



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년09월22일
 (11) 등록번호 10-1781242
 (24) 등록일자 2017년09월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 C10J 3/16 (2006.01) C10J 3/10 (2006.01)
 C10J 3/72 (2006.01) C12P 7/02 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-7029768
 (22) 출원일자(국제) 2011년04월11일
 심사청구일자 2016년03월10일
 (85) 번역문제출일자 2012년11월13일
 (65) 공개번호 10-2013-0054266
 (43) 공개일자 2013년05월24일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2011/000655
 (87) 국제공개번호 WO 2011/129878
 국제공개일자 2011년10월20일
 (30) 우선권주장
 12/798,852 2010년04월13일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 WO2009154788 A2*
 US03607157 A1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 이네오스 바이오 에스에이
 스위스 체하-1180 를 아브뉴 테 유펜 3
 (72) 발명자
 수트라다르 바그야 찬드라
 미국 60504 일리노이주 오토라 메도우릿지 드라이브 1010
 코 칭-완
 미국 72701 아칸소주 파이에트빌 미션 불러바드 1245
 (74) 대리인
 특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 19 항

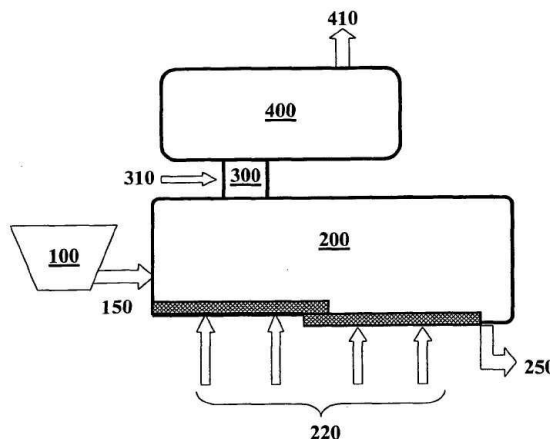
심사관 : 김광철

(54) 발명의 명칭 **탄소질 물질의 가스화 방법**

(57) 요약

일반적으로, 본 개시물은 합성 가스 또는 신가스를 제조하기 위한 탄소질 물질의 가스화 방법에 관한 것이다. 본 개시물은, 가스화기 내로 분자 산소-함유 가스를 첨가하고, 임의로는 물을 첨가하는 것을 포함하는 개선된 가스화 방법을 제공한다. 또한, 본 개시물은 하나 이상의 미생물의 존재 하에 발효 또는 소화를 통해 상기 합성 가스로부터 하나 이상의 알코올을 생산하는 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



도 1 : 본 발명에 대한 가스화 공정의 구현예를 설명하는 도식적 도표를 포함; 도 1은 2 단 가스화 공정의 구현예를 나타낸다.

명세서

청구범위

청구항 1

일산화탄소, 수소 및 타르를 포함하는 생산물 가스를 제조하기 위한, 가스화기에서의 탄소질 물질의 비촉매적 가스화 방법으로서,

상기 방법은, 상기 가스화기 내로 하나 이상의 탄소질 물질을 첨가하는 단계, 및 분자 산소-함유 가스를 첨가하는 단계를 포함하고;

상기 가스화기에 첨가되는 총 산소의 양이, 상기 가스화기에 첨가되는 총 탄소의 파운드 당 파운드로 2.0 초과 3.0 미만이고;

가스화기는 회분-탄소를 함유하는 회분을 생산하고, 상기 회분은 10 % 미만의 회분-탄소를 포함하고;

상기 생산물 가스는, 일산화탄소, 수소, 및 합성 가스-탄소를 포함하는 원료 합성 가스를 생산하기 위하여, 분자 산소의 존재 하에 1750°F 내지 3500°F 의 온도에서 처리되고;

상기 원료 합성 가스는, 생성되는 원료 합성 가스 1000 SCF 당 0.5 파운드 미만의 합성 가스-탄소를 포함하고;

상기 원료 합성 가스는 48.7/33.6 초과의 CO:CO₂ 의 비를 갖고;

상기 원료 합성 가스의 부피는 50387 내지 86109 KSCF/DT 범위인 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 가스화기로의 물 첨가를 포함하는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 가스화기로의 직접적인 증기 첨가를 포함하는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 가스화기로의 부분적인 직접적 증기 첨가를 포함하는 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 수분을 함유하는 상기 탄소질 물질 하나 이상을 상기 가스화기로 첨가하는 것을 포함하는 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 하나 이상의 상기 탄소질 물질이, 탄소질 물질, 탄소질 액체 생성물, 탄소질 산업 액체 재활용물, 탄소질 도시 고형 폐기물 (MSW), 탄소질 대도시 폐기물, 탄소질 농업 물질, 탄소질 삼림 물질, 탄소질 목재 폐기물, 탄소질 건설 물질, 탄소질 식물성 물질, 탄소질 석유화학 부산물, 탄소질 석탄, 플라스틱, 페플라스틱, 코크스 오븐 타르, 파이버소프트 (fibersoft), 타이어, 리그닌, 흑액, 중합체, 폐중합체, 폴리에틸렌 테레프탈레이트 (PETA), 폴리스티렌 (PS), 하수 슬러지, 동물 폐기물, 작물 잔해, 에너지 작물, 수림 가공 잔해, 목재 가공 잔해, 가축 폐기물, 가금류 폐기물, 식품 가공 잔해, 발효 공정 폐기물, 탄소질 산업 폐기물, 알코올 생산 폐기물, 에탄올 부산물, 맥주 찌꺼기 (spent grain), 미생물 찌꺼기 (spent microorganism) 또는 이들의 조합으로부터 선택되는 것을 포함하는 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 하나 이상의 상기 탄소질 물질의 탄소 함량이 무수 기준으로 하나 이상의 상기 탄소질 물질의 파운드 당 0.25 내지 1.0 파운드인 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 하나 이상의 상기 탄소질 물질의 수소 함량이 무수 기준으로 하나 이상의 상기 탄소질 물질의 파운드 당 0.0 내지 0.25 파운드인 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 하나 이상의 상기 탄소질 물질의 산소 함량이 무수 기준으로 하나 이상의 상기 탄소질 물질의 파운드 당 0.0 내지 0.5 파운드인 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서, 가스화기가 회분-탄소를 포함하는 회분을 생산하고 이때 상기 회분이 5% 미만의 회분-탄소를 포함하는 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서, 하나 이상의 상기 탄소질 물질에서 탄소 대 수소 질량비가 1 내지 20 인 방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서, 하나 이상의 상기 탄소질 물질에서 탄소 대 산소 질량비가 1 내지 200 인 방법.

청구항 13

원료 합성 가스를 제조하기 위한 가스화기에서의 탄소질 물질의 비축매적 가스화 방법으로서,

상기 가스화기는 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역을 포함하고,

상기 방법은, 상기 가스화기의 제 1 반응 대역에 하나 이상의 탄소질 물질을 첨가하는 단계; 및

상기 가스화기의 상기 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역 중 하나 또는 둘 모두에 분자 산소-함유 가스를 첨가하는 단계를 포함하고,

상기 가스화기에 첨가되는 총 산소의 양이, 상기 가스화기에 첨가되는 총 탄소의 파운드 당 파운드로 2.0 초과 3.0 미만이고;

상기 원료 합성 가스는, 생성되는 원료 합성 가스 1000 SCF 당 0.5 파운드 미만의 합성 가스-탄소를 포함하고;

상기 원료 합성 가스는 48.7/33.6 초과의 CO:CO₂ 의 비를 갖고;

상기 원료 합성 가스의 부피는 50387 내지 86109 KSCF/DT 범위인 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서, 상기 제 1 반응 대역 온도가 650-1450°F 인 방법.

청구항 15

제 13 항에 있어서, 상기 제 2 반응 대역 온도가 1750-3500°F 인 방법.

청구항 16

제 13 항에 있어서,

상기 원료 합성 가스를 냉각 및 세정 처리하여 세정된 합성 가스를 제조하는 단계;

상기 세정된 합성 가스를 발효 용기에서 생체축매와 접촉시켜 알코올 산물 혼합물을 제조하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 17

제 13 항에 있어서, 하나 이상의 상기 탄소질 물질에서 탄소 대 수소 질량비가 1 내지 20 인 방법.

청구항 18

제 13 항에 있어서, 하나 이상의 상기 탄소질 물질에서 탄소 대 산소 질량비가 1 내지 200 인 방법.

청구항 19

제 13 항에 있어서, 상기 가스화기의 상기 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역 중 하나 또는 둘 모두로의 물 또는 증기의 첨가를 포함하는 방법.

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 합성 가스 또는 신가스 (syngas) 를 제조하기 위한 탄소질 물질의 가스화 방법에 관한 것이다. 본 발명은 또한 하나 이상의 미생물의 존재 하에 발효 또는 소화를 통한 상기 합성 가스로부터 하나 이상의 알코올의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 본 발명은 탄소질 물질의 가스화를 통한 일산화탄소 (CO), 이산화탄소 (CO₂), 및 수소 (H₂) 를 포함하는 합성 가스의 제조에 관한 것이다. 합성 가스는 생물학적 또는 화학적 경로를 통해 하나 이상의 화학약품을 제조하는데 사용될 수 있다. 합성 가스는 또한 전기를 발생시키기 위한 에너지를 제조하는데 사용될 수 있다.

[0003] 그러므로 합성 가스는 알코올 (메탄올, 에탄올, 프로판올, 부탄올 등), 아세트산, 아세테이트, 수소 등을 제조하기 위해 특정 미생물에 의한 발효 또는 소화시 작용할 수 있다. 아세트젠의 다양한 균주는 합성 가스로부터 액체 연료의 제조에 사용하기 위해 기재된다: 부티리박테리움 메틸로트로피쿰 (Butyribacterium methylotrophicum), 클로스트리디움 오토에타노게눔 (Clostridium autoethanogenum), 클로스트리디움 카르복시디보란스 (Clostridium carboxidivorans), 클로스트리디움 룡달리이 (Clostridium ljungdahlii), 클로스트리디움 라그스달레이 (Clostridium ragsdalei).

[0004] 미국 특허 번호 5,173,429 (Gaddy et al.) 에는 합성 가스로부터 에탄올 및 아세테이트를 제조하는 혐기성 미생물인 클로스트리디움 룡달리이 (Clostridium ljungdahlii) ATCC No. 49587 이 기재되어 있다. 미국 특허 번호 5,807,722 (Gaddy et al.) 에는 혐기성 박테리아, 예컨대 클로스트리디움 룡달리이 (Clostridium ljungdahlii) ATCC No. 55380 을 사용하는 폐 가스를 유기산 및 알코올과 같은 유용한 생성물로 전환하기 위한 방법 및 장치가 기재되어 있다. 미국 특허 번호 6,136,577 (Gaddy et al.) 에는 혐기성 박테리아, 예컨대 클로스트리디움 룡달리이 (Clostridium ljungdahlii) ATCC Nos. 55988 및 55989 를 사용하는 폐 가스를 유기산

및 알코올 (특히 에탄올) 과 같은 유용한 생성물로 전환하기 위한 방법 및 장치가 기재되어 있다. 미국 특허 번호 6,136,577 (Gaddy et al.) 에는 클로스트리디움 룡달리이 (Clostridium ljungdahlii) 의 혐기성 균주를 사용하는 폐 가스를 유기산 및 알코올 (특히 아세트산) 과 같은 유용한 생성물로 전환하기 위한 방법 및 장치가 기재되어 있다. 미국 특허 번호 6,753,170 (Gaddy et al.) 에는 아세트산의 제조를 위한 혐기성 미생물 발효 방법이 기재되어 있다. 미국 특허 번호 7,285,402 (Gaddy et al.) 에는 알코올의 제조를 위한 혐기성 미생물 발효 방법이 기재되어 있다.

- [0005] 미국 특허 출원 번호 20070275447 에는 생물연료로서 유용한 생성물을 폐 가스로부터 합성할 수 있는 클로스트리디아 박테리아 종 (클로스트리디움 카르복시디보란스 (Clostridium carboxidivorans), ATCC BAA-624, "P7") 이 기재되어 있다. 미국 특허 출원 번호 20080057554 에는 생물연료로서 유용한 생성물을 폐 가스로부터 합성할 수 있는 클로스트리디아 박테리아 종 (클로스트리디움 라그스달레이 (Clostridium ragsdalei), ATCC BAA-622, "P11") 이 기재되어 있다.
- [0006] WO 2007/117157 에는 원하는 생성물 외의 부산물로서 아세테이트를 생성하고, 발효 중 수소 및/또는 이산화탄소를 이용할 수 있는 혐기성 발효 공정 방법이 기재되어 있다. 상기 문헌에서 발효는 클로스트리디움 (Clostridium), 무렐라 (Moorella) 및 카르복시도테르무스 (Carboxydotherrmus) 로부터 선택되는 하나 이상의 박테리아 균주에 의해 실시된다. WO 2009/064200 에는 일산화탄소를 함유하는 성분의 혐기성 발효에 의한 에탄올의 생성에 개선된 효능을 갖는 박테리아 계열이 기재되어 있다. 기재된 바와 같이, 예시된 박테리아인 클로스트리디움 오토에타노게눔 (Clostridium autoethanogenum) 은 에탄올 및 아세테이트를 생성할 수 있다.
- [0007] 합성 가스는 메탄올 또는 혼합 알코올을 제조하기 위한 구리 (Cu) 및 아연 (Zn) 을 함유하는 촉매를 사용하는 방법, 에탄올을 제조하기 위한 코발트 (Co) 및 로듐 (Rh) 을 함유하는 촉매를 사용하는 방법 및 올레핀을 제조하기 위한 피셔-트로프쉬 (Fischer-Tropsch) 유형 합성 등과 같은 화학 촉매적 경로를 사용하여 다양한 화학약품 및 연료로 전환될 수 있다. WO 2009/035851 에는 합성 가스를 알코올로 전환할 수 있는 촉매를 포함하는 반응기를 사용하여 합성 가스를 에탄올 및/또는 기타 고급 알코올로 전환시키는 방법이 기재되어 있으며 상기 촉매는 하나 이상의 IB 족 원소, 하나 이상의 IIB 족 원소, 및 하나 이상의 IIIA 족 원소를 포함한다.
- [0008] WO 2010/002618 에는 원소 몰리브덴, 코발트 및 알칼리 또는 알칼리 토금속, 및/또는 이의 수소화물을 포함하는 운반된 촉매를 함유하는 반응기를 통해 가스를 통과시키는 단계를 포함하는, 수소 및 일산화탄소를 포함하는 가스로부터 알코올을 제조하는 방법이 기재되어 있다.
- [0009] 화학약품 또는 동력의 생산은 일반적으로 제조된 합성 가스의 품질, 예를 들어 합성 가스 중의 일산화탄소 (CO) 및 수소 (H₂) 의 양 또는 농도 뿐 아니라 일산화탄소 대 수소의 비 (CO/H₂) 에 따라 다르다.
- [0010] 일산화탄소 (CO) 및 수소 (H₂) 가 풍부한 합성 가스를 제조하기 위해 널리 사용되는 탄소질 물질의 가스화 방법은 탄소질 물질 중의 탄소의 완전한 전환을 방지하는 가스화기에서 산소-결핍 또는 산소-고갈 분위기를 사용한다. 그러나, 산소-고갈 조건 하에서, 탄소질 물질의 탄소 함량의 일부는 종종 생성물 합성 가스 중에 미반응된 탄소 입자 또는 그을음으로서 남아 있다. 탄소질 물질의 탄소 함량의 또다른 일부는 회분 중에 미반응된 탄소로서 남아 있다.
- [0011] 탄소질 공급원료의 일산화탄소 (CO) 및 수소 (H₂) 로의 불완전한 전환은 동력 또는 화학약품 (예를 들어, 알코올) 의 생성을 위한 덜 이용가능한 일산화탄소 (CO) 및 수소 (H₂) 를 의미한다. 원료 합성 가스 중의 증가된 양의 미반응된 또는 미전환된 탄소 입자 또는 그을음은 합성 가스 세정의 어려움 및 비용을 증가시킨다. 회분 중의 증가된 양의 미반응된 탄소는 회분 처분의 처리 어려움 및 비용을 증가시킨다.
- [0012] 원료 합성 가스 중의 미반응된 또는 미전환된 탄소 입자의 양을 바람직한 낮은 값으로 유지하면서, 가스화기로부터 제조된 합성 가스로부터 동력 또는 화학약품의 생산을 최대화하도록 가스화기의 조작 방법을 만드는 것이 바람직할 것이다.
- [0013] 원료 합성 가스 중의 미반응된 또는 미전환된 탄소 입자의 양 및 회분 중의 미반응된 탄소의 양을 바람직한 낮은 값으로 유지하면서, 가스화기로부터 제조된 합성 가스로부터 동력 또는 화학약품의 생산을 최대화하도록 가스화기의 조작 방법을 만드는 것이 바람직할 것이다.
- [0014] 원료 합성 가스 중의 그을음의 양을 바람직한 낮은 값으로 유지하면서, 가스화기로부터 제조된 합성 가스로부터 동력 또는 화학약품의 생산을 최대화하도록 가스화기의 조작 방법을 만드는 것이 바람직할 것이다.

