



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0031105
(43) 공개일자 2020년03월23일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B29C 64/165 (2017.01) B29C 64/268 (2017.01)
B29C 64/393 (2017.01) B33Y 10/00 (2015.01)
B33Y 30/00 (2015.01) B33Y 50/02 (2015.01)
- (52) CPC특허분류
B29C 64/165 (2017.08)
B29C 64/268 (2017.08)
- (21) 출원번호 10-2020-7001896
(22) 출원일자(국제) 2018년07월09일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2020년01월20일
(86) 국제출원번호 PCT/DE2018/000205
(87) 국제공개번호 WO 2019/015707
국제공개일자 2019년01월24일
- (30) 우선권주장
10 2017 006 860.7 2017년07월21일 독일(DE)
- (71) 출원인
복셀젯 아게
독일 프리드버그 다-86316, 폴-렌즈-스트라쎄 1
- (72) 발명자
컨터, 다니엘
독일 81371 뮌헨 아벨레스트라쎄 13
셰크, 크리스토프
독일 86154 아우구스부르크 홀레른스트라쎄 32
바도스, 임레
독일 86159 아우구스부르크 율리히-호프마이어-스트라쎄 8에이
- (74) 대리인
문경진

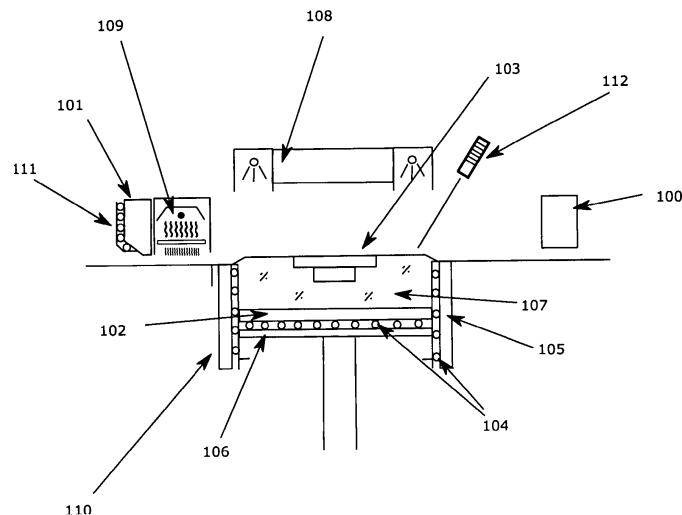
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 스펙트럼 변환기를 사용하여 3D 성형품을 제조하는 방법 및 장치

(57) 요약

스펙트럼 변환기가 사용되는, 3D 성형품을 제조하는 공정 및 장치가 개시된다. 상기 변환기는 방사선, 예를 들어, 전자기 열 복사를 흡수하고 하나 이상의 정해진 파장 범위를 방사하거나 방출하고; 스펙트럼 변환기는 여기서 전자기 열 복사의 방출기에 의해, 예를 들어 오버헤드 방출기 또는 소결 장치와 같은 방출기 또는 램프에 의해 조사된 후 정해진 전자기 열 복사를 방출한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B29C 64/393 (2017.08)

B33Y 10/00 (2013.01)

B33Y 30/00 (2013.01)

B33Y 50/02 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

정해진 층 내에서 제작장 상에 미립자 제작 재료가 코터에 의해 도포되고, 하나 이상의 액체 또는 하나 이상의 흡수제의 미립자 재료가 선택적으로 도포되고, 에너지 투입이 방사기에 의해 달성되고, 선택적으로 도포된 흡수제가 있는 영역이 선택적으로 응고되고, 제작장이 하나의 층 두께만큼 하강하거나 코터가 하나의 층 두께만큼 상승하며, 원하는 3D 성형품이 생성될 때까지 이들 단계가 반복되는, 3D 성형품을 제조하는 방법에 있어서, 방법은 적어도 하나의 스펙트럼 변환기를 사용하는 것을 특징으로 하는 3D 성형품을 제조하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

스펙트럼 변환기는 단파 또는 장파 방사선을 필터링하는 적어도 하나의 필터인 것을 특징으로 하는 3D 성형품을 제조하는 방법.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

필터링된 방사선 범위는 사용된 미립자 재료의 스펙트럼과 호환되는 방식으로 선택되고, 미립자 재료 상에 방사되는 스펙트럼은 바람직하게 8 내지 3.5 μm 의 파장을 갖고, 바람직하게,

폴리아미드 분말, 폴리아미드계 열가소성 엘라스토머 또는 우레탄계 열가소성 엘라스토머가 분말 재료로서 사용되는 것을 특징으로 하는 3D 성형품을 제조하는 방법.

청구항 4

제 1 항, 제 2 항 또는 제 3 항에 있어서,

도포된 분말 층이 제 1 가열 단계에서 분말 재료의 소결 창 내에 있는 분말의 기본 온도로 흡수제 없이 가열되고, 제 2 소결 단계는 분말의 용융 온도보다 높은 소결 온도에서 흡수제로 프린트된 영역의 열 투입에 의한 선택적 응고를 유도하고, 선택적으로 도포된 흡수제가 있는 영역은 흡수제가 없는 영역보다 제 1 단계에서 더 가열되고, 따라서 흡수제가 있는 영역과 흡수제가 없는 영역 사이에 온도차가 설정되는 것을 특징으로 하는 3D 성형품을 제조하는 방법.

청구항 5

분말-기반 프린팅 공정에 필요한 모든 구성요소를 포함하는, 3D 성형품을 제조하는 장치로서, 장치는 바람직하게 냉각 슬롯, 냉각 리세스, 냉각 그루브 및/또는 냉각 보어를 갖는 적어도 하나의 스펙트럼 변환기를 포함하는 것을 특징으로 하는 3D 성형품을 제조하는 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

스펙트럼 변환기는, 선택된 파장 범위를 정의하고 해당 파장 범위를 필터링하는 적어도 하나의 필터이고, 바람

직하게,

필터는 봉규산 디스크인 것을 특징으로 하는 3D 성형품을 제조하는 장치.

청구항 7

제 5 항 또는 제 6 항에 있어서,

선택된 파장 범위는 장파 또는 단파 적외선에서 선택되고, 바람직하게는 8 μm 내지 3.5 μm 또는 3.5 μm 내지 0.5 μm 의 파장 범위이고, 바람직하게,

적어도 두 개의 스펙트럼 변환기는 본질적으로 하나 위에 다른 하나가 있는 방식으로 배치되고, 바람직하게 적어도 두 개의 스펙트럼 변환기 사이에 공동이 존재하는 것을 특징으로 하는 3D 성형품을 제조하는 장치.

청구항 8

제 5 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

구성요소는 제작 플랫폼, 측벽, 작업 상자, 리코터, 프린트 헤드, 세라믹 시트, 에너지 투입 수단, 바람직하게 하나 이상의 방사기, 바람직하게 오버헤드 방사기 또는/및 소결 방사기 유닛에서 선택되는 것을 특징으로 하는 3D 성형품을 제조하는 장치.

청구항 9

제 5 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

오버헤드 방사기는 8 내지 3.5 μm 의 파장 범위를 방사하고 및/또는 바람직하게 필터(들)를 포함하는 소결 방사기 유닛은 입자 재료 및/또는 제작 표면 상에 방사되는 3.5 내지 0.5 μm 의 파장 범위를 방사하는 것을 특징으로 하는 3D 성형품을 제조하는 장치.

청구항 10

제 5 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

유체-냉각 방사기, 팬, 제작 컨테이너의 단열재, 제작 플랫폼의 단열재, 저항 히터, 가열 코일, 코터의 저항 히터, 고온계, 확산기 및 적외선 방사기로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 구성요소를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 3D 성형품을 제조하는 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 층 제작 기술(layer construction technique)에 의해 3차원 모델을 생성하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 유럽 특허 EP 0 431 924 B1은 컴퓨터 데이터를 기반으로 3차원 물체를 생성하는 공정을 기술하고 있다. 이 공정에서, 얇은 미립자 재료 층이 플랫폼 상에 증착되고, 그 위에 프린트 헤드에 의해 선택적으로 프린트되는 결합제(binder) 재료를 갖는다. 결합제가 상부에 프린트된 미립자 영역은 결합제 및 선택적으로 추가의 경화제(hardener)의 영향 하에 결합되고 응고된다. 그 다음, 플랫폼은 하나의 층 두께만큼 제작 실린더(construction cylinder) 내부로 하강하고 새로운 미립자 재료 층이 제공되며, 이 미립자 재료 층은 또한 상기한 바와 같이 프

프린트된다. 이들 단계는 물체의 원하는 특정 높이에 도달할 때까지 반복된다. 따라서, 프린트되고 응고된 영역은 3차원 물체를 형성한다.

- [0003] 완료되면, 응고된 미립자 재료로 제조된 물체는 느슨한 미립자 재료에 끼워지고, 이후 이로부터 빼내어진다. 이를 위해, 예를 들어 흡입 장치가 사용될 수 있다. 이는 원하는 물체를 남기고, 물체는 예를 들어 솔질에 의해 잔류 분말이 없어야 한다.
- [0004] 예를 들어, 선택적 레이저 소결(selective laser sintering) 또는 전자빔 소결(electron beam sintering)과 같은 다른 분말-기반의 신속한 프로토타이핑 공정(prototyping process)(모델의 층상 구조(layered construction) 또는 층 제작 기술이라고도 함)이 유사한 방식으로 작동하고, 또한 느슨한 미립자 재료를 층별로 도포하고, 제어된 물리적 방사선원(controlled physical source of radiation)의 도움으로 이를 선택적으로 응고시킨다.
- [0005] 이하에서, 이들 모든 공정은 "3차원 프린팅 방법" 또는 "3D 프린팅 방법"이라는 용어에 포함되는 것으로 이해될 것이다.
- [0006] 분말 재료 및 액체 결합제의 도입을 기반으로 하는 3D 프린팅은 층 제작 기술 중에서 가장 신속한 방법이다.
- [0007] 이 방법은 중합체 재료를 포함하는 다양한 미립자 재료를 처리할 수 있다. 그러나, 미립자 재료 층은 일반적으로 입자 밀도의 60%인 특정 부피 밀도를 초과할 수 없다는 단점을 갖는다. 그러나, 원하는 부품의 강도는 달성된 밀도에 따라 크게 달라진다. 지금까지는 부품의 고강도를 위해 액체 결합제의 형태로 40 부피% 이상의 미립자 재료를 첨가하는 것이 필요하다. 이는 단일-액적 투입으로 인해 비교적 시간 소모적인 공정일 뿐만 아니라, 예를 들어, 응고 동안 액체 부피의 불가피한 수축에 의해 유발되는 많은 공정 관련 문제를 야기한다.
- [0008] 본 기술 분야에서 "고속 소결"로 알려진 또 다른 실시형태에서, 미립자 재료의 응고는 적외선 방사의 투입에 의해 달성된다. 따라서, 미립자 재료는 융합 공정(fusing process)에 의해 물리적으로 결합된다. 이 경우, 무색 플라스틱 재료에서의 열 복사의 비교적 낮은 흡수를 이용한다. 상기 흡수는 플라스틱 재료에 IR 수용체(IR acceptor)(흡수체(absorber))를 도입함으로써 몇 배 증가될 수 있다. IR 방사(IR radiation)는 다양한 수단, 예를 들어, 제작장(construction field) 위에서 고르게 이동하는 막대 모양의 IR 램프에 의해 도입될 수 있다. 선택성은 IR 수용체를 갖는 각각의 층에 대한 특수 프린팅에 의해 달성된다.
- [0009] 프린트된 위치에서, IR 방사는 따라서 프린트되지 않은 영역보다 미립자 재료에 훨씬 더 잘 결합된다. 이는 융점 이상에서 층 내부의 선택적인 가열을 초래하고, 결과적으로 선택적인 응고를 초래한다. 이 공정은 예를 들어 EP1740367B1 및 EP1648686B1에 기술되어 있으며, 아래에서 HSS로 약칭한다.
- [0010] 이 방법으로도 처리될 수 있는 다양한 재료가 레이저 소결 공정에서 알려져 있다. 이 맥락에서 가장 중요한 재료는 폴리아미드 12(polyamide 12)이다. 이 재료는 여러 제조업체에서 생산된다. 달성된 강도는 층 제작 방법에서 탁월하다.
- [0011] 재료는 이러한 품질로 직접 처리될 수 있는 미세 분말로 구할 수 있다. 그러나, 제조 공정으로 인해, 비용이 높고 표준 폴리아미드의 비용을 20 내지 30 배까지 초과할 수 있다.
- [0012] 선행 기술에 따른 고속 소결 공정에서, 레이저 소결에서와 같이, 분말은 처리용 재료의 융점 근처의 온도에 놓인다. 이는 분말을 "시효(age)"시키고 후속 공정에서 분말의 사용을 제한한다. 재활용률이 낮아지는데, 이는 공정 비용에 부정적인 영향을 미친다.
- [0013] 부품의 정밀도는 공정 제어에 의해 크게 영향을 받는다. 따라서, 분말 층 밀도 및 제작 공간의 온도와 같은 파라미터의 균일성은 결정적이다.
- [0014] 공지된 고속 소결 방법은 한편으로는 재활용률 및 다른 한편으로는 공정 비용에 관한 많은 단점을 가지며, 결과적으로 부품당 비용을 증가시키고 부품을 상당히 비싸게 만든다. 특히, 분말의 시효는 중요한 문제이며, 이에 따른 낮은 재활용률은 이 공정의 확산에 있어서 큰 장애가 된다. 현재, 프린트되지 않은 분말의 대략 50%는 공정 후 교체되어야 한다. 대략 €80/kg의 분말 가격 및 수백 리터의 제작 부피로 인해, 이는 많은 재정 투자를 필요로 한다.
- [0015] 공정 관련 문제를 해결함으로써 비용을 절감하는 한 가지 방법은 덜 비싼 분말을 사용하는 것이다. 그러나, 대부분의 분말은 안전하게 처리될 수 있는 충분한 "소결 창(sintering window)"을 갖지 않기 때문에 이 방법에는 약간의 한계가 있다. 이는 이러한 분말에 대해 안정적인 공정 파라미터를 찾기 어렵다는 것을 의미한다.

