



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0103201
(43) 공개일자 2013년09월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C02F 1/44 (2006.01) *B01D 61/02* (2006.01)
B01D 61/10 (2006.01) *C02F 103/08* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0024647

(22) 출원일자 2012년03월09일

심사청구일자 2012년03월09일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

양대륙

서울 성북구 길음1동 삼성래미안1차아파트 111동 1903호

김도연

경기 고양시 덕양구 화정동 부영아파트 614동 503호

(74) 대리인

유미특허법인

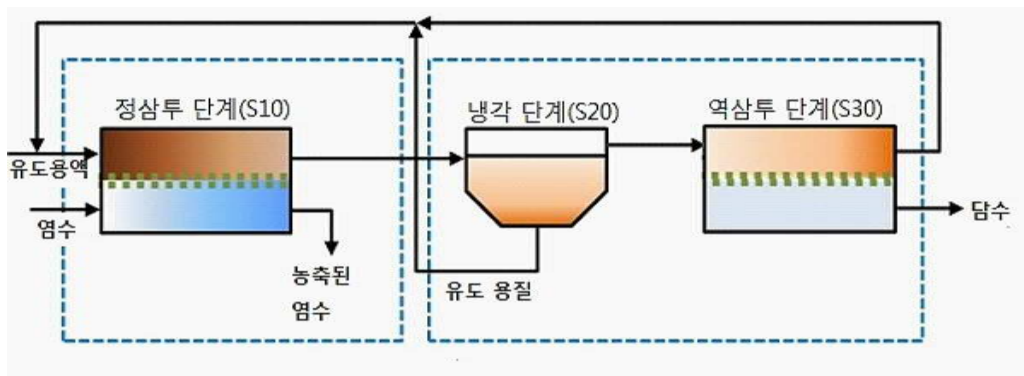
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 담수화 방법 및 담수화 장치

(57) 요약

본 발명은 염수 담수화 방법 및 담수화 장치에 관한 것이다. 본 발명의 담수화 방법은 정삼투 반응기의 염수 공간에는 염수를 위치시키고 삼투 유도 용액 공간에는 유도 용질을 포함하는 유도 용액을 위치시켜 삼투압에 의해 상기 염수의 물이 삼투 유도 용액 공간으로 이동하여 상기 유도 용액에 포함되도록 하는 정삼투 공정을 수행하는 단계; 상기 정삼투 공정을 수행한 유도 용액을 냉각하여 상기 유도 용질의 적어도 일부를 석출하는 단계; 및 농도가 낮아진 상기 유도 용액에 대해 역삼투 공정을 수행하여 담수를 생산하는 단계를 포함한다. 본 발명에 따르면, 종래의 담수화 공정에 비해 저에너지로 담수를 효율적으로 생산할 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

정삼투 반응기의 염수 공간에는 염수(saline water)를 위치시키고 삼투 유도 용액 공간에는 유도 용질(draw solute)을 포함하는 유도 용액(draw solution)을 위치시켜 삼투압에 의해 상기 염수의 물이 상기 삼투 유도 용액 공간으로 이동하여 상기 유도 용액에 포함되도록 하는 정삼투 공정을 수행하는 단계;

상기 정삼투 공정을 수행한 유도 용액을 냉각하여 상기 유도 용질의 적어도 일부를 석출하는 단계; 및

농도가 낮아진 상기 유도 용액에 대해 역삼투 공정을 수행하여 담수를 생산하는 단계를 포함하는 염수의 담수화 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 염수는 해수(sea water)인 염수의 담수화 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 유도 용질은 과요오드산 나트륨(sodium periodate, NaIO_4), 보론산(boric acid, H_2BO_3), 염소산 칼륨(potassium chlorate, KClO_3), 과망간산 칼륨(potassium permanganate, KMnO_4), 옥살산 암모늄(ammonium oxalate, $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$), 질산 바륨(barium nitrate, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$), 황화 바륨(barium sulfide, BaS), 중 크롬산 칼륨(potassium dichromate, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 및 요오드산 칼륨(sodium iodate, NaIO_3)으로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 포함하는 염수의 담수화 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 냉각 공정에 의해 석출된 상기 유도 용질은 상기 정삼투 단계의 유도 용액으로 포함되도록 돌아가는 단계를 더 포함하는 염수의 담수화 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 역삼투 공정은 15 내지 20 atm의 압력에서 수행되는 염수의 담수화 방법.