[0015] 원료 합성 가스 중의 그을음의 양 및 회분 중의 미반응된 탄소의 양을 바람직한 낮은 값으로 유지하면서, 가스 화기로부터 제조된 합성 가스로부터 동력 또는 화학약품의 생산을 최대화하도록 가스화기의 조작 방법을 만드는 것이 바람직할 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0016] 본 발명은 당업계에 공지되지 않은 다양한 신규하고 바람직한 가스화기 디자인 및 가스화기의 조작 방법을 제공한다. 본 발명은 상기 기재된 필요를 충족시킨다.

과제의 해결 수단

[0017] 발명의 개요

[0018] 본 발명은 하나 이상의 탄소질 물질을 첨가하는 단계, 분자 산소-함유 가스를 첨가하는 단계 및 임의로 물을 상기 가스화기 내에 첨가하는 단계를 포함하는, 일산화탄소, 수소, 및 타르를 포함하는 생산물 가스를 제조하기 위한 가스화기 중의 탄소질 물질의 가스화 방법으로서; 상기 가스화기에 첨가되는 총 탄소 파운드 당 파운드로의 상기 가스화기에 첨가되는 총 산소의 양은 약 0.75 초과인 방법을 제공한다. 하나의 구현예에서, 상기 가스화기에 첨가되는 총 탄소 파운드 당 파운드로의 상기 가스화기에 첨가되는 총 산소의 양은 약 0.75 내지 약 3.0 이다. 구현예로서, 본 발명은 상기 생성 가스를 분자 산소의 존재 하에 약 1750°F 내지 약 3500°F 의 온도에서 처리하여 일산화탄소, 수소, 및 합성 가스-탄소를 포함하는 원료 합성 가스를 제조하는 단계를 추가로 포함한다. 하나의 구현예에서, 원료 합성 가스는 또한 이산화탄소를 포함한다.

[0019] 구현예로서 본 발명은 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역을 포함하는 가스화기의 상기 제 1 반응 대역 내에 하나 이상의 탄소질 물질을 첨가하는 단계; 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 단계 및 임의로 상기 가스화기의 상기 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역 중 하나 또는 둘 모두 내에 물 또는 증기를 첨가하는 단계를 포함하는, 부분 산화 방법을 사용하여 합성 가스를 제조하기 위한 가스화기 중의 탄소질 물질의 가스화 방법으로서; 상기 가스화기에 첨가되는 총 탄소 파운드 당 파운드로의 상기 가스화기에 첨가되는 총 산소의 양은 약 1.25 초과인 방법을 제공한다. 하나의 구현예에서, 상기 가스화기에 첨가되는 총 탄소 파운드 당 파운드로의 상기 가스화기의 상기 제 1 반응 대역에 첨가되는 총 산소의 양은 약 1.25 내지 약 3.5 이다.

[0020] 구현예로서 본 발명은 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역을 포함하는 가스화기의 상기 제 1 반응 대역 내에 하나 이상의 탄소질 물질을 첨가하는 단계; 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 단계 및 임의로 상기 가스화기의 상기 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역 중 하나 또는 둘 모두 내에 물 또는 증기를 첨가하는 단계를 포함하는, 합성 가스를 제조하기 위한 가스화기 중의 탄소질 물질의 가스화 방법으로서; 상기 가스화기에 첨가되는 총 탄소 파운드 당 파운드로의 상기 가스화기에 첨가되는 총 산소의 양은 약 1.25 초과인 방법을 제공한다. 하나의 구현예에서, 상기 가스화기에 첨가되는 총 탄소 파운드 당 파운드로의 상기 가스화기의 상기 제 1 반응 대역에 첨가되는 총 산소의 양은 약 1.25 내지 약 3.5 이다.

[0021] 본 발명은 상기 원료 합성 가스를 냉각 및 세정에 적용하여 세정된 합성 가스를 제조하는 단계; 상기 세정된 합성 가스를 발효 용기 중의 생체촉매와 접촉시켜 알코올 산물 혼합물을 제조하는 단계를 추가로 포함하는 방법을 제공한다.

[0022] 하나의 구현예에서 하나 이상의 상기 탄소질 물질 중의 탄소 대 수소 질량비는 1 내지 20 이다. 하나의 구현예에서 하나 이상의 상기 탄소질 물질 중의 탄소 대 산소 질량비는 1 내지 200 이다.

[0023] 본 발명은 제 1 반응 대역, 제 2 반응 대역 및 제 1 반응 대역을 제 2 반응 대역에 연결하는 챔버를 포함하는 가스화기의 상기 제 1 반응 대역 내에 하나 이상의 탄소질 물질을 첨가하는 단계; 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 단계 및 임의로 상기 가스화기의 상기 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역 중 하나 또는 둘 모두 내에 물 또는 증기를 첨가하는 단계를 포함하며, 상기 가스화기의 상기 제 1 반응 대역을 제 2 반응 대역에 연결하는 상기 챔버 내로 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 것을 포함하는, 부분 산화 방법을 사용하여 합성 가스를 제조하기 위한 가스화기 중의 탄소질 물질의 가스화 방법을 제공한다.

[0024] 본 발명은 제 1 반응 대역, 제 2 반응 대역 및 제 1 반응 대역을 제 2 반응 대역에 연결하는 챔버를 포함하는 가스화기의 상기 제 1 반응 대역 내에 하나 이상의 탄소질 물질을 첨가하는 단계; 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 단계 및 임의로 상기 가스화기의 상기 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역 중 하나 또는 둘 모두 내에 물

또는 증기를 첨가하는 단계를 포함하며, 상기 가스화기의 상기 제 1 반응 대역을 제 2 반응 대역에 연결하는 상기 챔버 내로 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 것을 포함하는, 부분 산화 방법을 사용하여 합성 가스를 제조하기 위한 가스화기를 제공한다.

[0025] 본 발명은 제 1 반응 대역, 제 2 반응 대역 및 제 1 반응 대역을 제 2 반응 대역에 연결하는 챔버를 포함하는 가스화기의 상기 제 1 반응 대역 내에 하나 이상의 탄소질 물질을 첨가하는 단계; 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 단계 및 임의로 상기 가스화기의 상기 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역 중 하나 또는 둘 모두 내에 물 또는 증기를 첨가하는 단계를 포함하며, 상기 가스화기의 상기 제 1 반응 대역을 제 2 반응 대역에 연결하는 상기 챔버 내로 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 것을 포함하는, 합성 가스를 제조하기 위한 가스화기 중의 탄소질 물질의 가스화 방법을 제공한다.

[0026] 본 발명은 제 1 반응 대역, 제 2 반응 대역 및 제 1 반응 대역을 제 2 반응 대역에 연결하는 챔버를 포함하는 가스화기의 상기 제 1 반응 대역 내에 하나 이상의 탄소질 물질을 첨가하는 단계; 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 단계 및 임의로 상기 가스화기의 상기 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역 중 하나 또는 둘 모두 내에 물 또는 증기를 첨가하는 단계를 포함하며, 상기 가스화기의 상기 제 1 반응 대역을 제 2 반응 대역에 연결하는 상기 챔버 내로 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 것을 포함하는, 합성 가스를 제조하기 위한 가스화기를 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도면 1 (도 1) 은 본 발명에 대한 가스화 공정의 구현예를 설명하는 도식적 도표를 포함한다; 도 1 은 2 단 가스화 공정의 구현예를 나타낸다.

도면 2 (도 2) 는 탄소질 물질의 가스화를 통해 에탄올을 제조하는 방법의 구현예를 설명하는 도식적 도표를 포함한다.

도면 3 (도 3) 은 가스화기 내로의 가변량의 물 투입 동안 합성 가스-탄소에 대한, 가스화기 내로의 총 산소 투입량의 효과의 구현예를 설명하는 도식적 도표를 포함한다.

도면 4 (도 4) 는 가스화기 내로의 가변량의 물 투입 동안 에탄올 제조량에 대한, 가스화기 내로의 총 산소 투입량의 효과의 구현예를 설명하는 도식적 도표를 포함한다.

도면 5 (도 5) 는 가스화기 내로의 가변량의 물 투입 동안 합성 가스-탄소에 대한, 가스화기의 제 1 반응 대역 내로의 총 산소 투입량의 효과의 구현예를 설명하는 도식적 도표를 포함한다.

도면 6 (도 6) 은 가스화기 내로의 가변량의 물 투입 동안 에탄올의 제조량에 대한, 가스화기의 제 1 반응 대역 내로의 총 산소 투입량의 효과의 구현예를 설명하는 도식적 도표를 포함한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 정의

[0029] 다르게 정의하지 않는 한, 본 개시물에 대한 이 명세서 전체에 걸쳐 사용하는 바와 같은 하기의 용어들은 하기와 같이 정의되며, 하기 정의된 정의의 단수형 또는 복수형을 포함할 수 있다:

[0030] 어떠한 양을 수정하는 용어 "약" 은 실제 상황 조건에서의 양에 있어서의 편차, 예를 들어 지속하는 미생물 배양물의 실제 상황 조건, 예컨대 실험실, 파일럿 플랜트 또는 제조 시설에서의 양에 있어서의 편차를 지칭한다.

예를 들어, "약" 에 의해 수정되는 경우 혼합물 또는 수량에서 사용한 용적 또는 성분의 양은 제조 플랜트 또는 실험실에서의 실험적 조건에서 측정하는데 통상 사용한 관리 정도 및 편차를 포함한다. 예를 들어, "약" 에 의해 수정되는 경우 생성물 성분의 양은 플랜트 또는 실험실에서의 다수 실험에 있어서의 배치 (batch) 간의 편차, 및 분석법에서 내재하는 편차를 포함한다. "약" 에 의해 수정되는지의 여부에 상관없이, 양은 이들 양에 대한 등가물을 포함한다. 본원에서 언급되며 "약" 에 의해 수정되는 임의의 수량은 또한 본 개시물에서 "약" 에 의해 수정되지 않는 양으로서 사용될 수 있다.

[0031] 용어 "아세트젠 (acetogen)" 또는 "아세트산 생성 (acetogenic)" 은 혐기성 호흡 생성물로서 아세테이트를 생성하는 박테리아를 지칭한다. 모두 산소의 부재 하에 발생하며 아세테이트를 생성하지만, 이러한 과정은 아세테이트 발효와 상이하다. 모든 공지된 아세트젠이 박테리아이기 때문에, 이들 유가스는 또한 아세트산 생성 박테리아를 지칭한다. 아세트젠은 다양한 서식처에서 발견되며, 일반적으로 이들은 혐기성 (산소 결핍) 이

다. 아세트젠은 에너지 및 탄소원으로서는 다양한 화합물을 사용할 수 있으며; 아세트산 생성 대사의 가장 잘 연구된 형태는 탄소원으로서는 이산화탄소를, 그리고 에너지원으로서는 수소를 사용하는 것을 포함한다.

[0032] 용어 "회분-탄소 (ash-carbon 또는 Ash-carbon 또는 Ash-Carbon)" 는 가스화기에서 제거된 회분 중 미전환 탄소의 함량을 의미한다.

[0033] 용어 "회분 용합 온도" 는 탄소질 물질 내 함유된 회분 또는 무기물의 일부 이상이 용융하는 온도를 의미한다. 통상 상기 온도는 약 1400°F 를 포함한다.

[0034] 용어 "생체촉매" 는, 본 개시물에 대해서, 자연적 촉매, 단백질 효소, 살아 있는 세포, 미생물 및 박테리아를 의미한다.

[0035] 용어 "생물반응기," "반응기" 또는 "발효 생물반응기" 는 하나 이상의 용기 및/또는 타워 또는 관 배열로 이루어지는 발효 장치들을 포함하며, 연속 교반 탱크 반응기 (CSTR), 고정 세포 반응기 (ICR), 살수층 반응기 (TBR), 버블 컬럼, 가스 리프트 발효기, 고정 혼합기, 또는 가스-액체 접촉에 적합한 기타 장치들을 포함한다. 본 개시물의 방법에 대해 바람직하게는, 발효 생물반응기는 발효 브로쓰를 제 2 발효 생물반응기에 공급하는 성장 반응기를 포함하는데, 여기서 대부분의 생성물인 에탄올이 제조된다.

