



등록특허 10-2395544



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년05월06일

(11) 등록번호 10-2395544

(24) 등록일자 2022년05월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01D 39/16 (2006.01) B01D 46/00 (2022.01)

(52) CPC특허분류

B01D 39/16 (2013.01)

B01D 46/0005 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-7029383

(22) 출원일자(국제) 2017년03월10일

심사청구일자 2020년03월09일

(85) 번역문제출일자 2018년10월11일

(65) 공개번호 10-2018-0116448

(43) 공개일자 2018년10월24일

(86) 국제출원번호 PCT/US2017/021856

(87) 국제공개번호 WO 2017/160650

국제공개일자 2017년09월21일

(30) 우선권주장

62/307,831 2016년03월14일 미국(US)

62/465,221 2017년03월01일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP2005516088 A*

JP2015226867 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 5 항

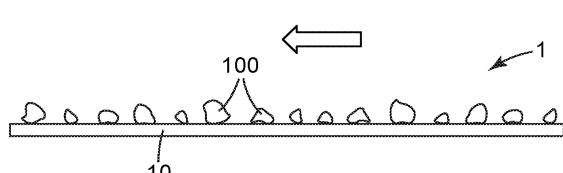
심사관 : 문지희

(54) 발명의 명칭 알데하이드용 폴리머 수착제를 포함하는 공기 필터

(57) 요약

폴리머 수착제 입자를 지지하는 필터 지지체를 포함하는 공기 필터. 폴리머 수착제는 다이비닐벤젠/말레산 무수 물 전구체 폴리머 재료와 질소 함유 화합물의 반응 생성물이다.

대 표 도 - 도 1



(72) 발명자

자수자 히만슈

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스
33427 쓰리엠 센터

폭스 앤드류 알.

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스
33427 쓰리엠 센터

명세서

청구범위

청구항 1

폴리머 수착제(sorbent) 입자를 지지하는 필터 지지체를 포함하는 공기 필터로서, 여기서 폴리머 수착제는 하기 (a) 및 (b):

(a) 하기 (1), (2) 및 (3)을 포함하는 중합성(polymerizable) 조성물의 중합된 생성물을 포함하는 전구체 폴리머 재료:

- (1) 상기 중합성 조성물 내의 모노머의 총 중량을 기준으로 8 내지 65 중량%의 말레산 무수물;
- (2) 상기 중합성 조성물 내의 모노머의 총 중량을 기준으로 30 내지 85 중량%의 다이비닐벤젠; 및
- (3) 상기 중합성 조성물 내의 모노머의 총 중량을 기준으로 0 내지 40 중량%의 스티렌-유형 모노머로, 여기서 스티렌-유형 모노머는 스티렌, 알킬-치환된 스티렌 또는 이들의 조합임; 및

(b) 암모니아, 단일의 1차 아미노 기($-NH_2$)를 갖는 화합물, 또는 적어도 2개의 화학식 $-NHR$ [식에서, R은 수소 또는 알킬]의 아미노 기를 갖는 화합물로부터 선택된 질소 함유 화합물,

의 반응 생성물을 포함하고, 여기서 폴리머 수착제는 다공성 입자 형태로 존재하는 공기 필터.

청구항 2

제1항에 있어서,

필터 지지체는 내부를 나타내는 섬유질 웨브를 포함하고, 폴리머 수착제 입자는 웨브의 내부의 적어도 일부 내에 배치되는 공기 필터.

청구항 3

제1항에 있어서,

공기 필터는 강제 공기 난방 유닛, 강제 공기 냉각 유닛, 강제 공기 난방/냉각 유닛, 실내 공기 정화기, 및 자동차용 차내 공기 여과 유닛으로 이루어진 군으로부터 선택된 공기 취급 장치의 공기 필터 리셉터를 (receptacle) 내로 삽입되도록 구성된 프레임화된(framed) 공기 필터인 공기 필터.

청구항 4

제1항에 있어서,

필터 지지체는 폴리머 수착제 입자가 안에 배치되는 내부, 및 적어도 하나의 공기 유입구 및 적어도 하나의 공기 유출구를 갖는 용기를 포함하는 공기 필터.

청구항 5

공기로부터 적어도 일부의 알데하이드를 포획(capture)하는 방법으로서:

제1항의 폴리머 수착제 입자를 포함하는 필터 지지체를 포함하는 공기 필터를 위치시켜 폴리머 수착제 입자가 공기에 노출되도록 하는 단계, 및

공기에 존재하는 적어도 일부의 알데하이드를 폴리머 수착제 입자 상에 수착시키는 단계를 포함하며,

여기서 알데하이드는 하기 화학식 I을 갖고:

[화학식 I]



상기 식에서, R₂는 수소, 알킬, 비닐 또는 아릴이고, 상기 화학식 I의 알데하이드의 분자량은 200 g/mol 이하인 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

발명의 설명

기술 분야

배경 기술

[0001] 공기에서, 예를 들어 포름알데하이드와 같은 기체 물질을 제거하는 것이 종종 바람직하다.

발명의 내용

[0002] 개요하면, 폴리머 수착제(sorbent) 입자를 포함하는 필터 지지체를 포함하는 공기 필터가 본 명세서에 개시된다. 특히, 폴리머 수착제는 다이비닐벤젠/말레산 무수물 전구체 폴리머 재료와 질소 함유 화합물의 반응 생성물이다. 이들 및 다른 양태가 하기의 상세한 설명으로부터 명백할 것이다. 그러나, 어떠한 경우에도, 청구가능한 발명의 요지가 최초 출원된 출원의 청구범위에 제시되든, 또는 보정된 청구범위 또는 달리 절차 진행 중에 제시된 청구범위에 제시되든 간에, 이러한 개요가 그러한 청구가능한 발명의 요지를 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다.

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

발명의 효과

도면의 간단한 설명

[0003]

도 1은 본 명세서에 개시된 바와 같이, 수착제 입자를 포함하는 필터 지지체를 포함하는 예시적인 공기 필터의 일부를 나타낸다.

도 2는 또 다른 예시적인 공기 필터의 일부를 나타낸다.

도 3은 또 다른 예시적인 공기 필터의 일부를 나타낸다.

도 4는 또 다른 예시적인 공기 필터의 일부를 나타낸다.

도 5는 또 다른 예시적인 공기 필터의 일부를 나타낸다.

도 6은 본 명세서에 개시된 바와 같이, 수착제 입자를 포함하는 필터 지지체를 포함하는 예시적인 호흡기(respirator)를 나타낸다.

도 7은 또 다른 예시적인 호흡기를 개시한다.

도 8은 본 명세서에 개시된 바와 같이, 수착제 입자를 포함하는 필터 지지체를 포함하는 프레임화된(framed), 주름가공된(pleated) 공기 필터를 개시한다.

도 9는 실시예 및 비교예에 대한 포름알데하이드 포획(capture) 효율 데이터를 제시한다.

도 10은 x-축이 수착제 단위 면적 당 질량에 의해 정규화된, 도 9의 실시예에 대한 포름알데하이드 포획 효율을 제시한다.

도 11은 x-축이 수착제 단위 면적 당 질량에 의해 정규화된, 또 다른 실시예 및 비교예에 대한 포름알데하이드 포획 효율 데이터를 제시한다.

도 12는 x-축이 수착제의 단위 면적 당 질량에 의해 정규화된, 또 다른 실시예 및 비교예에 대한 포름알데하이드 포획 효율 데이터를 제시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0004]

용어

[0005]

용어 "공기 필터"는, 필터 지지체에 의해 지지된 본 명세서에 기재된 폴리머 수착제가, 기체 물질이 공기로부터 제거될 수 있도록 공기, 예를 들어 이동 공기의 스트림에 제공되는 임의의 장치 또는 디바이스를 나타낸다. 용어 "필터 지지체"는, 수착제 입자를 보유할 수 있고, 그들을 예를 들어 이동 공기의 스트림에 제시할 수 있지만, 이동 공기로부터 미시(microscopic) 입자의 임의의 여파를 반드시 수행하지는 않는 임의의 구조를 나타낸다. 용어 "필터 매질"은 미시 입자를 스스로 여과할 수 있는 필터 지지체를 나타낸다. "미시" 입자는 100 미크론 미만의 평균 직경 (또는 비-구형 입자의 경우, 등가 직경)을 갖는 입자이다. "미분" 입자는 10 미크론 미만의 평균 직경 또는 등가 직경을 갖는 입자이다.

[0006]

용어 "폴리머 수착제" 및 "다공성 폴리머 수착제"는 다공성이며, 예를 들어 알데하이드와 같은 기체 물질을 수착할 수 있는 폴리머 재료를 지칭하기 위해 상호 교환가능하게 사용된다. 다공성 재료, 예컨대 폴리머 수착제는 예를 들어 이들의 기공 크기에 기초하여 특징화될 수 있다. 용어 "미세기공"은 2 나노미터 미만의 직경을 갖는 기공을 지칭한다. 용어 "메소기공(mesopore)"은 2 내지 50 나노미터 범위의 직경을 갖는 기공을 지칭한다. 용어 "거대기공(macropore)"은 50 나노미터 초과의 직경을 갖는 기공을 지칭한다.

[0007]

용어 "상류"는 필터가 이동 공기에 노출되는 환경에 적용가능하며, 이동 공기가 필터에 마주치게 되는 방향을 지칭한다; "하류"는 여과된 공기가 필터를 나오는 방향을 지칭한다.

[0008]

용어 "망(netting)"은 상대적으로 적은 층(5 이하, 종종 하나)의 고체 재료, 예를 들어 필라멘트로 구성된 필터

지지체를 지칭한다.

[0009] 용어 "섬유질 웨브"는 다수의 층(예를 들어, 5 초과)의 섬유로 구성된 필터 지지체를 지칭한다.

[0010] 용어 "용융취입"은 용융 폴리머 스트림을, 압출 오리피스에 근접하여 위치된 공기-취입 오리피스에 의해 도입되는 수렴하는 고속 공기 스트림 내로 압출함으로써 형성된 섬유 (및 결과로서 생성되는 섬유질 웨브)를 지칭한다. 숙련자는 용융취입 섬유 및 웨브가, 그러한 섬유 및 웨브임이 확인되고 다른 유형의 웨브와 구별될 수 있는 특징 및 특색 (예를 들어, 복굴절과 같은 광학 특성에 의해 드러나는 바와 같은, 섬유를 구성하는 재료의 문자의 배향에서의 차이, 용융 거동, 등)을 특징적으로 나타낼 것임을 이해할 것이다.

[0011] 도 1의 포괄적인 대표예에 나타낸 바와 같은 공기 필터 (1)가 본 명세서에 개시된다. 공기 필터 (1)는, 기체 물질 예를 들어 포름알데하이드와 같은 알데하이드가 공기로부터 제거될 수 있도록, 본 명세서에서 개시된 폴리머 수착제 입자 (100)를, 공기, 예를 들어 이동 공기의 스트림(기류의 일반적인 방향은 도 1 및 다른 도에서 볼록 화살표에 의해, 예시적인 실시 형태로 표시됨)에 노출시키는 임의의 장치 또는 디바이스일 수 있다.

[0012] 공기 필터 (1)는 적어도 하나의 필터 지지체 (10)를 포함한다. 필터 지지체 (10)는, 공기가 이동하는 경우, 수착제 입자가 이동 공기에 의해 벗어나지(dislodged) 않도록 수착제 입자를 보유하는 한편, 수착제 입자 (100)를 공기에 노출시키는 방식으로 지지하는 임의의 구조체일 수 있다. 공기가 이동하는 경우, 이는 층류 중에 또는 난류 중에 있는 동안, 개별적인 수착제 입자에 마주칠 수 있거나, 예를 들어 수착제 입자의 집합체를 통과하는데 있어서 유동 방식들간에서 전이될 수 있다. 일반적인 일 유형의 실시 형태에서, 도 1의 포괄적인 대표예에 나타낸 바와 같이, 필터 지지체 (10)는 수착제 입자 (100)가 그 위에 제공되고 (예를 들어, 그의 주표면에 부착됨), 예를 들어 공기의 이동 스트림이 그에 걸쳐 가로지를 수 있는 기재의 형태를 취할 수 있다. 이러한 유형의 일부 실시 형태에서, 필터 지지체 (10)는, 예를 들어 수착제 입자를 필터 지지체에 부착시킴으로써 (예를 들어, 접착제로 접합(bonding)시킴), 수착제 입자 (100)를 보유할 수 있다. 다른 일반 유형의 실시 형태에서, 도 2의 포괄적인 대표예에 나타낸 바와 같이, 필터 지지체 (10)는, 예를 들어 수착제 입자를 지지체 내에 기계적으로 보유함으로써 수착제 입자 (100)를 보유할 수 있다. (즉, 그러한 실시 형태에서, 수착제 입자는 필터 지지체에 반드시 부착되지 않을 수 있지만, 필터 지지체는 수착제 입자가 필터 지지체로부터 벗어나 제거되는 것을 물리적으로 방지할 수 있다) 일부 실시 형태에서, 수착제 입자의 필터 지지체로의 기계적 보유 및 부착 (예를 들어, 접합)의 조합이 사용될 수 있다.

[0013] 일부 실시 형태에서, 공기 필터 (1)는 수착제 입자 (100)를 포함하는 필터 지지체 (10)일 수 있다 (예를 들어, 본질적으로 이루어질 수 있다) (예를 들어, 그러한 필터 지지체의 자립적 부분은 예를 들어 실내 공기 정화기 내에 설치될 수 있을 것이다). 다른 실시 형태에서, 공기 필터 (1)는 (적어도 하나의 필터 지지체 (10)에 추가하여) 임의의 목적을 위해 원하는 바에 따라 다른 층을 포함할 수 있고/거나, 예를 들어 주변부 프레임, 하나 이상의 강화 또는 안정화 부재, 하나 이상의 하우징 부분 등과 같은 임의의 다른 보조 성분을 추가적으로 포함할 수 있다. 각종 특정 예시적인 실시 형태 및 배열은 본 명세서에서 이후 상세히 논의된다.

[0014] 도 1을 참조하여 나타낸 바와 같이, 일부 실시 형태에서 필터 지지체는 수착제 입자 (100)가 그의 주표면 상에 배치된, 예를 들어 부착된 기재 (이 기재는 비통기성 또는 통기성일 수 있음) 형태를 취할 수 있다. 이러한 유형의 공기 필터는 예를 들어 그의 주표면에 부착된 수착제 입자를 포함하는 평면형 기재; 그의 내부 표면에 부착된 수착제 입자를 갖는 중공 튜브; 또는, 적층되거나 포개어진 (예를 들어, Insley의 미국 특허 제7955570호에 기재된 일반 유형의) 미세구조화된 기재에 의해 제공되는 일련의 유동-통과(flow-through) 채널들로서, 그 유동-통과 채널의 내부 표면에 수착제 입자가 부착된 채널; 등을 포함할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 수착제 입자 (100)는 예를 들어 임의의 산업-규모의 침적 공정에서 통계적으로 일어날 수 있는 바와 같은 그러한 우발적 적층을 제외하고는, 기재의 표면 상에 적어도 실질적으로 단층으로서 제공될 수 있다 (예를 들어 도 1에 나타낸 바와 같음).

[0015] 도 2를 참조하여, 용어 필터 지지체는 수착제 입자 (100)를 안에 보유하도록 설계된 임의의 용기를 광범위하게 포괄하며, 이는 공기를 그 용기의 내부 (13)로 허용하는 적어도 하나의 공기 유입구 (11) 및 처리된 공기가 그 용기를 떠나도록 허용하는 적어도 하나의 공기 유출구 (12)를 포함한다. 그러한 이 일반적 유형의 지지체는 공지의 필터 카트리지를 포함할 수 있으며, 여기서 수착제 입자 (100)는 예를 들어 하나 이상의 사출 성형된 하우징 부품으로 제조된 카트리지 하우징 내에 보유된다. 그러한 필터 카트리지에서, 단일 공기 유입구 및/또는 유출구가 제공될 수 있거나; 다수의 관통구멍(through-aperture)이 필터 카트리지 하우징 내에 제공되어 공기 유입구 또는 유출구를 종합적으로 제공할 수 있다. 그러한 관통구멍은 수착제 입자가 그를 통해 통과하는 것을 방지하기 위하여 적절한 크기일 수 있으며; 그리고/또는 일부 실시 형태에서, 통기성 보호층 (예를 들어, 스크

린 또는 메쉬)이 제공되어 수착제 입자가 카트리지 하우징 내에 보유되는 것을 보장할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 도 1의 설계에서와 같이, 필터 지지체는 수착제 입자에 근접한 (예를 들어 그를 지지 및 보유하는) 지지체의 위치에서 비통기성 (예를 들어, 관통구멍을 포함하지 않을 수 있음)일 수 있다. 다른 실시 형태에서, 도 2의 설계에서와 같이, 필터 지지체는 수착제 입자에 근접한 지지체의 위치에서 통기성 (예를 들어, 하나 이상의 관통구멍을 포함할 수 있음)일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 용기 형태의 필터 지지체 (예를 들어, 필터 카트리지)는, 예를 들어 함께 조립되고, 공기 유입구(들) 및 유출구(들)를 제외하고 비통기성일 수 있는 하나 이상의 사출 성형된 하우징 부품으로 구성될 수 있다. 그러한 하우징 부품은, 예를 들어 폴리아미드, 폴리스티렌, ABS 폴리머, 폴리올레핀 등으로부터 선택된, 예를 들어 열가소성 또는 열경화성 폴리머 또는 코폴리머로 편리하게 제조될 수 있다. 그러한 용기는 (예를 들어, 카트리지를, 예를 들어 개인 호흡기 보호 디바이스에 연결하는데 요구되는 바에 따라), 예를 들어 하나 이상의 탄성 가스켓, 결쇠, 물튀김 방지, 연결기 등과 같은 보조 구성요소를 포함할 수도 있다.

[0016] (예를 들어 도 2에서와 같이) 용기 형태인 필터 지지체 (10)는, 예를 들어 사출 성형된 부품으로 제조된 강성 카트리지 형태를 반드시 취할 필요는 없음이 강조된다. 그보다는, 일부 실시 형태에서 그러한 용기는 예를 들어 두 개의 공기-전달성 "벽"의 형태를 취할 수 있고, 그 중 적어도 하나의 벽은 비교적 유연성 재료 (예를 들어, 섬유질 웨브, 천공된 또는 미세천공된(microperforated) 유연성 폴리머 필름, 등과 같은 다공성 기재)로 제조되고, 수착제 입자는 그 두 벽 사이에 끼워진다. 그러한 용기 (이는 여전히 일반적으로 필터 "카트리지"로서 지칭될 수 있음)는 예를 들어 파우치 또는 봉지(sachet)의 형태를 취할 수 있다.

[0017] 또한 추가로, 용기 필터 지지체는, 또한 수착제 입자 (100)가 그 위 또는 그 안에 배치된 임의의 다공성, 통기성 재료를 광범위하게 포함한다. (다공성, 통기성 재료라 함은, 예를 들어 폐쇄 셀 밸포체와 달리, 기류가 그 재료를 통과하도록 상호연결된 내부 다공성을 포함하는 재료를 의미한다.) 그러한 재료는 예를 들어 임의의 적합한 유형의 개방형-셀 밸포체 재료일 수 있거나; 또는 그러한 재료는 미세다공성 막; 예를 들어, 상-역전 막, 트랙-에치(track-etch) 막 (예를 들어, 상표명 NUCLEPORE 하에서 Whatman으로부터 입수가능한 각종 제품에 의해 예시된 유형); 또는 (예를 들어, W.L Gore and Associates으로부터 상표명 GORE-TEX로 입수가능하고, Celgard corporation으로부터 상표명 CELGARD로 입수가능한 각종 제품으로 예시된 유형의) 연신-확장 막일 수 있다. 이러한 일반 유형의 필터 지지체 (10)는, 상기 기재된 바와 같이 그 사이의 공간을 한정하기 위해 예를 들어 쌍으로 사용되는 것으로 한정되지 않음이 이해될 것이다. 특정 사용 방식에 관계 없이, 그러한 필터 지지체 (10)는, 일부 실시 형태에서, 주평면을 나타내고, 두께가 약 8, 5, 3, 또는 1 mm 미만을 나타내는 시트-유사 재료의 형태를 취할 수 있으며, 이는 기류가 시트-유사 재료의 주평면에 적어도 대체로 수직인 방향으로 적어도 통과하도록 구성된다.

[0018] 상기 논의로부터, 본 명세서에서 개시된 바와 같은 필터 지지체는, 수착제 입자가 공기, 예를 들어 이동 공기의 스트림에 제시될 수 있는 임의의 형태 또는 기하 형태 (그리고 예를 들어 비다공성 기재, 통기성 망, 또는 다공성 폼과 같은 단일 독립체로 이루어지든지, 필터 카트리지를 종합적으로 형성하는 부품들의 조립된 조합으로 제조되든지의 여부에 관계 없이), 임의의 재료 또는 배치를 광범위하게 수용하는 것으로 이해될 것이다. 일부 실시 형태에서, 필터 지지체는 이동 공기가 수착제 입자를 포함하는 지지체의 주표면에 대해 예를 들어 적어도 대체로 평행하게 흐를 수 있도록 구성될 수 있다 (예를 들어, 도 1의 배치와 같음). 일부 실시 형태에서, 이동 공기는 지지체의 주표면에 대해 적어도 대체로 수직으로 흐를 수 있다 (예를 들어, 도 2의 배열과 같음). 일부 실시 형태에서, 이동 공기는 이들 두 극한 사이에서 중간의 방향으로 흐를 수 있다. 일부 실시 형태에서, 두 방향 모두 및/또는 이들 두 극한 사이에서 중간의 방향의 기류는 예를 들어 공기 필터의 상이한 부분에서 일어날 수 있다.

[0019] 도 3에서 예시적인 방식으로 예시된 일반 유형의 실시 형태에서, 공기 필터 (1)는 "허니콤(honeycomb)" (15)의 형태인 필터 지지체 (10)를 포함할 수 있다. 숙련자는 허니콤을 기류가 그를 통과하도록 허용하는 다수의 거시적 관통구멍을 포함하는 유동-통과 지지 구조체인 것으로서 인지할 것이며, 상기 구멍은 허니콤 구조체의 칸(벽)에 의해 서로 구분된다. (편의를 위해 용어 허니콤이 본 명세서에서 사용되지만, 숙련자는 그 구조가 (예를 들어 정사각형, 삼각형, 둥근 형태 등인 구명인) 임의의 기하형태일 수 있음과, 도 3의 예시적인 설계에 나타낸 규칙적인 6각형 기하형태로 엄격히 제한되기보다는 다소 불규칙적인 외관을 나타낼 수 있음을 이해할 것이다). 종종, 그러한 허니콤은, 종종 예를 들어 단지 수 mm 또는 더 작은 직경 또는 등가 직경을 갖는 유동-통과 채널을 포함할 수 있는, 상기 기재된 적층된 미세구조화된 기재에 대조적으로, 보다 큰 직경 또는 등가 직경 (예를 들어, 10-15 mm)을 갖는 관통구멍을 포함할 수 있다. 허니콤의 벽은 임의의 적합한 재료로 제조될 수 있으며, 예를 들어 성형된 또는 압출된 플라스틱, 판지 또는 마분지, 금속 등으로 제조될 수 있다.

