



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0063812
(43) 공개일자 2020년06월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C08K 9/10 (2006.01) C08J 5/04 (2006.01)
C08L 31/02 (2006.01) C08L 63/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C08K 9/10 (2013.01)
C08J 5/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0149978
(22) 출원일자 2018년11월28일
심사청구일자 2018년11월28일

(71) 출원인
창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
송정일
경상남도 창원시 성산구 창원대로1209번길 22
무추코타 나렌드라 프라바카
경상남도 창원시 의창구 창원대로 20, 85802(사
림동, 창원대학교)
(74) 대리인
특허법인남춘

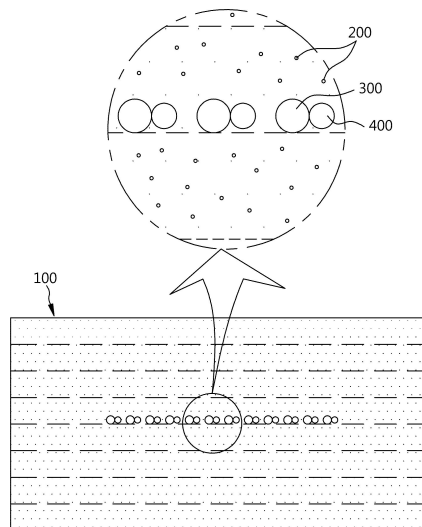
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 자가 회복형 복합재료 및 그 제조 방법

(57) 요약

본 발명의 자가 회복형 복합재료 및 그 제조방법은 다수의 마이크로캡슐로만 제공되는 구조가 아니라 중요 부위를 따라 미세한 유리관으로 이루어진 복수의 치유제용 유리튜브 및 복수의 경화제용 유리튜브를 함께 구비하여 크랙뿐 아니라 해당 제품의 파손을 야기할 정도의 충격이 발생될 경우에도 이 충격에 의한 각 유리튜브의 파손 및 이로 인한 치유제와 경화제가 누출되면서 손상 부위를 원활히 회복시킬 수 있도록 함에 따라 단순히 마이크로 캡슐만 제공되는 제품에 비해 더욱 안전한 제품 보호 및 회복이 이루어질 수 있도록 한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C08L 31/02 (2013.01)

C08L 63/00 (2013.01)

(72) 발명자

치트쿠르 나가 쿠마르

경상남도 창원시 의창구 창원대학교로 20, 85802(사림동, 창원대학교)

이동우

경상남도 창원시 의창구 창원대학교로 20, 85802(사림동, 창원대학교)

무하마드 라티프

경상남도 창원시 의창구 창원대학교로 20, 85802(사림동, 창원대학교)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711067330

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구(총연구비3억초과~5억이하)

연구과제명 스마트 자가회복 복합재료의 개발 및 제조

기 여 율 1/1

주관기관 창원대학교

연구기간 2018.03.01 ~ 2019.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345280847

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중점연구소지원(이공계분야)

연구과제명 신소재 연구센터

기 여 율 1/1

주관기관 창원대학교

연구기간 2018.06.01 ~ 2019.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

복합재료로 만들어지는 복합체;

상기 복합체 내에 분산 제공되며, 내부에는 액상 치유제가 저장되면서 해당 복합체의 균열 발생시 이 균열에 의해 찢어지도록 이루어진 다수의 마이크로캡슐;

상기 복합체 내의 중요 부위에 배치되며, 내부에는 액상 치유제가 저장되면서 해당 복합체의 중요 부위에 대한 충격이나 균열 발생시 파괴되도록 양단이 폐쇄된 유리관으로 형성되어 이루어진 복수의 치유제용 유리튜브;

상기 복합체 내의 상기 각 치유제용 유리튜브들 인근에 배치되며, 내부에는 상기 치유제용 유리튜브의 액상 치유제와 반응하여 해당 액상 치유제를 경화시키도록 경화제가 저장되면서 상기 치유제용 유리튜브의 파괴시 함께 파괴되도록 이루어진 하나 혹은, 둘 이상 복수의 경화제용 유리튜브;를 포함하여 이루어짐을 특징으로 하는 자가 회복형 복합재료.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 각 치유제용 유리튜브는 복합체에 설정 크기 이상의 충격력이 제공될 경우 파괴되도록 형성됨을 특징으로 하는 자가 회복형 복합재료.

청구항 3

제 1 항 또는, 제 2 항에 있어서,

상기 각 치유제용 유리튜브와 각 경화제용 유리튜브는 순서대로 교대하면서 배치되도록 이루어짐을 특징으로 하는 자가 회복형 복합재료.

청구항 4

제 1 항 또는, 제 2 항에 있어서,

상기 각 치유제용 유리튜브와 각 경화제용 유리튜브는

두 치유제용 유리튜브 사이에 하나의 경화제용 유리튜브가 접촉되게 위치되면서 단일의 조립체를 이루도록 제공됨을 특징으로 하는 자가 회복형 복합재료.

청구항 5

제 1 항 또는, 제 2 항에 있어서,

상기 각 치유제용 유리튜브와 각 경화제용 유리튜브는

서로 나란히 이격 배치되는 각 치유제용 유리튜브 사이에 각각의 경화제용 유리튜브가 상기 치유제용 유리튜브와 접촉되게 위치됨과 더불어 상기 각 경화제용 유리튜브는 각 치유제용 유리튜브에 비해 짧은 길이를 갖도록 형성됨을 특징으로 하는 자가 회복형 복합재료.

