



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0038147
(43) 공개일자 2018년04월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B05B 17/06 (2006.01) B05C 3/02 (2006.01)
B05D 7/02 (2006.01) C09D 1/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B05B 17/06 (2013.01)
B05C 3/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0128835
(22) 출원일자 2016년10월06일
심사청구일자 2016년10월06일

(71) 출원인
서울대학교산학협력단
서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
권성훈
서울특별시 강남구 삼성로 151, 3동 502호 (대치동, 선경아파트)
박 욱
경기도 용인시 수지구 성북2로 184, 203동 1402호 (성북동, 성동마을 수지자이2차)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
노철호

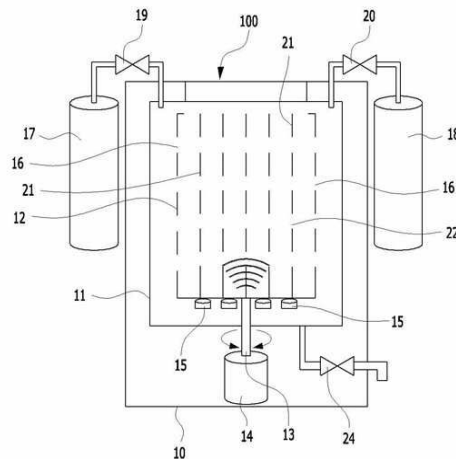
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 하이드로겔 입자의 자동 코팅 장치 및 방법

(57) 요약

본 개시 내용에서는 다양한 타입의 하이드로겔 입자를 동일 조건 하에서 균일한 코팅이 가능하도록 하이드로겔 입자의 자동 습식 코팅 장치 및 코팅 방법이 제공된다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B05D 7/02 (2013.01)

C08J 3/128 (2013.01)

C08J 7/06 (2013.01)

C09D 1/00 (2013.01)

C08J 2333/12 (2013.01)

C08J 2483/02 (2013.01)

(72) 발명자

최영재

서울특별시 강남구 봉은사로44길 73-3, 301호 (역삼동)

배형중

서울특별시 강남구 학동로68길 30, 105동 403호 (삼성동, 삼성동중앙하이츠빌리지)

류대훈

서울특별시 금천구 시흥대로73길 11, 6동 807호 (시흥동, 무지개아파트)

송석홍

경기도 용인시 기흥구 용구대로2152번길 7, 104동 303호 (신갈동, 고현마을고려에센스빌)

명세서

청구범위

청구항 1

하이드로겔 입자에 대한 자동 코팅 장치로서,

하우징 내에 수용된 외측 컨테이너;

상기 외측 컨테이너 내에 회전 가능하도록 수용된, 복수의 포어가 분포되어 있는 벽을 갖는 내측 컨테이너;

상기 하이드로겔 입자를 코팅하기 위한 코팅액의 저장부; 및

상기 코팅액의 저장부로부터 상기 외측 컨테이너의 내부 공간으로 코팅액을 이송하기 위한 경로를 제공하는 유입관;

상기 내측 컨테이너에 도입된 하이드로겔 입자의 코팅 과정 중 입자의 응집을 억제하도록 코팅 장치 내에 구비된 초음파 조사 유닛;

상기 내측 컨테이너와 기계적으로 연결되어 내측 컨테이너를 회전 또는 셰이킹하도록 구비된 모터부; 및

하이드로겔 입자의 코팅 후, 코팅액을 코팅 장치 외부로 배출하도록 내측 컨테이너와 유체 연통된 배출관;

을 포함하며,

상기 내측 컨테이너 내에는 복수의 격벽이 형성되고, 상기 복수의 격벽 각각에는 상기 외측 컨테이너의 내부 공간으로부터 내측 컨테이너의 벽을 통하여 유입된 코팅액의 입출입이 가능하면서 상기 내측 컨테이너의 벽과 상기 복수의 격벽 중 최외곽 격벽 사이, 그리고 상기 복수의 격벽에 의하여 형성되는 복수의 코팅 공간 내에 하이드로겔 입자가 수용되도록 하는 사이즈를 갖는 복수의 포어가 분포되어 있는 하이드로겔 입자의 습식 코팅 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 내측 컨테이너의 벽 및 상기 복수의 격벽 각각에 분포된 포어의 사이즈는, 코팅액이 자유롭게 입출입 가능한 반면, 상기 내측 컨테이너 내에 도입된 하이드로겔 입자 또는 코팅된 하이드로겔 입자가 상기 코팅 공간에 보유되도록 하는 범위에서 선정되는 것을 특징으로 하는 하이드로겔 입자의 습식 코팅 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 내측 컨테이너의 벽 및 상기 복수의 격벽 각각에 분포된 포어의 사이즈는 90 내지 250 μm 의 범위 내에서 선정되는 것을 특징으로 하는 하이드로겔 입자의 습식 코팅 장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 내측 컨테이너의 상면은 폐쇄되거나, 개방되거나, 또는 부분적으로 개방되도록 구성된 것을 특징으로 하는 하이드로겔 입자의 습식 코팅 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 외측 컨테이너 및 상기 내측 컨테이너 각각의 재질은 스테인레스 스틸(SUS), 글라스 또는 테플론(Teflon)인 것을 특징으로 하는 하이드로겔 입자의 습식 코팅 장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 내측 컨테이너 벽 두께는 0.5 내지 1 mm 범위인 것을 특징으로 하는 하이드로겔 입자의 습식 코팅 장치.

청구항 7

제3항에 있어서, 상기 포어의 사이즈는 상기 하이드로겔 입자 또는 코팅된 입자의 사이즈보다 작도록 설정되는 것을 특징으로 하는 하이드로겔 입자의 습식 코팅 장치.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 내측 컨테이너 내 복수의 격벽 사이의 간격을 가로질러 배열된 추가 격벽을 더 포함하여 세분화된 코팅 공간을 제공하는 것을 특징으로 하는 하이드로겔 입자의 습식 코팅 장치.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 코팅 공간으로의 코팅액의 입출입을 보다 원활히 하기 위하여, 상기 추가 격벽 내에 적어도 하나의 포어가 분포되어 있는 것을 특징으로 하는 하이드로겔 입자의 습식 코팅 장치.

청구항 10

제1항에 있어서, 평면 기준으로 외측 컨테이너 및 내측 컨테이너는 동심원 형태로 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 하이드로겔 입자의 습식 코팅 장치.

청구항 11

제1항에 있어서, 평면 기준으로 내측 컨테이너의 벽의 내측 방향으로 상기 복수의 격벽이 일정 간격을 두고 사각 패턴이 순차적으로 배열되어 있는 것을 특징으로 하는 하이드로겔 입자의 습식 코팅 장치.

청구항 12

제8항에 있어서, 평면 기준으로 상기 복수의 격벽 및 추가 격벽이 조합하여 격자 패턴을 형성하도록 배열되어 있는 것을 특징으로 하는 하이드로겔 입자의 습식 코팅 장치.

청구항 13

하이드로겔 입자에 대한 자동 코팅 방법으로서,

a) 하기의 구성을 갖는 하이드로겔 입자의 습식 코팅 장치를 제공하는 단계:

하우징 내에 수용된 외측 컨테이너;

상기 외측 컨테이너 내에 회전 가능하도록 수용된, 복수의 포어가 분포되어 있는 벽을 갖는 내측 컨테이너;

상기 하이드로겔 입자를 코팅하기 위한 코팅액의 저장부; 및

상기 코팅액의 저장부로부터 상기 외측 컨테이너의 내부 공간으로 코팅액을 이송하기 위한 경로를 제공하는 유입관;

상기 내측 컨테이너에 도입된 하이드로겔 입자의 코팅 과정 중 입자의 응집을 억제하도록 코팅 장치 내에 구비된 초음파 조사 유닛;

상기 내측 컨테이너와 기계적으로 연결되어 내측 컨테이너를 회전 또는 셰이킹하도록 구비된 모터부; 및

하이드로겔 입자의 코팅 후, 코팅액을 코팅 장치 외부로 배출하도록 내측 컨테이너와 유체 연통된 배출관;

을 포함하며,

상기 내측 컨테이너 내에는 복수의 격벽이 형성되고, 상기 복수의 격벽 각각에는 상기 외측 컨테이너의 내부 공간으로부터 내측 컨테이너의 벽을 통하여 유입된 코팅액의 입출입이 가능하면서 상기 내측 컨테이너의 벽과 상기 복수의 격벽 중 최외곽 격벽 사이, 그리고 상기 복수의 격벽 사이에 형성되는 복수의 코팅 공간에 하이드로겔 입자가 수용되도록 하는 사이즈를 갖는 복수의 포어가 분포되어 있음;

b) 상기 내측 컨테이너의 벽과 상기 복수의 격벽 중 최외곽 격벽 사이, 그리고 상기 복수의 격벽 사이에 형성되는 복수의 코팅 공간에 적어도 1종의 하이드로겔 입자를 상기 복수의 코팅 공간 중 적어도 하나에 제공하는 단계;

c) 상기 유입관을 통하여 코팅액의 저장부로부터 코팅액을 코팅 장치 내로 일체로 또는 분할하여 도입하고, 상기 초음파 조사 유닛에 의한 소니케이션(sonication) 및/또는 모터부에 의한 회전 또는 셰이킹을 동시 또는 순

차적으로 적용하면서 상기 적어도 1종의 하이드로겔 입자를 코팅액과 접촉시킴으로써 코팅된 하이드로겔 입자를 형성하는 단계;

d) 상기 배출관을 통하여 상기 코팅 장치로부터 코팅액을 배출하고, 코팅된 하이드로겔 입자를 회수하는 단계;를 포함하는 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 하이드로겔 입자는 적어도 2가지 타입의 하이드로겔 입자로서, 상기 2가지 타입의 하이드로겔 입자의 타입 별로 상기 복수의 코팅 공간에 제공되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 15

제13항에 있어서, 상기 하이드로겔 입자 상에 형성되는 코팅은 실리카 코팅인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 코팅액은 스토버(Stober) 방법 또는 수정된 스토버 방법에 적용되는 코팅액인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 코팅액은 알코올, 물 및 염기 성분을 함유하는 제1 코팅액 및 실리카 전구체를 함유하는 제2 코팅액을 포함하며, 상기 코팅 장치 중 코팅액의 저장부는 제1 코팅액 저장 탱크 및 제2 코팅액 저장 탱크를 포함하고, 그리고 상기 제1 및 제2 코팅액 저장 탱크 각각에 대응하는 제1 및 제2 유입관이 구비되어 있는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 단계 b) 및/또는 상기 단계 c)는 순환 사이클에 따라 반복 수행되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 19

제13항에 있어서, 상기 단계 d) 이후 코팅 장치 내부를 세척하는 단계가 더 수행되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 세척하는 단계는 제1 코팅액을 이용하여 적어도 1회 또는 그 이상의 세척 사이클에 따라 반복 수행되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 21

제20항에 있어서, 상기 코팅 장치는 코팅 공정 프로그램을 포함하는 제어 유닛을 더 포함하며, 상기 제어 유닛에 의하여 상기 저장부로부터 코팅 장치 내로 도입하는 코팅액의 주입량, 소니케이션의 시간, 웨이킹 시간, 공정 사이클, 세척 사이클 및 배출 시간 중 적어도 하나를 조절하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 22

