



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년09월18일
(11) 등록번호 10-1899714
(24) 등록일자 2018년09월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 8/18 (2006.01)

(52) CPC특허분류
B01J 8/1818 (2013.01)
B01J 8/1809 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0038361

(22) 출원일자 2017년03월27일

심사청구일자 2017년03월27일

(56) 선행기술조사문헌

JP2012236727 A*

KR1020020037025 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국에너지기술연구원

대전광역시 유성구 가정로 152(장동)

(72) 발명자

류호정

대전광역시 유성구 문화원로 13, 드림월드아파트 108동 801호

배달희

세종특별자치시 나리로 38, 첫마을아파트 706동 2303호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 아이피스

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 강덕희

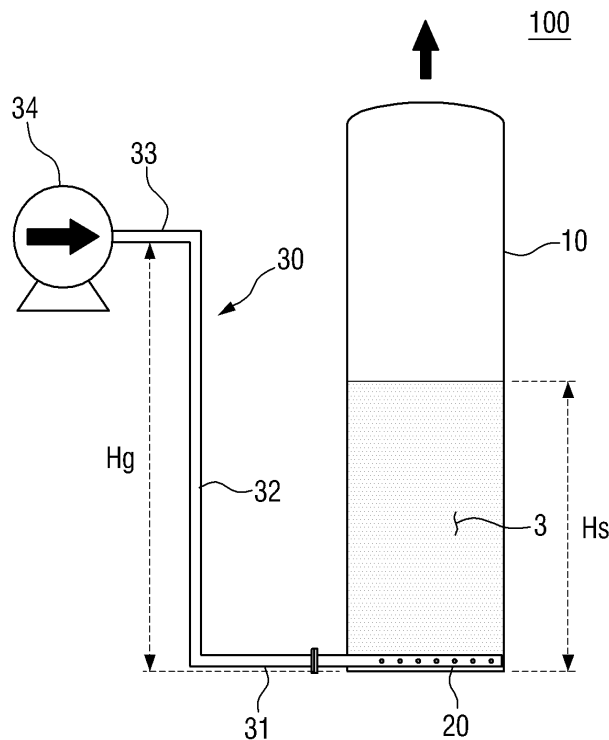
(54) 발명의 명칭 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템 및 제어방법

(57) 요약

본 발명은 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템 및 제어방법에 대한 것이다. 보다 상세하게는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템에 있어서, 내부에 특정높이(Hs)의 고체층이 저장되며 주입되는 유동화 기체에 의해 유동화되는 유동층반응기; 상기 유동층반응기 내의 고체층에 침지된 관형태로서, 상기 고

(뒷면에 계속)

대표도 - 도6



체층으로 유동화 기체가 분사되는 다수의 기체배출구멍이 형성되는 스파저; 및 일측 끝단이 기체공급원에 접속되고, 타측끝단은 상기 스파저와 연결되는 기체공급라인;을 포함하여, 상기 기체공급원의 구동으로 유동화기체가 상기 기체공급라인을 따라 상기 스파저에 유입되어 상기 기체배출구멍을 통해 상기 고체층으로 분사되고, 상기 기체공급원은 상기 스파저보다 높은 위치에 설치되며, 상기 기체공급원과 상기 스파저의 높이차(Hg)는 상기 고체층의 높이(Hs)보다 큰 것을 특징으로 하는 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템에 관한 것이다.

(52) CPC특허분류

B01J 8/1827 (2013.01)

B01J 2208/00548 (2013.01)

(72) 발명자

조성호

대전광역시 유성구 봉명로 94, 711동 1501호

이승용

대전광역시 유성구 죽동로 251, 푸르지오아파트 302-2204

이창근

대전광역시 유성구 가정로 43, 삼성한울아파트 107동 402호

진경태

대전광역시 서구 계룡로 251번길 30

선도원

대전광역시 유성구 엑스포로 501 107동 1404호 (전민동, 청구나래아파트)

박재현

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 엑스포아파트 209동 1707호

박영철

대전광역시 유성구 반석동로 33, 반석마을 5단지아파트 505동 201호

문중호

대전광역시 유성구 가정로 65, 대림두레아파트 101동 501호

이효진

대전광역시 유성구 신성남로111번길 17

이도연

서울특별시 광진구 능동로3길 17, 한강성원아파트 1205호

이동호

대전광역시 서구 가장로 106, 삼성래미안 1단지 아파트 115동 302호

백점인

대전광역시 유성구 배울1로 35, 402동 601호 (관평동, 쌍용스윗닷홈)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NP2015-0013

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 에너지수요관리핵심기술개발사업

연구과제명 화력발전분야 저비용 CO2 포집 실증개발기술 개발(금속산화물을 이용한 0.5 MWth CO2 원천 분리 가압 연소기술 개발)

기여율 1/1

주관기관 한국에너지기술연구원

연구기간 2015.06.01 ~ 2019.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

스파저를 갖는 유동층 반응시스템에 있어서,

내부에 특정높이(Hs)의 고체층이 저장되며 주입되는 유동화 기체에 의해 유동화되는 유동층반응기;

상기 유동층반응기 내의 고체층에 침지된 관형태로서, 상기 고체층으로 유동화 기체가 분사되는 다수의 기체배출구멍이 형성되는 스파저;

일측 끝단이 기체공급원에 접속되고, 타측끝단은 상기 스파저와 연결되는 기체공급라인; 및

상기 기체공급원의 구동을 제어하는 제어부;를 포함하며,

상기 기체공급원의 구동으로 유동화기체가 상기 기체공급라인을 따라 상기 스파저에 유입되어 상기 기체배출구멍을 통해 상기 고체층으로 분사되고,

상기 기체공급원은 상기 스파저보다 높은 위치에 설치되며, 상기 기체공급원과 상기 스파저의 높이차(Hg)는 상기 고체층의 높이(Hs)보다 크고, 상기 높이차(Hg)는 상기 고체층의 높이(Hs)와 유동층에서 발생할 수 있는 최대 압력요동을 완충할 수 있는 높이(Hp)의 합보다 크며, 상기 최대압력요동을 완충할 수 있는 높이(Hp)는 이하의 수학적 식 1에 의해 연산되고,

상기 기체공급라인 일측에 보조기체주입구가 형성되며, 상기 기체공급원의 구동이 중단된 후, 재가동 전에, 보조기체공급원을 구동하여 상기 보조기체주입구를 통해 보조기체를 상기 기체공급라인에 주입하는 것을 특징으로 하는 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템:

