(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0109991
(43) 공개일자 2013년10월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F23C 10/10 (2006.01) *F23C 99/00* (2006.01)
F23C 10/00 (2006.01) *B01D 49/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7034347
(22) 출원일자(국제) 2011년05월27일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2012년12월28일
(86) 국제출원번호 PCT/FR2011/000317
(87) 국제공개번호 WO 2011/151537
국제공개일자 2011년12월08일
(30) 우선권주장
1002326 2010년06월02일 프랑스(FR)

(71) 출원인
아이에프피 에너지스 누벨
프랑스 루이-말메종 세데 92852 아브뉘 드 브와 쁘레오 1 & 4
토탈 에스에이
프랑스공화국, 92400 꾸르브부와, 라 데팡스 6, 쁠라스 쟝 밀리에, 2
(72) 발명자
오떼이 알리
프랑스 에프-75012 파리 뤼 드 샤랑통 235
갈루 플로랑
프랑스 에프-69360 떼르나이 앵빠스 드 꽁브 졸리 45
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인코리아나

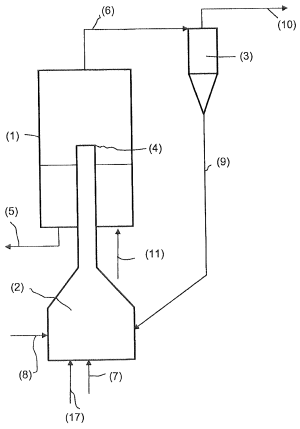
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **화학적 순환식 연소 루프용 입자 분리 장치**

(57) 요 약

본 발명은, 미연소 잔류물의 입자를 발생시키는 고체 연료를 사용하고 금속 산화물과 같은 산소-운반 입자를 이용하는 화학적 순환식 연소 장치에 관한 것이다. 장치는 적어도 하나의 연소 구역 및, 연소 구역에서 나오는 가스 혼합물에 함유된 입자를 분리하기 위한 분리기를 포함한다. 분리기 (1) 는 혼합물을 위한 흡입 통로 (4), 인클로저의 하부에 위치한 배출 통로 (5) 및 장치의 상부에 위치한 출구 통로 (6) 를 구비한 적어도 하나의 인클로저를 포함하고, 흡입 및 배출/출구 파라미터는 인클로저의 하부에 농후상을, 인클로저의 상부에 희박상을 형성하도록 선택된다. 본 발명은 또한 본 발명의 장치를 사용한 연소 방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도2



(72) 발명자

리플라르 세바스띠앙

프랑스 에프-75012 파리 뤼 드 피끄뿌 122

고띠에 티에리

프랑스 에프-69530 브리네 로 드 라 코뜨 4

특허청구의 범위

청구항 1

화학적 순환식 연소 장치로서,

상기 장치는 미연소 입자를 발생시키고 금속 산화물과 같은 산소-운반 입자를 사용하는 고체 연료를 이용하고, 적어도 하나의 연소 구역 (2), 상기 연소 구역으로부터 나오는 가스 혼합물에 함유된 입자를 위한 분리기 (1) 및, 가스-고체 분리기 (3) 를 포함하고,

- 상기 분리기 (1) 는 상기 연소 구역 (2) 위에 배치되고 상기 혼합물을 위한 적어도 하나의 흡입 라인 (4) 을 구비한 인클로저, 상기 인클로저의 하부에 배치된 배출 라인 (5) 및 상기 장치의 상부에 배치된 출구 라인 (6) 을 포함하고, 흡입 및 배출/출구 파라미터는 상기 인클로저에서 하부에 농후상을 형성하고 상부에 희박상을 형성하도록 선택되고, 상기 흡입 라인은 희박상 내로 개방되고,

- 상기 가스-고체 분리기 (3) 는 상기 출구 라인 (6) 을 통하여 공급받고, 가벼운 미연소 입자에서 소진된 (depleted) 가스를 배출하기 위한 라인 (10) 및, 상기 연소 구역 (2) 으로 상기 미연소 입자를 재순환시키기 위해 상기 연소 구역 (2) 과 연통하는 라인 (9) 을 포함하는 화학적 순환식 연소 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 분리기 (1) 의 상기 인클로저는 외부 공급원으로부터 오는 가스를 공급하기 위한 이송 라인 (11) 을 또한 포함하는 화학적 순환식 연소 장치.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 흡입 라인 (4) 은, 실질적으로 축방향으로 그리고 상기 인클로저 직경의 1 ~ 5 배의 길이만큼 상기 인클로저 내로 개방되는 화학적 순환식 연소 장치.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 흡입 라인은 상기 인클로저의 하부에서 상기 인클로저 내로 개방되는 화학적 순환식 연소 장치.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 인클로저의 상기 하부는 상기 흡입 라인 (4) 의 외부 벽 및 상기 분리기의 벽 사이에 환형 공간 (200) 을 포함하는 화학적 순환식 연소 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 연소 구역 (2) 은, 상기 가스 혼합물을 형성하도록, 적어도 하나의 고체 공급원료 이송 라인 (7), 산소-운반 입자 이송 라인 (8), 및 유동화 가스 이송 라인 (17) 을 포함하는 화학적 순환식 연소 장치.