제21항에 있어서, 상기 코팅 장치는 디스플레이 유닛을 더 포함하여, 상기 코팅 공정 및/또는 세척 사이클의 작동 상태, 코팅액의 잔량 또는 부족 상태 여부, 그리고 초음파 조사 유닛 및/또는 모터부의 고장 중 적어도 하나를 표시하는 것을 특징으로 하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 개시 내용은 하이드로겔 입자의 자동 코팅 장치 및 방법에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 개시 내용은 다양한 타입의 하이드로겔 입자를 동일 조건 하에서 균일하게 코팅할 수 있는 자동 습식 하이드로겔 입자의 코

[0001]

팅 장치 및 코팅 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 하이드로겔은 일반적으로, 반-고상의 형태학적 특징을 유지하면서 다량의 수분을 흡수(함유)할 수 있는 3차원의 친수성 고분자의 네트워크 구조를 갖는 물질을 의미하여 수성 팽윤성 고분자라고 일컬어진다. 즉, 하이드로겔은 물에 불용성인, 공유 결합적으로 가교된 친수성 고분자를 의미할 수 있다.
- [0003] 이러한 하이드로겔은 이의 분자량의 적어도 15 배의 수분 및 생물학적 유체를 흡수하여 팽윤되는 특성을 갖는 것으로 알려져 있다. 화학적 또는 물리적 가교에 의하여 형성된 하이드로겔은 통상적으로 3차원의 친수성 고분자 네트워크를 형성하는데, 친수성 고분자를 이용하여 형성된 하이드로겔은 소수성 고분자(수분의 존재 하에서 소수성 그룹이 붕괴하여 물 분자에 덜 노출하도록 함)에 비하여 높은 정도로 팽윤한다.
- [0004] 이러한 하이드로겔은 1960년 경에 최초로 알려진 이후, 예를 들면 기저귀 등의 위생용품, 콘택트렌즈, 화장품, 식품, 약물 저장 등의 다양한 분야에서 적용되어 왔다. 특히, 바이오, 의학, 약학, 재료, 융합 전기전자 분야 등의 분야, 구체적으로 바이오물질, 전기영동 겔, 액츄에이터 및 바이오센서와 같은 분야에서 활용될 수 있는 가능성을 갖고 있기 때문에 많은 주목을 받고 있다.
- [0005] 이처럼, 하이드로겔은 높은 수분-흡수성 및 수분-보유능을 갖고 있기 때문에 각종 생화학 물질을 내부에 함유하여 저장하는 용도로 적용될 수도 있다. 그러나, 하이드로겔에 함유되어 있는 생화학 물질이 외부 환경에 노출될 경우, 저장 과정 중 열, 빛, 각종 화학물질의 접촉 또는 자극에 의하여 변질되는 문제점이 발생한다.
- [0006] 이러한 문제점을 해결하기 위하여 하이드로겔 입자를 코팅하여 내용물을 보호하는 방안이 제시되었다. 이러한 방안으로서, 예를 들면 하이드로겔 입자의 표면 상에 실리카 층을 코팅하거나 도포한 코어-셸 구조를 형성하는 것이다. 고분자 입자의 표면에 실리카 코팅층을 형성하는 기술은 종래에도 보안 분야 등에 적용된 바 있다.
- [0007] 예를 들면, 국내특허번호 제1582384호는 고분자 미세입자 코어를 실리카 셸로 캡슐화한 고분자 미세입자를 제조하는 기술을 개시하고 있는 바, 구체적으로 코드화된 고분자 미세입자 코어 상에 실리카 셸을 형성하고, 실리카 셸 표면에 항원, 항체, DNA, RNA 등의 바이오 물질을 도입하는 기술을 개시하고 있다. 또한, Bae 등의 논문에서는 고분자 마이크로입자 상에 실리카를 코팅하여 실리카 층을 형성하고, 후속적으로 건조시킴에 따라 생성된 고유의 주름을 일종의 지문과 같이 활용하여 특유의 코드를 갖도록 하여 보안, 인증 등의 분야에 적용하는 기술을 개시하고 있다.
- [0008] 이외에도, 미국특허번호 제8,354,138호의 경우, 고분자(PMMA) 재질의 코어 입자 상에 실리카를 코팅하는 기술을 개시하고 있는 바, 실리카 입자를 분쇄하여 나노입자 형태로 분산시킨 분산물을 이용하여 고분자 입자가 나노 사이즈의 실리카 입자를 흡착하는 방식으로 실리카 코팅층을 형성하는 기술에 관한 것이다.
- [0009] 그러나, 종래에 실리카 하이드로겔 입자 상에 실리카 층을 코팅하는 공정은 도 1에 나타난 바와 같이 실리카 형성용 코팅액을 제조하고, 코팅액 내에 하이드로겔 입자를 투입한 다음, 물리적으로 셰이킹(shaking)하는 수작업으로 방식으로 수행되는 것이 일반적이다.
- [0010] 이러한 종래 기술에 있어서, 먼저 하이드로겔 입자 또는 비드(bead)를 반응 용기 내에 투입한 후에, 예를 들면 실리카 형성용 코팅액을 첨가한다. 그 다음, 코팅액 내 하이드로겔 입자가 서로 응집되는 것을 방지할 목적으로 배스(bath) 또는 소니케이터 내에서 초음파를 조사한다. 이후, 셰이킹 장치를 이용하거나 수동식으로 셰이킹하여 코팅 작업을 진행한다.
- [0011] 그러나, 전술한 종래기술의 수작업 방식 또는 단계 별로 별도의 장치를 이용하는 코팅 방식은 코팅에 긴 시간이 소요되어 비효율적이다. 종래의 방식이 더욱 문제시되는 경우로서, 복수 타입(형상 등)의 하이드로겔 입자에 대한 코팅 공정을 예시할 수 있다. 즉, 복수 타입의 하이드로겔 입자를 코팅하고자 할 경우, 종래 방식에 의하여는 복수의 용기 각각에 타입 별로 하이드로겔 입자를 투입한 다음, 코팅액을 투입하기 때문에 복수 타입(형상)의 입자 모두가 동일한 반응 조건 하에서 코팅된다는 보장이 없다. 그 결과, 하이드로겔 입자 표면에 형성된 코팅 층의 성상, 치수, 치밀성 등에 있어서 입자 타입에 따라 편차가 발생하게 되고, 이는 정밀한 코팅층 형성이 요구되는 분야에서는 특히 문제시된다.
- [0012] 따라서, 종래의 수작업 방식과 달리, 자동 방식으로 하이드로겔 입자에 실리카 등의 코팅층을 형성하되, 복수 타입의 하이드로겔 입자에 대하여 동일 조건 하에서 개별 타입의 입자마다 균일한 코팅층을 형성할 수 있는 기술이 절실히 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 따라서, 본 개시 내용에 따른 구체예에서는 수작업 방식으로 하이드로겔 입자를 코팅하는 종래의 공정이 갖는 문제점을 해결하고, 복수 타입의 하이드로겔 입자(또는 비드)에 대하여 동시에 균일한 조건 하에서 코팅 작업을 수행할 수 있는 코팅 장치 및 코팅 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 개시 내용의 제1 면에 따르면,

[0015] 하이드로겔 입자에 대한 자동 코팅 장치로서,

[0016] 하우징 내에 수용된 외측 컨테이너;

[0017] 상기 외측 컨테이너 내에 회전 가능하도록 수용된, 복수의 포어가 분포되어 있는 벽을 갖는 내측 컨테이너;

[0018] 상기 하이드로겔 입자를 코팅하기 위한 코팅액의 저장부; 및

[0019] 상기 코팅액의 저장부로부터 상기 외측 컨테이너의 내부 공간으로 코팅액을 이송하기 위한 경로를 제공하는 유입관;

[0020] 상기 내측 컨테이너에 도입된 하이드로겔 입자의 코팅 과정 중 입자의 응집을 억제하도록 코팅 장치 내에 구비된 초음파 조사 유닛;

[0021] 상기 내측 컨테이너와 기계적으로 연결되어 내측 컨테이너를 회전 또는 셰이킹하도록 구비된 모터부; 및

[0022] 하이드로겔 입자의 코팅 후, 코팅액을 코팅 장치 외부로 배출하도록 내측 컨테이너와 유체 연통된 배출관;

[0023] 을 포함하며,

[0024] 상기 내측 컨테이너 내에는 복수의 격벽이 형성되고, 상기 복수의 격벽 각각에는 상기 외측 컨테이너의 내부 공간으로부터 내측 컨테이너의 벽을 통하여 유입된 코팅액의 입출입이 가능하면서 상기 내측 컨테이너의 벽과 상기 복수의 격벽 중 최외곽 격벽 사이, 그리고 상기 복수의 격벽에 의하여 형성되는 복수의 코팅 공간 내에 하이드로겔 입자가 수용되도록 하는 사이즈를 갖는 복수의 포어가 분포되어 있는 하이드로겔 입자의 습식 코팅 장치가 제공된다.

[0025] 본 개시 내용의 제2 면에 따르면,

[0026] 하이드로겔 입자에 대한 자동 코팅 방법으로서,

[0027] a) 하기의 구성을 갖는 하이드로겔 입자의 습식 코팅 장치를 제공하는 단계:

[0028] 하우징 내에 수용된 외측 컨테이너;

[0029] 상기 외측 컨테이너 내에 회전 가능하도록 수용된, 복수의 포어가 분포되어 있는 벽을 갖는 내측 컨테이너;

[0030] 상기 하이드로겔 입자를 코팅하기 위한 코팅액의 저장부; 및

[0031] 상기 코팅액의 저장부로부터 상기 외측 컨테이너의 내부 공간으로 코팅액을 이송하기 위한 경로를 제공하는 유입관;

[0032] 상기 내측 컨테이너에 도입된 하이드로겔 입자의 코팅 과정 중 입자의 응집을 억제하도록 코팅 장치 내에 구비된 초음파 조사 유닛;

[0033] 상기 내측 컨테이너와 기계적으로 연결되어 내측 컨테이너를 회전 또는 셰이킹하도록 구비된 모터부; 및

[0034] 하이드로겔 입자의 코팅 후, 코팅액을 코팅 장치 외부로 배출하도록 내측 컨테이너와 유체 연통된 배출관;

[0035] 을 포함하며,

[0036] 상기 내측 컨테이너 내에는 복수의 격벽이 형성되고, 상기 복수의 격벽 각각에는 상기 외측 컨테이너의 내부 공간으로부터 내측 컨테이너의 벽을 통하여 유입된 코팅액의 입출입이 가능하면서 상기 내측 컨테이너의 벽과 상기 복수의 격벽 중 최외곽 격벽 사이, 그리고 상기 복수의 격벽 사이에 형성되는 복수의 코팅 공간에 하이드로

겔 입자가 수용되도록 하는 사이즈를 갖는 복수의 포어가 분포되어 있음;

