상적으로 저압 환경으로부터 고압 환경으로 고체를 전달하는데 사용된다. 그러나, 빈번한 순환 및 일괄 작업으로 인해, 로크 호퍼는 매우 집중적인 정비를 받게 되어, 이러한 시스템을 조작하는 데 많은 비용을 초래한다. 또한, 다수의 용기, 밸브, 및 계측기의 사용과 관련된 많은 자본 비용이 든다. 로크 호퍼의 가압 및 감압을 위한 가스 소비, 재순환, 및 및 관리는 고려해야 할 추가 인자이다.

[0004] 로크 호퍼의 대안으로, 저압 환경으로부터 고압 환경으로 고체를 전달하는 데 회전 밸브도 사용되어 왔다. 그러나, 로터에서의 높은 침식 마모는, 특히, 숯과 같은 미세한 연마용 고체를 포함하는 응용분야의 경우에 심각한 문제이다.

**발명의 내용**

[0005] 본원에서 개시하는 실시예들은, 재순환되는 숯의 유속을 정확하게 계량 및 제어할 수 있고, 고체를 저압 환경에서 고압 환경으로 효율적이고 효과적으로 이송할 수 있는, 연속적으로 동작될 수 있는 저 유지 시스템에 관한 것이다.

[0006] 일 양태에서, 본원의 실시예들은 탄소질 물질의 가스화 시스템에 관한 것이다. 시스템은 탄소질 물질의 가스화를 위한 가스화 반응기를 포함할 수도 있어서, 숯과 합성가스를 함유하는 오버헤드 생성물 스트림을 생성할 수도 있다. 또한, 시스템은, 오버헤드 생성물 스트림을 숯을 포함하는 고체 스트림과 합성가스를 포함하는 기체 스트림으로 분리하기 위한 분리기를 포함할 수도 있다. 또한, 시스템은 고체 스트림을 가스화 반응기로 재순환시키기 위한 서브 시스템을 포함할 수도 있다. 재순환 시스템은, 축적된 숯의 베드를 가로질러 압력 차를 생성하도록 분리기로부터 고체 스트림을 수용하여 고체 스트림보다 큰 압력을 갖는 숯을 포함하는 최하부 스트림을 생성하는 스탠드파이프(standpipe)를 포함할 수도 있다. 또한, 재순환 시스템은, 최하부 스트림을 수용하는 보유 용기, 및 보유 용기로부터 숯을 수용하고 재순환되는 숯의 연속적이고 정확한 유동을 가스화 반응기에 제공하도록 구성된 유동화 베드 분배 용기(fluidized-bed distribution vessel)를 포함할 수도 있다.

[0007] 다른 일 양태에서, 본원의 실시예들은 탄소질 물질의 가스화 시스템에 관한 것이다. 시스템은, 숯과 합성가스를 함유하는 오버헤드 생성물 스트림을 생성하는 탄소질 물질의 가스화를 위한 가스화 반응기, 및 오버헤드 생성물 스트림을 숯을 포함하는 고체 스트림과 합성가스를 포함하는 기체 스트림으로 분리하기 위한 분리기를 포함할 수도 있다. 또한, 시스템은 고체 스트림을 가스화 반응기로 재순환시키기 위한 서브 시스템을 포함할 수도 있다. 재순환 시스템은, 분리기로부터 고체 스트림을 수용하고, 축적된 숯의 베드를 가로질러 압력 차를 생성하고 축적된 숯의 베드의 최하부 부분을 부분적으로 유동화시켜 재순환되는 숯의 연속적 유동을 가스화 반응기에 제공하도록 구성된 스탠드파이프를 포함할 수도 있다.

[0008] 또 다른 일 양태에서, 본원의 실시예들은 숯을 가스화 반응기로 재순환시키는 방법에 관한 것이다. 이 방법은, 숯과 합성가스를 포함하는 가스화 반응기 유출물을 분리하여 숯을 포함하는 고체 스트림과 합성가스를 포함하는 증기 스트림을 생성하는 단계를 포함할 수도 있다. 고체 스트림 내의 숯은 스탠드파이프에 공급될 수도 있고, 숯이 가스화 반응기로 재순환될 수도 있도록 압력 차를 생성하게끔 스탠드파이프 내에 숯의 양이 축적될 수도 있다.

[0009] 다른 양태 및 이점은 다음에 따르는 상세한 설명 및 첨부된 청구 범위로부터 명백할 것이다.

**도면의 간단한 설명**

[0010] 도 1은 본원에 개시된 실시예들에 따른 숯 재순환 시스템을 포함하는 가스화 시스템의 간략화된 공정 흐름도이다.

도 2는 본원에 개시된 실시예들에 따른 대체 숯 재순환 시스템을 포함하는 가스화 시스템의 간략화된 공정 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0011] 일 양태에서, 본원의 실시예들은 탄소질 물질을 합성 가스(합성 가스)로 전환하는 방법에 관한 것이다. 고체

연료 가스화 방법에 있어서, 숯이라고 불리는 다량의 건조되고 부분적으로 반응된 입자가, 가스화 반응기에서 생성된 합성가스에 동반될 수도 있다. 재와 전환되지 않은 탄소를 포함할 수도 있는 이 숯은, 최종 소비를 위해 가스화기로 다시 분리, 이송, 및 재순환되어, 추가 합성가스 및 슬래그를 생산해야 한다. 예를 들어, 숯은 버너 또는 버너들을 통해 공기 또는 산소와 같은 산화제와 함께 가스화기 내에 다시 주입될 수도 있다. 가스화기가 너무 낮거나 너무 높은 온도에서 동작하지 않도록 각 버너의 숯/산화제 비를 제어할 필요가 있다. 너무 낮은 온도는 숯의 불완전한 전환을 초래하는 한편, 너무 높은 온도는 가스화기의 내화성 라이닝을 손상시킬 수도 있다. 따라서, 정확한 양의 산화제가 버너에 첨가될 수도 있도록 일정한 차트 유속을 유지하는 것이 바람직하다. 이는 본원에 기술된 바와 같이 스탠드파이프-유체 베드 하이브리드 재순환 시스템에 의해 달성될 수도 있다. 빈번한 순환을 갖는 다수의 용기로 구성된 로크 호퍼와는 달리, 본원에 기재된 스탠드파이프-유체 베드 하이브리드 재순환 시스템은, 고체 재순환 스트림의 압력을 증가시키면서 연속적이고 계량된 유동을 유리하게 유지할 수 있다. 연속적이고 측정 가능하며 제어 가능한 유동을 제공하는 능력은 이하에서 더 설명하는 시스템에 몇 가지 이점을 제공한다. 간략히 전술한 바와 같이, 본원에서 사용되는 바와 같이, "숯"이라는 용어는, 가스화 반응기 유출물 내에서 동반될 수도 있는 전환되지 않은 또는 부분적으로 전환된 탄소질 입자 및 재 입자를 지칭한다.

