



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2019년07월29일  
 (11) 등록번호 10-2005211  
 (24) 등록일자 2019년07월23일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*B01D 71/36* (2006.01) *B01D 39/16* (2006.01)  
*B01D 39/20* (2006.01) *B01D 46/52* (2006.01)  
*B01D 67/00* (2006.01) *B01D 69/02* (2006.01)  
*B29C 55/00* (2006.01) *B29C 55/14* (2006.01)  
*B29C 55/18* (2006.01)
  - (52) CPC특허분류  
*B01D 71/36* (2013.01)  
*B01D 39/1692* (2013.01)
  - (21) 출원번호 10-2018-7032331 (분할)
  - (22) 출원일자(국제) 2012년07월04일  
 심사청구일자 2018년12월07일
  - (85) 번역문제출일자 2018년11월07일
  - (65) 공개번호 10-2018-0123589
  - (43) 공개일자 2018년11월16일
  - (62) 원출원 특허 10-2014-7002180  
 원출원일자(국제) 2012년07월04일  
 심사청구일자 2017년02월01일
  - (86) 국제출원번호 PCT/JP2012/004346
  - (87) 국제공개번호 WO 2013/005430  
 국제공개일자 2013년01월10일
  - (30) 우선권주장  
 JP-P-2011-149001 2011년07월05일 일본(JP)
  - (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020000000000 A  
 JP2001170461 A\*
- \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
 닛토텐코 가부시키키가이샤  
 일본국 오사카후 이바라키시 시모호즈미 1-1-2
- (72) 발명자  
 모리 마사아키  
 일본 5678680 오사카후 이바라키시 시모호즈미 1-1-2 닛토텐코 가부시키키가이샤 내  
 호리에 유리  
 일본 5678680 오사카후 이바라키시 시모호즈미 1-1-2 닛토텐코 가부시키키가이샤 내  
 시마다니 슌이치  
 일본 5678680 오사카후 이바라키시 시모호즈미 1-1-2 닛토텐코 가부시키키가이샤 내
- (74) 대리인  
 장수길, 성재동

전체 청구항 수 : 총 10 항

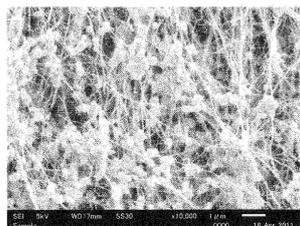
심사관 : 임희진

(54) 발명의 명칭 폴리테트라플루오로에틸렌 다공질막 및 에어 필터 여과재

**(57) 요약**

PF값이 36 이상, 단위 면적당 중량이 0.90g/m<sup>2</sup> 이하인 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE) 다공질막을 제공한다. 여기서, PF값={-log(P<sub>T</sub>(%)/100)/(P<sub>L</sub>(Pa)/9.8)}×100이다. P<sub>T</sub>(투과율)는 P<sub>T</sub>(%)=100-CE(%)에 의해, CE(포집 효율)는 입자 직경 0.10 내지 0.20μm인 디옥틸프탈레이트를 사용해서 투과 유속 5.3cm/초의 조건에서 측정했을 때의 값에 의해, P<sub>L</sub>(압력 손실)은 투과 유속 5.3cm/초의 조건에서 측정했을 때의 값에 의해, 각각 정해진다. 이 PTFE 다공질막은 에어 필터 여과재에 적합하다.

**대표도** - 도1



(52) CPC특허분류

*B01D 39/2068* (2013.01)

*B01D 46/521* (2013.01)

*B01D 67/0027* (2013.01)

*B01D 69/02* (2013.01)

*B29C 55/005* (2013.01)

*B29C 55/14* (2013.01)

*B29C 55/18* (2013.01)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

다공 구조를 구성하는 피브릴의 평균 직경이 55nm 이상 83nm 이하이고, 충전율이 3.9% 이하이며, 하기 식에 의해 정해지는 PF값이 36 이상인 폴리테트라플루오로에틸렌 다공질막.

$$PF\text{값} = \{ - \log ( PT (\%) / 100 ) / ( PL ( Pa ) / 9.8 ) \} \times 100$$

여기서, PT는 투과율이며, PT(%)=100-CE(%)에 의해 정해지고,

CE는 포집 효율이며, 입자 직경 0.10 내지 0.20 $\mu$ m인 디옥틸프탈레이트를 사용해서 투과 유속 5.3cm/초의 조건에서 측정했을 때의 값에 의해 정해지고,

PL은 압력 손실이며, 투과 유속 5.3cm/초의 조건에서 측정했을 때의 값에 의해 정해진다.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 PF값이 38 이상인 폴리테트라플루오로에틸렌 다공질막.

**청구항 3**

제1항에 있어서,

단위 면적당 중량이 0.90g/m<sup>2</sup> 이하인 폴리테트라플루오로에틸렌 다공질막.

**청구항 4**

제1항에 있어서,

막을 구성하는 중합체가 단량체로서 테트라플루오로에틸렌만을 포함하는 폴리테트라플루오로에틸렌 다공질막.

**청구항 5**

제1항에 있어서,

단층막인 폴리테트라플루오로에틸렌 다공질막.

**청구항 6**

제1항에 있어서,

하기 식에 의해 정해지는 막 두께 1 $\mu$ m당 포집 효율 CE(t)가 76% 이상인 폴리테트라플루오로에틸렌 다공질막.

$$CE ( t ) ( \% ) = \{ 1 - ( 1 - CE ( \% ) / 100 ) ^ { 1 / t } \} \times 100$$

여기서, t는 폴리테트라플루오로에틸렌 다공질막의 막 두께이며, 그의 단위는  $\mu$ m이다.

**청구항 7**

제6항에 있어서,

상기 CE(t)가 80% 이상인 폴리테트라플루오로에틸렌 다공질막.

**청구항 8**

제1항에 기재된 폴리테트라플루오로에틸렌 다공질막과 통기성 지지체가 적층되어 이루어지는 에어 필터 여과재.

**청구항 9**

제8항에 기재된 에어 필터 여과재를 플리트 가공하여 이루어지는 에어 필터 팩.

**청구항 10**

제9항에 기재된 에어 필터 팩과 상기 에어 필터 팩의 주연부를 지지하는 프레임체를 구비한 에어 필터 유닛.

**청구항 11**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 폴리테트라플루오로에틸렌(이하, 「PTFE」라고 함) 다공질막 및 이것을 사용한 에어 필터 여과재에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 일반적으로, PTFE 다공질막은, PTFE 파인 파우더와 압출 보조제인 액상 윤활제를 혼합하여 얻은 혼합물을 압출하여 성형하고, 얻어진 성형체를 시트 형상으로 압연하고, 압연하여 얻은 PTFE 시트로부터 액상 윤활제를 제거하고, 액상 윤활제를 제거한 PTFE 시트를 연신하여 다공화함으로써 제조된다(예를 들어 특허문헌 1). 이렇게 해서 얻어진 PTFE 다공질막은, 잘 알려져 있듯이, 노드(결절)와 피브릴(섬유)로 구성된 다공 구조를 갖는다.

[0003] 에어 필터 여과재의 포집층으로서 사용하는 경우, 필요한 강도를 부여하기 위해서, PTFE 다공질막은, 통상, 부직포 등의 통기성 지지재와 접합된다. 통기성 지지재와의 접합은, 열 라미네이트, 접착제를 사용한 라미네이트(접착제 라미네이트) 등에 의해 행해진다.

[0004] 에어 필터 여과재의 특성으로서, 압력 손실 및 포집 효율이 중요하지만, 이 2가지 특성은, 한쪽을 높이면 다른 쪽이 낮아지는 경향을 가지며, 그 양립이 어렵다. 압력 손실과 포집 효율의 밸런스의 우열을 평가하기 위한 지표로서는 PF값이 자주 사용된다. PF값은 이하의 수학적 1에 의해 산출되며, 그 값이 높을수록, 에어 필터 여과재가 고성능인 것을 나타낸다. 수학적 1에 있어서의 투과율 PT는 포집 효율 CE와 수학적 2에 나타난 관계를 갖는다. PL은 압력 손실을 나타낸다.

**수학적 1**

[0005] 
$$PF\text{값} = \{-1 \log (PT (\%) / 100) / PL (mmH_2O)\} \times 100$$

**수학적 2**

[0006] 
$$PT (\%) = 100 - CE (\%)$$

[0007] 압력 손실과 포집 효율의 밸런스가 우수한 에어 필터 여과재를 얻기 위해서는, 높은 PF값을 갖는 PTFE 다공질막이 필요해진다. 높은 PF값을 갖는 PTFE 다공질막을 제조하기 위해서, 종래부터, PTFE 다공질막의 제조 방법의 각 공정에서의 다양한 개선이 제안되어 왔다.

