



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0121741
(43) 공개일자 2015년10월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C08J 5/24 (2006.01) C08J 5/04 (2006.01)
C08K 7/02 (2006.01) C08L 101/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0047269
(22) 출원일자 2014년04월21일
심사청구일자 2014년04월21일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
성동기
경남 창원시 성산구 원이대로 495, 212동 803호
(반림동, 트리비아아파트)
이원오
경남 창원시 성산구 대암로 253, 111동 602호 (성주동, 프리빌리지아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이원희

전체 청구항 수 : 총 13 항

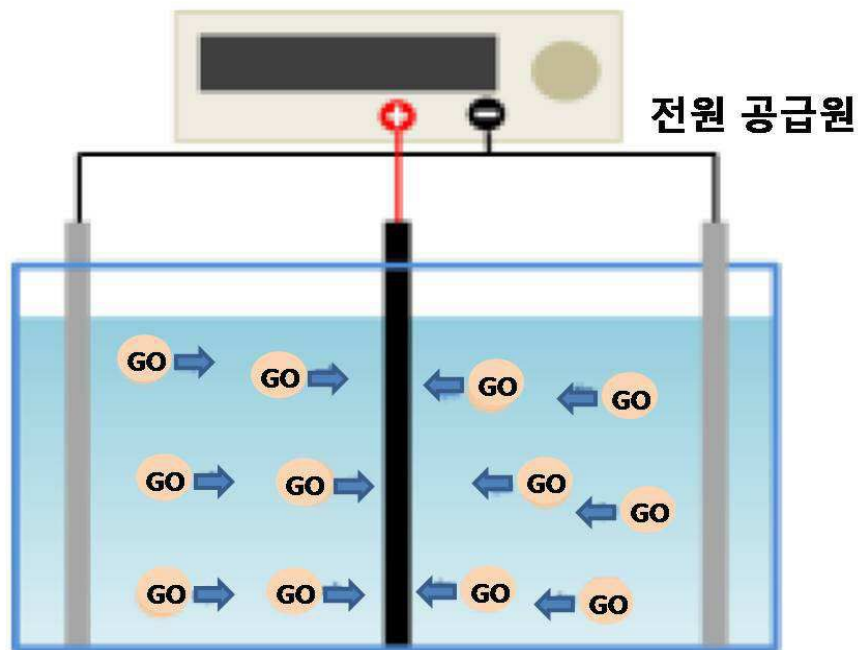
(54) 발명의 명칭 **섬유 프리폼을 포함하는 복합재료의 성형성 향상방법 및 성형성이 향상된 복합재료**

(57) 요약

본 발명은 섬유 프리폼을 포함하는 복합재료의 성형성 향상방법 및 성형성이 향상된 복합재료에 관한 것으로, 상세하게는 섬유 및 그래핀 옥사이드(Graphene oxide), 탄소 나노 튜브(CNT), 카본 블랙(carbon black) 및 탄소 나노 섬유(carbon nanofiber)로 이루어진 균으로부터 선택되는 1종 이상의 탄소 물질로 이루어지는 것을 특징으로

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



로 하는 섬유 프리폼 및 이를 포함하는 복합재료, 섬유에 그래핀 옥사이드(Graphene oxide), 탄소 나노 튜브(CNT), 카본 블랙(carbon black) 및 탄소 나노 섬유(carbon nanofiber)로 이루어진 균으로부터 선택되는 1종 이상의 탄소 물질을 코팅하여 섬유 프리폼을 제조하는 단계(단계 1); 및 상기 단계 1의 섬유 프리폼에 수지를 함침시키는 단계(단계 2);를 포함하되, 고분자 바인더 물질을 혼합하지 않는 것을 특징으로 하는 복합재료의 성형성 향상방법에 관한 것이다.

본 발명의 섬유 프리폼은 고분자 바인더를 사용하지 않고, 탄소 물질을 포함함으로써 섬유 매트 형태 유지력이 개선될 뿐만 아니라, 섬유와 수지와의 친화력을 개선시켜 섬유 프리폼으로 수지의 투과성 저하가 나타나지 않는다. 또한, 상기 섬유 프리폼의 탄소 물질이 섬유와 수지 간의 표면 결합력을 증가시켜 층간 전단강도 등의 기계적 물성 및 성형성이 개선된 복합재료를 제공할 수 있다.

(72) 발명자

이제욱

경남 창원시 성산구 가음정동 재료연구소 아파트 302호

하종록

경남 창원시 성산구 창이대로881번길 19, 110동 1401호 (대방동, 대방대동황토방아파트)

김병선

경남 창원시 성산구 대암로 82, 304동 508호 (대방동, 성원3차아파트)

엄문광

경남 창원시 성산구 동산로 115, 118동 1305호 (상남동, 대동아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	N0000596
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술진흥원
연구사업명	부품소재 국제공동기술개발사업
연구과제명	항공기용 다기능성 복합재 프리폼 및 고성형성 타이타늄합금 판재 개발
기여율	50/100
주관기관	한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간	2013.09.01 ~ 2014.08.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	R0000687
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술진흥원
연구사업명	지역산업기술개발사업
연구과제명	탄소섬유 기반 고성능 중간재 및 복합재 차체부품 개발
기여율	50/100
주관기관	현대자동차
연구기간	2013.09.01 ~ 2014.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

섬유 및 그래핀 옥사이드(Graphene oxide), 탄소 나노 튜브(CNT), 카본 블랙(carbon black) 및 탄소 나노 섬유(carbon nanofiber)로 이루어진 균으로부터 선택되는 1종 이상의 탄소 물질로 이루어지는 것을 특징으로 하는 섬유 프리폼.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 섬유는 탄소 섬유, 유리 섬유, 세라믹 섬유, 금속 섬유 및 유기 섬유로 이루어진 균으로부터 선택되는 1종 이상인 것을 특징으로 하는 섬유 프리폼.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 섬유 프리폼은 섬유 표면에 탄소 물질이 흡착되어 있는 것을 특징으로 하는 섬유 프리폼.

