(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0035440
(43) 공개일자 2024년03월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C03B 19/02 (2006.01) *B23K 26/06* (2014.01)
B23K 26/067 (2006.01) *B23K 26/342* (2014.01)
B33Y 10/00 (2015.01) *B33Y 30/00* (2015.01)
B33Y 50/02 (2015.01) *B33Y 70/00* (2020.01)
C03C 25/104 (2018.01) *C03C 25/1095* (2018.01)
B23K 103/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C03B 19/02 (2013.01)
B23K 26/0643 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7000489
(22) 출원일자(국제) 2022년07월11일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년01월05일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2022/069235
(87) 국제공개번호 WO 2023/285340
국제공개일자 2023년01월19일
(30) 우선권주장
2150940-1 2021년07월14일 스웨덴(SE)

(71) 출원인
포킨 마이클
스웨덴 132 36 살트셰-부 에릭스빅스베겐 12
오리엑호브 타라스
스웨덴 183 31 테뷔 리 1504 네스뷔달스베겐 4
류 춘신
스웨덴 114 23 스톡홀름 셰르스베르스베겐 22
(72) 발명자
포킨 마이클
스웨덴 132 36 살트셰-부 에릭스빅스베겐 12
오리엑호브 타라스
스웨덴 183 31 테뷔 리 1504 네스뷔달스베겐 4
류 춘신
스웨덴 114 23 스톡홀름 셰르스베르스베겐 22
(74) 대리인
유미특허법인

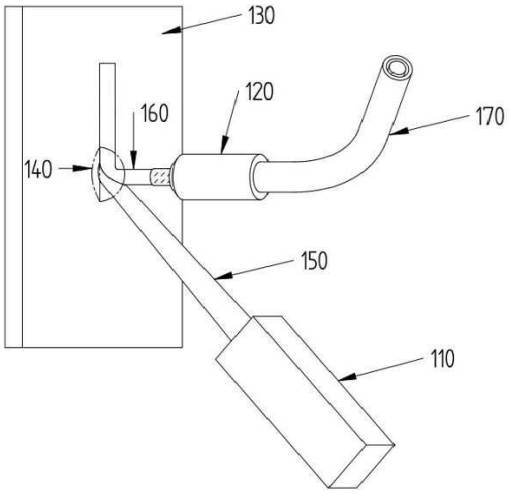
전체 청구항 수 : 총 24 항

(54) 발명의 명칭 **유리 물체의 적층 제조 방법 및 장치**

(57) 요 약

본 발명은 유리의 3차원 컴포넌트/물체를 형성하기 위한 적층 제조 방법 및 장치에 관한 것으로, 이 방법은 유리 필라멘트(160) 재료를 본질적으로 수평 방향으로 스테이지(130)를 향해 공급하는 단계; 유기 섬유 재료가 용융/연화되도록 또는 용융/연화된 상태를 유지하도록 상기 유리 필라멘트(160) 재료를 가열하는 단계; 및 용융/연화된 유리 재료를 상기 스테이지 또는 물체의 표면 상에 퇴적하는 단계를 포함하고, 용융/연화된 유리 재료는 상기 유리의 3차원 컴포넌트/물체를 형성하고, 퇴적하는 단계의 적어도 일부 동안에 형성되고 있는 유리의 3차원 컴포넌트는 본질적으로 수직 스테이지 상에 놓여 있고, 용융/연화된 유리 재료는 층별로 퇴적되고, 하나 이상의 컴퓨터가 유리 필라멘트(160) 및/또는 스테이지(130)의 이동을 작동시키는 일 세트의 액튜에이터를 제어함으로써 용융/연화된 유리 재료가 퇴적되는 각각의 층을 제어한다.

대 표 도 - 도1a



(52) CPC특허분류
B23K 26/0652 (2013.01)
B23K 26/0676 (2013.01)
B23K 26/342 (2015.10)
B33Y 10/00 (2013.01)
B33Y 30/00 (2013.01)
B33Y 50/02 (2013.01)
C03C 25/104 (2018.01)
C03C 25/1095 (2018.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

유리의 3차원 컴포넌트/물체를 형성하기 위한 적층 제조 방법으로서,

a. 유리 필라멘트(160) 재료를 본질적으로 수평 방향으로 스테이지(130) 또는 물체를 향해 공급하는 단계;

b. 유리 필라멘트 재료가 용융/연화되도록 또는 용융/연화된 상태를 유지하도록 상기 유리 필라멘트(160) 재료를 가열하는 단계;

c. 상기 용융/연화된 유리 필라멘트(160) 재료를 상기 스테이지(130) 또는 물체의 표면 상에 퇴적하는 단계 - 상기 용융/연화된 유리 필라멘트 재료는 상기 유리의 3차원 컴포넌트/물체를 형성하고, 상기 퇴적의 적어도 일부 동안에 형성되는 상기 유리의 3차원 컴포넌트는 본질적으로 수직인 스테이지 상에 놓여 있고, 상기 용융/연화된 유리 필라멘트 재료는 층별로 퇴적됨 -; 및

d. 상기 유리 필라멘트 재료와 상기 스테이지(130)의 상대 운동을 작동시키는 일 세트의 액튜에이터 및 하나 이상의 컴퓨터를 사용하여 상기 용융/연화된 유리 필라멘트 재료의 퇴적을 제어하는 단계를 포함하는, 적층 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 유리 필라멘트는 상기 스테이지(130) 또는 물체의 표면에 대해 본질적으로 수직으로 공급되는, 적층 제조 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

적어도 하나의 레이저 소스(110)로부터 방출되는 적어도 하나의 레이저 빔(150)이 상기 유리 필라멘트(160)를 가열하기 위해 사용되는, 적층 제조 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 유리 필라멘트(160)는 2 ㎛를 초과하는 파장을 갖는 적어도 3 개의 레이저 빔(150)에 의해 가열되는, 적층 제조 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유리 필라멘트(160)와 상기 적어도 하나의 레이저 빔(150)의 교차점과 필라멘트 공급 노즐(120) 사이의 거리는 5 밀리미터 미만인, 적층 제조 방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유리 필라멘트 상에서 교차하는 복수의 레이저 빔은 상기 유리 필라멘트가 제공되는 상기 스테이지 또는 물체의 표면에 대해 30-60° 범위의 각도를 갖는, 적층 제조 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

복수의 레이저 빔이 상기 유리 필라멘트를 중심으로 본질적으로 대칭으로 상기 유리 필라멘트에서 교차하도록 구성되는, 적층 제조 방법.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유리 필라멘트 재료는 1 - 50 μm 범위의 두께를 갖는 폴리이미드로 만들어진 보호 필름을 갖는, 적층 제조 방법.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유리 필라멘트는 100 - 500 μm 범위의 직경을 갖는 유리 섬유인, 적층 제조 방법.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유리 필라멘트는 적어도 2 개의 상이한 재료에 보호 필름을 더하여 제조되는, 적층 제조 방법.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유리 필라멘트 재료는 중공인, 적층 제조 방법.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 스테이지는 상기 유리 필라멘트의 직경의 80%-300% 범위의 두께를 갖는 유리 플레이트인, 적층 제조 방법.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유리 필라멘트를 상기 적어도 하나의 레이저 빔을 사용하여 가열하기 전에 상기 유리 필라멘트를 예열하는 단계를 더 포함하는, 적층 제조 방법.

청구항 14

유리 컴포넌트/물체의 적층 제조 장치로서,

a. 스테이지(130);

b. 유리 필라멘트 재료가 용융/연화되도록 또는 용융/연화된 상태를 유지하도록 상기 유리 필라멘트(160) 재료를 가열하기 위한 하나 이상의 가열 요소;

c. 상기 유리 필라멘트(160)를 상기 스테이지(130)를 향해 본질적으로 수평 방향으로 공급하여 상기 스테이지 상에 놓여 있는 상기 유리 컴포넌트/물체를 형성하기 위한 필라멘트 공급 노즐(120); 및

d. 상기 용융/연화된 유리 재료가 층별로 퇴적되도록 제조를 제어하고, 상기 유리 필라멘트(160) 재료와 상기 스테이지(130)의 상대 운동을 제어하기 위한 하나 이상의 컴퓨터를 포함하고, 상기 스테이지는 본질적으로 수직인, 적층 제조 장치.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 유리 필라멘트 재료는 상기 스테이지에 대해 본질적으로 수직으로 공급되는, 적층 제조 장치.

청구항 16

제14항 또는 제15항에 있어서,

상기 하나 이상의 가열 요소는 적어도 하나의 레이저 빔인, 적층 제조 장치.

청구항 17

제16항에 있어서,

복수의 레이저 빔이 하나의 동일한 레이저 빔 소스로부터 방출되는, 적층 제조 장치.

청구항 18

제17항에 있어서,

단일의 레이저 빔을 복수의 레이저 빔으로 분할하기 위한 회절 광학 요소, 분할된 빔을 편향시키도록 구성된 피라미드 미러, 및 편향된 빔을 상기 유리 필라멘트와 교차하도록 지향시키도록 구성된 복수의 빔 조향 미러를 더 포함하는, 적층 제조 장치.