[0036] 본원에서 사용하는 바와 같은 "탄소질 물질" 은 탄소가 풍부한 물질 예컨대 석탄, 및 석유화학제품을 지칭한다. 그러나, 본 명세서에서, 탄소질 물질은 고체, 액체, 가스 또는 플라즈마 상태인 임의의 탄소 물질을 포함한다. 탄소질 물질로 간주될 수 있는 수많은 품목들 중에서, 본 개시물에서는 하기의 것들이 고려된다: 탄소질 액체 생성물, 탄소질 산업 액체 재활용물, 탄소질 도시 고형 폐기물 (MSW 또는 msw), 탄소질 대도시 폐기물, 탄소질 농업 물질, 탄소질 삼림 물질, 탄소질 목재 폐기물, 탄소질 건설 물질, 탄소질 식물성 물질, 탄소질 산업 폐기물, 탄소질 발효 폐기물, 탄소질 석유화학 부산물, 탄소질 알코올 제조 부산물, 탄소질 석탄, 타이어, 플라스틱, 페플라스틱, 코크스 오븐 타르, 파이버소프트 (fibersoft), 리그닌, 흑액, 중합체, 폐중합체, 폴리에틸렌 테레프탈레이트 (PETA), 폴리스티렌 (PS), 하수 슬러지, 동물 폐기물, 작물 잔해, 에너지 작물, 수림 가공 잔해, 목재 가공 잔해, 가축 폐기물, 가금류 폐기물, 식품 가공 잔류물, 발효 공정 폐기물, 에탄올 부산물, 맥주 찌꺼기 (spent grain), 미생물 찌꺼기 (spent microorganism) 또는 이의 조합. 본 개시물에 대해서 이산화탄소 및 메탄-함유 가스는 탄소질 물질로서 간주되지 않는다. 의심을 피하기 위해, 다양한 탄소질 물질(들) 은, 적절한 경우, 본 정의에 있어서 제공된 바와 같은 단수형 또는 복수형 단어에 상관없이 단수형 또는 복수형으로 이해될 수 있다.

[0037] 용어 "발효" 는 일산화탄소 (CO) 의 알코올 및 아세테이트로의 발효를 의미한다. 다수의 혐기성 박테리아는 일산화탄소 (CO) 의 알코올 (부탄올 및 에탄올 포함) 및 아세트산으로의 발효를 실행할 수 있는 것으로 알려져 있으며, 본 개시물의 방법에서 사용하기에 적합하다. 본 개시물에서 사용하기에 적합한 이러한 박테리아의 예는 클로스트리디움 (Clostridium) 속, 예컨대 클로스트리디움 융달리 (Clostridium ljungdahlii) 의 균주 (WO 2000/68407, EP 117309, 미국 특허 제 5,173,429, 5,593,886 및 6,368,819 호, WO 1998/00558 및 WO 2002/08438 에 기재되어 있는 것들 포함), 및 클로스트리디움 오토에타노게눔 (Clostridium autoethanogenum) 의 균주를 포함한다. 다른 적합한 박테리아는 무렐라 (Moorella) 속 (무렐라 종 HUC22-1 포함) 및 카르복시도테르무스 (Carboxydotherrmus) 속의 것들을 포함한다. 이들 발효물 각각의 개시물은 그 전체가 본원에 참조로 포함된다. 또한, 다른 아세트산 생성 혐기성 박테리아가 당업자에 의해 본 개시물의 방법에서 사용하기 위해 선택될 수 있다. 둘 이상의 박테리아의 혼합 배양물이 본 개시물의 방법에서 사용될 수 있다는 것이 또한 이해될 것이다. 본 개시물에 사용하기에 적합한 한 미생물은 DSMZ 에서 시판되며 DSMZ 기탁 번호 DSMZ 10061 의 식별 특징을 갖는 클로스트리디움 오토에타노게눔이다. 발효는 임의의 적합한 생물반응기, 예컨대 연속 교반 탱크 반응기 (CTSR), 버블 컬럼 반응기 (BCR) 또는 살수층 반응기 (TBR) 에서 실행될 수 있다. 또한, 상기 개시물의 일부 바람직하나 구현예에서, 생물반응기는 미생물이 배양되는 제 1 성장 반응기, 및 성장 반응기로부터 발효 브로쓰가 공급되고 대부분의 발효 생성물 (에탄올 및 아세테이트) 이 제조되는 제 2 발효 반응기를 포함할 수 있다.

[0038] 용어 "파이버소프트 (fibersoft 또는 Fibersoft 또는 fibrosoft 또는 fibrousoft)" 는 다양한 물질의 연화 및 농축의 결과로서 제조되는 탄소질 물질의 유형을 의미하며; 한 예에서 탄소질 물질은 다양한 물질의 증기 오토클레이브를 통해 제조된다. 또다른 예에서, 파이버소프트는 섬유성의 흐물흐물한 (fibrous mushy) 물질이 생기게 하는 도시, 산업, 상업, 의료 폐기물의 증기 오토클레이브를 포함할 수 있다.

[0039] "가스화기 (Gasifier 또는 gasifier)" 는 반류 고정층 가스화기, 병류 고정층 가스화기, 이동층, 유동층 가스화

기, 분류층 가스화기, 플라즈마 아크 가스화기, 단일단 가스화기, 다단 가스화기, 이단 가스화기, 삼단 가스화기, 사단 가스화기, 오단 가스화기 및 이의 조합을 의미한다.

[0040]

용어 "미생물" 은 박테리아, 진균, 효모, 고세균 및 원생생물; 미세 식물 (녹색 조류로 지칭); 및 동물 예컨대 플랑크톤, 플라나리아 및 아메바를 포함한다. 어떤 이들은 또한 바이러스를 포함시키지만, 다른 이들은 이를 무생물로 간주한다. 미생물은 토양, 온천, 대양저, 높은 대기권 및 지각 내 깊숙한 암반을 포함하는, 액체가 존재하는 생물권의 모든 부분에서 살아간다. 미생물은 분해자로서 작용하기 때문에, 생태계에서 영양분 재순환에 매우 중요하다. 미생물은 또한 사람에 의해 생물공학에서, 전통적인 식품 및 음료 제조 모두에서, 그리고 유전 공학을 기반으로 하는 현대 기술에서 활용된다. 다양한 미생물 균주를 포함할 수 있거나 포함하지 않을 수 있는 혼합 균주 미생물을 본 개시물에서 이용할 것이 예측된다. 또한, 방향 진화 (directed evolution) 로, 본 개시물에서 이용할 수 있는 미생물을 선택적으로 스크리닝할 수 있다고 예측된다.

현존하는 미생물의 선택 균주를 사용하여 재조합 DNA 기술로 미생물을 생성시킬 수 있다는 것이 또한 예측된다. 일산화탄소 (CO) 및 물 또는 수소 (H₂) 및 CO₂ 를 에탄올 및 아세트산 생성물로 전환시킬 수 있는 아세

트산 생성 혐기성 (또는 통성) 박테리아를 본 개시물에서 이용할 것이 예측된다. 본 개시물에 따라서 유용한 박테리아는 제한 없이, 아세토제니움 키부이 (Acetogenium kivui), 아세토박테리움 우디 (Acetobacterium woodii), 아세토아나에로비움 노테라에 (Acetoanaerobium noterae), 부티리박테리움 메틸로트로피쿰 (Butyribacterium methylotrophicum), 칼다나에로박터 수브테라네우스 (Caldanaerobacter subterraneus), 칼다나에로박터 수브테라네우스 파시피쿠스 (Caldanaerobacter subterraneus pacificus), 카르복시도테르무스 히드로게노포르만스 (Carboxydotherrmus hydrogenoformans), 클로스트리디움 아세티쿰 (Clostridium aceticum), 클로스트리디움 아세토부틸리쿰 (Clostridium acetobutylicum), 클로스트리디움 오토에타노게눔 (Clostridium Autoethanogenum), 클로스트리디움 테르모아세티쿰 (Clostridium thermoaceticum), 유박테리움 리모숨 (Eubacterium limosum), 클로스트리디움 융달리 (Clostridium ljungdahlii) PETC, 클로스트리디움 융달리 ERI2, 클로스트리디움 융달리 C-01, 클로스트리디움 융달리 O-52, 클로스트리디움 울투넨세 (Clostridium ultunense), 클로스트리디움 라그스달레이 (Clostridium ragsdalei), 클로스트리디움 카르복시도보란스 (Clostridium carboxidivorans), 제오박터 술프우레듀센스 (Geobacter sulfurreducens), 무렐라 (Moorella), 무렐라 테르마세티카 (Moorella thermacetica) 및 펩토스트렙토코쿠스 푸로독투스 (Peptostreptococcus productus) 를 포함한다. 다른 아세트산 생성 혐기성 박테리아가 당업자에 의해 이들 방법에서 사용하기 위해 선택된다. 본 개시물의 일부 구현예에서, C. 융달리의 여러 예시적 균주는 균주 PETC (US Patent No. 5,173,429); 균주 ERI2 (미국 특허 제 5,593,886 호) 및 균주 C-01 및 O-52 (미국 특허 제 6,136,577 호) 를 포함한다. 이들 균주는 각각 미국 미생물 보존 센터 (American Type Culture Collection, 10801 University Boulevard, Manassas, Va. 20110-2209) 에 각각 기탁 번호 55383 (이전에는 ATCC 번호 49587), 55380, 55988 및 55989 로 기탁된다. C. 융달리의 각 균주는 혐기성, 그람-양성 박테리아이며 구아닌과 시토신 (G+C) 뉴클레오티드 함량이 약 22 몰% 이다. 이들 박테리아는 생장을 위해 다양한 기질을 사용하지만 메탄올 또는 락테이트는 사용하지 않는다. 이들 균주는 그의 일산화탄소 (CO) 내성, 특이적인 가스 흡수율 및 특이적인 생산성에 있어서 상이하다. 자연에서 발견되는 "야생" 균주에서, 에탄올 제조가 아주 적다는 것에 주의한다. C. 융달리 균주는 37°C 에서 이상적으로 작동하며 통상 "야생" 상태에서 약 1:20 (20 부 아세틸 당 1 부 에탄올) 의 에탄올 대 아세틸 (즉, 자유 또는 분자 아세트산 및 아세테이트 염을 모두 지칭함) 생성물 비를 생성해낸다. 에탄올 농도는 통상 단지 1-2 g/l 이다. 낮은 에탄올 생산성의 "야생" 박테리아가 상업적인 기준으로 에탄올을 경제적으로 제조하는데 사용될 수 없기 때문에, 에탄올을 제조하는 이러한 능력은 관심 대상의 것이다. 중요하지 않은 영양분 조작으로, 상기 언급한 C. 융달리 균주를 에탄올 및 아세틸을 1:1 (동일 부의 에탄올 및 아세틸) 의 생성물 비로 제조하는데 사용하였으나, 에탄올 농도는 10 g/l 미만 이고, 1 일 당 10 g/l 의 낮은 생산성이 야기된다. 또한, 주로 에탄올의 존재와 함께 상대적으로 높은 (8-10 g/l) 농도의 아세틸 (2.5-3 g/l 분자 아세트산) 로 인해, 배양물 안정성이 논쟁점으로 대두된다. 또한, 에탄올을 보다 많이 제조하려는 노력으로 가스 속도가 증가됨에 따라, 먼저 분자 아세트산, 이후 일산화탄소 (CO) 에 의해 배양물이 저해된다. 그 결과로서, 배양물은 불안정하게 되며 가스 흡수 및 추가 생성물 생성에 실패한다. 또한, 발명자에 의한 초기 작업은 정상 상태 작업에서 2:1 초과 의 에탄올 대 아세틸의 비로 제조하는데 어려움을 나타내었다. 다수의 문헌들이, 용매를 제조하기 위해 일산화탄소 (CO), CO₂ 및 수소 (H₂) 를 소비하지 않는 당 발효에 있어서 C. 융달리 외의 다른 혐기성 박테리아의 사용을 기재하고 있다.

고수율의 에탄올을 제공하기 위해서, 하기를 포함하는 다양한 매개변수를 변경하였다: 영양분 유형, 미생물, 환원제의 특정한 추가, pH 변화 및 외생성 가스의 추가.