[수학적 식 1]

$$H_p = \frac{\Delta P_{\max}}{(1-\epsilon_{mf})(\rho_s-\rho_g)} \frac{g_c}{g}$$

상기 수학적 식 1에서,

Hp는 최대 압력요동을 완충할 수 있는 높이, ΔPmax는 유동층 최대 압력요동, εmf는 최소유동화상태에서 고체층의 공극율, ρs는 고체의 밀도, ρg는 기체의 밀도, gc는 중력가속도 상수, g는 중력가속도이다.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 기체공급라인은, 상기 스파저와 연결되는 스파저연결 수평배관과, 상기 기체공급원과 연결되는 공급원연결 수평배관, 상기 스파저연결 수평배관과 상기 공급원연결 수평배관 사이에 연결되는 수직배관을 포함하는 것을 특징으로 하는 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템.

청구항 7

제 6항에 있어서

상기 보조기체주입구는 상기 수직배관에 구비되며,

상기 제어부는 상기 보조기체공급원을 제어하여 고체입자의 최소유동화 속도이상의 유속을 갖는 보조기체가 주입되도록 하는 것을 특징으로 하는 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템.

청구항 8

제 6항에 있어서,

상기 보조기체주입구는 상기 스파저연결 수평배관 일측에 구비되고, 보조기체는 상기 스파저연결 수평배관의 길이방향으로 주입되는 것을 특징으로 하는 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 보조기체주입구의 끝단은 이젝터 형태의 노즐부들로 구성되고, 상기 노즐부는 상기 스파저연결 수평배관 내측에 삽입되는 것을 특징으로 하는 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템.

청구항 10

제 1항에 따른 유동층 반응시스템의 작동방법에 있어서,

유동층반응기 내의 고체층에, 다수의 기체배출구멍이 형성된 관형태의 스파저를 설치하는 단계;

상기 스파저보다 높은 위치에 설치된 기체공급원과, 상기 스파저를 기체공급라인을 통해 연결하는 단계; 및

상기 기체공급원을 구동하여 유동화기체를 상기 기체공급라인을 통해 상기 스파저로 유입시켜 상기 기체배출구멍을 통해 상기 고체층으로 분사하여 유동화하는 단계;를 포함하고,

상기 기체공급원과 상기 스파저의 높이차(Hg)는 상기 고체층의 높이(Hs)와 유동층에서 발생할 수 있는 최대압력 요동을 완충할 수 있는 높이(Hp)의 합보다 큰 것을 특징으로 하는 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템의 작동방법.

청구항 11

제 1항에 따른 유동층 반응시스템에서, 기체공급원의 구동이 중단된 후, 재가동하는 방법에 있어서,

기체공급원의 구동이 중단되는 단계;

상기 기체공급원을 재가동하기 전에, 보조기체공급원을 구동하여 기체공급라인 일측에 구비된 보조기체주입구를 통해 보조기체를 기체공급라인에 주입하는 단계;

상기 기체공급원을 구동하여 기체공급라인에 채워진 고체입자를 제거하는 단계; 및

상기 보조기체공급원의 구동을 중단하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 고체에 의한 막힘을 최소화할 수

있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템의 작동방법.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 보조기체주입구는 기체공급라인의 수직배관에 구비되며,

제어부는 상기 보조기체공급원을 제어하여 고체입자의 최소유동화 속도이상의 유속을 갖는 보조기체가 주입되도록 하고,

상기 보조기체주입구 상부에 존재하는 고체가 유동화상태로 변화된 후, 상기 제어부는 상기 기체공급원을 구동하도록 제어하는 것을 특징으로 하는 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템의 작동방법.

청구항 13

제 11항에 있어서,

상기 보조기체주입구는 기체공급라인의 스파저연결 수평배관 일측에 구비되고, 보조기체는 상기 스파저연결 수평배관의 길이방향으로 주입되는 것을 특징으로 하는 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템의 작동방법.

청구항 14

제 13항에 있어서,

이젝터 형태의 노즐부인 상기 보조기체주입구의 끝단은 상기 스파저연결 수평배관 내측에 삽입되고, 상기 이젝터 형태의 노즐부를 통해 보조기체가 주입되어 수직배관에 존재하는 고체는 노즐부에 의한 진공흡입에 의해 제거되는 것을 특징으로 하는 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템의 작동방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템 및 제어방법에 대한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 기체-고체 유동층(이하 유동층) 장치는 내부에 기체 분산판(gas distributor)(1)이 설치되어 유동층(10) 장치 내부 공간을 상하부로 구획하여, 구획된 하부공간으로 기체를 주입하고, 기체 분산판(1)을 통해 골고루 분산되게 하여 상부공간에서는 분체가 유동되도록 하는 구조이다. 기체 분산판(1) 하부의 공간을 기체도입실(플레넘, plenum, 2) 또는 바람상자(wind box)라고 한다.

[0003] 이와 같은 장치에서 유동화 상태는 고체가 채워진 용기에 기체 분산판(1)을 통해 적정량의 유동화 기체를 고르게 주입시킴으로서 형성된다.

[0004] 도 2는 유동화 기체 유속에 따른 유동화 흐름영역 및 고체층의 압력강하(차압)변화 그래프를 도시한 것이다. 도 2에 도시된 바와 같이 유속이 작을 경우에는 기체는 단순히 고체입자 사이의 공간을 흐르며, 기체흐름으로 인한 고체의 움직임은 거의 없다.

[0005] 이와 같은 상태의 입자층을 고정층(fixed bed)이라고 한다. 이때 기체속도가 증가함에 따라 고체층에서의 압력강하는 고체층의 무게와 같아질 때까지 증가한다. 압력강하가 고체층의 무게와 같아지면 기체에 의해서 고체에

가해지는 항력(drag force)이 중력과 같아지며, 고체들이 흔들리고 상호 움직임을 갖기 시작한다.

