



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0003498
(43) 공개일자 2020년01월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C02F 1/44 (2006.01) B01D 61/00 (2006.01)
C02F 103/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C02F 1/445 (2013.01)
B01D 61/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0076343
(22) 출원일자 2018년07월02일
심사청구일자 2018년07월02일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
홍승관
경기도 용인시 기흥구 흥덕중안로105번길 40, 1505동 3층 301호(영덕동, 흥덕마을15단지 우남퍼스트빌리젠트)
김정원
서울특별시 성북구 안암로9가길 40, 302호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
백두진, 김정연, 강일신

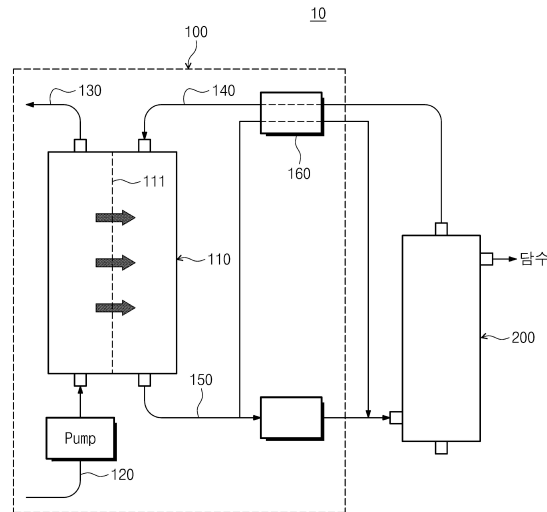
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 압력지연삼투 공정을 이용한 담수화 시스템 및 담수화 방법

(57) 요약

본 발명은 압력지연삼투 공정을 이용한 담수화 시스템에 관한 것이다. 일 실시 예에 따른 담수화 시스템은, 염수와 제 1 유도 용액이 입력되어 압력지연삼투 공정에 의해 상기 제 1 유도 용액의 유량을 증가시켜 제 2 유도 용액으로 출력하는 압력지연삼투 처리부와; 상기 제 2 유도 용액으로부터 담수를 분리하는 담수 분리부를 포함하되, 상기 제 1 유도 용액은 휘발성 용질이 용해된 휘발성 유도 용액으로 제공된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C02F 2103/08 (2013.01)

(72) 발명자

김정현

경기도 군포시 고산로517번길 20, 909동 18층 180
3호(산본동, 주공9단지금강아파트)

임지훈

경기도 성남시 중원구 여수울로 51, 209동 1102호
(여수동, 산들마을)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 18IFIPB08809905000000

부처명 국토교통부

연구관리전문기관 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 플랜트연구

연구과제명 정삼투-역삼투 통합공정에서의 막오염 예측 및 제어기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 국민대학교 산학협력단

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

압력지연삼투 공정을 이용한 담수화 시스템에 있어서,

염수와 제 1 유도 용액이 입력되어 압력지연삼투 공정에 의해 상기 제 1 유도 용액의 유량을 증가시켜 제 2 유도 용액으로 출력하는 압력지연삼투 처리부와;

상기 제 2 유도 용액으로부터 담수를 분리하는 담수 분리부를 포함하되,

상기 제 1 유도 용액은 휘발성 용질이 용해된 휘발성 유도 용액으로 제공되는 담수화 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 휘발성 용질은 에탄올(Ethanol)로 제공되는 담수화 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 압력지연삼투 처리부는,

압력지연삼투용 반투과막을 구비한 압력지연삼투 모듈과;

상기 압력지연삼투 모듈로부터 유출되는 제 2 유도 용액을 이용하여 전력을 발생시키는 전력 발생 모듈을 포함하는 담수화 시스템.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 담수 분리부는 상기 전력 발생 모듈로부터 발생된 전력을 이용하여 상기 제 2 유도 용액으로부터 상기 담수를 분리하는 담수화 시스템.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 담수 분리부는 상기 제 2 유도 용액을 가열 또는 감압하여 상기 휘발성 용질을 증발시켜 담수를 분리하는 담수화 시스템.

청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 압력지연삼투 처리부는,

상기 압력지연삼투 모듈로 상기 제 1 유도 용액이 유입되는 제 1 유도 용액 유입관과;

상기 압력지연삼투 모듈로부터 상기 제 2 유도 용액이 유출되는 제 2 유도 용액 유출관을 더 포함하되,

상기 전력 발생 모듈은 상기 제 2 유도 용액 유출관과 연결되어, 상기 제 2 유도 용액 유출관을 통해 유출되는 상기 제 2 유도 용액을 이용하여 전력을 발생시키는 담수화 시스템.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 압력지연삼투 처리부는, 상기 제 2 유도 용액의 압력을 상기 제 1 유도 용액 유입관 내의 상기 제 1 유도 용액으로 전달하는 압력교환 장치(PX: Pressure Exchanger)를 더 포함하는 담수화 시스템.

