



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년04월08일  
(11) 등록번호 10-1510216  
(24) 등록일자 2015년04월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B01D 63/06 (2006.01) B01D 61/02 (2006.01)  
B01D 63/02 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2013-0062408  
(22) 출원일자 2013년05월31일  
심사청구일자 2013년05월31일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2012529984 A\*  
KR101184652 B1\*  
JP09141062 A\*  
KR1020120105870 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
한국기계연구원  
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)  
(72) 발명자  
김영  
대전광역시 유성구 배울1로 147 206-504  
이공훈  
대전 유성구 엑스포로 448, 306동 502호 (전민동,  
엑스포아파트)  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
조영현, 나승택

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 김상준

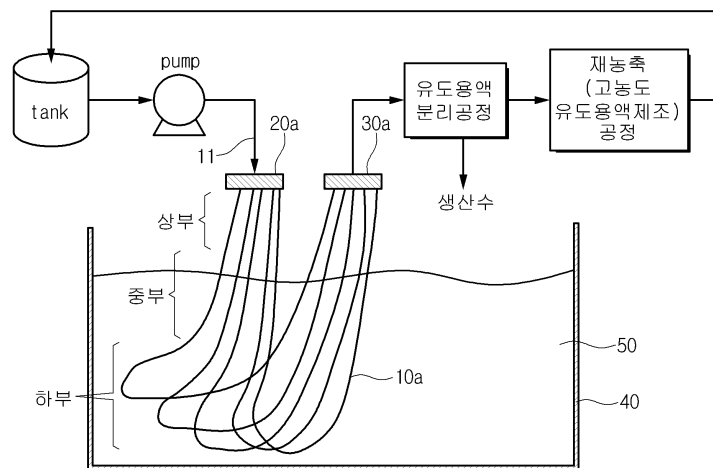
(54) 발명의 명칭 막모듈 및 이를 이용한 수분분리방법

(57) 요약

본 발명은 막모듈 및 이를 이용한 수분분리방법에 관한 것으로서, 튜브형태인 적어도 하나의 멤브레인; 및 유도용액을 상기 멤브레인 내부로 유입시키는 유입부;를 포함하여 이루어지며, 상기 멤브레인은 중력반대방향을 기준으로 하부, 중부 및 상부 순으로 구분되고, 상기 하부는 굽은 형상이며, 상기 유도용액은 상기 멤브레인 외표면에 접촉하는 용액보다 농도가 높은 것을 특징으로 한다.

본 발명에 따르면, 종래와 달리, 슬러지나 폐수에 적용할 수 있는 막모듈로써, 멤브레인 하부가 굽은 형태 및 방사형 배치로 인하여, 표면적을 현저히 넓혀 폐수 등에 담가놓는 것만으로도 우수한 탈수효과를 구현할 수 있는 장점이 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

**오동욱**

대전 유성구 반석서로 109, 705동 1903호 (반석동,  
반석마을7단지아파트)

**김유창**

대전 서구 청사로 70, 108동 702호 (월평동, 누리  
아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 M03730

부처명 지식경제부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 지경부-국가연구개발사업(III)

연구과제명 정삼투식 담수 공정기술 개발 (2단계 1/2)

기여율 1/1

주관기관 한국기계연구원

연구기간 2012.10.01 ~ 2013.09.30

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

튜브형태인 적어도 하나의 멤브레인; 및  
유도용액을 상기 멤브레인 내부로 유입시키는 유입부;를 포함하여 이루어지며,  
상기 멤브레인은 중력반대방향을 기준으로 하부, 중부 및 상부 순으로 구분되고, 상기 하부는 굽은 형상이며,  
상기 멤브레인의 내부 직경은 상부에서 하부로 갈수록 좁아지는 것을 특징으로 하는 막모듈

