



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년01월18일
(11) 등록번호 10-1585933
(24) 등록일자 2016년01월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22B 3/42 (2006.01) C22B 26/10 (2006.01)
C22B 26/12 (2006.01) C22B 3/20 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22B 3/42 (2013.01)
C22B 26/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0114333
(22) 출원일자 2015년08월13일
심사청구일자 2015년08월13일
(56) 선행기술조사문헌
KR101136816 B1
KR1020100057520 A
KR101536961 B1
KR101335364 B1

(73) 특허권자
한국지질자원연구원
대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)
(72) 발명자
류태공
대전광역시 유성구 은구비남로 56, 901동 1205호
(노은동, 열매마을9단지)
김병규
대전광역시 유성구 배울2로 61, 1011동 1601호 (관평동, 대덕테크노밸리10단지아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김순웅

전체 청구항 수 : 총 6 항

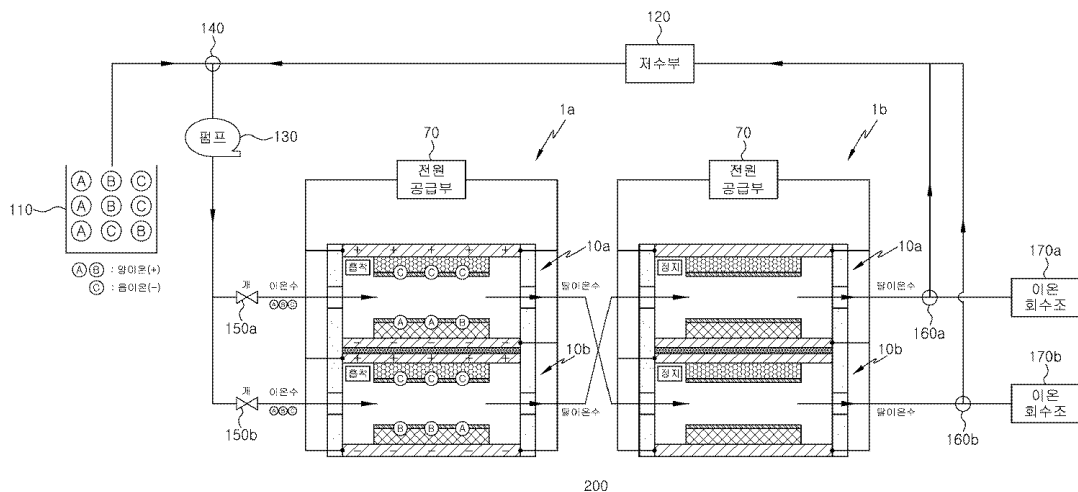
심사관 : 김준규

(54) 발명의 명칭 다중 이온 회수 시스템

(57) 요약

본 발명은 다중 이온 회수 시스템에 관한 것으로, 음이온만을 전기적으로 흡착시키는 제1전극부와, 양이온들 중 회수 대상 양이온을 흡착하기 위한 흡착제층이 형성된 제2전극부를 구비하는 복수의 흡착 채널이 병렬로 배치되고, 각각의 상기 흡착 채널에는 전기가 개별적으로 인가되는 이온 흡착조; 상기 이온 흡착조에서 배출된 액체가 저장되는 저수부; 상기 모액 또는 상기 저수부에 저장된 액체를 순환시키는 펌프; 및 상기 회수대상 양이온을 함유하는 액체가 저장되는 이온 저장조를 포함하는 것을 특징으로 하는 다중 이온 회수 시스템을 제공한다. 이러한 본 발명은 일관공정을 통해 회수 대상 이온을 연속적으로 회수할 수 있어 시스템의 운영 효율이 높다는 효과가 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

C22B 26/12 (2013.01)

C22B 3/0098 (2013.01)

(72) 발명자

류정호

대전광역시 유성구 어은로 57, 115동 505호 (어은동, 한빛아파트)

박인수

충청남도 계룡시 장안1길 9, 101동 203호 (금암동, 신성미소지움1차아파트)

홍혜진

대전광역시 유성구 봉명로 94, 704동 1903호 (봉명동, 도안신도시7단지예미지백조의호수)

정강섭

대전광역시 유성구 엑스포로123번길 65-38, 203동 1301호 (도룡동, 스마트시티주상복합아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GP2015-007

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 국가과학기술연구회

연구사업명 한국지질자원연구원 주요사업

연구과제명 해수 스트론튬 자원 회수를 위한기초연구

기여율 1/1

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2015.01.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

음이온만을 전기적으로 흡착시키는 제1전극부와, 양이온들 중 회수 대상 양이온을 흡착하기 위한 흡착제층이 형성된 제2전극부를 구비하는 복수의 흡착 채널이 병렬로 배치되고, 각각의 상기 흡착 채널에는 전기가 개별적으로 인가되는 이온 흡착조;

상기 이온 흡착조에서 배출된 액체가 저장되는 저수부;

이온이 함유된 모액 또는 상기 저수부에 저장된 액체를 순환시키는 펌프; 및

상기 이온 흡착조를 거쳐 상기 회수대상 양이온을 함유하는 액체가 저장되는 이온 회수조를 포함하고,

복수의 상기 흡착 채널에 각각 구비되는 상기 제2전극부에는 서로 다른 종류의 흡착제층이 형성되며,

상기 이온 흡착조에 구비되는 상기 흡착 채널들의 수는 회수 대상 이온종의 수와 동일하거나 많은 것을 특징으로 하는 다중 이온 회수 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 이온 흡착조는 전후로 배치된 이온 흡착조들이 서로 연통되도록 복수 개가 구비되고, 복수의 상기 이온 흡착조들의 수는 회수 대상 이온종의 수와 동일한 것을 특징으로 하는 다중 이온 회수 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

후단의 상기 이온 흡착조를 통과하는 액체는 전단의 상기 이온 흡착조에서는 통과하지 않았던 이종의 상기 흡착 채널로 유입되는 것을 특징으로 하는 다중 이온 회수 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 이온 흡착조는

복수의 상기 흡착 채널들을 전기적으로 절연시키는 부도체; 및

각각 상기 흡착 채널에 개별적으로 전기를 인가시키는 전원 공급부를 구비하는 것을 특징으로 하는 다중 이온 회수 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제1전극부는 전기가 인가되는 집전판, 상기 집전판에 코팅되는 다공성 탄소전극 및 상기 다공성 탄소전극에 부착되는 음이온 교환막을 구비하고,

상기 제2전극부는 전기가 인가되는 집전판, 상기 집전판에 코팅되는 흡착제층 및 상기 흡착제층에 부착되는 양

이온 교환막을 구비하며,

상기 양이온 교환막과 상기 음이온 교환막은 서로 마주보도록 배치된 것을 특징으로 하는 다중 이온 회수 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 흡착제층은

특정 양이온을 흡착하기 위한 흡착제분말과 활성 카본이 혼합된 혼합물로 형성되거나, 상기 흡착제분말과 상기 활성 카본으로 이루어지는 2중층 구조로 형성되는 것을 특징으로 하는 다중 이온 회수 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 다중 이온 회수 시스템에 관한 것이다. 더욱 상세하게는 다양한 이온이 함유되어 있는 해수 등의 수용액으로부터 다종의 특정 유가금속 이온을 일관공정을 통해 선택적으로 회수하기 위한 다중 이온 회수 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 이슈화되고 있는 유가금속 광물자원의 고갈 문제는 가까운 미래에 인류문명 발전의 걸림돌이 될 것으로 예상되고 있다.

[0003] 예를 들어 스트론튬은 화학 및 세라믹 산업의 전반에 광범위하게 활용되는 자원이지만, 국내 광산이 전무하며 거의 전량 수입에 의존하고 있는 실정이며, 추정되는 스트론튬 매장량은 세계적으로도 많지 않아 가격상승을 고려하더라도 가채년수가 10~30년 정도로 예상되고 있어 고갈성이 매우 높은 것으로 평가되고 있다.

[0004] 하지만, 해수 중 스트론튬의 함유량은 8mg/L 정도로 파악되고 있으며, 이를 바탕으로 해수의 총량을 고려했을 때 스트론튬의 해수 매장량은 거의 무한대인 것으로 알려져 있다. 따라서, 국내외적으로 해수에서 스트론튬을 추출하기 위한 기술의 개발에 지대한 노력을 기울이고 있으며, 최근의 몇몇 기술은 해수에서 스트론튬을 추출하는데 소기의 성과를 나타내기도 하였다.

[0005] 또한, 리튬 광물자원의 경우 우리나라 경제성장에 큰 역할을 담당하고 있는 휴대전화와 노트북, 캠코더 등의 각종 IT관련 제품이나 전자제품뿐만 아니라, 하이브리드(hybrid) 전기자동차에 꼭 필요한 2차 전지의 원료이며, 항공기용 특수합금과 핵융합 발전용 연료 등에 이용되는 국가 전략 금속이다.

[0006] 이러한 리튬 광물자원의 경제성을 감안한 육상 채광물량은 전 세계적으로 410만여톤에 불과하며 앞으로 10년 이내 고갈이 예상되는 희귀자원이다.

[0007] 종래의 자연으로부터 리튬 자원을 회수하는 기술은 크게 베소 및 황산을 이용하여 광석으로부터 침출하여 회수하는 방법, 자연증발되는 염호로부터 회수하는 방법 및 해수로부터 추출하는 방법 등이 있다.

[0008] 그런데, 리튬 자원은 일부 국가에만 편중되어 있고 리튬 매장량이 극미한 우리나라에서 광석 및 염호로부터 리튬을 채취하는 방법을 적용하는 것은 현실적으로 불가능하다. 그러나, 해수 용존자원 중에서 리튬은 0.17mg/l의 미량으로 존재할지라도 전체 용존량은 2,300억 톤으로 엄청난 양이 존재하는 것으로 알려져 있다.

[0009] 이와 같이 해수 중에는 현대 인류의 삶을 지속하는데 필요한 용존자원이 매우 많이 함유되어 있다. 따라서, 해수에 용존해 있는 특정 유가금속 이온만을 선택적으로 추출할 수 있는 광물 회수 기술은 해외 자원 의존도를 낮추고 안정적인 자원 공급을 가능하게 함으로써 우리나라 경제의 성장 동력으로서의 가치가 충분하고 지속적인 미래 국가 경제 발전을 위해 매우 중요한 기술이다.

[0010] 해수로부터 유가금속의 회수 기술과 관련된 종래의 기술들은 대부분 특정 금속 이온에 대한 선택적인 제거를 위한 무기 혹은 유기물질의 이온 교환 및 흡착 기술들에 중점을 두고 개발이 진행되고 있다.