청구항 8

압력지연삼투 공정을 이용한 담수화 방법에 있어서,

압력지연삼투 공정에 제 1 유도 용액과 염수가 입력되어 상기 제 1 유도 용액의 유량이 증가된 제 2 유도 용액이 유출되는 압력지연삼투 처리 단계와;

상기 제 2 유도 용액으로부터 담수를 분리하는 담수 분리 단계를 포함하되,

상기 제 1 유도 용액은 휘발성 용질이 용해된 휘발성 유도 용액으로 제공되는 담수화 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 휘발성 용질은 에탄올(Ethanol)로 제공되는 담수화 방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 압력지연삼투 처리 단계에서 유출되는 제 2 유도 용액을 이용하여 전력을 발생시키는 발전 단계를 더 포함하는 담수화 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 담수 분리 단계에서는 상기 발전 단계에서 발생된 전력을 이용하여 상기 제 2 유도 용액으로부터 담수를 분리하는 담수화 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 담수 분리 단계에서는 상기 제 2 유도 용액을 가열 또는 감압하여 상기 휘발성 용질을 증발시켜 담수를 분리하는 담수화 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 압력지연삼투 공정을 이용하여 담수화하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 물은 투과시키지만 물에 용해되어 있는 용질(이온 및 분자)은 거의 투과시키지 않는 성질을 가진 반투과성 멤브레인을 고농도 용액과 저농도 용액 사이에 설치하면 저농도 용액의 용매가 고농도 용액으로 이동하여 농도평형을 이루려 하는 자연현상이 발생하며 이를 "삼투작용" 또는 "삼투현상"이라고 한다. 삼투현상은 1867년 독일의 화학자 M. 트라우베가 발견하였고, 삼투현상에 의해 발생하는 삼투압은 1877년 페퍼가 처음으로 측정하였다.

[0003] 정삼투 공정은 역삼투 공정을 이용한 담수화 기술에 비해 매우 경제적이란 장점이 있는데, 반투과성 멤브레인 즉, 물은 통과시키지만 용질(이온성 물질 및 분자)은 거의 통과시키지 않는 반투과성 멤브레인을 사용하여 해수 또는 고염도의 폐수 등의 염수를 담수로 만들게 된다. 특히, 정삼투 공정에서는, 고압펌프에 의한 수리학적 압력을 운전압력으로 사용하는 대신에, 높은 삼투압을 가진 용액을 유도용액(Draw Solution)으로 사용하기 때문에, 수리학적 압력으로 인한 멤브레인의 내구성 저하 없이 유입수를 고농도로 농축할 수 있다. 정삼투 공정에서 사용되는 유도용액(Draw Solution)은 고농도의 용액으로서 높은 삼투압을 가지고 있어 정삼투 공정의 운전

압력을 만들어 내는 역할을 한다. 이러한 유도용액은 드로우 솔루션(Draw Solution), 오스모틱 에이전트(Osmotic Agent), 오스모틱 미디어(Osmotic Media), 드라이빙 솔루션(Driving Solution), 오스모틱 엔진(Osmotic Engine), 샘플 솔루션(Sample Solution) 등의 다양한 용어로 명칭되고 있다.

[0004] 한편, 압력지연삼투(PRO: Pressure Retarded Osmosis) 공정은 정삼투 공법의 기본 원리와 맥락을 같이 하고 있는데, 저농도의 공급용액(Feed Solution)과 고농도의 유도용액 사이에 반투과성 멤브레인을 설치하고, 삼투압 차이보다 낮은 압력으로 유도용액에 압력을 가하고, 이로 인해 증가된 유도용액의 유량과 가해진 압력에 의해 전력을 생산하게 된다. 이와 같이, 삼투현상을 이용하여 전력을 생산하는 압력지연삼투 공정은, 무한한 자원인 해수를 전력 생산에 이용할 수 있기 때문에 안정적이고 경제적인 신 대체 에너지 생산기술로 주목받고 있다. 일반적으로 압력지연삼투 공정에서는 해수를 유도용액으로 사용하게 되며 강물을 공급용액으로 사용하게 되는데, 원천자원인 해수와 강물에 대한 변화 요소가 적기 때문에, 다른 대체 에너지 생산 기술보다 안정적인 전력생산이 가능한 친환경 기술이라고 할 수 있다.

[0005] 정삼투 공정 및 압력지연삼투 공정의 경우, 유도용액으로서 주로 NaCl 또는 NH_4HCO_3 등의 이온 결합 화합물이 물에 용해된 이온성 유도 용액을 주로 사용한다.

[0006] 정삼투 공정으로 담수를 생산하기 위해서는, 유도용액에 포함된 여과수 즉, 담수를 유도용액으로부터 분리해야 하는데, 이를 위해서 유도용액을 증발시켜 유도용액과 담수를 분리하는 방법을 이용하였다. 그러나 유도용액을 가열하는데 따른 에너지 소모가 발생하게 되는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 담수화에 필요한 에너지 소비를 낮출 수 있는 담수화 시스템 및 담수화 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 여기에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명은 압력지연삼투 공정을 이용한 담수화 시스템을 제공한다. 일 실시 예에 따르면, 담수화 시스템은, 염수와 제 1 유도 용액이 입력되어 압력지연삼투 공정에 의해 상기 제 1 유도 용액의 유량을 증가시켜 제 2 유도 용액으로 출력하는 압력지연삼투 처리부와; 상기 제 2 유도 용액으로부터 담수를 분리하는 담수 분리부를 포함하되, 상기 제 1 유도 용액은 휘발성 용질이 용해된 휘발성 유도 용액으로 제공된다.

[0010] 상기 휘발성 용질은 에탄올(Ethanol)로 제공될 수 있다.

