(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0100397
(43) 공개일자 2017년09월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B29C 67/00 (2017.01) *B33Y 30/00* (2015.01)
B33Y 50/02 (2015.01) *B33Y 70/00* (2015.01)
B33Y 80/00 (2015.01)
(52) CPC특허분류
B29C 64/20 (2017.08)
B29C 64/386 (2017.08)
(21) 출원번호 10-2016-0111132
(22) 출원일자 2016년08월30일
심사청구일자 2016년08월30일
(30) 우선권주장
1020160022688 2016년02월25일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
고영학
경기도 용인시 수지구 성복2로 86, 112동 903호 (성복동, 성동마을LG빌리지1차아파트)
조인환
서울특별시 성북구 길음로9길 50, 901동 2102호 (길음동, 길음뉴타운9단지아파트)
안민경
충청북도 충주시 대흥6길 16 (교현동)
(74) 대리인
특허법인 무한

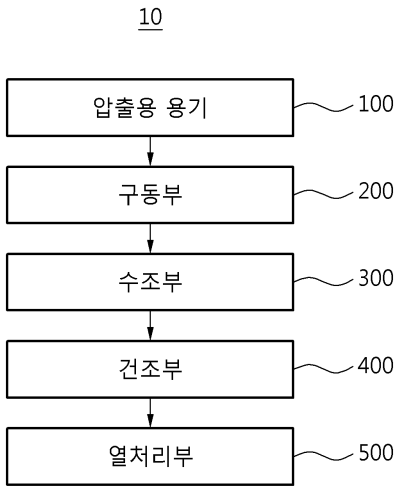
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **3차원 다공성 지지체의 제조 시스템, 제조 방법 및 이에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체**

(57) 요 약

일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템은, 세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트로 마련된 압출용 페이스트가 채워지는 압출용 용기; 및 상기 압출용 페이스트가 상기 압출용 용기로부터 압출 및 적층되도록 상기 압출용 용기를 구동시키는 구동부;를 포함하고, 상기 구동부에 의해 복수 개의 필라멘트가 적층된 지지체가 성형되며, 상기 복수 개의 필라멘트의 쉘 부분에는 세라믹 분말이 포함된 세라믹 페이스트가 채워지고, 상기 복수 개의 필라멘트의 코어 부분에는 탄소 분말이 포함된 희생용 페이스트가 채워져서, 상기 지지체에는 상기 복수 개의 필라멘트 내에 희생용 페이스트의 제거에 의해 형성된 복수 개의 채널 구조, 및 상기 복수 개의 필라멘트의 적층에 의해 인접한 복수 개의 필라멘트 사이에 형성된 복수 개의 기공 구조가 구비될 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B33Y 30/00 (2013.01)
B33Y 50/02 (2013.01)
B33Y 70/00 (2013.01)
B33Y 80/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 HI11C0388040015
부처명 한국보건산업진흥원
연구관리전문기관 의료원산학협력팀
연구사업명 보건의료연구개발사업
연구과제명 [5차년도]골형성 단백질 탑재기술 향상을 위한 융합소재 개발
기 여 율 1/1
주관기관 고려대학교 산학협력단
연구기간 2015.04.01 ~ 2016.03.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트로 마련된 압출용 페이스트가 채워지는 압출용 용기; 및

상기 압출용 페이스트가 상기 압출용 용기로부터 압출 및 적층되도록 상기 압출용 용기를 구동시키는 구동부;

를 포함하고,

상기 구동부에 의해 복수 개의 필라멘트가 적층된 지지체가 성형되며,

상기 복수 개의 필라멘트의 쉘 부분에는 세라믹 분말이 포함된 세라믹 페이스트가 채워지고, 상기 복수 개의 필라멘트의 코어 부분에는 탄소 분말이 포함된 희생용 페이스트가 채워져서,

상기 지지체에는 상기 복수 개의 필라멘트 내에 희생용 페이스트의 제거에 의해 형성된 복수 개의 채널 구조, 및 상기 복수 개의 필라멘트의 적층에 의해 인접한 복수 개의 필라멘트 사이에 형성된 복수 개의 기공 구조가 구비되는 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트에는 바인더 물질이 혼합되고,

상기 바인더 물질은 수용성 폴리머, 용매 및 분산제의 혼합에 의해 제조되는 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 압출용 용기로부터 압출 및 적층된 복수 개의 필라멘트가 배치되는 수조부를 더 포함하고,

상기 수조부에서는 비용매가 수용되어,

상기 비용매와 상기 바인더 물질 내 용매와의 교환에 의해 상기 지지체의 형상이 안정화되는 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 지지체로부터 상기 비용매를 건조시키는 건조부; 및

상기 지지체에 대하여 열을 가하는 열처리부;

를 더 포함하고,

상기 열처리부에서 열처리에 의해 상기 복수 개의 필라멘트 내 희생용 페이스트가 제거되고 상기 세라믹 분말이 소결되는 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템.

청구항 5

세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트가 제조되는 단계;

상기 세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트로부터 압출용 페이스트가 제조되는 단계;

상기 압출용 페이스트가 압출용 용기로부터 압출되어 복수 개의 필라멘트가 형성되는 단계;

상기 복수 개의 필라멘트가 적층되어 지지체가 성형되는 단계; 및

상기 복수 개의 필라멘트 내에서 상기 희생용 페이스트가 제거되는 단계;

를 포함하고,

상기 지지체에는 상기 복수 개의 필라멘트 내에 상기 희생용 페이스트의 제거에 의해 형성된 복수 개의 채널 구조, 및 상기 복수 개의 필라멘트의 적층에 의해 형성된 복수 개의 기공 구조가 구비되는 3차원 다공성 지지체의 제조 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 압출용 페이스트가 압출용 용기로부터 압출되어 복수 개의 필라멘트가 형성되는 단계 전에,

상기 압출용 페이스트가 수용된 압출용 용기가 구동부에 장착되는 단계;

를 더 포함하고,

상기 구동부는 미리 입력된 압출 압력, 적층 속도 또는 3차원 설계된 지지체의 형상에 따라 상기 압출용 용기를 구동시키는 3차원 다공성 지지체의 제조 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 압출용 페이스트가 수용된 압출용 용기가 구동부에 장착되는 단계에서,

상기 구동부는 상기 압출용 용기의 압출 압력이 50 내지 250kPa이고, 상기 압출용 페이스트의 적층 속도가 1 내지 15㎜/s가 되도록 제어되는 3차원 다공성 지지체 제조 방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트가 제조되는 단계 전에,

압출용 페이스트 제조를 위한 바인더 물질이 제조되는 단계를 더 포함하고,

상기 바인더 물질은 메틸 셀룰로오스, 증류수 및 분산제의 혼합에 의해 제조되며,

상기 메틸 셀룰로오스는 상기 증류수에 대하여 2 내지 8wt%로 혼합되고,

상기 분산제는 세라믹 분말 또는 탄소 분말에 대하여 0.3 내지 3wt%로 혼합되는 3차원 다공성 지지체 제조 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트가 제조되는 단계에서,

상기 세라믹 페이스트에는 상기 바인더 물질에 대하여 세라믹 분말이 8 내지 40vol%로 혼합되고,

상기 희생용 페이스트에는 상기 바인더 물질에 탄소 분말이 5 내지 15vol%로 혼합되는 3차원 다공성 지지체 제조 방법.

청구항 10

제5항 내지 제9항 중 어느 한 항에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 방법에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템, 제조 방법 및 이에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 복수 개의 필라멘트 내 희생용 페이스트의 제거에 의해 형성된 복수 개의 채널 및 상기 복수 개의 채널의 적층에 의해 형성된 복수 개의 기공이 독립적으로 형성될 수 있는 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템, 제조 방법 및 이에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 컴퓨터 제어기반 쾌속 적층 기술, 특히 컴퓨터 동작 제어를 통한 자유형상제조기술은 환자 맞춤형 진료 및 조직 결손 부위 맞춤형 지지체에 대한 요구사항을 만족시킬 수 있는 최신 기술로서, 복잡 다양한 구조의 3차원 형상 구현과 결손부위 형태재건의 공정상 편이성과 정밀성을 확보할 수 있는 기술이다.