[0008] 예를 들어, 특허문헌 1에는, PTFE 시트를 연신하여 다공화하는 공정에 있어서, 길이 방향(MD 방향)에의 연신에 계속해서 실시되는 PTFE 시트의 폭 방향(TD 방향)에의 연신에, 큰 연신 속도를 적용하는 것이 제안되고 있다(단락 0023). 또한 예를 들어, 특허문헌 2에는, PTFE 파인 파우더와 액상 윤활제를 혼합하는 공정에 있어서, 액상 윤활제를 다량으로 배합하는 것이 제안되고 있다(단락 0053 내지 0055).

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0009] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2001-170461호 공보  
(특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제2002-301343호 공보

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0010] 특허문헌 1에 개시되어 있는 제조 방법에 의하면, PTFE 다공질막을 구성하는 피브릴의 직경이 가늘어져서 PF값이 향상된다. 그러나, 이 개선에 의한 PF값의 향상에는 한계가 있다. 특허문헌 2에 개시되어 있는 제조 방법에 의하면, 피브릴이 소직경화합과 함께 피브릴간의 거리가 확대되어 PF값이 더욱 향상된다. 그러나, 이 개선은, PF값의 향상과 반대로, PTFE 다공질막의 단위 막 두께당 포집 성능의 저하를 초래한다. 이를 보충하기 위해서는, PTFE 다공질막을 후막화하면 된다. 그러나, PF값의 향상에 적합한 막 두께로 하면, PTFE 다공질막의 단위 면적당 중량이 크게 증가한다. 단위 면적당 중량의 증가는, 다공질막을 제조하기 위해 필요로 하는 PTFE의 사용량, 바꾸어 말하면 원재료 비용이 증가하는 것을 의미한다.
- [0011] 종래 알려져 있는 PF값 향상의 제안에는 아직 개선의 여지가 있다. 따라서, 본 발명은 높은 PF값을 갖고, PTFE의 재료 사용 효율의 관점에서도 유리한 새로운 PTFE 다공질막을 제공하는 것을 목적으로 한다. 본 발명의 또 다른 목적은, 본 발명에 의한 PTFE 다공질막을 사용한, 새로운 에어 필터 여과재를 제공하는 데 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0012] 본 발명은 상기 수학적 식 1에 의해 정해지는 PF값이 36 이상이며, 단위 면적당 중량이 0.90g/m<sup>2</sup> 이하인, PTFE 다공질막을 제공한다.
- [0013] 수학적 식 3은 압력의 단위로서 Pa를 사용해서 고쳐 쓰면 이하와 같이 된다.

**수학적 식 3**

[0014] 
$$PF\text{값} = \{ -1.0 \log (PT (\%) / 100) / (PL (Pa) / 9.8) \} \times 100$$

- [0015] 이 수학적 식 3에 있어서, PT는 투과율이며, 수학적 식 2로서 기재한 바와 같이, PT(%)=100-CE(%)에 의해 정해진다. CE는 포집 효율이며, 입자 직경 0.10 내지 0.20 $\mu$ m인 디옥틸프탈레이트를 사용해서 투과 유속 5.3cm/초의 조건에서 측정했을 때의 값에 의해 정해진다. PL은 압력 손실이며, 투과 유속 5.3cm/초의 조건에서 측정했을 때의 값에 의해 정해진다.
- [0016] 본 발명은 또 다른 측면에서,
- [0017] 본 발명에 의한 PTFE 다공질막과 통기성 지지체가 적층되어 이루어지는 에어 필터 여과재를 제공한다.

**발명의 효과**

- [0018] 본 발명에 따르면, 높은 PF값을 가짐과 함께, 단위 면적당 중량이 작기 때문에 PTFE의 재료 사용 효율의 관점에서 종래보다 유리한 PTFE 다공질막과 이것을 사용한 에어 필터 여과재를 제공하는 것이 가능해진다. 작은 단위 면적당 중량은 제품의 경량화에도 기여하는 바람직한 특징이다.

**도면의 간단한 설명**

- [0019] 도 1은 실시예 2에 의해 얻어진 PTFE 다공질막의 SEM(주사형 전자 현미경) 사진.  
도 2는 비교예 3에 의해 얻어진 PTFE 다공질막의 SEM 사진.  
도 3은 비교예 4에 의해 얻어진 PTFE 다공질막의 SEM 사진.  
도 4는 에어 필터 유닛의 일례를 나타내는 사시도.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0020] 본 발명의 PTFE 다공질막은 이하의 제조 방법에 의해 얻을 수 있다. 이하의 방법은, 단위 면적당 중량의 증대를 억제하면서 PTFE 다공질막의 PF값을 향상시킨 PTFE 다공질막의 제조에 적합하며, 특히 본 발명의 PTFE 다공질막의 제조에 적합하지만, 본 발명의 PTFE 다공질막이 이하의 방법에 의해 제조된 것에 한정되는 것은 아니다.
- [0021] 본 발명의 PTFE 다공질막의 제조에 적합한 본 실시 형태의 방법은,
- [0022] 표준 비중이 2.19 이하인 PTFE 파인 파우더와 액상 윤활제를 포함하는 혼합물을, 플랫 다이를 사용해서 시트 형상으로 압출하여, PTFE 시트를 얻는 공정 A와,
- [0023] 상기 PTFE 시트를, 상기 공정 A에 있어서의 압출 방향인 상기 시트의 길이 방향을 따라 한 쌍의 롤 사이를 통과시켜서 압연하는 공정 B와,
- [0024] 상기 PTFE 시트를, 상기 시트의 길이 방향에 직교하는 폭 방향으로 연신된 공정 C와,
- [0025] 상기 공정 B 및 상기 공정 C에 있어서 압연 및 연신된 PTFE 시트로부터 상기 액상 윤활제를 제거하는 공정 D와,
- [0026] 상기 공정 D에 있어서 상기 액상 윤활제가 제거된 PTFE 시트를, 그 시트의 길이 방향 및 폭 방향 각각에 대하여 연신하여, PTFE 다공질막을 얻는 공정 E를 구비하는 PTFE 다공질막의 제조 방법이다. 이 제조 방법은 상기 PTFE 다공질막을 PTFE의 용점 이상의 온도로 소성하는 공정 F를 더 구비해도 된다.
- [0027] 종래, PTFE 파인 파우더와 액상 윤활제를 포함하는 혼합물은, 환봉 형상으로 압출되고 있었다(특허문헌 1 단락 0075, 특허문헌 2 단락 0080). 계속해서 실시되는 압연 공정에서 환봉체는 시트 형상으로 퍼져 넓혀지기 때문에, PTFE 시트를 얻는 것만을 생각하면, 혼합물을 시트 형상으로 압출할 필요는 없기 때문이다. 이에 반해, 본 실시 형태의 제조 방법에서는, 혼합물이 플랫 다이(T다이)를 사용해서 시트 형상으로 압출된다(공정 A).
- [0028] 계속해서, 다이로부터 압출된 PTFE 시트가, 그 길이 방향(MD 방향; 기계 흐름 방향; 공정 A에 있어서의 압출 방향에 동일함)을 따라 한 쌍의 롤 사이를 통과시켜서 압연된다(공정 B). 롤을 사용한 압연은 종래부터 실시되고 있었다. 그러나, 종래는 환봉 형상으로 압출된 PTFE 성형체(PTFE 막대 형상체)에 대하여 압연이 행해지고 있었기 때문에, PTFE 성형체는, 그 길이 방향에 직교하는 폭 방향(TD 방향; 기계 흐름 방향에 직교하는 방향)으로 크게 퍼져 넓혀져 시트 형상으로 성형되고 있었다.
- [0029] 이에 반해, 본 실시 형태에서는, 미리 시트 형상으로 압출된 PTFE 성형체(PTFE 시트)가 압연된다. 이로 인해, PTFE 성형체가 잡아 늘어지는 방향은, 주로, 롤 표면의 회전 방향, 즉 그 길이 방향으로 된다. 따라서, 공정 B는, 실질적으로는, 시트의 길이 방향으로의 롤 연신 공정이다. 사용하는 장치는 종래와 기본적으로 동일하지만, PTFE 성형체가 받는 응력 및 그것에 의한 연신의 방향은, 종래와는 크게 다르다.
- [0030] 계속해서, 압연된 PTFE 시트가 그 폭 방향으로 연신된다(공정 C). 이 연신에 의해, PTFE 시트는, 길이 방향 및 폭 방향에 대해서, 액상 윤활제를 포함한 상태에서 차례로 잡아 늘어지게 된다.
- [0031] 공정 C는 공정 B 전에 실시해도 된다. 즉, 공정 A에 의해 얻어진 PTFE 시트를 그 폭 방향으로 연신하고(공정 C), 그 후, 그 길이 방향에 대하여 롤을 사용해서 압연(혹은 연신; 공정 B)을 실시해도 된다.
- [0032] 이 후의 공정 D 및 E는, 기본적으로 종래와 마찬가지로 실시된다. 구체적으로는, 우선 PTFE 시트를 가열함으로써 액상 윤활제가 제거된다(공정 D). 계속해서, PTFE 시트가 그 길이 방향 및 폭 방향으로 연신되어, PTFE 다공질막이 제조된다(공정 E). 공정 E는 PTFE의 용점 미만의 온도에서 실시하는 것이 바람직하다. 그 후, PTFE 다공질막은, PTFE의 용점 이상의 온도로 가열되어, 소성되어도 된다(공정 F). 종래부터 실시되어 온 바와 같이, 공정 E에 있어서는, 원하는 여러 특성, 예를 들어 원하는 포집 효율 및 압력 손실이 얻어지도록 연신 배율은 적절히 조정된다. 본 실시 형태의 제조 방법에서는, 길이 방향에 관한 연신 배율과 폭 방향에 관한 연신 배율의 곱에 의해 산출되는 연신면 배율은 150 내지 700배가 적절하다.
- [0033] 상기 공정을 거쳐서 얻어진 PTFE 다공질막의 막 구조에는 종래의 PTFE 다공질막에서는 관찰되지 않았던 새로운 특징이 현저하게 나타나는 경우가 있다. 이 특징의 발현에는, 플랫 다이를 사용한 압출과, 길이 방향 및 폭 방향에 관한 PTFE 시트의 축차 습식 연신이 기여하고 있다고 생각된다. 보다 구체적으로는, 플랫 다이의 내부에 있어서 가해지는 응력 및 축차 습식 연신에 의해 가해지는 응력에 의해, PTFE 파인 파우더의 피브릴화 특성이 영향을 받아, 이것이 막의 구조의 변화의 요인으로 되고 있다고 생각된다.
- [0034] 이 막 구조의 특징을, 종래의 전형적인 제조 방법, 즉 환봉 형상으로 압출한 PTFE 성형체를 시트 형상으로 압연

