

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁷
B01D 53/04

(45) 공고일자 2000년06월15일
(11) 등록번호 10-0260001
(24) 등록일자 2000년03월31일

(21) 출원번호	10-1995-0034212	(65) 공개번호	특 1996-0013429
(22) 출원일자	1995년10월06일	(43) 공개일자	1996년05월22일
(30) 우선권주장	8/319,692 1994년10월07일 미국(US)		
(73) 특허권자	프랙스에어 테크놀로지, 인코포레이티드 조안 엠. 켈사 미국 06810-5113 코네티컷 데인베리 올드 리지베리 로드 39프랙스에어 테크 놀로지, 인코포레이티드 로버트 지. 호헨스타인 미국 06810-5113 코네티컷 데인베리 올드 리지베리 로드 39프랙스에어 테크 놀로지, 인코포레이티드 도로시 엠. 보어		
(72) 발명자	미국 06810-5113 코네티컷 데인베리 올드 리지베리 로드 39 모헨드에스. 에이. 바크쉬 미합중국 14228 뉴욕 암허스트 스위트 홈 로드 2635 빈센트제이. 키브러 미합중국 14170 뉴욕 웨스트 폴즈 크넵로드 8682 허버트알. 슈아우브 미합중국 14051 뉴욕 이스트 암허스트 선버스트 씨클 185		
(74) 대리인	남상선		

심사관 : 장정숙

(54) 압력 변동 흡착 방법

요약

제 1가스 및 하나 또는 그 이상의 선택적 흡수성 제 2가스를 함유하는 공기와 같은 가스 혼합물로부터 산소 및 아르곤과 같은 적어도 하나의 비-선택적 흡수성 제 1가스를 분리하기 위한 개선된 PSA 공정이 다. 본 발명은 PSA 베드의 동시 급송 및 소개에 이어 동시 평형 및 소개 단계를 포함한다. 이런 공정은 진공 송풍기와 같은 압력 감소 수단의 100% 이용으로 전반적으로 신속하고 효율적인 사이클과 동력 사용에서 약 15%의 감소를 가져온다. 본 발명은 전체 사이클 시간의 감소 따라서 생산성의 개선을 이루기 위하여 PSA 사이클의 다양한 중복을 포함한다.

대표도

도 1

명세서

[발명의 명칭]

압력 변동 흡착 방법

[도면의 간단한 설명]

제1도는 본 발명의 구체예에 따른 이중 흡착 칼럼 사이클의 단계를 예시하는 도면이다.

제2도는 제1도의 이중 베드 사이클에 대한 흐름도이다.

제3도는 완전한 사이클의 여러 단계 동안 베드에서 압력의 전개를 도시하는 시간/압력 그래프이다.

제4도는 본 발명의 또 다른 구체예에 따른, 베드-베드 소통을 전혀 갖지 않는 이중 베드 사이클에 대한 흐름도이다.

제5도는 제4도에 도시된 시스템의 사이클에서의 단계를 예시하는 도면이다.

제6도는 및 제7도는 본 발명의 또 다른 구체예에 따른 단일 베드 공정의 흐름도 및 칼럼 사이클을 예시한 도면이다.

제8도는 비교 목적으로 종래의 표준 흡착 칼럼 사이클의 단계를 예시하는 도면이다.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

A, B : 흡착 베드

11 : 송풍기

13 : 진공 펌프

14, 15 : 베드 출구 도관

17 : 제어 밸브, 체크 밸브 33, 35 : 배입구 밸브
 34, 36 : 배출구 밸브

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 산소 및 다른 선택적으로 흡착가능한 가스 성분을 함유한 공기와 같은 혼합 가스에서 산소와 같은 제 1 가스를 분리하는 방법에 관한 것이다.

본 발명의 목적은 공기와 같은 혼합 가스로부터 산소와 같은 농축 가스의 제조를 위한 보다 효율적인 압력 변동 흡착법(PSA, pressure swing adsorption process)으로서, 보다 효율적인 방법(하부 베드 크기 요소)으로 흡착제를 사용하며, 혼합 가스로부터 고순도 가스를 제조하기 위해 종래의 기술을 이용하는 다른 방법 보다 적은 에너지를 필요로 하는 방법을 제공하는데에 있다.

본 발명의 압력 변동 흡착법(이하 "PSA법"이라 한다)은 제올라이트와 같은 통상적인 흡착 베드 물질상에서 혼합 가스로부터 선택적으로 흡착가능한 가스와 비선택적으로 흡착가능한 가스의 차별적인 흡착에 기초하고 있다. 공지된 공정에서는, 수분과 이산화탄소 제거를 위한 하부 베드 층(stratum)과 통과하는 가스 혼합물의 공급부로부터 선택적으로 흡착가능한 가스를 흡착시키기 위한 상류 또는 하류 베드 층을 각각 함유할 수 있는 2 또는 3개의 베드 유닛 시스템 중의 흡착 베드 유닛 또는 제 1 유닛은 수분 및 이산화탄소의 선택적인 제거 또는 한 가스의 선택적인 흡착을 일으키도록 높은 압력으로 가압되는 반면, 가압된 비선택 흡착 가스는 영향을 받지 않고, 시스템의 제 2-베드 유닛이 될 수 있는 수송 유닛을 통과한다. 이러한 경우에, 제 2-베드 유닛은 다음 사이클의 흐름을 진행시키도록 준비된 비흡착 가스에 의하여 가압된다. 다음의 베드 유닛, 즉 제 3 베드 유닛 또는 2개 베드 시스템중에 제 1 베드 유닛은, 평형 탱크 또는 비흡착성 농축 가스를 제조한 후에 감압된 베드 유닛으로부터 퍼지(purge)되는 중간 압력 폐기 가스 또는 공급 가스의 공급물의 통과에 의한 역류 배출에 의하여 클리닝된다. 이것은 다음의 재가압 및 농축 가스 제조를 위하여 베드 유닛을 클리닝한다. 제 2-베드 유닛이 연속적으로 일정 기간 사용된 후에, 제 1 베드 유닛은 배기되고 제 2-베드 유닛은 재가압된다.

비록 기본 PSA 사이클에 많은 변화와 변형이 연구되고 공기로부터의 산소 제조와 같은 상업적인 공정에 적용되었지만, 이러한 시스템은 일반적으로 극저온 증류를 사용하는 다른 방법과 비교해 볼 때 대형 플랜트에 대한 고순도의 산소 생산을 위해서는 비효율적이고 비경제적이다. 따라서, 본 발명의 목적은 낮은 동력 요건으로 공기로부터 고순도 산소를 대량으로 제조하기 위한 높은 효율의 PSA 공정을 제공하는데에 있다.

최초의 PSA 공정은 미국 특허 제 2,944,627호에서 스카르스트롬(Skarstrom)에 의하여 개발되었는데, 이것은 (1)흡착, (2)감압, (3)퍼지 및 (4)재가압의 4가지 기본 단계를 포함하는 한 사이클로 구성된다. 스카르스트롬 사이클에 여러 변형이 이루어졌다. 하나의 그러한 시스템이 와그너(Wagner)의 미국 특허 제 3,430,418호에 기재되어 있으며, 여기에서는 4개 이상의 베드가 생성물을 연속적으로 생성시키는 필요하다. 적은 수의 베드에 비해서 4개의 베드를 제공하는 데에 있어서의 부가 비용 및 복잡성으로 인하여 와그너 시스템은 경제적으로 실현 가능성이 없다.

