



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0035314
(43) 공개일자 2022년03월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C10L 5/44 (2006.01)

(52) CPC특허분류
C10L 5/445 (2013.01)
C10L 5/442 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-7006207

(22) 출원일자(국제) 2020년07월22일
심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2021년02월26일

(86) 국제출원번호 PCT/GB2020/051748

(87) 국제공개번호 WO 2021/014151
국제공개일자 2021년01월28일

(30) 우선권주장

1910470.2 2019년07월22일 영국(GB)

1911448.7 2019년08월09일 영국(GB)

(71) 출원인

바이, 흥 메이

홍콩, 포 탄 뉴 테리토리즈, 블록 1 로얄 에스코트, 17번 플로어, 플랫 이

(72) 발명자

바이, 흥 메이

홍콩, 포 탄 뉴 테리토리즈, 블록 1 로얄 에스코트, 17번 플로어, 플랫 이

(74) 대리인

청운특허법인

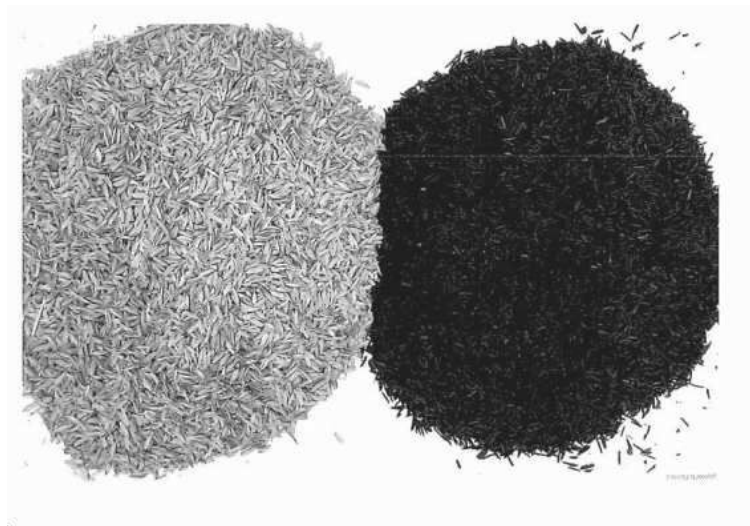
전체 청구항 수 : 총 33 항

(54) 발명의 명칭 **고체 바이오매스 연료의 생산공정**

(57) 요약

본 발명은 왕겨 단독으로 또는 캘리엔드라 캘로사이르서스 또는 목재와 같은 다른 물질과의 조합으로부터 고체 바이오매스 연료를 생산하는 공정, 및 상기 공정에 의해 생산된 고체 바이오매스 연료에 관한 것이다. 부가적으로, 본 발명은 에너지를 생산하기 위하여 상기 고체 바이오매스 연료를 연소하는 단계를 포함하는 연소 공정에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C10L 2200/0469 (2013.01)

C10L 2250/06 (2013.01)

C10L 2290/28 (2013.01)

C10L 2290/30 (2013.01)

C10L 2290/32 (2013.01)

C10L 2290/58 (2013.01)

Y02E 50/10 (2020.08)

Y02E 50/30 (2020.08)

명세서

청구범위

청구항 1

고체 바이오매스 연료의 생산공정으로서,

상기 공정은 다음의 단계들:

- (i) 1000 μm 내지 10000 μm 의 평균 입경을 갖는 하나 이상의 바이오매스 분말을 제공하는 단계;
- (ii) 상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 160°C 내지 420°C의 온도에서 0.25 내지 5 시간의 기간동안 가열하여 가열된 바이오매스 생산물을 제공하는 단계; 및
- (iii) 상기 가열된 바이오매스 생산물을 몰딩하여 고체 바이오매스 연료를 제공하는 단계를 포함하며,

상기 하나 이상의 바이오매스 분말은 하나 이상의 바이오매스 소스로부터 유래되며, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는: (i) 왕겨로 이루어지거나 또는 필수적으로 이루어지며; (ii) 왕겨 및 혼합 수종(mixed wood)과 같은 목재(wood)의 혼합물을 포함하거나 또는 이들로 필수적으로 이루어지며; (iii) 왕겨 및 캘리엔드라 캘로사이르서스(calliandra callothyrsus)의 혼합물로 이루어지거나 또는 이들로 필수적으로 이루어지며; 또는 (iv) 적어도 15중량%의 양으로 왕겨, 및 캘리엔드라 캘로사이르서스를 포함하며; 상기 하나 이상의 바이오매스 소스가 왕겨로 이루어지거나 또는 필수적으로 이루어지는 경우, 바이오매스로부터 유래된 물질은 상기 고체 바이오매스 연료의 총 연료 함량 중 적어도 95중량%의 양으로 고체 바이오매스 연료 내에 존재하는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨로 이루어지거나 또는 왕겨로 필수적으로 이루어지는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 혼합 수종과 같은 목재, 캘리엔드라 캘로사이르서스, 또는 이들의 조합을 더욱 포함하는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 4

청구항 1 또는 3에 있어서,

상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 (i) 왕겨 및 캘리엔드라 캘로사이르서스, 또는 (ii) 왕겨 및 혼합 수종과 같은 목재를 포함하는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 5

청구항 1, 3 또는 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 20중량% 내지 80중량%의 양으로 왕겨를 포함하는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 6

청구항 1 또는 3 내지 5 중 어느 한 항에 있어서,

상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 20중량% 내지 80중량%의 양으로 왕겨, 및 20중량% 내지 80중량%의 양으로 혼합 수종과 같은 목재를 포함하는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 7

청구항 1 또는 3 내지 5 중 어느 한 항에 있어서,

상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 20중량% 내지 80중량%의 양으로 왕겨, 및 20중량% 내지 80중량%의 양으로 캘리엔드라 켈로사이르서스를 포함하는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 야자각 또는 짚을 포함하지 않는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 9

전술한 청구항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 가열하는 단계 (ii)는 0.5 내지 3 시간의 기간 동안 수행되거나, 및/또는 상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 가열하는 단계는 상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 180 °C 내지 350 °C, 선택적으로 210 °C 내지 280 °C의 온도로 가열하는 단계를 포함하는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 10

전술한 청구항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 가열하는 단계 (ii)는 상기 몰드된 바이오매스 생산물의 배소 (torrefaction)를 유도하는 조건 하에서 상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 가열하는 단계를 포함하는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 11

전술한 청구항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 공정은 상기 가열된 바이오매스 생산물을 몰딩하는 단계 (iii) 이전에 가열된 바이오매스 생산물을 냉각하는 단계를 더욱 포함하는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 12

전술한 청구항 중 어느 한 항에 있어서,

하나 이상의 바이오매스 분말을 제공하는 단계 (i)는 하나 이상의 바이오매스 소스를 분쇄하는 단계, 및/또는 하나 이상의 바이오매스 분말을 혼합하는 단계를 포함하는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 13

전술한 청구항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 가열된 바이오매스 생산물을 몰딩하는 단계 (iii)는 상기 고체 바이오매스 연료의 밀도가 제어되도록 몰딩 단계를 맞추는 단계를 포함하며, 선택적으로 상기 고체 바이오매스 연료의 밀도가 제어되도록 몰딩 단계를 맞추는 단계는 상기 몰딩 단계에 사용되는 몰드의 압축 비율을 제어하는 단계를 포함하는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 14

전술한 청구항 중 어느 한 항에 있어서,

첨가제가 상기 가열된 바이오매스 생산물을 몰딩하는 단계 (iii) 전에 상기 가열된 바이오매스 생산물에 추가되는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

상기 첨가제는 상기 고체 바이오매스 연료의 수율을 증가시키는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 16

전술한 청구항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 가열하는 단계 (ii)는 상기 가열된 바이오매스 생산물의 균일성을 제어하도록 맞추며, 선택적으로 상기 가열된 바이오매스 생산물의 균일성을 제어하도록 맞추는 단계 (ii)는 가열되는 중 상기 하나 이상의 바이오매스 분말이 회전되는 장치에서 수행 단계 (ii)를 포함하며, 선택적으로 상기 가열된 바이오매스 생산물의 균일성을 제어하도록 맞추는 단계 (ii)는 상기 하나 이상의 바이오매스 분말의 회전의 방향 또는 속도를 제어하는 단계를 포함하며, 선택적으로 상기 하나 이상의 바이오매스 분말은 장치에서 반시계 방향 및 시계 방향 모두에서 회전되는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 17

전술한 청구항 중 어느 한 항에 있어서,

DIN EN 15103에 따라 결정된 고체 바이오매스 연료의 벌크 밀도는 0.40 kg/l 내지 0.65 kg/l, 바람직하게는 0.45 kg/l 내지 0.60 kg/l, 가장 바람직하게는 0.50 내지 0.60 kg/l이며, 및/또는 DIN EN 15210-1에 따라 결정된 고체 바이오매스 연료의 기계적 내구성은 95% 이상, 96% 이상, 97% 이상, 또는 98% 이상인, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 18

전술한 청구항 중 어느 한 항에 있어서,

(i) 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨를 포함하거나 또는 왕겨로 필수적으로 이루어지며, 상기 고체 바이오매스 연료는 0.40 kg/L 내지 0.48 kg/L의 벌크 밀도를 가지며, 상기 고체 바이오매스 연료의 기계적 내구성은 95% 이상이며;

(ii) 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨 및 혼합 수종과 같은 목재의 혼합물을 포함하며, 상기 고체 바이오매스 연료는 0.50 kg/L 내지 0.65 kg/L의 벌크 밀도를 가지며, 상기 고체 바이오매스 연료의 기계적 내구성은 95% 이상이며;

(iii) 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨 및 캘리엔드라 캘로사이르서스의 혼합물을 포함하며, 상기 고체 바이오매스 연료는 0.45 kg/L 내지 0.60 kg/L의 벌크 밀도를 가지며, 상기 고체 바이오매스 연료의 기계적 내구성은 95% 이상이며;

상기 벌크 밀도는 DIN EN 15103에 따라 결정되며, 상기 기계적 내구성은 DIN EN 15210-1에 따라 결정되는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 19

전술한 청구항 중 어느 한 항에 있어서,

(i) 상기 바이오매스 고체 연료의 총 건조 황 함량은 0.05 wt% 이하, 바람직하게는 0.04 wt% 이하, 가장 바람직하게는 0.03 wt% 이하이며, 상기 총 건조 황 함량은 DIN EN 15289에 따라 결정되며; (ii) 상기 바이오매스 고체 연료의 총 건조 수소 함량은 5 wt% 이상, 바람직하게는 5 wt% 내지 10 wt%, 좀 더 바람직하게는 5 wt% 내지 7 wt%이며, 상기 총 건조 수소 함량은 DIN EN 15104에 따라 결정되며; (iii) 상기 바이오매스 고체 연료의 총 건조 산소 함량은 34 wt% 이상, 바람직하게는 34 wt% 내지 40 wt%, 좀 더 바람직하게는 34 wt% 내지 38 wt%이며, 상기 총 건조 산소 함량은 DIN EN 15296에 따라 결정되며; (iv) 상기 바이오매스 고체 연료의 총 건조 탄소 함량은 40 wt% 이상, 바람직하게는 45 wt% 내지 55 wt%, 좀 더 바람직하게는 50 wt% 내지 52 wt%이며, 총 건조 탄소 함량은 DIN EN 15104에 따라 결정되며; 및/또는 (v) 상기 바이오매스 고체 연료의 총 건조 질소 함량은 0.5 wt% 미만, 바람직하게는 0.4 wt% 미만, 좀 더 바람직하게는 0.3 wt% 미만이며, 상기 총 건조 질소 함량은 DIN EN 15104에 따라 결정되는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 20

전술한 청구항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 고체 바이오매스 연료는 최대 20일, 바람직하게는 최대 30일, 좀 더 바람직하게는 최대 40일 동안 방수성을 갖는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 21

진술한 청구항 중 어느 한 항에 있어서,

(i) 물에 침지되는 경우 상기 고체 바이오매스 연료의 화학적 산소 요구량 (COD)은 5000 ppm 이하, 바람직하게는 4000 ppm 이하, 가장 바람직하게는 3000 ppm 이하이며, 상기 화학적 산소 요구량은 GB/11914-89에 따라 결정되며; (ii) 상기 고체 바이오매스 연료의 고정 탄소 함량은 28 wt% 이상, 바람직하게는 28 wt% 내지 35 wt%, 좀 더 바람직하게는 30 wt% 내지 33 wt%이며, 상기 고정 탄소 함량은 DIN EN 51734에 따라 결정되며; (iii) 상기 고체 바이오매스 연료의 회분(ash content)은 25 wt% 미만, 바람직하게는 20 wt% 미만, 가장 바람직하게는 18 wt% 미만이며, 상기 회분은 550℃에서 EN 14775에 따라 결정되며; 및/또는 (iv) 상기 고체 바이오매스 연료의 휘발물 함량(volatil matter content)은 40 wt% 내지 65 wt%, 좀 더 바람직하게는 45 wt% 내지 60 wt%이며, 상기 휘발물 함량은 DIN EN 15148에 따라 결정되는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 22

진술한 청구항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 공정은 석탄, 산화제, 점화기 또는 이들의 어느 조합을 상기 가열된 바이오매스 생산물에 물딩 단계 전에 부가하는 단계를 포함하지 않으며, 상기 고체 바이오매스 연료는 석탄, 산화제, 점화기, 또는 이들의 조합을 포함하지 않는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 23

진술한 청구항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 가열하는 단계 (ii)는 30분 내지 5시간, 선택적으로 1시간 내지 5시간의 기간 동안 상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 가열하는 단계를 포함하는, 고체 바이오매스 연료의 생산공정.

청구항 24

진술한 청구항 중 어느 하나의 공정에 따라 얻어지거나 또는 얻어질 수 있는 고체 바이오매스 연료.

청구항 25

고체 바이오매스 연료로서,

하나 이상의 바이오매스 소스로부터 유래되며, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는: (i) 왕겨로 이루어지거나 또는 필수적으로 이루어지며; (ii) 왕겨 및 혼합 수종과 같은 목재의 혼합물을 포함하거나 또는 이들로 필수적으로 이루어지며; (iii) 왕겨 및 캘리엔드라 캘로사이르서스의 혼합물로 이루어지거나 또는 이들로 필수적으로 이루어지며; 또는 (iv) 적어도 15중량%의 양의 왕겨, 및 캘리엔드라 캘로사이르서스를 포함하며; 상기 하나 이상의 바이오매스 소스가 왕겨로 이루어지거나 또는 왕겨로 필수적으로 이루어지는 경우, 상기 바이오매스로부터 유래된 물질은 상기 고체 바이오매스 연료의 총 고체 함량 중 적어도 95중량%의 양으로 상기 고체 바이오매스 연료 내에 존재하는, 고체 바이오매스 연료.

청구항 26

청구항 24 또는 25에 있어서,

상기 하나 이상의 바이오매스 소스 또는 고체 바이오매스 연료는 청구항 1 내지 8, 또는 22 중 어느 하나에서 정의된 바와 같은, 고체 바이오매스 연료.

청구항 27

연소 공정으로서,

에너지를 생산하기 위하여 청구항 24 내지 26 중 어느 하나에 따른 고체 바이오매스 연료를 연소시키는 단계를 포함하는 연소 공정.

청구항 28

청구항 27에 있어서,

상기 고체 바이오매스 연료는 석탄과 같은 화석 연료와 함께 공-소성되고 연소되는, 연소 공정.

청구항 29

청구항 27 또는 28에 있어서,

상기 공정의 PM1.0 배출은 175 mg/kg 미만, 바람직하게는 150 mg/kg 미만인, 연소 공정.

청구항 30

연소 공정의 연료로서, 청구항 24 내지 26 중 어느 하나에 따른 고체 바이오매스 연료의 사용방법으로, 상기 사용방법은 청구항 1 내지 23 중 어느 하나에 따른 공정에서 하나 이상의 바이오매스 소스를 사용하는 단계를 포함하며, 선택적으로 상기 연소 공정은 탄소와 같은 화석 연료와 함께 상기 고체 바이오매스 연료를 공-소성하는 단계를 포함하는, 연소 공정.

청구항 31

청구항 30에 있어서,

상기 공정의 PM1.0 배출은 175 mg/kg 미만, 바람직하게는 150 mg/kg 미만인, 연소 공정.

