



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년01월08일
(11) 등록번호 10-2199842
(24) 등록일자 2020년12월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C08K 9/10 (2006.01) C08G 59/56 (2006.01)
C08J 5/04 (2006.01) C08L 63/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C08K 9/10 (2013.01)
C08G 59/56 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0108781
(22) 출원일자 2020년08월27일
심사청구일자 2020년08월27일
(56) 선행기술조사문헌
CN110511435 A*
KR1020190081524 A*
KR1020200063812 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
송정일
경상남도 창원시 성산구 창원대로1209번길 22
카다파 벤카타 차라파티
경상남도 창원시 의창구 창원대로 20, 53-105(사림동, 창원대학교)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인남춘

전체 청구항 수 : 총 9 항

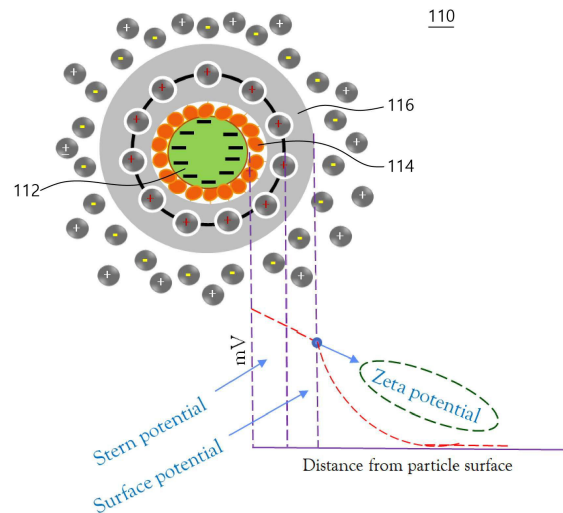
심사관 : 서진화

(54) 발명의 명칭 자가 회복용 마이크로 코어-셀 캡슐 및 이를 포함하는 자가 회복 가능한 복합재료

(57) 요약

자가 회복용 마이크로 코어-셀 캡슐이 제공된다. 이 마이크로 코어-셀 캡슐은 비닐 에스터 및 에폭시로 구성되는 이중 모체 구성의 치유 물질인 코어, 이산화규소인 셀, 및 코어와 셀 사이에 개재된 계면 활성제를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C08J 5/04 (2013.01)

C08L 63/00 (2013.01)

이동우

경상남도 김해시 진영읍 진산대로 59 중흥S클래스
에코시티 102동 2402호

(72) 발명자

무추코타 나렌드라 프라바카

경상남도 창원시 의창구 창원대학교로 20, 53-105(사
림동, 창원대학교)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345315504
과제번호	2018R1A6A1A03024509
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공분야 대학중점연구소 지원사업(이공공학학술연구기반구축(R&D))
연구과제명	친환경 난연 하이브리드 복합재 기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	창원대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711112362
과제번호	2019R1A2B5B03004980
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견후속연구(개인기초연구(과기정통부))(R&D))
연구과제명	천연섬유와 코어-셸 섬유를 보강한 고기능 자가회복 복합재 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	창원대학교
연구기간	2020.01.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

비닐 에스터 및 에폭시로 구성되는 이중 모체 구성의 치유 물질인 코어;

이산화규소인 셸; 및

상기 코어와 상기 셸 사이에 개재된 계면 활성제를 포함하되,

상기 셸은 테트라에틸 오르토실리케이트를 가수 분해하여 얻어지는 이산화규소를 3-(트라이에톡시실란)프로필아민을 가수 분해하여 얻어지는 아민기로 응집하여 형성된 것인 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 계면 활성제는 Tween-80인 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 Tween-80의 일 단은 상기 코어의 아민기에 부착되고, 그리고 타 단은 상기 셸의 상기 이산화 규소에 부착되는 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐.

