



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0033061
(43) 공개일자 2014년03월17일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 61/58 (2006.01) **B01D 61/02** (2006.01)
B01D 65/08 (2006.01) **B01D 61/00** (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2013-7031194
- (22) 출원일자(국제) 2012년04월24일
 심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2013년11월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2012/034801
- (87) 국제공개번호 WO 2012/148911
 국제공개일자 2012년11월01일
- (30) 우선권주장
 61/478,768 2011년04월25일 미국(US)
 (뒷면에 계속)

- (71) 출원인
오아시스 워터, 인크.
 미국, 매사추세츠 02210, 보스턴, 7층, 드라이덕
 애버뉴 21
- (72) 발명자
맥기니스, 로버트
 미국, 매사추세츠 02142, 캠브리지 1402 비니 스트
 트릿 아파트먼트 195
- (74) 대리인
특허법인가산

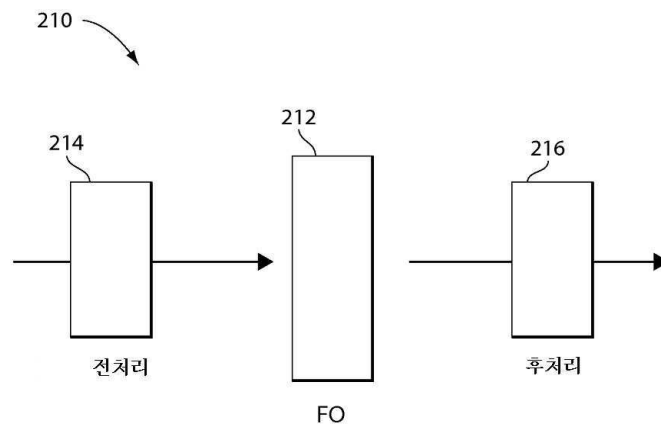
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 발명의 명칭 **삼투압 분리 시스템 및 방법**

(57) 요약

삼투 구동 막 시스템을 이용하는 분리 방법이 일반적으로 개시되어 있으며, 이 방법은 제1용액으로부터 용매를 추출하고, 제2 농축된 용액을 이용해서 용질을 농축시켜 제1용액으로부터 용매를 반투과성 막을 통해 인출하는 것을 수반한다. 공업적 혹은 상업적 공급원으로부터 저등급 폐열을 이용하는 것으로부터 증대된 효율을 초래할 수 있다. 전처리와 후처리는 또한 삼투 구동 막 처리를 증대시킬 수 있다.

대표도 - 도3



(30) 우선권주장

61/479,187 2011년04월26일 미국(US)

61/597,371 2012년02월10일 미국(US)

특허청구의 범위

청구항 1

삼투 구동 막 시스템에서 유도 용질 회수(draw solute recovery)를 최대화하는 방법으로서, 상기 방법은,

정삼투막을 포함하고, 상기 막의 제1측부 상에 제1용액을 회수하고, 상기 막의 제2측부 상에 농축된 유도 용액(concentrated draw solution)을 회수하도록 구성된 제1 삼투 구동 막 시스템을 제공하는 단계;

상기 농축된 유도 용액을 이용해서 상기 제1용액으로부터 용매를 삼투방식으로 분리함으로써, 상기 막의 상기 제1측부 상에 제2용액을 형성하고, 상기 막의 상기 제2측부 상에 회석된 유도 용액을 형성하는 단계로서, 상기 제2용액이 상기 막을 통해서 역이온 교환을 거쳐서 용질의 적어도 하나의 제1이온종을 포함하는 것인, 상기 형성하는 단계;

적어도 하나의 유도 용질과 상기 용매를 회수하기 위하여 상기 회석된 유도 용액을 분리시키는 단계로서, 회수된 상기 용매가 용질의 적어도 하나의 제2 이온종을 포함하는 것인, 상기 회석된 유도 용액을 분리시키는 단계;

회수된 상기 적어도 하나의 유도 용질을 상기 제1 삼투 구동 막 시스템으로 리사이클링시키는 단계;

역삼투막을 포함하는 제2 삼투 구동 막 시스템을 제공하는 단계;

상기 제2 삼투 구동 막 시스템 내에서 상기 회수된 용매를 가압하여, 상기 용질의 적어도 하나의 제2 이온종을 포함하는 농축된 용액과 실질적으로 순수한 용매를 회수하는 단계;

상기 용질의 적어도 하나의 제2 이온종을 포함하는 상기 농축된 용액을 상기 제1 삼투 구동 막 시스템으로 리사이클링시킴으로써, 상기 용질의 적어도 하나의 제1 이온종과 상기 용질의 적어도 하나의 제2 이온종을 포함하는 상기 제2용액을 얻는 단계로서, 상기 농축된 용액이 상기 제1용액에 첨가되는 것인, 상기 제2용액을 얻는 단계;

상기 용질의 적어도 하나의 제1 이온종을 상기 용질의 적어도 하나의 제2 이온종과 균형을 이루게 하여 추가의 제거가능한 유도 용질을 형성하는 단계; 및

상기 제2용액을 분리하여 상기 추가의 유도 용질 및 제3용액을 회수하는 단계를 포함하는, 삼투 구동 막 시스템에서 유도 용질 회수를 최대화하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 농축된 유도 용액 내로 상기 추가의 유도 용질을 리사이클링시키는 단계를 더 포함하는, 삼투 구동 막 시스템에서 유도 용질 회수를 최대화하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 회석된 유도 용액을 분리시키는 단계는 증류를 포함하는, 삼투 구동 막 시스템에서 유도 용질 회수를 최대화하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 농축된 유도 용액은 암모니아와 이산화탄소를 적어도 1:1의 몰비(molar ratio)로 포함하는, 삼투 구동 막 시스템에서 유도 용질 회수를 최대화하는 방법.

청구항 5

제1용액으로부터 용매를 삼투 추출하기 위한 시스템으로서,

정삼투 시스템으로서,

상기 제1용액의 공급원에 유체 접속된(fluidly connected) 입구를 지나는 제1챔버;

농축된 유도 용액의 공급원에 유체 접속된 입구를 지나는 제2챔버; 및

상기 제1챔버를 상기 제2챔버와 분리하기 위한 반투과성 막 시스템을 포함하는 것인, 상기 정삼투 시스템;

상기 제2챔버의 하류에서 상기 정삼투 시스템에 유체 연결되어(fluidly coupled), 이로부터 희석된 유도 용액을 입수하고 해당 희석된 유도 용액을 유도 용질과 용매 스트림으로 분리하도록 구성된 제1분리시스템;

상기 분리 시스템에 유체 연결되어, 상기 용매 스트림을 가압하고 이송하도록 구성된 압력 교환기;

상기 압력 교환기에 유체 연결된 역삼투 시스템으로서,

가압된 상기 용매 스트림을 회수하도록 구성된 제1챔버;

상기 제1챔버에 연결된 반투과성 막; 및

상기 반투과성 막에 연결되어, 해당 막을 통해 플릭스화된 용매를 입수하도록 구성된 제2챔버를 포함하되, 상기 역삼투 유닛의 제1챔버가 상기 정삼투 유닛의 상기 제1챔버에 유체 연결되어 상기 제1용액의 적어도 일부를 제공하는 것인, 상기 역삼투 시스템; 및

상기 정삼투 시스템의 상기 제1챔버에 유체 연결되어, 이로부터 농축된 제1용액을 입수하고 상기 농축된 제1용액으로부터 유도 용질과 생성물 스트림 중 적어도 한쪽을 제거하도록 구성된 제2분리 시스템을 포함하는, 용매의 삼투 추출 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제2분리 시스템과 유체 연통(fluid communication)하여, 분리된 상기 유도 용질을 상기 농축된 유도 용액으로 되돌리기 위한 리사이클링 시스템을 더 포함하는, 용매의 삼투 추출 시스템.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 농축된 유도 용액은 암모니아와 이산화탄소를 적어도 1대1의 몰비로 포함하는, 용매의 삼투 추출 시스템.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 제1 및 제2분리 시스템 중 적어도 한쪽은 증류탑 혹은 접촉 막 중 적어도 한쪽을 포함하는, 용매의 삼투 추출 시스템.

청구항 9

폐수를 처리하는 방법으로서,

높은 생물학적 산소 요구량 또는 높은 화학적 산소 요구량을 지니는 폐수를 반투과성 막의 제1측부 상에 도입하는 단계;

암모니아와 이산화탄소를 적어도 1대1의 몰비로 포함하는 농축된 유도 용액을 상기 반투과성 막의 제2측부 상에 도입하여 상기 반투과성 막을 통해 목적으로 하는 삼투 농도 구배를 유지하는 단계;

상기 반투과성 막을 통한 상기 폐수의 적어도 일부의 흐름을 촉진시켜, 상기 반투과성 막의 상기 제1측부 상에 제2용액을 형성하고, 상기 반투과성 막의 상기 제2측부 상에 희석된 유도 용액을 형성하는 단계; 및

상기 희석된 유도 용액의 적어도 일부를 분리 작업에 도입하여 유도 용질과 용매 스트림을 회수하는 단계를 포함하는 폐수 처리 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

소각로와 혐기성 소화조(anaerobic digester) 중 적어도 한쪽을 포함하는 2차 처리에 상기 제2용액을 도입하는 단계를 더 포함하는 폐수 처리 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 2차 처리 동안 생성된 열을 상기 분리 작업에 제공하는 단계를 더 포함하는 폐수 처리 방법.

청구항 12

정삼투 방법으로서,

용매와 적어도 하나의 용질을 포함하는 제1용액을 반투과성 막의 제1측부 상에 도입하는 단계;

복수의 시드(seed)를 상기 제1용액에 도입하는 단계;

농축된 유도 용액을 상기 반투과성 막의 제2측부에 도입하는 단계;

상기 제1용액 중에 상기 적어도 하나의 용질의 핵생성을 촉진시키는 단계; 및

상기 반투과성 막을 통한 상기 용매의 적어도 일부의 흐름을 촉진시켜, 상기 반투과성 막의 상기 제1측부 상에 제2용액을 형성하고, 상기 반투과성 막의 상기 제2측부 상에 회석된 유도 용액을 형성하는 단계를 포함하는 정삼투 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 회석된 유도 용액의 적어도 일부를 분리 유닛으로 지향시켜 용매 스트림 또는 유도 용질 중 적어도 한쪽을 회수하는 단계를 더 포함하는 정삼투 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 반투과성 막의 상기 제2측부 상에서 농축된 유도 용액 내로 유도 용질을 재도입하여 상기 농축된 유도 용액 중에 목적으로 하는 물질을 유지시키는 단계를 더 포함하는 정삼투 방법.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 제1용액으로부터 석출된 적어도 하나의 용질의 적어도 일부를 회수하는 단계를 더 포함하는, 정삼투 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 석출된 용질을 회수하는 단계는 상기 용질 또는 상기 제1용액 중 적어도 한쪽을 더 처리하는 단계를 포함하는 정삼투 방법.

청구항 17

삼투현상을 이용해서 용액을 처리하기 위한 시스템으로서, 상기 시스템은

정삼투 모듈로서,

용매와 적어도 하나의 용질을 포함하는 제1용액의 공급원과 유체 연통하는 제1챔버;

농축된 유도 용액과 유체 연통하는 제2챔버; 및

상기 제1챔버와 상기 제2챔버를 연결하는 반투과성 막을 포함하는, 상기 정삼투 모듈; 및

복수의 시드를 상기 제1챔버 내로 도입하는 수단을 포함하되,

상기 복수의 시드는 상기 제1용액이 상기 제1챔버로 도입될 경우 상기 적어도 하나의 용질의 적어도 일부의 핵생성을 유발하는 것인, 삼투현상을 이용해서 용액을 처리하기 위한 시스템.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 제2챔버와 유체 연통하여 용매 스트림과 유도 용질 중 적어도 한쪽을 회수하기 위한 분리 모듈을 더 포함하는, 삼투현상을 이용해서 용액을 처리하기 위한 시스템.

청구항 19

제18항에 있어서,

유도 용질을 상기 농축된 유도 용액으로 리사이클링시키기 위한 수단을 더 포함하는, 삼투현상을 이용해서 용액을 처리하기 위한 시스템.

청구항 20

제17항에 있어서,

상기 제1챔버와 유체 연통하여 석출된 용질을 회수하기 위한 회수 모듈을 더 포함하는, 삼투현상을 이용해서 용액을 처리하기 위한 시스템.

청구항 21

삼투현상을 이용해서 용액을 처리하기 위한 장치로서,

용매와 적어도 하나의 용질을 포함하는 제1용액을 수용하도록 구성된 챔버;

상기 챔버 내에 배치되어, 상기 제1용액과 유체 연통하는 외부 표면과 농축된 유도 용액을 수용하기 위한 내부 표면을 지니는 반투과성 막을 포함하는 막 모듈(membrane module); 및

복수의 시드를 상기 챔버 내로 도입하는 수단을 포함하되,

상기 복수의 시드는 상기 챔버 내에서 상기 제1용액 중에 상기 적어도 하나의 용질의 적어도 일부의 핵생성을 유발하는 것인, 삼투현상을 이용해서 용액을 처리하기 위한 장치.

명세서

기술분야

[0001] 하나 이상의 양상은 일반적으로 삼투압 분리에 관한 것이다. 특히, 하나 이상의 양상은 용액으로부터 용질을 분리하기 위해 정삼투(forward osmosis)와 같은 삼투방식으로 구동되는 막(membrane) 공정을 사용하는 것을 수반한다.

배경기술

[0002] 정삼투는 담수화(desalination)를 위해 사용되어 왔다. 일반적으로, 정삼투 담수화 공정은 반투과성 막에 의해 분리된 2개의 챔버를 가진 컨테이너를 수반한다. 하나의 챔버는 바닷물을 수용한다. 다른 하나의 챔버는 농축된 용액을 수용하는데, 이 농축된 용액은 바닷물과 농축된 용액 간에 농도 구배(concentration gradient)를 생성한다. 이 구배는 바닷물로부터 막을 통해 농축 용액으로 물을 끌어당기는데, 이때 상기 막은 염분이 아니라 물을 통과시키는 것을 선택적으로 허용한다. 점진적으로, 농축 용액에 유입되는 물은 해당 용액을 희석시킨다. 그리고 나서 음용수를 생성하기 위해 상기 희석된 용액으로부터 용질이 제거된다.

[0003] 정삼투 시스템에 대한 하나의 단점은 시스템의 이온 균형을 교란시키는 이온 교환 현상이다. 예를 들어, NH₃-CO₂ 유도 용액(draw solution) 및 NaCl 공급 용액을 이용하는 시스템에서, Na⁺ 및 NH₄⁺ 이온은 막을 통해 교환될 것이고, 그 결과 보다 높은 염분 생산수로 되어, 유도 용질을 회수함에 있어서 곤란성을 증가시킬 수 있다. 몇

몇 단수화 유닛은 현재 전처리 및 후처리 이온 교환 혹은 유사한 공정을 이용하지만; 그러나, 그 이용은 전형적으로 생성물 용매를 더욱 조정하기 위하여 행해지는 것이고, 특히 유도 용질의 회수에 관하여, 이들 단점을 극복하는 시도로 행해지는 것은 아니다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 양상들은 일반적으로 정삼투 분리(forward osmosis separation: FO), 직접 삼투 농도(direct osmotic concentration: DOC), 압력-보조 정삼투 및 압력 지연 삼투(pressure retarded osmosis: PRO)를 포함하는, 삼투방식으로 구동되는 막 시스템 및 방법에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 일 양상에 있어서, 본 발명은 삼투 구동 막 공정 및 그의 이온 균형을 유지하는 방법에 관한 것이다. 상기 공정/방법은 정삼투막의 제1측부 상에 제1용액을 도입하고, 정삼투막의 제2측부에 농축된 유도 용액을 도입하는 단계를 포함한다. 농축된 유도 용액은 막의 삼투 농도 구배를 유지하는데 충분한 용질 농도를 지닌다. 상기 공정/방법은 또한 막을 통한 제1용액으로부터의 용매의 흐름을 촉진시킴으로써, 정삼투막의 제1측부 상에 제2용액을, 그리고 정삼투막의 제2측부 상에 회석된 유도 용액을 형성하는 단계를 포함한다. 제2용액은 막을 통해 역이온 교환을 거쳐서 용질의 적어도 하나의 제1이온종(예컨대, 암모늄)을 포함한다. 게다가, 상기 공정/방법은 회석된 유도 용액을 분리 시스템으로 지향시키는(directing) 단계 및 회석된 유도 용액을 유도 용질과 용매로 분리시키는 단계를 포함한다. 회수된 용매는 회석된 유도 용액으로부터 유도 용질의 전체가 회수되는 것을 방지하는 이온 불균형으로 인해 회수된 용매 중에 여전히 존재하는 정삼투막을 통해 교환된 용질의 적어도 하나의 제2이온종; 예를 들어, 나트륨 이온(Na^+) 및/또는 탄산 이온을 포함한다. 이온 불균형은 정삼투막을 통해 일어나는 이온 교환의 결과일 수 있다. 상기 공정/방법은 또한 내부에 삼투 농도 구배를 유지하도록 정삼투막의 제2측부에 도입된 농축된 유도 용액 내로 유도 용질을 리사이클링시키는 단계, 회수된 용매를 역삼투 시스템으로 지향시키는 단계, 회수된 용매를 가압하여, 용질의 적어도 하나의 제2이온종을 포함하는 농축된 용액과 정제된 용매를 생성하는 단계, 및 정삼투막의 제1측부에 도입된 제1용액에 농축된 용액을 도입하는 단계를 포함한다. 용질의 제2 이온종은 제2용액 내의 용질의 제1이온종과 균형을 이루어 제2용액 내에 추가의 제거가능한 유도 용질을 형성한다. 구체적으로는, 용질의 각종 양이온종 및 음이온종은 동일한 전하 균형으로 제2용액 내에 체류한다. 제2용액은 이어서 추가의 유도 용질을 회수하기 위하여 분리/리사이클링 시스템으로 지향된다. 용질의 제2 이온종(또는 그의 형태)과 조합하여 용질의 제1이온종(또는 그의 형태)은 제2용액으로부터 유도 용질의 각각의 종을 제거가능하게 한다.

