



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0035451
(43) 공개일자 2024년03월15일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C03B 19/02 (2006.01) B29C 64/118 (2017.01)
B29C 64/314 (2017.01) B29C 64/336 (2017.01)
B33Y 10/00 (2015.01) B33Y 40/00 (2020.01)
B33Y 70/10 (2020.01) C03B 37/025 (2006.01)
C03B 37/14 (2006.01) C03C 25/104 (2018.01)
C03C 25/1095 (2018.01)
- (52) CPC특허분류
C03B 19/02 (2013.01)
B29C 64/118 (2021.08)
- (21) 출원번호 10-2024-7000884
- (22) 출원일자(국제) 2022년07월11일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2024년01월09일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2022/069232
- (87) 국제공개번호 WO 2023/285338
국제공개일자 2023년01월19일
- (30) 우선권주장
2150939-3 2021년07월14일 스웨덴(SE)

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

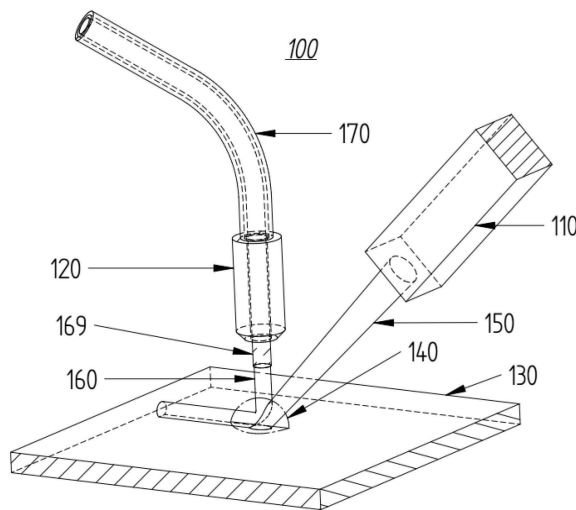
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 적층 제조 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 유리로 만들어진 3차원 컴포넌트를 제조하기 위한 적층 제조 방법에 관한 것으로, 상기 방법은 표면에 적용된 난연성 또는 자가 소화성 보호 필름을 갖는 유리 필라멘트를 연속적으로 필라멘트 공급 노즐로부터 가열 소스로 공급하여 상기 난연성 또는 자가 소화성 보호 필름을 제거하고 상기 유리 필라멘트를 연화시키는 단계, 및 상기 연화된 유리 필라멘트를 기관 또는 물체의 표면에 적용하는 단계를 포함하며, 상기 난연성 또는 자가 소화성 보호 필름은 1 μm 내지 50 μm 범위의 두께를 갖는 폴리이미드 기반의 재료로 제조되고, 상기 공급된 유리 필라멘트의 길이는 5 밀리미터 미만이다. 본 발명은 또한 유리 필라멘트 및 그 용도에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B29C 64/314 (2017.08)

B29C 64/336 (2017.08)

B33Y 10/00 (2013.01)

B33Y 70/00 (2013.01)

C03B 37/0256 (2013.01)

C03B 37/14 (2013.01)

C03C 25/104 (2018.01)

C03C 25/1095 (2018.01)

명세서

청구범위

청구항 1

유리로 만들어진 3차원 컴포넌트/물체를 제조하기 위한 적층 제조 방법으로서,

- a. 난연성 또는 자가 소화성 보호 필름(169)이 표면에 적용된 유리 필라멘트(160)를 필라멘트 공급 노즐(120)로부터 가열 소스로 연속적으로 공급하여 상기 난연성 또는 자가 소화성 보호 필름(169)을 제거하고 상기 유리 필라멘트(160)를 연화시키는 단계, 및
- b. 연화된 상기 유리 필라멘트(160)를 기관(130) 또는 물체의 표면에 적용하는 단계를 포함하고, 상기 난연성 또는 자가 소화성 보호 필름(169)은 폴리이미드 기반의 재료로 제조되며, 1 μm 내지 50 μm 범위의 두께를 가지며,
- c. 공급된 상기 유리 필라멘트 길이(L)는 5 밀리미터 미만인, 적층 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

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

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

제2항 상기 가열 소스는 적어도 하나의 레이저 소스인, 적층 제조 방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

제2항 상기 유리 필라멘트(160)는 중공이고, 상기 방법은 상기 중공 특징을 갖는 3차원 컴포넌트를 제조하기 위해 상기 중공 필라멘트 내측에 기체 압력을 제공하는 단계를 더 포함하는, 적층 제조 방법.

청구항 5

유리의 3차원 컴포넌트의 적층 제조용 유리 필라멘트(160)로서,

상기 유리 필라멘트(160)에는 그 표면에 적용된 난연성 또는 자가 소화성 보호 필름(169)이 제공되어 있고, 상기 필름(169)은 폴리이미드 기반의 재료로 제조되고, 1 μm 내지 50 μm 범위의 두께를 갖는, 유리 필라멘트.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 유리 필라멘트(160)는 100-500 μm 범위의 직경을 갖는 유리 섬유인, 유리 필라멘트.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 유리 필라멘트(160)는 광섬유인, 유리 필라멘트.

청구항 8

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 유리 필라멘트(160)는 중공인, 유리 필라멘트.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 중공 부분의 용적은 상기 유리 필라멘트(160)의 상기 유리 함량의 체적의 10-70%인, 유리 필라멘트.

청구항 10

유리로 만들어진 3차원 컴포넌트를 제조하기 위한 적층 제조 방법에서 유리 필라멘트(160)의 용도로서,

상기 유리 필라멘트(160)에는 그 표면에 적용된 난연성 또는 자가 소화성 보호 필름(169)이 제공되어 있고, 상기 필름(169)은 폴리이미드 기반의 재료로 제조되고, 1 μm 내지 50 μm 범위의 두께를 갖는, 유리 필라멘트의 용도.

