

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국

(43) 국제공개일  
2014년 6월 12일 (12.06.2014)



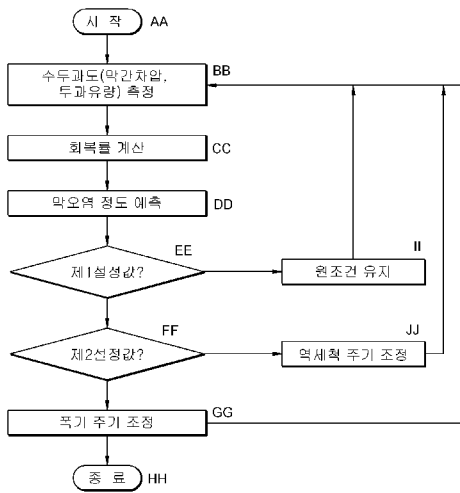
(10) 국제공개번호  
WO 2014/088190 A1

- (51) 국제특허분류: B01D 65/02 (2006.01) B01D 65/08 (2006.01) C02F 1/44 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2013/007835
- (22) 국제출원일: 2013년 8월 30일 (30.08.2013)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2012-0139194 2012년 12월 3일 (03.12.2012) KR
- (71) 출원인: 제일모직 주식회사 (CHEIL INDUSTRIES INC.) [KR/KR]; 730-710 경상북도 구미시 공단동 290, Gyeongsangbuk-do (KR).
- (72) 발명자: 박병규 (PARK, Pyung Kyu); 437-711 경기도 의왕시 고천동 332-2 제일모직 주식회사, Gyeonggi-do (KR). 윤태광 (YOON, Tai Kwang); 437-711 경기도 의왕시 고천동 332-2 제일모직 주식회사, Gyeonggi-do (KR). 조재석 (JO, Jae Seok); 437-711 경기도 의왕시 고천동 332-2 제일모직 주식회사, Gyeonggi-do (KR). 민규홍 (MIN, Gyu Hong); 437-711 경기도 의왕시 고천동 332-2 제일모직 주식회사, Gyeonggi-do (KR). 박종상 (PARK, Jong Sang); 437-711 경기도 의왕시 고천동 332-2 제일모직 주식회사, Gyeonggi-do (KR). 황병국 (HWANG, Byung Kook); 437-711 경기도 의왕시 고천동 332-2 제일모직 주식회사, Gyeonggi-do (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 아주양현 (AJU KIM CHANG & LEE); 137-860 서울시 서초구 사임당로 174, 세인트하이얀빌딩 12-13층, Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: SYSTEM FOR WASHING MEMBRANE, AND METHOD FOR WASHING MEMBRANE USING SAME

(54) 발명의 명칭: 분리막 세정 시스템 및 이를 이용한 분리막 세정 방법



- AA ... Start
- BB ... Measuring water permeability (differential pressure, membrane permeation flux)
- CC ... Calculating recovery rate
- DD ... Predicting membrane contamination degree
- EE ... First set value?
- FF ... Second set value?
- GG ... Controlling aeration period
- HH ... End
- II ... Maintaining original conditions
- JJ ... Controlling backwash period

(57) Abstract: A system for washing a membrane of the present invention comprises: a first membrane filtration tank which comprises a membrane and an aerator, filters inflow feed water by membrane filtration, and discharges treated water and water to be treated, respectively; a pressure gauge for measuring a differential pressure across the membrane and a flow meter for measuring a permeation flux which are provided at a produced water discharge line of the first membrane filtration tank; and a control means which calculates a recovery rate by calculating the water permeability from the differential pressure measured at the pressure gauge and the permeation flux measured at the flow meter, predicts a membrane contamination degree from the calculated recovery rate, and controls a backwash period and an intermittent aeration period.

(57) 요약서: 본 발명의 분리막 세정 시스템은 멤브레인과 폭기장치가 구비되어 있으며, 유입원수를 막여과에 의해 여과하고, 처처리수와 피처리수를 각각 배출하는 제 1 막여과조; 상기 제 1 막여과조의 생산수 배출 라인에 설치되어 막간 차압을 측정하기 위한 압력계와 투과유량을 측정하기 위한 유량계; 및 상기 압력계로부터 측정된 막간차압과 상기 유량계로부터 측정된 투과유량으로부터 수투과도를 계산하여 회복율을 산출하고, 상기 산출된 회복율로부터 막오염 정도를 예측하며, 역세척주기와 간헐 폭기주기를 제어하는 제어수단을 포함하는 것을 특징으로 한다.



WO 2014/088190 A1



TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

## 명세서

### 발명의 명칭: 분리막 세정 시스템 및 이를 이용한 분리막 세정 방법 기술분야

- [1] 본 발명은 분리막 세정 시스템 및 이를 이용한 분리막 세정 방법에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 침지식 분리막 수처리 공정에서 막오염 정도를 모니터링하여 역세척과 공기세정을 통해 분리막을 세정하는 시기를 최적화하고, 이를 통해 역세척에 사용되는 생산수의 사용량과 폭기시 공기를 사용하기 위해 드는 에너지 사용량을 최소화할 수 있는 분리막 세정 시스템 및 이를 이용한 분리막 세정 방법에 관한 것이다.

[2]

### 배경기술

- [3] 분리막(Membrane)이란 두 가지 이상의 다성분 혼합물로부터 특정 성분을 선택적으로 통과시킴으로써 혼합물을 분리시킬 수 있는 다공질의 물리적 경계(barrier)이다. 분리막을 이용한 수처리는 다른 여과 공정에 비해 응집제 등 약품의 사용량이 적고, 소요되는 부지면적을 줄일 수 있는 장점이 있다. 수처리용 분리막은 종류에 따라 수중에 포함된 유기 오염물질, 무기 오염물질, 수중 미생물 등을 분리시킬 수 있다. 압력구동식 분리막(pressure-driven membrane)은 세공의 크기에 따라 정밀여과(Microfiltration, MF)막, 한외여과(Ultrafiltration, UF)막, 나노여과(Nanofiltration, NF)막, 역삼투(Reverse osmosis, RO)막 등으로 구분된다. 분리막은 또한 재질에 따라 고분자 유기막과 세라믹 혹은 금속 등의 무기막으로 구분된다. 소정의 하우징에 분리막을 설치하여 고액분리가 가능하도록 구성한 분리막 모듈(또는 막모듈)은, 그 형태에 따라 관형(Tubular), 중공사형(Hollow Fiber), 나선형(Spiral Wound), 평판형(Plate and Frame), 회전판형(Rotary Disk) 등이 있다.
- [4] 이러한 분리막은 무수히 많은 미세구멍, 즉 막세공(membrane pore)을 가진다. 따라서 원수 중에 함유된 오염물질 중 분리막에 의해 분리막에 의해 배제되거나 혹은 통과시에 분리막의 표면에 축적되거나 분리막 표면 혹은 세공 내에 흡착되어 막오염이 발생된다. 막오염이 발생되면 여과 중에 분리막 표면이 오염물질 축적물에 의해 덮히거나, 막세공이 줄어들거나 막혀 원수의 투과유속과 성능이 저하되므로, 여과 중에 주기적으로 분리막을 세정하여 분리막의 성능을 회복시켜 주어야 한다.
- [5] 분리막을 세정하는 방법은 물리적 세정과 화학적 세정으로 나눌 수 있다. 이중 물리적 세정은 물을 이용한 역세척과 공기를 이용한 폭기가 대표적이다. 역세척은 주로 생산수를 여과 방향과 반대 방향으로 가압을 하여 막에 통과시킴으로써 막 표면 혹은 막세공에 쌓인 물질들을 제거하는 방법이다. 폭기는 막 표면에 공기를 불어 쌓인 오염물질들을 제거하는 방법이다.

