



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년11월18일

(11) 등록번호 10-2180185

(24) 등록일자 2020년11월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B29C 67/00 (2017.01) B33Y 50/02 (2015.01)  
B33Y 70/00 (2020.01) B29K 105/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B29C 64/165 (2017.08)  
B33Y 50/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-7030183

(22) 출원일자(국제) 2014년04월30일

심사청구일자 2019년02월07일

(85) 번역문제출일자 2016년10월27일

(65) 공개번호 10-2016-0147772

(43) 공개일자 2016년12월23일

(86) 국제출원번호 PCT/US2014/036133

(87) 국제공개번호 WO 2015/167520

국제공개일자 2015년11월05일

(56) 선행기술조사문헌

JP2005111988 A\*

US06589471 B1\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

휴렛-팩커드 디벨롭먼트 컴퍼니, 엘.피.

미국 텍사스주 77389 스프링 에너지 드라이브  
10300

(72) 발명자

프라사드 케샤바 에이

미국 캘리포니아주 92127-1899 샌디에고 웨스트  
베르나르도 드라이브 16399

도노반 데이비드 에이치

미국 캘리포니아주 92127-1899 샌디에고 웨스트  
베르나르도 드라이브 16399

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 15 항

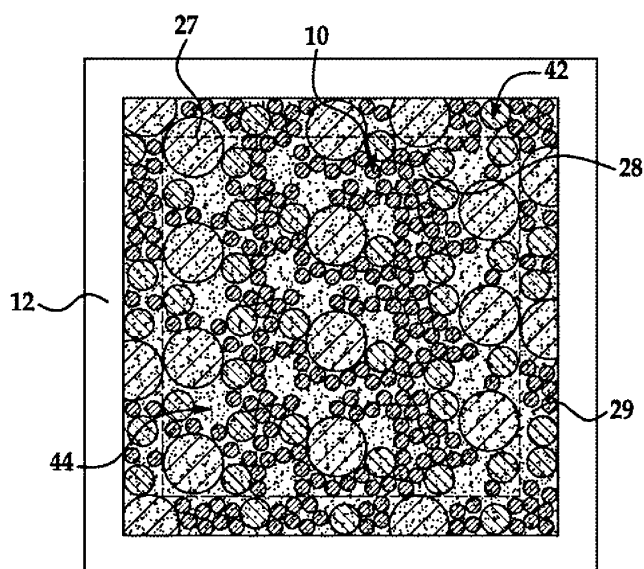
심사관 : 이상호

(54) 발명의 명칭 연산 모델 및 3차원(3D) 인쇄 방법

## (57) 요약

3차원(3D) 인쇄 방법 중에 개질제를 어떻게 도포할지를 확인하기 위한 연산 모델링 방법에 있어서, 3D 인쇄 방법을 이용하여 소결성 재료의 부분으로 형성될 3D 물체의 층의 열확산 모델이 생성된다. 열확산 모델은 지속성 유형적 컴퓨터 판독가능한 저장 매체에 저장된 컴퓨터 판독가능한 지령을 실행하는 컴퓨터에 의해 생성된다. 선택적으로 도포될 개질제의 양은 열확산 모델에 기초하여 컴퓨터로 계산된다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

**B33Y 70/00** (2013.01)

**B29K 2105/0011** (2013.01)

(72) 발명자

**나우카 크지슈토프**

미국 캘리포니아주 94304-1100 팔로 알토 페이지  
밀 로드 1501

**에맘조메 알리**

미국 캘리포니아주 92127-1899 샌디에고 웨스트 베  
르나르도 드라이브 16399

---

**탄 후아**

미국 오레곤주 97330-4239 코발리스 노쓰이스트 씨  
클 블러바드 1070

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

3차원(3D) 인쇄 방법에 있어서,

소결성 재료를 도포하는 단계;

소결성 재료를 50℃ 내지 350℃의 온도로 가열하는 단계;

소결성 재료의 부분 상에 응집제를 선택적으로 도포하는 단계;

(i) 소결성 재료의 열확산 특성, (ii) 상기 소결성 재료의 부분으로 형성될 층의 열확산 특성, 또는 (iii) 상기 (i) 및 (ii) 양자를 이용하여 소결성 재료의 다른 부분 상에 개질제를 어떻게 선택적으로 도포할지를 결정하는 단계로서, 상기 개질제는,

