(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0128295
(43) 공개일자 2018년12월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B82B 1/00 (2017.01) *B82B 3/00* (2017.01)
(52) CPC특허분류
B82B 1/005 (2013.01)
B82B 3/0014 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0063683
(22) 출원일자 2017년05월23일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
한창수
서울특별시 강동구 고덕로 131, 105동 1701호
최병호
서울특별시 강북구 삼양로27길 95, 203동 1604호
최원준
서울특별시 영등포구 의사당대로 110, E동 1103호
(74) 대리인
특허법인 누리

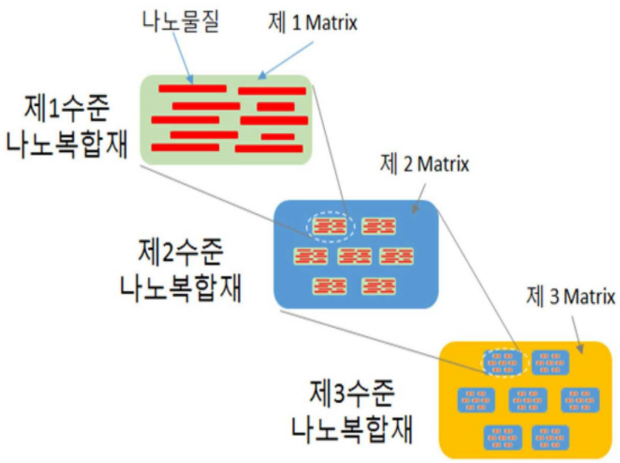
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **수도프랙탈 경량 나노복합소재**

(57) 요 약

본 발명의 일 실시예에 따른 수도프랙탈 형태의 나노복합재는, 주기율표의 원자번호가 50 이하에서 선정된 나노물질과 매트릭스 물질이 제 1수준의 나노복합재를 형성하고, 상기 나노복합재가 다시 제 2수준의 나노복합재의 필러로 함유되어 또 다른 매트릭스물질와 함께 복합재를 형성한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B82Y 40/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2016952991
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 미래소재디스커버리지원
연구과제명 초경량 극한기계물성을 위한 수도프랙탈 하이브리드 소재
기 여 율 1/1
주관기관 고려대학교 산학협력단
연구기간 2016.12.29 ~ 2017.03.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

주기율표의 원자번호가 50이하에서 선정된 나노물질과 매트릭스 물질이 제 1수준의 나노복합재를 형성하고, 상기의 나노복합재가 다시 제 2수준의 나노복합재의 필러로 함유되어 또 다른 매트릭스물질와 함께 복합재를 형성하는 수도프랙탈 형태의 나노복합재.

청구항 2

제 1항에 있어서, 주기율표 20이하에서 선정된 나노물질인 것을 특징으로 하는 수도프랙탈 나노복합재.

청구항 3

제 1항에 있어서, 나노복합재 수도프랙탈 레벨이 3이상인 것을 특징으로 하는 나노복합재.

청구항 4

제 1항에 있어서, 나노물질이 내부가 일부 비어있는 형태 즉, 쉘구조, 포러스구조, 튜브구조 및 2차원 쉬트 형태인 것을 특징으로 하는 나노복합재.

청구항 5

제 1항에 있어서, 나노물질이 탄소나노튜브, 그래핀, 그래핀옥사이드 물질인 것을 특징으로 하는 나노복합재.

청구항 6

제 1항에 있어서, 제 1수준의 나노복합재의 매트릭스가 폴리머이거나 주기율표의 원자번호 50이하의 금속인 것을 특징으로 하는 수도프랙탈 나노복합재.

청구항 7

제 1항에 있어서, 제 2수준의 나노복합재의 매트릭스가 폴리머인 것을 특징으로 하는 수도프랙탈 나노복합재.

청구항 8

제 1항에 있어서, 제 1 및 제 2의 어느 하나의 복합재에 첨가제를 추가로 넣는 것을 특징으로 하는 나노복합재.

청구항 9

제 1항에 있어서, 제 1 수준 이상의 나노복합재를 트러스형태의 구조물에 적용하여 제 2수준의 나노복합재를 형성함과 동시에 경량화를 극대화한 구조체.