청구항 4

제1항에 따른 섬유 프리폼 및 수지를 포함하는 복합재료.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 수지는 폴리 에틸렌 테레프탈레이트, 폴리 비닐 클로라이드, 폴리 에틸렌, 폴리 프로필렌, 폴리 스티렌, 폴리 카보네이트, 폴리 에테르에테르 케톤, 폴리 이미드, 폴리 글리콜산, 폴리 락트산, 폴리 α -히드록시산, 폴리 ϵ -카프로락톤, 폴리 오르토에스테르, 폴리 안하이드라이드, 폴리 비닐 피롤리돈, 폴리 비닐 피리딘, 폴리 비닐 아세테이트, 폴리 비닐 알코올, 폴리 비닐 클로라이드, 폴리 아크릴레이트, 폴리 메타크릴레이트, 폴리 우레탄, 폴리 카프로락톤, 폴리 아크릴산, 폴리 아크릴로니트릴, 폴리 아크릴로니트릴-co-부타디엔, 폴리 아크릴로니트릴-co-부타디엔-co-스티렌, 폴리 2,5-피리딘, 폴리 디메틸실록산, 폴리 디클로로포스파젠, 폴리 에틸렌글리콜, 폴리 에틸렌이민, 폴리 이소부틸렌, 폴리 멜라민-co-포름알데히드, 폴리 테트라플루오로에틸렌 및 폴리 테트라안하이드로푸란으로 이루어진 균에서 선택되는 1종 이상인 것을 특징으로 하는 복합재료.

청구항 6

섬유에 그래핀 옥사이드(Graphene oxide), 탄소 나노 튜브(CNT), 카본 블랙(carbon black) 및 탄소 나노 섬유(carbon nanofiber)로 이루어진 균으로부터 선택되는 1종 이상의 탄소 물질을 코팅하여 섬유 프리폼을 제조하는 단계(단계 1); 및

상기 단계 1의 섬유 프리폼에 수지를 함침시키는 단계(단계 2);를 포함하되, 고분자 바인더 물질을 혼합하지 않는 것을 특징으로 하는 복합재료의 성형성 향상방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 단계 1의 코팅은 EPD(전기 영동 증착), 분무법(spraying), 디핑(dipping) 및 LbL(Layer by layer)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종의 방법으로 수행되는 것을 특징으로 하는 복합재료의 성형성 향상방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 단계 1에서 섬유에 탄소 물질을 전기 영동에 의하여 코팅하는 경우,

0.0001 내지 0.001 중량%의 탄소 물질 수용액을 사용하는 것을 특징으로 하는 복합재료의 성형성 향상방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 단계 1에서 섬유에 탄소 물질을 전기 영동에 의하여 코팅하는 경우,

탄소 물질 수용액은 pH 10 내지 12의 염기 조건인 것을 특징으로 하는 복합재료의 성형성 향상방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 단계 2의 수지로의 함침은 진공 수지이송성형(VARTM, vacuum assisted resin transfer molding) 또는 수지이송성형(RTM, resin transfer molding) 등의 액상성형방법으로 수행되는 것을 특징으로 하는 복합재료의 성형성 향상방법.

청구항 11

고분자 바인더 물질을 포함하지 않고, 제6항의 방법에 따라 성형성이 향상된 복합재료.

청구항 12

제11항의 복합재료를 포함하는 항공기 부품.

청구항 13

제11항의 복합재료를 포함하는 자동차 부품.

발명의 설명

기술분야

본 발명은 섬유 및 탄소 물질로 이루어지는 섬유 프리폼을 포함하는 복합재료의 성형성 향상방법 및 성형성이 향상된 복합재료에 관한 것이다.

배경기술

[0001]