[0011] 상기 압력지연삼투 처리부는, 압력지연삼투용 반투과막을 구비한 압력지연삼투 모듈과; 상기 압력지연삼투 모듈로부터 유출되는 제 2 유도 용액을 이용하여 전력을 발생시키는 전력 발생 모듈을 포함한다.

[0012] 상기 담수 분리부는 상기 전력 발생 모듈로부터 발생된 전력을 이용하여 상기 제 2 유도 용액으로부터 상기 담수를 분리할 수 있다.

[0013] 상기 담수 분리부는 상기 제 2 유도 용액을 가열 또는 감압하여 상기 휘발성 용질을 증발시켜 담수를 분리할 수 있다.

[0014] 상기 압력지연삼투 처리부는, 상기 압력지연삼투 모듈로 상기 제 1 유도 용액이 유입되는 제 1 유도 용액 유입관과; 상기 압력지연삼투 모듈로부터 상기 제 2 유도 용액이 유출되는 제 2 유도 용액 유출관을 더 포함하되, 상기 전력 발생 모듈은 상기 제 2 유도 용액 유출관과 연결되어, 상기 제 2 유도 용액 유출관을 통해 유출되는 상기 제 2 유도 용액을 이용하여 전력을 발생시킬 수 있다.

[0015] 상기 압력지연삼투 처리부는, 상기 제 2 유도 용액의 압력을 상기 제 1 유도 용액 유입관 내의 상기 제 1 유도 용액으로 전달하는 압력교환 장치(PX: Pressure Exchanger)를 더 포함할 수 있다.

[0016] 또한, 본 발명은 압력지연삼투 공정을 이용한 담수화 방법을 제공한다. 일 실시 예에 따르면, 담수화 방법은, 압력지연삼투 공정에 제 1 유도 용액과 염수가 입력되어 상기 제 1 유도 용액의 유량이 증가된 제 2 유도 용액이 유출되는 압력지연삼투 처리 단계와; 상기 제 2 유도 용액으로부터 담수를 분리하는 담수 분리 단계를 포함

하되, 상기 제 1 유도 용액은 휘발성 용질이 용해된 휘발성 유도 용액으로 제공된다.

[0017]

상기 휘발성 용질은 에탄올(Ethanol)로 제공될 수 있다.

[0018]

상기 압력지연삼투 처리 단계에서 유출되는 제 2 유도 용액을 이용하여 전력을 발생시키는 발전 단계를 더 포함할 수 있다.

[0019]

상기 담수 분리 단계에서는 상기 발전 단계에서 발생된 전력을 이용하여 상기 제 2 유도 용액으로부터 담수를 분리할 수 있다.

[0020]

상기 담수 분리 단계에서는 상기 제 2 유도 용액을 가열 또는 감압하여 상기 휘발성 용질을 증발시켜 담수를 분리할 수 있다.

발명의 효과

[0021]

본 발명의 실시 예에 따른 담수화 시스템 및 담수화 방법은 담수화에 필요한 에너지 소비를 낮출 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022]

도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 담수화 시스템을 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 담수화 방법을 나타낸 순서도이다.

도 3은 용질의 농도에 따른 삼투압을 나타낸 그래프이다.

도 4는 삼투 실험에서 에탄올 농도와 염수(NaCl 용액)의 농도에 따른 수투과도(Water Flux)를 나타낸 그래프이다.

도 5는 50wt% 에탄올 수용액을 이용한 감압증발 실험에서 감압정도에 따른 증류수의 잔류량, 잔류하는 에탄올 용액의 농도 및 수득률(Water-Production Rate)을 나타낸 그래프이다.

도 6은 감압 증발시 에탄올 수용액의 농도 및 수득률에 따른 이론적 에너지 소모량을 나타낸 그래프이다.

도 7은 기존의 역삼투(RO: Reverse Osmosis) 담수화 공정 및 증기 압축식(MVC: Mechanical Vapor Compression) 담수화 공정과 에탄올 용액 감압 증발시키는 담수화 공정 간에 소비 에너지를 비교하는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023]

이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면들을 참조하여 더욱 상세하게 설명한다. 본 발명의 실시 예는 여러 가지 형태로 변형할 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래의 실시 예들로 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 실시 예는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다. 따라서 도면에서의 요소의 형상은 보다 명확한 설명을 강조하기 위해 과장되었다.

[0024]

도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 담수화 시스템(10)을 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 1을 참조하면, 담수화 시스템(10)은 압력지연삼투 공정을 이용하여 염수를 담수화한다. 일 실시 예에 따르면, 담수화 시스템(10)은 압력지연삼투 처리부(100) 및 담수 분리부(200)를 포함한다.

[0025]

압력지연삼투 처리부(100)는 염수와 제 1 유도 용액이 입력되어 압력지연삼투 공정에 의해 제 1 유도 용액의 유량을 증가시켜 제 2 유도 용액으로 출력한다.

[0026]

예를 들면, 염수는 해수 또는 에폭시 수지 제조공정 등에서 발생하는 염화나트륨이 함유된 고염도 폐수일 수 있다.

[0027]

제 1 유도 용액은 휘발성 유도 용액으로 제공된다. 휘발성 유도 용액은 물보다 높은 증기압을 가진 휘발성 용질이 물에 용해된 유도 용액이다. 예를 들면, 상기 휘발성 용질은 메탄올(Methanol) 또는 에탄올(Ethanol)로 제공될 수 있다.

