(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0046670
(43) 공개일자 2010년05월07일

(51) Int. Cl.
D06M 11/83 (2006.01) *D06M 10/06* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0105621
(22) 출원일자 2008년10월28일
심사청구일자 2008년10월28일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전 유성구 장동 171번지
(72) 발명자
이상복
경상남도 창원시 가음동 13-3 기계연구소아파트 305호
변준형
부산광역시 남구 용호동 LG메트로시티아파트 215동 2404호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김기문

전체 청구항 수 : 총 10 항

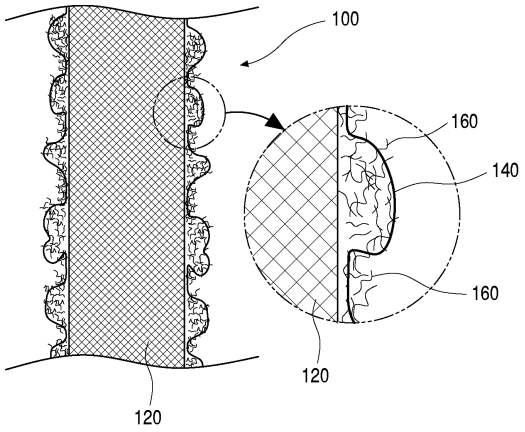
(54) 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유 및 이를 구비한 복합재료

(57) 요 약

본 발명은 전기영동법과 전해도금법의 동시 실시에 의해 나노입자와 금속이 카본섬유에 동시에 혼합 부착되도록 한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유 및 이를 구비한 복합재료에 관한 것이다.

본 발명에 의한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유는, 직경 5 내지 10㎛의 외경을 가지는 연속섬유가 다수 가닥 뭉쳐진(bundle) 형상을 가지는 카본섬유(120)와, 상기 카본섬유(120) 외면에 전기영동과정을 통해 부착되는 나노입자(160)와, 상기 카본섬유(160) 외면에 전해도금과정을 통해 부착되는 금속(140)을 포함하여 구성되며, 상기 나노입자(160)와 금속(140)은 전기영동과정과 전해도금과정의 동시 실시에 의해 상기 카본섬유(160) 외면에 혼합된 상태로 부착된 것을 특징으로 한다. 이와 같이 구성되는 본 발명에 따르면, 기계적 특성, 전기전도도 및 열전도도가 향상되는 이점이 있다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

이진우

경상남도 창원시 가음동 13-3 기계연구소아파트 404호

엄문광

경상남도 창원시 상남동 토월대동아파트 110동 501호

이상관

경상남도 창원시 용호동 롯데아파트 13동 506호

이원오

경상남도 창원시 가음동 13-3 기계연구소아파트 301호

최오영

부산광역시 중구 대청동4가 새들맨션 A동 708호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 PNC8590,PMI5250,PMI5080

부처명 지경부, 교과부

연구사업명 GRL,소재원천연구개발사업

연구과제명 구조용 다기능성 마이크로/나노 복합재료 개발,유무기 복합섬유상에 의한 전도성 제어기술,전자파 흡수 고각형비 극미세 금속입자 복합화 기술

주관기관 재료연구소

연구기간 2007년 12월 01일 ~ 2008년 11월 30일,2008년 07월 01일 ~ 2009년 06월 30일,2008년 06월 01일 ~ 2009년 05월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

직경 5 내지 10㎛의 외경을 가지는 연속섬유가 다수 가닥 뭉쳐진(bundle) 형상을 가지는 카본섬유,

상기 카본섬유 외면에 전기영동과정을 통해 부착되는 나노입자와,

상기 카본섬유 외면에 전해도금과정을 통해 부착되는 금속을 포함하여 구성되며,

상기 나노입자와 금속은 전기영동과정과 전해도금과정의 동시 실시에 의해 상기 카본섬유 외면에 혼합된 상태로 부착된 것을 특징으로 하는 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 금속은 구리(Cu), 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 니켈(Ni) 등 전도성 금속 중 하나 이상을 포함하여 구성됨을 특징으로 하는 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 금속은 1㎚ 내지 500㎚의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유.

청구항 4

직경 5 내지 10㎛의 외경을 가지는 연속섬유가 다수 가닥 뭉쳐진(bundle) 형상을 가지는 카본섬유와, 상기 카본섬유 외면에 전기영동과정을 통해 부착되는 나노입자와, 상기 카본섬유 외면에 전해도금과정을 통해 부착되는 금속으로 이루어진 다기능성 복합섬유와;

상기 복합섬유에 함침되어 복합섬유의 형상을 유지하는 고분자혼합물을 포함하여 구성되며,

상기 나노입자와 금속은 전기영동과정과 전해도금과정의 동시 실시에 의해 상기 카본섬유 외면에 혼합된 상태로 부착된 것을 특징으로 하는 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유를 구비한 복합재료.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 고분자혼합물은 열경화성 수지와 열가소성 수지 중 하나 이상을 포함하여 구성됨을 특징으로 하는 다성분 동시 증착에 의한 다기능성복합섬유를 구비한 복합재료.

