(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0049074
(43) 공개일자 2021년05월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C08J 3/28 (2006.01) *B29B 13/02* (2006.01)
C08J 3/20 (2006.01) *C08K 3/04* (2006.01)
C08K 3/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C08J 3/28 (2013.01)
B29B 13/021 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0053851(분할)
(22) 출원일자 2021년04월26일
심사청구일자 없음
(62) 원출원 특허 10-2018-0170977
원출원일자 2018년12월27일
심사청구일자 2018년12월27일

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)
주식회사 엔지엠
부산광역시 남구 신선로 365, 6공학관 105,106호 (용당동, 부경대학교 용당캠퍼스)
(72) 발명자
권한상
부산광역시 수영구 광안해변로 459-5, 402호(민락동, 화인아트빌리지)
(74) 대리인
김정수

전체 청구항 수 : 총 13 항

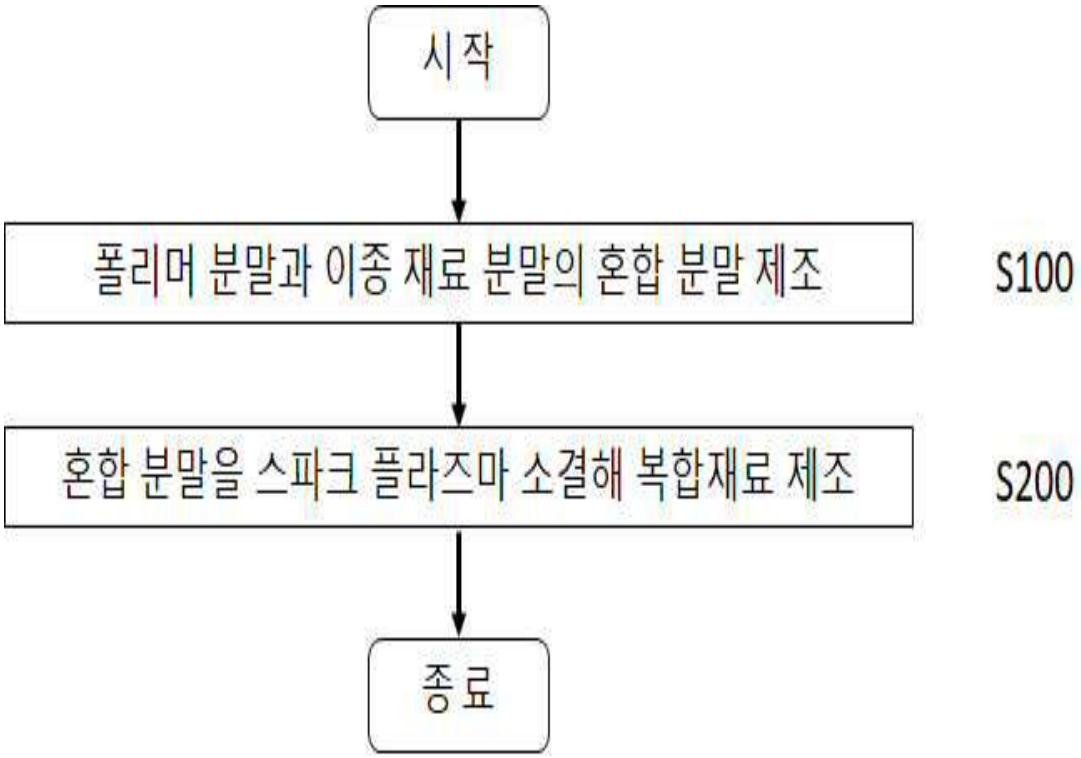
(54) 발명의 명칭 **폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 (a) 폴리머 분말과 이종(異種) 재료 분말의 혼합 분말을 제조하는 단계; 및 (b) 상기 혼합 분말을 방전 플라즈마 소결(spark plasma sintering, SPS)하여 복합재료를 제조하는 단계;를 포함하는 폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법 및 이에 의해 제조된 복합재료에 대한 것으로서, 본 발명에 따르면, 저에너지 볼밀링 등

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



을 통해 균일하게 혼합된 폴리머-이종 재료 하이브리드 복합 분말을 원료로 사용함으로써 폴리머와 이종 재료의 배합 비율을 자유롭게 조정할 수 있어 복합재료가 사용되는 부품이나 제품의 특성에 맞는 맞춤형 소재를 제조하는 것이 가능하고, 그리고, 상기 폴리머-이종 재료 하이브리드 복합 분말을 방전 플라즈마 소결시켜 복합재료를 제조함으로써 상기 폴리머와 이종 재료의 배합 비율에 따라 예상되는 물성이 그대로 복합재료에 구현된 고품질의 벌크재를 제조할 수 있으며, 또한, 상기와 같이 분말을 기반으로 복합재료를 제조하기 때문에 복합재료의 형상 및 크기 또한 자유롭게 제어할 수 있다는 점에서도 그 적용 분야가 대단히 광범위하다.