- [0016] 또 다른 방법은 분말 시효를 화학적으로 제한하는 것이다. 이 경우, 예를 들어, 레이저 소결에서는 기계를 질소로 세척하는 것이 일반적이다. 이는 분말 산화를 방지할 수 있다. 그러나, 공정 관련 이유만으로, 시효를 완전히 억제할 수 없는데, 이는 응고 반응의 일부가 중합체의 2차 반응에 의해 발생하기 때문이다. 이러한 2차 반응을 억제하는 것은 강도 측면에서 근본적인 한계를 의미할 수 있다.
- [0017] 공지된 고속 소결 방법의 한 가지 과제는, 예를 들어, 사용된 미립자 재료에 대한 온도 창(temperature window)과 같은 유리한 공정 조건에 대한 조정이다. 고속 소결 방법은 다수의 공정 파라미터를 조합하고, 여기에 사용되는 3D 프린팅 기계는 수많은 구성적인 특징과 구성요소를 갖는데, 이는 적절한 구성요소를 조합하고 유리하거나 개선된 공정 순서를 조정하여 개선된 공정 조건을 제공하는 것을 어렵게 한다. 많은 경우, 양호한 공정 결과를 달성하고 고품질의 3D 부품을 획득하고 및/또는 공정을 최적화하기 위해 어떤 구성적인 변경이 필요한지 결정하는 것은 불가능하다.
- [0018] 공정 조건을 조정하는 데 있어서의 또 다른 과제는, 한편으로는 충분히 강한 구성요소가 바람직하고 유리한 특성을 갖도록 제조되도록 하는 동시에, 응고되지 않는 미립자 재료가 쉽게 해체될 수 있게 하는 공정 조건에 놓이도록 공정 조건을 조합하는 것이다. 이와 관련한 한 가지 문제점은 주변 재료가 공정에서 너무 많이 응고되고, 따라서 구성요소로부터 이를 제거하는 것이 어렵고, 그렇게 하기 위해서는 많은 노력이 필요하다는 점이다.
- [0019] 추가의 과제는 고속 소결 공정 3D 프린팅 공정을 위해 설치될 수 있는 종래의 IR 방사기(IR radiator)의 방사 특성이다.
- [0020] 열에 의해 작동하는 종래의 IR 방사기의 방사 특성은 다양한 파장의 광범위한 연속 스펙트럼으로 구성되며, 그 분포는 플랑크의 방사 법칙(Planck's radiation law)과 일치한다. 충분히 높은 전력 밀도 및 긴 사용 수명을 달성하기 위해, 2,400 K의 가열 코일 온도로 그리고 이에 따라 대략 1.2 μm 의 피크 파장으로 단파 석영관 적외선 방사기가 일반적으로 사용된다.
- [0021] 이들 방사기로 소결 공정을 수행하는 것이 가능하지만, 방사선 스펙트럼에 포함된 장파 성분은 공정의 측면에서 제어되지 않은 방식으로 프린트되지 않은 분말 가열을 유발하고, 이에 따라 분말도 어느 정도 소결된다. 이는 프린팅 공정 및 제조된 제품의 품질을 저하시키고, 소결되지 않아야 하는 미립자 재료를 재사용할 수 없게 하므로 불리하고 바람직하지 않다.
- [0022] 선택적으로 두 가지 유형의 영역, 즉 응고되지 않아야 하는 영역과 3D 성형품의 생성을 위해 소결되어야 하는 영역 또는 프린트된 영역 및 프린트되지 않은 영역에 영향을 미치는 목적은 각각 제한된 정도로만 달성될 수 있다.
- [0023] 결과적으로, 한편으로는 소결 공정 동안 불충분한 에너지 투입의 결과로서의 성형품의 낮은 기계적 특성 및 다른 한편으로는 과도한 에너지 투입의 결과로서의 기하학적 구조에 영향을 미치는 부품에 대한 강한 접착력 사이에서 절충이 이루어져야 한다. 또한, 성형품 사이의 좁은 공간에 있는 분말은 이후 제거될 수 없다.
- [0024] 달성 가능한 최대 분말 재활용률이 높은 에너지 투입으로 인해 급격히 떨어지고, 따라서 새로운 분말의 필요한 첨가로 인해 높은 비용이 발생한다.
- [0025] 이러한 결과는 종래의 단파 IR 방사기의 높은 가열 코일 온도로 인해 주변의 석영 유리관이 가열된다는 사실로 인해 악화된다. 결과적으로, 후자는 최대 900 K의 온도에 도달하고, 그 자체가 장파 내지 중파 IR 방사의 방출기(emitter)가 되며, 따라서 소위 "2 차 방사기"가 된다.
- [0026] LED와 같은 단색 방출기(monochromatic emitter)를 사용하는 장파 IR 방사 문제에 대한 해결책은 필요한 높은 전력 밀도로 인해 비용이 많이 들고 복잡하고, 따라서 실제로는 실현 불가능하다.
- [0027] 코일 온도가 더 높거나 피크 파장이 더 작고 따라서 장파 방사 성분이 더 낮은 특수 열 근적외선 방사기의 사용은 또한 특히 코일 피드스루(coil feedthrough)에서 방사기 튜브의 충분한 냉각과 같은 높은 기술적 요구를 필요로 한다. 또한, 두 가지 해결책 모두 현재 시중에 나와 있지 않고 따라서 구하기가 어렵다. 근적외선 방사기의 사용 수명은 또한 높은 와이어 온도로 인해 단파 방사기에 비해 크게 단축된다. 이에 따른 추가 비용이 방사기 유닛의 높은 구입 비용에 추가된다. 이는 고속 소결 공정을 위한 공지된 장치의 추가의 단점을 나타낸다.
- [0028] 텅스텐-할로겐 사이클을 갖는 방사기의 사용은 유닛의 빈번한 스위치 온/오프 및 그로 인한 짧은 사용 수명으로 인해 편리하지 않다.

- [0029] 소결되지 않아야 하는 영역에 일종의 반사기 액체(reflector liquid)를 프린트하는 것은 선행 기술에 따라 가능하지만, 비용 효율적으로 구현될 수는 없다. 일반적으로 20% 이하의 적층 제조 공정(additive manufacturing process)의 낮은 패킹 밀도(packing density)로 인해, 이는 또한 나머지 표면을 습윤시키기 위해 반사기 액체의 소비가 증가함을 의미하며, 이는 높은 작업 비용에 반영된다. 또한 두 배의 프린트 헤드 수가 필요하다.
- [0030] 소결 램프의 방사 특성으로 인해, 분말 층에서 온도 분포의 불균일이 발생한다. 이는 소결 램프가 이상적인 무한히 긴 방사기가 아니기 때문이다. 이는 소결 통과(sintering pass) 동안의 에너지 투입이 일반적으로 제작장의 가장자리에서 중간보다 낮다는 것을 의미한다. 이는 제작장의 가장자리 근처에서 성형품의 층간 결합을 약하게 한다. 소결 램프의 크기를 증가시켜 이러한 결과를 거의 제거할 수 있지만, 이는 온도 제어에 유리한 기계의 컴팩트한 설계 요건과 모순된다.
- [0031] 공정 온도는 제작장 위에서 방사기를 가열함으로써 선행 기술에 따라 제어된다. 이들 방사기는 바람직하게 장과 내지 중과 적외선 방사기로 설계되는데, 입자 재료를 가장 효과적으로 가열하고 프린트된 분말 표면에 대해 선택성을 갖지 않기 때문이다. 그 결과 요구되는 장과 적외선은 저온과 관련되기 때문에, 이들 파장 및 성능 데이터의 방사기는 선행 기술에 따라 열 방출기로서 설계된다. 이 경우, 양호한 방출 표면은 일반적으로 저항 히터 또는 와이어에 의한 열 전도를 통해 가열된다.
- [0032] 몇 분의 시간 범위에서의 이러한 방출 재료의 열 전도로 인해, 이들은 제어 값의 변화에 매우 느리게 반응한다.
- [0033] 따라서, 선행 기술은 전반적으로 공정과 관련된 두 온도의 완전히 분리된 제어를 허용하지 않는다. 이는 생성된 3D 성형품의 안정적인 공정 제어 및 관련된 일정한 기계적 특성이 전체 제작 공정 동안 거의 불가능하다는 것을 의미한다.
- [0034] 전체 공정에 대한 제어 부족은 TPU(우레탄계 열가소성 엘라스토머)를 기반으로 하는 재료 시스템과 같은 다른 비-PA12-기반 미립자 재료를 처리하는 것을 어렵게 한다. 온도 제어에 대한 낮은 제어 가능성은 공지된 소결 공정(고속 소결 3D 프린팅 공정) 및 장치를 위한 새로운 재료의 개발을 크게 제한된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0035] 따라서, 본 발명의 목적은 선행 기술의 단점을 줄이거나 완전히 피하기 위한 것이다.
- [0036] 본 발명의 또 다른 목적은 한편으로는 두 가지 다른 온도 또는 온도 창 또는 온도 범위, 즉 예열 온도 범위 또는 기본 온도 범위 또는 예열 온도 또는 기본 온도와 다른 한편으로는 소결 온도 창 또는 소결 온도 범위 또는 소결 온도를 보다 양호하게 제어하기 위한 장치 및/또는 방법을 제공하는 것이다.
- [0037] 본 발명의 또 다른 목적은 "프린트된 및 프린트되지 않은" 유형의 영역의 가열이 특정한 저렴한 방식으로 수행될 수 있게 하는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0038] 상기한 목적을 달성하기 위해 본 발명은 정해진 층 내에서 제작장 상에 미립자 제작 재료가 코터에 의해 도포되고, 하나 이상의 액체 또는 하나 이상의 흡수제의 미립자 재료가 선택적으로 도포되고, 에너지 투입이 방사기에 의해 달성되고, 선택적으로 도포된 흡수제가 있는 영역이 선택적으로 응고되고, 제작장이 하나의 층 두께만큼 하강하거나 코터가 하나의 층 두께만큼 상승하며, 원하는 3D 성형품이 생성될 때까지 이들 단계가 반복되는, 3D 성형품을 제조하는 방법에 있어서, 방법은 적어도 하나의 스펙트럼 변환기를 사용하는 것을 특징으로 하는 3D 성형품을 제조하는 방법을 제공한다.
- [0039] 이때, 스펙트럼 변환기는 단파 또는 장파 방사선을 필터링하는 적어도 하나의 필터인 것을 특징으로 한다.
- [0040] 또한, 필터링된 방사선 범위는 사용된 미립자 재료의 스펙트럼과 호환되는 방식으로 선택되고, 미립자 재료 상에 방사되는 스펙트럼은 바람직하게 8 내지 3.5 μm 의 파장을 갖고, 바람직하게, 폴리아미드 분말, 폴리아미드계 열가소성 엘라스토머 또는 우레탄계 열가소성 엘라스토머가 분말 재료로서 사용되는 것을 특징으로 한다.
- [0041] 또한, 도포된 분말 층이 제 1 가열 단계에서 분말 재료의 소결 창 내에 있는 분말의 기본 온도로 흡수제 없이 가열되고, 제 2 소결 단계는 분말의 용융 온도보다 높은 소결 온도에서 흡수제로 프린트된 영역의 열 투입에 의한 선택적 응고를 유도하고, 선택적으로 도포된 흡수제가 있는 영역은 흡수제가 없는 영역보다 제 1 단계에서