청구항 6

제 4 항에 있어서, 상기 고분자혼합물에는 나노재료, 나노카본재료 중 하나 이상이 포함됨을 특징으로 하는 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유를 구비한 복합재료.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 나노재료는 500㎚ 이하의 입경을 가지며, 구리(Cu), 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 니켈(Ni) 등 전도성 금속 중 하나 이상을 포함하여 구성됨을 특징으로 하는 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유를 구비한 복합재료.

청구항 8

제 6 항에 있어서, 상기 나노카본재료는 500 ㎚ 이하의 입경을 가지며, 카본나노튜브, 카본나노섬유, 카본블랙 등 나노입자 중 하나 이상을 포함하여 구성됨을 특징으로 하는 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유를 구비한 복합재료.

청구항 9

제 4 항에 있어서, 5×10^{-2}S/㎝ 이상의 두께방향 전기전도도를 갖는 것을 특징으로 하는 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유를 구비한 복합재료.

청구항 10

제 4 항에 있어서, 70MPa 이상의 전단강도를 갖는 것을 특징으로 하는 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유를 구비한 복합재료.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

[0020] 본 발명은 전기영동법과 전해도금법의 동시 실시에 의해 나노입자와 금속이 카본섬유에 동시에 혼합 부착되도록 하여 기계적 특성, 전기전도도 및 열전도도가 향상되도록 한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유에 관한 것이다.

[0021] 카본나노튜브를 비롯한 나노입자는 전기전도도와 열전도도 및 강도가 우수하여 고분자에 소량 첨가되더라도 원래 고분자의 구조/기능적 특성보다 매우 향상된 특성을 가지는 나노복합재료를 얻을 수 있게 된다.

[0022] 특히 최근에는 카본나노튜브를 다양한 재료에 첨가하여 요구되는 향상된 물성을 갖도록 한 복합재료가 개발되고 있다.

[0023] 그러나 카본나노튜브가 함유된 복합재료는 기존의 마이크로 섬유 보강 복합재료에 비해 기계적 특성이 10 ~ 20% 수준에 머무르고 있기 때문에 나노복합재료를 구조용 및 다기능용으로 사용하기 위해서는 마이크로섬유와 카본나노튜브를 하이브리드화 하거나, 카본나노튜브의 첨가량을 획기적으로 증가시킬 수 밖에 없는 실정이다.

[0024] 그리고, 카본나노튜브가 함유된 복합재료는 경량의 고강도 소재로서 특히 항공우주 및 방위산업 분야에서 폭넓게 적용하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다.

[0025] 그러나, 고분자 재료의 낮은 구조/기능 특성으로 인해 두께 방향의 특성이 취약하여 복합재료의 광범위한 적용을 저해하며 재료 특성 데이터 베이스가 충분치 못하여 신뢰성과 안정성이 취약한 문제가 있다.

[0026] 이에 따라 카본나노튜브가 혼합된 수지를 카본섬유에 함침하여 고강도 및 고강성이 요구되는 구조용 복합재료를 제조하는데 많은 연구가 진행되고 있다.

[0027] 그러나 카본나노튜브가 혼합된 수지는 점도가 높아져 함침에 어려움이 있으며, 수지가 함침이 되더라도 카본나노튜브는 카본섬유 다발(bundle)에 의해 필터링되어 카본섬유 다발 내부로 침투되지 않는 문제점이 있다.

[0028] 또한 복합재료를 제조하는데 많은 공정수가 요구되어 생산성이 저하되며 제조 원가가 급상승하게 되어 가격 경쟁력이 낮은 문제점이 있다.

[0029] 그리고, 미국 공개 특허 제2008-0118736호에는 폴리머 매트릭스를 가진 복합재료가 게시되어 있다.

[0030] 그러나, 섬유 또는 입자로 이루어진 필러 표면에 분쇄된 그라파이트를 분사하여 형성함으로써 부착력이 저하되며, 재료의 손실이 많은 문제점이 있다.

[0031] 또한 복잡한 다수 단계를 거침으로써 생산성이 저하되는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

[0032] 본 발명의 목적은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 전기영동법과 전해도금법을 전기증착단계에서 동시에 실시하여 나노입자와 금속이 카본섬유에 동시에 부착되도록 한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유를 제공하는 것에 있다.

[0033] 본 발명의 다른 목적은, 나노입자와 금속의 치밀한 혼합구조로 인하여 기계적 물성과 전기적,열적 물성이 향상되도록 한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유를 제공하는 것에 있다.

[0034] 본 발명의 또 다른 목적은, 다양한 고분자혼합물을 선택적으로 포함시켜 요구되는 물성의 다양한 변경 적용이 가능하도록 함으로써 두께방향 전기전도도, 열전도도 및 기계적강도가 향상되도록 한 다성분 동시 증착에 의한

다기능성 복합섬유를 구비한 복합재료를 제공하는 것에 있다.

발명의 구성 및 작용

[0035] 본 발명에 의한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유는, 직경 5 내지 10㎛의 외경을 가지는 연속섬유가 다수 가닥 뭉쳐진(bundle) 형상을 가지는 카본섬유, 상기 카본섬유 외면에 전기영동과정을 통해 부착되는 나노입자와, 상기 카본섬유 외면에 전해도금과정을 통해 부착되는 금속을 포함하여 구성되며, 상기 나노입자와 금속은 전기영동과정과 전해도금과정의 동시 실시에 의해 상기 카본섬유 외면에 혼합된 상태로 부착된 것을 특징으로 한다.

