



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년05월25일

(11) 등록번호 10-2114825

(24) 등록일자 2020년05월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G21F 1/08 (2006.01) G21F 1/06 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G21F 1/08 (2013.01)

G21F 1/06 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0170978

(22) 출원일자 2018년12월27일

심사청구일자 2018년12월27일

(56) 선행기술조사문헌

JP2008538136 A*

JP3207833 B2*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

부경대학교 산학협력단

부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)

(주)차세대소재연구소

부산광역시 남구 신선로 365, 6공학관 105,106호
(용당동, 부경대학교 용당캠퍼스)

(72) 발명자

권한상

부산광역시 수영구 광안해변로 459-5, 402호(민락
동, 화인아트빌리지)

(74) 대리인

김정수

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 윤연숙

(54) 발명의 명칭 방사선 차폐용 복합재료 제조방법

(57) 요약

본 발명은 (a) 알루미늄, 알루미늄 합금, 마그네슘, 마그네슘 합금 및 스테인리스강으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 이상의 금속 분말; 방사선 차폐성 세라믹(B₄C 등)/폴리머 혼합 분말을 제조하는 단계; 및 (b) 상기 혼합 분말을 방전 플라즈마 소결(spark plasma sintering, SPS)하여 복합재료를 제조하는

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



단계;를 포함하는 방사선 차폐용 복합재료 제조방법에 대한 것으로서, 본 발명에 따르면, 본 발명은 알루미늄 등 비납계(무연) 금속과, 중성자 및 베타 입자 차폐에 효과적인 보론 카바이드(B_4C) 등의 방사선 차폐성 세라믹을, 폴리머와 복합화해 다양한 방사선에 대한 우수한 차폐 성능을 가질 뿐만 아니라, 인체 및 환경에 대한 유해성을 최소화한 방사선 차폐용 복합재료를 제조할 수 있으며, 상기 방사선 차폐용 복합재료 복합 분말을 방전 플라즈마 소결시켜 복합재료를 제조함으로써 구성 성분의 배합 비율에 따라 예상되는 물성이 그대로 복합재료에 구현된 고품질의 벌크재를 제조할 수 있고, 또한, 상기와 같이 분말을 기반으로 복합재료를 제조하기 때문에 복합재료의 형상 및 크기 또한 자유롭게 제어할 수 있다는 장점도 가진다.

명세서

청구범위

청구항 1

(a) 알루미늄, 알루미늄 합금, 마그네슘, 마그네슘 합금 및 스테인리스강으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 이상의 금속 분말; 방사선 차폐성 세라믹 분말; 및 폴리머 분말을 혼합해 혼합 분말을 제조하는 단계; 및

(b) 상기 혼합 분말을 방전 플라즈마 소결(spark plasma sintering, SPS)하여 복합재료를 제조하는 단계;를 포함하는 방사선 차폐용 복합재료 제조방법에 의해 제조되고,

시트(sheet) 형상을 가지며, 상기 시트의 일측에서 타측으로 방사선 차폐성 세라믹의 부피 분율이 연속적으로 변화하는 경사기능성 재료(functionally graded material, FGM)인 것을 특징으로 하는 방사선 차폐용 복합재료.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 방사선 차폐성 세라믹은, 붕소(B) 화합물, 하프늄(Hf) 화합물, 사마륨(Sm) 화합물 및 가돌리늄(Gd) 화합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 이상의 화합물인 것을 특징으로 하는 방사선 차폐용 복합재료.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 붕소 화합물은, B_4C , TiB_2 , B_2O_3 , BN, FeB 및 FeB_2 로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상인 것을 특징으로 하는 방사선 차폐용 복합재료.

청구항 4

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 방사선 차폐용 복합재료.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 단계 (b)에서 150 내지 300 °C의 온도 및 5 내지 100 MPa의 압력하에서 1 내지 10 분 동안 방전 플라즈마 소결을 수행하는 것을 특징으로 하는 방사선 차폐용 복합재료.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 방사선 차폐용 복합재료 제조방법 및 이에 의해 제조된 방사선 차폐용 복합재료에 대한 것이다.

