(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년09월02일
(11) 등록번호 10-0979435
(24) 등록일자 2010년08월26일

(51) Int. Cl.
B01D 65/02 (2006.01) *B01D 63/02* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7020731(분할)
(22) 출원일자(국제출원일자) 1996년08월08일
심사청구일자 2009년10월01일
(85) 번역문제출일자 2009년10월01일
(65) 공개번호 10-2009-0117954
(43) 공개일자 2009년11월16일
(62) 원출원 특허 10-2008-7019567
원출원일자(국제출원일자) 1996년08월08일
심사청구일자 2008년08월08일
(86) 국제출원번호 PCT/CA1996/000536
(87) 국제공개번호 WO 1997/06880
국제공개일자 1997년02월27일
(30) 우선권주장
08/514,119 1995년08월11일 미국(US)
08/690,045 1996년07월31일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP06246264 A
JP05063632 U
JP07024264 A

(73) 특허권자
제논 테크놀로지 파트너쉽
캐나다 온타리오 엘6엠 4비2 오크빌 던다스 스트리트 웨스트 3239
(72) 발명자
마핸드랜 맬바가남
캐나다 온타리오 19씨 3티9 해밀튼 148 아나벨 스트리트
페더슨 스티븐 크리스찬
캐나다 온타리오 엘7엔 3이2 벌링턴 498 로디쎄이 플레이스
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
리앤목특허법인

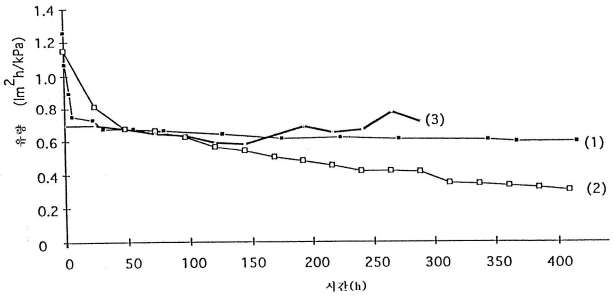
전체 청구항 수 : 총 20 항 심사관 : 현승훈

(54) 기질로부터 투과물을 빼내기 위한 장치를 이용하여 물을 처리하는 방법, 주위 압력에서 활성화된 슬러지로부터 여과된 투과물을 빼내는 방법, 및 여과된 투과물을 기질로부터 빼내는 방법

(57) 요 약

어떤 모듈의 외형 안에 구속되지 않은 헤더에 양쪽 말단부가 심어진 "섬유"의 수직한 다발은 이 섬유의 외표면을 문질러 닦는 기능을 하는 대량의 기포를 발생시키는 가스 분산 수단에 의해 폭기된다. 이 멤브레인 장치는 섬유의 외표면을 따라 기포가 윗쪽으로 상승할 수 있도록 섬유를 수직하게 배치하였기 때문에 멤브레인을 통한 유량이 비교적 높은 값으로 일정하게 도달하게 하고 비교적 적은 량의 세정 가스로 큰 효과를 볼수있게 한다. 더욱이, 섬유의 외표면을 따라 흐르는 기포는 각 섬유의 길이가 마주 보고있는 두 헤더 사이의 중심에서 중심까지의 직선 거리 보다 약간 길다는, 바람직하게는 최소한 0.1% - 약 5% 길다는 조건을 만족한다면 기질 내에 있는 미생물 또는 무생물 입자들의 퇴적물에 의해 섬유가 오염되는 것을 막을 수 있다. 비교적 큰 용기에 사용할 경우, 다발의 뱅크를 가스 분산 수단과 함께 사용하는데; 각 다발의 섬유의 길이는 0.5 미터 보다 길고 전체 표면적은 10㎡ 보다 크다. 신규한 각 헤더에 있는 섬유들의 말단 끝 부분은 섬유를 심는 새로운 방법으로 섬유와 섬유가 접촉되지 않게 유지시킨다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

헨스호 웨인 제랄드

캐나다 온타리오 엘7엘 3제이5 벌링턴 크레쎈트 5109 베이필드

베흐만 헨리

캐나다 온타리오 엠3에치 1엠9 퍼슬린치 알.알. #1

로드리게스 카를로스 페르난도 에프.

캐나다 온타리오 엘6와이 4에이1 브램튼 82 레이븐스우드 드라이브

특허청구의 범위

청구항 1

투과 도중에 주위 압력에서 기질을 함유하는 저장고를 포함하며, 상기 기질로부터 투과물을 빼내기 위한 장치를 이용하여 물을 처리하는 방법으로서, 상기 장치는,

(a) 상기 기질 중에 함침된 복수 개의 중공사 멤브레인 단위들로서, 각각의 단위는, 그 내부에 밀봉식으로 고정된 중공사 멤브레인들의 다발을 갖는 헤더 (상기 멤브레인들은 상기 헤더로부터 상향 연장됨) 및 상기 중공사 멤브레인들의 관강들 (lumens)과 유체 소통하는 투과물 수집 수단을 갖는 복수 개의 중공사 멤브레인 단위들;

(b) 상기 중공사 멤브레인 단위들의 상기 투과물 수집 수단과 유체소통함으로써 상기 중공사 멤브레인들의 관강들로부터 투과물을 빼내기 위한 흡입원을 갖는 투과물 수집 시스템; 및

(c) 상기 중공사 멤브레인들을 따라서, 또는 그들 사이에서 상향으로 흐르는 기포들을 발생시키기 위한 기포 발생 시스템을 포함하며,

상기에서,

(d) 각각의 중공사 멤브레인들의 다발은 일반적으로 직사각형인 평행 파이프 형태로 연장됨으로써, 평면도로 관찰한 경우에 한 쌍의 긴 측면들을 갖고;

(e) 상기 중공사 멤브레인 단위들은, 다른 단위의 다발의 긴 측면과 인접하고, 일반적으로 평행하지만, 그로부터 거리를 두는 방식으로, 각 단위의 다발의 긴 측면이 병렬적으로 배열되며;

(f) 상기 기포 발생 시스템은 상기 중공사 멤브레인 단위들 사이에서 상승하는 기포들을 발생시키며,

상기 기포 발생 시스템은 각각의 다발의 각각의 긴 측면 옆으로 기포들을 발생시키며, 각각의 다발은 횡방향으로 30개 이하의 섬유를 포함하며,

긴 측면 방향으로의 중공사 멤브레인의 개수는 횡방향으로의 중공사 멤브레인의 개수의 4배 이상인 장치를 이용하여 물을 처리하는 방법으로서,

상기 방법은,

오수를 처리하는 살아있고 성장하는 미생물을 포함하는 오수인 활성화된 슬러지를 상기 장치로써 여과하는 단계;

대기압하에서 상기 활성화된 슬러지를 탱크에 유지하는 단계;

투과물을 배출하도록 상기 중공사 멤브레인의 내부에 흡입력을 가하는 단계;

상기 투과물이 제거되는 동안 상기 활성화된 슬러지에서 상기 중공사 멤브레인을 비벼대는 기포를 형성하는 단계; 및

상기 투과물이 제거되는 동안 상기 중공사 멤브레인을 통과하지 못하는 활성화된 슬러지의 일부를 제거하는 단계를 포함하는, 기질로부터 투과물을 빼내기 위한 장치를 이용하여 물을 처리하는 방법.

청구항 2

주위 압력에서 활성화된 슬러지로부터 여과된 투과물을 빼내는 방법으로서,

상기 방법은,

탱크를 제공하는 단계;

상기 탱크에 조립체를 제공하는 단계로서, 상기 탱크는,

상부 고체형 몸체와 하부 고체형 몸체로서, 상기 하부 고체형 몸체의 상측면은 수직방향 거리로 상기 상부 고체형 몸체의 하측면으로부터 이격되어진, 상부 고체형 몸체와 하부 고체형 몸체;

상기 고체형 몸체들 사이에서 일반적으로 수직하게 배치된 복수의 중공사 여과 멤브레인들로서, 상기 멤브레인들은 주변 압력하에서 활성화된 슬러지가 상기 투과물을 오염시키는 것을 방지하는 방식으로 상기 고체형 몸체들에 밀봉되며, 상기 멤브레인들은 상기 고체형 몸체들 사이에서 수직 거리의 1.001배 이상의 길이이지

만 상기 수직 거리의 1.05배 이하인 길이를 각각 구비하며, 상기 멤브레인들은 상기 고체형 몸체들에 고정되어 각각의 멤브레인들은 하나 이상의 다른 멤브레인들에 대하여 움직이게 되는, 복수의 중공사 여과 멤브레인들;

상기 상부 고체형 몸체에 밀봉된 인클로저(enclosure)로서, 상기 인클로저와 상기 상부 고체형 몸체는 캐비티를 형성하며, 주변 압력하에서 상기 활성화된 슬러지가 상기 캐비티로 유입되는 것을 방지하며, 상기 인클로저는 주변 압력하에서 상기 활성화된 슬러지에 잠길 수 있는(immersible) 인클로저; 및

상기 캐비티와 연통하는 투과물 포트; 및

상기 캐비티를 통하여 상기 투과물 포트와 유체 연통하는 각 멤브레인의 관강(lumen)을 구비하는 조립체를 탱크에 제공하는 단계;

주변 압력하에서 상기 활성화된 슬러지에 상기 멤브레인들을 함침하도록 상기 탱크에 활성화된 슬러지를 공급하는 단계;

상기 탱크에서 주변 압력하에 상기 활성화된 슬러지로부터 필수적으로 일정한 유량으로 투과물을 빼내기 위하여 상기 투과물 포트를 통하여 상기 멤브레인들의 관강에 흡입력을 가하는 단계;

상기 탱크에서 주변 압력하에 상기 활성화된 슬러지에 기포들을 제공하도록 주변 압력하에서 상기 활성화된 슬러지에 공기를 취입하는 단계로서, 주변압력하에서 상기 활성화된 슬러지를 통하여 기포가 상승할 때 상기 기포들이 상기 멤브레인들과 접촉하는, 공기를 취입하는 단계;

상기 탱크로부터 남겨진 슬러지를 빼내는 단계를 포함하며,

공기를 취입하는 단계와 남겨진 슬러지를 빼내는 단계는 흡입력을 가하는 단계 동안에 행해지는 것을 특징으로 하는, 주위 압력에서 활성화된 슬러지로부터 여과된 투과물을 빼내는 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

공기를 취입하는 단계는 흡입력을 가하는 동안 간헐적으로 행해지는 것을 특징으로 하는, 주위 압력에서 활성화된 슬러지로부터 여과된 투과물을 빼내는 방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 기포는 멤브레인당 0.001 scfm 내지 0.03 scfm 범위의 양으로 공기를 취입하는 단계에서 제공되는 것을 특징으로 하는, 주위 압력에서 활성화된 슬러지로부터 여과된 투과물을 빼내는 방법.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 조립체는,

상기 하부 고체형 몸체에 밀봉되는 제 2 인클로저로서, 상기 제 2 인클로저는, 상기 제 2 인클로저와 상기 하부 고체형 몸체가 제 2 캐비티를 형성하고 주변 압력 하에서 상기 활성화된 슬러지가 상기 제 2 캐비티로 유입되는 것을 방지하는 방식으로 상기 하부 고체형 몸체에 밀봉되며, 상기 제 2 인클로저는 주변 압력 하에서 상기 활성화된 슬러지에 잠길 수 있는 제 2 인클로저;와

상기 캐비티와 연통하는 제 2 투과물 포트를 구비하며,

흡입력을 가하는 단계는 상기 제 2 투과물 포트에 흡입력을 가하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는, 주위 압력에서 활성화된 슬러지로부터 여과된 투과물을 빼내는 방법.

청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 투과물은 50 내지 1500 시간 동안 필수적으로 일정한 유량으로 빼내지는 것을 특징으로 하는, 주위 압력에서 활성화된 슬러지로부터 여과된 투과물을 빼내는 방법.

청구항 7

제 2 항에 있어서,

공기를 취입하는 단계는 흡입력을 가하는 단계의 전체 과정 동안 연속적으로 행해지거나 간헐적으로 행해지는 것을 특징으로 하는, 주위 압력에서 활성화된 슬러지로부터 여과된 투과물을 빼내는 방법.

청구항 8

제 2 항에 있어서,

상기 멤브레인들은 폴리머 소재로 덮혀진 편조사(braided fiber)를 포함하는 것을 특징으로 하는, 주위 압력에서 활성화된 슬러지로부터 여과된 투과물을 빼내는 방법.

청구항 9

제 2 항에 있어서,

멤브레인들의 단부가 심어져 있는 것을 제외하고는 멤브레인들에 어떠한 물리적인 제약도 없는 것을 특징으로 하는, 주위 압력에서 활성화된 슬러지로부터 여과된 투과물을 빼내는 방법.

청구항 10

여과된 투과물을 기질로부터 빼내는 방법으로서,

상기 방법은,

가압되지 않은 기질을 함유라는 저장고를 제공하는 단계;

가압되지 않은 기질에 조립체를 제공하는 단계로서, 상기 조립체는,

상부 고체형 몸체와 하부 고체형 몸체로서, 상기 하부 고체형 몸체의 상측면은 수직방향 거리로 상기 상부 고체형 몸체의 하측면으로부터 이격되어진, 상부 고체형 몸체와 하부 고체형 몸체;

상기 고체형 몸체들 사이에서 일반적으로 수직하게 배치된 복수의 중공사 여과 멤브레인들로서, 상기 멤브레인들의 단부들은 상기 고체형 몸체들에 고정되며, 상기 멤브레인들은 가압되지 않은 기질이 상기 투과물을 오염시키는 것을 방지하는 방식으로 상기 고체형 몸체들에 밀봉되며, 상기 멤브레인들은 상기 고체형 몸체들 사이에서 수직 거리의 1.001배 이상의 길이이지만 상기 수직 거리의 1.05배 이하인 길이를 각각 구비하며, 상기 멤브레인들은 상기 고체형 몸체들에 고정되어 각각의 멤브레인들은 하나 이상의 다른 멤브레인들에 대하여 움직이게 되는, 복수의 중공사 여과 멤브레인들;

상기 고체형 몸체들 중 하나의 고체형 몸체에 밀봉된 인클로저(enclosure)로서, 상기 고체형 몸체들 중 하나의 고체형 몸체와 상기 인클로저는 캐비티를 형성하며, 가압되지 않은 기질이 상기 캐비티로 유입되는 것을 방지하며, 상기 인클로저는 가압되지 않은 기질에 잠길 수 있는(immersible) 인클로저; 및

상기 캐비티와 연통하는 투과물 포트; 및

상기 캐비티를 통하여 상기 투과물 포트와 유체 연통하는 각 멤브레인의 관강(lumen)을 구비하는 조립체를 가압되지 않은 기질에 제공하는 단계;

상기 저장고에서 가압되지 않은 기질로부터 투과물을 빼내기 위하여 상기 투과물 포트를 통하여 상기 멤브레인들의 관강에 흡입력을 가하는 단계;

상기 저장고에서 가압되지 않은 기질에 기포들을 제공하도록 가압되지 않은 기질 내부로 기체가 유동하도록 기체를 배향(directing)시키는 단계로서, 가압되지 않은 기질를 통하여 기포가 상승할 때 상기 기포들이 상기 멤브레인들과 접촉하는, 기체를 배향시키는 단계;

상기 흡입력을 가하는 단계 동안에 상기 저장고에서 상기 멤브레인들이 가압되지 않은 기질에 잠기도록 상기 저장고에 기질을 추가하는 단계;

상기 흡입력을 가하는 단계 동안에 상기 저장고로부터 가압되지 않은 기질을 빼내는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 여과된 투과물을 기질로부터 빼내는 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 기체를 배향시키는 단계는 상기 흡입력을 가하는 단계 동안에 발생하는 것을 특징으로 하는, 여과된 투과물을 기질로부터 빼내는 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 기체를 배향시키는 단계는 간헐적으로 행해지는 것을 특징으로 하는, 여과된 투과물을 기질로부터 빼내는 방법.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 기포는 멤브레인당 0.001scfm 내지 0.03 scfm 의 범위의 양으로 기체를 배향시키는 단계 공안에 제공되는 것을 특징으로 하는, 여과된 투과물을 기질로부터 빼내는 방법.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 저장고로부터 상기 가압되지 않은 기질을 빼내는 단계는 상기 흡입력을 가하는 단계와 상기 기체를 배향시키는 단계 동안에 행해지는 것을 특징으로 하는, 여과된 투과물을 기질로부터 빼내는 방법.

청구항 15

제 10 항에 있어서,

상기 멤브레인들은 모듈형 쉘(shell)에 구속되지 않는 것을 특징으로 하는, 여과된 투과물을 기질로부터 빼내는 방법.

청구항 16

제 10 항에 있어서,

상기 고체형 몸체는 원통형인 것을 특징으로 하는, 여과된 투과물을 기질로부터 빼내는 방법.

청구항 17

제 10 항에 있어서,

상기 기질은 성장하는 미생물을 함유하는 활성화된 슬러지인 것을 특징으로 하는, 여과된 투과물을 기질로부터 빼내는 방법.

청구항 18

제 10 항에 있어서,

상기 기체는 공기인 것을 특징으로 하는, 여과된 투과물을 기질로부터 빼내는 방법.

청구항 19

제 10 항에 있어서,

복수의 멤브레인들은 꼬여진(braided) 지지체를 각각 구비하는 것을 특징으로 하는, 여과된 투과물을 기질로부터 빼내는 방법.

청구항 20

제 10 항에 있어서,

상기 조립체는,

상기 고체형 몸체들 중 다른 고체형 몸체에 고정되는 제 2 인클로저로서, 다른 고체형 몸체와 상기 제 2 인클로저는 제 2 캐비티를 형성하는 방식으로 고체형 몸체들 중 다른 고체형 몸체에 고정되는 제 2 인클로저; 및

상기 제 2 캐비티와 연통하는 제 2 투과물 포트를 포함하며,

상기 멤브레인들의 관강(lumen)에 흡입력을 가하는 단계는 상기 투과물 포트와 제 2 투과물 포트를 통하여 행해지는 것을 특징으로 하는, 여과된 투과물을 기질로부터 빼내는 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 중공사 멤브레인의 틀이 없는 배열로 된 것을 개선점으로 하는 멤브레인 장치 및 투과물을 빼내기 위해 기질(Substrate)을 여과하는 동안 섬유의 표면을 깨끗하게 유지시키는, 또한 미국 특허 제 5,248,424호의 주제이기도한 방법; 및 섬유 다발(Skein)용 헤더(header)를 만드는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 제목에서의 "수직한 다발"이란 용어는(이후로는 간략하여 "다발"이라고 함) 구체적으로 (i) 길이가 거의 같은 여러 개의 수직한 섬유들; (ii) 이들의 끝 부분이 뚫려 있도록 섬유의 서로 다른 말단부가 각각에 심어져 있는 한 쌍의 헤더; 및 (iii) 섬유의 말단부로부터 투과물을 수집하기 위해 각 헤더에 연결된 유체가 새지 않도록 접합부로 둘레를 밀봉시킨 투과물 수집 수단들; 을 포함하고 있는 구조적 요소들로 된 일체형 조합물을 가리킨다. 본 특허에 사용된 용어들은 본문의 말미 용어 해설 부분에 요약되었다.

[0003] 본 발명은 특히 액체를 미소 여과하기 위한 비교적 대규모 시스템에 관한 것으로, 섬유들을 규제하는 모듈을 만들 필요가 없는 구조의 간편성 및 유효성을 이용한 것이다. 상기 특허'424호에서와 같이, 이러한 신규한 구조는 특정한 크기 범위를 가지며 섬유를 세정하기에 충분한 양만큼의 기포(bubble)를 만들어 내기 위해, 또 섬유들이 서로 비벼대는 것을(섬유간 비벼대기) 조절하기 위해 다발의 기저부 근처에서 방출된 공기를 효과적으로 이용한다. '424호 특허에서와는 다르게 다발내의 섬유들은 수직하며 헤더의 수평한 중심선을 통한 수평면 위에 아치형 구조를 나타내지 않는다. 결과적으로, 상승하고 있는 기포들의 경로는 일반적으로 섬유와 수평하며 수직한 다발의 섬유들에 의해 가로질러지지 않는다. 여전히 기포들이 섬유를 닦아내게 된다.

[0004] 제한적으로 흔들리는 섬유들은 이들의 길이가 정해져 있기 때문에 엉클어 지지 않으며 '424호의 배열에서와 같이 서로 과다하게 비벼 대지는 않는다. "제한 구역" 또는 "기포 구역" 내의 각 섬유의 중간 부분의 측면 이동(side - by - side displacement)은 섬유의 길이에 의해 제한된다. 본문에서 규정한 섬유의 길이는 (i) 상부 섬유가 상부 헤더 안에 고정되어 있을 경우 전단력, (ii) 섬유의 상단부의 과도한 회전뿐 아니라 (iii) 섬유들 사이의 과도한 마모를 최소화시킨다. 측면 이동을 하는 섬유의 이러한 흔들리는 동작은 섬유가 팽팽할 때 즉, 기질에 노출된 심어진(potted) 섬유의 길이가 섬유를 잡고 있는 윗쪽과 아랫쪽 헤더의 양쪽면 사이의 거리 보다 길지 않을 때 일어나는 진동(vibration)과는 다르다. 이러한 진동 현상은 Sunaoka와 그의 동료의 미국 특허 제 5,209,852호의 조밀한 입자들을 박리 및 침전시키기 위한 공정에서의 기포에 의해 유도된다. '852호의 공정에 사용된 모듈에 들어있는 섬유들과는 달리 본 발명의 신규한 다발에서는 두 헤더의 양쪽 면의 떨어져 있는 거리가 각 섬유의 길이보다 짧기 때문에 각 섬유상의 장력은 전혀 없다.

[0005] 활성화된 슬러지를 생물 반응기 내에서 직접 처리하는데 섬유 배열을 이용하는 것이 Wat. Sci. Tech. Vol.21, Brighton pp 43 - 54, 1989 의 Kazuo Yamamoto 와 그의 동료에 의한 "활성화된 슬러지 폭기 탱크 내에서 중공사 멤브레인을 이용해 고체 - 액체를 직접 분리하는 방법"이란 제목의 논문에 기술되어 있으며, 본문의 참고 문헌으로 포함된 특허 '424호에 논의되어 있다. Yamamoto와 그의 동료들에 의해 얻어진 성능이 비교적 좋지 못한 주된 원인은 이들이 섬유 다발에 공기를 쏘임으로써 (폭기시킴으로써) 다발의 안에서부터 밑에까지 유량(flux)을 유지시키는 결정적으로 중요한 사항을 깨닫지 못했기 때문이다. 이들은 섬유들을 기포 안에서 깨끗하게 유지시키기 위해 다발을 통해 기포를 흘려 보냄으로써 섬유의 거의 전체 표면을 씻어내야 하는 필요성을 깨닫지 못했다. 다발 안의 섬유의 수가 증가할수록 이러한 필요성이 보다 더 뚜렷해진다.

[0006] Yamamoto와 그의 동료들의 장치를 이용한 시험 결과는 다발의 바깥쪽에서 공기를 제공 할 때 유량은 50 시간 정

도로 짧은 기간 동안 더 빠르게 감소하는 것으로 나타났는데 이는 이들에 의해 얻은 결과는 확인 시켜주는 것이다. 이는 동일한 조건 하에서 동일한 섬유를 이용한 Yamamoto와 그의 동료의 배열 및 '424호의 배열 및 헤더가 직사각형인 수직형 다발을 갖는 세 어셈블리를 이용한 결과를 나타내는 그래프인 이후에 자세히 설명될 제 1 도에 의해 입증된다.

