

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2022-0153570
(43) 공개일자 2022년11월18일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 39/16 (2006.01) *B01D 39/08* (2006.01)
B01D 39/18 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
B01D 39/163 (2013.01)
B01D 39/083 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7016198
(22) 출원일자(국제) 2021년04월02일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2022년05월13일
(86) 국제출원번호 PCT/US2021/025673
(87) 국제공개번호 WO 2021/203066
국제공개일자 2021년10월07일
- (30) 우선권주장
63/004,926 2020년04월03일 미국(US)
63/081,143 2020년09월21일 미국(US)
- (71) 출원인
도날드슨 컴파니, 인코포레이티드
미합중국 미네소타 55431 블루밍턴 웨스트 94번가 1400
- (72) 발명자
존스, 데렉 오.
미국, 미네소타 55440-1299, 미네아폴리스, 피.
오. 박스 1299, 웨스트 94쓰 스트리트 1400
윌리스, 클렌튼 티.
미국, 미네소타 55440-1299, 미네아폴리스, 피.
오. 박스 1299, 웨스트 94쓰 스트리트 1400
- (74) 대리인
(유)한양특허법인

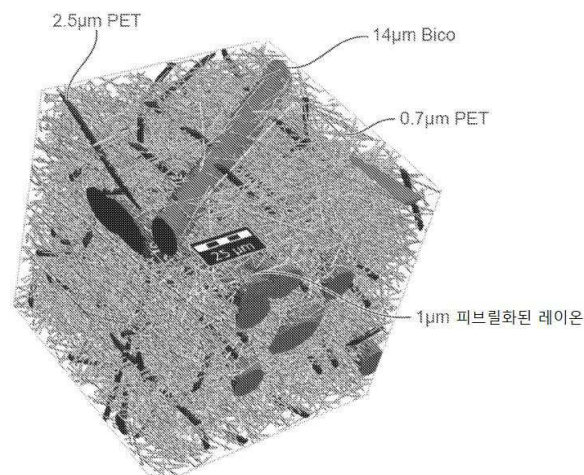
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 필터 매체

(57) 요약

본 개시내용은 바람직하게는 유리가 없거나 실질적으로 유리가 없는 필터 매체를 기술한다. 일부 구현예에서, 필터 매체는 바람직하게는 유사한 유리-함유 필터 매체와 비슷하거나 더 나은 용량 및 효율을 나타낸다. 필터 매체는 2성분 섬유, 효율 섬유(예를 들어, PET 섬유) 및 마이크로피브릴화된 섬유를 포함한다. 효율 섬유는 1 마이크론 내지 5 마이크론 범위의 섬유 직경을 갖는 섬유 및 적어도 0.1 마이크론 내지 1 마이크론 미만의 섬유 직경을 갖는 섬유를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01D 39/18 (2013.01)

B01D 2239/0216 (2013.01)

B01D 2239/0233 (2013.01)

B01D 2239/025 (2013.01)

B01D 2239/0435 (2013.01)

B01D 2239/0622 (2013.01)

B01D 2239/0627 (2013.01)

B01D 2239/0636 (2013.01)

B01D 2239/0654 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

5 마이크론 내지 25 마이크론 범위의 섬유 직경 및 0.1 cm 내지 15 cm의 섬유 길이를 갖는 25 중량% 내지 85 중량%의 2성분 섬유;

적어도 0.1 마이크론 내지 1 마이크론 미만의 섬유 직경을 갖는 5 중량% 내지 50 중량%의 저효율 섬유;

1 마이크론 내지 5 마이크론 범위의 섬유 직경을 갖는 10 중량% 내지 50 중량%의 고효율 섬유; 및

5 중량% 내지 25 중량%의 마이크로피브릴화된 섬유를 포함하는 부직포 필터 매체로서,

마이크로피브릴화된 섬유의 대부분은 최대 4 마이크론의 측면 치수를 가지며;

부직포 필터 매체에는 실질적으로 유리 섬유가 없는, 부직포 필터 매체.

청구항 2

제1항에 있어서, 2성분 섬유는 구조 폴리머 부분 및 열가소성 바인더 폴리머 부분을 포함하고, 구조 폴리머 부분은 바인더 폴리머 부분의 용점보다 더 높은 용점을 갖는, 부직포 필터 매체.

청구항 3

제2항에 있어서, 2성분 섬유의 구조 폴리머 부분은 적어도 240℃의 용점을 가지며 2성분 섬유의 바인더 폴리머 부분은 100℃ 내지 190℃ 범위의 용점을 갖는, 부직포 필터 매체.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 저효율 섬유는 적어도 0.4 마이크론 내지 1 마이크론 미만의 섬유 직경을 갖는, 부직포 필터 매체.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 고효율 섬유는 2 마이크론 내지 4 마이크론 범위의 섬유 직경을 갖는, 부직포 필터 매체.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

저효율 섬유는 PET를 포함하거나; 또는

고효율 섬유는 PET를 포함하거나; 또는

저효율 섬유 및 고효율 섬유 모두 PET를 포함하는, 부직포 필터 매체.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 마이크로피브릴화된 섬유는 마이크로피브릴화된 셀룰로스 섬유를 포함하는, 부직포 필터 매체.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 부직포 필터 매체는 5% 내지 15% 범위의 강도를 갖는, 부직포 필터 매체.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 부직포 필터 매체는 24 g/m^2 내지 100 g/m^2 범위의 평량을 갖는, 부직포 필터 매체.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 부직포 필터 매체는 0.5 마이크론 내지 20 마이크론 범위의 기공 크기를 갖는, 부직포 필터 매체.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 부직포 필터 매체는 1.5 내지 3 범위의 P95/P50 비율을 갖는, 부직포 필터 매체.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 부직포 필터 매체는 0.12 mm 내지 1 mm 범위의 두께를 갖는, 부직포 필터 매체.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서, 부직포 필터 매체는 0.5 인치의 물에서 $1 \text{ ft}^3/\text{ft}^2/\text{분}$ 내지 0.5 인치의 물에서 $100 \text{ ft}^3/\text{ft}^2/\text{분}$ 범위의 투과성을 갖는, 부직포 필터 매체.

청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 부직포 필터 매체에는 실질적으로 수지가 없는, 부직포 필터 매체.

청구항 15

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 부직포 필터 매체에는 유리 섬유가 없는, 부직포 필터 매체.

청구항 16

액체 스트림의 여과 방법으로서,

오염물을 포함하는 액체 스트림을 제1항 내지 제15항 중 어느 한 항의 부직포 필터 매체를 포함하는 부직포 필터 매체에 통과시키는 단계, 및

액체 스트림으로부터 오염물을 제거하는 단계를 포함하는, 액체 스트림의 여과 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 액체 스트림은 연료, 유압유, 공정수, 공기, 디젤 엔진 유체(DEF), 디젤 엔진 윤활유, 또는 블로우바이 가스, 또는 이들의 조합을 포함하는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 2020년 4월 3일에 출원된 미국가출원 제63/004,926호; 및 2020년 9월 21일에 출원된 미국가출원 제63/081,143호의 혜택을 주장하며, 이러한 문헌의 개시내용은 전문이 본원에 참고로 포함된다.

배경 기술

[0003] 필터 매체, 예를 들어 연료 여과에 사용되는 필터 매체는 종종 유리 미세 섬유를 포함한다. 그러나, 특정 유형의 여과 중에 유리 미세 섬유가 필터 매체로부터 방출되어 환경 오염을 일으키거나 여과된 연료의 경우 내연 기관에 손상을 초래할 수 있다는 우려가 있다.

발명의 내용

- [0004] 본 개시내용은 바람직하게는 유리가 없거나 실질적으로 유리가 없는 필터 매체를 기술한다. 일부 구현예에서, 필터 매체에 유리가 없거나 실질적으로 유리가 없을 때, 필터 매체는 바람직하게는 유사한 유리-함유 필터 매체와 비슷하거나 더 나은 용량 및 효율을 나타낸다.
- [0005] 일 양태에서, 본 개시내용은 5 마이크론 내지 25 마이크론 범위의 섬유 직경 및 0.1 cm 내지 15 cm의 섬유 길이를 갖는 25 중량% 내지 85 중량%의 2성분 섬유; 적어도 0.1 마이크론 내지 1 마이크론 미만인 섬유 직경을 갖는 5 중량% 내지 50 중량%의 저효율 섬유; 1 마이크론 내지 5 마이크론 범위의 섬유 직경을 갖는 10 중량% 내지 50 중량%의 고효율 섬유; 및 5 중량% 내지 25 중량%의 마이크로피브릴화된 섬유를 포함하는 부직포 필터 매체를 제공하고, 여기서 마이크로피브릴화된 섬유의 대부분은 최대 4 마이크론의 측면 치수를 가지며; 여기서 부직포 필터 매체에는 유리 섬유가 실질적으로 없다.
- [0006] 일부 구현예에서, 2성분 섬유는 구조 폴리머 부분 및 열가소성 바인더 폴리머 부분을 포함하고, 여기서 구조 폴리머 부분은 바인더 폴리머 부분의 용점보다 더 높은 용점을 갖는다. 일부 구현예에서, 2성분 섬유의 구조 폴리머 부분은 적어도 240℃의 용점을 가지며, 2성분 섬유의 바인더 폴리머 부분은 100℃ 내지 190℃ 범위의 용점을 갖는다.
- [0007] 일부 구현예에서, 저효율 섬유는 적어도 0.4 마이크론 내지 1 마이크론 미만의 섬유 직경을 갖는다.
- [0008] 일부 구현예에서, 고효율 섬유는 2 마이크론 내지 4 마이크론 범위의 섬유 직경을 갖는다.
- [0009] 일부 구현예에서, 저효율 섬유는 PET를 포함하거나 고효율 섬유는 PET를 포함하거나; 저효율 섬유 및 고효율 섬유 모두 PET를 포함한다.
- [0010] 일부 구현예에서, 마이크로피브릴화된 섬유는 마이크로피브릴화된 셀룰로스 섬유를 포함한다.
- [0011] 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 5% 내지 15% 범위의 강도를 갖는다. 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 24 g/m² 내지 100 g/m² 범위의 평량을 갖는다. 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 0.5 마이크론 내지 20 마이크론 범위의 기공 크기를 갖는다. 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 1.5 내지 3 범위의 P95/P50 비율을 갖는다. 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 0.12 mm 내지 1 mm 범위의 두께를 갖는다. 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 0.5 인치의 물에서 1 ft³/ft²/분 내지 0.5 인치의 물에서 100 ft³/ft²/분 범위의 투과성을 갖는다.
- [0012] 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체에는 실질적으로 수지가 없다.
- [0013] 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체에는 유리 섬유가 없다.
- [0014] 다른 양태에서, 본 개시내용은 오염물을 포함하는 액체 스트림을 부직포 필터 매체에 통과시키는 단계 및 액체 스트림으로부터 오염 물질을 제거하는 단계를 포함하는, 액체 스트림을 여과하는 방법을 기술한다. 일부 구현예에서, 액체 스트림은 연료, 유압유, 공정수, 공기, 디젤 엔진 유체(DEF), 디젤 엔진 윤활유, 또는 블로우바이 가스, 또는 이들의 조합을 포함한다.
- [0015] 본원에서 사용되는 마이크론은 마이크로미터(μm)와 동일하다.
- [0016] 본원에서 사용되는 "섬유"는 최대 100 마이크로미터의 평균 섬유 직경을 갖는다.
- [0017] 본원에서 사용되는 "섬유"는 3:1 초과, 및 바람직하게는 5:1 초과,의 종횡비(즉, 길이 대 측면 치수)를 갖는다. 예를 들어, 유리 섬유는 일반적으로 100:1 초과,의 종횡비를 갖는다. 이 맥락에서, "측면 치수"는 섬유의 폭(2차원에서) 또는 직경(3차원에서)이다. 용어 "직경"은 섬유의 원형 단면의 직경, 또는 섬유의 비-원형 단면의 가장 큰 단면 치수를 지칭한다. 섬유 길이는 원하는 결과에 따라 유한 길이 또는 무한 길이일 수 있다.
- [0018] 본원에서 사용되는 "β 비율" 또는 "β"는 실시예에 기술된 바와 같이 정상 흐름 조건(ISO 16889:2008) 하에서 다운스트림 입자에 대한 업스트림 입자의 비율이다. 필터의 효율이 높을수록, β 비율이 높아진다. β 비율은 하기와 같이 규정된다:

$$\beta_d = \frac{N_{d,U}}{N_{d,D}}$$

[0019]

[0020]

(상기 식에서, $N_{d,U}$ 는 직경 d 이상의 입자에 대한 단위 유체 체적 당 업스트림 입자 카운트이며, $N_{d,D}$ 는 직경 d 이상의 입자에 대한 단위 유체 체적 당 다운스트림 입자 카운트임). 존재하는 경우에, β 에 부착된 아래첨자(예를 들어, d)는 비율이 보고되는 입자의 크기를 나타낸다.

[0021]

달리 명시하지 않는 한, 본원에서 사용되는 기공 크기(예를 들어, P5, P50, 및 P95) 및 기공 크기의 비율(예를 들어, P95/P50)은 모세관 흐름 기공측정법을 이용하여 결정된다. 모세관 흐름 기공측정법은 연속 압력 스캔 모드를 이용하여 수행될 수 있다. 습윤 액체로서, 20.1 다인(dyne)/cm의 표면 장력 및 0의 습윤 접촉각을 갖는 실리콘 오일을 사용하는 것이 유용할 수 있다. 샘플은 초기에, 저압에서 고압으로 변화시키면서 건식으로 시험될 수 있고, 이후에, 다시 저압에서 고압으로 변화시키면서 습식으로 시험될 수 있다. 시험은 통상적으로, 주변 온도 조건(예를 들어, 20℃ 내지 25℃에서 수행된다. 256개의 데이터점은 건식 곡선 및 습식 곡선 둘 모두에 대한 압력의 스캔 범위에 걸쳐 수집될 수 있다. 통상적으로, 비틀림 계수 및/또는 형상 계수는 사용되지 않을 것이다(즉, 조정 계수를 사용하는 다른 시험 방법과 비교하기 위해, 1과 동일한 계수가 사용될 수 있음).

