



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0120720
(43) 공개일자 2017년10월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C10G 32/04 (2006.01) C08J 3/28 (2006.01)
C10G 1/00 (2006.01) C10G 3/00 (2006.01)
C10G 31/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C10G 32/04 (2013.01)
C08J 3/28 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7030244(분할)
(22) 출원일자(국제) 2009년10월26일
심사청구일자 2017년10월19일
(62) 원출원 특허 10-2016-7035259
원출원일자(국제) 2009년10월26일
심사청구일자 2016년12월15일
(85) 번역문제출일자 2017년10월19일
(86) 국제출원번호 PCT/US2009/062050
(87) 국제공개번호 WO 2010/062551
국제공개일자 2010년06월03일
(30) 우선권주장
61/109,159 2008년10월28일 미국(US)

(71) 출원인
질레코 인코포레이티드
미국 매사추세츠주 01880 웨이크필드 오듀본 로드 360
(72) 발명자
메도프, 마샬
미국 매사추세츠주 02146 브록클린 애딩턴 로드 90
(74) 대리인
특허법인아주

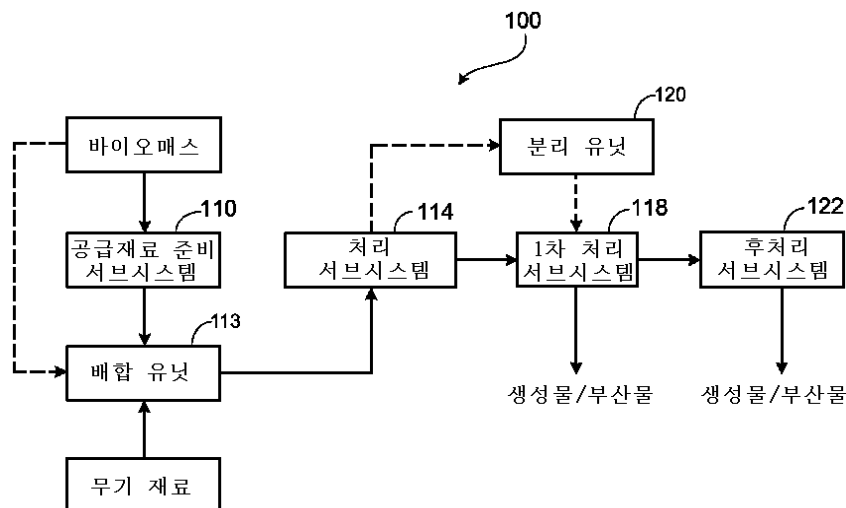
전체 청구항 수 : 총 29 항

(54) 발명의 명칭 탄화수소-함유 재료의 처리방법

(57) 요약

바이오매스(예컨대, 식물 바이오매스, 동물 바이오매스 및 지 자체 폐기물 바이오매스)는 연료 등과 같은 유용한 제품을 생산하도록 처리된다. 예를 들어, 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 재료 및/또는 전분 재료 등과 같은 공급원료 재료를 이용하여, 예컨대, 발효에 의해 에탄올 및/또는 뷰탄올을 생산할 수 있는 시스템이 기재되어 있다. 탄화수소-함유 재료도 공급원료로서 이용된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C10G 1/00 (2013.01)

C10G 3/00 (2013.01)

C10G 31/06 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

탄화수소-함유 재료의 처리방법으로서,

상기 방법은 탄화수소-함유 재료와 무기 재료를 배합함으로써 생성된 배합물을 1 내지 6,000 MeV/원자 단위의 에너지를 갖는 가속된 하전 입자들을 포함하는 이온 빔으로 조사하여(irradiating), 조사된 배합물을 생성하는 단계를 포함하고,

상기 탄화수소-함유 재료는 오일 셰일(oil shale)이고; 및

상기 탄화수소-함유 재료 내의 고분자량 탄화수소 성분으로부터 저분자량 탄화수소 성분이 상기 조사된 배합물 내에 생성되는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 탄화수소-함유 재료는 고체, 입상체, 분체, 액체, 가스, 또는 이들의 배합물을 포함하는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 탄화수소-함유 재료는 건식 혼합(dry blending) 또는 공동-미분쇄(co-comminuting)에 의해 상기 무기 재료와 배합되는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 공동-미분쇄하는 동안에, 상기 탄화수소-함유 재료와 상기 무기 재료 각각은 25℃ 이하의 온도까지 냉각되는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 공동-미분쇄하는 동안에, 상기 탄화수소-함유 재료와 상기 무기 재료 각각은 0℃ 이하의 온도까지 냉각되는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 무기 재료는 금속 또는 금속 합금을 포함하는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 금속 또는 금속 합금은 철계 금속, 비금속(base 금속), 귀 금속(noble 금속), 희귀 금속(precious 금속), 및 전이 금속으로 이루어진 군으로부터 선택되는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 금속 또는 금속 합금은 알루미늄을 포함하는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 무기 재료는 금속성 화합물을 포함하는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 금속성 화합물은 2+ 혹은 3+ 산화 상태의 철 혹은 코발트를 포함하는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 무기 재료는 내화 재료를 포함하는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 내화 재료는 지르콘, 내화 점토, 실리카, 알루미늄, 크로마이트, 탄화 규소, 탄소, 물리 타이트(mulitite), 돌로마이트 및 마그네사이트로 이루어진 군으로부터 선택되는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 무기 재료는 세라믹을 포함하는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 세라믹은 산화물, 탄화물, 붕화물, 질화물, 규화물 및 카올린으로 이루어진 군으로부터 선택되는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 15

제1항에 있어서, 상기 무기 재료는 상승된 온도에서 상기 무기 재료로부터 이탈될 수 있는 물을 포함하는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 16

제1항에 있어서, 상기 무기 재료는 융점을 갖지 않는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 17

제1항에 있어서, 상기 무기 재료는 약 400℃ 이상의 융점을 갖는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 18

제1항에 있어서, 상기 무기 재료는 약 1.5 J/gK 이하의 비열 용량(specific heat capacity)을 갖는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 19

제1항에 있어서, 상기 무기 재료는 약 0.004 W/m·K 내지 약 450 W/m·K의 전도율(conductivity)을 갖는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 20

제1항에 있어서, 상기 무기 재료는 약 1.5 g/cm³ 이상의 밀도를 갖는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 21

제1항에 있어서, 상기 무기 재료는 약 0.1 미크론 내지 약 100 미크론의 평균 입자 크기를 갖는 입자들을 포함하는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 22

제1항에 있어서, 상기 배합물은 약 0.05 내지 약 35중량%의 무기 재료를 포함하는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 23

제1항에 있어서, 상기 탄화수소-함유 재료를 정제(refining)시키는 단계를 더 포함하는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 24

제1항에 있어서, 상기 조사된 배합물로부터 탄화수소를 추출하여, 추출된 탄화수소를 생성하는 단계를 더 포함

하는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 25

제1항에 있어서, 상기 저분자량 탄화수소 성분은 메탄, 에탄, 프로판, 펜탄, 헥산 및 이들의 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 26

제1항에 있어서, 상기 탄화수소-함유 재료에 접촉 분해(catalytic cracking)를 실시하는 단계를 더 포함하는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 27

제1항에 있어서, 상기 탄화수소-함유 재료에 알킬화를 실시하는 단계를 더 포함하는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 28

제1항에 있어서, 상기 조사된 배합물을 정제시키는 단계를 더 포함하는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

청구항 29

제1항에 있어서, 상기 가속된 하전 입자들은 10 내지 1000 MeV/원자 단위의 에너지를 갖는 것인, 탄화수소-함유 재료의 처리방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원

[0002] 본 출원은 미국 가특허 출원 제61/109,159호(출원일: 2008년 10월 28일)의 우선권을 주장하며, 이 기초 출원의 내용은 그의 전문이 참조로 본 명세서에 포함되어 있다.

[0003] 기술 분야

[0004] 본 발명은 탄수화물-함유 재료 혹은 탄화수소-함유 재료를 처리하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] 바이오매스, 특히 바이오매스 폐기물은 풍부하게 입수할 수 있다. 바이오매스 혹은 기타 재료로부터 에탄올 등과 같은 재료 및 연료를 유도해내는 데 유용하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 재료들은 그들의 구조를 하나 이상의 레벨에서 변경하도록 처리될 수 있다. 처리된 재료는 이어서 다른 재료 및 원료의 공급원으로서 이용될 수 있다.

[0007] 이 응용의 많은 실시형태는 내추럴 포스(Natural Force: 상표명) 케미스트리(NFC) 방법을 이용한다. 해당 내추럴 포스(상표명) 케미스트리 방법은 입자 빔, 중력, 광 등과 같은 물리력의 제어된 인가 및 조작을 이용해서 의도된 구조 및 화학 분자 변화를 형성한다. 천연의 공법을 적용함으로써, 새로운 유용한 물질이 유해한 환경적 간섭없이 형성될 수 있다. 본 출원은 무기 첨가제를 예컨대 바이오매스, 탄화수소 혹은 석탄 등과 같은 재료와 배합하여 입자 빔 및 기타 방사선(radiation)의 형태 등과 같은 각종 물리력의 바이오매스에 대한 효과를 조절, 예를 들어, 증강시키는 신규한 공급원료 제조방법을 기술하고 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 임의의 바이오매스 재료의 분자 및/또는 초분자 구조를 변화시키기 위하여 여기에 기술된 방법은, 예를 들어, 1종 이상의 세라믹, 및/또는 1종 이상의 금속, 및/또는 1종 이상의 굴절률 재료, 및/또는 1종 이상의 점토, 및/또는 1종 이상의 광물(mineral) 등과 같은 무기 첨가제의 첨가 후 바이오매스 재료를 방사선으로 처리하는 것을 포함한다. 특히, 방사선은 입자의 빔, 특히 하전 입자, 예컨대, 전자 빔을 포함할 수 있다. 하전 입자는 양하전 이온, 예컨대, 양자, 탄소 이온 혹은 산소 이온 등과 같은 이온을 포함한다. 몇몇 경우에, 하전 입자는 전자보다 무겁거나 전자와는 다른 하전을 지닐 수 있다(예컨대, 양전자). 방사선은 바이오매스 재료의 분자 구조 및/또는 초분자 구조를 변화시키는 데 충분한 양으로 인가될 수 있다.
- [0009] 탄화수소-함유 재료, 예컨대, 탄화수소 및 석탄 등과 같은 기타 재료는 유사한 방식으로 처리(즉, 가공)될 수 있다. 석탄이 이용될 경우, 고체 형태, 예를 들어, 분체화된 석탄일 수 있거나 혹은 액화 형태일 수 있다. 석탄은 많은 기술에 의해, 예컨대, 베르기우스 공법(Bergius process), SRC-I 및 SRC-II(Solvent Refined Coal) 공법, 및 누스 코포레이션 수소첨가 공법(NUS Corporation hydrogenation process) 등에 의해 액화될 수 있다. 석탄이 이용될 경우, 그것은 갈탄, 화염 석탄(flame coal), 가스 화염 석탄, 다휘발분 석탄(fat coal), 포지 석탄(forge coal), 비소성 석탄(non-baking coal), 무연탄 혹은 이들 유형의 석탄의 임의의 1종 이상의 혼합물일 수 있다.
- [0010] 예를 들어, 양자, 헬륨핵, 아르곤 이온, 실리콘 이온, 네온 이온, 탄소 이온, 인 이온, 산소 이온 혹은 질소 이온이 바이오매스의 구조를 변형, 예컨대, 바이오매스의 분자량을 파괴 혹은 해당 분자량을 증가시키기 위하여 이용될 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 보다 무거운 입자는 전자 혹은 양자에 비해서 보다 높은 양의 사슬 절단을 유발할 수 있다. 또한, 몇몇 경우에, 양하전 입자는 그들의 산성도에 의해 음하전 입자보다 높은 양의 사슬 절단을 유발할 수 있다.
- [0011] 상기 배합물을 조사(irradiating)하여 얻어진 재료는, 임의의 적절한 용도, 예를 들어, 여기에 개시된 것들의 어느 것들, 예컨대, 연료, 식품을 위하여, 혹은 복합재 재료에서의 용도로서, 이용될 수 있다. 예를 들어, 여기에 기재된 방법의 일부는 무기 재료를 제거하는 단계, 및 이어서 얻어진 재료를 효소 및/또는 미생물과 소정 시간 동안 탄수화물-함유 재료를 에탄올 혹은 뷰탄올(예컨대, n-뷰탄올) 등의 연료로 전환시키기에 충분한 조건 하에 접촉시키는 단계를 추가로 포함한다. 다른 실시형태에서, 상기 방법은 상기 배합물을 효소 및/또는 미생물과 소정 시간 동안 탄수화물-함유 재료를 에탄올 혹은 뷰탄올 등의 연료로 전환시키기에 충분한 조건 하에 접촉시키는 단계를 추가로 포함한다. 몇몇 실시형태에서, 상기 방법은 처리된 바이오매스 재료(무기 재료를 포함하거나 포함하지 않음)를 효소와 접촉시켜 해당 재료를 당화시키는 단계, 및 이어서 당화된 재료를 미생물로 접종하여 유용한 생성물, 예를 들어, 연료, 예컨대, 에탄올, 뷰탄올 혹은 탄화수소를 만드는 단계를 포함한다. 필요에 따라, 무기 재료는 분리되어 재차 조사 처리에 이용될 수 있다.
- [0012] 일 측면에 있어서, 본 발명은, 탄화수소-함유 재료를 무기 재료와 건조 혼합(dry blending) 또는 미분쇄(comminuting)에 의해 배합함으로써 형성된 배합물을 가속된 입자로 조사하여(irradiating), 조사된 배합물을 생성하는 단계를 포함하는, 탄화수소-함유 재료의 처리방법을 제공한다.
- [0013] 다른 측면에 있어서, 본 발명은, 탄화수소-함유 재료를 약 0.1 마이크로미터 내지 약 100 마이크로미터의 평균 입자 크기를 가진 입자를 포함하는 무기 재료와 배합함으로써 형성된 배합물을 가속된 입자로 조사하여, 조사된 배합물을 생성하는 단계를 포함하는, 탄화수소-함유 재료의 처리방법을 제공한다.
- [0014] 소정의 측면에 있어서, 본 발명은 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 재료를, 금속 혹은 금속 화합물, 내화 재료, 이들의 임의의 세라믹 혹은 혼합물 등과 같은 무기 재료와 배합하여 배합물을 제공하는 단계; 및 해당 배합물을 조사하는 단계를 포함하는 탄수화물-함유 재료의 제조방법을 특징으로 한다. 조사는, 예컨대, 광 속도의 75%보다 높은 속도에서 가속된 입자, 예를 들어, 전자를 이용해서 수행될 수 있다.
- [0015] 몇몇 구현예에서, 셀룰로스 재료 혹은 리그노셀룰로스 재료는 종이, 종이 제품, 목재, 목재 관련 재료, 예컨대, 톱밥, 파티클 보드(particle board), 볏과 식물(grasses), 예컨대, 짚 및 지팡이풀(switchgrass), 왕겨(rice hull), 바가스(bagasse), 자두개자리(alfalfa), 건초, 면, 황마, 대마, 아마, 대나무, 사이잘마, 마닐라삼; 농업 폐기물, 예컨대, 옥수수 속대(corn cob), 옥수수 대(corn stover), 바가스 및 코코넛 헤어(coconut hair); 조류(algae), 해조, 오수, 사일리지(silage), 합성 셀룰로스, 압출된 얇은 스크랩 텍스타일 재료(extruded yarn scrap textile), 래그(rag), 및 이들의 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.
- [0016] 상기 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 및 무기 재료는, 예를 들어, 해당 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 재료와 무기 재료를 함께 건식 혼합 혹은 공동 미분쇄(co-comminuting)함으로써 배합될 수 있다. 공동 미분쇄는

각 재료를 예컨대 25℃ 이하, 0℃, 드라이 아이스의 정상 대기압 하의 승화온도, 액체 질소의 정상 대기압 하의 비점에서 혹은 그 이하로 냉각시키면서 수행될 수 있다.