청구항 6

반투막에 의해 삼투 유도 용액 공간 및 염수 공간으로 구분되어 있고, 상기 삼투 유도 용액 공간에 연결된 제1 투입구 및 상기 염수 공간에 연결된 제 2 투입구를 일 측에 포함하는 정삼투 반응기;

일 측이, 상기 정삼투 반응기의 타 측과 연결되어 있고, 상기 정삼투 반응기에서 전달되는 유도 용액을 냉각하여 상기 유도 용액에 포함된 유도 용질의 적어도 일부를 석출시키는 냉각 반응기; 및

역삼투막에 의해 유도 용액 공간 및 담수 공간으로 구분되어 있고, 상기 유도 용액 공간의 일 측이, 상기 냉각 반응기의 타 측과 연결되어 상기 냉각 반응기에서 전달되는 유도 용액을 역삼투압에 의해 담수화하여 상기 담수 공간의 담수 배출구로 배출하는 역삼투 반응기를 포함하는 담수화 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 냉각 반응기에서 상기 석출된 유도 용질을 상기 정삼투 반응기의 제1투입구에 전달하는 제1 순환관을 더 포함하는 담수화 장치.

청구항 8

제 6항에 있어서, 상기 역삼투 반응기의 상기 유도 용액 공간 타 측에 연결되어, 담수화를 수행하고 잔류하는 유도 용액을 상기 정삼투 반응기의 제 1 투입구로 순환시키는 제2순환관을 더 포함하는 담수화 장치.

청구항 9

제 6 항에 있어서, 상기 정삼투 반응기의 염수 공간 타 측에 연결되어, 농축된 염수를 배출하는 담수 배출구를 더 포함하는 담수화 장치.

명 세 서

기술 분야

[0001] 본 발명은 담수화 방법 및 담수화 장치에 관한 것이다. 보다 상세하게는 담수화 공정의 효율을 높이기 위해 정삼투 공정, 냉각 공정 및 역삼투 공정을 하이브리드한 담수화 공정 및 담수화 장치에 관한 것이다

배 경 기 술

[0002] 해수로부터 담수를 획득하기 위해서는 해수에 용존되어 있거나 부유하는 성분들을 용수 및 음용수 기준에 적합하도록 제거해야 한다. 해수를 담수화하기 위한 일반적인 공정으로는 증발법, 막분리법, 전기 투석법, 냉동법 등이 알려져 있으며 가장 널리 적용되고 있는 기술은 증발법과 막 분리법이다.

[0003] 증발법에는 다단 플래쉬법(multiple stage flash, MSF), 다단 효용 증발법(multiple effect evaporation, ME) 등이 주로 사용되며 비교적 일찍부터 널리 사용되고 있는 공정이다. 그러나 에너지 소모량이 많고 고온 운전에 의한 부식이 크며 생산설비 면적 및 초기 투자비가 많이 들어 주로 에너지가 풍부한 중동지역에서 대규모 해수담수화 설비에 사용되며, 에너지 사용량과 설비투자비 및 유지비가 많이 드는 문제점이 있다.

[0004] 한편, 막분리법은 역삼투법과 정삼투법으로 나눌 수 있다.

[0005] 역삼투법은 해수에 함유되어 있는 성분을 역삼투막을 이온성 물질과 순수한 물을 분리시키는 방법이며, 이와 같이 해수로부터 이온성 물질과 순수한 물을 분리시키기 위해서는 삼투압 이상의 높은 압력을 필요로 하는데 이때의 압력을 역삼투압이라 한다. 일반적으로 상기와 같은 해수 공급수단으로서 대부분 전력을 소모하는 고압펌프를 사용하기 때문에 해수의 담수화에 상당한 에너지가 소모되는 단점이 있었다. 또한, 막 분리방법으로 대규모 담수화 처리방법은 초기 투자비가 많이 소요되고, 유기 또는 무기물에 의한 파울링(fouling) 방지를 위해 전처리에 상당한 주의가 필요한 문제가 있다.

[0006] 최근에는 고압펌프 등을 사용하지 않고 순수한 삼투현상에 의해서만 해수에서 물을 분리하는 정삼투법이 개발되었다. 그러나 정삼투법에서는 해수보다 고농도의 삼투유도용질이 포함된 삼투유도용액이 사용되기 때문에 정삼투막을 통해 이동된 물에 의해서 희석된 삼투유도용액에서 삼투유도용질을 분리하는데 어려움이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하고자, 본 발명은 적은 에너지를 소비하면서 효율적으로 염수의 담수화가 가능한 담수화 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0008] 또한, 본 발명은 담수화 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 정삼투 반응기의 염수 공간에는 염수(saline water)를 위치시키고

삼투 유도 용액 공간에는 유도 용질(draw solute)을 포함하는 유도 용액(draw solution)을 위치시켜 삼투압에 의해 상기 염수의 물이 상기 삼투 유도 용액 공간으로 이동하여 상기 유도 용액에 포함되도록 하는 정삼투 공정을 수행하는 단계;

