(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0052434
(43) 공개일자 2022년04월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C03C 8/14 (2006.01) *B33Y 70/00* (2020.01)
B33Y 80/00 (2015.01) *B44C 1/26* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C03C 8/14 (2013.01)
B33Y 70/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0136297
(22) 출원일자 2020년10월20일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국재료연구원
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 (상남동)
(72) 발명자
양동열
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 (상남동)
김용진
경상남도 창원시 성산구 성주동
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이원희

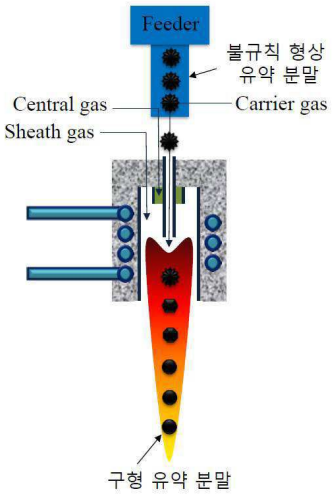
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리 및 이를 이용한 칠보 공예품의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 구형 칠보 유약 분말 및 용매를 포함하는 3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리 및 이를 이용한 칠보 공예품의 제조방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B33Y 80/00 (2013.01)
B44C 1/26 (2013.01)
(72) 발명자
배창준
경상남도 창원시 성산구 가음동 1~14
양상선
경상남도 창원시 성산구 대암로 253, 103동 (성주동, 프리빌리지아파트)
곽지나
경상남도 창원시 마산회원구 3·15대로 636
김경태
부산광역시 북구 화명동
김기봉
경상남도 창원시 의창구 중동로 78
박수진
경상남도 창원시 마산합포구 상남동
정우형
경상남도 창원시 성산구 삼동로128번길 24
최중호
경상남도 창원시 성산구 상남동

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711105080
과제번호	2018M3C1B5052475
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	STEAM연구(R&D)
연구과제명	칠보 유약 분말의 형상 및 크기 제어 기술 개발(1단계)(3/3)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국기계연구원부설 재료연구소
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

구형 칠보 유약 분말 및 용매를 포함하는, 3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 구형 칠보 유약 분말은 칠보 유약 분쇄물을 플라즈마 처리하여 제조되는, 3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 구형 칠보 유약 분말의 입자 크기는 45㎛ 내지 106㎛인, 3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 용매는, 글리세롤, 히드록시프로필 셀룰로오스, 히드록시에틸 셀룰로오스 및 증류수로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상인, 3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리.

청구항 5

칠보 유약 분쇄물을 플라즈마 처리하여 구형화하는 단계; 및

상기 구형화된 칠보 유약 분쇄물을 용매에 분산시키는 단계;를 포함하는 3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리의 제조방법.

청구항 6

제5항의 방법으로 칠보 유약 슬러리를 제조하는 단계; 및

상기 제조된 칠보 유약 슬러리를 3D 프린팅 방법으로 기판상에 도포하는 단계;를 포함하는, 칠보 공예품의 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 3D 프린팅 방법은 재료 압출 방식(material extrusion)의 3D 프린팅 방법인, 칠보 공예품의 제조방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 칠보 공예품 제조방법은 상기 도포하는 단계 이후,

열처리하여 상기 구형 칠보 유약 분말을 용융시키는 단계;를 더 포함하는, 칠보 공예품의 제조방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 열처리는 700℃ 내지 950℃에서 수행되는, 칠보 공예품의 제조방법.

청구항 10

제5항의 칠보 공예품의 제조방법으로 제조되는, 칠보 공예품.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리 및 이를 이용한 칠보 공예품 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 칠보란 금, 은, 구리 등의 바탕 재료 위에 유리질의 칠보 유약을 바른 다음 이를 고온 열처리하여 바탕 재료의 표면을 장식하는 공예 기법으로서, 칠보 유약에 함유된 금속산화물(금-붉은색, 산화은-불투명 황색계, 산화동-녹색계 등)이 열처리를 통해 여러 가지 색을 띠게 할 수 있다. 이에 이러한 기법을 이용한 칠보 공예품은 일반 금속이나 보석이 갖는 색상의 한계를 넘어 다채로운 색감과 다양한 기법으로 여러 회화적인 표현이 가능하여 각종 생활용품 또는 그 장식품으로 애용되고 있다.

[0005] 이러한 칠보 공예에 사용되는 칠보 유약(유리질의 유약)은 SiO_2를 주성분으로 하고, Na, Ti, Cu, Ca, Al, K 등의 금속산화물을 포함하여, 어느 금속에도 잘 고착되고, 열 팽창률이나 냉각 수축률도 금속과 비슷하여 쉽게 균열이 발생하지 않고, 산이나 알칼리, 가스 등에 잘 부식되지 않으며, 물과의 친화력도 없기 때문에, 내한성, 내화성 등이 매우 우수하여 외력에 손상되지 않는 범위에서 수명이 반영구적이다.

[0007] 칠보 공예품의 제조와 관련하여, 대한민국 등록특허 제10-1815765호에서는 장식용 칠보의 제작방법으로서 불순물이 제거된 가루유약과 문양 격벽(10a)이 형성된 기판(10)을 준비하는 단계(S1); 유동성을 가진 혼합 유약액을 제조하는 단계(S2); 혼합 유약액을 가압하여 상기 기판(10)에 도포한 후 가루유약이 기판(10)에 고착되도록 하는 도포 및 세팅하는 단계(S3); 가루유약이 기판(10)에 고착된 목적물을 1차 소성시키는 단계(S4); 1차 소성된 목적물의 표면을 연마하는 단계(S5); 연마된 목적물을 2차 소성시키는 단계(S6);를 포함되는 장식용 칠보의 제작방법이 개시된 바 있다.

[0009] 상기와 같이 칠보 유약으로 표면 처리된 칠보 공예품은 광택과 굴절률, 반사율 등이 우수하고, 다양한 색채가 아름다운 장점이 있어 디자인이나 색상표현이 자유로운 동시에, 바탕 재료와 팽창계수가 비슷하여 균열 없이 바탕 재료에 잘 고착되며, 산, 알칼리, 가스 등으로 인하여 잘 부식되지 않고, 물을 흡수하지 않기 때문에 내한성, 내화성 등이 매우 우수하기 때문에, 바탕재료를 보호하는 역할도 가능하며, 외력에 의한 손상이 없는 한 변색이 없고, 반영구적인 색채의 아름다움을 나타낼 수 있다.

[0011] 한편, 종래의 경우, 칠보 공예품의 제조 시 사용되는 칠보 유약 분말(가루 유약)은 원료 물질을 혼합, 용융 및 냉각시켜 벌크 형태의 유약을 제조한 후 이를 분쇄하여 제조하였으나, 이러한 방법으로 제조된 칠보 유약 분말(가루 유약)은 불규칙한 다각형 형상을 가져 유동성이 좋지 않기 때문에 바탕금속에 도포하는 과정을 오직 수작업으로 수행해야 하므로 도포의 용이성 및 일관성 등이 낮아 작업상 어려움이 있어왔다.

[0013] 이에, 본 출원인은 상기와 같은 어려움을 해결하기 위하여 불규칙한 다각형 형상의 칠보 유약 분말을 구형의 칠보 유약 분말로 형성하고, 이를 이용하여 3D 프린팅 방법으로 바탕재료상에 도포함으로써 제조 편의성 및 효율성을 높인 칠보 공예품의 제조방법을 개발하고 본 발명을 완성하였다.

선행기술문헌

특허문헌

[0015] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1815765호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0016] 일 측면에서의 목적은

[0017] 3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리를 제공하는 데 있다.

[0019] 다른 일 측면에서의 목적은

[0020] 3D 프린팅을 이용한 칠보 공예품의 제조방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0022] 상기 목적을 달성하기 위하여,

[0023] 일 측면에서는

[0024] 구형 칠보 유약 분말 및 용매를 포함하는 3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리가 제공된다.

[0026] 이때, 상기 구형 칠보 유약 분말은 칠보 유약 분쇄물을 플라즈마 처리하여 제조될 수 있다.

[0027] 상기 구형 칠보 유약 분말의 입자 크기는 45㎛ 내지 106㎛일 수 있다.

[0028] 또한, 상기 용매는 글리세롤, 히드록시프로필 셀룰로오스, 히드록시에틸 셀루로오스 및 증류수로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상일 수 있다.

[0030] 다른 일 측면에서는

[0031] 칠보 유약 분쇄물을 플라즈마 처리하여 구형화하는 단계; 및

[0032] 상기 구형화된 칠보 유약 분쇄물을 용매에 분산시키는 단계;를 포함하는 3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리의 제조방법이 제공된다.

[0034] 또 다른 일 측면에서는,

[0035] 상기 방법으로 칠보 유약 슬러리를 제조하는 단계; 및

[0036] 상기 제조된 칠보 유약 슬러리를 3D 프린팅 방법으로 기판상에 도포하는 단계;를 포함하는, 칠보 공예품의 제조방법이 제공된다.