청구항 19

제14항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유리 필라멘트 상에서 교차하는 적어도 3 개의 빔은 상기 유리 필라멘트(160)가 제공되는 상기 스테이지 또는 물체의 표면에 대해 30-60° 범위의 각도를 갖는, 적층 제조 장치.

청구항 20

제17항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 빔은 상기 스테이지(130)로부터 본질적으로 동일한 거리에 있는 상기 유리 필라멘트를 중심으로 본질적으로 대칭으로 상기 유리 필라멘트에서 교차하도록 구성되는, 적층 제조 장치.

청구항 21

제14항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 가열 요소가 상기 유리 필라멘트를 가열하기 전에 상기 유리 필라멘트를 예열하도록 구성된 적어도 하나의 예열기를 더 포함하는, 적층 제조 장치.

청구항 22

제14항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 스테이지를 가열하기 위한 적어도 하나의 가열 수단을 더 포함하는, 적층 제조 장치.

청구항 23

제22항에 있어서,

적어도 하나의 레이저 빔이 상기 스테이지를 후방으로부터 가열하는, 적층 제조 장치.

청구항 24

제14항 내지 제23항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 스테이지는 불활성 분위기 및/또는 -20 ℃ 미만의 이슬점을 갖는 건조 분위기의 빌드 체임버(build chamber) 내에 제공되는, 적층 제조 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 일반적으로 적층 제조 분야에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 유리로 만들어진 원료로부터 3차원 컴포넌트/오브제를 형성하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 유리 3D 인쇄 또는 적층 제조에서, 기존 기술은 (1) 퍼니스로부터의 열간 압출, (2) 유리 막대 퇴적, (3) 유리-폴리머 혼합 용액을 이용한 스테레오리소그래피/잉크제팅, 및 (4) 유리 필라멘트 퇴적을 포함한다.

[0003] (1) US10464305B2 및 US10266442B2에서는, 대형 도가니를 사용하여, 병진 스테이지를 사용하여, 빌드 플레이트 상에 정해진 형상으로 용융 유리를 유출(pour out)한다. 이 방법의 결점은 용융 유리에 의한 노즐 손상의 위험이므로 용융 온도가 낮은 소다석회 유리 또는 보로실리케이트 유리 등의 다성분 실리케이트 유리로 제한된다. 층 두께는 약 10 mm이므로 이 기술은 상대적으로 해상도가 낮은 대형 크기의 인쇄에만 적용할 수 있다. 에너지 소비량은 기존의 모든 기술 중 가장 높다.

[0004] (2) US2020/0070415A1 및 WO2020/167470A1에서는 유리 3D 인쇄를 위해 연속 필라멘트가 공급된다. 이 인쇄는 직경이 1 mm보다 큰 유리 막대를 원료로 사용한다. 공급 막대는 프린트 헤드를 통해 공급되어 기판 상에 퇴적된다. 1700 ℃보다 높은 온도에서는 유리를 인쇄할 수 없으므로 재료 선택이 제한된다. 이 시스템의 문제는 용융 유리에 의한 노즐 손상의 위험, 인쇄 체적이 유리 막대 체적에 의해 제한되는 것, 공급된 막대들 사이의 간극이 인쇄 품질의 불균일을 초래하는 것, 셋업의 기계적 복잡성이 높은 것이다.

[0005] (3) US2020/0039868A1, WO2017/214179A1, 및 WO2020/118157A1에서는 유리 분말이 액체 폴리머와 혼합된다. 이 인쇄 프로세스에서는, 먼저 3D 그린바디가 폴리머 3D 프린터에 의해 생성된다. 다음에 이 그린바디는 탈결합 프로세스를 거쳐 순수 유리를 함유하는 다공질체가 된다. 이 다공질체는 소결되어 최종적으로 "고밀도" 유리 인쇄를 형성한다. 혼합물 내의 유리 함량은 낮다. 그러므로, 이 기술은 체적 수축이 크므로 일반적으로 10 mm 미만의 모델만 제작할 수 있다. 전체 프로세스에 여러 날이 소요되고, 탈결합 및 소결을 위해 에너지 집약형 퍼니스가 필요하다. 소결 시의 불균일한 수축으로 인해 인쇄 품질이 나쁘다.

[0006] (4) 유리 필라멘트 또는 광섬유의 레이저 기반의 용융[J. M. Hostetler et al., FIBER-FED PRINTING OF FREE-FORM FREE-STANDING GLASS STRUCTURES, Solid Freeform Fabrication 2018: Proceedings of the 29th Annual International, 994-1002], [T. Grabe, et al., Additive Manufacturing of fused silica using coaxial laser glass deposition, experiment, simulation and discussion, Proc. SPIE 11677, Laser 3D Manufacturing VIII, 116770Z (8 March 2021)]도 유리 3D 인쇄용으로 사용되어 왔다. 레이저를 사용함으로써, 용탕이 도가니의 벽과 상시 접촉하지 않는 비접촉 가열이 실현되고, 도가니의 부식 및 유리 용탕의 오염이 회피된다. 여기서 실리카 유리 섬유/필라멘트는 유리를 연화시키기에 충분한 온도의 핫존(hot-zone)에 연속적으로 공급된다. 실리카 유리(석영 또는 용융 실리카)의 경우 1800 내지 2000 ℃의 고온이 필요하다.

[0007] 그러나, [J. M. Hostetler et al., FIBER-FED PRINTING OF FREE-FORM FREE-STANDING GLASS STRUCTURES, Solid Freeform Fabrication 2018: Proceedings of the 29th Annual International, 994-1002]에서는 하나의 레이저 빔만을 사용하여 유리 필라멘트를 연화시킨다. 이 비대칭 가열은 방향성 인쇄 능력을 크게 제한한다. 용융 유리 필라멘트의 불균일한 온도 구배로 인해 인쇄물에 높은 잔류 응력이 발생하여 재료 파괴 및 인쇄 프로세스 중단의 위험이 발생할 수 있다. 이 기술은 무피복 유리 필라멘트를 사용하므로 인쇄 전에 유리 필라멘트로부터 코팅을 제거해야 한다. 그러나, 이 방법은 최종 단계인 핫존 내로의 섬유의 기계적 공급 단계 중에 섬유가 보호되지 않은 채로 방치된다. 박리 프로세스는 또한 인쇄가능 유리 필라멘트의 총 길이를 제한하며(즉, 기계적 박리의 최대값은 수 미터 미만, 화학적 박리의 최대값은 수십 미터 미만임), 이는 3D 인쇄 프로세스의 연속성 및 능력(체적)을 현저하게 손상시킨다.

[0008] [T. Grabe, et al., Additive Manufacturing of fused silica using coaxial laser glass deposition, experiment, simulation and discussion, Proc. SPIE 11677, Laser 3D Manufacturing VIII, 116770Z (8 March 2021)]에서는 하나의 레이저 빔을 4 개의 부분 빔으로 분할한다. 그러나, 분할된 빔은 이들이 균일한 가우스(Gaussian) 레이저 빔이 아니므로 품질이 나쁘다. 불균일한 가열 문제는 여전히 존재한다. 이 방법에서는, 코팅된 유리 필라멘트가 사용된다. 코팅은 핫존 근처에서 연소제거되며, 즉 핫존 자체를 사용하여 코팅을 제거할 수 있다. 일반적으로 사용되는 섬유 코팅을 사용한 상기 방법의 문제점은 원하지 않는 연소 부산물을 생성할 수 있고, 인쇄물의 순도에 영향을 주는 잔류물이 남을 가능성이 있는 것이다. 또 하나의 문제는 열원이 오프된 후에도 코팅이 발화하여 길이가 긴 필라멘트를 연소시킬 수 있다는 것이다. 그러므로, 코팅 연소를 억제하기 위해 프로세스 가스가 필요하다. 코팅을 연소 제거하려면 과도한 에너지가 필요하므로 인쇄 중에 유리가 대량으로 기화된다.

[0009] 유리 기화는 매우 일반적이며, 레이저 기반의 유리 가공 중에 제거하기가 어렵다. 기화에 의해 표면에 접착하는

원하지 않는 흄 실리카(fume silica) 입자가 생성된다. 흄 실리카 입자의 존재는 광학계의 오염 및 시스템의 파괴의 위험을 높인다. 기화 속도 및 흄 방향을 제어하는 것은 중요하다.

[0010] 무피복 유리 필라멘트를 사용하는 적층 제조는 기계적 특성이 열악하므로 파손되기 쉽다. 보관 및 취급 중에 유리 필라멘트를 기계적 및 화학적으로 보호하기 위해서는 보호 코팅이 필요하다. 보호 코팅은 필라멘트 제조 시에 실시될 수 있다.

[0011] 선행하는 유리 적층 제조에서는 코팅을 유리 필라멘트로부터 제거할 필요가 있다. 코팅의 박리는 필라멘트를 추가의 제조 핫존에 공급하기 전에 기계적 또는 화학적 수단(예를 들면, 황산, 디클로로메탄)을 사용하여 수행될 수 있다. 그러나, 이 방법은 최종 단계인 핫존 내로의 섬유의 기계적 공급 단계 중에 섬유가 보호되지 않은 채로 방치된다. 코팅을 박리하면 필라멘트의 기계적 강도가 더 약해질 수 있으므로, 인쇄 중에 필라멘트가 파손되면 인쇄 프로세스의 주요 중단을 야기하므로 이것은 이상적인 해결책이 아니다. 강산(황산) 또는 디클로로메탄(발암성)을 사용할 때 수반되는 위험성 때문에 화학적 수단을 사용하는 것은 바람직하지 않다.