- [0010] 상기 정삼투 공정을 수행한 유도 용액을 냉각하여 상기 유도 용질의 적어도 일부를 석출하는 단계; 및
- [0011] 농도가 낮아진 상기 유도 용액에 대해 역삼투 공정을 수행하여 담수를 생산하는 단계를 포함하는 염수의 담수화 방법을 제공한다.
- [0012] 또한, 본 발명은 반투막에 의해 삼투 유도 용액 공간 및 염수 공간으로 구분되어 있고, 상기 삼투 유도 용액 공간에 연결된 제1투입구 및 상기 염수 공간에 연결된 제 2 투입구를 일 측에 포함하는 정삼투 반응기;
- [0013] 일 측이, 상기 정삼투 반응기의 타 측과 연결되어 있고, 상기 정삼투 반응기에서 전달되는 유도 용액을 냉각하여 상기 유도 용액에 포함된 유도 용질의 적어도 일부를 석출시키는 냉각 반응기; 및
- [0014] 역삼투막에 의해 유도 용액 공간 및 담수 공간으로 구분되어 있고, 상기 유도 용액 공간의 일 측이, 상기 냉각 반응기의 타 측과 연결되어 상기 냉각 반응기에서 전달되는 유도 용액을 역삼투압에 의해 담수화하여 상기 담수 공간의 배출구로 배출하는 역삼투 반응기를 포함하는 담수화 장치를 제공한다.

발명의 효과

- [0015] 본 발명의 담수화 방법 및 장치는 종래의 담수화 공정에 비해 담수 생산량 대비 에너지 소모량이 절감되는 효과를 갖는다. 특히 역삼투 공정에 비해 고압의 펌프 사용이 필요 없으며, 이에 의해 또한 고압용 역삼투막이 불필요하게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명의 일 구현예에 따른 담수화 방법을 나타내는 모식도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 구현예에 따른 담수화 장치를 도시한 것이다.
- 도 3은 본 발명의 일 구현 예에 따라 Matlab 프로그램을 이용하여 담수화 공정을 시뮬레이션 한 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 본 발명의 담수화 방법은 정삼투 반응기의 염수 공간에는 염수(saline water)를 위치시키고 삼투 유도 용액 공간에는 유도 용질(draw solute)을 포함하는 유도 용액(draw solution)을 위치시켜 삼투압에 의해 상기 염수의 물이 상기 삼투 유도 용액 공간으로 이동하여 상기 유도 용액에 포함되도록 하는 정삼투 공정을 수행하는 단계; 상기 정삼투 공정을 수행한 유도 용액을 냉각하여 상기 유도 용질의 적어도 일부를 석출하는 단계; 및 농도가 낮아진 상기 유도 용액에 대해 역삼투 공정을 수행하여 담수를 생산하는 단계를 포함한다.
- [0018] 또한, 본 발명의 담수화 장치는 반투막에 의해 삼투 유도 용액 공간 및 염수 공간으로 구분되어 있고, 상기 삼투 유도 용액 공간에 연결된 제1투입구 및 상기 염수 공간에 연결된 제 2 투입구를 일 측에 포함하는 정삼투 반응기;
- [0019] 일 측이, 상기 정삼투 반응기의 타 측과 연결되어 있고, 상기 정삼투 반응기에서 전달되는 유도 용액을 냉각하여 상기 유도 용액에 포함된 유도 용질의 적어도 일부를 석출시키는 냉각 반응기; 및
- [0020] 역삼투막에 의해 유도 용액 공간 및 담수 공간으로 구분되어 있고, 상기 유도 용액 공간의 일 측이, 상기 냉각 반응기의 타 측과 연결되어 상기 냉각 반응기에서 전달되는 유도 용액을 역삼투압에 의해 담수화하여 상기 담수 공간의 담수 배출구로 배출하는 역삼투 반응기를 포함한다.
- [0021] 본 발명에서, 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용되며, 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0022] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 예시하고 하기에서 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