[0038] 이때, 상기 3D 프린팅 방법은 압출 방식(material extrusion)의 3D 프린팅 방법으로 수행될 수 있다.

[0040] 상기 칠보 공예품 제조방법은 상기 도포하는 단계 이후, 열처리하여 상기 구형 칠보 유약 분말을 용융시키는 단계;를 더 포함할 수 있으며, 상기 열처리는 700℃ 내지 950℃에서 수행될 수 있다.

[0042] 다른 일 측면에서는

[0043] 상기 칠보 공예품의 제조방법으로 제조되는 칠보 공예품이 제공된다.

발명의 효과

[0045] 일 측면에서 제공되는 3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리는 구형 칠보 유약 분말을 포함함으로써, 유동성이 높아. 칠보 공예품 제조를 위해 바탕재료(또는 기판)상에 칠보 유약을 도포하는 과정을 3D 프린팅 방법으로 수행할 수 있는 장점이 있다. 또한, 3D 프린팅 방법으로 정밀한 도포가 가능하여 고품질의 칠보 공예품을 용이하고 효율적으로 제조할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0047] 도 1은 RF 플라즈마 장치를 이용하여 구형 유약 분말을 제조하는 방법을 나타낸 모식도이고,

도 2는 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 플라즈마 처리 전 및 후의 칠보 유약 분말을 관찰한 사진이고,

도 3은 상용의 각형 칠보 유약 분말 및 본 발명의 구형 칠보 유약 분말을 육안 및 주사전자현미경(SEM)으로 관찰한 사진 및 분말 입도 분포를 측정한 결과 그래프이고,

도 4는 상용의 각형 칠보 유약 분말 및 본 발명의 구형 칠보 유약 분말을 육안 및 주사전자현미경(SEM)으로 관찰한 사진 및 분말 입도 분포를 측정한 결과 그래프이고,

도 5는 구형 칠보 유약 분말의 유동성을 평가하기 위하여 사용한 Hall cup 장치를 나타낸 사진 및 모식도이고,

도 6은 구형 칠보 유약 분말을 45㎛미만, 45㎛ 내지 106㎛ 및 106㎛초과 내지 212㎛로 분말을 크기별로 분급한 후 각각에 대해 주사전자 현미경으로 관찰한 사진이고,

도 7은 상용의 붉은색 각형 칠보 유약 분말 및 본 발명의 붉은색 구형 칠보 유약 분말을 입자 크기별로 분급한 후, 용융시킨 이후의 색상을 육안으로 관찰한 사진이고,

도 8은 상용의 파란색 각형 칠보 유약 분말 및 본 발명의 파란색 구형 칠보 유약 분말을 입자 크기별로 분급한 후, 용융시킨 이후의 색상을 육안으로 관찰한 사진이고,

도 9는 상용의 노란색 각형 칠보 유약 분말 및 본 발명의 노란색 구형 칠보 유약 분말을 입자 크기별로 분급한 후, 용융시킨 이후의 색상을 육안으로 관찰한 사진이고,

도 10은 상용의 붉은색 각형 칠보 유약 분말 및 본 발명의 붉은색 구형 칠보 유약 분말의 플라즈마 처리 전후 칠보 유약 분말의 용융 후 반사도를 측정한 결과 그래프이고,

도 11은 상용의 붉은색 각형 칠보 유약 분말 및 본 발명의 붉은색 구형 칠보 유약 분말 각각을 포함한 따른 칠보 유약 슬러리를 이용하여 3D 프린팅한 결과를 육안으로 관찰한 사진이고,

도 12는 용매의 종류 및 함량을 달리하여 제조한 칠보 유약 슬러리를 사용하여 3D 프린팅한 결과를 육안으로 관찰한 사진이고,

도 13은 일 측면에 따른 칠보 유약 슬러리를 3D 프린팅 방법으로 기판상에 도포한 후 열처리 전후의 형태 및 색상 변화를 육안으로 관찰한 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0048] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명한다. 그러나 본 발명의 실시 예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하에서 설명하는 실시 예로 한정되는 것은 아니다. 또한, 이하의 실시 예는 당해 기술분야에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 또한, 명세서 전체에서 어떤 구성요소를 "포함"한다는 것은 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0050] 일 측면에서는

[0051] 구형 칠보 유약 분말 및 용매를 포함하는, 3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리가 제공된다.

[0053] 이하, 일 측면에 따른 3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리를 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

[0055] 일 측면에 따른 3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리는 칠보 유약 분말을 3D 프린팅 방법으로 도포하기 위한 슬러리로서, 구형 칠보 유약 분말을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0056] 칠보 유약은 칠보 공예품을 제조하기 위해 금, 은, 구리 등의 바탕 재료상에 도포하는 유리질 유약을 의미한다.

[0058] 종래의 경우, 칠보 유약을 도포를 위해, 벌크 형태의 칠보 유약을 분쇄하여 제조한 칠보 유약 분쇄물(가루 칠보 유약)을 용매에 분산시켜 사용하였으나, 이러한 방법으로 제조된 칠보 유약 분쇄물은 불규칙한 다각형 형상을 가져 유동성이 낮아 기판(또는 바탕재료)상에 도포시 3D 프린팅 등의 도포 장치를 이용하여 도포할 수 없어, 붓 등을 이용하여 수작업으로 도포해야 하는 어려움이 있다.

[0059] 반면, 상기 칠보 유약 슬러리는 구형 유약 분말을 포함함으로써 유동성이 현저히 우수해 재료 압출 방식(material extrusion) 또는 적층 제조 방식(powder bed fusion)방식 등의 3D 프린팅 방법으로 기판(또는 바탕재료)상에 도포할 수 있는 장점이 있다.

[0061] 상기 칠보 유약 슬러리에 포함되어 있는 상기 구형 유약 분말은 벌크의 칠보 유약을 분쇄하여 제조된 불규칙한 다각형 형상의 칠보 유약 분쇄물을 플라즈마 처리하여 제조될 수 있다.

[0062] 도 1은 RF 플라즈마 장치를 이용하여 구형 유약 분말을 제조하는 방법을 나타낸 모식도로서, 상기 플라즈마 처리는 도 1의 RF 플라즈마 장치를 이용하여 수행될 수 있다.

[0063] 즉, 도 1에 도시한 바와 같이, RF 플라즈마 장치의 노즐을 통해 칠보 유약 분쇄물을 10,000K 내지 20,000K의 초고온의 플라즈마 영역에 주입하고, 동시에 아르곤(Ar)등의 냉각가스를 공급함으로써 상기 칠보 유약 분쇄물을 순간적으로 용융 및 응축시킴으로써 구형화할 수 있다.

[0065] 도 2는 불규칙한 다각형 형상의 칠보 유약 분쇄물(좌) 및 일 측면에 따른 칠보 유약 슬러리에 포함된 구형 칠보 유약 분말(우)을 주사전자현미경(SEM)으로 관찰한 사진으로, 도 2에 나타난 바와 같이, 일 측면에 따른 칠보 유약 슬러리는 종래의 칠보 유약 분쇄물과 달리 구형의 칠보 유약 분말을 포함한다.

[0067] 상기 구형 칠보 유약 분말의 크기는 바람직하게는 수 내지 수백 마이크로 크기를 가질 수 있으나 바람직하게는

1㎛ 내지 250㎛일 수 있고, 보다 바람직하게는 1㎛ 내지 106㎛일 수 있고, 보다 바람직하게는 45㎛ 내지 106㎛일 수 있다.

[0068] 즉, 상기 구형 칠보 유약 분말의 입자 크기가 45㎛ 내지 106㎛일 때, 상기 구형 칠보 유약 분말이 용매에 보다 균일하게 분산될 수 있어 3D 프린팅을 보다 용이하게 수행할 수 있고, 칠보 공예품을 제조하기 위한 열처리로 인해 보다 선명한 색상을 나타낼 수 있는 장점이 있다.

[0069] 반면, 상기 구형 칠보 유약 분말의 평균 입자 크기가 106㎛를 초과하는 경우, 칠보 유약 분말의 크기가 너무 커 용매와 층 분리가 일어나 3D 프린팅으로 도포가 제대로 이루어지지 않을 수 있고, 또는 재료 압출 방식(material extrusion)의 3D 프린팅 시 노즐의 크기가 커야하므로 노즐 선택의 어려움을 가져올 수 있다.

[0070] 또한, 상기 구형 칠보 유약 분말의 평균 입자 크기가 45㎛ 미만인 경우, 칠보 공예품을 제조하기 위한 열처리 시 색상 및 반사도가 낮아져 원하는 선명한 색상이 나타나지 않을 수 있다.

[0072] 또한, 상기 칠보 유약 슬러리는 적절한 점도를 갖기 위하여, 상기 구형 칠보 유약 분말 및 용매를 4:6 내지 7:3의 부피비로 포함할 수 있고, 보다 바람직하게는 4:6 내지 6:4의 부피비로 포함할 수 있다.