[0022]

본원에서 사용되는 값 $P(x\%)$ 는 본원에 기술된 방법을 이용하여 결정된 바와 같이, 습식 곡선이 건식 곡선의 $(100-x)\%$ 와 같을 때 계산된 기공 크기이다. 계산된 값이지만, 이는 층을 통한 전체 흐름의 $x\%$ 가 그러한 크기 이하의 기공을 통과하는 지점을 나타내는 것으로 이해될 수 있다. 예를 들어, P50(평균 흐름 기공 크기)은 습식 곡선이 건식 곡선의 절반과 같은 지점을 나타내고, 층을 통한 전체 흐름의 50%가 그러한 크기 이하의 기공을 통과하게 하는 기공 크기로서 볼 수 있다.

[0023]

본원에서 사용되는 "압력 강하"(본원에서 "dP" 또는 "ΔP"로도 지칭됨)는 특정 유체 속도에 대해 (오염물의 추가 전) 필터 또는 필터 매체를 통해 유체를 강제로 통과시키는 데 필요한 (펌프에 의해 가해진) 압력에 관한 것이다. 달리 명시하지 않는 한, 압력 강하는 ISO 16889:2008에 기술된 바와 같이 측정된 깨끗한 압력 강하이다. 샘플은 16 L/분의 테스트 유속을 사용하여 시험될 수 있다. 시험은 320 kPa의 단자 요소 차압으로 수행될 수 있다.

[0024]

본원에서 사용되는 용어 "실질적으로 ~가 없는(substantially free of)"은 필터 매체가 필터 매체의 활성 또는 작용에 임의의 상당한 정도로 기여하는 일정량의 나열된 성분(예를 들어, 유리 섬유 또는 수지)을 함유하지 않음을 나타낸다. 이 용어는 필터 매체의 여과 특성에 어떠한 실질적인 기여를 하지 않는 미미한 양의 성분을 포함한다는 것을 의미하기도 한다. 예를 들어, 실질적으로 유리가 없는 필터 매체는 1 중량% 미만의 유리 섬유를 포함할 수 있다. 예를 들어, 실질적으로 수지가 없는 필터 매체는 5 중량% 미만의 수지를 포함할 수 있다. 예를 들어, 실질적으로 유리가 없는 필터 매체는 1 중량% 미만의 유리 섬유를 포함할 수 있다. 예를 들어, 실질적으로 수지가 없는 필터 매체는 5 중량% 미만의 수지를 포함할 수 있다.

[0025]

본원에서 사용되는 용어 "~가 없는(free of)"은 필터 매체가 일정량의 나열된 성분(예를 들어, 유리 섬유 또는 수지)을 함유하지 않음을 나타낸다. 예를 들어, "유리가 없는" 필터 매체는 임의의 유리를 포함하지 않으며, "수지가 없는" 매체는 임의의 수지를 포함하지 않는다.

[0026]

표준 방법(예를 들어, ASTM, TAPPI 등)에 대한 모든 언급은 달리 명시하지 않는 한, 본 개시내용의 출원 시점에서 방법의 이용 가능한 가장 최신 버전을 지칭한다.

[0027]

단어 "바람직한" 및 "바람직하게는"은 특정 환경 하에서 특정 혜택을 제공할 수 있는 본 발명의 구현예를 지칭한다. 그러나, 다른 구현예 또한 동일한 또는 다른 환경 하에서 바람직할 수 있다. 또한, 하나 이상의 바람직한 구현예의 인용은 다른 구현예가 유용하지 않음을 시사하지 않고, 본 발명의 범위로부터 다른 구현예를 배제하도록 의도되지 않는다.

[0028]

용어 "포함하다" 및 이의 파생어는 이러한 용어가 설명 및 청구항에 나타나는 경우 제한적인 의미를 갖지 않는다. 이러한 용어는 기술된 단계 또는 요소 또는 단계들 또는 요소들의 그룹의 포함을 시사하지만, 임의의 다른 단계 또는 요소 또는 단계들 또는 요소들의 그룹의 배제를 시사하지 않는 것으로 이해될 것이다.

[0029]

"~로 구성되는(consisting of)"은 구 "~로 구성되는" 앞에 오는 모든 것을 포함하고 이로 제한됨을 의미한다. 이에 따라, 구 "~로 구성되는"은 나열된 요소가 필수적이거나 의무적이고 다른 요소가 존재하지 않을 수 있음을

나타낸다. "필수적으로 구성되는"은 구 앞에 나열된 임의의 요소를 포함하는 것을 의미하지만 나열된 요소에 대한 개시내용에 기술된 활동 또는 작용을 방해하거나 기여하지 않는 다른 요소로 제한됨을 의미한다. 이에 따라, 구 "필수적으로 구성되는"은 나열된 요소가 필수적이거나 의무적이지만, 다른 요소는 선택적이고, 나열된 요소의 활동이나 작용에 실질적으로 영향을 미치는 지의 여부에 따라 존재할 수 있거나 존재하지 않을 수 있음을 나타낸다.

- [0030] 달리 기술하지 않는 한, 단수 용어 및 "적어도 하나"는 상호 교환 가능하게 사용되고, 하나 이상을 의미한다.
- [0031] 본원에서 사용되는 용어 "또는"은 일반적으로 내용이 명확하게 달리 지시하지 않는 한, "및/또는"을 포함하는 통상적인 의미로 사용된다.
- [0032] 용어 "및/또는"은 나열된 요소 중 하나 또는 모두 또는 나열된 요소 중 임의의 둘 이상의 조합을 의미한다.
- [0033] 또한, 본원에서, 종점에 의한 수치 범위의 인용은 그러한 범위 내에 포함되는 모든 숫자를 포함한다(예를 들어, 1 내지 5는 1, 1.5, 2, 2.75, 3, 3.80, 4, 5, 등을 포함함). 본원에서, "최대" 숫자(예를 들어, 최대 50)는 그러한 숫자(예를 들어, 50)를 포함한다.
- [0034] 본원에서, "최대" 숫자(예를 들어, 최대 50)는 그러한 숫자(예를 들어, 50)를 포함한다.
- [0035] 용어 "범위에서" 또는 "범위 내에서"(및 유사한 설명)는 명시된 범위의 중점을 포함한다.
- [0036] 별개의 단계들을 포함하는 본원에 개시된 임의의 방법의 경우, 단계는 임의의 실행 가능한 순서로 수행될 수 있다. 그리고, 적절한 경우에, 둘 이상의 단계의 임의의 조합은 동시에 수행될 수 있다.
- [0037] 모든 제목은 독자의 편의를 위한 것이고, 이에 따라 기술하지 않는 한, 제목에 이어지는 텍스트의 의미를 제한하기 위해 사용되지 않아야 한다.
- [0038] 본 명세서 전반에 걸쳐 "일 구현예", "구현예", "특정 구현예" 또는 "일부 구현예" 등에 대한 언급은 구현예와 관련하여 기술된 특정한 특징, 구성, 조성, 또는 특성이 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 포함됨을 의미한다. 이에 따라, 본 명세서 전반에 걸쳐 다양한 위치에서 이러한 구의 출현은 반드시 본 개시내용의 동일한 구현예를 지칭하는 것은 아니다. 또한, 특정한 특징, 구성, 조성, 또는 특성은 하나 이상의 구현예에서 임의의 적합한 방식으로 조합될 수 있다.
- [0039] 달리 명시하지 않는 한, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 성분의 양, 분자량 등을 표현하는 모든 숫자는 모든 경우에 용어 "약"에 의해 수식되는 것으로 이해되어야 한다. 측정된 양과 관련하여 본원에서 사용되는 용어 "약"은 측정을 수행하고 측정의 목적 및 사용되는 측정 장비의 정밀도에 상응하는 주의 수준을 실행하는 숙련된 기술자에 의해 예상되는 측정된 양의 변동을 지칭한다. 이에 따라, 달리 반대로 명시하지 않는 한, 본 명세서 및 청구범위에 기술된 수치 파라미터는 본 발명에 의해 얻고자 하는 원하는 특성에 따라 달라질 수 있는 근사치이다. 최소한 그리고 청구범위로 등가의 교리를 제한하려는 시도가 아니라, 각 수치 파라미터는 적어도, 보고된 유효 자릿수의 관점에서 그리고 일반적인 반올림 기술을 적용하여 해석되어야 한다.
- [0040] 본 발명의 넓은 범위를 설명하는 수치 범위 및 파라미터가 근사치임에도 불구하고, 특정 예에 기술된 수치 값은 가능한 한 정확하게 보고된다. 그러나, 모든 숫자 값은 본질적으로, 이의 개개 시험 측정에서 발견된 표준 편차로부터 필연적으로 얻어진 범위를 포함한다.
- [0041] 본 발명의 상기 요약은 각각의 개시된 구현예 또는 본 발명의 모든 구현예를 기술하도록 의도되는 것은 아니다. 하기 설명은 예시적인 구현예를 보다 구체적으로 예시한다. 명세서 전반에 걸쳐 여러 위치에서, 다양한 조합으로 사용될 수 있는 예의 목록을 통해 지침이 제공된다. 각 경우에, 인용된 목록은 단지 대표적인 그룹으로서 역할을 하고, 배타적인 목록으로서 해석되어서는 안된다.

도면의 간단한 설명

- [0042] 도 1은 실시예 1에 추가로 기술되는 바와 같이 14 μm -직경 2성분(Bico) 섬유, 0.7 μm -직경 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET) 섬유, 2.5 μm -직경 PET 섬유, 및 1 μm -직경 마이크로피브릴화된 레이온 섬유를 포함하는 유리가 없는 필터 매체의 시뮬레이션의 그림 표현을 도시한다. 레이온 섬유의 시뮬레이션은 그들의 번들 특성의 전체 범위를 나타내지 않는다.

도 2는 실시예 2에 기술되는 바와 같이 제조되고 24 g/m^2 의 14 μm -직경 2성분 섬유와 다양한 양의 700 nm-직경 PET 섬유(원형 데이터점) 또는 14 μm -직경 2성분 섬유와 다양한 양의 700 nm-직경 PET 섬유, 1 μm -직경 마이

크로피브릴화된 레이온 섬유(Lyocell), 및 2.5 μm -직경 PET 섬유(사각형 데이터점)를 포함하는 핸드시트에 대해 $\beta_{4\mu\text{m}} = 10,000$ 을 결정하기 위해 측정된 시험 β 값을 도시한다. 각 데이터 세트의 추세선은 Excel에서의 곡선 맞춤을 사용하여 계산되었다.

도 3은 실시예 3에 기술되는 바와 같이 제조된 매체에 대해 측정된 $\beta_{4\mu\text{m}}$ 를 도시한다.

도 4는 실시예 4에 추가로 기술되는 바와 같이 각 섬유 유형의 상이한 양을 갖는 매체에서 마이크로피브릴화된 레이온 및 700 nm PET의 섬유 질량 백분율에 대해 플롯팅된 $\beta_{4\mu\text{m}}$ 를 도시한다.

도 5a는 실시예 4에 추가로 기술되는 바와 같이 상이한 양의 마이크로피브릴화된 레이온을 갖는 매체에서 마이크로피브릴화된 레이온의 섬유 질량 백분율에 대해 플롯팅된 P95/P50를 도시한다. 도 5b는 실시예 4에 추가로 기술되는 바와 같이 상이한 양의 2.7 μm -직경 PET 섬유를 갖는 매체에서 2.7 μm -직경 PET 섬유의 섬유 질량 백분율에 대해 플롯팅된 P95/P50를 도시한다.

도 6a는 실시예 4에 추가로 기술되는 바와 같이 상이한 양의 마이크로피브릴화된 레이온을 갖는 매체에서 마이크로피브릴화된 레이온의 섬유 질량 백분율에 대해 플롯팅된 성능 지수(FOM)를 도시한다. 도 5b는 실시예 4에 추가로 기술되는 바와 같이 상이한 양의 0.7 μm -직경 PET 섬유를 갖는 매체에서 0.7 μm -직경 PET 섬유의 섬유 질량 백분율에 대해 플롯팅된 FOM을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0043] 본 개시내용은 바람직하게는 유리가 없거나 실질적으로 유리가 없는 필터 매체를 기술한다. 일부 구현예에서, 필터 매체에 유리가 없거나 실질적으로 유리가 없을 때, 필터 매체는 바람직하게는 유사한 유리-함유 필터 매체와 비슷하거나 더 나은 용량 및 효율을 나타낸다.
- [0044] **필터 매체**
- [0045] 일 양태에서, 본 개시내용은 필터 매체를 기술한다. 필터 매체는 부직포 필터 매체이다. 부직포 필터 매체에는 예를 들어 유리 섬유를 포함하는 유리가 실질적으로 없다. 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 유리를 포함하지 않는다.
- [0046] 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 2성분 섬유; 적어도 0.1 마이크론 내지 1 마이크론 미만의 섬유 직경을 갖는 섬유로서 본원에서 사용되는 "저효율 섬유"; 1 마이크론 내지 5 마이크론 범위의 섬유 직경을 갖는 섬유로서 본원에서 사용되는 "고효율 섬유"; 및 마이크로피브릴화된 섬유를 포함한다.
- [0047] 일부 구현예에서, 저효율 섬유 또는 고효율 섬유 또는 둘 모두는 바람직하게는 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PE T)를 포함한다.
- [0048] 예시적인 구현예에서, 부직포 필터 매체는 5 마이크론 내지 25 마이크론 범위의 섬유 직경 및 0.1 cm 내지 15 cm 범위의 섬유 길이를 갖는 25 중량% 내지 85 중량%의 2성분 섬유; 5 중량% 내지 50 중량%의 저효율 섬유; 10 중량% 내지 50 중량%의 고효율 섬유; 및 5 중량% 내지 25 중량%의 마이크로피브릴화된 섬유를 포함하고, 여기서 마이크로피브릴화된 섬유의 대부분은 최대 4 마이크론의 측면 치수를 갖는다.
- [0049] 하나의 예시적인 구현예가 실시예 2에 도시되어 있다. 실시예 2에 추가로 기술된 바와 같이, 적어도 0.1 마이크론 내지 1 마이크론 미만(700 nm)의 섬유 직경을 갖는 섬유 및 1 마이크론 내지 5 마이크론(2.5 μm) 범위의 섬유 직경을 갖는 섬유를 포함하면, 원치 않는 압력 강하를 방지하는 보다 개방된 구조를 제공하면서 유사한 효율(β)을 달성할 수 있다. 실시예 3에 도시된 바와 같이, 이들 효율은 적어도 0.1 마이크론 내지 1 마이크론 미만의 섬유 직경을 갖는 섬유를 사용하지 않고도 얻을 수 있지만(도 3 참조), 이러한 매체는 더 조밀해져서 결과적으로 바람직하지 않은 더 높은 압력 강하(dP)를 초래할 것으로 예상된다.
- [0050] 더 작은 크기의 섬유를 사용하면 더 높은 효율의 필터 매체를 생성할 것이라는 것은 당업계에 잘 알려져 있다. 그러나 2성분 섬유 및 적어도 0.1 마이크론 내지 1 마이크론 미만의 섬유 직경을 갖는 섬유만을 포함하는 부직포 필터 매체는 강도가 매우 낮고 특히 더 큰 2성분 섬유 사이의 공간에 형성되는 0.1 마이크론 내지 1 마이크론 섬유의 섬유 매트릭스의 강도가 매우 낮아 많은 용도, 특히 필터 매체에 동적 힘이 가해지는 용도에 적합하지 않다. 수지를 포함하면 강도가 증가할 수 있지만, 수지를 사용하면 오염물을 수집하는 데 사용될 수 있는 매체의 기공을 막고 압력 강하를 증가시키기 때문에 바람직하지 않다.
- [0051] 실시예 4의 결과에서 알 수 있는 바와 같이, 마이크로피브릴화된 섬유 및 적어도 0.1 마이크론 내지 1 마이크론