- [0023] 이하, 도면을 참고로 하여 본 발명의 담수화 방법 및 담수화 장치를 상세하게 설명한다.
- [0024] 담수화(desalination) 공정은 염분이 섞인 물, 즉 염수(saline water)로부터 염분을 제거하여 음용수 등으로 사용 가능한 담수(fresh water)를 생산하는 공정이다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 일 구현예에 따른 담수화 방법을 나타낸 모식도이다.
- [0026] 도 1을 참조하면, 우선 정삼투 반응기의 염수 공간에는 염수(saline water)를 위치시키고 삼투 유도 용액 공간에는 유도 용질(draw solute)을 포함하는 유도 용액(draw solution)을 위치시켜 삼투압에 의해 염수의 물이 삼투 유도 용액 공간으로 이동하여 상기 유도 용액에 포함되도록 하는 정삼투 공정을 수행한다(S10 단계).
- [0027] 본 발명의 담수화 방법에 있어서, 담수화의 대상이 되는 염수는 염분을 포함하는 일반적인 염수 또는 해수(sea water)뿐만 아니라 그대로는 사용이 힘든 오염된 물(waste water) 등이 될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 특히 해수의 담수화에 이용될 수 있다.
- [0028] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 유도 용액은 유도 용질이 물에 용해되어 있는 수용액일 수 있다.
- [0029] 정삼투(Forward Osmosis) 공정의 원리는 담수화 대상이 되는 용액보다 고농도로 용질을 포함하는 삼투 유도 용액을 사용하여 삼투압의 차이에 의해 담수화 대상이 되는 용액의 물이 삼투 유도 용액 쪽으로 자연스럽게 이동하고 이후 회석된 삼투 유도 용액에서 용질을 분리하여 담수만을 수득하는데 있다. 정삼투 공정은 염수와 삼투 유도 용액 사이의 삼투압의 차이를 이용한 공정이므로 공정을 수행하는데 고압의 펌프를 필요로 하지 않아 에너지가 적게 드는 장점이 있다.
- [0030] 상기 정삼투 공정을 수행한 후 염수의 물이 삼투 유도 용액 공간으로 투과하여 상기 염수는 유입시보다 염분이 더 농축되며, 이처럼 농축된 염수는 폐수로 처리하거나 회수하여 다른 용도로 활용할 수 있다.
- [0031] 상기 정삼투 공정을 수행한 유도 용액은 염수에 포함된 물이 투과되었으므로 초기보다 농도가 낮아진 상태이며, 이로부터 유도 용질과 물을 분리하는 과정을 통해 담수를 생산할 수 있다.
- [0032] 효율적인 정삼투 공정을 위해서는 유도 용질의 선택이 중요한데, 상기 유도 용질은 물에 대한 용해도가 높아 염수보다 고삼투압을 유도할 수 있어야 한다. 특히, 염수와 유도 용질의 삼투압의 차이는 크면 클수록 바람직하다. 또한, 본 발명의 담수화 방법에 따르면 정삼투 공정을 수행한 후 후속하여 냉각 공정에 의해 유도 용질을 분리하는데, 이 때 회석된 유도 용액으로부터 상기 유도 용질의 분리가 용이해야 한다. 본 발명의 담수화 방법에 따르면 상기 유도 용질의 분리는 정삼투 공정시의 온도와 냉각 공정시의 온도에서의 유도 용질의 용해도 및 삼투압 차이를 이용한다. 따라서, 상기 유도 용질의 조건으로는 정삼투 공정 단계의 온도에서는 삼투압이 크면 클수록 좋으며, 후속하는 냉각 공정의 온도에서 삼투압 또는 용해도는 낮을수록 좋다. 또한 산업상 이용 가능성을 위해서는 구하기 쉽고 인체에 무해하며 경제성이 있어야 한다.
- [0033] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 상기와 같은 조건을 모두 충족하는 유도 용질로 예를 들어, 과요오드산 나트륨(sodium periodate, NaIO_4), 보론산(boric acid, H_2BO_3), 염소산 칼륨(potassium chlorate, KClO_3), 과망간산 칼륨(potassium permanganate, KMnO_4), 옥살산 암모늄(ammonium oxalate, $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$), 질산 바륨(barium nitrate, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$), 황화 바륨(barium sulfide, BaS), 중크롬산 칼륨(potassium dichromate, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 및 요오드산 나트륨(sodium iodate, NaIO_3)등으로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 들 수 있다. 그러나, 본 발명의 제조 방법에 있어서 유도 용질이 이에 제한되는 것은 아니며, 상기 예시한 물질 외에도 본 발명에서 요구하는 유도 용질의 조건을 만족시키는 물질이라면 사용할 수 있다.
- [0034] 상기와 같은 조건을 만족하는 유도 용질을 포함하며 정삼투 공정에 유입되는 염수보다 높은 삼투압을 갖는 유도 용액을 이용하여 정삼투 공정을 수행한다. 상기 염수로서 해수를 담수화하는 경우, 유도 용질의 종류에 따라 농도를 적절히 조절할 수 있으나 염수와 큰 삼투압 차이를 얻기 위하여 바람직하게는, 유도 용액의 포화 농도에 가까운 농도로 하는 것이 유리하다.
- [0035] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 유도 용질로 과요오드산 나트륨, 보론산, 염소산 칼륨 또는 과망간산 칼륨을 사용할 수 있다. 과요오드산 나트륨, 보론산, 염소산 칼륨 및 과망간산 칼륨에 대하여, 0℃ 및 30℃에서의 삼투압을 하기 표 1에 나타내었다.