[0006] 대안적으로, 역삼투 유닛으로부터의 농축된 용액은 막의 제1측부 상의 제2용액, 분리/리사이클링 시스템 내의 제2용액 및/또는 분리/리사이클링 시스템으로 막의 제1측부로부터 이송된 그대로의 제2용액으로 도입될 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 역삼투 유닛으로부터의 농축된 용액은 제1용액보다 더 많은 용존 고형물 총량(total dissolved solid: TDS)을 지닐 수 있고, 이 경우 정삼투 유닛의 하류에 있는 제2용액으로 농축된 용액을 도입시킴으로써, 정삼투 유닛에 대한 보다 큰 TDS의 가능한 부정적인 영향을 회피하는 것이 바람직하다. 몇몇 경우에, 제2용액은 다른 공급원으로부터 추가의 암모늄을 포함할 수 있고, 이는 또한 개시된 시스템 및 방법으로 회수될 수 있다.

[0007] 다른 양상에 있어서, 본 발명은 삼투 구동 막 시스템에서 유도 용질 회수(draw solute recovery)를 최대화하는 방법에 관한 것이다. 이 방법은, 정삼투막을 구비하고 또한 해당 막의 제1측부 상에 제1용액을 그리고 해당 막의 제2측부 상에 농축된 유도 용액을 입수하도록 구성된 제1 삼투 구동 막 시스템을 제공하는 단계, 농축된 유도 용액을 이용해서 제1용액으로부터 용매를 삼투적으로 분리함으로써, 막의 제1측부 상에 제2용액을 그리고 해당 막의 제2측부 상에 회석된 유도 용액을 형성하는 단계를 포함한다. 제2용액은 막을 통해서 역이온 교환을 거쳐서 용질의 적어도 하나의 제1이온종을 포함한다. 회석된 유도 용액은 추가의 처리를 위하여 분리/리사이클링 시스템으로 지향될 수 있다. 상기 방법은 또한 적어도 하나의 유도 용질 및 용매를 회수하기 위하여 회석된 유도 용액을 분리시키는 단계를 포함한다. 회수된 용매는 용질의 적어도 하나의 제2이온종을 포함한다. 상기 방법은 회수된 적어도 하나의 유도 용질을 제1 삼투 구동 막 시스템으로 리사이클링하는 단계; 역삼투막을 지닌 제2 삼투 구동 막 시스템을 제공하는 단계; 제2 삼투 구동 막 시스템 내에서 회수된 용매를 가압하여, 용질의 적어도 하나의 제2이온종을 포함하는 농축된 용액 및 실질적으로 순수한 용매를 회수하는 단계; 및 용질의 적어

도 하나의 제2이온종을 지니는 농축된 용액을 제1 삼투 구동 막 시스템으로 리사이클링하는 단계를 더 포함한다. 농축된 용액은 제1용액에 첨가됨으로써, 용질의 적어도 하나의 제1이온종 및 용질의 적어도 하나의 제2이온종을 포함하는 제2용액을 형성한다. 용질의 적어도 하나의 제1종은 추가의 제거가능한 유도 용질을 형성하기 위하여 용질의 적어도 하나의 제2종과 균형을 유지한다. 상기 방법은 제2용액을 분리하여 추가의 유도 용질과 제3용액을 회수하는 단계를 포함한다. 제2용액은 제2분리/리사이클링 시스템으로 지향될 수 있거나, 또는 분리 단계는 회석된 유도 용액과 함께 이용되는 동일한 분리/리사이클링 시스템으로 수행될 수 있다.

[0008] 상기 양상들의 각종 실시형태에 있어서, 상기 공정은 농축된 유도 용액으로 추가의 유도 용질을 리사이클링하는 단계를 포함한다. 하나 이상의 실시형태에 있어서, 회석된 유도 용액을 분리시키는 단계는 증류를 포함한다. 농축된 유도 용액은 적어도 하나의 열적으로 제거가능한 유도 용질을 포함할 수 있고/있거나 암모니아와 이산화탄소를 적어도 1:1의 몰비(molar ratio)로 포함할 수 있다.

[0009] 또 다른 양상에 있어서, 본 발명은 제1용액으로부터 용매의 삼투 추출을 위한 시스템에 관한 것이다. 해당 시스템은 제1용액의 공급원에 유체 접속된(fluidly connected) 입구를 지니는 제1챔버, 농축된 유도 용액의 공급원에 유체 접속된 입구를 지니는 제2챔버, 및 제1챔버를 제2챔버와 분리시키는 반투과성 막 시스템을 가진 정삼투 시스템; 제2챔버의 하류에서 정삼투 시스템에 유체 연결되어(fluidly coupled), 이로부터 회석된 유도 용액을 회수하고 회석된 유도 용액을 유도 용질과 용매 스트림으로 분리하도록 구성된 제1분리시스템; 분리 시스템에 유체 연결되어, 용매 스트림을 가압하고 이송하도록 구성된 압력 교환기(예컨대, 펌프); 상기 압력 교환기에 유체 연결된 역삼투 시스템을 포함하되, 상기 역삼투 시스템은 가압된 용매 스트림을 회수하도록 구성된 제1챔버, 제1챔버에 연결된 반투과성 막 및 반투과성 막에 연결되어, 해당 막을 통해 플럭스화된 용매를 입수하도록 구성된 제2챔버를 포함한다. 역삼투 유닛의 제1챔버는 정삼투 유닛의 제1챔버에 유체 연결되어 제1용액의 적어도 일부를 제공한다. 상기 시스템은 또한 정삼투 시스템의 제1챔버에 유체 연결되어, 이로부터 농축된 제1용액을 입수하고 농축된 제1용액으로부터 유도 용질과 생성물 스트림 중 적어도 한쪽을 제거하도록 구성된 제2분리 시스템을 포함한다.

[0010] 또 다른 양상에 있어서, 본 발명은 제1용액으로부터 용매의 삼투 추출을 위한 시스템에 관한 것이다. 해당 시스템은, 반투과성 막의 제1측부 상에 공급 용액을, 그리고 해당 막의 반대 측부 상에 농축된 유도 용액을 입수하도록 구성된 정삼투 시스템, 정삼투 시스템에 유체 연결되어, 정삼투 시스템으로부터 회석된 유도 용액을 입수하고 회석된 유도 용액을 유도 용질과 용매 스트림으로 분리하도록 구성된 제1분리시스템, 분리 시스템에 유체 연결되어, 용매 스트림을 가압하고 이송하도록 구성된 압력 교환기, 압력 교환기에 유체 연결되어, 반투과성 막의 제1측부 상에 가압된 용매 스트림을 입수하고, 상기 막의 반대측 상에 상기 막을 통해 플럭스된 생성물 용매를 입수하도록 구성된 역삼투 시스템(여기서, 상기 막의 제1측부는 정삼투 유닛에 유체 연결되어, 제1용액의 적어도 일부로서 농축된, 가압 용매를 제공한다), 및 정삼투 시스템에 유체 연결되어, 그로부터 농축된 제1용액을 입수하고 해당 농축된 제1용액으로부터 유도 용질과 생성물 스트림 중 적어도 한쪽을 제거하도록 구성된 제2분리 시스템을 포함한다.

[0011] 본 발명의 상기 양상들의 다양한 실시형태에 있어서, 상기 시스템은 제2분리 시스템에 유체 연통(fluid communication)하여, 분리된 유도 용질을 농축된 유도 용액으로 되돌려 보내는 리사이클링 시스템을 포함한다. 하나 이상의 실시형태에 있어서, 제1 및 제2분리 시스템은 증류탑 또는 접촉 막 중 적어도 한쪽을 포함할 수 있다. 소정의 실시형태에 있어서, 농축된 유도 용액은 암모니아와 이산화탄소를 적어도 1대1의 몰비로 포함한다.

[0012] 또 다른 양상에 있어서, 본 발명은 제1용액으로부터 용매의 삼투 추출을 위한 시스템에 관한 것이다. 해당 시스템은 정삼투 시스템, 전처리 시스템 및 분리 시스템을 포함한다. 정삼투 시스템은 상기 제1용액의 공급원에 유체 접속된 입구를 지니는 제1챔버, 농축된 유도 용액의 공급원에 유체 접속된 입구를 지니는 제2챔버, 및 제1챔버를 제2챔버와 분리시키는 반투과성 막 시스템을 포함한다. 전처리 시스템은 제1용액의 공급원 및 정삼투 시스템과 유체 연통한다. 일 실시형태에 있어서, 전처리 시스템은 제1용액의 공급원과 정삼투 시스템 사이에 배치되어 있다. 분리 시스템은 제2챔버의 하류에 유체 접속되어, 유도 용질 또는 용매 스트림 중 적어도 한쪽을 회수한다. 분리 시스템은 증류탑 또는 접촉 막 중 적어도 한쪽을 포함할 수 있고, 분리 시스템은 제2챔버로부터 회석된 유도 용액을 입수하도록 구성되어 있다.

[0013] 각종 실시형태에 있어서, 농축된 유도 용액은 암모니아와 이산화탄소를 적어도 1대1의 목적으로 하는 몰비로 포함한다. 전처리 시스템은 제1용액을 예열시키는 열원(heat source), 제1용액의 pH를 조정하는 수단, 제1용액을 여과(예컨대, 탄소 또는 모래 여과)시키는 필터 또는 기타 수단, 중합체 부가 수단 또는 제1용액을 연화시키는 수단 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 시스템은 또한 용매 스트림과 유체 연통하는 후처리 시스템을 포

합할 수 있다. 후처리 시스템은 역삼투 시스템, 이온 교환 시스템, 제2 정삼투 시스템, 증류 시스템, 과증기(pervaporator), 기계적 증기 재압축 시스템 또는 여과 시스템 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 추가의 실시 형태에 있어서, 상기 시스템은 유도 용질의 제2챔버로의 재도입을 용이하게 하여 유도 용액의 목적으로 하는 물비를 유지하도록 구성된 흡수체(absorber)를 포함하는 리사이클링 시스템을 또 포함할 수 있다.

[0014] 다른 양상에 있어서, 본 발명은 제1용액으로부터 용매의 삼투 추출을 위한 시스템에 관한 것이다. 상기 시스템은 정삼투 시스템, 분리 시스템 및 후처리 시스템을 포함한다. 정삼투 시스템은 상기 제1용액의 공급원에 유체 접속된 입구를 지니는 제1챔버, 농축된 유도 용액의 공급원에 유체 접속된 입구를 지니는 제2챔버, 및 제1챔버를 제2챔버와 분리시키는 반투과성 막 시스템을 포함한다. 분리 시스템은 유도 용질 또는 용매 스트림 중 적어도 한쪽을 회수하기 위하여 제2챔버의 하류에 유체 접속되어 있다. 후처리 시스템은 용매 스트림과 유체 연통하고 있다.

[0015] 각종 실시형태에 있어서, 농축된 유도 용액은 암모니아와 이산화탄소를 적어도 1대1의 목적으로 하는 물비로 포함한다. 상기 후처리 시스템은 역삼투 시스템, 이온 교환 시스템, 제2 정삼투 시스템, 증류 시스템, 과증기, 기계적 증기 재압축 시스템 또는 여과 시스템 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 시스템은 또한 제1용액의 공급원과 유체 연통하는 전처리 시스템을 포함할 수 있으며, 예를 들어, 전처리 시스템은 제1용액의 공급원과 정삼투 시스템 사이에 배치될 수 있다. 전처리 시스템은 제1용액을 예열시키는 열원, 제1용액의 pH를 조절하는 수단, 제1용액을 여과(예컨대, 탄소 또는 모래 여과)시키는 필터 또는 기타 수단, 중합체 부가 수단, 또는 제1용액을 연화시키는 수단 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 시스템은 또한 유도 용액의 목적으로 하는 물비를 유지하기 위하여 제2챔버에 유도 용질의 재도입을 용이하게 하도록 구성된 흡수체를 포함하는 리사이클링 시스템을 포함할 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 분리 시스템은 증류탑 또는 접촉 막 중 적어도 한쪽을 포함하고, 해당 분리 시스템은 제2챔버로부터 회석된 유도 용액을 입수하도록 구성되어 있다.

[0016] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 제1용액으로부터 용매의 삼투 추출을 위한 시스템은 상기 제1용액의 공급원에 유체 접속된 입구를 지니는 제1챔버, 암모니아와 이산화탄소를 적어도 1대1의 목적으로 하는 물비로 포함하는 농축된 유도 용액의 공급원에 유체 접속된 입구를 지니는 제2챔버, 제1챔버를 제2챔버와 분리시키는 반투과성 막 시스템, 제1용액의 공급원 또는 제1챔버 중 적어도 한쪽과 유체 연통하는 전처리 작업, 제2챔버의 하류에 유체 접속된 분리 시스템(해당 분리 시스템은 제2챔버로부터 회석된 유도 용액을 입수하고 유도 용질과 용매 스트림을 회수하도록 구성되어 있음), 목적으로 하는 물비를 유지하기 위하여 제2챔버로 유도 용질의 재도입을 용이하게 하도록 구성된 흡수체를 포함하는 리사이클링 시스템, 및 용매 스트림과 유체 연통하는 후처리 작업을 포함할 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 분리 시스템은 증류탑을 포함한다.

[0017] 본 발명의 추가의 양상들은 폐수를 처리하기 위하여 본 명세서에 기재된 시스템 및 공정을 이용하는 것에 관한 것이다. 하나 이상의 실시형태에 따르면, 폐수를 처리하는 방법은 높은 생물학적 산소 요구량 또는 높은 화학적 산소 요구량을 지니는 폐수를 반투과성 막의 제1측부 상에 도입하는 단계, 암모니아와 이산화탄소를 적어도 1대1의 물비로 포함하는 농축된 유도 용액을 반투과성 막의 제2측부 상에 도입하여 반투과성 막을 통해 목적으로 하는 삼투 농도 구배를 유지하는 단계, 반투과성 막을 통한 폐수의 적어도 일부의 흐름을 촉진시켜, 반투과성 막의 제1측부 상에 제2용액을, 그리고 반투과성 막의 제2측부 상에 회석된 유도 용액을 형성하는 단계, 및 회석된 유도 용액의 적어도 일부를 분리 작업에 도입하여 유도 용질과 용매 스트림을 회수하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 유도 용질을 반투과성 막의 제2측부에 재도입하여 농축된 유도 용액 중에 목적으로 하는 물비의 암모니아 대 이산화탄소를 유지하는 단계 및 용매 스트림을 수집하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.