[0012] 본원의 실시예들에 따른 탄소질 물질의 가스화 시스템 및 방법은, 탄소질 물질을 가스화하여 합성가스와 동반되는 숯을 포함하는 생물물 스트림을 생성하기 위한 가스화 반응기 또는 가스화기를 포함할 수도 있다. 본원의 실시예들에서 유용한 가스화기는, 새로운 탄소질 공급물이 가스화기의 상부 섹션에 도입되고 재순환된 숯이 가스화기의 하부 섹션으로 도입되는, 일단계 가스화기, 또는 후술하는 2단계 가스화기와 같은 다단계 가스화기를 포함할 수도 있다. 탄소질 공급물은, 물 슬러리에 현탁되어 있는 분쇄된 미세 고체 또는 미립자 형태일 수 있다.

[0013] 사이클론 분리기와 같은 분리기는 합성가스로부터 동반된 숯을 분리하는 데 사용될 수도 있다. 이어서, 전환되지 않은 탄소질 물질을 포함할 수도 있는, 분리기로부터 회수된 동반된 숯은, 추가 합성가스의 생산을 위해 가스화기로 재순환될 수도 있다. 분리기로부터 회수된 합성가스는 소량의 숯을 포함할 수도 있고, 사이클론 분리기 또는 필터 시스템과 같은 제2 분리기가 합성가스로부터 추가 숯을 제거하는 데 사용될 수도 있으며, 여기서, 추가 숯도 가스화기로 재순환될 수도 있다.

[0014] 공정 동역학에 따라, 가스화 반응기와 분리기의 고체 유출구 간의 압력 강하가 발생한다. 그 결과, 숯의 재순환은, 숯을 가스화 반응기로 다시 흐르게 하도록 압력을 증가시키는 방법을 필요로 한다. 그러나, 숯의 연마 특성은 가압 및 감압을 통해 동작하는 시스템의 신뢰성에 영향을 끼치고, 액체의 양이 가스화 반응기의 동작 및 전환 효율에 악영향을 끼칠 수도 있으므로, 숯을 재순환시키기 위해 액체 슬러리 시스템을 사용하는 것은 일반적으로 바람직하지 않다.

[0015] 스탠드파이프를 포함하는, 본원에 기재된 바와 같은 재순환 시스템은, 가스화 반응기로서의 재순환을 용이하게 하도록 회수된 숯의 적절한 가압을 제공하는 것으로 밝혀졌다. 본원에서 사용되는 바와 같은 스탠드파이프는 비교적 큰 용기를 포함할 수도 있으며, 스탠드파이프 내의 숯의 축적은 압력 차를 생성할 수도 있으며, 축적되는 입자들의 중량으로 인해, 스탠드파이프의 최하부에서의 압력이 스탠드파이프의 최상부에서의 압력보다 크게 되어, 가스화기로서의 숯의 이송을 용이하게 한다. 예를 들어, 본원의 실시예들에 따른 스탠드파이프는, 재순환 시스템을 통한 숯의 이송에 필요할 수도 있으므로, 3psi, 5psi, 7psi, 10psi, 12psi, 14psi, 또는 그 이상의 압력을 형성하면서 30feet, 50feet, 70feet, 100feet, 또는 그 이상의 높이를 가질 수도 있다. 일부 실시예에서, 본원의 실시예들에 따른 스탠드파이프는, 약 3psi 내지 약 15psi 범위, 예컨대 약 5psi 내지 약 9psi 범위의 압력 형성을 허용하는 데 충분한 높이를 가질 수도 있다.

[0016] 요구되는 압력 형성은, 사용되는 가스화 시스템, 및 고체 이송 및 가스화기로서의 주입을 용이하게 하는 데 필요한 압력 차에 의존할 수도 있다. 또한, 실현되는 압력 형성은 숯의 특성들에 의존할 수도 있고, 이러한 숯의 특성들은, 특히, 처리되는 탄소질 공급원료의 유형, 가스화 반응기 내의 동작 조건(예를 들어, 온도와 압력), 및 크기, 충전 밀도, 및 생성된 숯 미립자의 다공성에 의존할 수도 있다.

[0017] 전체 시스템 설계는, 일정한 탄소질 공급원료를 위해 구성될 수도 있고, 또는 다수의 탄소질 공급원료와 함께 동작하도록 구성될 수도 있다. 예를 들어, 고급 숯과 비교할 때, 비교적 고 함량의 물을 함유하는 물 슬러리를 사용하여 2단계 가스화 반응기의 상부 단계에 저급 숯이 공급될 수도 있다. 이에 따라, 상부 반응 구역의 최상부에서의 유출구 온도가 낮아질 수도 있고 분리 및 재순환되는 동반된 숯의 양이 현저하게 증가할 수도 있으며, 숯 등급의 차이에 따라, 숯 재순환의 양의 10배만큼 많아질 수도 있다. 스탠드파이프를 이용하는 본원의 실시

예들에 따른 시스템은, 효율적이고 연속적이며 측정 가능한 가스화 반응기로의 숯의 재순환을 제공할 수도 있다. 예를 들어, 숯은 2단계 가스화 반응기의 하부 섹션에 도입될 수도 있고, 하부 섹션은 숯만을 또는 숯과 탄소질 물질의 혼합물을 처리한다. 본원의 실시예들은, 제한된 양의 유동화 매질, 예컨대, 합성가스, 질소, 이산화탄소, 또는 다른 적합한 유동화 가스를 갖는 조밀 상(dense phase)으로서의 재순환 숯의 공급을 제공한다. 가스화 공정으로부터 회수 가능한 부산물인 이산화탄소가 특정 실시예에서 사용될 수도 있다.

