

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2020-0059552
(43) 공개일자 2020년05월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B03C 3/47 (2006.01) B01D 39/16 (2006.01)

B01D 46/52 (2006.01) B03C 3/38 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B03C 3/47 (2013.01)

B01D 39/1623 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0144420

(22) 출원일자 2018년11월21일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

주식회사 알링크

경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 (상남동)

(72) 발명자

이혜문

경상남도 창원시 성산구 원이대로 449, 102동
1104호 (반림동, 노블파크아파트)

(74) 대리인

특허법인아이피매그나

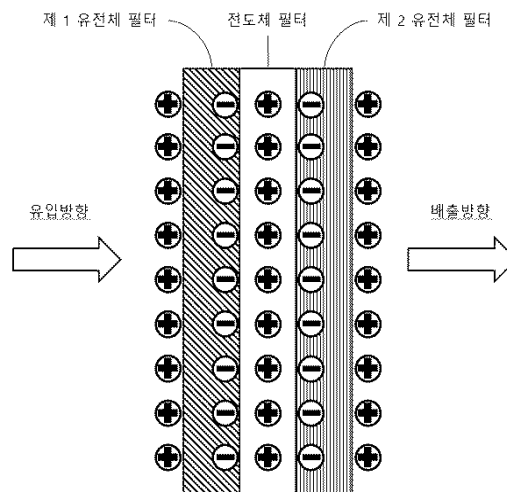
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 전도성 필터를 포함하는 다층 구조의 공기 정화 필터 및 최적의 유효면적을 갖는 다층 구조의 공기 정화 필터의 절곡 구조를 설계하는 방법

(57) 요약

부직포 및 부직포를 구성하는 단위 섬유 표면에 코팅된 금속층을 포함하는 전도성 필터 및 전도성 필터의 일면에 배치되고 부직포 재질인 제 1 유전체 필터를 포함하는 다층 구조의 공기정화 필터가 개시된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01D 46/52 (2013.01)

B03C 3/38 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

부직포 및 상기 부직포를 구성하는 단위 섬유 표면에 코팅된 금속층을 포함하는 전도성 필터; 및
상기 전도성 필터의 일면에 배치되고 부직포 재질인 제 1 유전체 필터를 포함하는 다층 구조의 공기정화 필터.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 전도성 필터의 상기 제 1 유전체 필터가 배치된 일면과 반대되는 면에 배치되고 부직포 재질인 제 2 유전체 필터를 더 포함하는 다층 구조의 공기정화 필터.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 전도성 필터의 코팅된 금속층 표면에 금속 돌기를 더 포함하는 다층 구조의 공기정화 필터.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 전도성 필터의 상기 단위섬유의 직경은 10 내지 50 마이크로미터인 다층 구조의 공기 정화 필터.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 전도성 필터의 기공률은 60 내지 95%인 다층 구조의 공기 정화 필터.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 전도성 필터의 두께는 200 내지 300 μm 인 다층 구조의 공기 정화 필터.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 전도성 필터의 면적질량(areal mass)은 20 내지 200 g/m^2 인 다층 구조의 공기 정화 필터.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 전도성 필터의 코팅된 금속층의 두께는 10 내지 100 나노미터인 다층 구조의 공기 정화 필터.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 전도성 필터는 하기 실험 조건에서 실험용 공기를 7.6cm/sec 내지 29.6cm/sec의 유속으로 유입시켰을 때 전도성 필터에 의한 압력손실이 0.1내지 5.0mmH₂O이고, 입자상 오염물질은 90% 이상 제거하는 전도성 필터:

[실험 조건]

- 1) 원패스 필터 시험 덕트(가로 및 세로 12cm)에서 실험하고;
- 2) 입자하전부는 탄소섬유가 36개 부착되고 각각의 탄소섬유 주변에 이온 발생이 용이하도록 접지극이 연결되는 전도성 막이 형성되어있는 이온발생장치를 사용하고;
- 3) 입자하전부에 -6.0kV내지 -7.5kV의 직류전압이 인가하며, 상기 전도성 필터에 접지전극 없이 +20kV의 직류전압을 인가하고;
- 4) 실험용 공기는 1000nm 이하의 입자상 오염물질이 포함된 실험용 공기를 사용하였고, 20nm 내지 1000nm의 직경범위에 속하는 입자상 오염물질을 측정하는 실험조건.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 다층 구조 공기 정화 필터는 주름형으로 절곡되어 형성되는 복수의 절첩벽을 포함하는 절첩형이고, 하기 식 1에 의해 계산되는 유효면의 길이가 최대값인 절첩형 다층 구조의 공기 정화 필터:

[식 1]

$$Le = 2nA = 2[L/(2T \times \tan(\theta/2))] \times [(T-t/\sin(\theta/2))/\cos(\theta/2)]$$

상기 식 1에서 Le는 전체 유효면의 길이이고,

상기 n은 절곡체의 개수이며 하기 식 2로 계산되고,

[식 2]

$$n = L/(2T \times \tan(\theta/2))$$

상기 A는 하나의 절곡체의 유효면의 길이의 1/2이고 하기 식 3으로 계산되고,

[식 3]

$$A = (T-t/\sin(\theta/2))/\cos(\theta/2)$$

상기 t는 상기 전도성 필터에 적층된 유전체 필터의 두께이고, 상기 θ 는 절곡각이다.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 절곡각 θ 는 상기 식 1에 의해 계산된 절곡각을 기준으로 1 내지 30% 증가된 절곡각인 절첩형 다층 구조의 공기 정화 필터.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

절곡부에 고정수단을 더 포함하는 절첩형 다층 구조의 공기 정화 필터.

청구항 13

부직포 및 상기 부직포를 구성하는 단위 섬유 표면에 코팅된 금속층을 포함하는 전도성 필터;

상기 전도성 필터의 일면에 배치되고 부직포 재질인 제 1 유전체 필터; 및

상기 전도성 필터의 상기 제 1 유전체 필터가 배치된 일면과 반대되는 면에 배치되고 부직포 재질인 제 2 유전체 필터를 더 포함하는 다층 구조의 공기정화 필터의 절곡 구조 설계 방법에 있어서,

상기 다층 구조 공기 정화 필터는,

주름형으로 절곡되어 형성되는 복수의 절첩벽을 포함하는 절첩형이고,

하기 식 1에 의해 계산되는 유효면의 길이가 최대값인 다층 구조의 공기 정화 필터의 절곡 구조 설계 방법:

[식 1]

$$Le = 2nA = 2[L/(2T \times \tan(\theta/2))] \times [(T-t/\sin(\theta/2))/\cos(\theta/2)]$$

상기 식 1에서 Le는 전체 유효면의 길이이고,

상기 n은 절곡체의 개수이며 하기 식 2로 계산되고,

[식 2]

$$n = L/(2T \times \tan(\theta/2))$$

상기 A는 하나의 절곡체의 유효면의 길이의 1/2이고 하기 식 3으로 계산되고,

[식 3]

$$A = (T-t/\sin(\theta/2))/\cos(\theta/2)$$

상기 t는 상기 전도성 필터에 적층된 유전체 필터의 두께이고, 상기 θ 는 절곡각이다.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 전도성 필터를 포함하는 다층 구조의 공기 정화 필터 및 상기 다층 구조의 공기 정화 필터가 최적의 유효면적을 가지는 절곡 구조 설계 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 미세한 크기의 입자상 오염물질을 제거하기 위해 다양한 공기 정화 필터가 개발되고 있다. 그 중 하나인 헤파(HEPA)필터는 미세한 크기의 오염물질을 효율적으로 제거할 수 있으나, 필터를 구성하는 매개체의 밀도를 상승 시킴으로써 필터로 인해 발생하는 압력 손실 증가, 에너지 소모가 증가 및 소음 발생의 문제점이 있다고 알려져 있다.

[0004] 압력 손실을 낮추면서도 입자상 오염물질 제거 효율을 동시에 달성하기 위해 정전기력을 이용한 필터 기술이 알려져 있다. 정전 필터는 필터 표면의 전하 및 입자상 오염물질의 정전기력에 의해 필터 표면에 입자상 오염물질이 달라붙는 원리로 입자상 오염물질을 제거한다. 정전필터는 필터를 구성하는 매개체의 밀도를 크게 증가시키지 않더라도 입자상 오염물질을 제거할 수 있으므로 압력 손실을 낮출 수 있다. 그러나 정전필터는 필터 표면에 위치된 전기가전원이 쉽게 제거되는 문제가 있으며 습도가 높은 환경에 노출될 경우 전기가전원이 쉽게 제거될 수 있거나, 사용 연한이 상대적으로 짧다고 알려져 있다.

- [0005] 상기 정전필터의 문제점을 해결하기 위해 유전율이 높은 소재의 필터를 사용하고, 전압을 인가하여 분극현상(polarization)을 유발함으로써 필터의 정전기력을 영구적으로 유지하는 기술이 알려져 있다. 구체적으로는 전도성 메쉬와 같은 금속망에 전압을 인가하고 이와 접하고 있는 유리섬유로 구성된 유전체 필터에 분극을 유발함으로써 정전기력을 영구적으로 유지하는 기술이 알려져 있다. 그러나 종래의 정전필터는 유전체로 유리섬유를 사용하고 및 전압을 인가하기 위한 수단으로 금속 메쉬판을 사용하므로 절곡이 쉽지 않아 제한된 공간에서 필터의 표면적을 증가시키기 어렵다는 문제점이 있었다. 또한 전도성 메쉬, 유전체 필터, 접지전극 금속망을 모두 포함하면 무려 5층 구조이므로 공기가 원활히 통과하지 못하여 압력 손실이 문제된다.
- [0006] 편극현상을 이용한 영구적 정전필터기술도 알려져 있다. 입자상 오염물질이 필터층을 통과하면서 단계별로 편극화 현상이 발생하므로, 오염물질이 포함된 공기가 유입되는 곳에 별도의 이온 발생기(또는 입자 하전장치)가 필요없다는 장점이 있다고 알려져 있다.
- [0007] 그러나 상기 필터는 입자상 오염물질의 편극 현상을 강화하기 위해 다양한 유전상수를 가진 물질로 여러 층으로 필터를 구성해야 한다. 따라서 필터의 다층 구조 때문에 공기가 원활히 통과하지 못하여 압력 손실이 문제된다고 알려져 있다.
- [0008] 또한 편극현상을 이용할 경우 고품량을 처리하기 위한 필터면적 증대가 쉽지 않은 단점이 있다. 즉 고품량의 오염된 공기를 처리하기 위해서는 넓은 면적의 필터 사용이 필요하다. 현재는 한정된 공간에 넓은 면적의 필터를 적용하기 위한 방법으로 필터를 지그재그(Zigzag) 형태로 접는 절곡형 필터를 많이 사용하고 있으나 상기와 같이 편극현상을 이용한 영구적 정전필터는 절곡 시 같은 극의 하전을 지닌 필터의 외부면이 서로 마주보고 있어 정전기력이 급격하게 떨어지거나 약해져서 입자상 오염물질이 잘 제거되지 않는다. 그래서 종래의 편극현상을 이용한 영구적 정전필터는 절곡형태가 아닌 평면에 가까운 형태로 사용되고 있으므로 고품량 오염공기 처리 시 제거효율이 상대적으로 낮게 나오거나 높은 압력손실이 걸리는 문제를 여전히 가지고 있다.
- [0009] 또한 전도성 필터에 핫멜트를 도포하고 열을 가하여 유전체 필터를 적층시키면 필터층이 압착되어 두께가 얇아지고 미세입자 제거 효율이 감소될 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 대한민국 공개공보 10-2016-0115211 (2016.10.06)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명의 실시 예에 따르면 절곡이 가능한 전도성 필터 및 이를 포함하는 다층 구조의 공기 정화 필터를 제공한다.
- [0013] 본 발명의 실시 예에 따르면 전도성 필터를 포함하며 다층 구조인 공기 정화필터가 최적의 유효 면적을 가질 수 있도록 절곡 구조를 설계하는 방법을 제공한다.
- [0014] 본 발명의 실시 예에 따르면 최적의 유효 면적을 가지는, 전도성 필터를 포함하며 다층 구조인 공기 정화 필터를 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0016] 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조의 공기 정화 필터는 부직포 및 상기 부직포를 구성하는 단위 섬유 표면에 코팅된 금속층을 포함하는 전도성 필터 및 상기 전도성 필터의 일면에 배치되고 부직포 재질인 제 1 유전체 필터를 포함한다.
- [0017] 상기 다층 구조의 공기 정화 필터는 상기 전도성 필터의 상기 제 1 유전체 필터가 배치된 일면과 반대되는 면에

배치되고 부직포 재질인 제 2 유전체 필터를 더 포함할 수 있다.