표 1

[0036]

유도 용질	0℃		30℃	
	농도 (단위: g/g)	삼투압 (단위: atm)	농도 (단위: g/g)	삼투압 (단위: atm)
과요오드산 나트륨	0.0183	3.835	0.304	70.712
보론산	0.0252	18.280	0.0808	65.049
염소산 칼륨	0.033	12.082	0.139	56.482
과망간산 칼륨	0.0283	8.033	0.126	39.696

[0037]

또한 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 정삼투 공정의 온도는 유도 용질의 종류와 공정을 수행하는 환경에 따라 다양하게 선택 가능하다. 즉, 상기 정삼투 공정에서는 염수와 유도 용액과의 삼투압 차이를 이용하여 상기 염수의 물을 상기 유도 용액 쪽으로 투과시키는 것이므로, 상기 염수, 유입량, 유도 용액의 농도, 유도 용질의 종류, 정삼투 공정을 수행하는 환경 등에 따라 보다 큰 삼투압 차이를 발생시킬 수 있는 온도를 설정하여 정삼투 공정을 수행할 수 있다. 예를 들면, 약 0 내지 약 30℃의 온도에서 정삼투 공정을 수행할 수 있으나, 앞서 설명한 바와 같이 정삼투 공정의 세부적인 조건에 따라 온도를 다르게 설정할 수 있으므로 이에 제한되는 것은 아니다.

[0038]

도 1을 참조하면, 상기 정삼투 공정을 수행한 유도 용액은 냉각 공정을 수행한다(S20 단계).

[0039]

상기 냉각 공정은 상기 유도 용액의 온도를 낮추는 과정에서 유도 용질의 온도에 따른 용해도 차이에 의해 상기 유도 용액으로부터 유도 용질을 석출함으로써 물과 유도 용질을 분리하는 공정이다.

[0040]

이때 상기 유도 용질의 종류 및 냉각 온도에 따라서 상기 유도 용질의 적어도 일부 내지 대부분이 석출될 수 있다. 석출된 상기 유도 용질은 상기 정삼투 단계(S10)로 유입되는 유도 용액으로 포함되도록 돌아감으로써 재사용할 수 있다.

[0041]

상기 냉각 공정은 유도 용질의 온도에 따른 용해도 차이에 의한 석출을 위해 정삼투 공정보다 낮은 온도에서 수행된다. 즉, 상기 유도 용질의 종류에 따라 보다 큰 용해도 차이를 발생시킬 수 있는 온도를 설정하여 냉각 공정을 수행할 수 있다. 예를 들면, 상기 냉각 공정은 약 -20 내지 약 10℃의 온도에서 수행할 수 있으나, 선행하는 정삼투 공정의 조건, 유도 용질의 종류 등의 세부적인 조건에 따라 온도를 다르게 설정할 수 있으므로 이에 제한되는 것은 아니다.

[0042]

상기 냉각 공정을 수행함에 따라 상기 유도 용질의 적어도 일부 또는 대부분을 석출함으로써 유도 용액의 농도는 석출된 유도 용질만큼 낮아지게 된다.

[0043]

다음으로, 이처럼 농도가 낮아진 유도 용액에 대해 역삼투(Reverse Osmosis) 공정을 수행한다(S30 단계).

[0044]

역삼투 공정에서는 용질과 순수한 물을 분리시키기 위해서는 유도 용액의 삼투압 이상의 높은 압력을 필요로 하는데 이때의 압력을 역삼투압이라 한다. 일반적인 경우, 해수의 담수화를 위해 역삼투 공정을 수행하는 경우 대략 50 내지 60 atm 정도의 높은 압력을 필요로 한다. 따라서, 해수를 상기와 같은 압력으로 공급하기 위한 고압 펌프가 사용되기 때문에 약 4 내지 8 kWh/m³의 상당한 에너지가 요구된다.

[0045]

그러나 본 발명에 따르면, 상기 유도 용액은 앞서 설명한 바와 같이 정삼투 공정 및 냉각 공정을 통해 농도가 낮아졌으므로(즉, 삼투압이 낮아졌으므로) 역삼투 공정에 필요한 압력이 낮아지게 된다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 역삼투 공정을 실시하는데 있어서, 약 15 내지 약 20 atm의 압력을 필요로 한다. 이를 통해 종래의 역삼투 공정에 필요한 압력 이하에서 운전이 가능하고 따라서 필요로 하는 에너지도 현저히 낮출 수 있게 된다.

