

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0006124

(43) 공개일자 2024년01월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C22B 26/12 (2006.01) C22B 3/08 (2006.01)

C22B 3/42 (2006.01) H01M 10/54 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C22B 26/12 (2013.01)

C22B 3/08 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0082660

(22) 출원일자 2022년07월05일

심사청구일자 2022년07월05일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

홍승관

경기도 용인시 기흥구 흥덕중앙로105번길 40, 1505동 301호 (영덕동, 흥덕마을15단지 우남퍼스트빌리젠트)

임지훈

경기도 성남시 중원구 여수울로 51 (여수동 산들마을) 209동 1102호

이현철

경기도 의왕시 덕장로 22 103동 1001호

(74) 대리인

특허법인남춘

전체 청구항 수 : 총 10 항

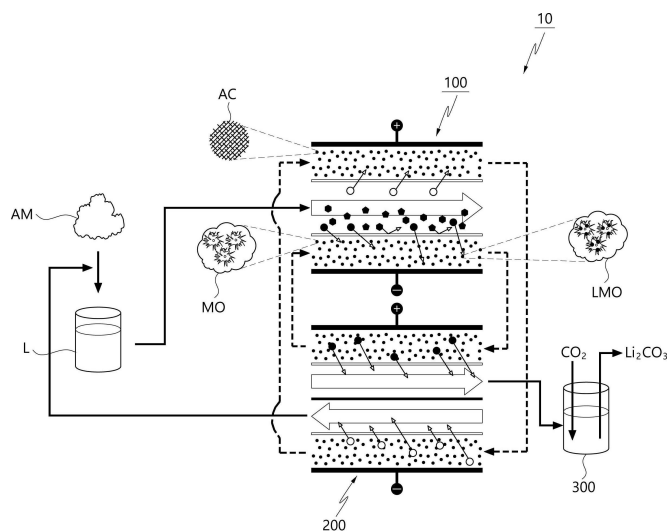
(54) 발명의 명칭 전기화학적 리튬 회수 장치

(57) 요약

본 발명은 전기화학적 리튬 회수 장치에 관한 것으로, 폐전지 활물질이 포함된 대상 용액으로부터 전기적 인력에 의해 리튬 이온을 선택적으로 추출하는 제1 흐름 전극 모듈과, 상기 제1 흐름 전극 모듈에 의해 추출된 상기 리튬 이온을 전기적 반발력에 의해 회수하는 제2 흐름 전극 모듈을 포함하는 것을 특징으로 한다. 이를 통해,

이를 통해, 고온 처리 과정이 없고, 많은 양의 화학약품을 사용하지 않으면서도, 높은 회수 효율을 보장할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

C22B 3/42 (2023.08)

H01M 10/54 (2023.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2112352
과제번호	2021R1A5A1032433
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학분야(S/ERC)
연구과제명	초융합 건설 포렌식 연구센터
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교 산학협력단
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2214291
과제번호	2022M3J7A106642811
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	기후기술인재양성 시범사업
연구과제명	에너지·환경 기후기술인재양성 센터
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교 산학협력단
연구기간	2022.05.01 ~ 2025.01.31

명세서

청구범위

청구항 1

전기화학적 리튬 회수 장치에 있어서,

폐전지 활물질이 포함된 대상 용액으로부터 전기적 인력에 의해 리튬 이온을 선택적으로 추출하는 제1 흐름 전극 모듈과,

상기 제1 흐름 전극 모듈에 의해 추출된 상기 리튬 이온을 전기적 반발력에 의해 회수하는 제2 흐름 전극 모듈을 포함하는 것을 특징으로 하는 전기화학적 리튬 회수 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 흐름 전극 모듈은

양극이 인가되는 제1 전단 유체가 유동하는 제1 양극 채널과,

음극이 인가되는 제2 전단 유체가 유동하는 제1 음극 채널과,

상기 대상 용액이 유동하는 제1 유동 채널과,

상기 제1 음극 채널과 상기 제1 유동 채널을 구획하며, 상기 대상 용액 내의 상기 리튬 이온이 상기 제2 전단 유체 측으로 투과 가능하게 1가 이온을 선택적으로 투과시키는 제1 전단 이온 교환막을 포함하며;

상기 제1 음극 채널의 전기적 인력에 의해, +1가의 상기 리튬 이온이 상기 제1 전단 양이온 교환막을 투과하는 것을 특징으로 하는 전기화학적 리튬 회수 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제2 흐름 전극 모듈은

