



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년01월31일  
(11) 등록번호 10-1944449  
(24) 등록일자 2019년01월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C02F 1/44 (2006.01) B01D 61/04 (2006.01)  
B01D 61/58 (2006.01) C02F 1/42 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2012-0081073  
(22) 출원일자 2012년07월25일  
심사청구일자 2017년03월31일  
(65) 공개번호 10-2013-0028644  
(43) 공개일자 2013년03월19일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2011-164360 2011년07월27일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2005296945 A\*  
JP2010082610 A\*  
W02010103640 A1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
미우라고교 가부시키가이샤  
일본국 에히메겐 마쓰야마시 호리에쵸7  
(72) 발명자  
마나베 아츠유키  
일본국 에히메겐 마쓰야마시 호리에쵸 7, 미우라  
고교 가부시키가이샤 내  
와타나베 하야토  
일본국 에히메겐 마쓰야마시 호리에쵸 7, 미우라  
고교 가부시키가이샤 내  
(74) 대리인  
특허법인(유)화우

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 조민환

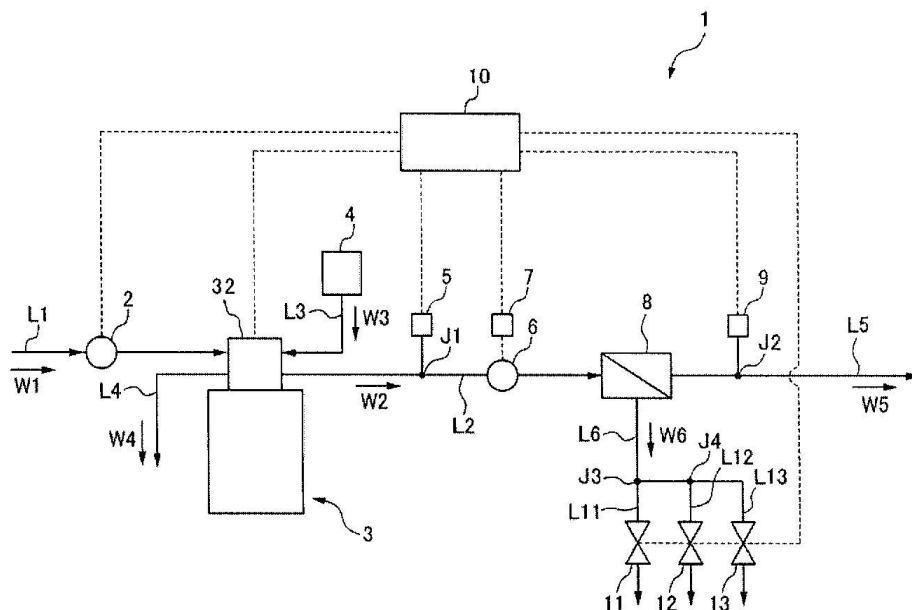
(54) 발명의 명칭 물 처리 시스템

(57) 요약

본 발명은 실리카계 스케일의 석출이나 파울링을 억제하면서, 열악한 수질의 경수를 사용해도, 탄산칼슘계 스케일의 석출을 안정적으로 억제할 수 있는 물 처리 시스템을 제공하는 것이다.

이를 위하여 본 발명에서는, 경수 연화 장치(3)는, 양이온 교환 수지상과, 상기 양이온 교환 수지상에 대하여 원

대표도



수를 하강류에서 통과시키는 연화 프로세스 ; 재생액의 대향류를 생성하고 상기 양이온 교환 수지상의 전체를 재생시키는 재생 프로세스로 전환 가능한 밸브 수단과, 상기 양이온 교환 수지상의 경도 리크 방지 영역에 재생 레벨이 1~6eq/L-R이 되는 재생액량을 공급하는 재생액 공급 수단(4)을 구비하고, 막 분리 장치는, RO 막 모듈(8)과, 가압 펌프(6)와, 입력한 전류값 신호에 대응하는 구동 주파수를 가압 펌프(6)에 출력하는 인버터(7)와, 투과수(W5)가 목표 유량값이 되도록, 시스템 내의 물리량을 사용하여 구동 주파수를 연산하고, 당해 구동 주파수에 대응하는 전류값 신호를 인버터(7)에 출력하는 제어부(10)를 구비한다.

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

원수(原水)로부터 연수를 제조하는 경수(硬水) 연화 장치와, 연수로부터 투과수를 제조하는 막 분리 장치를 포함하고,

상기 경수 연화 장치는, 원수 또는 재생액이 공급되는 양이온 교환 수지상(樹脂床)과,

상기 양이온 교환 수지상에 대하여, 원수를 하강류에서 통과시켜서 연수를 얻는 연화 프로세스 ; 재생액을 상기 양이온 교환 수지상의 정상부 및 바닥부의 양측으로부터 배액하면서, 중간부에서 집액함으로써 재생액의 대향류를 생성하고, 상기 양이온 교환 수지상의 전체를 재생시키는 재생 프로세스로 전환 가능한 밸브 수단과,

재생 프로세스에 있어서, 상기 양이온 교환 수지상의 바닥부를 베이스로 하여 소정 깊이로 설정된 경도 리크 방지 영역에 대하여, 재생 레벨이 1~6eq/L-R이 되는 재생액량을 공급하는 재생액 공급 수단을 구비하고,

상기 막 분리 장치는, 공급된 연수를 투과수와 농축수로 분리하는 역침투막 모듈과,

입력된 구동 주파수에 따른 회전 속도로 구동되고, 연수를 흡입하여 상기 역침투막 모듈을 향하여 토출하는 가압 펌프와,

입력된 전류값 신호에 대응하는 구동 주파수를 상기 가압 펌프에 출력하는 인버터와,

투과수의 유량이 미리 설정된 목표 유량값이 되도록, 시스템 내의 물리량을 사용하여 상기 가압 펌프의 구동 주파수를 연산하고, 당해 구동 주파수의 연산값에 대응하는 전류값 신호를 상기 인버터에 출력하는 제어부를 구비하며,

상기 막 분리 장치는, 연수, 투과수 또는 농축수의 온도를 검출하는 온도 검출 수단과,

장치 바깥으로 배출하는 농축수의 배수 유량을 조절 가능한 배수 밸브를 구비하고,

상기 제어부는, (i) 미리 취득된 원수 또는 연수의 실리카 농도, 및 상기 온도 검출 수단의 검출 온도값으로부터 결정한 실리카 용해도에 의거하여, 농축수에 있어서의 실리카의 허용 농축 배율을 연산하고, (ii) 당해 허용 농축 배율의 연산값, 및 투과수의 상기 목표 유량값으로부터 배수 유량을 연산하며, (iii) 농축수의 실제 배수 유량이 당해 배수 유량의 연산값이 되도록, 상기 배수 밸브를 제어하는, 물 처리 시스템.

#### 청구항 2

원수로부터 연수를 제조하는 경수 연화 장치와, 연수로부터 투과수를 제조하는 막 분리 장치를 포함하고,

상기 경수 연화 장치는, 원수 또는 재생액이 공급되는 양이온 교환 수지상과,

상기 양이온 교환 수지상에 대하여, 원수를 하강류에서 통과시켜서 연수를 얻는 연화 프로세스 ; 재생액을 상기 양이온 교환 수지상의 정상부 및 바닥부의 양측으로부터 배액하면서, 중간부에서 집액함으로써 재생액의 대향류를 생성하고, 상기 양이온 교환 수지상의 전체를 재생시키는 재생 프로세스로 전환 가능한 밸브 수단과,

재생 프로세스에 있어서, 상기 양이온 교환 수지상의 바닥부를 베이스로 하여 소정 깊이로 설정된 경도 리크 방지 영역에 대하여, 재생 레벨이 1~6eq/L-R이 되는 재생액량을 공급하는 재생액 공급 수단을 구비하고,

상기 막 분리 장치는, 공급된 연수를 투과수와 농축수로 분리하는 역침투막 모듈과,

입력된 구동 주파수에 따른 회전 속도로 구동되고, 연수를 흡입하여 상기 역침투막 모듈을 향하여 토출하는 가압 펌프와,

입력된 전류값 신호에 대응하는 구동 주파수를 상기 가압 펌프에 출력하는 인버터와,

투과수의 유량이 미리 설정된 목표 유량값이 되도록, 시스템 내의 물리량을 사용하여 상기 가압 펌프의 구동 주파수를 연산하고, 당해 구동 주파수의 연산값에 대응하는 전류값 신호를 상기 인버터에 출력하는 제어부를 구비하며,

상기 막 분리 장치는, 연수의 칼슘 정도를 측정하는 정도 측정 수단과,

장치 바깥으로 배출하는 농축수의 배수 유량을 조절 가능한 배수 밸브를 구비하고,

상기 제어부는, (i) 미리 취득된 탄산칼슘 용해도, 및 상기 정도 측정 수단의 측정 정도값에 의거하여, 농축수에 있어서의 탄산칼슘의 허용 농축 배율을 연산하고, (ii) 당해 허용 농축 배율의 연산값, 및 투과수의 상기 목표 유량값으로부터 배수 유량을 연산하며, (iii) 농축수의 실제 배수 유량이 당해 배수 유량의 연산값이 되도록, 상기 배수 밸브를 제어하는, 물 처리 시스템.

### 청구항 3

원수로부터 연수를 제조하는 경수 연화 장치와, 연수로부터 투과수를 제조하는 막 분리 장치를 포함하고,

상기 경수 연화 장치는, 원수 또는 재생액이 공급되는 양이온 교환 수지상과,

상기 양이온 교환 수지상에 대하여, 원수를 하강류에서 통과시켜서 연수를 얻는 연화 프로세스 ; 재생액을 상기 양이온 교환 수지상의 정상부 및 바닥부의 양측으로부터 배액하면서, 중간부에서 집액함으로써 재생액의 대향류를 생성하고, 상기 양이온 교환 수지상의 전체를 재생시키는 재생 프로세스로 전환 가능한 밸브 수단과,

재생 프로세스에 있어서, 상기 양이온 교환 수지상의 바닥부를 베이스로 하여 소정 깊이로 설정된 정도 리크 방지 영역에 대하여, 재생 레벨이 1~6eq/L-R이 되는 재생액량을 공급하는 재생액 공급 수단을 구비하고,

상기 막 분리 장치는, 공급된 연수를 투과수와 농축수로 분리하는 역침투막 모듈과,

입력된 구동 주파수에 따른 회전 속도로 구동되고, 연수를 흡입하여 상기 역침투막 모듈을 향하여 토출하는 가압 펌프와,

입력된 전류값 신호에 대응하는 구동 주파수를 상기 가압 펌프에 출력하는 인버터와,

투과수의 유량이 미리 설정된 목표 유량값이 되도록, 시스템 내의 물리량을 사용하여 상기 가압 펌프의 구동 주파수를 연산하고, 당해 구동 주파수의 연산값에 대응하는 전류값 신호를 상기 인버터에 출력하는 제어부를 구비하며,

상기 막 분리 장치는, 투과수의 전기 전도율을 측정하는 전기 전도율 측정 수단과,

장치 바깥으로 배출하는 농축수의 배수 유량을 조절 가능한 배수 밸브를 구비하고,

상기 제어부는, 상기 전기 전도율 측정 수단의 측정 전기 전도율값이 미리 설정된 목표 전기 전도율값이 되도록, 상기 배수 밸브로부터의 배수 유량을 제어하는, 물 처리 시스템.

### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 막 분리 장치는, 투과수의 유량을 검출하는 유량 검출 수단을 구비하고,

상기 제어부는, 상기 유량 검출 수단의 검출 유량값이 상기 목표 유량값이 되도록, 상기 가압 펌프의 구동 주파수를 연산하는, 물 처리 시스템.

### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 막 분리 장치는, 상기 가압 펌프의 토출 압력을 검출하는 압력 검출 수단과,

연수, 투과수 또는 농축수의 온도를 검출하는 온도 검출 수단을 구비하고,

상기 제어부는, (i) 상기 온도 검출 수단의 검출 온도값, 상기 역침투막 모듈의 기준 온도에 있어서의 물 투과 계수값, 및 상기 목표 유량값에 의거하여, 상기 가압 펌프의 토출 압력을 연산하고, (ii) 당해 토출 압력의 연산값을 목표 압력값으로서 설정하며, (iii) 상기 압력 검출 수단의 검출 압력값이 상기 목표 압력값이 되도록, 상기 가압 펌프의 구동 주파수를 연산하는, 물 처리 시스템.

### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 막 분리 장치는, 연수, 투과수 또는 농축수의 온도를 검출하는 온도 검출 수단을 구비하고,

상기 제어부는, (i) 상기 온도 검출 수단의 검출 온도값, 상기 역침투막 모듈의 기준 온도에 있어서의 물 투과 계수값, 및 상기 목표 유량값에 의거하여, 상기 가압 펌프의 토출 압력을 연산하고, (ii) 당해 토출 압력의 연산값에 의거하여, 상기 가압 펌프의 구동 주파수를 연산하는, 물 처리 시스템.

## 청구항 7

삭제

## 청구항 8

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 물 처리 시스템에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 반도체 제조 공정이나 전자 부품의 세정, 의료 기구의 세정 등에 있어서는, 불순물을 포함하지 않는 고순도의 순수(純水)가 사용된다. 이 종류의 순수는, 일반적으로, 지하수나 수돗물 등의 원수(原水)를 역침투막(이하, 「RO 막」이라고도 한다)으로 처리함으로써 제조된다.