하여, 폭 방향으로의 습식 연신을 실시하지 않고 다공화를 위한 연신을 실시하는 제조 방법에 의해 얻어진 PTFE 다공질막의 막 구조와 비교하여 설명하면, 이하와 같이 된다.

- [0035] 첫째, 피브릴이 소직경화한다. 둘째, 노드가 작아져, 막 단위 체적당 노드의 개수가 증가한다. 셋째, 연신 방향 이외의 방향으로 늘어나는 피브릴의 비율이 높아지는, 바꿔 말하면 피브릴의 배향이 보다 랜덤하게 되어 피브릴이 보다 등방적으로 늘어난다. 이들 특징을 보면, 본 발명의 제조 방법의 적용에 의해, PTFE 파인 파우더는, 보다 피브릴화하기 쉬워졌다고 생각하는 것이 타당하다. 그리고, 가는 피브릴이 특정한 방향으로의 치우침이 적은 상태에서 늘어나고, 게다가 노드가 작게 분할된 막 구조는, 기본적으로 PTFE 다공질막의 PF값의 향상에 적합하다.
- [0036] 또한, 첨부한 도 1에 나타난 바와 같이, 여기에서는 「노드」라고 칭하기로 한 미소한 입자의 크기 및 형상은, 종래의 노드(도 3 참조)와는 크게 다르다. 이 입자를 종래의 노드(결절)와 동일시해도 될지에 대해서는 검토의 여지가 있지만, 여기에서는 편의적으로 이 호칭을 사용하고 있음을 양해하기 바란다.
- [0037] 원료로서는, 표준 비중이 2.19 이하인 PTFE 파인 파우더를 사용하는 것이 바람직하다. 표준 비중(standard specific gravity)은 SSG라고도 칭하며, 일본 공업 규격(JIS) K6892에 규정되는 측정법에 의해 규정되는 비중으로, 평균 분자량과 부의 상관을 나타내는 경향이 있는 것이 알려져 있다(표준 비중이 작을수록 평균 분자량은 커진다). 예를 들어, 아사히플루오로폴리머스사 제조 풀은 CD-123은, 표준 비중 2.155, 평균 분자량 1200만, 이 회사 제조 풀은 CD-145는, 표준 비중 2.165, 평균 분자량 800만, 이 회사 제조 풀은 CD-1은, 표준 비중 2.20, 평균 분자량 200만이다.
- [0038] 표준 비중이 상기 상한값보다도 큰 PTFE 파인 파우더를 사용한 혼합물에, 상술한 개량된 방법을 적용하면, 액상 윤활제를 제거한 후의 연신 공정에 있어서 PTFE 시트에 결함이 발생하기 쉬워, 바람직한 특성을 갖는 PTFE 다공질막을 얻는 것이 곤란해진다. 이는 PTFE 파인 파우더의 분자량이 지나치게 작으면, 연신에 의해 형성되는 가는 피브릴이 파단되기 쉬워지기 때문으로 생각된다.
- [0039] 종래 제안되었던 PTFE 다공질막의 PF값의 향상은, 피브릴의 직경을 작게 억제함과 함께 피브릴간 거리를 크게 함으로써, 실현되어 왔다. 피브릴간 거리의 확대에 착안하지 않고 피브릴 직경의 감소에만 착안한 특허문헌 1에서는, PF값의 최고치는 35이다(실시예 2). 실제로, 피브릴의 소직경화만에 의한 PF값의 향상은, 35정도에 그 한계가 있다고 생각된다. 특허문헌 2에 의하면, 피브릴 상호의 간섭에 의해, 피브릴 1개당 포집 효율이 저하하고, 이에 의해 PF값의 향상을 방해할 수 있게 된다(단락 0007-0012). 특허문헌 2에서는, PTFE 파인 파우더와 혼합하는 액상 윤활제의 양을 늘려서 PTFE 다공질막의 충전율을 저하시킴으로써, 피브릴간 거리의 확대가 도모되고 있다. 특허문헌 2의 실시예의 란에는, 실시예 1 및 2로서, 피브릴의 평균 직경(평균 섬유 직경)이 49 내지 53nm이며 PF값이 39.2 내지 42.0인 PTFE 다공질막이 개시되어 있다. 이들 막의 충전율은 4.0 내지 4.5%이며, 막 두께는 15.0 내지 16.0 $\mu$ m이다. 따라서, 이들 막의 단위 면적당 중량을 PTFE의 비중에 기초하여 계산하면 1.30 내지 1.56g/m<sup>2</sup> 정도로 된다. 이 값은 PTFE의 재료 사용 효율의 관점에서는 개선의 여지가 있다.
- [0040] 특허문헌 2에 개시된 PTFE 다공질막은, 종래의 막에 일반적으로 볼 수 있는 피브릴 및 노드의 형상을 기본적으로 유지한 상태에서 피브릴간 거리가 커지도록 조정된 것이다. 이 PTFE 다공질막의 단위 막 두께당 포집 효율 CE(t)는 기본적으로 종래와 변함이 없다. 후술하는 방법에 의해 계산하면, 특허문헌 2의 실시예의 PTFE 다공질막의 CE(t)는 58 내지 60% 정도이며, 비교예에 의한 CE(t)와 변함이 없다. 특허문헌 2에 개시된 PTFE 다공질막이 높은 PF값을 실현할 수 있는 실질적인 이유는 압력 손실의 저하에 있다고 생각된다.
- [0041] 상기한 바와 같이 막을 구성하는 피브릴 및 노드의 형상을 개선함으로써, 후술하는 실시예에 의해 확인되는 바와 같이, PF값이 36 이상이며, 단위 면적당 중량이 0.90g/m<sup>2</sup> 이하인 PTFE 다공질막의 제공이 가능해진다.
- [0042] 본 발명에 따르면, 구체적으로는, PF값을 37 이상, 나아가서는 38 이상, 특히 39 이상, 경우에 따라서는 40 이상으로까지 향상시킨 PTFE 다공질막을 제공하는 것도 가능하다. 이 정도로 높은 PF값을 가지면서도, 본 발명에 의한 PTFE 다공질막은 0.90g/m<sup>2</sup> 이하, 나아가서는 0.87g/m<sup>2</sup> 이하, 특히 0.85g/m<sup>2</sup> 이하의 단위 면적당 중량을 가질 수 있다. 작은 단위 면적당 중량은, 말할 필요도 없이, 원료 비용 및 제품 중량의 삭감으로 직결되는 바람직한 특징이다. 단위 면적당 중량의 하한에 특별히 제한은 없지만, 본 발명에 의한 PTFE 다공질막의 단위 면적당 중량은, 예를 들어 0.40g/m<sup>2</sup> 이상, 특히 0.50g/m<sup>2</sup> 이상이다.
- [0043] PTFE 다공질막의 피브릴의 평균 직경(평균 섬유 직경)을 과도하게 작게 하지 않고, PF값의 향상을 도모하는 것도 가능하다. 본 발명에 의한 PTFE 다공질막의 피브릴의 평균 직경은, 예를 들어 55nm 이상, 나아가서는 57nm 이상이다. 너무 가늘지 않은 피브릴은 막의 강도 유지에 도움이 된다. 피브릴의 평균 직경의 상한에 특별히

제한은 없지만, 본 발명에 의한 PTFE 다공질막의 피브릴의 평균 직경은, 예를 들어 83nm 이하, 특히 80nm 이하이다. 본 발명에 의한 PTFE 다공질막은, PF값이 동일 정도로 되는 범위 내에서 비교하는 한, 특허문헌 2에 개시되어 있는 바와 같은 종래의 PTFE 다공질막보다도, 굵은 피브릴 직경을 확보할 수 있다.