- [0041] 용어 "도시 고형 폐기물" 또는 "MSW" 또는 "msw" 는 가정, 상업, 산업 및/또는 잔해 폐기물을 포함하는 폐기물을 의미한다.
- [0042] 용어 "합성 가스 (syngas 또는 synthesis gas)" 는 가변량의 일산화탄소 및 수소를 함유하는 가스 혼합물에 주어진 명칭인 합성 가스를 의미한다. 제조법의 예는 천연 가스 또는 탄화수소를 증기 개질하여 수소를 제조하는 것, 석탄 및 일부 유형의 폐기물-에너지 가스화 시설에서의 가스화를 포함한다. 상기 명칭은 합성 천연 가스 (SNG) 생성 및 암모니아 또는 메탄올 제조에 있어서 중간체로서의 그의 용도로부터 유래된 것이다. 합성 가스는 피셔-트롭쉬 합성을 통해 연료 또는 운환유로서 사용하기 위한 합성 석유를 생성하는데서 그리고 이전에는 Mobil 사의 MTG 공정 (메탄올에서 가솔린으로의 전환 공정) 에서 중간체로서 사용된다. 합성 가스는 주로 수소, 일산화탄소, 및 때때로 몇몇 이산화탄소로 이루어져 있고, 천연 가스의 절반 미만으로 에너지 밀도 (즉, BTU 함량) 를 갖는다. 합성 가스는 가연성이고 종종 다른 화학물질의 생산을 위한 연료원 또는 중간체로서 사용된다.
- [0043] 용어 "합성 가스-탄소" 는 가스화 과정에서 생성되는 원료 합성 가스에서 미전환 탄소 입자의 함량을 의미한다.
- [0044] 용어 "가스화기로의 전체 탄소 투입량" 또는 "가스화기로 첨가되는 전체 탄소" 는 가스화기로 공급되는 임의의 것에 함유되는 모든 탄소, 예, 가스화기로 첨가되는 상기 정의된 바와 같은 하나 이상의 탄소질 물질에 함유되는 탄소의 함을 의미한다.
- [0045] 용어 "가스화기의 제 1 반응 대역으로의 전체 탄소 투입량" 또는 "가스화기의 제 1 반응 대역으로 첨가되는 전체 탄소" 는 가스화기의 제 1 반응 대역으로 공급되는 임의의 것에 함유된 모든 탄소, 예, 가스화기의 제 1 반응 대역에 첨가되는 상기 정의된 바와 같은 하나 이상의 탄소질 물질에 함유된 탄소의 함을 의미한다.
- [0046] 용어 "가스화기로의 전체 산소 투입량" 또는 "가스화기로 첨가되는 전체 산소" 는 가스화기로 공급되는 임의의 것에 함유된 모든 산소, 예 가스화기로 첨가되는 분자 산소 함유 가스에 함유된 산소, 가스화기로 첨가되는 상기 정의된 바와 같은 하나 이상의 탄소질 물질에 함유된 산소, 가스화기로 첨가되는 임의의 물 또는 증기에 함유된 산소의 함을 의미한다.
- [0047] 용어 "가스화기의 제 1 반응 대역으로의 전체 산소 투입량" 또는 "가스화기의 제 1 반응 대역에 첨가되는 전체 산소" 는 가스화기의 제 1 반응 대역에 공급되는 임의의 것에 함유된 모든 산소, 예 가스화기의 제 1 반응 대역으로 첨가되는 분자 산소 함유 가스에 함유된 산소, 가스화기의 제 1 반응 대역으로 첨가되는 상기 정의된 바와 같은 하나 이상의 탄소질 물질에 함유된 산소, 가스화기의 제 1 반응 대역으로 첨가되는 임의의 물 또는 증기에 함유된 산소의 함을 의미한다.
- [0048] **상세한 설명**
- [0049] 본 개시물은 이제 본 개시물의 여러 구현예에 나타난 바와 같은 특징들을 참조하여 더욱 완전히 기술될 것이다. 그러나 본 개시물의 주제는 많은 다른 형태로 구현화될 수 있고, 본원에 나타난 바와 같은 구현예에 한정되는 것으로 이해되지 않아야 한다.
- [0050] 본 개시물은 하기 단계를 포함하는, 일산화탄소, 수소, 및 타르를 포함하는 생산물 가스를 생산하기 위한 가스화기에서의 탄소질 물질의 가스화 방법을 제공한다: 하나 이상의 탄소질 물질을 첨가하는 단계, 분자 산소-함유 가스를 첨가하는 단계, 및 임의로 가스화기로 물을 첨가하는 단계; 가스화기에 첨가되는 전체 탄소의 파운드 당 가스화기에 첨가되는 전체 산소의 양은 파운드로 약 0.75 초과를 포함한다. 하나의 구현예에서 가스화기에 첨가되는 전체 탄소의 파운드 당 가스화기에 첨가되는 전체 산소의 양은 파운드로 약 0.75 내지 약 3.0 을 포함한다. 구현예로서, 본 개시물은 가스화기에 물 첨가를 포함하고; 가스화기로의 직접적인 증기 첨가를 포함하고; 가스화기로의 부분적 직접 증기 첨가에 의한 물 첨가를 포함하고; 가스화기로의 수분을 함유한 하나 이상의 탄소질 물질의 첨가를 포함한다.
- [0051] 본 개시물의 구현예에서 탄소질 물질의 하나 이상은 탄소질 물질, 탄소질 액상 제품, 탄소질 산업 액체 재생물, 탄소질 도시 고형 폐기물 (MSW 또는 msw), 탄소질 대도시 폐기물, 탄소질 농업 물질, 탄소질 임업 물질, 탄소질 목재 폐기물, 탄소질 건설 물질, 탄소질 식물성 물질, 탄소질 산업 폐기물, 탄소질 발효 폐기물, 탄소질 석유화학 부산물, 탄소질 알코올 생산 부산물, 탄소질 석탄, 타이어, 플라스틱, 페플라ستيك, 코크스 오븐 타르, 파이버소프트, 리그닌, 흑액, 중합체, 폐중합체, 폴리에틸렌 테레프탈레이트 (PETA), 폴리스티렌 (PS), 하수 슬러지, 동물 배설물, 작물 잔해, 에너지 작물, 임생성물 가공 잔해, 목재 가공 잔해, 가축 배설물, 가금류 배설물, 식품 가공 잔해, 발효 과정 폐기물, 에탄올 부산물, 소비된 곡물, 소비된 미생물, 또는 이들의 조합으로

부터 선택되는 것을 포함한다. 하나의 구현예에서 하나 이상의 탄소질 물질의 탄소 함량은 무수 기준으로 하나 이상의 탄소질 물질의 파운드 당 약 0.25 내지 약 1.0 파운드를 포함한다. 하나의 구현예에서 하나 이상의 탄소질 물질의 수소 함량은 무수 기준으로 하나 이상의 탄소질 물질의 파운드 당 약 0.0 내지 약 0.25 파운드를 포함한다. 하나의 구현예에서 하나 이상의 탄소질 물질의 산소 함량은 무수 기준으로 하나 이상의 탄소질 물질의 파운드 당 약 0.0 내지 약 0.5 파운드를 포함한다.

- [0052] 하나의 구현예에서, 탄소질 물질은 탄소질 물질, 탄소질 액상 제품, 산업적 탄소질 액체 재생물, 탄소질 도시 고형 폐기물 (MSW), 탄소질 대도시 폐기물, 탄소질 농업 물질, 탄소질 임업 물질, 탄소질 목재 폐기물, 탄소질 건설 물질, 탄소질 식물성 물질, 탄소질 석유화학 부산물, 탄소질 석탄, 플라스틱, 페플라ستيك, 코크스 오븐 타르, 파이버소프트, 타이어, 리그닌, 흑액, 중합체, 폐중합체, 폴리에틸렌 테레프탈레이트 (PETA), 폴리스티렌 (PS), 하수 슬러지, 동물 배설물, 작물 잔해, 에너지 작물, 임생성물 가공 잔해, 목재 가공 잔해, 가축 배설물, 가금류 배설물, 식품 가공 잔해, 발효 과정 폐기물, 탄소질 산업 폐기물, 알코올 생산 폐기물, 에탄올 부산물, 소비된 곡물, 소비된 미생물 또는 이들 중 임의의 조합으로부터 선택되는 복수의 탄소질 물질을 포함한다.
- [0053] 하나의 구현예에서, 가스화기는 회분-탄소를 함유하는 회분을 생산하고, 상기 회분은 약 10 % 미만의 회분-탄소를 포함한다. 하나의 구현예에서 가스화기는 회분-탄소를 함유하는 회분을 생산하고, 상기 회분은 약 5 % 미만의 회분-탄소를 포함한다.
- [0054] 하나의 구현예에서, 본 개시물은 일산화탄소, 수소, 및 합성 가스-탄소를 포함하는 원료 합성 가스를 생산하기 위한, 약 1750°F 내지 약 3500°F 의 온도에서 분자 산소의 존재 하에 생산물 가스를 처리하는 방법을 제공한다. 여러 구현예에서 원료 합성 가스는 또한 이산화탄소를 포함한다.
- [0055] 하나의 구현예에서, 탄소질 물질의 하나 이상에서 탄소 대 수소 질량비는 1 대 20 을 포함한다. 하나의 구현예에서 탄소질 물질의 하나 이상에서 탄소 대 산소 질량비는 1 대 200 을 포함한다.
- [0056] 구현예로서, 원료-합성 가스는 제조된 1000 SCF 원료-합성 가스 당 약 0.5 파운드 미만의 합성 가스-탄소를 포함한다.
- [0057] 본 개시물은 가스화기가 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역을 포함하고, 하기 단계를 포함하는, 부분 산화 방법을 사용하여 합성 가스를 생성하기 위한 가스화기에서의 탄소질 물질의 가스화 방법을 제공한다: 가스화기의 제 1 반응 대역으로 하나 이상의 탄소질 물질을 첨가하는 단계; 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 단계 및 임의로 가스화기의 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역 중 하나 또는 둘 모두로 물 또는 증기를 첨가하는 단계; 가스화기에 첨가되는 전체 탄소의 파운드 당 가스화기에 첨가되는 전체 산소의 양은 파운드로 약 1.25 초과를 포함한다. 하나의 구현예에서 가스화기에 첨가되는 전체 탄소의 파운드 당 가스화기의 제 1 반응 대역으로 첨가되는 전체 산소의 양은 파운드로 약 1.25 내지 약 3.5 를 포함한다. 하나의 구현예에서 제 1 반응 대역 온도는 650-1450°F 를 포함한다. 하나의 구현예에서 제 2 반응 대역 온도는 1750-3500°F 를 포함한다.
- [0058] 본 개시물은 가스화기가 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역을 포함하고, 하기 단계를 포함하는, 합성 가스를 생산하기 위한 가스화기에서의 탄소질 물질의 가스화 방법을 제공한다: 가스화기의 제 1 반응 대역으로 하나 이상의 탄소질 물질을 첨가하는 단계; 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 단계 및 임의로 가스화기의 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역 중 하나 또는 둘 모두로 물 또는 증기를 첨가하는 단계; 가스화기에 첨가되는 전체 탄소의 파운드 당 가스화기에 첨가되는 전체 산소의 양은 파운드로 약 1.25 초과를 포함한다. 하나의 구현예에서 가스화기에 첨가되는 전체 탄소 파운드 당 가스화기의 제 1 반응 대역으로 첨가되는 전체 산소의 양은 파운드로 약 1.25 내지 약 3.5 를 포함한다. 하나의 구현예에서 제 1 반응 대역 온도는 650-1450°F 를 포함한다. 하나의 구현예에서 제 2 반응 대역 온도는 1750-3500°F 를 포함한다.
- [0059] 본 개시물은 추가로 하기를 포함하는 방법을 제공한다: 상기 원료 합성 가스를 냉각시키고 세척하여 세정된 합성 가스를 생성하는 단계; 상기 세정된 합성 가스를 발효 용기에서 생체촉매와 접촉시켜 알코올 산물 혼합물을 생성하는 단계. 하나의 구현예에서 상기 탄소질 물질의 하나 이상에서 탄소 대 수소 질량비는 1 대 20 을 포함한다. 하나의 구현예에서 상기 탄소질 물질의 하나 이상에서 탄소 대 산소 질량비는 1 대 200 을 포함한다.
- [0060] 본 개시물은 가스화기가 제 1 반응 대역, 제 2 반응 대역 및 제 1 반응 대역과 제 2 반응 대역을 연결하는 챔버를 포함하고, 하기 단계를 포함하는, 부분 산화 방법을 사용하여 합성 가스를 생성하기 위한 가스화기에서의 탄소질 물질의 가스화 방법을 제공한다: 가스화기의 제 1 반응 대역으로 하나 이상의 탄소질 물질을 첨가하는 단계; 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 단계 및 임의로 가스화기의 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역 중 하나 또

는 둘 모두로 물 또는 증기를 첨가하는 단계; 가스화기의 제 1 반응 대역과 제 2 반응 대역을 연결하는 챔버로 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 단계.

[0061] 본 개시물은 부분 산화 방법을 사용하여 합성 가스를 생성하기 위한, 제 1 반응 대역, 제 2 반응 대역 및 제 1 반응 대역과 제 2 반응 대역을 연결하는 챔버를 포함하는 가스화기를 제공하고; 상기 방법은 가스화기의 제 1 반응 대역으로 하나 이상의 탄소질 물질을 첨가하는 단계; 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 단계 및 임의로 가스화기의 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역 중 하나 또는 둘 모두로 물 또는 증기를 첨가하는 단계를 포함하고; 가스화기의 제 1 반응 대역과 제 2 반응 대역을 연결하는 챔버로 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 단계를 포함한다.

[0062] 본 개시물은 가스화기가 제 1 반응 대역, 제 2 반응 및 대역 및 제 1 반응 대역과 제 2 반응 대역을 연결하는 챔버를 포함하고, 하기 단계를 포함하는, 합성 가스를 생성하기 위한 가스화기에서의 탄소질 물질의 가스화 방법을 제공한다: 가스화기의 제 1 반응 대역으로 하나 이상의 탄소질 물질을 첨가하는 단계; 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 단계 및 임의로 가스화기의 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역 중 하나 또는 둘 모두로 물 또는 증기를 첨가하는 단계를 포함하고; 상기 가스화기의 제 1 반응 대역과 제 2 반응 대역을 연결하는 챔버로 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 단계를 포함한다.

[0063] 본 개시물은 합성 가스를 생성하기 위한, 제 1 반응 대역, 제 2 반응 대역 및 제 1 반응 대역과 제 2 반응 대역을 연결하는 챔버를 포함하는 가스화기를 제공하고; 상기 방법은 상기 가스화기의 제 1 반응 대역으로 하나 이상의 탄소질 물질을 첨가하는 단계; 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 단계 및 임의로 가스화기의 제 1 반응 대역 및 제 2 반응 대역 중 하나 또는 둘 모두로 물 또는 증기를 첨가하는 단계를 포함하고; 가스화기의 제 1 반응 대역과 제 2 반응 대역을 연결하는 챔버로 분자 산소 함유 가스를 첨가하는 단계를 포함한다.

[0064] 본 개시물의 하나의 구현예에서 가스화기의 온도는 약 650°F 내지 약 3500°F 를 포함한다. 하나의 구현예에서 온도는 약 650°F 내지 약 1450°F 를 포함한다. 하나의 구현예에서 가스화기의 온도는 약 950°F 내지 약 1400°F 를 포함한다. 하나의 구현예에서 가스화기의 온도는 약 1400°F 이다. 하나의 구현예에서 가스화기의 온도는 약 1750°F 내지 약 2250°F 를 포함한다. 하나의 구현예에서 가스화기의 온도는 약 2250°F 이다.

[0065] 본 개시물의 여러 구현예에서 타르-함유 생산물 가스는 타르가 없거나 적게 함유된 원료 합성 가스를 생성하기 위한 공개된 당업계에 기술된 여러 타르 제거 방법을 사용하여 타르-함유 생산물 가스에 함유된 타르의 적어도 일부를 제거하거나 소멸하기 위해 처리될 수 있다. 본 개시물의 하나의 구현예에서 타르-함유 생산물 가스는, 일산화탄소, 수소, 및 합성 가스-탄소를 포함하는 원료 합성 가스를 제거하거나 생성하기 위해서 약 1750°F 내지 약 3500°F 의 온도에서 분자 산소의 존재 하에 처리된다. 본 개시물의 하나의 구현예에서 타르-함유 생산물 가스는 이산화탄소를 포함하는 원료 합성 가스를 제거하거나 생성하기 위해서 약 1750°F 내지 약 3500°F 의 온도에서 분자 산소의 존재 하에 처리된다. 이러한 처리에서 아마도 타르는 타르의 크래킹을 통해 소멸된다. 아마도 이러한 처리에서 타르는 타르의 부분 산화를 통해 파괴된다. 하나의 구현예에 있어서, 처리 온도는 약 1750°F 내지 약 2250°F 를 포함한다. 하나의 구현예에 있어서, 처리 온도는 약 2250°F 이다.

