

**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(51) . Int. Cl. <sup>6</sup> B01J 49/00	(45) 공고일자 2005년07월05일 (11) 등록번호 10-0461764 (24) 등록일자 2004년12월03일
--	---

(21) 출원번호 (22) 출원일자 번역문 제출일자 (86) 국제출원번호 국제출원일자	10-1998-0705667 1998년07월23일 1998년07월23일 PCT/US1997/001210 1997년01월24일	(65) 공개번호 (43) 공개일자 (87) 국제공개번호 국제공개일자	10-1999-0081950 1999년11월15일 WO 1997/26992 1997년07월31일
---	---	---	--

## (81) 지정국

국내특허 : 아일랜드, 알바니아, 오스트레일리아, 보스니아 헤르체고비나, 바르바도스, 불가리아, 브라질, 캐나다, 중국, 쿠바, 체코, 에스토니아, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬란드, 일본,

AP ARIPO특허 : 케냐, 스와질랜드, 레소토, 말라위, 수단, 케냐,

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴, 오스트리아, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀란드, 영국,

(30) 우선권주장 08/592,803 1996년01월26일 미국(US)

(73) 특허권자 하이드로마티кс, 인코포레이티드  
10450 파이오니아 블러바드, 스트 3, 산타 폐 스프링스, 캘리포니아 90670, 미합중국

(72) 발명자 장바왈라 주저  
14451 오텀 힐 레인, 치노 힐스, 캘리포니아 91709 미합중국

미차드 찰스 애프  
324 시나가 드라이브, 플레톤, 캘리포니아 92635 미합중국

(74) 대리인 박형근  
조재형

## 심사관 : 이시근

## (54) 폐수배출을 최소화하기 위한 방법 및 장치

## 요약

양이온 교환 베드(7) 및 음이온 교환 베드(8)를 구비한 이온 교환 재생 시스템에서 발생되는 폐수 배출을 최소화하기 위한 방법으로서 이 방법은 재생제 및 교체 세척액의 모든 구획 부분들(segment)이 공통의 루프(loop)내에서 재순환되며 한 위치씩 전방으로 이동되는 것을 특징으로 한다. 이 특징에 의해 최초 구획 부분은 그 후속하는 싸이클에서 버려지고, 후속하는 싸이클의 최종 구획 부분에 신선한 세척액이 공급된다. 한편, 화학물(chemicals)이 필수물로서 더해지고, 최종 세척 싸이클에 있어서, 세척액은 양이온 교환 베드(7) 및 음이온 교환 베드(8)를 차례로 통과하여 흘르며, 단일 루프 내에서 재순환하므로써 폐기물(waste)의 90% 이상을 줄일 수 있다.

## 내표도

## 명세서

### 기술분야

본 발명은 회로기판 세척액, 수성 정화 세척액, 도금/양극화 세척액같은 용액의 탈이온 또는 탈염과, 수돗물(tap water) 탈이온시스템용 이온교환베드(bed)에 사용되는 재생시스템을 위한 방법 및 장치에 관한 것으로서, 특히 재생시스템으로부터 배출되는 폐수를 최소화하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

### 배경기술

이온교환기술은 오래 전부터 용액으로부터 목적 이온을 효과적으로 제거하는 수단으로서 채용되어 왔다. 이는 나트륨의 경성을 교환하거나(연화) 염화 중탄산염의 이온을 교환하거나(탈알칼리화), 수소 및 수산 이온의 양이온과 음이온의 교환(탈염)에 응용된다.

이온교환기술은 물로부터 제거되는 불순물을 농축함으로써 부피를 적정하게 감소시킨다. 5-10%농도의 염수, 산 및/또는 가성알칼리에 의해 재생함으로써 퍼센트 범위의 불순물을 함유한 기사용 재생제를 생산할 수 있다. 이는 특히 금속 도금 세척액에서 중금속 오염물을 제거하기 위해 이온교환법을 사용할 때 중요하다. 재생시에 구리, 니켈과 같은 오염 이온들은 ppm농도 대신에 퍼센트 농도로 함유되고, 상용하게 부피도 감소된다.

그러나, 화학적 재생은 최종적으로 제거되어야 할 총 고체 폐기 물질을 증가시킨다. 실제로 목적 이온을 포함하는 폐기 물질의 부피가 감소되도록 조절되지 않으면 3-4가지의 요인에 의해 총 고체량은 증가될 수 있다. 더욱이, 재생 폐기물의 액상 체적은 통상의 역세(逆洗, backwash), 화학적 흡착(chemical draw), 세척단계 이후 15 베드체적(Bed Volumes :BV)을 초과할 수 있다.

재생제(regenerant)의 액상 체적을 감소시키기 위한 다양한 개량들이 이루어져 왔다. 만약 폐기물이 중금속염과 같이 방류해서는 안되는 물질이거나 위험 물질인 경우 이러한 개량은 중요하다. 액체와 고체의 순차적인 분리에 따라 액체 배출이 0(zero)에 근접한다. 체적이 적을수록, 처리의 비용이 경감된다.

종래의 이온교환재생법에서는 면지와 이를질을 떨어져 나가도록 하기 위해 베드가 먼저 역세되고 편류(偏流, channeling)됨이 없이 보다 좋게 흐르게 하기 위하여 수지를 재분배한다. 양이온 교환체의 역세 흐름은 보통  $ft^2$  베드 면적 당 6 gpm이다. 제조원에 의해 추천되는 전형적인 쓰리 루트 베드(three-root bed)의 깊이는 2gpm/ $ft^3$ 에 이른다. 따라서 20 분간 역세하면  $ft^3$ (cubic foot)당 폐수 40 갤론이 생긴다. 음이온 교환체들에서는 낮은 밀도 때문에 흐름이 보다 느리다. 그럼에도 수지 세제곱 푸트당 거의 15 갤론의 폐기물이 소비된다.

재생에 있어서 다음 단계인 화학적 흡착 단계는 보통 4 - 6 %의 농도에서 또는 거의 갤론당 0.5 파운드 정도(활성)에서 수행된다. 6-8 lbs/ $ft^3$  수준의 재생제에 대하여 경우 평균 15 갤론의 폐기물이 발생된다.

다음 단계는 베드를 통해 재생제를 몰아내기 위한 세척액 교체(displacement)과정이다. 세척액 체적은 보통 2 - 3 BV 또는 15 - 20 갤론/ $ft^3$ 이다. 세척액 배출 단계 이후 시스템에서 잔여 재생제를 씻어 내고 다음 싸이클 베드를 준비하기 위하여 최대의 흐름에 의한 금속 세척이 이루어진다. 이 단계는 퀄리티(quality) 세척이라고 하며 각 수지 2 gpm/ $ft^3$  당 평균 30분 정도 소요된다. 따라서 전형적인 싸이클은 다음과 같이 구성된 재생 폐기물을 생성한다.

	양이온	음이온
역세	40 갤론	15 갤론
화학적 흡착	15 갤론	15 갤론
배출	20 갤론	20 갤론
퀄리티 세척	60 갤론	60 갤론
총계	135 갤론	110 갤론

(1 Bed Volume = 7.5 gals = 1  $ft^3$ )

따라서 종래 시스템의 재생 폐기물 총량은 양이온 18 BV, 음이온 14.7 BV가 된다.

폐기물 체적을 줄이기 위한 종래의 시도로서 재생제의 재활용이 시도되었다. 바이체스키(Byszewski) 등의 미국 특허 제5,352,345호에는 음이온 교환 칼럼(exchange column) 또는 양이온 교환 칼럼으로부터 소모된 재생 용액을 전기투석 와류방지벽, 산 또는 염기 정화장치, 또는 이들의 결합 장치를 사용하여 새로운 재생액으로 전환시킴으로써 원료(새로운 재생제와 보충된 물 양자에 있어서)의 회수를 극대화하고 배출되어야 할 폐기물의 양을 최소화하는 방법이 개시되었다.

그러나, 상기한 종래의 방법의 시스템은 단지 사용된 재생제를 재사용하기 위해 고안되었을 뿐이며, 이온 교환 칼럼에 의해 생성된 폐기물 자체를 최소화하지는 못한다. 또한, 상기 목적을 위해서는 특수기구, 즉, 전기투석 와류방지벽, 산 또는 염기 정화장치 또는 이들의 결합장치가 사용되며, 그 배관시스템은 복잡하다. 전기투석에 사용되는 박막은 오염에 매우 민감하여, 만약 시스템이 계속적으로 가동되지 않으면 오염된다. 더욱이 비록 재생제로부터 생성된 폐기물의 양이 사용된 재생제의 재사용에 의해 최소화될지라도, 역세 싸이클, 교체 싸이클, 퀄리티 세척 싸이클과 같은 다른 싸이클로부터 생성된 폐기물이 감소되지 않기 때문에(실제로 재생제로부터 생성된 폐기물은 전체 폐기물의 대략 10 %이다.) 전체 시스템의 전체 폐기물의 양은 대폭 감소되지 않는다.

칼 제이 세이에바(Carl J. Saieva)의 미국 특허 제 4,652,352 호에는 암모니움 염 재생 용액과 결합하여 이온 교환법을 이용함으로써 물은 용액으로부터 금속을 회수하는 방법이 개시되어 있다. 이 방법에서는 세척액이 이온교환시스템에서 다음의 금속의 포집 단계 다음에 재사용됨으로써 공정의 첫 번째 루프가 완성되고, 역류 방향으로 흐르는 재생용액이 도금 셀에서의 금속의 전해회수 단계 다음에 재사용되며, 회수된 금속은 전해도금조에서 재사용됨으로써 공정의 두 번째 및 세 번째 루프가 완성된다. 그 결과, 반드시 처리되어야 할 액체나 고체가 생성되지 않는다.

그러나, 상기 공정에서 시스템은 단지 금속 제거의 목적으로 구성되었을 뿐, 이온 교환 칼럼에 의해 생성되는 폐기물 자체를 최소화하는 목적으로 구성되지는 않았다. 상기 금속 제거 목적을 위하여는 전해 회수 시스템과 같은 특별한 장치가 사용된다. 더욱이, 시스템은 금속의 단순 제거 할 뿐 용액을 재사용할 수 없다는 심각한 결점이 있는데, 용액을 재사용할 수 없는 이유는 용액이 동염화물, 동황산염, 니켈염화물, 니켈황산염과 같은 금속염을 포함하고 있으며, 금속을 제거한 후의 금속염의 나머지 절반은 축적되어 세척액 탱크에서 용해되지 않는 고체의 양을 증가시키고 따라서 심각한 질의 문제를 야기하기 때문이다. 부가하여 재생 과정에서 세척 싸이클이 언급되고 있지 않은 바, 이는 재생제가 여전히 수지 베드에 존재함을 의미한다. 수지를 재사용하기 위해서는 재생제는 반드시 수지 베드로부터 세척되어야 한다. 세척이 어떻게 최소화되는가에 대한 아무런 언급이 없다. 비록 소모된 재생제의 재생에 의해 재생제로부터 생성된 폐기물의 양은 최소화되지만, 상기한 미국 특허 제5,352,345호에 개시된 방법에서와 같이 전체 폐기물의 양은 크게 감소되지 않는데, 이는, 역세 싸이클, 교체 싸이클, 퀄리티 세척 싸이클과 같은 다른 싸이클에서 생성되는 폐기물이 감소되지 않기 때문이다. 더욱이 암모니아염 재생제의 사용은 가스 때문에 작업자에게 유해하다.

부가하여, 롬 앤드 하스 앰버 하이-라이츠 (Rohm & Haas Amber Hi-Lites) NO. 120은 재생제의 재사용을 설명하고 있다. 설명된 바에 따르면 재생제의 첫 번째의 1/3은 수지에 존재하는 물과 수지 비드(beads)사이의 빈 공간에 존재하는 물에 의해 과도하게 희석된다. 이는 폐기물로 보내진다. 가장 많이 사용되는 두 번째 1/3 또한 폐기물로 보내진다. 마지막 1/3은 이어지는 화학적 흡착 싸이클의 첫 번째 1/3으로 재사용하도록 제안된다. 따라서, 재생제의 재사용은 전체 화학적 흡착 싸이클의 오직 1/3 만이 리싸이클링된다.

### [발명의 요약]

본 발명은, 기사용된 재생제를 회복(rejuvenation)시키는 전기투석기(electrodialyzer)와 같은 장치들의 필요 없이, 회로 기관용 세척 시스템, 수성 정화용, 도금/양극화용, 그리고 수돗물(tap water)용 탈이온 시스템을 포함하는 탈이온 또는 탈염 시스템에서 발생되는 총 폐수 체적을, 오염도에 관계없이, 획기적으로 감소시킬 수 있는 기술을 개발한 것이다. 본 발명의 일 목적은 이온 교환 재생제의 폐수 액상 체적을, 종래의 시스템에 비해서는 90 % 이상 감소된, 수지당 거의 1 BV로 줄일 수 있는 공정을 제공하는 것이다.

즉, 본 발명의 중요한 하나의 특징은, 양이온 교환 수지가 채워진 양이온 교환 베드와 음이온 교환 수지가 채워진 음이온 교환 베드를 포함하는 이온 교환 재생 시스템에서 발생되는 폐수를 최소화시키는 방법이다. 상기 방법은 다음의 단계들을 포함한다: (a) 양이온 재생제 용액의 복수 차분을 순차적으로 준비하는 단계, 상기 차분들은 1에서부터 1 보다 큰 정수인  $n$  까지의 번호가 매겨진다; (b) 양이온 교환 베드에 수용된 수지를 재배열하고 상기 수지를 재생하기에 충분한 비율로 상기 양이온 교환 베드에 양이온 재생제 용액의 1 차분을 상향 흘로우 방향으로 도입하므로써, 그 양이온 재생제 용액의 1 차분으로 상기 양이온 교환 베드를 역세하고 재생하는 단계; (c) 양이온 재생제 용액의 각 차분을 상향 흘로우 방향으로 순차적으로 유도하므로써 상기 양이온 교환 베드를 더 재생하는 공정, 이렇게 하므로써 양이온 재생제 용액의 1 차분의 유출분은 상기 양이온 교환 베드로부터 방출되고, 재생 싸이클로부터 분리된다; (d)  $m$  차분이 후속 싸이클에서  $m-1$ ( $m$ 에서 1을 뺀) 차분으로 사용될 수 있도록 축적되는 방식으로, 후속 싸이클에서의 양이온 재생제 용액의 한 차분으로 사용되는, 양이온 재생제 용액의 1 차분을 제외한, 각 차분의 유출분을 축적하는 단계, 여기서  $2 \leq m \leq n$  이다; (e) 교체 세척액 준비 단계; (f) 양이온 교환 베드에 상기 교체 세척액을 상향 흘로우 방향으로 도입하므로써, 이 교체 세척액으로 상기 양이온 교환 베드내에 존재하는 양이온 재생제 용액을 교체하고, 그리고, 후속 싸이클에서 교체 세척액의 일부로 사용되는 상기 교체 세척액의 유출분 일부를 축적하는 단계; (g) 1에서  $n'$  까지, 음이온 재생제 용액의 복수 차분을 순차적으로 준비하는 단계, 여기서  $n'$ 는 1 보다 큰 정수임; (h) 상기 음이온 교환 베드에 수용된 상기 수지를 재배열하고 재생하기에 충분한 비율로, 음이온 재생제 용액의 1 차분을 상기 음이온 교환 베드내에 상향 흘로우 방향으로 도입하므로써, 이 1 차분으로 상기 음이온 교환 베드를 역세하고 재생하는 단계; (i) 음이온 재생제 용액의 각 차분을 상향 흘로우 방향으로 순차적으로 유도하므로써, 상기 음이온 교환 베드를 더 재생하는 단계, 이렇게 하므로써 음이온 재생제 용액의 1 차분의 유출분은 상기 음이온 교환 베드로부터 배출되고 재생 싸이클로부터 분리된다; (j)  $m'$  차분이 후속 싸이클에서  $m'-1$ ( $m'$ 에서 1을 뺀) 차분으로 사용될 수 있도록 축적되는 방식으로, 후속 싸이클에서 음이온 재생제 용액의 한 차분으로 사용되는 음이온 재생제 용액의 각 차분의 유출분을 축적하는 단계, 여기서  $2 \leq m' \leq n'$  이다; (k) 교체 세척액 준비 단계; (l) 상기 교체 세척액을 상기 음이온 교환 베드에 상향 흘로우 방향으로 유도하므로써, 상기 음이온 교환 베드내에 존재하는 음이온 재생제 용액을 상기 교체 세척액으로 교체하고, 그리고, 후속 싸이클에서 교체 세척액의 일부로 사용되는 상기 교체 세척액의 유출분 일부를 축적하는 단계, 여기서 (a) 단계에서 (f) 까지의 단계는 (g)에서부터 (l) 까지 단계에 앞서거나, 동시에, 또는, 그 후에 수행된다; (m) 상기 양이온 교환 베드와 상기 음이온 교환 베드를 하향 흘로우 방향으로 순차적으로 통하여 최종 세척액을 순환시키는 단계; 그리고, (n) 양이온 또는 음이온 교환 베드로부터 배출된 세척액의 질(quality)이 사전에 설정된 수준에 도달한 때까지 상기 최종 세척액을 재순환시키는 단계, 상기 방법의 바람직한 실시예에서 음이온 교환 베드에 대한 상기 (k) 단계는 교체 세척액의 복수의 차분들을 준비하는 단계를 포함하며, 여기서 상기 차분들은 1에서부터  $q$  까지 번호가 매겨지며, 차분 번호  $q$ 는 1 보다 큰 정수이며,  $q$ 는 새로운 세척액으로서 공급된다; 그리고, 상기 (l) 단계는 다음을 포함한다; (i) 상기 음이온 교환 베드내에 상향 흘로우 방향으로 각 차분을 순차적으로 유도하므로써, 상기 교체 세척액으로 상기 음이온 교환 베드내에 존재하는 음이온 재생제 용액을 교체하는 단계; (ii) 후속 싸이클에서 음이온 재생제 용액의 마지막 차분으로 사용되는 교체 세척액의 1차 유출분을 축적하는 단계, 상기 음이온 재생제 용액의 마지막 차분의 농도는 조절된다; 그

리고, (iii)  $p$  '차분이' 후속 싸이클에서  $p' - 1$ ( $p$  '에서 1을 뺀') 차분으로서 사용되도록 축적되는 방식으로, 후속 싸이클에서 교체 세척액의 한 차분으로 사용되는 교체 세척액의 각 잔존 차분들의 각 유출분을 축적하는 단계, 여기서  $2 \leq p' \leq q$  '이다. 양이온 교환 베드에 대하여 상기 (e) 단계와 (f) 단계는 각각 (k) 단계와 (l) 단계와 같은 방식으로 수행되는 것이 바람직하다. 상술한 방법은 상향 플로우 재생(up-flow regeneration), 즉, 서비스 플로우(service flow)가 하향 플로우(down-flow)인 경우에 역류 재생(counter-current regeneration)을 기초로 하고 있다. 상술한 방법에 따르면 재생 시스템으로부터 전형적으로 배출되는 폐수의 90% 이상을 줄일 수 있다.

본 발명의 또 다른 중요한 특징은 하향 플로우 재생, 즉, 서비스 플로우가 상향 플로우(up-flow)일 때 역류 재생(counter-current regeneration)을 기초로 한다. 이는, 양이온 교환 수지를 구비한 양이온 교환 베드 및 음이온 교환 수지를 구비한 음이온 교환 베드를 포함하는 이온 교환 재생 시스템에서 발생되는 폐수 배출을 최소화하기 위한 방법으로서, 상기 방법은 다음의 단계들을 포함한다: (a) 양이온과 음이온 교환 베드들을 통하여 상향 플로우 방향으로 역세 세척액을 순환시키므로써 상기 상향 플로우 방향내의 양이온 및 음이온 교환 베드들을 역세하고, 그리고, 역세 세척액을 재순환시키는 단계; (b) 양이온 재생제 용액의 복수 차분을 순차적으로 준비하는 단계, 상기 차분들은 1에서부터 1보다 큰 정수인  $n$  까지의 번호가 매겨진다; (c) 하향 플로우 방향에서, 양이온 교환 베드에 제공된 수지의 한 상부로부터 양이온 재생제 용액의 1 차분을 상기 양이온 교환 베드내로 유도하므로써, 상기 1 차분으로 상기 양이온 교환 베드를 재생하는 단계, 이렇게 하므로써 상기 양이온 교환 베드내에 잔존하는 역세 세척액이 방출되고 재생 싸이클로부터 분리된다(예컨대, 포집통 또는 공급탱크로 다시 보내진다); (d) 하향 플로우 방향으로 양이온 재생제 용액의 각 차분을 순차적으로 양이온 교환 베드내로 유도하므로써, 상기 이온 교환 베드를 더 재생하는 단계, 이렇게 하므로써, 양이온 재생제 용액 1 차분의 유출분은 상기 베드로부터 배출되고 재생 싸이클로부터 분리된다; (e) 후속 싸이클에서  $m-1$  차분으로 사용되는  $m$  차분이 축적되는 방식으로, 후속 싸이클에서 양이온 재생제 용액의 각 차분을 축적하는 단계, 여기서  $m$ 은 2에서부터  $m \leq n$  이다; (f) 교체 세척액 준비 단계; (g) 상기 양이온 교환 베드에 상기 교체 세척액을 하향 플로우 방향으로 유도하므로써, 상기 양이온 교환 베드내에 존재하는 양이온 재생제 용액을 상기 교체 세척액으로 교체하고, 그리고, 후속 싸이클에서 교체 세척액의 일부로 사용되는 상기 교체 세척액의 유출분 일부를 축적하는 단계; (h) 1에서  $n$  번 까지 음이온 재생제 용액의 복수 차분을 순차적으로 준비하는 단계, 여기서  $n$ 은 1보다 큰 정수임; (i) 음이온 재생제 용액의 1 차분을 하향 플로우 방향으로, 상기 음이온 교환 베드에 수용된 수지의 상부로부터 상기 음이온 교환 베드에 도입하므로써, 그 음이온 재생제의 1 차분으로 상기 음이온 교환 베드를 재생하는 단계, 이로써 상기 음이온 교환 베드에 잔존하는 역세 세척액은 배출되고 재생 싸이클로부터 분리된다; (j) 하향 플로우 방향으로 음이온 재생제 용액의 각 차분을 상기 음이온 교환 베드에 순차적으로 유도하므로써, 상기 음이온 교환 베드를 더 재생하는 단계, 이렇게 하므로써 음이온 재생제 용액의 1 차분의 유출분은 그 음이온 교환 베드로부터 배출되고 재생 싸이클로부터 분리된다(예컨대, 포집통 또는 공급탱크로 다시 보내진다); (k)  $m'$  차분이 후속 싸이클에서  $m'-1$ ( $m'$ 에서 1을 뺀) 차분으로 사용될 수 있도록 축적되는 방식으로, 후속 싸이클에서 음이온 재생제 용액의 한 차분으로 사용되는 음이온 재생제 용액의 각 차분을 축적하는 단계, 여기서  $2 \leq m' \leq n$  이다; (l) 교체 세척액 준비 단계; (m) 상기 교체 세척액을 상기 음이온 교환 베드에 하향 플로우 방향으로 유도하므로써 상기 음이온 교환 베드내에 존재하는 음이온 재생제 용액을 상기 교체 세척액으로 교체하고, 그리고, 후속 싸이클에서 교체 세척액의 일부로 사용되는 상기 교체 세척액의 유출분의 일부를 축적하는 단계, 여기서 상기 (b)에서 (g) 까지의 단계는 상기 (h)에서 (m) 까지의 단계에 앞서, 동시에, 또는, 후에 수행된다; (n) 상기 양이온 교환 베드와 음이온 교환 베드를 차례로 통하여 최종 세척액을 하향 플로우 방향으로 순환시키는 단계; 그리고 (o) 양이온 또는 음이온 교환 베드에서 배출된 세척액의 질이 사전에 설정된 수준에 도달할 때까지 상기 최종 세척액을 재순환시키는 단계. 상술한 방법의 바람직한 실시예에 있어서, 양이온 교환 베드에 대한 (f) 단계는 교체 세척액의 복수의 차분들을 준비하는 단계를 포함하는데, 상기 차분들은 1에서부터  $q$  까지 번호가 매겨지며, 차분 번호  $q$ 는 1보다 큰 정수이며,  $q$ 는 새로운 세척액으로 공급된다; 그리고 (g) 단계는 다음을 포함한다: (I) 상기 양이온 교환 베드에 제공된 수지의 상부로부터 하향 플로우 방향으로 상기 양이온 교환 베드내에 각 차분을 순차적으로 유도하므로써, 상기 양이온 교환 베드내에 존재하는 양이온 재생제 용액을 상기 교체 세척액으로 교체하는 단계; (II) 후속 싸이클에서 양이온 재생제 용액의 마지막 차분으로 사용되는 교체 세척액의 1 차 유출분을 축적하는 단계, 상기 양이온 재생제 용액의 마지막 차분의 농도는 조절된다; 그리고, (III)  $p$  차분이 후속 싸이클에서  $p-1$ ( $p$ 에서 1을 뺀) 차분으로 사용될 수 있도록 축적되는 방식으로, 후속 싸이클에서 교체 세척액으로 사용되는 교체 세척액의 각 잔존 차분들의 각 유출분을 축적하는 단계, 여기서  $2 \leq p \leq q$  이다. 음이온 교환 베드에 대한 상기 (l) 단계와 (m) 단계는 각각 (f) 단계와 (g) 단계와 같은 방식으로 수행되는 것이 바람직하다. 상술한 방법(하향 플로우 재생)에 따르면, 재생 시스템으로부터 전형적으로 배출되는 폐수의 거의 90%를 줄일 수 있다.