- [0037] b) 상기 내측 컨테이너의 벽과 상기 복수의 격벽 중 최외곽 격벽 사이, 그리고 상기 복수의 격벽 사이에 형성되는 복수의 코팅 공간에 적어도 1종의 하이드로겔 입자를 상기 복수의 코팅 공간 중 적어도 하나에 제공하는 단계;
- [0038] c) 상기 유입관을 통하여 코팅액의 저장부로부터 코팅액을 코팅 장치 내로 일체로 또는 분할하여 도입하고, 상기 초음파 조사 유닛에 의한 소니케이션(sonication) 및/또는 모터부에 의한 회전 또는 웨이킹을 동시 또는 순차적으로 적용하면서 상기 적어도 1종의 하이드로겔 입자를 코팅액과 접촉시킴으로써 코팅된 하이드로겔 입자를 형성하는 단계;
- [0039] d) 상기 배출관을 통하여 상기 코팅 장치로부터 코팅액을 배출하고, 코팅된 하이드로겔 입자를 회수하는 단계;
- [0040] 를 포함하는 방법이 제공된다.
- [0041] 예시적 구체예에 따르면, 상기 하이드로겔 입자는 적어도 2가지 타입의 하이드로겔 입자로서, 상기 2가지 타입의 하이드로겔 입자의 타입 별로 상기 복수의 코팅 공간에 제공할 수 있다.
- [0042] 예시적 구체예에 따르면, 상기 하이드로겔 입자 상에 형성되는 코팅은 실리카 코팅일 수 있다.
- [0043] 예시적 구체예에 따르면, 상기 하이드로겔 입자는 생화학 물질을 함유하는 하이드로겔 입자일 수 있다.
- [0044] 예시적 구체예에 따르면, 상기 코팅액은 스토버(Stober) 방법 또는 수정된 스토버 방법에 적용되는 코팅액일 수 있다.
- [0045] 예시적 구체예에 있어서, 상기 코팅액은 알코올, 물 및 염기 성분을 함유하는 제1 코팅액 및 실리카 전구체를 함유하는 제2 코팅액을 포함하며, 상기 코팅 장치 중 코팅액의 저장부는 제1 코팅액 저장 탱크 및 제2 코팅액 저장 탱크를 포함하고, 그리고 상기 제1 및 제2 코팅액 저장 탱크 각각에 대응하는 제1 및 제2 유입관이 구비될 수 있다.
- [0046] 예시적 구체예에 있어서, 상기 내측 컨테이너의 벽 및 상기 복수의 격벽 각각에 형성된 포어의 직경은 약 90 내지 250 μm 범위 내에서 선정될 수 있다.
- [0047] 예시적 구체예에 따르면, 상기 단계 b) 및/또는 상기 단계 c)는 순환 사이클에 따라 반복 수행될 수 있다.
- [0048] 예시적 구체예에 따르면, 하이드로겔 입자의 코팅 완료 후 코팅 장치 내부를 세척하는 단계가 더 수행될 수 있다.
- [0049] 예시적 구체예에 따르면, 상기 세척 단계는 제1 코팅액을 이용하여 적어도 1회 또는 그 이상의 세척 사이클에 따라 반복 수행될 수 있다.
- [0050] 예시적 구체예에 있어서, 상기 코팅 장치는 코팅 공정 프로그램을 포함하는 제어 유닛을 더 포함하며, 상기 제어 유닛은 저장부로부터 코팅 장치 내로 도입하는 코팅액의 주입량, 소니케이션의 시간, 웨이킹 시간, 공정 사이클, 세척 사이클 및 배출 시간 중 적어도 하나를 조절하도록 구성될 수 있다.
- [0051] 예시적 구체예에 따르면, 코팅 장치는 디스플레이 유닛을 더 포함하여, 코팅 공정 및/또는 세척 사이클의 작동 상태, 코팅액의 잔량 또는 부족 상태 여부, 그리고 초음파 조사 유닛 및/또는 모터부의 고장 중 적어도 하나를 표시할 수 있다.

발명의 효과

- [0052] 본 개시 내용의 구체예에 따라 제공되는 하이드로겔 입자의 자동 습식 코팅 장치는 종래의 수작업 방식이 갖는 근본적인 비효율성을 개선할 수 있을 뿐만 아니라, 복수 타입의 하이드로겔 입자를 사용할 경우에는 상기 복수 타입의 하이드로겔 입자 각각이 동일한 조건 하에서 코팅될 수 있도록 구성함으로써 균일한 성상의 코팅층을 형성할 수 있는 장점을 제공한다.
- [0053] 진술한 자동 코팅 장치에 의하여 제조된 코어-셸 형태의 하이드로겔(특히, 마이크로하이드로겔) 입자는 기존의 하이드로겔이 적용 분야뿐만 아니라 바이오 분야, 약학 분야, 기타 융합 분야 등에서 광범위하게 활용 가능하며, 복수 타입의 하이드로겔의 표면에 균일한 코팅층을 형성함으로써 열, 빛, 화학적 자극으로부터 하이드로겔 내부의 생화학 물질을 효과적으로 보존할 수 있으며, 유기 용제 및 건조 환경을 포함한 다양한 화학 반응에서 코팅되지 않은 하이드로겔(마이크로하이드로겔) 입자에 비하여 내구성이 양호하다. 따라서, 하이드로겔

입자에 다양한 작용기를 적용하는데 제한 요소가 적은 장점을 갖는다.

도면의 간단한 설명

- [0054] 도 1은 종래의 수작업 방식의 하이드로겔 입자의 코팅 순서를 개략적으로 도시하는 도면이고;
- 도 2는 예시적인 구체예에 따른 하이드로겔 입자의 자동 습식 코팅 장치의 개략적인 구조를 도시하는 단면도이고;
- 도 3은 예시적인 구체예에 따른 하이드로겔 입자의 자동 습식 코팅 장치의 외측 컨테이너 내 내측 컨테이너의 배치 구조를 도시하는 평면도이고;
- 도 4는 다른 예시적 구체예에 따른 하이드로겔 입자의 자동 습식 코팅 장치의 외측 컨테이너 내 내측 컨테이너의 배치 구조를 도시하는 평면도이고;
- 도 5는 또 다른 시적 구체예에 따른 하이드로겔 입자의 자동 습식 코팅 장치의 외측 컨테이너 내 내측 컨테이너의 배치 구조를 도시하는 평면도이고;
- 도 6는 예시적인 구체예에 따라 코팅액으로서 제1 코팅액 및 제2 코팅액을 사용하여 코팅 공정을 수행하는 일련의 과정을 보여주는 순서도이고; 그리고
- 도 7a 및 도 7b는 각각 예시적인 구체예에 따라 코팅 장치 내에 코팅액을 완전히 투입한 상태, 그리고 코팅 완료 후 잔류 코팅액을 배출시킨 후의 상태를 보여주는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

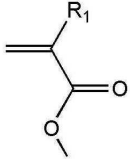
- [0055] 본 개시 내용은 하기의 설명에 의하여 모두 달성될 수 있다. 하기의 설명은 본 발명의 바람직한 구체예를 기술하는 것으로 이해되어야 하며, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 또한, 첨부된 도면은 이해를 돕기 위한 것으로, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 개별 구성에 관한 세부 사항은 후술하는 관련 기재의 구체적 취지에 의하여 적절히 이해될 수 있다.
- [0056] 본 명세서에 있어서, 어떠한 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 별도의 언급이 없는 한, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다.
- [0057] "고분자"는 단일중합체 및 공중합체를 모두 포함하며, 공중합체는 랜덤 공중합체 및 블록 공중합체를 포함하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0058] "친수성"은 고분자, 재료 또는 관능기가 물에 대하여 친화성을 갖는 것을 의미할 수 있다.
- [0059] "하이드로겔"은 다량의 물을 흡수할 수 있는 3차원적, 친수성 또는 양친매성 고분자 네트워크를 의미할 수 있는 바, 상기 고분자 네트워크는 단일중합체 또는 공중합체일 수 있고, 공유 화학적 또는 물리적(이온성, 소수성 상호작용, 얽힘 현상 등) 가교 연결의 존재로 인하여 불용성을 나타낸다. 이때, 가교 연결은 네트워크 구조 및 물리적 통합성을 제공하는 바, 하이드로겔은 수성 매질에서 팽윤시키는 수분 등의 매질과 열역학적 상용성을 나타낼 수 있다. 일반적으로, "겔"은 2 연속 상을 갖는 바, 하이드로겔은 액체 상이 물인 겔을 의미한다. 하이드로겔 내 네트워크의 사슬에는 포어가 존재할 수 있고, 상당한 비율의 포어가, 예를 들면 약 1 내지 1000 nm, 구체적으로 약 10 내지 500 nm, 보다 구체적으로 30 내지 100 nm의 치수를 갖는 방식으로 연결될 수 있다.
- [0060] "가교된 고분자 네트워크"는 소수성 분자들, 친수성 분자들, 그리고 소수성 분자와 친수성 분자 간에 가교 결합이 형성되는 상호 연결(interconnected) 구조를 의미할 수 있다.
- [0061] "생화학 물질"은 생물학적 유기체의 임의의 물리적 또는 생화학적 성질에 영향을 미칠 수 있는 임의의 물질을 의미할 수 있는 바, 구체적으로 미생물학적 유기체(biological organism)로부터 유래하는 임의의 유기 및/또는 무기 성분, 예를 들면 각종 탄수화물, 아미노산, 단백질, 지질 등의 화합물 등의 생물학적 유기물; 물 및 무기 염을 포함하는 생물학적 무기 성분을 포함하는 광범위한 의미로 이해될 수 있다. 일 예로서, 생화학 물질은 뇨, 혈액, 혈장, 혈청, 타액, 정액, 대변, 가래, 뇌척수액, 눈물, 점액, 양수 등을 포함하는 생물학적 유체; 인간, 동물, 식물, 세균, 진균 또는 바이러스 구조물의 구조적 물질의 하나를 형성하는 세포 내 물질들과 특정 종류의 집합으로서 연결 조직, 상피 조직, 근육 조직 및 신경 조직 등을 포함하는 생물학적 조직 등을 포함할 수 있다. 더 나아가, 생화학 물질은 생물학적 유기체에 의학적으로 및/또는 생리학적으로 영향을 미칠 수 있는 각종 약물 등을 포함하는 개념으로 이해될 수도 있다.