[0036] 상기 금속은 구리(Cu), 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 니켈(Ni) 등 전도성이 높은 금속 중 하나 이상을 포함하여 구성됨을 특징으로 한다.

[0037] 상기 금속은 1㎚ 내지 500㎚의 두께를 갖는 것을 특징으로 한다.

[0038] 본 발명에 의한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유를 구비한 복합재료는, 직경 5 내지 10㎛의 외경을 가지는 연속섬유가 다수 가닥 뭉쳐진(bundle) 형상을 가지는 카본섬유와, 상기 카본섬유 외면에 전기영동과정을 통해 부착되는 나노입자와, 상기 카본섬유 외면에 전해도금과정을 통해 부착되는 금속으로 이루어진 다기능성 복합섬유와; 상기 복합섬유에 함침되어 복합섬유의 형상을 유지하는 고분자혼합물을 포함하여 구성되며, 상기 나노입자와 금속은 전기영동과정과 전해도금과정의 동시 실시에 의해 상기 카본섬유 외면에 혼합된 상태로 부착된 것을 특징으로 한다.

[0039] 상기 고분자혼합물은 열경화성 수지와 열가소성 수지 중 하나 이상을 포함하여 구성됨을 특징으로 한다.

[0040] 상기 고분자혼합물에는 나노재료, 나노카본재료 중 하나 이상이 포함됨을 특징으로 한다.

[0041] 상기 나노재료는 500㎚ 이하의 입경을 가지며, 구리(Cu), 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 니켈(Ni) 등 전도성 금속 중 하나 이상을 포함하여 구성됨을 특징으로 한다.

[0042] 상기 나노카본재료는 500 ㎚ 이하의 입경을 가지며, 카본나노튜브, 카본나노섬유, 카본블랙 등 나노입자 중 하나 이상을 포함하여 구성됨을 특징으로 한다.

[0043] 5×10^{-2}S/㎝ 이상의 두께방향 전기전도도를 갖는 것을 특징으로 한다.

[0044] 70MPa 이상의 전단강도를 갖는 것을 특징으로 한다.

[0045] 상기와 같이 구성되는 본 발명에 따르면, 기계적 특성, 전기전도도 및 열전도도가 향상되며, 다양한 분야에 적용 가능한 이점이 있다.

[0046] 이하에서는 본 발명에 의한 다기능성 복합섬유의 구성을 설명한다.

[0047] 도 1에는 본 발명에 의한 다기능성 복합섬유의 내부 구성을 개략적으로 보인 종단면도가 도시되어 있다.

[0048] 도면과 같이, 본 발명에 의한 다기능성 복합섬유(100)는 다수 연속섬유가 뭉쳐진 형상을 가지는 카본섬유(120)에 의해 기본적인 형체를 이루게 된다.

[0049] 상기 카본섬유(120)는 직경 5 내지 10㎛의 외경을 가지는 연속섬유가 수천 가닥 뭉쳐진(bundle) 형상을 가지며, 일방향 또는 평면 방향의 직물이 적용 가능하다.

[0050] 그리고, 상기 카본섬유(120)는 아래에서 설명할 나노입자(160)와 금속(140)의 부착을 위하여 전처리는 행하지 않으며, 알코올 또는 아세톤을 이용한 표면 세척을 선택적으로 실시 가능하다.

[0051] 또한 상기 카본섬유(120)는 금속(140)의 보다 효율적인 부착을 위해 카본섬유(120) 표면에 팔라듐 또는 백금을 이용한 촉매화과정(S150)이 선택적으로 실시될 수도 있다.

[0052] 그리고, 상기 카본섬유(120) 외면에는 나노입자(160)와 금속(140)이 부착되어 있다.

[0053] 상기 금속(140)은 전도성이 높은 금속으로 구성된다. 예컨대, 상기 금속(140)은 구리(Cu), 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 니켈(Ni) 등 전도성이 높은 금속 중 하나 이상을 포함하여 구성될 수 있으며, 본 발명의 실시예에서는 구리(Cu)가 적용되었다.

[0054] 또한 상기 금속(140)의 두께는 복합섬유(100)의 요구되는 물성 즉, 구조적 역할 또는 기능적 역할에 따라 1㎚

내지 500㎚의 두께 범위 내에서 다양하게 실시 가능함은 물론이다.

[0055] 상기 카본섬유(120) 외측에는 나노입자(160)가 구비된다. 상기 나노입자(160)는 카본섬유(120)의 강도, 강성 및 전도성을 동시에 향상시키기 위한 구성이다.

[0056] 즉, 도 1에서는 상기 나노입자(160) 및 금속(140)이 카본섬유(120)와 서로 다른 수직선상에 위치하여 층을 이루어 카본섬유(120)로부터 분리된 것으로 도시되어 있으나, 상기 나노입자(160) 및 금속(140)은 직물 형태의 카본섬유(120) 내부 공간으로 함침되어 복합섬유(100)의 강도, 강성 및 전도성을 향상시킬 수 있게 된다.

[0057] 그리고, 상기 나노입자는(160)은 카본나노입자(카본나노튜브, 탄소나노섬유, 카본블랙 등), 세라믹나노입자, 금속나노입자 중 어느 하나 이상을 포함하여 구성되어질 수도 있으며, 본 발명의 실시예에서 상기 나노입자(160)는 카본나노튜브가 적용되었다.