청구항 10

제 1항 있서서, 제 1수준의 나노복합재가 가늘고 긴 모양을 가지고 있으며, 제 2수준에서도 같은 방향으로 정렬된 구조를 가지는 것을 특징으로 하는 나노복합재.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 경량 나노소재를 이용해 제조되는 수도프랙탈 구조를 가지는 나노복합재인 것을 특징으로 한다.

배 경 기 술

[0002] 소재의 초경량를 위해서는 가벼운 금속이나 폴리머 등 소재 자체의 종류를 바꾸는 방법이 있지만 높은 물리적 성질을 동시에 확보하는 것은 어렵다. 또한 최근들어 격자형구조를 제조하여 중량대비 강성을 최대화하기 위한

다양한 격자구조의 최적화 노력이 이루어지고 있지만 여전히 성능의 절대값 측면에서는 기존에 비해 현저히 낮은 문제점이 있다. 이와 더불어 거미줄이나 조개껍질등과 같은 자연계에 존재하는 나노구조를 모사하여 강도와 연성과 같은 서로 상반되는 두 가지의 물성을 동시에 향상하고자 하는 연구도 진행되어 오고 있으나 아직까지 초경량이나 보다 큰 구조에서의 성능에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다.

[0003] 이러한 이유로 초경량 소재를 지향하는 새로운 복합소재의 개발은 미래 물질로서 큰 관심을 받고 있으며, 특히 나노스케일에서부터 매크로스케일까지를 아우르는 초경량 소재의 개발은 미래 산업에서 중요한 역할을 할 것이다.

[0004] 하지만 나노스케일에서부터 매크로크기까지 초경량을 지향하는 소재들을 결합하여 궁극적으로 고성능의 초경량 소재를 구성하는 것은 설계적인 측면에서나 소재의 조합측면에서 많은 어려움이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 경량 나노물질을 기반으로 수도프랙탈구조를 가지도록 구성된 나노복합소재를 구성하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 경량화를 지향하는 나노물질을 주기율표상에서 원자번호가 50이하의 물질 또는 이 원소들의 복합물(Compound)인 것을 특징으로 한다.

[0007] 특히, 탄소, 보론, 수소, 질소와 같이 원자번호가 20이하인 원소로 만들어진 소재가 경량화에 더욱 바람직하다. 탄소나노튜브, 그래핀, 플러린을 비롯해 SiO_2, Al_2O_2, BN, CN, SiC, BCN과 같은 복합물이 가능하며 이러한 복합물에 원자번호가 50이상인 원소가 복합물에 일부 포함되는 것도 가능하다. 이러한 나노물질은 최소 부분적으로 결정성을 가지며 소재의 분류상 금속 또는 세라믹인 것을 특징으로 한다.

[0008] 이러한 상대적으로 경량인 원소들로 이루어진 나노물질을 더욱 경량화하기 위해 튜브구조, 기공구조(Porous structure), 면구조(Sheet structure), 격자구조, Shell구조 등과 같이 Volume이 완전히 채워지지 않은 구조일수록 더욱 무게대비 경량화를 유지하는데 바람직하다.

[0009] 이러한 경령화를 지향하는 나노구조물은 크기가 가장 작은 부분(예를 들어, 지름)이 1um이하인 것을 특징으로 한다. 즉, 나노튜브, 나노막대, 나노와이어, 나노입자, 2차원 나노소재와 같이 어느 한 크기가 1um 이하 또는 100nm이하인 것을 특징으로한다.

[0010] 이러한 경량 나노소재를 주 소재로 하여 복합재를 구성하게 되는데, 특정한 형상을 가진 나노소재는 복합재의 Filler로 사용되며, 또 다른 가벼운 matrix 소재들과 혼합되어 복합재를 구성할 수 있다. Matrix소재로는 Epoxy, PC, 폴리우레탄 등 폴리며 계열의 소재가 주로 사용될 수 있으며, 원자번호 50이하의 원소들로 이루어진 경량금속, 세라믹 및 이의 복합물이 사용될 수 있다.

[0011] 또한 이러한 Filler와 Matrix사이의 결합을 원활하게 하고, 복합재의 점도, 가공성, 물성을 조절하기위해 계면활성제(Surfactant), 유연제, 산화방지제, 점도조절제와 같은 추가적인 물질이 포함될 수 있다.

