(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0064235
(43) 공개일자 2024년05월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C08K 3/04 (2006.01) *C08L 75/02* (2006.01)
C08L 75/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C08K 3/041 (2017.05)
C08K 3/042 (2017.05)
(21) 출원번호 10-2022-0146017
(22) 출원일자 2022년11월04일
심사청구일자 2022년11월04일

(71) 출원인
경상국립대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
박준홍
경남 진주시 사들로 13 LH9단지 901동 902호
김형태
경상남도 창원시 성산구 안민안길 50, 106동 301호(서광파크빌아파트)
(74) 대리인
특허법인위솔

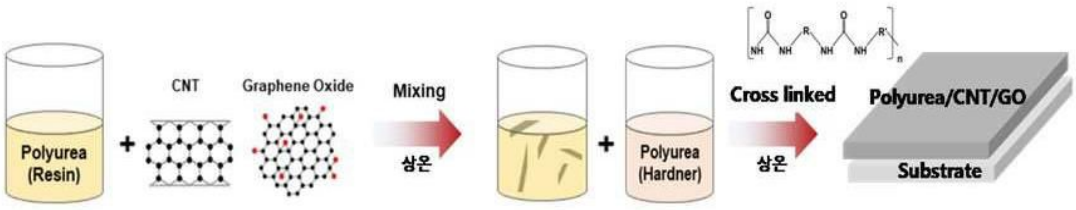
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **강도 및 자가 회복 기능이 향상된 복합소재용 조성물 및 이를 이용하여 제조된 복합소재**

(57) 요 약

본 발명은 자가 회복 성능을 갖는 고분자 수지 및 2종 이상의 이방성 탄소 나노 구조체로 혼합 구성된 보강재를 포함함으로써, 보다 향상된 자가 회복 기능을 가질 뿐 아니라 강도가 크게 향상되어 고강도의 기계적 특성을 갖도록 한 복합소재용 조성물 및 이를 이용하여 제조된 복합소재에 관한 것으로, 본 발명의 복합소재용 조성물은 자가 회복 기능을 갖는 고분자 수지 및 2종 이상의 이방성 탄소 나노 구조체로 혼합 구성된 보강재를 포함한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
C08L 75/02 (2013.01)
C08L 75/04 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711164123
과제번호	2020R1A4A4079397
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원
연구과제명	반데르발스 접근법을 이용한 초미세 MOSFETs용 초고유전체 및 반도체 계면제어 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	충남대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

자가 회복 기능을 갖는 고분자 수지; 및

2종 이상의 이방성 탄소 나노 구조체로 혼합 구성된 보강재;

를 포함하는,

강도 및 자가 회복 기능이 향상된 복합소재용 조성물.

청구항 2

제1항에 있어서,

복합소재용 조성물 전체 중량에 대하여,

상기 보강재는 1 내지 3중량%로 포함되는 것을 특징으로 하는,

강도 및 자가 회복 기능이 향상된 복합소재용 조성물.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 보강재는 탄소 나노 튜브와 산화 그래핀으로 혼합 구성된 것을 특징으로 하는,

강도 및 자가 회복 기능이 향상된 복합소재용 조성물.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 탄소 나노 튜브와 산화 그래핀의 중량비는1:2 내지 2:1인 것을 특징으로 하는,

강도 및 자가 회복 기능이 향상된 복합소재용 조성물.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 탄소 나노 튜브와 산화 그래핀의 중량비는 1:1인 것을 특징으로 하는,

강도 및 자가 회복 기능이 향상된 복합소재용 조성물.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 고분자 수지는 20℃ 내지 30℃의 상온에서 경화가 가능한 수지인 것을 특징으로 하는,

강도 및 자가 회복 기능이 향상된 복합소재용 조성물.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 고분자 수지는 폴리우레탄 또는 폴리우레아 수지인 것을 특징으로 하는,

강도 및 자가 회복 기능이 향상된 복합소재용 조성물.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 복합소재용 조성물은 경화제를 더 포함하는 것을 특징으로 하는,

강도 및 자가 회복 기능이 향상된 복합소재용 조성물.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항의 복합소재용 조성물이 경화되어 제조된 복합소재에 있어서,

자가 회복 기능을 갖는 고분자 기지; 및

2종 이상의 이방성 탄소 나노 구조체로 혼합 구성된 보강재;

를 포함하는,

강도 및 자가 회복 기능이 향상된 복합소재.