미만(700 nm)의 섬유 직경을 갖는 섬유의 양을 증가시키는 것을 포함하면 효율이 증가한다(도 4 참조). 증가하는 양의 마이크로피브릴화된 섬유를 사용하면 사용되는, 필터 매체의 성능 및 최소 에너지로 스트림의 특정 정화 수준을 제공하는 필터 매체의 능력의 척도인, 성능 지수(Figure of Merit, FOM)으로 표시된 필터 매체 성능이 증가하였다(도 6a). 또한, 증가된 양의 마이크로피브릴화된 섬유를 사용하면 섬유 얽힘이 증가하여 섬유 매트릭스의 강도가 증가한다. 레이온 및 셀룰로스와 같이 수소 결합을 형성할 수 있는 물질을 사용하여 강도를 증가시킬 수도 있다.

[0052] 그러나 증가하는 양의 마이크로피브릴화된 섬유를 사용하면 P95/P50 비율도 증가하는데(도 5a), 이는 마이크로피브릴화된 섬유의 양이 증가함에 따라 매체의 기공 크기의 균일성이 감소함을 나타낸다. 대조적으로, 증가하는 양의 고효율 섬유(즉, 1 마이크로미터 내지 5 마이크로미터 범위의 섬유 직경을 갖는 섬유)를 첨가하면, P95/P50 비율이 감소하는데(도 5b), 이는 고효율 섬유의 양이 증가함에 따라 매체의 기공 크기의 균일성이 증가함을 나타낸다.

[0053] 따라서, 원하는 효율, 강도 및 균일성을 갖는 유리가 없는 매체를 얻기 위해서는 2성분 섬유, 저효율 섬유, 고효율 섬유 및 마이크로피브릴화된 섬유의 비율의 균형을 맞추는 필요가 있다. 예를 들어, 균일성을 높이려면 고효율 섬유의 비율을 증가시키는 것이 바람직할 수 있다. 효율을 높이려면 저효율 섬유의 비율을 증가시키는 것이 바람직할 수 있다.

[0054] 일부 구현예에서, 섬유 중 하나 이상은 매체의 정전기 전하를 변경하기 위해 선택 또는 처리될 수 있다. 전하는 통상적으로, 폴리머의 표면에 또는 부근에 트랩핑된 양전하 또는 음전하의 층, 또는 폴리머의 벌크에 저장된 전하 클라우드를 포함한다. 전하는 또한, 분자의 쌍극자의 정렬로 동결된 분극 전하를 포함할 수 있다. 물질을 전기 전하로 처리하는 방법은 당업자에 의해 널리 공지되어 있다. 이러한 방법은 예를 들어, 열적, 액체-접촉, 전자빔, 플라즈마, 및 코로나 방전 방법을 포함한다.

[0055] 2성분 섬유

[0056] 필터 매체는 2성분 섬유를 포함한다. 임의의 적합한 2성분 섬유가 사용될 수 있으며, 2성분 섬유는 매체에 대해 의도된 용도에 따라 선택될 수 있다.

[0057] 일부 구현예에서, 필터 매체는 적어도 25 중량%, 적어도 30 중량%, 적어도 35 중량%, 적어도 40 중량%, 적어도 45 중량%, 적어도 50 중량%, 적어도 55 중량%, 적어도 60 중량%, 적어도 65 중량%, 또는 적어도 70 중량%의 2성분 섬유를 포함한다. 일부 구현예에서, 필터 매체는 최대 30%, 최대 35 중량%, 최대 40 중량%, 최대 45 중량%, 최대 50 중량%, 최대 55 중량%, 최대 60 중량%, 최대 65 중량%, 최대 70 중량%, 최대 75 중량%, 또는 최대 85 중량%의 2성분 섬유를 포함한다. 예시적인 구현예에서, 필터 매체는 25 중량% 내지 85 중량%의 2성분 섬유를 포함한다. 다른 예시적인 구현예에서, 필터 매체는 25 중량% 내지 75 중량%의 2성분 섬유를 포함한다. 또 다른 예시적인 구현예에서, 필터 매체는 25 중량% 내지 70 중량%의 2성분 섬유를 포함한다. 추가의 예시적인 구현예에서, 필터 매체는 50 중량%의 2성분 섬유를 포함한다.

[0058] 일부 구현예에서, 2성분 섬유는 적어도 1 마이크로미터, 적어도 5 마이크로미터, 적어도 10 마이크로미터, 적어도 15 마이크로미터 또는 적어도 20 마이크로미터의 섬유 직경을 갖는다. 일부 구현예에서, 2성분 섬유는 최대 5 마이크로미터, 최대 10 마이크로미터, 최대 15 마이크로미터, 최대 20 마이크로미터, 최대 25 마이크로미터 또는 최대 30 마이크로미터의 섬유 직경을 갖는다. 예시적인 구현예에서, 2성분 섬유는 5 마이크로미터 내지 25 마이크로미터 범위의 섬유 직경을 갖는다. 다른 예시적인 구현예에서, 2성분 섬유는 14 마이크로미터의 섬유 직경을 갖는다.

[0059] 일부 구현예에서, 이성분 섬유는 적어도 0.1 cm, 적어도 0.5 cm, 또는 적어도 1 cm의 섬유 길이를 갖는다. 일부 구현예에서, 2성분 섬유는 최대 0.5 cm, 최대 1 cm, 최대 5 cm, 최대 10 cm, 또는 최대 15 cm의 섬유 길이를 갖는다. 예시적인 구현예에서, 2성분 섬유는 0.1 cm 내지 15 cm 범위의 섬유 길이를 갖는다. 다른 예시적인 구현예에서, 2성분 섬유는 6 mm의 섬유 길이를 갖는다.

[0060] 일부 구현예에서, 2성분 섬유는 구조 폴리머 부분 및 열가소성 바인더 폴리머 부분을 포함하고, 구조 폴리머 부분은 바인더 폴리머 부분의 용점보다 더 높은 용점을 갖는다.

[0061] 구조 폴리머 부분 및 바인더 폴리머 부분은 임의의 적합한 물질로 만들어질 수 있다. 예를 들어, 구조 폴리머 부분은 PET를 포함할 수 있고, 바인더 폴리머 부분은 코폴리머 PET(coPET)를 포함할 수 있다. 추가적인 예에서, 구조 폴리머 부분은 PET를 포함할 수 있고, 바인더 폴리머 부분은 폴리에틸렌(PE), PET, 나일론, 폴리프로필렌(PP), 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE), 폴리에테르설폰(PES), 폴리페닐렌 설파이드(PPS), 메타-아라미드 또는 파라-아라미드를 포함할 수 있다. 추가 예에서, 바인더 폴리머 부분은 폴리에틸렌(PE), 폴리락트산(PLA), 나일론, 에틸렌 비닐 알코올(EVOH), 폴리비닐 클로라이드(PVC), 폴리비닐리덴 플루오라이드(PVDF)(예를 들어,

KYNAR), 또는 임의의 다른 폴리머 또는 코어 구조 폴리머보다 낮은 용융 온도로 설계된 변형 폴리머를 포함할 수 있다.

[0062] 일부 구현예에서, 구조 폴리머 부분은 코어이고, 열가소성 바인더 폴리머 부분은 2성분 섬유의 피복이다.

[0063] 일부 구현예에서, 2성분 섬유의 구조 폴리머 부분은 적어도 240℃의 용점을 가지며 2성분 섬유의 바인더 폴리머 부분은 최대 115℃의 용점을 갖는다. 구조 폴리머 부분이 적어도 240℃의 용점을 가지며 바인더 폴리머 부분이 최대 115℃의 용점을 갖는 예시적인 2성분 섬유는 Advansa(Hamm, Germany)로부터 입수 가능한 14 μm -직경 섬유인 271P이다.

[0064] 일부 구현예에서, 2성분 섬유의 구조 폴리머 부분은 적어도 240℃의 용점을 가지며 2성분 섬유의 바인더 폴리머 부분은 100℃ 내지 190℃ 범위의 용점을 갖는다. 한 예시적인 구현예에서, 2성분 섬유의 구조 폴리머 부분은 적어도 240℃의 용점을 가지며 2성분 섬유의 바인더 폴리머 부분은 120℃ 내지 170℃ 범위의 용점을 갖는다. 다른 예시적인 구현예에서, 2성분 섬유의 구조 폴리머 부분은 적어도 240℃의 용점을 가지며 2성분 섬유의 바인더 폴리머 부분은 140℃ 내지 160℃의 용점을 갖는다.

[0065] 구조 폴리머 부분이 적어도 240℃의 용점을 가지며 바인더 폴리머 부분이 100℃ 내지 190℃의 용점을 갖는 예시적인 2성분 섬유는, 일본 오사카의 Teijin Fibers Limited로부터 입수 가능한 TJ04CN(110℃의 바인더 폴리머 부분 용점을 가짐), TJ04BN(150℃의 바인더 폴리머 부분 용점을 가짐); 독일 함(Hamm)의 Advansa로부터 입수 가능한 271P(110℃의 바인더 폴리머 부분 용점을 가짐); 및 미국 테네시 주 존슨 시티의 Fiber Innovation Technology, Inc로부터 입수 가능한 T-202 또는 T-217(각각 180℃의 바인더 폴리머 부분 용점을 가짐)이다.

[0066] 일부 구현예에서, 2성분 섬유는 제1 2성분 섬유 및 제2 2성분 섬유를 포함할 수 있다. 예시적인 구현예에서, 2성분 섬유는, 구조 부분이 적어도 240℃의 용점을 가지며 바인더 폴리머 부분이 최대 115℃의 용점을 갖는 제1 이성분 섬유와 구조 폴리머 부분이 적어도 240℃의 용점을 가지며 바인더 폴리머 부분이 100℃ 내지 190℃의 용점을 갖는 제2 2성분 섬유를 포함할 수 있다. 예를 들어, 2성분 섬유는 Advansa 271P 및 TJ04BN을 모두 포함할 수 있다.

[0067] 저효율 섬유

[0068] 필터 매체는 "저효율 섬유"를 포함하며, 여기서 본원에서 사용되는 "저효율 섬유"는 적어도 0.1 마이크론 내지 1 마이크론 미만의 섬유 직경을 갖는 섬유이다.

[0069] 일부 구현예에서, 저효율 섬유는 바람직하게는 PET 섬유이다. 일부 구현예에서, 저효율 섬유는 본질적으로 PET로 구성될 수 있다. 일부 구현예에서, 저효율 섬유는 PET로 구성될 수 있다.

[0070] 추가적으로 또는 대안적으로, 저효율 섬유는 나일론, 아크릴, 레이온, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 에틸렌 비닐 알코올(EVOH), 폴리락트산(PLA), 폴리비닐 알코올(PVA), 폴리비닐 클로라이드(PVC), 폴리테트라플루오로에틸렌 (PTFE) 또는 다른 적합한 용융성 폴리머를 포함할 수 있다.

[0071] 일부 구현예에서, 필터 매체는 적어도 5 중량%, 적어도 10 중량%, 적어도 15 중량%, 적어도 20 중량%, 적어도 25 중량%, 적어도 30 중량%, 적어도 35 중량%, 적어도 40 중량%, 또는 적어도 45 중량%의 저효율 섬유를 포함한다. 일부 구현예에서, 필터 매체는 최대 15 중량%, 최대 20 중량%, 최대 25 중량%, 최대 30 중량%, 최대 35 중량%, 최대 40 중량%, 최대 45 중량%, 최대 50 중량%, 또는 최대 55 중량%의 저효율 섬유를 포함한다. 예시적인 구현예에서, 필터 매체는 5 중량% 내지 50 중량%의 저효율 섬유를 포함한다. 다른 예시적인 구현예에서, 필터 매체는 10 중량% 내지 50 중량%의 저효율 섬유를 포함한다. 또 다른 예시적인 구현예에서, 필터 매체는 10 중량% 내지 40 중량%의 저효율 섬유를 포함한다. 추가의 예시적인 구현예에서, 필터 매체는 10 중량% 내지 25 중량%의 저효율 섬유를 포함한다.

[0072] 일부 구현예에서, 저효율 섬유는 적어도 0.1 마이크로, 적어도 0.2 마이크로, 적어도 0.3 마이크로, 적어도 0.4 마이크로, 적어도 0.5 마이크로, 적어도 0.6 마이크로, 또는 적어도 0.7 마이크로 섬유 직경을 갖는다. 일부 구현예에서, 저효율 섬유는 최대 0.7 마이크로, 최대 0.8 마이크로, 최대 0.9 마이크로, 또는 1 마이크로 미만의 섬유 직경을 갖는다. 예를 들어, 예시적인 구현예에서, 저효율 섬유는 적어도 0.4 마이크로 및 1 마이크로 미만의 섬유 직경을 갖는다. 다른 예시적인 구현예에서, 저효율 섬유는 0.6 마이크로 내지 0.8 마이크로 범위의 섬유 직경을 갖는다. 추가의 예시적인 구현예에서, 저효율 섬유는 0.7 마이크로 섬유 직경을 갖는다.