이상에서 언급한 방법들, 즉, 상향 플로우 재생과 하향 플로우 재생에 있어서, 이온 교환 재생 시스템이 재생 싸이클에 앞서 서비스 플로우로부터 불순물을 걸러내는 여과 장치(filtration device)를 더 포함했을 때는 역세의 필요성이 줄어들게 되며, 그럼으로써 폐수 부피를 더욱 줄일 수 있다.

또한, 본 발명의 방법들은 다음의 베드들을 하나 또는 그 이상 포함하는 시스템에 쉽게 적용될 수 있다: 상기 양이온 교환 베드에 선행하는 금속 선택성 수지 베드; 상기 음이온 교환 베드에 후행하는 혼합 베드형 풀리셔 베드; 상기 음이온 교환 베드에 선행하는 약염기 음이온 교환 베드; 그리고, 상기 음이온 교환 베드에 후행하는 약산 양이온 교환 베드, 이 중에서 재생과 교체 단계는 상기의 하나의 베드나 그 이상의 베드에 대하여, 그리고, 최종 세척 단계에서 수행되며, 상기 최종 세척액은 하나 또는 그 이상의 칼럼들을 차례로 통하여 순차적으로 더 순환된다.

본 발명의 또 다른 목적은 상술한 방법들을 효과적으로 수행하기 위한 장치(apparatus)를 제공하는 것이다. 즉, 본 발명의 또 다른 중요한 특징은 다음을 포함하는 탈이온과 재생 시스템용 장치이다: (a) 양이온 교환 수지로 채워진(packed) 양이온 교환 베드, (b) 음이온 교환 수지로 채워진 음이온 교환 베드, 상기 음이온 교환 베드는 상기 양이온 교환 베드에 순차적으로 배치된다; (c) 장치내에 순환되는 물과 세척액을 저장하는 포집통, 상기 포집통은 상기 양이온 교환 베드 및 음이온 교환 베드에 연결되고, 상기 포집통을 우회하는 바이패스 라인이 선택적으로 갖추어져 있어서, 상기 물 혹은 세척액은 상기 포집통 또는 바이패스 라인을 경유하는 하나의 루프내에서 순환될 수 있다; (d) 양이온 재생제 용액을 저장하는 복수개의 탱크들, 상기 탱크들은 일렬로 배치되고, 1에서부터 1보다 큰 정수인  $n$  까지 번호가 부여되며, 적어도  $n$  번의 탱크에는 화학적 인젝터(chemical injector)가 갖추어져 있고, 각 탱크는 양이온 재생제 용액이 한 루프내에서 순환될 수 있게 하기 위하여 공통 라인으로 상기 양이온 교환 베드에 연결되어 있다; (e) 음이온 재생제 용액을 저장하는 복수개의 탱크들, 상기 탱크들은 일렬로 배치되어, 1에서부터 1보다 큰 정수인  $n$  까지의 번호가 매겨지며, 적어도 이들 중의 하나의 탱크에는 화학적 인젝터가 갖추어져 있고, 각 탱크는 음이온 재생제 용액이 하나의 루프내에서 순환될 수 있게 하기 위하여 공통 라인으로 상기 음이온 교환 베드에 연결되어 있다; (f) 양이온 교체 세척액을 저장하는 적어도 하나의 탱크와 하나의 신규 세척액 공급원. 상기 적어도 하나의 탱크는 양이온 재생제 용액을 저장하는 상기 탱크들과 나란하고, 상기 적어도 하나의 탱크와 상기 신규 세척액 공급원은 상기 양이온 교환 베드의 저부(bottom)에 연결되고, 1에서  $q$  까지의 번호가 매겨지며, 여기서 상기 신규 세척액 공

급원은 1 보다 큰 정수인  $q$  로 번호가 부여된다; (g) 음이온 교체 세척액을 저장하는 적어도 하나의 탱크와, 하나의 신규 세척액 공급원, 상기 적어도 하나의 탱크는 음이온 재생제 용액을 저장하는 상기 탱크들과 나란하고, 상기 음이온 재생제 용액을 저장하는 탱크들과 상기 음이온 교환 베드에 의해 형성되는 상기 루프에 통합되며, 상기 적어도 하나의 탱크와 상기 신규 세척액 공급원은 상기 음이온 교환 베드의 저부에 연결되고, 1에서  $q$  까지 번호가 매겨지며, 여기서 상기 신규 세척액 공급원은 1 보다 큰 정수인  $q$  로 번호가 매겨진다; (h) 증발탱크 또는 외부 시스템(예컨대, 배치 처리(batch treatment))으로 유도하는 공급구획부분(feed compartment), 상기 공급구획부분은 상기 양이온 재생제 용액을 저장하는 탱크들과 상기 양이온 교환 베드에 의해 형성되는 루프내에서 상기 양이온 교환 베드의 하류(downstream)에 배치된다; (i) 증발탱크 또는 외부 시스템(예컨대, 배치 처리)으로 유도하는 공급구획부분, 상기 공급구획부분은 상기 음이온 재생제 용액을 저장하는 탱크들과 상기 음이온 교환 베드에 의해 형성되는 루프내에서 상기 온이온 교환 베드의 하류에 배치된다; (j) 상기 양이온과 음이온 교환 베드들의 상단에 연결되어 있는 공기 배출 블로어(air-purging blower); (k) 역세와 재생에 대한 플로우 제어 시스템, 상기 시스템은 다음과 같이 재생 싸이클을 제어할 수 있다: (i) 상기 양이온 교환 베드에 존재하는 용액을 상기 공기 배출 블로어의 공기로 일소하는 것; (ii) 1 내지  $n$  번의 탱크들내에 제공된 양이온 재생제 용액의 각 차분을 상향 플로우 방향으로 상기 양이온 교환 베드내에 차례로 도입하는 것; (iii) 1 번 탱크의 상기 차분으로부터 나온 유출분을 상기 공급구획부분으로 폐기하고, 2 번 내지  $n$  번의 탱크로부터 각 차분의 유출분을 한 탱크씩 전진된 1 내지  $n-1$  번의 탱크들로 되돌리는 것; (iv) 1 번 내지  $q$  번의 신규 세척액 탱크들에 제공된 양이온 교체 세척액의 각 차분을 상향 플로우 방향으로 상기 양이온 교환 베드에 유입하는 것; (v) 1 번 탱크에 제공된 교체 세척액의 차분에서 나온 유출분을 양이온 재생제 용액  $n$  번 탱크로 되돌리고, 2 번에서  $q$  번까지의 신규 세척액의 각 차분에서 나온 유출분을 싸이클에서 한번씩 전진된 1 번 내지  $q-1$  ( $q$ 에서 1을 뺀) 번 탱크들로 되돌리는 것; 그리고, (vi) 상기 음이온 베드에 대하여 상기 (i) 내지 (v)에 대응되는 단계를 수행하는 것; 그리고

(l) (vii) 상기 포집통에 제공된 최종 세척액을 상기 양이온 교환 베드와 상기 음이온 교환 베드를 통하여 하향 플로우 방향으로 차례로 순환시키는(또는 상기 바이패스 라인을 통하여 최종 세척액을 순환시키는)방식으로 세척 싸이클을 제어할 수 있는, 세척에 대한 플로우 제어 시스템.

본 발명의 더욱 중요한 또 다른 특징은 다음을 포함하는 탈이온과 재생을 위한 시스템용 장치이다: (a) 양이온 교환 수지가 채워진 양이온 교환 베드; (b) 음이온 교환 수지로 채워진 음이온 교환 베드, 상기 음이온 교환 베드는 상기 양이온 교환 베드와 연속하여 배치된다; (c) 장치내에 순환되는 물과 세척액을 저장하는 포집통, 상기 포집통은 상기 양이온 교환 베드 및 음이온 교환 베드에 연결되고, 상기 포집통을 우회하는 바이패스 라인이 선택적으로 갖추어져 있어서, 상기 물 또는 세척액은 상기 포집통 또는 바이패스 라인을 경유하는 하나의 루프내에서 순환될 수 있다; (d) 양이온 재생제 용액 저장용의 복수 개의 탱크들, 상기 탱크들은 일렬로 배치되고, 1에서부터 1 보다 큰 정수인  $n$  까지 번호가 매겨지며, 이들 탱크중 적어도 하나의 탱크는 화학적 인젝터가 갖추어져 있고, 각 탱크는 상기 양이온 재생제 용액이 하나의 루프내에서 순환될 수 있게 하기 위하여 상기 양이온 교환 베드와 공통 라인으로 연결되어 있다; (e) 음이온 재생제 용액 저장용의 복수의 탱크들, 상기 탱크들은 일렬로 배치되고, 1에서부터 1 보다 큰 정수인  $n$  까지 번호가 매겨지며, 이들 탱크 중 적어도 하나의 탱크에는 화학적 인젝터가 갖추어져 있고, 각 탱크는 음이온 재생제 용액이 하나의 루프내에서 순환될 수 있게 하기 위하여 공통 라인으로 상기 음이온 교환 베드와 연결되어 있다; (f) 양이온 교체 세척액을 저장하는 적어도 하나의 탱크와, 하나의 신규 세척액 공급원, 상기 적어도 하나의 탱크는 양이온 재생제 용액을 저장하는 상기 탱크들과 나란하고 상기 양이온 재생제 용액 저장용 탱크들과 상기 양이온 교환 베드에 의해 형성되는 상기 루프에 통합되며, 상기 적어도 하나의 탱크와 상기 신규 세척액 공급원은 상기 양이온 교환 베드의 저부에 연결되고, 1에서  $q$  까지의 번호가 매겨지며, 여기서 상기 신규 세척액 공급원은 1 보다 큰 정수인  $q$  로 번호가 부여된다; (g) 음이온 교체 세척액을 저장하는 적어도 하나의 탱크와, 하나의 신규 세척액 공급원, 상기 적어도 하나의 탱크는 음이온 재생제 용액을 저장하는 상기 탱크들에 병치되고 상기 음이온 재생제 용액용 탱크들과 상기 음이온 교환 베드에 의해 형성된 상기 루프에 통합되며, 상기 적어도 하나의 탱크와 상기 신규 세척액 공급원은 상기 음이온 교환 베드의 저부에 연결되고, 1에서  $q$  까지 번호가 매겨진다. 여기서 상기 신규 세척액 공급원은 1 보다 큰 정수인  $q$  로 번호가 매겨진다; (h) 증발탱크 또는 외부 시스템(예컨대, 배치 처리(batch treatment))으로 유도하는 공급구획부분, 상기 공급구획부분은 상기 양이온 재생제 용액을 저장하는 탱크와 상기 양이온 교환 베드에 의해 형성되는 루프내에서 상기 양이온 교환 베드의 하류에 배치된다; (i) 증발탱크 또는 외부 시스템(예컨대, 배치 처리)으로 안내하는 공급구획부분, 상기 공급구획부분은 상기 음이온 재생제 용액을 저장하는 탱크와 상기 음이온 교환 베드에 의해 형성되는 루프내에서 상기 음이온 교환 베드의 하류에 배치된다; (j) 역세와 재생을 제어하는 플로우 제어 시스템, 상기 시스템은 다음과 같이 재생 싸이클을 제어할 수 있다: (i) 상기 포집통 내에 제공된 역세통 세척액을 상기 양이온 및 음이온 교환 베드들을 통하여 상향 플로우 방향으로 순환시키는 것; (ii) 탱크들(1 내지  $n$ )에 제공된 양이온 재생제 용액의 각 차분을 하향 플로우 방향으로 상기 양이온 교환 베드 내로 순차 도입하는 것; (iii) 상기 양이온 교환 베드 내에 잔류하는 역세용 세척액이 상기 포집통 내로 되돌려진 이후 1 번 탱크의 차분으로부터 나오는 유출분을 상기 공급구획부분으로 이동시키고, 탱크들(2 내지  $n$ )로부터 나오는 각 차분의 유출액을 한 탱크씩 전진된 탱크(1 내지  $n-1$ )들로 후퇴이동시키는 것; (iv) 신규 세척액 탱크(1 내지  $q$ )내에 제공되어 있는 양이온 교체 세척액의 각 차분을 하향 플로우 방향으로 상기 양이온 교환 베드 내에 차례로 도입하는 것; (v) 1 번 탱크내에 제공되어 있는 교체 세척액의 차분으로부터 나오는 유출분을 양이온 재생제 용액의  $n$  번 탱크내로 되돌려 보내고, 신규 세척액 탱크(2 내지  $q$ )의 각 차분으로부터 나오는 유출분을 한 탱크씩 전진된 탱크들(1 내지  $q-1$ )로 후퇴이동시키는 것; (vi) 상기 음이온 교환 베드에 대하여 상기 (i) 내지 (v)에 상응하는 단계를 수행하는 것; 그리고

(k) (vii) 상기 포집통 내에 제공되어 있는 최종 세척액을 상기 양이온 교환 베드와 음이온 교환 베드를 순차 하향 플로우 방향으로 순환시킬 수 있는 (혹은 최종 세척액을 상기 우회라인을 통해 순환시킬 수 있는) 방식으로 세척 싸이클을 제어할 수 있는, 세척에 대한 플로우 제어 시스템.

상기 장치가 포집통의 하류에서 서비스 플로우로부터 불순물을 제거해내기 위한 필터 장치를 더 구비할 경우 역세의 필 요성은 줄어든다. 본 장치는 바람직하게는 상기 음이온 교환 베드의 하류에 전도율 측정 모니터가 더 구비됨으로써 재생 중지 타이밍을 적절하게 결정할 수 있다. 본 장치는 바람직하게는 유기물질을 제거하기 위하여 입상 활성탄소 베드를 포함한다. 또한, 본 장치는 하나 또는 그 이상의 다음과 같은 베드를 포함할 수 있다: 상기 양이온 교환 베드에 선행하는 금속 선택성 수지 베드; 상기 음이온 교환 베드에 뒤따르는 혼합 베드형 폴리셔 베드(polisher bed); 상기 양이온 교환 베드에 선행하는 악염기 음이온 교환 베드; 그리고 상기 음이온 교환 베드에 후행하는 악산 양이온 교환 베드, 여기서 상기 하나 또는 그 이상의 베드들은 재생 단계들이 수행될 수 있도록 장치에 결합되며, 최종 세척액은 상기 하나 또는 그 이상의 베드들을 차례로 더 순환된다.

본 발명의 상기 방법 및 장치에 있어서, 재생 싸이클시 재생이 역류나 정류나에 관계없이 재생제 및 교체세척액 모든 부분들(segments)은 동일한 루프(loop) 내에서 재순환되고, 후속 싸이클에서 한 위치 앞쪽으로 이동되며, 그러므로 써 제 1 차분(first segment)은 후속 싸이클에서 버려지고, 후속 싸이클의 최종 차분(last segment)은 새로운 세척액으로 공급되는 한편 화학제가 필수품으로서 추가된다(순차적 교체 싸이클). 이러한 방식으로 폐기물이 획기적으로 최소화된다. 더욱이, 최종 세척 싸이클에 있어서, 세척액은 양이온 교환 베드와 음이온 교환 베드를 차례로 흐르고 루프 내에서 재순환하는데, 여기서 반대 이온을 사용하는 것에 의해 탈이온화된 물이 각 베드 내에 생성됨으로써 세척액을 버리지 않고도 최종 세척을 수행한다(내부 세척 싸이클). 지금까지 종래의 전형적인 이온 교환 시스템들은 재생시 상당한 양의 폐기물을 만들었다. 본 발명의 재생 시스템을 사용하면 전형적으로 생기는 폐기물의 90%를 줄일 수 있다. 본 발명에 있어서 최종적으로 배출되는 폐수에는 서비스 싸이클에서 제거된 불순물을 함유하며, 중발에 의해 더욱 농축되거나 통상의 수산화물 침전에 의해 처리될 수 있다. 중발 잔류물 및 수산화물 침전물은 금속을 많이 함유하고 있기 때문에, 금속재생기로 보내질 수 있다. 침전공정으로부터 나오는 유출물은 환경보호청(Environmental Protection Agency, EPM)이 설정한 배출한계, 즉, 폐수 내 각종 금속의 농도에 관한 배출한계에 부합한다.

### 도면의 간단한 설명

도 1은 양이온 교환 베드와 음이온 교환 베드가 연속적으로 위치한 본 발명의 역류 상향 플로우 재생(counter-current up-flow regeneration)의 일 실시예를 도시한 개략도이다.

도 2는 양이온 교환 베드와 음이온 교환 베드가 연속적으로 위치한 본 발명의 역류 하향 플로우 재생(counter-current down-flow regeneration)의 일 실시예를 도시한 개략도이다.

도 3은 입상 활성탄소 베드, 한 쌍의 강산 양이온 교환 베드, 한 쌍의 강염기 음이온 교환 베드, 한 쌍의 약산 양이온 교환 베드가 연속으로 위치한 본 발명의 역류 상향 플로우 재생의 일 실시예를 도시한 개략도로서, 쌍으로 형성된 베드들 중의 각 하나는 서비스중이고 다른 하나는 재생 공정중이다.

도 4는 입상 활성탄소 베드, 한 쌍의 강산 양이온 교환 베드, 한 쌍의 강염기 음이온 교환 베드, 그리고, 한 쌍의 약산 양이온 교환 베드가 연속으로 위치하며, 이들 쌍으로 형성된 베드들 중의 각 하나는 서비스중이고 다른 하나는 재생 공정중인 본 발명의 역류 상향 플로우 재생의 일 실시예를 도시한 개략도이다.

도 5는 입상 활성탄소 베드, 양이온 교환 베드 및 음이온 교환 베드가 연속적으로 위치한 본 발명의 역류 상향 플로우 재생의 일 실시예를 도시한 개략도이다.

도 6은 입상 활성탄소 베드, 강산 양이온 교환 베드, 강염기 음이온 교환 베드 및 약산 양이온 교환 베드가 연속적으로 위치한 본 발명의 역류 상향 플로우 재생의 일 실시예를 도시한 개략도이다.

도 7은 입상 활성탄소 베드, 양이온 교환 베드 및 음이온 교환 베드가 연속적으로 위치한 본 발명의 역류 하향 플로우의 일 실시예를 도시한 개략도이다.

도 8은 입상 활성탄소 베드, 양이온 교환 베드 및 음이온 교환 베드가 연속적으로 위치한 본 발명의 정류 하향 플로우 재생(co-current down-flow regeneration)의 일 실시예를 도시한 개략도이다.

### [바람직한 실시예들에 대한 설명]

폐기물 부피를 일정 정도로 줄일 수 있는 방법에는 여러 가지가 있다. 예를 들면, 상술한 바와 같이, 화학적 흡착제(chemical draw)를 부분적으로 시스템에 재순환시킴으로써 재생제 용액이 감소될 수 있다. 그러나, 만약 제어 장치가 사용되지 않으면 단지 화학적 흡착제의 1/3 만이 재순환될 수 있다. 또한, 역류 재생 또는 서비스 플로우(service flow)와 반대인 재생제 플로우는 화학제를 적게 소모하는 결과로 된다. 그러나, 보다 복잡한 기계적 시스템에서는 효율을 향상시키기 위하여 상향 플로우 싸이클 동안 베드가 콤팩트해질 필요가 있다. 재순환 세척 폐기물은 폐기물의 전체부피를 줄일 수 있다. 이는 대개 재순환 세척 폐기물이 일정 수준 이상의 질일 때에만 적용된다. 최소한의 역세 또는 주기적인 역세만이 채용될 수 있다. 그러나, 역세 공정의 생략은 가능하지 않는 바, 그렇지 아니하면 칼럼내의 먼지, 오염물이 제거될 수 없거나 편류(channeling)가 일어난다. 상기한 공정을 모두 조합하여도 폐기물 부피의 30 - 40% 정도만을 줄일 수 있을 뿐이다. 여전히 취급되는 폐기물 액상 부피는 평균적으로 수지 세제곱 푸트(cubic foot) 당 10 BV 또는 75갤론 정도이다. 놀랍게도, 본 발명의 내부 순환 시스템과 프로그램된 폐기물 시스템을 채용할 경우 폐기물 액체의 부피는 1 BV ( 또는 수지 세제곱 푸트 당 7.5 갤론)이하, 즉, 종래의 시스템의 폐기물 부피의 약 1/10 이하로 용이하게 감소될 수 있다.

본 발명에 있어서, 재생 시스템은, 기능적으로 역세 단계, 화학적 흡착, 교체 세척, 그리고, 퀄리티 세척(quality rinse) 단계들을 포함하며, 이를 단계들을 분리하여 실행할 필요가 있는 것은 아니다.