- [0062] "고정(immobilization)"은 임의의 물질 또는 생활성제가 기재에 공유적 또는 비공유적으로 직접 또는 간접 방식에 의하여 부착되는 것을 의미할 수 있다.
- [0063] 본 명세서에서 임의의 구성 요소 또는 부재가 다른 구성 요소 또는 부재와 "연결된다" 또는 "연통된다"고 기재되어 있는 경우, 달리 언급되지 않는 한, 상기 다른 구성 요소 또는 부재와 직접 연결 또는 연통되어 있는 경우뿐만 아니라, 다른 구성 요소 또는 부재의 개재 하에서 연결 또는 연통되어 있는 경우도 포함할 수 있다. 또한, "유체 연통된다"는 용어 역시 이와 유사한 의미로 이해될 수 있을 것이다.
- [0064] **하이드로겔**
- [0065] 일반적으로, 하이드로겔은 고분자(예를 들면, 친수성 고분자)가 가교된 형태에 따라 크게 2가지 그룹으로 구분된다: (i) 고분자 상호 간에 공유결합으로 연결된 하이드로겔인 화학적 하이드로겔은 수분이 존재하는 환경에 노출될 경우, 평형에 도달할 때까지 수분에 의한 팽윤이 지속적으로 일어나고; 그리고 (ii) 물리적 하이드로겔로서 친수성 고분자가 화학적 결합인 아닌 물리적 결합(구체적으로, 정전기적 상호 작용, 수소결합, 소수성 상호 작용 등)에 의하여 가교되어 있다.
- [0066] 상술한 가교 구조로 인하여 하이드로겔은 비용해성을 나타내는 바, 이러한 고분자 내 가교 결합없이 용해되는 경향을 갖게 된다. 특히, 3차원 네트워크 구조는 가교 결합으로 기인하는데, 가교율(crosslinking ratio)을 증가시킴으로써 하이드로겔의 기계적 안정성을 증가시킬 수 있다. 다만, 기계적 안정성은 하이드로겔이 팽윤 상태에 있는 경우에는 감소하는 경향을 갖는다.
- [0067] 일 구체예에 따르면, 코팅 대상으로서, 예를 들면 생화학 물질 등을 함유하는데 적합한 성상을 갖는 공지의 하이드로겔 또는 하이드로겔 입자를 사용할 수 있다.
- [0068] 하이드로겔의 제조방법이 일 예에 따르면, 하이드로겔은 수용성 고분자를 가교제로 가교 반응시켜 제조할 수 있다.
- [0069] 이와 관련하여, 수용성 고분자는 히아루론산 및 그의 염, 폴리비닐알코올, 폴리비닐피롤리돈, 무수말레인산/비닐에테르 공중합체, 젤라틴, 알기네이트, 히드록시에틸 메타크릴레이트, 카리기난, 히드록시에틸 셀룰로오스, 실리콘 고무, 아가(algar), 콜라겐, 히드록시프로필 셀룰로오스, 히드록시프로필 메틸셀룰로오스, 메틸셀룰로오스, 카르복시비닐 공중합체, 폴리에틸렌 옥사이드, 폴리에틸렌 글리콜, 폴리아크릴아마이드, 폴리히드록시에틸 메타크릴레이트, 폴리디옥솔란, 폴리아크릴산, 폴리아크릴 아세테이트, 폴리아크릴 아마이드, 폴리비닐클로라이드 등을 예시할 수 있으며, 이들을 단독으로 또는 조합하여 사용할 수 있다.
- [0070] 또한, 가교제로서 에틸렌글리콜, 글리세린, 폴리옥시에틸렌글리콜, 염화칼슘, 비스아크릴아미드, 디아릴프타레이트, 디아릴아디페이트, 1,4-부탄디올 디글리시딜에테르, 폴리에틸렌글리콜디글리시딜에테르, 폴리프로필렌글리콜디글리시딜에테르, 트리글리세린디글리시딜에테르, 트리아릴아민, 글리옥살 등을 예시할 수 있으며, 단독으로 또는 조합하여 사용할 수 있다.
- [0071] 상기 나열된 하이드로겔을 구성하는 고분자 및 가교제는 예시적 목적으로 제공되는 바, 본 개시 내용이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0072] 하이드로겔의 제조방법의 예로서, 계면활성제가 용해된 유기 상(organic phase), 그리고 수용성 고분자 및 수용성 가교제가 용해된(분산된) 수 상(aqueous phase)을 혼합하여 에멀전을 형성시키고, 가교 반응을 수행하는 방식일 수 있다. 상기 제조 과정 중 기계 또는 수동 방식의 교반, 그리고 선택적으로 초음파 조사(ultrasonication)가 적용될 수 있다. 예시적으로, 기계 교반을 위하여, 마그네틱 교반기, 프로펠러 교반기, 회전-레볼루션 타입의 믹서, 디스펜서, 균질화기, 셰이커, 복텍스 믹서, 볼 밀, 니더, 초음파 오실레이터 등을 사용할 수도 있다.
- [0073] 또한, 겔화 온도(가교 온도)는, 예를 들면 고형화 온도에서 수용액 또는 수분산물의 비점까지 일 수 있는 바, 예시적으로 약 0 내지 100℃, 구체적으로 약 5 내지 70℃, 보다 구체적으로 약 10 내지 50℃ 범위일 수 있으나, 본 개시 내용이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0074] 택일적 구체예에 따르면, 후술하는 코팅 물질로서 실리카를 사용하는 경우, 하이드로겔 입자와 실리카 코팅 층 간에 실록산 결합(-Si-O-Si-)을 통하여 연결시킴으로써 하이드로겔 입자와 이를 둘러싸는 코팅 층 간에 보다 안정적인 결합을 유도할 수 있다. 이를 위하여, 광경화성 성분과 함께 중합성 관능기 및 알콕시실릴기를 갖는 화합물을 함께 반응물로 사용하여 하이드로겔을 제조할 수 있다. 광경화성 성분으로서 대표적으로 폴리에틸렌글리콜 디아크릴레이트, 폴리프로필렌글리콜 디아크릴레이트 등을 들 수 있고, 이를 단독으로 또는 조합하여 사용

할 수 있다. 이러한 성분은 양 말단에 아크릴레이트 관능기를 구비하고 있어 자유라디칼 중합 반응을 통하여 3차원 구조의 하이드로겔을 형성할 수 있다.

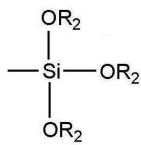
[0075] 또한, 합성 관능기 및 알콕시실릴기를 갖는 화합물의 경우, 광경화성 성분과 반응하여 공중합체를 형성하면서 입자의 골격을 형성하면서 입자 표면에 알콕시실릴기가 존재하도록 함으로써 추후 실리카 코팅층이 원활하게 형성될 수 있다. 이러한 화합물은 예시적으로 양 말단에 하기 일반식 1 및 2로 표시되는 모이티를 모두 포함하는 화합물일 수 있다.

[0076] [일반식 1]



[0077]

[0078] [일반식 2]



[0079]

[0080] 상기 일반식 1 및 2에서, R₁은 H, CH₃, 또는 C₂H₅이고, R₂는 탄소수 1 내지 8의 알킬기이다.

[0081] 상기 반응물에 3차원 가교 구조를 형성할 목적으로 N,N'-메틸렌비스아크릴아마이드, 메틸렌비스메타크릴아마이드, 에틸렌글리콜디메타크릴레이트 등의 가교제를 첨가할 수 있으며, 선택적으로 개시제(예를 들면, 아조계 개시제 또는 과산화물계 개시제)를 더 첨가할 수 있다.

[0082] 예시적 구체예에 있어서, 생화학 물질(예를 들면, DNA)을 함유하는 하이드로겔 입자는 하기의 방법에 의하여 제조될 수 있다.

[0083] 먼저, 광경화성 성분으로서 PEGDA700, 실리카를 형성할 수 있는 실란(silane) 그룹을 함유하여 추후 실리카를 코팅하기 위한 시드(seed) 역할을 하는 3-(트리메톡시실릴)프로필 아크릴레이트(TMSPA), 광 개시제로서 2-히드록시-2-메틸프로피오페논(2-hydroxy-2-methylpropiophenone)을 적정 비율(예를 들면, 중량기준으로 약 6 내지 8:2 내지 4:1)로 혼합하여 광경화성 혼합물을 제조한다. 상기 혼합물에 생화학 물질(DNA)을 적정 농도(예를 들면, 약 100 내지 1,000 ng/μl, 구체적으로 약 300 내지 800 ng/μl, 보다 구체적으로 약 400 내지 600 ng/μl)로 혼합하고, 포토리소그래피 방법을 이용한 패턴화된 자외선을 조사함으로써 하이드로겔 입자를 제조할 수 있다. 이때, 광유체적 무마스크 리소그래피(OFML)를 이용할 경우, 미세유체 채널을 통하여 원료 물질을 도입하고, 패턴화된 에너지를 인가함으로써 인-시튜(in-situ) 광중합에 의하여 연속적으로 자유 부유 입자들을 제조할 수 있다. 이러한 방식의 경우, 디지털 마이크로 미러 디바이스(DMD)를 이용한 마스크-프리 방식을 적용할 수 있기 때문에 마스크를 이용한 다른 포토리소그래피 방식에 비하여 간편한 방식으로 다양한 형상 또는 타입의 하이드로겔 입자들(또는 생화학 물질을 함유하는 하이드로겔 입자)를 수득할 수 있다.

[0084] 한편, 제조된 하이드로겔의 경우, 입자 형태로 분쇄될 수 있고, 또한 후속적으로 당업계에서 알려진 접착 또는 대류 건조 방법을 사용하여 건조시킬 수 있다. 접착 건조기로서 핫플레이트, 박막, 캔, 접착 벨트, 시브 드럼, 스크류, 텀블러, 접착 디스크 건조기를 예시할 수 있고, 대류 건조기로서 트레이, 챔버, 채널, 평판 웹, 플레이트, 회전 드럼, 자유 낙하 샤프트, 시브 벨트, 스트립, 미립자화, 유동층, 이동층, 패들 또는 구형 층 건조기를 예시할 수 있다.

[0085] 하이드로겔 입자의 형상은 특별히 한정되는 것은 아니나, 예시적으로 곡면(curved surface) 형상을 갖는 것일 수 있는 바, 구체적으로 연속적인 곡면 및 가상 축에 의하여 형성된 패쇄 면에 의하여 경계가 정하여지는 3차원 바디로 이루어질 수 있다. 일 예로서, 하이드로겔 입자의 형상은 구형, 타원형, 사면체형, 육면체형, 마름모형, 별 형상 등일 수 있는 바, 그 밖의 다양한 기하학적 형상을 나타낼 수도 있다. 다만, 지나치게 복잡한 기하학적 형상의 표면을 갖는 경우에는 후속 과정에서 불균일한 코팅을 유발할 수도 있음을 주의할 필요가 있다. 또한, 개별 하이드로겔 입자는 규칙적이거나 불규칙적 형상 또는 사이즈를 가질 수 있다.