[0018] 상기 전도성 필터의 코팅된 금속층 표면에 금속 돌기를 더 포함할 수 있다.

[0019] 상기 전도성 필터의 상기 단위섬유의 직경은 10 내지 50 마이크로미터일 수 있다.

[0020] 상기 전도성 필터의 기공률은 60 내지 95%일 수 있다.

[0021] 상기 전도성 필터의 두께는 200 내지 300 μm 일 수 있다.

[0022] 상기 전도성 필터의 면적질량(areal mass)은 20 내지 200 g/m^2 일 수 있다.

[0023] 상기 전도성 필터의 코팅된 금속층의 두께는 10 내지 100 나노미터일 수 있다.

[0024] 상기 전도성 필터는 하기 실험 조건에서 실험용 공기를 7.6cm/sec 내지 29.6cm/sec의 유속으로 유입시켰을 때 전도성 필터에 의한 압력손실이 0.1내지 5.0mmH₂O이고, 입자상 오염물질은 90% 이상 제거하는 전도성 필터일 수 있다.

[0025] [실험 조건]

[0026] 1) 원패스 필터 시험 덕트(가로 및 세로 12cm)에서 실험하고;

[0027] 2) 입자하전부는 탄소섬유가 36개 부착되고 각각의 탄소섬유 주변에 이온 발생이 용이하도록 접지극이 연결되는 전도성 막이 형성되어있는 이온발생장치를 사용하고;

[0028] 3) 입자하전부에 -6.0kV내지 -7.5kV의 직류전압이 인가하며, 상기 전도성 필터에 접지전극 없이 +20kV의 직류전압을 인가하고;

[0029] 4) 실험용 공기는 1000nm 이하의 입자상 오염물질이 포함된 실험용 공기를 사용하였고, 20nm 내지 1000nm의 직경범위에 속하는 입자상 오염물질을 측정하는 실험조건.

[0030] 본 발명의 실시 예에 따르면 상기 다층 구조 공기 정화 필터는 주름형으로 절곡되어 형성되는 복수의 절첩벽을 포함하는 절첩형이고, 하기 식 1에 의해 계산되는 유효면의 길이가 최대값인 절첩형 다층 구조의 공기 정화 필터를 제공한다.

[0031] [식 1]

$$[0032] \quad L_e = 2nA = 2[L/(2T \times \tan(\theta/2))] \times [(T-t/\sin(\theta/2))/\cos(\theta/2)]$$

[0033] 상기 식 1에서 L_e 는 전체 유효면의 길이이고,

[0034] 상기 n 은 절곡체의 개수이며 하기 식 2로 계산되고,

[0035] [식 2]

$$[0036] \quad n = L/(2T \times \tan(\theta/2))$$

[0037] 상기 A 는 하나의 절곡체의 유효면의 길이의 1/2이고 하기 식 3으로 계산되고,

[0038] [식 3]

$$[0039] \quad A = (T-t/\sin(\theta/2))/\cos(\theta/2)$$

[0040] 상기 t 는 상기 전도성 필터에 적층된 유전체 필터의 두께이고, 상기 θ 는 절곡각이다.

[0041] 상기 절곡각 θ 는 상기 식 1에 의해 계산된 절곡각을 기준으로 1 내지 30% 증가된 절곡각일 수 있다.

[0042] 상기 절첩형 다층 구조의 공기 정화 필터는 상기 절곡부에 고정수단을 더 포함할 수 있다.

[0043] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따르면 부직포 및 상기 부직포를 구성하는 단위 섬유 표면에 코팅된 금속층을 포함하는 전도성 필터, 상기 전도성 필터의 일면에 배치되고 부직포 재질인 제 1 유전체 필터 및 상기 전도성 필터의 상기 제 1 유전체 필터가 배치된 일면과 반대되는 면에 배치되고 부직포 재질인 제 2 유전체 필터를 더 포함하는 다층 구조의 공기정화 필터의 절곡 구조 설계 방법에 있어서, 상기 다층 구조 공기 정화 필터는, 주름형으로 절곡되어 형성되는 복수의 절첩벽을 포함하는 절첩형이고, 하기 식 1에 의해 계산되는 유효면의 길이가 최대값인 다층 구조의 공기 정화 필터의 절곡 구조 설계 방법을 제공한다.

- [0044] [식 1]
- [0045] $Le = 2nA = 2[L/(2T \times \tan(\Theta/2))] \times [(T-t/\sin(\Theta/2))/\cos(\Theta/2)]$
- [0046] 상기 식 1에서 Le 는 전체 유효면의 길이이고,
- [0047] 상기 n 은 절곡체의 개수이며 하기 식 2로 계산되고,
- [0048] [식 2]
- [0049] $n = L/(2T \times \tan(\Theta/2))$
- [0050] 상기 A 는 하나의 절곡체의 유효면의 길이의 1/2이고 하기 식 3으로 계산되고,
- [0051] [식 3]
- [0052] $A = (T-t/\sin(\Theta/2))/\cos(\Theta/2)$
- [0053] 상기 t 는 상기 전도성 필터에 적층된 유전체 필터의 두께이고, 상기 Θ 는 절곡각이다.

발명의 효과

- [0055] 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 구조의 공기 정화 필터는 절곡이 용이할 수 있다.
- [0056] 본 발명의 다른 실시예에 따른 다층 구조의 공기 정화 필터는 공기 흐름이 원활하여 압력 손실이 낮을 수 있다.
- [0057] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 다층 구조의 공기 정화 필터는 오존 발생이 감소될 수 있다.
- [0058] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 다층 구조의 공기 정화 필터는 접지전극을 포함하지 않음으로써 화재의 위험이 감소될 수 있다.
- [0059] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 다층 구조의 공기 정화 필터는 접지전극을 포함하지 않음으로써 절곡시킨 구조에서도 전극 사이의 접촉으로 인한 전기적 단락이 감소될 수 있다.
- [0060] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 다층 구조의 공기 정화 필터는 전도성 필터에 접착제를 사용하지 않고 부직포 필터를 적층시킬 수 있고, 착탈이 용이할 수 있다.
- [0061] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 다층 구조의 공기 정화 필터는 전도성 필터에 열 또는 압력을 가하지 않고 부직포 필터를 적층시킬 수 있고, 공기 정화 효율이 증가될 수 있다.
- [0062] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면 전도성 필터를 포함하며 다층 구조인 공기 정화필터가 최적의 유효 면적을 가질 수 있도록 절곡 구조를 설계하는 방법을 제공한다.
- [0063] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면 최적의 유효 면적을 가지는, 전도성 필터를 포함하며 다층 구조인 공기 정화 필터를 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0065] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 필터에 유전체 필터가 적층된 다층 구조의 공기 정화 필터를 도시한 것이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 구조의 공기 정화 필터를 포함하는 공기 정화 모듈을 도시한 것이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 공기 정화 필터에서 전도성 필터에 양전하가 인가되었을 때 제 1 유전체 필터 및 제 2 유전체 필터의 분극현상을 도시한 것이다.
- 도 4에서 A 는 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 필터를 구성하는 단위섬유의 굵기 및 기공이고, B 는 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 필터의 단위섬유에 알루미늄이 코팅된 표면에 10 내지 30nm 높이의 금속돌기가 형성되어 있는 것을 도시한 것이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 절첩형 다층 구조의 공기 정화 필터를 도시한 것이다.

도 6는 본 발명의 일 실시 예에 따른 복수의 절곡체를 포함하는 공기 정화 필터의 횡단면을 도시한 것이다.

도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 복수의 절곡체를 갖는 공기 정화 필터의 한 개의 절곡체의 횡단면을 확대하여 도시한 것이다.

도 8은 식 1에서 L을 200mm으로 하고 다양한 T의 값을 이용해 계산한 최적의 절곡각을 도시한 것이다.

도 9은 식 1에서 L을 100mm으로 하고 다양한 T의 값을 이용하여 계산한 최적의 절곡각을 도시한 것이다.

도 10는 식 1에서 L을 600mm으로 하고 다양한 T의 값을 이용하여 계산한 최적의 절곡각을 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0066] 본 발명의 실시 예에 따른 다층 구조의 공기 정화 필터는 부직포 및 상기 부직포를 구성하는 단위 섬유 표면에 코팅된 금속층을 포함하는 전도성 필터 및 상기 전도성 필터의 일면에 배치되고 부직포 재질인 제 1 유전체 필터를 포함한다.
- [0067] 도 1을 참조하면, 상기 다층 구조의 공기 정화 필터는 상기 전도성 필터의 상기 제 1 유전체 필터가 배치된 일면과 반대되는 면에 배치되고 부직포 재질인 제 2 유전체 필터를 더 포함할 수 있다.
- [0068] 상기 공기 정화 필터의 제 1 유전체 필터 및 제 2 유전체필터는 전도성 필터에 인가된 전하에 의해 분극현상이 일어난다. 도 1 및 도 3을 참조하면, 제 1 유전체 필터 및 제 2 유전체 필터의 양면 중 양전하로 하전된 전도성 필터와 맞닿는 면은 음전하가 위치하고, 반대되는 면에는 양전하가 위치한다.
- [0069] 상기 전도성 필터에 포함된 부직포는 재질이 특별히 제한되는 것은 아니며, 천연 섬유 또는 합성 섬유로 구성된 부직포를 사용할 수 있다. 구체적으로 상기 부직포를 구성하는 단위 섬유는 폴리프로필렌, 폴리에스테르, 폴리스티렌, 폴리에틸렌, 테프론, 또는 면일 수 있다.
- [0070] 상기 전도성 필터는 상기 부직포를 기재로 포함함으로써 부직포와 유사한 구조를 가지므로 일반적인 필터로서의 효과도 가질 수 있다.
- [0071] 상기 배치는 적층 또는 부착하는 것일 수 있다. 상기 전도성 필터와 부직포 재질의 유전체 필터는 특별한 접착 수단 없이 부직포 재질의 유전체 필터와 접촉시키고 손으로 가할 수 있는 정도의 압력을 인가하여 부착시키는 무접착제 접합으로 부착할 수 있다. 상기 전도성 필터와 부직포 재질의 유전체 필터는 접착제, 열접착, 핫멜트, 또는 기계를 사용한 압착의 방법을 사용하지 않고 무접착제 접합으로 부착시킬 수 있으며 안정적인 착탈이 가능할 수 있다. 상기 무접착제 접합에 의해 생산 공정을 단순화할 수 있고, 부직포 재질의 유전체 필터의 손상을 최소화함으로써 미세입자 제거 효율을 증가시킬 수 있다.
- [0072] 상기 전도성 필터는 상기 부직포 재질을 기재로 포함함으로써 부직포 재질의 유전체 필터와 접촉시켜 후크-루프의 원리 또는 벨크로와 같은 원리로 적층 또는 부착할 수 있다.
- [0073] 상기 전도성 필터의 코팅된 금속층 표면에 금속 돌기를 더 포함할 수 있다. 상기 금속 돌기는 전도성 필터의 표면에 마찰력 또는 거침도를 부여할 수 있다. 상기 전도성 필터는 금속돌기를 포함함으로써 부직포 재질의 유전체 필터와 접촉시켜 후크-루프 또는 벨크로와 같은 원리로 적층 또는 부착하는데 도움을 줄 수 있다.
- [0074] 상기 공기 정화 필터는 전도성 필터 및 부직포 재질의 유전체 필터의 착탈이 용이할 수 있다. 상기 착탈 용이성으로 인해 부직포 재질의 유전체 필터를 분리하여 탈진하는 것이 용이할 수 있으며 필터의 사용 횟수가 증가할 수 있다.
- [0075] 상기 전도성 필터의 상기 단위섬유 직경은 10 내지 80 μm , 20 내지 80 μm , 25 내지 80 μm , 10 내지 50 μm , 20 내지 50 μm , 또는 25 내지 50 μm 일 수 있고, 바람직하게는 25 내지 45 μm 일 수 있다. 상기 단위섬유 직경이 너무 크면 기공률이 감소하여 공기 흐름이 원활하지 못할 수 있고 압력 손실이 증가할 수 있다. 상기 단위섬유 직경이 너무 작으면 공기 정화 효율이 감소할 수 있다.
- [0076] 상기 전도성 필터의 기공률은 50 내지 95%, 60 내지 95%, 70 내지 95%, 50 내지 90%, 60 내지 90%, 또는 70 내지 90% 일 수 있고, 바람직하게는 60 내지 95%일 수 있다. 상기 기공률은 전도성 필터가 갖는 일반적인 필터의 효과와 전압의 인가로 인한 전기적 포집과 균형을 이루어 최적의 공기 정화 효율을 나타내는 범위가 바람직할 수 있다.
- [0077] 상기 전도성 필터의 두께는 10 내지 1000 μm , 20 내지 1000 μm , 50 내지 1000 μm , 100 내지 1000 μm , 150 내지