[0012] 유리 3D 인쇄에서, 유리 필라멘트는 1800 내지 2200 ℃의 핫존에 연속적으로 공급된다. 일반적 방법 중 하나는 순수 유리 필라멘트를 공급하는 것이다. 그러나, 유리 필라멘트의 대부분이 코팅된 상태로 제조되므로 인쇄 전에 순수 유리 필라멘트를 제조하기 위해서는 코팅을 제거하는 것이 필요하다. 코팅의 박리는 기계적 또는 화학적 수단(예를 들면, 황산, 디클로로메탄을 사용함)을 사용하여 실시될 수 있다. 박리 프로세스는 인쇄가능 유리 필라멘트의 총 길이를 제한하며(즉, 기계적 박리의 최대값은 통상적으로 2 m 미만, 화학적 박리의 최대값은 통상적으로 50 m 미만임), 이는 3D 인쇄 프로세스의 연속성 및 능력(체적)을 현저하게 손상시킨다. 코팅이 없으면 필라멘트가 취화할 수 있으므로 코팅의 박리는 필라멘트의 기계적 강도를 더 약화시킬 수 있고, 이는 인쇄 중에 필라멘트가 파손되면 인쇄 프로세스의 중단을 대부분 야기하므로 이는 추가적인 위험을 초래한다.

[0013] 대안적인 방법은 코팅을 연소 제거하는 것이다. 핫존이 매우 높은 온도로 가열되면 코팅은 핫존 부근에서 연소를 개시하며, 즉 핫존 자체가 코팅을 제거하는 데 사용될 수 있다. 상기 방법의 문제점은 인쇄 파괴를 유발하는 것, 연소 부산물, 인쇄 순도에 영향을 주는 잔류물의 잔존할 가능성, 및 에너지 효율이 나쁘다는 것이다. 또 하나의 다른 문제점은 연소되는 코팅의 양을 제어하는 문제가 있는 것으로, 코팅이 필라멘트의 전체 길이에 걸쳐 연소를 개시하 것이 발생할 수 있다.

[0014] WO2018/163006 유리 3D 인쇄를 위한 연속 필라멘트의 공급. 이 인쇄는 유리 막대를 원료로 사용한다. 공급 막대는 회전하는 카세트 내에 장착되고, 프린트 헤드를 통해 공급되어 기판 상에 퇴적된다. 연속 공급은 프로세스 중에 막대를 열적으로 결합함으로써 실현된다. 고온에서 유리를 인쇄할 수 없으므로 재료 선택이 제한된다. 이 시스템의 문제점은 용융 유리에 의한 노즐 손상의 위험, 인쇄 체적이 카세트의 용적에 의해 제한되는 것, 결합 영역에 의해 공급이 불균일성이 발생하는 것, 불균일한 인쇄 품질, 및 셋업의 기계적 복잡성이 큰 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 발명의 목적

[0016] 본 발명의 목적은 전술한 문제를 제거하는 것이다. 본 발명의 일차적 목적은 유리의 3차원 컴포넌트를 형성하기 위한 개선된 장치를 제공하는 것이다.

[0017] 본 발명의 또 하나의 목적은 유리의 3차원 컴포넌트를 형성하기 위한 적층 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0018] 본 발명에 따르면 적어도 일차적 목적은 독립 청구항에 정의된 특징을 갖는 시스템에 의해 달성된다.

[0019] 또한 본 발명의 바람직한 실시형태는 종속 청구항에 정의되어 있다.

[0020] 본 발명의 제1 양태에 따르면 유리의 3차원 컴포넌트/물체를 형성하기 위한 적층 제조 방법이 제공되며, 이 방법은:

[0021] a. 유리 필라멘트 재료를 본질적으로 수평 방향으로 스테이지 또는 물체를 향해 공급하는 단계;

[0022] b. 유리 필라멘트 재료가 용융/연화되도록 또는 용융/연화된 상태를 유지하도록 유리 필라멘트 재료를 가열하는 단계;

[0023] c. 용융/연화된 유리 필라멘트 재료를 스테이지 또는 물체의 표면 상에 퇴적하는 단계 - 용융/연화된 유리 필라멘트 재료는 유리의 3차원 컴포넌트/물체를 형성하고, 용융/연화된 유리 필라멘트 재료는 유리의 3차원 컴포넌트/물체를 형성하고, 퇴적의 적어도 일부 동안에 형성되는 유리의 3차원 컴포넌트는 본질적으로 수직인 스테이지 상에 놓여 있고, 용융/연화된 유리 필라멘트 재료는 층별로 퇴적됨 -;

[0024] d. 유리 필라멘트 재료와 스테이지의 상대 운동을 작동시키는 일 세트의 액튜에이터 및 하나 이상의 컴퓨터를 사용하여 용융/연화된 유리 필라멘트 재료의 퇴적을 제어하는 단계를 포함한다.

[0025] 이 실시형태의 장점은 유리 필라멘트의 적층 제조 핫존에서 생성된 모든 흄(fume)이 레이저 광학계를 오염시키지 않고 또는 상기 유리 필라멘트의 용융/연화 중에 레이저 빔과 간섭하지 않고 상기 적층 제조 핫존으로부터 누출될 수 있다는 것이다.

[0026] 본 발명의 다양한 예시적인 실시형태에서, 상기 유리 필라멘트는 상기 스테이지 또는 물체의 표면에 본질적으로 수직으로 공급된다.

[0027] 이들 실시형태의 장점은 상기 유리 필라멘트를 상기 기판에 본질적으로 비수직으로 공급하는 것에 비해 제조된 세부사항의 정밀도가 증가될 수 있다는 것이다.

[0028] 본 발명의 다양한 예시적인 실시형태에서, 상기 유리 필라멘트를 가열하기 위해 적어도 하나의 소스로부터 방출되는 적어도 하나의 레이저 빔이 사용된다.

[0029] 이들 실시형태의 장점은 상기 유리 필라멘트를 가열/용융시키기 위해 하나 이상의 레이저 빔 소스로부터 방출되는 하나 이상의 레이저 빔이 사용될 수 있다는 것이다.

[0030] 본 발명의 다양한 예시적인 실시형태에서, 유리 필라멘트 재료는 중공이다.

[0031] 이들 실시형태의 장점은 상기 필라멘트의 중공 구조가, 예를 들면, 마이크로유체 구조 등의 상기 최종 3차원 컴포넌트 내에 구축될 수 있다는 것이다.

[0032] 본 발명의 다양한 예시적인 실시형태에서, 상기 유리 필라멘트 재료는 1 μm - 50 μm 범위의 두께를 갖는 폴리이미드제의 보호 필름을 갖는다.

[0033] 이들 실시형태의 장점은 상기 필라멘트가 사용 전에 보호됨과 동시에 이 보호 필름이 적층 제조에서 사용 중에 자동적으로 제거되고, 제조된 재료 및 레이저 빔을 위한 그 안내 광학계의 오염을 거의 보이지 않는 것이다.

[0034] 본 발명의 다양한 예시적인 실시형태에서, 상기 유리 필라멘트는 2 μm를 초과하는 파장을 갖는 적어도 3 개의 레이저 빔에 의해 가열된다.

[0035] 이들 실시형태의 장점은 유리 필라멘트를 중심으로 대칭으로 공급되는 복수의 레이저 빔(150)이 용융/연화 시간을 가속할 수 있다는 것이다. 또 하나의 장점은 커스터마이징(customizing)된 가열 효율을 갖도록 레이저 빔의 파장 및/또는 수가 선택될 수 있다는 것이다.

[0036] 본 발명의 다양한 예시적인 실시형태에서, 상기 유리 필라멘트는 100-500 μm 범위의 직경을 갖는 코팅된 유리 섬유이다.

[0037] 이들 실시형태의 장점은 정밀도 또는 제조 속도를 최대화하기 위해 다양한 직경의 유리 필라멘트가 사용될 수 있다는 것이다. 본 발명의 추가의 장점은 원료로서 광학 섬유가 사용될 수 있다는 것이다.

[0038] 본 발명의 다양한 예시적인 실시형태에서, 상기 스테이지는 상기 유리 필라멘트의 직경의 80%-300% 범위의 두께를 갖는 유리 플레이트이다. 이 두께는 수십분의 1 ㎜ 내지 수 ㎝ 범위일 수 있다.

[0039] 이들 실시형태의 장점은 이 제조 방법이 극박의 기판에 적합하다는 것이다.

[0040] 본 발명의 다양한 예시적인 실시형태에서, 상기 유리 필라멘트를 상기 적어도 하나의 레이저 빔을 사용하여 가열하기 전에 상기 유리 필라멘트를 예열하는 단계를 더 포함한다.

[0041] 이들 실시형태의 장점은 유리 필라멘트의 원하는 용융/연화 온도에 도달하는 데 더 적은 레이저 파워를 필요로 할 수 있다는 것이다. 예열은 필라멘트 공급 노즐 내에서 저항 가열에 의해 수행될 수 있다.

