



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0138996
(43) 공개일자 2012년12월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01D 53/08 (2006.01) *B01D 50/00* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0058491

(22) 출원일자 2011년06월16일

심사청구일자 2011년06월16일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

이광순

서울특별시 용산구 효창원로76길 15-3, 201호 (효창동, 효창쉐르빌)

김기웅

경기도 남양주시 평내로 113, 대주1차아파트 1511동 502호 (평내동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김일환

전체 청구항 수 : 총 13 항

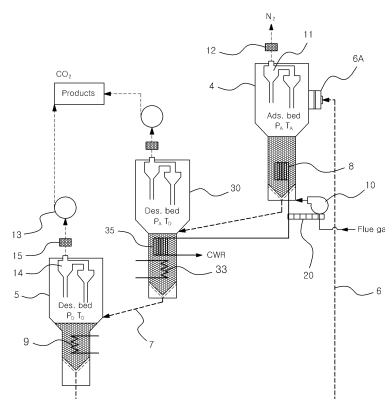
(54) 발명의 명칭 기체분리를 위한 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템

(57) 요약

본 발명은 단계적 탈착을 이용한 선택적인 기체 분리를 위한 흡착공정 시스템에 관한 것으로, 유입된 혼합가스를 선택적으로 흡착하는 흡착베드; 상기 흡착베드 하부에 장착되어 상기 혼합가스를 주입시키는 블로워(Blower); 상기 흡착베드 하부에서 흘러나온 흡착제를 이송시키는 이송장치; 상기 이송장치에서 이송되어 유입되는 상기 흡착제를 가열하여 흡착질을 1차로 탈착시키고, 상기 흡착베드 보다 상부에 위치하는 고온탈착베드; 상기 고온탈착베드에서 탈착된 흡착제 분체가 이동되어 2차로 흡착질을 탈착시키는 탈착베드; 및 상기 탈착베드에서 탈착된 흡착제 분체를 상기 흡착베드로 이동시키는 환류관을 포함하되, 상기 고온탈착베드는 상기 흡착베드의 압력(P_A)과 동일하고, 상기 탈착베드는 상기 흡착베드에 비하여 낮은 압력(P_D) 및 높은 온도(T_D)를 유지되는 것을 특징으로 한다.

이와 같은 본 발명을 제공하면, 환류관에서 발생하는 압력차에 의해 흡착베드의 가스가 역류하는 것을 고려할 필요가 없어 소규모 장치의 실현이 가능하며 효율적인 고정된 조건에서 운전하는 것이 가능하고, 연속 조업이 가능하므로 동일 규모의 타 기체 분리장치에 비해 더 높은 생산성을 얻을 수 있으며, 원하는 조건으로 압력변동, 온도 변동 운전이 가능하므로 효율적인 운전이 가능하여 에너지 절감을 성취할 수 있다. 또한, 다양한 종류의 기체 혼합물 분리에 응용될 수 있다

대표도 - 도4



(72) 발명자

원왕연

경기도 수원시 영통구 영통로 111, 동수원엘지빌리
지3차 307동 404호 (망포동)

이승훈

경기도 부천시 원미구 중동로280번길 63, 606동
803호 (중동, 중흥마을)

손용호

인천광역시 서구 신현동 효성아파트 103동 701호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 201042010

부처명 지식경제부

연구사업명 CCS기술개발사업-전략응용기술

연구과제명 이동상 온도압력변동 흡착을 이용한 CO2 회수공정

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2010.11.01 ~ 2011.10.31

특허청구의 범위

청구항 1

유입된 혼합가스를 선택적으로 흡착하는 흡착베드;

상기 흡착베드 하부에 장착되어 상기 혼합가스를 주입시키는 블로워(Blower);

상기 흡착베드 하부를 통해 이송된 상기 흡착제를 가열하여 흡착질을 1차로 탈착시키고, 상기 흡착베드 보다 하부에 위치하는 고온탈착베드;

상기 고온탈착베드에서 탈착된 흡착제 분체가 이송되어 2차로 흡착질을 탈착시키고, 상기 고온탈착베드 보다 하부에 위치하는 탈착베드; 및

상기 탈착베드에서 탈착된 흡착제 분체를 상기 흡착베드로 이송시키는 이송장치를 포함하되,

상기 고온열탈착베드는 상기 흡착베드의 압력(P_A)과 동일하고, 상기 탈착베드는 상기 흡착베드에 비하여 낮은 압력(P_D) 및 높은 온도(T_D)로 유지되는 것을 특징으로 하는 기체분리를 위한 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 흡착베드 상부에 상기 흡착베드에 배출된 분진을 제거하기 위한 사이클론 및 백필터를 포함하는 것을 특징으로 하는 기체분리를 위한 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 탈착베드 상부에 상기 탈착베드에 배출된 분진을 제거하기 위한 사이클론 및 백필터를 포함하는 것을 특징으로 하는 기체분리를 위한 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 흡착베드의 온도를 낮추고, 상기 탈착베드의 온도를 높이는 열교환기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기체분리를 위한 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 탈착베드로부터 흡착제가 유입되는 주입부는 이중문 구조인 것을 특징으로 하는 기체분리를 위한 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 흡착베드는,

상기 흡착제가 차지하는 상기 흡착베드의 내부 공간이 상단 및 하단으로 나뉘고, 상기 하단의 수직단면의 면적이 상기 상단 면적보다 작은 구조이고,

상기 흡착베드의 상단으로 상기 혼합가스가 주입되는 것을 특징으로 하는 기체분리를 위한 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템.

청구항 7

유입된 혼합가스를 선택적으로 흡착하는 흡착베드;

상기 흡착베드 하부에 장착되어 상기 혼합가스를 압축하여 주입시키는 압축기(compressor);

상기 흡착베드 하부를 통해 이송된 상기 흡착제를 가열하여 흡착질을 1차로 탈착시키고, 상기 흡착베드 보다 하부에 위치하는 고온탈착베드;

상기 고온탈착베드에서 탈착된 흡착제 분체가 이송되어 2차로 흡착질을 탈착시키고, 상기 고온탈착베드 보다 하부에 위치하는 탈착베드; 및

상기 탈착베드에서 탈착된 흡착제 분체를 상기 흡착베드로 이송시키는 이송장치를 포함하되,

상기 고온탈착베드는 상기 흡착베드의 압력(P_A)과 동일하고, 상기 탈착베드는 상기 흡착베드에 비하여 낮은 압력(P_D) 및 높은 온도(T_D)로 유지되는 것을 특징으로 하는 기체분리를 위한 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 흡착베드 상부에 배출된 분진을 제거하기 위한 사이클론 및 백필터를 포함하는 것을 특징으로 하는 기체분리를 위한 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 탈착베드 상부에 배출된 분진을 제거하기 위한 사이클론 및 백필터를 포함하는 것을 특징으로 하는 기체분리를 위한 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템.

청구항 10

제7항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 흡착베드의 온도를 낮추고, 상기 탈착베드의 온도를 높이는 열교환기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기체분리를 위한 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 흡착베드, 사이클론 및 백필터를 통과하여 배출된 흡착질의 회수를 위하여 확산기 및 발전기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기체분리를 위한 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 탈착베드로부터 흡착제가 유입되는 주입부는 이중문 구조인 것을 특징으로 하는 기체분리를 위한 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 흡착베드는,

상기 흡착제가 차지하는 상기 흡착베드의 내부 공간이 상단 및 하단으로 나뉘고, 상기 하단의 수직단면의 면적이 상기 상단 면적보다 작은 구조이고,

상기 흡착베드의 상단으로 상기 혼합가스가 주입되는 것을 특징으로 하는 기체분리를 위한 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 특정한 기체의 흡착 공정 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 서로 다른 온도 및 압력 환경에서 흡착 및 단계적 탈착을 통해 기체를 분리하고 이동상으로 흡착제를 순환시켜, 선택적인 기체분리를 위한 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템에 관한 발명이다.