청구항 7

화학적 순환식 연소 방법으로서,

미연소 입자를 발생시키고 금속 산화물과 같은 산소-운반 입자를 사용하는 고체 연료를 이용하고, 적어도 하나의 연소 구역 (2), 적어도 하나의 분리기 (1) 및 가스-고체 분리기 (3) 를 포함하고,

상기 방법은:

- 연소 가스 및 입자를 포함하는, 상기 연소 구역 (2) 으로부터 나오는 가스 혼합물을 상기 입자 분리기 (1) 의 인클로저로 유입하는 단계,

- 상기 인클로저의 상부의 출구 (6) 를 통하여 더 가벼운 입자를 추출하고 상기 인클로저의 하부의 출구 (5) 를 통하여 더 무거운 입자를 배출하는 단계로서, 상기 인클로저에서 하부 농후상 및 상기 혼합물이 유입될 수 있는 상부 희박상을 형성하도록 흡입 및 추출 파라미터가 선택되는, 추출 및 배출하는 단계,

- 상기 인클로저의 상부의 출구 (6) 를 통하여 추출된 주로 가벼운 미연소 입자로 이루어진 혼합물을 가스-입자 분리기 (3) 로 보내는 단계,

- 상기 가스-입자 분리기 (3) 로부터 미연소 입자에서 소진된 가스를 라인 (10) 을 통하여 배출하는 단계,

- 상기 미연소 입자를 연통 라인 (9) 을 통하여 상기 연소 구역 (2) 으로 재순환시키는 단계를 포함하는 화학적 순환식 연소 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 분리기 (1) 의 인클로저는 외부 공급원 (11) 으로부터 오는 가스를 공급받는 화학적 순환식 연소 방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 장치의 상기 인클로저의 상기 희박상에서 가스의 공탑 속도는 산소-운반 입자의 평균 말단 침강 속도의 30 ~ 300 % 의 값으로 설정되는 화학적 순환식 연소 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 장치의 상기 인클로저의 상기 희박상에서 가스의 공탑 속도는 산소-운반 입자의 평균 말단 침강 속도의 75 ~ 125 % 의 값으로 설정되는 화학적 순환식 연소 방법.

청구항 11

제 7 항에 있어서,

상기 연소 구역 (2) 의 상부에서의 가스 속도가 3 ~ 10 m/s 인 화학적 순환식 연소 방법.

청구항 12

제 7 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 인클로저는 상기 분리기에서 전체 가스 유동의 20 % 미만을 나타내는 외부 공급원으로부터 오는 가스를 공급받는 화학적 순환식 연소 방법.

청구항 13

제 7 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 연소 구역 (2) 은 농후상 유동층 모드로 작동하고, 상기 연소 구역의 입자는 상기 분리기 (1) 로 수송되고, 상기 수송은 L-타입 밸브에 의해 제어되는 화학적 순환식 연소 방법.

청구항 14

제 7 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 연소 구역 (2) 은 농후상 유동층 모드로 작동하고, 상기 연소 구역의 입자는 가스/고체 분리기 (12) 를 통하여 상기 분리기 (1) 로 수송되고, 상기 가스/고체 분리기의 출구에서 상기 입자는 상기 분리기 (1) 내로 유입

되는 화학적 순환식 연소 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 입자 분리 분야에 관한 것이고, 보다 상세하게는 에너지, 합성 가스 및/또는 수소의 생성을 위한 화학적 순환식 연소 (chemical looping combustion) 와 관련한, 한편으로는 금속 산화물 입자의 분리 및 다른 한편으로는 가능하다면 플라이 애시와 연관된 미연소 입자의 분리에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 화학적 순환식 연소 (CLC) 는, 가스, 액체 및/또는 고체 탄화수소 공급원료를 인클로저 (enclosure) 에서 고온으로 산소-운반 금속 산화물 타입 고체와 접촉시키는 것으로 이루어진다. 금속 산화물은 자신이 함유한 산소 일부를 제공하여, 탄화수소의 연소에 참여한다.

[0003] 연소 후, 흄 (fumes) 은 주로 산화탄소, 물 및 가능하다면 수소를 함유한다. 실제로, 탄화수소 공급원료는 공기와 접촉할 필요가 없고, 그러면 흄은 주로 연소 가스 및 가능하다면 입자의 수송 및 유동화에 사용되는 희석 가스 또는 고체 연료 가스화를 촉진하는 가스 (예를 들어, 수증기) 로 구성된다.

[0004] 그러므로, 응축 후, CO_2 포집 및 저장을 고려한 높은 CO_2 함유량 (일반적으로 90 vol% 초과, 또는 심지어 98 vol%) 을 갖는 주로 무질소 흄을 생성할 수 있다. 연소에 참여했는 금속 산화물은 그 후 재산화되도록 공기와 접촉하는 다른 반응 인클로저로 운반된다.

[0005] 화학적 순환식 연소 방법의 실시에는 모든 연료를 연소시키기 위해서 다량의 금속 산화물을 요구한다. 이러한 금속 산화물은 일반적으로 광석 입자 또는 산업적인 처리로 인한 입자 (철강 산업 또는 광산업으로부터의 잔류물, 화학 산업 또는 정유산업으로부터의 폐촉매) 중 어느 하나에 함유된다. 또한, 산화될 수 있는 금속 (예를 들어, 니켈) 이 침적 (deposited) 되는 예를 들어 알루미나 또는 실리카-알루미나 담지체 (supports) 등의 합성 재료를 사용할 수 있다. 실제로 이용가능한 산소의 최대 용량은 하나의 산화물에서 다른 산화물로 상당히 변하는데, 일반적으로 0.1 ~ 15 %, 종종 0.3 ~ 6 중량% 범위이다. 따라서, 유동층 조건하에서 실시는 연소를 수행하는데 특히 유리하다. 사실, 미세하게 분할된 산화물 입자는 연소 및 산화 반응 인클로저에서 또한 유체의 성질이 입자에 부여된다면 이러한 인클로저 사이에서 보다 용이하게 순환한다.

[0006] 특허 출원 FR-2,850,156 은, 순환 유동층 조건하에 작동하는 환원 반응기로 공급되기 전 연료가 분쇄되는 화학적 순환식 연소 방법을 기술한다. 고체 연료 입자의 감소된 크기는 보다 완전하고 보다 신속한 연소를 허용한다. 순환 층으로부터 하류에서 분리는 먼저 사이클론에 의해, 그 후 미연소 입자를 금속 산화물 입자로부터 분리시킬 수 있는 장치에 의해 제공된다. 따라서, 산화 구역에서 미연소 입자의 비말동반 (entrainment) 으로 산화 반응기 유출물에서 CO_2 방출이 방지된다.

[0007] 분리 장치는 수증기에 의해 유동화되는데, 이것은 보다 밀도가 높고 보다 큰 산화물 입자는 산화 반응기로 전달되는 반면, 탄소 함유 잔류물과 같은 미세하고 가벼운 입자는 분리하여 그것을 반응기로 다시 공급하도록 허용한다.