#### 청구항 2

제 1항에 있어서,  
상기 멤브레인은 플렉서블한 재질로 이루어진 것을 특징으로 하는 막모듈

#### 청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서,  
상기 유도용액은 상기 멤브레인 외표면에 접촉하는 용액보다 농도가 높은 것을 특징으로 하는 막모듈

#### 청구항 4

제 1항 또는 제 2항에 있어서,  
상기 멤브레인 외부와 상기 유도용액간의 농도차에 의해 상기 멤브레인 내부로 유입된 물을 포함하는 혼합용액을 배출시키는 배출부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 막모듈

#### 청구항 5

제 4항에 있어서,  
상기 멤브레인과 상기 유입부가 연결되는 상기 멤브레인의 초단과 상기 멤브레인과 상기 배출부가 연결되는 상기 멤브레인의 말단이 모두 상기 멤브레인의 상부에 위치하는 것을 특징으로 하는 막모듈

#### 청구항 6

제 4항에 있어서,  
상기 멤브레인과 상기 유입부가 연결되는 상기 멤브레인의 초단은 상기 멤브레인의 하부에 위치하며, 상기 멤브레인과 상기 배출부가 연결되는 상기 멤브레인의 말단은 상기 멤브레인의 상부에 위치하는 것을 특징으로 하는 막모듈

#### 청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 멤브레인이 다수인 경우, 상기 멤브레인은 상기 유입부를 중심으로 방사형태로 배열되는 것을 특징으로 하는 막모듈

**청구항 8**

제 1항에 있어서,

상기 멤브레인의 최대 내부직경은 상기 멤브레인의 최소 내부직경 대비 1.5 내지 3.5배인 것을 특징으로 하는 막모듈

**청구항 9**

튜브형태인 적어도 하나의 멤브레인의 적어도 하부를 수용액에 침지시키는 침지단계;

상기 수용액보다 농도가 높은 유도용액을 상기 멤브레인 내부에 유입시키는 유입단계;

상기 수용액과 상기 유도용액간의 농도차에 의하여, 상기 수용액에 포함된 물 중 적어도 일부가 상기 멤브레인 내부의 상기 유도용액으로 이동하여, 혼합용액을 생성하는 정삼투단계; 및

상기 혼합용액에서 상기 유도용액을 분리하여, 상기 물을 회수하는 유도용액 분리단계;를 포함하여 이루어지며, 상기 멤브레인은 하부가 굽은 형상이며, 상기 멤브레인의 내부 직경은 상부에서 하부로 갈수록 좁아지는 것을 특징으로 하는 막모듈을 이용한 정삼투 수분분리방법

**청구항 10**

제 9항에 있어서,

상기 멤브레인은 플렉서블한 재질로 이루어지는 것을 특징으로 하는 막모듈을 이용한 정삼투 수분분리방법

**청구항 11**

제 9항 또는 제 10항에 있어서,

상기 수용액은 폐수, 슬러지 또는 오수 중 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 막모듈을 이용한 정삼투 수분분리방법

**청구항 12**

제 9항 또는 제 10항에 있어서,

상기 분리단계에서 회수된 유도용액을 상기 유입단계의 유도용액으로 재활용하는 것을 특징으로 하는 막모듈을 이용한 정삼투 수분분리방법

**청구항 13**

삭제

**발명의 설명**

**기술분야**

본 발명은 막모듈 및 이를 이용한 수분분리방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 폐수 등의 수분분리를 효율적으로 수행할 수 있도록 막모듈을 설계함으로써, 고농도 폐수를 손상없이 처리할 수 있을 뿐만 아니라, 표면적을 높여 우수한 탈수효과를 구현할 수 있으며, 정삼투에서 발생하는 농도분극현상을 방지 및 에너지효율까지 극대화시킬 수 있는 막모듈 및 이를 이용한 수분분리방법에 관한 것이다.

