(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0039163
(43) 공개일자 2025년03월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 4/04 (2006.01) *B05D 1/02* (2006.01)
B05D 3/02 (2006.01) *H01M 4/62* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01M 4/04 (2013.01)
B05D 1/025 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0121946
(22) 출원일자 2023년09월13일
심사청구일자 2023년09월13일

(71) 출원인
주식회사 윤성에프앤씨
경기도 안성시 공도읍 문터길 72-23
경상국립대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
김한성
경기도 용인시 처인구 양지면 송주로236번길 1-4
황옥렬
경남 진주시 에나로175번길 12
(74) 대리인
특허법인대한

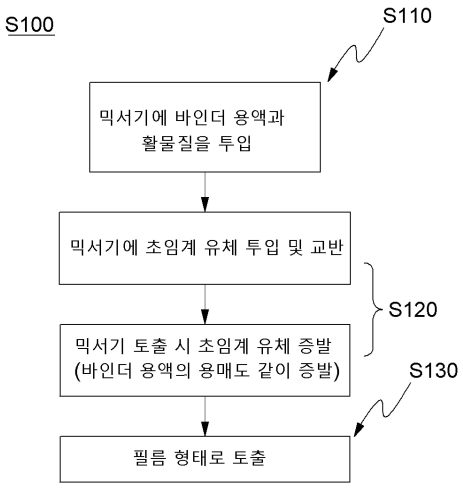
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **다단 구조의 공정 통합형 전극 제조 방법 및 장치**

(57) 요 약

본 발명은 2차 전지의 전극을 제조하는 것으로서, 특히 습식 제조 공정에 따라 바인더 용액과 활물질 파우더를 믹서기에 투입하여 혼합하되, 초임계 유체에 의해 용매를 증발시켜 습식 공정의 장점인 용이한 교반과 기공 형성 그리고 건식 공정의 장점인 무 건조 공정을 모두 구현할 수 있는 다단 구조의 공정 통합형 전극 제조 방법 및 장치이다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
B05D 3/0254 (2013.01)
H01M 4/0404 (2013.01)
H01M 4/0409 (2013.01)
H01M 4/62 (2013.01)
H01M 4/623 (2013.01)
B05D 2401/90 (2013.01)
Y02E 60/10 (2020.08)

명 세 서

청구범위

청구항 1

바인더 용액과 활물질 파우더를 믹서에 투입하되 초임계 유체를 상기 믹서에 투입하여 슬러리를 형성하여 믹싱한 후 믹서기로부터 토출하며,

상기 믹서기에서 토출되는 슬러리로부터 초임계 유체가 증발하면서 바인더 용액의 용매를 같이 증발시켜 별도의 건조 공정이 생략되는 다단 구조의 공정 통합형 전극 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 믹서기에서 토출되는 슬러리를 필름 형상으로 형성하여 별도의 코팅 및 건조 공정이 생략되는 다단 구조의 공정 통합형 전극 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 믹서기에서 토출되는 슬러리를 필름 형상으로 형성하여 별도의 코팅 공정이 생략되는 다단 구조의 공정 통합형 전극 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 바인더 용액은 PVDF를 NMP에 녹인 것을 이용하는 다단 구조의 공정 통합형 전극 제조 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 바인더 용액은 활물질 분체를 서로 연결하고 집전체에 접착하는 역할을 하는 고분자 수지를 용매에 녹인 것을 이용하되

상기 고분자 수지는 폴리테트라 플루오로에틸렌(PTFE), 폴리비닐리덴 플로라이드(PVDF, Polyvinylidene fluoride), 폴리에틸렌옥사이드(PEO), 폴리프로필렌(Polypropylene), 파라핀 왁스(Paraffin wax), 폴리락트산(Polylactic acid), 스타이렌·아크릴로나이트릴·뷰타다이엔의 세 성분으로 이루어진 스타이렌수지(ABS,acrylonitrile butadiene styrene), 폴리프로필렌 탄산염(Polypropylene carbonate), 하이드로제네이티드 나이트릴 부타디엔 러버(Hydrogenated nitrile butadiene rubber) 중 하나 이상을 혼합하여 사용하는 것을 특징으로 다단 구조의 공정 통합형 전극 제조 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 바인더 용액은 활물질 분체를 서로 연결하고 집전체에 접착하는 역할을 하는 고분자 수지를 용매에 녹인 것을 이용하되

상기 용매는 물, 에틸알콜, 메틸알콜, N-mythyl-2-pyrrolidone(NMP), 다이메틸폼아마이드(dimethylformamide, DMF), 메틸에틸케톤(Methyl Ethyl Ketone, MEK), 테트라히드로푸란(Tetrahydrofuran, THF), 디메틸술폭시드(Dimethyl sulfoxide, DMSO), 자일렌(Xylene), 톨루엔, 아세톤 중 하나 이상을 혼합하여 사용하는 것을 특징으로 다단 구조의 공정 통합형 전극 제조 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 초임계 유체는 다수 개의 초임계 유체를 이용하여 믹서 내부에 투입되고,

상기 믹서기 내부는 상기 초임계 유체의 상태가 유지되도록 가동되는 다단 구조의 공정 통합형 전극 제조 방법.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 기재된 전극 제조 방법을 수행하는 전극 제조 장치로서,