[0066] 상기에서와 같은 가스화기의 작업은 이산화탄소를 생성하기 위해 가스화기로 주입되는 모든 탄소의 완전 연소를 달성하지 못한다. 아마도 일산화탄소의 생성을 증가시키는 탄소의 부분 산화가 달성된다. 이러한 부분 산화는 또한 원료 합성 가스에 잔류되는 미반응된 탄소 입자 또는 그을음 ("합성 가스-탄소") 의 형성을 초래할 수 있다. 다량의 합성 가스-탄소를 함유하는 원료 합성 가스는 원료 합성 가스의 세정의 곤란성 및 비용을 증가시키기 때문에 바람직하지 않다. 본 개시물의 방법에 있어서, 상기 원료 합성 가스는 생성되는 원료 합성 가스 1000 SCF 당 약 0.5 파운드 미만의 합성 가스-탄소를 포함한다. 개시물의 하나의 구현예에 있어서, 상기 원료 합성 가스는 생성되는 원료 합성 가스 1000 SCF 당 약 0.25 파운드 미만의 합성 가스-탄소를 포함한다. 하나의 구현예에 있어서, 상기 원료 합성 가스는 생성되는 원료 합성 가스 1000 SCF 당 약 0.125 파운드 미만의 합성 가스-탄소를 포함한다.

[0067] 상기에서와 같은 가스화기의 작업은 이산화탄소를 생성하기 위해 가스화기로 주입되는 모든 탄소의 완전 연소를 달성하지 못한다. 아마도 일산화탄소의 생성을 증가시키는 탄소의 불완전 산화가 달성된다. 이러한 불완전 산화는 또한 원료 합성 가스에 잔류된 미반응된 탄소 입자 또는 그을음 ("합성 가스-탄소") 의 형성을 초래할 수 있다. 다량의 합성 가스-탄소를 함유하는 원료 합성 가스는 원료 합성 가스의 세정의 곤란성 및 비용을 증가시키기 때문에 바람직하지 않다. 본 개시물의 방법에 있어서, 상기 원료 합성 가스는 생성되는 원료 합성 가스 1000 SCF 당 약 0.5 파운드 미만의 합성 가스-탄소를 포함한다. 개시물의 하나의 구현예에 있

어서, 상기 원료 합성 가스는 생성되는 원료 합성 가스 1000 SCF 당 약 0.25 파운드 미만의 합성 가스-탄소를 포함한다. 하나의 구현예에 있어서, 상기 원료 합성 가스는 생성되는 원료 합성 가스 1000 SCF 당 약 0.125 파운드 미만의 합성 가스-탄소를 포함한다.

- [0068] 타르-함유 생성 가스를 생성하기 위한 탄소질 물질의 가스화 및 타르-미함유 또는 타르를 더욱 적게 함유하는 원료 합성 가스를 생성하기 위해 산소 분자 함유 가스의 존재 하에서 고온에서의 상기 타르-함유 생성 가스의 후속 처리 ("타르 크래킹") 은 다수의 및 별개의 공정 유닛에서 또는 다수의 반응 대역 또는 챔버 또는 대역을 갖는 단일 유닛에서 달성될 수 있다.
- [0069] 타르-함유 생성 가스를 생성하기 위한 탄소질 물질의 가스화 및 타르-미함유 또는 타르를 더욱 적게 함유하는 원료 합성 가스를 생성하기 위해 산소 분자 함유 가스의 존재 하에 고온에서의 상기 타르-함유 생성 가스의 후속 처리 ("타르의 부분 산화") 는 다수의 및 별개의 공정 유닛에서 또는 다수의 반응 대역 또는 챔버 또는 대역을 갖는 단일 유닛에서 달성될 수 있다.
- [0070] 본 개시물의 하나의 구현예에 있어서, 하기 2 개의 반응 대역을 포함하는 가스화 유닛이 사용된다: 타르-함유 생성 가스를 생성하는 제 1 반응 대역 및 타르-함유 생성 가스로부터 타르-미함유 또는 타르를 더욱 적게 함유하는 원료 합성 가스를 생성하는 제 2 반응 대역.
- [0071] 본 개시물의 하나의 구현예에 있어서, 하기 2 개의 반응 대역을 포함하는 다단 가스화 유닛이 사용된다: 타르-함유 생성 가스를 생성하는 제 1 반응 대역 및 타르-함유 생성 가스로부터 타르-미함유 또는 타르를 더욱 적게 함유하는 원료 합성 가스를 생성하는 제 2 반응 대역.
- [0072] 본 개시물의 하나의 구현예에 있어서, 하기 2 개의 반응 대역을 포함하는 2 단 가스화 유닛이 사용된다: 타르-함유 생성 가스를 생성하는 제 1 반응 대역 및 타르-함유 생성 가스로부터 타르-미함유 또는 타르를 더욱 적게 함유하는 원료 합성 가스를 생성하는 제 2 반응 대역.
- [0073] 본 개시물의 하나의 구현예에 있어서, 제 1 반응 대역에서의 온도는 회분을 형성하는 탄소질 물질의 무기 성분의 용융점을 초과하지 않아야 한다. 이러한 온도는 회분-융합 온도로 지칭될 수 있다. 하나의 구현예에 있어서, 제 1 반응 대역은 약 650°F 내지 약 1450°F 의 온도에서 유지된다. 하나의 구현예에 있어서, 제 1 반응 대역은 약 950°F 내지 약 1450°F 의 온도에서 유지된다. 하나의 구현예에 있어서, 제 1 반응 대역은 약 1400°F 의 온도에서 유지된다.
- [0074] 제 2 반응 대역에서의 온도는 타르-크래킹이 효과적으로 일어나도록 충분히 높아야 한다. 하나의 구현예에 있어서, 제 2 반응 대역은 약 1750°F 내지 약 3500°F 의 온도에서 유지된다. 하나의 구현예에 있어서, 제 2 반응 대역은 약 1750°F 내지 약 2250°F 의 온도에서 유지된다. 하나의 구현예에 있어서, 제 2 반응 대역은 약 2250°F 의 온도에서 유지된다. 적절한 온도를 유지하는 것에 부가하여, 제 2 반응 대역은 적절한 접촉 시간 또는 잔류 시간이 타르-크래킹을 위해 제공되도록 크기를 가져야 한다. 전형적으로 약 2 내지 약 5 초의 잔류 시간이 유지된다.
- [0075] 제 2 반응 대역에서의 온도는 부분 산화가 효과적으로 일어나도록 충분히 높아야 한다. 하나의 구현예에 있어서, 제 2 반응 대역은 약 1750°F 내지 약 3500°F 의 온도에서 유지된다. 하나의 구현예에 있어서, 제 2 반응 대역은 약 1750°F 내지 약 2250°F 의 온도에서 유지된다. 하나의 구현예에 있어서, 제 2 반응 대역은 약 2250°F 의 온도에서 유지된다. 적절한 온도를 유지하는 것에 부가하여, 제 2 반응 대역은 적절한 접촉 시간 또는 잔류 시간이 타르-크래킹을 위해 제공되도록 크기를 가져야 한다. 전형적으로 약 2 내지 약 5 초의 잔류 시간이 유지된다.
- [0076] 하나의 구현예에 있어서, 제 2 반응 대역은 제 1 반응 대역 위에 수직하게 배치된다. 하나의 구현예에 있어서, 제 2 반응 대역은 제 1 반응 대역 아래에 수직하게 배치된다.
- [0077] 산소 분자 함유 가스는 상기 가스화기의 제 1 반응 대역에 첨가된다. 산소 분자 함유 가스는 상기 가스화기의 제 2 반응 대역에 첨가된다. 산소 분자 함유 가스는 상기 가스화기의 제 1 및 제 2 반응 대역 모두에 첨가된다. 산소 분자 함유 가스는 공기, 산소-풍부 공기 또는 순수 산소일 수 있다. 산소 분자 함유 가스는 산소 분자 약 21 부피% 내지 약 100 부피% 를 함유할 수 있다.
- [0078] 본 개시물에서, 가스화기에 첨가되는 총 산소는 가스화기에 첨가되는 하나 이상의 탄소질 물질의 산소 함량, 임의로 첨가되는 임의의 물 또는 증기에 함유된 산소, 및 가스화기의 제 1 반응 대역 또는 하부 및 제 2 반응 대역 또는 상부 챔버 모두에 주입된 산소 분자 함유 가스에 함유된 산소의 합이고; 가스화기에 첨가되는 총 탄소

는 가스화기에 첨가되는 하나 이상의 탄소질 물질의 탄소 함량의 합이다.

- [0079] 본 개시물에서, 가스화기의 제 1 반응 대역에 첨가되는 총 산소는 가스화기의 제 1 반응 대역에 첨가되는 하나 이상의 탄소질 물질의 산소 함량, 가스화기의 제 1 반응 대역에 임의로 첨가되는 임의의 물 또는 증기에 함유된 산소, 및 가스화기의 제 1 반응 대역에 첨가되는 산소 분자 함유 가스에 함유된 산소의 합이고; 가스화기의 제 1 반응 대역에 첨가되는 총 탄소는 가스화기의 제 1 반응 대역에 첨가되는 하나 이상의 탄소질 물질의 탄소 함량의 합이다.
- [0080] 하나의 구현예에 있어서, 가스화기의 제 1 반응 대역에 첨가되는 총 탄소는 가스화기에 첨가되는 총 탄소와 동일하다.
- [0081] 하나의 구현예에 있어서, 가스화기의 제 1 반응 대역에 첨가되는 총 탄소는 가스화기에 첨가되는 총 탄소와 동일하지 않다.
- [0082] 하나의 구현예로서, 본 개시물은 또한 하기를 포함하는 알코올의 제조방법을 제공한다:
- [0083] 상기 원료 합성 가스를 냉각시키고 세정하여 세정된 합성 가스를 생성하는 단계;
- [0084] 상기 세정된 합성 가스를 발효 용기에서 생체축매와 접촉시켜 알코올 생성 혼합물을 생성하는 단계.
- [0085] 하나의 구현예에 있어서, 하나 이상의 상기 알코올은 메탄올을 포함한다. 하나의 구현예에 있어서, 하나 이상의 상기 알코올은 에탄올을 포함한다. 하나의 구현예에 있어서, 하나 이상의 상기 알코올은 메탄올, 에탄올, 프로판올, 부탄올, 및 이의 조합을 포함한다.
- [0086] 하나의 구현예에 있어서, 알코올은 알코올 생성 혼합물로부터 선택적으로 회수된다. 하나의 구현예에 있어서, 선택적으로 회수되는 알코올은 에탄올이다. 하나의 구현예에 있어서, 선택적으로 회수되는 알코올은 부탄올이다.
- [0087] 하나의 구현예로서, 상기 생체축매는 하기를 포함한다: 미생물; 아세트산 생성 박테리아; 클로스트리듐 (Clostridium), 무렐라 (Moorella), 및 카르복시도써머스 (Carboxydotherrmus) 또는 이의 혼합된 종으로부터 선택되는 하나 이상의 종; 클로스트리듐 룡달리이 (Clostridium ljungdahlii). 본 개시물의 상기 클로스트리듐 룡달리이는 PETC, ERI-2, O-52 및 C-01 또는 이의 조합으로 이루어진 종으로부터 선택된다.
- [0088] 도 1 은 가스화기의 하나의 구현예를 예시하는 도식적 도표이다. 도 1 은 2 단 가스화기의 도식적 도표를 나타낸다. 하나의 구현예로서, 도 1 은 부분 산화를 사용하는 2 단 가스화기의 도식적 도표를 나타낸다. 이하에서 도 1 을 참조하면, 하나 이상의 탄소질 물질 (150) 은 공급 호퍼 (100) 으로부터 가스화를 위한 가스화기의 제 1 반응 대역 또는 하부 챔버 (200) 으로 공급된다. 산소 분자 함유 가스 (220) 은 가스화를 지원하기 위해 하부 챔버로 주입된다. 하나의 구현예에 있어서, 물 또는 증기가 가스화를 지원하기 위해 하부 챔버에 첨가될 수 있다. 하부 챔버로 주입되는 산소의 양은 탄소질 물질의 완전 연소를 방지하도록 조절된다. 다시 말하자면, 하부 챔버는 산소-부족 상태이다. 완전 연소의 방지는 또한 하부 챔버에서의 온도를 조정함으로써 조절된다. 750 내지 1450°F 의 온도가 하부 챔버에서 유지된다. 하나의 구현예에 있어서, 하부 챔버에서의 온도는 가스화 동안 형성되는 임의의 회분의 용융을 방지하도록 조정된다. 하나의 구현예에 있어서, 하부 챔버에서의 온도는 1400°F 이다. 하나의 구현예에 있어서, 하부 챔버로 주입되는 산소 분자의 양은 건조 또는 무수 기준으로 탄소질 물질의 톤 당 10 내지 100 파운드-물을 포함한다.
- [0089] 제 1 반응 대역 또는 하부 챔버에서 생성된 가스 물질의 증기는 제 1 반응 대역 / 하부 챔버를 제 2 반응 대역 / 상부 챔버에 연결하는 챔버 (300) 을 통해 가스화기의 제 2 반응 대역 또는 상부 챔버 (400) 으로 이동한다. 회분의 증기 (250) 는 하부 챔버로부터 제거된다. 제 1 반응 대역에서 생성된 가스 물질의 증기는 제 1 반응 대역을 제 2 반응 대역에 연결하는 가스화기의 연결 챔버 (300) 을 통해 가스화기의 제 2 반응 대역 (400) 으로 이동한다. 회분의 증기 (250) 는 제 1 반응 대역으로부터 제거된다.
- [0090] 하나의 구현예에 있어서, 증기가 제 1 반응 대역 / 하부 챔버 (200) 에 첨가될 수 있다. 하나의 구현예에 있어서, 증기가 제 2 반응 대역 / 상부 챔버 (400) 에 첨가될 수 있다. 하나의 구현예에 있어서, 증기가 제 1 반응 대역 / 하부 챔버 (200) 및 제 2 반응 대역 / 상부 챔버 (400) 에 첨가될 수 있다. 하나의 구현예에 있어서, 증기가 제 1 반응 대역 / 하부 챔버를 제 2 반응 대역 / 상부 챔버에 연결하는 챔버에 첨가될 수 있다. 하나의 구현예에 있어서, 증기가 제 1 반응 대역 / 하부 챔버를 제 2 반응 대역 / 상부 챔버에 연결하는 챔버로 이동하는 가스 증기 (310) 에 첨가될 수 있다.