발명의 설명

기술 분야

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

배경 기술

[0002] 유리 3D 인쇄 또는 적층 제조에서, 원료는 (1) 용융된 형태(용융된 유리), (2) 액체 형태(유리 충전 액체 수지), (3) 유리 막대를 사용하는 고체 형태 또는 (4) 유리 섬유로 공급될 수 있다.

[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.

[0004] (2) US2019/0292377A1k, US2020/0039868A1, WO2017/214179A1, 및 WO2020/118157A1에서는 유리 나노입자로 충전된 액체 수지를 사용하여, 예를 들면, 포토리소그래피나 잉크젯 인쇄 기술을 사용하여 3D 고체를 구축한다. 다음에 유기 바인더를 연소시킨 후 다공질 물체를 고온에서 소결하여 중실 유리 물체를 만든다. 이들 기술의 결점은 시간을 소모하는 후처리가 필요한 것과 인쇄된 물체의 두께/치수가 (수 mm로) 제한되는 것이다. 인쇄 정확도는 수축 억제 및 혼합물의 균질성에 크게 의존한다. 결합, 즉 변형, 기공 및 균열은 피하기 어렵다.

[0005] (3) WO2018/163006A1 및 US2020/0016840A1에서는 유리 3D 인쇄를 위해 연속 막대 공급이 사용된다. 이 인쇄는 유리 막대를 원료로 사용한다. 공급 막대는 회전하는 카세트 내에 장착되고, 유리를 용융시키는 프린팅 헤드를 통해 공급된 후에 기관 상에 퇴적된다. 연속 공급은 프로세스 중에 막대를 열적으로 결합함으로써 실현된다. 유리를 용융시키기 위해 도가니를 사용하는 이 기술은 용융 온도가 낮은 소다석회 유리 또는 보로실리케이트 유리 등의 다성분 실리케이트 유리로 제한된다. 이 기술은 또한 용융된 유리의 부식성 성질로 인해 노즐 손상의 위험이 있다.

[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 연화시키기 위해 충분한 온도의 핫존(hot-zone)에 연속적으로 공급된다. 실리카 유리(석영 또는 용융 실리카)의 경우 1800 내지 2000 °C의 고온이 필요하다. 하나의 방법은 특히 직경이 전형적으로 1 mm보다 큰 필라멘트 크기의 무피복 유리 필라멘트를 공급하는 것이다.

[0007] 그러나, 광섬유 제조 분야에서는 무피복의 가는 유리 섬유는 얇은 보호 코팅이나 보호 필름에 의해 적절히 보호되지 않으면 취약해져서 파손된다는 것이 잘 알려져 있다. 보호 코팅 또는 보호 필름은 섬유의 기계적 강도를 신속하게 저감시키는 물리적 상호작용(예를 들면, 굽힘) 또는 화학적 상호작용(예를 들면, 물 또는 기타 화학물 질과의 반응)으로부터 섬유 표면을 보호하기 위해 사용된다. 원격통신 섬유의 경우, 코팅/필름은 또한 미소 굴

곡(micro-bending)에 기인되는 기계적으로 유도되는 손실을 저감시키는 기능을 갖는다.

- [0008] 동일한 이유로, 적층 제조를 위해 얇은 유리 섬유를 사용하는 경우, 보관 및 취급 중에 유리 필라멘트를 보호하기 위해 보호 코팅이 필요하다. 보호 코팅은 필라멘트 제조 시에 실시될 수 있다.
- [0009] 선형 필라멘트 기반의 유리 적층 제조에서는 인쇄 전에 유리 필라멘트로부터 보호 코팅을 제거해야 한다[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]. 코팅의 박리는 필라멘트를 추가의 제조 핫존에 공급하기 전에 기계적 또는 화학적 수단(예를 들면, 황산, 디클로로메탄)을 사용하여 수행될 수 있다.
- [0100] 코팅을 기계적으로 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. 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.
- [0111] 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.
- [0122] 대안적인 방법은 [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)]에 의해 명시된 바와 같이 코팅을 연소 제거하는 것이다. 핫존이 매우 높은 온도로 가열되면 코팅은 핫존 부근에서 연소를 개시하며, 즉 핫존 자체가 코팅을 제거하는 데 사용될 수 있다. 일반적으로 사용되는 섬유 코팅을 사용한 상기 방법의 문제점은 원하지 않는 연소 부산물을 생성할 수 있고, 인쇄물의 순도에 영향을 주는 잔류물이 남을 가능성이 있고, 에너지 효율적이지 않다는 것이다. 이 방법의 다른 문제는 연소되는 코팅의 양을 제어하는 데 문제가 있는 것으로, 열원이 오프된 후에도 코팅이 발화하여 긴 길이의 필라멘트의 연소를 시작할 수 있다.
- [0133] 표준 원격통신용 유리 섬유에 대해 실험적 화염 확산 테스트를 수행하였다. 유리 섬유의 직경은 125 μm 이고, 62.5 μm 두께의 표준 아크릴 기반의 코팅을 구비하여 총 직경은 250 μm 였다. 코팅은 CO₂ 레이저를 사용하여 점화되었고, 레이저를 오프시켰을 때, 화염은 약 10 mm/초(600 mm/분)의 화염 진행 속도로 확산되었고, 이는 전형적으로 유리 3D 인쇄 중의 필라멘트 공급 속도보다 빠른 것이다.
- [0144] 제1 층을 인쇄 기관 상에 퇴적시킬 때, 필라멘트 공급은 빌드 플레이트에 대한 충분한 접촉을 확보하기 위해 일반적으로 느리다. 일반적인 조건 하에서는 유리의 3D 인쇄는 연속된 단일의 긴 유리 필라멘트를 일정한 공급 속도로 퇴적시킴으로써 수행되지 않고, 인쇄될 물체의 형상에 따라 층별로 분할하여 퇴적시킴으로써 수행된다. 세그먼트들 사이에서 필라멘트는 절단되고, 그 동안에 필라멘트의 공급 속도는 0이거나 심지어는 음(필라멘트 후퇴)이 된다. 다음에 공급 노즐의 상대 위치를 새로운 위치로 이동시켜 인쇄의 다른 섹션을 수행한다. 따라서 인쇄 중에 레이저 조사 조건(핫존의 온도), 필라멘트 공급 속도 및 공급 방향의 조합 등 다양한 인쇄 조건이 존재한다.
- [0155] 보호 코팅이 자기 지속적 연소(연소)를 보이는 경우, 화염이 확산하여 공급 노즐을 손상시키고, 필라멘트의 긴 길이를 파괴하고, 3D 프린터를 파괴하고, 사람의 부상을 유발할 수 있는 위험이 있다. 따라서 자기 지속적 연소를 보이는 보호 코팅을 사용하는 것을 매우 위험하다.
- [0166] W02020259898에 기술되어 있는 3D 인쇄 유리 필라멘트용 코팅 용액은 다당류 및 폴리에텐을 포함하고, 일반적으로 난연성 또는 자가 소화성이 아니고, 일반적으로 사용되는 광섬유 드로우 타워(optical fiber draw tower)에서 유리 필라멘트에 적용하기에 부적합하지만, 바람직하게는 딥코팅 또는 롤러에 의해 적용된다. 이들 코팅은 전형적으로 400 °C 미만의 분해 온도를 가지므로 압출 필라멘트의 길이를 더 길게, 전형적으로는 5 내지 20 mm 보다 길게 할 필요가 있다.
- [0177] 화염 확산을 억제하기 위해 질소 또는 아르곤 등의 불활성 기체를 사용하여 화염을 소멸시킬 수 있으나, 문제는 이것이 코팅의 연소(연소 제거) 효율에 큰 영향을 미치고, 인쇄된 물체 내에 코팅 잔류물이 남는다는 것이다.