상기 바인더 용액과 활물질 파우더를 교반하는 믹서기(100)와, 상기 믹서기(100)의 토출측에 구비되어 상기 믹서기(100)에서 토출되는 슬러리를 집전체에 합지하는 가압 롤러(200)를 포함하고,

상기 믹서기(100)는 내부에 교반 스크류가 구비되는 믹서기 본체(110)와, 상기 믹서기 본체(110)에 구비되어 외부로부터 초임계 유체가 투입되는 초임계 유체 투입부(120)를 포함하는 다단 구조의 공정 통합형 전극 제조 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 2차 전지의 전극을 제조하는 것으로서, 특히 습식 제조 공정에 따라 바인더 용액과 활물질 파우더를 믹서기에 투입하여 혼합하되, 초임계 유체에 의해 용매를 증발시켜 습식 공정의 장점인 용이한 교반과 기공 형성 그리고 건식 공정의 장점인 무 건조 공정을 모두 구현할 수 있는 다단 구조의 공정 통합형 전극 제조 방법 및 장치이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 화석 연료를 대체하기 위한 2차 전지 기술이 활발하게 연구되고 있으며 이러한 2차 전지는 최근 자동차의 동력원으로 각광받고 있다.

[0003] 이러한 2차 전지는 크게 전극 제조 공정과 제조된 전극을 조립하는 조립 공정으로 이루어진다. 이러한 전극 제조 공정은 크게 습식 전극 제조 공정과 건식 전극 제조 공정으로 나누어진다.

[0004] 습식 전극 제조 공정은 도 1에 도시된 바와 같이 믹서에 바인더와 활물질 그리고 도전체 등을 용매와 같이 투입한 후 교반하여 슬러리를 생성하게 된다. 이러한 슬러리는 건조 공정을 통해 건조되면서 슬러리에 포함되어 있는 용매를 증발시킨다. 이러한 건조 공정을 통해 바인더는 활물질과 도전체 분체를 전극에 접착시켜 고정시키게 된다. 이때, 상기 용매가 증발되면서 바인더에 오픈셀 구조의 기공이 형성된다. 이러한 기공에 전해액이 함침되고 상기 전해액을 매개로 리튬 이차 전지의 충방전이 이루어진다.

[0005] 따라서, 이러한 건조 공정은 단순히 용매를 제거하는 용도 뿐만 아니라 전해액 함침을 위한 공간을 형성하는데 필수적인 공정이며 상기 건조 공정 후 코팅 공정과 슬리팅 공정을 수행하게 된다.

[0006] 그런데 이러한 습식 전극 제조 공정은 건조 공정에 소요되는 전기의 양이 전체 전지 제조 공정에서 사용되는 전기의 대부분을 차지하여 전력 소모 및 이에 따른 탄소 배출량이 증대되고 건조 공정을 위한 시설 또한 고가의 투자비와 대규모의 공장 부지가 필요한 문제점이 있었다.

[0007] 이러한 문제점을 극복하기 위해 도 2에 도시된 바와 같이 건식 제조 공정이 시도되고 있다. 건식 제조 공정은 우선 DRY MIXING 공정을 수행한다. 즉, 바인더로 폴리테트라 플루오로에틸렌(PTFE, Polytetrafluoroethylene)를 사용하고, 이 PTFE 바인더 분말과 활물질 및 도전재를 혼합(ABC(Active Material, Binder, Conductor) 혼합물)하게 된다. 이러한 DRY MIXING 공정은 볼밀링(BALL MILLING)과 더블 블레이드(DOUBLE BLADE) 혼합기 등을 이용하여 수행된다. 상기 DRY MIXING 공정 후 니딩(KNEADING) 공정을 수행하여 혼합물을 펠릿 형태로 제조한다. 이후, 상기 펠릿을 그라인딩하여 파우더로 만든 후 롤러 사이에 상기 파우더를 뿌리며 전극을 형성하는 캘린더링(CALENDARING) 공정을 수행한다.

[0008] 이러한 건식 공정은 다음과 같은 문제점이 있었다.

[0009] 첫째, 앞서 설명한 DRY MIXING 공정과 KNEADING 공정 그리고 그라인딩 공정과 CALENDARING 공정 등 복잡한 공

정을 수행해야 하는 문제점이 있고 이에 따라 현재 요구되는 속도로 양산하기 어려운 문제점이 있다.

[0010] 둘째, 습식 공정의 경우 드라이 공정 중에 용매의 증발로 인해 오픈 셀 구조의 기공이 형성되나 건식 공정의 경우 오픈셀 기공이 형성되지 못해서 활물질과 도전재 사이를 바인더가 꽉 채운 상태로 메워져 있고, 이 구조로 만들어진 전극에는 전해액 주입이 불가하여 이 전극으로 만들어진 전지는 전지로서 동작하지 않기 때문에 열을 가해도 녹지 않는 PTFE를 섬유화하여 바인더로 사용해야지만, PTFE의 접착력이 약해서 전극 필름이 집전체에서 쉽게 박리되어 전지 수명이 줄어드는 부작용이 발생하는 문제점이 있었다.