[0020]

일부 실시 형태에서, 수착제 입자는 허니콤의 구멍을 규정하는 내부 벽에 부착될 수 있다. 그러나, 일부 실시 형태에서, 도 3에서와 같이, 부분적으로 또는 적어도 실질적으로 허니콤의 구멍을 수착제 입자로 (예를 들어 수착제 입자의 평균 크기, 크기 분포, 및 형태에 따라, 패킹 거동에 의해 허용되는 정도로) 충전시키는 것이 편리 할 수 있다. 그러한 경우, 허니콤에는 기류가 그 허니콤의 관통구멍을 들어가고 나가는 것은 허용하지만, 허니콤의 관통구멍 내의 수착제 입자는 보유하는 상류 및 하류의 통기성 기재 (예를 들어, 적합한 메쉬 또는 스크린)가 제공될 수 있다. (도 3의 예시적인 허니콤에서 기류의 방향은 원/접선 화살표로 표시된 바와 같이 평면 밖이다.) 일부 실시 형태에서, 수착제 입자는, 예를 들어 입자가 이동하거나 약간 친이될 수 있도록 구멍 내에서 느슨하게 패킹될 수 있다. 다른 실시 형태에서, 수착제 입자는, 예를 들어 구멍 내에서 입자의 친이 또는 침강(settling)을 최소화하도록 (예를 들어, 접착제, 열-활성화된 결합제, 등의 이용에 의해, 접촉점에서 입자를 서로 결합하기에는 충분하지만, 기체 물질을 포획하는 이들의 능력에 영향을 줄 정도로 입자를 허용할 수 없는 정도로 패색시키지는 않는 양으로) 서로 접합될 수 있다. 즉, 일부 실시 형태에서 (허니콤에서의 이용에 제한될 필요는 없음), 수착제 입자 (100)는, 개별적인 입자로서 제공되며, 함께 접합된 입자들의 응집에 의해 접합적으로 제공되는 (임의의 원하는 크기 및 형태의) 단일체, 통기성 블록의 형태로 제공될 수 있다. 그러한 단일체 구조물 (이는 다시, 임의의 원하는 공기 필터 내로의 포함을 위해, 예를 들어 카트리지 또는 캐나스터(canister)와 같은 용기 내로의 맞춤을 위해 또는 예를 들어 호흡기의 층 형성을 위해, 임의의 적합한 크기 및 형태를 가질 수 있다)의 예시적인 제조 방법이 Braun의 미국 특허 제5033465호에 논의된다. 특히 적어도 반-유연성인 (및 이에 따라 유연성 호흡기 마스크에서의 이용에 특히 적합할 수 있는) 구조체를 제조하기 위해 수착제 입자를 함께 접합하는 방법은 SenKus의 미국 특허 제6391429호에 논의된다.

[0021]

숙련자는 상기 언급된 일부 실시 형태들 간에 (예를 들어, 중공 튜브 내에서 제공되는 수착제 입자들 대, 적층된 미세구조화된 기재에 의해 규정된 채널들 내에 제공되는 수착제 입자들 대, 허니콤의 구멍 내에서 제공되는 수착제 입자들 간에) 확실한 경계선이 반드시 필요하지 않을 수 있음을 이해할 것이다. 모든 그러한 설계 및 배치, 및 이들의 조합은, 본 명세서에 개시된 바와 같은 하나 이상의 필터 지지체를 포함하는 공기 필터의 일반적인 개념 내에 포함된다. 일부 실시 형태에서, 본 명세서에 개시된 바와 같은 공기 필터 (1)는, 예를 들어 패킹층을 형성하기 위하여, (임의의 기하 형태이고, 예를 들어 강성 또는 적어도 반-유연성이든지의 여부에 관계 없이, 임의의 재료로 제조된) 임의의 적합한 용기의 내부로 부분적으로 충전된 또는 적어도 실질적으로 충전된 수착제 입자를 포함할 수 있음에 특히 유의한다. 일부 실시 형태에서, 그러한 용기는 중공 튜브, 예를 들어 드라거(Dräger) 튜브로서 종종 지칭되는 기체 검출 튜브와 유사한 튜브 형태를 취할 수 있다.

[0022]

일부 실시 형태에서, 도 4에서 예시적인 포괄적인 대표예에 나타낸 바와 같이, 필터 지지체 (10)는 기류가 그를 통과하도록 허용하는 다수의 관통구멍 (22)을 갖는 얇은 시트-유사 재료를 포함할 수 있다. 각종 실시 형태에서, 필터 지지체 (10)는 임의의 적합한 망, 메쉬, 스크린, 스크립, 직조 또는 편직 재료, 용융스펀 재료, 미세 천공된 필름, 등의 형태를 취할 수 있다. 용어 '망'은 본 명세서에서 편의상 비교적 적은 층 (5 이하; 종종 도 4에서와 같이 단일 층)의 필라멘트 (또는, 일반적으로, 관통공 사이에 있는 고체 재료의 층)로 구성된, 임의의 그러한 재료를 설명하는데 사용될 것이다. 종종, 그러한 필라멘트 (또는 시트-유사 필터 지지체 재료의 고체 부분, 예를 들어 미세천공된 필름)는 직경 또는 그의 균등률에 있어서 상대적으로 크다 (예를 들어, 0.1, 0.2, 또는 0.5 mm 이상). 그러한 망은 임의의 적합한 재료, 예를 들어 유기 폴리머, 무기 재료 (예를 들어, 유리 또는 세라믹), 또는 금속 또는 금속 합금으로 구성될 수 있다.

[0023]

그러한 실시 형태에서, 기류는 주로 망의 고체 부분 (21) (예를 들어 필라멘트) 사이의 관통구멍 (22)을 통하여 발생할 수 있어서, 기류는 지지체에 대해 적어도 대체로 수직으로 배향되지만; 원하는 경우, 기류는 망에 대해 적어도 대체로 평행하게 발생할 수 있다. 망을 통과하는 대체로 수직인 기류의 경우에, (도 4에서와 같이) 수착제 입자는 망의 상류 측 (23) 상에 위치되는 것이 편리할 수 있다. 그러나, 원하는 경우, 수착제 입자는 망의 하류 측 (24) 상에 위치될 수 있다. 특정 실시 형태에서, 수착제 입자는 망의 양측 상에 위치될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 수착제 입자를 포함하는 망 (또는, 일반적으로, 임의의 충분히 통기성인 기재)은 도 1 내지 도 4의 예시적인 실시 형태에서와 같이 "개방형(open-face)"으로 사용될 수 있다. 다른 실시 형태에서, 충분히 통기성인 제2 보유층 (예를 들어, 망의 제2 층, 또는 섬유질 웨브의 층, 미세기공성 막, 등)은 수착제 입자를 제위치에 보유하는 것을 보조하기 위해 수착제 입자 맨위에 위치될 수 있다. (즉, 수착제 입자는 망과 제2 보유층 사이에 개재될 수 있다)

[0024]

많은 실시 형태에서, 수착제 입자 (100)는 망의 고체 재료 (예를 들어, 필라멘트)에, 접합, 예를 들어 망의 한 측의 적어도 하나의 주표면 상에 제공되는 접착제, 예를 들어 감압성 접착제, 열용융 접착제, 애폭시 접착제 등 (28)에 의해, 예를 들어 접착제로 접합될 수 있다. 수착제 입자는 예를 들어 단일 필라멘트에 각각 접합될 수

있거나, 다수의 필라멘트에 접합될 수 있다. 필라멘트의 평균 직경, 및 필라멘트 사이의 관통구멍의 평균 크기는 원하는 경우 수착제 입자의 평균 크기를 고려하여 선택될 수 있다. 각종 실시 형태에서, 그러한 망은 예를 들어 0.2 mm 내지 약 2.0 mm 범위의 평균 필라멘트 직경을 나타낼 수 있다. 각종 실시 형태에서, 망의 개구는 예를 들어 최단 치수 약 0.5 mm 내지 최장 치수 약 5 mm의 범위일 수 있으며, 수착제의 입자 크기를 고려하여 선택될 수 있다. 특정 예로써, 약 1-2 mm 범위의 개구를 갖는 망이 8 × 20 메시 범위의 입자 크기를 나타내는 수착제와의 이용에 매우 적합할 수 있다. 본 명세서에 개시된 바와 같은 용도에 적합할 수 있는 예시적인 망은 Delstar Technologies로부터 입수가능한 각종 제품; 예를 들어, 상표명 KX215P, R0412-1OPR, RB0404-1OP, N02014-90PP, RB0404-28P, N03011-90PP, 및 TK16-SBSH 하에 입수가능한 제품을 포함한다.

[0025] 특정 실시 형태에서, 적합한 감압 접착제 (28)가 망의 주표면 상에 제공될 수 있다 (즉, 감압 접착제는 망의 주표면을 종합적으로 제공하는 필라멘트의 표면 상에 제공될 수 있다). 이는, 예를 들어 감압 접착제 전구체를 망 위에 코팅한 후 전구체를 감압 접착제로 변환시킴으로써 수행될 수 있다. 전구체는 예를 들어 유기 용매(들) 내 용액, 에멀션, 열용융 조성물, 등일 수 있다. 그러한 전구체는, 예를 들어 용매 및/또는 물을 제거하기 위해 건조함으로써, 열용융 조성물을 고체화하기 위해 냉각하는 등에 의해 변환될 수 있다. 침적 및 변환은 (기류가 필터의 일반적인 이용에서 망을 통과하지 않는 경우가 아니라면) 망의 관통구멍을 허용하지 못할 정도로 충전 또는 막는 것을 회피하도록 하는 방식으로 수행되어야 한다.

[0026] 일부 실시 형태에서, 망 위에 배치된 입자는 주로, (예를 들어, 물리적 얹힘을 통해서라기보다는) 예를 들어 접착제 접합으로 인해 망에 부착될 수 있음이 이해될 것이다. 일부 실시 형태에서, 수착제 입자는 적어도 실질적으로 단층 형태로 필터 지지체 상에 존재할 수 있다. 다른 실시 형태에서, 수착제 입자는 (예를 들어, 수착제 입자의 제1층을 망의 주표면에 접착제로 접합시키는 단계, 추가의 접착제를 수착제 입자의 제1 층 맨위에 적용하는 단계, 추가의 수착제 입자를 침적하는 단계, 이 과정을 반복하여 임의의 원하는 깊이의 수착제 입자의 접합체를 구축하는 단계에 의해 제조된) 다수의 층에 존재할 수 있다.

[0027] 일부 실시 형태에서, 필터 지지체 (10)는, 도 5의 예시적인 실시 형태에 나타낸 바와 같이, 종종 서로 얹히고, 다수의 "층"들 (예를 들어, 5 초파의 층들)에 종종 존재하는 다수의 섬유로 구성된 시트-유사 재료를 포함할 수 있다. 용어 섬유질 웨브는 본 명세서에서 편의상 임의의 그러한 재료를 설명하는데 사용될 것이다. 그러한 많은 섬유질 웨브의 랜덤한 특성으로 인해, 섬유는 구분된 층에 반드시 존재할 필요는 없을 수 있고, 종종 구분된 층 (예를 들어, 서로 박리되어 떨어질 수 있는 층)에 존재하지 않을 것임이 물론 이해될 것이지만; 예를 들어 5 이상의 별개의 섬유 또는 섬유의 구획이 그의 제1 주표면 (43)에서부터 그의 제2 주표면 (44)으로 그러한 웹의 두께 (깊이)를 가로지르게 되는 경우는 즉시 명백할 것이다 (도 5에서와 같음). 그러한 섬유 배치를 나타내는 임의의 재료는 본 명세서에 나타낸 바와 같은 섬유질 웨브의 정의에 속한다.

[0028] 종종, 그러한 섬유는 직경 또는 그의 등가 직경이 비교적 작을 수 있다 (예를 들어, 100, 80, 60, 40, 20, 10, 5, 또는 2 μm 미만). 각종 직경의 섬유의 혼합물이 물론 사용될 수 있다. 그러한 섬유질 웨브의 임의의 적합한 유형, 예를 들어 섬유가 비교적 랜덤으로 배열된 부직 웨브일 수 있다 (예를 들어, 카드된(carded) 웨브 및 특정 유형의 섬유-침적 방법을 이용하여 발생할 수 있는 바와 같은 섬유 배열의 그러한 일부 양은 제외). 다르게는, 그러한 섬유질 웨브는 편직된 또는 직조된 웨브로 구성될 수 있고, 여기서 섬유는 충분한 수의 층으로 제공된다. 전형적으로, 공기는 웨브의 다수의 섬유들 사이에 있는 틈새 공간 (interstitial space)을 통과함으로써 웨브를 통해 흐를 것이며; 종종, 그러한 기류는 도 5에서와 같이 섬유질 웨브의 주평면에 대해 적어도 대체로 수직으로 배향된다. 그러나, 원하는 경우, 기류는 섬유질 웨브의 주평면에 대해 적어도 대체로 평행하게 발생할 수 있을 것이다. 그러한 섬유질 웨브의 섬유는 (웨브가 가공 및 취급되기에 충분한 기계적 건전성을 갖도록) 임의의 적합한 방식으로 서로 접합될 수 있다. 그러한 접합 방법은 예를 들어 수성직조(hydroentangling), 니들-펀칭(needle-punching), 캘린더링(calendering) 등으로부터 선택될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 섬유는 서로 자생적으로 접합될 수 있는데, 이는 점 접합 또는 캘린더링에서와 같은 고른(solid) 접촉 압력의 적용 없이, 오븐 내에서 수득되는 바와 같이 상승된 온도에서 또는 소위 쓰루-에어(through-air) 접합제를 이용하여 섬유들이 접합됨을 의미한다. 특정 실시 형태에서, 섬유는 Fox의 미국 특허 제7947142호에 기재된 일반적 유형의 자생적 접합 방법을 이용하여 접합될 수 있다 (여기서, 가열된 공기의 스트림은 섬유들의 접합체를 통과하고, 이어서 강제 켄칭된다). 또는, (섬유, 고체 입자, 수계 에멀션, 등의 형태 여부에 관계 없이) 하나 이상의 결합제가 첨가되고, 이후 (예를 들어 가열에 의해) 활성화되어 섬유들을 함께 접합하여 최종 웨브를 형성할 수 있다. 임의의 그러한 접합 조작은 (섬유들의 얹힘에 의해 주로 기계적으로 또는 섬유들의 용융-접합의 이용 및/또는 추가된 결합제의 이용에 의해 달성되는지의 여부에 관계 없음), 아래 나타낸 바와 같이, 수착제 입자를 웨브 내 또는 웨브 상에 결합시키는 역할을 추가적으로 할 수 있다.

[0029]

일부 실시 형태에서, 수착제 입자는 섬유질 웨브의 주표면 (예를 들어, 주요 상류 표면) 상에, 주로 또는 전적으로, 도 4의 망 위에서의 입자들의 배치와 다소 유사한 방식으로 침적될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 수착제 입자의 적어도 일부는 섬유질 웨브 내부로 적어도 부분적으로 침투할 수 있다. (이는 예를 들어 도 4에 나타낸 바와 같은 필라멘트의 단층에 의해 제공된 망을 이용하는 상황에 대조적이며, 이 경우에는 지지체는 수착제 입자가 그 안으로 침투할 수 있는 "내부"가 적거나 없는 것으로 나타난다.) 그러한 일부 실시 형태에서, 수착제 입자는 수착제 입자가 그 위에 또는 그 안에 침적된 주표면에 근접한 섬유질 웨브의 영역에서 주로 발견될 수 있다. 그러나 많은 실시 형태에서, 입자가 한 표면 상에 잔류하거나 섬유질 웨브의 내부로 단지 짧은 거리로만 침투하도록 하나의 표면 상에, 예를 들어 침적되는 입자에 대조적으로, 수착제 입자 (100)가 (도 5의 실시 형태에서 나타낸 바와 같이) 섬유질 웨브의 두께에 걸쳐 광범위하게 분포되는 것을 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 웨브의 내부에 걸쳐 광범위하게 (예를 들어, 랜덤으로) 분포된 수착제 입자를 갖는 섬유질 웨브를 형성하는 적합한 방법이 본 명세서에서 이후 논의된다.

[0030]

특정 실시 형태에서, 섬유질 웨브 필터 지지체는 부직 웨브일 수 있다. 정의에 의해, 부직 섬유질 웨브는 예를 들어, 직조된 또는 편직된 웨브 또는 미세천공된 필름을 포함하지 않는다. 그러한 웨브는 임의의 적합한 방법에 의해 제조될 수 있고, 임의의 적합한 유형일 수 있다. 예를 들어, 그러한 부직 웨브는: 카드된 웨브; 습식-레이드(wet-laid) 웨브 (예를 들어, 제지 공정에 의해 제조됨); 예를 들어 공지된 랜도-웨버(Rando-Webber) 공정과 같은 통상의 에어레이팅(airlaying) 공정에 의해 제조된, 또는 Lalouch의 미국 특허 제8834759호에 기재된 중력-레이팅 공정과 같은 특수한 공정에 의해 제조된, 건식-레이드 웨브; 또는 용융스펀 웨브 (예를 들어, 스펀본드된(spunbonded) 웨브, 스펀레이스드(spunlaced) 웨브, 등)일 수 있다. (특정의, 예를 들어 스펀본드된 또는 스펀레이스드 웨브는, 예를 들어 놓여진 섬유의 깊이에 따라, 섬유질 웨브보다는 망으로서 적격일 수 있음이 이해될 것이다) 특정 실시 형태에서, 부직 웨브는 용융취입 웨브일 수 있고, 이 공정 및 결과의 웨브는 숙련자에게 공지일 것이다. 이들 각종 재료의 층들의 임의의 조합 (부직 웨브가 아닌 층과의 조합을 포함)이 사용될 수 있다. 섬유는 임의의 적합한 재료, 예를 들어 (예를 들어 폴리올레핀 섬유, 세로로오스성 섬유, 폴리에스테르 섬유, 나일론 섬유, 등과 같은) 열가소성 유기 섬유, (예를 들어 섬유유리 또는 세라믹 섬유와 같은) 무기 섬유, 금속 섬유, 등으로 제조될 수 있다.

[0031]

수착제 입자는 다공성 재료, 예를 들어 부직 웨브와 같은 섬유질 웨브 상에 및/또는 내에 제공되어, 임의의 적합한 방법에 의해, 본 명세서에 개시된 공기 필터의 필터 지지체를 형성할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 수착제 입자는 기존의 섬유질 웨브 상에 또는 내에 침적될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시 형태에서 부직 웨브는 접합성 섬유 및/또는 비-섬유질 결합제 (비-섬유질 결합제는 예를 들어 입자, 에멀션 또는 라텍스, 등의 형태를 취할 수 있음)와 같은 하나 이상의 결합 성분을 포함할 수 있다. 웨브는 그러한 결합 성분(들)을 연화 또는 활성화하는 온도로 가열될 수 있고, 수착제 입자는 이후 그에 접합될 부직 웨브의 주표면 상에 침적될 수 있다. 많은 그러한 공정은 우선적으로, 수착제 입자가 그 위에 침적된 부직 웨브의 주표면 상에 존재하는 또는 그에 근접한 수착제 입자를 생성할 수 있음이 이해될 것이다. 원하는 경우, 그러한 공정은 함께 접합되는 연속된 층을 이용하여 다수 반복되어서 수착제 입자를 안에 포함하는 다층 생성물을 형성할 수 있다.

[0032]

다른 실시 형태에서, 수착제 입자는 웨브의 제조 공정 동안 부직 웨브 내로 도입될 수 있다. 예를 들어, 부직 웨브가 용융취입에 의해 제조된 경우, 수착제 입자를 초기(incipient) 섬유 (초기 섬유라는 용어는 섬유로 고체화되기 시작 또는 시작하지 않을 수 있는 용융 스트림, 또는 섬유로의 고체화가 완료된 또는 완료되지 않을 수 있는 용융 스트림을 지칭한다)의 유동 스트림 내로 도입하는 것이 편리할 수 있다. 그러한 조작을 수행하는 일반적인 방법이 Fox의 미국 특허 출원 공보 제20120272829호에 개시되어 있으며, 이는 본 명세서에 참고로 포함된다. 초기 섬유는, 그 초기 섬유가 적어도 약간 접착성 (접합성)인 상태로 (예를 들어, 임시 접합 표면 상에 또는 필터 지지체의 부분으로서 잔류하는 2차 웨브 상에) 침적될 수 있다. 그러한 배치는 용융취입 부직 웨브의 섬유의 적어도 일부가 수착제 입자에 접합된 (예를 들어, 용융-접합된) 것을 가능하게 한다. 이러한 방식으로, 수착제 입자를 안에 포함하는 용융취입 웨브가 단일 조작으로 제조될 수 있다.

[0033]

물론, 섬유가 웨브로서 접합되기 전에 섬유의 혼합물 내로 수착제 입자를 도입하기 위한 다른 방법을 사용하는 것도 가능하다. 예를 들어, 수착제 입자는 웨브-형성 공정 (예를 들어, 상기 언급된 중력-레이팅 웨브-형성 공정)에 투입되는 섬유와 함께 혼합되어 수착제 입자를 안에 포함하는 섬유의 접합된 덩어리를 형성할 수 있다. 그러한 시도는, 섬유의 접합된 덩어리가 가열되어 섬유와 함께 결합하여 웨브를 형성 및/또는 수착제 입자가 웨브 내로 접합되도록, (섬유 형태, 또는 입자, 에멀션, 등과 같은 비섬유성 결합제의 여부에 관계없이) 결합제를 투입 재료에 첨가하는 것을 포함할 수 있다. 어떤 시도가 사용되든지, 수착제 입자가 섬유질 웨브 내 또는 그 위에 결합되도록 하는 주요 메커니즘은, 섬유를 함께 결합하여 웨브를 형성하는데 사용된 결합 메커니즘과 동일

하거나 상이할 수 있다.

[0034] 특히 용융취입 섬유질 웨브에 관련하여, 각종 섬유-형성 폴리머 재료가 그러한 섬유를 형성하는데 사용될 수 있다. 적어도 일부 섬유는 부직 웨브를 제조하는데 사용되는 조건 (예를 들어, 용융-취입 조건) 하에서 충분한 접합 (접착제) 특성을 나타내는 재료로 제조될 수 있다. 예로는 열가소성 수지, 예컨대 폴리우레탄 탄성중합체 성 재료, 폴리부틸렌 탄성중합체성 재료, 폴리에스테르 탄성중합체성 재료, 폴리에테르 블록 코폴리아미드 탄성 중합체성 재료, 폴리올레핀계 탄성중합체성 재료 (예를 들어, Dow로부터 상표명 VERSIFY 하에 입수 가능한 것들), 및 탄성중합체성 스티렌성 블록 코폴리머 (예를 들어, 미국 텍사스주 휴스턴 소재의 Kraton Polymer로부터의 상표명 KRATON 하에 입수 가능한 것들)를 포함한다. 섬유의 적어도 하나의 노출된 표면 (예를 들어, 코어-시쓰(core-sheath) 섬유 중 시쓰 부분)이 충분한 접착제 특성을 나타내는, 다성분 섬유 (예를 들어, 코어-시쓰 섬유, 분리가능한 또는 나란한 2성분 섬유 및 소위 "해도 (islands in the sea)" 섬유)가 사용될 수도 있다.

[0035] 일부 실시 형태에서, 수착제 입자 (100)에 접합될 수 있는 섬유는 용융취입 웨브 내에 존재하는 유일한 섬유일 수 있다. 다른 실시 형태에서, 예를 들어 충분한 접합성 섬유가 존재하는 한, (예를 들어, 수착제 입자를 접합하는데 있어서 임의의 유의한 정도로 참여하지 않는 한) 다른 섬유가 존재할 수 있다. 각종 실시 형태에서, 접합성 섬유는 용융취입 부직 웨브의 적어도 약 2 중량%, 적어도 약 4 중량%, 및 적어도 약 6 중량%로 포함될 수 있다. 추가의 실시 형태에서, 접합성 섬유는 용융취입 부직 웨브의 약 20 중량% 이하, 약 17 중량% 이하, 및 약 15 중량% 이하로 포함될 수 있다. 웨브에 존재하는 임의의 비접합성 섬유는 임의의 적합한 유형 및 조성물일 수 있다; 예를 들어, 임의의 공지의 폴리올레핀성 섬유 (예를 들어, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 등)가 사용될 수 있으며, 임의의 공지의 폴리에스테르 섬유일 수 있다. 적어도 일부 실시 형태에서, 부직 웨브는 임의의 종류의 임의의 침가된 결합제가 본질적으로 없다. 즉, 그러한 경우, 본질적으로 수착제 입자의 모든 결합은 (용융취입 부직 웨브 내에 이들을 보유하기 위하여) 접합성 섬유에 의해 수행된다. 그러한 실시 형태는, 이에 따라 입자 또는 분말, 라텍스, 에멀션, 혼탁액 또는 용액과 같은 액체, 등과 같은 형태의 결합제의 존재는 제외한다.