[0001]

**배경 기술**

- [0002] 현재, 슬러지나 폐수에서의 농축 및 수분분리는 원심식 분리 등의 방법으로 이루어지고 있으나, 이는 에너지소모가 많은 단점이 있다.
- [0003] 이에 대한 대안으로써, 역삼투법은 삼투압이 25bar 정도인 해수에는 적용 가능하나, 농도가 높은 고농도 염 용액의 경우, 삼투압을 이기는 만큼의 압력을 가하기 어려운 반면, 정삼투법은 삼투압 차이를 이용하여 염을 포함한 용액으로부터 고농도 유도용액으로 물을 이동시킨 후, 유도용액을 처리하여 담수를 생산하는 방법으로, 하수 슬러지나 고농도 폐수처리에도 적용가능한 장점을 가진다.
- [0004] 하지만, 이런 장점에도 불구하고, 고농도 폐수에는 막에 손상을 주는 물질이 포함된 경우가 매우 많으므로, 막 모듈의 설계가 중요하다.
- [0005] 따라서, 폐수나 오수에 막모듈을 적용하기 위해서는, 효율적으로 막모듈을 디자인함으로써, 탈수효과뿐만 아니라, 정삼투에서 발생하는 농도분극현상을 방지하고, 에너지효율을 높일 수 있는 방법에 대한 연구개발이 요구된다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0006] 본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 종래와 달리, 슬러지나 폐수에 적용할 수 있는 막모듈로써, 멤브레인 하부가 굽은 형태 및 방사형 배치로 인하여, 표면적을 현저히 넓혀 폐수 등에 담가놓는 것만으로도 우수한 탈수효과를 구현할 수 있는 막모듈 및 이를 이용한 수분분리방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0007] 또한, 슬러지, 폐수 등을 처리할 수 있도록 막모듈을 설계함으로써, 고농도 폐수를 손상없이 처리하는 것을 목적으로 한다.
- [0008] 또한, 막모듈을 플렉서블한 재질로 구성함으로써, 유연성을 부여하여, 정삼투에서 물의 확산을 저해하는 농도분극현상을 방지하는 것을 목적으로 한다.
- [0009] 뿐만 아니라, 종래와 달리, 튜브형태의 멤브레인 내부 직경을 효과적으로 조절함으로써, 침투유량에 의한 튜브 내부 유량 변화에 따른 압력변화를 조절할 수 있으며, 이에 따라, 튜브 내부의 수위 차이(싸이펀의 원리) 및 모세관현상을 이용하여, 펌프 소요동력을 감소시킬 수 있어, 에너지효율을 현저히 향상시키는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0010] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 막모듈은, 튜브형태인 적어도 하나의 멤브레인; 및 유도용액을 상기 멤브레인 내부로 유입시키는 유입부;를 포함하여 이루어지며, 상기 멤브레인은 중력반대방향을 기준으로 하부, 중부 및 상부 순으로 구분되고, 상기 하부는 굽은 형상이며, 상기 유도용액은 상기 멤브레인 외표면에 접촉하는 용액보다 농도가 높은 것을 특징으로 한다.
- [0011] 상기 멤브레인은 플렉서블한 재질로 이루어진 것을 특징으로 하며, 상기 멤브레인의 내부 직경은 상부에서 하부로 갈수록 좁아지는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 또한, 상기 멤브레인 외부와 상기 유도용액간의 농도차에 의해 상기 멤브레인 내부로 유입된 물을 포함하는 혼합용액을 배출시키는 배출부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하며, 상기 멤브레인과 상기 유입부가 연결되는 상기 멤브레인의 초단과 상기 멤브레인과 상기 배출부가 연결되는 상기 멤브레인의 말단이 모두 상기 멤브레인의 상부에 위치하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 또한, 상기 멤브레인과 상기 유입부가 연결되는 상기 멤브레인의 초단은 상기 멤브레인의 하부에 위치하며, 상기 멤브레인과 상기 배출부가 연결되는 상기 멤브레인의 말단은 상기 멤브레인의 상부에 위치하는 것을 특징으로 하며, 상기 멤브레인이 다수인 경우, 상기 멤브레인은 상기 유입부를 중심으로 방사형태로 배열되는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 상기 멤브레인의 최대 내부직경은 상기 멤브레인의 최소 내부직경 대비 1.5 내지 3.5배인 것을 특징으로 한다.
- [0015] 또한, 본 발명에 따른 막모듈을 이용한 정삼투 수분분리방법은, 튜브형태인 적어도 하나의 멤브레인의 적어도