[0011] 다시 말해서 종래의 습식 전극 제조 기술에서는 바인더 안의 용매가 증발하면서 만든 오픈셀 기공에 전해액을 주입할 수 있지만 공장 면적을 많이 차지하는 고가의 드라이어가 필요하고 또 드라이어 운용에 대량의 전기가 사용되는 문제가 있고, 건식 전극 제조 기술의 경우 섬유화된 PTFE 바인더를 사용하여 건식으로 만들어진 전극은 생산 공정이 까다롭고 집전체와의 접착력 문제로 인해 전지 수명이 줄어드는 문제와 전극을 양산 속도로 만들어 내기 어려운 문제가 있어 두 방법 모두 개선이 필요한 상황이다.

[0012] 한편, 상술한 습식 제조 기술과 건식 제조 기술 자체는 널리 알려진 것으로서 특히 아래의 선행기술문헌에 자세히 기재되어 있는 바, 이에 대한 설명과 도시는 생략한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0013] (특허문헌 0001) 일본 등록 특허 제4971646호

(특허문헌 0002) 일본 공개 특허 제2014-194927호

(특허문헌 0003) 한국 공개 특허 제10-2023-0069002호

(특허문헌 0004) 한국 공개 특허 제10-2022-0052852호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 습식 제조 공정에 따라 바인더 용액과 활물질 파우더를 믹서기에 투입하여 혼합하되, 초임계 유체에 의해 용매를 증발시켜 습식 공정의 장점인 용이한 교반과 기공 형성 그리고 건식 공정의 장점인 무 건조 공정을 모두 구현할 수 있는 다단 구조의 공정 통합형 전극 제조 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0015] 이와 같이 초임계 유체가 바인더에 오픈셀 구조의 기공이 형성된다. 이러한 기공에 전해액이 함침되고 상기 전해액을 매개로 리튬 이차 전지의 충방전이 이루어진다.

[0016] 그러나 본 발명의 목적은 상기에 언급된 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0017] 종래의 습식 기반 전극 제조 공정은 믹싱 공정과 코팅 공정, 드라이 공정 및 프레스 공정으로 분리되어 있었으나, 본 발명의 공정 통합형 전극 제조 장치를 사용하는 경우 활물질, 도전재, 바인더, 용매 및 초임계 유체를 믹서로 믹싱하고 이렇게 만들어진 슬러리를 믹서의 말단에 연결된 노즐을 통하여 토출하여 곧바로 집전체에 코팅을 실시하게 되며 이 코팅된 슬러리에서 곧바로 초임계유체와 용매가 증발되면서 바인더에 기공을 형성하여 전극이 생성되므로, 기존 습식 기반 전극 제조에서 따로 필요로했던 공정인 믹싱, 코팅, 건조 및 프레스를 한 장비에서 통합하여 구현할 수 있다.

[0018] 이에 따라 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 바인더 용액과 활물질 파우더를 믹서에 투입하되 초임계 유체를 상기 믹서에 투입하여 슬러리를 형성하여 믹싱한 후 믹서기로부터 토출하며, 상기 믹서기에서 토출되는 슬러리로부터 초임계 유체가 증발하면서 바인더 용액의 용매를 같이 증발시켜 별도의 건조 공정이 생략되는 다단 구조의 공정 통합형 전극 제조 장치를 제공한다.

[0019] 상기에서, 상기 믹서기에서 토출되는 슬러리를 필름 형상으로 형성하여 별도의 코팅 및 건조공정이 생략되는 것도 가능하다.

[0020] 또한 상기 믹서기에서 토출되는 슬러리를 필름 형상으로 형성하여 별도의 코팅 공정이 생략되는 것도 가능하다

[0021] 상기에서, 상기 바인더 용액은 폴리비닐리덴 플로라이드(PVDF, Polyvinylidene fluoride)를 이용할 수 있고, 상기 바인더 용액은 활물질 분체를 서로 연결하고 집전체에 접착하는 역할을 하는 고분자 수지를 용매에 녹인 것으로서, 종래에는 양극 용 전극에는 PVDF를 NMP에 녹인 용액, 음극 용 전극에는 SBR과 CMC를 물에 녹인 용액을 사용할 수 있다.

[0022] 여기서 상기 바인더 용액은 PVDF를 엔엠피(NMP, N-Methyl-2-Pyrrolidone)에 녹인 것을 이용하거나 활물질 분체를 서로 연결하고 집전체에 접착하는 역할을 하는 고분자 수지를 용매에 녹인 것을 이용하는 것이 바람직하다

[0023] 상기 고분자 수지는 폴리테트라 플루오로에틸렌(PTFE), 폴리비닐리덴 플로라이드(PVDF, Polyvinylidene fluoride), 폴리에틸렌옥사이드(PEO), 폴리프로필렌(Polypropylene), 파라핀 왁스(Paraffin wax), 폴리락트산(Polylactic acid), 스타이렌·아크릴로나이트릴·뷰타다이엔의 세 성분으로 이루어진 스타이렌수지(ABS,acrylonitrile butadiene styrene), 폴리프로필렌 탄산염(Polypropylene carbonate), 하이드로제네이티드 나이트릴 부타디엔 러버(Hydrogenated nitrile butadiene rubber) 또는 이들을 적용한 수지를 사용할 수 있다.

