



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2017-0101982  
(43) 공개일자 2017년09월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C10B 57/06 (2006.01) C10L 5/04 (2006.01)  
C10L 5/36 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
C10B 57/06 (2013.01)  
C10L 5/04 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2017-7021469  
(22) 출원일자(국제) 2015년12월30일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2017년07월31일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/068117  
(87) 국제공개번호 WO 2016/109704  
국제공개일자 2016년07월07일  
(30) 우선권주장  
62/098,935 2014년12월31일 미국(US)

(71) 출원인  
선코크 테크놀로지 앤드 디벨로프먼트 엘엘씨  
미국 일리노이주 60532 리슬 와렌빌 로드 1011 스  
위트 600  
(72) 발명자  
퀸시 존 프란시스  
미국 60532 일리노이주 리슬 와렌빌 로드 1011 6  
층  
아흐메드 시에드  
미국 60503 일리노이주 오로라 할스테드 레인  
2258  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 50 항

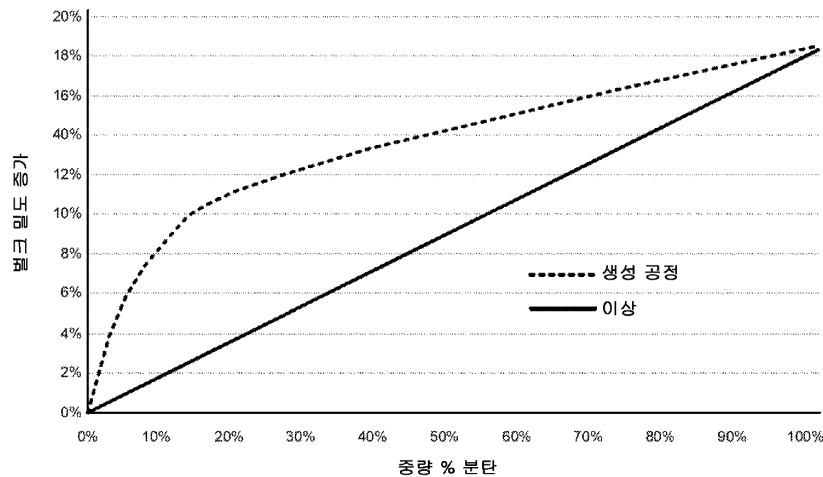
(54) 발명의 명칭 **코킹 재료의 다중 모달 베드**

**(57) 요약**

본 기술은 일반적으로 코킹 오븐에 장입하기 위해 코킹 재료의 베드를 제공하는 것에 관한 것이다. 다양한 실시예에서, 코킹 재료의 다중 모달 베드를 형성하도록 제1 미립자 크기 및 벌크 밀도를 갖는 제1 미립자 재료의 양은 제2 미립자 크기 및 벌크 밀도를 갖는 제2 미립자 재료와 결합된다. 코킹 재료의 다중 모달 베드는 개별 재료의 벌크 밀도를 선형 조합함으로써 예측된 이상적인 벌크 밀도보다 큰 최적화된 벌크 밀도를 나타낸다.

**대표도**

벌크 밀도 V 분탄 미세물



(52) CPC특허분류  
*C10L 5/36* (2013.01)

**보제 제프**

미국 60532 일리노이주 리슬 와렌빌 로드 1011 6층

(72) 발명자

**샤펜 제이크**

미국 60532 일리노이주 리슬 와렌빌 로드 1011 6층

**퍼킨스 조나단**

미국 60532 일리노이주 리슬 와렌빌 로드 1011 6층

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

코크스를 제조하는 공정에서 코킹 오븐에 장입하기 위해 2 개 이상의 재료의 다중 모달 베드를 준비하는 방법으로서,

제1 미립자 크기를 갖는 제1 미립자 재료의 양을 제공하는 단계와,

제2 미립자 크기를 갖는 제2 미립자 재료의 양을 제공하는 단계 - 상기 제2 미립자 크기는 제1 미립자 크기보다 작음 - 와,

재료의 다중 모달 베드를 형성하도록 제1 미립자 재료를 제2 미립자 재료와 결합시키는 단계와,

코킹 오븐에서 재료의 다중 모달 베드를 처리하는 단계를 포함하는, 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 미립자 재료는 50 %가 1/8 인치 스크린을 통과하는 크기와 99 %가 1/8 인치 스크린을 통과하는 크기 사이의 제1 미립자 크기를 갖는 탄소 함유 재료인, 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제1 미립자 재료는 8 메시 크기와 16 메시 크기 사이의 제1 미립자 크기를 갖는 탄소 함유 재료인, 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료는 30 메쉬보다 작은 제2 미립자 크기를 갖는 탄소 함유 재료인, 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료는 60 메쉬보다 작은 제2 미립자 크기를 갖는 탄소 함유 재료인, 방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료는 100 메쉬보다 작은 제2 미립자 크기를 갖는 탄소 함유 재료인, 방법.

#### 청구항 7

제1항에 있어서, 재료의 다중 모달 베드를 형성하도록 상기 제1 미립자 재료를 상기 제2 미립자 재료와 결합하기 전에 상기 제2 미립자 재료를 건조시키는 단계를 더 포함하는, 방법.

#### 청구항 8

제1항에 있어서, 재료의 다중 모달 베드를 형성하도록 상기 제1 미립자 재료를 상기 제2 미립자 재료와 결합하기 전에 상기 제1 미립자 재료에 현탁제를 추가하는 단계를 더 포함하는, 방법.

#### 청구항 9

제8항에 있어서, 재료의 다중 모달 베드를 형성하도록 상기 제1 미립자 재료를 상기 제2 미립자 재료와 결합하기 전에 상기 제2 미립자 재료를 건조시키는 단계를 더 포함하는, 방법.

#### 청구항 10

제8항에 있어서, 상기 현탁제는 유체 탄화수소로 구성되는, 방법.

#### 청구항 11

제10항에 있어서, 상기 현탁제는 오일, 타르, 피치 및 디젤 중 적어도 하나로 구성되는, 방법.

**청구항 12**

제1항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 상기 재료의 다중 모달 베드의 대략 10 중량 % 내지 50 중량 %인, 방법.

**청구항 13**

제12항에 있어서, 상기 제1 미립자 재료는 실질적으로 석탄으로 구성되고, 상기 제2 미립자 재료는 실질적으로 분탄으로 구성되는, 방법.

**청구항 14**

제1항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 상기 재료의 다중 모달 베드의 대략 5 중량 % 내지 10 중량 %인, 방법.

**청구항 15**

제1항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 상기 재료의 다중 모달 베드의 대략 5 중량 % 미만인, 방법.

**청구항 16**

제1항에 있어서, 상기 제1 미립자 재료는 실질적으로 탄소 함유 재료로 구성되고, 상기 제2 미립자 재료는 무연탄; 분탄; 페트 코크스; 바이오 숯; 생체 적합 재료; 갈탄; 메트 석탄; 열 석탄; 코크스; 페드 석탄; 및 페드 코크스를 포함하는 재료의 그룹으로부터 선택되는, 방법.

**청구항 17**

제1항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료는 비 탄소 함유 불활성 재료로 구성되는, 방법.

**청구항 18**

제1항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료는 탄소 함유 불활성 재료로 구성되는, 방법.

**청구항 19**

제1항에 있어서, 상기 제1 미립자 재료는 제1 벌크 밀도를 가지며, 상기 제2 미립자 재료는 제2 벌크 밀도를 가지며, 상기 재료의 다중 모달 베드는 상기 제1 벌크 밀도보다 높은 제3 벌크 밀도를 갖는, 방법.

**청구항 20**

제1항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 10 % 미만의 수분을 포함하는, 방법.

**청구항 21**

제20항에 있어서, 상기 제1 미립자 재료의 양은 15 % 미만의 수분을 포함하는, 방법.

**청구항 22**

제1항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 5 % 미만의 수분을 포함하는, 방법.

**청구항 23**

제22항에 있어서, 상기 제1 미립자 재료의 양은 10 % 미만의 수분을 포함하는, 방법.

**청구항 24**

제1항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 1 % 미만의 수분을 포함하는, 방법.

**청구항 25**

제24항에 있어서, 상기 제1 미립자 재료의 양은 5 % 미만의 수분을 포함하는, 방법.

**청구항 26**

제1항에 있어서, 상기 제1 미립자 재료의 양은 제1 수분 함량을 포함하고, 상기 제2 미립자 재료의 양은 제2 수분 함량을 포함하고, 상기 제1 수분 함량과 상기 제2 수분 함량 간의 차이는 14 % 미만인, 방법.

**청구항 27**

제1항에 있어서, 재료의 다중 모달 베드는 제1 미립자 재료만으로 형성된 유사한 크기의 종래 베드의 장입 중량을 초과하는 장입 중량을 가지며, 이에 따라 코킹 오븐에서 재료의 다중 모달 베드를 처리하는 단계는, 제1 미립자 재료만으로 형성된 유사한 크기의 종래 베드에 대한 예상 질량/톤 처리 속도보다 큰 질량/톤 처리 속도를 나타내는, 방법.

**청구항 28**

제1항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 적어도 부분적으로 코킹 오븐에서 재료의 베드의 이전 처리 동안 생성된 재생 미세물로 구성되는, 방법.

**청구항 29**

제1항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 제2 미립자 크기로 분쇄된 제1 미립자 재료의 양의 일부로 구성되는, 방법.

**청구항 30**

제1항에 있어서, 제2 미립자 재료의 양은 제1 미립자 크기보다 작고, 제1 미립자 재료로부터 스크리닝되고, 제2 미립자 크기로 분쇄되는, 제1 미립자 재료의 양의 일부로 구성되는, 방법.

**청구항 31**

제1항에 있어서, 0.85 sg 내지 1.2 sg의 밀도로 재료의 다중 모달 베드를 스탬프 장입하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 32**

제1항에 있어서, 1.2 sg 초과 밀도로 재료의 다중 모달 베드를 스탬프 장입하는 단계를 더 포함하는, 방법.

**청구항 33**

코크스를 제조하는 공정에서 코킹 오븐에 장입하기 위해 재료의 다중 모달 베드를 준비하는 방법으로서,  
 제1 미립자 크기 분포를 갖는 제1 미립자 재료와 상기 제1 미립자 크기 분포보다 작은 제2 미립자 크기 분포를 갖는 제2 미립자 재료를 분쇄기에서 결합시키는 단계와,  
 상기 제1 미립자 재료가 상기 제1 미립자 크기 분포보다 작지만 상기 제2 미립자 크기 분포보다 큰 제3 미립자 크기 분포로 분쇄되도록 분쇄기를 작동시키는 단계 - 재료의 다중 모달 베드를 형성하도록 상기 제1 미립자 재료와 상기 제2 미립자 재료를 적어도 부분적으로 서로 혼합함 - 와,  
 코킹 오븐에서 재료의 다중 모달 베드를 처리하는 단계를 포함하는, 방법.

**청구항 34**

제33항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 상기 재료의 다중 모달 베드의 대략 50 중량 % 미만인, 방법.

**청구항 35**

제34항에 있어서, 상기 제1 미립자 재료는 실질적으로 탄소 함유 재료로 구성되고, 상기 제2 미립자 재료는 무연탄; 분탄; 페트 코크스; 바이오 숯; 생체 적합 재료; 갈탄; 메트 석탄; 열 석탄; 코크스; 페드 석탄; 및 페드 코크스를 포함하는 재료의 그룹으로부터 선택되는, 방법.

**청구항 36**

제33항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 상기 재료의 다중 모달 베드의 대략 10 중량 % 미만인, 방법.

**청구항 37**

제36항에 있어서, 상기 제1 미립자 재료는 실질적으로 탄소 함유 재료로 구성되고, 상기 제2 미립자 재료는 실질적으로 분탄으로 구성되는, 방법.

**청구항 38**

제33항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 적어도 부분적으로 코킹 오븐에서 재료의 베드의 이전 처리 동안 생성된 재생 재료로 구성되는, 방법.

**청구항 39**

제33항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 제2 미립자 크기 분포로 분쇄된 제1 미립자 재료의 양의 일부로 구성되는, 방법.

**청구항 40**

제33항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 30 메쉬보다 작은 제2 미립자 크기 분포로 분쇄되는, 방법.

**청구항 41**

제40항에 있어서, 제2 미립자 재료의 양은 제1 미립자 재료를 결합시키는 단계 이전에 12 % 미만의 수분 함량으로 건조되는, 방법.

**청구항 42**

제33항에 있어서, 상기 제2 미립자 재료는 100 메쉬보다 작은 제2 미립자 크기 분포를 갖는 탄소 함유 재료인, 방법.

**청구항 43**

제42항에 있어서, 제2 미립자 재료의 양은 제1 미립자 재료를 결합시키는 단계 이전에 1 % 미만의 수분 함량으로 건조되는, 방법.

**청구항 44**

코크스를 제조하는 공정에서 코킹 오븐에 장입하기 위해 2 개 이상의 재료의 다중 모달 베드를 준비하는 방법으로서,

제1 벌크 밀도를 갖는 제1 미립자 재료의 양을 제공하는 단계와,

제2 벌크 밀도를 갖는 제2 미립자 재료의 양을 제공하는 단계와,

재료의 다중 모달 베드를 형성하도록 제1 미립자 재료를 제2 미립자 재료와 결합시키는 단계 - 상기 재료의 다중 모달 베드는 제1 미립자의 양과 제2 미립자의 양의 벌크 밀도의 중량 합에 의해 계산된 밀도보다 높은 제3 밀도를 가짐

코킹 오븐에서 재료의 다중 모달 베드를 처리하는 단계를 포함하는, 방법.

**청구항 45**

코킹 재료의 다중 모달 베드으로서,,

제1 벌크 밀도를 갖는 제1 미립자 코킹 재료의 양과,

제2 벌크 밀도를 갖는 제2 미립자 코킹 재료의 양을 포함하며,

상기 제1 미립자 코킹 재료 및 제2 미립자 코킹 재료는, 제1 미립자 코킹 재료의 양과 제2 미립자 코킹 재료의 양의 벌크 밀도의 중량 합에 의해 계산된 밀도보다 높은 제3 밀도를 갖는 재료의 다중 모달 베드를 형성하도록 서로 조합되는, 다중 모달 베드.

**청구항 46**

제45항에 있어서, 상기 제1 미립자 코킹 재료는 실질적으로 탄소 함유 재료로 구성되고, 상기 제2 미립자 코킹 재료는 무연탄; 분탄; 펄트 코크스; 바이오 숯; 생체 적합 재료; 갈탄; 메트 석탄; 열 석탄; 코크스; 패드 석탄; 및 패드 코크스를 포함하는 재료의 그룹으로부터 선택되는, 다중 모달 베드.

**청구항 47**

제45항에 있어서, 상기 제2 미립자 코킹 재료의 양은 상기 재료의 다중 모달 베드의 대략 10 중량 % 미만인, 다중 모달 베드.

**청구항 48**

제47항에 있어서, 상기 제1 미립자 코킹 재료는 실질적으로 탄소 함유 재료로 구성되고, 상기 제2 미립자 코킹 재료는 실질적으로 분탄으로 구성되는, 다중 모달 베드.

**청구항 49**

제45항에 있어서, 상기 제1 미립자 코킹 재료의 양은 제1 수분 함량을 포함하고, 상기 제2 미립자 코킹 재료의 양은 제2 수분 함량을 포함하고, 상기 제1 수분 함량과 상기 제2 수분 함량 간의 차이는 14 % 미만인, 다중 모달 베드.

**청구항 50**

제45항에 있어서, 상기 제1 미립자 코킹 재료의 양은 제1 미립자 크기 분포에 의해 한정되고, 상기 제2 미립자 코킹 재료의 양은 제2 미립자 크기 분포에 의해 한정되며, 상기 제1 미립자 크기 분포 및 상기 제2 미립자 크기 분포는 서로 상이한, 다중 모달 베드.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 출원은 2014년 12월 31일자로 출원된 미국 가특허 출원 제62/098,935호의 우선권의 이익을 주장하며, 그 개시 내용은 그 전체가 참조에 의해 본원에 통합된다.

[0002] 본 기술은 일반적으로 이상적인 혼합 법칙에 의해 예측된 것보다 높은 밀도를 갖는 코킹 재료의 베드를 형성하기 위해, 상이한 크기를 갖는 2 개 이상의 재료를 조합한 것에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 철 및 강철은 세계 경제의 중요한 부분이다. 세계 철강 협회(World Steel Association)에 따르면 2013년 용광로에서 총 11억 톤의 원료 철을 생산했다. 이 공정에서는 코크스와 철광석을 메인 원료로 사용한다. 코크스는 강철 생산시 철광석을 녹이고 환원시키는 데 사용되는 고체 탄소 연료 및 탄소 공급원이다. 코크스는 공기가 없을 때 적절한 기간 동안 적당히 선택하고 제조한 역청탄의 블렌드를 코킹 오븐의 고온에 노출시킴으로써 생산된다. 전체 전환(conversion) 중에, 휘발성 가스, 증기 및 타르가 장입물(charge)에서 배출된다. 환원 코킹 오븐 분위기의 장입 온도가 증가함에 따라, 코킹 석탄은 플라스틱 또는 연화 단계를 거치며 가스 및 타르를 방출하고, 석탄 입자는 팽창 및 수축한 다음 함께 결합 또는 부착되어 세미 코크스로, 결국은 대략 1830도 화씨에서 코크스로 재응고된다. 코킹 석탄은 가열시 이러한 고유의 이상 작동을 보인다. 석탄은 장입될 때 고체이며, 다양한 정도의 유체가 되고, 온도가 더 상승하면 코크스로 알려진 고체의 경질의 다공성 물질이 된다. 코크스는 검은색 내지 은회색의 다공성 물질이다. 이것은 탄소 함량이 높고 유황 및 회분과 같은 비탄소 불순물이 적다. 물리적으로, 생성된 코크스는 강하고, 내마모성이 있으며, 좁은 크기의 범위에 걸친 크기를 갖는다.

[0004] 가열 공정 중에 석탄 입자가 겪는 용융 및 융합 공정은 코킹의 중요한 부분이다. 석탄 입자가 용융 질량으로 용융되고 흡수되는 정도는 생성된 코크스의 특성을 결정한다. 특정 석탄 또는 석탄 블렌드로부터 가장 강한 코크스를 생산하기 위한 석탄의 비활성 물질에 대한 최적 비율이 있다. 코크스의 다공성 및 강도는 철광석 정제 공정에 있어 중요하며 석탄 공급원 및/또는 코킹 방법에 의해 결정된다.