[0008] 특허 출원 FR-2,896,709 는 화학적 순환식 프로세스에서 작동하는 입자 분리기에 관한 것이다. 이 분리기는 고체 연료와 혼합된 산소-운반 입자의 스트림을 공급받는다. 분리기에서, 입자는 구불구불한 경로를 따르고 배플을 통과함으로서 농후상 (dense phase) 으로 유동하는데, 이것은 체류 시간을 제어하고 더 무거운 입자 (금속 산화물) 로부터 더 가벼운 입자 (미연소 입자) 의 분리를 촉진시키도록 허용한다. 그 후 입자는 유동화 구역으로 공급되는데, 상기 유동화는 디플렉터 벽에서뿐만 아니라 분리기 기부에 배치된 수단에 의해 제어되고, 이것은 더 가벼운 입자가 비말동반되어 유동화 반응기로 재순환되도록 허용한다.

[0009] 하지만, 문헌 FR-2,896,709 에 따른 분리기의 작동은 여러 가지 중요한 단점을 유도한다.

[0010] 사실, 분리 효율은 가스상의 입자 비말동반 능력의 제한으로 인해 감소된다. 실제로, 운반되는 다량의 입자에 대해, 다량의 가스 및 자유 단면 (free sections) 이 요구된다.

[0011] 더구나, 농후상에서, 2 개의 상이한 고체상을 전부 분리하는 것은 불가능하다. 실제로, 가스 기포의 상승 운동은 역설적으로 더 가벼운 입자들이 다시 농후상을 향해 하강하도록 하여 전체 분리를 막는다.

[0012] 게다가, 문헌 FR-2,896,709 의 분리기의 기하학적 구조는 내부, 특히 비대칭 내부의 존재로 인해 매우 복잡하다. 이 기하학적 구조는, CLC 프로세스의 온도 조건하에, 일반적으로 800 ℃ 를 초과해 분리기를 구성하는 재료에 의해 받는 기계적 응력을 고려하면 문제가 있다. 사실, 비록 외부 벽은 종종 내화 시멘트에 의해 보호되고 저온으로 유지될 수 있지만, 이것은 프로세스 조건을 부여받는 내부 벽에 대한 경우는 아니다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 출원인은, 연소 구역으로부터 나오는 입자 혼합물이 연소 구역 및/또는 외부 가스 공급원으로부터 나오는 가스 스트림과 접촉되는 새로운 분리기를 개발하였다. 이 혼합물은 그 후 분리기의 희박상 (dilute phase) 으로 들어간다. 분리기에서, 가스 유동 속도는 더 무거운 입자 (본질적으로, 금속 산화물 입자) 가 침강될 수 있도록 제어되고, 더 가벼운 입자 (본질적으로 미연소 입자) 는 연소 구역으로 재순환되도록 분리기의 상부로 운반된다.

[0014] 따라서, 본 발명에 따른 분리기는 미연소 입자 및 금속 산화물 입자의 분리 효율성을 개선하였다.

[0015] 또한, 분리기의 비교적 간단한 설계로, 열 응력과 관련된 문제점을 극복할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0016] 따라서, 본 발명은 화학적 순환식 연소 장치에 관한 것으로, 이 장치는 미연소 입자를 발생시키고 금속 산화물과 같은 산소-운반 입자를 사용하는 고체 연료를 이용하고, 적어도 하나의 연소 구역 및 상기 연소 구역으로부터 나오는 가스 혼합물에 함유된 입자를 위한 분리기를 포함하고, 분리기는 상기 혼합물을 위한 적어도 하나의 흡입 라인을 구비한 인클로저, 인클로저의 하부에 배치된 배출 라인 및 장치의 상부에 배치된 출구 라인을 포함하고, 흡입 및 배출/출구 파라미터는 인클로저에서 하부에 농후상을 형성하고 상부에 희박상을 형성하도록 선택되고, 상기 흡입 라인은 희박상 내로 개방된다.

[0017] 분리기의 인클로저는 외부 공급원으로부터 오는 가스를 위한 이송 라인을 또한 포함할 수 있다.

[0018] 출구 라인은, 미연소 입자에서 소진된 (depleted) 가스를 라인을 통하여 배출하기 위해, 또 미연소 입자를 연소 구역과 연통하는 라인을 통하여 재순환시키기 위해 가스-고체 분리기에 연결될 수 있다.

[0019] 흡입 라인은, 실질적으로 축방향으로 그리고 인클로저 직경의 1 ~ 5 배의 길이만큼 인클로저 내로 개방될 수 있다.

[0020] 흡입 라인은 인클로저의 하부에서 인클로저 내로 개방될 수 있다.

[0021] 인클로저의 하부는 흡입 라인의 외부 벽과 분리기의 벽 사이에 환형 공간을 포함할 수 있다.

[0022] 연소 구역은, 상기 가스 혼합물을 형성하도록, 적어도 하나의 고체 공급원료 이송 라인, 산소-운반 입자 이송 라인, 유동화 가스 이송 라인을 포함할 수 있다.

[0023] 본 발명은 또한 화학적 순환식 연소 방법에 관한 것으로, 미연소 입자를 발생시키고 금속 산화물과 같은 산소-운반 입자를 사용하는 고체 연료를 이용하고, 적어도 하나의 연소 구역 및 연소 구역으로부터 나오는 가스 혼합물에 함유된 입자를 위한 분리기를 포함하고, 방법은 입자 및 가스의 혼합물을 분리기의 인클로저로 유입하는 단계, 인클로저의 상부애소 출구 및 이 인클로저의 하부에서 비움부 (evacuation) 를 통하여 입자를 추출하는 단계를 포함하는데, 인클로저에서 하부 농후상 및 상부 희박상을 형성하도록 흡입 및 추출 파라미터가 선택되는데, 상기 혼합물은 희박상으로 유입될 수 있다.

[0024] 분리기 인클로저는 외부 공급원으로부터 오는 가스를 공급받을 수 있다.