[0018] 조밀 상 이송은, 고체를 동반시키는 데 필요한 가스의 양 때문에 회석 상 이송보다 바람직하다. 회석 상 이송 시스템의 경우에는, 고체 파운드당 2파운드의 유동화 가스가 필요할 수도 있지만, 조밀 상 시스템은, 동일한 고체의 파운드당 0.02파운드의 유동화 가스만을 필요로 할 수도 있어서, 고체를 동반시키는 데 필요한 가스의 양이 1/100배 차이 난다. 또한, 회석 상 이송 시스템에서의 이송 속도는 초당 40피트를 초과하지만 조밀 상 시스템에서는 초당 20피트 미만일 수도 있다. 동반된 연마성 고체와 결합된 회석 상 시스템에서의 높은 이송 속도로 인해 배관 시스템에서 심각한 침식 문제가 발생한다. 재순환 숯이 가스화 반응 챔버로의 주요 공급물인 경우, 재순환 숯과 함께 가스화기로 공급되는 회석 상 이송 시스템에 연관된 대량의 동반 가스는, 회석 상 이송 시스템에서 사용하는 데 비실용적이다. 숯을 스탠드파이프에 의해 제공되는 조밀 상으로서 가스화 반응기에 연속적으로 재순환시키는 능력은, 유리하게, 반응기 제어 및 공급원료의 유연성을 용이하게 할 수도 있다.

[0019] 이제 도 1을 참조하면, 본원의 실시예들에 따른 가스화 시스템의 간략화된 공정 흐름도가 도시되어 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, 가스화 반응기(10)는 반응기 하부 섹션(30) 및 반응기 상부 섹션(40)을 포함한다. 가스화 공정의 제1 단계는 반응기 하부 섹션(30)에서 발생하고, 가스화 공정의 제2 단계는 반응기 상부 섹션(40)에서 발생한다. 반응기 하부 섹션(30)은, 제1 단계 반응 구역을 한정하고, 대안적으로 제1 단계 반응 구역이라고 칭한다. 반응기 상부 섹션(40)은, 제2 단계 반응 구역을 한정하고, 대안적으로 제2 단계 반응 구역이라고 칭한다. 2단계 가스화기와 관련하여 설명되었지만, 본원에 개시된 실시예들은 다른 가스화기들로 동작될 수도 있다.

[0020] 도 1에 도시한 실시예에 따르면, 고체 공급원료는, 시스템에 진입하기 전에 숯-물 슬러리에서와 같이 분쇄되거나(미도시) 또는 갈리고 슬러리화될 수도 있다. 분쇄된 숯 또는 숯-물 슬러리와 같은 갈리고 슬러리화된 탄소질 물질 등의 미립성 탄소질 물질의 분쇄된 고체 스트림은, 공급 장치(80) 및/또는 추가 공급 장치(도시되지 않음)를 통해 가스화 반응기의 상부 섹션(40)에 주입된다. 이어서, 탄소질 물질은, 예를 들어 가스화 반응기 하부 섹션(30)으로부터 상승하는 2300°F와 2900°F 사이의 온도에서 고온 합성가스와 접촉하게 된다. 슬러리 또는 탄소질 물질은 건조되고, 그 일부는 열분해를 통해 합성가스로 전환된다. 물 증발과 열분해 반응은 흡열 반응이므로, 탄소질 물질과 합성가스의 혼합물의 온도는, 그 혼합물이 반응기 상부 섹션(40)을 통해 상승으로 이동함에 따라 감소한다. 미반응 고체 미립자(예를 들어, 숯) 및 가스 생성물(예를 들어, 합성가스)을 포함하는 제2 혼합물 생성물이 반응기 상부 섹션(40)의 최상부를 벗어날 때까지, 혼합물 생성물 온도는 예를 들어 약 400°F 내지 약 1900°F 범위의 온도로 감소된다. 실제로 사용되는 온도는 공급원료 및 특정한 반응기 구성에 의존할 수도 있다.

[0021] 동반된 고체 미립자와 가스 생성물을 포함하는 혼합물 생성물은 반응기 상부 섹션(40)을 벗어나 사이클론 분리기(50)로 이동된다. 사이클론 분리기(50)는, 혼합물 생성물을 미반응 고체 미립자를 포함하는 고체 생성물 스트림과 가스 생성물 스트림으로 분할하여, 가스 생성물 스트림에 고체 미립자의 작은 부분만을 잔류시킨다. 고체 생성물 스트림은 유출구(70)를 통해 사이클론 분리기(50)를 벗어난다.

[0022] 이어서, 사이클론 분리기(50)의 최하부로부터 회수되는 고체 생성물은 스탠드파이프(120)의 최상부로 공급된다. 고체는 스탠드파이프(120) 내에 축적되어 집중된다. 스탠드파이프 내에 축적된 고체의 높이로 인해 스탠드파이프의 최하부에 압력이 형성된다. 이어서, 축적된 고체는 유동 라인(125)을 통해 스탠드파이프(120)의 최하부에서 보유 용기(130)로 이송된다. 축적된 고체는, 다양한 실시예에서 연속적으로 또는 반연속적으로 이송될 수도 있으며, 예를 들어, 유동 라인(126)을 통해 도입될 수도 있는 합성가스, 이산화탄소, 또는 질소의 최소량으로 중력에 의해 또는 조밀 상 이송을 통해 이송될 수도 있다.

[0023] 보유 용기(130)는, 유동화 베드 분배 용기(140) 위에 배치될 수도 있으며, 숯을 유동 라인(142)을 통해 다시 가스화기로 이송하는 것을 용이하게 하고 숯의 가스화기로의 유속의 측정을 용이하게 하는 데 사용될 수도 있다. 예를 들어, 보유 용기(130)는, 주기적으로 개방되어 고체를 유동화 베드 분배 용기(140)로 공급하여 반응기 하부 섹션(30)으로 재순환시킬 수도 있으며, 반응기 하부 섹션에서의 고체의 유속은, 유동화 베드 분배 용기(140) 내의 입자들의 볼륨의 강하에 의해 또는 유동화 베드 분배 용기(140)의 중량 차에 의해 결정될 수도 있다. 대안으로, 유동 라인(142) 상에서 사용되며 시판되고 있는 고체 유량계를 사용하여, 재순환되는 숯의 유속을 측정

할 수도 있으며, 보유 용기(130)는 유동화 베드 분배 용기(140) 내의 입자들의 강하를 통한 유량계의 주기적 교정(calibration)을 용이하게 할 수도 있다. 보유 용기(130)는, 유동화 베드 분배 용기(140) 위에 배치되어 있지만, 독립적으로 지지되며, 보유 용기(130) 내에 축적되는 고체는, 중량 차가 요구되는 유동화 베드 분배 용기(140)의 강하 동안 중량 결정에 영향을 끼치지 않는다.