[0007] 섬유가 아랫쪽으로 뻗어나간 Yamamoto와 그의 동료들의 연구는 계속되었으며 최근 발전된 형태가 폐수 처리를 위한 멤브레인 기술에 관한 회의에 참가한 C. Chiemchaisri에 의한 "도시 폐수 처리를 위한 멤브레인 분리 생물 반응기에서의 유기물 안정화 및 질소 제거법"이란 제목의 논문으로 보고되었으며 특허 '424호에 또한 수록되어 있다. 이 섬유들은 아랫쪽을 향해 늘어져 있으며 또 다른 방향으로 물의 거센 와류가 생기는 것이 기본적이었다.

[0008] Yamamoto 또는 Chiemchaisri 문헌에 기재된 내용은 늘어져 있는 섬유의 표면을 가로지르는 공기의 흐름은 기질로부터 미생물의 부착을 전혀 또는 약간 억제 시켰다는 것을 가르치는 것이 분명하다.

[0009] 후에 Yamamoto 와 그의 동료들에 의해 출원된 유럽 특허 출원 제 0 598 909 A1 호에 이들은 "중공사를 판상형 시트로 펼쳐 놓는 법"으로서 (p 44, line 46 - 47) 섬유에 침적되는 문제점을 피해보려고 하였으나 실제 사용하는데 있어 섬유를 펼쳐진 상태로 유지시키는 방법에 관해서는 지적한 바가 없다. 더욱이, 각각의 배열은 무형틀 배열의 개념과는 반대되는 "잠금용 부재를 감싸고 지지하기 위한 구조적 부재"(p3, line 42, 51 - 52 참조) 내에 놓여있다. 제 14도 및 18 도는 이 배열이 사용된 수평 구조를 강조 한 것이다. 침적되는 것을 막기 위해 제 13 도는 "진동되거나" 또는 흔들어지게 될 저장고 (reservoir, 용기)에서 배열을 빼냈을 때 섬유들이 통과하는 방법을 묘사하고 있다. 선행 업계의 모듈이 제 16 도에 예시되었는데 이는 각 섬유의 두 말단부가 원통형 헤더에 심어져있고, 각 섬유는 고리를 형성하며 고리형 말단부들은 자유로운 것으로 보여진다. 제 17 도의 데이터가 나타내는 바와 같이, 기질 내에서 자유롭게 이동 가능한 고리형 말단부를 갖는 선행 업계의 원통형 모듈을 이용하면 제 1 도에 나타난 서로 떨어져 퍼져있는 고리형 섬유를 갖고있는 무형틀 배열 보다 덜 효과적이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0010] 본 발명은 특히 액체를 미소 여과하기 위한 비교적 대규모 시스템에 관한 것으로, 섬유들을 규제하는 모듈을 만들 필요가 없는 구조의 간편성 및 유효성을 제공하고자 하는 데에 그 목적이 있다.

과제 해결수단

[0011] 이유가 알려지지는 않았지만 섬유의 길이가 수직형 다발의 헤더의 양쪽면 사이의 고정된 거리보다 5% 는 초과하지만 10% 미만 정도로 더 긴 섬유는 헤더의 면에서 잘려지는 경향이 있고; 10% 이상 길면 기포 구역 내에서 덩어리지는 경향을 띠는 것을 발견하였으며, 가스로 세정되는 제한적으로 흔들이는 수직한 섬유 다발을 이용하면 섬유 - 세정용 가스("세정용 가스")의 기포가 섬유 표면을 따라 이것과 평행하게 수직 방향으로 윗쪽을 향해 흐를 때 이 가스의 기포가 통과하는 최적의 섬유 구조를 제공한다는 것을 발견하였다. 섬유들을 조밀하게 채움으로써 표면적이 약 0.1 M^2 - 1000 M^2 이상인 바람직한 다발의 경우, 이러한 구조에서의 기포들은 상승하고 있는 기포의 경로를 관통하는 아치형 섬유에 의해 차단된 기포 보다 더 효과적인 세정제이다. 섬유의 배향을 달리한 여러 개의 다발들을 비교하여 보았다. 흔들리는 섬유의 표면이 "수직하게 공기로 세정" 되기 때문에 마이크로브의 성장을 촉진하기 위한 산소 - 함유 가스의 기포는 의외로 섬유의 표면 위에서 마이크로브가 성장되도록 하는 것을 실패하였다. 섬유 위에 유해한 침적물이 없게 유지시키기 위해 물리적인 세정력(에너지를 제공하는 모멘텀)을 가하기에 충분한 속도로 같은 방향으로 상승하고 있는 기포 내에서 제한적으로 흔들리는 섬유들을 깨끗하게 유지시킬 때 섬유 표면 위에 생물 및/또는 무생물 입자들이 침적되는 것을 최소화시킨다. 따라서, 장기간 동안 다발 섬유 표면의 각각의 단위 면적 당 의외로 많은 유량이 유지된다.

효 과

[0012] 본 발명에 따르면, 섬유들을 규제하는 모듈을 만들 필요가 없는 간편하고 효과적인 구조의, 특히 액체를 미소 여과하기 위한 비교적 대규모의 시스템을 제공할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0013] 다발과 가스 - 분산 수단들로 구성된 "가스로 세정되는 어셈블리"에서, 다발 섬유들은 일정하게 떨어져 있는 헤

더들 안에 심어져 있으므로 해서 섬유가 기질 안에 배치되었을 때 일반적으로 수직한 프로파일을 얻게 되며 최소한 하나의 기포 기둥에 의해 규정된 기포 구역 내에서 서로 독립적으로 요동하게 된다. 섬유가 뻗어 나와 있는 두 헤더의 마주 보고있는 표면 사이의 섬유들의 길이는 두 면 사이의 거리보다 최소한 0.1% 보다 길지만 5% 미만인 임계 범위 내에 있다. 일반적으로, 섬유의 길이는 2% 미만, 가장 일반적으로는 1% 미만 정도 길기 때문에 섬유의 움직임은 움직임의 수직한 구역 내로만 제한되며 이 구역의 주변은 다발의 바깥쪽 섬유의 측면 운동에 의해 정해지며; 이들 섬유의 대부분은 한 헤더가 다른 헤더에 투영된 영역으로 정해진 것보다 약간 더 큰 구역 안에서 움직인다. 작동되는 동안 두 헤더 사이의 거리가 고정된다 하더라도 이 거리는 최적의 섬유 길이를 만들기 위해 헤더 사이의 상술한 범위 내에서 바람직하게 조절될 수 있다.

[0014] 모든 타입의 상업용 폐수를 처리하는데 있어, 다발들은 보통 30 ㎡ - 500 ㎡ 범위 내에 있으며; 수생 동물용 수족관, 레저용 차량 안에서 물을 처리한다던가 또는 분석하려고 하는 유체의 고체가 없는 샘플을 얻기 위한 것과 같은 특별한 다른 용도의 경우에는 "자체 - 포함된 미니 다발"이라고 부르는 0.1 ㎡ - 5 ㎡ 범위의 매우 면적이 작은 다발을 구성하는데 이것은 가스 공급 수단과 투과물 제거 펌프를 가지고 있다.

[0015] 투과물은 오로지 하나, 보통은 상부 투과물 수집 수단 (팬 또는 엔드 캡) 으로부터 빼내질 수 있으며, 또는 표면적이 200 ㎡ 보다 큰 다발에서는 두 개의(상부 및 하부) 팬 또는 엔드 캡들로부터 빼내 질 수 있다. 공기는 다발 안에 있는 헤더의 구조 또는 다발의 뱅크(bank)에 있는 여러 개의 헤더들의 구조에 따라서 여러개의 구조물 중 어떤 하나에 장치된 공기-튜브에 의해 다발 섬유들 사이로 주입되는 것이 가장 바람직하다. 바람직하게 공기-튜브는 다발 섬유의 기저부 근처에 있는 살포기(spager)로 공급하며, 동시에 하부 헤더가 필요로 하는 거리만큼 상부 헤더와 떨어져 있게끔 만드는 간격을 띄우는 수단을 제공한다.

[0016] 중공사 멤브레인 또는 "섬유들"의 묶음(bundle)의 경우 새로운 합성 헤더가 제공되는데, 이 합성 헤더는 "일시적인(임시의)" 심는(potting) 물질로 만들어진 하부의 층(laminar)에 적층된 "고정용" 물질로 만들어진 상부 층을 갖고있는, 임의의 모양을 한 성형된 적층물로 구성된다. 섬유의 말단 부분은 "일시적"으로 심는 고정 물질이 액체일 때 그 안에 심어지고, 바람직하게 섬유의 뚫려있는 말단부가 (심어질 때까지) 끼워 넣어져 막혀버린 일반적으로 직사각형의 평행 육면체를 만들며 이 섬유들은 서로에 대해 거의 수평하게 일정 간격을 두고 가깝게 위치해 있다. 섬유의 막힌(plugged) 말단부는 하부 층의 아랫쪽 면을 통해 돌출되지 못한 반면 섬유의 나머지 길이 부분은 아랫쪽 층의 윗쪽면을 통해 뻗어 나간다. 상부 층은 섬유가 아랫쪽 부분에서의 서로에 대해 동일한 간격을 두고 떨어져 유지되기에 충분한 길이 만큼 섬유의 길이를 따라 연장된다. 필요하다면 합성 헤더의 아랫 부분에 또 다른 층을 포함 시킬 수 있다. 필요하다면 또 다른 층들을 포함할 수 있는데, 예컨데 끼워진 바깥쪽 주위를 감싸는 각 섬유를 완충시키기 위해 고정용 층 위에 얹힌 "완충용" 층 ; 및 투과물 수집 수단이 장착되는 것에 대해 적당한 가스켓용 물질을 제공하기 위한 "가스켓용" 층을 포함시킬 수 있다.

[0017] 비록 헤더의 모양이 임의에 따라 달라질 수 있지만 한 쌍 중 각각의 헤더는 직사각형의 평행 육면체이거나 또는 원통형 디스크인 것이 제조하기 쉽다. 직사각형의 수직한 다발들은 직사각형 헤더에 심어지고 원통형의 수직한 다발들은 원통형 헤더에 심어진다. 헤더의 공간을 최대한 이용하기 위해서는 섬유들을 한 줄씩 조밀하게 채우거나 또는 한 줄을 나선형으로 돌아가면서 감는 나선형 패턴 및 나선형 롤의 각 말단부를 원통형 수지-감금 수단 안에 직접 고정시킬 수 있다. 이러한 수지-감금 수단은 보통 직사각형 또는 원통형 팬 또는 엔드 캡이다. 실시예에 기재된 바와 같이 여러 가지 다양한 다른 구체예에 다른 구조의 헤더를 사용할 수도 있다.

[0018] 수직형 다발 및 이를 형성하는 배열들 :

[0019] 본 발명의 다발은 보통 물로부터 유기물 분자, 유화된 유기물 액체 및 콜로이드 또는 부유되어 있는 고체 등과 같은 미크론, 미크론 이하, 및 이 보다 큰 부유된 고체를 제거하기 위한 액체-액체 미소여과 공정에 이용된다. 그 중에서도 특히 대표적인 용도로는 (i) 정제된 물을 투과물로서 생산하기 위한 멤브레인 생물 반응기 ; (ii) 부유된 고체 및 병원성 박테리아를 제거하기 위한, 폐수 처리가 되어 나온 2차 유출물의 여과 ; (iii) 식용수를 만들기 위한 수성 스트림의 정화(콜로이드, 사슬이 긴 카복실산 및 병원체의 제거); (iv)생물 공학적 브로쓰 내에서의 투과 가능한 액체 성분의 분리 ; (v) 금속 수산화물 슬러지의 탈수 ; 및 (vi)기름이 섞인 폐수의 여과 ;에 사용된다.

[0020] 일반적으로 다발은 유체가 다발로 들어가고 나오는 모든 연결관들이 상부 헤더에 마련되도록 하는 구조를 갖는다. (i) 하부 헤더가 투과물을 전혀 수집하지 못하던지(이후에 설명되는 바와 같이); 또는 (ii) 상부와 하부 헤더 모두에 투과 물이 수집되던지 간에 상부 헤더를 통과하는 튜브를 통해 투과물을 빼내는 것이 가장 바람직하다. 이 다발은 모듈의 쉘(Shell)안에 넣어져 있지 않고 대기압(1bar) 이상 되는 용기, 약 10 bar까지의 압력 용기 안에 들어있는 기질 내에서 조작되는 것이 바람직하다.

[0021] 하나 이상의 배열들을 헤더의 수평(X - Y)면인 상부 (또는 "전부") 및 하부(또는 "후부") 면에 고정시킨다. 하나의 연속한 배열 대신에 여러 개의 배열을 만들어 서로 끝과 끝은 계속 연결시켜 더 큰 배열을 만들 수도 있다.

[0022] (a) 선택된 섬유, (b) 사용된 공기의 양, 및 (c) 여과하려고 하는 기질에 따라서 다발을 조작하는데 영향을 미치게 된다. 목표는 대기압 또는 이보다 높은 압력, 바람직하게는 대기압 하의 대형 용기 내에서 천천히 움직이거나 또는 정체해 있는 기질을 여과하기 위한 것이며 또한 실제적이고도 경제적으로 여과하기 위한 다발의 효율을 최대화하기 위한 것이다.

[0023] 주변 압력에서 조작하고 다발의 하나로 된 헤더들을 기질의 용기 안에 넣고, 섬유들을 기질 안에 있는 기포 구역 내에서 제한적으로 움직이게 만들어서 우리는 섬유의 손상을 최소화시킨다. 헤더가 다발 내에서 각각의 길이가 최소한 0.5 m인 최소한 10개, 바람직하게는 50 - 50,000개의 섬유를 갖고 있기 때문에 기질을 여과하기에 큰 표면적을 제공한다.

[0024] 섬유 및 이들을 조밀하게 심는 방법

[0025] 이 섬유들은 용기를 "공급 구역"과, "투과 구역" 이라고 부르는 제거 구역으로 나눈다. 공급되는 기질은 섬유의 바깥으로부터 주입되고("외부로부터 주입되는" 흐름이라고 한다) "투과물" 과 "농축물" 스트림으로 분해된다. 본 발명의 다발, 또는 다발의 뱅크(bank of skein)는 "외부에서 유입되는" 흐름을 미소여과시키는데 사용하기에 가장 바람직하다. 최소한 하나의 다발을 부피가 약 10 L(리터), 약 100 L 이상까지 되는 작은 용기 안에 교체식으로 배치시키긴 하지만 다발의 뱅크는 흐르고 있는 스트림보다 일반적으로는 폰드(pond) 또는 탱크 같은 부피가 1000 리터를 초과하는 비교적 커다란 용기에 사용하는 것이 바람직하다. 투과물을 수집하기 위한 수단을 갖고 있는 하나의 뱅크 또는 여러 개의 뱅크를 대기압 하에서 큰 탱크 안에 넣고 탱크로부터 투과물을 빼내는 것이 가장 일반적이다.

[0026] 다발을 만드는데 사용되는 섬유는 이것을 유연성 있게 만들고 미소여과를 하기 위한 공극 단면의 평균 직경이 약 1,000Å - 10,000Å 사이로 만드는 모든 통상적인 멤브레인 재료로 만든 것 일 수 있다. 일반적으로 섬유의 길이는 다발이 배치되는 기질의 외형(길이 및 너비)의 크기에 따라서 1m - 약 5m 사이 이다. 바람직한 섬유는 멤브레인을 통과하는 압력차가 7 kPa(1psi) - 69 kPa(10psi) 사이가 되도록 조작되며 중력에 의해 투과물이 빼내지는 주변 압력 하에서 사용된다. 필요로하는 기능을 할 수 있느냐는 관점으로 섬유를 선택하고 헤더의 모양(기하학적 형태)와 섬유의 길이에 의해 다발의 크기를 결정한다. 다발을 모듈의 쉘 안에 넣을 필요는 없다.

[0027] 중공사 멤브레인의 경우, 섬유의 외경("o.d") 은 최소한 20㎛이며 약 3㎜ 정도로 클 수도 있으며 보통은 약 0.1㎜ - 2㎜ 사이 이다. o.d.가 더 크면 섬유의 단위 부피당 표면적의 비 가 덜 좋아진다. 섬유의 벽 두께는 최소한 5㎛이며 1.2㎜ 정도로 클 수도 있으나 보통은 섬유의 외경의 약 15% - 약 60% 사이 이며 0.5㎜ - 1.2㎜ 사이가 가장 바람직하다.

[0028] 단일 배열 내에서의 섬유의 수는 임의에 따라서 다르나 보통 상업용인 경우는 약 1,000 - 약 10,000개 사이 이며 다발 하나의 표면적은 최소한 1㎡ 미만인 것이 바람직하며 보통은 10㎡ - 100㎡ 이다. 인접해 있는 섬유와의 중앙에서 중앙까지의 거리는 섬유의 o.d. 의 1.2(1.2d) - 약 5배(5d) 사이인 것이 바람직하다. 중앙에서 중앙까지의 거리는 약 1.5d - 2d인 것이 바람직하다. 섬유의 수는 섬유의 직경에 따라서 4 - 5 개(섬유)/㎠ 사이인 것이 바람직하다.

[0029] 각 헤더에 섬유를 고착시키는 특별한 방법은 헤더와 섬유의 재료에 따른 선택, 심는 방법이 아닌 다른 방법을 이용할 때의 비용과 같이 제한적으로 중요하지 않다. 그러나, 투과물로 오염되는 것을 피하기 위해 각각의 섬유들은 방수가 되도록 각 헤더 안에 고착되어야 한다. 섬유들을 기본적으로 수직하게 서로 가깝게 배치하여 중심을 하나로 하여 심으면 이렇게 할 수 있다.

[0030] 바람직한 섬유는 섬유의 바깥쪽 표면 위에 박막 또는 표피를 갖고 있는 등방성 또는 이방성인 유기 중합체 및 세라믹으로 만든 것이다. 섬유는 미국 특허 제 5,472,607호에 기재된 바와 같은 물에 녹지 않는 중합체 물질로 피복된 편조사(braided yarn)로 만든 것일 수 있다. 섬유용으로 바람직한 중합체는 폴리술폰, 아크릴로니트릴 - 스티렌, 부타디엔 - 스티렌 및 스티렌 - 비닐벤질할라이드 공중합체 같은 스티렌 - 함유 공중합체를 포함하는 폴리(스티렌), 폴리카보네이트, 셀룰로오즈성 중합체, 폴리프로필렌, 폴리(비닐 클로라이드), 폴리(에틸렌 테레프탈레이트) 등과 같은 본문의 참고 문헌으로 포함된 미국 특허 제 4,230,463호에 기재된 바와 같은 것들이다. 바람직한 세라믹 섬유는 E.I. dupont deNemours Co. 및 미국 특허 제 4,069,157호에 기재된 알루미나로 만든 것이다.

[0031] 헤더:

[0032] 다발의 한 일체형 헤더는 작동시키기 위해 다발을 침수시키기 전에만 서로에 대해 다른 방향으로, 종방향(longitudinally, X -축) 또는 횡방향(transversely, Y - 축)으로 이동시킬 수 있다. 다발을 사용하기 위해 예를 들면 간격을 띄우는 수단으로서의 역할을 하는 용기의 수직한 벽면에 대해 한 헤더를 다른 하나의 위에 서로 수평하게 놓음으로써 헤더들을 용기 안에서 서로 간격을 두고 수직 방향으로 떨어져있게 만든다. 여러 개의 다발들을 "다발의 덩어리 또는 뱅크(bank)"(간략하여 "뱅크")로 조립 하기 위해 막대기, 봉, 버팀목, I - 빔, 채널 등과 같은 간격을 띄우는 다른 수단들을 이용하여 한 헤더를 다른 하나의 바로 위에 띠어 놓을 수도있다. 뱅크로 조립한 후에, 다발 안에 있는 섬유들이 헐렁하게 들어있기 때문에 각 섬유의 고정된 말단부의 중간 부분이 X 축 또는 Y 축을 따라 이동 될 수 있다.

[0033] 각각의 일체형 헤더는 경화된 고정용 수지가 제거되지 않는 적당한 물질 안에 직접 심어져 헤더의 경화된 수지와 투과물 수집 수단들의 내부 둘레 사이의 가스켓이 필요 없게 만드는 것이("무가스켓") 가장 바람직하다. 일체형 헤더를 분해 하려는 경우에는 사용될 수는 있지만, 일체형 헤더가 팬 또는 "엔드 캡" 안에 접착식으로 밀봉되어 투과물 수집 구역을 형성할 때도 또한 가스켓이 필요하지 않다.

[0034] 완성된 헤더 안에 섬유를 고정시키기 위한 고정용 재료(또는 고정층)은 임의에 따라서 유리 섬유, 보론 또는 그래파이트 섬유 등으로 강화시킨 열경화성 또는 열가소성 합성 수지 물질이 가장 바람직하다. 열가소성 물질은 폴리올레핀, 폴리아미드(나일론), 폴리카보네이트 등과 같은 결정형 물질, 폴리에테르에테르 케톤(PEEK) 같은 반 - 결정형 물질, 또는 폴리(비닐클로라이드)(PVC), 폴리우레탄 같은 거의 무정형인 물질 일 수 있다. 열경화성 수지에는 보통 폴리에스테르, 폴리아세탈, 폴리에테르, 캐스트 아크릴레이트, 열경화성 폴리우레탄 및 에폭시 수지가 포함된다. "고정용" 물질(이렇게 부르는 이유는 이것이 섬유들을 서로에 대해 한 위치로 고정시키기 때문이다)로서 가장 바람직 한 것은 경화되었을 때 두께가 약 2㎝ 정도로 딱딱하게 만들어지는 것이며, 이것의 경도로 인해 보통 "플라스틱"이라고 부른다. 이러한 플라스틱은 약 Shore D 30 - Rockwell R 110 범위의 경도를 가지며, 에폭시 수지, 페놀성, 아크릴성, 폴리카보네이트, 나일론, 폴리스티렌, 폴리프로필렌 및 분자량이 극도로 큰 폴리에틸렌(ultra - high MW PE, UHMWPE)로 구성된 그룹으로부터 선택된다. 이와 같은 폴리우레탄은 Air Products 사의 Airthane® 및 Uniroyal Chemical Co. Adioren® 이라는 제품명으로 판매되고 있으며 Epon 828 같은 시판되고 있는 에폭시 수지가 훌륭한 고정용 재료이다.

[0035] 만들어진 멤브레인 장치는 (i) 간격이 떨어져 있는 헤더에만 고착된, 전체 표면적이 1㎡ - 1000㎡, 바람직하게는 10㎡ - 100㎡ 인 제한적으로 흔들리는 다수의 섬유들로 된 수직형 다발; 및 (ii) 다발의 기저부 안 및 근처에서 올라오며 다발을 휩쓰는 기포의 기둥을 만드는 가스 - 살포 수단들로 구성된다. 발생된 기포의 평균 직경은 약 0.1㎜ - 약 25㎜ 사이, 또는 이보다 클 수 있다. 기질로부터의 액체 성분이 선택적으로 제거된다.