상기 제1 음극 채널로부터 배출되는 상기 제2 전단 유체가 유입되어 유동하고, 양극이 인가되는 제2 양극 채널과,

음극이 인가되는 제2 후단 유체가 유동하는 제2 음극 채널과,

처리수가 유동하는 제2 유동 채널과,

상기 제2 양극 채널과 상기 제2 유동 채널을 구획하는 제1 후단 이온 교환막을 포함하며;

상기 제2 양극 채널의 전기적 반발력에 의해, 상기 리튬 이온이 상기 제1 후단 이온 교환막을 투과하여 상기 처리수로 회수되는 것을 특징으로 하는 전기화학적 리튬 회수 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1 음극 채널을 유동하는 상기 제2 전단 유체는 망간 옥사이드 용액을 포함하며;

상기 제1 전단 이온 교환막을 투과한 상기 리튬 이온은 상기 제2 전단 유체 내의 망간 옥사이드에 흡착되어 상기 제2 양극 채널로 유입되는 것을 특징으로 하는 전기화학적 리튬 회수 장치.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 대상 용액은 황산 용액에 상기 폐전지 활물질을 침출시켜 생성되며;

상기 폐전지 활물질에 포함된 수산화리튬이 상기 황산 용액 내에서 반응하여 황산리튬 상태로 상기 제1 유동 채널로 유입되는 것을 특징으로 하는 전기화학적 리튬 회수 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제1 흐름 전극 모듈은 상기 제1 양극 채널과 상기 제1 유동 채널을 구획하는 제2 전단 이온 교환막을 더 포함하며;

상기 제1 양극 채널의 전기적 인력에 의해, 상기 대상 용액 내의 황산 이온이 상기 제2 전단 이온 교환막을 통과하여 상기 제1 전단 유체로 유입되는 것을 특징으로 하는 전기화학적 리튬 회수 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1 양극 채널로부터 배출되는 상기 제1 전단 유체가 상기 제2 음극 채널로 유입되어, 상기 제2 음극 채널의 상기 제2 후단 유체로 작용하는 것을 특징으로 하는 전기화학적 리튬 회수 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제2 흐름 전극 모듈은

상기 제2 양극 채널과 상기 제2 유동 채널을 구획하는 제2 후단 이온 교환막과,

상기 제2 유동 채널을 상기 제2 양극 채널 측의 제1 회수 채널과, 상기 제2 음극 채널 측의 제2 회수 채널로 구획하는 양극성 이온 교환막을 더 포함하고;

상기 제2 양극 채널의 전기적 반발력에 의해 상기 제1 후단 이온 교환막을 투과한 상기 리튬 이온이 상기 제1 회수 채널로 유입되며;

상기 제2 음극 채널의 전기적 반발력에 의해 상기 제2 후단 유체 내의 상기 황산 이온이 상기 제2 후단 이온 교환막을 투과하여 상기 제2 회수 채널로 유입되는 것을 특징으로 하는 전기화학적 리튬 회수 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제2 회수 채널을 통해 회수되는 상기 황산 이온은 상기 대상 용액의 생성에 재사용되는 것을 특징으로 하는 전기화학적 리튬 회수 장치.

청구항 10

제3항에 있어서,

상기 제1 전단 유체는 황성탄을 함유하는 것을 특징으로 하는 전기화학적 리튬 회수 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전기화학적 리튬 회수 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 폐전지에 포함된 리튬을 회수할 수 있는 전기화학적 리튬 회수 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이차 전지는 충전 및 방전이 반복 가능한 전지로서, 정보 통신 및 디스플레이 산업의 발전에 따라 캠코더, 휴대폰, 노트북 PC 등과 같은 휴대용 전자통신 기기에 널리 적용되어 왔다.