다른 선택지는 공기나 산소 기체의 강제 대류를 이용하여 코팅의 효율적인 분해를 유지하면서도 화염 확산 속도를 저하시키는 것이다. 이 방법의 문제는 이것이 화염을 소화시키지 못하고 단순히 화염 진행 속도를 저감시킬 수 있다는 것이다. 또한, 주입된 가스 흐름에 의해 상당한 제어되지 않은 온도 변화가 유발되고, 핫존의 온도 안정성이 감소되면 인쇄 품질이 나빠지거나 인쇄 실패가 초래된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0018] 발명의 목적
- [0019] 본 발명의 목적은 진술한 문제를 제거하는 것이다. 본 발명의 일차적 목적은 3차원 컴포넌트를 형성할 때 사용하기 위한 개량된 유리 필라멘트를 제공하는 것이다.
- [0020] 본 발명의 다른 목적은 유리로 된 3차원 컴포넌트를 제조하는 적층 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0021] 본 발명에 따르면 적어도 일차적 목적은 독립 청구항에 정의된 특징을 갖는 적층 제조 방법에 의해 달성된다.
- [0022] 또한 본 발명의 바람직한 실시형태는 종속 청구항에 정의되어 있다.
- [0023] 본 발명의 제1 양태에 따르면, 유리로 만들어진 3차원 컴포넌트/물체를 제조하기 위한 적층 제조 방법이 제공되고, 이 방법은:
- [0024] a. 필라멘트 공급 노즐로부터 유리 필라멘트(특히 이 유리 필라멘트는 용융 석영 또는 용융 실리카로 만들어지고, 유리 필라멘트의 표면에는 난연성 또는 자가 소화성 보호 필름이 적용되어 있음)를 가열 소스로 연속적으로 공급하여 상기 난연성 또는 자가 소화성 보호 필름을 제거하고 상기 유리 필라멘트를 연화시키는 단계,
- [0025] b. 연화된 상기 유리 필라멘트를 기관 또는 인쇄물/물체의 표면에 적용하는 단계를 포함하고, 상기 난연성 또는 자가 소화성 보호 필름은 폴리이미드 기반의 재료로 만들어지고 1 μm 내지 50 μm 범위의 두께를 가지며,
- [0026] c. 상기 공급된 유리 필라멘트 길이(L)는 5 밀리미터 미만이다.
- [0027] 3차원 컴포넌트를 제조할 때의 이 실시형태의 장점은, 가열 소스가 제거되거나 레이저 조사가 오프되면, 코팅이 난연성 및 자가 소화성이므로 코팅의 연소가 종료되는 것이다. 다른 장점은 코팅의 연소가 독성 원소를 생성하지 않는 것이다. 다른 장점은 코팅이 종래의 광섬유 제조 기술을 사용하는 필라멘트의 제조 중에 필라멘트의 긴 길이에 쉽게 적용될 수 있다는 것이다.
- [0028] 본 발명에 따른 다양한 예시적인 실시형태에서, 상기 유리 필라멘트는 100-500 μm 범위의 직경을 갖는 코팅된 유리 섬유이다.
- [0029] 이들 실시형태의 장점은 3차원 컴포넌트의 복잡성 및/또는 설계에 따라 다양한 직경의 필라멘트가 선택될 수 있다는 것이다.
- [0030] 본 발명의 다양한 예시적인 실시형태에서, 상기 가열 소스는 적어도 하나의 레이저 소스이다.
- [0031] 이들 실시형태의 장점은 가열 목적을 위해 하나 이상의 다양한 유형의 레이저 소스가 사용될 수 있다는 것이다.
- [0032] 본 발명의 다른 양태에서, 유리의 3차원 컴포넌트의 적층 제조용 유리 필라멘트가 제공되며, 이 유리 필라멘트에는 그 표면에 적용된 난연성 또는 자가 소화성 보호 필름이 제공되어 있고, 이 필름은 폴리이미드 기반의 재료로 제조되고, 1 μm 내지 50 μm 범위의 두께를 갖는다.
- [0033] 이 실시형태의 장점은 난연성이고, 자가 소화성이고, 적층 제조 시에 독성 원소를 생성하지 않는 적층 제조 원료를 제공하는 것이다.
- [0034] 본 발명의 다양한 예시적인 실시형태에서, 상기 유리 필라멘트는 중공이다.
- [0035] 이들 실시형태의 장점은 모세관 구조의 필라멘트를 사용하여, 예를 들면, 통합된 마이크로 유체 구조, 즉 중공 특징/구조를 갖는 적층 제조된 컴포넌트 등의 복잡한 구조물을 적층 인쇄할 수 있다는 것이다. 상기 중공 부분의 용적은 상기 유리 섬유 내의 유리 함량의 체적의 10-70%일 수 있다.