청구항 10

폴리우레탄 또는 폴리우레아 수지에 2종 이상의 이방성 탄소 나노 구조체로 혼합 구성된 보강재를 첨가한 뒤 혼합시켜주는 조성물 제조단계;

상기 조성물에 경화제를 더 첨가하여주는 경화제 첨가단계; 및

20℃ 내지 30℃의 상온에서 경화 및 건조시켜주는 경화단계;

를 포함하는,

강도 및 자가 회복 기능이 향상된 복합소재 제조방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 조성물 제조단계에서,

상기 보강재는 조성물 전체 중량에 대하여 1 내지 3 중량%로 첨가되는 것을 특징으로 하는,

강도 및 자가 회복 기능이 향상된 복합소재 제조방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 보강재는 탄소 나노 튜브와 산화 그래핀으로 혼합 구성된 것을 특징으로 하는,

강도 및 자가 회복 기능이 향상된 복합소재 제조방법.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 조성물 제조단계 이후, 상기 경화제 첨가단계 이전,

상기 조성물을 10^{-1}torr 이하의 진공, 20℃ 내지 30℃의 상온에서 일정시간 이상 유지시켜 상기 조성물 내부에 존재하는 기포를 제거하여주는 기포 제거 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는,

강도 및 자가 회복 기능이 향상된 복합소재 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 자가 회복 기능을 갖는 복합소재에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 자가 회복 성능을 갖는 고분자 수지 및 2종 이상의 이방성 탄소 나노 구조체로 혼합 구성된 보강재를 포함함으로써, 보다 향상된 자가 회복 기

능을 가질 뿐 아니라 강도가 크게 향상되어 고강도의 기계적 특성을 갖도록 한 복합소재용 조성물 및 이를 이용하여 제조된 복합소재, 그리고 이러한 복합소재를 제조하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 항공기는 운영 환경을 염두에 두고 다양한 위험 요소에 대한 안정성과 에너지원 운영의 고효율화를 최우선으로 개발과정이 진행된다. 이러한 이유로 항공기 동체 및 구성 요소들은 기계적 강도, 탄성, 전도성 및 경량 무게 등의 특성을 요구 받는다. 따라서 점차 기존 금속재료의 사용이 억제되고 다양한 소재들이 적층된 복합재가 활용되고 있으며, 대표적으로 항공기의 프로펠러에 복합재가 활용되고 있다.

[0003] 이처럼 항공기에 활용되는 복합재는 대부분 카본 폼 또는 목재로 이루어진 코어층에 유리섬유 등 무기 소재 기반 섬유들이 교차된 직물층을 적층한 뒤, 폴리우레탄(polyurethane) 등의 고분자 수지를 도포하여 고분자 수지층을 형성하여 제조된다. 여기서 코어층과 직물층은 복합재의 기계적 강도를 결정하여 복합재에 인가되는 하중을 지지하는 역할을 수행하고, 고분자 수지층은 수분 및 산소가 복합재 내부로 침투되는 것을 막아 복합재가 변형 또는 손상되는 것을 방지하는 등 화학적 안정성을 부여해주는 역할을 수행한다.

[0004] 다만 최근 항공기의 운영환경이 다양해짐에 따라 표면에 위치하는 고분자 수지층의 역할이 화학적 안정성에서 비산물을 대비하기 위한 탄성 및 기계적 강도 등까지로 점차 확장되고 있으며, 이에 따라 화학적 안정성과 함께 탄성 및 기계적 강도까지 만족하는 새로운 고분자 소재에 대한 연구개발이 활발히 진행되고 있다.