청구항 6

비닐에스터와 에폭시 수지를 설정된 부피비로 상온에서 혼합됨과 더불어 액상 치유제가 저장된 마이크로 사이즈의 다수의 마이크로캡슐이 혼합되어 이루어진 하이브리드 수지와, 상기 하이브리드 수지의 경화를 위한 경화제와, 강화섬유로 만들어진 복수의 직물과, 액상 치유제가 충전된 각 치유제용 유리튜브 및 경화제가 충전되어 각 경화제용 유리튜브를 각각 준비하는 제1단계;

상기 준비된 직물을 순차적으로 적층함과 더불어 적어도 어느 한 직물 혹은, 프리프레그의 상면에 상기 각 치유

제용 유리튜브 및 경화제용 유리튜브를 정해진 방향으로의 배치로 안착시킨 다음 다른 한 직물을 추가로 적층하여 직물체를 형성하는 제2단계;

상기 마이크로캡슐이 혼합된 하이브리드 수지를 상기 경화제에 혼합한 후 상기 직물체에 주입하여 진공 경화시키는 제3단계;를 포함하여 제조됨을 특징으로 하는 자가 회복형 복합재료의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 복합재료에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 손상이 발생되었을 경우 이를 스스로 회복할 수 있도록 함과 더불어 중요한 부위의 경우에는 작은 손상이라 하더라도 그 손상을 정확히 회복할 수 있도록 한 새로운 형태에 따른 자가 회복형 복합재료 및 그 제조 방법에 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, 피로수명과 높은 인화성이 운송수단으로 사용하는데 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 운용비용의 상승을 초래하였다.

[0005] 이에 따라, 종래에는 복합재료 내부의 미시적인 미세균열을 자체적으로 수리하여 사용 수명을 연장하고자 하는 다양한 기술이 제공되고 있으며, 특히 디사이클로펜타디엔(DCPD:Dicyclopentadiene)과 같은 접착물질이 내장된 마이크로 사이즈의 캡슐들을 해당 복합재료에 함께 함유하여 복합체를 제조함으로써 균열과 같은 미시적인 손상 발생시 상기 각 캡슐이 파괴되면서 그 내부에 내장된 치유제(접착물질)이 해당 균열 부위로 스며들어 경화되도록 하여 자가 회복되도록 한 다양한 기술들이 제시되고 있다. 이에 대하여는 국내공개특허 제10-2008-0035511호, 국내등록특허 제1786108호, 국내등록특허 제10-0963467호, 미국등록특허 US6158330호 등에 제시되고 있는 바와 같다.

[0006] 하지만, 전술된 캡슐 방식의 자가 회복 기술은 캡슐이 복합체의 전 부위에 균일하게 분포되지 않고 어느 한 부위에만 집중적으로 모여 있거나 혹은, 일부 부위에는 캡슐이 존재하지 않는 현상 등이 발생되어 자가 회복의 효과에 대한 신뢰성이 낮다는 단점이 있었다.

[0007] 특히, 표피층 부위의 균열과 같이 상대적으로 손상에 따른 피해가 약한 부위가 아니라 제품 내부의 중요 부위에 대한 균열이나 손상 발생시 이의 회복이 이루어지지 않을 경우에는 해당 제품의 파손 우려가 발생할 수 있다는 우려가 있다.