하부를 수용액에 침지시키는 침지단계; 상기 수용액보다 농도가 높은 유도용액을 상기 멤브레인 내부에 유입시키는 유입단계; 상기 수용액과 상기 유도용액간의 농도차에 의하여, 상기 수용액에 포함된 물 중 적어도 일부가 상기 멤브레인 내부의 상기 유도용액으로 이동하여, 혼합용액을 생성하는 정삼투단계; 및 상기 혼합용액에서 상기 유도용액을 분리하여, 상기 물을 회수하는 유도용액 분리단계;를 포함하여 이루어지며, 상기 침지단계에서, 상기 멤브레인은 하부가 굽은 형상인 것을 특징으로 한다.

[0016] 상기 침지단계에서, 상기 멤브레인은 플렉서블한 재질로 이루어지며, 상기 멤브레인의 내부 직경은 상부에서 하부로 갈수록 좁아지는 것을 특징으로 하며, 상기 침지단계에서, 상기 수용액은 폐수, 슬러지 또는 오수 중 적어도 하나인 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 상기 분리단계에서 회수된 유도용액을 상기 유입단계의 유도용액으로 재활용하는 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

[0018] 본 발명의 막모듈 및 이를 이용한 수분분리방법에 따르면, 종래와 달리, 슬러지나 폐수에 적용할 수 있는 막모듈로써, 멤브레인 하부가 굽은 형태 및 방사형 배치로 인하여, 표면적을 현저히 넓혀 폐수 등에 담가놓는 것만으로도 우수한 탈수효과를 구현할 수 있는 장점이 있다.

[0019] 또한, 슬러지, 폐수 등을 처리할 수 있도록 막모듈을 설계함으로써, 고농도 폐수를 손상없이 처리할 수 있으며, 막모듈을 플렉서블한 재질로 구성함으로써, 유연성을 부여하여, 정삼투에서 물의 확산을 저해하는 농도분극현상을 방지할 수 있는 장점이 있다.

[0020] 뿐만 아니라, 종래와 달리, 튜브형태의 멤브레인 내부 직경을 효과적으로 조절함으로써, 침투유량에 의한 튜브 내부 유량 변화에 따른 압력변화를 조절할 수 있으며, 이에 따라, 튜브 내부의 수위 차이(싸이펀의 원리) 및 모세관현상을 이용하여, 펌프 소요동력을 감소시킬 수 있어, 에너지효율을 현저히 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0021] 도 1은 본 발명의 막모듈의 제1실시예를 나타낸 정면도

도 2는 본 발명의 막모듈의 제2실시예를 나타낸 정면도

도 3은 본 발명의 막모듈을 이용한 정삼투 수분분리방법을 순차적으로 나타낸 순서도

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0022] 이하, 본 발명에 의한 막모듈 및 이를 이용한 수분분리방법에 대하여 본 발명의 바람직한 하나의 실시형태를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 본 발명은 하기의 실시예에 의하여 보다 더 잘 이해될 수 있으며, 하기의 실시예는 본 발명의 예시목적만을 위한 것이고, 첨부된 특허청구범위에 의하여 한정되는 보호범위를 제한하고자 하는 것은 아니다.

[0023] 먼저, 도 1 및 도 2에 나타난 바와 같이, 본 발명의 막모듈은, 멤브레인(10a, 10b), 유입부(20a, 20b) 및 배출부(30a, 30b)로 구성되는 것으로 특징으로 한다.