[0003] RO 막에 의해 순수를 제조할 때, 원수에 포함되는 경도(硬度) 성분이 RO 막의 표면에 스케일로서 석출되는 현상이 발생한다. 또, 원수에 포함되는 현탁(懸濁) 물질(예를 들면, 불용 상태의 콜로이드상 철)이 RO 막의 표면이나 세공(細孔) 내에 침착하는, 이른바 파울링이라고 불리는 현상도 발생한다. RO 막에 스케일의 석출이나 파울링이 발생하면, RO 막의 투수 능력(물 투과 계수)이 저하된다. 그 결과, 투과수의 유량이 감소한다.

[0004] 그래서, 탄산칼슘계 스케일의 석출을 억제하기 위하여, RO 막에 연수(軟水)를 공급하는 시스템이 제안되어 있다. 이 시스템은, RO 장치의 전처리로서, 양이온 교환 수지를 사용한 경수 연화 장치에 의해, 원수(경수)를 연수화한다(특허 문헌 1 참조).

[0005] 한편, 스케일의 석출이나 파울링이 발생하지 않은 상태의 RO 막에 있어서, 물 투과 계수는, 공급되는 물(이하, 「공급수」라고도 한다)의 온도에 따라 변화된다. RO 막은, 공급수의 온도가 높아질수록 물 투과 계수가 커진다. 이 때문에, RO 막에 대하여 공급수를 일정한 압력으로 공급해도, 온도가 높아질수록 투과수의 유량은 증가한다. 투과수의 유량이 증가하면, RO 막의 1차 측에 있어서 연수의 농축이 진행된다.

[0006] 일반적으로, 경수 연화 장치에서는, 원수에 포함되는 실리카 성분이나 현탁 물질은 제거할 수 없다. 이 때문에, RO 막의 1차 측에 있어서 연수의 농축이 진행되면, 실리카계 스케일의 석출이나 파울링이 발생하기 쉬워진다. 즉, RO 막에 연수를 공급한 경우, 탄산칼슘계 스케일의 석출은 억제할 수 있어도, 온도에 따라서는 실리카계 스케일의 석출이나 파울링의 발생을 억제할 수 없다.

[0007] 그래서, 공급수의 온도와 상관없이, RO 막에 있어서의 투과수의 유량을 일정하게 유지하기 위하여, 유량 피드백 제어를 행하는 시스템이 제안되어 있다. 이 유량 피드백 제어에서는, RO 막으로 제조되는 투과수의 유량이 목표값이 되도록, RO 막에 공급수를 송출하는 가압 펌프의 운전 주파수가 인버터에 의해 제어된다(특허 문헌 2 참조).

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2010-82610호 공보

(특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제2005-296945호 공보

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0009] 그러나, 종래의 경수 연화 장치에서는, 열악한 수질의 경수를 사용하여, 경도 리크량이 충분히 저감된 고순도의 연수를 제조하는 것은 곤란했다. 또, 종래의 경수 연화 장치에서는, 열악한 수질의 경수로부터 고순도의 연수를 제조할 수 있었다고 해도, 실용적인 채수량을 확보하는 것은 곤란했다. 이 때문에, RO 막에 있어서, 탄산칼슘계 스케일의 석출을 안정적으로 억제하는 것은 곤란했다.
- [0010] 따라서, 본 발명은, RO 막에 있어서의 실리카계 스케일의 석출이나 파울링의 발생을 억제하면서, 열악한 수질의 경수를 사용한 경우에 있어서도, 탄산칼슘계 스케일의 석출을 안정적으로 억제할 수 있는 물 처리 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명은, 원수로부터 연수를 제조하는 경수 연화 장치와, 연수로부터 투과수를 제조하는 막 분리 장치를 포함하고, 상기 경수 연화 장치는, 원수 또는 재생액이 공급되는 양이온 교환 수지상(樹脂床)과, 상기 양이온 교환 수지상에 대하여, 원수를 하강류에서 통과시켜서 연수를 얻는 연화 프로세스; 재생액을 상기 양이온 교환 수지상의 정상부 및 바닥부의 양측으로부터 배액하면서, 중간부에서 집액함으로써 재생액의 대향류를 생성하고, 상기 양이온 교환 수지상의 전체를 재생시키는 재생 프로세스로 전환 가능한 밸브 수단과, 재생 프로세스에 있어서, 상기 양이온 교환 수지상의 바닥부를 베이스로 하여 소정 깊이로 설정된 경도 리크 방지 영역에 대하여, 재생 레벨이 1~6eq/L-R이 되는 재생액량을 공급하는 재생액 공급 수단을 구비하고, 상기 막 분리 장치는, 공급된 연수를 투과수와 농축수로 분리하는 역침투막 모듈과, 입력된 구동 주파수에 따른 회전 속도로 구동되고, 연수를 흡입하여 상기 역침투막 모듈을 향하여 토출하는 가압 펌프와, 입력된 전류값 신호에 대응하는 구동 주파수를 상기 가압 펌프에 출력하는 인버터와, 투과수의 유량이 미리 설정된 목표 유량값이 되도록, 시스템 내의 물리량을 사용하여 상기 가압 펌프의 구동 주파수를 연산하고, 당해 구동 주파수의 연산값에 대응하는 전류값 신호를 상기 인버터에 출력하는 제어부를 구비하는 물 처리 시스템에 관한 것이다.

### 도면의 간단한 설명

- [0012] 도 1은 제1 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1)의 전체 구성도이다.
- 도 2는 경수 연화 장치(3)의 개략 단면도이다.
- 도 3은 제어부(10)에 의해 실행되는 프로세스의 플로우 차트이다.
- 도 4(a), 도 4(b)는 제어부(10)에 의해 실행되는 기본 프로세스를 나타내는 설명도이다.
- 도 5는 제1 실시 형태의 제어부(10)가 유량 피드백 수량 제어를 실행하는 경우의 처리 순서를 나타내는 플로우 차트이다.
- 도 6은 제2 실시 형태의 제어부(10)가 온도 피드포워드 회수율 제어를 실행하는 경우의 처리 순서를 나타내는 플로우 차트이다.
- 도 7은 제2 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1A)의 전체 구성도이다.
- 도 8은 제2 실시 형태의 제어부(10A)가 압력 피드백 수량 제어를 실행하는 경우의 처리 순서를 나타내는 플로우 차트이다.
- 도 9는 제2 실시 형태의 제어부(10A)가 수질 피드포워드 회수율 제어를 실행하는 경우의 처리 순서를 나타내는 플로우 차트이다.
- 도 10은 제3 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1B)의 전체 구성도이다.
- 도 11은 제3 실시 형태의 제어부(10B)가 온도 피드포워드 수량 제어를 실행하는 경우의 처리 순서를 나타내는 플로우 차트이다.

도 12는 제3 실시 형태의 제어부(10B)가 수질 피드백 회수를 제어를 실행하는 경우의 처리 순서를 나타내는 플로우 차트이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] (제1 실시 형태)
- [0014] 본 발명의 제1 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1)에 대하여, 도면을 참조하면서 설명한다. 물 처리 시스템(1)은, 예를 들면, 담수로부터 순수를 제조하는 순수 제조 시스템에 적용된다. 도 1은, 제1 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1)의 전체 구성도이다. 도 2는, 경수 연화 장치(3)의 개략 단면도이다. 도 3은, 제어부(10)에 의해 실행되는 프로세스의 플로우 차트이다. 도 4(a), 도 4(b)는, 제어부(10)에 의해 실행되는 기본 프로세스를 나타내는 설명도이다.
- [0015] 도 1에 나타내는 바와 같이, 제1 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1)은, 원수 펌프(2)와, 경수 연화 장치(3)와, 재생액 공급 수단으로서의 염수 탱크(4)와, 온도 검출 수단으로서의 온도 센서(5)를 구비한다. 또, 물 처리 시스템(1)은, 가압 펌프(6)와, 인버터(7)와, 역침투막 모듈로서의 RO 막 모듈(8)과, 유량 검출 수단으로서의 유량 센서(9)와, 제어부(10)와, 제1 배수 밸브(11)~제3 배수 밸브(13)를 구비한다. 이 중, 가압 펌프(6), 인버터(7), RO 막 모듈(8), 유량 센서(9) 및 제어부(10)는, 본 실시 형태에 있어서의 막 분리 장치를 구성한다. 또, 도 1에서는, 전기적인 접속의 경로를 파선으로 나타낸다.
- [0016] 또, 물 처리 시스템(1)은, 원수 라인(L1)과, 연수 라인(L2)과, 염수 라인(L3)과, 배수 라인(L4)을 구비한다. 또한, 물 처리 시스템(1)은, 투과수 라인(L5)과, 농축수 라인(L6)을 구비한다. 본 명세서에 있어서의 「라인」이란, 유로, 경로, 관로 등의 유체의 유통이 가능한 라인의 총칭이다.
- [0017] 원수 라인(L1)의 상류측의 단부(端部)는, 원수(W1)의 공급원(도시 생략)에 접속되어 있다. 한편, 원수 라인(L1)의 하류측의 단부는, 경수 연화 장치(3)의 프로세스 제어 밸브(32)에 접속되어 있다.
- [0018] 원수 펌프(2)는, 원수 라인(L1)에 설치되어 있다. 원수 펌프(2)는, 공급원으로부터 공급된 수돗물이나 지하수 등의 원수(W1)를, 경수 연화 장치(3)를 향하여 압송한다. 원수 펌프(2)는, 제어부(10)와 전기적으로 접속되어 있다. 원수 펌프(2)의 운전(구동 및 정지)은, 제어부(10)에 의해 제어된다.
- [0019] 원수 라인(L1) 및 원수 펌프(2)는, 연화 프로세스(ST1)에 있어서, 전기 전도율이 150mS/m 이하, 또한 전체 경도가 500mg CaCO<sub>3</sub>/L 이하의 원수(W1)를, 경수 연화 장치(3)에 공급한다.
- [0020] 경수 연화 장치(3)는, 원수(W1)에 포함되는 경도 성분(칼슘이온 및 마그네슘이온)을, 양이온 교환 수지상(311)에 있어서 나트륨이온(또는 칼륨이온)으로 치환하여 연수(W2)를 제조하는 설비이다. 경수 연화 장치(3)는, 도 2에 나타내는 바와 같이, 압력 탱크(31)와, 밸브 수단으로서의 프로세스 제어 밸브(32)를 주체로 구성되어 있다.
- [0021] 압력 탱크(31)는, 상부에 개구부를 가지는 바닥이 있는 통 형상체이다. 압력 탱크(31)는, 개구부가 덮개 부재로 밀폐되어 있다. 압력 탱크(31)의 내부에는, 양이온 교환 수지 비즈로 이루어지는 양이온 교환 수지상(311), 및 여과 자갈로 이루어지는 지지상(支持床)(312)이 수용되어 있다.
- [0022] 양이온 교환 수지상(311)은, 원수(W1)를 연수화하는 처리재로서 기능한다. 양이온 교환 수지상(311)은, 압력 탱크(31)의 내부에 있어서, 지지상(312)의 상부에 적층되어 있다. 양이온 교환 수지상(311)의 깊이 D1은, 300~1500mm의 범위로 설정되어 있다.
- [0023] 지지상(312)은, 양이온 교환 수지상(311)에 대한 유체의 정류 부재로서 기능한다. 지지상(312)은, 압력 탱크(31)의 바닥부 측에 수용되어 있다.
- [0024] 압력 탱크(31)에 있어서, 양이온 교환 수지상(311)의 정상부에는, 양이온 교환 수지 비즈의 유출을 방지하는 정상부 스크린(321)이 설치되어 있다. 정상부 스크린(321)은, 도시 생략한 제1 유로를 통하여 프로세스 제어 밸브(32)를 구성하는 각종 라인과 각각 접속되어 있다.
- [0025] 정상부 스크린(321)에 의한 배액 위치 및 집액 위치는, 양이온 교환 수지상(311)의 정상부 부근으로 설정된다. 정상부 스크린(321)은, 양이온 교환 수지상(311)의 정상부에 설치되는 정상부 배액부 및 정상부 집액부로서 기능한다.
- [0026] 압력 탱크(31)에 있어서, 양이온 교환 수지상(311)의 바닥부에는, 양이온 교환 수지 비즈의 유출을 방지하는 바



다부 스크린(322)이 설치되어 있다. 바닥부 스크린(322)은, 도시 생략한 제2 유로를 통하여 프로세스 제어 밸브(32)를 구성하는 각종 라인과 각각 접속되어 있다.