[0008] 또한, 전술된 종래 캡슐 방식의 자가 회복 기술은 크랙에 의한 캡슐의 파괴가 이루어져 이 캡슐 내의 치유제가 흘러 나온다 하더라도 상기 캡슐이 마이크로 사이즈임을 고려할 때 그 내부의 치유제가 상기 크랙을 전체 회복할 정도로 충분한 양이 아닌 극미량이기 때문에 충분한 회복 성능을 얻기가 어려웠던 단점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 국내공개특허 제10-2008-0035511호
(특허문헌 0002) 국내등록특허 제1786108호
(특허문헌 0003) 국내등록특허 제10-0963467호
(특허문헌 0004) 미국등록특허 US6158330호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 전술된 종래 기술에 따른 각종 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 복합체의 손상이 발생되었을 경우 이를 스스로 회복할 수 있도록 함과 더불어 중요한 부위의 경우에는 작은 손상이라 하더라도 그 손상을 정확히 회복할 수 있도록 하며, 또한 중요 부위에 대한 자가 회복이 원활히 이루어질 수 있도록 한 새로운 형태에 따른 자가 회복형 복합재료 및 그 제조 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 자가 회복형 복합재료에 따르면 복합재료로 만들어지는 복합체; 상기 복합체 내에 분산 제공되며, 내부에는 액상 치유제가 저장되면서 해당 복합체의 균열 발생시 이 균열에 의해 찢어지도록 이루어진 다수의 마이크로캡슐; 상기 복합체 내의 중요 부위에 배치되며, 내부에는 액상 치유제가 저장되면서 해당 복합체의 중요 부위에 대한 충격이나 균열 발생시 파괴되도록 양단이 폐쇄된 유리관으로 형성되어 이루어진 복수의 치유제용 유리튜브; 상기 복합체 내의 상기 각 치유제용 유리튜브들 인근에 배치되며, 내부에는 상기 치유제용 유리튜브의 액상 치유제와 반응하여 해당 액상 치유제를 경화시키도록 경화제가 저장되면서 상기 치유제용 유리튜브의 파괴시 함께 파괴되도록 이루어진 하나 혹은, 둘 이상 복수의 경화제용 유리튜브;를 포함하여 이루어짐을 특징으로 한다.
- [0012] 여기서, 상기 각 치유제용 유리튜브는 복합체에 설정 크기 이상의 충격력이 제공될 경우 파괴되도록 형성됨을 특징으로 한다.
- [0013] 또한, 상기 각 치유제용 유리튜브와 각 경화제용 유리튜브는 순서대로 교대하면서 배치되도록 이루어짐을 특징으로 한다.
- [0014] 또한, 상기 각 치유제용 유리튜브와 각 경화제용 유리튜브는 두 치유제용 유리튜브 사이에 하나의 경화제용 유리튜브가 접촉되게 위치되면서 단일의 조립체를 이루도록 제공됨을 특징으로 한다.
- [0015] 또한, 상기 각 치유제용 유리튜브와 각 경화제용 유리튜브는 서로 나란히 이격 배치되는 각 치유제용 유리튜브 사이에 각각의 경화제용 유리튜브가 상기 치유제용 유리튜브와 접촉되게 위치됨과 더불어 상기 각 경화제용 유리튜브는 각 치유제용 유리튜브에 비해 짧은 길이를 갖도록 형성됨을 특징으로 한다.
- [0016] 그리고, 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 자가 회복형 복합재료의 제조 방법에 따르면 비닐에스터와 에폭시 수지를 설정된 부피비로 상온에서 혼합됨과 더불어 액상 치유제가 저장된 마이크로 사이즈의 다수의 마이크로캡슐이 혼합되어 이루어진 하이브리드 수지와, 상기 하이브리드 수지의 경화를 위한 경화제와, 강화섬유로 만들어진 복수의 직물과, 액상 치유제가 충전된 각 치유제용 유리튜브 및 경화제가 충전되어 각 경화제용 유리튜브를 각각 준비하는 제1단계; 상기 준비된 직물을 순차적으로 적층함과 더불어 적어도 어느 한 직물 혹은, 프리프레그의 상면에 상기 각 치유제용 유리튜브 및 경화제용 유리튜브를 정해진 방향으로의 배치로 안착시킨 다음 다른 한 직물을 추가로 적층하여 직물체를 형성하는 제2단계; 상기 마이크로캡슐이 혼합된 하이브리드 수지를 상기 경화제에 혼합한 후 상기 직물체에 주입하여 진공 경화시키는 제3단계;를 포함하여 제조됨을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0017] 이상에서와 같이, 본 발명의 자가 회복형 복합재료 및 그 제조방법으로 인해 만들어지는 제품은 단순히 다수의 마이크로캡슐만 제공되는 구조가 아니라 중요 부위를 따라 미세한 유리관으로 이루어진 복수의 치유제용 유리튜브 및 복수의 경화제용 유리튜브가 함께 구비되기 때문에 크랙뿐 아니라 해당 제품의 파손을 야기할 정도의 충격이 발생될 경우에도 이 충격에 의한 각 유리튜브의 파손 및 이로 인한 치유제와 경화제가 누출되면서 손상 부위를 회복시킴에 따라 단순히 마이크로캡슐만 제공되는 제품에 비해 더욱 안전한 제품 보호 및 회복이 이루어질 수 있게 된 효과를 가진다.
- [0018] 특히, 본 발명의 자가 회복형 복합재료 및 그 제조방법은 치유제용 유리튜브와 경화제용 유리튜브가 서로 접촉된 상태로 제공되도록 하여 어느 한 유리튜브의 파손시 그에 접촉된 다른 한 유리튜브도 함께 파손되면서 용액 상태의 하이브리드 수지가 경화제에 원활히 혼합되어 경화될 수 있게 된 효과를 가진다.
- [0019] 또한, 본 발명의 자가 회복형 복합재료 및 그 제조방법은 각 유리튜브가 설치되는 층의 적어도 일부는 두께 방

향으로 하이브리드 수지가 통과될 수 있도록 형성함에 따라 충분한 회복 성능을 제공하면서도 안정적인 충격 흡수 성능을 제공할 수 있게 된 효과를 가진다.

[0020] 또한, 본 발명의 자가 회복형 복합재료 및 그 제조방법은 비 중요 부위의 파손은 마이크로캡슐에 의해 회복되도록 하면서도 중요 부위는 각 유리튜브에 의해 회복되도록 함에 따라 전체적인 제품의 보호가 효과적으로 이루어질 수 있게 된 효과를 가진다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 자가 회복형 복합재료를 설명하기 위해 나타낸 요부 단면도

도 2 내지 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 자가 회복형 복합재료를 이루는 각 유리튜브의 배치 형태에 대한 예를 설명하기 위해 각각 나타낸 평면도

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 자가 회복형 복합재료의 제조 과정을 설명하기 위해 나타낸 순서도

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 자가 회복형 복합재료의 제조 과정 중 경화 과정을 설명하기 위해 나타낸 상태도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하, 본 발명의 자가 회복형 복합재료 및 그 제조 방법에 대한 바람직한 실시예를 첨부된 도 1 내지 도 7을 참조하여 설명하도록 한다.

[0023] 첨부된 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 자가 회복형 복합재료를 설명하기 위해 나타낸 요부 단면도이고, 도 2 내지 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 자가 회복형 복합재료를 이루는 각 유리튜브의 배치 형태에 대한 예를 설명하기 위해 각각 나타낸 평면도이다.

[0024] 이들 도면에 도시된 바와 같이 본 발명의 실시예에 따른 자가 회복형 복합재료는 크게 복합체(100)와 다수의 마이크로캡슐(200)과, 복수의 치유제용 유리튜브(300) 및 복수의 경화제용 유리튜브(400)를 포함하여 이루어지며, 특히 상기 각 유리튜브(300,400)는 중요 부위에 설치되면서 해당 부위의 충격에 따른 손상을 회복하도록 이루어짐을 특징으로 한다.