[0073] 실시예에서, 저효율 섬유는 0.7 마이크론의 섬유 직경을 갖는 PET 섬유이다.

- [0074] 일부 구현예에서, 저효율 섬유는 적어도 0.5 mm, 적어도 1 mm, 또는 적어도 1.5 mm의 길이를 갖는다. 일부 구현예에서, 저효율 섬유는 최대 10 mm, 최대 11 mm, 최대 12 mm, 또는 최대 15 mm의 길이를 갖는다. 예시적인 구현예에서, 저효율 섬유는 1 mm 내지 15 mm 범위의 길이를 갖는다. 추가의 예시적인 구현예에서, 저효율 섬유는 1 mm 내지 12 mm 범위의 길이를 갖는다.
- [0075] 일부 구현예에서, 저효율 섬유가 PET를 포함할 때, 저효율 섬유의 PET는 바람직하게는 적어도 250℃, 더 바람직하게는 적어도 275℃, 더욱 더 바람직하게는 적어도 290℃의 용점을 갖는다.
- [0076] **고효율 섬유**
- [0077] 필터 매체는 "고효율 섬유"를 추가로 포함하며, 여기서 본원에서 사용되는 "고효율 섬유"는 1 마이크론 내지 5 마이크론 범위의 섬유 직경을 갖는 섬유이다.
- [0078] 일부 구현예에서, 고효율 섬유는 바람직하게는 PET 섬유이다. 일부 구현예에서, 고효율 섬유는 본질적으로 PET로 구성될 수 있다. 일부 구현예에서, 고효율 섬유는 PET로 구성될 수 있다.
- [0079] 추가적으로 또는 대안적으로, 고효율 섬유는, 나일론, 아크릴, 레이온, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 에틸렌 비닐 알코올(EVOH), 폴리락트산(PLA), 폴리비닐 알코올(PVA), 폴리비닐 클로라이드(PVC), 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE), 또는 다른 적합한 용융성 폴리머를 포함할 수 있다.
- [0080] 일부 구현예에서, 필터 매체는 적어도 10 중량%, 적어도 15 중량%, 적어도 20 중량%, 적어도 25 중량%, 또는 적어도 30 중량%의 고효율 섬유를 포함한다. 일부 구현예에서, 필터 매체는 최대 15 중량%, 최대 20 중량%, 최대 25 중량%, 최대 30 중량%, 최대 35 중량%의 고효율 섬유, 최대 40 중량%의 고효율 섬유, 최대 45 중량%의 고효율 섬유, 또는 최대 50 중량%의 고효율 섬유를 포함한다. 예시적인 구현예에서, 필터 매체는 10 중량% 내지 50 중량%의 고효율 섬유를 포함한다. 다른 예시적인 구현예에서, 필터 매체는 10 중량% 내지 40 중량%의 고효율 섬유를 포함한다. 다른 예시적인 구현예에서, 필터 매체는 10 중량% 내지 25 중량%의 고효율 섬유를 포함한다.
- [0081] 일부 구현예에서, 고효율 섬유는 적어도 1 마이크론, 적어도 1.5 마이크론, 적어도 2 마이크론, 적어도 3 마이크론, 또는 적어도 4 마이크론의 섬유 직경을 갖는다. 일부 구현예에서, 고효율 섬유는 최대 1.5 마이크론, 최대 2 마이크론, 최대 3 마이크론, 최대 4 마이크론, 또는 최대 5 마이크론의 섬유 직경을 갖는다. 예를 들어, 예시적인 구현예에서, 고효율 섬유는 2 마이크론 내지 4 마이크론 범위의 섬유 직경을 갖는다. 다른 예시적인 구현예에서, 고효율 섬유는 2 마이크론 내지 3 마이크론 범위의 섬유 직경을 갖는다. 또 다른 예시적인 구현예에서, 고효율 섬유는 2.5 마이크론의 섬유 직경을 갖는다. 추가의 예시적인 구현예에서, 고효율 섬유는 2.7 마이크론의 섬유 직경을 갖는다.
- [0082] 실시예에서, 저효율 섬유는 2.7 마이크론의 섬유 직경을 갖는 PET 섬유이다.
- [0083] 일부 구현예에서, 고효율 섬유는 적어도 0.5 mm, 적어도 1 mm, 또는 적어도 1.5 mm의 길이를 갖는다. 일부 구현예에서, 고효율 섬유는 최대 10 mm, 최대 11 mm, 최대 12 mm, 또는 최대 15 mm의 길이를 갖는다. 예시적인 구현예에서, 고효율 섬유는 1 mm 내지 15 mm 범위의 길이를 갖는다. 추가의 예시적인 구현예에서, 고효율 섬유는 1 mm 내지 12 mm 범위의 길이를 갖는다.
- [0084] 일부 구현예에서, 고효율 섬유가 PET를 포함할 때, 고효율 섬유의 PET는 바람직하게는 적어도 250℃, 더 바람직하게는 적어도 275℃, 더욱 더 바람직하게는 적어도 290℃의 용점을 갖는다.
- [0085] **마이크로피브릴화된 섬유**
- [0086] 부직포 필터 매체는 마이크로피브릴화된 섬유를 포함한다. 본원에서 사용되는 마이크로피브릴화된 섬유는 가공되지 않은 섬유보다 더 큰 표면적의 분지형 구조를 갖는 섬유를 발달시키기 위해 가공된 섬유이다.
- [0087] 일부 구현예에서, 마이크로피브릴화된 섬유는 예를 들어 피브릴화된 CFF 섬유(Engineered Fiber Technology(Shelton, CT)로부터 입수 가능함)를 포함하는 마이크로피브릴화된 아크릴 섬유일 수 있다. 일부 구현예에서, 마이크로피브릴화된 섬유는 예를 들어 Lyocell 또는 TENCEL과 같은 레이온을 포함하는 마이크로피브릴화된 셀룰로스 섬유일 수 있다. 일부 구현예에서, 마이크로피브릴화된 섬유는 예를 들어 TWARON Pulp(Teijin Aramid, B.V., The Netherlands)를 포함하는 마이크로피브릴화된 파라-아라미드 섬유일 수 있다. 일부 구현예에서, 마이크로피브릴화된 섬유는 예를 들어 마이크로피브릴화된 VECTRAN 섬유(Engineered Fiber Technology(Shelton, CT)로부터 입수 가능함)를 포함하는 마이크로피브릴화된 액정 폴리머(LCP) 섬유일 수 있다. 일부 구현예에서, 마이크로피브릴화된 섬유는 예를 들어 피브릴화된 ZYLON 섬유(Engineered Fiber

Technology(Shelton, CT)로부터 입수 가능함)를 포함하는 마이크로피브릴화된 폴리-p-페닐렌 벤조비속사졸(PBO) 섬유일 수 있다.

[0088] 일부 구현예에서, 필터 매체는 적어도 5 중량%, 적어도 10 중량%, 적어도 15 중량%, 적어도 20 중량%, 적어도 25 중량%, 또는 적어도 30 중량%의 마이크로피브릴화된 섬유를 포함한다. 일부 구현예에서, 필터 매체는 최대 15 중량%, 최대 20 중량%, 최대 25 중량%, 최대 30 중량%, 최대 35 중량%의 마이크로피브릴화된 섬유, 또는 최대 40 중량%의 마이크로피브릴화된 섬유를 포함한다. 예시적인 구현예에서, 필터 매체는 5 중량% 내지 40 중량%의 마이크로피브릴화된 섬유를 포함한다. 다른 예시적인 구현예에서, 필터 매체는 5 중량% 내지 25 중량%의 마이크로피브릴화된 섬유를 포함한다. 추가의 예시적인 구현예에서, 필터 매체는 10 중량% 내지 40 중량%의 마이크로피브릴화된 섬유를 포함한다. 또 다른 예시적인 구현예에서, 필터 매체는 10 중량% 내지 25 중량%의 마이크로피브릴화된 섬유를 포함한다. 추가의 예시적인 구현예에서, 필터 매체는 12.5 중량% 또는 25 중량%의 마이크로피브릴화된 섬유를 포함한다.

[0089] 일부 구현예에서, 마이크로피브릴화된 섬유는 마이크로피브릴화 셀룰로스를 포함한다. 본원에서 사용되는 마이크로피브릴화된 셀룰로스(MFC)는 문헌[G. Chinga-Carrasco in Nanoscale Research Letters, 2011; 6:417: "MFC 물질은 (1) 나노피브릴, (2) 피브릴 미세물(fibrillar fine), (3) 섬유 단편, 및 (4) 섬유를 포함할 수 있다. 이는 MFC가 반드시 마이크로피브릴, 나노피브릴 또는 임의의 다른 셀룰로스 나노-구조와 동의어가 아님을 시사한다. 그러나, 적절히 생성된 MFC 물질은 주요 성분으로서, 나노-구조, 즉, 나노피브릴을 함유한다"]에서 규정된 그러한 물질을 지칭한다. 이러한 성분의 직경(또는 마이크로피브릴화된 셀룰로스 섬유의 경우, "측면 치수")은 그러한 동일한 문헌의 표 1에서 재현되고, 하기와 같다: (1) 나노피브릴($<0.1 \mu\text{m}$); (2) 피브릴 미세물($<1 \mu\text{m}$); (3) 섬유 또는 섬유 단편(10 내지 $50 \mu\text{m}$).

[0090] 또한, 본원에서 사용되는 용어 "마이크로피브릴화된 셀룰로스"는 건식 미분된 셀룰로스(미분화된 셀룰로스 또는 초미세 셀룰로스로도 지칭됨)를 포함하지 않고, 미국특허 제5,554,287호에 기술된 바와 같이, 산 가수분해에 의해 비정질 부분을 제거함으로써 얻어진 미정질 셀룰로스를 포함하지 않는다.

[0091] 일부 구현예에서, 마이크로피브릴화된 섬유의 대부분(즉, 절반 초과)은 최대 1 마이크론, 최대 1.5 마이크론, 최대 2 마이크론, 최대 3 마이크론, 또는 최대 4 마이크론의 측면 치수(예를 들어, 2차원에서 폭)를 갖는다. 일부 구현예에서, 마이크로피브릴화된 섬유의 대부분은 적어도 0.5 마이크론, 또는 적어도 0.7 마이크론의 측면 치수를 갖는다. 예시적인 구현예에서, 마이크로피브릴화된 섬유의 대부분은 0.5 마이크론 내지 4 마이크론 범위의 측면 치수를 갖는다. 다른 예시적인 구현예에서, 마이크로피브릴화된 섬유의 대부분은 0.5 마이크론 내지 1.5 마이크론 범위의 측면 치수를 갖는다. 추가의 예시적인 구현예에서, 마이크로피브릴화된 섬유의 대부분은 최대 2 마이크론의 측면 치수를 갖는다.

[0092] 일부 구현예에서, 마이크로피브릴화된 섬유는 섬유질 매체 내에 통합되어(즉, 전체에 분포되어) 필터 매체(filter media/filtration medium/filter medium)를 형성한다.

[0093] 부직포 필터 매체의 특징

[0094] 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 적어도 2%, 적어도 3%, 적어도 4%, 적어도 5%, 적어도 6%, 적어도 7%, 적어도 8%, 적어도 9%, 또는 적어도 10%의 강도를 갖는다. 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 최대 5%, 최대 6%, 최대 7%, 최대 8%, 최대 9%, 최대 10%, 최대 11%, 최대 12%, 최대 13%, 최대 14%, 최대 15%, 최대 16%, 최대 17%, 최대 18%, 최대 19%, 또는 최대 20%의 강도를 갖는다. 예시적인 구현예에서, 부직포 필터 매체는 5% 내지 15% 범위의 강도를 갖는다. 일부 구현예에서, 강도는 바람직하게는 실시예에서 기술된 바와 같이 측정된다.

[0095] 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 적어도 20 g/m^2 (제곱미터 당 그램), 적어도 24 g/m^2 , 적어도 25 g/m^2 , 적어도 30 g/m^2 , 적어도 35 g/m^2 , 적어도 40 g/m^2 , 적어도 50 g/m^2 , 적어도 60 g/m^2 , 또는 적어도 70 g/m^2 의 평량을 갖는다. 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 최대 25 g/m^2 , 최대 30 g/m^2 , 최대 35 g/m^2 , 최대 40 g/m^2 , 최대 50 g/m^2 , 최대 60 g/m^2 , 최대 70 g/m^2 , 최대 75 g/m^2 , 최대 80 g/m^2 , 최대 85 g/m^2 , 최대 90 g/m^2 , 최대 95 g/m^2 , 최대 100 g/m^2 , 또는 최대 105 g/m^2 의 평량을 갖는다. 예시적인 구현예에서, 부직포 필터 매체는 24 g/m^2 내지 100 g/m^2 범위의 평량을 갖는다. 일부 구현예에서, 평량은 바람직하게는 ASTM D646-13을 사용하여 측정된다.

[0096] 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 적어도 0.5 마이크론, 적어도 1 마이크론, 적어도 1.5 마이크론, 적어도

2 마이크론, 적어도 3 마이크론, 적어도 5 마이크론, 또는 적어도 10 마이크론의 기공 크기를 갖는다. 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 최대 5 마이크론, 최대 10 마이크론, 최대 15 마이크론, 또는 최대 20 마이크론의 기공 크기를 갖는다. 예시적인 구현예에서, 부직포 필터 매체는 0.5 마이크론 내지 20 마이크론의 기공 크기를 갖는다. 예시적인 구현예에서, 부직포 필터 매체는 2 마이크론 내지 15 마이크론의 기공 크기를 갖는다. 본원에서 사용되는 기공 크기는 ASTM F316-03에 기술된 바와 같이 계산된 평균 흐름 기공 크기를 지칭한다.

[0097] 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 적어도 1.5 또는 적어도 2의 P95/P50 비율을 갖는다. 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 최대 3의 P95/P50 비율을 갖는다.