[0011] 그런데, 이러한 종래의 해수 중의 이온 회수 기술들은 해수에 함유된 단일의 이온종만을 회수하기 위한 것들로서, 다종의 이온을 함유하고 있는 해수 등의 모액에서 단일종의 이온만을 회수할 수 있기 때문에 비효율적이고,

종래의 시스템을 이용해서 다종의 이온을 흡착 및 회수하기 위해서는 각각의 이온을 회수하기 위한 복수의 시스템을 별도로 설치해야 한다는 점에서 비경제적이라는 단점이 있다.

[0012] 또한, 상기와 같은 종래의 이온 회수 기술은 단일의 특정 이온에 대한 회수효율을 높이기 위해 다수의 장치를 직렬로 배치하기도 하는데, 이러한 구성을 갖는 종래의 이온 회수 기술은 흡착되지 않은 이온을 제거하기 위해 공급되는 탈이온수(세척수)가 방류되어 양이 부족해질 경우 회수 대상 이온의 회수 공정에서 필요한 탈이온수의 공급량이 충분하지 않게 되어 회수효율이 저하되고, 흡착공정이 완료된 셀로부터 이온을 회수할 때 직렬로 연결된 시스템 전체의 운영을 중단시켜야 하기 때문에 운영의 효율성도 크게 저하되는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0013] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1442143호(2014.09.12.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 발명은 상기한 문제를 해결하기 위해 단일의 시스템을 이용하여 다종의 이온을 회수할 수 있으며, 이온의 회수 또는 세척을 위한 탈이온수(세척수)를 충분히 공급할 수 있고, 흡착공정이 완료된 채널에서 이온 회수 공정을 진행하더라도 다른 채널에서 이온 흡착공정의 연속성을 유지하여 시스템의 운영 효율이 높은 다종 이온 회수 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0015] 상기한 목적을 달성하기 위해 본 발명은 음이온만을 전기적으로 흡착시키는 제1전극부와, 양이온들 중 회수 대상 양이온을 흡착하기 위한 흡착제층이 형성된 제2전극부를 구비하는 복수의 흡착 채널이 병렬로 배치되고, 각각의 상기 흡착 채널에는 전기가 개별적으로 인가되는 이온 흡착조; 상기 이온 흡착조에서 배출된 액체가 저장되는 저수부; 상기 모액 또는 상기 저수부에 저장된 액체를 순환시키는 펌프; 및 상기 회수대상 양이온을 함유하는 액체가 저장되는 이온 저장조를 포함하는 것을 특징으로 하는 다종 이온 회수 시스템을 제공한다.

[0016] 이때, 복수의 상기 흡착 채널에 각각 구비되는 상기 제2전극부에는 서로 다른 종류의 흡착제층이 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 상기 이온 흡착조에 구비되는 상기 흡착 채널들의 수는 회수 대상 이온종의 수와 동일하거나 많은 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 상기 이온 흡착조는 전후로 배치된 이온 흡착조들이 서로 연통되도록 복수 개가 구비되고, 복수의 상기 이온 흡착조들의 수는 회수 대상 이온종의 수와 동일한 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 후단의 상기 이온 흡착조를 통과하는 액체는 전단의 상기 이온 흡착조에서는 통과하지 않았던 이종의 상기 흡착 채널로 유입되는 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 상기 이온 흡착조는 복수의 상기 흡착 채널들을 전기적으로 절연시키는 부도체; 및 각각 상기 흡착 채널에 개별적으로 전기를 인가시키는 전원 공급부를 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 이때, 상기 제1전극부는 전기가 인가되는 집전판, 상기 집전판에 코팅되는 다공성 탄소전극 및 상기 다공성 탄소전극에 부착되는 음이온 교환막을 구비하고, 상기 제2전극부는 전기가 인가되는 집전판, 상기 집전판에 코팅되는 흡착제층 및 상기 흡착제층에 부착되는 양이온 교환막을 구비하며, 상기 양이온 교환막과 상기 음이온 교환막은 서로 마주보도록 배치된 것을 특징으로 한다.

[0022] 이때, 상기 흡착제층은 특정 양이온을 흡착하기 위한 흡착제분말과 활성 카본이 혼합된 혼합물로 형성되거나, 상기 흡착제분말과 상기 활성 카본으로 이루어지는 2중층 구조로 형성될 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명은 단일의 시스템을 이용하여 다종의 이온을 회수할 수 있으며, 이온의 회수공정에서 필요한 탈이온수

(세척수)를 방류하지 않고 재사용함으로써 충분한 양을 공급하면서도 환경오염을 방지할 수 있는 효과가 있다.

[0024] 또한, 회수 대상 이온의 흡착공정이 완료된 채널에서 이온 회수 공정을 진행하더라도 다른 채널에서는 작업의 독립성을 유지하여 연속적으로 이온 흡착공정을 진행 할 수 있기 때문에 시스템의 운영 효율이 우수하다는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도1은 본 발명에 따른 다중 이온 회수 시스템에 구비되는 이온 흡착조의 개략도이다.
 도2 내지 도4는 이온 흡착조를 구성하는 흡착 채널에서의 이온 흡착, 수세 및 이온 회수 공정을 설명하기 위한 도면이다.
 도5 내지 도8은 본 발명의 제1실시예에 따른 다중 이온 회수 시스템을 이용하여 이온을 흡착 및 회수하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
 도9 내지 도12는 본 발명의 제2실시예에 따른 다중 이온 회수 시스템을 이용하여 이온을 흡착 및 회수하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
 도13은 3개의 이온 흡착조가 구비된 본 발명의 다중 이온 회수 시스템에서의 이온 흡착 공정을 설명하기 위한 개략도이다.
 도14는 본 발명의 다중 이온 회수 시스템에 구비된 흡착 채널에서 회수 대상 이온의 흡착, 수세, 탈착 시 배출되는 유출수 내의 이온 전도율 변화를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세하게 설명한다. 우선 각 도면의 구성 요소들에 참조 부호를 첨가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다. 또한, 이하에서 본 발명의 바람직한 실시예를 설명할 것이나, 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정하거나 제한되지 않고 당업자에 의해 실시될 수 있음은 물론이다.

[0027] 도1은 본 발명에 따른 다중 이온 회수 시스템에 구비되는 이온 흡착조의 개략도이고, 도2 내지 도4는 이온 흡착조를 구성하는 흡착 채널에서의 이온 흡착, 수세 및 이온 회수 공정을 설명하기 위한 도면이며, 도5 내지 도8은 본 발명의 제1실시예에 따른 다중 이온 회수 시스템을 이용하여 이온을 흡착 및 회수하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0028] 이하, 도1 내지 도8을 참고하여 본 발명의 제1실시예에 따른 다중 이온 회수 시스템(100)을 설명한다.

[0029] 본 발명의 제1실시예에 따른 다중 이온 회수 시스템(100)은 1개의 이온 흡착조(1)를 구비하며 이와 함께 모액 저장조(110), 저수부(120), 펌프(130), 유입밸브(140), 개폐밸브(150), 배출밸브(160) 및 이온 회수조(170)를 포함한다.

[0030] 이온 흡착조(1)는 해수 등의 모액에 함유된 이온들을 전기적으로 흡착 및 분리함으로써 특정 양이온을 회수할 수 있도록 한다.

[0031] 모액 저장조(110)는 다량의 이온이 함유된 해수 등의 모액이 저장되는 곳이다.

[0032] 저수부(120)에는 이온 흡착조(1)에서 흡착되지 않은 타 이온들을 제거하기 위한 세척액 또는 이온 흡착조(1)에서 배출된 액체가 저장된다.

[0033] 펌프(130)는 모액 저장조(110)에 저장된 이온이 함유된 모액 또는 저수부(120)에 저장된 액체를 순환시킨다.

[0034] 이온 회수조(170)는 이온 흡착조(1)에서 흡착, 세척 및 회수 공정을 거쳐 회수대상 양이온을 함유하고 있는 액체가 저장된다.

[0035] 그리고, 유입밸브(140), 개폐밸브(150) 및 배출밸브(160)는 이온 흡착조(1), 모액 저장조(110), 저수부(120), 이온 회수조(170) 사이의 유로를 변경 또는 개폐시키는 역할을 한다.

[0036] 구체적으로 이온 흡착조(1)는 음이온만을 전기적으로 흡착시키는 제1전극부(20)와, 양이온들 중 회수 대상 양이온을 흡착하기 위한 흡착제층(34)이 형성된 제2전극부(30)를 구비하는 복수의 흡착 채널(10)이 병렬로

배치되고, 각각의 흡착 채널(10)에는 전기가 개별적으로 인가되도록 구성된다.

- [0037] 구체적으로 이온 흡착조(1)는 도1에 도시된 바와 같이 복수의 흡착 채널(10)들이 병렬로 배치되고, 흡착 채널(10)들 사이에는 흡착 채널(10)들을 전기적으로 절연시키는 부도체(50)가 개재된다.
- [0038] 이와 같이 부도체(50)에 의해 절연되어 독립적인 유로를 형성하는 흡착 채널(10)들은 유로의 입구 및 출구측에 각각 입수구(62)와 출수구(64)가 구비된 하우징(60)이 설치되어 기구적으로 연결된다.
- [0039] 또한, 각각 흡착 채널(10)에는 개별적으로 전기가 인가되어 다른 흡착 채널(10)에서 진행되는 공정과는 별개로 독립적인 공정을 진행할 수 있는데, 이를 위해 이온 흡착조(1)는 전원 공급부(70)를 구비한다.
- [0040] 이때, 전원 공급부(70)는 각각의 흡착 채널(10)에 개별적으로 전기를 인가시킬 수 있는 다채널 파워서플라이(multi-channel power supply)로 구현되는 것이 바람직하다.
- [0041] 한편, 각각의 흡착 채널(10)은 액체가 투과되는 유로를 이루며, 투과되는 액체에 함유된 이온을 전기적으로 흡착 또는 탈착(분리)시킴으로써 유가금속 이온 등의 회수 대상 양이온만을 선택적으로 회수할 수 있도록 한다.
- [0042] 구체적으로 흡착 채널(10)의 제1전극부(20)는 전기가 인가되는 집전판(22), 집전판(22)에 코팅되는 다공성 탄소전극(24) 및 다공성 탄소전극(24)에 부착되는 음이온 교환막(26)을 구비한다.
- [0043] 또한, 제2전극부(30)는 전기가 인가되는 집전판(32), 집전판(32)에 코팅되는 흡착제층(34) 및 흡착제층(34)에 부착되는 양이온 교환막(36)을 구비한다.
- [0044] 이때, 제1전극부(20)와 제2전극부(30)의 음이온 교환막(26)과 양이온 교환막(36)은 서로 마주보도록 배치되고, 제1전극부(20)와 제2전극부(30) 사이에는 제1전극부(20)와 제2전극부(30)를 전기적으로 절연시키고 액체를 투과시키는 투수층(40)이 형성된다.
- [0045] 여기서, 흡착제층(34)은 회수 대상 양이온을 흡착하기 위한 흡착제분말과 활성 카본이 혼합된 혼합물로 형성되거나, 흡착제분말과 활성 카본으로 이루어지는 2중층 구조로 형성될 수 있다.
- [0046] 투수층(40)은 양 전극부(20,30) 사이에 간극을 만들어 이온이 함유된 수용액을 이동시킬 수 있는 물질이라면 어떤 재질로 형성하여도 무방하며, 예를 들면 30~300메쉬(mesh) 크기의 간극을 갖는 나일론 재질의 부직포로 형성할 수 있다.
- [0047] 도2 내지 도4는 이온 흡착조를 구성하는 흡착 채널에서의 이온 흡착, 수세 및 이온 회수 공정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0048] 이하, 도2 내지 도4를 참고하여 하나의 흡착 채널(10)에서 회수 대상 양이온을 흡착 및 회수하는 과정을 설명한다. 여기에서는 회수 대상 양이온이 스트론튬 이온(Sr^{2+})인 것으로 가정하였다.