[0025] 이를 각 구성별로 더욱 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0026] 먼저, 상기 복합체(100)는 복합재료로 만들어지는 부위이다.

[0027] 본 발명의 실시예에서는 상기한 복합체(100)가 하이브리드 수지 및 보강섬유로 이루어진 섬유강화 복합체로 이루어짐을 제시한다.

[0028] 특히, 상기 하이브리드 수지는 에폭시 수지 및 비닐에스터 수지를 혼합하여 형성됨을 제시한다.

[0029] 이때, 상기 에폭시 수지의 경우 고기능 복합소재에 사용되는 고분자 화합물로서 그 기계적 물성과 내화학성 및 내열성 등이 뛰어나고, 상기 비닐에스터 수지는 상기 에폭시 수지에 비해서는 상대적으로 물성이 떨어지지만 저렴한 가격에 장점이 있다. 즉, 상기한 에폭시 수지와 비닐에스터 수지를 혼합함으로써 상기 비닐에스터에 비해서는 우수한 물성을 가지도록 하면서도 상기 에폭시 수지에 비해서는 저렴한 가격으로 제공될 수 있도록 한 것이다.

[0030] 더욱이, 상기한 에폭시 수지와 비닐에스터 수지를 혼합하여 만들어지는 하이브리드 수지는 점도가 낮은 비닐에스터 수지가 사용되기 때문에 경화 전 낮은 점도를 가지며, 이로써 진공 인퓨전 성형시 수지의 흐름성이 우수해져서 보강재에 대한 수지의 침투와 후술될 마이크로캡슐(200)의 이동이 용이해질 수 있게 된다.

[0031] 이와 함께, 상기 보강섬유는 복합체의 강도를 보강하기 위해 제공되는 섬유로써, 탄소섬유 혹은, 유리섬유 중 어느 한 섬유로 이루어짐을 제시한다.

[0032] 다음으로, 상기 마이크로캡슐(200)은 내부에 액상 치유제가 저장되도록 이루어진 구성이다.

[0033] 이와 같은 마이크로캡슐(200)은 다수의 마이크로 사이즈로 이루어진 캡슐로 형성되면서 상기 복합체(100) 내에 분산 제공되며, 해당 복합체(100)의 균열 발생시 이 균열에 의해 찢어지도록 이루어진다.

[0034] 상기 마이크로캡슐(200) 내에 저장되는 액상 치유제는 상기 복합체(100)를 이루는 하이브리드 수지와 동일한 수지로 이루어진다. 즉, 상기 액상 치유제 역시 상기 하이브리드 수지(에폭시 수지와 비닐에스터 수지를 혼합하여

형성된 수지)로 형성함으로써 복합체(100)의 균열 부위를 정확히 회복할 수 있도록 한 것이다.