배경 기술

[0002] 원자핵은 양성자와 중성자로 이루어져 있다. 양성자와 중성자가 결합하여 원자핵을 형성할 때는 양성자와 중성자의 비율에 의해 안정한 원자핵이 만들어지기도 하고 불안정한 원자핵이 만들어지기도 한다. 불안정한 원자핵은 양성자 두 개와 중성자 두 개로 이루어진 알파입자, 베타입자, 전자기파인 감마선, X선, 중성자 등을 내놓고 안정한 원자핵으로 바뀐다. 어떤 원자핵이 다른 원자핵으로 바뀔 때 내놓는 알파선, 전자, 감마선, X선, 중성자를 방사선이라고 한다. 방사선은 원자핵 주위를 돌고 있는 전자가 내놓는 전자기파보다 에너지가 크기 때문에 훨씬 더 위험하다.

[0003] 따라서, 원자로나 고속증식로 등의 원자력 시설, 핵융합 시설이나 환부 의료용으로서 사용되는 방사선 치료 시설 등에 인체에 유해한 방사선의 차폐를 위한 재료가 필요하다.

[0004] 하지만, 종래부터 방사선 차폐재로 주로 사용되어 온 납을 포함하는 차폐재는 무겁고 제조, 사용, 폐기처리 과정에서 납에 의한 인체중독이나 공해가 발생하기 쉽다. 또한, 중성자와 감마선은 각각 차폐 물질에 대한 감쇠 특성이 달라 하나의 물질로 이들을 모두 효과적으로 차단하기 어렵다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국 등록특허 제10-1908904호 (등록일: 2018.10.11)

(특허문헌 0002) 한국 등록특허 제10-1401654호 (등록일: 2014.05.23.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 다양한 방사선에 대한 우수한 차폐 성능을 가질 뿐만 아니라, 인체 및 환경에 대한 유해성을 최소화한 방사선 차폐용 복합재료 제조방법 및 이에 의해 제조된 방사선 차폐용 복합재료에 대한 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 기술적 과제를 달성하기 위해, 본 발명은 (a) 알루미늄, 알루미늄 합금, 마그네슘, 마그네슘 합금 및 스테인리스강으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 이상의 금속 분말; 방사선 차폐성 세라믹 분말; 및 폴리머 분말을 혼합해 혼합 분말을 제조하는 단계; 및 (b) 상기 혼합 분말을 방전 플라즈마 소결(spark plasma sintering, SPS)하여 복합재료를 제조하는 단계;를 포함하는 방사선 차폐용 복합재료 제조방법을 제안한다.

[0008] 또한, 상기 방사선 차폐성 세라믹은, 붕소(B) 화합물, 하프늄(Hf) 화합물, 사마륨(Sm) 화합물 및 가돌리늄(Gd) 화합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 이상의 화합물인 것을 특징으로 하는 방사선 차폐용 복합재료 제조방법을 제안한다.

[0009] 또한, 상기 붕소 화합물은, B_4C , TiB_2 , B_2O_3 , BN, FeB 및 FeB_2 로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상인 것을 특징으로 하는 방사선 차폐용 복합재료 제조방법을 제안한다.

[0010] 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 방사선 차폐용 복합재료 제조방법을 제안한다.

[0011] 또한, 상기 단계 (b)에서 150 내지 300 °C의 온도 및 5 내지 100 MPa의 압력하에서 1 내지 10 분 동안 방전 플라즈마 소결을 수행하는 것을 특징으로 하는 방사선 차폐용 복합재료 제조방법을 제안한다.

[0012] 나아가, 본 발명은 상기 제조방법에 의해 제조된 방사선 차폐용 복합재료를 제안한다.

[0013] 또한, 20 내지 80 부피%의 B_4C 를 포함하는 알루미늄- B_4C -폴리머 하이브리드 복합재료인 것을 특징으로 하는 방사선 차폐용 복합재료를 제안한다.