[0036] 상기 논의는, 섬유의 수착제 입자로의 접합이 적어도 부직 웨브 내에 입자를 보유하는데 적어도 부분적으로 사용되는 방법에 관한 것임을 이해할 것이다. 섬유 내 수착제 입자의 물리적 얹힘은 수착제 입자가 부직 웨브 내에 잔류하는 것을 또한 보조할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 제2의 통기성 층 (예를 들어, 스크림 또는 페이싱(facing))이, 임의의 수착제 입자가 그로부터 벗어나게 되는 위험을 최소화하도록 부직 웨브의 하나 이상의 주표면에 적용될 (예를 들어 접합될) 수 있다. 사실, 일부 실시 형태에서는, 용융취입 부직 웨브를 형성할 초기 섬유를 (초기 섬유의 스트림 내로 합쳐지는 수착제 입자와 함께), 제2의 웨브 (예를 들어, 스크림 또는 페이싱)의 주표면 상에 침적하는 것은, 용융취입 웨브가 그 용융취입 웨브 제조 작업에서 제2 웨브에 접합되도록 하여 편리할 수 있다.

[0037] 일부 실시 형태에서, 공기 필터 (1)는 적어도 하나의 필터 매질 (40)을 포함할 수 있다. 필터 매질은 수착제 입자 (100)를 보유할 수 있고 그를 공기에 노출시킬 수 있는 필터 지지체 (10)이며; 이 위에, 필터 매질은 이동 공기로부터 상당량의 미시 입자 (즉, 평균 직경 100 미크론 이하의 입자)를 여과할 수 있는 특정 유형의 필터 지지체이다. 필터 매질 (40)은, 수착제 입자가 그 안에 또는 그 위에 포함될 수 있는 통기성 네트워크 구조체를 제공하여, 그 수착제 입자를 통기성 네트워크 구조체를 통해 이동하는 공기 스트림에 제시하도록 하고, 나아가 미시 입자를 스스로 여과할 수 있는 임의의 재료를 포함할 수 있다. 그러한 필터 매질은 용융취입 및/또는 하전된 웨브인, 예를 들어 부직 웨브일 수 있다.

[0038] 나타낸 바와 같이, 필터 매질은 미시 입자 (직경 100 μm 이하)의 상당량을 포획할 수 있다. 특정 실시 형태에서, 필터 매질은 예를 들어, 10 μm 이하의 범위, 또는 심지어는 2.5 μm 이하의 범위 내에 있는 미분 입자의 상당량을 포획할 수 있다. 특정 실시 형태에서, 필터 매질은 HPEA 여과를 수행할 수 있다. 하기 기재된 바와 같은 일렉트릿(electret) (하전된) 재료의 이용은, 예를 들어 미분 입자 여과 또는 HEPA-여과를 수행하는 능력을 실질적으로 증진시킬 수 있음이 이해될 것이다. 각종 실시 형태에서, 필터 매질 (40)은 약 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10, 또는 5 미만의 %침투율 (본 명세서에서 다이옥틸 프탈레이트를 도전 재료로서 이용하여 특정되고, Fox의 미국 특허 제7947142호에 기재된 방법을 이용하여 시험됨)을 나타낼 수 있다. 일반적으로 필터 지지체에 대하여 본 명세서에 기재된 모든 공정 (예를 들어, 섬유-접합, 하전, 주름가공, 등), 파라미터 및 특징화는, 특히 필터 매질에 적용될 수 있다.

[0039] 일부 실시 형태에서, 필터 지지체로서의 (또는, 특히 필터 매질로서의) 이용을 위한 부직 웨브 (예를 들어, 용융취입 부직 웨브)는 정전기적으로 하전된 섬유를 포함할 수 있다. 그러한 섬유의 하전은 임의의 적합한 방법

예 의해, 예를 들어, Angadjivand의 미국 특허 제5496507호에서 교시된 바와 같은, 또는 Sebastian의 미국 특허 공보 제2009/0293279호에서 교시된 바와 같은, 물을 이용하여 부직 웨브에 전하를 부여함으로써 수행될 수 있다. 부직 일렉트릭 웨브는, Klaase의 미국 특허 제4588537호에 설명된 바와 같은 코로나 하전에 의해, 또는 Brown의 미국 특허 제4798850호에 기재된 바와 같이 전하를 섬유에 부여하는 기계적 시도를 사용하여 생성될 수도 있다. 그러한 시도들의 임의의 조합이 사용될 수 있다. 섬유는, 부직 웨브로 형성되기 전에, 또는 부직 웨브가 형성된 후에 하전될 수 있다. (임의의 경우에, 임의의 그러한 하전은, 주름가공되어야 하는 경우, 공기 필터 매질이 주름가공되기 전에 편리하게 수행될 수 있다.) 공기 필터가 필터 지지체 (10)와 상이한 충인 입자-여과 층을 포함하는 경우 (아래 설명되는 바와 같이), 그러한 입자-여과 층은 원하는 경우, 예를 들어 상기 시도들 중 임의의 것에 의해 하전될 수 있다.

[0040] (자립형이든지 또는 다층 조립체의 부분이든지) 필터 지지체가 주름가공되는 경우, 주름 형성 및 주름 간격은 Siversson의 미국 특허 제4798575호, Siversson의 미국 특허 제 4976677호, 및 Wenz의 미국 특허 제5389175호에 개시된 것들을 포함하는 임의의 적합한 기술을 사용하여 수행될 수 있다. 사용될 수 있는 주름가공 절차는, 예를 들어 Duffy의 미국 특허 제7235115호에도 기재되어 있다. (그러나, 적어도 일부 실시 형태에서는 스코어-주름가공의 이용이 회피될 수 있는데, 이는 스코어링 공정이 수착제 입자의 적어도 일부를 파쇄하는 역할을 할 수 있기 때문임을 이해하여야 할 것이다.) 각종 실시 형태에서, 주름가공된 공기 필터 지지체는 2.5 센티미터 당 약 0.5개 내지 약 5개의 주름을 포함할 수 있다. 더욱 구체적으로, 주름 간격은 예를 들어, 약 6, 8, 10, 또는 12 mm 내지 약 50, 40, 30, 20, 또는 15 mm일 수 있다. 각종 실시 형태에서, 주름 높이는 예를 들어, 약 15, 20, 25, 또는 30 mm 내지 약 100, 80, 60 또는 40 mm일 수 있다.

[0041] 공기 필터 (1)는 단일 층으로 이루어진 필터 지지체 (10) (이는 정의상, 적어도 일부 폴리머 수착제 입자 (10)를 지지함)를 포함할 수 있거나; 또는, 다층의 필터 지지체 (10) (예를 들어, 각각의 층은 적어도 일부 수착제 입자 (100)를 포함함)가 공기 필터 (1) 내에 존재할 수 있다. 특히, 필터 지지체(들) (10)는 그 자체가 본 명세서에서 정의된 바와 같은 공기 필터 매질이 아닌 경우, 공기 필터 (1)는 (적어도 하나의 필터 지지체 (10)에 추가하여), (예를 들어, 미시 입자, 미분 입자의 여과, 및/또는 HEPA 여과가 가능한) 폴리머 수착제 입자 (100)를 포함하지 않는 하나 이상의 입자-여과 층을 포함할 수 있다. 그러한 입자 여과 층은 원하는 경우 정전 기적으로 하전될 수 있고, 각종 실시 형태에서 약 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10, 또는 5 미만의 %침투율을 나타낼 수 있다. (입자라는 용어는 광범위하게 예를 들어 에어로졸, 먼지, 미스트, 흡(fume), 연기, 곰팡이, 세균, 포자, 화분, 등을 포괄한다.) 특정 실시 형태에서, 그러한 입자-여과 층은, 예를 들어 Fox의 미국 특허 제8240484호에 기재된 유형의 하이-로프트(high-loft) 스펜본드된 부직 웨브일 수 있으며, 이는 8% 미만 내지 약 4%의 고형성(solidity)을 포함하고, 이는 권축된(crimped) 섬유, 캡-형성된 섬유 및 2성분 섬유가 실질적으로 없는 용융스펀 섬유로 구성된다.

[0042] 임의의 입자-여과 층의 존재 여부에 관계없이, 공기 필터 (1)는 (적어도 하나의 필터 지지체 층 (10) 및 임의의 선택적인 입자-여과 층에 추가하여), 기계적 지지 또는 강성 등을 제공하도록, 예를 들어 커버 층, 성긴(coarse) 예비필터, 캐리어 층, 피부 접촉 층으로서의 역할을 하기 위한 하나 이상의 제2 층 (예를 들어, 스크림, 망, 커버, 등)을 포함할 수 있다. 즉, 대체로 그리고 필터 지지체 층 (10)의 특정 유형, 구성 또는 구조에 관계 없이, 그러한 필터 지지체 층은 접합적으로 공기 필터 (1)를 제공할 수 있는 다층 통기성 조립체 (스택)의 일 층으로서 제공될 수 있다. 임의의 그러한 다층 스택은, 본 명세서에 기재된 바와 같이, 물론 주름가공되고, 프레임화될 수 있다.

[0043] (예를 들어 패킹층, 등을 형성하기 위하여, 예를 들어 부직 섬유질 웨브 내에 분산된, 기재의 표면 상에 배치된, 소켓(receptacle)(들) 내로 충전된 것이든) 본 명세서에 개시된 수착제 입자는, 공기 중에 존재하는 임의의 원하는 성분 (예를 들어, 유해 가스/기체)을 포획하도록 구성된, 임의의 제2 수착제 입자와 조합되어 사용될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 그러한 제2 수착제 입자는 예를 들어 폴리머 수착제 입자 (100)의 상류 또는 하류인 별도의 층에 존재할 수 있다. 다른 실시 형태에서, 수착제 입자 (100) 및 임의의 원하는 제2 수착제 입자(들)는 함께 혼합될 수 있다. (별도의 층에서 또는 폴리머 수착제 입자 (100)와 섞인 혼합물로서 사용되든지) 제2 수착제 입자는, 예를 들어 활성탄, 알루미나 및 기타 금속 산화물, 점토, 호프카리트(hopcalite), 이온 교환 수지, 분자 체 및 제올라이트, 실리카, 중탄산나트륨, 및 이들 임의의 재료의 조합을 포함하는 것들 등으로부터 선택될 수 있다. 특정 실시 형태에서, 제2 수착제 입자 (예를 들어, 활성탄)는, 예를 들어 임의의 원하는 금속 염 또는 화합물과 적합하게 함침된, 함침된 수착제 입자일 수 있다. 제2 수착제 입자로서의 이용에 적합할 수 있는 (함침된 입자를 포함하는) 각종 입자는, 이 목적을 위해 그 전체가 본 명세서에 참고로 포함된, Billingsley의 미국 특허 출원 공보 제2015/0306536호에 상세히 기재되어 있다. 이들 입

자의 임의의 조합이 사용될 수 있다.

[0044] 일부 실시 형태에서, 본 명세서에 개시된 바와 같은 수차제 입자 (100)를 포함하는 공기 필터 (1)는 공기 필터 (1)와 별도로 제공되는 제2 공기 필터와 조합되어 사용될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 공기 필터 (1) 및 제2 공기 필터는 공기 취급 장치의 상이한 영역 내로 별도로 설치될 수 있다. (예를 들어, 공기 필터 (1) 및 제2 공기 필터는 각각 프레임화된 공기 필터일 수 있고, 각각 예를 들어 실내 공기 정화기 내에 별도로 삽입될 수 있다) 대안적으로, 공기 필터 (1) 및 제2 공기 필터는, 예를 들어 공기 취급 장치 내로 설치되기 전에, 함께 조립될 수 있다 (그리고 예를 들어, 서로 부착될 수 있음). 공기 필터 (1)는 제2 공기 필터의 상류 또는 하류에 위치될 수 있다 (공기 필터 (1)가 상류인 경우, 이는 예를 들어, 제2 필터에 대한 예비필터로서의 역할을 할 수 있다). 일부 실시 형태에서, 제2 공기 필터는 예를 들어 미분 입자를 포함하도록 구성될 수 있고, 예를 들어 약 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10, 또는 5 미만의 %침투율을 나타낼 수 있다.

[0045] 본 명세서에 개시된 바와 같은 수차제 입자 (100)를 포함하는 필터 지지체 (10)는 임의의 적합한 최종 용도를 위해 구성된, 임의의 종류의 공기 필터 (1) 내에 사용될 수 있다. 특정 예로서, 필터 지지체 (10)는 예를 들어 개인 호흡기 보호 디바이스인, 또는 그의 부분인 공기 필터에서 이용될 수 있다. 필터 지지체 (10)가 개인 호흡기 보호 디바이스를 제공하기 위해 마스크 본체에 유체 커플링될 수 있는 필터 카트리지의 형태를 취할 수 있음은 이미 나타내었다 (예를 들어, 일회용일 수 있는 필터 카트리지 및 사용자의 얼굴에 맞추어 형상화되고 보유되는 부분인 마스크 본체, 및 적정 시점에서 그에 부착되는 교체 필터 카트리지). 다른 실시 형태에서, 필터 지지체 (10)는 "안면부(face-piece) 여과식" 호흡기 마스크 (60) 내에 포함될 수 있다. 이러한 일반 유형의 제품에서, 마스크 본체 그 자체는 여과 기능을 제공한다. 즉, 부착 가능한 필터 카트리지 등과 함께 마스크 본체를 이용하는 호흡기와 달리, 안면부 여과식 호흡기는 필터 카트리지를 설치 또는 교체할 필요가 없도록 전체 마스크 본체의 상당부 또는 본질적으로 모두에 걸쳐 존재하는 필터 층(들)을 갖도록 설계된다. (즉, 안면부 여과식 호흡기에서, 마스크 본체는 거기에 부착된 하나 이상의 카트리지에 의존하기보다는 그 자체가 여과 기능을 수행한다.) 안면부 여과식 호흡기 (60)는 종종 두 구조 중 하나로 제공된다: 도 6에 예시적인 대표예로 나타낸 바와 같이 성형된 (예를 들어, 사용자의 얼굴에 맞도록 일반적으로 컵-형상으로, 형상화된) 구성, 및 편평하거나 거의 편평한 상태로 공급되고, 이후 펼쳐서 확장시켜서 사용자의 얼굴에 맞추어질 수 있는, 편평 절첩식 (flat-fold) 구성으로, 이는 도 7에 예시적인 대표예로 나타낸 바와 같다.

[0046] 그러한 호흡기 마스크 (예를 들어, 편평 절첩식 또는 성형된 호흡기) (60)는 임의의 원하는 보조 층 (예를 들어, 하나 이상의 커버 층, 보강 층, 예비-필터 층, 등) 및 성분 (예를 들어, 하나 이상의 배기 밸브, 부착 밴드 또는 끈, 코-피스(piece), 등)을 포함할 수 있다. 편평 절첩식 호흡기 마스크에서 사용되는 경우, 필터 지지체 (10)는 종종 비교적 유연성 층 (예를 들어, 재료를 더욱 쉽게 접힘성으로 만들기 위해 제공되는 하나 이상의 우선적인 접힘 선 (63)을 가짐)의 형태를 취할 수 있다. 필터 지지체 (10)가 (접힘성으로 설계되지 않은) 성형된 호흡기 마스크에서 사용되는 경우, 필터 지지체 (10)는 예를 들어 다소 반-강성 재료일 수 있다 (그러나, 많은 성형된, 컵 형상의 호흡기 마스크에서 강성의 상당 부분은 필터 층(들)과 별개의 보강 층에 의해 제공될 수 있기 때문에, 엄격하게는 필터 지지체 (10)가 그러한 제품에서의 사용을 위해 강성이거나 심지어는 반-강성일 필요는 없을 수 있다).

[0047] 상기-기재된 이용은 소위 "음압식" 호흡기; 즉 공기 이동을 위한 동력이, 별도로 제공된 동력화된 팬(fan)보다는 사용자의 호흡인 제품의 범주 내에 주로 속한다는 것이 이해될 것이다. 그러한 음압식 호흡기는, 예를 들어 전면형(full-face) 호흡기, 반면형(half-face) 호흡기, 및 후드 (예를 들어 대피 후드(escape hood), 스모크(smoke) 후드 등)로서 종종 구성된다. 그러한 모든 제품은 본 명세서에 사용된 바와 같은 용어 음압식 호흡기에 의해 포괄되며, 필터 지지체 (10)는 임의의 그러한 제품과 함께 사용될 수 있다.

[0048] 다른 실시 형태에서, 필터 지지체 (10)는 공기 이동을 위한 동력이 동력화된 팬 또는 송풍기인 호흡기에서 사용될 수 있다. 그러한 제품은 예를 들어 PAPR (전동식 공기 정화 호흡기)를 포함할 수 있다. 그러한 제품에서, 필터 지지체 (10) (및, 대체로 공기 필터 (1))는 사용자의 얼굴 또는 머리에 근접하여 위치될 수 있거나; 멀리 위치 (예를 들어, 벨트가 매여진 하우징의 소켓 내에 위치됨) 될 수 있다.

[0049] 일부 실시 형태에서, 도 8의 예시적인 실시 형태에 나타낸 바와 같이, (예를 들어, 주름가공 여부, 및 입자-여과 층과 같은 임의의 다른 층, 등의 포함 여부에 관계없이) 필터 지지체 (10)는, 예컨대 필터 지지체의 주변 가장자리 영역 둘레에 배열될 수 있는, 주변 프레임 (70) (예를 들어, 강화 또는 지지 프레임)을 포함하는 공기 필터 (1) 내로 포함될 수 있다. 프레임에 적합한 재료는 칩 보드(chip board), 또는 판지(paperboard), 합성 플라스틱 재료, 및 금속을 포함한다. 적합한 프레임 구성은 예를 들어 Pitzen의 미국 특허 제6126707호의 도 1

내지 도 4에 예시된 "핀치(pinch)" 프레임 구성, Pitzen의 미국 특허 제6126707호의 도 5 및 도 6에 예시된 "박스(box)" 프레임 구성, Pitzen의 미국 특허 제6126707호의 도 7 내지 도 11에 예시된 하이브리드(hybrid) 프레임 구성, Sundet의 미국 특허 제7503953호에 개시된 프레임 구성들 중 임의의 것, 및 Duffy의 미국 특허 제7235115호에 개시된 프레임 구성들 중 임의의 것으로부터 선택될 수 있다. 임의의 그러한 프레임은 임의의 적합한 방법, 예를 들어 열용융 접합, 실온 접착제, 등에 의해 필터 지지체에 부착될 수 있다.

[0050] 필터 지지체 (10)를 포함하는 공기 필터 (1) (프레임화 여부에 관계없음)는 임의의 적합한 전동 공기 취급 시스템, 예를 들어 HVAC 시스템에서 (예를 들어, 주택, 사무실 건물, 소매상업 시설 등에서 종종 사용되는 강제 난방, 냉각, 및/또는 난방/냉각 시스템에서) 이동 공기를 여과하는데 유리하게 사용될 수 있다. 그러한 필터는 실내 공기 정화기, 자동차 (예컨대, 자동차 실내 공기 여과), 무균실, 수술실, 등에서 이용될 수도 있다. 일부 실시 형태에서, 공기 필터 (1) (예를 들어, 필터 카트리지의 부분으로서)는 상기 나타낸 바와 같이, 전동 공기 정화 호흡기의 공기 경로 내로 삽입될 수 있다. 임의의 또는 모든 그러한 용도에서 공기 필터 (1)는 프레임화된 공기 필터일 필요는 없지만, 많은 그러한 용도에서 공기 필터 (1)는 프레임화된 공기 필터인 것이 유리할 수 있다.

[0051] 상기 논의는 적합한 필터 지지체 (10) 상에 폴리머 수착제 입자 (100)를 제공하여 공기 필터 (1)를 제공하고, 지지된 수착제 입자가 공기에 노출되도록 공기 필터를 배치하는 방법에 관한 것이다 (공기라는 용어는 광범위하게 사용되며, 임의의 가스 또는 가스 혼합물, 예를 들어 질소, 제습된 질소 또는 공기, 산소-풍부 공기, 마취 가스 또는 가스 혼합물을 포함하는 공기 등을 포함한다). 많은 실시 형태에서, 공기는 수착제 입자에 이동 공기 스트림의 형태로 노출된다. ("능동" 여파로서 지칭될 수 있는) 일부 경우에서, 그러한 이동 공기는 동력화된 송풍기, 팬 등에 의해 유도될 수 있다. ("수동" 여파로서 지칭될 수 있는) 다른 경우에서, 그러한 이동 공기는, 예를 들어 임의의 동력화된 메커니즘에 의해서라기보다는 사람의 호흡에 의해 유도될 수 있다. "수동" 여파라는 용어는 공기 필터 (1)가, 예를 들어 상온 분위기에서 기류, 회오리, 등에 노출되는 상황도 포함한다. 그러한 기류와 회오리는, (예를 들어 창문 스크린의 형태로 제공되는 필터 지지체 (10)의 외측 표면에 대해 부딪칠 수 있는 것과 같이) 예를 들어 바람의 형태를 취할 수 있다. 또는, 실내 환경에서, 그러한 기류 및 회오리는 대류 기류, 랜덤 기류, 등의 형태를 취할 수 있으며, 이는 예를 들어 건물의 실내에서 (예를 들어 문의 개폐, 사람들의 이동, 등으로 인하여) 규칙적으로 발생한다. 이에 따라, 본 명세서에 개시된 바와 같은 공기 필터 (1)는 예를 들어 카트리지, 백, 파우치, 캐니스터 또는 대체로 수착제 입자 (100)를 안에 보유하는 임의의 종류의 용기와 같은 디바이스를 포함하며, 상기 용기는 공기가 용기에 들어오도록 하여 수착제 입자와 접촉하고, 이후 용기를 나가도록 하는 적어도 하나의 통기성 벽을 가지며, 그러한 디바이스는 임의의 종류의 기계적 송풍기와 함께 사용되거나 사용되지 않거나, 또는 임의의 종류의 호흡기에서 사용되는지의 여부에 관계 없다는 것이 이해될 것이다.

[0052] 개요하면, 본 명세서에 기재된 바와 같은 공기 필터 (1)는, 공기에서 적어도 일부 알데하이드 분자를 제거하는 것이 요망되는 임의의 적합한 적용 분야에서 사용될 수 있다. 그러한 이용은, 단일 사용자에 의한 이용을 위해 설계된 개인 디바이스 (예를 들어, 개인 호흡기 보호 디바이스), 또는 예를 들어, 건물, 자동차, 및 사람이 거주, 작업 또는 모이는 기타 장소를 위해 설계된 공동 디바이스 (예를 들어, 실내 공기 정화기, HVAC 시스템, 등)를 포함할 수 있다. 나타낸 바와 같이, 그러한 이용은 "능동" 또는 "수동" 여파를 포함할 수 있으며, 임의의 광범위한 각종 기하 형태로 구성되고, 광범위한 각종 임의의 재료를 포함하는 공기 필터 (1)를 이용할 수 있다. 나타낸 바와 같이, 본 명세서에 기재된 폴리머 수착제 입자 (100)에 추가하여, 입자 (100)와 혼합 및/또는 별개의 층에 제공되는지의 여부에 관계없이 하나 이상의 제2의 수착제가 사용될 수 있다. 추가로 나타낸 바와 같이, 공기 필터 (1)는 (폴리머 수착제 입자 (100)를 지지하는 적어도 하나의 지지 층 (10)에 추가하여) 미립자 여파를 제공 및/또는 알데하이드 외의 일부 가스/기체를 포획하는 적어도 하나의 층을 포함할 수 있다. 이를 대신하여, 또는 이에 대한 보조로서, 예를 들어 미분 입자의 여파를 수행 및/또는 일부 다른 가스/기체를 포획하기 위하여, 공기 필터 (1)에 추가하여 제2 공기 필터가 제공될 수 있다. 또한, 필터 지지체의 상기-기재된 실시 형태들 중 임의의 조합이 사용될 수 있다. 예를 들어, 폴리머 수착제 입자 (100)는 섬유질 웨브 내, 또는 망의 표면 상에 배치될 수 있으며, 이러한 웨브 또는 망은 예를 들어 필터 카트리지를 제공하기 위한 하우징 내에 위치될 수 있다.