[0074] 또한, 상기 용매로서 증류수, 글리세롤, 히드록시프로필 셀룰로오스 및 히드록시에틸 셀룰로오스로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상을 포함할 수 있고, 바람직하게는 증류수, 글리세롤, 히드록시프로필 셀룰로오스 및 히드록시에틸 셀룰로오스를 포함할 수 있다.

[0075] 이때, 상기 용매는 전체 용매 무게 대비 증류수 63무게% 내지 65무게%, 글리세롤 32무게% 내지 34무게%, 히드록시프로필 셀룰로오스 1무게% 내지 2무게%, 및 히드록시에틸 셀룰로오스 1무게% 내지 2무게% 포함할 수 있다.

[0077] 일 측면에 따른 칠보 유약 슬러리는 용매로서 증류수, 글리세롤, 히드록시프로필 셀룰로오스 및 히드록시에틸 셀룰로오스를 상기 무게비로 포함함으로써 적절한 점도를 가질 수 있어, 3D 프린팅 시 번짐 현상을 최소화할 수 있어 보다 정밀한 작업을 수행할 수 있다.

[0079] 상기 칠보 유약 슬러리는 10^3 mPa·s 내지 10^8 mPa·s의 점도를 가질 수 있다.

[0081] 다른 일 측면에서는

[0082] 칠보 유약 분쇄물을 플라즈마 처리하여 구형화하는 단계; 및

[0083] 상기 구형화된 칠보 유약 분쇄물을 용매에 분산시키는 단계;를 포함하는 3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리의 제조방법이 제공된다.

[0085] 이하, 다른 일 측면에 따른 3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리의 제조방법을 각 단계별로 상세히 설명한다.

[0086] 먼저, 다른 일 측면에 따른 3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리의 제조방법은 칠보 유약 분쇄물을 플라즈마 처리하여 구형화하는 단계를 수행할 수 있다.

[0088] 상기 칠보 유약 분쇄물은 벌크 형태의 칠보 유약을 분쇄하여 제조된 것으로서, 원료물질을 혼합하여 원료 혼합물을 제조하는 단계; 상기 원료 혼합물을 용융 및 냉각하여 벌크 형태의 칠보 유약을 제조하는 단계; 및 상기 벌크 형태의 칠보 유약을 분쇄하는 단계;를 통해 제조될 수 있다.

[0089] 이때, 상기 원료물질은 SiO_2를 포함할 수 있고, Na, Ti, Cu, Ca, Al 및 K 중 적어도 하나의 금속산화물을 더 포함할 수 있으나 이에 제한된 것은 아니며, 칠보 유약을 제조하기 위해 사용되는 종래의 칠보 유약 원료물질이 사용될 수 있다.

[0091] 또한, 상기 분쇄는 볼밀링의 방법으로 수행될 수 있으나 이에 제한된 것은 아니며, 벌크 형태로부터 분말형태를 제조하기 위한 다양한 물리적 분쇄 방법이 수행될 수 있다. 상기 분쇄를 통해 제조된 칠보 유약 분쇄물은 도 1에 도시된 바와 같이, 불규칙한 다각형 형태를 가질 수 있다.

[0092] 상기 분쇄는 바람직하게는 상기 칠보 유약 분쇄물의 평균 입자 크기가 1㎛ 내지 250㎛가 되도록 수행할 수 있으며, 1㎛ 내지 106㎛가 되도록 수행할 수 있다. 이는 입자 크기가 1㎛ 내지 250㎛인 구형 칠보 유약 분말, 보다 바람직하게는 1㎛ 내지 106㎛인 구형 칠보 유약 분말, 보다 바람직하게는 45㎛ 내지 106㎛인 구형 칠보 유약 분말을 제조하기 위한 것일 수 있다.

[0094] 상기 칠보 유약 분쇄물은 플라즈마 처리를 통해 색상 변화없이 구형으로 형태가 변화될 수 있다.

[0095] 이때 상기 플라즈마 처리는 상기 칠보 유약 분쇄물을 10,000K 내지 20,000K의 초고온의 플라즈마 영역에 노출시켜 상기 칠보 유약 분쇄물을 용융 및 응축시키는 방법으로 수행될 수 있으며, 일례로, 도 1에 개략적으로 도시한 RF 플라즈마 장치를 이용하여 수행할 수 있다.

[0097] 상기 플라즈마 처리로 구형 칠보 유약 분말을 제조한 후, 상기 구형 칠보 유약 분말을 분급하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0098] 이는 상기 구형 칠보 유약 분말 중 입자 크기가 1㎛ 내지 250㎛인 구형 칠보 유약 분말, 보다 바람직하게는 1㎛ 내지 106㎛인 구형 칠보 유약 분말, 보다 바람직하게는 45㎛ 내지 106㎛인 구형 칠보 유약 분말을 선별하기 위한 단계일 수 있다.

[0099] 상기 구형 칠보 유약 분말의 입자 크기가 45㎛ 내지 106㎛일 때, 상기 구형 칠보 유약 분말이 용매에 보다 균일하게 분산될 수 있어 3D 프린팅을 보다 용이하게 수행할 수 있고, 칠보 공예품을 제조하기 위한 열처리로 인해 보다 선명한 색상을 나타낼 수 있는 장점이 있다.

[0101] 이후, 상기 3D 프린팅용 칠보 유약 슬러리의 제조방법은 상기 구형화된 칠보 유약 분쇄물을 용매에 분산시키는 단계를 수행할 수 있다.

[0102] 상기 단계는 3D 프린팅을 수행하기 위해 상기 구형 칠보 유약 분말을 용매에 분산시켜 칠보 유약 슬러리를 제조하는 단계이다.

[0103] 이때, 상기 칠보 유약 슬러리가 적절한 점도를 갖도록 하기 위해, 상기 구형 칠보 유약 분말 및 용매를 4:6 내지 7:3의 부피비로 포함할 수 있고, 보다 바람직하게는 4:6 내지 6:4의 부피비로 혼합할 수 있다.

[0105] 또한, 상기 용매는 증류수, 글리세롤, 히드록시프로필 셀룰로오스 및 히드록시에틸 셀룰로오스로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상을 포함할 수 있고, 바람직하게는 증류수, 글리세롤, 히드록시프로필 셀룰로오스 및 히드록시에틸 셀룰로오스를 포함할 수 있으며 보다 바람직하게는 전체 용매 무게 대비 증류수 63무게% 내지 65무게%, 글리세롤 32무게% 내지 34무게%, 히드록시프로필 셀룰로오스 1무게% 내지 2무게%, 및 히드록시에틸 셀룰로오스 1무게% 내지 2무게% 포함할 수 있다.

[0106] 이는 상기 칠보 유약 슬러리가 적절한 점도를 갖도록 하기 위한 것으로 이를 통해, 3D 프린팅 시 번짐 현상을 최소화할 수 있어 보다 정밀한 작업을 수행할 수 있다.

[0108] 다른 일 측면에 따른 칠보 유약 슬러리의 제조방법으로 제조된 칠보 유약 슬러리는 구형 칠보 유약 분말을 포함하며, 유동성이 우수하여 3D 프리팅 방법으로 도포될 수 있고, 3D 프린팅 시 번짐 현상을 최소화하여 균일하고 정밀한 작업을 수행할 수 있어 고품질의 칠보 공예품을 제조하는 데 사용될 수 있다.

[0109]

[0110] 또 다른 일 측면에서는,

[0111] 상기 방법으로 칠보 유약 슬러리를 제조하는 단계; 및

[0112] 상기 제조된 칠보 유약 슬러리를 3D 프린팅 방법으로 기판상에 도포하는 단계;를 포함하는, 칠보 공예품의 제조방법이 제공된다.

[0114] 상기 칠보 공예품 제조방법은 전술한 방법으로 칠보 유약 슬러리를 제조할 수 있다.

[0115] 이에, 상기 칠보 유약 슬러리는 구형 칠보 유약 분말을 포함할 수 있으며, 불규칙한 형태의 칠보 유약 분쇄물 대비 유동성이 현저히 우수한 장점이 있다.

[0117] 상기 칠보 공예품 제조방법은 상기 제조된 칠보 유약 슬러리를 3D 프린팅 방법으로 기판상에 도포하는 단계를 포함한다.

[0118] 종래의 경우, 칠보 공예품을 제조하기 위해 불규칙한 형태의 칠보 유약 분쇄물을 사용하였으며, 이에 유동성이 낮아 별도의 자동화 장치를 사용하지 못하고 붓칠 등의 수작업으로 도포 작업을 수행해야 하는 어려움이 있었다. 반면 상기 칠보 공예품 제조방법은 유동성이 우수한 구형 칠보 유약 분말을 포함하는 상기 칠보 유약 슬러리를 이용함으로써 상기 칠보 유약 슬러리를 3D 프린팅 방법으로 기판상에 도포할 수 있어, 도포작업을 용이하고 효율적으로 수행할 수 있는 장점이 있다.

[0120] 이때 상기 기판은 금, 은, 구리, 니켈, 알루미늄 및 이의 합금 등일 수 있으나 이에 제한된 것은 아니며, 칠보 공예품 제조에 사용되는 다른 금속 또는 금속 합금, 도자기류, 석재류 및 유리등의 다른 재료가 사용될 수 있다.