70 중량% 내지 95 중량%의 물;

물보다 낮은 열확산율을 갖는 5 중량% 내지 30 중량%의 공용매; 및

계면활성제를 포함하는, 결정 단계;

상기 소결성 재료의 다른 부분 상에 개질제의 총량을 선택적으로 도포하는 단계; 및

소결성 재료를 방사선에 노출시킴으로써, 상기 응집제가 방사선을 흡수하고 흡수한 방사선을 열 에너지로 변환하며 상기 열 에너지를 전파하여 상기 응집제와 열 접촉하고 있는 상기 소결성 재료의 상기 부분을 적어도 부분적으로 경화시키고, 상기 개질제가 상기 개질제와 열 접촉하고 있는 상기 소결성 재료의 다른 부분의 경화를 감소 또는 방지하는 단계를 포함하는

3D 인쇄 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 결정 단계는,

지속성 유형적 컴퓨터 판독가능한 저장 매체(non-transitory, tangible computer readable storage medium)에 저장된 컴퓨터 판독가능한 지령을 실행하는 컴퓨터에 의해, 소결성 재료로 형성될 층의 열확산 모델을 생성하는 단계; 및

상기 열확산 모델에 기초하여 선택적으로 도포될 개질제의 양을 상기 컴퓨터로 계산하는 단계에 의해 달성되는

3D 인쇄 방법.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 층은 상기 소결성 재료의 부분으로 형성되어야 하며,

상기 계산하는 단계는,

상기 열확산 모델로부터, 제조 베드(fabrication bed)에 대한 설정 온도보다 높은 상기 소결성 재료의 다른 부분의 과잉 온도를 결정하는 단계;

상기 과잉 온도를 과잉 에너지의 양으로 변환하는 단계; 및

상기 과잉 에너지의 양을, 과잉 에너지를 제거하는 데 효과적인 상기 개질제의 양으로 변환하는 단계를

포함하는

3D 인쇄 방법.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 파잉 에너지의 양은 상기 소결성 재료의 다른 부분으로의 에너지의 이차 이동을 상쇄하기 위해 증가되는

3D 인쇄 방법.

#### 청구항 5

제 3 항에 있어서,

에너지 손실을 보충하기 위해 상기 부분 내에 또는 상기 부분의 경계 내에 도포될 응집제의 조절된 양을 결정하는 단계를 추가로 포함하는

3D 인쇄 방법.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 결정 단계는 개질제의 양, 및 상기 개질제의 양에 의해 초래되는 온도 변화를 실험적으로 결정하는 단계를 포함하는

3D 인쇄 방법.

#### 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 실험적으로 결정하는 단계는,

일체의 응집제 또는 개질제를 갖지 않는 소결성 재료를 방사선에 노출시켜 참조 영역을 형성하는 단계;

참조 영역의 온도를 측정하는 단계;

상기 결정된 양의 개질제를 갖는 소결성 재료를 방사선에 노출시켜 테스트 영역을 형성하는 단계;

테스트 영역의 온도를 측정하는 단계;

상기 테스트 영역과 상기 참조 영역 사이의 온도 차이를 결정하는 단계; 및

상기 개질제의 양을 상기 온도 차이와 연관시키는 단계를 포함하는

3D 인쇄 방법.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 결정 단계는,

동일 종류의 소결성 재료와 선택적으로 도포된 응집제에 대한 동일한 위치를 갖고, 개질제는 갖지 않는 상태로 형성된 경화층을 이용하여 열확산의 길이 스케일을 추정하는 단계; 및

상기 길이 스케일로부터 적어도 개질제의 선택적 도포를 위한 위치를 확인하는 단계를 포함하는

3D 인쇄 방법.

#### 청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 결정 단계는,

지속성 유형적 컴퓨터 판독가능한 저장 매체에 저장된 컴퓨터 판독가능한 지령을 실행하는 컴퓨터에 의해, 소결성 재료로 형성될 층에 대한 3D 형상 정보를 수신하는 단계;

상기 소결성 재료의 부분으로 형성될 층에 대한 에너지 또는 온도 프로파일을 상기 컴퓨터로 생성하는 단계; 및

상기 3D 형상 정보와 상기 에너지 또는 온도 프로파일로부터, 개질제의 선택적 도포를 위한 패턴을 상기 컴퓨터로 생성하는 단계에 의해 달성되는

3D 인쇄 방법.