[0024] 고체 생성물이 중력에 의해 유동하는 파이프의 길이에 해당하는 스탠드파이프(120)는, 사이클론(50)과 같은 저압 영역으로부터 가스화 반응기(10)와 같은 고압 영역으로 고체를 전달하는 데 사용될 수도 있다. 스탠드파이프(120)의 최하부 유출구에서 이용가능한 압력은, 다른 인자들 중에서, 스탠드파이프의 높이, 스탠드파이프 내의 고체 레벨의 높이, 고체의 특성(즉, 밀도, 다공성, 입자 크기 분포, 패킹 효율 등), 및 얼마나 많은 가스가 고체에 동반되는지에 의존한다. 전형적으로, 숯 유형의 탄소질 물질의 경우, 스탠드파이프의 높이 10피트당 약 1 내지 2psi의 압력 상승을 기대할 수 있다. 따라서, 70피트 높이의 스탠드파이프의 경우, 스탠드파이프의 최하부로부터 배출되는 고체의 압력은 스탠드파이프의 최상부에 비해 약 7 내지 14psi 높다. 도 1에 도시된 바와 같은 2단계 가스화 반응기에 대해, 고체 이송 라인, 버너(또는 분산 장치), 가스화기, 및 사이클론을 가로지르는 압력 강하에 따라, 스탠드파이프(120)는, 상부 반응 섹션(40)의 높이의 적어도 절반의 높이를 가질 수도 있고, 예를 들어, 일부 실시예에서 상부 반응 섹션(40)의 높이와 적어도 동가의 높이를 가질 수도 있다.

[0025] 유동화 베드 분배 용기(140)는, 반응기 하부 섹션(30) 상의 하나 이상의 분산 장치(60 및/또는 60a)를 향하여 하나 이상의 이송 라인(142)을 통해 가스화 반응기(10)의 최하부 내로 숯을 이송하고 재순환시키는 데 사용된다. 유동 라인(127)을 통해 공급되는 질소 또는 합성가스와 같은 유동화 매질은 유동화 베드 분배 용기(140)에 도입되어 고체를 유동화 및 이송할 수도 있다. 전형적으로, 유동화 베드 분배 용기(140)와 분산 장치(60 및/또는 60a) 사이의 이송 라인들(142)의 길이 및 구성은, 각 라인에서 유사한 유속을 보장하게끔 각 라인마다 압력 차 강하가 동일하도록 조절된다. 이송 라인의 압력 강하는 예를 들어 10피트의 배관당 약 1 내지 2psi일 수도 있다. 이송 라인을 통한 압력 강하는 유속을 조절하기 위한 내장형 제한 오리피스로서 사용될 수도 있다. 따라서, 유동화 매질의 양을 조절하여 유동화 베드 분배 용기(140)의 베드 밀도를 가변함으로써, 라인을 통과하는 고체 유속이 조절될 수 있고, 이에 따라 통상적으로 동작하는 데 훨씬 큰 압력 차(예를 들어, 10 내지 15psi)를 필요로 하는 유동 제어 밸브가 필요 없다. 이러한 유동화 베드 분배 용기(140)에서의 압력 강하는 매우 낮게 유지될 수도 있다. 스탠드파이프(120), 보유 용기(130), 및 유동화 베드 분배 용기(140)를 조합함으로써, 고체가 로크 호퍼를 사용하지 않고 저압 영역으로부터 고압 영역으로 전달될 수도 있다.

[0026] 유량계에 의한 고체 유속의 측정은 어려울 수 있다. 용량성 원리를 이용하여 파이프를 통해 흐르는 고체 매질의 밀도와 그 고체 매질의 이동 속도를 측정하여 질량 유속을 계산하는, 현장에서 사용되는 유량계가 있다. 이러한 유량계는, 전도성이 높지 않은 고체에 대하여, 예를 들어, 석유 코크스와 같이 매우 적은 재 또는 미네랄 함량을 갖는 숯과 탄소질 물질에 대하여 제대로 동작하지 않는다. 대조적으로, 본원의 실시예들에 따른 시스템은, 중량 손실 또는 볼륨 손실과 같은 중량 측정에 의한 고체 유동 측정을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 유동화 베드 분배 용기(140)는, 중량 손실 속도를 감시하도록 중량 셀에 장착될 수도 있거나, 베드 레벨과 이에 따른 볼륨 변화를 감시하도록 외장형 방사선 기반 센서가 장착될 수도 있다. 유동화 베드 분배 용기(140)의 공급 시스템을 이용하는 경우, 고체 물질은, 중량 손실(및 이에 따른 버너에 대한 숯의 유속)을 감시할 수 있도록 보유 용기(130)를 통해 유동화 베드 분배 용기(140) 내로 일괄 배치될 수도 있다. 유사하게, 숯의 알려진 물성(밀도, 충전 밀도 등)의 경우, 볼륨 손실은 재순환되는 고체 유속의 충분히 정확한 측정을 제공할 수도 있다. 본원의 시스템은, 숯의 특성을 결정하도록 숯의 샘플을 회수하기 위한 하나 이상의 샘플 포트를 추가로 포함할 수도 있다.

[0027] 스탠드파이프(120)를 유동화 베드 분배 용기(140)와 결합하기 위해, 보유 용기(130)는 그러한 두 개의 시스템을 연결하고 이들 시스템 간의 인터페이스로서 기능하도록 사용된다. 이 보유 용기(130)는, 유동화 베드 분배 용기(140)의 최상부 상에 직접 위치될 수도 있고, 예를 들어 자동화된 빠른 풀-포트 개방 밸브(full-port quick opening valve)에 의해 보유 용기(130)로부터 분리될 수도 있다. 보유 용기(130) 내의 압력은 유동화 베드 분배 용기(140) 내의 압력과 동일하거나 약간 더 높다. 동작 중에, 고체는, 보유 용기(130)의 유출구에 위치하는 밸브가 초기에 폐쇄된 상태에서, 스탠드파이프(120)로부터 보유 용기(130) 내로 흐른다. 보유 용기(130)가 가득 차게 되면, 밸브는 개방되고, 보유 용기(130) 내의 고체가 비워져 유동화 베드 분배 용기(140) 내로 이동하게 된다. 이어서, 밸브가 폐쇄되고, 사이클이 반복된다. 보유 용기(130)의 가압 또는 감압은 필요하지 않다. 유동화 베드 분배 용기(140)로부터의 각각의 이송 라인(142)과 각각의 버너(또는 분산 장치)를 통한 고체의 유동은, 보유 용기(130)로부터의 고체 전달 동안에도 방해 받지 않는다.