- [6] 수처리장치에서 일반적인 침지식 분리막에 대한 공기 세정방법으로는 Cyclic Aeration 방법과 AAF(Automatic Aeration Filtration)방법 등이 알려져 있다. 이러한 종래의 방법들은 모두 막오염을 최소화하고 에너지 효율을 높이기 위한 방법으로 개발된 기술이지만, Cyclic Aeration 방식의 경우, 수질변동이 심한 원수조건에 효율적이지 못하다는 단점이 있다. 반면에 AAF 방식은 막유입수 탁도 및 막오염지수에 의한 폭기 방식을 변경하고 폭기강도를 조절하는 기술로서 원수 수질변화에 대응할 수 있고, 자동제어와 연계가 가능한 공기세정 방식이지만, 유입 원수의 수계가 변경되면 막오염지수에 대한 최적 폭기강도식을 다시 도출해야하는 단점을 가지고 있다.

[7]

## 발명의 상세한 설명

### 기술적 과제

- [8] 본 발명의 목적은 분리막에 대한 막오염 특성을 고려하여 더 효율적이고 경제적으로 분리막을 세정할 수 있는 분리막 세정 시스템 및 이를 이용한 분리막 세정 방법을 제공하기 위한 것이다.
- [9] 본 발명의 다른 목적은 계절별 원수 수질 변동에 상관없이, 분리막의 막오염 정도를 파악하여 필요한 시기에 적절히 역세척과 공기세정을 통해 분리막을 세정할 수 있는 분리막 세정 시스템 및 이를 이용한 분리막 세정 방법을 제공하기 위한 것이다.
- [10] 본 발명의 또 다른 목적은 물리적 세척(생산수를 이용하는 역세척(backpulse), 공기를 이용하는 폭기(aeration) 혹은 공기세정) 주기를 자동 조정함으로써, 생산수 사용량과 폭기시 공기를 사용하기 위해 드는 에너지 사용량을 최소화할 수 있는 분리막 세정 시스템 및 이를 이용한 분리막 세정 방법을 제공하기 위한 것이다.

[11]

### 과제 해결 수단

- [12] 본 발명의 하나의 관점은 분리막 세정 시스템에 관한 것이다. 상기 시스템은 멤브레인과 폭기장치가 구비되어 있으며, 유입원수를 막여과에 의해 여과하고, 처리수와 조내 피처리수를 각각 배출하는 제1 막여과조; 상기 제1 막여과조의 생산수 배출 라인에 설치되어 막간 차압을 측정하기 위한 압력계와 투과유량을 측정하기 위한 유량계; 및 상기 압력계로부터 측정된 막간차압과 상기 유량계로부터 측정된 투과유량으로부터 수투과도를 계산하여 회복율을 산출하고, 상기 산출된 회복율로부터 막오염 정도를 예측하며, 역세주기와 간헐 폭기주기를 제어하는 제어수단을 포함한다.
- [13] 구체예에서, 상기 막오염 정도는 하기 식 1에 의한 누적예측지수로부터 구할 수 있다:
- [14] 수학식 1

$$k_n = \frac{1}{\sum_{i=1}^n R_i + \frac{K_c}{K_0} - n}$$

- [15]  $kn$ 은 현재 시점으로부터  $n$ 회 역세척(혹은 역세척+간헐폭기) 직후의 누적예측지수이며,  $K$ 는 분리막의 수투과도로서  $K_0$ 는 초기 분리막 사용전의 수투과도,  $K_c$ 는 현재시점에서 가장 최근 역세척 직후의 수투과도이다.  $R_i$ 는 가장 최근 역세척 후  $i$ 번째 세정에 의한 수투과도 회복율이다.
- [16] 상기 누적예측지수  $kn$ 을 산출하기 위한  $R_i$ 의 예측값은 식 2와 같이 과거 누적된  $j$ 개의 데이터( $R_1' \sim R_j'$ )로부터 선형회귀하여 결정한다.
- [17] 수학적식 2

$$R_i = \frac{\overline{t_j R_j'} - \overline{t_j} \cdot \overline{R_j'}}{\overline{t_j^2} - \overline{t_j}^2} (\overline{t_i} - \overline{t_j}) + \overline{R_j'}$$

- [18]  $i$ 는 예측을 원하는 시점으로, 미래의 예상되는  $i$ 번째 세정 직후의 시간 중에서 선택되고, ' $\bar{\cdot}$ ' (bar표시)는 산술평균을 의미하며,  $R_j'$ 는 과거  $t_j$ 에서의 수투과도 회복율이며 초기 수투과도  $K_0$ 를 기반으로 식 3과 같이 정의한다.
- [19]  $i$ 는 예측을 원하는 시점으로, 미래의 예상되는  $i$ 번째 세정 직후의 시간 중에서 선택되고, ' $\bar{\cdot}$ ' (bar표시)는 산술평균을 의미하며,  $R_j'$ 는 과거  $t_j$ 에서의 수투과도 회복율이며 초기 수투과도  $K_0$ 를 기반으로 식 3과 같이 정의한다.
- [20] 수학적식 3

$$R_j' = 1 - \frac{K_{j-1} - K_j}{K_0}$$

- [21] ( $j > 1$ ,  $K_{j-1}$ 는  $j-1$ 회 세정 직후의 수투과도,  $K_j$ 는  $j$ 회 세정 직후의 수투과도)
- [22] 상기 제1 막여과조는 침지형 분리막 여과조일 수 있다.
- [23] 상기 제어수단은 상기 회복율로부터 막오염 정도를 시뮬레이션에 의해 예측하고, 상기 막오염 정도가 제1 설정값 미만이면 운전 조건을 유지하고, 제1 설정값 이상이면 제2 설정값에 해당되는지 비교하며, 상기 막오염 정도가 제2 설정값 미만이면 역세주기를 조정하여 세정조건을 최적화하고, 제2 설정값 이상이면 폭기(aeration) 주기를 조정할 수 있다.
- [24] 상기 제1 막여과조의 배관라인에 역세에 필요한 처리수를 송출하기 위한

펌프를 더 구비할 수 있다.