[0028]

일 실시 예에 따르면, 압력지연삼투 처리부(100)는 압력지연삼투 모듈(110), 염수 유입관(120), 염수 유출관(130), 제 1 유도 용액 유입관(140), 제 2 유도 용액 유출관(150), 압력교환 장치(160) 및 전력 발생 모듈(170)을 포함한다.

[0029]

압력지연삼투 모듈(110)은 압력지연삼투용 반투과막(111)을 포함한다. 압력지연삼투 모듈(110) 내에서는 염수

및 제 1 유도 용액 간에 압력지연삼투용 반투과막(111)을 통한 삼투과정이 진행된다.

- [0030] 염수는 염수 유입관(120)을 통해 압력지연삼투 모듈(110)로 유입된다. 염수 유입관(120)에는 염수가 압력지연삼투 모듈(110)로 흐르도록 구동압을 인가하는 펌프가 제공될 수 있다.
- [0031] 압력지연삼투 모듈(110)에서 삼투과정을 거친 염수의 농축액은 염수 유출관(130)을 통해 배출된다.
- [0032] 제 1 유도 용액은 제 1 유도 용액 유입관(140)을 통해 압력지연삼투 모듈(110)로 유입된다.
- [0033] 제 2 유도 용액은 제 2 유도 용액 유출관(150)을 통해 압력지연삼투 모듈(110)로부터 유출된다.
- [0034] 압력교환 장치(160)는 압력지연삼투 모듈(110)에 의해 유량이 증가된 제 2 유도 용액의 압력을 제 1 유도 용액 유입관(140) 내의 제 1 유도 용액으로 전달한다. 일 실시 예에 따르면, 압력지연삼투 모듈(110)로부터 제 2 유도 용액 유출관(150)으로 유출된 제 2 유도 용액은 분기되어 일부는 전력 발생을 위해 전력 발생 모듈(170)로 유입되고, 다른 일부는 압력교환 장치(160)로 유입된다. 압력교환 장치(160)는 유입된 제 2 유도 용액의 압력을 제 1 유도 용액 유입관(140) 내의 제 1 유도 용액으로 전달하여, 전달된 상기 압력에 의해 제 1 유도 용액이 압력지연삼투 모듈(110)에 유입되도록 한다.
- [0035] 전력 발생 모듈(170)은 압력지연삼투 모듈(110)에 의해 제 1 유도 용액에 비해 유량이 증가되어 유출되고, 압력교환 장치(160)에 의해 가압된 제 2 유도 용액을 이용하여 전력을 발생시킨다. 일 실시 예에 따르면, 전력 발생 모듈(170)은 제 2 유도 용액 유출관(150)과 연결되어, 제 2 유도 용액 유출관(150)을 통해 유량이 증가되고 가압된 상태로 유출되는 제 2 유도 용액을 이용하여 전력을 발생시킨다. 예를 들면, 전력 발생 모듈(170)은 제 2 유도 용액 유출관(150)에 연결되어 제 2 유도 용액 유출관(150)을 흐르는 제 2 유도 용액에 의해 회전되어 전력을 발생시키는 터빈을 포함한다. 전력 발생 모듈(170)로부터 발생된 전력은 담수 분리부(200)로 전달될 수 있다.
- [0036] 담수 분리부(200)는 제 2 유도 용액으로부터 담수를 분리한다. 일 실시 예에 따르면, 담수 분리부(200)는 제 2 유도 용액을 가열 또는 감압하여 제 2 유도 용액으로부터 휘발성 용질을 증발시켜 담수를 분리한다. 이와 달리, 담수 분리부(200)는 역삼투 공정 등의 다양한 공정을 통해 제 2 유도 용액으로부터 담수를 분리하도록 제공될 수 있다. 예를 들면, 담수 분리부(200)는 제 2 유도 용액을 상압보다 낮은 압력으로 감압시킨 상태에서 가열하여 제 2 유도 용액으로부터 휘발성 용질을 증발시켜 담수를 분리할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 담수 분리부(200)는 전력 발생 모듈(170)로부터 발생된 전력을 이용하여 제 2 유도 용액으로부터 담수를 분리할 수 있다. 예를 들면, 담수 분리부(200)는 전력 발생 모듈(170)로부터 발생된 전력으로부터 열을 발생시키거나 감압시켜 제 2 유도 용액을 가열하는 히터를 더 포함할 수 있다. 상술한 바와 같이, 전력 발생 모듈(170)로부터 발생된 전력을 담수 분리부(200)에서 사용함으로써, 제 2 유도 용액으로부터 담수를 분리하는데 사용되는 별도의 에너지의 소비율을 낮출 수 있다.
- [0037] 제 1 유도 용액이 상기 휘발성 유도 용액으로 제공되는 경우, 휘발성 용질은 NaCl 또는 NH_4HCO_3 등의 이온 결합 화합물로 제공된 용질에 비해 증기압이 높으므로, 담수 분리부(200)에서 가열 및/또는 감압하여 유도 용액을 증발시켜 담수 분리 시, 유도 용액이 이온성 유도 용액으로 제공되는 경우에 비해 적은 에너지로 유도 용액 및 담수를 분리할 수 있다.
- [0038] 일 실시 예에 따르면, 제 1 유도 용액은 휘발성 용질 중 에탄올(Ethanol)이 용해된 용액으로 제공될 수 있다. 메탄올(Methanol)에 비해 에탄올(Ethanol)의 분자량이 더 크기 때문에, 반투과막을 통과하는 비율이 더 낮고, 따라서, 에탄올(Ethanol) 반투과막을 통해 역확산(Reverse Solute Diffusion)되는 정도가 낮다. 또한, 에탄올(Ethanol)은 메탄올(Methanol)에 비해 낮은 독성을 가진다.
- [0040] 이하, 도 1의 담수화 시스템(10)을 이용하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 담수화 방법에 대해 설명한다.
- [0041] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 담수화 방법을 나타낸 순서도이다. 도 1 및 도 2를 참조하면, 담수화 방법은 압력지연삼투 공정을 이용하여 염수를 담수화 한다. 일 실시 예에 따르면, 담수화 방법은 압력지연삼투 처리 단계(S10), 발전 단계(S20) 및 담수 분리 단계(S30)를 포함한다.
- [0042] 압력지연삼투 처리 단계(S10)에서는 압력지연삼투 공정에 제 1 유도 용액과 염수가 입력되어 제 1 유도 용액의 유량이 증가된 제 2 유도 용액이 유출된다. 일 실시 예에 따르면, 압력지연삼투 처리 단계(S10)에서는, 염수는 염수 유입관(120)을 통해 압력지연삼투 모듈(110)로 유입되고, 제 1 유도 용액은 제 1 유도 용액 유입관(140)을