- [0027] 바닥부 스크린(322)에 의한 배액 위치 및 집액 위치는, 양이온 교환 수지상(311)의 바닥부 부근으로 설정된다. 바닥부 스크린(322)은, 양이온 교환 수지상(311)의 바닥부에 설치되는 바닥부 배액부 및 바닥부 집액부로서 기능한다.
- [0028] 압력 탱크(31)에 있어서, 경도 리크 방지 영역(313)(후술)보다 상부로서, 양이온 교환 수지상(311)의 깊이 방향의 중간부에는, 양이온 교환 수지 비즈의 유출을 방지하는 중간부 스크린(323)이 설치되어 있다. 중간부 스크린(323)은, 도시 생략한 제3 유로를 통하여 프로세스 제어 밸브(32)를 구성하는 각종 라인과 각각 접속되어 있다.
- [0029] 중간부 스크린(323)에 의한 집액 위치는, 양이온 교환 수지상(311)의 중간부 부근으로 설정된다. 중간부 스크린(323)은, 양이온 교환 수지상(311)의 중간부에 설치되는 중간부 집액부로서 기능한다.
- [0030] 프로세스 제어 밸브(32)는, 그 내부에, 각종 라인, 밸브 등을 구비한다. 프로세스 제어 밸브(32)는, 적어도, 연화 프로세스(ST1)에 있어서의 원수(W1)의 흐름과, 재생 프로세스(ST3)에 있어서의 염수(W3)의 흐름을 전환 가능하게 구성되어 있다. 연화 프로세스(ST1)에서는, 양이온 교환 수지상(311)에 대하여, 원수(W1)를 하강류에서 통과시켜서 염수(W2)를 제조한다. 한편, 재생 프로세스(ST3)에서는, 염수(W3)를 양이온 교환 수지상(311)의 정상부 및 바닥부의 양측으로부터 배액하면서, 중간부에서 집액함으로써 염수(W3)의 대향류를 생성하여, 양이온 교환 수지상(311)의 전체를 재생시킨다.
- [0031] 재생 프로세스(ST3)에서는, 경도 리크 방지 영역(313)에 대하여, 재생 레벨이 1~6eq/L-R이 되는 양의 염수(W3)를 공급한다. 여기서, 재생 레벨이란, 단위 용적의 이온 교환 수지의 재생에 사용되는 재생제량을 말한다. 재생제로서 염화나트륨을 사용하는 경우, 1eq는, 58.5g에 상당한다.
- [0032] 경도 리크 방지 영역(313)은, 연화 프로세스(ST1)에서의 경도 리크를 최대한 방지하기 위하여, 양이온 교환 수지상(311)에 있어서 충분히 재생할 필요가 있는 영역이다. 경도 리크 방지 영역(313)은, 도 2에 나타내는 바와 같이, 양이온 교환 수지상(311)의 바닥부(즉, 바닥면)를 베이스로 하여 깊이 D2가 100mm로 설정되어 있다. 재생 프로세스(ST3)에서는, 이 한정된 영역을 1~6eq/L-R의 재생 레벨로 재생함으로써, 경도 리크량을 0.8mg CaCO<sub>3</sub>/L 이하로 유지할 수 있다.
- [0033] 또, 프로세스 제어 밸브(32)는, 재생 프로세스(ST3) 후에 진행되는 압출 프로세스(ST4)에 있어서의 원수(W1)의 흐름을 전환 가능하게 구성되어 있다. 압출 프로세스(ST4)에서는, 원수(W1)를 양이온 교환 수지상(311)의 정상부 및 바닥부의 양측으로부터 배액하면서, 중간부에서 집액함으로써 원수(W1)의 대향류를 생성하고, 도입된 염수(W3)를 압출한다.
- [0034] 프로세스 제어 밸브(32)에는, 배수 라인(L4)의 상류측의 단부가 접속되어 있다. 배수 라인(L4)으로부터는, 재생 프로세스나 압출 프로세스 등에 있어서 사용된 염수(W3)나 원수(W1)가 배수(W4)로서 배출된다.
- [0035] 또한, 프로세스 제어 밸브(32)에 있어서, 내부에 구비된 밸브체의 구동부는, 제어부(10)와 신호선을 통하여 전기적으로 접속되어 있다. 프로세스 제어 밸브(32)에 있어서의 밸브의 전환은, 제어부(10)에 의해 제어된다.
- [0036] 여기서, 경수 연화 장치(3)에 있어서 실시되는 각 프로세스에 대하여 설명한다.
- [0037] 본 실시 형태의 물 처리 시스템(1)에 있어서, 후술하는 제어부(10)는, 프로세스 제어 밸브(32)의 유로를 전환함으로써, 도 3에 나타내는 이하의 프로세스 ST1~ST6의 운전을 실시한다.
- [0038] (ST1) 원수(W1)를 양이온 교환 수지상(311)의 전체에 대하여 위에서 아래로 통과시키는 연화 프로세스
- [0039] (ST2) 세정수로서의 원수(W1)를 양이온 교환 수지상(311)의 전체에 대하여 아래에서 위로 통과시키는 역세정 프로세스
- [0040] (ST3) 재생액으로서의 염수(W3)를 양이온 교환 수지상(311)에 대하여 위에서 아래로 통과시킴과 함께, 원수(W1)를 양이온 교환 수지상(311)의 주로 경도 리크 방지 영역(313)에 대하여 아래에서 위로 통과시키는 재생 프로세스
- [0041] (ST4) 압출수로서의 원수(W1)를 양이온 교환 수지상(311)에 대하여 위에서 아래로 통과시킴과 함께, 원수(W1)를 양이온 교환 수지상(311)의 주로 경도 리크 방지 영역(313)에 대하여 아래에서 위로 통과시키는 압출 프로세스



- [0042] (ST5) 행금수로서의 원수(W1)를 양이온 교환 수지상(311)의 전체에 대하여 위에서 아래로 통과시키는 린스·프로세스
- [0043] (ST6) 보급수로서의 원수(W1)를 염수 탱크(4)로 공급하는 보수(補水) 프로세스
- [0044] 다음으로, 상기 프로세스 ST1~ST6 중, 주요 프로세스인 연화 프로세스(ST1), 재생 프로세스(ST3), 및 압출 프로세스(ST4)의 운전 방법에 대하여 설명한다.
- [0045] 연화 프로세스(ST1)에서는, 도 4(a)에 나타내는 바와 같이, 원수(W1)를 정상부 스크린(321)으로부터 배액하고, 양이온 교환 수지상(311)의 전체에 대하여, 원수(W1)를 하강류에서 통과시켜서, 염수(W2)를 제조한다. 제조된 염수(W2)는, 바닥부 스크린(322)으로부터 집액된다. 재생 프로세스(ST3) 후의 연화 프로세스(ST1)에서는, 전기 전도율이 150mS/m 이하, 또한, 전체 경도가 500mg CaCO<sub>3</sub>/L 이하의 원수(W1)를 공급한다.
- [0046] 재생 프로세스(ST3)에서는, 도 4(b)에 나타내는 바와 같이, 염수(W3)를 정상부 스크린(321)으로부터 배액하고, 양이온 교환 수지상(311)에 대하여, 염수(W3)를 하강류에서 통과시킨다. 동시에, 염수(W3)를 바닥부 스크린(322)으로부터도 배액하고, 양이온 교환 수지상(311)에 대하여, 염수(W3)를 상승류에서 통과시킨다. 이것에 의해, 염수(W3)의 대향류를 생성하여, 양이온 교환 수지상(311)을 재생한다. 재생 프로세스(ST3)에서는, 염수(W3)를, 양이온 교환 수지상(311)에 대하여 0.7~2m/h의 선(線) 속도로 통과시킨다. 또, 경도 리크 방지 영역(313)에 대해서는, 재생 레벨이 1~6eq/L-R이 되는 양의 염수(W3)를 공급한다.
- [0047] 양이온 교환 수지상(311)을 재생한 사용을 마친 염수(W3)는, 중간부 스크린(323)으로부터 집액된다. 이 재생 프로세스(ST3)에서는, 염수(W3)의 대향류를 생성하는 스플릿·플로우 재생에 의해, 양이온 교환 수지상(311)의 전체를 재생시킨다. 특히, 본 발명의 스플릿·플로우 재생에서는, 경도 리크 방지 영역(313)에 대하여 특정한 재생 레벨이 되는 양의 염수(W3)를 공급하기 때문에, 경도 리크 방지 영역(313)을 포함하는 양이온 교환 수지상(311)의 하측 영역을 충분히 재생할 수 있다.
- [0048] 재생 프로세스(ST3)의 종료 후에 실시되는 압출 프로세스(ST4)에서는, 도 4(b)에 나타내는 바와 같이, 원수(W1)를 정상부 스크린(321)으로부터 배액하고, 양이온 교환 수지상(311)에 대하여, 원수(W1)를 하강류에서 통과시킨다. 동시에, 원수(W1)를 바닥부 스크린(322)으로부터도 배액하고, 양이온 교환 수지상(311)에 대하여, 원수(W1)를 상승류에서 통과시킨다. 이것에 의해, 원수(W1)의 대향류를 생성하고, 양이온 교환 수지상(311)에 도입된 염수(W3)를 압출한다. 양이온 교환 수지상(311)을 통과한 원수(W1)는, 중간부 스크린(323)으로부터 집액된다. 압출 프로세스(ST4)에서는, 원수(W1)를, 양이온 교환 수지상(311)에 대하여, 0.7~2m/h의 선 속도, 또한, 0.4~2.5BV의 압출량으로 통과시킨다.
- [0049] 재생 프로세스(ST3)에서는, 양이온 교환 수지상(311)의 전체에 대하여, 스플릿·플로우 재생이 행하여진다. 그 때문에, 양이온 교환 수지상(311)의 전체가 대략 균등하게 재생되나, 특히 경도 리크 방지 영역(313)을 포함하는 하측 영역을 충분히 재생할 수 있다. 따라서, 연화 프로세스(ST1)에서는, 순도가 높은 염수(W2)의 채수량을 최대한까지 높일 수 있다. 또, 스플릿·플로우 재생에서는, 재생제의 압출에 원수를 사용하면서도, 압출량을 제한하고 있다. 이 때문에, 경도 리크 방지 영역(313)의 오염이 거의 없어, 목표 순도의 염수(W2)를 제조할 수 있다.
- [0050] 이 재생 프로세스(ST3)를 실시함으로써, 이후의 연화 프로세스(ST1)에 있어서, 전기 전도율이 150mS/m 이하, 또한, 전체 경도가 500mg CaCO<sub>3</sub>/L 이하의 원수(W1)를 공급한 경우에, 경도 리크량이 0.8mg CaCO<sub>3</sub>/L 이하의 고순도의 염수(W2)를 제조할 수 있다.
- [0051] 또한, 역세정 프로세스(ST2), 린스·프로세스(ST5), 및 보수 프로세스(ST6)에 대해서는, 도시에 의한 설명을 생략한다.
- [0052] 다시, 도 1을 참조하면서 물 처리 시스템(1)의 구성에 대하여 설명한다.
- [0053] 염수 탱크(4)는, 양이온 교환 수지상(311)을 재생하는 염수(W3)를 저류한다. 염수 탱크(4)에는, 염수 라인(L3)의 상류측의 단부가 접속되어 있다. 염수 라인(L3)의 하류측의 단부는, 프로세스 제어 밸브(32)와 연통하고, 프로세스 제어 밸브(32)를 구성하는 각종 라인과 각각 접속되어 있다.
- [0054] 염수 라인(L3)에는, 염수 밸브(도시 생략)가 설치되어 있다. 염수 밸브는, 염수 라인(L3)을 개폐한다. 염수 밸브는, 프로세스 제어 밸브(32)에 장착되어 있다. 염수 밸브에 있어서, 밸브체의 구동부는, 제어부(10)와 도시 생략한 신호선을 통하여 전기적으로 접속되어 있다. 염수 밸브에 있어서의 밸브의 개폐는, 제어부(10)에 의

해 제어된다. 염수 탱크(4)는, 재생 프로세스(ST3)에 있어서, 양이온 교환 수지상(311)을 재생하는 염수(W3)를 압력 탱크(31)로 송출한다.