[0098] 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 적어도 0.1 mm, 적어도 0.12 mm, 적어도 0.15 mm, 또는 적어도 0.2 mm의 두께를 갖는다. 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 최대 0.2 mm, 최대 0.4 mm, 최대 0.5 mm, 최대 0.7 mm, 또는 최대 1 mm의 두께를 갖는다. 일부 구현예에서, 필터 매체의 두께는 바람직하게는 1.5 psi의 풋 압력(foot pressure)을 사용하는 TAPPI T411 om-15 시험 방법에 따라 측정된다.

[0099] 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 0.5 인치의 물에서 적어도 $1 \text{ ft}^3/\text{ft}^2/\text{분}$, 0.5 인치의 물에서 적어도 $5 \text{ ft}^3/\text{ft}^2/\text{분}$, 또는 0.5 인치의 물에서 적어도 $10 \text{ ft}^3/\text{ft}^2/\text{분}$ 의 투과성을 갖는다. 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 0.5 인치의 물에서 최대 $10 \text{ ft}^3/\text{ft}^2/\text{분}$, 0.5 인치의 물에서 최대 $20 \text{ ft}^3/\text{ft}^2/\text{분}$, 0.5 인치의 물에서 최대 $50 \text{ ft}^3/\text{ft}^2/\text{분}$, 0.5 인치의 물에서 최대 $75 \text{ ft}^3/\text{ft}^2/\text{분}$, 또는 0.5 인치의 물에서 최대 $100 \text{ ft}^3/\text{ft}^2/\text{분}$ 의 투과성을 갖는다. 예시적인 구현예에서, 부직포 필터 매체는 0.5 인치의 물에서 $1 \text{ ft}^3/\text{ft}^2/\text{분}$ 내지 0.5 인치의 물에서 $100 \text{ ft}^3/\text{ft}^2/\text{분}$ 범위의 투과성을 갖는다. 다른 예시적인 구현예에서, 부직포 필터 매체는 0.5 인치의 물에서 $10 \text{ ft}^3/\text{ft}^2/\text{분}$ 내지 0.5 인치의 물에서 $75 \text{ ft}^3/\text{ft}^2/\text{분}$ 범위의 투과성을 갖는다. 일부 구현예에서, 공기 투과성은 바람직하게는 ASTM D737-18에 따라 측정된다.

[0100] 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체에는 실질적으로 수지가 없다. 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 수지를 포함하지 않는다. 본 발명 당시에, 수지는 필터 매체에서 섬유 간의 간격을 유지하고 매체의 불안정성을 방지하기 위해 자주 사용되었다. 그러나, 수지는 필터 매체의 기공을 막아 필터 매체의 강도를 감소시키고, 따라서 수명을 단축시킨다.

[0101] 이론에 의해 얽매이고자 하는 것은 아니지만, 마이크로피브릴화된 섬유를 (1 마이크론 내지 5 마이크론 범위의 섬유 직경을 갖는) 고효율 섬유와 조합하여 사용하는 것이 필터 매체에 실질적으로 수지가 없을 수 있도록 하는 데 특히 유리한 것으로 여겨진다. 마이크로피브릴화된 섬유는 더 높은 인장 강도를 제공하여 섬유의 간격을 유지하는 데 도움이 되는 것으로 여겨진다. 또한, 고효율 섬유는 보다 균일한 기공 구조를 제공하는 것으로 여겨진다.

[0102] 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 25 중량% 내지 85 중량% 범위의 2성분 섬유를 포함한다. 2성분 섬유의 바인더 부분이 사용 중에 매체를 함께 고정시키는 데 도움이 되기 때문에, 25 중량% 미만의 2성분 섬유를 사용하면 매체의 강도가 불충분할 것으로 예상된다. 85 중량% 초과 2성분 섬유를 사용하면, 매체에서 원하는 효율 및 균일한 구조를 제공할 수 있는 다른 섬유가 충분하지 않게 될 것이다.

[0103] 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 5 중량% 내지 50 중량% 범위의 양의 (적어도 0.1 마이크론 내지 1 마이크론 미만의 섬유 직경을 갖는) 저효율 섬유를 포함한다. 5 중량% 미만의 저효율 섬유를 사용하면 원하는 효율(예를 들어, 10 초과 $\beta_{4\mu\text{m}}$)을 제공하지 않는 매체가 되는 경우가 많다. 50 중량% 초과 2성분 섬유를 사용하면 압력 강하가 증가하고 섬유가 이를 매체에 고정시키는 데 도움이 되는 다른 섬유와 접촉하지 않기 때문에 더 약한 매체가 되는 경우가 많다.

[0104] 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 10 중량% 내지 50 중량% 범위의 양의 (1 마이크론 내지 5 마이크론 범위의 섬유 직경을 갖는) 고효율 섬유를 포함한다. 10 중량% 미만의 고효율 섬유를 사용하면, 불규칙한 기공 크기를 갖는 매체가 만들어지는 경우가 많다. 50 중량% 초과 2성분 섬유를 사용하면, 원하는 효율을 달성하기에 충분한 저효율 섬유 또는 사용 중에 필요한 강도를 제공하기에 충분한 2성분 섬유를 포함하지 않는 매체가 만들어지는 경우가 많다.

[0105] 일부 구현예에서, 부직포 필터 매체는 5 중량% 내지 25 중량% 범위의 양으로 마이크로피브릴화된 섬유를 포함한다. 5 중량% 미만의 마이크로피브릴화된 섬유를 사용하면, 사용 중에 충분하지 않은 강도 및 낮은 효율을 갖는

매체가 만들어지는 경우가 많다. 25 중량% 초과의 마이크로피브릴화된 섬유를 사용하면, 기공 크기가 불규칙해지는 경우가 많다(높은 P95/P50 비율로 표시됨).

[0106] 과거에는 저융점 PET 섬유를 수지의 대용으로 사용하기도 하였다. 그러나, 이러한 섬유는 부직포 필터 매체를 제조하는 동안 용융되고 수지와 마찬가지로 필터 매체의 기공을 막아 강도를 감소시키고, 따라서 수명을 단축시킨다.

[0107] 필터 매체의 사용 방법

[0108] 본원에 기술된 필터 매체는 숙련된 기술자가 고려하는 임의의 방법에서 사용될 수 있다. 일부 구현예에서, 본원에 기술된 필터 매체는 액체 스트림을 여과시키는 데 특히 매우 적합하다.

[0109] 예시적인 액체 스트림은, 예를 들어 연료, 유압유, 공정수, 공기, 디젤 엔진 유체(DEF), 디젤 엔진 윤활유, 또는 블로우바이 가스 등 및 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0110] 일부 구현예에서, 액체 스트림의 여과 방법은 오염물을 포함하는 액체 스트림을 필터 매체에 통과시키는 단계, 및 액체 스트림으로부터 오염물을 제거하는 단계를 포함할 수 있다.

[0111] 예시적인 필터 매체 양태

[0112] 양태 1은 5 마이크로미터 내지 25 마이크로미터 범위의 섬유 직경 및 0.1 cm 내지 15 cm의 섬유 길이를 갖는 25 중량% 내지 85 중량%의 2성분 섬유; 적어도 0.1 마이크로미터 및 1 마이크로미터 미만의 섬유 직경을 갖는 5 중량% 내지 50 중량%의 저융점 섬유; 1 마이크로미터 내지 5 마이크로미터 범위의 섬유 직경을 갖는 10 중량% 내지 50 중량%의 고효율 섬유; 및 5 중량% 내지 25 중량%의 마이크로피브릴화된 섬유를 포함하는 부직포 필터 매체이고, 여기서 대부분의 마이크로피브릴화된 섬유는 최대 4 마이크로미터의 측면 치수를 가지며, 부직포 필터 매체에는 실질적으로 유리 섬유가 없다.

[0113] 양태 2는 25 중량% 내지 75 중량%의 2성분 섬유 10 중량% 내지 50 중량%의 저융점 섬유; 10 중량% 내지 25 중량%의 고효율 섬유; 또는 10 중량% 내지 25 중량%의 마이크로피브릴화된 섬유; 또는 이들의 조합을 포함하는, 양태 1의 부직포 필터 매체이다.

[0114] 양태 3은 중량%가 2성분 섬유, 저융점 섬유, 고효율 섬유 및 마이크로피브릴화된 셀룰로스 섬유의 총 중량을 기준으로 하는, 양태 1 또는 양태 2의 부직포 필터 매체이다.

[0115] 양태 4는 2성분 섬유가 구조 폴리머 부분 및 열가소성 바인더 폴리머 부분을 포함하며, 여기서 구조 폴리머 부분이 바인더 폴리머 부분의 융점보다 더 높은 융점을 갖는, 양태 1 내지 3 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.

[0116] 양태 5는 2성분 섬유의 구조 폴리머 부분이 적어도 240℃의 융점을 가지며 2성분 섬유의 바인더 폴리머 부분이 최대 115℃의 융점을 갖는, 양태 4의 부직포 필터 매체이다.

[0117] 양태 6은 2성분 섬유의 구조 폴리머 부분이 적어도 240℃의 융점을 가지며 2성분 섬유의 바인더 폴리머 부분이 100℃ 내지 190℃ 범위의 융점을 갖는, 양태 4의 부직포 필터 매체이다.

[0118] 양태 7은 2성분 섬유의 바인더 폴리머 부분이 140℃ 내지 160℃ 범위의 융점을 갖는, 양태 6의 부직포 필터 매체이다.

[0119] 양태 8은 구조 폴리머 부분이 2성분 섬유의 코어이며, 피복이 2성분 섬유의 열가소성 바인더 폴리머 부분인, 양태 4 내지 7 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.

[0120] 양태 9는 구조 폴리머 부분이 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET)를 포함하며 열가소성 바인더 폴리머 부분이 coPET를 포함하는, 양태 4 내지 8 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.

[0121] 양태 10은 2성분 섬유가 제1 2성분 섬유 및 제2 2성분 섬유를 포함하는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.

[0122] 양태 11은 저융점 섬유가 적어도 0.4 마이크로미터 내지 1 마이크로미터 미만의 섬유 직경을 갖는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.

[0123] 양태 12는 저융점 섬유가 0.6 마이크로미터 내지 0.8 마이크로미터 범위의 섬유 직경을 갖는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.

- [0124] 양태 13은 저효율 섬유가 0.7 마이크론의 섬유 직경을 갖는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0125] 양태 14는 저효율 섬유가 1 mm 내지 15 mm 범위의 길이를 갖는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0126] 양태 15는 저효율 섬유가 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET)를 포함하는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0127] 양태 16은 고효율 섬유가 2 마이크론 내지 4 마이크론 범위의 섬유 직경을 갖는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0128] 양태 17은 고효율 섬유가 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET)를 포함하는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0129] 양태 18은 마이크로피브릴화된 섬유의 대부분이 최대 2 마이크론의 측면 치수를 갖는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0130] 양태 19는 마이크로피브릴화된 섬유의 대부분이 0.5 마이크론 내지 1.5 마이크론 범위의 측면 치수를 갖는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0131] 양태 20은 마이크로피브릴화된 섬유가 마이크로피브릴화된 셀룰로스 섬유를 포함하는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0132] 양태 21은 부직포 필터 매체가 5% 내지 15% 범위의 강도를 갖는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0133] 양태 22는 부직포 필터 매체가 24 g/m^2 내지 100 g/m^2 범위의 평량을 갖는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0134] 양태 23은 부직포 필터 매체가 0.5 마이크론 내지 20 마이크론 범위의 기공 크기를 갖는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0135] 양태 24는 부직포 필터 매체가 적어도 1.5 또는 적어도 2의 P95/P50 비율을 갖는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0136] 양태 25는 부직포 필터 매체가 최대 3의 P95/P50 비율을 갖는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0137] 양태 26은 부직포 필터 매체가 0.12 mm 내지 1 mm 범위의 두께를 갖는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0138] 양태 27은 부직포 필터 매체가 0.5 인치의 물에서 $1 \text{ ft}^3/\text{ft}^2/\text{분}$ 내지 0.5인치의 물에서 $100 \text{ ft}^3/\text{ft}^2/\text{분}$ 범위의 투과성을 갖는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0139] 양태 28은 부직포 필터 매체에 실질적으로 수지가 없는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0140] 양태 29는 부직포 필터 매체에 실질적으로 유리 섬유가 없는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0141] 양태 30은 저효율 섬유가 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET)를 포함하며, 저효율 섬유의 PET가 적어도 250℃, 적어도 275℃, 또는 적어도 290℃의 용점을 갖는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0142] 양태 31은 고효율 섬유가 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET)를 포함하며, 고효율 섬유의 PET가 적어도 250℃, 적어도 275℃, 또는 적어도 290℃의 용점을 갖는, 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체이다.
- [0143] 양태 32는 오염물을 포함하는 액체 스트림을 이전 양태들 중 어느 하나의 부직포 필터 매체를 포함하는 부직포 필터 매체에 통과시키는 단계 및 액체 스트림으로부터 오염물을 제거하는 단계를 포함하는 액체 스트림의 여과 방법이다.
- [0144] 양태 33은 액체 스트림이 연료, 유압유, 공정수, 공기, 디젤 엔진 유체(DEF), 디젤 엔진 윤활유, 또는 블로우바

이 가스, 또는 이들의 조합을 포함하는, 양태 32의 방법이다.

[0145] 본 발명은 하기 실시예에 의해 예시된다. 특정 예, 물질, 양, 및 절차가 본원에 기재된 바와 같은 본 발명의 범위 및 사상에 따라 광범위하게 해석되어야 하는 것으로 이해되어야 한다.

[0146] 실시예

[0147] 하기 실시예에 사용된 모든 시약, 출발 물질 및 용매는 상업적 공급업체(예를 들어 Sigma Aldrich, St. Louis, MO)로부터 구입하였으며 달리 명시하지 않는 한 추가 정제 없이 사용하였다.