[0028] 유속은, 유동화 베드 분배 용기(140) 상에 장착된 방사선 기반 센서에 의해 볼륨으로 또는 중량 셀에 의해 중량

측정으로 감시될 수도 있다. 중량 또는 볼륨은 보유 용기(130)로부터의 각 고체 전달 후에 리셋되고, 그 후 시간 경과에 따른 중량 차 또는 볼륨 손실을 이용하여 유동화 베드 분배 용기(140)로부터 가스화기(10)로의 고체의 유속을 결정할 수도 있다. 대안으로, 전술한 바와 같이, 고체 유량계는, 유동화 베드 분배 용기(140)의 유출구에 또는 용기로부터 버너까지의 각각의 개별 이송 라인(142) 상에 설치될 수 있다. 고체 유량계를 사용하여 고체 유속을 독립적으로 감시하는 경우, 보유 용기(130)의 최하부 밸브가 항상 개방된 상태로 있을 수 있고, 고체는, 스탠드파이프(120)로부터 고체 보유 용기(130)를 통해 유동화 베드 분배 용기(140) 내로 직접 흐를 수 있다. 보유 용기(130)와 최하부 밸브는, 고체 유량계의 교정이 필요할 때에만, 예를 들어, 1일 1회 또는 2회 또는 원하는 만큼 빈번하게 사용된다.

[0029] 이어서, 고체 생성물 스트림은 분산 장치(60 및/또는 60a)를 통해 가스화기(10)의 반응기 하부 섹션(30)으로 다시 재순환된다. 이들 장치는, 고체 및 산화제를 반응기의 제1 단계에 첨가하는 동안 재순환된 고체를 공기 또는 산소와 같은 기체 산화제와 혼합한다. 산소 또는 공기의 유동 속도, 및 이에 따른 가스화기의 온도는, 유동화 베드 분배 용기(140)로부터 가스화기(10)로의 고체의 유속에 적어도 부분적으로 기초할 수도 있다.

[0030] 고체 생성물 스트림(주로 숯을 포함함)은, 가스화 반응기(10)의 반응기 하부 섹션(30)(또는 제1 단계 반응 구역)에서 과열된 스팀의 존재 하에서 산소와 반응한다. 이러한 발열 반응은, 예를 들어, 제1 단계에서의 가스의 온도를 1500°F와 3500°F 사이의 온도로 상승시킨다. 반응기 하부 섹션에서 생성된 고온 합성가스는, 탄소질 고체 또는 슬러리 공급원료와 접촉하게 되는 반응기 상부 섹션(40)으로 상측으로 유동한다. 수분 함량을 증발시키고 공급원료 입자를 건조시키고 고온 합성가스에 의해 상승 온도까지 가열한 다음, 건조 입자를 스팀과 반응시켜 CO 및 수소를 생성한다.

[0031] 다시 도 1에 도시한 바와 같은 실시예를 참조해 볼 때, 제1 단계의 온도는 일반적으로 재 용융점보다 높다. 결과적으로, 동반된 재 입자들은, 용융되고 응집되어 용융된 점성 슬래그로 되어, 가스화기의 측면 아래로 흘러 반응기 유출구(20)를 통해 반응기로부터 벗어나 냉각(quench) 챔버(도시되지 않음)에 진입한다. 슬래그는 수냉각되고 궁극적으로 고체 슬래그 생성물로서 수집된다. 물은, 분산 장치(60 및/또는 60a)를 통해 또는 별도의 분산 장치를 통해 가스화 반응기(10)의 하부 섹션(30)으로 스팀으로서 공급된다. 물은 저장 탱크(도시되지 않음)로부터 또는 수도 사업체(water utility)로부터 나오는 것일 수도 있다.

[0032] 도 1을 더 참조하면, 사이클론 분리기(50)로부터 배출되는 가스 생성물 스트림(52)은, 수소, 일산화탄소, 이산화탄소, 수분(수증기), 소량의 메탄, 황화수소, 암모니아, 질소, 및 잔류 고체 미세물의 작은 부분을 포함할 수도 있다. 이어서, 가스 생성물은, 사이클론 필터 또는 캔들 필터와 같은 미립자 필터링 장치(110) 내에 도입되어, 잔류 고체 미립자 및 미립자가 제거되어 스트림(112)을 통해 가스화 반응기(10)의 하부 섹션(30)으로 다시 재순환된다. 대안으로, 잔류 고체는 가스화 반응기(10)로 재순환되도록 스탠드파이프(120)에 공급될 수도 있다.

[0033] 도 1에 도시한 바와 같은 소정의 실시예에서, 스트림(142)을 통해 공급되는 재순환되는 숯, 및 스트림(85)을 통해 공급되는 산소 함유 가스의 스트림은 하나 이상의 스트림을 통해 혼합되거나 개별적으로 공급될 수도 있고, 스트림(87)을 통해 공급되는 스팀은 하나 이상의 분산 장치(60, 60a)를 통해 가스화 반응기 하부 섹션(30)에 진입할 수도 있다. 두 개보다 많은 분산 장치, 예를 들어, 90도 간격으로 배열된 4개의 분산 장치를 사용할 수 있다. 분산 장치들의 세트는, 상이한 레벨에 있을 수 있으며 동일한 평면 상에 있을 필요가 없다.

[0034] 다시 도 1에 도시한 실시예를 참조해 볼 때, 비연소된(unfired) 반응기 상부 섹션(40)은, 연소된 반응기 하부 섹션(30)의 최상부에 직접 연결되어, 고온 반응 생성물이 반응기 하부 섹션(30)으로부터 반응기 상부 섹션(40)으로 직접 전달된다. 이는 기체 반응 생성물 및 동반된 고체의 열 손실을 최소화함으로써 공정 효율을 증가시킨다.

[0035] 도 1에 도시된 실시예를 더 참조하면, 분산 장치(60, 60a)는 숯과 같은 미립자 고체의 분산된 공급물을 제공한다. 분산 장치는, 고체를 위한 중심 튜브, 및 내부적으로 또는 외부적으로 공통 혼합 구역에 개방되는 분산 가스를 함유하는 중심 튜브를 둘러싸는 환형 공간을 갖는 유형일 수도 있다. 또한, 비연소된 반응기 상부 섹션(40)의 공급 장치(80)는 전술한 분산 장치와 유사할 수도 있다.