- [0003] 이차 전지로서 예를 들면, 리튬 이차 전지, 니켈-카드뮴 전지, 니켈-수소 전지 등을 들 수 있으며, 이들 중 리튬 이차 전지가 작동 전압 및 단위 중량 당 에너지 밀도가 높으며, 충전 속도 및 경량화에 유리하다는 점에서 활발히 개발 및 적용되어 왔다.
- [0004] 리튬 이차 전지는 양극, 음극 및 분리막(세퍼레이터)를 포함하는 전극 조립체, 및 전극 조립체를 함침시키는 전해질을 포함할 수 있다. 리튬 이차 전지는 전극 조립체 및 전해질을 수용하는 예를 들면, 파우치 형태의 외장재를 포함할 수 있다.
- [0005] 리튬 이차 전지의 양극용 활물질로서 리튬 금속 산화물이 사용될 수 있다. 리튬 금속 산화물은 추가적으로 니켈, 코발트, 망간과 같은 전이금속을 함께 함유할 수 있다.
- [0006] 이와 같은 양극용 활물질에 상술한 고비용의 유가 금속들이 사용됨에 따라, 양극재 제조에 제조 비용의 20% 이상이 소요되고 있다. 또한, 최근 환경보호 이슈가 부각됨에 따라, 양극용 활물질의 리사이클 방법에 대한 연구가 진행되고 있다.
- [0007] 특히, 근래에 전기차의 생산량이 증가함에 따라 핵심 소재인 리튬에 대한 수요가 공급량을 넘어서게 되었고, 리튬을 이용한 폐전지에서 리튬을 회수하고자 하는 연구의 중요성 또한 커지고 있다.
- [0008] 통상적으로 폐전지에서 리튬을 회수하는 방법으로는 건식 야금 공정과 습식 야금 공정이 사용되고 있다. 건식 야금 공정은 금속 산화물 형태의 폐전지 활물질을 고온 처리한 후 환원시키고, 열처리 분말, 물 및 CO₂ 첨가, 여과 및 증발, Li₂CO₃ 형태로 리튬 회수의 과정을 거친다.
- [0009] 습식 야금 공정의 경우, 폐전지 활물질의 산 처리, 금속 물질 침출(Leaching), 무기산/유기산을 이용한 금속 이온 추출, Na₂CO₃ 첨가, 여과 및 증발, Li₂CO₃ 형태로 리튬 회수의 과정을 거친다.
- [0010] 상기와 같은 건식 또는 습식 야금 공정의 경우, 고온과 강산을 활용하여 폐전지로부터 회수 가능한 이온들을 침출한 후, 약품을 첨가해 고체 형태로 리튬을 결정화하여 회수하게 된다.
- [0011] 그러나, 상기 방법들은 고온의 사용으로 인해 높은 에너지 소모량을 보이며, 많은 양의 화학약품 사용으로 그에 따른 후처리 공정이 필요할 뿐만 아니라, 환경 오염 문제를 야기하는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 이에, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해소하기 위해 안출된 것으로서, 고온 처리 과정이 없고, 많은 양의 화학약품을 사용하지 않으면서도, 높은 회수 효율을 보장할 수 있는 전기화학적 리튬 회수 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0013] 상기 목적은 본 발명에 따라, 전기화학적 리튬 회수 장치에 있어서, 폐전지 활물질이 포함된 대상 용액으로부터 전기적 인력에 의해 리튬 이온을 선택적으로 추출하는 제1 흐름 전극 모듈과, 상기 제1 흐름 전극 모듈에 의해 추출된 상기 리튬 이온을 전기적 반발력에 의해 회수하는 제2 흐름 전극 모듈을 포함하는 것을 특징으로 하는 전기화학적 리튬 회수 장치에 의해서 달성된다.
- [0014] 여기서, 상기 제1 흐름 전극 모듈은 양극이 인가되는 제1 전단 유체가 유동하는 제1 양극 채널과, 음극이 인가되는 제2 전단 유체가 유동하는 제1 음극 채널과, 상기 대상 용액이 유동하는 제1 유동 채널과, 상기 제1 음극 채널과 상기 제1 유동 채널을 구획하며, 상기 대상 용액 내의 상기 리튬 이온이 상기 제2 전단 유체 측으로 투과 가능하게 1가 이온을 선택적으로 투과시키는 제1 전단 이온 교환막을 포함하며; 상기 제1 음극 채널의 전기적 인력에 의해, +1가의 상기 리튬 이온이 상기 제1 전단 양이온 교환막을 투과할 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 제2 흐름 전극 모듈은 상기 제1 음극 채널로부터 배출되는 상기 제2 전단 유체가 유입되어 유동하고, 양극이 인가되는 제2 양극 채널과, 음극이 인가되는 제2 후단 유체가 유동하는 제2 음극 채널과, 처리수가 유동하는 제2 유동 채널과, 상기 제2 양극 채널과 상기 제2 유동 채널을 구획하는 제1 후단 이온 교환막을 포함하며; 상기 제2 양극 채널의 전기적 반발력에 의해, 상기 리튬 이온이 상기 제1 후단 이온 교환막을 투과하여 상기 처리수로 회수될 수 있다.