- [0005] 석탄 입자 또는 석탄 입자의 블렌드는 고온 오븐에 장입되고, 석탄은 최종 코크스로부터 휘발성 재료("VM")를 제거하기 위해 오븐에서 가열된다. 코킹 공정은 오븐 설계, 석탄 유형 및 사용된 전환 온도에 크게 좌우된다. 전형적으로, 오븐은 코킹 공정 중 조정되어, 석탄의 각각의 장입물은 대략 동일한 시간에 코킹 아웃(coked out)된다. 석탄이 "코킹 아웃" 또는 완전히 코킹되면, 코크스는 오븐에서 제거되고 물로 켄칭되어, 그 점화 온도 이하로 냉각된다. 대안적으로, 코크스는 비활성 가스로 건식 켄칭된다. 코크스가 너무 많은 수분을 흡수하지 않도록, 켄칭 작업을 주의 깊게 조절해야 한다. 일단 켄칭되면, 코크스는 스크리닝(screened)되어 선적을 위해 철도 차량, 트럭 또는 벨트 컨베이어에 적재된다.
- [0006] 야금 석탄("코킹 석탄")을 형성하기에 적합한 석탄의 공급원이 감소함에 따라, 대략 석탄 또는 저품질 석탄("비 코킹 석탄")을 코킹 석탄과 블렌딩하여 오븐에 적절한 석탄 장입물을 제공하려는 시도가 있어 왔다. 비 코킹 및 코킹 석탄을 결합하는 한가지 방법은 압축되거나 스탬프 장입된 석탄을 사용하는 것이다. 석탄은 오븐에 넣기 전이나 후에 압축될 수 있다. 일부 실시예에서, 비 코킹 및 코킹 석탄의 혼합물은, 코크스 제조 공정에서 비 코킹 석탄을 사용하기 위해 입방 피트 당 50 파운드 초과로 압축된다. 석탄 혼합물 내의 비 코킹 석탄의 비율이 증가함에 따라, 보다 높은 수준의 석탄 압축이 요구된다(예를 들어, 입방 피트 당 대략 65 내지 75 파운드까지). 상업적으로, 석탄은 전형적으로 대략 1.15 내지 1.2 비중(sg) 또는 대략 입방 피트 당 대략 70 내지 75 파운드로 압축된다.
- [0007] 석탄이 선택되고, 제조되고, 결합되는 방식은 생성된 코크스의 특성에 크게 영향을 미친다. 석탄은 최적의 수준으로 분쇄하여 크기를 줄인 다음, 석탄 입자의 분포를 좋게 하기 위해 완전히 혼합되어야 하는데, 이는 이용 가능한 석탄 형태에서 얻을 수 있는 최대 코크스 품질을 촉진시킬 것이다. 북아메리카에서는, 코크스 제조 업체가 일반적으로 석탄 또는 블렌드를 75 % 내지 95 % -1/8" 크기로 분쇄한다. 석탄이 분쇄되는 크기는 % -1/8"로 표현되며, 일반적으로 분쇄 수준이라고 한다. 크기 제어 이외에도 벌크 밀도가 제어되어야 한다. 높은 벌크 밀도는 부산물 코킹 오븐에서 코킹 오븐 벽을 강하게 푸시하고 손상시킬 수 있다. 낮은 벌크 밀도는 생성된 코크스의 강도를 감소시킬 수 있다.
- [0008] 2개의 코킹 오븐 기술, 즉 부산물 코킹 오븐 및 열 회수 코킹 오븐이 산업을 지배한다. 미국에서 생산된 코크스의 대부분은 부산물 오븐 배터리에서 발생한다. 이 기술은 석탄을 다수의 슬롯형 오븐에 장입하는데, 이때 각각의 오븐은 인접한 오븐과 공통의 고온 연도(heating flue)를 공유한다. 천연 가스 및 기타 연료는 오븐에 열을 공급하는 데 사용된다. 석탄은 (대기압보다 높은) 양압 하의 환원 분위기에서 탄화되고, 방출된 가스 및 타르(탈 가스)가 수집되어 다양한 부산물이 회수되는 부산물 플랜트로 보내진다. 열이 가열된 벽돌 벽에서 석탄 장입물로 전달되면, 부산물 오븐에서 석탄으로부터 코크스로의 변환이 발생한다. 석탄은 각각의 벽 근처에서 플라스틱 층을 형성하기 위해 분해되며, 이 층은 오븐의 중심을 향해 진행된다. 플라스틱 층이 오븐의 중심에서 만나면 전체 질량이 탄화된다.
- [0009] 대안적으로, 열 회수, 비 회수 또는 벌집형 오븐 기술을 사용하여, 석탄은 (대기압보다 낮은) 음압 하에서 작동되는 대형 오븐 챔버에 장입된다. 탄화 공정은 상부에서 복사열 전달에 의해 이루어지며, 바닥에서 밑바닥을 통한 열의 전도에 의해 이루어진다. 1차 연소 공기는 장입 수준 위에 위치한 여러 포트를 통해 오븐 챔버로 유입된다. 방출된 가스 및 타르는 오븐의 상부 챔버 및 밑판에서 연소되고 코킹 공정을 위해 열을 제공한다. 열 회수 오븐에서 연소된 가스의 초과 열에너지는 폐열 회수 보일러에서 회수되어 증기 또는 동력으로 전환된다. 열 회수, 비 회수 및 벌집형 오븐에서의 석탄의 코크스로의 변환은, 열이 가열된 벽돌 바닥 또는 석탄 베드(coal bed)의 상부로부터 석탄 장입물로의 복사열로부터 전달될 때 발생한다. 석탄은 벽과 석탄 베드의 상부 부근에서 플라스틱 층을 형성하기 위해 분해되며, 이 층들은 오븐의 중심을 향해 진행된다. 플라스틱 층이 오븐의 중심에서 만나면 전체 질량이 탄화된다.
- [0010] 부산물 및 열 회수 오븐에서 석탄 베드의 중심으로의 플라스틱 층의 이동 속도는 석탄 베드의 전도성 열 전달 속도에 의해 제한된다. 석탄 화학 및 베드 밀도는 오븐 사이클 시간 및 배터리 생산 용량을 궁극적으로 설정하는 열 전달 속도에 큰 영향을 미친다. 부산물 오븐은 일반적으로 장입 당 17 내지 24 시간 사이의 사이클 시간을 갖는다. 열 회수 오븐은 일반적으로 장입 당 24 내지 48 시간 사이의 사이클 시간을 갖는다.
- [0011] 오븐에 대한 석탄 장입물의 벌크 밀도를 증가시키는 통상적인 방법은, 스탬프 장입으로 알려진 기계적 수단에 의해 장입되기 전 또는 후에 석탄 베드를 압축하는 것이다. 스탬프 장입 방법은 석탄 장입물의 전반적인 벌크 밀도를 성공적으로 증가시킬 수 있지만, 압축을 수행하려면 값비싼 장비가 필요하다. 열 회수 오븐에서는, 가깝게 패킹된 입자가 느슨하게 패킹된 베드보다 느리게 VM을 방출하기 때문에, 더 긴 코킹 사이클이 발생한다. 동시에, 스탬프 장입물의 밀도가 높아지면 코크스 품질이 향상된다. 이를 통해 보다 높은 코크스 품질을 달성

할 수 있으며, 저비용, 저품질의 석탄을 대체할 수 있는 옵션이 제공된다. 미국에는 고품질의 저비용 석탄이 풍부하다. 풍부한 저비용, 고품질의 석탄과 고비용의 스탬프 장입기 설치에 미국에서 사용되지 않는 스탬프 장입기의 사용을 유도했다. 스탬프 장입 없이 석탄 밀도를 향상시키는 저렴한 방법은, 미국에서, 코크스 품질을 개선하고 더 저렴한 석탄 또는 석탄 대체물을 사용할 수 있는 응용 프로그램을 갖게 했다.

[0012] 느슨하게 패킹된 베드 밀도는 석탄 베드의 높이 및 특정 석탄 크기에 의해 결정된다. 베드 높이는 코크스 오븐의 기하학적 구조에 의해 결정되며 일반적으로 변화될 수 없다. 석탄은 일반적으로 지정된 최고 크기로 분쇄되며, 플롯으로 도시될 때 일반적인 단일 가우스 곡선에 맞는 자연스럽게 발생하는 입자 크기 분포를 갖는다. 이러한 자연스럽게 발생하는 크기 분포는 느슨하게 패킹된 석탄 베드의 최적 밀도를 생성하도록 최적의 입자 크기 분포를 갖지 않는다.

[0013] 도 1을 참조하면, 코크스 오븐에 느슨하게 장입된 종래의 석탄 베드(100)는 무작위로 배향되는 복수의 개별 석탄 조각(102)으로 형성된다. 이는 상보적인 형상을 갖지 않는 석탄 조각(102) 사이에 상당한 공극(104)을 남긴다. 따라서 배향은 패킹 효율 및 궁극적으로 베드(100)의 벌크 밀도를 결정한다. 석탄의 크기 분포가 감소함에 따라, 석탄의 개별 조각은 더 작아지고, 패킹 효율은 감소한다. 이전에는 공극 공간이 없는 단일 석탄 조각이었던 것이 지금은 각각 다르게 배향된 여러 조각을 차지하며, 조각들 사이에 공극 공간을 형성한다. 따라서, 석탄의 크기 분포가 감소함에 따라 전체 베드의 벌크 밀도는 감소한다.

[0014] 상이한 분쇄 크기의 입자를 혼합함으로써 생성된 재료의 블렌드는 "이상적인 혼합 특성"을 따를 것으로 예상된다. 즉, 혼합물의 체적은 조성에 따라 선형적으로 변화해야 한다. 따라서, 보다 높은 벌크 밀도의 재료(A)와 보다 낮은 벌크 밀도의 재료(B)를 결합하면, 각각의 성분  $\rho_A$  및  $\rho_B$ 의 순수한 벌크 밀도의 중량 합계와 동일한 벌크 밀도를 갖는 재료의 블렌드가 얻어져야 한다. 따라서, 재료(A)와 재료(B)의 블렌딩된 베드의 벌크 밀도는 다음과 같다:

$$\rho = \rho_A * XA + \rho_B * XB$$

[0015]

여기서 XA는 재료(A)의 중량 분율이고, XB는 재료(B)의 중량 분율이다. 이 동일한 블렌딩 특성은 2 개 이상의 재료의 블렌딩으로 확장된다.

[0016]

[0017] 코크스 화학, 코크스 크기 및 코크스 강도(안정성)는 용광로에서 사용하기 위한 코크스를 평가하는 가장 중요한 인자로 고려되어 왔다. 그러나 코크스 반응성 지수(CRI) 및 반응 후의 코크스 강도(CSR)는, 용광로 성능에 미치는 영향이 더 잘 이해됨에 따라 중요성이 증가하고 있다. 예를 들어, 고온 금속 생산 중 코크스 소비의 감소는 CSR 값의 증가와 관련될 수 있다. 코크스 속도 감소의 크기는 용광로 크기 및 작동 파라미터의 변경에 따라 다양하다. 그러나, 그것은 CSR이 증가하는 모든 지점에서, 생산된 고온 금속의 총 톤 당 코크스의 2 내지 5 lbs가 저장되는 것으로 추정된다.

[0017]

[0018] 용광로 설계 및 작동 파라미터의 주요 변화의 결과로서, 용광로에서 소비되는 코크스의 양은 생성된 고온 금속의 순 톤 당 1000 lbs 이하로 감소하였고, 이는 향상된 코크스 품질을 필요로 하게 되었다. 결과적으로, 강하고 일관성 있는 코크스 특성에 대한 필요성이 그 어느 때보다 더 중요해지고 있다.

[0018]

[0019] 코크스 반응성은 코크스 탄소가 이산화탄소와 같은 산화 가스와 반응하는 중량 손실 반응이다. 테스트에 의해 고온에서 이산화탄소와 덩어리 크기의 코크스를 반응시킨다. 예시적인 테스트에서, -21 mm 내지 +19 mm 코크스의 200g 샘플을 1기압의 이산화탄소 하에서 2시간 동안 1,100 °C로 가열한다. 중량 손실 비율은 코크스 반응성 지수(CRI)로 알려져 있다. 이후, 반응된 코크스는 반응 후 강도를 결정하기 위해 일정 기간 동안 드럼에서 텀블링된다. 텀블링 후 +10 mm 코크스의 누적 비율을 CSR이라고 한다. 코킹 후 낮은 CRI 값과 높은 CSR 값을 달성하는 석탄은 시장에서 가장 유리한데, 왜냐하면 이들 값은 용광로 성능, 특히 연료 비율과 버든(burden)의 투과성과 관련되기 때문이다.

[0019]

[0020] 코크스는 탄소를 낭비하는 조기의 코크스 소비를 피하기 위해 용광로의 상부 구역의 저온에서 현저하게 반응해서는 안 된다. 고 반응성 코크스는 실질적으로 약화되어 용광로에서 하강하는 동안 다른 버든 재료를 적절히 지지할 수 없다. 용광로 고온 연소 구역 또는 레이스웨이(raceway)에서 코크스가 하강할 때까지, 고 반응성 코크스는 매우 약해져서 레이스웨이 성능에서 주요한 혼란(upset)이 발생되게 한다. 좋지 않은 레이스웨이 성능은 용광로의 가스 및 액체 투과성을 제한하여, 전체 용광로 효율을 감소시킨다.

[0020]

[0021] 코크스 안정성은 미국에서 사용되는 코크스 강도의 가장 널리 사용되는 척도이다. 용광로에 장입된 다른 버든 재료의 부하를 지지하기 위해 높은 안정성 코크스가 요구된다. 높은 코크스 안정성은 또한 생산되는 고온 금속

[0021]

1 톤 당 용광로에서 소비되는 코크스의 양을 감소시키는 것과 관련이 있다. 코크스 절감은 각 용광로 및 상이한 작동 조건마다 다르다. 일반적으로, 안정성이 증가하는 모든 시점에 대해, 생산된 고온 금속의 순 톤 당, 대략 10 lbs의 코크스가 절약된다.

[0022] 안정성 테스트는 내마모성을 측정한다. 특정 크기의 코크스 덩어리가 제어된 테스트에서 텀블링된다. 텀블링이 완료된 후, 샘플은 1 인치 및 1/4 인치에서 스크리닝된다. 1 인치 스크린에 유지되는 코크스의 비율을 안정성 인자라고 한다. 1/4 인치 스크린에 유지되는 코크스의 누적 비율을 경도 인자라고 한다. 안정성과 CSR 간에는 어떤 관계도 없다.

[0023] 코크스 텀블러 테스트는 코크스 오븐 및 운송으로부터 제거되는 동안 충돌 및 마모에 대한 코크스의 저항성, 및 용광로에서 하강하는 동안 발생하는 마모를 측정한다. 하나의 텀블러 테스트에서, 마이컴 드럼(micum drum)이 사용된다. 마이컴 드럼은 연장으로 만들어지고 내부 직경이 1 미터인 원통형 회전 컨테이너이다. 하나의 공통 테스트에서, 63 mm 크기 초과 코크스 50 kg 샘플을 25 회전/분의 속도로 4 분 동안 회전시킨다. 코크스는 그 후 스크리닝된 드럼으로부터 제거된다. 스크리닝 후에 남는 +40 mm 코크스의 비율은 마이컴 지수에서 M40으로 지정된다. 스크리닝 후에 남는 -10 mm 코크스의 비율은 마이컴 지수에서 M10으로 지정된다. M40의 값이 크고 M10의 값이 작을수록 일반적으로 강한 코크스를 나타낸다. 이 테스트는 코크스 강도를 평가하기 위해 유럽에서 일반적으로 사용된다.

[0024] 또 다른 텀블러 테스트에서, +50 mm 스퀘어 구멍 코크스의 10 kg 대표 샘플을 특정 텀블 드럼에 넣고 30 회전 동안 회전시키고, 제거하고, 스크리닝하여 드럼 내에서 교체하고, 추가로 150 회전시킨다. 이 텀블러 테스트에서 드럼은 코크스를 상승시키는 리프터를 포함하고, 코크스가 드럼 벽과 많은 충돌을 겪도록 낙하하는 것을 허용한다. 이 테스트는 일본 산업 표준 JIS K2151을 기초로 한다. 여러 지표를 측정할 수 있다. 예를 들어, DI3015는 30 회전 후 남아있는 +15 mm 스퀘어 구멍 재료의 비율을 나타낸다. 유사하게, DI15015는 150 회전 후에 남아있는 +15 mm 스퀘어 구멍 재료의 비율을 나타낸다. 이러한 지표의 경우, 숫자가 클수록, 코크스가 강해진다. 이 테스트는 코크스 강도를 평가하기 위해 일본, 한국 및 브라질에서 일반적으로 사용된다.

[0025] 지난 20년 동안, 코크스 제조 능력은 미국에서 수요의 대응하는 감소 없이 천천히 감소하였다. 미국에서 코크스에 대한 수요 증가와 공급 감소로 코크스 가격이 상승했다. 이는 용광로에서 코크스 소비를 줄이는 주요 동기가 되었다. 코크스의 증가된 비용으로 인해 회사들은 용광로의 연소 구역에서 사용된 코크스의 일부를 미분탄(pulverized coal)(PCI) 및 다른 연료로 대체하게 되었다. 용광로에 장입되는 코크스가 적기 때문에, 용광로 생산성을 유지하기 위해 코크스의 품질 요구 사항이 증가했다. 보다 높은 코크스 안정성(60+), 낮은 코크스 반응성(<23) 및 보다 높은 코크스 CSR(>60)이 현재 일반적으로 바람직하다.

[0026] 코크스 화학 및 화학적 특성은 또한 용광로 성능에 극단적으로 중요하다. 코크스 회분, 고정 탄소(fixed carbon), 황 및 회분의 화학적 성질은 대부분 코크스 생산에 사용되는 석탄과 직접 관련이 있다. 이러한 특성은 용광로 생산성, 버든 관행(burdening practices) 및 궁극적으로 하류 제강을 위해 생산된 고온 금속의 화학에 직접적인 영향을 미친다. 증가된 회분, 황 및 알칼리 금속은 용광로에서 코크스 소비율을 증가시킨다. 1 톤 당 115 달러의 석탄 가격을 가진 용광로에서 1일 당 4500 순 톤의 고온 금속에서 CSR을 1 포인트 증가시키고, 안정성을 1 포인트 높이고, 코크스 회분을 1 % 회분만큼, 코크스 황을 0.1 %만큼, 코크스 알칼리 금속을 0.01 %만큼 감소시킴으로써 코크스 품질을 향상시키면, 연간 수백만의 비용 절감 효과가 있다. 현재 코크스 가격은 톤 당 250 달러를 초과한다.

[0027] 용광로로 사용 시, 좁은 크기 범위의 코크스가 요구된다. 일반적으로, 3 인치 x 1 인치의 코크스 크기 범위가 가장 바람직하다. 4 인치보다 큰 코크스는 일반적으로 장입 전에 분쇄되고, 3/4 인치보다 작은 코크스는 일반적으로 코크스 공장에서 스크리닝되어 코크스 분탄으로 판매되거나 사용된다. 미국에서는, 생산된 대부분의 코크스는 분쇄 또는 공장 스크리닝 이전에 10 % 미만의 4"보다 크고 6 % 미만의 마이너스 3/4"의 코크스를 갖는다. 3/4" 이하의 스크리닝된 재료는 분탄이라고 하며, 일반적으로 매립식으로 처분된다.

[0028] 코크스는 석회석, 철광석, 철 펠릿, 및 소결물과 같은 다른 버든 재료에 대한 지지 기구 및 투과성 층이기 때문에, 코크스 크기가 중요하다. 코크스 층이 용광로에서 아래로 하강할 때, 적절한 상향 및 하향 투과성이 유지되어야 한다. 고온 금속은 코크스 층을 통해 아래로 하강한다. 환원 가스가 코크스 층을 통해 위로 통과한다. 층에 코크스 미세물을 가짐으로써 이 층의 투과성을 감소시키고 생산을 감소시킨다. 거친 코크스는 코크스 폐기물을 발생시키고, 고온 금속에서 탄소 오염으로 끝날 수 있다.

[0029] 원료 철 1 톤 당, 0.5 내지 0.65 톤의 야금 코크스가 소비된다. 세계 시장은 매년 약 7 억 톤의 코크스를 소비

한다. 코크스 생산의 주요 부산물인 분탄은 일반적으로 생산된 코크스의 5 % 내지 7 % 범위이다. 분탄은 용광로에서 한계값을 초과하여 사용될 수 없는 미세 코크스이다. 코킹 공정은 일반적으로 용광로가 소비할 수 있는 것보다 더 많은 분탄을 발생시킨다. 업계는 이 재료의 소비 또는 처분 방법을 발견하는데 성공하지 못했다. 미국에서 발생한 분탄의 주요 부분이 매립된다.