- [0002] 복합재료란 두 가지 이상의 재료가 조합되어 물리적 및 화학적으로 서로 다른 상(phase)을 형성하면서 보다 유효한 기능을 발현하는 재료를 말한다. 복합재료는 기지 재료(matrix)에 따라 고분자복합재료(polymer matrix composite), 금속복합재료(metal matrix composite), 세라믹복합재료(ceramic matrix composite)로 나누어진다.
- [0003] 고분자 복합 재료란 고분자 수지 또는 고무에 유기물, 무기물 및 금속 입자 등의 필러(filler)를 섞어서 만든 재료로, 재료의 강도나 경도, 물이나 열, 화학 약품 따위에 견디는 성질, 난연성, 기체 차단성 등 뛰어난 특성을 나타내어 전자 부품 및 기계 부품 등 산업 전반에 걸쳐 널리 활용되고 있다.
- [0004] 고분자 복합재료의 주요 구성요소인 섬유 프리폼(fiber preform)은 복합재료 최종 성능 달성에 주된 역할을 하고 있다.
- [0005] 특히, 수지이송성형(RTM, resin transfer molding) 등의 복합재료 액상성형 공정에서는 수지의 유동에 의한 섬유 프리폼의 변형을 막는 등 섬유의 형태 유지력을 강화하기 위하여 바인더(binder) 물질을 사용하고 있다.
- [0006] 복잡한 형상의 복합재료를 제작하거나 자동차 부품 적용 등 대량 생산을 위한 고속 성형에서는 고압의 수지 유동이 발생하기 때문에, 바인더는 섬유 프리폼의 형태 유지력을 강화해야 하고, 매트릭스 수지와 친화력도 향상시키는 것이 중요한데, 종래에는 이러한 바인더로써 주로 고분자 계열의 물질이 사용되고 있었다.
- [0007] 복합재료의 바인더 물질과 관련된 종래기술로써, 대한민국 공개특허 제10-2012-0052995호에서는 섬유 매트릭스 및 섬유 매트릭스의 제조 방법에 대하여 개시하고 있다. 구체적으로는 (a) 액체 담체, 섬유, 및 바인더를 포함하는 출발물질을 제공하는 단계; (b) 상기 출발물질을 기재 상으로 통과시켜 상기 기재 상에 섬유를 퇴적시키는 단계; (c) 3차원 섬유 매트릭스를 형성하는 단계; 및 (d) 상기 바인더를 경화시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 섬유 매트릭스 제조 방법을 제공하며, 특히, 상기 섬유는 탄소섬유를 포함할 수 있고, 바인더로는 페놀, 폴리비닐 이미드 및 폴리비닐 알코올 및 비닐 아세테이트/비닐 클로라이드 코폴리머 등이 바람직하다고 개시하고 있다.
- [0008] 그러나, 상기 섬유 매트릭스 제조방법에서는 바인더 물질로 고분자 계열의 물질을 사용하고 있어, 복합재료를 제조함에 있어 수지의 유동을 방해하거나 공공 성분을 증가시켜, 복합재료 제조의 공정시간을 증가시키거나 최종 물성을 저하시키는 문제점이 발생할 수 있다.
- [0009] 이에, 본 발명자들은 섬유 및 탄소 물질로 이루어지는 섬유 프리폼을 제공함으로써, 고분자 바인더 없이도 복합재료 내에서 섬유와 수지의 친화력을 개선하고 접착력을 증가시켜 성형성을 향상시킬 수 있는 섬유 프리폼을 개발하고 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명의 목적은,
- [0011] 섬유 프리폼을 제공하는 데 있다.
- [0012] 본 발명의 다른 목적은,
- [0013] 복합재료를 제공하는 데 있다.

[0014] 본 발명의 또 다른 목적은,
[0015] 복합재료의 성형성 향상방법을 제공하는 데 있다.

[0016] 본 발명의 다른 목적은,
[0017] 상기 방법에 따라 제조된 성형성이 향상된 복합재료를 제공하는 데 있다.

[0018] 본 발명의 또 다른 목적은,
[0019] 상기 복합재료를 포함하는 항공기 부품을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0020] 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은,

[0021] 섬유 및 그래핀 옥사이드(Graphene oxide), 탄소 나노 튜브(CNT), 카본 블랙(carbon black) 및 탄소 나노 섬유(carbon nanofiber)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상의 탄소 물질로 이루어지는 것을 특징으로 하는 섬유 프리폼을 제공한다.

[0022] 또한, 본 발명은,

[0023] 상기 섬유 프리폼 및 수지를 포함하는 복합재료를 제공한다.

[0024] 나아가, 본 발명은,

[0025] 섬유에 그래핀 옥사이드(Graphene oxide), 탄소 나노 튜브(CNT), 카본 블랙(carbon black) 및 탄소 나노 섬유(carbon nanofiber)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상의 탄소 물질을 코팅하여 섬유 프리폼을 제조하는 단계(단계 1); 및

[0026] 상기 단계 1의 섬유 프리폼에 수지를 함침시키는 단계(단계 2);를 포함하되, 고분자 바인더 물질을 혼합하지 않는 것을 특징으로 하는 복합재료의 성형성 향상방법을 제공한다.

[0027] 더욱 나아가, 본 발명은,

[0028] 고분자 바인더 물질을 포함하지 않고, 상기 방법에 따라 성형성이 향상된 복합재료를 제공한다.

[0029] 나아가, 본 발명은,

[0030] 상기 복합재료를 포함하는 항공기 부품을 제공한다.

발명의 효과

[0031] 본 발명의 섬유 프리폼은 고분자 바인더를 사용하지 않고, 탄소 물질을 포함함으로써 섬유 매트 형태 유지력이 개선될 뿐만 아니라, 섬유와 수지와의 친화력을 개선시켜 섬유 프리폼으로 수지의 투과성 저하가 나타나지 않는다.