[0036] 가스로 세정되는 어셈블리:

[0037] 가스로 세정되는 어셈블리는 (a) 0.1㎛ - 44㎛ 크기의 미세한 입자들이 분산 되어있는 대량의 다성분 기질에서부터 원하는 투과물을 분리해 내기 위한 섬유의 최소한 하나의 다발 또는 가스로 세정되는 다발의 뱅크, (b) 상부 및 하부 헤더에 각각 상부 및 하부 말단부가 간격을 두고 고정되어 있는, 기포 구역 안에서 제한적으로 흔들리는 최소한 20 개의 섬유로 구성된 각각의 다발; 및 (c) 섬유는 헤더의 양쪽 면들 사이의 거리보다 최소한 0.1%, 그러나 5% 미만으로 긴 길이를 가지며 하부 헤더의 윗쪽 면 위 및 이 근처에 풍부한 양의 기포를 수직하게 올려 보내는 기포 기둥을 만들기에 적합한 모양을 한 가스로 세정되는 수단; 으로 구성된다. 이렇게 모양을 갖춘 가스 - 분사 수단은 섬유의 수에 비례하는 유량으로 연속적으로 또는 간헐적으로 내부 통로를 통해 가스를 흘려 보낸다. 유량은 일반적으로 섬유 당 0.47 - 14㎤/sec (0.001 - 0.03 scfm/섬유)(섬유 하나 당 1 분당 표준 ft^3) 사이, 보통은 1.4 - 4.2 ㎤/sec/섬유(0.003 - 0.009 scfm/섬유) 사이이다. 미니 - 다발에서, 공기는 각 섬유의 길이를 따라 거의 수직하게 이동하기 때문에 섬유의 표면적은 공기의 양을 정하는데 사용되지 않는다.

[0038] 이 가스로 세정되는 어셈블리는 (i) 헤더들을 수직하게 서로 떨어뜨려 놓기 위한 수직하게 조절 가능한 거리를 두게 만드는 수단들과 조합되어 사용되고, (ii) 투과물을 수집하기 위한 수집 수단들; 투과물을 빼내기 위한 수단들과 유체가 흐르도록 통해 있으며; (c) 살아있는 미생물 뿐 아니라 기질 내에 존재할 수 있는 작은 무생물 입자들이 섬유 표면 위에 거의 침적되지 않게 표면을 유지시키기 위해 섬유들 사이에서 수직하게 다발을 통해 윗쪽으로 흘러 올라가는 기포를 만들기에 충분한 공기를 이용한다.

[0039] 놀랍게도 기저부 근처의 섬유들 사이에 배치된 살포기로부터 방출된 소량의 세정용 가스만으로도 오랜 시간 동

안, 보통 50 시간 - 1500 시간 동안 유량을 평형 상태로 유지 시켰다. 가스 - 분산 수단인 살포기는 기포 기둥의 기포 안에서 섬유가 씻겨지는 상승하고 있는 기포 기둥을 만들기 위해 하부 헤더의 윗쪽면에 인접해 위치한다. 인접한 다발의 하부 헤더들 사이에 배치된, 하나 이상의 공기 - 튜브로 다발의 뱅크를 더 "가스 - 세정" 시킬 수 있는데 가장 바람직하게는 첫 번째와 마지막 다발의 최외각 섬유 근처에 공기 - 튜브를 배치함으로써 헤더가 "n"개 이면 공기 - 튜브는 "n+1" 개가 되는 것이 가장 좋다. 이 기포가 발생되어 통과한 거리가 1㎝ -50㎝ 사이 일 때 측정한 기포의 크기가 바람직한 범위, 즉 약 0.1㎜ - 25㎜ 사이가 된다면 가스(공기) 다기관의 형태는 크게 중요하지 않다.

[0040] 시스템의 작동:

[0041] 시스템을 작동시키는 것은 최소한 하나의 다발, 바람직하게는 다발의 뱅크를 유량을 원하는데로 유지시키기에 충분한 공기 또는 가스의 공급원에 가깝게 위치시키는 것과, 최소한 한 헤더로부터 투과물을 수집할 수 있느냐에 달려있다. 원하는 유량을 얻으면 작동중인 공정 조건 하에서 섬유의 멤브레인을 통한(transmembrane) 적당한 압력차를 제공한다.

[0042] 만일 멤브레인을 통한 압력차가 0.7 ㎪(0.1psi) - 101 ㎪(1bar) 정도로 충분히 낮다면 펌프가 필요로 하는 흡입력을 제공할 경우 통상적인 비-감압식 펌프를 사용하여 멤브레인을 통한 압력차를 발생시키는 것이 바람직하다. 기질의 표면과 투과물이 빠져 나오는 지점 사이에 적당한 "액체 헤드"(liquid head)가 제공된다면 최소한의 흡입력을 발생시키는 펌프를 사용 할 수도 있다. 더욱이, 이후에 보다 자세히 기술 될 바와 같이 일단 펌프에 의해 투과물 흐름이 유도되면 이 펌프는 필요 없게 되며 투과물은 "사이펀 효과"에 의해 계속 흘러 들어오게 된다. 멤브레인을 통한 압력차가 101 kPa (14.7 Psi) 까지 되도록 섬유를 조작할 경우, 비-감압식 펌프를 사용하여도 압력이 가해지지 않은 용기에 적당한 써비스를 할 수 있으며; 101 kPa - 약 345 kpa(50 Psi)의 경우에는 높은 액체 헤드에 의해 발생된 대기압 보다 높은 압력에 의해 또는 가압된 용기를 사용함으로써 적당한 써비스를 할 수 있다는 것이 분명하다.

[0043] 배열 안에 있는 섬유의 표면을 비교적 깨끗하게 유지시키면서 기질로부터 투과물을 분리해 내기 위한 공정은;

[0044] 섬유를 전개 시켰을 때 수직한 다발이 되도록 하기 위해 헤더 안에 있는 경화된 수지로 된 상부와 하부 면 사이의 직선 거리 보다 최소한 0.1% - 약 2% 더 길며 멤브레인을 통한 압력차가 약 0.7 kPa(0.1Pai) - 약 345 kPa (50 Psi) 사이 일 때 작동되며, 양쪽 말단부가 최소한 하나의 헤더와 유체가 흘러 통하도록 그 안에 심어져 있는 섬유들이 양쪽 헤더 사이에 심어져 있고 이 두 헤더에 각각 상부 및 하부 엔드 캡이 장착된 ; 제한적으로 흔들리는 거의 수직한 섬유들의 다발을 기질 안에 잠기게 만들고;

[0045] 일단 유량이 평형 상태가 되면 섬유 표면 위에 침적물이 더 형성되지 않는 다는 것을 표시하는, 처음에 얻어진 평형 상태의 유량과 거의 동일하게 유량을 일정하게 유지시키고;

[0046] 투과물을 수집하고;

[0047] 투과물을 빼내는 ; 것으로 구성된다.

[0048] 상기한 공정은 본 발명의 멤브레인 장치로 개장된 혐기성 또는 호기성 생물 반응기를 작동시킬 때 이용할 수 있다. 혐기성 반응기는 닫힌 용기이고 세정용 가스는 질소와 같은 산소 분자가 없는 가스이다.

[0049] 호기성 생물 반응기는 2 차 정화 시스템에 의한 수많은 제한 및 조건에 의해 방해 받지 않고 반응기를 작동하기 위해서, 투과물 수집 수단이 있고 각각의 다발의 길이가 1M -3M 사이인 500 - 5,000 개의 섬유로 만들어진 가스로 세정되는 최소한 하나의 수직한 원통형 다발의 뱅크로 개장될 수 있다.

[0050] 일반적으로, "정체된 말단부"(dead end) 탱크에서는 섬유의 표면을 가로지르는 기질의 횡방향 흐름은 없다. 만일 이 정체된 말단부 탱크 안에서 다발을 통해 기질의 어떤 흐름이 있다면 그 흐름은 다발 밑 부분에 마련된 공기 주입에 의한 것 일 수 있거나 또는 고체를 부유 상태로 유지시키기 위해 이용되는 기계적 혼합에 의한 것이다. 기질이 계속해서 흘러 들어가는 탱크 안에서 다발을 통과하는 흐름의 양 및 유체 속도는 더 크지만 섬유를 가로지르는 유체의 속도는 달라 붙어있는 미생물 또는 예를 들면 섬유 표면 위에 침적되어 있는 극미한 규토질 입자 같은 부유된 입자들이 성장하는 것을 막기에는 너무 미미한 정도이다.

[0051] 제 1 도는 세 가지 실험을 비교한 결과인데 그 중 하나는 Yamamoto와 그의 동료의 '89 문헌의 연구를 이용한(커브 2)것이지만 Chiemchaisri에 나타난 바와 같이 공기가 주입되는 방사형으로 안쪽으로 들어가는 송풍기(aerator)를 이용한 것이다. 두 번째 실행(커브 1)은 '424호의 가스로 세정되는 어셈블리를 이용했으며 세 번째 실행(커브 3) 은 헤더가 직사각형의 평행 육면체 인 것만을 제외하고는 본문에 기재된 바와 같은 가스로 세

정되는 다발을 이용한 것이다. Wat. Sci. Tech. Vol. 21,Brighton pp 43-54,1989 에 기재된 바와 같은 공기 분사 장치(Yamamoto)가 들어간 역으로 된 포물선 배열의 어셈블리 및 특허 '424호의 Cote의 포물선 배열로 얻은 유량을 본 발명의 수직형 다발로 얻은 유량과 비교하였다.

[0052] 활성화된 동일한 슬러지 기질이 들어있는 80 리터 탱크 안에서 완전한 공극과 표면적을 갖고있는 공칭(nominal) 공극의 크기가 0.2㎛ 인 섬유가 들어간 세 개의 어셈블리에 대해 비교해 보았다. 언급된 Yamamoto의 실험과 '424호 특허와의차이점은 '424호에 기록되어 있으며 비교 조건들은 본문에서 완전히 설명되는 바와 같이 참고로 포함된다. 여기서 사용된 수직형 다발은 수직한 섬유의 수가 280개 이고 작동하는 동안 이들 각각의 길이가 헤더들이 떨어져 있는 거리 보다 약 1% 더 길다는 점만에 '424호와 다른 점이다. 수직형 다발용 공기의 흐름은 유량은 성글은 기포 확산기를 이용해 1.4㎥/h/㎡ 이다.

[0053] 세 개의 어셈블리에 대해 작동시간에 대한 함수로서 유량(l/㎡/hr/단위압력, 통상적으로 Lmh/kPa로 표시)을 플롯팅한 제 1 도에서부터 수직형 다발에 대한 유량인 인용 번호 (3)으로 정한 커브가 인용 번호(1)로 정한 포물선형 다발과 거의 동일한 유량을 제공하는 것을 분명히 알 수 있다. 여기서 볼 수 있듯이 각 유량은 50 시간 안에 평형 상태에 도달하기는 하지만, 약 250 시간 이후에는 역 포물선 배열의 유량이 계속 기울어지는 반면 다른 두 어셈블리는 평형에 도달하는 것을 볼 수 있다.

[0054] 제 1 도에서는 멤브레인 장치의 "수직형 다발"이라고 불리는 부분의 분해도를 예시하는 것으로 이는 보이지는 않으나 상부 헤더도 동일한, 한 쌍의 헤더 중 하부 헤더(11); 도관(30)을 통해 빠져 나오는 투과물을 수집하는 수집용 팬(20)으로 구성된다. 보여지는 헤더는 직사각형 기둥이지만 필요하다면 원통형일 수도 있다. 조밀하게 배치되었지만 섬유(12)는 서로 붙어있지 않으며 이들 사이에 있는 경화된 수지에 의해 간격이 떨어져 있다.

[0055] 예시된 바와 같이, 섬유는 통상적으로 심어지고 뚫려있는 말단부가 노출 되도록 헤더를 자르기 때문에 섬유의 말단부 (12')의 뚫려있는 끝 부분은 헤더(11)의 밑면과 동일한 선상에 놓이게 된다. U - 자 형 섬유 묶음의 골 부분은 심는 특별한 고정 방법을 사용하면 결과적으로 두 개의 헤더를 만들게 된다. 이 방법은 '424호에 (col 17, line 44-61)에 기재되어 있다; 그러나, 심겨진 섬유를 얇은 고속의 다이아몬드 날로 자른다 해도 섬유가 손상되게 되고 주위 벽면이 붕괴되기 시작한다. 섬유를 심는 또 다른 통상적인 방법으로, 미국 특허 제 5,202,023호에 기재된 방법에서는 묶여진 섬유의 끝 부분을 수지 안에 담그거나 또는 심는 과정 동안 섬유의 구멍 안으로 수지가 침투되는 것을 막기 위해 페인트에 담근다. 그런 뒤 묶음의 말단부를 주형 안에 넣고 경화되지 않은 수지를 넣어 섬유 묶음의 말단부를 적시고 묶음이 유지되는 유연한 튜빙과 묶음 안에 있는 개별적인 섬유들과의 사이의 공간을 채운다. 경화되어 성형된 말단부들은 주형에서 빼내고 성형된 말단부를 절단한다 (bridging cols 11,12 참조). 각각의 선행 기술의 방법에서, 성형물을 절단하면 끼워 넣어진 섬유가 손상된다.

[0056] 따라서, 직사각형 기둥 형태의 헤더(11)을 만드는데 새로운 방법이 사용된다. 이 방법은 두 가지 액체로 된 합성 헤더를 만들게 된다. 첫 번째 액체인 임시 재료(fugitive material)는 고화(경화)되었을 때 합성 헤더의 "일시적인"(임시) 층을 만든다; 일시적이지 않은 고정용(fixing) 물질인 두 번째 액체는 "고정용 층"을 만든다.

[0057] 첫 번째 액체를 섬유의 말단부 주위에 붓고 식도록 놓아두면 고화되어 임시 층으로 만들어진다 ; 이번에는 고화된 임시 층 위에 두 번째 액체를 부어 다시 고정시킨다.

[0058] 보다 상세하게, 완성된 다발 섬유용 헤더를 만들기 위한 방법은 ;

[0059] 인접한 섬유와의 사이에 원하는 측면 간격에 해당하는 두께를 갖는 지지 수단 위에 지지된 최소한 한 줄로 된 섬유 묶음을 만들고 ;

[0060] 첫 번째 액체가 섬유 재료와 반응하지 않는 조건 하에서, 액체가 첫 번째로 성형된 층 안으로 고화될 때까지 섬유의 말단부가 첫 번째 액체 안에 잠겨 있도록 유지시키고 ;

[0061] 원하는 깊이 만큼 섬유를 심기 위해 첫 번째로 성형된 층위에 섬유 재료와도, 또한 첫 번째로 성형된 층의 재료와도 반응하지 않는 두 번째 액체를 붓고, 두 번째 액체가 고화되어 첫 번째 층 위에 고정용 층을 형성함으로써 ; 섬유의 말단부가 바람직하게는 기하학적으로 규칙적인 패턴으로 고정된 합성 헤더가 만들어 지고 이 합성된 헤더는 임시 물질로 된 임시 층과 이것과 인접해 있는 마지막 고정층으로 구성되며 ; 그런 뒤 섬유의 말단부가 뚫리게 만들고 헤더의 후면으로부터 단면이 원형인 뚫려있는 단말부가 돌출되도록 만들기 위해 고정층 부분을 제거하지 않으면서 첫 번째로 성형된 층만을 제거하는 것; 으로 구성된다.

[0062] 신규한 헤더를 갖는 배열을 만들기 위한 단계별 과정을 다음과 같이 제 3도에 예시된 배열에 대해 기술하였다:

[0063] 각 섬유의 양쪽 두 말단부의 단면이 거의 원형으로 남아있도록 날카로운 날을 이용해 거의 동일한 길이로 섬

유 12를 자른다. 길고 가는 조각(스트립) 또는 카드 15 및 16 같은 판상형 지지 수단 위에 섬유들을 동일한 평면 상에서 일렬로 옆으로 늘어 놓는다. 예를 들면 시판되고 있는 폴리에틸렌 고온-용융 접착제 같은 접착제로 스트립을 피복시켜 섬유들을 스트립에 붙이면 섬유의 양쪽 말단부 12''가 스트립으로부터 돌출된다. 따라서 섬유의 중간 부분 12'이 스트립 위에 고정된다. 그렇지 않으면 섬유를 편리하게 조절하는 간격을 띠우는 평행한 홈으로 스트립에 홈을 낸다. 이 스트립은 유연하거나 또는 단단한 것일 수 있다. 만일 유연한 경우, 섬유들이 부착된 스트립은 심어진 섬유의 원하는 형태를 갖는 헤더용으로 점점 더 단단해 지는 더미(stack)로 만들기 위해 다른 스트립에 연속해서 부착시킨다. 스트립이 접착되는 것을 피하기 위해, 고무 밴드 18 또는 다른 고정 수단을 가지고 더미안의 단단한 스트립 위에 다수의 배열을 고정시킴으로써 일정한 패턴의 선형 줄을 만들 수 있다. 따라서, 말단부 12''는 서로 떨어져 있게 되며 이 간격은 중심으로부터 인접한 섬유의 중심까지의 거리, 바람직하게는 섬유의 외경의 1.2 - 약 5 배(1.2 d - 5 d, d는 o.d.를 뜻한다), 1.5d -2d 사이가 더 좋다. 스트립의 두께는 대략 섬유의 o.d.와 같거나 또는 이보다 약간 작은 것이 좋은데 약 0.5 d - 1 d 의 두께를 갖는 것이 바람직하고 이것이 연속한 선형 배열 내에 있는 섬유들의 인접한 외표면들 사이의 거리가 된다.

[0064] 만들어진 첫 번째 배열을 가지고 이것과 유사한 방법으로 두 번째 및 첫 번째 배열들(이들 각각은 첫 번째와 거의 동일하기 때문에 나타내지 않았다)을 만든뒤 그 위에 포개 놓는다. 원하는 수만큼의 배열들이 쌓여질 때까지(묶음으로 될 때 까지) 계속 배열들을 포개어 놓은 뒤 이 묶음을 수직으로 세워 그 밑면을 첫 번째로 심는다.

[0065] 제 4 도는 길이와 너비가 필요로 하는 각각의 헤더의 종방향(X-축)과 횡방향(Y-축)에 해당하는 직사각형의 고정용 팬 17 을 도식적으로 예시한 것이다. 이 묶음의 밑 부분을 팬 17 안에 있는 첫 번째의 액체가 L1으로 표시하는 수준까지 올라오게 담근다. 가장 바람직한 것은 액체 왁스, 바람직하게는 폴리에틸렌 글리콜(PEG)왁스 같은 용융점이 75℃ 미만인 수용성 왁스이다.

[0066] 첫 번째 액체를 부어 넣는 깊이는 스트립 15 가 최종 헤더 안에 남아 있느냐 아니면 제거되느냐에 따라 달라지게 될 것이다.

[0067] A. 스트립이 제거된 상부 및 하부 헤더에 다발 섬유를 심기 위한 첫 번째 방법.

[0068] (1) 두께 L1(제 1 액체가 부어진 깊이에 해당하는)인 첫 번째로 만들어진 층을 약 5 - 10㎝의 두께(임시용)로 만들면 12' 와 12''는 떨어지고 섬유의 말단부들은 막히게 된다.

[0069] (2) 물에 녹지 않으며 경화 가능한 액체 고정용 수지 또는 이것의 반응성 성분들인 제 2 용액을 이 액체가 L2 수준으로 올라올 때까지 섬유 둘레는 감싸도록 임시층의 표면 위에 붓는다. 이것이 고화되어 L1 에서 L2까지 되는 두께의 (두께는 "L1 - L2"로 표시되고 보통 약 1㎝ - 약 5㎝) 고정층(최종적인 헤더가 되는)을 형성하여 수직한 섬유들의 상대적인 위치를 유지시킨다. 이렇게 만들어진 제 1 합성물의 두께는 임시층과 고정층의 두께를 합한 것이다.

[0070] (3) 앞서와 유사한 방법으로 묶음의 상단 부분을 제 2 의 합성 헤더 안에 심는다.

[0071] (4) 고정용 팬에서부터 합성 헤더들을 빼내고 여기에 뜨거운 공기를 쏘여 임시층을 녹여내면 각각의 두께가 L1 - L2 인 최종 헤더만이 남게된다. 이 임시층 재료는 다시 재사용된다. 그렇지 않으면 수용성 임시 재료를 뜨거운 물에 넣어 녹이고 이 수용액으로부터 재료를 회수한다.

[0072] (5) 헤더의 투과물 - 배출용 후면으로부터 돌출되어 나온 섬유 말단부는 뚫려있고 그 단면은 원형을 유지한다.

[0073] B. 스트립을 제거하지 않고 심는 두 번째 방법.

[0074] (1) 제 1 용액을 카드 아래 지점 L1' 까지 부어 깊이를 약 1 - 2.5㎝로 만들어 고화시켜 임시층 L1'를 만든다.

[0075] (2) 제 2 용액을 임시층위의 깊이 L2 까지 부어 고화시켜 두께가 L1' - L2 인 고정층을 갖는 합성 헤더를 만든다.

[0076] (3) 합성 헤더를 빼낸 뒤 임시층을 제거하면 최종 헤더의 후면으로부터 돌출된 말단부 12''가 남는데 후면은 L1' 이였던 지점에서 만들어진다. 두께가 L1' - L2 인 최종 헤더는 스트립 15 (만일 사용하였다면 고무 밴드 18 과 함께)를 포함한다.

[0077] *C. 스트립이 제거된 헤더의 반대쪽(앞)면 위에 섬유가 끼워진 완충용 층을 형성하기 위한 세 번째 방법.

[0078] 섬유의 간헐적인 "Snaping" 모션은 섬유의 전면과 기질과의 경계면에서 이들의 주위를 감싸는 섬유들을 자르게

된다. "고정층" 의 경도를 유지시키기 위해 제 4 도에 나타난 바와 같이 L3 의 깊이 까지 고정층 위에 완충용 용액(경화되었을 때 이러한 기능을 하는)을 부어 고정층보다 더 부드러운 "완충용 층"을 만든다. 이 깊이는 섬유 둘레가 꺽여지는 위험을 최소화시키기 위한 것이다. 경화되면 고무같이 되는 이러한 완충용 용액은 약 Shore A 30 - Shore D 45 사이의 경도를 가지며 폴리우레탄 또는 실리콘, 또는 고정층에 붙게 되는 기타 고무성 물질인 것이 바람직하다. 임시층을 제거하면 만들어지는 헤더는 스트립 15 가 잘려 나갔을 때 고정층과 완충용 층이 합해진 두께 즉, L1 - L3 의 두께를 갖는다.

[0079] D. 가스켓용 층을 만드는 네 번째 방법.

[0080] 어떤 완성된 헤더가 만들어 졌던 간에 이것을 제 2 도에 예시된 바와 같은 주변 가스켓과 함께 투과물 팬 20 안에 고정시키는 것이 바람직하다. 팬은 둘레가 좁은 가스켓 보다는 가스켓용 층에 밀봉시키기가 더 쉽기 때문에 경도가 Shore A 40 - Shore D 45 사이인 가스켓용 물질로 최종 헤더의 후면에 붙여 원하는 가스켓용 층을 만든다. 스트립을 잘라내는 경우에는 앞서와 같이 임시층을 만들고 가스켓용 액체(경화되면 가스켓을 형성하기 때문에 붙여진 이름)를 임시층 표면 위에서 깊이가 L4 지점까지 붓는다. 가스켓용 액체가 경화된다. 임시층을 제거하고 스트립 15 를 잘라내면 완성된 헤더의 두께는 가스켓용 층(L1 - L4), 고정층(L4 - L2) 및 완충용 층(L2 - L3)을 합한 두께 즉, 전체 L1 - L3 이 된다.