[0003] 특히, 의료분야 및 뼈 조직 공학 분야에서 사용되는 지지체를 제조하는 경우, 지지체의 조직 재생능력 및 생체 친화도는 기반 소재의 물리적, 화학적 생물학적 특성뿐 아니라 소재의 계면특성과 지지체의 기공구조 및 3차원적인 형태에 따라 달라진다.

[0004] 이에 따라 의료분야 및 뼈 조직 공학 분야에서 지지체를 제조하는 기술에 대하여 다양하게 연구되고 있다.

[0005] 예를 들어, 2011년 3월 31일에 출원된 KR 2011-0029208에는 '생체모사 스캐폴드 제작 방법'에 대하여 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 일 실시예에 따른 목적은 코어 부분 및 쉘 부분을 구비하는 압출용 페이스트(initial feed rod)를 제작하여 복수 개의 채널이 형성되고, 상기 복수 개의 채널의 적층에 의해 인접한 복수 개의 채널 사이에 형성된 복수 개의 기공이 독립적으로 형성될 수 있는 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템, 제조 방법 및 이에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체를 제공하는 것이다.

[0007] 일 실시예에 따른 목적은 압출용 페이스트의 조성비, 압출 압력, 적층 속도, 또는 3차원 설계된 지지체 형상 등의 제어에 의해 복수 개의 채널 및 복수 개의 기공의 구조가 용이하게 제어될 수 있는 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템, 제조 방법 및 이에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체를 제공하는 것이다.

[0008] 일 실시예에 따른 목적은 컴퓨터 제어 기반 쾌속 적층 공정 기술 적용에 의해 공정 자동화가 가능하고, 지지체의 3차원 형태를 다양하게 구현할 수 있으며 복수 개의 기공 구조의 3차원 연결성을 확보할 수 있는 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템, 제조 방법 및 이에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체를 제공하는 것이다.

[0009] 일 실시예에 따른 목적은 소결을 제외한 모든 공정이 실온 상에서 가능하여, 작업 공정이 안전하고 원하는 3차원적 형태를 안정적이고 효과적으로 구현할 수 있는 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템, 제조 방법 및 이에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체를 제공하는 것이다.

[0010] 일 실시예에 따른 목적은 생체 친화도가 우수한 초기 물질을 선택하여 화학적 또는 결정학적으로 우수하며, 뛰어난 생체특성과 물리적 특성을 가지고 있고 높은 기공도와 극대화된 표면적 등 성능이 향상된 3차원 다공성 지지체를 제조할 수 있는 3차원 다공성 지지체 제조 시스템, 제조 방법 및 이에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체

를 제공하는 것이다.

[0011] 일 실시예에 따른 목적은 용매 추출 과정을 통해 지지체 표면에 형성된 미세 조면이 지지체의 세포특성을 증진시킬 수 있고, 세포의 초기 부착 및 중장기적인 이동, 성장, 분화, 증식도를 증진시킬 수 있으며, 치과 분야뿐만 아니라 정형외과 분야의 조직 결손 부위에 좋은 예후를 기대할 수 있고, 지지체가 필요한 다양한 분야에 적용될 수 있는 3차원 다공성 지지체 제조 시스템, 제조 방법 및 이에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 목적을 달성하기 위한 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템은, 세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트로 마련된 압출용 페이스트가 채워지는 압출용 용기; 및 상기 압출용 페이스트가 상기 압출용 용기로부터 압출 및 적층되도록 상기 압출용 용기를 구동시키는 구동부;를 포함하고, 상기 구동부에 의해 복수 개의 필라멘트가 적층된 지지체가 성형되며, 상기 복수 개의 필라멘트의 쉘 부분에는 세라믹 분말이 포함된 세라믹 페이스트가 채워지고, 상기 복수 개의 필라멘트의 코어 부분에는 탄소 분말이 포함된 희생용 페이스트가 채워져서, 상기 지지체에는 상기 복수 개의 필라멘트 내에 희생용 페이스트의 제거에 의해 형성된 복수 개의 채널 구조, 및 상기 복수 개의 필라멘트의 적층에 의해 인접한 복수 개의 필라멘트 사이에 형성된 복수 개의 기공 구조가 구비될 수 있다.

[0013] 일 측에 의하면, 상기 세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트에는 바인더 물질이 혼합되고, 상기 바인더 물질은 수용성 폴리머, 용매 및 분산제의 혼합에 의해 제조될 수 있다.

[0014] 일 측에 의하면, 상기 압출용 용기로부터 압출 및 적층된 복수 개의 필라멘트가 배치되는 수조부를 더 포함하고, 상기 수조부에서는 비용매가 수용되어, 상기 비용매와 상기 바인더 물질 내 용매와의 교환에 의해 상기 지지체의 형상이 안정화될 수 있다.

[0015] 일 측에 의하면, 상기 지지체로부터 상기 비용매를 건조시키는 건조부; 및 상기 지지체에 대하여 열을 가하는 열처리부;를 더 포함하고, 상기 열처리부에서 열처리에 의해 상기 복수 개의 필라멘트 내 희생용 페이스트가 제거되고 상기 세라믹 분말이 소결될 수 있다.

[0016] 상기 목적을 달성하기 위한 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체의 제조 방법은, 세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트가 제조되는 단계; 상기 세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트로부터 압출용 페이스트가 제조되는 단계; 상기 압출용 페이스트가 압출용 용기로부터 압출되어 복수 개의 필라멘트가 형성되는 단계; 상기 복수 개의 필라멘트가 적층되어 지지체가 성형되는 단계; 및 상기 복수 개의 필라멘트 내에서 상기 희생용 페이스트가 제거되는 단계;를 포함하고, 상기 지지체에는 상기 복수 개의 필라멘트 내에 상기 희생용 페이스트의 제거에 의해 형성된 복수 개의 채널 구조, 및 상기 복수 개의 필라멘트의 적층에 의해 형성된 복수 개의 기공 구조가 구비될 수 있다.

[0017] 일 측에 의하면, 상기 압출용 페이스트가 압출용 용기로부터 압출되어 복수 개의 필라멘트가 형성되는 단계 전에, 상기 압출용 페이스트가 수용된 압출용 용기가 구동부에 장착되는 단계;를 더 포함하고, 상기 구동부는 미리 입력된 압출 압력, 적층 속도 또는 3차원 설계된 지지체의 형상에 따라 상기 압출용 용기를 구동시킬 수 있다.

[0018] 일 측에 의하면, 상기 압출용 페이스트가 수용된 압출용 용기가 구동부에 장착되는 단계에서, 상기 구동부는 상기 압출용 용기의 압출 압력이 50 내지 250kPa이고, 상기 압출용 페이스트의 적층 속도가 1 내지 15㎜/s가 되도록 제어될 수 있다.

[0019] 일 측에 의하면, 상기 세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트가 제조되는 단계 전에, 압출용 페이스트 제조를 위한 바인더 물질이 제조되는 단계를 더 포함하고, 상기 바인더 물질은 메틸 셀룰로오스, 증류수 및 분산제의 혼합에 의해 제조되며, 상기 메틸 셀룰로오스는 상기 증류수에 대하여 2 내지 8wt%로 혼합되고, 상기 분산제는 세라믹 분말 또는 탄소 분말에 대하여 0.3 내지 3wt%로 혼합될 수 있다.

[0020] 일 측에 의하면, 상기 세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트가 제조되는 단계에서, 상기 세라믹 페이스트에는 상기 바인더 물질에 대하여 세라믹 분말이 8 내지 40vol%로 혼합되고, 상기 희생용 페이스트에는 상기 바인더 물질에 탄소 분말이 5 내지 15vol%로 혼합될 수 있다.

[0021] 상기 목적을 달성하기 위한 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체는, 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체

제조 방법에 의해 제조될 수 있다.

발명의 효과

[0022] 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템, 제조 방법 및 이에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체에 의하면, 코어 부분 및 쉘 부분을 구비하는 압출용 페이스트(initial feed rod)를 제작하여 복수 개의 채널이 형성되고, 상기 복수 개의 채널의 적층에 의해 인접한 복수 개의 채널 사이에 형성된 복수 개의 기공이 독립적으로 형성될 수 있다.