[0005] 자가 회복 기능(self healing ability)을 갖는 고분자 소재는 연구 개발되고 있는 새로운 고분자 소재 중 하나로, 손상이 발생한 경우 접착제, 용접 또는 부품 교체 등의 전통적 수리 방법으로 대처하여야 하는 기존 재료와 달리 간단한 외부 자극으로 자가 회복이 일어나거나 더 나아가서는 스스로 복원되는 성능을 가짐으로써 알아내기 어려워 재료의 성능이 크게 떨어지기 전에는 손상을 복구하기 불가능한 미세한 손상에 특히 대처하기 용이하며, 복구된 부분의 성능이 원래의 성능과 차이가 없어 향상된 내구성을 가지는 장점으로 고부가가치의 필름, 코팅소재 등으로 다양한 응용 분야에 활용이 가능하다. 하지만 항공기 부품에 활용하기에는 기계적 강도가 부족하여 강도가 향상된 자가 회복 기능을 갖는 고분자 소재가 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국공개특허공보 제10-2018-0078834호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 자가 회복 기능을 갖는 복합소재에 있어서, 자가 회복 기능을 갖는 고분자 수지 및 2종 이상의 이방성 탄소 나노 구조체로 혼합 구성된 보강재를 포함함으로써, 보다 향상된 자가 회복 기능을 가질 뿐 아니라 강도가 크게 향상되어 고강도의 기계적 특성을 갖도록 한 복합소재용 조성물 및 이를 이용하여 제조된 복합소재, 그리고 이러한 복합소재를 제조하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 강도 및 자가 회복 기능이 향상된 복합소재용 조성물은 자가 회복 기능을 갖는 고분자 수지 및 2종 이상의 이방성 탄소 나노 구조체로 혼합 구성된 보강재를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 상기 보강재는 복합소재용 조성물 전체 중량에 대하여 1 내지 3중량%로 포함되는 것을 특징으로 한다.

[0010] 또한, 상기 보강재는 탄소 나노 튜브와 산화 그래핀으로 혼합 구성된 것을 특징으로 한다.

[0011] 여기서, 상기 탄소 나노 튜브와 산화 그래핀의 중량비는 1:2 내지 2:1인 것을 특징으로 한다.

[0012] 보다 구체적으로 상기 탄소 나노 튜브와 산화 그래핀의 중량비는 1:1인 것을 특징으로 한다.

[0013] 한편, 상기 고분자 수지는 20℃ 내지 30℃의 상온에서 경화가 가능한 수지인 것을 특징으로 한다.

[0014] 구체적으로 상기 고분자 수지는 폴리우레탄 또는 폴리우레아 수지인 것을 특징으로 한다.

[0015] 한편, 상기 복합소재용 조성물은 경화제를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 한편, 본 발명은 복합소재용 조성물이 경화되어 제조된 복합소재에 있어서, 자가 회복 기능을 갖는 고분자 기지 및 2종 이상의 이방성 탄소 나노 구조체로 혼합 구성된 보강재를 포함하여 강도 및 자가 회복 기능이 향상된 복합소재를 더 포함한다.

[0017] 한편, 본 발명은 강도 및 자가 회복 기능이 향상된 복합소재를 제조하는 방법을 더 포함하며, 본 발명의 일 실시 예에 따른 복합소재 제조방법은 폴리우레탄 또는 폴리우레아 수지에 2종 이상의 이방성 탄소 나노 구조체로 혼합 구성된 보강재를 첨가한 뒤 혼합시켜주는 조성물 제조단계(S100), 상기 조성물에 경화제를 더 첨가하여주는 경화제 첨가단계(S200) 및 20℃ 내지 30℃의 상온에서 경화 및 건조시켜주는 경화단계(S300)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 상기 조성물 제조단계(S100)에서, 보강재는 조성물 전체 중량에 대하여 1 내지 3중량%로 포함되는 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 상기 보강재는 탄소 나노 튜브와 산화 그래핀으로 혼합 구성된 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 상기 조성물 제조단계(S100) 이후, 상기 경화제 첨가단계(S200) 이전, 상기 조성물을 10^{-1}torr 이하의 진공, 20℃ 내지 30℃의 상온에서 일정시간 이상 유지시켜 조성물 내부에 존재하는 기포를 제거하여주는 기포 제거 단계(S150)를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0021] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 복합소재용 조성물 및 이를 이용하여 제조된 복합소재는 자가 회복 기능을 갖는 고분자 수지와 2종 이상의 이방성 탄소 나노 구조체로 혼합 구성된 보강재를 포함함으로써, 보다 향상된 자가 회복 기능을 가질 뿐 아니라 강도가 크게 향상되어 고강도의 기계적 특성을 갖는다.