[0036] 가스화 반응기를 구성하는 데 사용되는 물질은 다양할 수도 있다. 예를 들어, 반응기 벽은, 강철일 수도 있고, 열 손실을 줄이고 고온 및 부식성 용융 슬래그로부터 용기를 보호하고 또한 더욱 양호한 온도 제어를 제공하도록 반응기 하부 섹션(30)에서는 절연성 구조가능 또는 세라믹 섬유 또는 고 크롬 함유 벽돌 등의 내화성 벽돌로 및 반응기 상부 섹션(40)에서는 고로 및 닌슬래그 응용분야에서 사용되는 것 등의 조밀한 매질로 라이닝(line)

될 수도 있다. 이러한 유형의 시스템을 사용함으로써, 공정에서 사용되는 탄소질 고체로부터 열 값의 높은 회수를 제공할 수도 있다. 선택적으로 및 대안으로, 벽은, 연소된 반응기 하부 섹션(30) 및 선택적으로 비연소된 상부 섹션(40)을 위한 "콜드 월"(cold wall) 시스템을 제공함으로써 언라이닝될 수도 있다. 본원에서 사용되는 바와 같은 "콜드 월"이라는 용어는, 벽이 물 또는 스팀일 수도 있는 냉각 매질을 갖는 냉각 재킷에 의해 냉각되는 것을 의미한다. 이러한 시스템에서, 슬래그는, 냉각된 내벽에서 결빙되고 이에 따라 냉각 재킷의 금속 벽을 열 열화로부터 보호한다.

[0037] 슬래그 가스화기 반응기 하부 섹션(30)에 있어서 공정의 제1 단계에서의 반응의 물리적 조건은, 약 250포와즈 이하의 점성도를 갖는 용융된 재료로부터 용융된 슬래그를 생성하기 위해 재의 용융점을 초과하는 온도에서의 숯의 급속한 가스화를 보장하도록 제어 및 유지된다. 이 슬래그는, 탭홀(taphole)(20)을 통해 반응기로부터 배출되며, 추가 처리될 수도 있다.

[0038] 반응기 상부 섹션(40)에서의 가스화 공정의 제2 단계에서의 반응의 물리적 조건은, 탄소질 공급원료의 신속한 가스화 및 가열을 보장하도록 제어되고, 일부 실시예에서는 그 가스성 범위를 초과하는 숯의 가열을 포함할 수도 있다. 그러나, 일부 2단계 가스화 반응기는, 반응기 상부 섹션(40)의 온도를 숯의 가스성 범위 미만으로 되도록 제어할 수도 있다. 반응기 하부 섹션(30)의 온도는, 1500°F와 3500°F 사이의 범위로 유지되며, 또는 2000°F와 3000°F 사이의 범위로 유지될 수도 있다. 가스화 반응기(10)의 반응기 상부 섹션(40)과 하부 섹션(30) 모두의 내부의 압력은 대기압에서 1000psig 이상으로 유지된다. 상부 반응 구역에서의 조건은 반응의 정도뿐만 아니라 바람직한 반응에도 영향을 끼칠 수도 있으므로, 특정한 탄소질 공급원료로부터 원하는 생성물 혼합물을 제공하기 위해서는 조작 조건을 선택할 때 주의를 기울여야 한다.

[0039] 본원에서 사용되는 바와 같이, 반응기 하부 섹션(30)으로 공급되는 용어 "산소 함유 가스"는 적어도 20%의 산소를 함유하는 임의의 가스로서 정의된다. 산소 함유 가스는, 예를 들어, 산소, 공기, 및 산소 풍부 공기를 포함할 수도 있다.

[0040] 임의의 탄소질 물질이 본원에 기재된 실시예에 대한 공급원료로서 이용될 수 있다. 일부 실시예에서, 탄소질 물질은, 갈탄, 역청탄, 아역청탄 및 이들의 임의의 조합을 포함하지만 이에 제한되지 않는, 숯이다. 추가 탄소질 물질은, 숯으로부터 유도된 코크스, 석탄, 숯 액화 잔류물, 미립자 탄소, 석유 코크스, 오일 세일로부터 유도된 탄소질 고체, 타르 샌드, 피치, 바이오매스, 농축 하수 슬러지, 쓰레기 비트, 고무, 및 이들의 혼합물을 포함할 수도 있다. 상기 예시된 물질들은 분쇄된 고체 형태일 수 있다.

[0041] 숯 또는 석유 코크스가 공급원료인 경우, 이를 분쇄하여 건조 고체로서 공급할 수 있으며, 또는 반응기 상부 섹션에 첨가하기 전에 물에서 갈아서 슬러리화할 수 있다. 일반적으로, 임의의 미세하게 분할된 탄소질 물질이 사용될 수도 있으며, 미립자 고체의 입자 크기를 감소시키는 공지된 방법들 중 임의의 것을 사용할 수도 있다. 이러한 방법의 예로는 볼, 로드, 및 해머 밀이 있다. 입자 크기가 중요한 것은 아니지만, 입자는 가스 스트림에서 입자의 동반을 허용할만큼 충분히 작아야 한다. 반응성을 개선하기 위해서는 미세하게 분할된 탄소 입자들이 바람직하다. 숯 공급 발전소에서 연료로서 사용되는 분말 숯은 전형적인 것이다. 이러한 숯은, 90%(중량)의 숯이 200메쉬 체를 통과하는 입자 크기 분포를 갖는다. 안정적이며 침전되지 않는 슬러리를 제조할 수 있다면, 반응성이 더욱 큰 물질에 대하여 100메쉬의 평균 입자 크기인 더욱 거친 크기도 사용할 수 있다.

[0042] 도 1과 관련하여 전술한 실시예는, 스탠드파이프를 통한 압력 형성, 및 이어서 유동화 베드 분배 용기를 통한 연속적이고 제어 가능하며 측정 가능한 유동을 포함한다. 연속적이고 제어 가능하며 측정 가능한 유동뿐만 아니라 압력 형성을 제공하는 능력은, 또한, 부분적으로 유동화된 스탠드파이프를 갖는 재순환 시스템에 의해 제공될 수도 있으며, 그 실시예가 도 2에 도시되어 있으며 이하에서 설명한다.

[0043] 이제 유사한 참조 번호가 유사한 부분을 나타내는 도 2를 참조해 보면, 본원의 하나 이상의 실시예에 따른 숯 재순환 시스템을 포함하는 가스화 시스템의 간략화된 공정 흐름도가 도시되어 있으며, 이러한 시스템은, 연속적으로 동작할 수도 있으며, 스탠드파이프를 이용하여 헤드 압력을 생성하여 고체를 저압 환경으로부터 고압 환경으로 이동시킬 수도 있고, 시스템으로부터의 고체는 정확하게 제어되는 유속으로 다수의 위치에 동시에 공급될 수 있다. 본 실시예에서, 숯 재순환 시스템(15)은, 고체가 사이클론 분리기(50)로부터 비워져 향하는 보유 용기(200)를 포함한다. 부분적으로 유동화된 스탠드파이프(210)는 보유 용기(200) 아래에 배치될 수도 있고, 다수의 이송 라인(143)은 유동화된 스탠드파이프의 최하부 부분으로부터 방출될 수도 있다.