[0023] 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템, 제조 방법 및 이에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체에 의하면, 압출용 페이스트의 조성비, 압출 압력, 적층 속도, 또는 3차원 설계된 지지체 형상 등의 제어에 의해 복수 개의 채널 및 복수 개의 기공의 구조가 용이하게 제어될 수 있다.

[0024] 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템, 제조 방법 및 이에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체에 의하면, 컴퓨터 제어 기반 쾌속 적층 공정 기술 적용에 의해 공정 자동화가 가능하고, 지지체의 3차원 형태를 다양하게 구현할 수 있으며 복수 개의 기공 구조의 3차원 연결성을 확보할 수 있다.

[0025] 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템, 제조 방법 및 이에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체에 의하면, 소결을 제외한 모든 공정이 실온 상에서 가능하여, 작업 공정이 안전하고 원하는 3차원적 형태를 안정적이고 효과적으로 구현할 수 있다.

[0026] 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템, 제조 방법 및 이에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체에 의하면, 생체 친화도가 우수한 초기 물질을 선택하여 화학적 또는 결정학적으로 우수하며, 뛰어난 생체특성과 물리적 특성을 가지고 있고 높은 기공도와 극대화된 표면적 등 성능이 향상된 3차원 다공성 지지체를 제조할 수 있다.

[0027] 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템, 제조 방법 및 이에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체에 의하면, 용매 추출 과정을 통해 지지체 표면에 형성된 미세 조면이 지지체의 세포특성을 증진시킬 수 있고, 세포의 초기 부착 및 중장기적인 이동, 성장, 분화, 증식도를 증진시킬 수 있으며, 치과 분야뿐만 아니라 정형외과 분야의 조직 결손 부위에 좋은 예후를 기대할 수 있고, 지지체가 필요한 다양한 분야에 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 시스템을 도시한다.

도 2는 압출용 페이스트가 압출 및 적층되는 모습을 도시한다.

도 3은 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 시스템에서 제조된 3차원 다공성 지지체의 모식도를 도시한다.

도 4는 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 방법을 나타내는 순서도이다.

도 5(a) 및 (b)는 성형된 지지체의 소결 전후의 모습을 도시한다.

도 6(a) 및 (b)는 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 방법에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체의 구조를 나타내는 마이크로 CT 도면이다.

도 7(a) 내지 (e)는 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 방법에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체의 구조가 전기 방사형 주사전자 현미경에 의해 획득된 도면이다.

도 8(a) 및 (b)는 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 방법에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체의 물리적 특성을 나타내는 그래프이다.

도 9(a) 및 (b)는 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 방법에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체의 결정학적 구조를 분석한 도면이다.

도 10(a) 내지 (e)는 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 방법에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체의 세포실험 결과를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하, 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다. 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 실시예를 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 실시예에 대한 이해를 방해한다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.

[0030] 또한, 실시예의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제 1, 제 2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 어떤 구성 요소가 다른 구성요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 그 구성 요소는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나 접속될 수 있지만, 각 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

[0031] 도 1은 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 시스템을 도시하고, 도 2는 압출용 페이스트가 압출 및 적층되는 모습을 도시하고, 도 3은 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 시스템에서 제조된 3차원 다공성 지지체의 모식도를 도시한다.

[0032] 도 1을 참조하여, 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 시스템(10)은 압출용 용기(100), 구동부(200), 수조부(300), 건조부(400) 및 열처리부(500)를 포함할 수 있다.

[0033] 특히, 도 2를 참조하여, 상기 압출용 용기(100)는 세라믹 페이스트(ceramic paste; 112) 및 희생용 페이스트(fugitive paste; 114)로 마련된 압출용 페이스트(110)가 채워질 수 있다.

[0034] 상기 세라믹 페이스트(112)는 예를 들어 세라믹 분말 및 바인더 물질의 혼합에 의해 형성되고, 희생용 페이스트(114)는 예를 들어 탄소 분말 및 바인더 물질의 혼합에 의해 형성될 수 있다.

[0035] 또한, 상기 바인더 물질은 수용성 폴리머, 용매 및 분산제의 혼합에 의해 제조될 수 있다.

[0036] 예를 들어, 수용성 폴리머는 메틸 셀룰로오스(methyl cellulose)로 마련되고, 용매는 증류수로 마련되고, 분산제는 KD-6로 마련될 수 있으나, 이에 국한되지 않으며, 세라믹 페이스트(112) 및 희생용 페이스트(114) 제조에 적합한 바인더 물질이라면 어느 것이든지 가능하다.

[0037] 또한, 구체적으로 도시되지는 않았으나, 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 시스템(10)에 세라믹 페이스트 제조부 및 희생용 페이스트 제조부가 더 포함될 수 있음은 당연하다.

[0038] 상기 세라믹 페이스트(112)는 압출용 용기(100)의 쉘 부분에 채워질 수 있으며, 희생용 페이스트(114)는 압출용 용기(100)의 코어 부분에 채워질 수 있다.

[0039] 이에 의해 압출용 용기(100)로부터 압출용 페이스트가 압출되면, 복수 개의 필라멘트(P)가 형성될 수 있는데, 상기 복수 개의 필라멘트(P) 내 쉘 부분에는 세라믹 페이스트가 채워지고 코어 부분에 희생용 페이스트가 채워질 수 있다.

[0040] 이와 같이 압출용 페이스트(110)가 채워진 압출용 용기(100)는 구동부(200)에 장착될 수 있다.

[0041] 상기 구동부(200)는 압출용 페이스트(110)가 압출용 용기(100)로부터 압출되도록 압출 압력을 가할 수 있다.

[0042] 이때, 압출 압력은 압출용 용기(100)로부터 압출되는 압출용 페이스트(110)의 양과 관련되어, 압출 압력이 다양하게 제어됨으로써, 지지체(A)의 형상, 지지체(A)에 형성된 채널 구조(B1) 또는 지지체(A)에 형성된 기공 구조(B1)가 다양하게 제어될 수 있다.

[0043] 또는, 미리 설계된 지지체(A)의 형상, 지지체(A)에 형성된 채널 구조(B1) 또는 지지체(A)에 형성된 기공 구조(B1)를 형성할 수 있도록 압출 압력을 제어할 수 있음은 당연하다.

[0044] 또한, 상기 구동부(200)는 압출용 용기(100)를 수평 또는 수직 방향으로 이송시킬 수 있다.

[0045] 이때, 상기 구동부(200)에는 3차원 설계된 지지체의 형상이 미리 입력될 수 있으며, 구동부(200)에 입력된 3차원 설계된 지지체의 형상에 따라 구동부(200)가 압출용 용기(100)를 이송시킬 수 있다.

[0046] 예를 들어, 구동부(200)가 압출용 용기(100)를 수평 방향으로 이송시킴으로써 복수 개의 필라멘트(P)가 형성될 수 있으며, 구동부(200)가 압출용 용기(100)를 수직 방향으로 이송시킴으로써 복수 개의 필라멘트(P)가 적층될 수 있다.

[0047] 특히, 도 3에 도시된 바와 같이, 복수 개의 필라멘트(P)가 격자 무늬로 적층됨으로써, 인접한 복수 개의 필라멘

트(P) 사이에 복수 개의 기공 구조(B2)가 형성될 수 있다. 그리고 복수 개의 필라멘트(P) 내에 희생용 페이스트(114)의 제거에 의해 복수 개의 필라멘트(P) 내에 복수 개의 채널 구조(P1)가 형성될 수 있다.

[0048] 또한, 압출용 용기(100)로부터 압출 및 적층된 복수 개의 필라멘트(P)가 배치되도록 압출용 용기(100)의 하부에는 수조부(300)가 배치될 수 있다.

[0049] 상기 수조부(300)는 수조(310) 및 비용매(320)를 포함할 수 있다.

[0050] 상기 수조(310)는 복수 개의 필라멘트(P)가 수용되기에 적절한 공간을 구비할 수 있다.

[0051] 상기 수조(310) 내에는 비용매(320)가 수용될 수 있다.