배경기술

[0002] 흡착 공정은 흡착제에 대한 기체 혹은 액체의 평형 흡착량이 성분마다 다른 것을 이용하여 분리를 행하는 공정으로 특별히 기체의 분리 정제에 많이 응용되어 왔다. 공기 중 산소의 분리 농축, 석유화학 공장에서 고순도 수소분리, 노르말 파라핀과 이소 파라핀의 분리, 혐기성 발효 기체 중에 함유된 메탄의 분리, 산업 환경에서 휘발성 유기물 성분의 제거 혹은 분리 등이 대표적인 응용 예에 속한다. 특히 최근에는 지구 온난화의 주범인 이산화탄소를 발전소, 제철소 등 대규모 산업공정의 연소 배출 기체로부터 회수하기 위한 목적으로 흡착 공정이 연구되기도 한다.

[0003] 기체분리에 사용되는 흡착제에는 제올라이트, 분자체(molecular sieve), 활성탄, 탄소 분자체, 실리카겔, 활성알루미나 등이 있으며, 흡착 공정은 많은 기공으로 인해 넓은 표면적을 가진 흡착제 표면에 반데르 바알스 (Van der Waals) 힘을 결합력으로 부착되는 물리 흡착을 응용하는 것이 대부분이다. 이는 물리 흡착이 화학 흡착에 비해 흡착량이 적을 수 있으나 결합력이 상대적으로 낮아 탈착이 용이하기 때문이다.

[0004] 도 1은 일반적인 혼합가스 중 한 성분에 대한 흡착제에 흡착된 기체의 양과 분압의 관계를 흡착등온선으로 표시한 그래프이다. 도 1에 나타낸 바와 같이, 어떤 기체 성분의 물리 흡착량은 해당 성분의 부분 압력이 상승할수록, 온도가 낮을수록 증가하며, 이 원리를 이용하여 흡착 분리공정이 구성된다.

[0005] 흡착을 이용한 기체분리는 전통적으로 압력 변동 흡착(PSA, Pressure Swing Adsorption) 방법이 가장 많이 사용되어왔다. 이 공정은 기본적으로 하나의 흡착탑에서 가압, 고압흡착, 감압배출, 감압세정 혹은 이를 변형한 운전이 짧은 시간을 주기로 전환되며 분리정제를 수행하는 것이다. 한편 평형 흡착량이 온도에 따라 변하는 것을 응용한 온도 변동 흡착(TSA, Temperature Swing Adsorption) 방법이 사용되기도 하며, 이 둘을 혼합한 압력 온도 변동 흡착(PTSA, Pressure Temperature Swing Adsorption) 방법이 사용되기도 한다. 이들은 모두 흡착단계와 탈착단계가 주기적으로 반복되는 방법으로 운전되며, 탈착된 성분은 필요에 따라 탈착된 성분이 회수되어 제품화된다.

[0006] VOC회수시 이동상을 이용한 온도 변동 흡착공정(TSA)을 많이 쓴다 (도 2 참조). 이동상이라는 개념에서 본 발명

의 이동상 온도 압력 변동 흡착공정과 비슷하나, 한 개의 베드를 사용함으로써 인해 흡착부와 탈착부의 압력이 동일하게 되며, 이로 인해 흡착과 탈착의 효율이 떨어지는 단점을 지닌다.

- [0007] 온도 변동 흡착공정(TSA; Temperature swing adsorption)을 살펴보면, 도 1에 나타난 바와 같이, 압력이 일정한 상태에서 온도 (T_L , q_{ads})에서 흡착탑을 가열하여 온도를 (T_H , q_{des})로 하여 탈착하는 방법이 온도 변동 흡착이다. 온도변동흡착 공정에서 온도를 높이는 가장 편리한 방법은 예열된 기체로 흡착제를 정화해 주는 것이나 흡착제의 온도를 단시간에 상승 혹은 하강시키는 것이 용이하지 않기 때문에 온도변동흡착은 이동상 흡착장치를 이용하기도 하며, 활성탄소를 이용하여 휘발성 유기물 성분 제거 등에서 이러한 방법이 채택되기도 한다.
- [0008] 그리고, 온도 변동 흡착공정은 베드(bed) 1개를 가지고, 1분 내외의 짧은 주기로 흡착(저온에서 유리)과 탈착(고온에서 유리)을 반복 운전하는데, 흡착제의 thermal mass로 인해 이처럼 짧은 시간을 주기로 온도를 변화시키는 것이 매우 힘들다. 또한 thermal mass가 큰 베드의 온도를 짧은 시간을 주기로 가열과 냉각시키는데 많은 비용이 소모되는 단점이 있다.
- [0009] 압력 변동 흡착공정(PSA; Pressure swing adsorption)을 살펴보면, 도 1에서 나타난 바와 같이, 같이 열은 가하지 않고 압력을 (P_H , q_{ads})에서 저압인 (P_L , q_{des})로 감압시킴으로써 탈착하는 방법이 압력 변동 흡착이다. 온도 변동 흡착에 비해 압력 변동 흡착의 주기는 신속한 압력 감소가 가능하기 때문에 보통 수분 또는 수소까지로 짧으며 압력변동흡착 공정을 구성하는 기본적인 단계들은 원료가압, 흡착, 감압 그리고 세정단계(도 2 참조)로 이루어져 있다.
- [0010] 이후 공정의 효율을 증대시키기 위하여 생성물 가압, 병류 감압, 압력 균등화, 진공탈착, 강흡착질 정화단계 등과 같은 새로운 단계들이 추가되었으며 현재 대부분의 압력변동흡착 공정은 이러한 단계들의 조합으로 구성된다. 그러나, 압력 변동 흡착은 여러 모드의 운전이 직렬적으로 전환되기 때문에 지속적인 동적 상태에 놓이게 되며 이에 따라 기체유량변화가 심하게 일어난다. 그 결과 송풍기, 압축기, 진공펌프 등 기체 펌프들의 운전점이 고효율 영역에 고정될 수 없고 저효율과 고효율 영역 사이를 이동하기 때문에 발전소 배출기체에서 이산화탄소를 분리하는 일과 같이 대용량 기체 처리의 경우, 부가가치가 낮은 공정의 경우 등에서 운전비용에 큰 부담으로 작용될 수 있다.
- [0011] 또한, 종래의 압력 변동 흡착공정은 베드(Bed)에 유입되는 유량은 베드 입구에서의 압력과 베드 내부에서의 압력의 차이에 비례한다. 흡착을 위해 베드에 기체를 불어넣어 가압시킬 때, 처음에는 베드의 압력이 낮으므로 많은 유량의 기체가 흘러 들어가지만, 시간이 지나고 베드의 압력이 점점 높아짐에 따라 베드로 유입되는 기체의 유량이 점점 작아지게 된다. 이로 인해 펌프가 운전되는 운전조건이 시간에 따라 달라지게 된다.
- [0012] 탈착을 위해 진공펌프를 통해 베드에서 기체를 빼내어 감압시킬 때 처음에는 기체가 많은 유량으로 흘러나오지만, 시간이 지나고 베드의 압력이 점점 낮아짐에 따라 베드로부터 유출되는 기체의 유량이 점점 작아지게 된다. 이로 인해 펌프가 운전되는 운전조건이 시간에 따라 달라지게 된다. 또한, 펌프는 운전조건에 따라 그 효율이 달라진다. 따라서, 상기에서 설명한 흡착과 탈착과정에서와 같이 운전조건이 변화할 경우, 펌프를 항상 최대효율로 운전하는 것이 어렵게 되며, 이로 인해 많은 운전비용을 소비하게 된다.
- [0013] 흡착공정의 운전비용에서 가압(또는 감압)에 필요한 펌프 소요 전력이 대부분을 차지하므로, 상기에서 설명한 것과 같은 단점은 결과적으로 많은 운전비용을 초래한다.
- [0014] 도 3은 종래의 개량형 유동층 흡착장치의 공정 흐름도(Process Flow Diagram)이다. 장치는 흡착부, 탈착부, 활성탄 반송부 및 용제분리부 등으로 구성되어 있다. 흡착부는 다단의 다공판으로 활성탄의 유동부와 유하부로 구성되어 있다. 활성탄은 하부로부터 상승하는 용제함유 가스에 의해 다공판상에서 유동층을 형성하여 용제를 흡착한다. 그리고 활성탄은 순환량과 일치하는 양이 유하부로부터 하단의 다공판으로 흘러내려 간다. 탈착부는 다관식 열교환기를 주로 이용하고 있다.
- [0015] 흡착부로부터 흘러내려 가는 활성탄은 열교환기에서 가열되어지는 관의 하부에서 탈착가스와 접촉한다. 탈착가스는 탈착된 용제를 함유하고 있는 탈착부 상부로부터 용제 분리부로 배출된다. 한편, 용제가 탈착된 활성탄은 탈착부 최하부에서 기류반송관을 통해 흡착부 최상단의 다공판으로 반송된다. 이와 같은 과정을 통해 활성탄은 연속순환을 하면서 흡착과 탈착을 반복하게 된다.
- [0016] 이 장치의 가장 큰 특징은 흡착부와 탈착부가 하나의 베드에서 분리되어 있고, 간접가열 탈착방식이기 때문에 수증기, 공기, 질소 등과 같은 탈착가스의 선택이 자유로운 점이 있지만, 상기 공정은 흡착부와 탈착부가 동일 압력하에서 운전되는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0017] 상술한 문제를 해결하기 위한 본 발명의 과제는 첫째, 흡착공정은 연속공정으로, 기체 펌프들이 고정된 조건에서 운전하는 것이 가능하여, 각각의 펌프를 최대효율이 되는 운전조건으로 운전 가능하며, 이를 통해 운전에너지 절감을 성취할 수 있도록 하는 것이고, 둘째, 동일 규모의 장치에서 더 높은 생산성을 얻을 수 있도록 하고, 셋째, 원하는 조건으로 압력 변동, 온도 변동 운전을 수행할 수 있게 하는 것이고, 넷째, 시스템 및 펌프의 운전효율 높여 운전비용을 절감하고, 혼합기체의 분리 및 회수 효율을 높이고자 함이다.
- [0018] 더하여, 다양한 종류의 기체 혼합물 분리에 응용될 수 있도록 하는 것으로, 예를 들어 연소 배출 기체로부터 이산화탄소 회수 등 대량으로 기체를 분리하기 위한 1 단계 농축 공정에 특별히 유용하도록 하는 공정 시스템을 제공하기 위함이다.