[0018] 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 방법은 혐기성 소화조(anaerobic digester) 등과 같은 2차 처리로 제2용액을 도입하는 단계를 더 포함할 수 있다. 다른 실시형태에 있어서, 상기 방법은 제2용액을 소각로에 도입하는 단계를 더 포함할 수 있다. 소각로로부터, 또는 소화조로부터의 메탄의 연소로부터 발생된 열은 분리 작업에 제공될 수 있다. 적어도 몇몇 실시형태에 있어서, 상기 방법은 반투과성 막의 오염(fouling)을 제어하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0019] 다른 양상에 있어서, 본 발명은 정삼투 공정에 관한 것이다. 이 공정은 반투과성 막의 제1측부 상에 적어도 하나의 용질 및 용매를 가지는 제1용액을 도입하는 단계, 복수의 침전물인 핵생성 결정(nucleation crystal)("시드"(seed))을 제1용액으로 도입하는 단계, 농축된 유도 용액을 반투과성 막의 제2측부에 도입하는 단계, 제1용액 내의 적어도 하나의 용질의 핵생성을 촉진시키는 단계 및 반투과성 막을 통한 용매의 적어도 일부의 흐름을 촉진시켜 반투과성 막의 제1측부 상에 제2용액을, 그리고 반투과성 막의 제2측부 상에 회석된 유도 용액을 형성하는 단계를 포함한다. 복수의 시드는 실질적으로 균일한 조성 및 구성의 시드를 포함할 수 있지만; 그러나, 상

이한 조성 및/또는 구성을 지니는 시드는 상이한 용질의 선택적 핵생성을 위하여 도입될 수 있다. 시드의 양, 조성 및 구성은 특정 용도; 예컨대, 약제학적 화합물의 회수 및/또는 바람직하지 않은 용질의 제거에 적합하도록 선택될 것이다. 핵생성을 촉진시키는 단계는 용액 내에 시드의 도입과 수동적 분산, 그리고 선택적으로 제1 용액 내에 시드의 혼합을 촉진시키는 교반, 통기(aeration) 혹은 기타 수단을 포함할 수 있다.

[0020] 상기 양상의 각종 실시형태에 있어서, 상기 공정은 회석된 유도 용액의 적어도 일부를 분리 유닛으로 지향시켜 용매 스트림 혹은 유도 용질 중 적어도 한쪽을 회수하는 단계 및 반투과성 막의 제2측부 상의 농축된 유도 용액 내로 유도 용질을 재도입하여, 농축된 유도 용액 중에 목적으로 하는 물비를 유지하는 단계를 포함할 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 용매의 적어도 일부의 흐름을 촉진시키는 단계는 반투과성 막을 통해 삼투 농도 구배를 유지하는 단계를 포함하는데, 이는 농축된 유도 용액 중에서 암모니아와 이산화탄소의 물비를 적어도 1:1로 유지하는 단계를 포함할 수 있다. 선택적으로, 상기 공정은, 농축된 유도 용액의 하나 이상의 특징을 모니터링하는 단계 및 필요에 따라, 예를 들어, 용액으로 유도 용질을 재도입하여 그의 물비를 변경함으로써 유도 용액을 개질시키는 단계를 포함할 수 있다. 상기 공정은 또한 제1용액으로부터 석출된 적어도 하나의 용질의 적어도 일부를 회수하는 단계를 포함할 수 있다. 석출된 용질의 회수는, 또한 예를 들어, 여과, (예컨대, 별도의 챔버에서의) 중력 침강, 용질의 분급화 및 우선적 석출, 열 교환, 또는 기타 분리 수단에 의해 용질 및/또는 제1용액의 추가의 처리를 포함할 수 있다. 소정의 실시형태에 있어서, 예를 들어, 석출된 용질이 유기 물질을 포함하거나 동반할 경우, 석출된 용질 혹은 슬러리는 추가의 처리를 위하여 소각로 혹은 소화조로 지향될 수 있다.

[0021] 다른 양상에 있어서, 본 발명은 삼투현상을 이용해서 용액을 처리하는 시스템에 관한 것이다. 상기 시스템은 정삼투 모듈 및 정삼투 모듈에 복수의 도입하기 위한 수단을 포함한다. 정삼투 모듈은 용매와 적어도 하나의 용질을 포함하는 제1용액의 공급원과 유체 연통하는 제1챔버, 농축된 유도 용액과 유체 연통하는 제2챔버 및 제1챔버와 제2챔버를 연결하는 반투과성 막을 포함한다. 복수의 시드를 도입하기 위한 수단은 제1챔버에 시드를 도입하도록 구성되어 있으며, 여기서, 복수의 시드는 제1용액이 제1챔버 내로 도입될 경우 적어도 하나의 용질의 적어도 일부의 핵생성을 유발시킨다. 복수의 시드를 도입하기 위한 수단은, 시스템 내의 어느 곳으로부터, 또는 제1챔버에 이웃하여 배치된 호퍼(hopper)로부터 제거된 석출 결정의 일부를 리사이클링하여, 계량기를 구비하거나 구비하지 않은 채, 예를 들어, 복수의 시드를 (건조 결정으로서 혹은 슬러리 중에) 보유하는 저장소, 및 저장소로부터 제1챔버로 시드를 전달하기 위한 필요한 펌프(또는 기타 원동력), 배관 및 밸브를 포함하는 별도의 시스템 혹은 제1챔버로 시드를 제공하는 것을 포함할 수 있다. 상기 수단 및/또는 제1챔버는 또한 제1용액 내에서 시드의 도입 및 배출을 원조하기 위하여 공기 공급원, 믹서 및/또는 배플을 포함할 수 있다.

[0022] 하나 이상의 실시형태에 있어서, 상기 시스템은 용매 스트림과 유도 용질 중 적어도 한쪽을 회수하기 위하여 제2챔버와 유체 연통하는 분리 모듈 및 농축된 유도 용액 내로 유도 용질을 리사이클링하는 수단을 포함할 수 있다. 분리 모듈과 리사이클링 수단은, 예를 들어, 추가의 챔버, 필터, 열 교환기, 증류탑, 집축 막, 및 필요에 따라 유도 용질을 농축된 유도 용액으로 회수하여 재도입시키는 배관을 포함할 수 있다. 상기 시스템은 또한 석출된 용질을 회수하기 위하여 제1챔버와 유체 연통하는 회수 모듈을 포함할 수 있다. 회수 모듈은, 예를 들어, 침강조, 필터, 소각로 및/또는 소화조를 포함할 수 있다(예컨대, 여기서 석출은 BOD 혹은 COD 농도에서 일어난다).

[0023] 또 다른 양상에 있어서, 본 발명은 삼투현상을 이용해서 용액을 처리하기 위한 장치에 관한 것이다. 상기 장치는 용매와 적어도 하나의 용질을 포함하는 제1용액을 입수하도록 구성된 챔버; 챔버 내에 배치된 막 모듈(membrane module); 및 챔버 내로 복수의 시드를 도입하기 위한 수단을 포함하되, 여기서 복수의 시드는 챔버 내에서 제1용액 중의 적어도 하나의 용질의 적어도 일부의 핵생성을 유발시킨다. 막 모듈은 챔버 내에서 제1용액과 유체 연통하는 외부 표면과 농축된 유도 용액을 입수하기 위한 내부 표면을 지니는 반투과성 막을 포함한다.

[0024] 이들 예시적인 양상 및 실시형태의 또 다른 양상, 실시형태 및 이점들은 이하에 상세히 논의된다. 게다가, 상기 정보 및 이하의 상세한 설명은 모두 단지 각종 양상과 실시형태의 예시적인 예에 불과하며, 청구된 양상과 실시형태의 속성과 특성을 이해시키기 위한 개요 혹은 틀을 제공하도록 의도된 것임을 이해할 필요가 있다. 따라서, 이들 및 기타 목적은, 본 명세서에 개시된 본 발명의 이점 및 특성과 함께, 이하의 설명 및 첨부 도면에 대한 참조를 통하여 명백해질 것이다. 또한, 본 명세서에 기재된 각종 실시형태의 특성들은 상호 배타적이지 않고 각종 조합과 치환으로 존재할 수 있다는 것을 이해할 필요가 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도면에서, 유사한 참조 부호는 일반적으로 서로 다른 도면에서 동일한 부분을 지칭한다. 또, 도면은 반드시 일

정 척도로 되어 있을 필요는 없고, 대신에 본 발명의 원리를 설명하기 위한 강조가 일반적으로 행해지며, 이는 본 발명을 한정하는 정의로서 의도된 것은 아니다. 명확화를 위해, 모든 구성요소가 모든 도면에 표시되어 있지 않을 수 있다. 이하의 설명에서, 본 발명의 다양한 실시형태가 이하의 도면을 참조하여 설명된다:

도 1은 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 폐수 처리를 위한 정삼투 시스템/공정의 개략도이다;

도 2는 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 폐수의 처리를 위한 다른 시스템/공정의 개략도이다;

도 3은 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 용매의 삼투 추출을 위한 시스템의 개략도이다;

도 4는 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 도 3의 시스템의 하나의 응용의 개략도이다;

도 5는 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 정삼투 유닛과 역삼투 유닛을 포함하는 삼투 시스템의 개략도이다;

도 6은 이온 균형을 유지하도록 구성된 삼투 구동 막 공정의 각종 단계를 표시한 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 용액으로부터 용매(예컨대, 물)를 추출하기 위한 삼투 방법은 일반적으로 정삼투막의 제1표면에 용액을 노출시키는 단계를 수반할 수 있다. 제1 또는 공정 용액의 농도에 대해서 증가된 농도를 지니는 제2용액 또는 유도 용액은, 정삼투막의 제2 대향면에 노출될 수 있다. 용매는 이어서 정삼투막을 통과하는 용액으로부터, 그리고 제2용액으로 인출되어, 덜 농축된 용액으로부터 더 농축된 용액으로의 이동을 내포하는 유체 이송 특성을 활용하는 정삼투를 통해서 용매-풍부(solvent-enriched) 용액을 생성한다. 희석된 유도 용액이라고도 불리는 용매-풍부 용액은, 제1출구에서 수집되어, 추가의 분리처리를 수행하여 예를 들어 정제수를 생성할 수 있다. 제2 생성물 스트림, 예컨대, 감소된(depleted) 혹은 농축된 공정 용액은, 배출 혹은 추가의 처리를 위하여 제2출구에서 수집될 수 있다.

[0027] 수압(hydraulic pressure)은, 일반적으로 그들 각각의 채널의 길이방향 축을 따라 막 모듈을 통해 제1 및 제2용액의 이송을 촉진시킬 수 있는 한편, 삼투압은 일반적으로 공급물로부터 유도 용액으로의 모듈 내에서 정삼투막을 통해서 용매의 이송을 촉진시킬 수 있다. 대안적으로, 수압은 공급물로부터 유도 용액으로 용매의 흐름을 보조하기 위하여 공급 용액에 작용할 수 있거나, 또는 수압은 두 용액 사이의 삼투압 차에 의해 구동되는 공급 용액으로부터 용매의 막 플럭스(flux)로 인해 유도 용액의 부피의 팽창으로부터 파워(power)의 생산을 허용하기 위하여 유도 용액 상에 놓일 수 있다(PRO). 일반적으로, 모듈 내의 흐름 채널은 이들 채널을 통해 흐름(크로스-플로(cross-flow))를 유발시키는데 필요한 수압을 최소화하도록 설계되지만, 이것은 두 용액 간의 삼투압 차의 효과적인 발생을 위하여 유익한 흐름 채널 내의 난류를 생성하는 요구와 마찰을 일으킬 경우가 있는데, 이는 흐름에 대한 저항을 증가시키는 경향을 지닌다. 보다 높은 삼투압 차이는 일반적으로 경막 플럭스를 증가시킬 수 있지만, 또한 희석된 물 생성물 및 재농축된 유도 용액의 생산을 위하여 유도 용질을 희석된 유도 용액과 분리시키는데 요구되는 열의 양을 증가시키는 경향을 지닐 수도 있다.

[0028] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 정삼투 막 모듈은 하나 이상의 정삼투막을 포함할 수 있다. 정삼투막은 일반적으로 반투과성일 수 있어, 예를 들어, 염화나트륨, 탄산암모늄, 중탄산암모늄 및 카바산암모늄 등과 같은 그 내부에 용해된 용질을 제외하고 물의 통과를 허용한다. 많은 유형의 반투과성 막이 이 목적에 적합하지만, 단, 이들은 물(즉, 용매)의 통과를 허용할 수 있는 한편, 용매의 통과를 차단하여 용액 중의 용질과 반응하지 않도록 한다. 막은 박막, 중공사막(hollow fiber membrane), 나선형 막(spiral wound membrane), 모노필라멘트 및 디스크 튜브를 포함하는 다양한 구성을 지닐 수 있다. 잘 알려진 다수의 상업적으로 입수가 가능한 반투과성 막이 있으며, 이들은 염화나트륨 등과 같은 용질 분자 및 염화물 등과 같은 그들의 이온성 분자종을 선별하면서 물을 통과시키기에 충분히 작은 기공을 지니는 것을 특징으로 한다. 이러한 반투과성 막은 유기 혹은 무기 물질로 만들어질 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 셀룰로스 아세테이트(cellulose acetate), 셀룰로스 나이트레이트(cellulose nitrate), 폴리설폰(polysulfone), 폴리불화비닐리덴(polyvinylidene fluoride), 폴리아마이드(polyamide) 및 아크릴로나이트릴(acrylonitrile) 공중합체 등과 같은 물질로 만들어진 막이 이용될 수 있다. 기타 막은 ZrO₂ 및 TiO₂ 등과 같은 물질로 만들어진 미네랄 막 혹은 세라믹 막일 수 있다.

[0029] 바람직하게는, 반투과성 막으로서 이용하기 위하여 선택된 물질은, 일반적으로 막이 겪게 될 수 있는 각종 공정 조건을 견딜 수 있어야만 한다. 예를 들어, 막은 상승된 온도, 예컨대, 멸균화 혹은 기타 고온 공정과 관련된 것들에 견딜 수 있는 것이 바람직할 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 정삼투 막 모듈은 약 0 내지 100°의 범위의 온도에서 작동될 수 있다. 몇몇 비제한적인 실시형태에 있어서, 공정 온도는 약 40 내지 50°의 범위일 수

있다. 마찬가지로, 막이 각종 pH 조건 하에서 무결성(integrity)을 유지할 수 있는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 유도 용액 등과 같은 막 환경에서 하나 이상의 용액은 대략 산성이거나 염기성일 수 있다. 몇몇 비제한적인 실시형태에 있어서, 정삼투 막 모듈은 약 2 내지 11의 pH 수준에서 작동될 수 있다. 소정의 비제한적인 실시형태에 있어서, pH 수준은 약 7 내지 10일 수 있다. 사용되는 막은 이들 재료 중 하나로부터 제조될 필요는 없고, 이들은 각종 재료의 복합체일 수 있다. 적어도 하나의 실시형태에 있어서, 막은, 예컨대, 제1표면 상에 활성 층을 지니고 제2표면 상에 지지층을 지니는 등과 같이 비대칭 막일 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 활성층은 일반적으로 거부층(rejecting layer)일 수 있다. 예를 들어, 거부층은 몇몇 비제한적인 실시형태에서 염의 통과를 차단할 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 차단층 등과 같은 지지층은 일반적으로 비활성일 수 있다.

[0030] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 적어도 하나의 정삼투막은 하우징 혹은 케이스 내에 위치되어 있을 수 있다. 하우징은 일반적으로 그 내부에 위치되는 막을 수용하는 크기와 형상으로 되어 있을 수 있다. 예를 들어, 하우징은 해당 하우징이 정삼투막을 나선형으로 감고 있다면 실질적으로 원통형일 수 있다. 이 모듈의 하우징은 해당 모듈로부터 생성물 스트림의 제거를 위한 출구뿐만 아니라 모듈에 공급 및 유도 용액을 제공하기 위한 입구를 포함할 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 하우징은 모듈에 도입되거나 모듈로부터 제거될 유체를 보유 혹은 저장하기 위한 적어도 하나의 저장소 혹은 챔버를 제공할 수 있다. 적어도 하나의 실시형태에 있어서, 하우징은 절연되어 있을 수 있다.