[0042] 본 발명의 다양한 예시적인 실시형태에서, 필라멘트 공급 노즐과 상기 유리 필라멘트와 상기 레이저 빔의 교차점 사이의 거리는 5 ㎜ 미만이다. 유리 필라멘트가 가해지도록 된 스테이지 또는 물체의 표면에 대한 레이저 빔의 각도는 30-60° 범위에 있을 수 있다. 복수의 레이저 빔이 상기 유리 필라멘트를 중심으로 본질적으로 대칭

으로 상기 유리 필라멘트에서 교차하도록 구성될 수 있다.

[0043] 이들 실시형태의 장점은 짧은 거리가 3차원 컴포넌트의 제조의 정밀도를 향상시킨다는 것이다. 이 짧은 거리는 상기 유리 필라멘트 상에서 보호 필름의 자기 소화 성질 때문에 사용될 수 있다. 상기 레이저 빔의 충돌 각도는 상기 스테이지와 상기 유리 필라멘트의 효율적인 융합을 위해 상기 유리 필라멘트 및 상기 스테이지에 상기 핫 존이 적용되도록 선택된다. 이 스테이지는 상기 유리 필라멘트가 상기 스테이지에 가해지는 곳의 반대면에서 충돌하는 적어도 하나의 다른 레이저 빔과 같은 독립적인 가열 소스에 의해 후방에서 가열될 수 있다.

[0044] 본 발명의 다양한 예시적인 실시형태에서, 상기 유리 필라멘트는 적어도 2 개의 상이한 재료에 보호 필름을 더하여 제조된다.

[0045] 이들 실시형태의 장점은 원격통신, 감지 또는 생의학 용도에서 사용하기 위한 광학 회로와 같은 기능성 광학 도파관을 제조할 수 있다는 것이다.

[0046] 본 발명의 다른 양태에서, 유리 컴포넌트/물체의 적층 제조용 장치가 제공되며, 이 장치는:

[0047] a. 스테이지;

[0048] b. 유리 필라멘트 재료가 용융/연화되도록 또는 용융/연화된 상태를 유지하도록 유리 필라멘트 재료를 가열하기 위한 하나 이상의 가열 요소;

[0049] c. 유리 필라멘트를 스테이지를 향해 본질적으로 수평 방향으로 공급하여 스테이지 상에 놓여 있는 상기 유리 컴포넌트/물체를 형성하기 위한 필라멘트 공급 노즐;

[0050] d. 용융/연화된 유리 재료가 층별로 퇴적되도록 제조를 제어하고, 유리 필라멘트 재료와 스테이지의 상대 운동을 제어하기 위한 하나 이상의 컴퓨터를 포함하고, 상기 스테이지는 본질적으로 수직이다.

[0051] 본 발명의 추가의 장점 및 특징은 다음의 바람직한 실시형태의 상세한 설명으로부터 쉽게 이해될 것이다.

[0052] 본 발명의 전술한 특징과 장점 및 기타 특징과 장점은 첨부된 도면과 관련된 바람직한 실시형태의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0053] 도 1a는 본 발명에 따른 유리의 3차원 컴포넌트를 제조하기 위한 장치의 제 1 예시적인 실시형태의 개략 측면도를 도시한다.

도 1b는 본 발명에 따른 유리의 3차원 컴포넌트를 제조하기 위한 장치의 제 2 예시적인 실시형태의 개략 측면도를 도시한다.

도 2는 유리 필라멘트 및 필라멘트 공급 노즐의 개략 측면도를 도시한다.

도 3a 내지 도 3c는 유리 필라멘트의 다양한 예시적인 실시형태를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0054] 이 프로세스 발명은 디지털 모델을 사용하여 레이저 빔 등의 에너지 소스를 사용하여 층별로 또는 배치(batch) 단위의 층으로 용융시킨 필라멘트/섬유를 융합 프로세스 후에 인쇄된 프로파일의 선택적 용융 또는 단순한 스캐닝을 통해 융합함으로써 컴포넌트 형상이 구축되는 새로운 적층 제조(AM) 프로세스에 관한 것이다.

[0055] 본 발명은 필라멘트의 보호 필름 제거를 인쇄 프로세스와 통합한 직접 제조 프로세스에 관한 것이다. 즉, 이 새로운 프로세스는 유리 필라멘트를 사용하여 완전하게 또는 거의 완전하게 고밀도인 유리 컴포넌트를 제조할 수 있고, 선행 기술의 유리 제조 방법의 결점을 모두 극복할 수 있다.

[0056] 이 새로운 프로세스는 선행 기술의 유리 필라멘트의 사용과 관련된 안전 조치 및/또는 건강상의 위험을 수반하지 않고 유리 컴포넌트의 직접 제조를 가능하게 한다.

[0057] 도 1a는 유리의 3차원 컴포넌트/물체를 제조하도록 구성된 본 발명에 따른 적층 제조 장치(100)의 제1 예시적인 실시형태의 개략 측면도를 도시한다. 상기 장치(100)는 스테이지(130), 레이저 소스(110) 및 필라멘트 공급 노즐(120)을 포함한다. 필라멘트 공급 노즐(120)은 상기 필라멘트 공급 노즐(120)이 상기 스테이지(130)의 정해진 영역을 커버하도록 본질적으로 평행하게 그리고 상기 스테이지(130)에 대해 상대적으로 평면에서 이동하도록 구성될 수 있다. 스테이지는 수직 방향으로 배치되어 있다. 상대 운동은 상기 스테이지(130)는 고정되어 있고 상

기 필라멘트 공급 노즐(120)은 상기 평면 내에서 이동하고 있는 것일 수 있다. 대안적인 실시형태에서, 상기 필라멘트 공급 노즐(120)이 고정되어 있는 동안에 상기 스테이지는 전체 스테이지(130)를 커버하도록 이동하고 있다. 또 하나의 대안적 실시형태에서, 상기 필라멘트 공급 노즐(120)이 상기 스테이지의 전체 영역을 커버하도록 스테이지(130) 및 상기 필라멘트 공급 노즐(120) 둘 모두가 상기 평면 내에 있다. 스테이지(130)를 수직 방향으로 제공함으로써, 예를 들면, 코팅 재료의 연소 생성물이나 (과열로 인한) 기화/용융된 유리로부터 발생하는 모든 흄이 확실하게 프린트 헤드를 향하지 않고 상방으로 이동하게 된다. 이것은 그렇지 않은 경우에 흄이 프린트 헤드의 광학계 및 필라멘트 공급 노즐을 손상시킬 수 있고 빈번한 세정 및 부품 교체를 필요로 하므로 유익하다. 또한, 상기 스테이지(130)의 수직 배치에 의해 상기 필라멘트 공급 노즐(120)과 상기 스테이지(130)의 상대 운동이 수행될 수 있으므로 상기 핫존으로부터 나오는 모든 흄과 가스형 물질은 레이저 빔의 광학 경로로부터 나가도록 구성되고, 이로 인해 적층 제조 장치의 성능이 향상될 수 있다. 상기 필라멘트 공급 노즐(120) 및/또는 상기 스테이지(130) 중 하나 또는 둘 모두는 3차원 컴포넌트/물체의 적층 제조를 가능하게 하도록 그리고 필라멘트 공급 노즐(120)과 새로운 층이 부착되는 스테이지 또는 컴포넌트/물체 사이의 거리를 일정하게 유지할 수 있도록 상기 스테이지의 표면에 대해 수직인 방향으로 이동가능하게 할 수 있고, 즉, 필라멘트 공급 노즐(120)과 새로운 층이 부착되는 스테이지 또는 컴포넌트/물체의 상면 사이의 거리를 일정하게 유지하기 위해, 모든 적층되는 새로운 층에 대해 스테이지(130)가 적층되는 새로운 층의 두께에 대응하는 거리만큼 후방으로 (인쇄 노즐로부터 멀어지는 방향으로) 이동될 수 있거나, 필라멘트 공급 노즐(120)이 적층되는 새로운 층의 두께에 대응하는 거리로 스테이지로부터 멀어지는 방향으로 이동될 수 있거나, 상기 스테이지의 후방 이동과 상기 필라멘트 공급 노즐(120)의 전방 이동의 조합을 행하는 것이 가능하다. 필라멘트(160)는 유연한 튜브(170)를 통해 필라멘트 공급 노즐(120)에 공급될 수 있다. 레이저 소스(110)는 CO_2 레이저, CO 레이저, Nd:YAG 레이저, 섬유 레이저, 엑시머 레이저, 질소 레이저 등일 수 있다. 레이저 빔(150)은 연속형이거나 펄스형일 수 있다. 레이저 빔은 연화되거나 용융된 유리가 부착되도록 된 스테이지 부근의 핫존(140)에서 필라멘트를 연화 또는 용융시킨다.

[0058] 필라멘트 공급 노즐(120) 및/또는 스테이지(130)는 적어도 하나의 전동식 지지체 상에 배치될 수 있다. 제어 유닛이 상기 스테이지(130)에 대한 상기 필라멘트 공급 노즐(120)의 상대 운동을 제어할 수 있다. 상기 제어 유닛은 프린트 헤드 광학계 및 레이저를 제어할 수도 있다.