**도면의 간단한 설명**

[0030]

- 도 1은 느슨한 코킹 재료의 베드의 부분 단면도를 도시한다.
- 도 2는 본 기술의 실시예에 따른 코킹 재료 오븐의 다중 모달 베드를 준비하고 처리하는 일 방법을 도시한 블록도이다.
- 도 3은 본 기술의 실시예에 따른 코킹 재료 오븐의 다중 모달 베드를 준비하고 처리하는 다른 방법을 도시한 블록도이다.
- 도 4는 본 기술의 실시예에 따른 코킹 재료 오븐의 다중 모달 베드를 준비하고 처리하는 또 다른 방법을 도시한 블록도이다.
- 도 5는 본 기술의 실시예에 따른 코킹 재료 오븐의 다중 모달 베드를 준비하고 처리하는 또 다른 방법을 도시한 블록도이다.
- 도 6은 본 기술의 실시예에 따른 코킹 재료 오븐의 다중 모달 베드를 준비하고 처리하는 또 다른 방법을 도시한 블록도이다.
- 도 7은 본 기술의 실시예에 따른 코킹 재료 오븐의 다중 모달 베드를 준비하고 처리하는 또 다른 방법을 도시한 블록도이다.
- 도 8은 본 기술의 실시예에 따른 코킹 재료 오븐의 다중 모달 베드를 준비하고 처리하는 또 다른 방법을 도시한 블록도이다.
- 도 9는 코킹 재료의 베드를 코킹하는 공정의 개략도를 도시한다.
- 도 10은 제1 코킹 공정으로부터 생성된 재료의 일부가 코킹 재료의 베드를 코킹하기 이전에 제2 코킹 공정의 코킹 재료에 추가되는, 본 기술의 복수의 연속적 코킹 공정의 일 실시예의 개략도를 도시한다.
- 도 11은 본 기술에 따른 코킹 재료의 베드를 코킹하는 공정의 일 실시예의 개략도를 도시한다.
- 도 12는 본 기술의 일 실시예에서 미세 분탄(fine breeze)의 중량 %가 증가함에 따른 코킹 재료의 혼합물의 예시적인 벌크 밀도의 플롯을 도시한다.
- 도 13은 본 기술의 일 실시예에서 미세 분탄을 석탄에 추가함으로써 실현되는 밀도 영향의 예시적인 플롯을 도시한다.
- 도 14는 본 기술의 다른 실시예에서 미세 석탄의 중량 %가 증가함에 따른 코킹 재료의 혼합물의 예시적인 벌크 밀도의 플롯을 도시한다.
- 도 15는 제1 미립자 재료와 제2 미립자 재료의 블렌드에 의해 형성된 코킹 재료의 다중 모달 베드의 부분 단면도를 도시한다.
- 도 16은 제1 미립자 재료, 제2 미립자 재료 및 제3 미립자 재료의 블렌드에 의해 형성된 코킹 재료의 다중 모달 베드의 부분 단면도를 도시한다.
- 도 17은 공지된 석탄 블렌드에 거친 분탄(coarse breeze)이 도입되고, 분탄 함유량이 증가함에 따라 결과적인 CSR이 감소되는, 본 기술의 일 실시예의 실험 결과를 도시한다.
- 도 18은 분탄이 석탄 블렌드에 도입됨에 따라 CSR의 마진 감소가 경험되는 본 기술의 일 실시예의 실험 결과를 도시한다.
- 도 19는 본 기술의 일 실시예의 제1 미립자 재료의 일부분의 구조에 제2 미립자 재료의 일부분을 통합한 것을 도시한다.
- 도 20은 본 기술의 일 실시예의 분탄 함량의 함수로서의 안정성 플롯을 도시한다.

도 21은 안정성이 일반적으로 분탄의 도입으로 증가하는 것을 나타내는 본 기술의 실시예로부터의 테스트 데이터를 도시한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0031] 본 기술은 일반적으로, 개별 미립자 재료의 벌크 밀도의 선형 조합에 의해 예측된 이상적인 벌크 밀도보다 큰 벌크 밀도를 갖는 코킹 재료의 베드를 생성하는 조합의 서로 다른 벌크 밀도의 2 개 이상의 미립자 재료를 결합하는 방법에 관한 것이다. 일부 실시예에서, 상기 방법은, 재료(A)에 대한 분쇄제(G1)의 미립자 크기 분포가 재료(B)에 대한 분쇄제(G2)의 미립자 크기 분포와 동일하지 않은 분쇄제(G2)의 재료(B)의 양과 분쇄제(G1)의 재료(A)의 양을 결합함으로써 이중 모달(bi-modal) 혼합물을 생성한다. 본 기술의 다른 실시예에서, 분쇄제(G1)의 재료(A)의 양과 크기 S2의 동일한 재료(A)의 양을 결합함으로써 이중 모달 혼합물을 생성한다. 이 실시예에서, G1은 재료(A)의 분쇄를 사용하여 달성되고, 미립자 크기 분포는 체를 사용하여 달성되는 크기 S2와 동일하지 않다. 추가의 실시예에서, 크기 S1의 재료는 스크리닝에 의해 얻어지며 또한 스크리닝에 의해 얻어지는 크기 S2의 재료와 조합된다. 따라서, 본 명세서에서 사용된 용어인 "다중 모달(multi-modal)"은 2 개 이상의 미립자 크기 분포의 분포 또는 블렌딩을 의미하는 것으로 이해될 것이다. 다양한 실시예에서, 코킹 재료의 결과적인 다중 모달 베드는 상이한 미립자 크기 분포 및/또는 벌크 밀도의 유사하거나 상이한 재료의 다양한 조합을 사용하여 얻어질 수 있다. 이들 방법은, 코킹 오븐에서 처리될 때 코크스 안정성, 크기, 경도, 코크스 반응성 지수(CRI), 드럼 지수, 마이컴 지수 및 CSR 중 하나 이상의 개선을 나타내는 코크스를 제조하는 코킹 재료의 베드를 제공할 수 있다.

[0032] 도 1 내지 도 21을 참조하여 본 기술의 몇몇 실시예들의 특정 세부 사항이 하기에 설명된다. 코킹 오븐과 종종 관련되는 구조 및 시스템뿐만 아니라 코킹 재료의 공지된 특성을 기술하는 다른 세부 사항은, 본 기술의 다양한 실시예에 대한 설명이 불필요하게 모호해 지는 것을 피하기 위해 다음의 개시에서 설명되지 않았다. 본 명세서에 기술되고 도면에 도시된 많은 재료, 조합, 미립자 크기, 벌크 밀도 및 다른 세부 사항은 단지 본 기술의 특정 실시예를 예시한 것이다. 따라서, 다른 실시예는 본 기술의 사상 또는 범위를 벗어나지 않고 다른 재료, 조합, 미립자 크기, 벌크 밀도 및 다른 세부 사항을 가질 수 있다. 따라서, 당업자는 본 기술이 추가적인 요소 및 방법론적인 단계를 갖는 다른 실시예를 가질 수 있거나, 또는 본 기술이 도 1 내지 도 21을 참조하여 아래에 도시되고 기술된 몇몇의 양태 없이 다른 실시예를 가질 수 있음을 이해할 것이다.

[0033] 본 기술의 방법은 코킹 오븐에 장입하기 위한 코킹 재료의 베드를 제공한다. 다양한 실시예에서, 제1 미립자 크기 S1 및 벌크 밀도  $\rho_A$ 를 갖는 제1 미립자 재료 "A"의 양은 제2 미립자 크기 S2 및 벌크 밀도  $\rho_B$ 를 갖는 제2 미립자 재료 "B"와 결합되어, 코킹 재료의 다중 모달 베드를 형성한다. 코킹 재료의 다중 모달 베드는 이상적인 블렌딩 규칙에 의해 예측된 "이상적인 벌크 밀도"보다 큰 최적화된 벌크 밀도를 나타낸다. 본원에 사용된 용어와 같은 이상적인 블렌딩 규칙은 개별 재료의 벌크 밀도의 선형 조합이다. 특히, 임의의 수의 재료(A, B, ... n)의 벌크 밀도가  $\rho_A, \rho_B, \dots, \rho_n$ 일 때, 블렌딩된 베드의 중량 분율  $\chi_A, \chi_B, \dots, \chi_n$  및 본 기술에 의해 생성된 블렌딩된 베드의 벌크 밀도  $\rho$ 는 다음과 같이 표현된다:

[0034] 
$$\rho > \rho_A * \chi_A + \rho_B * \chi_B + \dots + \chi_n$$

[0035] 다양한 실시예에서, 제1 미립자 재료는 경질 코킹 석탄, 반 연질 코킹 석탄, 열 석탄 등과 같은 다양한 코킹 석탄 중 하나와 같은 탄소 함유 재료로 구성된다. 본 기술의 실시예는 넓은 배열의 제2 미립자 재료 중 하나 이상을 사용할 수 있다. 일부 실시예에서, 제2 미립자 재료는 탄소 함유 불활성 재료일 수 있다. 다른 실시예에서, 제2 미립자 재료는 비 탄소 함유 불활성 재료일 수 있다. 일부 실시예에서, 본 기술과 함께 사용될 수 있는 예시적인 재료는 석탄; 무연탄; 분탄; 페트 코크스; 바이오 숯; 생체 적합 재료; 갈탄; 메트 석탄; 열 석탄; 코크스; 페드 석탄; 및 페드 코크스를 포함한다. 다른 실시예에서, 본 기술과 함께 사용될 수 있는 예시적인 재료는, 불활성 물질; 탄산염; 규산염; 코크스 합금; 탄소 합금; 플라이 회분; 우드; 우드 칩; 바이오매스; 리그닌; 생물 공정으로부터 재활용되거나 회수되는 재료; 촉매; 플라스틱; 재생 플라스틱; 재생 고체 탄화수소; 및 다른 고체 탄화수소를 포함한다. 다양한 실시예에서, 제2 미립자 재료로서 사용될 수 있는 비 탄소 금속 재료는 산업 공정에서 나오는 미세 먼지; 철; 산화철; 슬래그를 포함한다. 다양한 실시예에서, 제2 미립자 재료로서 사용될 수 있는 비 탄소 비금속 재료는 모래; 알루미늄; 채석장 작업에서 나오는 돌 먼지; 벽돌 또는 시멘트 제조에서 나오는 미세 먼지; 분쇄 작업에서 나오는 미세 먼지; 재생 작업에서 나오는 촉매 미세물; 및 염을 포함한다. 다른 실시예에서, 제2 재료는 제1 미립자 재료와 동일한 재료일 수 있으나 상이한 입자 크기 분포를 가질 수 있다. 다른 실시예에서, 블렌드는 2 개 이상의 미립자 재료의 블렌딩된 베드를 사용할 수 있다. 다른 실시예에서, 블렌드는 또한 액체, 타르, 피치, 오일, 액체 탄화수소 및 다른 첨가제의 추가를 사용할 수 있다.

- [0036] 본 기술의 다중 모달 베드는 제1 미립자 재료와 제2 미립자 재료를 서로 블렌딩함으로써 형성된다. 일부 실시예에서, 제1 미립자 재료 및 제2 미립자 재료는 2 개의 재료를 블렌딩하기 전에 크기 맞춰진다. 많은 실시예에서, 제1 미립자 재료 및 제2 미립자 재료의 크기 맞춰짐은 업계에서 알려진 밀링(milling) 및 분리 장비를 사용하여 재료를 원하는 크기로 미분, 분쇄 또는 스크리닝함으로써 달성된다. 본 기술의 임의의 실시예에서, 제1 미립자 재료 및 제2 미립자 재료는 동일하거나 상이한 밀링 또는 분리 시스템 및 방법을 사용하여 크기 맞춰질 수 있다는 것이 고려된다. 도 2를 참조하면, 재료의 다중 모달 베드를 형성하고 처리하기 위한 예시적인 공정(200)이 도시된다. 단계(202)에서, 코킹 재료는 제1 미립자 크기로 분쇄된다. 단계(204)에서, 코킹 재료는 제2 미립자 크기로 분쇄된다. 제1 미립자 재료에 현탁제를 추가하여 그 수분 함량을 증가시키고, 제2 미립자 재료를 건조시켜 그 수분 함량을 낮추기 위한 선택적 단계가 도시된다. 제1 미립자 재료 및 제2 미립자 재료는 서로 결합되어 단계(206)에서 코킹 재료의 다중 모달 베드를 형성한다. 마지막으로, 단계(208)에서, 코킹 재료의 다중 모달 베드는 코킹 오븐에서 처리된다.
- [0037] 도 3을 참조하면, 재료의 다중 모달 베드를 형성하고 처리하기 위한 다른 예시적인 공정(300)이 도시된다. 단계(302)에서, 코킹 재료는 제1 미립자 크기로 분쇄된다. 단계(304)에서, 코킹 재료는 코킹 재료의 체적으로부터 제2 미립자 크기로 스크리닝된다. 전술한 바와 같이, 선택적 단계가 현탁제를 제1 미립자 재료에 추가하고 제2 미립자 재료를 건조시키는 것으로 도시된다. 제1 미립자 재료 및 제2 미립자 재료는 단계(306)에서 코킹 재료의 다중 모달 베드를 형성하기 위해 서로 결합된다. 마지막으로, 단계(308)에서, 코킹 재료의 다중 모달 베드는 코킹 오븐에서 처리된다.
- [0038] 도 4는 재료의 다중 모달 베드를 형성하고 처리하는 또 다른 예시적인 공정(400)을 도시한다. 단계(402)에서, 코킹 재료는 코킹 재료의 체적으로부터 제1 미립자 크기로 스크리닝된다. 단계(404)에서, 코킹 재료는 코킹 재료의 체적으로부터 제2 미립자 크기로 분쇄된다. 선택적 단계가 현탁제를 제1 미립자 재료에 추가하고 제2 미립자 재료를 건조시키는 것으로 도시된다. 제1 미립자 재료 및 제2 미립자 재료는 단계(406)에서 서로 결합되어 코킹 재료의 다중 모달 베드를 형성한다. 마지막으로, 단계(408)에서, 코킹 재료의 다중 모달 베드는 코킹 오븐에서 처리된다.
- [0039] 도 5는 재료의 다중 모달 베드를 형성하고 처리하기 위한 다른 예시적인 공정(500)을 도시한다. 단계(502)에서, 코킹 재료는 코킹 재료의 체적으로부터 제1 미립자 크기로 스크리닝된다. 단계(504)에서, 코킹 재료는 코킹 재료의 체적으로부터 제2 미립자 크기로 스크리닝된다. 선택적 단계가 현탁제를 제1 미립자 재료에 추가하고 제2 미립자 재료를 건조시키는 것으로 도시된다. 제1 미립자 재료 및 제2 미립자 재료는 단계(506)에서 코킹 재료의 다중 모달 베드를 형성하도록 서로 결합된다. 단계(508)에서, 코킹 재료의 다중 모달 베드는 코킹 오븐에서 처리된다.
- [0040] 도 6을 참조하면, 다중 모달 베드 재료를 형성하고 처리하기 위한 예시적인 공정(600)이 도시된다. 단계(602)에서, 코킹 재료는 제2 미립자 크기로 분쇄된다. 단계(604a)에서, 제2 미립자 재료는 이전에 제1 미립자 크기로 크기 맞춰져서 코킹 재료의 다중 모달 베드를 형성하는 코킹 재료와 결합되거나 또는 블렌딩될 수 있다. 선택적으로, 단계(604b)에서, 제2 미립자 재료는 더 큰 코킹 재료와 함께 분쇄기에 추가될 수 있다. 분쇄기는, 코킹 재료의 다중 모달 베드를 형성하도록 제2 미립자를 새로 분쇄된 제1 미립자 재료와 블렌딩하거나 또는 혼합하면서 더 큰 코킹 재료를 제1 미립자 크기로 분쇄하도록 작동된다. 도시되지는 않았지만, 제2 미립자 재료는 그 수분 함량을 낮추기 위해, 제1 미립자 재료와 결합되기 전에 건조될 수 있다. 유사하게, 제1 미립자 재료와 블렌딩되거나 또는 결합되기 이전에 수분 함량을 증가시키기 위해 현탁제를 제1 미립자 재료에 추가할 수 있다는 것이 고려된다. 마지막으로, 단계(606)에서, 코킹 재료의 다중 모달 베드는 코킹 오븐에서 처리된다.
- [0041] 도 7을 참조하면, 재료의 다중 모달 베드를 형성하고 처리하기 위한 다른 예시적인 공정(700)이 도시된다. 단계(702)에서, 코킹 재료는 제1 미립자 크기로 분쇄된다. 단계(704)에서, 제1 미립자 재료의 일부는 제2 시간에 제2 미립자 크기로 분쇄된다. 선택적 단계가 현탁제를 제1 미립자 재료에 추가하고 제2 미립자 재료를 건조시키는 것으로 도시된다. 제1 미립자 재료 및 제2 미립자 재료는 단계(706)에서 코킹 재료의 다중 모달 베드를 형성하도록 서로 결합된다. 단계(708)에서, 코킹 재료의 다중 모달 베드는 코킹 오븐에서 처리된다.
- [0042] 도 8은 재료의 다중 모달 베드를 형성하고 처리하기 위한 또 다른 예시적인 공정(800)이 도시된다. 단계(802)에서, 제1 미립자 크기 및 제1 미립자 크기보다 적은 코킹 재료의 양을 얻기 위해 코킹 재료가 스크리닝된다. 적은 코킹 재료의 양은 단계(804)에서 제2 미립자 크기로 분쇄된다. 선택적 단계가 현탁제를 제1 미립자 재료에 추가하고 제2 미립자 재료를 건조시키는 것으로 도시된다. 제1 미립자 재료 및 제2 미립자 재료는 단계(806)에서 코킹 재료의 다중 모달 베드를 형성하기 위해 서로 블렌딩되거나 또는 결합된다. 마지막으로, 단계

(808)에서, 코킹 재료의 다중 모달 베드는 코킹 오븐에서 처리된다.

[0043] 도 9를 참조하면, 느슨한 코킹 재료(대략 7 % 내지 9 %의 회분을 포함하는 100 %의 코킹 재료를 나타냄)의 베드가 코킹 오븐에 장입된다. 코킹 재료의 장입이 처리됨에 따라, 재료의 베드의 25 %에 해당하는 휘발성 재료가 방출되어 연소되고, 열 회수 오븐에서 코킹 공정 중에 열을 제공한다. 일반적으로, 재료의 총 베드의 1 %의 베드 재료의 양이 코킹 공정 중에 손실된다. 일단 베드가 처리되거나 또는 "완전 코킹"되면, 베드는 일반적으로 켄칭되고 스크리닝되어, 재료의 원래의 베드의 71 %에 해당하는 6 % 내지 9 %의 회분을 함유한 최종 코크스 및 대략 20 내지 35 %의 회분을 함유한 3 %의 분탄을 생성한다.

[0044] 도 10을 참조하면, 석탄의 코킹 베드로부터 얻어진 재료는 코킹 재료의 후속 다중 모달 베드에서 "재생"될 수 있다. 도시된 예시적인 실시예에서, 도 9의 느슨한 코킹 재료의 베드는 코킹되어, 재료의 베드의 25 %에 해당하는 휘발성 재료를 방출하고, 베드 재료의 대략 1 %를 손실한다. 이 공정은 재료의 원래의 베드의 71 %에 해당하는 최종 코크스 및 대략 20 내지 35 %의 회분을 함유한 3 %의 분탄을 생성한다. 일부 실시예에서, 상기 분탄의 일부 또는 전부는 후속하는 코킹 재료의 베드에서 사용될 수 있는 제2 미립자 크기 분포로 밀링될 수 있다. 도시된 실시예에서, 밀링된 분탄은 다음 코킹 공정을 위한 재료의 다중 모달 베드를 생성하기 위해 코킹 석탄의 체적과 블렌딩된다. 분탄은 추가적인 밀링 없이 코킹 석탄의 체적과 직접 블렌딩될 수 있다는 것도 또한 고려된다. 재료의 제2 베드는 코킹 오븐에 장입된다. 재료의 제2 베드는 코킹 오븐에서 처리된다. 그러나, 베드의 일부는 매우 적은 휘발성 재료가 방출되는 분탄으로 구성되기 때문에, 제2 베드는 약간 낮은 휘발성 재료의 손실을 경험한다(본 실시예에서는 24 %). 재료의 총 베드의 대략 1 %의 베드 재료의 양은 제2 코킹 공정 중에 손실된다. 제2 베드가 처리되면 베드는 켄칭되고 스크리닝되어, 재료의 원래의 베드의 72 %에 해당하는 최종 코크스가 3%의 분탄과 함께 생산된다. 분탄의 일부 또는 전부는 코킹 재료의 후속 베드에서 사용하기 위해 밀링될 수 있다. 따라서, 코킹 재료의 느슨하게 장입된 베드의 공지된 코킹 방법과 비교하여, 분탄의 재생은 보다 높은 코크스 생산 및 보다 낮은 휘발성 재료의 생산을 입증하였다. 이러한 방식에서는, 환경 또는 값 비싼 억제 시스템에 대해 폐기물이 손실되지 않는다.