청구항 32

고체 바이오매스 연료를 생산하기 위한 하나 이상의 바이오매스 소스의 사용방법으로, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는: (i) 왕겨로 이루어지거나 또는 왕겨로 필수적으로 이루어지며; (ii) 왕겨 및 혼합 수종과 같은 목재의 혼합물을 포함하거나 또는 이들로 필수적으로 이루어지며; (iii) 왕겨 및 캘리엔드라 캘로사이르서스의 혼합물로 이루어지거나 또는 필수적으로 이루어지며; 또는 (iv) 적어도 15중량%의 양으로 왕겨, 및 캘리엔드라 캘로사이르서스를 포함하며; 상기 하나 이상의 바이오매스 소스가 왕겨로 이루어지거나 또는 왕겨로 필수적으로 이루어지는 경우, 상기 바이오매스로부터 유래된 물질은 상기 고체 바이오매스 연료의 총 연료 함량 중 적어도 95중량%의 양으로 상기 고체 바이오매스 연료 내에 존재하며, 선택적으로 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 청구항 2 내지 8 또는 22 중 어느 하나에서 정의된 바와 같은, 하나 이상의 바이오매스 소스의 사용방법.

청구항 33

청구항 32에 있어서,

상기 사용방법은 하나 이상의 바이오매스 소스를 청구항 1 내지 23 중 어느 하나에 따른 공정에서 사용하는 단계를 포함하며, 및/또는 상기 고체 바이오매스 연료는 청구항 24 내지 26 중 어느 하나에서 정의된 바와 같은, 하나 이상의 바이오매스 소스의 사용방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고체 바이오매스 연료의 생산 공정, 및 상기 공정에 의해 생산된 고체 바이오매스 연료에 관한 것이다. 부가적으로, 본 발명은 에너지를 생산하기 위하여 상기 고체 바이오매스 연료를 연소하는 단계를 포함하는 연소 공정에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 석탄-화력 발전은 전세계 발전소 및 산업 공정에서 사용된다. 석탄 및 기타 화석 연료는 재생 불가능한 에너지 자원이다. 지난 몇 십년에 걸쳐 석탄-화력 발전소에서의 석탄의 소비를 감소시키고 대신 에너지용 재생가능한 자원을 사용하려는 요구가 있었다.

[0003] 바이오매스로부터 유래된 연료는 석탄을 대체하거나 또는 적어도 부분적으로 대체하기 위하여 사용될 수 있는 재생 가능한 에너지 소스의 예이다. 바이오매스 유래 연료는 에너지를 생산하기 위하여 연소 공정의 발전소에

서 산소의 존재에서 태워질 수 있다. 바이오매스 유래 연료는 석탄 연소를 위해 원래 고안된 전통적인 발전소에서 연소될 수 있거나, 또는 바이오매스 유래 연료는 바이오매스 연소를 위하여 특별히 건설된 발전소에서 연소될 수 있다. 소정의 형태의 바이오매스는 석탄화 혼합되어 발전소 내에서 동일한 연소 공정에서 연소될 수 있다. 이러한 공정은 바이오매스의 석탄 공-소성(coal co-firing)으로 알려져 있다. 석탄과의 공-소성에 적합 화되도록, 바이오매스 유래 연료는 소정 수준의 품질과 같은 소정의 성질 및 성질과 관련된 균질성을 전형적으로 가져야 한다. 예를 들어, 균질한 크기, 밀도, 수분 함량 등의 입자를 포함하는 바이오매스 연료는 공-소성 공정에서 특히 바람직하다. 또한, 상기 바이오매스 연료는 낮은 수준의 재(ash)를 함유하는 것이 바람직하다. 바이오매스 유래 연료 내의 재의 수준은 석탄에서 발견된 것보다 전형적으로 높다.

[0004] 바이오매스 소스로부터 고체 바이오매스 연료를 생산하는 다양한 공정이 알려져 있다. WO 제2014/087949호는 바이오매스 소스가 바이오매스 연료를 형성하도록 가열되는 바이오매스 블록 내로 몰딩되기 전에 증기 폭발(steam explode)되는 고체 바이오매스 연료의 생산을 위한 공정을 개시하고 있다. 상기 공정의 목적은 저장 동안 배출된 물(discharged water) 내의 감소된 화학적 산소 요구량(COD) 및 저장 동안 충분한 취급성을 갖는 바이오매스 연료의 생산이다. 상기 공정에 사용된 바이오매스 소스는 야자 알맹이 껍질(palm kernel shell)이다.

[0005] WO 제2016/056608호는 WO 제2014/087949호의 교시에 기반하며, 연료를 생산하는데 증기 폭발 단계가 요구되지 않는 고체 바이오매스 연료 제조를 위한 공정을 개시하고 있다. 상기 공정은 바이오매스 블록이 가열되기 전에, 바이오매스 블록 내로 몰딩되고 압축되기 전에 바이오매스 소스가 크러쉬되는 몰딩 단계를 포함한다. 상기 바이오매스 소스는 미송, 독미나리, 삼나무, 사이프러스, 유럽 적송, 아몬드 고목, 아몬드 껍질, 아카시아 목질 부분, 아카시아 나무껍질, 호두 껍질, 사과 야자, 비어있는 과일 송이, 메란티 및 고무와 같은 나무이다.

[0006] WO 제2017/175733호는 바이오매스 블록이 가열되기 전에, 바이오매스 블록 내로 몰딩되고 압축되기 전에 바이오매스 소스가 크러쉬되는 몰딩 단계를 포함하는 유사 공정을 개시하고 있다. WO 제2017/175733호의 공정은 빗물에 노출되는 경우 배출된 물 내에 감소된 COD를 달성하고 낮은 붕괴(disintegration)를 나타내는 바이오매스 연료를 제공하는 것에 관한 것이다. 상기 공정에서 사용되는 바이오매스의 소스는 고무 나무, 아카시아, 메란티, 유칼립투스, 티크 및 낙엽송, 가문비나무 및 자작나무의 혼합물로부터 선택된다.

[0007] WO 제2019/069849호는 저장 동안 자연 연소에 내성을 가지며 수송 및 저장이 용이한 바이오매스 연료를 제공하는 것을 목적으로 한다. 상기 바이오매스 연료는 바이오매스 블록이 가열되기 전에, 바이오매스 소스가 바이오매스 블록으로 몰드되고 압축되기 전에 크러쉬되는 몰딩 단계를 포함하는 공정에 의해 제작된다. 연료 생산을 위한 상기 바이오매스 소스는 고무 나무, 아카시아 나무, 라디에이터 파인, 낙엽송, 가문비나무 및 자작나무의 혼합물; 및 가문비나무, 전나무로부터 선택된다.

[0008] WO 제2019/069860호는 바이오매스 고체 연료 생산용 장치를 기재하고 있다. 상기 장치는 바이오매스 고체 연료를 얻기 위하여 몰드된 바이오매스 생산물을 탄화시키기 위한 탄화 로(carbonisation furnace)를 포함한다. 상기 장치는 수율 계산 유닛, 온도 측정 유닛, 제어 유닛을 더욱 포함한다. 상기 제어 유닛은 상기 바이오매스 연료의 자연 연소 성질에 기반하여 탄화 로에 적용된 열을 제어한다. 상기 몰드된 바이오매스 생산물은 상기 펠릿을 몰드된 바이오매스 생산물로 몰딩하기 전에 바이오매스 소스를 펠릿으로 분쇄함으로써 형성된다. 상기 바이오매스 소스는 고무 나무, 아카시아, 디프테로카프, 라디아 소나무, 낙엽송, 가문비나무 및 자작나무의 혼합물 또는 가문비나무, 소나무 및 전나무의 혼합물로부터 선택된다.

[0009] WO 제2018/181919호는 고체 바이오매스 연료를 생산하기 위하여 전술한 것과 다른 공정을 기재하고 있다. 상기 공정은 바이오매스를 탄화시키도록 뜨거운 물 내에서 바이오매스 소스가 가압되는 바이오매스의 수열 탄화 단계를 포함한다. 상기 공정은 높은 수율 및 감소된 제조 비용으로 높은 분쇄성을 갖는 바이오매스 연료를 제공하는 것으로 보고되어 있다. 상기 바이오매스의 소스는 겉껍질, 야자 알맹이 껍질, 코코야자 나무, 대나무, 비어있는 과일 송이, 살구 및 가지로부터 선택된다.

[0010] WO 제2017/175737호는 탄화된 바이오매스를 냉각하기 위한 냉각 장치를 기재하고 있다. 상기 장치는 반-탄화된 몰드된 바이오매스의 냉각 효율을 개선한다. 상기 장치는 그 위에 물을 스프레이함으로써 바이오매스를 냉각한다. 상기 냉각기는 평판 상에 물을 스프레이하기 위한 스프레이 섹션 및 진동 평판을 포함한다. 상기 바이오매스 연료는 전술한 바와 동일한 공정에 의해 생산된다. 바이오매스 연료를 생산하기 위한 바이오매스의 소스는 미송, 독미나리, 삼나무, 사이프러스, 유럽 적송, 아몬드 고목, 아몬드 껍질, 아카시아 목질 부분, 아카시아 나무껍질, 호두 껍질, 사과 야자, 비어있는 과일 송이, 메란티 및 고무 나무이다.

[0011] 마지막으로, WO 제2014/050964호는 석탄으로 그라인드될 수 있도록 바이오매스의 분쇄성을 향상시키기 위한 공

정을 기재하고 있다. 상기 공정은 10 내지 50%로 그라인드된 목재 바이오매스의 수분 함량을 증가시키는 단계; 상기 바이오매스를 배소에 투입하기 전에 0.55 g/cm³ 이상의 밀도를 갖도록 상기 바이오매스를 치밀화하는 단계를 포함한다. 상기 바이오매스의 소스는 목재 칩, 바크(bark), 대팻밥, 및 톱밥을 포함한다.

[0012] 본 발명의 발명자들은 전술한 고체 바이오매스 연료 및 이들의 생산을 위한 공정이 이들과 관련된 다양한 문제점들을 갖고 있음을 인식하였다. 예를 들어, 전술한 문헌에서 기술된 바이오매스 소스는 모두 전형적으로 오로지 자연적으로 발생하며, 상업적 규모로 경작 및 수확이 쉽지 않은 식물 및 나무이다. 본 발명자들은 상업적 규모로 쉽게 성장되거나 수확될 수 있는 바이오매스의 소스를 갖는 것이 유리할 수 있다는 점을 인식하였다. 또한, 바이오매스 소스의 품질 및 특성의 특성이 제어될 수 있도록 성장 및 수확될 수 있는 바이오매스의 소스를 갖는 것이 유리할 것이다.

[0013] 대안적으로, 전술한 문헌에서 기술된 바이오매스의 소스는 모두 목재 및 유사 물질을 포함하며, 당업계에 공지된 종래의 분쇄 기술에 투여되는 경우 낮은 정도의 균질성을 갖는 입자를 형성한다는 점이 본 발명자들에 의해 발견되었다. 나아가, 상기 바이오매스 소스를 분쇄하는 단계는 분쇄하기 어려운 목재-형 물질 및 목재의 본질에 기인하여 값비싸다. 본 발명의 발명자들은 당업계에 알려져 있는 종래의 분쇄 기술에 의해 더욱 쉽게 분쇄되며 분쇄되는 경우 좀 더 균질한 크기의 입자를 형성하는 바이오매스의 소스를 갖거나, 또는 고체 바이오매스 연료로의 전환 전에 분쇄를 요구하지 않는 바이오매스 소스를 갖는 것이 유리할 것이라는 점을 인식하였다.

[0014] 부가적으로, 전술한 문헌에서 언급된 바이오매스 소스로부터 제조되고 상기 문헌에서의 공정에 의해 제조된 고체 바이오매스 연료는 충분한 방수 특성을 갖지 않는다는 점이 본 발명자들에 의해 발견되었다. 방수 특성은 연소 공정(그 자체 상에서 또는 석탄과 공-소성되는 경우)에서 사용되는 경우 건조(또는 적어도 충분히 건조)될 필요가 있으므로 고체 바이오매스 연료에 중요하다. 바이오매스 연료는 저장 또는 수송 동안(빗물로부터와 같은) 수분에 종종 노출된다. 따라서, 증가된 방수 능력을 갖는 바이오매스 연료가 바람직하다.

[0015] 본 발명자들은 또한 전술한 문헌에서 기술된 바이오매스 연료 생산은 충분한 품질 및 균일성을 갖는 연료를 제공하지 않는다는 점을 인식하고 있다. 특히, 전술한 공정은 몰딩 단계 동안 바이오매스의 밀도의 충분한 제어를 제공하지 못한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0016] 본 발명은 종래 공정과 관련된 전술한 문제점들을 해결한다. 놀랍게도, 본 발명의 발명자들은 고체 바이오매스 연료를 제공하는데 유용한 바이오매스의 소정의 소스들이 상업적 규모로 성장 및 수확될 수 있다는 점을 발견하였다. 따라서, 연료의 생산을 위한 바이오매스의 고정되고 일정한 소스가 성장 주기로 제공될 수 있다. 부가적으로, 상기 바이오매스 소스를 상업적 규모로 성장시키고 수확하는 것은 바이오매스 소스의 품질 및 균일성을 예를 들어 경작 및 사육 기술에 의해 제어할 수 있다.

[0017] 부가적으로, 고체 바이오매스 연료로의 공정 전에 바이오매스의 소정의 소스는 분쇄할 필요가 없으며, 따라서 상기 공정과 관련된 비용을 감소시킬 수 있다는 점이 유리하게 발견되었다.

[0018] 상술한 점에 덧붙여, 본 발명의 발명자들은 개선된 방수 특성을 갖는 바이오매스 연료가 상기 공정의 몰딩 및/또는 가열 단계를 변경함으로써 제공될 수 있다는 점을 발견하였다. 본 발명의 공정의 몰딩 및 가열 단계의 맞춤 및 제어는 또한 고체 바이오매스 연료 생산물의 품질 및 균일성을 개선하고 연소 공정에 사용하기 위해 크게 바람직한 소정의 물리적 특성을 부여한다는 점이 발견되었다. 나아가, 상기 몰딩 및 가열 단계의 맞춤은 고체 바이오매스 연료의 수율을 증가시키고 수송 및 저장을 용이하게 하는 연료에 특성을 부과하는 것이 발견되었다. 본 발명자들은 바이오매스 소스의 특성, 및 몰딩 및 가열 단계의 특성의 특징이 함께 작용하여 당업계에 공지된 것들에 비해서 연소 공정에서 사용하기 위해 우수한 바이오매스 연료 생산물을 제공한다는 점을 발견하였다.