### 시스템

본 발명은, 오염도에 관계없이, 회로기판용, 수성 정화용, 도금/양극화용 세척 시스템을 포함하는 그 어떤 탈이온 또는 탈염 시스템에도 적용될 수 있으며, 또한, 생수 탈이온화 시스템에도 적용될 수 있다. 본 발명이 적용될 수 있는 시스템은, 전형적으로, 서비스 싸이클 중에 있는 산업 세척액 또는 수도 원수(raw city water) 및 재생 싸이클 중에 있는 수돗물 혹은 탈이온화된 물이 흘러들어가는 포집통(collection sump). 양이온 교환 칼럼, 음이온 교환 칼럼, 화학적 흡착을 위한 복수 개의 가성 탱크들(음이온 재생제 용액 탱크)과 복수 개의 산성 탱크들(양이온 재생제 용액 탱크)들, 교체 세척을 위한(여러 개로 구획된)교체 세척액 탱크, 공기 배출 블로어, 공급구획부분(이 공급구획부분을 통하여 시스템으로부터 폐기물이 중발탱크 혹은 배치 타일 침전시스템으로 버려진다), 관련 설비들을 연결하는 배관 시스템, 펌프들, 그리고, 제어 시스템들을 포함한다. 네 가지 주요 루프(looped) 채널들이 있다: 첫 번째 채널은 서비스 싸이클을 위한 것으로서, 즉, 공정→포집통

(→활성화 탄소)→양이온 교환 베드→음이온 교환 베드→공정이다. 두 번째 채널은 양이온 교환 베드 재생 싸이클을 위한 것으로서, 즉, (양이온 재생제 용액 탱크 또는 교체 세척액 탱크)→양이온 교환 베드→(양이온 재생제 용액 탱크 또는 교체 세척액 탱크)이다. 세 번째 채널은 음이온 교환 베드 재생 싸이클을 위한 것으로서, 즉, (음이온 재생제 용액 탱크 또는 교체 세척액 탱크)→음이온 교환 베드→(음이온 재생제 용액 탱크 또는 교체 세척액 탱크)이다. 네 번째 채널은 세척액 싸이클용 즉, 포집통 또는 재순환 펌프의 유입구(포집통을 위회하는)→양이온 교환 베드→음이온 교환 베드→포집통 또는 재순환 펌프의 유입구이다. 상향 플로우 재생(서비스 플로우가 하향 플로우일 때 역류 재생)에 있어서, 역세, 화학적 흡착, 그리고 교체 세척 싸이클들은 두 번째 그리고 세 번째 채널에서 수행될 수 있다. 하향 플로우 재생(서비스 플로우가 상향 플로우일 때 정류 재생)에 있어서, 양이온 교환 베드에 대한 역세 싸이클은 음이온 교환 베드를 통과하지 않고 네 번째 채널을 사용하여 상향 방향으로 수행될 수 있으며, 반면에, 음이온 교환 베드에 대한 역세 싸이클은 네 번째 채널을 전적으로 사용하여 상향 방향으로 수행될 수 있다(만약 서비스 플로우가 상향 플로우면 역세는 생략 가능하다). 하향 플로우 재생에서의 교체 세척 싸이클 및 화학적 흡착은 두 번째 그리고 세 번째 채널에서 수행될 수 있다. 두 번째 그리고 세 번째 채널에서, 원칙적으로, 모든 재생제 및 교체액은 순환되고, 후속 싸이클에서 한 위치 전방으로 이동되며, 그럼으로써 제 1 차분이 후속 싸이클에서 제거되고, 그리고, 후속 싸이클의 마지막 차분으로서 새로운 용액이 제공된다. 세척(최종 세척)은 네 번째 채널에서 수행되고, 양이온 교환 베드와 음이온 교환 베드를 순차적으로 통하여 흐른다.

DI 이온 교환 시스템에 있어, 양이온 교환 베드는 보통 음이온 교환 베드의 상류에 배치된다. 그 이유는 음이온 수지가 모든 음이온들을 수산화족으로 변환시키며, 대부분의 2가 금속(칼슘, 동, 주석, 납 등을 포함한다)의 수산화족은 용해되지 않기 때문이다. 그러므로, 만약 이들이 음이온 베드로 유입되면, 수지를 침전시키고 오염시킬 것이다. 몇 가지의 시스템들에 있어서는, 음이온이 무엇보다 먼저 사용되어질 수 있는데, 예를 들면, 만약 나트륨이 양이온을 형성할 경우, 수지가 2가 금속 제거 목적으로 유입되는 산업용 세척액을 연화시키기 위하여 먼저 사용될 수 있다.

시간상으로 보다 효율적인 시스템을 구성하기 위하여, 두 개의 베드를 병렬로 배치하는 한 쌍의 이온 교환 칼럼의 사용이 유리하다. 이와 같은 시스템에 있어서, 하나의 사용된 이온 교환 칼럼은 다른 하나가 서비스에 투입되는 동안 재생된다. 그 결과 산업 세척액은 칼럼을 교차하는 것에 의해 계속적으로 처리될 수 있다.

이온 교환 수지로서, 균일한 비드(bead) 크기의 수지가, 필요한 세척 수용액 부피를 보다 효율적으로 줄이기 위하여 바람직하게 채용된다. 수지 비드들의 크기는 보통  $-16 + 50$  메쉬이다. 균일한 비드들은 균일한 재생 특징을 가지며 따라서 폐기물, 특히, 세척액들의 부피를 감소시킨다. 비드들은 크기에 따라 분류될 수 있으며, 균일한 사이즈의 비드들이 유용하다. 이들 수지들은 전형적으로  $-30 + 45$  메쉬 범위에 있다. 비드들이 균일하면 하면 할수록, 필요로 하는 세척액과 재생제의 접촉시간 줄어든다. 그러므로 보다 균일한 비드들을 사용하여 폐수의 부피를 더욱 감소시킬 수 있다. 예를 들면, 퓨로라이트(Purolite) PFC-100과 PFA-400이 유용하게 사용될 수 있다.

재생제 도입부 초기부분에서 연화(loosening)와 세척(cleaning)을 위하여 베드는 약간 상승된다. 그렇지만, 재생이 진행됨에 따라, 수지들은 팽창하고, 베드는 채워진다. 역류 재생, 즉, 상향 플로우 재생(서비스 플로우는 통상 하향 플로우이다)의 경우, 역세에는 큰 공간이 필요치 않아서, 상단에 공간이 거의 없는 보다 작은 탱크가 사용될 수 있으며, 따라서 역세 및 재생 용액을 최소화할 수 있다. 공간은 수지가 부풀리는 공간으로 충분하다.

또한, 산업용 세척액 및 목적하는 처리의 질에 따라, 양이온 칼럼에 선행하는 금속 선택성 수지 칼럼, 음이온 칼럼에 후행하는 혼합 베드형 세척(polosher) 칼럼, 음이온 칼럼에 선행하는 약염기 음이온 칼럼, 그리고, 음이온 칼럼에 후행하는 약산 양이온 칼럼들은 단독 또는 조합되어 설치될 수 있다.

시스템의 끝은 최종 폐기물이 유입되는 배치 타입(batch type) 침전 시스템과 같은 외부 시스템 또는 증기 탱크이다. 최종 폐수는 필요에 따라 더 처리된 후 농축된다. 본 발명에 있어서, 폐기물 부피는 매우 작고 따라서 단지 매우 작은 부피의 증발 탱크만이 필요하면, 농축이 매우 효율적이다. 전형적으로, 가열되지 않은 대기 증발기가 사용될 수 있다.

## 서비스 싸이클

처리될 수 있는 산업용 세척에는 특별한 제한이 없다. 예를 들면, 중금속의 흔적을 가지는 화로기판 세척과 수성 정화 세척, 금속 수산화물 침전 시스템에 사용되는 폴리셔(poisher)들, 그리고 탈이온될 생수가 처리될 수 있다.

플로우 비율(flow rate)은, 크기, 의도된 용도, 그리고, 시스템의 처리 목표치에 따라 넓게 변동될 수는 있지만, 일반적으로 베드의 단위면적( $ft^2$ )당 4 내지 10gpm이고, 베드의 단위체적( $ft^3$ )당 1 내지 2 gpm이다. 시스템은, 서비스 정상 플로우 방향 동안, 하향 플로우 방향으로 가동된다. 그렇지만, 상향 플로우는 목적하는 (target) 산업용 세척, 전체적인 처리, 그리고, 기타 요인들에 의하여 채용될 수 있다.

서비스 싸이클에서의 사전여과(pre-filtration)는 재생 싸이클에서 역세의 필요성을 감소시키기는 하지만 제거시키기는 못한다. 즉, 전여과는 수지 베드에 가해지는 미립자의 부하를 순차적으로 줄이기 위하여 사용되는 것이고 이것이 역세의 필요성을 감소시킨다. 사전여과를 위해서는 대신 입상(粒狀) 활성탄소가 적절하다. 그러나, 멀티미디어 또는 카트리지와 같은 미립자 필터도 사용될 수 있다. 입상 활성탄소는 또한 음이온 수지에서 문제시되는 유기물의 부하를 경감할 수 있다. 만약 사전여과가 수행되면, 역세는 단지 재배열을 이루기 위하여 변형되고, 그럼으로써 궁극적으로 폐수의 부피를 줄인다.

## 재생 싸이클

시스템에서(만약 두 쌍의 양이온 및 음이온 교환 베드들이 나란히 설치되고, 소모된 베드들의 한 쌍이 재생 싸이클에 소용되는 반면에, 다른 한 쌍의 베드들은 순서대로 서비스 라인에 투입된 경우)서비스 싸이클이 중단된 후에는, 재생 싸이클

이 시작된다. 탈이온 재생 시스템에 대한 두 가지 기능적인 접근방식이 있다. 하나는 서비스 플로우의 방향과 재생 플로우의 방향이 반대인 역류 재생(counter-current regeneration)로 불려지는, 다른 하나는 서비스 플로우와 재생 플로우의 방향이 같은 정류 재생(co-current regeneration)으로 불려지는 것이다. 또한, 탈이온 재생 시스템에 대한 관련한 작동적인 접근방식이 있다. 하나는 재생이 상향 플로우 방향(up-flow direction)으로 이루어지는 상향 플로우 재생에 관련한 것이고, 다른 하나는 재생이 하향 플로우 방향(down-flow direction)으로 이루어지는 하향 플로우 재생에 관련한 것이다. 상향 플로우(up-flow)와 하향 플로우(down-flow) 재생 방법들은 서비스 플로우의 방향에는 관계없이 상향 플로우와 하향 플로우 서비스 시스템에 모두 적용될 수 있다. 그렇지만, 역류 재생은 일반적으로 정류 재생보다 효율적인데, 이는, 유입구로부터 유출구까지의 이온 교환율의 종합은 정류 재생에 있어서보다 역류 재생에서 훨씬 크기 때문이다. 상향 플로우 재생과 하향 플로우 재생이 비교될 경우에는, 두 액체들(예컨대 역세 세척액과 재생제)이 다른 밀도를 가지고 있어서 그 경계선에서 쉽게 합쳐지지 못하기 때문에, 일반적으로 하향 플로우 재생이 더 바람직하며, 재생제는 중력에 의해 쉽게 하부로 흘러내려갈 수 있다. 그러므로, 중요성이 높은 순서부터 말한다면 1) 상향 플로우 서비스 싸이클과 하향 플로우 재생(역류 하향 플로우 재생), 2) 하향 플로우 서비스 싸이클과 하향 플로우 재생(정류 상향 플로우 재생), 3) 하향 플로우 서비스 싸이클과 하향 플로우 재생(정류 하향 플로우 재생), 그리고, 4) 상향 플로우 서비스 싸이클과 상향 플로우 재생(정류 상향 플로우 재생)일 것이다. 그러나, 하향 플로우 서비스 싸이클이 상향 플로우 서비스보다 훨씬 더 일반적인 사실을 고려하면, 상기 두 번째가 산업에 훨씬 중요할 것이다. 비록 역류 또는 정류의 재생의 상대적 방향이 상향 플로우 또는 하향 플로우의 재생의 절대적 방향보다 훨씬 더 중요하다. 할지라도, 본 발명의 재생 작동은 절대적 방향에 기초하여 설명될 것이다. 왜냐하면, 역류 상향 플로우 재생과 정류 상향 플로우 재생의 동작들은 실질적으로 동일하고, 역류 하향 플로우 재생과 정류 하향 플로우 재생의 작동들이 실질적으로 동일하기 때문이다.

재생 공정들은 전형적으로 역세, 화학적 흡착, 교체 세척, 그리고 최종 세척을 포함한다. 각 공정들은 독립적으로 제어될 수 있다. 예를 들면, 역세는 정류(항상 상향 플로우)이면 다른 공정들은 역류이며, 화학적 흡착이 역류이면 다른 공정들은 정류인 경우 등과 같다. 그렇지만, 각 플로우의 방향을 일치시키는 것이 유리하다. 전형적인 예로서는 역세는 상향 플로우이고, 화학적 흡착과 교체 세척은 상향 플로우 또는 하향 플로우이며, 최종 세척은 하향 플로우이다. 최종 세척은 시스템으로부터 잔존 세척액을 제거하고 베드를 다음 싸이클에 투입하기 위하여 통상전흐름(full flow)이 적용되며, 따라서, 최종 세척은 다른 채널에서 이루어진다. 서비스 싸이클용 채널의 일부는 통상 최종 세척 싸이클에 할당된다. 비록 각 플로우 방향에 관한 어떤 조합이 채용되더라도, 두 가지 전형적인 실시예, 즉, 상향 플로우 재생과 하향 플로우 재생은 다음과 같이 설명될 것이다.

### 상향 플로우 재생(Up-flow Regeneration)

상향 플로우 재생의 바람직한 실시예에서, 역세, 화학적 흡착, 그리고, 교체 세척은 상향 플로우 방향에서 수행된다(최종 세척은 나중에 논의된다). 역류 상향 플로우 재생은 폐수를 최소화한다는 점에서 일반적으로 정류 상향 플로우 재생보다 좋다: 전자는 후자와 비교해서 90 % 이상 쉽게 절약할 수 있다. 상향 플로우 재생은 아주 짧은 역세 단계인 수지 플러핑(fluffing)이 상향 플로우 재생 플로우에 의하여 성취되기 때문에 효율적이다. 플러핑은 수지가 빈 구역과 조밀한 구역을 완화시키기 위하여 스스로를 재조정할 수 있도록 하기 위하여 베드를 상승시킨다. 이는 플로우의 분배를 개선하여 흐름의 간섭으로써 플로우의 간섭을 방지한다. 상향 플로우 재생에 있어서, 역세는 화학적 흡착과 동시에 수행될 수 있다. 즉, 역세와 화학적 흡착은 결합될 수 있고, 둘 다 독립 싸이클로 수행될 수도 있다. 서비스 싸이클 동안 이온 교환 베드의 상류에서 거스르는 여과장치를 사용하므로써, 역세를 길게 할 필요성을 줄일 수 있다. 그러한 경우에, 역세의 주요 기능은 이온 교환 베드에 대한 플러핑이다.

폐수의 최소화를 위한 하나의 접근방식은 총 폐수 체적에 대한 회석효과를 감소시키기 위하여 재생에 앞서 공기를 배출시키는 것이다. 지금까지 DI 시스템에 있어서, 역세는 단지 서비스 싸이클이 중단되었을 때 시작되었다. 이것은 베드들에 잔존했던 미처리된 물 전체가 통상 생수인 역세용 물에 의해 배출되고, 역세용 물과 함께 폐기되는 것을 의미한다. 이 시스템에서 물은 공기에 의해 배출되는 물은 포집통(collection sump) 내로 되돌아가게 되며, 다음 공정에서 처리될 것이다. 공기를 배출함으로써 두 물질, 즉, 재사용될 물과 폐기될 재생제의 분리가 용이해지며 그럼으로써 폐기물의 체적을 줄인다.

### 1. 재생제의 1 차분(First Portion of Regenerant)

본 실시예에서, 역세와 화학적 흡착은 결합된다. 이온 교환 베드가 비워진 다음 재생제(묽은 화학제:dilute chemical)의 1 차분이 베드가 동시에 재분류되고 재생되는 비율로 바닥(bottom)으로부터 베드 내로 도입된다. 달리 표현하면, 역세는 재생제로 행해진다. 수지를 플러핑하는 것에 의한 베드의 재분류를 통하여, 서비스 플로우에 의해 생기된 매스이송구역(mass transfer zone)들이 재분배되며, 이에 따라 수지의 전체 칼럼 용량을 회복하게 된다. 비록 역세는 재생을 위한 재생제의 플로우 비율이 베드의 밀도에 따라 달라지기 하지만, 양이온 교환체(cation exchanger)와 음이온 교환체(anion exchanger)에 의한 유량은 각각 대체로 베드의 단위  $ft^2$  면적당 1.5 내지 2.5 gpm 및 0.5 내지 1.5 gpm이다. 이 양은 전형적인 3 피트의 베드 깊이인 경우 0.33 내지 0.66 gpm/ $ft^3$ 에 이를다. 수지 베드가 역세되었을 때, 더 작은 베드(bead)들은 상부로 가고, 더 큼은 것들은 하부로 간다. 같은 크기의 모든 베드들이 함께 모이게 함으로써 베드를 가로지르는 압력 저하가 최소화되어 재분배가 개선된다. 재생은 베드가 콤팩트화되었을 때 보다 효율이 좋으며, 이에 따라 수지는 화학제 분사단계 동안 움직이지 않는다. 상향 플로우 재생 동안 베드를 콤팩트화하기 위해서는, 기계적인 장치 혹은 유압 장치가 베드를 반대방향으로 밀도록 하여 베드를 콤팩트화하여야 한다. 채워진 베드의 경우에 충전물(media)은 그 베드 충만하게 함으로써 고정된다. 재생동안 수지가 팽창하기 때문에 잔여 부분을 채우며, 따라서 수지의 유동성을 없앰으로써 재생제의 유용성을 보증한다. 이러한 점에 있어서, 펄스 플로우(pulse flow)가 유리하며, 특히, 베드들을 고정하기 위해 기계적인 수단들이 요구되는 상향 플로우 재생이 채용되었을 때 유리한 바, 이는, 펄스 플로우는 이온 교환 수지를 움직이지 않도록 하기 때문이다. 이러한 방식으로 베드를 고정하는 부집한 기계적 수단들은 제거될 수 있다. 부가하여 펄스 플로우를 채용하는 것에 의해 재생제의 양을 감소시킬 수 있는데, 이는 시스템 내에서 최종적으로 발생되는 폐기물의 부피를 현저히 감소시킬 수 있음을 의미한다. 양이온 교환체에 대한 펄스 플로우는 30 - 60 초 간격으로, 각각 단위 베드 면적  $ft^3$ 당 1.5 내지 2.2 gpm 과 0.5 내지 1.5 gpm이다.

본 발명에 있어서, 역세와 재생에서 사용된 재생제의 상기 1 차분(first portion)은 후술하는 바와 같이, 전(前)싸이클에서 사용되는 재생제의 2 차분(second portion)이다. 재생제의 1 차분은 화학적 성분이 많아 시스템으로부터 폐기된다. 바람직한 실시예에 있어서 단지 시스템내의 재생제 1 차분만이 폐기될 것이며, 이는 보통 1 BV이다.

## 2. 재생제의 잔류분과 교체 세척액의 잔류분들

재생제의 1 차분이 유입된 후에, 재생제의 2 차분이 하부로부터 베드로 유입된다. 재생제의 2 차분은 사용된 후에, 후속 화학적 흡착 싸이클에서의 1 차분으로 사용되기 위하여 축적된다. 만일 재생제가 두 개의 차분으로 이루어지면, 즉, 첫 번째 1/2(first half)과 두 번째 1/2(second half)으로 이루어지면, 재생제의 두 번째 1/2은 후행하는 화학적 흡착의 첫 번째 1/2로 사용될 수 있도록 저장된다. 재생제의 두 번째 1/2는 선행하는 교체 사이클에서 사용되는 교체 세척액의 1 차분으로서 이는 후술하는 교체 세척액의 1 차분이 화학적 흡착을 위한 재생제용 화학제를 보충하는 용도로 사용되도록 축적된다. 예컨대, 한 싸이클은 다음과 같이 이루어진다.

(a) 1에서 n까지 명명되는 복수차분의 재생제를 준비하는 단계(여기서 n은 1보다 큰 정수로, 통상  $2 \leq n \leq 4$ 이며, 전형적으로  $n = 2$ 이다. 만약 n이 증가되면 시스템은 복잡해지고 효율은 저하된다);

(b) 이온교환베드 내의 수지를 재배열하고 그 수지를 재생하기에 충분한 비율로 상향유동방향으로 재생제 1 차분을 이온교환 베드에 도입함으로써, 그 1 차분으로 상기 베드를 역세하고 재생하는 단계;

(c) 상향 플로우 방향내에서 양이온 재생제 용액의 각 차분을 차례로 이온 교환 베드로 도입함으로써, 이에 따라 양이온 재생제 용액의 1 차분의 유출분은 양이온교환베드로부터 방출되고, 재생싸이클에서 분리되며, 증발용 공급구획부분(a feed compartment for evaporation)로 폐기된다;

(d) #  $m$  ( $2 \leq m \leq n$ ) 차분의 유출분이 후속싸이클에서 #( $m - 1$ ) 차분으로서 사용되기 위하여 축적되는 방식으로, 후속싸이클에서 양이온 재생제 용액의 한 개 차분으로 사용되기 위하여 양이온 재생제 용액의, 1 차분을 제외한, 각 차분의 유출분을 축적하는 단계;

(e) 교체 세척액. 바람직하게는, 1에서부터  $q$  번으로 매겨지는 복수 차분의 교체 세척액 준비단계(여기서  $q$ 는 1보다 큰 정수로, 통상  $2 \leq q \leq 4$ 이고. 대표적으로  $q = 3$ 이며, 만일  $q$ 가 증가되면 시스템은 복잡해지고 효과는 저하된다.) 차분 번호  $q$ 는 신규 세척액으로 공급된다;

(f) 바람직하게는, 상향 유동 방향으로 상기 이온 교환 베드 내로 각 차분을 순차적으로 도입하므로써, 상기 이온 교환 베드 내에 존재하는 재생제를 상기 교체 세척액으로 교체하는 단계;

(g) 교체 세척액의 유출분 일부를 축적하는 단계, 바람직하게는 후속싸이클에서 재생제(# n)의 마지막 차분으로서 사용되는 교체 세척액의 1 차분을 축적하는 단계(상기 1 차분은 화학적인 성분이 많아서, 후속하는 화학적 흡착을 위한 재생제용 재생 화학제를 보충하기 위해 사용된다);

(h) 바람직하게는, #  $p$  ( $2 \leq p \leq q$ ) 차분의 유출분이 후속 싸이클에서 #( $p - 1$ ) 차분으로 사용되기 위하여 축적되는 방식으로, 후속 싸이클에서 교체 세척액의 한 개의 차분으로 사용되는 교체 세척액의 각 잔류 차분들의 유출분을 축적하는 단계;

(i) 상기 다른 이온 교환 베드에 대하여 (a) 내지 (h)까지 단계에 상응하는 단계를 수행하는 단계. 양이온 교환 베드와 음이온 교환 베드가 동시에 처리되면, 처리 시간은 현저히 단축될 수 있다.

상기한 바와 같이, 한 개의 차분은 대체로 1 BV 와 같다. 상기 순환이 채용됨에 따라 폐기물의 부피는 현저하게 줄어들며, 바람직하게는 총 1 BV 로 될 것이다. 종래의 시스템에서는 교체 세척액을 재순환시키는 것을 채용되지 않았는데, 이는, 물이 더 오염될수록 사용될 용량은 더 커지고 수지 세척효과는 더 나빠지기 때문이다. 본 발명의 순환 시스템은 상기 문제를 해결한다.

종래의 공정에서 화학적 흡착은 대표적으로 4 - 6 %의 농도 또는 갤런당 0.50 파운드(활성)에서 수행된다. 본 발명에 있어서 재생제들의 농도는, 예컨대 6 - 8 % 정도로, 증가된다. 이러한 농축은 농축 모니터와 적절한 재생제용 화학제의 추가하는 화학적 분사펌프의 도움으로 정확한 수준으로 유지된다. 따라서, 각 칼럼에서 화학제의 농축은 이루어지도록 유지된다. 전형적인 이온교환시스템은 재생제용 화학제를 4 - 5%에서 사용한다. 농축의 증가는 폐수의 부피를 최소화한다. 본 발명에서 적절히 제어될 경우 약 6 % 정도의 농축이 예시되고 있으며, 적절히 다루어진다면, 재생제의 농축은 15 내지 20 % 범위 정도로 증가될 수 있다. 하지만 농축이 더 심화될수록 재생제의 부피는 더 작아진다. 적절한 재생에는 소정의 최소 접촉시간이 필요하다. 체적이 너무 작으면 높은 농축하에서도 접촉시간이 너무 짧아 재생결과가 나빠진다. 고농축액을 사용하는 시스템들은 고용량을 사용하고 많은 물을 만들어 낸다. 보통의 실용적인 제한은 낮게는 2 %이고, 높게는 12.5 %이다. 예를 들면, 화학적 흡착을 위한 화학제로서, HCl.  $H_2SO_4$ . NaOH 및 NaCl이 사용될 수 있다. 재생은 ft<sup>3</sup> 당 0.25 내지 1.0 gpm 유동률로 수행된다.