[0012] 이와 같이 제조된 나노복합재는 또다시 새로운 복합재의 Filler로 들어갈 수 있으며, 이를 위해 또 다른 Matrix를 이용해 복합재를 구성할 수 있다. 이와 같은 과정을 통해 마치 프랙탈과 같은 구조를 가지도록 복합재를 구성할 수 있는데 이를 수도프랙탈이라고 명명하였다. 그리고 경량 나노소재를 이용해 구성되는 나노복합재를 수준 1로 명명하고, 이 나노복합재를 Filler로 하고 Matrix를 이용해 구성한 새로운 나노복합재는 수준 2로 명명한다. 이와 같은 과정을 반복하면 계층적 구조를 가지는 복합재를 구현할 수 있으며 수준을 1,2,3,4와 같이 계속 높여나갈 수 있다.

[0013] 본 발명에서 수도프랙탈 나노복합재로 명명한 것은 첫 번째 수준에서의 복합재에 사용하는 Matrix나 나노소재의 모양 및 함유량이 두 번째 수준에서의 복합재에서의 Filler 모양이나 함유량 및 Matrix 소재 종류와 다르게 형성될 수 있기 때문에 같은 패턴이 반복되는 형태를 포함할 수 있지만 여기에 한정되지 않는다는 것을 의미하기 위해서이다. 즉, 첫 번째 수준에서 나노소재는 와이어의 형태라면 두 번째 수준에서의 복합체에 들어가는 나노복합재는 구형의 소재일 수 있으며, Matrix소재는 제1수준에서는 금속이고, 제2수준에서는 폴리머일 수 있다.

[0014] 이러한 수도프랙탈의 나노복합재는 기존에 자연계에 존재하는 다양한 생체 조직에서 발견되는 것처럼 강도나 파괴인성(Fracture Toughness)가 모두 높은 소재가 될 수 있으며, 수준이 높아질수록 제작의 어려움은 있지만 상반되는 두 성능을 동시에 향상시키는 데 기여할 수 있다.

[0015] 이러한 나노복합재를 그대로 다양하게 활용하는 것도 가능하지만 매크로한 크기로 제작할 때에 더욱 극단적으로 경량화를 추구하기 위해 이를 격자구조의 큰 구조에 적용시켜 구조재를 형성도록 하는 것도 가능하다.

발명의 효과

[0016] 본 발명의 수도플랙탈 하이브리드 소재는, 경량화를 지향하면서 동시에 기계적 물성인 강도, 인성(Toughness), 강성 등을 현저히 향상시킬 수 있으며, 포함되는 재료의 특성에 따라 전도성, 전기화학적 특성 등을 조절할 수 있는 기능성 재료가 될 수 있다. 특히, 프랙탈의 수준, 나노소재의 종류와 형태 등에 따라 다양한 나노복합재를 제조할 수 있어서 설계적 자유도가 매우 크다는 장점이 있다.

[0017] 이러한 소재는 단순히 초경량화뿐아니라 극단적인 고강성 및 고강도를 구현하거나 큰 유연성을 가지는 소재로의 발전도 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 수도프랙탈 구조의 개략도이다.

도 2는 첨가제가 포함된 수도프랙탈 나노복합재

도 3은 제 1수준 이상의 나노복합재가 트러스구조물에 적용된 구조체

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명은 수도프랙탈 나노복합재에 관한 것이며, 더욱 상세하게는 경량 나노물질을 기반으로 계층적 수준이 적어도 2이상인 자기반복적 형태 또는 이와 유사한 형태를 가지도록 구성된 나노복합재에 관한 것이다.

[0021] 이하, 본 발명을 상세하게 설명한다.

