(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0009966
(43) 공개일자 2019년01월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 71/70 (2006.01) *B01D 53/22* (2006.01)
B01D 69/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01D 71/70 (2013.01)
B01D 53/228 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0091995
(22) 출원일자 2017년07월20일
심사청구일자 2017년07월20일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
장동순
대전광역시 유성구 엑스포로 448, 306동 1302호 (전민동, 엑스포아파트)
신미수
대전광역시 동구 현암로 45 (삼성2동 351-1)
(74) 대리인
길준연

전체 청구항 수 : 총 4 항

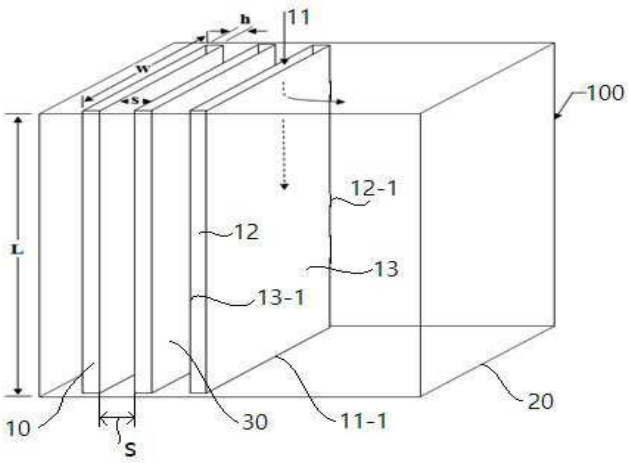
(54) 발명의 명칭 **실리콘 러버를 이용한 장방형 형태의 분리막 및 이를 이용한 분리막 장치**

(57) 요 약

본 발명은 매립지가스, 협기성 소화조, 다양한 화석연료의 연소와 가스화 공정에서 발생하는 혼합기체에서 분리도 차이가 나는 질소기체(N2),이산화탄소, 황화수소(H2S), 수증기(H2O) NOx, SOx, N2O 그리고 실록산등과 같은 다양한 기체를 상호 분리하는 실리콘으로 이루어진 단일 분리막과 다수의 단일 분리막의 구성체로 이루어진 분리

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도4



막 장치에 관한 것이다.

본 발명은 상기한 문제점 및 요구를 해결하기 위하여,

높이(두께)가 50 μm~ 2000 μm인 매립지가스, 협기성 소화조, 다양한 화석연료의 연소와 가스화 공정에서 발생하는 혼합기체에서 분리도 차이가 나는 질소기체(N2),이산화탄소, 황화수소(H2S), 수증기(H2O) NOx, SOx, N2O 그리고 실록산 등과 같은 다양한 기체를 상호 분리하는 기능을 가진 실리콘 러버 단일 분리막을 제공한다.

또한 본 발명은 폭(w,width)은 15cm~50 cm, 높이(h,height) 0.2cm~2cm, 길이(length,L)는 30~100cm 이내의 범위를 가진 매립지가스, 협기성 소화조, 다양한 화석연료의 연소와 가스화 공정에서 발생하는 혼합기체에서 분리도 차이가 나는 질소기체(N2),이산화탄소, 황화수소(H2S), 수증기(H2O) NOx, SOx, N2O 그리고 실록산 등과 같은 다양한 기체를 상호 분리하는 기능을 가진 실리콘 러버 단일 분리막을 제공한다.

또한 본 발명은 단일 분리막(10)이 다수로 포함되되,

상기한 단일 분리막(10)은 유입부(11), 유출부(11-1), 측면부(12), 반대측면부(12-1), 평면부(13), 반대평면부(13-1)로 구성되어 있으며,

상기한 단일 분리막(10)과 다른 단일 분리막(10) 사이는 유출 공간부(30)가 형성되어 있고,

상기한 단일 분리막(10)은 유입부(11), 유출부(11-1)의 넓이(w, width)는 15~50cm, 높이(h, height)는 0.2~2cm, 측면부(12) 및 반대측면부(12-1)의 길이(L, length)는 30~100cm 이고 유출공간부(30)의 너비(S)는 0.3~5cm 의 범위로 이루어진 장방형 형태 또는 채널 형태로 이루어진 것을 특징으로 하는 분리막 장치를 제공한다.

또한 본 발명은 상기한 단일 분리막(10)은 최적 표면적/체적 특성 직경(Dc, surface area to volume diameter)은 높이의 2배 Dc = 2 h 로 주어지며 0.4cm~4 cm 범위를 가진 것을 특징으로 하는 분리막 장치를 제공한다.

(52) CPC특허분류
B01D 69/00 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

높이(두께)가 50 μm~ 2000 μm인 매립지가스, 협기성 소화조, 다양한 화석연료의 연소와 가스화 공정에서 발생하는 혼합기체에서 분리도 차이가 나는 질소기체(N2),이산화탄소, 황화수소(H2S), 수증기(H2O) NOx, SOx, N2O 그리고 실록산 등과 같은 다양한 기체를 상호 분리하는 기능을 가진 실리콘 러버 단일 분리막.