[0058] 또한, 상기 금속(140)과 나노입자(160)는 전기영동법(electrophoretic deposition) 및 전해도금법을 동시에 실시함으로써 카본섬유(120) 외면에 동시에 증착되어 형성된다.

[0059] 즉, 상기 나노입자(160)는 전해도금법을 통해 카본섬유 외면에 부착되고, 상기 금속(140)은 전기영동법을 통해 카본섬유(120) 외면에 부착되며, 상기 전기영동법과 전해도금법은 동시에 실시된다.

[0060] 따라서, 상기 금속(140)과 나노입자(160)는 도 1의 확대도와 같은 상태로 카본섬유(120) 외면에 부착된다.

[0061] 보다 구체적으로 설명하면, 상기 나노입자(160)와 금속(140)은 전기영동법과 전해도금법의 동시 실시에 의해 카본섬유(120)의 외면에 동시에 부착되므로, 도 1의 확대도와 같이 상기 카본섬유(120)의 외면에는 나노입자(160)가 먼저 부착되고 그 주위에 금속(140)이 둘러싸는 형태를 가질 수도 있고, 반대로 상기 카본섬유(120) 외면에 금속(140)이 증착되는 중에 금속(140) 내부에 나노입자(160)가 삽입되는 형태를 가질 수도 있다.

[0062] 따라서, 상기 카본섬유(120)의 외측에 나노입자(160)와 금속(140)이 별개의 층으로 이루어진 계층구조와 비교할 때, 나노입자(160)와 금속(140)이 혼합된 구조를 가지는 복합섬유(100)는 우수한 계면결합력을 갖게 되며, 이로 인하여 기계적 물성과 전기적 및 열적 물성이 향상될 수 있게 된다.

[0063] 이하 상기 다기능성 복합섬유의 제조방법을 첨부된 도 2를 참조하여 설명한다.

[0064] 도 2에는 본 발명에 의한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유의 제조방법을 나타낸 제조 공정도가 도시되어 있다.

[0065] 도면과 같이, 상기 복합섬유(100)를 제조하기 위한 과정은 크게 직경 5 내지 10㎛의 외경을 가지는 연속섬유가 다수 가닥 뭉쳐진(bundle) 형상을 가지는 카본섬유(120)와 나노입자(160) 및 금속재료(도 3의 도면부호 130)를 준비하는 재료준비단계(S100)와, 상기 나노입자(160) 표면이 양(+)전하를 띠도록 하는 기능화단계(S200)와, 양(+)전하를 띤 나노입자(160)와 금속재료(130)를 전해액이 담긴 복합처리조(180)에 장입하여 상기 카본섬유(120) 외면에 나노입자(160) 및 금속(140)을 동시에 부착하는 전기증착단계(S300)로 이루어진다.

[0066] 상기 재료준비단계(S100)에서 전해액은 물 또는 에탄올, 메탄올, 아세톤, 프로파놀, DMF(dimethylformamide), DMA(dimethylacetamide) 등 5 이상의 상대 유전율을 가지는 다양한 용매가 선택적으로 적용 가능하다.

[0067] 그리고 상기 재료준비단계(S100)에서 상기 카본섬유(120)는 나노입자(160)와 금속(140)이 용이하게 부착될 수 있도록 알코올 또는 아세톤을 이용해 표면을 세척하는 표면세척과정(미도시)과, 상기 카본섬유(120) 표면에 팔라듐 또는 백금으로 촉매화 처리하는 촉매화과정(S150)이 선택적으로 포함될 수 있다.

[0068] 상기 재료준비단계(S100)가 완료되면 기능화단계(S200)가 실시된다. 상기 기능화단계(S200)는 나노입자(160) 표면이 양(+)전하를 띠도록 하는 과정으로, 이민기, 아민기 등의 관능기를 도입함으로써 가능하다.

[0069] 즉, 상기 기능화단계(S200)는 본 발명의 실시예에서 100㎎의 물에 2g의 카본나노튜브와 0.5g의 PEI(polyethylenimine)를 첨가하고 초음파로 15분 동안 처리하게 된다.

[0070] 이때 상기 나노입자(160)는 이민기가 도입되어 양(+)전하를 띠게 된다. 즉, 상기 나노입자(160)는 전해액에서 충분히 세척하고 필터링한 후 70℃의 진공오븐에서 10시간 동안 건조하게 되면, 상기 나노입자(160) 표면은 이민기가 도입되어 양(+)전하를 띠게 된다.

[0071] 그리고, 상기 기능화단계(S200)을 거친 나노입자(본 발명의 실시예에서는 카본나노튜브를 사용함)는 선택적으로 전해액에서 충분히 세척하고 필터링한 후 70℃의 진공오븐에서 10시간 동안 건조한 후, 다시 전해액에 담겨져

bath type과 beam type 초음파하에서 분산 처리할 수 있다.

[0072] 또한, 상기 기능화단계(S200)는 프라즈마 처리를 통해 나노입자(160) 표면에 아민기, 이민기 등 관능기가 도입되어 양(+)전하를 띠게 하는 것이 가능하다.