[0046]

본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기와 같이 정삼투 공정, 냉각 공정 및 역삼투 공정의 공정이 결합된 하이브리드 공정으로 해수 담수화를 수행하는 경우, 담수 1m³을 생산하는데 약 1 내지 약 3kWh/m³의 에너지를 필요로 한다. 이는 종래의 해수 담수화 공정에서 소비되는 에너지인 4 내지 8kWh/m³보다 현저히 적은 것으로, 본 발명의 담수화 방법에 따르면 적은 에너지로 담수의 효율적인 생산이 가능하다.

[0047]

또한 상기 역삼투 공정은 선행하는 정삼투 공정 및 냉각 공정을 거친 유도 용액의 농도, 유도 용질의 종류, 역삼투 공정을 수행하는 환경 등에 따라 보다 큰 역삼투압을 발생시킬 수 있는 온도를 설정하여 수행할 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 따르면, 약 0 내지 약 30℃의 온도에서 역삼투 공정을 수행할 수 있으나, 앞서 설명한 바와 같이 세부적인 조건에 따라 온도를 다르게 설정할 수 있으므로 이에 제한되는 것은 아니다.

[0048] 한편, 본 발명의 일 측면은 담수화 장치를 제공한다.

[0049] 본 발명의 담수화 장치는, 반투막에 의해 삼투 유도 용액 공간 및 염수 공간으로 구분되어 있고, 상기 삼투 유도 용액 공간에 연결된 제1투입구 및 상기 염수 공간에 연결된 제 2 투입구를 일 측에 포함하는 정삼투 반응기; 일 측이, 상기 정삼투 반응기의 타 측과 연결되어 있고, 상기 정삼투 반응기에서 전달되는 유도 용액을 냉각하여 상기 유도 용액에 포함된 유도 용질의 적어도 일부를 석출시키는 냉각 반응기; 및 역삼투막에 의해 유도 용액 공간 및 담수 공간으로 구분되어 있고, 상기 유도 용액 공간의 일 측이, 상기 냉각 반응기의 타 측과 연결되어 상기 냉각 반응기에서 전달되는 유도 용액을 역삼투압에 의해 담수화하여 상기 담수 공간의 담수 배출구로 배출하는 역삼투 반응기를 포함한다.

[0050] 도 2는 본 발명의 일 구현예에 따른 담수화 장치를 도시한 것이다.

[0051] 도 2를 참조하면, 본 발명의 담수화 장치는 정삼투 반응기(100), 정삼투 반응기에 연결된 냉각 반응기(200) 및 냉각 반응기(200)에 연결된 역삼투 반응기(300)를 포함한다.

[0052] 정삼투 반응기(100)는 반투막(10)에 의해 삼투 유도 용액 공간(20) 및 염수 공간(30)으로 구분되어 있고, 삼투 유도 용액 공간(20)에 연결된 제1투입구(25) 및 염수 공간(30)에 연결된 제 2 투입구(35)를 일 측에 포함한다.

[0053] 삼투 유도 용액 공간(20)에는 제1투입구(25)를 통하여 유도 용질을 포함하는 유도 용액이 유입되게 되고, 염수 공간(30)에는 제 2 투입구(35)를 통하여 해수 등의 담수화 대상이 되는 염수가 유입되게 된다. 상기 유도 용질로는 예를 들어, 과요오드산 나트륨(sodium periodate, NaIO_4), 보론산(boric acid, H_2BO_3), 염소산 칼륨(potassium chlorate, KClO_3), 과망간산 칼륨(potassium permanganate, KMnO_4), 옥살산 암모늄(ammonium oxalate, $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$), 질산 바륨(barium nitrate, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$), 황화 바륨(barium sulfide, BaS), 중크롬산 칼륨(potassium dichromate, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 및 요오드산 칼륨(sodium iodate, NaIO_3)으로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 유도 용질에 대한 조건 및 보다 구체적인 설명은 상기 담수화 방법에서 앞서 설명한 바와 같다.

[0054] 상기 유도 용질을 포함하며 정삼투 공정에 유입되는 염수보다 높은 삼투압을 갖는 유도 용액을 이용하여 정삼투 반응기(100)에서 정삼투 공정을 수행한다.

[0055] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 정삼투 반응기(100)는 약 0 내지 약 30℃의 온도에서 공정을 수행할 수 있으나, 상기 담수화 방법에서 설명한 바와 공정의 세부적인 조건에 따라 온도를 다르게 설정할 수 있으므로 이에 제한되는 것은 아니다.

[0056] 본 발명의 담수화 장치에 있어서, 정삼투 반응기(100)는 염수 공간(30) 타 측에 연결되어, 정삼투 공정을 수행한 후 농축된 염수를 배출하는 염수 배출구(130)를 더 포함할 수 있다.

[0057] 정삼투 반응기(100)에서 정삼투 공정을 수행하여 원래 농도보다 희석된 유도 용액은 정삼투 반응기(100)와 연결된 냉각 반응기(200)로 전달되어 냉각 반응기(200)에서 냉각 공정을 수행한다.