[0053] 폴리머 수착제 입자 (100)는 다이비닐벤젠/말레산 무수물 전구체 폴리머 재료와 질소 함유 화합물의 반응 생성물이다. 질소 함유 화합물은 폴리머 재료에 공유 결합적으로 부착된다. 폴리머 수착제는 전형적으로 다공성이며, 기공은 종종 메소기공 및/또는 미세기공의 크기 범위 내에 있는 입자의 형태로 제공된다. 폴리머 수착제는, 실온에서 또는 사용 조건 하에서 휘발성인 알데하이드를 수착하는데 사용될 수 있다. 적합한 알데하

이드는 전형적으로 하기 화학식 I의 알데하이드:

[0054] [화학식 I]

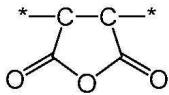


[0056] 상기 식에서, R_2 는 수소, 알킬, 비닐 또는 아릴이다. 화학식 I의 알데하이드의 분자량은 전형적으로 200 g/mol 이하이다. 일부 실시 형태에서, 알데하이드는 포름알데하이드 (R_2 는 수소임) 또는 아세트알데하이드 (R_2 는 메틸임)이다.

[0057] 특히, 폴리머 수착제는 다이비닐벤젠/말레산 무수물 전구체 폴리머 재료와 질소 함유 화합물의 반응에 의해 수득된다. 전구체 폴리머 재료는 말레산 무수물, 다이비닐벤젠 및 선택적인 스티렌-유형 모노머를 함유하는 모노머 혼합물을 포함하는 중합성 조성물로부터 합성된다. 더욱 구체적으로, 전구체 폴리머 재료는 1) 8 내지 65 중량%의 말레산 무수물, 2) 30 내지 85 중량%의 다이비닐벤젠 및 3) 0 내지 40 중량%의 스티렌-유형 모노머를 함유하는 모노머 혼합물로부터 형성되며, 여기서 스티렌-유형 모노머는 스티렌, 알킬 치환된 스티렌 또는 이들의 조합이다. 상기 양은 모노머 혼합물 중 모노머의 총 중량을 기준으로 하며, 이는 중합성 조성물 중 모노머의 총 중량과 같다. 알데하이드의 수착에 특히 효과적인 폴리머 수착제를 형성하는 데 전구체 폴리머 재료가 사용되는 경우, 모노머 혼합물은 종종 1) 15 내지 65 중량%의 말레산 무수물, 2) 30 내지 85 중량%의 다이비닐벤젠, 및 3) 0 내지 40 중량%의, 스티렌, 알킬-치환된 스티렌 또는 이들의 조합인, 스티렌-유형 모노머를 함유한다.

[0058] 모노머 혼합물에 포함되는 말레산 무수물은 전구체 폴리머 재료 내에서 하기 화학식 II의 말레산 무수물 모노머 단위의 형성을 초래한다:

[0059] [화학식 II]



[0060] [0061] 상기 화학식 및 본 명세서에 포함된 다른 화학식에서 별표는, 모노머 단위가 다른 모노머 단위 또는 말단기에 부착되는 위치를 나타낸다.

[0062] 전구체 폴리머 재료를 형성하는 데 사용되는 말레산 무수물의 양은 전구체 폴리머 재료와 반응하여 폴리머 수착제를 형성할 수 있는 질소 함유 화합물의 양에 영향을 준다. 질소 함유 화합물은 무수물 기와 반응하여 폴리머 수착제인 폴리머 재료에 공유 결합된다.

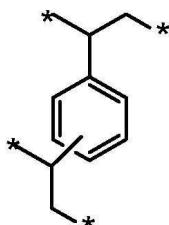
[0063] 일부 실시 형태에서, 모노머 혼합물에 포함된 말레산 무수물의 양은 8 중량% 이상, 10 중량% 이상, 12 중량% 이상, 15 중량% 이상 또는 20 중량% 이상이다. 말레산 무수물의 양은 65 중량% 이하, 60 중량% 이하, 55 중량% 이하, 50 중량% 이하, 45 중량% 이하, 40 중량% 이하, 35 중량% 이하, 30 중량% 이하 또는 25 중량% 이하일 수 있다. 예를 들어, 말레산 무수물은 8 내지 65 중량%, 15 내지 65 중량%, 15 내지 60 중량%, 15 내지 50 중량%, 15 내지 40 중량%, 20 내지 65 중량%, 20 내지 60 중량%, 20 내지 50 중량%, 20 내지 40 중량%, 30 내지 65 중량%, 30 내지 60 중량%, 30 내지 50 중량%, 40 내지 65 중량% 또는 40 내지 60 중량%의 범위로 존재할 수 있다. 상기 양은 전구체 폴리머 재료를 형성하는 데 사용되는 중합성 조성물에 함유된 모노머 혼합물 중의 모노머의 총 중량을 기준으로 한다.

[0064] 달리 말하면, 전구체 폴리머 재료는 8 내지 65 중량%, 15 내지 65 중량%, 15 내지 60 중량%, 15 내지 50 중량%, 15 내지 40 중량%, 20 내지 65 중량%, 20 내지 60 중량%, 20 내지 50 중량%, 20 내지 40 중량%, 30 내지 65 중량%, 30 내지 60 중량%, 30 내지 50 중량%, 40 내지 65 중량% 또는 40 내지 60 중량% 범위의 화학식 II의 모노머 단위를 함유한다. 이러한 양은 전구체 폴리머 재료 중의 모노머 단위의 총 중량을 기준으로 한다.

[0065] 모노머 혼합물에 포함된 다이비닐벤젠은 전구체 폴리머 재료 내에 하기 화학식 III의 다이비닐벤젠 모노머 단위의 형성을 초래한다:

[0066]

[화학식 III]



[0067]

[0068]

벤젠 고리에 부착된 2개의 기는 서로 오르토, 메타 또는 파라 배열에 있을 수 있다. 화학식 III의 모노머 단위는 높은 가교결합 밀도 및 미세기공 및/또는 메소기공을 갖는 강성 폴리머 재료의 형성에 기여한다.

[0069]

전구체 폴리머 재료를 형성하는 데 사용되는 다이비닐벤젠의 양은 전구체 폴리머 재료 및 폴리머 수착제 모두의 BET 비표면적에 대해 강한 영향력을 가질 수 있다. BET 비표면적은 전구체 폴리머 재료를 형성하는 데 사용되는 모노머 혼합물 내의 다이비닐벤젠의 양 및 폴리머 수착제 내에 생성된 화학식 III의 모노머 단위의 양이 증가함에 따라 증가하는 경향이 있다. 다이비닐벤젠의 양이 30 중량% 미만인 경우, 폴리머 수착제는 충분히 높은 BET 비표면적을 갖지 않을 수 있다. 반면에, 다이비닐벤젠의 양이 85 중량% 초과인 경우, 폴리머 수착제 내에 질소 함유기가 더 적기 때문에 수착된 알데하이드의 양이 손상될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 모노머 혼합물 내에 포함된 다이비닐벤젠의 양은 30 중량% 이상, 35 중량% 이상, 40 중량% 이상 또는 45 중량% 이상이다. 다이비닐벤젠의 양은 85 중량% 이하, 80 중량% 이하, 75 중량% 이하, 70 중량% 이하, 65 중량% 이하, 60 중량% 이하 또는 50 중량% 이하일 수 있다. 예를 들어, 상기 양은 30 내지 85 중량%, 30 내지 80 중량%, 30 내지 75 중량%, 30 내지 70 중량%, 30 내지 65 중량%, 30 내지 60 중량%, 30 내지 55 중량%, 30 내지 50 중량%, 35 내지 80 중량%, 35 내지 70 중량%, 35 내지 60 중량%, 40 내지 85 중량%, 40 내지 80 중량%, 40 내지 70 중량% 또는 40 내지 60 중량% 범위일 수 있다. 상기 양은 전구체 폴리머 재료를 형성하는 데 사용되는 중합성 조성물에 함유된 모노머 혼합물 중의 모노머의 총 중량을 기준으로 한다.

[0070]

달리 말하면, 전구체 폴리머 재료는 30 내지 85 중량%, 30 내지 80 중량%, 30 내지 75 중량%, 30 내지 70 중량%, 30 내지 65 중량%, 30 내지 60 중량%, 30 내지 55 중량%, 30 내지 50 중량%, 35 내지 80 중량%, 35 내지 70 중량%, 35 내지 60 중량%, 40 내지 85 중량%, 40 내지 80 중량%, 40 내지 70 중량% 또는 40 내지 60 중량% 범위의 화학식 III의 모노머 단위를 함유한다. 이러한 양은 전구체 폴리머 재료 중의 모노머 단위의 총 중량을 기준으로 한다.

[0071]

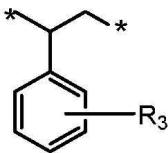
다이비닐벤젠은 순수한 형태로 얻기가 어려울 수 있다. 예를 들어, 다이비닐벤젠은 종종 55 중량%라는 낮은 순도로 시판된다. 순도가 약 80 중량% 초과인 다이비닐벤젠을 얻는 것은 어렵고/어렵거나 비용이 많이 들 수 있다. 다이비닐벤젠에 동반되는 불순물은 전형적으로 스티렌, 알킬 치환된 스티렌(예를 들어, 에틸 스티렌) 또는 이들의 혼합물과 같은 스티렌-유형 모노머이다. 따라서, 스티렌-유형 모노머는 종종 전구체 폴리머 재료를 형성하는 데 사용되는 중합성 조성물에 함유된 모노머 혼합물 중에 다이비닐벤젠 및 말레산 무수물과 함께 존재한다. 모노머 혼합물은 전형적으로 모노머 혼합물 중의 모노머의 총 중량을 기준으로 0 내지 40 중량%의 스티렌-유형 모노머를 함유한다. 스티렌-유형 모노머의 함량이 40 중량% 초과인 경우, 가교결합 밀도가 너무 낮을 수 있고/있거나 가교결합 사이의 거리가 너무 커서 원하는 BET 비표면적(예를 들어, $25 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상)을 갖는 폴리머 수착제를 제공할 수 없을 수 있다. 가교결합 밀도가 감소함에 따라, 폴리머 수착제는 덜 강성이고 덜 탄력적인 경향이 있다. 전형적으로, 순도가 55 중량%인 다이비닐벤젠은 전구체 폴리머 재료를 형성하는 데 사용되는 모노머 혼합물에 사용하기에 적합하지 않은데, 이는 스티렌-유형 모노머 불순물의 함량이 너무 높기 때문이다. 즉, 최소량의 다이비닐벤젠을 갖는 모노머 혼합물을 제공하기 위하여, 다이비닐벤젠은 종종 적어도 약 80 중량%의 순도이다. 약 80 중량%보다 낮은 순도를 갖는 다이비닐벤젠의 사용은 바람직하지 않게 낮은 BET 비표면적을 갖는 전구체 폴리머 재료 및/또는 폴리머 수착제의 형성을 초래할 수 있다.

[0072]

모노머 혼합물에 포함된 스티렌-유형 모노머는 전구체 폴리머 재료 내에 하기 화학식 IV의 스티렌-유형 모노머 단위의 존재를 초래한다:

[0073]

[화학식 IV]



[0074]

[0075]

기 R_3 은 수소 또는 알킬이다 (예를 들어, 탄소 원자수가 1 내지 10, 탄소 원자수가 1 내지 6 또는 탄소 원자수가 1 내지 4인 알킬).

[0076]

일부 실시 형태에서, 전구체 폴리머 재료를 형성하는 데 사용되는 스티렌-유형 모노머의 양은 1 중량% 이상, 2 중량% 이상 또는 5 중량% 이상이다. 스티렌-유형 모노머의 양은 40 중량% 이하, 30 중량% 이하, 20 중량% 이하 또는 10 중량% 이하일 수 있다. 예를 들어, 상기 양은 0 내지 40 중량%, 1 내지 40 중량%, 5 내지 40 중량%, 10 내지 40 중량%, 0 내지 30 중량%, 1 내지 30 중량%, 5 내지 30 중량%, 10 내지 30 중량%, 0 내지 20 중량%, 1 내지 20 중량%, 5 내지 20 중량% 또는 10 내지 20 중량% 범위일 수 있다. 상기 양은 전구체 폴리머 재료를 형성하는 데 사용되는 중합성 조성물에 함유된 모노머 혼합물 중의 모노머의 총 중량을 기준으로 한다.

[0077]

달리 말하면, 전구체 폴리머 재료는 0 내지 40 중량%, 1 내지 40 중량%, 5 내지 40 중량%, 10 내지 40 중량%, 0 내지 30 중량%, 1 내지 30 중량%, 5 내지 30 중량%, 10 내지 30 중량%, 0 내지 20 중량%, 1 내지 20 중량%, 5 내지 20 중량% 또는 10 내지 20 중량% 범위의 화학식 IV의 모노머 단위를 함유한다. 이러한 양은 전구체 폴리머 재료 중의 모노머 단위의 총 중량을 기준으로 한다.

[0078]

전체적으로, 전구체 폴리머 재료는 8 내지 65 중량%의 말레산 무수물, 30 내지 85 중량%의 다이비닐벤젠 및 0 내지 40 중량%의 스티렌-유형 모노머를 포함하는 모노머 혼합물을 함유하는 중합성 조성물로부터 형성된다. 일부 실시 형태에서, 모노머 혼합물은 15 내지 65 중량%의 말레산 무수물, 30 내지 85 중량%의 다이비닐벤zen 및 0 내지 40 중량% (또는 5 내지 40 중량%)의 스티렌-유형 모노머를 함유한다. 일부 실시 형태는 25 내지 65 중량%의 말레산 무수물, 30 내지 75 중량%의 다이비닐벤젠 및 1 내지 20 중량% (또는 5 내지 20 중량%)의 스티렌-유형 모노머를 함유한다. 또 다른 실시 형태에서, 모노머 혼합물은 30 내지 65 중량%의 말레산 무수물, 30 내지 70 중량%의 다이비닐벤젠 및 1 내지 20 중량% (또는 5 내지 20 중량% 또는 10 내지 20 중량%)의 스티렌-유형 모노머를 함유한다. 또 다른 실시 형태에서, 모노머 혼합물은 30 내지 60 중량%의 말레산 무수물, 30 내지 65 중량%의 다이비닐벤젠 및 1 내지 20 중량% (또는 5 내지 20 중량% 또는 10 내지 20 중량%)의 스티렌-유형 모노머를 함유한다. 추가의 실시 형태에서, 모노머 혼합물은 40 내지 60 중량%의 말레산 무수물, 30 내지 55 중량%의 다이비닐벤젠 및 1 내지 20 중량% (또는 5 내지 20 중량% 또는 10 내지 20 중량%)의 스티렌-유형 모노머를 함유한다. 또 다른 추가의 실시 형태에서, 모노머 혼합물은 20 내지 40 중량%의 말레산 무수물, 50 내지 70 중량%의 다이비닐벤젠 및 1 내지 20 중량% (또는 5 내지 20 중량% 또는 10 내지 20 중량%)의 스티렌-유형 모노머를 함유한다. 중량% 값은 전구체 폴리머 재료를 형성하는 데 사용되는 모노머 혼합물 중의 모노머의 총 중량을 기준으로 한다.

[0079]

전구체 폴리머 재료를 형성하는 데 사용되는 중합성 조성물에 포함되는 모노머 혼합물은 전형적으로 말레산 무수물, 다이비닐벤젠 및 스티렌-유형 모노머로부터 선택되는 모노머를 95 중량% 이상 함유한다. 예를 들어, 모노머 혼합물 중 모노머의 97 중량% 이상, 98 중량% 이상, 99 중량% 이상, 99.5 중량% 이상, 99.9 중량% 이상 또는 100 중량%는 말레산 무수물, 다이비닐벤젠 및 스티렌-유형 모노머로부터 선택된다. 일부 실시 형태에서, 고순도 다이비닐벤젠이 사용되는 경우, 모노머 혼합물은 다이비닐벤젠 및 말레산 무수물만을 함유한다. 즉, 다이비닐벤젠과 말레산 무수물의 양의 합이 100 중량%이다.

[0080]

모노머 혼합물에 더하여, 전구체 폴리머 재료를 형성하는 데 사용되는 중합성 조성물은 유기 용매를 포함한다. 중합성 조성물은 중합 전에 단일 상(single phase)이다. 달리 말하면, 중합성 조성물은 중합 전에 혼탁액이 아니다. 유기 용매는 모노머 혼합물 내에 포함된 모노머를 용해시키고 전구체 폴리머 재료가 형성되기 시작함에 따라 그것을 가용화하도록 선택된다. 유기 용매는 전형적으로 케톤, 에스테르, 아세토니트릴, 또는 이들의 혼합물을 포함한다.

[0081]

유기 용매는 전구체 폴리머 재료의 형성 동안 기공 유도물질(porogen)로서 역할을 할 수 있다. 유기 용매의 선택은 전구체 폴리머 재료에 형성된 기공의 크기 및 BET 비표면적에 크게 영향을 줄 수 있다. 모노머와 형성 폴

리머(forming polymer) 모두와 혼화성인 유기 용매를 사용하면 전구체 폴리머 재료 내에 미세기공 및 메소기공을 형성하는 경향이 있다. 모노머 및 형성 폴리머에 양호한 용매는 최종 폴리머 수착제의 다공도의 더 큰 부분이 미세기공 및 메소기공의 형태인 경향이 있다.

[0082] 특히 적합한 유기 용매에는 케톤, 에스테르, 아세토니트릴, 및 이들의 혼합물이 포함된다. 생성된 전구체 폴리머 재료의 BET 비표면적이 $100 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상이면, 이러한 유기 용매 중 하나 이상과 함께 다른 유기 용매가 첨가될 수 있다. 적합한 케톤의 예에는 알킬 케톤, 예컨대 메틸 에틸 케톤 및 메틸 아이소부틸 케톤이 포함되지만 이로 한정되지 않는다. 적합한 에스테르의 예에는 아세테이트 에스테르, 예컨대 에틸 아세테이트, 프로필 아세테이트, 부틸 아세테이트, 아밀 아세테이트 및 *tert*-부틸 아세테이트가 포함되지만 이로 한정되지 않는다.

[0083] 유기 용매는 임의의 원하는 양으로 사용될 수 있다. 중합성 조성물은 종종 1 내지 75 중량% 범위의 %고형분을 갖는다(즉, 중합성 조성물은 25 내지 99 중량%의 유기 용매를 함유한다). %고형분이 너무 적은 경우, 중합 시간은 바람직하지 않게 길어질 수 있다. %고형분은 종종 1 중량% 이상, 2 중량% 이상, 5 중량% 이상, 10 중량% 이상 또는 15 중량% 이상이다. 그러나, %고형분이 너무 큰 경우, 모노머는 유기 용매와 단일 상을 형성하지 않는다. 또한, %고형분의 증가는 더 낮은 BET 비표면적을 갖는 전구체 폴리머 재료의 형성을 초래하는 경향이 있다. %고형분은 75 중량% 이하, 70 중량% 이하, 60 중량% 이하, 50 중량% 이하, 40 중량% 이하, 30 중량% 이하 또는 25 중량% 이하일 수 있다. 예를 들어, %고형분은 5 내지 75 중량%, 5 내지 70 중량%, 5 내지 60 중량%, 5 내지 50 중량%, 5 내지 40 중량%, 5 내지 30 중량% 또는 5 내지 25 중량% 범위일 수 있다.

[0084] 모노머 혼합물 및 유기 용매에 더하여, 전구체 폴리머 재료를 형성하는 데 사용되는 중합성 조성물은 전형적으로 자유 라디칼 중합 반응을 위한 개시제를 포함한다. 임의의 적합한 자유 라디칼 개시제가 사용될 수 있다. 적합한 자유 라디칼 개시제는 전형적으로 중합성 조성물에 포함된 모노머와 혼화성이 되도록 선택된다. 일부 실시 형태에서, 자유 라디칼 개시제는 실온보다 높은 온도에서 활성화될 수 있는 열 개시제이다. 다른 실시 형태에서, 자유 라디칼 개시제는 산화환원(redox) 개시제이다. 중합 반응이 자유 라디칼 반응이기 때문에, 중합성 조성물 중의 산소의 양을 최소화하는 것이 바람직하다.

[0085] 개시제의 유형 및 양 모두가 중합 속도에 영향을 줄 수 있다. 대체로, 개시제의 양의 증가는 BET 비표면적을 낮추는 경향이 있다; 그러나, 개시제의 양이 너무 낮은 경우, 모노머의 폴리머 재료로의 높은 전환을 수득하는 것은 어려울 수 있다. 자유 라디칼 개시제는 전형적으로 0.05 내지 10 중량%, 0.05 내지 8 중량%, 0.05 내지 5 중량%, 0.1 내지 10 중량%, 0.1 내지 8 중량%, 0.1 내지 5 중량%, 0.5 내지 10 중량%, 0.5 내지 8 중량%, 0.5 내지 5 중량%, 1 내지 10 중량%, 1 내지 8 중량% 또는 1 내지 5 중량% 범위의 양으로 존재한다. 중량%는 중합성 조성물 중의 모노머의 총 중량을 기준으로 한다.

[0086] 적합한 열 개시제에는 유기 과산화물 및 아조 화합물이 포함된다. 아조 화합물의 예에는 E.I. du Pont de Nemours Co.(델라웨어주 월밍턴 소재)로부터 상표명 바조(VAZO)로 시판되는 것들, 예컨대 바조 64(2,2'-아조비스(아이소부티로니트릴), 이는 종종 AIBN으로 지칭됨) 및 바조 52(2,2'-아조비스(2,4-다이메틸펜탄니트릴))가 포함되지만 이로 한정되지 않는다. 다른 아조 화합물은, V-601(다이메틸 2,2'-아조비스(2-메틸프로프리오네이트)), V-65(2,2'-아조비스(2,4-다이메틸 발래로니트릴)), 및 V-59(2,2'-아조비스(2-메틸부티로니트릴))와 같이 Wako Chemicals USA, Inc.(버지니아주 리치몬드 소재)로부터 시판된다. 유기 과산화물에는 비스(1-옥소아릴)페옥사이드, 예컨대 벤조일 페옥사이드(BPO), 비스(1-옥소알킬)페옥사이드, 예컨대 라우로일 페옥사이드, 및 다이알킬 페옥사이드, 예컨대 다이쿠밀 페옥사이드 또는 다이-*tert*-부틸 페옥사이드 및 이들의 혼합물을 포함되지만 이로 한정되지 않는다. 열 개시제를 활성화하는 데 필요한 온도는 종종 25°C 내지 160°C의 범위, 30°C 내지 150°C의 범위, 40°C 내지 150°C의 범위, 50°C 내지 150°C의 범위, 50°C 내지 120°C의 범위, 또는 50°C 내지 110°C의 범위이다.