[0049] **-흡착 공정-**

- [0050] 먼저, 전원공급부(70)를 통해 각 전극부(20,30)에 전원을 공급하되, 도2에 도시된 바와 같이 제1전극부(20)의 집전판(22)은 양극(+)으로, 제2전극부(30)의 집전판(32)은 음극(-)으로 하여 전압을 인가한다.
- [0051] 그리고나서 유가 금속이온이 용존되어 있는 해수 등의 수용액을 제1전극부(20)와 제2전극부(30) 사이의 투수층(40)으로 흘려 보내면, 수용액에 용해되어 있는 전해질 중 양이온과 음이온이 정전기적 인력을 받아 각각 반대로 하전된 집전판(22,32) 쪽으로 이동하게 된다.
- [0052] 이때, 제2전극부(30)로 이동한 양이온은 양이온 교환막(36)을 거쳐 특정 이온에 대한 고선택성을 가지는 흡착제층(34), 다시 말해 여기서는 스트론튬에 대한 고선택적 흡착능이 뛰어난 제올라이트 등의 물질로 이루어진 흡착제층(34)으로 스트론튬 이온이 흡착된다.

[0053] **-수세 공정-**

- [0054] 다음으로 도3에 도시된 바와 같이 제1전극부(20)와 제2전극부(30)에 걸린 전압을 0V로 낮추거나 방전시키면 흡착 채널(10)의 정전기적 인력이 사라지게 되어 각 전극부(20,30)로 이동하였던 이온들은 흡착 채널(10)로 유입되는 탈이온수(fresh water) 등의 세척수로 확산되고, 이온이 확산된 유체는 흡착 채널(10)에서 배출된다.

- [0055] 이때, 제2전극부(30)의 흡착제층(34)에 흡착된 회수 대상 양이온, 즉 스트론튬 이온은 흡착제층(34)에 고정된 상태를 유지하고, 다시 유체로 확산되지 않기 때문에 다른 양이온과 분리된다.
- [0056] **-회수 공정-**
- [0057] 마지막으로 도4에 도시된 바와 같이 전원 공급부(70)를 조작하여 도2에서와는 반대로 제1전극부(20)의 집전판(22)을 음극(-)으로, 제2전극부(30)의 집전판층(32)을 양극(+)로 하여 전압을 인가한 후, 탈이온수를 유입시킨다.
- [0058] 이렇게 하면 흡착제층(34)에 고정되어 있던 스트론튬 이온이 제1전극부(20) 방향으로 정전기적 인력을 받아 이동하면서 흡착제층(34)으로부터 분리되어 탈이온수로 유출된다.
- [0059] 이때, 탈이온수로 유출된 스트론튬 이온은 음이온만을 선택적으로 투과시킬 수 있는 음이온 교환막(26)에 의해 제1전극부(20)의 내부까지는 이동하지 못하고, 마찬가지로 제1전극부(20)에서 탈이온수로 유출된 음이온들은 양이온 교환막(36)에 의해 제2전극부(30)의 내부까지 이동하지 못하게 된다. 따라서, 탈이온수로 유출된 이온들은 다시 각 전극부(20,30)로 유입되지 않고 유체 속에 확산되어 외부로 배출된 후 회수되는 것이다.
- [0060] 이와 같이 이온 교환막(26,36)을 구비함으로써 이온축적에 의한 흡착 채널(10)의 효율저하를 억제할 수 있는 효과를 얻게 되는 것이다.
- [0061] 본 발명의 제1실시예에 따른 다중 이온 회수 시스템(100)은 상기와 같은 흡착 채널(10)이 복수 개 구비되고, 각 흡착 채널(10)에 개별적으로 전기가 인가됨으로써 다종의 이온을 회수할 수 있도록 한 것이다.
- [0062] 구체적으로 다종의 이온을 일관공정을 통해 회수하기 위해 이온 흡착조(1)에 구비되는 흡착 채널(10)들의 수는 회수 대상 이온종의 수와 동일하게 구비되거나, 그보다 더 많은 수로 구비된다. 예를 들어 회수 대상 이온종의 수가 2가지라면, 이온 흡착조(1)에 구비되는 흡착 채널(10)은 적어도 2개 이상 구비되어야 한다.
- [0063] 또한, 복수의 흡착 채널(10)들에 각각 구비되는 제2전극부(30)에는 흡착 및 회수하고자 하는 이온의 성분에 따라 서로 다른 종류의 흡착제층(34)이 형성된다.
- [0064] 예를 들어, 스트론튬 이온(Sr^{2+})과 리튬 이온(Li^{+})이 회수 대상 양이온인 경우 스트론튬 이온을 흡착하기 위한 흡착제층(34)은 스트론튬 흡착성을 보유한 제올라이트(zeolite)를 포함하는 물질로 형성하고, 리튬 이온을 흡착하기 위한 다른 흡착제층(34)은 리튬망간 산화물(Lithium manganese oxide)을 포함하는 물질로 형성할 수 있다.
- [0065] 이하, 도5 내지 도8을 참고하여 본 발명의 제1실시예에 따른 다중 이온 회수 시스템(100)에 의해 다종의 이온에 대한 흡착, 수세, 회수 과정을 상세히 설명한다.
- [0066] 여기서는 회수 대상 양이온의 종류가 A와 B의 2가지인 것으로 가정하였으며, C는 음이온을 나타낸다.
- [0067] 회수 대상 양이온의 종류가 2종류인 것에 따라 이온 흡착조(1)에 구비되는 흡착 채널(10)의 수는 2개인 것으로 하였으나, 흡착 채널(10)의 수는 회수 대상 이온종의 수 이상으로 구비되어도 무방하다.
- [0068] 도5는 본 발명의 제1실시예에 따른 다중 이온 회수 시스템(100)을 이용하여 회수 대상 양이온(A,B)을 흡착하는 공정을 나타내고 있다.
- [0069] 구체적으로 설명하면, 먼저 전원 공급부(70)는 각각의 흡착 채널(10)에 개별적으로 전기를 인가한다. 여기서는 각각의 제2전극부(30)에 양이온을 흡착시키기 위한 공정이므로 각 흡착 채널(10a,10b)의 제1전극부(20)들은 양극(+), 제2전극부(30)들은 음극(-)으로 대전시킨다.
- [0070] 이후, 펌프(130)는 모액 저장조(110) 또는 저수부(120)에 저장된 다양한 이온이 함유된 용액을 이온 흡착조(1)로 송출시킨다.
- [0071] 이때, 모액 저장조(110)와 저수부(120) 사이에서 이온 흡착조(1)로 이어지는 유로에 배치되는 유입밸브(140)는 3방 밸브로 구현하며, 유입밸브(140)에 의한 유로 조절을 통해 모액 저장조(110) 및 저수부(120) 중 어느 하나에 저장된 이온 함유 용액이 이온 흡착조(1)로 유입될 수 있도록 한다.
- [0072] 또한, 각 흡착 채널(10a,10b)로 이온이 함유된 모액이 유입될 수 있도록 유입밸브(140)와 이온 흡착조(1) 사이,

즉 흡착 채널(10a, 10b)들의 전단에 각각 배치된 개폐밸브(150a, 150b)는 개방시킨다.