- [0086] 본 구체예에서 사용 가능한 하이드로겔의 분자량(M_w)은, 예를 들면 약 100 내지 100,000, 구체적으로 약 500 내지 50,000, 보다 구체적으로 약 1,000 내지 20,000 범위일 수 있다. 이와 관련하여, 분자량은 겔 투과 크로마토그래피를 이용하여 결정할 수 있다. 다만, 상기 분자량 범위는 예시적인 것으로서 최종 코팅 입자의 적용 분야, 요구 물성 등을 고려하여 적절히 선택할 수 있다.
- [0087] 예시적 구체예에 있어서, 하이드로겔 입자의 사이즈(직경)는, 예를 들면 약 10 내지 약 5,000 μm , 구체적으로 약 50 내지 500 μm , 보다 구체적으로 약 100 내지 300 μm 범위일 수 있다. 상기 치수 범위는 예시적인 것으로서, 20 μm , 30 μm , 40 μm , 50 μm , 60 μm , 70 μm , 80 μm , 90 μm , 100 μm , 150 μm , 200 μm , 250 μm , 300 μm , 350 μm , 400 μm , 450 μm , 500 μm , 550 μm , 600 μm , 650 μm , 700 μm , 750 μm , 800 μm , 850 μm , 900 μm , 및 950 μm 을 비롯하여, 이들 수치 간의 다양한 서브 조합을 상정할 수 있을 것이다.
- [0088] 예시적 구체예에 있어서, 제조된 하이드로겔 입자는 가급적 균일한 사이즈를 갖도록 설계될 수 있다. 이때, "균일한 사이즈"는, 하이드로겔 입자의 사이즈가 원하는 치수에 대하여, 예를 들면 약 $\pm 35\%$ 이하, 구체적으로 약 $\pm 30\%$ 이하, 보다 구체적으로 약 $\pm 25\%$ 이하, 특히 구체적으로 약 $\pm 20\%$ 이하일 수 있음을 의미할 수 있고, 더 나아가 약 $\pm 15\%$ 이하, 또한 약 $\pm 10\%$ 이하일 수도 있음을 의미한다. 예시적 구체예에 있어서, 상대적으로 큰 사이즈의 입자의 경우(예를 들면, 약 500 내지 1,000 μm 의 입자)에는 원하는 사양의 약 $\pm 5\%$ 이하, 구체적으로 약 $\pm 3\%$ 이하의 범위일 수 있는 한편, 상대적으로 작은 사이즈의 입자의 경우(예를 들면, 약 20 내지 약 70 μm 의 입자)에는 원하는 사양의 약 $\pm 30\%$ 이하, 구체적으로 약 $\pm 25\%$ 이하, 보다 구체적으로 약 $\pm 20\%$ 이하의 범위로서 비교적 허용 범위가 넓을 수 있다.
- [0089] 한편, 예시적 구체예에 있어서, 하이드로겔 또는 하이드로겔 입자의 물성으로서, 예를 들면 비중은 약 1 이하, 구체적으로 약 0.99 이하, 보다 구체적으로 약 0.98 이하일 수 있으며, 이와 함께 후속 코팅 과정, 코팅 입자의 용도 등을 고려하면, 비중은 예를 들면 약 0.5 이상, 구체적으로 약 0.8 이상, 보다 구체적으로 약 0.85 이상일 수 있다. 또한, 하이드로겔의 흡수능(absorption capacity)은, 수분과 같은 수계 매질에 대하여, 예를 들면 적어도 약 10 g/g, 구체적으로 적어도 약 25 g/g, 보다 구체적으로 약 50 g/g 범위일 수 있다.
- [0090] **코팅 성분**
- [0091] 일 구체예에 따르면, 하이드로겔 입자 상에 코팅되는 성분으로서, 이하에서는 주로 실리카를 중심으로 설명하기로 한다. 이와 같이 실리카를 중심으로 기술하는 이유는 생화학 물질을 고정(포획) 또는 보유하는 과정 중 외부의 영향(즉, 외부 물질의 혼입, 수분의 침투 등)으로부터 하이드로겔 입자 내에 함유된 생화학 물질을 효과적으로 보호할 수 있기 때문이다. 다만, 실리카 코팅 층은 예시적인 것으로서 본 개시 내용이 반드시 실리카 코팅 층으로 한정되는 것으로 해석되지는 않는다.
- [0092] 예시적 구체예에 따르면, 실리카 코팅 층은 스토버(Stober) 방법 또는 수정된 스토버 방법과 같이 상업적 규모로 적용 가능한 방식을 통하여 형성될 수 있다. 이와 관련하여, 스토버 방법은 W. Stober, A. Fink, E. Bohn, J. Colloid Interface Sci., 1968, 26, 62.에 개시되어 있으며, 상기 문헌은 본 개시 내용의 참고자료로 포함된다.
- [0093] 스토버 방법은, 전형적으로 실리카 전구체로서 TEOS(tetraethoxysilane), 물, 에탄올 및 암모니아를 함유하는 반응 혼합물을 예를 들면 약 20 내지 50°C, 구체적으로 약 22 내지 40°C, 보다 구체적으로 상온 조건 및 비교적 높은 pH 조건(예를 들면 약 9 내지 11, 구체적으로 약 9.5 내지 10.5, 보다 구체적으로 약 10의 pH) 하에서 수행되는 방식이다. 상기 방법에 수반되는 전체 반응은 하기 반응식 1로 표시될 수 있다.
- [0094] [반응식 1]
- [0095] $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4 + 2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{SiO}_2 + 4\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
- [0096] 상기 반응식은 가수분해 및 축합 반응을 수반하는 바, 각각의 반응은 하기 반응식 2 및 3으로 표시될 수 있다.
- [0097] [반응식 2]
- [0098] $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4 + 4\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Si}(\text{OH})_4 + 4\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
- [0099] [반응식 3]
- [0100] $\text{Si}(\text{OH})_4 \leftrightarrow \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

- [0101] 한편, 수정된 스토버 방법의 경우, 스토버 방법의 기본 원리를 이용하되 하이드로겔 입자 표면에 -OH기가 결핍된 경우에 실란 커플링제(또는 표면 프라이머)를 사용하여 하이드로겔 입자의 표면에 실란을 앵커 그룹을 제공하는 과정을 수반할 수 있다. 그 결과, 수용액 내에서 얇고 치밀한 실리카 층을 부착할 수 있게 되며, 유기실란은 하이드로겔 입자와 실리카 코팅층 간의 계면을 형성한다.
- [0102] 한편, 실리카 코팅층(셀)의 두께는 공정 사이클 회수 및/또는 실리카 전구체의 농도를 조절함으로써 수백 나노미터부터 수 마이크로미터까지 조절할 수 있다. 이와 관련하여, 예시적 구체예에 따르면, 하이드로겔 입자를 둘러싸는 코팅층의 두께는, 예를 들면 약 10 nm 내지 5 μm , 구체적으로 약 100 nm 내지 3 μm , 보다 구체적으로 약 500 nm 내지 2 μm 범위일 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0103] **하이드로겔 입자의 자동 습식 코팅 장치 및 공정**
- [0104] 도 2는 본 개시 내용의 예시적인 구체예에 따른 하이드로겔 입자의 자동 습식 코팅 장치의 개략적인 구조를 도시한다. 이때, 상기 도면은 하이드로겔 입자를 도입하기 전의 장치 구성을 나타낸다.
- [0105] 상기 도면에 따르면, 자동 습식 코팅 장치(100)의 외형은 크게 하우징(10), 상기 하우징 내에 수용된 외측 컨테이너(11) 및 상기 외측 컨테이너(11) 내에 일정 간격을 두고 격치되면서 장착된 내측 컨테이너(12)를 포함한다. 상기 내측 컨테이너(12)는 코팅 대상인 하이드로겔 입자를 수용할 수 있는 공간을 제공하는 바, 내측 컨테이너(12)의 상면은 폐쇄되거나, 개방되거나, 또는 부분적으로 개방되도록 구성할 수 있다. 이때, 외측 컨테이너(11) 및 내측 컨테이너(12) 각각의 재질은, 예를 들면 스테인레스 스틸(SUS), 글라스, 테플론(Teflon) 등으로부터 선택될 수 있는 바, 서로 동일하거나 상이한 재질로 구성할 수 있다. 예시적 구체예에서, 외측 컨테이너(11) 및 내측 컨테이너(12)는, 스테인레스 스틸(예를 들면, SUS304)로 구성할 수 있다.
- [0106] 도시된 바와 같이, 하우징(10)과 외측 컨테이너(11) 사이의 공간에는 내측 컨테이너의 하측 면이 축 또는 샤프트(13)를 통하여 모터(14)와 기계적으로 연결되는 방식으로 수용되어 있다. 이때, 모터(14)는 정방향 및 역방향으로 모두 회전 가능하도록 작동되어 내측 컨테이너(12)를 셰이킹(shaking)하도록 유도할 수 있다. 이와 관련하여, 모터(14)는, 예를 들면 인버터 타입일 수 있는 바, 구체적으로는 인버터(1/2 HP) 타입 3상(phase) 모터일 수 있다. 이때, 모터(14)는, 예를 들면 약 500 내지 1,000 rpm, 구체적으로 약 550 내지 800 rpm, 보다 구체적으로 약 600 내지 700 rpm 범위의 회전 속도로 구동될 수 있다. 이처럼, 내측 컨테이너(12)는 외측 컨테이너(11) 내에서 회전 가능하도록 수용되어 있다.
- [0107] 이외에도, 후술하는 바와 같이 반응물이 복수의 유입관(경로)을 통하여 장치 내에 도입될 경우, 모터(14)의 회전 또는 셰이킹 작동에 의하여 반응물 간에 균일한 혼합이 이루어질 수 있다. 또한, 내측 컨테이너(12)의 벽이 지나치게 두꺼울 경우에는 유체, 즉 코팅액의 자유로운 입출입을 저해하기 때문에 기계적 물성, 유체 흐름 특성 등을 종합적으로 고려하여 적절히 조절하는 것이 바람직하다. 예시적 구체예에 따르면, 내측 컨테이너(12)의 벽 두께는, 예를 들면 약 0.3 mm 내지 2 mm, 구체적으로 약 0.4 mm 내지 1.5 mm, 보다 구체적으로 약 0.5 mm 내지 1 mm 범위일 수 있다.
- [0108] 한편, 내측 컨테이너(12)에는 추후 하이드로겔 입자의 코팅 과정 중 입자의 응집을 억제하기 위하여 초음파 조사 유닛(15)이 배치되어 있다. 즉, 초음파 조사 유닛(15)은 고주파수의 기계적 파동(초음파)을 소정 공간 또는 장치 내로 유도하여 진동시키는 기능을 하게 된다. 구체적으로, 초음파의 생성용 유닛 또는 디바이스는 전기음향 시스템에 기반을 두고 있는 바, 대부분 압전 트랜스듀서가 사용되고 있다.
- [0109] 초음파 에너지를 액상 시스템으로 전달하는데 요구되는 장치는 크게 하기의 3가지 부재로 이루어진다: (i) 전기 에너지를 고주파수의 교류 전류로 전환하여 트랜스듀서 어셈블리를 구동하는 발전기, (ii) 고주파수 교류 전류를 기계적 진동(vibration)으로 전환하는 트랜스듀서, 및 (iii) 진동을 액체로 전달하는 전달 시스템. 이와 관련하여, 압전 트랜스듀서의 형상 및 치수, 그리고 내측 컨테이너(12) 내의 부착 개수는 작동 주파수에 따라 결정될 수 있다.
- [0110] 예시적 구체예에 따르면, 초음파 조사 유닛(15)은 내측 컨테이너(12)의 하측(또는 하측 면)에 고정 배치되는데, 예를 들면 약 20 내지 60 kHz, 구체적으로 약 30 내지 50 kHz, 보다 구체적으로 약 35 내지 45 kHz 주파수로 작동하며, 초음파 에너지가 내측 컨테이너(12) 내 액체(코팅액)에 직접 전달된다.
- [0111] 택일적 구체예에 따르면, 소노트로드 시스템으로서 에미터(emitter) 표면이 용액과 직접 접촉함에 따라 비교적 높은 출력을 생성할 수 있다. 예시적 구체예에 있어서, 초음파 조사 유닛(15)은 초음파 전달 효과를 높이기 위하여 티타늄 또는 알루미늄 합금과 같은 유연한 재질로 구성할 수 있으며, 전형적으로 초음파 조사 유닛(15)은

도입된 에너지의 약 65 내지 80%, 구체적으로 약 70 내지 75%를 액체로 전달하게 되며, 초음파 생성기의 평균 효율은 약 80 내지 90% 수준일 수 있다. 도시된 구체예에서 액체 내로 전달된 초음파는 내측 컨테이너(12)의 벽(또는 격벽) 및 코팅 대상인 하이드로겔 입자와 충돌하게 된다.