바타(Batta)의 미국 특허 제 3,636,679호에서는, 압축된 공기와 생성물 산소(평형 하강 단계를 거치는 또 다른 베드에서 얻음)가 동시에 동일한 흡착 베드의 양 단부에서 도입되는 시스템이 기술되어 있다. 2-베드 시스템을 이용하여 설비비의 추가 절감을 이루기 위한 또 다른 공정이 맥콤스(McCombs)의 미국 특허 제 3,738,087호에 기재되었는데, 여기에서는, 부분적으로 재가압된 흡착 베드에 도입되는 공급 공기를 사용한 가압 흡착 단계가 사용된다. 맥콤스의 연구 후에, 에테브(Eteve) 등의 미국 특허 제 5,223,004호는 (1) 사이클의 저압 수준에서 시작하여 중간 압력 수준까지 생성물을 역류 가압시키는 단계, (2) 배기 없이 중간 압력 수준에서 흡착 압력까지 공급물을 병류 가압시키는 단계, (3) 공기가 도입되고, 병류로 산소가 배기되는 생성 단계, (4) 산소가 부분 감압에 의해 병류로 배기되고, 공기 도입이 중단되는 단계, 및 (5)사이클의 저압 수준까지의 역류 감압에 의한 탈착 단계를 이용하는 PSA 공정을 기재하고 있다.

최초의 PSA 사이클의 많은 변형을 문헌에서 발견할 수 있다. 예를 들어, 미국 특허 제 4,194,891호, 제 4,194,892호 및 제 5,122,164호에는 짧은 사이클 시간을 이용하는 PSA 사이클이 기재되어 있는데, 여기에서는 작은 입자 크기의 흡착제가 확산 저항을 감소시키기 위하여 사용되고; 도쉬(Doshi) 등의 미국 특허 제 4,340,398호에는 3개 이상의 베드를 이용하는 PSA 공정이 기재되어 있는데, 여기에서는 공급 가스가 베드 재생 전에 탱크에 운반되고, 이후에 재가압을 위하여 사용된다. 또한, 탱크 평형을 혼용하고 있는 2-베드 PSA 공정에 대한 변형 공정이 미국 특허 제 3,788,036호 및 제 3,142,547호에 기술되었는데, 여기에서는 보존된 가스가 다른 베드에 대한 퍼지 가스로서 사용된다.

보다 최근에, 타가와(Tagawa) 등의 미국 특허 제 4,781,753호에는 한 베드의 공급 단부를 다른 베드의 공급 단부에 연결시킴으로써(하부-하부 평형) 이루어지는 향상된 산소 회수율로 산소를 생성하기 위한 세 개의 흡착 베드를 사용하는 PSA 공정이 기재되어 있는데, 평형 시간의 전부 또는 일부에 대하여, 상부-상부 평형이 하부-하부 평형과 동시에 수행된다. 또한, 쿠마르(Kumar) 등의 미국 특허 제 5,328,503호에는 퍼지 가스를 제공하기 위한 초기 감압 단계후에 선택적인 베드-베드 가압 평형 단계를 사용하는 PSA 공정이 기재되어 있다. 이 특허에 따르면, 2개 이상의 흡착 베드가 사용되고, 생성물과 공급 가스의 조합물은 흡착 베드의 재가압을 위하여 사용된다.

수(Suh)와 완캐드(Wankat)의 문헌[AICHE J. vol. 35, p526, 1989]에는 PSA 공정에서 조합된 병류-역류 감압 단계의 사용이 기술되어 있다. 이들은 공기로부터의 산소 제조를 위해서, 병류 감압 단계의 첨가가 도움이 되지 않는다고 발표하였다. 리오(Liow) 및 켄니(Kenny)의 문헌[AICHE J. vol. 36, p53, 1990]에는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 공기로부터 산소를 제조하기 위한 "역충전 사이클(backfill cycle)"이 기술되어 있다. 이들은 역류(공급 방향에 대해 역류)로 생성물을 재가압시키는 단계가 부화 산소 생성물을 제조하는 사이클에 포함될 때 유리하다고 발표하였다.

본 발명은 제 1 가스 및 더욱 선택적으로 흡착가능한 가스를 포함하는 하나 이상의 다른 가스를 함유하는 가스 혼합물로부터 산소와 같은 제 1 가스를 분리하는 개선된 PSA 공정에 관한 것이다. 본 발명은 동시 평형과 배기 단계 후에, PSA 베드의 동시 공급 및 생성물 가스의 재가압 단계를 포함한다. 이것은 진공 또는 압력감소 송풍기를 100% 이용하는 전반적으로 보다 신속하고, 보다 효율적인 사이클, 및 약 15%의 전력 사용의 감소를 가져온다.

본 발명의 요지는 전체 사이클 시간을 감소시켜 생산성을 향상시키기 위해 PSA 사이클의 다양한 단계를 중복 사용하는 것을 포함한다. 나머지 중요한 변수로는 작동 조건(고압, 저압, 평형 하강 단계의 종료시의 압력, 생성물 가압 단계에서 사용된 고순도 생성물의 양), 각 단계에 할당된 시간, 사이클의 각 단계가 수행되는 순서, 및 환류 및 평형 상승에 필요한 가스를 제공하기 위한 평형 하강 가스의 사용에 대한 선택이 포함된다. 사이클에서 독특한 단계는 평형 상승 단계를 거치는 베드를 배기시키면서 동시에, 나머지 베드에서 평형 하강 단계를 일으키는 단계이다. 이 단계에 할당된 시간은 이 단계의 종료시에 평형 상승 단계를 거치는 베드가 퍼지되고, 또한 부분적으로 가압되도록 선택되어야 한다. 이 사이클에서의 다음 단계는 베드의 양단부에서 생성물과 공급물을 동시에 가압시킨 후, 공급물은 원하는 흡착 압력까지 가압시키는 단계이다. 본 발명의 다른 특징은 다음과 같다: (a) 공급물과 생성물을 동시에 가압시키는 단계에 필요한 생성물 가스는 일반적으로 생성물 탱크, 또는 생성 단계의 또 다른 층으로부터 나오며; (b) 병류 감압 또는 가압 평형 가스는 또 다른 베드의 하류 단부 또는 제 2 저장 탱크로 운반된다. 후자의 경우에, 어떠한 베드-베드 소통도 필요로 하지 않아서, PSA 공정을 제어할 때 추가의 융통성이 부가된다.

본 발명의 신규한 공정은 PSA 사이클에의 신규한 작동 단계 순서를 통합시킨 것이며, 여기에서, 회전기(예를 들어, 압축기 및 진공 펌프)의 비부하 시간이 최소화되고, 생성물 회수가 증가되고, 베드 크기 요소(BSF)가 종래 기술의 PSA 사이클에 필적하거나 이보다 낮고, 전력 소모율이 종래의 공지된 PSA 사이클 보다 5 내지 20%가 낮다. 본 발명의 PSA 사이클에서의 작동 단계는 다음과 같다:

(I) 공급 가스 혼합물(예를 들어, 공기) 및 농축되는 가스 생성물(예를 들어, 산소)을 중간 압력 수준으로의 부분적 재가압을 위해 베드의 양 단부에 동시에 도입시키는 단계, 이 단계에서, 가스 생성물은 일반적으로 생성물 탱크 또는 제조 단계에서의 또 다른 베드로부터 나온다.