과제의 해결 수단

- [0019] 상술한 문제를 해결하기 위한 본 발명의 제1 특징은 유입된 혼합가스를 선택적으로 흡착하는 흡착베드; 상기 흡착베드 하부에 장착되어 상기 혼합가스를 주입시키는 블로워(Blower); 상기 흡착베드 하부에서 흘러나온 흡착제를 이송시키는 이송장치; 상기 이송장치에서 이송되어 유입되는 상기 흡착제를 가열하여 흡착질을 1차로 탈착시키고, 상기 흡착베드 보다 상부에 위치하는 고온탈착베드; 상기 고온탈착베드에서 탈착된 흡착제 분체가 이동되어 2차로 흡착질을 탈착시키는 탈착베드; 및 상기 탈착베드에서 탈착된 흡착제 분체를 상기 흡착베드로 이동시키는 환류관을 포함하되, 상기 고온열탈착베드는 상기 흡착베드의 압력(P_A)과 동일하고, 상기 탈착베드는 상기 흡착베드에 비하여 낮은 압력(P_D) 및 높은 온도(T_D)가 유지되는 것이다.
- [0020] 여기서, 상기 흡착베드 상부에 상기 흡착베드에 배출된 분진을 제거하기 위한 사이클론 및 백필터를 포함하는 것이 바람직하고, 상기 탈착베드 상부에 상기 탈착베드에 배출된 분진을 제거하기 위한 사이클론 및 백필터를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0021] 또한, 바람직하게는 상기 흡착베드의 온도를 낮추고, 상기 탈착베드의 온도를 높이는 열교환기를 더 포함하는 것일 수 있고, 상기 탈착베드로부터 흡착제가 유입되는 주입부는 이중문 구조인 것일 수 있다.
- [0022] 더하여, 상기 흡착베드는, 상기 흡착제가 차지하는 상기 흡착베드의 내부 공간이 상단 및 하단으로 나뉘고, 상기 하단의 수직단면의 면적이 상기 상단 면적보다 작은 구조이고, 상기 흡착베드의 상단으로 상기 혼합가스가 주입되는 것이 바람직하다.
- [0023] 그리고, 본 발명의 제2 특징은 유입된 혼합가스를 선택적으로 흡착하는 흡착베드; 상기 흡착베드 하부에 장착되어 상기 혼합가스를 압축하여 주입시키는 압축기(compressor); 상기 흡착베드 하부에서 흘러나온 흡착제를 이송시키는 이송장치; 상기 이송장치에서 이송되어 유입되는 상기 흡착제를 가열하여 흡착질을 1차로 탈착시키고, 상기 흡착베드 보다 상부에 위치하는 고온탈착베드; 및 상기 고온탈착베드(30)에서 탈착된 흡착제 분체가 이동되어 2차로 흡착질을 탈착시키고, 상기 흡착베드보다 상부에 위치하는 탈착베드; 및 상기 탈착베드에서 탈착된 흡착제 분체를 상기 흡착베드로 이동시키는 환류관을 포함하되, 상기 고온열탈착베드는 상기 흡착베드의 압력(P_A)과 동일하고, 상기 탈착베드는 상기 흡착베드에 비하여 낮은 압력(P_D) 및 높은 온도(T_D)가 되는 것이다.
- [0024] 여기서, 상기 흡착베드 상부에 배출된 분진을 제거하기 위한 사이클론 및 백필터를 포함하는 것이 바람직하고, 상기 탈착베드 상부에 배출된 분진을 제거하기 위한 사이클론 및 백필터를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0025] 또한, 상기 흡착베드의 온도를 낮추고, 상기 탈착베드의 온도를 높이는 열교환기를 더 포함하는 것이 바람직하고, 상기 흡착베드, 사이클론 및 백필터를 통과하여 배출된 흡착질의 회수를 위하여 확산기 및 발전기를 더 포함하는 것이 바람직하다.
- [0026] 더하여, 상기 탈착베드로부터 흡착제가 유입되는 주입부는 이중문 구조인 것이 바람직하고, 상기 흡착베드는, 상기 흡착제가 차지하는 상기 흡착베드의 내부 공간이 상단 및 하단으로 나뉘고, 상기 하단의 수직단면의 면적이 상기 상단 면적보다 작은 구조이고, 상기 흡착베드의 상단으로 상기 혼합가스가 주입되는 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0027] 이와 같은 본 발명을 제공하면, 단계적 탈착을 이용하여 시스템의 운전 효율을 높이고, 기체혼합물의 분리 및 회수 효율을 높일 수 있다. 그리고, 효율적인 고정된 조건에서 운전하는 것이 가능하고, 연속 조업이 가능하므로 동일 규모의 타 기체 분리장치에 비해 더 높은 생산성을 얻을 수 있으며, 원하는 조건으로 압력변동, 온도 변동 운전이 가능하므로 효율적인 운전이 가능하여 에너지 절감을 성취할 수 있다.
- [0028] 또한, 기체펌프류가 높은 효율을 보이는 운전점에서의 운전 또는 운전점에서 높은 효율을 보이는 기체펌프류의 선택이 가능하고, 공정별로 다른 온도에서 운전하는 온도 스윙(temperature swing)이 가능하며, 흡착베드가 탈착베드 보다 상부에 위치하여 가스의 역류가 방지될 뿐만 아니라, 시스템 전체의 열통합이 용이하다는 장점이 있다.
- [0029] 또한, 다양한 종류의 기체 혼합물 분리에 응용될 수 있으며, 예를 들어 연소 배출 기체로부터 이산화탄소 회수 등 대량으로 기체를 분리하기 위한 1 단계 농축 공정에 특별히 유용하다.
- [0030] 그리고, 본 발명의 공정은 현재 상업적으로 널리 사용되고 있는 기체흡착분리 공정인 압력 변동 흡착공정을 대체, 보완할 수 있는 공정으로, 기체의 건조, 수증기 개질 가스로부터 수소의 회수, 공기로부터 산소와 질소의 분리, 암모니아 세정기체로부터 아르곤의 회수, 제철소 배출기체로부터 CO회수, 매립지 기체로부터 CH₄와 CO₂ 회수 등 다양한 기체혼합물을 분리, 회수하는데 있어서 효율성을 고려한 고정된 조건에서 운전하는 것이 가능하고, 연속 조업이 가능하여 동일 규모의 타 기체 분리장치에 비해 더 높은 생산성과 더 높은 품질의 생산물을 얻을 수 있으며, 원하는 조건으로 압력변동, 온도 변동 운전이 가능하다.
- [0031] 특히, 이산화탄소의 분압이 낮은 배가스로부터 이산화탄소를 분리, 회수하기 위해 사용되는 기존의 2단계 압력 변동흡착 공정에서, 에너지소비의 70%를 차지하는 1단계 이산화탄소 농축공정에 특별히 유용하다고 할 수 있다. 이와 같이, 본 발명은 이산화탄소 저감 및 분리, 회수와 관련하여 주로 흡수기술에 많이 치중해 있는 현재의 연구에서 흡수기술, 흡착베드술, 막분리 기술 등의 다양하고 폭넓은 학문으로의 연구 기회를 제공할 것이며, 궁극적으로는 현재의 흡착분리기술을 한층 발전시키는 계기가 될 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1은 한 기체성분의 분압과 흡착된 양 사이의 관계를 나타내는 흡착등온선을 도시한 그래프,
 도 2는 종래의 압력 변동 흡착공정의 공정 흐름도이고,
 도 3는 종래의 개량형 유동층 흡착장치의 공정 흐름도이고,
 도 4는 본 발명에 따른 상압흡착-진공탈착 운전시, 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템의 구성을 나타낸 도면이고,
 도 5는 온도 압력 변동에 따른 흡착량 곡선을 나타내는 그래프이고,
 도 6은 본 발명에 따른 시스템의 열교환 시 공정의 냉각/가열에 필요한 열을 나타낸 도면이고,
 도 7은 본 발명에 따른 고압흡착-저압탈착 운전시, 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템의 구성을 나타낸 도면이고,
 도 8은 본 발명에 따른 흡착공정 시스템에서 탈착베드로부터 흡착제가 이송되어 주입되는 흡착베드의 주입부의 구조의 예를 나타낸 도면이고,
 도 9는 도 4 및 도 7에 도시된 단계적 탈착을 이용한 흡착탈착 공정 시스템의 운전시, 이동상 온도 압력 변동 흡착공정에서 기체혼합물 및 흡착제의 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 이하 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0034] 도 4 및 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 흡착 공정 시스템의 구성을 예시한 도면으로, 도 4는 상압에서 흡착을 진행하며 진공에서 탈착을 진행하는 공정 시스템을 예시하며, 도 7은 고압에서 흡착을 진행하며 상압에서 탈착