[0081] 또 다른 구체예로, 가스켓용 수단으로 팬을 헤더에 고정시키지 않기 위해서 또 다발이 만들어지고 난 후에 다발 섬유의 기저부 근처의 적당한 위치에 하나 이상의 가스-분산 수단용 다기관(manifold)을 위치시키지 않기 위해서는 이 다기관을 헤더와 일체형으로 만든다. 제 5 도는 투과물 배출 니플 106 을 가지고 있는 최종 헤더에 끼워질 수직한 공기 - 튜브 103 이 들어있는 투과물 팬 102 와 헤더를 갖고있는 "하나의 일체형 다발" 100 의 투시도이다. 팬의 벽면에 있는 그로밋(grommet,덧테쇠)을 통해 잘 삽입되는 공기 - 튜브 104 와 105 를 내보내기 위해 다발 섬유의 어느 면 위에 공기 - 튜브를 다기관으로 배치시킨다. 그런 뒤 투과물 니플 106 을 막고 임시층위에 섬유의 말단부와 수직한 공기 - 튜브들 103 이 모두 끼워지게 만들어진 팬 안에 배열들의 더미를 수직하게 놓는다. 이런 뒤 임시층위에 고정층을 만들어 섬유가 끼워져 공기 - 튜브 103 의 뚫린 말단부가 돌출되어 나온 고정층이 만들어진다. 그런 뒤 임시층을 녹여 니플 106을 통해 빼낸다. 작동하는데 있어 투과물 팬 안으로 투과물을 수집한 뒤 니플 106을 통해 빼낸다.

[0082] 제 6 도는 상술한 것과 동일한 방법으로 만들어진, 두께가 L1 - L2 이지만 완충용 층이 없는 또 다른 완전한 일체형 헤더 101 을 갖는 하나의 일체형 다발 110 의 단면을 예시한 것이다. 바깥쪽으로 벌어진 면 120' 을 가지며 그 안에 횡방향으로 간격이 떨어진 관통하는 구멍을 갖고있는 투과물 팬 120 을 벽면 111 과 112 사이에 미리 만들어 놓아 팬을 용기의 바닥 부분 윗쪽에 위치해 놓는다.

[0083] 제 7 A 도 또는 제 7 B 도에 나타난 바와 같은 한 쌍의 공기 - 다기관 107 을 투과물 팬 120의 주위에 거울상이 되도록 놓고 고정시키는데, 수직한 공기 - 튜브 103 은 면 120' 안에 있는 구멍을 통해 돌출되고 말단부 104 와 105 는 투과물 팬의 양쪽에 있는 수직한 벽면을 관통하여 돌출된다. 투과물을 빼내는 니플 106 (제 6 도)은 우선 임시적으로 막아 놓는다. 스트립 15 한 다발을 임시층을 만들기 위해 L1 지점까지 채워진 팬 120 안에서 공기 - 튜브들 103 사이에 놓는데 L1은 제거하지 않을 스트립 15 의 하부 모서리 바로 밑 지점이다. 고화되면 임시층 안에 섬유 12 의 말단부가 심어지고 또한 투과물 튜브 106 이 채워진다. 액체가 스트립 15 를 덮지만 공기 - 튜브 10 의 상단부가 열려 있도록 만들 때까지 제 2 액체를 임시층의 상단면 위에 붓는다. 제 2 액체가 경화되면 열리기만 하면 투과물 노즐 106 을 통해 임시층 물질을 제거하기 위해 가열되는 합성 헤더의 고정층을 형성한다.

[0084] 제 7 도는 종방향으로 돌출되어 나온 지류(feeder) 공기 - 튜브 104 와 105 를 갖고있는 횡방향 헤더 - 튜브로부터 올라온 수직한 공기 - 튜브 103 을 갖고 있는 공기 - 다기관의 도식적인 투시도이다. "미세한 기포 확산기" 또는 "성글은 기포 확산기" 또는 "공기 주입기" 일수 있는 공기 - 튜브의 구멍은 작동 조건 하에서 원하는 직경의 기포를 만들도록 선택되며 구멍은 보통 0.1㎜ - 5㎜ 사이 이다. 제 7B 도에 예시된 지류 공기 - 튜브 104' 및 105'를 갖고있는 공기-다기관 107'의 구멍 뚫린 횡방향 튜브 103'로 직경이 더 작은 기포를 만드는 것이 바람직하다. 각각의 경우 기포들은 기계적인 브러쉬 역할을 한다.

[0085] 다발의 상부 헤더용 다발 섬유는 공기 다기관이 삽입되지 않은 것을 제외하고는 완성된 헤더를 만들기 위해 상술한 것과 유사한 방식으로 동일한 투과물 팬 안에 고정시킨다.

[0086] 제 8 도는 일반적으로 인용 부호(120b)로 불리는 하나의 완성된 일체형 헤더 인클로저(enclosure) 안에 두 다발의 뱅크(bank)가 심어지는 구체예를 도식적으로 예시한 단면의 투시도이다. "헤더 인클로저"라는 용어를 사용

하는 것은 이것의 측벽 121 , 122 와 엔드월(보이지 않음)이 공기가 주입되는 공간(plenum)을 형성하기 때문이다. 투과물 대신에, 두 다발을 받치는 투과물 다기관으로부터 투과물을 수집한다. 공기 - 튜브가 그 안에 만들어지지 않는 바닥이 평평하고 채널 - 모양의 팬(상부 헤더로 용도를 바꾼)이라는 것만을 제외하고는 다른 유사한 상부 인클로저 120u(보이지 않음)는 모든 다발 섬유들이 팬 안에 고정되어있는 반대쪽 말단부를 갖는다. 작동시키는 경우, 하부 및 상부 인클로저 120b 와 120u 모두는 이들의 다발 섬유와 함께 여과하려고 하는 기질이 들어있는 용기로 내려간다. 측벽 121 과 122 는 용기의 바닥 위에 놓을 필요는 없으나 용기의 측벽 위에 장착시킬 수는 있다.

[0087] 측벽 121 과 122 및 엔드월은 벽면에 연결된 플랫폼 123 을 갖는 일체형으로 성형된 어셈블리의 일부이며 일렬로 된 라이저(riser) 124들이 플랫폼으로 성형된다. 이 라이저들은 거꾸로 된 테스트 튜브를 닮았는데 이것의 직경은 상부 125 를 통해 삽입된 공기 - 튜브 127 을 갖기에 충분한 만큼만 크면 된다. 예시된 바와 같이, 심으려고 하는 배열의 더미가 "n"개 일 경우 공기 - 튜브의 줄은 "n+1" 개 인 것이 바람직하다. 총안이 만들어진 플랫폼 123은 채널 128과 129 사이에 놓인 라이저 124를 포함한다. 채널 128 과 129 는 각각 섬유 12 의 배열의 더미를 수용하기에 충분한 만큼 넓으며, 라이저의 너비는 공기 - 튜브 127 이 충분한 길이만큼 주입되기에 충분하여 공기 - 튜브의 뚫려있는 상부 말단부 133 이 고정용 물질 101의 상단면으로부터 돌출되기에 충분하다. 공기 - 튜브의 하단부 134는 막히는 것을 최소화시키기 위한 각도로 잘려지며 기질의 표면 S위에 위치하게 된다. 플랫폼 123 과 일체형으로 만들어진 투과물 제거 튜브 126을 마련하도록 채널 129 를 만든다. 측벽 122 에는 이를 통해 인클로저 120b의 벽면들과 플랫폼 아래 있는 기질의 표면 S로 만들어진 플레넘 안에 공기가 주입될 에어 - 니플 130이 마련 되어있다. 각각의 더미는 앞서의 제 6 도와 관련하여 설명한 바와 같이 심어지는데 공기 - 튜브의 뚫려있는 말단부가 고정용 에폭시 물질보다 확실히 위에 있게 하고 투과물 제거 튜브 126 을 통해 왁스를 녹여낼 수 있게 하기 위해 라이저 124의 열들 사이에 위치한 배열들의 더미를 둘러싼 주위의 에폭시 수지와 임시용 PEG 왁스의 합성 헤더를 형성하는 것이 가장 바람직하다. 인클로저 안으로 공기가 주입되면 이 공기는 공기 - 튜브를 통해 다발들 사이 및 주위로 분산되게 될 것이다.

[0088] 제 9 도에서는 각각 상부 및 하부 헤더 41u , 41b 를 갖고 있으며 각각에 돌출되어 나온 상부 및 하부 말단부 12u''와 12b'' 가 헤더의 면이 섬유를 노출시키기 위해 잘려지지 않음을 입증하는 다발을 도식적으로 나타낸 것이다. 연속되는 중간 부분 12u' 와 12b'의 길이는 각각 고정용 물질이 경화된 깊이에 해당된다.

[0089] 상기한 심는 방법의 기본적인 형태는 이들의 연속한 중간 부분 12u'와 12u'' 및 12b' 와 12b'' 가 각각 헤더의 고정층 안에 고정되기 전에 섬유의 말단부의 개구부를 끼워 넣는 임시층이 만들어진다는 것을 알 수 있을 것이다. 달리 재료를 선택하는 방법은 고정용 물질이 용해되지 않는 비-수성 액체에 녹는 임시 고정용 화합물을 사용하는 것이 있다. 대개 용매로서 사용되는 비-수성 액체에는 불용성이지만 물에 녹거나 그렇지 않는 최종적인 고정용 물질의 녹는점보다 더 낮은 용융점을 갖고있는 물에 녹지 않는 임시 물질을 사용하는 다른 방법이 있을 수도 있다.

[0090] 임시 물질(재료)은 섬유 물질 뿐 아니라 주조하려고 하는 최종 고정용 물질 모두에 대해 불활성이며 임시물질과 고정용 물질은 서로 불용성이다. 임시 물질은 표면이 거의 매끄러운 고체를 형성하는 것이 바람직하지만 최소한 부분적으로 경화된 임시 물질이 헤더의 모양을 유지시키기에 충분하고 고정용 물질이 헤더 주형 안에 주입될 때의 온도보다 높은 온도에서 고체 상태로 유지되는 것이 결정적으로 중요하다. 임시층은 기본적으로 불활성이며 마지막 고정용 물질이 녹지 않음으로써 임시층을 떼어낼 수 있도록 이것이 고정층에 부착된다.

[0091] 주형에서 빼낸 헤더는 가열되거나 또는 용매 추출하여 임시층을 제거한다. 일반적으로, 고정용 물질은 임시층의 용융점 또는 유리 전이 온도보다 높지 않은 온도, 바람직하게는 약 60℃ 미만의 온도에서 첫 번째 경화 온도에서 단단한 고체 덩어리로 경화되며; 단단한 고체는 임시 물질을 녹이기에는 충분하지만 고정용 물질의 경화에 또는 섬유의 성질에 약영향을 미치기에는 충분히 높지 않은 온도에서 후-경화시킨다. 이후에 기술되는 임시 물질에 따른, 사용된 최종 고정용 물질의 경화 온도에 따른 제거 방법과 같이 임시 물질을 제거한다.

[0092] 다시 제 2 도로 돌아가서, 헤더 11은 수직한(Z- 축) 모서리 11'와 종방향(X-축) 모서리 13'로 규정되는 앞벽과 뒷벽; 모서리 11'와 횡방향(Y- 축) 모서리 13''로 규정되는 측벽 ; 및 모서리 13' 와 13''로 규정되는 밑면 13 을 갖는다.

[0093] 수집 팬 20은 팬 안의 투과물 수집 구역 위에 밑면 13이 잘 맞도록 하는 크기로 만든다. 실제로 밑면 13의 크기와 길이 및 너비가 같은 밑면 23을 갖는 직사각형의 팬을 만들면 이렇게 할 수 있다. 팬 20의 둘레에는 제 2A 도에 나타낸 바와 같은 계단부 22가 만들어져 있는데 팬의 벽면 20'는 계단부 22에서 끝나고 거의 수평한 어깨부 22''와 수직한 보유용 벽면 22'를 갖고 있다.

[0094] 제 2B 도는 고정용 수지에 의해 서로가 닿지 않도록 만들어진 섬유 2'의 뚫려있는 말단부를 나타내는 헤더 13의 밑면을 바닥에서 본 평면도이다. 섬유의 기하학적 분포는 최외각 섬유들의 뚫려있는 말단부들의 둘레를 감싸는 보통의 둘레 경계선 14(점선으로 나타난)을 제공한다.

[0095] 투과물은 섬유의 뚫려있는 말단부로부터 팬 20 의 밑면 23으로 흐르고, 팬의 내부와 통하는 개방된 흐름으로 팬의 바닥에 놓여있을 수도 있는 투과물 제거 도관 30 을 통해 수집 구역으로 흘러나온다. 다발이 역류할 때 역류용 유체는 섬유를 통해 기질로 흘러들어 간다. 만일 필요하다면 제거용 도관 30'로 예시된 바와 같이 팬의 측면에 위치 할 수 있다. 중력만을 이용하거나 또는 더 흡입해 내기 위해 펌프를 이용하여 작동하거나 하여간에 헤더의 둘레와 팬 20 의 둘레 계단부 22 사이에는 유체를 밀폐시키는 밀봉물이 필요하다는 것이 분명해 질 것이다. 헤더 11의 아랫 부분 둘레 주위와 계단부 22 사이에 적당한 밀봉용 가스켓 또는 밀봉용 화합물, 대표적으로 폴리우레탄 또는 실리콘 수지 같은 통상적인 수단들을 이용하면 이러한 밀봉물이 만들어진다. 제 2 도에 예시된 바와 같이 투과물은 아랫쪽으로 빠져 나오지만 상부 투과물 팬 43u(제 9 도 참조)안에 상부 투과물 포트 45u로부터 빼낼 수 도 있다.

[0096] 제 9 도 및 제 2A 도에서는 섬유의 밑면을 따라서 줄의 길이를 가로지르는 가스 분산 라인 52 의 양쪽면 위에 여섯 줄의 섬유 12 가 보인다. 고정된 말단부의 맨 끝 12b''는 투과물 팬 43b에 열려있다. 개별적인 섬유 12의 12u'와 12b' 부분이 고정되고 섬유의 길이는 상부와 하부 헤더 41u 및 41b 사이의 고정된 거리 보다 1% - 2% 더 길기 때문에 양쪽 헤더들 사이에 있는 섬유들은 일반적으로 서로에 대해 평행 하지만 각 헤더의 근처에서는 특히 더 평행하다. 헤더로부터 돌출되어 있으며 노출된 말단부가 뚫려있는 섬유의 맨 말단부 12u''와 12b'' 또한 평행하게 유지된다. 섬유들은 밑쪽 헤더 41b의 밑면 아래로 돌출되고 상부 헤더 41u 의 윗면 위로 돌출된다. 헤더 안에서 섬유의 간격을 띄우는 것은 헤더 근처에 있는 섬유의 충진 밀도를 결정하게 될 것이다. 섬유의 간격은 이것이 작동되는 동안 유량에 거의 영향을 끼치지 않기 때문에 크게 고려하지 않는다.

[0097] 사용되는 동안 섬유의 길이가 변하는 경향이 있기 때문에 변화의 정도는 섬유의 특별한 조성에 따라 변하며 상부 와 하부 헤더 사이의 거리가 결정적으로 중요하며, 화살표 V로 나타낸 바와 같이 어떤 하나를 다른 하나에 대해 수직한 방향으로 조절할 수 있도록 헤더들을 장착하는 것이 바람직하다. 볼트(threaded stud) 가 삽입되고 너트 36이 끼워지게 된, 수직 방향으로 일정한 간격의 홈이 파져있는 플레이트 19 에 팬 43u를 부착시키면 편리하게 이렇게 할 수 있다. 볼트 35 는 장착용 블록 37 에 고정된다.

[0098] 헤더내의 섬유의 밀도는 다발을 통과하는 기질의 순환에 악영향을 미치지 않으면서 기질 단위 부피 당 멤브레인의 표면적이 최대화 되도록 선택하는 것이 바람직하다. 구멍 뚫린 공기 - 튜브 같은 가스 - 분산 수단 52 는 가스(공기) 기포가 섬유의 외각 표면에 달려있는 동안 윗쪽으로 상승됨으로써 섬유 표면을 효과적으로 세정한다. 필요하다면 부가적인 공기 - 세정력을 제공하기 위해서 점선으로 표시된 바와 같이 하부 헤더 41b 근처에 있는 다발의 양쪽면에 또 다른 공기 - 튜브 52'를 설치 할 수 있다. 투과물을 포트 45u를 통해 하부 헤더로부터 빼내느냐 하는 것은 특별한 용도에 따라서 달라지지만 모든 경우에 있어 섬유는 거의 수직하게 배치된다.

[0099] 수직한 다발은 일반적으로 수직한 프로파일을 나타내도록 기질 안에 배치되지만 구조적인 모양은 가지고있지 않다. 실상은 이러한 모양은 연속적으로 변화되는데 그 변화의 정도는 섬유의 유연성, 이들의 길이, 다발의 전체 크기, 및 기질에 의해, 또한 가스 - 분산 수단에서 나온 산소 - 함유 가스에 의해 섬유에 가해진 움직임의 정도에 따라서 달라진다.

[0100] 제 10 도는 섬유 42 와 42'를 갖는 인용 번호 40 과 40'로 표시되는 옆으로 나란한 두 개의 다발을 포함하는 "벽면 부착형 뱅크"로 불리는 대표적인 어셈블리를 예시한 것으로서; 섬유 42는 각각 상부 및 하부 헤더 41u, 41b에 심어져 있고; 섬유 42'는 41u'와 41b'에 심어져 있으며; 헤더 41u 와 41b 에는 각각 투과물 수집 수단 46u 와 46b 가 끼워져 있고; 헤더 41u' 와 41b'에는 각각 투과물 수집 수단 41u'와 46b'가 끼워져 있으며; 다발들은 공동 가스 - 분산 수단 50을 나눠 쓴다. 다발의 "뱅크"는 보통 감압 펌프를 이용해 투과물이 빼내지는 크고 깊은 탱크를 개장하는데 사용된다. 큰 용기의 경우, 탱크 안에 수많은 다발의 뱅크들을 옆으로 나란히 배열하여 사용할 수 있다. 각 다발에는 상부 헤더 41u 와 41u' 및 하부 헤더 41b, 41b'에 있는 다수의 섬유 42, 42' 줄(하나의 줄만이 보인다)이 포함되고 가스 - 분산 수단 50의 가지(arms) 51 과 51' 는 밑면 근처에서 하부 헤더 41b와 41b' 사이에 배치된다. 장착용 브래킷 53, 53' 와 볼트 54 같은 적당한 잠금용 수단을 가지고 상부 헤더 41u, 41u'의 끝 부분을 탱크의 벽 W 의 수직한 내부 면에 장착시킨다. 따라서 벽면 W 가 상부 와 하부 헤더 사이의 거리를 고정시키는 간격을 떨어뜨리는 수단으로서의 역할을 한다. 각각의 상부 헤더에는 투과물을 빼내는 도관 45u 와 45u'에 연결되어 있으며 수집용 팬으로 여과된 투과물이 계속적으로 빠져나오는 투과

물 다기관 46u으로 집배된(manifolded) 투과물 수집용 팬 43u 와 43u'가 마련되어 있다. 각 헤더는 그 둘레가 각 수집용 팬의 둘레와 밀봉되어 있다.

[0101] 이 투시도에 나타난 다발 섬유들은(분명하게 하기 위해 오로지 하나의 배열) 섬유가 동요할 때마다 옆쪽으로 무질서하게 이동하기 때문에 기질에 잠겼을 때 측면이 불규칙한 모양을 하게되는 연장된 직사각형 평행 육면체 모양을 갖는다. 이 연장된 직사각형 평행 육면체 모양은 섬유를 조밀하게 충진할 수 있고 여전히 기포를 가지고 섬유의 표면을 훌륭히 세정하기 때문에 바람직하다. 이 모양을 가지면 헤더 41u, 41b 및 41u', 41b'의 종방향 너비 "W"를 가로지르는 10 - 50 개의 배열로 다발을 만들 수 있는데 각 배열은 각 헤더의 횡방향 길이 "I'를 따라 뻗어나간 섬유들을 갖는다. 다발의 양쪽면에 있는 공기 - 튜브들은 공기 - 튜브들 사이에 있는 배열이 약 30 개 미만일 경우에는 섬유를 효과적으로 세척한다. 30 개 보다 많은 배열을 갖는 다발은 제 9 도에 예시된 바와 같이 공기 - 튜브 52를 가지고 중앙에서 공기를 주입하는 것이 또한 바람직하다.

[0102] 그러므로, 만일 배열의 횡방향 길이 "I" 를 따라 약 100 개의 섬유들이 인접한 간격으로 배열되어 있고 종방향 너비 "W"의 헤더의 다발 안에 25개의 배열이 있다면 2500 개 섬유의 말단부의 양쪽 끝 부분이 헤더 41u 와 41b에 심어진다. 헤더 41b 와 41b' 안에 있는 모든 섬유들의 말단 개구부들은 수집용 팬 43b 와 43b' 안에 있는 각각의 수집 구역 쪽으로 아래를 향해 맞춰져 있으며 헤더 41u와 41u' 안의 모든 섬유들의 말단 개구부들은 수집용 팬 43u 와 43u' 안에 있는 각각의 수집 구역 쪽으로 위를 향해 맞춰져 있다. 제거용 도관 45u 와 45u' 는 상부 수집용 팬 43u 와 43u'에 수집된 투과물이 여기를 통해 계속 빼내지는 투과물 다기관 46u로 집배된다. 만일 투과물 흐름이 충분히 크다면 투과물 다기관 46b로 집배된 제거용 도관 45b 와 45b'를 통해 수집용 팬 43b와 43b'로부터 빼낼 수 도 있다. 투과물을 투과물 제거용 도관 45u, 45u'와 다기관 46u과 동일한 면 상에서 제거할 때 또 섬유의 멤브레인을 통한 압력차가 35 - 75 kPa(5 - 10 psi) 일 때 다기관 46u는 적당한 NPSH(net positive suction head)를 제공할 원심력을 이용한 펌프의 흡입부에 연결될 수 있다.

[0103] 일반적으로, 섬유를 역류시키는데 필요한 만큼 낮게 유량이 감소할 때까지 상부와 하부 헤더 모두로부터 투과물을 빼낸다. 상부 투과물 수집용 다기관 46u 를 통해 역류용 유체를 주입시킴으로써 다발을 역류시킬 수 있고 하부 다기관 46b 를 통해 유체를 제거한다. 일반적으로, 3 - 30 개의 다발들은 내부 유체가 통하는 경우에는 헤더를 통해 다른 것들과 합해지고 외부 유체가 통하는 경우에는 공기 다기관을 통해 다른 것들과 합해진다. 역류시키는데 투과물 제거 수단이 또한 사용되기 때문에 일반적으로 이를 "액체 순환 수단"이라고 부르며 투과물을 빼내기 위해 사용될 때는 투과물 제거 수단이라고 부른다.