[0032] 또한, 상기 섬유 프리폼의 탄소 물질이 섬유와 수지 간의 표면 결합력을 증가시켜 층간 전단강도 등의 기계적 물성 및 성형성이 개선된 복합재료를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0033] 도 1은 본 발명의 복합재료 성형성 향상방법의 단계 1의 일례를 나타낸 모식도이고;
- 도 2는 본 발명의 복합재료 성형성 향상방법의 단계 2의 일례를 나타낸 모식도이고;
- 도 3은 실시예 1 및 비교예 2에 따라 제조된 복합재료의 층간 전단 강도를 나타낸 그래프이고;
- 도 4는 실시예 1 및 비교예 2에 따라 제조된 복합재료의 층간 전단 강도 시험 후 단면을 주사전자현미경으로 관찰한 사진이고;
- 도 5는 실시예 1 및 비교예 2의 단계 1에서 제조된 섬유 프리폼의 섬유 처짐량을 육안으로 관찰한 사진이고;
- 도 6은 실시예 1 및 비교예 2의 단계 1에서 제조된 섬유 프리폼의 풀 아웃 테스트 후를 육안으로 관찰한 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 본 발명은,
- [0035] 섬유 및 그래핀 옥사이드(Graphene oxide), 탄소 나노 튜브(CNT), 카본 블랙(carbon black) 및 탄소 나노 섬유(carbon nanofiber)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상의 탄소 물질로 이루어지는 것을 특징으로 하는 섬유 프리폼을 제공한다.
- [0036] 복합 재료가 섬유 및 수지를 포함하는 경우, 이를 결합시켜줄 수 있는 바인더가 필요하다. 이러한 바인더의 종류 및 함량은 복합재료의 성형성 및 최종 성능에 영향을 미친다.
- [0037] 종래에는 복합재료에 사용되는 섬유와 수지의 바인더로서 주로 고분자 물질을 사용하였다. 그러나, 만약 상기와 같은 고분자 물질이 파이버 토우(Fiber tow)의 외곽에 위치하는 경우, 수지의 유동을 방해하여 투과성을 감소시킴으로써 복합재료를 제조하는 데 오랜 시간이 걸리고, 섬유 상에 미합침 영역 발생가능성이 큰 문제점이 있었다. 또한, 고분자 바인더가 파이버 토우의 내부에 있는 경우에는 공공 함량을 증가시키기 때문에 복합재료의 최종 물성이 저하되는 문제점이 있었다. 나아가, 섬유 프리폼의 형태 유지력 개선을 위해 바인더 함량을 증가시키는 경우, 액상 성형 공정에서 공정 시간이 증가하고, 수지의 미합침 영역이 증가하는 등의 문제점 또한 발생할 수 있다.
- [0038] 본 발명에서는 고분자 바인더를 사용하지 않고 탄소물질을 사용함으로써, 섬유 매트와 형태 유지력이 개선될 뿐만 아니라, 섬유와 수지와와의 친화력을 개선시켜 섬유 프리폼으로 수지의 투과성 저하가 나타나지 않는다. 또한, 상기 섬유 프리폼의 탄소 물질이 섬유와 수지 간의 표면 결합력을 증가시켜 층간 전단강도 등의 기계적 물성 및 성형성이 개선된 복합재료를 제공할 수 있다.
- [0039] 이하, 본 발명에 따른 섬유 프리폼을 상세히 설명한다.
- [0040] 상기 섬유는 탄소 섬유, 유리 섬유, 세라믹 섬유, 금속 섬유 및 유기 섬유로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상을 사용할 수 있으나, 상기 섬유가 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0041] 이때, 상기 섬유 프리폼은 섬유 표면에 탄소 물질이 흡착되어 있는 것일 수 있다.
- [0042] 본 발명은,
- [0043] 상기 섬유 프리폼 및 수지를 포함하는 복합재료를 제공한다.

- [0044] 종래에는 복합재료에 사용되는 섬유와 수지의 바인더로서 주로 고분자 물질을 사용하였으나, 고분자 바인더는 수지의 유동을 방해하여 투과성을 감소시킴으로써 복합재료를 제조하는 데 오랜 시간이 걸리고, 섬유 상에 미합침 영역이 발생하거나, 공공 함량을 증가시키기 때문에 복합재료의 최종 물성이 저하되는 문제점이 있었다.
- [0045] 그러나, 본 발명에서는 고분자 바인더를 사용하지 않고, 탄소물질을 사용함으로써, 섬유 매트와 형태 유지력이 개선될 뿐만 아니라, 섬유와 수지와와의 친화력을 개선시켜 섬유 프리폼으로 수지의 투과성 저하가 나타나지 않으므로, 기계적 물성 및 성형성이 개선된 복합재료를 제공할 수 있다.
- [0046] 이하, 본 발명에 따른 복합재료를 상세히 설명한다.
- [0047] 상기 섬유는 탄소 섬유, 유리 섬유, 세라믹 섬유, 금속 섬유 및 유기 섬유로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상을 사용할 수 있으나, 상기 섬유가 이에 제한되는 것을 아니다.
- [0048] 이때, 상기 수지는 폴리 에틸렌 테레프탈레이트, 폴리 비닐 클로라이드, 폴리 에틸렌, 폴리 프로필렌, 폴리 스티렌, 폴리 카보네이트, 폴리 에테르에테르 케톤, 폴리 이미드, 폴리 글리콜산, 폴리 락트산, 폴리 α -히드록시산, 폴리 ϵ -카프로락톤, 폴리 오르토에스테르, 폴리 안하이드라이드, 폴리 비닐 피롤리돈, 폴리 비닐 피리딘, 폴리 비닐 아세테이트, 폴리 비닐 알코올, 폴리 비닐 클로라이드, 폴리 아크릴레이트, 폴리 메타크릴레이트, 폴리 우레탄, 폴리 카프로락톤, 폴리 아크릴산, 폴리 아크릴로니트릴, 폴리 아크릴로니트릴-co-부타디엔, 폴리 아크릴로니트릴-co-부타디엔-co-스티렌, 폴리 2,5-피리딘, 폴리 디메틸실록산, 폴리 디클로로포스파젠, 폴리 에틸렌글리콜, 폴리 에틸렌이민, 폴리 이소부틸렌, 폴리 멜라민-co-포름알데히드, 폴리 테트라플루오로에틸렌 및 폴리 테트라안하이드로푸란으로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상을 사용할 수 있으나, 상기 수지가 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0049] 본 발명은,
- [0050] 섬유에 그래핀 옥사이드(Graphene oxide), 탄소 나노 튜브(CNT), 카본 블랙(carbon black) 및 탄소 나노 섬유(carbon nanofiber)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상의 탄소 물질을 코팅하여 섬유 프리폼을 제조하는 단계(단계 1); 및
- [0051] 상기 단계 1의 섬유 프리폼에 수지를 함침시키는 단계(단계 2);를 포함하되, 고분자 바인더 물질을 혼합하지 않는 것을 특징으로 하는 복합재료의 성형성 향상방법을 제공한다.
- [0052] 이하, 본 발명에 따른 복합재료의 성형성 향상방법을 각 단계별로 상세히 설명한다.
- [0053] 본 발명의 복합재료의 성형성 향상방법에 있어서, 단계 1은 섬유에 그래핀 옥사이드(Graphene oxide), 탄소 나노 튜브(CNT), 카본 블랙(carbon black) 및 탄소 나노 섬유(carbon nanofiber)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상의 탄소 물질을 코팅하여 섬유 프리폼을 제조하는 단계이다. 고분자 바인더를 사용하지 않고, 섬유에 탄소 물질을 코팅함으로써 섬유의 형태유지성을 향상시켜 기계적 강도가 향상되고, 수지와의 접촉력을 향상시켜 후속 공정에서 수지의 함침이 빠르게 수행되므로 복합재료를 대량생산할 수 있으며, 성형성이 뛰어난 장점이 있다.
- [0054] 이때, 상기 단계 1의 코팅은 EPD(전기 영동 증착), 분무법(spraying), 디핑(dipping) 및 LbL(Layer by layer)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종의 방법으로 수행될 수 있으나, 상기 코팅의 방법이 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0055] 상기 단계 1에서 섬유에 탄소 물질을 전기 영동에 의하여 코팅하는 경우,