더 가열되고, 따라서 흡수제가 있는 영역과 흡수제가 없는 영역 사이에 온도차가 설정되는 것을 특징으로 한다.

- [0042] 한편, 본 발명은 분말-기판 프린팅 공정에 필요한 모든 구성요소를 포함하는, 3D 성형품을 제조하는 장치로서, 장치는 바람직하게 냉각 슬롯, 냉각 리세스, 냉각 그루브 및/또는 냉각 보어를 갖는 적어도 하나의 스펙트럼 변환기를 포함하는 것을 특징으로 하는 3D 성형품을 제조하는 장치를 제공한다.
- [0043] 이때, 스펙트럼 변환기는, 선택된 파장 범위를 정의하고 해당 파장 범위를 필터링하는 적어도 하나의 필터이고, 바람직하게, 필터는 봉규산 디스크인 것을 특징으로 한다.
- [0044] 또한, 선택된 파장 범위는 장파 또는 단파 적외선에서 선택되고, 바람직하게는 8 μm 내지 3.5 μm 또는 3.5 μm 내지 0.5 μm 의 파장 범위이고, 바람직하게, 적어도 두 개의 스펙트럼 변환기는 본질적으로 하나 위에 다른 하나가 있는 방식으로 배치되고, 바람직하게 적어도 두 개의 스펙트럼 변환기 사이에 공동이 존재하는 것을 특징으로 한다.
- [0045] 또한, 구성요소는 제작 플랫폼, 측벽, 작업 상자, 리코터, 프린트 헤드, 세라믹 시트, 에너지 투입 수단, 바람직하게 하나 이상의 방사기, 바람직하게 오버헤드 방사기 또는/및 소결 방사기 유닛에서 선택되는 것을 특징으로 한다.
- [0046] 또한, 오버헤드 방사기는 8 내지 3.5 μm 의 파장 범위를 방사하고 및/또는 바람직하게 필터(들)를 포함하는 소결 방사기 유닛은 입자 재료 및/또는 제작 표면 상에 방사되는 3.5 내지 0.5 μm 의 파장 범위를 방사하는 것을 특징으로 한다.
- [0047] 또한, 유체-냉각 방사기, 팬, 제작 컨테이너의 단열재, 제작 플랫폼의 단열재, 저항 히터, 가열 코일, 코터의 저항 히터, 고온계, 확산기 및 적외선 방사기로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 구성요소를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

도면의 간단한 설명

- [0048] 도 1은 예시적인 실시형태의 가열 시스템을 도시한다.
- 도 2는 전면에 하나의 필터 요소(도 2a), 여러 개의 필터 요소(도 2b), 냉각 요소(도 2c) 또는 확산기(diffuser)(도 2d)가 있는 소결 램프의 예시적인 실시형태를 도시한다.
- 도 3은 본 발명에 따른 공정의 순서를 도시한다.
- 도 4는 a) 폴리아미드 12와 같은 분말의 개략적인 에너지 입력 및 출력 곡선을; b) 프린트되지 않은 영역 유형의 액상 및 고상 온도를 나타내는 온도 곡선을; c) 프린트된 영역 유형의 액상 및 고상 온도를 나타내는 온도 곡선을 도시한다.
- 도 5는 두 가지 다른 방사기 설계를 갖는 소결 램프의 실시형태를 도시한다.
- 도 6는 빔 경로에 단파 적외선 방사기와 스펙트럼 변환기를 결합하여 구현된 오버헤드 방사기(overhead radiator)를 도시한다.
- 도 7은 방사선 스펙트럼으로서, 필터 없이 구현된(도 7a) 및 필터와 함께 구현된(도 7b) 소결 유닛에서 분말(II) 및 흡수제(I)의 흡수 범위에 대한 장파 및 단파 방사선의 중첩을 도시하며, 음영 영역은 흡수제에 의해 흡수된 방사선 에너지를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0049] 본 발명에 따른 몇 가지 용어가 아래에 보다 상세히 설명될 것이다.
- [0050] 본 발명의 의미에서 "성형품" 또는 "부품"은 본 발명에 따른 방법 및/또는 본 발명에 따른 장치에 의해 제조되고 치수 안정성을 나타내는 3차원 물체를 의미한다.
- [0051] "제작 공간"은 미립자 재료의 반복 코팅에 의한 제작 공정 동안 미립자 재료 층이 성장하거나 연속 원리를 적용할 때 미립자 재료 층이 통과하는 기하학적 위치이다. 제작 공간은 일반적으로 바닥, 즉 제작 플랫폼에 의해, 벽에 의해 그리고 개방된 상면, 즉 제작면에 의해 경계가 정해진다. 연속 원리에는, 일반적으로 컨베이어 벨트와 제한 측면 벽이 있다.
- [0052] "가열 단계"는 공정 초기에 장치를 가열하는 것을 의미한다. 장치의 필요한 온도가 일정하게 되면 즉시 가열 단

계가 완료된다.

- [0053] "냉각 단계"는 온도가 낮아서 제작 공간에서 부품을 제거할 때 부품이 어떤 중대한 소성 변형을 겪지 않을 때까지 적어도 지속된다.
- [0054] 본원에서 사용된 "미립자 재료"는 분말-기반 3D 프린팅용으로 공지된 모든 재료, 특히 중합체, 세라믹 및 금속일 수 있다. 미립자 재료는 바람직하게, 건조할 때 자유-유동성 분말이지만, 응집성의 내절단성(cut-resistant) 분말 또는 입자 하전(particle-charged) 액체일 수도 있다. 본 명세서에서, 미립자 재료와 분말은 동의어로 사용된다.
- [0055] "미립자 재료 도포"는 정해진 분말 층을 생성하는 공정이다. 이는 연속 원리로 컨베이어 벨트에 대해 제작 플랫폼 또는 경사면에서 수행될 수 있다. 미립자 재료 도포는 본원에서 "코팅" 또는 "재코팅"이라고도 한다.
- [0056] 본 발명의 의미에서 "선택적 액체 도포"는, 성형품에 대한 요건 및 성형품 제조의 최적화에 대한 요건에 따라서, 예를 들어 미립자 재료 도포와 관련하여 여러 번, 각각의 미립자 재료 도포 후에 또는 불규칙적으로 달성될 수 있다. 이 경우, 원하는 물품의 단면 이미지가 프린트된다.
- [0057] 본 발명에 따른 방법을 수행하기 위해 사용되는 "장치"는 필요한 부품을 포함하는 임의의 공지된 3D-프린팅 장치일 수 있다. 일반적인 구성요소는 코터(coater), 제작장, 연속 공정에서 제작장 또는 다른 구성요소를 이동시키기 위한 수단, 계량 장치, 및 가열 및 조사 수단, 그리고 본 기술 분야의 숙련자에게 공지되어 있고 따라서 본원에서 상세히 기술되지 않는 다른 구성요소를 포함한다.
- [0058] 본 발명의 의미에서 "흡수제"는 잉크젯 프린트 헤드 또는 매트릭스 같은 방식으로 작동하는 임의의 다른 장치에 의해 처리될 수 있는 매체이며, 이 매체는 분말의 국소 가열을 위한 방사선의 흡수를 향상시킨다.
- [0059] "반사기 액체"는 선행 기술에 따라 입자 재료의 소결을 방지하기 위해 사용되는 흡수제의 길항제에 대해 사용되는 용어이다.
- [0060] "흡수"는 분말에 의한 방사선으로부터의 열 에너지의 흡수를 의미한다. 흡수는 분말의 유형과 방사선의 파장에 따라 다르다.
- [0061] "지지체"는 실제 흡수제가 존재하는 매체를 의미한다. 이는 오일, 용매 또는 일반적으로 액체일 수 있다.
- [0062] 본 발명의 의미에서 "방사선"은 예를 들어 열 복사, IR 방사, 마이크로파 방사 및/또는 가시광선 또는 UV 범위의 방사선이다. 일 실시형태에서, 예를 들어 IR 방사기에 의해 생성되는 열 복사가 사용된다.
- [0063] 본원에 사용된 "방사선-유도 가열"은 고정식 또는 이동식 방사선원에 의한 제작장의 조사를 의미한다. 흡수제는 방사선 유형에 맞게 최적화되어야 한다. 이는 "활성화" 분말과 "비활성화" 분말 간의 가열 차이를 생성하기 위한 것이다.
- [0064] 본원에 사용된 "IR 가열"은 구체적으로 IR 방사기에 의한 제작장의 조사를 의미한다. 방사기는 고정되거나 변위 단위만큼 제작장에서 이동할 수 있다. 흡수제를 사용함으로써, IR 가열은 제작장에서 다양한 온도 증가를 유발한다.
- [0065] "복사 가열"은 "IR 가열"이란 용어를 개략적으로 말한다. 임의의 파장의 방사선의 흡수는 고체 또는 액체를 가열할 수 있다.
- [0066] 영역 유형은 프린트되지 않은 영역과 프린트된 영역을 구별하기 위해 사용되는 표현이다.
- [0067] "IR 방사기"는 적외선 방사원이다. 일반적으로, 석영 또는 세라믹 하우징 내의 백열등 필라멘트가 방사선을 생성하기 위해 사용된다. 사용되는 재료에 따라, 방사선에 대해 다양한 파장이 발생한다. 또한, 이러한 유형의 방사기의 파장은 또한 그 전력에 따라 다르다.
- [0068] "방사선원"은 일반적으로 특정 파장 또는 특정 파장 범위의 방사선을 방출한다. 거의 단색인 방사선을 갖는 방사선원을 "단색 방사기(monochromatic radiator)"라고 한다. 방사선원은 "방출기(emitter)"라고도 한다.
- [0069] 본 발명의 의미에서 "오버헤드 방사기"는 제작장 위에 장착된 방사선원이다. 이는 고정식이지만, 조정 가능한 방사속(radiant power)을 갖는다. 이는 본질적으로 비-선택적 표면 가열을 보장한다.
- [0070] "소결 방사기(sintering radiator)"는 프린트된 공정 분말을 이의 소결 온도 이상으로 가열하는 방사선원이다. 이는 고정식일 수 있다. 그러나, 바람직한 실시형태에서, 이는 제작장 위에서 이동한다. 본 발명의 의미에서,

소결 방사기는 단색 방사기로서 구현된다.