- [0006] 이 상태를 최소유동화상태(minimum fluidization condition)라고 하며 이때 기체의 공탐속도를 최소유동화속도(U_{mf} , minimum fluidization velocity)라고 한다.
- [0007] 이후 계속적으로 유속이 증가하면 압력강하는 거의 일정하게 유지되지만 고체층이 팽창되며, 고체들은 서로 분리되어 거동하고 층은 전체적으로 액체와 같은 특성을 보이기 시작한다. 이러한 층을 유동화시키고 남은 과잉의 기체는 층을 큰 공극의 형태로 통과하며 이를 기-액계에서와 유사하게 기포(bubble)라고 부르며, 최초로 기포가 생성되는 유속을 최소기포속도(minimum bubbling velocity)라고 하고 이러한 현상이 나타나는 유동층을 기포유동층(bubbling fluidized bed)이라 한다.
- [0008] 한편, 도 1에 도시된 기체 분산관(1)을 사용하는 경우, 유동화 기체가 주입되지 않는 경우나 유동층 상부의 압력이 플레넘(2)의 압력보다 높은 경우에는 분산관(1)에 뚫려 있는 구멍(hole)을 통해 고체입자가 낙하하게 되며, 플레넘(2)에 입자가 쌓이면서 정상적인 기체 공급이 불가능해질 수 있다.
- [0009] 이와 같이 분산관(1)을 통해 고체가 낙하하는 것을 방지하기 위한 여러 특허와 실용신안이 등록되어 있다(10-2002-0008998, 10-2013-0015683, 10-2013-0015684, 20-2001-0003143).
- [0010] 도 3은 스파저(20)를 이용하여 기체를 주입하는 유동층반응기(10)의 구성도를 도시한 것이다. 도 4a는 스파저(20)의 부분확대도, 도 4b 및 도 4c는 스파저(20)의 단면도를 도시한 것이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 분산관(1)을 통한 고체낙하를 방지하는 또 다른 방법으로, 스파저(20)(sparger)를 이용하는 방법이 사용될 수 있다.
- [0011] 도 3에서 유동화 기체는 스파저(20)를 통해 주입되며, 도 4a에 도시된 바와 같이 스파저(20)의 일측 끝은 막혀 있으며, 다른 쪽 끝으로부터 유동화 기체가 주입되어, 스파저(20)에 설치된 기체배출구멍(21)(hole)을 통해 기체가 배출된다.
- [0012] 스파저(20)에 설치된 기체배출구멍(21)의 개수 및 크기는 일반적인 유동층 분산관(1)의 기체배출구멍(21) 개수 및 크기 결정 방법과 유사한 방법으로 결정될 수 있다. 도 4b와 도 4c는 스파저(20)의 단면을 나타낸 것으로 도 4b와 같이 수평방향 양쪽으로 기체배출구를 배치할 수도 있으며, 도 4c와 같이 하부 방향으로 배치할 수도 있다. 스파저(20) 배관의 크기, 형태, 기체배출구멍(21)의 방향, 형상 등은 설계방법에 따라 얼마든지 변경될 수 있다.
- [0013] 한편, 도 3과 같이 스파저(20)를 배치하는 경우, 도 1과 비교하면 분산관(1)을 사용하지 않으므로 플레넘(2)으로의 고체 낙하가 없는 반면, 스파저(20)의 기체배출구멍(21)이 고체층에 잠겨있으므로 스파저(20)에 기체를 주입하지 않는 동안에는 유동층 내부의 고체가 스파저(20) 내부로 유입될 수 있게 된다.
- [0014] 또한, 도 5와 같이 유동화 기체 주입을 위한 기체공급라인(30)(gas supply line)끝단에 연결된 기체공급원(compressor, blower 등)이 유동층의 고체층보다 낮게 위치하는 경우, 스파저(20)는 물론 기체공급라인(30)에까지 고체입자가 유입되어 기체공급라인(30)이 폐색되는 경우가 발생한다. 따라서 일반적으로는 고체입자가 유동층 내부에 장입되어 있는 경우 스파저(20)의 막힘을 방지하기 위해 지속적으로 기체를 주입한다.
- [0015] 한편, 스파저(20)를 통해 지속적으로 기체를 주입하는 경우에도, 유동층 내부의 압력 요동(pressure fluctuation)이 발생하는 경우, 유동층 내부 압력이 기체공급라인(30)의 압력보다 높은 경우에는 유동층 내부의 고체가 스파저(20) 내부로 유입될 수 있으며 기체공급라인(30)에까지 고체입자가 유입되어 기체공급라인(30)이 폐색되는 경우가 발생한다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0016] (특허문헌 0001) 일본 공개특허 특개평 7-174330
- (특허문헌 0002) 일본 공개특허 특개평 11-248109
- (특허문헌 0003) 일본 공개실용신안 실개평 06-30612
- (특허문헌 0004) 한국 등록특허 10-1468556