[0045] 도 11을 참조하면, 다중 모달 베드는 종래 체적의 코킹 재료와 1 (중량) %의 추가의 코킹 재료의 양을 블렌딩함으로써 생성된다. 추가의 코킹 재료는 이전의 코킹 공정에 의해 제공되는 밀링된 분탄 재료로서, 본 실시예에서는 코킹 재료의 다중 모달 베드의 대략 0.25 중량 %와 동일한 양의 회분을 추가한다. 코킹 재료의 장입이 처리되면, 재료의 베드의 25 %에 해당하는 휘발성 재료가 방출되고 베드 재료의 대략 1 %가 손실된다. 베드가 처리되면 재료의 원래의 베드의 72 %에 해당하는 6 % 내지 10 %의 회분을 함유한 코크스 및 대략 20 내지 40 %의 회분을 함유한 3 %의 분탄이 생성된다. 도시된 실시예에서, 분탄의 일부는 밀링되어 후속하는 코킹 재료의 베드에 사용될 수 있다. 나머지 분탄의 양은 폐기물로 처분되거나 또는 코킹 재료의 미래의 베드에 사용될 수 있다. 다시, 코킹 재료의 느슨하게 장입된 베드의 공지된 코킹 방법과 비교하여, 분탄의 재생은 보다 높은 코크스 생산 및 보다 낮은 폐재료의 생산을 불러왔다.

[0046] 본 기술의 양태는 코킹 재료의 다중 모달 베드에서의 부가적인 "재생된" 코킹 재료로서의 분탄의 사용에 제한되지 않는다. 다른 실시예에서, 다중 모달 베드를 형성하기 위한 다량의 다른 코킹 공정 폐재료가 사용될 수 있다. 이러한 실시예에서, 분탄; 클링커; 바이오 숯; 재생된 내화물; 코크스; 석탄; 패드 코크스; 패드 석탄; 백 하우스 먼지; 플라이 회분; 라임; 활성탄; 및 켄칭 폰드 드리핑(quench pond dripping)을 포함하는 코킹 공정 폐재료들 중 하나 이상이 사용될 수 있다.

[0047] 본 기술에 의해 생성된 코킹 석탄의 다중 모달 베드는, 혼합물에 사용된 각각의 미립자 재료의 부분 기여에 의해, 예상되는 것보다 높은 벌크 밀도를 나타낸다. 도 12는 본 기술의 일 실시예로부터 얻어진 테스트 데이터를 사용하여 제조된 다중 모달 베드의 예시적인 벌크 밀도 플롯을 도시한다. "실험 결과" 플롯은 미세 분탄의 중량 비율이 증가함에 따른 실제 벌크 밀도를 나타낸다. "예상" 플롯은 이상적인 블렌딩 규칙에 따른 벌크 밀도의 예상 변화를 나타낸다. 도시된 데이터를 생성하는 테스트에서, 90 %-150 메쉬 분탄의 가우스 부분 크기 분포의 벌크 밀도는 48.75 lbs/cuft의 벌크 밀도를 갖는 것으로 결정된다. 90 %-1/8 in으로 분쇄된 석탄의 가우스 부분 크기 분포의 벌크 밀도는 41.17 lbs/cuft의 벌크 밀도를 갖는 것으로 결정된다. 본 기술을 이용한 벌크 밀도의 향상은 4 wt %의 분탄의 실험 데이터 세트에서 한 포인트를 취함으로써 설명된다. 이상적인 블렌딩

$$0.96 * 41.17 + 0.04 * 48.75 = 41.47\text{lbs/cuft}$$

규칙 하에서, 블렌드의 최종 벌크 밀도는  $0.96 * 41.17 + 0.04 * 48.75 = 41.47\text{lbs/cuft}$  과 같은 각 재료의 부분 밀도 기여도의 선형 합계가 된다. 도 13은 석탄에 미세 분탄을 추가함으로써 실현되는 밀도 영향을 도시한다. 공정을 통한 실제의 최종 벌크 밀도는, 아래의 표 1에 도시된 바와 같이 이상적인 블렌딩 경우보다 4 % 더 높은, 43.11 lbs/cuft이다. 이는, 석탄에 4 %의 미세 분탄을 블렌딩하여, 석탄의 현재 체적이 베드 체적의 중

가에 응답하지 않고 분탄의 전체 체적을 효과적으로 소비하게 될 때 달성된다.

**표 1**

공정 결과 대 예상 결과 - 벌크 밀도

분탄 중량 %	석탄 중량 %	실제 블렌딩된 벌크 밀도(lbs/ft3)	예상 블렌딩된 벌크 밀도(lbs/ft3)
0 %	100 %	41.17	41.17
1 %	99 %	41.81	41.26
2 %	98 %	41.89	41.32
4 %	96 %	43.12	41.47
9 %	91 %	44.47	41.88
18 %	82 %	45.64	42.56
46 %	54 %	46.93	44.69
100 %	0 %	48.75	48.75

[0049] 진술한 공정은 소량의 미세 분탄이 석탄에 추가될 때 최적이지 아닌 이상적인 결과를 나타낸다. 비 이상적인 특성은 피크에 도달한 다음 석탄에 더 많은 미세물이 부가됨에 따라 감소한다. 테스트는, 석탄 미립자와 미세 석탄 미립자를 블렌딩한 예상 결과에 대해 본 기술의 방법을 사용하여 이러한 향상된 밀도가 실현될 수 있음을 보여 주었다. 도 14를 참조하면, 미세 석탄의 중량 %가 증가함에 따른 코킹 재료 혼합물의 벌크 밀도가 플롯된다. "실험 BD" 플롯은 미세 석탄의 중량 %가 증가함에 따른 실제 벌크 밀도를 도시한다. "예상" 플롯은 이상적인 블렌딩 규칙에 따른 벌크 밀도의 예상 변화를 도시한다. 도시된 데이터에서, 마이너스 100 메쉬 석탄의 균일한 크기 샘플의 벌크 밀도는 대략 36 lbs/cuft이다. 90 %-1/8in로 분쇄된 석탄의 정상 분포의 벌크 밀도는 40lbs/cuft의 분쇄 밀도다. 그러나, 2 개의 샘플을 서로 다른 비율로 조합하면 다른 샘플보다 높은 43 lbs/cuft의 벌크 밀도가 생성된다.

[0050] 본 기술의 양태는 벌크 재료로 된 입자의 자연스럽게 발생하는 가우스 분포에서 비효율적으로 패킹된 입자에 의해 생성된 기존의 공극 공간을 이용한다. 도 1에 도시된 바와 같이, 공극 공간(104)은, 공극 공간(104)이 미립자 재료(102)의 더 큰 조각들 각각의 사이에 남아 있도록 큰 미립자 재료(102)가 스스로 무작위로 배향될 때 생성된다. 그러나, 도 15를 참조하면, 제2 미립자 재료(1506)의 체적이 가우시안 분포로 도입되고 제1 미립자 재료(1502)의 체적과 완전히 혼합될 때 재료(1500)의 다중 모달 베드가 형성된다. 제2 미립자 재료(1506)의 개개의 조각은 자연스러운 가우시안 분포에서 대체로 비어있는 공극 공간(1504)을 차지할 수 있다. 미립자 재료의 패킹 효율이 증가하면 벌크 밀도 또한 증가한다. 특정 실시예에서, 재료(1500)의 다중 모달 베드는 3 개 이상의 미립자 크기 분포를 블렌딩함으로써 형성될 수 있다고 믿어진다. 도 16을 참조하면, 3 개의 분리된 미립자 크기 분포는 서로 블렌딩되어 재료(1600)의 다중 모달 베드를 형성한다. 도시된 실시예에서, 제3 미립자 재료(1608)의 체적은 제1 미립자 재료(1602) 및 제2 미립자 재료(1606)와 블렌딩된다. 제3 미립자 재료(1608)의 개별 조각들은 제1 미립자 재료(1602)와 제2 미립자 재료(1606) 사이의 자연스러운 가우시안 분포에서 대체로 비어있는 공극 공간(1604)을 차지할 수 있다.

[0051] 이 공정을 사용하여, 특정 크기 범위 내의 재료의 양을, 느슨하게 장입된 석탄 베드에 추가할 수 있고, 이로써 석탄 장입물에 의해 점유된 체적에 큰 영향을 미치지 않고 베드의 밀도를 증가시킬 수 있다. 석탄 블렌드의 밀도가 증가하면 개별 석탄 입자 간의 전도성 열 전달이 촉진된다. 고밀도 베드의 추가 질량은 열에 더 많은 질량을 부가함으로써 코킹 공정에 악영향을 미친다. 동시에 밀도가 높을수록 열 전달 공정이 향상된다. 실험은 3 % 높은 밀도 석탄 베드에서 완료되었다. 실험에 의해 확인된 긍정적인 결과는 고밀도 베드가 추가 베드 질량을 가열하는 데 필요한 여분의 시간을 충분히 극복할 수 있도록 향상된 전도성 열 전달을 촉진한다는 것이다. 밀도를 높이기 위해 작은 입자를 추가하면 동일한 시간 내에 더 많은 질량(장입물)이 처리될 수 있다. 결과적으로, 작은 입자의 추가는 코킹 속도(코크스 생성/시간)를 증가시켰다.

[0052] 테스트는 다양한 비율의 제1 미립자 재료와 제2 미립자 재료가 서로 블렌딩되어 가변적인 수준의 품질 및 밀도를 생성할 수 있음을 보여 주었다. 예를 들어, 80 %-1/8 인치 내지 95 %-1/8 인치 사이의 크기를 갖는 제1 미립자 재료는 다중 모달 블렌드를 생성하기 위해 75 % 내지 150 메쉬 이상의 크기를 갖는 제2 미립자 재료와 블렌딩될 수 있다. 다중 모달 블렌드는 대략 95 %의 제1 미립자 재료 및 5 %의 제2 미립자 재료를 사용하여 형성되었다. 이러한 다중 모달 베드에서 생산된 코크스는 최적의 품질과 수용 가능한 밀도를 나타내었다.

- [0053] 또 다른 실시 양태에서, 75 %-1/8 인치 내지 83 %-1/8 인치 사이의 크기를 갖는 제1 미립자 재료는 다중 모달 블렌드를 생성하기 위해 90 % 내지 100 메쉬 이상의 크기를 갖는 제2 미립자 재료와 블렌딩될 수 있다. 다중 모달 블렌드는 대략 90 %의 제1 미립자 재료 및 10 %의 제2 미립자 재료를 사용하여 형성되었다. 이러한 다중 모달 베드로부터 제조된 코크스는 양호한 품질 및 중간 밀도를 나타내었다.
- [0054] 또 다른 실시예에서, 65 %-1/8 인치 내지 74 %-1/8 인치 사이의 크기를 갖는 제1 미립자 재료는 다중 모달 블렌드를 생성하기 위해 75 % 내지 100 메쉬 이상의 크기를 갖는 제2 미립자 재료와 블렌딩될 수 있다. 다중 모달 블렌드는 대략 80 %의 제1 미립자 재료 및 20 %의 제2 미립자 재료를 사용하여 형성되었다. 이러한 다중 모달 베드에서 생산된 코크스는 중간 품질과 양호한 밀도를 나타내었다.
- [0055] 또 다른 실시예에서, 55 % 내지 1/8 인치 내지 64 %-1/8 인치 사이의 크기를 갖는 제1 미립자 재료는 다중 모달 블렌드를 생성하기 위해 50 % 내지 60 메쉬 이상의 크기를 갖는 제2 미립자 재료와 블렌딩될 수 있다. 다중 모달 블렌드는 대략 10 %의 제1 미립자 재료 및 90 %의 제2 미립자 재료를 사용하여 형성되었다. 이러한 다중 모달 베드로부터 제조된 코크스는 수용 가능한 품질 및 최적의 밀도를 나타내었다.
- [0056] 본 기술에 의해 생성된 블렌드의 최종 벌크 밀도는 특정 실시예에서 개별 재료의 수분 함량에 민감할 수 있다. 수분으로 인해 하나의 미립자 재료가 다른 미립자 재료에 부착될 수 있다. 예를 들어, 다중 모달 블렌드에서 공극 공간을 채우는 데 사용되는 미세 입자는 블렌드의 더 큰 미립자 재료에 강력하게 부착되며, 이때 더 큰 미립자 재료는 미세 미립자 재료보다 더 많은 수분 함량을 갖는다. 이러한 힘은 진동 스크리너에 의해 부과된 힘을 극복하기에 충분히 강하다. 아래의 표 2는 습식 석탄으로서 9 %의 수분에서 진동 스크리너를 거친 다음 다시 건식 석탄으로서 1 % 미만의 수분에서 체로 쳐진 석탄을 나타낸다. 데이터는 수분을 제거하면 50 메쉬 이하의 더 많은 재료를 회수할 수 있음을 보여준다.
- [0057] 수분 함량의 감소는 더 작은 입자를 다중 모달 베드 내에서 자유롭게 이동시키도록 한다. 따라서, 본 기술에 따른 다양한 방법에서, 제2 미립자 재료는 제1 미립자 재료와 블렌딩되기 전에 건조된다. 제2 미립자 재료가 건조되는 정도는 일 실시 형태마다 다를 것이고, 사용된 재료의 유형 및 그것이 밀링되는 크기에 따라 부분적으로 결정될 수 있음이 고려된다. 그러나, 일부 실시예에서, 제2 미립자 재료는 1 % 미만의 수분 함량으로 건조되고, 이때, 제2 미립자 재료는 100 메쉬보다 작은 크기로 분쇄된다. 다른 실시예에서, 제2 미립자 재료는 11 % 미만의 수분 함량으로 건조되고, 이때, 제2 미립자 재료는 30 메쉬보다 작은 크기로 분쇄된다.

**표 2**

[0058] 작은 부분적인 회수에서의 수분의 영향

체 크기 메쉬	습식 석탄 % 크기	건식 석탄 % 크기
8+	14.44 %	13.19 %
16-8	17.02 %	13.74 %
30-16	50.18 %	15.42 %
50-30	16.95 %	19.35 %
100-50	1.33 %	19.40 %
200-100	0.08 %	11.02 %
200-	0.01 %	7.88 %

[0059] 제1 미립자 재료와 제2 미립자 재료 사이의 수분 차는 미립자 재료의 서로의 접촉 강도를 결정짓는 역할을 한다. 본 기술의 일부 실시예에서, 제1 미립자 재료와 제2 미립자 재료 사이의 수분 차는 3 % 내지 14 %이다. 다른 실시예에서, 수분 차는 3 % 내지 5 %이다. 또 다른 실시예에서, 수분 차는 5 % 미만이다. 일 예시적인 실시예에서, 제1 미립자 재료에는 15 %의 수분 함량이 제공되고, 제2 미립자 재료에는 10 %의 수분 함량이 제공된다. 또 다른 예시적인 실시예에서, 제1 미립자 재료에는 10 %의 수분 함량이 제공되고, 제2 미립자 재료에는 5 %의 수분 함량이 제공된다. 또 다른 예시적인 실시예에서, 제1 미립자 재료에는 5 %의 수분 함량이 제공되고, 제2 미립자 재료에는 1 % 미만의 수분 함량이 제공된다. 제1 미립자 재료 및 제2 미립자 재료 중 어느 하나 또는 모두의 수분 함량은 바람직한 수분 차를 달성하도록 변경될 수 있는 것으로 고려된다. 전술한 바와 같이, 미립자 재료는 다양한 공지된 시스템 및 방법 중 하나를 사용하여 건조될 수 있다. 그러나, 제1 미립자 재료와 제2 미립자 재료를 블렌딩하기 전에, 제1 미립자 재료가 현탁제와 혼합될 수 있는 것이 고려된다. 다양한 실시예에서, 현탁제는 물 및/또는 타르, 피치, 디젤 등과 같은 오일 및 유기물과 같은 하나 이상의 유체

탄화수소 재료를 포함할 수 있다.

- [0060] 본 기술의 다양한 양태에서, 미세 입자의 자유 이동은 다중 모달 베드의 밀도를 최적화한다. 본 기술의 실시예를 사용하는 실험이 미세 재료가 수분 함량이 낮도록 전처리된 경우에 행해졌다. 위의 벌크 밀도 차트는 미세 재료가 0.1 중량 % 수분을 함유한 경우이다. 이 수분 수준에서의 미세 재료는 자유롭게 이동한다. 미세 입자는 서로 상호 작용하거나 또는 다른 입자에 전혀 부착되지 않는 것처럼 보인다. 대부분의 석탄 성분(큰 입자)은 9 %의 수분 함량을 보였다. 건조된 미세 재료는 더 높은 수분 석탄으로 도입된다; 미세 재료는 보다 축축한 (moister) 석탄 입자에 부착된다. 두 재료는 격렬하게 혼합되며, 블렌드는 코크스 오븐에 장입되어 처리되는 다중 모달 석탄 베드를 생성하는데 사용된다. 블렌드가 장입 시스템으로부터, 형성되고 있는 베드로 이동함에 따라, 미세 입자는 큰 입자와 함께 이동하고, 큰 입자 사이의 공극 공간이 작은 입자에 의해 점유되도록 배향된다. 보다 높은 수분의 더 큰 입자가 있는 건조한 미세 입자를 사용하면 시스템으로부터 먼지를 줄일 수 있다는 추가된 장점이 있다. 더 낮은 수분 입자는 더 큰 더 높은 수분 입자에 달라붙는 경향이 있다. 이는 블렌드를 취급하는 동안 먼지 발생이 적은 환경적 이점을 발생시킨다.
- [0061] 보다 높은 벌크 밀도 석탄 베드는 코킹 공정에 많은 이점을 제공한다. 코킹 사이클 전반에 걸쳐 보다 균일한 휘발성 물질 방출 속도가 고밀도 베드에 의해 발생되어, 휘발 물질이 코킹 사이클 초기에 쉽게 빠져 나가는 것을 방지한다. 열 회수 오븐에서, 이는 오븐 벽돌에 해로운 낮은 피크 온도로 변환될 수 있다. 느린 휘발성 물질 방출로 인해 일반적으로 열이 가장 많이 필요한 시기인 코크스 사이클에서 차후에 오븐 작동 온도가 더 높아진다. 연도 가스 공유와 같은 방법은 코크스 사이클의 끝에서 느린 휘발성 물질 방출을 완화하도록 개발되었다. 대조적으로, 기계식 스탬프 장입기의 다양한 방법에 의해 달성된 극도로 높은 밀도는 휘발성 물질의 방출을 억제할 수 있다.
- [0062] 다중 모달 베드는 또한 오븐에 장입된 베드의 코킹 시간을 개선할 수 있는 능력을 보였다. 높은 밀도 베드는 또한 같은 체적에서 많은 재료가 장입될 수 있게 하여 코킹 속도를 증가시킨다. 고밀도 베드는 또한 전도성 열 전달을 촉진한다. 그러나, 밀도를 얻는 스탬프 장입 방법과는 달리, 본 기술의 다중 모달 베드는 여전히 느슨하게 패킹된 석탄을 포함한다. 이는, 석탄이 슈퍼 패킹된 스탬프 장입 베드보다 훨씬 쉽게 휘발성 물질을 방출할 수 있게 한다. 열 회수 오븐의 가열은 스탬프 장입 유닛보다 빠르다. 플라스틱 층은 느슨하게 패킹된 높은 밀도 베드로 인해 열 회수 오븐 및 부산물 오븐 모두에서 베드를 통해 빠르게 진행된다. 실험에서, 보통 48톤의 석탄을 처리하는 열 회수 코크스 오븐은 같은 48 시간 동안 49.5 톤의 석탄과 미세 분탄(3 중량 %)을 처리할 수 있다. 본 기술의 다중 모달 베드를 사용함으로써 가우스 부분 크기 분포를 사용하는 석탄 베드보다 1 % 내지 10 %의 코킹 속도 개선이 기대된다.
- [0063] 본 기술의 다중 모달 블렌드에 의해 얻어진 밀도 향상은 많은 다른 이점을 갖는다. 오일과 같은 현탁제의 첨가는 석탄 입자의 유동성을 향상시키는데 사용될 수 있으며, 궁극적으로 생성된 석탄 베드의 패킹 효율 및 밀도를 향상시킨다. 본 기술의 다중 모달 블렌드는, 오일 첨가 없이, 표준 석탄 혼합물과 비교하여, 모든 실험에서 개선된 유동성 특성을 나타냈다. 본 기술에 의해 생성된 다중 모달 블렌드는 건조한 미세 재료를 큰 석탄 입자에 도입하며, 이는 또한 큰 석탄 입자 사이에 더 작은 입자의 유연한 층을 제공함으로써 석탄의 유동성을 향상시킨다. 다중 모달 베드에 오일을 첨가하면 각 방법에서 개별적으로 얻는 이익이 더 개선된다.
- [0064] 본 기술에 의해 나타난 개선된 유동성은 코킹 공정에 대해 다수의 이점을 제공할 것으로 기대된다. 석탄 장입에 의해 코킹 오븐에서 보다 균일한 공간이 점유된다. 종래 열 회수 오븐에서는, 석탄 장입에 의해 벽을 따라 공극 체적이 형성된다. 오븐의 코크스 측면에서의 장입 높이는 장입 컨베이어에서의 굴곡으로 인해 오븐의 석탄 측에서의 장입 높이보다 낮다. 석탄 베드를 오븐의 중앙으로부터 벽까지 그리고 전방 도어로부터 후방 도어까지 더 많은 수준으로 장입하는 것은 더 많은 사용 가능한 오븐 체적을 사용한다.
- [0065] 균일한 베드 높이는 추가적인 이점을 갖는다. 현재 푸싱 프랙티스에서, 열 회수 오븐의 푸셔 측면과 코크스 측면 사이의 높이 차이는 일 측에서 더 높은 온도를 발생시키는 것으로 의심된다. 수준별 오븐 장입은 각 측에서 석탄의 체적이 동일하다는 것에 기인하여 열 회수 오븐에 걸쳐 코크스 측으로부터 푸셔 측까지 더 일관된 온도 프로파일을 촉진할 것으로 예상된다. 또한, 수준별 장입은 벽 및 코크스 측 도어를 따라 일반적으로 비어 있던 각 오븐 점유 체적에 대한 장입 중량을 약간 증가시킬 수 있는 기회를 제공한다. 코킹 재료는 효과적으로 코크스를 생산하기 위해 낭비되는 오븐 체적을 사용한다. 석탄 베드의 보다 높은 밀도가 유동성 이점을 증가시킨다. 본 기술에 의해 나타난 개선된 유동성으로 인해 부산물 오븐에서 유사한 오븐 충전 장점을 구현할 수 있다.
- [0066] 초고밀도 석탄 베드는 본 기술의 다중 모달 블렌드를 스탬프 장입함으로써 달성될 수 있다. 일반적으로 스탬프

장입 공정은 베드 밀도를 10 % 이상 증가시킬 수 있지만, 오븐에 배치될 때 베드가 떨어지지 않도록 석탄 베드에 10 % 이상의 수분이 필요하다. 본 발명에 따르면, 베드의 전체 수분 함량을 효과적으로 감소시키는 건조한 미세 재료를 사용하여, 다중 모달 블렌드가 생성된다. 전술한 바와 같이, 본 기술의 다중 모달 베드는 개선된 유동성 특성을 또한 나타낸다. 다중 모달 베드를 스탬프 장입함으로써 초고밀도, 낮은 수분의 코크스 재료 베드가 생성된다. 이에 의해 석탄 장입으로부터 수분을 제거하기 위해 사용되는 열이 적어지고, 더 빨리 가열되고, 코킹 시간이 단축된다.