[0024] 또한 상기 용매는 물, 에틸알콜, 메틸알콜, N-mythyl-2-pyrrolidone(NMP), 다이메틸폼아마이드(dimethylformamide, DMF), 메틸에틸케톤(Methyl Ethyl Ketone, MEK), 테트라히드로푸란(Tetrahydrofuran, THF), 디메틸술폭시드(Dimethyl sulfoxide, DMSO), 자일렌(Xylene), 톨루엔, 아세톤 또는 이들을 적용한 용매를 사용할 수 있다.

[0025] 상기에서, 상기 초임계 유체는 다수 개의 초임계 유체를 이용하여 믹서 내부에 투입되고, 상기 믹서기 내부는 상기 초임계 유체의 상태가 유지되도록 가동되는것도 가능하다.

[0026] 또한, 본 발명은 전극 제조 방법을 수행하는 전극 제조 장치로서, 상기 바인더 용액과 활물질 파우더를 교반하는 믹서기(100)와, 상기 믹서기(100)의 토출측에 구비되어 상기 믹서기(100)에서 토출되는 슬러리를 집전체에 합지하는 가압 롤러(200)를 포함하고, 상기 믹서기(100)는 내부에 교반 스크류가 구비되는 믹서기 본체(110)와, 상기 믹서기 본체(110)에 구비되어 외부로부터 초임계 유체가 투입되는 초임계 유체 투입부(120)를 포함하는 다단 구조의 공정 통합형 전극 제조 방법을 제공한다.

[0027] 상기에서, 상기 초임계 유체 투입부(120)는 다수 개 구비되어 복수 개의 초임계 유체가 따로 따로 믹서기 본체(110) 내부에 투입되는 것도 가능하다.

[0028] 상기 믹서기(100)는 연속식 교반부(100-1)와 초임계 유체 교반부(100-2)를 포함하고, 상기 연속식 교반부(100-1)는 바인더 용액과 활물질이 투입된 후 교반하여 바인더 용액과 활물질이 혼합된 슬러리를 연속적으로 토출하고, 상기 초임계 유체 교반부(100-2)는 상기 연속식 교반부(100-1)에서 토출된 슬러리가 투입되는 한편 초임계 유체가 투입되어 혼합된 후 필름 형상으로 슬러리를 토출한다.

[0029] 본 발명의 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다.

[0030] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합되는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.

발명의 효과

[0031] 이상 설명한 본 발명에 의해 습식 공정의 장점인 용이한 교반과 기공 형성 그리고 건식 공정의 장점인 무 건조 공정을 모두 구현할 수 있는 효과가 있다.

[0032] 보다 구체적으로 용매가 혼합된 바인더와 활물질을 교반하므로 보다 용이하게 교반할 수 있고 양산성을 확보할 수 있음은 물론 성능이 검증된 PVDF 등 기존 바인더를 사용할 수 있으며, 초임계 유체 증발시 용매가 같이 증발함에 의해 건식 공정의 장점인 건조 과정을 생략할 수 있는 효과도 거둘 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 일반적인 습식 제조 공정을 나타내는 개략도,

도 2는 일반적인 건식 제조 공정을 나타내는 개략도,

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 제조 공정을 나타내는 순서도,

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 제조 장치를 나타내는 개략도,

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 제조 장치를 나타내는 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 설명하기로 한다. 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다.

[0035] 또한, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 하여 내려져야 할 것이다.

[0036] 아울러, 아래의 실시예는 본 발명의 권리범위를 한정하는 것이 아니라 본 발명의 청구범위에 제시된 구성요소의 예시적인 사항에 불과하며, 본 발명의 명세서 전반에 걸친 기술사상에 포함되고 청구범위의 구성요소에서 균등물로서 치환 가능한 구성요소를 포함하는 실시예는 본 발명의 권리범위에 포함될 수 있다.

[0037] 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 제조 방법은 도 3 내지 도 5에 도시된 바와 같이 바인더 용액과 활물질 파우더를 믹서기에 투입하되 초임계 유체를 상기 믹서기에 투입하여 슬러리를 형성하여 믹싱한 후 믹서기로부터 토출하며, 상기 믹서기에서 토출되는 슬러리로부터 초임계 유체가 증발하면서 바인더 용액의 용매를 같이 증발시켜 별도의 건조 공정이 생략되는 다단 구조의 공정 통합형 전극 제조 방법 및 장치이다.

[0038] 보다 구체적으로 설명하면 우선 바인더 용액과 활물질 파우더를 믹서기에 투입하는 제1공정(S110)을 수행한다. 이러한 제1공정은 기존의 습식 공정과 같이 바인더를 용매에 용해한 후 상기 바인더 용액을 활물질 파우더와 같이 교반기에 투입하여 교반한다. 이러한 제1공정(S110)에 의하면 기존의 습식 공정의 장점인 용이하고도 균일한 교반을 얻을 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이 건식 공정을 채택하는 경우 용매 없이 믹싱 공정을 수행해야 하는 관계로 길고 복잡한 공정이 필요하고 교반도 용이하지 않은 문제점이 있었다. 본 발명은 이러한 문제점을 해결하기 위해 기존의 검증된 방식인 습식 공정을 이용하는 것이다.