[0122] 상기 3D 프린팅 방법은 재료 압출 방식(material extrusion) 또는 적층 제조 방식(powder bed fusion)방식의 3D 프린팅 방법으로 수행될 수 있으나, 다양한 색상이 적용된 칠보 공예품을 제조하기 위해서는 재료 압출 방식(material extrusion)의 3D 프린팅 방법을 수행하는 것이 보다 바람직할 수 있다.

[0124] 한편, 상기 칠보 공예품 제조방법은 상기 도포하는 단계 이후, 열처리하여 상기 구형 칠보 유약 분말을 용융시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0125] 상기 단계는 도포된 칠보 유약 슬러리의 용매를 제거하고 상기 구형 칠보 유약 분말을 용융시키는 단계로서, 상기 열처리는 700℃ 내지 950℃에서 수행될 수 있으며, 상기 열처리 후 냉각시켜 기판상에 칠보 유약층을 형성시킴으로써 칠보 공예품을 제조할 수 있다.

[0127] 다른 일 측면에서는

[0128] 상기 제조방법으로 제조되는 칠보 공예품이 제공된다.

[0129] 상기 칠보 공예품은 금속류, 도자기류 또는 석재류 기반의 칠보 공예품일 수 있다.

[0131] 이하, 제조 예, 실시 예 및 실험 예를 통하여 본 발명을 상세하게 설명한다.

[0132] 단, 하기 제조 예, 실시 예 및 실험 예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기의 제조 예 및 실시 예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0134] <제조 예 1-1>

[0135] 평균 입자 크기가 약 140㎛인 상용 붉은색 칠보 유약 분말(2000 series 2850, Thompson enamel, USA)을 준비하였다.

[0137] <제조 예 1-2>

[0138] 상기 제조 예 1-1의 상용 붉은색 칠보 유약 분말을 도 1에 나타낸 형태의 RF 플라즈마 장치(PL-35LS, TEKNA, Canada)를 이용하여 평균 입자 크기가 약 100㎛인 붉은색 구형 칠보 유약 분말을 제조하였다.

[0139] 이때, 플라즈마 장치에 상용 붉은색 칠보 유약 분말을 투입하면 캐리어 가스와 함께 4~5g/min의 속도로 챔버 내부로 이동하게 된다. 센트럴 가스(central gas)는 내부에서 플라즈마 점화 및 유지를 위해 15 slpm으로 공급되고, 시스 가스(sheath gas)는 토치 외벽 보호를 위해 50~60 slpm의 빠른 속도로 흘려준다. 내부에서 플라즈마 전력은 10 kW로 고정하였으며 온도는 대략 10,000 K 이상으로 유지된다. 구상화 분말의 제조 수율을 높이기 위해 플라즈마 발생 영역과 분말 공급부의 거리를 11 cm에서 12 cm로 증가시켰다. 분말이 플라즈마를 만나게되면 빠르게 표면이 녹아 형상이 구형으로 변하며 자유 낙하를 통해 수집부에 모이게 된다.

[0141] <제조 예 2-1>

[0142] 평균 입자 크기가 약 140㎛인 상용 파란색 칠보 유약 분말을 준비하였다.

[0144] <제조 예 2-2>

[0145] 상기 제조 예 2-1의 상용 파란색 칠보 유약 분말을 도 1에 나타낸 형태의 RF 플라즈마 장치(PL-35LS, TEKNA, Canada)를 이용하여 평균 입자 크기가 약 100㎛인 파란색 구형 칠보 유약 분말을 제조하였다.

[0146] 이때 플라즈마 장치의 조건은 제조 예 1-2와 동일하게 조절하였다.

[0148] <제조 예 3-1>

[0149] 평균 입자 크기가 약 140㎛인 상용 노란색 칠보 유약 분말을 준비하였다.

[0151] <제조 예 3-2>

[0152] 상기 제조 예 3-1의 상용 노란색 칠보 유약 분말을 도 1에 나타낸 형태의 RF 플라즈마 장치(PL-35LS, TEKNA, Canada)를 이용하여 평균 입자 크기가 약 100㎛인 노란색 구형 칠보 유약 분말을 제조하였다.

[0153] 이때 플라즈마 장치의 조건은 제조 예 1-2와 동일하게 조절하였다.

[0155] <실시 예 1>

[0156] 제조 예 1-2에서 제조한 붉은색 구형 칠보 유약 분말을 크기별로 분급하여 45㎛ 내지 106㎛의 분말을 선별한 후, 히드록시프로필 셀룰로오스, 히드록시에틸 셀룰로오스, 증류수 및 글리세롤을 1.332 : 1.332 : 63.937 : 33.3의 무게비로 혼합한 용매와 5:5의 부피비로 혼합하여 칠보 유약 슬러리를 제조하였다.

[0158] <실시 예 2>

[0159] 제조 예 1-2에서 제조한 붉은색 구형 칠보 유약 분말을 크기별 분급하여 45㎛ 이하의 분말을 선별한 후, 글리세롤과 6:4의 부피비로 혼합하여 붉은색 칠보 유약 슬러리를 제조하였다.

[0161] <실시 예 3>

[0162] 제조 예 1-2에서 제조한 붉은색 구형 칠보 유약 분말을 크기별 분급하여 45㎛ 이하의 분말을 선별한 후, 히드록시프로필 셀룰로오스, 히드록시에틸 셀룰로오스 및 증류수를 1.266 : 1.368 : 97.366의 무게비로 혼합한 용매와 5:5의 부피비로 혼합하여 붉은색 칠보 유약 슬러리를 제조하였다.

[0164] <실시 예 4>

[0165] 제조 예 3-2에서 제조한 노란색 구형 칠보 유약 분말을 크기별 분급하여 45㎛ 내지 106㎛의 분말을 선별한 후, 히드록시프로필 셀룰로오스, 히드록시에틸 셀룰로오스, 증류수 및 글리세롤을 1.332 : 1.332 : 63.937 : 33.3의 무게비로 혼합한 용매와 5:5의 부피비로 혼합하여 노란색 칠보 유약 슬러리를 제조하였다.

[0167] <비교 예 1>

[0168] 실시 예 1에서, 칠보 유약 분말을 제조 예 1-1의 상용 붉은색 구형 칠보 유약 분말을 사용하는 것으로 달리한 것을 제외하고 실시 예 1과 동일한 방법을 수행하여 붉은색 칠보 유약 슬러리를 제조하였다.

[0170] <실험 예 1> 플라즈마 처리 전후 분말의 색상, 입자 모양 및 크기

[0171] 플라즈마 처리에 따른 형태 변화를 확인하기 위하여, 제조 예 1-1 및 제조 예 1-2의 분말을 육안 및 주사전자현미경(SEM, IT-300, Jeol, Japan)으로 관찰하고, 분말 입도에 따른 분말 수를 레이저 입도 분석기분석기(LS13320, Beckman Coulter, USA)를 이용하여 측정하였으며 그 결과를 도 3 및 4에 나타내었다.

[0172] 레이저 입도 분석기의 레이저는 입자의 표면을 지날 때 회절하게 되고, 입자 크기에 따라 회절 각도가 변하게 된다. 보다 상세하게는 작은 입자의 표면에서 레이저는 큰 각도로 회절되며, 큰 입자의 표면에서 레이저는 작은 각도로 회절된다. 이에 레이저 입도 분석기는 각각 입자의 레이저 회절 각도를 측정하여 입자 크기를 간접적으로 측정할 수 있다.

[0174] 도 3(a) 내지 도 3(c)는 플라즈마 처리 전인 상용 붉은색 칠보 유약 분말(제조 예 1-1)을 육안 및 주사전자현미경(SEM)으로 관찰한 사진 및 입도 분포를 나타낸 것이고, 도 4(a) 내지 도 4(c)는 플라즈마 처리 후인 구형 칠보 유약 분말(제조 예 1-2)을 육안 및 주사전자현미경(SEM)으로 관찰한 사진 및 입도 분포를 나타낸 것이다.

[0175] 도 3(a) 내지 도 3(c)에서와 같이, 상용 붉은색 칠보 유약 분말(제조 예 1-1)의 경우, 불규칙한 다각형 형상의 가지며, 평균 입자 크기가 약 140㎛임을 확인할 수 있다.

[0176] 반면, 상용 붉은색 칠보 유약 분말을 플라즈마 처리한 분말(제조 예 1-2)의 경우, 색상은 플라즈마 처리 전 분말(비교 예 1)과 유사한 반면, 입자 형상이 구형화되었음을 알 수 있으며 입도 분포를 통해 플라즈마 처리된 분말은 1㎛ 내지 212㎛의 입자 크기를 가지며 평균 입자 크기는 약 100㎛임을 알 수 있다.

[0177] 이를 통해, 플라즈마 처리를 통해 다각형의 칠보 유약 분말이 색상 변화없이 구형화되었음을 알 수 있다.