(52) CPC특허분류
C08J 3/20 (2013.01)
C08K 3/041 (2017.05)
C08K 3/046 (2017.05)
C08K 3/08 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

(a) 폴리머 분말과 이종 재료 분말의 혼합 분말을 제조하는 단계; 및

(b) 상기 혼합 분말을 방전 플라즈마 소결(spark plasma sintering, SPS)하여 복합재료를 제조하는 단계;를 포함하는 폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 폴리머는 (i) 아크릴계 수지, 올리핀계 수지, 비닐계 수지, 스티렌계 수지, 불소계 수지 및 섬유소계 수지로부터 선택되는 열가소성 수지 또는 (ii) 페놀 수지, 에폭시 수지 및 폴리이미드 수지로부터 선택되는 열경화성 수지인 것을 특징으로 하는 폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 이종 재료는 금속, 세라믹, 또는 금속 및 세라믹인 것을 특징으로 하는 폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 금속은 Al, Cu, Ti, Mg, K, Ca, Sc, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, W, Cd, Sn, Hf, Ir, Pt 및 Pb로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종의 금속 또는 2종 이상의 금속의 합금인 것을 특징으로 하는 것을 특징으로 하는 폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 세라믹은 (i) 산화물계 세라믹 또는 (ii) 질화물, 탄화물, 붕화물 및 규화물로부터 선택되는 비산화물계 세라믹인 것을 특징으로 하는 폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 이종 재료는 탄소계 나노 재료를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 탄소계 나노 재료는 탄소나노튜브, 탄소나노섬유, 탄소나노입자, 메조다공성탄소, 탄소나노시트, 탄소나노막대 및 탄소나노벨트로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상인 것을 특징으로 하는 폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 단계 (b)에서 150 내지 300 ℃의 온도 및 5 내지 100 MPa의 압력하에서 1 내지 10 분 동안 방전 플라즈마 소결을 수행하는 것을 특징으로 하는 폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 기재된 제조방법에 의해 제조된 복합재료.

청구항 10

제9항에 있어서,

1 내지 99 부피%의 금속 및 1 내지 99 부피%의 폴리머를 포함하는 금속-폴리머 하이브리드 복합재료인 것을 특징으로 하는 복합재료.

청구항 11

제9항에 있어서,

1 내지 99 부피%의 세라믹 및 1 내지 99 부피%의 폴리머를 포함하는 세라믹-폴리머 하이브리드 복합재료인 것을 특징으로 하는 복합재료.

청구항 12

제9항에 있어서,

0.5 내지 99 부피%의 금속, 0.5 내지 99 부피%의 세라믹 및 0.5 내지 99 부피%의 폴리머를 포함하는 금속-세라믹-폴리머 하이브리드 복합재료인 것을 특징으로 하는 복합재료.

청구항 13

제9항에 있어서,

0.1 내지 1 부피%의 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT)를 포함하는 것을 특징으로 하는 복합재료.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 금속-폴리머, 세라믹-폴리머, 금속-세라믹-폴리머 하이브리드 복합재료 등 폴리머와 이종(異種) 재료 간의 복합재료 제조방법 및 이에 의해 제조된 복합재료에 대한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 폴리머를 금속재료, 세라믹 등의 이종 재료와 복합화한 하이브리드 복합재료는 일반적인 소재에서 구현하지 못하는 다기능성을 구현할 수 있는 장점이 있으며, 예를 들어 금속-폴리머 하이브리드 복합재료의 경우 함유량에 따라 고방열 및 전도성 그리고 경량화를 동시에 구현할 수 있을 것으로 예상된다.

[0003] 하지만, 종래 기술에서는 폴리머와 이종 재료 간의 물성 차이를 극복하지 못해 폴리머와 이종 재료 각각의 특성을 살린 복합재료 제조에 어려움이 있으며, 폴리머와 이종 재료의 배합 비율에 따라 복합화에 의한 특성 향상 정도에서도 큰 편차가 발생한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 한국 등록특허 제10-0778071호 (등록일: 2007.11.14.)

(특허문헌 0002) 미국 공개특허 제2018-0072907호 (공개일: 2018.03.15.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 폴리머 및 이종 재료의 배합 비율을 자유롭게 조정할 수 있고 상기 배합 비율에 따른 폴리머와 이종 소재 각각의 특성이 복합재료에 십분 반영된 고품질의 벌크재를 제조할 수 있으며, 나아가, 복합재료의 형상 및/또는 치수 또한 자유롭게 제어할 수 있는 폴리머-이종 재료 하이브리드 복합재료의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 기술적 과제를 달성하기 위해, 본 발명은 (a) 폴리머 분말과 이종(異種) 재료 분말의 혼합 분말을 제조하는 단계; 및 (b) 상기 혼합 분말을 방전 플라즈마 소결(spark plasma sintering, SPS)하여 복합재료를 제조하는 단계;를 포함하는 폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법을 제안한다.