- [0071] "이차 방사기"는 수동 가열에 의해 그 자체가 활성 방사선 방출기가 되는 방사기를 의미한다.
- [0072] "소결"은 분말 내 입자의 부분 용합 대한 용어이다. 이 시스템에서, 강도의 증가는 소결과 관련된다.
- [0073] "소결 창"이란 용어는 분말을 처음 가열할 때 발생하는 융점과 후속 냉각 중의 응고점 간의 온도차를 의미한다.
- [0074] "소결 온도"는 분말이 처음 용합되고 결합하기 시작하는 온도이다.
- [0075] "재결정 온도" 미만에서, 일단 용융된 분말은 다시 응고되고 많이 수축된다.
- [0076] "패킹 밀도"는 기하학적 공간을 고형물로 채우는 것을 말한다. 이는 미립자 재료 및 도포 장치의 특성에 따라 달라지며, 소결 공정에 대해 중요한 초기 파라미터이다.
- [0077] "수축"이라는 용어는 물리적 공정의 결과로서 기하학적 몸체의 치수에 대한 기하학적 단축 공정을 의미한다. 예로서, 차선적으로 패킹된 분말의 소결은 초기 부피에 대해 수축을 일으키는 공정이다. 수축은 이에 지정된 방향을 가질 수 있다.
- [0078] "변형"은 몸체가 물리적 과정에서 불균일한 수축을 겪는 경우 발생한다. 이러한 변형은 가역적이거나 비가역적일 수 있다. 변형은 종종 구성요소의 전체 형상과 관련된다.
- [0079] 본 명세서에서 사용된 "컬링(curling)"은 기술된 발명의 층별 접근 방식으로 인한 효과를 의미한다. 이는 신속하게 연속적으로 생성되는 층들이 다른 정도의 수축을 겪게 되는 것을 의미한다. 물리적 효과로 인해, 화합물은 이후 수축 방향과 일치하지 않는 방향으로 변형된다.
- [0080] "그레이스케일 값(gray-scale value)"은 분말에 프린트되는 활성제(activator)의 양을 의미한다. 본 발명에 따르면, 다른 정도의 가열을 달성하기 위해 다른 그레이스케일 값이 제작장 상에 프린트될 수 있다.
- [0081] 본 발명의 의미에서 "스펙트럼 변환기"는 방사선, 예를 들어, 전자기 열 복사를 흡수하고 하나 이상의 정해진 파장 범위를 방사하거나 방출하는 수단이고; 이 경우, 스펙트럼 변환기는 전자기 열 복사(단파 또는 장파 복사)의 방출기에 의해, 예를 들어 오버헤드 방사기 또는 소결 장치와 같은 방사기 또는 램프에 의해 조사된 후 정해진 전자기 열 복사를 방출한다.
- [0082] 본 발명의 의미에서 "필터" 또는 "필터링"은, 원하는 전자기 방사선 스펙트럼이 표적 표면, 예를 들어, 제작장 표면에 부딪히는, 전자기 방사선 스펙트럼 일부의 블랭킹(blanking)을 의미한다.
- [0083] 본 발명의 의미에서 "온도 창(temperature window)" 또는 "온도 범위"는 사용되는 미립자 재료의 소결 범위 미만 또는 소결 범위 내의 정해진 온도 범위를 의미한다.
- [0084] 본 발명의 의미에서 "하나 이상의 파장 범위의 방사된 스펙트럼"은 스펙트럼 변환기의 방사된 스펙트럼에 해당한다.
- [0085] 본 발명의 의미에서 "확산기"는 입사 전자기 방사선을 예를 들어 균질하게 및/또는 균일하게 및/또는 방향에 관계없이 산란시키기 위한 수단이다.
- [0086] 본 발명의 의미에서 "기본 온도"는 미립자 재료가 가열되는 온도이고 용융 온도 및/또는 소결 온도보다 낮은 온도를 의미한다.
- [0087] 본 발명은 아래에서 더욱 상세히 기술될 것이며, 본 발명의 각각의 양태 및 특징은 각각의 특징에 대해 명시적으로 언급되지 않더라도 서로 결합될 수 있다.
- [0088] 본 출원이 근거를 두는 목적은, 정해진 층 내에서 제작장 상에 미립자 제작 재료가 코터에 의해 도포되고, 하나 이상의 액체 또는 하나 이상의 흡수제의 미립자 재료가 선택적으로 도포되고, 에너지 투입이 방사기에 의해 달성되고, 선택적으로 도포된 흡수제가 있는 영역이 선택적으로 응고되고, 제작장이 하나의 층 두께만큼 하강하거나 코터가 하나의 층 두께만큼 상승하며, 원하는 3D 성형품이 생성될 때까지 이들 단계가 반복되는, 3D 성형품을 제조하는 방법에 의해 본 발명에 따라 달성되며, 방법은 적어도 하나의 스펙트럼 변환기를 사용하는 것을 특징으로 한다.
- [0089] 따라서, 본 발명은 반복 공정 단계의 온도 창을 보다 정확하게 조정할 수 있는 유리한 방법을 제공한다. 결과적으로, 절차, 제품 품질, 재료의 재활용률, 생태학적 장점 및 비용 편익이 크게 향상된다.

- [0090] 또한, 사용되는 기계 및 기계 내에 존재하는 구성요소에 대해 절차가 보다 온화하게 진행된다. 열 발생 또한 부분적으로 더 낮으며 어떤 경우에도 보다 정확하게 제어할 수 있다. 이는 또한 방법을 보다 에너지 효율적으로 만든다.
- [0091] 본 발명에 따른 방법에서, 단파 또는 장파 방사선을 필터링하는 적어도 하나의 필터인 스펙트럼 변환기가 사용될 수 있다.
- [0092] 또한, 본 발명에 따른 방법에서, 필터링된 방사선 범위는 사용된 미립자 재료의 스펙트럼과 호환되는 방식으로 선택될 수 있다. 이 경우, 필터는 입자 재료 상에 방사되는 스펙트럼이 바람직하게 8 내지 3.5 마이크로미터의 파장을 갖는 방식으로 선택된다. 필터 또는 필터들은 방사선의 파장이 가열 단계 및/또는 소결 단계에 대해 최적화되고 따라서 개선된 온도 창이 제작장 상의 재료 층 자체에서 달성되는 방식으로 선택될 수 있다.
- [0093] 공정 파라미터와 호환되는 임의의 재료가 본 발명에 따른 방법에서 사용되고 도포될 수 있다. 예를 들어, 폴리아미드 분말, 폴리아미드계 열가소성 엘라스토머 또는 우레탄계 열가소성 엘라스토머가 분말 재료로 사용될 수 있다. 따라서, 필터 및 온도 창은 이후 무엇보다도 제품 파라미터 및 재활용률에 대한 유리한 절차 및 장점을 달성하기 위해 조정될 수 있다.
- [0094] 예를 들어, 본 발명에 따른 방법은, 도포된 분말 층이 제 1 가열 단계에서 분말 재료의 소결 창 내에 있는 분말의 기본 온도로 흡수체 없이 가열되고, 제 2 소결 단계는 분말의 용융 온도보다 높은 소결 온도에서 흡수체로 프린트된 영역의 열 투입에 의한 선택적 응고를 유도하고, 선택적으로 도포된 흡수체가 있는 영역은 흡수체가 없는 영역보다 제 1 단계에서 더 가열되고, 따라서 흡수체가 있는 영역과 흡수체가 없는 영역 사이에 온도차가 설정되는 것을 특징으로 한다.
- [0095] 또한, 상기 목적은, 분말-기반 프린팅 공정에 필요한 모든 구성요소를 포함하는, 3D 성형품을 제조하기에 적합한 장치에 의해 본 발명에 따라 달성되며, 장치는 바람직하게 냉각 슬롯(cooling slot), 냉각 리세스(cooling recess), 냉각 그루브(cooling groove) 및/또는 냉각 보어(cooling bore)를 갖는 적어도 하나의 스펙트럼 변환기를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0096] 본 발명에 따른 장치는 공지된 장치 및 공정의 단점이 감소되거나 본질적으로 회피될 수 있는 유리한 방식으로 달성된다.
- [0097] 본 발명에 따른 장치를 사용하면, 온도 창을 보다 한정된 영역으로 이동시킬 수 있고 따라서 사용된 재료와 관련하여 보다 최적의 온도 범위를 달성할 수 있다. 이는 중간체 및 제품의 품질 측면에서 추가 이점을 제공한다. 또한, 분말 재료의 재활용률이 이에 따라 증가될 수 있고, 비용 절감 및 이에 따라 낮은 생산 비용을 달성할 수 있다.
- [0098] 본 발명에 따른 장치는, 스펙트럼 변환기가, 선택된 파장 범위를 정의하고 해당 파장 범위를 필터링하는 적어도 하나의 필터인 것을 특징으로 한다.
- [0099] 또한, 원하는 공정 조건에 적합한 모든 스펙트럼 변환기 또는 필터가 사용될 수 있고, 예를 들어 필터는 붕규산 디스크(borosilicate disk)이다.
- [0100] 본 발명의 일 양태에서, 선택된 파장 범위는 장파 또는 단파 적외선에서 선택되고, 바람직하게는 8 μm 내지 3.5 μm 또는 3.5 μm 내지 0.5 μm 의 파장 범위인 것이 중요하다.
- [0101] 본 발명에 따른 장치에서, 스펙트럼 변환기는 임의의 적절한 방식으로 배열될 수 있다. 적어도 두 개의 스펙트럼 변환기는 바람직하게 적어도 두 개의 스펙트럼 변환기 사이에 공동을 갖도록 본질적으로 하나 위에 다른 하나가 있는 방식으로 배치되는 것이 유리할 수 있다.
- [0102] 본 발명에 따른 장치는 고속 소결 공정에 필요한 공지된 모든 부품을 갖고, 따라서 여기서 상세히 기술될 필요는 없다. 본 발명에 따른 방법에 적합한 부품은 제작 플랫폼, 측벽, 작업 상자(job box), 리코터(recoater), 프린트 헤드, 세라믹 시트, 에너지 투입 수단, 바람직하게 하나 이상의 방사기, 바람직하게 오버헤드 방사기 또는 /및 소결 방사기 유닛에서 선택되는 구성요소이다.
- [0103] 상기한 바와 같이, 본 발명의 근본적인 양태는 공정의 파장 범위 또는 온도 창을 제어하고 한정된 영역에서 프린팅 공정을 수행하는 것이다.
- [0104] 따라서, 오버헤드 방사기는 8 내지 3.5 μm 의 파장 범위를 방사하고 및/또는 바람직하게 필터(들)를 포함하는 소결 방사기 유닛은 입자 재료 및/또는 제작 표면 상에 방사되는 3.5 내지 0.5 μm 의 파장 범위를 방사하는 것이

유리하다.