을 진행하는 공정 시스템을 예시한다. 이는 고순도로 물질을 분리하기 위해서는 흡착과 탈착이 원활하게 이루어져야 하며, 이를 위해 흡착시의 압력이 탈착시의 압력보다 높아야 하는 것에 착안 되었다.

[0035] 도 4에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따른 기체분리를 위한 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템은 유입된 혼합가스를 선택적으로 흡착하는 흡착베드(4); 상기 흡착베드(10) 하부에 장착되어 상기 혼합가스를 주입시키는 블로워(Blower)(10); 상기 흡착베드(10) 하부를 통해 이송된 상기 흡착제를 가열하여 흡착질을 1차로 탈착시키고, 상기 흡착베드(10) 보다 하부에 위치하는 고온탈착베드(30); 상기 고온탈착베드(30)에서 탈착된 흡착제 분체가 이송되어 2차로 흡착질을 탈착시키고, 상기 고온탈착베드(30) 보다 하부에 위치하는 탈착베드(5); 및 상기 탈착베드(5)에서 탈착된 흡착제 분체를 상기 흡착베드로 이송시키는 이송장치(6)를 포함하되, 상기 고온탈착베드(30)는 상기 흡착베드(4)의 압력(P_A)과 동일하고, 상기 탈착베드(5)는 상기 흡착베드(4)에 비하여 낮은 압력(P_D) 및 높은 온도(T_D)로 유지되는 것을 특징으로 한다.

[0036] 여기서, 공장의 배가스와 같이 기체혼합물의 유량이 큰 경우, 이를 모두 가압하여 흡착베드(4)에 주입하는 것은 굉장히 어렵기 때문에, 도 4 및 도 7에서 나타난 바와 같이 송풍기(blower)(10)를 통해 상압에서 기체혼합물을 흡착베드(4)로 주입하고, 동일한 압력의 고온탈착베드(30)에서 1차 회수하고, 상기 흡착베드(4)와 상대적으로 저압인 탈착베드(5)로부터 강흡착질 기체를 2차로 회수하는 운전 방법을 제안한다.

[0037] 만약 처리해야 하는 기체혼합물의 유량이 크지 않다면, 도 4에서 예시된 공정 시스템에 의한 공정뿐만 아니라 도 7에서 예시된 공정 시스템에 의한 공정과 같이 기체혼합물을 압축기(compressor)(10')를 이용하여 가압하여 흡착베드(4)에 주입함으로써, 고압의 상태에서 공정을 구성할 수도 있다.

[0038] 도 4를 참조하면, 기체 혼합물(1)은 먼저 송풍기(Blower)(10)를 통하여 흡착베드(4)에 공급되고, 흡착베드(4)를 통과하며 강흡착질이 흡착제에 다량 흡착된 후, 사이클론(11)과 백필터(12)를 거쳐 분진이 제거된 후, 약흡착질 농축기(2)로 배출된다.

[0039] 이때 흡착베드(4)에서 기체의 유속은 흡착제가 흡착베드(4) 하부로 잘 흐르며, 동시에 흡착제 분체가 지나치게 섞이지 않도록, 유동화 초기 속도를 유지하는 것이 바람직하다. 강흡착질을 많이 흡착한 상태로 흡착베드(4) 하부로 흘러나온 흡착제는 이송관을 통해 하부에 위치한 고온탈착베드(30)로 이송되어 주입된다. 흡착베드(4)가 고온탈착베드(30)보다 높은 위치에 있고, 압력이 동일하기 때문에, 중력에 의해 상기 흡착제가 고온탈착베드(30)로 흘러 이동하게 된다.

[0040] 여기서 고온탈착베드(30)는 흡착제에 열을 가하여 탈착하는 장치로, 흡착베드(4)와 탈착베드 사이에 위치하여, 탈착베드(5)를 진공 또는 저압으로 유지해야 하는 비용의 절감을 위한 단계적 탈착을 위한 장치이다. 상기 고온탈착베드(30)의 압력은 상기 흡착베드(4)의 압력(P_A)과 동일하고, 탈착베드(5)의 온도(T_D)와 동일하거나 높은 상태를 유지시킨다.

[0041] 이와 같은 고온탈착베드(30)를 통한 1차적 탈착공정을 통해, 종래의 탈착베드에서 저압 또는 진공을 위한 펌프 가동에 소모되는 비용을 줄일 수 있게 되고, 단계적 탈착을 통해 CO_2 회수율을 높일 수 있게 된다.