(IIa) 제 2 단계의 제 1 부에서, 공급물을 중간 압력 수준에서 흡착 압력까지의 가압시키는(병류) 단계.

(IIb) 제 2 단계의 제 2 부로서, 흡착 및 전체 생성물 생성 단계.

(III) 가스가 직접 또는 간접적으로, 즉 평형 탱크를 통해 동시에 가압되고 배기되는 또 다른 베드에 전달되는 병류 감압 단계. 간접적인 방법으로, 병류 감압 가스는 제 2 저장 탱크로 운반된다. 이 경우에, 어떠한 베드-베드 소통도 필요하지 않다.

(IV) 폐기물에 대한 배기 또는 감압(역류)과 동시에 또 다른 베드에서 2-베드 PSA 공정을 위해 동시에 공급물 및 생성물을 가압시키는 단계.

(V) 폐기물에 대한 추가의 배기 또는 감압 단계. 이 단계는 제 1 베드에 대한 이전 단계와 동일하다. 그러나, 나머지 베드 단계는 흡착 및 전체 생성물 생성 단계를 거친다(제 1도 참조).

(VI) 동시 가압(역류) 및 배기 단계로서, 이 단계에서 환류 가스는 병류 감압을 거치는 또 다른 베드(제 3 단계)에 의해 또는 병류 감압 가스를 포착하는데 사용되는 제 2 저장 탱크로부터 공급된다.

전술한 단계는 2-베드 PSA 공정에 대하여 제 1도에 개략적으로 도시되었다. 이 사이클에 대해 하기의 5 가지 점을 유의해야 한다: (a) 베드-베드 평형 단계가 퍼지 단계와 중복되는데, 이때 평형 상승을 거치는 베드가 동시에 배기되고, (b) 재생 과정에서 베드를 퍼지시키는데 필요한 환류 가스가 전부 병류 감압(평형 하강) 단계 동안에 또 다른 베드로부터 수득되는 공급 가스에 의하여 공급되고, (c) 생성물 및 공급물의 가압 단계의 중복에 이어서, 공급물만이 흡착 압력으로 가압되는 단계가 높은 생성물 유속을 달성하는데 사용되고, (d) 각 단계의 중복으로 인한 전체 사이클 시간의 감소는 베드 크기 요소(BSF)를 낮아지게 하며, (e) 진공 펌프에 대한 비부하 시간이 전혀 없으며(제 1도 참조), 즉 진공 펌프가 100% 이용된다.

본 발명의 신규한 사이클에서, 평형 하강 가스는 평형 상승 및 배기를 동시에 거치는 또 다른 베드에 의해 필요한 모든 가스를 제공한다. 따라서, 이 단계는 평형 단계를 퍼지 단계와 중복시킴으로써, 종래의 PSA 사이클에서 사용된 통상적인 퍼지 단계 및 평형 단계를 변형시킨다. 또한, 베드로부터 질소 파두를 미는데 필요한 환류 가스는 전부 평형 하강 단계를 거치는 나머지 베드에 의해서 제공된다. 이러한 작동 방식에서, 저순도의 가스가 조합된 퍼지 및 평형 상승 단계에서 사용된다. 이 사이클의 다음 단계(생성물 역류 가압)는 일반적으로 생성물 탱크로부터의 고순도 생성물 가스를 사용하여, 생성물 단부에서 칼럼을 가압시키는 반면에, 공급물 가스가 베드의 나머지 단부에서 동시에 공급된다. 각 단계의 중복으로 산소의 생성물이 높아지며, PSA 사이클이 빨라진다(낮은 BSF). 또한, 이 사이클은 통상적인 퍼지 단계를 이용하지 않기 때문에, 어떤 생성물 가스도 흡착 베드의 퍼지를 위해 소모되지 않는다. 또한, 동시 배기 및 평형 상승 과정에서, 단계의 종료시의 베드 압력은 이전 단계(배기 단계)에서의 압력 보다 높아야 한다. 따라서, 유입 가스의 유동율과 이 단계에 할당된 시간은 모두, 이 단계의 종료시에 베드는 퍼지되고 부분적으로 가압되도록 신중하게 선택되어야 한다.

따라서, 본 발명은 전체 사이클 시간의 감소시켜 생산성을 개선시키기 위한 PSA 사이클에서의 여러 단계의 중첩, 작동 조건(고압, 저압, 평형 하강 단계의 종료시의 압력, 제 1도의 단계 1에 사용되는 고순도 생성물의 양)의 선택, 각 단계에 할당된 시간, 사이클의 각 단계가 수행되는 순서, 및 평형 하강 가스를 사용하여 환류 및 평형 상승에 필요한 가스를 제공하는 것으로 구성된다. 이 사이클에서의 독특한 단계는 단계III(제 1도 참조)인데, 평형 하강 단계를 거치는 베드가 가압과 배기를 동시에 거치는 다른 베드 쪽으로 개방된다는 것이 특징이다. 이 단계에 할당된 시간은 이 단계의 종료시에 제 2베드가 퍼지되고 부분적으로 가압되도록 선택되어야 한다. 이 사이클의 다음 단계는 생성물과 공급물이 제 2-베드의 양 단부에서 동시에 가압된 후, 공급물이 흡착 압력까지 가압되는 단계, 단계IIA(제 3도)이다.

생성물, O₂를 생산하기 위한 본 발명을 실시하기 위해서는 예를 들어 다음 단계가 수행될 수 있다.

(I) 공급물 및 생성물 모두가 부분 가압을 위하여 베드의 양 단부에 도입되는 중간 압력 수준이 0.5 내지 1.2atm (1.0atm = 14.696psi), 바람직하게는 약 0.9atm으로 선택되는 반면, 고압 수준이 1.2 내지 2.0atm, 바람직하게는 약 1.42atm으로 선택된다. 저압 수준은 0.30 내지 0.45atm, 바람직하게는 약 0.35atm으로 선택된다.

(II) 생성 단계 동안의 압력은 약 0.9atm의 중간 압력 수준(동시 생성 및 공급 단계 종료시의 압력)에서 약 1.42atm의 흡착 압력까지 상승할 수 있다. 대안적으로, 배출 없이 공급물 가압이 생성물 및 공급물의 동시 가압후에 일어나서 흡착 압력에 이르게 된 다음, 제어 밸브를 개방하여 생성물을 생성한다. 이 후자의 경우에, 제조단계 동안의 압력은 일정한다.