- [0105] 또한, 본 발명에 따른 장치는 유체-냉각 방사기, 팬(fan), 제작 컨테이너의 단열재, 제작 플랫폼의 단열재, 저항 히터, 가열 코일, 코터의 저항 히터, 고온계, 확산기 및 적외선 방사기로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 구성요소를 더 포함하는 것이 유리할 수 있다.
- [0106] 본 발명의 추가 양태가 아래에 명시될 것이다.
- [0107] 일반적으로, 상기 목적은, 종래의 저비용 IR 또는 건조 방사기에 해당하지만, 장파 IR 스펙트럼의 일부가 빔 경로에 삽입된 필터에 의해 분말 표면에서 멀리 떨어져 있는 소결 방사기인 방사선원을 사용함으로써 달성된다. 이들 필터는 적절한 흡수 특성을 갖는 특수 유리일 수 있다. 액체 또는 기체 층과 같은 비-고체 물질에 의해 필터링하는 것도 가능하다.
- [0108] 전달되지 않은 흡수된 방사 에너지는 큰 노력 없이 냉각될 수 있는데, 이는 분말 표면을 냉각시키고 소결 과정을 방해하는, 분말 표면 상으로의 공기 흐름이 방지되기 때문이다. 근적외선 방사기의 튜브에 비해 더 큰 면적은 공기 냉각의 효과를 촉진하고, 이는 따라서 매우 간단하고, 기술적으로 그리고 비용 효율적으로 수행될 수 있다. 더 작은 설계의 경우, 모터 팬과 같은 전기로 작동되는 유닛 없이도 완전히 이루어질 수 있도록 대류 공기 이동을 사용하면 충분하다.
- [0109] 하나 이상의 필터를 다른 필터 뒤에 배치하는 것도 가능하다. 이는 유효 냉각 표면을 추가로 증가시킨다. 필터 특성의 동등하게 달성할 수 있는 개선은 경제적인 설계를 가능하게 한다.
- [0110] 비-고체 재료를 기반으로 하는 필터는 필터 및 냉각 매체에 동일하게 대응할 수 있다.
- [0111] 장파 적외선의 제거는 다른 많은 장점을 갖는다. 예를 들어, 이는 상기 방사선에 대해 투명한 재료의 선택을 증가시킨다. 이는 방사선의 균일성을 극대화하기 위해 확산기로 사용될 수 있는 시판되는 재료를 포함한다. 이는 소결 램프의 크기 및 이에 따라 공정 챔버의 크기를 감소시킬 수 있고, 이는 공정의 더욱 간단한 온도 제어에 유리하다.
- [0112] 따라서, 더 높은 방사선 강도를 갖는 조명을 이용할 수 있는데, 이는 층 구축 공정에서 부분적으로 용융된 개별 표면의 결합을 증가시킨다. 이는 생성된 성형품의 강도를 향상시킨다. 상기한 방사선원을 사용하면, 방사기와 각각의 영역 사이의 거리뿐만 아니라 방사기의 크기를 줄일 수 있고, 따라서 보다 컴팩트한 기계 구조를 실현할 수 있고 에너지 효율을 크게 높일 수 있다.
- [0113] 사용 가능한 방사기 출력은 장파 방사선의 방출과 분리되기 때문에, 장치의 출력을 문제없이 증가시킬 수 있다. 공정 자체는 사실상 영향을 받지 않는다. 이는 공정 속도를 증가시킬 수 있다.
- [0114] 반대로, 파장과 방사기 온도의 분리는 오버헤드 유닛에 대해 사용될 수 있다.
- [0115] 단파 방사기에 의해, 빔 경로로 도입된 몸체는 평면 방식으로 가열되어 그 자체가 장파 범위에서 방사선을 방출하도록 자극될 수 있다.
- [0116] 평면체가 충분히 얇고 절대 열용량이 낮게 유지되는 경우, 예를 들어, 대면적의 성형품을 프린트할 때 분말 케이크(powder cake)의 에너지 함량의 급격한 변화는 몇 시간의 경제적으로 합리적인 기간 내에 3차원 성형품을 생성하기 충분한 속도로 반응할 수 있는데, 이는 출력을 조정하여 분말 표면의 온도를 조절할 수 있도록 방사기 시간을 제공하기 위해 프린트된 각각의 층마다 정지할 필요가 없기 때문이다.
- [0117] **실시예**
- [0118] 사용된 수단과 이들의 효과에 대한 간략한 설명
- [0119] 각각의 유형의 영역을 특별히 가열하는 주요 목적은 방사선 필터를 갖는 단파 IR 방사기의 사용에 의해 달성된다.
- [0120] 선행 기술의 방법은 층상화(layering), 프린팅, 방사선 노출 및 하강 단계로 구성된다. 제 1 단계는 공지된 분말-기반 3D 프린팅의 층상화와 유사하다. 분말은 블레이드 앞쪽에 배치되고, 제작 플랫폼 상에 도포되며, 블레이드에 의해 평활화된다. 이 경우, 층 두께는 두 가지 연속적인 코팅 작업에서 제작 플랫폼의 위치를 결정한다.
- [0121] 그 다음, 층이 프린트된다. 여기에 언급된 방법에서, 액체는 잉크젯 프린트 헤드에 의해 도포된다. 액체의 일부는 방사선에 노출될 때 분말의 국소 가열을 유발하는 흡수제이다.

- [0122] 이렇게 프린트된 층은 이후 방사선원에 의해 스캔되고 선택적으로 가열된다. 방사선 열원이 필터 없이 사용되면, 전체 분말이 강하게 가열된다. 그러나, 온도는 특히 입자가 소결되기 시작하도록 활성화된 영역에서 증가한다. 필터가 있는 방사기를 사용하면, 이 공정을 보다 잘 제어할 수 있으며, 각각의 유형의 영역에 대해 특별히 작용할 수 있다.
- [0123] 이 단계 후에, 제작장은 하나의 층 두께만큼 하강한다. 이후, 상기한 모든 단계는 원하는 부품이 얻어질 때까지 반복된다.
- [0124] 제작장 또는 프린트되지 않은 영역은 소결 온도 근처의 온도로 유지된다. 한편으로, 분말을 소결하기 위한 추가 에너지는 적으며 부드럽게 작용하는 수단에 의해 도입될 수 있다. 다른 한편으로, 부품 주변의 온도는 너무 높고, 따라서 온도는 제작 공정이 진행될 때 부품의 주변 영역에서도 재결정 온도 미만으로 떨어지지 않으며, 결과적으로 층상화를 방해하지 않는다.
- [0125] 제작장을 스캔하는 방사선원에 더하여, 추가의 고정식 방사선원이 선택적으로 제작장 위에 존재할 수 있다. 추가의 방사선원은 제작장이 코터 또는 프린트 헤드와 같은 유닛에 의해 덮이지 않을 때에만 작동한다. 이른바 이러한 오버헤드 방사기는 바람직하게 제작장에서 일정한 온도를 설정하도록 제어된다. 예를 들어, 실제 온도를 결정하기 위해 고온계 센서를 사용할 수 있다. 이러한 구성에서, 오버헤드 방사기는 중앙 온도 제어 구성요소를 구성한다.
- [0126] 오버헤드 방사기는 공정 온도를 제어하는 기능을 수행한다. 그러나, 이러한 제어는 또한 소결 방사기에 의해 달성될 수 있다. 이 경우, 프린트되지 않은 영역을 가열하는 데 적합한 방사기가 사용되어야 하며, 공정 요건에 따라 이들의 전력이 제어되어야 한다. 또한 소결 및 저-수축 제작에 필요한 프린트된 영역은 방사선으로 가열되어야 한다.
- [0127] 오버헤드 방사기를 통한 제어 없이도, 프린팅 및 코팅 공정은 사실상 지연 없이 순차적으로 수행될 수 있다.
- [0128] 이 방법은 또한 오버헤드 방사기와 소결 방사기의 기능을 결합한 고정식 방사선 패널이 구현될 수 있게 한다. 방사선 강도의 기하학적 움직임이 기하학적으로 의미가 있는 경우, 상기 방사기는 전환 가능한 섹션들로 조립될 수 있다. 예를 들어, 이동 중에 프린트 헤드와 같은 민감한 구성요소를 보호하기 위해, 예를 들어, 일부 섹션에서 방사기의 작동이 정지될 수 있다.
- [0129] 폐쇄형 유닛의 현재의 비용-효율적인 구성에 의해 제공되는 장과 적외선 방사로부터의 차폐 및 향상된 냉각은 장치의 온도를 낮춘다. 이는 민감한 구성요소를 보호하는 데 유리하다.
- [0130] **본 발명의 추가의 예시적인 실시형태**
- [0131] *장치에 대한 일반적인 자세한 설명*
- [0132] 본 발명을 실시하기 위해 필요한 장치는 분말-기반 프린팅용 3D 프린터를 기반으로 한다. 또한, 공정 액체의 온도 제어 및 인쇄를 위해 추가의 공정 유닛이 사용된다.
- [0133] 공정의 초반에, 전체 장치가 가열된다. 이를 위해, 모든 가열 요소가 사용되어 온도를 높인다. 시스템의 모든 측정 위치에서 온도가 일정하게 유지되는 즉시 가열 단계가 완료된다.
- [0134] 본 발명의 바람직한 실시형태의 개별 가열 시스템이 도 1에 따라 아래에서 기술될 것이다.
- [0135] 미립자 재료를 공정 중에 위에서 증착하고 층(107)의 층 두께를 조정하는 제작 플랫폼(102)은 다양한 시스템에 의해 가열될 수 있다. 바람직한 실시형태는 전기 저항 히터(104)를 사용한다. 또한, 후자는 균일한 가열 효과를 고려하여 평면 가열 필름으로서 제공되는 것이 바람직하다. 이러한 가열 효과는 센서에 의해 인식되고 제어된다. 센서는 제작 플랫폼에 직접 연결된다. 편리하게, 제작 플랫폼 자체는 금속, 바람직하게는 알루미늄으로 제조된다. 단열재(106)는 제작 플랫폼(102)을 아래쪽에서 덮는다.
- [0136] 제작 플랫폼은 또한 유체에 의해 가열될 수 있다. 이를 위해, 바람직하게 금속 제작 플랫폼 아래에 가열 코일(104)이 설치된다. 더 아래에는 가열 효과를 균질화하기 위해 단열재(106)가 배치된다.
- [0137] 예를 들어, 열전달 오일이 가열 코일을 통해 흐른다. 오일 온도를 미리 선택하면, 정확한 온도 조정이 가능하다. 충분히 높은 유량을 보장하고 전력을 조정함으로써 매우 높은 품질의 온도 제어가 달성될 수 있다.
- [0138] 제작 플랫폼(102)은 이른바 제작 컨테이너(110) 내에서 이동한다. 장치의 설계에 따라, 컨테이너는 장치에서 분리될 수 있다. 이러한 방식으로, 부품을 꺼내는 동안 제 2 제작 컨테이너가 장치에서 사용될 수 있기 때문에,

큰 시간적 기계 효율이 달성될 수 있다.