과제의 해결 수단

[0019] 본 발명의 제1관점에 따르면, 고체 바이오매스 연료의 생산공정이 제공되며, 상기 공정은 다음의 단계들을 포함한다:

[0020] (i) 1000 μm 내지 10000 μm의 평균 입경을 갖는 하나 이상의 바이오매스 분말을 제공하는 단계;

[0021] (ii) 상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 160℃ 내지 420℃의 온도에서 0.25 내지 5 시간의 기간동안 가열하여

가열된 바이오매스 생산물을 제공하는 단계; 및

- [0022] (iii) 상기 가열된 바이오매스 생산물을 몰딩하여 고체 바이오매스 연료를 제공하는 단계,
- [0023] 상기 하나 이상의 바이오매스 분말은 하나 이상의 바이오매스 소스로부터 유래되며, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는: (i) 왕겨로 이루어지거나 또는 필수적으로 이루어지며; (ii) 왕겨 및 혼합 수종(mixed wood)과 같은 목재(wood)의 혼합물을 포함하거나 또는 이들로 필수적으로 이루어지며; (iii) 왕겨 및 캘리엔드라 캘로사이르서스(calliandra callothyrsus)의 혼합물로 이루어지거나 또는 이들로 필수적으로 이루어지며; 또는 (iv) 적어도 15중량%의 양으로 왕겨, 및 캘리엔드라 캘로사이르서스를 포함하며; 상기 하나 이상의 바이오매스 소스가 왕겨로 이루어지거나 또는 필수적으로 이루어지는 경우, 바이오매스로부터 유래된 물질은 상기 고체 바이오매스 연료의 총 연료 함량 중 적어도 95중량%의 양으로 고체 바이오매스 연료 내에 존재한다.
- [0024] 일 구현 예에서, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨로 이루어지거나 또는 왕겨로 필수적으로 이루어진다.
- [0025] 또 다른 구현 예에서, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 혼합 수종과 같은 목재, 캘리엔드라 캘로사이르서스, 또는 이들의 조합을 더욱 포함한다. 바람직하게는, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 (i) 왕겨 및 캘리엔드라 캘로사이르서스, 또는 (ii) 왕겨 및 혼합 수종과 같은 목재를 포함한다. 일 구현예에서, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨 및 혼합 수종과 같은 목재의 혼합물로 이루어지거나 또는 필수적으로 이루어진다. 또 다른 구현예에서, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨 및 캘리엔드라 캘로사이르서스의 혼합물로 이루어지거나 또는 이들로 필수적으로 이루어진다. 또 다른 구현예에서, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 적어도 15중량%의 양으로 왕겨, 및 캘리엔드라 캘로사이르서스를 포함한다.
- [0026] 일 구현예에서, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 20중량% 내지 80중량%의 양으로 왕겨를 포함한다. 일 구현예에서, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 20중량% 내지 80중량%의 양으로 왕겨, 및 20중량% 내지 80중량%의 양으로 혼합 수종과 같은 목재를 포함한다. 바람직하게는, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 야자각 또는 짚을 포함하지 않는다. 일 구현예에서, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨 및 혼합 수종과 같은 목재로 필수적으로 이루어지며, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 20중량% 내지 80중량%의 양으로 왕겨, 및 20중량% 내지 80중량%의 양으로 혼합 수종과 같은 목재를 포함한다. 또 다른 구현예에서, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 20중량% 내지 80중량%의 양으로 왕겨, 및 20중량% 내지 80중량%의 양으로 캘리엔드라 캘로사이르서스를 포함한다. 일 구현예에서, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨 및 캘리엔드라 캘로사이르서스로 필수적으로 이루어지며, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 20중량% 내지 80중량%의 양으로 왕겨, 및 20중량% 내지 80중량%의 양으로 캘리엔드라 캘로사이르서스를 포함한다.
- [0027] 상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 가열하는 단계는 바람직하게는 0.4 내지 2시간과 같은 0.4 내지 3시간, 또는 0.4 내지 2 시간과 같은 0.5 내지 3 시간의 기간 동안 수행된다.
- [0028] 상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 가열하는 단계는 상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 180 °C 내지 350 °C, 바람직하게는 210 °C 내지 280 °C의 온도로 가열하는 단계를 포함한다.
- [0029] 바람직하게는, 상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 가열하는 단계 (ii)는 상기 몰드된 바이오매스 생산물의 배소(torrefaction)를 유도하는 조건 하에서 상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 가열하는 단계를 포함한다.
- [0030] 바람직하게는, 상기 공정은 상기 가열된 바이오매스 생산물을 몰딩하는 단계 (iii) 이전에 가열된 바이오매스 생산물을 냉각하는 단계를 더욱 포함한다.
- [0031] 하나 이상의 바이오매스 분말을 제공하는 단계 (i)는 하나 이상의 바이오매스 소스를 분쇄하는 단계, 및/또는 하나 이상의 바이오매스 분말을 혼합하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0032] 전형적으로, 상기 공정은 상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 가열하는 단계 (ii) 전에 하나 이상의 바이오매스 분말을 건조하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0033] 상기 가열된 바이오매스 생산물을 몰딩하는 단계 (iii)는 상기 고체 바이오매스 연료의 밀도가 제어되도록 몰딩 단계를 맞추는 단계를 포함할 수 있다. 바람직하게는, 상기 고체 바이오매스 연료의 밀도가 제어되도록 몰딩 단계를 맞추는 단계는 상기 몰딩 단계에 사용되는 몰드의 압축 비율을 제어하는 단계를 포함한다.
- [0034] 바람직하게는, 상기 공정은 첨가제가 상기 가열된 바이오매스 생산물을 몰딩하는 단계 (iii) 전에 상기 가열된 바이오매스 생산물에 추가되는 단계를 포함한다. 바람직하게는, 상기 첨가제는 상기 고체 바이오매스 연료의

수율을 증가시키도록 부가된다.

- [0035] 상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 가열하는 단계 (ii)는 상기 가열된 바이오매스 생산물의 균일성을 제어하도록 전형적으로 맞춘다. 바람직하게는, 상기 가열된 바이오매스 생산물의 균일성을 제어하도록 맞추는 단계 (ii)는 가열되는 중 상기 하나 이상의 바이오매스 분말이 회전되는 장치에서 수행 단계 (ii)를 포함한다. 좀 더 바람직하게는, 상기 가열된 바이오매스 생산물의 균일성을 제어하도록 맞추는 단계 (ii)는 상기 하나 이상의 바이오매스 분말의 회전의 방향 또는 속도를 제어하는 단계를 포함한다. 가장 바람직하게는, 상기 하나 이상의 바이오매스 분말은 장치에서 반시계 방향 및 시계 방향 모두에서 회전된다.
- [0036] DIN EN 15103에 따라 결정된 고체 바이오매스 연료의 벌크 밀도는 0.40 kg/l 내지 0.65 kg/l, 바람직하게는 0.45 kg/l 내지 0.60 kg/l, 가장 바람직하게는 0.50 내지 0.60 kg/l이다.
- [0037] DIN EN 15210-1에 따라 결정된 고체 바이오매스 연료의 기계적 내구성은 95% 이상, 96% 이상, 97% 이상, 또는 98% 이상이다.
- [0038] 상기 공정의 일부 구현예에서, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스, 및 고체 바이오매스 연료는 다음과 같다:
- [0039] (i) 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨를 포함하거나 또는 왕겨로 필수적으로 이루어지며, 상기 고체 바이오매스 연료는 0.40 kg/L 내지 0.48 kg/L의 벌크 밀도를 가지며, 상기 고체 바이오매스 연료의 기계적 내구성은 95% 이상이며;
- [0040] (ii) 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨 및 혼합 수종과 같은 목재의 혼합물을 포함하며, 상기 고체 바이오매스 연료는 0.50 kg/L 내지 0.65 kg/L의 벌크 밀도를 가지며, 상기 고체 바이오매스 연료의 기계적 내구성은 95% 이상이며;
- [0041] (iii) 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨 및 캘리엔드라 캘로사이르서스의 혼합물을 포함하며, 상기 고체 바이오매스 연료는 0.45 kg/L 내지 0.60 kg/L의 벌크 밀도를 가지며, 상기 고체 바이오매스 연료의 기계적 내구성은 95% 이상이며;
- [0042] 상기 벌크 밀도는 DIN EN 15103에 따라 결정되며, 상기 기계적 내구성은 DIN EN 15210-1에 따라 결정된다.
- [0043] 전형적으로, 상기 바이오매스 고체 연료의 총 건조 황 함량은 0.05 wt% 이하, 바람직하게는 0.04 wt% 이하, 가장 바람직하게는 0.03 wt% 이하이며, 상기 총 건조 황 함량은 DIN EN 15289에 따라 결정된다.
- [0044] 전형적으로, 상기 바이오매스 고체 연료의 총 건조 수소 함량은 5 wt% 이상, 바람직하게는 5 wt% 내지 10 wt%, 좀 더 바람직하게는 5 wt% 내지 7 wt%이며, 상기 총 건조 수소 함량은 DIN EN 15104에 따라 결정된다.
- [0045] 전형적으로, 상기 바이오매스 고체 연료의 총 건조 산소 함량은 34 wt% 이상, 바람직하게는 34 wt% 내지 40 wt%, 좀 더 바람직하게는 34 wt% 내지 38 wt%이며, 상기 총 건조 산소 함량은 DIN EN 15296에 따라 결정된다.
- [0046] 전형적으로, 상기 바이오매스 고체 연료의 총 건조 탄소 함량은 40 wt% 이상, 바람직하게는 45 wt% 내지 55 wt%, 좀 더 바람직하게는 50 wt% 내지 52 wt%이며, 총 건조 탄소 함량은 DIN EN 15104에 따라 결정된다.
- [0047] 전형적으로, 상기 생산된 바이오매스 고체 연료의 총 건조 질소 함량은 0.5 wt% 미만, 바람직하게는 0.4 wt% 미만, 좀 더 바람직하게는 0.3 wt% 미만이며, 상기 총 건조 질소 함량은 DIN EN 15104에 따라 결정된다.
- [0048] 전형적으로, 상기 생산된 고체 바이오매스 연료는 최대 20일, 바람직하게는 최대 30일, 좀 더 바람직하게는 최대 40일 동안 방수성을 갖는다.
- [0049] 전형적으로, 물에 침지되는 경우 생산된 상기 고체 바이오매스 연료의 화학적 산소 요구량 (COD)은 5000 ppm 이하, 바람직하게는 4000 ppm 이하, 가장 바람직하게는 3000 ppm 이하이며, 상기 화학적 산소 요구량은 GB/11914-89에 따라 결정된다.
- [0050] 전형적으로, 상기 고체 바이오매스 연료의 고정 탄소 함량은 28 wt% 이상, 바람직하게는 28 wt% 내지 35 wt%, 좀 더 바람직하게는 30 wt% 내지 33 wt%이며, 상기 고정 탄소 함량은 DIN EN 51734에 따라 결정된다.
- [0051] 전형적으로, 상기 고체 바이오매스 연료의 회분(ash content)은 25 wt% 미만, 바람직하게는 20 wt% 미만, 가장 바람직하게는 18 wt% 미만이며, 상기 회분은 550°C에서 EN 14775에 따라 결정된다.
- [0052] 전형적으로, 상기 고체 바이오매스 연료의 휘발물 함량(volatile matter content)은 40 wt% 내지 65 wt%, 좀 더 바람직하게는 45 wt% 내지 60 wt%이며, 상기 휘발물 함량은 DIN EN 15148에 따라 결정된다.

- [0053] 전형적으로, 상기 생산된 고체 바이오매스 연료의 수분 함량은 8 중량% 미만, 바람직하게는 6 중량% 미만, 가장 바람직하게는 5중량% 미만이며, 상기 수분 함량은 DIN EN 14774에 따라 결정된다.
- [0054] 전형적으로, 상기 생산된 고체 바이오매스 연료의 열량은 4300 kcal/kg 건중량 내지 6500 kcal/kg 건중량이며, 상기 열량은 DIN EN 14918에 따라 결정된다.
- [0055] 전형적으로, 상기 몰드된 바이오매스 생산물의 벌크 밀도는 A이며, 상기 고체 바이오매스 연료의 벌크 밀도는 B이며, B/A는 0.55 내지 1이며, 상기 벌크 밀도는 DIN EN 15103에 따라 결정된다.
- [0056] 바람직하게는, 상기 공정은 석탄, 산화제, 점화기 또는 이들의 어느 조합을 상기 가열된 바이오매스 생산물에 몰딩 단계 전에 부가하는 단계를 포함하지 않으며, 상기 고체 바이오매스 연료는 석탄, 산화제, 점화기, 또는 이들의 조합을 포함하지 않는다.
- [0057] 구현예에서, 상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 가열하는 단계 (ii)는 30분 내지 5시간, 선택적으로 1시간 내지 5시간의 기간 동안 상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 가열하는 단계를 포함한다.
- [0058] 본 발명의 제2관점에 따르면, 본 발명의 제1관점에 따른 공정에 의해 얻어지거나 얻어질 수 있는 고체 바이오매스 연료가 제공된다.
- [0059] 본 발명의 제3관점에 따르면, 하나 이상의 바이오매스 소스로부터 유래되는 고체 바이오매스 연료가 제공되며, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는: (i) 왕겨로 이루어지거나 또는 필수적으로 이루어지며; (ii) 왕겨 및 혼합 수종과 같은 목재의 혼합물을 포함하거나 또는 이들로 필수적으로 이루어지며; (iii) 왕겨 및 캘리엔드라 캘로사이르서스의 혼합물로 이루어지거나 또는 이들로 필수적으로 이루어지며; 또는 (iv) 적어도 15중량%의 양의 왕겨, 및 캘리엔드라 캘로사이르서스를 포함하며; 상기 하나 이상의 바이오매스 소스가 왕겨로 이루어지거나 또는 왕겨로 필수적으로 이루어지는 경우, 상기 바이오매스로부터 유래된 물질은 상기 고체 바이오매스 연료의 총 고체 함량 중 적어도 95중량%의 양으로 상기 고체 바이오매스 연료 내에 존재한다.
- [0060] 일 구현예에서, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨 및 혼합 수종과 같은 목재를 포함한다. 전형적으로, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 20중량% 내지 80중량%의 양으로 왕겨, 및 20중량% 내지 80중량%의 양으로 혼합 수종과 같은 목재를 포함한다. 바람직하게는, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 야자각 또는 짚을 포함하지 않는다. 일 구현예에서, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨 및 혼합 수종과 같은 목재로 필수적으로 이루어지며, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 20중량% 내지 80중량%의 양으로 왕겨, 및 20중량% 내지 80중량%의 양으로 혼합 수종과 같은 목재를 포함한다.
- [0061] 또 다른 구현예에서, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨 및 캘리엔드라 캘로사이르서스의 혼합물을 포함하며, 상기 왕겨는 상기 하나 이상의 바이오매스 소스의 총 중량 중 적어도 15중량%의 양으로 존재한다. 바람직하게는, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 20중량% 내지 80중량%의 양의 왕겨, 및 20중량% 내지 80중량%의 양의 캘리엔드라 캘로사이르서스를 포함한다. 일 구현예에서, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨 및 캘리엔드라 캘로사이르서스로 필수적으로 이루어지며, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 20중량% 내지 80중량%의 왕겨, 및 20중량% 내지 80중량%의 양의 캘리엔드라 캘로사이르서스를 포함한다.
- [0062] DIN EN 15103에 따라 결정된 고체 바이오매스 연료의 벌크 밀도는 0.40 kg/l 내지 0.65 kg/l, 바람직하게는 0.45 kg/l 내지 0.60 kg/l, 가장 바람직하게는 0.50 내지 0.60 kg/l이다.
- [0063] DIN EN 15210-1에 따라 결정된 고체 바이오매스 연료의 기계적 내구성은 95% 이상, 96% 이상, 97% 이상, 또는 98% 이상이다.
- [0064] 상기 공정의 일부 구현예에서, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스, 및 고체 바이오매스 연료는 다음과 같다:
- [0065] (i) 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨를 포함하거나 또는 왕겨로 필수적으로 이루어지며, 상기 고체 바이오매스 연료는 0.40 kg/L 내지 0.48 kg/L의 벌크 밀도를 가지며, 상기 고체 바이오매스 연료의 기계적 내구성은 95% 이상이며;
- [0066] (ii) 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨 및 혼합 수종과 같은 목재의 혼합물을 포함하며, 상기 고체 바이오매스 연료는 0.50 kg/L 내지 0.65 kg/L의 벌크 밀도를 가지며, 상기 고체 바이오매스 연료의 기계적 내구성은 95% 이상이며;
- [0067] (iii) 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨 및 캘리엔드라 캘로사이르서스의 혼합물을 포함하며, 상기 고체 바이오매스 연료는 0.45 kg/L 내지 0.60 kg/L의 벌크 밀도를 가지며, 상기 고체 바이오매스 연료의 기계적

내구성은 95% 이상이며;