[0087] 적합한 산화환원 개시제에는 산화 상태의 금속, 과산화물 또는 과황산염과 조합된 아릴설피네이트 염, 트라이아릴설포늄 염 또는 *N,N*-다이알킬아닐린(예를 들어, *N,N*-다이메틸아닐린)이 포함된다. 구체적인 아릴설피네이트 염에는 테트라알킬암모늄 아릴설피네이트, 예컨대 테트라부틸암모늄 4-에톡시카르보닐벤젠설피네이트, 테트라부틸암모늄 4-트라이플루오로메틸벤젠설피네이트 및 테트라부틸암모늄 3-트라이플루오로메틸벤젠설피네이트가 포함된다. 구체적인 트라이아릴설포늄 염에는 트라이페닐설포늄 양이온과 PF_6^- , AsF_6^- 및 SbF_6^- 로부터 선택되는 음이온을 갖는 것들이 포함된다. 적합한 금속 이온에는, 예를 들어 III족 금속, 전이 금속 및 란탄족 금속의 이온이 포함된다. 구체적인 금속 이온에는 $\text{Fe}(\text{III})$, $\text{Co}(\text{III})$, $\text{Ag}(\text{I})$, $\text{Ag}(\text{II})$, $\text{Cu}(\text{II})$, $\text{Ce}(\text{III})$, $\text{Al}(\text{III})$, $\text{Mo}(\text{VI})$ 및 $\text{Zn}(\text{II})$ 가 포함되지만 이로 한정되지 않는다. 적합한 과산화물에는 벤조일 페옥사이드, 라우로일 페

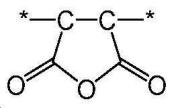
옥사이드 등이 포함된다. 적합한 과황산염에는, 예를 들어 과황산암모늄, 테트라알킬암모늄 퍼설페이트(예를 들어, 테트라부틸암모늄 퍼설페이트) 등이 포함된다.

[0088] 중합성 조성물에는 전형적으로 계면활성제가 없거나 실질적으로 없다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 계면 활성제와 관련하여 용어 "실질적으로 없는"은 계면활성제가 중합성 조성물에 의도적으로 첨가되지 않고, 존재할 수 있는 어떠한 계면활성제도 중합성 조성물의 성분들 중 하나 중에 존재하는 불순물(예를 들어, 유기 용매 중에 또는 모노머들 중 하나 중에 존재하는 불순물)의 결과임을 의미한다. 중합성 조성물은 전형적으로 중합성 조성물의 총 중량을 기준으로 0.5 중량% 미만, 0.3 중량% 미만, 0.2 중량% 미만, 0.1 중량% 미만, 0.05 중량% 미만 또는 0.01 중량% 미만의 계면활성제를 함유한다. 이러한 재료는 전구체 폴리머 재료의 미세기공 및 메소기공에 대한 접근을 제한하고, 일부 경우에는 이를 채우는 경향이 있기 때문에 계면활성제가 없는 것이 유리하다.

[0089] 중합성 조성물이 자유 라디칼 개시제의 존재 하에서 가열되는 경우, 모노머 혼합물에서 모노머의 중합이 일어난다. 모노머 혼합물 중의 각각의 모노머의 양의 균형을 맞추고, 모든 모노머 및 성장하는 폴리머 재료의 초기 형성 단계 동안 이를 가용화할 수 있는 유기 용매를 선택함으로써, BET 비표면적이 $100 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상인 전구체 폴리머 재료가 제조될 수 있다. 전구체 폴리머 재료의 BET 비표면적은 $150 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상, $200 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상 또는 $300 \text{ m}^2/\text{g}$ 이상일 수 있다. BET 비표면적은, 예를 들어 최대 $1000 \text{ m}^2/\text{g}$ 또는 그 이상, 최대 $900 \text{ m}^2/\text{g}$, 최대 $800 \text{ m}^2/\text{g}$, 최대 $750 \text{ m}^2/\text{g}$ 또는 최대 $700 \text{ m}^2/\text{g}$ 일 수 있다.

[0090] 전구체 폴리머 재료는 중합성 조성물의 반응 생성물이다. 중합성 조성물로부터 형성되는 전구체 폴리머 재료는
 (a) 8 내지 65 중량%의 하기 화학식 II의 제1 모노머 단위:

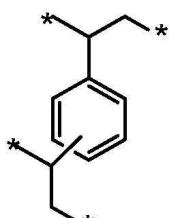
[0091] [화학식 II]



[0092]

[0093] (b) 30 내지 85 중량%의 하기 화학식 III의 제2 모노머 단위:

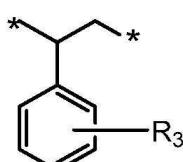
[0094] [화학식 III]



[0095]

[0096] (c) 0 내지 40 중량%의 하기 화학식 IV의 제3 모노머 단위를 함유하며, 상기 식에서 R_3 은 수소 또는 알킬(예를 들어, 탄소 원자수가 1 내지 10, 1 내지 6 또는 1 내지 4인 알킬)이다:

[0097] [화학식 IV]



[0098]

[0099] 많은 실시 형태에서, 알데하이드용 폴리머 수착제로 특히 효과적이기 위해, 전구체 폴리머 재료는 (a) 15 내지 65 중량%의 화학식 II의 제1 모노머 단위, (b) 30 내지 85 중량%의 화학식 III의 제2 모노머 단위 및 (c) 0 내지 40 중량%(또는 5 내지 40 중량%)의 화학식 IV의 제3 모노머 단위를 함유한다. 각각의 중량% 값은 전구체 폴리머 재료 중의 모노머 단위의 총 중량을 기준으로 한다.

- [0100] 전구체 폴리머 재료의 일부 실시 형태는 25 내지 65 중량%의 화학식 II의 제1 모노머 단위, 30 내지 75 중량%의 화학식 III의 제2 모노머 단위 및 1 내지 20 중량%(또는 5 내지 20 중량%)의 화학식 IV의 제4 모노머 단위를 함유한다. 일부 실시 형태는 25 내지 60 중량%의 화학식 II의 제1 모노머 단위, 30 내지 75 중량%의 화학식 III의 제2 모노머 단위 및 1 내지 30 중량%(또는 5 내지 30 중량% 또는 10 내지 30 중량%)의 화학식 IV의 제4 모노머 단위를 함유한다. 또 다른 실시 형태에서, 모노머 혼합물은 30 내지 65 중량%의 화학식 II의 제1 모노머 단위, 30 내지 70 중량%의 화학식 III의 제2 모노머 단위 및 1 내지 20 중량%(또는 5 내지 20 중량% 또는 10 내지 20 중량%)의 화학식 IV의 제4 모노머 단위를 함유한다. 또 다른 실시 형태에서, 모노머 혼합물은 30 내지 60 중량%의 화학식 II의 제1 모노머 단위, 30 내지 65 중량%의 화학식 III의 제2 모노머 단위 및 1 내지 20 중량%(또는 5 내지 20 중량% 또는 10 내지 20 중량%)의 화학식 IV의 제4 모노머 단위를 함유한다. 추가의 실시 형태에서, 모노머 혼합물은 40 내지 60 중량%의 화학식 II의 제1 모노머 단위, 30 내지 55 중량%의 화학식 III의 제2 모노머 단위 및 1 내지 20 중량%(또는 5 내지 20 중량% 또는 10 내지 20 중량%)의 화학식 IV의 제4 모노머 단위를 함유한다. 또 다른 추가의 실시 형태에서, 모노머 혼합물은 20 내지 40 중량%의 화학식 II의 제1 모노머 단위, 50 내지 70 중량%의 화학식 III의 제2 모노머 단위 및 1 내지 20 중량%(또는 5 내지 20 중량% 또는 10 내지 20 중량%)의 화학식 IV의 제4 모노머 단위를 함유한다. 중량% 값은 전구체 폴리머 재료에 사용되는 모노머 단위의 총 중량을 기준으로 한다.
- [0101] 폴리머 수착제는 전구체 폴리머 재료를 질소 함유 화합물과 반응시켜 형성된다. 일반적으로 염기성인 질소 함유 화합물은 전구체 폴리머 재료의 무수물 기와 반응한다. 즉, 질소 함유 화합물은 전구체 폴리머 재료의 화학식 II의 모노머 단위와 반응한다. 이러한 반응은 질소 함유 화합물을 폴리머 재료에 연결하는 공유 결합을 형성한다.
- [0102] 질소 함유 화합물은 암모니아, 단일의 1차 아미노 기($-NH_2$)를 갖는 화합물 또는 적어도 2개의 화학식 NHR의 기를 갖는 화합물이며, 상기 식에서, R은 수소 또는 알킬이다. 적합한 알킬 R 기(즉, 알킬은 알칸의 1가 라디칼임)는 종종 탄소 원자수가 1 내지 20이다. 예를 들어, 알킬은 탄소 원자수가 1 이상, 2 이상 또는 4 이상일 수 있고, 탄소 원자수가 20 이하, 18 이하, 16 이하, 10 이하 또는 6 이하일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 알킬은 탄소 원자수가 1 내지 10, 1 내지 6 또는 1 내지 4이다.
- [0103] 단일의 1차 아미노 기를 갖는 질소 함유 화합물은 1차 아민 화합물이며, 전형적으로 다른 1차 및/또는 2차 아미노 기를 포함하지 않는다. 즉, 단일의 질소 함유 기가 존재하며, 이는 $-NH_2$ 이다. 적어도 2개의 화학식 $-NHR$ 의 아미노 기를 갖는 질소 함유 화합물은 2개 이상의 1차 아미노 기(식에서, R은 수소와 동일함)를 가질 수 있거나, 2개 이상의 2차 아미노 기(식에서, R은 알킬과 동일함)를 가질 수 있거나, 적어도 하나의 1차 아미노 기와 적어도 하나의 2차 아미노 기를 가질 수 있다.
- [0104] 많은 적합한 질소 함유 화합물은 하기 화학식 V의 화합물이다:
- [0105] [화학식 V]
- [0106] R_4NHR_1
- [0107] 화학식 V에서, 기 R_1 은 수소 또는 알킬이다. 기 R_4 는 수소, 알킬 또는 화학식 $-R_5-NHR_6$ 의 기 또는 $-(C=NH)-NH_2$ 이다. 기 R_5 는 공유 결합, 알킬렌, 아릴렌, 아르알킬렌, 하나 이상의 옥시($-O-$) 기를 갖는 헤테로알킬렌 또는 하나 이상의 $-NH-$ 기를 갖는 헤테로알킬렌이다. 기 R_6 은 수소, 알킬 또는 $-(C=NH)-NH_2$ 이다.
- [0108] 화학식 V는 R_1 및 R_4 가 모두 수소인 경우, 암모니아와 동일하다. 화학식 V는 R_1 이 수소이고 R_4 가 알킬인 경우, 단일의 1차 아미노 기를 갖는 화합물과 동일하다. 화학식 V는 R_4 가 $-R_5-NHR_6$ 이거나, R_4 가 $-(C=NH)-NH_2$ 인 경우, 2개 이상의 화학식 $-NHR$ 의 기를 갖는 화합물과 동일하다.
- [0109] 화학식 V의 R_1 로 적합한 알킬 기는 탄소 원자수가 1 이상, 2 이상 또는 4 이상일 수 있고, 탄소 원자수가 20 이하, 18 이하, 12 이하, 10 이하 또는 6 이하일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 알킬은 탄소 원자수가 1 내지 10, 1 내지 6 또는 1 내지 4이다.
- [0110] 일부 실시 형태에서, 화학식 V의 R_4 는 알킬이다. 질소 함유 화합물로 적합하기 위해, R_4 가 알킬인 경우, R_1 은 수소와 동일하다. 즉, 화학식 V의 화합물은 1차 아민 화합물이다. R_4 로 적합한 알킬 기는 종종 탄소 원자수가

1 이상, 2 이상 또는 4 이상이고, 탄소 원자수가 20 이하, 18 이하, 12 이하, 10 이하 또는 6 이하일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 알킬은 탄소 원자수가 1 내지 10, 1 내지 6 또는 1 내지 4이다. 적합한 1차 아민 화합물의 예는 메틸아민, 에틸아민, 프로필아민, 부틸아민 및 사이클로헥실아민을 포함하지만 이로 한정되지 않는다.

[0111] 일부 실시 형태에서, 화학식 V의 R_4 는 화학식 $-R_5-NHR_6$ 의 기이고, 질소 함유 화합물은 하기 화학식 V-1의 화합물이다:

[화학식 V-1]



[0114] 이러한 화합물은 적어도 2개의 화학식 $-NHR$ 의 아미노 기를 갖는다. 화학식 V-1의 R_6 으로 적합한 알킬 기는 탄소 원자수가 1 이상, 2 이상 또는 4 이상일 수 있고, 탄소 원자수가 20 이하, 18 이하, 12 이하, 10 이하 또는 6 이하일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 알킬은 탄소 원자수가 1 내지 10, 1 내지 6 또는 1 내지 4이다. 기 R_5 는 공유 결합(즉, 질소 함유 화합물은 하이드라진 화합물임), 또는 알킬렌(즉, 알킬렌은 일칸의 2가 라디칼임), 아릴렌, 아르알킬렌, 하나 이상의 옥시(-O-) 기를 갖는 헤테로알킬렌 또는 하나 이상의 $-NH-$ 기를 갖는 헤테로알킬렌일 수 있다.

[0115] 화학식 V-1에서 적합한 알킬렌 R_5 기는 통상 탄소 원자수가 1 이상, 2 이상, 3 이상 또는 4 이상이고, 탄소 원자수가 20 이하, 16 이하, 12 이하, 10 이하 또는 6 이하일 수 있다. 일부 질소 함유 화합물은 화학식 V-1의 화합물이며, 식에서 R_1 은 수소이고, R_5 는 알킬렌이며, R_6 은 수소이다. 이러한 질소 함유 화합물의 예는 알킬렌 다이아민, 예컨대, 예를 들어, 메틸렌 다이아민, 에틸렌 다이아민, 프로필렌 다이아민 및 부틸렌 다이아민이다. R_1 및 R_6 이 모두 알킬과 동일한 화학식 V-1의 질소 함유 화합물에는 N,N' -다이메틸에틸렌 다이아민이 포함된다.

[0116] 화학식 V-1의 화합물의 다른 실시 형태에서, 기 R_5 는 적어도 하나의 카테나형 $-O-$ 또는 $-NH-$ 기를 갖는 헤테로알킬렌(즉, 헤테로알킬렌은 헤테로알칸의 2가 라디칼이고, 이는 카테나형 헤테로원자를 갖는 알칸임)이다. 달리 말하면, 헤테로알킬렌 R_3 기는 하나 이상의 화학식 $-R_a-[O-R_b]_n-$ 또는 화학식 $-R_a-[NH-R_b]_n-$ 의 기를 가지며, 식에서 각각의 R_a 및 각각의 R_b 는 독립적으로 알킬렌이고, n 은 1 내지 50, 1 내지 40, 1 내지 30, 1 내지 20, 1 내지 10, 1 내지 6 또는 1 내지 4 범위의 정수이다. 적합한 R_a 및 R_b 알킬렌 기는 종종 탄소 원자수가 1 내지 10, 1 내지 6, 1 내지 4 또는 1 내지 3이다. 헤테로알킬렌은 종종 30개 이하의 탄소 원자 및 16개 이하의 헤테로원자, 20개 이하의 탄소 원자 및 11개 이하의 헤테로원자 또는 10개 이하의 탄소 원자 및 6개 이하의 헤테로원자를 갖는다. 이러한 질소 함유 화합물을 하기 화학식 V-2 및 화학식 V-3으로 나타낼 수 있다:

[화학식 V-2]



[화학식 V-3]



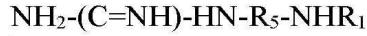
[0121] 일부 질소 함유 화합물은 화학식 V-2의 화합물이며, 식에서 R_1 은 수소이고, R_5 는 $-O-$ 기를 갖는 헤테로알킬렌이며, R_6 은 수소이다. 이러한 질소 함유 화합물의 예는 폴리(알킬렌 옥사이드) 다이아민, 예컨대 폴리에틸렌 글리콜 다이아민 및 폴리프로필렌 글리콜 다이아민이다. 추가의 질소 함유 화합물은 화학식 V-3의 화합물이며, 식에서 R_1 은 수소이고, R_5 는 $-NH-$ 기를 갖는 헤�테로알킬렌이며, R_6 은 수소이다. 이러한 질소 함유 화합물은, 예를 들어 화학식 $H_2N-[(CH_2)_x NH]_y - (CH_2)_x NH_2$ 의 화합물일 수 있으며, 식에서 x 는 1 내지 4 범위의 정수이고, y 는 1 내지 10 범위이다. 예에는 다이에틸렌 트라이아민, 트라이에틸렌 테트라민 및 테트라에틸렌 펜타민이 포함된다.

[0122] 화학식 V-1의 R_5 기는 또한 아릴렌 또는 아르알킬렌 기일 수 있다. 적합한 아릴렌(즉, 탄소환식 방향족 화합물의 2가 라디칼) R_5 기는 전형적으로 6 내지 12의 탄소를 갖고, 종종 페닐렌 또는 다이페닐렌이다. 적합한 아르

알킬렌 R_5 기는 아릴 기로 치환된 알킬렌, 알킬 기로 치환된 아릴렌 또는 알킬렌 기에 결합된 아릴렌을 포함하는 2가 기를 지칭한다. 아르알킬렌의 알킬렌 또는 알킬 부분은 종종 탄소 원자수가 1 내지 10, 1 내지 6 또는 1 내지 4이다. 아르알킬렌의 아릴 또는 아릴렌 부분은 종종 탄소 원자수가 6 내지 12이고, 종종 페닐 또는 페닐렌이다. R_1 및 R_6 이 수소이고, R_5 가 아릴렌인 화학식 V-1의 예시적인 질소 함유 화합물은 페닐렌 다이아민을 포함하지만 이로 한정되지 않는다.

[0123] 또 다른 질소 함유 화합물은 화학식 V-1의 화합물이며, 식에서 R_6 은 하기 화학식 V-4에 도시된 바와 같이 –(C=NH)-NH₂이다:

[0124] [화학식 V-4]



[0125] 예를 들어, 일부 화합물에서, R_1 은 수소이고, R_5 는 알킬렌이다. 이러한 화합물의 하나는 아그마틴이다. 아그마틴을 다른 공명 구조로 나타낼 수도 있지만, 화학식 V-1 및 화학식 V-4 모두의 범주 내에 있는 것으로 간주된다.

[0126] 화학식 V의 다른 실시 형태에서, R_1 은 기 –(C=NH)-NH₂이다. 생성된 화합물은 하기 화학식 V-5의 화합물이다:

[0127] [화학식 V-5]



[0128] 이러한 화합물은 R_1 가 수소인 경우 구아니딘이다.

[0129] 다른 적합한 질소 함유 화합물은 3개 이상의 화학식 –NHR¹의 기를 갖는 폴리아민이며, 식에서 R¹은 수소 또는 알킬이다. 이러한 화합물은 하기 화학식 VI의 화합물일 수 있다:

[0130] [화학식 VI]



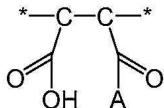
[0131] 화학식 V에서, R_1 은 상기에 정의된 바와 같고, 변수 z는 3 이상이고, 10 이하, 8 이하, 6 이하 또는 4 이하일 수 있다. R_7 기는 종종 알칸의 z-가 라디칼 또는 헤테로알칸의 z-가 라디칼이다. 알칸의 적합한 z-가 라디칼은 종종 4개의 인접한 기 중 적어도 3개가 –CH₂-인 분지형 탄소 원자를 갖는다. 헤테로알칸의 적합한 z-가 라디칼은 종종 3개의 인접한 탄소 원자(예를 들어, 알킬렌 또는 알킬 기인 3개의 인접한 기)를 갖는 분지형 질소 원자 또는 4개의 인접한 원자 중 적어도 3개가 탄소(예를 들어, 알킬렌 또는 알킬 기인 3개의 인접한 기)인 분지형 탄소 원자를 갖는다. 이러한 헤�테로알칸의 z-가 라디칼은 종종 하나 이상의 화학식 –R_c-[NH-R_d]_p-의 기를 포함하며, 식에서 각각의 R_c 및 각각의 R_d는 독립적으로 알킬렌이고, p는 1 내지 50, 1 내지 40, 1 내지 30, 1 내지 20, 1 내지 10, 1 내지 6 또는 1 내지 4 범위의 정수이다. 적합한 R_c 및 R_d 알킬렌 기는 종종 탄소 원자 수가 1 내지 10, 1 내지 6, 1 내지 4 또는 1 내지 3이다. 알칸의 z-가 라디칼은 종종 탄소 원자수가 2 이상, 3 이상, 4 이상 또는 5 이상이고, 탄소 원자수가 20 이하, 16 이하, 12 이하 또는 8 이하이다. 헤테로알칸의 z-가 라디칼은 종종 30개 이하의 탄소 원자 및 16개 이하의 헤테로원자, 20개 이하의 탄소 원자 및 11개 이하의 헤테로원자 또는 10개 이하의 탄소 원자 및 6개 이하의 헤테로원자를 갖는다.

[0132] 화학식 R₇-(NHR₁)_z의 특정 폴리아민은 다양한 폴리아민을 포함한다. 일부 폴리아민은 하나 이상의 분지형 질소 원자를 포함하며, 여기서 각각의 질소-분지형 원자는 화학식 –R_c-[NH-R_d]_p-의 3개의 기에 연결되어 있다. 각각의 분지형 세그먼트의 말단기는 종종 화학식 –NHR₁의 기, 예컨대 –NH₂이다. 예에는 다양한 분지형 폴리에틸렌 이민이 포함된다. 다른 특정 폴리아민은 2-(아미노메틸)-2-메틸-1,3-프로판다이아민이며, 식에서 R₇은 알칸의 3가 라디칼(즉, 탄소 분지형 원자가 3개의 인접한 알킬렌 기 및 하나의 인접한 메틸 기를 갖는 4개의 탄소 원자에 연결되어 있음)이고, 각각의 R₁은 수소이며 z는 3이다.

[0136] 많은 실시 형태에서, 질소 함유 화합물, 예컨대 화학식 V(화학식 V-1 내지 화학식 V-5를 포함함) 및 화학식 VI의 화합물은 분자량(또는 중량평균 분자량)이 2000 달톤(Da) 이하이다. 예를 들어, 분자량(또는 중량평균 분자량)은 1500 Da 이하, 1000 Da 이하, 750 Da 이하, 500 Da 이하 또는 250 Da 이하이다.