[0031] 하나 이상의 실시형태에 따르면 분리 공정은 반투과성 막의 제1표면에 제1용액을 노출시키는 단계를 포함할 수 있다. 제1용액의 농도보다 큰 농도를 지니는 제2용액은 이 막의 제2 대향면에 노출될 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 제2용액의 농도는 제1시약을 이용해서 증가되어, 제2용액 내의 용질의 평형을 조절하여 제2용액 내의 가용성 용질종의 양을 증가시킬 수 있다. 제1용액과 제2용액 간의 농도 구배는 이어서 제1용액으로부터 반투과성 막을 통해서 제2용액 내로 용매를 유입시켜 용매-풍부 용액을 생성한다. 하나 이상의 실시형태에 따르면, 용질의 일부는 용매-풍부 제2용액으로부터 회수되어 유도 용액으로 리사이클링될 수 있다. 회수 공정은 용매 생성물 스트림을 산출할 수 있다. 농도 구배는 또한 반투과성 막의 제1측부 상에 감소된 용액을 생성하고 이는 배출되거나 더욱 처리될 수 있다. 감소된 용액은 농축 혹은 회수가 요망되는 하나 이상의 목표 종을 포함할 수 있다.

[0032] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 삼투현상을 이용해서 제1용액으로부터 용매를 추출하는 장치가 개시되어 있다. 이 장치의 하나의 비제한적인 실시형태에 있어서, 해당 장치는 입구와 출구를 구비한 제1챔버를 지닌다. 제1챔버의 입구는 제1용액의 공급원에 접속되어 있을 수 있다. 반투과성 막은 제1챔버를 제2챔버와 분리시킨다. 제2챔버는 입구와 제1 및 제2출구를 지닌다. 몇몇 실시형태에 있어서, 제3챔버는 제2챔버의 제1출구로부터 용매-풍부 제2용액을, 그리고 제2챔버의 제2출구로부터 시약을 입수할 수 있다. 제3챔버는 용매-풍부 제2용액을 여과시키기 위한 필터 등과 같은 분리 작업에 접속되는 출구를 포함할 수 있다. 필터는 제1 및 제2출구를 지닐 수 있고, 제1출구는 석출된 용질을 제2챔버로 리사이클링시키기 위하여 제2챔버의 입구에 접속된다. 몇몇 실시형태에 있어서, 제4챔버는 분리 작업의 제2출구로부터 용매-풍부 제2용액을 입수할 수 있다. 제4챔버는 용매-풍부 제2용액을 가열시키기 위한 히터를 지닐 수 있다. 제4챔버 내의 제1출구는 제2챔버의 입구에 구성 요소 가스를 되돌릴 수 있다. 본 명세서에서 논의된 바와 같이, 제4챔버로부터의 가스 및/또는 제3챔버로부터의 석출된 용질 등과 같은 다양한 종이 시스템 내에서 리사이클링될 수 있다. 이러한 종은, 예를 들어, 동일한 입구에서 혹은 상이한 입구에서 제2챔버로 도입될 수 있다. 제4챔버 내의 제2출구는 최종 생성물, 예컨대, 용매가 장치에 배출되는 것을 허용할 수 있다. 흐름 채널 배치형태는 플러스가 하나의 용액에서 다른 용액으로 막을 통해 일어남에 따라서 공급 용액과 유도 용액의 흐름 부피 혹은 유량의 변화를 고려할 수 있다. 막 시스템 내의 공급 및 유도 용액을 위한 흐름 채널은 일반적으로 짧은 길이에 대해서 대략 동일하고 중간 플러스 속도로 낮아지거나, 또는 공급이 보다 좁게 되고 인출이 보다 긴 채널 길이 및 또는 보다 높은 플러스를 위하여 보다 깊게 되는 테이퍼링되도록 설계되어야 한다.

[0033] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 정삼투 막 모듈은 일반적으로 제1용액 및 제2용액이 반투과성 막의 제1 및 제2 측부와 각각 접촉하게 되도록 구성되고 배열될 수 있다. 제1 및 제2용액은 여전히 정체되어 있을 수 있지만, 제1 및 제2용액의 둘 모두가 크로스 플로우에 의해 도입되며, 즉, 반투과성 막의 표면에 대해서 크로스 플로우, 즉, 평행하게 흐르게 된다. 이것은 일반적으로 하나 이상의 유체 유로를 따라 막 표면 영역의 접촉을 증가시킴으로써, 정삼투의 효율을 증가시킬 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 제1 및 제2용액은 동일한 방향으로 흐를 수 있다. 다른 실시형태에 있어서, 제1 및 제2용액은 반대 방향으로 흐를 수도 있다. 적어도 몇몇 실시형태에 있어서, 유사한 유체 역학이 막 표면의 양 측면에 작용할 수 있다. 이것은 모듈 혹은 하우징 내에서 하나 이상의

정삼투막의 전략적 통합(strategic integration)에 의해 달성될 수 있다.

[0034] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 유도 용질은 재사용을 위하여 회수될 수 있다. 유도 용질 회수 공정의 예는 미국 공개 특허 제2012/0067819호('819 공보)(발명자: McGinnis)에 기재되어 있으며, 이 문헌의 개시내용은 그의 전문이 참조로 본 명세서에 병합된다. 분리 시스템은 회석된 유도 용액으로부터 용질을 스트리핑하여 용질이 실질적으로 없는 생산수(product water)를 생성할 수 있다. 분리 시스템은 증류탑을 포함할 수 있다. 유도 용질은 이어서 예컨대 리사이클링 시스템에 의해 농축된 유도 용액으로 도로 되돌릴 수 있다. 가스 용질은 축합되거나 흡수되어 농축된 유도 용액을 형성할 수 있다. 흡수체는 흡수체로서 회석된 유도 용액을 이용할 수 있다. 다른 실시형태에 있어서, 생산수는, 용질 리사이클링 시스템으로부터 가스 스트림을 흡수하는 일부 혹은 전부에 대해서, 흡수체로서 이용될 수 있다. 또한, 폐수 처리 공정의 일부로서 생산된 가스 및/또는 열은 유도 용질 회수 공정에서 이용될 수 있다.

[0035] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 제1용액은 분리, 정제 혹은 기타 처리가 요구되는 하나 이상의 용질을 함유하는 임의의 수성 용액 혹은 용매일 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 제1용액은 비음용수, 예컨대, 바닷물, 염수, 기수(brackish water), 중수도 용수 및 몇몇 공업용수일 수 있다. 처리될 공정 스트림은 염화물, 황산염, 브롬화물, 규산염, 요오드화물, 인산염, 나트륨, 마그네슘, 칼슘, 칼륨, 질산염, 비소, 리튬, 붕소, 스트론튬, 폴리브덴, 망간, 알루미늄, 카드뮴, 크롬, 코발트, 구리, 철, 납, 니켈, 셀렌, 은 및 아연 등과 같은 염 및 기타 이온종을 포함할 수 있다. 몇몇 예에서, 제1용액은 브라인(brine), 예컨대, 염수 혹은 바닷물, 폐수 또는 기타 오염수일 수 있다. 제1용액은 산업 설비, 혹은 임의의 기타 공급원, 예컨대, 대양 등과 같은 업스트림 유닛 작업으로부터 정삼투막 처리 시스템으로 전달될 수 있다. 제2용액은 제1용액에 대해서 보다 높은 농도의 용질을 함유하는 유도 용액일 수 있다. 광범위한 유도 용액이 이용될 수 있다. 예를 들어, 유도 용액은 열분해 염용액을 포함할 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 예를 들어, 미국 공개 특허 제2005/0145568호(발명자: McGinnis)에 개시된 것들과 같은 암모니아 및 이산화탄소 유도 용액이 이용될 수 있고, 이 공보의 개시 내용은 그의 전문이 참조로 본 명세서에 병합된다. 일 실시형태에 있어서, 제2용액은 암모니아와 이산화탄소의 농축된 용액일 수 있다. 적어도 하나의 실시형태에 있어서, 유도 용액은 암모니아와 이산화탄소를 1대1보다 큰 몰비로 포함할 수 있다.

[0036] 제2(유도) 용액을 위한 바람직한 용질은, 암모니아 및 이산화탄소 가스, 및 그들의 생성물, 탄산암모늄, 중탄산암모늄, 및 카바산암모늄일 수 있다. 암모니아와 이산화탄소는, 물에 약 1의 비로 용해된 경우, 중탄산암모늄으로 주로 구성되고 관련된 생성물인 탄산암모늄과 카바산암모늄이 보다 적은 정도로 함유된 용액을 형성한다. 이 용액 중의 평형은, 가용성 중의 용질인 카바산암모늄에 비해서 덜 가용성 중의 용질인 중탄산암모늄을 선호하고, 탄산암모늄을 보다 적은 정도로 선호한다. 이산화탄소에 대한 암모니아의 비가 약 1.75 내지 2.0이 되도록 과잉의 암모니아 가스와 함께 주로 중탄산암모늄으로 구성된 용액을 완충시키는 것은, 가용성 중 용질인 카바산암모늄을 향하여 용액의 평형을 이동시킬 것이다. 암모니아 가스는 수중에 더욱 가용성이며, 용액에 의해 우선적으로 흡착된다. 카바산암모늄이 제2용액의 용매에 의해 더욱 용이하게 흡착되기 때문에, 그의 농도는 용매가 용질을 더 이상 흡착할 수 없는 지점(즉, 포화)으로 증가될 수 있다. 몇몇 비제한적인 실시형태에 있어서, 이 조작에 의해 달성되는 이 제2용액 내의 용질의 농도는 약 2몰 초과, 약 6몰 초과, 혹은 약 6 내지 12 몰이다.

[0037] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 이산화탄소에 대한 암모니아의 비는, 시스템 내 유도 용액의 최고 농도에 의해서, 흡수 유체 내로 유도 용액 가스의 완전 흡수, 예컨대, 전술한 바와 같은 회석된 유도 용액의 부분을 실질적으로 허용해야만 한다. 유도 용액의 농도, 부피 및 유량은 일반적으로 공급 용액의 농도, 부피 및 유량과 일치되어야만 하므로, 두 용액 간의 삼투압의 목적으로 하는 차이는 막 시스템 및 급수용 물 회수 범위를 통해서 유지된다. 이것은 막 내의 내부와 외부의 두 농도 분극화 현상 및 그의 표면을 고려해서 하나 이상의 실시형태에 따라서 계산될 수 있다. 하나의 비제한 담수화 실시형태에 있어서, 식염수 급수용 물 유량의 대략 33%, 전형적으로 바닷물 담수화 시스템에 대해서 약 25% 내지 75%의 범위인 농축된 유도 용액 입구 유량이 이용될 수 있다. 보다 낮은 염도 공급물이 급수용 물 흐름의 약 5% 내지 25%의 유도 용액 입구 속도를 요구할 수 있다. 회석된 유도 용액 출구 속도는 전형적으로 급수용 물 입구 속도의 약 50% 내지 100%, 브라인 배출물의 부피의 약 3 내지 4배일 수 있다.

[0038] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 이산화탄소에 대한 암모니아의 비는 일반적으로 유도 용질 제거 및 회수 공정에서 이용되는 유도 용액의 농도 및 온도와 일치해야만 한다. 이들 비가 충분히 높지 않다면, 농축된 용액 내에서 재사용하기 위하여 유도 용질 가스를 염 속에 완전히 흡수시키는 것은 가능하지 않을 것이고, 이 비가 충분히 높다면, 유도 용액 중에 과잉의 암모니아를 있을 것이어서 해당 유도 용액을 목적으로 하는 온도 범위에서

적절하게 응축시키지 못할 것이므로, 공정을 추진시키기 위하여 폐열을 이용할 필요가 있다. 예를 들어, 몇몇 실시형태에 있어서, 증류탑은 약 50?에서 가스를 스트리핑할 수 있고, 흡수탑은 약 20?에서 작동할 수 있다. 이산화탄소에 대한 암모니아의 비는 막을 통해 공급 용액 내로 암모니아의 통과를 방지하는 것을 더욱 고려해야만 한다. 이 비가 너무 높다면, 이것은 비이온화된 암모니아를 필요하거나 요구되는 것보다 유도 용액 중에 더 높은 농도로 존재(통상 주로 암모늄)시킬 수 있다. 기타 변수, 예컨대, 급수용 물 유형, 목적으로 하는 삼투압, 목적으로 하는 플럭스, 막 유형 및 유도 용액 농도는 바람직한 유도 용액 몰비에 영향을 미칠 수 있다. 이산화탄소에 대한 암모니아의 비는 삼투압 분리 공정에서 모니터링되고 제어될 수 있다. 적어도 하나의 실시형태에 있어서, 유도 용액은 암모니아와 이산화탄소를 1대1보다 큰 몰비로 포함할 수 있다. 몇몇 비제한적인 실시형태에 있어서, 유도 용액 내에서 이산화탄소의 몰농도로 규정된 그 유도 용액의 몰농도, 대략 50?에서 유도 용액에 대한 비는, 1몰까지의 유도 용액에 대해서 적어도 약 1.1 내지 1, 1.5몰까지의 유도 용액에 대해서 약 1.2 내지 1, 3몰까지의 유도 용액에 대해서 약 1.3 내지 1, 4몰까지의 유도 용액에 대해서 약 1.4 내지 1, 4.5몰까지의 유도 용액에 대해서 약 1.5 내지 1, 5몰까지의 유도 용액에 대해서 약 1.6 내지 1, 5.5몰까지의 유도 용액에 대해서 약 1.7 내지 1, 7몰까지의 유도 용액에 대해서 약 1.8 내지 1, 8몰까지의 유도 용액에 대해서 약 2.0 내지 1 및 10몰까지의 유도 용액에 대해서 약 2.2 내지 1일 수 있다. 실험은 이 대략적인 온도에서 이들 농도의 용액의 안정적인 용해도를 위해 필요한 대략의 최소 비가 있는 것을 나타낸다. 더 낮은 온도에서, 이산화탄소에 대한 암모니아의 더 높은 비는 동일한 농도를 필요로 한다. 더 높은 온도에서, 더 낮은 비가 요구될 수 있지만, 용액의 일부 가압화는 또한 용질의 가스로의 분해를 방지하기 위하여 필요할 수도 있다. 1대1보다 높은 비, 심지어 2몰 미만의 전체 농도에서도 열의 더욱 적절한 양 및 또는 압력의 저감에 반응하여 용액의 안정성을 크게 증가시키고 유도 용액의 일반적인 열분해 분할 및 이산화탄소 가스의 방출을 방지한다.

[0039] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 정삼투 분리 공정은 반투과성 막의 제1측부 상에 제1용액을 도입하는 단계, 제1용액의 적어도 하나의 특징을 검출하는 단계, 적어도 하나의 검출된 특징에 의거해서 암모니아와 이산화탄소를 포함하는 농축된 유도 용액에 대해서 몰비를 선택하는 단계, 반투과성 막에 걸쳐서 목적으로 하는 삼투 농도 구배를 유지하도록 반투과성 막의 제2측부 상에 선택된 몰비에서 암모니아와 이산화탄소를 포함하는 농축된 유도 용액을 도입하는 단계, 반투과성 막에 걸쳐서 제1용액의 적어도 일부의 흐름을 촉진시켜, 반투과성 막의 제1측부 상에 제2용액을, 그리고 반투과성 막의 제2측부 상에 회석된 유도 용액을 형성하는 단계, 회석된 유도 용액의 적어도 일부를 분리 작업에 도입하여 유도 용질과 용매 스트림을 회수하는 단계 및 유도 용질을 반투과성 막의 제2측부에 재도입하여 농축된 유도 용액 중에 선택된 농도 및 목적으로 하는 몰비의 암모니아 대 이산화탄소를 유지하는 단계 및 용매 스트림을 수집하는 단계를 포함할 수 있다.

[0040] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 제1용액으로부터 용매의 삼투 추출을 위한 장치는 상기 제1용액의 공급원에 유체 접속된 입구를 지나는 제1챔버, 암모니아와 이산화탄소를 적어도 1대1의 몰비로 포함하는 농축된 유도 용액의 공급원에 유체 접속된 입구를 지나는 제2챔버, 제1챔버를 제2챔버와 분리시키는 반투과성 막, 증류탑을 포함하는 제2챔버의 하류에 유체 접속된 분리 시스템(해당 분리 시스템은 제2챔버로부터 회석된 유도 용액을 입수하고 유도 용질과 용매 스트림을 회수하도록 구성되어 있음), 및 농축된 유도 용액 중에서 이산화탄소에 대한 암모니아의 몰비를 유지하기 위하여 제2챔버에 유도 용질을 재도입하는 것을 용이하게 하도록 구성된 흡수체를 포함하는 리사이클링 시스템을 포함할 수 있다.