[0112] 예시적 구체예에 따르면, 초음파 조사 유닛(15)은 코팅 공정의 초기 단계, 예를 들면 본격적인 코팅 반응 전 또는 코팅 반응의 개시 시점에서 작동할 수 있으며, 이때 초음파 조사 회수는 특별히 한정되는 것은 아니지만, 1 회 조사만으로도 충분할 수 있다.

[0113] 한편, 내측 컨테이너(12) 내 공간의 경계를 정하는 벽(wall)에는 복수의 포어(16)가 분포되어 있어 포어를 통하여 외측 컨테이너(11)로부터 액체(코팅액)가 내측 컨테이너(12) 내로 도입될 수 있다. 이와 별도로 또는 동시에 내측 컨테이너(12)의 상측 면이 적어도 부분적으로 개방될 경우에는 개방 면을 경유하여 도입될 수도 있다. 예시적 구체예에 따르면, 내측 컨테이너(12)는 일종의 메쉬 또는 그물 구조를 갖게 된다. 이때, 내측 컨테이너에 분포된 포어(16)의 사이즈(직경)는, 액체 성분(코팅 액)은 비교적 자유롭게 입출입 가능하나, 앞서 내측 컨테이너(12) 내에 도입된 하이드로겔 입자는 내측 컨테이너(12) 내에 정해진 코팅 공간 내에서 고정(보유)되도록 하는 사이즈 범위일 수 있다. 따라서, 포어(16)의 사이즈는 하이드로겔 입자 또는 코팅된 하이드로겔 입자의 사이즈보다 작도록 설정할 수 있다.

[0114] 예시적으로, 내측 컨테이너의 벽에 분포된 포어(16)의 사이즈는, 예를 들면 약 5 내지 4,000 μm , 구체적으로 약 40 내지 400 μm , 보다 구체적으로 약 90 내지 250 μm 범위 내에서 하이드로겔 입자 또는 코팅 입자의 사이즈를 고려하여 적절히 선정될 수 있으나, 이는 예시적인 의미로 이해되어야 한다.

[0115] 도시된 장치에 따르면, 하이드로겔 입자를 코팅하기 위한 코팅액의 저장부로서 2개의 코팅액 저장 탱크(17, 18)이 배치되며, 상기 탱크 각각은 외측 컨테이너(11)를 거쳐 내측 컨테이너(12)와 유체 연통(연결)되어 있다. 즉, 코팅액 저장부(17, 18)로부터 외측 컨테이너(11)의 내부 공간으로 코팅액을 이송하기 위한 경로를 제공하는 제1 및 제2 유입관이 구비될 수 있다. 제1 유입관은 제1 코팅액 저장 탱크(17)에 연결되는 한편, 제2 유입관은 제2 코팅액 저장 탱크(18)에 연결되어 있다.

[0116] 예시적 구체예에 따르면, 앞서 언급한 바와 같이 스토버 방법에 기반하여 실리카 코팅층을 형성하기 위하여 제1 코팅액 저장 탱크(17)에는 알코올(구체적으로 에탄올), 물(예를 들면, 증류수 또는 탈이온수) 및 염기 성분(구체적으로 암모니아)을 함유하는 코팅액 A를 저장하는 한편, 제2 코팅액 저장 탱크(18)에는 실리카 전구체, 예를 들면 TEOS(예를 들면, 알코올(에탄올)에 용해된 형태)를 함유하는 코팅액 B를 저장할 수 있다. 예시적 구체예에 따르면, 상기 알코올 성분으로서 에탄올뿐만 아니라, 물(구체적으로 탈이온수), TE 버퍼 용액 등을 더 함유할 수 있다. 또한, 염기 성분으로서 대표적으로 암모니아(또는 암모니아수) 등을 사용할 수 있다.

[0117] 코팅액 A 및 코팅액 B 각각은 저장부(17, 18)로부터 외측 컨테이너(11)를 경유하여 내측 컨테이너(12) 내로 도입된다. 이를 위하여, 제1 탱크(17) 및 제2 탱크(18) 각각으로부터 외측 컨테이너(11)로 연결되는 유입구에는 밸브(19, 20)가 부착되어 코팅액 A 및 코팅액 B 각각의 유량을 조절할 수 있다. 밸브(19, 20)로서 당업계에서 액체의 유량을 조절하는데 사용되는 임의의 밸브 수단을 특별한 제한 없이 사용할 수 있는 바, 예를 들면 솔레노이드(solenoid) 밸브, 글로브 밸브(globe valve), 앵글 밸브(angle valve), Y-밸브, 니들 밸브, 플러그 밸브, 볼 밸브, 버터플라이 밸브, 케이트 밸브, 슬라이드 밸브, 리프트 밸브, 다이어프램 밸브(diaphragm valve) 등을 사용할 수 있다. 보다 정밀한 혼합 비율의 제어를 위하여는 전자식으로 제어되는 밸브를 사용할 수 있다.

[0118] 한편, 본 구체예에서 주목할 점은 내측 컨테이너(12)의 내부 공간에 복수의 격벽(21)이 형성됨으로써 내측 컨테이너(12)의 벽(즉, 복수의 포어가 분포된 외벽)과 복수의 격벽 중 최외곽 격벽 사이의 공간, 그리고 복수의 격벽 간에 형성된 공간 내에 하이드로겔 입자가 수용 및 보유(고정)되는 코팅 공간을 제공하도록 구성되어 있다는 점이다. 특히, 내측 컨테이너(12)의 벽과 관련하여 언급한 바와 유사하게, 복수의 격벽(21) 각각에 대하여도 복수의 포어(22)가 분포되어 있어 내측 컨테이너(12)의 벽에 형성된 복수의 포어(16), 및/또는 내측 컨테이너(12)의 상측 개방부(완전 개방되거나 부분 개방된 경우)를 통하여 유입된 코팅액이 내측 컨테이너(12) 내 격벽(21)의 포어를 통하여 코팅 공간을 입출입할 수 있다.

[0119] 이와 관련하여, 예시적 구체예에 따르면, 내측 컨테이너(12) 내에 배치 또는 배열되는 복수의 격벽(21) 간의 간격 또는 폭은, 최소한 하이드로겔 입자를 수용가능한 치수를 제공하도록 설정될 수 있는데, 예를 들면 약 1 내지 10 mm, 구체적으로 약 3 내지 8 mm, 보다 구체적으로 약 5 내지 7 mm 범위일 수 있다. 이러한 격벽 간 간격 또는 폭에 대한 수치 범위는 코팅되는 하이드로겔 입자(또는 생화학 물질을 함유하는 하이드로겔 입자)의 사이

즈에 따라 적절히 조절될 수 있다.

- [0120] 또한, 내측 컨테이너(12)의 격벽(21) 내에 분포되는 복수의 포어(22)의 사이즈(직경) 역시 내측 컨테이너(12)의 벽에 형성된 포어(16)에서 기술한 바와 같이, 예를 들면 약 5 내지 4,000 μm , 구체적으로 약 40 내지 900 μm , 보다 구체적으로 약 90 내지 250 μm 범위 내에서 하이드로겔 입자 또는 코팅 입자의 사이즈를 고려하여 적절히 선정될 수 있다. 다만, 포어(16) 및 포어(21)가 상호 간에 완전히 동일한 위치 에 분포되거나, 사이즈 역시 전술한 범위 내에서 선정되는 한, 양자가 동시에 같은 사이즈를 가질 필요는 없다.
- [0121] 도 3은 예시적인 구체예에 따른 하이드로겔 입자의 자동 습식 코팅 장치에 있어서 내측 컨테이너의 배치 구조를 도시하는 평면도이다.
- [0122] 상기 도시된 구체예에 있어서, 외측 컨테이너(11) 및 내측 컨테이너(12)는 원통형 또는 실린더형의 외관을 갖고 있고, 평면 기준으로 외측 컨테이너(11) 및 내측 컨테이너(12)는 동심원 형태 또는 이와 유사한 형태로 배치되어 있다. 도시된 구체예에서 내측 컨테이너(12) 내 복수의 격벽(21) 사이의 간격을 가로지르면서 추가 격벽(23)이 배열되어 세분화된 코팅 공간을 제공할 수 있다.
- [0123] 필요에 따라서는, 추가 격벽(23)에 적어도 하나의 포어(구체적으로 복수의 포어)가 분포되어 코팅 공간으로 코팅액이 원활히 입출입할 수 있고, 이때 형성되는 포어의 사이즈(직경) 역시 내측 컨테이너(12)의 벽에 형성된 포어(16) 및 격벽의 포어(21)의 사이즈(직경) 범위 내에서 선정될 수 있다. 다만, 이러한 추가 격벽(23)은 선택적으로 형성될 수 있는 것으로, 코팅하고자 하는 하이드로겔 입자의 타입의 수가 비교적 적은 경우에는 생략할 수도 있다. 이처럼, 내측 컨테이너(12) 내 격벽(21)에 의하여 형성된 복수의 공간은 하이드로겔 입자의 코팅 공간을 제공하게 된다.
- [0124] 도 4는 다른 예시적 구체예에 따른 하이드로겔 입자의 자동 습식 코팅 장치의 외측 컨테이너 내 내측 컨테이너의 배치 구조를 도시하는 평면도이다.
- [0125] 상기 구체예에 있어서, 도 3에 도시된 내측 컨테이너 내 격벽 형성과 유사하기는 하나, 내측 컨테이너(12)의 벽 및 그 내부의 격벽(21') 배치 구조는 원형 평면이 사각 평면 패턴으로 변형되어 있다. 따라서, 평면 기준으로 내측 컨테이너(12)의 벽의 내측 방향으로 격벽(21')이 일정 간격을 두고 사각 패턴이 순차적으로 배열되어 있다.
- [0126] 상기 구체예의 경우, 하우징(10) 및/또는 외측 컨테이너(11) 역시 내측 컨테이너(12)의 평면 형상, 즉 사각 형상에 대응하거나, 또는 유사한 형상을 갖도록 구성할 수 있다. 이때, 내측 컨테이너 벽과 격벽(21') 간에 형성된 공간, 그리고 복수의 격벽(21') 간에 형성된 공간은 하이드로겔 입자의 코팅 공간을 형성한다. 또한, 별도로 도시하지는 않았지만, 복수의 격벽(21') 사이에 선택적으로 추가 격벽을 배치함으로써 하이드로겔 입자의 코팅 공간을 추가적으로 분할하여 보다 세분화된 코팅 공간을 제공할 수 있다.
- [0127] 도 5는 또 다른 시적 구체예에 따른 하이드로겔 입자의 자동 습식 코팅 장치의 외측 컨테이너 내 내측 컨테이너의 배치 구조를 도시하는 평면도이다.
- [0128] 상기 도시된 구체예에 따르면, 내측 컨테이너(12)는 직육면체의 기하학적 형상을 갖고 있으면서, 그 내부에 평면 기준으로 복수의 격벽(21'') 및 추가 격벽(23')이 조합하여 격자 패턴을 형성하도록 배열되고, 격자 패턴을 구성하는 격벽(21'') 및 추가 격벽(23') 각각의 적어도 일부에는 복수의 포어가 형성될 수 있다.
- [0129] 도 2를 참조하면, 내측 컨테이너(12)로부터 배출관을 통하여(구체적으로, 내측 컨테이너(12)와 유체 연통되어 있고 외측 컨테이너를 경유하여 배출관을 통하여) 하우징(10) 밖으로 코팅액이 배출된다. 이때, 배출관에도 전술한 밸브 수단(24), 보다 구체적으로 솔레노이드 밸브가 장착되어 있다.
- [0130] 상기 도시된 구체예에 있어서, 주목할 점은 코팅 장치 내 코팅액의 도입, 코팅, 코팅 후 잔류 액체의 배출 등의 일련의 공정이 자동화된 방식(예를 들면, 컴퓨터 프로그래밍)으로 수행될 수 있다는 것이다. 이를 위하여, 제어 유닛(도시되지 않음)에 의하여 유입관 및 배출관에 장착된 밸브의 조작, 내측 컨테이너 내 온도 및 pH 조절 등의 코팅 조건을 정밀하게 조절할 수 있다.
- [0131] 도 6은 예시적인 구체예에 따라 코팅액으로서 제1 코팅액 및 제2 코팅액을 사용한 하이드로겔의 코팅 방법을 수행하는 일련의 과정을 보여주는 공정 순서도이다. 상기 구체예의 경우, 스톱버 방식에 따라 하이드로겔 입자 상에 실리카 코팅층을 형성하는데 적합한 공정의 순서를 도시한다.
- [0132] 도시된 바와 같이, 먼저 제1 코팅액 저장 탱크(17) 및 제2 코팅액 저장 탱크(18) 각각에 코팅액 A 및 코팅액 B