[0042] 즉, 고온탈착베드(30)에서 온도 변동 탈착을 통해 CO_2 등의 기체를 1차 회수 후 2차로 탈착베드(5)에서 회수하는 공정을 수행하는 장치로서, 저압 펌프의 동력은 모두 외부 에너지를 통해 얻을 수 있는데 반해 고온탈착베드(30)에서 필요한 열원은 공정 내부에서 자체적으로 얻을 수 있고 필요한 열원만큼 추가 공급하는 효율적 시스템을 제공할 수 있게 된다.

[0043] 그리고, 상기 흡착베드는, 상기 흡착제가 차지하는 상기 흡착베드의 내부 공간이 상단 및 하단으로 나뉘고, 상기 하단의 수직단면의 면적이 상기 상단 면적보다 작은 구조이고, 상기 흡착베드의 상단으로 상기 혼합가스가 주입되는 것이 바람직하다. (도시하지 않음)

[0044] 즉, 흡착베드(4)에 주입되는 혼합가스 또는 기체 혼합물(1)이 상기 흡착베드(4)의 높은 위치로 인해 중력에 의해 하부로 흘러내리거나 누출되는 것을 방지하기 위해, 상기 흡착제가 차지하는 흡착베드의 공간을 상단 및 하단의 다단 구조로 형성하고, 하단부의 단면적을 작게 형성하여 상기 혼합가스를 상기 상단부로 주입한다. 이는 하단부가 단면적이 작아 상단부보다 내부 압력이 높아지기 때문에, 상기 혼합가스를 상단부로 주입하게 되면, 상기 혼합가스가 하부로 흘러내림 또는 누출되는 것을 방지할 수 있기 때문이다.

[0045] 도 5는 온도 압력 변동에 따른 흡착량 곡선을 나타내는 그래프이다. 도 5에 나타난 바와 같이, H0는 흡착베드(4) 출구의 온도 및 압력을 나타내고, 종래의 공정의 경우 탈착베드(5)에서 저압 펌프를 이용해 압력을 P_H 에서 P_L 으로 낮추어 원하는 탈착량을 획득(도 5의 $H0 \rightarrow H1$)하는데 반하여, 본 발명에 따른 고온탈착베드(30)를 추가한 공정의 경우에는 고온탈착베드(30)에서 열원을 공급하여 온도를 T_L 에서 T_H 으로 높여 일정량을 탈착한 후 탈착베드(5)에서 저압 펌프를 이용해 저압으로 운전 조건을 변화시켜 마지막 탈착을 시킨다. 이 경우 원하는 회수율을 얻기 위해 필요한 저압은 P_L 과 P_1 의 사이에 존재하며 결국 종래의 공정에 비해 저압 펌프의 비용 자체를 감소시킬 수 있게된다. (도 5의 $H0 \rightarrow H1' > H2$)

[0046] 또한 도 4에 나타난 바와 같이, 상기 흡착베드(4), 고온탈착베드(30) 및 탈착베드(5)를 열교환기를 통해 연결하여, 공정 내에서 자체적으로 열 교환 함으로써 공급 열원을 최소화하여 공정의 경제적 최적화가 가능하다.

[0047] [표 1]은 공정 내 각 흐름의 열용량 및 출입구 온도에 따라 요구되는 열량을 나타낸 표이다.

표 1

	$C_p(kJ/hr^{\circ}C)$	($^{\circ}C$)	($^{\circ}C$)	$Q(kJ/hr)$
H1	332640	130	26	34595
H2	171240	120	26	16097
C1	332640	26	130	-34595

[0048]

[0049] ($\Delta T_{min}=15^{\circ}C$, 흡착제 비열: $0.924J/gK$, $120^{\circ}C$ 배가스($CO_2:N_2=0.13:0.87$)의 비열: $1.0299J/gK$, $26^{\circ}C$ 배가스($CO_2:N_2=0.13:0.87$)의 비열: $1.0112J/gK$, 배가스의 질량 흐름 : $167.79ton/hr(120^{\circ}C, 101.3kPa, CO_2:N_2=0.13:0.87)$, 흡착제 질량흐름: $360ton/hr$)

[0050] H1은 탈착베드(5)에서 흡착베드(4)로 유입하는 흡착제에 해당하며, H2는 흡착베드(4)로 유입하는 배가스, 그리고 C1은 흡착베드(4)에서 고온탈착베드(30)로 유입하는 흡착제에 각각 해당한다. 열교환을 하지 않을 경우, 냉각과 가열에 필요한 총 열량은 $85,282,000kJ/hr$ 에 해당하고, 도 5에서와 같이 각 흐름의 냉각 혹은 가열에 필요한 열량은 열 교환기(20)를 통해 효과적으로 상호 교환할 수 있다.

[0051] 열교환 시 공정의 냉각/가열에 필요한 열은 도 6과 같이 나타낸다. 도 6은 $11^{\circ}C$ 의 냉각수가 $100^{\circ}C$ 로 되는 데 필요한 열은 제외하고 도시한 것으로서, 냉각수의 최고 온도는 증발 온도인 $100^{\circ}C$ 로 가정한다. $100^{\circ}C$ 냉각수가 되는 데에 필요한 열량을 고려하여도 최종적으로 냉각 혹은 가열에 필요한 열은 $62,098,000kJ/hr$ 로써 열 교환하지 않을 경우인 $85,282,000kJ/hr$ 에 비해 감소된다는 것을 수치적으로 알 수 있다.

[0052] 고체 간 열 교환에 어려움이 존재하긴 하나 흡착제간 열 교환이 효과적으로 이루어질 경우 냉각/가열에 필요한 열은 $26,077,000kJ/hr$ 로 계산되고, 도 4에 나타난 바와 같이, 냉각수(CWR)의 내부 순환을 통해 필요 냉각수 유량을 최소화하기 위한 도 4와 같은 열 교환 또한 가능한데, 이의 경우 필요한 국소 지점에서만 가열 혹은 냉각을 하며 이외 지점은 냉각수가 내부에서 순환하여 필요 열을 공급 혹은 제거할 수 있다.

[0053] 보다 구체적으로 열교환기를 통한 열교환 라인의 흐름을 살펴보면, (a) 약 $11^{\circ}C$ 로 공급되는 냉각수는 흡착베드(4)를 지나며 고온의 흡착제로부터 열원을 공급받아 온도가 상승하게 되고, (b) 온도가 높아진 냉각수는 탈착베

드(5)에 필요한 열원을 공급하며, 흡착베드(4)와 고온탈착베드(30) 이송관을 통해 이동하여 외부로부터 스팀(steam) 등으로 고온탈착베드(30)에 필요한 열원을 공급하게 된다. 그리고 나서, (c) 향류로 흡착제에 열원을 공급하는 동안 온도가 낮아진 냉각수는 마지막 재 열교환을 통해 11° C의 기존 냉각수 온도로 회복되고, 상기 (a), (b) 및 (c) 과정이 재 순차적으로 이루어지게 된다.

[0054] 이와 같은 열교환 방식을 상기 흡착베드(4), 고온탈착베드(30) 및 탈착베드(5)의 온도를 제어하게 되는데, 도 4 및 도 7에 나타난 바와 같이, 흡착베드(4)에서 환류관(7) 또는 이송관을 통해 하부에 위치한 고온탈착베드(30)로 이송시키고 흡착제는 열교환기의 스팀(steam)장치에 의해 온도를 상승시켜 상기 고온탈착베드(30)로 유입된다.