- [0091] 하나의 구현예에 있어서, 연속적인 증기가 제 1 반응 대역 / 하부 챔버 (200) 에 첨가될 수 있다. 하나의 구현예에 있어서, 연속적인 증기가 제 2 반응 대역 / 상부 챔버 (400) 에 첨가될 수 있다. 하나의 구현예에 있어서, 연속적인 증기가 제 1 반응 대역 / 하부 챔버 (200) 및 제 2 반응 대역 / 상부 챔버 (400) 에 첨가될 수 있다. 하나의 구현예에 있어서, 연속적인 증기가 제 1 반응 대역 / 하부 챔버를 제 2 반응 대역 / 상부 챔버에 연결하는 챔버 (300) 에 첨가될 수 있다. 하나의 구현예에 있어서, 연속적인 증기가 제 1 반응 대역 / 하부 챔버를 제 2 반응 대역 / 상부 챔버에 연결하는 챔버로 이동하는 가스 증기 (310) 에 첨가될 수 있다.
- [0092] 아마도 하부 챔버에서 생성되는 가스 물질에 함유된 타르의 부분 산화는 상부 챔버에서 달성된다. 아마도 하부 챔버에서 생성되는 가스 물질에 함유된 타르의 크래킹은 상부 챔버에서 달성된다. 산소 분자 함유 가스의 증기는 상부 챔버에서의 타르의 부분 산화 및/또는 크래킹을 지원하기 위해 제 1 반응 대역 / 하부 챔버를 제 2 반응 대역 / 상부 챔버에 연결하는 챔버 (300) 에 또는 가스화기의 목부에 주입된다. 하나의 구현예에 있어서, 산소 분자 함유 가스는 상부 챔버 내로 직접 주입된다. 타르의 부분 산화는 또한 가스화기의 상부 챔버에서의 온도를 조정함으로써 조절된다. 1750 내지 3500°F 의 온도가 상부 챔버에서 유지된다. 하나의 구현예에 있어서, 상부 챔버에서의 온도는 2250°F 이다. 하나의 구현예에 있어서, 상부 챔버로 주입되는 산소 분자의 양은 건조 또는 무수 기준으로 탄소질 물질의 톤 당 10 내지 100 파운드-몰을 포함한다.
- [0093] 하나의 구현예에 있어서, 상부 챔버는 하부 챔버의 상단 위의 높이에서 수직하게 위치된다. 하나의 구현예에 있어서, 상부 챔버는 하부 챔버의 상단 위가 아닌 높이에서 수직하게 위치된다. 하나의 구현예에서, 하부 챔버 및 상부 챔버는 대략 동일한 수직 높이로, 즉 나란히 위치된다. 원료 합성 가스의 스트림 (410) 은 가스화기의 상부 챔버로부터 제거된다.
- [0094] 도 2 는 상기 탄소질 물질의 가스화를 통해 탄소질 물질로부터 에탄올을 생성하는 방법의 구현예를 설명하는 도식을 포함한다. 이제 도 2 를 참조로 하여, 탄소질 물질 (1) 은 탄소질 물질이 일산화탄소 (CO) 및 수소 (H₂) 를 포함하는 발생로 가스 또는 합성 가스로 전환되는 가스화기 (10) 에 공급된다. 원료 합성 가스 생성물 (11) 은 가스화기로부터 제거된다. 원료 합성 가스는 고온이고 이는 황-함유 가스 및 기타 산성 가스, 미립자 물질 등을 함유할 수 있고 냉각 또는 세정 공정 (20) 에서 냉각 및 세정된다. 냉각 및 세정된 합성 가스의 스트림 (21) 은 냉각 및 세정 공정에 의해 생성되고, 이는 생물반응기 또는 발효조 또는 발효기 (30) 에 도입되어 에탄올을 생성한다. 생물반응기에서, 합성 가스의 일산화탄소 (CO) 및 수소 (H₂) 는 미생물에 의해 작용되어 에탄올을 생성한다. 에탄올 함유 스트림 (31) 은 생물반응기로부터 제거된다. 에탄올 함유 스트림은 또한 가공되어 연료 등급 에탄올을 생성한다 (도식에 나타내지 않음).
- [0095] 도 3 은 가스화기에 투입된 다양한 양의 물에 관하여, 합성 가스-탄소에 대한 가스화기 내로의 총 산소 투입 효과의 구현예를 설명하는 도식을 포함한다. 구현예로서, 도 3 은 가스화기 내로의 총 산소 투입이 증가하면 총 합성 가스-탄소 함량의 경향이 감소하는 것을 설명한다. 도 3 은 총 탄소 투입 파운드 당 파운드로의 총 산소 투입 (x-축) 에 대한 생성된 원료 합성 가스의 KSCF 당 파운드로의 합성 가스 탄소 (y-축) 의 선이다. 도 3 은 총 탄소 투입 파운드 당 파운드로의 총 산소 투입 (x-축) 에 대한 생성된 발생로 합성 가스의 1000 SCF 당 파운드로의 합성 가스 탄소 (y-축) 의 선이고; 여기서 총 산소 투입은 가스화기 내로의 총 산소 투입이고 총 탄소 투입은 가스화기 내로의 총 탄소 투입이다. 가스화기 내로의 총 산소 투입이 가스화기 내로의 총 탄소 투입 파운드 당 약 1.4 파운드 (1b/1b) 를 초과하는 경우, 원료 합성 가스는 생성된 원료 합성 가스의 1000 표준 입방 피트 (1000 SCF 또는 KSCF) 당 약 1 파운드 (1b) 미만의 합성 가스-탄소를 포함한다. 가스화기 내로의 총 산소 투입이 가스화기 내로의 총 탄소 투입 파운드 당 약 1.5 파운드 (1b/1b) 를 초과하는 경우, 원료 합성 가스는 생성된 원료 합성 가스의 1000 표준 입방 피트 (1000 SCF 또는 KSCF) 당 약 0.3 파운드 (1b) 미만의 합성 가스-탄소를 포함한다.
- [0096] 도 4 는 가스화기 내로의 다양한 양의 물 투입에 관하여, 생성된 에탄올의 양에 대한 가스화기 내로의 총 산소 투입 효과의 구현예를 설명하는 도식을 포함한다. 구현예로서, 도 4 는 총 산소 투입이 증가하면 알코올 생성의 경향이 초기에 증가한다는 것을 설명한다. 도 4 는 총 탄소 투입 파운드 당 파운드로의 총 산소 투입 (x-축) 에 대한 총 탄소 투입 파운드 당 파운드로의 생성된 에탄올 (y-축) 의 선이다. 도 4 는 총 탄소 투입 파운드 당 파운드로의 총 산소 투입 (x-축) 에 대한 총 탄소 투입 파운드 당 파운드로의 생성된 에탄올 (y-축) 의 선이고; 여기서 총 산소 투입은 가스화기 내로의 총 산소 투입이고 총 탄소 투입은 가스화기 내로의 총 탄소 투입이다. 구현예로서, 도 4 는 알코올 생성의 경향이 총 산소 투입이 증가하면 초기에 증가하고, 이후 총 산소 투입이 증가하면 감소한다는 것을 설명한다. 구현예로서, 도 4 는 에탄올 생성의 경향이 총 산

소 투입이 증가하면 초기에 증가한다는 것을 설명한다. 구현예로서, 도 4 는 에탄올 생성의 경향이 총 산소 투입이 증가하면 초기에 증가하고, 이후 총 산소 투입이 증가하면 감소한다는 것을 설명한다. 구현예로서, 도 4 는 에탄올 생성의 경향 (가스화기 내로의 총 탄소 투입의 파운드 당 생성된 에탄올 파운드) 이, 가스화기 내로의 총 탄소 투입 파운드 당 약 1.5 파운드의 총 산소 투입까지는 가스화기 내로의 총 산소 투입이 증가하면 증가한다는 것을 설명한다. 구현예로서, 도 4 는 에탄올 생성 (가스화기 내로의 총 탄소 투입의 파운드 당 생성된 에탄올 파운드) 의 경향이 가스화기 내로의 총 탄소 투입 파운드 당 약 1.5 파운드 (1b/1b) 의 총 산소 투입까지는 가스화기 내로의 총 산소 투입이 증가하면 증가하고, 가스화기 내로의 총 산소 투입이 가스화기 내로의 총 탄소 투입 파운드 당 1.5 파운드 (1b/1b) 를 초과하는 경우, 에탄올 생성 (가스화기 내로의 총 탄소 투입의 파운드 당 생성된 에탄올 파운드) 이 가스화기 내로의 총 산소 투입이 증가하면 감소한다는 것을 설명한다.

[0097] 도 5 는 가스화기 내로의 다양한 양의 물 투입에 관하여, 합성 가스-탄소에 대한 가스화기의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입의 효과의 구현예를 설명하는 도식을 포함한다. 구현예로서, 도 5 는 원료 합성 가스의 총 합성 가스-탄소 함량의 경향이 가스화기의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입이 증가하면 감소한다는 것을 설명한다. 도 5 는 총 탄소 투입 파운드 당 파운드로의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입 (x-축) 에 대한 생성된 원료 합성 가스의 KSCF 당 파운드로의 합성 가스 탄소 (y-축) 의 선이다. 도 5 는 총 탄소 투입 파운드 당 파운드로의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입 (x-축) 에 대한 생성된 원료 합성 가스의 1000 SCF 당 파운드로의 합성 가스 탄소 (y-축) 의 선이다. 도 5 는 총 탄소 투입 파운드 당 파운드로의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입 (x-축) 에 대한 생성된 원료 합성 가스의 1000 SCF 당 파운드로의 합성 가스 탄소 (y-축) 의 선이고; 여기서 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입은 가스화기의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입이고 총 탄소 투입은 가스화기 내로의 총 탄소 투입이다. 가스화기의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입이 가스화기 내로의 총 탄소 투입 파운드 당 약 0.75 파운드 (1b/1b) 를 초과하는 경우, 원료 합성 가스는 생성된 원료 합성 가스의 1000 표준 입방 피트 (1000 SCF) 당 약 1 파운드 (1b) 미만의 합성 가스-탄소를 포함한다. 가스화기의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입이 가스화기 내로의 총 탄소 투입 파운드 당 약 0.9 파운드 (1b/1b) 를 초과하는 경우, 원료 합성 가스는 생성된 원료 합성 가스의 1000 표준 입방 피트 (1000 SCF) 또는 KSCF) 당 약 0.3 파운드 (1b) 미만의 합성 가스-탄소를 포함한다.

[0098] 도 6 은 가스화기 내로의 다양한 양의 물 투입에 관하여, 생성된 에탄올의 양에 대한 가스화기의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입 효과의 구현예를 설명하는 도식을 포함한다. 구현예로서, 도 6 은 가스화기의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입이 증가하면 알코올 생성의 경향이 초기에 증가한다는 것을 설명한다. 도 6 은 총 탄소 투입 파운드 당 파운드로의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입 (x-축) 에 대한 총 탄소 투입 파운드 당 파운드로의 생성된 에탄올 (y-축) 의 선이다. 도 6 은 총 탄소 투입 파운드 당 파운드로의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입 (x-축) 에 대한 총 탄소 투입 파운드 당 파운드로의 생성된 에탄올 (y-축) 의 선이고; 여기서 제 1 반응 영역의 총 산소 투입은 가스화기의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입이고 총 탄소 투입은 가스화기 내로의 총 탄소 투입이다. 구현예로서, 도 6 은 알코올 생성의 경향이 가스화기의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입이 증가하면 초기에 증가하고, 이후 가스화기의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입이 증가하면 감소한다는 것을 설명한다. 구현예로서, 도 6 은 에탄올 생성의 경향이 가스화기의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입이 증가하면 초기에 증가하고, 이후 가스화기의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입이 증가하면 감소한다는 것을 설명한다. 구현예로서, 도 6 은 에탄올 생성의 경향 (가스화기 내로의 총 탄소 투입의 파운드 당 생성된 에탄올 파운드) 이 가스화기 내로의 총 탄소 투입 파운드 당 약 0.9 파운드 (1b/1b) 의 가스화기의 제 1 영역 내로의 총 산소 투입까지는 가스화기의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입이 증가하면 증가한다는 것을 설명한다. 구현예로서, 도 6 은 에탄올 생성의 경향 (가스화기 내로의 총 탄소 투입의 파운드 당 생성된 에탄올 파운드) 이 가스화기 내로의 총 탄소 투입 파운드 당 약 0.9 파운드 (1b/1b) 의 가스화기의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입까지는 가스화기의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입이 증가하면 증가하고, 가스화기의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입이 에탄올 생성 파운드 당 0.9 파운드 (1b/1b) (가스화기 내로의 총 탄소 투입의 파운드 당 생성된 에탄올 파운드) 를 초과하는 경우에, 가스화기의 제 1 반응 영역 내로의 총 산소 투입이 증가하면 감소한다는 것을 설명한다.

[0099] 본 개시 내용의 특정 구현예의 상기 상세한 설명은 실례 및 설명의 목적으로 나타내어진다. 이는 완전한 것으로 또는 개시된 정확한 형태로 개시 내용을 제한하는 것으로 여겨지지 않는다. 명백하게, 많은 변형 및 변화가 상기 교시의 관점에서 가능하다. 개시 내용의 원리 및 이의 실제 적용을 가장 잘 설명하기 위해 구현예가 선택되고 기재되는 한편, 이에 따라 당업자는 개시 내용을 최적으로 이용할 수 있고, 특정 용도에 적합

화된 다양한 변형을 갖는 다양한 구현가 또한 가능하다.

[0100] 이러한 개시 내용의 하나의 구현예에서, 알코올은 알코올 생성 혼합물을 제조하기 위해 발효 용기에서 생체촉매와 합성 가스를 접촉시켜 생성된다. 하나의 구현예에서, 알코올은 메탄올, 에탄올, 프로판올 및 부탄올 또는 이의 조합물을 포함한다. 하나의 구현예에서 상기 알코올을 에탄올을 포함한다. 하나의 구현예에서, 상기 생체촉매는 아세트젠계 박테리아를 포함한다. 하나의 구현예에서, 상기 생체촉매는 클로스트리듐 (Clostridium), 무어렐라 (Moorella) 및 카르복시도테르무스 (Carboxydotherrmus) 또는 이의 혼합 균주로부터 선택되는 하나 이상의 균주를 포함한다. 하나의 구현예에서, 상기 생체촉매는 하나 이상의 클로스트리듐 룡달리이 (Clostridium ljungdahlii) 의 균주를 포함한다. 하나의 구현예에서, 상기 클로스트리듐 룡달리이는 PETC, ERI-2, O-52 및 C-01 또는 이의 조합물로 이루어지는 균주로부터 선택된다. 하나의 구현예에서, 상기 생체촉매는 하나 이상의 클로스트리듐 카르복시디보란의 균주를 포함한다. 하나의 구현예에서, 상기 생체촉매는 하나 이상의 클로스트리듐 라그스달레이 (Clostridium ragsdalei) 를 포함한다. 하나의 구현예에서, 상기 생체촉매는 하나 이상의 클로스트리듐 오토에타노게눔 (Clostridium autoethanogenum) 의 균주를 포함한다.