[0052] 상기 비용매(320)는 예를 들어 아세톤으로 마련될 수 있으며, 바인더 물질 내에 포함된 증류수와 같은 용매와의 교환을 일으킬 수 있다.

[0053] 이는 용매추출법(Solvent extraction)을 위한 것으로서, 복수 개의 필라멘트(P)의 3차원 연결성을 향상시킬 수 있다. 이에 의해 복수 개의 필라멘트(P)가 적층된 형상 또는 지지체(A)의 형상이 안정화될 수 있다.

[0054] 또한, 수조부(300)에서 꺼낸 지지체(A)는 건조부(400)로 이동될 수 있다.

[0055] 상기 건조부(400)는 지지체(A)로부터 비용매를 건조시킬 수 있다.

[0056] 이어서, 지지체(A)는 건조부(400)로부터 열처리부(500)로 이동될 수 있다.

[0057] 상기 열처리부(500)에서 지지체(A)는 열처리될 수 있으며, 이에 의해 복수 개의 필라멘트(P) 내 희생용 페이스트(114)가 제거될 수 있다.

[0058] 이때, 지지체(A)에서 복수 개의 채널 구조(B1)이 형성될 수 있다. 이와 같이 복수 개의 채널 구조(B1) 및 복수 개의 기공 구조(B2)는 독립적으로 형성될 수 있다.

[0059] 또한, 지지체(A)의 열처리에 의해 용매가 완전히 지지체(A)로부터 제거되고, 지지체(A) 내 세라믹 분말이 소결되어 치밀화될 수 있다.

[0060] 한편, 구체적으로 도시되지 않았으나, 일 실시예에 다른 3차원 다공성 지지체 제조 시스템에 제어부가 별도로 구비되어, 성형하고자 하는 지지체의 형상에 따라서 일 실시예에 다른 3차원 다공성 지지체 제조 시스템의 전반적인 작동을 제어할 수 있음은 당연하다. 예를 들어 제어부에서는 압출 압력, 적층 속도, 열처리 온도, 건조 조건 등이 선택적으로 제어될 수 있다.

[0061] 이와 같이 일 실시예에 다른 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템에서는 복수 개의 채널 구조 및 복수 개의 기공 구조가 독립적으로 형성된 지지체가 성형되어, 복수 개의 채널 구조 및 복수 개의 기공 구조를 개별적으로 제어할 수 있다.

[0062] 이상 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템에 대하여 설명되었으며, 이하에서는 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체의 제조 방법에 대하여 설명된다.

[0063] 도 4는 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 방법을 나타내는 순서도이다.

[0064] 도 4를 참조하여, 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 방법은 다음과 같이 수행될 수 있다.

[0065] 우선, 압출용 페이스트 제조를 위한 바인더 물질이 제조된다(S10).

[0066] 상기 바인더 물질은 가점제로서 수용성 폴리머, 용매 및 분산제의 혼합에 의해 제조될 수 있다.

[0067] 예를 들어, 수용성 폴리머는 메틸 셀룰로오스로 마련되고, 용매는 증류수로 마련되고, 분산제는 KD-6로 마련될 수 있다.

[0068] 이때, 메틸 셀룰로오스는 증류수에 대하여 2 내지 8wt%로 혼합될 수 있다. 다시 말해서 증류수 100ml에 메틸 셀룰로오스가 2 내지 8g으로 혼합될 수 있다.

[0069] 또한, 분산제는 세라믹 분말 또는 탄소 분말의 중량에 대하여 0.3 내지 3wt%로 혼합될 수 있다. 다시 말해서, 세라믹 페이스트 제조를 위한 바인더 물질에는 분산제가 세라믹 분말의 중량에 대하여 0.3 내지 3wt%로 혼합될 수 있고, 희생용 페이스트 제조를 위한 바인더 물질에는 분산제가 탄소 분말의 중량에 대하여 0.3 내지 3wt%로 혼합될 수 있다.

[0070] 이와 같이 바인더 물질이 제조된 후에, 세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트가 제조된다(S20).

[0071] 첫째, 세라믹 페이스트는 다음과 같이 제조될 수 있다.

[0072] 세라믹 페이스트는 세라믹 분말 및 바인더 물질이 혼합될 수 있다.

[0073] 이때, 세라믹 분말로서 인산칼슘계 세라믹인 β-Tricalcium phosphate(BCP)가 사용될 수 있다.

[0074] 상기 BCP는 약 60wt%의 수산화 인회석(HA)와 40wt%의 삼인산 인산염 (TCP)으로 구성된 0.5㎛의 평균 입자 크기의 BCP 분말을 말한다.

[0075] 상기 세라믹 분말은 바인더 물질에 8 내지 40vol%로 혼합될 수 있다.

[0076] 이때, 바인더 물질은 분산제가 세라믹 분말의 중량에 대하여 0.3 내지 3wt%로 혼합된 상태이다.

[0077] 또한, 세라믹 분말이 바인더 물질에 혼합된 후에 5 내지 10분간 회전 교반기를 사용하여 고르게 섞이고 분산되게 할 수 있다.

[0078] 그런 다음, 혼합 또는 분산된 세라믹 페이스트를 4 내지 10℃ 상에서 12 내지 24시간 보관하여 세라믹 페이스트 내 기포가 제거된다.

[0079] 둘째, 희생용 페이스트는 다음과 같이 제조될 수 있다.

[0080] 희생용 페이스트는 탄소 분말 및 바인더 물질이 혼합될 수 있다.

[0081] 상기 탄소 분말은 바인더 물질에 5 내지 15vol%로 혼합될 수 있다.

[0082] 이때, 바인더 물질은 분산제가 탄소 분말의 중량에 대하여 0.3 내지 3wt%로 혼합된 상태이다.

[0083] 또한, 탄소 분말이 바인더 물질에 혼합된 후에 5 내지 10분간 회전 교반기를 사용하여 고르게 섞이고 분산되게 할 수 있다.

[0084] 그런 다음, 혼합 또는 분산된 희생용 페이스트를 4 내지 10℃ 상에서 12 내지 24시간 보관하여 희생용 페이스트 내 기포가 제거된다.

[0085] 전술된 바와 같이 제조된 세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트로부터 압출용 페이스트가 제조된다(S30).

[0086] 구체적으로, 세라믹 페이스트를 직경이 10 내지 20㎜인 압출용 용기의 쉘 부분에 충진하고, 압출용 용기의 코어 부분에 5 내지 10㎜의 알루미늄 재질의 포스트를 위치시킨다.

[0087] 이때, 압출용 용기의 압출 직경은 성형하고자 하는 지지체의 형상에 따라서 최대 200 내지 1000㎜에 이르기까지 선택 적용될 수 있음은 당연하다.

[0088] 또한, 압출용 용기의 코어 부분의 형상에 대응되도록 희생용 페이스트를 -10 내지 -4℃에서 냉각 성형한다.

[0089] 그런 다음, 세라믹 페이스트 및 포스트가 삽입된 압출용 용기를 50 내지 60℃ 상에서 10 내지 20분 동안 물 중탕하여 바인더 물질을 겔화시킨다.

[0090] 이와 같이 세라믹 페이스트가 겔화된 다음에, 압출용 용기로부터 포스트가 제어되어 압출용 용기 내 코어 부분에 희생용 페이스트가 채워질 공간이 형성된다.

[0091] 이어서, 압출용 용기 내 코어 부분에 희생용 페이스트가 삽입된다.

[0092] 이때, 희생용 페이스트는 압출용 용기 내 코어 부분의 형상에 대응되도록 냉각 성형된 상태여서, 겔화된 세라믹 페이스트와 융합될 필요가 있다.

[0093] 이를 위해, 세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트를 상온에서 10 내지 20분 동안 방치하여 희생용 페이스트를 겔화시켜, 세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트가 융합된 압출용 페이스트가 완성된다.

[0094] 이와 같이 제조된 압출용 페이스트가 수용된 압출용 용기가 구동부에 장착된다(S40).

[0095] 이때, 컴퓨터 기반 쾌속 적층 기술 적용을 위해 구동부는 동작 및 압력 제어 로봇으로 마련될 수 있다.