[0041] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 각종 삼투 구동 막 시스템 및 방법은 보다 큰 시스템과 통합될 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 시스템 및 방법은 각종 열원 및 물 시스템과 일체화될 수 있다. 적어도 하나의 실시형태에 있어서, 유도 용액은 컨테이너와 연관된 튜브의 내부에 공급될 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 지하로부터의 온수는 리보일러(reboiler)에서 사용될 수 있다. 다른 실시형태에 있어서, 지열, 공업용 공급원, 태양열 집열판, 용융염으로부터의 폐열, 또는 열 저장 시스템 내의 잔류 열이 이용될 수 있다. 또 다른 실시형태에서, 디젤 발전기가 실행될 수 있다.

[0042] 하나 이상의 추가의 실시형태에 있어서, 정삼투 시스템 및 방법은 스케일 석출을 위한 잠재성을 지니는 폐수원으로부터의 물 회수를 최대화하는 보조 공정과 일체화될 수 있다. 예를 들어, 칼슘 및 마그네슘 염의 석출을 방지하기 위하여, 칼슘과 마그네슘은 먼저 강산 양이온 교환 수지 상에 나트륨에 의한 이온 교환을 수반하는 것들과 같은 기법을 통해서 공급물로부터 제거될 수 있다. FO 농축물은 수지를 재생하는데 이용될 수 있다. 화학 분산제는 이온 교환탑 내에 석출을 방지하는데 이용될 수 있다. 실리카 스케일 제어를 위하여, 실리카 스케일 분산제는 시스템의 공급물에 공급될 수 있다. 목적으로 하는 농도 인자가 분산제 공급자에 의해 권장되는 최대치를 초과하는 실리카의 농도를 초래한다면, 공급물의 일부는 실리카를 제거하는 소형의 외부 마이크로필터 혹은 한외여과기를 통해서 리사이클링될 수 있다.

- [0043] 다른 실시형태에 있어서, 농축된 공급 용액이 시드 결정 및/또는 응집제 화학 첨가제를 수용하는 석출 탱크로 지향되도록, 가용성 염은 FO 막 시스템 내에서 청관제(anti-scalant) 화학약품을 사용하거나 사용하지 않으면서 그의 용해도까지 혹은 그 용해도를 넘어서까지 농축될 수 있다. 이어서, 이 용액은, 침강조 및/또는 여과 장치로 지향되어 미립자를 제거할 수 있다. 그 후, 이 처리에서 발생한 오수는 또 다른 공정으로 지향되거나, 처분되거나, 또는 추가적인 농축을 위하여 FO 막 시스템 내에서 재순환될 수 있다. 유체 전단력의 사용 및/또는 세척(scouring)하기 위한 기포의 도입은 침전 및/또는 오염이 막 표면 상에서 일어나지 않는 것을 보장하기 위해 FO 막 시스템 내에서 이용될 수 있다.
- [0044] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 막 오염은 모니터링되고 제어될 수 있다. 막 오염은 액체 교란 및 가스 도입을 수반하는 것들과 같은 세척 기법을 이용해서 제어될 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 전단력, 예컨대, 막 표면에서 전단을 유도하는 순환에서 유체 역학과 연루된 것들은 세척을 위하여 이용될 수 있다. 다른 실시형태에 있어서, 발포 볼 등과 같은 대상체는 세척을 실시하기 위하여 유로 내에 배치될 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 오염 및 생물학적 활성은, 예를 들어, 상이한 막 영역이 상이한 시간에 상이한 용액, 삼투압, pH, 또는 기타 조건을 경험하도록, 삼투압 및 유로를 변경하는 작업 변수의 조작을 통해서 제어될 수 있다. 분, 시간 혹은 년에 기초하는 등과 같은 시간에 따른 변화는 스케줄링될 수 있다. 추가의 FO 분리 시스템 및 방법이 높은 스케일링 잠재성을 가진 용액을 처리하는데 이용될 수 있다. 이들 시스템 및 방법은 급수용 물 스트림의 상당히 높은 회수를 허용하여, 과포화 및 변성 혹은 시드화된 슬러리를 이용해서 상당히 경제적 및 환경적 유익(예컨대, 더 적은 취수(intake water), 더 적은 배출수, 더 적은 화학적 이용 등)을 제공한다.
- [0045] 비시드화된(non-seeded) 슬러리 시스템은 포화된 용액을 막 어레이로 보내고, 그 공급물은 플럭스를 통한 물의 제거에 의해 과포화될 것이다. 이 과포화된 용액은 이 용액을 현탁된 결정 혹은 기타 석출을 위한 핵생성 점과 혼합하는 탱크에 지향될 것이다. 슬러리는 석출물을 제거하기 위하여 침강조, 하이드로사이클론, 또는 기타 여과 장치로 지향될 것이다.
- [0046] 시드화된 슬러리를 이용하는 시스템 및 방법은 막 모듈을 통해서 용액 중에 현탁된 석출물을 지닐 것이므로, 추가의 석출이, 도 2와 관련하여 이하에 더욱 상세히 설명되는 바와 같이, 막 표면 상이 아니라 오히려 이들 핵생성 점에서 일어날 것이다. 슬러리의 취급은 최대 입자 직경을 유지하도록 사전 여과 혹은 하이드로사이클론 시스템을 필요로 할 것이다. 각종 실시형태에 있어서, 이 시스템의 막은 코팅되어 있을 수 있고, 몇몇 경우에 주기적으로 배리어 층의 마모를 방지하기 위하여 재코팅될 수도 있다. 이러한 코팅은 폴리비닐 아세테이트(PVA)를 포함할 수 있다. 이들 시스템 및 방법의 추가적인 이점은, 예를 들어, 다수의 염에 대한 것에 대해서 그들의 용해도 한계에서 혹은 그 이상에서 용액의 연속적인 담수화를 허용하는 능력, 공정에서 소모될 화학약품의 사용을 줄이거나 제거하는 것, 막 오염을 저감시키는 것 및 염 역 이송(reverse salt transport)의 효과를 저감시키는 것을 포함한다.
- [0047] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 시스템 및 방법은 폐수 처리를 위하여 막 바이오리액터(membrane bioreactor: MBR) 작업에서 이용될 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 폐수는 단일 단계에서 폐수로부터 재사용하기 위하여 변환될 수 있다. 몇몇 실시형태는 막 소화조 작업, 또는 폐 스트림 내의 현탁된 고형물 및 유기물로부터의 물의 직접적인 막 분리가 에너지 및 전체 비용 측면에서 절약을 제공할 수 있도록 통기를 필요로 하지 않을 수 있다. 비제한적인 실시형태에 있어서, MBR 시스템은 막 시트 아래에 있는 탱크 내에서 상대적으로 혼합되지 않은 영역을 갖는 막 시트의 표면을 따라 순환이 이루어지도록 설계될 수 있다. 고형물은 이 침강 존(settling zone)으로부터 제거될 수 있다. 상기 혼합되지 않은 영역에서는 또한 발효가 일어날 수 있어, 탱크의 상부로부터 발생한 메탄의 제거 및 사용을 허용할 수 있다. 상기 탱크는, 펌프 출구가 흐름이 막 시트의 횡(폭)축을 따라 흐르는 것을 안내하도록 탱크의 일 측면 상에 위치하여, 필요한 경우 흐름이 시트의 길이방향 축을 따라 균일하게 분배되고, 상부에서 하부로 균일하게 분배되도록 전단력과 난류를 유발하도록 구성될 수 있다. 전단력은, 예를 들어, 통기 및 교반과 함께, 막 표면의 오염을 방지/저감시키는 것을 돕는다. 탱크는, 해당 탱크의 펌프 축으로 도로 저장된 저항을 지니는 물을 되돌리도록 하는 방식으로 탱크의 대향 벽이 만곡되게끔 더욱 구성될 수 있고, 이때 이 흐름은 막 적층부의 어느 한쪽 상을 통과한다. 막 포켓(membrane pocket)의 내부 속의 유도 용액은 상부에서 하부로, 하부에서 상부로, 또는 필요하다면 연속으로 교대로 흐를 수 있다. 막 적층부는 탱크의 상이한 영역들이 공급용액의 상이한 정상 상태 농도를 경험하도록 배열될 수 있다. 기포는 농도 분극화 현상을 줄이고 막 표면 상의 오염 및/또는 스케일링을 방지하도록 막 표면을 세척하는 데 이용될 수 있으며, 이때 이 공기의 도입은 종래의 막 바이오리액터에서 전형적인 것처럼 용액에 산소를 도입하기보다는 이들 목적을 위해 의도되는 것이다.
- [0048] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 막 바이오리액터 및 종래의 역삼투 공정은 공업용 폐수의 처리를 위하여 본 명

세서에 개시된 정삼투 기술로 대체될 수 있다. 정삼투 접근법은 높은 수준의 현탁된 고형분 또는 높은 수준의 용해된 유기물을 수반하는 용도에서 특히 유익할 수 있다. 정삼투현상은 또한 높은 생물학적 산소 요구량(BOD) 또는 높은 화학적 산소 요구량(COD)을 지니는 폐수의 처리를 위하여 바람직한 옵션일 수도 있다. 정삼투현상은, MBR 및 역삼투와 동일한 기능을 수행하지만, 단일 단계에서 그리고 BOD 및 COD의 생물학적 분해를 위해서 물을 통기시켜 산소를 도입하기 위하여 MBR에 통상 요구되는 에너지 없이 행해진다. 구체적으로는, 하수를 농축시키기 위하여 정삼투를 이용하는 것은 폐수를 소비하도록 필요한 박테리아를 얻기 위하여 공기/산소에 대한 필요성을 제거하여, 더욱 효과적인 공정 - 보다 적은 장비, 보다 적은 에너지 및 보다 작은 풋프린트(footprint)를 가져온다. 농축된 하수는 이어서 예를 들어 소화조로 보내져서 이하에 논의되는 바와 같이 메탄 가스를 생성할 수 있다.

[0049] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 정삼투현상은 또한 공급 스트림을 농축시키는데 이용될 수 있다. 정삼투 농축 공정은, 연마 후 단계를 필요로 하는 종래의 마이크로여과 혹은 한외여과, 예컨대, 역삼투를 수반하는 것, 즉, FO-MBR이 단일 단계에서이지만 종래의 MBR과 동일한 품질의 물을 생산한 후 역삼투 공정을 수행하는 것과는 대조적으로, 단일 단계 공정에서 음용수 혹은 기타 고품질의 물을 생산할 수 있다.

[0050] 몇몇 실시형태에 있어서, 공정 스트림은 약품, 염, 효소, 단백질, 촉매, 미생물, 유기 화합물, 무기 화합물, 화학적 전구체, 화학 제품, 콜로이드, 식료품 혹은 오염물 등과 같은 농축시키고 회수시키고자 하는 목적으로 하는 표적 중을 함유할 수 있다. 적어도 하나의 실시형태에 있어서, 정삼투현상은 미네랄 회수를 위하여 이용될 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 정삼투현상은 용해 채광 산업에서 브라인을 농축시키는데 이용될 수 있다. 브라인 용액은, 석출이 미네랄, 염, 금속 및 비료, 예컨대, 탄산칼륨의 회수를 용이하게 할 수 있도록 정삼투 작업에 의해 포화에 이를 수 있다.

[0051] 높은 BOD 및/또는 높은 COD를 지니는 스트림은 정삼투 공정을 이용해서 농축될 수 있다. 몇몇 실시형태에 있어서, 정삼투 농축 공정은 연소용 가스를 생산하기 위하여 혐기성 소화조에 연결될 수 있다. 생산된 가스는 또한 별도의 소화조 없이 용질 회수 공정으로 열을 공급할 수 있다. 다른 실시형태에 있어서, 정삼투 농축 공정은 업스트림 정삼투 공정 및/또는 용질 회수 공정으로 열을 제공하기 위하여 고형물의 직접 연소를 위한 소각로에 연결될 수 있다.

[0052] 도 1은 폐수 처리용의 정삼투 시스템/공정의 개략도를 제시한다. 처리될 폐수 스트림은 염, 단백질, 촉매, 미생물, 유기 혹은 무기 화학약품, 화학적 전구체 혹은 생성물, 콜로이드 또는 기타 구성성분 등과 같은 하나 이상의 중을 함유할 수 있다. 몇몇 비제한적인 실시형태에 있어서, 폐수 공장에 의한 영양분 배출은 예시된 바와 같은 정삼투 시스템 및 공정에서 제거될 수 있다.

[0053] 도 1에 도시된 바와 같이, 시스템/공정(10)은 정삼투 모듈(12)을 포함한다. 본 명세서에 기재되고 또한 미국 특허 제6,391,205호, 미국 공개 특허 제2011/0203994호; 및 PCT 출원 제PCT/US10/054738호(출원일: 2010년 10월 29일) 및 PCT/US10/054512(출원일: 2010년 10월 28일)에 더욱 기재된 것들과 같은 각종 정삼투 시스템 및 공정이 이용될 수 있고, 이들 문헌의 개시내용은 그들의 전문이 참조로 본 명세서에 병합된다. 모듈(12)은 폐수 공급원 또는 스트림(14)(즉, 공급 용액) 및 유도 용액 공급원 혹은 스트림(16)과 유체 연통한다. 폐수 공급원(14)은, 예를 들어, 도시 폐수(예컨대, 하수) 및/또는 방사능수를 포함하는 공업용 폐수(예컨대, 수리학적 파쇄 환류(hydraulic fracturing flowback)) 폐수를 포함할 수 있다. 유도 용액 공급원(16)은, 예를 들어, 염분 스트림, 예컨대, 바닷물, 또는 모듈(12) 내에서 정삼투막을 통한 삼투현상에 의해 폐수 공급원(14)을 탈수시키기 위한 삼투제로서 작용할 수 있는 본 명세서에 기재된 기타 용액을 포함할 수 있다. 모듈(12)은 폐수 공급원(14)으로부터 농축된 용액의 스트림(18)을 출력하여, 본 명세서에 기재된 바와 같이 더욱 처리될 수 있다. 모듈(12)은 또한 희석된 유도 용액(20)을 출력하고, 이는 본 명세서에 기재된 바와 같이 더욱 처리될 수 있으며, 예를 들어, 희석된 유도 용액(20)은 분리 유닛(22)으로 지향될 수 있고, 해당 분리 유닛에서 유도 용질과 표적 용매가 회수될 수 있다.

[0054] 도 2는 시스템/공정(110)을 도시하며, 이때 정삼투 막 모듈(102)은 내포된 조립체 내에 침지되거나 배치될 수 있다. 오염을 저감시키기 위하여 위에서 기재된 방법에 부가해서, 도 2에 도시된 시스템/공정(110)은 폐수 혹은 기타 공급 용액의 공급원을 처리하기 위한 시드화된 슬러리 접근법을 이용한다. 도시된 바와 같이, 시스템/공정(110)은 폐수 스트림(114) 및 유도 용액 스트림(116)과 유체 연통하는 정삼투 모듈(112)을 포함한다. 이 모듈(112)은 폐수를 입수하기 위한 챔버 혹은 탱크(104)를 포함한다. 챔버(104)는 막 모듈(102)을 유지하도록 구성되어 있다. 도 1에 관하여 논의된 바와 같이, FO 모듈(112)은 또한 농축된 용액(118) 및 희석된 유도 용액(120)을 출력한다.