- [0016] 그리고, 상기 제1 음극 채널을 유동하는 상기 제2 전단 유체는 망간 옥사이드 용액을 포함하며; 상기 제1 전단 이온 교환막을 투과한 상기 리튬 이온은 상기 제2 전단 유체 내의 망간 옥사이드에 흡착되어 상기 제2 양극 채널로 유입될 수 있다.
- [0017] 그리고, 상기 대상 용액은 황산 용액에 상기 폐전지 활물질을 침출시켜 생성되며; 상기 폐전지 활물질에 포함된 수산화리튬이 상기 황산 용액 내에서 반응하여 황산리튬 상태로 상기 제1 유동 채널로 유입될 수 있다.
- [0018] 그리고, 상기 제1 흐름 전극 모듈은 상기 제1 양극 채널과 상기 제1 유동 채널을 구획하는 제2 전단 이온 교환막을 더 포함하며; 상기 제1 양극 채널의 전기적 인력에 의해, 상기 대상 용액 내의 황산 이온이 상기 제2 전단 이온 교환막을 투과하여 상기 제1 전단 유체로 유입될 수 있다.
- [0019] 그리고, 상기 제1 양극 채널로부터 배출되는 상기 제1 전단 유체가 상기 제2 음극 채널로 유입되어, 상기 제2 음극 채널의 상기 제2 후단 유체로 작용할 수 있다.
- [0020] 그리고, 상기 제2 흐름 전극 모듈은 상기 제2 양극 채널과 상기 제2 유동 채널을 구획하는 제2 후단 이온 교환막과, 상기 제2 유동 채널을 상기 제2 양극 채널 측의 제1 회수 채널과, 상기 제2 음극 채널 측의 제2 회수 채널로 구획하는 양극성 이온 교환막을 더 포함하고; 상기 제2 양극 채널의 전기적 반발력에 의해 상기 제1 후단 이온 교환막을 투과한 상기 리튬 이온이 상기 제1 회수 채널로 유입되며; 상기 제2 음극 채널의 전기적 반발력에 의해 상기 제2 후단 유체 내의 상기 황산 이온이 상기 제2 후단 이온 교환막을 투과하여 상기 제2 회수 채널로 유입될 수 있다.
- [0021] 그리고, 상기 제2 회수 채널을 통해 회수되는 상기 황산 이온은 상기 대상 용액의 생성에 재사용될 수 있다.
- [0022] 그리고, 상기 제1 전단 유체는 황성탄을 함유할 수 있다.

발명의 효과

- [0023] 상기와 같은 구성에 따라, 본 발명에 따르면, 고온 처리 과정이 없고, 많은 양의 화학약품을 사용하지 않으면서도, 높은 회수 효율을 보장할 수 있는 전기화학적 리튬 회수 장치가 제공된다.
- [0024] 또한, 망간 옥사이드를 흐름 전극으로 사용하여 리튬 이온에 대한 선택적 흡착 효율을 증대시킬 수 있는 효과가 제공된다.
- [0025] 그리고, 제1 흐름 전극 모듈과 제2 흐름 전극 모듈을 하나의 세트와 하여 전단 모듈에서 리튬 이온을 추출하고, 후속 모듈에서는 회수하여 연속 운전이 가능하게 된다.
- [0026] 그리고, 제1 흐름 전극 모듈에 의해 추출된 리튬 이온과, 황산 이온을 제2 흐름 전극 모듈에서 반대 전하에 의해 처리수 측으로 방출하여 회수함으로써, 리튬 이온의 회수 및 황산 이온의 재활용이 가능한 효과가 제공된다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 전기화학적 리튬 회수 장치의 구성을 나타낸 도면이고,
 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 전기화학적 리튬 회수 장치의 제1 흐름 전극 모듈의 구성을 나타낸 도면이고,
 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 전기화학적 리튬 회수 장치의 제2 흐름 전극 모듈의 구성을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0029] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시예들을 상세히 설명한다.
- [0030] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 전기화학적 리튬 회수 장치(10)의 구성을 나타낸 도면이다.
- [0031] 도 1을 참조하여 설명하면 본 발명의 실시예에 따른 전기화학적 리튬 회수 장치(10)는 제1 흐름 전극 모듈(100)과 제2 흐름 전극 모듈(200)을 포함하여 구성될 수 있다.