[0101] **실시예**

[0102] 본 개시 내용에서는 다단 가스화기를 고려하였다. 구현예로서, 부분 산화 방법을 사용하는 다단 가스화기를 본 개시 내용에서 고려하였다. 하기 실시예는 도 1 에 나타낸 바와 같이 2 단 가스화기를 이용하였다. 가스화기는 제 1 단계 또는 제 1 반응 영역 또는 하부 챔버 및 제 2 단계 또는 제 2 반응 영역 또는 상부 챔버를 포함한다. 공기, 산소-강화 공기 또는 순수 산소가 쇄살대 (grate) 아래에 제어된 속도로 주입될 수 있는 하부 챔버에 탄소질 물질을 공급하였다. 아래 나타낸 실시예의 경우, 순수 산소를 하부 챔버에 주입하였다. 하부 챔버 온도 및 산소 투입을 제어하여, 완전 연소가 아닌 (또한 공기 부족 또는 산소 부족 연소로 기재됨) 탄소질 물질의 불완전 산화만이 발생하게 하였다. 하부 챔버 온도 및 산소 투입을 제어하여 완전 연소가 아닌 (또한 공기 부족 또는 산소 부족 연소로 기재됨) 탄소질 물질의 부분 산화만이 일어나게 하였다. 약 750 내지 약 1450°F 의 온도를 하부 챔버에서 유지하였다. 하나의 구현예에서, 제 1 단계에서 약 1400°F 의 온도를 유지하였다. 하나의 구현예에서, 약 1400°F 미만의 온도를 제 1 단계 또는 하부 챔버에서 유지하였다. 가스 생성물을 하부 챔버로부터 제 2 단계 또는 상부 챔버로 이동시켰다. 회분을 하부 챔버로부터 제거하였다. 순수 산소를 상부 챔버에 도입하여, 제 1 단계로부터 가스 스트림에 함유된 임의의 타르 (예컨대 중질 탄화수소) 의 크래킹을 완수하기 위한 약 1750 내지 약 3500°F 의 상부 챔버 온도로 온도를 상승시켰다. 순수 산소를 상부 챔버에 도입하여, 약 1750 내지 약 3500°F 의 상부 챔버 온도로 온도를 상승시켜, 제 1 단계로부터의 가스 스트림에 함유된 임의의 타르 (예컨대 중질 탄화수소) 의 부분 산화를 완수하였다. 아래 나타낸 실시예의 경우, 상부 챔버 온도는 2250°F 였다. 일산화탄소 (CO), 수소 (H₂), CO₂, N₂ 및 기타 성분 {예를 들어, O₂, 입자상 물질 (PM), 타르, 금속} 을 함유하는 원료 발생로 가스 (또한 원료 합성 가스 또는 원료 합성 가스로 칭함) 를 생성하고 상부 챔버로부터 제거하였다. 하나의 구현예에서, 증기가 하부 챔버에 주입될 수 있다. 구현예에서, 증기가 상부 챔버에 주입될 수 있다.

[0103] 하기 가스화에서, 원료 합성 가스를 냉각 및 세정하여, 발생로 합성 가스를 생성할 수 있다. 발생로 합성 가스를 생물반응기 또는 발효기 또는 발효조에 도입하여 알코올; 메탄올; 에탄올; 프로판올; 및/또는 부탄올을 생성하였다. 아래 실시예에서 에탄올을 생물반응기에서 생성하였다.

[0104] 아래 실시예에서, 실제 실험 대신에 수학적 모델을 사용하여 다양한 공정 조건 및 공급 물질에 대한 가스화기 및 발효조의 생산량을 계산하였다. 가스화기 생산량 계산의 경우, CHEMKIN 수학적 모델 기반을 사용하였다.

[0105] 모델은 가스화기의 하부 챔버 또는 제 1 반응 영역 내로의 5 % 공기 누출을 사용하였다.

[0106] 발효 과정에 대한 모델은 90% 일산화탄소를 전환하는 과정 및 40% 수소를 전환하는 과정을 수반하며, 각 과정은 95% 선택성으로 에탄올을 제조한다.

[0107] 실시예 1-29:

[0108] 실시예 1-29 는 탄소질 물질이 물을 함유하지 않거나 무시해도 될 정도의 양으로 함유하고 물 또는 증기가 가스 화기에 직접 첨가되지 않는 탄소질 물질의 가스화의 구현예 뿐만 아니라 탄소질 물질이 상당한 물을 함유하고/거나 상당한 양의 물 또는 증기가 가스화기에 직접 첨가되는 탄소질 물질의 가스화의 구현예를 예시한다. 실시예는 단일 탄소질 물질 예컨대 석탄, 코크스 오븐 타르 (코크스), 플라스틱, 타이어, 목재, 폴리스티렌

(PS), 폴리에틸렌 테레프탈레이트 (PETA) 및 복수의 탄소질 물질 예컨대 타이어와 목재, 플라스틱과 목재, 플라스틱과 msw, 및 코크스 오븐 타르와 화이버소프트와의 블렌드의 가스화의 구현예를 예시한다. 모든 이들 실시예에서, 제 1 반응 대역의 온도는 1400°F 이고 제 2 반응 대역의 온도는 2250°F 이다. 관련 탄소질 물질 특성, 기타 가스화 조건 및 생성물 데이터가 하기 표 I 및 표 II 에 요약되어 있다.

- [0109] 구현예로서, 하기는 실시예 1-29 에 제시된 탄소질 물질의 블렌드의 설명이다:
- [0110] 바이오매스-VW-15: 바이오매스 80 wt% 와, 건설 목재 폐기물 또는 식물 폐기물 20 wt% 와의 블렌드 (블렌드의 물 함량 15 wt%)
- [0111] 코크스-화이버소프트-10: 물을 함유하지 않는 코크스 오븐 타르 (코크스) 50 wt% 와, 물 20 wt% 을 함유하는 것은 화이버소프트 50 wt% 와의 블렌드 (블렌드의 물 함량 10 wt%)
- [0112] 코크스-화이버소프트-20: 물을 함유하지 않는 코크스 오븐 타르 (코크스) 50 wt% 와, 물 40 wt% 을 함유하는 것은 화이버소프트 50 wt% 와의 블렌드 (블렌드의 물 함량 20 wt%)
- [0113] 코크스-화이버소프트-30: 물을 함유하지 않는 코크스 오븐 타르 (코크스) 50 wt% 와, 물 60 wt% 을 함유하는 것은 화이버소프트 50 wt% 와의 블렌드 (블렌드의 물 함량 30 wt%)
- [0114] 플라스틱-MSW-03: 물 0.2 wt% 을 함유하는 플라스틱 90 wt% 와, 물 30 wt% 을 함유하는 MSW 10 wt% 와의 블렌드 (블렌드의 물 함량 3.2 wt%)
- [0115] 플라스틱-MSW-08: 물 0.2 wt% 을 함유하는 플라스틱 75 wt% 와, 물 30 wt% 을 함유하는 MSW 25 wt% 와의 블렌드 (블렌드의 물 함량 7.7 wt%)
- [0116] 플라스틱-MSW-15: 물 0.2 wt% 을 함유하는 플라스틱 50 wt% 와, 물 30 wt% 을 함유하는 MSW 50 wt% 와의 블렌드 (블렌드의 물 함량 15.1 wt%)
- [0117] 플라스틱-목재-04: 물 0.2 wt% 을 함유하는 플라스틱 90 wt% 와, 물 40 wt% 을 함유하는 목재 10 wt% 와의 블렌드 (블렌드의 물 함량 4.2 wt%)
- [0118] 플라스틱-목재-10: 물 0.2 wt% 을 함유하는 플라스틱 75 wt% 와, 물 40 wt% 을 함유하는 목재 25 wt% 와의 블렌드 (블렌드의 물 함량 10.2 wt%)
- [0119] 플라스틱-목재-20: 물 0.2 wt% 을 함유하는 플라스틱 50 wt% 와, 물 40 wt% 을 함유하는 목재 50 wt% 와의 블렌드 (블렌드의 물 함량 20.1 wt%)
- [0120] 타이어-목재-00: 물을 함유하지 않는 타이어 85 wt% 와, 물 40 wt% 을 함유하는 목재 15 wt% 와의 블렌드, 그 후 예비-건조되어 모든 물이 제거됨
- [0121] 타이어-목재-03: 물을 함유하지 않는 타이어 85 wt% 와, 물 40 wt% 을 함유하는 목재 15 wt% 와의 블렌드, 그 후 예비-건조됨 (블렌드의 물 함량 3 wt%)
- [0122] 타이어-목재-04: 물을 함유하지 않는 타이어 90 wt% 와, 물 40 wt% 을 함유하는 목재 10 wt% 와의 블렌드 (블렌드의 물 함량 4.0 wt%)
- [0123] 타이어-목재-06: 물을 함유하지 않는 타이어 85 wt% 와, 물 40 wt% 을 함유하는 목재 15 wt% 와의 블렌드 (블렌드의 물 함량 6.0 wt%)
- [0124] 타이어-목재-09: 물을 함유하지 않는 타이어 85 wt% 와, 물 40 wt% 을 함유하는 목재 15 wt% 와의 블렌드, 그 후 물이 첨가됨 (블렌드의 물 함량 9 wt%)
- [0125] 타이어-목재-10: 물을 함유하지 않는 타이어 75 wt% 와, 물 40 wt% 을 함유하는 목재 25 wt% 와의 블렌드 (블렌드의 물 함량 10 wt%)
- [0126] 타이어-목재-12: 물을 함유하지 않는 타이어 85 wt% 와, 물 40 wt% 을 함유하는 목재 15 wt% 와의 블렌드, 그 후 물이 첨가됨 (블렌드의 물 함량 15 wt%)
- [0127] 타이어-목재-15: 물을 함유하지 않는 타이어 85 wt% 와, 물 40 wt% 을 함유하는 목재 15 wt% 와의 블렌드, 그 후 물이 첨가됨 (블렌드의 물 함량 15 wt%)

[0128] 표 I. 실시예 1-29 에 대한 탄소질 물질의 특성 & 가스화 과정의 조건

실시예 #	공급물 탄소질 물질	공급물 탄소질 물질의 조성						가스화기에의 기타 공급물, 파운드-몰/DT		
		탄소 wt %*	산소 wt %*	수소 wt %*	재 wt %*	기타 wt %*	물 wt %	스팀	O ₂ (FZ)	O ₂ (SZ)
1	바이오매스-VW-15	46.6	40.3	5.7	6.9	0.5	15.0	12.3	14.0	13.5
2	석탄	64.8	9.2	4.5	16.1	21.5	0.0	0.0	12.1	18.0
3	코크스-화이버소프트-10	69.6	14.6	5.9	7.7	2.2	10.0	0.0	18.0	27.1
4	코크스-화이버소프트-20	73.0	12.4	5.8	6.6	2.2	20.0	0.0	25.4	26.4
5	코크스-화이버소프트-30	77.5	9.7	5.7	5.1	2.0	30.0	0.0	33.9	25.3
6	코크스 오븐 타르	91.7	0.8	5.5	0.3	2.0	0.0	0.0	12.8	24.9
7	플라스틱	73.0	10.6	9.5	3.4	6.9	0.2	0.0	24.3	29.8
8	플라스틱-MSW-03	70.6	12.0	9.3	4.8	3.3	3.2	0.0	25.0	29.2
9	플라스틱-MSW-08	66.8	14.3	8.9	7.0	3.0	7.7	0.0	27.0	26.7
10	플라스틱-MSW-15	59.4	18.5	8.2	11.3	2.6	15.1	0.0	26.3	21.0
11	플라스틱-목재-04	71.5	12.7	9.3	3.3	3.2	4.2	0.0	25.4	29.2
12	플라스틱-목재-10	69.1	16.1	8.9	3.1	2.8	10.2	0.0	27.0	26.7
13	플라스틱-목재-20	64.2	22.8	8.0	2.7	2.3	20.1	0.0	28.2	21.6
14	PETA	62.5	33.1	4.1	0.1	0.3	0.2	0.0	10.0	22.8
15	폴리스티렌	86.8	3.9	8.4	0.5	0.9	0.2	0.0	30.7	30.7
16	타이어	64.2	4.4	5.0	25.6	26.4	0.0	0.0	11.5	16.8
17	타이어	64.2	4.4	5.0	25.4	1.0	0.0	50.0	26.7	20.9
18	타이어	64.2	4.4	5.0	25.4	1.0	0.0	60.0	28.5	20.0
19	타이어	64.2	4.4	5.0	25.4	1.0	0.0	70.0	30.1	19.3
20	타이어-목재-00	62.8	8.1	5.0	23.1	24.1	0.0	0.0	11.3	17.7
21	타이어-목재-03	62.8	8.1	5.0	23.1	1.0	3.0	0.0	13.4	19.9
22	타이어-목재-04	63.3	6.8	5.0	23.9	1.0	4.0	0.0	14.2	12.9
23	타이어-목재-06	62.8	8.1	5.0	23.1	1.0	6.0	0.0	15.4	22.2
24	타이어-목재-09	62.8	8.1	5.0	23.1	1.0	9.0	0.0	17.4	23.9
25	타이어-목재-10	61.7	10.9	5.1	21.4	0.9	10.0	0.0	17.6	23.6
26	타이어-목재-12	62.8	8.1	5.0	23.1	1.0	12.0	0.0	19.4	24.0
27	타이어-목재-15	62.8	8.1	5.0	23.1	1.0	15.0	0.0	21.4	23.3
28	목재	49.5	43.1	5.4	1.5	2.0	0.0	0.0	6.3	17.4
29	목재	49.5	43.1	5.5	1.5	0.4	40.0	0.0	24.5	13.3

[0129]

[0130] NOTE: * 는 건조 또는 물을 함유하지 않는 상태에 기초함을 나타낸다; DT 는 건조 또는 물을 함유하지 않는 탄소질 물질의 톤 (ton) 을 의미한다.