(III) 공급물 유입이 종료되고 칼럼이 흡착제상에 동시 흡착되는 가벼운 성분 및 공극 가스를 회수하기 위하여 병류 감압된다. 이 단계 동안의 압력은 약 1.42atm의 흡착 압력에서 약 1.10atm으로 하강한다. 이 단계에서 수집된 가스는 "공극 가스" 라고 한다. 이 가스는 제 2 저장 용기(평형 탱크)에 저장되거나, 평형 상승과 배출 단계를 동시에 거치는 또 다른 베드의 생성물 단부에 직접 공급될 수 있다. 후자의 경우에, 이 단계의 종료시에, 베드는 퍼지되고 부분적으로 가압된다. 따라서, 이 단계에 할당된 시간이 중요하는데, 그 이유는 공극 가스의 일부가 환류 가스로서 사용되어 공급단부를 통해 베드로부터 질소(무거운 성분) 파두를 이동시키는 반면, 나머지 공극 가스는 부분적인 생성물 가압을 위하여 사용되기 때문이다. 이 단계 동안의 베드의 압력은 약 0.35atm에서 약 0.60atm으로 상승한다.

(IV) 및 (V) 약 0.35atm의 저압 수준까지의 역류 감압에 의한 탈착 단계.

(VI) 상기 베드가 계속해서 배기되는 동안 가압의 제 1 부가 일어난다. 이 단계에 필요한 가스는 평형 하강 단계를 거치는 또 다른 베드, 또는 평형 하강 단계 동안 또 다른 베드로부터 수득되는 공극 가스를 저장하는데 사용되는 제 2 저장 탱크로부터 수득된다. 이 단계 동안에, 공극 가스를 수용하는 베드에서의 압력은 약 0.35atm에서 약 0.60atm으로 상승한다.

본 발명의 기본적인 특징은 제 1도에 도시된 2-베드 PSA 공정 A 및 B의 작동을 기술함으로써 예시될 수 있다. 그러나, 하나 또는 두 개 이상의 베드 및 다른 작동 조건(예를 들어, 다른 압력 범위)이 본 발명에 따라 사용될 수 있음을 이해하여야 한다. 제 2도는 제 1도의 두 흡착 베드 A 및 B, 공급물 압축기 또는 송풍기(11), 진동 펌프(13), 생성물 저장 탱크(18) 및 상호 연결된 라인과 밸브로 구성된 2-베드 PSA 공정의 개략도이다. 제 3도는 제 1도의 단계 6 이후에 개시되는 사이클의 다양한 단계의 실시 동안 압력의 전개를 도시하고 있다. 제 1도, 제 2도 및 제 3도에 따르면, PSA 공정은 완전한 사이클로 기술되어 있다. 제 2도의 PSA 공정은 흡착제로 충전된 두 베드(A 및 B)로 구성되었고, 그 각각은 유입구 밸브(33 또는 35) 및 배출구 밸브(34 또는 36)를 갖는다. 공급물 유입구 밸브(33 및 35)는 송풍기 또는 압축기(11)를 통하여 공기 공급 도관(10)에 연결되는 한편, 배기물 배출구 밸브(34 및 36)는 진공 펌프(13)와 합쳐진 진공 배기 도관(12)에 연결된다. 베드 배출구 도관(14 및 15)은 밸브(5 및 6)에 의해, 생성물 저장 탱크(18)에 연결되는 제어 밸브(17)를 통해 생성물 도관(16)과 소통된다. 가스 퍼지 단계가 사이클에 포함되는 경우 밸브(10A 및 12A)는 두 베드가 소통되게 한다. 예를 들어, 밸브(12A)가 개방되는 경우, 베드(A)로부터의 생성물 가스의 일부가 퍼지 스트림을 베드(B)로 공급한다. 유사하게, 밸브(10A)가 개방되는 경우, 베드(B)로부터의 생성물 가스의 일부가 퍼지 가스를 공급하는 베드(A)로 공급한다. 배출구 도관(14 및 15)은 밸브(2 및 4)에 의하여 서로 연결되어 있다. 도시되어 있는 모든 밸브는 컴퓨터 시스템 및 프로그램 논리를 통하여 전자적으로 작동된다. 도관(19)은 생성물 저장 탱크에 연결되고, 베드(A 및 B) 각각의 생성물 가압을 위해 밸브(8 및 9)를 통해 생성물 가스를 공급한다.

제 1도 및 제 2도와 관련하여, 이제 2-베드 시스템의 신규한 VPSA O₂ 공정이 사이클의 각 단계에 대한 밸브의 개방 및 폐쇄를 예시하기 위하여 기술될 것이다. 모든 밸브는 각 단계에서 제시된 것을 제외하고는 폐쇄되어 있다. 이 예에서, 사이클 시간은 약 60초이고, 압력 범위는 0.35atm의 저압과 2.0atm의 고압 사이이다.

단계 I : 라인(10)을 통한 공급물(공기), 및 탱크(18)로부터의 생성물(산소)가 베드의 양단부에서 동시에 도입된다. 베드(A)의 경우에, 밸브(33 및 9)가 개방되어 공급 및 생성 가스가 각각 베드로 유입된다. 이 과정에서, 밸브(36)는 개방되고 나머지 베드(B)는 배기된다.

단계 II : 공급물 가압 및 전체 생성물 제조 단계에서, 밸브(33 및 5)는 개방되고 베드(A)는 추가의 공급물 가압을 거치게 된다. 제어 밸브(17) 프로그램 논리는 제어 밸브가 생성물 가스를 베드(A)로부터 생성물 탱크(18)로 들어가게 하도록 개방될 경우를 나타낸다. 예를 들어, 제품 생성 단계 과정에서 일정한 압력이 필요한 경우, 제어 밸브(17)는 단지 베드(A)가 생성물이 생성물 탱크(18)로 유입되게 하는 예정의 수준에 도달할 때 개방된다. 베드(A)에 대한 공급물 가압 및 제품 생성 단계(단계 2) 과정에서, 베드(B)는 밸브(36)를 통해 배기된다.

단계 III : 병류 감압. 본 발명의 한 가지 태양에서, 밸브(33)이 폐쇄되고, 밸브(4)가 개방되어 베드(A)로부터 공극 가스를 회수하고 이것을 베드(B)로 유도하여 베드(B)를 부분적으로 가압시키고(베드(B)에 대한 평형 상승), 환류 가스로서 베드(B)중의 질소 파두를 공급 단부를 향하여 밀어낸다. 이 기간 동안, 밸브(36)는 여전히 개방되어, 베드(B)에서는 평형 상승 및 배기가 동시에 일어난다. 본 발명의 다른 태양은 베드(B)로의 공급을 위해 별도의 저장 탱크내로 평형 하강 공극 가스를 수집하는 것이다. 이러한 후자의 경우에, 베드-베드 소통이 전혀 필요하지 않다.

단계 IV : 밸브(34)가 개방되어 베드(A)를 역류적으로 배기시키고, 밸브(35 및 8)이 개방되어 베드(B)에서 양단부로부터 동시에 공급물 및 생성물이 가압된다.

단계 V : 밸브(34)는 여전히 개방되어, 베드(A)가 추가로 배기되는 한편, 밸브(35 및 6)는 베드(B)에서 공급물을 흡착 압력으로 가압시키도록 개방된다. 제어 밸브(17) 논리는 베드(B)로부터 생성물 가스가 생성물 탱크(18)로 유입되는 때를 결정한다.