- [0056] 0.0001 내지 0.001 중량%의 탄소 물질 수용액을 사용할 수 있다.
- [0057] 만약, 0.0001 중량% 미만의 탄소 물질 수용액을 사용하는 경우, 탄소 물질 첨가의 효과가 미미한 문제점이 있고, 0.001 중량%를 초과하는 탄소 물질 수용액을 사용하는 경우에는 과도한 탄소 물질의 첨가로 인해 수지의 투과성이 저하되는 문제점이 발생할 수 있다.
- [0058] 상기 단계 1에서 섬유에 탄소 물질을 전기 영동에 의하여 코팅하는 경우,
- [0059] 탄소 물질 수용액은 pH 10 내지 12의 염기 조건일 수 있으나, 상기 수용액의 염기 조건이 이에 제한되는 것은 아니며, 실험 조건에 따라 적절히 조절될 수 있다.
- [0060] 만약, 탄소 물질 수용액이 상기 염기 조건의 범위를 벗어나는 경우에는 코팅 균일도가 저하되고, 분산성이 떨어지는 등 나노 탄소물질의 코팅 품질이 저하되는 문제점이 발생할 수 있다.
- [0061] 본 발명의 복합재료의 성형성 향상방법에 있어서 단계 2는 상기 단계 1의 섬유 프리폼에 수지를 함침시키는 단계이다.
- [0062] 이때, 상기 단계 2의 수지로의 함침은 진공 수지이송성형(VARTM, vacuum assisted resin transfer molding) 또는 수지이송성형(RTM, resin transfer molding) 등의 액상성형방법으로 수행될 수 있으나, 상기 함침 방법이 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0063] 본 발명은,
- [0064] 고분자 바인더 물질을 포함하지 않고, 상기 방법에 따라 성형성이 향상된 복합재료 및 이를 포함하는 자동차나 항공기 부품을 제공한다.
- [0065] 상기 방법에 따라 제조되는 복합재료는 섬유 및 수지의 장점을 모두 갖추고 있을 뿐만 아니라 빠른 수지 함침성과 뛰어난 성형성으로 인해 대량생산할 수 있으므로, 저렴한 가격으로 우수한 품질의 제품의 제조에 적합하다. 따라서, 전자 부품 및 기계 부품 등 산업 전반에 걸쳐 널리 활용될 수 있고 특히 자동차와 항공기의 부품으로 제공될 수 있다.
- [0066] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 상세히 설명한다. 단, 하기의 실시예는 본 발명을 설명하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기의 실시예에 의하여 한정되는 것은 아니다.
- [0067] <실시예 1>
- [0068] 단계 1: 도 1에 나타낸 바와 같이, 탄소 섬유를 양극, 스테인리스 스틸을 음극으로 하여 그래핀 옥사이드 수용액 내로 함침시켰다.
- [0069] 상기 그래핀 옥사이드 수용액은 0.0003 중량%의 그래핀 옥사이드 수용액이 되도록 그래핀 옥사이드와 증류수를 혼합하고, 이를 초음파 분산기를 이용하여 분산시켰으며, pH 11.23의 염기 조건으로 하였다.
- [0070] 상기 음극과 양극의 간격은 5 mm로 하였으며, 1 분간 5 V의 전압을 인가하여 탄소 섬유의 표면에 그래핀 옥사이드를 코팅하였다.
- [0071] 단계 2: 도 2는 복합재료를 제조하는 방법 중 하나인 VARTM (Vacuum Assisted Resin Transfer Molding)의 예를 보여 주고 있는데 도 2에 나타낸 바와 같이, 상기 그래핀 옥사이드로 코팅된 탄소 섬유 프리폼을 건조시킨 후,

물드 내에 상기 탄소 섬유 프리폼을 배치한 후, (이 때 부품의 종류에 따라 특정 구조나 재질의 코어재를 삽입할 수 있다.) 상기 구조물의 상단에 수지 유동 매체로 유로망 (flow media)을 배치한다. 가장 상단으로는 배킹 필름(bagging film)을 배치한 후, 진공상태에서 에폭시 수지를 흐르게 하여 진공 수지이송성형을 수행하여 복합재료를 제조함으로써, 복합재료의 성형성을 향상시켰다.