[0024] 여기서, 멤브레인(10a, 10b)은 튜브형태이며, 적어도 하나인 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 다수개의 멤브레인으로 구성되는 것이 바람직하며, 가장 바람직하게는 4 내지 12개의 멤브레인으로 구성되는 것이 효율을 극대화시키기 위해 효과적이다.

[0025] 상기 멤브레인(10a, 10b)은 도 1 및 도 2에 나타난 바와 같이, 중력반대방향을 기준으로 하부, 중부 및 상부 순으로 구분되며, 멤브레인(10a, 10b)의 하부는 굽은 형상인 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는, 중력방향에 대하여 40도 내지 90도, 가장 바람직하게는 60도 내지 85도 굽은 것이 효과적이다. 이는 탈수효과를 향상시키고, 에너지 소비를 최소화하면서 유도용액의 흐름을 효과적으로 유도하기 위함이다.

[0026] 또한, 멤브레인(10a, 10b)은 정삼투에 사용되는 것은 어느 것이든 무방하나, 플렉서블한 재질인 것이 바람직하다. 이는 멤브레인(10a, 10b)에 유연성을 부여하여, 멤브레인(10a, 10b) 내외부의 유체흐름에 따라, 멤브레인(10a, 10b) 자체가 움직일 수 있어, 정삼투에서, 삼투막을 중심으로, 농도차(삼투압차)에 의해 저농도에서 고농도 쪽으로 물이 이동함으로써 인해, 삼투막 가까이에서 용질의 축적(저농도축) 및 회석(고농도축)이 일어나 삼투압 차이에 의한 구동효과를 감소시키는 농도분극현상을 방지할 수 있다. 뿐만 아니라, 하수/폐수조 내부의 혼합효과도 있다.