- [0017] 소정의 실시형태에서, 무기 재료는 금속 혹은 금속 합금, 예컨대, 철, 니켈, 납, 구리 혹은 아연 등의 비금속(base 금속), 또는 연철 혹은 선철 등과 같은 철계 금속, 탄탈, 금, 백금 혹은 로듐 등과 같은 귀금속(noble 금속)일 수 있거나 혹은 이들을 포함할 수 있다. 금속 혹은 금속 합금은 루테튬, 로듐, 팔라듐, 오스뮴, 이리듐 혹은 백금 등의 희귀금속(precious 금속), 또는 전이 금속일 수 있거나 혹은 이들을 포함할 수 있다. 금속 합금은, 예컨대, 강철, 황동, 청동, 두랄루민 혹은 하스탈로이(hastaloy)일 수 있다. 금속은 알루미늄일 수 있다. 소정의 실시형태에서, 무기 재료는 철 혹은 코발트의 무기 화합물 등과 같은 금속성 화합물일 수 있거나 이들을 포함할 수 있고, 무기 화합물은 2+ 혹은 3+ 산화 상태일 수 있다.
- [0018] 다른 실시형태에서, 무기 재료는 산성, 중성 혹은 염기성 내화 재료일 수 있거나 혹은 이들을 포함할 수 있다. 산성 내화 재료는 지르콘, 내화 점토 혹은 실리카일 수 있다. 중성 내화 재료는 알루미늄, 크로마이트, 탄화 규소 혹은 물리타이트(mullite)일 수 있다. 염기성 내화 재료는 돌로마이트 혹은 마그네사이트일 수 있거나 혹은 이들을 포함할 수 있다.
- [0019] 몇몇 실시형태에서, 무기 재료는 세라믹, 예컨대, 산화물, 탄화물, 붕화물, 질화물, 규화물 혹은 카올린일 수 있거나 혹은 이들을 포함할 수 있고, 상기 산화물은 알루미늄과 같은 알루미늄 산화물, 산화지르코늄, 산화 규소, 산화아연, 혹은 이산화티탄 등과 같은 티탄 산화물일 수 있거나 혹은 이들을 포함할 수 있다.
- [0020] 소정의 실시형태에서, 무기 재료는 수화된 알루미늄과 같이, 상승된 온도에서 무기 재료로부터 이탈될 수 있는 물을 포함한다. 몇몇 실시형태에서, 무기 재료는 융점을 지니지 않는다. 다른 실시형태에서, 무기 재료는 약 400℃ 이상, 예컨대, 약 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600℃ 이상 혹은 심지어 2800℃ 이상의 융점을 지닌다.
- [0021] 본 명세서에 기재된 방법에 유용한 무기 재료는 약 1.5 J/gK 이하, 예컨대, 약 1.25, 1.0, 0.75, 0.50, 0.25 J/gK 이하 혹은 심지어 약 0.1 J/gK 이하의 비열 용량(specific heat capacity)(Cp)을 지닐 수 있다. 예를 들어, 무기 재료는 약 1.25 내지 약 0.2 J/gK, 예를 들어 약 1.15 내지 약 0.25J/gK 혹은 약 0.85 내지 0.30 J/gK의 비열 용량(Cp)을 지닐 수 있다. 또한, 무기 재료는 약 0.004 내지 약 450 W/mK, 약 0.04 내지 약 250 W/mK, 약 0.1 내지 약 150 W/mK 혹은 약 0.25 내지 약 50 W/mK의 전도율(conductivity)과, 약 1.5 g/cm³ 이상, 예컨대, 약 2.0, 2.5, 3.0, 5.0, 7.0, 8.0, 9.0, 12.0, 15.0, 18.0 g/cm³ 이상, 또는 심지어 20.0 g/cm³ 이상의 밀도를 지닐 수 있다. 다른 실시형태에서, 무기 재료는 약 3.5 g/cm³ 내지 약 20.0 g/cm³, 약 4.0 g/cm³ 내지 약 18 g/cm³ 혹은 약 4.5 g/cm³ 내지 약 13 g/cm³의 밀도를 지닌다.
- [0022] 소정의 실시형태에서, 무기 재료는 실질적으로 구형상인 입자 형상일 수 있고, 평균 입자 크기는 약 0.1 미크론 내지 약 100 미크론, 약 0.25 미크론 내지 약 75 미크론 또는 약 0.5 미크론 내지 약 50 미크론의 범위일 수 있다.
- [0023] 상기 배합물의 조사는 가속 전자, 예컨대, 약 2MeV(million 전자 volts), 4MeV, 6MeV 이상 혹은 약 8MeV 이상의 에너지를 지닌 전자에 상기 배합물을 노출시키는 것을 포함한다.
- [0024] 몇몇 실시형태에서, 상기 배합물은 약 0.05 내지 약 35중량%, 약 0.1 내지 약 20중량%, 또는 약 0.5 내지 약 10 중량%의 무기 재료를 포함한다.
- [0025] 몇몇 방법은, 조사된 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 재료를, 무기 재료를 첫번째로 제거한 상태에서 혹은 제거하지 않은 상태에서, 효소 및/또는 미생물과 소정 시간 동안 탄수화물-함유 재료를 에탄올 혹은 뷰탄올 등의 연료로 전환시키기에 충분한 조건 하에 접촉시키는 단계를 추가로 포함한다.
- [0026] 다른 측면에서, 본 발명은, 입상체 탄수화물-함유 재료와 입상체 무기 재료, 예컨대 금속 혹은 금속성 화합물, 내화 재료, 또는 이들의 임의의 세라믹 혹은 혼합물을 배합, 예컨대, 균질 배합 상태로 포함하는 물질의 조성물을 특징으로 한다.
- [0027] 일반적으로, 무기 재료는 탄수화물-함유 재료에 대해 외생적이다. 상기 물질의 조성물은, 예를 들어, 적어도 약 0.5 중량%의 무기 재료, 예컨대, 적어도 약 1, 3, 5, 10 혹은 25 중량%의 무기 재료, 또는 약 0.5 내지 약 25 중량%의 무기 재료, 또는 약 1 내지 약 15 중량%의 무기 재료를 포함할 수 있다.
- [0028] 바이오매스로부터 재료를 제조하여 처리하는 방법은 바이오매스를 기능화, 즉, 작용화(functionalization)시키는 단계를 포함할 수 있다. 몇몇 경우에, 기능화된 바이오매스는 더욱 가용성이고 또한 작용화되지 않은 바이

오매스에 비해서 미생물에 의해 더욱 용이하게 이용된다. 또한, 본 명세서에 기재된 작용화된 재료의 다수가 산화를 덜 받는 경향이 있고, 장시간 안정성(예컨대, 분위기 조건 하에 공기 중 산화)이 증대될 수 있다.

- [0029] 몇몇 구현예에서, 바이오매스 공급원료는 섬유 재료를 제공하기 위하여 바이오매스 섬유 공급원을 전단함으로써 준비된다. 예를 들어, 상기 전단은 회전식 나이프 커터를 이용해서 수행될 수 있다. 섬유 재료의 섬유는, 예컨대, 5/1 이상의 평균 길이-대-직경비를 지닐 수 있다. 섬유 재료는, 예컨대, 0.25 m²/g 이상의 BET 표면적을 지닐 수 있다. 몇몇 경우에, 바이오매스는 약 0.35 g/cm³ 이하의 부피 밀도(bulk density)를 지닐 수 있다. 낮은 부피 밀도 재료는 하전 입자에 의해 깊이 침투될 수 있다. 예를 들어, 5MeV의 평균 에너지의 전자 및 0.35 g/cm³의 부피 밀도를 지닌 재료에 대해서, 전자 침투 깊이는 5 내지 7 인치 이상일 수 있다.
- [0030] 다른 측면에서, 본 발명은 탄화수소-함유 재료를 처리하는 방법을 특징으로 하되, 해당 방법은 탄화수소-함유 재료를 무기 재료와 배합함으로써 형성된 배합물을 조사하는 단계를 포함한다.
- [0031] 몇몇 측면에서, 탄화수소-함유 재료는 타르 샌드(tar sand), 오일 샌드(oil sand), 오일 셰일(oil shale), 원유, 역청, 석탄, 석유 가스, 액화 천연 및/또는 합성 가스 및 아스팔트로 이루어진 군으로부터 선택된다.
- [0032] 탄화수소-함유 재료, 예컨대, 탄화수소 및 석탄과, 바이오매스와의 배합물(예컨대, 블렌드)이 유사한 방식으로 처리될 수 있다.
- [0033] 미생물이 본 명세서에 기재된 방법에 이용될 경우, 그것은 천연 미생물 혹은 유전공학적으로 조작된 미생물일 수 있다. 예를 들어, 미생물은 세균(bacterium), 예컨대, 셀룰로스 분해균, 진균, 예컨대, 효모, 식물 혹은 원생 생물, 예컨대, 조류, 원생 동물 혹은 진균-유사 원생 생물, 예컨대, 점균류일 수 있다. 유기체가 거부반응을 일으키지 않을 경우, 혼합물이 이용될 수도 있다. 일반적으로, 각종 미생물이, 예컨대, 재료의 발효 시 작용함으로써 연료 등과 같은 다수의 유용한 생성물을 생산할 수 있다. 예를 들어, 발효 혹은 기타 처리가 알코올, 유기산, 탄화수소, 수소, 단백질 혹은 이들 재료의 임의의 혼합물을 생산하는 데 이용될 수 있다.
- [0034] 생산될 수 있는 생성물의 예로는 단일- 및 다-작용성 C1-C6 알킬 알코올, 단일- 및 다-작용성 카복실산, C1-C6 탄화수소, 및 이들의 조합물을 포함한다. 적절한 알코올의 구체적인 예로는 메탄올, 에탄올, 프로판올, 아이소프로판올, 뷰탄올, 에틸렌 글라이콜, 프로필렌 글라이콜, 1,4-뷰탄 다이올, 글라이세린 및 이들의 조합물을 들 수 있다. 적절한 카복실산의 구체적인 예로는 포름산, 아세트산, 프로피온산, 뷰티르산, 발레르산, 카프로산, 팔미트산, 스테아르산, 옥살산, 말론산, 숙신산, 글루타르산, 올레산, 리놀레산, 글라이콜산, 락트산, γ-하이드록시뷰티르산, 및 이들의 조합물을 들 수 있다. 적절한 탄화수소의 예로는 메탄, 에탄, 프로판, 펜탄, n-헥산 및 이들의 조합물을 들 수 있다. 이들 생성물의 다수는 연료로서 이용될 수도 있다.
- [0035] 바이오매스 공급원료의 분자 구조를 변화시키는 것은, 여기에서 이용되는 바와 같이, 해당 구조의 작용기의 유형 및 양 또는 입체 형태 등과 같은 화학적 결합 배열을 변화시키는 것을 의미한다. 예를 들어, 분자 구조의 변화는 재료의 초분자 구조, 재료의 산화, 평균 분자량의 변화, 평균 결정화도의 변화, 표면적의 변화, 중합도의 변화, 다공도의 변화, 분지도의 변화, 다른 재료 상에의 그래프트화, 결정성 영역 크기의 변화 혹은 전체 영역 크기의 변화를 포함할 수 있다.
- [0036] 달리 규정되는 경우를 제외하고, 본 명세서에서 이용되는 모든 기술적 및 과학적 용어는, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 기술을 가진 자가 통상적으로 이해하는 바와 같은 동일한 의미를 지닌다. 본 명세서에서 이용되는 것과 유사 혹은 등가의 방법 및 재료가 본 발명의 실시 혹은 시험에 이용될 수 있지만, 적절한 방법 및 재료가 이하에 기재된다. 본 명세서에서 언급된 모든 간행물, 특허 출원, 특허 공보 및 기타 문헌은 참고로 그들의 전문이 본 명세서에 포함된다. 모순이 있을 경우, 정의를 비롯하여 본 명세서는 조절될 것이다. 또, 재료, 방법 및 실시예는 단지 예시적인 것이며 제한하도록 의도되어 있지 않다.
- [0037] 이 출원은 국제 특허 출원 제PCT/US2007/022719호(출원일: 2007년 10월 26일; 이 출원은 우선권이 주장된 건임); 미국 특허출원 제61/049,391호, 제61/049,395호, 제61/049,419호, 제61/049,415호, 제61/049,413호, 제61/049,407호, 제61/049,404호, 제61/049,394호 및 제61/049,405호(각각 출원일: 2008년 4월 30일)의 전체 내용을 참조로 여기에 포함한다. 이 출원은 또한 이하의 미국 특허 출원 제12/486,436호, 제12/429,045호, 제12/417,904호, 제12/417,900호, 제12/417,880호, 제12/417,840호, 제12/417,786호, 제12/417,731호, 제12/417,723호, 제12/417,720호, 제12/417,707호, 제12/417,699호 및 제12/374,549호의 개시 내용도 참조로 포함한다.
- [0038] 이하의 간행물의 각각의 전체 내용이 참고로 본 명세서에 포함된다: J.R. Adney et al., IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. NS-32, pp. 1841-1843 (1985); J.R. Adney et al., Proceedings of the 1989 IEEE

Particle Accelerator Conference, Vol. 1, pp. 348-350 (1989); J.A. Ferry et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Vol. B64, pp. 309-312 (1992); J. Ferry, in Handbook of Accelerator Physics and Engineering, pp. 16-17 (1999); J.A. Ferry et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, Vol. 382, pp. 316-320 (1996); J.A. Ferry, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, Vol. 328, pp. 28-33 (1993); T.M. Hauser et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 249, pp. 932-934 (2006); R.G. Herb, in Encyclopedia of Physics, pp. 3-8 (1981); R.G. Herb et al., in Encyclopedia of Applied Physics, Vol. 1, pp. 27-42 (1991); R.G. Herb, IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. NS-30, pp. 1359-1362 (1983); R.G. Herb, Proceedings of the Third International Conference on Electrostatic Accelerator Technology (1981); G.M. Klody et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 56-57, pp. 704-707 (1991); G.M. Klody et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 240, pp. 463-467 (2005); R.L. Loger, Application of Accelerators in Research and Industry, Proceedings of the Fifteenth International Conference, pp. 640-643 (1999); G.A. Norton et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 40-41, pp. 785-789 (1989); G.A. Norton et al., Application of Accelerators in Research and Industry, Proceedings of the Fourteenth International Conference, pp. 1109-1114 (1997); G. Norton et al., Handbook of Accelerator Physics and Engineering, pp. 24-26 (1999); G.A. Norton et al., Symposium of North Eastern Accelerator Personnel, pp. 295-301 (1992); G. Norton, Pramana, Vol. 59, pp. 745-751 (2002); G.A. Norton et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 37-38, pp. 403-407 (1989); G.A. Norton, Heavy Ion Accelerator Technology: Eighth International Conference, pp. 3-23 (1999); J.E. Raatz et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, vol. 244, pp. 104-106 (1986); R.D. Rathmell et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, vol. 56-57, pp. 1072-1075 (1991); J.B. Schroeder et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 56-57, pp. 1033-1035 (1991); J.B. Schroeder, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 40-41, pp. 535-537 (1989); J.B. Schroeder et al., Radiocarbon, Vol. 46 (2004); J.B. Schroeder et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 24-25, pp. 763-766 (1987); P.H. Stelson et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, Vol. 244, pp. 73-74 (1986); M.L. Sundquist et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 99, pp. 684-687 (1995); M.L. Sundquist et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, Vol. 287, pp. 87-89 (1990); 및 M.L. Sundquist, Applications of Accelerators in Research and Industry, Proceedings of the Fifteenth International Conference, pp. 661-664 (1999). 여기에 인용된 모든 기타 특허 공보, 특허 출원 및 문헌들도 참고로 포함된다.