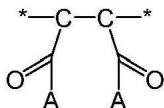
[0137] 질소 함유 화합물은 전구체 폴리머 재료에서 화학식 II의 모노머 단위와 반응한다. 이러한 반응은 질소 함유 화합물과 폴리머 재료의 공유 결합을 초래하며, 이때 반응 부위는 화학식 II의 모노머 단위의 무수물 기(-(CO)-O-(CO)-)이다. 고리 구조는 전형적으로 개환되어 화학식 VII, 화학식 VIII 또는 이들의 혼합물의 모노머 단위를 형성한다:

[0138] [화학식 VII]



[0139]

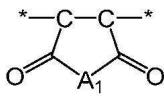
[0140] [화학식 VIII]



[0141]

[0142] 화학식 VII 및 화학식 VIII에서, 기 A는 화학식 V의 질소 함유 화합물이 사용되는 경우 $-NR_1R_4$ 와 동일하며, 화학식 VI의 질소 함유 화합물이 사용되는 경우 $-NR_1-R_7(NHR_1)_{z-1}$ 과 동일하다. 대안적으로, A_1 은 2가 기이고, 화학식 V의 화합물 또는 화학식 VI의 화합물에서 2개의 수소 원자를 뺀 것과 같은 화학식 IX에 나타낸 바와 같은 고리 구조가 형성될 수 있다:

[0143] [화학식 IX]



[0144]

[0145] 전구체 폴리머 재료 내의 화학식 II의 모노머 단위 1 몰 당 2 몰 이하의 질소 함유 화합물을 첨가할 수 있다. 즉, 200 몰% 이하의 질소 함유 화합물이 화학식 II의 모노머 단위의 총 몰을 기준으로 전구체 폴리머 재료와 반응할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 첨가된 질소 함유 화합물의 양은 전구체 폴리머 재료 내의 화학식 II의 모노머 단위의 총 몰을 기준으로 175 몰% 이하, 150 몰% 이하, 125 몰% 이하 또는 100 몰% 이하이다. 질소 함유 화합물의 양은 전구체 폴리머 재료 내의 화학식 II의 모노머 단위의 총 몰을 기준으로 1 몰% 이상, 2 몰% 이상, 5 몰% 이상, 10 몰% 이상, 20 몰% 이상, 50 몰% 이상, 75 몰% 이상 또는 100 몰% 이상일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 질소 함유 화합물의 양은 전구체 폴리머 재료 내의 화학식 II의 모노머 단위의 총 몰을 기준으로 1 내지 200 몰%의 범위, 10 내지 200 몰%의 범위, 50 내지 200 몰%의 범위, 50 내지 150 몰%의 범위, 75 내지 150 몰%의 범위, 75 내지 125 몰%의 범위 또는 100 내지 200 몰%의 범위이다.

[0146] 질소 함유 화합물을 전구체 폴리머 재료와 반응시키기 위해, 질소 함유 화합물은 종종 물 및/또는 적합한 유기 용매에 용해된다. 적합한 유기 용매는 질소 함유 화합물을 용해시키지만 이와 반응하지 않는 것들이다. 예시적인 유기 용매에는 알코올, 에테르, 예컨대 테트라하이드로푸란 및 다이에틸 에테르 및 다양한 염소화 용매, 예컨대 메틸렌 클로라이드 및 클로로포름이 포함되지만 이로 한정되지 않는다. 물 및/또는 유기 용매 중의 질소 함유 화합물의 농도는 질소 함유 화합물의 용해도에 따른 임의의 적합한 양일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 물 및/또는 유기 용매 중의 질소 함유 화합물의 농도는 1 내지 40 중량% 범위, 1 내지 30 중량% 범위, 1 내지 20 중량% 범위 또는 1 내지 10 중량% 범위이다.

[0147] 질소 함유 화합물의 용액은 전구체 폴리머 재료와 혼합된다. 질소 함유 화합물 간의 반응은 실온에서 발생할 수 있거나 혼합물을 실온보다 높은 온도로 가열함으로써 발생할 수 있다. 예를 들어, 혼합물은 30 내지 120°C 범위의 온도에서 수 시간 내지 수 일 동안 가열될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 혼탁액은 30 내지 100°C, 40 내지 90°C, 50 내지 90°C 또는 60 내지 80°C에서 12 내지 24 시간 동안 가열된다.

- [0148] (임의의 유형의) 필터 지지체와 함께 이용을 위한 수착제 입자의 입자 크기는 원하는 바에 따라 다양할 수 있다. 각종 실시 형태에서, 수착제 입자는 적어도 약 4 메시 (즉, 공칭으로 4.8 mm 미만의 입자 크기), 6 메시 (공칭으로 3.4 mm 미만의 입자 크기), 8 메시 (약 2.4 mm 미만의 입자 크기), 12 메시 (1680 마이크로미터 미만), 적어도 약 16 메시 (<1190 마이크로미터), 적어도 약 20 메시 (<840 마이크로미터), 적어도 약 40 메시 (<425 마이크로미터), 또는 적어도 약 60 메시 (<250 마이크로미터)의 표준 미국 메시 크기 (등급)을 가질 수 있다. 추가의 실시 형태에서, 수착제 입자는 약 325 메시 (즉, 공칭으로 44 마이크로미터 초과의 입자 크기); 230 메시 (> 63 마이크로미터), 140 메시 (> 105 마이크로미터), 100 메시 (>150 마이크로미터), 80 메시 (>180 마이크로미터), 60 메시 (>250 마이크로미터), 50 메시 (> 300 마이크로미터), 또는 45 메시 (>355 마이크로미터) 이하의 표준 미국 메시 등급을 가질 수 있다.
- [0149] 이를 모든 메시 크기는 절대 표준보다는 공칭 등급에 상응함을 숙련자는 이해할 것이다; 예를 들어, 재료가 12 메시 재료로서 기술되면, 이후 입자의 대략 95% 이상이 12-메시 체를 통과할 것이다 (그리고 이에 따라 공칭으로 약 1680 마이크로미터 크기보다 작을 것이다). 재료의 입자 크기가 12x20 메시로 기술되면, 재료의 95% 이상이 12-메시 체를 통과할 것이고 (즉, 약 1680 마이크로미터보다 작은 입자는 12-메시 체를 통과할 것임), 20-메시 체에 의해 보유될 것이다 (즉, 약 841 마이크로미터보다 큰 입자는 20-메시 체를 통과하지 않을 것임). 원하는 경우, 상이한 크기 범위를 갖는 수착제 입자의 혼합물 (예를 들어, 2중 모드(bimodal) 혼합물)이 사용될 수 있다. 수착제 입자 (100)는 임의의 원하는 입자 크기 분포를 갖도록 가공될 수 있다. 그러한 가공은 예를 들어 입자의 체질 및/또는 원하는 경우 입자를 기계적으로 분쇄하는 것을 포함할 수 있다.
- [0150] 폴리머 수착제의 다공도는 극저온 조건 (예를 들어, 77 °K에서의 액체 질소) 하에서의 다공성 재료에 의한 질소 또는 아르곤과 같은 불활성 기체의 흡착 등온선으로부터 특성화될 수 있다. 흡착 등온선은 전형적으로 약 10^{-6} 내지 약 $0.98 + 0.01$ 범위의 다수의 상대 압력에서 다공성 폴리머 수착제에 의한 불활성 기체, 예컨대 아르곤의 흡착을 측정함으로써 얻어진다. 이어서, 비표면적을 계산하기 위해 BET(브루나우어-에메트-텔러(Brunauer-Emmett-Teller))와 같은 그리고 다공도 및 기공 크기 분포를 특성화하기 위해 밀도 함수 이론(Density Functional Theory; DFT)과 같은 다양한 방법을 사용하여 등온선을 분석한다.
- [0151] 용어 "표면적"은 접근 가능한 기공의 내부 표면을 포함하는 재료 표면의 총 면적을 지칭한다. 전형적으로, 상대 압력 범위에 걸쳐 극저온 조건 하에서 재료 표면 상에 흡착되는 질소 또는 아르곤과 같은 불활성 기체 (즉, 77 °K에서의 액체 질소)의 양을 측정하여 얻은 흡착 등온선으로부터 표면적을 계산한다. 용어 "BET 비표면적"은 일반적으로 BET 방법을 사용하여 0.05 내지 0.30 범위의 상대 압력에 걸쳐 불활성 기체의 흡착 등온선 데이터로부터 계산되는 재료 1 g 당 표면적(전형적으로, m^2/g)이다.
- [0152] 폴리머 수착제는 전형적으로 전구체 폴리머 재료보다 작은 BET 비표면적을 갖는다. 화학식 VII 및 화학식 VIII의 모노머 단위를 형성하기 위한 무수물 기의 개방(opening)은 골격에서의 입체형태 자유도(conformational freedom)를 충분히 증가시켜, 결과적으로 다공도를 감소시킬 수 있다. 또한, 화학식 VII, 화학식 VIII 및 화학식 IX의 모노머 단위 내의 질소 함유 기 간의 수소 결합은 기공에 대한 접근을 제한하거나 차단할 수 있다. 이러한 감소로 인해, 가능한 가장 높은 BET 비표면적을 가지면서도 질소 함유 화합물과 반응하기에 충분한 무수물 기를 갖는 전구체 폴리머 재료를 제조하는 것이 종종 바람직하다.
- [0153] 폴리머 수착제는 전형적으로 BET 비표면적이 $25 m^2/g$ 이상이다. 일부 실시 형태에서, BET 비표면적은 $50 m^2/g$ 이상, $75 m^2/g$ 이상 또는 $100 m^2/g$ 이상이다. BET 비표면적은 최대 $700 m^2/g$ 또는 그 이상, $600 m^2/g$ 이하, $500 m^2/g$ 이하, $400 m^2/g$ 이하, $300 m^2/g$ 이하 또는 $200 m^2/g$ 이하일 수 있다. 일부 실시 형태에서, BET 비표면적은 25 내지 $600 m^2/g$ 범위, 25 내지 $500 m^2/g$ 범위, 25 내지 $400 m^2/g$ 범위, 25 내지 $300 m^2/g$ 범위, 50 내지 $300 m^2/g$ 범위, 50 내지 $200 m^2/g$ 범위, 75 내지 $200 m^2/g$ 범위 또는 50 내지 $100 m^2/g$ 범위이다.
- [0154] BET 비표면적은 폴리머 수착제 내의 미세기공 및/또는 메소기공의 존재에 대해 적어도 부분적으로 기인한다. 폴리머 수착제의 아르곤 흡착 등온선(77 °K에서)은 0.1 미만의 상대 압력에서 상당한 아르곤 흡착이 있음을 나타내는데, 이는 미세기공이 존재함을 시사한다. 0.1 내지 약 0.95의 상대 압력에서 흡착이 서서히 증가한다. 이러한 증가는 메소기공의 폭넓은 크기 분포를 나타낸다.
- [0155] 일부 실시 형태에서, 폴리머 수착제의 BET 비표면적의 20% 이상은 미세기공 및/또는 메소기공의 존재에 기인한다. 미세기공 및/또는 메소기공의 존재에 기인하는 BET 비표면적의 퍼센트는 25% 이상, 30% 이상, 40% 이상,

50% 이상 또는 60% 이상일 수 있다. 일부 실시 형태에서, 미세기공 및/또는 메소기공의 존재에 기인하는 BET 비표면적의 퍼센트는 최대 90% 또는 그 이상, 최대 80% 또는 그 이상, 또는 최대 75% 또는 그 이상일 수 있다.

[0156] 다공성 폴리머 수착제는 총 기공 부피가 $0.05 \text{ cm}^3/\text{g}$ 이상이다. 액체 질소 온도(77°K)에서 약 0.98 (예를 들어, 0.98 ± 0.01)의 상대 압력(p/p°)에서 흡착된 아르곤의 양으로부터 총 기공 부피를 계산하였다. 일부 실시 형태에서, 총 기공 부피는 $0.075 \text{ cm}^3/\text{g}$ 이상, $0.10 \text{ cm}^3/\text{g}$ 이상, $0.15 \text{ cm}^3/\text{g}$ 이상, $0.20 \text{ cm}^3/\text{g}$ 이상, $0.25 \text{ cm}^3/\text{g}$ 이상 또는 $0.30 \text{ cm}^3/\text{g}$ 이상이다. 총 기공 부피는 최대 $1.0 \text{ cm}^3/\text{g}$ 또는 심지어 그 이상, $0.9 \text{ cm}^3/\text{g}$ 이하, $0.8 \text{ cm}^3/\text{g}$ 이하, $0.7 \text{ cm}^3/\text{g}$ 이하, $0.6 \text{ cm}^3/\text{g}$ 이하, $0.5 \text{ cm}^3/\text{g}$ 이하, $0.4 \text{ cm}^3/\text{g}$ 이하, $0.3 \text{ cm}^3/\text{g}$ 이하 또는 $0.2 \text{ cm}^3/\text{g}$ 이하일 수 있다. 기공 부피는 종종 0.05 내지 $1 \text{ cm}^3/\text{g}$ 범위, 0.05 내지 $0.8 \text{ cm}^3/\text{g}$ 범위, 0.05 내지 $0.6 \text{ cm}^3/\text{g}$ 범위, 0.05 내지 $0.4 \text{ cm}^3/\text{g}$ 범위, 0.05 내지 $0.2 \text{ cm}^3/\text{g}$ 범위 또는 0.75 내지 $0.2 \text{ cm}^3/\text{g}$ 범위이다.

[0157] 다이비닐벤젠/말레산 무수물 폴리머 재료의 구조는 다공성 폴리머 수착제용 전구체 폴리머 재료로 사용하기에 특히 적합하다. 스티렌-유형 모노머로부터의 화학식 IV의 모노머 단위의 함량이 낮다면, 다이비닐벤젠/말레산 무수물 전구체 폴리머 재료는 다이비닐벤젠 및 말레산 무수물로부터의 교호(alternating) 모노머 단위를 갖는다. 이러한 구조는 높은 가교결합을 유도하고, 다공성 폴리머 재료, 특히 미세기공 및/또는 메소기공의 함량이 높은 다공성 폴리머 재료의 형성에 기여한다.

[0158] 일부 실시 형태에서, 폴리머 수착제는 산-염기 지시약을 추가로 포함한다. 산-염기 비색 지시약(즉, 산성 형태로부터 염기성 형태로 변할 때 색이 변하는 염료(전형적으로 유기 염료))은 질소 함유 화합물과 동시에 첨가될 수 있거나 질소 함유 화합물을 첨가한 후 첨가될 수 있다. 산-염기 비색 지시약은 전형적으로 질소 함유 화합물의 pK_b 보다 적은 pK_b 를 갖도록 선택된다. 즉, 산-염기 비색 지시약은 폴리머 수착제 상의 이용가능한 질소 함유 기의 전부 또는 상당 부분이 알데하이드와 반응했을 경우 제1 색에서 제2 색으로 변하도록 선택된다. 색의 변화는 알데하이드를 수착하기 위한 폴리머 수착제가 용량에 도달했거나 거의 도달했다는 신호이다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "거의 도달한"은 용량의 적어도 60% 또는 그 이상에 도달했다는 것을 의미한다 (즉, 이용가능한 수착부위의 60% 이상이 알데하이드의 수착에 사용됨). 예를 들어, 70% 이상, 80% 이상, 90% 이상 또는 95% 이상의 수착 부위가 알데하이드의 수착에 사용되었다.

[0159] 질소 함유 화합물의 pK_b 를 알면, 당업자는 더 낮은 pK_b 값을 갖는 산-염기 비색 지시약을 쉽게 선택할 수 있다. 일부 응용에서, 질소 함유 화합물의 pK_b 값과 산-염기 비색 지시약의 pK_b 사이의 차이는 1 이상, 2 이상, 3 이상 또는 4 이상이다. 산-염기 비색 지시약의 pK_b 는 종종 3 내지 10 범위이다.

[0160] 예시적인 산-염기 비색 지시약에는 메틸 레드, 브로모자일레놀 블루, 파라로자닐린, 크리소이딘, 티몰 블루, 메틸 엘로우, 브로모페닐 블루, 콩고(Congo) 레드, 메틸 오렌지, 브로모크레졸 그린, 아졸리트민, 브로모크레졸 퍼플, 브로모티몰 블루, 페놀 레드, 뉴트럴(neutral) 레드, 나프톨프탈레인, 크레졸 레드, 페놀프탈레인 및 티몰프탈레인이 포함되지만 이로 한정되지 않는다.

[0161] 산-염기 비색 지시약은 임의의 적합한 방법을 사용하여 폴리머 수착제에 첨가될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 폴리머 수착제는 산-염기 비색 지시약의 용액에 10분 이상, 20분 이상, 30분 이상, 1시간 이상, 2시간 이상, 4시간 이상 또는 8시간 이상 동안 침지된다. 산-염기 비색 지시약의 용액은 종종 5 내지 10 mg/mL 의 농도 범위이다. 종종, 약 0.5 g의 폴리머 수착제가 약 10 mL 의 용액에 침지된다.

[0162] 폴리머 수착제는 포획제의 함침에 기초한 수착제에 비해 뚜렷한 이점을 제공한다. 포획제는 전형적으로 예를 들어, 활성탄과 같은 매트릭스 재료 상에만 흡착된다. 즉, 포획제는 일반적으로 매트릭스 재료에 공유 결합으로 부착되지 않고, 이동할 수 있다. 대조적으로, 본 명세서에 기재된 폴리머 수착제는 알데하이드와 상호작용하는 질소 함유 기와 공유 결합되어, 이동하지 않는다.

[0163] 산-염기 지시약이 존재하는 일부 실시 형태에서, 폴리머 수착제 입자 (100)의 역할은 적어도 부분적으로 또는 주로, 폴리머 수착제 입자가 노출되는 공기에 기체 알데하이드 (예를 들어, 포름알데하이드)가 존재한다는 시각적 표시를 제공하는 것일 수 있다. 즉, 적합한 필터 지지체 (10) 상에 존재하는, 그러한 폴리머 수착제 입자 (100)의 집합은, 예를 들어 드라거 튜브에 의해 예시된 유형인 공자의 가스 검출 디바이스로서의 유사한 기능을 제공할 수 있다.

[0164] 다른 양태에서, 공기 필터 (1)의 필터 지지체 (10) 상에 지지된 바와 같은 폴리머 수착제 입자 (100)에 의해 알데하이드를 수착하는 방법이 제공된다. 폴리머 수착제는 입자 형태이며, (a) 전구체 폴리머 재료와 (b) 질소 함유 화합물의 반응 생성물이다. 상기 나타낸 바와 같이, 수착제는 임의의 적합한 입자 분포로 예를 들어 분쇄

되고/되거나 체질될 수 있다. 전구체 폴리머 재료는 (1) 중합성 조성물 내의 모노머의 총 중량을 기준으로 8 내지 65 중량%의 말레산 무수물, (2) 중합성 조성물 내의 모노머의 총 중량을 기준으로 30 내지 85 중량%의 다이비닐벤젠 및 (3) 중합성 조성물 내의 모노머의 총 중량을 기준으로 0 내지 40 중량%의, 스티렌-유형 모노머를 함유하는 중합성 조성물의 중합된 생성물을 포함하며, 여기서 스티렌-유형 모노머는 스티렌, 알킬-치환된 스티렌 또는 이들의 조합이다. 질소 함유 화합물은 암모니아, 단일의 1차 아미노 기(-NH₂)를 갖는 화합물 또는 적어도 2개의 화학식 -NHR의 아미노 기를 갖는 화합물로부터 선택되며, 상기 식에서, R은 수소 또는 알킬이다. 적합한 질소 함유 화합물은 전형적으로 상술한 바와 같은 화학식 V 및 화학식 VI의 화합물이다.

[0165] 다공성 폴리머 수착제는 알데하이드를 수착한다. 적합한 알데하이드는 하기 화학식 I의 알데하이드이다:

[화학식 I]

R₂-(CO)-H

[0168] 상기 식에서, R₂는 수소, 알킬, 비닐, 아릴 또는 알킬로 치환된 아릴이다. 적합한 알킬 기는 전형적으로 탄소 원자수가 1 내지 10, 1 내지 6, 1 내지 4, 1 내지 3, 또는 1이다. 아릴 기는 탄소 원자수가 12 이하, 또는 6 이하일 수 있다. 아릴 기는 종종 페닐이다. 아릴 기는 알킬 기, 예컨대 탄소 원자수가 1 내지 4 또는 1 내지 3인 알킬 기로 치환될 수 있다.

[0169] 알데하이드가 가스 또는 중기 형태인 경우에는 폴리머 수착제에 의해 수착된다. 따라서, 알데하이드의 분자량은 전형적으로 200 g/몰 이하, 150 g/몰 이하, 100 g/몰 이하, 75 g/몰 이하 또는 50 g/몰 이하이다. 적합한 알데하이드에는 포름알데하이드, 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드, 부틸알데하이드, 웬탄알(발래르알데하이드), 아이소발래르알데하이드, 헥산알, 벤즈알데하이드, 2,5-다이메틸벤즈알데하이드, 2,4-다이메틸벤즈알데하이드, 2,3-다이메틸벤즈알데하이드, 톨루알데하이드(오르토-톨루알데하이드, 메타-톨루알데하이드, 파라-톨루알데하이드 및 이들의 혼합물), 아크릴레인 및 크로뮴알데하이드가 포함되지만 이에 한정되지 않는다.

[0170] 알데하이드는 실온 또는 임의의 원하는 온도 예컨대 -30°C 내지 150°C, -30°C 내지 100°C의 범위, 또는 -20°C 내지 50°C의 범위에서 수착될 수 있다.

[0171] 다른 양태에서, 필터 지지체 상에 지지된 바와 같은 다공성 폴리머 수착제 입자, 및 다공성 폴리머 수착제 상에 수착된 알데하이드를 포함하는 조성물이 제공된다. 폴리머 수착제 및 알데하이드는 상술된 바와 같다. 알데하이드는 폴리머 수착제 상에 존재하는 임의의 1차 아미노 기 또는 2차 아미노 기와 반응할 수 있다. 일부 실시 형태에서, 폴리머 수착제는 질소 함유 화합물로서, 하기 화학식 V, 화학식 V-1, 화학식 V-4, 화학식 V-5, 또는 화학식 VI 중 임의의 화합물을 사용하여 형성된다:

예시적인 실시예의 목록

[0173] 실시 형태 1은 폴리머 수착제 입자를 지지하는 필터 지지체를 포함하는 공기 필터로서, 여기서 폴리머 수착제는 하기 (a) 및 (b):

[0174] (a) 하기 (1), (2) 및 (3)을 포함하는 중합성 조성물의 중합된 생성물을 포함하는 전구체 폴리머 재료:

[0175] (1) 상기 중합성 조성물 내의 모노머의 총 중량을 기준으로 8 내지 65 중량%의 말레산 무수물;

[0176] (2) 상기 중합성 조성물 내의 모노머의 총 중량을 기준으로 30 내지 85 중량%의 다이비닐벤젠; 및

[0177] (3) 상기 중합성 조성물 내의 모노머의 총 중량을 기준으로 0 내지 40 중량%의 스티렌-유형 모노머로, 여기서 스티렌-유형 모노머는 스티렌, 알킬-치환된 스티렌 또는 이들의 조합임; 및

[0178] (b) 암모니아, 단일의 1차 아미노 기(-NH₂)를 갖는 화합물 또는 적어도 2개의 화학식 -NHR [식에서, R은 수소 또는 알킬임]의 아미노 기를 갖는 화합물로부터 선택된 질소 함유 화합물,

[0179]의 반응 생성물을 포함하고, 여기서 폴리머 수착제는 다공성 입자 형태로 존재하는 공기 필터이다.

[0180] 실시 형태 2는, 실시 형태 1의 공기 필터로서, 필터 지지체는 그 위에 적어도 일부 폴리머 수착제 입자가 배치된 적어도 하나의 주표면을 갖는 기재를 포함한다. 실시 형태 3은, 실시 형태 2의 공기 필터로서, 폴리머 수착제 입자는 기재의 주표면 상에 실질적으로 단층으로서 존재한다. 실시 형태 4는, 실시 형태 1의 공기 필터로서, 필터 지지체는 다공성, 통기성 재료를 포함하고, 폴리머 수착제 입자가 그의 주표면 상에 배치되고/ 되거나 폴리머 수착제 입자가 적어도 재료의 주표면에 근접한 위치에서 재료의 내부 내에 배치된다. 실시 형태

5는, 실시 형태 4의 공기 필터로서, 폴리머 수착제 입자는 다공성, 통기성 재료의 내부에 걸쳐 배치된다.

[0181] 실시 형태 6은, 실시 형태 1 내지 실시 형태 5 중 어느 하나의 공기 필터로서, 공기 필터는 필터 지지체로 본질적으로 이루어진다. 실시 형태 7은, 실시 형태 1 내지 실시 형태 6 중 어느 하나의 공기 필터로서, 필터 지지체는, 주평면을 나타내고 약 3 mm 미만의 두께를 나타내는 시트-유사 재료를 포함하고, 여기서 시트-유사 재료는 기류가 시트-유사 재료의 주평면에 대해 적어도 대체로 수직인 방향으로 적어도 필터 지지체를 통과하도록 구성된다. 실시 형태 8은, 실시 형태 1 내지 실시 형태 3 및 실시 형태 6 또는 실시 형태 7 중 어느 하나의 공기 필터로서, 필터 지지체는 적어도 일부 폴리머 수착제 입자가 접착제로 부착된 주표면을 갖는 망을 포함한다.