[0073] 상기 기능화단계(S200) 이후에는 전기증착단계(S300)가 실시된다. 상기 전기증착단계(S300)는, 기능화된 나노입자(160)와 구리(Cu), 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 니켈(Ni) 등 전도성이 높은 금속 중 하나 이상을 선택적으로 포함하는 금속(140)을 상기 카본섬유(120) 외측에 동시에 부착하기 위한 과정이다.

[0074] 이때 상기 금속(140)은 복합섬유(100)의 요구되는 물성 즉, 구조적 역할 또는 기능적 역할에 따라 1㎚ 내지 500㎚의 두께 범위 내에서 다양하게 증착 가능하다.

[0075] 보다 상세하게는 상기 전기증착단계(S300)는 상기 나노입자(160)를 전기영동법으로 카본섬유(120) 외면에 부착하는 전기영동과정(S320)과, 상기 금속재료(130)를 전해도금법으로 카본섬유(120) 외면에 부착하는 전해도금과정(S340)으로 이루어지며, 상기 전기영동과정(S320)과 전해도금과정(S340)은 동시에 실시된다.

[0076] 이하 상기 전기증착단계(S300)를 첨부된 도 3을 참조하여 본 발명의 실시예를 들어 상세히 설명한다.

[0077] 도 3에는 본 발명에 의한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유의 제조방법에서 일 단계인 전기증착단계의 원리를 나타낸 개념도가 도시되어 있다.

[0078] 도면과 같이, 본 발명의 실시예에서 상기 복합처리조(180) 내부에는 분산된 양(+)전하를 띤 나노입자(160)가 전해액과 함께 장입되며, 상기 카본섬유(120)는 음(-)극에, 금속재료(130)는 양(+)극에 각각 연결한 후 상기 카본섬유(120)와 금속재료(130)를 일정 간격으로 이격한 다음 고정하였다.

[0079] 본 발명의 실시예에서 상기 금속재료(130)는 구리(Cu)판이 적용되었고, 나노입자(160)는 카본나노튜브가 적용되었으며, 상기 카본섬유(120)와 구리(Cu)의 이격한 간격은 0.8 cm로 하였다.

[0080] 이후 상기 카본섬유(120)와 나노입자(160)에 30V 전압을 5분간 인가하게 된다.

[0081] 이때 양(+)전하를 띤 카본나노튜브는 음(-)전하를 띤 카본섬유(120)의 표면에 전기영동법을 통해 증착되어 나노입자(160)를 형성하게 되며, 상기 금속재료(130)에는 양(+)극이 연결되어 전해액으로 이온화($Cu \rightarrow Cu^{2+}+2e^{-}$)된 후, 이온화된 Cu^{2+}는 음(-)극이 연결된 상기 카본섬유(120) 및 나노입자(160) 외면에 부착되어 금속(140)을 형성하게 된다.

[0082] 따라서, 상기 전기증착단계(S300)가 완료되면 상기 카본섬유(120) 외면에는 나노입자(160)와 금속(140)이 동시에 형성되어지게 된다.

[0083] 보다 구체적으로는 상기 카본섬유(120)의 외면에는 나노입자(160)가 먼저 부착되고 나노입자(160) 외면을 금속(140)이 둘러싸는 행태를 가질 수도 있으며, 상기 금속(140)이 카본섬유(120) 외면에 먼저 증착되고 금속(140)이 증착되는 과정중에 금속(140) 내부에 나노입자(160)가 끼워지는 형태를 가질 수도 있다.

[0084] 상기 전기증착단계(S300) 이후에는 나노입자(160)와 금속(140)이 부착된 카본섬유(120)를 복합처리조(180)에서 빼내어 전해액로 세척하는 세척과정(S360)이 실시된다.

[0085] 세척이 완료된 복합섬유(100)는 진공오븐에 장입되어 70℃에서 약 10시간 동안 건조함으로써 건조과정(S380)이 진행된다.

[0086] 상기한 과정이 완료되면 도 4와 같이 상기 복합섬유(100)의 외면에는 금속(140)으로 둘러싸인 나노입자(160)가 부착되어 돌기와 같은 형상을 가지게 되며, 보다 확대한 도 5를 살펴보면, 카본나노튜브와 금속(140)이 동시에 증착된 것을 확인할수 있다.

[0087] 도 4 및 도 5 는 본 발명에 의한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유의 제조 방법에 따라 제조된 복합섬유 실시예의 실물 확대 사진이다.

[0088] 또한 실시예에 따른 복합섬유의 성분을 EDS 성분 분석한 결과, 도 6과 같이 실시예에서 금속재료(130)로 사용된 구리(Cu)가 검출된 것을 확인할 수 있다.

[0089] 그리고, 상기 다기능성 복합섬유의 전기전도도 및 강도 측정을 위하여 본 발명의 실시예에서는 다기능성 복합섬유를 구비한 복합재료를 제조하였다.

[0090] 이때, 상기 복합재료는 다기능성 복합섬유와 상기 복합섬유에 고분자혼합물을 함침하여 구성된 것으로, 상기 고분자혼합물은 열경화성 수지와 열가소성 수지 중 하나 이상을 포함하여 구성된다.

[0091] 그리고, 상기 고분자혼합물에는 나노재료, 나노카본재료 중 하나 이상을 선택적으로 포함시킬 수 있다.