[0179] <실험 예 2> 플라즈마 처리 전후 분말의 조성 비교

[0180] 플라즈마 처리 전후의 조성 변화를 확인하기 위하여, 제조 예 1-1 및 제조 예 1-2의 분말에 대해 X-선 형광분석기(X-Ray Fluorescence, XRF-1800, SHIMADZU, JapanXRF)를 이용하여 조성을 확인하였으며 그 결과를 하기 표 1에 나타내었다.

표 1

[0181]

원소	비교 예 1(중량%)	실시 예 1(중량%)
O	40.2122	38.2052
Si	25.0267	27.3732
Na	9.6353	9.0017
Ti	5.457	6.6256
Cd	5.4167	5.9734

K	4.7028	5.6978
C	3.2567	-
F	2.3882	2.6162
Ca	1.7109	2.1584
Ba	1.5979	1.7372
Al	0.3414	0.2380
Se	0.0953	0.1045
S	0.0611	0.0743
In	-	0.0566
Fe	0.0377	0.0423
Mg	-	0.0423
Cl	-	0.0405
P	-	0.0257
Ni	-	0.0087
Zn	0.0179	0.0063
Zr	0.0071	0.0066
Sr	0.0051	-

[0183] 상기 표 1에서 비교한 바와 같이, 제조 예 1-1 및 제조 예 1-2의 분말은 모두 SiO_2를 주성분으로 포함함을 알 수 있으며, 이를 통해 플라즈마 처리를 통해 칠보 유약 분말의 주성분의 변화 없이 형태를 구형화할 수 있음을 알 수 있다.

[0185] <실험 예 3> 구형 칠보 유약 분말의 유동성 평가

[0186] 플라즈마 처리 전후 칠보 유약 분말의 유동성을 평가하기 위하여, 제조 예 1-1 및 제조 예 1-2의 분말에 대해 45㎛미만, 45㎛ 내지 106㎛ 및 106㎛초과 내지 212㎛로 분말을 크기별 분급하고 각각에 대해 25g의 분말을 100 내지 110℃에서 1시간 건조시킨 후 도 5에 도시한 'MPIF(Metal Powder Industries Federation) Standard 03' 규격인 Hall flowmeter 장치(이하, Hall cup)에 분말에 투입한 후 분말 전체가 하단의 출구를 통해 빠져나가는 데 걸리는 시간을 측정하였으며, 그 결과를 하기 표 2에 나타내었다(이때 하단 출구의 지름은 약 2.54 mm이고 길이는 3 mm이며, 경사각은 30° 이다).

표 2

[0187]

	45㎛미만 (sec/25g)	45㎛ 내지 106㎛ (sec/25g)	106㎛초과 내지 212㎛ (sec/25g)
제조 예 1-1	측정불가	측정불가	측정불가
제조 예 1-2	16	11.9	10.9

[0189] 상기 표 2에 나타낸 바와 같이, 상용 붉은색 칠보 유약 분말(제조 예 1-1)의 경우, 입자 크기와 무관하게 전체 분말이 Hall cup을 빠져 나오지 못하여 유동도 측정이 불가하였다. 반면, 구형 칠보 유약 분(제조 예 1-2)의 경우, 제조 예 1-1과 달리 10 내지 15초 이내에 25g 분말 전체가 Hall cup을 모두 빠져 나왔으며, 이를 통해 유동성이 우수함을 알 수 있다.

[0190] 상기 결과를 통해 구형 칠보 유약 분말은 상용의 각형 칠보 유약 분말 대비 유동성이 매우 우수함을 알 수 있다.

[0192] <실험 예 4> 분급된 구형 칠보 유약 분말의 미세 구조 확인

[0193] 제조 예 1-2에 의해 제조한 구형 칠보 유약 분말을 45㎛미만, 45㎛ 내지 106㎛ 및 106㎛초과 내지 212㎛로 분말을 크기별로 분급하고 각각에 대해 주사전자 현미경(SEM)으로 확인하였으며 결과를 도 6에 나타내었다.

[0194] 도 6에 나타낸 바와 같이, 제조 예 1-2에 의해 제조된 칠보 유약 분말은 모두 구형으로 형성되었음을 알 수 있으며, 45㎛미만(도 6a), 45㎛ 내지 106㎛(도 6b) 및 106㎛초과 내지 212㎛로(도 6c)로 크기별로 분급되었음을 확인하였다.

[0196] <실험 예 5> 구형 칠보 유약 분말의 용융 후 색상 비교

[0197] 칠보 공예에서는 칠보 유약을 열처리하여 사용하므로 용융 후의 색상이 중요하다. 이에, 이하의 방법으로 플라즈마 처리 전후 칠보 유약 분말의 용융 후 색상 을 확인하였다.

[0198] 제조 예 1-1, 제조 예1-2, 제조 예 2-1, 제조 예 2-2, 제조 예 3-1 및 제조 예 3-2의 칠보 유약 분말을 45㎛미만, 45㎛ 내지 106㎛, 106㎛초과 내지 212㎛로 분말을 크기별로 분급하고 각각을 박스 퍼니스에서 900℃에서 30분간 열처리하여 완전히 용융시킨 후 냉각시켜, 냉각 후의 색상 변화를 육안으로 관찰하였으며 그 결과를 도 7 내지 도 9에 나타내었다.

[0199] 도 7(a) 내지 도 7(c)는 상용 붉은색 칠보 유약 분말(제조 예 1-1)을 45㎛미만, 45㎛ 내지 106㎛ 및 106㎛초과 내지 212㎛로 분급하고 이를 용융한 후의 색상을 나타낸 결과이고, 도 7(d) 내지 도 7(f)는 플라즈마 처리한 구형 칠보 유약 분말(제조 예 1-2)을 45㎛미만, 45㎛ 내지 106㎛ 및 106㎛초과 내지 212㎛로 분급하고 이를 용융한 후의 색상을 나타낸 결과이다.

[0200] 도 7(a) 내지 7(f)에 나타난 바와 같이, 입자의 크기와 무관하게 플라즈마 처리 전후의 칠보 유약 분말의 색상이 모두 붉은색으로 발기 및 선명도가 유사함을 알 수 있다.

[0201] 또한, 도 8은 파란색 칠보 유약 분말, 도 9는 노란색 칠보 유약 분말에 대한 관찰 결과로서, 도 8에서 나타난 바와 같이, 상용 칠보 유약 분말(제조 예 2-1)은 열처리 후 색상이 유사하였으나 플라즈마 처리 후 형성된 구형 칠보 유약 분말(제조 예 2-2)의 경우, 45㎛미만에서 보다 연한 파란색이 나타남을 알 수 있다.

[0202] 또한, 도 9에서 나타난 바와 같이, 상용 칠보 유약 분말(제조 예 3-1)은 열처리 후 색상이 유사하였으나 플라즈마 처리 후 형성된 구형 칠보 유약 분말(제조 예 3-2)의 경우, 45㎛미만에서 보다 어두운 노란색으로 색상 차이가 나타남을 알 수 있다.

[0204] 이를 통해 열처리 후 보다 선명한 색상을 갖는 칠보 공예품을 제조하기 위해서는 평균 입자 크기가 45㎛ 이상인 구형 칠보 유약 분말을 사용해야 함을 알 수 있다.

[0206] <실험 예 6> 구형 칠보 유약 분말의 용융 후 반사도 비교

[0207] 플라즈마 처리 전후 칠보 유약 분말의 용융 후 반사도를 비교하기 위하여 제조 예 1-1 및 제조 예 1-2의 칠보 유약 분말을 45㎛미만, 45㎛ 내지 106㎛, 106㎛초과 내지 212㎛로 분말을 크기별로 분급하고 각각에 대해 자외선/가시광선 분광광도계(V-670, JASCO, Japan)를 이용하여 반사도를 측정하였으며, 그 결과를 도 10에 나타내었다.

[0208] 자외선/가시광선 분광광도계는 시료가 흡수하는 빛의 양, 즉 흡광도를 파장의 변화에 따라 측정하여 유약의 색상 변화를 정량적으로 측정할 수 있다.

[0210] 도 10(a)는 45㎛미만, 45㎛ 내지 106㎛ 및 106㎛초과 내지 212㎛로 분급한 상용 붉은색 칠보 유약 분말(제조 예 1-1)의 용융 후 반사도를 측정한 나타낸 결과 그래프이고, 도 10(b)는 45㎛미만, 45㎛ 내지 106㎛ 및 106㎛초과 내지 212㎛로 분급한 플라즈마 처리한 구형 칠보 유약 분말(제조 예 1-2)의 용융 후 반사도를 측정한 결과 그래프이다.

[0212] 도 10(a)에 나타난 바와 같이, 상용 붉은색 칠보 유약 분말(제조 예 1-1)의 경우, 입자의 크기와 무관하게 유사한 반사도 변화 경향을 나타내었으며, 도 10(b)에서 나타난 바와 같이, 플라즈마 처리한 구형 칠보 유약 분말(제조 예 1-2)의 경우, 45㎛ 내지 106㎛ 및 106㎛초과 내지 212㎛로의 크기의 구형 칠보 유약 분말의 경우

비교 예 1의 분말과 유사한 반사도 경향을 나타낸 반면, 45㎛미만 크기의 구형 칠보 유약 분말의 경우 반사도가 낮아지는 경향이 나타남을 알 수 있다.