[0148] **매체 핸드시트의 제조**

[0149] 30 cm × 30 cm 시트에 형성되었을 때 필요한 평량을 표적화하기 위해 성분 섬유를 계량함으로써 핸드시트를 제조하였다. FORMAX 12" × 12" 스테인리스 스틸 시트 몰드(Catalog No. G-100, Adirondack Machine Corporation, Hudson Falls, NY)를 핸드시트 형성자로서 사용하였고, 형성자의 하단에서 균일한 부직포 스크림 층에 100 μm 보다 작은 기공을 배치함으로써 제조하였다(제거 가능한 형성 와이어를 사용하지 않았다). 형성자를 이후에 차가운 수돗물로 거의 완전히 채웠지만, 추가 1.5 L의 물을 첨가할 수 있는 공간을 허용하였다. 1 mL의 Tide HE 세탁 비누(Procter & Gamble, Cincinnati, OH)를 핸드시트 형성자에서 물에 첨가하였다. 섬유를 제조하기 위해, 1 L의 차가운 수돗물을 200 mL의 수 중 5% 아세트산과 함께 Vitamix 블렌더에 첨가하였다. 계량된 섬유를 블렌더에 첨가하고, 180초 동안 중저 속도로 혼합하였다. 이후에, 블렌더의 함유물을 핸드시트 형성자에 첨가하고, 핸드시트 형성자의 함유물을 혼합하여 섬유가 균일하게 분포하도록 하였다. 핸드시트 형성자의 하단으로부터 물을 배수시켜, 섬유가 부직포 스크림 상에 수집될 때 시트를 형성할 수 있게 하였다. 물을 와이어 측면 상에서 진공 흡입을 이용하여 시트로부터 제거하고, 핸드시트(여전히 스크림 상에 있음)를 120°C에서 10분 동안 일측 핫 플레이트 고속 건조기(Model 135 Speed Dryer, Emerson Apparatus, Gorham, ME) 상에서 건조시켰다. 시트를 (스크림으로부터) 제거하고, 사용 전에 주변 조건까지 냉각시켰다.

[0150] **매체 특성규명**

[0151] **액체 여과 성능 시험(다중통과)**

[0152] 깨끗한 압력 강하, 매체 속도, 용량 및 4 μm 베타($\beta_{4\mu\text{m}}$)는 원형 플랫 시트를 사용하여 하기에 기술되는 바와 같이 계산되었다.

[0153] 실시예 2 및 3의 경우

[0154] ISO Medium Test Dust 대신 ISO Fine Test Dust가 사용된 유압유가 포함된 경우를 제외하고 ISO 16889:2008(필터 요소의 여과 성능을 평가하기 위한 유압유 출력-필터-다중-통과 방법)에 기술된 바와 같이 매체를 시험하였다. 매체 면적은 0.0507 m^2 이었고; 시험 흐름 속도는 2 L/분이었고, 시험은 200 kPa의 단자 요소 차압으로 수행되었다.

[0155] 실시예 4의 경우

[0156] ISO 16889:2008(필터 요소의 여과 성능을 평가하기 위한 유압유 출력-필터-다중-통과 방법)에 기술된 바와 같이 매체를 시험하였다. 매체 면적은 0.0507 m^2 이었고; 시험 흐름 속도는 16 L/분이었고, 시험은 320 kPa의 단자 요소 시차 압력으로 수행되었다.

[0157] **성능 지수**

[0158] 성능 지수(FOM)는 필터 매체의 성능 및 사용되는 최소 에너지로 스트림의 특정 정화 수준을 제공하는 필터 매체 능력의 척도이다.

[0159] kPa^{-1} 의 FOM은 하기 화학식을 사용하여 계산되었다:

[0160]
$$\text{FOM} = \ln(1/\beta_{4\mu\text{m}})/(\Delta P/\text{매체 속도})$$

[0161] $\ln(1/\beta_{4\mu\text{m}})$ 은 1을 $\beta_{4\mu\text{m}}$ 로 나눈 자연 로그이다. $\beta_{4\mu\text{m}}$ (단위 없음), kPa의 압력 강하(ΔP 또는 dP)(kPa) 및 (mm/초)의 매체 속도는 상기 액체 여과 성능 시험 섹션에 기술된 바와 같이 결정되었다.

[0162] **평량, 기준 부피, 두께 및 강도**

- [0163] 부직포층(예를 들어, 비-미세 섬유층 또는 미세 섬유층 및 비-미세 섬유층을 포함하는 복합체를 포함함)의 강도 (c)는 하기 식을 사용하여 계산된다:
- [0164] $c = BW / \rho Z$
- [0165] (상기 식에서, BW는 평량이며, ρ 는 섬유의 밀도이며, Z는 매체의 두께임).
- [0166] 두께를 TAPPI T411 om-15(명칭 "Thickness (caliper) of paper, paperboard, and combined board")에 따라 측정하고, 1.5 psi의 풋 압력을 사용하였다. 평량을 TAPPI T410 om-08을 사용하여 측정하였고, 건조 매체(섬유 및 스크립)의 질량을 스크립에서 30 cm × 30 cm 샘플을 사용하여 측정하였다.
- [0167] 기준 부피는 평량을 두께로 나누어 계산된다(즉, BV = BW/Z).
- [0168] **투과성**
- [0169] 테스트할 매체에서 적어도 38 cm²의 샘플을 잘라내었다. 샘플을 TEXTTEST® FX 3310 (Textest AG(Schwerzenbach, Switzerland)에서 입수됨)에 장착하였다. 매체를 통한 투과성을 공기를 사용하여 측정하였으며, 여기서 분당 매체의 평방 피트당 공기 입방 피트(ft³ 공기/ft² 매체/분) 또는 분당 매체 평방 미터당 공기 입방 미터(m³ 공기/m² 매체/분)를 0.5인치(125 Pa)의 물의 압력 강하에서 측정하였다.
- [0170] **모세관 흐름 기공측정법(기공 크기 측정)**
- [0171] 기공 크기 측정을 Porometer 3G(Quanachrome Instruments, Boynton Beach, CA) 상에서 연속 압력 스캔을 이용하여 모세관 흐름 기공측정법 방법에 의해 수행하였다.
- [0172] 이러한 방법은 20.1 다인/cm의 표면 장력 및 0의 습윤 접촉각을 갖는 실리콘 오일을 사용하였으며, 샘플을 습윤 및 건조 상태(먼저 건조, 이후 습윤) 둘 모두에서 시험하였다. 직경이 6 mm인 샘플을 선택된 연속 압력 스캔으로 처리하여 2% 내지 98% 범위의 대부분의 누적 기공 크기 분포를 측정하였다.
- [0173] 샘플을 습윤 및 건조 동안, 저압에서 고압까지 시험하였다. 시험의 포화된 부분으로부터의 공기 흐름 및 샘플 압력은 통상적으로 습윤 곡선으로 불리워졌다. 256개의 데이터점을 건조 곡선 및 습윤 곡선 둘 모두에 대하여 압력의 스캔 범위에 걸쳐 수집하였다. 데이터점을 분당 대략 17개의 데이터점의 속도로 스캔에 걸쳐 수집하였다. 시험을 주변 조건(예를 들어, 20℃내지 25℃에서 수행하였다. 기공 크기 직경 정의를 조정하기 위해 비틀림 계수(tortuosity factor) 및/또는 형상 계수를 적용하지 않았다.
- [0174] 흐름 기공측정 시험 절차는 건조 샘플에 대해 압력(통상적으로, x-축 상에 플롯팅함) 및 공기 흐름(통상적으로, y-축 상에 플롯팅함) 데이터 세트, 및 포화된(습윤) 샘플에 대해 압력 및 공기 흐름 데이터 세트를 수집한다. 이러한 2개의 데이터 세트는 일반적으로 건조 곡선 및 습윤 곡선으로 불리워진다. 즉:
- [0175] 건조 곡선 = $V_{\text{건조}}$ = 압력에 따른 건조 샘플을 통한 공기 흐름
- [0176] 습윤 곡선 = $V_{\text{습윤}}$ = 압력에 따른 포화된 샘플을 통한 공기 흐름
- [0177] 모세관 이론을 기초로 하여, 샘플을 가로지르는 압력(ΔP)은 Young-Laplace 식을 이용하여 기공 직경(d)으로 변환될 수 있다:
- [0178] [식]
- $$d = \frac{4\gamma \cos \theta}{\Delta P} \times (\text{경험 인자})$$
- [0179]
- [0180] (상기 식에서,
- [0181] r = 유체 표면 장력,
- [0182] θ = 유체 접촉각,
- [0183] d = 기공 직경,
- [0184] ΔP = 샘플을 가로지르는 압력).

[0185] 이러한 변환은 기공 직경에 따라 건조 및 습윤 곡선을 규정할 수 있게 한다. 즉,

[0186] 건조 곡선 = $V'_{\text{건조}}$ = 직경에 따른 건조 샘플을 통한 공기 흐름

[0187] 습윤 곡선 = $V'_{\text{습윤}}$ = 직경에 따른 포화된 샘플을 통한 공기 흐름

[0188] 누적 흐름 기공 크기 분포(Q)는 기공 직경에 따른 건조 곡선에 대한 습윤 곡선의 비율로서 정의된다. 여기서,

[0189] [식]

$$Q(d) = \frac{V'_{\text{습윤}}}{V'_{\text{건조}}}$$

[0190]

[0191] 누적 분포는 0에서 100%까지의 증가 누적 분포로서, 또는 100%에서 0%까지 감소 누적 분포로서 나타낼 수 있다. 이러한 문헌에서 기공 크기는 증가 누적 흐름 기공 크기 분포로부터 규정된다. 여기서,

[0192] [식]

$$\text{증가 누적 흐름 기공 분포} = 1 - Q(d)$$

[0193]

[0194] 이러한 곡선을 따라 포인트를 더 잘 식별하기 위해, 이러한 문헌은 상응하는 기공 직경(d)과 일치하는 다양한 P(x%) 값을 규정한다:

[0195] [식]

[0196] $P(x\%) = d$

[0197] (상기 식에서, $x\% = 1 - Q(d)$ 임).

[0198] 예는 하기를 포함하지만, 이로 제한되지 않는다:

[0199] P5는 5%의 증가 누적 흐름 기공 분포를 갖는 기공 직경이다.

[0200] P10은 10%의 증가 누적 흐름 기공 분포를 갖는 기공 직경이다.

[0201] P50은 50%의 증가 누적 흐름 기공 분포를 갖는 기공 직경이다.

[0202] P90은 90%의 증가 누적 흐름 기공 분포를 갖는 기공 직경이다.

[0203] P95는 95%의 증가 누적 흐름 기공 분포를 갖는 기공 직경이다.

[0204] 최대 기공 크기가 보고된 경우에, 최대 기공 크기는 Auto Bubble Point(BP Auto Tolerance) 방법을 이용하여 Porometer 3G(Quanachrome Instruments, Boynton Beach, CA)를 이용한 포점을 검출함으로써 결정되었다. 이러한 방법에 따르면, 포점은 유체가 샘플을 통과하기 시작한 후에 발견되었으며, 3개의 연속 측정은 적어도 1%씩 증가하였다. 포점은 3개의 포인트의 이러한 시퀀스의 시작에서의 값이다.

[0205] **실시예 1**

[0206] 40 중량%의 14 μm -직경 2성분 섬유, 20 중량%의 0.7 μm -직경 PET 섬유, 20 중량%의 2.5 μm -직경 PET 섬유, 및 20 중량%의 1 μm -직경 마이크로피브릴화된 레이온 섬유를 포함하는 유리가 없는 필터 매체를 Geodict(Math2Market)를 사용하여 시뮬레이션 하였다. 생성된 매체의 그림 표현이 도 1에 도시되어 있다.

[0207] **실시예 2**

[0208] 24 g/m^2 의 14 μm -직경 2성분 섬유(Advansa 271P)와 다양한 양의 700 nm-직경 PET 섬유(TJ04BN, Teijin Fibers Limited, Osaka, Japan)(도 2, 파란색 데이터점, 파란색 추세선)를 혼합하거나 24 g/m^2 의 14 μm -직경 2성분 섬유와 다양한 양의 700 nm-직경의 PET 섬유, 1 μm -직경 마이크로피브릴화된 레이온 섬유(Lyocell) 및 2.5 μm -직경 PET 섬유(Teijin Fibers Limited, Osaka, Japan)(도 2, 분홍색 데이터점, 분홍색 추세선)를 혼합함으로써 핸드시트를 상기에 기술된 바와 같이 제조하였고, β 를 측정하여 $\beta_{4\mu\text{m}} = 10,000$ 으로 결정하였다. 결과는 도 2에 도시되어 있다. 다양한 양의 700 nm-직경 PET 섬유만 사용하여 다양한 평량을 제공하였다. 첨가된 각 섬유의 양은 표 1에 도시되어 있다.

[표 1]

	14 μm -직경 2성분 섬유의 평량	700 nm-직경 PET 섬유의 평량	1 μm -직경 마이크로피 브릴화된 레이온 섬유의 평량	2.5 μm -직경 PET 섬유의 평량
샘플 1	24 g/m ²	0	0	24 g/m ²
샘플 2	24 g/m ²	8 g/m ²	0	24 g/m ²
샘플 3	24 g/m ²	16 g/m ²	0	24 g/m ²
샘플 4	24 g/m ²	8 g/m ²	8 g/m ²	24 g/m ²
샘플 5	24 g/m ²	13 g/m ²	13 g/m ²	24 g/m ²

수집된 데이터에서 추론하면, 24 g/m² 의 14 μm -직경 2성분 섬유를 포함하는 매체에서 $\beta_{4\mu\text{m}} = 10,000$ 를 달성하기 위해서는 약 20 g/m² 의 700 nm-직경 PET 섬유가 필요할 것으로 예상된다. 그러나 1 μm -직경 마이크로피브릴화된 레이온 섬유 및 2.5 μm -직경 PET 섬유를 700 nm-직경 PET 섬유 및 14 μm -직경 2성분 섬유에 첨가할 때, $\beta_{4\mu\text{m}} = 10,000$ 를 달성하기 위해서는 약 12 g/m² 의 700 nm-직경 PET 섬유만 있으면 된다.

이러한 결과는 일반적으로 액체 여과를 위한 고효율 매체를 만들기 위해 더 작은 섬유가 첨가되었기 때문에 예상치 못한 것이었다. 그러나, 이 실시예에 도시된 바와 같이 700 nm-직경 PET 섬유를 14 μm -직경 2성분 섬유에 첨가함으로써 달성된 동일한 효율은 이러한 작은 섬유 중 일부를 제거하고 더 큰(1 μm (1000 nm)-직경 마이크로피브릴화된 레이온 섬유 및 2.5 μm (2500 nm)-직경 PET 섬유로 교체함으로써 달성되었다.