- [0139] 제작 컨테이너(110)도 가열된다. 제작 플랫폼에 대해서도 동일한 기술이 사용될 수 있다. 컨테이너 자체는 바람직하게 금속, 바람직하게 알루미늄으로 제조되어 양호한 열전도를 보장한다. 실제 능동적 가열(104)은 다시 단열재(105)에 의해 지지된다. 이를 통해, 효과를 향상시키면서 균일성을 높일 수 있다.
- [0140] 바람직하게 전원 연결을 위해 장치와 제작 컨테이너 사이에 플러그-인(plug-in) 시스템이 배치된다. 이는 전기 연결부 또는 액체용 커넥터를 포함할 수 있다.
- [0141] 본 발명에 따른 장치의 그 다음 필수 가열 시스템은 오버헤드 방사기(108)이다. 본 발명에 따르면, 오버헤드 방사기(108)는 바람직하게 제작장 위에 배치되고 제작장을 수직으로 조사한다. 특정 각도로 제작장을 조사하는 측면 장착 방사기가 또한 바람직하다. 이러한 구성은 코터 또는 프린트 헤드의 차폐 효과를 최소화하기 위해 바람직하다.
- [0142] 본 발명에 따르면, 오버헤드 방사기(108)는 최소한의 선택성을 가져야 하는 열 방사기를 구비할 수 있다. 예를 들어, 매우 큰 파장을 갖는 세라믹 방사기가 사용될 수 있다. 이른바 중파 석영-텅스텐 방사기의 사용을 또한 고려할 수 있다. 다양한 유형의 영역의 특수 가열은 이후 소결 방사기(109)에 의해 달성된다.
- [0143] 방법은 오버헤드 방사기(108)를 제어된 방식으로 작동시키는 것이 바람직하다. 이를 위해, 센서로서 고온계(112)를 사용하는 것이 바람직할 수 있다. 고온계는 제작장의 주변 영역 쪽으로 지향되고, 제어 시스템은 이 영역이 흡수제로 프린트된 영역이 아닌지 확인한다.
- [0144] 본 발명의 바람직한 실시형태에서, 실제 소결은 코터와 함께 운반되는 소결 방사기(109)에 의해 수행된다. 상기 방사기는 제작장을 지나갈 때 이를 가열한다. 방사기는 새롭게 프린트된 분말 또는 이미 덮인 분말 층을 가열하기 위해 사용될 수 있다. 본 발명에 따라 그리고 도 2a에 도시된 바와 같이, 상류 필터(202)를 갖는 단파 방사선원(201)이 여기에 사용되며, 이는 본 발명에 따른 옵션으로서 여러 개의 필터를 가질 수도 있다. 도 2b에 도시된 바와 같이, 필터의 냉각을 보장하기 위해 이격된(205) 여러 개의 필터(202)가 중첩된 설계가 바람직하다.
- [0145] 장치의 바람직한 실시형태에서, 분말은 층의 과도한 냉각을 방지하기 위해 이미 존재하는 분말 표면 상에 도포되기 전에 예열된다. 코터(101) 내의 전기 저항 히터(111)는 또한 분말을 예열하기에 적합하다.
- [0146] 원칙적으로, 접촉 히터로 가열된 모든 유닛은 적외선에 의해 간접적으로 가열될 수도 있다. 사용된 분말로 인해 장치에 강력한 진동이 필요한 경우, 방사선으로 코터를 가열하는 것이 특히 유리할 수 있다.
- [0147] 바람직하게, 다음의 연속적인 공정 단계는 가열 단계 후에 장치에 의해 수행된다: 분말 층이 제작 플랫폼 상의 코터(101)에 의해 형성된다(도 3a). 선택적으로, 기계의 설계에 따라, 새로운 층이 소결 방사기(109)에 의해 추가로 가열될 수 있다. 그 다음, 이 층은 하나(100) 또는 여러 개의 잉크젯 프린트 헤드(100)에 의해 프린트된다(도 3b). 이제, 프린트된 층은 소결 램프(109)에 의해 가열되고 이후 분말로 다시 덮인다(도 3c). 그리고 나서, 제작 플랫폼(102)이 하강한다(도 3d).
- [0148] 이 작업은 제작 컨테이너(110) 내에서 부품(103)이 완성될 때까지 반복된다. 그리고 나서, 냉각 단계가 이어진다. 이 단계는 바람직하게 제작 컨테이너 내에서 발생하고, 여기에는 이후 장치 외부에서 에너지가 공급된다.
- [0149] 도 4는 온도 다이어그램을 도시하고 있다. 도 4a는 분말이 한 번의 사이클로 가열되고 다시 냉각될 때 분말에 의해 방출된 에너지의 프로파일을 개략적으로 도시하고 있다. 가열하는 동안 특정 온도에서 상당한 에너지 흡수가 발생한다. 이는 재료의 용융 또는 소결이 발생하는 온도(소결 온도)이다. 레이저 소결에 적합한 폴리아미드 12의 경우, 이 온도는 대략 185°C이다. 냉각하는 동안, 소결 온도(재결정 온도) 상당히 아래에 중요한 지점이 또한 존재한다. 이는 용융된 재료가 응고되는 지점이다.
- [0150] 도 4b 및 도 4c는 선행 기술의 방법에 따른 공정 실행 동안의 온도 프로파일을 도시하고 있다. 도 4b는 프린트되지 않은 영역에서의 온도 프로파일을 도시하고 있다. 소결 방사선원을 사용하면, 이와는 다른 일정한 프로파일의 가열 및 냉각 단계가 생성된다. 프린트되지 않은 영역에서, 온도는 결코 소결 온도에 도달하지 못한다.
- [0151] 도 4c는 프린트된 영역에서의 프로파일을 도시하고 있다. 여기서, 변형이 더 크게 표시되어 있다. 공정은 적어도, 소결 온도가 잠시 초과되어 분말의 일부가 용융되고 용융 상태로 유지되도록 제어된다. 과도한 가열은 모든 분말이 이 영역에서 용융되게 하고, 따라서 심각한 휨을 초래할 수 있다. 프린트된 영역의 과도한 냉각도 피해야 하는데, 그렇지 않으면 재결정이 시작되고, 그러면 이제 가능한 전력 전달로 인한 모든 수축은 기하학적 왜곡(휨 또는 컬링)을 초래하고, 이는 추가 공정을 불가능하게 할 수 있기 때문이다.

- [0152] 용융 온도와 재결정 온도 사이에서 이러한 "공정 창(process window)" 내에 정확하게 머무르는 것은 부품의 품질에 결정적이다. 이와 관련하여, 프린트된 영역 및 프린트되지 않은 영역에 서로 다른 경계 조건이 적용된다. 필터링된 단파 IR 방사원을 사용하면, 두 온도 사이의 온도 제어를 상당히 용이하게 한다.
- [0153] 특히, 예시적인 실시형태는 상기한 공정에서 이들 방사선원의 장점을 사용하는 방법을 설명한다.
- [0154] **추가예시적인 실시형태:**
- [0155] *실시예 1: 방사선 필터를 갖는 단파 IR 방사기를 포함하는 소결 램프 및 열 오버헤드 램프를 포함하는 장치*
- [0156] 도 3a에 따르면, 제작 공정 또는 공정 사이클은 제작 플랫폼 상에, 예를 들어, 100 μm 의 층 두께를 갖는 하나의 분말 층의 코팅으로 시작된다. 코터(101) 또는 프린트 헤드(100)에 의해 광학적으로 마스크되지 않는 한, 분말은 코터(101)에 의해 수행되는 코팅 공정 동안 이미 오버헤드 방사기(108)에 의해 가열된다. PA12, 이 경우 제조업체 EOS의 PA2200를 사용하는 경우, 분말은 168°C로 가열된다. 프린트된 영역의 양호한 가열을 유발하는 방사선만을 제공하는 소결 방사기(109)는 이 단계에서 작동하지 않는다.
- [0157] 오버헤드 방사기(108)는 제작장의 표면 온도를 제어하도록 설계된 측정 장치를 포함한다. 이상적으로, 측정 장치는 비접촉 방식으로 온도를 결정할 수 있는 소형 고온계(112)로 구현된다. 제어장치는 측정 장치가 프린트 헤드(100)와 코터(101)에 의해 매번 마스크된다는 사실을 감안해야 한다. 이는 측정 기능을 비활성화하거나 불감성 제어 루프 파라미터를 사용하여 이루어질 수 있다.
- [0158] 제 2 단계에서, 방사선원의 파장에 맞게 정확하게 조정된 프린트 헤드(100)에 의해 흡수제, 예를 들어, 카본 블랙이 도포된다. 프린트 헤드(100)에 의해 미립자 재료 상에 적용된 이미지는 현재 성형품의 단면에 해당한다.
- [0159] 제 3 단계는 소결 통과이다. 이를 위해, 소결 방사기 유닛(109)의 방사선원이 작동되고 제작장을 통과한다. 방사선원의 전력과 그 속도는 제작장 상의 방사 전력을 결정한다. 선행 기술과는 달리, 예를 들어, 제조업체 GVB GmbH에서 2 mm의 두께의 붕규산 유리로 제조된 방사선 필터를 갖는 소결 방사기(109)는 이러한 통과 동안 프린트되지 않은 부분을 가열하지 않는다. 따라서, 프린트되지 않은 영역은 영향을 받지 않으면서 프린트된 영역의 온도가 상승한다. 흑체(black body)의 파장 분포에 근접하고 1.2 μm 의 피크 파장을 갖는 방사선원에 의해 방출된 방사선의 장파 부분은 3 μm 의 파장으로부터 방사선 필터에 의해 흡수된다.
- [0160] 제 4 단계는 하나의 분말 층(107)의 두께만큼 제작 플랫폼(102)이 하강하는 단계이다. 이 공정 동안, 제작장은 오버헤드 방사기(108)에 개방되어, 온도 재조정이 가능하다. 이후, 공정 사이클은 코팅 공정과 함께 다시 시작된다.
- [0161] 도 1은 실시예에서 언급한 공정을 구현하기 위한 장치를 도시하고 있다. 오버헤드 방사기(108)는 장파 내지 중파 방사선 열원으로서 구현된다. 제작 컨테이너 바닥 및 제작 플랫폼의 온도는 저항 히터(104)에 의해 제어된다. 일례로서의 장치에서, 코터(101)와 소결 방사기 유닛(109)은 연결된다. 이 유닛과 프린트 헤드(100)는 제작장 위로 별도로 이동할 수 있지만, 반드시 그럴 필요는 없다.
- [0162] 소결 방사기(109)는 도 2a에 도시된 바와 같이 단파 방사기(201) 및 상류 필터(202)를 구비한다. 단파 방출기에 의해 생성된 장파 성분(203)은 필터에 의해 흡수되고, 따라서 단파 성분만이 분말 표면(204)에 도달 할 수 있다.
- [0163] *실시예 2: 냉각 기능을 구비하는 소결 램프 장치*
- [0164] 도 2b 및 도 2c는 통합된 냉각 기능을 갖는 소결 램프의 실시형태를 도시하고 있다. 방사선 필터는 예로서 두 개(202a, 202b)가 개략적으로 도시되어 있다. 두 개의 요소는 접촉하지 않지만, 이들 사이에 일정한 거리(205)를 갖고 배치된다. 이러한 설계에서, 생성된 대부분의 장파 적외선은 단파 방사기(201)에 가장 근접한 필터(202a)에 의해 흡수된다. 후자는 장파 적외선에 의해 가열되지만, 단파 방사선이 이를 통과할 수 있게 한다. 따라서, 도 1에 따른 입자 표면을 향하는 제 2 필터(202b)는 이러한 장파 열 복사에 의해 가열되지 않는다. 제 2 필터는 또한 단파 방사선이 영향을 받지 않도록 하고, 따라서 이는 프린트 헤드(100)에 의해 습윤된 입자 재료의 영역을 이의 용융 온도보다 높은 온도로 가열하기 위해 사용될 수 있다. 제 2 필터의 훨씬 낮은 온도는 이제 코팅 공정(도 3a)에 의해 소용돌이치는 입자 재료가 용융되어 필터 표면에 달라붙음으로써 방사선 흐름을 막는 것을 방지한다.
- [0165] 제 1 필터(202a)는 유닛(206)의 하우징의 개구에 의해 대류적으로(도 2b) 또는 냉각 유닛(도 2c)에 의해 냉각될 수 있다(도 2b). 냉각 장치를 갖는 설계는 더 큰 설계의 소결 램프에 적합하다. 이 경우, 207은 냉각 요소를 나

타내고, 이를 통해 냉각 유체, 바람직하게 물이 흐른다. 냉각 요소 상에 배치된 팬(208)은 유닛 내에서 대류를 제공한다. 이 실시형태에서, 제 1 필터(202a)는 유닛의 하우징 벽에서 종료한다.