- [0036] 본 발명의 다른 양태에서, 유리로 만들어진 3차원 컴포넌트를 제조하기 위한 적층 제조 방법에서 유리 필라멘트의 용도를 제공하는 것이고, 상기 유리 필라멘트에는 그 표면에 적용된 난연성 또는 자가 소화성 보호 필름이 제공되어 있고, 이 필름은 폴리이미드 기반의 재료로 제조되고, 1 μm 내지 50 μm 범위의 두께를 갖는다.
- [0037] 본 발명의 추가의 장점 및 특징은 다음의 바람직한 실시형태의 상세한 설명으로부터 쉽게 이해될 것이다.
- [0038] 본 발명의 전술한 특징과 장점 및 기타 특징과 장점은 첨부된 도면과 관련된 바람직한 실시형태의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0039] 도 1은 본 발명에 따른 방법을 수행하는 데 사용될 수 있는 유리로 만들어진 3차원 컴포넌트를 제조하기 위한 장치의 예시적인 실시형태의 개략 측면도를 도시한다.
- 도 2는 유리 필라멘트 및 필라멘트 공급 노즐의 개략 측면도를 도시한다.
- 도 3a 내지 도 3c는 보호 코팅을 구비한 유리 필라멘트의 다양한 예시적인 실시형태를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0040] 이 프로세스 발명은 디지털 모델을 사용하여 유리 필라멘트를 층별로 융합하고, 레이저 빔 등의 에너지 소스를 사용하여 국부적 용융을 통해 독립적인 또는 국부화된 퇴적하여 컴포넌트 형상을 구축하는 새로운 적층 제조 (AM) 프로세스에 관한 것이다.
- [0041] 본 발명은 난연성 및/또는 자가 소화성 보호 필름/코팅과 이를 유리 필라멘트로부터 제거하는 것을 인쇄 프로세스 내에 통합함으로써 직접 제조하는 프로세스에 관한 것이다. 즉, 이 새로운 프로세스는 유리 필라멘트를 사용하여 완전하게 또는 거의 완전하게 고밀도인 유리 컴포넌트/물체를 제조할 수 있고, 선행 기술의 유리 제조 방법의 결점을 모두 극복할 수 있다.
- [0042] 이 새로운 프로세스는 독성 부산물 없이 3차원 유리 컴포넌트의 직접 제조를 가능하게 하므로 건강 상의 위험을 회피할 수 있다.
- [0043] 여기서 우리는 레이저 기반의 3D 인쇄에 적합한 필라멘트의 코팅으로서 폴리이미드 기반의 코팅을 확인하였다. 폴리이미드는 본질적으로 화염 연소에 내성이 있다. 폴리이미드는 난연성 및 자가 소화성 특성을 나타낸다. 실험 결과 직화 또는 CO₂ 레이저 가열을 사용하여 연소를 시작하는 경우에 폴리이미드 코팅된 용융 실리카 및 약 200 μm 직경의 용융 석영 섬유는 열원이 제거되거나 오프되면 발화하거나 연소를 지속하지 않는 것으로 나타났다.
- [0044] 폴리이미드 기반의 코팅의 추가의 이점은 이것이 표준 광섬유 드로우 타워에서 일반적으로 사용되는 기술을 사용하여 유리 필라멘트에 적용될 수 있다는 것이다. 폴리이미드 코팅의 전형적인 코팅 두께는 1 μm 내지 50 μm 범위, 전형적으로는 5 μm 내지 25 μm 이다.
- [0045] 추가의 이점은 일반적으로 공기(또는 산소) 분위기 중에서 연소되는 폴리이미드의 연소 부산물은 이산화탄소, 물 및 질소 산화물이고, 즉 연소는 무독성 흡(fume)을 생성한다.
- [0046] 따라서 유리 필라멘트 필름/코팅은 작업자 및 주위의 물리적 안전뿐만 아니라 공급 노즐, 필라멘트 및 필라멘트 카세트, 3D 프린터를 보호하기 위해 화염 연소에 내성이 있고, 난연성이어야 하고, 및/또는 자가 소화성 특성을 보이는 것이 중요하다.
- [0047] 폴리이미드 분해는 400 $^{\circ}\text{C}$ 를 초과하는 온도, 전형적으로는 600 $^{\circ}\text{C}$ 를 초과하는 온도에서 발생한다. 이러한 고온은 코팅이 핫존에 매우 가까운 곳에서 제거되어 공급 노즐의 팁과 핫존 사이의 거리가 짧아질 수 있으므로 노즐로부터 압출되는 필라멘트의 길이가 짧아질 수 있으므로 유리하다. 공급되는 유리 필라멘트 길이(L)는 5 밀리미터 미만이다. 노즐로부터 압출되는 필라멘트의 길이를 더 짧게 함으로써 필라멘트의 기계적 특성(강직성)에 의해 인쇄 시의 인쇄 정확도 및 해상도를 크게 향상시킬 수 있다. 약 200 μm 직경의 압출되는 필라멘트의 적절한 길이는 전형적으로 5 mm 미만이고, 폴리이미드 코팅은 전형적으로 핫존의 1 mm 이내에서 제거된다.
- [0048] 도 1은 유리의 3차원 컴포넌트를 제조하도록 구성된 본 발명에 따른 적층 제조 장치(100)의 예시적인 실시형태의 개략 측면도를 도시한다. 상기 장치(100)는 스테이지/기판(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 상기 스테이지(130)에 대해 x-y 평면에서 이동하도록 구성될 수 있다. 상대 운동은 상기 스테이지(130)는 고정되어 있고 상기 필라멘트 공급 노즐(120)은 x-y-z 방향으로 이동하는 것일 수 있다. 대안적으로, 스테이지(130)는 x-y 내에서 이동가능할 수 있는 반면 상기 필라멘트 공급 노즐은 고정된다. 상기 필라멘트 공급 노즐(120) 및/또는 상기 스테이지(130) 중 하나 또는 둘 모두는 3차원 컴포넌트의 적층 제조를 가능하게 하도록 그리고 필라멘트 공급 노즐과 새로운 층이 부착되는 컴포넌트의 상면 사이의 거리를 일정하게 유지할 수 있도록 Z 방향으로 이동가능하게 할 수 있고, 즉 필라멘트 공급 노즐과 새로운 층이 부착되는 컴포넌트의 상면 사이의 거리를 일정하게 유지하기 위해, 모든 적층되는 새로운 층에 대해 스테이지(130)가 적층되는 새로운 층의 두께에 대응하는 거리만큼 Z 방향에서 하방으로 이동될 수 있거나, 필라멘트 공급 노즐(120)이 적층되는 새로운 층의 두께에 대응하는 거리만큼 Z 방향에서 상방으로 이동될 수 있거나, 상기 스테이지의 Z 방향의 하방으로의 이동과 상기 필라멘트 공급 노즐의 Z 방향의 상방으로의 이동의 조합을 행하는 것이 가능하다. 필라멘트(160)는 가이드 튜브(170)를 통해 필라멘트 공급 노즐(120)에 공급될 수 있다. 레이저 소스(110)는 CO₂ 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.