청구항 5

제 1항의 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐들;

치유 물질인 상기 코어를 경화시키기 위한 복수 종의 경화제들; 및

상기 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐들 및 상기 복수 종의 경화제들을 함유하는 복합체를 포함하되,

상기 셸은 테트라에틸 오르토실리케이트를 가수 분해하여 얻어지는 이산화규소를 3-(트라이에톡시실란)프로필아민을 가수 분해하여 얻어지는 아민기로 응집하여 형성된 것인 자가 회복 가능한 복합재료.

청구항 6

삭제

청구항 7

제 5항에 있어서,

상기 계면 활성제는 Tween-80인 자가 회복 가능한 복합재료.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 Tween-80의 일 단은 상기 코어의 아민기에 부착되고, 그리고 타 단은 상기 셸의 상기 이산화 규소에 부착되는 자가 회복 가능한 복합재료.

청구항 9

제 5항에 있어서,

상기 복수 종의 경화제들은 메틸 에틸 케톤 페록사이드 및 메틸-테트라하이드로아미노 아크리딘인 자가 회복 가능한 복합재료.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 메틸 에틸 케톤 페록사이드는 상기 비닐 에스터를 경화시키고, 그리고 상기 메틸-테트라하이드로아미노 아크리딘은 에폭시를 경화시키는 자가 회복 가능한 복합재료.

청구항 11

제 5항에 있어서,

상기 복합체는 강화 섬유로 만들어진 복수의 직물들이 적층된 구조를 갖는 자가 회복 가능한 복합재료.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐 및 이를 포함하는 자가 회복 가능한 복합재료에 관한 것으로, 더 구체적으로 생분해 가능하고 친환경적인 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐 및 이를 포함하는 자가 회복 가능한 복합재료에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 복합재료는 둘 이상 복수의 이종 재료를 서로 조합하여 형성한 재료로써, 금속재료에 비하여 비강도, 비강성이 우수하여 광범위한 산업 분야에서 널리 사용되고 있다.

[0003] 특히, 자동차 산업과 항공기 산업에서는 연비의 향상을 위해서 금속 부품을 복합재료로 대체하고자 하는 움직임이 활발하지만 복합재료 특유의 낮은 내충격성, 피로 수명과 높은 인화성이 운송 수단에 적용하여 사용하는 데 대하여 한계로 지적되고 있다.

[0004] 더욱이, 복합재료의 미시적인 손상은 안전 계수를 떨어뜨리는 원인이 되지만, 발견이 어렵고 수리의 한계가 존재하며, 이로 인해 부품의 잦은 교체가 요구되어 운용 비용의 상승을 초래하였다.

[0005] 이에 따라, 종래에는 복합재료 내부의 미시적인 미세 균열을 자체적으로 수리하여 사용 수명을 연장하고자 하는 다양한 기술이 제공되고 있으며, 특히 디사이클로펜타디엔(DiCycloPentaDiene : DVPD)과 같은 접착 물질이 내장된 마이크로(micro) 크기의 캡슐(capsule)들을 해당 복합재료에 함께 함유하여 복합체를 제조함으로써, 균열과 같은 미시적인 손상이 발생하였을 때, 접착 물질을 포함하는 캡슐들이 파괴되면서 그 내부에 내장된 치유제(접착 물질)가 해당 균열 부위로 스며들어 경화되도록 하여 자가 회복되도록 한 다양한 기술들이 제시되고 있다. 이에 대하여는 국내공개특허 제10-2008-0035511호, 국내등록특허 제10-1786108호, 국내등록특허 제10-0963467호, 미국등록특허 US 6,158,330 등에 제시되고 있는 바와 같다.

[0006] 하지만, 전술된 캡슐 방식의 자가 회복 기술은 화학적으로 독성을 지닌 화합물 및 용매의 사용을 필요로 하기 때문에, 건강 상의 문제를 유발하거나, 폐수 및 폐액 처리를 요구한다는 문제점이 존재하였다.