청구항 2

폭(w,width)은 15cm~50 cm, 높이(h,height) 0.2cm~2cm, 길이(length,L)는 30~100cm 이내의 범위를 가진 매립지가스, 협기성 소화조, 다양한 화석연료의 연소와 가스화 공정에서 발생하는 혼합기체에서 분리도 차이가 나는 질소기체(N2),이산화탄소, 황화수소(H2S), 수증기(H2O) NOx, SOx, N2O 그리고 실록산 등과 같은 다양한 기체를 상호 분리하는 기능을 가진 실리콘 러버 단일 분리막.

청구항 3

단일 분리막(10)이 다수로 포함되되,

상기한 단일 분리막(10)은 유입부(11), 유출부(11-1), 측면부(12), 반대측면부(12-1), 평면부(13), 반대평면부(13-1)로 구성되어 있으며,

상기한 단일 분리막(10)과 다른 단일 분리막(10) 사이는 유출 공간부(30)가 형성되어 있고,

상기한 단일 분리막(10)은 유입부(11), 유출부(11-1)의 넓이(w, width)는 15~50cm, 높이(h, height)는 0.2~2cm, 측면부(12) 및 반대측면부(12-1)의 길이(L, length)는 30~100cm 이고 유출공간부(30)의 너비(S)는 0.3~5cm 의 범위로 이루어진 장방형 형태 또는 채널 형태로 이루어진 것을 특징으로 하는 분리막 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기한 단일 분리막(10)은 최적 표면적/체적 특성 직경(Dc, surface area to volume diameter)은 높이의 2배 Dc = 2 h 로 주어지며 0.4cm~4 cm 범위를 가진 것을 특징으로 하는 분리막 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 매립지가스, 협기성 소화조, 다양한 화석연료의 연소와 가스화 공정에서 발생하는 혼합기체에서 분리도 차이가 나는 질소기체(N2),이산화탄소, 황화수소(H2S), 수증기(H2O) NOx, SOx, N2O 그리고 실록산등과 같은 다양한 기체를 상호 분리하는 실리콘으로 이루어진 단일 분리막과 다수의 단일 분리막의 구성체로 이루어진 분리막 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 주지하다시피 석탄 화력발전소는 이산화탄소 단일 배출원으로서는 최대이다. 발전소 배기가스 조성에서 이산화탄소의 농도가 10~15% 정도이며 500MW 규모의 미분석탄발전소에서는 일일 10,000 톤 (1만톤/day)의 이산화탄소

가 배출된다. 1 MW 당 20톤의 이산화탄소가 발생한다. 이때 방출되는 배기가스의 유량은 초당 416 m^3/s 이상의 많은 양이 방출된다. 또한 신재생에너지 분야에서도 메탄을 사용한 연료개질에 의하여 차세대 에너지인 수소(H_2)1kg 을 생산하기 위해서는 이산화탄소가 최소 5.5 kg 이상이 발생하며 생물학적 분해과정에서는 30~50%의 이산화탄소가 발생한다. 이렇게 다양한 분야에서 다량으로 발생하는 이산화탄소는 대표적인 온실가스로서 2015년 파리 기후변화국제회의에서는 각 나라별로 자발적인 감축계획을 설정하였으며 대한민국은 이산화탄소와 같은 온실가스를 2030년까지 BAU 대비 37% 감축하기로 하였다. 온실가스 감축 기술의 개발과 이에 따른 관련 산업의 활성화 여부는 정부나 지자체의 국제 경쟁력 재편에 강력한 변수로 작용할 것이며 세계 각국의 정부 기업은 이에 대한 치열한 노력을 경주하고 있다.

[0005] 발전소나 철강이나 중화학 공업 그리고 음식물 쓰레기의 혐기성 분해에서 배출되는 이산화탄소 포집기술에는 대표적으로 아민 습식법과 분리막 법으로 구분된다. 아민 습식법은 아민 재생에 필요한 단가가 높을 뿐 만 아니라 (톤당 처리비용 $ 50~70) 아민 회수를 위한 재생공정에서 누출되는 독성 물질인 아민에 대한 제어가 완전하지 못한 것이 결정적인 문제점으로 지적되고 있다. 반면에 미국 유수의 회사와 연구기관이 주도하고 있는 분리막 공법은 100 마이크론(㎛)의 미세 직경을 사용하는 중공사막이다. 이 경우 심각한 압력강하에 따른 동력소모와 얇은 막의 두께에 따른 화학적/기계적 내구성문제로 인하여 실용화 장치 개발이 실질적으로 지연되고 있다. 이러한 이산화탄소 포집 기술에 대하여 미국의회의 보고서는 효율적인 포집을 위해서는 기술의 혁신적인 'breakthrough' 가 선행되어야 한다고 언급하였다. (2013년 11월, CRS(Congressional Research Service)Report, 7-5700; Carbon Capture : A Technology Assesment by Peter Folger, Specialist in Energy and Natural Resources Policy).