[0067] 다중 모달 베드는 스탬프 장입으로 달성되는 밀도 향상을 더욱 개선시키는데 사용될 수 있다. 스탬프 장입은 기계적으로 입자가 재배향되어 이웃 입자에 대해 압축되어 공극을 제거하고 베드의 패킹 효율을 향상시킴으로써 작용한다. 현재 사용되는 압축 방법 중 일부에는 해머, 유압 프레스 및 진동 압축기(vibrocompactor)가 포함된다. 본 기술에 따른 다중 모달 베드는 또한 향상된 패킹 효율 및 감소된 공극을 나타낸다. 또한 수분이 적어지고 유동성이 향상된다. 다중 모달 베드를 스탬프 장입함으로써 다중 모달 베드의 밀도가 더욱 증가된다. 일부 실시예에서, 다중 모달 베드를 스탬프 장입함으로써 다중 모달 베드의 밀도를 0.67 sg 내지 0.78 sg 사이로부터 0.85 sg 내지 1.2 sg 사이의 밀도로 증가시킨다. 다른 실시예에서, 재료의 다중 모달 베드는 1.2 sg 이상의 밀도로 스탬프 장입된다. 재료의 다중 모달 베드를 스탬프 장입하는 것은 재료의 다중 모달 베드의 향상된 유동성으로 인해 재료의 표준 베드를 스탬프 장입하는 것보다 더 적은 노력을 필요로 한다. 이는 궁극적으로 스탬프 장입에 필요한 패스를 줄이고, 스탬프 장입에 사용되는 장비의 크기를 줄이며, 스탬프 장입에 사용되는 압력을 줄이고, 스탬프 장입에 필요한 사이클 시간을 줄인다. 최적화된 상태에서, 다중 모달 블렌드는 스탬프 장입을 대신하도록 작용할 수 있다. 본 기술의 다중 모달 블렌드는 증가된 밀도를 구현하여, 보다 높은 품질의 코크스 및 보다 높은 코크스 생성 속도를 유도한다.

[0068] 본 기술에 의해 구현되는 보다 높은 밀도의 장입은 보다 높은 CSR을 발생시킨다. 이러한 주요 내용은 낮은 등급의 석탄이 코크스의 CSR을 높이기 위해 스탬프 장입될 때 사용된다. 높은 밀도를 나타내는 다중 모달 베드는 높은 밀도로 인해 CSR에 동일한 결과를 달성한다. CSR 향상은 고밀도 장입에 의해 생성되는 밀도가 낮은 다공성 코크스와 관련이 있는 것으로 믿어진다.

[0069] 높은 밀도의 다중 모달 베드는 석탄 블렌드 내의 성분의 유해한 영향을 수정하는데 사용될 수 있다. 일반적으로 폐재료인 분탄은 석탄에 블렌딩되어 코크스로 변환됨으로써 그 가치를 향상시킬 수 있다. 그러나, 분탄은 범위가 12 % 내지 35 %의 회분에 이르는 매우 높은 회분 함량을 갖는다. 회분은 CSR에 해롭다. 실험 결과에 따르면 석탄 블렌드에 분탄이 추가되면 CSR이 감소하는 것으로 나타났다. 도 17은 알려진 석탄 블렌드에 거친 분탄이 도입되어 분탄 함량이 증가함에 따라 그에 따른 CSR이 감소하는 실험 결과를 도시한다.

[0070] 본 기술에 따른 다중 모달 베드는 CSR의 저하를 보정하는데 사용될 수 있다. 일부 실시예에서, 분탄은 미세한 크기로 밀링될 수 있고, 작은 비율로 다중 모달 블렌드를 생성하는데 사용될 수 있다. 분탄의 높은 회분 함량은 최종 생성물의 CSR을 감소시킬 것이다. 그러나, 미세한 분탄은 회분의 영향을 상쇄하는 최종 생성물의 CSR을 높이는 베드 밀도를 증가시킨다. 최종 결과는 분탄이 성공적으로 석탄 블렌드에 도입되는 동안 최종 생성물의 CSR은 변하지 않게 유지되는 것이다.

[0071] 더 미세한 분탄의 사용에 의해 달성된 다른 이점은 증가된 강도이다. 위의 테스트에서 미세한 분쇄를 사용했을 때, 추가된 % 분탄에 대한 CSR 손실은 감소했다. 이는 큰 분탄이 실제로 균열 이니시에이터(crack initiator)가 될 수 있기 때문에 발생한다. 분탄이 코크스 공극 세포벽 두께보다 크다면, 균열과 파손을 일으킬 것이라고 믿어진다. 분탄이 세포벽보다 작으면, 스트레스를 경감시킴으로써 균열과 파손을 실제로 막을 것이다.

[0072] 실험 결과는 다중 모달 베드의 완화 효과를 확인한다. 도 18은 석탄 블렌드에 분탄이 도입될 때 CSR의 한계 감소를 도시한다. 도 17과 도 18에서 분탄의 영향에 상당한 차이가 있음을 주목해야 한다. 다중 모달 블렌딩에 의한 보상은 상업적으로 허용되는 생성물을 생산하기 위해 생성물 코크스에 대한 회분의 심각한 CSR 영향을 극복하는 것을 가능하게 한다.

[0073] 베드 높이는 또한 베드 밀도와 관련이 있다. 큰 베드는 베드의 바닥의 석탄에 더 많은 정압을 가하여, 바닥에 밀집된 고밀도 지역을 생성한다. 이 지역은 일반적으로 보다 높은 CSR 코크스를 생산한다. 오븐의 생산 능력을 최적화하기 위해 더 얇은 베드가 장입될 수 있다. 시간 기준에 처리된 석탄 톤으로 비교하였을 때, 두꺼운 베드보다 얇은 베드의 코크스가 더 빠르다. 그 이유는 가열 속도가 비선형이며 가열 속도가 얇은 베드의 경우 더 빠르기 때문이다. 베드의 상부와 하부 사이의 거리가 짧기 때문에, 플라스틱 층이 베드를 통해 전파되어 코킹 사이클을 완료하는 데 걸리는 시간이 짧다. 이를 통해 연간 코크스 오븐의 성능이 연 기준으로 25 % 이상 증가할 수 있다. 예를 들어, 열 회수 오븐은 48 시간 내에 48 톤 또는 24 시간 내에 28 톤을 처리할 수 있다.

그러나, 얇은 베드는 바닥에 작은 정압을 갖기 때문에 CSR 코크스 생산을 낮추는 결과를 초래한다. 본 기술에 따른 멀티 모달 베드는 얇은 베드의 밀도를 높이고 궁극적으로 CSR을 증가시켜 얇은 베드를 보완하는 데 사용될 수 있다. 이와 같이, 다중 모달 베드는 얇은 베드에서 일반적으로 실현되는 CSR에 대한 손해를 극복하거나 예방할 수 있으며, 종래 베드 높이를 갖는 코킹 장입에 의해 얻을 수 있는 수준의 코크스를 생산할 수 있다.

[0074] 본 기술의 다중 모달 베드는 또한 보다 높은 안정성 코크스를 실현한다. 이는, 미세 입자, 특히 석탄과 유사하지 않은 특성을 가진 미세 입자(불활성 물질)가 플라스틱 층이 베드의 해당 구역을 통과할 때 코크스 구조에 베어 든다는 사실의 결과일 수 있다. 미세 재료 없는 코크스는 시멘트와 유사하다. 상기 구조에 베어 든 미세 재료를 갖는 코크스는, 전체 구조에 강성을 제공하는 응집 재료를 갖는 콘크리트와 유사하다. 암석 분류 결과는, 분탄과 같이 석탄과 유사하지 않은 재료가 코킹 공정에서 코크스 구조에 통합된다는 것을 확인한다.

[0075] 도 19에 도시된 바와 같이, 코크스 구조의 외측 단부에서 시작되는 갈라짐(fracture)은 응집 입자와 교차할 때까지 전파될 것이다. 이 시점에서, 균열은 유사하지 않은 재료 때문에 전파를 멈춘다. 응집 재료가 없는 경우, 미세 분탄이 있으면 이 경우 균열은, 전체 구조를 통해 전파되어 코크스 조각을 파손하고 안정성 테스트에서의 성능을 저하시킨다. 실험 결과는 미세 불활성 재료의 도입에 대한 안정성의 증가함을 확인한다. 도 20은 분탄 함량에 따른 안정성 증가를 도시한다. 또한, 코크스 구조에의 분탄과 같은 미세물의 집합 및 높은 안정성은 분탄 또는 미세물의 소비 및 생성 코크스에 의한 적은 분탄의 발생을 초래할 것이다. 이는 다중 모달 블렌드가 사용될 때 코크스 공장으로부터의 분탄 생성을 실질적으로 감소시켰다. 안정성의 증가는 코크스 다중 모달 베드의 대략 5 % 내지 10 %에 해당하는 크기가 4" 이상인 코크스의 톱 컷(top cut)을 가능하게 한다. 이러한 방식으로 제조된 더 큰 코크스는 주조 코크스 작업에 사용될 수 있다.

[0076] 다중 모달 블렌드는 안정성에 유해한 다른 인자를 보상하기 위해 안정성을 향상시키는데 사용될 수 있다. 상기 논의된 바와 같이, 보다 얇은 베드가 코킹 오븐 생산을 향상시키는데 사용될 수 있다. 그러나, CSR에 대한 유해성에 추가하여, 얇은 베드도 최종 생성물의 안정성에 해를 끼친다. 본 기술에 따른 다중 모달 얇은 베드는 이러한 효과를 보완하여 얇은 베드 생성물의 안정성을 높였다. 궁극적으로, 이는 상업적으로 수용 가능한 생성물을 생산할 수 있는 고용량 코크스 오븐을 만들어 냈다. 도 21은 일반적으로 분탄(다중 모달 베드)의 도입으로 안정성이 증가하는 것을 도시한다. 오븐 1 % 테스트는 더 낮은 온도에서 수행되었으며, 이는 안정성에 상당한 영향을 미쳤다. 그러나, 다중 모달 베드는 이러한 영향을 보상하고 안정성에 대한 최종 영향을 최소화하였다.

[0077] 상기 논의된 다중 모달 베드의 이점은 새로운 재료를 통합하여 더 이용될 수 있다. 저급 석탄, 무연탄, 바이오숯 및 기타 탄소 함유 화합물을 석탄 블렌드에 통합시킬 수 있다. 또한, 석탄이 코크스에 대해 100-VM 수율을 갖는 반면, 분탄은 매우 적은 VM을 함유하고 코크스에 대해 100 % 수율을 갖기 때문에 분탄-석탄 다중 모달 블렌드를 사용하면 석탄 블렌드의 총 유효 VM 성분이 감소할 것이다. 높은 VM 석탄을 사용하여 낮은 VM 분탄을 보충할 수 있다. VM 방출 속도는 또한 베드의 벌크 밀도 증가로 인해 더 낮아진다. 높은 VM 석탄은 낮은 벌크 밀도 조건에서보다 VM을 느리게 방출한다. 이는 오븐의 초기 피크 온도를 낮추어, 궁극적으로 높은 VM의 저비용 석탄을 코킹 공정의 실질적인 성분이되게 할 것이다.

[0078] 본 기술에 따른 다중 모달 베드는 또한 코킹 공정에서 높은 수율을 불러올 수 있다. 생성된 코크스는 보다 안정적이며 적은 분탄을 생성한다. 또한, 예를 들어, 분탄과 같은 사용되는 미세 성분은 VM이 거의 없으며 재료의 대부분이 코크스로 전환될 수 있다.

[0079] 예시

[0080] 하기 예시는 본 기술의 몇몇 실시예를 예시한다.

[0081] 1. 코크스를 제조하는 공정에서 코킹 오븐에 장입하기 위해 2 개 이상의 재료의 다중 모달 베드를 준비하는 방법이며,

[0082] 제1 미립자 크기를 갖는 제1 미립자 재료의 양을 제공하는 단계와,

[0083] 제1 미립자 크기보다 작은 제2 미립자 크기를 갖는 제2 미립자 재료의 양을 제공하는 단계와,

[0084] 재료의 다중 모달 베드를 형성하도록 제1 미립자 재료를 제2 미립자 재료와 결합시키는 단계와,

[0085] 코킹 오븐에서 재료의 다중 모달 베드를 처리하는 단계를 포함한다.

[0086] 2. 예시 1의 방법에 있어서, 상기 제1 미립자 재료는 50 %가 1/8 인치 스크린을 통과하는 크기와 99 %가 1/8

인치 스크린을 통과하는 크기 사이의 제1 미립자 크기를 갖는 탄소 함유 재료이다.

- [0087] 3. 예시 1의 방법에 있어서, 상기 제1 미립자 재료는 8 메시 크기와 16 메시 크기 사이의 제1 미립자 크기를 갖는 탄소 함유 재료이다.
- [0088] 4. 예시 1의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료는 30 메쉬보다 작은 제2 미립자 크기를 갖는 탄소 함유 재료이다.
- [0089] 5. 예시 1의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료는 60 메쉬보다 작은 제2 미립자 크기를 갖는 탄소 함유 재료이다.
- [0090] 6. 예시 1의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료는 100 메쉬보다 작은 제2 미립자 크기를 갖는 탄소 함유 재료이다.
- [0091] 7. 예시 1의 방법에 있어서, 재료의 다중 모달 베드를 형성하도록 상기 제1 미립자 재료를 상기 제2 미립자 재료와 결합하기 전에 상기 제2 미립자 재료를 건조시키는 단계를 더 포함한다.
- [0092] 8. 예시 1의 방법에 있어서, 재료의 다중 모달 베드를 형성하도록 상기 제1 미립자 재료를 상기 제2 미립자 재료와 결합하기 전에 상기 제1 미립자 재료에 현탁제를 추가하는 단계를 더 포함한다.
- [0093] 9. 예시 8의 방법에 있어서, 재료의 다중 모달 베드를 형성하도록 상기 제1 미립자 재료를 상기 제2 미립자 재료와 결합하기 전에 상기 제2 미립자 재료를 건조시키는 단계를 더 포함한다.
- [0094] 10. 예시 8의 방법에 있어서, 상기 현탁제는 유체 탄화수소로 구성된다.
- [0095] 11. 예시 10의 방법에 있어서, 현탁제는 오일, 타르, 피치 및 디젤 중 적어도 하나로 구성된다.
- [0096] 12. 예시 1의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 상기 재료의 다중 모달 베드의 대략 10 중량 % 내지 50 중량 %이다.
- [0097] 13. 예시 12의 방법에 있어서, 상기 제1 미립자 재료는 실질적으로 석탄으로 구성되고, 상기 제2 미립자 재료는 실질적으로 분탄으로 구성된다.
- [0098] 14. 예시 1의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 상기 재료의 다중 모달 베드의 대략 5 중량 % 내지 10 중량 %이다.
- [0099] 15. 예시 1의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 상기 재료의 다중 모달 베드의 대략 5 중량 % 미만이다.
- [0100] 16. 예시 1의 방법에 있어서, 상기 제1 미립자 재료는 실질적으로 탄소 함유 재료로 구성되고, 상기 제2 미립자 재료는 무연탄; 분탄; 페트 코크스; 바이오 숯; 생체 적합 재료; 갈탄; 메트 석탄; 열 석탄; 코크스; 패드 석탄; 및 페트 코크스를 포함하는 재료의 그룹으로부터 선택된다.
- [0101] 17. 예시 1의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료는 비 탄소 함유 불활성 재료로 구성된다.
- [0102] 18. 예시 1의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료는 탄소 함유 불활성 재료로 구성된다.
- [0103] 19. 예시 1의 방법에 있어서, 상기 제1 미립자 재료는 제1 벌크 밀도를 가지며, 상기 제2 미립자 재료는 제2 벌크 밀도를 가지며, 상기 재료의 다중 모달 베드는 상기 제1 벌크 밀도보다 높은 제3 벌크 밀도를 갖는다.
- [0104] 20. 예시 1의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 10 % 미만의 수분을 포함한다.
- [0105] 21. 예시 20의 방법에 있어서, 상기 제1 미립자 재료의 양은 15 % 미만의 수분을 포함한다.
- [0106] 22. 예시 1의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 5 % 미만의 수분을 포함한다.
- [0107] 23. 예시 22 방법에 있어서, 상기 제1 미립자 재료의 양은 10 % 미만의 수분을 포함한다.
- [0108] 24. 예시 1의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 1 % 미만의 수분을 포함한다.
- [0109] 25. 예시 24의 방법에 있어서, 상기 제1 미립자 재료의 양은 5 % 미만의 수분을 포함한다.
- [0110] 26. 예시 1의 방법에 있어서, 상기 제1 미립자 재료의 양은 제1 수분 함량을 포함하고, 상기 제2 미립자 재료의 양은 제2 수분 함량을 포함하고, 상기 제1 수분 함량과 상기 제2 수분 함량 간의 차이는 14 % 미만이다.