[0166] 실시예 3: 냉각 기능 및 확산기를 구비하는 소결 램프 장치

[0167] 도 2d에 나타낸 바와 같이, 확산기(202c)로서 실시예 2에 기술된 필터(202b)의 설계는 소결 램프가 그(204b)위를 통과할 때 제작 플랫폼 상의 미립자 재료의 전체 표면을 균일하게 조사하는 데 그 의미가 있다. 이는 생성될 성형품의 충분히 높은 강도가 제작 플랫폼의 모서리 영역에서 또한 달성될 수 있게 한다. 이 실시예에서, 제조업체 Edmund Optics의 백색 오팔 유리인 빙정석 유리(cryolite glass)가 확산기로 적합하다.

[0168] 실시예 4: 각각 방사 필터가 있고 없는 두 개의 단파 방사기를 구비하는 소결 램프 장치

[0169] 도 5에 따르면, 제작 공정 또는 공정 사이클은 제작 플랫폼(102) 상에 하나의 분말 층의 코팅으로 시작된다. 프린트되지 않은 영역의 양호한 가열을 야기하는 방사선을 또한 제공하는, 유닛(109)의 필터가 없는 소결 방사기(501)가 이 단계에서 작동되고, 용융 온도 미만이지만 분말의 재결정 온도보다 높은 기본 온도로 분말을 가열한다. 이를 위한 에너지 공급은 전력 및 이송 속도에 의해 제어된다. 유리하게, 생성된 온도는 측정되고 조정된다.

[0170] 제 2 단계에서, 흡수제가 도포되며, 이 흡수제는, 필터를 통과할 수 있는, 프린트된 영역에 대한 방사선원(502)의 파장에 대해 정확하게 조정된다. 프린트 헤드(100)에 의해 분말 상에 적용된 이미지는 현재 성형품의 단면에 해당한다.

[0171] 제 3 단계는 소결 통과이다. 이를 위해, 소결 유닛(109)이 작동되고 제작장을 통과한다. 방사선원의 전력과 그 속도는 분말 층 상의 방사 전력을 결정한다. 선행 기술과 달리, 두 개의 스펙트럼(501,502)을 갖는 유닛은 이러한 통과 동안 프린트되지 않은 영역과 프린트된 영역에 특히 영향을 줄 수 있다. 따라서, 프린트된 영역의 온도가 증가하면서, 프린트되지 않은 영역에서의 방사선에 의한 에너지 손실이 보상될 수 있다.

[0172] 제 4 단계는 하나의 층 두께만큼 제작 플랫폼(102)이 하강하는 단계이며, 이러한 예시적인 공정에서 매우 짧게 유지된다. 여기에는 조정이 없으며, 임의의 지연은 열 복사에 의한 에너지 손실로 이어진다. 따라서 이 단계는 도면에 도시하지 않았다.

[0173] 공정 사이클이 충분히 빠르게 실행되면 오버헤드 방사기는 없어도 된다.

[0174] 실시예 5: 단파 방사기 및 흡수제 표면을 구비하는 오버헤드 램프의 장치

[0175] 도 6에 따르면, 오버헤드 램프(108)는 약 $1.2 \mu\text{m}$ (601)의 피크 파장을 갖는 단파 방사기를 사용하여 설계되며, 이는 IR 방출기와 분말 표면 사이의 빔 경로(602)에 위치하는 흡수제(603)의 표면을 가열한다. 흡수제(603) 그 자체는 적외선(604)을 방출하지만, 실질적으로 더 긴 파장 스펙트럼, 바람직하게는 약 $4 \mu\text{m}$ 의 피크 파장을 갖는다. 흡수제는 재료의 열용량을 작게 유지하고 따라서 방출되는 장파 방사선의 반응 시간을 최소화하기 위해 가능한 한 수 밀리미터 두께로 얇게 설계된다. 제조업체 Ceramtec의 질화알루미늄으로 제조된 비산화물 세라믹인 Alunite이 바람직하게, 이는 대략 200 W/mK 의 높은 열전도율을 갖고 따라서 제작하는 동안 반응 시간이 빠르기 때문이다.

부호의 설명

[0176] 100: 프린트 헤드

101: 코터

102: 제작 플랫폼

103: arts 부품

107: 층

108: 오버헤드 방사기

109: 소결 방사기 유닛

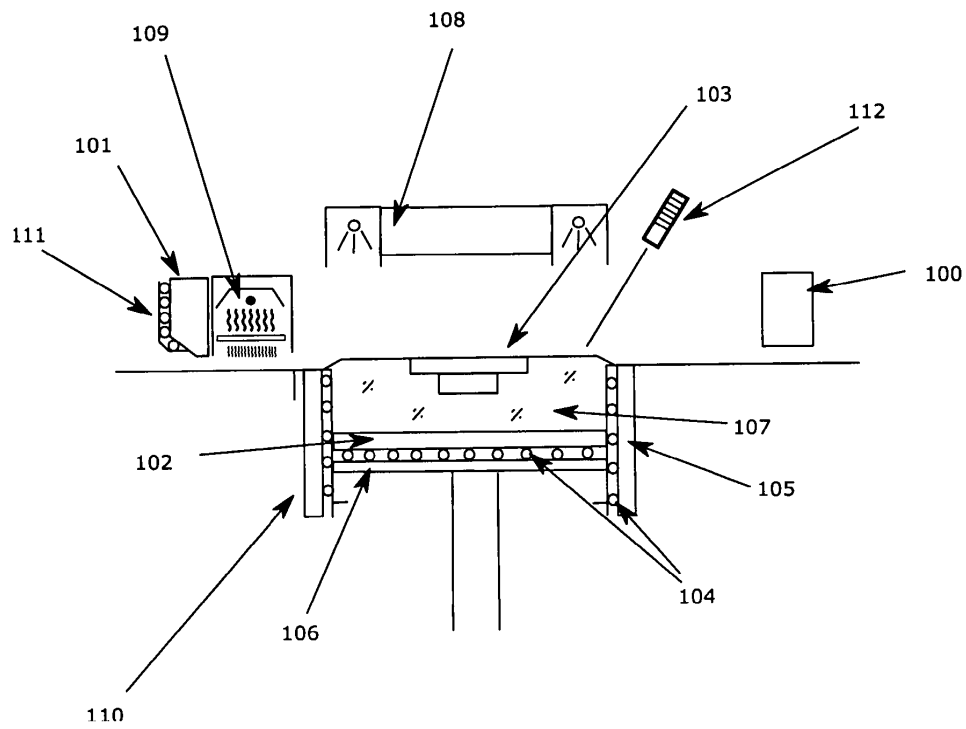
110: 제작 컨테이너

105: 제작 컨테이너의 단열재

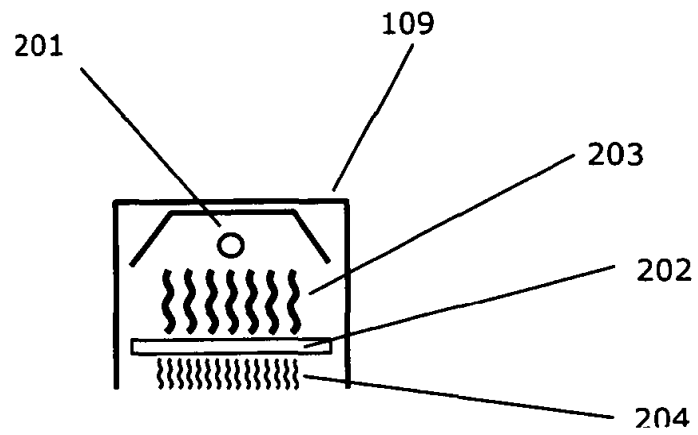
- 104: 저항 히터 또는 가열 코일
- 106: 제작 플랫폼의 하향 단열재
- 111: 저항 히터 또는 코터
- 112: 고온계
- 201: 단파 IR 방사기
- 202: 필터
- 202a: 단파 적외선 방사기 바로 옆의 필터
- 202b: 제작 표면 바로 옆의 필터
- 202c: 확산기
- 203: 장파 성분을 갖는 적외선
- 204: 장파 성분이 없는 적외선
- 204b: 지향되지 않은, 장파 성분이 없는 적외선
- 205: 두 개의 방사선 필터 사이의 공동
- 206: 냉각 슬롯
- 207: 유체-냉각 방사기
- 208: 팬
- 501: 방사선 필터가 없는 소결 방사기
- 502: 방사선 필터로 구현된 소결 방사기
- 601: 단파 적외선 방사기
- 602: 광대역 적외선
- 603: 흡수제
- 604: 흡수제에 의해 방출된 장파 적외선
- 701: 2차 피크를 갖는 종래의 방사기의 전형적인 방사선 스펙트럼
- 702: 저전력에서 종래의 방사기의 스펙트럼
- 703: 붕규산 유리 디스크의 흡수 스펙트럼
- 704: 고전력에서 종래의 방사기의 방출된 스펙트럼
- 705: 투과된 스펙트럼
- 706: 차단된 파장 범위