- [0032] 본 발명의 실시예에서 제1 흐름 전극 모듈(100)과 제2 흐름 전극 모듈(200)은 흐름 전극 축전식 탈염(FCDI : Flow-electrode capacitive deionization) 시스템을 기반으로 구성된다.
- [0033] 여기서, 제1 흐름 전극 모듈(100)은 폐전지 활물질(AM)이 포함된 대상 용액으로부터 전기적 인력에 의해 리튬 이온을 선택적으로 추출하고, 제2 흐름 전극 모듈(200)은 제1 흐름 전극 모듈(100)에 의해 추출된 리튬 이온을 전기적 반발력에 의해 회수할 수 있다.
- [0034] 본 발명의 실시예에서는 황산 용액이 수용된 수용 탱크(L)에 폐전지로부터 추출된 활물질(AM)인 폐전지 활물질(AM)을 침출(Leaching)시켜 대상 용액을 생성하고, 이를 제1 흐름 전극 모듈(100)로 유입시키는 것을 예로 한다.
- [0035] 여기서, 폐전지 활물질(AM) 내에서 리튬은 수산화리튬(LiOH) 형태로 포함되어 있으며, 황산 용액 내에서 황산리튬(Li₂SO₄)로 전환되어 제1 흐름 전극 모듈(100)로 유입된다.
- [0036] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 전기화학적 리튬 회수 장치(10)의 제1 흐름 전극 모듈(100)의 구성을 나타낸 도면이다.
- [0037] 도 2를 참조하여 설명하면, 본 발명의 실시예에 따른 제1 흐름 전극 모듈(100)은 제1 양극 채널(113), 제1 음극 채널(133), 제1 유동 채널(150) 및 제1 전단 이온 교환막(132)을 포함하여 구성될 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예에 따른 제1 흐름 전극 모듈(100)은 제2 전단 이온 교환막(112)을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0038] 본 발명의 실시예에 따른 제1 유동 채널(150)로는 대상 용액이 유동한다. 여기서, 제1 유동 채널(150)은 제1 전단 이온 교환막(132)과 제2 전단 이온 교환막(112)에 의해 형성된다.
- [0039] 제1 양극 채널(113)은 제2 전단 이온 교환막(112)과 제1 양극 판(111) 사이에 형성된다. 여기서, 제1 양극 채널(113)로는 제1 전단 유체가 유동하게 되며, 제1 양극 판(111)을 통해 양극의 전원이 인가된다. 여기서, 제1 전단 유체는 활성탄(AC) 용액일 수 있다.
- [0040] 제1 음극 채널(133)은 제1 전단 이온 교환막(132)과 제1 음극 판(131) 사이에 형성된다. 여기서, 제1 음극 채널(133)로는 제2 전단 유체가 유동하게 되며, 제1 음극 판(131)에 의해 음극의 전원이 인가된다.
- [0041] 본 발명의 실시예에 따른 제1 전단 이온 교환막(132)은 제1 음극 채널(133)과 제1 유동 채널(150)을 구획한다. 그리고, 제1 전단 이온 교환막(132)은 1가 이온을 선택적으로 투과시킨다. 본 발명의 실시예에서는 제1 전단 이온 교환막(132)으로는 +1가 이온인 리튬 이온을 투과시킬 수 있도록, 양이온 교환막(Cation Exchange membrane)이 적용되는 것을 예로 한다.
- [0042] 상기와 같은 구성에 따라, 제1 양극 판(111)과 제1 음극 판(131)을 통해 전원이 인가되면, 제1 음극 채널(133)로 유동하는 제2 전단 유체가 (-) 전하를 띄게 되는데, (-) 전하에 따른 전기적 인력에 따라 (+) 전하를 띄는 이온성 물질이 제1 음극 채널(133) 측으로 이동하게 된다.
- [0043] 도 2에 도시된 바와 같이, 대상 용액에는 리튬 이온(Li⁺) 외에, 폐전지 활물질(AM)의 침출에 사용된 황산 용액에 의한 황산 이온(SO₄²⁻), 그리고, 코발트 이온(Co³⁺), 니켈 이온(Ni³⁺) 등이 포함될 수 있다.
- [0044] 여기서, 제1 음극 채널(133)에 (-) 전하가 인가되어, (+) 전하를 띠는 이온성 물질들은 제1 음극 채널(133)로 이동하게 되는데, 제1 전단 이온 교환막(132)이 +1가 이온만을 선택적으로 투과시키므로, +1가 이온인 리튬 이온만이 제1 전단 이온 교환막(132)을 투과하여 제1 음극 채널(133)로 이동하게 된다.
- [0045] 상기와 같은 구성에 따라, 다양한 성분을 포함하는 폐전지 활물질(AM) 중 리튬 이온의 선택적인 추출이 가능하게 된다.
- [0046] 여기서, 본 발명의 실시예에서는 제1 음극 채널(133)을 유동하는 제2 전단 유체가 망간 옥사이드(MO) 용액을 포함하는 것을 예로 한다. 망간 옥사이드(MO)는 리튬 이온의 흡착성이 매우 높아, 제1 전단 이온 교환막(132)을 투과한 리튬 이온이 제2 전단 유체 내의 망간 옥사이드(MO)에 흡착되어(LMO) 유동하게 된다. 따라서, 리튬 이온의 선택적 추출, 그리고, 추출 효율을 향상시킬 수 있게 된다.
- [0047] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 제2 전단 이온 교환막(112)은 음이온이 선택적으로 투과하는 음이온 교환막(Anion exchange membrane)으로 구성될 수 있다.
- [0048] 그리고, 제1 양극 채널(113)에 인가되는 (+) 전하에 따라 제1 양극 채널(113)의 전기적 인력에 의해, 대상 용액