- [0055] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 시드는 시드화된 슬러리(106)를 생성하기 위하여 챔버(104)에 첨가된다. 시드는 그 위에 소정의 용질(예컨대, 염 혹은 아미노산)의 선택적 석출을 위한 핵생성 점을 제공한다. 표적화된 용질은 시드화된 슬러리(106)로부터 석출되고, 막 표면 상에 퇴적될 것인 데 반하여, 챔버(104)의 바닥부에 침강되며, 여기서 석출된 용질은 앞서 논의된 바와 같이 더욱 처리될 수 있다. 이들은 공정에서 부분적으로 재사용될 수 있는데, 예를 들어, 석출된 고형분은 시드로서 탱크로 재지향되게 된다. 또한, 챔버(104)는 정삼투 공정을 향상시키기 위한 추가의 수단, 예를 들어, 앞서 개시된 바와 같이, 막 오염을 저감시키고/시키거나 시드의 효율을 향상시키기 위한 통기 및 교반을 포함할 수 있다.
- [0056] 정삼투 모듈에서 시드의 사용은, 전처리를 필요로 할 수 있거나 또는 바람직한 용질, 예를 들어, 약제학적 공정으로부터의 공급물을 함유할 수 있는 공급물에 대해서 특히 유익하다. 시드는 표적 용질의 회수를 원조한다. 또한, 높은 수준의 현탁된 고형물을 지니는 폐수의 처리에 관하여, 고형물의 일부는 챔버(104)의 바닥부로부터 인출될 수 있고, 다른 부분은 시드의 사용에 의해 석출될 수 있다. 게다가, 시드의 크기와 조성은 특정 용도, 예를 들어, 약제학적 화합물의 회수 혹은 염 역 이송의 효과를 저감시키는 등에 적합하도록 선택될 수 있다.
- [0057] 도 3은 하나 이상의 전처리 및/또는 후처리 유닛 작업(214, 216)을 포함하는 정삼투 시스템/공정(212)을 이용하여 용매를 삼투 추출하는 시스템(210)의 개략도를 제시한다. 본 명세서에 기재되고, 또한 위에서 인용된 미국 특허 제6,391,205호, 미국 공개 특허 제 2011/0203994호; 및 PCT 공개 공보 제W02011/053794호 및 제 W02011/059751호에 더욱 기재된 것들과 같은, 각종 정삼투 시스템 및 공정이 이용될 수 있다.
- [0058] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 시스템(210)은 정삼투 공정(212)을 증대시키기 위하여 하나 이상의 전처리 작업(214)을 포함할 수 있다. 전처리는, 예컨대, 처리될 공정 스트림의 pH 수준을 향상시키는 것과 같은 pH 조정, 청관제의 이용, 각종 유형의 여과, 중합체 부가, 열 교환, 연화 및 나노여과 연화를 수반할 수 있다.
- [0059] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 시스템(210)은 하나 이상의 후처리 작업(216)을 포함할 수 있다. 후처리는 제 2 통과 역삼투 분리, 이온 교환 분리, 추가의 정삼투 공정, 또는 기타 암모니아 및/또는 염 제거 작업을 수반할 수 있다. 후처리는 생산수의 염도를 단일 통과 정삼투 시스템에 의해 생산된 것 이하로 저감시킬 수 있다. 다른 실시형태에 있어서, 후처리는 대안적으로 또는 부가적으로, 그렇지 않다면 생성물 스트림에 존재할 수 있었던 유도 용질을 제거하는데 이용될 수 있다. 몇몇 특정 비제한적인 실시형태에 있어서, 정삼투 브라인 배출물은 이온 교환, 증류, 투석증발, 막 증류, 통기, 생물학적 처리, 또는 브라인으로 역확산되는 유도 용질을 제거하는 기타 공정을 이용해서 후처리될 수 있다. 추가의 후처리 작업은, 예를 들어, 결정화 및 증발을 이용하는 제로 액체 배출(zero liquid discharge: ZLD) 처리를 포함할 수 있다. 일 실시형태에 있어서, ZLD 처리는, 예를 들어, 증발 시스템 대신에, 정삼투 시스템을 이용한다.
- [0060] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 급수용 물은 향상된 플럭스를 위하여 유도 용질 회수 공정으로부터 열을 제거하면서 예열될 수 있다. 유도 용질 회수 공정의 예는 상기 인용된 '819 공보에 기재되어 있다. 유도 용질 회수 시스템은 냉각을 필요로 할 수 있다. 예를 들어, 스트리퍼의 컨덴서가 냉각을 필요로 할 수 있다. 냉각은 이와 같이 해서 정삼투막에의 그의 도입 전에 막 공급 스트림에 의해 제공될 수 있다. 막 공급 스트림은 유도 용질 회수 공정 동안 유도 용질 스트림의 재흡수를 허용하기 위하여 충분한 냉각을 제공할 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 공급 스트림은 주변으로의 회수 공정에서 하나 이상의 스트림을 냉각시킬 수 있다. 게다가, 보다 높은 막 시스템 온도는, 수 투과도를 증가시키고, 유도 및/또는 공급 용질 확산성을 증가시키며, 열 팽창에 의한 막 기공 구조를 향상시킴으로써 보다 높은 플럭스와 연관될 수 있다.
- [0061] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 브라인은 유도 용질 회수 공정으로부터 열을 제거하는데 이용될 수 있다. 브라인을 가열하면 브라인 중의 잔류 용질을 기화시킬 수 있다. 구체적으로는, 정삼투막으로부터의 브라인 농축물은 스트리퍼의 상부에서 컨덴서로 지향되어 후자에 냉각을 제공할 수 있다. 브라인에 의해 흡수된 열은 브라인으로부터 용존 기체를 추진시키는 것을 도울 수 있고, 생산수 스트림으로부터 유도 용질 리사이클링을 위하여 사용된 것과 마찬가지로, 브라인 후처리로서 스트리핑 공정에서 이용될 수 있다. 예를 들어, 막 시스템 내의 역 염 플럭스를 통해서 브라인 스트림에 유입된 유도 용질은 브라인을 가열함으로써; 몇몇 실시형태에서는, 예를 들어 '819 공보에 개시된 기타 공정과 조합하여 회수될 수 있다. 어느 경우에서도, 유도 용질은 농축된 유도 용액으로 되돌려서 재사용될 수 있다.
- [0062] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 활성탄 혹은 기타 유기물은 회석된 유도 용액 스트리핑 시스템 및/또는 브라인 후처리 시스템으로부터의 기체 스트림을 흡수 혹은 여과하는데 이용될 수 있다. 흡수 작업은, 그렇지 않다면 유도 용액 시스템에 축적되었을 것인 처리된 스트림의 휘발성 성분을 제거할 수 있다. 예를 들어, 정삼투막을 통과하는 가용성 유기 화합물은 용질 회수 시스템에서 기화될 수 있다. 유사한 시스템이, 비유도 용질 휘발성

성분을 함유하는 유도 용질을 스트리핑시키게 될 스트림의 임의의 성분의 경우에 이용될 수 있다. 휘발성 화합물의 축적을 방지하기 위한 임의의 적절한 분리 작업이 스트리핑 시스템으로부터의 증기 스트림에 대해 이용되어야 한다. 예를 들어, 분리는 액상에서의 스트리핑 전에, 기상에서의 축합 전에, 액상에서의 축합 후에, 또는 이들 화합물의 축적이 그의 사용에 의해 방지되는 임의의 지점에서 유도 용액 시스템 내에서 제공될 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 유도 용액 증기 및 액체 스트림은, 패키징된 탑 혹은 막 시스템에서 수행될 수 있는, 유도 용질의 실질적으로 전체 재흡수를 허용하는데 충분한 시간 기간 동안 서로 접촉하여 냉각될 것이다.

[0063] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 이온 교환, 나노여과 혹은 유사한 공정에 의한 물의 연화는 정삼투 공정을 위한 전처리로서 수행될 수 있다. 몇몇 구체적인 실시형태에 있어서, 연화는 생성물 염이 높은 값인 것을 보증하기 위하여 제로 액체 배출 수처리 전에 제공될 수 있다. 염 및 그의 조성물의 순도, 예컨대, 고순도 염화나트륨은, 전처리 연화의 동작에 의해 선택될 수 있는데, 이 연화 공정은 2가 이온을 선택적으로 제거할 수 있기 때문이다. 이와 같이 해서, 일체화된 시스템은 고부가가치 제품을 산출할 수 있다. 정삼투 처리 후의 브라인은 이온 교환 재충전을 위하여 이용될 수 있다. 다른 실시형태에 있어서, 임의의 유형의 결정화기가 정삼투 분리 후의 염을 생산하는데 이용될 수 있다.

[0064] 도 4는 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따라서 용매의 삼투 추출을 위한 시스템(210)의 하나의 가능한 응용을 나타낸다. 도 3에 관하여 논의된 바와 같이, 시스템(210)은 정삼투 시스템(212) 및 하나 이상의 전처리 및 후처리 유닛(214, 216)을 포함한다. 시스템(210)은 전처리만 혹은 후처리만 포함하는 하나 이상의 정삼투 시스템(212)과 함께 전처리 및/또는 후처리 유닛(214, 216)의 임의의 조합을 포함할 수 있다. 본 명세서에 기재된 각종 시스템/유닛은 종래의 배관 기술을 통해서 상호접속될 수 있고, 펌프, 밸브, 센서, 게이지 등과 같은 구성요소들의 임의의 개수 및 조합을 포함하여, 본 명세서에 기재된 각종 시스템 및 공정의 작업을 모니터링하고 제어할 수 있다. 각종 구성 요소는 본 명세서에 기재된 바와 같은 제어기와 함께 이용될 수 있다.

[0065] 도 4에 도시된 응용에 있어서, 시스템(210)은 인랜드 공급원(inland source)(218)으로부터 기수를 처리하는데 이용된다. 도시된 바와 같이, 공급물 스트림(220)은 전처리 유닛(214)으로 지향되며, 여기서 공급물 스트림은, 예를 들어, 가열된다. 일단 공급물 스트림이 전처리되어 있으면, 처리된 스트림(222)은 이어서 정삼투 시스템(212)으로 지향되고, 여기서 본 명세서에서 논의된 바와 같이 제1용액을 제공한다. 선택적으로, 처리된 스트림(222)은 정삼투 시스템(212)에 유입되기 전에 추가의 처리(예컨대, pH 조정)를 위하여 추가의 전처리 유닛으로 지향될 수 있었다. 유도 용액은 스트림(224)을 통해서 정삼투 시스템(212)으로 제공되어, 본 명세서에서 논의된 바와 같이, 막을 통한 용매의 이송을 촉진시키는데 필요한 삼투압 구배를 제공한다.

[0066] 적어도 두 스트림, 즉, 용매가 추출되어 있는 농축된 공급물 혹은 처리된 스트림(226); 및 용매가 첨가되어 있는 희석된 유도 스트림(228)이 정삼투 시스템(212)을 빠져나간다. 농축된 스트림(226)은 이어서 추가의 용매를 회수하는 제2 정삼투 시스템과 같이, 추가의 처리를 위하여 후처리 유닛(216)으로 지향될 수 있다. 추가의 후처리 공정은, 예를 들어, 결정화 및 증발을 이용해서, 제로 액체 배출을 추가로 제공할 수 있다. 완전하게 처리된 혹은 농축된 공급물은, 농축물의 속성에 따라서 처분되거나, 리사이클링되거나 혹은 그렇지 않으면 반환될 수 있다(화살표(238)).

[0067] 희석된 유도 스트림(228)은 분리 시스템(230)으로 지향될 수 있고, 이때 용매 및/또는 유도 용질이 회수될 수 있다. 선택적으로, 희석된 유도 스트림(228)은 또한 추가의 처리(스트림(228a))를 위하여 원하는 바 대로 후처리 유닛으로 지향될 수 있다. 하나 이상의 실시형태에 있어서, 분리 시스템(230)은 희석된 유도 스트림(228)으로부터 유도 용질을 분리시켜 실질적으로 정제된 용매 스트림(232), 예를 들어, 음용수와, 유도 용질 스트림(236)을 생산한다. 하나 이상의 실시형태에 있어서, 용매 스트림(232)은 또한 용매의 최종 사용에 따라서 추가의 처리(스트림(232a))를 위하여 후처리 유닛으로 지향될 수 있다. 예를 들어, 용매는 증류를 통해 더욱 처리되어 해당 용매에 여전히 존재할 수 있는 추가의 유도 용질을 제거할 수 있다. 하나 이상의 실시형태에 있어서, 유도 용질 스트림(236)은 유도 스트림(224)(스트림(236a))으로 직접 되돌아가서, 유도 스트림(224)(스트림(236b)) 내로 재통합시키기 위하여 리사이클링 시스템(234)으로 지향되거나, 또는 회수된 유도 용질의 의도된 사용에 따라서 추가의 처리를 위하여 후처리 유닛(스트림(236c))으로 지향될 수 있다. 하나 이상의 실시형태에 있어서, 리사이클링 시스템(234)은, 예를 들어, 공급 스트림(220)(스트림(240))과의 열 교환을 제공하기 위하여 전처리 유닛(214)과 함께 이용될 수 있다.

[0068] 도 5는 분리/리사이클 유닛에 의해 배출된 정제수를 후처리하는 역삼투 유닛을 이용해서 해당 역삼투 시스템으로부터의 농축물을 정삼투 시스템의 공급물로 재지향시킴으로써, 전체 시스템의 이온 균형을 조정하고 정삼투 시스템으로부터의 추가의 유도 용질을 회수하도록 구성된 삼투 구동 막 시스템(310)을 나타낸다. 이 배열은 소

정의 화학약품 혹은 추가의 시스템/공정(예컨대, 이온 교환기)의 추가 및/또는 제거의 필요없이 추가의 유도 용질의 회수를 허용하고 전체 시스템의 이온 균형을 유지한다.

[0069] 도 5에 도시된 바와 같이 (그리고 도 4에 도시된 시스템(210)과 유사하게), 시스템(310)은 정삼투 유닛(312)을 포함하되, 이 유닛은 공급물 혹은 제1용액(320)의 공급원과 유체 연통하거나 이를 수용하는 하나 이상의 제1챔버(312a)를 포함한다. 정삼투 유닛(312)은 또한 반투과성 정삼투막(313)에 의해 제1챔버(들)(312a)로부터 분리된 하나 이상의 제2챔버(312b)를 포함한다. 제2챔버(들)(312b)는 농축된 유도 용액(324)의 공급원과 유체 연통하거나 이를 수용한다. 농축된 유도 용액(324)은 막(313)을 통한 삼투 농도 구배를 유지하기에 충분한 용질 농도를 지니므로써, 제1/공급 용액(320)으로부터의 용매를 제2챔버(312b) 내로 막(313)을 통해 플릭스시켜 농축된 유도 용액을 희석시킨다. 제1용액(320)은 제1챔버(312a)에서 농축되어, 제2용액(322)을 형성한다.

[0070] 정삼투 공정 동안, 이온 교환이 막(313)을 통해 일어날 수 있다. NaCl을 함유하는 공급 용액과 함께 NH₃-CO₂ 유도 용액을 이용하는 예시적인 시스템에서, 암모늄 이온(NH₄⁺)은 정삼투막(313)의 제2챔버/측부(312b)로부터 막(313)의 제1챔버/측부(312a)로 이동될 수 있고, 나트륨 이온(Na⁺)은 막(313)의 제1챔버/측부(312a)로부터 막(313)의 제2챔버/측부(312b)로 이동될 수 있다. 이 이온 교환 결과 용질의 적어도 하나의 제1이온종(예컨대, NH₄⁺)을 함유하는 제2용액(322)과, 용질의 적어도 하나의 제2이온종(예컨대, Na⁺)을 함유하는 희석된 유도 용액(326)이 얻어진다. 이온 교환의 부정적인 영향은 회수가 가능한 유도 용질 및 보다 높은 염분 생산수의 소실을 초래할 수 있다. 이하에 기재된 바와 같은 역삼투 시스템 및 추가의 분리 시스템의 신규한 사용은 이온 교환 현상의 부정적인 영향을 극복하여, 생산수의 품질의 향상에 부가해서 유도 용질 회수에 대한 예기치 못한 향상을 제공한다.

[0071] 희석된 유도 용액(326)은 분리 및/또는 리사이클링 시스템(330)으로 지향되며, 이때 희석된 유도 용액(326)은 정삼투 공정을 통해 얻어진 유도 용질(또는 농축된 유도 용액)(328) 및 용매(예컨대, 음수수)로 분리된다. 이 회수된 용매(332)는 막을 통해 교환된 용질의 적어도 하나의 제2이온종을 포함하지만, 유도 용질 회수 동작 동안에 제거되지 않았다. 유도 용질은 '789 특허를 비롯하여 본 명세서에 기재된 시스템 및 방법 중 어느 하나를 통해 회수될 수 있다. 회수된 유도 용질(328)은 농축된 유도 용액(324)의 공급원으로 리사이클링될 수 있거나 그의 기초를 형성할 수 있다.