통해 압력지연삼투 모듈(110)로 유입된다. 압력지연삼투 모듈(110)에 유입된 염수 및 제 1 유도 용액 간에는 반투과막을 통한 삼투과정이 진행된다. 삼투과정에 의해 유량이 증가된 제 2 유도 용액은 제 2 유도 용액 유출관(150)을 통해 압력지연삼투 모듈(110)로부터 유출된다.

[0043] 발전 단계(S20)에서는 압력지연삼투 처리 단계(S10)에서 유량이 증가되어 유출되는 제 2 유도 용액을 이용하여 전력을 발생시킨다. 일 실시 예에 따르면, 발전 단계(S20)에서는 전력 발생 모듈(170)은 압력지연삼투 모듈(110)에서 유량이 증가되어 제 2 유도 용액 유출관(150)을 흐르는 제 2 유도 용액에 의해 터빈(Turbine)이 회전됨으로써 전력을 발생시킨다. 터빈(Turbine)을 지난 제 2 유도 용액은 제 2 유도 용액 유출관(150)을 통해 담수 분리부(200)로 유입된다.

[0044] 담수 분리 단계(S30)에서는 제 2 유도 용액으로부터 담수를 분리시킨다. 일 실시 예에 따르면, 담수 분리 단계(S30)에서는 제 2 유도 용액을 가열 및/또는 감압하여 제 2 유도 용액으로부터 휘발성 용질을 증발시켜 담수를 분리한다. 담수 분리 단계(S30)에서는 발전 단계(S20)에서 발생된 전력을 이용하여 제 2 유도 용액으로부터 담수를 분리할 수 있다. 예를 들면, 담수 분리 단계(S30)에서는 담수 분리부(200)는 전력 발생 모듈(170)로부터 발생된 전력을 이용하여 열을 발생시켜 제 2 유도 용액을 가열하여 제 2 유도 용액으로부터 휘발성 용질을 증발시켜 담수를 분리한다. 담수가 분리된 유도 용액은 염수 유입관(120)을 통해 압력지연삼투 모듈(110)로 유입되어 제 1 유도 용액으로서 사용될 수 있다.

[0045] 도 3은 용질의 농도에 따른 삼투압을 나타낸 그래프이다. 그래프 하단의 추가 x축은 에탄올 mole 농도에 대응되는 에탄올의 wt%농도를 나타낸다. 도 3을 참조하면, 에탄올은 기존 이온성 유도용액의 용질인 NaCl 및 NH_4HCO_3 에 비해 용해도가 높다. 즉, 에탄올은 NaCl 및 NH_4HCO_3 에 비해 높은 삼투압을 가질수 있도록 물에 용해될 수 있다. 따라서, 에탄올을 용해시켜 유도 용액을 생산하는 경우, 기존 이온성 유도용액의 용질인 NaCl 및 NH_4HCO_3 에 비해 높은 삼투압을 가질 수 있는 유도 용액을 생산할 수 있다.

[0046] 도 4는 삼투 실험에서 에탄올 농도와 염수(NaCl 용액)의 농도에 따른 수투과도(Water Flux)를 나타낸 그래프이다. 도 4를 참조하면, 일정 농도 이상, 예를 들면, 약 40wt% 이상의 에탄올 유도 용액은 해수(0.6M) 또는 일반적인 역삼투 공정에 의해 발생하는 RO 농축수(1.2M)의 농도보다 높은 염수(NaCl 용액) 농도에 대해 양(+)의 수투과도를 가진다. 이는 일정 농도 이상의 에탄올 유도 용액은 해수 또는 일반적인 RO 농축수를 농축하기 위한 유도 용액으로 활용이 가능함을 의미한다.