[0007] 또한, 상기 폴리머는 (i) 페놀 수지, 에폭시 수지 및 폴리이미드 수지로부터 선택되는 열경화성 수지 또는 (ii) 올리핀계 수지, 아크릴계 수지, 비닐계 수지, 스티렌계 수지, 불소계 수지 및 섬유소계 수지로부터 선택되는 열가소성 수지인 것을 특징으로 하는 폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법을 제안한다.

[0008] 또한, 상기 이종 재료는 금속, 세라믹, 또는 금속 및 세라믹인 것을 특징으로 하는 폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법을 제안한다.

[0009] 또한, 상기 금속은 Al, Cu, Ti, Mg, K, Ca, Sc, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, W, Cd, Sn, Hf, Ir, Pt 및 Pb로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종의 금속 또는 2종 이상의 금속의 합금인 것을 특징으로 하는 것을 특징으로 하는 폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법을 제안한다.

[0010] 또한, 상기 세라믹은 (i) 산화물계 세라믹 또는 (ii) 질화물, 탄화물, 붕화물 및 규화물로부터 선택되는 비산화물계 세라믹인 것을 특징으로 하는 폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법을 제안한다.

[0011] 또한, 상기 이종 재료는 탄소계 나노 재료를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법을 제안한다.

[0012] 또한, 상기 탄소계 나노 재료는 탄소나노튜브, 탄소나노섬유, 탄소나노입자, 메조다공성탄소, 탄소나노시트, 탄소나노막대 및 탄소나노벨트로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상인 것을 특징으로 하는 폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법을 제안한다.

[0013] 또한, 상기 단계 (b)에서 150 내지 300 ℃의 온도 및 5 내지 100 MPa의 압력하에서 1 내지 10 분 동안 방전 플라즈마 소결을 수행하는 것을 특징으로 하는 폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법을 제안한다.

[0014] 나아가, 본 발명은 상기 제조방법에 의해 제조된 폴리머와 이종 재료를 복합화한 복합재료를 제안한다.

[0015] 또한, 1 내지 99 부피%의 금속 및 1 내지 99 부피%의 폴리머를 포함하는 금속-폴리머 하이브리드 복합재료인 것을 특징으로 하는 복합재료를 제안한다.

[0016] 또한, 1 내지 99 부피%의 세라믹 및 1 내지 99 부피%의 폴리머를 포함하는 세라믹-폴리머 하이브리드 복합재료인 것을 특징으로 하는 복합재료를 제안한다.

[0017] 또한, 0.5 내지 99 부피%의 금속, 0.5 내지 99 부피%의 세라믹 및 0.5 내지 99 부피%의 폴리머를 포함하는 금속-세라믹-폴리머 하이브리드 복합재료인 것을 특징으로 하는 복합재료를 제안한다.

[0018] 또한, 0.1 내지 1 부피%의 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT)를 포함하는 것을 특징으로 하는 복합재료를 제안한다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 따르면, 저에너지 볼밀링 등을 통해 균일하게 혼합된 폴리머-이종 재료 하이브리드 복합 분말을 원료로 사용함으로써 폴리머와 이종 재료의 배합 비율을 자유롭게 조정할 수 있어 복합재료가 사용되는 부품이나 제품의 특성에 맞는 맞춤형 소재를 제조하는 것이 가능하다.

[0020] 그리고, 상기 폴리머-이종 재료 하이브리드 복합 분말을 방전 플라즈마 소결시켜 복합재료를 제조함으로써 상기 폴리머와 이종 재료의 배합 비율에 따라 예상되는 물성이 그대로 복합재료에 구현된 고품질의 벌크재를 제조할

수 있다.

[0021] 또한, 상기와 같이 분말을 기반으로 복합재료를 제조하기 때문에 복합재료의 형상 및 크기 또한 자유롭게 제어할 수 있다는 점에서도 그 적용 분야가 대단히 광범위하다고 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명에 따른 폴리머-이종 재료 하이브리드 복합재료 제조 방법의 공정 흐름도이다.

도 2(a) 및 도 2(b)는 본원 실시예에서 제조된 알루미늄-PMMA 복합 분말 및 알루미늄-PMMA 하이브리드 복합재료 소결체의 사진이다.

도 3(a) 및 도 3(b)는 본원 실시예에서 제조된 SUS316L-PMMA 복합 분말 및 SUS316L-PMMA 하이브리드 복합재료 소결체의 사진이다.

도 4(a) 및 도 4(b)는 본원 실시예에서 제조된 티타늄-PMMA 복합 분말 및 티타늄-PMMA 하이브리드 복합재료 소결체의 사진이다.