[0059] 도 1a에서, 필라멘트 공급 노즐(120)은 유리로 만들어진 3차원 컴포넌트/물체의 층을 형성하기 위해 스테이지(130) 상에 원료(160)를 제공하고 있다. 스테이지(130) 상에는 상기 3차원 컴포넌트가 형성되는 빌드 플레이트가 제공될 수 있다. 빌드 플레이트는 임의의 재료, 예를 들면, 최종 3차원 컴포넌트와 동일한 재료, 세라믹 재료 또는 상기 3차원 컴포넌트의 재료와 다른 임의의 다른 금속 재료로 제조될 수 있다.

[0060] 제1 단계는 스테이지(130) 상에의 원료의 융합 및 퇴적이다. 필라멘트 공급 노즐(120)은 정해진 경로를 따라 원료를 국부적으로 퇴적시킨다. 필라멘트 공급 노즐(120)은 원료가 스테이지(130)를 향하는 도중에 노즐(120)을 떠나기 전에 원료를 가열할 수 있다. 필라멘트 공급 노즐(120)은 원료의 크기 및 형상에 맞춰질 수 있다. 3축 키네마틱(kinematic)은 필라멘트 공급 노즐(120)을 기계의 워크 인벨로프(work envelope)에 배치하여 유리로 이루어진 3차원 컴포넌트를 층별로 생성할 수 있다. 원료(160)는 유리 필라멘트이다. 1A에서는 하나의 유리 필라멘트(160)만이 스테이지에 공급된다. 다양한 예시적인 실시형태에서, 다양한 형상 및 재료 조성의 복수의 유리 필라멘트(160)가 다재료 퇴적을 수행하기 위해 단일의 필라멘트 공급 노즐(120)을 통해 순차적으로 공급될 수 있다. 1a에서는 하나의 필라멘트 공급 노즐(120)만이 사용된다. 다양한 예시적인 실시형태에서, 복수의 필라멘트 공급 노즐이 직렬로 또는 병렬로 사용될 수 있다. 다양한 예시적인 실시형태에서, 상이한 재료의 3차원 컴포넌트를 제공하기 위해 원료(160) 복수의 스트링이 스테이지(130) 상에 동시에 제공될 수 있다. 3차원 컴포넌트의 상이한 층들은 상이한 재료를 포함할 수 있고 및/또는 단일 층 내의 상이한 위치는 상이한 재료를 포함할 수 있고, 즉 하나의 층 내에 및/또는 상이한 층에 2가지 재료의 퇴적이 실행될 수 있다.

[0061] 도 1b는 유리의 3차원 컴포넌트를 제조하도록 구성된 본 발명에 따른 적층 제조 장치(100)의 제2 예시적인 실시형태의 개략 측면도를 도시한다. 상기 장치(100)는 또한 수직 스테이지(130), 레이저 소스(110) 및 필라멘트 공급 노즐(120)을 포함한다. 또한, 상기 실시형태는 제1 빔 조향 미러(115), 웨이브 플레이트(125), 렌즈(135), 회절 광학 요소(DOE)(145), 피라미드 미러(155), 적어도 3 개의 제2 빔 조향 미러(165)를 포함할 수 있다. 적어도 3 개의 레이저 빔을 사용하여 유리 필라멘트(160)를 가열할 수 있다. 레이저 방출은 유리 필라멘트가 높은 광흡수를 갖는 파장 영역에서 작동할 수 있고, 상기 레이저 빔(150)이 조사되면 필라멘트(160)가 가열된다. 실리카 및 실리카 기반의 유리 필라멘트는 2.2 μm를 초과하는 파장에서 강한 흡수를 갖는다. CO_2 레이저(전형적으로 9.2-10.6 μm 파장 영역에서 작동) 또는 CO 레이저(5.5 μm 파장 영역에서 작동)를 사용하여 유리 필라멘

트(160)를 조사하면 방사선의 강한 흡수가 일어나서 유리 필라멘트(160)가 가열된다.

[0062] 10.6 μm의 파장에서 작동하는 CO_2 레이저를 사용할 수 있다. 이 파장에서 실리카 유리는 불투명하므로 효율적으로 가열된다. 흡수 깊이는 약 2 μm 내지 40 μm이며, 약 수백 μm 직경의 유리 필라멘트를 가열하는 데 효율적이다. 보다 큰 유리 필라멘트의 경우, 10.6 μm의 얕은 침투 깊이로 인해 신속한 가열이 어렵다. 약 0.5 mm 보다 큰 유리 필라멘트의 경우 5.5 μm에서 작동하는 CO 레이저를 사용하는 것이 더 적절하다. 5.5 μm의 침투 깊이는 훨씬 더 크므로(수백 μm) 유리 필라멘트(160) 내로의 에너지 퇴적이 더 효율적이 된다.

[0063] DOE(145)를 사용하여 원래의 레이저 빔(150)을 적어도 3 개의 균일한 레이저 빔(150')으로 분할할 수 있다. 분할된 레이저 빔(150')을 핫존(140) 내로 지향시키기 위해 여러 개의 제2 빔 조향 미러(165)를 사용할 수 있다. 제1 선택적 빔 조향 미러(115)는 레이저 빔 경로를 보다 콤팩트하게 하기 위해 그리고 빔 정렬을 용이하게 하기 위해 사용될 수 있다. 적어도 3 개의 제2 빔 조향 미러(165)는 적어도 3 개의 레이저 빔을 핫존(140)으로 편향시키고, 여기서 이 적어도 3 개의 레이저 빔은 상기 유리 필라멘트(160)에 충돌한다. 1/4 웨이브 플레이트(125)를 사용하여 레이저 빔의 편광을 제어할 수 있다. 원편광 빔을 사용하면 DOE(145)가 편광 의존성을 가질 수 있으므로 분할된 레이저 빔(150')이 확실하게 동일해진다. 원편광 빔은 반사형 위상 지연기를 (제1 또는 제2) 빔 조향 미러(115)로서 사용하여 달성될 수도 있다. 집속 렌즈(135)는 핫존(140)에서의 초점 스폿 크기를 변경하기 위해 사용되어 가열 동력학을 변경할 수 있다. 집속 렌즈(135)는 컴퓨터 제어식 전동 병진 스테이지 상에 장착될 수 있다. 도시된 DOE는 2x2 DOE, 즉, 단일의 레이저 빔(150)을 4 개의 레이저 빔(150')으로 분할하는 것이다. 피라미드 미러(155)를 사용하여 DOE(145)로부터 빔(150')을 편향시킬 수 있다. 도 1b에 도시된 바와 같이 피라미드 미러(155)를 사용하면 상기 피라미드 미러를 사용하지 않는 셋업에 비해 레이저 빔(150, 150')의 광학 경로를 훨씬 더 콤팩트하게 할 수 있다. 상기 피라미드 미러(155)는 레이저 소스(110)의 파장 변동에 기인된 핫존(140)에서의 레이저 빔의 안정성을 향상시킬 수도 있다. DOE(145)로부터의 회절 각도는 파장 의존성이다. 레이저의 파장이 변하면, 회절 각도도 변한다. 회절 각도가 커질수록 이 효과는 더 커진다. 그러므로 회절 각도가 작은 DOE를 사용하면 프린트 헤드가 파장 변동의 영향을 덜 받게 된다. 회절 각도가 크게 이동하면 핫존의 위치가 변화하여 인쇄가 불안정해진다. 콤팩트한 설계를 가능하게 하기 위해 피라미드 미러(155)를 사용하여 레이저 빔(150')의 편향 각도를 증가시킨다. 피라미드 미러(155) 후에 4 레이저 빔(150')은 각각의 레이저 빔(150')에 대해 하나의 미러(165)인 상기 제2 빔 조향 미러(165)를 사용하여 핫존(140)으로 표시된 필라멘트(160) 상의 동일한 위치에서 교차하도록 지향된다. 빔 조향 미러는 레이저 빔(150')을 임의의 방향으로 지향시키도록 구성된다. 여기서 제2 빔 조향 미러(165)는 4 개의 레이저 빔(150')을 상기 유리 필라멘트(160) 상의 하나의 동일한 핫존(140)으로 편향시키도록 구성된다. 레이저 빔(150')은 상이한 방향으로부터, 그러나 필라멘트 공급 노즐(120)의 출구 또는 상기 스테이지(130) 상에 배치된 기판의 상면으로부터 본질적으로 동일한 거리에서 상기 유리 필라멘트(160) 상으로 입사된다. 4개의 빔(150')을 사용하는 개방형 구조로 인해, 필라멘트 공급 시스템(170)과 노즐(120)은 피라미드 미러(155) 아래 및 레이저 빔(150') 사이에 쉽게 추가된다. 핫존(140)과 필라멘트 공급 노즐(120)의 출구 사이의 거리(L)는 10 mm를 초과할 수 있고, 다양한 예시적인 실시형태에서, 상기 거리(L)는 5 mm 미만일 수 있다. 기판(130)의 두께는 수십분의 1 mm 내지 수 cm 범위일 수 있다. 상기 유리 필라멘트(160) 및 상기 기판(130) 상에 입사하는 레이저 빔은 상기 기판의 표면에 대해 45° 의 각도를 가질 수 있다. 다양한 예시적인 실시형태에서, 상기 기판의 표면에 대한 상기 각도는 30-60° 범위일 수 있다.