- [0035] 이때, 상기 마이크로캡슐(200)의 표피는 우레아(Urea) 및 염화암모늄(NH_4Cl)을 주성분으로 형성하며, 이러한 표피의 경화를 위해 스티렌(styrene) 및 포름알데히드가 추가로 사용된다.
- [0036] 다음으로, 상기 치유제용 유리튜브(300)는 액상 치유제가 저장되도록 이루어진 구성이다.
- [0037] 이와 같은 치유제용 유리튜브(300)는 해당 복합체(100)의 중요 부위에 대한 충격이나 균열 발생시 파괴되는 유리관으로 형성되어 이루어지며, 상기 복합체 내의 중요 부위에 배치된다. 이때 상기 중요 부위라 함은 안전에 영향을 미치는 부위로서 통상적으로는 내측의 중심 부위 혹은, 외부 하중이 집중되는 부위 등이 될 수 있다.
- [0038] 상기한 치유제용 유리튜브(300)는 직경 5mm 이하의 양단이 개방되면서 내부가 빈 미세한 유리관으로 형성되며, 상기 치유제용 유리튜브(300)의 개방된 양측 끝단은 상기 액상 치유제의 저장후 폐쇄되도록 형성됨과 더불어 이러한 치유제용 유리튜브(300)의 양측 끝단에 대한 폐쇄는 접착제를 이용한다.
- [0039] 특히, 상기한 치유제용 유리튜브(300)는 복합체(100)에 설정된 힘 이상의 충격력이 제공되거나 혹은, 해당 부위의 균열 발생시 파괴되도록 그의 재질이나 두께가 결정된다. 즉, 상기 치유제용 유리튜브(300)는 크랙뿐 아니라 해당 제품(복합재료)의 파손이나 손상을 야기할 정도로 큰 충격이 발생될 경우에도 파괴되면서 그 내부의 치유제가 흘러나오도록 구성되기 때문에 제품의 충격에 따른 손상을 미연에 방지하면서도 안정성을 더욱 향상시킬 수 있도록 한 것이다. 이때, 상기 설정된 힘은 전술된 마이크로캡슐(200)이 찢어질 정도의 충격력에 비해서는 더욱 큰 충격력으로 설정된다
- [0040] 이와 함께, 상기 치유제용 유리튜브(300) 내에 저장되는 액상 치유제는 상기 복합체(100)를 이루는 하이브리드 수지와 동일한 수지로 이루어진다. 즉, 상기 액상 치유제 역시 상기 하이브리드 수지(에폭시 수지와 비닐에스터 수지를 혼합하여 형성된 수지)로 형성함으로써 복합체(100)의 균열 부위 등의 손상 부위를 정확히 회복할 수 있도록 한 것이다.
- [0041] 다음으로, 상기 경화제용 유리튜브(400)는 상기 치유제용 유리튜브(300)의 액상 치유제와 반응하여 해당 액상 치유제를 경화시키도록 경화제가 저장되도록 이루어진 구성이다.
- [0042] 이와 같은 경화제용 유리튜브(400)는 상기 복합체(100) 내의 상기 각 치유제용 유리튜브(300)들 인근에 배치되면서 상기 치유제용 유리튜브(300)의 파괴시 함께 파괴되도록 이루어진다.
- [0043] 상기한 경화제용 유리튜브(400)는 직경 5mm 이하의 유리로 형성됨과 더불어 내부에는 경화제가 저장되도록 이루어진 내부가 빈 미세관으로 형성된다.
- [0044] 이때, 상기 경화제용 유리튜브(400)의 개방된 양측 끝단은 상기 경화제의 저장후 폐쇄되도록 형성되며, 이러한 경화제용 유리튜브(400)의 양측 끝단에 대한 폐쇄는 접착제를 이용한다.
- [0045] 특히, 상기한 경화제용 유리튜브(400) 역시 설정된 힘 이상의 충격력이 제공되거나 혹은, 해당 부위의 균열 발생시 파괴되도록 그의 재질이나 두께가 결정된다. 이때, 상기 설정된 힘은 전술된 마이크로캡슐(200)이 찢어질 정도의 충격력에 비해서는 더욱 큰 충격력으로 설정된다
- [0046] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 각 치유제용 유리튜브(300) 및 각 경화제용 유리튜브(400)는 순서대로 교대하면서 배치되도록 이루어짐을 제시한다. 즉, 치유제용 유리튜브(300)와 경화제용 유리튜브(400)가 서로 쌍을 이루면서 함께 파괴될 수 있도록 하여 상기 치유제용 유리튜브(300)의 파괴에 의한 액상 치유제가 흘러내릴 경우 상기 경화제용 유리튜브(400) 내의 경화제 역시 누출되면서 상기 액상 치유제를 원활히 경화시킬 수 있도록 한 것이다.
- [0047] 이때, 상기 각 치유제용 유리튜브(300)와 각 경화제용 유리튜브(400)는 첨부된 도 2에 도시된 바와 같이 모두가 서로 이격된 상태로 순차 배치될 수도 있지만, 본 발명의 실시예에서는 상기 각 치유제용 유리튜브(300)와 각 경화제용 유리튜브(400)가 서로 접촉되도록 배치함을 제시한다. 즉, 어느 한 유리튜브의 파괴 발생시 그의 파괴 충격을 그에 접촉된 다른 한 유리튜브로 전달하면서 해당 유리튜브를 파괴시키도록 하여 액상 치유제와 경화제가 동시에 흘러나와 서로 반응하면서 손상 부위를 원활히 회복할 수 있도록 함이 바람직한 것이다.
- [0048] 물론, 첨부된 도 3과 같이 각 유리튜브(300,400)들 모두를 서로 띄우지 않고 연속되도록 배치할 경우에는 해당 유리튜브(300,400)들이 적층된 층은 하이브리드 수지의 충전이 충분하지 못하여 해당 부위의 강도가 현저히 저하될 수 있다.

[0049] 이에 따라, 상기 각 유리튜브(300,400)들은 첨부된 도 4에 도시된 바와 같이 두 치유제용 유리튜브(300) 사이에 하나의 경화제용 유리튜브(400)가 접촉되게 위치되면서 단일의 조립체를 이루도록 제공하거나 혹은, 첨부된 도 5에 도시된 바와 같이 각 유리튜브(300,400)들 모두를 서로 띄우지 않고 연속되도록 배치하면서도 각 경화제용 유리튜브(400)는 각 치유제용 유리튜브(300)에 비해 짧은 길이를 갖도록 형성하여 제공함을 제시한다.

[0050] 한편, 아래의 [표 1]은 첨부된 도 2와 도 4 및 도 5의 배치상태에 따른 흡수 에너지의 크기 및 회복 효율에 대한 실험 예이다.

표 1

specimen code	Absorbed Energy			Healing effect(%)
	1 impact	2 impact	3 impact	
HD1	10.62	7.14	4.55	63.73
HD2	11.37	9.87	7.65	77.51
HD3	10.02	9.78	8.11	82.92

[0052] 이때, HD1은 도 2의 배치 상태이고, HD2는 도 4의 배치 상태이며, HD3은 도 5의 배치 상태이다.

[0053] 또한, 상기 [표 1]을 통해 알 수 있듯이, 흡수 에너지의 크기에서는 도 4의 배치 상태가 더욱 우수한 반면, 회복 효율은 도 5의 배치 상태가 더욱 우수함을 알 수 있다.

[0054] 하기에서는, 전술된 본 발명의 실시예에 따른 자가 회복형 복합재료를 제조하는 방법 및 그 과정에 대하여 첨부된 도 6의 순서도 및 도 7의 경화 공정을 위한 장치를 참조하여 더욱 상세히 설명하도록 한다.

[0055] 먼저, 하이브리드 수지와, 다수의 마이크로캡슐(200)과, 강화섬유로 만들어진 직물과, 각 치유제용 유리튜브(300) 및 각 경화제용 유리튜브(300)를 각각 준비(S100)한다.

[0056] 이때, 상기 하이브리드 수지는 비닐에스터 수지와 에폭시 수지를 일정 부피비(8:2)로 혼합한 후 상온에서 교반기를 사용하여 600rpm으로 10분간 교반하여 형성한다.