[0092] 또한, 상기 나노재료는 500㎚ 이하의 입경을 가지며, 구리(Cu), 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 니켈(Ni) 등 전도성 금속 중 하나 이상을 포함하여 구성된다.

[0093] 그리고, 상기 나노카본재료는 500 ㎚ 이하의 입경을 가지며, 카본나노튜브, 카본나노섬유, 카본블랙 등 나노입자 중 하나 이상을 포함하여 구성된다.

[0094] 본 발명의 실시예에서 상기 복합재료는 전술한 구성을 가지는 다기능성 복합섬유(80㎜×80㎜)을 12장 적층한 후, 수지 충전공정을 통해 에폭시수지(YD128 + KBH1089)를 복합섬유의 bundle사이에 함침하였다.

[0095] 그리고, 에폭시수지가 함침된 복합섬유를 120℃ 오븐에서 2시간동안 가열하여 경화시킴으로써 복합재료를 제조하였다.

[0096] 제조된 복합재료의 대해서는 short beam 시험을 통해 전단강도를 측정하였으며, 2-probe 전도성 시험을 통해 평면방향과 두께방향의 전기전도도를 측정하였고, 그 결과는 도 7 내지 도 9와 같다.

[0097] 도 7과 같이 비교예와 실시예의 전기전도도를 측정한 결과, 복합재료의 평면방향과 두께 방향 모두 비교예의 전기전도도 보다 높은 것을 알 수 있다.

[0098] 특히 실시예의 복합재료의 두께 방향 전기전도도는 평균 7.4×10^{-2}S/㎝로서 5.0×10^{-2}S/㎝ 이상의 전기전도도를 나타냈으며, 비교예와 대비해 보면 카본나노튜브와 금속을 카본섬유에 동시 증착시에 전기전도도의 뚜렷한 향상을 확인할 수 있다.

[0099] 도 7에서 비교예 #1은 카본섬유이고, 비교예 #2는 카본나노튜브만 증착된 것이며, 비교예 #3은 금속만 코팅된 것이다.

[0100] 그리고, 도 7의 측정시에 사용된 비교예 및 실시예의 전단강도를 측정한 결과, 도 8과 같이 실시예의 복합재료는 72MPa의 전단강도를 나타내어 비교예와 비교할 때 상대적으로 높은 것을 알 수 있다.

[0101] 또한, 도 8의 사진과 같이 두께 방향(상/하 방향)의 파면 상태를 살펴보면 층간 박리가 발생되지 않아 두께 방향 및 평면 방향 모두 구조적으로 안정된 것을 알 수 있다.

[0102] 한편, 본 발명에 의한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유의 제조 방법은 금속재료를 구성함에 있어서 다른 실시예의 적용이 가능하다.

[0103] 즉, 도 10 은 본 발명에 의한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유의 다른 실시예의 제조방법을 나타낸 개념도로서, 다른 실시예에서 상기 금속재료는 단일의 재료가 아닌 다수 종류의 복합금속이 적용되었다.

[0104] 즉, 상기 금속재료(130)는 2종 이상의 금속을 포함하는 단일상의 합금 또는 복합금속이 적용되어질 수도 있으며, 상기 전해액에 도금액을 용해하여 적용하고 이온화된 금속재료(130)와 판상의 금속재료(130)가 서로 다른 재질로 구성되도록 할 수도 있을 것이다.

[0105] 이때, 상기 카본섬유의 외면에는 나노입자(160)와 2종 이상의 금속을 포함하는 합금 또는 복합금속상이 동시에 증착될 수 있게 된다.

[0106] 이러한 본 발명의 범위는 상기에서 예시한 실시예에 한정하지 않고, 상기와 같은 기술범위 안에서 당업계의 통상의 기술자에게 있어서는 본 발명을 기초로 하는 다른 많은 변형이 가능할 것이다.

발명의 효과

[0107] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 의한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유는, 전기영동법과 전해도금법을 전기증착단계에서 동시에 실시하여 나노입자와 금속이 카본섬유 외면에 동시에 혼합된 상태로 부착될 수 있도록 구성하였다.

[0108] 따라서, 나노입자와 금속이 카본섬유의 외측에 혼합된 상태로 치밀하게 결합되므로 우수한 계면 결합력을 가지게 된다.

[0109] 또한, 공정수가 감소하게 되므로 가격경쟁력이 향상되는 이점이 있다.

[0110] 그리고, 본 발명에 의한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유를 구비한 복합재료에서는, 다양한 고분자 혼합물을 선택적으로 포함시켜 요구되는 물성의 다양한 변경 적용이 가능하므로 다양한 용도에 적용 가능한 이점이 있다.

[0111] 또한, 복합섬유의 두께 방향 강도가 현저히 증가하고, 전기 전도도 및 열전도도가 향상될 뿐 아니라, 기계적 특성이 향상되는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0001] 도 1 은 본 발명의 바람직한 실시예가 채용된 다기능성 복합섬유의 내부 구성을 개략적으로 보인 종단면도.

[0002] 도 2 는 본 발명에 의한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유의 제조방법을 나타낸 제조 공정도.

[0003] 도 3 은 본 발명에 의한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유의 제조방법에서 일 단계인 전기증착단계의 원리를 나타낸 개념도.