[0025] 장치의 인클로저의 희박상에서 가스의 공탑 속도는 산소-운반 입자의 평균 말단 침강 속도의 30 ~ 300 % 의 값으로 설정될 수 있다.

[0026] 장치의 인클로저의 희박상에서 가스의 공탑 속도는 산소-운반 입자의 평균 말단 침강 속도의 75 ~ 125 % 의 값으로 설정될 수 있다.

[0027] 연소 구역의 상부에서 가스 속도는 3 ~ 10 m/s 일 수 있다.

[0028] 분리기는 연소 구역 위에 배치될 수 있다.

[0029] 인클로저는 분리기에서 전체 가스 유동의 20 % 미만을 나타내는 외부 공급원으로부터 나오는 가스를 공급받을 수 있다.

[0030] 연소 구역은 농후상 유동층 모드로 작동할 수 있고, 연소 구역의 입자는 분리기로 수송되고, 수송은 L-타입 밸브에 의해 제어된다.

[0031] 연소 구역은 농후상 유동층 모드로 작동할 수 있고, 연소 구역의 입자는 가스/고체 분리기를 통하여 분리기로 수송되는데, 가스/고체 분리기의 출구에서 입자는 분리기로 유입된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 본 발명은, 단지 비제한적 실시예로서, CLC 플랜트의 연소 구역의 출구에서 본 발명에 따른 장치의 다양한 실시 및 통합을 보여주는 도 1 내지 도 5 에 의해 설명된다. 도 5 는 본 발명에 따른 장치의 특정 기하학적 구조를 도시한다.

[0033] 도 1 은 포괄적 설계로 통합된 발명을 나타낸다.

[0034] 구역 (2) 은, 라인 (7) 을 통하여 고체 공급원료를, 또한 라인 (8) 을 통하여 CLC 프로세스의 산화 구역 (미도시) 에서 나오는 산소-운반 입자를, 또한 산화물 입자의 유동화를 촉진시키기 위해, 예를 들어 수증기 또는 CO_2 와 같은, 라인 (17) 을 통하여 이송되는 유동화 가스를 공급받는 화학적 순환식 연소 (CLC) 프로세스의 연소 구역을 나타낸다.

[0035] 일반적으로 연소 구역에서 처리되는 고체 공급원료 (또는 연료) 는, 주로 탄소 및 수소를 함유한 고체 탄화수소 공급원으로 이루어진다. 공급원료는, 유리하게도, 석탄, 코크스, 석유 코크스 (pet-coke), 바이오매스, 역청사암 (bituminous sands) 및 가정용 폐기물 중에서 선택된다.

[0036] 이 연소 구역 (2) 은, 농후상 유동층 또는 순환 유동층 모드로, 또는 농후상 및 수송상으로 이루어진 층의 레이아웃으로 작동할 수 있다.

[0037] 유리하게는, 연소 구역의 상부에서 가스 속도가 3 ~ 10 m/s 이다.

[0038] 무거운 입자로 불리는 금속 산화물 입자 및 미연소 입자와 가능하다면 플라이 애시를 포함하는 가벼운 입자를 함유한 입자 스트림은, 그것 모두 가스 스트림으로, 흡입 라인 (4) 을 통하여 분리기 (1) 로 공급되기 전에 구역 (2) 으로부터 추출된다.

[0039] 가스 스트림의 전부 또는 일부는 연소 구역 (2) 으로부터 나오고 그것은 주로 CO, CO_2, H_2 및 H_20 로 이루어지고, 보충물 (complement) 은 분리기 (1) 의 하부에서 라인 (11) 으로 공급되는, 예를 들어, 재순환된 CO_2 및/또는 수증기를 함유한 외부 공급원으로부터 나올 수 있다.

[0040] 바람직하게, 가스 연소 유출물 모두 분리에 사용되고, 보다 바람직하게, 연소 구역 유출물의 적어도 80 % 가 사용된다.

[0041] 무거운 입자와 가벼운 입자간 분리는 이 분리기 (1) 에서 일어나고, 무거운 입자는 배출 라인 (5) 을 통하여 추출되기 전 분리기의 하부에 침강되고, 가벼운 입자는 출구 라인 (6) 을 통하여 추출되기 전 상부로 운반된 후, 가스-고체 분리기 (3), 예를 들어 사이클론으로 공급된다.

[0042] 이 사이클론의 목적은, 후에 라인 (10) 을 통하여 추출되는 미연소 입자 및 라인 (9) 을 통하여 추출되고 연소 구역 (2) 으로 재순환되는 금속 산화물 입자와 함께 운반되는 미연소 입자에서 소진되는 가스를 분리하는 것이다.

[0043] 분리기의 하부에서 추출되는 무거운 입자는 주로 금속 산화물로 이루어지고 그 입자는 산소 캐리어가 더 환원될 제 2 연소 구역, 또는 산소 캐리어가 연소 구역 (2) 의 입구에서 가지는 산화도의 적어도 일부를 회복할 수 있도록 허용하는 산화 구역으로 보낼 수 있고, 더 가벼운 미연소 입자는 가스 유출물로부터 분리 후 연소 구역으로 재순환된다.

[0044] 따라서, 흡입 및 배출/출구 파라미터는, 인클로저에서, 하부에 농후상을 상부에 희박상을 형성하도록 선택되고, 흡입 라인 (4) 은 희박상으로 이어진다.

[0045] 하부에 침강한 입자는, 무엇보다도, 입자의 밀도와 공급 및 추출 유량에 따라 분리기에서 다소 높은 높이의, 더 무거운 입자로 이루어진, 농후상을 형성하지만, 희박상과 계면을 형성하는 상기 농후상의 레벨은, 임의의 경우에, 분리기로 이어지고 연소 구역으로부터 추출된 입자 혼합물의 이송을 허용하는 흡입 라인 (4) 아래에 있다.