[0057] 또한, 상기 각 마이크로캡슐(200)은 상온에서 2.5% 에틸렌 말레인 무수물(EMA:Ethylene Maleic anhydride) 수용액에 마이크로캡슐(200)의 껍질부분이 될 우레아(Urea) 및 염화암모늄(NH₄Cl)을 추가하여 혼합하고, 염산과 수산화나트륨을 이용하여 상기 수용액의 pH를 2.6~3.5 로 유지시킨 상태에서 하이브리드 수지를 첨가하며, 계속해서 상기 표면 껍질부분을 경화하기 위해 스티렌(styrene) 및 포름알데히드를 첨가한 다음 60℃로 가열하면서 교반기를 사용하여 900rpm으로 4시간 동안 교반한다. 이의 과정에서 상기 마이크로캡슐(200)의 크기가 결정되며, 이후 해당 수용액을 상온까지 식힌 다음 아세톤 수용액으로 세척하여 잔여물질을 제거하고 60℃ 오븐에서 24시간 건조하면 해당 마이크로캡슐(200)이 완성된다.

[0058] 이와 함께, 상기 직물은 탄소섬유 혹은, 유리섬유로 직조한 후 페놀로 처리(treatment)하여 만들어진다.

[0059] 상기과 같이 완성된 마이크로캡슐(200)은 상기 준비된 하이브리드 수지에 첨가하여 혼합한다.

[0060] 또한, 상기 각 치유제용 유리튜브(300)는 유리로 만들어진 미세관(외경 5mm 이하의 유리관) 내에 하이브리드 수지를 충전한 후 해당 미세관의 양 끝단을 접착제로 막아서 형성되고, 상기 각 경화제용 유리튜브(400)는 유리로 만들어진 미세관 내에 경화제를 충전한 후 해당 미세관의 양 끝단을 접착제로 막아서 형성된다.

[0061] 그리고, 상기한 각 물질들에 대한 준비가 완료되면 이렇게 준비된 직물을 정해진 방향성을 갖도록 하면서 순차적으로 적층(S200)한다.

[0062] 특히, 상기한 직물의 적층 도중 적어도 어느 한 직물의 상면에 상기 각 치유제용 유리튜브(300) 및 경화제용 유리튜브(400)를 정해진 방향으로의 배치로 안착시킨 다음 다른 한 직물을 추가로 적층하며, 이때 상기 각 유리튜브(300,400)들의 설치 위치는 복합체(100)의 중요 부위로 지정되는 위치에 설치되도록 한다. 만일 중요 부위가 별도 지정되지 않을 경우에는 해당 복합체(100)의 중앙의 길이 방향측 및 폭 방향측을 따라 설치되도록 한다.

[0063] 그리고, 상기 적층된 직물의 적층체(10)를 진공 인퓨전 작업을 통해 하이브리드 수지로 경화시키는 작업을 수행(S300)한다.

[0064] 즉, 상기 직물의 적층체(10)를 진공백(vacuum bag)(20) 내에 수용하여 성형몰드(30)에 제공한 상태에서 해당 진공백(20) 내부를 진공화시킴과 동시에 상기 진공백(20) 내부로 상기 하이브리드 수지를 주입하고, 해당 상태를

설정된 온도로 설정된 시간 동안 유지시킴으로써 경화된 상태의 복합체(100)가 완성된다. 이는 첨부된 도 7에 도시된 바와 같다. 이때 상기 설정된 온도 및 설정된 시간이라 함은 해당 복합체(100)의 크기에 따라 달라진다.

[0065] 특히, 상기 진공백(20) 내로 주입되는 하이브리드 수지는 경화제와 혼합한 상태로 제공됨과 더불어 다수의 마이크로캡슐(200)도 혼합한 상태로 제공된다.

[0066] 결국, 본 발명의 자가 회복형 복합재료 및 그 제조방법으로 인해 만들어지는 제품은 단순히 다수의 마이크로캡슐(200)만 제공되는 구조가 아니라 중요 부위를 따라 미세한 유리관으로 이루어진 복수의 치유제용 유리튜브(300) 및 복수의 경화제용 유리튜브(400)가 함께 구비되기 때문에 크랙뿐 아니라 해당 제품의 파손을 야기할 정도의 충격이 발생될 경우에도 이 충격에 의한 각 유리튜브(300,400)의 파손 및 이로 인한 치유제와 경화제가 누출되면서 손상 부위를 회복시킴에 따라 단순히 마이크로캡슐(200)만 제공되는 제품에 비해 더욱 안전한 제품 보호 및 회복이 이루어질 수 있게 된다.

[0067] 특히, 본 발명의 자가 회복형 복합재료 및 그 제조방법은 치유제용 유리튜브(300)와 경화제용 유리튜브(400)가 서로 접촉된 상태로 제공되도록 하여 어느 한 유리튜브의 파손시 그에 접촉된 다른 한 유리튜브도 함께 파손되면서 용액 상태의 하이브리드 수지가 경화제에 원활히 혼합되어 경화될 수 있게 된다.

[0068] 또한, 본 발명의 자가 회복형 복합재료 및 그 제조방법은 각 유리튜브(300,400)가 설치되는 층의 적어도 일부는 두께 방향으로 하이브리드 수지가 통과될 수 있도록 형성함에 따라 충분한 회복 성능을 제공하면서도 안정적인 충격 흡수 성능을 제공할 수 있게 된다.