[0104] 유기 및 무기물들이 부유되어 있기도 하고 녹아 있기도 한 기질 안에 넣었을 때 대부분의 유기 중합체 섬유들은 수직한 위치에서 떠있게 된다. 다발 내의 섬유들은 헤더에 고정된 섬유의 말단부가 기질 위에 둥둥 뜨게된다. 이것은 (i) 투과물의 비중이 기질의 비중 보다 더 작은 거의 순수한 물이고 섬유로 만들어지는 대부분의 중합체들이 1 미만의 비중을 가지며; (ii) 섬유와 접촉되는 기포에 의해 섬유가 부유되기; 때문이다. 세라믹 또는 유리 섬유로 만든 섬유들은 물 보다 무겁다.

[0105] 다발에 인접하여, 공기 - 분산 다기관 50 은 섬유 묶음의 밑면 보다 아래에, 바람직하게는 헤더의 수평한 중심선을 통한 수평면 보다 아래에 배치된다. 다기관 50 은 헤더 41b, 41b'의 아랫부분에 인접한 두 개의 작은 구멍이 뚫린 가지 51 과 52 로 나뉘어지는 것이 바람직한데 그럼으로써 각 부분 51 과 51' 에 있는 구멍을 통해 공기가 방출될 때 기포 기둥이 섬유의 말단부 근처에서 올라가고 그런 뒤 다발을 통해 섬유를 따라 흐르게 만드는 것이 바람직하다. 만일 필요하다면, 섬유의 외표면을 따르는 공기 기둥을 더 제공하기 위해서 또 다른 부분들(보이지 않음)을 하부 헤더 밑면 근처에, 그러나 각각의 바깥쪽에 위치하도록 사용할 수 있다.

[0106] 기체(공기) 다기관의 타입은 이것이 기포가 발생되어 통과하는 거리 1㎝ - 50㎝ 사이에서 측정하였을 때 그 크기가 약 1㎜ - 25㎜ 사이가 되도록 만들기만 한다면 크게 중요하지 않다. 바람직하다면, 각 부분 51 과 51'를 각 헤더의 상부 표면에 끼워 넣고 이들 주위에 섬유를 고정시켜 부분 51 과 51' 안에서의 공기 - 흐름이 고정용 화합물에 의해 막히지 않게 한다. 원한다면, 각 하부 헤더의 각 면에 공기 - 튜브의 또 다른 가지를 배치시켜 양쪽면으로부터 상승하는 공기 기둥으로 각 헤더에서 나온 섬유들을 세정시킨다.

[0107] 공기는 연속적으로 또는 간헐적으로 제공될 수 있으나 일반적으로 연속적으로 흘려 보내는 것이 더 좋은 결과를 얻게된다. 제공되는 공기의 양은 기질의 타입, 만일 존재한다면 미생물의 타입의 요구 조건, 및 섬유 표면이 막힐 수 있는 민감성에 따라 달라진다.

[0108] 제 11 도는 둘을 인용 번호 60으로 정의한 다발들의 "자립형 뱅크"(stand - along bank)로 불리는 또 다른 어셈블리의 구체예를 도식적으로 예시한다. 헤더들 사이의 간격을 띄우는 수단이 다발로 제공되기 때문에, 일반적

으로 뱅크를 용기의 벽면으로부터 떨어뜨려 놓는 것 보다 다발을 벽면에 장착하는 것이 덜 효과적이기 때문에 뱅크를 "자립한" 이라고 부른다. 다른 면에서는, 뱅크 60 은 제 10 도에 예시된 벽면에 장착된 뱅크와 유사하다.

[0109] 섬유 62 를 갖고있는 각각의 뱅크 60은(명확하게 하기 위해 수직한 배열이 일정한 간격으로 떨어져 있는 여러 개의 열 중 오직 하나에 대해) 기질 "S"안에 있는 상부와 하부 헤더 61u와 61b 사이에 배치된다. 하부 헤더는 용기의 바닥에 놓여있다. 인용 번호 70으로 정의된 관형의 공기 다기관으로 공기가 흘러 들어가는 딱딱한 수직형 공기 - 튜브 71 과 71'에 상부 헤더를 고정시킨다. 다기관 70 은 (i) 수직한 관형 가지 71 과 71' ; (ii) 하부 헤더 61b' 의 길이를 따라 구멍이 나있으며 여기에 고정된 하부의 횡방향 가지 72; 가지 72는 종방향 관형 가지 73 과 통하게 되어있으며 임의에 따라서는 헤더의 건너편에 가지 73과 거울상 관계로 놓여있는 또 다른 종방향 가지 73'(보이지 않음)과 통해있고 ; 및 (iii) 72 및 73 에 뚫려있는 횡방향 가지 74 및 74' ; 을 포함하는데 여기서 가지 74 와 74' 는 헤더 61b, 61b' 의 보이는 횡방향 면을 따라 구멍이 뚫려있고 74 와 74'는 만일 준비되었다면 관형 가지 73' 와 통해있다. 수직한 공기 - 튜브 71 과 71' 는 첫 번째 상부 헤더와 첫 번째 하부 헤더 사이에 간격을 띄우는 수단으로서의 또 다른 편리한 기능을 제공하며, 뱅크 안에 있는 나머지 헤더들 또한 딱딱한 도관에 의해 유사하게(보이지 않음) 서로 연결되기 때문에 헤더들은 수직하게, 횡방향으로 일정 간격을 두고 유지된다. 공기 다기관의 모든 가지들이 공기 공급기와 통해 있기 때문에 공기가 균일하게 분산될 수 있다.

[0110] 앞서와 같이 헤더 61u 와 61u' 는 수집용 팬 63u와 63u' 내에 있는 수집 구역과 유체가 새지 않도록 서로 밀봉되며, 각 팬은 종방향의 액체 도관 81 과 81' 에 집배된 제거용 도관 65u 와 65u'를 갖고 있다. 이와 유사하게, 헤더 61b와 61b'는 수집용 팬 63b 와 63b'내의 수집 구역과 유체가 새들어가지 않도록 서로 밀봉되었으며 각 팬은 종방향 도관 82 와 82'에(보이지 않음) 집배된 제거용 도관 65b 와 65b'를 가지고 있다. 예시된 바와 같이 제거용 도관들은 상부 및 하부 헤더, 및 헤더의 전면과 후면 모두에서 보여지고 있고 많은 경우에 있어서 투과물은 상부 헤더의 한쪽면 위에만 마련된 오로지 하나의 상부 다기관으로부터 빼내진다. 하부 다기관은 역류시키기 위해 준비된다. 역류용 유체는 보통 상부 다기관을 통해, 섬유를 통해 하부 다기관으로 흘러 들어간다. 상부 및 하부 헤더의 뒤쪽 말단부 위에 있는 또 다른 다기관은 역류용 유체를 더 균일하게 분산시킬 뿐 아니라 연결되어있는 헤더를 지탱하기도 한다. 후면에 있는 접속용 상부 도관 81'가 없으면 61u 같은 상부 헤더는 헤더 61u'에 대한 다른 접속물에 의해, 또는 헤더 61u와 61b 사이의 공간을 띄우는 버팀목에 의해 하부 헤더로부터 일정 거리를 둘 필요가 있을 것이다.

[0111] 예시된 최상의 형태에서, 각각의 상부 및 하부 헤더에는 상부 도관 81 과 81'에 대한 L 자형 및 T 자형 부속품으로 연결되기에 적합한 딱딱한 PVC 관형 니플이 준비된다. 이와 유사하게, 각각의 하부 헤더는 하부 도관 82 와 82'(보이지 않음)에 연결되거나 또는 접속시키려는 헤더의 수에 따라서 더 견고하게 만들기 위한 간격을 띄우는 버팀목에 연결된다. 투과물은 상부 도관을 통해 빼내며 공기 접속부를 포함한 모든 파이프 접속부들은 용기 안에 있는 액체의 수위보다 높게 만든다.

[0112] 다발 안의 섬유들의 길이(헤더들 사이의)는 일반적으로 오랜 시간 동안에 걸쳐 유량을 최적 상태로 유지시키기 위해 경제적인 양의 공기를 효과적으로 이용하도록 선택된다. 그 중에서도 특히 뱅크가 배치될 탱크의 깊이, 액체 및 공기 다기관의 위치 및 탱크 안에서의 대류의 패턴 등을 고려한다.

[0113] 제 14 - 17 도는 원통형의 수직한 다발의 바람직한 구체예를 구체적으로 예시한다. 제 14 도는 탱크의 바닥 F 위에 놓여있는 수직한 원통형 다발 210 의 단면의 정면도를 도식적으로 나타낸 것으로, 다발은 투과물 수집 팬으로 제공되는 상부 및 하부의 원통형 엔드 캡 221 과 222로 된 한 쌍으로 구성된다. 상부 및 하부 엔드 캡 안에 있는 구멍 226 과 227 은 그 안에 유체 밀폐용 맞물리게 연결된 투과물 제거 튜브 231 과 232를 갖고 있다. 튜브를 통해 빼내진 투과물은 투과물 제거용 다기관 230 안에서 합해진다. 각각의 엔드 캡은 그 안에 직접 만들어진 완성된 상부/하부 헤더를 갖는데 상부 헤더 223 은 하부 헤더 224 와 실제로 동일하다. 사용되는 조건 하에서 섬유를 유지시키고 밀봉하기에 충분히 딱딱한 폴리우레탄 또는 에폭시 같은 고정용 수지 안에 섬유 212를 심어서 각 헤더를 만든다. 시판되고 있는 폴리(비닐클로라이드) "PVC" 파이프용 엔드 캡이 가장 바람직하며; 표면적이 넓은 다발의 경우 더 큰 헤더에는 판매되고 있는 유리 섬유로 강화된 엔드 캡인 원통형 탱크가 갖춰진다. 섬유들은 서로 접촉되지 않지만 경화된 수지에 의해 간격이 떨어져 있는 것이 기본이다. 다발을 조작하는 작동 조건 하에서, 유체가 누출되는 것에 대해 각 섬유의 하부 212'에 경화된 수지를 부착시켜 밀봉시키는 것 또한 기본적인 것이다. 상부 헤더 223의 상부(전면) 및 하부(후)면 223u 와 223b, 및 하부 헤더 224의 전면 및 후면 224u 와 224b 에 섬유의 둘레가 밀봉된 것을 눈으로 확인할 수 있다. 섬유의 말단부 212"가 하부면 224b 와 동일한 평면상에 있는 (실제로 동일한 면에서) 통상적으로 완성된 헤더를 사용할 수도 있다. 최상

의 모드에서는, 불투명한 엔드 캡을 통해 볼 수는 없지만 섬유의 뚫린 말단부 212" 가 헤더의 아래(후 또는 바닥)면 224b로부터 돌출된다.

[0114] 완성된 상부 헤더 223(고정층)은 상부 헤더에 있는 구멍 226 을 통해 임시층이 제거되었을 때 엔드 캡 221의 둘레에 접착되어 남아있으며; 이와 유사하게, 구멍 227을 통해 임시층이 제거되었을 때 엔드 캡 222 의 둘레에 완성된 하부 헤더 224 가 접착되어 남아있다.

[0115] 다발 섬유 212 는 나선형 롤과 같은 형태학적 구조를 갖도록 묶여진 배열로 있는 것이 바람직하다. 헤더는 나선형 롤의 아래쪽 말단부를 고정시킴으로써 제 4 도와 관련하여 기술한 바와 유사한 방식으로 만들어진다. 헤더 224의 후면 224b 를 바닥면에서 본 제 14A 도는 섬유의 말단부 212" 안의 구멍들의 나선형 패턴을 나타낸다. 배열을 나선형으로 감기 전에 단단한 공기 - 공급 튜브 242 를 갖고있는 살포기 240(제 15A 도에 나타난)를 배열 안에 놓음으로써 나선향 롤이 만들어 짐에 따라 공기 - 공급 튜브도 롤 안에 들어가 중심 축을 갖도록 만드는 것이 중요하다.

[0116] 제 14B 도는 각각이 바로 전의 것보다 미리 정해놓은 작은 양 만큼씩 더 커지는, 직경이 계속 커지는 일련의 고리형 배열로서, 배열들이 이들의 상부 및 하부 둘레 근처에서 바람직하게는 바로 다음 것에 접착식으로 밀착되어 조밀한 섬유들의 원통형 덩어리를 만드는, 또 다른 구조를 갖는 후면 224b의 바닥면을 예시한 것이다. 이러한 섬유 덩어리에서, 일련의 환형 고리라고 부르는 각 배열은 직경이 가장 작고 가장 큰 가장 중심부와 최외각의 경우는 제외하고는 다음의 직경이 더 작은 연속한 배열뿐 아니라 다음의 직경이 더 큰 연속한 배열 모두에 고정되어 있다. 배열이 둥지처럼 틀어진 후의 섬유의 말단부 212"를 예시하는 헤더 224 안의 패턴이 심어진다.

[0117] 제 14C 도에 나타난 것은 헤더 224 안에 악기의 현처럼 배열된 여러 개의 배열의 아래(후)면 224b을 바닥에서 본 그림이다. 다발 섬유들이 심어질 고정용 고리 안에 현(chord)과 같은 위치에 해당하는 길이를 갖는 한 쌍의 스트립 위에 배열을 만든다. 즉, 더미가 심어질 고정용 고리의 내경 보다 약간 작은 너비를 갖는 스트립 위에 만들어진 중심 배열로부터 측정된, 너비가 줄어드는 스트립 위에 배열을 만든다. 배열들은 고리 안에서 쌓여지며 너비가 최대인 배열은 고리의 직경에 해당하는 위치이다. 섬유 212를 선택하는데 있어 다발 내에서의 필요로 하는 표면적이 더 크고, 각 배열내의 섬유의 수가 더 많고 고리의 직경이 더 크고, 각각의 현같은 배열의 너비가 더 넓을수록 좋다. 연속한 배열의 스트립을 섬유 위에 올려 놓기 전에 접착제로 섬유의 표면을 피복시켜 여러 개의 배열들이 서로 접착되도록 만드는 것이 바람직하다. 그렇지 않으면 묶음으로 된 배열을 고정용 고리 안에 삽입시키기 전에 고무 밴드로 묶을 수도 있다. 이렇게 하면 끼워진 배열들이 고정되고 난 후에 섬유의 말단부 212"를 나타내는 헤더 224 안에 현과 같은 패턴이 생기게 된다.

[0118] 제 15A 도에 살포기 240이 자세히 나와있다. 방사상으로 바깥쪽으로 뻗어나간 관형 가지 241 과 중앙 공급용 스터브(Stub) 242를 갖고있는 별 모양의 살포기 240은 관형 가지를 따라 나가 가지의 벽면에 있는 공기 구멍 243 을 통해 기질로 배출되는 공기를 공급한다. 중앙의 공급 스터드 242 안에 연결된 공기 공급 튜브 244 가 살포기 240 안에 공기를 제공한다. 중앙 스터드 242의 아래쪽 말단부에는 안쪽 말단부가 스터드에 맴질 되어 있는 짧은 프로젝팅 니플이 갖춰져 있다. 니플의 바깥쪽 말단부는 연장되어 있다. 중앙 스터드와 니플들은 다발 섬유 덩어리의 중심에 삽입하기 쉽다. 가운데 놓여질 때 한쪽 말단부에 끼워진 가지 241은 니플의 바깥쪽 말단부에 끼워 넣어진다.

[0119] 제 14 도에 예시된 바와 같이 하부 엔드 캡 222 는 탱크의 바닥 F 에 놓여있고 수직 벽 W 근처에는 너트 253 과 볼트 254 같은 적당한 잠금용 수단으로 고정된 장착용 버팀목 252 가 있다. U-자형 브래킷 251 은 장착용 버팀목 252 의 밑 부분으로부터 옆쪽으로 뻗어 나가있다. U-자형 브래킷의 가지가 상부 엔드 캡 221 의 둘레를 지지해 주며 엔드 캡이 제자리에 있도록 만들어 주며 직각 브래킷과 잠금용 수단(보이지 않음)으로 U-자형 블래킷을 고정시킨다. 장착용 버팀목 252 안의 슬롯은 상부와 하부 헤더의 양쪽 면 223b 와 224b 사이의 원하는 거리를 심어진 섬유의 길이 보다 원하는 양만큼 작게 만들도록 U-자형 브래킷을 올리거나 내리게 할 수 있게 만든다. 작동하는 동안 섬유의 길이가 변하는 경향이 있다면 이렇게 조정할 수 있는 것이 특히 바람직하다.

[0120] 제 14 도에 예시된 바와 같이 만일 상부 튜브 231에서만 투과물을 빼내는 것이 바람직하다면 하부 엔드 캡 내의 투과물 수집 구역 229 를 상부 엔드 캡 내의 투과물 수집 구역 228 과 유체가 통하도록 연결시키는, 헤더 223 과 224 를 통해 다발 섬유212의 덩어리 안에 투과물 접속 튜브 233(점선으로 보이는)을 삽입하고 제 15 도와 같이 마개 225 로 구멍 227 을 막는다. 이러한 상황에서, 섬유의 아래쪽 말단부 212"가 막혔는지 또는 투과물 수집 구역 229 가 제 기능을 하지 못하는지는 상관없기 때문에 구역 229 를 고정용 수지로 채울 수 도 있다.

[0121] 제 16 도는 다발 내의 섬유들 중 손상이 있는 것이 있는지 테스트를 하고 난 후에 상부 및 하부 고리 220u 와 220b 에 만들어진 상부 및 하부 고리 헤더 안에 밀봉된 상부 및 하부 엔드 캡을 갖고있는 다발 270 을 예시한다. 단단한 공기 - 공급용 튜브 245 를 상술한 바와 같이 나선형 롤 안에 넣었는데 롤의 아래쪽 말단부는 심어져 완성된 하부 헤더 274 를 만들어 이 헤더에 공기 - 공급용 튜브의 아래쪽 말단부 246이 심어지고 살포기의 가지 241 이 헤더 274 의 윗면 274u보다 바로 위에 있도록 고정한다.

[0122] 유사한 방식으로, 고리 220u 안에 상부 헤더 273 이 만들어지고 엔드 캡 271 안에 고리 220u를 밀봉시키기 위해 적당한 접착제로 바깥쪽 둘레가 피복된 고리 220u 위에 미끄러 들어가는 상부 엔드 캡 271 안에 중심축에 있는 구멍 248 을 통해 공기 - 공급용 튜브 245 의 윗쪽 말단부가 삽입된다. 통상적인 밀봉용 화합물을 가지고 윗쪽 말단부 247 의 둘레를 엔드 캡 271 안에 밀봉시킨다.

[0123] 제 17 도는 엔드 캡 281 과 282 에 밀봉되어 있는 상부 및 하부 고리 220u 와220b 안에 있는 상부 및 하부 헤더 283 과 284 사이에 유지되고 있는 다발 섬유 212 안에 축 방향으로 심어져있는 단단한 공기 - 공급 튜브 286 의 중심에 단단한 투과물 튜브 285 가 중앙에 들어있는 또 다른 다발 280 의 구체예를 도식적으로 예시한다. 쉽게 제조하기 위하여, 투과물 튜브 285의 아래쪽 말단부 285b 를 버싱(bushing, 구멍 안쪽에 끼워서 마멸을 방지하는) 287 안에 바짝 끼워 넣고 밀봉한다. 그런 뒤 버싱 287 과 말단부 295b 를 공기 - 공급 튜브 286 의 아래쪽 말단부 286b 안에 삽입하고 그 안에 밀봉시켜 투과물 튜브 285 의 바깥쪽 표면과 공기 공급 튜브 286 의 안쪽 표면 사이의 고리형 구역이 섬유의 기저부로 가는 공기 덕트가 되지만 투과물이 고리형 구역으로 들어가지는 못하게 만들 것이다. 다음으로, 공기 공급 튜브로 한 배열 위에 놓고 이 배열을 나선형으로 감은 뒤(롤을 만든 뒤) 각 말단부를 고무 밴드로 고정시킨다. 롤의 아래쪽 말단부를 고리 220b 안에 놓고 상술한 바와 같이 완성된 헤더 284를 가지고 하부 고리 헤더를 만든다. 50 Shore A - 약 20 Shore D 범위의 경도를 갖는 비교적 딱딱한 탄성중합체를 이용하는 것이 바람직하며 캐나다의 Poly - Tech System 의 PTU-921 같은 ASTM D-790 에 나타난 바와 같이 측정하였을 때 50 Shore A - 약 20 Shore D 사이의 경도를 갖는 폴리우레탄을 사용하는 것이 가장 바람직하다. 완성된 상부 헤더 283 을 만들기 위해, 제 5 도에 사용된 것과 같은 플레이트 내의 중앙에 있는 구멍에 들어있는 O-고리를 통해 공기 공급 튜브로 바짝 삽입하고 고리에서 고정용 수지가 손실되는 것을 피하기 위해 고리에 임시용 수지를 먼저 붓고 경화시킨 뒤 마무리용 수지를 붓고 경화시킨다. 완성된 하부 헤더 284 는 끼워져 있는 중간 부분 212b' 와 헤더의 후면에서부터 돌출된 말단부 212"으로 이루어진다. 완성된 상부 헤더 283 은 끼워져 있는 중간 부분 212u' 와 헤더의 전면에서 돌출되어 나온 완성된 212u"로 형성된다. 완성된 헤더 283 과 284 가 만들어지고 섬유에 손상이 있는지 체크하고 난 후에 공기 공급 튜브 286 의 윗쪽 말단부 286u 를 상부 엔드 캡 281 안에 있는 중심 구멍 288 에 삽입한 뒤 밀봉용 화합물 또는 이음 고리(collar) 289를 이용해 구멍 안에 밀봉시킨다. 투과물 튜브 285, 공기 공급 튜브 286 및 이음 고리 289 가 모두 PVC로 만들어져 이들이 쉽게 서로 접합되어 누출이 방지되는 접속물을 만들도록 하는 것이 바람직하다.

[0124] 보여지는 바와 같이, 투과물은 하부 엔드 캡 282 내의 투과물 수집 구역에서 부터 투과물 튜브 285 를 통해 빼내거나 또는 이와는 따로 파이프를 꽂기 위해 뚫어놓은 제거 포트 281p 를 통해 상부 엔드 캡 281 로부터 빼낸다. 다른 한편으로, 투과물 포트 281p 를 막아놓고 투과물 튜브 285 를 통해 두 엔드 캡으로부터 투과물을 빼낸다.

[0125] 공기가 통과하여 공기 공급 튜브 286 에 공급되는 T - 피팅 201 을 통해 투과물 튜브 285 의 상부 말단부 285u 와 공기 공급 튜브 286 의 상부 말단부 286u 가 삽입된다. T 201 의 가지 중 어느 하나의 하부 말단부 201b가 끼워져 들어가 공기 공급 튜브 둘레를 감싼다. 다른 가지의 상부 말단부 201u는 reducing 버싱 202 안에 삽입되고 투과물 튜브 주위를 밀봉한다. T 201 의 흡입구 203으로 공급된 공기는 투과물 튜브와 공기 공급 튜브 사이의 고리형 구역을 따라 내려가고 하부 헤더 284 의 윗면 284u 의 바로 위에 있는 공기 공급 튜브의 아랫 부분 안에 있는 반대 포트 204 를 통해 나간다. 공기가 표면 284u 위의 단면을 실제로 균일하게 분산되는 살포기를 만들도록 가지 241 의 말단부들을 확보하기 위한 포트 204 를 뚫는 것이 바람직하다. 필요에 따라서 수직한 공기 공급용 튜브의 길이 방향을 따라 또 다른 구멍들을 만들 수 있다.