- [0055] 온도 센서(5)는, 연수 라인(L2)을 유통하는 연수(W2)의 온도를 검출하는 기기이다. 온도 센서(5)는, 접속부(J1)에 있어서 연수 라인(L2)에 접속되어 있다. 또, 온도 센서(5)는, 제어부(10)와 전기적으로 접속되어 있다. 온도 센서(5)로 검출된 연수(W2)의 온도(이하, 「검출 온도값」이라고도 한다)는, 제어부(10)로 검출 신호로서 송신된다.
- [0056] 가압 펌프(6)는, 경수 연화 장치(3)로부터 송출된 연수(W2)를 흡입하고, RO 막 모듈(8)을 향하여 토출하는 장치이다. 가압 펌프(6)는, 인버터(7)(후술)와 전기적으로 접속되어 있다. 가압 펌프(6)에는, 인버터(7)로부터 주파수가 변환된 구동 전력이 공급된다. 가압 펌프(6)는, 입력된 구동 주파수에 따른 회전 속도로 구동된다.
- [0057] 인버터(7)는, 가압 펌프(6)에 주파수가 변환된 구동 전력을 공급하는 전기 회로이다. 인버터(7)는, 제어부(10)와 전기적으로 접속되어 있다. 인버터(7)에는, 제어부(10)로부터 전류값 신호가 입력된다. 인버터(7)는, 입력된 전류값 신호에 대응하는 구동 주파수를 가압 펌프(6)에 출력한다.
- [0058] RO 막 모듈(8)은, 경수 연화 장치(3)에 의해 제조된 연수(W2)를, 용존 염류가 제거된 투과수(W5)와, 용존 염류가 농축된 농축수(W6)로 막 분리 처리하는 설비이다. RO 막 모듈(8)은, 단일 또는 복수의 RO 막 엘리먼트(도시 생략)를 구비한다. RO 막 모듈(8)은, 이들 RO 막 엘리먼트에 의해 연수(W2)를 막 분리 처리하고, 투과수(W5) 및 농축수(W6)를 제조한다. RO 막 모듈(8)의 1차 측 입구 포트는, 연수 라인(L2)을 통하여 경수 연화 장치(3) [프로세스 제어 밸브(32)]의 하류측에 접속되어 있다.
- [0059] RO 막 모듈(8)의 2차 측 포트에는, 투과수 라인(L5)의 상류측의 단부가 접속되어 있다. RO 막 모듈(8)에서 얻어진 투과수(W5)는, 투과수 라인(L5)을 통하여 수요 지점 등으로 송출된다. 또, RO 막 모듈(8)의 1차 측 출구 포트에는, 농축수 라인(L6)의 상류측의 단부가 접속되어 있다. RO 막 모듈(8)에서 얻어진 농축수(W6)는, 농축수 라인(L6)을 통하여, RO 막 모듈(8)의 바깥으로 배출된다. 농축수 라인(L6)의 하류측에는, 제1 배수 밸브(11), 제2 배수 밸브(12) 및 제3 배수 밸브(13)(후술)가 접속되어 있다.
- [0060] 또한, 농축수 라인(L6)으로부터 배출된 농축수(W6)의 일부를, 가압 펌프(6)의 상류측에 있어서의 연수 라인(L2)으로 환류시켜도 된다. 농축수(W6)의 일부를 연수 라인(L2)으로 환류시킴으로써, RO 막 모듈(8)의 표면에서의 물 유속을 소정 범위로 유지할 수 있다.
- [0061] 본 실시 형태에 있어서의 RO 막 모듈(8)은, 막 표면에 가교 전체 방향족 폴리아미드로 이루어지는 부하 전성(電性)의 스킨층이 형성된 역침투막(도시 생략)을 가진다. 이 역침투막은, 농도 500mg/L, pH 7.0, 온도 25℃의 염화나트륨 수용액을, 조작 압력 0.7MPa, 회수율 15%로 공급하였을 때의 물 투과 계수가,  $1.5 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$  이상, 또한, 염 제거율이 99% 이상이 되는 성능을 가진다.
- [0062] 이러한 성능으로 설정된 역침투막은, 담수의 탈염 처리에 있어서, 공급수의 경도가 낮을수록, 전기 전도율(EC)로 평가하였을 때의 염 제거율[즉, (공급수 EC-투과수 EC)/공급수 EC×100]이 높아진다. 그 때문에, 스플릿·플로우 재생을 행하는 경수 연화 장치(3)로 제조된 고순도의 연수(W2)[실력값(實力値)으로서, 0.8mg CaCO<sub>3</sub> 이하]를 항상 공급함으로써, 높은 염 제거율(통상, 98.5% 이상)을 유지할 수 있다.
- [0063] 조작 압력이란, JIS K3802-1995 「막 용어」에 의해 정의되는 평균 조작 압력이다. 조작 압력은, RO 막 모듈(8)의 1차 측의 입구 압력과 1차 측의 출구 압력의 평균값을 가리킨다. 회수율이란, RO 막 모듈(8)로의 공급수(여기서는 염화나트륨 수용액)의 유량 Q<sub>f</sub>에 대한 투과수의 유량 Q<sub>p</sub>의 비율(즉, Q<sub>p</sub>/Q<sub>f</sub>×100)을 말한다.
- [0064] 물 투과 계수는, 투과수의 유량[m<sup>3</sup>/s]을 막 면적[m<sup>2</sup>] 및 유효 압력[Pa]으로 나눈 값이다[후술의 식 (3)을 참조]. 물 투과 계수는, 역침투막의 물의 투과 성능을 나타내는 지표이다. 즉, 물 투과 계수는, 단위 유효 압력을 작용시켰을 때에 단위 시간에 막의 단위 면적을 투과하는 물의 양을 의미한다. 유효 압력은, JIS K3802-1995 「막 용어」에 의해 정의된다. 유효 압력은, 조작 압력(평균 조작 압력)으로부터 침투압차 및 2차 측 압력(배압)을 차감한 압력이다[후술의 식 (4)를 참조].
- [0065] 염 제거율은, 막을 투과하는 전후의 특정한 염류의 농도(여기서는 염화나트륨 농도)로부터 계산되는 값이다. 염 제거율은, 역침투막의 용질의 저지 성능을 나타내는 지표이다. 염 제거율은, 공급수의 농도 C<sub>f</sub> 및 투과수의 농도 C<sub>p</sub>로부터, (1-C<sub>p</sub>/C<sub>f</sub>)×100에 의해 구해진다.

- [0066] 본 실시 형태의 물 투과 계수 및 염 제거율의 조건을 충족시키는 역침투막은, 역침투막 엘리먼트로서 시판되고 있다. 역침투막 엘리먼트로서는, 예를 들면, 도레이사 제품 : 형식명 「TMG20-400」, 운진·케미컬사 제품 : 형식명 「RE8040-BLF」, 니토전공사 제품 : 형식명 「ESPA1」 등을 사용할 수 있다.
- [0067] 유량 센서(9)는, 투과수 라인(L5)을 유통하는 투과수(W5)의 유량을 검출하는 기기이다. 유량 센서(9)는, 접속부(J2)에 있어서 투과수 라인(L5)에 접속되어 있다. 유량 센서(9)는, 제어부(10)와 전기적으로 접속되어 있다. 유량 센서(9)로 검출된 투과수(W5)의 유량(이하, 「검출 유량값」이라고도 한다)은, 제어부(10)로 검출 신호로서 송신된다.
- [0068] 제1 배수 밸브(11)~제3 배수 밸브(13)는, 농축수 라인(L6)으로부터 배출된 농축수(W6)의 배수 유량을 조절하는 밸브이다. 상기 서술한 농축수 라인(L6)의 하류측은, 분기부 J3 및 J4에 있어서, 제1 배수 라인(L11), 제2 배수 라인(L12) 및 제3 배수 라인(L13)으로 분기되어 있다.
- [0069] 제1 배수 라인(L11)에는, 제1 배수 밸브(11)가 설치되어 있다. 제2 배수 라인(L12)에는, 제2 배수 밸브(12)가 설치되어 있다. 제3 배수 라인(L13)에는, 제3 배수 밸브(13)가 설치되어 있다.
- [0070] 제1 배수 밸브(11)는, 제1 배수 라인(L11)을 개폐할 수 있다. 제2 배수 밸브(12)는, 제2 배수 라인(L12)을 개폐할 수 있다. 제3 배수 밸브(13)는, 제3 배수 라인(L13)을 개폐할 수 있다.
- [0071] 제1 배수 밸브(11)~제3 배수 밸브(13)는, 각각 정류량 밸브 기구(도시 생략)를 구비한다. 정류량 밸브 기구는, 제1 배수 밸브(11)~제3 배수 밸브(13)에 있어서, 각각 다른 유량값으로 설정되어 있다. 예를 들면, 제1 배수 밸브(11)는, 열린 상태에 있어서, RO 막 모듈(8)의 회수율이 95%가 되도록 배수 유량이 설정되어 있다. 제2 배수 밸브(12)는, 열린 상태에 있어서, RO 막 모듈(8)의 회수율이 90%가 되도록 배수 유량이 설정되어 있다. 제3 배수 밸브(13)는, 열린 상태에 있어서, RO 막 모듈(8)의 회수율이 80%가 되도록 배수 유량이 설정되어 있다.
- [0072] 농축수 라인(L6)으로부터 배출되는 농축수(W6)의 배수 유량은, 제1 배수 밸브(11)~제3 배수 밸브(13)를 선택적으로 개폐함으로써, 단계적으로 조절할 수 있다. 예를 들면, 제2 배수 밸브(12)만을 열린 상태로 하고, 제1 배수 밸브(11) 및 제3 배수 밸브(13)를 닫힌 상태로 한다. 이 경우에는, RO 막 모듈(8)의 회수율을 90%로 할 수 있다. 또, 제1 배수 밸브(11) 및 제2 배수 밸브(12)를 열린 상태로 하고, 제3 배수 밸브(13)만을 닫힌 상태로 한다. 이 경우에는, RO 막 모듈(8)의 회수율을 85%로 할 수 있다. 따라서, 본 실시 형태에 있어서, 농축수(W6)의 배수 유량은, 제1 배수 밸브(11)~제3 배수 밸브(13)를 선택적으로 개폐함으로써, 회수율을 65%~95%까지의 사이에서, 5%마다 단계적으로 조절할 수 있다.
- [0073] 제1 배수 밸브(11)~제3 배수 밸브(13)는, 각각 제어부(10)와 전기적으로 접속되어 있다. 제1 배수 밸브(11)~제3 배수 밸브(13)에 있어서의 밸브체의 개폐는, 제어부(10)로부터의 구동 신호에 의해 제어된다.
- [0074] 제어부(10)는, CPU 및 메모리 포함하는 마이크로프로세서(도시 생략)에 의해 구성된다. 제어부(10)는, 도시 생략한 연수 유량 센서, 염수 유량 센서로부터 입력된 검출 신호 등에 의거하여, 프로세스 제어 밸브(32)의 동작을 제어한다. 제어부(10)의 메모리에는, 제1 실시 형태에 있어서의 경수 연화 장치(3)의 운전을 실시하는 제어 프로그램이 미리 기억되어 있다. 제어부(10)의 CPU는, 메모리에 기억된 제어 프로그램에 따라, 상기 서술한 연화 프로세스(ST1)~보수 프로세스(ST6)를 순서대로 전환하도록, 프로세스 제어 밸브(32)를 제어한다.
- [0075] 또, 제어부(10)는, 투과수(W5)의 유량이 미리 설정된 목표 유량값이 되도록, 투과수(W5)의 검출 유량값을 피드백값으로서, 가압 펌프(6)의 구동 주파수를 연산한다. 그리고, 제어부(10)는, 연산한 구동 주파수의 연산값에 대응하는 전류값 신호를 인버터(7)에 출력한다(이하, 「유량 피드백 수량 제어」라고도 한다). 이 유량 피드백 제어는, 유량 센서(9)에 의해 투과수(W5)의 유량이 정상적으로 검출되어 있을 때에 실행되는 제어 모드이다.
- [0076] 여기서, 제어부(10)에 의한 유량 피드백 수량 제어에 대하여 설명한다. 도 5는, 제어부(10)가 유량 피드백 수량 제어를 실행하는 경우의 처리 순서를 나타내는 플로우 차트이다. 도 5에 나타내는 플로우 차트의 처리는, 물 처리 시스템(1)의 운전 중에 있어서, 반복 실행된다.
- [0077] 도 5에 나타내는 단계 ST101에 있어서, 제어부(10)는, 투과수(W5)의 목표 유량값  $Q_p'$ 를 취득한다. 이 목표 유량값  $Q_p'$ 는, 예를 들면, 시스템 관리자가 유저 인터페이스(도시 생략)를 통하여 메모리에 입력한 설정값이다.
- [0078] 단계 ST102에 있어서, 제어부(10)는, 내부의 타이머(도시 생략)에 의한 계시(計時)  $t$ 가 제어 주기인 100ms에 도달하였는지의 여부를 판정한다. 이 단계 ST102에 있어서, 제어부(10)에 의해, 타이머에 의한 계시가 100ms에

도달하였다고(YES) 판정된 경우에, 처리는 단계 ST103으로 이행한다. 또, 단계 ST102에 있어서, 제어부(10)에 의해, 타이머에 의한 계시가 100ms에 도달하지 않았다고(NO) 판정된 경우에, 처리는 단계 ST102로 되돌아간다.

[0079] 단계 ST103(단계 ST102 : YES 판정)에 있어서, 제어부(10)는, 유량 센서(9)로 검출된 투과수(W5)의 검출 유량값  $Q_p$ 를 취득한다.

[0080] 단계 ST104에 있어서, 제어부(10)는, 단계 ST103에서 취득한 검출 유량값(피드백값)  $Q_p$ 와 단계 ST101에서 취득한 목표 유량값  $Q_p'$ 의 편차가 제로가 되도록, 속도형 디지털 PID 알고리즘에 의해 조작량  $U$ 를 연산한다. 또한, 속도형 디지털 PID 알고리즘으로는, 제어 주기(100ms)마다 조작량의 변화분을 연산하고, 이것을 전회의 조작량에 가산함으로써 급회의 조작량을 결정한다.

[0081] 단계 ST105에 있어서, 제어부(10)는, 조작량  $U$ , 목표 유량값  $Q_p'$  및 가압 펌프(6)의 최대 구동 주파수(50Hz 또는 60Hz의 설정값)에 의거하여, 가압 펌프(6)의 구동 주파수  $F$ 를 연산한다.

[0082] 단계 ST106에 있어서, 제어부(10)는, 구동 주파수  $F$ 의 연산값을, 대응하는 전류값 신호(4~20mA)로 변환한다.

[0083] 단계 ST107에 있어서, 제어부(10)는, 변환한 전류값 신호를 인버터(7)에 출력한다. 이것에 의해 본 플로우 차트의 처리는 종료된다(단계 ST101로 리턴한다).

[0084] 또, 제어부(10)는, 연수(W2)의 온도에 의거하여, 투과수(W5)의 회수율 제어를 행한다(이하, 「온도 피드포워드 회수율 제어」라고도 한다). 이 온도 피드포워드 회수율 제어는, 상기 서술한 유량 피드백 수량 제어와 병행하여 실행된다.

[0085] 다음으로, 제어부(10)에 의한 온도 피드포워드 회수율 제어에 대하여 설명한다. 도 6은, 제어부(10)가 온도 피드포워드 회수율 제어를 실행하는 경우의 처리 순서를 나타내는 플로우 차트이다. 도 6에 나타내는 플로우 차트의 처리는, 물 처리 시스템(1)의 운전 중에 있어서, 반복 실행된다.

[0086] 도 6에 나타내는 단계 ST201에 있어서, 제어부(10)는, 투과수(W5)의 목표 유량값  $Q_p'$ 를 취득한다. 이 목표 유량값  $Q_p'$ 는, 예를 들면, 시스템 관리자가 유저 인터페이스(도시 생략)를 통하여 메모리에 입력한 설정값이다.

[0087] 단계 ST202에 있어서, 제어부(10)는, 연수(W2)의 실리카( $SiO_2$ ) 농도  $C_s$ 를 취득한다. 이 실리카 농도  $C_s$ 는, 예를 들면, 시스템 관리자가 유저 인터페이스(도시 생략)를 통하여 메모리에 입력한 설정값이다. 연수(W2)의 실리카 농도는, 사전에 연수(W2)를 수질 분석함으로써 얻을 수 있다. 또한, 연수 라인(L2)에 있어서, 도시 생략한 센서에 의해 연수(W2)의 실리카 농도를 측정해도 된다.

[0088] 단계 ST203에 있어서, 제어부(10)는, 온도 센서(5)로부터 연수(W2)의 검출 온도값  $T$ 를 취득한다.