#### 청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 소결성 재료는 접촉면 상에 도포되며,

상기 방법은,

형성될 3차원 물체의 층의 단면의 패턴으로 상기 소결성 재료의 부분 상에 응집제를 선택적으로 도포하는 단계로서, 상기 단면은 상기 접촉면에 평행한, 응집제 도포 단계; 및

상기 단면의 적어도 일부의 에지 경계에서 상기 소결성 재료의 다른 부분 상에 개질제를 선택적으로 도포하는 단계를 추가로 포함하는

3D 인쇄 방법.

#### 청구항 11

3차원(3D) 인쇄 방법 중에 개질제를 어떻게 도포할지를 확인하기 위한 방법에 있어서,

지속성 유형적 컴퓨터 판독가능한 저장 매체에 저장된 컴퓨터 판독가능한 지령을 실행하는 컴퓨터에 의해, 소결성 재료의 부분으로 형성될 층에 대한 3D 형상 정보를 수신하는 단계로서, 상기 3D 형상 정보는 응집제의 선택적 도포를 나타내는 값을 포함하는, 수신 단계;

상기 소결성 재료의 부분으로 형성될 층에 대한 에너지 또는 온도 프로파일을 상기 컴퓨터로 생성하는 단계; 및

상기 3D 형상 정보와 상기 에너지 또는 온도 프로파일로부터, 형성될 층에 대한 개질제의 선택적 도포를 위한 패턴을 상기 컴퓨터로 생성하는 단계를 포함하는

확인 방법.

#### 청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 응집제의 선택적 도포를 나타내는 값을 조절하기 위한 수정 값을 상기 컴퓨터로 생성하는 단계를 추가로 포함하는

확인 방법.

#### 청구항 13

3차원(3D) 인쇄 방법 중에 개질제를 어떻게 도포할지를 확인하기 위한 연산 모델링 방법에 있어서,

지속성 유형적 컴퓨터 판독가능한 저장 매체에 저장된 컴퓨터 판독가능한 지령을 실행하는 컴퓨터에 의해, 3D 인쇄 방법을 이용하여 소결성 재료의 부분으로 형성될 3D 물체의 층의 열확산 모델을 생성하는 단계; 및

상기 열확산 모델에 기초하여 선택적으로 도포될 개질제의 양을 상기 컴퓨터로 계산하는 단계를 포함하는

연산 모델링 방법.

#### 청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 열확산 모델은 상기 층의 에지 경계 외부의 과잉 에너지를 확인하고;

상기 계산하는 단계는 상기 과잉 에너지를 선택적으로 도포될 상기 개질제의 양으로 변환하는

연산 모델링 방법.

#### 청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 부분의 에지 경계 내에 또는 상기 부분 내에 도포될 응집제의 양을 결정하는 단계를 추가로 포함하는

연산 모델링 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 3차원(3D) 인쇄는 디지털 모델로부터 3차원 입체물을 제조하기 위해 사용되는 적층 인쇄 공정이다. 3D 인쇄는 흔히 급속 제품 조형(prototyping), 몰드 생성, 및 몰드 마스터 생성에 사용된다.

#### 배경 기술

[0002] 3D 인쇄 기술은 연속적인 재료 층의 도포를 수반하기 때문에 적층 공정으로 여겨진다. 이것은 최종 물체를 생성하기 위해 흔히 재료의 제거에 의존하는 전통적인 가공 공정과 다르다. 3D 인쇄에 사용되는 재료는 흔히 경화 또는 융합을 필요로 하며, 일부 재료의 경우에 이는 열-보조 압출 또는 소결을 사용하여 달성될 수 있고 다른 재료의 경우에 이는 디지털 광 투영 기술을 사용하여 달성될 수 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