- [0027] 추가적으로, 멤브레인(10a, 10b)에 초음파를 가하는 것이 더 바람직하다. 이는 농도분극현상을 보다 효과적으로 방지하기 위함이다.
- [0028] 멤브레인(10a, 10b)의 내부 직경은 상부에서 하부로 갈수록 좁아지는 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는, 멤브레인(10a, 10b)의 최대 직경이 최소 직경 대비 1.5 내지 3.5배, 가장 바람직하게는 2 내지 3배인 것이 효과적이다. 이는 튜브 내부의 수위 차이(사이펀의 원리) 및 모세관현상을 이용하여, 펌프 소요동력을 감소시킬 수 있어, 에너지효율을 향상시키기 위함이다. 1.5배 미만인 경우에는 침투유량에 의한 튜브 내부 유량 변화에 따른 압력변화를 조절효과가 현저히 떨어지며, 3.5배를 초과하는 경우에는 오히려 유도용액 및 혼합용액의 흐름을 저해하는 문제가 있다.
- [0029] 유입부(20a, 20b)는 멤브레인(10a, 10b) 외표면에 접촉하는 용액보다 농도가 높은 유도용액(11)을 멤브레인(10a, 10b) 내부로 유입시키는 역할을 한다. 효과적인 유입을 위해, 펌프를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0030] 여기서, 멤브레인(10a, 10b) 외부의 용액(50)은 폐수, 오수, 슬러지 등인 것이 바람직하며, 유도용액(11)은 이러한 멤브레인(10a, 10b) 외부의 용액보다 농도가 높은 용액이면 어느 것이든 무방하나, 더욱 바람직하게는, 폴리에틸렌 글리콜, 폴리에틸렌 옥사이드 또는 중탄산암모늄 용액 중 적어도 하나를 사용하는 것이 효과적이다.
- [0031] 배출부(30a, 30b)는 멤브레인(10a, 10b) 외부(50)와 유도용액(11)간의 농도차에 의해 멤브레인(10a, 10b) 내부로 유입된 물을 포함하는 혼합용액을 배출시키는 역할을 한다.
- [0032] 도 1에 나타난 바와 같은 본 발명의 제1실시예에서는, 멤브레인(10a)과 유입부(20a)가 연결되는 멤브레인(10a)의 초단과 멤브레인(10a)과 배출부(30a)가 연결되는 멤브레인(10a)의 말단이 모두 멤브레인(10a)의 상부에 위치하는 것을 특징으로 한다. 이는 멤브레인(10a)의 설계형태에 기인하는 것으로, Immersed coil 형태를 구현하고 있으므로, 멤브레인(10a)이 말단이 다시 멤브레인(10a)의 상부로 향한다. 이러한 형태는, 표면적을 넓혀 탈수효과를 극대화할 뿐만 아니라, 멤브레인(10a) 내부에 흐르는 용액의 흐름의 효율을 높여, 에너지소비를 최소화하기 위함이다.
- [0033] 또한, 도 2에 나타난 바와 같은 본 발명의 제2실시예에서는, 멤브레인(10b)과 유입부(20b)가 연결되는 멤브레인(10b)의 초단은 멤브레인(10b)의 하부에 위치하며, 멤브레인(10b)과 배출부(30b)가 연결되는 멤브레인(10b)의 말단은 멤브레인(10b)의 상부에 위치하는 것을 특징으로 한다. 또한, 도 2와 같이, 멤브레인(10b)이 다수인 경우, 멤브레인(10b)은 유입부(20b)를 중심으로 방사형태로 배열되는 것이 바람직하다. 이러한 방사형태의 설계 또한, 표면적을 넓혀 탈수효과를 극대화할 뿐만 아니라, 멤브레인(10b) 내부에 흐르는 용액의 흐름의 효율을 높여, 에너지소비를 최소화하기 위함이다.
- [0034] 또한, 본 발명의 막모듈에서, 멤브레인 간의 간격은 1 내지 5cm인 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 2 내지 3cm인 것이 효과적이다. 1cm미만이거나 5cm를 초과하는 경우에는, 탈수효과가 현저히 저하되는 문제가 있다.
- [0035] 다음으로, 본 발명의 막모듈을 이용한 정삼투 수분분리방법은, 침지단계(S10), 유입단계(S20), 정삼투단계(S30) 및 유도용액 분리단계(S40)를 포함하여 이루어진다.
- [0036] 먼저, 침지단계(S10)는 적어도 하나의 튜브형태의 멤브레인의 적어도 하부를 수용액에 침지시키는 단계이다.
- [0037] 상기 침지단계(S10)에서, 상기 멤브레인은 하부가 굽은 형상이고, 상기 멤브레인은 플렉서블한 재료로 이루어지며, 상기 멤브레인의 내부 직경은 상부에서 하부로 갈수록 좁아지는 것을 특징으로 하며, 이에 대한 설명은 상기 본 발명의 막모듈에서와 같다.
- [0038] 또한, 침지단계(S10)에서, 상기 수용액은 폐수, 슬러지 또는 오수 중 적어도 하나인 것이 바람직하다. 본 발명의 막모듈은 고농도의 폐수 등에서도 막 손상없이 정삼투 수분분리를 효과적으로 수행할 수 있도록 설계되었기 때문이다.
- [0039] 유입단계(S20)는 상기 수용액보다 농도가 높은 유도용액을 상기 멤브레인 내부에 유입시키는 단계이다. 이는 펌프 등을 이용하여 유도용액을 유입하는 공정이다.
- [0040] 또한, 정삼투단계(S30)는 상기 수용액과 상기 유도용액간의 농도차에 의하여, 상기 수용액에 포함된 물 중 적어도 일부가 상기 멤브레인 내부의 상기 유도용액으로 이동하여, 혼합용액을 생성하는 단계로, 이는 정삼투현상이 발생하는 단계이다.