[0089] 단계 ST204에 있어서, 제어부(10)는, 취득한 검출 온도값  $T$ 에 의거하여, 물에 대한 실리카 용해도  $S_s$ 를 결정한다.

[0090] 단계 ST205에 있어서, 제어부(10)는, 앞의 단계에서 취득 또는 결정한 실리카 농도  $C_s$ , 및 실리카 용해도  $S_s$ 에 의거하여, 농축수(W6)에 있어서의 실리카의 허용 농축 배율  $N_s$ 를 연산한다. 실리카의 허용 농축 배율  $N_s$ 는, 하기의 식 (1)에 의해 구할 수 있다.

[0091] 
$$N_s = S_s / C_s \quad (1)$$

[0092] 예를 들면, 실리카 농도  $C_s$ 가 20mg  $SiO_2/L$ , 25℃에 있어서의 실리카 용해도  $S_s$ 가 100mg  $SiO_2/L$ 이면, 허용 농축 배율  $N_s$ 는 "5"가 된다.

[0093] 단계 ST206에 있어서, 제어부(10)는, 앞의 단계에서 취득 또는 연산한 목표 유량값  $Q_p'$ , 및 허용 농축 배율  $N_s$ 에 의거하여, 회수율이 최대가 되는 배수 유량(목표 배수 유량  $Q_d'$ )을 연산한다. 목표 배수 유량  $Q_d'$ 는, 하기의 식 (2)에 의해 구할 수 있다.

[0094] 
$$Q_d' = Q_p' / (N_s - 1) \quad (2)$$



- [0095] 단계 ST207에 있어서, 제어부(10)는, 농축수(W6)의 실제 배수 유량  $Q_d$ 가 단계 ST206에서 연산한 목표 배수 유량  $Q_d'$ 가 되도록, 제1 배수 밸브(11)~제3 배수 밸브(13)의 개폐를 제어한다. 이것에 의해 본 플로우 차트의 처리는 종료한다(단계 ST201로 리턴한다).
- [0096] 상기 서술한 제1 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1)에 의하면, 예를 들면, 이하와 같은 효과가 얻어진다.
- [0097] 제1 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1)에 있어서, 경수 연화 장치(3)의 양이온 교환 수지상(311)은, 재생 프로세스(ST3)를 포함하여 운전된다. 재생 프로세스(ST3)에서는, 도 4(b)에 나타내는 바와 같이, 염수(W3)가 양이온 교환 수지상(311)의 정상부 스크린(321) 및 바닥부 스크린(322)으로 각각 배액되고, 또한, 중간부 스크린(323)에서 집액된다. 이것에 의해, 염수(W3)의 대향류가 생성되고, 양이온 교환 수지상(311)의 전체가 재생된다. 그 때문에, 물 처리 시스템(1)에 있어서는, 경도 리크량이 충분히 저감된 고순도의 연수(W2)를 실용적인 채수량의 범위에서 최대한으로 얻을 수 있다.
- [0098] 또, 제1 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1)에 있어서, 재생 프로세스(ST3)에서는, 양이온 교환 수지상(311)의 바닥부를 베이스로 하여 깊이 D2(도 2 참조)가 100mm로 설정된 경도 리크 방지 영역(313)에 대하여, 재생 레벨이 1~6eq/L-R이 되는 양의 염수(W3)를 공급한다. 그 때문에, 양이온 교환 수지상(311)에 있어서, 경도 리크의 방지에 중요한 출구 영역인 경도 리크 방지 영역(313)을 거의 완전하게 재생할 수 있다. 이것에 의하면, 연화 프로세스(ST1)에 있어서, 원수(W1)로서 경도 레벨이 높은 열악한 수질의 경수를 사용한 경우에도, 경도 리크량을 극한까지 억제한 고순도의 연수(W2)를 얻을 수 있다.
- [0099] 따라서, 제1 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1)에 의하면, RO 막 모듈(8)에 대하여 고순도의 연수(W2)를 항상 공급할 수 있다. 이 때문에, 물 처리 시스템(1)에 있어서는, RO 막 모듈(8)에 있어서의 실리카계 스케일의 석출이나 파울링의 발생을 억제할 수 있다. 또, 물 처리 시스템(1)에 있어서는, 열악한 수질의 경수를 사용한 경우에 있어서도, 탄산칼슘계 스케일의 석출을 안정적으로 억제할 수 있다.
- [0100] 또, 제1 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1)에 있어서, 제어부(10)는, 유량 피드백 수량 제어와 병행하여 온도 피드포워드 회수를 제어를 실행한다. 이 때문에, 물 처리 시스템(1)에 있어서는, 투과수(W5)의 회수율을 최대로 하면서, RO 막 모듈(8)에 있어서의 실리카계 스케일의 석출을 더욱 확실하게 억제할 수 있다.
- [0101] (제2 실시 형태)
- [0102] 다음으로, 본 발명의 제2 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1A)에 대하여, 도 7을 참조하면서 설명한다. 도 7은, 제2 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1A)의 전체 구성도이다. 제2 실시 형태에서는, 주로 제1 실시 형태와의 상이점에 대하여 설명한다. 제2 실시 형태에서는, 제1 실시 형태와 동일 또는 동등한 구성에 대해서는 동일한 부호를 붙여서 설명한다. 또, 제2 실시 형태에서는, 제1 실시 형태와 중복하는 설명을 적절하게 생략한다.
- [0103] 도 7에 나타내는 바와 같이, 제2 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1A)은, 원수 펌프(2)와, 경수 연화 장치(3)와, 염수 탱크(4)와, 온도 센서(5)와, 가압 펌프(6)와, 인버터(7)와, RO 막 모듈(8)을 구비한다. 또, 물 처리 시스템(1A)은, 제어부(10A)와, 제1 배수 밸브(11)~제3 배수 밸브(13)와, 경도 측정 수단으로서의 경도 센서(14)와, 압력 검출 수단으로서의 압력 센서(15)를 구비한다.
- [0104] 경도 센서(14)는, 연수 라인(L2)을 유통하는 연수(W2)의 칼슘 경도(경도 리크량 : 탄산칼슘 환산값)를 측정하는 기기이다. 경도 센서(14)는, 접속부(J2)에 있어서 연수 라인(L2)에 접속되어 있다. 경도 센서(14)는, 제어부(10A)와 전기적으로 접속되어 있다. 경도 센서(14)로 측정된 연수(W2)의 칼슘 경도(이하, 「측정 경도값」이라고도 한다)는, 제어부(10A)로 검출 신호로서 송신된다.
- [0105] 압력 센서(15)는, 가압 펌프(6)의 토출 압력(운전 압력)을 검출하는 기기이다. 압력 센서(15)는, 가압 펌프(6)의 토출 측 근방에 설치된 접속부(J5)에 있어서, 연수 라인(L2)에 접속되어 있다. 본 실시 형태에서는, 가압 펌프(6)로부터 토출된 직후의 연수(W2)의 압력을, 가압 펌프(6)의 토출 압력으로 한다. 압력 센서(15)는, 제어부(10A)와 전기적으로 접속되어 있다. 압력 센서(15)로 검출된 연수(W2)의 압력(이하, 「검출 압력값」이라고도 한다)은, 제어부(10A)로 검출 신호로서 송신된다.
- [0106] 제어부(10A)는, CPU 및 메모리 포함하는 마이크로프로세서(도시 생략)에 의해 구성된다. 제어부(10A)는, 도시 생략한 연수 유량 센서, 염수 유량 센서로부터 입력된 검출 신호 등에 의거하여, 프로세스 제어 밸브(32)(도 2 참조)의 동작을 제어한다. 제어부(10A)의 메모리에는, 제2 실시 형태에 있어서의 경수 연화 장치(3)의 운전을

실시하는 제어 프로그램이 미리 기억되어 있다. CPU는, 메모리에 기억된 제어 프로그램에 따라, 연화 프로세스(ST1)~보수 프로세스(ST6)를 순서대로 전환하도록, 프로세스 제어 밸브(32)를 제어한다(도 3 참조).

[0107] 또, 제어부(10A)는, 투과수(W5)의 유량이 미리 설정된 목표 유량값이 되도록, 가압 펌프(6)의 검출 압력값을 피드백값으로서, 가압 펌프(6)의 구동 주파수를 연산한다. 그리고, 제어부(10A)는, 연산한 구동 주파수의 연산값에 대응하는 전류값 신호를 인버터(7)에 출력한다(이하, 「압력 피드백 수량 제어」라고도 한다).

[0108] 여기서, 제어부(10A)에 의한 압력 수량 피드백 제어에 대하여 설명한다. 도 8은, 제어부(10A)가 압력 피드백 수량 제어를 실행하는 경우의 처리 순서를 나타내는 플로우 차트이다. 도 8에 나타내는 플로우 차트의 처리는, 물 처리 시스템(1)의 운전 중에 있어서, 반복 실행된다.

[0109] 도 8에 나타내는 단계 ST301에 있어서, 제어부(10A)는, 투과수(W5)의 목표 유량값  $Q_p'$ 를 취득한다. 이 목표 유량값  $Q_p'$ 는, 예를 들면, 시스템 관리자가 유저 인터페이스(도시 생략)를 통하여 메모리에 입력한 설정값이다.

[0110] 단계 ST302에 있어서, 제어부(10A)는, RO 막 모듈(8)의 기준 온도(25℃)에 있어서의 물 투과 계수  $L_p$ 를 취득한다. 이 물 투과 계수  $L_p$ 는, 예를 들면, 시스템 관리자가 유저 인터페이스(도시 생략)를 통하여 메모리에 입력한 설정값이다.

[0111] 또한, 이 압력 피드백 수량 제어를, 제1 실시 형태에 있어서의 유량 피드백 수량 제어의 백업으로서 실행할 수 있다. 그 경우, 물 투과 계수  $L_p$ 는, 유량 센서(9)(도 1 참조)의 고장이 발생하기 직전의 연산값이어도 된다.

[0112] 기준 온도에 있어서의 물 투과 계수  $L_p$ 의 연산값은, 하기의 식 (3) 및 (4)에 의거하여 구할 수 있다.

$$L_p = Q_p / (K \cdot A \cdot P_e) \quad (3)$$

[0113]  
[단, K : 온도 보정 계수, A : RO 막 모듈(8)의 막 면적,  $P_e$  : 유효 압력]

$$P_e = P_d - (\Delta P_1 / 2) - P_2 - \Delta \pi + P_s \quad (4)$$

[0114]  
[단,  $P_d$  : 가압 펌프(6)의 토출 압력,  $\Delta P_1$  : RO 막 모듈(8)의 1차 측에 있어서의 차압,  $P_2$  : RO 막 모듈(8)의 2차 측에 있어서의 배압,  $\Delta \pi$  : RO 막 모듈(8)의 침투압차,  $P_s$  : 가압 펌프(6)의 흡입 측에 있어서의 압력]

[0115]  
[0116]  
[0117] 식 (3)에 있어서, 온도 보정 계수 K는, 온도 센서(5)의 검출 온도값 T의 함수이다. 막 면적 A는, 역침투막 엘리먼트의 사용 개수에 따라 정해지기 때문에, 미리 설정한 값을 사용할 수 있다. 식 (4)에 의한 유효 압력  $P_e$ 의 계산에 있어서,  $\Delta P_1$ ,  $P_2$ ,  $\Delta \pi$ , 및  $P_s$ 의 각 값은, 정상 운전 중에는, 대략 일정하다고 간주되기 때문에, 미리 설정한 값을 사용할 수 있다. 따라서, 막 분리 장치의 운전 중에, 온도 센서(5)의 검출 온도값 T, 유량 센서(9)의 검출 유량값  $Q_p$ , 및 압력 센서(15)의 검출 압력값  $P_d$ 로 이루어지는 적어도 3개의 파라미터를 취득하면, 기준 온도에 있어서의 물 투과 계수  $L_p$ 를 연산할 수 있다.

[0118] 단계 ST303에 있어서, 제어부(10A)는, 온도 센서(5)로 검출된 연수(W2)의 검출 온도값 T를 취득한다.

[0119] 단계 ST304에 있어서, 제어부(10A)는, 단계 ST303에서 취득한 검출 온도값 T에 의거하여, 온도 보정 계수 K를 연산한다.

[0120] 단계 ST305에 있어서, 제어부(10A)는, 앞의 단계에서 취득 또는 연산한 목표 유량값  $Q_p'$ , 물 투과 계수  $L_p$ , 온도 보정 계수 K, 및 소요의 설정값(A,  $\Delta P_1$ ,  $P_2$ ,  $\Delta \pi$ ,  $P_s$ )을 사용하고, 상기의 식 (3) 및 (4)에 의거하여, 가압 펌프(6)의 토출 압력  $P_d'$ 를 연산한다. 그리고, 이 토출 압력  $P_d'$ 의 연산값을 목표 압력값으로서 설정한다.

[0121] 단계 ST306에 있어서, 제어부(10A)는, 내부의 타이머(도시 생략)에 의한 계시가 제어 주기인 100ms에 도달하였는지의 여부를 판정한다. 이 단계 ST306에 있어서, 제어부(10A)에 의해, 타이머에 의한 계시가 100ms에 도달하였다고(YES) 판정된 경우에, 처리는 단계 ST307로 이행한다. 또, 단계 ST306에 있어서, 제어부(10A)에 의해, 타이머에 의한 계시가 100ms에 도달하지 않았다고(NO) 판정된 경우에, 처리는 단계 ST306으로 되돌아간다.

[0122] 단계 ST307(단계 ST306 : YES 판정)에 있어서, 제어부(10A)는, 압력 센서(15)로 검출된 가압 펌프(6)의 검출 압

력값  $P_d$ 를 취득한다.