[0072] 이온 교환 현상 때문에, 이 초기 분리/리사이클링 공정 동안 모든 유도 용질이 회수될 수 있는 것은 아니다. 예를 들어, 하나의 이온종(예컨대, NH₄⁺)이 막을 통해 역이온 교환되고 용질의 다른 이온종(Na⁺)이 유도 용액으로 들어가면, 희석된 유도 용액 중의 유도 용질의 비는 불균형을 이룬다. 유도 용질(예컨대, 암모니아(NH₃) 및 이산화탄소(CO₂))의 평형은 희석된 유도 용액으로부터 유도 용질의 모두를 가장 효과적으로 제거하기 위하여 균형을 이를 필요가 있다. 따라서, 용질의 적어도 하나의 제2이온종은 회수된 용매(예컨대, 탄산염) 중에 여전히 존재하는 유도 용질의 이온종을 포함할 수 있다. 예시적인 실시형태에 있어서, 암모니아 이온의 소실은 용매 중에 잔존하는 과잉의 탄산 이온으로 된다. 이 실시형태에 있어서, 회수된 용매 중에 존재하는 용질의 적어도 하나의 제2이온종은 용액 중에 나트륨 이온(Na⁺) 및 탄산 이온(CO₃²⁻)을 포함할 것이다.

[0073] 하나 이상의 실시형태에 있어서, 분리/리사이클링 시스템(330)은 희석된 유도 용액으로부터 암모니아 및 이산화탄소 용질을 제거하기 위하여 폐열을 이용한다. 앞서 논의된 바와 같이, 암모늄 이온이 정삼투막(313)을 통하여 역교환되기 때문에, 암모니아 대 이산화탄소 비는 변화되되, 이산화탄소의 전부를 제거하기 위하여 희석된 유도 용액 중에 충분한량의 암모니아가 있지 않으며, 그중 일부가 탄산염의 형태로 존재하게 된다. 요구되는 비중 희석된 유도 용액에 존재하는 NH₃CO₂는 용액으로부터 증기화되어, 회수된 용매를 지니는 용액 중에 용매 및 나트륨 이온과 탄산 이온(즉, 용질의 적어도 하나의 제2이온종)을 남긴다.

[0074] 통상 최종 생성물로 간주될 수 있었던 용질의 적어도 하나의 제2이온종을 함유하는 회수된 용매(332)는 역삼투 시스템(316)으로 지향된다. 전형적으로, 용매(332)는 압력 교환 장치, 예컨대, 펌프(338)를 통해서 역삼투 시스템(316)으로 가압되어 이송될 것이다. 용매(332)는 압력 하에 역삼투 시스템(316)의 제1챔버/측부(316a)로 이송됨으로써, 용매를 강제로 역삼투막(317)으로 보내, 막(317)의 제2챔버/측부(316b) 상에 정제된 용매(334)를 형성한다. 정제된 용매(334)는 임의의 의도된 목적을 위하여 수집될 수 있다. 막(317)의 제1챔버/측부(316a)에서의 압력 하에 남아 있는 것은 용질의 적어도 하나의 제2이온종을 함유하는 농축된 용액이며, 이는 막(317)을 통과할 수 없다. 이 농축된 용액(336)은 이어서 정삼투 시스템(312)으로 지향된다. 특히, 농축된 용액

(336)은 공급물/제1용액(320)에 첨가되어, 시스템(312)/막(313)의 제1챔버/측부(312a)에 도입된다. 농축된 용액(336)의 도입 결과, 용질의 적어도 하나의 제1 및 적어도 하나의 제2이온종(예컨대, Na^+ , NH_4^+ 및 CO_3^-)의 양쪽 모두를 함유하는 제2용액이 얻어진다. 대안적인 실시형태에 있어서, 농축된 용액(336)은 정삼투 유닛(312)/제1용액(320)으로 직접 되돌아가지 않지만, 대쉬선(323)으로 표시된 바와 같이 제2분리 시스템(340)으로 직접 이송되며, 이 경우, 농축된 용액(336)은 제2용액 혹은 브라인 농축물과 혼합된다. 이것은, 농축된 용액(336)이, 예를 들어, 시스템 내의 삼투압을 감소시킴으로써 정삼투 유닛(312)의 동작에 부정적으로 영향을 미칠 수 있는 보다 큰 TDS를 지니는 경우에 특히 유익할 수 있다.

[0075] 제2용액(322) 중의 용질의 제1 및 제2 이온종은 균형을 이루으로써, 탄산암모늄 및/또는 중탄산암모늄 및/또는 카바산암모늄(즉, 추가의 제거가능한 유도 용질)의 형성을 유발한다. 제2용액(322)은 제2분리/리사이클링 시스템(340)으로 지향된다. 몇몇 실시형태에 있어서, 시스템(340)은 브라인을 농축/분리시키는데 이용된다. 분리/리사이클링 시스템(340)은 제1 분리/리사이클링 시스템(330)과 유사하게 작동하여, 새롭게 형성된 추가의 유도 용질(344)을 분리해낸다. 이들 유도 용질(344)은 농축된 유도 용액 공급원(324)으로 도로 리사이클링될 수 있다. 암모니아 이온과 탄산 이온의 균형을 이루는 비는 유도 용질의 사실상 전체가 제2용액으로부터 제거되어 회수되는 것을 허용한다. 나머지 제2용액(예컨대, 브라인)(342)은 추가로 처리되거나 혹은 그렇지 않으면 처분될 수 있다.

[0076] 도 6은 전체 시스템의 이온 균형을 유지하고 유도 용질의 회수를 최대화하도록 구성된 각종 삼투 구동 막 시스템의 작동을 일반적으로 묘사한 순서도이다. 도 6에 나타난 바와 같이, 공정은 정삼투 시스템 형태의 제1 삼투 구동 막 시스템을 제공하면서 시작된다(단계 405). 제1용액과 농축된 유도 용액은 제1시스템 내의 정삼투막의 대향 측부로 도입된다(단계 415, 425). 공정은 또한 농축된 유도 용액 내로 제1용액으로부터의 용매의 흐름을 촉진시키는 단계(단계 435)를 더 포함한다. 이 단계는 막의 하나의 측부 상에 제2용액을, 그리고 막의 대향 측부 상에 희석된 유도 용액의 형성을 초래한다. 이온 교환 현상으로 인해, 제2용액은 막을 통해 역교환된 용질의 제1이온종을 포함할 것이며, 희석된 유도 용액은 막을 통해 순방향 교환되는 용질의 제2 이온종을 포함할 것이다.

[0077] 공정 중에 다음 단계들 중 하나는 희석된 유도 용액을 제1 분리/리사이클링 시스템으로 지향시키는 단계(단계 445)를 포함하되, 이때, 유도 용질은 회수되어 농축된 유도 용액으로 리사이클링된다. 일반적으로, 농축된 유도 용액으로부터 유도 용질의 제1 이온종의 소실 때문에, 희석된 유도 용액 내에 유도 용질의 불균형이 있고, 이는 희석된 유도 용액으로부터 모든 유도 용질의 회수를 방해/방지한다. 구체적으로는, 파잉의 적어도 하나의 유도 용질은 용질의 적어도 하나의 제2이온종에 포함되는 유도 용질의 이온종으로서 회수된 용매 중에 남아 있을 것이다. 예시적인 시스템에서, 용질의 적어도 하나의 제2이온종은 나트륨 이온과 탄산 이온을 포함할 것이다.

[0078] 제1분리시스템에서 회수된 남아 있는 용매는 이어서 역삼투 시스템의 형태인 제2 삼투 구동 막 시스템으로 지향된다(단계 455). 역삼투막을 통한 용매의 흐름이 촉진되어, 막의 한쪽에 정제된 용매를, 그리고 막의 반대 측부에 농축된 용액을 얻는다(단계 465). 정제된 용매는 사용을 위하여 (예컨대, 음용수로서) 수집될 수 있거나 그렇지 않으면, 더욱 처리될 수 있다. 용질의 적어도 하나의 제2이온종을 함유하는 농축된 용액은, 제1 삼투 구동 막 시스템으로 지향되며, 이때, 제1용액과 배합되어 제1 삼투 구동 막 시스템에 도입된다(단계 475).

[0079] 용질의 적어도 하나의 제2이온종(예컨대, Na^+ 및 CO_3^-)은 제2용액 중에 존재하는 용질의 적어도 하나의 제1이온종(NH_4^+)과 균형을 유지할 것이고(단계 485), 이에 따라서 추가의 제거가능한 유도 용질의 형성을 초래한다. 제2용액은 제1 삼투 구동 막 시스템으로부터 제거되어, 제2분리/리사이클링 시스템으로 지향될 수 있으며(단계 495), 이때 추가의 유도 용질이 제거되어 농축된 유도 용액으로 리사이클링될 수 있다. 남아 있는 농축된 제2용액(예컨대, 브라인)은 더욱 처리되거나 혹은 그렇지 않으면 처분될 수 있다.

[0080] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 본 명세서에 기재된 장치, 시스템 및 방법은 일반적으로 정삼투 막 모듈을 통해 하나 이상의 유체 흐름 스트림의 성질 혹은 특징을 조정할 뿐만 아니라, 작동 밸브 및 펌프를 포함하지만 이들로 제한되는 것은 아닌 시스템의 구성부품 혹은 장치의 적어도 하나의 작동 변수를 조절 혹은 조정하기 위한 제어기를 포함할 수 있다. 제어기는 농도, 유량, pH 수준 또는 온도와 같은 시스템의 적어도 하나의 작동 변수를 검출하도록 구성된 적어도 하나의 센서와 전기적으로 통신할 수 있다. 제어기는 일반적으로 센서에 의해 발생된 신호에 응답하여 하나 또는 그 이상의 작동 변수를 조정하기 위한 제어 신호를 발생시키도록 구성될 수 있

다. 예를 들어, 제어기는 삼투 구동 막 시스템의 임의의 스트림, 구성요소 혹은 서브시스템 그리고 관련된 후처리 및 전처리 시스템의 조건, 특성 혹은 상태의 표현을 수신하도록 구성될 수 있다. 제어기는 전형적으로 하나 또는 그 이상의 표현 및 세트 포인트와 같은 표적 또는 목적으로 하는 값에 기초하는 적어도 하나의 출력 신호의 발생을 용이하게 하는 알고리즘을 전형적으로 포함할 수 있다. 하나 이상의 특정 양상에 따르면, 제어기는 임의의 스트림의 임의의 측정된 성질의 표현을 수신하고, 시스템 구성 요소의 어느 것에 제어, 구동 또는 출력 신호를 발생시켜, 목표값으로부터 측정된 값의 임의의 편차를 저감시키도록 구성될 수 있다.

[0081] 하나 이상의 실시형태에 따르면, 공정 제어 시스템 및 방법은 pH 및 전도도를 포함하는 검출된 변수들에 기초할 수 있는 바와 같은, 다양한 농도 수준을 모니터링할 수 있다. 공정 스트림 유량 및 탱크 수준이 또한 제어될 수 있다. 온도 및 압력이 모니터링될 수 있다. 막 누설(membrane leak)은 이온 선택적인 프로브, pH 미터, 탱크 수준 및 스트림 유량을 이용하여 검출될 수 있다. 누설은 또한 기체로 막의 유도 용액 측을 가압하고 급수 측에서의 누설의 초음파 검출기 및/또는 시각적 관찰을 이용해서 검출될 수 있다. 다른 작동 변수들 및 유지 점들이 모니터링될 수 있다. 생산수 유량과 품질, 열 흐름 및 전기 에너지 소비의 측정 등을 통해, 다양한 공정 효율이 모니터링될 수 있다. 생물학적 오염 완화를 위한 세척 프로토콜은 막 시스템 내의 특정 위치에서 공급 및 유도 용액의 유량에 의해 결정되는 플럭스 감소를 측정하는 등을 통해 제어될 수 있다. 브라인 스트림 상의 센서는 증류, 이온 교환, 중단점 염소화 또는 이와 같은 프로토콜 등과 같이, 처리가 필요한 때를 나타낼 수 있다. 이것은 pH, 이온 선택적 프로브, 푸리에변환 적외분광분석(Fourier Transform Infrared Spectrometry: FTIR), 또는 유도 용질 농도를 감지하는 다른 수단으로 수행될 수 있다. 유도 용액 상태는 용질의 구성 추가 및/또는 교체를 위하여 모니터링되고 추적될 수 있다. 마찬가지로, 생산수의 품질은 통상의 수단에 의해 또는 압모늄 혹은 암모니아 프로브와 같은 프로브로 모니터링될 수 있다. FTIR은 존재하는 종들을 검출하기 위해 구현될 수 있으며, 그 결과 예를 들어 적절한 플랜트 동작을 보장하기 위해 그리고 막 이온 교환 효과와 같은 거동을 확인하는 데 유용할 수 있는 정보를 제공할 수 있다.

[0082] 정삼투현상은, 예를 들어, 이온 교환, 화학물 연화, 나노 여과, 청관제 및/또는 석출 기법을 비롯한 높은 급수 회수를 허용하기 위하여 스케일링(scaling) 방지 전처리와 함께 짝지어질 수 있다. FO를 위한 스케일 방지 시스템 내의 공기 세척(air scouring)은 막 표면 상의 스케일링을 방지하기 위해 사용될 수 있다. 정삼투현상은 생물학적 활성을 위한 통기 없이 유기물을 함유한 물을 위해 사용될 수 있다. 폐 스트림은 소화조 내에서 잠재적인 사용을 위하여 농축될 수 있는 반면, 잠재적으로 막 탱크 내에서 에너지 사용을 위한 메탄을 생성하고 재사용 품질의 생산수를 생성할 수 있다. 이것은 침지된 막 탱크 설계에서 특히 효과적일 수 있다. 산소를 제공하는 것에 부가해서, 공기 세척은 또한 막 오염 없이 높은 농도의 유기물을 허용하는데 사용될 수 있다. 회분식(batch) 또는 연속식 교반 탱크 리액터(continuous stir tank reactor: CSTR) 유형의 작업은 특히 유기물이 농축된 정삼투 및/또는 석출 시스템의 강화된 기능을 가능하게 하기 위하여, 정삼투로 실현될 수 있다. 압력 지연 삼투 시스템 또한 침지된 탱크 구성에 있을 수 있다. 압력 지연 삼투 시스템은 오염 및/또는 스케일링을 방지하고 농도 분극화를 감소시키기 위해 통기될 수 있다. 반응성 기체들은 이 기능에서 원조할 수 있다. 정삼투 시스템 내의 생물학적 성장은 어떠한 막 모듈 또는 어레이 섹션이 높은 또는 낮은 삼투압에 노출되는 것을 번갈아 행함으로써 제어될 수 있다. 예를 들어, 보통 0.5M 물을 보는 막 어레이 섹션은 2M 물의 처리로 바뀔 수 있다. 이러한 조절은 바이오막(biofilm)이 성장하는 것을 매우 어렵게 만든다. 공급 스트림의 탈기 또한 특정한 유형의 생물학적 미생물의 성장을 방지하기 위해 수행될 수 있다. 예를 들어, 산소의 제거는 유도 용액에서부터 공급 용액으로 통과하는 암모니아를 산화시킬 수 있는 질화 미생물의 성장을 억제할 수 있다. 황화물 감소, 생물학적 처리, 삼투 쇼크, 유도 용액과 반응하지 않는 종래의 세척 기술, 화학약품이 없는 생산수 플럭스, 브라인 용액 통기 및 중아황산염 첨가는 생물학적 활동을 제한하기 위해 실현될 수 있는 다른 기술이다. 몇몇 실시형태에 있어서, pH, 이온 프로브, FTIR 및/또는 유량은 요구된 플럭스, 삼투압 차이, 이산화탄소에 대한 암모니아의 비 및 농도를 보장하기 위해 정삼투 시스템을 제어하는 데 사용될 수 있다.

[0083] 지금까지 본 발명의 몇몇 예시적인 실시형태들을 설명하였지만, 이상의 내용은 오로지 예를 들기 위한 것이고, 한정하는 것이 아니며, 오로지 예시를 들어 제시되었다는 점이 통상의 기술자들에게 자명할 것이다. 많은 변경과 다른 실시형태가 통상의 기술자의 범주 내에 있으며 본 발명의 범주 내에 속하는 것으로 상정된다. 특히, 본 명세서에서 제시된 많은 예시가 방법 행위들 또는 시스템 구성 요소들의 구체적인 조합을 수반함에도 불구하고, 상기 행위들 및 구성 요소들은 동일한 목적을 달성하기 위해 다른 방법으로 조합될 수도 있다.

[0084] 또한, 통상의 기술자라면 본 명세서에서 기재된 변수들 및 구성들은 예시적인 것이며 실제 변수들 및/또는 구성들은 본 발명의 시스템 및 기술이 사용되는 구체적인 응용에 따라 달라질 수 있음을 인식해야 한다. 통상의 기술자라면 또한 통상적인 실험만을 사용하여, 본 발명의 구체적인 실시형태들의 균등물을 깨닫거나 확인할 수 있

어야 한다. 따라서, 본 명세서에서 기재된 실시형태들은 오로지 예시하기 위해 제시되었고 첨부된 청구항의 범주와 그에 대한 균등물 내에서, 본 발명은 구체적으로 설명된 것 이외에도 실행될 수 있음이 이해되어야 한다.