1000 μm , 200 내지 1000 μm , 10 내지 800 μm , 20 내지 800 μm , 50 내지 800 μm , 100 내지 800 μm , 150 내지 800 μm , 200 내지 800 μm , 10 내지 600 μm , 20 내지 600 μm , 50 내지 600 μm , 100 내지 600 μm , 150 내지 600 μm , 200 내지 600 μm , 10 내지 500 μm , 20 내지 500 μm , 50 내지 500 μm , 100 내지 500 μm , 150 내지 500 μm , 200 내지 500 μm , 10 내지 400 μm , 20 내지 400 μm , 50 내지 400 μm , 100 내지 400 μm , 150 내지 400 μm , 200 내지 400 μm , 10 내지 300 μm , 20 내지 300 μm , 50 내지 300 μm , 100 내지 300 μm , 150 내지 300 μm , 200 내지 300 μm 일 수 있고, 바람직하게는 200 내지 300 마이크로미터일 수 있다. 상기 전도성 필터의 두께가 지나치게 두꺼워지면 공기의 흐름이 원활하지 않을 수 있고 탈진이 용이하지 않을 수 있다. 전도성 필터의 두께가 지나치게 얇아지면 전압의 인가가 원활하지 않을 수 있다. 전도성 필터의 두께가 적절하면 공기 정화 효율을 최적화할 수 있고 전압의 인가가 원활하면서 탈진이 용이할 수 있다. 상기 전도성 필터의 두께는 금속층을 코팅하기 전의 부직포의 두께와 거의 차이가 없는 것이 바람직하다.

[0078] 상기 전도성 필터의 면적질량(Areal mass)는 10 내지 300g/m², 15 내지 300g/m², 20 내지 300g/m², 30 내지 300g/m², 10 내지 250g/m², 15 내지 250g/m², 20 내지 250g/m², 30 내지 250g/m², 10 내지 200g/m², 15 내지 200g/m², 20 내지 200g/m², 30 내지 200g/m², 10 내지 150g/m², 15 내지 150g/m², 20 내지 150g/m², 30 내지 150g/m², 10 내지 100g/m², 15 내지 100g/m², 20 내지 100g/m², 또는 30 내지 100g/m² 일 수 있다.

[0079] 상기 전도성 필터의 코팅된 금속층은 전기를 전도시킬 수 있는 금속이면 특별히 제한되는 것은 아니다. 예를 들면 알루미늄, 철, 구리, 납 또는 이들의 조합을 사용할 수 있으며, 가격 및 내부식성을 고려하면 알루미늄이 바람직할 수 있다.

[0080] 상기 전도성 필터의 코팅된 금속층의 두께는 10 내지 500nm, 20 내지 500nm, 30 내지 500nm, 40 내지 500nm, 50 내지 500nm, 10 내지 250nm, 20 내지 250nm, 30 내지 250nm, 40 내지 250nm, 50 내지 250nm, 10 내지 200nm, 20 내지 200nm, 30 내지 200nm, 40 내지 200nm, 50 내지 200nm, 10 내지 150nm, 20 내지 150nm, 30 내지 150nm, 40 내지 150nm, 50 내지 150nm, 50 내지 200nm, 10 내지 100nm, 20 내지 100nm, 30 내지 100nm, 40 내지 100nm, 또는 50 내지 100nm 일 수 있고, 바람직하게는 50 내지 100 nm일 수 있다. 상기 금속 코팅의 두께가 너무 두꺼우면 전도성 필터의 기공이 너무 작아져 공기의 흐름이 원활하지 못할 수 있고, 상기 금속 코팅의 두께가 너무 얇으면 전기 전도성이 낮아질 수 있다.

[0081] 상기 전도성 필터는 하기 실험 조건에서 실험용 공기를 7.6cm/sec 내지 29.6cm/sec의 유속으로 유입시켰을 때 전도성 필터에 의한 압력손실이 0.1내지 5.0mmH₂O이고, 입자상 오염물질은 90% 이상 제거할 수 있다.

[0082] [실험 조건]

[0083] 1) 원패스 필터 시험 덕트(가로 및 세로 12cm)에서 실험하였다.

[0084] 2) 입자하전부는 탄소섬유가 36개 부착되고 각각의 탄소섬유 주변에 이온 발생이 용이하도록 접지극이 연결되는 전도성 막이 형성되어있는 이온발생장치를 입자하전부로 사용하였다.

[0085] 3) 입자하전부에 -6.0kV내지 -7.5kV의 직류전압이 인가하며, 상기 전도성 필터에 접지전극 없이 +20kV의 직류전압을 인가하였다.

[0086] 4) 실험용 공기는 1000nm 이하의 입자상 오염물질이 포함된 실험용 공기를 사용하였고, 20nm 내지 1000nm의 직경범위에 속하는 입자상 오염물질을 측정하였다.

[0087] 상기 전도성 필터의 통기도는 필터시험압력이 100Pa인 조건에서 200 내지 700 cm³/cm²/sec, 300 내지 700 cm³/cm²/sec, 400 내지 700 cm³/cm²/sec, 500 내지 700 cm³/cm²/sec, 200 내지 600 cm³/cm²/sec, 300 내지 600 cm³/cm²/sec, 400 내지 600 cm³/cm²/sec, 500 내지 600 cm³/cm²/sec, 200 내지 500 cm³/cm²/sec, 300 내지 500 cm³/cm²/sec, 또는 400 내지 500 cm³/cm²/sec 일 수 있으며, 바람직하게는 500 내지 600 cm³/cm²/sec 일 수 있다. 상기 전도성 필터의 통기도는 금속층을 코팅하기 전의 부직포의 통기도와 차이가 거의 없는 것이 바람직하다.

[0088] 상기 제 1 유전체 필터 및 제 2 유전체 필터의 통기도는 필터시험압력이 100Pa인 조건에서 200 내지 700 cm³/cm²/sec, 300 내지 700 cm³/cm²/sec, 400 내지 700 cm³/cm²/sec, 500 내지 700 cm³/cm²/sec, 200 내지 600

$\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{sec}$, 300 내지 $600 \text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{sec}$, 400 내지 $600 \text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{sec}$, 500 내지 $600 \text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{sec}$, 200 내지 $500 \text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{sec}$, 300 내지 $500 \text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{sec}$, 또는 400 내지 $500 \text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{sec}$ 일 수 있으며, 바람직하게는 500 내지 $600 \text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{sec}$ 일 수 있다.

- [0089] 상기 제 1 유전체 필터 및 제 2 유전체 필터는 유연성이 있어 절곡이 가능한 유전체이면 특별히 제한되는 것은 아니며, 바람직하게는 부직포 필터일 수 있다. 예를 들면 폴리프로필렌, 폴리에스테르, 폴리에틸렌, 폴리에틸렌 테라프탈레이트(PET), 테프론, 또는 면일 수 있다.
- [0090] 상기 제 1 유전체 필터 및 제 2 유전체 필터는 두께가 각각 250 내지 $5000 \mu\text{m}$, 300 내지 $5000 \mu\text{m}$, 400 내지 $5000 \mu\text{m}$, 500 내지 $5000 \mu\text{m}$, 600 내지 $5000 \mu\text{m}$, 800 내지 $5000 \mu\text{m}$, 1000 내지 $5000 \mu\text{m}$, 1500 내지 $5000 \mu\text{m}$, 2000 내지 $5000 \mu\text{m}$, 250 내지 $4000 \mu\text{m}$, 300 내지 $4000 \mu\text{m}$, 400 내지 $4000 \mu\text{m}$, 500 내지 $4000 \mu\text{m}$, 600 내지 $4000 \mu\text{m}$, 800 내지 $4000 \mu\text{m}$, 1000 내지 $4000 \mu\text{m}$, 1500 내지 $4000 \mu\text{m}$, 2000 내지 $4000 \mu\text{m}$, 250 내지 $3500 \mu\text{m}$, 300 내지 $3500 \mu\text{m}$, 400 내지 $3500 \mu\text{m}$, 500 내지 $3500 \mu\text{m}$, 600 내지 $3500 \mu\text{m}$, 800 내지 $3500 \mu\text{m}$, 1000 내지 $3500 \mu\text{m}$, 1500 내지 $3500 \mu\text{m}$, 또는 2000 내지 $3500 \mu\text{m}$ 일 수 있다.
- [0091] 상기 공기 정화 필터는 접지 전극을 포함하지 않는 것이 바람직하다. 접지 전극을 포함하면 상기 전도성 필터에 고전압이 인가되는 경우 전극과 접지 전극 사이에서 전류가 흐르거나 건강에 해로운 오존이 발생하는 문제점이 있을 수 있다. 또한 고전압이 인가된 전도성 필터와 접지 전극 사이에 불꽃(스파크)이 발생할 수 있고, 상기 부직포 재질의 유전체 필터에 화재가 발생할 수 있다. 또한 접지 전극을 포함하지 않음으로써 절곡된 구조에서 전도성 필터의 위치가 가까워지더라도 단락의 위험이 적을 수 있다.
- [0092] 본 발명의 실시 예에 따른 공기 정화 모듈은 상기 다층 구조의 공기 정화 필터, 공기에 포함된 미세입자에 전하를 하전시키는 입자 하전부, 상기 다층 구조의 공기 정화 필터에 포함된 전도성 필터에 직류전압을 인가하는 제 1 직류 전압 인가 장치 및 상기 입자 하전부에 직류전압을 인가하는 제 2 직류 전압 인가장치를 포함한다.
- [0093] 상기 입자 하전부는 코로나 방전장치 또는 이온발생장치로 구성될 수 있다.
- [0094] 상기 제 2 직류 전압 인가장치는 상기 입자 하전부에 연결되어 있고, 상기 입자 하전부에 직류 전압을 인가하여 유입되는 공기에 포함된 미세 입자 또는 오염물질에 전하를 하전시킬 수 있다. 상기 미세 입자에 하전되는 전하는 음전하일 수 있다.
- [0095] 상기 공기 정화 필터의 전도성 필터에 인가되는 전하는 상기 입자 하전부에 인가되는 전하와 반대되는 전하가 인가된다. 상기 입자 하전부에 음전하가 인가되면, 전도성 필터에는 양전하가 인가된다.
- [0096] 상기 공기 정화 필터의 제 1 유전체 필터 및 제 2 유전체 필터는 전도성 필터에 인가된 전하에 의해 분극현상이 일어난다. 도 3을 참조하면, 제 1 유전체 필터 및 제 2 유전체 필터에서 양전하로 하전된 전도성 필터와 접촉하는 면은 음전하가 위치하고, 반대되는 면에는 양전하가 위치한다.
- [0097] 본 발명의 실시 예를 따르는 절첩형 다층 구조의 공기 정화 필터는, 주름진 형태이고, 다층 구조의 공기 정화 필터가 지그재그로 절곡되어 형성되는 복수의 절첩벽을 포함하고, 하기 식 1에 의해 계산되는 전체 유효면의 길이(Le)가 최대값이다.
- [0098] [식 1]
- [0099]
$$Le = 2nA = 2[L/(2T \times \tan(\theta/2))] \times [(T-t/\sin(\theta/2))/\cos(\theta/2)]$$
- [0100] 상기 식 1에서 Le는 전체 유효면의 길이이고, 상기 n은 절곡체의 개수이며 하기 식 2로 계산되고,
- [0101] [식 2]
- [0102]
$$n = L/(2T \times \tan(\theta/2))$$
- [0103] 상기 A는 하나의 절곡체의 유효면의 길이의 1/2이고 하기 식 3으로 계산되고,
- [0104] [식 3]
- [0105]
$$A = (T-t/\sin(\theta/2))/\cos(\theta/2)$$
- [0106] 상기 t는 상기 전도성 필터에 적층된 유전체 필터의 두께이고, 상기 θ 는 절곡각이다.
- [0107] 본 명세서에서 유효 면적은 유전체 필터 표면의 일부분으로써 전도성 필터와 접촉함으로써 분극 현상이 일어나

는 부분이며, 상기 유전체 필터의 표면은 유입되는 공기와 처음 접하는 바깥면 및 공기가 배출되는 바깥면이고, 절곡부에 해당하는 부분은 제외한 면을 의미한다.