[0213] 이를 통해, 반사도 특성을 유지하면서 유동성을 향상시키기 위해서는 평균 입자 크기가 45㎛ 이상인 구형 칠보 유약 분말을 사용해야 함을 알 수 있다.

[0215] <실험 예 7> 칠보 유약 슬러리를 이용한 3D 프린팅 (1)

[0216] 일 측면에 따른 칠보 유약 슬러리를 이용하여 3D 프린팅 적용 가능성을 확인하기 위하여, 실시 예 1 및 비교 예 1의 칠보 유약 슬러리를 이하의 조건의 재료 압출(material extrusion) 3D 프린팅 방법으로 알루미나 기판상에 직선 프린팅한 후 육안으로 관찰하였으며 그 결과를 도 11에 나타내었다.

[0217] <3D 프린팅 조건>

[0218] 3D 프린팅 노즐 직경: 800㎛

[0219] 압출 압력: 150~200 kPa

[0221] 도 11에 나타난 바와 같이, 상용 각형의 칠보 유약 분말을 포함하는 비교 예 1의 칠보 유약 슬러리는 유동성이 낮았으며, 이에 이를 사용하여 3D 프린팅을 수행한 결과, 3D 프린팅 노즐을 통해 칠보 유약 슬러리가 유출되기 어려웠으며, 이에 노즐에서 막히거나 스프레이 형태로 분사되어 3D 프린팅 수행이 어려움을 알 수 있다.

[0222] 반면, 구형 칠보 유약 분말을 포함하는 실시 예 1의 칠보 유약 슬러리는 유동성이 매우 우수하였으며 이에 이를 사용하여 3D 프린팅을 수행한 결과, 정밀 압출 3D 프린팅이 가능한 것을 확인하였다.

[0224] 상기 결과를 통해, 일 측면에 따른 칠보 유약 슬러리는 현저히 우수한 유동성을 가지며 이에 3D 프린팅으로 정밀한 칠보 공예품을 제조하는 데 사용될 수 있음을 알 수 있다.

[0226] <실험 예 8> 칠보 유약 슬러리를 이용한 3D 프린팅 (2)

[0227] 칠보 유약 슬러리 제조 시 용매의 종류 및 함량을 달리하여 제조한 칠보 유약 슬러리를 사용하여 3D 프린팅한 결과를 비교하기 위하여, 실시 예 2 및 3의 칠보 유약 슬러리를 사용하여 표 3의 조건의 재료 압출(material extrusion) 3D 프린팅 방법으로 알루미나 기판상에 직선 프린팅하여 육안으로 관찰하였으며, 그 결과를 도 12에 나타내었다.

표 3

[0228]

	실시 예 2	실시 예 3
3D 프린팅 노즐 직경	400㎛	500㎛
압출 압력	150~200 kPa	150~200 kPa

[0230] 도 12에 나타난 바와 같이, 실시 예 2의 경우, 프린팅 후 잉크 퍼짐 현상이 심하게 나타난 반면, 실시 예 3의 경우, 보다 큰 직경의 노즐을 사용했음에도 불구하고 실시 예2 대비 균일한 선폭으로 도포되었으며, 잉크 퍼짐 현상이 현저히 감소하였음을 알 수 있다.

[0231] 상기 결과를 통해, 칠보 유약 슬러리 제조시 구형 칠보 유약 분말 및 용매의 부피비 및 용매간의 무게비를 조절하여 점도를 조절함으로써, 보다 정밀한 프린팅을 수행할 수 있음을 알 수 있다.

[0233] <실험 예 9> 칠보 유약 슬러리를 이용한 3D 프린팅 (2)

[0234] 일 측면에 따른 칠보 유약 슬러리를 3D 프린팅 방법으로 기판상에 도포한 후 열처리 전후의 형태 및 색상 변화

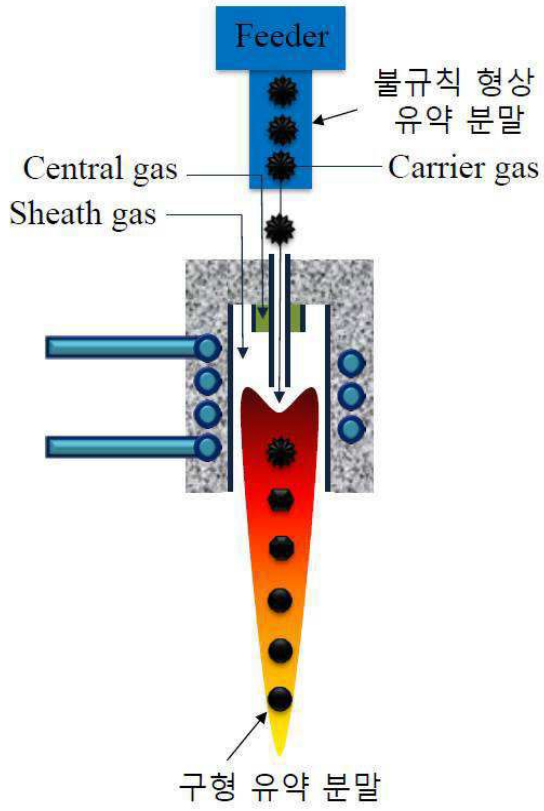
를 관찰하기 위하여, 실시 예 4의 칠보 유약 슬러리를 노즐 직경 800㎛ 및 압출 압력 150~200 kPa의 조건으로 알루미나 기판상에 직선 프린팅을 수행한 후 900℃에서 30분간 열처리를 수행하였으며 이에 대해, 상기 열처리 전후의 형태 및 색상변화를 육안으로 관찰하였으며, 그 결과를 도 13에 나타내었다.

[0236] 도 13에 나타난 바와 같이, 열처리 후 열처리 전 대비 프린팅된 직선의 형태 변화가 없었으며, 색상은 보다 진한 노란색을 나타남을 알 수 있다.

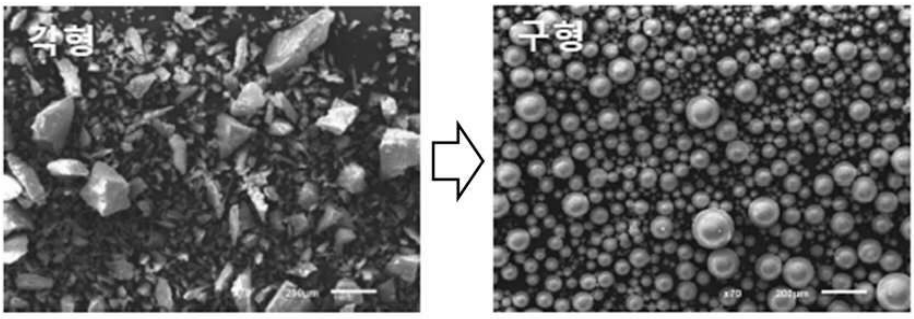
[0237] 상기 결과를 통해, 일 측면에 따른 칠보 공예품의 제조방법은 상기 칠보 유약 슬러리를 이용하여 3D 프린팅 방법으로 선명한 색을 갖는 칠보 공예품을 제조할 수 있음을 알 수 있다.