[0022] 나노물질은 일반적으로 결정성구조를 가지는데 원자가 큰 Defect없이 잘 형성된 결정구조의 경우 Bulk한 소재에서보다 훨씬 물리적으로 특성이 뛰어난 성능을 보이게 된다. 일반적으로 나노스케일의 물질들은 복합재를 구성할 경우 매우 이상적인 Fracture strength를 가지게 되는데, Matrix에 Load를 매우 균일하게 전달하여 낮은 강도의 Matrix와 복합재를 구성했음에도 불구하고 높은 파괴강도를 가지게 되며, 이는 Filler의 크기가 나노미터 크기인 것에 기인한다. 특히 경량화를 추구하기 위해 내부가 비어있는 나노튜브의 형태를 띈다고 하면, 이는 밀도대비 강도가 매우 뛰어날뿐더러 그 자체로도 다른 물질에 비해 특정방향으로 매우 높은 절대강도를 가진다. 예를 들어 탄소나노튜브는 인장방향으로 약1000GPa정도의 강도를 가진다. 이는 고강도 철의 약 10배이상으로 복합재의 주요 소재로 다루어지는 이유이다. 튜브 형태인 경우에는 길이방향으로 높은 강성(Elastic Modulus)과 강도(Strength)를 가지고 있어서 길이 방향으로 힘이 가해지는 환경이라면 밀도를 매우 낮출 수 있는 강점이 있다.

[0023] 또한, 일반적으로 계층적 구조로서 수도프랙탈 구조를 형성하게 되면, n-1수준의 높은 강도가 n번째 수준의 복합재의 인성을 높여주는 효과가 있어서 이러한 수준에 따라 강도와 인성의 두 가지 특성을 동시에 최적화하는 것이 용이하게 된다.

[0024] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예를 제시하나, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 범주 및 기술사상 범위 내에서 다양한 변경 및 수정이 가능함은 당업자에게 있어서 명백한 것이며, 이러한 변형 및 수정이 첨부된 특허청구범위에 속하는 것도 당연한 것이다.

[0025] 도 1은 수도프랙탈 구조의 개략도이다.

[0026] 도 2는 첨가제가 포함된 수도프랙탈 나노복합재

[0027] 도 3은 제 1수준 이상의 나노복합재가 트러스구조물에 적용된 구조체

[0028] **실시예**

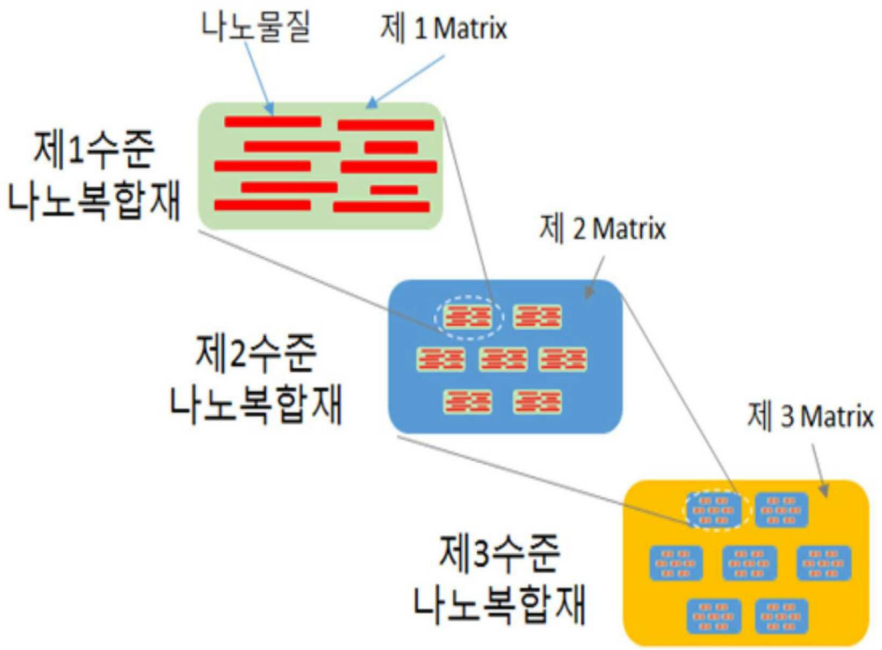
[0029] 먼저, 초경량 나노물질로서 기존에 많이 사용되어 오는 탄소나노튜브를 이용할 수 있다. 이러한 탄소나노튜브를 나노금속소재와 혼합하여 먼저 나노복합재를 형성할 수 있다. 이 때 목적에 따라 와이어형태나 구형태의 입자로 제조가 가능하다. 이것이 제 1수준에서의 나노복합재이며, 이러한 나노복합재를 다시 Epoxy와 같은 폴리머 매크릭스에 넣어서 제 2수준의 복합재를 만들 수 있다. 적절한 분산 및 점도 조절에 필요한 첨가제가 부가될 수 있으며, 와이어형태의 경우 한쪽 방향으로 정렬될 수 있도록 Fiber형태로 제작할 수 있다.