단계 VI : 밸브(35)는 폐쇄되고, 베드(B)는 베드(A) 또는 제 2 저장 탱크를 연결시켜, 베드(A)에 가압 퍼지 가스를 제공하는 밸브(2)를 통해 감압된다. 이 기간 동안, 밸브(34)는 여전히 개방된 위치에 있어서, 베드(A)가 평형 상승 및 배출을 동시에 거치게 된다.

제 1도 및 제 2도와 관련하여 전술된 사이클을 기초로 하여, 이들 단계의 적용 또는 일반적인 기능을 벗어나지 않으면서 하나 이상의 단계를 변형시키는 여러 변형이 이루어질 수 있다. 예를 들어, 역류 감압 단계(IV)가 베드에서의 압력이 0.1atm까지 떨어질 때까지 공기에 대해 개방된 후에 이루어진 다음, 배기가 시작된다.

제 1도의 단계를 이용하는 제 2도의 2-베드 공정은 제 8도에 기술된 표준 공정과 비교하여 작은 베드 크기 및 낮은 전력 소비로 높은 산소 순도와 회수율을 이룰 수 있다. 또한, 이 공정에서, 진공 펌프가 사이클의 각 단계 동안 하나 또는 나머지 베드에 의하여 연속적으로 사용될 수 있다. 달성되는 베드 크기 감소와 전력의 감소율은 약 5 내지 20% 범위이다.

제 4도 및 제 5도는 제품 저장 용기(18)와 평형 탱크(20)를 사용하는 2-베드 PSA 공정을 작동시키기 위한 다른 시스템을 도시하고 있다. 밸브의 개방과 폐쇄를 포함하는 다양한 단계의 실시는 제 2도에 대하여 전술된 설명과 유사하다. 그러나, 두 저장 용기의 사용은 공정에서의 보다 큰 신축성을 부여한다. 예를 들어, 제 5도에 도시된 사이클의 각 단계는 고정된 시간을 차지할 필요가 없다. 따라서, 압력 및 조성과 같은 물리적인 변수는 각 단계에 할당된 시간을 결정하는데 용이하게 사용될 수 있으므로, 온도, 압력 및 가변적인 생성물 수요를 변화시키기 위하여 공정을 조정한다. 베드-베드 가스 운송이 전혀 필요하지 않기 때문에, 각 베드를 독립적으로 작동시키는 것도 가능하고, 공정을 단일 베드 유닛의 집합으로서 간주한다. 그러나, 적절한 압축기 및 진공 펌프의 크기 결정 및 분배를 위해서, 나머지 베드의 사이클과 각 베드의 전체적인 사이클의 동시화가 필요하다.

본 발명의 장치는 상부 및 하부에서 중공 접시 헤드를 갖는 원통형 흡착 베드를 사용하는 것이 바람직하고, 가스 유동이 축 방향이지만, 다른 베드 구성이 사용될 수도 있다. 예를 들어, 방사형 베드가 전력 소비를 감소시키는 동시에 압력 손실을 감소시키기 위해 사용될 수 있다. 또한, 적층된 베드가 베드의 다양한 위치에 충전된 상이한 흡착제와 함께 사용될 수 있다. 예를 들어, 활성화된 알루미나가 공급물 스트림으로부터 수분과 이산화탄소를 제거하기 위하여 베드의 공급 단부에 위치할 수 있고, Li-X 제올라이트가 공기를 산소 부화 생성물로 분리시키기 위하여 활성 알루미나의 상부에 위치할 수 있다.

제 4도 및 제 5도의 2-베드 시스템 및 공정은 제 1도, 제 2도 및 제 3도의 시스템과 공정에 의하여 제공되는 것보다 상당한 진보를 가져오나, 생성물 회수율에서는 약간의 진보만 있었다.

제 6도 및 제 7도는 생성물 탱크(18) 및 평형 탱크(20)를 사용하는 단일 베드 공정의 사용을 도시하고 있다. 기계 이용률을 높이기 위해서, 제 6도의 공정은 제 7도에 예시된 가압 및 배기 단계를 수행하는데 사용되는 단일 압축기/송풍기(11)를 도시하고 있다. 제 6도 및 제 7도에 의하면, 사이클에서의 단계가 간략하게 기술되어 있다.

사이클이 공급물 및 생성물 동시 가압으로 시작하는 것으로 가정하는 경우(제 6도 및 제 7도 참조), 밸브(9, 10 및 33)는 개방되고 나머지 밸브는 폐쇄된다. 밸브(17)는 흡착 용기(C)에서의 압력이 생성물 탱크(18)에서의 압력 보다 클 때에만 개방되는 미분(시차) 압력 체크 밸브이다. 얼마 후에, 밸브(9)는 폐쇄되고 단계(2)가 시작된다. 단계(2) 과정에서, 공급물 가압이 밸브(10 및 33)를 통하여 계속되고, 미분(시차) 체크 밸브(17)가 개방되며, 생성물 가스가 생성물 저장 탱크(18)로 유입된다. 단계(2)의 종료시에, 밸브(33)는 폐쇄되고, 밸브(36)는 개방되어 압축기(11)를 부하시킨다. 이러한 과정에서, 베드는 공극 가스를 평형 탱크(20)내로 수집하기 위해 개방 위치에서 밸브(4)로 병류 감압된다. 체크 밸브(17)가 병류 감압 단계(단계 III) 과정에서 폐쇄 위치에 있게 되는데, 이것은 흡착 베드(C)의 압력이 제품 탱크(18)의 압력 보다 떨어지기 때문이다. 단계(III)의 실시 과정에서, 밸브(9, 10 및 33)는 폐쇄 위치에 있게 된다. 단계(III)의 종료시에, 밸브(12 및 34)는 개방 위치에 있는 반면에, 밸브(4, 9, 10, 17, 33 및 36)는 폐쇄된다. 이 단계(단계 IV) 과정에서, 흡착 용기(C)의 가스는 밸브(34)를 통하여 배출되고, 압축기의 유입구를 통하여 유입된다.

제 7도에 도시된 다음 단계(단계V)는 단계(IV)(배출 단계)에 이어지는 것이다. 최종 단계(단계VI)는 여전히 개방 위치에 있는 밸브(12,34)를 통하여 수행된다. 이 단계 과정에서, 밸브(4)는 개방되고, 평형 탱크(20)로부터의 가스는 환류 가스를 제공하여 흡착 가스를 탈착하고 베드(c)를 부분적으로 가압시킨다.

단일 베드 공정의 한 가지 예만이 기술되었지만, 본 발명의 기본적인 특성을 벗어나지 않는 단일 베드 공정의 다른 변형이 용이하게 이루어질 수 있다.

제 8도는 본 발명의 사이클 시간 보다 약 10 내지 20% 긴 사이클 시간을 갖는 종래 기술의 사이클을 사용하는 통상적인 PSA 공정을 도시하고 있다. 이 도면에서, 기호의 의미는 다음과 같다: AD= 흡착 및 전체 생성물 생성, PG= 퍼지, EQ= 평형, EV= 배기.

종래 기술의 통상적인 사이클은 본 발명 사이클보다 더 많은 전력이 소비됨을 주지하여야 한다. 본 발명의 공정(제 1도)의 전력 소비는 동일한 흡착제를 사용하는 종래 기술의 사이클(제 8도)에 비해 상당히 감소하였다(15% 초과). 표준 평형 사이클(제 8도)에 대한 본 발명의 사이클(제 1도)의 특성은 진공 펌프를 100%의 이용한다는 것이다.