[0022] 특히 보강재의 이방성 탄소 나노 구조체로서 큰 이방성을 가지는 탄소 나노 튜브와 산화 그래핀을 혼합 사용함으로써, 복합소재의 강도를 크게 향상시키는 것이 가능하다.

[0023] 또한, 자가 회복 기능을 갖는 고분자 수지로 폴리우레탄 수지보다 탄성과 기계적 강도의 측면에서 우수할 뿐 아니라 강한 우레아 결합으로 인해 저온 및 수분 등의 극한/화학적 환경에서 더욱 안정적인 폴리우레아 수지를 사용함으로써, 복합소재의 화학적 안정성을 향상시키는 것이 가능하다.

[0024] 나아가 20℃ 내지 30℃의 상온에서 경화가 가능한 폴리우레아 수지를 사용하여 20℃ 내지 30℃의 상온에서 경화시켜 제조함으로써, 보강재로 첨가되는 이방성 탄소 나노 구조체들의 계면에서 발생 가능한 화학적 변화를 원천적으로 배제하여 이방성 탄소 나노 구조체들의 역할과 특성이 유지되도록 한다.

[0025] 본 발명의 효과는 이상에서 언급한 것으로 제한되지 않으며, 명세서 전반의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있으나 명시적으로 언급되지 않은 다른 효과들 역시 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 복합소재가 제조되는 모습을 간략하게 보여주는 모식도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 복합소재 제조방법을 설명한 순서도이다.

도 3 은 비교 예 및 본 발명의 실시 예에 따라 제조된 샘플의 실제 모습을 보여주는 사진으로, 왼쪽이 첨가물 없이 폴리우레아만 사용하여 제조한 샘플의 모습(비교 예)이고, 오른쪽이 CNT 및 GO가 첨가된 폴리우레아를 사용하여 제조한 샘플(실시 예)의 모습이다.

도 4는 비교 예 및 본 발명의 실시 예에 따라 제조된 샘플을 가지고 강도 평가를 실험한 실험예 1의 결과 그래프로, Y축은 인가된 하중을 의미 하며, X축은 하중이 인가됨에 따라 샘플의 변형 정도를 나타낸 결과 그래프이다.

도 5는 본 발명의 실시 예 1에 따라 제조된 샘플의 자가 회복 기능을 실험한 실험예 2의 결과 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 게시되는 실시 예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시 예들은 본 발명의 게시가 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.

[0028] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다. 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다.

[0029] 명세서에서 사용되는 "포함한다 (comprises)" 및/또는 "포함하는 (comprising)"은 언급된 구성 요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성 요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0031] 본 발명은 자가 회복 기능을 갖는 복합소재에 관한 것으로, 자가 회복 기능을 갖는 고분자 수지에 보강재를 첨가하여 강도 및 자가 회복 기능이 더욱 향상된 복합소재의 제조가 가능하다.

[0032] 본 발명의 일 실시 예에 따른 복합소재용 조성물은 자가 회복 기능을 갖는 고분자 수지 및 보강재를 포함하여 구성된다.

[0033] 이하, 보강재에 대해 구체적으로 설명한다.

[0034] 보강재는 복합소재의 강도를 높이기 위한 목적으로 첨가한 물질을 의미하며, 본 발명은 일 실시 예에 따라 2종 이상의 이방성 탄소 나노 구조체로 혼합 구성된 보강재를 사용하는 것을 특징으로 한다.

[0035] 구체적으로 이방성 탄소 나노 구조체는 탄소 나노 구조체 중에서도 그 구조 상 1차원 또는 2차원의 이방성(anisotropy) 특징을 갖는 탄소 나노 구조체를 의미하며, 1차원의 이방성 특징을 갖는 탄소 나노 구조체로는 탄소 나노 튜브(carbon nanotube, CNT라고도 함)가 있고, 2차원의 이방성 특징을 갖는 탄소 나노 구조체로는 그래핀(grapheme) 또는 산화 그래핀(grapheme oxide, GO라고도 함)이 있다.

[0036] 이러한 이방성 탄소 나노 구조체가 복합소재의 고분자 기지 상에 존재하는 경우, 복합소재에 인장 강도 이상의 하중이 인가되어 파단이 발생하고, 발생한 파단이 성장하면서 파괴가 진행될 때, 파단 시 생성되는 grain boundary의 계면에서 이방성 탄소 나노 구조체들에 의한 necking이 형성됨으로써 파단의 성장이 억제되어 결과적으로 복합소재의 인장강도를 크게 향상시키게 된다.