[0030] 두 번째로 그래핀 옥사이드를 적층할 때, 자연계에 많이 사용되는 SiO2나 CaCO3와 같은 나노크기의 입자 물질들을 첨가한 후 이를 고온에서 처리하면 그래핀옥사이드는 환원된그래핀(Reduced Graphene Oxide)로 변하면서 그 사이사이에 SiO2와 CaCo3와 같은 물질들이 GO의 Flake들을 결합시키는데 기여할 수 있다. 특히 이 때, Carbon Nanoball이나 미량의 PAN과 같은 폴리머물질들이 포함되면 고온처리 시 이러한 물질들이 다양한 물질들을 강하게 결합시키는 접착제 역할을 수행하기도 한다. 이와 같은 형태로 먼저 특정한 방향에 대해 매우 강인한 구조를 형성한 후에, 이를 다시 Ball milling과 같은 방법으로 입자형태로 만들어 다시 이를 Filler로 Epoxy와 같은 새로운 Matrix에 넣어서 제 2수준의 나노복합재를 형성할 수 있다.

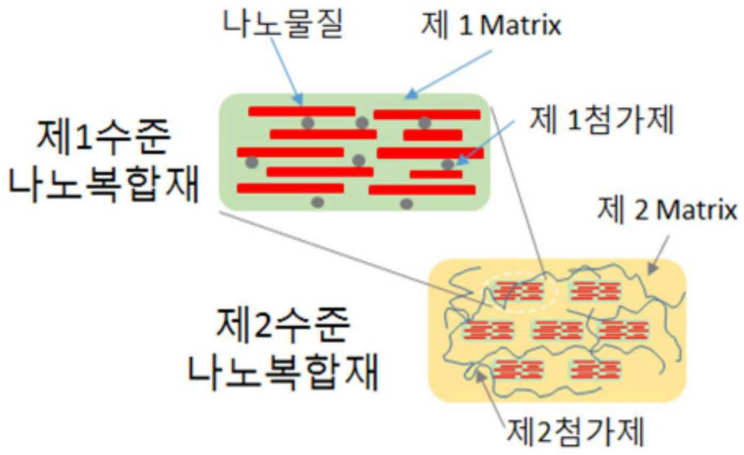
[0031] 또 다른 실시예로 이와같이 제조된 제 1수준의 나노복합재를 이용해 제 2수준의 나노복합재를 만들 때, Truss구조나 Porous구조와 같이 내부에 기공이 있는 구조를 가지는 형태로 복합구조물을 제조할 수 있다. Injection molding이나 3D printing등 다양한 제조방법이 사용될 수 있으며, 최종적으로는 그림 3와 같이 수도프랙탈 나노복합재가 트러스구조에 적용된 형태를 도식적으로 표현하였다.

도면

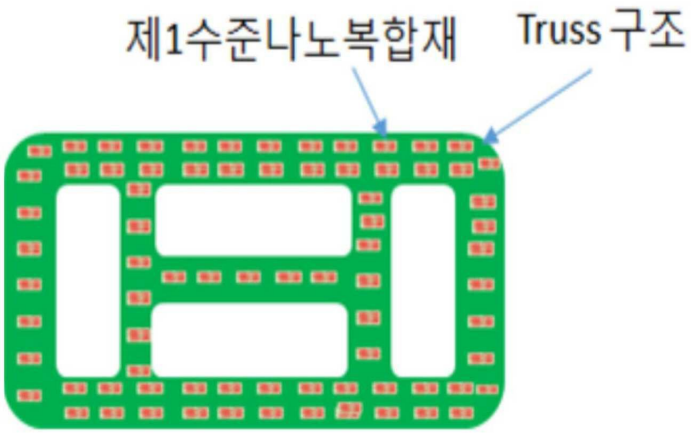
도면1



도면2


나노물질
제 1 Matrix
제1수준
나노복합재
제 1첨가제
제 2 Matrix
제2수준
나노복합재
제2첨가제

도면3


제1수준나노복합재
Truss 구조