내의 황산 이온이 제2 전단 이온 교환막(112)을 투과하여 제1 전단 유체로 유입될 수 있다. 여기서, 제1 전단 유체로 유입되는 황산 이온에 대한 설명은 후술한다.

- [0049] 이하에서는, 도 3을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 제2 흐름 전극 모듈(200)에 대해 상세히 설명한다.
- [0050] 본 발명의 실시예에 따른 제2 흐름 전극 모듈(200)은 제2 양극 채널(213), 제2 음극 채널(233), 제2 유동 채널(250), 및 제1 후단 이온 교환막(212)을 포함할 수 있다. 또한, 제2 흐름 전극 모듈(200)은 제2 후단 이온 교환막(232)과, 양극성 이온 교환막(253)을 더 포함하여 구성될 수 있다.
- [0051] 본 발명의 실시예에 따른 제2 유동 채널(250)로는 처리수가 유동한다. 그리고, 제1 유동 채널(150)은 제1 후단 이온 교환막(112)과 제2 후단 이온 교환막(232)에 의해 형성된다.
- [0052] 제2 양극 채널(213)은 제1 후단 이온 교환막과 제2 양극 판(211) 사이에 형성된다. 여기서, 제2 양극 채널(213)로는 제1 음극 채널(133)로부터 배출되는 제2 전단 유체가 유입되어 유동한다. 앞서 설명한 바와 같이, 제2 전단 유체에는 리튬 이온이 추출되어 함께 유동하는데, 망간 옥사이드(MO)에 흡착된 상태로 이동할 수 있다. 여기서, 제2 양극 채널에는 제2 양극 판(211)을 통해 양극의 전원이 인가된다.
- [0053] 제2 음극 채널(233)은 제2 후단 이온 교환막(232)과 제2 음극 판(231) 사이에 형성된다. 여기서, 제2 음극 채널(233)로는 제2 후단 유체가 유동하게 되며, 제2 음극 판(231)을 통해 음극의 전원이 인가된다.
- [0054] 본 발명의 실시예에서는 제1 양극 채널(113)로부터 배출되는 제1 전단 유체가 제2 음극 채널(233)로 유입되는 것을 예로 한다. 즉, 제1 양극 채널(113)로부터 배출되는 제1 전단 유체가 제2 음극 채널(233)을 통해 유동하는 제2 후단 유체가 된다.
- [0055] 본 발명의 실시예에 따른 제1 후단 이온 교환막(212)은 제2 양극 채널(213)과 제2 유동 채널(250)을 구획한다. 그리고 제1 후단 이온 교환막(212)은 1가 이온을 선택적으로 투과시킬 수 있다. 본 발명의 실시예에서는 제1 후단 이온 교환막(212)으로 +1가 이온인 리튬 이온을 투과시킬 수 있도록, 양이온 교환막(Cation Exchange membrane)이 적용되는 것을 예로 한다.
- [0056] 상기와 같은 구성에 따라, 제2 양극 판(211)과 제2 음극 판(231)을 통해 전원이 인가되면, 제2 양극 채널(213)로 유동하는 제2 전단 유체가 (+) 전하를 띄게 되는데, (+) 전하에 따른 전기적 반발력에 따라 (+) 전하를 띄는 이온성 물질이 제2 음극 채널(233) 측으로 이동하게 된다. 즉, 제1 흐름 전극 모듈(100)에서 추출된 (+) 전하의 리튬 이온이 제1 후단 이온 교환막(212)을 투과하여 처리수가 유동하는 제2 유동 채널(250)로 이동하게 된다.
- [0057] 따라서, 제2 유동 채널(250)의 처리수를 회수함으로써, 리튬 이온의 회수가 가능하게 된다.
- [0058] 한편, 제2 후단 이온 교환막(232)은 제2 양극 채널(213)과 제2 유동 채널(250)을 구획한다. 여기서, 제2 후단 이온 교환막(232)은 음이온이 선택적으로 투과하는 음이온 교환막(Anion exchange membrane)으로 구성될 수 있다.
- [0059] 본 발명의 실시예에 따른 양극성 이온 교환막(253)은 제2 유동 채널(250)을 제2 양극 채널(213) 측의 제1 회수 채널(251)과, 제2 음극 채널(233) 측의 제2 회수 채널(252)로 구획하는 것을 예로 한다.
- [0060] 이를 통해, 제2 양극 채널(213)의 전기적 반발력에 의해 제1 후단 이온 교환막(212)을 투과한 리튬 이온은 제1 회수 채널(251)로 유입될 수 있다. 그리고, 제2 음극 채널(233)의 전기적 반발력에 의해, 제2 후단 유체, 즉 제1 양극 채널(113)로부터 배출되는 제1 전단 유체 내의 황산 이온이 제2 후단 이온 교환막(232)을 투과하여 제2 회수 채널(252)로 유입될 수 있다.
- [0061] 따라서, 제1 회수 채널(251)을 유동하는 처리수를 회수함으로써, 리튬 이온의 회수가 가능하게 되고, 제2 회수 채널(252)을 유동하는 처리수를 회수함으로써, 황산 이온의 회수가 가능하게 된다.
- [0062] 여기서, 제2 회수 채널(252)을 통해 회수되는 황산 이온을 포함하는 처리수는 대상 용액의 생성에 재활용됨으로써, 대상 용액의 생성이 사용되는 황산의 사용량을 줄일 수 있게 된다.
- [0063] 상기 과정을 통해, 리튬 이온을 포함한 처리수는 회수 탱크(300)에 수용될 수 있다. 그리고, 회수된 처리수에 탄산염을 주입하게 되면, 탄산리튬 형태의 리튬 회수가 가능하게 된다.
- [0064] 비록 본 발명의 몇몇 실시예들이 도시되고 설명되었지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 당업자라면 본 발명의 원칙이나 정신에서 벗어나지 않으면서 본 실시예를 변형할 수 있음을 알 수 있을 것이다. 발명의 범위는 첨부된 청구항과 그 균등물에 의해 정해질 것이다.