- [0068] 상기 벌크 밀도는 DIN EN 15103에 따라 결정되며, 상기 기계적 내구성은 DIN EN 15210-1에 따라 결정된다.
- [0069] 전형적으로, 상기 바이오매스 고체 연료의 총 건조 황 함량은 0.05 wt% 이하, 바람직하게는 0.04 wt% 이하, 가장 바람직하게는 0.03 wt% 이하이며, 상기 총 건조 황 함량은 DIN EN 15289에 따라 결정된다.
- [0070] 전형적으로, 상기 바이오매스 고체 연료의 총 건조 수소 함량은 5 wt% 이상, 바람직하게는 5 wt% 내지 10 wt%, 좀 더 바람직하게는 5 wt% 내지 7 wt%이며, 상기 총 건조 수소 함량은 DIN EN 15104에 따라 결정된다.
- [0071] 전형적으로, 상기 바이오매스 고체 연료의 총 건조 산소 함량은 34 wt% 이상, 바람직하게는 34 wt% 내지 40 wt%, 좀 더 바람직하게는 34 wt% 내지 38 wt%이며, 상기 총 건조 산소 함량은 DIN EN 15296에 따라 결정된다.
- [0072] 전형적으로, 상기 바이오매스 고체 연료의 총 건조 탄소 함량은 40 wt% 이상, 바람직하게는 45 wt% 내지 55 wt%, 좀 더 바람직하게는 50 wt% 내지 52 wt%이며, 총 건조 탄소 함량은 DIN EN 15104에 따라 결정된다.
- [0073] 전형적으로, 상기 생산된 바이오매스 고체 연료의 총 건조 질소 함량은 0.5 wt% 미만, 바람직하게는 0.4 wt% 미만, 좀 더 바람직하게는 0.3 wt% 미만이며, 상기 총 건조 질소 함량은 DIN EN 15104에 따라 결정된다.
- [0074] 전형적으로, 상기 생산된 고체 바이오매스 연료는 최대 20일, 바람직하게는 최대 30일, 좀 더 바람직하게는 최대 40일 동안 방수성을 갖는다.
- [0075] 전형적으로, 물에 침지되는 경우 생산된 상기 고체 바이오매스 연료의 화학적 산소 요구량 (COD)은 5000 ppm 이하, 바람직하게는 4000 ppm 이하, 가장 바람직하게는 3000 ppm 이하이며, 상기 화학적 산소 요구량은 GB/11914-89에 따라 결정된다.
- [0076] 전형적으로, 상기 고체 바이오매스 연료의 고정 탄소 함량은 28 wt% 이상, 바람직하게는 28 wt% 내지 35 wt%, 좀 더 바람직하게는 30 wt% 내지 33 wt%이며, 상기 고정 탄소 함량은 DIN EN 51734에 따라 결정된다.
- [0077] 전형적으로, 상기 고체 바이오매스 연료의 회분(ash content)은 25 wt% 미만, 바람직하게는 20 wt% 미만, 가장 바람직하게는 18 wt% 미만이며, 상기 회분은 550°C에서 EN 14775에 따라 결정된다.
- [0078] 전형적으로, 상기 고체 바이오매스 연료의 휘발물 함량(volatile matter content)은 40 wt% 내지 65 wt%, 좀 더 바람직하게는 45 wt% 내지 60 wt%이며, 상기 휘발물 함량은 DIN EN 15148에 따라 결정된다.
- [0079] 전형적으로, 생산된 고체 바이오매스 연료의 수분 함량은 8중량% 미만, 바람직하게는 6중량% 미만, 가장 바람직하게는 5중량% 미만이며, 상기 수분 함량은 DIN EN 14774에 따라 결정된다.
- [0080] 전형적으로, 생산된 고체 바이오매스 연료의 열량은 4300 kcal/kg 건중량 내지 6500 kcal/kg 건중량이며, 상기 열량 값은 DIN EN 14918에 따라 결정된다.
- [0081] 본 발명의 제4관점에 따르면, 에너지를 생산하도록 본 발명의 제2 및 제3관점에 따라 고체 바이오매스 연료를 연소시키는 단계를 포함하는 연소 공정이 제공된다.
- [0082] 일 구현예에서, 상기 고체 바이오매스 연료는 화석 연료와 함께 공-소성되고 연소된다. 바람직하게는, 상기 화석 연료는 석탄을 포함한다.
- [0083] 일 구현예에서, 상기 공정의 PM1.0 배출은 175 mg/kg 미만, 바람직하게는 150 mg/kg 미만이다.
- [0084] 본 발명의 제5관점에 따르면, 연소 공정에서 연료로서 본 발명의 제2 및 제3관점에 따른 고체 바이오매스 연료의 사용방법을 제공한다.
- [0085] 바람직하게는, 상기 연소 공정은 화석 연료와 함께 고체 바이오매스 연료를 공-소성하는 단계를 포함한다. 바람직하게는, 상기 화석 연료는 석탄이다.
- [0086] 일 구현예에서, 상기 공정의 PM1.0 배출은 175 mg/kg 미만, 바람직하게는 150 mg/kg 미만이다.
- [0087] 본 발명의 제6관점에 따르면, 고체 바이오매스 연료를 생산하기 위하여 하나 이상의 바이오매스 소스의 사용방법을 제공하며, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는: (i) 왕겨로 이루어지거나 또는 왕겨로 필수적으로 이루어지며; (ii) 왕겨 및 혼합 수종과 같은 목재의 혼합물을 포함하거나 또는 이들로 필수적으로 이루어지며; (iii) 왕겨 및 캘리엔드라 캘로사이르서스의 혼합물로 이루어지거나 또는 필수적으로 이루어지며; 또는 적어도 15중량%의 양으로 왕겨, 및 캘리엔드라 캘로사이르서스를 포함하며; 상기 하나 이상의 바이오매스 소스가 왕겨로 이루어

어지거나 또는 왕겨로 필수적으로 이루어지는 경우, 상기 바이오매스로부터 유래된 물질은 상기 고체 바이오매스 연료의 총 연료 함량 중 적어도 95중량%의 양으로 상기 고체 바이오매스 연료 내에 존재한다.

[0088] 바람직하게는, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 본 발명의 제1 및 제3관점에 따라 상술한 바와 같다.

[0089] 바람직하게는, 상기 사용방법은 본 발명의 제1관점에 따른 공정에서 하나 이상의 바이오매스 소스를 사용하는 단계를 포함한다.

[0090] 바람직하게는, 상기 고체 바이오매스 연료는 본 발명의 제1 및 제3관점에 따라 상술한 바와 같다.

도면의 간단한 설명

[0091] 본 발명은 다음과 같은 첨부된 도면을 참조하여 실시 예에 의해 기술될 것이다:

도 1은 왕겨의 사진이다.

도 2는 몰딩 단계 동안 생산 수율에서의 차이를 나타내는 그래프이며, 상기 바이오매스 소스는 왕겨로 이루어진다.

도 3은 본 발명의 방법에 따라 생산된 몰드된 바이오매스 생산물에 대하여 Y-축 상의 생산성 대 X-축 상의 압축 비율을 도시한 그래프이다. 상기 바이오매스 소스는 왕겨로 이루어진다.

도 4는 본 발명의 방법에 따라 생산된 몰드된 바이오매스 생산물에 대해서 y-축(kg/L) 상의 밀도 대 x-축 상의 압축 비율을 나타낸 그래프이며, 여기서 상기 바이오매스 소스는 왕겨로 이루어진다.

도 5는 본 발명의 바이오매스 연료 생산물의 사진이다.

도 6은 본 발명의 수 개의 생산물의 벌크 밀도를 나타내는 그래프이다.

도 7은 본 발명의 수 개의 생산물의 내구성을 나타내는 그래프이다.

도 8은 본 발명의 수 개의 생산물의 황 함량을 나타내는 그래프이다.

도 9는 본 발명의 수 개의 생산물의 산소 함량을 나타내는 그래프이다.

도 10은 본 발명의 수 개의 생산물의 탄소 함량을 나타내는 그래프이다.

도 12는 본 발명의 수 개의 생산물의 고정 탄소 함량을 나타내는 그래프이다.

도 13은 본 발명의 수 개의 생산물의 회분을 나타내는 그래프이다.

도 14는 본 발명의 수 개의 생산물의 수분 함량을 나타내는 그래프이다.

도 15는 본 발명의 수 개의 생산물의 휘발물 함량을 나타내는 그래프이다.

도 16은 본 발명의 수 개의 생산물의 PM 1.0 배출을 나타내는 그래프이다.

도 17은 인공 기후 실험실에서 본 발명의 생산물의 시험 결과를 나타낸다.

도 18은 인공 기후 실험실에서 본 발명의 생산물의 또 다른 시험 결과를 나타낸다.

도 19는 인공 기후 실험실에서 본 발명의 생산물의 또 다른 시험 결과를 나타낸다.

도 20은 기후 실험실에서 시험 후 본 발명의 수 개의 생산물의 표면 수분 함량의 결과를 나타낸다.

도 21은 본 발명의 공정의 몰딩 단계에 사용될 수 있는 압축 몰드의 다이어그램이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0092] 바이오매스의 소스

[0093] 본 발명에 따라 사용되는 하나 이상의 바이오매스 소스는 전술한 것 중 어느 것일 수 있다. 바람직한 구현예에서, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨를 포함하거나, 왕겨로 이루어지거나 또는 왕겨로 필수적으로 이루어진다. 상기 하나 이상의 바이오매스 소스가 왕겨 및 하나 이상의 부가적인 바이오매스 소스를 포함하는 경우, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 5 wt% 내지 95 wt%와 같은 왕겨의 어느 특정 양을 함유할 수 있다. 전형적으로, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스가 왕겨 및 하나 이상의 부가적인 바이오매스 소스를 포함하는

경우, 상기 왕겨는 상기 하나 이상의 바이오매스 소스의 총 중량 중 10중량% 내지 90중량%, 20중량% 내지 80중량%, 30중량% 내지 70중량%, 또는 40% 내지 60%의 양으로 존재한다.

[0094] 상기 하나 이상의 바이오매스 소스가 왕겨 및 캘리엔드라 캘로사이르서스의 혼합물을 포함하거나, 이들로 이루어지는 경우, 상기 왕겨는 전형적으로 상기 하나 이상의 바이오매스 소스의 총 중량 중 적어도 15중량%의 양으로 존재한다. 바람직하게는, 상기 왕겨는 존재하는 하나 이상의 바이오매스 소스의 총 양 중 20중량% 내지 80중량%의 양으로 존재한다. 상기 하나 이상의 바이오매스 소스가 왕겨 및 혼합 수종과 같은 목재의 혼합물을 포함하거나, 또는 이들로 이루어지는 경우, 상기 왕겨는 전형적으로 상기 하나 이상의 바이오매스 소스의 총 중량 중 적어도 15중량%의 양으로 존재한다. 바람직하게는, 상기 왕겨는 존재하는 하나 이상의 바이오매스 소스의 총 양 중 20중량% 내지 80중량%의 양으로 존재한다.

[0095] 전술한 하나 이상의 바이오매스 소스 각각은 당해 분야에 공지된 통상의 방법에 의해 얻어지거나 수확될 수 있다.

[0096] 본원에서 사용되는 바와 같이 용어 "목재"는 바크 아래의 관목 또는 나무의 줄기, 가지 및 뿌리의 좀 더 큰 부분을 구성하는 목질부로 기본적으로 이루어지는 딱딱한 섬유질 물질을 나타내는데 전형적으로 사용된다. 목재는 초본 식물에서 제한된 정도로 단지 발견된다. 상기 용어 "목재"의 정의는 당해 기술 분야에서 공통적으로 이해되는 정의와 일치한다. 본원에서 사용되는 바와 같이 용어 "혼합 수종"은 둘 이상의 다양한 목재의 혼합물을 나타내는데 사용된다. 둘 이상의 다양한 목재는 혼합 수종이 적어도 둘의 다양한 목재를 포함한다면, 어느 양으로 혼합 수종 내에 존재할 수 있다.

[0097] 본원에서 사용되는 바와 같이 용어 "포함하는"은 어느 추가적인 비정의된 성분이 존재할 수 있는 것을 의미하는 것으로 사용된다. 본원에서 사용되는 바와 같이 용어 "이루어지는"은 특정 목록화된 것 이외에 어떠한 추가적인 성분도 존재할 수 없다는 것을 의미하는데 사용된다. 본원에서 사용되는 바와 같이 용어 "필수적으로 이루어지는"은 추가적인 정의되지 않은 성분이 존재할 수 있으나, 이들 성분은 상기 조성물의 필수적인 특성에 실질적으로 영향을 미치지 않는다는 것을 의미하는데 사용된다.

[0098] 전술한 바와 같이, 본원 발명에서 사용되는 하나 이상의 바이오매스 소스는 종래 기술에 사용된 물질에 비하여 상기 바이오매스 소스의 특성의 특성 및 품질의 증가된 제어를 제공하면서 상업적 규모로 성장 및 수확될 수 있다는 점이 발견되었다. 상기 물질의 사용은 또한 필요한 벌채와 같은 나무를 사용하는 것과 관련된 환경 손상을 방지한다. 상기 이점은 왕겨 및 캘리엔드라 캘로사이르서스의 사용과 특히 관련된다.

[0099] 본 발명에서 사용되는 하나 이상의 바이오매스 소스의 사용은 또한 이전에 사용된 물질보다 그라인딩하기가 쉽다는 것이 놀랍게도 발견되었다. 일부 물질에 대해서, 어떠한 그라인딩도 전혀 요구되지 않는다는 점이 발견되었다. 특히, 왕겨는 일반적으로 그라인딩을 필요로 하지 않으며, 캘리엔드라 캘로사이르서스는 그라인딩일 필요할 수 있으나, 이전에 사용된 물질보다 좀 더 쉽게 그라인딩되는 점이 발견되었다.

[0100] 본 발명의 물질의 사용은 그라인딩되는 경우, 또한 이전에 사용된 물질보다 좀 더 균질한 믹스를 제공한다. 이론에 한정되지 않으나, 이는 바이오매스 연료 생산물의 좀 더 큰 균일성 및 연속성과 같은, 최종 고체 연료 생산물에 유리한 성질을 부여하는 것으로 믿어진다. 이는 몇 가지 이유로 연소 공정에서 바람직하다.

[0101] 왕겨는 또한 세계의 소정의 지역에서의 쌀의 풍부함에 기인하여 바이오매스의 소스로서 특히 유용할것으로 고려된다. 현재, 쌀을 심는데 사용되는 세계 면적은 약 155 백만 헥타르이며, 31 백만 헥타르가 중국 단독으로 사용되며, 전세계 표면적의 약 20%가 쌀 성장에 사용된다. 중국의 총 쌀 생산량은 세계 1위이며, 세계 생산량 중 31%를 차지한다. 왕겨(도 1에 나타냄)는 쌀의 공정 중 생산되는 주요 부산물이다. 왕겨는 풍부한 보유량으로 깨끗하고 재생 가능한 자원이다. 왕겨는 또한 쌀 생산 공정의 생산물로 풍부하므로 값싸다.

[0102] 그러나, 상기 왕겨는 낮은 충전 밀도를 가지며 적어도 상기 이유로 수송이 불편하다. 나아가, 왕겨가 농업 및 삼림에서 직접 소각되는 경우, 먼지가 공기 오염을 야기할 것이다. 기존에 사용된 다른 바이오매스 원료에 비해서 왕겨의 사용에 있어서 이점은 왕겨는 값비싼 분쇄 공정을 수행할 필요가 없다는 점이다. 그러나, 왕겨의 단점은 종래의 바이오매스 연료 생산물 공정이 왕겨로부터의 연료를 생성하는데 사용되는 경우, 결과적인 연료가 부피 당 충분한 에너지를 생산하지 못한다는 것이다. 따라서, 전술한 단점을 완화하는, 왕겨로부터 고체 바이오매스 연료를 생산하기 위한 공정에 대한 당해 분야의 수요가 존재한다. 본 발명의 공정은 상기 단점을 완화시킨다는 점이 발견되었다.

[0103] 왕겨의 사용과 관련된 다른 이점은 출발 물질로서 왕겨의 크기 및 밀도의 균일성을 포함하며, 이는 상기 왕겨가 이하에서 더욱 상세히 언급되는 바와 같이, 이전 물당 없이 직접 배소될 수 있다는 점을 의미한다. 이는 또한

상기 왕겨로부터 생산된 고체 바이오매스 연료가 다른 출발 물질로부터 유래된 바이오매스 고체 연료에 비해서 증가된 방수 특성을 갖는다는 것이 발견되었다.