- [0073] 각각의 흡착 채널(10a, 10b)로 유입된 모액이 흡착 채널(10)을 통과하면서 모액에 함유된 이온들(A, B, C)은 전기적 인력에 의해 제1전극부(20) 또는 제2전극부(30)로 이동한다. 다시 말해 모액 속의 양이온(A, B)은 음극으로 대전된 제2전극부(30)로, 음이온(C)은 양극으로 대전된 제1전극부(20)로 이동한다.
- [0074] 이와 같이 이온들이 각 전극부(20, 30)에 흡착됨으로써 이온이 함유된 모액은 탈이온화되어 출수구(64)로 배출되며, 이온 흡착조(1)에서 이온 흡착 공정을 거쳐 배출된 탈이온수는 배출밸브(160)에 의해 저수부(120)로 송출된다.
- [0075] 여기서 각 흡착 채널(10a, 10b) 후단에는 배출밸브(160a, 160b)가 각각 구비되는데, 배출밸브(160)는 이온 흡착조(1)에서 배출된 용액을 저수부(120) 또는 이온 회수조(170)로 송출되도록 유로를 변경시키는 역할을 한다.
- [0076] 도6은 도5의 이온 흡착 공정 이후 흡착제층(34)에 흡착되지 않은 이온을 각 흡착 채널(10)에서 제거하는 수세 공정을 나타낸 것이다.
- [0077] 수세 공정 시 전원 공급부(70)는 각각의 흡착 채널(10a, 10b)에 인가하던 전기를 차단하여 이온 흡착조(1)에 전기장이 해제된 상태를 유지시킨다.
- [0078] 한편, 저수부(120)에는 이전의 흡착 공정의 이온 흡착조(10a, 10b)들에서 배출된 탈이온수가 저장되어 있고, 저수부(120)의 탈이온수는 펌프(130)에 의해 이온 흡착조(1)의 각 흡착 채널(10a, 10b)로 유입된다.
- [0079] 이때, 유입밸브(140)는 저수부(120) 측의 유로를 개방하고, 모액 저장조(110) 측의 유로는 차단함으로써 저수부(120)의 탈이온수만이 이온 흡착조(1)로 유입되도록 한다. 또한, 각 개폐밸브(150a, 150b)들은 개방된 상태를 유지한다.
- [0080] 각 흡착 채널(10a, 10b)로 탈이온수가 통과하면 각 전극부(20, 30)로 이동하였던 이온들 중 흡착되지 않은 이온들은 흡착 채널(10)로 유입되는 탈이온수(fresh water)로 확산되고, 이온이 확산된 유체는 흡착 채널(10)에서 이온을 함유한 상태로 배출된다.
- [0081] 이때, 제2전극부(30)의 흡착제층(34)에 흡착된 회수 대상 양이온(A, B)는 흡착제층(34)에 고정된 상태를 유지하기 때문에 다시 유체로 확산되지 않게 된다.
- [0082] 각 흡착 채널(10a, 10b)을 세척하고 배출된 용액은 저수부(120)로 송출된다.
- [0083] 도7은 A이온을 흡착한 첫 번째 흡착 채널(10a)에서 이온을 회수하기 위한 사전 공정을 나타낸 것이다.
- [0084] 흡착 채널(10a, 10b)에 흡착된 이온을 회수하기 위해서는 탈이온수가 공급되어야 한다. 그런데, 이전의 수세 공정에서 저수부(120)로 송출되어 저장된 용액에는 이온이 함유되어 있기 때문에 이를 다시 이온 흡착조(1)로 통과시켜 탈이온화시켜야 할 필요가 있는 것이다.
- [0085] 이를 위해 도7의 이온 회수를 위한 사전 공정에서는 첫 번째 흡착 채널(10a)을 개폐하는 개폐밸브(150a)는 폐쇄시켜 첫 번째 흡착 채널(10a)의 가동을 정지시키고, 두 번째 흡착 채널(10b)로 저수부(120)의 이온이 함유된 용액을 유입시키면서 흡착 공정을 진행한다.
- [0086] 두 번째 흡착 채널(10b)에서 배출된 탈이온수는 다시 저수부(120)로 유입시켜 이후의 이온 회수 공정에서 사용될 수 있도록 한다.
- [0087] 도8은 A이온을 흡착한 첫 번째 흡착 채널(10a)에 탈이온수를 공급하여 A이온을 회수하는 회수 공정을 도시한 것이다.
- [0088] 도7에 도시된 사전 공정에서 탈이온수가 저수부(120)에 채워지면 첫 번째 흡착 채널(10a)로 탈이온수가 유입되도록 유입밸브(140)와 개폐밸브(150a)가 개방된다.
- [0089] 이때, 전원 공급부(70)는 첫 번째 흡착 채널(10a)의 제1전극부(20)에 음극(-)을 인가시키고, 제2전극부(30)에는 양극(+)을 인가시켜 흡착제층(34)에 흡착되어 있던 양이온 A를 흡착제층(34)에서 분리시킨다.
- [0090] 분리된 A 이온은 탈이온수로 유출되어 이온 흡착조(1)의 외부로 배출되는데, 이때 배출밸브(160a)는 이온 회수조(170a)로 유로를 전환시켜 A 이온을 함유하는 용액이 이온 회수조(170a)로 송출되도록 한다.
- [0091] 이때, 두 번째 흡착 채널(10b)은 탈이온수에 의한 세척 공정을 다시 진행할 수 있으며, 필요에 따라서는 전단의 개폐밸브(150b)를 폐쇄시켜 정지 상태가 되도록 하는 것도 가능하다.

- [0092] 이후 B 이온의 회수 공정이 두 번째 흡착 채널(10b)에서 수행되도록 함으로써 하나의 시스템에서 다종의 이온을 연속적으로 회수할 수 있게 되는 것이다.
- [0093] 한편, 본 발명의 제1실시예에 따른 다중 이온 회수 시스템(100)의 이온 흡착 및 회수를 위한 유로의 개폐 또는 전환과 각 흡착 채널(10a,10b)의 전극부(20,30)에 인가되는 전기의 극성에 대한 설정 방법은 상술한 바에 국한되지 않고 사용자에게 의해 상황에 따라 자유롭게 수행될 수 있다.
- [0094] 도9 내지 도12는 본 발명의 제2실시예에 따른 다중 이온 회수 시스템을 이용하여 이온을 흡착 및 회수하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0095] 이하, 도9 내지 도12를 참고하여 본 발명의 제2실시예에 따른 다중 이온 회수 시스템(200)을 설명한다.
- [0096] 본 발명의 제2실시예에 따른 다중 이온 회수 시스템(200)은 이온 흡착조(1)가 복수 개 구비된다는 점 이외에 다른 구성은 제1실시예와 동일하다.
- [0097] 구체적으로 본 발명의 제2실시예에 따른 다중 이온 회수 시스템(200)은 전후로 배치된 이온 흡착조들(1a,1b)이 서로 연통되도록 복수 개가 구비된다. 이때, 복수의 이온 흡착조(1)들의 수는 회수 대상 이온종의 수와 동일하거나 그보다 많이 구비된다.
- [0098] 이와 같이 복수 개가 연통되도록 배치된 이온 흡착조들(1a,1b) 중 전단의 이온 흡착조(1a)를 통과하여 후단의 이온 흡착조(1b)로 유입되는 액체는 전단의 이온 흡착조(1a)에서는 통과하지 않았던 이종의 흡착 채널(10)로 유입된다.
- [0099] 예를 들어 전단 이온 흡착조(1a)의 첫 번째 흡착 채널(10a)에서 배출된 액체는 후단 이온 흡착조(1b)의 두 번째 흡착 채널(10b)로 유입되도록 하고, 마찬가지로 전단 이온 흡착조(1a)의 두 번째 흡착 채널(10b)에서 배출된 액체는 후단 이온 흡착조(1b)의 첫 번째 흡착 채널(10a)로 유입되도록 하는 것이다.
- [0100] 이때, 각 이온 흡착조(1a,1b)는 모두 동일한 구성으로 이루어진다. 즉, 전단 이온 흡착조(1a)의 첫 번째 흡착 채널(10a)에 형성된 흡착제층(34)은 후단 이온 흡착조(1b)의 첫 번째 흡착 채널(10a)에 형성된 흡착제층(34)과 동일하며, 전단과 후단 각 이온 흡착조(1a,1b)의 두 번째 흡착 채널들(10b)에 형성된 흡착제층(34)도 서로 동일하게 이루어진다.
- [0101] 상기와 같이 복수의 이온 흡착조(1a,1b)들을 배치함으로써 다종의 회수 대상 이온들을 더욱 효율적으로 흡착 및 회수할 수 있게 된다.
- [0102] 도9 내지 도12에서는 회수 대상 양이온의 종류가 A와 B의 2가지인 것으로 가정하였으며, C는 음이온을 나타낸다.
- [0103] 회수 대상 양이온의 종류가 2종류인 것에 따라 각 이온 흡착조(1)에 구비되는 흡착 채널(10)의 수와 시스템 전체에 구비되는 이온 흡착조(1)의 수는 2개인 것으로 가정하였으나, 흡착 채널(10)과 이온 흡착조(1)의 수는 회수 대상 이온종의 수 이상으로 구비되어도 무방하다.
- [0104] 도9는 전단 이온 흡착조(1a)에서 흡착 공정이 진행되는 것을 도시한 것이다.
- [0105] 본 발명의 다중 이온 회수 시스템(100,200)을 작동시키면 모액 저장조(110) 또는 저수부(120)에 저장되어 있는 이온이 함유된 모액이 전단의 이온 흡착조(1a)로 유입되어 이온 흡착 공정이 진행된다.
- [0106] 구체적으로 설명하면, 먼저 전단 이온 흡착조(1a)의 전원 공급부(70)는 각각의 흡착 채널(10a,10b)에 개별적으로 전기를 인가한다. 여기서는 각각의 제2전극부(30)에 양이온을 흡착시키기 위한 공정이므로 각 흡착 채널(10a,10b)의 제1전극부(20)들은 양극(+), 제2전극부(30)들은 음극(-)으로 대전시킨다.
- [0107] 이후, 펌프(130)는 모액 저장조(110) 또는 저수부(120)에 저장된 다양한 이온이 함유된 용액을 전단의 이온 흡착조(1a)로 송출시킨다.
- [0108] 이때, 유입밸브(140)는 유로 조절을 통해 모액 저장조(110) 및 저수부(120) 중 어느 하나에 저장된 이온 함유 용액이 전단의 이온 흡착조(1a)로 유입될 수 있도록 한다.
- [0109] 또한, 전단 이온 흡착조(1a)의 각 흡착 채널(10a,10b)로 이온이 함유된 모액이 유입될 수 있도록 개폐밸브(150a,150b)를 개방시킨다.
- [0110] 각각의 흡착 채널(10a,10b)로 유입된 모액이 흡착 채널(10)을 통과하면서 모액에 함유된 이온(A,B,C)은 전기적

인력에 의해 제1전극부(20) 또는 제2전극부(30)로 이동한다.