[0182] 실시 형태 9는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 7 중 어느 하나의 공기 필터로서, 필터 지지체는 내부를 나타내는 섬유질 웨브를 포함하고, 폴리머 수착제 입자는 웨브의 내부의 적어도 일부 내에 배치된다. 실시 형태 10은, 실시 형태 9의 공기 필터로서, 폴리머 수착제 입자는 섬유질 웨브의 내부에 걸쳐 배치된다. 실시 형태 11은, 실시 형태 9 또는 실시 형태 10 중 어느 하나의 공기 필터로서, 웨브는 부직 섬유질 웨브이다. 실시 형태 12는, 실시 형태 11의 공기 필터로서, 부직 섬유질 웨브는 용융취입된 웨브이다. 실시 형태 13은, 실시 형태 9 내지 실시 형태 12 중 어느 하나의 공기 필터로서, 섬유질 웨브의 적어도 일부 섬유는 적어도 하나의 폴리머 수착제 입자에 각각 접합된다.

[0183] 실시 형태 14는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 13 중 어느 하나의 공기 필터로서, 필터 지지체는 다층 통기성 조립체 중의 하나의 층이다. 실시 형태 15는, 실시 형태 14의 공기 필터로서, 다층 통기성 조립체는 필터 지지체와 동일한 층이 아니며, 50 미만의 %침투율을 나타내는 입자-여과 층인 적어도 하나의 층을 포함한다. 실시 형태 16은, 실시 형태 15의 공기 필터로서, 입자-여과 층은 일렉트릿 성분을 포함한다.

[0184] 실시 형태 17은, 실시 형태 1 내지 실시 형태 16 중 어느 하나의 공기 필터로서, 필터 지지체는 50 미만의 %침투율을 나타내는 필터 매질이다.

[0185] 실시 형태 18은, 실시 형태 1 및 실시 형태 17 중 어느 하나의 공기 필터로서, 필터 지지체는 주름가공된다.

[0186] 실시 형태 19는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 18 중 어느 하나의 공기 필터로서, 공기 필터는 강제 공기 난방 유닛, 강제 공기 냉각 유닛, 강제 공기 난방/냉각 유닛, 실내 공기 정화기, 및 자동차용 차내 공기 여과 유닛으로 이루어진 군으로부터 선택된 공기 취급 장치의 공기 필터 리셉터클(receptacle) 내로 삽입되도록 구성된 프레임화된 공기 필터이다.

[0187] 실시 형태 20은, 실시 형태 1, 실시 형태 6 및 실시 형태 14 내지 실시 형태 16 중 어느 하나의 공기 필터로서, 필터 지지체는 수착제 입자가 안에 배치되는 관통구멍을 갖는 허니콤을 포함한다.

[0188] 실시 형태 21은, 실시 형태 1 내지 실시 형태 5, 및 실시 형태 7 내지 실시 형태 18 중 어느 하나의 공기 필터로서, 필터 지지체는 안면부 여과식 호흡기의 층을 제공한다. 실시 형태 22는, 실시 형태 21의 공기 필터로서, 안면부 여과식 호흡기는 편평 절첩식 호흡기 및 성형된 호흡기로 이루어진 군으로부터 선택된다.

[0189] 실시 형태 23은, 실시 형태 4 내지 실시 형태 18 중 어느 하나의 공기 필터로서, 필터 지지체는 폴리머 수착제 입자가 안에 배치되는 내부, 및 적어도 하나의 공기 유입구 및 적어도 하나의 공기 유출구를 갖는 용기를 포함한다. 실시 형태 24는, 실시 형태 23의 공기 필터로서, 필터 지지체는 필터 카트리지를 포함한다. 실시 형태 25는, 실시 형태 24의 공기 필터로서, 필터 카트리지는 반면형 음암식 호흡기, 전면형 음암식 호흡기, 대피 후드, 및 전동식 공기 정화 호흡기로 이루어진 군으로부터 선택되는 개인 보호 디바이스와 함께 사용되도록 구성된다.

[0190] 실시 형태 26은, 공기로부터 적어도 일부의 알데하이드를 포획하는 방법으로서, 실시 형태 1 내지 실시 형태 25 중 어느 하나의 폴리머 수착제 입자를 포함하는 필터 지지체를 포함하는 공기 필터를 위치시켜 폴리머 수착제 입자가 공기에 노출되도록 하는 단계,

[0191] 공기에 존재하는 알데하이드 중 적어도 일부를 폴리머 수착제 입자 상에 수착시키는 단계를 포함하며, 여기서 알데하이드는 하기 화학식 I: R2-(CO)-H [식에서, R2는 수소, 알킬, 비닐 또는 아릴임]의 것이고, 상기 화학식 I의 알데하이드의 분자량은 200 g/몰 이하이다. 실시 형태 27은, 실시 형태 26의 방법으로서, R2는 수소 또는 메틸이다.

[0192] 실시 형태 28은, 실시 형태 26 또는 실시 형태 27 중 어느 하나의 방법으로서, 필터 지지체는 주표면을 나타내고, 여기서 공기는 필터 지지체의 주표면의 면과 적어도 대체로 나란한 방향으로 이동하는 공기스트림의 형태로 존재한다. 실시 형태 29는, 실시 형태 26 또는 실시 형태 27 중 어느 하나의 방법으로서, 필터 지지체는 기류

가 그를 통과하도록 허용하고, 여기서 공기는 필터 지지체의 주표면에 대해 적어도 대체로 수직인 방향으로 필터 지지체의 적어도 일부를 통과하는 공기스트림의 형태로 존재한다.

[0193] 실시 형태 30은, 실시 형태 26 또는 실시 형태 27 중 어느 하나의 방법으로서, 실시 형태 1 내지 실시 형태 25 중 어느 하나의 공기 필터를 사용하여 수행된다.

[0194] 실시 형태 31은 폴리머 수착제 입자를 포함하는 필터 지지체를 포함하는 공기 필터의 제조 방법으로서, 하기 단계 (a) 내지 (c):

[0195] (a) 하기 (1), (2) 및 (3)을 포함하는 중합성 조성물의 중합된 생성물을 포함하는 전구체 폴리머 재료를 제공하는 단계:

[0196] (1) 상기 중합성 조성물 내의 모노머의 총 중량을 기준으로 8 내지 65 중량%의 말레산 무수물; (2) 상기 중합성 조성물 내의 모노머의 총 중량을 기준으로 30 내지 85 중량%의 다이비닐벤젠; 및

[0197] (3) 상기 중합성 조성물 내의 모노머의 총 중량을 기준으로 0 내지 40 중량%의 스티렌-유형 모노머로서, 여기서 스티렌-유형 모노머는 스티렌, 알킬-치환된 스티렌 또는 이들의 조합임; 및

[0198] (b) 전구체 폴리머 재료를 암모니아, 단일의 1차 아미노 기(-NH₂)를 갖는 화합물 또는 적어도 2개의 화학식 -NHR [식에서, R은 수소 또는 알킬임]의 아미노 기를 갖는 화합물로부터 선택된 질소 함유 화합물과 반응시켜 폴리머 수착제를 형성하는 단계로서, 여기서 폴리머 수착제는 공유 결합된 질소 함유 기를 갖고, 입자 형태인 단계; 및

[0199] (c) 필터 지지체 상에 폴리머 수착제를 지지하는 단계를 포함하는 방법이다.

[0200] 실시 형태 32는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 25 중 어느 하나의 공기 필터로서, 공기 필터는 하나 이상의 제2의 수착제를 추가로 포함한다. 실시 형태 33은, 실시 형태 32의 공기 필터로서, 하나 이상의 제2의 수착제는 활성탄을 포함한다.

[0201] 실시 형태 34는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 25 또는 실시 형태 32 또는 실시 형태 33 중 어느 하나의 공기 필터로서, 중합성 조성물은 15 내지 65 중량%의 말레산 무수물, 30 내지 85 중량%의 다이비닐벤젠, 및 0 내지 40 중량%의 스티렌-유형 모노머를 포함한다. 실시 형태 35은, 실시 형태 1 내지 실시 형태 25 또는 실시 형태 32 또는 실시 형태 33 중 어느 하나의 공기 필터로서, 중합성 조성물은 25 내지 65 중량%의 말레산 무수물, 30 내지 75 중량%의 다이비닐벤젠, 및 1 내지 20 중량%의 스티렌-유형 모노머를 포함한다. 실시 형태 36은, 실시 형태 1 내지 실시 형태 25 또는 실시 형태 32 또는 실시 형태 33 중 어느 하나의 공기 필터로서, 중합성 조성물은 30 내지 65 중량%의 말레산 무수물, 30 내지 70 중량%의 다이비닐벤젠, 및 1 내지 20 중량%의 스티렌-유형 모노머를 포함한다.

[0202] 실시 형태 37은, 실시 형태 1 내지 실시 형태 25 또는 실시 형태 32 내지 실시 형태 36 중 어느 하나의 공기 필터로서, 질소-함유 화합물은 화학식 V: R₄NHR₁의 화합물이고, 식에서 R₁은 수소 또는 알킬이고; R₄는 수소, 알킬, 화학식 -R₅-NHR₆의 기 또는 -(C=NH)-NH₂이며; R₅는 공유 결합, 알킬렌, 아릴렌, 아르알킬렌, 하나 이상의 옥시(-O-) 기를 갖는 헤테로알킬렌 또는 하나 이상의 -NH- 기를 갖는 헤테로알킬렌이고; R₆는 수소, 알킬, 또는 -(C=NH)-NH₂이다. 실시 형태 38은, 실시 형태 37의 공기 필터로서, 화학식 V의 질소 함유 화합물의 분자량은 2000 달톤 이하이다.

[0203] 실시 형태 39는, 실시 형태 1 내지 실시 형태 25 또는 실시 형태 32 내지 실시 형태 36 중 어느 하나의 공기 필터로서, 질소 함유 화합물은 화학식 VI: R₇-(NHR₁)_z의 화합물이며, 식에서 R₇은 알칸의 z-가 라디칼 또는 헤테로알칸의 z-가 라디칼이고; z는 3 내지 10의 범위 내의 정수이다.

[0204] 실시 형태 40은, 실시 형태 1 내지 실시 형태 25 또는 실시 형태 32 내지 실시 형태 39 중 어느 하나의 공기 필터로서, 폴리머 수착제는 산-염기 염료를 추가로 포함한다.

실시예

분석 및 특징화 절차

[0207] 다공도 및 가스 수착 실험을, 본 명세서에 그 전체가 참고로 포함된, 발명의 명칭이 알데하이드용 폴리머 수착제 (Polymeric Sorbents for Aldehydes)인, Wendland의 미국 가출원 제62/269613호에 기재된 절차와 유사한 방

식으로 수행하였다.

[0208] 실시예 A

[0209] 전구체 폴리머 재료의 배치(batch)가 Wendland의 미국 가출원 제62/269613호의 실시예 14에 기재된 바와 같은 대체로 유사한 방식으로 제조되었다. 전구체 폴리머 재료는 대략 $320 \text{ m}^2/\text{g}$ 범위의 BET 비표면적 (SA_{BET}) 및 약 $0.250 \text{ cm}^3/\text{g}$ (0.98 의 부분 압력 (p/p°)에서 측정됨) 범위의 총 기공 부피를 가졌다.

[0210] 폴리머 전구체 재료는 8×12 메시로 체질하였다. 32 온스 병에서, 164 mL (2.45 몰)의 에틸렌디아민 (EDA)을 492 mL 의 에탄올 (EtOH) 중에 용해시켰다. 이 용액에 100 g 의 폴리머 전구체 재료를 첨가하였다. 병을 캡핑하고 률러 상에 놓았다. 병을 실온에서 18시간 동안 룰링하였다. 고형분을 진공 여과에 의해 단리하고 EtOH로 세정하였다. 고형분을 32 온스 병에 넣고, 500 mL 의 EtOH를 병에 첨가하였다. 고형분을 4시간 동안 EtOH 중에 정치시켰다. 고형분을 다시 진공 여과에 의해 단리하고, EtOH로 세정하였다. 이어서, 고형분을 120°C 에서 3시간 동안 배치 오븐에서 건조시켰다. 이 생성물 (폴리머 수착제)은 대략 $140 \text{ m}^2/\text{g}$ 의 범위에서 BET 비표면적 (SA_{BET}) 및 대략 $0.17 \text{ cm}^3/\text{g}$ (p/p° 는 0.98) 범위에서 총 기공 부피를 가졌다.

[0211] 공기 필터 (KJEA-400으로 명명되는 실내 공기 정화기와의 이용을 위해 판매됨, 중국 상하이 소재의 3M Company로부터 입수가능)를 입수하였다. 입수된 바와 같은 필터는 활성탄인 것으로 생각되는 수착제가 충전된 허니콤 지지체를 포함하였으며, 이는 6×12 메시의 범위에서 입자의 형태로 존재하는 것으로 나타났다. 허니콤의 하나의 주요 면에서 보호 스크린을 제거하고, (허니콤의 관통구멍 각각으로부터) 활성탄을 폐기하고, 대략 균등한 부피의 상기-기재된 폴리머 수착제로 교체하였다. (그러나, 사용된 폴리머 수착제의 총 중량은, 폴리머 수착제의 현저히 더욱 낮은 밀도로 인해, 교체된 활성탄의 중량의 단지 약 40 퍼센트였다.) 보호 스크린을 교체하여 실시예 A 공기 필터를 제공하였다.

[0212] 유사한 허니콤-기반 공기 필터가 (그 안에 남겨진 공급된 바와 같은 활성탄을 이용하여) 수득되었고, 비교예로서 사용되었다.

[0213] 포름알데하이드 포획 효율 시험은 50% 상대 습도 및 156 LPM 공기 흐름에서 9 ppm (부피 기준) 포름알데하이드 도전에 대하여 두 개의 필터 샘플 상에서 수행되었다. 포름알데하이드는 50% 습도의 공기 스트림에서 파라포름 알데히드 용액을 가열함으로써 생성되었다. 포름알데하이드 농도는 California Analytical Instruments로부터의 광음향 검출기를 이용하여 측정되었다. 포름알데하이드 포획 효율은, % 효율 = $100 * (1 - C_{\text{하류}} / C_{\text{하류}})$ (사용중인 필터) / $C_{\text{하류}}$ (사용중이 아닌 필터))에 의해 계산되었으며, 식에서 C 는 유동 공기스트림 내 포름알데하이드의 농도이다. 도 9는 시간의 함수로서 포름알데하이드 포획 효율의 그래프를 (각각의 공기 필터/수착제 샘플에 대해) 제시한다; 도 10은, 각각의 수착제가 사용된 단위 영역 당 질량 (제곱미터 당 그램)에 의해 정규화된 시간 (x) 축을 이용하여 도 9의 데이터를 제시한다.

[0214] 포름알데하이드 포획 효율 그래프로부터, 95% 포름알데하이드 파파(breakthrough)에서 총 포름알데하이드 부하 용량을 수득하였다. 이는 표준 피팅 방법을 이용하여 (정규화된 데이터를 이용하여) 선을 그래프에 피팅하고, 포름알데하이드 포획 효율이 5%로 떨어졌을 때, 선을 x-축 지점에 외삽함으로써 수행되었다. 선 아래의 영역을 그 후 계산하고, 포름알데하이드의 질량 유속, 및 단위 면적 당 수착제 질량을 곱하여 포름알데하이드 용량을 수득하였다 (필터 영역 제곱 미터 당 수착된 포름알데하이드의 그램으로 보고됨).

[0215] [표 A]

항목	단위	비교예	실시예 A
시험 면적	m^2	0.0053	0.0053
포름알데하이드 용량	g/m^2	30.1	108
수착제 중량	g/m^2	5600	2300
수착제 용량	질량%	0.54%	4.7%
초기 효율	%	27	53

[0216]

[0217]

표 A에서, 시험 면적은 이동 기류에 노출된 허니콤의 구멍의 총 면적이다 (필터 샘플 모두의 경우도 동일). 포름알데하이드 용량은, 상기 기재된 절차로부터 수득된, 95% 포름알데하이드 파과에서의 포름알데하이드 부하 용량이다. 수착제 중량은 필터 샘플의 단위 면적 당 수착제의 부하이다. 수착제 용량은 수착제 중량으로 나눈 포름알데하이드 용량이어서, 수착제 용량이 사용된 수착제의 질량 당 포획된 포름알데하이드 질량으로서 (페센트 단위로) 보고된다. 초기 효율은 포름알데하이드 포획 효율 그래프 (도 10)를 0의 x-축 값으로 연장시킴으로써 수득되며, 수착제의 포름알데하이드에 대한 초기 노출시 포름알데하이드를 포획하는데 있어서의 수착제의 효율의 추정치를 제공한다.

[0218]

실시예 B

[0219]

전구체 폴리머 재료의 배치(batch)는 실시예 A에 대해 상기 기재된 바와 대체로 유사한 방식으로 제조된다. 절차를 총 6 회 반복하여, 20×60 메쉬로 체질된 폴리머 전구체 재료 1256 g을 모았다. 5 갤런의 플라스틱 용기 내에, 2056 mL (30.8 몰)의 EDA를 8225 mL의 EtOH 중에 용해시켰다. 이 용액에 1256 g의 폴리머 전구체 재료를 첨가하였다. 용기를 캡핑하고 롤러 상에 놓았다. 용기를 실온에서 18시간 동안 롤링하였다. 고형분을 진공 여과에 의해 단리하고 EtOH로 세정하였다. 고형분을 5 갤런의 플라스틱 용기에 넣고, 8.0 L의 EtOH를 용기에 첨가하였다. 고형분을 4시간 동안 EtOH 중에 정치시켰다. 고형분을 다시 진공 여과에 의해 단리하고, EtOH로 세정하였다. 이어서, 고형분을 120°C에서 3시간 동안 배치 오븐에서 건조시켰다. 이 생성물 (폴리머 수착제)은 대략 $140 \text{ m}^2/\text{g}$ 의 범위에서 BET 비표면적 (S_{ABET}) 및 대략 $0.17 \text{ cm}^3/\text{g}$ (p/p° 는 0.98) 범위에서 총 기공부피를 가졌다.

[0220]

폴리머 수착제 입자를 포함하는 필터 지지체인 중간 층을 포함하는 3-층 스택은 Fox의 미국 특허 출원 공보 제 2012272829호에 기재된 것과 유사한 공정으로 형성되었다. 간략히 요약하면, 제1 커버 층을 이동 수집기 표면상에서 풀고, 열가소성 용융취입 섬유 및 폴리머 수착제 입자의 섞인 혼합물을 제1 커버 층 위에 침적시키고, 용융취입 섬유가 여전히 상당히 따뜻하고 끈적이는 동안 제2 커버 층을 용융취입 섬유/수착제 입자 층과 접촉시켰다. 중간의 용융취입 섬유/수착제 입자 층이 제1 및 제2 커버 층 모두에 용융접합되는 결과가 수득되었다.

[0221]

제1 커버 층은 Fox의 US 제7947142호에 개시된 일반 유형의 정전기적으로 하전된 용융 스펀본드된 부직 매질이었다. 제1 커버 층은 상당히 강성이고, 하기 특성을 나타내었다 (편평한 웨브로서 측정됨): 기본 중량 (basis weight) 107 g/m^2 , 고형성 10%, 및 %침투율 (DOP) 20. 제2 커버 층은 Berrigan의 미국 가특허출원 제 61/873110호에 기재된 일반 유형의 스펀본드 폴리프로필렌 부직 매질이었다. 제2 커버 층은 최소 강성을 가졌으며, 기본 중량 44 g/m^2 을 가졌고, 14 cm/s 시험 속도에서 $0.34 \text{ mm H}_2\text{O}$ 기류 내성을 나타내었다. 용융취입 섬유는 Dow로부터 상표명 VERSIFY 4301 하에 입수 가능한 열가소성 탄성중합체로 제조되었다; 사용된 용융취입 조건 하에서, 용융취입 섬유는 중간 (용융취입 섬유/수착제) 층의 대략 16 중량%를 구성하였다.

[0222]

결과로서 생성된 3-층 섬유질 웨브는 면적 중량 533 g/m^2 , 14 cm/s 시험 속도에서 $8.41 \text{ mm H}_2\text{O}$ 의 기류 내성, 및 321 g/m^2 의 총 수착제 함량을 나타내었다. 웨브는, 주름 높이 25 mm 및 주름 간격 12.5 mm로 접힘-블레이드 (folding-blade) 스타일 주름가공기를 이용하여 주름가공된 구조로 형성되었다. 웨브는 제조됨에 따라 직접적으로 주름가공될 수 있으며, 일정한 주름 간격을 유지하는데 사용된 주름 끝에 부착된 얇은 스트립 외에는, 주름가공된 형태를 성공적으로 형성하고 유지하기 위해 임의의 강화 층 (예를 들어, 철 메쉬)의 라미네이션을 필요로 하지 않았다. 웨브 강성의 대부분은 제1 커버 층에 기인한 것으로 보였다.

[0223]

포름알데하이드 포획 효율 시험은 주름가공된 실시예 B 공기 필터 샘플 상에서 수행되었다; 결과는 상기-기재된 비교예 (허니콤-활성탄)와 함께, 표 11에 나타낸다. 이 경우에서, 실시예 B 데이터에 최적인 핏(fit)은 선형의 핏보다는 지수 곡선을 이용하여 발견되었다. 허니콤 (비교예) 데이터를 포름알데하이드 포획 효율이 5%로 떨어진 때의 지점으로 외삽하는 것이 필요하였다. 그러나, 실시예 B의 경우, 이 지점에 대한 실질적인 데이터는 너무 적게 수득되거나, 외삽이 필요하지 않았다.

[0224]

[표 B]

항목	단위	비교예	실시예 B
시험 면적	m^2	0.0053	0.0053
포름알데하이드 용량	g/m^2	30.1	91.8
수착제 중량	g/m^2	5600	1284
수착제 용량	질량%	0.54%	7.1%

[0225]

[0226]

실시예 C

[0227]

전구체 폴리머 재료의 배치는 실시예 A에 대해 상기 기재된 바와 대체로 유사한 방식으로 제조되었다. 차이는, 배치 사이즈가 훨씬 더 작았으며 (절차는 2.0 L 용기에서 보다는 300 cc 용기에서 수행됨) 더욱 높은 고형분 퍼센트에서 수행되었다; 그러나, 모노머 조성물은 동일하였다 (34 중량%의 다이비닐벤젠, 57.5 중량%의 말레산 무수물, 및 8.5 중량%의 스티렌-유형 모노머).

[0228]

32 온스 병에서, 115 mL (1.72 몰)의 EDA를 230 mL의 EtOH 중에 용해시켰다. 이 용액에 17.5 g의 폴리머 전구체 재료를 첨가하였다 (8 x12 메쉬로 체질됨). 병을 캡핑하여 80°C의 모래조에 넣었다. 이 혼탁액을 이러한 상승된 온도에서 18시간 동안 가열하였다. 고형분을 진공 여과에 의해 단리하고 EtOH로 세정하였다. 고형분을 8 온스 병에 넣고, 200 mL의 EtOH를 병에 첨가하였다. 고형분을 4시간 동안 EtOH 중에 정치시켰다. 고형분을 다시 진공 여과에 의해 단리하고, EtOH로 세정하였다. 이어서, 고형분을 고진공 하에서 80°C에서 8시간 동안 건조시켰다. 이 생성물 (폴리머 수착제)은 대략 $140 m^2/g$ 의 범위에서 BET 비표면적 (SA_{BET}) 및 대략 $0.17 cm^3/g$ (p/p° 는 0.98) 범위에서 총 기공 부피를 가졌다.