[0126] 본 발명의 또 다른 구체예로, 제 13 도에 평면도로, 제 12 도에 나타난 정면도로 도식적으로 예시된 다수의 다발의 뱅크들로 생물 반응기를 개장한다. 정화기 탱크는 큰 원형 탱크 90으로 여기에는 수직한 원형의 외각 배플 91, 수직한 원형의 내부 배플 92가 마련되어 있으며 바닥 93 은 누적된 슬러지를 따라내기 위해 중심 쪽(apex)으로 기울어져 있다. 그렇지 않으면 배플은 외부 및 내부 써클 안에 가깝에 배치된 개별적인 직사각형 플레이트 일수도 있으나 연속한 원통형 배플(보여지는)인 것이 바람직하다. 어떤 배플이 사용되건 간에 상관없이, 이들은 이들의 바닥 둘레가 바닥에서부터 원하는 높이에 위치하도록 놓여진다. 기질의 수준이 외부 배플

91 보다 높게 올라갈 때까지 탱크 91 의 바닥에 있는 공급 라인 94 를 통해 공급물을 주입한다.

[0127] 각각의 다발이 제 9 도에 나타난 바와 같은 제 10 도에 예시된 뱅크 안에 있는 것과 유사한 다수의 다발 10 의 뱅크 60은 섬유가 잠기기에 충분한 깊이에서, 외부 원형 배플 91과 탱크 90 의 벽 사이에 만들어진 외각의 환형의 투과물 추출 구역 95'(제 13 도) 안에 있는 적당한 장착 수단에 의해 생물 반응기의 내벽의 둘레에 배치된다. 정화 구역 91' 는 외각의 원형 배플 91 과 내부의 원형 배플 92 사이로 규정된다. 내부의 원형 배플은 이를 통해 기질이 탱크 90 안으로 공급되는 수직한 통로 92'를 제공한다. 다발들은 방사형으로 확장되는, 일반적으로는 상부 및 하부 헤더 41u 와 41b 사이에 심어진 제 9 도에 예시된 바와 같은 판상형의 수직 배열 안에 섬유들의 조밀한 커튼을 형성한다. 투과물은 다기관 46u를 통해 빼내지고, 뱅크의 각 말단부에 있는 각각의 하부 헤더 41b 의 양쪽면 위에 있는 외각 분산 가지 84'를 포함하는 인접한 헤더들 사이에 있는 공기 - 분산 가지로 가지를 뻗고있으며 탱크의 내벽을 따라 뻗어 나가는 공기 - 다기관 80 을 통해 공기가 주입된다. 기포로 연속적으로 세척되는 각 섬유의 전체 표면에 기포들이 접촉 되도록 하는 방식으로 투과물 추출 구역 95' 내에 있는 다발들 사이에 있는 공기 다기관 80을 위치시킨다. 섬유들은 기본적으로 수직하기 때문에 이들이 아치형인 경우보다 더 길게 섬유의 표면과 공기가 접촉되며 다른 경우보다 더 오랜 시간 동안 많은 유량을 유지시키는데 가장 효과적으로 공기가 이용된다.

[0128] 만일 탱크가 지상에 있다면, liquid head는 중력만으로 원하는 liquid head 를 유도해 내기에 불충분한 것일 수 있다. 적당한 사이펀 효과가 없으면, 필요로 하는 흡입력을 만들기 위해 원심력을 이용한 펌프를 사용할 수 있다. 이러한 펌프는 짧은 시간 동안 건조시킬 수 있어야 하며 흡입면에서의 감압 상태를 25.5㎝(10")-51㎝(20") Hg 또는 -35㎪(-5psi) 에서 -70㎪(-10psi)로 유지시킬수 있어야 한다. 18.9L/min.(5gpm) @ 15" Hg 의 속도를 갖는 이러한 펌프의 예로는 (i) Jabsco #30510 - 2003 같은 임펠러가 유연성이 있는 원심 분리형 펌프 ; (ii) Wilden M2 같은 공기로 작동되는 다이어프랜 펌프 ; (iii) Ramoy 3561 같은 프로그레싱 캐비티 펌프 ; 및 (iv) Waukesha SP 25 같은 호스 펌프가 있다.

[0129] 실 시 예 1

[0130] 파이롯트 플랜트의 탱크 안에 폴리술폰 섬유를 가지고 부유된 고체의 농도가 총 25g/L(2.5% TSS)인 30℃ 에서 활성화된 슬러지를 미소 여과시켰다. 공칭 직경이 약 5㎜ - 25㎜ 인 기포를 발생시키는 포함 되어있는 성글은 기포 분산 장치로 12 CFM(0.34 ㎥/min)의 속도로 섬유를 "공기 세정" 시켰다. 이 공기는 충분히 세정할 뿐 아니라 폐기물을 산화시키기에 충분하다. 섬유의 o.d. 는 1.7㎜, 벽 두께는 약 0.5㎜, 직경이 약 0.2㎛ 인 공극을 가지며 표면 공극률은 약 20% - 40% 이다. 표면적이 12㎡ 인 1440 개의 섬유를 갖는 다발을 탱크의 벽에 장착하고 수직하게 배열된 헤더의 거리는 다발 안에 있는 섬유의 길이보다 약 1% 미만으로 헐렁하게 만든다. 섬유의 양쪽 말단부를 각각 길이가 약 41㎝, 너비가 10㎝ 인 상부 및 하부 헤더에 심는다. 헤더의 고정용 물질은 경도가 약 70 Shore D 인 에폭시인데 이 에폭시 층 위와 아래에 더 부드러운 상부 및 하부 폴리우레탄(약 60 Shore A 와 30 Shore D 각각) 층을 가지고 있으며 이 섬유들은 헤더의 바닥으로부터 이들의 뚫려있는 말단부가 돌출되기에 충분한 깊이로 심어진다. 멤브레인을 통한 평균 압력차는 약 34.5 ㎪(5psi) 까지 발생시키는 펌프를 가지고 각 헤더의 수집용 팬에 연결된 라인을 통해 투과물을 빼낸다. 육안으로 식별할 수 없는 정도인 0.8NTU 미만의 평균 혼탁도를 갖는 투과물을 약 4.8 L/min.으로 생산해 내는 약 0.7L㎡h/㎪의 투과율로 투과물을 빼낸다.

[0131] 실 시 예 2

[0132] 배치를 달리한 수직형 다발(ZW 72)의 작동 비교

[0133] 다음의 비교에서는 동일하게 느슨한 섬유를 갖고있는 세 쌍의 동일한 다발들을 생물 반응기 내의 공기 주입기 위에 달리 배치하였다. 동일한 공기 주입기를 통해 동일한 양의 공기를 각 쌍에 쏘였다. 원통형 헤더를 갖는 수평한 다발에서는 존재하지 않았던 차이가 두 개의 가로누운 수평 배치 사이에는 있는지 여부를 알아보기 위해 직사각형(정사각형은 아닌)의 헤더를 선택한다. 길이(x-축) 41.66㎝(16.4 in), 너비(y-축) 10.6㎝(4in), 높이(z-축) 7.62㎝(3in) 의 헤더에 공칭 표면적이 6.25㎡인 1296 Zenon MF 200 미소 여과용 섬유가 심어져있는 동일한 직사각형 다발 한 쌍을 가지고 세 가지로 배치를 달리하여 도시 폐수 처리용 생물 반응기 안에서 시험하였다. 이 섬유는 실시예 1 에서 사용했던 것과 동일한 것이다. 헤더의 양쪽면 사이의 거리는 90㎝(35.4in)로 이는 각 헤더에 심어진 각 섬유의 길이 보다 약 2% 적은 것이다.

[0134] 첫 번째 실험으로, 두(첫 번째 및 두 번째) 다발을 종방향 축을 따라 동일한 방향으로 옆으로 배열하고 두 헤더 사이에 간격을 띄우는 두께 2.5㎝(1 in)의 격자를 끼우고, 수평한 판상형 배향을 한(면 41.66㎝ × 7.62㎝) 각

다발의 헤더들을 3㎜(0.125") 구멍을 갖고있는 세 개의 옆으로 나란한 선형 튜브 형태의 공기 주입기가 얹혀있는 바닥 위에 7.62㎝ 떨어져 있게 만든다. 공기 주입기 바로 위에 있는 첫 번째 다발을 "하부 다발" 이라고 한다.

[0135] 두 번째 시험으로, 상기한 첫 번째 및 두 번째 다발을 각각 종방향 X-축에 대해 90° 회전시키고 옆을 붙여 놓는다. 이러한 "수평한 90° " 배치는 (10.16㎝ ×7.62㎝ 로 규정된 면)을 전 실험에서와 같이 공기 주입기로부터 떨어뜨려 놓는다.

[0136] 세 번째 시험으로, 제 1 및 제 2 다발을 내부 공기 주입기가 없는 것을 제외하고는 제 9 도에 나타난 바와 같이 나란히 수직 배열을 한다.

[0137] 각 시험은 각각 배치된 섬유들에 동일한 양의 공기를 제공한다. 0.3 bar(10"Hg)의 NPSH 로 펌프하여 투과물을 빼낸다. 각 시험에서 얻어진 유량이 실제로 일정해 질 때까지 조건들을 일정하게 유지시켰는데 이것이 평형값이다. 평형이 되고 나면 평형값에서의 유량을 유지시키기 위해 각 다발을 매 5분마다 투과물을 30 초 동안 빽 펄스(back pulse) 시켰다. 상기 세 가지 실험의 각각에 대한 시험 조건은 다음과 같았다:

[0138] 생물 반응기 내에서의 TTS 8g/L

[0139] 폐수의 온도 19℃

[0140] 공기의 유량 0.2124㎥/분/다발

[0141] 섬유상의 흡입력 25.4㎝ Hg

[0142] 제 18 도는 다음과 같은 다발의 각 배치에 대한 24 시간 동안의 평균 유량을 나타내는 막대 그래프이다 :

[0143] 배치 평균 유량 L/㎡/hr 24시간 동안에 걸친

[0144] 수평한 판상형 21.2 LMH

[0145] 수평한 90° 17.8 LMH

[0146] 수직형 27.7 LMH

[0147] 이것은 결론적으로 다발 섬유를 수직하게 배치하였을 때 최고의 유량을 얻을 수 있다는 것을 예시한다.

[0148] 실 시 예 3

[0149] 공기 주입기의 다발 섬유의 외부 및 내부 위치에 관한 비교

[0150] 이 시험에서는 에틸렌 글리콜로 오염된 폐수를 처리하는 생물 반응기에서 유량의 차이를 측정하였는데 이 차이란 공칭 표면적이 16㎡인 하나의 원통형 수직 다발(ZW 172)를 3.5 L/min.(7.5scfm)으로 폭기시키는 방법에 따라 달라진다. 다발은 제 6 도와 같이 만들어지는데 o.d.가 7.5㎝ 인 중앙의 PVC 와 이 주위에 이를 둘러싼 고리형 구역(방사선 상의 거리 약 7.5㎝) 안에 섬유들이 배치되어 있어 다발의 o.d.는 약 11.25㎝ 가 된다.

[0151] 첫 번째 시험에서는 다발 내부에서 공기가 주입되고 ; 두 번째 시험에서는 다발의 둘레 주위로 공기가 주입된다. 평형에 도달한 후에 일정한 시간 간격을 두고 투과물로 다발을 빽 펄스하여 계속 작동시키는데 시간 간격은 실제로 섬유가 유량을 감소시키기에 충분히 빨리 오염되는지에 따라 달라진다.

[0152] 시험 기간 동안에 걸쳐 일정하게 유지된 공정 조건들 :

[0153] TTS 17g/L, 폐수의 온도 ; 10.5℃

[0154] 공기의 유량 0.2124㎥/분, 섬유상의 흡입력 25.4㎝ Hg

[0155] *외부 폭기의 경우 ; 약 2.5㎝ 간격으로 떨어져 있는 직경 약 3㎜의 구멍들을 가지고 있는 구멍 뚫린 유연한 튜브로 ZW 72 다발의 아랫 부분 둘레를 감싸게 배치하여 수평면 상에서 공기가 방출되게 만들고 그럼으로써 기포가 측면에서 다발 속으로, 섬유들 사이로 들어가게 만든다. 그후 기포들이 수직하게 다발 섬유를 통해 상승한다. 측면 방출시킴으로써 구멍들이 초기에 막히는 것을 방지 할 수 있게 만든다.

[0156] 내부 폭기의 경우 : 중앙의 관형 지지체를 1 인치 간격으로 1/8 인치 구멍들이 뚫려있는 길이가 4 인치, 직경이 1/4 인칭 파이프인 5 개의 공기 도관으로 집배되고 이 가지의 한쪽 말단부는 막혀있고 중앙 파이프와의 공기

흐름이 통해있는 중앙 공기 분산 장치로서 사용되는데 이것이 다발 안의 기저부에서 바퀴살과 같은 살포기를 형성한다. 구멍의 수는 외부 공기 주입기에서의 수와 대략 같으며 공기의 유량도 동일하다. 앞서와 같이 구멍들이 다발 안에서 옆으로 공기를 배출하고 공기 기포는 다발 안에서 수직 상승한 뒤 상부 헤더의 밑에서 다발을 빠져나간다.

[0157] 제 9 도는 유량이 평형값에 도달할 때까지 유량을 시간에 관한 함수로서 플롯팅 한 것이다. 이후에 일정한 시간 간격으로 빽 펄싱하여 유량을 유지시킬수 있다. 외부 폭기에 의한 평형 유량이 약 2.6 LMH 인 반면 내부 폭기에 의한 유량은 약 9.9 LMH 로 거의 4 배나 향상되었다. 이로부터 유량은 공기의 유량에 관한 함수라는 것이 잘 알려져 있기 때문에 보통의 조작 조건 동안 모든 다른 조건들이 동일하다면 동일한 양의 공기로 내부 폭기를 시켜야 더 많은 유량을 얻을 수 있게된다.

[0158] 실 시 예 4

[0159] 하나는 섬유가 흔들리고 다른 하나는 그렇지 않은 다발들의 비교

[0160] 헤더들 사이의 거리를 줄임으로써 섬유의 느슨한 정도를 조절한다. 헤더들 사이의 간격이 양쪽면에 심어진 섬유의 길이와 같을 때 느슨함이란 없어진다(섬유가 팽팽해진다). 에틸렌 글리콜로 오염된 폐수를 처리하기 위한 생물 반응기 내에서 공칭 표면적이 6.7㎡ 인 하나의 ZW 72 다발을 사용하여 각각의 시험을 하였다. 제 9 도에서와 같이 공기를 주입하였는데(내부에서의 공기 주입은 없음) 측면에서 배출된 공기의 기포가 섬유 다발 내로 들어가 이를 통해 기포가 위로 올라간다.

[0161] 첫 번째 시험에서는 헤더들을 수직하게 떨어뜨려 놓아 섬유가 팽팽해져 움직이지 못한다.

[0162] 두 번째 시험에서는 헤더들이 2㎝ 더 가까워져서 각 섬유가 2.5% 느슨해짐으로써 느슨한 섬유들이 흔들리게 된다(동요한다).

[0163] 앞서와 같이 시험 기간 동안 일정하게 유지되었던 공정 조건들은 다음과 같다 : 부유된 고체 17g/L 폐수의 온도 10.5℃

[0164] 공기의 유량 0.2124㎥/분. 섬유상의 흡입력 2.54㎝ Hg

[0165] 제 20 도는 유량이 평형값에 도달 할 때까지 시간에 관한 함수로서 유량을 플롯팅한 것이다. 이후에 실시예 3 에서와 같이 일정한 간격으로 빽 펄싱시켜 유량을 유지시킬 수 있다. 요동이 없을 경우의 평형 유량이 약 11.5 LMH 인 반면 2.5% 느슨한 경우에는 약 15.2 LMH 로 약 30% 향상되었다.

[0166] 실 시 예 5

[0167] 정화시키기 위해 수직한 원통형 다발로 물을 여과시키는 방법

[0168] 외경이 30㎝ 인 원통형 헤더에 길이가 180㎝ 이고 25㎡의 표면적을 제공하는 Zenon MF 200 섬유를 심어 제 16 도와 같이 원통형 다발을 만든다. 약 10ℓ/min.(20 scfm, 스탠다드 ft^3/min.)의 공기를 배출하는 직경이 3㎜(0.125")인 구멍이 뚫린 교차된 가지를 갖고있는 스파이더를 이용해 공기를 주입한다. 이 다발을 4 가지 대표적인 경우에 사용하고 그 결과를 다음에 수록하였다. 각각의 경우, 약 0.3 bar(10"Hg)의 NPSH 를 갖는 원심력을 이용한 펌프로 투과물을 빼내고 평형에 도달한 후 다발을 매 30 분마다 투과물로 30 초 동안 빽 플러싱한다.

[0169] A. TSS 10mg/L 인 지표(호수)수의 여과.

[0170] 결과 - 0.1 NTU 의 혼탁도로 2000ℓ/hr(LPH)의 속도로 0.0mg/L TSS 투과물을 빼낸다. 박테리아, 조류(algae), giardia, 및 크립토스포리디움이 "5 log" 감소(원래 농도의 5배 감소)함으로써 식용 음료수를 만든다.

[0171] B. 100mg/L TSS의 미처리 하수의 여과.

[0172] 결과 - 0.0 mg/L의 부유된 고체를 갖고있는 투과물을 혼탁도 0.2 NTU, 유속 1000 LPH(ℓ/hr) 으로 빼낸다. 이러한 다발을 여러 개 뱅크에 사용하거나 완전한 단위의 공업용 폐수를 처리하는데 사용할 수 있다.

[0173] C. 1000mg/L TTS 의 철 산화물 입자들이 함유된 광물성 현탁액의 여과 ;

[0174] 결과 - 부유된 고체가 0.0mg/L인 투과물을 혼탁도 0.1 NTU, 3000 LPH(ℓ/hr) 의 속도로 빼낸다. 무기물 미립자가 함유된 공업용 폐수로 높은 유량이 유지된다.

[0175] D. 10,000 mg/L 의 박테리아 세포가 들어있는 발효 브로쓰의 여과 :

[0176] 결과 - 부유된 고체가 0.0 mg/L인 투과물을 혼탁도 0.1 NTU, 1000 LPH(ℓ/hr) 의 속도로 빼낸다. 원하는 투과물을 얻기 위할 뿐 아니라 살아있는 미생물을 재사용하기 위해 보존하기 위해 미생물 농도가 큰 브로쓰를 파괴시키지 않고 여과한다.

[0177] 실 시 예 6

[0178] 특별한 목적의 미니 - 다발 :

[0179] 다음의 실시예는 (i) 비색 정량 분석을 하기 위해 고체가 없는 물 샘플을 얻기 위한 미처리 하수의 여과, (ii) 여행용 차량("캠퍼") 또는 자동차 집에서 사용하기 위해 지표수의 여과, 또는 (iii) 물고기 또는 다른 해양 동물용 소형 수족관에서 나온 물을 여과하는 것 같은 특별한 용도에 미니 - 다발을 사용하는 것을 예시한다.

[0180] 표면적이 0.1㎡가 되도록 각각의 길이가 60㎝ 인 섬유 30 개가 심어진 o.d. 5㎝(2"), 두께가 2㎝(0.75")인 원통형 헤더를 가지고 제 16 도에 나타난 바와 같이 원통형의 미니 - 다발을 만든다. 이 다발을 베이스 위에 장착하는데 여기에는 공기가 다발을 통해 섬유를 따라 위로 올라가는 1.6㎜(0.0625")의 구멍이 있는 살포기를 통해 12㎪(3psi)에서 15 L/min.의 공기를 배출시키는 송풍기가 이동식으로 설치 되어있다. 베이스 위에 이동식으로 장착된 또 다른 하나는 0.3 bar(10"Hg)의 진공을 만드는 연동식(peristaltic) 펌프이다. 각각의 경우, 하나로 된 투과물 펌프와 가스 - 배출 수단을 자체로 가지고 있는 다발은 작동시키기 위해 여과하려는 기질이 들어가는 원통형 용기에 넣는다.

[0181] 각 경우 (A) - (D)의 결과는 다음과 같다 :

[0182] (i) 100mg/L TSS 를 함유하는 미처리 하수 ; 0.0 mg/L TSS를 함유하고 혼탁도가 0.2 NTU 인 투과물을 0.1 LPH 에서 빼냈다.

[0183] (ii) 조류, 박테리아,진균류 및 facal dendritus를 포함하는 20 mg/L TSS 함유 수조액 : 혼탁도가 0.2 NTU 인 0.0 mg/L TTS 함유 투과물을 0.1 LPH에서 빼냈다.

[0184] (iii) 10 mg/L TSS 함유하는 연못의 물 ; 혼탁도 0.2 NTU 의 0.0 mg/L TSS 투과물을 0.1 LPH에서 빼냈다.

[0185] 용어 해설

[0186] 다음의 용어들은 명세서에 사용된 용어의 문맥상에서의 의미를 정의하기 위한 것이다.

[0187] "배열" - 실제로 길이가 같은 여러 개의 수직한 섬유, 이 섬유들의 각각의 한쪽 말단부는 횡(여기서는 y-축) 방향으로 일렬으로 서로 가깝게 간격지워져 동일한 간격으로 떨어진 최소한 하나의 열, 일반적으로 여러 개의 열을 만든다. 여러개의, 덜 바람직하지만 섬유들이 무질서하게 떨어져 있을 수도 있다. 이 섬유들의 양쪽 말단부는 양쪽 헤더에 심어져 헤더의 둘레를 감싸 밀봉시킨 투과물 수집 수단 안에서 그 안에 들어있는 투과물이 기질에 의해 오염되지 못한다.

[0188] "묶음" - 여러 개의 요소들이 함께 묶여있는, 예컨데 판상형 배열의 더미 또는 아치형 또는 원형 배열 또는 감겨진 나선형일 수 있는 여러 개의 배열들.

[0189] "뱅크" - 다발의 뱅크를 가리키는 약어 ; 뱅크에서 하부 헤더의 열(또는 다른 구조)이 상부 헤더의 열 바로 밑에 있다.

[0190] "원통형 다발" - 투과물 수집 수단이 원통형 구조를 갖는 수직한 다발.

[0191] "dead end tank" - 투과물이 아닌 액체들이 제거되지 않는 탱크 또는 생물 반응기.

[0192] "섬유" - 중공사 멤브레인의 약어.

[0193] "유량" - 멤브레인 단위 면적(㎡) 당 이를 통과하는 단위 유량(ℓ/hr), 유량은 Lm²h 또는 LMH 로 나타낸다.

[0194] "임시 물질' - (i) 섬유 및 고정용 물질이 용해되지 않는 매질 내에서 용해되거나, 또는 (ii) 섬유 또는 고정용 물질을 손상시킬 수 있는 온도보다 낮은 용융점을 갖고 있으므로 해서(물질이 결정형인 경우) 유동화될 수 있거나 ; 또는 임시용이 아닌 헤더를 형성하는 물질(들) 또는 섬유들이 손상되는 온도 보다 낮은, 유리 전이 온도 Tg (물질이 비-결정형인 경우)를 가짐으로 해서 유동화될 수 있는 ; 또는 (iii) 용해되고 또 유동화 될 수 있는 물질.

[0195] "헤더" - 섬유들의 내부 관 안에 있는 투과물들이 기질에 의해 오염되지 못하도록 다발 안에 들어있는 여러 개의 섬유들 중 각각의 맨 끝 부분이 밀봉되어 심어지는 고체형 몸체. 이 몸체는 다양한 크기로 만들어진 천연

또는 합성 물질(열 가소성 또는 열 경화성)이다.