- [0123] 단계 ST308에 있어서, 제어부(10A)는, 단계 ST307에서 취득한 검출 압력값(피드백값)  $P_d$ 와 단계 ST305에서 설정한 목표 압력값  $P_d'$ 의 편차가 제로가 되도록, 속도형 디지털 PID 알고리즘에 의해 조작량  $U$ 를 연산한다. 또한, 속도형 디지털 PID 알고리즘으로는, 제어 주기(100ms)마다 조작량의 변화분을 연산하고, 이것을 전회의 조작량에 가산함으로써 급회의 조작량을 결정한다.
- [0124] 단계 ST309에 있어서, 제어부(10A)는, 조작량  $U$ , 목표 압력값  $P_d'$  및 가압 펌프(6)의 최대 구동 주파수(50Hz 또는 60Hz의 설정값)에 의거하여, 가압 펌프(6)의 구동 주파수  $F$ 를 연산한다.
- [0125] 단계 ST310에 있어서, 제어부(10A)는, 구동 주파수  $F$ 의 연산값을, 대응하는 전류값 신호(4~20mA)로 변환한다.
- [0126] 단계 ST311에 있어서, 제어부(10A)는, 변환한 전류값 신호를 인버터(7)에 출력한다. 이것에 의해 본 플로우 차트의 처리는 종료된다(단계 ST301로 리턴한다).
- [0127] 또, 제어부(10A)는, 연수(W2)의 정도에 의거하여, 투과수(W5)의 회수율 제어를 행한다(이하, 「수질 피드포워드 회수율 제어」라고도 한다). 이 수질 피드포워드 회수율 제어는, 상기 서술한 압력 피드백 수량 제어와 병행하여 실행된다.
- [0128] 다음으로, 제어부(10A)에 의한 수질 피드포워드 회수율 제어에 대하여 설명한다. 도 9는, 제어부(10A)가 수질 피드포워드 회수율 제어를 실행하는 경우의 처리 순서를 나타내는 플로우 차트이다. 도 9에 나타내는 플로우 차트의 처리는, 물 처리 시스템(1)의 운전 중에 있어서, 반복 실행된다.
- [0129] 도 9에 나타내는 단계 ST401에 있어서, 제어부(10A)는, 투과수(W5)의 목표 유량값  $Q_p'$ 를 취득한다. 이 목표 유량값  $Q_p'$ 는, 예를 들면, 시스템 관리자가 유저 인터페이스(도시 생략)를 통하여 메모리에 입력한 설정값이다.
- [0130] 단계 ST402에 있어서, 제어부(10A)는, 정도 센서(14)로 측정된 연수(W2)의 측정 정도값  $C_c$ 를 취득한다.
- [0131] 단계 ST403에 있어서, 제어부(10A)는, 물에 대한 탄산칼슘 용해도  $S_c$ 를 취득한다. 이 탄산칼슘 용해도  $S_c$ 는, 예를 들면, 시스템 관리자가 유저 인터페이스(도시 생략)를 통하여 메모리에 입력한 설정값이다. 또한, 물에 대한 탄산칼슘 용해도는, 통상의 운전 온도(5~35℃)에서는, 대략 일정값이라고 간주한다.
- [0132] 단계 ST404에 있어서, 제어부(10A)는, 앞의 단계에서 취득한 측정 정도값  $C_c$ , 및 탄산칼슘 용해도  $S_c$ 에 의거하여, 농축수(W6)에 있어서의 탄산칼슘의 허용 농축 배율  $N_c$ 를 연산한다. 탄산칼슘의 허용 농축 배율  $N_c$ 는, 하기의 식 (5)에 의해 구할 수 있다.
- $$N_c = S_c / C_c \quad (5)$$
- [0133]
- [0134] 예를 들면, 측정 정도값  $C_c$ 가 3mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , 25℃에 있어서의 탄산칼슘 용해도  $S_c$ 가 15mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ 이면, 허용 농축 배율  $N_c$ 는 "5"가 된다.
- [0135] 단계 ST405에 있어서, 제어부(10A)는, 앞의 단계에서 취득 또는 연산한 목표 유량값  $Q_p'$ , 및 허용 농축 배율  $N_c$ 에 의거하여, 회수율이 최대가 되는 배수 유량(목표 배수 유량  $Q_d'$ )을 연산한다. 목표 배수 유량  $Q_d'$ 는, 하기의 식 (6)에 의해 구할 수 있다.
- $$Q_d' = Q_p' / (N_c - 1) \quad (6)$$
- [0136]
- [0137] 단계 ST406에 있어서, 제어부(10A)는, 농축수(W6)의 실제 배수 유량  $Q_d$ 가 단계 ST405에서 연산한 목표 배수 유량  $Q_d'$ 가 되도록 제1 배수 밸브(11)~제3 배수 밸브(13)의 개폐를 제어한다. 이것에 의해 본 플로우 차트의 처리는 종료한다(단계 ST401로 리턴한다).
- [0138] 상기 서술한 제2 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1A)에 의하면, 제1 실시 형태와 동일한 효과가 얻어진다. 특히, 제2 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1A)에 있어서, 제어부(10A)는, 압력 피드백 수량



제어에 의해 투과수(W5)의 유량을 제어한다. 이 압력 피드백 수량 제어는, 제1 실시 형태에 있어서의 유량 피드백 수량 제어의 백업으로서 실행할 수 있다. 이 때문에, 제1 실시 형태의 유량 피드백 수량 제어의 실행 중에 있어서, 유량 센서(9)(도 1 참조)에 고장이 발생한 경우에도, 제2 실시 형태의 압력 피드백 수량 제어로 전환하는 것에 의해, 안정적인 수량의 투과수(W5)를 제조할 수 있다.

[0139] 또, 제2 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1A)에 있어서, 제어부(10A)는, 수질 피드포워드 회수율 제어를 실행한다. 이 때문에, 물 처리 시스템(1A)에 있어서는, 경수 연화 장치(3)의 재생 불량 등에 의해 경도 리크량이 증가한 경우에도, 투과수(W5)의 회수율을 최대로 하면서, RO 막 모듈(8)에 있어서의 탄산칼슘계 스케일의 석출을 더욱 확실하게 억제할 수 있다.

[0140] (제3 실시 형태)

[0141] 다음으로, 본 발명의 제3 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1B)에 대하여, 도 10을 참조하면서 설명한다. 도 10은, 제3 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1B)의 전체 구성도이다. 제3 실시 형태에서는, 주로 제1 실시 형태와의 상이점에 대하여 설명한다. 제3 실시 형태에서는, 제1 실시 형태 및 제2 실시 형태와 동일 또는 동등한 구성에 대해서는 동일한 부호를 붙여서 설명한다. 또, 제3 실시 형태에서는, 제1 실시 형태 및 제2 실시 형태와 중복되는 설명을 적절하게 생략한다.

[0142] 도 10에 나타내는 바와 같이, 제3 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1B)은, 원수 펌프(2)와, 경수 연화 장치(3)와, 염수 탱크(4)와, 온도 센서(5)와, 가압 펌프(6)와, 인버터(7)와, RO 막 모듈(8)을 구비한다. 또, 물 처리 시스템(1B)은, 제어부(10B)와, 제1 배수 밸브(11)~제3 배수 밸브(13)와, 전기 전도율 측정 수단으로서의 전기 전도율 센서(16)를 구비한다.

[0143] 전기 전도율 센서(16)는, 투과수 라인(L5)을 유통하는 투과수(W5)의 전기 전도율을 측정하는 기기이다. 전기 전도율 센서(16)는, 접속부(J2)에 있어서 투과수 라인(L5)에 접속되어 있다. 전기 전도율 센서(16)는, 제어부(10B)와 전기적으로 접속되어 있다. 전기 전도율 센서(16)로 측정된 투과수(W5)의 전기 전도율(이하, 「측정 전기 전도율값」이라고도 한다)은, 제어부(10B)로 검출 신호로서 송신된다.

[0144] 제어부(10B)는, CPU 및 메모리 포함하는 마이크로프로세서(도시 생략)에 의해 구성된다. 제어부(10B)는, 도시 생략한 연수 유량 센서, 염수 유량 센서로부터 입력된 검출 신호 등에 의거하여, 프로세스 제어 밸브(32)(도 2 참조)의 동작을 제어한다. 제어부(10B)의 메모리에는, 제3 실시 형태에 있어서의 경수 연화 장치(3)의 운전을 실시하는 제어 프로그램이 미리 기억되어 있다. CPU는, 메모리에 기억된 제어 프로그램에 따라, 연화 프로세스(ST1)~보수 프로세스(ST6)를 순서대로 전환하도록, 프로세스 제어 밸브(32)를 제어한다(도 3 참조).

[0145] 또, 제어부(10B)는, 투과수(W5)의 유량이 미리 설정된 목표 유량값이 되도록, 온도 센서(5)의 검출 온도값을 피드포워드값으로서, 가압 펌프(6)의 구동 주파수를 연산한다. 그리고, 제어부(10B)는, 연산한 구동 주파수의 연산값에 대응하는 전류값 신호를 인버터(7)에 출력한다(이하, 「온도 피드포워드 수량 제어」라고도 한다).

[0146] 여기서, 제어부(10B)에 의한 온도 피드포워드 수량 제어에 대하여 설명한다. 도 11은, 제어부(10B)가 온도 피드포워드 수량 제어를 실행하는 경우의 처리 순서를 나타내는 플로우 차트이다. 도 11에 나타내는 플로우 차트의 처리는, 물 처리 시스템(1)의 운전 중에 있어서, 반복 실행된다.

[0147] 도 11에 나타내는 단계 ST501에 있어서, 제어부(10B)는, 투과수(W5)의 목표 유량값  $Q_p'$ 를 취득한다. 이 목표 유량값  $Q_p'$ 는, 예를 들면, 시스템 관리자가 유저 인터페이스(도시 생략)를 통하여 메모리에 입력한 설정값이다.

[0148] 단계 ST502에 있어서, 제어부(10B)는, RO 막 모듈(8)의 기준 온도(25℃)에 있어서의 물 투과 계수  $L_p$ 를 취득한다. 이 물 투과 계수  $L_p$ 는, 예를 들면, 시스템 관리자가 유저 인터페이스(도시 생략)를 통하여 메모리에 입력한 설정값이다.

[0149] 또한, 이 온도 피드포워드 수량 제어를, 제1 실시 형태에 있어서의 유량 피드백 수량 제어의 백업으로서 실행할 수 있다. 그 경우, 물 투과 계수  $L_p$ 는, 유량 센서(9)(도 1 참조)의 고장이 발생하기 직전의 연산값이어도 된다. 기준 온도에 있어서의 물 투과 계수  $L_p$ 는, 제2 실시 형태에서 설명한 방법에 의해 연산할 수 있다.

[0150] 단계 ST503에 있어서, 제어부(10B)는, 온도 센서(5)로 검출된 연수(W2)의 검출 온도값 T를 취득한다.

[0151] 단계 ST504에 있어서, 제어부(10B)는, 단계 ST503에서 취득한 검출 온도값 T에 의거하여, 온도 보정 계수 K를

연산한다.

[0152] 단계 ST505에 있어서, 제어부(10B)는, 앞의 단계에서 취득 또는 연산한 목표 유량값  $Q_p'$ , 물 투과 계수  $L_p$ , 온도 보정 계수  $K$ , 및 소요의 설정값( $A$ ,  $\Delta P_1$ ,  $P_2$ ,  $\Delta \pi$ ,  $P_s$ )을 사용하여, 제2 실시 형태에서 설명한 식 (3) 및 (4)에 의거하여, 가압 펌프(6)의 토출 압력  $P_d'$ 를 연산한다.

[0153] 단계 ST506에 있어서, 제어부(10B)는, 토출 압력  $P_d'$ 의 연산값을 사용하여, 하기의 식 (7)에 의거하여, 가압 펌프(6)의 구동 주파수  $F$ 를 연산한다.

$$F = a \cdot P_d'^2 + b \cdot P_d' + c \quad (7)$$

[단,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  : 가압 펌프(6)의 사양에 따라 정해지는 계수]

[0156] 단계 ST507에 있어서, 제어부(10B)는, 구동 주파수  $F$ 의 연산값을, 대응하는 전류값 신호(4~20mA)로 변환한다.

[0157] 단계 ST508에 있어서, 제어부(10B)는, 변환한 전류값 신호를 인버터(7)에 출력한다. 이것에 의해 본 플로우 차트의 처리는 종료된다(단계 ST501로 리턴한다).

[0158] 또, 제어부(10B)는, 투과수(W5)의 전기 전도율에 의거하여, 투과수(W5)의 회수율 제어를 행한다(이하, 「수질 피드백 회수율 제어」라고도 한다). 이 수질 피드백 회수율 제어는, 상기 서술한 온도 피드포워드 수량 제어와 병행하여 실행된다.

[0159] 다음으로, 제어부(10B)에 의한 수질 피드백 회수율 제어에 대하여 설명한다.

[0160] 도 12는, 제어부(10B)가 수질 피드백 회수율 제어를 실행하는 경우의 처리 순서를 나타내는 플로우 차트이다. 도 12에 나타내는 플로우 차트의 처리는, 물 처리 시스템(1)의 운전 중에 있어서, 반복 실행된다.

[0161] 도 12에 나타내는 단계 ST601에 있어서, 제어부(10B)는, 투과수(W5)의 목표 전기 전도율값  $E_p'$ 를 취득한다. 목표 전기 전도율값  $E_p'$ 는, 투과수(W5)에 요구되는 순도의 지표이다. 목표 전기 전도율값  $E_p'$ 는, 예를 들면, 시스템 관리자가 유저 인터페이스(도시 생략)를 통하여 메모리에 입력한 설정값이다.