[0046] 따라서, 가스 스트림에서 희석된 연소 구역으로부터 추출된 입자 혼합물 (가스 스트림에서 입자의 체적 분율은 일반적으로 5 % 미만, 바람직하게 1 ~ 2 %) 을 본 발명에 따른 분리기의 희박상으로 공급함으로써, 가능한 최대 분리 효율성을 갖고 한편으로는 상기 분리기의 하부 또는 농후상에 침강된 산소-운반 입자의 신속한 분리 및, 다른 한편으로는 양호한 분리 효율성을 가지면서 상기 분리기의 상부 또는 희박상에 운반된 미연소 입자 및 가능하다면 플라이 애시와 가스의 신속한 분리를 얻을 수 있다.

[0047] 신속한 분리는, 1 분 미만, 바람직하게 20 초 미만 내에 수행되는 분리를 말하고, 이 시간은 분리기의 희박상에서 가벼운 입자의 체류 시간에 대응한다.

[0048] 파라미터는, 속도, 유량, 질량 등과 같은, 관련된 유체 및/또는 고체의 순환을 제어하도록 허용하는 모든 조건으로 이해된다.

[0049] 희박상은 일반적으로 5 vol% 미만 또는 심지어 1 vol% 미만의 고체 함유량을 가진다.

[0050] 그러면, 분리 효율성은 다음과 같은 식에 의해 정의될 수 있다:

[0051] X = 가스와 함께 운반된 미연소 입자의 양 / 분리기로 들어온 입자 혼합물 중 미연소 입자의 전체 양.

[0052] 본 발명에 따라 일반적으로 70 % 초과, 또는 심지어 80 % 초과의 분리 효율성을 얻을 수 있다.

[0053] 이런 양호한 분리 효율성은 90 % 초과하는 값으로 CO_2 포집율을 최적화하도록 허용하는데, 이 포집율은 연소 구역에서 방출된 CO_2 의 양 대 CLC 루프에서 방출된 CO_2 의 전체 양의 비율로 정의된다.

[0054] 더구나, 분리 구역에서 유동의 공탑 속도는 가스와 미연소 연료 입자의 비말동반을 가능하게 하도록 미연소 연료 입자의 말단 침강 속도보다 높아야 한다.

[0055] 분리 구역의 희박상에서 공탑 가스 속도는, 산소-운반 입자의 평균 말단 침강 속도의 일반적으로 30 ~ 300 % 범위에 있고, 바람직하게 75 ~ 125 % 범위에 있는 값으로 설정된다. 이 속도 범위에서, 분리기의 희박상에 비말동반된 입자의 유동은 5 kg/s/㎡ 미만, 바람직하게 1 kg/s/㎡ 미만으로 유지된다.

[0056] 평균 말단 침강 속도는 다음과 같은 식으로 구한다(*):

[0057] $$Vt = \left(\frac{4d_p(\rho_s - \rho_g)g}{3\rho_g C_D}\right)^{1/2}$$

[0058] 이 식에서 d_p 는 평균 입자 직경,

[0059] p_s 는 입자 밀도 (kg/㎥),

[0060] p_g 는 가스 밀도 (kg/㎥),

[0061] C_D 는 항력 계수

[0062] (*): Fuidization Engineering, Butterworth-Heinemann, Daizo Kunii, Octave Levenspiel, p.80 참조.

[0063] 분리기의 기하학적 구조는 평행육면체, 원통형일 수 있고 또는 그것은 바람직하게 회전 대칭인 그 밖의 입체 기하학적 구조를 가질 수 있다.

[0064] 일반적으로, 분리기의 인클로저에 사용되는 재료는 하스텔로이 (hastelloy) 또는 세라믹과 같은 특수강 중에서 선택될 수 있다.

[0065] 제조비를 제한하기 위해서, 외장 (armoured) 내화 시멘트 층이 유동 및 고온에 노출되는 내부면에 (일반적으로 2 ~ 50 ㎝ 범위에 있고, 일반적으로 20 ㎝ 에 가까운 두께를 가짐) 침적된 표준강을 분리기의 외부를 위해 또한 고려할 수 있다.

[0066] 분리기의 기하학적 구조가 회전 대칭을 가질 때, 라인 (4) 은 바람직하게 인클로저 직경의 1 ~ 5 배, 바람직하

게 인클로저의 직경의 1 ~ 2 배의 범위에 있는 축방향 깊이를 가지고 인클로저로 이어진다.

[0067] 더구나, 인클로저가 회전 대칭을 가질 때, 흡입 라인 (4) 이 인클로저로 이어지는 지점 위에서 이용할 수 있는 인클로저의 높이는 일반적으로 인클로저 직경의 1.5 ~ 10 배의 범위에 있다.

[0068] 예를 들어, Fe, Tl, Ni, Cu, Mn, Co, V 산화물과 같은 금속 산화물의 입자는 단독으로 또는 혼합하여 사용되고, 그것의 평균 크기는 일반적으로 50 미크론 초과, 바람직하게 100 ~ 500 미크론의 범위에 있다.

[0069] 합성 또는 광물이고, 담지되거나 그렇지 않은 금속 산화물의 밀도는 일반적으로 1,500 kg/m³ 를 초과한다. 예를 들어, 알루미나에 담지된 니켈 산화물 입자 ($NiO/NiAl_2O_4$) 는 일반적으로 담지체의 다공성 및 니켈 산화물의 비율에 따라 2,500 ~ 3,500 kg/m³ 범위, 전형적으로 대략 3,200 kg/m³ 의 그레인 밀도를 가진다.

[0070] 일메나이트 (ilmenite), 즉 티탄과 철을 포함하는 광석은 4,700 kg/m³ 의 밀도를 가진다.

[0071] 본 발명에 따른 분리 장치는, 유리하게도, 2,500 kg/m³ 초과, 바람직하게 4,000 kg/m³ 초과 밀도의 금속 산화물 입자로부터 미연소 입자를 분리하는데 사용된다.

[0072] 산소-운반 입자의 크기 및 밀도는 일반적으로 플라이 애시 및 고온으로 연소 구역 내 산소-운반 입자와 이미 접촉한 미연소 입자의 크기 및 밀도에 비해 훨씬 크다. 연소 구역 출구에서, 미연소 석탄 입자의 크기는 100 미크론 미만으로 추정되고 입자 대부분의 크기는 50 미크론 미만으로 추정된다. 이 입자의 밀도는 일반적으로 1,000 ~ 1,500 kg/m³ 범위에 있다.