- [0049] 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 레이저 및 레이저 광학계를 제어할 수도 있다.
- [0050] 도 1에서, 필라멘트 공급 노즐(120)은 3차원 컴포넌트의 층을 형성하기 위해 스테이지(130) 상에 원료(160)를 제공하고 있다. 스테이지(130) 상에는 3차원 컴포넌트가 형성되는 빌드 플레이트가 제공될 수 있다. 빌드 플레이트는 임의의 재료, 예를 들면, 최종 3차원 컴포넌트와 동일한 재료, 세라믹 재료 또는 3차원 컴포넌트의 재료와 다른 임의의 다른 금속 재료로 제조될 수 있다. 빌드 플레이트의 두께는 수십분의 1 mm 내지 수 cm 범위일 상기 빌드 플레이트의 상면으로부터 수 있다.
- [0051] 제1 단계는 스테이지(130) 상에의 원료의 용합 및 퇴적이다. 필라멘트 공급 노즐은 정해진 경로를 따라 원료를 국부적으로 퇴적시킨다. 필라멘트 공급 노즐은 원료가 스테이지(130)를 향하는 도중에 노즐을 떠나기 전에 원료를 가열할 수 있다. 노즐은 원료의 크기 및 형상에 맞춰질 수 있다.
- [0052] 3축 키네마틱(kinematic)은 필라멘트 공급 노즐(120)을 기계의 워크 인벨로프(work envelope)에 배치하여 3차원 컴포넌트를 층별로 생성할 수 있다. 원료(160)는 유리 필라멘트이다. 유리 필라멘트(160)에는 그 표면에 적용된 난연성 및/또는 자가 소화성 보호 코팅 또는 보호 필름(169)이 제공되어 있다.
- [0053] 도 1에서는 하나의 필라멘트 공급 노즐(120)만이 사용되는 것으로 도시되어 있다. 다양한 예시적인 실시형태에서, 복수의 필라멘트 공급 노즐이 직렬로 또는 병렬로 사용될 수 있다. 다양한 예시적인 실시형태에서, 스테이지(130) 상으로의 원료의 퇴적을 가속시키기 위해 원료(160)의 복수의 스트링이 스테이지(130) 상에 동시에 제공될 수 있다.
- [0054] 하나의 원료 공급 노즐이 3차원 컴포넌트의 제1 정해진 층 영역에 원료 또는 필라멘트(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, 기관 상에 원료/필라멘트를 제공하기 위한 복수의 노즐은 동일한 직경 또는 상이한 직경을 가질 수 있다. 복수의 필라멘트 공급 노즐은 상이한 유리 재료의 원료를 공급할 수 있다. 다양한 예시적인 실시형태에서, 원료 공급 노즐 중 하나는 복수의 상이한 원료, 예를 들면, 동일한 재료, 상이한 재료 및/또는 상이한 직경의 복수의 섬유를 포함할 수 있다.
- [0055] 필라멘트 압출에 동기하여 필라멘트(180)의 팁은 미리 정한 경로를 따라 배치된다. 이 경로는 공작물의 형상을 층상으로 슬라이싱하고 또한 필라멘트(160)의 압출을 위한 시간 효율적 궤도를 계산함으로써 도출된다. 이 위치 결정은 3축 위치결정 유닛에 의해 수행될 수 있다. 지구의 중력장을 기준으로 하여 공작물을 재정렬하기 위해 5축 키네마틱을 제조 유연성을 확장하는 것이 의도된다.
- [0056] 제1 선택지에서, 필라멘트 퇴적에 근접하여 이동하는 레이저 빔으로 동시 처리를 행하여 퇴적된 유리 필라멘트(160)를 소결/용융시킨다.
- [0057] 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 확보하