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0017] 따라서 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 일실시예에 따르면, 기체공급라인에 연결된 기체공급원과 스파저 사이의 높이차(Hg)를 고체층의 높이(Hs)와 유동층에서 발생될 수 있는 최대 압력요동을 완충할 수 있는 높이(Hp)의 합보다 크게 설정하여, 기체공급라인의 폐색과 스파저 내부로 고체입자가 유입되는 것을 방지할 수 있는, 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응기 및 제어방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0018] 또한, 본 발명의 일실시예 따르면, 스파저를 통한 기체주입을 일시적으로 멈춘 후 재가동하기 전에 먼저 기체주입라인의 수직배관에 설치된 보조기체주입구를 통해 고체입자의 최소유동화속도(minimum fluidization velocity) 이상의 유속에 해당하는 기체를 주입하여 보조기체주입구 상부에 존재하는 고체를 유동화 상태로 변화시켜, 기체공급라인 벽과 입자의 마찰손실을 최소화한 후, 압축기 또는 블로워 등의 기체공급원을 가동하여 기체를 주입하면 기체공급라인의 수직배관에 채워진 입자를 효과적으로 제거할 수 있어 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응기 및 제어방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0019] 또한, 본 발명의 또 다른 실시예 따르면, 기체주입라인의 하단 수평배관에 이젝터(ejector) 형태의 보조기체주입구를 설치하여, 보조기체를 주입하게 됨으로써, 기체공급라인의 수직배관에 존재하는 고체는 이젝터에 의한 진공흡입 효과에 의해 수월하게 제거될 수 있는, 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응기 및 제어방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0020] 한편, 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0021] 본 발명의 제1목적은, 스파저를 갖는 유동층 반응시스템에 있어서, 내부에 특정높이(Hs)의 고체층이 저장되며 주입되는 유동화 기체에 의해 유동화되는 유동층반응기; 상기 유동층반응기 내의 고체층에 침지된 관형태로서, 상기 고체층으로 유동화 기체가 분사되는 다수의 공기배출구멍이 형성되는 스파저; 및 일측 끝단이 기체공급원에 접속되고, 타측끝단은 상기 스파저와 연결되는 기체공급라인;을 포함하여, 상기 기체공급원의 구동으로 유동화기체가 상기 기체공급라인을 따라 상기 스파저에 유입되어 상기 공기배출구멍을 통해 상기 고체층으로 분사되고, 상기 기체공급원은 상기 스파저보다 높은 위치에 설치되며, 상기 기체공급원과 상기 스파저의 높이차(Hg)는 상기 고체층의 높이(Hs)보다 큰 것을 특징으로 하는 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템으로서 달성될 수 있다.
- [0022] 그리고, 상기 높이차(Hg)는 상기 고체층의 높이(Hs)와 유동층에서 발생할 수 있는 최대압력요동을 완충할 수 있는 높이(Hp)의 합보다 큰 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0023] 또한, 상기 최대압력요동을 완충할 수 있는 높이(Hp)는 이하의 수학적 식 1에 의해 연산되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0024] [수학적 식 1]
$$H_p = \frac{\Delta P_{max}}{(1-\epsilon_{mf})(\rho_s - \rho_g)} \frac{g_c}{g}$$
- [0025] 삭제
- [0026] 상기 수학적 식 1에서,
- [0027] Hp는 최대 압력요동을 완충할 수 있는 높이, ΔPmax는 유동층 최대 압력요동, ε_{mf}는 최소유동화상태에서 고체층의 공극율, ρ_s는 고체의 밀도, ρ_g는 기체의 밀도, g_c는 중력가속도 상수, g는 중력가속도이다.
- [0028] 또한, 상기 기체공급라인 일측에 보조기체주입구가 형성되며, 상기 기체공급원의 구동이 중단된 후, 재가동 전

에, 보조기체공급원을 구동하여 상기 보조기체주입구를 통해 보조기체를 상기 기체공급라인에 주입하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0029] 그리고, 상기 기체공급라인은, 상기 스파저와 연결되는 스파저연결 수평배관과, 상기 기체공급원과 연결되는 공급원연결 수평배관, 상기 스파저연결 수평배관과 상기 공급원연결 수평배관 사이에 연결되는 수직배관을 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0030] 또한, 상기 보조기체주입구는 상기 수직배관에 구비되며, 상기 제어부는 상기 보조기체공급원을 제어하여 고체입자의 최소유동화 속도이상의 유속을 갖는 보조기체가 주입되도록 하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0031] 그리고, 상기 보조기체주입구는 상기 스파저연결 수평배관 일측에 구비되고, 보조기체는 상기 스파저연결 수평배관의 길이방향으로 주입되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0032] 또한, 상기 보조기체주입구의 끝단은 이젝터 형태의 노즐부들로 구성되고, 상기 노즐부는 상기 스파저연결 수평배관 내측에 삽입되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0033] 본 발명의 제2목적은, 앞서 언급한 제 1목적에 따른 유동층 반응시스템의 작동방법에 있어서, 유동층반응기 내의 고체층에, 다수의 공기배출구멍이 형성된 관형태의 스파저를 설치하는 단계; 상기 스파저보다 높은 위치에 설치된 기체공급원과, 상기 스파저를 기체공급라인을 통해 연결하는 단계; 및 상기 기체공급원을 구동하여 유동화기체를 상기 기체공급라인을 통해 상기 스파저로 유입시켜 상기 공기배출구멍을 통해 상기 고체층으로 분사하여 유동화하는 단계;를 포함하고, 상기 기체공급원과 상기 스파저의 높이차(Hg)는 상기 고체층의 높이(Hs)와 유동층에서 발생할 수 있는 최대압력요동을 완충할 수 있는 높이(Hp)의 합보다 큰 것을 특징으로 하는 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템의 작동방법으로서 달성될 수 있다.

[0034] 그리고, 본 발명의 제3목적은, 앞서 언급한 제1목적에 따른 유동층 반응시스템에서, 기체공급원의 구동이 중단된 후, 재가동하는 방법에 있어서, 기체공급원의 구동이 중단되는 단계; 상기 기체공급원을 재가동하기 전에, 보조기체공급원을 구동하여 기체공급라인 일측에 구비된 보조기체주입구를 통해 보조기체를 기체공급라인에 주입하는 단계; 상기 기체공급원을 구동하여 기체공급라인에 채워진 고체입자를 제거하는 단계; 및 상기 보조기체공급원의 구동을 중단하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템의 작동방법으로서 달성될 수 있다.

[0035] 또한, 상기 보조기체주입구는 기체공급라인의 수직배관에 구비되며, 제어부는 상기 보조기체공급원을 제어하여 고체입자의 최소유동화 속도이상의 유속을 갖는 보조기체가 주입되도록 하고, 상기 보조기체주입구 상부에 존재하는 고체가 유동화상태로 변화된 후, 상기 제어부는 상기 기체공급원을 구동하도록 제어하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0036] 그리고, 상기 보조기체주입구는 기체공급라인의 스파저연결 수평배관 일측에 구비되고, 보조기체는 상기 스파저연결 수평배관의 길이방향으로 주입되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0037] 또한, 이젝터 형태의 노즐부인 상기 보조기체주입구의 끝단은 상기 스파저연결 수평배관 내측에 삽입되고, 상기 이젝터 형태의 노즐부를 통해 보조기체가 주입되어 수직배관에 존재하는 고체는 노즐부에 의한 진공흡입에 의해 제거되는 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

[0038] 본 발명의 일실시예에 따르면, 기체공급라인에 연결된 기체공급원과 스파저 사이의 높이차(Hg)를 고체층의 높이(Hs)와 유동층에서 발생할 수 있는 최대 압력요동을 완충할 수 있는 높이(Hp)의 합보다 크게 설정하여, 기체공급라인의 폐색과 스파저 내부로 고체입자가 유입되는 것을 방지할 수 있는, 효과를 갖는다.