본 발명의 특정 구체예가 도시된 VPSA O₂ 공정과 관련하여 신규한 사이클이 기술되었을 지라도, 특허청구의 범위내에서 기술된 특성의 변형에 따라 다른 실시예가 속고된다. 예를 들어, 신규 사이클은 트랜스 대기압 진공 압력 변동 흡착(VPSA)사이클에 한정되지 않고, 초대기압 또는 부대기압 변동 흡착 사이클도 사용될 수 있다. 따라서 "가압", "고압", "중간 압력", "감압" 등의 용어는 정압 뿐만 아니라 부압을 포함하는 관련된 용어로서 상세한 설명 및 특허청구의 범위에 사용될 수 있다. 따라서, 작은 진공 압력하에서의 가스는 "가압되거나" 또는 고진공 또는 부압의 가스에 대하여 "고압" 이다. 또한, 신규한 사이클은 다른 혼합물 분리, 예를 들어 쓰레기 처리 가스 및 비선택적 흡착 제품 성분으로서 수소 및 선택적

흡착 성분으로서 다양한 불순물을 함유하는 다른 가스 혼합물로부터 N₂/CH₄를 분리하는데 사용될 수 있다. 이들은 가벼운 탄화수소, CO, CO₂, NH₃, H₂S, 아르곤 및 물을 포함한다. 이들 흡착 성분 중 하나 이상을 함유하는 수소 부화 공급 가스로는, 촉매 개량제 배출 가스, 메탄올 합성 루프 퍼지, 분해된 암모니아 및 탈메탄화기 오버 헤드 가스, 증기 재생 탄화수소, 암모니아 합성 루프 퍼지 가스, 전해질 수소 및 수은 전지 수소가 포함된다. 본 발명은 또한 질소와 헬륨이 주성분인 가스 혼합물에서 전술한 흡착 성분 중의 일부 또는 모두를 분리하는데 유용하다.

요약하면, 본 발명은 가스 혼합물에서 농축 가스를 제조하기 위한 신규한 진공 압력 변동 흡착 공정으로서, 하나의 단계에서 흡착 베드의 평형 및 배기를 동시에 수행한 다음, 또 다른 단계에서 흡착 베드에서의 생성물 및 공급물의 동시 재가압을 수행하는 신규 단계를 포함하여, 진공 송풍기가 완전히 이용되고 전력 소비가 약 15%까지 감소되는 전반적으로 신속하고 보다 효율적인 공정을 제공함을 당업자들은 인지할 것이다. 본 발명의 신규한 공정은 초대기압, 트랜스 대기압 또는 부대기압의 압력에서 수행되고, PSA 공정 시스템을 사용하여 일반적으로 가스의 분리에 적용된다.

전술한 기술은 본 발명의 예시에 불과한 것으로 이해되어야 한다. 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 한 다양한 대안, 변형 및 다른 공정 조건(예를 들어, 작동 압력 범위)이 당업자에 의하여 사용될 수 있다. 따라서, 본 발명은 첨부된 특허청구 범위에 속하는 모든 대안, 변형 및 변화를 포함한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

하나 이상의 비선택적 흡착가능한 제 1 가스 및 하나 이상의 선택적 흡착가능한 제 2 가스를 함유하는 가스 혼합물을 고압에서 제 2 가스를 선택적으로 흡착할 수 있는 하나 이상의 흡착 베드 유니트에 공급하면서, 제 1 가스를 수용 탱크를 통해 통과시켜서, 가스 혼합물로부터 하나 이상의 비선택적 흡착가능한 제 1 가스를 분리하는 압력 변동 흡착 방법으로서, 가스 혼합물을 가압하여 흡착 베드 유니트의 상류 단부에, 그리고 제 1 가스를 가압하여 흡착 베드 유니트의 하류 단부에 동시에 공급하여 베드 유니트의 가압을 촉진시키는 단계; 가압된 가스 혼합물을 계속 공급하면서 제 1 가스의 공급을 중단하여 흡착 베드 유니트 내부에 높은 흡착 압력을 발생시키는 단계; 흡착되지 않은 제 1 가스를 흡착 베드 유니트에서 수용 탱크로 방출시키는 단계; 가스 혼합물을 흡착 베드 유니트로 공급하는 것을 중단하고, 공극 가스를 흡착 베드 유니트에서 균압 유니트로 방출시킴으로써 흡착 베드 유니트를 병류 감압시킨 다음, 흡착 베드 유니트를 역류로 추가 감압시키는 단계; 및 균압 유니트를 저압으로 동시 감압시키기 위해 공극 가스를 균압 유니트에서 흡착 베드 유니트의 하류 단부에 재공급하고, 흡착 베드를 역류 퍼지 및 클리닝시키고, 이어지는 사이클에 앞서 흡착 베드 유니트를 부분적으로 재가압시켜 더욱 신속하고 더욱 효율적인 작동 사이클을 제공하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 균압 유니트로서 제 2 흡착 베드 유니트를 사용하고, 제 2 흡착 베드 유니트를 퍼징시키고, 공극 가스를 제 1 흡착 베드 유니트에서 제 2 흡착 베드 유니트로 방출시킴으로써 제 2 흡착 유니트를 재가압시켜, 제 1 흡착 베드 유니트의 감압 및 제 2 흡착 베드 유니트의 부분적 가압을 동시에 수행하여 더욱 신속하고 더욱 효율적인 작동 사이클을 제공하는 단계를 포함함을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 흡착 베드 유니트를 약 1.2 내지 약 2.0 bar(1.2 내지 2.0 atm)의 높은 흡착 압력으로 가압시키는 단계를 포함함을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 흡착 베드 유니트를 약 1.4 bar(1.4 atm)의 높은 흡착 압력으로 가압시키는 단계를 포함함을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 균압 유니트를 약 0.30 내지 0.46 bar(0.30 내지 0.45 atm)의 저압으로 가압시키는 단계를 포함함을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