[0037] 특히 본 발명은 이방성 탄소 나노 구조체를 1종만 단독으로 사용하는 것이 아닌 서로 다른 종류의 이방성 탄소 나노 구조체를 2종 이상 혼합하여 보강재로 사용함으로써, 1종만 단독으로 사용하였을 때보다 인장강도를 더욱 향상시키는 것을 특징으로 한다. 바람직하게는 1차원의 이방성 특징을 갖는 탄소 나노 구조체와 2차원의 이방성 특징을 갖는 탄소 나노 구조체를 혼합 사용할 수 있다. 가장 바람직하게는 1차원의 이방성 특징을 갖는 탄소 나노 구조체인 탄소 나노 튜브와 2차원의 이방성 특징을 갖는 탄소 나노 구조체인 산화 그래핀을 혼합 사용할 수 있다.

[0038] 한편, 탄소 나노 튜브와 산화 그래핀은 보강재로서 복합소재의 강도를 향상시킬 뿐 아니라 추가적인 효과를 가져올 수 있다. 구체적으로 탄소 나노 튜브는 전도성 소재로 전자파 흡수 및 차폐 능력을 구현할 수 있고, 산화 그래핀은 에폭시기(C-O-C), 하이드록시기(-OH), 카르복실산기(-COOH) 등 수소결합을 할 수 있는 기능기들이 끝단이나 표면 위에 생성되어 있는데 이러한 기능기들이 복합소재의 자가 회복 기능을 향상시키는 데에도 도움이 될 수 있다.

[0039] 한편, 탄소 나노 튜브와 산화 그래핀의 혼합비(중량비)는 1:2 내지 2:1의 범위에서 조절될 수 있으며, 구체적으

로 1:1 인 것이 바람직하다.

[0040] 한편, 본 발명의 일 실시 예에 따라 보강재는 복합소재용 조성물 전체 중량에 대하여 1 내지 3 중량%로 포함되는 것이 바람직하다. 이는 보강재가 1 중량% 미만으로 소량 포함되는 경우 복합소재의 강도 향상 효과가 미비할 수 있고, 보강재가 3 중량% 초과로 과량 포함되는 경우 균질하게 분산되지 못하고 보강재끼리의 뭉침현상(agglomeration)이 발생하여 복합소재의 표면 평탄도를 악화시킬 수 있기 때문이다. 즈즉, 보강재가 복합소재용 조성물 전체 중량에 대하여 1 내지 3중량%로 포함되는 것이 복합소재의 강도를 향상시키면서도 표면 평탄도를 만족시킬 수 있다는 측면에서 가장 바람직하다.

[0041] 이하, 고분자 수지에 대해 구체적으로 설명한다.

[0042] 고분자 수지는 자가 회복 기능(self healing ability)을 갖는 고분자 수지로, 본 발명의 일 실시 예에 따라 폴리우레탄(polyurethane) 또는 폴리우레아(polyurea) 수지인 것이 바람직하다.

[0043] 특히 폴리우레아는 이소시아네이트(isocyanate)와 디아민(diamine)기의 중합 반응으로 합성되어 우레아(urea) 결합을 갖는 탄성 고분자(elastomer polymer) 소재로, 폴리우레탄(polyurethane)과 화학 분자구조는 유사하지만 폴리우레탄과 비교하여 탄성과 기계적 강도가 우수할 뿐 아니라 강한 우레아 결합으로 인해 저온 및 수분 등의 극한/화학적 환경에서 더욱 안정적인 장점이 있다. 이로 인해 폴리우레아 수지를 고분자 수지로 사용하여 제조된 복합소재는 폴리우레아를 고분자 기지로 가짐으로써 자가 회복 기능, 탄성, 기계적 강도, 화학적 안정성 및 내구성이 우수한 특징을 갖는다.

[0044] 나아가 본 발명은 특히 액상의 폴리우레아 수지를 사용하여 코팅/도장/도포 등의 공정이 용이할 수 있도록 한다.