최종 교체 세척액으로는 수돗물이 사용된다. 그렇지만 생수와 NaOH 와는 약간의 염기적 화학반응을 일으키기 때문에 탈이온수가 음이온 재생을 위하여 사용되어야 할 것이다.

펄스 플로우(pulse flow)이 역세나 화학적 흡착에서 효과적인 것처럼 교체싸이클에서도 역시 효과적이다. 특히, 상향 플로우 재생시 그러하다.

## 하향유동재생

전술한 방법은 하향 플로우 재생에 적용될 수 있다. 하향 플로우 재생에 있어서, 화학적 흡착과 교체 세척 공정은 하향 플로우 방향의 이온 교환 베드 내에서 수행된다. 역세는 다른 채널을 사용하는 상향유동방향에서 분리되어 수행될 수 있으며, 하나의 루프내에서 재순환된다. 양이온 교환 베드에서 역세 루프는 다음과 같다: 포집통 → 양이온 교환 베드 → 포집통. 음이온 교환 베드의 역세 순환은 다음과 같다: 포집통 → 양이온 교환 베드 → 음이온 교환 베드 → 포집통이며, 결과적으로 2가 양이온이 제거될 수 있다. 이 역세는 종래의 역세에 기본하여 수행될 수 있는데, 즉, 유동률은 대체로 양이온 교환 베드의  $ft^3$  당 6 gpm이고, 음이온 교환 베드에서는 2 gpm/ $ft^3$ 이다. 역세 후, 베드에 잔존하는 물은 화학적 흡착 싸이클로부터 배출된 1차 유출부에 의해 배출되고, 포집통으로 다시 보내진다.

화학적 흡착과 교체 세척은 상향 플로우 재생에서의 그것과 유사한 방식으로 수행된다. 재생제와 교체액은 베드의 상부 즉, 베드에 제공된 상기 수지 바로 위로 유입되는데, 이는, 베드의 수지 바로 위에는 넓은 여유 공간이 있고, 이 공간에 미처리된 물이 채워지기 때문이다. 수지 위로 도입된 재생제는 자동으로 아래로 이동할 수 있다. 요컨대, 상향 플로우 재생과 유사하게 하향 플로우 재생은 다음과 같이 수행된다.

(a) 양이온과 음이온 교환 베드를 통하여 역세 세척액을 상향 플로우 방향으로 순환시키므로써 양이온 및 음이온 교환 베드를 역세하고, 상기 역세 세척액을 재순환하는 단계;

(b) 1에서  $n$ 까지 명명되는 복수 차분의 재생제를 순차적으로 준비하는 단계(여기서  $n$ 은 1보다 큰 정수로, 통상  $2 \leq n \leq 4$ 이며, 대표적으로  $n = 2$ 이다.  $n$ 이 증가되면 시스템은 복잡해지고 효율은 저하된다) 이 단계에 의해 상기 양이온 및 음이온 교환 베드에 잔존하는 역세 세척액은 배출되어, 재생싸이클로부터 분리된다. 즉, 후속 공정을 위해 포집통으로 이동 시킨다;

(c) 상기 이온 교환 베드에 제공된 수지의 상부로부터 상기 이온 교환 베드 내로 재생제의 1차분을 하향 플로우으로 도입 하므로써 그 1차분으로 상기 이온 교환 베드를 재생하는 단계;

(d) 상기 이온 교환 베드로 양이온 재생제 용액의 각 차분을 하향유동방향으로 차례로 유도하므로써 상기 이온 교환 베드를 더 재생하는 단계;

(e) #  $m$  ( $2 \leq m \leq n$ ) 차분의 유출분이 후속싸이클에서 #  $(m - 1)$  차분으로서 사용되도록 축적되는 방식으로 후속싸이클에서 재생제의 한 차분으로 사용되는, 1차분을 제외한 각 차분의 유출분을 축적하는 단계;

(f) 교체 세척액, 바람직하게는 1에서부터  $q$  번으로 매겨지는 복수차분의 교체 세척액 준비단계(여기서  $q$ 는 1보다 큰 정수로, 통상  $2 \leq q \leq 3$ 이고, 대표적으로  $q = 3$ 이며, 만일  $q$ 가 증가되면 시스템은 복잡해지고 효과는 저하된다.), 차분 번호  $q$ 는 신규 세척액으로 공급된다;

(g) 바람직하게는, 상기 이온 교환 베드에 제공된 수지의 상부로부터 상기 이온 교환 수지 내로 하향 플로우 방향으로 도입하므로써, 이온 교환 베드 내에 존재하는 양이온 재생제 용액을 상기 교체 세척액으로 교체하는 단계;

(h) 교체 세척액의 유출분 일부, 바람직하게는, 후속싸이클에서 재생제의 마지막 차분으로 사용되는 교체 세척액의 1차 유출분을 축적하는 단계, 의 일부를 축적하는 단계, 상기 양이온 재생제 용액의 마지막 차분의 농도는 조정된다(상기 1차분은 화학적 성분이 많아, 후속하는 화학적 흡착에서 재생용 화학제를 보충하는데 사용된다);

(i) 바람직하게는, #  $p$  차분 ( $2 \leq p \leq q$ )이 후속싸이클에서 #  $(p - 1)$  차분으로 사용되기 위하여 축적되는 방식으로, 후속 싸이클에서 교체 세척액의 한 차분으로 사용되는 교체 세척액 각 잔류 차분의 유출분을 축적하는 단계;

(j) 다른 이온교환베드에 대하여 상기 (b)에서 (i)까지 단계에 대응하는 단계들을 수행하는 단계. 양이온교환베드와 음이온교환베드가 동시에 처리된다면, 처리시간은 현저히 단축될 수 있다.

### 최종 세척(Final Rinse)

상향 플로우 재생과 하향 플로우 재생의 둘 다에 있어서, 상술한 교체 세척 후에, 이온 교환 베드들은 시스템으로부터 잔존 재생제를 제거하고, 베드를 다음 싸이클에 대비하도록 하기 위하여, 최종 세척 또는 퀄리티 세척(quality rinse)이 행해진다. 이를 급속 세척(rapid rinse)이라 하며, 각 수지에 대하여 2-3 gpm/ $ft^3$ 로 10 - 30 분 정도 걸린다. 최종 세척은 다음과 같이 양이온과 음이온 베드에서 차례로 수행될 수 있다.

(A) 최종 세척액을 양이온 교환 베드와 음이온 교환 베드를 통해 하향 플로우 방향으로 순환시키는 단계

(B) 양이온 또는 음이온 교환 베드 중의 하나로부터 배출된 세척액의 질(quality)이 사전에 설정된 수준에 도달할 때까지 상기 최종 세척액을 재순환시지는 단계. 서비스 싸이클용 채널의 일부는 최종 세척 공정의 일부로 할당될 수 있다. 이 세척은 내부 세척(internal rinse)이며, 전체가 재순환된다.

교체 후 남게되는 화학제 초과분은 행구어져 반대측 수지에 의해 채집되는데 수지의 용량을 소모하는 결과로 된다. 그렇지만 물의 부피 최소화로 얻게되는 이들이 상기 사소한 약점들을 능가한다. 즉, 세척수들이 재순환되기 때문에 약간의 용량 손실이 있다. 양이온 세척액 내의 산 초과분은 음이온에 대해서는 소모제가 된다. 부식제(caustic) 초과분은 양이온에 대한 소모제가 된다. 만일 수지의 용량이 대략 재생제 2파운드와 같고, 교체 세척 후에 수지에 2%의 재생제(0.16파운드와 같다)가 남게되면, 총 용량의 8% 내지 10%를 잃는 한편, 세척액의 부피를 30 ~ 40 갤런(4 - 6 BV)까지 감소되는

동안에 상실될 것이다. 이는 총 폐수 부피 감소하는 큰 잇점에 비교하면 현저한 손실이 아니다. 탈이온수는 부식성을 쉽게 포착하여 이온교환베드로부터 배출된 세척액을 효과적으로 중화시킨다. 세척액의 전도율이 사전에 설정된 수준 이하일 때, 재생은 완료되고 서비스 싸이클이 재개된다.

### 공정들의 결합(combination or processes)

각 특징들은 폐수의 감소에 어느 정도 기여한다. 주요한 감소는 재순환되는 역세와 내적 세척들로부터 생긴다. 양이온 수지들은 음이온에 비하여 역세에서 많은 양의 물을 사용한다. 그러나, 음이온 수지들은 세척용으로 물을 더 많이 사용한다. 재순환된 세척액을 채용함으로서 폐수 부피의 약 70%가 감소되며, 반면에 재생제의 부분적인 재사용으로 인해 폐기물 부피의 약 25 - 75 % 정도가 감소될 수 있다. 몇 가지 공정들이 결합되었을 때, 감소는 시너지 효과로 인해 더욱 현저해진다. 하향 플로우 재생에 있어서 재순환된 역세, 화학적 흡착과 교체 세척액의 순차적인 교체 싸이클, 그리고 재순환된 최종 세척을 채용하므로써, 폐수 부피의 85 - 90% 감소가 가능하다. 상향 플로우 재생에 있어서, 채워진 베드, 역세와 결합된 화학적 흡착, 화학적 흡착과 교체 세척액의 순차적인 교체 싸이클, 그리고 재순환 최종 세척을 채용하므로써 폐기물 체적의 약 88 - 93 % 감소가 가능하다. 항목별 전체적인 감소를 가장 중요한 순서대로 정리하면 다음과 같다.

1. 재순환된 역세 또는 화학적 흡착이 결합된 역세
2. 재순환된 최종 세척
3. 공기 배출
4. 재생제의 재사용 또는 화학적 흡착과 교체 세척액의 순차적인 교체 싸이클
5. 균일한 비드들
6. 사전 여과
7. 채워진 베드(packed beds)
8. 역류 재생(Counter-current regeneration)
9. 순차적인 교체 세척
10. 재생제 농도의 증가

### 다른 공정들

금속 선택성 수지 칼럼, 혼합 베드형 폴리셔 칼럼, 약염기 음이온 칼럼, 약산 양이온 칼럼 등이 유동(stream)내에 무엇이 존재하는가, 무엇이 추출되어야 할 것인가, 그리고, 종국에 어느 정도의 질이 요구되는 가에 따라 시스템에 사용될 수 있다. 만약, 시스템이 칠레이트된 구리(chelated copper), 니켈 또는 아연을 함유하면, 이 칠레이트를 해제할 수 있는 선택성 수지를 사용할 필요가 있다. 다른 형태의 복잡한 금속들은 이를 요구하지 않는다. 만약 금속 선택성 수지가 약간의 러핑을 행하기 위하여 사용된다면, 탈이온 시스템은 공정에 어려움을 가지지 않을 것이다. 입자 활성탄소 베드는 통상 유기물의 제거를 위해 갖추어진 것이다.

만일, 초순도(ultra-high purity) 물이 필요되면, 혼합 베드들이 일반적으로 사용된다. 혼합 베드들은 재생이 어렵고 많은 물을 사용하기 때문에, 바람직하게는 회피된다. 대신에 약산 양이온 폴리셔가 누출된 양이온 들을 포집하는데 사용될 수 있다.

약산 양이온 폴리셔들은 종래의 양이온 시스템으로부터 누출될 수 있는 나트륨의 흔적을 제거하기 위해 사용될 수 있다. 나트륨은 더욱 선택적으로 함유된 중금속들에 의하여 양이온과 결합하여 제거될 수 있다. 그러나, 양이온 부하가 초과되면 폴리셔는 단순히 용량을 보존하는 것으로서 소용될 것이다.

약염기 수지들은 단지 양이온과 함께 또는 강염기성 음이온 칼럼 앞에 사용될 수 있다.

### 실시예 1: 역 유동 상향 유동 재생시스템

도 1은 본 발명이 적용된 것으로, 염기성 탈이온 및 재생 시스템의 일 예를 보여주는 배관 시스템으로서 역류 상향 플로우 재생에 적용된다. 비록 탄소 칼럼이 바람직하게는 양이온 베드의 상류에 설치되지만 이 시스템에서는 생략된다.

### 서비스 싸이클

도급 시스템에서와 같은 공정에서 사용된 세척수(rinse water)는 탈이온 시스템에서 탈이온되고, 재순환되어, 그 공정에서 재사용된다. 탈이온화 플로우는 여기에서는 서비스 플로우(service flow)로 명명된다. 공정에서 사용된 세척수는 맹크(1)내로 들어가서 포집통(2)내로 유입된다. 이 포집통(2)은 시스템의 인입부이다. 시스템의 배출구는 서비스 배출구로서, 이 배출구로부터 탈이온된 세척수가 배출되고, 공정으로 복귀한다. 탈이온된 세척수는 펌프(5)와 필터(3)을 통해 흐르고 밸브(C1)을 경유하여 상단으로부터 강산 양이온 교환 베드로 들어간다. 유동률은 유량계(4)에 의해 측정된다. 양이온 교환

세척수는 강산성 양이온 교환베드(7)의 하단으로 배출되고 벨브(A1)를 경유하여 강염기 음이온 교환 베드 상단을 통해 그 강염기성 음이온 교환베드로 들어간다. 음이온 교환 세척수는 강염기성 교환베드의 하단으로부터 배출되고, 벨브들(A13, W7)을 통해 서비스 배출구(27)를 경유하여 공정으로 복귀한다.

#### 사전 처리(Preliminary Treatment)

펌프(5)가 정지되고 서비스 싸이클이 중지된 후에, 재생 싸이클이 개시된다. 재생 싸이클의 첫 단계는 공기 배출이다. 공기펌프(10)이 가동되면 벨브(01)가 열린다. 공기가 양이온 교환베드(7)내로 도입되고, 벨브(A1)을 통하여 음이온 교환베드 내로 유입되어, 서비스 싸이클에 잔류하는 세척수를 벨브(13)과 벨브(9)를 통해 이온 교환 베드들(7)(8)의 외부로 배출시킨다. 이렇게 해서 세척수는 포집통(2)으로 되돌아간다.

(19p 31) 베드들 내의 모든 세척수는 재생처리에 앞서 끌어내지며, 이로써 재생제로서 후속하여 사용되는 화학제(chemicals)의 희석을 방지한다.

#### 양이온 교환 베드 재생 싸이클

재생 싸이클의 다음 단계는 역세로서 기능도 하는 화학적 흡착 싸이클이다. 벨브들 (H4, H7 및 E1)이 개방되고, 펌프(21)가 가동되어 1 번 산성탱크(18)에 저장된 산성용액(HCl)의 첫 번째 1/2이 그 하단으로부터 강산 양이온 교환베드(7)내로 공급된다. 산성 용액은 후술하는 바와 같이 앞서 사용된 산성 용액(산성용액의 두 번째 1/2)의 일부이다.

유속은 수소 이온( $H^+$ )으로 수지를 재생시킬 수 있을 만큼 충분히 느리지만, 수지를 상승시켜 재배열하고 잔존하는 먼지를 추출할 수 있을 정도로 충분히 빠르다. 결과적으로 이 흐름은 산성용액으로 역세하는 것과 같은 기능을 한다. 1차 산성용액 탱크(18)내의 산성용액수위가 낮아져서 사전에 설정된 수위에 도달했을 때 벨브(H5)는 개방되고 벨브(H4)가 폐쇄된다. 산성용액의 두 번째의 1/2이 흐르기 시작하여 펌프(21)과 벨브(H7)를 경유하여 양이온 교환베드(7)로 들어간다. 부가적인 측면으로서, 산성용액은 벨브(HO), 탱크(19) 및 펌프(21)를 경유하여 순환될 수 있다. 산성용액은 첫 번째 용액이므로, 선성용액은 수지로부터 상당한 분량의 금속분을 추출하여 벨브(E1)를 경유하여 공급구획부분(feed compartment)(11)내로 이송된다. 다음, 벨브(E3)를 경유 중발기 보유탱크(evaporator-holding tank)(12)로 간다. 상기 흐름은 산성용액 두 번째 1/2이 양이온 교환베드(7)로 들어가면서 수행되고, 상기 양이온 교환 베드(7)에 잔류하는 산성용액 첫 번째 1/2을 배출한다. 이 공급구획부분(11)에 수용된 폐기물 체적은 후술하는 바와 같이 공급구획부분(11)에 설치된 레벨 스위치에 의해 제어된다. 그 결과 체적은 거의 1 베드 체적, 즉, 산성용액 첫 번째 1/2의 체적과 거의 같아질 수 있다.

2 번 산성탱크(19)내 용액의 산성농도는 산 농축액을 2 번 산성탱크(19)로 도입하므로써 조절된다(조절후 농도는 대략 8 %이다). 2 번 산성탱크(19) 내 산성용액 수위가 낮아져 사전에 설정된 수위에 도달되었을 때, 벨브(H5)는 폐쇄되고, 벨브(R3)은 개방되며 싸이클은 교체 세척 싸이클로 속행된다.

교체 세척액 탱크(20)(양이온 세척액 탱크)의 구획부분"B"의 수위가 사전에 설정된 저수위일 때 벨브(R3)는 폐쇄되고, 벨브(R1)가 개방된다. 시스템, 즉, 베드(7)과 파이프내의 산성용액은 지속적으로 배출되어 중발 탱크(11)로 전송된다. 소모된 산성용액의 수위가 중발 탱크(11)에서 사전에 설정된 수위에 도달했을 때, 벨브(E1)는 폐쇄되고 흐름은 벨브(H1)의 개방으로 1 번 산성탱크(18)로 전환(divert)된다. 1 번 산성 탱크(18) 내 산성용액은 다음 싸이클에서 사용될 것이다. 즉, 다음 산성용액의 첫 번째 1/2로 사용되기 위하여 화학제의 보충없이 축적되는데, 이는 산성용액의 두 번째 1/2이 산도(in acid)에서 여전히 농후(rich)하기 때문이다. 1 번 산성 탱크(18)내의 수위가 사전에 설정된 고수위가 되면, 벨브(H1)가 폐쇄되고 벨브(H2)는 개방된다. 이에 따라 흐름은 2 번 산성탱크(19)로 전환된다. 탱크(19) 내의 수위가 사전에 설정된 고수위에 이르면, 벨브(H2)가 폐쇄되고, 유동이 교체 세척액 탱크(20)로 가는 흐름에 의해 벨브(H3)가 개방된다.

#### 교체 세척 싸이클

섹션 B에 수용된 교체 세척액의 두 번째 1/3의 수위가 낮아져 사전에 설정된 수위에 다다르면, 생수(row water)가, 교체 세척액의 세 번째 1/3로써, 포집통(2)으로부터 벨브(C3)를 경유하여 베드(7)로 제공된다. 이렇게 해서 시스템에 잔류하던 교체 세척액의 두 번째 1/3을 배출시켜 교체 세척액 탱크(20)의 섹션 B로 이동시킨다. 섹션 B에 있는 사용된 교체 세척액의 두 번째 1/3은 섹션 A로 넘쳐 흐르고, 후속 교체 싸이클에서 교체 세척액의 첫 번째 1/3로 사용되기 위하여 축적된다. 사용되어지고 난 후, 교체 세척액(생수)의 세 번째 1/3은 교체 세척액 탱크(20)의 섹션 B로 이송되고, 섹션 A에서 설정된 수위에 다다르면 벨브(H3)가 개방된다. 이러한 방식으로 교체 세척액의 세 번째 1/3은 후속하는 교체 싸이클의 두 번째 1/3 교체 세척액으로서 사용될 수 있도록 저장된다.

요컨대, 산성용액의 첫 번째 1/2, 두 번째 1/2, 교체 세척액의 첫 번째 1/3, 교체 세척액의 두 번째 1/3, 그리고 교체 세척액의 세 번째 1/3은 각각 후속하는 싸이클의 바로 한 위치씩 앞쪽으로 이동된다. 즉, 산성용액의 첫 번째 1/2은 버려지며, 그 두 번째 1/2은 산성용액의 후속하는 처음의 1/2로서 사용되도록 저장되며, 교체 세척액의 첫 번째 1/3은 후속하는 산성용액의 후속하는 두 번째 1/2로서 사용되도록 저장되며; 교체 세척액의 두 번째 1/3은 교체 세척액의 후속하는 처음의 1/3로서 사용될 수 있도록 저장되며; 교체 세척액의 세 번째 1/3은 교체 세척액의 후속하는 두 번째 1/3로서 사용될 수 있도록 저장되며, 그리고 생수(raw water)가 교체 세척액의 세 번째 1/3로서 공급된다; 이 시스템은 점진적 교체(progressive displacement)로 불린다. 결과적으로 산성용액의 처음의 1/2, 즉 1 베드볼륨만이 시스템으로부터 버려진다.

양이온 교환 베드의 전술한 재생은 바람직하게는 음이온 교환베드의 재생과 동시에 행해짐으로써 효율을 높인다.

#### 음이온 교환 베드 재생 싸이클

음이온 교환베드 재생은 양이온 교환베드의 재생과 동일한 방식으로 행해질 수 있다. 즉, 벨브(N4)가 열리고 펌프(25)가 가동되며 벨브(N7 및 E2)가 열린다. 염기성 용액(NaOH)이 탱크(22)로부터 음이온 교환베드(8)로 흐르며, 음이온 교환베

드 내의 공기를 상부를 통해 밀어낸다. 탱크(22) 내의 염기성 용액의 수위(level)가 낮아져 사전에 설정된 소정의 수준에 달하면 벨브(N4)가 닫히고 벨브(N5)가 열린다. 탱크(23) 내의 염기성 용액은 벨브(N5)를 통해 흐르기 시작한다. 염기성 용액의 두 번째 1/2이 흐르기 시작하여 펌프(25)와 벨브(N7)를 거쳐 음이온 교환베드(8)로 들어간다. 부가적인 측면으로서 염기성 용액은 벨브(NO). 탱크(23) 및 펌프(25)를 거쳐 순환될 수 있다. 베드(8)가 염기성 용액으로 모두 채워지면 그 베드(8) 내의 1차 베드용적의 용액은 다음과 같이 벨브(E2)를 통해 공급 구획부분(28)쪽으로 배려진다: 탱크(23) 내의 사전에 설정된 하위 레벨에서 벨브(N5)가 닫혀지고 벨브(R2)가 열리며 교체 세척액의 베드(8) 내로 흐르기 시작하여 베드(8) 내에 존재하는 염기성 용액을 시스템 밖으로 밀어낸다. 시스템으로부터 밀려나온 용액은 염기성 용액의 제1차분에 해당한다. 증발기 공급탱크(28)의 사전에 설정된 상위 레벨에서 벨브(E2)가 닫히며, 벨브(N1)가 열림으로써 염기성 용액을 탱크(22)로 흐르도록 방향을 전환시키며(공급탱크(28)로부터 재공된 용액은 벨브(E4)를 통해 증발기를 받치는 탱크(12)로 흘러 들어간다), 증발기 공급탱크(28)의 사전에 설정된 상위 레벨에서 벨브(E2)가 닫히고 벨브(N1)가 열림으로써 염기성 용액 흘로우를 탱크(22)로 전환시킨다(공급탱크(28) 내에 제공된 용액은 벨브(E4)를 거쳐 증발탱크(12) 내로 들어간다). 탱크(22)의 사전에 설정된 상위 레벨에서 벨브(N1)가 닫히고 벨브(N2)가 열리며 약 염기성 용액/세척액이 탱크(23) 내에 저장된다. 탱크(23)의 사전에 설정된 상위 레벨에서 벨브(N2)가 닫히고 용액은 탱크(24)로 흘러 들어간다. 교체 세척액의 3차분은 베드(7) 및 베드(8)로 공급되는 생수에 의해 공급되며, 교체 세척액의 나머지 2차분을 벨브(N3)를 통해 교체 세척액 탱크(24)로 밀어 넣음으로써 후속 싸이클에서 교체 세척액의 1차분으로서 사용된다. 교체 세척액의 세3차분은 후속하는 싸이클에서 교체 세척액의 2차분으로서 사용되도록 저장된다.