[0044] 본 발명에 의한 PTFE 다공질막의 충전율은, 예를 들어 2.7% 이상, 나아가서는 2.9% 이상이며, 또한 예를 들어 3.9% 이하이다.

[0045] 또한, 충전율(FF)은, 하기의 수학적 식 4에 나타내는 바와 같이, 막의 기공률(VC)과 관련지을 수 있다.

**수학적 식 4**

[0046] 
$$FF (\%) = 100 - VC (\%)$$

[0047] 본 발명에 따르면, 이하의 수학적 식 5에 의해 산출되는 PTFE 다공질막의 막 두께 1 $\mu$ m당 포집 효율(CE(t))을 76% 이상, 나아가서는 80% 이상, 경우에 따라서는 82% 이상으로 하는 것이 가능하다.

**수학적 식 5**

[0048] 
$$CE (t) (\%) = \{1 - (1 - CE (\%) / 100)^{1/t}\} \times 100$$

[0049] 여기에서도, CE(포집 효율)는, 상기에서 설명한 측정 조건에 기초하는 값을 채용한다. t는 PTFE 다공질층의 막 두께이며 그 단위는  $\mu$ m이다.

[0050] 또한, 수학적 식 5는 투과율 PT, 단위 막 두께당 투과율 PT(t), 포집 효율 CE 및 단위 막 두께당 포집 효율 CE(t)가,  $PT=PT(t) \cdot t$ ,  $CE(t)=1-PT(t)$ ,  $CE=1-PT$ 의 관계를 만족하는 것에 기초하여 유도한 것이다.

[0051] 종래의 제조 방법에 의한 PTFE 다공질막은, 그 막 두께 1 $\mu$ m당 포집 효율을 76% 정도 이상으로 조정하면, 에어 필터 여과재의 용도에 있어서는 지나치게 높은 압력 손실을 나타내는 것이 일반적이었지만, 본 발명에 따르면, 상기 정도로 PTFE 다공질막의 막 두께 1 $\mu$ m당 포집 효율을 인상해도 압력 손실이 대폭적인 상승을 방지하는 것이 가능하다.

[0052] 따라서, 본 발명은, 또 다른 관점에서, 막 두께 1 $\mu$ m당 포집 효율 CE(t)가 76% 이상 85% 미만이며, 이하의 수학적 식 6에 의해 산출되는 PTFE 다공질막의 막 두께 1 $\mu$ m당 압력 손실 PL(t)가 13Pa 이상 20Pa 미만, 보다 구체적으로는 15Pa 이상 19.5Pa 이하인 PTFE 다공질막을 제공한다.

[0053] 본 발명은, 또한 또 다른 관점에서, 막 두께 1 $\mu$ m당 포집 효율 CE(t)가 85% 이상 90% 이하이며, 이하의 수학적 식 6에 의해 산출되는 PTFE 다공질막의 막 두께 1 $\mu$ m당 압력 손실 PL(t)가 18Pa 이상 25Pa 이하, 보다 구체적으로는 20Pa 이상 25Pa 이하인 PTFE 다공질막을 제공한다.

**수학적 식 6**

[0054] 
$$PL (t) (Pa) = PL (Pa) / t (\mu m)$$

[0055] 여기에서도, 압력 손실 PL은, 상기에서 설명한 측정 조건에 기초하는 값을 채용한다.

[0056] 특허문헌 2에 있어서 제안되고 있는 개선이, 단위 막 두께당으로 환산한 포집 효율을 개선하는 것이 아닌 것은 이미 설명했다. 또한, 본 발명에 의한 개량을 충분히 적용하지 않은 제조 방법에 있어서는, 그 제조 조건을 당업자에게 공지된 방법, 구체적으로는 연신 배율의 조정에 의해 수정했다고 해도, 막 두께 1 $\mu$ m당 포집 효율이 74% 내지 75% 정도로 조정된 다공질막의 1 $\mu$ m당 압력 손실은 20Pa를 크게 상회한다(후술하는 비교예 1을 참조).

[0057] 본 발명에 따르면, 호모 PTFE 다공질막에 대해서도, 상기 정도로, 높은 PF값과 지나치게 높지 않은 단위 면적당 중량을 양립시키는 것이 가능하다. 호모 PTFE라고 하는 용어는, 주지한 바와 같이, TFE(테트라플루오로에틸렌)만을 단량체로 하는 중합체를 의미한다. 이에 반해, TFE와 함께 그 이외의 단량체를 포함하는 공중합체는,

변성 PTFE라고 불린다. 단, 호모 PTFE 다공질막에는, 필요에 따라, 광촉매, 카본 블랙, 흡습제 등의 기능성 재료가 첨가되는 경우가 있고, 이 의미에 있어서, 호모 PTFE 다공질막은, 호모 PTFE만을 포함하는 막이 아닌 것에는 유의할 필요가 있다. 본 명세서에 있어서의 「호모 PTFE 다공질막」은, 구체적으로는, 막을 구성하는 중합체가 단량체로서 TFE만을 포함하는 다공질막을 의미한다.