[0039] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 스파저를 통한 기체주입을 일시적으로 멈춘 후 재가동하기 전에 먼저 기체주입라인의 수직배관에 설치된 보조기체주입구를 통해 고체입자의 최소유동화속도(minimum fluidization velocity) 이상의 유속에 해당하는 기체를 주입하여 보조기체주입구 상부에 존재하는 고체를 유동화 상태로 변화시켜, 기체공급라인 벽과 입자의 마찰손실을 최소화한 후, 압축기 또는 블로워 등의 기체공급원을 가동하여 기체를 주입하면 기체공급라인의 수직배관에 채워진 입자를 효과적으로 제거할 수 있는 효과를 갖는다.

[0040] 또한, 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 기체주입라인의 하단 수평배관에 이젝터(ejector) 형태의 보조기체주입구를 설치하여, 보조기체를 주입하게 됨으로써, 기체공급라인의 수직배관에 존재하는 고체는 이젝터에 의한 진공흡입 효과에 의해 수월하게 제거될 수 있는 효과를 갖는다.

[0041] 한편, 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0042] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 일실시예를 예시하는 것이며, 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니 된다.

- 도 1은 통상의 기체분산관을 갖는 유동층 반응기의 구성도,
- 도 2는 유동화 기체 유속에 따른 유동화 흐름영역 및 고체층의 압력강하(차압)변화 그래프,
- 도 3은 종래 스파저를 이용하여 기체를 주입하는 유동층반응기의 구성도,
- 도 4a는 스파저의 부분확대도,
- 도 4b 및 도 4c는 스파저의 단면도
- 도 5는 종래 유동화 기체 주입을 위한 기체공급라인(gas supply line) 끝단에 연결된 기체공급원(compressor or blower 등)이 유동층의 고체층보다 낮게 위치한 유동층 반응기의 구성도,
- 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응기의 구성도,
- 도 7은 본 발명의 일실시예에 따라 수직배관 일측에 보조기체주입라인이 연결된 기체공급라인의 구성도,
- 도 8a는 본 발명의 일실시예에 따라 수평배관에 이젝터 형태를 갖는 보조기체주입라인이 연결된 기체공급라인의 구성도,
- 도 8b는 도 8a의 A부분 확대도를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0043] 이상의 본 발명의 목적들, 다른 목적들, 특징들 및 이점들은 첨부된 도면과 관련된 이하의 바람직한 실시예들을 통해서 쉽게 이해될 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 통상의 기술자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.

[0044] 본 명세서에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소 상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 구성요소 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 구성요소가 개재될 수도 있다는 것을 의미한다. 또한 도면들에 있어서, 구성요소들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다.

[0045] 본 명세서에서 기술하는 실시예들은 본 발명의 이상적인 예시도인 단면도 및/또는 평면도들을 참고하여 설명될 것이다. 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다. 따라서 제조 기술 및/또는 허용 오차 등에 의해 예시도의 형태가 변형될 수 있다. 따라서 본 발명의 실시예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니라 제조 공정에 따라 생성되는 형태의 변화도 포함하는 것이다. 예를 들면, 직각으로 도시된 영역은 라운드지거나 소정 곡률을 가지는 형태일 수 있다. 따라서 도면에서 예시된 영역들은 속성을 가지며, 도면에서 예시된 영역들의 모양은 소자의 영역의 특정 형태를 예시하기 위한 것이며 발명의 범주를 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서의 다양한 실시예들에서 제1, 제2 등의 용어가 다양한 구성요소들을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 구성요소들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 구성요소를 다른 구성요소와 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 여기에 설명되고 예시되는 실시예들은 그것의 상보적인 실시예들도 포함한다.

[0046] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함한다(comprises)' 및/또는 '포함하는(comprising)'은 언급된 구성요소는 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

- [0047] 아래의 특정 실시예들을 기술하는데 있어서, 여러 가지의 특징적인 내용들은 발명을 더 구체적으로 설명하고 이해를 돕기 위해 작성되었다. 하지만 본 발명을 이해할 수 있을 정도로 이 분야의 지식을 갖고 있는 독자는 이러한 여러 가지의 특징적인 내용들이 없어도 사용될 수 있다는 것을 인지할 수 있다. 어떤 경우에는, 발명을 기술하는 데 있어서 흔히 알려졌으면서 발명과 크게 관련 없는 부분들은 본 발명을 설명하는데 있어 별 이유 없이 혼돈이 오는 것을 막기 위해 기술하지 않음을 미리 언급해 둔다.
- [0049]이하에서는 본 발명의 일실시예에 따른 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저(20)를 갖는 유동층 반응기(10)의 구성 및 기능에 대해 설명하도록 한다. 먼저, 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저(20)를 갖는 유동층 반응시스템(100)의 구성도를 도시한 것이다.
- [0050]본 발명의 일실시예에 따른 고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템(100)은, 도 6에 도시된 바와 같이, 유동층반응기(10), 스파저(20), 기체공급원(34), 기체공급라인(30) 등을 포함하여 구성됨을 알 수 있다.
- [0051]유동층 반응기(10)는 내부에 특정높이(Hs)의 고체층이 저장되며 이러한 고체층은 스파저(20) 의해 주입되는 유동화 기체에 의해 유동화되게 된다.
- [0052]스파저(20)는 유동층반응기(10) 내의 고체층 하부측에 침지된 관형태로서, 고체층으로 유동화 기체가 분사되는 다수의 기체배출구멍(21)이 형성되어진다. 이러한 기체배출구멍(21)은 하면에 형성될 수도 있고, 양측 각각에 다수 형성될 수 있으며, 그 개수, 형태, 위치는 본 발명의 권리범위를 제한하지 않는다.
- [0053]기체공급라인(30)은 일측끝단이 기체공급원(34)에 접속되고, 타측끝단은 스파저(20)와 연결되게 된다. 도 6에 도시된 바와 같이, 기체공급라인(30)과 스파저(20)는 플랜지 형태의 조인트를 통해 체결되어 질 수 있음을 알 수 있다. 따라서, 기체공급원(34)의 구동으로 유동화기체가 기체공급라인(30)을 따라 스파저(20)에 공급되어 스파저(20)의 기체배출구멍(21)을 통해 고체층으로 분사되어 유동화되게 된다.
- [0054]이러한 기체공급라인(30)은 도 6에 도시된 바와 같이, 기체공급원(34)에 수평으로 연결된 공급원연결 수평배관(33)과, 스파저(20)와 수평으로 연결되는 스파저연결 수평배관(31)과, 공급원연결 수평배관(33)과 스파저연결 수평배관(31) 사이에 구비되는 수직배관(32)을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0055]그리고, 도 6에 도시된 바와 같이, 기체공급원(34)은 스파저(20)보다 높은 위치에 설치되며, 기체공급원(34)과 스파저(20)의 높이차(Hg), 즉 수직배관(32)의 길이는 고체층의 높이(Hs)보다 크게 구성된다. 따라서 고체입자가 역류하더라도, 유동층 내부에 존재하는 고체층의 높이보다 높은 위치로 차오를 수 없으므로 기체공급라인(30)이 고체입자에 의해 폐색되는 현상을 방지할 수 있게 된다.
- [0056]또한, 이러한 높이차(Hg)는 고체층의 높이(Hs)와 유동층에서 발생할 수 있는 최대압력요동(maximum pressure fluctuation, ΔP_{max})을 완충할 수 있는 높이(Hp)의 합보다 크게 구성된다($Hg > Hs + Hp$). 여기서 최대 압력요동을 완충할 수 있는 높이(Hp)는 다음의 수학적 식 1에 의해 계산할 수 있다.
- [0057] [수학적 식 1]
- [0058]
$$H_p = \frac{\Delta P_{max}}{(1-\epsilon_{mf})(\rho_s - \rho_g)} \frac{g_c}{g}$$
- [0059]상기 수학적 식 1에서, Hp는 최대 압력요동을 완충할 수 있는 높이 [m], ΔP_{max} 는 유동층의 최대 압력요동 [Pa], ϵ_{mf} 는 최소유동화상태에서 고체층의 공극율(voidage) [-], ρ_s 는 고체의 밀도 [kg/m^3], ρ_g 는 기체의 밀도 [kg/m^3], g_c 는 중력가속도 상수, 1 [(kgm)/(Ns²)], g는 중력가속도, 9.8 [m/s^2]이다.
- [0060]그리고, 기체공급원(34)의 구동을 제어하는 제어부를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0061]따라서, 본 발명의 일실시예에 따르면, 기체공급라인(30)에 연결된 기체공급원(34)과 스파저(20) 사이의 높이차(Hg)를 고체층의 높이(Hs)와 유동층에서 발생될 수 있는 최대 압력요동을 완충할 수 있는 높이(Hp)의 합보다 크게 설정하여, 기체공급라인(30)의 폐색과 스파저(20) 내부로 고체입자가 유입되는 것을 방지할 수 있는 효과를 갖는다.
- [0063]한편, 일시적으로 스파저(20)를 통한 기체주입이 중단된 경우 고체입자는 고체층의 높이(Hs)와 최대 압력요동(ΔP_{max})에 해당하는 고체층 높이(Hp)만큼 기체주입라인(30)에 차오를 수 있으며, 압축기 또는 블로워 등의 기