[0014] 또한, 시트(sheet) 형상을 가지며, 상기 시트의 두께 방향, 길이 방향 및 너비 방향 중 적어도 하나의 방향에 있어서 일측에서 타측으로 방사선 차폐성 세라믹의 부피 분율이 연속적으로 변화하는 경사기능성 재료(functionally graded material, FGM)인 것을 특징으로 하는 방사선 차폐용 복합재료를 제안한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명에 따르면, 알루미늄 등 비납계(무연) 금속과, 중성자 및 베타 입자 차폐에 효과적인 보론 카바이드(B_4C) 등의 방사선 차폐성 세라믹을, 폴리머와 복합화해 다양한 방사선에 대한 우수한 차폐 성능을 가질 뿐만 아니라, 인체 및 환경에 대한 유해성을 최소화한 방사선 차폐용 복합재료를 제조할 수 있다. 그리고, 상기 방사선 차폐용 복합재료 복합 분말을 방전 플라즈마 소결시켜 복합재료를 제조함으로써 구성 성분의 배합 비율에 따라 예상되는 물성이 그대로 복합재료에 구현된 고품질의 벌크재를 제조할 수 있다. 또한, 상기와 같이 분말을 기반으로 복합재료를 제조하기 때문에 복합재료의 형상 및 크기 또한 자유롭게 제어할 수 있다는 장점도 가진다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명에 따른 방사선 차폐용 금속-세라믹-폴리머 하이브리드 복합재료 제조 방법의 공정 흐름도이다. 도 2는 본원 실시예 1 내지 3에서 제조된 방사선 차폐용 알루미늄- B_4C -PMMA 하이브리드 복합재료 소결체의 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 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.

[0018] 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 실시예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0019] 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 실시된 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.

[0020] 이하, 본 발명을 상세히 설명하도록 한다.

[0021] 본 발명은, (a) 알루미늄, 알루미늄 합금, 마그네슘, 마그네슘 합금 및 스테인리스강으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 이상의 금속 분말; 방사선 차폐성 세라믹 분말; 및 폴리머 분말을 혼합해 혼합 분말을 제조하는 단계; 및 (b) 상기 혼합 분말을 방전 플라즈마 소결(spark plasma sintering, SPS)하여 복합재료를 제조하는 단계;를 포함하는 방사선 차폐용 복합재료 제조방법을 제공한다(도 1).

[0022] 상기 단계 (a)에서는, 전동 볼밀링, 교반 볼밀링, 유성 볼밀링 등의 다양한 형태의 볼밀링 공정을 통해 상기 금속 분말, 방사선 차폐성 세라믹 분말 및 폴리머 분말을 혼합하여 균질한 혼합 분말을 제조하며, 일례로, 통상의 전동 볼밀링 장치를 이용하는 저에너지 밀링 공정을 100 내지 500 rpm으로 1 내지 20시간 동안 실시해 금속-방사선 차폐성 세라믹-폴리머 혼합 분말을 제조할 수 있다.

[0023] 상기 금속 분말은 방사선 차폐성 세라믹 입자를 결합시키는 바인더로서의 역할과 방사선 조사시 발생하는 열을 복합재료 외부로 발산시키는 역할을 한다.

[0024] 상기 금속 분말은 알루미늄과 그 합금, 마그네슘과 그 합금 및 스테인리스강 중 1종 이상의 금속으로 이루어지는 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는 순수 알루미늄 또는 알루미늄 합금(Al-Cu 합금, Al-Mg 합금, Al-Mg-Si 합금, Al-Zn-Mg 합금, Al-Mn 합금 등)으로 이루어진다.