도 5(a) 및 도 5(b)는 본원 실시예에서 제조된 구리-PMMA 복합 분말 및 구리-PMMA 하이브리드 복합재료 소결체의 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0024] 본 발명의 개념에 따른 실시예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0025] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0026] 이하, 본 발명을 상세히 설명하도록 한다.

[0027] 본 발명은, (a) 폴리머 분말과 이종 재료 분말의 혼합 분말을 제조하는 단계; 및 (b) 상기 혼합 분말을 방전 플라즈마 소결(spark plasma sintering, SPS)하여 복합재료를 제조하는 단계;를 포함하는 폴리머와 이종 재료 간의 복합재료 제조방법을 제공한다(도 1).

[0028] 상기 단계 (a)에서는, 전동 볼밀링, 교반 볼밀링, 유성 볼밀링 등의 다양한 형태의 볼밀링 공정을 통해 폴리머 분말과 이종 재료(금속 및/또는 세라믹) 분말을 혼합하여 균질한 혼합 분말을 제조하며, 일례로, 통상의 전동 볼밀링 장치를 이용하는 저에너지 밀링 공정을 100 내지 500 rpm으로 1 내지 20시간 동안 실시해 폴리머와 이종 재료 간의 혼합 분말을 제조할 수 있다.

[0029] 상기 폴리머 분말은 열가소성 수지 또는 열경화성 수지로 이루어진다.

[0030] 상기 열가소성 수지의 예로는 열가소성 수지로는 올리핀계 수지인 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리-4-메틸펜텐-1, 아크릴계 수지인 폴리메타크릴산메틸, 아크릴로니트릴, 비닐계 수지인 폴리염화비닐, 폴리초산비닐, 폴리비닐알코올, 폴리비닐 부티랄, 폴리염화비닐덴, 스티렌계 수지인 폴리스티렌, ABS 수지, 불소 수지인 4불화에틸렌 수지, 3불화에틸렌수지, 폴리불화비닐덴, 폴리불화비닐, 섬유소계 수지인 니트로셀루로즈, 세롤로즈아세테이트, 에틸셀룰로즈, 프로필렌 셀룰로즈 등을 들 수 있으며, 이외에도 폴리아미드, 폴리아미드이미드, 폴리아세탈, 폴리카보네이트, 폴리에틸렌부타레이트, 폴리부틸렌부타레이트, 아이오노모수지, 폴리설폰, 폴리에테르설폰, 폴리페닐렌에테르, 폴리페닐렌설파이드, 폴리에테르이미드, 폴리에테르에테르케톤, 방향족 폴리에스테르(에코놀, 폴리아릴레이트) 등이 사용 가능하다.

[0031] 또한 상기 열경화성 수지의 예로는 페놀 수지, 에폭시 수지 및 폴리이미드 수지 등을 들 수 있다.

[0032] 폴리머와 복합화되어 하이브리드 복합재료를 형성하는데 제공되는 이종 재료인 금속은 Al, Cu, Ti, Mg, K, Ca, Sc, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, W, Cd, Sn, Hf, Ir, Pt 및 Pb로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종의 금속 또는 2종 이상의 금속의 합금일 수 있다.

[0033] 또한, 폴리머와 복합화되어 하이브리드 복합재료를 형성하는데 제공되는 또 다른 이종 재료인 세라믹은 산화물계 세라믹 및 비산화물계 세라믹을 포함할 수 있다.

[0034] 상기 산화물계 세라믹으로는 상기 산화물(Oxide)은 Al_2O_3, SiO_2, TiO_2, Y_2O_3, ZrO_2, Ta_2O_5, ThO_2, $ZrSiO_2$ BeO, CeO_2, Cr_2O_3, HfO_2, La_2O_3, MgO, Nb_2O_3 등을 포함할 수 있다.

[0035] 상기 비산화물계 세라믹은 질화물, 탄화물, 붕화물 및 규화물로부터 선택할 수 있으며, 상기 질화물(nitride)은 AlN, GaN, InN, BN, Be_3N_2, Cr_2N, HfN, MoN, NbN, Si_3N_4, TaN, Ta_2N, Th_2N_3, TiN, WN_2, W_2N, VN, 및 ZrN 중 적어도 어느 하나를 포함하고, 상기 탄화물(carbide)은 B_4C, Cr_3C_2, HfC, LaC_2, Mo_2C, Nb_2C, SiC, Ta_2C, ThC_3, TiC, W_2C, WC, V_2C, 및 ZrC 중 적어도 어느 하나를 포함하고, 상기 붕화물(boride)은 AlB_2, BeB_2, CrB_2, HfB_2, LaB_2, MoB_2, MoB, NbB_2, SiB_2, TaB_2, ThB_4, TiB_2, WB, VB_2,및 ZrB_2 중 적어도 어느 하나를 포함하고, 상기 규화물(silicide)은 $CrSi_2$, Cr_2Si, HfSi, $MoSi_2$, $NbSi_2$, $TaSi_2$, Ta_5Si_3, $ThSi_2$, Ti_5Si_3, WSi_2, W_5Si_3, V_3Si 및 $ZrSi_2$ 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0036] 본 단계 (a)에서 제조되는 혼합 분말의 조성은 특별히 제한되지 않고 최종적으로 제조되는 복합재료의 용도에 따라 폴리머와 이종 재료 간의 혼합비를 선택할 수 있으며, 바람직하게는, 이종 재료로서 금속 또는 세라믹을 포함하는 복합재료를 제조하고자 할 경우에는 1 내지 99 부피%의 폴리머 분말 및 1 내지 99 부피%의 금속 또는 세라믹 분말을 혼합할 수 있고, 이종 재료로서 금속 및 세라믹 모두를 포함하는 복합재료를 제조하고자 할 경우에는 0.5 내지 99 부피%의 금속 분말, 0.5 내지 99 부피%의 세라믹 분말 및 0.5 내지 99 부피%의 폴리머 분말을 혼합할 수 있다.