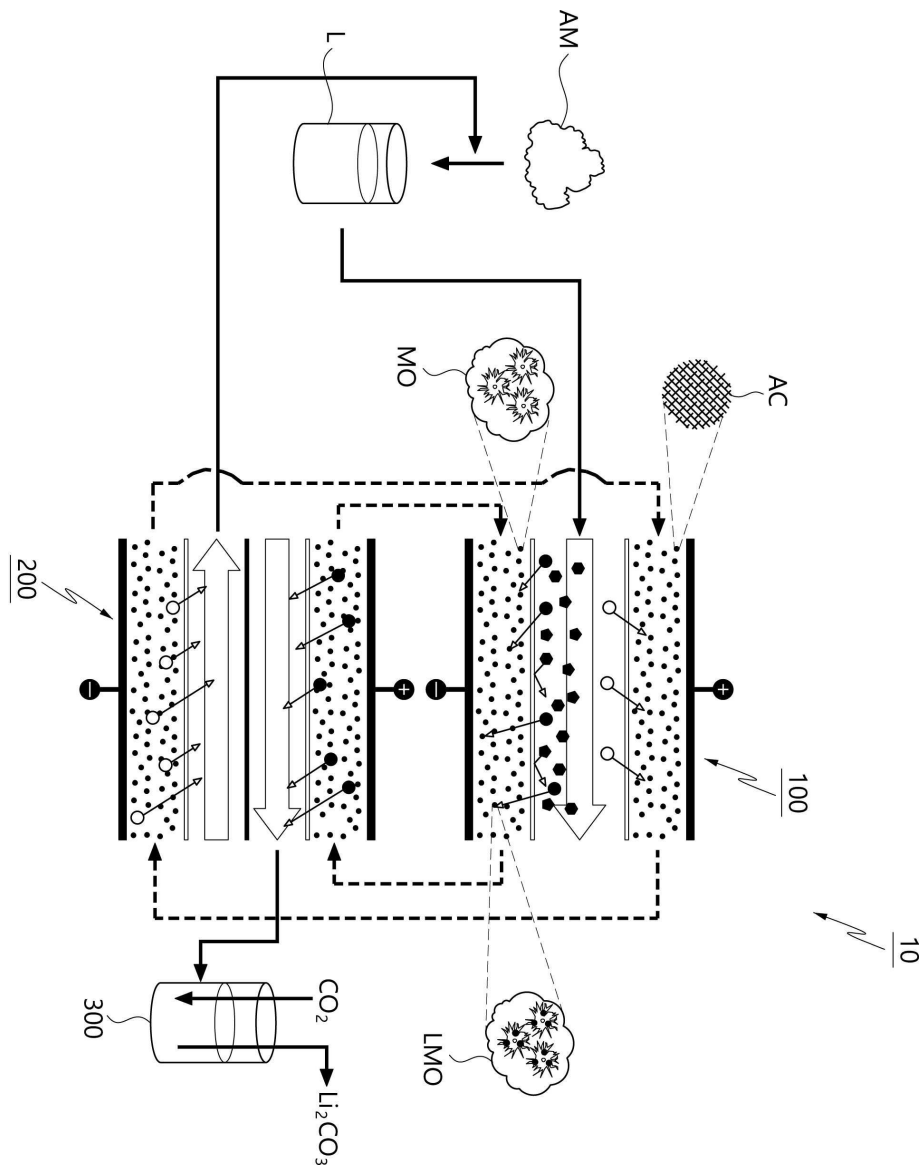
부호의 설명

[0065]

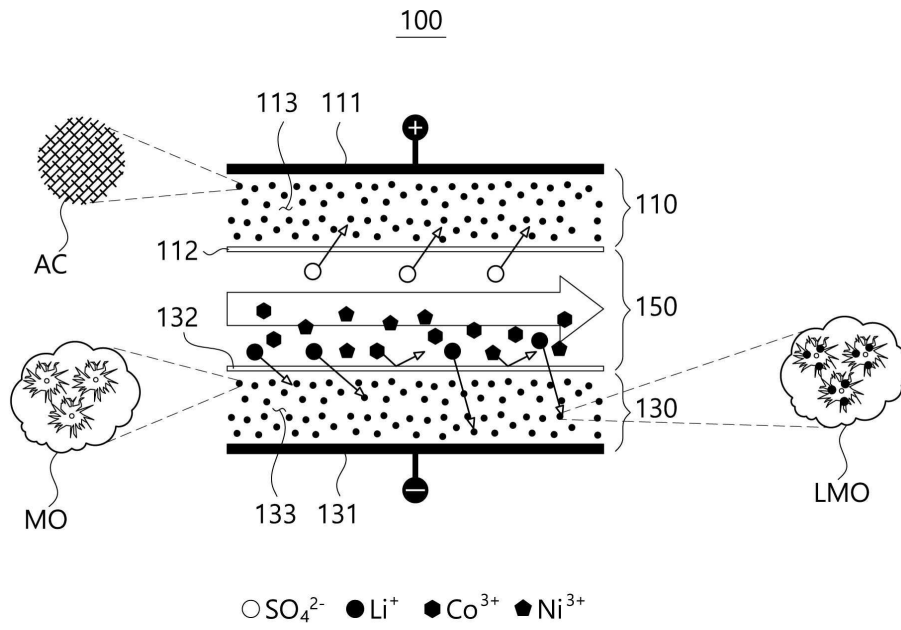
10	: 전기화학적 리튬 회수 장치		
100	: 제1 흐름 전극 모듈	111	: 제1 양극 판
112	: 제2 전단 이온 교환막	113	: 제1 양극 채널
131	: 제1 음극 판	132	: 제1 전단 이온 교환막
133	: 제1 음극 채널	150	: 제1 유동 채널
200	: 제2 흐름 전극 모듈	211	: 제1 양극 판
212	: 제1 후단 이온 교환막	213	: 제2 양극 채널
231	: 제2 음극 판	232	: 제2 후단 이온 교환막
233	: 제3 음극 채널	250	: 제2 유동 채널
251	: 제1 회수 채널	252	: 제2 회수 채널
253	: 양극성 이온 교환막	300	: 회수 탱크

도면

도면1



도면2



도면3