- [0108] 상기 유효 면적은 절곡부의 개수가 너무 적으면 감소하고, 절곡부의 개수가 너무 많아도 감소할 수 있다. 상기 식 1에 의하면 유효 면적이 최대가 되는 절곡부의 개수를 계산할 수 있다.
- [0109] 도 5를 참조하면 본 명세서에서 X 방향은 절곡부가 연속되는 방향을 의미하고, Y 방향은 절곡부가 연장되는 방향을 의미한다.
- [0110] 도 6를 참조하면 상기 유효면은 상기 절곡된 다층 구조의 공기 정화 필터의 유효면적을 X방향 횡단면에서 나타낸 것을 말한다.
- [0111] 도 6 및 도 7을 참조하면 상기 전체 유효면 길이(Le)는 복수의 절곡체를 포함하는 공기 정화 필터의 횡단면에서 유효면의 길이의 합을 의미한다.
- [0112] 상기 절곡각 θ 는 상기 유효면 사이의 각도이다. 상기 절곡각이 너무 작으면 이웃하는 유효 면적끼리 접촉할 수 있고, 공기 정화 효율이 감소할 수 있다. 또한 상기 절곡각이 너무 작으면 이웃하는 유효 면적간에 거리가 너무 가까워져서 이웃하는 유효 면적의 전하가 서로 영향을 줄 수 있으며 공기 정화 효율이 낮아질 수 있다. 그러므로 공기 정화 필터 또는 전도성 필터를 바람직한 범위의 절곡각으로 절곡하면 필터의 유효면적을 최대화할 수 있다.
- [0113] 상기 절곡각 θ 는 상기 식 1에 의해 계산된 전체 유효면 길이(Le)가 최대값을 갖는 절곡각을 기준으로 1 내지 50%, 1 내지 45%, 1 내지 40%, 1 내지 35%, 또는 1 내지 30% 증가된 절곡각일 수 있다. 상기 식 1에 의해 계산된 Le가 최대값을 갖는 절곡각은 다층 구조의 공기 정화 필터의 제조상 오차를 고려하면 일정 비율 증가되는 것이 바람직할 수 있다. 또한 상기 식 1에 의해 계산된 Le가 최대값을 갖는 절곡각에 따라 다층 구조의 공기 정화 필터를 절곡하면 절곡부의 상기 제 1 유전체 필터 또는 상기 제 2 유전체 필터가 절곡되는 공간이 충분하지 않을 수 있으므로 이를 고려하여 일정 비율 증가되는 것이 바람직할 수 있다.
- [0114] 상기 절곡부에 고정수단을 더 포함할 수 있다. 유입되는 공기의 압력이 큰 경우, 전도성 필터에 접촉체를 사용하지 않고 적층된 유전체 필터가 탈락되거나 제대로 밀착이 되지 않아 분극이 유도되지 않을 수 있고, 유효 면적이 감소할 수 있다. 상기 고정수단은 유입되는 공기의 압력이 크더라도 전도성 필터와 유전체 필터의 밀착을 유지시킬 수 있고, 분극 현상을 유지시킬 수 있다. 상기 고정수단은 목적을 달성할 수 있다면 소재나 형태가 특별히 제한되는 것은 아니며, 예를 들면 V자형 클립일 수 있다.
- [0116] 본 발명의 실시 예에 따르면, 부직포 및 상기 부직포를 구성하는 단위 섬유 표면에 코팅된 금속층을 포함하는 전도성 필터, 상기 전도성 필터의 일면에 배치되고 부직포 재질인 제 1 유전체 필터 및 상기 전도성 필터의 상기 제 1 유전체 필터가 배치된 일면과 반대되는 면에 배치되고 부직포 재질인 제 2 유전체 필터를 더 포함하는 다층 구조의 공기정화 필터의 절곡 구조 설계 방법에 있어서, 상기 다층 구조 공기 정화 필터는, 주름진 형태이고, 다층 구조의 공기 정화 필터가 지그재그로 절곡되어 형성되는 복수의 절첩벽을 포함하고, 상기 식 1에 의해 계산되는 전체 유효면의 길이(Le)가 최대값인 다층 구조의 공기 정화 필터의 절곡 구조 설계 방법을 제공한다.
- [0117] [식 1]
- [0118]
$$Le = 2nA = 2[L/(2T \times \tan(\theta/2))] \times [(T-t/\sin(\theta/2))/\cos(\theta/2)]$$
- [0119] 상기 식 1에서 Le는 전체 유효면의 길이이고, 상기 n은 절곡체의 개수이며 상기 식 2로 계산되고,
- [0120] [식 2]
- [0121]
$$n = L/(2T \times \tan(\theta/2))$$
- [0122] 상기 A는 하나의 절곡체의 유효면의 길이의 1/2이고 상기 식 3으로 계산되고,
- [0123] [식 3]
- [0124]
$$A = (T-t/\sin(\theta/2))/\cos(\theta/2)$$
- [0125] 상기 t는 상기 전도성 필터에 적층된 유전체 필터의 두께이고, 상기 θ 는 절곡각이다.

- [0126] 도 7를 참조하면 공기 정화 필터가 절곡되면 양전하로 하전된 면이 마주보게 된다. 절곡각이 작아 서로 접해있는 절곡체의 유전체 필터가 서로 맞닿을 경우 공기에 노출되는 필터의 면적은 좁아지게 되며 유효 면적이 감소할 수 있다. 절곡각이 작아 유효면이 너무 가까이 있을 경우는 같은 극으로 하전된 필터 사이의 반발력으로 공기정화효율에 영향을 줄 수 있다. 반면 절곡각이 너무 크면 일정한 면적에 설치할 수 있는 필터의 총면적이 너무 작아져 총 유효 면적이 작아지고 공기 정화 용량이 또한 작아질 수 있다. 그러므로 상기 식 1에 의해 접철형 다층 구조의 공기 정화 필터의 총 유효 면적을 최대화할 수 있도록 절곡각을 설계할 수 있다.
- [0127] 도 8의 A를 참조하면 L이 200mm, T는 40mm이고, 전도성 필터에 부착되는 유전체 필터의 두께 t는 3mm일 때 절곡 필터의 전체 유효면 길이가 최대가 될 수 있는 절곡각은 17도 일 수 있다. 필터 두께(t)의 오차 및 필터의 절곡수가 정수인 조건을 고려할 때 상기 절곡각은 바람직하게는 16 내지 19도일 수 있고 절곡수(n)은 16 또는 17개 일 수 있다.
- [0128] 도 8의 B를 참조하면 L이 200mm, T는 30mm이고, 전도성 필터에 부착되는 유전체 필터의 두께 t는 3mm일 때 절곡 필터의 전체 유효면 길이가 최대가 될 수 있는 절곡각은 23도 일 수 있다. 필터 두께(t)의 오차 및 필터의 절곡수가 정수인 조건을 고려할 때 상기 절곡각은 바람직하게는 21 내지 26도일 수 있고 절곡수(n)은 16개 일 수 있다.
- [0129] 도 8의 C를 참조하면 L이 200mm, T는 20mm이고, 전도성 필터에 부착되는 유전체 필터의 두께 t는 3mm일 때 절곡 필터의 전체 유효면 길이가 최대가 될 수 있는 절곡각은 35도 일 수 있다. 필터 두께(t)의 오차 및 필터의 절곡수가 정수인 조건을 고려할 때 상기 절곡각은 바람직하게는 32 내지 38도일 수 있고 절곡수(n)은 15개 또는 16개 일 수 있다.
- [0130] 도 9의 A를 참조하면 L이 100mm, T는 40mm이고, 전도성 필터에 부착되는 유전체 필터의 두께 t는 3mm일 때 절곡 필터의 전체 유효면 길이가 최대가 될 수 있는 절곡각은 17도 일 수 있다. 필터 두께(t)의 오차 및 필터의 절곡수가 정수인 조건을 고려할 때 상기 절곡각은 바람직하게는 16 내지 19도일 수 있고 절곡수(n)은 8개 일 수 있다.
- [0131] 도 9의 B를 참조하면 L이 100mm, T는 30mm이고, 전도성 필터에 부착되는 유전체 필터의 두께 t는 3mm일 때 절곡 필터의 전체 유효면 길이가 최대가 될 수 있는 절곡각은 23도 일 수 있다. 필터 두께(t)의 오차 및 필터의 절곡수가 정수인 조건을 고려할 때 상기 절곡각은 바람직하게는 20 내지 28도일 수 있고 절곡수(n)은 7개 내지 9개 일 수 있다.
- [0132] 도 9의 C를 참조하면 L이 100mm, T는 20mm이고, 전도성 필터에 부착되는 유전체 필터의 두께 t는 3mm일 때 절곡 필터의 전체 유효면 길이가 최대가 될 수 있는 절곡각은 35도 일 수 있다. 필터 두께(t)의 오차 및 필터의 절곡수가 정수인 조건을 고려할 때 상기 절곡각은 바람직하게는 32 내지 38도일 수 있고 절곡수(n)은 8개 일 수 있다.
- [0133] 도 10의 A를 참조하면 L이 600mm, T는 100mm이고, 전도성 필터에 부착되는 유전체 필터의 두께 t는 3mm일 때 절곡 필터의 전체 유효면 길이가 최대가 될 수 있는 절곡각은 7도 일 수 있다. 필터 두께(t)의 오차 및 필터의 절곡수가 정수인 조건을 고려할 때 상기 절곡각은 바람직하게는 7 내지 8도일 수 있고 절곡수(n)은 49개 일 수 있다.
- [0134] 도 10의 B를 참조하면 L이 600mm, T는 200mm이고, 전도성 필터에 부착되는 유전체 필터의 두께 t는 3mm일 때 절곡 필터의 전체 유효면 길이가 최대가 될 수 있는 절곡각은 4도 일 수 있다. 필터 두께(t)의 오차 및 필터의 절곡수가 정수인 조건을 고려할 때 상기 절곡각은 바람직하게는 3 내지 4도일 수 있고 절곡수(n)은 42 내지 57개 일 수 있다.
- [0136] 이하 본 발명의 실시 예를 통하여 보다 자세히 설명한다. 그러나 이들 실시 예는 본 발명을 예시적으로 설명하기 위한 것으로 본 발명이 하기 실시 예로 한정되는 것은 아니다.
- [0138] <실시 예 1: 공기 정화 필터>
- [0139] 1. 전도성 필터 제조
- [0140] 폴리에스터 소재이고, 기공율이 70%내지 90%이고, 섬유 굵기가 평균 35 마이크로미터, 기공 크기가 100 내지 500

마이크로미터, 두께가 평균 250 마이크로미터인 부직포 필터를 준비한다.

- [0141] 상기 부직포 필터를 건조하고, 상온에서 타이타늄 이소프로폭사이드(Titanium isopropoxide, $Ti\{OCH(CH_3)_2\}_4$)로 촉매 처리한다.
- [0142] 상기 촉매 처리한 부직포 필터를 수소화알루미늄(AlH_3)이 녹아 있는 다이부틸에테르(Dibutyl Ether)용액에서 1 시간 내지 3시간 함침시킨다.
- [0143] 상기 함침 단계에서는 촉매 처리된 부직포 표면에서 수소화알루미늄이 분해 되어 알루미늄 핵이 형성되고, 그 핵을 중심으로 결정이 성장하여 부직포 표면에 알루미늄 코팅(알루미늄 박막 필름으로 지칭될 수 있다)이 형성 된다.
- [0144] 상기 알루미늄이 코팅된 부직포 필터를 세척하고 건조하여 알루미늄이 50 나노미터 내지 100 나노미터의 두께로 코팅된 전도성 필터를 제조한다.