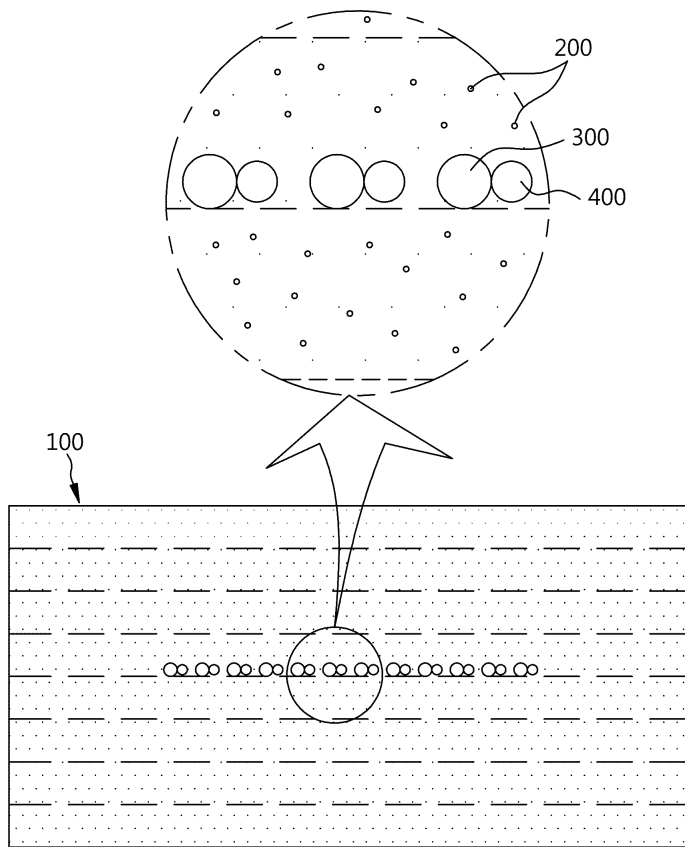
[0069] 또한, 본 발명의 자가 회복형 복합재료 및 그 제조방법은 비 중요 부위의 파손은 마이크로캡슐(200)에 의해 회복되도록 하면서도 중요 부위는 각 유리튜브(300,400)에 의해 회복되도록 함에 따라 전체적인 제품의 보호가 효과적으로 이루어질 수 있게 된다.

부호의 설명

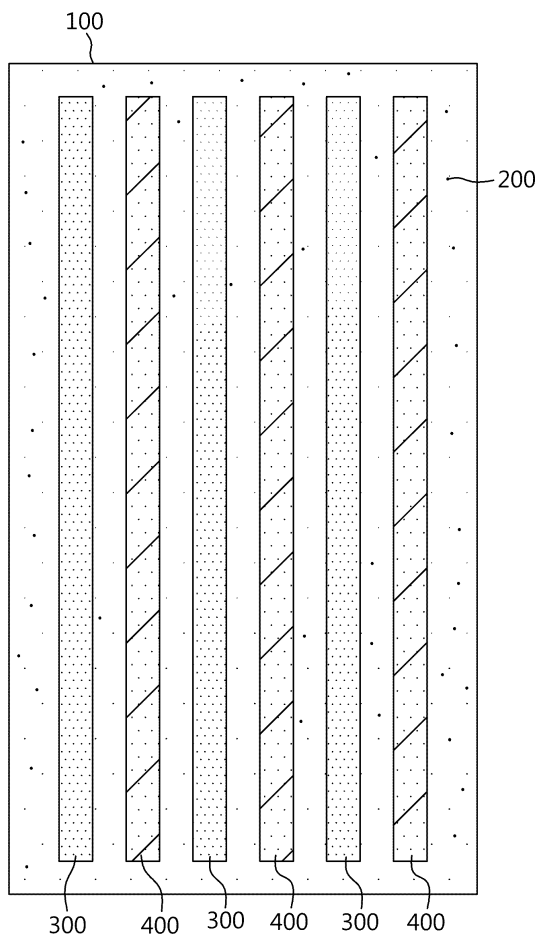
- [0070]
- | | |
|----------------|----------------|
| 10. 직물 적층체 | 20. 진공백 |
| 30. 성형몰드 | 100. 복합체 |
| 200. 마이크로캡슐 | 300. 치유제용 유리튜브 |
| 400. 경화제용 유리튜브 | |