[0037] 나아가, 본 단계 (a)에서는 복합재료의 전기적 특성 및/또는 기계적 특성 향상을 위해 이종 재료로서 탄소계 나노 재료를 더 포함할 수 있는데, 이러한 탄소계 나노 재료로는 탄소나노튜브, 탄소나노섬유, 탄소나노입자, 메조다공성탄소, 탄소나노시트, 탄소나노막대 및 탄소나노벨트로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상일 수 있다.

[0038] 상기 탄소계 나노 재료는 혼합 분말 전체 부피 기준으로 0.1 내지 1 부피%로 첨가될 수 있으며, 이때, 상기 첨가 함량 만큼 다른 이종 재료(금속 및/또는 세라믹)의 함량을 줄인다.

[0039] 한편, 상기 단계 (a)에서는, 후술할 단계 (b)에서의 방전 플라즈마 소결에 앞서 상기 혼합 분말로 성형체를 제조하는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 성형체는 분말을 이용한 통상적인 성형체의 형성방법이라면 제한받지 않고 사용할 수 있으며, 일례로, 몰드에 혼합 분말을 공급하여 예비 성형체를 제조하는 방법을 들 수 있다.

[0040] 보다 구체적으로, 상기 혼합 분말을 방전 플라즈마 소결(spark plasma sintering) 장치의 챔버에 구비되는 몰드에 혼합 분말을 충진하는 과정을 통해 예비 성형체를 제조할 수 있다. 상기 몰드는 봉상 또는 판상의 다양한 형상으로 구비될 수 있으며, 후술할 방전 플라즈마 소결 공정에서 불순물로 작용될 수 없도록, 고온에서도 안정한 소재로 이루어진 몰드를 사용할 수 있다.

[0041] 다음으로, 상기 단계 (b)는, 상기 단계 (a)에서 제조한 혼합 분말을 방전 플라즈마 소결(spark plasma sintering, SPS)하여 폴리머-이종 재료 복합재료를 제조하는 단계이다.

[0042] 상기 방전 플라즈마 소결은, 압력이 가해지는 조건에서 상기 혼합 분말에 직류 전류를 가해 혼합 분말의 입자 사이로 흐르는 펄스상의 직류 전류에 의해 불꽃방전 현상이 발생되고, 이에 의해 순간적으로 발생하는 방전 플라즈마의 높은 에너지에 의한 열확산 및 전계 확산과 몰드의 전기저항에 의한 발열 및 가해지는 압력과 전기에너지에 의해 혼합 분말이 소결되어 단시간에 폴리머 및 이종 재료(금속, 세라믹, 탄소계 나노 재료)를 복합화하여 치밀한 구조의 복합재료를 제조할 수 있으며, 이러한 소결능을 통해 복합재료 입자의 성장을 효과적으로 제어할 수 있고, 균일한 미세구조를 갖는 폴리머-이종 재료 복합재료를 제조할 수 있다.

[0043] 본 발명에서는 상기 방전 플라즈마 소결 공정을 위해, 예를 들어, 상부전극 및 하부전극이 구비되어 전류를 공급해 방전 플라즈마를 발생시켜 혼합 분말을 소결할 수 있는 몰드를 수용하는 공간을 형성하는 챔버, 냉각수를

유통시켜 상기 챔버를 냉각할 수 있는 냉각부, 상기 상부전극 및 하부전극에 전류를 공급하는 전류공급부, 상기 챔버에 온도를 검출할 수 있는 온도감지부, 상기 챔버 내부에 내기를 외부로 배출할 수 있는 펌프, 상기 챔버 내부에 압력을 공급할 수 있는 압력공급부, 상기 온도감지부가 감지하는 온도에 따라 방전 플라즈마 소결 공정의 온도를 제어하는 제어부 및 상기 제어부를 조절할 수 있는 조작부를 구비한 방전 플라즈마 소결장치를 이용하여 방전 플라즈마 소결 공정을 수행할 수 있다.