- [25] 상기 폭기장치는 제어수단에 의해 정보를 받아 블로어에 의해 폭기량이 조절될 수 있다.
- [26] 상기 제1 막여과조로부터 배출된 피처리수는 제2 막여과조로 유입되고, 상기 제2 막여과조의 피처리수 일부는 제1 막여과조의 원수로 유입시켜 회수할 수 있다.
- [27] 본 발명의 다른 관점은 분리막 세정 방법에 관한 것이다. 상기 방법은 막여과조로부터 처리된 처리수에 대해 막간차압과 투과유량을 측정하여 수투과도를 계산하고; 상기 수투과도에 대한 정보로부터 회복율을 계산하고; 상기 회복율로부터 막오염 정도를 시물레이션에 의해 예측하고; 상기 막오염 정도가 제1 설정값 미만이면 운전 조건을 유지하고, 제1 설정값 이상이면 제2 설정값에 해당되는지 비교하고; 상기 막오염 정도가 제2 설정값 미만이면 역세주기를 조정하여 세정조건을 최적화하고, 제2설정값 이상이면 폭기(aeration) 주기를 조정하는 단계를 포함한다.

[28]

### 발명의 효과

- [29] 본 발명은 분리막에 대한 막오염 특성을 고려하여 더 효율적이고 경제적으로 분리막을 세정할 수 있고, 계절별 원수 수질 변동에 상관없이, 분리막의 막오염 정도를 파악하여 필요한 시기에 적절히 공기세정을 통해 분리막을 세정할 수 있으며, 물리적 세척(생산수를 이용하는 역세척(backpulse), 공기를 이용하는 폭기(aeration)) 주기를 자동 조정함으로써, 생산수 사용량과 폭기시 공기를 사용하기 위해 드는 에너지 사용량을 최소화할 수 있는 분리막 세정 시스템 및 이를 이용한 분리막 세정 방법을 제공하는 발명 효과를 갖는다.

[30]

### 도면의 간단한 설명

- [31] 도 1은 본 발명의 하나의 구체예에 따른 분리막 세정 과정을 나타낸 순서도이다.
- [32] 도 2는 시간에 따른 수투과도의 그래프를 예시한 것이다.
- [33] 도 3은 본 발명의 하나의 구체예에 따른 분리막 세정 시스템의 개략도이다.
- [34] 도 4는 본 발명의 다른 구체예에 따른 분리막 세정 시스템의 개략도이다.
- [35] 도 5는 실시예의 운전시간 변화에 따른 상대적 수투과도를 나타낸 것이다.
- [36] 도 6은 비교예에서 적용된 순서도이다.

[37]

### 발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [38] 도 2는 시간에 따른 수투과도의 그래프를 예시한 것이다. 도면 중 BP(backpulse)는 역세척을 의미하고 BP/IA(backpulse/Intermittant Aeration)는 역세척과 간헐폭기를 함께하는 것이다. 도시된 바와 같이, 분리막에 의한

생산시에는 시간에 따라 분리막의 수투과도는 감소하며 BP 등을 수행한 후에는 수투과도가 다시 상승한다. 이 때, 초기 수투과도에 대하여 BP 또는 BP/IA 등의 세정에 의해 수투과도가 회복하는 정도가 회복율(R)이다.

[39] 회복율이 높은 경우 세정 효율이 높은 것이기 때문에, 생산시 수투과도가 일시적으로 낮아진다 하더라도 세정방법의 변경이 필요한 것은 아니다. 반대로, 회복율이 낮은 경우는 세정 효율이 떨어지기 때문에 당장 생산시 수투과도 감소가 크지 않다 하더라도 장기적으로 보았을 때 세정방법의 변경이 필요하다. 이 때 보통 역세척에 소요되는 생산수량을 늘리거나 폭기에 사용되는 에너지를 증가시키게 된다. 그러나, 다양한 원인에 의해 불규칙적으로 회복율이 일시적으로 감소하는 경우가 있으며, 이러한 일시적인 현상으로 인해 역세척이나 폭기를 더 자주하게 될 경우 생산수나 에너지를 과도하게 소모하는 것이며, 비용의 증가도 그만큼 초래하게 된다.

[40] 예를 들면, 도 2의 1BP의 경우 어느 정도 회복율을 갖지만 2BP에서는 회복율이 떨어진 것을 알 수 있다. 이와 같이 일시적인 회복율 감소 단계에서 역세척이나 폭기 방법을 변경한다면 불필요한 비용이 발생하게 되는 것이다.

[41] 본 발명은 수투과도를 측정하고 이에 의해 회복율을 계산한 다음, 산출된 회복율로부터 향후의 막오염 정도를 예측하여 역세주기와 간헐 폭기주기를 제어하는 것을 특징으로 한다. 도 1은 본 발명의 하나의 구체예에 따른 분리막 세정 과정을 나타낸 순서도이다.

[42] 도시된 바와 같이, 먼저 막여과조로부터 처리된 처리수에 대해 막간 차압, 투과유량을 측정함으로써 수투과도를 측정한다. 상기 수투과도에 대한 정보로부터 회복율이 계산되면 상기 회복율로부터 막오염 정도를 시뮬레이션에 의해 예측할 수 있다.

[43] 바람직하게는 상기 막오염 정도는 어느 시점에 대한 값이 아니라, 각 시점의 회복율을 데이터베이스화하고 이로부터 누적예측지수 값을 구할 수 있다. 구체예에서는 상기 막오염 정도는 식 1에 의한 누적예측지수로부터 구할 수 있다:

[44] [식 1]

$$[45] \quad k_n = \frac{1}{\sum_{i=1}^n R_i + \frac{K_c}{K_0} - n}$$

[46]  $k_n$ 은 현재시점으로부터  $n$ 회 역세척 (혹은 역세척+간헐폭기) 직후의 누적예측지수이며,  $K$ 는 분리막의 수투과도로서  $K_0$ 는 초기 분리막 사용전의 수투과도,  $K_c$ 는 현재시점에서 가장 최근 역세척 직후의 수투과도이다.  $R_i$ 는 가장 최근 역세척 후  $i$ 번째 세정에 의한 수투과도 회복율이다.

[47] 상기 누적예측지수  $k_n$ 을 산출하기 위한  $R_i$ 의 예측값은 식 2와 같이 과거 누적된

j개의 데이터( $R_1' \sim R_j'$ )로부터 선형회귀하여 결정한다.

[48] [식 2]

[49]

$$R_i = \frac{\overline{t_j R_j'} - \bar{t}_j \cdot \overline{R_j'}}{\overline{t_j^2} - \bar{t}_j^2} (t_i - \bar{t}_j) + \overline{R_j'}$$

[50]  $t_i$ 는 예측을 원하는 시점으로, 미래의 예상되는  $i$ 번째 세정 직후의 시간 중에서 선택되고, ' $\bar{\cdot}$ ' (bar표시)는 산술평균을 의미하며,  $R_j'$ 는 과거  $t_j$ 에서의 수투과도 회복율이며 초기 수투과도  $K_0$ 를 기반으로 식 3과 같이 정의한다.