[0007] 관련된 선행기술로, 공개특허 10-2015-0008495(산성 가스 분리 모듈 및 그 제조 방법, 산성 가스 분리층, 그 제조 방법 및 그 촉진 수송막, 그리고 산성 가스 분리 시스템)은 "산성 가스 분리 모듈 (10) 은, 관벽에 관통공 (12A) 이 형성된 투과 가스 집합관 (12) 과, 산성 가스를 포함하는 원료 가스가 공급되는 공급 가스 유로용 부재 (30) 와, 산성 가스와 반응하는 캐리어 및 캐리어를 담지하는 친수성 화합물을 함유하는 산성 가스 분리층 (32) 과, 캐리어와 반응하여 산성 가스 분리층 (32) 을 투과한 산성 가스가 관통공 (12A) 을 향해 흐르는 투과 가스 유로용 부재 (36) 를 적층한 적층체 (14) 와, 투과 가스 집합관(12) 에 적층체 (14) 를 다중으로 감은 상태에서, 산성 가스 분리층 (32) 과 투과 가스 유로용 부재 (36) 의 양측 단부를 둘레 방향을 따라 접착하여, 산성 가스 분리층 (32) 과 투과 가스 유로용 부재 (36) 의 둘레 방향의 단부를 접착한 내열습성의 접착부 (34, 40) 를 구비한 산성 가스 분리 모듈"을 제시한바 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 혼합기체로부터 이산화탄소를 분리하는 기술은 화석연료의 연소, 화석연료의 가스화 장치 그리고 생물학적 분해 장치로부터 발생하는 혼합기체에서 절대적으로 요구되는 기술이다. 화력발전소 석탄 연소에서는 13%, 매립지 가스에서는 30~50% 정도의 이산화탄소와 황화수소와 같은 오염물질을 포함한 혼합기체가 존재한다.

[0011] 본 발명은 이러한 혼합기체에서 온실가스인 이산화탄소나 N20 그리고 황화수소나 실록산과 같은 공해물질을 질소나 메탄으로부터 분리하는데 두께가 0.05㎜(50 ㎛)이상이 되는 실리콘 러버의 분리막을 사용하고 이 분리막을 사용함에 있어서 중공사막이나 원통형태의 튜브가 아닌 장방형 채널형태의 분리막을 사용하는 기술을 제공하고자 한다.

[0012] 장방형 채널형태의 분리막을 사용하는 이유는 충진 밀도는 높으나 동력사용이 높은 중공사막 분리막과 동력손실이 낮으나 충진밀도가 매우 낮은 튜브형 분라막 모듈의 장점을 취하기 위한 것이다.

[0015] 또한 본 발명은 장방형 채널형태의 분리막을 사용함에 있어서 압력손실과 표면적 증가를 위한 장방형 채널의 높이, 넓이, 그리고 길이를 구체적으로 규정하였다. 그리고 나아가서 분리막 투과성능을 저해하는 농도 분극화 현상을 방지하기 위한 주름형상의 분리막과 난류 향상을 위한 분리막 장치를 제공하고자 한다.

[0017] 또한 본 발명은 실리콘 러버에 대한 기체의 서로 다른 투과도를 이용하여 다양한 혼합기체에 존재하는 분리막 장치에서 실리콘 러버를 이용한 기본 분리막의 최적 제원을 설정하고 이에 기초하여 분리막 및 분리장치를 구성하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0019] 본 발명은 상기한 문제점 및 요구를 해결하기 위하여,

[0020] 높이(두께)가 50 μm~ 2000 μm인 매립지가스, 협기성 소화조, 다양한 화석연료의 연소와 가스화 공정에서 발생하는 혼합기체에서 분리도 차이가 나는 질소기체(N2),이산화탄소, 황화수소(H2S), 수증기(H2O) NOx, SOx, N2O 그리고 실록산 등과 같은 다양한 기체를 상호 분리하는 기능을 가진 실리콘 러버 단일 분리막을 제공한다.

[0021] 또한 본 발명은 폭(w,width)은 15cm~50 cm, 높이(h,height) 0.2cm~2cm, 길이(length,L)는 30~100cm 이내의 범위를 가진 매립지가스, 협기성 소화조, 다양한 화석연료의 연소와 가스화 공정에서 발생하는 혼합기체에서 분리도 차이가 나는 질소기체(N2),이산화탄소, 황화수소(H2S), 수증기(H2O) NOx, SOx, N2O 그리고 실록산 등과 같은 다양한 기체를 상호 분리하는 기능을 가진 실리콘 러버 단일 분리막을 제공한다.