[0007] 이에 따라, 화학적으로 독성을 지닌 화합물 등을 이용하지 않고, 간단한 공정을 통해 제조될 수 있는 자가 회복용 마이크로 캡슐의 개발이 절실히 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 국내공개특허 제10-2008-0035511호

(특허문헌 0002) 국내등록특허 제10-1786108호

(특허문헌 0003) 국내등록특허 제10-0963467호

(특허문헌 0004) 미국등록특허 US 6,158,330

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 복합재료에 손상이 발생할 경우, 이를 스스로 회복할 수 있도록 함과 동시에 손상 부위에 대한 자가 회복이 원활히 이루어질 수 있도록 하는 새로운 구성을 갖는 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐을 제공하는 데 있다.
- [0010] 또한, 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는 복합재료에 손상이 발생할 경우, 이를 스스로 회복할 수 있도록 함과 동시에 손상 부위에 대한 자가 회복이 원활히 이루어질 수 있도록 하는 새로운 구성을 갖는 자가 회복 가능한 복합재료를 제공하는 데 있다.
- [0011] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에 언급한 과제들에 제한되지 않으며, 언급되지 않는 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기한 과제를 달성하기 위하여, 본 발명은 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐을 제공한다. 이 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐은 비닐 에스터 및 에폭시로 구성되는 이중 모체 구성의 치유 물질인 코어, 이산화규소인 셸, 및 코어와 셸 사이에 개재된 계면 활성제를 포함할 수 있다.
- [0013] 셸은 테트라에틸 오르토실리케이트를 가수 분해하여 얻어지는 이산화규소를 3-(트라이에톡시실란)프로필아민을 가수 분해하여 얻어지는 아민기로 응집하여 형성된 것일 수 있다.
- [0014] 계면 활성제는 Tween-80일 수 있다. Tween-80의 일 단은 코어의 아민기에 부착되고, 그리고 타 단은 셸의 이산화 규소에 부착될 수 있다.
- [0015] 또한, 상기한 다른 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 자가 회복 가능한 복합재료를 제공한다. 이 자가 회복 가능한 복합재료는 앞서 설명된 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐들, 치유 물질인 코어를 경화시키기 위한 복수 종의 경화제들 및 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐들 및 복수 종의 경화제들을 함유하는 복합체를 포함할 수 있다.
- [0016] 셸은 테트라에틸 오르토실리케이트를 가수 분해하여 얻어지는 이산화규소를 3-(트라이에톡시실란)프로필아민을 가수 분해하여 얻어지는 아민기로 응집하여 형성된 것일 수 있다.
- [0017] 계면 활성제는 Tween-80일 수 있다. Tween-80의 일 단은 코어의 아민기에 부착되고, 그리고 타 단은 셸의 이산화 규소에 부착될 수 있다.
- [0018] 복수 종의 경화제들은 메틸 에틸 케톤 페록사이드 및 메틸-테트라하이드로아미노 아크리딘일 수 있다. 메틸 에틸 케톤 페록사이드는 비닐 에스터를 경화시키고, 그리고 메틸-테트라하이드로아미노 아크리딘은 에폭시를 경화시킬 수 있다.
- [0019] 복합체는 강화 섬유로 만들어진 복수의 직물들이 적층된 구조를 가질 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 상술한 바와 같이, 본 발명의 과제의 해결 수단에 따르면 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐은 이중 모체 구성의 치유 물질인 코어 및 이산화규소(SiO_2)인 셸을 포함함으로써, 복합재료에 크랙(crack) 뿐만 아니라 파손을 야기할 수 있을 정도의 충격이 발생하는 경우에도, 이를 스스로 회복할 수 있다. 이에 따라, 복합재료의 우수한 자가 회복 능력을 유지시킬 수 있는 동시에 강도를 향상시킬 수 있는 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐이 제공될 수 있다.
- [0021] 또한, 본 발명의 과제의 해결 수단에 따르면 자가 회복 가능한 복합재료는 이중 모체 구성의 치유 물질인 코어