- [0058] 또한, 본 발명에 따르면, 복수층의 PTFE 다공질층을 사용하지 않고, 단층의 상태에 있어서, PTFE 다공질막이 높은 PF값과 지나치게 높지 않은 단위 면적당 중량을 양립시키는 것이 가능하다. 단층막은, 일반적으로 복층막보다도 제조 비용면에서 유리하다. 즉, 본 발명에 의한 PTFE 다공질막은, 단층막인 것이 바람직하다.
- [0059] 이하, 본 실시 형태의 제조 방법을 구성하는 각 공정을 보다 상세하게 설명한다.
- [0060] 공정 A에 있어서의 PTFE 파인 파우더와 액상 윤활제의 혼합비는, 예를 들어 PTFE 파인 파우더 100질량부에 대하여, 액상 윤활제 5 내지 50질량부, 특히 5 내지 30질량부가 적합하다. 액상 윤활제로서는, 종래부터 사용되는 탄화수소유, 예를 들어 유동 파라핀, 나프타 등을 사용하면 된다.
- [0061] 공정 A에서는, PTFE 파인 파우더를 포함하는 혼합물의 압출에 플랫 다이가 사용된다. 플랫 다이(T다이)로서는, 스트레이트 매니폴드형 T다이, 코트헨거형 T다이, 피시테일형 T다이를 들 수 있다. 공정 A에 있어서의 압출 성형은, 용융물의 압출 성형이 아닌, 보조제를 혼합한 페이스트의 압출 성형이기 때문에, 압출해야 할 혼합물의 점도가 높다. 이로 인해, 상기 다이 중에서는, 피시테일형 T다이(피시테일 다이)의 사용이 적합하다.
- [0062] 공정 A에 있어서 압출하는 PTFE 시트의 두께는, 0.5 내지 5.0mm, 특히 1.2 내지 2.0mm가 적절하다.
- [0063] 공정 B에서는, PTFE 시트가 액상 윤활제를 포함한 상태에서 압연되고, PTFE 시트가 압출 시보다 얇게 잡아 늘여져, 두께가 균일화된다. 이 압연은, 예를 들어 PTFE 시트의 폭 방향의 길이가 실질적으로 변화하지 않는 프로세스로서 실시할 수 있다. 이 경우, 공정 B에 있어서의 압연은, PTFE 시트를 실질적으로 그 길이 방향으로만 잡아 늘이는 프로세스이다.
- [0064] 공정 B에 있어서의 압연은, 구체적으로는, 한 쌍의 압연롤보다도 시트 흐름 방향의 하류측에 배치한 인장 롤에 의해 PTFE 시트를 인장하면서, 그 PTFE 시트를 상기 한 쌍의 압연롤 사이를 통과시켜서 압연함으로써, 실시할 수 있다. 이때, 인장 롤의 회전 속도를 압연롤의 회전 속도보다도 약간 높게 설정하면, PTFE 시트가 그 폭 방향의 길이를 실질적으로 일정하게 유지하면서 그 길이 방향으로 연신된다.
- [0065] 공정 B에 있어서의 PTFE 시트의 압연은, 압연 전의 폭 방향의 길이에 대한 압연 후의 폭 방향의 길이가 90 내지 110%, 바람직하게는 95 내지 105%의 범위로 되도록, 실시하는 것이 바람직하다. 본 명세서에서는, 폭 방향의 길이의 변화가 상기 범위 내에 있는 경우에, 「폭 방향의 길이를 실질적으로 유지하면서」 압연한 것으로 한다.
- [0066] 공정 B에 있어서, 압연 후의 PTFE 시트의 두께를, 50 내지 2000 $\mu$ m, 특히 100 내지 300 $\mu$ m로 하는 것이 바람직하다. 또한, 공정 B에서는, PTFE 시트의 두께를, 압연 전의 두께와 비교하여, 30% 이하, 예를 들어 10 내지 15%로 하는 것이 바람직하다.
- [0067] 공정 C에서는, PTFE 시트가 액상 윤활제를 포함한 상태에서 그 폭 방향으로 연신된다. 이 연신은, 종래부터 폭 방향으로의 연신에 다용되어 온 텐터를 사용해서 실시하면 된다. 공정 C에 있어서의 연신 배율은, 1.2 내지 10배, 특히 2.0 내지 5.0배가 적당하다. 이 연신 배율이 지나치게 낮으면, 막 구조를 충분히 변화시키는 것이 어려워진다. 한편, 이 연신 배율이 지나치게 높으면, 길이 방향에 있어서의 강도 저하나 막 두께의 불균일화가 발생하는 경우가 있다.
- [0068] 공정 D에서는, 폭 방향으로 연신한 PTFE 시트로부터 액상 윤활제가 제거된다. 이 공정은, 종래대로, PTFE 시트를 건조시킴으로써, 구체적으로는 액상 윤활제를 포함하는 PTFE 시트를 액상 윤활제의 제거에 적합한 온도로 유지함으로써, 실시하면 된다. 건조에 적합한 온도는 100 내지 300 $^{\circ}$ C 정도이다.
- [0069] 또한, 공정 B에 있어서의 압연 및 공정 C에 있어서의 연신은, PTFE 시트에 액상 윤활제가 유지된 상태에서 실시할 필요가 있다. 이로 인해, PTFE 시트의 온도를, 100 $^{\circ}$ C 이하, 바람직하게는 40 $^{\circ}$ C 이하로 유지하면서 실시하는 것이 바람직하다.
- [0070] 공정 E에서는, 액상 윤활제를 제거한 PTFE 시트가 그 길이 방향 및 폭 방향으로 축차 연신되어서 다공화한다. 길이 방향 및 폭 방향으로의 연신에는, 종래대로, 각각, 롤의 회전 속도의 상이를 이용하는 롤 연신법, 텐터를 사용하는 텐터 연신법에 의해 실시하면 된다. 길이 방향으로의 연신과 폭 방향으로의 연신은 어느 것을 먼저 실시해도 상관없다.

- [0071] 공정 E에 있어서의 연신 배율은, 얻어지는 PTFE 다공질막의 막 구조 및 막 특성에 큰 영향을 준다. 공정 E에 있어서의 연신 배율은, 원하는 막 특성에 따라, 알맞게, 적절하게 설정하면 된다. 일반적으로, 지나치게 높은 연신 배율은, 예를 들어 지나치게 낮은 포집 효율을 초래하고, 지나치게 낮은 연신 배율은, 예를 들어 지나치게 높은 압력 손실을 초래한다.
- [0072] 적절한 연신 배율은, 공정 E에 이르기까지의 각 공정에서의 압연, 연신 등의 조건에 따라서 변화하기 때문에, 그 바람직한 범위를 일률적으로 설명하는 것은 어렵기는 하지만, 통상은, 그 길이 방향으로의 연신 배율에 대해서는 5 내지 30배, 특히 10 내지 20배가, 그 폭 방향으로의 연신 배율에 대해서는 10 내지 40배, 특히 20 내지 30배가 적합하다.
- [0073] 연신면 배율은, 압력 손실이 적절한 값까지 저하하도록, 150배 이상, 나아가서는 250배 이상, 특히 300배 이상이 적합하다. 또한, 연신면 배율은, 포집 효율의 대폭적인 저하를 방지하기 위해서, 700배 이하, 나아가서는 600배 이하가 적합하다. 또한, 연신면 배율은, 이미 설명한 바와 같이, 길이 방향으로의 연신(세로 연신)의 배율과 폭 방향으로의 연신(가로 연신)을 적산하여 구해지는 배율이다.
- [0074] 공정 E에 있어서의 연신은, PTFE의 용점(327℃) 미만의 온도, 예를 들어 60 내지 300℃, 특히 110 내지 150℃에서 실시하는 것이 바람직하다. 용점 미만의 온도에 있어서의 연신에 의해 가는 피브릴의 생성이 촉진된다.
- [0075] 공정 F에서는, PTFE 다공질막이 PTFE의 용점 이상의 온도로 가열된다. 이 가열 공정은, 일반적으로 「소성」이라고 불리며, PTFE 다공질 시트의 강도의 향상을 초래한다. 소성 온도는 327 내지 460℃가 적절하다.
- [0076] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 단위 막 두께당으로 환산하여 파악되는 막의 특성을 개선하는 것이 가능해진다. 단위 막 두께당으로 환산한 포집 효율과 압력 손실을 높은 레벨로 양립할 수 있는 PTFE 다공질막의 막 구조는, 에어 필터 여과재 이외의 PTFE 다공질막의 용도에 있어서도 요구 특성을 보다 높은 레벨로 만족하는 데에 적합하다고 생각된다. PTFE 다공질막에는, 차폐성과 투과성의 양립, 바꿔 말하면 대상물 또는 에너지의 선택적 투과가 요구되는 경우가 많고, 본 발명에 의한 PTFE 다공질막이 특징적으로 갖는 막 구조는, 기본적으로 선택적 투과의 레벨의 향상에 적합하다고 생각되기 때문이다.
- [0077] 예를 들어, 최근, 특히 휴대 전화로 대표되는 전자 기기에 있어서 수요가 확대되고 있는 통음 방수막에 대해서는, 내수압과 통음 특성 또는 통기 특성의 높은 레벨로의 양립, 즉 물의 침입을 방지하면서 가능한 한 다량의 음향 에너지 또는 기류를 통과시키는 것이 요구되고 있다. 이와 같은 요구의 실현에도, 상술한 막 구조, 구체적으로는, 가늘게 보다 등방적으로 연장하는 피브릴과 미세하게 세분화된 노드를 구비한 막 구조는 적합하다. 본 발명에 의한 PTFE 다공질막은, 그 용도가 에어 필터 여과재에 한정되는 것은 아니다.
- [0078] 본 발명은 피브릴의 평균 직경(평균 섬유 직경)의 큰 저하를 방지하면서 PF값을 향상시킨 PTFE 다공질막을 제공하는 것이기도 하다. 즉, 본 발명에 따르면, 평균 섬유 직경을 55nm 이상, 나아가서는 57nm 이상, 특히 58nm 이상, 경우에 따라서는 60nm 이상, 예를 들어 55 내지 83nm, 특히 55 내지 80nm로 유지하면서, PF값을 36 이상, 나아가서는 37 이상, 특히 38 이상, 경우에 따라서는 40 이상으로까지 향상시킨 PTFE 다공질막을 제공할 수 있다. 평균 섬유 직경이 큰 PTFE 다공질막은 강도의 유지에 유리하다.
- [0079] 또한, 본 발명에 따르면, 99.999% 이상(9가 연속하는 개수를 사용하는 형식에 의해 표시해서 5N 이상), 나아가서는 99.9999%(6N) 이상, 특히 99.99999%(7N) 이상, 특히 99.999999%(8N) 이상의 포집 효율을 갖는 PTFE 다공질막을 제공하는 것이 가능하다. 이 정도로 높은 포집 효율을 가지면서, 본 발명의 PTFE 다공질막은, 예를 들어 220Pa 이하, 경우에 따라서는 200Pa 이하의 압력 손실을 동시에 나타낼 수 있다.
- [0080] 또한, 본 발명에 의한 PTFE 다공질막의 막 두께는, 특별히 제한되지 않지만, 5 내지 15 $\mu$ m, 나아가서는 7 내지 13 $\mu$ m가 적합하며, 예를 들어 8 내지 12 $\mu$ m로 해도 된다.
- [0081] 얻어진 PTFE 다공질막을 에어 필터용 여과재로서 사용하기 위해서는, 통기성 지지재로 적층하는 것이 바람직하다. 이 적층 공정은, 종래부터 실시되어 온 방법에 따라, PTFE 다공질막과 통기성 지지재를 접합함으로써 실시하면 된다.
- [0082] 통기성 지지재를 구성하는 섬유는, 열가소성 수지, 구체적으로는 폴리올레핀(예를 들어 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP)), 폴리에스테르(예를 들어 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET)), 폴리아미드, 혹은 이들의 복합재로 구성된 것이 바람직하다.
- [0083] 통기성 지지재로서는, 직포, 부직포, 펠트 등을 사용할 수 있지만, 부직포가 다용되고 있다. 바람직한 통기성 지지재로서 알려져 있는 대표적인 부직포는, 코어-시스 구조를 갖는 복합 섬유를 포함하고, 코어 성분(예를 들

어 PET)의 용점이 시스 성분(예를 들어 PE)의 용점보다도 높은 것이다. 이 부직포는, 시스 성분을 용융시켜서 PTFE 다공질막과 접합시키는 열 라미네이트에 적합하다.