### 퀄리티 세척(마지막 세척) 싸이클

교체 세척 이후, 펌프들(21, 25)은 가동정지된다. 적은 양의 염기성 용액이 베드(7) 내에 남아 있게 되므로 시스템으로부터 잔류 재생물을 깨끗이 청소하여 베드를 다음 공정에 사용할 수 있도록 하기 위하여 퀄리티 세척이 행해진다. 펌프(5)가 가동되면 포집통(2)로부터 퀄리티 세척용 물이 서비스 흘로우 통로(하향 재생)를 통해 필터(3), 유량계(4), 벨브(C1). 양이온 교환베드(7) 벨브(A1), 음이온 교환베드(8) 및 벨브들(A13, A9)을 차례로 거쳐 흘러 수 있게 되며, 퀄리티 세척액은 음이온 교환베드(8)로부터 배출되는 세척액의 전기 전도율이 충분히 낮아 서비스 흘로우를 개시할 때까지 제순환된다. 세척액의 전도율(conductivity)은 전도율 측정 모니터(26)에 의해 측정될 수 있다.

베드(8)로부터 배출된 세척액의 전도율이 사전에 설정된 레벨에 도달하면 재생이 완료되며 시스템은 서비스 상태로 되돌아간다. 상기 퀄리티 세척싸이클에 있어서 폐수는 전혀 생기지 않으며 세척액 전부가 시스템 내에서 재순환된다.

### 실시예 2 : 역류 하향 재생시스템(Counter-Current Down-Flow Regeneration System)

도 2는 본 발명에 적용되는 염기성 탈이온화 및 재생시스템의 예를 보여주는 개략적 배관시스템으로서, 역류 하향 재생 시스템이 적용된 경우이다. 재생 싸이클은 앞서 기술한 상향 재생의 경우와 기본적으로 동일하며, 따라서 상세한 설명은 생략한다. 그러나 서비스 흘로우는 도 1에 도시한 상향 재생시의 방향과 반대 방향인 상향 흘로우로 수행된다. 또한 벨브들(A11, C8)은 베드들(7, 8)로부터 현존하는 물(역세 세척액)을 재생에 앞서 베드들(6, 8)로부터 포집통(2)으로 몰아내기 위해 설치된다.

서비스 흘로우는 포집통(2), 펌프(5), 필터(3), 유량계(4), 벨브(C9), 양이온 교환베드(7), 벨브들(C11, A14), 음이온 교환베드(8), 벨브들(A13, W7) 및 서비스 배출구(27)를 통해 상향 흘로우 방향으로 행해진다.

양이온 교환베드(7) 및 음이온 교환베드(8)에 대한 역세는 벨브들(C10, C7, A12, A10 및 W7)이 닫혔을 때, 펌프(5), 필터(3), 유량계(4), 벨브(C9), 양이온 교환 베드(7), 벨브들(C11, A14), 음이온 교환 베드(8), 벨브들(A13, A9), 그리고 포집통(2)를 거치는 루프 내에서 상향 흘로우로 행해지며, 여기서 2가(divalent) 양이온이 음이온 교환베드로 들어가기 전에 제거된다. 화학적 흡착(양이온) 및 교체 세척의 순차적인 교체 싸이클은 펌프(21), 벨브(H7), 양이온 교환 베드(7), 벨브(C7) 및 탱크들(22/23/24)을 거치는 루프 내에서 하향 흘로우 방향으로 행해진다. 하향 재생시에는 공기배출이 이루어지지 않으므로 상기 재생 싸이클이 루프 내에서 개시되기 전에 역세 세척액을 잔류시키고 있는 각 베드들(7, 8)로부터 그 첫 번째 용적이 벨브들(C8, A11)을 통해 포집통(2)쪽으로 전환되어 흐른다. 벨브들(C8, A11)의 개폐시점은 산정되며 PLC에 의해 제어될 수 있다. 최종 세척이 펌프(5), 필터(3), 유량계(4), 벨브(9) 양이온 교환 베드(7), 벨브들(C11, A14), 음이온 교환 베드(8), 벨브들(A13, A9) 및 포집통(2)을 경유하는 루프 내에서 하향 흘로우로 행해진다. 최종 세척액의 전도율은 음이온 교환 베드(8)의 하류에서 전도율 측정 모니터(26)에 의해 측정된다.

### 실시예 3 : 역류 상향 재생 복수라인 시스템(Counter-Current Up-Flow Regeneration Dual-Line System)

도 3은 본 발명에 적용된 탈이온 재생시스템의 일 예를 보여주는 개략적인 배관 시스템으로서, 이 예에서는 역류 상향 재생이 적용된다. 재생 싸이클은 앞서 기술한 상향 재생(도 1)의 그것과 기본적으로 같으며, 따라서 상세한 설명은 이를 생략한다. 이 실시예에 있어서 시스템은 두 개의 강산 양이온 교환베드들(7, 13)과, 두 개의 강염기 음이온 교환베드들(8, 14)과, 두 개의 약산 양이온 교환베드들(9, 15) 및 입상 활성탄소 베드(6)를 포함한다. 두 쌍의 강산 양이온 교환베드 및 강염기 음이온 교환베드가 채용됨으로써 이를 중 한 쌍이 다 사용된 때에는 나머지 다른 한 쌍이 서비스에 투입되며 상기 다 사용된 쌍은 재생된다. 사용된 쌍이 재생되고 나중에 투입된 쌍이 다 사용되면 처음의 쌍이 다시 서비스에 투입되며 나중에 투입되어 다 사용된 쌍이 다시 재생된다. 예컨대 강산 양이온 교환베드(7)와 강염기 음이온 교환베드(8)가 다 사용된 경우 벨브(G5)가 닫치고 벨브(G6)가 열린다. 서비스 흘로우에 쓰이는 물은 벨브(G2), 강산 양이온 교환베드(13), 벨브(A2), 강염기 음이온 교환베드(14), 벨브들(A8, W1), 약산 양이온 교환베드(9) 및 벨브(W7)를 거쳐 흐른다. 약산 양이온 교환 베드들(9, 15)의 작동은 한 쌍의 베드들(2, 8) 혹은 다른 한 쌍의 베드(13, 14)의 작동과는 관계없이 독립적으로 행해진다. 즉 베드들(7, 8 및 9); 베드들(7, 8 및 15); 베드들(13, 14 및 9) 혹은 베드들(13, 14 및 15)의 결합이 작동 및 재생에 사용될 수 있다. 이러한 방식으로 탈이온 처리가 연속적으로 수행된다. 약 음이온 교환베드를 사용하는 이 시스템은 높은 저항률(resistivity)이 필요하고 높은 PH에서 내성이 없는 도금 등에 사용되는 처리 세척액으로서 사용되기에 적합하다. 재생 싸이클은 실시예 1(도 1)의 그것과 동일하게 수행된다. 최종 세척은 강산 양이온 교환베드(7)와 강염기 음이온 교환베드(8) 혹은 강산 양이온 교환베드(13)와 강염기 음이온 교환베드(14), 그리고 약산 양이온 교환베드들(9, 15)을 차례로 경유하여 수행된다.

## 구체예(Example)

도 3에 도시된 시스템을 사용하여 도급에 사용된 세척액이 탈이온화되었다. 미국 필라델피아 소재 퓨로라이트사 (Purolite Co.)의 상품명 PEC-100-H 5ft<sup>3</sup> 가 강산 양이온 수지로 사용되었고, 같은 회사의 상품명 PFA-400-OH 5ft<sup>3</sup> 가 강염 음이온 수지로 사용되었으며, 오클라호마 소재 아토켐(ATOCHEM)의 산세된 탄소기초의 8x3 6ft<sup>3</sup> 가 과립상의 활성 탄소로 사용되었다. 또한 코네티컷 소재 아메텍(AMETEK)의 상표명 Ametek 4 m<sup>3</sup> x20 m<sup>3</sup>(섬유결합 폴리플로필렌)이 필터로 사용되었으며, 탈이온화되는 세척액은 1700  $\mu$ S.cm의 전도율을 갖는다. 서비스 플로우는 펌프(S), 필터(4), 유량계(3), 밸브(G1), 탄소베드(7), 밸브(G5), 밸브(C1), 베드(7), 밸브(A1), 베드(8), 밸브(A7), 밸브(W1), 베드(9) 및 밸브(W7)를 경유하여 수행되었다. 강산 양이온 교환베드(7), 강염 음이온 교환베드(8), 그리고 약산 양이온 교환베드(9)에서의 10시간의 가동이후 강염 음이온 교환베드(10)로부터 배출되는 탈이온화된 물의 전도율은 전도율 측정 모니터(26)로 측정한 결과 10  $\mu$ S.Cm로 높아졌는데 이는 베드들(7, 8)이 사용된 것을 의미한다. 따라서 서비스 플로우의 경로는 이후 재생 싸이클로 서 소용되는 베드들(7, 8)를 통하는 것이 아니라 강산 양이온 교환베드(13), 강염 음이온 교환베드(14) 및 약산 양이온 교환 베드(9)를 통하여 흐르도록 변경되었다. 베드들(7, 8)을 통하는 서비스 라인은 베드들(13, 14)을 통하는 서비스 라인으로 바꾸는 것은 밸브들(G5, A7)을 닫고, 밸브들(G6, A8)을 여는 것에 의해 이루어졌으며, 그럼으로써 베드들(7, 8) 대신에 베드들(13, 14)을 통해 작동수(process water)가 흐르기 시작하였다. 도 3에 도시한 배관에 기초하여 서비스 플로우 및 재생 플로우가 아무런 방해없이 동시에 수행될 수 있다. 베드들(7, 8)의 재생은 다음과 같이 수행되었다.

우선, 공기 배출용 송풍기(10)가 작동되어 공기가 밸브(01)를 통해 강산 양이온 교환베드(7) 내로 도입됨으로써 시스템 내에 잔류하는 물이 밸브들(A1, A9 및 S8)를 거쳐 포집통(2)으로 밀려나왔다. 이 때의 공기압은 60 psig였다. 그리고 나서 순차적 교체 싸이클이 시작되었다. 제1 산탱크(18) 및 제2 산탱크(19) 각각에는 37.5 갤런의 8% HCl 용액이 채워져 있고, 교체 세척액 탱크(20)의 구획 부분들(A, B)의 각각에는 52 갤론의 세척용액이 채워져 있으며, 제1 염기 탱크(22) 및 제2 염기 탱크(23)의 각각에는 37.5 갤런의 6% NaOH 용액이 채워져 있으며, 또한 교체 세척액 탱크(24)의 각 구획부분들(A, B) 내에는 37.5 갤런의 세척용액이 채워져 있다.

제1 탱크(18)의 산성용액(제1 양이온 재생용액)의 1차분이 밸브(H4), 펌프(21) 및 밸브(H7)(밸브(E1)는 열려졌다)를 거쳐 2.5 gpm/ft<sup>3</sup>의 비율로 강산 양이온 교환베드(7) 내로 공급되었다. 탱크(18) 내의 레밸 스위치가 온(on) 되었을 때 밸브(H4)가 닫히고 밸브(H5)가 열렸으며, 제2 산탱크(19)(제2 양이온 재생용액) 내의 산성용액이 2.5 gpm/ft<sup>3</sup>의 비율로 시스템 내로 지속적으로 공급되었다. 탱크(19) 내의 레밸 스위치가 가동되었을 때 밸브(H5)가 닫히고 밸브(R3)가 열렸다. 탱크(20)의 구획부분(13)에 제공되어 있는 교체세척액(제1 교체세척액)이 2.5 gpm/ft<sup>3</sup>의 비율로 시스템 내로 지속적으로 공급되었다. 구획부분(13) 내의 레밸 스위치가 작동되었을 때 밸브(R3)가 닫히고 밸브(R1)이 열림으로써 구획부분(A) 내에 제공되어 있는 교체 세척액(제2 교체 세척액)이 베드(7)내로 공급되었다. 제3 교체 세척 용액으로서 포집통(2) 내에 채워져 있는 신선한(fresh) 세척액이 펌프(5'), 필터(3'), 유량계(4') 및 밸브들(S3, C3)를 거쳐 2.5 gpm/ft<sup>2</sup>의 비율로 바닥으로부터 베드(7) 내로 공급되었다. 한편, 유출되는 세척액은 밸브들(C5, E1)을 거쳐 베드(7)의 상부로부터 배출되었으며, 공급구획부분(11) 내의 레밸스위치가 온(on) 되었을 때 제1 양이온 재생용액의 용적에 상응하는 공급구획부분 내의 용액 용적이 공급구획부분으로 배출되었고, 밸브(E1)이 닫히고 흐름이 밸브(H1)를 통해 제1 산탱크(18)로 전환됨으로써 제2 양이온 재생용액의 유출되는 부분이 제1 산탱크(18) 내로 도입되었다. 탱크(18) 내의 레밸 스위치가 온(on) 되었을 때 밸브(H1)가 닫히고 밸브(H2)가 열림으로써 제1 교체 세척액의 유출되는 부분이 제2 산탱크(19) 내로 도입되었고, 이때 화학적 동도는 탱크(16)로부터 산을 지속적으로 추가함으로써 상시 약 8%로 제어되었다. 탱크(19) 내의 레밸스위치가 온(ON) 되었을 때 밸브(H2)가 닫히고 밸브(H3)가 열림으로써 제2 교체 세척액의 유출되는 부분이 탱크(20)의 구획부분(13)내로 유입되었다. 구획부분(13)의 유출되는 양이 구획부분(A)으로 흐름으로써 제3 교체 세척액의 유출되는 부분이 구획부분(A)으로 도입되었다. 동일한 방식으로, 강염, 음이온, 교환베드(8)가 재생되었다. 플로우의 비율은 1.25 gpm/ft<sup>3</sup> 이었다. 공급구획부분들(11, 28) 내의 용액은 용액의 PH가 조절되고 용액이 농축되는 증발기 보유탱크(12)로 이송되었다.

최종 세척 싸이클에 있어서, 물은 펌프(5'), 필터(3'), 유량계(4'), 밸브들(S3, C1), 베드(7), 밸브(A1), 베드(8), 전도율 측정 모니터(26) 및 밸브들(A9, S7)을 통해 10분에 3 gpm/ft<sup>3</sup>의 비율로 시스템 내에서 순환되었다. 전도율 측정 모니터(26)에 의해 측정되는 전도율은 처음 1000  $\mu$ S.cm에서 2  $\mu$ S.cm로 바뀌었는데 이 수준은 베드들이 재생되었음을 보여주는 것이다.

베드들(7, 8)이 재생 싸이클 중에 있는 동안 베드들(13, 14 및 9)은 서비스 중에 있었다. 최종 전도율을 나타내는 전도율 측정 모니터(30)에 의해 측정된 전도율은 약산 양이온 교환 베드(9) 전의 전도율 측정 모니터(29)에 의해 측정된 전도율과 비교함으로써 약산 양이온 교환 베드(9)의 재생 타이밍을 결정할 수 있었다. 약산 양이온 교환 베드들(9, 15)의 재생은 그 베드쌍들(7, 8 혹은 13, 14)이 서비스 중에 있는 것과 관계없이 독립적으로 수행되었다. 약산 양이온 교환 베드(9)의 재생은, 예컨대 다음과 같이 수행되었다: 약산 양이온 교환베드(15)가 서비스에 투입될 수 있도록 밸브들(W1, W7)은 닫히고 밸브들(W2, W8)은 열려졌다. 베드(9) 내에 잔류하는 작업수(process water)를 포집통(2)으로 몰아내기 위하여 밸브들(03, W9)이 열렸다. 베드(9)에 대한 재생 공정은 기본적으로 베드(7)에 대한 그것과 동일했다. 밸브(H9)가 밸브(H7) 대신에 사용되었다. 재생은 탱크들(18/19/20), 펌프(21), 밸브(H9), 베드(9) 및 밸브(W5)를 경유하는 루프 내에서 행해졌다. 최종 세척은 베드(9)로부터 잔존하는 재생물을 세척해내기 충분한 정지시간 동안 밸브(W1)를 열므로써 베드(15)를 통한 진행 서비스 플로우(ongoing service flow)를 사용하여 행해졌다. 세척액은 베드(9), 밸브들(W9, S8)을 통해 흐른다. 약산 양이온 교환베드(15)는 동일한 방식으로 재생되었다. 밸브들(W2, W4, W6, W8, W0, 04 및 H8)은 각각 밸브들(W1, W3, W5, W7, W9, 03 및 H9)에 대응한다.

궁극적으로, 증발된 폐기물(waste)의 용적은 75 갤론으로서 IBV에 해당한다. 종래의 시스템들과 비교하였을 때 이 값은 92%의 감소에 해당한다. 상기에 있어서 입상 활성탄소베드(6)는 펌프(5'), 필터(3'), 유량계(4'), 밸브들(S1, G2), 베드(6), 밸브(G3) 및 포집통(2)를 경유하여 세척액에 의해 단독으로 세척된다. 강산 양이온 교환베드(13)와 강염 음이온 교환베드(14)가 다 사용되면 상술한 바와 동일한 방식으로 재생이 수행되며, 이 때 베드들(13, 14)과 연관된 밸브들은 다음과 같이 베드들(7, 8)과 연관된 밸브들에 대응한다: 02/01, 04/03, S4/S3, G6/G5, C2/C1, C4/C3, C6/C5, A2/A1, A4/A3, A6/A5, A8/A7, A0/A9 및 H6/H7.

#### 실시예 4-8 : 다른 재생시스템

도 4 내지 도 8은 본 발명의 실시예 4 내지 실시예 8을 도시한다. 도 4는 본 발명의 역류 상향 재생의 실시예를 보여주는 개략도로서, 여기서는 입상 활성탄소베드, 한 쌍의 강산 양이온 교환 베드들, 한 쌍의 강염 음이온 교환 베드들이 차례로 위치하며, 이들 쌍으로 된 베드들 중의 각 하나는 서비스 공정 중이고 다른 하나는 재생 공정중이다. 도 5는 본 발명의 역류 상향의 실시예를 보여주는 개략도로서, 입상 활성탄소베드, 양이온 교환베드, 음이온 교환베드가 차례로 위치한다. 도 6은 본 발명의 역류 상향 재생의 실시예를 보여주는 개략도로서, 입상 활성탄소베드, 강산 양이온 교환베드, 강염 음이온 교환 베드, 그리고 약산 양이온 교환베드가 차례로 위치한다. 상기에 있어서, 재생 싸이클의 작동은 실시예 1 내지 3의 그것들과 유사한 방식으로 행해진다. 도 7은 본 발명의 역류 하향 흐름 재생의 실시예를 보여주는 개략도로서, 입상 활성탄소베드, 양이온 교환베드, 그리고 음이온 교환베드가 차례로 위치한다. 이 실시예는 배관은 약간 다르지만 실시예 2(도 2)와 기등적으로 동일하다. 서비스 싸이클은 밸브(C3), 베드(7), 밸브들(C5, C5A 및 A3), 베드(8) 및 밸브들(A5, A7)을 경유하여 수행된다. 베드(7)의 재생은 도입된 재생물이 베드(7) 내에 잔류하는 역세수(backwash water)를 밸브(C5C)를 통해 포집통(2)으로 밀어 낸 후(즉, 수분 후) 밸브(H7), 베드(7), 그리고 밸브(C5B)를 경유하여 수행된다. 밸브들(A5B, A5C)은 밸브들(C5B, C5C)에 대응한다. 도 8은 본 발명의 정류 하향 흐름(Co-Current Down Flow) 재생의 실시예를 보여주는 개략도로서, 입상 활성탄소베드, 양이온 교환베드 및 음이온 교환베드가 차례로 위치한다. 상기 정류 하향 재생에 있어서, 역세이후 양이온 교환베드(7)를 재생하기 위하여 밸브(C5C)가 수분 간 열려 있는 동안 밸브(7)를 통해 베드(7) 내로 재생제를 도입함으로써 용액은 밸브(C5C)를 통해 베드(7)로부터 포집통(2)으로 밀려나온다. 베드(7)로부터의 흐름은 밸브(C5A)와 밸브(C5B) 사이에서 전환된다(switched). 음이온 교환베드(8)의 재생은 양이온 교환베드(7)의 재생과 동일한 방식으로 수행되며, 여기서 밸브들(A5B, A5C)은 밸브들(C5B, C5C)에 대응한다.

본 발명은 본 발명의 정신으로부터 벗어남이 없이 통상의 지식을 가진 자가 다양한 변형을 할 수 있는 것으로 이해될 것이다. 따라서 본 발명의 형태들은 단지 예시적인 것에 불과하고 본 발명의 범위를 제한하는 것이 아닌 것으로 이해되어야 할 것이다.

#### (57) 청구의 범위

##### 청구항 1.

양이온 교환 수지로 채워진 양이온 교환 베드와 음이온 교환 수지로 채워진 음이온 교환 베드로 구성되는 이온 교환 재생 시스템에서 생성된 폐수의 배출을 최소화하는 방법에 있어서:

(a) 양이온 교환 베드에 공급된 수지를 재분류하고 상기 수지를 재생하기에 충분한 속도의 상향 플로우에서 1에서  $n > 1$ 인 정수  $n$ 까지 번호가 매겨지는 복수의 차분으로 구성되는 양이온 재생제 용액의 일차분을 양이온 교환 베드로 도입함으로써 상기 양이온 교환 베드를 역세하여 재생하는 단계;

(b) 상향 플로우에서 양이온 재생제 용액의 잔여 차분을 양이온 교환 베드로 순차적으로 도입함으로써 상기 양이온 교환 베드를 더욱 재생하고, 양이온 재생제 용액의 일차분의 유출분이 상기 양이온 교환 베드로부터 배출되어 재생 싸이클로부터 분리되는 단계;

(c)  $2 \leq m \leq n$ 인 차분 번호  $m$ 이 후속 싸이클에서 차분 번호  $m-1$  ( $m$  마이너스 1)로서 사용되도록 축적되는 방식으로, 양이온 재생제의 일차분을 제외하고 후속 싸이클에서 양이온 교환제 용액의 어느 한 차분으로 사용되는 양이온 재생제의 각각의 차분의 유출분을 축적하는 단계;

(d)  $q > 1$ 인 정수인 차분  $q$ 가 신규 세척제에 의해 제공된 때 상향 플로우에서 순차적으로 1부터  $q$ 까지 매겨진 복수의 차분으로 구성된 교체 세척액을 양이온 교환 베드로 유도함으로써 양이온 교환 베드에 존재하는 양이온 재생제 용액을 교체하며; 후속 싸이클에서 양이온 재생제의 마지막 차분으로 사용되는 교체 세척액의 일차분의 유출분을 축적하고, 상기 마지막 차분의 양이온 재생제 용액의 농도가 조절되며;  $2 \leq p \leq q$ 인 차분 번호  $p$ 가 후속 싸이클에서 차분 번호  $p-1$  ( $p$  마이너스 1)로서 사용되도록 축적되는 방식으로 후속 싸이클에서 교체 세척액의 한 차분으로 사용되도록 교체 세척액의 잔여 차분의 각각의 유출분을 축적하는 단계;

(e) 음이온 교환 베드에 공급된 수지를 재분류하고 상기 수지를 재생하기에 충분한 속도의 상향 플로우에서, 1에서  $n' (n'은 n' > 1인 정수)$ 까지 매겨지는 복수의 차분으로 구성되는 음이온 재생제 용액의 일차분을 음이온 교환 베드로 도입함으로써 상기 음이온 교환 베드를 역세하여 재생하는 단계;

(f) 상향 플로우에서 음이온 재생제 용액의 잔여 차분을 음이온 교환 베드로 순차적으로 도입함으로써 상기 음이온 교환 베드를 더욱 재생하고, 음이온 재생제 용액의 일차분의 유출분이 상기 음이온 교환 베드로부터 배출되어 재생 싸이클로부터 분리되는 단계;

(g)  $2 \leq m' \leq n'$ 인 차분 번호  $m'$ 이 후속 싸이클에서 차분 번호  $m'-1$  ( $m'$  마이너스 1)로서 사용되도록 축적되는 방식으로, 후속 싸이클에서 음이온 교환제 용액의 한 차분으로 사용되는 음이온 재생제 용액의 각각의 차분의 유출분을 축적하는 단계;

(h)  $q' > 1$ 인 정수인 차분  $q'$ 가 신규 세척제에 의해 제공된 때, 상향 플로우에서 순차적으로 1부터  $q'$ 까지 매겨진 복수의 차분으로 구성된 교체 세척액을 음이온 교환 베드로 유도함으로써 상기 음이온 교환 베드에 존재하는 음이온 재생제 용액을 교체하며; 후속 싸이클에서 음이온 재생제의 마지막 차분으로 사용되는 교체 세척액의 일차분의 유출분을 축적하고, 상기 마지막 차분의 음이온 재생제 용액의 농도가 조절되며;  $2 \leq p' \leq q'$ 인 차분 번호  $p'$ 가 후속 싸이클에서 차분 번호  $p'-1$  ( $p'$  마이너스 1)로서 사용되도록 축적되는 방식으로, 후속 싸이클에서 교체 세척액의 한 차분으로 사용되도록 교체 세척액의 잔여 차분의 각각의 유출분을 축적하는 단계;

(i) 양이온 교환 베드가 상류에 위치하고 음이온 교환 베드가 하류에 위치하여, 하향 플로우 방향으로 연속적으로 최종 세척액을 상기 양이온 교환 베드와 상기 음이온 교환 베드를 순환시키는 단계;

(j) 상기 양이온 교환 베드 또는 음이온 교환 베드로부터 배출된 세척액의 질이 소정 수준 이상으로 될 때까지 상기 최종 세척액을 재순환시키는 단계로 구성되는 것을 특징으로 하는 폐수의 배출을 최소화하는 방법.