[51] [식 3]

[52]

$$R_j' = 1 - \frac{K_{j-1} - K_j}{K_0}$$

[53] ( $j > 1$ ,  $K_{j-1}$ 는  $j-1$ 회 세정 직후의 수투과도,  $K_j$ 는  $j$ 회 세정 직후의 수투과도)

[54] 이처럼 막오염 정도를 누적예측지수로부터 구하기 때문에 일시적인 회복율 저하 현상에 영향을 받지 않으며 향후의 세정 효율과 막오염 정도를 정확하게 예측할 수 있고, 필요한 시기에 적절히 세정작업을 수행할 수 있어 생산수 사용량과 폭기시 공기를 사용하기 위해 드는 에너지 사용량을 최소화할 수 있다.

[55]

[56] 도 3은 본 발명의 하나의 구체예에 따른 분리막 세정 시스템의 개략도이다. 상기 분리막 세정 시스템은 제1 막여과조(10); 상기 제1 막여과조의 생산수 배출 라인(L2)에 설치되어 막간 차압을 측정하기 위한 압력계(PS); 투과유량을 측정하기 위한 유량계(FS); 및 제어수단(30)을 포함한다.

[57] 상기 제1 막여과조(10)에는 멤브레인(11)과 폭기장치(12)가 구비되어 있다. 상기 멤브레인(11)은 멤브레인 모듈이 침지되어 장착된 침지형일 수 있다. 또한 상기 막여과조(10) 내의 용존산소 농도를 측정하기 위한 센서(도시되지 않음)가 더 구비될 수 있으며, 상기 센서로부터 검출된 정보도 제어수단(30)에 전송될 수 있다. 상기 제1 막여과조(10)에는 원수가 라인(L1)을 통해 유입되고 막여과에 의해 처리수를 라인(L2)을 통해 배출하면서 피처리수는 라인(L5)을 통해 배출 혹은 일부 반송한다. 본 발명에서 피처리수는 생산수가 분리된 유입수로서, 슬러지 등과 같은 오염수를 포함한다.

[58] 상기 폭기장치(12)는 제어수단에 의해 정보를 받아 블로어(P2)에 의해 폭기량이 조절될 수 있으며, 상기 블로어(P2)의 동작은 제어수단(30)에 의해 조절된다.

- [59] 상기 막여과조(10)로부터 처리된 처리수가 배출되는 라인(L2)에 압력계(PS), 유량계(FS)와 함께 펌프(P1)가 설치되어 처리수를 흡인 배출한다.
- [60] 상기 제어수단(30)은 상기 압력계(PS)와 유량계(FS)로부터 검출된 정보를 받아 각각 막간차압과 투과유량을 측정하고 이로부터 수투과도를 계산하여 회복율을 산출하고, 상기 산출된 회복율로부터 막오염 정도를 예측하며, 역세주기와 간헐 폭기주기를 제어한다.
- [61] 즉, 상기 회복율로부터 막오염 정도를 시뮬레이션에 의해 예측하고, 상기 막오염 정도가 제1 설정값 미만이면 운전 조건을 유지하고, 제1 설정값 이상이면 제2 설정값에 해당되는지 비교하며, 상기 막오염 정도가 제2 설정값 미만이면 역세주기를 조정하여 세정조건을 최적화하고, 제2설정값 이상이면 폭기(aeration) 주기를 조정할 수 있다.
- [62] 또한 상기 제어수단(30)은 펌프(P1)를 조절하여 생산수 배출 및 역세척을 조절할 수 있다. 최종 처리된 처리수는 라인(L3)을 통해 배출된다.
- [63] 다른 구체예에서는 상기 제1 막여과조의 배관라인에 역세에 필요한 처리수를 송출하기 위한 펌프(도시되지 않음)를 별도로 더 구비할 수 있다.
- [64]
- [65] 도 4는 본 발명의 다른 구체예에 따른 분리막 세정 시스템의 개략도이다. 원수조(RWT)에는 센서(S1)가 구비되어 원수의 수질과 오염정도를 측정하고 이에 대한 정보는 제어수단(30)으로 송출된다. 원수는 라인(L0)을 통해 직접 제1 막여과조(10)에 유입하거나 응집조, 침전조, 혐기조, 무산소조 또는 호기조 등과 같은 통상의 처리수조를 거쳐 라인(L1)을 통해 제1 막여과조(10)에 유입될 수 있다.
- [66] 상기 제1 막여과조(10)로부터 배출된 피처리수는 라인(L5, L6, L7)을 통해 직접 혹은 저장조(도시되지 않음)를 거쳐 별도로 구비된 제2 막여과조(20)에 유입될 수 있다. 필요한 경우 펌프(P3)를 통해 제2 막여과조(20)에 유입될 수 있다. 제2 막여과조(20)도 제1 막여과조(10)와 마찬가지로 멤브레인(21)과 폭기장치(22)가 구비되어 있다.
- [67] 상기 폭기장치(12, 22)는 제어수단(30)에 의해 정보를 받아 블로어(P2, P5)에 의해 폭기량이 조절될 수 있으며, 상기 블로어의 동작은 제어수단(30)에 의해 조절된다. 상기 막여과조(10, 20)로부터 처리된 처리수가 배출되는 라인(L2, L8)에 압력계(PS), 유량계(FS)와 함께 각각 펌프(P1, P4)가 설치되어 처리수를 흡인 배출한다.
- [68] 상기 제2 막여과조(20)의 피처리수는 라인(L13)에 의해 라인(L1)과 합류하여 제1 막여과조(10)의 원수로 유입시켜 회수할 수 있다. 이와 같이 제2 막여과조의 피처리수 중 일부를 제1 막여과조로 회수함으로써, 동일 생산량당 원수 사용량이 감소되고, 회수율을 더욱 향상시킬 수 있다.
- [69] 최종 처리된 처리수는 라인(L3) 및 라인(L9)을 통해 배출된다.
- [70]

## 발명의 실시를 위한 형태

[71] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 통해 본 발명의 구성 및 작용을 더욱 상세히 설명하기로 한다. 다만, 하기 실시예는 본 발명의 이해를 돕기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되지는 않는다. 여기에 기재되지 않은 내용은 이 기술 분야에서 숙련된 자이면 충분히 기술적으로 유추할 수 있는 것이므로 그 설명을 생략하기로 한다.