[0022] 또한 본 발명은 단일 분리막(10)이 다수로 포함되되,

[0023] 상기한 단일 분리막(10)은 유입부(11), 유출부(11-1), 측면부(12), 반대측면부(12-1), 평면부(13), 반대평면부(13-1)로 구성되어 있으며,

[0024] 상기한 단일 분리막(10)과 다른 단일 분리막(10) 사이는 유출 공간부(30)가 형성되어 있고,

[0025] 상기한 단일 분리막(10)은 유입부(11), 유출부(11-1)의 넓이(w, width)는 15~50cm, 높이(h, height)는 0.2~2cm, 측면부(12) 및 반대측면부(12-1)의 길이(L, length)는 30~100cm 이고 유출공간부(30)의 너비(S)는 0.3~5cm 의 범위로 이루어진 장방형 형태 또는 채널 형태로 이루어진 것을 특징으로 하는 분리막 장치를 제공한다.

[0026] 또한 본 발명은 상기한 단일 분리막(10)은 최적 표면적/체적 특성 직경(Dc, surface area to volume diameter)은 높이의 2배 Dc = 2 h 로 주어지며 0.4cm~4 cm 범위를 가진 것을 특징으로 하는 분리막 장치를 제공한다.

발명의 효과

[0028] 본 발명에 따른 실리콘 러버 분리막은 코팅이 되지 않은 50μm 이상의 실리콘 고무판을 사용한 분리막으로서 가격이 저렴할 뿐 아니라 압력강하가 작으면서도 비표면적이 큰 특성 직경이 있어 작은 장방 채널형 분리막을 만들 수 있기 분리효율이 실질적인 영역의 값을 가지면서도 미세입자에 의한 막힘 현상이나 산성가스 등에 의한 부식에 강력한 내구성을 지니는 장점을 가진다.

[0030] 또한 본 발명에 따른 분리막 장치는 화석연료의 연소, 매립지 발생가스, 가스화 공정 배출가스 그리고 협기성 분해시에 나오는 혼합 기체 중에서 이산화탄소(CO_2)나 황화수소(H_2S), 질소(N_2), 산소(O_2), Nirtrous Oxide(N_2O) 그리고 수증기(H_2O) 등을 가연성 연료인 메탄(CH4)이나 수소(H2) 등으로 부터 효과적으로 분리하여 포집할 수 있는 효과가 나타난다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명에 따른 장방형 채널 형태의 실리콘 러버 기본 분리막.

도 2는 본 발명에 따른 주름형태(corrugated pattern)를 제거한 채널 형태의 분리막.

도 3은 채널의 파장과 파고.

도 4는 본 발명에 따른 분리막 장치 개념도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하 본 발명을 도면을 참고하여 상세히 설명하고자 한다.

[0035] 본 발명은 매립지가스, 협기성 소화조, 다양한 화석연료의 연소와 가스화 공정에서 발생하는 혼합기체에서 분리도 차이가 나는 질소기체(N2),이산화탄소, 황화수소(H2S), 수증기(H2O) NOx, SOx, N2O 그리고 실록산 등과 같은 다양한 기체를 상호 분리하는 기능을 가진 실리콘으로 이루어진 단일 분리막을 제공한다.

[0037] 본 발명은 상기한 단일 분리막으로 이루어진 매립지가스, 협기성 소화조, 다양한 화석연료의 연소와 가스화 공정에서 발생하는 혼합기체에서 분리도 차이가 나는 질소기체(N2),이산화탄소, 황화수소(H2S), 수증기(H2O) NOx, SOx, N2O 그리고 실록산 등과 같은 다양한 기체를 상호 분리하는 기능을 가진 분리막 장치를 제공한다.

[0039] 본 발명은 매립지가스, 협기성 소화조, 다양한 화석연료의 연소와 가스화 공정에서 발생하는 혼합기체에서 분리도 차이가 나는 질소기체(N2),이산화탄소, 황화수소(H2S), 수증기(H2O) NOx, SOx, N2O 그리고 실록산 등과 같은 다양한 기체를 상호 분리하는 기능을 가진 높이(두께)가 50 μm~ 2000 μm인 실리콘 러버 단일 분리막을 제공한다.

[0041] 또한, 도 1에서 보는 것처럼 본 발명은 폭(w,width)은 15cm~50 cm, 높이(h,height) 0.2cm~2cm, 길이(length, L)는 30~100cm 이내의 범위를 가진 실리콘 러버 단일 분리막을 제공한다.

[0043] 상기한 본 발명의 단일 분리막은 최적 표면적/체적 특성 직경(Dc, surface area to volume diameter)은 높이의 2배 Dc = 2 h 로 주어지며 0.4cm~4 cm 범위를 가진다.

[0044] 여기서 강조할 것은 표면적/체적 특성 직경이 0.4cm~4 cm 라는 것은 이러한 직경을 가진 원형 튜브관으로 만들어진 모듈과 같은 넓은 충진 밀도를 가짐을 의미한다.

[0045] 또한 채널형 분리막의 높이(h)가 0.2cm 인 경우 직경이 0.2 cm 인 원통형 튜브보다 실질적으로 압력 강하가 작은 분리막이 된다.

[0046] 따라서 많은 유량를 처리하는 경우에도 압력강하가 낮아 동력소요가 작아진다.