[0162] 단계 ST602에 있어서, 제어부(10B)는, 전기 전도율 센서(16)로 측정된 투과수(W5)의 측정 전기 전도율값  $E_p$ 를 취득한다.

[0163] 단계 ST603에 있어서, 제어부(10B)는, 단계 ST602에서 취득한 측정 전기 전도율값(피드백값)  $E_p$ 와 단계 ST301에서 취득한 목표 전기 전도율값  $E_p'$ 의 편차가 제로가 되도록, 제1 배수 밸브(11)~제3 배수 밸브(13)의 개폐를 제어한다. 즉, 농축수(W6)의 배수 유량을 단계적으로 증감시킴으로써, 요구 순도의 투과수(W5)가 얻어지도록, 막 표면의 용존 염류의 농도를 변화시킨다. 이것에 의해 본 플로우 차트의 처리는 종료된다(단계 ST601로 리턴한다).

[0164] 상기 서술한 제3 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1B)에 의하면, 제1 실시 형태와 동일한 효과가 얻어진다. 특히, 제3 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1B)에서는, 온도 피드포워드 수량 제어에 의해 투과수(W5)의 유량을 제어한다. 이 온도 피드포워드 수량 제어는, 제1 실시 형태에 있어서의 유량 피드백 수량 제어의 백업으로서 실행할 수 있다. 이 때문에, 제1 실시 형태의 유량 피드백 수량 제어의 실행 중에 있어서, 유량 센서(9)(도 1 참조)에 고장이 발생한 경우에도, 제3 실시 형태의 온도 피드포워드 수량 제어로 전환함으로써, 안정적인 수량의 투과수(W5)를 제조할 수 있다.

[0165] 또, 제3 실시 형태와 관련되는 물 처리 시스템(1B)에 있어서, 제어부(10B)는, 수질 피드포워드 회수율 제어를 실행한다. 이 때문에, 물 처리 시스템(1B)에 있어서는, 투과수(W5)에 요구되는 수질을 만족시키면서, 투과수(W5)의 회수율을 최대한까지 높일 수 있다.

[0166] 이상, 본 발명의 바람직한 실시 형태에 대하여 설명하였다. 그러나, 본 발명은, 상기 서술한 실시 형태에 한정되지 않고, 다양한 형태로 실시할 수 있다.

[0167] 예를 들면, 제1 실시 형태에서는, 온도 피드포워드 회수율 제어에 있어서, 연수(W2)의 실리카 농도를 취득하는 예에 대하여 설명하였다. 이에 한정하지 않고, 원수(W1)의 실리카 농도를 취득해도 된다.

- [0168] 제2 실시 형태에서는, 수질 피드포워드 회수율 제어에 있어서, 탄산칼슘의 허용 농축 배율 및 투과수(W5)의 목표 유량값에 의거하여, 회수율이 최대가 되는 배수 유량을 산출하는 예에 대하여 설명하였다. 이에 한정하지 않고, 다음과 같은 방법을 채용해도 된다. 즉, 탄산칼슘의 허용 농축 배율  $N_c$ 와 실리카의 허용 농축 배율  $N_s$ 를 비교하여, 작은 측의 허용 농축 배율을 선택한다. 그리고, 선택한 허용 농축 배율 및 투과수(W5)의 목표 유량값에 의거하여, 회수율이 최대가 되는 배수 유량을 산출한다.
- [0169] 제1~제3 실시 형태에서는, RO 막 모듈(8)에 공급되는 연수(W2)의 온도를 검출하는 예에 대하여 설명하였다. 이에 한정하지 않고, RO 막 모듈(8)에서 얻어진 투과수(W5)의 온도를 검출해도 된다. 또, RO 막 모듈(8)에서 얻어진 농축수(W6)의 온도를 검출해도 된다.
- [0170] 제1~제3 실시 형태에서는, 각 회수율 제어에 있어서, 제1 배수 밸브(11)~제3 배수 밸브(13)를 선택적으로 개폐함으로써, 농축수(W6)의 배수 유량을 단계적으로 조절하는 예에 대하여 설명하였다. 이에 한정하지 않고, 농축수 라인(L6)에 비례 제어 밸브를 설치한 구성으로 해도 된다. 제어부로부터 전류값 신호(예를 들면, 4~20mA)를 비례 제어 밸브로 송신하여 밸브 개도를 제어함으로써, 농축수(W6)의 배수 유량을 조절할 수 있다.
- [0171] 또, 비례 제어 밸브를 설치한 구성에 있어서, 농축수 라인(L6)에 유량 센서를 설치한 구성으로 해도 된다. 유량 센서로 검출된 유량값을, 제어부에 피드백값으로서 입력한다. 이것에 의해, 농축수(W6)의 실제 배수 유량을 더욱 정확하게 제어할 수 있다.
- [0172] 제1 실시 형태에서는, 유량 피드백 수량 제어와 온도 피드포워드 회수율 제어를 조합한 예에 대하여 설명하였다. 이에 한정하지 않고, 제2 실시 형태의 압력 피드백 수량 제어와 온도 피드포워드 회수율 제어를 조합하여도 된다. 또, 제3 실시 형태의 온도 피드포워드 수량 제어와 온도 피드포워드 회수율 제어를 조합한 구성으로 해도 된다.
- [0173] 제2 실시 형태에서는, 압력 피드백 수량 제어와 수질 피드포워드 회수율 제어를 조합한 예에 대하여 설명하였다. 이에 한정하지 않고, 제1 실시 형태의 유량 피드백 수량 제어와 수질 피드포워드 회수율 제어를 조합하여도 된다. 또, 제3 실시 형태의 온도 피드포워드 수량 제어와 수질 피드포워드 회수율 제어를 조합하여도 된다.
- [0174] 제3 실시 형태에서는, 온도 피드포워드 수량 제어와 수질 피드백 회수율 제어를 조합한 예에 대하여 설명하였다. 이에 한정하지 않고, 제1 실시 형태의 유량 피드백 수량 제어와 수질 피드백 회수율 제어를 조합하여도 된다. 또, 제2 실시 형태의 압력 피드백 수량 제어와 수질 피드백 회수율 제어를 조합한 구성으로 해도 된다.

### 부호의 설명

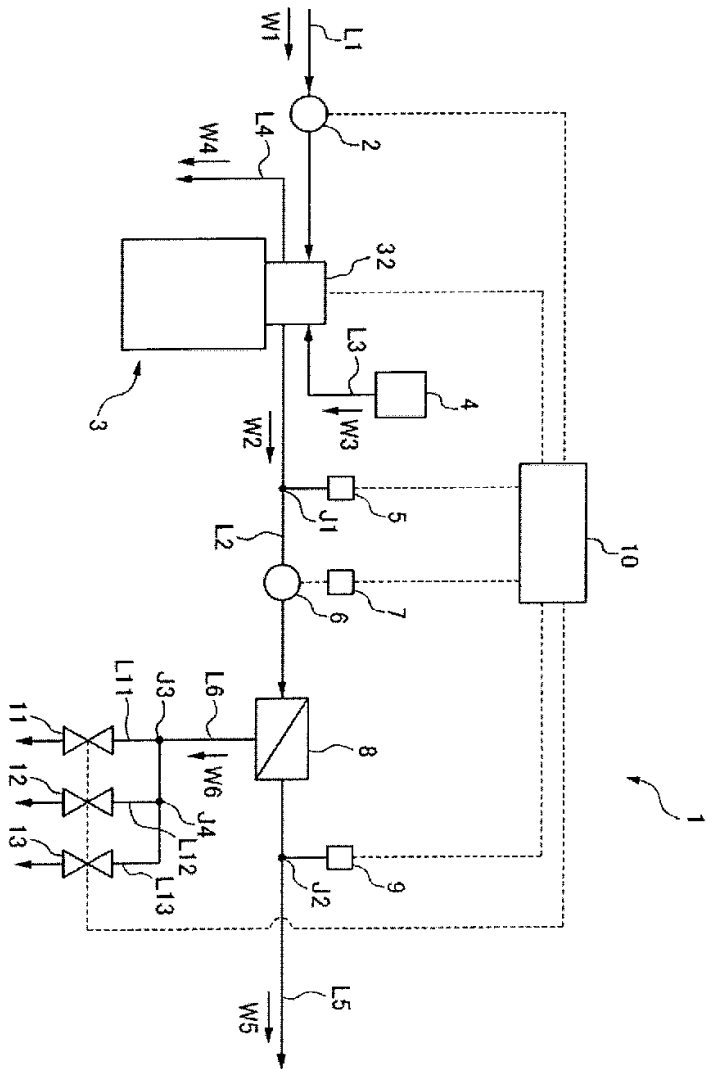
- [0175]
- |                              |                      |
|------------------------------|----------------------|
| 1, 1A, 1B : 물 처리 시스템         | 3 : 경수 연화 장치         |
| 5 : 온도 센서(온도 검출 수단)          | 6 : 가압 펌프            |
| 7 : 인버터                      | 8 : RO 막 모듈          |
| 9 : 유량 센서(유량 검출 수단)          | 10, 10A, 10B : 제어부   |
| 11 : 제1 배수 밸브(배수 밸브)         | 12 : 제2 배수 밸브(배수 밸브) |
| 13 : 제3 배수 밸브(배수 밸브)         | 14 : 경도 센서(경도 측정 수단) |
| 15 : 압력 센서(압력 검출 수단)         |                      |
| 16 : 전기 전도율 센서(전기 전도율 측정 수단) |                      |
| L1 : 원수 라인                   | L2 : 연수 라인           |
| L3 : 염수 라인                   | L4 : 배수 라인           |
| L5 : 투과수 라인                  | L6 : 농축수 라인          |
| W1 : 원수                      | W2 : 연수              |
| W3 : 염수                      | W4 : 배수              |