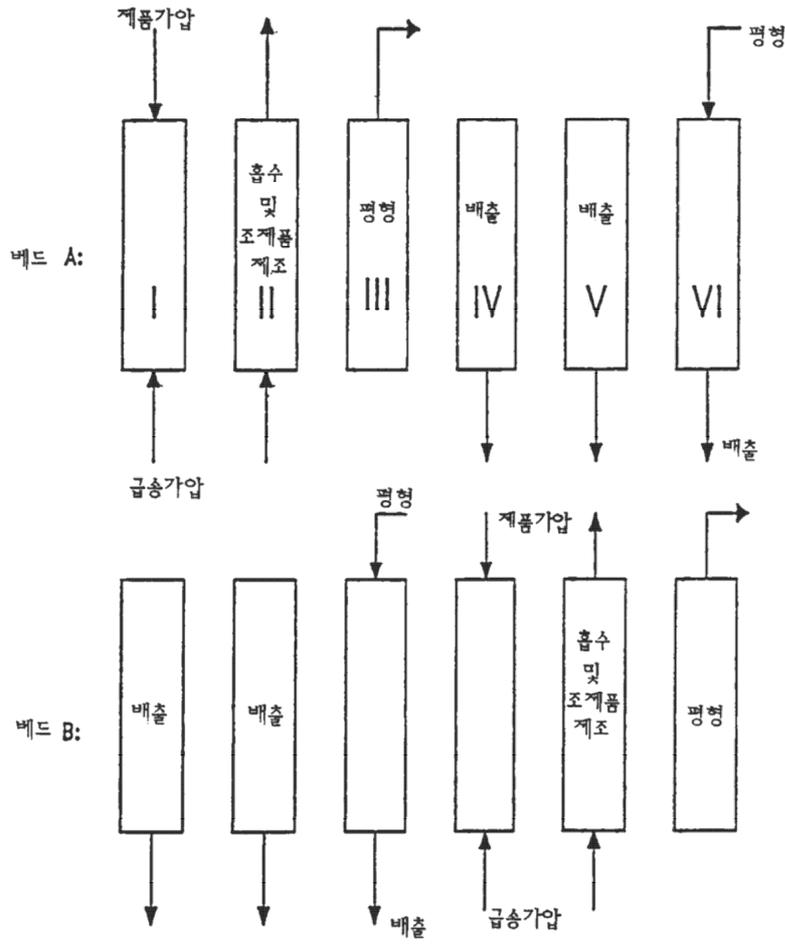
제1항에 있어서, 균압 유니트로서 균압 탱크를 사용하는 것을 포함함을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

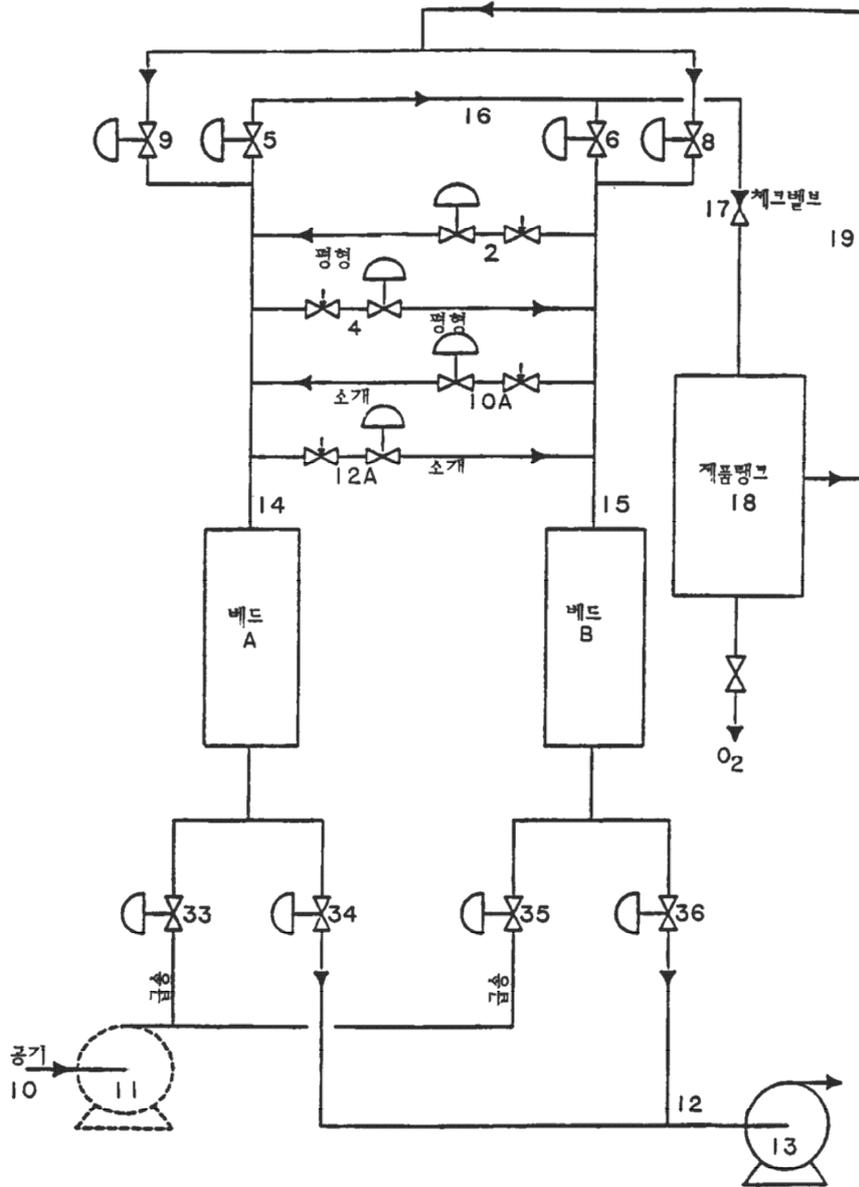
제1항 내지 제5항 및 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 가스 혼합물이 공기이고, 하나 이상의 비선택적 흡착가능한 제 1 가스가 산소이며, 제 2 가스가 질소를 포함함을 특징으로 하는 방법.