이론에 의해 얹매이고자 하는 것은 아니지만, 1 μm -직경 마이크로피브릴화된 레이온 섬유를 2.5 μm -직경 PET 섬유와 조합하여 사용하는 것이 특히 유익한 것으로 여겨진다. 1 μm -직경 마이크로피브릴화된 레이온 섬유는 2.5 μm -직경 PET 섬유가 마이크로피브릴화된 레이온 섬유 없이 사용되는 경우보다 더 높은 인장 강도를 제공하는 것으로 여겨진다. 2.5 μm -직경 PET 섬유는 마이크로피브릴화된 레이온 섬유가 2.5 μm -직경 PET 섬유 없이 사용되는 경우보다 균일한 기공 구조를 제공하는 것으로 여겨진다.

실시예 3

$\beta_{4\mu\text{m}}$ 는 Captimax 190 SC(Ahlstrom)(도 3, "베이스층"), 및 폴리에스테르 멜트블로운(FF40/240 PBT, Ahlstrom)과 Captimax 190 SC (Ahlstrom)(도 3, "베이스층 상의 폴리에스테르 멜트블로운")의 조합에 대해 40 mg/L의 농도에서 ISO Fine test dust를 사용하여 측정하였다.

50 중량% 14 μm -직경 2성분 섬유와 1 μm -직경 마이크로피브릴화된 레이온 섬유 (Lyocell) 및 2.7 μm -직경 PET 섬유(TJ04BN, Teijin) (도 3, "베이스층 상의 유리가 없는 DCI")를 혼합함으로써 웨트레이드 프로세스로 핸드시트를 제조하였고; $\beta_{4\mu\text{m}}$ 를 40 mg/L의 농도에서 ISO Fine test dust를 사용하여 측정하였다. 결과는 도 3에 도시되어 있다.

Captimax 매체에 대해 $\beta_{4\mu\text{m}}$ 를 측정했을 때 가변 효율이 관찰되었다. 이론에 의해 얹매이고자 하는 것은 아니지만, 이는 균일한 기공 크기가 없기 때문일 수 있다. 더 큰 기공의 존재는 더 큰 입자가 더 큰 기공을 막을 때까지 더 큰 입자가 첨가될 때 관찰되는 효율의 감소를 초래하며, 이때 효율은 다시 증가한다.

실시예 4

co-PET/PET 2성분 섬유(TJ04CN, Teijin Ltd., Tokyo, Japan), 2.7 μm -직경 PET 섬유(Teijin Ltd., Tokyo, Japan), 마이크로피브릴화된 셀룰로스 섬유(L-10-4, Engineered Fibers Technology, LLC, Shelton, CT), 및 700 nm-직경 PET 섬유(Teijin Ltd., Tokyo, Japan)를 표 2A에 표시된 비율로 혼합함으로써 핸드시트를 상기에 기술된 바와 같이 제조하였다.

생성된 매체의 물리적 특성(질량, 두께, 투과성, 평량, 기준 부피 및 강도)을 상기에 기술된 바와 같이 시험하였고, 그 결과는 표 2B에 도시되어 있다.

생성된 매체의 기공 크기를 상기에 기술된 바와 같이 시험하였고, 그 결과는 표 2C에 도시되어 있다. 깨끗한 압력 강하, 매체 속도, 용량 및 4 μm 베타($\beta_{4\mu\text{m}}$)를 상기에 기술된 바와 같이 계산하였고, 그 결과는 표 2C에 도시되어 있다.

효율($\beta_{4\mu\text{m}}$)을 각 핸드시트에서 마이크로피브릴화된 레이온 및 700 nm-직경 PET 섬유의 조합된 섬유 질량 백분

율(중량%)와 비교하였다(도 5). 이러한 결과는 이들 두 섬유에 조합된 섬유 질량 백분율을 증가시키면 생성된 필터 매체의 효율이 증가함을 나타낸다.

[0223] 생성된 매체의 P95/P50 비율을 각 핸드시트에서 마이크로피브릴화된 레이온의 섬유 질량 백분율(중량%)(도 5a) 또는 각 핸드시트에서 2.7 μm -직경 PET 섬유의 섬유 질량 백분율(중량%)(도 5b)과 비교하였다. 이러한 결과는 마이크로피브릴화된 레이온 섬유를 더 많이 첨가하면 기공 크기가 덜 균일(도 5a에서 섬유 질량 백분율이 증가함에 따라 증가하는 P95/P50 비율로 표시됨)해지는 반면 2.7 μm -직경 PET 섬유를 더 첨가하면 기공 크기가 더 균일(도 5b에서 섬유 질량 백분율이 증가함에 따라 감소하는 P95/P50 비율로 표시됨)해지는 것을 나타낸다.

[0224] 생성된 매체의 성능 지수(FOM)를 각 핸드시트에서 마이크로피브릴화된 레이온의 섬유 질량 백분율(중량%)(도 6a) 또는 각 핸드시트에서 2.7 μm -직경 PET 섬유의 섬유 질량 백분율(중량%)(도 6b)과 비교하였다. 효율을 개선하면 더 높은 압력 강하가 발생하기 때문에 2.7 μm -직경 PET 섬유의 섬유 질량 백분율을 증가시켜도 FOM이 개선되지 않는 반면(도 6b), 마이크로피브릴화된 레이온의 섬유 질량 백분율을 증가시키면 FOM이 증가하는데(도 6a) 이는 상응하는 압력 강하의 증가 없이 효율이 개선됨을 나타낸다.

[0225] [표 2A]

설계	섬유의 양				
	coPET/PET 2성분 섬유 Teijin T104CN 2.2dtex x 5mm (중량%)	2.7 μm PET Teijin TP04 0.06dtex x 3mm (중량%)	마이크로피브릴화된 셀룰로스 EFT L-010-4 ¹ (중량%)	700 nm PET Teijin NANOFONT (중량%)	조합된 피브릴화된 셀룰로스 + 700nm PET (중량%)
1	35.0	65.0	0.0	0.0	0.0
2	59.5	15.5	25.0	0.0	25.0
3	51.5	39.5	0.0	9.0	9.0
4	52.5	12.5	15.0	20.0	35.0
5	37.0	40.0	14.0	9.0	23.0
6	52.5	12.5	15.0	20.0	35.0
7	51.5	39.5	0.0	9.0	9.0
8	44.5	30.5	25.0	0.0	25.0
9	35.5	19.5	25.0	20.0	45.0
10	63.5	27.5	9.0	0.0	9.0
11	37.0	40.0	14.0	9.0	23.0
12	37.0	40.0	14.0	9.0	23.0
13	65.0	15.0	0.0	20.0	20.0
14	65.0	0.0	25.0	10.0	35.0
15	63.5	27.5	9.0	0.0	9.0
16	42.5	28.5	9.0	20.0	29.0
17	54.0	28.0	0.0	18.0	18.0
18	42.5	51.0	6.5	0.0	6.5
19	35.0	45.0	0.0	20.0	20.0
20	50.0	37.5	12.5	0.0	12.5

¹ L-10-4는 Engineered Fibers Technology, LLC (Shelton, CT)로부터 입수 가능한, 10 mL CSF, 4 mm 출발 길이인 Lyocell 섬유이다

[0226]

[0227]

[표 2B]

설계	매체의 물리적 특성					
	스크림 상에서 30 x 30의 질량	두께	125 pa에서의 공기 투과성	평량	기준 부피	강도
	<i>g</i>	<i>mm</i>	<i>ft/분</i>	<i>g/m²</i>	<i>g/cm³</i>	%
1	5.25	0.393	50.1	34.2	0.087	6.3%
2	4.93	0.314	24.4	30.7	0.098	6.9%
3	5.25	0.363	29.2	34.2	0.094	6.8%
4	4.98	0.346	8.74	31.2	0.090	6.5%
5	4.98	0.336	15.9	31.2	0.093	6.7%
6	5.02	0.334	9.16	31.7	0.095	6.8%
7	5.07	0.364	30.7	32.2	0.089	6.4%
8	5.06	0.317	18.5	32.1	0.101	7.2%
9	4.99	0.335	5.86	31.3	0.094	6.6%
10	5.06	0.318	58.4	32.1	0.101	7.3%
11	4.89	0.341	14.4	30.2	0.089	6.3%
12	4.86	0.32	14.9	29.9	0.093	6.7%
13	4.94	0.387	13.7	30.8	0.080	5.8%
14	5.1	0.299	9.08	32.6	0.109	7.7%
15	4.82	0.318	57.6	29.4	0.093	6.7%
16	4.99	0.318	10.2	31.3	0.099	7.1%
17	4.92	0.342	15.9	30.6	0.089	6.5%
18	4.99	0.346	44.5	31.3	0.091	6.5%
19	5.06	0.341	15.2	32.1	0.094	6.8%
20	5.01	0.344	39.7	31.6	0.092	6.6%

[0228]

[0229]

[표 2C]

설계	기공 크기				다중통과			
	P50	P90	P95	P95/P50	깨끗한 압력 강하/매체 속도	응량	4 μ m 베타	4 μ m FoM
	μ m	μ m	μ m		kPa/(mm/초)	g	~	(mm/초)/kPa
1	12.256	18.749	19.882	1.62	0.10	3.57	1.43	3.76
2	5.549	17.139	21.984	3.96	0.16	2.52	22.17	18.92
3	7.144	12.472	13.911	1.95	0.14	2.75	5.80	12.78
4	2.451	5.764	7.145	2.92	0.49	2.50	715.36	13.35
5	4.912	9.144	10.533	2.14	0.23	2.78	65.67	18.30
6	2.497	5.847	7.309	2.93	0.51	2.36	452.70	12.00
7	7.552	13.268	14.904	1.97	0.13	2.73	5.09	12.36
8	5.286	11.410	13.566	2.57	0.22	2.65	39.08	17.00
9	2.163	4.465	5.283	2.44				
10	11.951	21.025	23.096	1.93	0.09	5.10	2.15	8.32
11	4.810	8.755	10.007	2.08	0.25	4.93	68.41	16.84
12	4.953	9.132	10.509	2.12	0.26	4.01	43.90	14.81
13	3.916	7.780	9.361	2.39	0.35	2.38	64.54	12.01
14	2.465	6.580	8.557	3.47	0.68	2.18	851.17	9.93
15	11.785	21.108	23.226	1.97	0.10	2.78	2.44	9.28
16	3.318	6.726	7.915	2.39	0.50	2.41	186.59	10.56
17	4.657	8.526	9.844	2.11	0.25	2.46	36.42	14.14
18	10.714	17.356	19.058	1.78	0.11	3.02	2.17	7.27
19	4.916	8.990	10.203	2.08	0.28	3.01	63.32	14.56
20	8.842	16.116	18.096	2.05	0.12	2.84	3.71	11.18

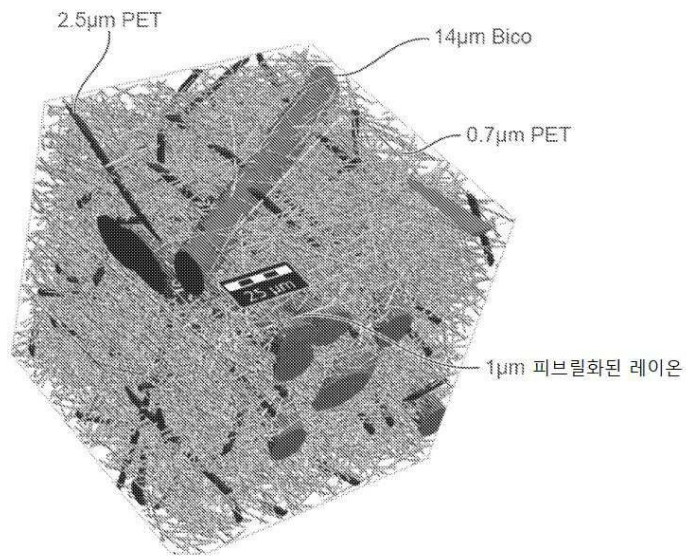
[0230]

[0231]

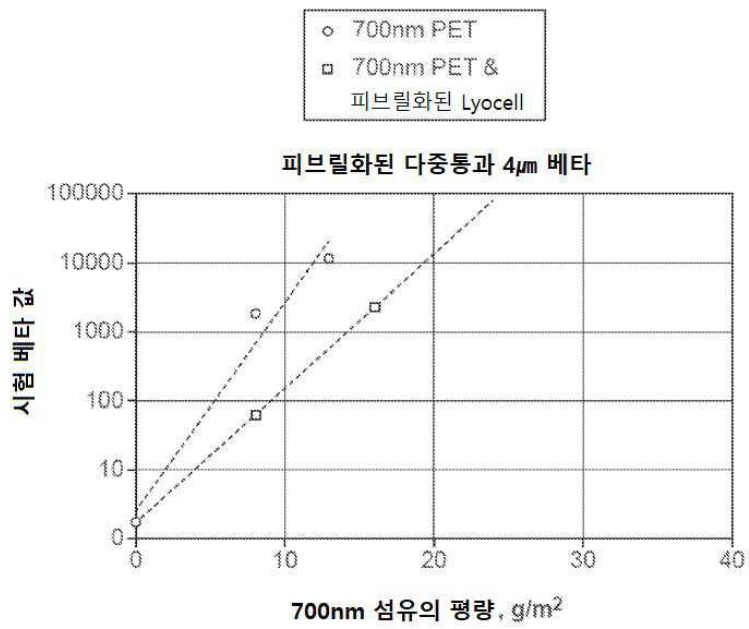
본원에서 인용된 모든 특허, 특허출원, 및 간행물, 및 전자적으로 입수 가능한 자료의 완전한 개시내용은 참조로 포함된다. 본 출원의 개시내용과 본원에 참조로 포함된 임의의 문헌의 개시내용(들) 사이에 임의의 불일치가 존재하는 경우에, 본 출원의 개시내용이 우선해야 한다. 하기 상세한 설명 및 실시예는 단지 이해의 명확성을 위해 제공되었다. 이로부터 불필요한 제한이 이해되어서는 안된다. 당업자에게 명백한 변형이 청구범위에 의해 규정된 본 발명 내에 포함될 것이므로, 본 발명은 도시되고 기술된 정확한 세부사항으로 제한되지 않는다.