기체공급원(34)을 통해 기체를 다시 주입하는 경우 기체공급라인(30) 벽과 입자에 의한 마찰손실에 의해 충분한 압력이 가해지지 않으면 기체가 주입되지 않을 수 있다.

[0064] 이와 같은 현상을 해결하기 위해, 도 7과 같이 기체주입라인(30)의 수직배관(32)에 채워진 입자를 유동화상태로 변화시켜 기체공급라인(30) 벽과 입자의 마찰손실을 최소화하는 방법이 사용될 수 있다. 즉, 스파저(20)를 통한 기체주입을 일시적으로 멈춘 후 재가동하기 전에 먼저 도 7에 나타난 바와 같은 기체주입라인(30)에 설치된 보조기체주입구(40)를 통해 고체입자의 최소유동화속도(minimum fluidization velocity) 이상의 유속에 해당하는 기체를 주입하여 보조기체주입구(40) 상부에 존재하는 고체를 유동화 상태로 변화시킨 후, 기체공급원(34)을 이용하여 기체를 주입하면 기체주입라인의 수직부분에 채워진 입자를 효과적으로 제거할 수 있다. 스파저(20)를 통한 기체주입이 원활하게 이루어진 후에는 보조기체주입구(40)를 통한 기체주입을 중단할 수 있다.

[0065] 본 발명의 일실시예에 따른 기체공급라인 일측에 보조기체주입구(40)가 형성되며, 기체공급원(34)의 구동이 중단된 후, 재가동 전에, 보조기체공급원을 구동하여 보조기체주입구(40)를 통해 보조기체를 기체공급라인에 주입하게 된다.

[0066] 보다 구체적으로 보조기체주입구(40)는 수직배관(32)에 구비되며, 제어부는 보조기체공급원을 제어하여 고체입자의 최소유동화 속도이상의 유속을 갖는 보조기체가 주입되도록 한다.

[0067] 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 유동층 반응시스템(100)에서, 기체공급원(34)의 구동이 중단된 후, 재가동하는 방법은, 기체공급원(34)의 구동이 중단되고, 기체공급원(34)을 재가동하기 전에, 보조기체공급원을 구동하여 기체공급라인의 수직배관(32)에 구비된 보조기체주입구(40)를 통해 보조기체를 기체공급라인에 주입하게 된다.

[0068] 이때 제어부는 보조기체공급원을 제어하여 고체입자의 최소유동화 속도이상의 유속을 갖는 보조기체가 주입되도록 하고, 보조기체주입구(40) 상부에 존재하는 고체가 유동화상태로 변화된 후, 제어부는 상기 기체공급원(34)을 구동하도록 제어하게 된다. 기체공급원(34)을 구동하여 기체공급라인에 채워진 고체입자를 효과적으로 제거하게 되고, 기체공급라인 벽과 입자의 마찰손실을 최소화할 수 있는 효과를 갖게 된다.

[0070] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 스파저연결 수평배관(31) 일측에 보조기체주입구(40)를 구비하여, 보조기체가 스파저연결 수평배관(31)의 길이방향으로 주입되도록 구성될 수 있다.

[0071] 도 8a는 본 발명의 일실시예에 따라 수평배관에 이젝터 형태를 갖는 보조기체주입구(40)가 연결된 기체공급라인(30)의 구성도를 도시한 것이고, 도 8b는 도 8a의 A부분 확대도를 도시한 것이다.

[0072] 도 8a 및 도 8b에 도시된 바와 같이, 보조기체주입구(40)의 끝단은 이젝터 형태의 노즐부(41)로 구성되고, 이러한 노즐부(41)는 스파저연결 수평배관(31) 내측에 삽입되게 된다.