[0073] 고체 공급원료의 연소로 발생된 플라이 애시와 같은 다른 입자는 또한 나머지 입자와 함께 순환할 수 있고 그것은 산소-운반 입자보다 낮은 입자 크기 및 밀도, 또한 종종 미연소 입자보다 낮은 입자 크기 및 밀도를 특징으로 한다.

[0074] 도 2 는 흡입 라인 (4) 이 연소 구역 (2) 위에 배치된 분리기 (1) 로 축방향으로 직접 이어진다는 점에서 도 1 과 상이하다.

[0075] 이 실시형태에 따르면, 연소 구역의 상부는 더 좁아지는데, 이것은 연소 흄, 미연소 입자 및 가능하다면 플라이 애시를 포함하고 연소 구역을 이탈한 가스-입자 혼합물을 가속시켜 수송하도록 허용한다.

[0076] 연소 구역의 상부에서 가스의 속도는 바람직하게 3 ~ 10 m/s 의 범위에 있고, 이 상부에 수송된 입자의 유동은 25 ~ 500 kg/s/m², 바람직하게 60 ~ 300 kg/s/m² 의 범위에 있다.

[0077] 라인 (4) 은 본질적으로 가스 (적어도 95 vol%) 로 이루어진 희박상에서 분리기로 이어진다. 분리기 (1) 에서 부과된 가스 속도로 인해, 무거운 입자는 분리기의 하부에 침강하고 라인 (5) 을 통하여 추출되는 반면, 가벼운 입자는 분리기의 상부에 운반되어 라인 (6) 을 통하여 배출된다.

[0078] 분리기 (1) 의 단면에 대해 비말동반된 가벼운 입자의 유동은 5 kg/s/m² 미만이고, 그것은 일반적으로 0.02 ~ 1.0 kg/s/m² 의 범위에 있고 연소 구역 (2) 으로부터 미연소 입자의 적어도 50 % 를 함유한다.

[0079] 농후상과 희박상 사이의 계면 레벨이 분리기 (1) 로 이어지는 라인 (4) 의 단부 아래에 유지된다면, 분리기 (1) 의 하부에 유동화된 농후상을 형성하는 것을 고려할 수도 있다.

[0080] 이 경우에, 농후상의 유동화는 라인 (11) 을 통하여 연소 챔버 외부의 보충 가스를 추가함으로써 수행된다. 이 가스는 분리 구역 (1) 을 통하여 유동하고 라인 (6) 을 통하여 분리기를 이탈하기 전 유리하게도 입자 분리의 물리적 프로세스에 참여한다.

[0081] 도 2 의 다른 요소는 동일한 도면 부호를 가지는 도 1의 요소와 유사하다.

[0082] 도 3 은, 라인 (7) 을 통하여 이송되는 고체 공급원료가 농후상 유동층에서 라인 (8) 을 통하여 이송되는 산소-운반 입자와 접촉시 연소되는 연소 구역 (2) 에 있어서 도 2 와 상이한데, 유동화는 라인 (17) 을 통하여 이송되고 예를 들어 수증기 및/또는 이산화탄소를 함유한 가스를 공급함으로써 작동된다. 연소 흄은 이 구역의 유동층 상부에 배치된 라인 (15) 을 통하여 연소 구역 (2) 으로부터 배출된다.

[0083] 이 구성에 따르면, 입자는 유동층의 농후상에서 인출 (withdraw) 되고, 라인 (4, 4') 에서 연소 흄에 독립적으로 분리 구역 (1) 으로 수송된다. 라인 (4, 4') 에 의해 나타낸 수송 수단은, 예를 들어, 농후상 인출 장치, 입자가 하향 유동하는 수직 관, 입자를 수송하기 위해서 연소 구역 (2) 외부의 가스가 주입되는 수송 리프트에서 만곡부로부터 상류로 흡입 (insufflation) 가스의 제어된 주입을 통하여 입자의 유동을 제어하도록 허

용하는 L-밸브 타입의 비기계적 밸브를 포함한다.

[0084] 이 실시형태에 따르면, 따라서 입자는 그것의 상승 수송을 허용하는 가스의 존재하에 분리기 (1) 로 유입된다.

[0085] 연소 구역 (2) 으로부터 가스-입자 혼합물은 본질적으로 가스 (적어도 95 vol%) 로 이루어진 희박상에서 라인 (4') 의 단부를 통하여 분리기 (1) 로 이어지는데, 여기에서 공탑 속도는 라인 (11) 을 통하여 가스를 첨가함으로써 제어된다.

[0086] 분리기 (1) 에서 공탑 속도의 조절은 출구 (6) 를 향해 비말동반되는 입자의 양을 제어하도록 허용한다. 이 출구 (6) 를 향해 비말동반되지 않는 입자는 분리기 (1) 의 농후상에 침강하고, 그것은 분리기 (1) 의 하부에 수집되고 라인 (5) 을 통하여 다른 반응 구역으로 배출된다.

[0087] 도 3 의 다른 요소는 동일한 도면 부호를 가지는 도 2 의 요소와 유사하다.

[0088] 도 4 는, 분리기 (1) 로 들어간 입자가 하강 라인 (4") 을 통하여 이송된다는 점에서 도 3 과 상이한 본 발명의 다른 실시형태를 나타내는데, 입자는 농후상 하강 수송 모드로 도달하고, 입자의 운동은 중력에 의해 좌우되지만 주위 가스 속도에 의해서는 좌우되지 않는다.

[0089] 따라서, 흡입 라인 (4) 에 수송된 혼합물의 사전 분리는 예를 들어 가스-고체 분리기 (12) 에서 수행된다. 그 후, 고체 입자는 라인 (4") 을 통하여 분리기 (1) 로 유동하고 그것은 라인 (4") 단면보다 큰 단면의 중공 원추체를 가지는, 예를 들어 "중국 모자 (Chinese hat)" 타입의 디플렉터와 같은 디플렉터 (14) 에 의하여 분리기 (1) 의 전체 단면에 대해 분배된다.