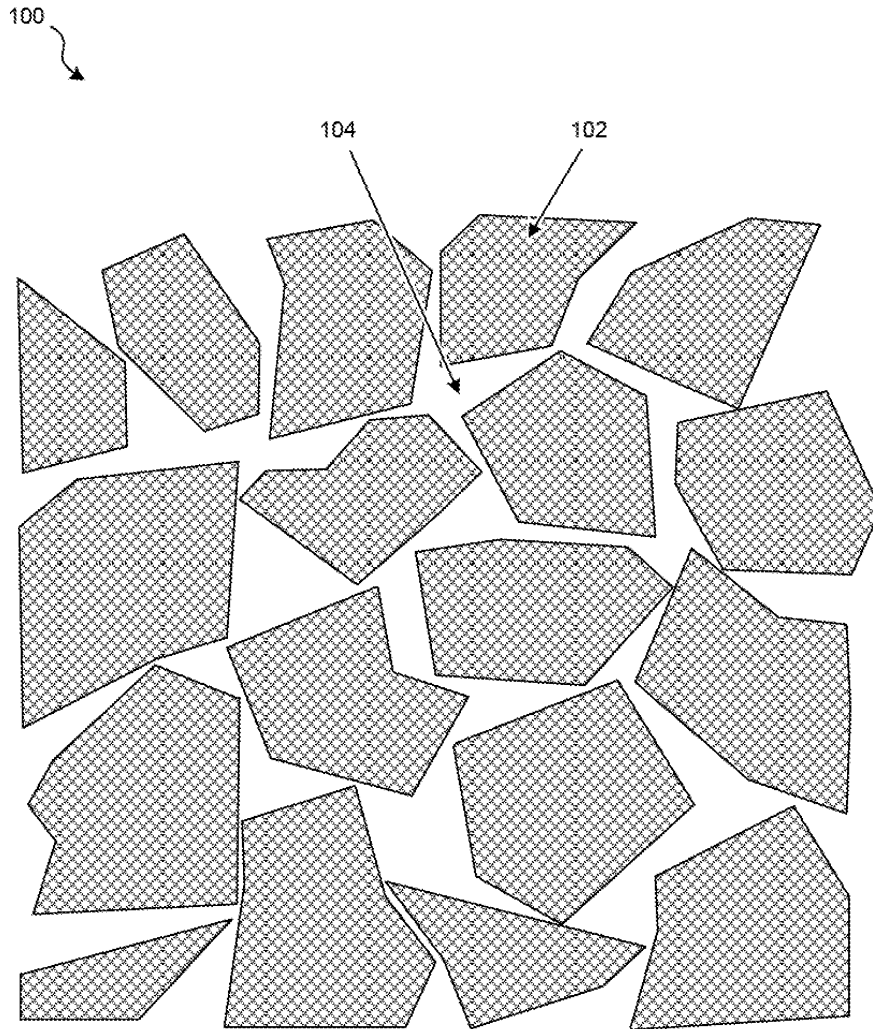
- [0111] 27. 예시 1의 방법에 있어서, 재료의 다중 모달 베드는 제1 미립자 재료만으로 형성된 유사한 크기의 종래 베드의 장입 중량을 초과하는 장입 중량을 가지며, 이에 따라 코킹 오븐에서 재료의 다중 모달 베드를 처리하는 단계는, 제1 미립자 재료만으로 형성된 유사한 크기의 종래 베드에 대한 예상 질량/톤 처리 속도보다 큰 질량/톤 처리 속도를 나타낸다.
- [0112] 28. 예시 1의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 적어도 부분적으로 코킹 오븐에서 재료의 베드의 이전 처리 동안 생성된 재생 미세물로 구성된다.
- [0113] 29. 예시 1의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 제2 미립자 크기로 분쇄된 제1 미립자 재료의 양의 일부로 구성된다.
- [0114] 30. 예시 1의 방법에 있어서, 제2 미립자 재료의 양은 제1 미립자 크기보다 작고, 제1 미립자 재료로부터 스크리닝되고, 제2 미립자 크기로 분쇄되는, 제1 미립자 재료의 양의 일부로 구성된다.
- [0115] 31. 예시 1의 방법에 있어서, 0.85 sg 내지 1.2 sg의 밀도로 재료의 다중 모달 베드를 스탬프 장입하는 단계를 더 포함한다.
- [0116] 32. 예시 1의 방법에 있어서, 1.2 sg 초과와 밀도로 재료의 다중 모달 베드를 스탬프 장입하는 단계를 더 포함한다.
- [0117] 33. 코크스를 제조하는 공정에서 코킹 오븐에 장입하기 위해 재료의 다중 모달 베드를 준비하는 방법이며,
- [0118] 제1 미립자 크기 분포를 갖는 제1 미립자 재료와 상기 제1 미립자 크기 분포보다 작은 제2 미립자 크기 분포를 갖는 제2 미립자 재료를 분쇄기에서 결합시키는 단계와,
- [0119] 상기 제1 미립자 재료가 상기 제1 미립자 크기 분포보다 작지만 상기 제2 미립자 크기 분포보다 큰 제3 미립자 크기 분포로 분쇄되도록 분쇄기를 작동시키는 단계 - 재료의 다중 모달 베드를 형성하도록 상기 제1 미립자 재료와 상기 제2 미립자 재료를 적어도 부분적으로 서로 혼합함 - 와,
- [0120] 코킹 오븐에서 재료의 다중 모달 베드를 처리하는 단계를 포함한다.
- [0121] 34. 예시 33의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 상기 재료의 다중 모달 베드의 대략 50 중량 % 미만이다.
- [0122] 35. 예시 34의 방법에 있어서, 상기 제1 미립자 재료는 실질적으로 탄소 함유 재료로 구성되고, 상기 제2 미립자 재료는 무연탄; 분탄; 페트 코크스; 바이오 숯; 생체 적합 재료; 갈탄; 메트 석탄; 열 석탄; 코크스; 페드 석탄; 및 페드 코크스를 포함하는 재료의 그룹으로부터 선택된다.
- [0123] 36. 예시 33의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 상기 재료의 다중 모달 베드의 대략 10 중량 % 미만이다.
- [0124] 37. 예시 36의 방법에 있어서, 상기 제1 미립자 재료는 실질적으로 탄소 함유 재료로 구성되고, 상기 제2 미립자 재료는 실질적으로 분탄으로 구성된다.
- [0125] 38. 예시 33의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 적어도 부분적으로 코킹 오븐에서 재료의 베드의 이전 처리 동안 생성된 재생 재료로 구성된다.
- [0126] 39. 예시 33의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 제2 미립자 크기 분포로 분쇄된 제1 미립자 재료의 양의 일부로 구성된다.
- [0127] 40. 예시 33의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료의 양은 30 메쉬보다 작은 제2 미립자 크기 분포로 분쇄된다.
- [0128] 41. 예시 40의 방법에 있어서, 제2 미립자 재료의 양은 제1 미립자 재료를 결합시키는 단계 이전에 12 % 미만의 수분 함량으로 건조된다.
- [0129] 42. 예시 33의 방법에 있어서, 상기 제2 미립자 재료는 100 메쉬보다 작은 제2 미립자 크기 분포를 갖는 탄소 함유 재료이다.
- [0130] 43. 예시 42의 방법에 있어서, 제2 미립자 재료의 양은 제1 미립자 재료를 결합시키는 단계 이전에 1 % 미만의 수분 함량으로 건조된다.

- [0131] 44. 코크스를 제조하는 공정에서 코킹 오븐에 장입하기 위해 2 개 이상의 재료의 다중 모달 베드를 준비하는 방법이며,
- [0132] 제1 벌크 밀도를 갖는 제1 미립자 재료의 양을 제공하는 단계와,
- [0133] 제2 벌크 밀도를 갖는 제2 미립자 재료의 양을 제공하는 단계와,
- [0134] 재료의 다중 모달 베드를 형성하도록 제1 미립자 재료를 제2 미립자 재료와 결합시키는 단계 - 상기 재료의 다중 모달 베드는 제1 미립자의 양과 제2 미립자의 양의 벌크 밀도의 중량 합에 의해 계산된 밀도보다 높은 제3 밀도를 가짐 - 와,
- [0135] 코킹 오븐에서 재료의 다중 모달 베드를 처리하는 단계를 포함한다.
- [0136] 45. 코킹 재료의 다중 모달 베드이며,
- [0137] 제1 벌크 밀도를 갖는 제1 미립자 코킹 재료의 양과,
- [0138] 제2 벌크 밀도를 갖는 제2 미립자 코킹 재료의 양을 포함하며,
- [0139] 상기 제1 미립자 코킹 재료 및 제2 미립자 코킹 재료는, 제1 미립자 코킹 재료의 양과 제2 미립자 코킹 재료의 양의 벌크 밀도의 중량 합에 의해 계산된 밀도보다 높은 제3 밀도를 갖는 재료의 다중 모달 베드를 형성하기 위해 서로 결합된다.
- [0140] 46. 예시 45의 다중 모달 베드에 있어서, 상기 제1 미립자 코킹 재료는 실질적으로 탄소 함유 재료로 구성되고, 상기 제2 미립자 코킹 재료는 무연탄; 분탄; 페트 코크스; 바이오 숯; 생체 적합 재료; 갈탄; 메트 석탄; 열 석탄; 코크스; 페드 석탄; 및 페드 코크스를 포함하는 재료의 그룹으로부터 선택된다.
- [0141] 47. 예시 45의 다중 모달 베드에 있어서, 상기 제2 미립자 코킹 재료의 양은 상기 재료의 다중 모달 베드의 대략 10 중량 % 미만이다.
- [0142] 48. 예시 47의 다중 모달 베드에 있어서, 상기 제1 미립자 코킹 재료는 실질적으로 탄소 함유 재료로 구성되고, 상기 제2 미립자 코킹 재료는 실질적으로 분탄으로 구성된다.
- [0143] 49. 예시 45의 다중 모달 베드에 있어서, 상기 제1 미립자 코킹 재료의 양은 제1 수분 함량을 포함하고, 상기 제2 미립자 코킹 재료의 양은 제2 수분 함량을 포함하고, 상기 제1 수분 함량과 상기 제2 수분 함량 간의 차이는 14 % 미만이다.
- [0144] 50. 예시 45의 다중 모달 베드에 있어서, 상기 제1 미립자 코킹 재료의 양은 제1 미립자 크기 분포에 의해 한정되고, 상기 제2 미립자 코킹 재료의 양은 제2 미립자 크기 분포에 의해 한정되며, 상기 제1 미립자 크기 분포 및 상기 제2 미립자 크기 분포는 서로 상이하다.
- [0145] 본 기술이 특정 구조, 재료, 및 방법론적 단계에 특정된 언어로 설명되었지만, 첨부된 청구 범위에서 한정되는 본원 발명은 반드시 설명된 특정 구조, 재료, 및/또는 단계로 제한되는 것은 아니라는 점을 이해해야 한다. 오히려, 특정한 양태 및 단계는 청구된 발명을 구현하는 형태로서 설명된다. 또한, 특정 실시예들의 맥락에서 설명된 신규한 기술의 특정 양태는 다른 실시예에서 결합되거나 제거될 수 있다. 더욱이, 본 기술의 특정 실시예와 관련된 이점이 이들 실시예의 맥락에서 설명되었지만, 다른 실시예가 또한 그러한 이점을 보일 수 있으며, 모든 실시예가 본 기술의 범위 내에 속하는 그러한 이점을 반드시 보일 필요는 없다. 따라서, 본 개시 및 관련 기술은 본 명세서에서 명시적으로 도시되거나 설명되지 않은 다른 실시예를 포함할 수 있다. 따라서, 본 개시는 첨부된 청구 범위를 제외하고는 제한되지 않는다. 달리 지시되지 않는다면, 명세서(청구 범위를 제외함)에서 사용되는 치수, 물리적 특성 등을 나타내는 것과 같은 모든 숫자 또는 표현은 모든 경우에 "대략"이라는 용어에 의해 수정된 것으로 이해된다. 적어도, 청구 범위에 대한 균등론의 적용을 제한하고자 하는 시도로서가 아니라, "대략"이라는 용어에 의해 수정된 명세서 또는 청구 범위에 기재된 각각의 수치 파라미터는 적어도 개시된 유효 숫자의 갯수의 관점에서 그리고 일반적인 반올림 기법을 적용하여 해석되어야 한다. 더욱이, 본 명세서에 개시된 모든 범위는 그 안에 포함되는 임의의 및 모든 하위 범위 또는 임의의 및 모든 개별 값을 나열하는 청구 범위를 포함하고 그에 대한 지지를 제공하는 것으로 이해되어야 한다. 예컨대, 1에서 10의 명시된 범위는 최소값 1과 최대값 10 사이에 있고 및/또는 이들을 포함하는 임의의 및 모든 하위 범위 또는 개별 값, 즉 최소값이 1 이상으로 시작하여 최대값이 10 이하에서 종결되는 모든 하위 범위(예컨대, 5.5 내지 10, 2.34 내지 3.56 등) 또는 1에서 10 사이의 임의의 값(예컨대, 3, 5.8, 9.9994 등)을 나열하는 청구 범위를 포함하고 그에

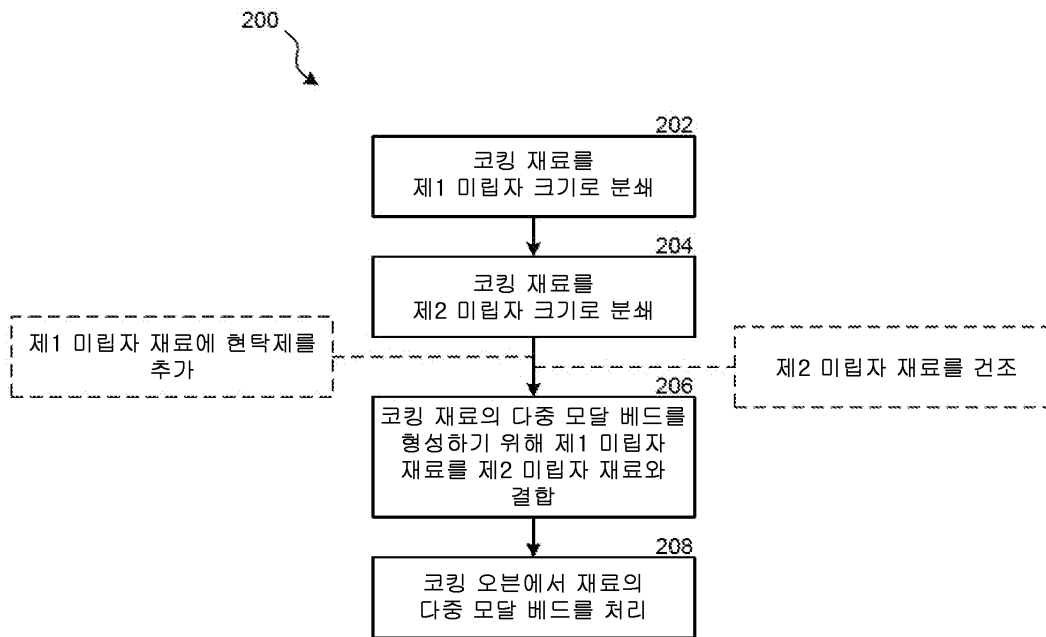
대한 지지를 제공하는 것으로 고려되어야 한다.