[0039] 한편, 널리 알려진 바와 같이 습식 공정을 채택하는 경우 용매를 제거하기 위한 건조 공정이 별도로 필요한 문제점이 있었다. 본 발명은 이러한 문제점을 해결하기 위해 초임계 유체를 상기 믹서기에 투입하여 슬러리를 형성하여 믹싱한 후 믹서기로부터 토출하는 제2공정(S120)을 수행한다. 이때 상기 믹서기에서 초임계 유체가 토출될 때 증발하면서 바인더 용액의 용매 또한 같이 증발된다. 다시 말해서 별도의 건조 공정이 없더라도 본 발명의 초임계 유체 투입 기술에 의해 용매가 제거되므로 종래와 같은 건조 공정이 필요없어지게 된다. 즉, 습식 공정의 단점을 극복할 수 있게 된다.

[0040] 초임계 유체는 널리 알려진 바와 같이 임계 압력 및 임계 온도 이상의 조건에서 고체,액체,기체가 아닌 초임계 상태로 존재하는 물질을 말한다. 이러한 초임계 상태의 유체는 고분자 물질을 잘 용해시키는 특징을 가진다.

[0041] 이러한 이유로 바인더및 용매(예를 들어 NMP)가 초임계 유체에 용해된다. 따라서, 상기 용매가 용해된 초임계 유체가 믹서기에서 토출되어 임계 압력 이하가 되면 기체로 증발되며 이때 상기 용해된 용매도 같이 증발되며 바인더만 활물질 사이에 접착제 역할을 하며 고상으로 변하여 남는다. 이러한 작용에 의해 별도의 건조 공정이 없어도 용매를 제거할 수 있게 되는 것이다.

[0042] 즉, 용매에 바인더가 분자 단위로 녹는 것처럼, 초임계유체와 NMP와 같은 공용매에 바인더가 녹고, 이 상태에서 다이를 통하여 압출되면 바인더의 분자 사이에 존재하던 초임계 유체와 공용매가 증발하면서 이 과정에서 고상이 된 바인더에 공극 구조를 형성하는 역할을 한다.

[0043] 상기 초임계 유체는 이산화탄소 외에도 물, 질소, 에틸렌, 벤젠, 암모니아 등 약 20여종이 있으며 각각의 유체가 초임계 상태가 되는 온도와 압력 조건이 모두 다르다. 이중에서 이산화탄소는 상대적으로 저압과 저온에서 초임계 상태에 도달하기 때문에 산업에서 가장 많이 사용되고 있다.

[0044] 상기 제1공정(S110)와 제2공정(S120) 수행 후 상기 믹서기에서 토출되는 슬러리가 필름 형상을 토출되도록 하는 제3공정(S130)을 수행한다. 이러한 제3공정(S130)은 믹서기의 토출측에 슬릿(소위 말하는 다이(DIE))을 통해 수행될 수 있다. 이러한 슬릿을 통해 슬러리가 믹서기 외부로 토출되면 슬러리에 포함되어 있는 초임계 유체가 증

발되면서 앞서 설명된 바와 같이 용매도 같이 증발시키게 되고, 바인더 용액에 있던 바인더만 활물질과 같이 고상으로 변하여 남게된다.

[0045] 본 발명의 경우 믹서기(100)는 내부에 교반 스크류가 배치되는 믹서기 본체(110)를 포함할 수 있다. 이때, 상기 교반 스크류가 배치되는 믹서기 본체(110)는 일반적인 믹서기를 이용할 수 있는 관계로 이에 대한 자세한 설명과 도시는 생략한다. 다만 본 발명의 경우 상기 믹서기 본체(110)에 구비되어 초임계 유체가 투입되는 초임계 유체 투입부(120)를 포함할 수 있다. 이러한 초임계 유체 투입구(120)는 다수 개 구비되어 복수 개의 초임계 유체가 따로 따로 믹서 본체(110) 내부에 투입되는 것도 가능하다.

[0046] 일반적으로는 초임계 유체로서 이산화탄소가 가장 많이 사용되지만 질소 가스를 사용하는 경우 더 작은 기포를 생성할 수 있어서 원하는 기공 사이즈 분포를 얻기 위해서는 다수의 초임계 유체를 투입해야 할 수도 있다. 이때, 상기 다수의 초임계 유체가 본 발명의 초임계 유체 투입부(120)를 통해 믹서기 본체(110) 내부에 투입되는 것이다. 이때, 상기 믹서기 본체(110) 내부는 상기 초임계 유체의 상태가 유지되도록 가동되어야 한다.

[0047] 한편, 이렇게 투입된 초임계 유체는 반죽 내의 고분자 물질인 바인더와 NMP를 녹이며, 따라서 이송되는 반죽의 점도가 낮아져서 믹싱이 잘 되는 상태가 되고 다이에서 압출될 때의 압출 압력이 낮아지도록 돕는다.

[0048] 또한, 용매에 바인더가 분자 단위로 녹는 것처럼, 초임계유체와 NMP와 같은 공용매에 바인더가 녹고, 이 상태에서 다이를 통하여 압출되면 바인더의 분자 사이에 존재하던 초임계 유체와 공용매가 증발하면서 이 과정에서 고상이 된 바인더에 공극 구조를 형성하는 역할을 하는 점은 이미 설명한 바와 같다.