기 위해, 프로세스의 불일치를 직접 보정할 수 있는 현장 측정이 실시될 수 있다. 재료의 결합이 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.

[0058] 프로세스 능력을 검증하고 평가하기 위해, 이하의 양태는 달성가능한 제조 층의 평가, 최소 기하학적 정확도 요건의 충족, 공칭 설계로부터의 재료 수축의 정량화, 달성가능한 층 접착의 정량화 및/또는 무결함 3D 인쇄의 확보 등의 추가적인 테스트를 필요로 할 수 있다.

[0059] 유리 필라멘트의 용융/연화에 하나 이상의 레이저 빔이 동시에 사용될 수 있다.

[0060] 본 발명의 사상은 레이저 기반의 유리 3D 프린터에서 사용하기 위한 유리 필라멘트에 관한 것이다. 무피복 유리 필라멘트는 기계적 특성이 나쁘므로 파손되기 쉽다. 보관 및 취급 중에 유리 필라멘트를 기계적 및 화학적으로 보호하기 위해서는 보호 코팅이 필요하다. 기계 작동 중의 안전성을 높이기 위해, 코팅은 자기 지속성 직화의 확산을 피하기 위해 난연성 및 자가 소화성일 필요가 있다. 난연성 및 자가 소화성 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 게이지 및 장력계와 조합된 캡스톤을 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 스펀 및 수송용 스펀에 감기 전에 열 또는 UV 램프를 사용하여 코팅을 경화시킬 수 있다. 폴리이미드는 본질적으로 화염 연소에 내성이 있다. 폴리이미드는 난연성 및 자가 소화성 특성을 나타낸다. 광섬유 상의 폴리이미드 기반의 코팅의 경화 온도는 전형적으로 약 100 내지 400 °C의 온도 범위에서 수행될 수 있다.

[0061] 광섬유 상의 폴리이미드 기반의 코팅은 약 300 °C의 작동 온도에 견딜 수 있고, 일반적으로 고온(감지) 용도에 사용된다. 여기서 전형적으로 10 내지 15 μm의 코팅 두께가 사용된다. 코팅 프로시저를 반복하고, 복수의 코팅 층을 추가함으로써 더 두꺼운 코팅을 적용할 수 있다.

[0062] 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.

[0063] 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 핫존(140)에서의 액체 유리의 점성 및 표면 장력 뿐만 아니라 인쇄 속도에 따라 달라진다. 인쇄 노즐 및 압출 필라멘트의 개략도는 도 2에 도시되어 있다. 더 큰 강직성의 필라멘트를 사용하는 경우, 필라멘트 공급 노즐과 핫존(140) 사이의 거리를 증가시킬 수 있다. 따라서, 필라멘트 직경, 노즐 설계, 및 핫존까지의 거리는 인쇄 해상도, 정확도 및 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 2000 °C를 초과하는 온도에 도달할 수 있는 핫존에 의해 손상될 수 있다.

[0064] 필라멘트의 총 편향/편위(δ)는 다음 식으로 주어진다:

[0065]
$$\delta = \frac{4FL^3}{4E\pi r^4}$$

[0066] 여기서, F 는 인쇄 프로세스 중에 상대 운동에 의해 가해지는 유지력이고, L 은 압출 필라멘트의 길이이고, E 는 필라멘트 재료의 영률이고, r 은 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 mm보다 작은 경우, 편향은 μm 미만으로 발생하며 무시할 수 있는 것으로 간주된다.

[0067] 유리 3D 인쇄 중에, 유리 필라멘트는 1800 내지 2200 °C의 핫존에 연속적으로 공급된다. 일반적인 방법 중 하나는 무피복 유리 광섬유를 사용하여 공급하는 것이다. 그러나, 광섬유의 대부분이 코팅된 상태로 제조되므로 인쇄 전에 순수 유리 필라멘트를 제조하기 위해서는 코팅(169)을 제거하는 것이 필요하다. 코팅(169)의 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, 화학적 박리의 최대값은

수십 미터이고, 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.

[0068] 다른 방법은 코팅된 필라멘트를 직접 공급하는 것이다. 보호 코팅(169)을 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, 필라멘트의 파괴 및 3D 프린터의 파손으로 이어질 수 있다. 게다가, 표준 코팅의 두께는 약 62.5 μm 이고, 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.

[0069] 우리의 접근방법은 얇은 난연성 및 자가 소화성 코팅(169)을 갖는 유리 필라멘트(160)를 제조하는 것이다. 예를 들면, CO₂ 레이저 빔을 사용하여 핫존(140)을 매우 높은 온도로 가열하면, 코팅은 핫존(140) 부근에서 연소를 시작하며, 즉 핫존(140) 자체를 사용하여 보호 코팅(169)을 제거할 수 있다. 보호 코팅(169)은 난연성 및 자가 소화성이므로, 직화의 위험이 제거된다. 레이저 및 필라멘트 공급이 중지되면, 코팅의 연소 프로세스는 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 흡을 더 줄이기 위해 무독성 화학 조성을 가질 수 있으며, 예를 들면, 할로젠을 포함하지 않아야 한다.