[0047] 참고로 채널의 넓이 15cm~50cm와 높이 0.2cm~2cm 크기를 가진 장방형 채널을 원통형 튜브로 만들었을 때 원주길이(periphery)에 기초하여 원형 튜브의 직경으로 환산하면 $\pi D \sim 2w$ 가 되므로 대략 10cm~32cm 의 큰 원통형 튜브가 된다.

[0048] 이러한 큰 직경을 가진 분리막 튜브는 보고된 바 없다.

[0050] 이것은 본 발명에서 사용하는 상업용 실리콘 고무의 두께가 0.05 mm 이상으로 두꺼워 직경이 큰 분리막 튜브를 만들 수 있음을 시사한다.

[0052] 비 다공성 실리콘 고무는 폴리머의 조성에 관계없이 매우 높은 이산화탄소의 투과량과 분리도를 보인다.(United States Patent 2,966,235, Separation of gases by diffusion through silicone rubber, Karl

Kammermeyer,Dec 27,1960)

[0054] 본 발명은 상용 실리콘 러버로서 두께 0.05 ㎜ ~ 2 ㎜(50 ㎛~2,000 ㎛) 를 가진 재질을 이용한 단위 분리막과 단위 분리막으로 만들어진 분리막 장치에 관한 것이다.

[0056] 단위 분리막의 기본 현상은 얇은 장방형 채널로서 주름진 형상을 지닌다.(도1)

[0058] 여기에서 주름을 제거한 경우 도 2와 같은 장방형 채널 형태가 된다.

[0060] 단위 분리막은 주름진 형상을 위하여 주름진(corrugated) 형태로 실리콘 러버를 가공하거나 또는 인공적으로 배플을 설치하거나 철사와 같은 링을 삽입할 수 있다.

[0062] 도 3에서 보는 것처럼 주름의 파장(λ)과 진폭(A)는 농도 분극화에 따른 투과효율 저하를 방지하기 위한 일환으로 최적 난류 발생을 위하여 운전조건에 따라 높이 h에 대하여 유량과 같은 운전조건에 따라 적절하게 조절할 수 있다.

[0063] 구체적으로 진폭(A)은 h에 대하여 0~20% 범위이고 파장(λ)은 h에 대하여 0~50 배 범위로 할 수 있다.

[0065] 장방형 채널 형상의 분리막은 튜브(tube) 형태나 스파이럴(spiral) 또는 쉬트(sheet) 등 다른 기하학적 형상에 비하여 비표면적이 넓어 충진 밀도가 높으면서도 같은 비표면적을 가진 원통형 분리막에 비하여 압력강하가 매우 작은 특징을 가진다.

[0066] 이러한 분리막 장치를 이용하여 화석연료의 연소, 매립지 발생가스, 가스화 공정 배출가스 그리고 혐기성 분해시에 나오는 혼합 기체중에서 이산화탄소(CO_2)나 황화수소(H_2S), 질소(N_2), 산소(O_2), Nirtrous Oxide(N_2O) 그리고 수증기(H_2O) 등을 가연성 연료인 메탄(CH4)이나 수소(H2) 등으로 부터 효과적으로 분리하여 포집할 수 있다.

[0068] 본 발명은 실리콘 러버를 이용한 대형 장방형 채널 형태의 기본 분리막과 그 기본 분리막을 이용한 모듈의 최적 설계를 위한 제원 결정에 관한 것이다. 이러한 최적 설계 제원결정을 위하여 실리콘 러버 분리막의 두께에 따른 투과량(permeance) 변화, 장방형 채널 기본 분리막의 제원(w, t, L)과 유량에 따른 압력강하와 압력강하에 따른 속도증가와 이산화탄소 분압감소 문제, 유량과 투과량에 따른 분리막 내부 혼합기체의 통과시간, 분압과 난류유동감소에 따른 농도 분극화(concentration polarization) 현상을 고려하였다. 본 발명에 기본이 되는 개념을 아래에 도식화 하였다.

[0070] **“실리콘 재질의 높은 투과 성능”**

[0071] [다양한 문헌 연구에 의하면 실리콘 러버는 다른 분리막 재질에 비하여 100~1000배 정도의 탁월한 이산화탄소 투과성능을 보임]

[0072] --->

[0073] **“실리콘 러버는 두께가 0.1-2㎜에도 실용적 투과 성능”**

[0074] [실리콘 러버는 특히 0.05~2 ㎜ 의 두께의 영역에서도 이산화탄소 투과 성능이 제로로 감소되지 않고 실질적인 적용이 가능한 투과성능을 보임 이것은 분리막 두께에 따른 투과성능이 선형적으로 감소하여 제로로 가지 않고 지수적(exponential)으로 감소하여 하여 점근선 형태의 수렴하는 성향을 보이는 자연현상에 기초함을 실험, 문헌 연구 그리고 이론적으로 확인함]