[0044] 본 단계에서는 상기 혼합 분말을 방전 플라즈마 소결하기 위해서, 상기 방전 플라즈마 장치에 구비된 펌프를 이용하여 챔버의 내부가 진공 상태가 될 때까지, 배기하여 감압시킴으로써, 챔버 내에 존재하는 가스 상의 불순물을 제거하고, 산화를 방지하도록 구성하여 방전 플라즈마 소결 공정을 수행할 수 있다.

[0045] 또한, 상기 혼합 분말을 100 ℃/분의 승온 속도로 소결 온도까지 가열하여 상기 혼합 분말을 선예열한 후, 방전 플라즈마 소결을 수행할 수 있고, 상기와 같은 승온속도로 혼합 분말을 선예열하여, 방전 플라즈마 소결 공정을 통해 혼합 분말의 내부 및 외부에 균일한 온도가 공급됨으로 인해 균일한 구조의 폴리머 및 이종 재료(금속, 세라믹, 탄소계 나노 재료)의 복합재료를 형성시킬 수 있다.

[0046] 또한, 상기 방전 플라즈마 소결 공정은 승온 속도를 조절하여 폴리머 및 이종 재료(금속, 세라믹, 탄소계 나노 재료)의 복합재료 입자의 성장을 억제할 수 있어 제조되는 폴리머 및 이종 재료(금속, 세라믹, 탄소계 나노 재료)의 복합재료의 크기를 제어할 수 있다.

[0047] 상기한 방전 플라즈마 소결 공정은 바람직하게는, 150 내지 300 ℃의 온도 및 5 내지 100 MPa의 압력하에서 1 내지 10 분 동안 수행하도록 구성하여 폴리머 및 이종 재료(금속, 세라믹, 탄소계 나노 재료)의 복합재료를 제조할 수 있다.

[0048] 또한, 본 단계에서는 상기와 같은 폴리머 및 이종 재료(금속, 세라믹, 탄소계 나노 재료)의 복합재료를 소결한 후, 상기 복합재료를 냉각하는 단계를 추가로 포함할 수 있으며, 이를 통해 기계적 특성이 우수한 폴리머-이종 재료 복합재료를 수득할 수 있다. 본 단계에서는 일정 압력을 유지하는 조건에서 상기 폴리머 및 이종 재료(금속, 세라믹, 탄소계 나노 재료)의 복합재료를 냉각하도록 구성하여 상기 폴리머 및 이종 재료(금속, 세라믹, 탄소계 나노 재료)의 복합재료의 표면 및 내부에 형성되는 보이드 등의 형성을 억제할 수 있다.

[0049] 이하, 실시예를 들어 본 발명에 대해 보다 상세하게 설명하기로 한다.

[0050] 본 명세서에 따른 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 명세서의 범위가 아래에서 상술하는 실시예들에 한정되는 것으로 해석되지 않는다. 본 명세서의 실시예들은 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 명세서를 보다 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다.

[0051] **<실시예 1> 금속-폴리머 하이브리드 복합재료(Al-50 부피% Acrylic)의 제조**

[0052] 평균 입자 크기가 약 100 ㎛인 알루미늄 분말 50 부피%와, 입자 크기가 0.2 ~ 1 ㎜인 폴리메타크릴산메틸(PMMA) 분말 50 부피%를 볼밀링 장치의 바이알에 장입하고 20 mL의 헵탄(heptane)을 투입하였다. 볼과 복합 분말의 중량비를 5 : 1로 설정하여 볼을 투입하고, 230 rpm으로 30분 동안 저에너지 볼밀링 공정을 수행하여 균일 혼합된 알루미늄-PMMA 복합 분말을 제조하였다(도 2(a)).

[0053] 제조한 복합 분말을 몰드(graphite 재질)에 장입하고, 몰드를 방전 플라즈마 소결 장치의 챔버에 장착하였다. 챔버에 압력을 진공상태가 되도록 조절하고, 상부 전극 및 하부 전극에 전류를 인가하여 200 ℃의 온도 및 10 MPa의 압력조건하에서 5분 동안 방전 플라즈마 소결 공정을 수행하여, 알루미늄-PMMA 하이브리드 복합재료(Al-50 부피% Acrylic) 소결체를 제조하였다(도 2(b)).

[0054] **<실시예 2> 금속-폴리머 하이브리드 복합재료(SUS-50 부피% Acrylic)의 제조**

[0055] 평균 입자 크기가 약 100 ㎛인 SUS316L 분말 50 부피%와, 입자 크기가 0.2 ~ 1 ㎜인 폴리메타크릴산메틸(PMMA) 분말 50 부피%를 볼밀링 장치의 바이알에 장입하고 20 mL의 헵탄(heptane)을 투입하였다. 볼과 복합 분말의 중량비를 5 : 1로 설정하여 볼을 투입하고, 230 rpm으로 30분 동안 저에너지 볼밀링 공정을 수행하여 균일 혼합된 SUS316L-PMMA 복합 분말을 제조하였다(도 3(a)).