[0096] 또한, 구동부는 미리 입력된 압출 압력, 적층 속도 또는 3차원 설계된 지지체의 형상에 따라 압출용 용기를 구동시킬 수 있다.

[0097] 예를 들어, 구동부에서 압출 과정의 공정 변수는 다음과 같다.

표 1

[0098]

압출용 용기의 압출 직경	200 내지 1000㎛
압출 압력	50 내지 250kPa
적층 속도	1 내지 15㎜/s
상하층 간격	400 내지 500um

[0099] [표 1]을 참조하여, 구동부는 압출용 용기의 압출 압력이 50 내지 250kPa이고, 압출용 페이스트의 적층 속도가 1 내지 15㎜/s이며, 상하층 간격이 400 내지 500um가 되도록 제어될 수 있다.

[0100] 따라서 3차원 설계된 지지체의 형상에 따라서 압출 직경, 압출 압력, 적층 속도 또는 상하층 간격이 선택적으로 제어될 수 있다.

[0101] 이어서, 압출용 페이스트가 압출용 용기로부터 압출되어 복수 개의 필라멘트가 형성되고(S50), 복수 개의 필라멘트가 적층되어 지지체가 성형된다(S60).

[0102] 이때, 복수 개의 필라멘트가 아세톤과 같은 비용매가 수용된 수조 내에 적층되는데, 용매 추출 과정에 의해 지지체의 형태가 안정화되고, 지지체 내 상하층 간에 접착력이 향상될 수 있다.

[0103] 이와 같이 성형된 지지체는 예를 들어 4 내지 20℃의 저온에 배치된다. 이에 의해 지지체에 존재하는 비용매가 건조될 수 있다.

[0104] 이어서, 복수 개의 필라멘트 내에서 희생용 페이스트가 제거된다(S70).

[0105] 구체적으로, 복수 개의 필라멘트 내에서 희생용 페이스트를 제거하기 위해, 지지체가 열처리될 수 있다.

[0106] 예를 들어, 분당 2 내지 5℃ 상승 온도를 적용하여, 1150 내지 1250℃까지 온도가 상승되며, 목표 온도 도달 시 2 내지 3 시간 계류시킨다.

[0107] 이에 의해, 복수 개의 필라멘트 내에서 희생용 페이스트가 제거됨과 동시에 지지체 내 세라믹 분말이 소결되어 치밀화될 수 있다.

[0108] 전술된 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 방법은, 코어 부분 및 쉘 부분을 구비하는 압출용 페이스트를 제작하여, 복수 개의 채널이 형성되고, 상기 복수 개의 채널의 적층에 의해 인접한 복수 개의 채널 사이에 형성된 복수 개의 기공이 독립적으로 형성된 후 서로 연결될 수 있다. 그리고, 압출용 페이스트의 조성비, 압출 압력, 적층 속도, 및 3차원 설계된 지지체 형상 등의 제어에 의해 복수 개의 채널 및 복수 개의 기공의 구조가 용이하게 제어될 수 있다.

[0109] 게다가, 컴퓨터 제어 기반 쾌속 적층 공정 기술 적용에 의해 공정 자동화가 가능하고, 지지체의 3차원 형태를 다양하게 구현할 수 있으며 복수 개의 기공 구조의 3차원 연결성을 확보할 수 있다. 추가적으로, 열처리 또는 소결을 제외한 모든 공정이 실온 상에서 가능하여, 작업 공정이 안전하고 원하는 3차원적 형태를 안정적이고 효과적으로 구현할 수 있다.

[0110] 이하에서는 전술된 3차원 다공성 지지체의 제조 시스템 및 제조 방법에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체를 분석한 실험 데이터이다.

[0111] 도 5(a) 및 (b)는 성형된 지지체의 소결 전후의 모습을 도시한다.

[0112] 도 5(a)는 압출용 페이스트가 압출 후에 건조된 상태에서 지지체의 모습이며, 도 5(b)는 지지체에서 소결 과정을 통해 희생용 페이스트가 제거된 모습을 나타낸다.

[0113] 특히, 도 5(a)를 참조하여, 지지체의 측면에서 복수 개의 필라멘트 내 보이는 검은 부분은 희생용 페이스트를 나타내고, 흰색으로 보이는 부분은 세라믹 페이스트를 나타내며, 희생용 페이스트의 제거에 의해 형성되는 복수 개의 채널 구조 및 인접한 복수 개의 필라멘트 사이에 형성된 복수 개의 기공 구조가 독립적으로 형성되어 있음을 확인할 수 있다.

[0114] 도 6(a) 및 (b)는 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 방법에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체의 구조를 나타내는 마이크로 CT 도면이다.

[0115] 도 6(a) 및 (b)는 3차원 다공성 지지체를 단층촬영하고, 3차원적으로 재구축한 것으로서, 이를 통하여 3차원 다공성 지지체의 독립 형성된 채널 구조 및 기공 구조를 확인하고, 채널 구조 및 기공 구조의 연결도 확인할 수 있다.

[0116] 특히, 도 6(a)를 통해 희생용 페이스트의 제거에 의해 기인하는 채널 구조를 확인할 수 있으며, 도 6(b)를 통해 90도 각도 위상차를 갖는 지지체의 구조를 확인할 수 있다.

[0117] 도 7(a) 내지 (e)는 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 방법에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체의 구조가 전기 방사형 주사전자 현미경에 의해 획득된 도면이다.

[0118] 도 7(a) 및 (b)는 도 6(a) 및 (b)의 도면에 대응되며, 도 7(c)는 도 7(a)의 확대된 고배율 이미지이다.

[0119] 이때, 희생용 페이스트에 기인하는 채널 구조(B1)의 내부 직경은 약 150㎛ 이며, 세라믹 쉘의 직경은 약 350㎛로 세라믹 쉘의 두께는 약 80~100㎛로 형성되었음을 확인할 수 있다.

[0120] 또한, 도 7(d)에서는 복수 개의 채널 구조(B1) 및 복수 개의 기공 구조(B2)가 독립적으로 형성되고, 3차원적으로 연결된 구조를 확인할 수 있으며, 도 7(e)에서는 도 7(d)가 이미지 작업을 통해 명확하게 구분되어 확인할 수 있다.

[0121] 이때, 세라믹 페이스트(112)는 지지체의 골격을 생성할 수 있으며, 세라믹 페이스트(112)가 복수 개의 필라멘트의 쉘 부분에 채워짐으로써 복수 개의 채널 구조(B1) 및 복수 개의 기공 구조(B2)가 분리된 구조를 갖게 할 수 있다.

[0122] 이와 같이 제조된 3차원 다공성 지지체의 구조를 분석하면 다음과 같다.

표 2

[0123]

쉘 부분 직경	~ 350㎜		
코어 부분 직경	~ 150um		
쉘 부분 두께	80 내지 100um		
기공 구조의 크기	300 x 120um		
기공도 분석	전체 기공도 73.2%	기공 구조 기공도	23.9%
		채널 구조 기공도	46.2 %

[0124] 도 8(a) 및 (b)는 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 방법에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체의 물리적 특성을 나타내는 그래프이다.

[0125] 특히 3차원 다공성 지지체의 물리적 특성인 압축 강도를 측정한 것으로서, 이를 통해 채널 구조가 있는 경우와 채널 구조가 없는 단순 다공성 지지체를 동일한 기공도로 제작하여 물리적 특성을 비교 분석하였다.

[0126] 또한, 도 8(a)는 기공도가 73%로 동일하고 도 8(b)는 기공도가 74%로 동일한 경우를 예로 들어 실험하였다.

[0127] 이를 통해 채널 구조가 있는 경우, 수평 방향으로 압축을 가하는 경우가 수직 방향으로 압축을 가하는 경우보다 높은 강도를 보이고 있음을 확인했다. 그리고 채널 구조가 있는 경우가 채널 구조가 없는 경우에 비하여 높은 압축 강도를 갖고 있음을 확인했다. 이때 확인된 압축 경도는 경조직(spongy bone) 지지체로서 적합한 강도를 갖는다.

[0128] 도 9(a) 및 (b)는 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 방법에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체의 결정학적 구조를 분석한 도면이다.