[0146] 2. 다층 구조의 공기 정화 필터 제조

- [0147] 상기 제조한 전도성 필터의 일면과 타면에 폴리에스터 재질의 부직포 필터를 각각 적층시켜 3층 구조 필터를 제조한다. 별도의 접착제를 사용하지 않고 전도성 필터에 코팅되지 않은 폴리에스터 재질의 부직포 필터를 접촉시키고 손으로 가할 수 있는 정도의 압력을 인가하여 접합시킴으로써 적층하였다.
- [0148] 상기 코팅되지 않은 폴리에스터 부직포 필터는 통기도가 약 $550 \text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{sec}$ 이며 중량이 약 $45\text{g}/\text{m}^2$ 이고 그리고 두께는 약 3mm이다.

[0150] <실험 예 1: 다층 구조의 공기 정화 필터의 성능 시험>

- [0151] 1. 실험조건
- [0152] 상기 실시 예 1로 제조한 공기 정화 필터를 가로 10cm, 세로 10cm 크기로 준비하였다.
- [0153] 상기 공기 정화 필터에 포함된 전도성 필터에는 직류전압으로 +10kV를 인가할 수 있도록 하였다.
- [0154] 입자 하전부는 이온 발생기로서 9개의 탄소섬유로 구성되어 있는 것을 사용하였고, 입자 하전부에는 직류전압으로 -6kV를 인가할 수 있도록 하였다.
- [0155] 필터를 통과하는 공기의 유속은 각각 8.8cm/sec, 20.1cm/sec, 40.2cm/sec로 제어하여 입자상 오염물질 제거성능을 시험하였다.

[0157] 2. 비교 예: 입자 하전부에 의한 공기 정화 성능 측정

- [0158] 순수한 공기 정화 필터의 정화 성능을 확인하기 위해 공기 정화 필터를 설치하지 않고 입자 하전부만에 의한 입자상 오염물질 제거성능을 확인하였다.
- [0159] 입자상 오염물질 제거 성능 확인은 원패스 필터 시험 덕트(이하 필터 시험 덕트로 지칭될 수 있다)를 이용하였다. 상기 원패스 필터 시험 덕트의 공기 통로는 가로 및 세로가 12cm이다. 상기 시험 덕트에는 입자 하전부가 설치되었다. 입자 하전부는 9개의 탄소 섬유로 구성되어 있고, -6kV의 직류전압을 인가시켰다. 전도성 필터가 포함된 공기 정화 필터는 장착하지 않았다.
- [0160] 필터 시험 덕트에 유입시킨 실험용 공기는 일반 대기 중의 공기를 필터링하여 1000nm 이하의 입자상 오염물질만을 포함한 공기를 실험에 사용하였다. 상기 실험용 공기에 포함되어 있는 입자상 오염 물질 중에서 측정된 입자상 오염 물질의 크기는 20nm 내지 1000nm이고, 입자상 오염 물질의 개수 농도는 약 6000 내지 7000 개/cc로 측정되었다.
- [0161] 상기 실험용 공기를 상기 원패스 필터 시험 덕트에 유입시켜 입자 하전부를 거치도록 하였다. 실험용 공기의 입자상 오염물질 개수 농도를 공기 유입구 및 공기 배출구에서 각각 측정하여 20nm 내지 1000nm의 크기를 지닌 입자상 오염물질의 개수 농도를 비교하였다.

- [0162] 공기의 필터통과속도가 8.8cm/sec인 조건에서 입자상 오염물질의 98.42%가 입자 하전부에 의해 제거되었다.
- [0163] 공기의 필터통과속도가 20.1cm/sec인 조건에서는 입자상 오염물질의 95.29%가 입자 하전부에 의해 제거되었다.
- [0164] 공기의 필터통과속도가 40.2cm/sec인 조건에서는 입자상 오염물질의 84.98%가 입자 하전부에 의해 제거되었다.

표 1

유량(CMM)	하전부 전압(kV)	필터부 전압(kV)	입자 하전부에 의한 입자상 오염물질 제거 효율(%)
0.07	-6	없음	98.42345
0.16	-6	없음	95.29162
0.32	-6	없음	84.98986

[0166] 3. 다층 구조의 공기 정화 필터의 성능 확인

[0167] 다층 구조의 공기 정화 필터를 원패스 필터 시험 덕트에 설치하였다. 상기 공기 정화 필터는 상기 입자 하전부로부터 공기 배출구를 향하여 약 5cm의 거리를 두고 위치시켰다. 입자하전부에 -6kV의 직류 전압을 인가하고 다층 구조의 공기 정화 필터의 전도성 필터에 +10kV의 직류 전압을 인가하였다.

[0168] 공기 유입구 및 공기 배출구에서 20nm 내지 1000nm의 크기를 지닌 입자상 오염물질의 개수 농도를 각각 측정하여 비교하였다.

[0169] 처리 공기량이 0.07CMM 및 공기의 필터통과속도가 8.8cm/sec인 조건에서 측정한 결과를 이용하여 하기 식 2으로 전체 효율을 계산하면 입자 하전부 및 다층 구조의 공기 정화 필터에 의해 입자상 오염물질 제거율은 99.992%이다.

[0170] [식 2]

[0171] $[(N1-N2)/N1] \times 100$

[0172] (상기 N1은 입자 하전부를 통과하기 전 공기의 입자상 오염물질의 개수 농도이고, 상기 N2는 다층 구조 공기 정화 필터를 통과한 공기의 입자상 오염물질의 개수 농도이다.)

[0173] 하기 식 3로 계산하면 다층 구조의 공기 정화 필터의 입자상 오염물질 제거율은 약 99.458%이다.

[0174] [식 3]

[0175] $[(N3-N2)/N3] \times 100$

[0176] (상기 N3는 입자 하전부를 통과한 공기의 입자상 오염물질의 개수 농도이고, 상기 N2는 다층 구조의 공기 정화 필터를 통과한 공기의 입자상 오염물질의 개수 농도이다.)

[0177] 처리 공기량이 0.16CMM 및 공기의 필터통과속도가 20.1cm/sec인 조건에서 측정한 결과를 이용하여 상기 식 2로 계산하면 입자하전부 및 다층 구조 공기 정화 필터에 의해 입자상 오염물질의 제거율은 99.988%이다.

[0178] 상기 식 3으로 계산하면, 다층 구조 필터의 입자상 오염물질 제거율은 약 99.738%이다.

[0179] 처리 공기량이 0.32CMM 및 공기의 필터통과속도가 40.2cm/sec인 조건에서 측정한 결과를 이용하여 상기 식 2로 계산하면 입자하전부 및 다층 구조 공기 정화 필터에 의해 입자상 오염물질 제거율은 99.801%이다.

[0180] 상기 식 3으로 계산하면 다층 구조 필터의 입자상 오염물질 제거율은 약 98.677%이다.

표 2

유량(CMM)	하전부 전압(kV)	필터부 전압(kV)	전체효율(%)	필터 효율(%)
0.07	0	0	28.62622	28.62622
0.07	0	+10	48.65573	48.65573
0.07	-6	+10	99.99145	99.45747
0.16	-6	+10	99.98766	99.73781
0.32	-6	+10	99.80144	98.67716

[0182] 상기 표 2의 전체효율은 입자하전부 및 다층 구조 공기 정화 필터에 의한 입자상 오염물질 제거율이고, 상기 표 2의 필터 효율은 다층 구조 필터의 입자상 오염물질 제거율이다.

[0184] <실험 예2: 고풍량 조건에서 다층 구조의 공기 정화 필터 성능 확인>

[0185] 고풍량의 조건에서 다층 구조의 공기 정화 필터의 공기 정화 성능을 확인하였다.

[0186] 1. 실험조건

[0187] 상기 실시 예 1의 다층 구조의 공기 정화 필터를 가로 205mm, 세로 205mm로 하였다. 입자하전부로 사용된 이온 발생기의 탄소섬유의 개수는 36개로 하였다. 풍량은 0.47CMM내지 2.6CMM의 조건으로 하였다. 상기 공기 정화 필터는 상기 입자 하전부로부터 공기 배출구를 향하여 약 5cm의 거리를 두고 위치시켰다. 실험용 공기는 실험 예 1과 동일한 조건으로 하였다. 실험용 공기에 포함되어 있는 입자상 오염 물질 중 1000nm보다 큰 입자는 입자 계수농도 측정기 앞의 임팩터에 의해 제거되었고, 입자상 오염물질의 측정 가능한 크기는 20nm 내지 1000nm이며, 실험용 공기의 입자상 오염물질의 개수 농도는 약 6000 내지 7000 개/cc로 확인되었다. (20nm 내지 1000nm 크기의 입자상 오염 물질 농도만 포함됨.)

[0188] 입자 하전부에는 -5kV의 직류전압을 인가하고 다층 구조의 공기 정화 필터의 전도성 필터에는 +10kV의 직류전압을 인가하였다.

[0190] 2. 실험 결과

[0191] 처리 공기량이 0.47CMM 및 필터 통과속도: 18.7 cm/sec의 조건에서 입자 하전부 및 다층 구조 공기 정화 필터에 의한 입자상 오염물질 제거효율은 99.994%로 측정되었다.

[0192] 처리 공기량이 0.73CMM 및 필터통과속도: 28.9cm/sec의 조건에서 입자 하전부 및 다층 구조 공기 정화 필터에 의한 입자상 오염물질 제거효율은 99.835%로 측정되었다.

[0193] 처리 공기량이 1.2 CMM 및 필터통과속도: 47.6cm/sec의 조건에서 입자 하전부 및 다층 구조 공기 정화 필터에 의한 입자상 오염물질 제거효율은 99.816%로 측정되었다.

[0194] 처리 공기량이 1.78CMM 및 필터통과속도: 70cm/sec의 조건에서 입자 하전부 및 다층 구조 공기 정화 필터에 의한 입자상 오염물질 제거효율은 93.413%로 측정되었다.

[0195] 처리 공기량이 2.6CMM 및 필터통과속도: 103.1cm/sec의 조건에서 입자 하전부 및 다층 구조 공기 정화 필터에 의한 입자상오염물질 제거효율은 78.732%로 측정되었다.

표 3

유량(CMM)	필터통과속도 (cm/sec)	하전부 전압 (kV)	필터부 전압 (kV)	전체효율 (%)
2.6	103.1	-5	+10	78.73190
1.78	70	-5	+10	93.41328
1.2	47.6	-5	+10	98.81559
0.73	28.9	-5	+10	99.83532
0.47	18.7	-5	+10	99.99440

[0197] 상기 표 3의 전체효율은 입자하전부 및 다층 구조 공기 정화 필터의 입자상 오염물질 제거 효율이다.

[0199] <실시 예 2: 절곡 구조 설계 방법으로 절곡된 전도성 필터 성능 시험>

[0200] 다층 구조의 공기 정화 필터의 성능은 유전체 필터 사이에 포함되는 전도성 필터의 특성에 영향을 받는다. 즉 전도성 필터의 입자상 오염 물질 제거율이 높고 압력손실이 낮으면, 다층 구조의 공기 정화 필터의 입자상 오염 물질 제거율이 높아질 수 있고 압력손실이 낮아질 수 있다. 상기 식 1에 따라 절곡된(절첩된) 전도성 필터를 제조하였다.