[0073] 즉, 보조기체주입구(40)는 기체공급라인(30)의 스파저연결 수평배관(31) 일측에 구비되고, 보조기체는 스파저연결 수평배관(31)의 길이방향으로 주입되게 된다.

[0074] 이러한 이젝터 형태의 노즐부(41)인 보조기체주입구(40)의 끝단은 스파저연결 수평배관(31) 내측에 삽입되고, 이젝터 형태의 노즐부(41)를 통해 보조기체가 주입되어 수직배관(32)에 존재하는 고체는 노즐부(41)에 의한 진공흡입 효과에 의해 제거되게 된다.

[0075] 따라서, 본 발명의 또 다른 실시예 따르면, 기체공급라인(30)의 스파저연결 수평배관(31)에 이젝터(ejector) 형태의 보조기체주입구(40)를 설치하여, 보조기체를 주입하게 됨으로써, 기체공급라인(30)의 수직배관(32)에 존재하는 고체는 이젝터에 의한 진공흡입 효과에 의해 수월하게 제거될 수 있는 효과를 갖는다.

[0077] 또한, 상기와 같이 설명된 장치 및 방법은 상기 설명된 실시예들의 구성과 방법이 한정되게 적용될 수 있는 것이 아니라, 상기 실시예들은 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수도 있다.

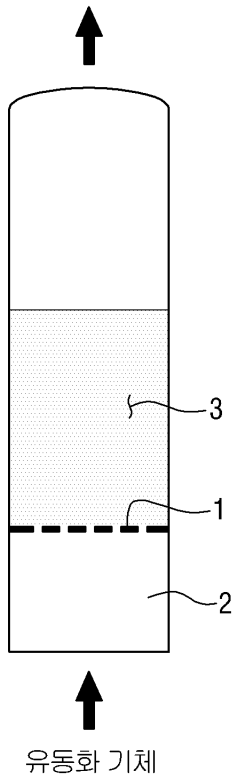
부호의 설명

- [0078] 1:기체분산관
- 2:기체도입실
- 3:고체층
- 10:유동층반응기

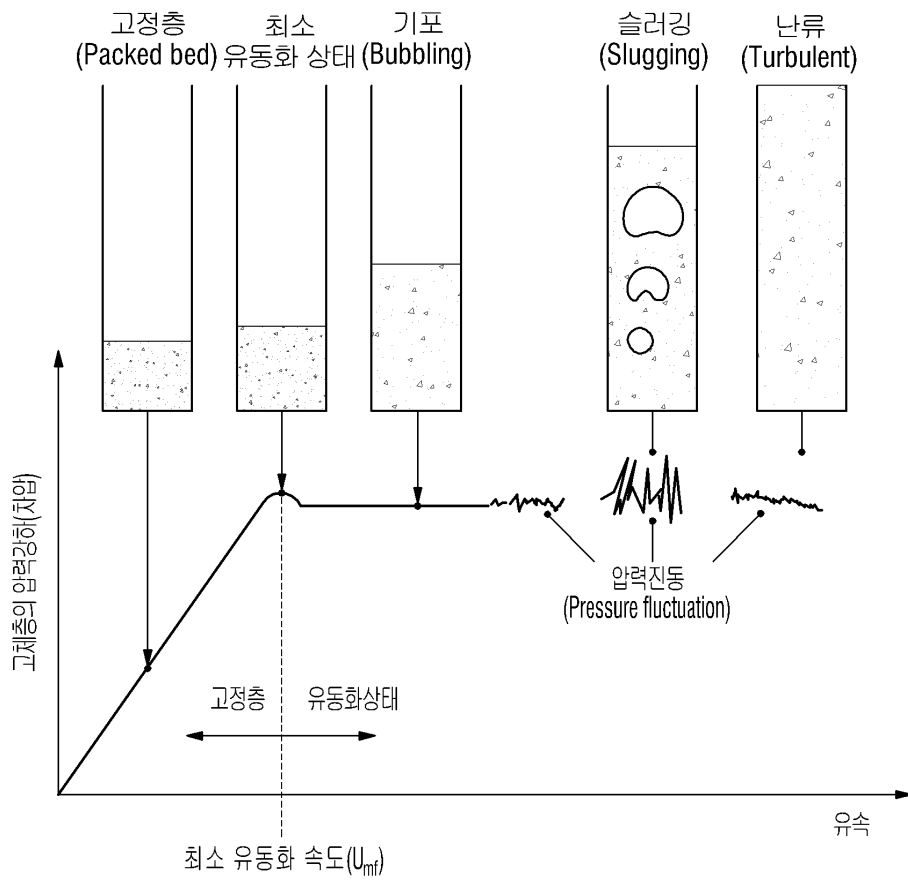
- 20:스파저
- 21:기체배출구멍
- 30:기체공급라인
- 31:스파저연결 수평배관
- 32:수직배관
- 33:공급원연결 수평배관
- 34:기체공급원
- 40:보조기체주입구
- 41:노즐부
- 100:고체에 의한 막힘을 최소화할 수 있는 스파저를 갖는 유동층 반응시스템