[0039] 본 발명의 기타 특징과 이점들은 이하의 상세한 설명으로부터 그리고 특허청구범위로부터 명백해질 것이다.

발명의 효과

[0040] 바이오매스(예컨대, 식물 바이오매스, 동물 바이오매스 및 지자체 폐기물 바이오매스)는 연료 등과 같은 유용한 제품을 생산하도록 처리된다. 예를 들어, 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 재료 및/또는 전분 재료 등과 같은 공급원료 재료를 이용하여, 예컨대, 발효에 의해 에탄올 및/또는 뷰탄올을 생산할 수 있는 시스템이 기재되어 있다. 탄화수소-함유 재료도 공급원료로서 이용된다.

도면의 간단한 설명

[0041] 도 1은 바이오매스의 생성물 및 부산물(co-product)로의 전환을 예시한 블록도;
 도 2는 섬유 공급원의 제1 및 제2섬유 재료로의 전환을 예시한 블록도;
 도 3은 회전식 나이프 커터의 단면도;
 도 4는 섬유 공급원의 제1, 제2 및 제3섬유 재료로의 전환을 예시한 블록도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0042] 여기서는 각종 바이오매스 재료를 이용해서 유용한 생성물(즉, 제품)을 형성할 수 있는 시스템 및 방법에 대해 설명한다. 바이오매스 재료는 세라믹, 금속 및 점토류 및/또는 광물류와 배합되고, 이 배합물은 조사된다. 무기 재료의 첨가는 무기 재료의 존재 없이 동일한 에너지를 인가한 경우와 비교해서 바이오매스에 대한 방사선

(radiation)의 효과를 조절(증가/증대 혹은 감소)시킨다. 예를 들어, 무기 재료의 존재는 조사에 의해 발생된 열을 증가시킴으로써 바이오매스 재료에 대한 방사선의 효과를 증대시킬 수 있다.

[0043] 예를 들어, 조사 동안 존재하는 무기 재료에 대해서, 셀룰로스 재료 혹은 리그노셀룰로스 재료의 구조적 변화에 대한 저항도(degree of recalcitrance)는, 무기 재료가 방사선 처리 동안 존재하지 않는 경우에 비해서 주어진 방사선 선량에 대해서 보다 큰 정도로 저감될 수 있다. 예를 들어, 주어진 선량에 대해서, 평균 분자량 및/또는 평균 결정화도는, 조사 동안 무기 재료가 존재하지 않는 바이오매스의 방사선 처리와 비교해서 바이오매스와 무기 재료의 배합물이 조사될 경우, 보다 큰 정도로, 예컨대, 10, 20, 30, 40, 50, 60 혹은 75% 이상으로 저감될 수 있다. 예를 들어, 주어진 선량에 대해서, 바이오매스의 표면적 및/또는 다공도는, 조사 동안 무기 첨가제가 존재하지 않는 경우와 비교해서 바이오매스와 무기 재료의 배합물이 조사될 경우, 보다 큰 정도로, 예컨대, 10, 20, 30, 40, 50, 60 혹은 75% 이상으로 증가될 수 있다.

[0044] 임의의 특정 이론에 얽매이길 원치 않지만, 무기 첨가제는 열적 효과, 활성 효과(예컨대, 무기 재료의 반응성 형태의 형성) 및 이차적인 방사선 효과(예컨대, 제동 복사 x-선(bremsstrahlung x-rays))를 비롯한 다수의 잠재적인 기전을 통해서 바이오매스에의 방사선의 효과를 조절할 수 있는 것으로 여겨진다. 열적 효과는 입자의 운동 에너지가 열로 전환될 경우 방사선 필드(radiation field)에서 가열되는 무기 재료에 의한 바이오매스의 가열로부터 일어나는 것으로 여겨진다. 분자 활성화 효과는 무기 재료의 더욱 화학적 활성 종으로의 전환을 일으키는 것으로 여겨지며, 이 활성 종은 이어서 방사선 필드 내의 공기 등과 같은 기체와 혹은 바이오매스와 직접 반응한다. 예를 들어, 이산화티탄이 무기 재료 내에 존재하는 실시형태에서, 이산화티탄은 방사선 필드 내에서 이산화티탄의 전자적으로 여기된 형태로 활성화될 수 있고, 이것은 이어서 공기 중에서 산소와 반응하여 바이오매스에 대해서 오존을 발생시킬 수 있다. 오존은 바이오매스, 특별히 바이오매스의 리그닌 부분을 공격할 수 있다.

[0045] 전자 빔 내의 무기 재료에 대한 열적 효과에 관해서는, 물질 내의 미분 전자빔 흡수(differential 전자 beam absorption)(dE/dx)는 이하의 수학적 식 1로 기재된다:

수학적 식 1

$$[0046] \quad dE/dx = -S(V)\rho \text{ (MeV/cm)}$$

[0047] 식 중, $S(V)$ (MeV · cm²/g)는 에너지 V에서 전자에 대한 재료의 저지능(stopping power)이고, ρ 는 재료의 질량밀도(g/cm³)이다.

[0048] 동일 파라미터를 이용할 경우, 재료 속으로의 에너지 V_0 의 전자의 최대 침투 거리인 전자 이동거리(전자 range)(R)는 이하의 수학적 식 2로 근사화된다:

수학적 식 2

$$[0049] \quad R = V_0/S(V_0) \rho \text{ (cm)}$$

[0050] 열 전도가 없는 것으로 가정할 경우, 에너지를 가진 전자로 조사되고 있는 재료에서의 온도 상승(ΔT , K)은, 이하의 수학적 식 3으로 표시된 바와 같이, 재료의 비열 용량(C_p), 재료 밀도(ρ), 단위 면적(a) 및 두께(d)에 반비례하고, 축적된 에너지 밀도(deposited energy density)(ϵ)에 직접 비례한다:

수학적 식 3

$$[0051] \quad \Delta T = \epsilon/C_p \rho \text{ (K)}$$

[0052] 열 전도가 고려될 경우, 열은 가열된 영역으로부터 멀리 전도되어, 재료의 열 전도율에 반비례하는 시간 척도(time scale)(τ) 상에서 평형을 이룬다. 에너지가 (τ)보다 짧은 시간 척도 상에서 재료 속에 주입될 경우,

재료는 온도가 상승할 것이다. 전자 빔에 의해, 25,000℃ 이상까지 조사되고 있는 재료의 온도가 국부적으로 상승하는 것이 가능해진다.

[0053] 적절한 무기 재료의 예가 이하의 "재료" 부문에 논의된다.

[0054] 몇몇 구현예에서, 바이오매스 재료는, 우선, 종종 공급원료의 크기 저감에 의해, 처리하기 위해 물리적으로 준비된다. 몇몇 경우에, 바이오매스 재료 및/또는 배합물은 조음과 분해, 산화, 열분해 혹은 증기 폭발 등과 같은 하나 이상의 추가의 처리 단계에 의해 처리된다.

[0055] 바이오매스와 무기 재료의 조사된 배합물은, 후술하는 바와 같이, 그 자체로 생성물로서 이용될 수 있거나, 또는 더욱 처리되어 1종 이상의 생성물 그리고 몇몇 경우에 부산물을 형성할 수 있다. 무기 재료는 추가의 처리 전, 동안 혹은 후에 제거될 수 있거나 혹은 최종 생성물(들)에 잔류할 수 있다.

[0056] 바이오매스의 처리 시스템

[0057] 도 1은 바이오매스, 특히 상당량의 셀룰로스 및 리그노셀룰로스 성분 및/또는 전분 성분을 구비한 바이오매스를 유용한 생성물 및 부산물로 전환시키기 위한 시스템(100)을 도시하고 있다. 시스템(100)은 공급재료 준비 서브시스템(110), 배합 유닛(113), 전처리 서브시스템(114), 1차 처리 서브시스템(118) 및 후처리 서브시스템(122)을 포함한다. 공급재료 준비 서브시스템(110)은 바이오매스를 그의 원래의 형태로 입수하고, 하류측의 처리(예컨대, 바이오매스의 크기를 저감시키고 해당 바이오매스를 균질화)에 의해 공급원료로서 이용하기 위한 바이오매스를 물리적으로 준비하여, 해당 바이오매스를 그의 원래 형태 및 공급원료 형태의 양쪽 모두로 보존한다. 배합 유닛(113)에서, 바이오매스는 일반적으로 입상체 형태인 무기 재료와 배합된다.

[0058] 전처리 서브시스템(114)은 배합 유닛(113)으로부터 배합물을 입수하여, 예를 들어, 공급원료의 평균 분자량 및 결정화도를 저감시킴으로써 발효 등의 1차 제조 처리에 이용하기 위하여 해당 공급원료를 조제한다. 상기 전처리 서브시스템(114)에서, 상기 배합물은 조사되고, 또한, 소광(quenching), 열분해 혹은 산화 등과 같은 기타 처리가 실시될 수도 있다.

[0059] 1차 처리 서브시스템(118)은 전처리 서브시스템(114)으로부터 처리된 공급원료를 입수하여 이를 유용한 제품(예컨대, 에탄올, 기타 알코올, 약제 및/또는 식료품)을 생산하기 위한 공급원료로서 이용한다.

[0060] 공급재료 준비 시스템, 배합 유닛, 전처리 서브시스템 및 1차 처리 서브시스템(118)은 동일한 제조 설비 내에 있을 수 있거나, 2개 이상의 제조 설비 내에 있을 수 있다. 예를 들어, 바이오매스 재료는 제1설비에서 물리적으로 준비되어, 무기 재료와 배합되고, 제2설비에서 조사될 수 있으며, 해당 제2설비 혹은 제3설비에서 1차 처리될 수 있다.

[0061] 몇몇 경우에, 1차 처리 서브시스템(118)의 출력은 직접 이용가능하지만, 다른 경우에는 해당 출력의 일부 혹은 전부가 추가의 처리, 예컨대, 후처리 서브시스템(122)에 의해 제공되는 증류를 필요로 할 수도 있다. 후처리 서브시스템(122)은 다른 서브시스템으로부터 폐 스트림(waste streams)을 위한 처리를 제공할 수도 있다. 몇몇 경우에, 서브시스템(114), (118), (122)의 부산물은 2차 산물로서 및/또는 시스템(100)의 전체 효율을 증가시키는 데 직접 혹은 간접적으로 유용할 수 있다. 예를 들어, 후처리 서브시스템(122)은 다른 서브시스템에서 공정수(process water)로서 이용하기 위하여 재활용될 처리된 물을 생산할 수 있고/있거나 전기 및/또는 스트림을 생산하는 보일러의 연료로서 이용될 수 있는 가연성의 폐기물을 생산할 수 있다.

[0062] 무기 재료는 몇몇 경우에 분리 유닛(120)에 의해 처리된 공급원료로부터 분리될 수도 있다. 분리 유닛(120)은 도시된 바와 같이 1차 처리 서브시스템(118) 전에 있을 수 있거나 혹은 1차 처리 서브시스템 혹은 후처리 서브시스템 뒤에 있을 수 있거나, 또는 이들 서브시스템의 어느 한쪽과 일체화되어 있을 수 있다. 몇몇 경우에, 무기 재료는 회수되어, 예컨대, 처리 중에 재사용되거나 부산물로서 이용된다. 다른 경우에, 무기 재료는 폐기된다. 몇몇 구현예에서, 무기 재료는 바이오매스로부터 분리되지 않고 대신에 최종 생성물의 일부로 된다.

[0063] 바이오매스 공급원료 준비

[0064] 몇몇 경우에, 공급재료 준비 서브시스템(110)은 절단, 분쇄, 전단, 세절(shredding), 기계적 리핑(ripping), 기계적 테어링(tearing), 에어 어트리션 밀(air attrition milling) 혹은 쇼핑(chopping)에 의해 공급원료를 준비한다. 필요에 따라, 스크린(screen, 즉, 체) 및/또는 자석이, 예를 들어, 공급원료 스트림으로부터 돌이나 못 등과 같은 과도한 크기를 지니거나 혹은 바람직하지 않은 물질을 제거하는 데 이용될 수 있다. 예컨대, 전단에 의한 이러한 물리적 준비는 섬유 재료를 "개방"(open up)시키고 응력을 가하여, 재료의 셀룰로스가 사슬 절단 및/또는 결정화도의 저감을 더욱 받기 쉽게 한다. 개방된 재료는 또한 조사된 경우 산화되기 더욱 쉬울

수 있다. 물리적 준비는 또한, 예를 들어, 바이오매스 재료의 크기를 저감시켜 크기와 형상을 더욱 균질하게 함으로써, 바이오매스 재료를 무기 재료와 더욱 배합되기 쉽게 할 수 있다.