[0004] 도 4 는 본 발명에 의한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유의 제조방법에 따라 제조된 다기능성 복합섬유의 외관 모습을 보인 사진.

[0005] 도 5 는 도 4의 확대 사진.

[0006] 도 6 은 본 발명에 의한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유의 제조방법에 따라 제조된 다기능성 복합섬유의 EDS 성분 분석결과.

[0007] 도 7 은 본 발명에 의한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유를 구비한 복합재료 및 비교예의 전기전도도를 측정한 실험 데이터.

[0008] 도 8 은 본 발명에 의한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유를 구비한 복합재료 및 비교예의 계면 전단강도를 측정한 실험 데이터.

[0009] 의 전기전도도를 측정한 의 실시예와 비교예의 전기전도도를 측정한 실험 데이터.

[0010] 도 9 는 도 8의 계면전단강도 측정 후 실시예와 비교예의 파면 이미지.

[0011] 도 10 은 본 발명에 의한 다성분 동시 증착에 의한 다기능성 복합섬유의 다른 실시예의 제조방법을 나타낸 개념도.

[0012] * 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 *

[0013] 100. 복합섬유 120. 카본섬유

[0014] 130. 금속재료 140. 금속

[0015] 160. 나노입자 180. 복합처리조

[0016] S100. 재료준비단계 S150. 촉매화과정

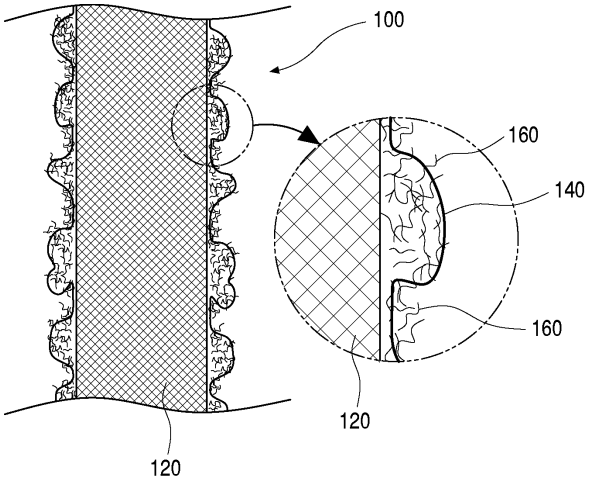
[0017] S200. 기능화단계 S300. 전기증착단계

[0018] S320. 전기영동과정 S340. 전해도금과정

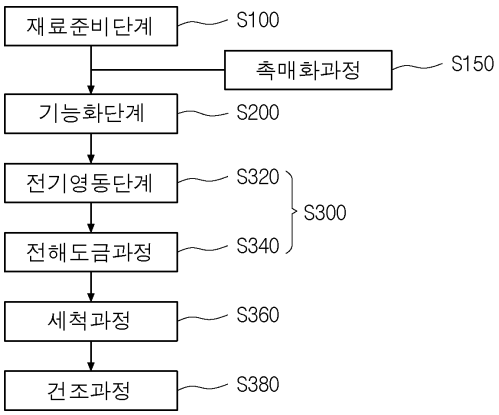
[0019] S360. 세척과정 S380. 건조과정

도면

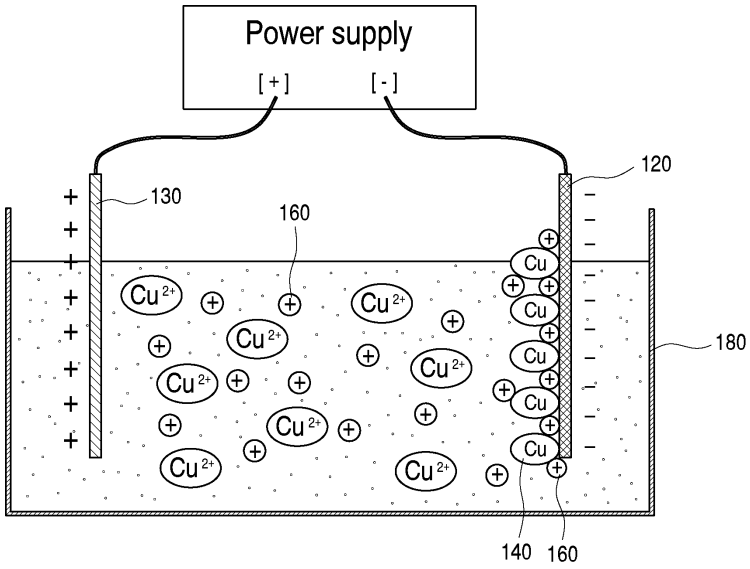
도면1


100
160
140
160
120
120

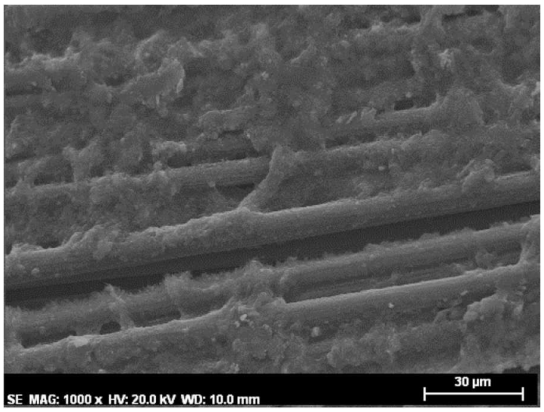
도면2


재료준비단계
S100
촉매화과정
S150
기능화단계
S200
전기영동단계
S320
S300
전해도금과정
S340
세척과정
S360
건조과정
S380