도면

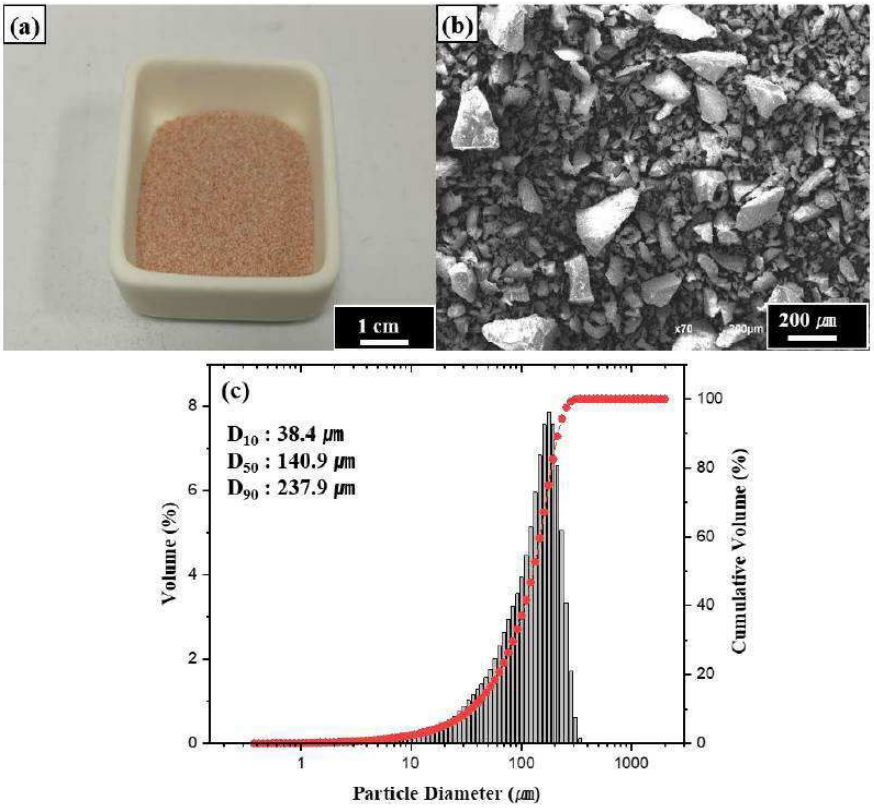
도면1



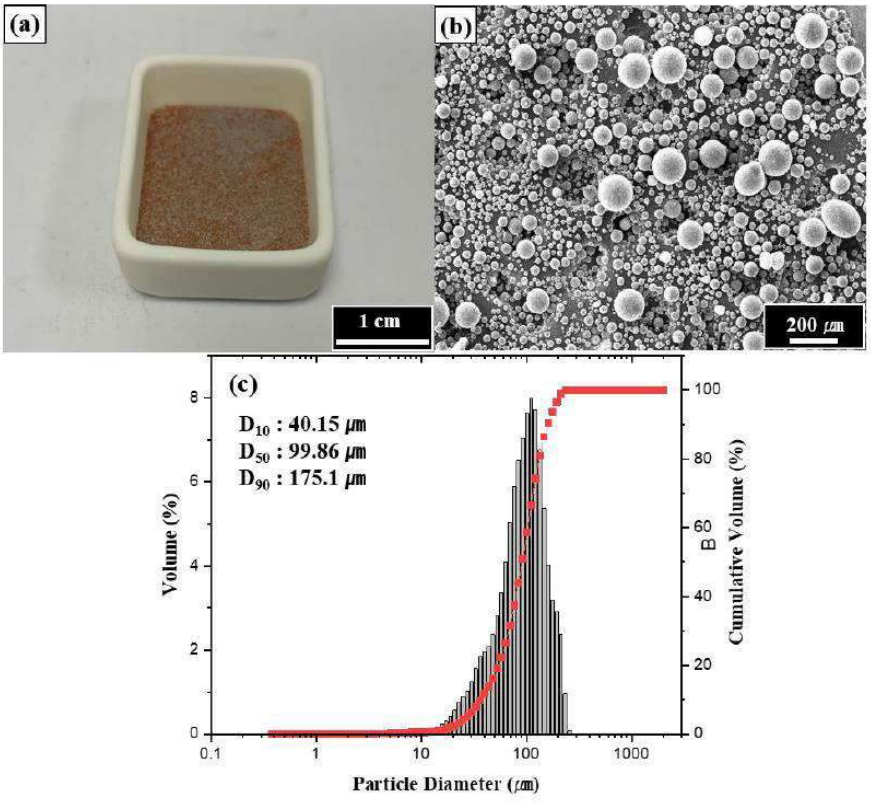
도면2



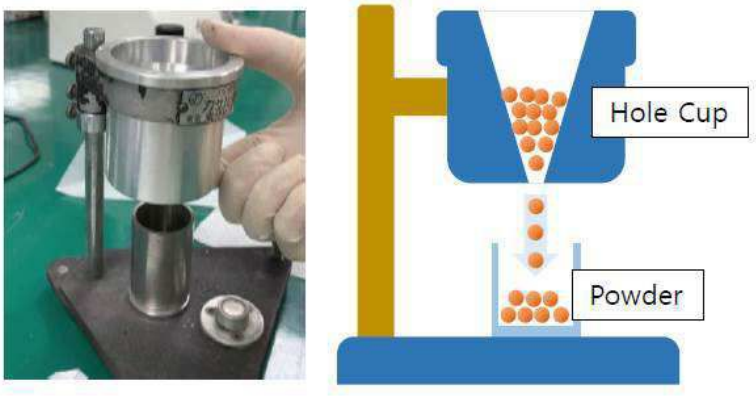
도면3


(a)
1 cm
(b)
200 μm
(c)
D10 : 38.4 μm
D50 : 140.9 μm
D90 : 237.9 μm
Volume (%)
Cumulative Volume (%)
Particle Diameter (μm)

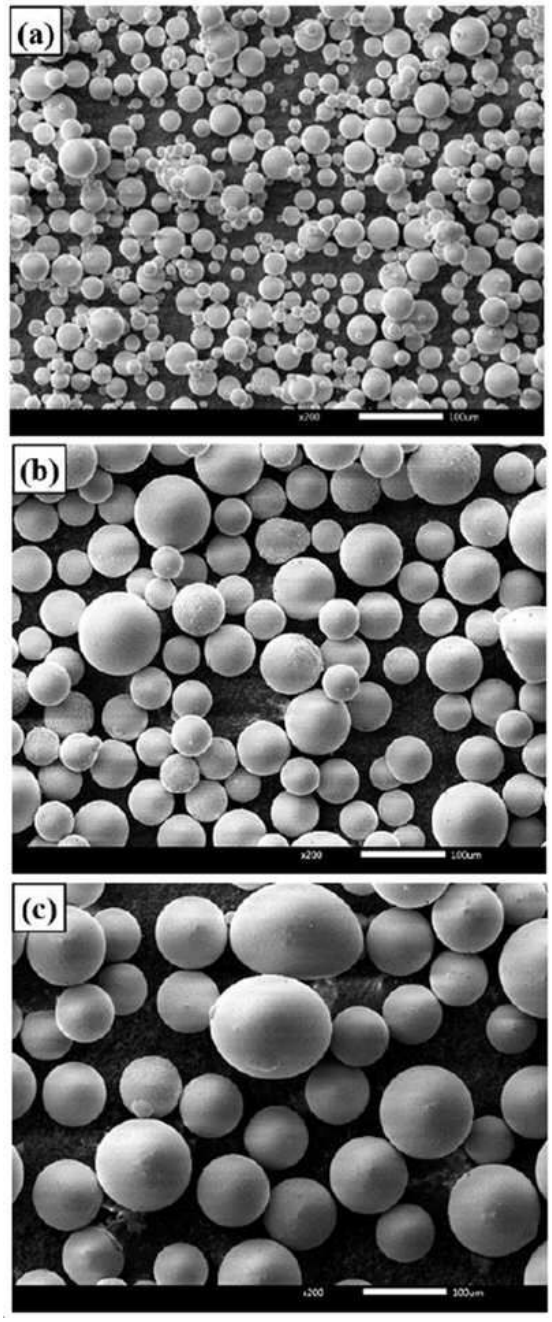
도면4


(a)
1 cm
(b)
200 μm
(c)
D10 : 40.15 μm
D50 : 99.86 μm
D90 : 175.1 μm
Volume (%)
Cumulative Volume (%)
Particle Diameter (μm)

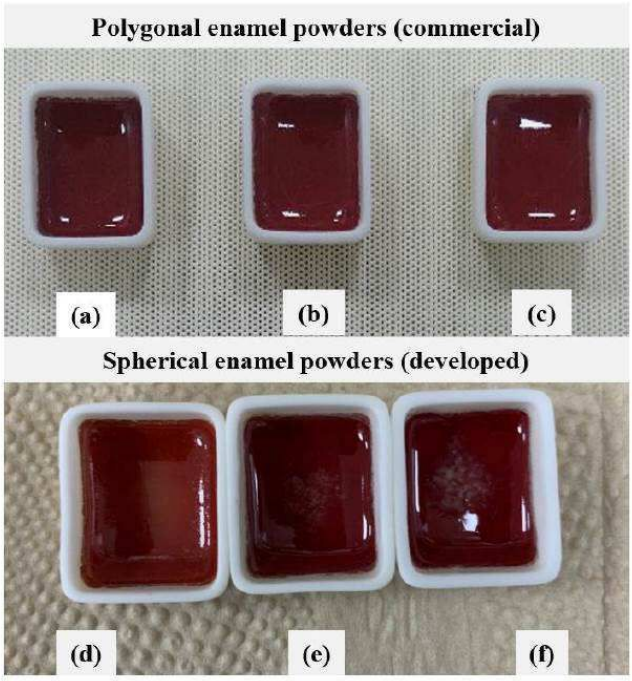
도면5



도면6



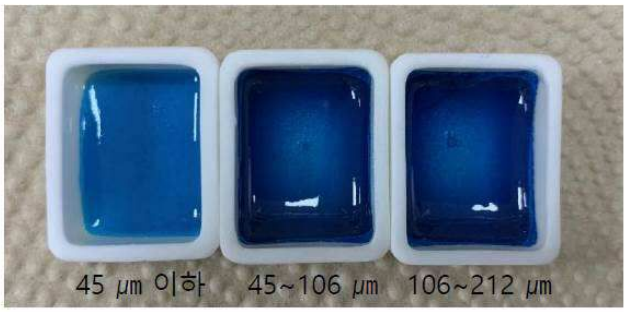
도면7



도면8

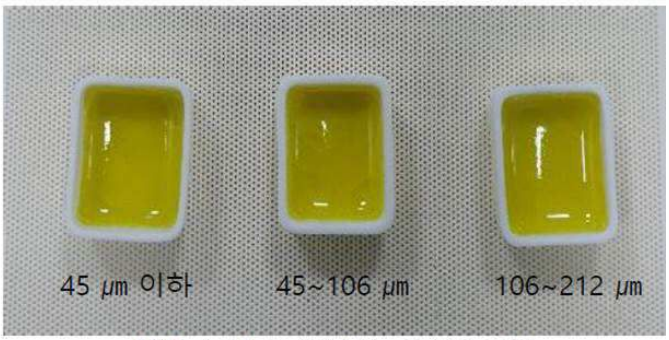


열처리 샘플 (불규칙 다각형 유약)