- [0065] 도 2에 도시된 예에서, 바이오매스 섬유 공급원(210)은, 예컨대, 회전식 나이프 커터로 전단되어 제1섬유 재료(212)를 제공한다. 제1섬유 재료(212)는 1.59mm 이하(1/16인치, 0.0625인치)의 평균 개구 크기를 지니는 제1스크린(214)을 통과하여 제2섬유 재료(216)를 제공한다. 필요에 따라, 바이오매스 섬유 공급원은, 예를 들어, 세절기, 예컨대, 문손(Munson)(뉴욕주의 유틸카시에 소재)에 의해 제조된 것들 중의 하나인 역회전 스크류 슈레더(counter-rotating screw shredder)로 전단되기 전에 절단될 수 있다.
- [0066] 몇몇 구현예에서, 회전식 나이프 커터는 섬유 공급원을 동시에 전단시키고 제1섬유 재료를 선별하는 데 이용된다. 도 3을 참조하면, 회전식 나이프 커터(220)는 섬유 공급원을 세절함으로써 준비된 세절된 섬유 공급원(224)이 장입될 수 있는 호퍼(222)를 포함한다. 세절된 섬유 공급원은 정지 날(230)과 회전 날(232) 사이에서 전단되어 제1섬유 재료(240)를 제공한다. 해당 제1섬유 재료(240)는 스크린(242)을 통과하여, 얻어진 제2섬유 재료(244)는 통(250) 속에 수집된다. 제2섬유 재료의 수집을 돕기 위하여, 상기 통은 대기압 이하의 압력, 예컨대, 공칭 대기압보다 적어도 10% 낮거나, 예컨대, 공칭 대기압보다 적어도 25% 낮거나, 공칭 대기압보다 적어도 50% 낮거나, 또는 공칭 대기압보다 적어도 75% 낮은 압력을 지닐 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 진공원(vacuum source)(252)은 상기 통을 공칭 대기압 이하로 유지하는 데 이용된다. 스크린의 적절한 특성은 예를 들어 미국 특허 출원 제 12/429,045호에 기재되어 있다.
- [0067] 상기 섬유 공급원은 건조 상태, 수화 상태(예컨대, 10중량%까지 흡수된 물을 지님) 혹은 약 10중량% 내지 약 75중량%의 물을 지니는 습윤 상태에서 전단될 수 있다. 섬유 공급원은 물, 에탄올, 아이소프로판올 등과 같은 액체 하에 부분으로 혹은 전체적으로 침지된 상태에서 전단될 수도 있다. 섬유 공급원은 또한 기체(공기 이외의 기체의 스트림 혹은 분위기 등), 예컨대, 산소 혹은 질소, 또는 증기 하에 전단될 수도 있다.
- [0068] 필요에 따라, 상기 섬유 재료는, 예컨대, 그들의 길이, 폭, 밀도, 재료 유형 혹은 이들 속성의 몇몇 조합에 따라서 연속적으로 혹은 회분식으로 분획으로 분리될 수 있다. 예를 들어, 몇몇 복합체를 위하여 섬유 길이의 비교적 좁은 분포를 지니는 것이 바람직할 경우가 있다.
- [0069] 섬유 재료는 그들의 준비 직후 조사될 수 있거나, 또는 이들은 예컨대, 수분 함량이 사용 전에 약 0.5% 이하로 되도록 대략 105℃에서 4 내지 18시간 동안 건조될 수 있다.
- [0070] 몇몇 실시형태에서, 제2섬유 재료는 전단되어 제1스크린 혹은 다른 크기의 스크린을 통과한다. 몇몇 실시형태에서, 제2섬유 재료는 제1스크린의 평균 개구 크기보다 작거나 같은 평균 개구 크기를 지니는 제2스크린을 통과한다. 도 4를 참조하면, 제3섬유 재료(220)는 제2섬유 재료(216)를 전단하고 얻어진 재료를 제1스크린(214)보다 작은 평균 개구 크기를 지니는 제2스크린(222)을 통과시킴으로써 제2섬유 재료(216)로부터 제조될 수 있다. 전단 및 체거름(screening)의 수순은 특정 섬유 속성을 얻기 위하여 필요에 따라 다수회 반복될 수 있다.
- [0071] 일반적으로, 섬유 재료의 섬유는, 한번 이상 전단되었더라도 비교적 큰 평균 길이-대-직경비(예컨대, 20-대-1 이상)를 지닐 수 있다. 또한, 본 명세서에 기재된 섬유 재료의 섬유는 비교적 좁은 길이 및/또는 길이-대-직경비 분포를 지닐 수 있다.
- [0072] 본 명세서에서 이용되는 바와 같이, 평균 섬유 폭(즉, 직경)은 대략 5,000개의 섬유를 랜덤하게 선택함으로써 임의선택적으로 결정된 것이다. 평균 섬유 길이는 교정된 길이-가중된 길이이다. BET(Brunauer, Emmet and Teller) 표면적은 다점 표면적이고, 다공도는 수은 압입법(mercury porosimetry)에 의해 결정된 것이다.
- [0073] 제2섬유 재료(14)의 평균 길이-대-직경비는, 예컨대, 8/1 이상, 예컨대, 10/1 이상, 15/1 이상, 20/1 이상, 25/1 이상 혹은 50/1 이상일 수 있다. 제2섬유 재료(14)의 평균 길이는, 예컨대, 약 0.5mm 내지 2.5mm, 예컨대, 약 0.75mm 내지 1.0mm이고, 제2섬유 재료(14)의 평균 폭(즉, 직경)은, 예컨대, 약 5 μ m 내지 50 μ m, 예컨대, 약 10 μ m 내지 30 μ m이다.
- [0074] 몇몇 실시형태에서, 제2섬유 재료(14)의 길이의 표준 편차는 제2섬유 재료(14)의 평균 길이의 60% 이하, 예컨대, 평균 길이의 50% 이하, 평균 길이의 40% 이하, 평균 길이의 25% 이하, 평균 길이의 10% 이하, 평균 길이의 5% 이하, 또는 평균 길이의 1% 이하이다.
- [0075] 몇몇 실시형태에서, 상기 재료는 0.25 g/cm³ 이하, 예컨대, 0.20 g/cm³, 0.15 g/cm³, 0.10 g/cm³, 0.05 g/cm³ 이하, 예컨대, 0.025 g/cm³의 부피 밀도를 지닌다. 부피 밀도는 ASTM D1895B를 이용해서 결정된다. 간단히, 상기 방법은 기지의 체적의 계량 실린더에 샘플을 채워 해당 샘플의 중량을 얻는 것을 포함한다. 부피 밀도는 샘플의

중량(g)을 실린더의 기지의 체적(cm^3)으로 나눔으로써 계산된다.

- [0076] 몇몇 실시형태에서, 제2섬유 재료의 BET 표면적은 $0.1 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상, 예컨대, $0.25 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상, $0.5 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상, $1.0 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상, $1.5 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상, $1.75 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상, $5.0 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상, $10 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상, $25 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상, $35 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상, $50 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상, $60 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상, $75 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상, $100 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상, $150 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상, $200 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상, 또는 $250 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상이다. 제2섬유 재료(14)의 다공도는, 예컨대, 20% 이상, 25% 이상, 35% 이상, 50% 이상, 60% 이상, 70% 이상, 예컨대, 80% 이상, 85% 이상, 90% 이상, 92% 이상, 94% 이상, 95% 이상, 97.5% 이상, 99% 이상 또는 99.5% 이상일 수 있다.
- [0077] 몇몇 실시형태에서, 제2섬유 재료의 평균 길이-대-직경비에 대한 제1섬유 재료의 평균 길이-대-직경비의 비는, 예컨대, 1.5 이하, 예컨대, 1.4 이하, 1.25 이하, 1.1 이하, 1.075 이하, 1.05 이하, 1.025 이하 혹은 실질적으로 1이다.
- [0078] 본 명세서에 기재된 임의의 섬유 재료, 또는 해당 섬유 재료와 무기 재료와의 임의의 혼합물은, 조사 전 혹은 후에, 예컨대, 운송 혹은 보관 동안 치밀화될 수 있고, 이어서, 본 명세서에 기재된 임의의 하나 이상의 방법에 의해 더욱 처리하기 위하여 "개방"될 수 있다. 치밀화는, 예를 들어, 미국 특허 출원 제12/429,045호에 기재되어 있다.
- [0079] **바이오매스 재료와 무기 재료의 배합**
- [0080] 몇몇 실시형태에서, 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 재료와 무기 재료는, 예컨대, 조사 전에 드럼 속에서 등과 같이, 건식 혼합에 의해 배합된다. 다른 실시형태에서, 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 재료와 무기 재료는 공동 미분쇄된다. 예를 들어, 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 재료와 무기 재료는 혼합물의 조사 전에 밀(mill)에서 함께 분쇄될 수 있다. 특정 실시형태에서, 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 재료와 무기 재료는, 각 재료가 25°C 이하, 예컨대, 0°C 이하, 예컨대, 드라이 아이스의 정상 분위기 하의 승화 온도에서 혹은 그 이하로, 또는 액체 질소의 정상 분위기 하의 비점에서 혹은 그 이하로 냉각되도록 동결 밀 내에서 공동 미분쇄된다. 동결 밀 내에서의 바이오매스의 분쇄는 미국 특허 출원 제61/081,709호(발명의 명칭: Cooling and Processing Materials)에 기재되어 있고, 이 출원은 참조로 그의 전문이 본원에 포함된다.
- [0081] **처리**
- [0082] 처리는 물리적으로 준비된 바이오매스 재료와 상기 무기 재료의 배합물을 조사하는 단계를 포함한다. 몇몇 경우에, 처리는 초음파 분해, 산화, 열분해 및 증기 폭발의 하나 이상을 더욱 포함할 수 있고, 이것은 본 명세서에 기재된 바와 같은 무기 첨가제의 사용에 의해 조절, 예컨대, 증강될 수 있다.
- [0083] **방사선 처리**
- [0084] 상기 배합물의 조사는 약 2MeV, 4MeV, 6MeV 이상, 또는 심지어 약 8MeV 이상의 에너지를 지니는 전자 등과 같은 가속된 전자에 상기 배합물을 노출시키는 것을 포함할 수 있다. 이와 같이 해서, 2.0 내지 8.0MeV 및 4.0 내지 6.0MeV의 범위 등과 같은 범위가 상정된다. 몇몇 실시형태에서, 전자는, 예를 들어, 광 속도의 75% 이상, 예컨대, 광 속도의 85, 90, 95 또는 99% 이상의 속도로 가속된다.
- [0085] 몇몇 경우에, 조사는 약 0.25Mrad/sec 이상, 예컨대, 약 0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0Mrad/sec 이상, 또는 심지어 약 2.5Mrad/sec 이상의 선량 속도로 수행된다. 몇몇 실시형태에서, 조사는 5.0 내지 1500.0 krad (kilorad)/hour, 예컨대, 10.0 내지 750.0 krad/hour 또는 50.0 내지 350.0 krad/hour의 선량 속도에서 수행된다.
- [0086] 몇몇 실시형태에서, 조사(임의의 방사선원 혹은 이들 방사선원의 조합을 이용해서)는, 재료가 적어도 0.25Mrad, 예컨대, 적어도 1.0Mrad, 적어도 2.5Mrad, 적어도 5.0Mrad 또는 적어도 10.0Mrad의 선량을 입수할 때까지 수행된다. 몇몇 실시형태에서, 조사는, 재료가 1.0Mrad 내지 6.0Mrad, 예컨대, 1.5Mrad 내지 4.0Mrad의 선량을 입수할 때까지 수행된다.
- [0087] 인가된 선량은 소정의 효과 및 특정 공급원료에 의존할 것이다. 예를 들어, 높은 선량의 방사선은 공급원료 성분 내의 화학 결합을 파괴할 수 있고, 낮은 선량의 방사선은 공급원료 성분 내의 화학 결합을 증가(예컨대, 가교)시킬 수 있다.
- [0088] 방사선은 건조 혹은 습윤 상태이거나 혹은 액체, 예컨대, 물속에 분산되어 있는 어떠한 샘플에도 적용될 수 있다. 예를 들어, 조사는, 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 재료의 약 25중량% 이하가 액체, 예컨대, 물로 젖은

표면을 지니도록 해당 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 재료에 대해 수행될 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 조사는, 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 재료의 어느 것도 실질적으로 액체, 예컨대, 물로 젖지 않도록 해당 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 재료에 대해 수행된다.

- [0089] 몇몇 실시형태에서, 본 명세서에 기재된 어떠한 처리도 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 재료가 예컨대 열 및/또는 감압을 이용해서 획득된 바와 같이 건조 상태로 유지되거나 건조된 후에 일어난다. 예를 들어, 몇몇 실시형태에서, 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 재료는 25℃, 상대습도 50%에서 측정된, 약 5중량% 이하의 수분 보유량을 지닌다.
- [0090] 방사선은 셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스가 공기, 산소 풍부 공기 혹은 산소 자체에 노출되거나, 또는 질소, 아르곤 혹은 헬륨 등과 같은 불활성 가스로 덮여 있는 동안 인가될 수 있다. 최대 산화가 요망될 경우, 공기 혹은 산소 등과 같은 산화 환경이 이용되고, 방사선원으로부터의 거리는 반응성 가스 형성, 예컨대 오존 및/또는 질소 산화물을 최대화하도록 최적화되어 있다.
- [0091] 방사선원은 약 2.5 기압 이상, 예컨대, 5, 10, 15, 20 기압 이상, 또는 약 50 기압 이상의 압력 하에 인가될 수 있다.
- [0092] 조사는 이온화 방사선, 예컨대, 감마선, x-선, 에너지 자외 방사선, 예컨대, 약 100nm 내지 약 280nm의 파장을 지닌 자외 C 방사선, 입자 빔, 예컨대, 전자 빔, 저속 뉴트론 혹은 알파 입자 등을 이용해서 수행될 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 조사는 2 이상의 방사선원, 예컨대, 감마선과 전자빔을 포함하며, 이들은 순차로 혹은 동시에 인가될 수 있다.
- [0093] 몇몇 실시형태에서, 그의 원자 궤도로부터 전자를 방출하는 재료에 축적된 에너지는 재료를 조사하는 데 이용된다. 조사는 1) 무거운 하전 입자, 예컨대, 알파 입자 혹은 양자, 2) 예를 들어 베타 붕괴 혹은 전자빔 가속기에서 생성된 전자 혹은 3) 전자기 방사선, 예컨대, 감마선, x선 혹은 자외선에 의해 제공될 수 있다. 하나의 접근법에 있어서, 방사능 물질에 의해 생성된 방사선은 공급원료를 조사하는 데 이용될 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 상기 1) 내지 3)의 임의의 순서 혹은 동시의 임의의 조합이 이용될 수 있다.
- [0094] 몇몇 경우에, 사슬 절단이 요망되고/되거나 중합체 사슬 작용화가 요망될 경우, 전자보다 무거운 입자, 예컨대, 양자, 헬륨 핵, 아르곤 이온, 실리콘 이온, 네온 이온, 탄소 이온, 인 이온, 산소 이온 혹은 질소 이온이 이용될 수 있다. 개환 사슬 절단이 요망될 경우, 양하전 입자가 증강된 개환 사슬 절단을 위한 그들의 루이스산 특성을 위하여 이용될 수 있다.
- [0095] 몇몇 실시형태에서, 조사된 바이오매스는 조사 전의 바이오매스의 수평균 분자량(M_{N1})보다 약 10%, 예컨대, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50%, 60% 이상, 또는 심지어 약 75% 이상만큼 낮은 수평균 분자량(M_{N2})을 지닌다.
- [0096] 몇몇 실시형태에서, 출발 수평균 분자량(조사 전)은 약 200,000 내지 약 3,200,000, 예컨대, 약 250,000 내지 약 1,000,000 또는 약 250,000 내지 약 700,000이고, 조사 후의 수평균 분자량은 약 50,000 내지 약 200,000, 예컨대, 약 60,000 내지 약 150,000 또는 약 70,000 내지 약 125,000이다. 그러나, 몇몇 실시형태에서, 예컨대, 광범위한 조사 후, 약 10,000 이하 혹은 약 5,000 이하의 수평균 분자량을 지니는 것이 가능하다.
- [0097] 몇몇 경우에, 조사된 바이오매스는 조사 전의 바이오매스의 셀룰로스의 결정화도(C_1)보다 낮은 결정화도(C_2)를 지니는 셀룰로스를 지닌다. 예를 들어, (C_2)는 (C_1)보다 약 10% 이상, 예컨대, 15, 20, 25, 30, 35, 40% 이상, 또는 심지어 약 50% 이상만큼 낮을 수 있다.
- [0098] 몇몇 실시형태에서, 출발 결정화도 지수(조사 전)는 약 40 내지 약 87.5%, 예컨대, 약 50 내지 약 75% 또는 약 60 내지 약 70%이고, 조사 후의 결정화도 지수는 약 10 내지 약 50%, 예컨대, 약 15 내지 약 45% 또는 약 20 내지 약 40%이다. 그러나, 몇몇 실시형태에서, 예컨대, 광범위한 조사 후, 5% 이하의 결정화도 지수를 지니는 것도 가능하다. 몇몇 실시형태에서, 조사 후의 재료는 실질적으로 비정형이다.
- [0099] 몇몇 실시형태에서, 조사된 바이오매스는 조사 전의 바이오매스의 산화 레벨(O_1)보다 높은 산화 레벨(O_2)을 지닐 수 있다. 재료의 높은 산화 레벨은 분산도, 팽윤도 및/또는 용해도를 원조하여, 화학적, 효소적 혹은 생물학적 공격에 대한 재료 감도를 더욱 증강시킬 수 있다. 조사된 바이오매스 재료는 더 많은 하이드록실기, 알데하이드기, 케톤기, 에스터기 혹은 카복실산기를 지닐 수도 있고, 이들은 그의 친수성을 증가시킬 수 있다.