[0049] 상술된 믹서기(100)에서는 필름 형태로 토출되며 이때, 상기 믹서기(100)의 토출측에 구비되어 상기 믹서기(100)에서 토출되는 슬러리를 집전체에 합지하는 가압 롤러(200)를 포함하는 것도 가능하다.

[0050] 이러한 구성에 의해 코팅을 위한 코터기의 구성 또한 생략할 수 있어 제조 원가를 더욱 절감할 수 있다.

[0051] 한편, 바인더 용액은 PVDF를 이용하는 것도 가능하다. 상기 PVDF와 NMP의 조합 용액은 습식 제조 공정에서 사용되고 있는 것으로서 그 성능이 확인된 것이다. 즉, 기존에 성능이 확인된 용액을 사용하고 있으므로 2차 전지의 최종 메이커 입장에서는 보다 안심하고 전극을 생산할 수 있다.

[0052] 다시 말해서, 기존 습식 기반 전극 제조 공정은 믹싱 공정과 코팅 공정, 드라이 공정 및 프레스 공정으로 분리되어 있었으나, 본 공정 통합형 전극 제조 장치를 사용하는 경우 활물질, 도전재, 바인더, 용매 및 초임계 유체를 믹서로 믹싱하고 이렇게 만들어진 슬러리를 믹서의 말단에 연결된 노즐을 통하여 토출하여 곧바로 집전체에 코팅을 실시하게 되며 이 코팅된 슬러리에서 곧바로 초임계유체와 용매가 증발되면서 바인더에 기공을 형성하여 전극이 생성되므로, 기존 습식 기반 전극 제조에서 따로 필요로했던 공정인 믹싱, 코팅, 건조 및 프레스를 한 장비에서 통합하여 구현할 수 있다.

[0053] 상술된 바와 같이 본 발명은 습식 공정과 같이 바인더 용액과 활물질을 교반하되 초임계 유체를 투입하여 건조 공정을 생략할 수 있는 것이다. 이러한 초임계 유체는 다수 개의 초임계 유체를 이용할 수도 있다. 이는 앞서 설명된 바와 같이 초임계 유체가 증발하면서 바인더 용액의 용매를 증발시켜 오픈셀 구조의 기공을 만드는데, 이때, 다양한 기공 사이즈 분포를 얻기 위해 다수 개의 초임계 유체를 투입하게 된다.

[0054] 이하 도 2 내지 도 5를 다시 참조하여 본 발명의 전극 제조 방법을 수행하는 전극 제조 장치에 대해 설명한다.

[0055] 우선 본 발명의 믹서기(100)는 내부에 교반 스크류가 구비되는 믹서기 본체(110)와, 상기 믹서기 본체(110)에 구비되어 외부로부터 초임계 유체가 투입되는 초임계 유체 투입부(120)를 포함한다. 상기 믹서기 본체(110)는 내부에 배치되는 스크류를 이용할 수 있으며 이러한 구성은 널리 알려진 기술인 관계로 이에 대한 자세한 설명과 도시는 생략한다.

[0056] 다만, 본 발명의 초임계 유체를 투입하는 다수 개의 초임계 투입부(120)를 포함한다. 이러한 초임계 유체 투입부(120)는 다수 개 구비되어 복수 개의 초임계 유체가 따로 따로 믹서기 본체(110) 내부에 투입된다.

[0057] 예를 들어 상기 다수 개의 초임계 유체 투입부(120)에는 초임계 상태를 유지하는 이산화탄소와 질소 등을 각각 투입할 수 있다. 이러한 초임계 유체는 이산화탄소 외에도 물, 질소, 에틸렌, 벤젠, 암모니아 등 약 20여종이 있으며 각각의 유체가 초임계 상태가 되는 온도와 압력 조건이 모두 다르다. 이중에서 이산화탄소는 상대적으로 저압과 저온에서 초임계 상태에 도달하기 때문에 산업에서 가장 많이 사용되고 있다. 초임계유체는 여러가지 고유한 특성을 가지고 있으나, 본 발명에서 사용하고자 하는 기능은 초임계 유체가 물질, 특히 그 중에서도 바인더 물질과 용매와 같은 고분자 물질을 녹이는 기능이다.

[0058] 상술된 믹서기 본체(110)로부터 필름 형상의 슬러리가 토출되면 상기 토출되는 슬러리에서 초임계 유체는 증발되면서 바인더 용매의 용액을 증발시킨다. 한편, 상기 믹서기(100) 일 측에서 토출되는 슬러리를 집전체에 곧바로 붙이면 별도의 코터가 필요 없어 공정을 통합할 수 있다. 이를 위해 가압 롤러(200)를 이용하는 것도가능하다.