[0064] 레이저 및 빔 조향은 기준 파워 미터를 사용하여 모니터링되는 레이저 빔 파워의 몇 퍼센트를 결합하는 빔 탭(beam tap)을 포함할 수 있다. 기준 파워 미터의 입력은, 예를 들면, 폐쇄 루프 피드백 시스템을 사용하여 레이저 파워를 안정화시키기 위해 피드백 신호로서 사용된다. 셔터를 사용하여 프린트 헤드의 레이저 빔을 온/오프시킬 수 있다. 오프(폐쇄) 상태에서 빔은 추가 파워 미터가 될 수도 있는 빔 덤프(beam dump)로 지향된다. 온(개방) 상태에서 빔은 프린트 헤드로 들어간다. 도 1a 및 도 1b 에서는 필라멘트가 수평 방향으로 스테이지(130)에 충돌하면서 인쇄가 수행된다. 이로 인해 코팅 재료의 연소 생성물이나 (과열로 인한) 기화/용융된 유리로부터 발생하는 모든 흄이 확실하게 프린트 헤드를 향하지 않고 상방으로 이동하게 된다. 이것은 그렇지 않은 경우에 흄이 프린트 헤드의 광학계 및 필라멘트 공급 노즐을 손상시킬 수 있고 빈번한 세정 및 부품 교체를 필요로 하므로 유익하다. 그러나, 적절한 가스 퍼징(gas purging)을 사용하면 프린트 헤드를 임의의 방향(상방, 하방 또는 측방)으로 배치할 수 있다

[0065] 인쇄 중에 원료를 추가하기 위해 하나 이상의 필라멘트 공급기를 사용할 수 있다. 인쇄 스테이지는 기판 또는 프린트 프로파일을 유지하는 3축(x-y-z), 4축, 또는 5축 병진 시스템일 수 있다. 실리케이트 유리 필라멘트(예를 들면, 보로실리케이트 또는 소다석회 유리)를 사용하는 경우, 빌드(build) 체적은 가열 체임버를 포함할 수도 있다. 용융 실리카 또는 용융 석영 유리 필라멘트의 경우, 이것은 (열팽창계수가 극히 낮으므로) 그다지 문

제가 되지 않을 수 있고, 추가의 가열 없이 인쇄를 수행할 수 있다. 기판에 대한 접착성을 향상시키기 위해, 연화된 유리 필라멘트(160)가 퇴적되는 위치의 아래에 별개의 레이저 빔을 사용하여 조사될 수 있다. CO_2 레이저 및 CO 레이저의 둘 모두 적외 파장 스펙트럼에서 작동하므로 빔 정렬에는 가시 파장에서 작동하는 레이저가 사용된다. 필라멘트의 균질의 가열을 달성하기 위해 정렬의 정밀도가 중요할 수 있다. 정렬 기술은 필라멘트를 소형 간섭계로서 사용하는 것에 기초한다.

[0066] He-Ne 레이저(632.8 nm 파장)은, 예를 들면, 4 레이저 빔의 교차점(핫존에 해당)의 지정된 위치에서 필라멘트 상으로 집속된다. 적색 레이저로부터의 광은 유리 섬유의 2 개의 계면에서 반사될 수 있다. 둥근 유리 섬유는 동심의 캐비티 간섭계(CCI)를 형성할 수 있다. CCI의 2 개의 반사는 서로 간섭하여 간섭무늬를 형성할 수 있다. 집광된 He-Ne 레이저의 위치에서 온도가 상승하면, 간섭무늬는 외측으로 이동하고, 온도가 저하하면 내측으로 이동한다. 그러면 CO_2 레이저 빔 또는 CO 레이저 빔을 정렬하기 위한 프로시저는 간단해진다. 각각의 빔은 간섭무늬 이동을 최대화함으로써 (온도를 증가시킴으로써) 정밀하게 정렬된다.

[0067] 하나의 원료 공급 노즐(120)이 3차원 컴포넌트의 제1 정해진 층 영역에 원료(160)를 공급할 수 있고, 2개 이상의 노즐이 3차원 컴포넌트의 제1 정해진 층 영역에 사용될 수 있고, 즉 층 형성은 형성되는 층의 형상 및/또는 추가되는 재료의 종류에 따라 1개, 2개, 3개 또는 그 이상의 노즐들 사이에서 변화될 수 있다. 다양한 예시적인 실시형태에서, 기판 상에 원료를 제공하기 위한 복수의 노즐은 동일한 직경 또는 상이한 직경을 가질 수 있다. 복수의 필라멘트 공급 노즐은 상이한 유리 재료의 원료를 공급할 수 있다.

[0068] 필라멘트 압출에 동기하여, 기능 지점(핫존)은 정해진 경로를 따라 위치결정된다. 이 경로는 공작물의 형상을 층상으로 슬라이싱하고 또한 필라멘트(160)의 압출을 위한 시간 효율적 궤도를 계산함으로써 도출된다. 이 위치결정은 3축 위치결정 유닛에 의해 수행될 수 있다. 지구의 중력장을 기준으로 하여 공작물을 재정렬하기 위해 5축 키네마틱을 제조 유연성을 확장하는 것이 의도된다.

[0069] 제1 선택지에서, 필라멘트 퇴적에 근접하여 이동하는 레이저 빔으로 동시 처리를 행하여 퇴적된 유리 필라멘트(160)를 소결/용융시킨다.

[0070] 대안적으로, 최신 인쇄층을 선택적으로 레이저 스캐닝함으로써 고출력 레이저 빔으로 유리 필라멘트의 얇은 층을 소결/용융시킨다. 이 프로세스는 제어된 열 입력 및 타이밍을 필요로 할 수 있다. 기하학적 정확도를 확보하기 위해, 프로세스의 불일치를 직접 보정할 수 있는 현장 측정이 실시될 수 있다. 재료의 결함이 있는 경우에는 소결/용융된 유리층의 품질 검사가 필요할 수 있다. 현장 품질 제어에 의해 인쇄 환경에서의 기하학적 정확도, 적절한 온도, 및 가스 함량과 압력이 확보된다.

[0071] 유리 필라멘트의 용융/연화에 하나 이상의 레이저 빔이 동시에 사용될 수 있다.

[0072] 무피복 유리 필라멘트는 기계적 특성이 나쁘므로 파손되기 쉽다. 보관 및 취급 중에 유리 필라멘트를 기계적 및 화학적으로 보호하기 위해서는 보호 코팅이 필요하다. 보호 코팅은, 예를 들면, 광섬유의 제조에 사용되는 섬유 드로우 타워(draw tower)를 이용하여 필라멘트 제조 중에 적용할 수 있다. 퍼니스는 프리폼(preform; 형상 및 조성이 필라멘트의 대형 버전임)을 가열한다. 다음에 연화된 유리는 직경 게이지와 조합된 캡스턴을 사용하여 정확한 필라멘트 치수가 되도록 인장된다. 필라멘트가 인장됨에 따라 프리폼은 퍼니스 내로 더욱 공급된다. 전형적으로, 코팅 수지는 코팅 컵 내에 도입될 수 있고, 필라멘트는 이것을 통과한다. 그 후에 필라멘트를 보관용 스풀 및 수송용 스풀에 감기 전에 열 또는 UV 램프를 사용하여 코팅을 경화시킬 수 있다. 광섬유 상의 폴리이미드 코팅의 경화 온도는 전형적으로 약 100 내지 400 ℃의 온도 범위에서 수행될 수 있다.

[0073] 폴리이미드 코팅된 광섬유는 약 300 ℃의 작동 온도에 견딜 수 있고, 일반적으로 고온(감지) 용도에 사용된다. 여기서 전형적으로 10 내지 15 μm의 코팅 두께가 사용된다. 코팅 프로시저를 반복하고, 복수의 코팅층을 추가함으로써 더 두꺼운 코팅을 적용할 수 있다.

[0074] 유리 필라멘트의 경우에 코팅 두께는 가능한 한 얇아야 하고, 동시에 섬유의 기계적 및 화학적 보호가 충분히 보장되어야 한다. 우리가 평가한 우수한 결과를 제공하는 필라멘트는 약 5 μm의 단일의 층 폴리이미드 코팅 두께를 갖는다.

[0075] 유리 필라멘트의 적절한 외경은 100 μm 내지 500 μm 범위이다. 이 직경은 필라멘트의 기계적 특성에 큰 영향을 미치며, 직경이 커지면 필라멘트는 더 강직성을 갖게 된다. 인쇄 중에 노즐 및 필라멘트의 인쇄된 구조물에 대한 상대적 병진은 필라멘트 상에 횡방향 힘을 유발한다. 필라멘트 위치의 편위는 핫존에서의 액체 유리의 점성 및 표면 장력 뿐만 아니라 인쇄 속도에 따라 달라진다. 인쇄 노즐 및 압출 필라멘트의 개략도는 아래의 도면

에 도시되어 있다. 더 큰 강직성의 필라멘트를 사용하는 경우, 필라멘트 공급 노즐과 핫존 사이의 거리를 증가시킬 수 있다. 따라서 필라멘트 직경, 노즐 설계, 및 핫존까지의 거리는 인쇄 정확도/품질에 큰 영향을 미친다. 필라멘트 직경이 크고 압출되는 필라멘트 길이가 짧으면 인쇄 중에 필라멘트 편위가 적어진다. 필라멘트 직경이 커지면 프린터의 해상도가 낮아진다. 압출되는 필라멘트의 길이가 너무 짧으면 필라멘트 공급 노즐이 핫존에 의해 손상될 수 있다.