[0100] **이온화 방사선**

[0101] 각 형태의 방사선은, 해당 방사선의 에너지에 의해 결정되는 바와 같이, 특정 상호작용을 통해서 바이오매스를 이온화시킨다. 보다 무거운 하전 입자가 우선 콤펙 산란(Compton scattering)을 통해서 물질을 이온화시키고; 또한 이들 상호작용은 에너지 전자를 생성하고 이들은 더욱 물질을 이온화시킬 수 있다. 알파 입자는 헬륨 원자의 핵과 동일하며, 비스무트, 폴로늄, 아스타틴, 라돈, 프란슘, 라듐 등의 동위원소, 악티늄, 토륨, 우라늄, 넵투늄, 퀴륨, 칼리포늄, 아메리슘 및 플루토늄 등의 수종의 악티나이드 계열의 알파 붕괴에 의해 생산된다.

[0102] 입자들이 이용될 경우, 이들은 중성(비하전), 양하전 혹은 음하전되어 있을 수 있다. 하전되면, 해당 하전 입자는 단일의 양 혹은 음하전, 혹은 다수의 하전, 예컨대, 1, 2, 3 혹은 4 이상의 하전을 지닐 수 있다. 사슬 절단이 요망될 경우, 양하전 입자가 그들의 산성 성질로 인해 부분적으로 바람직할 수 있다. 입자들이 이용될 경우, 해당 입자들은 레스팅 전자(resting 전자)의 질량의 예컨대, 500, 1000, 1500 혹은 2000 이상, 예컨대, 10,000 혹은 100,000배 이상의 레스팅 전자의 질량을 지닐 수 있다. 예를 들어, 입자는 약 1 원자 단위 내지 약 150 원자 단위, 예컨대, 약 1 원자 단위 내지 약 50 원자 단위, 또는 약 1 내지 약 25, 예컨대, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12 혹은 15 amu의 질량을 지닐 수 있다. 입자를 가속시키는 데 이용되는 가속기는 정전 DC, 전기역학적 DC, RF 선형, 자기 유도 선형 혹은 연속 파일 수 있다. 예를 들어, 사이클로트론형 가속기는 Rhodatron (등록상표) 시스템 등과 같은 벨기에의 IBA로부터 입수할 수 있는 한편, DC형 가속기는 Dynamitron(등록상표) 등과 같은 RDI, 현재는 IBA 인더스트리얼로부터 입수가능하다. 예시적인 이온 및 이온 가속기는 문헌 [Introductory Nuclear Physics, Kenneth S. Krane, John Wiley & Sons, Inc. (1988), Krsto Prelec, FIZIKA B 6 (1997) 4, 177-206, Chu, William T., "Overview of Light-Ion Beam Therapy", Columbus-Ohio, ICRU-IAEA Meeting, 18-20 March 2006, Iwata, Y. et al., "Alternating-Phase-Focused IH-DTL for Heavy-Ion Medical Accelerators", Proceedings of EPAC 2006, Edinburgh, Scotland, 및 Leitner, C.M. et al., "Status of the Superconducting ECR Ion Source Venus", Proceedings of EPAC 2000, Vienna, Austria]에 기재되어 있다.

[0103] 전자는 전자의 속도의 변화에 의해 생성된 방사선의 콤펙 산란 및 제동복사를 통해서 상호작용한다. 전자는 요오드, 세슘, 테크네튬 및 이리듐의 동위원소 등과 같은, 베타 붕괴된 방사능 핵에 의해 생성될 수 있다. 대안적으로, 전자 총은 열이온 방출을 통해서 전자원으로서 이용될 수 있다.

[0104] 전자기 방사선은 3가지 공정, 즉, 광전자 흡수, 콤펙 산란 및 쌍 생성(pair production)을 통해 상호작용한다. 우세한 상호작용은 투입 방사선의 에너지와 재료의 원자수에 의해 결정된다. 셀룰로스 재료에서의 흡수된 방사선에 기인하는 상호작용의 합계는 질량 흡수 계수에 의해 표현될 수 있다(PCT/US2007/022719의 "Ionization Radiation").

[0105] 전자기 방사선은 파장에 따라서 감마선, x 선, 자외선, 적외선, 마이크로파 또는 라디오파로서 더욱 분류될 수 있다.

[0106] 감마 방사선은 샘플 중의 각종 재료 속으로의 상당한 침투 깊이의 이득을 지닌다. 감마선의 공급원으로는 코발트, 칼슘, 테크네튬, 크롬, 갈륨, 인듐, 요오드, 철, 크립톤, 사마륨, 셀레늄, 나트륨, 탈륨 및 제논의 동위원소와 같은 방사능 핵을 들 수 있다.

[0107] x 선의 공급원으로는 텅스텐 혹은 폴리브덴 혹은 합금 등의 금속 표적과의 전자빔 충돌, 또는 Lyncean에서 상업적으로 생산되는 것들과 같은 소형 광원을 들 수 있다.

[0108] 자외 방사선의 공급원으로는 듀테륨 혹은 카드뮴 램프를 들 수 있다.

[0109] 적외 방사선의 공급원으로는 사파이어, 아연 혹은 셀렌화물 창 세라믹 램프를 들 수 있다.

[0110] 마이크로파의 공급원으로는 클라이스트론(klystron), 슬레빈형 RF 공급원(Slevin type RF source), 또는 수소, 산소 혹은 질소 가스를 이용하는 원자 빔 공급원을 들 수 있다.

[0111] **전자 빔**

[0112] 몇몇 실시형태에서, 전자 빔은 방사선 공급원으로서 이용된다. 전자 빔은 높은 선량(예컨대, 1, 5 혹은 10Mrad/sec), 높은 처리량, 낮은 오염 및 낮은 제한 장비의 이점을 들 수 있다. 전자는 더욱 효율적으로 사슬 절단을 일으킬 수 있다. 또한, 4 내지 10MeV의 에너지를 지닌 전자는 5 내지 30mm 이상, 예컨대 40mm의 침투 깊이를 지닐 수 있다.

[0113] 전자 빔은, 예컨대, 정전기 발생기, 캐스케이드 발생기, 트랜스포머 발생기, 주사 시스템을 구비한 저 에너지

가속기, 선형 캐소드를 구비한 저 에너지 가속기, 선형 가속기 및 펄스 가속기에 의해 발생될 수 있다. 이온화 방사선 공급원으로서의 전자는, 예컨대, 비교적 얇은 파일의 재료, 예컨대, 0.5 인치 이하, 예컨대, 0.4 인치, 0.3 인치, 0.2 인치 이하, 또는 0.1 인치 이하의 재료에 대해서 유용할 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 전자 빔의 각 전자의 에너지는 약 0.3MeV 내지 약 2.0MeV, 예컨대, 약 0.5MeV 내지 약 1.5MeV 또는 약 0.7MeV 내지 약 1.25MeV이다.

[0114] 몇몇 실시형태에서, 바이오매스 재료를 처리하는 데 이용되는 전자는 0.05 c 이상(예컨대, 0.10 c 이상, 0.2 c 이상, 0.3 c 이상, 0.4 c 이상, 0.5 c 이상, 0.6 c 이상, 0.7 c 이상, 0.8 c 이상, 0.9 c 이상, 0.99 c 이상, 0.9999 c 이상)의 평균 에너지를 지닐 수 있고, 여기서 c는 광의 진공 속도에 상당한다.

[0115] 전자 빔 조사 장치는 벨기에의 루벤-라-누브에 소재한 Ion Beam Applications 또는 캘리포니아주의 샌디 에고시에 소재한 Titan Corporation으로부터 상업적으로 입수될 수 있다. 전형적인 전자 에너지는 1MeV, 2MeV, 4.5MeV, 7.5MeV 혹은 10MeV일 수 있다. 전형적인 전자 빔 조사 장치 전력은 1kW, 5kW, 10kW, 20kW, 50kW, 100kW, 250kW 혹은 500kW일 수 있다. 공급원료 슬러리의 탈중합의 유효성은 사용된 전자 에너지, 인가된 선량에 의존하는 한편, 노광 시간은 전력과 선량에 의존한다. 전형적인 선량은 1kGy, 5kGy, 10kGy, 20kGy, 50kGy, 100kGy 또는 200kGy의 값을 취할 수 있다.

[0116] 전자 빔 조사 장치 전력 사양을 고려할 때의 트레이드오프(tradeoff)로는 작동 비용, 자산 비용, 감가 상각 및 장치 점유 공간을 들 수 있다. 전자 빔 조사의 노광 선량 레벨을 고려할 때의 트레이드오프는 에너지 비용과 환경, 안전 및 건강(ESH) 관련 사항일 것이다. 전자빔 에너지를 고려할 때의 트레이드오프는 에너지 비용을 들 수 있고, 여기서, 보다 낮은 전자 에너지는 소정의 공급원료 슬러리의 탈중합을 촉진함에 있어서 유리할 수 있다(예를 들어, 문헌[Bouchard, et al., Cellulose (2006) 13: 601-610] 참조).

[0117] 더욱 효율적인 탈중합 공정을 제공하기 위하여 전자 빔 조사의 이중 통과(double-pass)를 제공하는 것이 유리할 수 있다. 예를 들어, 공급원료 수송 장치는 공급원료(건조 혹은 슬러리 형태)를 아래쪽 및 역방향에서 그의 초기 수송 방향으로 향하게 할 수 있다. 이중 통과 시스템은 보다 농후한 공급원료 슬러리를 처리할 수 있게 하고 또한 공급원료 슬러리의 두께를 통해서 더욱 균일한 중합을 제공할 수 있다.

[0118] 전자 빔 조사 장치는 고정 빔 혹은 주사 빔을 생성할 수 있다. 주사 빔은 커다란 주사 스위프 길이 및 높은 주사 속도로 유리할 수 있고, 이것은 대형의 고정 빔 폭을 효율적으로 대신할 것이다. 또한, 0.5m, 1m, 2m 이상의 이용가능한 스위프 폭이 유효할 수 있다.

[0119] 이온 입자 빔

[0120] 전자 이외의 입자 거동은 탄수화물, 예컨대, 셀룰로스 재료, 리그노셀룰로스 재료, 전분 재료 혹은 이들의 임의의 것과 본 명세서에 기재된 기타의 것들의 혼합물을 포함하는 탄수화물 혹은 재료를 조사하는 데 이용될 수 있다. 예를 들어, 양자, 헬륨 핵, 아르곤 이온, 실리콘 이온, 네온 이온 탄소 이온, 인 이온, 산화 이온 혹은 질소 이온이 이용될 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 전자보다 무거운 입자는 많은 양의 사슬 절단을 유발할 수 있다. 몇몇 경우에, 양하전 입자는 그들의 산성도로 인해 음하전 입자보다 많은 양의 사슬 절단을 유발할 수 있다.

[0121] 보다 무거운 입자 빔은 예컨대 선형 가속기 혹은 사이클로트론을 이용해서 발생될 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 빔의 각 입자의 에너지는 약 1.0MeV/원자 단위 내지 약 6,000MeV/원자 단위, 예컨대, 약 3MeV/원자 단위 내지 약 4,800MeV/원자 단위 또는 약 10MeV/원자 단위 내지 약 1,000MeV/원자 단위이다.

[0122] 이온 빔 처리는 미국 특허 출원 제12/417,699호에 상세히 기술되어 있다.

[0123] 전자기 방사선

[0124] 조사가 전자기 방사선을 이용해서 수행되는 실시형태에서, 전자기 방사선은, 예컨대, 10^2 eV 이상, 예컨대, 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 eV 이상 또는 심지어 10^7 eV 이상의 광자당 에너지(일렉트론 볼트)를 지닐 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 전자기 방사선은 10^4 내지 10^7 eV, 예컨대, 10^5 내지 10^6 eV의 광자당 에너지를 지닌다. 전자기 방사선은 10^{16} Hz 이상, 10^{17} , 10^{18} , 10^{19} , 10^{20} Hz 이상, 또는 심지어 10^{21} Hz 이상의 주파수를 지닐 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 전자기 방사선은 10^{18} 내지 10^{22} Hz, 예컨대, 10^{19} 내지 10^{21} Hz의 주파수를 지닌다.

[0125] 방사선 처리의 조합

- [0126] 몇몇 실시형태에서, 둘 이상의 방사선 공급원, 예컨대, 둘 이상의 이온화 방사선이 이용된다. 예를 들어, 샘플은 임의의 순서로 전자 빔으로 이어서, 감마 방사선 및 약 100nm 내지 약 280nm의 파장을 지니는 UV 광으로 처리될 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 샘플은 전자 빔, 감마 방사선 및 에너지 UV 광 등과 같은 3개의 이온화 방사선 공급원으로 처리된다.
- [0127] **바이오매스의 소광 및 제어된 작용화**
- [0128] 광자 방사선(예컨대, X선 혹은 감마선), 전자 빔 방사선 혹은 양 혹은 음으로 하전된 전자(예컨대, 양자 혹은 탄소 이온)보다 무거운 입자 등과 같은 1종 이상의 이온화 방사선에 의한 처리 후, 본 명세서에 기재된 무기 재료와 탄수화물-함유 재료와의 혼합물의 어느 것이라도 이온화되며, 즉, 이들은 전자 스핀 공명 분광법을 이용해서 검출가능한 레벨에서 라디칼을 포함한다. 라디칼의 현재 실용가능한 검출 한계는 실온에서 약 10^{14} 스핀이다. 이온화 후, 이온화된 임의의 바이오매스 재료는 소광되어 이온화된 바이오매스 내의 라디칼의 레벨을 저감시키므로, 예컨대, 라디칼은 전자 스핀 공명 분광법을 이용해서 더 이상 검출가능하지 않게 된다. 예를 들어, 라디칼은, 바이오매스에 충분한 압력의 인가에 의해, 및/또는 해당 라디칼과 반응(소광)하는 기체 혹은 액체 등과 같은 이온화된 바이오매스와 접촉하여 유체를 이용함으로써 소광될 수 있다. 적어도 라디칼의 소광을 원조하기 위하여 기체 혹은 액체를 이용하는 것은 또한 조작자가 소정량 및 소정 종류의 작용기, 예컨대, 카복실산기, 에놀기, 알데하이드기, 나이트로기, 나이트릴기, 아미노기, 알킬아미노기, 알킬기, 클로로알킬기 혹은 클로로플루오로알킬기를 이용해서 이온화된 바이오매스의 작용화를 제어할 수 있게 한다. 몇몇 경우에, 이러한 소광은 이온화된 바이오매스 재료의 일부의 안정성을 향상시킬 수 있다. 예를 들어, 소광은 바이오매스의 산화에 대한 내성을 향상시킬 수 있다. 소광에 의한 작용화는 또한 본 명세서에 기재된 임의의 바이오매스의 용해도를 향상시킬 수 있고, 그의 열 안정성을 향상시킬 수 있으며, 이것은 복합체의 제조에 중요할 수 있고, 또한 각종 미생물에 의한 재료 이용성을 향상시킬 수 있다. 예를 들어, 소광에 의해 바이오매스에 부여된 작용기는 예컨대 미생물에 의한 부착을 위한 수용체 부위로서 작용하여 각종 미생물에 의한 셀룰로스 가수분해를 증강시킬 수 있다.
- [0129] 이온화된 바이오매스가 대기 중에 유지되면, 예를 들어, 카복실산기가 분위기 산소와의 반응에 의해 생성될 정도로 산화될 것이다. 몇몇 재료에 의한 몇몇 경우에, 이러한 산화는 탄수화물-함유 바이오매스의 분자량의 더한층의 파괴를 도울 수 있고, 산화기, 예컨대, 카복실산기는 몇몇 경우에 용해도 및 미생물 이용에 도움을 줄 수 있기 때문에 바람직하다. 그러나, 라디칼이 조사 후 소정 시간 동안, 예컨대, 1일, 5일, 30일, 3개월, 6개월 혹은 1년 이상 "살아 있을" 수 있으므로, 재료 성질은 시간 경과에 따라 계속 변화될 수 있고, 이것은 몇몇 경우에 바람직하지 않을 수 있다.
- [0130] 전자 스핀 공명 분광법에 의해 조사된 샘플에서의 라디칼의 검출 및 이러한 샘플에서의 라디칼 수명은 문헌 [Bartolotta et al., Physics in Medicine and Biology, 46 (2001), 461-471 및 Bartolotta et al., Radiation Protection Dosimetry, Vol. 84, Nos. 1-4, pp. 293-296 (1999)]에 기재되어 있고, 이들 문헌의 각각의 내용은 참조로 본원에 포함된다.
- [0131] **초음파 분해, 열분해, 산화**
- [0132] 1종 이상의 초음파 분해, 열분해 및/또는 산화 처리 수순은 광범위한 상이한 공급원으로부터 공급원료를 처리하여 해당 공급원료로부터 유용한 물질을 추출하고, 추가의 처리 단계 및/또는 수순에의 입력으로서 기능하는 부분적으로 분해된 유기 재료를 제공하는 데 이용될 수 있다. 이러한 처리는 공급원료와 바이오매스, 예컨대, 1종 이상의 탄수화물 공급원, 예를 들어, 셀룰로스 재료, 리그노셀룰로스 재료, 혹은 전분 재료의 분자량 및/또는 결정화도를 저감시킬 수 있다. 이들 처리는 미국 특허 출원 제12/429,045호에 상세히 기재되어 있다.
- [0133] **기타 처리**
- [0134] 증기 폭발은 본 명세서에 기재된 처리의 어떠한 것도 없이 단독으로 혹은 본 명세서에 기재된 처리의 어느 것과 조합하여 이용될 수 있다.
- [0135] 본 명세서에 기재된 임의의 처리 수순은 정상의 지구 둘레의 대기압 이상 혹은 이하의 압력에서 이용될 수 있다. 예를 들어, 탄수화물을 포함하는 재료를 제공하도록 방사선, 초음파 분해, 산화, 열분해, 증기 폭발, 혹은 이들 처리의 어느 것의 조합을 이용하는 임의의 처리는 고압 하에 수행될 수 있고, 이것은 반응 속도를 증가시킬 수 있다. 예를 들어, 임의의 처리 혹은 처리들의 조합은 25MPa 이상, 예컨대, 50MPa, 75MPa, 100MPa, 150MPa, 200MPa, 250MPa, 350MPa, 500MPa, 750MPa, 1,000MPa 이상, 또는 1,500MPa 이상의 압력에서 수행될 수 있다.