및 이산화규소인 셀로 구성된 자가 회복용 마이크로 코어-셀을 포함함으로써, 복합재료에 크랙 뿐만 아니라 파손을 야기할 수 있을 정도의 충격이 발생하는 경우에도, 이를 스스로 회복할 수 있다. 이에 따라, 우수한 자가 회복 능력을 유지할 수 있는 동시에 강도가 향상될 수 있는 자가 회복 가능한 복합재료가 제공될 수 있다

[0022] 이에 더하여, 본 발명의 과제의 해결 수단에 따르면 자가 회복 가능한 복합재료는 비닐 에스터(vinyl ester) 및 에폭시(epoxy)로 구성되는 이중 모체 구성의 치유 물질인 코어, 및 이산화규소인 셀로 구성된 자가 회복용 마이크로 코어-셀을 포함함으로써, 우수한 기계적 특성을 가지고, 생분해 가능하고, 친환경적이고, 그리고 제조 비용이 저렴하다. 이에 따라, 우수한 자가 회복 능력을 유지할 수 있는 동시에 강도가 향상되며, 생분해 가능하며, 친환경적이며, 그리고 제조 비용이 저렴한 자가 회복 가능한 복합재료가 제공될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자가 회복용 마이크로 코어-셀 캡슐을 설명하기 위한 구성 단면도이다.

도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 일 실시예에 따른 자가 회복용 마이크로 코어-셀 캡슐을 포함하는 복합재료에서 자가 회복 과정을 설명하기 위한 입체도들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면들과 함께 상세하게 후술 되어 있는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0025] 명세서 전문에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다. 따라서, 동일한 참조 부호 또는 유사한 참조 부호들은 해당 도면에서 언급 또는 설명되지 않았더라도, 다른 도면을 참조하여 설명될 수 있다. 또한, 참조 부호가 표시되지 않았더라도, 다른 도면들을 참조하여 설명될 수 있다.

[0026] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함한다(comprises)' 및/또는 '포함하는(comprising)'은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 장치는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 장치의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 또한, 바람직한 실시예에 따른 것이기 때문에, 설명의 순서에 따라 제시되는 참조 부호는 그 순서에 반드시 한정되지는 않는다.

[0027] 하나의 구성 요소(element)가 다른 구성 요소와 '접속된(connected to)' 또는 '결합한(coupled to)'이라고 지칭되는 것은, 다른 구성 요소와 직접적으로 연결된 또는 결합한 경우, 또는 중간에 다른 구성 요소를 개재한 경우를 모두 포함한다. 반면, 하나의 구성 요소가 다른 구성 요소와 '직접적으로 접속된(directly connected to)' 또는 '직접적으로 결합한(directly coupled to)'으로 지칭되는 것은 중간에 다른 구성 요소를 개재하지 않은 것을 나타낸다. '및/또는'은 언급된 아이템(item)들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.

[0028] 공간적으로 상대적인 용어인 '아래(below)', '밑(beneath)', '하부(lower)', '위(above)', '상부(upper)' 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 장치 또는 구성 요소들과 다른 장치 또는 구성 요소들과의 상관관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작 시 장치의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들면, 도면에 도시되어 있는 장치를 뒤집을 경우, 다른 장치의 '아래(below)' 또는 '밑(beneath)'으로 기술된 장치는 다른 장치의 '위(above)'에 놓일 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 '아래'는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 장치는 다른 방향으로도 배향될 수 있고, 이에 따라 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.

[0029] 또한, 본 명세서에서 기술하는 실시예들은 본 발명의 이상적인 예시도인 단면도 및/또는 평면도들을 참고하여 설명될 것이다. 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다. 따라서, 제조 기술 및/또는 허용 오차 등에 의해 예시도의 형태가 변형될 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니라 제조 공정에 따라 생성되는 형태의 변화도 포함하는 것이다. 예를 들면, 직각으로 도시된 영역은 라운드지거나(rounded) 소정 곡률을 가지는 형태일 수 있다. 따라서, 도면에서 예시된 영역들은 개략적인 속성을 가지며, 도면에서 예시된 영역들의 모양은 장치의 영역의 특정 형태를 예시하

기 위한 것이며 발명의 범주를 제한하기 위한 것이 아니다.