[0045] 또한, 고분자 수지는 본 발명의 일 실시 예에 따라 20℃ 내지 30℃의 상온에서 경화가 가능한 수지인 것이 바람직하다. 이처럼 상온에서 경화가 가능한 수지를 사용하는 경우 상온 경화가 가능함으로써, 보강재로 첨가되는 이방성 탄소 나노 구조체들의 계면에서 발생 가능한 화학적 변화를 원천적으로 배제할 수 있고, 이를 통해 이방성 탄소 나노 구조체들의 역할과 특성이 유지되도록 할 수 있다.

[0046] 종합하면, 본 발명의 일 실시 예에 따라 고분자 수지는 20℃ 내지 30℃의 상온에서 경화가 가능한 액상의 폴리우레아 수지인 것이 가장 바람직하다.

[0047] 한편, 본 발명의 일 실시 예에 따라 복합소재용 조성물은 고분자 수지 및 보강재 외에도 경화제를 더 포함할 수 있다. 경화제의 종류는 특별히 한정되지 않고 종래 공지된 경화제를 사용할 수 있다.

[0048] 본 발명은 지금까지 설명한 복합소재용 조성물이 경화되어 제조된 복합소재를 더 포함하며, 본 발명의 일 실시 예에 따른 복합소재는 자가 회복 기능을 갖는 고분자 기지 및 상기 고분자 기지 내부에 분포된 2종 이상의 이방성 탄소 나노 구조체로 혼합 구성된 보강재를 포함하여 구성된다. 각 구성들의 자세한 내용은 앞서 설명한 것과 동일하므로 생략한다.

[0049] 이와 같은 본 발명의 복합소재는 보다 향상된 자가 회복 기능을 가질 뿐 아니라 강도가 크게 향상되어 고강도의 기계적 특성을 가지며, 화학적 안정성 및 내구성도 우수하여 항공기, 고부가가치의 필름, 코팅소재 등 다양한 응용 분야에 활용이 가능하다.

[0050] 본 발명은 지금까지 설명한 복합소재를 제조하는 방법을 더 포함하며, 이하 구체적으로 설명하되, 각 구성들의 자세한 내용은 앞서 설명한 것과 동일하므로 생략한다.

[0051] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 복합소재가 제조되는 모습을 간략하게 보여주는 모식도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 복합소재 제조방법을 설명한 순서도이다.

[0052] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시 예에 따른 복합소재 제조방법은 액상의 폴리우레아 수지에 2종 이상의 이방성 탄소 나노 구조체로 혼합 구성된 보강재를 첨가한 뒤 혼합시켜주는 조성물 제조단계(S100), 제조된 조성물에 경화제를 더 첨가하여주는 경화제 첨가단계(S200) 및 20℃ 내지 30℃의 상온에서 경화 및 건조시켜주는 경화단계(S300)을 포함하여 진행된다.

[0053] 상기 조성물 제조단계(S100)에서, 보강재는 조성물 전체 중량에 대하여 1 내지 5 중량%로 첨가되는 것이 바람직하며, 보다 구체적으로 1 내지 3 중량%로 첨가되는 것이 더욱 바람직하다.

[0054] 상기 조성물 제조단계(S100) 이후, 상기 경화제 첨가단계(S200) 이전에, 제조된 조성물을 10^{-1}torr 이하의 진공,

20℃ 내지 30℃의 상온에서 일정시간 이상 유지시켜 조성물 내부에 존재하는 기포를 제거하여주는 기포 제거 단계(S150)를 더 포함할 수 있다.

[0056] 이하, 본 발명을 실시 예 및 비교 예를 이용하여 더욱 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 하기의 실시 예 및 비교 예는 본 발명의 예증을 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이에 국한되는 것은 아니다.

[0058] **비교 예 : 폴리우레아/유리섬유 직물**

[0059] 상온 경화가 가능한 액상의 폴리우레아 수지에 경화제를 분량대로 첨가 혼합한 후 유리섬유 직물에 도포하고, 경화시켜 비교 예에 해당하는 샘플을 제조하였다. 경화는 약 25℃ 상온에서 24시간 이상 수행해주었다.