[0136] **1차 처리 및 후처리**

[0137] 본 명세서에 기재된 임의의 처리를 이용해서 처리된 재료는 이어서 기타 처리, 예를 들어 발효 및 가스화 등의 1차 처리 단계, 및/또는 증류, 폐수 처리, 폐기물 연소 등의 후처리 단계가 실시될 수 있다. 이러한 처리는 예컨대 미국 특허 출원 제12/429,045호에 상세히 기재되어 있고, 이 출원은 참조로 본 명세서에 포함된다.

[0138] **생성물/부산물**

[0139] 이러한 1차 처리 및/또는 후처리를 이용함으로써, 처리된 바이오매스는 1종 이상의 생성물, 예를 들어, 알코올, 예컨대, 메탄올, 에탄올, 프로판올, 아이소프로판올, 부탄올, 예컨대, n-, sec- 혹은 t-부탄올, 에틸렌 글라이콜, 프로필렌 글라이콜, 1,4-부탄 다이올, 글라이세린 혹은 이들 알코올의 혼합물; 유기산, 예컨대, 포름산, 아세트산, 프로피온산, 부티르산, 발레르산, 카프로산, 팔미트산, 스테아르산, 옥살산, 말론산, 숙신산, 글루타르산, 올레산, 리놀레산, 글라이콜산, 락트산, γ -하이드록시부티르산 혹은 이들 산의 혼합물; 식료품; 동물 사료; 약제; 혹은 영양제로 전환될 수 있다. 생성될 수 있는 부산물은 리그닌 잔사를 포함한다.

[0140] **재료**

[0141] **무기 재료**

[0142] 몇몇 실시형태에서, 무기 재료는 금속 혹은 금속 합금이거나 이들을 포함한다. 예를 들어, 금속은 철, 니켈, 납, 구리 혹은 아연 등의 비금속, 연철 혹은 선철 등의 철계 금속, 탄탈, 금, 백금 혹은 로듐 등과 같은 귀금속, 루테튬, 로듐, 팔라듐, 오스뮴, 이리듐 혹은 백금 등의 희귀금속, 또는 전이 금속, 예컨대, 원소의 주기율표의 21 내지 30번(모두 포함), 39 내지 48번(모두 포함), 71 내지 80(모두 포함) 및 103 내지 112번 원소를 포함할 수 있다.

[0143] 구체적인 실시형태에서, 무기 재료는 금속 합금, 예컨대, 2상 혹은 3상 합금 등의 금속 합금이거나 이를 포함한다. 특정 실시형태에서, 합금은 강철, 황동, 청동, 두랄루민, 하스탈로이, Al-Li 합금, 알니코 합금(alnico 합금), 남베 합금(nambe 합금), 실루민 합금(silumin 합금), AA-8000 및 마그날륨 합금(magnalium **합금**)이거나 이들을 포함한다.

[0144] 하나의 실시형태에서, 무기 재료는 알루미늄 층을 포함하는 폐기물 포장 등과 같이, 알루미늄이거나 이를 포함한다.

[0145] 다른 실시형태에서, 무기 재료는 철 혹은 코발트의 무기 화합물, 예를 들어, 철 혹은 코발트가 2+ 혹은 3+ 산화 상태에 있는 무기 철 혹은 코발트 화합물 등과 같은 금속성 화합물이거나 이들을 포함한다. 이러한 철 화합물의 예로는 암모늄 철(II) 황산염 6수화물, 암모늄 철(II) 황산염 용액, 암모늄 철(III) 황산염 12수화물, 암모늄 철(III) 황산염, 철(II) 황산염 7수화물, 철(II) 황산염 수화물, 철(II) 황산염 용액, 및 철(III) 황산염 수화물이 있다.

[0146] 또 다른 실시형태에서, 무기 재료는 산성, 중성 혹은 염기성 내화물 등과 같은 내화 재료이거나 이를 포함한다. 산성 내화재료의 예로는 지르콘, 내화 점토 및 실리카를 들 수 있다. 중성 내화 재료의 예로는 알루미늄, 크로마이트, 탄화 규소 및 물리타이트를 들 수 있다. 염기성 내화 재료의 예로는 돌로마이트 혹은 마그네사이트를 들 수 있다.

[0147] 또 다른 실시형태에서, 무기 재료로는 세라믹, 예를 들어, 산화물, 탄화물, 붕화물, 질화물, 규화물 혹은 카올린(예컨대, 천연, 중성, 산성, 염기성 혹은 백화된 것)을 들 수 있다. 예를 들어, 산화물은 알루미늄과 같은 알루미늄 산화물, 산화규소, 산화아연, 혹은 이산화티탄과 같은 티탄 산화물일 수 있다.

[0148] 몇몇 실시형태에서, 무기 첨가제는 그 속에 및/또는 그 위에 약 0.25 내지 약 25 중량%의 물을 포함한다. 구체적인 실시형태에서, 무기 재료는, 수화된 알루미늄과 같이, 상승된 온도에서 무기 재료로부터 이탈될 수 있는 수화 물(water of hydration)을 포함한다.

[0149] 유용한 무기 재료의 다른 예로는 탄산칼슘, 아라고나이트 점토(aragonite clay), 사방정계 점토, 칼사이트 점토(calcite clay), 사방 육면체 점토(rhombohedral clay), 벤토나이트 점토, 인산이칼슘, 인산이칼슘 무수물, 인산이칼슘 2수화물, 인산 삼칼슘, 피로인산칼슘, 불용성 메타인산나트륨, 침강성 탄산칼슘, 오쏘인산마그네슘, 인산삼마그네슘, 수산화인회석, 합성 인회석, 수화 실리카 제로겔, 금속 알루미늄산화물실리케이트 착체, 규산알루미늄나트륨, 규산 지르코늄, 모래, 유리, 돌, 암석, 몬모릴로나이트 및 혈암(shale)을 들 수 있다.

[0150] 몇몇 실시형태에서, 무기 재료는 약 400℃ 이상, 예컨대, 약 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400,

1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600℃ 이상, 또는 심지어 2800℃ 이상의 융점을 지닌다. 다른 경우, 무기 재료는 융점을 지니는 재료를 포함하지 않거나 지니지 않는다.

[0151] 몇몇 경우에, 무기 재료는 약 1.5 J/gK 이하, 예컨대, 약 1.25, 1.0, 0.75, 0.50, 0.25 J/gK 이하, 또는 심지어 약 0.1 J/gK 이하의 비열 용량(Cp)을 지닌다. 다양한 예에서, 무기 재료는 약 1.25 내지 약 0.2 J/gK, 예컨대, 약 1.15 내지 약 0.25 또는 약 0.85 내지 0.30 J/gK의 비열 용량(Cp)을 지닐 수 있다.

[0152] 무기 재료는 약 0.004 내지 약 450 W/mK, 약 0.04 내지 약 250 W/mK, 약 0.1 내지 약 150 W/mK 또는 약 0.25 내지 약 50 W/mK의 열 전도율을 지닐 수 있다.

[0153] 무기 재료는 약 1.5 g/cm³ 이상, 예컨대, 약 2.0, 2.5, 3.0, 5.0, 7.0, 8.0, 9.0, 12.0, 15.0, 18.0 g/cm³ 이상 또는 심지어 20.0 g/cm³ 이상의 밀도를 지닐 수 있다. 무기 재료는 약 3.5 g/cm³ 내지 약 20.0 g/cm³, 약 4.0 g/cm³ 내지 약 18 g/cm³ 또는 약 4.5 g/cm³ 내지 약 13 g/cm³의 밀도를 지닐 수 있다.

[0154] 몇몇 경우에, 무기 재료는 실질적으로 구형상이고, 또한 약 0.1 미크론 내지 약 100 미크론, 약 0.25 미크론 내지 약 75 미크론 또는 약 0.5 미크론 내지 약 50 미크론의 평균 입자 크기, 예컨대, 직경을 지니는 입자이거나 해당 입자를 포함한다. 몇몇 경우에, 입자 크기는 약 10nm 내지 약 1000nm의 범위일 수 있다. 입자는 또한 섬유, 판 형상 혹은 기타 형태일 수도 있다. 입자는, 예를 들어, 약 0.5 to 500 m²/g의 표면적을 지닐 수 있다.

[0155] 무기 첨가제의 효과를 최대화하기 위하여, 배합물은 약 0.05 내지 약 35 중량%의 무기 재료, 예컨대, 약 0.1 내지 약 20 중량%의 무기 재료 또는 약 0.5 내지 약 10 중량%의 무기 재료를 지닐 수 있다.

[0156] 바이오매스 재료

[0157] 일반적으로, 1종 이상의 단당류 단위로 전체적으로 구성된 탄수화물이거나 해당 탄수화물을 포함하거나, 또는 1종 이상의 단당류 단위를 포함하는 임의의 바이오매스 재료는 본 명세서에 기재된 임의의 방법에 의해 처리될 수 있다. 예를 들어, 바이오매스 재료는 셀룰로스, 리그노셀룰로스, 전분 혹은 당일 수 있다.

[0158] 예를 들어, 이러한 재료로는 종이, 종이 제품, 목재, 목재 관련 재료, 파티클 보드, 벚과 식물, 왕겨, 바가스, 먼, 황마, 대마, 아마, 대나무, 사이잘마, 마닐라삼, 짚, 옥수수 속대, 왕겨, 코코넛 헤어, 조류, 해초, 오수, 먼, 합성 셀룰로스 혹은 이들의 임의의 혼합물 등과 같은 섬유 재료를 포함할 수 있다.

[0159] 몇몇 경우에, 바이오매스는 미생물 재료이다. 미생물 공급원으로는, 이들로 제한되지 않지만, 탄수화물(예컨대, 셀룰로스)의 공급원을 제공할 수 있거나 함유하는 천연 유래 혹은 유전공학적으로 변형된 미생물 혹은 유기체, 예를 들어, 원생생물(예컨대, 동물(예컨대, 편모충, 아메바 유사체, 섬모충 및 포자충강 등의 원생 생물) 및 식물(예컨대, 유포생물(alveolates), 클로라라크니오횜류(chlorarachniophytes), 은편모조류(cryptomonads), 유글레나류(euglenids), 회조류(glaucophytes), 착편모조류(haptophytes), 홍조류(red algae), 부등편모류(stramenopiles) 및 녹색식물(viridaplantae) 등의 조류), 해초, 플랑크톤(예컨대, 대형플랑크톤(macroplankton), 중형플랑크톤(mesoplankton), 극미플랑크톤(microplankton), 나노플랑크톤(nanoplankton), 피코플랑크톤(picoplankton) 및 펨토플랑크톤(femtoplankton)), 식물성 플랑크톤(phytoplankton), 세균(예컨대, 그람양성균, 그람음성균 및 극한 미생물(extremophiles)), 효모 및/또는 이들의 혼합물을 들 수 있다. 몇몇 경우에, 미생물 바이오매스는 천연 공급원, 예컨대, 해양, 호수, 수역(bodies of water), 예를 들어, 염수 혹은 담수, 혹은 육상으로부터 얻어질 수 있다. 대안적으로 혹은 부가적으로, 미생물 바이오매스는 배양 시스템, 예컨대, 거대 규모의 건식 및 습식 배양 시스템으로부터 얻어질 수 있다.

[0160] 기타 바이오매스 재료는 위에서 참조로 포함된 미국 특허 출원에 개시되어 있다.

[0161] 기타 실시형태

[0162] 저 선량의 조사 및 복합체

[0163] 조사는 바이오매스의 분자량 및 결정화도를 저감시키는 맥락에서 위에서 이미 논의되어 있지만, 몇몇 실시형태에서, 비교적 낮은 선량의 방사선은 탄수화물-함유 재료의 분자량을 가교, 그래프트 혹은 다르게는 증가시킬 수 있다. 증가된 분자량을 지니는 이러한 재료는, 예컨대, 개량된 기계적 특성, 예를 들어, 내마모성, 압축강도, 파괴 저항(fracture resistance), 충격 강도, 굽힘 강도, 인장 탄성률, 굴곡 탄성률 및 파단 신장률을 지닌 복합체의 제조시 유용할 수 있다. 증가된 분자량을 지니는 이러한 재료는 조성물의 제조 시 유용할 수 있다. 복합체의 형성은 WO 2006/102543, 미국 특허 출원 제12/417,720호 및 제12/429,045호에 기재되어 있다.