[0084] PTFE 다공질막과 통기성 지지재의 적층은, 상술한 열 라미네이트에 더하여, 접착제 라미네이트 등에 의해 실시할 수도 있다. 접착제 라미네이트에서는, 예를 들어 핫 멜트 타입의 접착제의 사용이 적당하다.

[0085] PTFE 다공질막과 통기성 지지재의 적층 구조는, 특별히 한정되는 것은 아니지만, PTFE 다공질막의 양면에 적어도 1층의 통기성 지지재를 배치한 구성(전형적으로는, 통기성 지지재/PTFE 다공질막/통기성 지지재의 3층 구성)으로 하는 것이 바람직하다. 단, 필요에 따라, 2층의 PTFE 다공질막을 사용한 구성(예를 들어, 통기성 지지재/PTFE 다공질막/통기성 지지재/PTFE 다공질막/통기성 지지재의 5층 구성) 등으로 해도 된다. 또한, 용도에 따라서는, 직경이 가는 통기성 지지재를 프리필터로서 사용하는 구성(예를 들어, 기류 상류측으로부터, 통기성 지지재(프리필터)/통기성 지지재/PTFE 다공질막/통기성 지지재의 4층 구성)을 채용하는 것도 가능하다.

[0086] 통상, 에어 필터 여과재는, 이것도 공지된 방법에 의해 플리트 가공된다. 플리트 가공은, 예를 들어 왕복식의 가공기를 사용해서, 교대 또한 평행하게 여과재의 표면 상에 설정된 산접기선 및 골접기선으로 여과재를 연속한 W자 형상으로 접어 넣음으로써 실시된다. 플리트 가공된 에어 필터 여과재는, 에어 필터 팩이라고 불리는 경우가 있다. 에어 필터 팩에는, 플리트 가공된 형상을 유지하기 위해 스페이서가 배치되는 경우가 있다. 스페이서로서는, 비드라고 불리는 수지로 된 끈 형상체가 자주 사용된다. 비드는, 산접기(골접기)선에 직교하는 방향(산을 넘고 골을 걸쳐 진행하는 방향)을 따라, 바람직하게는 복수개의 비드가 소정의 간격을 유지하면서 이 방향을 따라 진행하도록, 여과재 상에 배치된다. 비드는, 바람직하게는 여과재의 표리면 양쪽 위에 배치된다. 비드는, 전형적으로는, 폴리아미드, 폴리올레핀 등의 수지를 용융하여 도포함으로써 형성된다.

[0087] 플리트 가공된 에어 필터 여과재(에어 필터 팩)는, 필요에 따라, 그 주연부를 프레임체(지지 프레임)에 의해 지지하여, 에어 필터 유닛에 가공된다. 프레임체로서는, 에어 필터의 용도 등에 따라, 금속제 또는 수지제의 부재가 사용된다. 수지제의 프레임체를 사용하는 경우에는, 사출 성형법에 의해 프레임체를 성형함과 동시에 이 프레임체에 여과재를 고정해도 된다. 도 4에 에어 필터 유닛의 일례를 나타낸다. 에어 필터 유닛(10)은, 플리트 가공된 에어 필터 여과재(1)와, 에어 필터 여과재(1)의 외측 테두리부를 고정하는 프레임체(2)를 포함한다.

[0088] 본 발명은, 또한 또 다른 측면에서, 1매의 단층의 PTFE 다공질막과, 이 다공질막의 양면에 배치된 통기성 지지재로 구성되고, 포집 효율이 99.99999%(8N) 이상, 압력 손실이 250Pa 이하, PF값이 35 이상 45 이하인, 에어 필터 여과재가 제공된다. 종래, 단층의 PTFE 다공질막 1매만을 입자 포집층으로 하는 에어 필터 여과재의 포집 효율은, 압력 손실을 250Pa 정도 이하로 억제한다고 하는 조건 하에서는, 8N대에는 이르지 못하였다. 이 여과재의 제작에는, 이하에 기술하는 실시예의 일부(실시예 1 내지 3)로서 나타나 있다.

[0089] 실시예

[0090] 이하, 본 발명을 실시예에 의해 더욱 상세하게 설명하지만, 본 발명이 이하의 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0091] PTFE 다공질막 및 에어 필터 여과재의 특성의 측정 방법은, 이와 같이 했다.

[0092] [압력 손실]

[0093] 샘플(PTFE 다공질막, 여과재)을 유효 면적 100cm<sup>2</sup>의 원형의 홀더에 세트하여, 입구측과 출구측에 압력차를 주고, 샘플의 투과 유속을 유량계로 5.3cm/sec으로 조정했을 때의 압력 손실을 압력계(마노미터)로 측정했다. 측정은 1 샘플에 대해서 8개의 부위에서 실시하여, 그 평균값을 압력 손실로 했다.

[0094] [포집 효율]

[0095] 압력 손실의 측정과 동일한 장치를 사용해서, 샘플(PTFE 다공질막 및 에어 필터 여과재)의 투과 유속을 5.3cm/sec으로 해서, 상류측에 다분산 디옥틸프탈레이트(DOP)를 0.10 $\mu$ m 내지 0.20 $\mu$ m의 입자가 약 10<sup>7</sup>/리터가 되도록 흘리고, 이것을 하류측의 농도를 파티클 카운터로 측정하여, 이하의 수학적식 7에 기초하여 포집 효율 CE(%)를 구했다.

**수학적식 7**

[0096] 
$$CE (\%) = \{ 1 - ( \text{하류 농도} / \text{상류 농도} ) \} \times 100$$

- [0097] 단, 측정의 대상으로 한 입자는 0.10 내지 0.20 $\mu$ m의 범위의 것이다.
- [0098] [평균 섬유 직경]
- [0099] PTFE 다공질막을 막면에 수직인 방향으로부터 촬영한 SEM 사진(배율 10000배)을 준비했다. 이 사진을 A4 크기로 인쇄하고, 이 사진에 PTFE 다공질막의 길이 방향에 상당하는 방향을 따라 1개의 측정선을 긋고, 그 선 위에 있는 섬유(피브릴)의 직경을, 노기스를 사용해서 측정했다. 단, 상기 측정선은 사진의 중앙에 긋는 것으로 했다. 또한, 섬유가 중첩되어 측정선 상에서 그 섬유의 직경을 측정할 수 없을 때는, 사진 상에서 그 섬유를 더듬어 찾아서, 측정 가능한 개소에서 직경을 측정했다. 측정값으로부터, SEM 사진에 있어서의 실제 치수를 나타내는 기준선(도 1 내지 도 3의 우측 아래에 표시)을 표준선으로 해서 실제의 직경으로 환산했다.
- [0100] [충전율]
- [0101] PTFE 다공질막을 직경 47mm의 원형으로 편칭하여 시료로 했다. 이 시료의 막 두께를 배율 1000배의 단면 SEM 사진으로부터 측정했다. 또한, 이 시료의 중량을 측정하고, 이하의 수학적 식 8에 기초하여 충전율을 측정했다.

**수학적 식 8**

[0102] 
$$\text{충전율}(\%) = (W / SG) / (T \times S) \times 100$$

[0103] 여기서, W는 시료의 중량(단위 [g]), SG는 PTFE 수지의 비중(단위 [g/cm<sup>3</sup>]), T는 막 두께(단위 [cm]), S는 시료의 면적(17.349cm<sup>2</sup>)이다.