도면

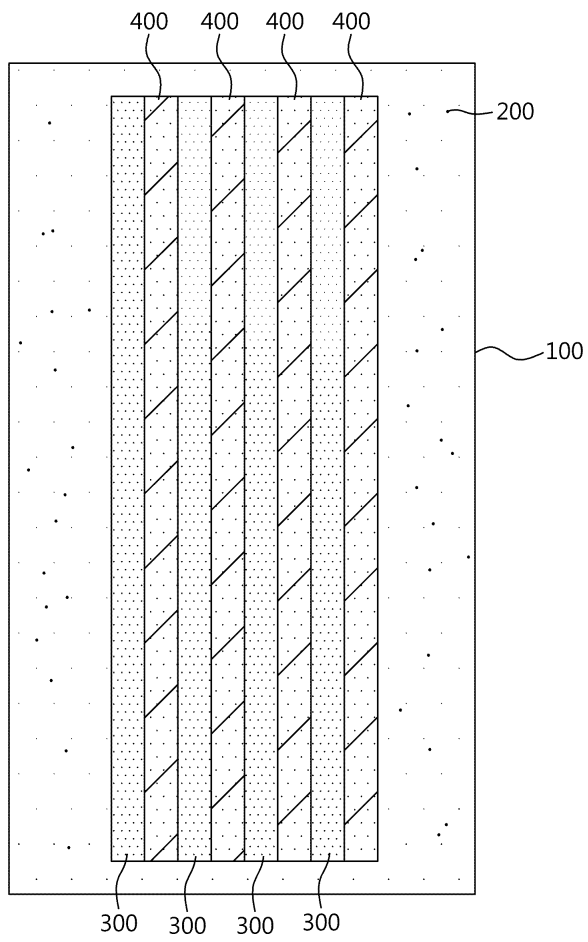
도면1



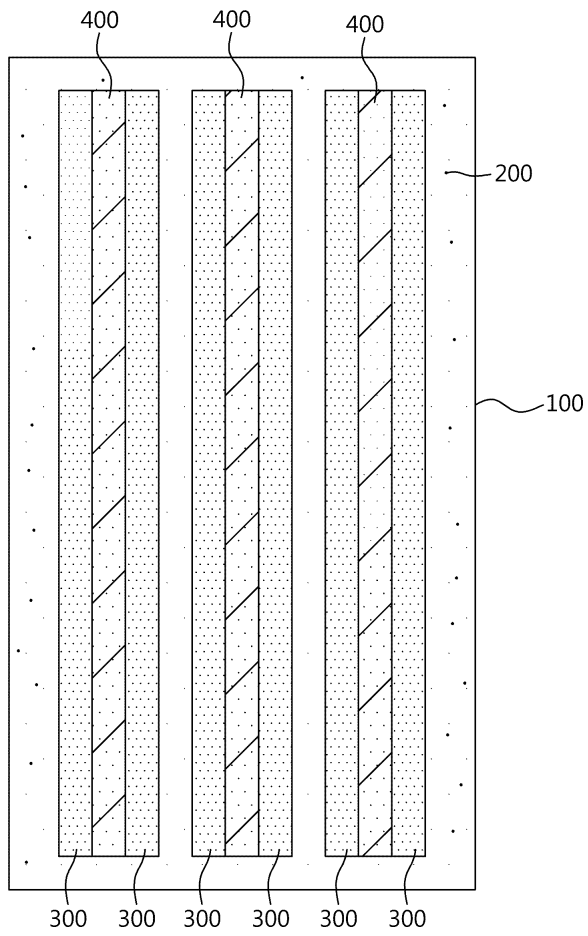
도면2



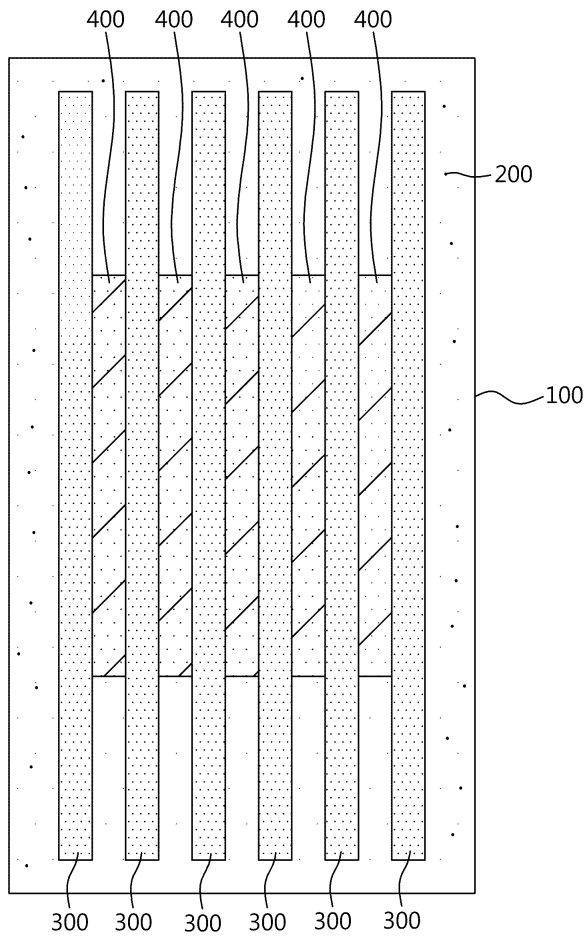
도면3



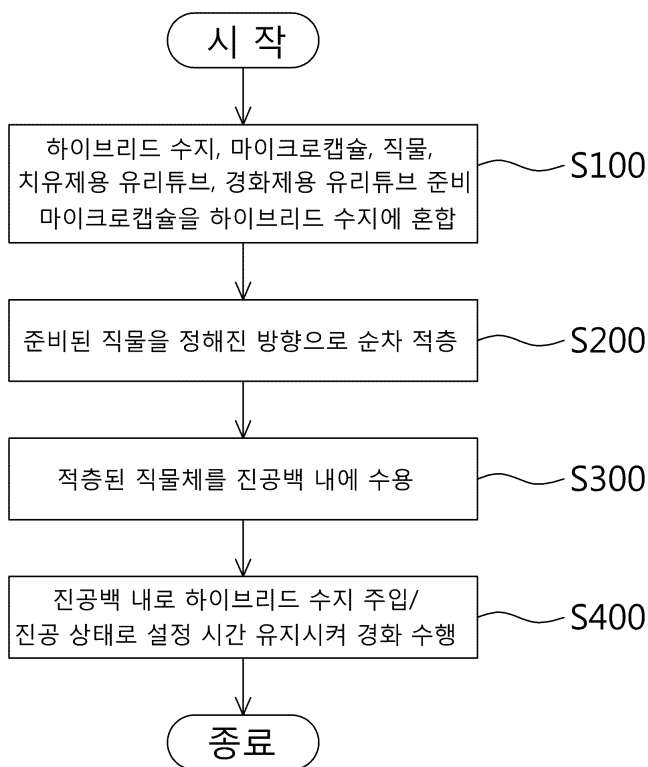
도면4



도면5



도면6



도면7