[0164] 대안적으로, 무기 재료와의 혼합물 중의 재료, 예컨대, 제1분자량을 지닌 제1셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스

재료를 포함하는 섬유 재료는, 수지와 배합되어 복합체를 형성할 수 있고, 해당 복합체는 이어서 제1분자량보다 높은 제2분자량을 지니는 제2셀룰로스 및/또는 리그노셀룰로스 재료를 제공하도록 비교적 낮은 선량의 방사선으로 조사될 수 있다. 예를 들어, 감마 방사선이 방사선원으로서 이용된다면, 약 1Mrad 내지 약 10Mrad의 선량이 적용될 수 있다. 이 접근법을 이용하면 재료의 분자량을 증가시키는 한편 수지 기질 내에 있게 된다. 몇몇 실시형태에서, 수지는 가교성 수지이며, 그와 같이 탄화수소-함유 재료가 분자량이 증가함에 따라 가교하게 되고, 이것은 복합체에 유리한 기계적 특성을 제공하는 상승작용적 효과를 제공할 수 있다.

[0165] **탄화수소-함유 재료의 처리**

[0166] 몇몇 실시형태에서, 여기에 개시된 방법 및 시스템은, 예컨대, 타르 샌드, 오일 샌드, 오일 셰일, 원유(예컨대, 중질 원유 및/또는 경질 원유), 역청, 석탄, 예컨대, 이탄, 갈탄, 아역청탄, 역청탄, 무연탄, 석유가스(예컨대, 메탄, 에탄, 프로판, 뷰탄, 아이소뷰탄), 액화 천연가스 및/또는 합성 가스, 아스팔트, 및 각종 유형의 탄화수소를 포함하는 기타 천연 재료 등과 같은 탄화수소-함유 재료를 처리하는데 이용될 수 있다. 예를 들어, 탄화수소-함유 재료용의 처리 설비(processing facility)는 원료의 공급물을 입수한다. 원료는, 예컨대, 컨베이어 벨트 및/또는 레일 카 시스템에 의해 광산으로부터 직접 운반될 수 있고, 소정의 실시형태에서, 처리 설비는 광산에 비교적 밀접하거나 광산의 정상부에 구축되어 있을 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 원료는 철도 화물 차량 혹은 다른 동력화 운송 시스템을 통해서 상기 처리 설비에 운송되고/되거나, 수송관을 통해서 상기 처리 설비에 펌핑될 수 있다.

[0167] 원료가 처리 설비에 도입될 경우, 해당 원료는 기계적으로 및/또는 화학적으로 파손되어 출발 물질을 얻을 수 있다. 예로서, 상기 원료는 오일 샌드로부터 유래되고 조질의 역청을 함유하는 재료를 포함할 수 있다. 역청은 이어서 본 명세서에 개시된 방법을 이용해서, 예를 들어, 해당 역청을 본 명세서에 기재된 바와 같은 무기 재료와 혼합하고 해당 혼합물을 조사함으로써 1종 이상의 탄화수소 생성물로 처리될 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 오일 샌드 재료는 노천광(open pit mine) 등과 같은 표면 광산(surface mine)으로부터 추출될 수 있다. 소정의 실시형태에서, 서브표면 오일 샌드 재료는 샌드 입자로부터 오일을 제거하는 온수 부유 선별 공법(hot water flotation process)을 이용해서 추출되고 나서 나프타를 첨가하여 오일을 처리 설비에 펌핑 가능하게 할 수 있다.

[0168] 예를 들어, 오일 샌드로부터 역청을 처리하기 위하여, 본 명세서에 개시된 하나 이상의 수법은 임의의 기계적 파괴 단계 전에, 하나 이상의 기계적 파괴 단계 이후, 분해(cracking) 이전, 분해 후 및/또는 수소처리 전, 그리고 수소처리 후에 이용될 수 있다. 다른 예로서, 오일 셰일을 처리하기 위하여, 본 명세서에 개시된 하나 이상의 수법은 전술한 기화 및 정제(refining) 단계의 어느 한쪽 혹은 양쪽 모두 전에 이용될 수 있다. 탄화수소계 원료로부터 유래된 생성물은 처리 설비로부터 생성물을 운송(예컨대, 동력화된 운송을 통해 혹은 수송관을 통해)하기 전에 수법들의 임의의 배합을 이용해서 재차 처리될 수 있다.

[0169] 본 명세서에 개시된 수법은 원료 및/또는 중간 재료를 건조 형태 혹은 슬러리, 또는 기체 형태로 처리(예컨대, 승온 하에 탄화수소 증기를 처리)하도록 적용될 수 있다. 용액 및 슬러리 중의 원료 혹은 중간 생성물의 용해도는 산, 염기, 산화제, 환원제 및 염류 등의 1종 이상의 제제의 선택적인 첨가를 통해 제어될 수 있다. 일반적으로, 본 명세서에 개시된 방법은, 원료 및/또는 중간 탄화수소-함유 재료의 반응을 개시 및/또는 유지, 원료로부터의 중간 재료의 추출(예컨대, 기타 고체 혹은 액체 성분으로부터 탄화수소 성분의 추출), 원료 및/또는 중간 재료의 분배, 및 원료로부터의 중간 재료의 분리(예컨대, 탄화수소 성분의 농도 및/또는 순도 및/또는 균질성을 증가시키기 위하여 기타 고상 기질 성분으로부터 탄화수소-함유 성분의 분리)를 행하는 데 이용될 수 있다.

[0170] 또한, 미생물은 조사 전 혹은 후에 원료 혹은 중간 재료를 처리하기 위하여 이용될 수 있다. 적절한 미생물은 앞에서 개시된 바와 같이 각종 유형의 세균, 효모 및 이들의 혼합물을 들 수 있다. 처리 설비는, 인간 조작자에게 유해한 기체 생성물 및 인간 및/또는 각종 미생물에 유해한 화학적 부산물 등을 비롯한, 원료 혹은 중간 재료의 처리에 기인하는 유해한 부산물을 제거하기 위하여 장비될 수 있다.

[0171] 몇몇 실시형태에서, 본 명세서에 개시된 하나 이상의 수법을 이용하면, 처리된 원료 혹은 중간 재료의 1종 이상의 성분의 분자량이 저감될 수 있다. 그 결과, 각종 저중량의 탄화수소 물질이 1종 이상의 고중량의 탄화수소 물질로부터 생성될 수 있다. 소정의 실시형태에서, 본 명세서에 개시된 기술을 하나 이상 이용하면, 처리되는 원료 혹은 중간 재료의 1종 이상의 성분의 분자량이 증가될 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에 개시된 각종 수법은 성분들의 분자들 사이에 결합-형성을 유도하여, 소정 생성물의 증가된 양의 형성을 초래하며, 나아가서는 신규한 보다 큰 분자량의 생성물의 형성을 초래하게 된다. 탄화수소 생성물에 부가해서, 각종 다른 화합물이

질소계 화합물(예컨대, 암모니아), 황계 화합물, 및 규산염 및 기타 규소계 화합물을 비롯한 원료로부터 추출될 수 있다. 소정의 실시형태에서, 원료로부터 추출된 1종 이상의 생성물은 연소되어 물, 원료 혹은 중간 재료를 가열하거나 전력을 발생하거나 혹은 기타 용도를 위한 공정 열(process heat)을 발생할 수 있다.

[0172] 몇몇 실시형태에서, 무기 재료와 혼합하여 해당 혼합물을 조사함으로써 원료 및/또는 중간 재료를 처리하는 것은 기타 처리 단계들의 효율의 향상(또한 심지어 제거)을 유발할 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에 개시된 하나 이상의 수법을 이용해서 오일 샌드 재료(역청을 포함함)를 처리하는 것은 역청의 더욱 효율적인 분해 및/또는 수소처리를 유발할 수 있다. 다른 예로서, 오일 셰일을 처리하는 것은, 해당 오일 셰일로부터 셰일 오일(shale oil) 및/또는 셰일 가스(shale gas)를 비롯한 각종 생성물의 더욱 효율적인 추출을 초래할 수 있다. 소정의 실시형태에서, 분해 혹은 기화 등과 같은 단계는 본 명세서에 개시된 수법이 우선 원료를 처리하는 데 이용될 경우 전혀 필수는 아니다. 또한, 몇몇 실시형태에서, 원료 및/또는 중간 재료를 처리함으로써, 생성물은 용액 중의 후속의 처리 단계들(예컨대, 스팀 블라스팅(steam blasting), 초음파 분해)을 위한 준비에서 소정의 용제에 더욱 가용성으로 되게 할 수 있다. 생성물의 용해도를 향상시키는 것은 후속의 용액-기반 처리 단계의 효율을 향상시킬 수 있다. 다른 처리 단계(예컨대, 역청의 분해 및/또는 수소처리, 오일 셰일의 기화)의 효율을 향상시킴으로써, 원료의 처리 시 소비되는 전반적인 에너지가 저감되어, 원료의 추출 및 처리를 경제적으로 실현가능하게 할 수 있다.

[0173] 소정의 실시형태에서, 이온 빔은 원료인 탄화수소-함유 재료를 처리함에 있어서 특히 유효할 수 있다. 예를 들어, 중합 반응과 탈중합 반응의 양쪽 모두를 개시시키고, 조사된 재료에 열을 퇴적시키며, 조사된 재료의 원자를 스퍼터링 혹은 다르게는 교체하는 이온빔의 능력으로 인해, 오일 샌드, 오일 셰일, 원유, 아스팔트 및 기타 재료 등과 같은 탄화수소 재료는 이들 재료의 추가의 처리 단계를 향상시키고/시키거나 해당 재료로부터 유용한 생성물을 추출하도록 처리될 수 있다.

[0174] 탄화수소-함유 재료의 처리로부터 유도된 생성물은 연료로서 이용하기에 적합한 1종 이상의 화합물을 포함할 수 있다. 해당 연료 화합물은 현장에서 이용될(예컨대, 전력을 발전시키기 위해 연소될) 수 있고/있거나 보존 및/또는 사용하기 위하여 다른 설비로 수송될 수 있다.

[0175] 원유의 처리

[0176] 본 명세서에 개시된 방법 및 시스템은 종래의 오일 정제 기술에 부가해서 혹은 해당 종래의 오일 정제 기술에 대한 대체로서 원유를 처리하는 데 이용될 수 있다. 특히, 이온빔 처리 방법-단독으로 혹은 본 명세서에 개시된 임의의 다른 방법과 조합하여-은 저온 오일 분해, 개질(reforming), 작용화, 및 기타 처리를 위하여 이용될 수 있다.

[0177] 일반적으로, 본 명세서에 개시된 방법을 이용한 (예를 들어, 이온빔 처리 단독으로 혹은 하나 이상의 다른 방법과 조합하는 것을 비롯하여) 원유 및/또는 그의 성분의 처리는 처리된 재료의 분자량, 화학 구조, 점도, 용해도, 밀도, 증기압 및 기타 물성을 개질시키는 데 이용될 수 있다. 원유 및/또는 그의 성분들의 처리에 이용될 수 있는 전형적인 이온으로는 양자, 탄소 이온, 산소 이온 및 본 명세서에 개시된 임의의 다른 유형의 이온을 포함할 수 있다. 또한, 원유 및/또는 그의 성분을 처리하는 데 이용되는 이온으로는 금속 이온을 들 수 있고; 특히 소정의 정제 과정(예컨대, 접촉 분해(catalytic cracking))을 촉매하는 금속 이온이 원유 및/또는 그의 성분을 처리하는 데 이용될 수 있다. 예시적인 금속 이온으로는, 이들로 제한되지 않지만, 백금 이온, 팔라듐 이온, 이리듐 이온, 로듐 이온, 루테튬 이온, 알루미늄 이온, 레늄 이온, 텅스텐 이온 및 오스뮴 이온 등을 들 수 있다.

[0178] 몇몇 실시형태에서, 다수의 이온 노출 단계들이 이용될 수 있다. 제1이온 노출은 분자량, 화학 구조, 점도, 밀도, 증기압, 용해도 및 기타 특성의 하나 이상의 제1변화를 시행하도록 원유(혹은 그의 성분)를 처리하기 위하여 이용될 수 있다. 이어서, 한번 이상의 추가의 이온 노출은 특성의 추가의 변화를 시행하기 위하여 이용될 수 있다. 일례로서, 제1이온 노출은 1종 이상의 고비점의 무거운 성분의 실질적인 분획을 보다 낮은 비점을 지니는 저분자량 화합물로 전환시키기 위하여 이용될 수 있다. 이어서, 한번 이상의 추가의 이온 노출은 성분 혼합물로부터 무거운 성분의 나머지량의 석출을 유발시키기 위하여 이용될 수 있다.

[0179] 일반적으로, 다수의 상이한 처리 프로토콜이 공급원료의 조성 및 물성에 따라서 구현될 수 있다. 소정의 실시형태에서, 다수의 이온 노출은 단지 1종류의 이온에 대한 노출을 포함할 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 다수의 이온 노출은 1종 이상의 이온에 대한 노출을 포함할 수 있다. 이온은 동일한 하전 또는 상이한 하전 크기 및/또는 부호를 지닐 수 있다.