[0129] 특히, 도 9(a) 및 (b)는 3차원 다공성 지지체의 결정학적 구조를 X-선 회절 패턴(X-ray diffraction pattern)으로 분석한 것으로서, 분석 결과, 보라색 원으로 표시한 HA의 X-선 회절 패턴과 청색 화살표로 표시한 β-TCP의 X-선 회절 패턴을 얻었다.

[0130] 또한, 회절 패턴을 이용하여 대표적 두 가지 결정을 정량적으로 분석한 결과를 하단에 정리하였다.

[0131] 그 결과, 소결 전(희생용 페이스트가 있는 상태)와 소결 후(열처리를 통하여 희생용 페이스트를 제거하고 세라믹 분말이 치밀화된 상태)의 결정학적 차이가 보이지 않으며, 우수한 생체친화도를 위하여 선택한 초기 물질인 BCP 세라믹 분말이 결정학적 변성 없이 서로 독립되고 각각 3차원적으로 연결 된 이중 기공구조(채널 구조 및

기공 구조)를 갖는 3차원 다공성 지지체를 제작 할 수 있음을 확인하였다.

[0132] 도 10(a) 내지 (e)는 일 실시예에 따른 3차원 다공성 지지체 제조 방법에 의해 제조된 3차원 다공성 지지체의 세포실험 결과를 나타내는 그래프이다.

[0133] 특히, 도 10(a) 내지 (e)는 서로 독립되고 각각 3차원적으로 연결된 이중 기공구조를 갖는 다공성 지지체의 세포 특성과 채널 구조 내 세포 이주 가능성을 확인하기 위해 진행된 세포실험의 결과를 정리한 CLSM(confocal laser scanning microscope) 이미지이다.

[0134] 사용된 세포 주는 조골세포인 MC3T3-E1 cell을 선택하여 분주하였다.

[0135] 도 10(a) 내지 (e)의 이미지는 세포 분주 후 약 6시간 이후의 모습이다.

[0136] 도 10(a)는 지지체 표면에 세포를 분주한 결과로, 생체친화성이 좋은 BCP 세라믹 표면에 세포가 매우 잘 부착되어 성장하는 모습을 확인할 수 있다.

[0137] 도 10(b) 및 (c)는 세포를 분주한 후, 코어 부분에 해당하는 채널 구조의 세포 특성과 세포 이주 가능성을 확인한 결과로, 채널 구조에 대하여 수직방향 관찰(도 10(b)) 및 수평방향 관찰(도 10(c))의 두 경우 모두 우수한 세포친화성을 보임을 이미지 분석을 통하여 확인 할 수 있다.

[0138] 나아가, 도 10(d) 및 (e)는 도 10(b) 및 (c)를 각각 3차원으로 재건한 이미지 분석 결과(150~200㎛ 깊이를 3차원 적층하여 이미지 처리)로서, 채널 구조 내부에도 세포가 효과적으로 부착되어 성장하고 있음을 확인하였다. 이를 통하여 본 발명의 3차원 다공성 지지체는 매우 우수한 생체적 특성(세포독성 없이 생체 친화적임)을 확인할 수 있다.