- [0111] 이와 같이 이온들이 각 전극부(20,30)에 흡착됨으로써 이온이 함유된 모액은 탈이온화되어 출수구(64)로 배출되며, 전단 이온 흡착조(1a)에서 이온 흡착 공정을 거쳐 배출된 탈이온수는 후단의 이온 흡착조(1b)로 송출된다.
- [0112] 이때, 전단 이온 흡착조(1a)의 첫 번째 흡착 채널(10a)에서 배출된 액체는 후단 이온 흡착조(1b)의 두 번째 흡착 채널(10b)로 유입되도록 하고, 마찬가지로 전단 이온 흡착조(1a)의 두 번째 흡착 채널(10b)에서 배출된 액체는 후단 이온 흡착조(1b)의 첫 번째 흡착 채널(10a)로 유입되도록 한다.
- [0113] 이와 같은 전후단 이온 흡착조들(1a,1b)의 흡착 채널(10a,10b) 간 유로는 이후의 모든 공정에서 동일하게 유지된다.
- [0114] 후단 이온 흡착조(1b)는 도9에 도시된 바와 같이 전원 공급을 차단하여 작동이 정지된 상태로 유지함으로써 후단 이온 흡착조(1b)를 통과하는 탈이온수가 저수부(120)로 송출될 수 있도록 한다. 그러나, 도9는 최초 작동상태를 가정한 것으로 필요에 따라서는 후단의 이온 흡착조(1b) 역시 전단의 이온 흡착조(1a)와 마찬가지로 흡착 공정을 진행하여 저수부(120)로 탈이온수가 송출되게 하는 것이 가능하다.
- [0115] 도10은 도9에서의 공정에 이어서 후단 이온 흡착조(1b)에서 흡착 공정이 수행되는 과정을 나타낸 것이다.
- [0116] 도9에서의 공정을 통해 저수부(120)에는 탈이온수가 저장되어 있으며, 저수부(120)에 저장된 탈이온수는 전단 이온 흡착조(1a)로 유입된다. 이때, 전단 이온 흡착조(1a)에는 전원 공급이 차단되고, 세척 공정이 진행되면서 각 흡착 채널(10a,10b)의 흡착제층(34)에 흡착된 양이온들(A,B)를 제외한 나머지 이온들은 유입된 탈이온수로 유출되어 후단의 이온 흡착조(1b)로 배출된다.
- [0117] 전단 이온 흡착조(1a)의 첫 번째 흡착 채널(10a)에서 배출되는 용액에는 B 이온을 포함한 양이온들과 음이온들이 함유되어 있으며, 이 용액은 후단 이온 흡착조(1b)의 두 번째 흡착 채널(10b)로 유입된다.
- [0118] 이때, 후단 이온 흡착조(1b)는 흡착 공정을 진행하기 위해 전기가 인가되며, 후단 이온 흡착조(1b)의 두 번째 흡착 채널(10b)은 전단 이온 흡착조(1a)에서 배출된 상기 용액으로부터 B 이온을 흡착시킨다.
- [0119] 마찬가지로 전단 이온 흡착조(1a)의 두 번째 흡착 채널(10b)에서 배출되는 용액에는 A 이온을 포함한 양이온들과 음이온들이 함유되어 있으며, 이 용액은 후단 이온 흡착조(1b)의 첫 번째 흡착 채널(10b)로 유입됨으로써, 전단 이온 흡착조(1a)에서 배출된 상기 용액 속의 A 이온이 흡착된다.
- [0120] 이처럼 후단 이온 흡착조(1b)에서 흡착 공정을 거친 후 배출되는 용액은 탈이온화 되어 다시 저수부로 송출된다.
- [0121] 이와 같은 후단 이온 흡착조(1b)에서의 흡착 공정을 통해 전단 이온 흡착조(1a)에서 배출된 용액에서의 회수 대상 이온을 더욱 효율적으로 흡착할 수 있으며, 전후단 이온 흡착조들(1a,1b)의 각 흡착 채널들(10a,10b) 간의 유로를 서로 엇갈리도록 연결함으로써 다종의 이온에 대한 흡착 효율을 증대시킬 수 있게 되는 것이다.
- [0122] 도11은 후단 이온 흡착조(1b)에 흡착된 이온을 회수하기 전에 불필요한 이온들을 수세하는 공정을 설명하기 위한 것이다.
- [0123] 후단 이온 흡착조(1b)에 흡착된 이온들을 회수하기 위해서는 회수 대상 이온을 제외한 나머지 이온들을 제거할 필요가 있다.
- [0124] 후단 이온 흡착조(1b)의 흡착 공정을 통해 저수부(120)에는 탈이온수가 저장되어 있으므로, 후단 이온 흡착조(1b)의 세척을 위해 저수부(120)의 탈이온수를 전단 이온 흡착조(1a)를 거쳐 후단 이온 흡착조(1b)로 송출시킨다.
- [0125] 이때, 전단 이온 흡착조(1a)는 흡착 공정 시와 동일하게 전원을 인가하여 후단 이온 흡착조(1b)로 더 순수한 탈이온수가 공급되도록 할 수 있다. 또는 전단 이온 흡착조(1a)는 이전의 공정(도10 참고)에서 이미 세척 공정을 진행하였기 때문에 전원을 차단하여 정지 상태를 유지하고 유입된 탈이온수가 그대로 통과하여 후단 이온 흡착조(1b)로 유입될 수 있게 하는 것도 가능하다.
- [0126] 후단 이온 흡착조(1b)로 유입된 탈이온수는 흡착 채널들(10a,10b)을 수세시키고, 배출된 용액은 저수부(120)로 송출된다. 이때, 수세 공정을 위해 후단 이온 흡착조(1b)에 전원이 차단되는 것은 상술한 바와 같다.
- [0127] 도12는 후단 이온 흡착조(1b)에 흡착된 회수 대상 이온을 회수하는 공정을 설명하기 위한 것이다.

- [0128] 도11에서의 후단 이온 흡착조(1b)의 세척 공정에 의해 저수부(120)에는 이온이 함유된 용액이 저장된 상태이며, 후단 이온 흡착조(1b)로 탈이온수를 공급하기 위해 전단 이온 흡착조(1a)는 흡착 공정을 진행한다.
- [0129] 이때, 전단 이온 흡착조(1a)로 공급되는 용액은 도12에 도시된 바와 같이 모액 저장조(110)에 저장된 모액일 수 있으며, 경우에 따라서는 저수부(120)에 저장된 용액을 전단 이온 흡착조(1a)로 송출하는 것도 가능하다.
- [0130] 흡착 공정이 진행되는 전단 이온 흡착조(1a)에 공급된 용액은 탈이온화되어 후단 이온 흡착조(1b)로 유입되어 회수 공정에 사용된다. 이때, 후단 이온 흡착조(1b)에는 이온의 회수를 위해 각 흡착 채널(10a,10b)의 제2전극부(30)에 양극(+)을 인가시킴으로써 각 흡착 채널(10a,10b)의 흡착제층(34)에 흡착되어 있던 회수 대상 양이온(A,B)을 공급된 탈이온수로 유출시킨다.
- [0131] 후단 이온 흡착조(1a,1b)의 각 흡착 채널(10a,10b)로부터 배출되는 회수 대상 이온을 함유한 용액은 각각의 이온 회수조(170a,170b)로 송출되어 저장됨으로써 후단 이온 흡착조(1b)의 이온 회수 공정이 완료된다.
- [0132] 구체적으로 도시하지는 않았으나, 전단 이온 흡착조(1a)에 흡착된 회수 대상 이온들의 회수 공정 역시 전단 이온 흡착조(1a)에 탈이온수를 공급함으로써 진행될 수 있으며, 이때 후단 이온 흡착조(1b)는 모든 이온이 제거된 상태를 유지하여 전단 이온 흡착조(1a)로부터 유입된 회수 대상 이온을 함유한 용액이 지정된 이온 회수조(170a,170b)로 송출되는 통로의 역할을 하도록 한다.
- [0133] 또한, 전단 이온 흡착조(1a)의 각 흡착 채널(10a,10b) 후단에는 별도의 밸브와 이온 회수조(170a,170b)를 각각 구비하고, 전단 이온 흡착조(1a)에서 배출된 용액이 공정에 따라 후단 이온 흡착조(1b), 저수부(120) 및 이온 회수조(170a,170b)를 향해 선택적으로 송출되도록 구성하는 것도 가능하다.
- [0134] 다만, 이 경우에도 전후단 이온 흡착조(1a,1b)들의 흡착 채널들(10a,10b) 간의 유로는 도12에 도시된 바와 같이 후단의 이온 흡착조(1b)를 통과하는 액체가 전단 이온 흡착조(1a)에서는 통과하지 않았던 이종의 흡착 채널(10)로 유입될 수 있도록 엇갈리게 배치한다.
- [0135] 도13은 3개의 이온 흡착조가 구비된 본 발명의 다중 이온 회수 시스템에서의 이온 흡착 공정을 설명하기 위한 개략도이다.
- [0136] 여기서, A, B, C는 모두 회수 대상 양이온이며, 음이온의 도시는 생략하였다.
- [0137] 도13에 도시된 바와 같이 본 발명의 다중 이온 회수 시스템은 이온 흡착조(1a,1b,1c)를 3개 이상 연결하여 사용하는 것이 가능하다. 이때에도 전후단 이온 흡착조들(1a,1b,1c) 간의 각 흡착 채널(10a,10b,10c)은 전술한 바와 같이 후단 이온 흡착조(1b 또는 1c)를 통과하는 액체가 전단 이온 흡착조(1a 또는 1b)에서는 통과하지 않았던 이종의 흡착 채널(10)로 유입되도록 구성한다.
- [0138] 예를 들어 도13에 도시된 바와 같이 최전단 이온 흡착조(1a)의 첫 번째 흡착 채널(10a)로 유입된 모액은 A 이온이 흡착된 후, B와 C의 회수 대상 양이온들을 포함한 채로 가운데 이온 흡착조(1b)의 두 번째 흡착 채널(10b)로 유입된다.
- [0139] 가운데 이온 흡착조(1b)의 두 번째 흡착 채널(10b)은 유입된 용액 중 B이온을 흡착시키고, 회수 대상 양이온 중 C이온을 함유한 용액은 최후단에 배치된 이온 흡착조(1c)의 세 번째 흡착 채널(10c)로 유입됨으로써 C이온을 흡착시킨다.
- [0140] 이렇게 함으로써 전단 이온 흡착조(1)의 어느 한 흡착 채널(10)에서 흡착 공정을 마치고 다른 회수 대상 이온을 함유한 상태로 배출되는 용액이 후단 이온 흡착조(1)의 흡착 공정에 유입되어 연속적으로 다종의 회수 대상 이온을 흡착할 수 있게 되는 것이다.
- [0141] 상기와 같은 예는 다종의 회수 대상 양이온들이 흡착되는 과정만을 간략하게 설명한 것으로써, 이온 흡착조들(1) 간의 유로와 각 유로들에 구비되는 밸브 및 전원의 인가 방법 등을 다양하게 변경할 수 있음은 물론이다.
- [0142] 도14는 본 발명의 다중 이온 회수 시스템에 구비된 흡착 채널에서 회수 대상 이온의 흡착, 수세, 탈착 시 배출되는 유출수 내의 이온 전도를 변화시킨 그래프이다.
- [0143] 여기서, 흡착 채널(10)에서 배출되는 배출수의 유량은 40ml/min이며, 흡착 공정 시의 전위는 1.5V, 회수 공정에서의 전위(reversed)는 3.5V로 하였다.
- [0144] 도14는 특정이온에 대한 흡착 및 분리의 일관공정이 가능함을 보여주고 있는 바, 이를 통해 본 발명의 다중 이온 회수 시스템(100,200)을 활용하여 특정 회수 대상 이온을 일관공정을 통해 효율적으로 회수할 수 있음을 확

인할 수 있다.