- [0104] 본원에서 사용된 바와 같이 용어 왕겨는 쌀 외피(rice hull)와 상호교환되어 사용될 수 있다.
- [0105] 바이오매스의 혼합 및 분쇄
- [0106] 1000 μm 내지 10000 μm 의 평균 입경을 갖는 하나 이상의 바이오매스 분말을 제공하는 단계 (i)는 하나 이상의 바이오매스 소스를 분쇄하는 단계를 포함한다.
- [0107] 상기 바이오매스 소스는 당업계에 공지된 표준 기술에 의해 바이오매스 분말로 분쇄될 수 있다. 상기 바이오매스 소스는 바이오매스 분말이 1000 μm 내지 10,000 μm 의 평균 입경 (D50)을 갖도록 분쇄될 수 있다. 전형적으로, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 1000 μm 내지 8,000 μm , 2000 μm 내지 8,000 μm 또는 2,000 내지 6000 μm 의 평균 입경을 갖도록 분쇄된다. 전술한 바와 같이, 본 발명에서의 사용을 위한 특정 바이오매스 소스를 분쇄하는 단계는 이전에 공지된 바이오매스 소스를 그라인딩함으로써 제공되는 것보다 유리한 좀 더 작은 크기의 분포를 갖는 바이오매스 분말을 제공하는 점이 발견되었다. 이는 캘리엔드라 켈로사이르서스에 대해 특히 그러한 경우이다.
- [0108] 일 구현예에서, 상기 공정은 왕겨를 분쇄하는 단계를 포함한다. 대안적인 구현예에서, 상기 공정은 왕겨를 분쇄하는 단계를 포함하지 않는다. 전술한 바와 같이, 왕겨의 사용의 이점은 자연적으로 발생하는 입경에 기인하여 분쇄를 필수적으로 요구하지 않는다는 점이다.
- [0109] 하나 이상의 바이오매스 분말을 제공하는 단계 (i)는 또한 왕겨와 하나 이상의 바이오매스의 소스를 혼합하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 혼합은 당해 기술 분야에 공지된 표준 기술을 사용하여 수행될 수 있다. 일 구현예에서, 왕겨에 덧붙여 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 1000 μm 내지 10000 μm 의 입경을 갖도록 분쇄된다. 또 다른 구현예에서, 이들은 본래 발생하는 1000 μm 내지 10,000 μm 의 입경을 가질 수 있으므로 하나 이상의 추가적인 바이오매스 소스를 분쇄할 필요가 없다.
- [0110] 바이오매스 분말의 가열
- [0111] 상기 하나 이상의 바이오매스 분말은 가열되어 가열된 바이오매스 생산물을 제공한다. 상기 가열은 0.25 내지 5 시간의 기간 동안 160 $^{\circ}\text{C}$ 내지 420 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 수행된다. 바람직하게는, 상기 몰드된 바이오매스 생산물의 가열 단계는 0.4 내지 2 시간의 기간 동안 수행된다. 바람직하게는, 상기 하나 이상의 바이오매스 분말의 가열 단계는 상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 180 $^{\circ}\text{C}$ 내지 350 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도, 좀 더 바람직하게는 내지 210 $^{\circ}\text{C}$ 내지 280 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도로 가열하는 단계를 포함한다.
- [0112] 바람직하게는, 상기 하나 이상의 바이오매스 분말을 가열하는 단계 (ii)는 하나 이상의 바이오매스 분말의 배소를 유도하는 조건 하에서 하나 이상의 바이오매스 분말을 가열하는 단계를 포함한다. 배소는 가열이 10% 미만의 산소 함량의 분위기와 같은 낮은 산소 분위기에서 수행되는 온화한 열분해의 공정이다. 배소의 적합한 조건 및 공정이 당해 분야에 공지되어 있다. 따라서, 바람직하게는 상기 하나 이상의 바이오매스 분말의 가열 단계 (ii)는 배소를 포함한다.
- [0113] 상기 가열 단계는 하나 이상의 바이오매스 분말을 가열하기 위한 당해 분야에 공지된 어느 적합한 장치에서 수행될 수 있다. 예를 들어, 상기 가열 단계는 EP 3287509A1호에 기재된 바와 같은 공정 조건을 사용하여 수행될 수 있다.
- [0114] 바람직하게는, 상기 하나 이상의 바이오매스 분말의 가열 단계 (ii)는 가열된 바이오매스 생산물의 균일성을 제어하도록 맞추어지며, 선택적으로 상기 가열된 고체 바이오매스 생산물의 균일성을 제어하도록 맞추는 단계 (ii)는 가열되는 한편, 하나 이상의 바이오매스 분말이 회전되는 장치에서의 수행 단계 (ii)를 포함하며, 선택적으로, 가열된 바이오매스 생산물의 균일성을 제어하도록 맞추는 단계 (ii)는 상기 하나 이상의 바이오매스 분말의 직접적 회전 또는 속도를 제어하는 단계를 포함하며, 선택적으로, 상기 하나 이상의 바이오매스 분말은 반시계 방향 및 시계 방향 모두로 상기 장치에서 회전된다. 상기 가열된 고체 바이오매스 생산물의 균일성은 또한 전술한 온도 및 기간에서 가열함으로써 최적화된다. 이론에 한정되는 것은 아니나, t가기 가열된 바이오매스 생산물 내의 좀 더 큰 균일성이 일단 몰드되면 고체 바이오매스 연료 생산물 상으로 통과되며, 따라서 좀 더 균일한 고체 바이오매스 연료가 생산되는 것으로 믿어진다.
- [0115] 본 발명의 공정이 바이오매스의 가열 단계 후 냉각 단계를 포함하는 경우, 상기 냉각 단계는 상기 바이오매스를 회전시키는 단계를 포함할 수 있다. 상기 바이오매스는 EP 제3287509A1호에 기재된 바와 같은 적합한 장치에서

회전될 수 있다. 상기 바이오매스가 냉각 단계 또는 가열 단계 중 어느 하나에서 회전되는 경우, 상기 바이오매스는 연속적인 주기로 시계 방향 및 반시계 방향 모두와 같이, 다른 방향에서 회전될 수 있다.

- [0116] 용어 고체 바이오매스 생산물의 '균일성'은 고체 바이오매스 연료 또는 가열된 바이오매스 생산물의 각 입자에 걸쳐, 그리고 고체 바이오매스 연료 생산물 또는 가열된 바이오매스 생산물의 벌크 생산물 내의 복수의 입자에 걸쳐 일정하거나 또는 유사 성질을 갖는 고체 바이오매스 연료 또는 가열된 바이오매스 생산물을 나타내는데 사용된다. 예를 들어, 이에 한정되는 것은 아니나, 입자의 밀도, 입자의 연소의 용이성, 입자의 화학적 조성물, 및 입자의 방수성이다. 균일성은 연소 공정에 사용하기 위한 바이오매스 연료에 크게 바람직한 성질이다.
- [0117] 본 발명자들은 또한 전술한 방식에서 가열 단계를 제어하는 것은 종래 기술의 바이오매스 연료에 비해서 향상된 방수성질을 갖는 고체 바이오매스 연료 생산물을 제공하는데 부가적으로 도움을 준다는 점을 발견하였다. 가열 단계 동안, 물을 흡수하는 바이오매스 분말 내 존재하는 친수성 화합물은 열화된다. 나아가, 상기 가열 단계는 바이오매스 분말 내에 존재하는 오일이 바이오매스 분말 입자의 외부로 이동하도록 야기하여 상기 입자의 소수성을 증가시킨다.
- [0118] 가열된 바이오매스 생산물의 몰딩
- [0119] 상기 바이오매스 분말은 몰드되어 고체 바이오매스 연료를 제공한다. 상기 몰딩 단계는 당해 분야에 공지된 바이오매스 몰딩 기술에 따라 그리고 당업계에서 공지된 어느 몰딩 장치에서 수행될 수 있으며, 압출 시스템을 포함할 수 있다. 바람직하게는, 상기 몰딩 단계는 압축 몰드에서 수행된다. 바람직하게는, 상기 압축 몰드는 몰드 생산물 출구 홀을 포함한다. 상기 몰딩 단계는 CN 제105435708호에 기재된 바와 같은 장치를 사용하여 수행될 수 있다.
- [0120] 바람직하게는, 상기 몰딩 단계는 상기 바이오매스 분말을 펠릿으로 몰딩하는 단계를 포함한다. 따라서, 바람직한 구현 예에서, 상기 고체 바이오매스 연료 생산물은 바이오매스 펠릿을 포함한다.
- [0121] 몰드된 바이오매스 생산물을 생산하기 위하여 바이오매스 분말을 몰드하는 것은 공지되어 있는 한편, 본 발명의 발명자들은 놀랍게도 상기 단계로부터 생산된 몰드된 바이오매스 생산물의 밀도가 소정의 범위 내에 있게 제어되도록 몰딩 단계를 맞추는 것은 최종 고체 바이오매스 연료 생산물에 소정의 유리한 성질을 부과한다는 점을 발견하였다. 구체적으로, 몰드된 바이오매스 생산물의 밀도를 0.6 내지 1.3 kg/ 범위 내이도록 몰딩 단계를 제어하는 것은 최종 바이오매스 연료 생산물에 유리한 성질을 부과한다는 점이 발견되었다. 바람직하게는, 상기 몰딩 단계는 상기 몰드된 바이오매스 생산물의 밀도가 0.7 kg/L 내지 1.25 kg/L이도록 제어된다.
- [0122] 상기 몰딩 단계는 다양한 방식으로 제어될 수 있다. 상기 몰딩 단계가 압축 몰드의 사용을 포함하는 경우, 상기 밀도는 3.8 내지 6.5의 압축 비율을 사용하여 제어된다. 전형적으로, 압축 비율이 더욱 작을수록, 몰드된 바이오매스 생산물의 밀도가 더욱 낮아진다. 그러나, 압축 비율이 높을수록, 몰드된 바이오매스 생산물의 수율은 낮아진다.
- [0123] 몰드 생산물 출구 홀을 갖는 압축 몰드에 대한 압축 비율은 몰드 생산물 출구 홀의 직경에 대한 길이의 비율로서 정의될 수 있다.
- [0124] 도 21는 본 발명에 따라 사용될 수 있는 압축 몰드의 예를 나타낸다. 상기 가열된 바이오매스 생산물은 상기도면에서 몰드 생산물 출구 홀을 빠져나가도록 압력에 의해 몰드 내부로부터 스퀴즈되기 전에 몰드의 내부 내로 삽입된다. 상기 압축 비율은 그 직경에 대해서 홀을 나오는 생산물의 길이의 비율로서 도면에서 나타낸다.
- [0125] 본 발명의 공정에서, 바람직하게는, 상기 바이오매스 분말을 몰딩하는 단계 (iii)는 상기 몰드된 바이오매스 생산물의 밀도가 0.70 kg/L 내지 1.25 kg/L의 범위 내로 제어되도록 몰딩 단계를 맞추는 단계를 포함한다. 바람직하게는, 상기 밀도는 압축 몰드를 사용하고 상기 압축 몰드의 압축 비율을 제어함으로써 제어된다. 좀 더 바람직하게는, 상기 압축 비율은 3.8 내지 6.5이다.
- [0126] 상기 몰딩 단계 동안 상기 몰드된 바이오매스 생산물의 밀도를 제어하는 것은 놀랍게도 증가된 방수 성능을 갖는 최종 바이오매스 연료 생산물을 제공하는 것으로 발견되었다. 바람직하게는, 0.70 kg/L 내지 1.25 kg/L 범위 내의 밀도를 갖는 몰드된 바이오매스 생산물로부터 생산된 고체 바이오매스 연료 생산물은 20일 까지, 바람직하게는 30일 까지 충분히 방수성을 갖는다.
- [0127] 바람직하게는, 첨가제가 상기 가열된 바이오매스 생산물을 몰딩하는 단계 (iii) 이전에 가열된 바이오매스 생산물에 추가된다. 상기 첨가제는 상기 몰딩 단계로부터 생산된 몰드된 바이오매스 생산물의 수율을 증가시키고 몰딩 공정을 개선하는 것으로 믿어진다. 적합한 첨가제가 당해 분야에 공지되어 있으며, 이에 한정되지

않으나, 녹말 또는 녹말 유도체를 포함한다.

- [0128] 도 2는 첨가제가 포함되지 않는 경우 대비 몰딩 단계 동안 첨가제가 포함되는 경우 몰딩 후 수율에서의 차이를 나타내며, 상기 하나 이상의 바이오매스 소스는 왕겨로 이루어진다. 좀 더 높은 수율이 첨가제가 몰딩 전 가열된 바이오매스 생산물에 부가되는 경우 얻어지는 것을 볼 수 있다.
- [0129] 도 3은 본 발명의 방법에 따라 생산된 몰드된 바이오매스 생산물에 대해서 y-축 상의 생산성 대 x-축 상의 압축 비율을 도시한 그래프이다. 상기 바이오매스 소스는 왕겨로 이루어진다.
- [0130] 도 4는 본 발명의 방법에 따라 생산된 몰드된 바이오매스 생산물에 대해서 y-축 상의 밀도(kg/L) 대 x-축 상의 압축 비율을 도시한 그래프이며, 여기서 상기 바이오매스 소스는 왕겨로 이루어진다.
- [0131] 본 발명의 공정에서, 일단 몰딩 단계(iii)가 수행되면, 일부 구현예에서, 상기 몰딩 단계의 직접적인 생산물(몰드된 바이오매스 생산물로서 여기서 기술됨)은 연소 공정에서 고체 바이오매스 연료로서 직접 사용될 수 있다. 대안적인 구현예에서, 상기 몰드된 바이오매스 생산물은 더욱 처리되어 고체 바이오매스 연료 생산물을 제공한다. 따라서, 일부 구현예에서, 본 발명의 공정은 몰딩 단계의 직접적인 생산물(몰드된 바이오매스 생산물)을 처리하여 고체 바이오매스 연료를 형성하는 단계를 더욱 포함한다.
- [0132] 본 발명은 가열된 바이오매스 입자를 몰딩하기 전에 바이오매스 분말을 가열하는 단계를 포함한다. 이는 바이오매스의 배소 전에 몰딩이 수행되는 공지된 공정과 상반된다. 몰딩 전에 배소의 이점은 배소 공정이 좀 더 큰 크기의 몰드된 펠릿에 대해 바이오매스 분말의 좀 더 큰 표면 및 좀 더 작은 입경에 기인하여 좀 더 적은 에너지를 요구하며 좀 더 용이하다는 것이다. 배소가 몰딩 후 일어나는 공정에서, 일부 공정에서, 단지 외부의 몰드된 펠릿이 효과적으로 배소되고, 내부는 배소되지 않는다. 나아가, 몰드된 펠릿의 배소는 가열 단계 동안 펠릿의 균열을 초래할 수 있다. 따라서, 배소 후 몰딩은 유리한 것으로 발견되었다.
- [0133] 그러나, 공지된 공정은 몰딩이 균일하고 균질하게 성형된 펠릿 생산물을 제공하는데 필요하므로 배소 전에 몰딩을 포함한다. 배소에 투입되는 바이오매스 입자는 균일한 크기인 것이 크게 바람직하다. 다양한 형태의 목재와 같은 이전에 공지된 바이오매스 출발 물질로, 배소 전 몰딩은 목재를 좀 더 작은 입자로 파단하는데 사용되는 그라인딩 공정이 충분히 균일한 그라인딩된 생산물을 제공하지 못하므로 필요하다. 따라서, 상기 그라인딩된 입자의 몰딩은 배소를 위한 균질한 생산물을 제공하는데 필요하다. 반면, 왕겨가 바이오매스 출발 물질로서 사용되는 경우, 배소는 그라인딩이 필요하지 않거나 또는 좀 더 큰 면적, 균일한 생산물을 생산하기 위하여 단지 최소의 그라인딩이 요구되는 것 중 어느 하나인 왕겨 입자의 자연스럽게 발생하는 작고 균일한 크기에 기인하여 몰딩 전에 수행되는 것이 유리할 수 있다. 상기 생산물은 몰딩 없이 배소될 수 있으므로, 전술한 이점을 제공한다.
- [0134] 전형적으로, 전술한 바와 같은 첨가제 외에, 어떠한 기타 연료 소스도 몰딩 단계 동안 가열된 바이오매스 분말에 부가되지 않는다. 따라서, 상기 몰딩 단계의 몰드된 바이오매스 생산물(즉, 고체 바이오매스 연료)은 고체 바이오매스 연료 내의 연료 소스와 같은 바이오매스로부터 유래된 유일한 물질만을 포함한다. 예를 들어, 상기 가열된 바이오매스 생산물이 펠릿으로 몰드되는 경우, 전형적으로,
- [0135] 상기 몰딩 단계에 의해 생산된 고체 바이오매스 연료 펠릿이 바이오매스로부터 유래된 연료 소스만을 함유하도록 몰딩 전에 어떠한 기타 연료 소스도 상기 가열된 바이오매스 생산물에 부가되지 않는다. 바람직한 구현예에서, 따라서 상기 고체 바이오매스 연료는 바이오매스로부터 유래된 물질의 적어도 60중량%, 적어도 70중량%, 적어도 80중량%, 적어도 90중량% 및 바람직하게는 적어도 95중량%와 같은, 연료의 총 연료 함량의 적어도 50중량%를 포함한다. 하나 이상의 바이오매스 소스가 왕겨로 이루어지거나 또는 왕겨로 필수적으로 이루어지는 경우, 상기 바이오매스 고체 연료는 바이오매스로부터 유래된 물질의 연료의 총 연료 함량 중 적어도 95중량%를 포함한다.
- [0136] 이는 소정의 당업계에 공지된 공정과 상반되며, 여기서 고체 연료 펠릿은 몰딩 단계에서 생산되며, 상기 몰딩 단계 동안 바이오매스로부터 유래된 물질은 석탄과 같은 대안적인 연료 소스와 혼합된다. 따라서, 상기 펠릿은 바이오매스로부터 유래된 물질을 포함할 것이며, 또한 석탄과 같은 부가적인 연료 소스를 포함할 것이다.
- [0137] 용어 고체 연료의 총 연료 함량이 본원에서 사용되는 경우, 이는 바이오매스 유래 물질 및 석탄과 같은 연소성 물질인 고체 연료의 성분을 언급하도록 의도된다. 상기 용어 고체 연료와 관련된 연료 함량은 에너지를 생산하기 위하여 그 자체로 연소되지 않는 고체 연료 펠릿 내에 존재할 수 있는 첨가제를 포괄하는 것으로 의도되지 않는다.