이 저장되어 있다.

- [0133] 이때, 코팅액 A에 있어서, 염기 성분으로 암모니아를 사용할 경우, 암모니아수 형태로 사용 가능한 바, 이의 농도는, 예를 들면 체적 기준으로 약 10 내지 40%, 구체적으로 약 15 내지 30% 범위일 수 있다. 예시적 구체예에 따르면, 알코올(에탄올) : 물 : 염기 성분(암모니아수)의 체적 기준 혼합 비는, 예를 들면 약 10 내지 40 : 약 2 내지 5 : 1, 구체적으로 약 15 내지 30 : 약 2.5 내지 4 : 1, 보다 구체적으로 약 17 내지 25 : 약 2.8 내지 3.2 : 1 범위일 수 있다.
- [0134] 또한, 코팅액 B의 경우, 실리카 전구체(구체적으로 테트라에틸오르토실리케이트(TEOS))는 알코올계 매질(구체적으로 에탄올)에 용해된 상태로 존재하는데, 실리카 전구체의 농도는, 예를 들면 체적 기준으로 약 2 내지 40%, 구체적으로 약 5 내지 30%, 보다 구체적으로 약 10 내지 20% 범위일 수 있다.
- [0135] 한편, 전체 반응물 중 코팅액 A : 코팅액 B의 체적 기준 혼합 비는, 예를 들면 약 100 내지 500 : 1, 구체적으로 약 150 내지 350 : 1, 보다 구체적으로 약 200 내지 300 : 1의 범위 내에서 적절히 조절할 수 있다.
- [0136] 또한, 코팅 장치(100)의 내측 컨테이너(12) 내에서 격벽(또는 격벽과 추가 격벽)에 의하여 형성된 복수의 독립 공간 내로 적어도 하나의 타입, 구체적으로 복수 타입의 하이드로겔 입자를 타입 별로 충전한다. 즉, 도 7a 및 도 7b에 도시된 바와 같이, 내측 컨테이너의 벽과 복수의 격벽에 의하여 형성된 공간, 그리고 복수의 격벽에 의하여 형성된 공간 각각에 대하여는 동일 타입의 하이드로겔 입자를 충전할 수 있다. 도시된 바와 같이, 6가지 타입 또는 형상을 갖는 하이드로겔 입자를 코팅하고자 하는 경우, 내측 컨테이너(12) 내 격벽(21)에 의하여 형성된 복수의 공간에 상기 6가지 타입의 하이드로겔 입자를 타입 별로 분할 충전할 수 있다. 이처럼, 상이한 타입의 하이드로겔 입자의 코팅 입자는 각각 용도를 달리할 수 있기 때문에 동일 조건 하에서 코팅 층을 형성하되, 최종적으로는 하이드로겔 입자의 타입 별로 코팅된 입자를 수득할 수 있게 된다.
- [0137] 전술한 바와 같이, 하이드로겔 입자를 충전하고, 저장부(17, 18) 각각에 코팅액 A 및 코팅액 B가 준비되면, 코팅액 A 및 코팅액 B를 장치(100) 내로 도입한다. 예시적 구체예에 따르면, 실리카 형성 반응 특성 상, 먼저 코팅액 A를 채운 후에 미리 정해진 량의 코팅액 B 중 일부(예를 들면, 약 0.05 내지 60 체적%, 구체적으로 약 0.1 내지 40 체적%, 보다 구체적으로 약 1 내지 30 체적%)를 투입한다. 이후, 초음파 조사 유닛(15)에 의하여 초음파를 가하여 입자들이 서로 붙거나 응집되는 것을 방지할 수 있는 바, 초음파 조사는, 예를 들면 약 0.5 내지 5 초, 구체적으로 약 1 내지 3초, 구체적으로 약 1.5 내지 2.5초에 걸쳐 적어도 1회, 구체적으로 1회 정도 수행할 수 있다.
- [0138] 전술한 초음파 조사와 함께 또는 후속적으로 모터(14)를 구동시켜 이에 기계적으로 연결된 내측 컨테이너(12)를 회전 또는 셰이킹한다. 이때, 모터(14)의 구동 시간은, 예를 들면 약 10 내지 40분, 구체적으로 약 15 내지 30분, 보다 구체적으로 약 20 내지 25분 범위일 수 있다. 그 다음, 코팅액 B의 설정량 중 나머지를 투입하고, 모터부를 이용한 회전 또는 셰이킹을 가하는 과정이 수반될 수 있다.
- [0139] 전술한 예에서는 코팅액 B를 2회에 걸쳐 분할 투입하고 있으나, 가급적 3회 이상(투입량: 예를 들면 약 0.1 내지 5 체적%, 구체적으로 약 0.2 내지 3 체적%)에 걸쳐 분할 투입하고 회전 또는 셰이킹을 가하는 방식의 공정 사이클을 반복 적용할 수 있다(도 6 참조). 이와 같이 실리카 전구체를 분할 투입하면서 반응시키는 방식은 반응물 전량을 일거에 투입하여 실리카 형성 반응을 진행할 경우, 반응물 간에 완전한 접촉이 곤란할 수 있기 때문에(예를 들면, 졸 형성 시 점도 증가에 의하여 원활한 반응물 간 접촉이 어려울 수 있음) 반응 효율이 저하될 수 있음을 고려한 것이다.
- [0140] 전술한 바와 같이, 상기 코팅 과정이 스토버 방법으로 수행될 경우, 코팅 반응은, 예를 들면 약 20 내지 50℃, 구체적으로 약 22 내지 40℃, 보다 구체적으로 상온 조건 및 비교적 높은 pH 조건(예를 들면 약 9 내지 11, 구체적으로 약 9.5 내지 10.5, 보다 구체적으로 약 10의 pH) 하에서 수행될 수 있다.
- [0141] 실리카 코팅층의 형성 반응이 완료되며, 코팅액은 내측 컨테이너(12)의 일측(하측)에 구비된 배출구 및 이와 연결된 배출구를 통하여 외부로 배출된다. 이때, 배출구에 장착된 밸브 수단(예를 들면, 솔레노이드 밸브)을 개방한다. 또한, 도시된 예에서는 내측 컨테이너(12)의 벽에 분포되는 포어는 벽의 일정 높이 이상부터 형성될 수 있는데, 이 경우 코팅액의 배출 시 내측 컨테이너(12)에만 코팅액이 잔류하는 반면, 외측 컨테이너(11) 내 공간에서는 모두 배출될 수 있다.
- [0142] 본 개시 내용의 추가적인 구체예에 따르면, 코팅 완료 후, 선택적으로 코팅 장치 내부에 대한 세척 단계가 수행될 수 있다.

[0143] 이를 위하여, 전술한 코팅액 A를 장치로 투입하고, 외부 컨테이너(11)를 경유하여 내측 컨테이너(12)에 충전한다. 그 다음, 모터(14)에 의한 회전 또는 셰이킹에 의하여 내측 컨테이너(12) 내에 일부 잔류하는 반응 용액을 제거하고, 세척액을 배출구를 통하여 배출(드레인)할 수 있다. 이러한 세척 과정에서 세척액(코팅액 A)를 분할 투입하고, 투입 간격 마다 회전 또는 셰이킹을 가하는 세척 사이클을 적용함으로써 원활하게 세척할 수 있다. 택일적으로, 세척액 투입-셰이킹-드레인으로 이루어진 일련의 사이클을 2회 이상에 걸쳐 수행할 수도 있다.

[0144] 예시적 구체예에 따르면, 제1 코팅액 저장 탱크(17) 및 제2 코팅액 저장 탱크(18)로부터 배출된 코팅액 A 및 코팅액 B는 펌프에 의하여 코팅 장치 내 액체 분배 유닛(도시되지 않음)의 유입구를 경유하여 도입될 수 있다. 이와 같이 2개의 저장 탱크로부터 유입된 코팅액은 주입부 또는 인젝터를 통하여 코팅 장치(구체적으로, 외측 컨테이너의 내부 공간) 내로 주입되고, 상기 코팅 장치 내로 도입된 코팅액은 내측 컨테이너 내에서 하이드로겔 입자에 코팅될 수 있다. 코팅 완료 후, 코팅액은 배출구를 통하여 외부로 빠져 나가게 된다. 이후, 제1 코팅액 저장 탱크(17)의 밸브를 개방하여 제1 코팅액을 코팅 장치(100)로 이송하고, 이를 세척액으로 사용하여 코팅 장치 내부를 세척하고, 종료 후에는 배출구를 통하여 사용된 세척액을 코팅 장치 밖으로 배출할 수 있다.

[0145] 한편, 코팅액 A의 메이크-업 탱크를 별도로 구비하여 제1 코팅액 저장 탱크와 유체 연통시키되, 선택적으로 별도의 바이패스 라인을 장착하고 밸브 조작을 통하여 코팅 장치 내로 도입하여 세척 과정을 수행할 수도 있다.

[0146] 본 개시 내용의 일 구체예에 따르면, 코팅 장치(100)는 프로그래밍된 제어 유닛(도시되지 않음)을 이용하여 자동화 방식으로 구현할 수 있다. 이러한 자동화 모드에서 제어 대상은 코팅 장치/공정 요소에 대한 사용자 모드 및/또는 디스플레이 모드를 포함할 수 있는 바, 예시적인 제어 요소를 하기 표 1에 기재하였다.