[0055] 여기서 고온탈착베드(30)는 탈착베드(5)와는 달리, 온도 및 압력을 통한 탈착이 아니라, 흡착제에 열을 가하여 제1차로 탈착시키는 장치로, 압력은 흡착베드(4)와 동일한 압력(P_A)을 가지고, 온도는 적어도 상기 탈착베드 온도(T_D) 이상이면 충분하다. 고온탈착베드(30)에서 1차로 CO_2 등의 강흡착질을 탈착시키고 난 후, 다시 흡착제는 환류관(7)을 통해 상기 고온탈착베드(30) 보다 하부에 위치한 탈착베드(5)로 이동된다.

[0056] 고온탈착베드(30)의 압력이 탈착베드(5)의 압력이 높기 때문에, 압력차에 따른 자연스러운 이동을 유도할 수 있어서 고온탈착베드(30)의 위치는 상기 압력차의 범위내에서 상기 탈착베드(5)와 높이차를 조절할 수 있다. 즉, 고온탈착베드(30)가 탈착베드(5)보다 낮은 위치에 있더라도, 높이차에 따른 중력에 의한 힘을 극복하여 압력차로 상기 흡착제를 환류관(7)을 통해 이동될 수 있도록 선택적으로 상기 탈착베드(5)의 위치를 정할 수 있게 된다.

[0057] 탈착베드(5)는 흡착베드(4)에 비하여 상대적으로 낮은 압력(P_D)과 높은 온도(T_D)를 유지하여 2차로 흡착제 내의 강흡착질(CO_2 등)의 상당량이 탈착 되도록 한다. 탈착된 기체는 사이클론(14)과 백 필터(15)를 거쳐 분진이 제거된 후, 기체 펌프(13)를 통해 배출되고, 탈착된 흡착제 분체는 흡착제 이송장치를 통해 흡착베드(4)로 되돌아간다.

[0058] 이송장치는 상대적으로 흡착베드가 탈착베드 보다 높은 위치에 있기 때문에, 버킷 엘리베이터 등의 장치를 이용하여 흡착제 분체를 이송시키는 것이 가능하지만, 흡착베드의 압력이 더 높기 때문에, 상기 탈착베드로부터 흡착제가 유입되는 주입부는 이중문(6A) 구조인 것이 바람직하다.

[0059] 도 8은 본 발명에 따른 흡착공정 시스템에서 탈착베드로부터 흡착제가 이송되어 주입되는 흡착베드의 주입부의 구조의 예를 나타낸 도면이다. 도 8에 나타난 바와 같이, 주입부는 2개의 문으로 이루어진 구조로서, 이중문1를 개방하여 흡착제가 주입되고, 다시 이중문1을 닫은 후, 외부의 압축기 등으로 흡착베드의 압력과 동일한 압력으로 높인다. 압력이 동일하게 되면, 이중문2를 열어 상기 흡착제를 흡착베드(4) 내부로 투입되는 구조이다. 이와 같은 이중문(6a) 구조를 통해, 저압인 탈착베드(5)에서 상압 또는 고압인 흡착베드(4)로 흡착제를 이송 후 투입하는 것이 가능하게 된다.

[0060] 도 9는 도 4 및 도 7에 도시된 단계적 탈착을 이용한 흡?탈착 공정 시스템의 운전시, 이동상 온도 압력 변동 흡착공정에서 기체혼합물 및 흡착제의 흐름도이다. 도 8에 나타난 바와 같이, 송풍기(10) 또는 압축기(10')를 통해 기체 혼합물이 흡착베드(상압 또는 고압, 저온)(4)에 연속적으로 공급되고(S100), 흡착베드(4)에서 기체혼합물이 흡착제에 선택적으로 흡착되며 농축된 약흡착질 기체가 회수되고(S110), 흡착베드(4) 하부에서 흘러나온 흡착제가 하부에 위치한 고온탈착베드(30)로 환류관(7)을 통해 이동된다.(S120)

[0061] 흡착베드에서 유입된 흡착제를 고온탈착베드(30)(상압 또는 고압, 고온)(5)에서 1차로 강흡착질을 고온탈착시키고(S130), 고온탈착베드(30)의 흡착제가 압력차에 의해 탈착베드(저압, 고온)(5)로 환류관(7)을 통해 이동하고(S140), 탈착베드(저압, 고온)(5)에서 2차로 흡착된 기체가 분리되어 흡착제가 재생되며, 농축된 강흡착질 기체(CO_2 등)가 회수된 후(S150), 이 재생된 흡착제가 흡착제 이송장치(6)을 통해 흡착베드(4)로 이송시켜 순환하게 된다.(S160)

[0062] 도 7에 나타난 흡착공정 시스템은 기본적인 운전 상황은 도 4의 상압흡착-진공탈착의 경우와 매우 유사하나, 탈착베드에 기체혼합물을 주입할 때 압축기(compressor)(10')를 통해 고압의 상태로 공급한다는 것이 다르다. 또한, 농축된 약흡착질이 갖는 운동에너지를 확산기(Expander)(16)와 발전기(17)를 통해 회수한다는 점이

다르다.

[0063] 이처럼, 본 발명의 단계적 탈착을 이용한 기체분리를 위한 이동상 온도 압력 변동 흡착공정 시스템은 흡착베드(4)를 상부로 하고, 탈착베드(5)를 하부에 위치하게 될 경우 흡착제는 상부에서 하부로 이동하게 되고 배가스가 고압인 흡착베드(4)에서 상대적으로 저압인 고온탈착베드(30) 및 탈착베드(5)로 이동하게 되므로 배가스의 환류관(7) 오염으로 인한 회수율 감소를 줄일 수 있고, 흡?탈착베드 사이의 높이 제한이 없으므로 소규모 장치의 실현이 가능하며, 밸브 운전 또한 간편해질 수 있는 장점이 있다.

[0064] 그리고, 고온탈착베드(30)를 흡?탈착베드 사이에 추가할 경우, 고온탈착베드(30)에서 다량의 탈착이 이루어지게 되므로 탈착베드(5)의 저압 펌프 운전비용을 감소시킬 수 있는 장점이 있다.

[0065] 이하에서는 도 4 및 도 7에서 예시된 공정 시스템의 공정 조건을 통한 효과를 설명하기로 한다.

[0066] 압력

[0067] 대상 기체혼합물과 대상 흡착제의 특성에 따라 공정의 운전조건은 상압흡착-진공탈착 운전과 고압흡착-상압탈착 운전, 고압흡착-진공탈착등으로 구분된다. 종래에는 흡착베드와 탈착베드만으로 구성된 시스템에서 상압흡착-진공탈착 운전이 시행 되었으나, 진공을 위한 저압 펌프의 운용비용이 많이 든다는 단점을 극복하기 위해 본 발명의 실시예에서는 고온탈착베드(30)의 추가적 구성으로 단계적 탈착을 이용해 고압흡착-저압탈착 운전을 실현 가능하여 펌프 운용비용을 상당부분 줄일 수 있게 된다.

[0068] 상압의 기체혼합물(1)이 흡착베드(4)에 공급되어 흡착베드(4)는 상압(P_A)에서 운전되고, 강흡착질을 1차로 고온탈착베드(30)에서 탈착시키고, 2차로 강흡착질 회수를 위한 탈착베드(5)는 저압($P_D < P_A$)에서 운전된다. 탈착베드(5)에서 나오는 강흡착질 농축기체는 기체펌프를 이용하여 회수한다.

[0069] 도 7에서 나타낸 바와 같이, 고압흡착-상압탈착 운전의 경우, 고압의 기체혼합물(1)이 흡착베드(4)에 공급되어 흡착베드는 고압(P_A)에서 운전되고, 강흡착질 회수를 위한 탈착베드(5)는 상압($P_D < P_A$)에서 운전된다. 흡착베드(4)에서 나오는 약흡착질 농축기체는 확산기(16)와 발전기(17)를 통해 회수함으로써, 확산기(16) 양단의 압력차로 인해 발생하는 기계적 에너지도 함께 회수하게 된다.