[0044] 보유 용기(200)는 예를 들어 약 15분 내지 30분의 고체 저장 용량을 갖는 원추형 용기일 수도 있다. 보유 용기(200)는, 예를 들어, 원격 제어될 수도 있는 신속 개방 블록 밸브(212)에 의해 부분적으로 유동화된 스탠드파이프

프(210)로부터 분리될 수도 있다. 부분적으로 유동화된 스탠드파이프(210)는, 유동 라인(215)을 통해 부분적으로 유동화된 스탠드파이프(210)의 최하부에 도입되는 질소 또는 합성가스 등의 가스 매질에 의해 고체가 유지되고 유동화되는 수직 원통형 용기일 수도 있다. 스탠드파이프의 높이는, 고체를 고압 환경(예를 들어, 가스화기(10), 예컨대, 가스화기(10)의 하부 반응 섹션(30))으로 이송하기 위해 스탠드파이프의 최하부에서 충분한 정적 헤드 압력을 생성하는 고체 레벨을 측정할 만큼 충분히 높아야 한다. 부분적으로 유동화된 스탠드파이프의 직경은, 부분적으로 유동화된 스탠드파이프(210)에서의 고체의 이동이 방해받지 않을 정도로 충분히 커야 한다.

[0045] 부분적으로 유동화된 스탠드파이프(210)의 최하부(218)에는, 유동화 가스가 도입되는 다공성 매질 또는 분배 노즐(미도시)이 결합될 수도 있다. 유동 라인(215)을 통해 도입되는 유동화 가스의 양은, 고체 매질을 유동화하도록 충분해야 하지만, 고체 컬럼(축적된 숯)의 중량으로부터 부분적으로 유동화된 스탠드파이프의 최하부에서 최대 정적 헤드 압력을 생성하도록 최소화되어야 한다. 예를 들어, 숯의 특성에 따라, 부분적으로 유동화된 스탠드파이프는, 스탠드파이프 내의 고체의 10피트마다 1 내지 2psi의 헤드 압력을 생성할 수 있다. 특정 예로서, 분쇄된 숯의 유속 5,000lb/hr를 처리하도록 설계된, 직경 24인치 및 높이 70피트의 부분적으로 유동화된 스탠드파이프는, 부분적으로 유동화된 스탠드파이프의 최상부와 최하부 간에 14.5psi의 압력 차를 생성할 수 있다.

[0046] 다수의 이송 파이프라인(143)은, 서로 다른 버너들(또는 분산 장치)(60, 60a) 등의 분리된 위치로 고체를 이송하도록 유동화 가스가 도입되는 레벨의 바로 위에, 유동화 고체 베드의 최하부를 향하여 배치될 수도 있다. 고체는 도관(143)을 통해 조밀 상 모드로 유동하고, 각 이송 라인의 유속은, 예컨대 이송 가스 공급 라인(144)을 통해 각 이송 파이프 라인의 길이를 따라 고체 유동으로 직접 도입되는 이송 가스의 양을 조절함으로써 독립적으로 가변되고 제어될 수 있다. 각 이송 라인의 고체 유속은 고체 질량 유량계에 의해 측정될 수도 있다.

[0047] 정상적인 동작 동안, 보유 용기(200)와 부분적으로 유동화된 스탠드파이프(210) 간의 원격 제어 공압식 볼 밸브(230)는 개방된 상태로 유지될 수도 있다. 사이클론 분리기로부터의 고체는 보유 용기(200)를 통해 부분적으로 유동화된 스탠드파이프(210)로 유동한다. 부분적으로 유동화된 스탠드파이프(210)의 고체 레벨은, 스탠드파이프의 최하부로부터의 유출물을 사이클론 분리기와 보유 용기(200)로부터의 유입 유동과 균형을 맞추므로써, 스탠드파이프의 상부 부분에서 일정하게 유지된다. 고체 유량계의 교정은, 볼륨 차 또는 중량 차가 사용될 수도 있는 밸브(230)를 일시적으로 폐쇄함으로써 전술한 바와 유사하게 수행될 수도 있다. 예를 들어, 보유 용기(200) 및 부분적으로 유동화된 스탠드파이프(210) 모두는, 용기 내의 고체의 레벨을 측정하기 위해 방사선원(243)을 각각 갖는 방사선 측정(방사선 기반) 센서들(240, 242)을 구비할 수도 있고, 센서들(240, 242)은 다른 기능들 중에서 볼륨 강하 유속 교정을 제공하며, 센서(240)는 또한 교정 테스트를 시의적절하게 종료하도록 레벨 표시를 제공한다. 부분적으로 유동화된 스탠드파이프(210)의 최하부로부터 유출되는 이송 라인에서의 고체 유속은, 유동 라인(215)을 통해 부분적으로 유동화된 스탠드파이프(210)로 도입되는 유동화 가스의 양을 가변함으로써, 유동 라인(144)을 통해 이송 파이프라인(143)에 직접 첨가되는 이송 가스를 가변함으로써, 또는 부분적으로 유동화된 스탠드파이프(210) 내의 고체의 레벨을 가변함으로써 조절될 수 있다.