[0229]

Delstar Technologies사로부터 상표명 DELNET R0412-10PR 하의 망을 입수하였다; 망은 기본 중량 $60 g/m^2$ 을 갖는 것으로 보고되었다. 망은 서로 실질적으로 수직으로 배향된 두 세트의 필라멘트로 구성되어, 각각 근사 치수가 $1.7 \times 0.7 mm$ 인 대체로 직사각형인 관통구멍 (개구)의 배열을 형성한다. 감압 접착제 전구체 (코팅 용액)가 망의 양 측에 적용되었으며, 용매는 건조되어 (아크릴계) PSA가 대략 $30 g/m^2$ 의 기본 중량으로 망의 각 측 위에 남았다. 코팅된 망은 또한, 주름 높이 25 mm 및 주름 간격 12.5 mm로 접힘-블레이드 스타일 주름가공 기를 이용하여 주름가공된 형태로 형성되었다. 주름가공이 끝난 후, 수착제 입자를 주름가공된 망의 양 측 위에 수동으로 뿌려서 수착제 입자가 주름가공된 망의 주표면 상에 존재하는 PSA에 접착제로 부착되었다. 수착제는 대략 $800 g/m^2$ 의 기본 중량으로 제공되었다 (양 측 위의 수착제 입자를 계수).

[0230]

포름알데하이드 포획 효율 시험은 주름가공된 실시예 C 공기 필터 샘플 상에서 수행되었다; 결과는 상기-기재된 비교예 (허니콤-활성탄)와 함께, 표 12에 나타낸다. 허니콤 (비교예) 데이터를 포름알데하이드 포획 효율이 5%로 떨어진 때의 지점으로 외삽하는 것이 필요하였다. 그러나, 실시예 C의 경우, 이 지점에 대한 실질적인 데이터는 너무 적게 수득되거나, 외삽이 필요하지 않았다.

[0231]

[표 C]

항목	단위	비교예	실시예 C
시험 면적	m^2	0.0053	0.0053
포름알데하이드 용량	g/m^2	30.1	55.0
수착제 중량	g/m^2	5600	797
수착제 용량	질량%	0.54%	6.9%

[0232]

[0233]

상기 실시예에서 증명된 바와 같이, 본 명세서에 개시된 폴리머 수착제 입자는, 공기 필터를 형성하는 필터 지

지체 상에 배치되는 경우, 예를 들어 대표적인 활성탄 수착제에 비하여, 포름알데하이드를 포획하는 증진된 능력을 나타낼 수 있다. 이는 각종 필터 지지체 (예를 들어, 허니콤, 망, 및 섬유질 웨브) 상에서 증명되었으며, 폴리머 수착제 입자의 증진된 능력은 모든 필터 지지체 형태에 걸쳐 일관되며, 예를 들어 수착제 용량 파라미터에서 특히 명백하다.

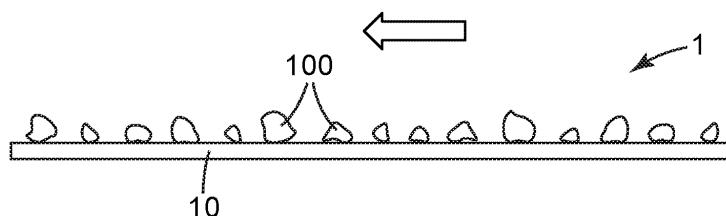
[0234] 본 출원의 청구범위는, 알데하이드용 폴리머 수착제 (Polymeric Sorbents for Aldehydes)라는 발명의 명칭의 Wendland의 미국 특허출원 제62/269613호를 참고로 포함한다. 상기 출원은, 폴리머 수착제가 각종 반응 조건에서, 각종 모노머 (예를 들어, 다이비닐벤젠, 말레산 무수물, 및 스티렌-유형 모노머의) 비율을 이용하고, 각종 아민 (예를 들어, 수산화 암모늄, 하이드라진 일수화물, 에틸렌 다이아민), 및 N, N' -다이메틸에틸렌-다이아민을 이용하여 제조되는 수많은 기타 실시예를 (조성물 및 절차가 상기 실시예에서 사용된 것들과 유사한 실시예 14에 추가하여) 포함한다. 그러한 실시예들은 간결성의 문제로 인해 본 문서에서 재현되지는 않지만, '613 출원 내의 그러한 실시예의 폴리머 수착제의 특징화 (예를 들어, 다공도, 표면적, 총 기공 부피, 및 특히 포름알데하이드의 흡착 면에서)는, 숙련자가 그러한 실시예의 수착제에 의해 나타나는 특성 (특히, 포름알데하이드를 수착하는 증진된 능력)이 본 명세서에 개시된 방식으로 임의의 적합한 필터 지지체 상에 배치되는 이들 재료에서 유사하게 나타낼 수 있음을 예측하도록 할 수 있을 것이다.

[0235] 전술한 실시예는 단지 명확한 이해를 위해 제공되었고, 그로부터 불필요한 제한이 이해되어서는 안 된다. 실시예에 기재된 시험 및 시험 결과는 예측적이기보다는 예시적인 것으로 의도되고, 시험 절차의 변형이 상이한 결과를 산출할 것으로 예상될 수 있다. 실시예에서의 모든 정량적 값은 사용된 절차에 수반된 통상적으로 알려진 공차의 측면에서 근사치로 이해된다.

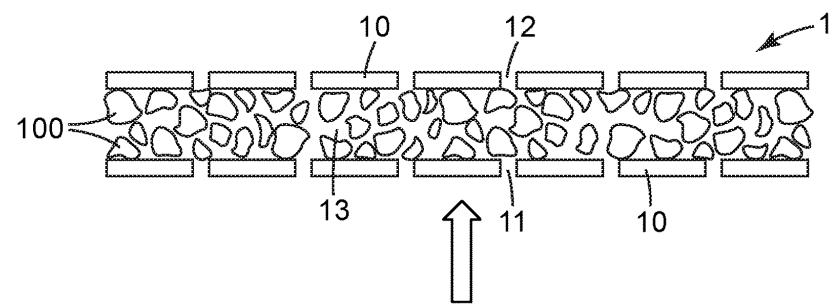
[0236] 본 명세서에 개시된 특정 예시적인 요소, 구조, 특징, 상세 사항, 구성 등이 다수의 실시예들에서 변형 및/또는 조합될 수 있음이 당업자에게 명백할 것이다. 모든 그러한 변형 및 조합은 단지 예시적인 실례로서의 역할을 하도록 선택된 그러한 대표적인 설계가 아닌 고안된 발명의 범위 내에 있는 것으로 본 발명자에 의해 고려된다. 따라서, 본 발명의 범주는 본 명세서에 기재된 특정 예시적인 구조로 제한되어야 하는 것이 아니라, 오히려 적어도 청구범위의 언어에 의해 기재된 구조 및 그러한 구조의 등가물로 확장된다. 본 명세서에 대안으로서 분명하게 언급된 임의의 요소는, 원하는 대로 임의의 조합으로, 청구범위에 명시적으로 포함될 수 있거나 청구범위로부터 배제될 수 있다. 본 명세서에 개방형 언어 (예를 들어, '포함한다' 및 이의 변형)로 언급된 임의의 요소 또는 요소들의 조합은 폐쇄형 언어 (예를 들어, '이루어진다' 및 이의 변형) 및 부분 폐쇄형 언어 (예를 들어, '본질적으로 이루어진다' 및 이의 변형)로 부가로 언급되는 것으로 여겨진다. 다양한 이론 및 가능한 메커니즘이 본 명세서에 논의되었을 수 있지만, 어떠한 경우에도 그러한 논의는 청구가능한 발명의 요지를 제한하는 역할은 하지 않는다. 기재된 바와 같은 본 명세서와 본 명세서에 참고로 포함되는 임의의 문헌의 개시 내용 사이에 임의의 상충 또는 불일치가 있는 경우에는, 기재된 바와 같은 본 명세서가 우선할 것이다.

도면

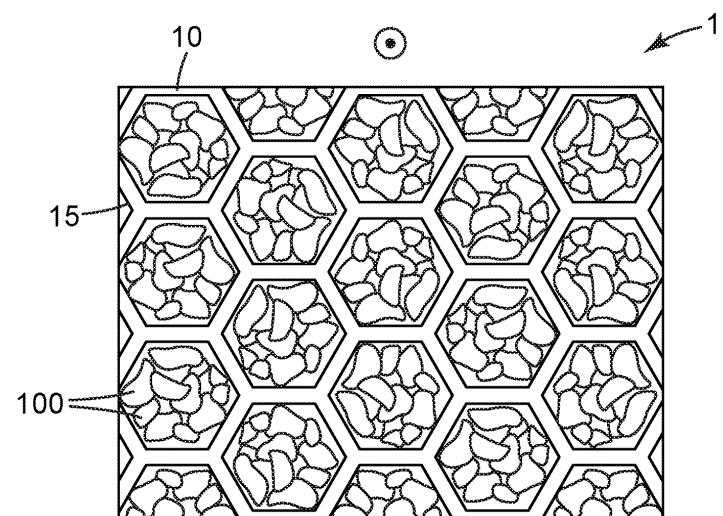
도면1



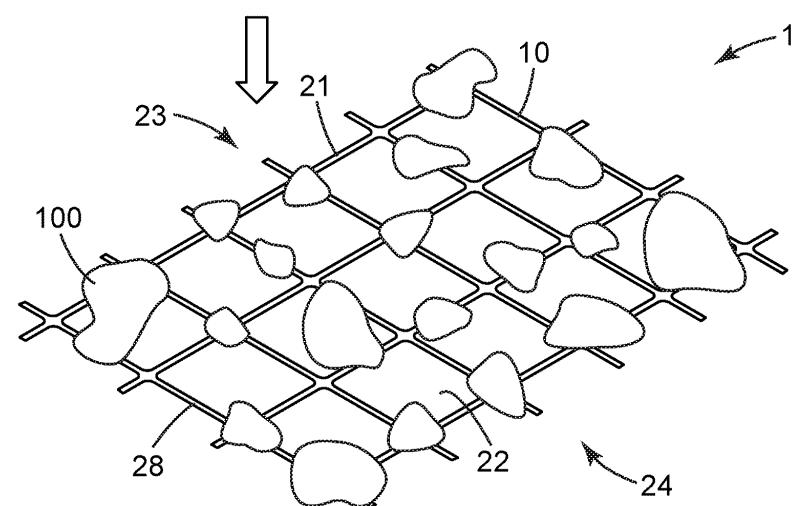
도면2



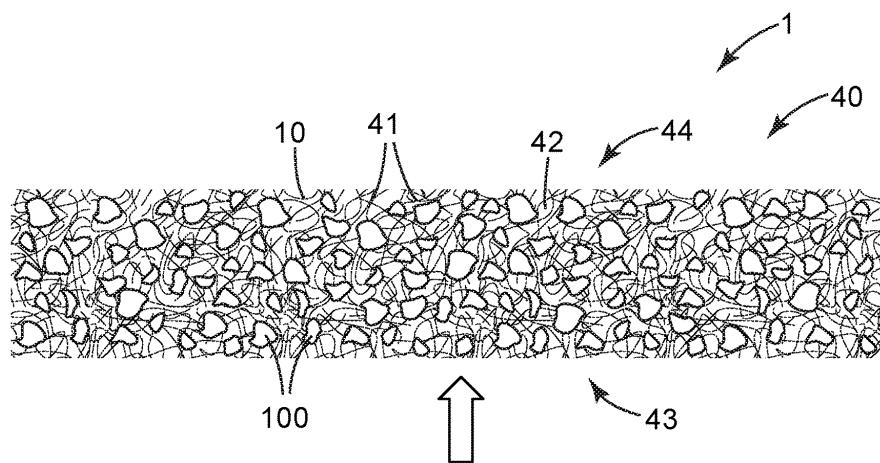
도면3



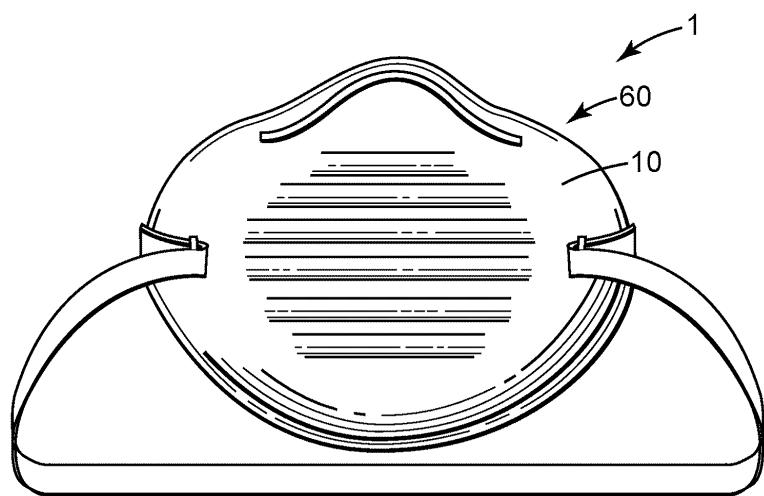
도면4



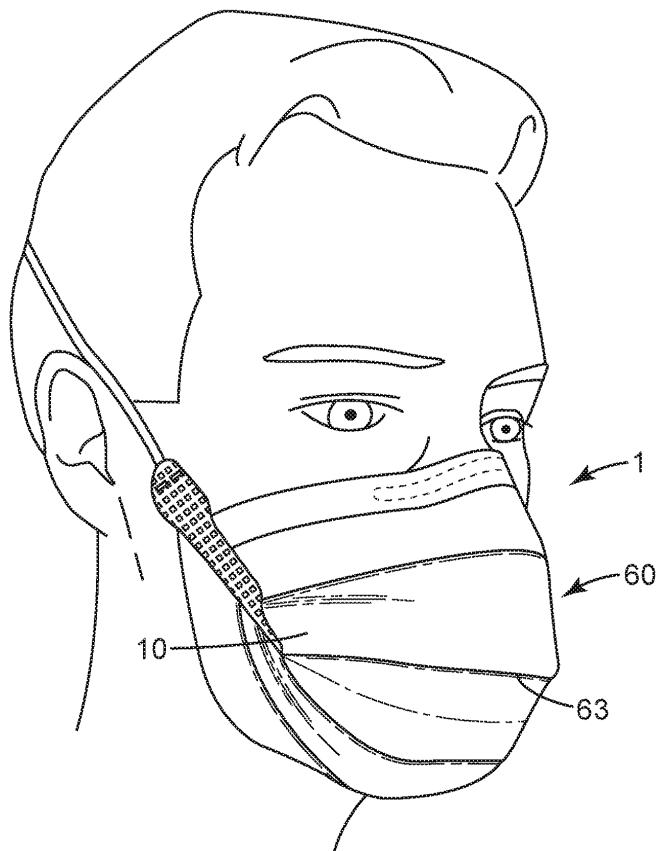
도면5



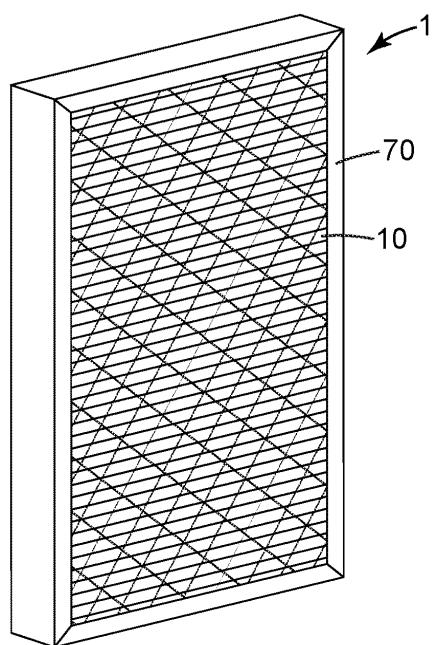
도면6



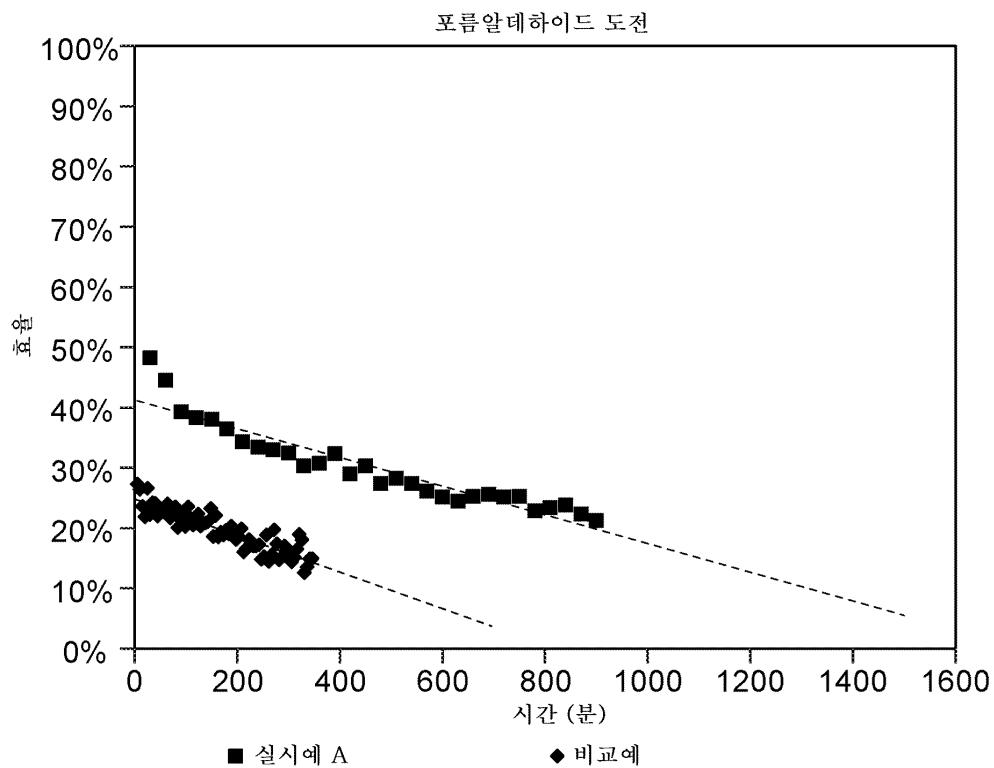
도면7



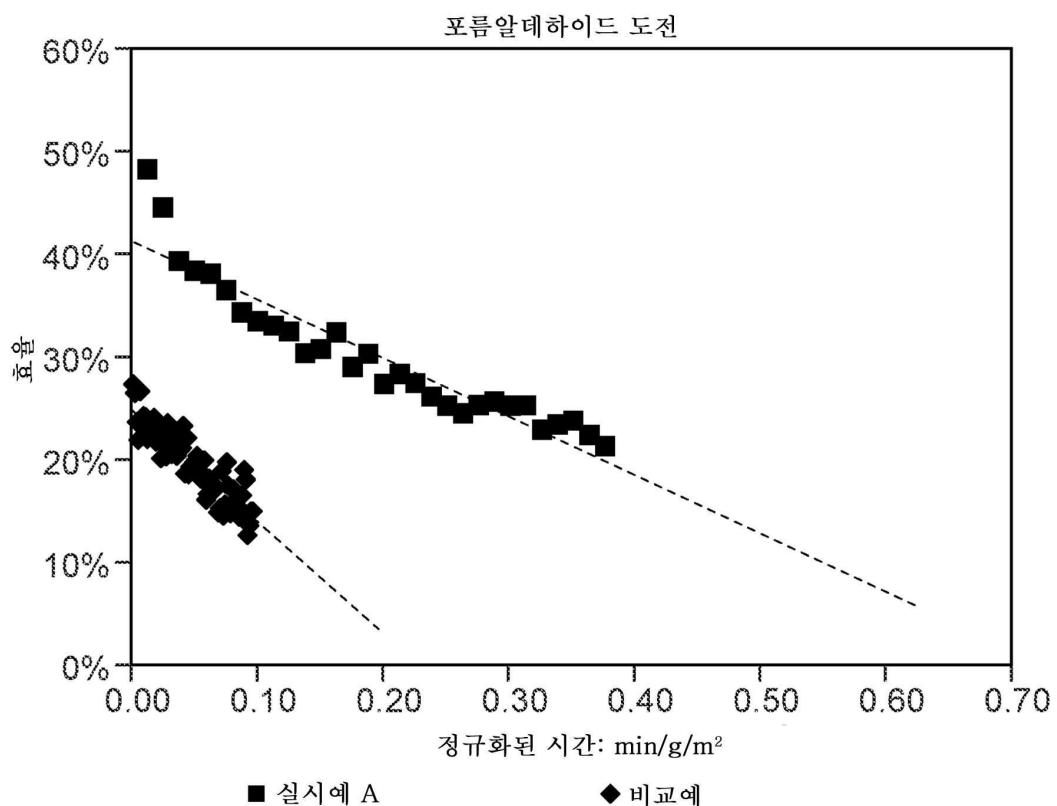
도면8



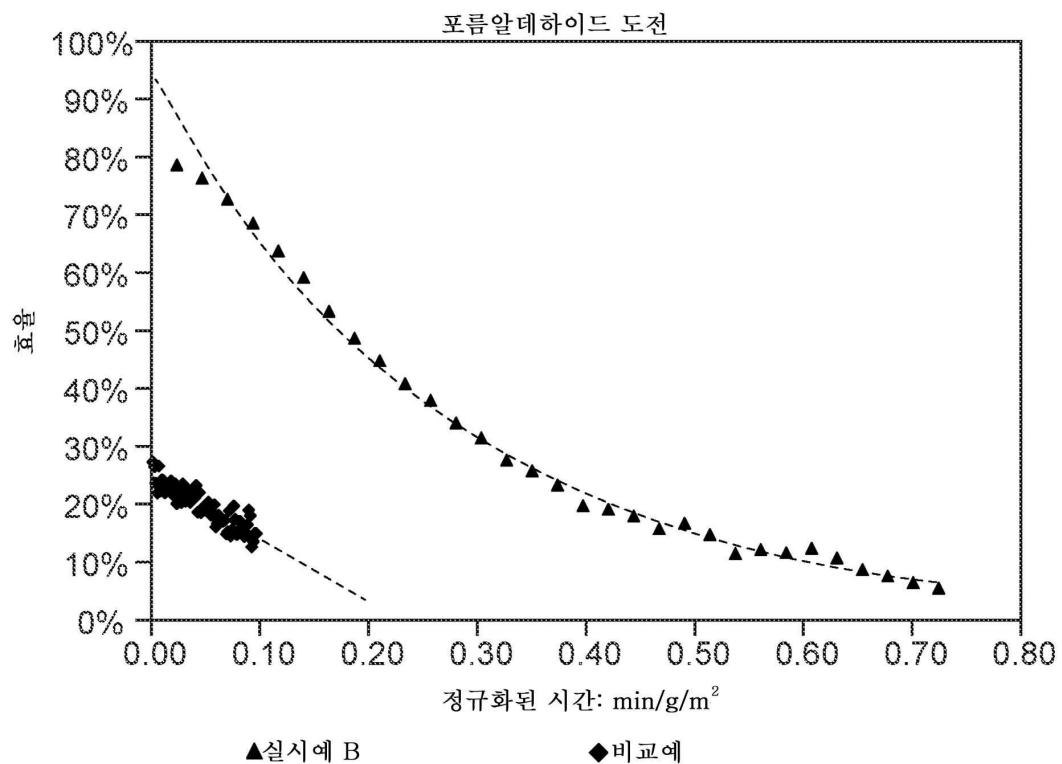
도면9



도면10



도면11



도면12