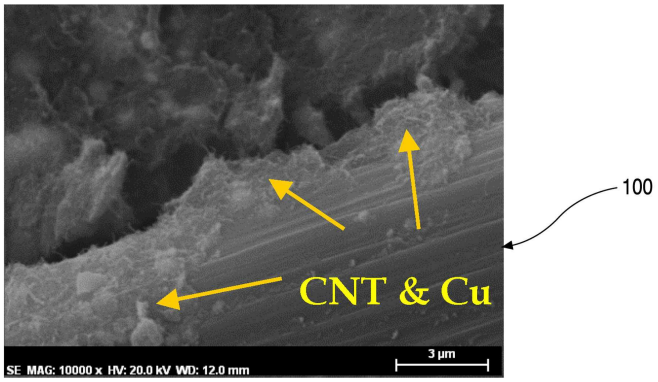
도면3


Power supply
[+]
[-]
120
130
160
180
140
160
Cu
Cu2+

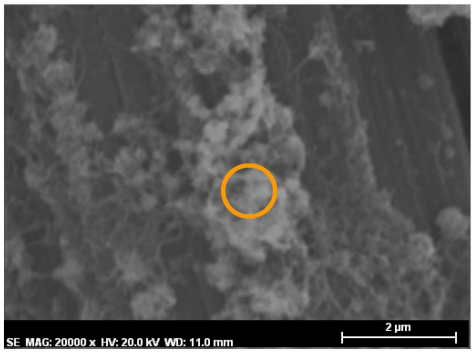
도면4


SE MAG: 1000 x HV: 20.0 kV WD: 10.0 mm
30 μm

도면5

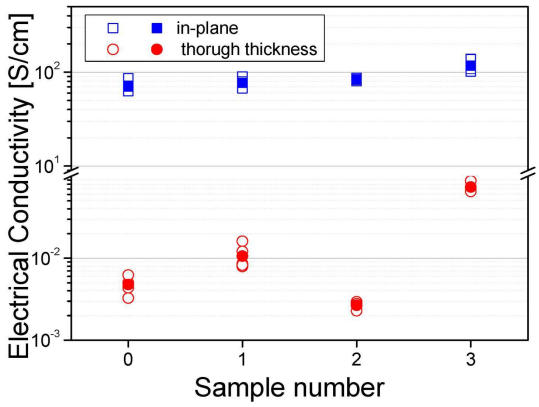

CNT & Cu
100
SE MAG: 10000 x HV: 20.0 kV WD: 12.0 mm
3 μm

도면6



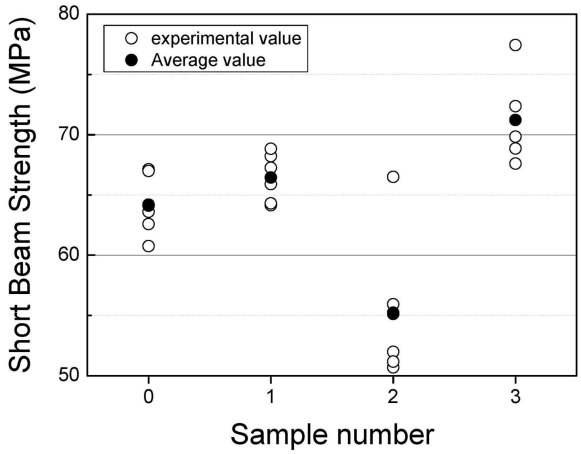
Element	series	[wt.%]	[norm. wt.%]	[norm. at.%]
Carbon	K-series	56.04	41.42	60.34
Nitrogen	K-series	19.91	14.71	18.38
Oxygen	K-series	17.84	13.19	14.42
Copper	K-series	29.20	21.58	5.94
Niobium	L-series	1.50	1.11	0.21
Gold	L-series	10.80	7.98	0.71
	sum	135.28	100	100

도면7



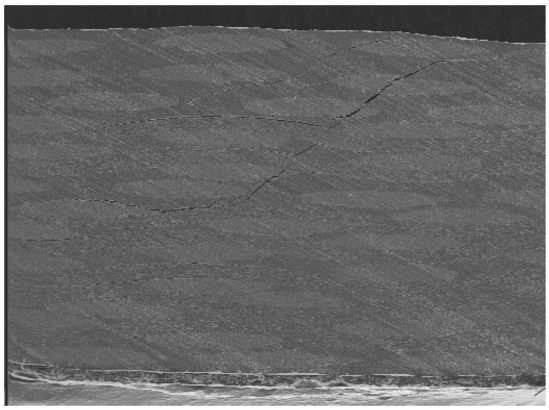
	Fabric
#0	Plain carbon fabric
#1	CNT deposited
#2	Cu coated
#3	CNT deposited & Cu coated

도면8



	Fabric
#0	Plain carbon fabric
#1	CNT deposited
#2	Cu coated
#3	CNT deposited & Cu coated

도면9



도면10