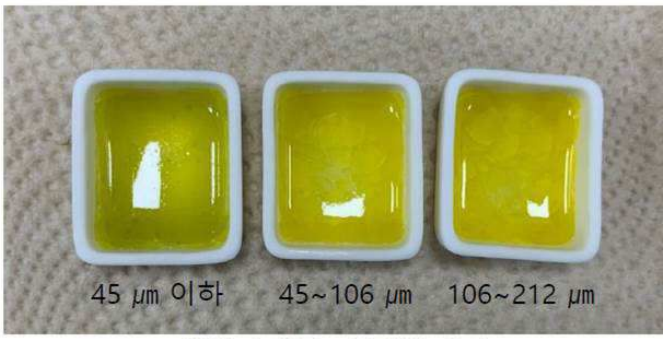


열처리 샘플 (구상화 유약)

도면9

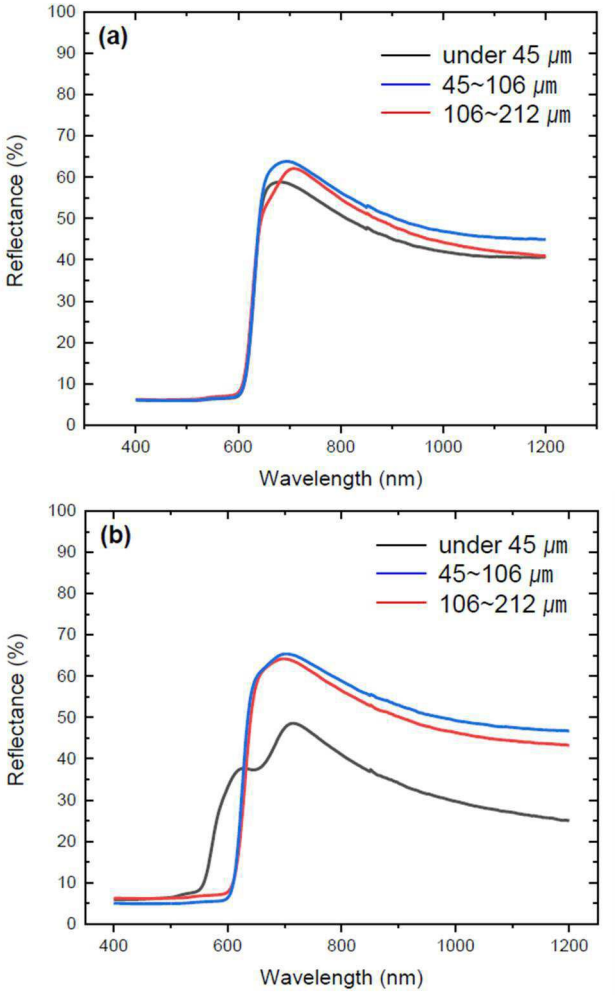


열처리 샘플 (불규칙 다각형 유약)

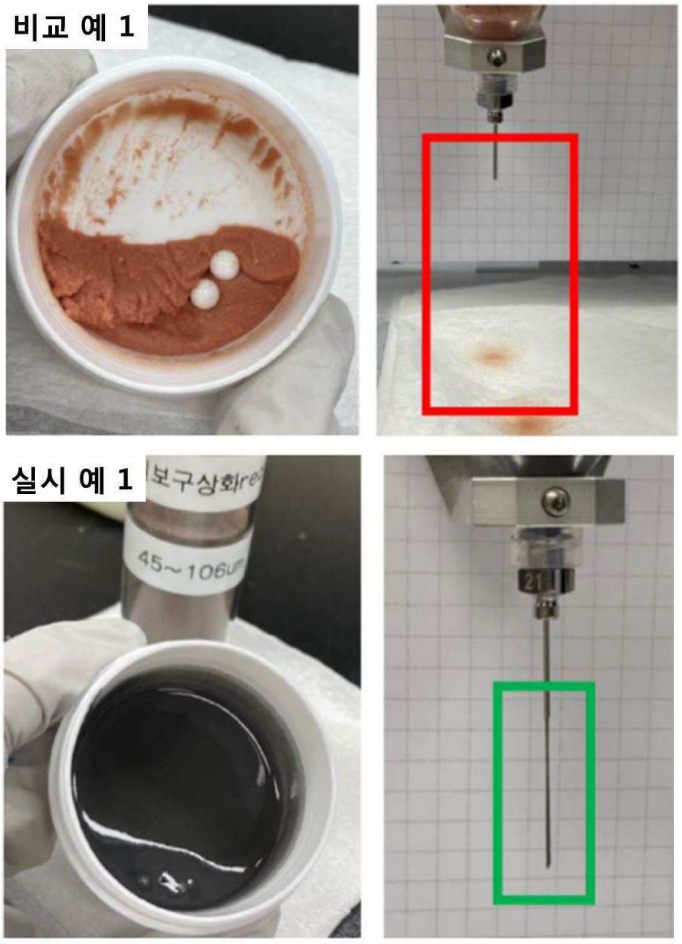


열처리 샘플 (구상화 유약)

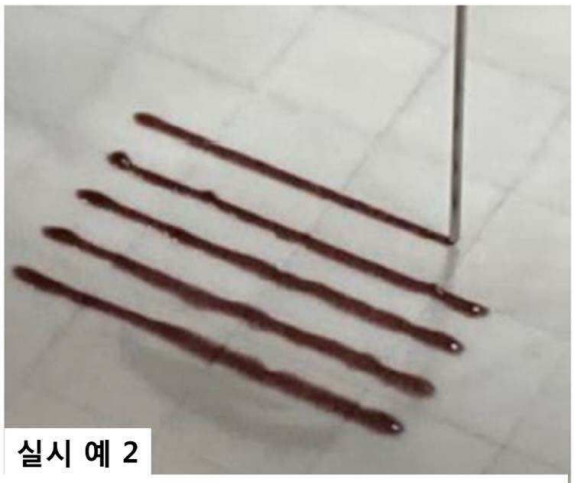
도면10


(a)
under 45 μm
45~106 μm
106~212 μm
Reflectance (%)
Wavelength (nm)
(b)
under 45 μm
45~106 μm
106~212 μm
Reflectance (%)
Wavelength (nm)

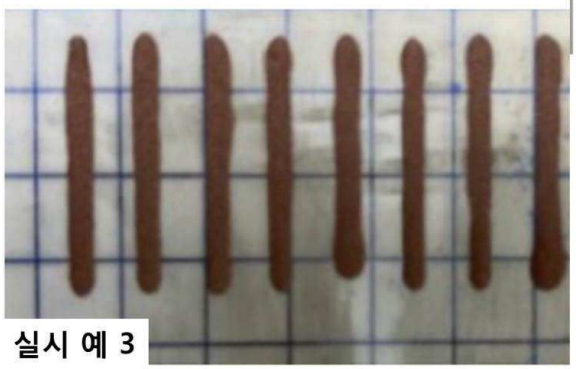
도면11



도면12

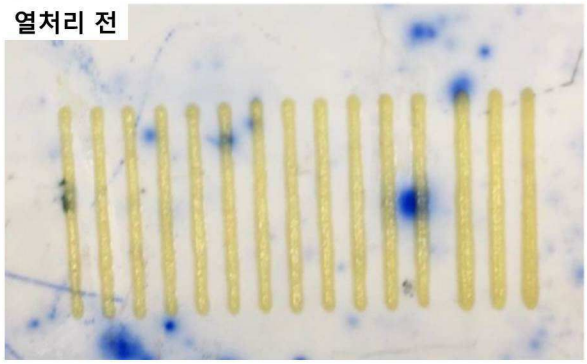


실시 예 2

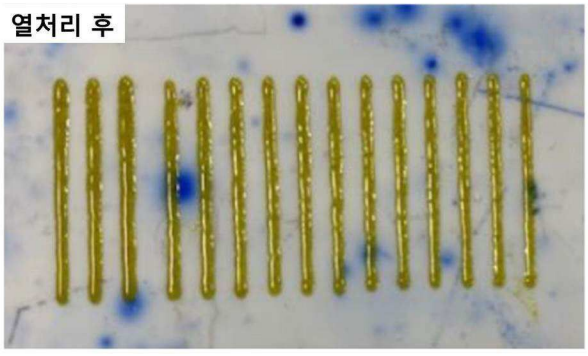


실시 예 3

도면13



열처리 전



열처리 후