도면

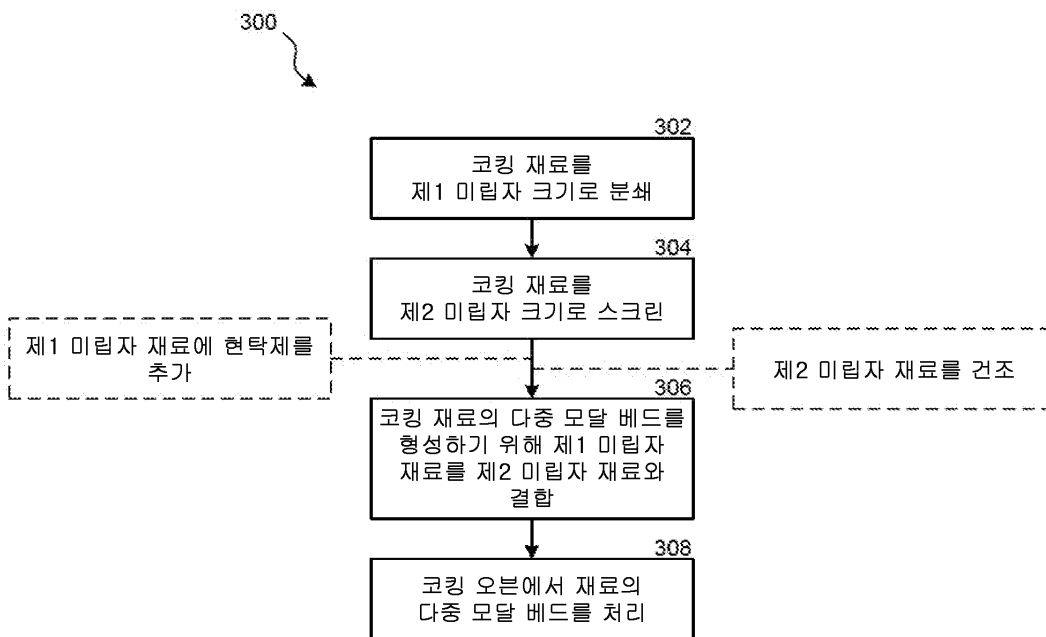
도면1



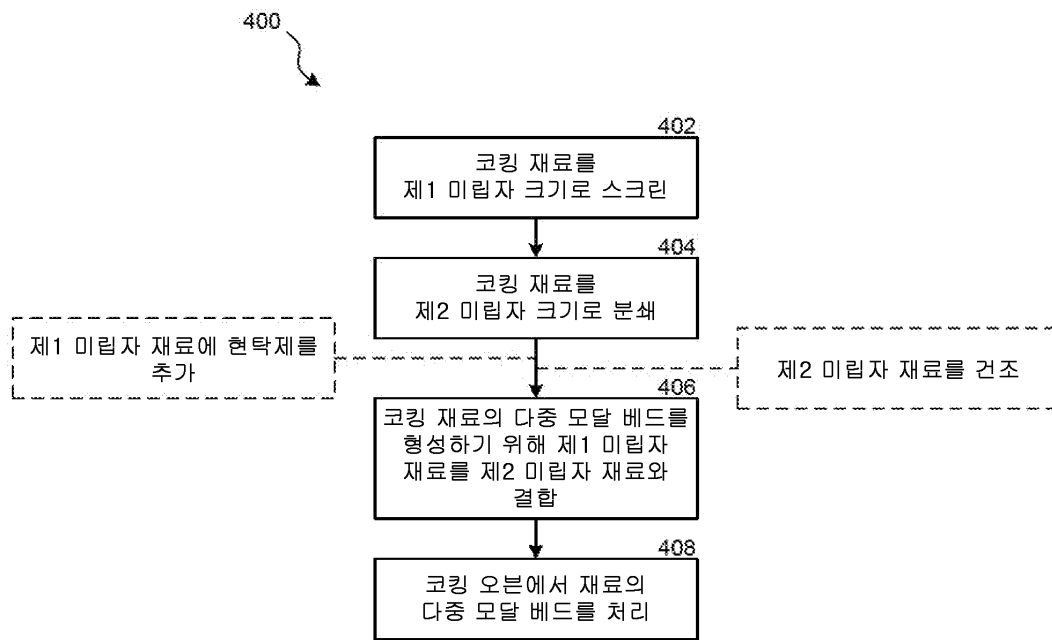
도면2



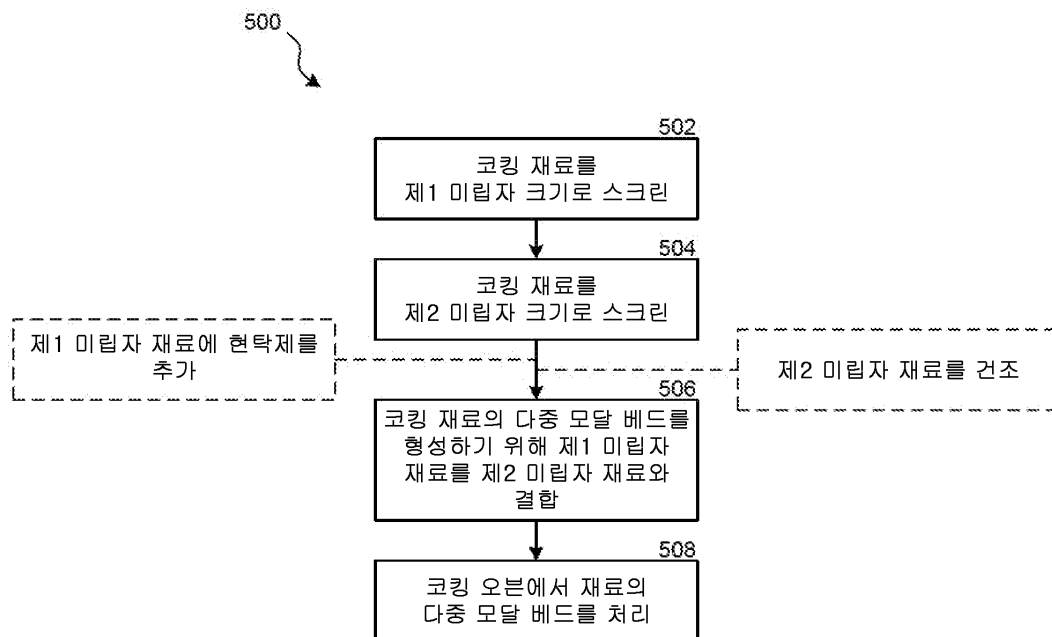
도면3



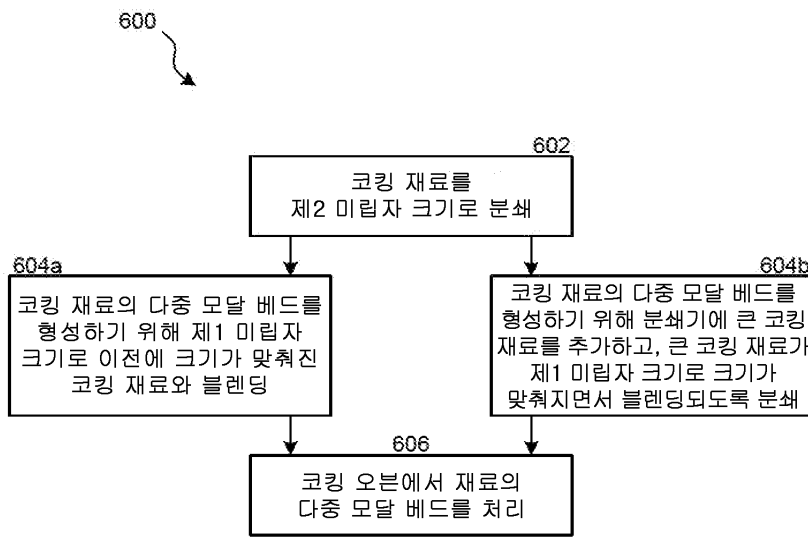
도면4



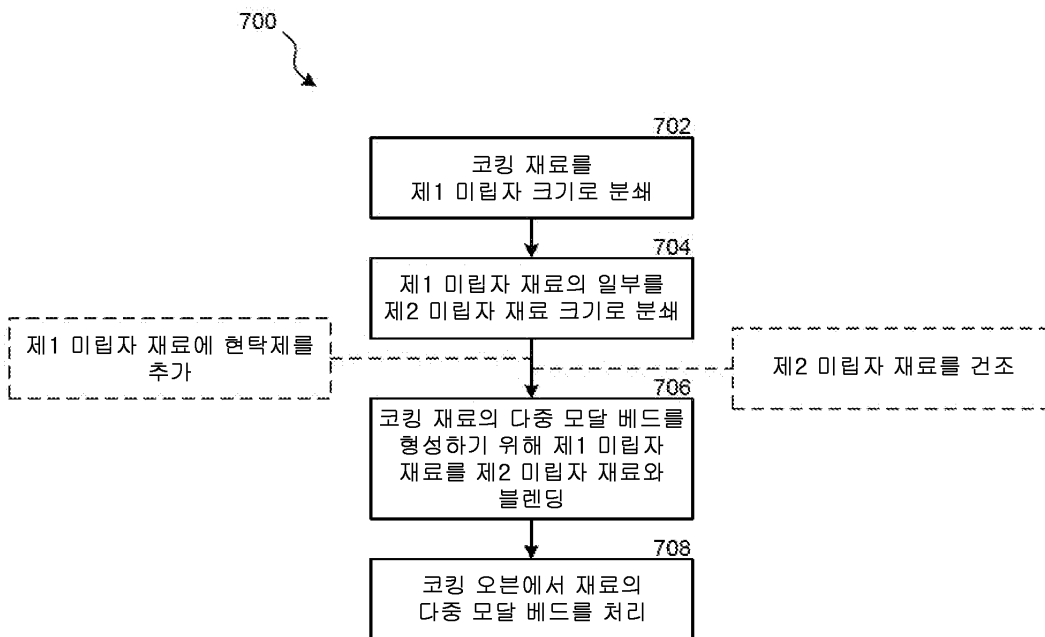
도면5



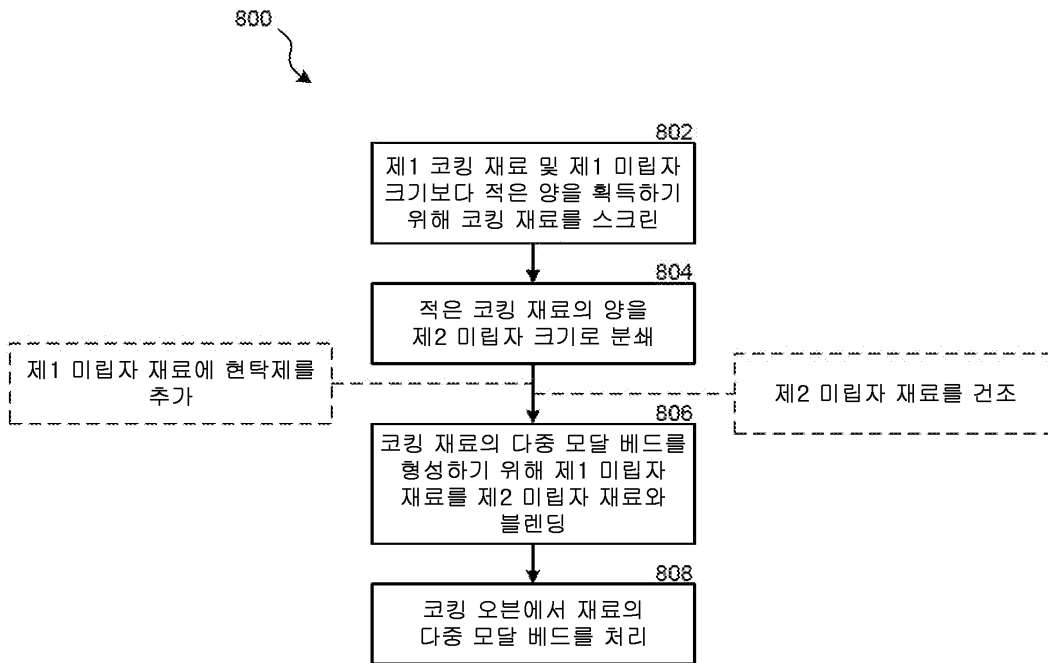
도면6



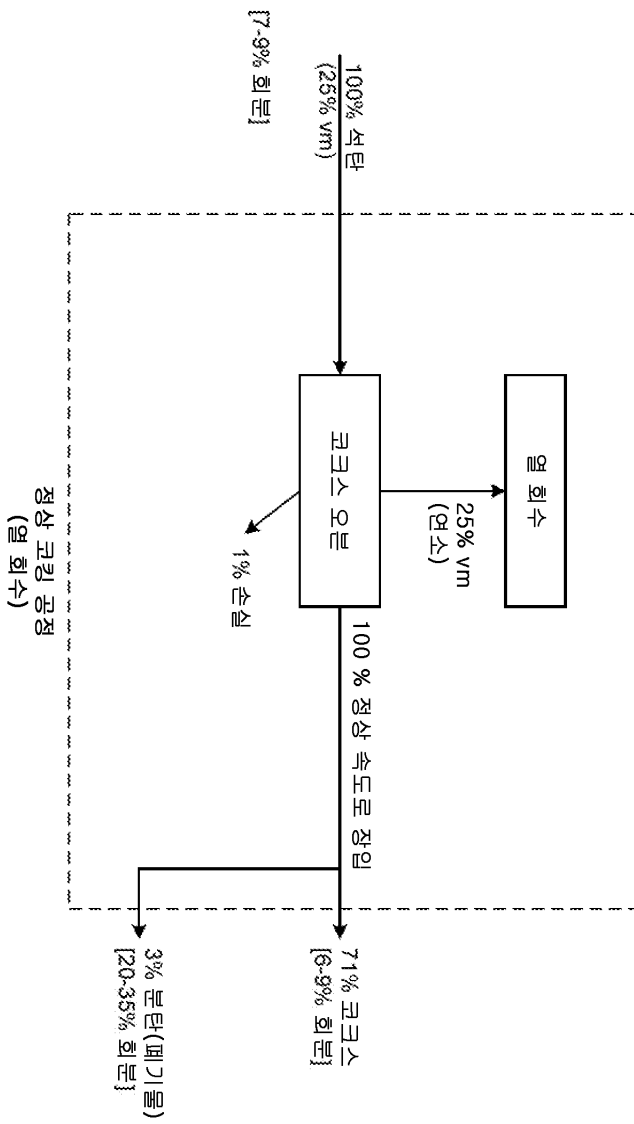
도면7



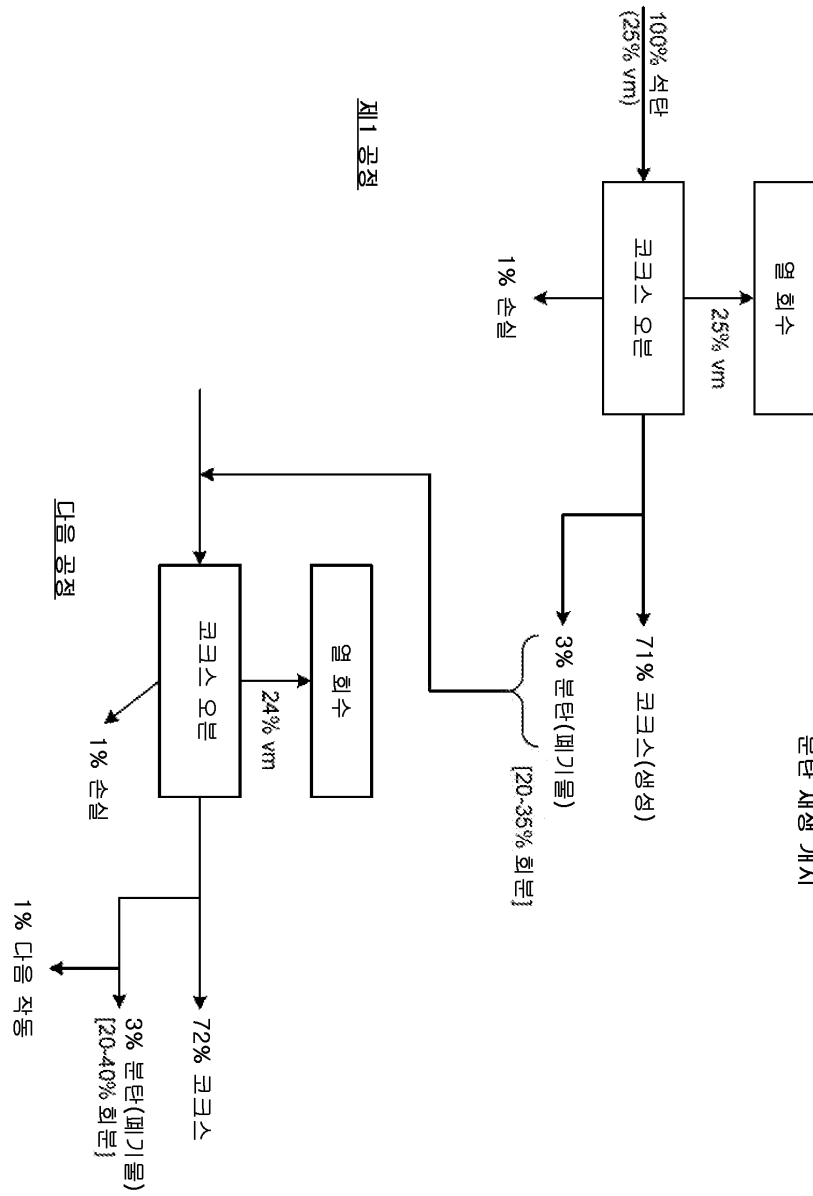
도면8



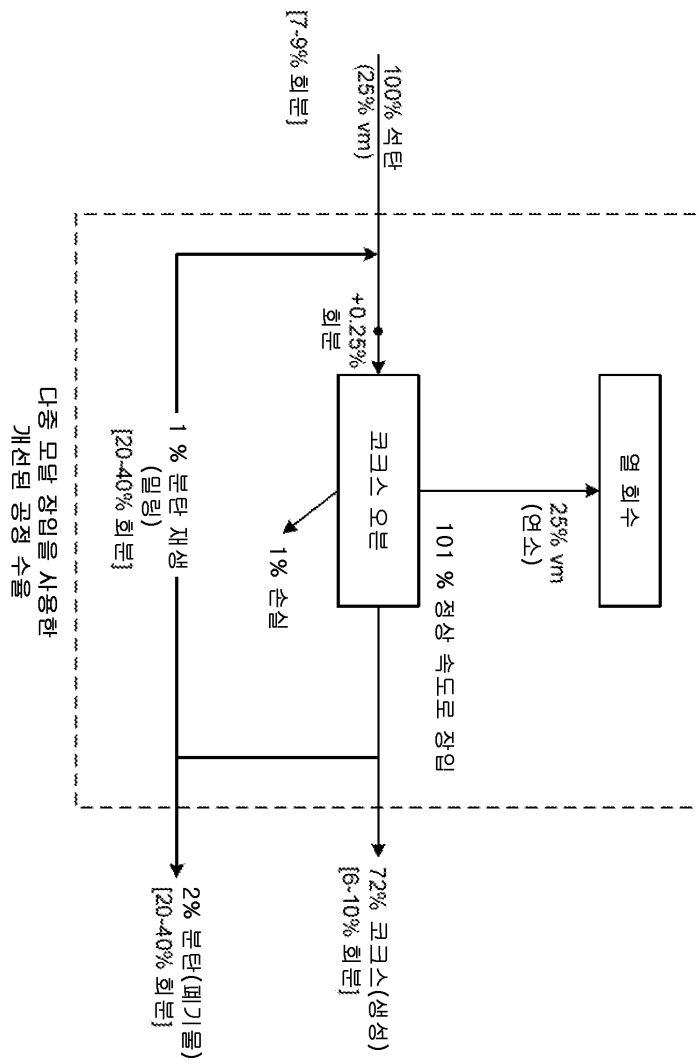
도면9



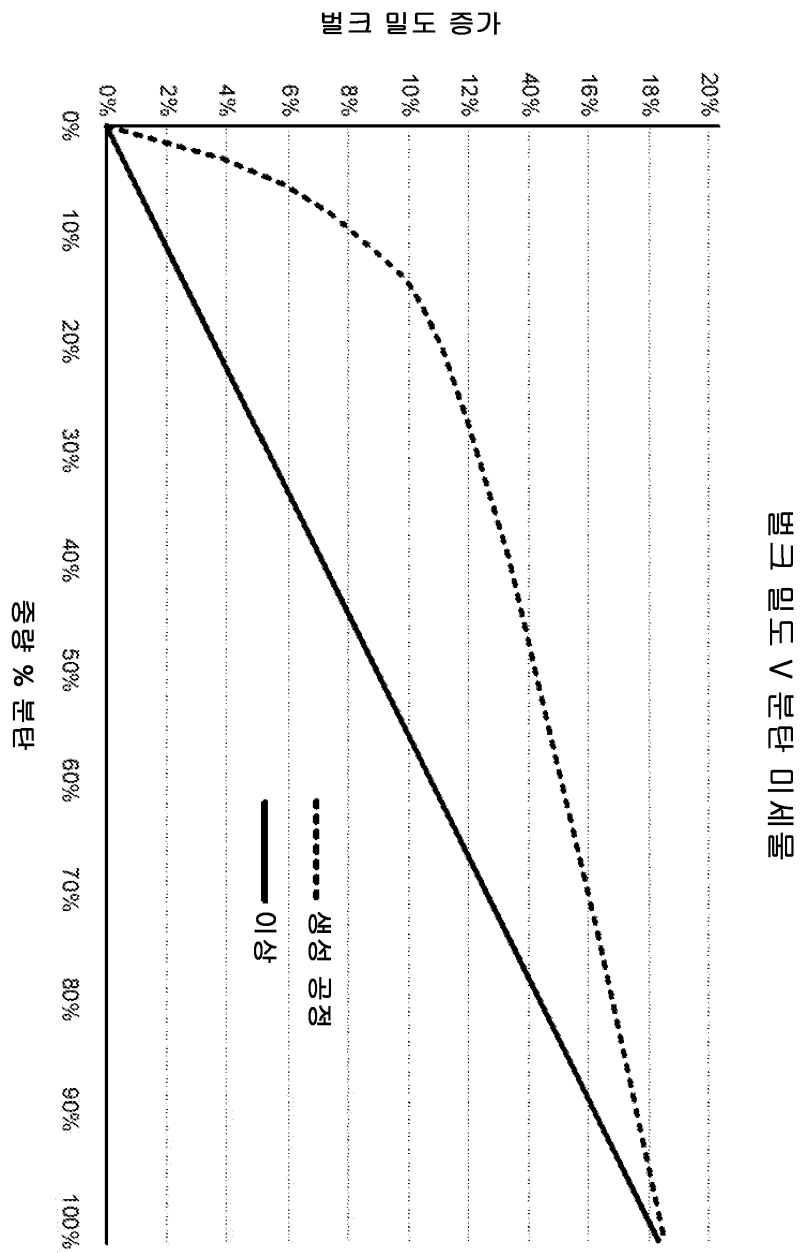