[0104] (실시예 1)

[0105] PTFE 파인 파우더(다이킨사 제조 「폴리프론 F-104」, SSG2.171) 100중량부에 액상 윤활제(도데칸) 19중량부를 균일하게 혼합하여 혼합물을 얻었다. 계속해서, 이 혼합물을, 피시테일 다이를 장착한 압출기를 사용해서 시트 형상으로 압출했다. 압출한 PTFE 시트의 두께는 1.5mm, 폭은 20cm였다.

[0106] 또한, PTFE 시트를 1쌍의 금속 압연롤 사이를 통과시켜서 압연했다. 이 압연은, 압연의 전후에 있어서 PTFE 시트의 폭 방향의 길이에 변화가 없도록, 압연롤의 하류측에 배치한 물을 사용해서 PTFE 시트를 그 길이 방향으로 인장하면서 실시했다. 압연하여 얻은 PTFE 시트의 두께는 200 $\mu$ m이었다.

[0107] 계속해서, 텐터를 사용해서, 압연한 PTFE 시트를, 액상 윤활제를 포함한 그대로의 상태에서 그 폭 방향으로 4배로 연신했다. 그 후, 연신한 PTFE 시트를 150 $^{\circ}$ C로 유지하여 액상 윤활제를 제거했다.

[0108] 계속해서, 액상 윤활제를 제거한 PTFE 시트를, 롤 연신법에 의해 280 $^{\circ}$ C의 연신 온도로 그 길이 방향으로 12배로 연신하고, 또한 텐터 연신법에 의해 110 $^{\circ}$ C의 연신 온도로 그 폭 방향으로 30배로 연신하여, 미소성 PTFE 다공질막을 얻었다. 액상 윤활제를 제거하고 나서 실시한 연신의 연신면 배율은 360배이다.

[0109] 마지막으로, 미소성 PTFE 다공질막을, 열풍 발생로를 사용해서 400 $^{\circ}$ C에서 소성하여, 띠 형상의 PTFE 다공질막을 얻었다.

[0110] 상기 PTFE 다공질막을, 2매의 코어-시스 구조의 부직포(단위 면적당 중량 30g/m<sup>2</sup>, 코어 성분 PET, 시스 성분 PE, 겉보기 밀도 0.158g/cm<sup>3</sup>, 엠보싱 면적 비율 15%, 두께 0.19mm)로 헹지하고, 이것을 180 $^{\circ}$ C로 가열된 한 쌍의 롤 사이를 통과시킴으로써 열 라미네이트하여, 3층 구조의 에어 필터 여과재(폭 1200mm, 길이 200m의 긴 여과재)를 얻었다.

[0111] 계속해서, 얻어진 에어 필터 여과재에 플리트 가공(산 높이(플리트 폭)50mm, 산수 186)을 실시했다. 플리트 가공된 에어 필터 여과재를 절단하여, 그 주연부를 금속체의 지지 프레임에 접착제를 사용해서 접합하여, 에어 필터 유닛(크기:610mm $\times$ 610mm, 두께 65mm)을 얻었다.

[0112] (실시예 2)

[0113] 액상 윤활제를 제거한 PTFE 시트의 길이 방향으로의 연신 배율을 14배로 한 것 이외에는 실시예 1과 마찬가지로 해서, PTFE 다공질막을 제작했다. 또한, 이 PTFE 다공질막을 사용해서, 실시예 1과 마찬가지로 해서 에어 필터 유닛을 제작했다.

- [0114] (실시예 3)
- [0115] 액상 윤활제를 제거한 PTFE 시트를 폭 방향으로 연신할 때의 연신 온도를 60℃로 한 것 이외에는 실시예 2와 마찬가지로 해서, PTFE 다공질막을 제작했다. 또한, 이 PTFE 다공질막을 사용해서, 실시예 1과 마찬가지로 해서 에어 필터 유닛을 제작했다.
- [0116] (실시예 4)
- [0117] 액상 윤활제를 제거한 PTFE 시트를 폭 방향으로 연신할 때의 연신 온도를 160℃로 한 것 이외에는 실시예 2와 마찬가지로 해서, PTFE 다공질막을 제작했다. 또한, 이 PTFE 다공질막을 사용해서, 실시예 1과 마찬가지로 해서 에어 필터 유닛을 제작했다.
- [0118] (실시예 5)
- [0119] 액상 윤활제를 제거한 PTFE 시트의 길이 방향으로의 연신 배율을 27배로 한 것 이외에는 실시예 2와 마찬가지로 해서, PTFE 다공질막을 제작했다. 또한, 이 PTFE 다공질막을 사용해서, 실시예 1과 마찬가지로 해서 에어 필터 유닛을 제작했다.
- [0120] (실시예 6)
- [0121] PTFE 파인 파우더로서 아사히플루오로폴리머스사 제조 「폴온 CD-145」(SSG2.165)를 사용한 것 이외에는 실시예 2와 마찬가지로 해서, PTFE 다공질막을 제작했다. 또한, 이 PTFE 다공질막을 사용해서, 실시예 1과 마찬가지로 해서 에어 필터 유닛을 제작했다.
- [0122] (실시예 7)
- [0123] PTFE 파인 파우더로서 아사히플루오로폴리머스사 제조 「폴온 CD-123N」(SSG2.155)을 사용한 것 이외에는 실시예 2와 마찬가지로 해서, PTFE 다공질막을 제작했다. 또한, 이 PTFE 다공질막을 사용해서, 실시예 1과 마찬가지로 해서 에어 필터 유닛을 제작했다.
- [0124] (실시예 8)
- [0125] 액상 윤활제를 제거한 PTFE 시트의 길이 방향으로의 연신 배율을 18배로 한 것 이외에는 실시예 7과 마찬가지로 해서, PTFE 다공질막을 제작했다. 또한, 이 PTFE 다공질막을 사용해서, 실시예 1과 마찬가지로 해서 에어 필터 유닛을 제작했다.
- [0126] (비교예 1)
- [0127] 압연한 후의 액상 윤활제를 포함한 상태에 있는 PTFE 시트를 그 폭 방향으로 연신된 공정을 생략하고, 액상 윤활제를 제거한 PTFE 시트의 길이 방향으로의 연신 배율을 10배로 한 것 이외에는 실시예 2와 마찬가지로 해서, PTFE 다공질막을 제작했다. 또한, 이 PTFE 다공질막을 사용해서, 실시예 1과 마찬가지로 해서 에어 필터 유닛을 제작했다.
- [0128] (비교예 2)
- [0129] 액상 윤활제를 제거한 PTFE 시트의 길이 방향으로의 연신 배율을 14배로 한 것 이외에는 비교예 1과 마찬가지로 해서, PTFE 다공질막을 제작했다. 또한, 이 PTFE 다공질막을 사용해서, 실시예 1과 마찬가지로 해서 에어 필터 유닛을 제작했다.
- [0130] (비교예 3)
- [0131] 액상 윤활제를 제거한 PTFE 시트의 길이 방향으로의 연신 배율을 18배로 한 것 이외에는 비교예 1과 마찬가지로 해서, PTFE 다공질막을 제작했다.
- [0132] 또한, 이 PTFE 다공질막을 사용해서, 실시예 1과 마찬가지로 해서 에어 필터 유닛을 제작했다. 단, 비교예 3에서는, 에어 필터 여과체를, PTFE 다공질막 2매와 부직포 3매를 PTFE 다공질막의 양측에 부직포가 배치되도록 적층한 5층 구성으로 했다.
- [0133] (비교예 4)
- [0134] PTFE 파인 파우더로서 아사히플루오로폴리머스사 제조 「폴온 CD-1」(SSG2.20)을 사용한 것 이외에는 실시예 2와 마찬가지로 해서, PTFE 다공질막을 제작하기로 했다. 그러나, 액상 윤활제를 제거한 후에 폭 방향으로 연신

된 공정에서 시트가 파단하여, 다공질막을 얻을 수 없었다. 이로 인해, 폭 방향으로의 연신 배율을 10배로 저감시키는 한편, 막의 다공화를 촉진하기 위해 길이 방향으로의 연신 배율을 20배로 인상했다. 이에 의해, 실시예 2와 막 두께가 동일한 PTFE 다공질막을 얻었다. 또한, 이 비교예에서는, 소성 공정(공정 F)에 있어서의 소성 온도를 360℃로 했다. 또한, 이 PTFE 다공질막을 사용해서, 실시예 1과 마찬가지로 해서 에어 필터 유닛을 제작했다.

[0135] 각 실시예 및 비교예에서 얻은 PTFE 다공질막 및 에어 필터 유닛에 대해서, 특성을 측정된 결과를 표 1 및 2에 나타낸다. 또한, 실시예 2, 비교예 3 및 비교예 4에서 얻은 PTFE 다공질막의 SEM 사진을 도 1 내지 3에 나타낸다.