[0059] 도 5에 도시된 바와 같이 상기 믹서기(100)는 연속식 교반부(100-1)와 초임계 유체 교반부(100-2)를 포함할 수 있다. 상기 연속식 교반부(100-1)는 바인더 용액과 활물질이 투입된 후 교반하여 바인더 용액과 활물질이 혼합된 슬러리를 연속적으로 토출하게 된다. 상기 연속적으로 토출된 슬러리는 상기 초임계 유체 교반부(100-2)에 투입된다. 상기 초임계 유체 교반부(100-2)에는 앞서 설명된 초임계 유체 투입부(120)가 형성되어 있다. 즉, 바인더 용액과 활물질은 연속식 교반부(100-1)에서 교반되어 연속적으로 토출되고 초임계 유체는 상기 초임계 유체 교반부(100-2)에 투입되어 교반되는 것이다. 이러한 본 발명에 의해 연속적인 2차 전지 전극을 생산할 수 있어 양산 성능을 더욱 향상시킬 수 있다.

[0060] 한편, 상기 연속식 교반부(100-1)와 초임계 유체 교반부(100-2)는 내부에 스크류가 구비된 일반적인 믹서기를 이용할 수 있으며 이러한 믹서기 자체는 널리 알려진 구성인 관계로 이에 대한 자세한 설명과 도시는 생략한다.

[0061] 이상 설명한 본 발명을 다시 정리하면, 본 발명은 기존의 습식 전극 제조 방법에서 검증된, 용매를 사용한 슬러리 믹싱 공정을 사용할 수 있는 반면에, 기존 습식 방법에서는 바인더에 전해액 투입 용 오픈셀 기공을 형성하기 위해 반드시 필요한 드라이어 없이, 초임계 유체만으로 바인더에 오픈셀 기공을 만들 수 있어서, 현재 전 세계적으로 연구 중인 건식 전극 제조 공정에서 얻고자 하는 최종 목표인 드라이어 없는 전극 제조 공정을 구현할 수 있다.

[0062] 즉, 기존의 검증된 습식 슬러리 믹싱 기반 전극 제조 공정을 채택하되, 습식 전극 제조 공정에서의 최대 약점인 고비용 및 대형 크기로 인해 많은 공장 부지가 필요하고 운영 전기료가 많이 필요한 드라이어를 없애고, 현재 연구 중인 건식 전극 제조 기술에서 이루지 못한 습식 전극 공정에서의 대량 생산 및 생산된 전극 전체의 고른 밀도 품질을 얻을 수 있으므로, 습식과 건식 전극 공정의 각 단점을 버리고 장점만을 취한 발명이라 하겠다.

[0063] 이상 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세히 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함이 명백하다.

[0064] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 범주에 속하는 것으로 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의해 명확해질 것이다.