[0047] 도 5는 50wt% 에탄올 수용액을 이용한 감압증발 실험에서 감압정도에 따른 증류수의 잔류량, 잔류하는 에탄올 용액의 농도 및 수득률(Water-Production Rate)을 나타낸 그래프이다. 도 5를 참조하면, 실험이 수행되는 시스템의 압력이 낮아질수록, 증기압이 높은 에탄올은 빠르게 증발한다. 따라서, 증발 실험 후에 잔류하는 에탄올 용액의 농도는 시스템의 압력이 낮아질수록 낮게 나타난다. 즉, 담수 분리 단계(S30)에서 에탄올을 증발시켜 담수를 분리시키는 경우, 담수 분리부(200)에서의 압력을 낮출수록 에탄올을 용이하게 증발시킬 수 있다. 따라서, 담수 분리 단계(S30) 수행시, 담수 분리부(200)의 제 2 유도 용액이 수용되는 공간의 압력은 상압보다 낮은 압력으로 감압될 수 있다. 예를 들면, 담수 분리 단계(S30) 수행시, 담수 분리부(200)의 제 2 유도 용액이 수용되는 공간의 압력은 35mmHg 이하로 제공될 수 있다.

[0048] 도 6은 감압 증발시 에탄올 수용액의 농도 및 수득률에 따른 이론적 에너지 소모량을 나타낸 그래프이다. 도 6을 참조하면, 에탄올 용액의 경우 10wt% 내지 30wt% 농도에서 에너지 소모량이 약 2kWh/m^3 내지 20kWh/m^3 으로써, 이는 1.5mol/L인 NH_4CO_3 용액의 경우 에너지 소모량이 300kWh/m^3 인 것에 비해 에탄올 용액의 에너지 감압 증발시의 에너지 효율이 높음을 알 수 있다.

[0049] 도 7은 기존의 역삼투(RO) 담수화 공정 및 증기 압축식(MVC) 담수화 공정과 에탄올 용액 감압 증발시키는 담수화 공정 간에 소비 에너지를 비교하는 그래프이다. 도 7을 참조하면, 기존 역삼투 담수화 공정의 경우 에너지 소비율은 낮으나 고농도 용액에는 적용이 불가하다. 또한 증기 압축식 담수화 공정은 고농도 용액의 처리는 가능하나 소비 에너지가 상술한 에탄올 용액을 감압 증발시키는 담수화 공정에 비해 높다. 즉, 유도 용액으로서 에탄올 용액을 사용하는 경우, 담수 분리 단계(S30)에서 에탄올 용질의 높은 삼투압과 낮은 증발 엔탈피에 의해 상대적으로 낮은 에너지로 고농도 용액에 대해 적용 가능하다.

[0050] 상술한 바와 같이, 본 발명의 실시 예에 따른 담수화 시스템 및 담수화 방법은 유도 용액으로써 휘발성 용질이 물에 용해된 휘발성 유도 용액, 특히 에탄올 수용액을 사용하고, 압력지연삼투 방식을 이용하여 증가된 유도 용액의 유량을 이용하여 생산된 전력을 유도 용액으로부터 담수를 분리하는 공정에 사용함으로써, 담수화에 필요

한 에너지 소비를 낮출 수 있다.

[0051] 또한, 정삼투 방식의 경우, 유도용액의 농도가 커지면 삼투압이 높아 수투과도(Flux)가 높지만, 반투과막의 서포트층(Support Layer)에서 발생하는 농도분극(ICP: Internal Concentration Polarization) 현상에 의해 막표면의 유도 용액의 농도는 막 외부의 유도 용액의 농도보다 낮아지며, 이는 유도 용액 농도 증가에 따른 수투과도 증가를 저해한다. 이에 반해, 압력지연삼투(PRO) 방식은 유도용액이 반투과막의 활성층(Active Layer)에 직접 맞닿아 있기 때문에, 농도분극(ICP) 현상이 아닌 수리학적(유량 등)으로 제어 가능한 ECP(External CP) 현상이 발생하여 수투과도의 저해 정도가 정삼투 방식에 비해 상대적으로 낮다. 따라서, 본 발명의 실시 예에 따른 담수화 시스템 및 담수화 방법은 압력지연삼투 방식을 적용하여 정삼투 방식에 비해 수투과도의 저해 정도가 낮게 제공된다.