[72]

[73] 실시예

[74] 실시예 1

[75] 막여과조, 생산수 배출 라인에 압력계와 유량계가 설치된 도 3의 분리막 세정 시스템을 적용하여 테스트를 수행하였다. 0~17.28h까지 역세주기 15분, 폭기주기 약 5시간으로 한 후, 17.28h에서 테스트 수행을 위해 역세주기를 30분으로 변경하였고 막오염을 누적예측지수를 통해 예측하였다. 역세주기는 15분, 30분, 60분 등으로 2배수로 변경하도록 하였다. 단, 누적예측지수는 매 측정 순간의 12시간 이후(n=25)의 역세 직후의 값, 즉 k25를 기준으로 판단하였으며, 도 1의 알고리즘으로 판단하였다. 제1 설정값은  $k25 < 1.43$ , 제2 설정값은  $k25 < 2.0$ 이다. 상기 1.43은 초기 수투과도 대비 현재 수투과도가 70%에 해당하는 누적예측지수이고, 2.0은 50%에 해당하는 누적예측지수로부터 도출한 설정값이다. Kc과 K0을 측정하고, 식 1로 부터 k25를 구하였으며, 이를 표 1에 나타내었다.

[76] 표 1

[Table 1]

n	A	Kc	K0	k25
25	24.886	0.886	1.00	1.30

[77] (단, 상기 A는  $\sum_{i=1}^{25} R_i$ )

[78]

[79] 측정된 상대 수투과도(relative permeability= Kc/K0)를 운전 시간에 따라 도시하였으며, 도 5에 나타내었다. 도 5에 나타난 바와 같이, 38.83h에서 순간 상대수투과도는 초기 대비 70% 이하로 하락하였으나, 역세 직후(38.88 h) 도출한 k25는 1.30으로 1.43보다 작으므로 원조건을 유지하여 역세주기 30분, 폭기주기 약 5시간을 유지하였다. 원조건을 유지하였으나 38.83h 이후의 운전은 안정적이었다. 순간 상대수투과도가 하락한 것은 일시적이었으며, 누적예측지수로 판단하여 원조건을 유지한 것은 성공적이었다.

[80]

[81] 비교예 1

[82] 본 발명의 누적예측지수를 사용한 것이 아닌, 순간 상대수투과도( $Kc/K0$ )를 이용한 것으로 도 6의 알고리즘을 적용하였다. 도 6의 상대수투과도 0.7은 초기수투과도 대비 현재 수투과도가 70%에 해당하는 상대수투과도, 0.5는 50%에 해당하는 상대수투과도부터 도출한 설정값이다. 실시예 1에서 38.83h에서 순간 상대수투과도가 초기 대비 70%이하로 하락하였으므로, 비교예의 알고리즘을 통해 역세 주기가 조정되어야 하며 30분에서 15분으로 변경되는 상황을 상정할 수 있다.

[83] 38.83h 이후 실시예 1과 비교예 1의 역세척에 사용되는 생산수량과 원수회수율을 표 2에 나타내었다.

[84] 표 2

[Table 2]

38.83h 이후	역세척에 사용되는 생산수량(톤/일)	원수 회수율(%)
실시예1	2.7m <sup>3</sup>	98
비교예1	5.5m <sup>3</sup>	95

[85]

[86] 실시예와 비교예 모두 폭기 주기를 변경하지 않아 공기사용량은 동일하나, 역세척에 사용되는 생산수량이 비교예에 비하여 실시예가 절반수준이며, 원수의 회수율도 실시예가 더 높아 본 발명에 의한 실시예의 결과가 더 우수함을 알 수 있다.

[87]

[88] 본 발명은 상기 구체예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 제조될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 구체예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야 한다.

## 청구범위

[청구항 1]

멤브레인과 폭기장치가 구비되어 있으며, 유입원수를 막여과에 의해 여과하고, 처리수와 피처리수를 각각 배출하는 제1 막여과조;

상기 제1 막여과조의 생산수 배출 라인에 설치되어 막간 차압을 측정하기 위한 압력계와 투과유량을 측정하기 위한 유량계; 및 상기 압력계로부터 측정된 막간차압과 상기 유량계로부터 측정된 투과유량으로부터 수투과도를 계산하여 회복율을 산출하고, 상기 산출된 회복율로부터 막오염 정도를 예측하며, 역세주기와 간헐 폭기주기를 제어하는 제어수단;

을 포함하는 것을 특징으로 하는 분리막 세정 시스템.

[청구항 2]

제1항에 있어서, 상기 막오염 정도는 하기 식 1에 의한 누적예측지수로부터 구하는 것을 특징으로 하는 분리막 세정 시스템:

[식 1]

$$k_n = \frac{1}{\sum_{i=1}^n R_i + \frac{K_c}{K_0} - n}$$

$k_n$ 은 현재시점으로부터  $n$ 회 역세척(혹은 역세척+간헐폭기) 직후의 누적예측지수이며,  $K$ 는 분리막의 수투과도로서  $K_0$ 는 초기 분리막 사용전의 수투과도,  $K_c$ 는 현재시점에서 가장 최근 역세척 직후의 수투과도이다.  $R_i$ 는 가장 최근 역세척 후  $i$ 번째 세정에 의한 수투과도 회복율이다.

상기 누적예측지수  $k_n$ 을 산출하기 위한  $R_i$ 의 예측값은 식 2의 과거 누적된  $j$ 개의 데이터( $R_1' \sim R_j'$ )로부터 선형회귀하여 결정한다.

[식 2]

$$R_i = \frac{\overline{t_j R_j'} - \bar{t}_j \cdot \overline{R_j'}}{\overline{t_j^2} - \bar{t}_j^2} (t_i - \bar{t}_j) + \overline{R_j'}$$

$t_i$ 는 예측을 원하는 시점으로, 미래의 예상되는  $i$ 번째 세정 직후의 시간 중에서 선택한다. ' $\bar{\cdot}$ ' (bar표시)는 산술평균을 의미한다.  $R_j'$ 는 과거  $t_j$ 에서의 수투과도 회복율이며 초기 수투과도  $K_0$ 를 기반으로

식 3과 같이 정의한다.

[식 3]

$$R_j' = 1 - \frac{K_{j-1} - K_j}{K_0}$$

( $j > 1$ ,  $K_{j-1}$ 는  $j-1$ 회 세정 직후의 수투과도,  $K_j$ 는  $j$ 회 세정 직후의 수투과도)