[0076] 총 편향/편위(δ)는 다음 식으로 주어진다:

[0077] $$\delta = \frac{4FL^3}{4E\pi r^4}$$,

[0078] 여기서, F는 인쇄 프로세스 중에 상대 운동에 의해 가해지는 유지력이고, L은 압출 필라멘트의 길이이고, E는 필라멘트 재료의 영률이고, r은 필라멘트의 반경이다. 이론적으로, 동일한 처리 조건 하에서 200 μm 직경의 필라멘트는 125 μm 직경을 갖는 필라멘트에 비해 1/4만큼 편향된다. 필라멘트 직경이 200 μm이고 압출 필라멘트 길이가 5 ㎜보다 작은 경우, 편향은 μm 미만으로 발생하며 무시할 수 있는 것으로 간주된다.

[0079] 유리 3D 인쇄에서, 유리 필라멘트는 1800 내지 2200 ℃의 핫존에 연속적으로 공급된다. 일반적인 방법 중 하나는 순수 유리 필라멘트를 공급하는 것이다. 그러나, 유리 필라멘트의 대부분이 코팅된 상태로 제조되므로 인쇄 전에 순수 유리 필라멘트를 제조하기 위해서는 코팅을 제거하는 것이 필요하다. 코팅의 박리는 기계적 또는 화학적 수단(예를 들면, 황산, 디클로로메탄을 사용함)을 사용하여 실시될 수 있다. 박리 프로세스는 인쇄가능 유리 필라멘트의 총 길이를 제한하며, 즉, 기계적 박리의 최대값은 수 미터 미만, 화학적 박리의 최대값은 수십 미터 미만이고, 이는 3D 인쇄 프로세스의 연속성 및 능력(체적)을 훼손시킨다. 코팅이 없으면 필라멘트가 취화할 수 있으므로 코팅의 박리는 필라멘트의 기계적 강도를 더 약화시킬 수 있고, 이는 인쇄 중에 필라멘트가 파손되면 인쇄 프로세스의 중단을 대부분 야기하므로 이는 추가적인 위험을 초래한다. 강산(황산) 또는 디클로로메탄(발암성)을 사용할 때 수반되는 위험성 때문에 화학적 수단을 사용하는 것은 바람직하지 않다.

[0080] 다른 방법은 코팅된 필라멘트를 직접 공급하는 것이다. 보호 코팅을 사용하면, 인쇄가능 필라멘트 길이가 킬로미터 범위까지 연장된다. 그러나, 필라멘트는 일반적으로 아크릴과 같은 가연성 폴리머로 코팅되므로, 이 방법은 높은 인쇄 온도로 인해 필라멘트에 직화(open flame)를 유발하여 인쇄 실패 및 3D 프린터의 파손으로 이어질 수 있다. 게다가, 표준 코팅의 두께는 약 50 μm이고, 유리 3D 인쇄의 경우에는 너무 "두꺼운" 것으로 간주된다. "두꺼운" 코팅을 직접 연소시키는 것은 더 많은 연소 부산물을 생성할 수 있고, 인쇄물의 순도에 영향을 주는 잔류물을 남길 가능성이 높고, 또한 에너지 효율적이지 않으므로 이상적인 해결책이 아니다.

[0081] 우리의 접근방법은 얇은 난연성 및 자가 소화성 코팅을 갖는 유리 필라멘트를 제조하는 것이다. CO_2 레이저 빔을 사용하여 핫존을 매우 높은 온도로 가열하면, 코팅은 핫존 부근에서 연소를 시작하며, 즉 핫존 자체를 사용하여 코팅을 제거할 수 있다. 코팅은 난연성이므로 직화의 위험이 제거된다. 레이저 및 필라멘트 공급이 중지되면, 코팅의 연소는 중단될 것이다. 얇은 코팅은 쉽게 연소 제거된다. 효율을 상승시키고 환경의 영향을 감소시키는 것 외에도 연소 부산물의 생성도 줄어들 것이다. 이상적인 코팅은 연소 중에 생성되는 독성 흄을 더 줄이기 위해 무독성 화학 조성을 가질 수 있으며, 예를 들면, 할로겐을 포함하지 않아야 한다.

[0082] 본 발명의 적층 제조용 필라멘트는 유리 필라멘트에 얇은 코팅층을 적용할 수 있는 동시에 (임시) 보관 및 취급 중에 필라멘트를 기계적 및 화학적으로 보호할 수 있는 가능성을 제공한다. 이 코팅은 열적 수단(가열/플라즈마/레이저 조사)에 의해 쉽게 제거될 수 있다. 코팅은 독성 원소를 함유하지 않을 수 있고 또는 연소 시 독성 연소 생성물을 생성하지 않을 수 있다. 코팅은 난연성 및 자가 소화성일 수 있다.

[0083] 본 발명에 따른 적층 제조 방법은 유리의 3차원 컴포넌트를 제조하는 데 사용될 수 있다. 상기 방법은 외면 보호 필름이 있는 유리 필라멘트를 가열 소스에 공급하여 상기 보호 필름을 제거하고 상기 유리 필라멘트를 연화시키는 단계 및 연화된 유리 필라멘트를 기판의 표면에 적용하는 단계를 포함하며, 상기 보호 필름은 폴리이미드로 제조되며, 1 μm 내지 50 μm 범위의 두께를 갖는다. 유리 필라멘트의 공급은 연속적이거나 불연속적일 수 있다.

[0084] 도 2는 필라멘트 공급 노즐(120)의 측면을 도시한다. 상기 필라멘트 공급 노즐(120)로부터 연장되는 것은 보호 필름 또는 보호 코팅(169)을 갖는 유리 필라멘트(160)이다. 상기 필라멘트 공급 노즐(120)의 출구로부터 상기 유리 필라멘트(160) 상에 적어도 하나의 레이저 빔이 입사하는 핫존(140)까지의 상기 필라멘트의 길이는 L로 표시되어 있다. 다양한 예시적인 실시형태에서, L은 10 ㎜ 초과 또는 5 ㎜ 미만일 수 있다. 다양한 예시적인 실시형태에서, 길이 L은 5 ㎜ 미만이다. 더 큰 L은 상기 필라멘트(160)의 팁(180)의 비편위 중심부(non-deviated

center portion)와 동일한 팁(180)의 편위 중심부 사이의 거리인 필라멘트 편위를 증가시킬 수 있다. 이와 같은 편위는 상기 기판 또는 인쇄/물체의 상기 표면 상의 의도된 위치에 대한 상기 필라멘트의 오정렬을 초래할 수 있고, 이로 인해 결함이 있는 3차원 물품을 얻을 수 있고 및/또는 적층 제조의 정밀도가 감소될 수 있다. 보호 코팅(169)의 작은 부분은 이 보호 코팅이 난연성 및/또는 자가 소화성이라는 사실로 인해 적층 제조 중에 상기 필라멘트 공급 노즐(120)의 출구의 외측에서 필라멘트 상에 잔류한다. 제조 중에 상기 잔류 보호 코팅의 작은 부분의 길이는 적어도 수십분의 1 ㎜일 수 있다.

[0085] 도 3a 내지 도 3c는 적층 제조 프로세스에서 사용될 수 있는 보호 코팅(169)을 갖는 3 가지 상이한 유형의 유리 필라멘트(160)를 도시하고 있다. 도 3a는 단일 조성물(막대/섬유 필라멘트)을 도시하고 있고, 여기서 이 조성물(유리 유형)은 고순도 실리카 유리, 예를 들면, 용융 실리카, 용융 석영(고순도 투명 유리의 인쇄에 사용됨)일 수 있다. 이들 재료는 낮은 열팽창계수를 가지며, 즉 가열된 프린트 플레이트를 필요로 하지 않고, 후속 열적 어닐링이 반드시 필요한 것은 아니다. GeO_2, Al_2O_3, B_2O_3, 또는 F 또는 이들의 조합으로 코도핑(co-doping)된 실리카 유리 필라멘트. 멀티필라멘트 인쇄(실리카 유리 필라멘트를 함께 사용)를 사용하여 설계된 형상 및 굴절률 구조를 갖는 3D 인쇄물을 생성할 수 있다. 예는 광섬유 프리폼 또는 다양한 광학 컴포넌트의 제조일 수 있다. 희토류 산화물, 예를 들면, Er, Yb, Er/Yb 및 추가의 도펀트(예를 들면, GeO_2, Al_2O_3, B_2O_3, F)로 도핑된 실리카 유리. 이들 필라멘트를 사용하여 활성 레이저 재료의 3D 인쇄물을 생성할 수 있다. 실리케이트, 보로실리케이트, 알루미노-보로 실리케이트 및 소다석회 유리는 표준 유형의 저 비용 재료이다. 이들은 열팽창계수가 더 높으므로 응력을 완화하기 위해 프린팅 플레이트를 가열하고 후속 어닐링을 실시할 필요가 있을 수 있다.