[0145] 상술한 바와 같이 본 발명은 단일의 시스템(100,200)을 이용하여 다종의 이온을 회수할 수 있으며, 이온의 회수 공정에서 필요한 탈이온수(세척수)를 방류하지 않고 재사용함으로써 충분한 양을 공급하면서도 환경오염을 방지할 수 있는 효과가 있다. 또한, 일관공정을 통해 회수 대상 이온을 연속적으로 회수할 수 있어 시스템의 운영 효율이 극대화된다는 장점이 있다.

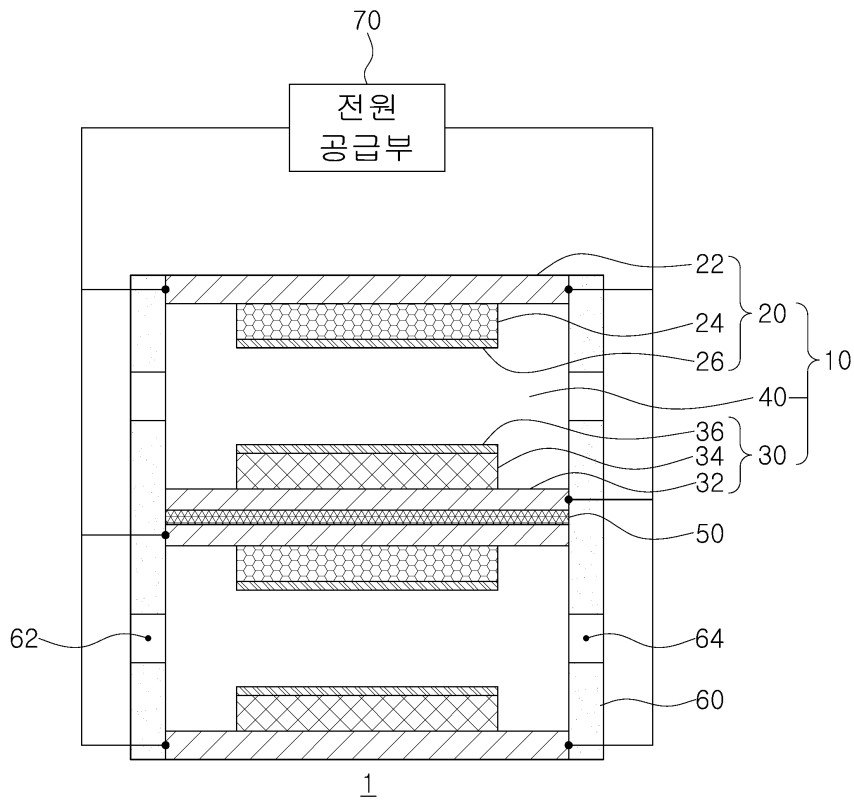
[0146] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 수정, 변경 및 치환이 가능할 것이다. 따라서 본 발명에 개시된 실시예 및 첨부된 도면들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예 및 첨부된 도면에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호범위는 아래의 청구 범위에 의해서 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

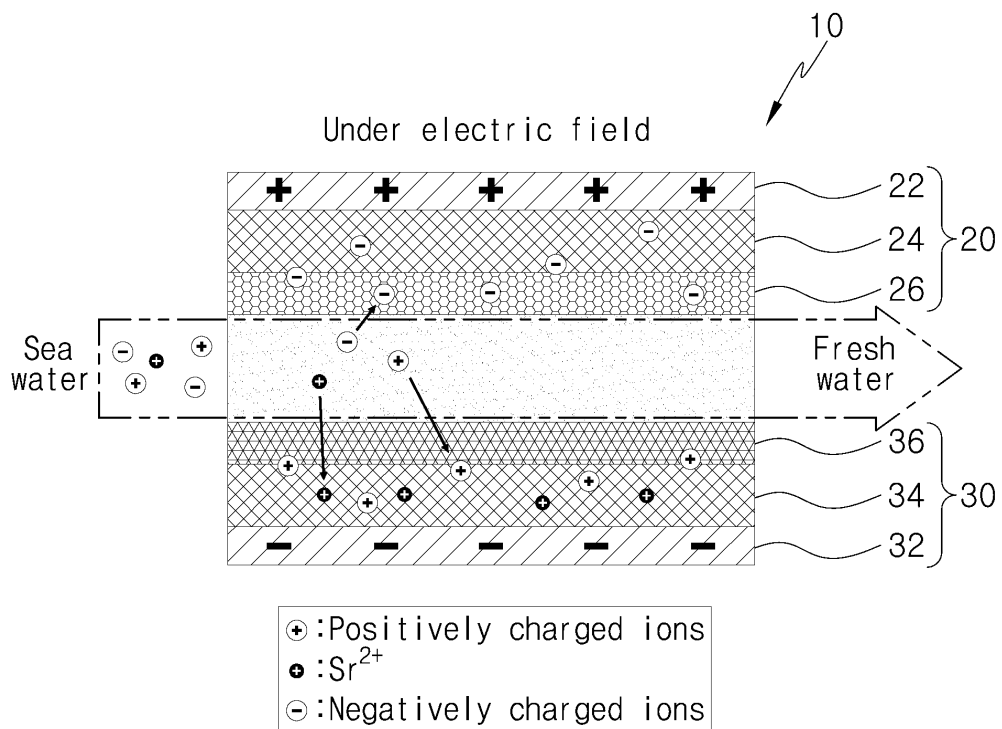
- [0147]
- 1: 이온 흡착조
 - 10: 흡착 채널
 - 20: 제1전극부
 - 22: 집전판
 - 24: 다공성 탄소전극
 - 26: 음이온 교환막
 - 30: 제2전극부
 - 32: 집전판
 - 34: 흡착제층
 - 36: 양이온 교환막
 - 40: 투수층
 - 50: 부도체
 - 60: 하우징
 - 62: 입수구
 - 64: 출수구
 - 70: 전원 공급부
 - 100,200: 다중 이온 회수 시스템
 - 110: 모액 저장조
 - 120: 저수부
 - 130: 펌프
 - 140: 유입밸브
 - 150: 개폐밸브
 - 160: 배출밸브
 - 170: 이온 회수조