[0139] 이상과 같이 본 발명의 실시예에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

[0140] 10: 3차원 다공성 지지체 제조 시스템

100: 압출용 용기

110: 압출용 페이스트

112: 세라믹 페이스트

114: 희생용 페이스트

200: 구동부

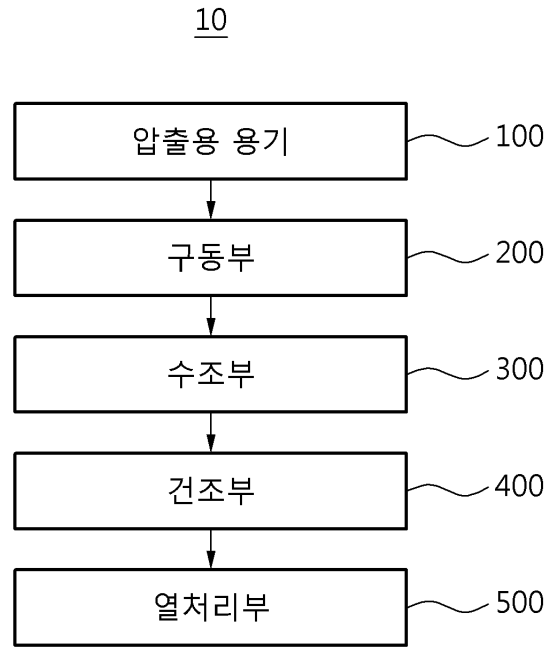
300: 수조부

400: 건조부

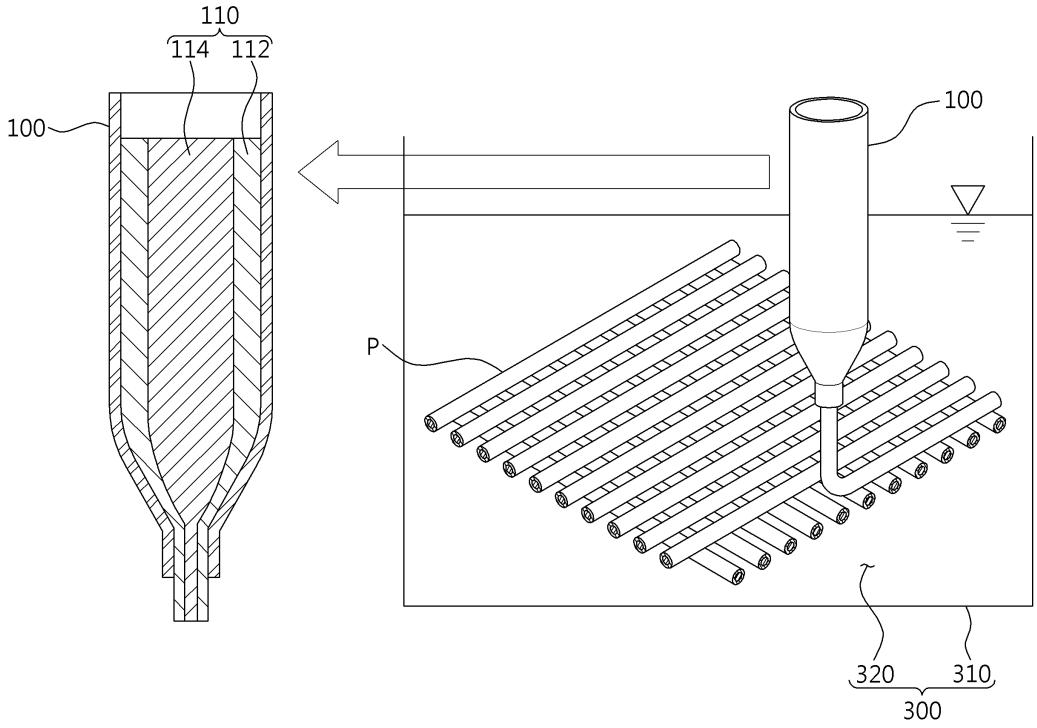
500: 열처리부

도면

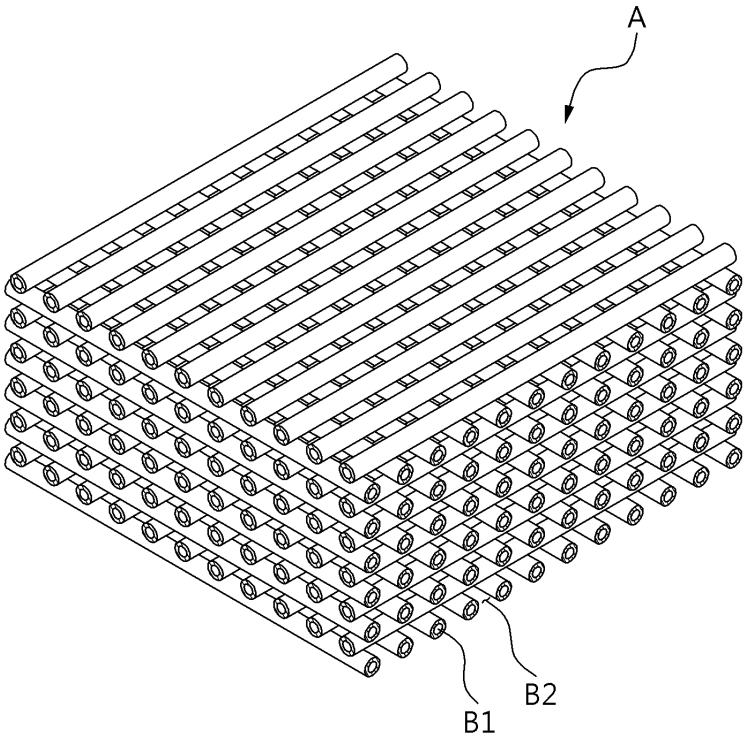
도면1


10
압출용 용기
100
구동부
200
수조부
300
건조부
400
열처리부
500

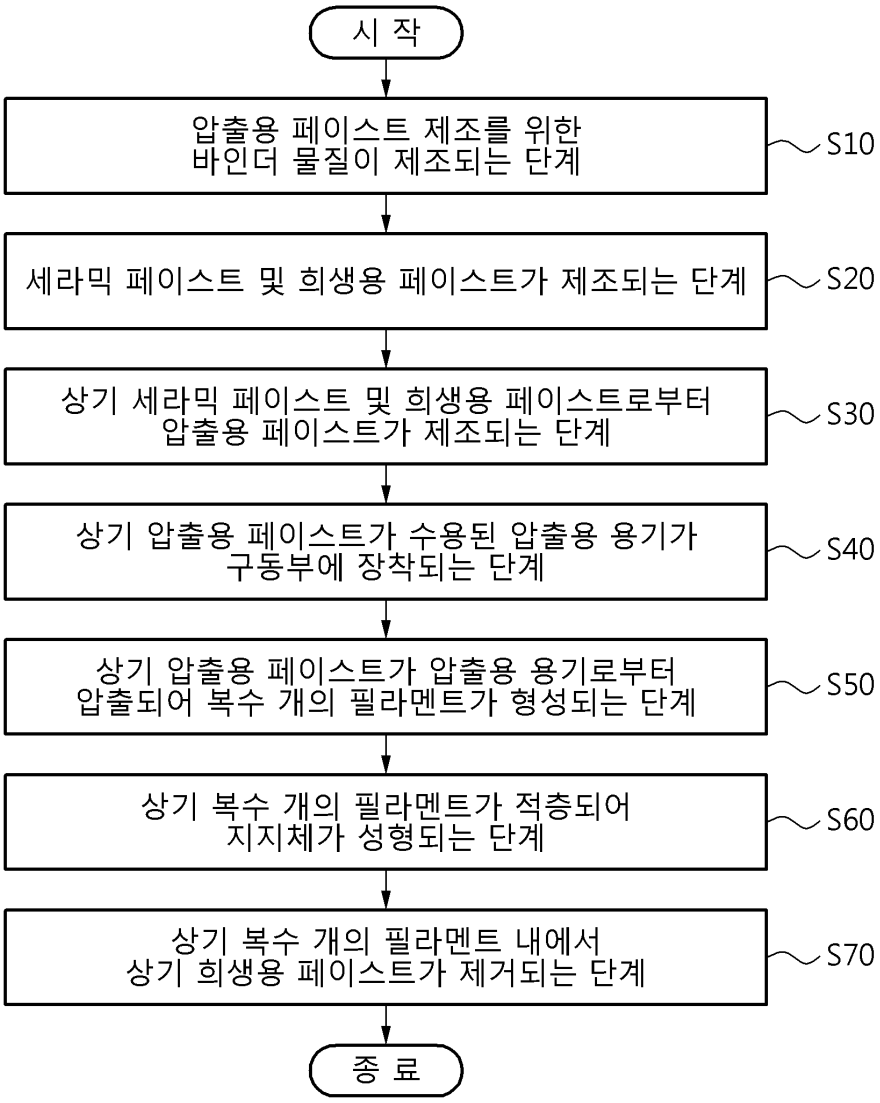
도면2


110
114
112
100
100
P
320
310
300

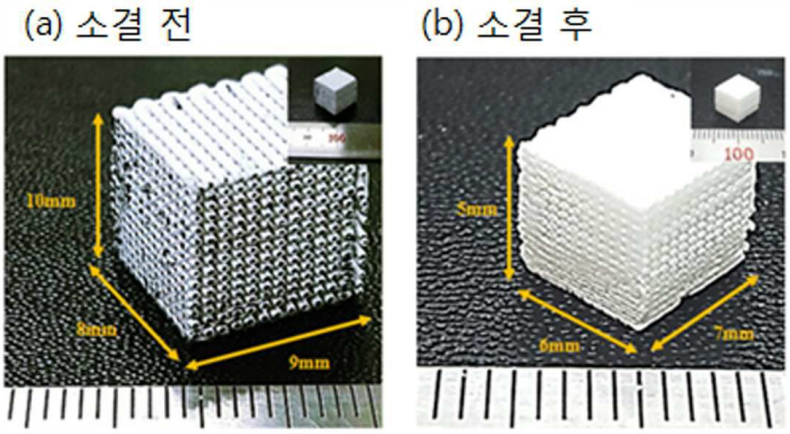
도면3



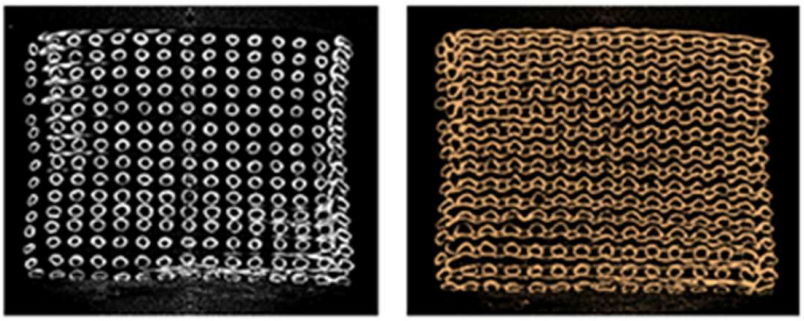
도면4


시 작
압출용 페이스트 제조를 위한
바인더 물질이 제조되는 단계
S10
세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트가 제조되는 단계
S20
상기 세라믹 페이스트 및 희생용 페이스트로부터
압출용 페이스트가 제조되는 단계
S30
상기 압출용 페이스트가 수용된 압출용 용기가
구동부에 장착되는 단계
S40
상기 압출용 페이스트가 압출용 용기로부터
압출되어 복수 개의 필라멘트가 형성되는 단계
S50
상기 복수 개의 필라멘트가 적층되어
지지체가 성형되는 단계
S60
상기 복수 개의 필라멘트 내에서
상기 희생용 페이스트가 제거되는 단계
S70
종 료