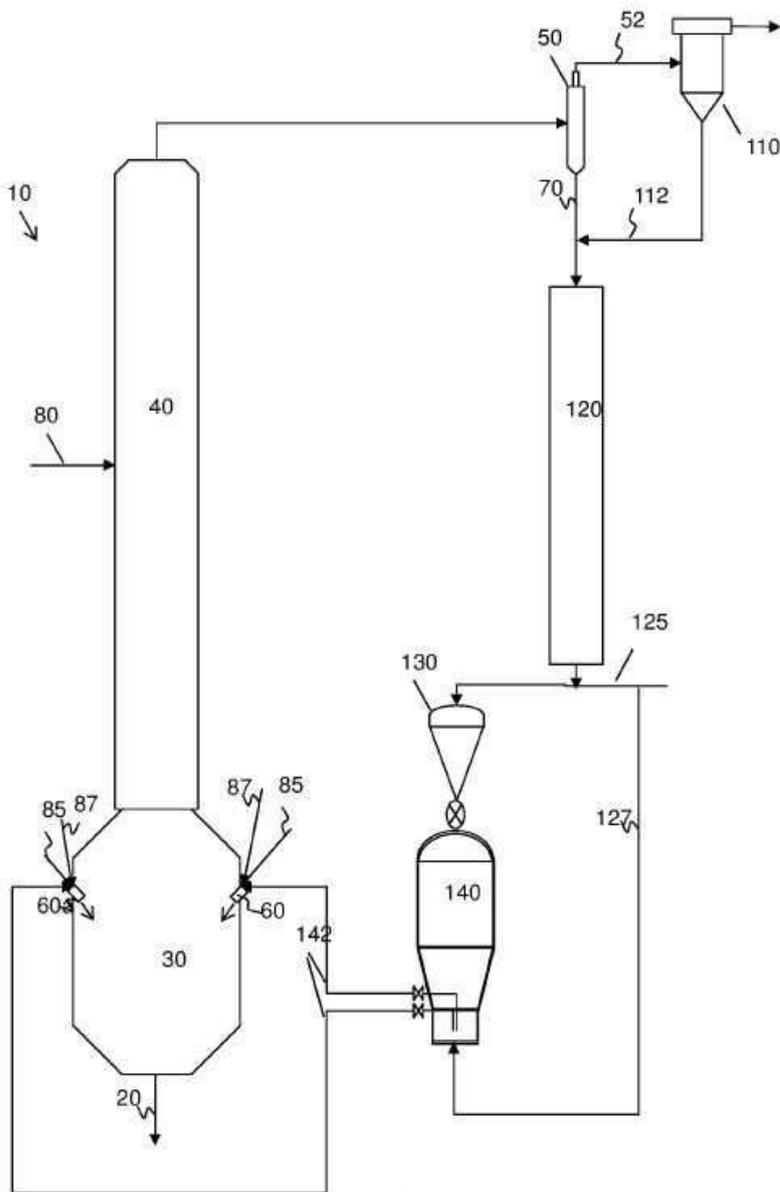
[0048] 도 2와 관련하여 전술한 실시예는, 도 1의 실시예와 유사하게, 압력 형성 및 연속 고체 이송을 제공하며, 따라서 유사한 장점을 갖는다. 도 2의 실시예는, 스탠드파이프를 통한 압력 형성, 및 이어서 부분적으로 유동화된 스탠드파이프 내에서의 입자 베드의 하부 부분의 유동화를 통해 연속적이고 제어 가능하며 측정 가능한 유동을 포함한다.

[0049] 유리하게, 전술한 하나 이상의 실시예에서 설명된 시스템은, 연속적으로 동작할 수 있고, 유지 보수 경향이 있고 고 비용의 로크 호퍼 시스템에 의해 요구되는 주기적 가압 및 감압 동작 없이, 저압 환경에서 고압 환경으로 고체를 이송할 수 있다. 고체 유속은, 또한, 더욱 정확하게 감시 및 제어될 수도 있어서, 가압 및 감압 시스템으로 인한 슬러그 공급에 비해 향상된 반응기 제어를 제공할 수도 있다. 본원에 개시된 숯 이송 시스템은, 가스화 공정에 유연성을 추가로 제공할 수도 있어서, 다른 숯 치리 및 가스화 반응기 시스템에 비해 더욱 다양한 종류의 공급물을 처리할 수 있게 한다.

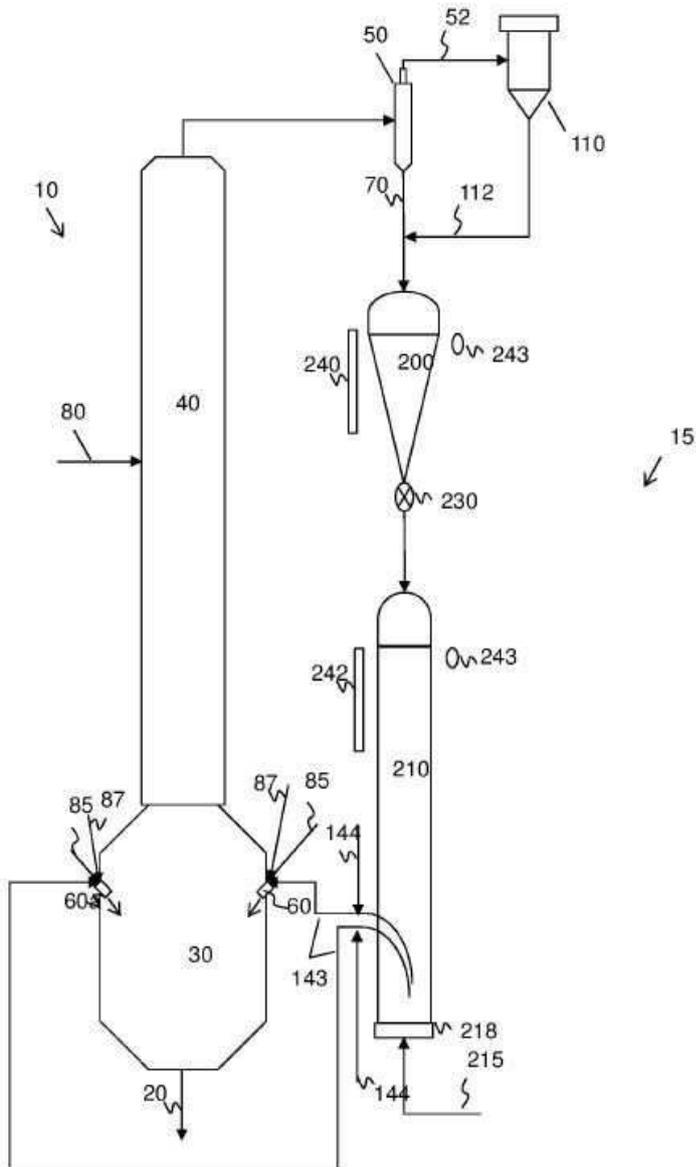
[0050] 본 개시 내용은 제한된 개수의 실시예를 포함하고 있지만, 본 개시 내용의 이점을 갖는 통상의 기술자는, 본 개시 내용의 범위를 벗어나지 않는 다른 실시예들도 가능하다는 점을 이해할 것이다. 이에 따라, 그 범위는 첨부된 청구범위에 의해서만 제한되어야 한다.

도면

도면1



도면2



**【심사관 직권보정사항】**

**【직권보정 1】**

**【보정항목】** 청구범위

**【보정세부항목】** 청구항 3

**【변경전】**

제1항에 있어서, 상기 가스화 반응기는 상기 탄소질 공급원료를 슬러리로서 수용하도록 구성된, 탄소질 물질의 가스화 시스템.

**【변경후】**

제1항에 있어서, 상기 가스화 반응기는 탄소질 공급원료를 슬러리로서 수용하도록 구성된, 탄소질 물질의 가스화 시스템.