[0072] <비교예 1>

[0073] 상기 실시예 1의 단계 1에서, 탄소 섬유를 바인더로서 유기물 계열의 파우더형 바인더 NX940KS5를 탄소섬유에 대하여 5 %의 질량비로 분사하는 방법으로 코팅한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 복합재료를 제조하였다.

[0074] <비교예 2>

[0075] 상기 실시예 1의 단계 1에서, 탄소 섬유를 바인더로 코팅하지 않은 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 복합재료를 제조하였다.

[0076] <실험예 1> 섬유 프리폼의 투과성 계수 측정

[0077] 상기 실시예 1의 단계 1에서 제조된 그래핀 옥사이드로 코팅된 탄소 섬유 및 비교예 1의 단계 1에서 제조된 유기물 바인더로 코팅된 탄소 섬유를 각각 코팅 전의 탄소 섬유와 투과성 계수를 비교하여 표 1에 도시하였다.

[0078] 이때, 투과성 계수(permeability, K)는 하기와 같이 계산되었다.

$$\bar{u} = -\frac{K}{\mu} \nabla P$$

[0079]

[0080] (u : 수지의 이동속도, μ : 수지의 점도, P : 압력, K : 투과성계수)

[0081] 투과성 계수가 클수록 동일한 압력 차이에 의해 유체의 이동속도가 빨라지고 이는 곧 복합재료의 성형 속도(수지의 충전속도)가 빨라지는 것을 의미한다.

표 1

[0082]

	실시예 1 (K1, $\times 10^{-10}$)	실시예 1 (K2, $\times 10^{-10}$)	비교예 1 (K3, $\times 10^{-14}$)
탄소섬유	1.65±0.09	1.44±0.1	4.51±0.13
탄소섬유 프리폼	1.68±0.06	1.13±0.08	2.97±0.04

[0083] (이때, K1, K2, K3는 탄소 섬유 내 수지의 유동방향에 따라 결정되는 3차원 투과성 계수이다.)

[0084] 표 1에 도시한 바와 같이, 기존의 바인더 물질인 고분자를 사용하는 비교예 1의 경우, 투과성 계수가 4.51에서 2.97로 65 %로 감소한 것을 확인할 수 있다.

[0085] 그러나, 고분자 바인더를 사용하지 않고, 탄소 물질을 사용한 실시예 1의 경우에는 K1의 경우 오히려 투과성 계수가 증가하며, K2의 경우에도 탄소섬유 투과성 계수의 약 21%만 감소하고 있어 실시예 1의 경우에는 탄소 물질의 첨가로 투과성 계수가 증가하거나 감소폭이 적은 것을 알 수 있다.

[0086] 이와 같이, 기존의 바인더 물질을 사용하는 경우에는 투과성 계수가 감소하므로 복합재료의 성형 속도가 느려지고, 이에 따라 생산속도가 감소함으로써, 특히 대량생산을 위한 고속성형에 사용하는 경우 매우 효율성이 떨어진다.

[0087] 그러나, 본 발명과 같은 경우 고분자 바인더를 사용하지 않으므로, 투과성 계수가 높아지거나 감소 폭이 적어지므로, 수지의 함침속도가 빠르고 결과적으로 복합재료의 생산 속도를 빨리할 수 있어 대량생산에 유리함을 알 수 있다.

[0088] <실험예 2> 복합재료의 강도 측정

[0089] 상기 실시예 1 및 비교예 2에서 제조된 복합재료의 층간 전단강도를 Instron 시험기로 측정된 후, 그 결과를 도 3에 도시하였고, 층간 전단강도 평가 후의 파단면을 주사전자현미경으로 관찰한 후, 그 결과를 도 4에 도시하였다.

[0090] 도 3에 나타난 바와 같이, 비교예 2의 복합재료는 약 70 MPa, 실시예 1의 복합재료는 약 80 Mpa로 약 13.6 %의 층간 전단강도가 증가한 것으로 나타났다.

[0091] 층간 전단강도는 섬유가 수지 간의 계면 결합력에 의해 큰 영향을 받는 물성으로, 탄소 섬유 표면에 코팅된 그래핀 옥사이드에 의하여 수지와 섬유 간의 계면 결합력이 증가하였음을 보여준다.

[0092] 도 4에 나타난 바와 같이, 아무 처리하지 않은 탄소섬유를 사용한 비교예 2의 경우에는 수지에서 발생한 균열이 섬유에 제대로 전달되지 못하고 섬유와 수지의 계면에서 균열방향이 섬유 표면을 따라 미끄러지듯이 변경되는 것을 알 수 있다. 반면에, 탄소물질로 코팅한 섬유 프리폼을 사용한 실시예 1의 경우에는 수지에서 발생한 균열이 섬유에 전달되어 균열이 발생하는 방향(수직방향)이 유지되는 것을 알 수 있다.

[0093] 이를 통해, 비교예 2의 경우 섬유와 수지의 계면 결합력이 약하고, 실시예 1의 경우 섬유와 수지의 계면결합력이 강한 것을 알 수 있고, 따라서 그래핀 옥사이드의 코팅에 의해 섬유-수지 간의 계면 결합력이 향상됨을 알 수 있다.

[0094] <실험예 3> 섬유 프리폼의 형태 안정성 및 결합력 평가

[0095] 상기 실시예 1의 단계 1에서 제조된 섬유 프리폼 및 비교예 2의 단계 1에서 제조된 섬유 프리폼의 형태 안정성을 평가하기 위해, 제조된 섬유 프리폼의 중앙에 20 g의 추를 사용하여 일정한 응력을 가한 후, 섬유 처짐량을 측정하고 그 결과를 도 5에 도시하였다.