- [0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐을 설명하기 위한 구성 단면도이다.
- [0031] 도 1을 참조하면, 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐(110)은 비닐 에스터 및 에폭시로 구성되는 이중 모체 구성의 치유 물질인 코어(112), 이산화규소인 셸(116), 및 코어(112)와 셸(116) 사이에 개재된 계면 활성제(114)를 포함할 수 있다.
- [0032] 이중 모체 구성의 치유 물질인 코어(112)의 비닐 에스터는 치유 물질의 점도를 낮추고, 그리고 에폭시는 치유 물질이 경화되었을 때의 강도를 높일 수 있다. 즉, 복합재료가 외부의 충격에 의해 손상을 입을 경우, 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐(110)의 셸(116)이 외부의 충격에 의해 파괴되면서 치유 물질인 코어(112)의 방출 및 흐름이 개선될 수 있고, 그리고 경화제(도 2a 내지 도 2c의 120 또는 130 참조)에 의해 경화되었을 때에 경화물(도 2c의 140 참조)의 강도를 높일 수 있다.
- [0033] 셸(116)은 테트라에틸 오르토실리케이트(TetraEthyl OrthoSilicate : TEOS)를 가수 분해하여 얻어지는 이산화규소를 3-(트라이에톡시실란)프로필아민((3-AminoPropyl)TriEthoxySilane : APTES)을 가수 분해하여 얻어지는 아민기(amine group)로 응집하여 형성된 것일 수 있다.
- [0034] 계면 활성제(114)는 Tween-80일 수 있다. Tween-80은 분자 수준에서 꼬리와 머리로 구성되어 있다. Tween-80의 일 단은 코어(112)의 아민기에 부착되고, 그리고 타 단은 셸(116)의 이산화 규소에 부착될 수 있다.
- [0035] 즉, 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐(110)은 용액 속에 있는 코어(112)를 구성할 재료 및 셸(116)을 구성할 재료가 계면 활성제(114)인 Tween-80이 두 재료를 연결하는 것에 의해 형성될 수 있다. 계면 활성제(114)인 Tween-80이 코어(112)를 구성할 재료를 둘러싸고 결합하기 때문에, 바깥쪽에 이산화규소인 셸(116)이 형성되어 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐(110)이 형성될 수 있다. 이때, 코어-셸 구조는 코어(112)를 구성할 재료 및 셸(116)을 구성할 재료의 두 입자들 사이의 제타 전위(Zeta potential)에 의해 형성될 수 있다.
- [0036] 도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 일 실시예에 따른 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐을 포함하는 복합재료에서 자가 회복 과정을 설명하기 위한 입체도들이다.
- [0037] 도 2a 내지 도 2c를 참조하면, 자가 회복 가능한 복합재료는 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐들(110), 치유 물질인 코어(도 1의 112 참조)를 경화시키기 위한 복수 종의 경화제들(120 및 130) 및 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐들(110) 및 복수 종의 경화제들(120 및 130)을 함유하는 복합체(100)를 포함할 수 있다.
- [0038] 복수 종의 경화제들(120 및 130)은 메틸 에틸 케톤 페록사이드(Methyl Ethyl Ketone Peroxide : MKEP) 및 메틸-테트라하이드로아미노 아크리딘(Methyl-TetraHydroamino Acridine : MTHA)일 수 있다. 메틸 에틸 케톤 페록사이드는 이중 모체 구성의 치유 물질인 코어(112)의 비닐 에스터를 경화시키고, 그리고 메틸-테트라하이드로아미노 아크리딘은 이중 모체 구성의 치유 물질인 코어(112)의 에폭시를 경화시킬 수 있다.
- [0039] 복합체(100)는 강화 섬유로 만들어진 복수의 직물들이 적층된 구조를 가질 수 있다. 하지만, 이에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 일 실시예에 따른 자가 회복 가능한 복합재료는 둘 이상의 복수의 이중 재료를 서로 조합하여 형성된 다양한 구조의 복합체를 포함할 수 있다.
- [0040] 자가 회복 가능한 복합체가 외부의 충격에 의해 손상을 입을 경우, 손상 부위에 존재하는 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐들(110)의 셸(도 1의 116 참조)도 외부의 충격에 의해 파괴되면서 코어인 치유 물질이 손상 부위로 방출되어 흘러 손상 부위를 채울 수 있다.
- [0041] 흘러나온 치유 물질은 손상 부위에 존재하는 경화제들(120 및 130)에 의해 경화되어 경화물(140)을 형성할 수 있다. 이에 따라, 외부의 충격에 의해 손상된 복합체(100)의 부위가 회복될 수 있다.
- [0042] 본 발명의 일 실시예에 따른 자가 회복 가능한 복합재료는 비닐 에스터 및 에폭시로 구성되는 이중 모체 구성의 치유 물질인 코어, 및 이산화규소인 셸로 구성된 자가 회복용 마이크로 코어-셸을 포함함으로써, 복합재료에 크랙 뿐만 아니라 파손을 야기할 수 있을 정도의 충격이 발생하는 경우에도, 이를 스스로 회복할 수 있다. 이에 따라, 우수한 자가 회복 능력을 유지할 수 있는 동시에 강도가 향상되며, 생분해 가능하며, 친환경적이며, 그리고 제조 비용이 저렴한 자가 회복 가능한 복합재료가 제공될 수 있다.
- [0043] 이상, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들에는 모든 면에서 예시적인 것이