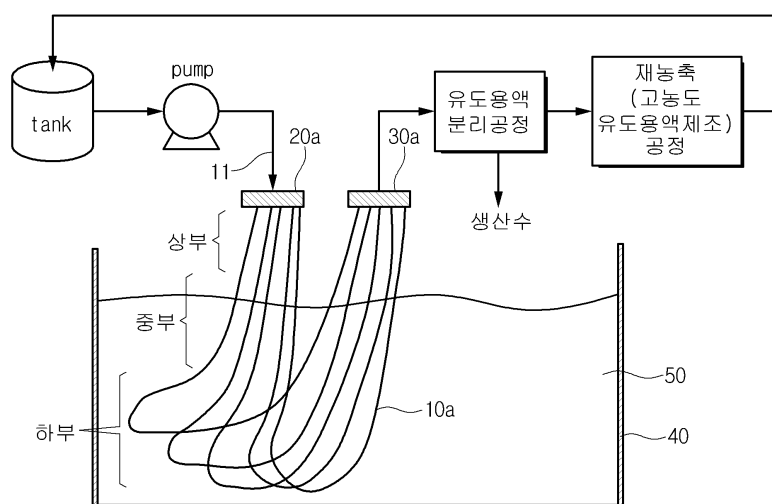
- [0041] 마지막으로, 유도용액 분리단계(S40)는 상기 혼합용액에서 상기 유도용액을 분리하여, 상기 물을 회수하는 단계이다. 이는 정삼투현상에 의해 물이 첨가된 유도용액에서, 첨가된 물을 회수하는 공정이다.
- [0042] 유도용액 분리단계(S40)는, 유도용액과 물이 포함된 혼합용액에서, 물을 분리하기 위한 어떠한 방법을 사용해도 무방하나, 본 발명에서는, 혼합용액을 가열하여 발생하는 기체를 분리함으로써, 담수를 회수하는 것이 바람직하다.
- [0043] 또한, 상기 분리단계(S40)에서 회수된 유도용액을 상기 유입단계의 유도용액으로 재활용하는 것이 바람직하다. 비록 회수과정을 통해 초기에서 투입되던 유도용액과 다소 농도가 다를 수 있으며, 경우에 따라, 유도용질이나 물을 첨가하여 농도를 조절할 수 있다.
- [0044] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하였으나, 본 발명은 다양한 변화와 변경 및 균등물을 사용할 수 있다. 본 발명은 상기 실시예를 적절히 변형하여 동일하게 응용할 수 있음이 명확하다. 따라서 상기 기재 내용은 하기 특허청구범위의 한계에 의해 정해지는 본 발명의 범위를 한정하는 것이 아니다.

**부호의 설명**

- [0045] 10: 멤브레인
- 11: 유도용액
- 20: 유입부
- 30: 배출부
- 40: 슬러지/하수/폐수 농축조
- 50: 슬러지/하수/폐수
- r: 멤브레인의 최소 내부직경
- R: 멤브레인의 최대 내부직경

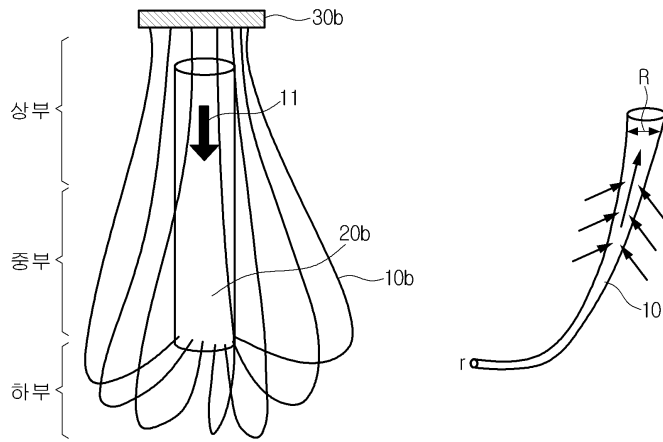
**도면**

**도면1**





도면2



도면3