- [청구항 3] 제1항에 있어서, 상기 제1 막여과조는 침지형 분리막 여과조인 것을 특징으로 하는 분리막 세정 시스템.
- [청구항 4] 제1항에 있어서, 상기 제어수단은 상기 회복율로부터 막오염 정도를 시뮬레이션에 의해 예측하고, 상기 막오염 정도가 제1 설정값 미만이면 운전 조건을 유지하고, 제1 설정값 이상이면 제2 설정값에 해당되는지 비교하며, 상기 막오염 정도가 제2 설정값 미만이면 역세주기를 조정하여 세정조건을 최적화하고, 제2 설정값 이상이면 폭기(aeration) 주기를 조정하는 것을 특징으로 하는 분리막 세정 시스템.
- [청구항 5] 제1항에 있어서, 상기 제1 막여과조의 배관라인에 역세에 필요한 처리수를 송출하기 위한 펌프를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 분리막 세정 시스템.
- [청구항 6] 제1항에 있어서, 상기 폭기장치는 제어수단에 의해 정보를 받아 블로어에 의해 폭기량이 조절되는 것을 특징으로 하는 분리막 세정 시스템.
- [청구항 7] 제1항에 있어서, 상기 제1 막여과조로부터 배출된 피처리수는 제2 막여과조로 유입되고, 상기 제2 막여과조의 피처리수는 제1 막여과조의 원수로 유입시켜 회수하는 것을 특징으로 하는 분리막 세정 시스템.
- [청구항 8] 막여과조로부터 처리된 처리수에 대해 막간차압과 투과유량을 측정하여 수투과도를 계산하고;  
상기 수투과도에 대한 정보로부터 회복율을 산출하고;  
상기 회복율로부터 막오염 정도를 시뮬레이션에 의해 예측하고;  
상기 막오염 정도가 제1 설정값 미만이면 운전 조건을 유지하고, 제1 설정값 이상이면 제2 설정값에 해당되는지 비교하고;  
상기 막오염 정도가 제2 설정값 미만이면 역세주기를 조정하여 세정조건을 최적화하고, 제2 설정값 이상이면 폭기(aeration) 주기를 조정하는;  
단계를 포함하는 분리막 세정 방법.

[청구항 9]

제8항에 있어서, 상기 막오염 정도는 하기 식 1에 의한 누적예측지수로부터 구하는 것을 특징으로 하는 분리막 세정 시스템:

[식 1]

$$k_n = \frac{1}{\sum_{i=1}^n R_i + \frac{K_c}{K_0} - n}$$

$k_n$ 은 현재시점으로부터  $n$ 회 역세척(혹은 역세척+간헐폭기) 직후의 누적예측지수이며,  $K$ 는 분리막의 수투과도로서  $K_0$ 는 초기 분리막 사용전의 수투과도,  $K_c$ 는 현재시점에서 가장 최근 역세척 직후의 수투과도이다.  $R_i$ 는 가장 최근 역세척 후  $i$ 번째 세정에 의한 수투과도 회복율이다.

상기 누적예측지수  $k_n$ 을 산출하기 위한  $R_i$ 의 예측값은 식 2의 과거 누적된  $j$ 개의 데이터( $R_1' \sim R_j'$ )로부터 선형회귀하여 결정한다.

[식 2]

$$R_i = \frac{\overline{t_j R_j'} - \bar{t}_j \cdot \overline{R_j'}}{\overline{t_j^2} - \bar{t}_j^2} (t_i - \bar{t}_j) + \overline{R_j'}$$

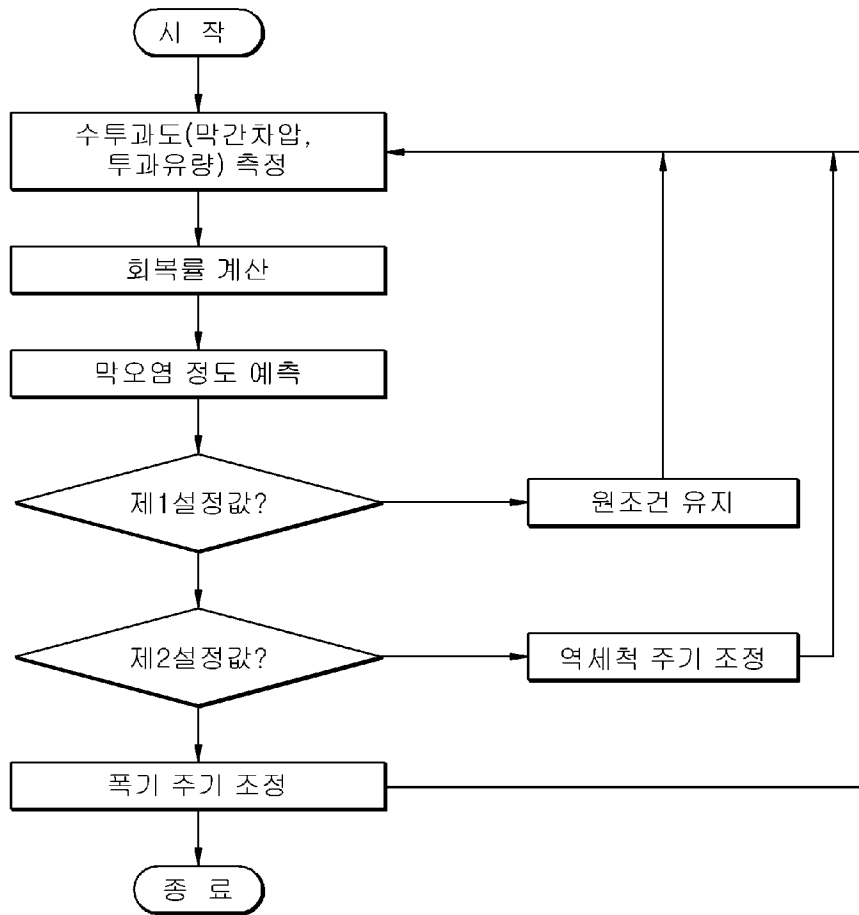
$t_i$ 는 예측을 원하는 시점으로, 미래의 예상되는  $i$ 번째 세정 직후의 시간 중에서 선택한다. ' $\bar{\cdot}$ ' (bar표시)는 산술평균을 의미한다.  $R_j'$ 는 과거  $t_j$ 에서의 수투과도 회복율이며 초기 수투과도  $K_0$ 를 기반으로 식 3과 같이 정의한다.

[식 3]

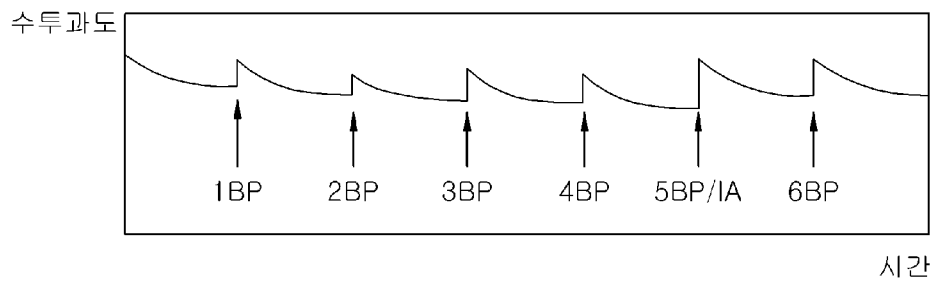
$$R_j' = 1 - \frac{K_{j-1} - K_j}{K_0}$$

( $j > 1$ ,  $K_{j-1}$ 는  $j-1$  회 세정 직후의 수투과도,  $K_j$ 는  $j$  회 세정 직후의 수투과도)