- [0138] 상기 몰딩 단계는 또한 최종 바이오매스 고체 연료 생산물의 방수성 성질을 향상시키는 것으로 발견되었다. 상기 몰딩 단계 동안 일어나는 밀도에서의 증가는 물이 좀 더 치밀한 몰드된 바이오매스 생산물 입자를 관통하기가 어렵다는 것을 의미한다. 나아가, 좀 더 치밀한 생산물로, 좀 더 많은 바이오매스가 몰드된 생산물의 내부로 농축되며, 직접 물과 접촉하지 않는다.
- [0139] 고체 바이오매스 연료 생산물
- [0140] 상기 고체 바이오매스 연료 생산물은 전술한 물리적 성질 중 어느 것을 가질 수 있다.
- [0141] 전술한 바와 같이, 본 발명의 바이오매스 고체 연료는 바람직하게는 펠릿을 포함한다. 상기 펠릿은 어느 적합한 크기일 수 있다. 바람직하게는, 상기 펠릿은 3 mm 내지 100 mm, 좀 더 바람직하게는, 5 mm 내지 8mm의 직경을 갖는다. 바람직하게는, 상기 펠릿은 20 mm 내지 60 mm, 좀 더 바람직하게는 30 mm 내지 50 mm의 길이를 갖는다. 전술한 바와 같이, 놀랍게도, 본 발명의 고체 바이오매스 연료 생산물은 종래 기술의 공정에 의해 제조된 고체 바이오매스 연료 생산물에 비해서 향상된 방수 특성을 갖는다는 점이 발견되었다. 이는 전술한 바와 같은 몰딩 및/또는 가열 단계의 제어에 기인하는 것으로 믿어진다. 종래 기술의 바이오매스 연료는 본 발명자들에 의해 최대 10일 동안의 충분한 방수성을 갖는 것으로 발견되었다. 반면, 본 발명의 고체 바이오매스 연료 생산물은 최대 20일, 바람직하게는 30일, 좀 더 바람직하게는 40일의 충분한 방수성을 갖는다는 것이 발견되었다.
- [0142] 고체 바이오매스 연료의 방수 성질은 이하에서 더욱 상세히 기재되는, 네덜란드 에너지 연구 센터(ECN)의 표준 시험에 따라 결정된다.
- [0143] 본 발명의 바이오매스 고체 연료의 수분 함량은 표준 ECN 시험 방법에 의해 결정될 수 있다. 본 발명의 고체 바이오매스 연료의 수분 함량은 전형적으로 5 내지 9 wt%, 바람직하게는 6 내지 8 wt%, 좀 더 바람직하게는 6 내지 7 wt%이다.
- [0144] 본 발명의 고체 바이오매스 연료는 예상외로 높은 기계적 내구성을 갖는 것으로 발견되었다. 상기 기계적 내구성은 전형적으로 95%보다 높다. 이는 95% 이상의 기계적 내구성을 갖는 바이오매스 펠릿이 2달간의 기간 동안 손상 없이 옥외에 저장될 수 있다고 발견된 것이므로 유리하다. 반면, 95% 미만의 기계적 내구성을 갖는 바이오매스 펠릿은 경우에 손상되며, 옥외에 저장될 수 없다. 따라서, 높은 기계적 내구성은 본 발명의 바이오매스 펠릿의 부가적인 이점이다.
- [0145] 고체 바이오매스 연료 입자의 높은 내구성과 관련된 부가적인 이점은 펠릿이 힘에 의해 어느 정도 파괴되는 경우, 이들이 낮은 기계적 내구성을 갖는 펠릿보다 좀 더 큰 피스로 떨어진다는 것이다. 이는 어느 먼지 폭발 위험을 최소화한다.
- [0146] 전술한 바와 같이, 바람직한 구현 예에서, 전형적으로, 전술한 것과 같은 첨가제 외에, 기타 어떠한 연료 소스도 몰딩 단계 동안 가열된 바이오매스 생산물에 부가되지 않는다. 따라서, 상기 고체 바이오매스 연료는 전형적으로 고체 바이오매스 연료에서 연료 소스와 같은 바이오매스로부터 유래된 물질만을 포함한다. 예를 들어, 가열된 바이오매스 생산물이 펠릿으로 몰드되는 경우, 전형적으로, 상기 몰딩 단계에 의해 생산된 고체 바이오매스 연료 펠릿이 바이오매스로부터 유래된 연료 소스만을 함유하도록 몰딩 이전에 가열된 바이오매스 생산물에 기타 어떠한 연료 소스도 부가되지 않는다.
- [0147] 바람직한 구현 예에서, 따라서 상기 고체 바이오매스 연료는 바이오매스로부터 유래된 물질 중 적어도 60중량%, 적어도 70중량%, 적어도 80중량%, 적어도 90중량% 및 바람직하게는 적어도 95중량%와 같은 연료의 총 연료 함량의 적어도 50중량%를 포함한다. 상기 하나 이상의 바이오매스 소스가 왕겨로 이루어지거나 또는 필수적으로 이루어지는 경우, 상기 바이오매스 고체 연료는 바이오매스로부터 유래된 물질의 연료의 총 연료 함량 중 적어도 95중량%를 포함한다.
- [0148] 전형적으로, 상기 고체 바이오매스 연료는 산화제, 점화제 또는 이들의 조합을 포함하지 않는다. 예를 들어, 펠릿으로 몰드되는 경우, 바람직하게는 고체 바이오매스 연료의 펠릿은 점화기 또는 산화제를 포함하지 않으며, 산화제 및 점화기의 예는 망간 칼륨과 같이 당업계에서 공지되어 있다. 본 발명과 관련된 이점은 상기 고체 바이오매스 연료가 점화기 및 산화제를 필요로 하지 않아 효과적으로 연소될 것이라는 점이다. 이전에, 왕겨가 연료 생산물의 바이오매스 소스로서 사용되는 경우, 연료의 충분한 연소를 위하여 그 안에 점화기 및 산화제를 포함하는 것이 요구되었다.
- [0149] 부가적으로, 전술한 바와 같이, 바람직하게는, 본 발명의 고체 바이오매스 연료 생산물은 석탄과 같은 화석 연

료와 같은 부가저건 연료 소스를 포함하지 않는다. 이전에, 왕겨가 연료용 바이오매스의 소스로서 사용되는 경우, 왕겨는 석탄과 조합되어 효과적으로 연소되고 연소 공정 동안 충분한 에너지를 제공하였다. 본 발명의 예측 가능하지 않은 이점은 고체 바이오매스 연료 생산물이 석탄을 포함할 필요가 없거나 또는 연소 공정 동안 충분한 에너지를 제공하기 위하여 효과적으로 연소될 어느 기타의 부가제를 포함할 필요가 없다는 점이다.

[0150] 이론에 한정되는 것은 아니나, 몰딩 단계 동안 밀도의 제어 및 전술한 가열 단계 동안 균일함의 제어가 최종 바이오매스 고체 연료 펠릿이 석탄 및 점화제 또는 점화기 화합물 및 바이오매스를 포함하도록 몰딩 단계 동안 산화제 또는 점화기 화합물 및 석탄을 부가할 필요가 없게 상기 생산물이 효과적으로 연소될 수 있도록 본 발명의 바이오매스 고체 연료 생산물 상에 뛰어난 성능적 특성을 부여한다.

[0151] 연소 공정

[0152] 본 발명의 생산물은 여러가지 다른 연소 공정에서 사용될 수 있다. 특정 공정에 사용하기 위한 생산물의 적합성은 당업자에게 명백할 것이다. 예를 들어, 본 발명의 바이오매스 연료는 그 자체로 산업 공정에서 또는 발전소에서 연소 공정에 사용될 수 있다. 대안적으로, 본 발명의 바이오매스 생산물은 공-소성 공정에서 석탄과 같은 부가적인 연료와 함께 연소 공정에서 사용될 수 있다.

[0153] 유리하게, 본 발명의 생산물은 당업계에 공지된 기타 바이오매스 연료에 비해서 매우 낮은 PM1.0 배출을 제공하는 것으로 발견되었다. 부가적으로, 상기 공정의 PM1.0 배출은 석탄의 연소를 포함하는 공정보다 더욱 낮다.

[0154] 유리하게는, 본 발명의 바이오매스 연료의 개선된 물리적 성질은 석탄과의 공-소성에 바이오매스를 특히 적합하게 하는 것으로 발견되었다. 예를 들어, 생산물의 개선된 품질 및 균일성은 본 발명의 바이오매스 연료를 석탄과 특히 잘 공-소성될 수 있도록 한다. 본 발명의 바이오매스 연료의 개선된 방수 성질은 또한 상기 바이오매스가 석탄과 공-소성되는데 특히 적합하며 방수 성질에 기인하여 저장 및 수송을 더욱 쉽게 한다는 것을 의미한다.

[0155] 실시예 1

[0156] 본 발명에 따른 공정이 수행되었다. 상기 바이오매스의 소스는 왕겨 단독이었다. 가열 단계의 온도는 0.4 내지 2 시간의 기간 동안 220°C 내지 280°C이었다. 가열 단계 후, 상기 가열된 왕겨는 냉각된 후 몰드되어 고체 바이오매스 연료를 얻었다.

[0157] 상기 고체 생산물의 사진을 도 5에 나타낸다.

[0158] 실시예 2

[0159] 본 발명에 따른 공정이 수행되었다. 바이오매스의 소스는 75중량% 왕겨 및 25중량% 목재였다. 상기 가열 단계의 온도는 0.4 내지 2 시간의 기간 동안 220°C 내지 280°C이었다. 가열 단계 후, 상기 가열된 바이오매스 생산물은 냉각된 후 몰드되어 고체 바이오매스 연료를 얻었다.

[0160] 실시예 3

[0161] 본 발명에 따른 공정이 수행되었다. 바이오매스의 소스는 50중량% 왕겨 및 50중량% 목재였다. 가열 단계의 온도는 0.4 내지 2 시간의 기간 동안 220°C 내지 280°C였다. 가열 단계 후, 가열된 바이오매스 생산물이 냉각된 후 몰드되어 고체 바이오매스 연료를 얻었다.

[0162] 실시예 4

[0163] 본 발명에 따른 공정이 수행되었다. 상기 바이오매스의 소스는 25중량% 왕겨 및 75중량% 혼합 수종이었다. 상기 가열 단계의 온도는 0.4 내지 2 시간의 기간 동안 220°C 내지 280°C였다. 가열 단계 후, 가열된 바이오매스 생산물이 냉각된 후 몰드되어 고체 바이오매스 연료를 얻었다.

[0164] 실시예 5

[0165] 본 발명에 따른 공정이 수행되었다. 바이오매스의 소스는 75중량% 왕겨 및 25중량%의 캘리엔드라 캘로사이르시스였다. 가열 단계의 온도는 0.4 내지 2 시간의 기간 동안 220°C 내지 280°C이었다. 가열 단계 후, 가열된 바이오매스 생산물이 냉각된 후 몰드되어 고체 바이오매스 연료를 얻었다.

[0166] 실시예 6

[0167] 본 발명에 따른 공정이 수행되었다. 바이오매스의 소스는 50중량% 왕겨 및 50중량% 캘리엔드라 캘로사이르시스

였다. 가열 단계의 온도는 0.4 내지 2 시간의 기간 동안 220℃ 내지 280℃이었다. 가열 단계 후, 가열된 바이오매스 생산물이 냉각된 후 몰드되어 고체 바이오매스 연료를 얻었다.

- [0168] 실시예 7
- [0169] 본 발명에 따른 공정이 수행되었다. 바이오매스의 소스는 25중량% 왕겨 및 75중량% 캘리엔드라 캘로사이르시스였다. 가열 단계의 온도는 0.4 내지 2 시간 동안 220℃ 내지 280℃이었다. 가열 단계 후, 가열된 바이오매스 생산물이 냉각된 후 몰드되어 고체 바이오매스 연료를 얻었다.
- [0170] 실시예 1 내지 7에서 생산된 고체 바이오매스 연료의 특성
- [0171] 실시예 1 내지 7에서 생산된 고체 바이오매스 연료의 벌크 밀도(kg/L)는 DIN EN 15103를 사용하여 측정되었으며, 도 6에 나타난다.
- [0172] 실시예 1 내지 7에서 제조된 고체 바이오매스 연료의 내구성은 DIN EN 15210-1에 따라 결정되었으며 도 7에 나타난다.
- [0173] 실시예 1 내지 7에서 제조된 고체 바이오매스 연료의 황 함량을 도 8에 나타낸다. 황 함량은 DIN EN 15289에 따라 결정된다.
- [0174] 실시예 1 내지 7에서 제조된 고체 바이오매스 연료의 산소 함량은 도 9에 나타낸다. 산소 함량은 DIN EN 15296에 따라 결정되었다.
- [0175] 실시예 1 내지 7에서 제조된 고체 바이오매스 연료의 탄소 함량은 도 10에 나타낸다. 탄소 함량은 DIN EN 15104에 따라 결정된다.
- [0176] 실시예 1 내지 7에서 제조된 고체 바이오매스 연료의 질소 함량은 도 11에 나타낸다. 질소 함량은 DIN EN 15104에 따라 결정된다.
- [0177] 실시예 1 내지 7에서 제조된 고체 바이오매스 연료의 고정 탄소 함량은 도 12에 나타낸다. 상기 고정 탄소 함량은 DIN EN 51734에 따라 결정된다.
- [0178] 실시예 1 내지 7에서 제조된 고체 바이오매스 연료의 회분은 도 13에 나타낸다. 상기 회분은 550 °C에서 DIN EN 14775에 따라 결정되었다.
- [0179] 실시예 1 내지 7에서 제조된 고체 바이오매스 연료의 수분 함량은 도 14에 나타낸다. 물 함량은 DIN EN 14774-2에 따라 결정되었다.
- [0180] 실시예 1 내지 7에서 제조된 고체 바이오매스 연료의 휘발물 함량은 도 15에 나타낸다. 실시예 1 내지 7에서 제조된 고체 바이오매스 연료의 PM1.0 배출은 도 16에 나타낸다. 상기 PM1.0 배출은 German ECN 검사소의 표준 방법에 따라 결정되었다.
- [0181] 상기 도면에서, 실시예 1의 생산물은 A로 나타내고, 실시예 2의 생산물은 B로 나타내며, 실시예 3의 생산물은 C로 나타내고, 실시예 4의 생산물은 D로 나타내며, 실시예 5의 생산물은 E로 나타내고, 실시예 6의 생산물은 F로 나타내며, 실시예 7의 생산물은 G로 나타낸다.
- [0182] 실시예 8
- [0183] 실시예 1의 고체 바이오매스 연료가 인공 기후 실험에서 시험되었으며, 여기서 10일 동안 인공 기후 실험실에 노출되었다. 상기 시험은 바이오매스 연료 입자의 수분 함량을 검증하기 위한 ECN 표준 시험이다.
- [0184] 상기 시험의 결과를 도 17에 나타낸다. 도 17에서의 결과는 바이오매스 입자의 평균 수분 흡수량은 90%의 상대 습도 및 27 °C에서의 약 14일의 노출 후 6 내지 7 wt%에서 안정화되었음을 나타낸다. 이는 바이오매스 연료 입자의 낮은 수분 함량이며, 바이오매스 입자가 종래에 공지된 바이오매스 고체 연료에 비해서 높은 소수성 및 높은 물 저항성을 가짐을 나타낸다.
- [0185] 기후 실험실 내에서의 제2의 실험에서, 상기 바이오매스 고체 연료는 27 °C의 온도에서 15분 동안 물에 침지되었고 기후 실험실에 노출되었다. 물에 침지 후, 상기 샘플의 수분 함량은 90중량%였다. 기후 실험실에서 10일의 노출 후, 상기 연료의 수분 함량은 약 7.6%에서 안정화되었다. 결과를 도 18 및 도 19에 나타낸다. 입자의 침지는 10일 후 달성된 평형 수분 함량에 어떠한 영향도 미치지 않았다.
- [0186] 실시예 9