[0056] 제조한 복합 분말을 몰드(graphite 재질)에 장입하고, 몰드를 방전 플라즈마 소결 장치의 챔버에 장착하였다. 챔버에 압력을 진공상태가 되도록 조절하고, 상부 전극 및 하부 전극에 전류를 인가하여 200 ℃의 온도 및 10 MPa의 압력조건하에서 5분 동안 방전 플라즈마 소결 공정을 수행하여, SUS316L-PMMA 하이브리드 복합재료(SUS-50 부피% Acrylic) 소결체를 제조하였다(도 3(b)).

[0057] **<실시예 3> 금속-폴리머 하이브리드 복합재료(Ti-50 부피% Acrylic)의 제조**

[0058] 평균 입자 크기가 약 100 ㎛인 티타늄 분말 50 부피%와, 입자 크기가 0.2 ~ 1 ㎜인 폴리메타크릴산메틸(PMMA) 분말 50 부피%를 볼밀링 장치의 바이알에 장입하고 20 mL의 헵탄(heptane)을 투입하였다. 볼과 복합 분말의 중량비를 5 : 1로 설정하여 볼을 투입하고, 230 rpm으로 30분 동안 저에너지 볼밀링 공정을 수행하여 균일 혼합된 티타늄-PMMA 복합 분말을 제조하였다(도 4(a)).

[0059] 제조한 복합 분말을 몰드(graphite 재질)에 장입하고, 몰드를 방전 플라즈마 소결 장치의 챔버에 장착하였다. 챔버에 압력을 진공상태가 되도록 조절하고, 상부 전극 및 하부 전극에 전류를 인가하여 200 ℃의 온도 및 10 MPa의 압력조건하에서 5분 동안 방전 플라즈마 소결 공정을 수행하여, 티타늄-PMMA 하이브리드 복합재료(Ti-50 부피% Acrylic) 소결체를 제조하였다(도 4(b)).

[0060] **<실시예 4> 금속-폴리머 하이브리드 복합재료(Cu-50 부피% Acrylic)의 제조**

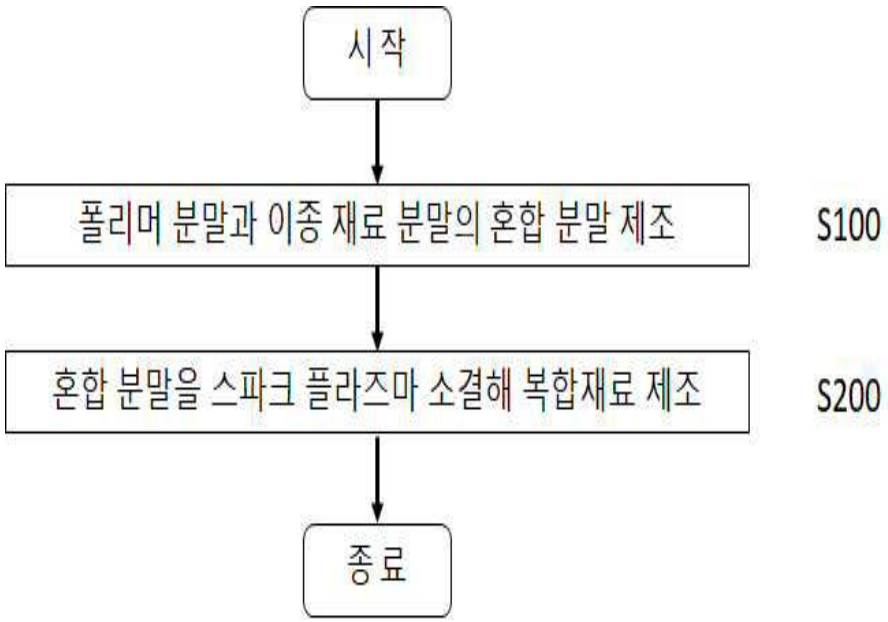
[0061] 평균 입자 크기가 약 100 ㎛인 구리 분말 50 부피%와, 입자 크기가 0.2 ~ 1 ㎜인 폴리메타크릴산메틸(PMMA) 분말 50 부피%를 볼밀링 장치의 바이알에 장입하고 20 mL의 헵탄(heptane)을 투입하였다. 볼과 복합 분말의 중량비를 5 : 1로 설정하여 볼을 투입하고, 230 rpm으로 30분 동안 저에너지 볼밀링 공정을 수행하여 균일 혼합된 구리-PMMA 복합 분말을 제조하였다(도 5(a)).