[0075] --->

[0076] **“두꺼운 재질로 만들어진 큰 직경의 분리막의 작은 압력손실”**

[0077] [두께가 두꺼우면서도 실용적인 투과성능을 가진 분리막 재질은 압력강하가 작고 직경이 큰 튜브형태(직경 ~ 1 cm) 의 분리막을 만들 수 있어서 이제까지의 100마이크론 이내의 직경을 가진 중공사막이나 스파이럴 형태의 분리막이 보였던 매우 높은 압력강하와 그에 따른 동력 소모 문제를 극복할 수 있음]

[0078] --->

[0079] **“모듈에서 직경이 큰 튜브형 분리막의 작은 충진밀도를 개선하기 위한**

[0080] **장방형 채널 형태의 분리막 선택”**

[0081] [그러나 분리막 모듈에서 이산화탄소 투과면적을 나타내는 충진밀도는 단위분리막의 직경에 반비례하게 되므로 단위분리막이 “1 cm” 크기의 분리막일 경우 100마이크론(0.1mm) 중공사막 분리막에 비하여 충진밀도가 1/100로 낮아지는 문제점이 발생함. 따라서 원통 형태의 튜브형보다는 비표면적이 매우 넓은 장방형 형태의 채널 (rectangular channel) 형상을 가진 기본 분리막을 선택함. 장방형 채널 분리막의 압력강하와 충진밀도는 채널의 높이에 의해 결정됨. 이 경우 직경이 10 cm가 넘는 실리콘 고무 원통형 분리막을 가지고도 특성 직경이 **0.4cm~4 cm 범위를 가져** 비표면적이 넓은 모듈을 만들 수 있음]

[0082] --->

[0083] **“분리막의 최적 성능을 유지하기 위한 길이 결정”**

[0084] [압력강하를 무시할만한 특성직경을 가진 분리막에서 실용적인 공급부 작동압력(2-3기압이내) 조건에서 분리막의 투과유량은 분리막의 투기도와 면적에 비례하므로 투과유량의 전체 압력이나 이산화탄소의 분압의 농도가 너무 낮아지지 않는 길이로 분리막의 최적 길이(L)를 결정함]

[0085] --->

[0086] **“기타 분극화 인자를 고려한 난류발생장치와 유량과 길이 보정”**

[0087] [기타 필요시 농도 분극화가 심화되지 않는 범위나 포집되는 이산화탄소의 포집율 제고를 위한 주름진 형태의 분리막이나 난류발생장치 그리고 유량 및 길이에 대한 종합적인 조정이 필요함]

[0089] 본 발명은 장방형 형태의 단일 분리막(10)이 일정한 간격(S)으로 다수로 분리틀(20)에 장착되어 형성되어 있는 구조의 분리막 장치(100)를 제공한다.

[0091] 도 4에서 보는 것처럼 본 발명의 분리막 장치(100)는 매립지가스, 협기성 소화조, 다양한 화석연료의 연소와 가스화 공정에서 발생하는 혼합기체에서 분리도 차이가 나는 질소기체(N2),이산화탄소, 황화수소(H2S), 수증기(H2O) NOx, SOx, N2O 그리고 실록산 등과 같은 다양한 기체를 상호 분리하는 기능을 가진 장치를 의미한다.

[0093] 도 4에서 보는 것처럼 본 발명의 분리막 장치는 단일 분리막(10)이 장방형 형태의 단일 분리막(10)으로 이루어져 있으며, 이와 같은 단일 분리막(10)이 분리틀(20)에 장착되어 있다.

[0095] 도 4에서 보는 것처럼 상기한 분리틀(20)은 장방형 형태의 단일 분리막(10)이 장착되는 공간을 제공하는 장치 또는 수단을 의미한다.

[0096] 본 발명은 장방형 형태의 단일 분리막(10)이 장착되기 위해서는 상기한 분리틀(20)은 육면체 형태로 되어 있는 것이 바람직하다.

[0098] 본 발명의 상기한 장방형 형태의 단일 분리막(10)은 유입부(11), 유출부(11-1), 측면부(12), 반대측면부(12-1), 평면부(13), 반대평면부(13-1)로 구성되어 있다.

[0100] 본 발명의 상기한 유입부(11)는 분리될 혼합 기체가 유입되게 되며 이와 같은 유입부를 채널(channel)이라고 표현된다.

[0102] 본 발명의 유출부(11-1)는 상기한 혼합 기체가 유입부로 유입되어 분리되어 나온 기체(구체적으로 이산화탄소)가 유출되는 기능을 수행한다.

[0104] 본 발명의 측면부(12)는 유입부(11) 및 유출부(11-1)와 연결되어 있는 측면 부분을 의미한다.

[0106] 본 발명의 반대측면부(12-1)는 상기한 측면부(12)의 반대 방향으로 형성된 것을 의미하며 유입부(11) 및 유출부(11-1)와 연결되어 있는 측면 부분을 의미한다.

[0108] 상기한 측면부(12) 및 반대측면부(12-1)는 혼합 기체가 분리되어 유출될 수도 있으나 통상 혼합 기체가 분리되어 유출되지 않도록 막혀 있을 수가 있다.