[0061] **실시 예 1 : 폴리우레아/CNT 1wt%/GO 1wt%/유리섬유 직물**

[0062] 상온 경화가 가능한 액상의 폴리우레아 수지에 폴리우레아 수지의 중량을 기준으로 탄소 나노 튜브(CNT) 1wt%와 산화 그래핀(GO) 1wt%를 첨가한 후 magnetic stir을 통해 30분간 교반시켜 혼합하여주었다. 이후 진공 오븐을 활용하여 10^{-1}torr 이하의 진공, 약 25℃ 상온에서 8시간 이상 유지시켜주었다. 이후 꺼내어 경화제를 분량대로 첨가 혼합한 후 유리섬유 직물에 도포하고, 경화시켜 실시 예 1에 해당하는 샘플을 제조하였다. 경화는 약 25℃ 상온에서 24시간 이상 수행해주었다.

[0064] **실시 예 2 : 폴리우레아/CNT 1.5wt%/GO 1.5wt%/유리섬유 직물**

[0065] 상온 경화가 가능한 액상의 폴리우레아 수지에 폴리우레아 수지의 중량을 기준으로 탄소 나노 튜브(CNT) 1.5wt%와 산화 그래핀(GO) 1.5wt%를 첨가한 후 magnetic stir을 통해 30분간 교반시켜 혼합하여주었다. 이후 진공 오븐을 활용하여 10^{-1}torr 이하의 진공, 약 25℃ 상온에서 8시간 이상 유지시켜주었다. 이후 꺼내어 경화제를 분량대로 첨가 혼합한 후 유리섬유 직물에 도포하고, 경화시켜 실시 예 2에 해당하는 샘플을 제조하였다. 경화는 약 25℃ 상온에서 24시간 이상 수행해주었다.

[0067] **실험 예 1 : 기계적 강도 실험**

[0068] 도 4는 비교 예 및 본 발명의 실시 예 1 및 2에 따라 제조된 샘플을 가지고 강도 평가를 실험한 결과 그래프로, Y축은 인가된 하중을 의미하며, X축은 하중이 인가됨에 따라 샘플의 변형 정도를 나타낸 결과 그래프이다.

[0069] 도 4에 나타난 바와 같이, 첨가물이 추가 됨에 따라 파괴되는 인장 강도가 하락한 것이 관측 된다.

[0071] **실험 예 2 : 자가 회복 기능 실험**

[0072] 도 5는 본 발명의 실시 예 1에 따라 제조된 샘플의 자가 회복 기능을 실험한 결과 사진이다.

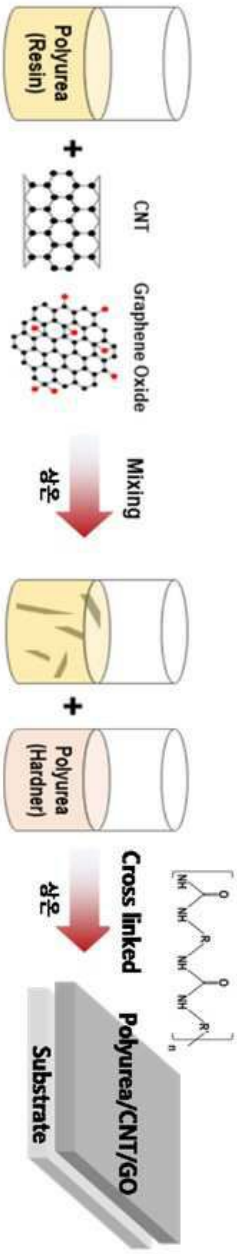
[0073] 도 5에 나타난 바와 같이, 샘플의 표면에 1mm 길이의 흠을 10 um의 깊이로 칼로 형성 한 뒤, 약 24시간 이후 손상된 일부분 (빨간색 표시)이 원래 상태로 복구 된 것을 확인 할 수 있었다.

[0074] 이를 통해 모빌리티 동체 표면에 본 발명의 복합소재를 적용한다면, 운행 중 발생한 손상에 대해 적극적인 회복이 가능하며, 복합소재의 수명주기를 크게 향상 시킬 수 있을 것이다.