## 청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 (a)단계에서 (d)단계의 공정과 상기 (e)에서 (h)단계의 공정이 동시에 수행되는 것을 특징으로 하는 폐수의 배출을 최소화하는 방법.

## 청구항 3.

제1항에 있어서, 상기 (a)단계에서 (e)단계의 각각의 단계에 앞서 공기에 의해 하향 방향으로 서비스 싸이클 동안 시스템 내에 잔존하는 물을 제거하는 단계를 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 폐수의 배출을 최소화하는 방법.

## 청구항 4.

제1항에 있어서, 상기 이온 교환 재생 시스템은 재생 싸이클에 앞서 서비스 플로우로부터 발생된 불순물을 걸르기 위한 여과 장치를 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 폐수의 배출을 최소화하는 방법.

## 청구항 5.

제 1 항에 있어서, 상기 이온 교환 재생 시스템은,

상기 양이온 교환 베드에 선행하는 금속-선택성 수지 베드;

상기 음이온 교환 베드에 후행하는 혼합 베드형 폴리셔 베드;

상기 음이온 교환 베드에 선행하는 약염기 음이온 교환 베드; 및

상기 음이온 교환 베드에 후행하는 약산 양이온 교환 베드로 구성되는 그룹에서 선택되는 어느 하나의 베드를 더욱 포함하고, 상기 (a)단계에서 (d)단계 또는 상기 (e)단계에서 (h)단계가 상기 베드에서 수행되며, (i)단계에서 최종 세척액이 상기 베드를 거쳐 더욱 순환되는 것을 특징으로 하는 폐수의 배출을 최소화하는 방법.

## 청구항 6.

제 5 항에 있어서, 상기 이온 교환 재생 시스템은 복수의 상기 베드들을 더욱 포함하여 (i)단계에서 상기 최종 세척액이 상기 베드들을 거쳐 연속적으로 순환되는 것을 특징으로 하는 폐수의 배출을 최소화하는 방법.

## 청구항 7.

제1항에 있어서, (a)단계와 (b)단계, (e)단계와 (f)단계, (d)단계와 (h)단계에서 상기 양이온 재생제 용액, 상기 음이온 재생제 용액, 상기 교체 세척액은 각각 웨尔斯 플로우에 의해 도입되는 것을 특징으로 하는 폐수의 배출을 최소화하는 방법.

## 청구항 8.

제1항에 있어서, (b)단계에서 상기 일차분의 유출분의 체적은 상기 양이온 교환 베드의 유출분의 체적과 거의 동일하며, (f)단계에서 상기 일차분의 유출분의 체적은 상기 음이온 교환 베드의 유출분의 체적과 거의 동일한 것을 특징으로 하는 폐수의 배출을 최소화하는 방법.

## 청구항 9.

제1항에 있어서, (c)단계에서 상기 일차분의 상기 유출분의 체적은 상기 양이온 교환 베드의 유출분의 체적과 거의 동일 하며, (g)단계에서 상기 일차분의 상기 유출분의 체적은 상기 음이온 교환 베드의 유출분의 체적과 거의 동일한 것을 특징으로 하는 폐수의 배출을 최소화하는 방법.

## 청구항 10.

양이온 교환 수지가 채워진 양이온 교환 베드와 음이온 교환 수지가 채워진 음이온 교환 베드로 구성되는 이온 교환 재생 시스템에서 생성된 폐수의 배출을 최소화하는 방법에 있어서:

(a) 상향플로우에서 연속적으로 상기 양이온 교환 베드와 음이온 교환 베드를 거쳐 역세 세척액을 순환시킴으로써 상기 양이온 교환 베드와 음이온 교환 베드를 역세하고, 상기 역세 세척액을 재순환시키는 단계;

(b) 양이온 교환 베드에 공급된 수지의 상측부로부터 하향플로우 방향으로 1부터  $n > 1$ 인 정수  $n$ 까지 매겨진 복수 차분으로 구성되는 양이온 재생제 용액의 일차분을 양이온 교환 베드로 도입함으로써 양이온 교환 베드를 재생하고, 상기 양이온 교환 베드에 잔존하는 역세 세척액이 제거되는 단계;

(c) 하향 플로우에서 양이온 재생제 용액의 잔여 차분을 양이온 교환 베드로 순차적으로 도입함으로써 상기 양이온 교환 베드를 더욱 재생하고, 양이온 재생제 용액의 일차분의 유출분이 상기 양이온 교환 베드로부터 배출되어 재생 싸이클로부터 분리되는 단계;

(d)  $2 \leq m \leq n$ 인 차분 번호  $m$ 이 후속 싸이클에서 차분 번호  $m-1$ ( $m$  마이너스 1)로서 사용되도록 축적되는 방식으로, 양이온 재생제의 일차분을 제외하고 후속 싸이클에서 양이온 교환제 용액의 한 차분으로 사용되는 양이온 재생제의 각각의 차분을 축적하는 단계;

(e)  $q > 1$ 인 정수인 차분  $q$ 가 신규 세척제에 의해 제공된 때 하향 플로우에서 순차적으로 1부터  $q$ 까지 매겨진 복수의 차분으로 구성된 교체 세척액을 양이온 교환 베드로 도입함으로써 양이온 교환 베드에 존재하는 양이온 재생제 용액을 교체 하며; 후속 싸이클에서 양이온 재생제의 마지막 차분으로 사용되는 교체 세척액의 일차분의 유출분을 축적하고, 상기 양이온 재생제 용액의 마지막 차분의 농도가 조절되며;  $2 \leq p \leq q$ 인 차분 번호  $p$ 가 후속 싸이클에서 차분 번호  $p-1$  ( $p$  마이너스 1)로서 사용되도록 축적되는 방식으로, 후속 싸이클에서 교체 세척액의 한 차분으로 사용되도록 교체 세척액의 잔여 차분의 각각의 유출분을 축적하는 단계;

(f) 음이온 교환 베드에 공급된 수지의 상측부로부터 하향플로우 방향으로 1부터  $n' > 1$ 인 정수  $n'$ 까지 매겨진 복수 차분으로 구성되는 음이온 재생제 용액의 일차분을 음이온 교환 베드로 도입함으로써 음이온 교환 베드를 재생하고, 상기 음이온 교환 베드에 잔존하는 역세 세척액이 제거되는 단계;

(g) 하향 플로우에서 음이온 재생제 용액의 잔여 차분을 음이온 교환 베드로 순차적으로 도입함으로써 상기 음이온 교환 베드를 더욱 재생하고, 음이온 재생제 용액의 일차분의 유출분이 상기 음이온 교환 베드로부터 배출되어 재생 싸이클로부터 분리되는 단계;

(h)  $2 \leq m' \leq n'$ 인 차분 번호  $m'$ 이 후속 싸이클에서 차분 번호  $m'-1$ ( $m'$  마이너스 1)로서 사용되도록 축적되는 방식으로, 후속 싸이클에서 음이온 교환제 용액의 어느 한 차분으로 사용되는 음이온 재생제 용액의 각 차분을 축적하는 단계;

(i)  $q' > 1$ 인 정수인 차분  $q'$ 가 신규 세척제에 의해 제공된 때, 하향 플로우에서 순차적으로 1부터  $q'$ 까지 매겨진 복수의 차분으로 구성된 교체 세척액을 음이온 교환 베드로 도입함으로써 음이온 교환 베드에 존재하는 음이온 재생제 용액을 교체 하며; 후속 싸이클에서 음이온 재생제의 마지막 차분으로 사용되는 교체 세척액의 일차분의 유출분을 축적하고, 상기 음이온 재생제 용액의 마지막 차분의 농도가 조절되며;  $2 \leq p' \leq q'$ 인 차분 번호  $p'$ 가 후속 싸이클에서 차분 번호  $p'-1$  ( $p'$  마이너스 1)로서 사용되도록 축적되는 방식으로, 후속 싸이클에서 교체 세척액의 어느 한 차분으로 사용되도록 교체 세척액의 잔여 차분의 각각의 유출분을 축적하는 단계;

(j) 상기 양이온 교환 베드가 상류에 위치하고 음이온 교환 베드가 하류에 위치하여, 하향 플로우 방향으로 연속적으로 최종 세척액을 상기 양이온 교환 베드와 상기 음이온 교환 베드를 거쳐 순환시키는 단계;

(k) 상기 양이온 교환 베드 또는 음이온 교환 베드로부터 배출된 세척액의 질이 소정 수준 이상으로 될 때까지 상기 최종 세척액을 재순환시키는 단계로 구성되는 것을 특징으로 하는 폐수의 배출을 최소화하는 방법.

## 청구항 11.

제10항에 있어서, 상기 (b)단계에서 (e)단계의 공정과 상기 (f)에서 (i)단계의 공정이 동시에 수행되는 것을 특징으로 하는 폐수의 배출을 최소화하는 방법.

## 청구항 12.

제10항에 있어서, 상기 이온 교환 재생 시스템은 재생 사이클에 앞서 서비스 플로우로부터 발생된 불순물을 걸르기 위한 여과 장치를 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 폐수의 배출을 최소화하는 방법.

### 청구항 13.

제10항에 있어서, (b)단계와 (f)단계에서 역세 세척액의 분리된 유출물은 최종 세척액의 일부로서 사용되도록 축적되는 것을 특징으로 하는 폐수의 배출을 최소화하는 방법.

### 청구항 14.

제10항에 있어서, 상기 이온 교환 재생 시스템은,

상기 양이온 교환 베드에 선행하는 금속-선택성 수지 베드;

상기 음이온 교환 베드에 후행하는 혼합 베드형 폴리셔 베드;

상기 음이온 교환 베드에 선행하는 약염기 음이온 교환 베드; 및

상기 음이온 교환 베드에 후행하는 약산 양이온 교환 베드의 어느 하나 또는 2상의 베드를 더욱 포함하여, 상기 (b)단계에서 (f)단계 또는 상기 (f)단계에서 (i)단계가 상기 하나 또는 2이상의 베드에서 수행되며, (j)단계에서 최종 세척액이 상기 하나 또는 2이상의 컬럼을 거쳐 연속적으로 더욱 순환되는 것을 특징으로 하는 폐수의 배출을 최소화하는 방법.

### 청구항 15.

(a) 양이온 교환 수지로 채워진 양이온 교환 베드;

(b) 음이온 교환 수지로 채워지며, 상기 양이온 교환 베드와 연속적으로 위치하는 음이온 교환 베드;

(c) 장치내에서 순환되는 물이나 세척액을 저장하고, 상기 양이온 교환 베드와 상기 음이온 교환 베드와 연결되며, 선택적으로 바이패스 라인이 제공되어 바이패스됨으로써 상기 물이나 세척액이 자신을 거치거나 거치지 않고 상기 바이패스 라인을 거쳐 루프상으로 순환되는 포집통;

(d) 일렬로 배치되고, 1 에서부터 1 보다 큰 정수인  $n$  까지 번호가 매겨지며, 적어도 하나에는 화학적 인젝터가 갖추어지고, 각각은 양이온 재생제 용액이 하나의 루프내에서 순환되도록 상기 양이온 교환 베드에 공통 라인으로 연결되는 양이온 재생제 용액 저장용의 복수 개의 탱크들;

(e) 일렬로 배치되고, 1 에서부터 1 보다 큰 정수인  $n$  까지 번호가 매겨지며, 적어도 하나는 화학적 인젝터가 갖추어지고, 각각은 음이온 재생제 용액이 하나의 루프내에서 순환되도록 상기 음이온 교환 베드에 공통 라인으로 연결되는 음이온 재생제 용액 저장용의 복수 개의 탱크들;

(f) 양이온 재생제 용액을 저장하는 상기 탱크들에 나란히 위치하며, 상기 양이온 재생제 용액용 탱크들과 상기 양이온 교환 베드에 의해 형성된 상기 루프에 통합되는 양이온 교체 세척액을 저장하는 적어도 하나의 탱크와, 상기 양이온 교환 베드의 저부에 연결되고, 신규 세척액 공급원이 1 보다 큰 정수인  $q$  로 번호가 부여된 경우 1에서  $q$ 까지의 번호가 매겨지는 양이온 교체 세척액을 저장하는 적어도 하나의 탱크와, 하나의 신규 세척액 공급원;

(g) 음이온 재생제 용액을 저장하는 상기 탱크들에 나란히 위치하며, 상기 음이온 재생제 용액용 탱크들과 상기 음이온 교환 베드에 의해 형성된 상기 루프에 통합되는 음이온 교체 세척액을 저장하는 적어도 하나의 탱크와, 상기 음이온 교환 베드의 저부에 연결되고, 신규 세척액 공급원이 1 보다 큰 정수인  $q$  로 번호가 부여된 경우 1에서  $q$ 까지의 번호가 매겨지는 음이온 교체 세척액을 저장하는 적어도 하나의 탱크와, 하나의 신규 세척액 공급원;

(h) 상기 양이온 재생제 용액을 저장하는 탱크와 상기 양이온 교환 베드에 의해 형성된 루프에서 상기 양이온 교환 베드의 하류에 배치되는, 외부 시스템으로 연결되기에 적합한 공급구획부분;

(i) 상기 음이온 재생제 용액을 저장하는 탱크와 상기 음이온 교환 베드에 의해 형성된 루프에서 상기 음이온 교환 베드의 하류에 배치되는, 외부 시스템으로 연결되기에 적합한 공급구획부분;

(j) 상기 양이온 교환 베드와 음이온 교환 베드의 상부에 연결되는 공기 배출 블로어;

(k) (i) 상기 양이온 교환 베드에 존재하는 용액을 상기 공기 배출 블로어의 공기로 일소;

(ii) 1 내지 n 번의 탱크내에 수용된 양이온 재생제 용액의 각 차분을 상향 플로우 방향으로 상기 양이온 교환 베드에 차례로 도입;

(iii) 1번 탱크의 차분으로부터 나온 유출분을 1 번 탱크에서 상기 공급구획부분로 폐기하고, 2 번 내지 n 번의 탱크로부터의 각 차분으로부터 나온 유출분을 한 탱크씩 전진된 1 내지 n-1 번의 탱크로 되돌려 이동시킴;

(iv) 1 번 내지 q 번의 신규 세척액 탱크에 수용된 양이온 교체 세척액의 각 차분을 상향 플로우 방향으로 순차적으로 상기 양이온 교환 베드에 유입;

(v) 1 번 탱크에 수용된 교체 세척액의 차분에서 나온 유출분을 양이온 재생제 용액 n 번 탱크로 되돌리며 상기 양이온 재생제 용액 내의 재생용 화학제의 농도는 상기 화학적 인젝터를 사용하여 조절되고, 2 번에서 q 번까지의 신규 세척액의 각 차분에서 나온 유출분을 사이클에서 1 번씩 전진된 1 번 내지 q - 1(q 마이너서 1)번 탱크로 되돌려 이동시킴; 그리고,

(vi) 상기 음이온 베드 상에서 상기 (i) 내지 (v)에 대응되는 단계를 수행함으로써 재생사이클을 제어할 수 있는 역세와 재생을 위한 흐름 제어 시스템; 그리고

(l) (vii) 상기 포집통에 수용된 최종 세척액을 상기 양이온 교환 베드와 상기 음이온 교환 베드를 통하여 하향 플로우 방향으로 연속하여 순환시키는 방식으로 세척 사이클을 제어할 수 있는 세척용 플로우 제어 시스템을 포함하는 탈이온 및 재생 시스템용 장치.

## 청구항 16.

제15항에 있어서, 상기 양이온 교환 베드는 상류에 위치하고 상기 음이온 교환 베드는 하류에 위치하는 것을 특징으로 하는 탈이온 및 재생시스템용 장치.

## 청구항 17.

제15항에 있어서, 상기 포집통의 하류의 서비스 플로우로부터 발생된 불순물을 여과하는 여과 장치를 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 탈이온 및 재생시스템용 장치.

## 청구항 18.

제15항에 있어서, 플로우 제어시스템(l)은 상기 음이온 교환 베드의 하류에 최종 세척제의 중지 타이밍을 결정하기 위한 전도율 측정 모니터를 포함하는 것을 특징으로 하는 탈이온 및 재생 시스템용 장치.

## 청구항 19.

제15항에 있어서, 상기 음이온 교환 베드의 상류에 입상 활성 탄소 베드를 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 탈이온 및 재생 시스템용 장치.

## 청구항 20.

제15항에 있어서,

상기 양이온 교환 베드에 선행하는 금속-선택성 수지 베드;

상기 음이온 교환 베드에 후행하는 혼합 베드형 폴리셔 베드;

상기 음이온 교환 베드에 선행하는 약염기 음이온 교환 베드; 및

상기 음이온 교환 베드에 후행하는 약산 양이온 교환 베드 중의 하나 또는 2이상의 베드를 포함하고,

(i) 단계 내지 (vi) 단계에 대응하는 단계가 수행될 수 있고, (vii) 단계에서 상기 최종 세척액이 상기 하나 또는 2이상의 베드를 거쳐 연속적으로 더욱 순환되도록 상기 하나 또는 2이상의 베드가 장치에 통합되는 것을 특징으로 하는 탈이온 및 재생 시스템용 장치.

## 청구항 21.

- (a) 양이온 교환 수지로 채워진 양이온 교환 베드;
- (b) 음이온 교환 수지로 채워지며, 상기 양이온 교환 베드와 연속적으로 위치하는 음이온 교환 베드;
- (c) 장치내에서 순환되는 물이나 세척액을 저장하고, 상기 양이온 교환 베드와 상기 음이온 교환 베드와 연결되며, 선택적으로 바이패스 라인이 제공되어 바이패스됨으로써 상기 물이나 세척액이 자신을 거치거나 거치지 않고 상기 바이패스 라인을 거쳐 루프상으로 순환되는 포집통;
- (d) 일렬로 배치되고, 1에서부터 1보다 큰 정수인  $n$  까지 번호가 매겨지며, 적어도 하나에는 화학적 인젝터가 갖추어지고, 각각은 양이온 재생제 용액이 하나의 루프 내에서 순환되도록 상기 양이온 교환 베드에 공통 라인으로 연결되는 양이온 재생제 용액 저장용의 복수 개의 탱크들;
- (e) 일렬로 배치되고, 1에서부터 1보다 큰 정수인  $n$  까지 번호가 매겨지며, 적어도 하나는 화학적 인젝터가 갖추어지고, 각각은 음이온 재생제 용액이 하나의 루프내에서 순환되도록 상기 음이온 교환 베드에 공통 라인으로 연결되는 음이온 재생제 용액 저장용의 복수 개의 탱크들;
- (f) 양이온 재생제 용액을 저장하는 상기 탱크들에 나란히 위치하며, 상기 양이온 재생제 용액용 탱크들과 상기 양이온 교환 베드에 의해 형성된 상기 루프에 통합되는 양이온 교체 세척액을 저장하는 적어도 하나의 탱크와, 상기 양이온 교환 베드의 저부에 연결되고 신규 세척액 공급원이 1보다 큰 정수인  $q$ 로 번호가 부여된 경우 1에서  $q$  까지의 번호가 매겨지는 양이온교체 세척액을 저장하는 적어도 하나의 탱크와 하나의 신규 세척액 공급원;
- (g) 음이온 재생제 용액을 저장하는 상기 탱크들에 나란히 위치하며, 상기 음이온 재생제 용액용 탱크들과 상기 음이온 교환 베드에 의해 형성된 상기 루프에 통합되는 음이온 교체 세척액을 저장하는 적어도 하나의 탱크와, 상기 음이온 교환 베드의 저부에 연결되고, 신규 세척액 공급원이 1보다 큰 정수인  $q$ 로 번호가 부여된 경우 1에서  $q$  까지의 번호가 매겨지는 음이온교체 세척액을 저장하는 적어도 하나의 탱크와 하나의 신규 세척액 공급원;
- (h) 상기 양이온 재생제 용액을 저장하는 탱크와 상기 양이온 교환 베드에 의해 형성된 루프 내에서 상기 양이온 교환 베드의 하류에 배치되는, 외부 시스템으로 연결되기에 적합한 공급구획부분;
- (i) 상기 음이온 재생제 용액을 저장하는 탱크와 상기 음이온 교환 베드에 의해 형성된 루프 내에서 상기 음이온 교환 베드의 하류에 배치되는, 외부 시스템으로 연결되기에 적합한 공급구획부분;
- (j) (i) 상기 포집통에 수용된 역세 세척액을 상향 흘로우 방향으로 상기 양이온 교환 베드와 음이온 교환 베드를 거쳐 순환;
- (ii) 1 내지  $n$  번의 탱크 내에 수용된 양이온 재생제 용액의 각 차분을 하향 흘로우 방향으로 상기 양이온 교환 베드에 차례로 도입;
- (iii) 상기 양이온 교환 베드에 잔존하는 역세 세척액이 포집통으로 되돌려진 후 1 번 탱크의 차분으로부터 나온 유출분을 상기 포집통으로 이동시키고, 2 번 내지  $n$  번의 탱크로부터의 각 차분으로부터 나온 유출분을 한 탱크씩 전진된 1 내지  $n-1$  번의 탱크로 되돌려 이동시킴;
- (iv) 1 번 내지  $q$  번의 신규 세척액 탱크에 수용된 양이온 교체 세척액의 각 차분을 하향 흘로우 방향으로 순차적으로 상기 양이온 교환 베드에 유입;
- (v) 1 번 탱크에 수용된 교체 세척액의 차분에서 나온 유출분을 양이온 재생제 용액  $n$  번 탱크로 되돌리며 상기 양이온 재생제 용액 내의 재생용 화학제의 농도는 상기 화학적 인젝터를 사용하여 조절되고, 탱크 번호 2 번에서  $q$  번까지의 신규 세척액의 각 차분에서 나온 유출분을 1 탱크씩 전진된 1 번 내지  $q-1$  ( $q$  마이너서 1) 번 탱크로 되돌려 이동시킴; 그리고,
- (vi) 상기 음이온 베드 상에서 상기 (i) 내지 (v) 단계에 대응되는 단계를 수행함으로써 재생싸이클을 제어할 수 있는 역세와 재생을 위한 흐름 제어 시스템; 그리고
- (k) 상기 포집통에 수용된 최종 세척액을 상기 양이온 교환 베드와 상기 음이온 교환 베드를 통하여 하향 흘로우방향으로 연속하여 순환시키는 방식(vii)으로 세척 사이클을 제어할 수 있는 세척용 흘로우 제어 시스템을 포함하는 탈이온 및 재생 시스템용 장치.