[0136] 표 1에 나타낸 바와 같이, 각 실시예에서부터는, PF값이 36 이상, 단위 면적당 중량이 0.90g/m<sup>2</sup> 이하, 평균 섬유 직경이 55 내지 83nm인 PTFE 다공질막이 얻어졌다. 도 1에서부터, PTFE 다공질막의 피브릴이 가늘고, 그 연장된 방향이 랜덤하며, 노드가 세분화되어 있는 것을 확인할 수 있다. 또한, 실시예 5에서 얻어진 PTFE 다공질막은, 연신면 배율이 약간 지나치게 높았기 때문에, 포집 효율이 낮아졌다.

[0137] 비교예 1 내지 3에서는, 폭 방향으로의 습식 연신을 실시하지 않았기 때문에, PF값의 향상은 한정된 것으로 되었다. 이들 비교예로부터는, 도 2에 도시한 바와 같이, 피브릴이 약간 굵은 PTFE 다공질막이 얻어졌다. 비교예 4에서 얻어진 PTFE 다공질막의 PF값은 매우 불충분했다. 이 다공질막은, 도 3에 도시한 바와 같이, 노드가 미세화하지 않고, 또한 피브릴이 연장되는 방향도 연신된 2 방향으로 거의 한정된 구조를 가졌다.

[0138] 또한, 실시예 2, 6 내지 8에서 얻은 PTFE 다공질막은, 막 두께 1 $\mu$ m당 포집 효율이 76% 이상 85% 미만, 막 두께 1 $\mu$ m당 압력 손실이 13Pa 이상 19.5Pa 이하인 PTFE 다공질막으로 되었다. 실시예 1, 3에서 얻은 PTFE 다공질막은, 막 두께 1 $\mu$ m당 포집 효율이 85% 이상 90% 이하, 막 두께 1 $\mu$ m당 압력 손실이 20Pa 이상 25Pa 이하인 PTFE 다공질막으로 되었다. 이 정도로까지 단위 막 두께당 특성이 양호한 PTFE 다공질막을 제조할 수 있었던 것은, 상술한 제조 방법의 개량에 의한 것이다.

[0139] 또한, 실시예 1 내지 3에서 얻어진 에어 필터 여과재는, 단층의 PTFE 다공질막 1매와, 이 다공질막의 양면에 각각 1매씩 배치된 부직포 2매로 구성된 간소한 3층 구성의 여과재임에도 불구하고, 포집 효율 8N 이상, 압력 손실 250Pa 이하, PF값 35 이상 45 이하(실시예 1, 2에 대해서는 PF값 37 이상)의 특성을 나타냈다.

[0140] 실시예 1 내지 3의 에어 필터 여과재는, 매우 높은 포집 효율과 함께 실용적인 범위의 압력 손실을 갖는 것으로서, 입자의 포착을 중시하는 필터링 용도로 특히 적합하다. 종래부터 알려져 있던 PF값이 높은 PTFE 다공질막은, PF값을 높이기 위해 피브릴간 거리를 크게 하는 것을 우선하였기 때문에, 그 막을 사용한 여과재의 실제적인 특징은 포집 효율의 높음이 아닌 압력 손실의 낮음에 있었다(특허문헌 2). 이를 고려하면, 압력 손실이 아닌 포집 효율을 대폭 개선하여 PF값을 향상시킨 것으로서, 본 발명에 의한 에어 필터 여과재, 특히 실시예 1 내지 3의 여과재는, 지금까지의 여과재에서는 보이지 않았던 특징을 갖는다.

표 1

	실시예 1	실시예 2	실시예 3	실시예 4	실시예 5	실시예 6	실시예 7	실시예 8
PTFE (표준 비중)	F104 (2.17)	F104 (2.17)	F104 (2.17)	F104 (2.17)	F104 (2.17)	GD145 (2.165)	GD123 (2.155)	GD123 (2.155)
폭 방향 습식 연신 배율	4	4	4	4	4	4	4	4
길이 방향 배율 ①	12	14	14	14	27	14	14	18
연신 조건 온도(°C)	280	280	280	280	280	280	280	280
폭 방향 배율 ②	30	30	30	30	30	30	30	30
연신 조건 온도(°C)	110	110	60	160	110	110	110	110
연신된 배율 ①×②	360	420	420	420	810	420	420	540
여과계 구성	3층	3층	3층	3층	3층	3층	3층	3층
막 두께(μm) ③	10	11	10	12	8	10	10	9
평균 섬유 직경(m)	65	58	66	78	79	77	69	72
충진율(%)	3.9	3.2	3.8	2.9	2.5	3.7	3.5	3.2
단위 면적당 중량(g/m <sup>2</sup> )	0.85	0.76	0.82	0.76	0.43	0.80	0.76	0.62
압력 손실(Pa) ④	208.9	180.2	217.8	142.1	52.0	153.0	191.0	147.0
단위 두께당 압력 손실 ④/③	20.9	16.4	21.8	11.8	6.5	15.3	19.1	16.3
포집 효율 ⑤ <sup>1)</sup>	9N0	8N5	9N0	5N8	1N8	6N5	7N8	5N8
단위 두께당 포집 효율 ②	87.4	82.4	87.4	67.9	43.1	76.6	83.0	76.7
PF값	42.2	45.1	40.5	40.8	37.0	40.4	39.5	38.0
압력 손실 <sup>1)</sup>	234.0	194.6	246.1	160.6	58.8	168.3	210.1	161.7
포집 효율 <sup>1)</sup>	9N0	8N5	9N0	5N8	2N1	6N5	7N8	5N8
PF값	37.7	41.8	35.8	36.1	32.7	36.7	35.9	34.5

1) 포집 효율은 %표시를 [(9가 연속하는 개수) N (최종 9의 다음 표시)]로서 나타냄(예를 들어 9N0은 99.99999990).  
 2) ④ 및 ⑤를 사용해서 수학적 4에 기초하여 산출한다

표 2

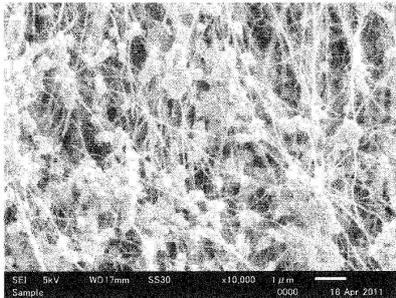
		비교예 1	비교예 2	비교예 3	비교예 4
PTFE (표준 비중)		F104 (2.17)	F104 (2.17)	F104 (2.17)	CD1 (2.20)
폭 방향 습식 연신 배율		—	—	—	4
길이 방향 연신 조건	배율 ①	10	14	18	20
	온도 (°C)	280	280	280	280
폭 방향 연신 조건	배율 ②	30	30	30	10
	온도 (°C)	110	110	110	110
면 배율 ①×②		300	420	540	200
여과재 구성		3층	3층	5층	3층
P T F E  다공질막	막 두께 (μm) ③	10	10	10	11
	평균 섬유 직경 (nm)	100	105	120	685
	충전율 (%)	4.4	4.3	4.0	4.2
	단위 면적당 중량 (g/m <sup>2</sup> )	0.95	0.93	0.87	1.00
	압력 손실 (Pa) ④	251.0	160.6	95.5	12.5
	단위 두께당 압력 손실 ④/③	25.1	16.1	9.6	1.1
	포집 효율 ⑤ <sup>1)</sup>	6N0	5N7	3N4	0N5 (52%)
	단위 두께당 포집 효율 ⑤ <sup>2)</sup>	74.9	72.0	52.8	6.5
PF 값		23.4	33.7	33.4	25.1
여과재	압력 손실	276.1	170.2	214.0	14.3
	포집 효율 <sup>1)</sup>	6N0	5N7	6N7	0N5 (52%)
	PF 값	21.3	31.8	29.9	21.8

1) 및 2)에 대해서는 표 1의 각주를 참조

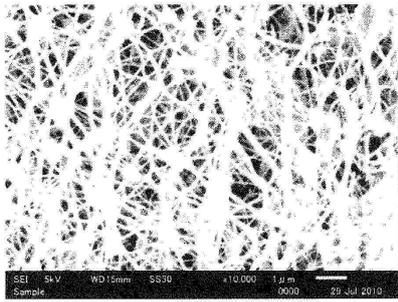
[0142]

도면

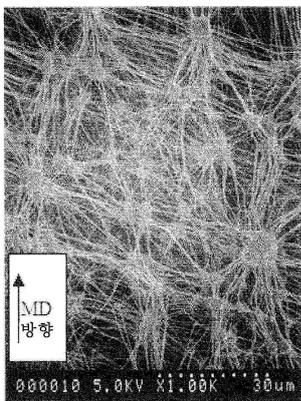
도면1



도면2



도면3



도면4