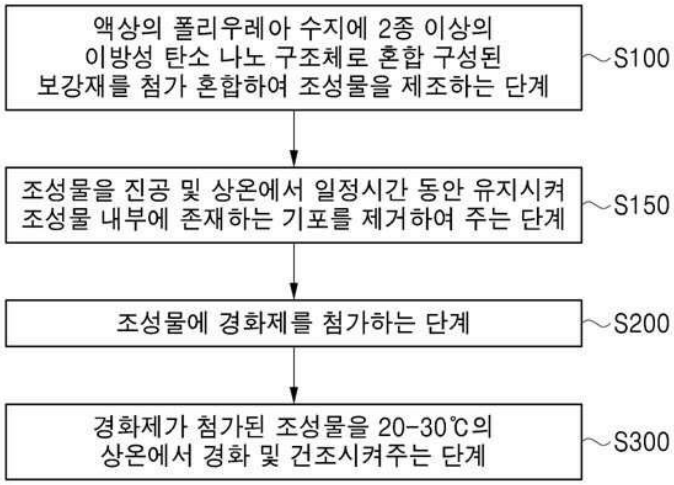
[0076] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시 예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

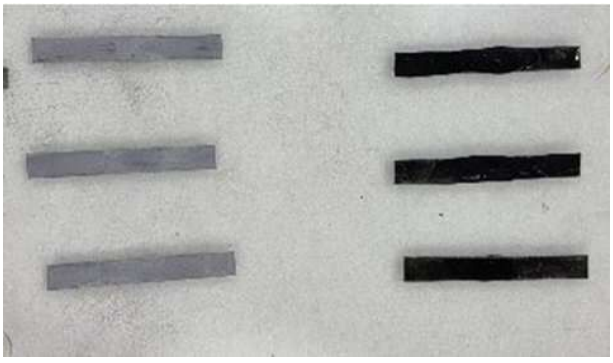
도면1


Polyurea
(Resin)
CNT
Graphene Oxide
상온
Mixing
Polyurea
(Hardner)
상온
Cross linked
Polyurea/CNT/GO
Substrate

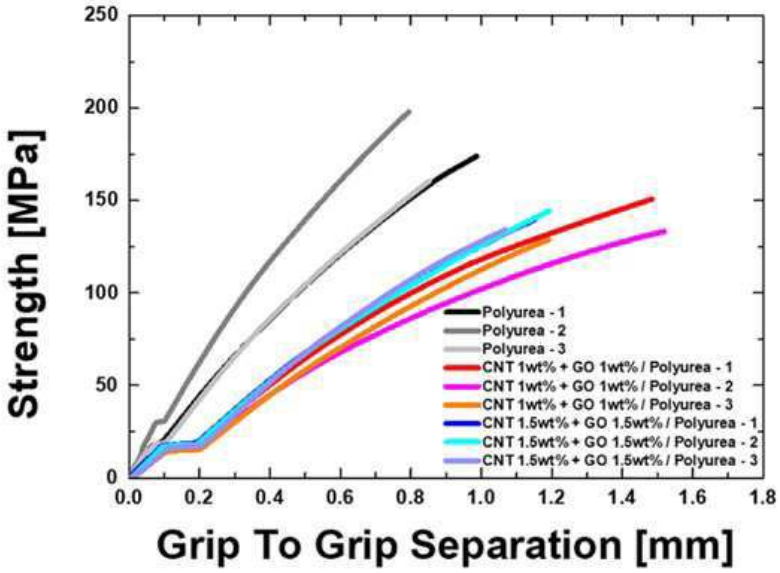
도면2


액상의 폴리우레아 수지에 2종 이상의
이방성 탄소 나노 구조체로 혼합 구성된
보강재를 첨가 혼합하여 조성물을 제조하는 단계
S100
조성물을 진공 및 상온에서 일정시간 동안 유지시켜
조성물 내부에 존재하는 기포를 제거하여 주는 단계
S150
조성물에 경화제를 첨가하는 단계
S200
경화제가 첨가된 조성물을 20-30℃의
상온에서 경화 및 건조시켜주는 단계
S300

도면3



도면4


Strength [MPa]
Grip To Grip Separation [mm]
0
50
100
150
200
250
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
Polyurea - 1
Polyurea - 2
Polyurea - 3
CNT 1wt% + GO 1wt% / Polyurea - 1
CNT 1wt% + GO 1wt% / Polyurea - 2
CNT 1wt% + GO 1wt% / Polyurea - 3
CNT 1.5wt% + GO 1.5wt% / Polyurea - 1
CNT 1.5wt% + GO 1.5wt% / Polyurea - 2
CNT 1.5wt% + GO 1.5wt% / Polyurea - 3

도면5