## 청구항 22.

제21항에 있어서, 상기 양이온 교환 베드는 상류에 위치하고, 상기 음이온 교환 베드는 하류에 위치하는 것을 특징으로 하는 탈이온 및 재생시스템용 장치.

### 청구항 23.

제21항에 있어서, 상기 포집통의 하류의 서비스 플로우로부터 발생된 불순물을 여과하기 위한 여과 장치를 더욱 포하하는 것을 특징으로 하는 탈이온 및 재생 시스템용 장치.

### 청구항 24.

제21항에 있어서, 플로우 제어 시스템(k)은 상기 음이온 교환 베드의 하류에 최종 세척제의 중지 타이밍을 결정하는 전도율 측정 모니터를 포함하는 것을 특징으로 하는 탈이온 및 재생 시스템용 장치.

### 청구항 25.

제21항에 있어서, 상기 음이온 교환 베드의 상류에 입상 활성 탄소 베드를 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 탈이온 및 재생 시스템용 장치.

### 청구항 26.

제21항에 있어서,

상기 양이온 교환 베드에 선행하는 금속-선택성 수지 베드;

상기 음이온 교환 베드에 후행하는 혼합 베드형 폴리셔 베드;

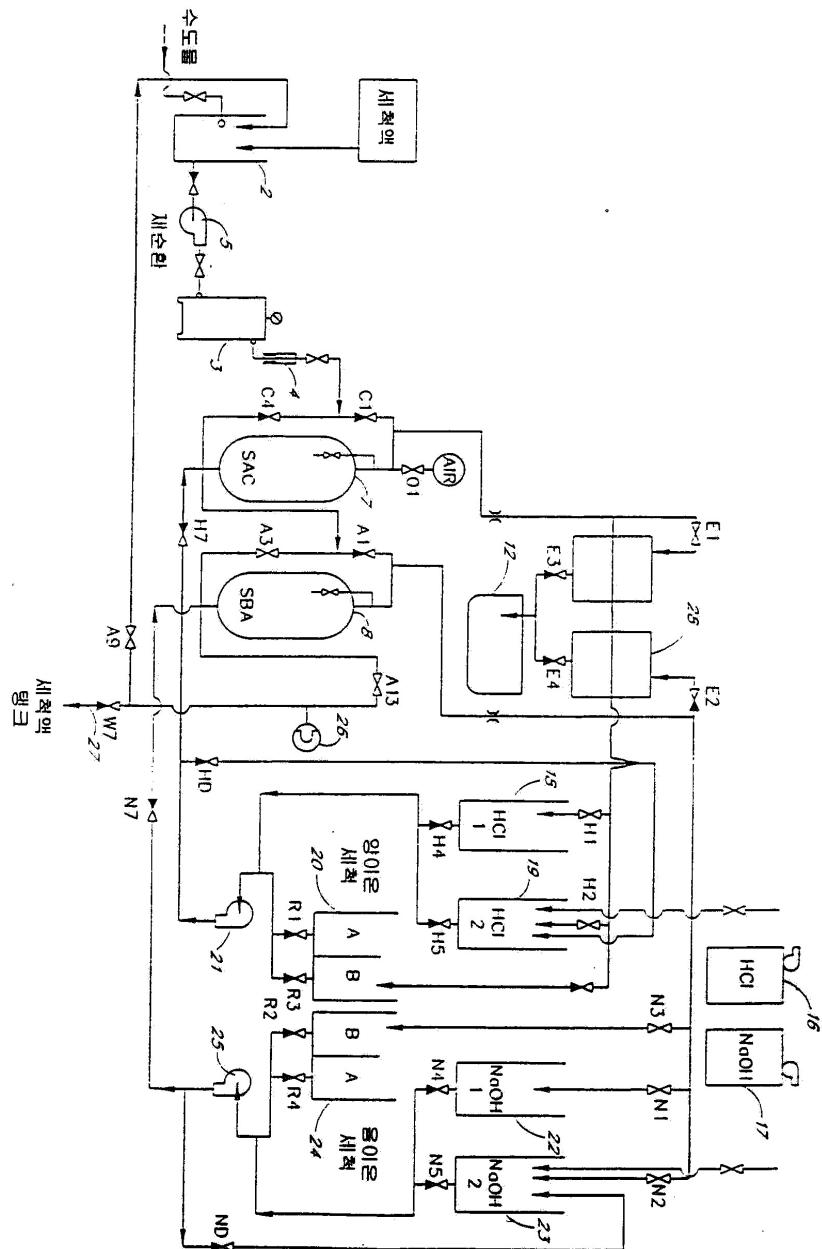
상기 음이온 교환 베드에 선행하는 약염기 음이온 교환 베드; 및

상기 음이온 교환 베드에 후행하는 약산 양이온 교환 베드 중의 하나 또는 2 이상의 베드를 포함하고,

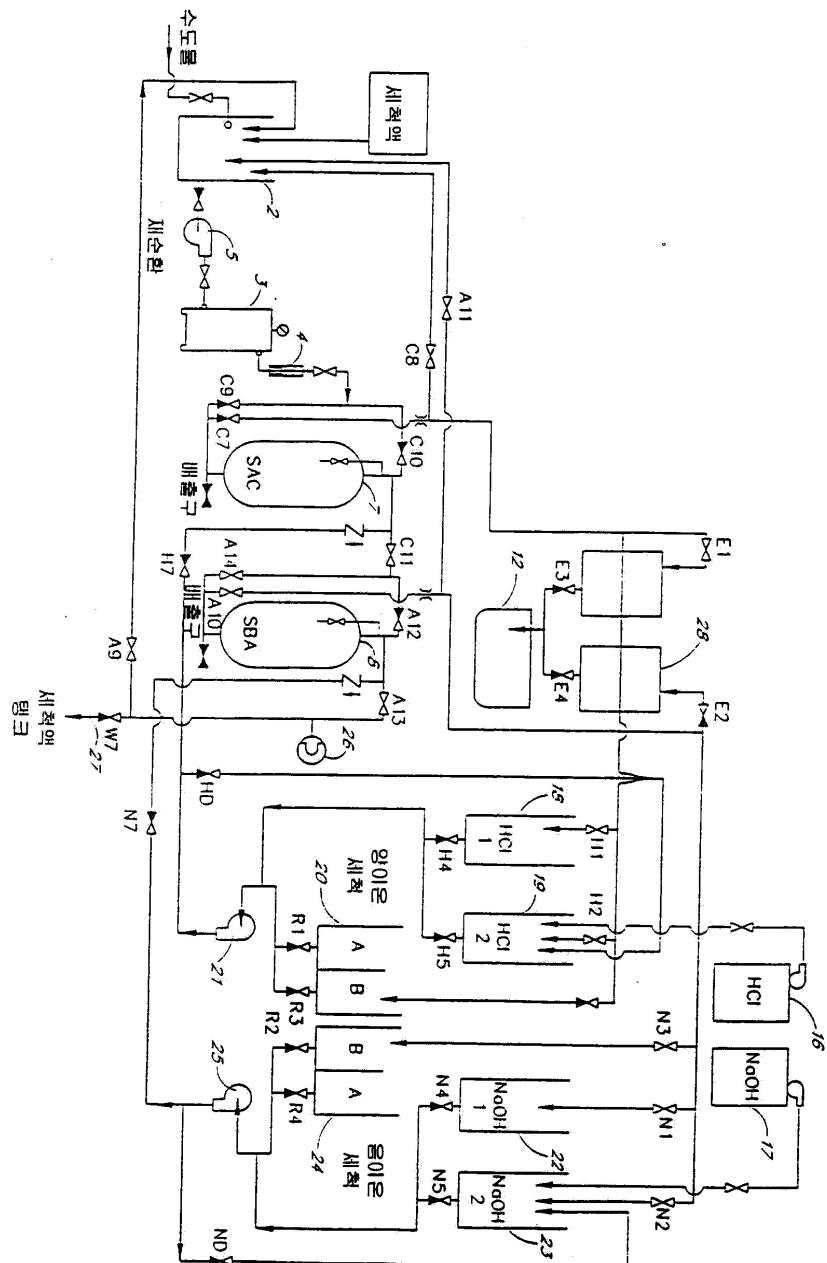
(ii) 단계 내지 (vi) 단계에 대응하는 단계가 수행될 수 있고, (vii) 단계에서 상기 최종 세척액이 상기 하나 또는 2이상의 베드를 거쳐 연속적으로 더욱 순환되도록 상기 하나 또는 2이상의 베드가 장치에 통합되는 것을 특징으로 하는 탈이온 및 재생 시스템용 장치.