[0090] 이 새로운 이송 모드로, 분리기 (1) 에서 입자 분리에 참여한 가스는 거의 전부 라인 (11) 을 통하여 인클로저의 기부로 공급되고, 입자와 라인 (4") 을 통하여 이송되는 침입형 (interstitial) 가스는 무시할 수 있는 양으로 나타난다. 라인 (11) 으로 공급되는 가스는 선택적으로 유동화 입자의 농후상을 통하여 유동하고, 분리기로 들어온 입자가 희박상으로 유동하도록 이 농후상 레벨은 디플렉터 (14) 아래에 유지된다.

[0091] 도 5 는 본 발명에 따른 장치의 특정 기하학적 구조를 나타낸다. 이것은, 희박상으로 이어지는 라인 (4) 의 벽과 더 작은 직경에 배치된 분리기의 외부 벽 (300) 사이의 원형 리세스 또는 환형 공간 (200) 을 장치의 하부에 포함한다. 따라서, 장치의 모든 면은 쉽게 냉각될 수 있는 외부 면을 포함할 수 있고, 모든 내부 면을 내화 시멘트 (100) 로 커버할 수 있다. 이러한 조건하에, 외부 벽은 더 이상 고온 레벨에 노출되지 않고 가스 및 입자 스트림과 접촉하지 않도록 보호된다. 따라서, 장치에 대해 저렴한 강을 사용할 수 있는데, 이것은 (라인 (4) 의 내부 직경이 15 ㎝ 를 초과할 때) 대형 장치에 크게 유리하다. 더구나, 침적된 내화 재료층의 형상을 라인 (4) 의 출구에 맞춤으로써, 장치의 전체 단면에 대해 속도 프로파일이 균질화 되도록 허용하는 분기 원추체 (400) 가 만들어질 수 있다.

[0092] 실시예 (본 발명)

[0093] 본 발명의 실시는 도 2 와 연관된 실시형태에 의해 설명된다.

[0094] 본 발명에 따른 장치의 성능을 정량화하도록 된 테스트는 유동을 시뮬레이팅하는 냉간 모델 (cold model) 에서 수행되었다.

[0095] 모델은 대기 (ambient) 조건하에 공기에 의해 입자가 수송되는 2 ㎝ 내부 직경의 수송관을 포함하고, 공기는 연소 흄을 시뮬레이팅한다.

[0096] 수송관은 일정 단면 (내부 직경 12.5 ㎝) 의 원통형 분리 인클로저의 희박상으로 이어진다. 관은 20 ㎝ 의 깊이에 대해 인클로저를 침투하는데, 분리를 수행하기 위해서 희박상에서 라인의 출구 위에 80 ㎝ 의 높이를 남긴다. 분리 인클로저는, 그것의 기부에, 수송 라인 주위에서 입자의 유동화를 허용하는 가스 분배 박스를 갖춘다. 유동화된 농후상 레벨은 분리 인클로저로 이어지는 수송 라인의 출구 아래에 유지된다.

[0097] 수송관 출구 위의 희박상에서 공탑 가스 속도는 Vsg 로 나타낸다.

[0098] 수송관에서 가스 속도는 3 m/s 이다.

[0099] 수송관에서 순환하고 분리 구역으로 공급되는 고체의 유량은 140 kg/h 인데, 이것은 123 kg/s/㎡ 의 유동에 대응한다.

[0100] 분리기로 들어온 입자의 전체 유동 중 가벼운 입자 질량 농도는 Cl 로 나타낸다.

[0101] 입자간 분리는 두 가지 타입의 입자를 사용해 대기 조건하에서 시뮬레이팅되었다:

[0102] • 다음과 같은 성질을 가지는 무거운 철과 티탄 광석 (일메나이트) 으로 이루어진 산소-운반 입자:

[0103] - 평균 입자 직경, 사우터 직경: 112 미크론

[0104] - 입자 밀도: 4,740 kg/m³

[0105] - 프로세스 조건하에 평균 말단 침강 속도: 1.07 m/s

[0106] • 다음과 같은 성질을 가지는, 프로세스 조건하에 미연소 코크스 또는 석탄 입자를 시뮬레이팅한, 더 작고 더 낮은 밀도의 FCC 촉매 입자:

[0107] - 평균 입자 직경, 사우터 직경: 52 미크론

[0108] - 입자 밀도: 1,450 kg/m³

[0109] - 프로세스 조건하에 평균 말단 침강 속도: 0.12 m/s.

[0110] 아래 표는, 분리기로 들어온 입자 양에 대한 분리기의 가스 출구에서 비말동반된 이 입자의 분율에 대응하는 가벼운 FCC 입자에 대한 분리 효율성 (E %) 을 보여준다.

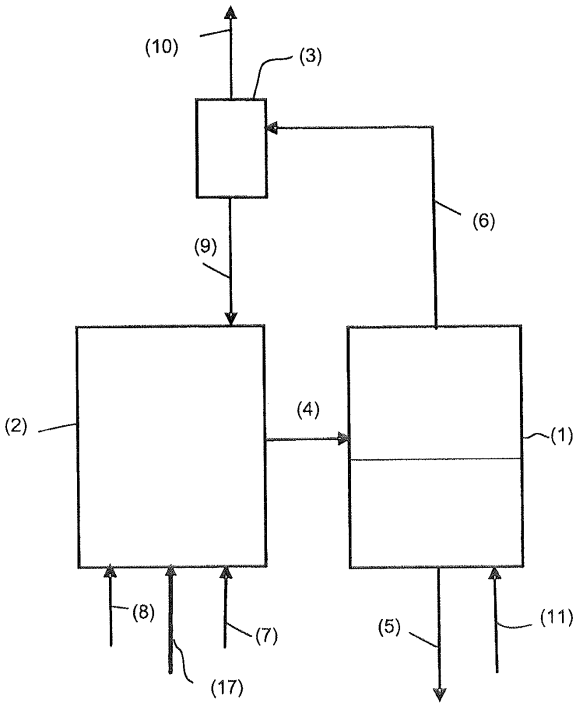
[0111]