[0085] 본 명세서에서 사용된 어법 및 용어들은 설명의 목적을 위한 것으로, 제한으로서 간주해서는 안 된다. 본 명세서에서 사용된, "복수"란 용어는 2개 또는 그 이상의 아이템 또는 구성 요소를 가리킨다. "포함하는", "구비하는", "보유하는", "지니는" 및 "수반하는"이란 용어는, 발명의 설명 또는 특허청구범위 등에 있는지에 상관 없이, 제약을 두지 않는 용어이며, 즉 "를 포함하지만 이들로 제한되는 것은 아님"을 뜻한다. 따라서, 이러한 용어의 사용은 그 이후에 나열된 아이템들, 그로부터의 균등물, 및 추가적인 아이템들을 모두 망라한다. 오로지 "구성된" 및 "필수적으로 구성된"이란 과도적인 어구만이 각각, 특허청구범위에 대하여, 폐쇄 또는 준-폐쇄형의 과도적인 어구이다. 청구 구성 요소를 변경하기 위하여 특허청구범위에서 "제1", "제2", "제3" 등과 같은 서수 용어의 사용은 그 자체만으로 어떠한 우위도, 우선성, 또는 하나의 청구항 구성 요소에 대한 다른 구성 요소의 순서 또는 방법의 행위들이 행해지는 시간적 순서를 내포하지 않지만, 단지 청구항 구성 요소들을 구별하기 위해 특정한 명칭을 가진 하나의 청구항 구성 요소를 동일한 명칭(그러나 서수 용어의 사용을 위해)을 가진 다른 구성 요소로부터 구별하기 위하여 붙여진 것에 불과하다.

부호의 설명

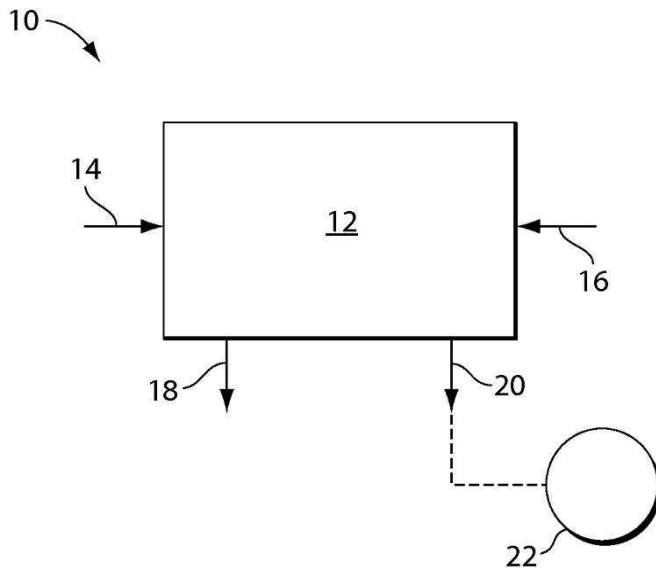
[0086]	10: 시스템/공정	12: 정삼투 모듈
	14: 폐수 공급원	16: 유도 용액 공급원
	18: 농축된 용액의 스트림	20: 희석된 유도 용액
	22: 분리 유닛	102: 정삼투 막 모듈
	104: 챔버	106: 슬러리
	110: 시스템/공정	112: 정삼투 모듈
	114: 폐수 스트림	116: 유도 용액 스트림
	118: 농축된 용액	120: 희석된 유도 용액
	210: 시스템	212: 정삼투 시스템/공정
	214: 전처리 작업	216: 후처리 작업
	218: 인랜드 공급원	220: 공급물 스트림
	222: 처리된 스트림	224: 스트림
	226: 농축된 스트림	228: 희석된 유도 스트림
	230: 분리 시스템	232: 용매 스트림
	234: 리사이클링 시스템	236: 유도 용질 스트림
	310: 시스템	312: 정삼투 유닛
	312a: 제1 챔버	312b: 제2 챔버
	313: 막	316: 역삼투 시스템
	316a: 제1 챔버	316b: 제2 챔버
	317: 막	322: 제2 용액
	324: 농축된 유도 용액	326: 희석된 유도 용액
	328: 회수된 유도 용질	330: 리사이클링 시스템
	332: 회수된 용매	334: 정제된 용매
	336: 농축된 용액	338: 펌프
	340: 제2분리/리사이클링 시스템	

342: 제2 용액

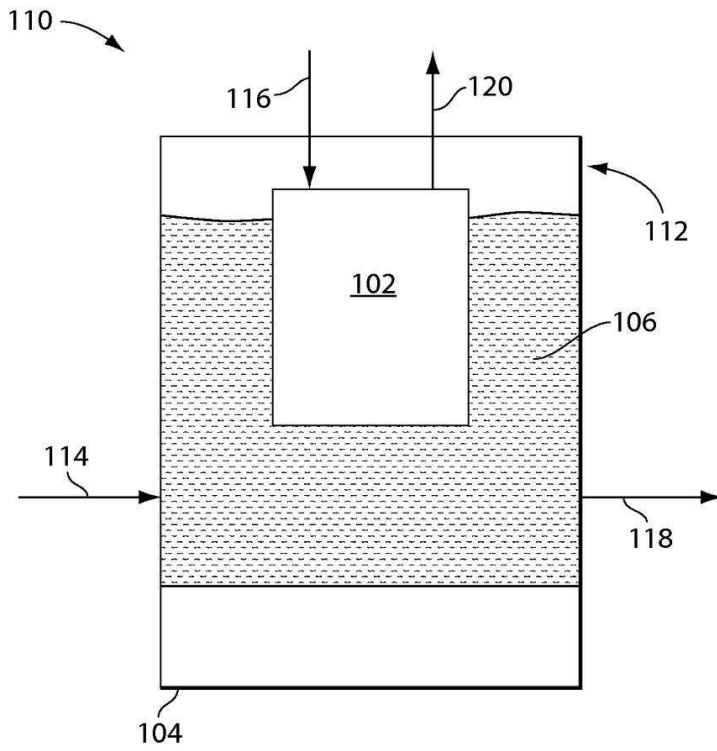
344: 유도 용질

도면

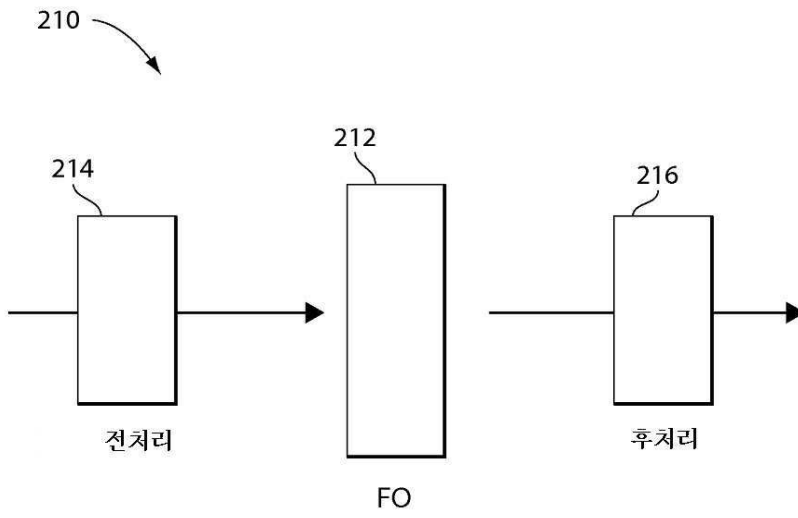
도면1



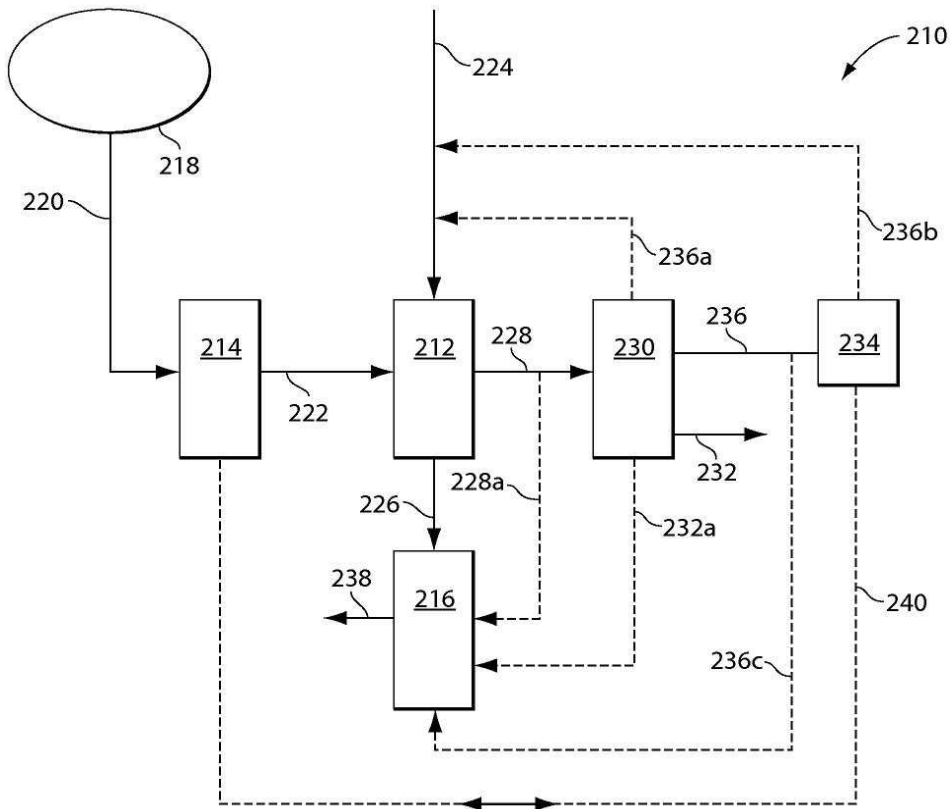
도면2



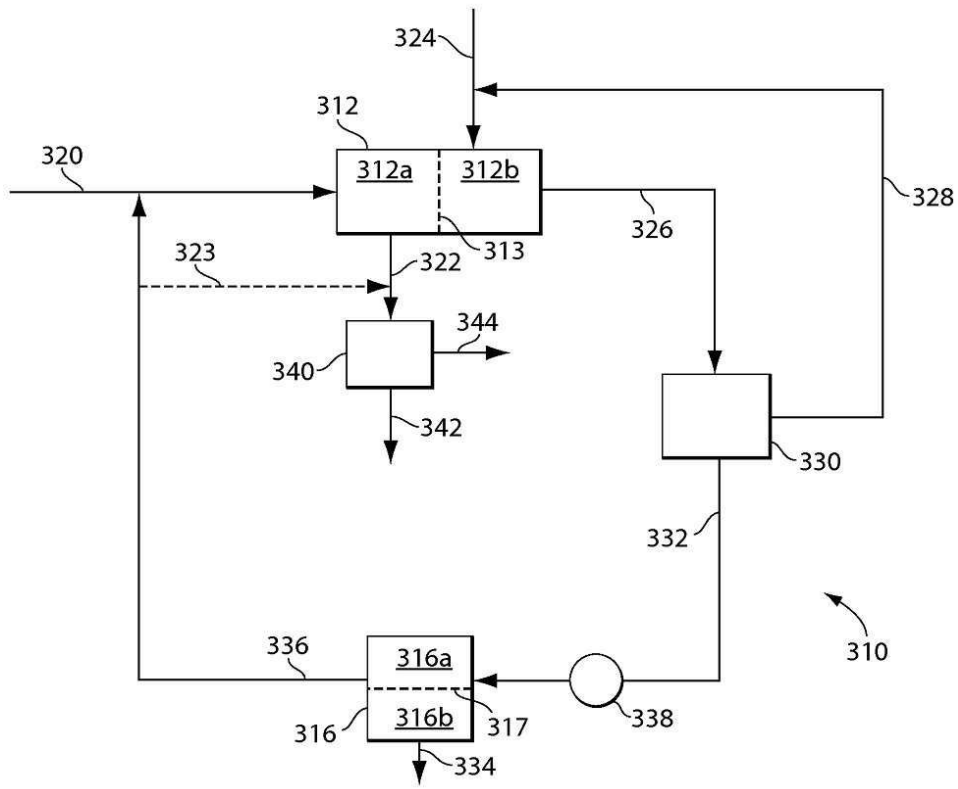
도면3

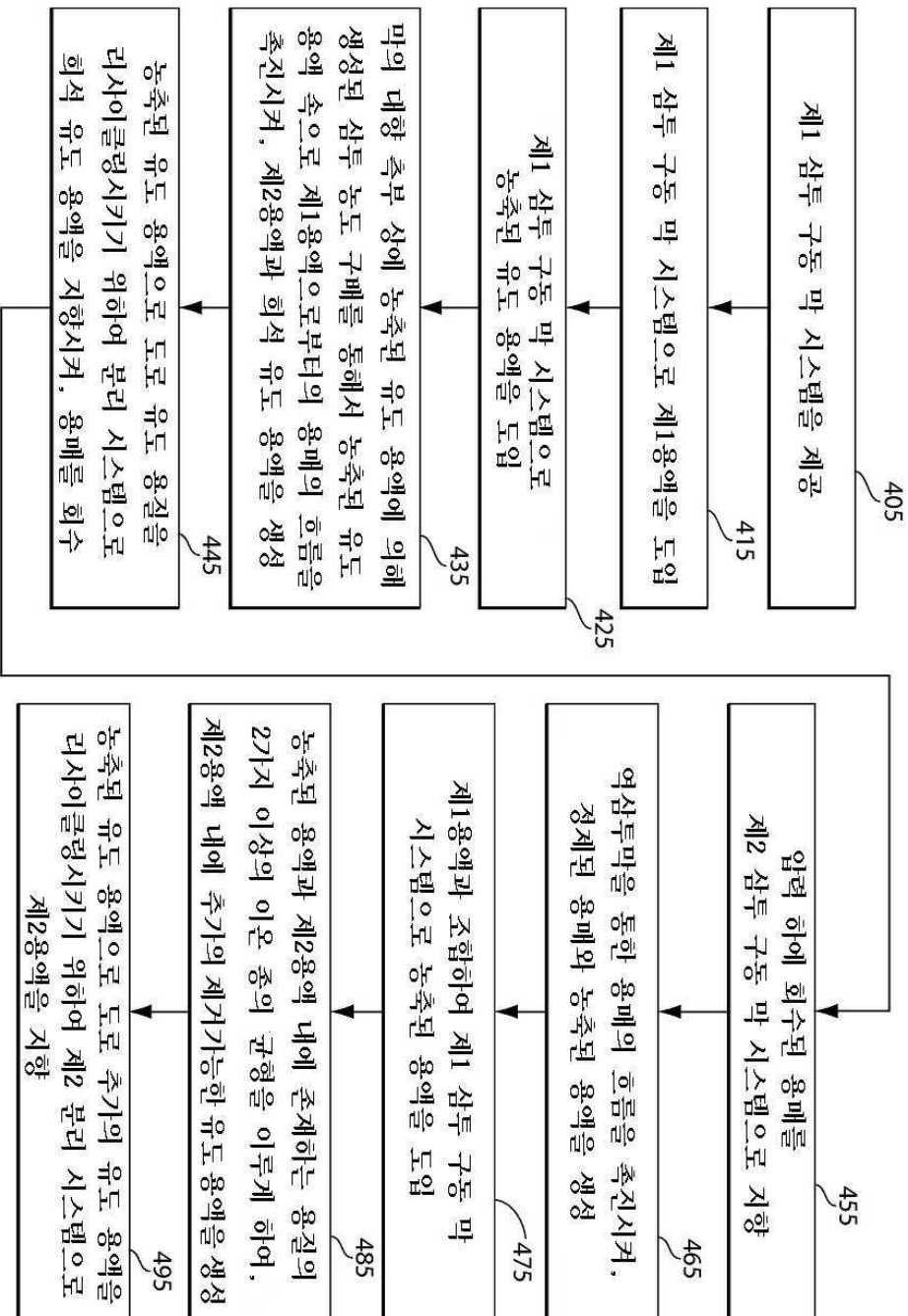


도면4



도면5





도면6