[0131] 표 II. 실시예 1-29 에 대한 가스화의 생성물 & 후속 발효 과정

실시예 #	공급물	생성된 원 합성가스 성분, 파운드-물/DT					원 합성가스 부피, KSCF/DT	재-탄소, 파운드-물 /DT	에탄올, 파운드-물 /DT
		CO	H ₂	CO ₂	H ₂ O	합성가스-탄소			
1	바이오매스-VW-15	59.1	49.3	17.9	38.8	0.1	60321	0.574	11.5
2	석탄	67.5	42.7	0.1	0.1	38.9	55782	1.340	12.3
3	코크스-화이버소프트-10	108.9	67.8	1.6	2.6	4.8	68505	0.942	19.8
4	코크스-화이버소프트-20	112.6	72.7	7.5	12.6	1.1	76228	0.546	20.6
5	코크스-화이버소프트-30	113.0	77.4	15.2	27.0	0.5	86109	0.422	21.0
6	코크스 오픈 타르	77.9	61.2	0.1	0.1	74.9	78465	0.025	15.0
7	플라스틱	111.2	93.1	0.8	1.9	9.4	79625	0.284	21.7
8	플라스틱-MSW-03	111.4	91.5	2.1	4.5	3.8	78546	0.399	21.7
9	플라스틱-MSW-08	104.4	87.1	4.9	10.6	1.4	76746	0.586	20.4
10	플라스틱-MSW-15	87.4	77.4	10.2	23.5	0.5	73293	0.942	17.4
11	플라스틱-목재-04	112.3	91.7	2.6	5.4	3.2	79187	0.284	21.8
12	플라스틱-목재-10	107.5	87.9	6.2	13.2	1.2	79482	0.266	20.9
13	플라스틱-목재-20	92.8	78.1	13.6	29.7	0.4	78874	0.225	18.2
14	PETA	98.6	40.1	1.4	1.5	4.4	53409	0.004	16.6
15	폴리스티렌	118.7	83.9	0.4	0.6	25.8	84425	0.038	22.2
16	타이어	58.2	49.4	0.0	0.1	46.8	56564	2.098	11.4
17	타이어	91.4	72.5	13.1	27.0	0.4	75191	2.098	17.6
18	타이어	88.3	74.0	16.3	35.5	0.3	78833	2.098	17.3
19	타이어	85.3	75.3	19.3	44.2	0.2	82470	2.098	16.9
20	타이어-목재-00	64.1	49.9	0.1	0.1	38.6	55973	1.924	12.3
21	타이어-목재-03	75.3	53.2	0.1	0.2	27.4	57335	1.924	14.1
22	타이어-목재-04	77.1	54.0	0.1	0.3	26.3	57949	1.990	14.4
23	타이어-목재-06	86.4	56.6	0.3	0.5	16.0	58779	1.924	15.9
24	타이어-목재-09	95.2	59.6	0.9	1.4	6.6	60300	1.924	17.3
25	타이어-목재-10	95.8	59.5	2.0	3.2	3.0	60202	2.168	17.4
26	타이어-목재-12	97.7	61.2	2.4	3.9	2.6	61867	1.924	17.8
27	타이어-목재-15	96.9	62.2	4.4	7.4	1.4	63527	1.924	17.7
28	목재	75.8	44.9	6.7	10.2	0.6	50387	0.127	13.6
29	목재	48.7	46.2	33.6	82.9	0.0	77345	0.127	9.9

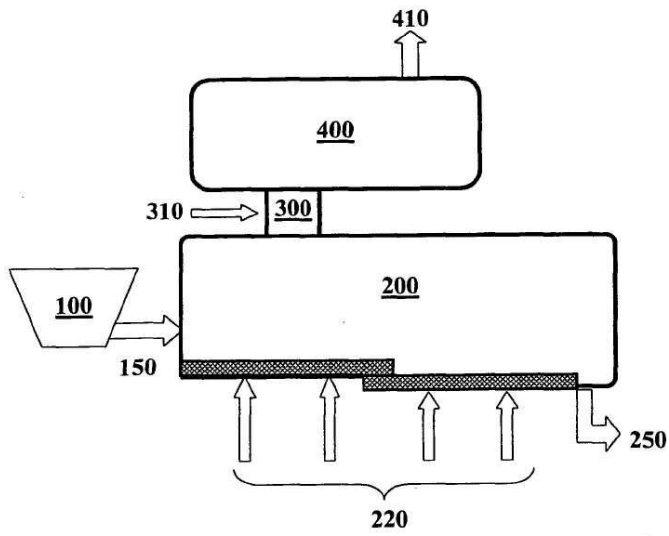
[0132]

[0133]

모든 공개된 문헌들은 본 명세서에 참조로 포함된다. 본 공개물의 다수의 변경 및 변형이 상기 제시된 명세서에 포함되고 당 기술분야의 전문가에게 명백할 것으로 예상된다. 본 공개물의 조성물 및 방법에 대한 그러한 변경 및 변화는 본 명세서에 첨부된 청구범위에 포함되는 것으로 여겨진다. 따라서, 본 명세서의 정신 및 범위에서 벗어나지 않으면서 당 기술분야의 전문가에 의해 다양한 변경, 조정, 및 대체가 이루어질 수 있다.

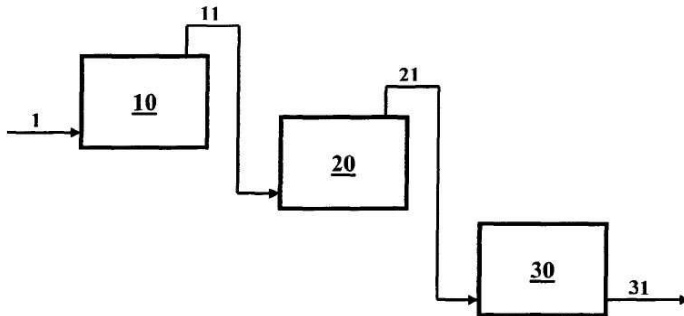
도면

도면1



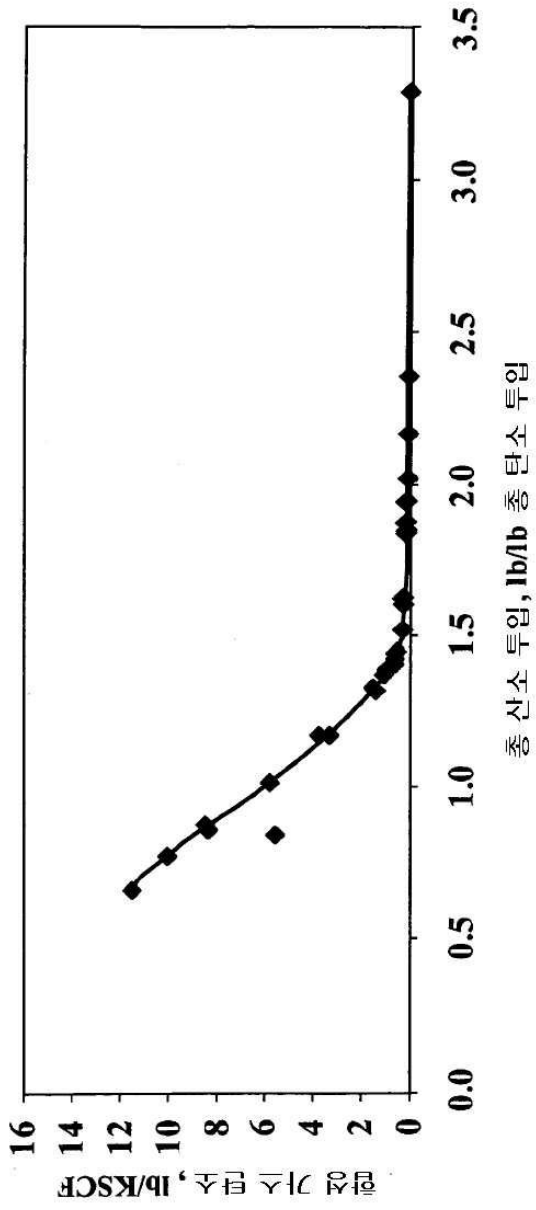
도 1 : 본 발명에 대한 가스화 공정의 구현예를 설명하는 도식적 도표를 포함;
 도 1은 2 단 가스화 공정의 구현예를 나타낸다.

도면2

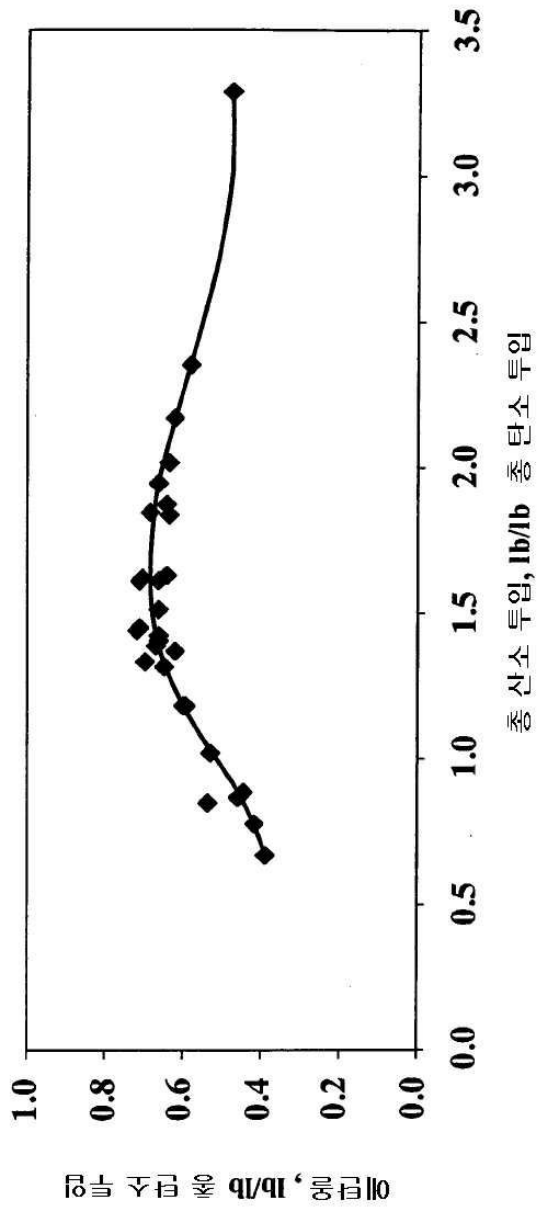


도 2 : 탄소질 물질의 가스화를 통해 에탄올을 제조하는 방법의 구현예를 설명하는
 도식적 도표를 포함

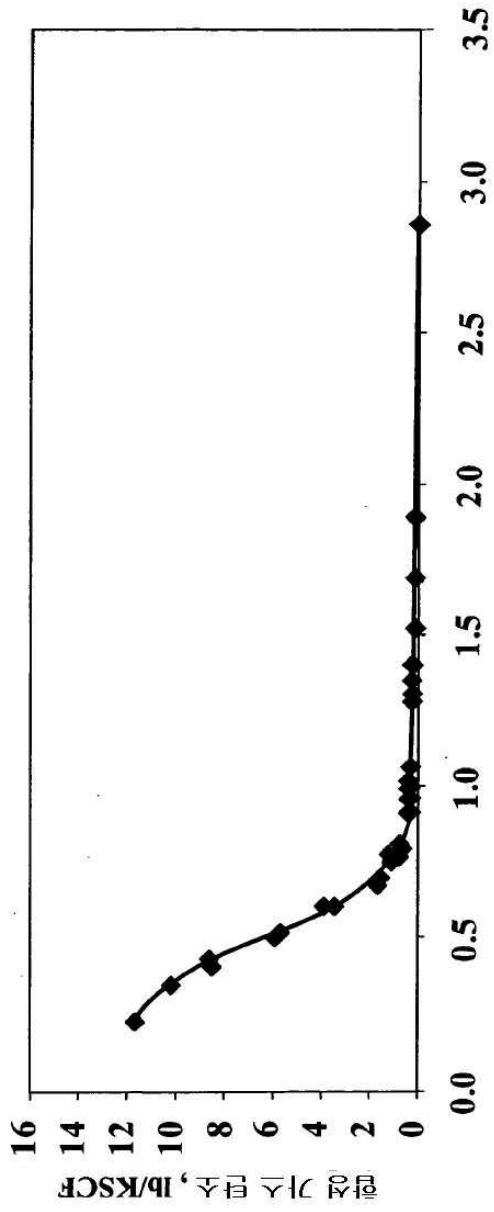
도면3



도면4

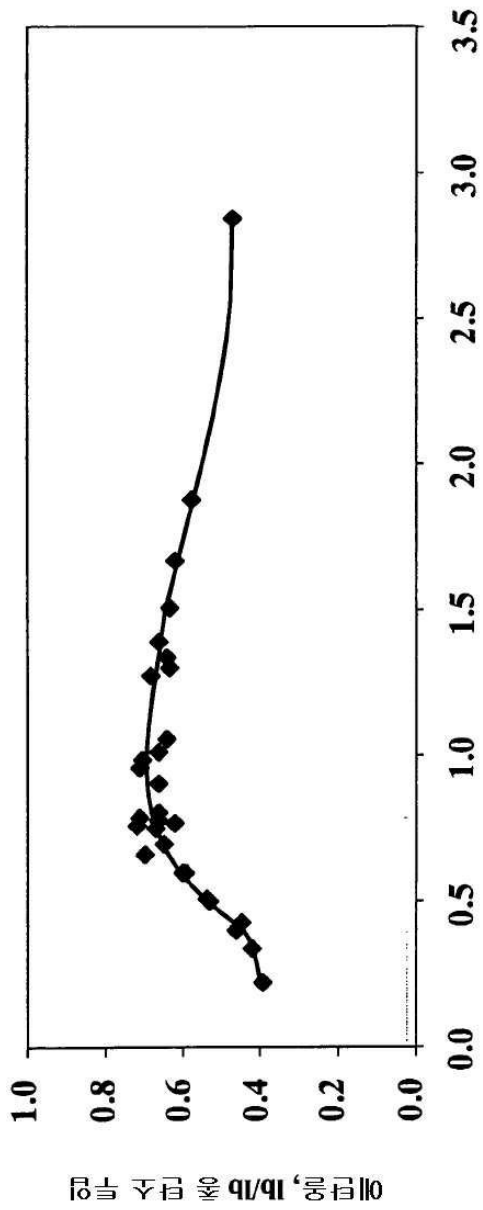


도면5



제 1 반응 대역에서 총 산소 투입, lb/lb 총 탄소 투입

도면6



제 1 범용 대역에서 총 산소 투입, lb/lb 총 탄소 투입