[0070] 본 발명의 적층 제조용 필라멘트(160)는 유리 필라멘트에 얇은 난연성 및 자가 소화성 보호 코팅층(169)을 적용할 수 있는 동시에 (임시) 보관 및 취급 중에 필라멘트를 기계적 및 화학적으로 보호할 수 있는 가능성을 제공한다. 이 보호 코팅(169)은 열적 수단(가열/플라즈마/레이저 조사)에 의해 쉽게 제거될 수 있다. 이 보호 코팅(169)은 독성 원소를 함유하지 않을 수 있고, 또는 연소 시 독성 연소 생성물을 생성하지 않을 수 있다. 보호 코팅(169)은 자기 지속성 연소 특성을 가지지 않을 수 있다.

[0071] 본 발명에 따른 적층 제조 방법은 유리로 만들어진 3차원 컴포넌트를 제조하는 데 사용될 수 있다. 상기 방법은 표면에 적용된 난연성 및/또는 자가 소화성 보호 필름을 갖는 유리 필라멘트를 필라멘트 공급 노즐로부터 가열 소스로 공급하여 상기 난연성 및 자가 소화성 보호 코팅을 제거하고, 상기 유리 섬유를 연화시키는 단계, 및 상기 연화된 유리 섬유를 기관 또는 인쇄물/물체의 표면에 적용하는 단계를 포함하며, 상기 난연성 및 자가 소화성 보호 코팅은 폴리이미드 기반의 재료로 제조되고, 1 μm 내지 50 μm 범위의 두께를 가지며, 공급된 유리 필라멘트 길이(L)는 5 밀리미터 미만이다. 유리 필라멘트의 공급은 연속적이거나 불연속적일 수 있다.

[0072] 도 2는 필라멘트 공급 노즐(120)의 측면을 도시한다. 상기 필라멘트 공급 노즐(120)로부터 연장되는 것은 필라멘트(160)이다. 상기 필라멘트 공급 노즐(120)의 출구로부터 적어도 하나의 레이저 빔이 상기 필라멘트 상에 입사하는 기관(130)의 표면까지 상기 필라멘트의 길이는 L로 표시된다. 공급된 유리 필라멘트의 길이(L)는 필라멘트 공급 노즐(120)과 유리 필라멘트(160)가 적용되는 표면, 즉 기관(130)의 표면 또는 인쇄물/물체의 표면 사이의 거리인 것으로 이해해야 한다. 다양한 예시적인 실시형태에서, 공급된 유리 필라멘트 길이(L)는 10 mm보다 클 수 있지만, 본 발명에 따르면 5 mm 미만일 수 있다. 5 밀리미터보다 큰 L은 도 2에서 점선의 필라멘트로 표시된 필라멘트의 편위를 증가시킨다. 상기 필라멘트(160)의 팁(180)의 비편위 중심부와 동일한 팁(180)의 편위 중심부 사이의 거리일 수 있는 필라멘트 편위는 상기 기관 또는 인쇄물/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 노즐의 출구의 외측에서 필라멘트 상에 잔류한다. 제조 중에 상기 잔류 보호 코팅의 작은 부분의 길이는 적어도 수십분의 1 mm일 수 있다.

[0073] 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 및 용융 석영 유리(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. GeO₂, Al₂O₃, B₂O₃, 또는 F 또는 이들의 조합으로 코도핑(codoping)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 제조

일 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, 알루미늄-보로 실리케이트 및 소다석회 유리는 표준 유형의 저 비용 재료이다. 이들은 열팽창 계수가 더 높으므로 응력을 완화하기 위해 프린팅 플레이트를 가열하고 후속 어닐링을 실시할 필요가 있을 수 있다.

[0074] 도 3b는 중심의 공기 구멍(162), 즉 모세관 또는 중공 구조를 구비한 유리 필라멘트(160)를 도시한다. 이들 모세관/중공 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.

[0075] 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 생물학 용도로 사용하기 위해 다양한 유형의 유리 기반 상에 광학 회로를 인쇄할 수 있다. 유리 기반의 기타 코어 재료에는 반도체 및 합금, 예를 들면, 실리콘, 게르마늄 등이 포함된다.

[0076] 필라멘트는 기관을 향해 연속적으로 공급될 수 있고, 이와 동시에 단일의 또는 복수의 레이저 빔에 의해 생성되는 핫존이 이들을 접합시킨다. 기관과 필라멘트 사이의 상대 운동은 인쇄된 형상을 결정하기 위해 컴퓨터로 제어된다.

[0077] 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.