[0096] 또한, 결합력 평가하기 위해, 섬유 프리폼에서 단위 셀을 지정한 후 절단한 후 단위 셀의 양 끝에 그림을 붙인 후 Instron 측정기를 이용하여 번들(bundle) 단위로 풀 아웃(pull-out) 평가를 수행하고 그 결과를 표 2 및 도 6에 도시하였다.

[0097] 도 5에 도시한 바와 같이, 그래핀 옥사이드를 코팅한 섬유의 경우 5 mm의 섬유 처짐량을 보이는 반면, 아무처리하지 않은 섬유의 경우 18 mm의 처짐량을 보인다.

[0098] 이를 통해, 그래핀 옥사이드를 코팅하는 경우 섬유 프리폼의 형태안정성이 개선됨을 알 수 있다.

표 2

[0099]

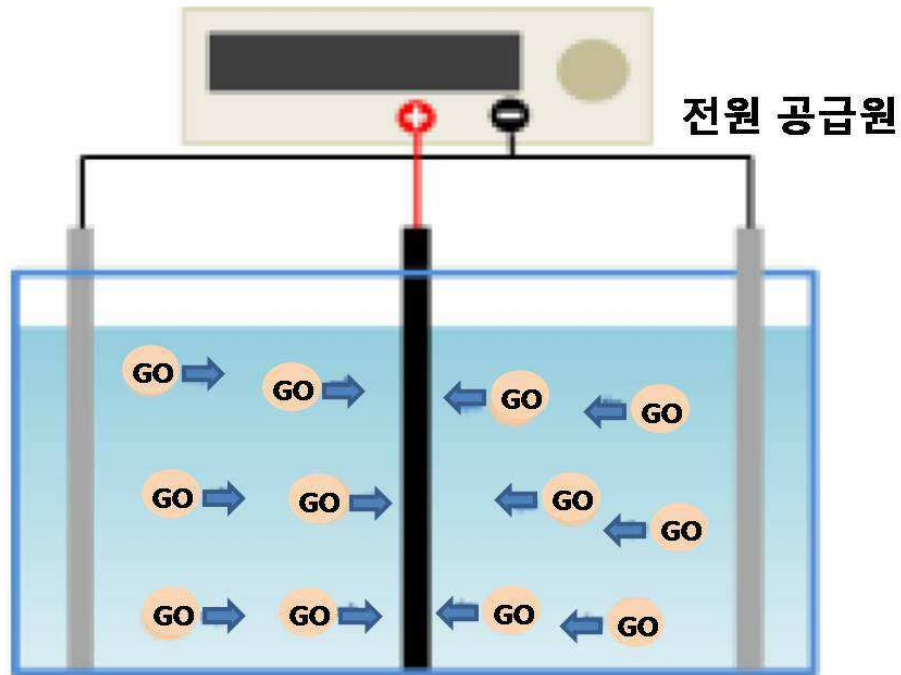
	비교예 2의 섬유 프리폼(N)	실시예 1의 섬유 프리폼(N)
시편 1	3.75	8.26
시편 2	3.43	8.51
시편 3	3.89	8.79
평균	3.69	8.52

[0100] 표 2 및 도 6에 도시한 바와 같이, 그래핀 옥사이드를 코팅함으로써 평균 최대힘이 3.69에서 8.52로 약 130 % 가량 증가하는 것으로 나타났다.

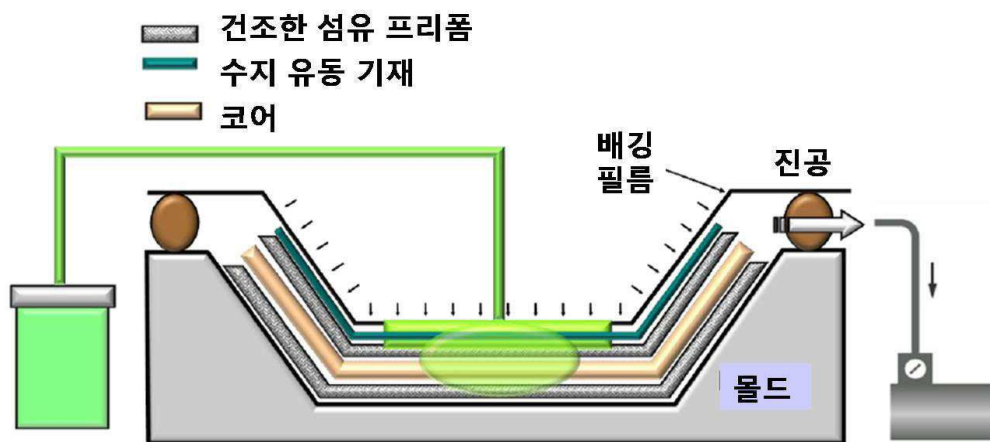
[0101] 이를 통해, 그래핀 옥사이드를 코팅하는 경우 섬유 프리폼의 결합력(형태 안정성)이 개선됨을 알 수 있다.