[0196] "일체형 헤더" - 헤더의 둘레가 유체가 새지 않도록 투과물 수집용 팬 안에 밀봉되어 있는, 헤더와 투과물 수집 수단을 합친 형태.

[0197] "하나로 된 하나의 다발"- 하나로 된 완성된 헤더 안의 다발이 그 안에 들어있는 헤더를 밀봉하고있는 투과물 팬 또는 엔드 캡 안에 형성된다.

[0198] "미니 - 다발" - 하나로 연결된 가스 송풍기 및 투과물 펌프와 조합된, 표면적이 약 5㎡ 미만인 다발의 자체적으로 가지고있는 가스로 세정되는 어셈블리.

[0199] "다성분 액체 공급물" - 정화시키려고 하는 또는 농축시키려고 하는 과일 주스; 미립자 물질이 들어있는 물 또는 폐수 ; 치즈 유장(whey) 등과 같은 단백질을 포함한 액체 유제품들.

[0200] "비-감압식 펌프" - 작동 조건 하에서 멤브레인을 통한 압력차이를 제공하기에 적당한, 측면 압력차를 이용한 순수한 흡입력을 발생시키는 것으로 원심력을 이용한 방법, 로타리식 펌프, 교차식 흐름을 이용한 펌프, 다른 흐름을 이용한 펌프, 또는 다른 타입의 펌프일 수 있다.

[0201] "투과도" - 단위 압력 당 유량, L㎡h/㎪; 때때로 비-유량이라고도 한다.

[0202] "투과물 수집 수단" - 투과물을 수집하기 위한 헤더 바로 밑에 있는 용기.

[0203] "고리 헤더" - 원통형 모양을 가진 헤더.

[0204] "직사각형 다발" - 투과물 수집 수단들이 직사각형 평행 육면체의 구조를 갖는 수직형 다발.

[0205] "다발" - 양쪽 헤더 안에 심어진 다수의 배열을 갖고있으며 원통형 다발 또는 수직형 다발 또는 이 둘 모두일 수 있는 다발의 약어로, 섬유의 길이는 다발의 두 헤더 사이의 수직한 거리에 대해 정해진다. 이 정해진 거리는 헤더의 근처에서의 움직임은 무시할 만한 정도인 것을 제외하고는 기질 안에 놓여졌을 때 섬유의 측면 움직임을 제한한다.

[0206] "다발 섬유" - 원통형 다발을 만드는 섬유들.

[0207] "수직한 섬유" - (i) 실제로 길이가 같은 여러 개의 수직한 섬유들; (ii) 섬유들의 양쪽 말단부가 심어져있고 이들의 끝 부분이 뚫려있도록 만들어진 한 쌍의 헤더; 및 (iii) 섬유의 뚫어진 말단부에서 나온 투과물을 수집하기 위해 헤더의 둘레를 유체가 스며들지 못하도록 밀봉한 투과물 수집 수단들; 을 포함하는 구조적 요소들의 하나로 된 조합물.

[0208] "기질" - 다성분 액체 공급물.

[0209] "미립자 물질" - 미립자 유기물 뿐 아니라 살았거나 죽은 생물학적으로 활성이 있는 미생물, 콜로이드성 분산물, fulvic acid, humvic acid 및 오일 에멀젼과 같은 분자가 큰 유기물 용액을 포함하는 미크론(1 - 약 44㎛) 및 이보다 작은 크기(약 0.1㎛ - 1㎛)의 여과 가능한 물질.

[0210] '제한적으로 움직이는" - 고정되게 떨어져 있는 헤더들에 대해 섬유들의 자유로운 거리에 의해 또 기질의 와류에 의해 결정되는, 정해진 구역 안에서 섬유들이 동요하는 정도.

[0211] "배열들의 더미' - 심어진 뒤 다발이 만들어지도록 조밀하게 충진되는 배열들이 여러 개로 된 줄(raw)들.

[0212] "실제로 동심형으로" - 수직하게 있는 개별적인 섬유들이 중앙의 수직한 축을 중심으로 원의 둘레를 따라 떨어져 있거나, 또는 중심 축을 가운데 두고 방사상으로 바깥쪽으로 뻗어 나가는 것 뿐 아니라 중심축으로부터 나선형을 그리며 반경을 계속 넓혀 나가도록 분포시키는 나선형으로 섬유 층을 가깝게 만드는 것을 가리킨다.

[0213] "멤브레인을 통한 압력차" - 멤브레인이 작동되는 작동 조건 하에서 멤브레인의 벽면을 통과하는 압력 차.

[0214] "지지되지 않은" - 헤더들의 사이를 띠어 놓기 위한 수단은 제외한, 다른 것으로 지지되지 않은.

[0215] "감압식 펌프" - 최소한 75㎝ Hg 의 흡입력을 발생시킬 수 있는.

[0216] "제한 구역"(또는 "기포 구역") - 섬유의 바깥 표면을 따라 기포가 상승하는 구역. 이 기포 구역은 다발의 기저부 근처에서 만들어지는 수직 상승하는 기포들의 하나 이상의 기둥에 의해 결정된다.

산업이용 가능성

[0217] 본 발명은 오수 처리에 관한 기술분야에 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0218] 본 발명의 바람직한 구체예에 관한 도식적인 예시가 부록된 다음의 상세한 설명을 참고로 하면 본 발명의 앞서와 같은 목적 및 또 다른 목적, 장점들을 가장 잘 이해 할 수 있을 것이며 도면에서의 동일한 인용 번호는 동일한 요소를 가르키는 것이다.

[0219] 제 1 도는 동일한 양의 공기를 사용하는 동일한 멤브레인 및 동일한 멤브레인 표면적을 이용하여 각각의 경우 세 개의 다른 배열로 만들어진 세 번의 실행에 대해 세 개의 커브를 나타내는, 시간의 함수로서의 유량의 변화를 플롯팅 한 그래프이다. Yamamoto 와 그의 동료들의 결과는 커브(2)로(이후에 설명될 바와 같이 사용된 실험방법에 대해 의심스러운 점을 유리하게 해석하도록 변형된 조건 하에서) ; '424호 특허의 가스로 세정되는 어셈블리를 이용해 얻은 유량은 커브(1) 로 나타내고 ; 본 발명의 가스로 세정되는 어셈블리를 이용해 얻은 유량은 커브(3) 으로 나타냈다.

[0220] 제 2 도는 헤더의 중간에 있으며 서로에 대해 지지되지 않고 접촉되지 않으며 장치를 작동하는 동안 보여지는 말단부가 하부 헤더에 심어져 있는 다발 섬유와 투과물 수집용 팬 및 투과물을 빼내는 도관으로 구성된 멤브레인 장치를 도식적으로 예시하는 분해 투시도이다.

[0221] 제 2A 도는 팬의 둘레 위에 헤더가 보유되는 계단부의 프로파일을 나타내는 수집용 팬의 벽면을 확대하여 자세히 본 측면도이다.

[0222] 제 2B 도는 섬유들을 줄로 쌓고 이를 심기 전에 서로 접착시켜 이후에 이를 심고난 후에 헤더의 후면으로부터 돌출된 뚫려있는 말단부의 무질서한 패턴을 나타내는 헤더의 바닥면에서 본 그림이다.

[0223] 제 3 도는 동일한 평면상에 수평하게 배치시킨 일렬의 섬유들을 이들의 말단부 근처에 일정 거리를 두고 떨어져 있는 두 장의 카드를 부착시킨 하나의 배열을 도식적으로 예시한 투시도이다.

[0224] 제 4 도는 각 배열의 개별적인 섬유들(각 선형 배열의 마지막 섬유만이 보여지며, 배열 안에 있는 나머지 섬유들은 마지막 섬유에 가려져 보이지 않는다)을 섬유에 접착시킨 스트립의 두께만큼 떨어져 있으며 이렇게 쌓은 더미를 고정용 용액 안에 수직하게 세워 놓은 배열 더미의 측면도이다.

[0225] 제 5 도는 다발 섬유의 바깥 모서리를 따라 헤더 안에 심어진 하나로 된 공기 분산 다기관을 공급하는 두 개의 공기 - 튜브,투과물 수집용 팬 및 일체형의 완성된 헤더를 가지고 있는 다발을 도식적으로 예시한 투시도이다.

[0226] 제 6 도는 헤더의 벽면은 용기의 바닥에 놓여있고 하나로 된 공기 분산 다기관을 공급하는 여러 개의 공기 -튜브가 다발 섬유의 각 바깥쪽 모서리를 따라 헤더 안에 고정되어 있는, 기질에 잠겨있는 투과물 팬의 세부도를 나타내는 일체형의 완성된 헤더의 입면도이다.

[0227] 제 7A 도는 수직한 공기 튜브가 올라오는 공기 - 다기관을 도식적으로 예시하는 투시도이다.

[0228] 제 7B 도는 양쪽 말단부에 의해 지지되는 횡방향의 구멍 뚫린 부분을 갖고있는 관형의 공기-다기관을 도식적으로 예시한 투시도이다.

[0229] 제 8 도는 외각 다발의 바깥쪽 둘레를 따라, 또 인접한 다발들 사이에 있는 헤더를 통해 수직하게 솟아오른 공기 - 튜브를 가지고 있는 하나로 된 투과물 수집 수단 안에 성형된 동일한 헤더 안에 심어진 여러개 의 다발들을 가지고있는 일체형의 완성된 헤더의 투시도이다.

[0230] 제 9 도는 헤더 안에 있는 배열들 사이에, 또 임의에 따라서는 하부 헤더의 측면을 따라서 가스를 배출하는 가스 분산 수단을 예시적으로 보여주는 비례하지 않는 세부도이다.

[0231] 제 10 도는 탱크의 수직한 벽면 위에 상부 헤더의 말단부가 장착되어 있는, 뱅크 내에 있는 한 쌍의 다발을 도식적으로 예시한 투시도이다. 이 다발에는 기질 내에 배치되는 "가스-세정용 어셈블리"를 형성하는 가스-분산 수단과 기질 안에서 수직하게 부유되는 섬유들을 가지고 있다. 하부 헤더들 사이에(및 임의에 따라서는 다발 섬유의 바깥면에) 가스-분산 수단을 배치시키면 섬유와 같은 방향으로 수직 하에 상승하는 기포 덩어리(또는 "기둥")를 발생시킨다.

[0232] 제 11 도는 다수의 다발들이 뱅크 내에서 연이은 다발들 사이에 위치한 가스-분산 수단들과, 또 임의에 따라서 마지막 다발들의 앞면과 후면에 각각 또 다른 가스-분산 수단들과 연결되어 있는 한 쌍의 다발(한 쌍만이 보

임)을 보이는 세정용 어셈블리의 또 다른 구체예의 투시도이다.

[0233] 제 12 도는 편의상 모든 파이프 연결은 액체의 바깥에 있는, 생물 반응기의 벽면에 장착된 다발의 뱅크를 도식적으로 예시하는 입면도이다.

[0234] 제 13 도는 정화 구역이 배플의 도움으로 중심 부분 안에 형성되는 반면 큰 투과 구역을 형성하기 위해 생물 반응기의 둘레 주위에 여러 개의 다발의 뱅크를 위치시키는 방법을 보여주는 제 12 도에 나타난 생물 반응기의 평면도이다.

[0235] 제 14 도는 가스켓이 없이 엔드 캡의 벽면에 둘레가 밀봉되어있는 완성된 헤더 안에 섬유의 배열을 직접 심는, 상부 및 하부 엔드 캡 일체형 헤더를 갖고있는 원통형 다발을 도식적으로 예시한 단면도이다.

[0236] 제 14A 도는 섬유의 패턴이 나선형인 일체형 헤더를 만들기 위해 롤의 말단부를 고리 안에 심기 전에 섬유-고정 폼 안에 롤로서 유지되는 심어진 배열의 바닥부에서 본 그림이다.

[0237] 제 14B 도는 말단부가 딱딱한 원통형 고리 안에 고정되어 있고 배열이 이전의 고리를 넘어 나간 연이은 고리 배열에 의해 감싸지기 때문에 "고리 배열"이라고 부르는, 심어진 일련의 원통형 배열을 바닥부에서 본 그림이다. 이렇게 포개진 고리들은 수지로 고정되는 고리 안에 심어진다.

[0238] 제 14C 도는 더미가 고리 안에 심어지기 전에 현과 같은(즉, 수지로 고정되는 고리 안에 연속한 현과 같이) 쌓아 지도록 각각의 너비가 선택된, 일련의 평면 배열을 바닥에서 본 그림이다.

[0239] 제 15 도는 투과물을 상부 헤더에서만 빼낸다는 것을 제외하고는 제 14 도에서와 같은 원통형 다발과 엔드 캡 일체형 헤더를 도식적으로 예시하는 단면도이다.

[0240] 제 15A 도는 중심의 공기 - 튜브와 살포용 가지를 갖고있는 십자 모양의 살포기의 투시도이다.

[0241] 제 16 도는 고리 헤더가 먼저 만들어진 원통형 다발을 도식적으로 예시한 측면도이다. 이후에 고리 헤더를 엔드 캡에 밀봉시킨다. 투과물 튜브 이외에도, 딱딱한 공기 공급 튜브를 상부 엔드 캡과 상부 헤더를 통해 다발의 중심으로 삽입하고, 공기 공급 튜브의 하부를 하부 헤더의 안에 고정시키고 그럼으로써 간격을 띠우는 수단으로서의 역할을 하는 동시에 상부 엔드 캡의 지지체로서의 역할을 하기도 한다.

[0242] 제 17 도는 투과물 튜브가 공기 공급 튜브의 중심에 배치되고 이 둘의 아래쪽 말단부가 하부 헤더 안에 심어진 또 다른 다발의 구체예를 예시한다. 공기 공급 튜브의 하부에 있는 포트는 다발 섬유의 기저부 근처에 공기를 제공한다.

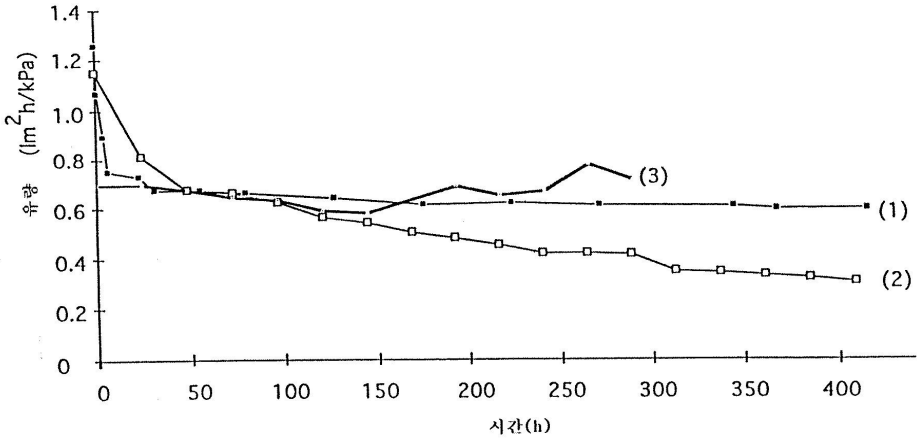
[0243] 제 18 도는 배치를 달리한 세 다발의 24 시간에 걸친 평균 유량을 나타내는 막대 그래프이다.

[0244] 제 19 도는 내부 및 외부 폭기를 시킨 동일한 다발에 대해 유량이 평균값에 도달할 때까지의 시간에 대한 유량을 플롯팅한 그래프이다.

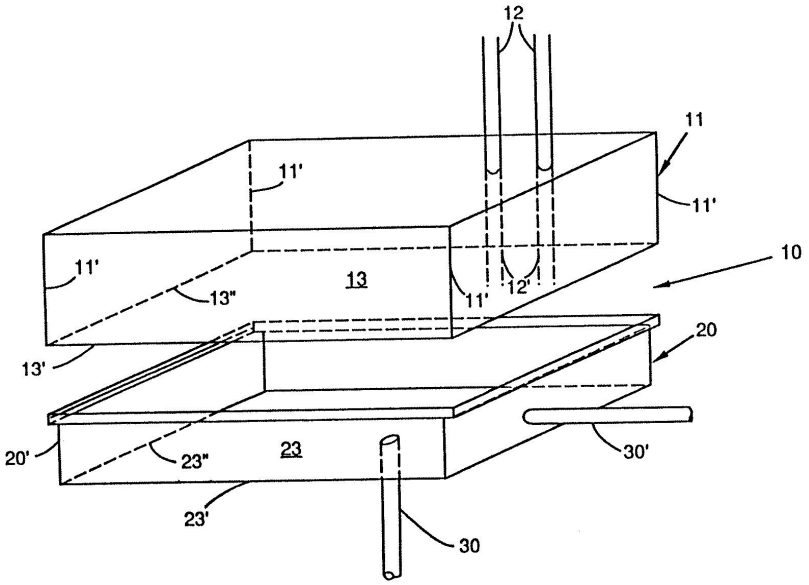
[0245] 제 20 도는 섬유가 하나는 팽팽하고 다른 하나는 느슨하다는 것을 제외하고는 동일한 표면적을 갖는 다발에 대해 유량이 평형값에 도달할 때까지의 시간에 대한 함수로서 유량을 플롯팅한 그래프이다.