도면

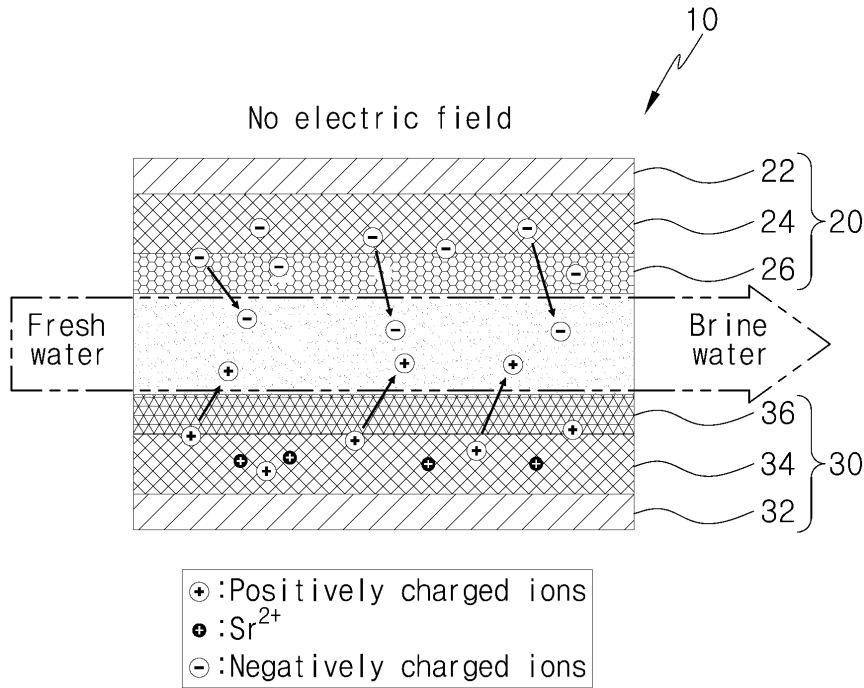
도면1



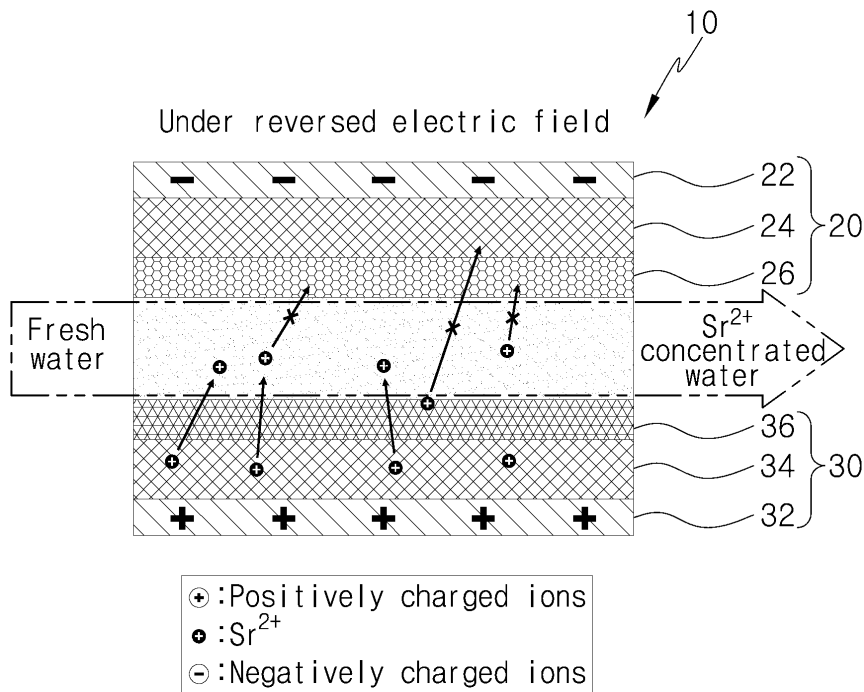
도면2



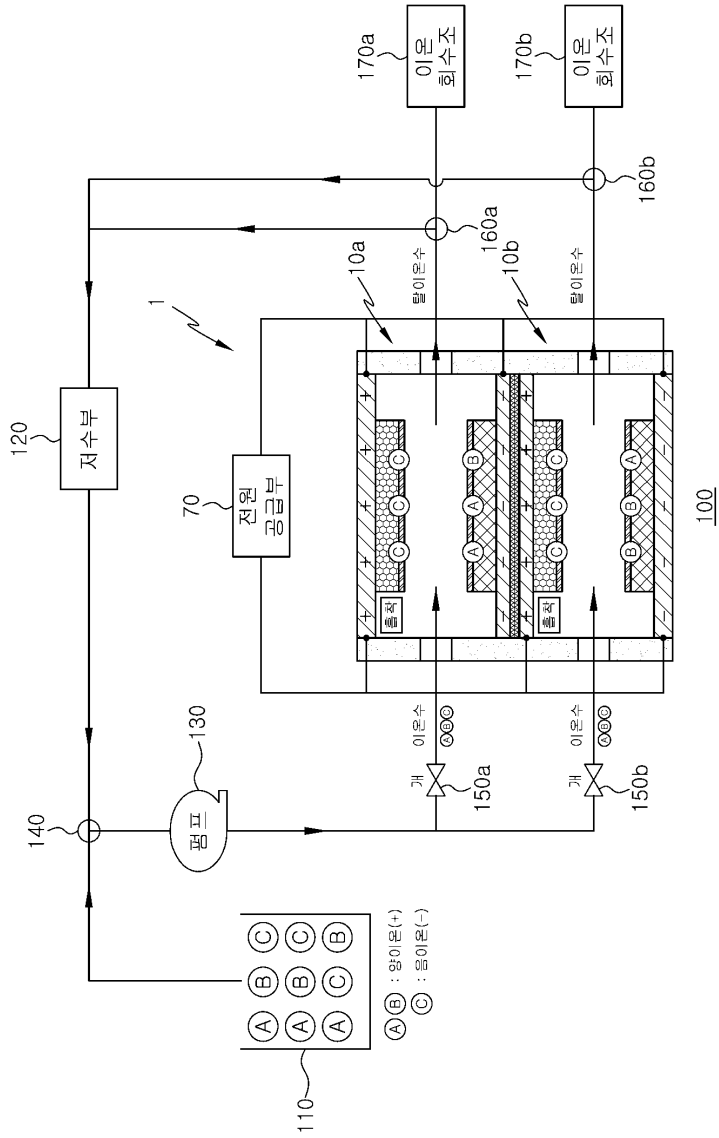
도면3



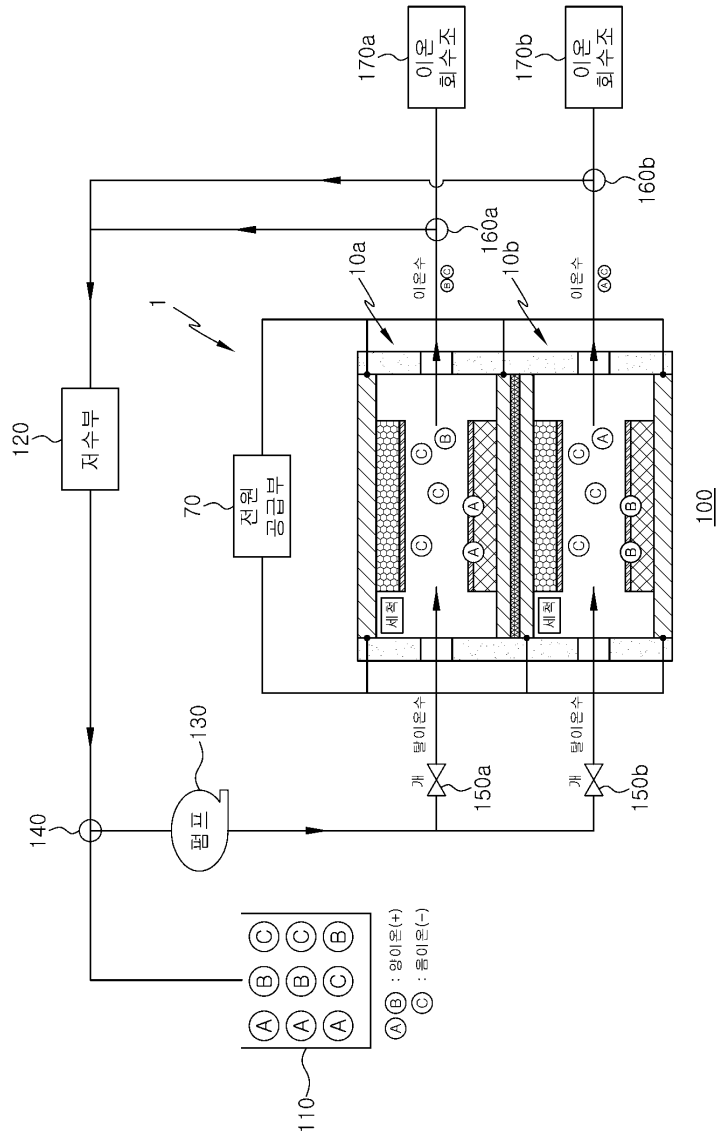
도면4



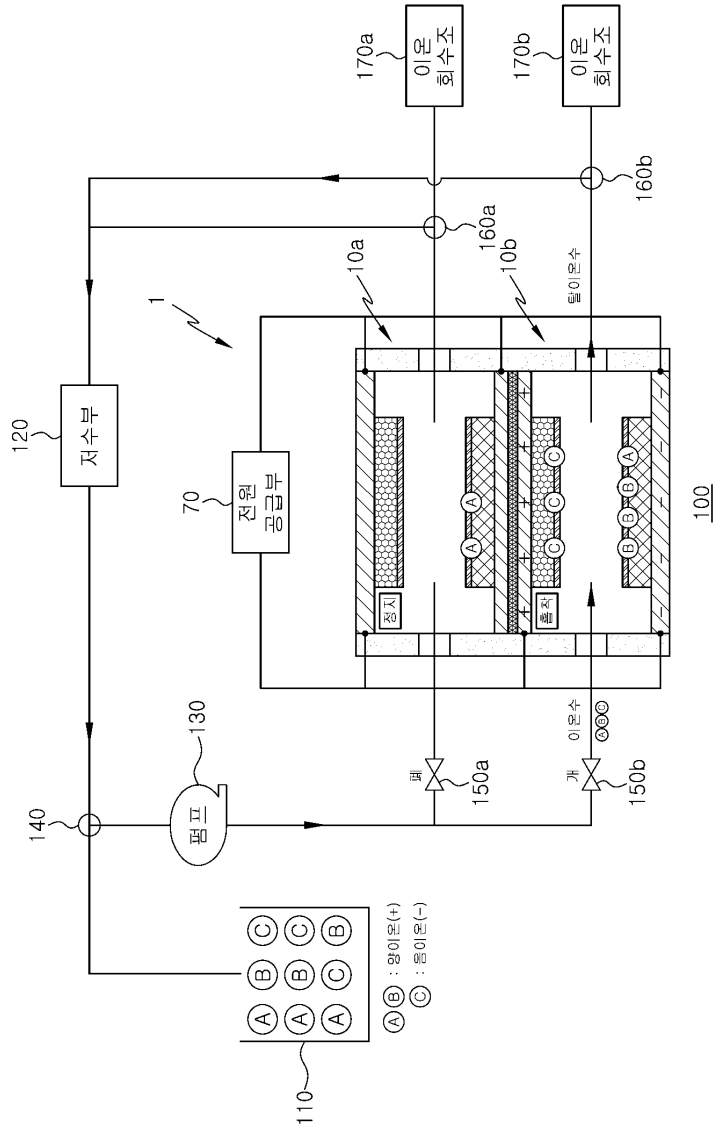
도면5



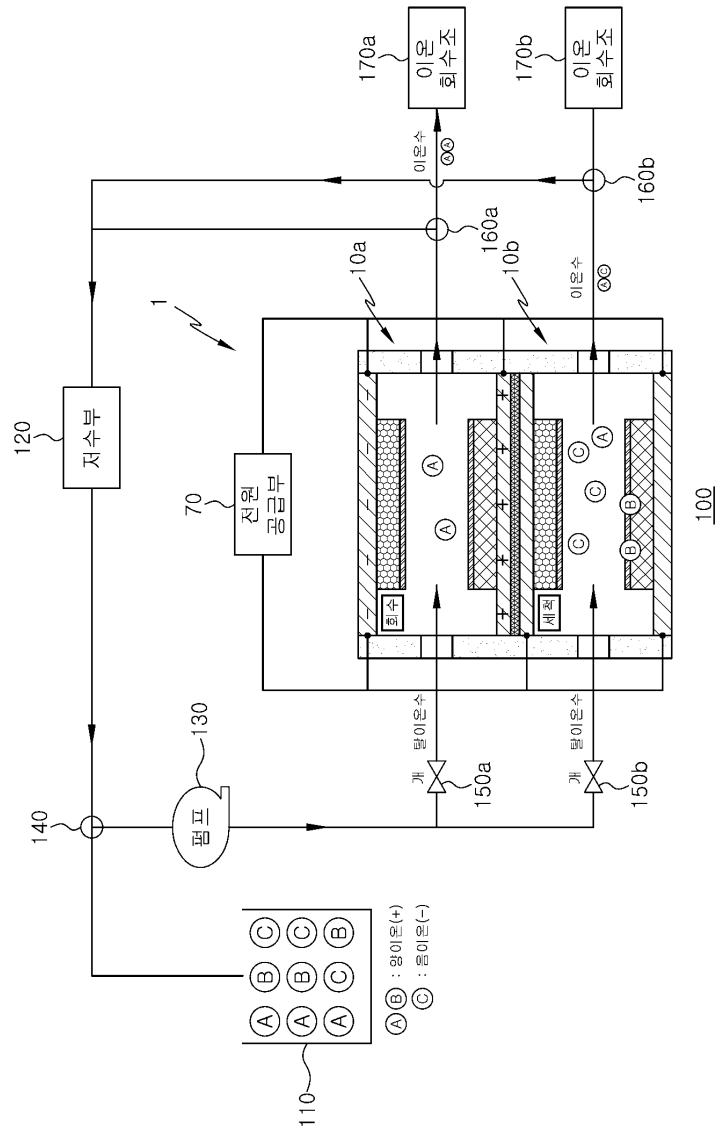