[0086] 도 3b는 중심의 공기 구멍(162), 즉 모세관 구조를 구비한 유리 필라멘트(160)를 도시한다. 이 모세관 필라멘트를 사용하여 다양한 유형의 유리/공기 구조를 인쇄할 수 있다. 모세관 필라멘트의 내부에 압력 제어를 적용하면, 인쇄 중에 필라멘트의 능동적 수축/팽창이 가능하다. 상기 공기 구멍(162)의 용적은 상기 유리 필라멘트(160)의 상기 유리 함량의 체적의 10-70%일 수 있다. 상기 공기 구멍(162)은 상기 유리 필라멘트(160)의 중심이나 편심에 설치될 수 있다. 다양한 예시적인 실시형태에서, 상기 유리 필라멘트(160)에는 복수의 공기 구멍이 제공될 수 있다.

[0087] 도 3c는 실리카 기반의 조성물로 구성된 유리 필라멘트(160)가 굴절률 변경 도펀트, 예를 들면, GeO_2, Al_2O_3, B_2O_3, F의 중심 코어 구조(160')를 포함하는 것을 도시하고 있다. 이들 코어/클래딩 필라멘트는 광 도파관으로서 기능하며, 이것을 사용하여 원격통신, 감지 또는 생물의학 용도로 사용하기 위해 다양한 유형의 유리 기판 상에 광학 회로를 인쇄할 수 있다. 유리 기반의 기타 코어 재료에는 반도체 및 합금, 예를 들면, 실리콘, 게르마늄 등이 포함된다.

[0088] 필라멘트는 기판을 향해 연속적으로 공급될 수 있고, 이와 동시에 단일의 또는 복수의 레이저 빔에 의해 생성되는 핫존이 이들을 접합시킨다. 기판과 필라멘트 사이의 상대 운동은 인쇄된 형상을 결정하기 위해 컴퓨터로 제어된다.

[0089] 마이크로스피어(micro-sphere), 기둥, 선, 원, 및 나노테이퍼(nano-taper) 등의 단순 구조물은 단일의 퇴적에 의해 인쇄되었다. 독립형 모델/어레이의 인쇄도 입증되었다. 복잡한 형상의 다층 인쇄가 실현되었다. 중공 모델(꽃병 모드) 및 고밀도 모델(100% 충전)의 둘 모두 유리 필라멘트를 사용하여 인쇄되었다. 결론적으로, 유리 필라멘트는 상기 모든 유리 3D 인쇄 시험에 적용가능하고, 그 성능은 FDM 시스템의 플라스틱 필라멘트와 유사하다.

[0090] 난연성 및/또는 자가 소화성 보호 필름(169)는 유리 필라멘트(160)의 표면에 적용된다.

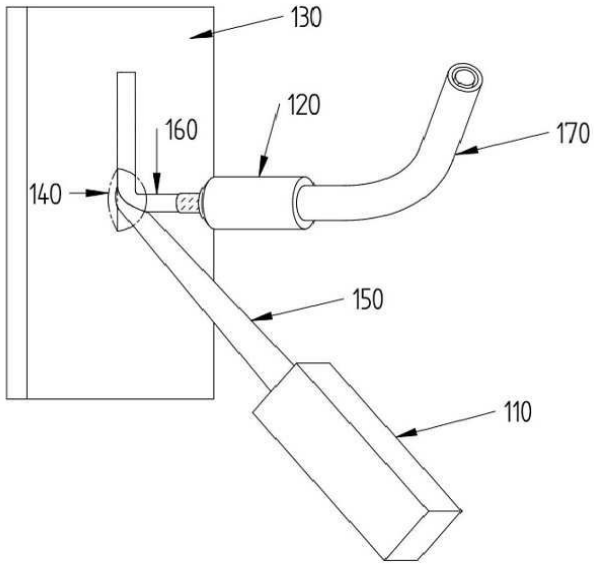
[0091] 본 발명의 실현가능한 변경

[0092] 본 발명은 주로 설명 및 예시의 목적을 갖는 전술한 실시형태 및 도면에 도시된 실시형태에만 한정되는 것은 아니다. 본 특허 출원은 본 명세서에 기술된 바람직한 실시형태의 모든 수정 및 변경을 포함하도록 의도되므로 본 발명은 첨부된 청구범위 및 그 등가물의 표현에 의해 정의된다. 따라서, 설비는 첨부된 청구범위의 범위 내에서 모든 종류의 방식으로 수정될 수 있다.

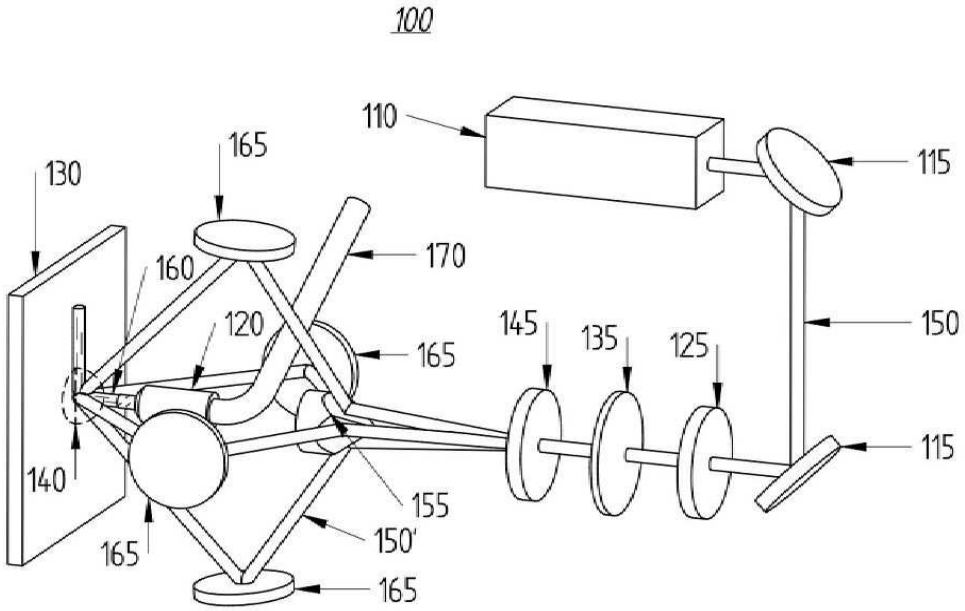
[0093] 본 명세서 및 이어지는 청구범위의 전체를 통해, 문맥상 다른 것이 요구되지 않는 한 "포함하다" 및 그 변형어는 언급된 정수 또는 단계 또는 일군의 정수 또는 단계를 포함하지만 다른 정수 또는 단계 또는 일군의 정수 또는 단계를 배제하지 않는 것으로 이해될 것이다.

도면

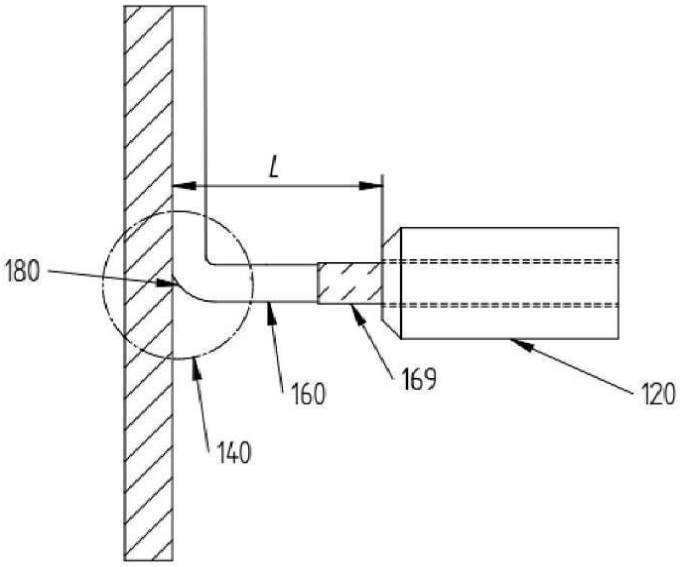
도면1a


130
120
160
170
140
150
110

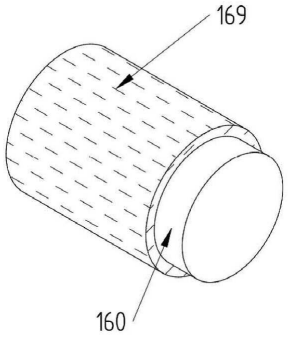
도면1b


100
110
165
130
115
170
160
120
145
135
125
150
165
140
155
115
150'
165
165

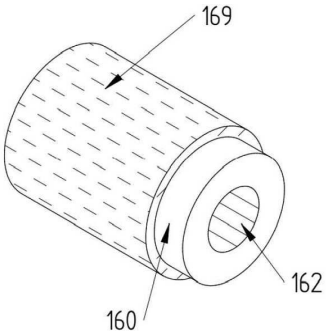
도면2



도면3a



도면3b



도면3c