- [0180] 몇몇 실시형태에서, 원유 및/또는 그의 성분은 이온 빔에 대한 노출 동안 작용화될 수 있다. 예를 들어, 1종 이상의 이온 빔의 조성은 원유 공급원료의 소정의 성분(혹은 모든 성분)에 특정 작용기의 추가를 촉진하도록 선택될 수 있다. 1종 이상의 작용화제(예컨대, 암모니아)는 특정 작용기를 도입하도록 상기 공급원료에 추가될 수 있다. 원유 및/또는 그의 성분을 작용화시킴으로써, 작용화된 화합물 내의 이온 이동성이 증가될 수 있고(노출 동안 더욱 효율적인 이온 침투를 초래함), 원유 및/또는 그의 성분의 점도, 밀도 및 용해도 등과 같은 물성이 변경될 수 있다. 원유 및/또는 그의 성분의 하나 이상의 물성을 변경시킴으로써, 후속의 정제 단계의 효율 및 선택성이 조정될 수 있고, 이용가능한 생성물 스트림이 제어될 수 있다. 게다가, 원유 및/또는 그의 성분의 작용화는 후속의 정제 단계에 이용되는 촉매의 활성 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0181] 일반적으로, 본 명세서에 개시된 방법-원유 및 원유 성분들의 이온빔 노출을 포함함-은 본 명세서에 개시된 기타 임의의 정제 단계들 전에, 동안 혹은 후에, 및/또는 원유를 정제하는 데 이용되는 기타 단계들 전에, 동안 혹은 후에 수행될 수 있다. 본 명세서에 개시된 방법은 정제가 완료된 후 및/또는 정제가 시작되기 전에 이용될 수도 있다. 소정의 실시형태에서, 이온빔 노출을 비롯한 본 명세서에 개시된 방법은, 유전으로부터 원유의 추출 동안 원유를 가공하는 데 이용될 수 있다.
- [0182] 몇몇 실시형태에서, 원유 및/또는 그의 성분이 1종 이상의 이온 빔에 노출될 경우, 노출된 재료는 또한 이온 빔 노출과 동시에 1종 이상의 기체에 노출될 수도 있다. 방향족 고리를 포함하는 성분 등과 같은 원유의 소정의 성분은 비방향족 성분보다 이온 빔 노출에 대해서 비교적 더욱 안정적일 수 있다. 전형적으로, 예를 들어, 이온 빔 노출은 탄화수소로부터의 라디칼 등과 같은 반응성 중간체의 형성을 초래한다. 탄화수소는 이어서 다른 보다 적은 반응성 탄화수소와 반응할 수 있다. 노출된 재료의 평균 분자량을 저감시키기 위하여, 반응성 생성물과 보다 적은 반응성 탄화수소 간의 반응은 분자 결합-파괴 이벤트를 일으켜, 장쇄 분자로부터 보다 저분량의 단편을 생성한다. 그러나, 더욱 안정한 반응성 중간체(예컨대, 방향족 탄화수소 중간체)는 다른 탄화수소와 반응할 수 없고, 게다가 중합을 일으켜 보다 무거운 중량의 화합물의 형성을 초래한다. 이온 빔 노출된 원유 및/또는 원유 성분 중의 중합도를 저감시키기 위하여, 1종 이상의 라디칼 소광제(quencher)가 이온 빔 노출 동안 도입될 수 있다. 해당 라디칼 소광제는 반응성 중간체를 포획하여, 투입 이온에 의해 파손된 화학 결합의 재형성을 방지할 수 있다. 적절한 라디칼 소광제는 수소 가스 등과 같은 수소 공여체를 포함한다.
- [0183] 소정의 실시형태에서, 반응성 화합물은 원유 및/또는 원유 성분의 분해를 더욱 촉진하기 위하여 이온 빔 노출 동안 도입될 수 있다. 반응성 화합물은 노출된 재료의 분자량의 저감을 초래하는 각종 분해(예컨대, 결합-파괴) 반응을 도울 수 있다. 예시적인 반응성 화합물은 오존이며, 이것은 가스로서 직접 도입될 수 있거나, 또는 산소-함유 공급 가스(예컨대, 산소 가스, 공기)에 고전압의 인가 혹은 이온 빔 및/또는 전자 빔에 산소-함유 공급 가스의 노출을 통해서 동일 반응 용기 내에서 생성될 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 산소 가스 혹은 공기 등과 같은 유체의 존재 하에 원유 및/또는 원유 성분의 이온 빔 노출은 오존 가스의 형성을 초래할 수 있고, 이것은 또한 노출된 재료의 분해를 원조한다.
- [0184] 정제 공장에서의 증류 전 및/또는 증류 후, 그의 원유 및/또는 성분에는, 성분을 정제하고/하거나 성분을 다른 생성물로 전환시키는 각종 기타 정제 과정, 예를 들어, 접촉 분해, 알킬화, 접촉 개질(catalytic reforming) 및 이성질체화, 그리고 접촉 수소첨가 분해(catalytic hydrocracking)가 실시될 수 있다. 본 명세서에 기재된 방법은 필요에 따라서 이러한 정제 과정과 통합될 수도 있다.
- [0185] 예를 들어, 본 명세서에 개시된 방법은 원유의 성분을 처리하기 위하여 접촉 분해 전, 동안 및/또는 후에 이용될 수 있다. 특히, 이온 빔 노출(단독으로 혹은 다른 방법과 조합하여)은 라이저(riser) 내로 주입하기 전에 공급원료를 전처리하기 위하여, 분해 동안 탄화수소(탄화수소 증기를 포함)를 처리하기 위하여 및/또는 접촉 분해 과정의 생성물을 처리하기 위하여 이용될 수 있다.
- [0186] 분해 촉매는 전형적으로 산-처리된 천연 알루미늄실리케이트, 비정질 합성 실리카-알루미나 조합물 및 결정성 합성 실리카-알루미나 촉매(예컨대, 제올라이트) 등과 같은 재료를 포함한다. 접촉 분해 과정 동안, 원유의 성분은 이들 촉매의 효율을 증가시키기 위하여 1종 이상의 이온 빔으로부터 이온에 노출될 수 있다. 예를 들어, 원유 성분은 촉매 반응에 관여함으로써 촉매 활성을 향상시키는 1종 이상의 상이한 유형의 금속 이온에 노출될 수 있다. 대안적으로 또는 부가적으로, 원유 성분은 이온에 노출되어, 질소 화합물, 철, 니켈, 바나듐 및 구리 등과 같은 전형적인 촉매 독을 청소하여 촉매 효율이 높게 유지되는 것을 확보할 수 있다. 게다가, 이온은, 분해 혹은 촉매 재생 동안, 촉매 표면 상에 형성되는 코크스와 반응하여, (예컨대, 스퍼터링 등과 같은 공정에 의해 및/또는 화학 반응을 통해서) 해당 코크스를 제거할 수 있다.
- [0187] 본 명세서에 개시된 방법은 원유의 성분을 처리하기 위하여 알킬화 전, 동안 및/또는 후에 이용될 수 있다. 특

히, 알킬화 동안 이온 빔 노출(단독으로 혹은 다른 방법과 조합하여)은 올레핀과 아이소파라핀 간의 부가반응을 도울 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 원유 성분의 이온 빔 노출은 황산 및/또는 불화수소산 촉매의 필요성을 저감하거나 심지어 제거하여, 알킬화 공정의 유해한 속성 및 비용을 저감시킬 수 있다. 이온의 유형, 이온 빔 노출 횟수, 노출 기간, 및 이온 빔 전류는 올레핀과 아이소파라핀 간의 1+1 부가반응을 우선적으로 촉진시키고 연장된 중합 반응이 일어나는 것을 억제하도록 조정될 수 있다.

[0188] 접촉 개질 과정에서, 탄화수소 분자 구조는 가솔린의 생산을 위한 보다 고옥탄가 방향제를 형성하도록 재배열되어, 비교적 소량의 분해가 일어난다. 개질 동안, 방향제의 형성을 초래하는 주된 반응은 나프텐의 탈수소와 파라핀의 탈수소고리화이다. 본 명세서에 개시된 방법은 원유의 성분을 처리하기 위하여 접촉 재형성 전, 동안 및/또는 후에 이용될 수 있다. 특히, 이온 빔 노출(단독으로 혹은 다른 방법과 조합하여)은 방향족 탄화수소를 형성하도록 나프텐의 탈수소 반응 및/또는 탈수소고리화 반응을 개시시켜 유지하는 데 이용될 수 있다. 원유 성분의 1종 이상의 상이한 유형의 이온에의 단일 혹은 다수회의 노출은 접촉 개질 과정의 수율을 향상시키는 데 이용될 수 있다. 예를 들어, 소정의 실시형태에서, 탈수소 반응 및/또는 탈수소고리화 반응은 초기의 수소 추출을 통해 진행된다. 음하전된, 염기성 이온에의 노출은 이러한 추출이 일어나는 속도를 증가시켜, 더욱 효율적인 탈수소 반응 및/또는 탈수소고리화 반응을 촉진시킬 수 있다. 몇몇 실시형태에서, 이성질체화 반응은 산성 환경에서 효율적으로 진행될 수 있고, 양하전된 산성 이온(예컨대, 양자)에의 노출은 이성질체화 반응의 속도를 증가시킬 수 있다.

[0189] 접촉 재형성에 이용되는 촉매는 일반적으로 알루미늄 기재 상에 담지된 백금을 포함한다. 레늄은 재형성 공정의 보다 낮은 압력 작업을 허용하는 더욱 안정한 촉매를 형성하도록 백금과 조합될 수 있다. 이론에 의해 얽매 이길 원치 않지만, 백금은 수소첨가 및 탈수소 반응을 위한 촉매 부위로서 역할하여, 염소화 알루미늄이나 이성질체화, 고리화 및 수소첨가 분해 반응을 위한 산 부위를 제공하는 것으로 여겨진다. 일반적으로, 촉매 활성은 알루미늄 담체로부터 코크스 퇴적 및/또는 염소 손실에 의해 저감된다. 촉매 활성의 복원은 퇴적된 코크스의 고온 산화를 통해, 이어서 담체의 염소화를 통해 일어날 수 있다.

[0190] 몇몇 실시형태에서, 이온 빔 노출은 재형성 반응이 일어나는 동안 및/또는 후에 촉매 재료를 처리함으로써 촉매 재형성 과정의 효율을 향상시킬 수 있다. 예를 들어, 촉매 입자는 이온에 노출되어 촉매 표면 상에 퇴적된 코크스와 반응하여 해당 코크스를 산화시켜, 상기 코크스를 제거하여 촉매를 활성 상태로 유지/복귀시킬 수 있다. 상기 이온은 또한 재형성 반응기 내에서 미퇴적된 코크스와 직접 반응하여 촉매 입자 상에의 퇴적을 방지할 수 있다. 게다가, 알루미늄 담체는 적절하게 선택된 이온(예컨대, 염소 이온)에 노출되어 해당 담체의 표면을 재염소화시킬 수 있다. 촉매를 장시간 동안 활성 상태로 유지하고/하거나 재형성 부산물을 청소함으로써, 이온 빔 노출은 접촉 재형성 과정의 처리량 향상 및/또는 작동 비용의 감소를 가져올 수 있다.

[0191] 본 명세서에 개시된 방법은 원유의 성분을 처리하기 위하여 접촉 수소첨가 분해 전, 동안 및/또는 후에 이용될 수 있다. 특히, 이온 빔 노출(단독으로 혹은 다른 방법과 조합하여)은 수소첨가 공정 및/또는 분해 공정을 개시시키는 데 이용될 수 있다. 1종 이상의 상이한 유형의 이온에 원유 성분의 단일 혹은 다수회의 노출은 각종 공정 단계에 특정 노출 조건을 맞춤화함으로써 수소첨가분해의 수율을 향상시키는 데 이용될 수 있다. 예를 들어, 몇몇 실시형태에서, 원유 성분은 수소화 이온에 노출되어, 수소첨가 공정을 원조할 수 있다. 분해 공정은 양자 및/또는 탄소 이온 등과 같은 반응성 이온에 성분을 노출시킴으로써 촉진될 수 있다.

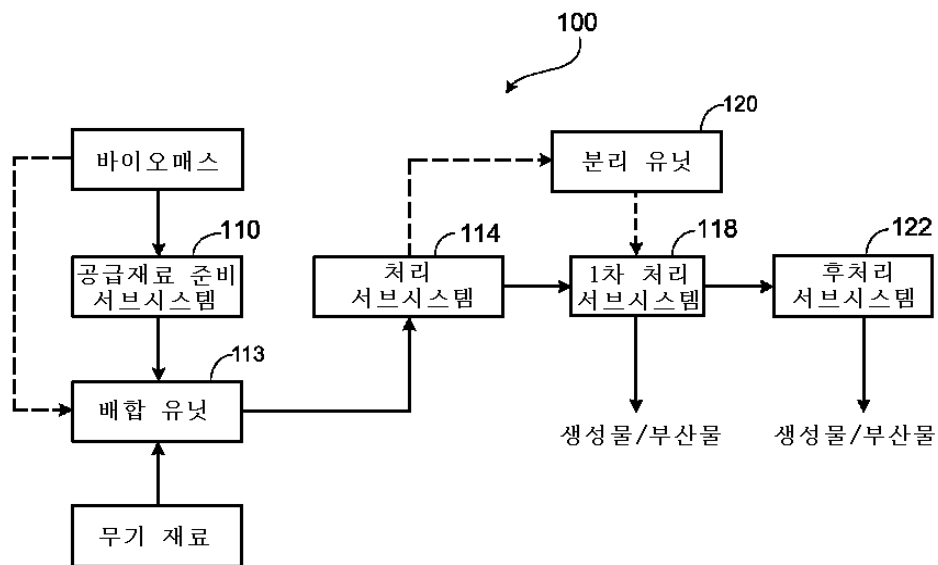
[0192] 소정의 실시형태에서, 이온 빔 노출은 분해가 일어나기 전 및/또는 후에 촉매 재료를 처리함으로써 수소첨가 분해 공정의 효율을 향상시킬 수 있다. 예를 들어, 촉매 입자는, 촉매 표면과 반응하여 해당 표면 상의 퇴적물을 산화시켜, 해당 퇴적물을 제거하여 촉매를 활성 상태로 유지/복귀시키는 이온에 노출될 수 있다. 원유 성분은 백금, 팔라듐, 텅스텐 및 니켈을 비롯한, 수소첨가 분해에 이용되는 금속의 일부 혹은 전부에 대응하는 이온에 노출될 수도 있다. 촉매 이온에의 이 노출은 수소첨가 분해 공정의 전체적인 속도를 증가시킬 수 있다.

[0193] 원유 정제 과정 동안 다양한 기타 공정들이 또한 본 명세서에 개시된 방법에 의해 개량되거나 혹은 해당 개시된 방법으로 대체될 수 있다. 예를 들어, 원유 성분들의 이온빔 처리를 비롯한 본 명세서에 개시된 방법은, 효율과 전체적인 수율을 향상시키고 이러한 처리로부터 발생되는 폐기물을 저감시키기 위하여, 코킹(coking), 열처리(열 분해를 포함), 수소화 처리 및 중합 등과 같은 정제 과정 전, 동안 및/또는 후에 사용될 수 있다.

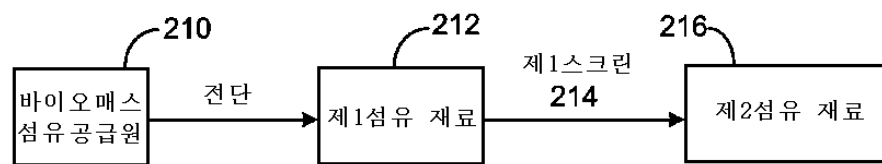
[0194] 기타 실시형태도 이하의 특허청구범위의 범주 내이다.

도면

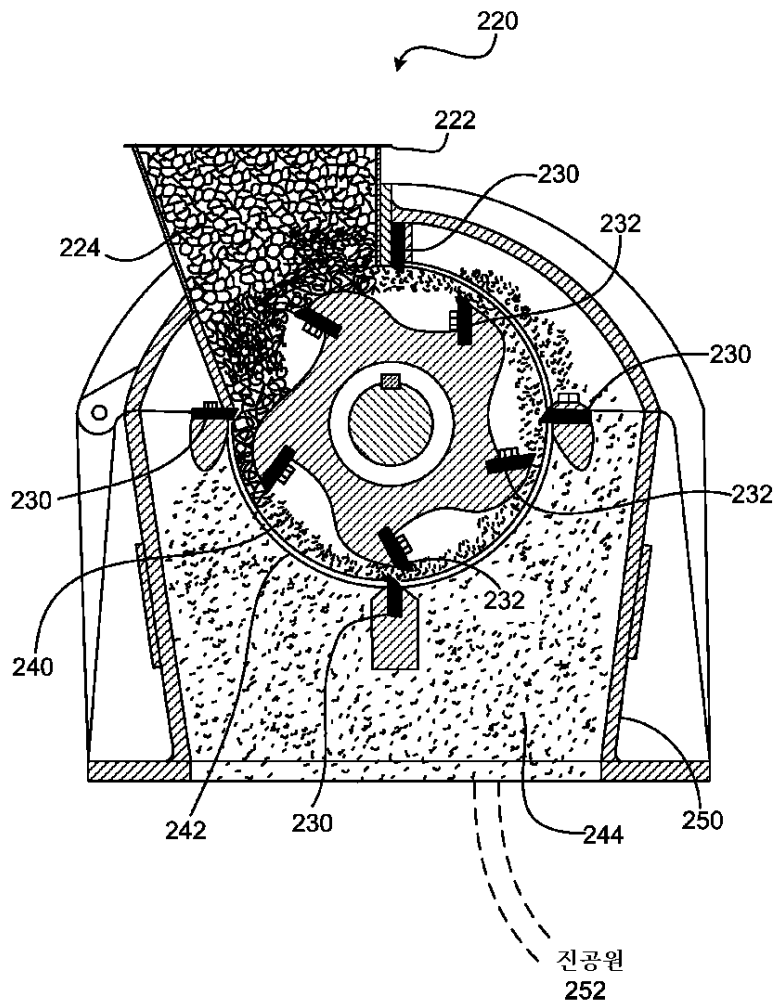
도면1



도면2



도면3



도면4