도면6



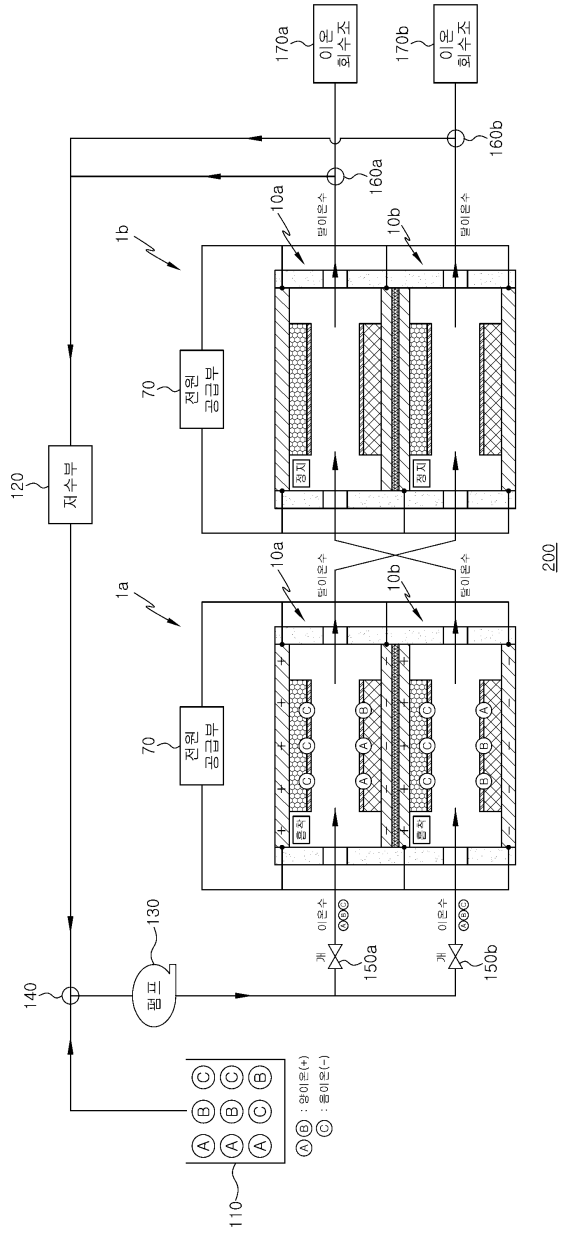
도면7



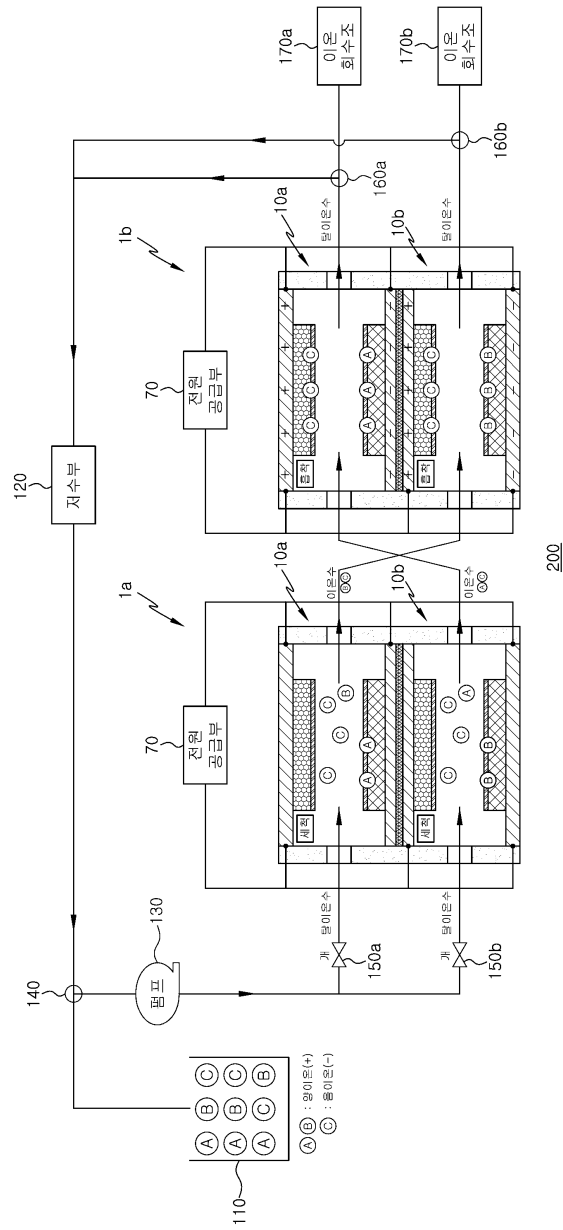
도면8



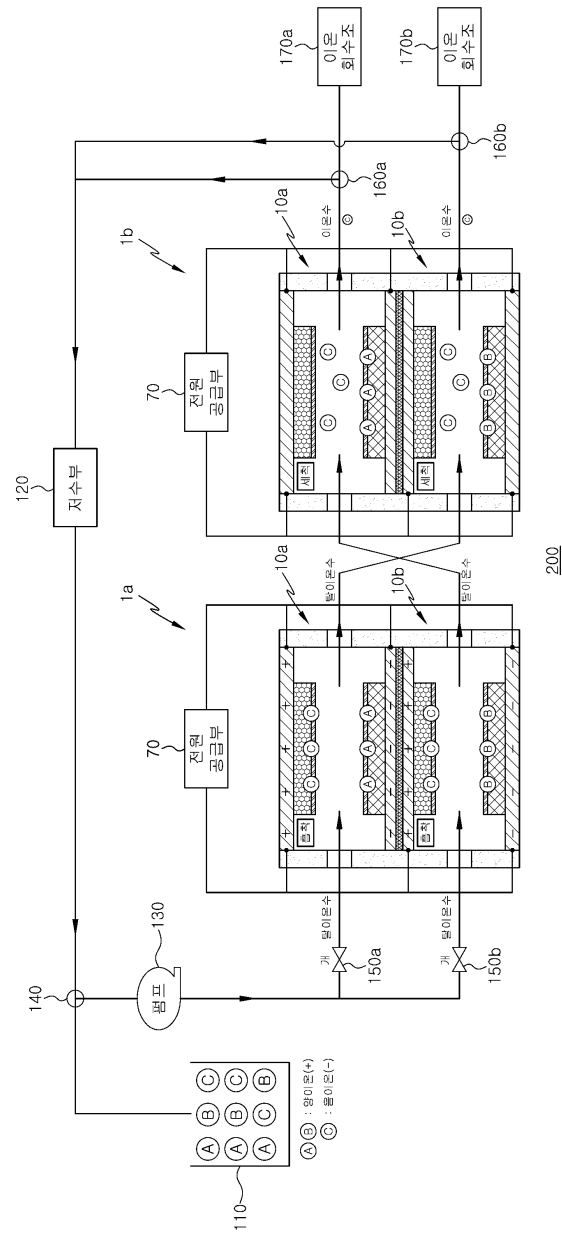
도면9



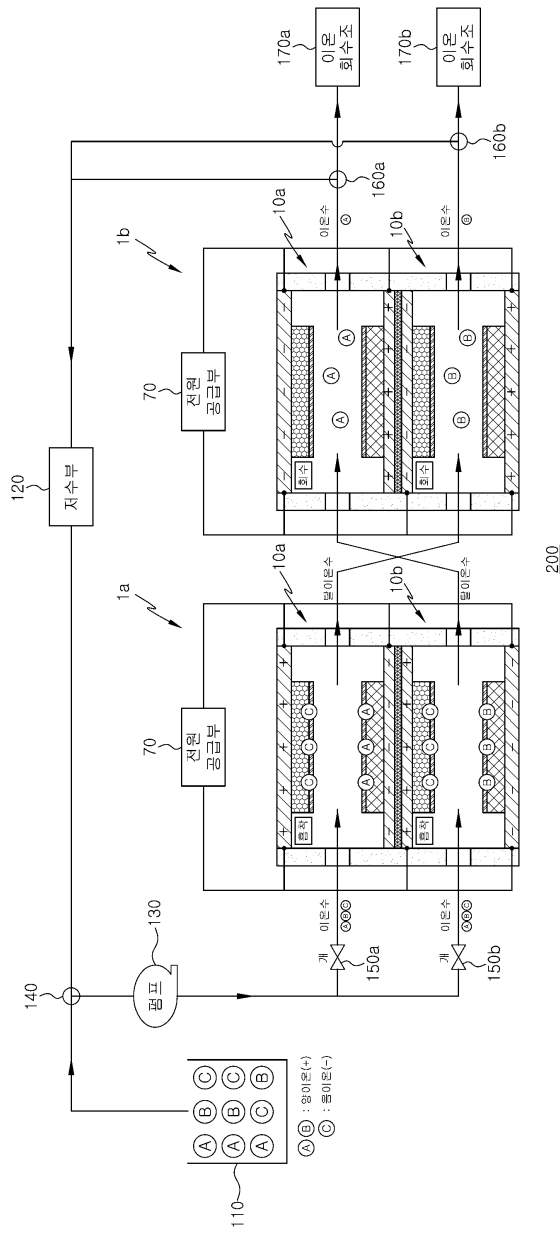
도면10



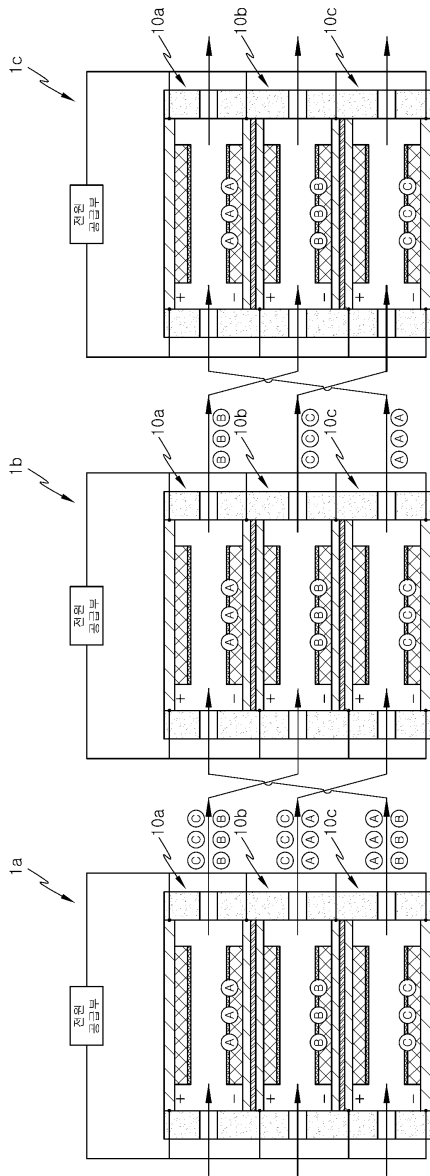
도면11



도면12



도면13



도면14