W5 : 투과수

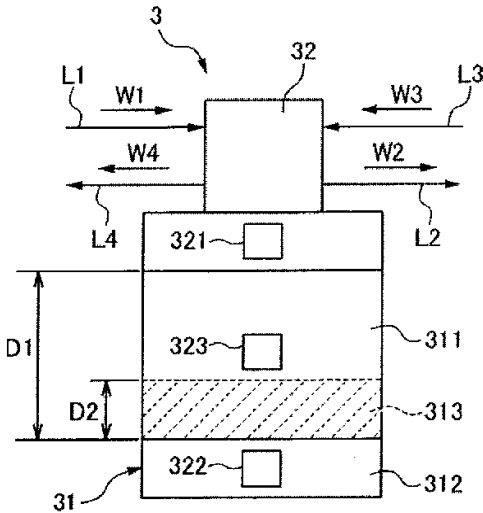
W6 : 농축수

도면

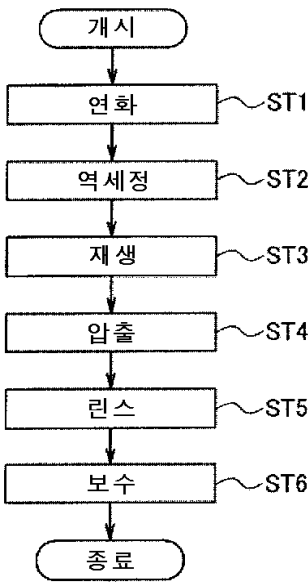
도면1



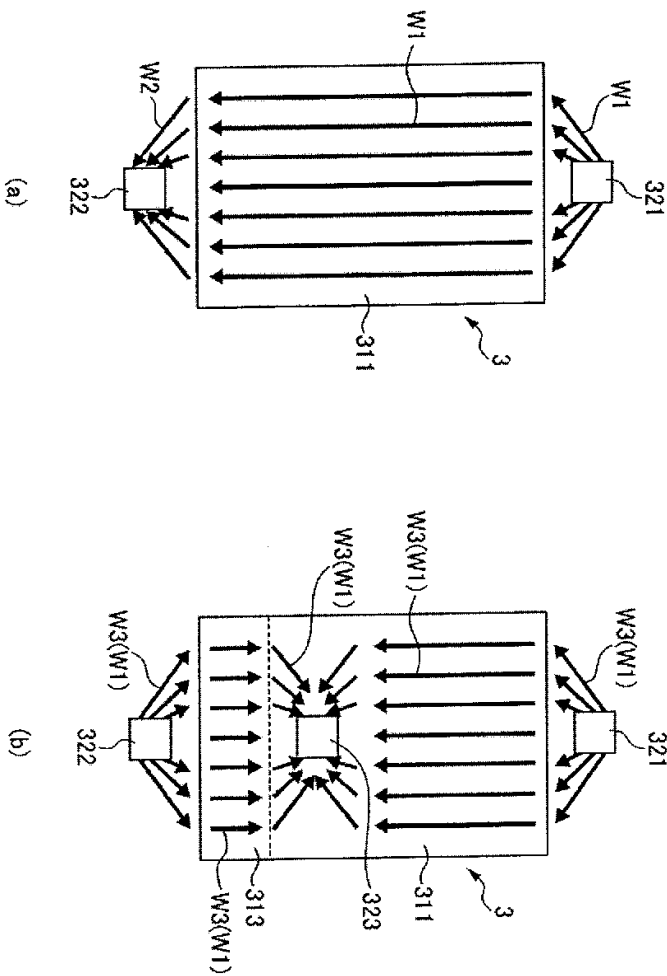
도면2



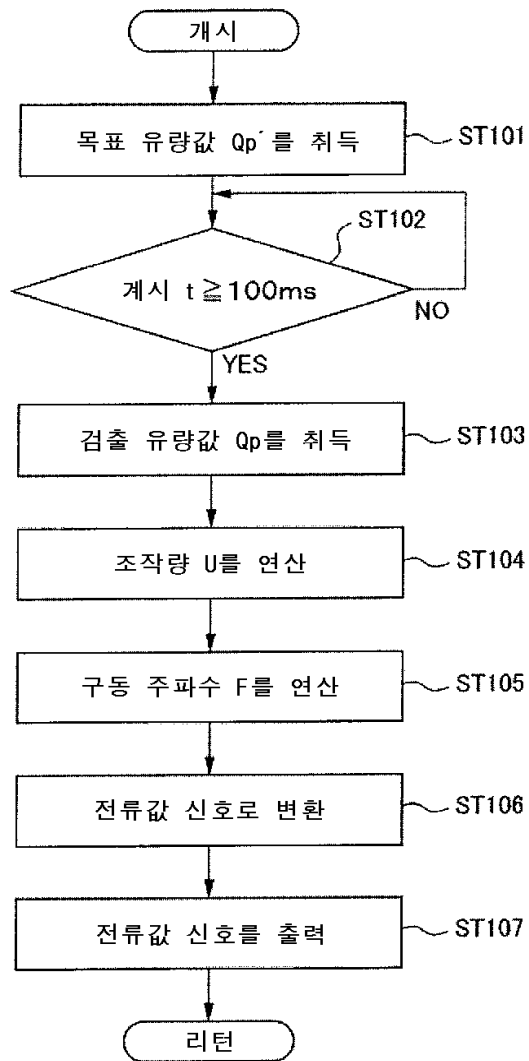
도면3



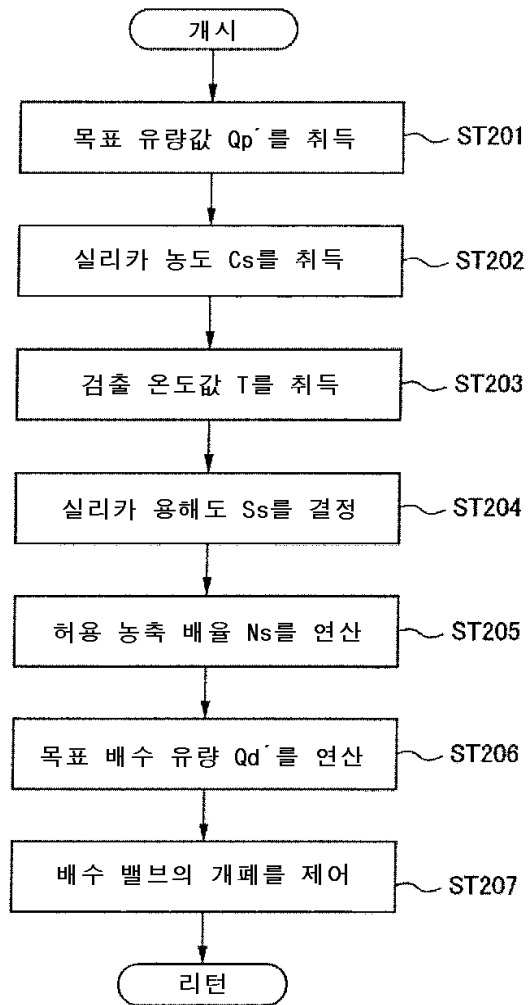
도면4



도면5

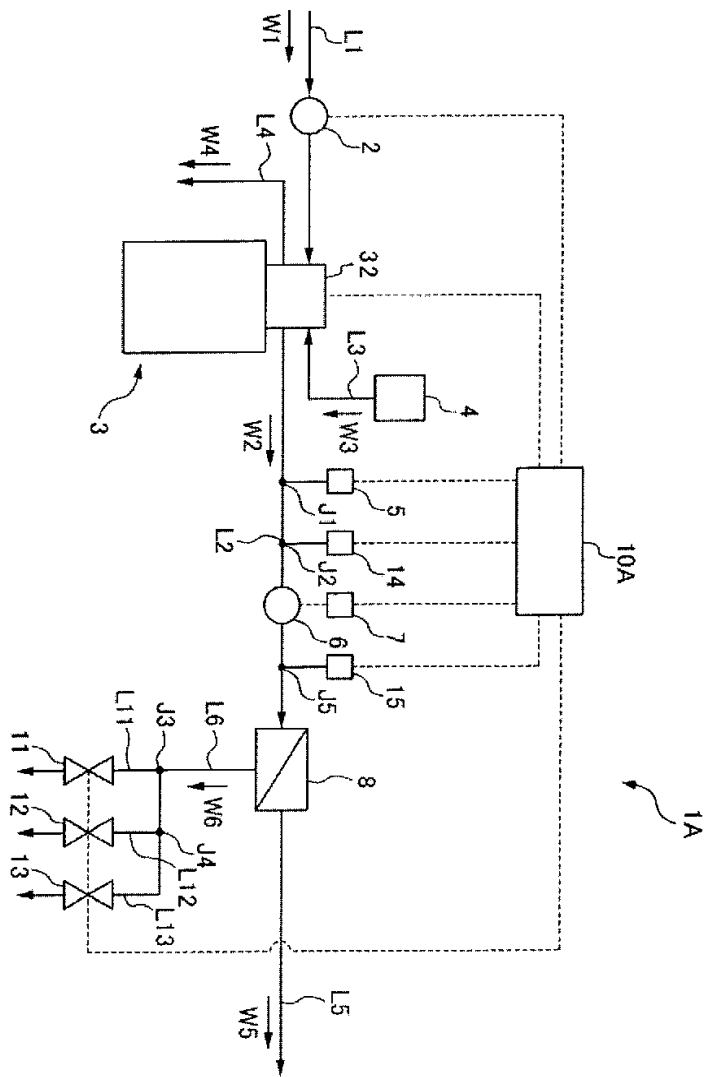


도면6

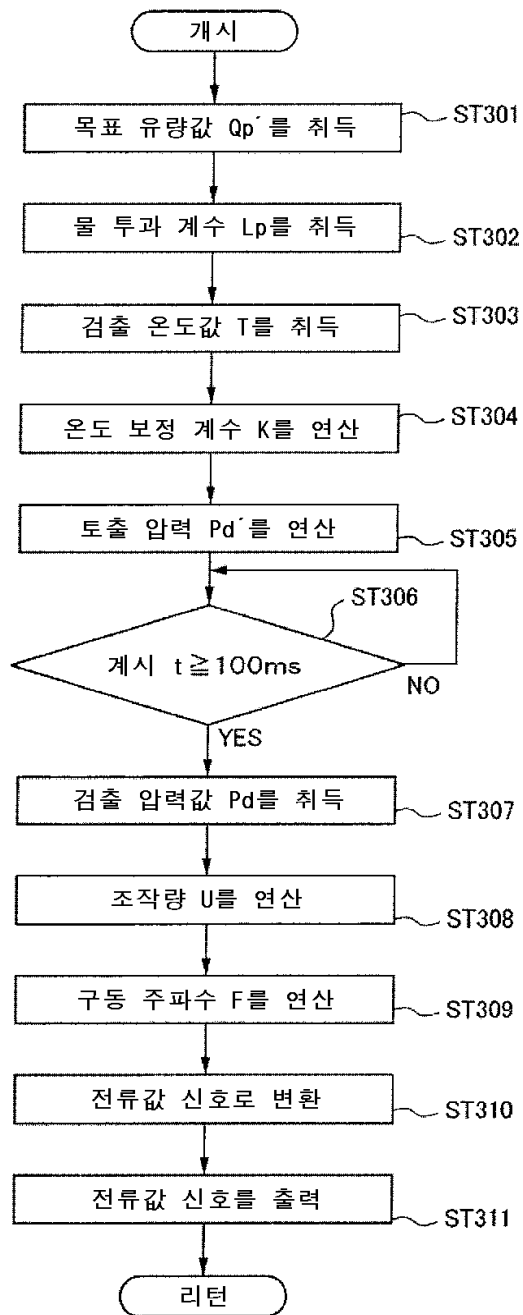




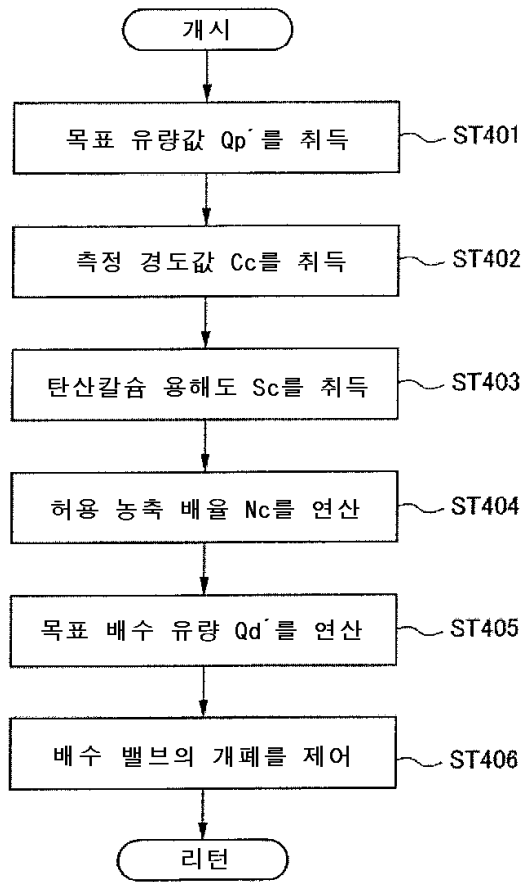
도면7



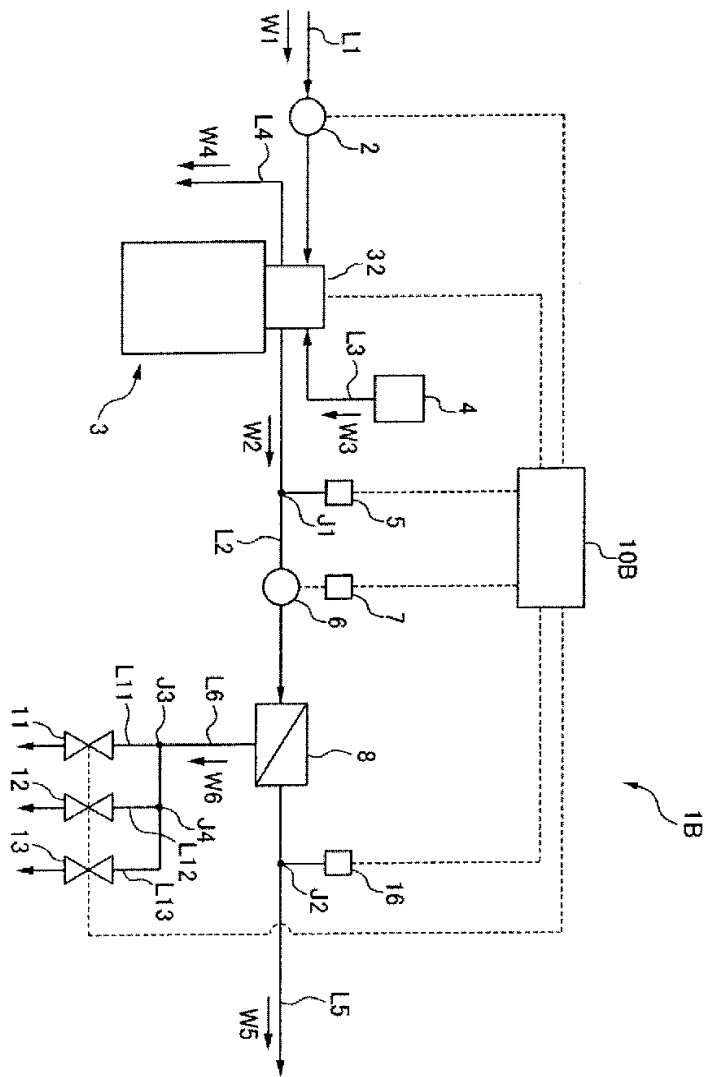
도면8



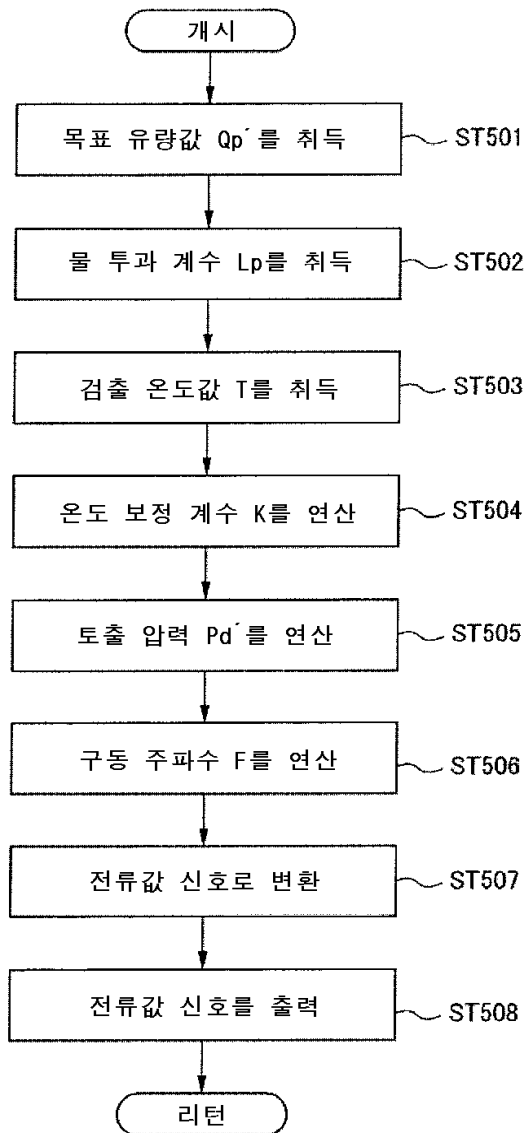
도면9



도면10



도면11



도면12