도면

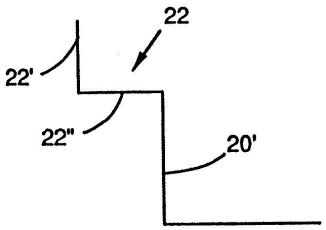
도면1



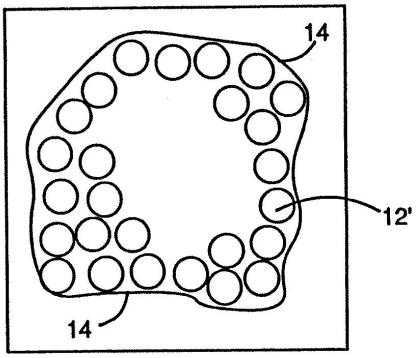
도면2



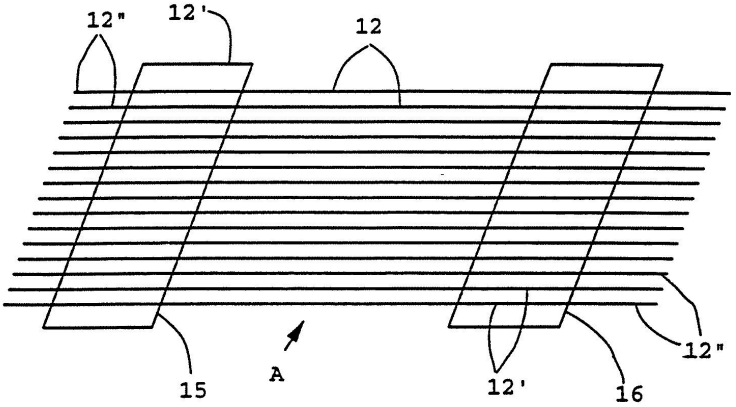
도면2a



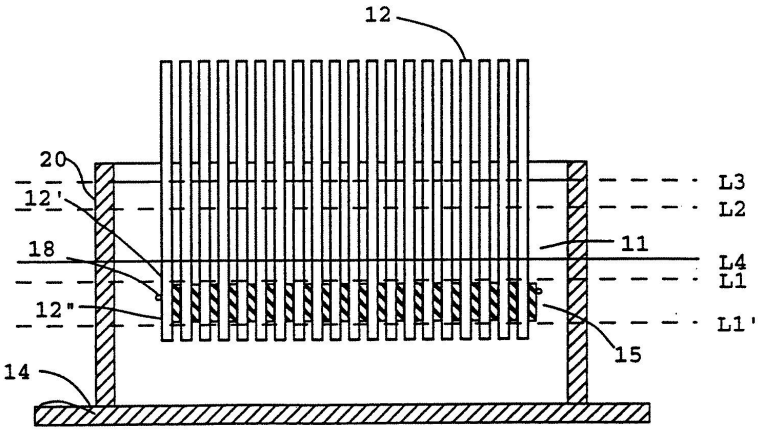
도면2b



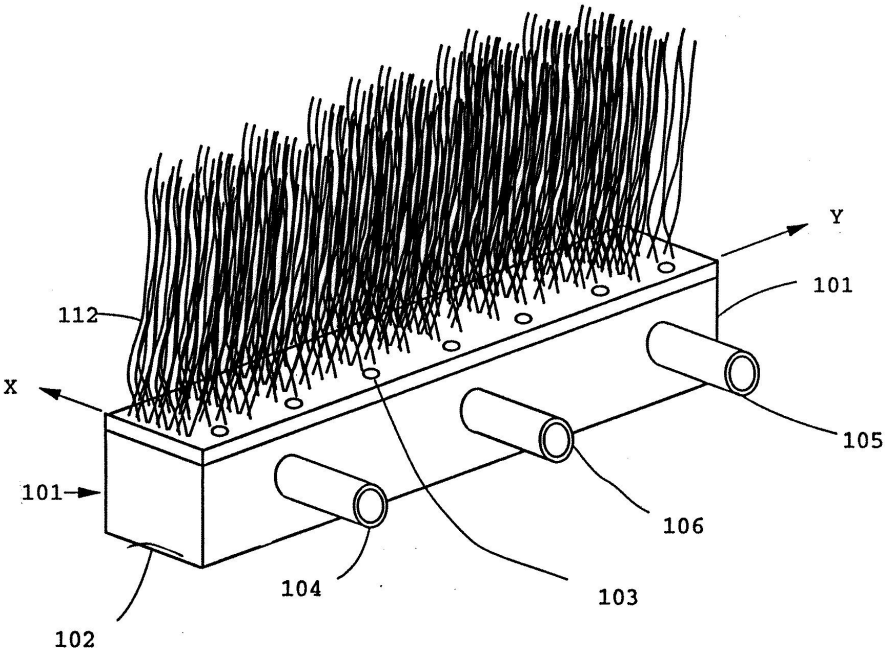
도면3



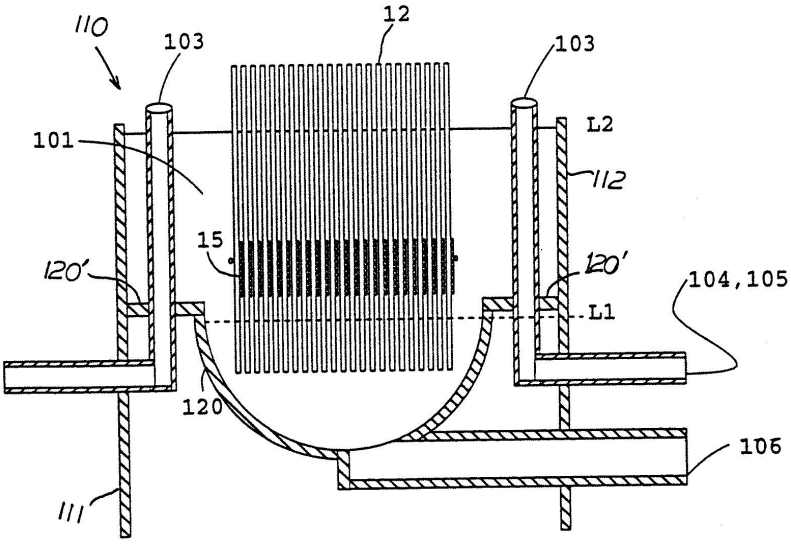
도면4



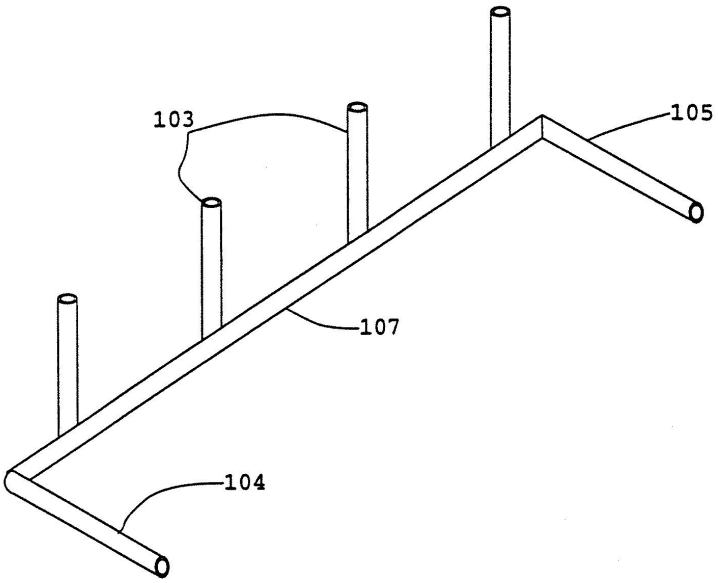
도면5


Y
101
112
X
105
101
106
104
103
102

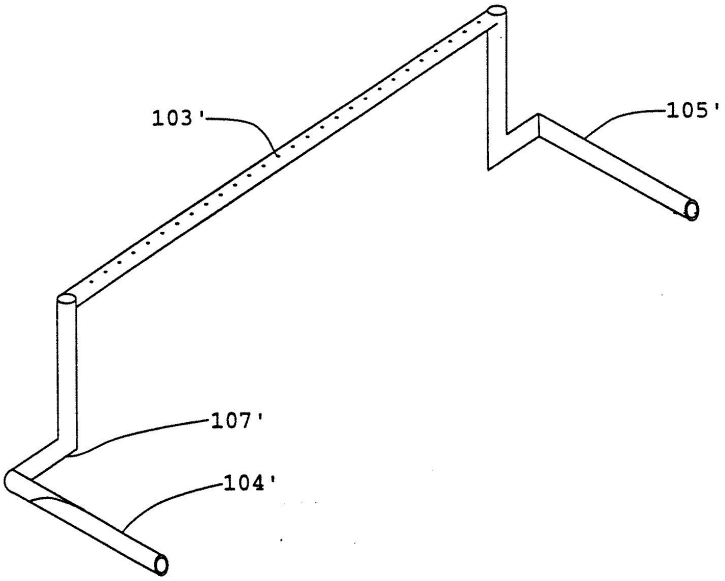
도면6


110
103
12
103
101
L2
112
15
120'
120'
104,105
L1
120
106
111

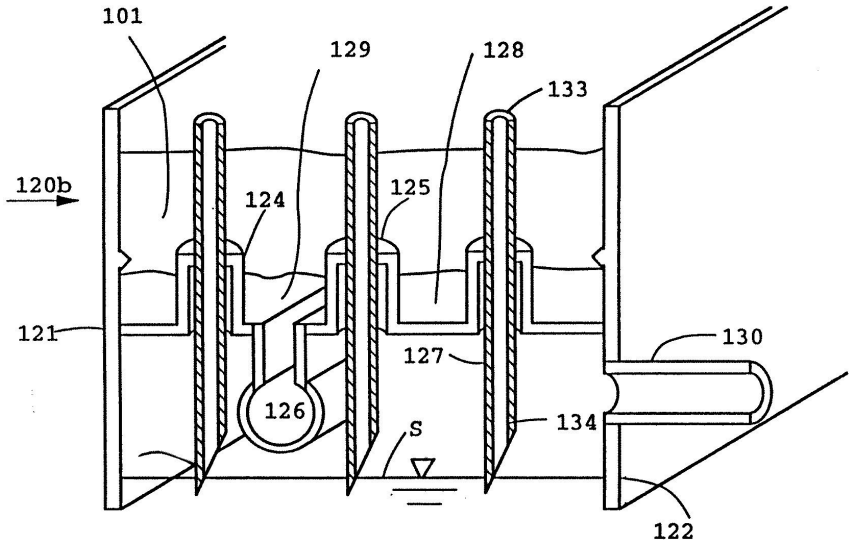
도면7a



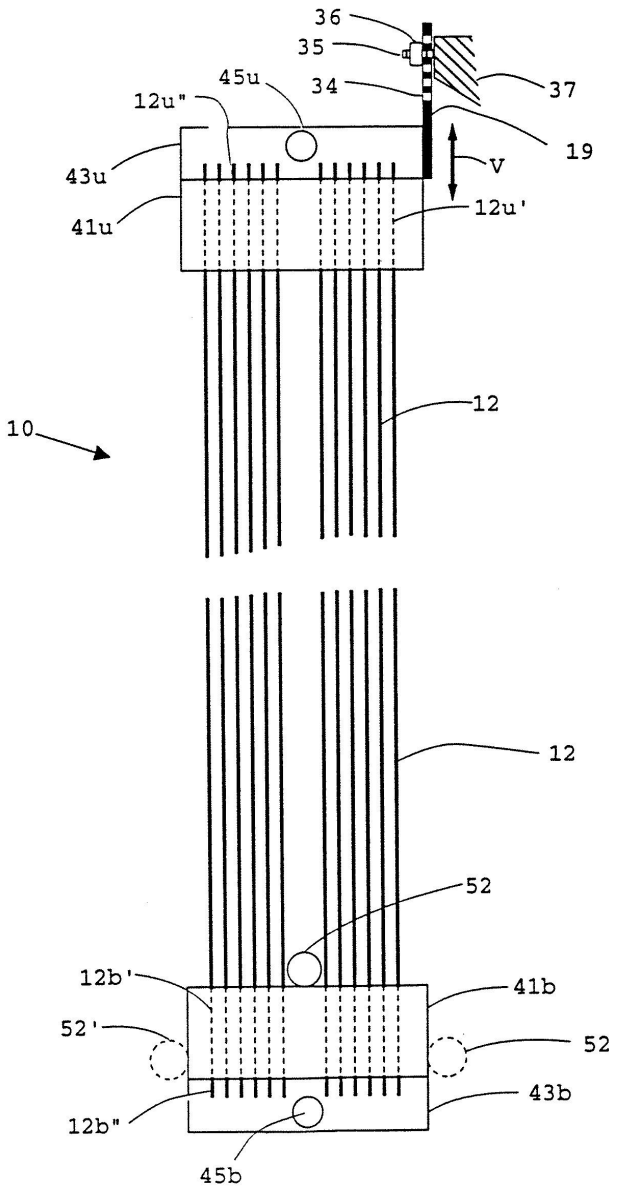
도면7b



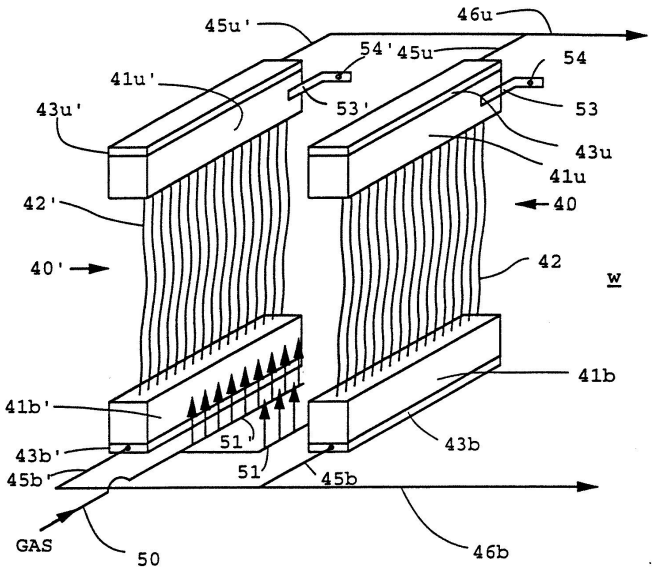
도면8



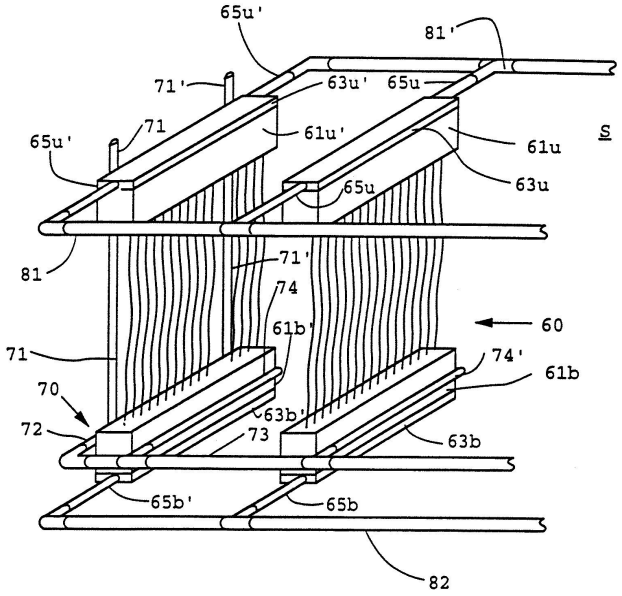
도면9


36
35
45u
34
37
12u"
19
V
43u
12u'
41u
12
10
12
52
12b'
41b
52'
52
43b
12b"
45b

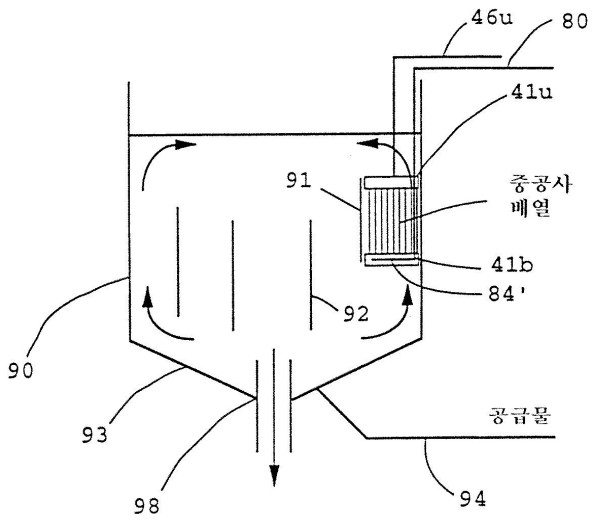
도면10


45u'
46u
54'
45u
54
41u'
53'
53
43u'
43u
41u
42'
40
40'
42
W
41b
41b'
51'
43b'
43b
45b'
51
45b
GAS
50
46b

도면11

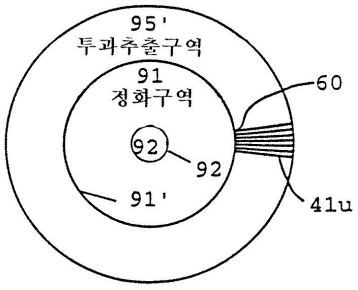

65u'
81'
71'
63u'
65u
71
61u'
61u
S
65u'
63u
65u
81
71'
74
61b'
60
71
74'
61b
70
63b'
72
73
63b
65b'
65b
82

도면12

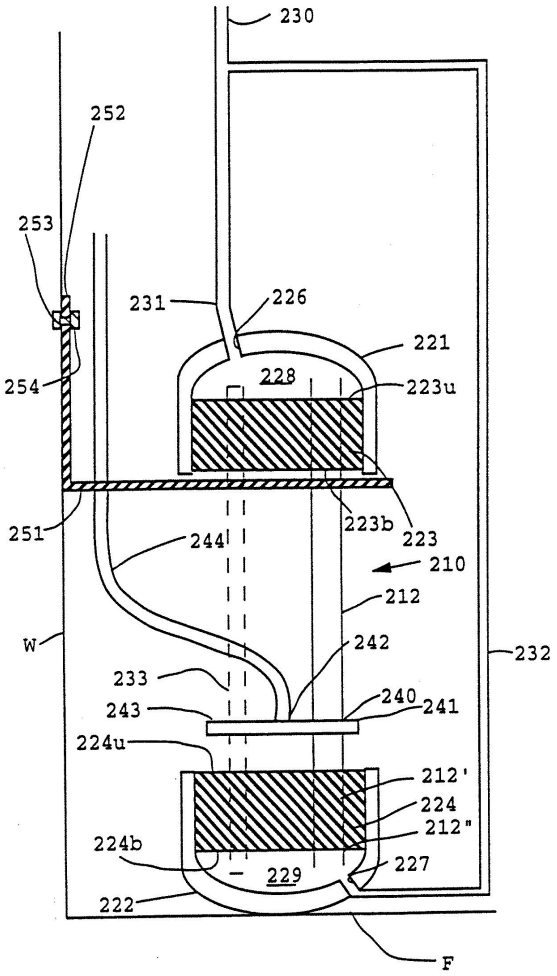


슬러지 제거

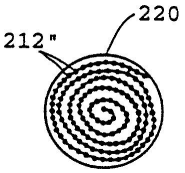
도면13



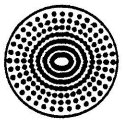
도면14



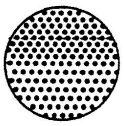
도면14a



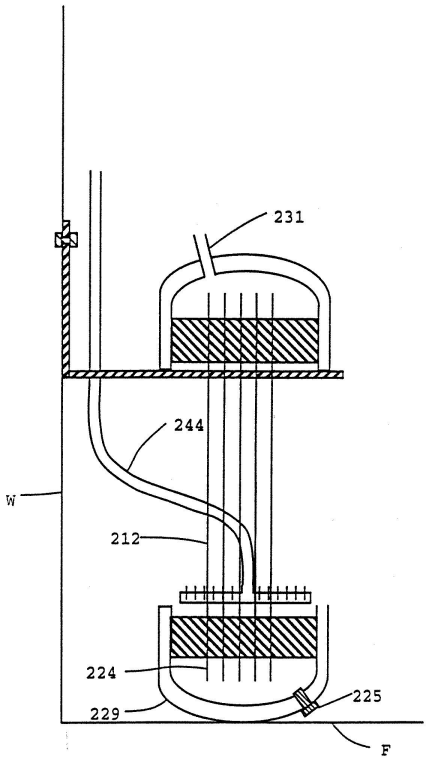
도면14b



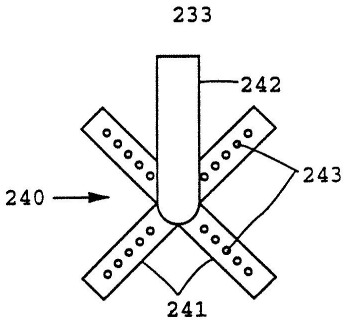
도면14c



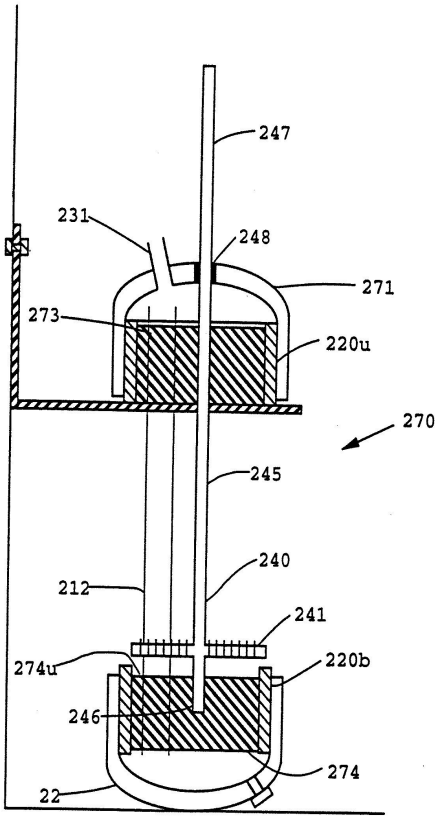
도면15



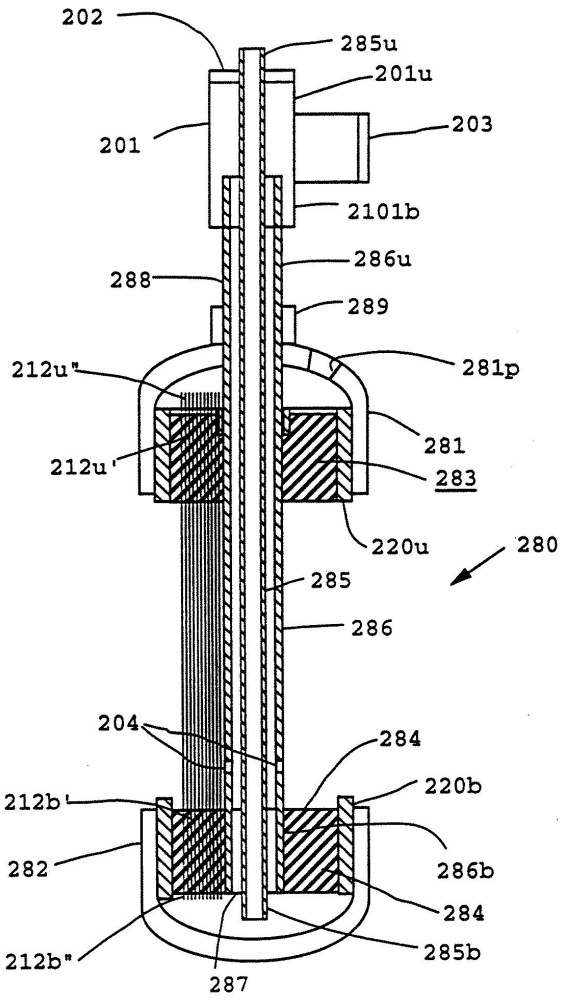
도면15a



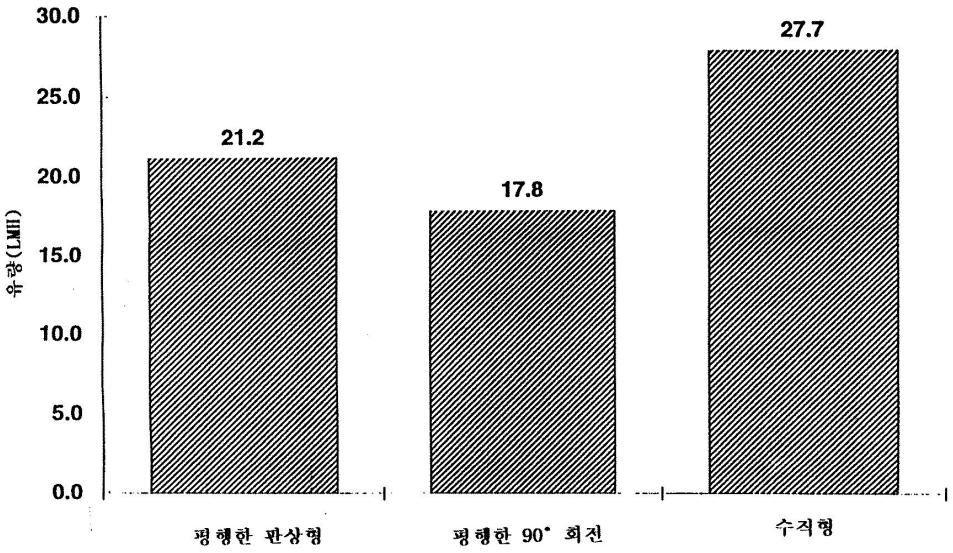
도면16


247
231
248
271
273
220u
270
245
240
212
241
274u
220b
246
274
22

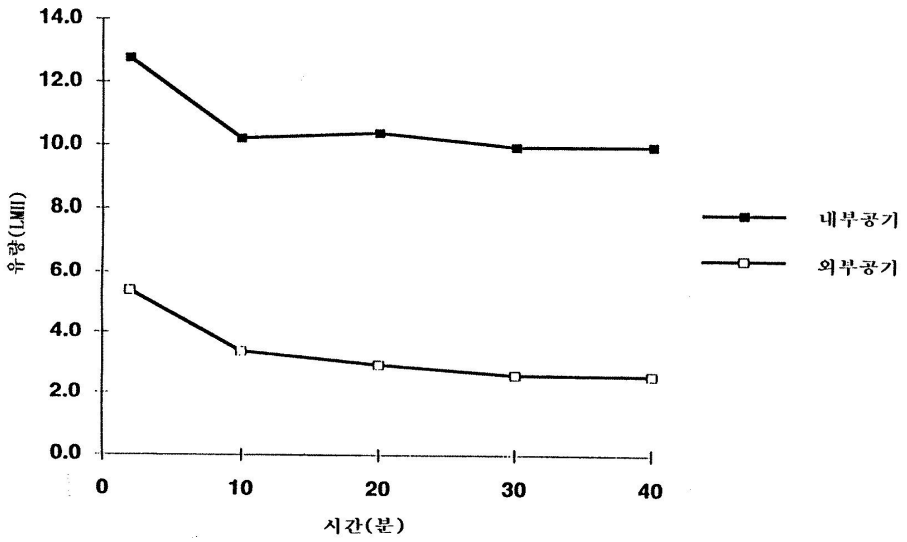
도면17


202
285u
201u
203
201
2101b
286u
288
289
281p
212u"
281
212u'
283
220u
280
285
286
204
284
220b
212b'
286b
282
284
285b
212b"
287

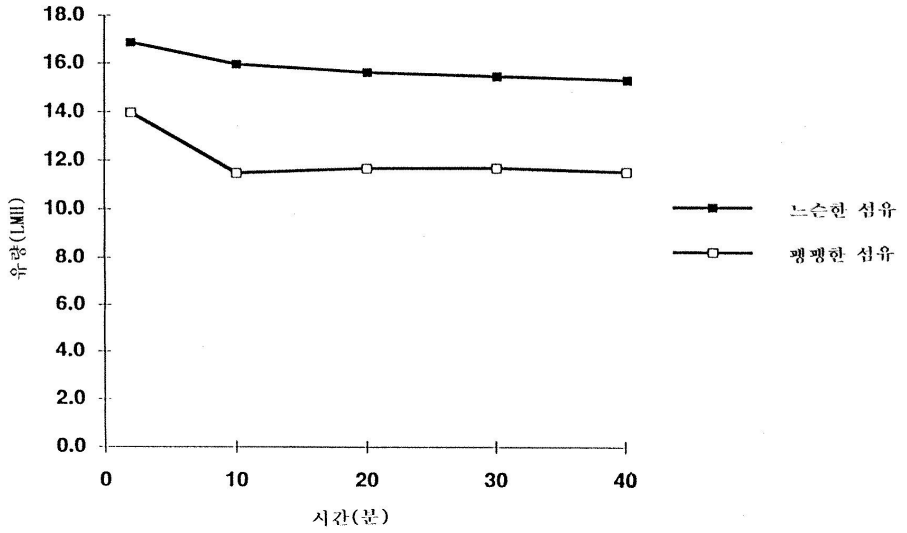
도면18


30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
유량(LMH)
21.2
17.8
27.7
평행한 판상형
평행한 90° 회전
수직형

도면19


14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
유량(LMH)
0
10
20
30
40
시간(분)
내부공기
외부공기

도면20


18.0
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
유량(LMH)
0
10
20
30
40
시간(분)
느슨한 섬유
팽팽한 섬유