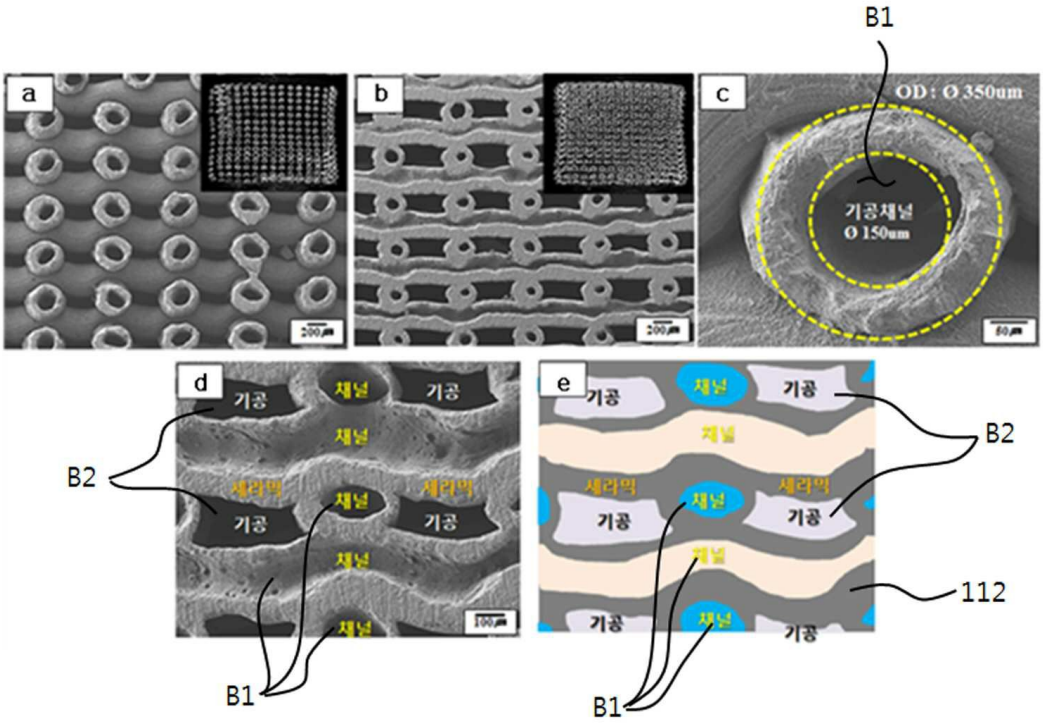
도면5


(a) 소결 전
(b) 소결 후
10mm
8mm
9mm
5mm
9mm
7mm

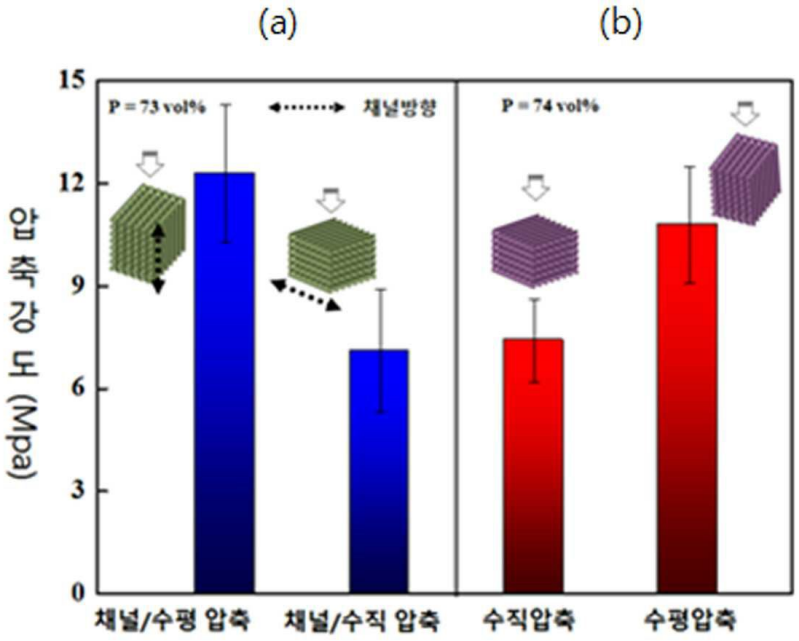
도면6



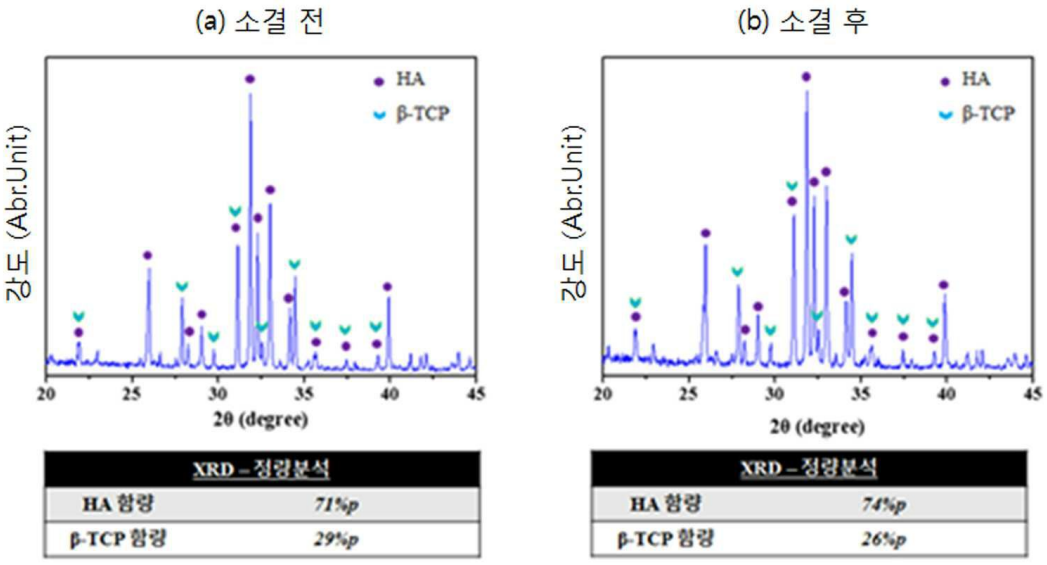
도면7



도면8



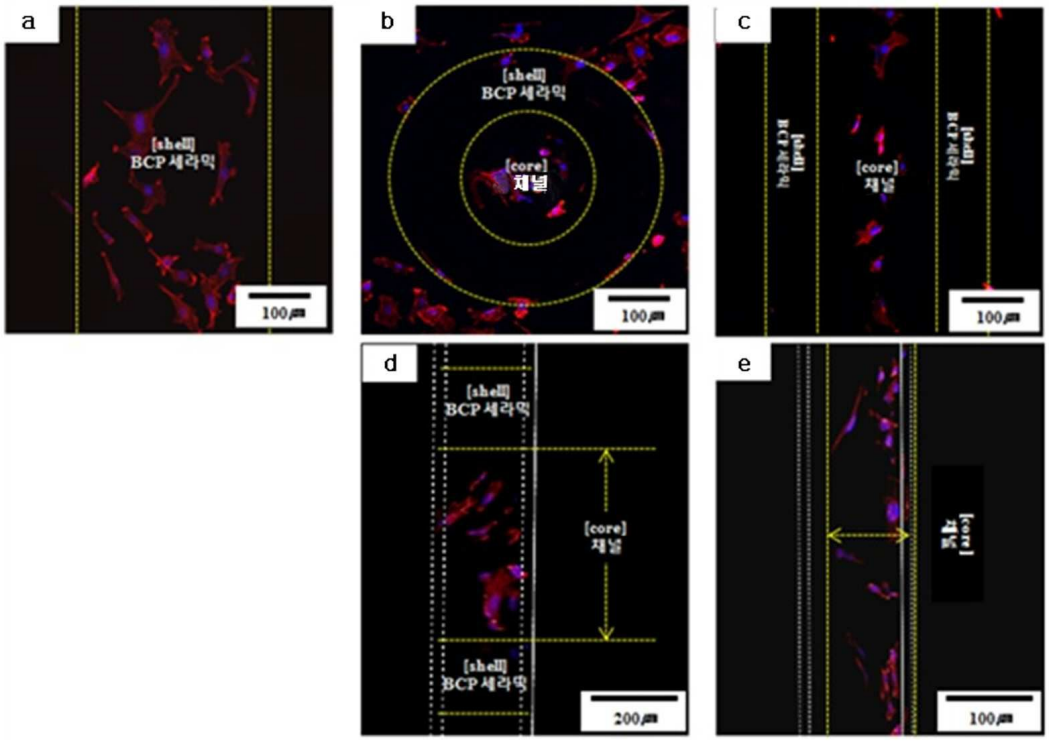
도면9



XRD – 정량분석	
HA 함량	71%p
β-TCP 함량	29%p

XRD – 정량분석	
HA 함량	74%p
β-TCP 함량	26%p

도면10


a
[shell]
BCP 세라믹
100㎛
b
[shell]
BCP 세라믹
[core]
채널
100㎛
c
[shell]
BCP 세라믹
[core]
채널
[shell]
BCP 세라믹
100㎛
d
[shell]
BCP 세라믹
[core]
채널
[shell]
BCP 세라믹
200㎛
e
[core]
채널
100㎛