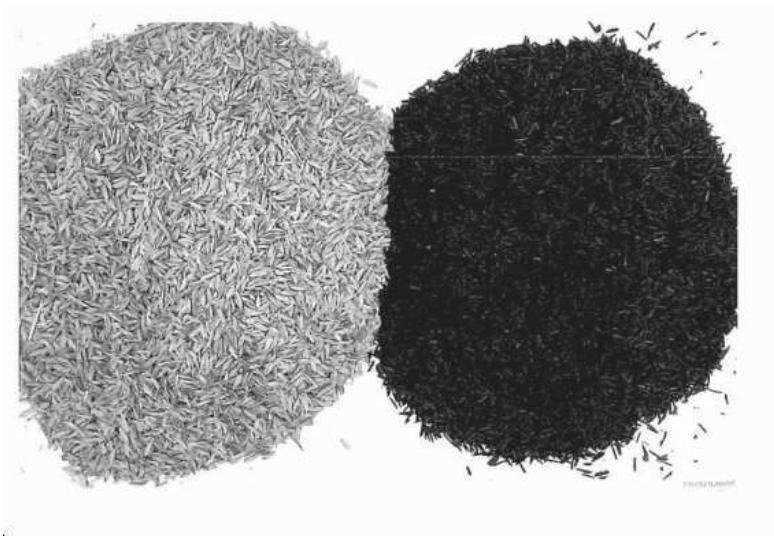
[0187] 기후 실험실 시험이 실시예 1 내지 7의 생산물에 대해서 반복되었다.

[0188] 도 20은 실시예 1 내지 7의 생산물의 표면 수분 함량을 나타낸다. 상기 바이오매스 입자의 실제 수분 함량 및 표면 수분이 매우 유사함을 알 수 있다.

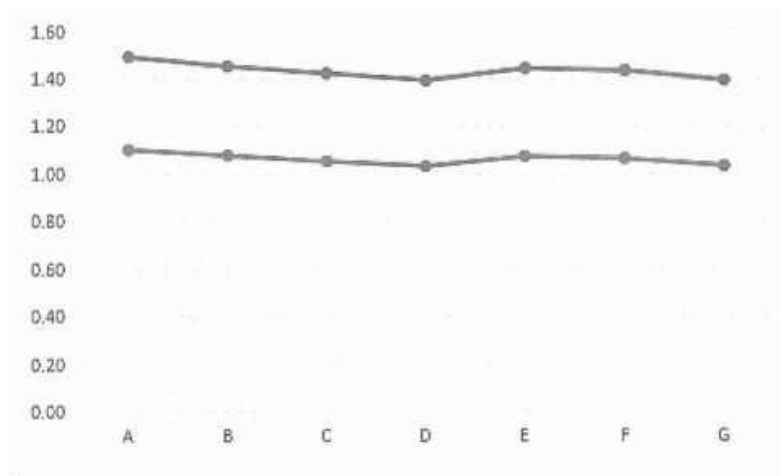
[0189] 도 17 내지 20에서, y-축 상의 값은 바이오매스 입자 내의 수분의 중량%이다.