도면

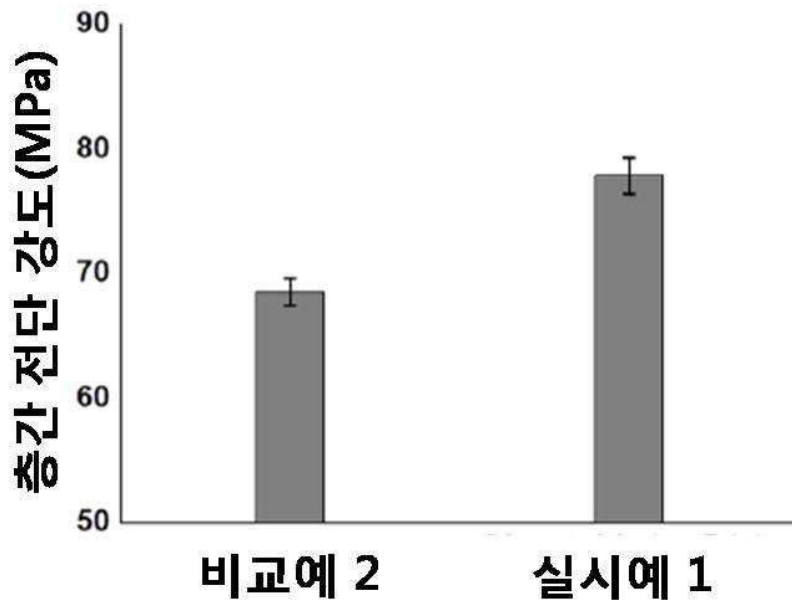
도면1



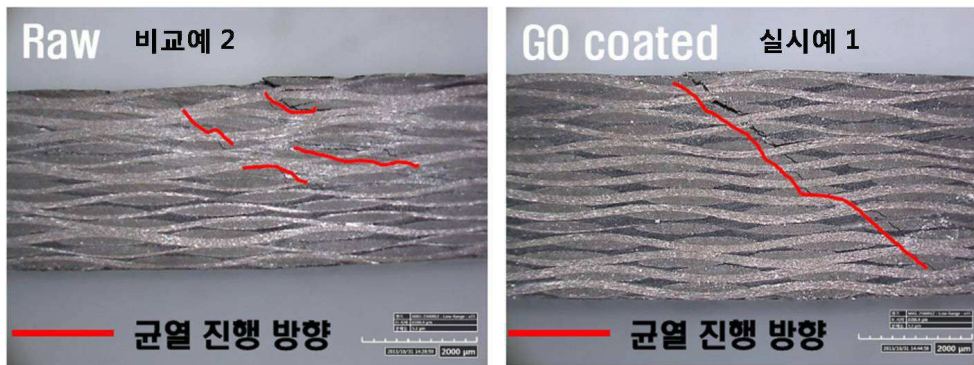
도면2



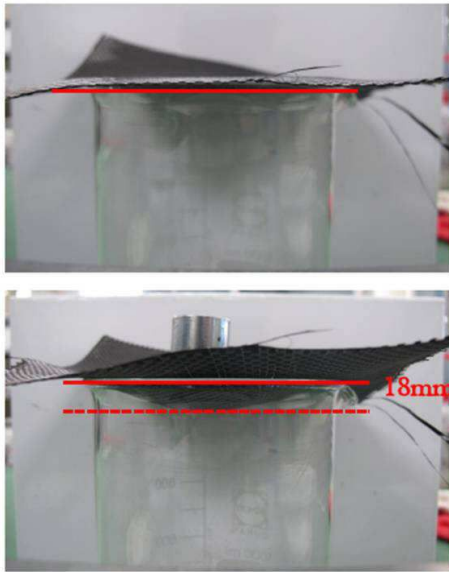
도면3



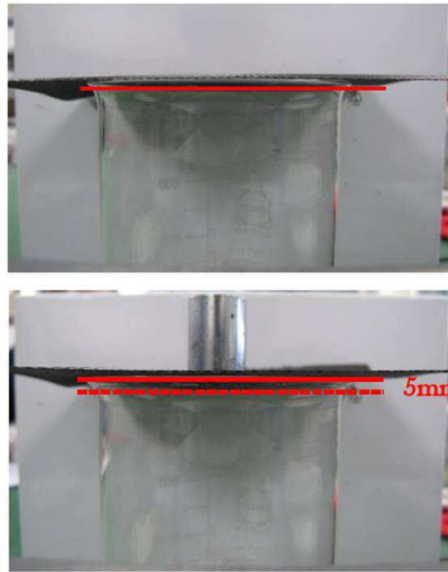
도면4



도면5

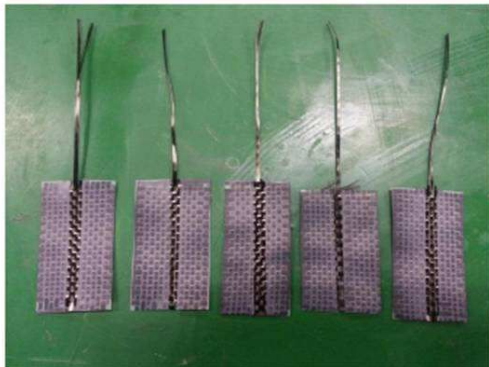


비교예 2

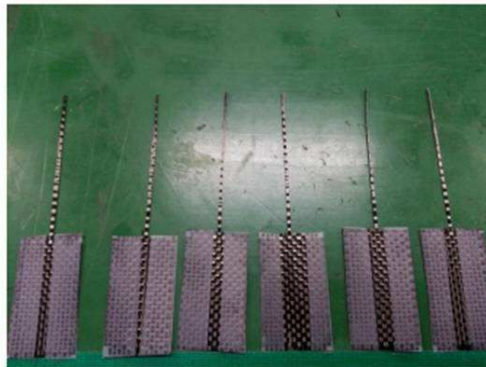


실시예 1

도면6



비교예 2



실시예 1