[0062] 제조한 복합 분말을 몰드(graphite 재질)에 장입하고, 몰드를 방전 플라즈마 소결 장치의 챔버에 장착하였다. 챔버에 압력을 진공상태가 되도록 조절하고, 상부 전극 및 하부 전극에 전류를 인가하여 200 ℃의 온도 및 10 MPa의 압력조건하에서 5분 동안 방전 플라즈마 소결 공정을 수행하여, 구리-PMMA 하이브리드 복합재료(Cu-50 부피% Acrylic) 소결체를 제조하였다(도 5(b)).

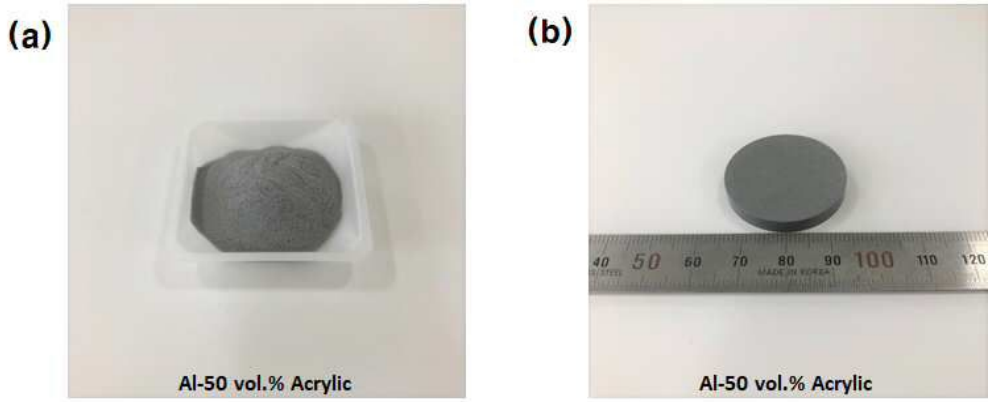
[0063] 이상, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예에는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

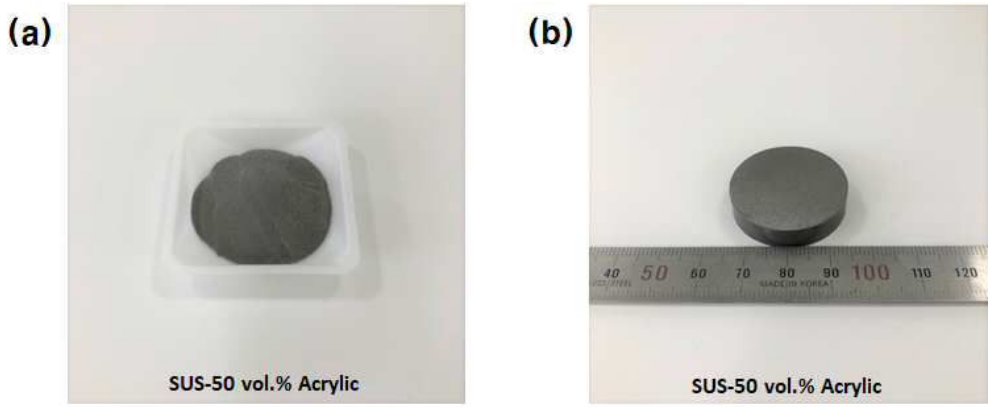
도면1



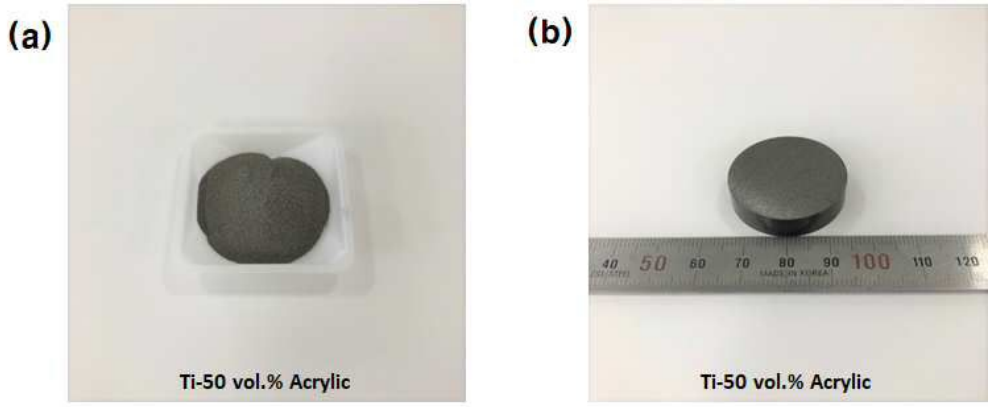
도면2


(a)
Al-50 vol.% Acrylic
(b)
Al-50 vol.% Acrylic

도면3


(a)
SUS-50 vol.% Acrylic
(b)
SUS-50 vol.% Acrylic

도면4


(a)
Ti-50 vol.% Acrylic
(b)
Ti-50 vol.% Acrylic

도면5