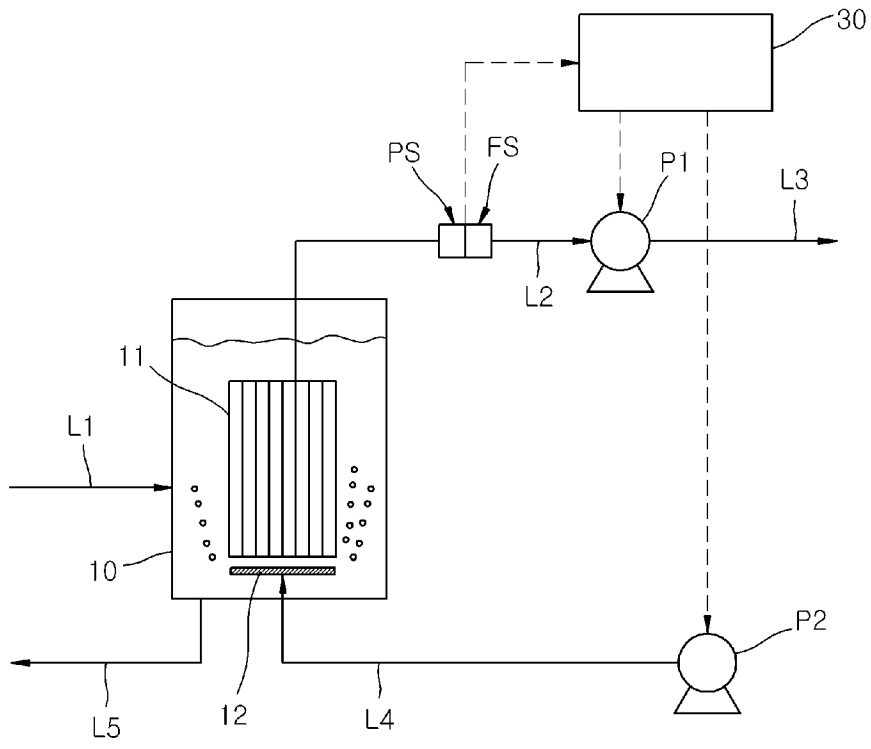
[Fig. 1]



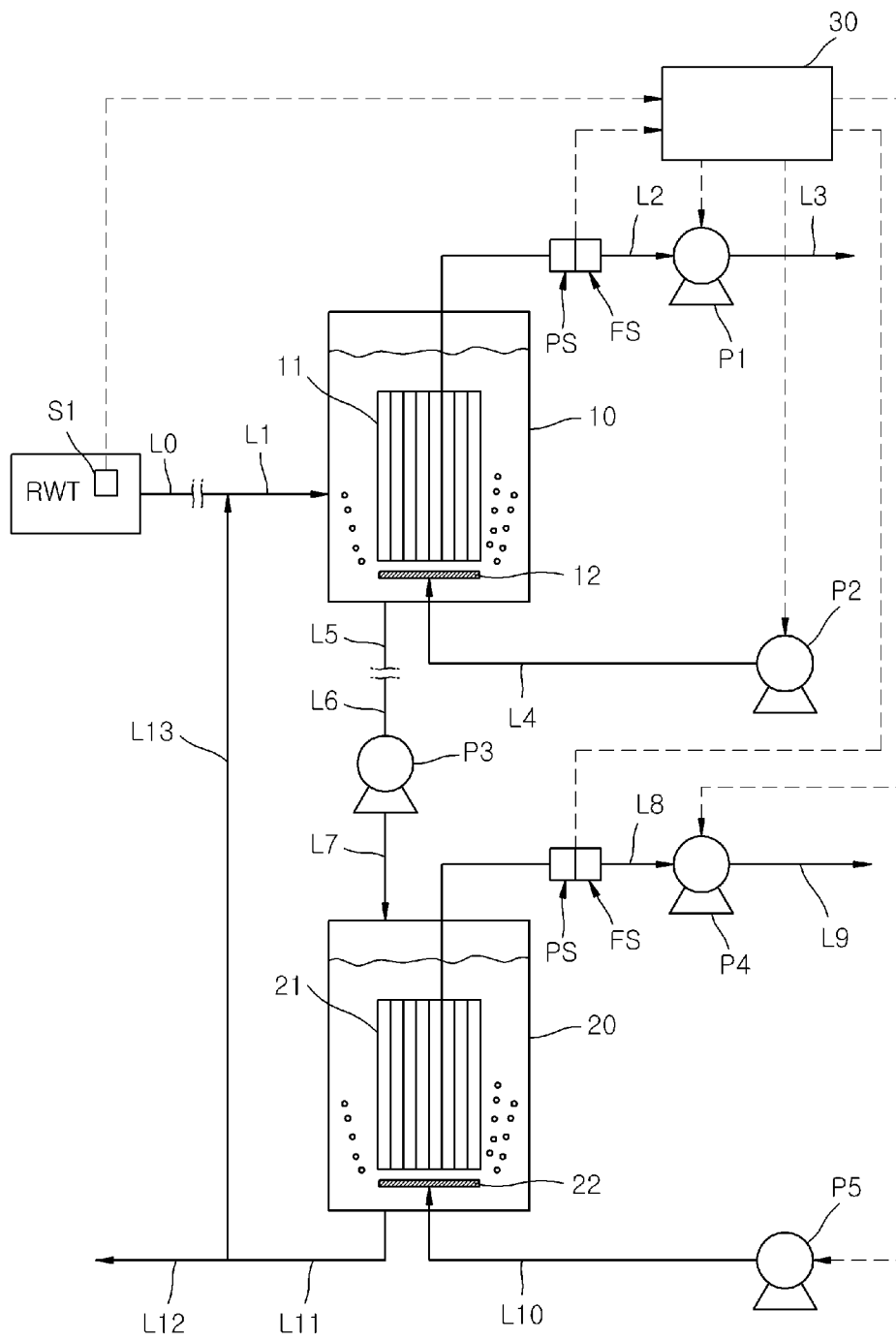
[Fig. 2]