도면

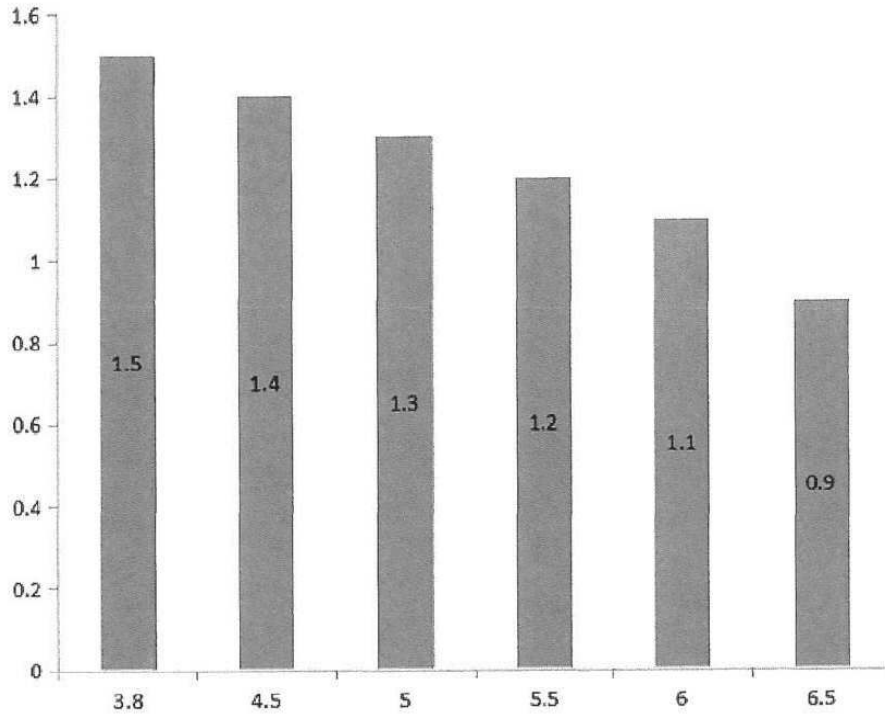
도면1



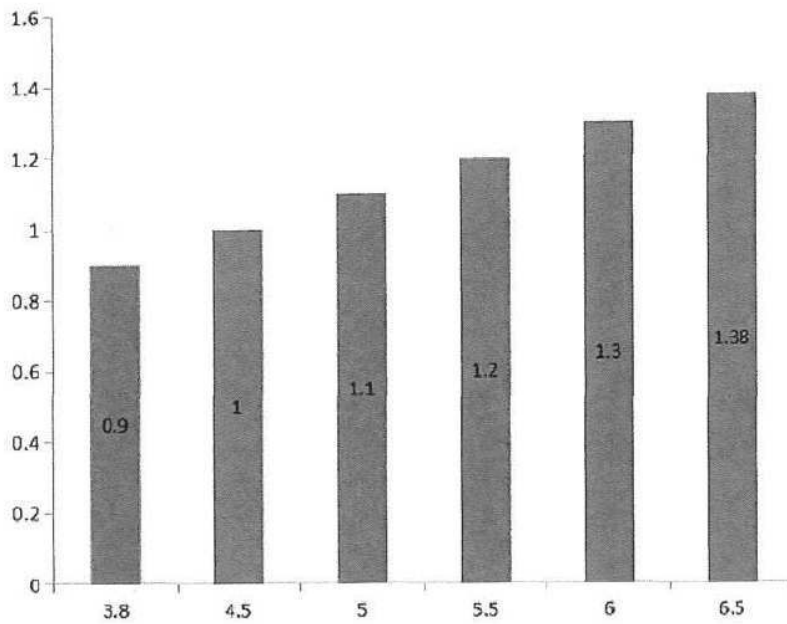
도면2



도면3



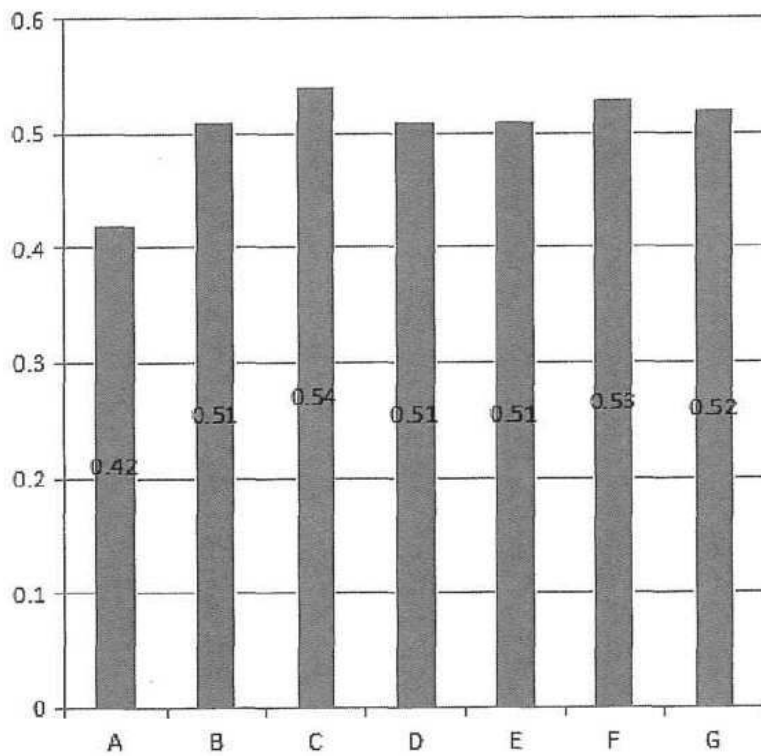
도면4



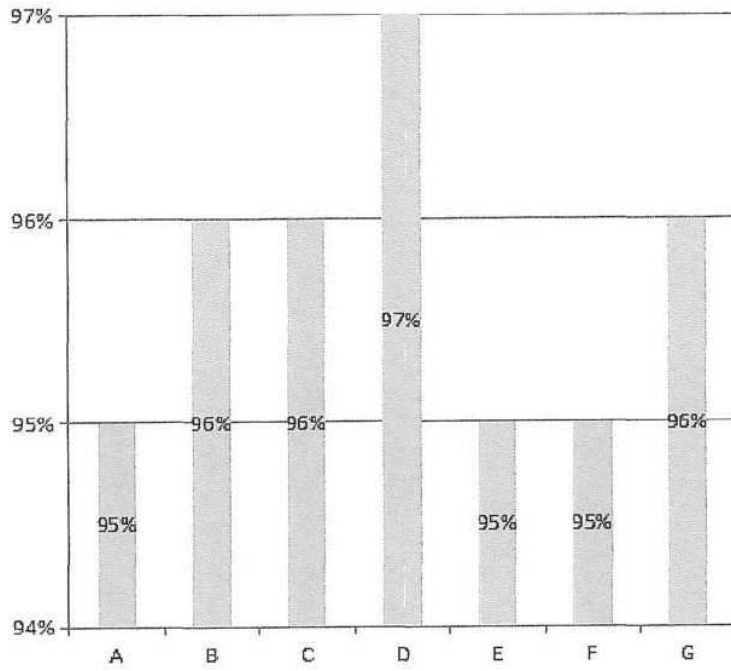
도면5



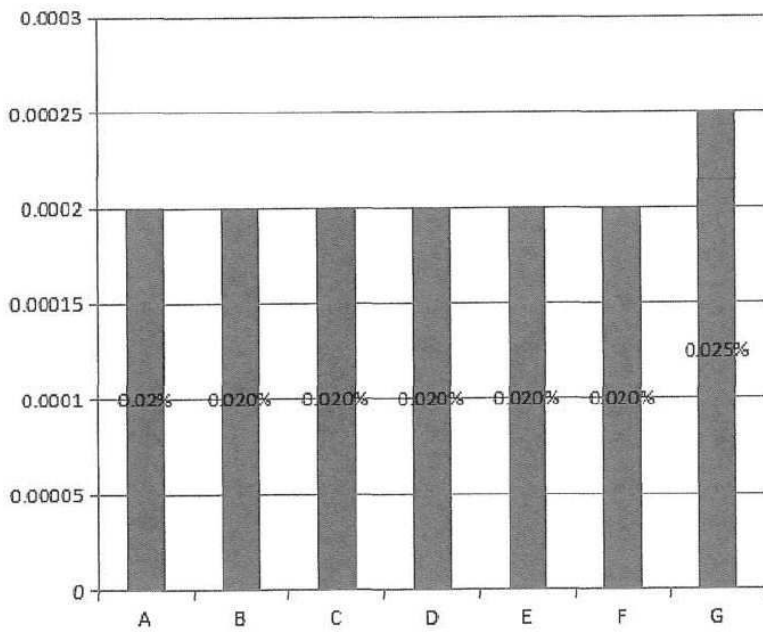
도면6



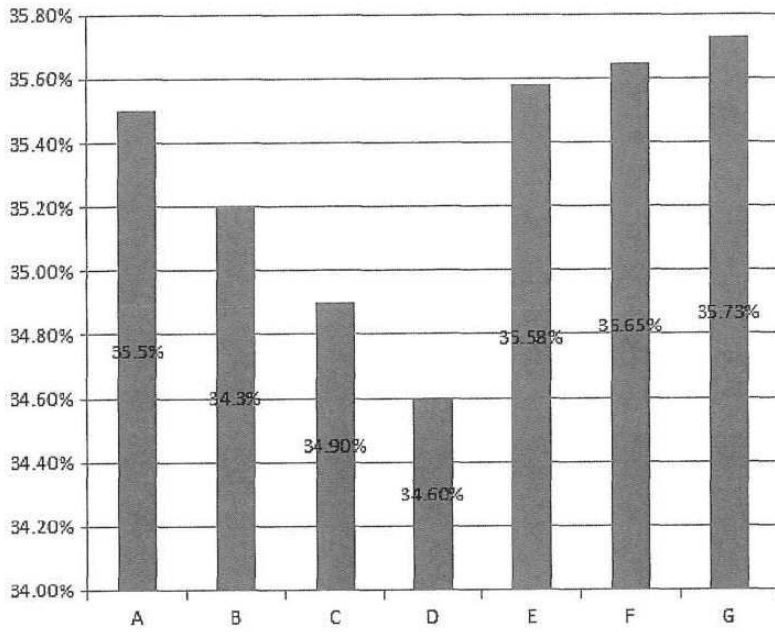
도면7



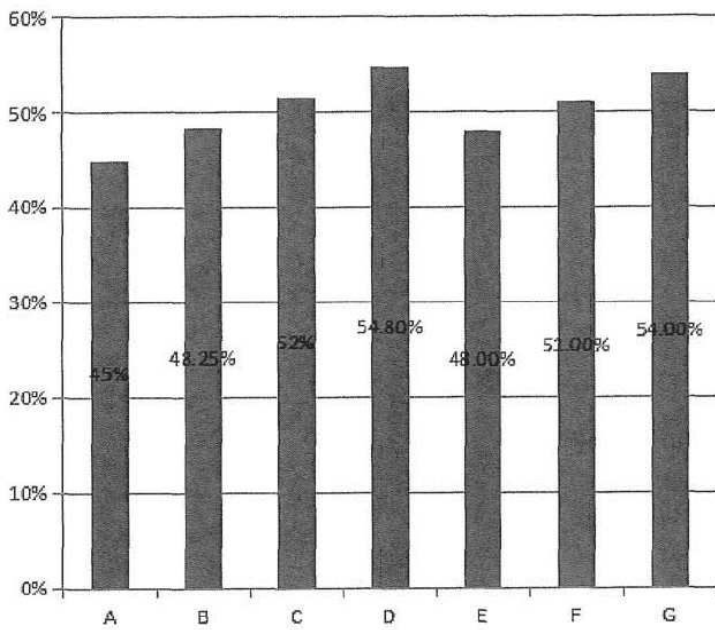
도면8



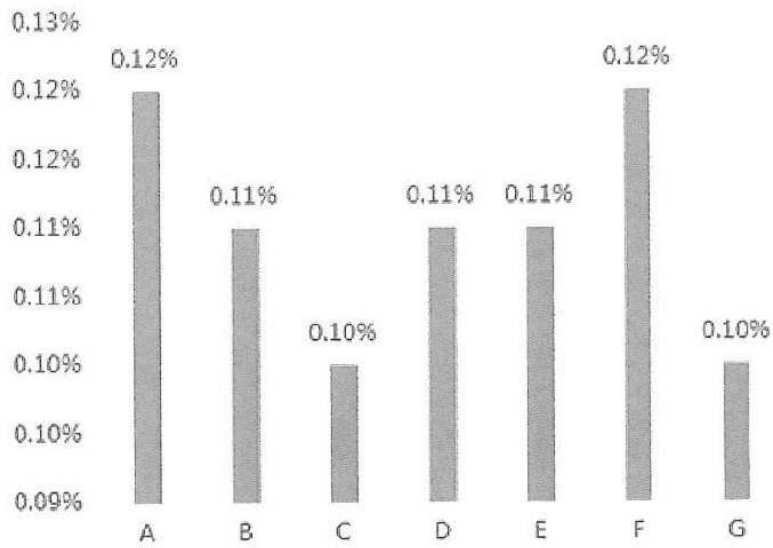
도면9



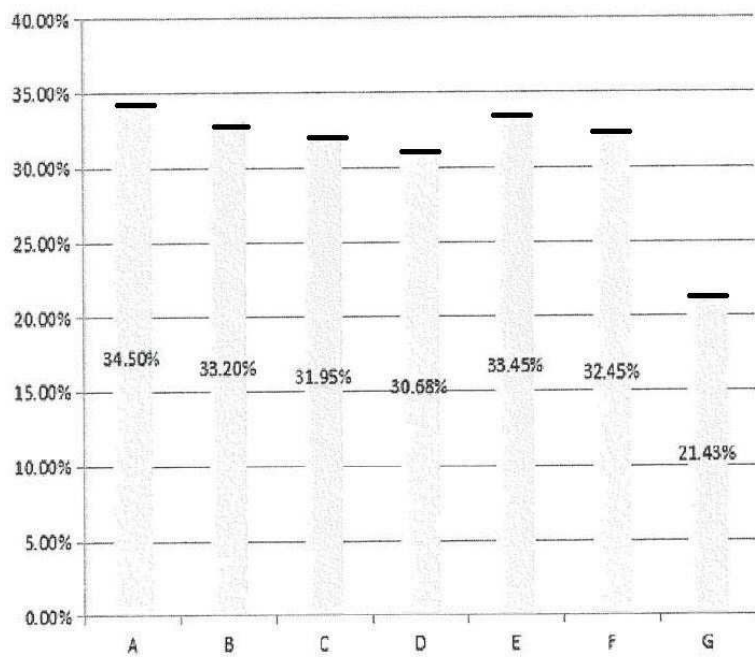
도면10



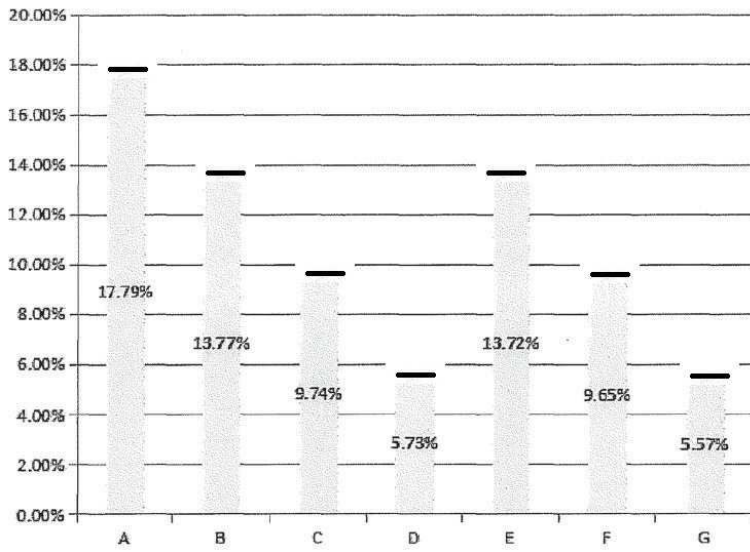
도면11



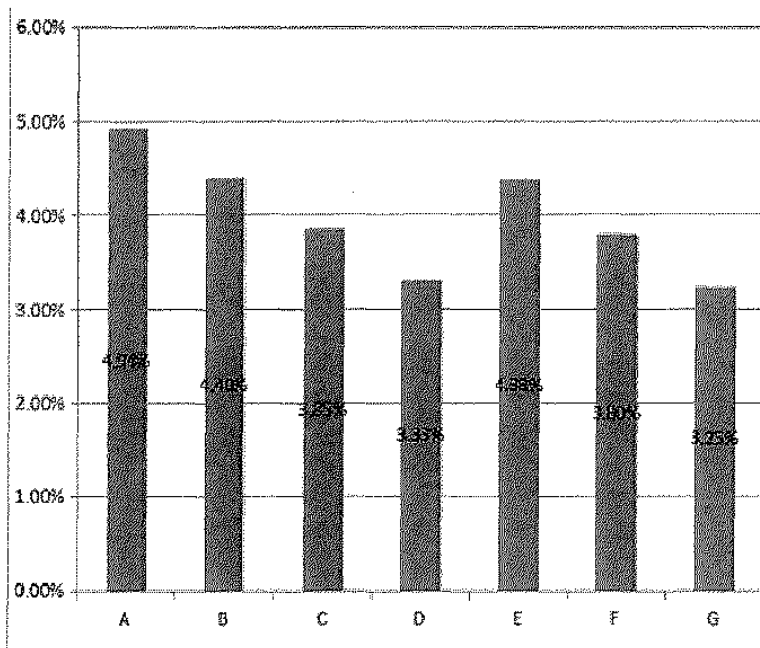
도면12



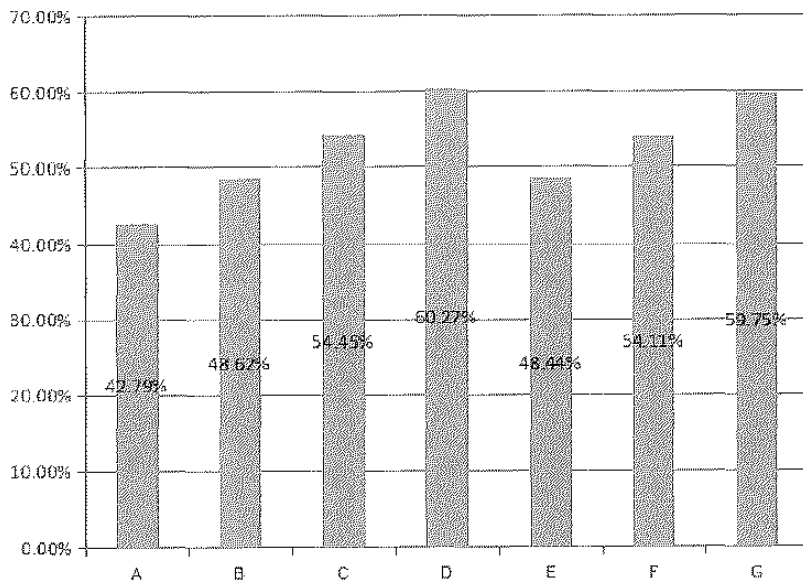
도면13



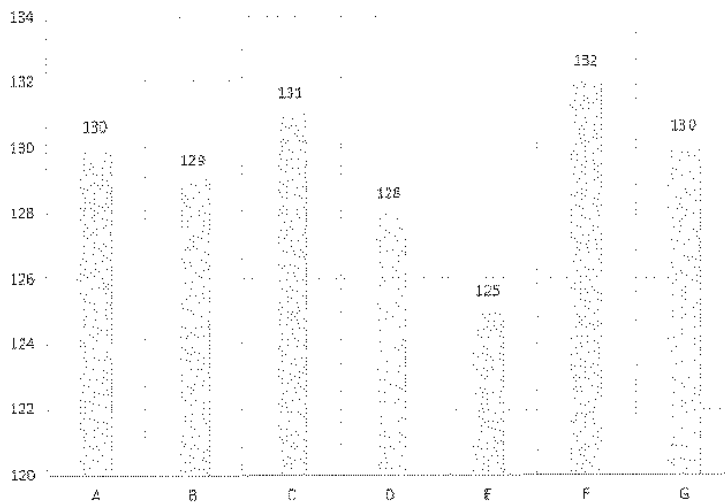
도면14



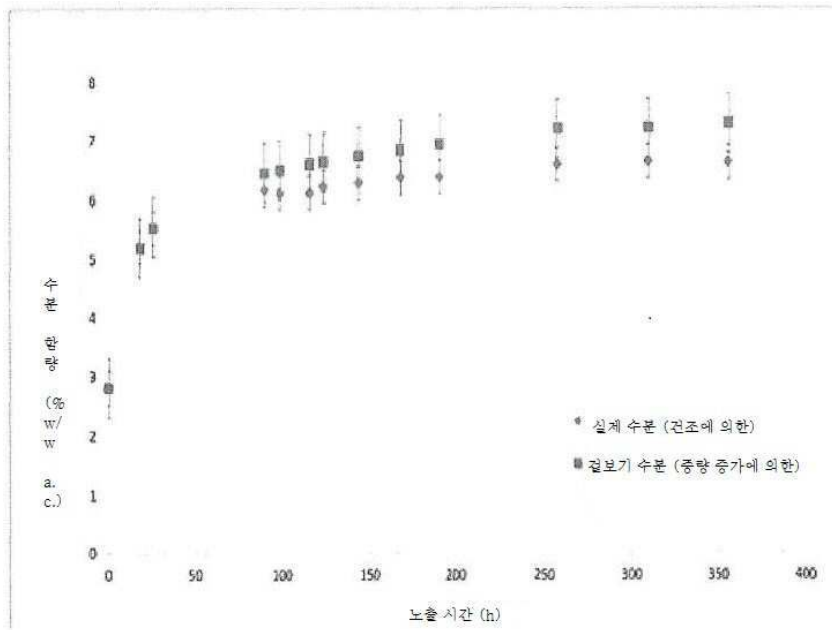
도면15



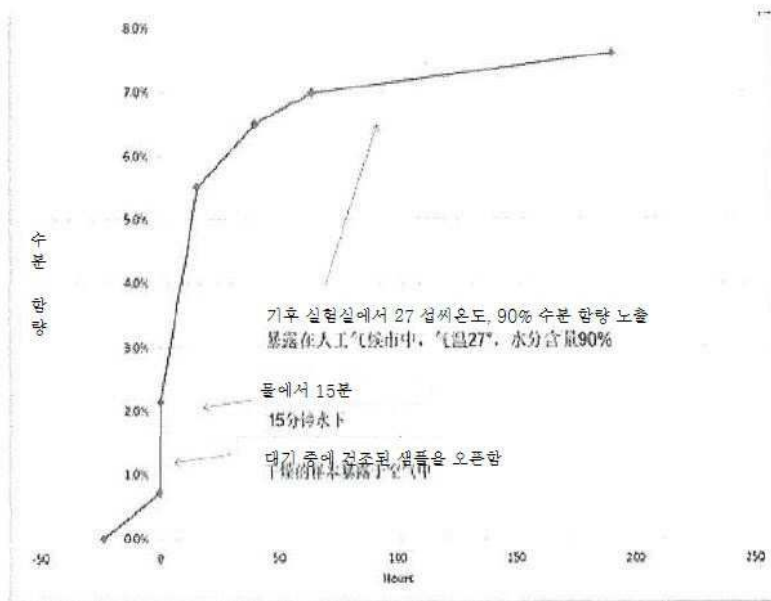
도면16



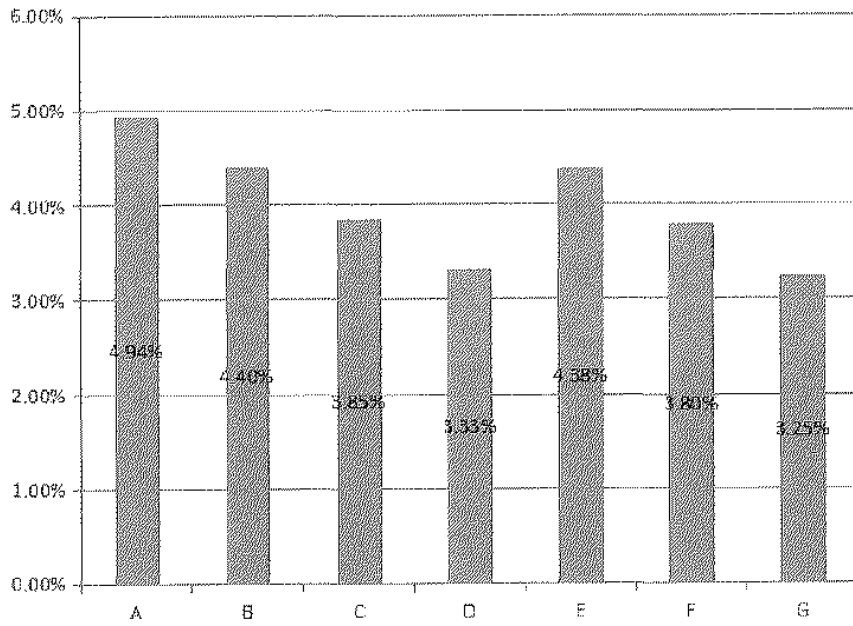
도면17



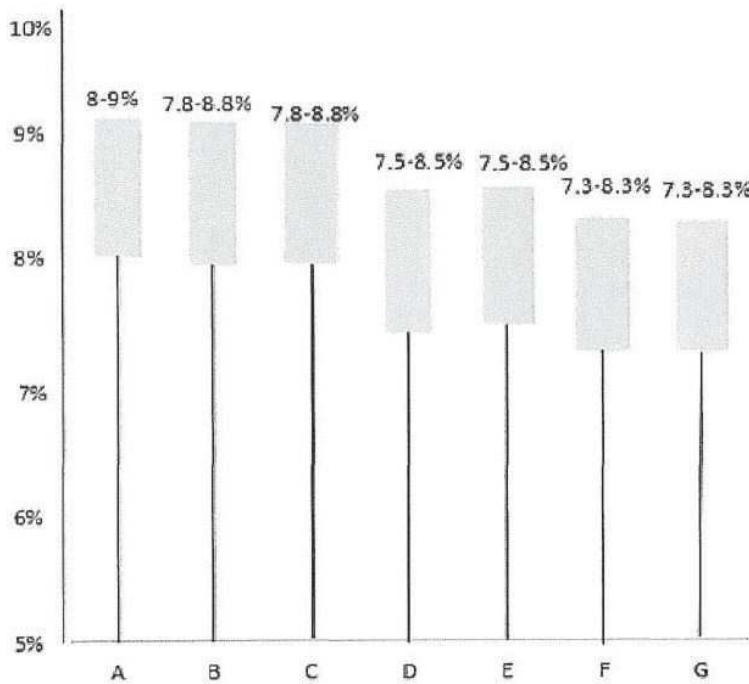
도면18



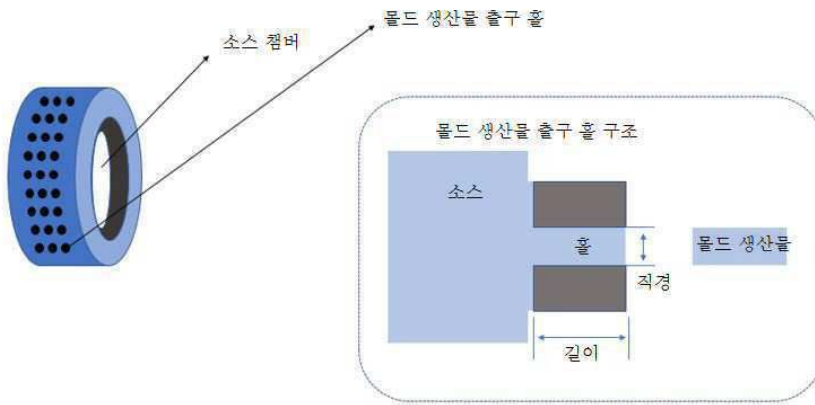
도면19



도면20



도면21



압축 비율: 링 몰드 드레인 홀의 직경에 대한 길이의 비율

$$\text{압축 비율} = \text{길이} / \text{직경}$$