도면10



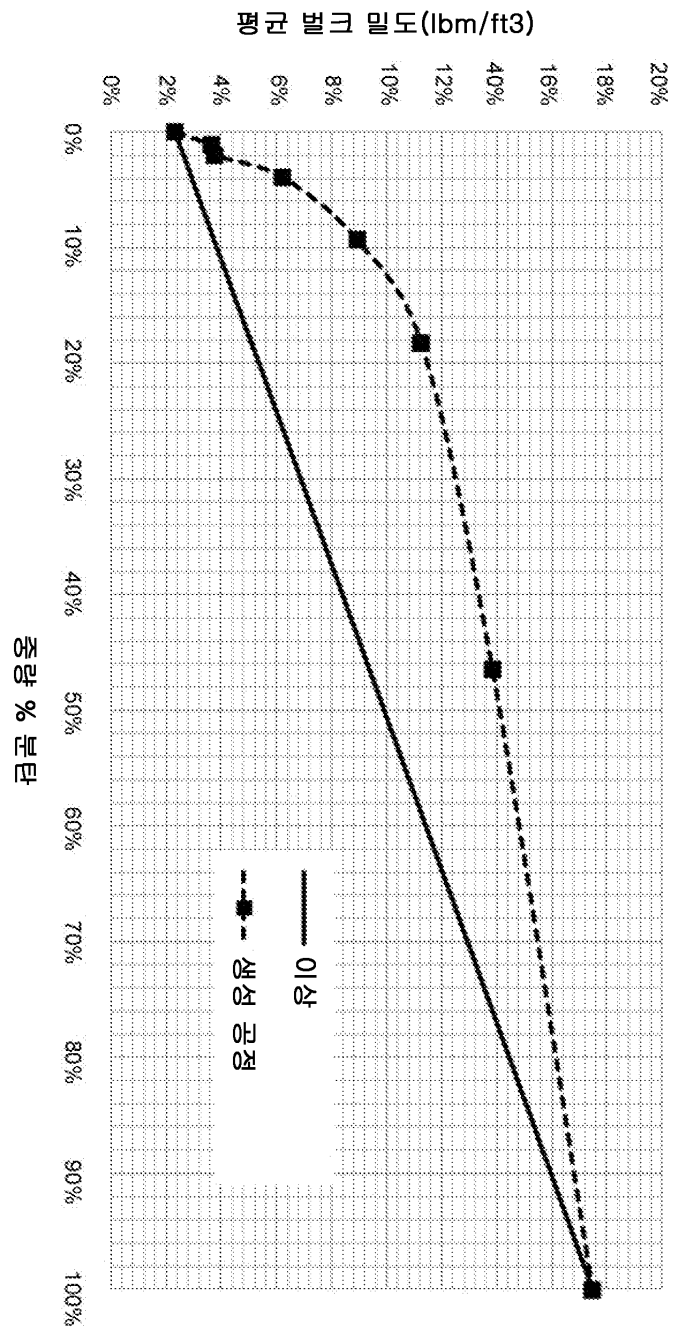
도면11



도면12

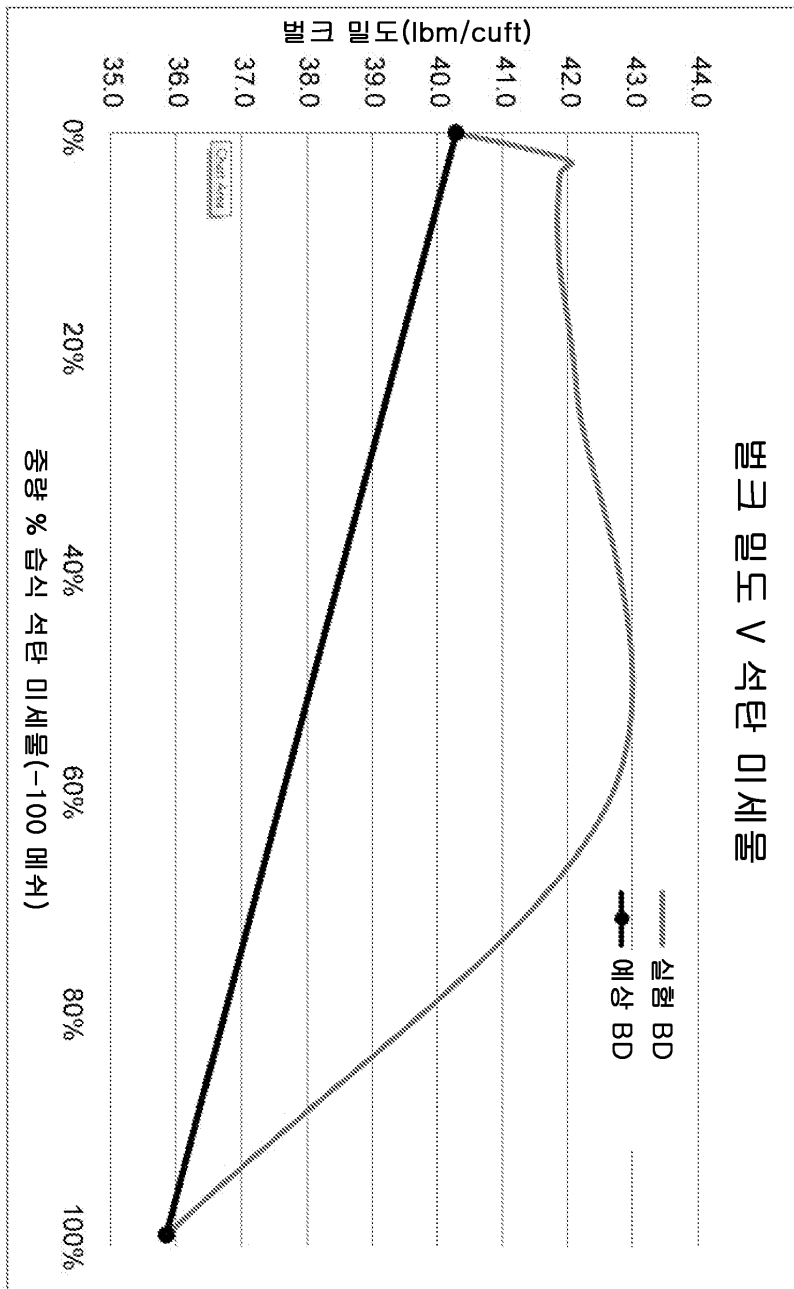


도면13

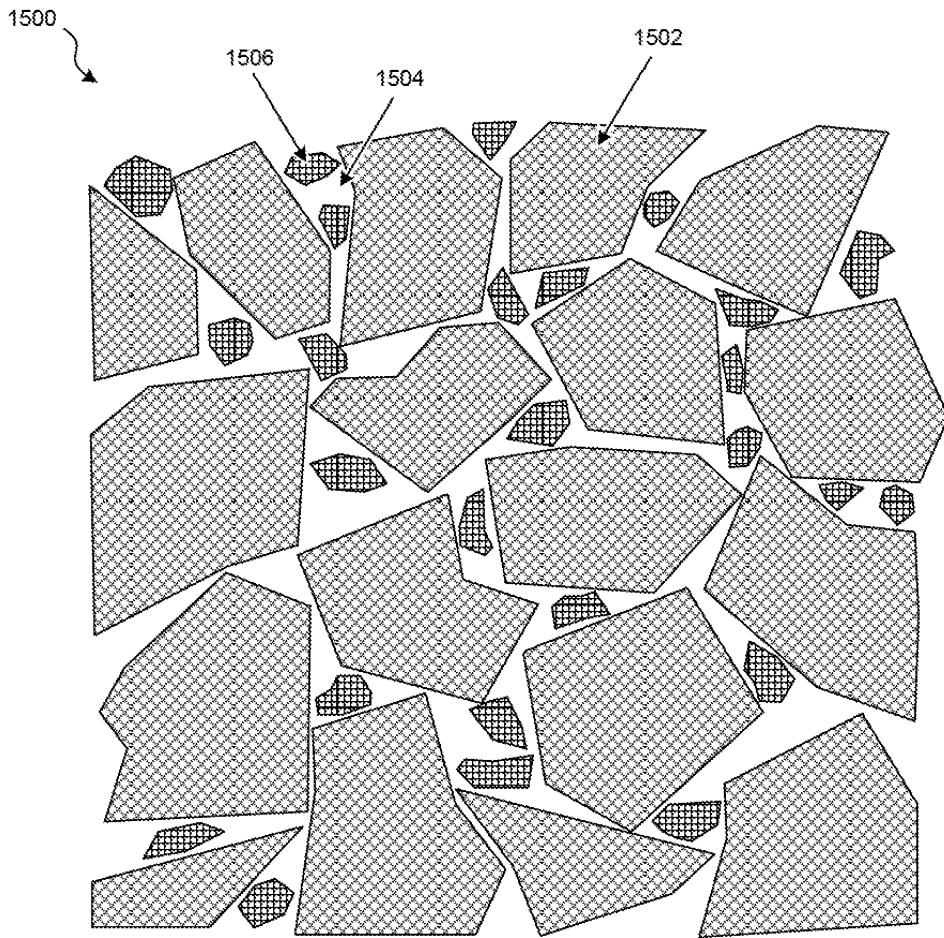


석탄에 추가되는 미세 분탄  
밀도 영향

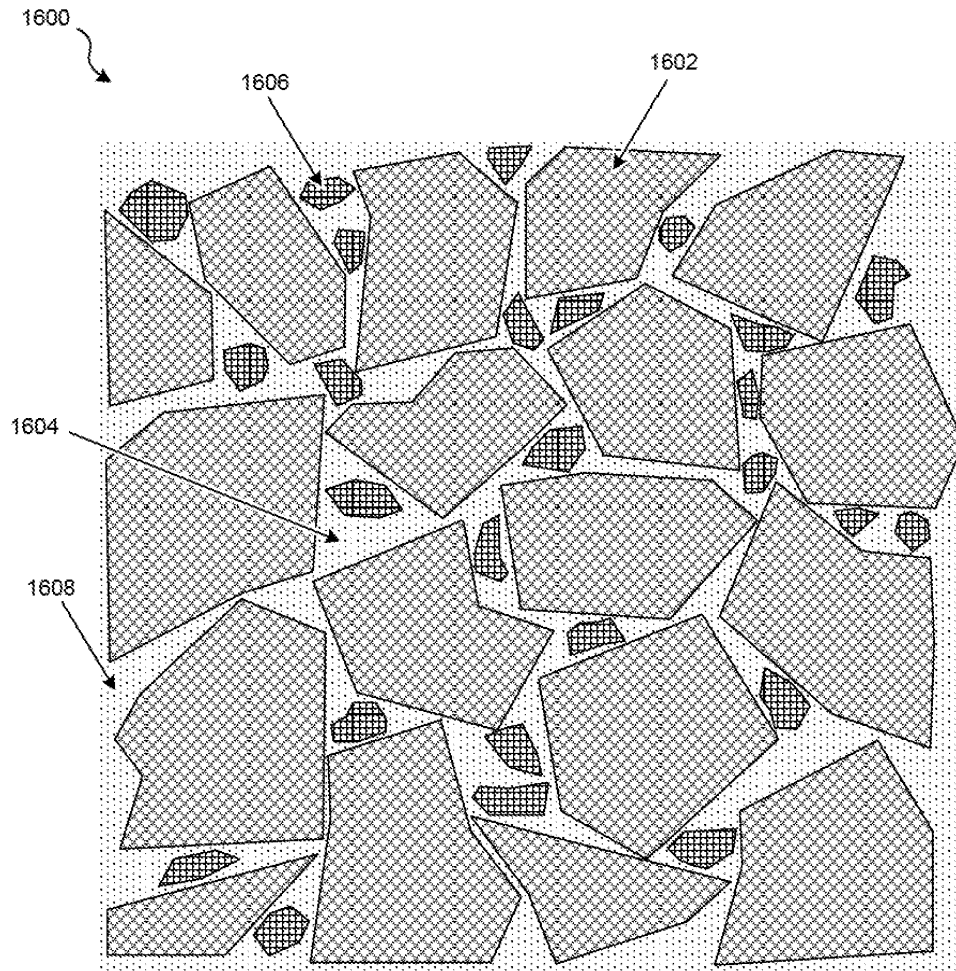
도면14



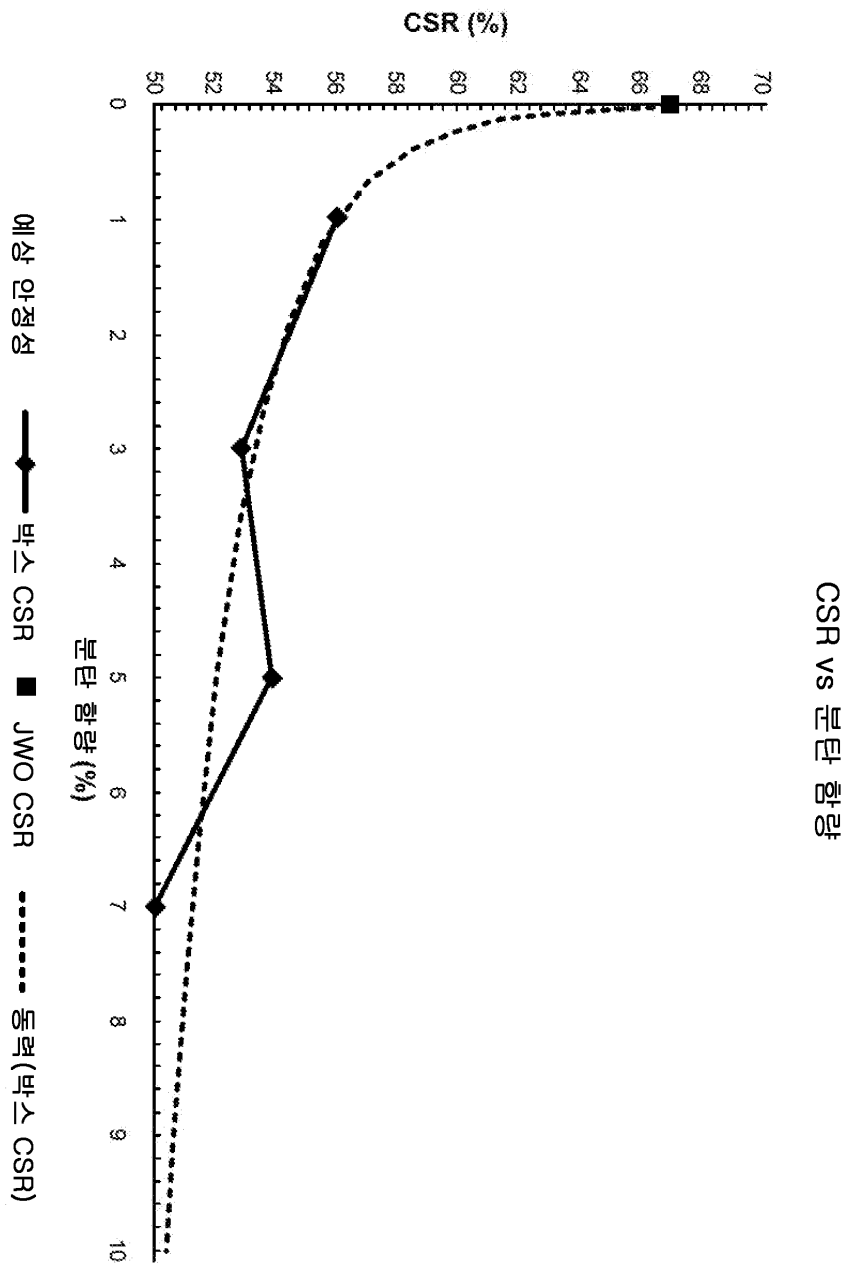
도면15



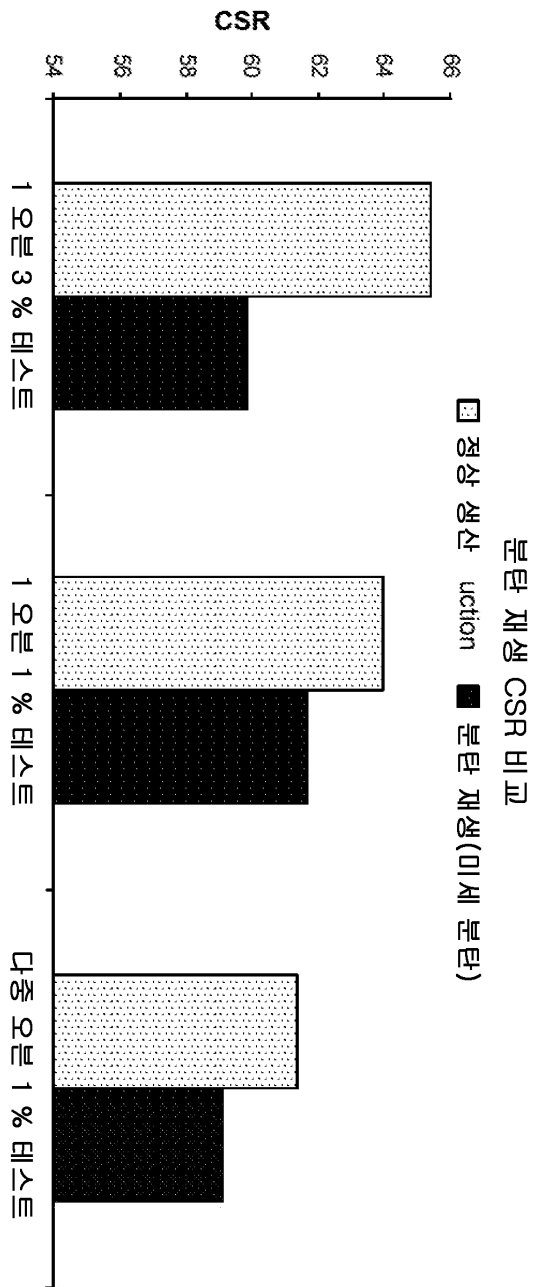
도면16



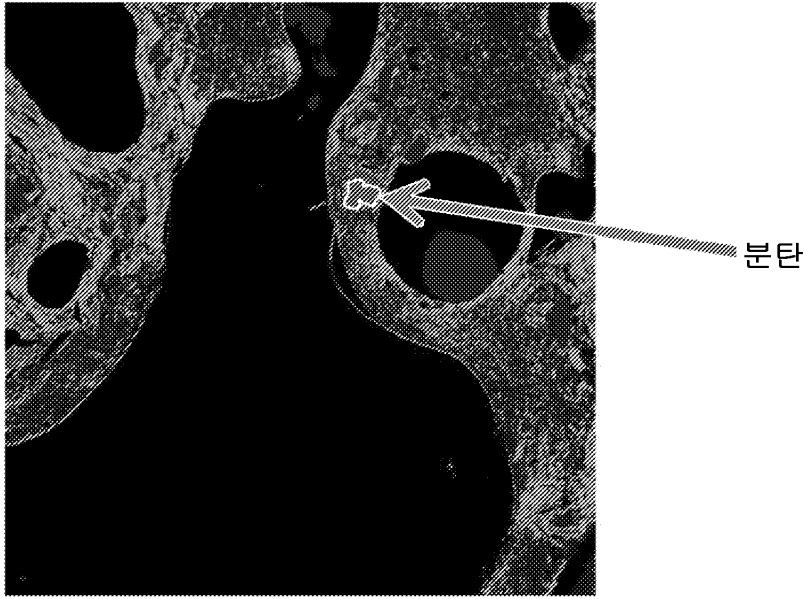
도면17



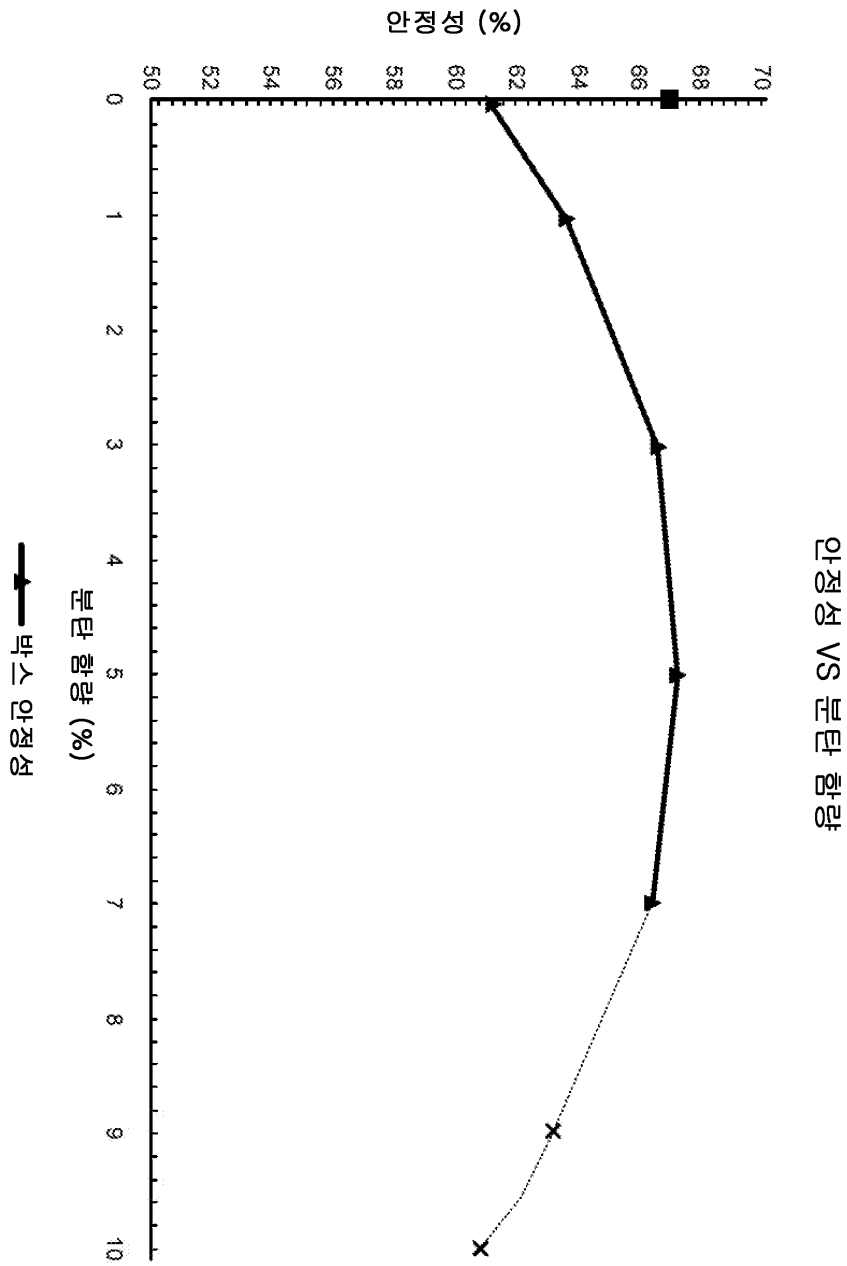
도면18



도면19



도면20



도면21