[0110] 본 발명의 상기한 평면부(13)는 유입부(11) 및 유출부(11-1)와 연결되어 있는 평면 부분을 의미한다.

[0112] 본 발명의 상기한 반대평면부(13-1)은 평면부(13)의 반대 부분으로 유입부(11) 및 유출부(11-1)와 연결되어 있는 평면 부분을 의미한다.

[0114] 본 발명의 상기한 평면부(13) 및 반대평면부(13-1)로 혼합 기체의 분리된 가스가 유출되게 된다.

[0116] 본 발명은 단일 분리막(10)과 다른 단일 분리막(10) 사이는 유출 공간부(30)가 형성되어 있어 이 유출 공간부(30)로 상기한 평면부(13) 및 반대평면부(13-1)로부터 분리되는 가스가 배출되게 된다.

[0118] 본 발명의 분리막 장치에서 단일분리막을 통과하는 통과부의 압력은 최대 3기압 이내의 낮은 운전압력이고, 투과부의 압력은 0~1기압의 음압을 유지하는 것이 효율적이다.

[0120] 본 발명의 기술적 특징은 상기한 단일 분리막(10)은 유입부(11), 유출부(11-1)의 넓이(w, width,이를 '채널의 넓이' 라고도 한다)는 15~50cm, 높이(h, height)는 0.2~2cm, 측면부(12) 및 반대측면부(12-1)의 길이(L, length)는 30~100cm 이고 유출공간부(30)의 너비(S)는 0.3~5cm 의 범위로 이루어진 장방형 형태로 이루어진 것이다.

[0122] 상기한 수치 한정의 장방형 형태의 단일 분리막(10)의 특징은 표면적/체적 특성 직경이 0.4cm~4 cm 라는 것은 이러한 직경을 가진 원형 튜브관으로 만들어진 모듈과 같은 넓은 충진 밀도를 가짐을 의미한다.

[0123] 또한 채널형 분리막의 높이(h)가 0.2cm 인 경우 압력 강하는 직경이 0.2 cm 인 원통형 튜브보다 실질적으로 작은 분리막이 된다. 따라서 많은 유량를 처리하는 경우에도 압력강하가 낮아 동력소요가 작아진다.

[0124] 앞서 설명한 바처럼 채널의 넓이 15cm~50cm와 높이 0.2cm~2cm 크기를 가진 장방형 채널을 원통형 튜브로 만들었을 때 원주 길이(periphery)에 기초하여 원형 튜브의 직경으로 환산하면 $\pi D \sim 2w$ 가 되므로 대략 10cm~32cm의 큰 원통형 튜브가 된다.

[0125] 이것은 본 발명에서 사용하는 상업용 실리콘 고무의 두께가 0.05 mm 이상으로 두꺼워 직경이 큰 분리막 튜브를 만들 수 있음을 시사한다.

[0127] <장방형 채널의 단위 체적당 표면적>

[0129] 분리막 모듈에서 단위체적당 표면적이 전체적인 효율의 관점에서는 매우 중요하다. 단위체적당 표면적의 관점에서 원이나 공은 표면적이 제일 작은 기하학적 형상이므로 불리하다. 본 특허에서는 원통형의 분리막을 장방형 채널로 길게 늘였을 때 비표면적의 변화에 따른 특성 직경을 검토하였다. 우선 직경이 D 인 원통형은 원주의 길이가 π D 가 된다. 이것을 높이가 h이고 넓이가 w 인 직사각형 채널로 바꾼다면 아래와 같다,

[0131] $$\pi D = 2(h+w)$$

[0133] 분리막의 길이가 L인 경우 각각의 표면적을 구하면 원통형 분리막의 경우는 π DL이 되고, 장방 채널의 표면적은 2(h+w) L이 된다. 그런데 원통형과 장방형 채널의 경우 체적이 다르므로 단위체적당 표면적으로 각각 구하면 다음과 같다.

[0135] 원통형 분리막 비표면적 = $\pi DL/(\pi D^2 L/4) = 4/D$

[0136] 장방 채널형 분리막 비표면적 = $2(h+w)L/(hwL) = 2(1/w + 1/h) \sim 2/h$

[0138] 위의 장방형 채널 분리막 비표면적 계산에서는 폭(w)이 높이(h) 보다 매우 큼을 가정하였다.

[0139] 위의 결과를 통해 원통형 분리막을 장방 채널형 분리막으로 만들 경우 표면적이 증가하는 율은 2/h 4/D = D/(2h)임을 알수 있다. 즉 직경이 10cm 인 원통 분리막을 5 mm의 높이 h를 가진 채널형 분리막으로 만들면 표면적이 10/(0.5x2) = 10 이 되므로 표면적이 10 배가 넓어지는 효과가 나타난다. 일반적으로 원통형 분리막에서 표면적의 넓이는 직경에 반비례하게 되므로 직경이 10cm인 원통형 분리막을 가지고 높이가 5 mm 인 채널형 분리막을 만든다면 표면적은 직경이 1 cm 인 원통형 분리막과 같은 효과가 됨을 알 수 있다. 만일 직경이 10 cm 인 원통형 분리막을 가지고 높이가 2 mm인 채널형 분리막을 만든다면 이 경우는 10/(0.2x2) = 25 로서 표면적이 25 배로 증가한다. 이 경우는 4 mm 직경에 해당하는 원통형 분리막과 동등한 표면적을 가지게 된다. 일반적으로 장방 채널형 분리막을 원통형태의 분리막으로 나타내었을 경우 비표면적 특성 직경을 표시하면 다음과 같다.