표 1

사용자 모드	코팅액 A 및 코팅액 B의 투입량 설정	
	초음파 조사 시간 설정	
	회전 또는 셰이킹의 회전 속도 및 시간 설정	
	공정 사이클 회수 설정	
	세척 사이클 회수 설정	
	배출(드레인) 시간 설정	
디스플레이 모드	사이클 표시	사이클 작동 상태 표시(설정 시간, 진행 상태, 남은 시간 등)
	에러 메시지	커버 열림
		저장부 내 코팅액 A 및 코팅액 B의 부족
		초음파 조사 유닛 에러
		회전 및 셰이킹 에러(회전속도 및 시간 오류)
	완료 표시	공정 완료 표시 및 완료 사운드 생성

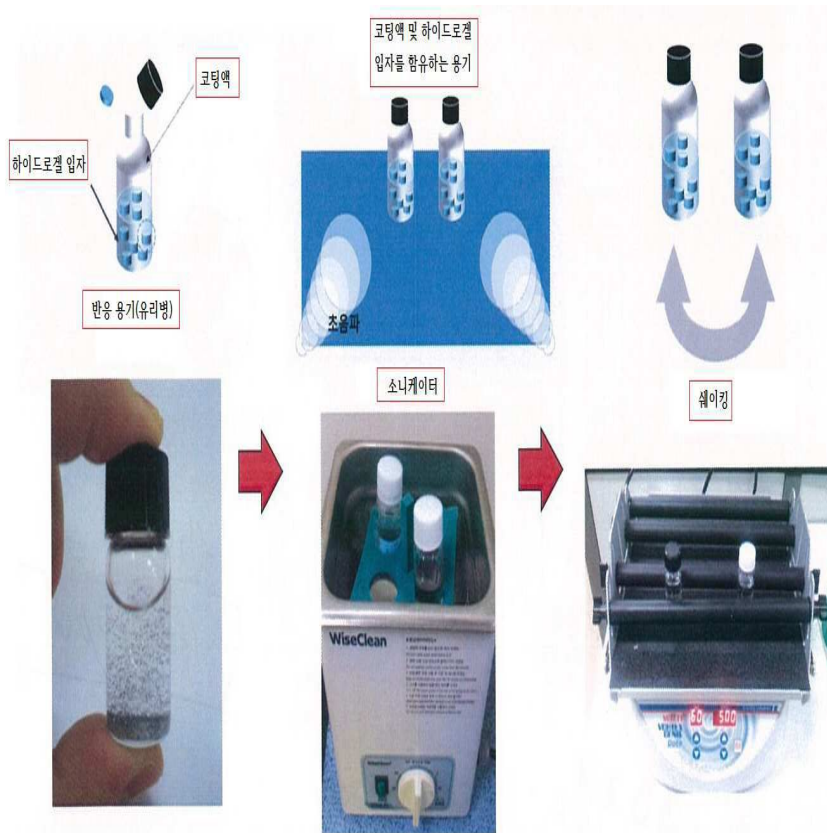
[0148] 이를 위하여 제어 유닛은 온/오프 스위치, 코팅 장치(100)와의 연결을 위한 케이블, PC와의 연결을 위한 통신 포트(예를 들면, 스탠더드 Omega Process Monitoring 및 Logger를 이용한 RS-485 포트) 등을 구비할 수 있다. 예를 들면, 제어 유닛은 PID 레귤레이터(regulator) 타입일 수 있는 바, 이러한 제어 유닛의 전반적인 장치 구성/조작 원리에 관한 세부사항은 당업계에 공지되어 있는 만큼, 세부 기술적 사항에 관한 설명은 생략한다.

[0149] 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 개시 내용에 따라 제공되는 하이드로겔 입자의 코팅 장치는 서로 상이한 타입 또는 형상을 갖는 복수 타입의 하이드로겔에 대하여 동일한 조건 하에서 코팅할 수 있는 방안을 제공함으로써 하이드로겔 입자 상에 균일 성상을 갖는 코팅층을 확보할 수 있게 된다. 특히, 간단한 밸브 조작 및 컴퓨터 프로그램을 이용한 운전 사이클을 도입함으로써 수작업 방식에 비하여 월등히 높은 효율을 달성할 수 있다.

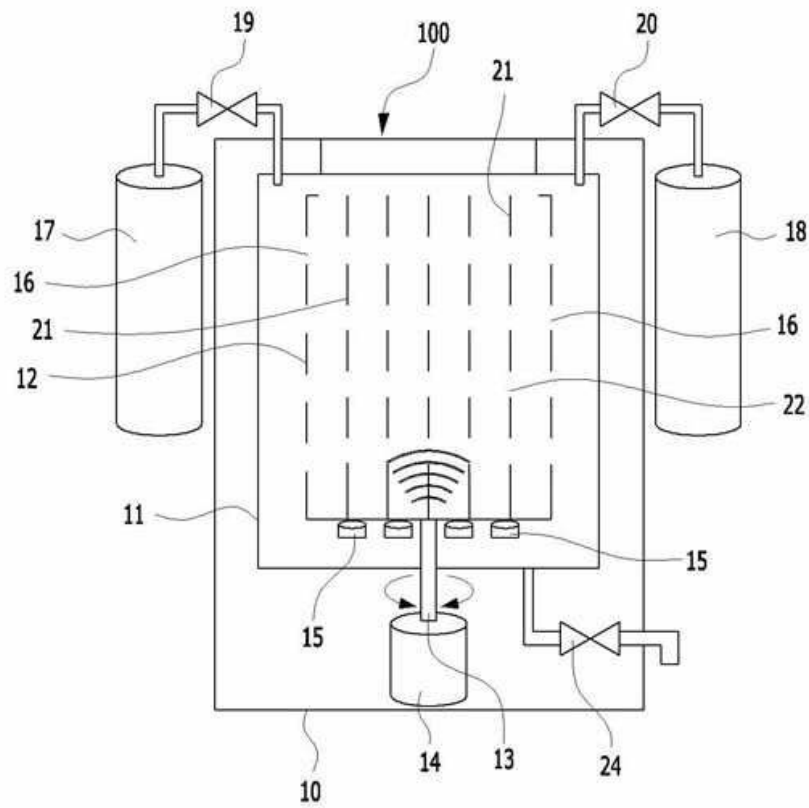
[0150] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속하는 것으로, 본 발명의 구체적인 보호범위는 첨부된 특허청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

도면

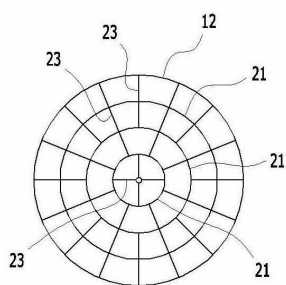
도면1



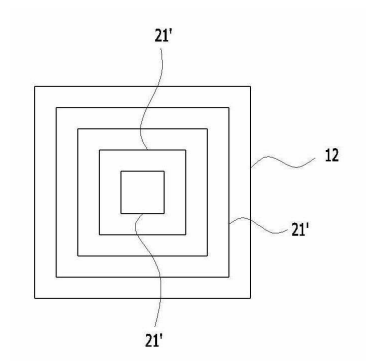
도면2



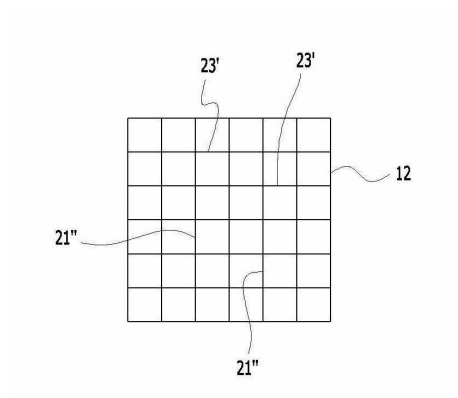
도면3



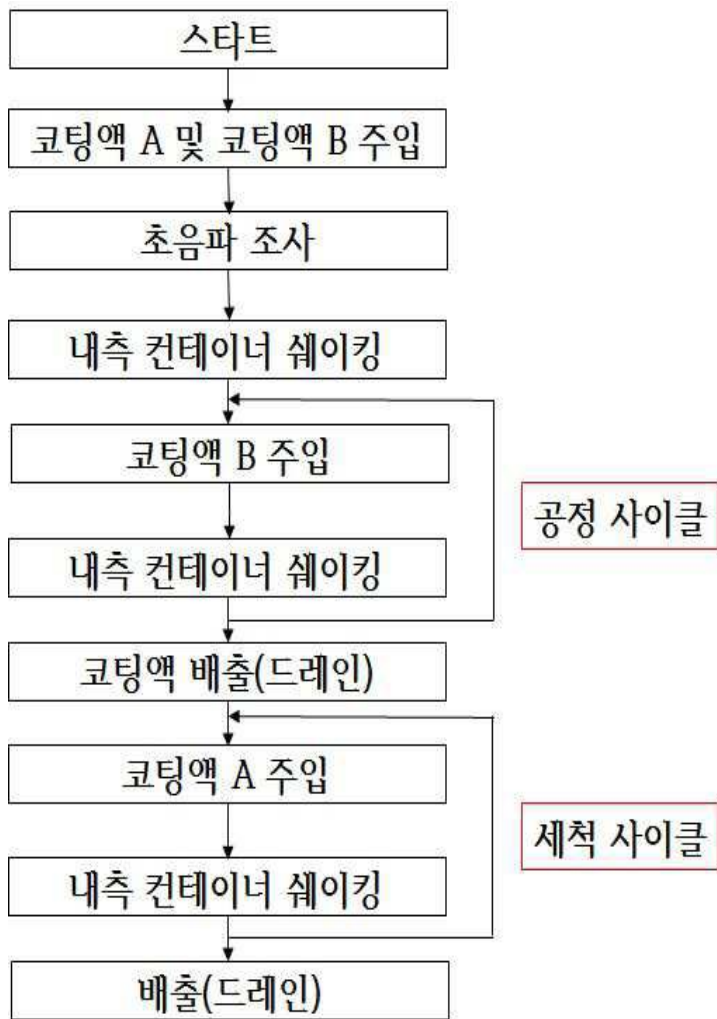
도면4



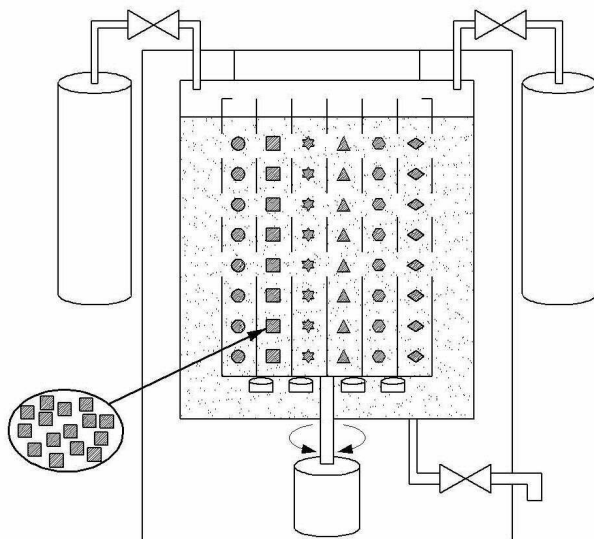
도면5



도면6



도면7a



도면7b