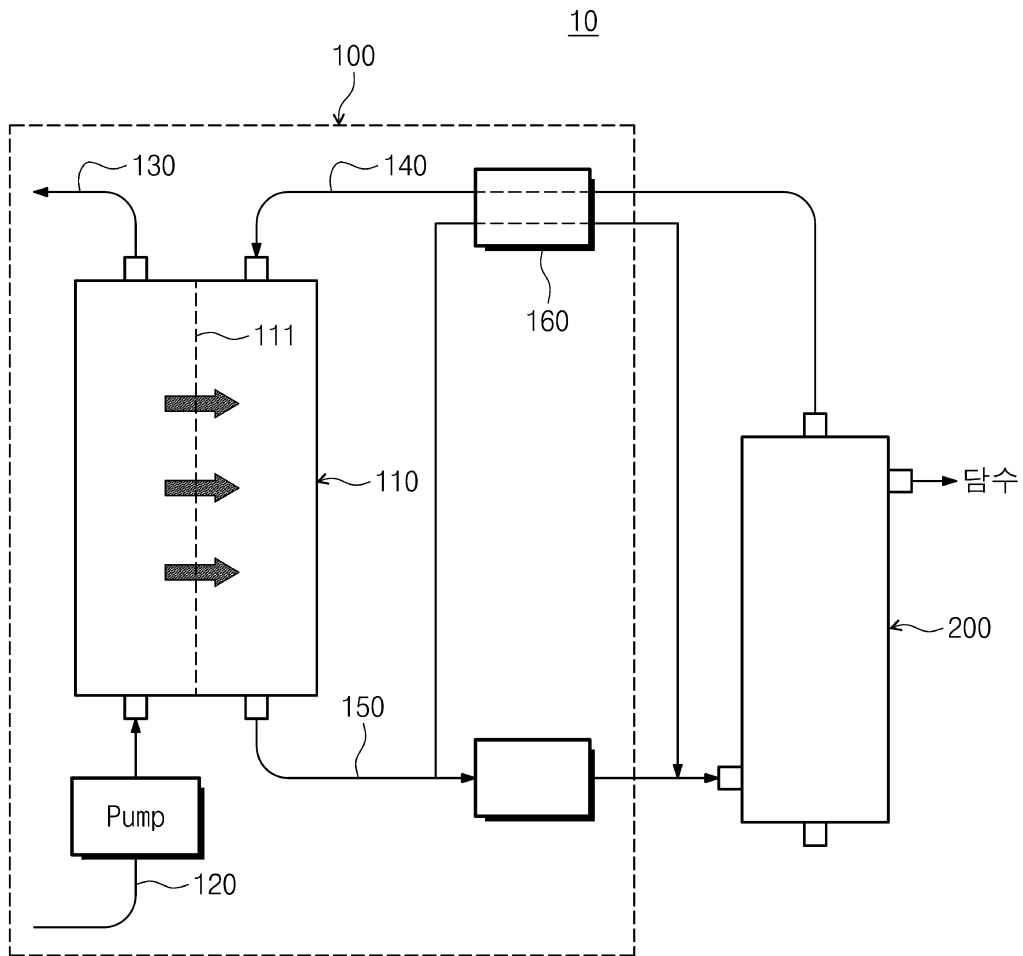
[0052] 이상의 상세한 설명은 본 발명을 예시하는 것이다. 또한 기술한 내용은 본 발명의 바람직한 실시 형태를 나타내어 설명하는 것이며, 본 발명은 다양한 다른 조합, 변경 및 환경에서 사용할 수 있다. 즉 본 명세서에 개시된 발명의 개념의 범위, 저술한 개시 내용과 균등한 범위 및/또는 당업계의 기술 또는 지식의 범위내에서 변경 또는 수정이 가능하다. 저술한 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 구현하기 위한 최선의 상태를 설명하는 것이며, 본 발명의 구체적인 적용 분야 및 용도에서 요구되는 다양한 변경도 가능하다. 따라서 이상의 발명의 상세한 설명은 개시된 실시 상태로 본 발명을 제한하려는 의도가 아니다. 또한 첨부된 청구범위는 다른 실시 상태도 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

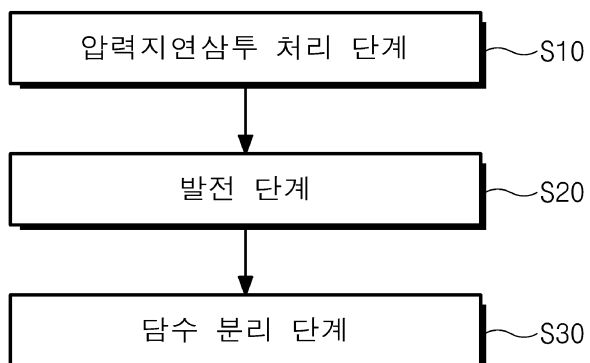
[0053] 10: 담수화 시스템 100: 압력지연삼투 처리부
140: 제 1 유도 용액 유입관 150: 제 2 유도 용액 유출관
170: 전력 발생 모듈 200: 증발 처리부