[0058] 냉각 반응기(200)는 일 측이, 정삼투 반응기(100)의 타 측과 연결되어 정삼투 반응을 수행한 유도 용액을 전달받을 수 있고, 전달된 유도 용액은 정삼투 반응기(100)에서 냉각되어 상기 유도 용액에 포함된 유도 용질의 적어도 일부를 석출시킨다.

[0059] 상기 냉각 공정은 상기 유도 용액의 온도를 낮추는 과정에서 유도 용질의 온도에 따른 용해도 차이에 의해 상기 유도 용액으로부터 유도 용질을 석출함으로써 물과 유도 용질을 분리하는 공정이다. 이때 상기 유도 용질의 종류 및 냉각 온도에 따라서 상기 유도 용질의 적어도 일부 내지 대부분이 석출될 수 있다.

[0060] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 냉각 반응기(200)는 냉각 과정에 의해 석출된 상기 유도 용질을 정삼투 반응기(100)의 제1투입구(25)에 전달하는 제1 순환관(110)을 더 포함할 수 있다. 석출된 유도 용질이 제1순환관(110)을 통해 제1투입구(25)로 전달됨으로써, 정삼투 반응기(100)로 유입되는 유도 용액으로 재사용할 수 있다. 따라서, 유도 용액이 순환되어 담수화 공정의 효율을 더욱 높일 수 있다.

[0061] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 냉각 반응기(200)는 약 -20 내지 약 10℃의 온도에서 운행할 수 있으나, 선행하는 정삼투 반응기(100)의 조건, 유도 용질의 종류 등의 세부적인 조건에 따라 온도를 다르게 설정할 수

있으므로 이에 제한되는 것은 아니다.

- [0062] 상기 냉각 공정을 수행함에 따라 상기 유도 용질의 적어도 일부 또는 대부분을 석출함으로써 유도 용액의 농도는 석출된 유도 용질만큼 낮아지게 된다.
- [0063] 이처럼 농도가 낮아진 유도 용액은 역삼투 반응기(300)로 전달된다.
- [0064] 역삼투 반응기(300)는 역삼투막(40)에 의해 유도 용액 공간(50) 및 담수 공간(60)으로 구분되어 있고, 유도 용액 공간(50)의 일 측이, 냉각 반응기(200)의 타 측과 연결되어 냉각 반응기(200)에서 전달되는 유도 용액을 역삼투압에 의해 담수화하고, 담수를 담수 공간(60)의 타 측에 설치된 담수 배출구(70)를 통해 배출함으로써 담수를 생산할 수 있다.
- [0065] 일반적인 경우, 해수의 담수화를 위해 역삼투 공정을 수행하는 경우 대략 50 내지 60 atm 정도의 높은 압력을 필요로 한다. 그러나 본 발명에 따르면, 상기 유도 용액은 앞서 설명한 바와 같이 정삼투 반응기(100) 및 냉각 반응기(200)의 2단계 반응을 거치면서 농도가 낮아졌으므로 역삼투 공정에 필요한 압력이 낮아지게 된다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 역삼투 공정을 실시하는데 있어서, 역삼투 반응기(300)는 약 15 내지 약 20 atm의 압력을 필요로 한다. 이를 통해 종래의 역삼투 공정에 필요한 압력 이하에서 운전이 가능하고 따라서 필요로 하는 에너지도 현저히 낮출 수 있게 된다. 도면에 표시하지는 않았지만, 역삼투 반응기(300)는 상기 유도 용액을 적절한 역삼투압으로 역삼투 반응기(300)에 공급하기 위한 고압 펌프를 더 포함할 수 있다.
- [0066] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 역삼투 반응기(300)는 약 0 내지 약 30℃의 온도에서 역삼투 공정을 수행할 수 있으나, 상기 담수화 방법에서 설명한 바와 같이 세부적인 조건에 따라 온도를 다르게 설정할 수 있으므로 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0067] 역삼투 반응기(300)는 유도 용액 공간(50) 타 측에 연결되어, 담수화를 수행하고 잔류하는 유도 용액을 정삼투 반응기(100)의 제 1 투입구(25)로 순환시키는 제2 순환관(120)을 더 포함할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제2 순환관(120)은 냉각 반응기(200)의 제1 순환관(110)과 연결되어 제1 투입구(25)로 이어질 수 있다. 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 제2 순환관(120)은 정삼투 반응기(100)의 제 1 투입구(25)로 직접적으로 연결될 수도 있다.
- [0068] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기와 같이 정삼투 반응기(100), 냉각 반응기(200) 및 역삼투 반응기(300)가 결합된 담수화 장치로 해수 담수화를 수행하는 경우, 담수 1m³을 생산하는데 약 1 내지 약 3 kWh의 에너지를 필요로 한다.
- [0069] 이하에서, 본 발명에 따른 실시예를 참조하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하기로 한다. 다만, 이러한 실시예는 발명의 예시로 제시된 것에 불과하며, 이에 의해 발명의 권리범위가 정해지는 것은 아니다.