Vsg (m/s)	1.00	1.10	1.10	1.10
CI (%)	1.0	1.0	2.0	2.0
E(%)	73.6	88.5	78.2	89.9

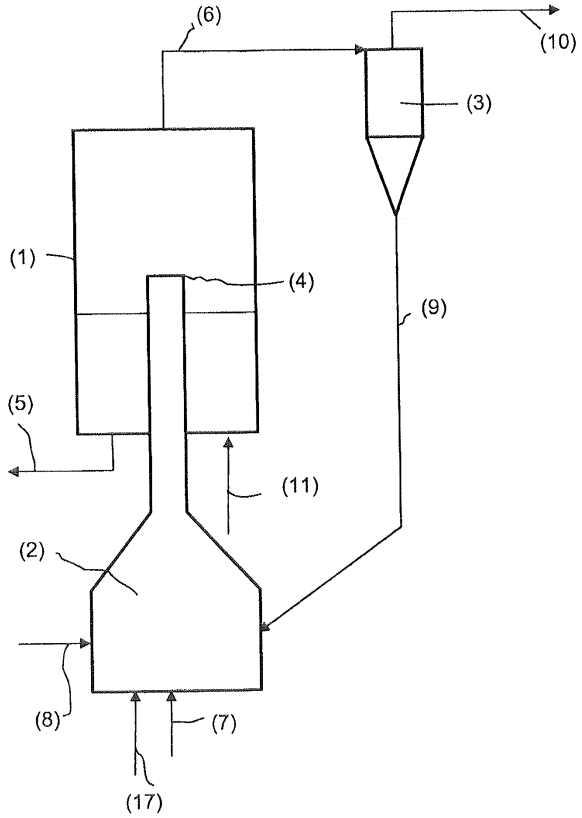
[0112] 희박상에서 공탑 속도가 더 무거운 입자의 말단 침강 속도 (평균 1.07 m/s) 에 가깝다면, 분리 효율이 높다는 것을 알 수 있다. 따라서, 희박상에서 가스 속도가 1.0 또는 1.1 m/s 일 때, 가벼운 입자 회수 효율성은 70 % 초과할 수 있다.

도면

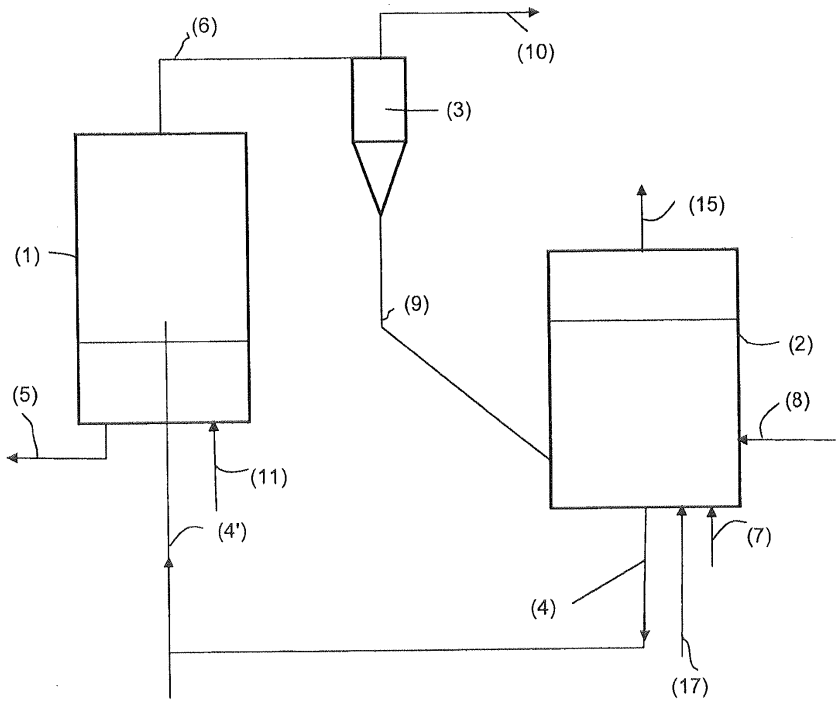
도면1



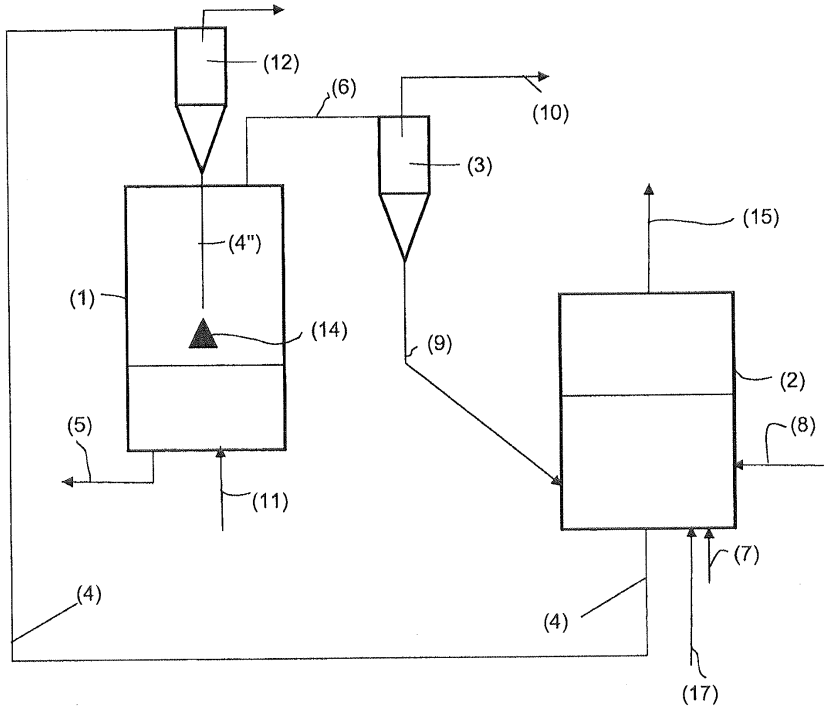
도면2



도면3



도면4



도면5