도면

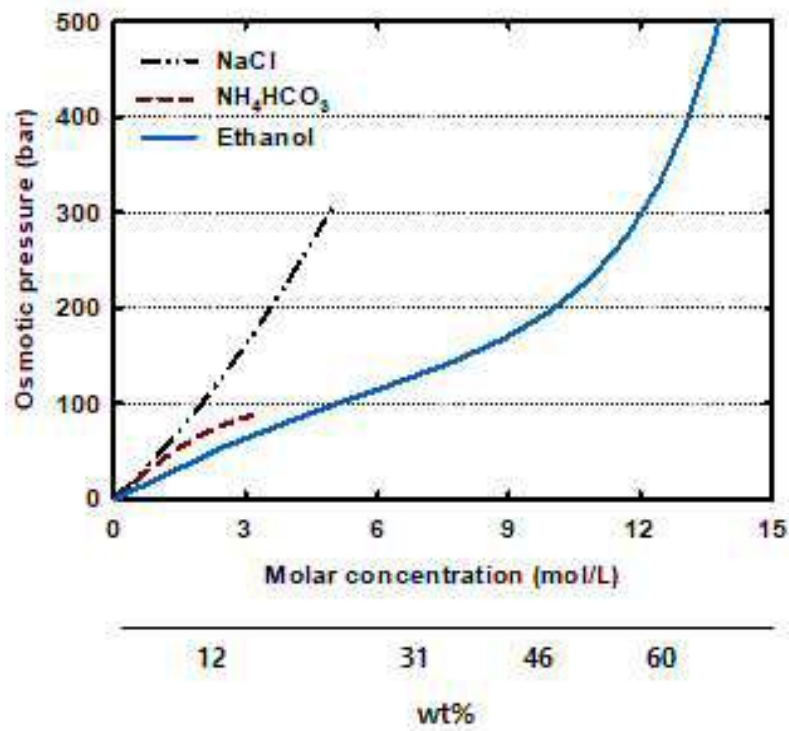
도면1



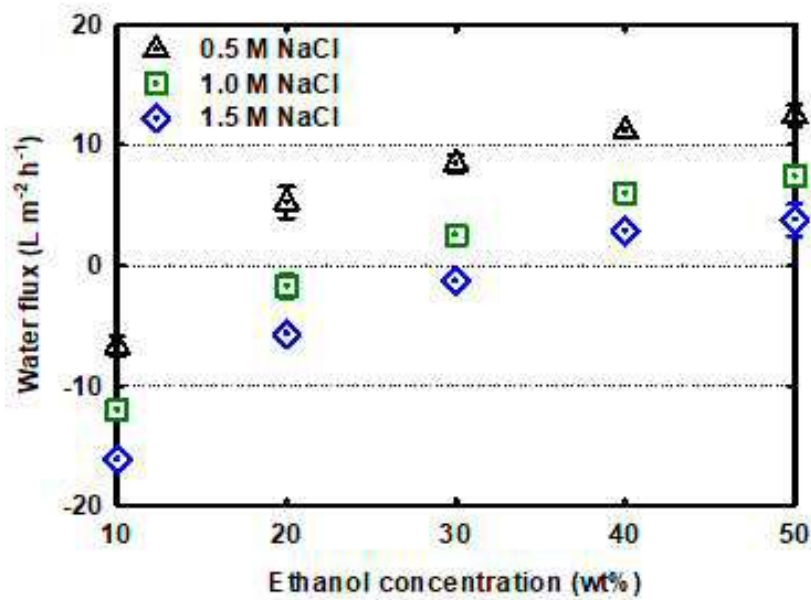
도면2



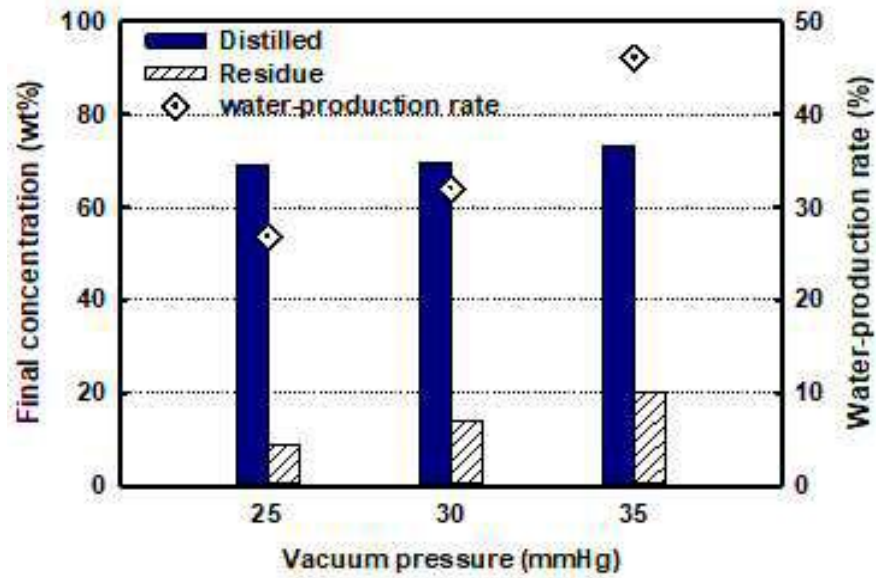
도면3



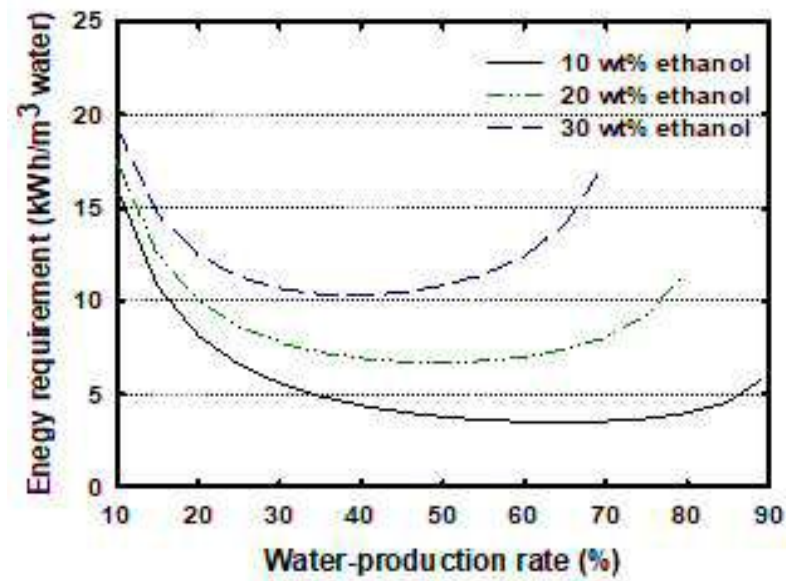
도면4



도면5



도면6



도면7