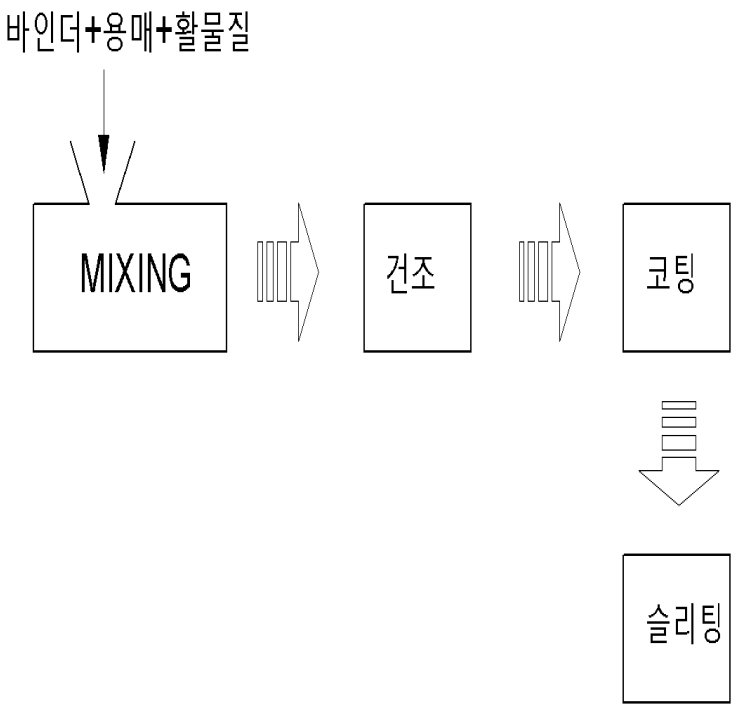
부호의 설명

[0065] 100 : 믹서기 100-1 : 연속식 교반부

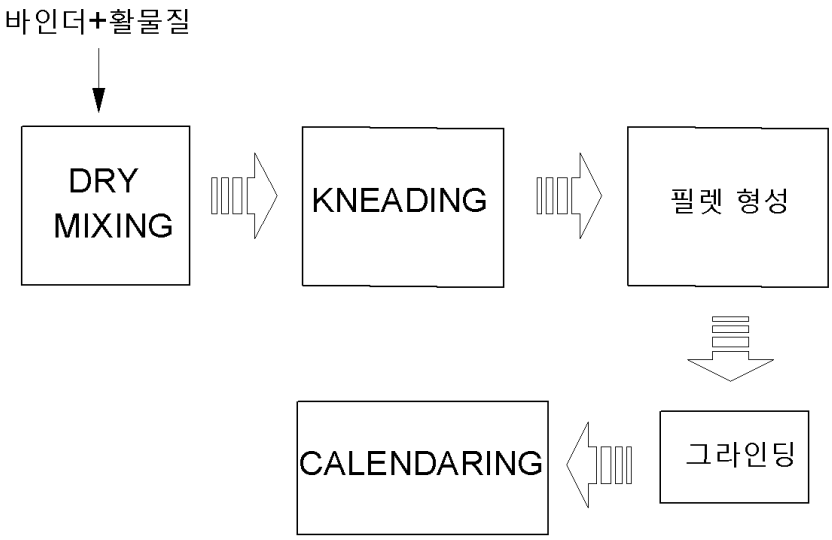
100-2 : 초임계 유체 교반부 120 : 초임계 유체 투입부

도면

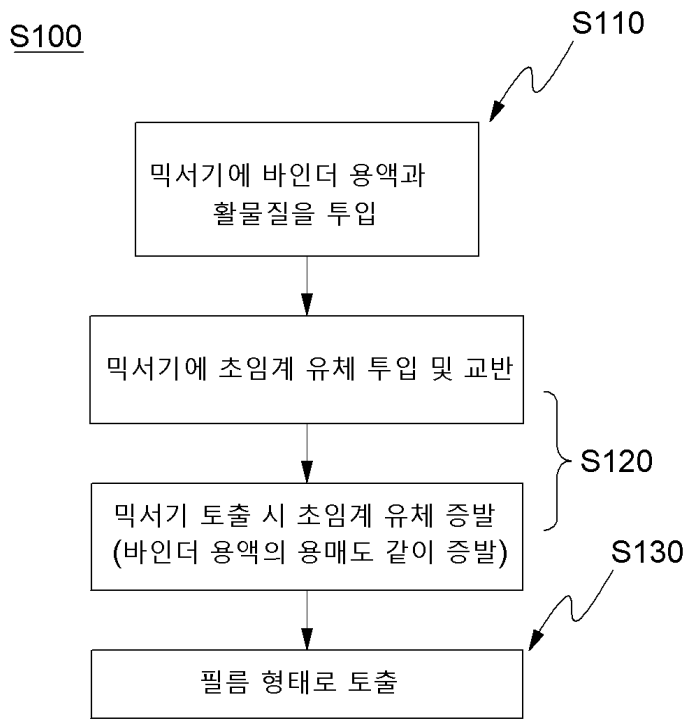
도면1


바인더+용매+활물질
MIXING
건조
코팅
슬리팅

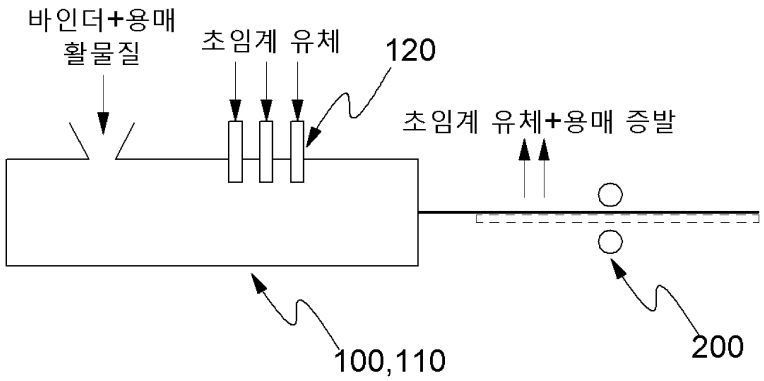
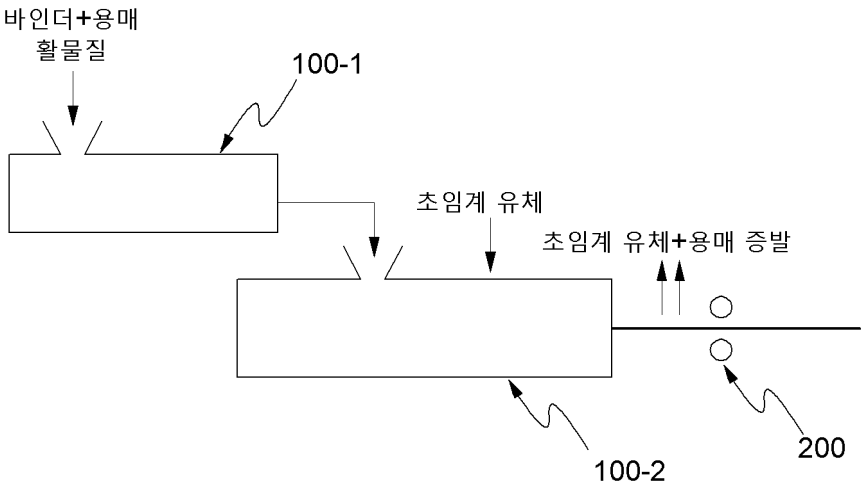
도면2


바인더+활물질
DRY MIXING
KNEADING
필렛 형성
그라인딩
CALENDARING

도면3


S100
S110
믹서기에 바인더 용액과
활물질을 투입
믹서기에 초임계 유체 투입 및 교반
믹서기 토출 시 초임계 유체 증발
(바인더 용액의 용매도 같이 증발)
S120
S130
필름 형태로 토출

도면4


바인더+용매
활물질
초임계 유체
120
초임계 유체+용매 증발
100,110
200

도면5