며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

[0044]

100 : 복합체

110 : 자가 회복용 마이크로 코어-셸 캡슐

112 : 코어

114 : 계면 활성제

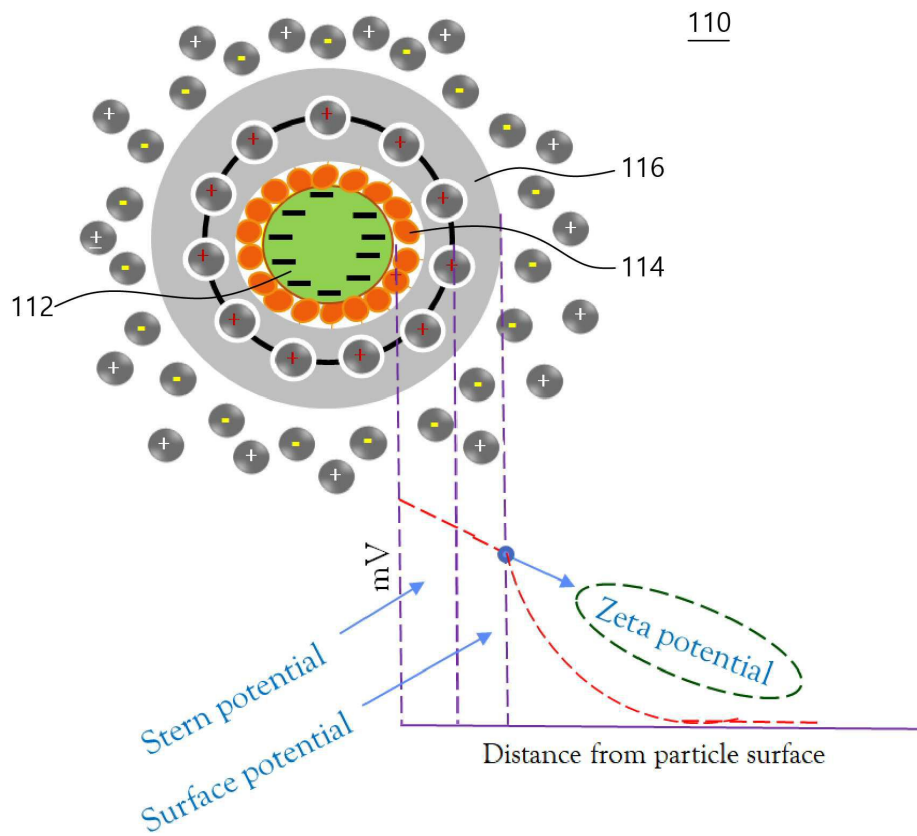