도면

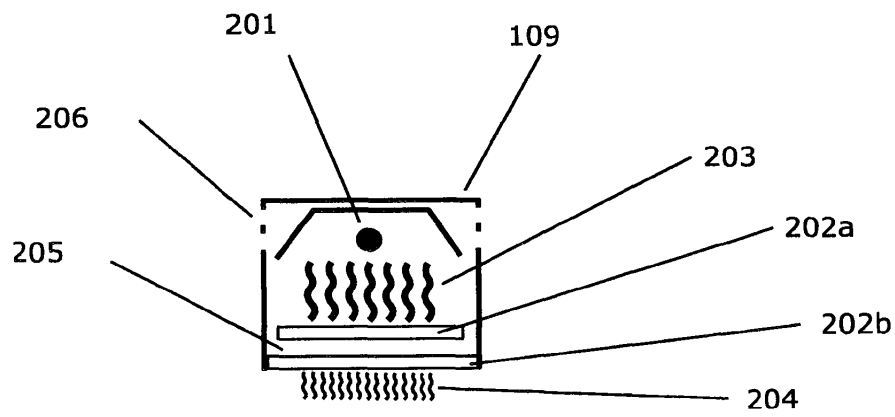
도면1



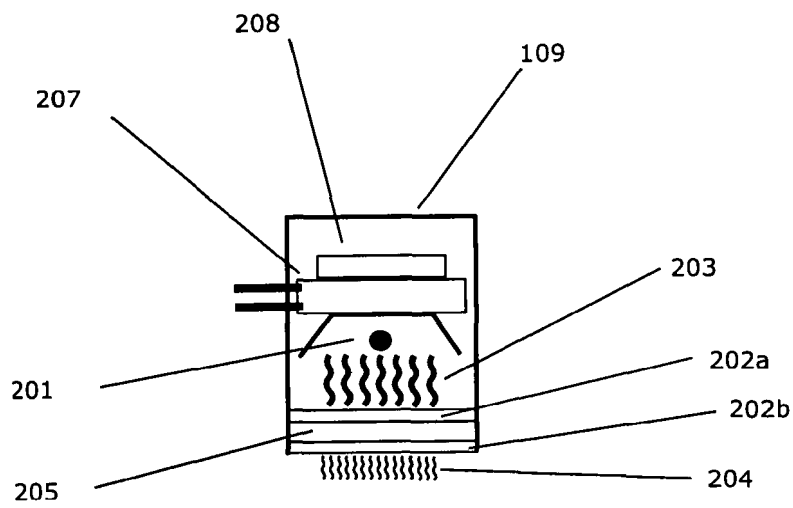
도면2a



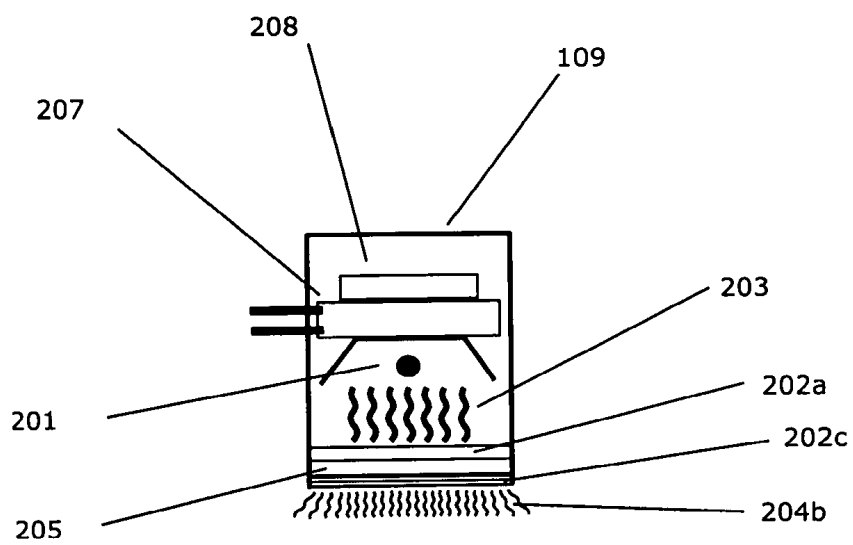
도면2b



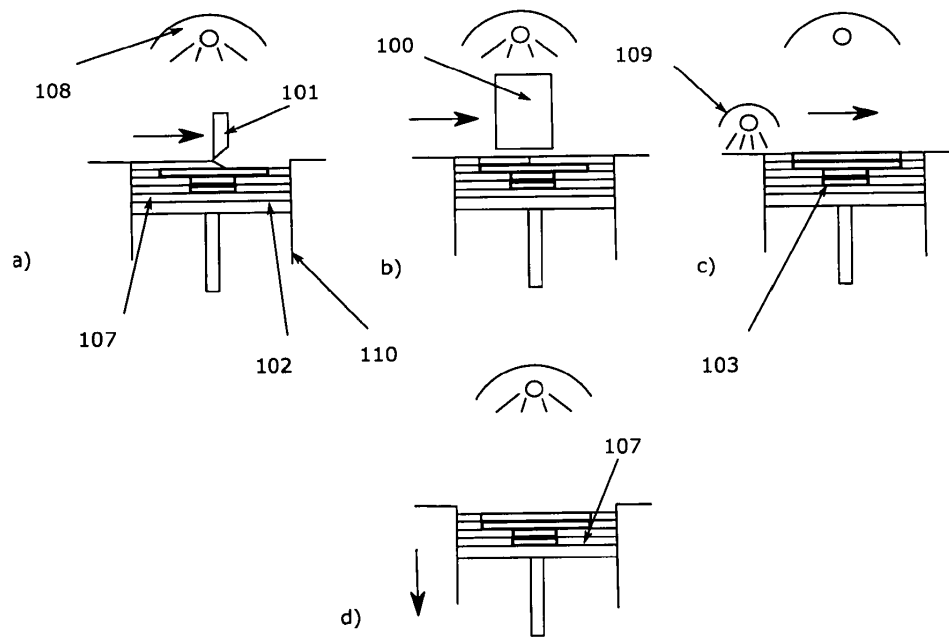
도면2c



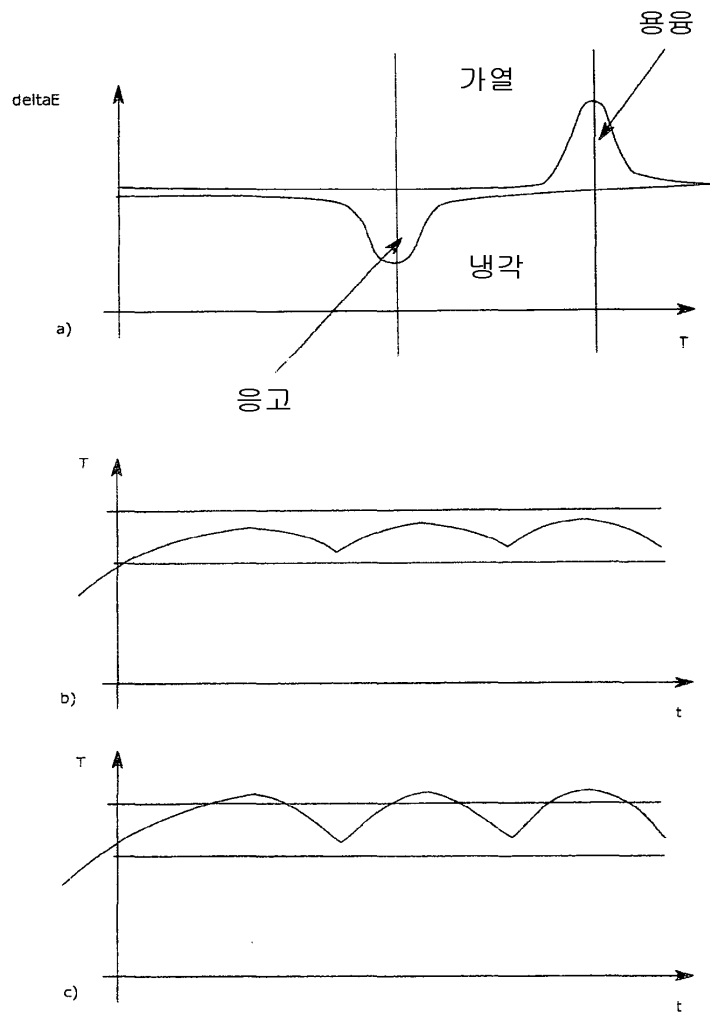
도면2d



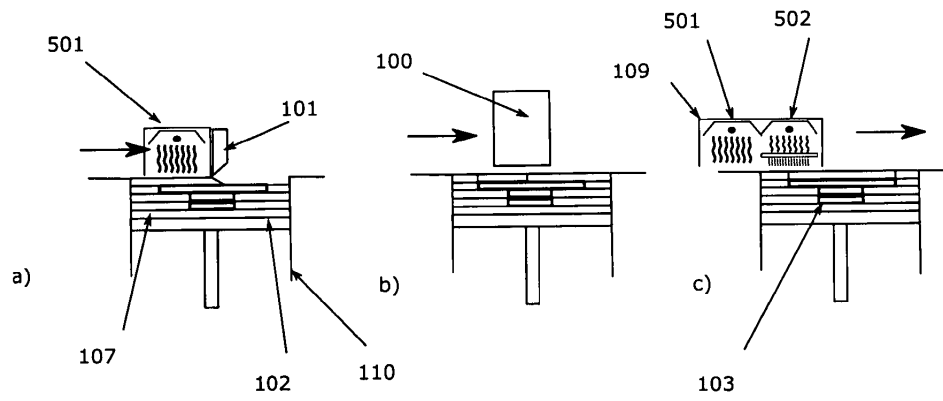
도면3



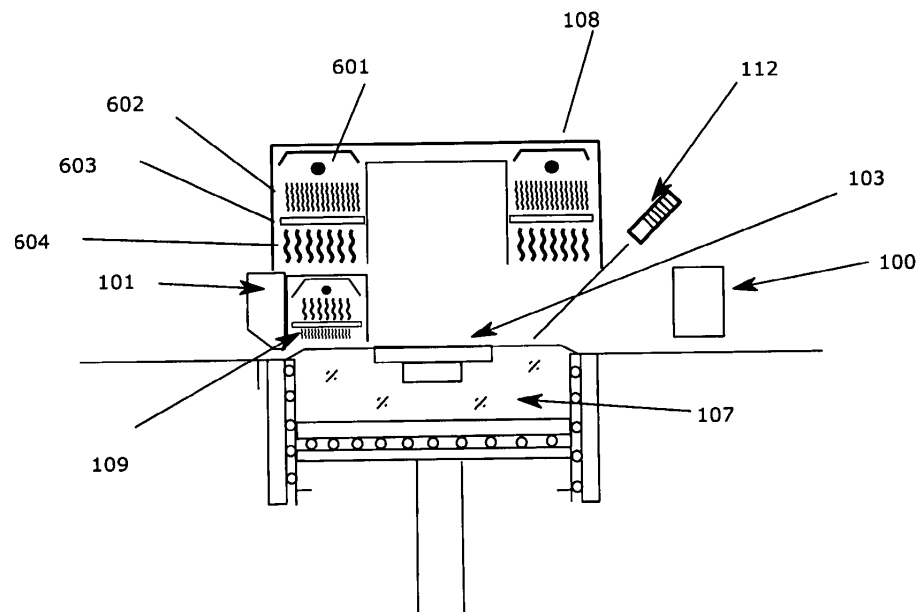
도면4



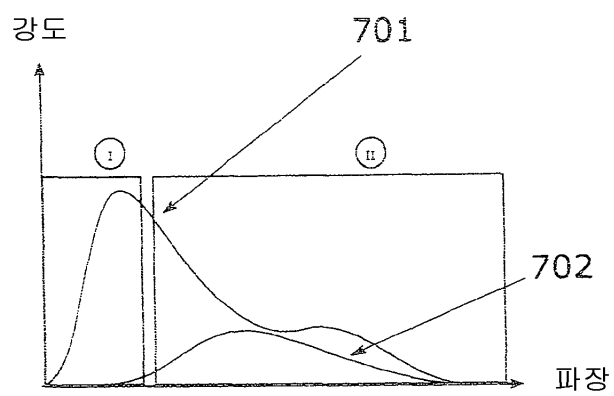
도면5



도면6



도면7a



도면7b