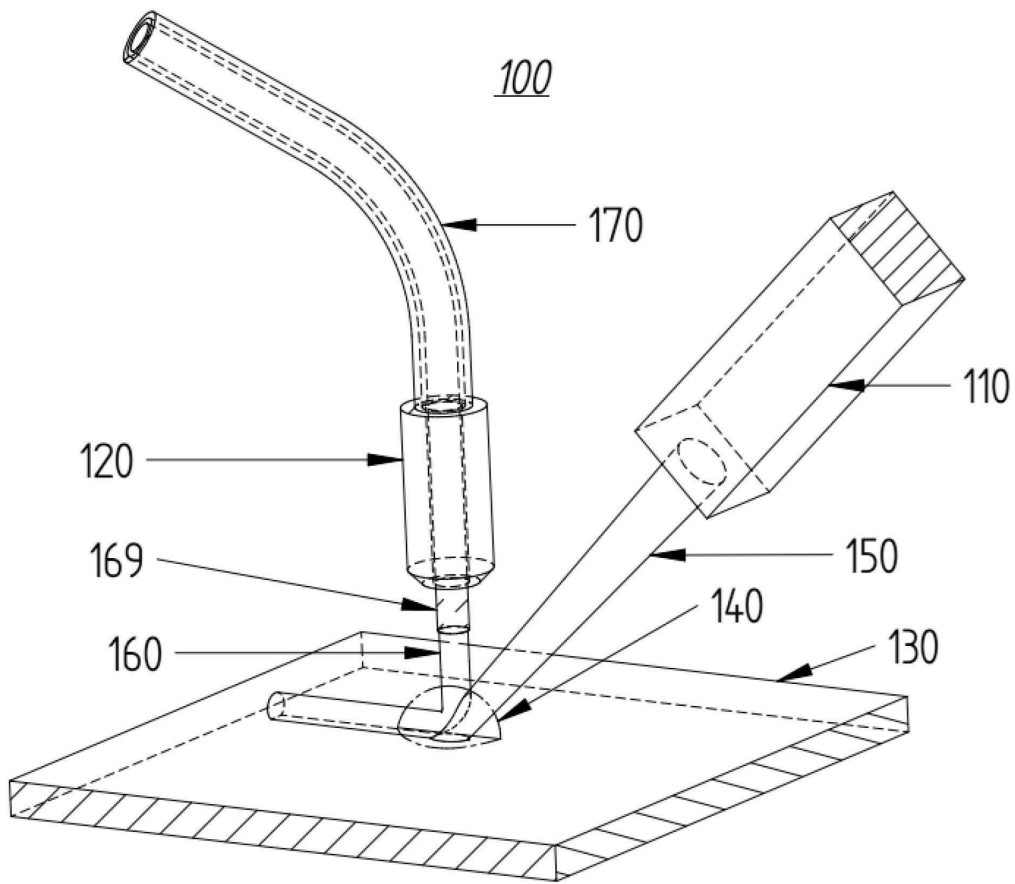
[0078] 본 발명의 실현가능한 변경

[0079] 본 발명은 주로 설명 및 예시의 목적을 갖는 기술한 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.

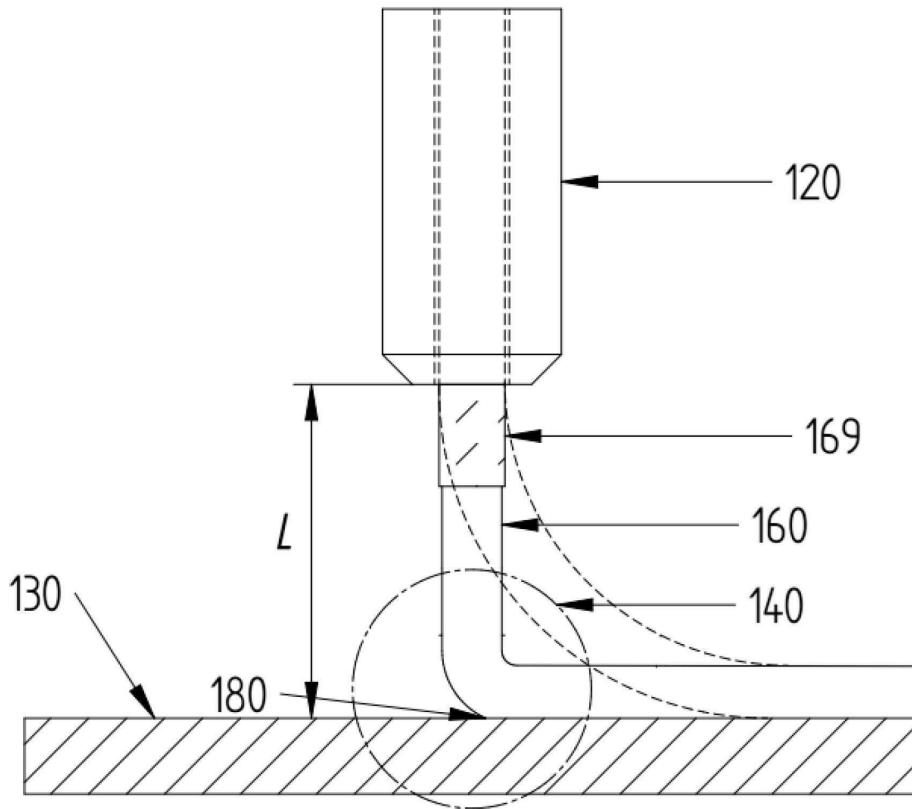
[0080] 본 명세서 및 이어지는 청구범위의 전체를 통해, 문맥상 다른 것이 요구되지 않는 한 "포함하다" 및 그 변형어는 언급된 정수 또는 단계 또는 일군의 정수 또는 단계를 포함하지만 다른 정수 또는 단계 또는 일군의 정수 또는 단계를 배제하지 않는 것으로 이해될 것이다.

도면

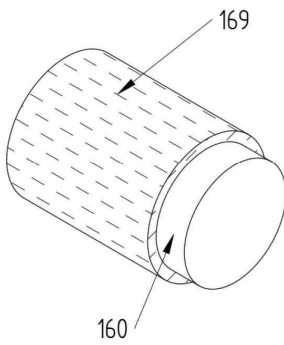
도면1



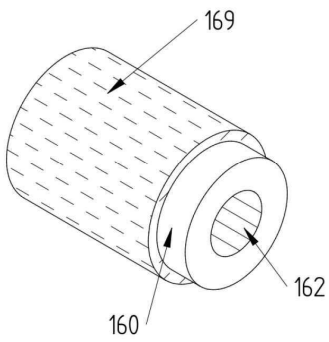
도면2



도면3a



도면3b



도면3c