도면

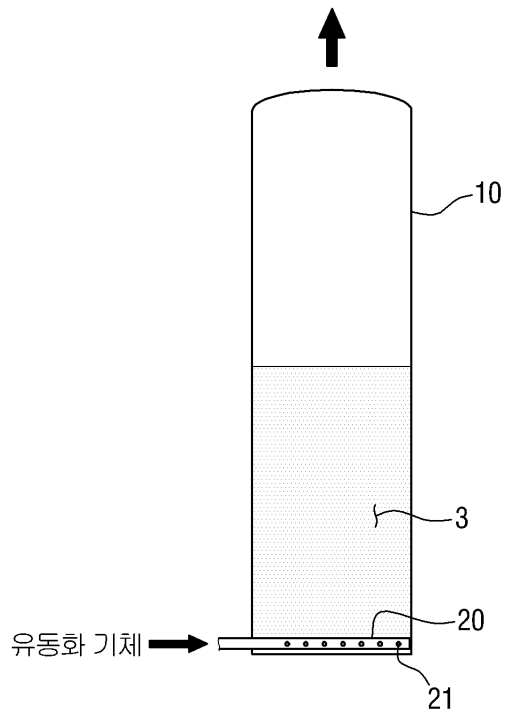
도면1



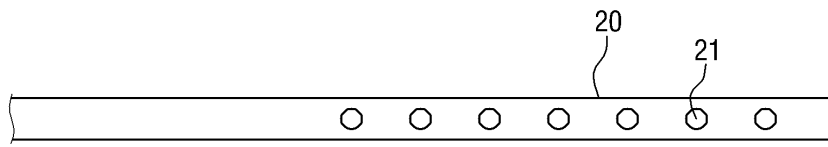
도면2



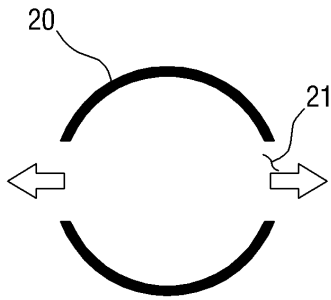
도면3



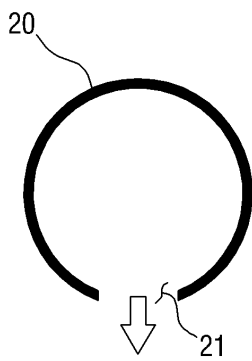
도면4a



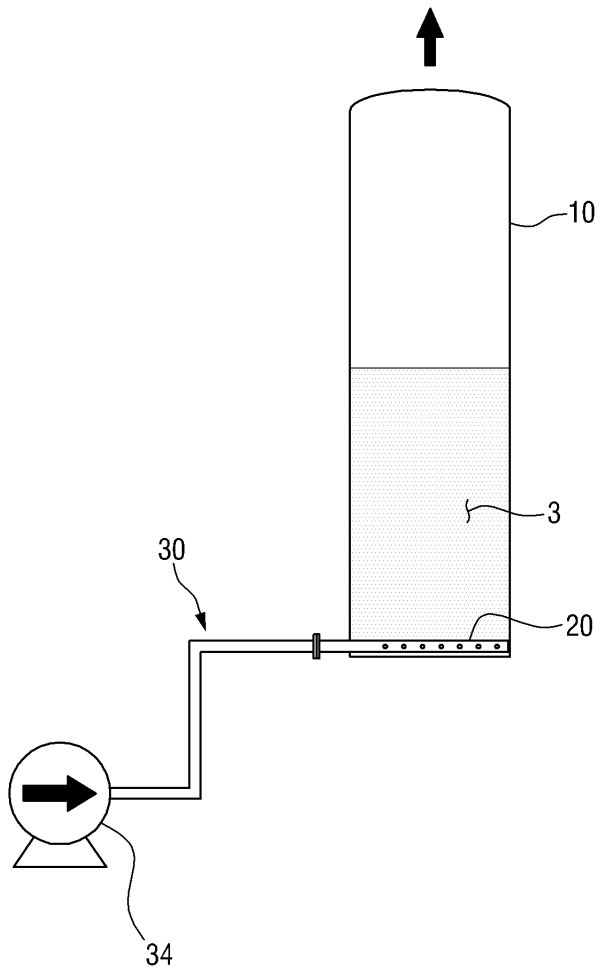
도면4b



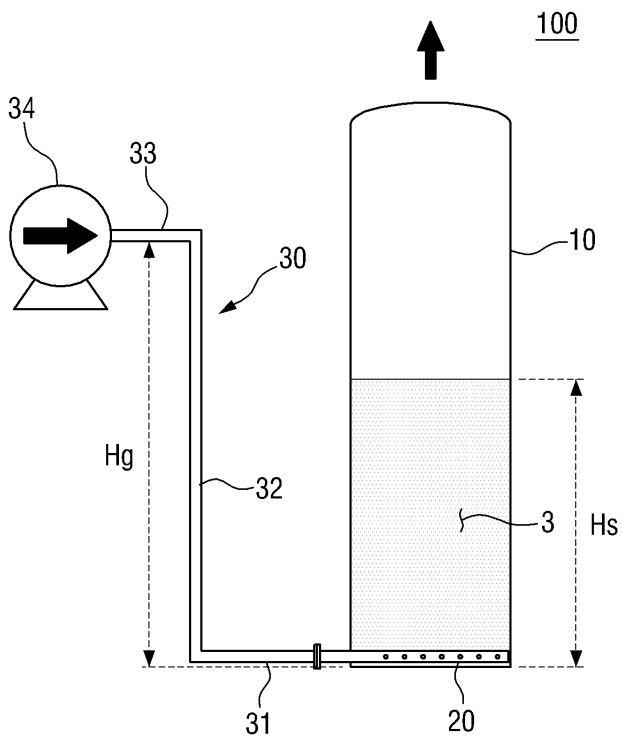
도면4c



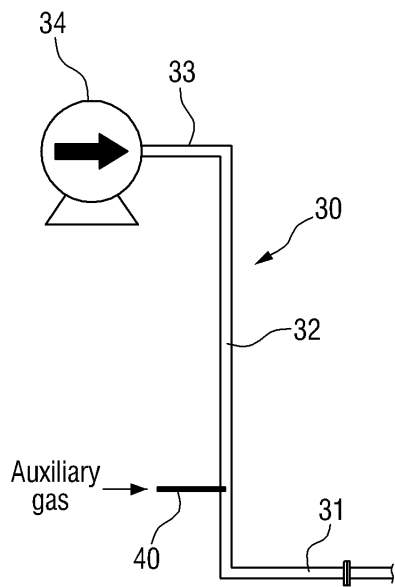
도면5



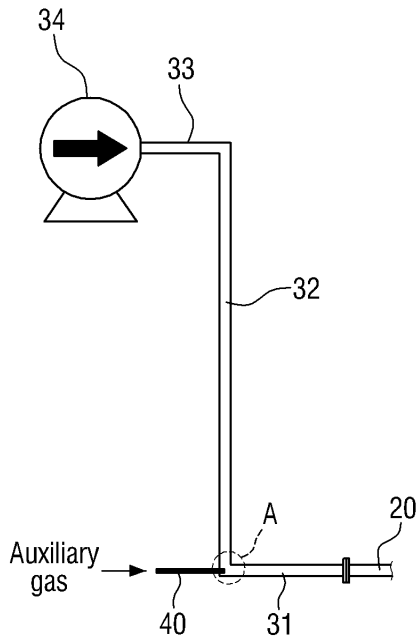
도면6



도면7



도면8a



도면8b