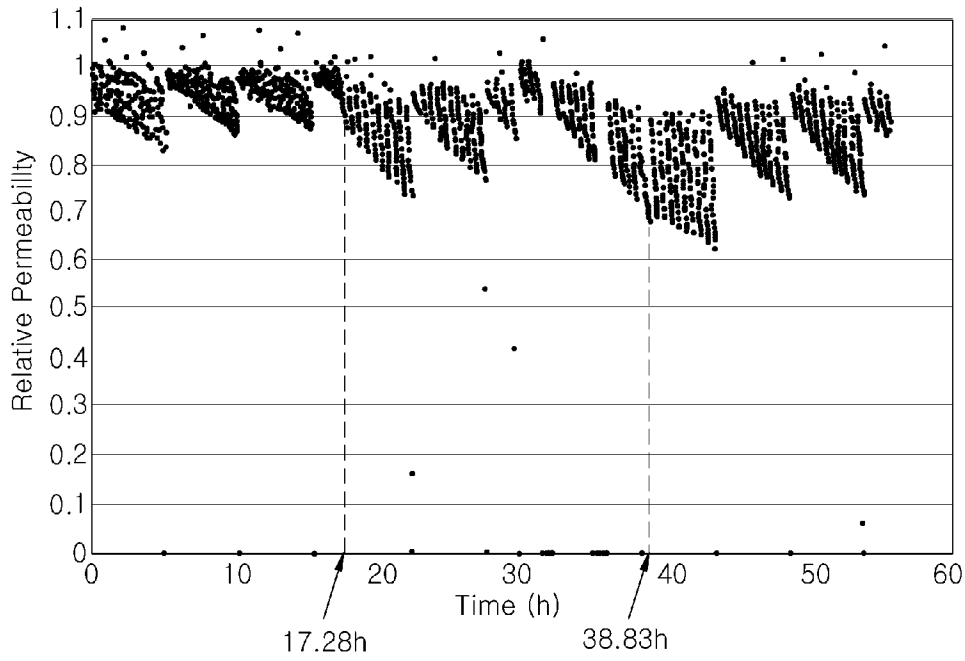
[Fig. 3]



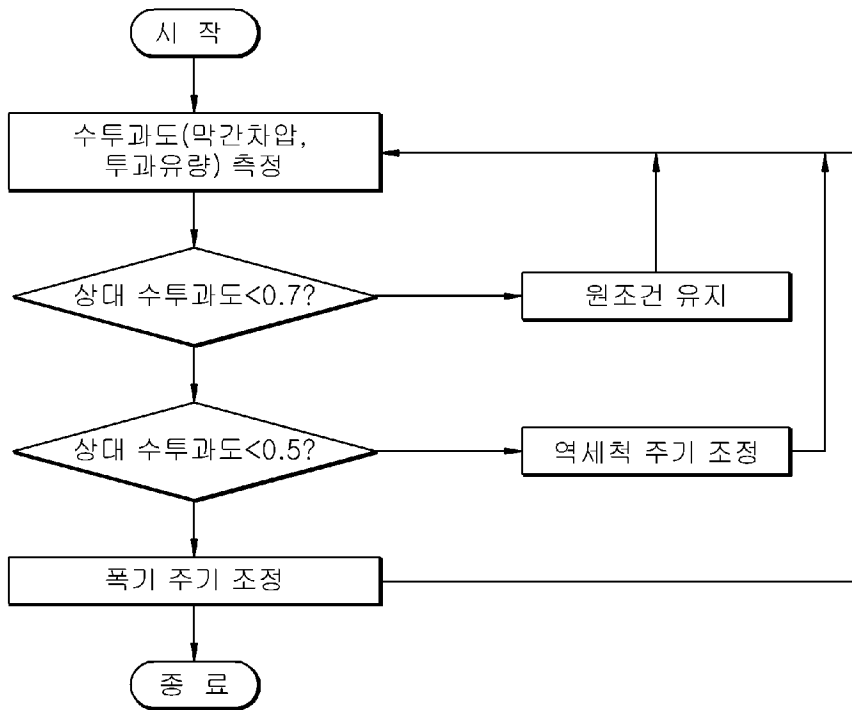
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/KR2013/007835**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

**B01D 65/02(2006.01)i, C02F 1/44(2006.01)i, B01D 65/08(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B01D 65/02; B01D 65/08; B01D 63/00; C02F 1/44; B01D 61/22; G06Q 50/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) &amp; Keywords: membrane, aeration, membrane filtration, trans-membrane pressure, pressure gauge, flowmeter, water permeation, recovery rate, membrane fouling, backwashing

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2009-0062503 A (HANWHA E&C CORP et al.) 17 June 2009 See abstract; claims 1-7; figures 1-2.	1-9
A	KR 10-2011-0068727 A (KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY) 22 June 2011 See abstract; claims 1-3; figure 1.	1-9
A	KR 10-2011-0068817 A (KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY) 22 June 2011 See claims 1-10; figure 1.	1-9
A	JP 2008-289959 A (TOSHIBA CORPORATION) 04 December 2008 See abstract; claims 1-8; figures 1-2.	1-9
A	JP 2007-296500 A (TORAY INDUSTRIES, INC.) 15 November 2007 See abstract; claims 1-4; figure 1.	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 NOVEMBER 2013 (15.11.2013)

Date of mailing of the international search report

**18 NOVEMBER 2013 (18.11.2013)**

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office  
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,  
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

**PCT/KR2013/007835**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2009-0062503 A	17/06/2009	KR 10-0979096 B1	02/09/2010
KR 10-2011-0068727 A	22/06/2011	NONE	
KR 10-2011-0068817 A	22/06/2011	KR 10-1133664 B1	12/04/2012
JP 2008-289959 A	04/12/2008	NONE	
JP 2007-296500 A	15/11/2007	NONE	

<b>A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))</b> <b>B01D 65/02(2006.01)i, C02F 1/44(2006.01)i, B01D 65/08(2006.01)i</b>		
<b>B. 조사된 분야</b> 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) B01D 65/02; B01D 65/08; B01D 63/00; C02F 1/44; B01D 61/22; G06Q 50/06  조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC		
국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 멤브레인, 폭기, 막여과, 막간 차압, 압력계, 유량계, 수투과도, 회복율, 막오염, 역세정		
<b>C. 관련 문헌</b>		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	KR 10-2009-0062503 A (주식회사 한화건설 외 2명) 2009.06.17 요약; 청구항 1-7; 도면 1-2 참조.	1-9
A	KR 10-2011-0068727 A (한국건설기술연구원) 2011.06.22 요약; 청구항 1-3; 도면 1 참조.	1-9
A	KR 10-2011-0068817 A (한국건설기술연구원) 2011.06.22 청구항 1-10; 도면 1 참조.	1-9
A	JP 2008-289959 A (주식회사 토시마) 2008.12.04 요약; 청구항 1-8; 도면 1-2 참조.	1-9
A	JP 2007-296500 A (토오레 주식회사) 2007.11.15 요약; 청구항 1-4; 도면 1 참조.	1-9
<input type="checkbox"/> 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. <input checked="" type="checkbox"/> 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2013년 11월 15일 (15.11.2013)	국제조사보고서 발송일 2013년 11월 18일 (18.11.2013)	
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-472-7140	심사관 이동욱 전화번호 +82-42-481-8163	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2009-0062503 A	2009/06/17	KR 10-0979096 B1	2010/09/02
KR 10-2011-0068727 A	2011/06/22	없음	
KR 10-2011-0068817 A	2011/06/22	KR 10-1133664 B1	2012/04/12
JP 2008-289959 A	2008/12/04	없음	
JP 2007-296500 A	2007/11/15	없음	