- [0202] 1. 절곡된 전도성 필터 제조
- [0203] 전도성 필터: 기공율이 $79.0 \pm 3.4\%$ 이며, 두께가 $250 \pm 7.1 \mu\text{m}$ 이며, 필터를 구성하는 단위 섬유의 유효 직경은 $34.2 \mu\text{m}$ 이며 면적질량(areal mass)가 70g/m^2 이고 알루미늄 나노구조체가 코팅된 표면저항이 1 내지 10ohm/square 인 전도성 필터를 사용하였다.
- [0204] 절곡된 전도성 필터의 절곡 구조는 유입부를 향하여 배치되는 면을 기준으로 17개의 절곡부를 지니며 절곡부 간의 간격이 약 1.2cm이다. 도 5를 참조하면 하나의 절곡체는 X 축을 기준으로 한 횡단면에서 길이가 0.08m(미터)이다. 하나의 절곡체의 유효면적은 0.016m^2 (제곱미터)이다. 절곡된 전도성 필터의 전체 유효면적은 0.272m^2 이다.
- [0206] <실험 예 3: 절곡 구조 설계 방법에 의해 절곡한 전도성 필터 성능 시험>
- [0207] 상기 실시 예 2에 따라 제조한 절곡된 전도성 필터를 사용하여 입자상 오염물질 제거율 및 압력 손실 등을 측정하였다. 실험 예 3에서 사용된 절곡된 전도성 필터는 상기 식 1에 의해 계산된 결과에 따라 절곡하였다. 식 1에 필요한 유전체 필터의 두께 t는 적층에 사용되는 부직포 재질의 유전체 필터의 일반적인 두께값을 사용하여 계산하였다. 유전체 필터는 적층시키지 않은 상태에서 성능을 시험하였다.
- [0208] 1. 실험조건
- [0209] 입자상 오염물질 제거 성능 확인은 원패스 필터 시험 덕트(이하 필터 시험 덕트로 지칭될 수 있다)를 이용하였다. 상기 원패스 필터 시험 덕트의 공기 통로는 가로 및 세로가 각각 20.5cm이다. 상기 시험 덕트에는 입자 하전부가 설치되었다. 입자하전부는 36개의 탄소섬유 묶음으로 구성된 이온 발생기를 포함한다. 상기 이온 발생기 사이의 간격을 약 3cm이고, 가로 세로 6개씩 총 36개가 위치하게 구성하였다. 입자상 오염물질을 하전시키기 위해 입자하전부의 이온 발생기에는 -6kV내지 -7.5kV의 직류전압을 인가하였다.
- [0210] 탄소섬유 묶음의 상부에는 각각의 탄소섬유와 전기장이 형성되어 이온 발생을 원활하게 할 수 있도록 약 2.5내지 3.0cm 지름의 구멍이 36개 뚫려있는 금속 커버를 배치하였다. 상기 금속 커버는 접지하여 이온발생을 원활히 할 수 있도록 하고, 하전된 입자 일부는 상기 접지된 금속커버(접지판)에 포집될 수 있도록 하였다. 실험용 공기는 1000nm 이하의 입자상 오염물질이 포함된 공기를 사용하였고, 20 내지 1000nm 크기의 입자상 오염 물질을 측정하였다.
- [0212] 2. 유량 $75\text{CMH}(\text{m}^3/\text{h})$ 조건에서 절곡된 전도성 필터 성능 시험
- [0213] 유량이 $75\text{CMH}(\text{m}^3/\text{h})$ 조건에서 절곡된 전도성 필터 성능을 시험하였다. 입자하전부에 인가하는 전압은 각각 -6.0kV, -7.0kV, -7.5kV로 하였으며, 전도성필터에는 +20kV를 인가하였다. 이때 전도성 필터로 인해 발생하는 압력손실은 0.1mmH₂O에서 0.3mmH₂O의 범위로 측정되었다. 입자하전부, 접지된 금속 커버 및 절곡된 전도성 필터에 의한 입자상 오염물질 제거율을 측정하였다.
- [0214] 입자하전부에 -6kV의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버사이에 약 0.8mA의 전류가 발생하고, 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 95%이상 제거되었다.
- [0215] 입자하전부에 -7kV의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버사이에 약 1.2mA의 전류가 발생하고, 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 98%이상 제거되었다.
- [0216] 입자하전부에 -7.5kV의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버사이에 약 1.4mA의 전류가 발생하고, 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 99%이상 제거되었다.
- [0218] 3. 유량 $96\text{CMH}(\text{m}^3/\text{h})$ 조건에서 절곡된 전도성 필터 성능 시험

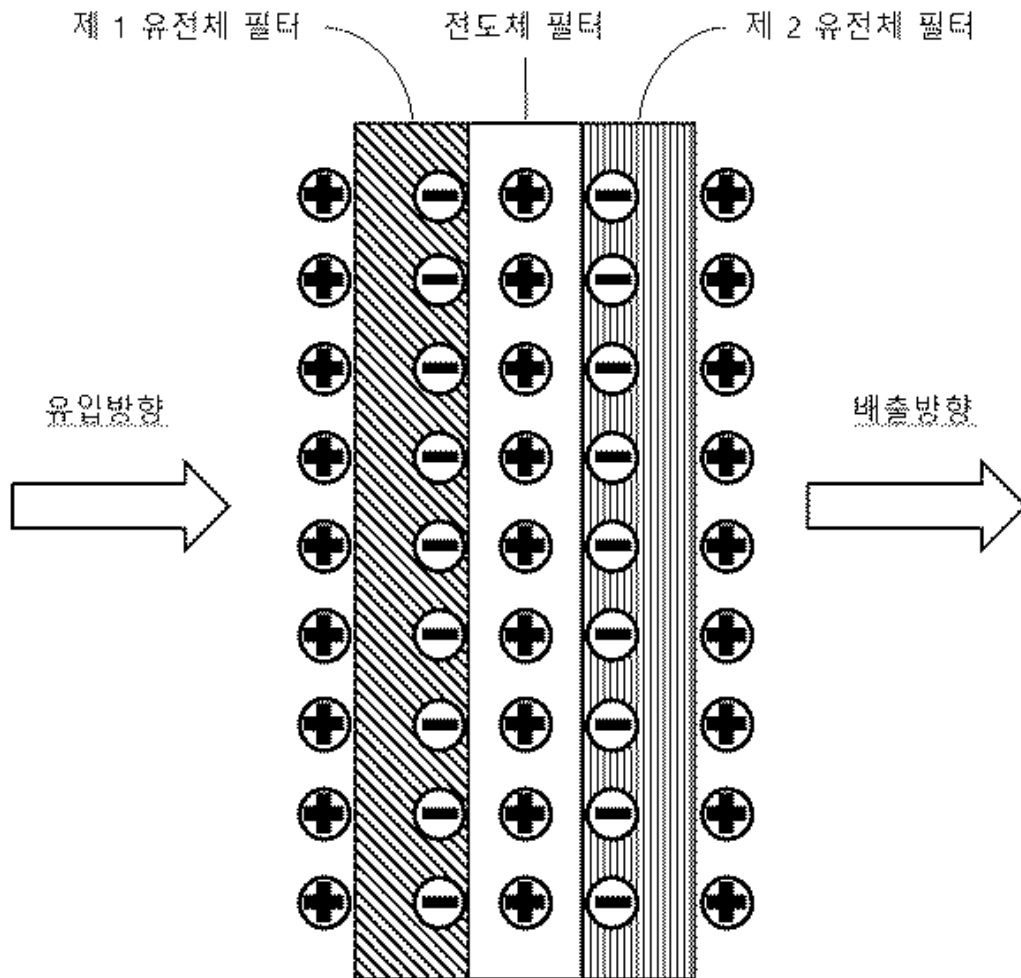
- [0219] 유량이 $96\text{CMH}(\text{m}^3/\text{h})$ 인 조건에서 절곡된 전도성 필터의 성능을 시험하였다. 입자하전부에 인가하는 전압은 각각 -6.0kV , -6.5kV , -7.0kV , -7.5kV 로 하였으며, 전도성필터에는 $+20\text{kV}$ 를 인가하였다. 이때 전도성 필터로 인해 발생하는 압력손실은 $0.3\text{mmH}_2\text{O}$ 에서 $0.5\text{mmH}_2\text{O}$ 의 범위로 측정되었다.
- [0220] 입자하전부에 -6kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버사이에 약 0.6mA 의 전류가 발생하고, 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 91%이상 제거되었다.
- [0221] 입자하전부에 -6.5kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버사이에 약 0.9mA 의 전류가 발생하고, 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 93%이상 제거되었다.
- [0222] 입자하전부에 -7kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버사이에 약 1.1mA 의 전류가 발생하고, 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 96%이상 제거되었다.
- [0223] 입자하전부에 -7.5kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버사이에 약 1.5mA 의 전류가 발생하고, 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 97%이상 제거되었다.
- [0225] 4. 유량 $145\text{CMH}(\text{m}^3/\text{h})$ 조건에서 절곡된 전도성 필터 성능 시험
- [0226] 유량이 $145\text{CMH}(\text{m}^3/\text{h})$ 인 조건에서 절곡된 전도성 필터의 성능을 시험하였다. 입자하전부에 인가하는 전압은 각각 -6.0kV , -6.5kV , -7.0kV , -7.5kV 로 하였으며, 전도성필터에는 $+20\text{kV}$ 를 인가하였다. 이때 전도성 필터로 인해 발생하는 압력손실은 $0.6\text{mmH}_2\text{O}$ 에서 $0.8\text{mmH}_2\text{O}$ 의 범위로 측정되었다.
- [0227] 입자하전부에 -6kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버사이에 약 0.6mA 의 전류가 발생하고, 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 75%이상 제거되었다.
- [0228] 입자하전부에 -6.5kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버사이에 약 0.9mA 의 전류가 발생하고, 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 85%이상 제거되었다.
- [0229] 입자하전부에 -7kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버사이에 약 1.1mA 의 전류가 발생하고, 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 89%이상 제거되었다.
- [0230] 입자하전부에 -7.5kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버사이에 약 1.5mA 의 전류가 발생하고, 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 91%이상 제거되었다.
- [0232] 5. 유량 $202\text{CMH}(\text{m}^3/\text{h})$ 조건에서 절곡된 전도성 필터 성능 시험
- [0233] 유량이 $202\text{CMH}(\text{m}^3/\text{h})$ 인 조건에서 절곡된 전도성 필터의 성능을 시험하였다. 입자하전부에는 -7.5kV 의 직류전압을 인가하였고, 전도성필터에는 $+20\text{kV}$ 를 인가하였다. 이때 전도성 필터로 인해 발생하는 압력손실은 $1.1\text{mmH}_2\text{O}$ 에서 $1.5\text{mmH}_2\text{O}$ 의 범위로 측정되었다.
- [0234] 입자하전부에 -7.5kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버사이에 약 1.5mA 의 전류가 발생했으며 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 85%이상 제거되었다.
- [0236] 6. 유량 $290\text{CMH}(\text{m}^3/\text{h})$ 조건에서 절곡된 전도성 필터 성능 시험
- [0237] 유량이 $290\text{CMH}(\text{m}^3/\text{h})$ 인 조건에서 절곡된 전도성 필터의 성능을 시험하였다. 입자하전부에는 -7.5kV 의 직류전압을 인가하였고, 전도성필터에는 $+20\text{kV}$ 를 인가하였다. 전도성 필터로 인해 발생하는 압력손실은 $2.0\text{mmH}_2\text{O}$ 에서 $2.5\text{mmH}_2\text{O}$ 의 범위로 측정되었다.
- [0238] 입자하전부에 -7.5kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버사이에 약 1.5mA 의 전류가 발생했으며 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 80%이상 제거되었다.

- [0240] <실험 예 4: 오존 제거 필터가 적용된 절곡된 전도성 필터 성능 시험>
- [0241] 1. 실험조건
- [0242] 상기 실시 예3을 참조하면 입자하전부에 인가되는 직류전압이 커질수록 탄소섬유와 접지된 금속상판 사이의 발생하는 전류가 증가하고, 이로 인해 오존발생량이 증가할 수 있으므로 오존 제거 필터가 추가로 필요할 수 있다. 그래서 오존 제거 필터가 포함된 상태에서 전도성 필터의 성능을 시험하였다.
- [0243] 오존 제거 필터는 활성탄을 약 300 g/m^2 포함하는 활성탄소 함유 필터를 사용하였다. 상기 오존 제거 필터를 상기 실시 예 3에서 사용한 원패스 필터 시험 덕트에서 절곡된 공기 정화 필터로부터 배출구 방향으로 11cm거리에 장착하여 시험하였다. 77CMH, 97CMH, 146CMH, 202 CMH, 267CMH인 조건에서 필터시험을 수행하였다.
- [0245] 2. 유량 77CMH(m^3/h) 조건에서 오존 제거 필터가 부착된 절곡된 전도성 필터의 성능 시험.
- [0246] 유량이 77CMH(m^3/h)인 조건에서, 입자하전부에 각각 -6.0kV, -6.5kV, -7.0kV, -7.5kV의 직류전압을 인가하였고, 전도성필터에는 +20kV의 직류전압을 인가하였다.
- [0247] 전도성 필터 및 오존 제거 필터로 인해 발생하는 압력 손실은 $2.0\text{mmH}_2\text{O}$ 에서 $2.5\text{mmH}_2\text{O}$ 의 범위로 측정되었다. 상기 실시 예 3의 압력 손실인 $0.1\text{mmH}_2\text{O}$ 에서 $0.3\text{mmH}_2\text{O}$ 과 비교할 때 상대적으로 상승하였다.
- [0248] 입자하전부에 -6kV의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버 사이에 약 0.6mA의 전류가 발생했으며 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 98.5%이상 제거되었다.
- [0249] 입자하전부에 -6.5kV의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버 사이에 약 0.8mA의 전류가 발생했으며 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 99.5%이상 제거되었다.
- [0250] 입자하전부에 -7kV의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버 사이에 약 1.1mA의 전류가 발생했으며 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 99.7%이상 제거되었다.
- [0251] 입자하전부에 -7.5kV의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버 사이에 약 1.4mA의 전류가 발생했으며 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 99.9%이상 제거되었다.
- [0253] 3. 유량 97CMH(m^3/h) 조건에서 오존 제거 필터가 부착된 절곡된 전도성 필터의 성능 시험.
- [0254] 유량이 97CMH(m^3/h)인 조건에서, 입자하전부에 각각 -6.0kV, -6.5kV, -7.0kV, -7.5kV의 직류전압을 인가 하였으며, 전도성필터에는 +20kV의 직류전압을 인가하였다.
- [0255] 전도성 필터 및 오존 제거 필터로 인해 발생하는 압력 손실은 $2.8\text{mmH}_2\text{O}$ 에서 $3.3\text{mmH}_2\text{O}$ 의 범위로 측정되었다.
- [0256] 입자하전부에 -6kV의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버 사이에 약 0.6mA의 전류가 발생했으며 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 97.5%이상 제거되었다.
- [0257] 입자하전부에 -6.5kV의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버 사이에 약 0.8mA의 전류가 발생했으며 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 98.5%이상 제거되었다.
- [0258] 입자하전부에 -7kV의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버 사이에 약 1.1mA의 전류가 발생했으며 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 99.3%이상 제거되었다.
- [0259] 입자하전부에 -7.5kV의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버 사이에 약 1.5mA의 전류가 발생했으며 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 99.7%이상 제거되었다.
- [0261] 4. 유량 146CMH(m^3/h) 조건에서 오존 제거 필터가 부착된 절곡된 전도성 필터의 성능 시험.