[0141] <장방 채널형 분리막의 비표면적 특성 직경 = area/volume = 2/h = 4/Dc >

[0143] 그러므로 Dc = 2h 가 된다. 즉 앞에서 언급한 바와 같이 장방형 채널의 높이 보다 2배 길이를 가진 특성직경이 됨을 알 수 있다. 이 내용을 정리하면 다음과 같다.

[0144] 이러한 단일 분리막(도1 참조)은 넓이(w, width)는 15cm~50 cm, 높이(h, height) 0.2cm ~2cm 길이(length, L)는 60cm 이내의 범위를 가진다. 이러한 경우 최적 표면적/체적 특성 직경(Dc, surface area to volume diameter, Dc = 2 h)는 0.4cm~4 cm 범위를 가진다. 여기서 강조할 것은 표면적/체적 특성 직경이 0.4cm~4 cm 라는 것은 이러한 직경을 가진 원형 튜브관으로 만들어진 모듈과 같은 충진 밀도를 가짐을 의미한다. 또한 채널형 분리막의 높이(h)가 0.2cm 인 경우 압력강하는 직경이 0.2 cm인 원통형 튜브보다 압력강하가 작은 분리막이 된다. 따라서 넓은 유량 범위에서 압력강하가 실질적으로 매우 적음을 시사한다. 채널의 넓이 16~50cm와 높이 0.2~2cm 크기를 가진 장방형 채널을 원통형 튜브로 만들었을 때 원주 길이(periphery)에 기초하여 원형 튜브의 직경으로 환산하면 10cm~33cm의 큰 원통형 튜브가 된다. 이것은 실리콘 고무의 두께가 두꺼워서 직경이 큰 분리막 튜브를 만들 수 있음을 시사하게 되는 것이다.

[0146] 특히, 본 발명의 분리막 장치는 모듈 내의 유동의 흐름은 분리막 모듈의 co-current, counter-current , 분리막 내부에서 밖으로 향하거나 분리막 밖에서 안으로 투과시킬 수 있는 등 다양한 형태를 가질 수 있다.

[0148] 본 발명은 상기한 구성과 작용으로 이루어진 실리콘으로 이루어진 단일 분리막 및 분리막 장치를 제공한다.

산업상 이용가능성

[0150] 본 발명은 매립지가스, 혐기성 소화조, 다양한 화석연료의 연소와 가스화 공정에서 발생하는 혼합기체에서 분리도 차이가 나는 질소기체(N2),이산화탄소, 황화수소(H2S), 수증기(H2O) NOx, SOx, N2O 그리고 실록산 등과 같은 다양한 기체를 상호 분리하는 기능을 가진 실리콘으로 이루어진 분리막 및 분리막 장치를 생산, 제조, 판매, 유통, 연구하는 산업에 매우 유용하다.

부호의 설명

[0152] 단일 분리막(10),

유입부(11), 유출부(11-1), 측면부(12), 반대측면부(12-1), 평면부(13), 반대평면부(13-1),

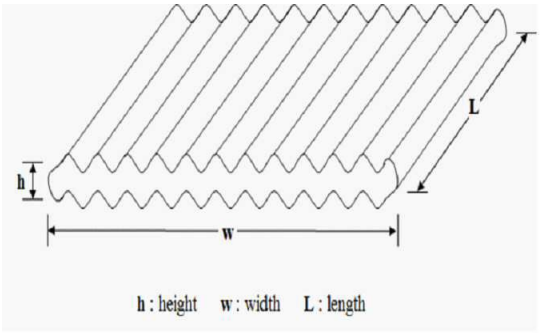
분리틀(20),

유출 공간부(30),

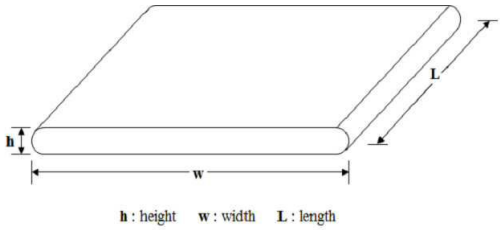
분리막 장치(100).

도면

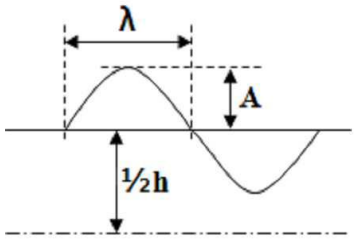
도면1



도면2



도면3



λ : wave length
A : amplotude
h : height

도면4