[0070] 온도

[0071] 흡착시 발생하는 흡착열은 흡착베드(4) 열교환기를 통해 회수하여 탈착베드 에 공급함으로써 탈착시 필요한 열에너지로 사용한다. 원료 기체혼합물(1)이 고온일 경우에는 원료 공급 전 열교환기를 통해 기체혼합물의 온도를 흡착베드의 온도(T_A)로 낮추어 원료로부터 열에너지를 회수하고, 회수된 열에너지는 열교환기를 통해 고온탈착베드(30) 및 탈착베드(5)에 공급하여, 탈착온도(T_D)를 유지하도록 한다.

[0072] 여기서, 온도가 낮을수록 기체가 흡착제에 잘 흡착되는데, 기체 혼합물이 흡착베드(4)에서 흡착제에 흡착될 때 흡착열이 발생하여 베드 온도가 상승하기 때문에, 냉각기(cooler)를 통해 흡착베드(4)의 온도를 낮추어 주게 된다.

[0073] 그리고 온도가 높을수록 기체가 흡착제로부터 잘 탈착되는데, 기체가 흡착제로부터 탈착될 때 탈착으로 인해 베드 온도가 하강하기 때문에, 가열기(heater)(8)를 통해 흡착베드(4)의 온도를 높여 주게 된다.

[0074] 분체 이송

[0075] 탈착베드(5)에서 재생된 흡착제는 이송장치를 통해 흡착베드(4)로 이송된다. 이때 분체 이송장치(6)는 버킷엘레베이터(Bucket Elevator) 또는 버킷 컨베이어(Bucket conveyor)를 이용한다. 그리고, 상대적으로 높은 곳에 위치한 흡착베드에서 고온탈착베드(30)로 환류관(7)을 통해 이동시키고, 다시 흡착제는 다시 고온탈착베드(30)에서 탈착베드로 환류관(7)을 통해 이동하게 되는데, 고온탈착베드(30)는 탈착베드(5)보다 압력이 높기 때문에, 압력차에 의해 자연적인 이동을 유도할 수 있다.

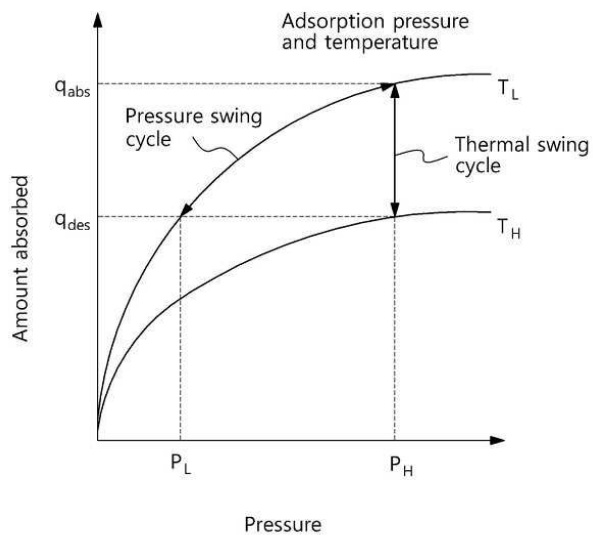
- [0076] 이처럼, 본 발명에 따른 흡착공정 시스템에 적용되는 보통 배가스는 10%의 이산화탄소(CO_2)와 90%의 질소(N_2)로 이루어져있으며, 이산화탄소(CO_2)의 경우 분리 후 99% 정도의 고순도를 요구하므로, 1단계의 공정으로 모두 회수할 수 없기 때문에, 적어도 2단계 이상의 공정으로 PSA공정을 운전함으로써 이산화탄소를 분리, 회수하게 된다. 이 중 첫 번째 단계의 PSA공정이 전체 운전비용의 상당부분을 차지하는데, 본 발명의 MBA는 이러한 첫 번째 단계의 PSA공정을 대체할 수 있고, 1단계 PSA공정에 비해 단계적 탈착공정을 이용해 더 높은 순도로 분리가능하기 때문에, 결과적으로 1단계 MBA를 통해 생산된 이산화탄소를 2단계 분리공정에 주입하여 순도를 높일 때, 2단계 분리공정의 순도에 대한 부담이 줄어 전체적인 운전비용이 절감되는 효과가 있다.
- [0077] 또한, 본 발명의 시스템은 연속적인 공정을 가능하게 하는 MBA에서 흡착탑과 탈착탑에서 발생하는 온도 변화를 운전 최적점 온도로 유지하도록, 유틸리티에 있는 냉각수와 스팀을 이용해 열교환을 하게 된다. utility 비용은 전체 운전 비용에서 큰 비용을 차지하므로 이 비용을 최소화하는 것이 가능한 본 발명에 따른 시스템은 산업적인 측면에서 큰 의미가 있다.
- [0078] HEN이 같이 설계된 MBA와 종래의 MBA에 대하여 운전비용에 대해 대략적인 계산을 해본 결과 0.88\$, 약 1\$의 비용을 절감할 수 있음. 하루에 이산화탄소 1000톤을 얻기 위한 전체 운전비용이 4\$ 인 점을 감안해 봤을 때, 1\$의 비용 절감은 약 25%로써 경제적인 측면에서 굉장히 유용함을 알 수 있다.
- [0079] 이상의 설명에서 본 발명은 특정의 실시 예와 관련하여 도시 및 설명하였지만, 특허청구범위에 의해 나타난 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 개조 및 변화가 가능하다는 것을 당 업계에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 쉽게 알 수 있을 것이다.

부호의 설명

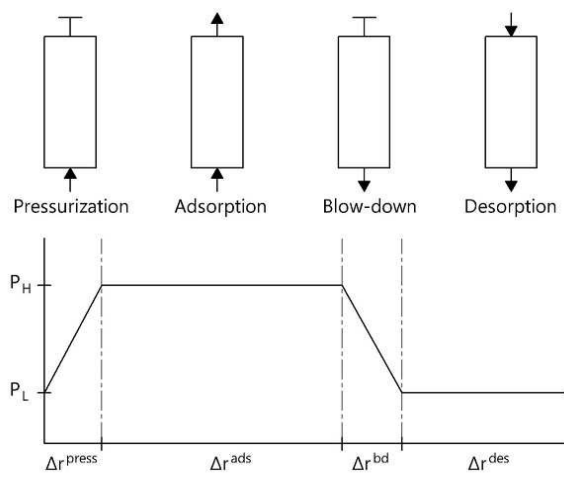
- [0080] 4: 흡착베드, 5: 탈착베드, 6: 흡착제 이송장치, 6A: 이중문
- 7: 흡착제 환류관, 8: 냉각기, 9: 가열기,
- 10: 송풍기(blower) 또는 압축기(compressor), 11,14: 싸이클론(cyclone),
- 12,15: 백필터(bag filter), 16: 확대기(expander), 17: 발전기
- 20: 열교환기, 30: 고온탈착베드