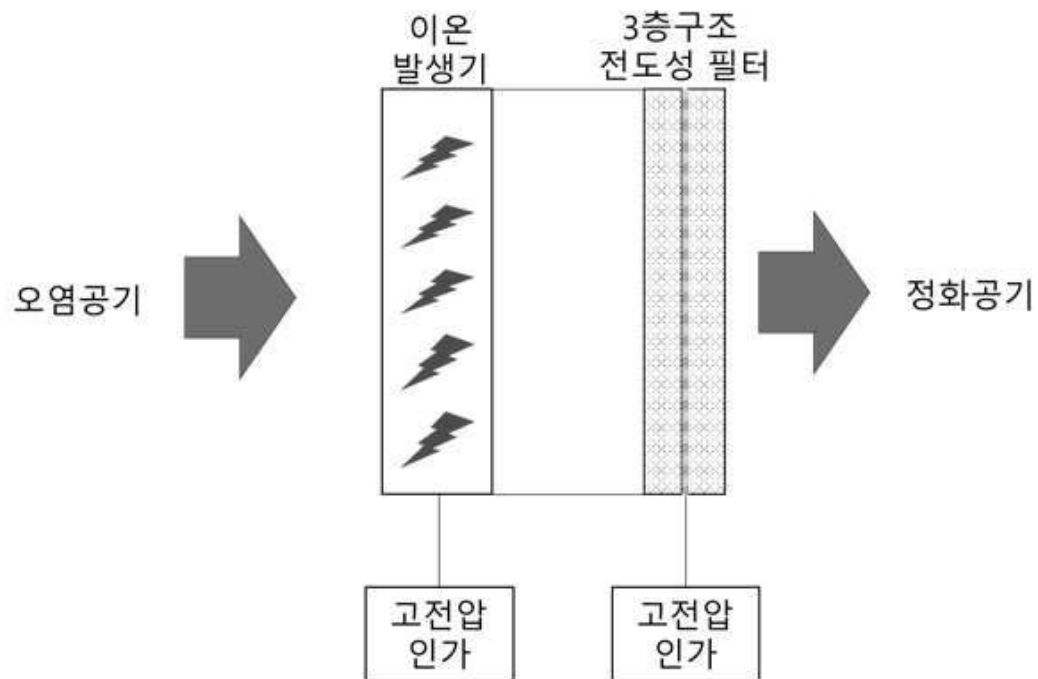
- [0262] 유량이 $146\text{CMH}(\text{m}^3/\text{h})$ 인 조건에서, 입자하전부에 각각 -6.0kV , -6.5kV , -7.0kV , -7.5kV 의 직류전압을 인가하였고, 전도성필터에는 $+20\text{kV}$ 의 직류전압을 인가하였다.
- [0263] 전도성 필터 및 오존 제거 필터로 인해 발생하는 압력 손실은 $5.0\text{mmH}_2\text{O}$ 에서 $6.0\text{mmH}_2\text{O}$ 의 범위로 측정되었다.
- [0264] 입자하전부에 -6kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 상기 입자하전부의 탄소섬유와 접지커버사이에 약 0.6mA 의 전류가 발생했으며 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 95.0% 이상 제거되었다.
- [0265] 입자하전부에 -6.5kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 상기 입자하전부의 탄소섬유와 접지커버사이에 약 0.9mA 의 전류가 발생했으며 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 96.5% 이상 제거되었다.
- [0266] 입자하전부에 -7kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 상기 입자하전부의 탄소섬유와 접지커버사이에 약 1.1mA 의 전류가 발생했으며 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 98.2% 이상 제거되었다.
- [0267] 입자하전부에 -7.5kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 상기 입자하전부의 탄소섬유와 접지커버사이에 약 1.5mA 의 전류가 발생했으며 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 98.9% 이상 제거되었다.
- [0269] 5. 유량 $202\text{CMH}(\text{m}^3/\text{h})$ 조건에서 오존 제거 필터가 부착된 절곡된 전도성 필터의 성능 시험.
- [0270] 유량이 $202\text{CMH}(\text{m}^3/\text{h})$ 인 조건에서, 입자하전부에 각각 -6.0kV , -6.5kV , -7.0kV , -7.5kV 의 직류전압을 인가하였고, 전도성필터에는 $+20\text{kV}$ 의 직류전압을 인가하였다.
- [0271] 전도성 필터 및 오존 제거 필터로 인해 발생하는 압력손실은 $8.0\text{mmH}_2\text{O}$ 에서 $9.0\text{mmH}_2\text{O}$ 의 범위로 측정되었다.
- [0272] 입자하전부에 -6kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버 사이에 약 0.6mA 의 전류가 발생했으며, 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 92.0% 이상 제거되었다.
- [0273] 입자하전부에 -6.5kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버 사이에 약 0.9mA 의 전류가 발생했으며, 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 94.0% 이상 제거되었다.
- [0274] 입자하전부에 -7kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버 사이에 약 1.2mA 의 전류가 발생했으며, 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 95.5% 이상 제거되었다.
- [0275] 입자하전부에 -7.5kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버사이에 약 1.5mA 의 전류가 발생했으며, 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 97.3% 이상 제거되었다.
- [0277] 6. 유량 $267\text{CMH}(\text{m}^3/\text{h})$ 조건에서 오존 제거 필터가 부착된 절곡된 전도성 필터의 성능 시험.
- [0278] 유량이 $267\text{CMH}(\text{m}^3/\text{h})$ 인 조건에서, 입자하전부에 -7.5kV 의 직류전압을 인가하였고, 전도성필터에는 $+20\text{kV}$ 의 직류전압을 인가하였다.
- [0279] 전도성 필터 및 오존 제거 필터로 인해 발생하는 압력손실은 $10\text{mmH}_2\text{O}$ 에서 $13\text{mmH}_2\text{O}$ 의 범위로 측정되었다.
- [0280] 입자하전부에 -7.5kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서, 탄소섬유와 접지된 금속커버 사이에 약 1.5mA 의 전류가 발생했으며 20nm 내지 1000nm 범위의 입자상 오염물질은 약 95.5% 이상 제거되었다.
- [0282] 7. 오존농도
- [0283] 상기 실험 예 4에서, 다층 구조 공기 정화 필터 및 오존 제거 필터를 통과한 공기에서 측정된 오존농도는 모두 10ppb 미만으로 나타났으며, 상기 각각의 유량 조건(77 , 97 , 146 , 202 , $267\text{CMH}(\text{m}^3/\text{h})$ 의 유량 조건)에서 입자하전부에 -7.5kV 의 직류전압을 인가하는 조건에서 5ppb 미만으로 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