도면

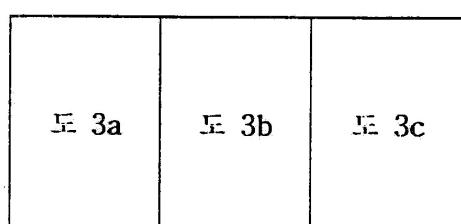
도면1



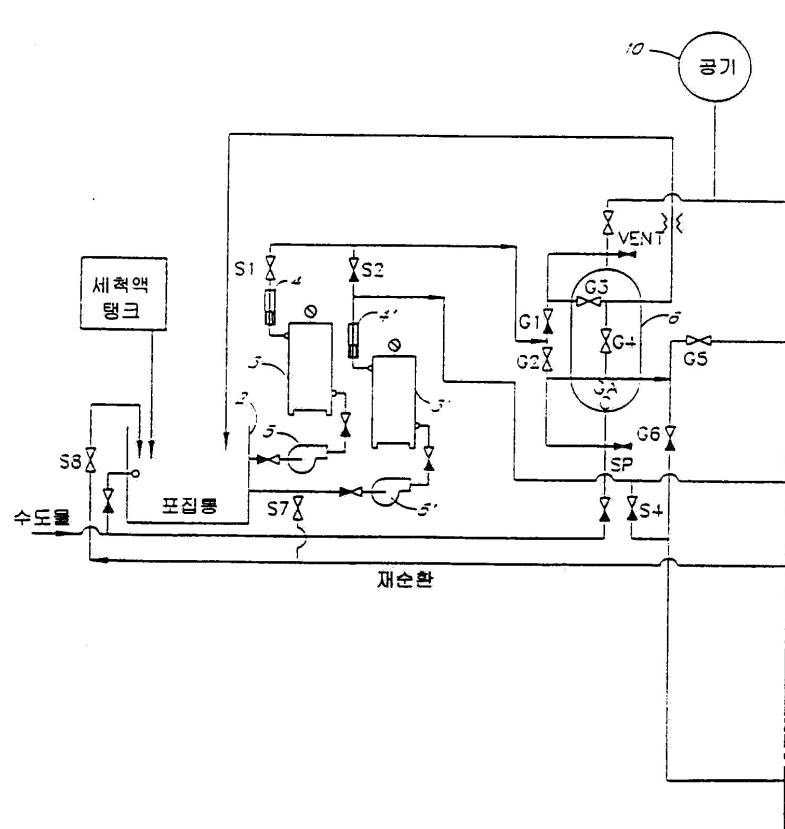
도면2



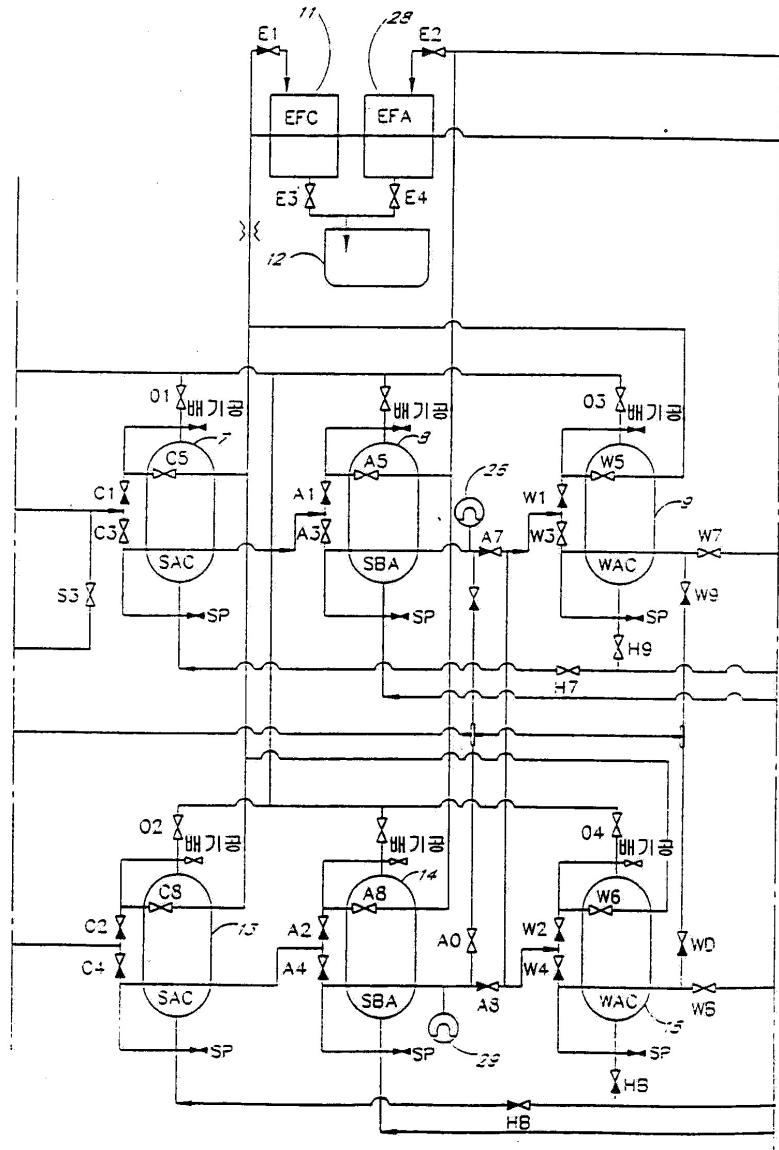
도면3



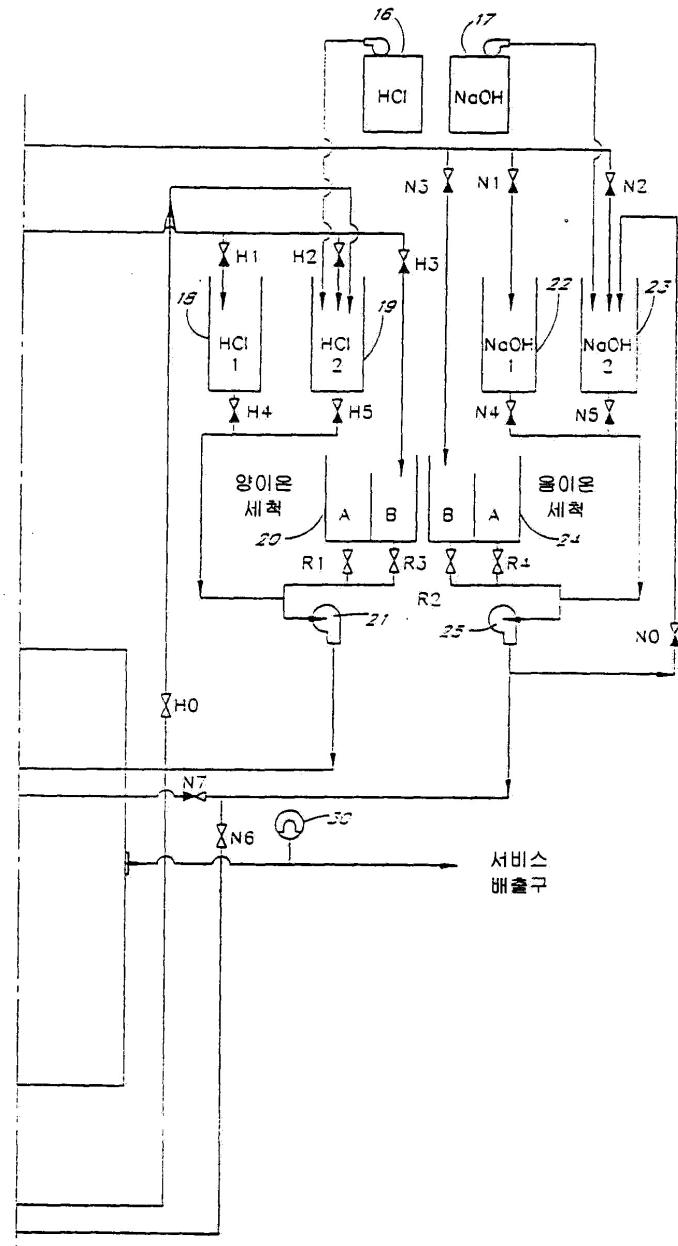
도면3a



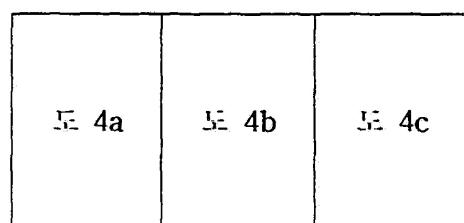
도면3b



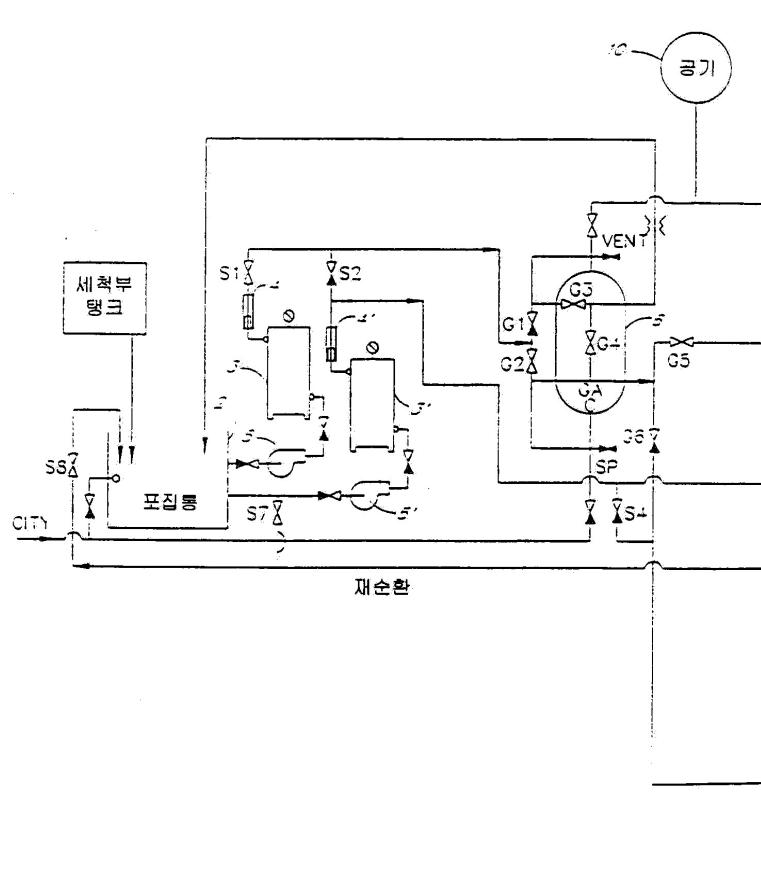
도면3c



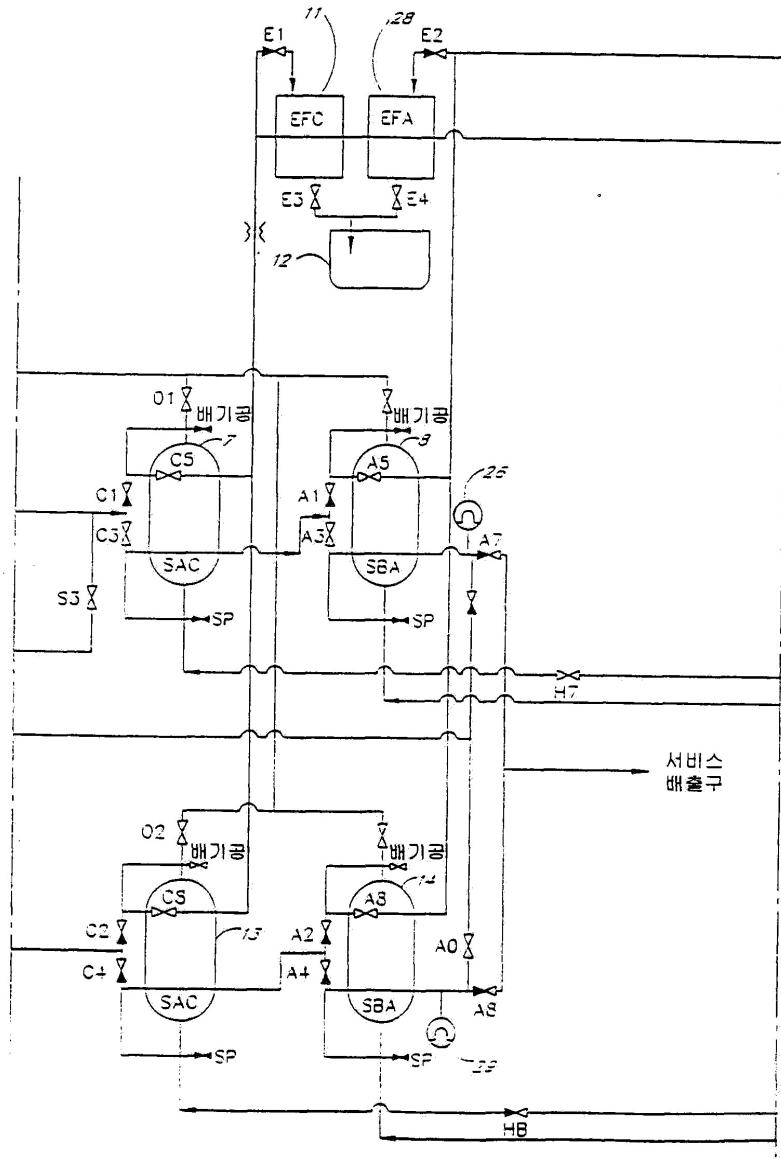
도면4



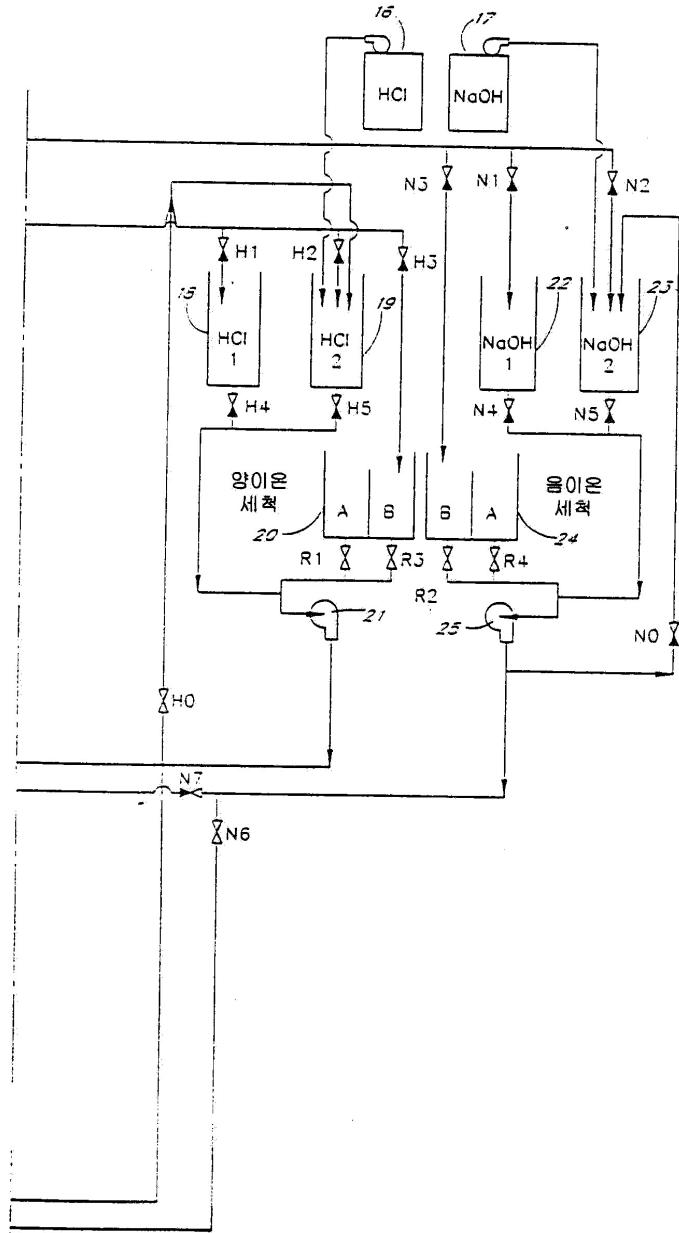
### 도면4a



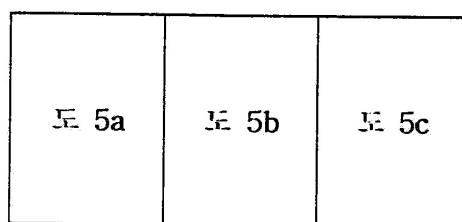
도면4b



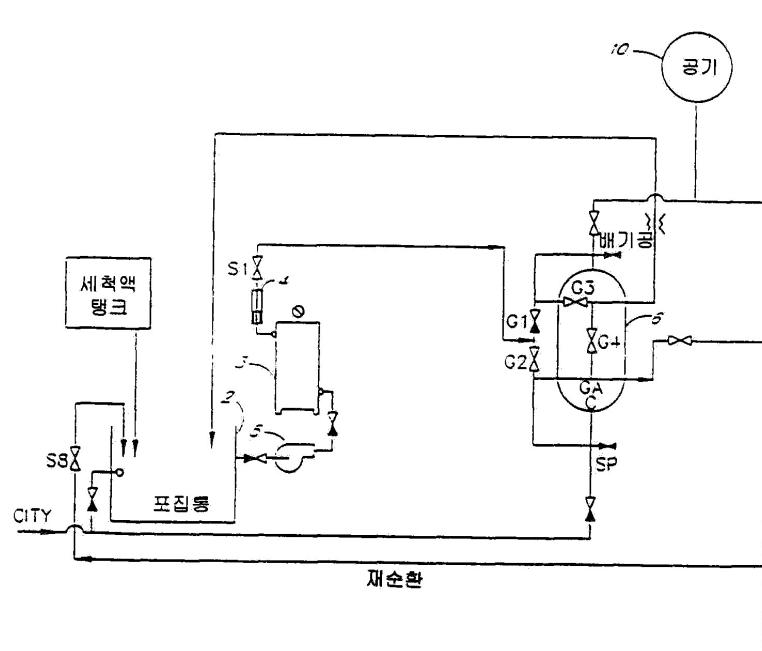
### 도면4c



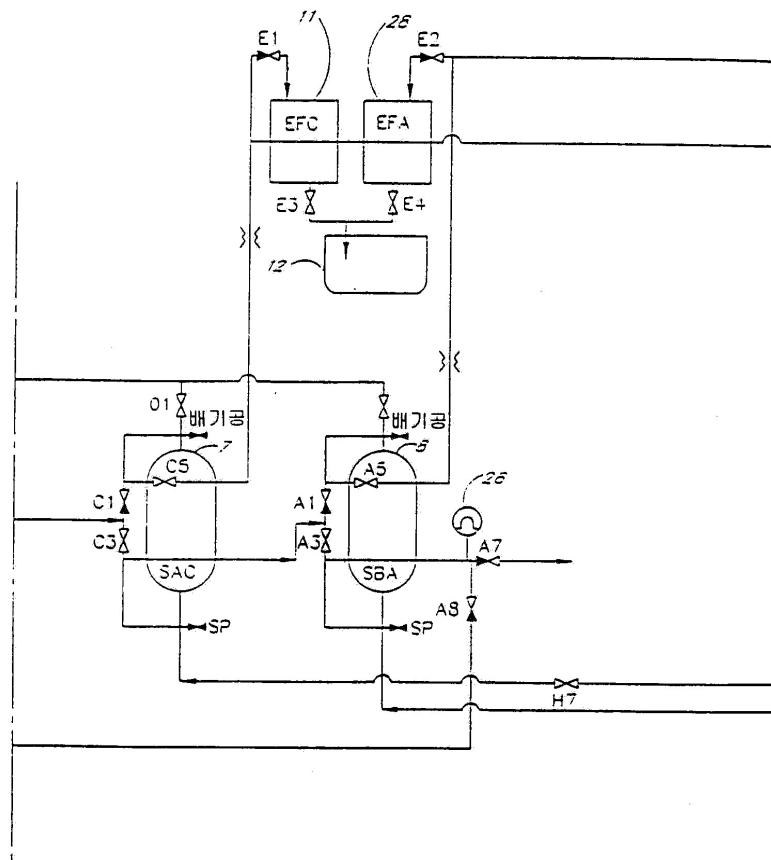
## 도면5



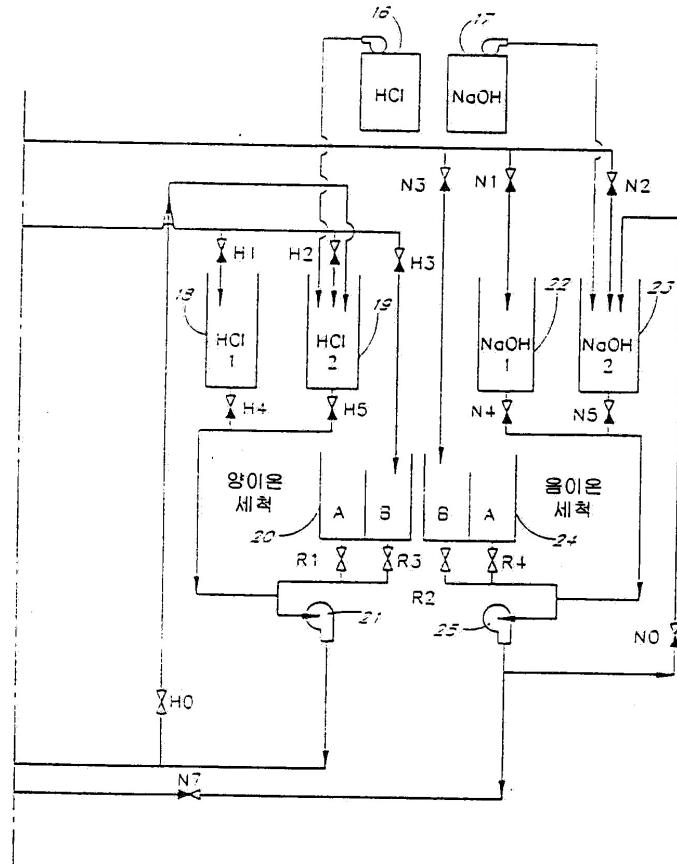
## 도면5a



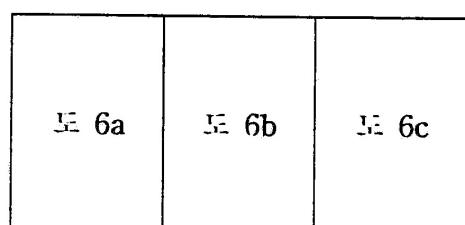
### 도면5b



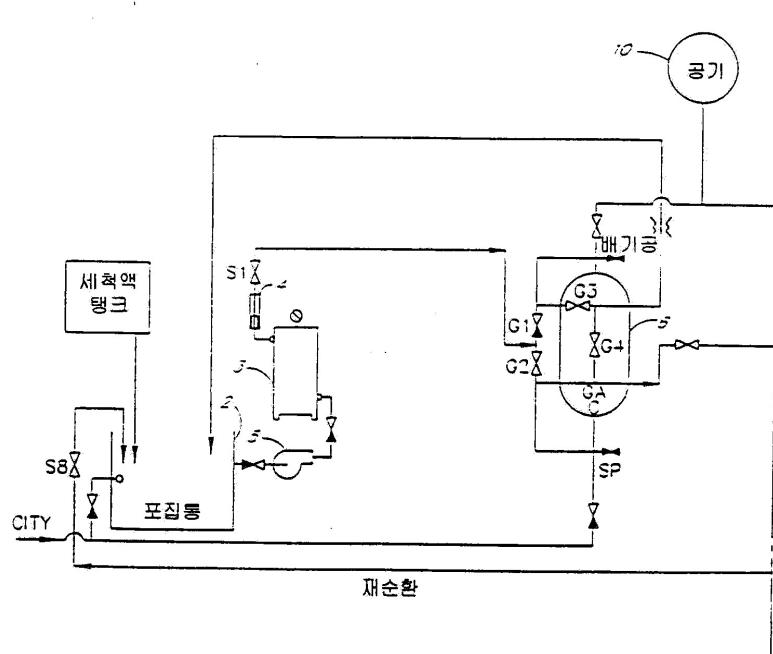
도면5c



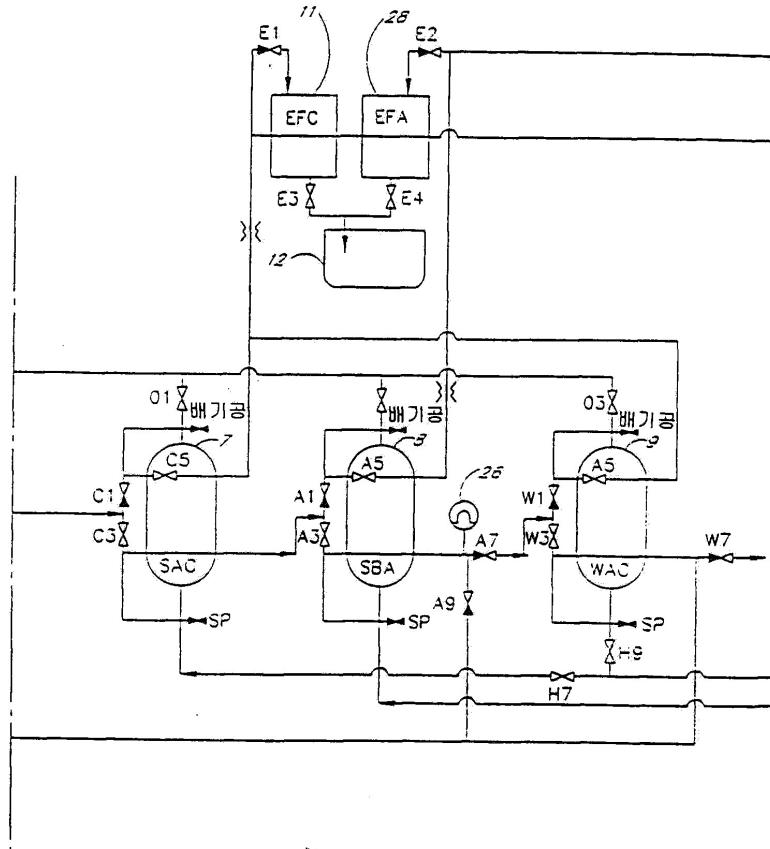
도면6



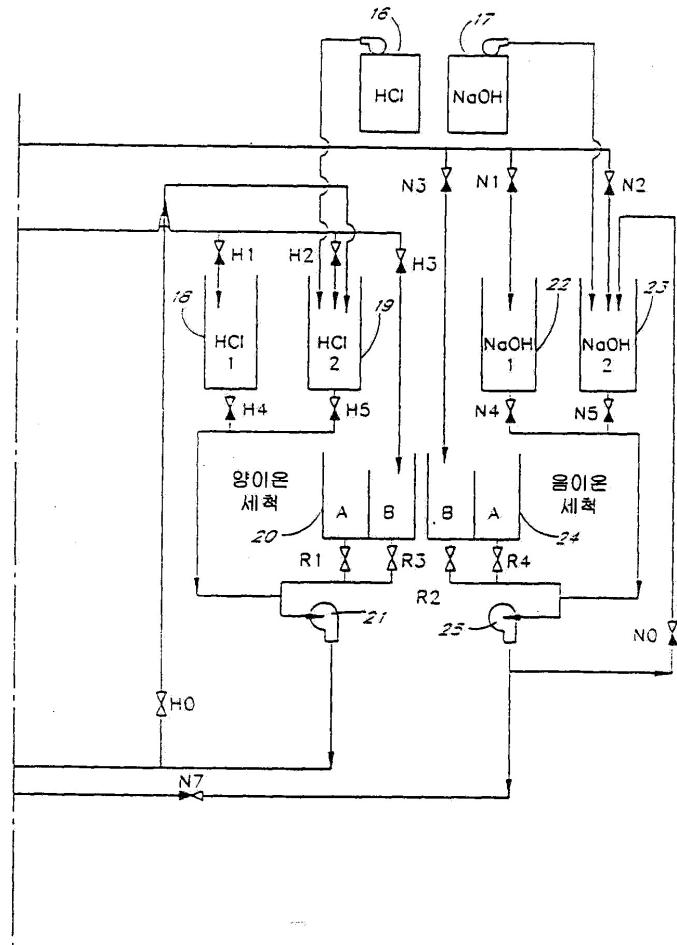
### 도면6a



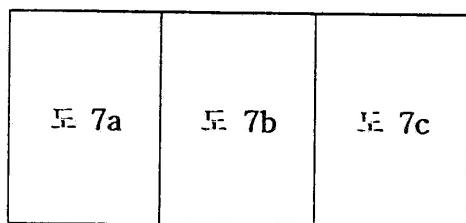
### 도면6b



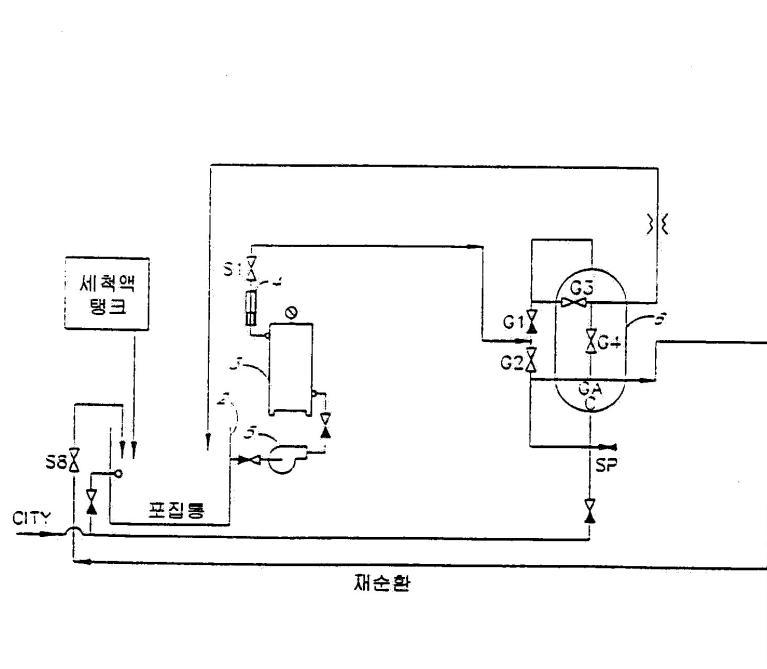
도면6c



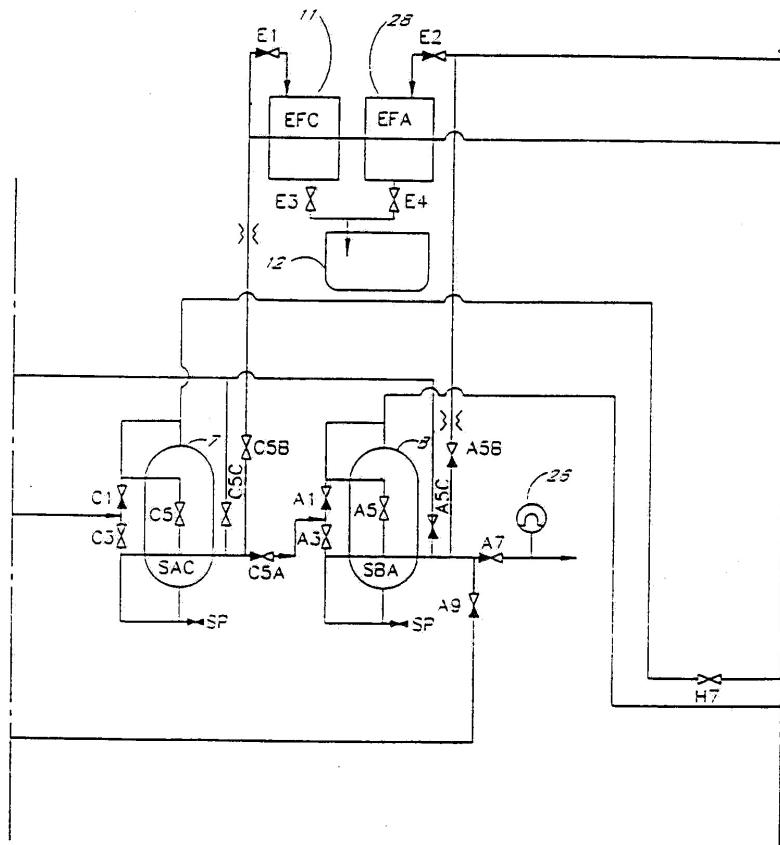
도면7



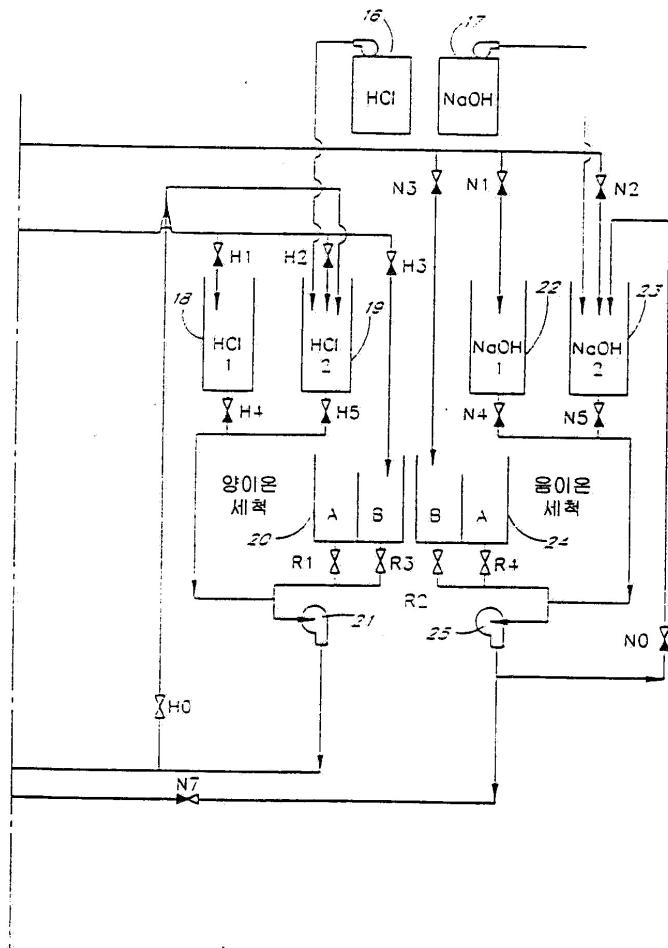
### 도면7a



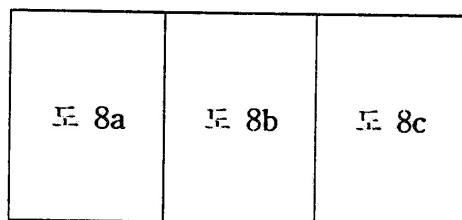
### 도면 7b



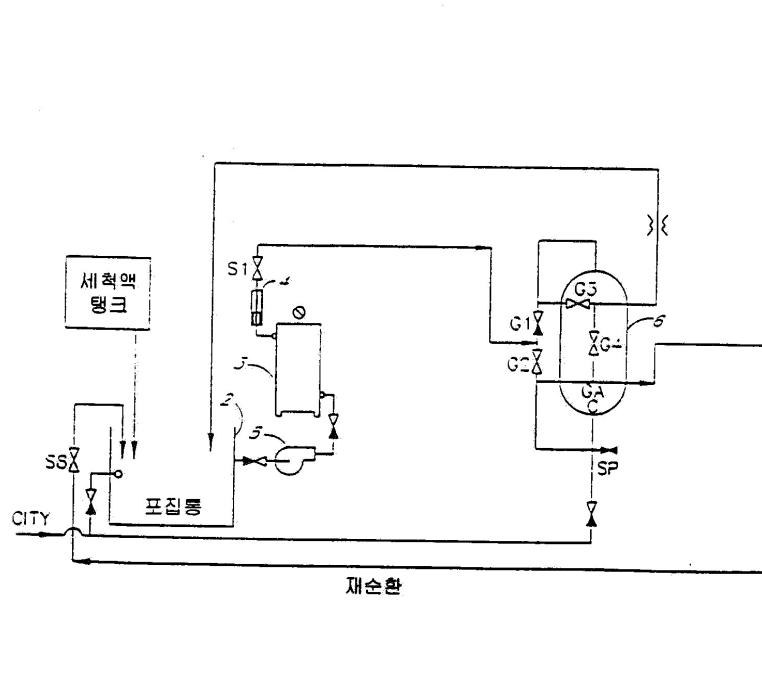
### 도면 7c



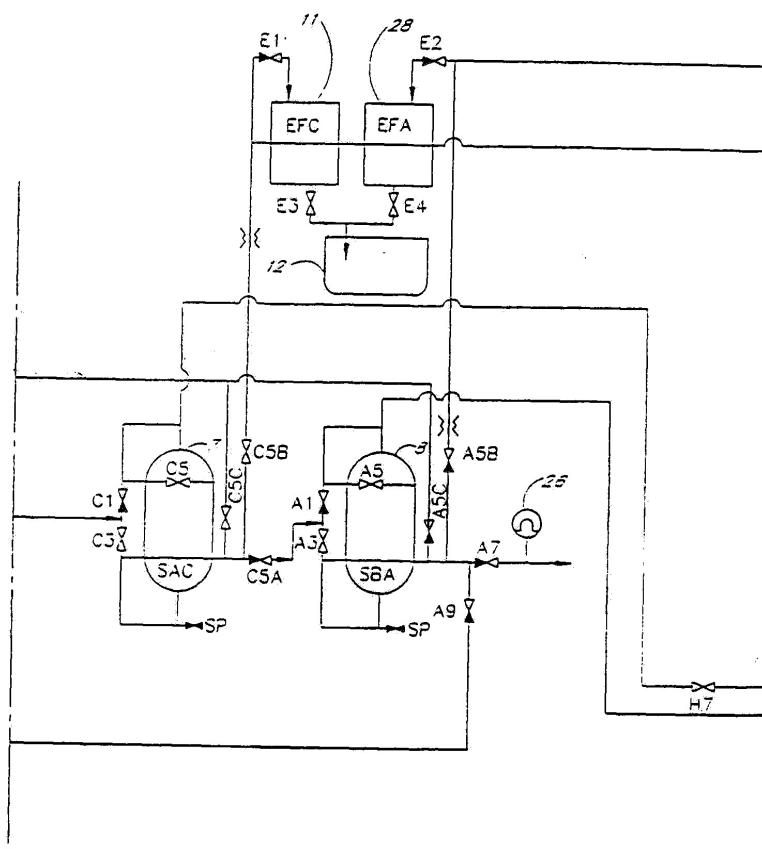
## 도면8



도면8a



도면8b



도면8c