도면

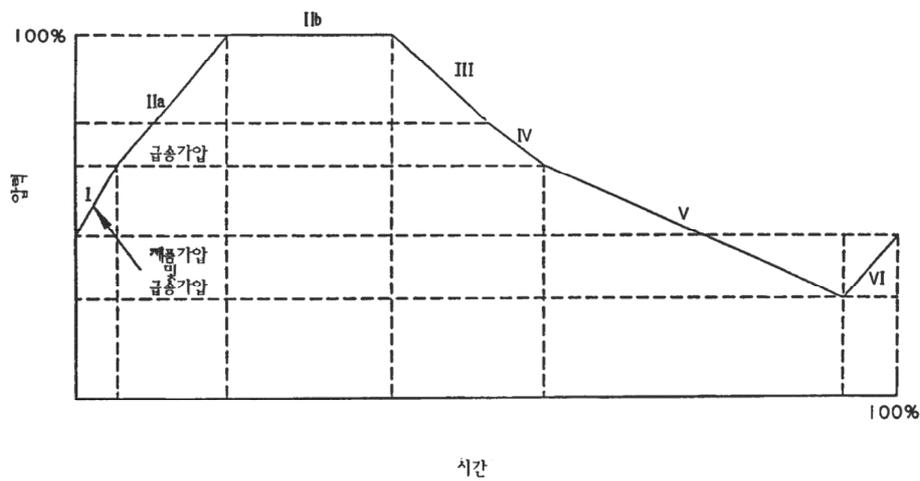
도면1



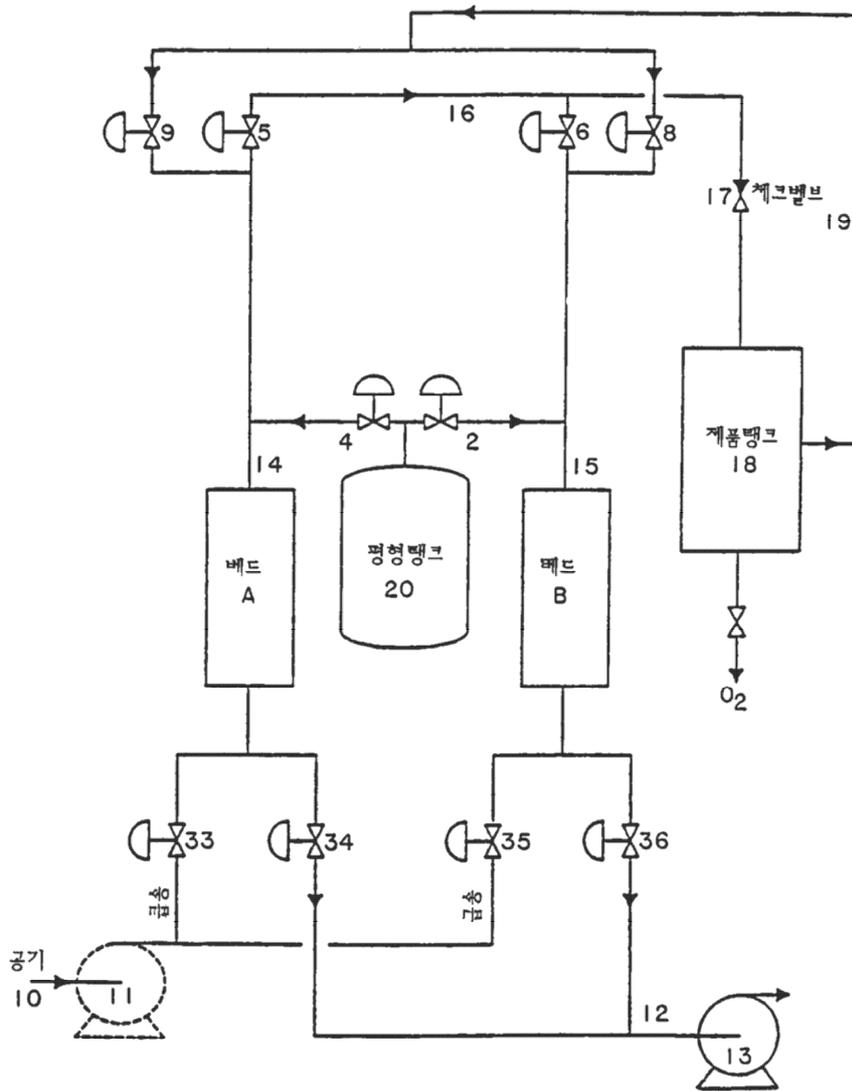
도면2



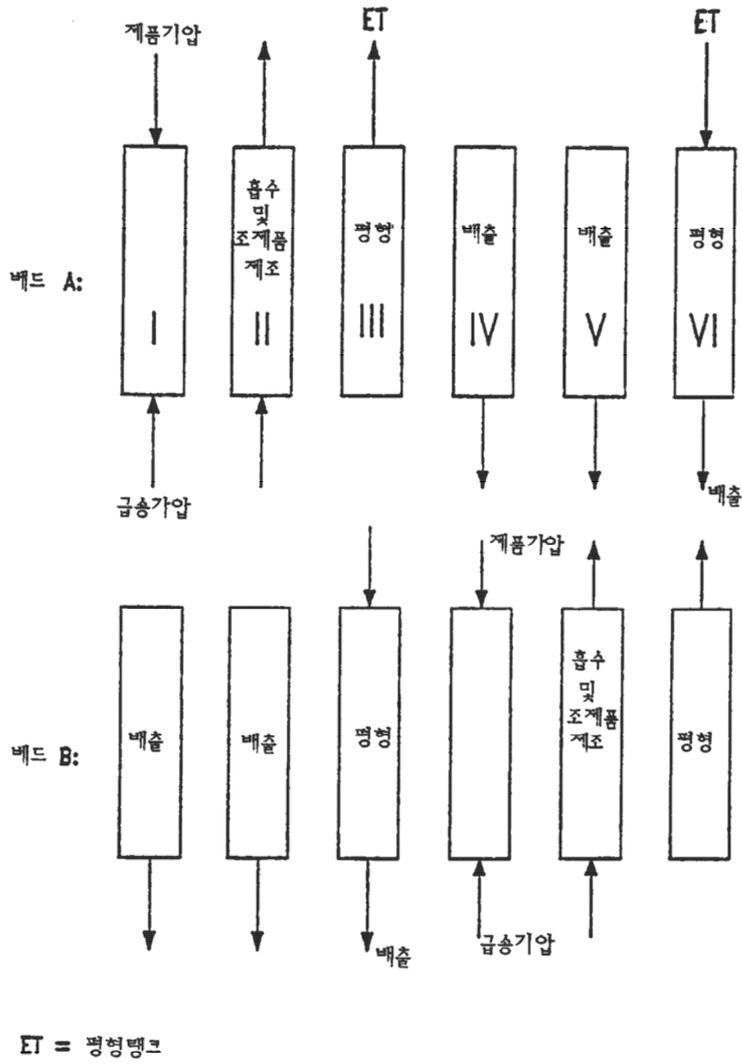
도면3



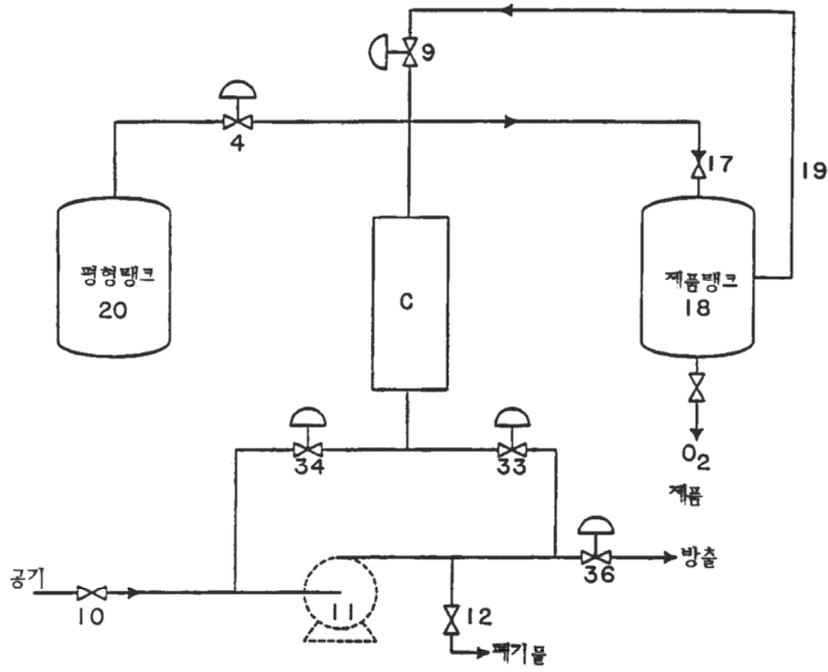
도면4



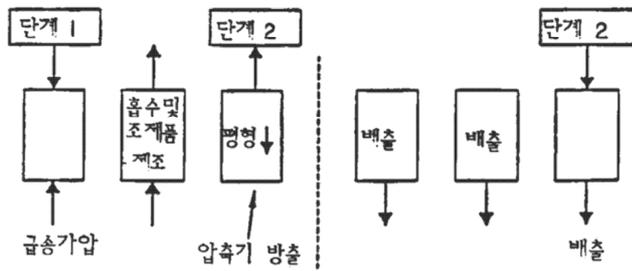
도면5



도면6



도면7



도면8