[0070] <실시예>

[0071] 실시예 1

- [0072] 도 3은 Matlab 프로그램을 이용하여 본 발명의 일 실시예에 따른 해수의 담수화 공정을 시뮬레이션한 모식도이다.
- [0073] 정삼투 공정 및 역삼투 공정은 30℃에서, 냉각 공정은 0℃에서 운전하였으며, 유도 용질로 과요오드산 나트륨(NaIO₄)을 0.0183g/g로 포함하는 유도 용액을 사용하였다. 보다 세부적인 공정 조건은 하기 표 2에 나타내었다.
- [0074] 그 결과 담수 1m³를 생산하기 위한 에너지 소모량은 약 1.768kWh으로 나타났다.

표 2

[0075]

		유속 (단위: m ³ /s)	삼투압 (단위: atm)	온도 (단위: ℃)
정삼투 단계	유도 용액 유입시	0.0957	71.711	30
	해수 유입시	0.0231	28.04	30
	유도 용액 유출시	0.0957	61.081	30

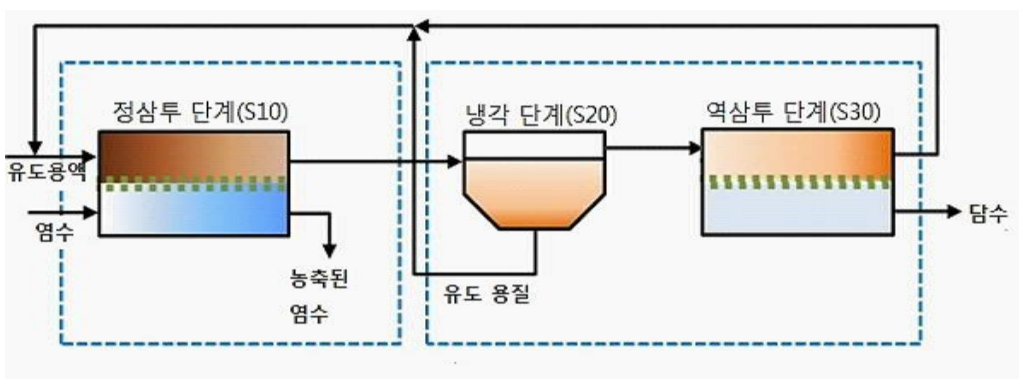
냉각 단계	유도 용액 유입시	0.0170	61.081	30
	유도 용액 유출시	0.0165	3.8354	0
역삼투 단계	유도 용액 유입시	0.0165	17.785 (펌프압력)	30

부호의 설명

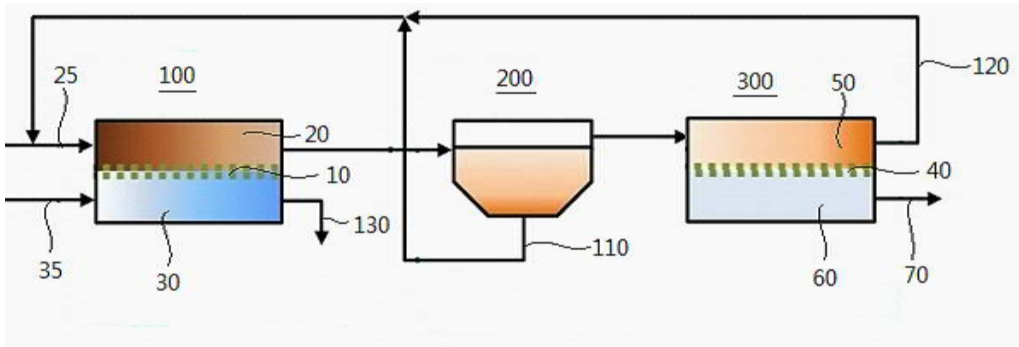
- [0076]
- 10: 반투막
 - 20: 삼투 유도 용액 공간
 - 25: 제1 투입구
 - 30: 염수 공간
 - 35: 제2 투입구
 - 40: 역삼투막
 - 50: 유도 용액 공간
 - 60: 담수 공간
 - 70: 담수 배출구
 - 100: 정삼투 반응기
 - 110: 제1 순환관
 - 120: 제2 순환관
 - 130: 염수 배출구
 - 200: 냉각 반응기
 - 300: 역삼투 반응기

도면

도면1



도면2



도면3