- [0025] 또한, 상기 방사선 차폐성 세라믹 분말은 붕소(B) 화합물, 하프늄(Hf) 화합물, 사마륨(Sm) 화합물 및 가돌리늄(Gd) 화합물 중 하나의 화합물 또는 그 혼합물로 이루어질 수 있다.
- [0026] 특히, 상기 붕소 화합물로는 B_4C , TiB_2 , B_2O_3 , BN, FeB, FeB_2 등을 들 수 있으며, 그 중에서도 B_4C 가 중성자 및 베타 입자를 동시에 차폐 가능하기 때문에 보다 바람직하다.
- [0027] 그리고, 상기 폴리머 분말은 열가소성 수지 또는 열경화성 수지로 이루어진다.
- [0028] 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, 폴리염화비닐렌, 스티렌계 수지인 폴리스티렌, ABS 수지, 불소 수지인 4불화에틸렌 수지, 3불화에틸렌수지, 폴리불화비닐렌, 폴리불화비닐, 섬유소계 수지인 니트로셀룰로즈, 셀룰로즈아세테이트, 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.
- [0029] 또한 상기 열경화성 수지의 예로는 페놀 수지, 에폭시 수지 및 폴리이미드 수지 등을 들 수 있다.
- [0030] 본 단계 (a)에서 제조되는 혼합 분말의 조성은 특별히 제한되지 않고 최종적으로 제조되는 방사선 차폐용 복합 재료가 사용될 장치, 시설, 장소 등에 따라 금속, 방사선 차폐성 세라믹 및 폴리머의 혼합비를 선택할 수 있으며, 바람직하게는, 5 내지 30 부피%의 금속 분말, 20 내지 80 부피%의 방사선 차폐성 세라믹 분말 및 15 내지 50 부피%의 폴리머 분말을 혼합할 수 있다.
- [0031] 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.
- [0032] 보다 구체적으로, 상기 혼합 분말을 방전 플라즈마 소결(spark plasma sintering) 장치의 챔버에 구비되는 몰드에 혼합 분말을 충전하는 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.
- [0033] 다음으로, 상기 단계 (b)는, 상기 단계 (a)에서 제조한 혼합 분말을 방전 플라즈마 소결(spark plasma sintering, SPS)하여 방사선 차폐용 금속-세라믹-폴리머 복합재료를 제조하는 단계이다.
- [0034] 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 금속, 방사선 차폐성 세라믹 및 폴리머를 복합화하여 치밀한 구조의 복합재료를 제조할 수 있으며, 이러한 소결능을 통해 복합재료 입자의 성장을 효과적으로 제어할 수 있고, 균일한 미세구조를 갖는 방사선 차폐용 금속-세라믹-폴리머 복합재료를 제조할 수 있다.
- [0035] 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.
- [0036] 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.
- [0037] 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 방사선 차폐용 금속-세라믹-폴리머 복합재료를 형성시킬 수 있다.

[0038] 또한, 상기 방전 플라즈마 소결 공정은 승온 속도를 조절하여 복합재료를 구성하는 입자의 성장을 억제할 수 있어 제조되는 방사선 차폐용 금속-세라믹-폴리머 복합재료의 크기를 제어할 수 있다.

[0039] 상기한 방전 플라즈마 소결 공정은 바람직하게는, 150 내지 300 °C의 온도 및 5 내지 100 MPa의 압력하에서 1 내지 10 분 동안 수행하도록 구성하여 방사선 차폐용 금속-세라믹-폴리머 복합재료를 제조할 수 있다.

[0040] 또한, 본 단계에서는 상기와 같이 방사선 차폐용 금속-세라믹-폴리머 복합재료를 소결한 후, 상기 복합재료를 냉각하는 단계를 추가로 포함할 수 있으며, 이를 통해 기계적 특성이 우수한 방사선 차폐용 금속-세라믹-폴리머 복합재료를 수득할 수 있다. 본 단계에서는 일정 압력을 유지하는 조건에서 복합재료를 냉각하도록 구성하여 복합재료의 표면 및 내부에 형성되는 보이드 등의 형성을 억제할 수 있다.

[0041] 이하, 실시예를 들어 본 발명에 대해 보다 상세하게 설명하기로 한다.

[0042] 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.

[0043] **<실시예 1> 20 부피%의 B₄C 함유 금속-세라믹-폴리머 복합재료 제조**

[0044] 평균 입경 100 nm인 B₄C 분말 20 부피%, 평균 입경이 약 100 μ m인 알루미늄 분말 30 부피%와, 입자 크기가 0.2 ~ 1 mm인 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-B₄C-PMMA 복합 분말을 제조하였다.