도면

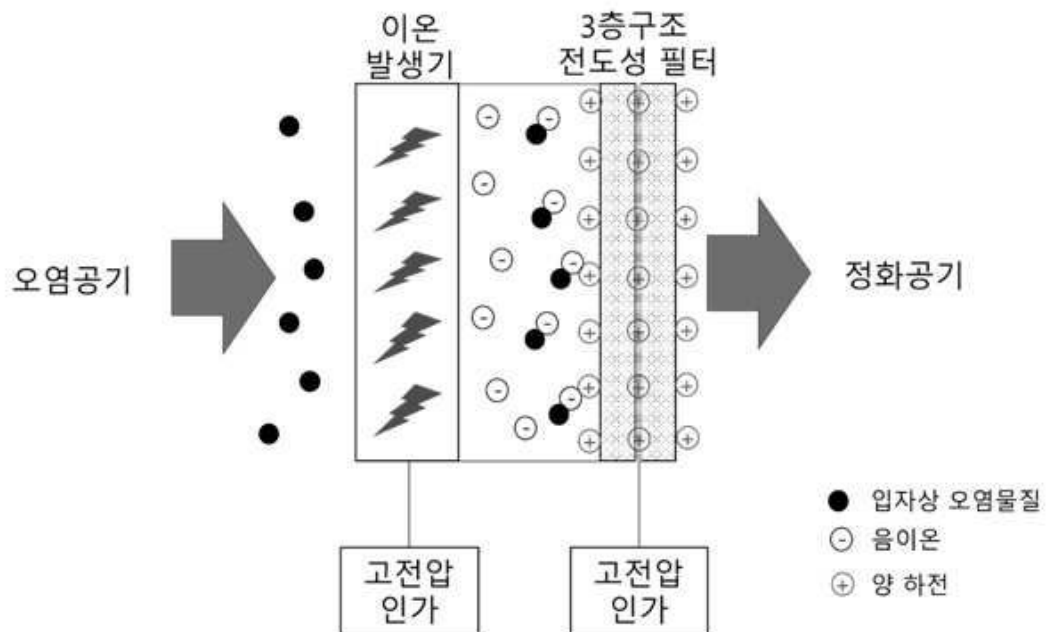
도면1



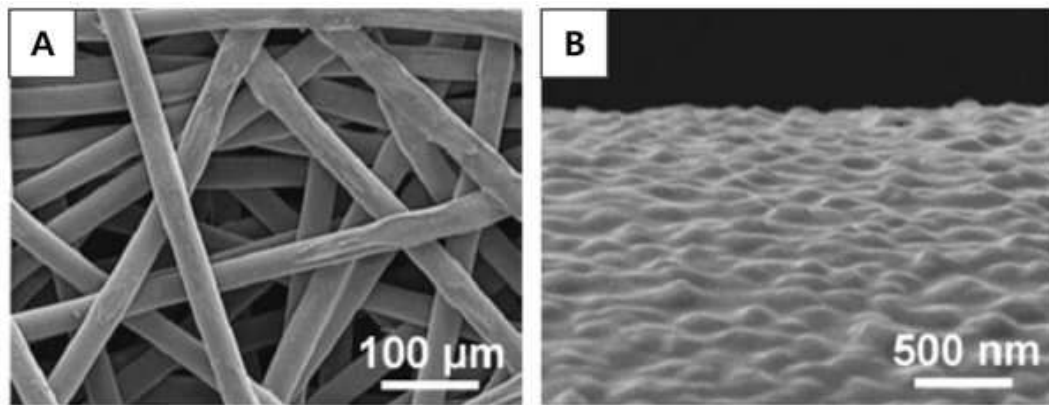
도면2



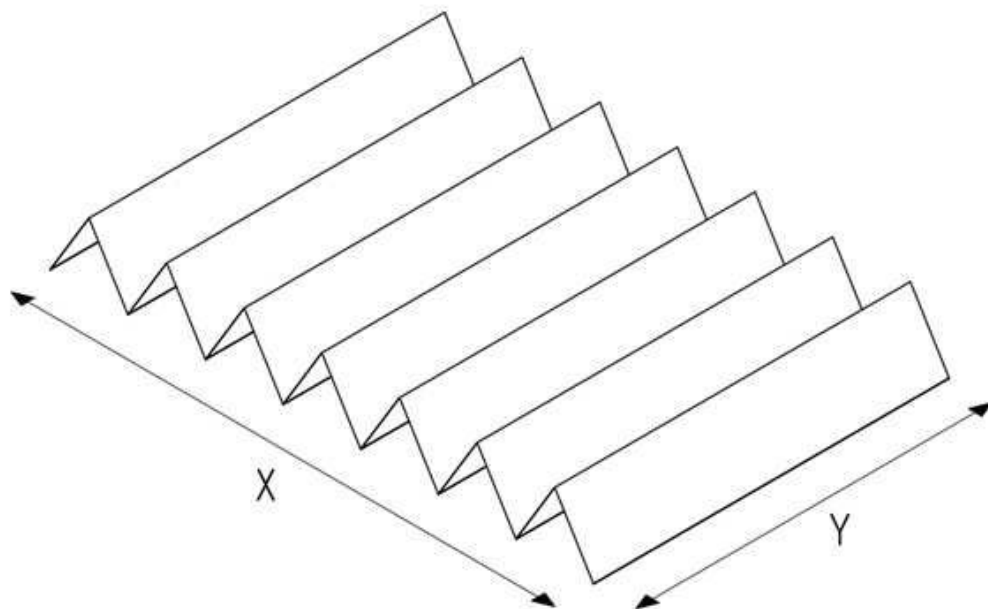
도면3



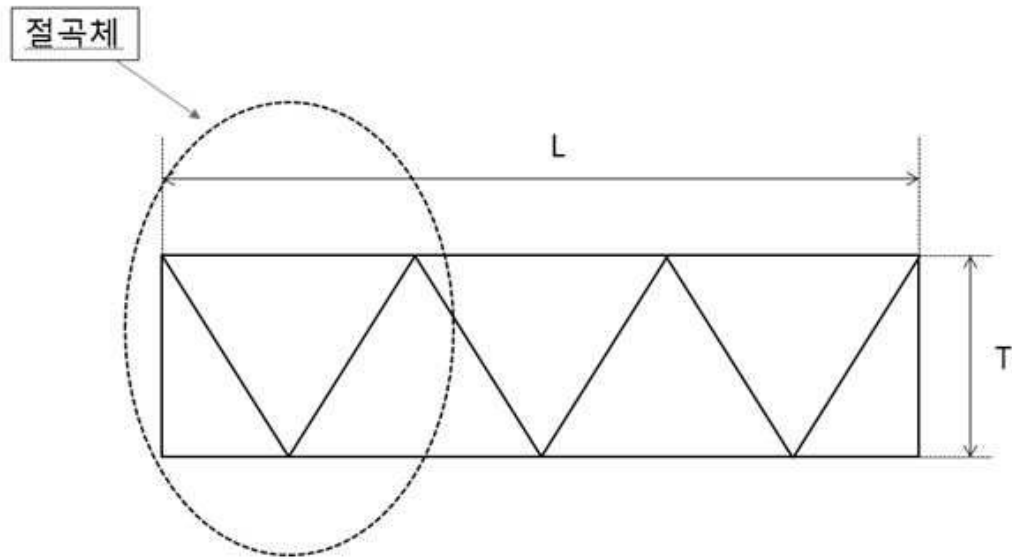
도면4



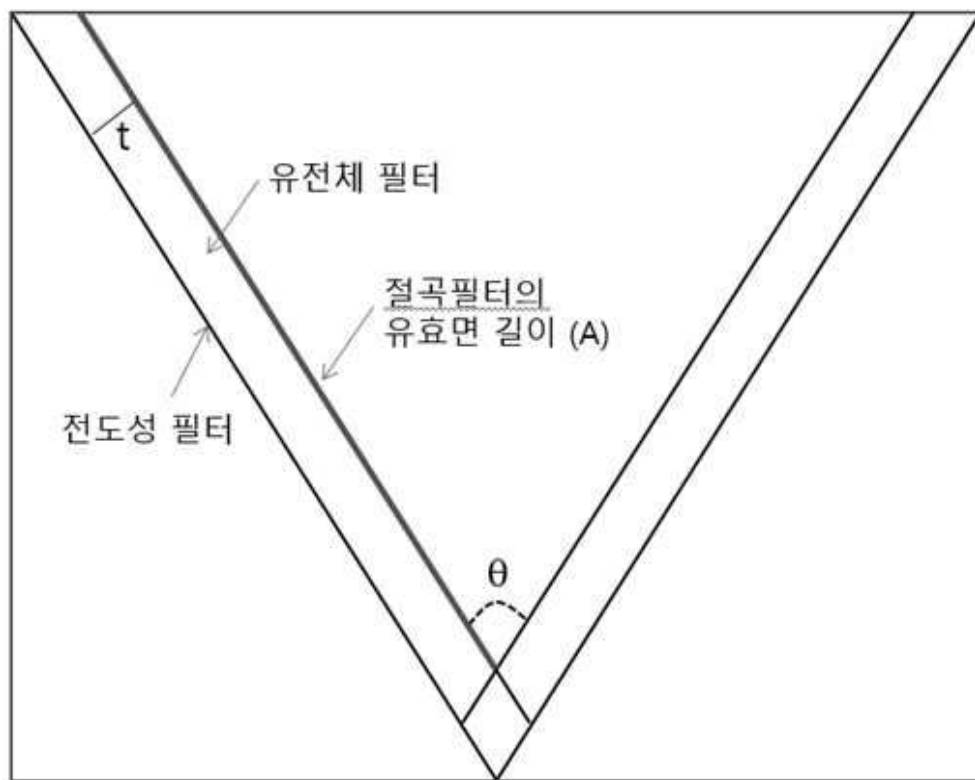
도면5



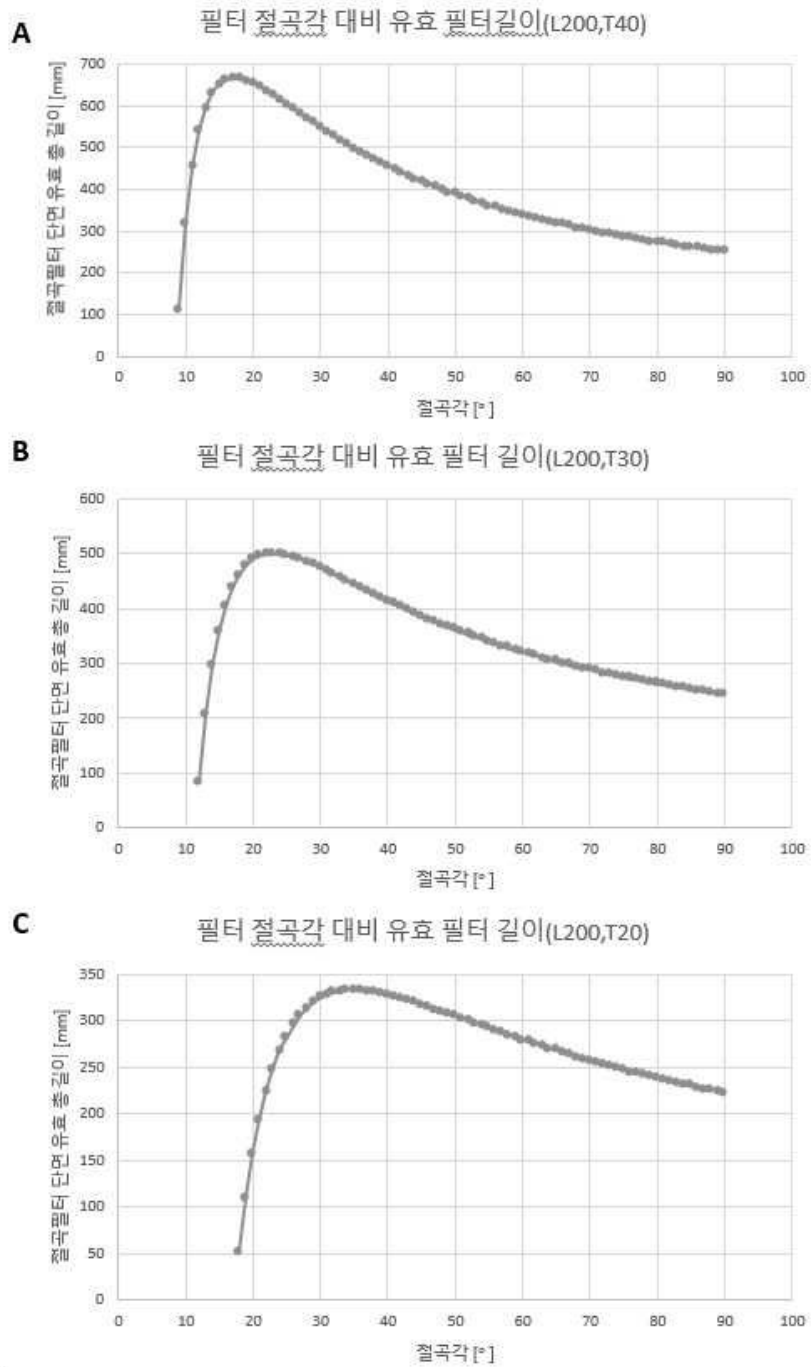
도면6



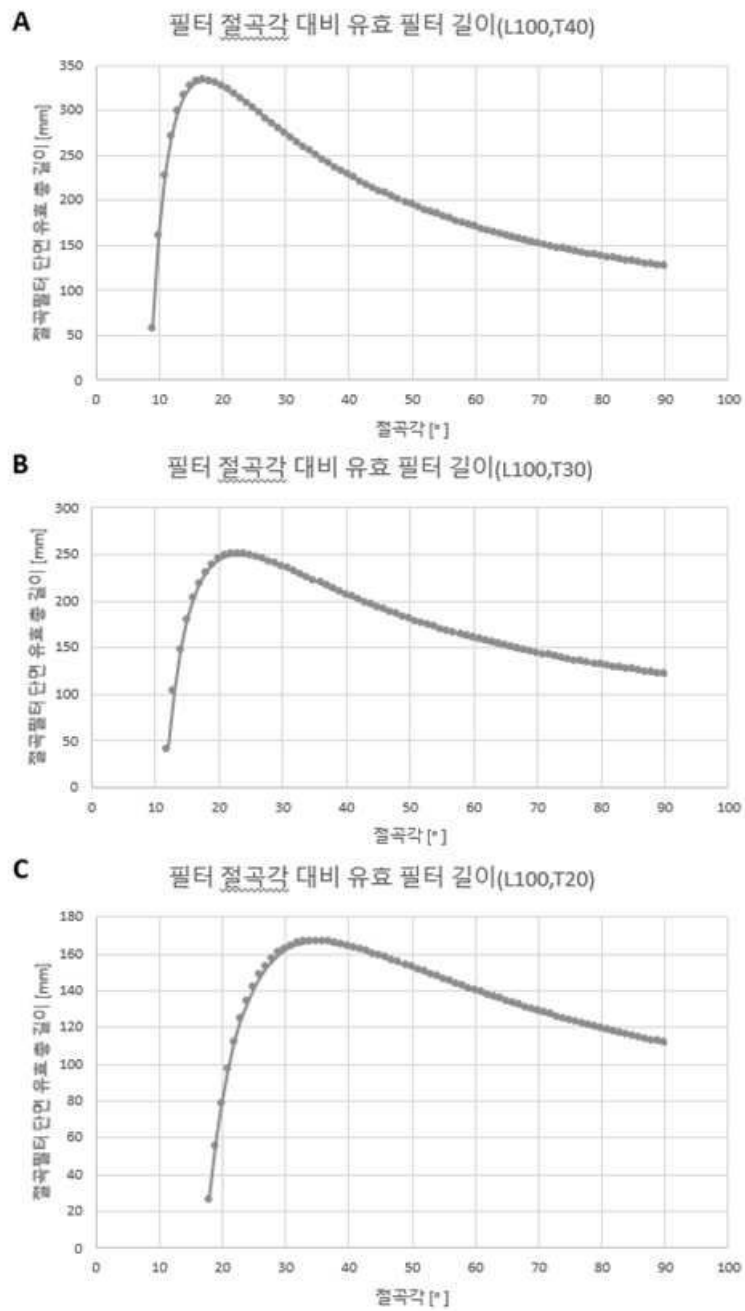
도면7



도면8



도면9



도면10