116 : 셸

120, 130 : 경화제

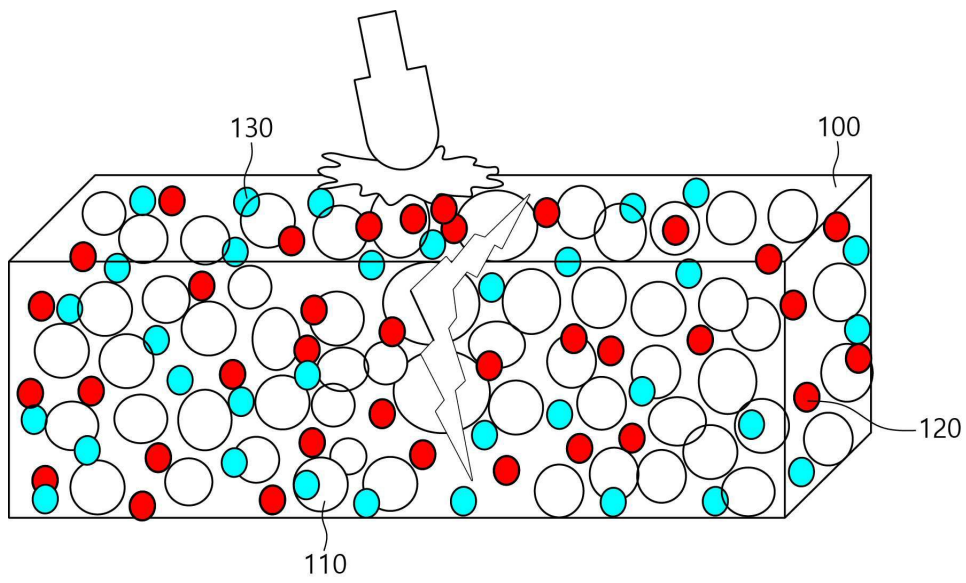
140 : 경화물

도면

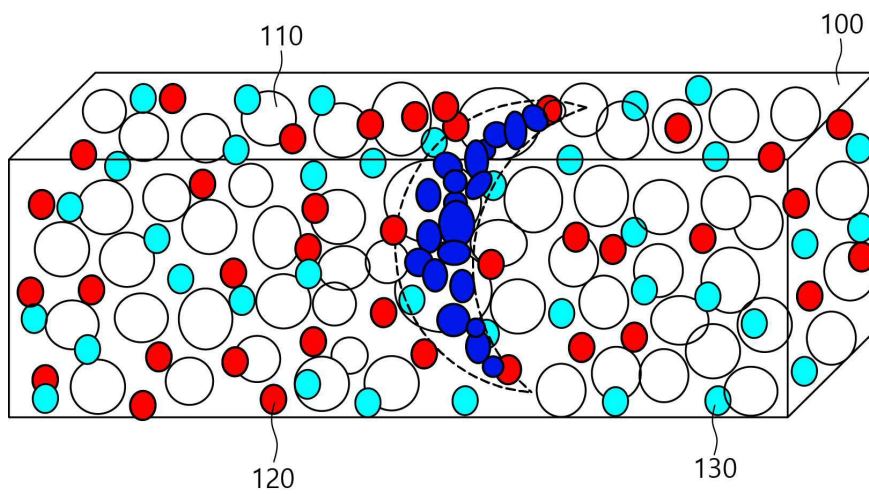
도면1



도면2a



도면2b



도면2c