[0045] 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 °C의 온도 및 50 MPa의 압력조건하에서 7분 동안 방전 플라즈마 소결 공정을 수행하여, 방사선 차폐용 알루미늄-B₄C-PMMA 하이브리드 복합재료 소결체를 제조하였다(도 2의 좌측 시편).

[0046] **<실시예 2> 50 부피%의 B₄C 함유 금속-세라믹-폴리머 복합재료 제조**

[0047] 평균 입경 100 nm인 B₄C 분말 50 부피%, 평균 입경이 약 100 μ m인 알루미늄 분말 10 부피%와, 입자 크기가 0.2 ~ 1 mm인 폴리메타크릴산메틸(PMMA) 분말 40 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-B₄C-PMMA 복합 분말을 제조하였다.

[0048] 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 °C의 온도 및 50 MPa의 압력조건하에서 7분 동안 방전 플라즈마 소결 공정을 수행하여, 방사선 차폐용 알루미늄-B₄C-PMMA 하이브리드 복합재료 소결체를 제조하였다(도 2의 가운데 시편).

[0049] **<실시예 3> 80 부피%의 B₄C 함유 금속-세라믹-폴리머 복합재료 제조**

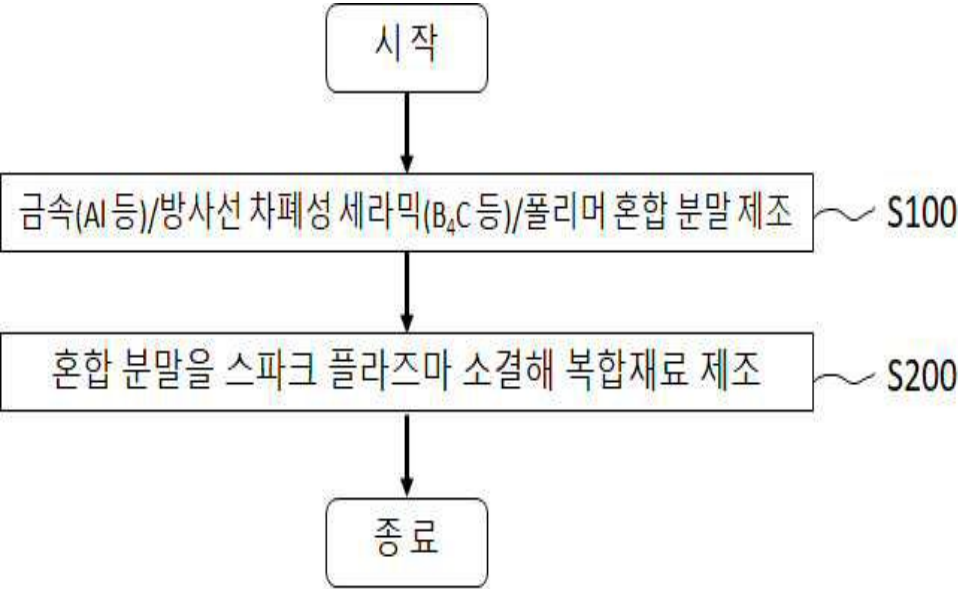
[0050] 평균 입경 100 nm인 B₄C 분말 80 부피%, 평균 입경이 약 100 μ m인 알루미늄 분말 5 부피%와, 입자 크기가 0.2 ~ 1 mm인 폴리메타크릴산메틸(PMMA) 분말 15 부피%를 볼밀링 장치의 바이알에 장입하고 20 mL의 헵탄(heptane)을 투입하였다. 볼과 복합 분말의 중량비를 5 : 1로 설정하여 볼을 투입하고, 230 rpm으로 30분 동안 저에너지 볼밀링 공정을 수행하여 균일 혼합된 알루미늄-B₄C-PMMA 복합 분말을 제조하였다.

[0051] 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 °C의 온도 및 50 MPa의 압력조건하에서 7분 동안 방전 플라즈마 소결 공정을 수행하여, 방사선 차폐용 알루미늄-B₄C-PMMA 하이브리드 복합재료 소결체를 제조하였다(도 2의 우측 시편).

[0052] 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