도면

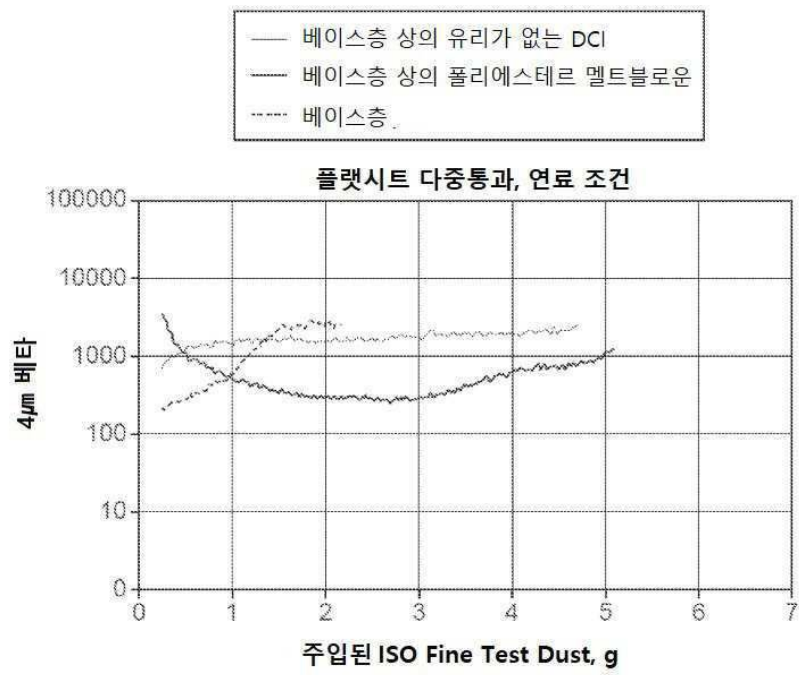
도면1



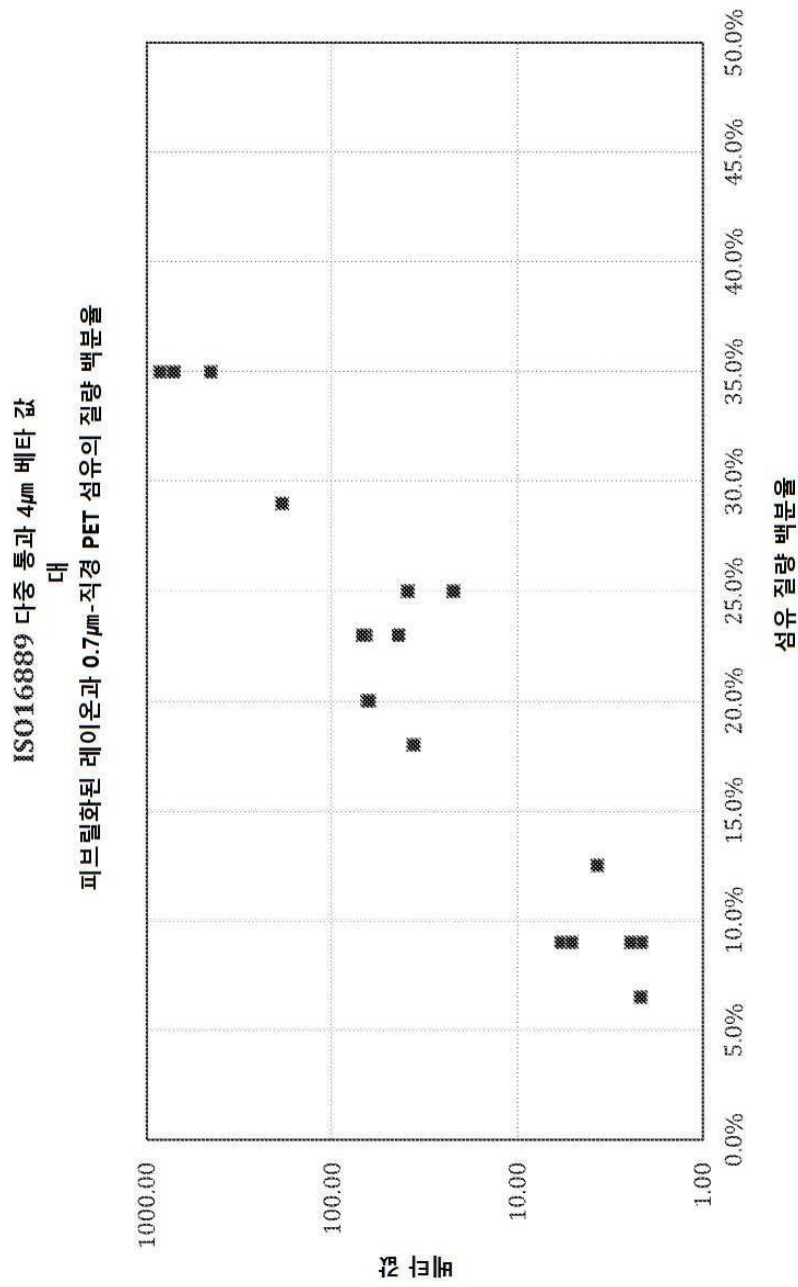
도면2



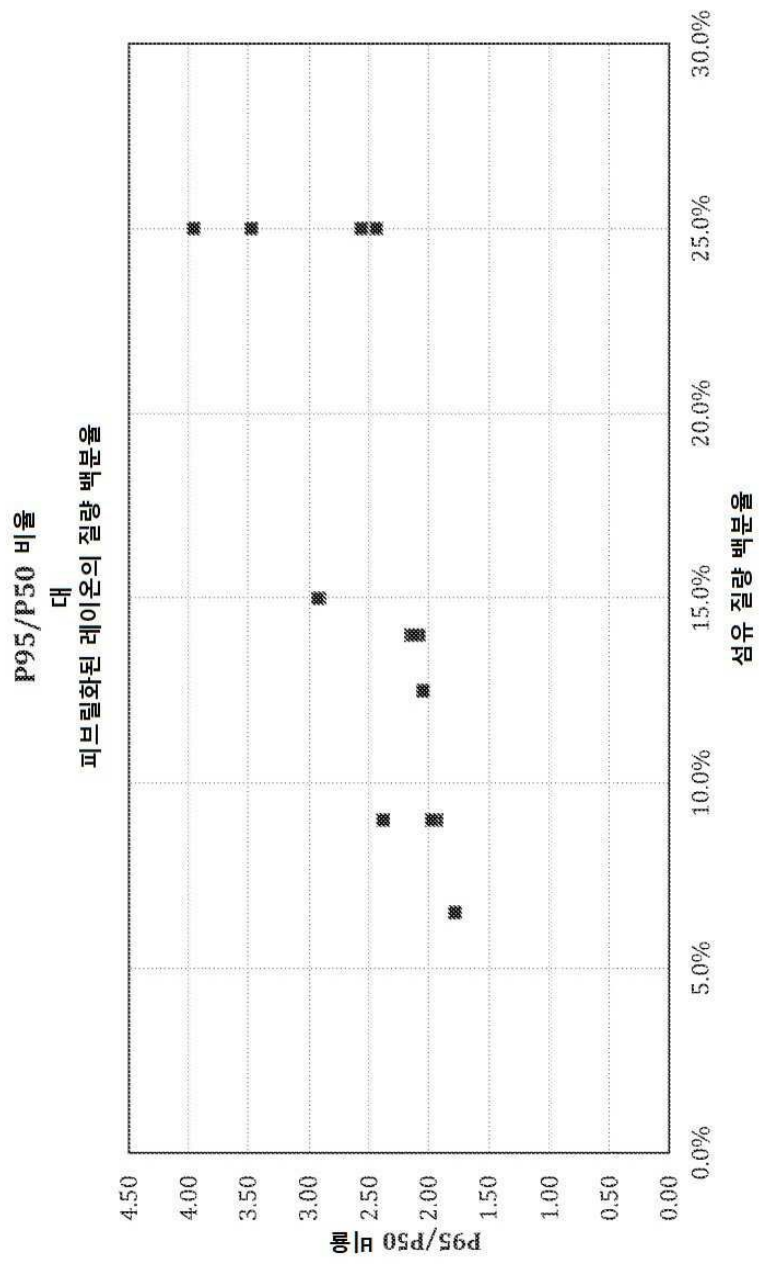
도면3



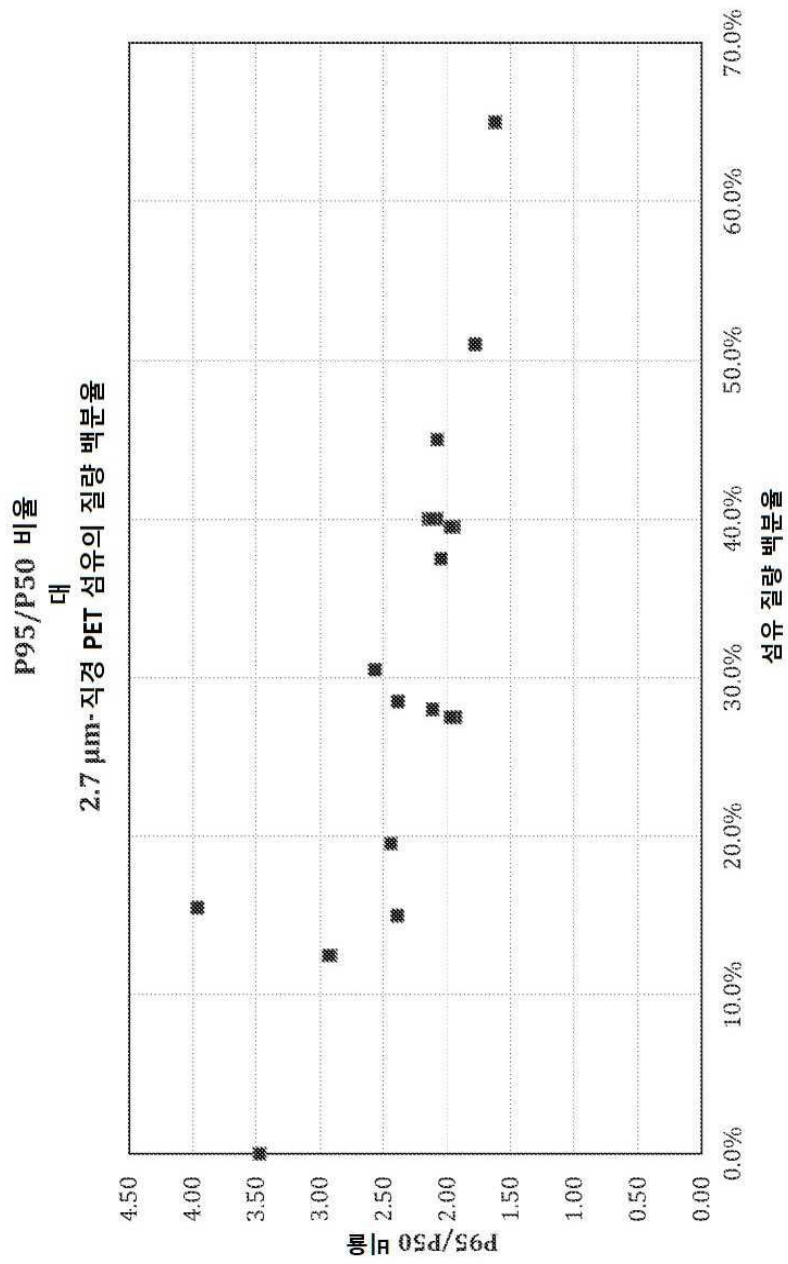
도면4



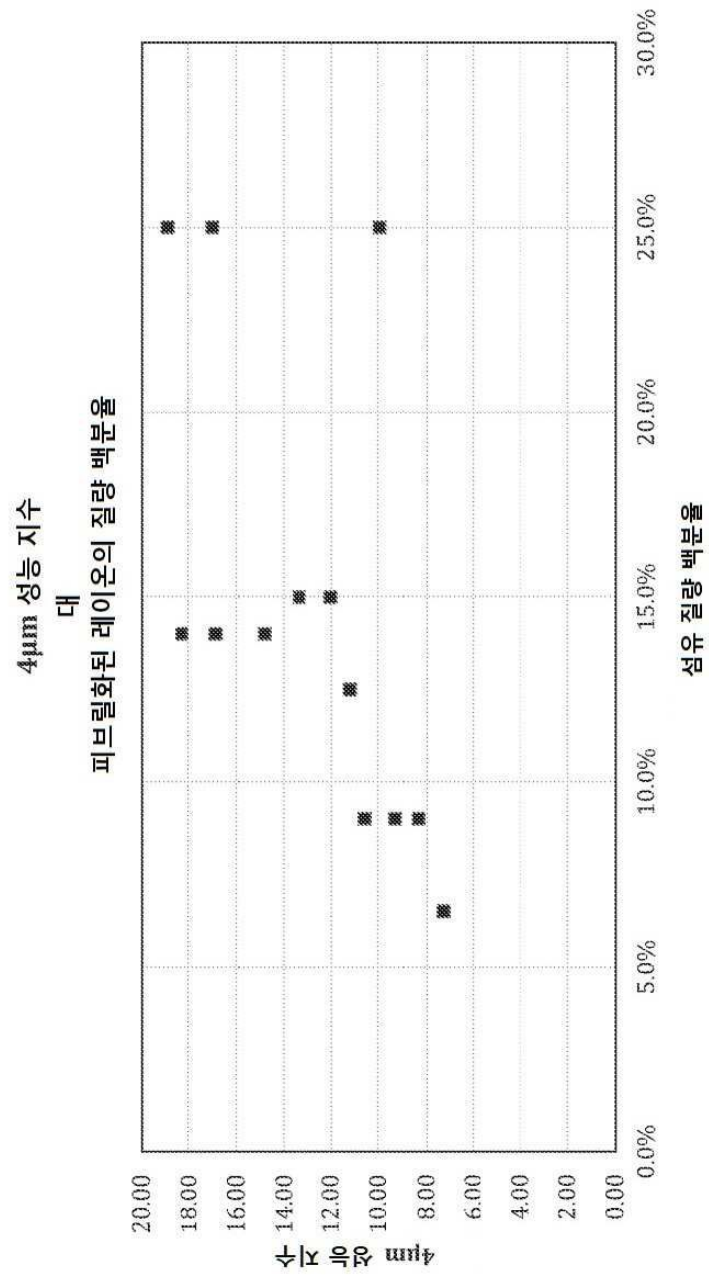
도면5a



도면5b



도면6a



도면6b