도면

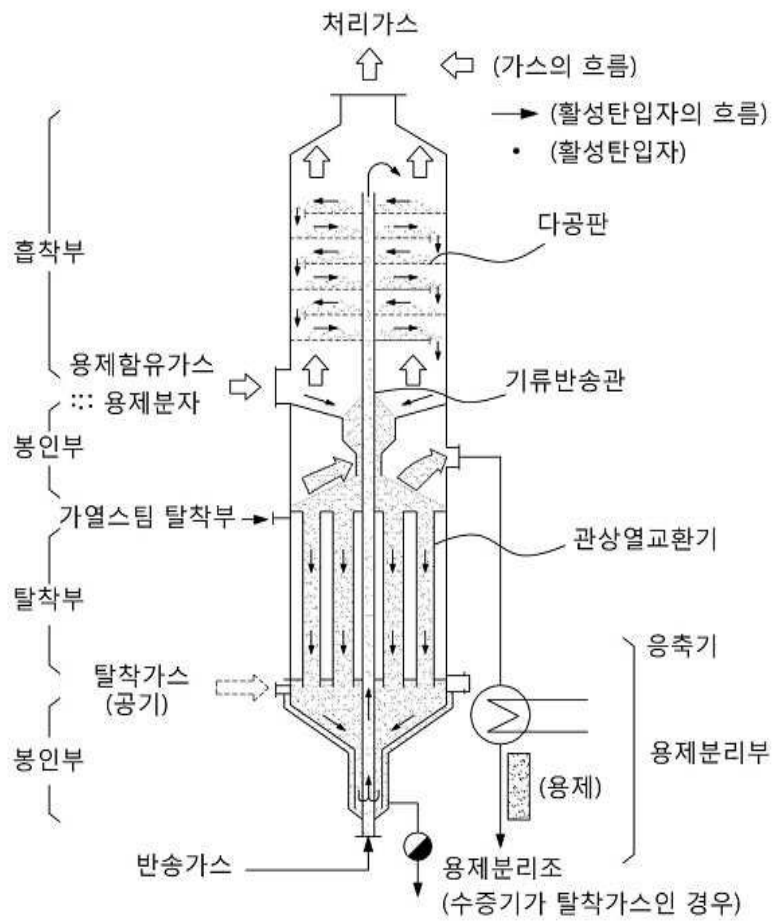
도면1



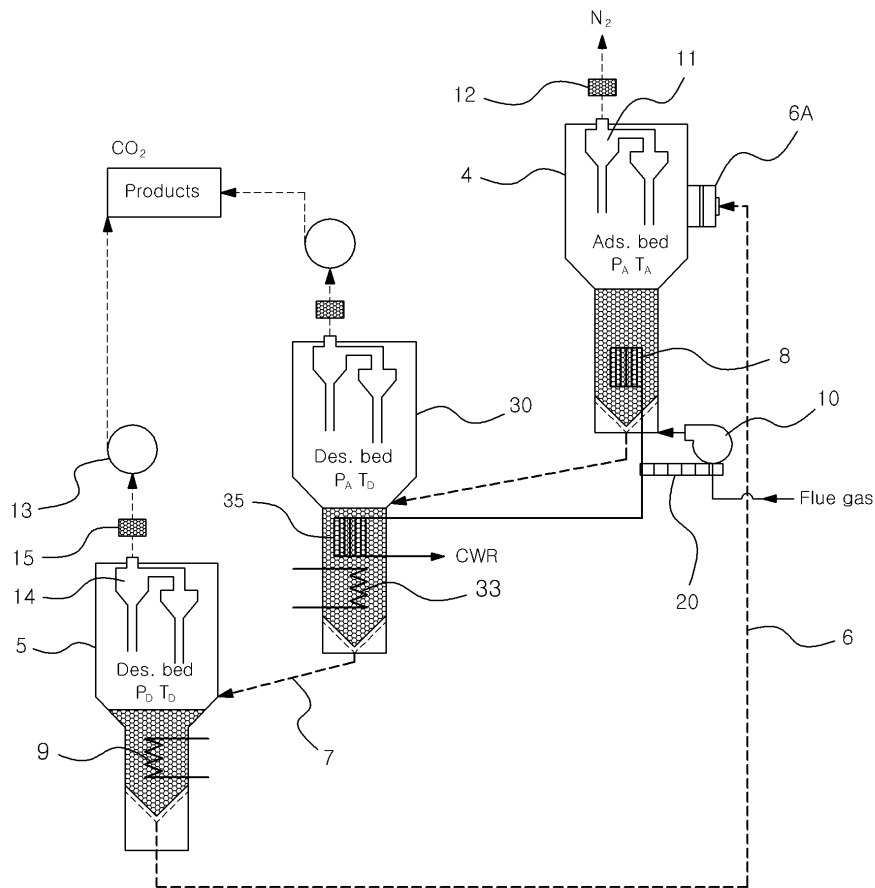
도면2



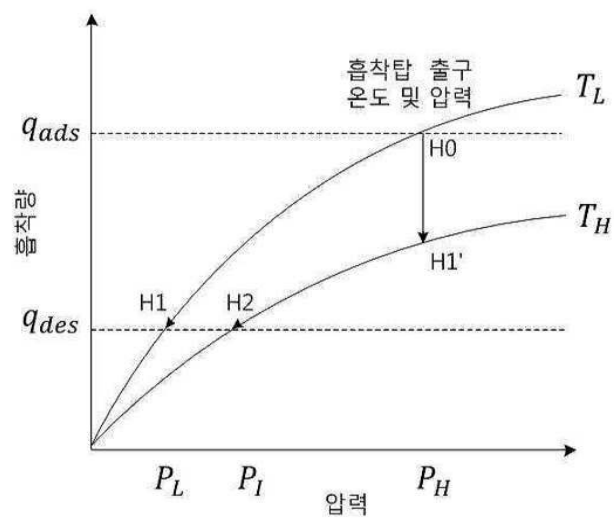
도면3



도면4



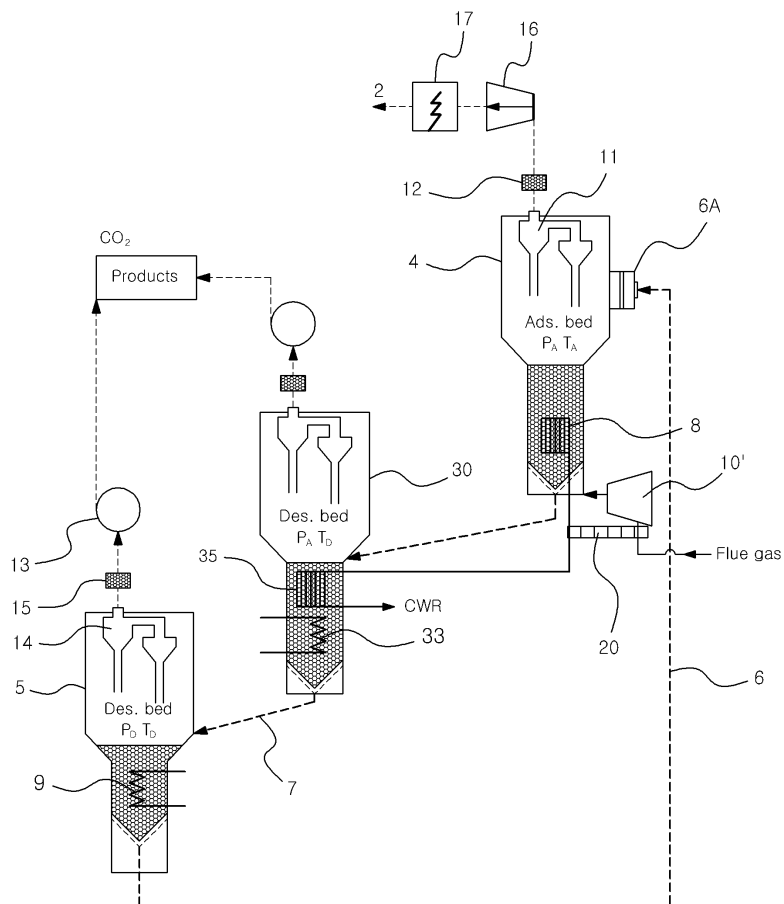
도면5



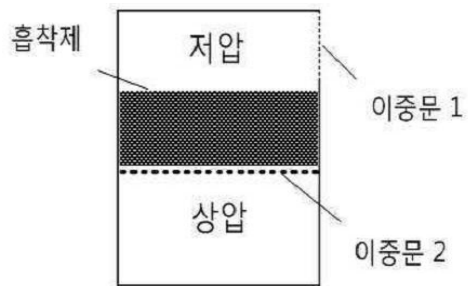
도면6

Cp	171240	388707		332640	1000 Q
	145	130			-8316
	120	105			-3208
	100	85			13411
	41	26			2568
	26	11			
					Total=27503

도면7



도면8



도면9