#### 과제의 해결 수단

[0003] 본 명세서에 개시된 3차원(3D) 인쇄 방법의 예는 광 영역 처리를 사용한다. 광 영역 처리 중에, 소결성 재료의 전체 층이 방사선에 노출되지만, 소결성 재료의 선택된 구역만이 3D 물체의 층이 되도록 융합 및 경화된다. 본 명세서에 개시된 예에서, 응집제(들)는 소결성 재료의 선택된 구역과 접촉하도록 선택적으로 증착된다. 일부 예에서, 응집제는 소결성 재료의 층 내에 침투할 수 있다. 다른 예에서, 응집제는 소결성 재료의 표면 상에 남아 있을 수 있다. 이 응집제는 방사선을 흡수할 수 있고 흡수된 방사선을 열 에너지로 변환할 수 있으며, 이 열 에너지는 이후 응집제와 접촉하고 있는 소결성 재료를 용융 또는 소결한다. 이것은 소결성 재료가 3D 물체의 층을 형성하기 위해 소결, 융합(fuse), 결합(bind), 경화 등이 되게 한다. 용어 경화가 사용될 때, 이는 경화, 소결, 융합, 결합 등을 의미할 수 있다.

[0004] 일부 예에서는, 열 에너지가 주위 소결성 재료 내로 전파될 수 있는 것으로 밝혀졌다. 이는 응고되도록 의도되지 않은 소결성 재료의 영역(들)/부분(들)의 후속 응고를 초래할 수 있으며, 이 효과는 본 명세서에서 응집 블리드(coalescence bleed)로서 지칭된다. 응집 블리드는 예를 들어 발생된 3차원 물체의 전체 치수 정확성 및/또는 부분 치수 성장의 감소를 초래할 수 있다. 예를 들어, 에지 날카로움은 바람직하지 않게 거칠거나 불명확하거나 할 수 있다. 응집 블리드의 효과는 방사선 노출 전에, 본 명세서에 개시된 개질제(modifying agent)의 일 예를 소결성 재료의 적절한 부분(들)에 송출함으로써 관리될 수 있다. 개질제의 예는 응집 정도를 감소시키거나, 또는 개질제가 송출되었거나 침투한 소결성 재료 부분의 응집을 방지하도록 작용한다. 본 명세서에 개시된 예에서, 개질제를 (위치 및/또는 양의 측면에서) 어떻게 도포할 것인지도 개질제를 실제로 도포하기 전에 결정될 수 있다. 이것은 개질제의 효과를 향상시킬 수 있고, 보다 치수적으로 정확한 부분을 생산할 수 있으며, 부분의 표면 마감을 향상시키거나, 및/또는 유사한 관심사를 해결하기 위해 사용되는 후처리 기술에 대한 필요성을 잠재적으로 감소시키거나 없앨 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

- [0005] 본 발명의 예의 특징 및 장점은 하기 상세한 설명 및 도면을 참조함으로써 명백해질 것이며, 도면에서 유사한 참조 부호는 아마도 동일하지는 않지만 유사한 부품에 대응한다. 간명함을 위해, 앞서 설명한 기능을 갖는 참조 부호 또는 특징부는 이것이 나타나는 다른 도면과 관련하여 설명될 수도 있고 설명되지 않을 수도 있다.
- 도 1은 본 명세서에 개시된 3D 인쇄 방법의 일 예를 도시하는 흐름도이다.
- 도 2a 내지 도 2f는 본 명세서에 개시된 3D 인쇄 방법의 일 예를 사용하는 3D 물체의 층 형성에 관여하는 단계의 단면도이다.
- 도 3은 도 2d의 제조 베드 내의 소결성 재료의 개략 평면도이며, 형성될 층의 단면 내의 그 부분에는 응집체가 도포되고 에지 경계에서 그 다른 부분에는 개질체가 도포된다.
- 도 4는 도 2d의 제조 베드 내의 소결성 재료의 일부의 정면 사시도이며, 형성될 3D 물체의 단면 내의 그 부분에는 응집체가 도포되고 에지 경계에서 및 3D 물체의 단면 외부에서 그 다른 부분에는 개질체가 도포된다.
- 도 5는 본 명세서에 개시된 3D 인쇄 방법의 일 예에 사용될 수 있는 3D 인쇄 시스템의 일 예의 간략화된 등각도이다.
- 도 6a 내지 도 6f는 본 명세서에 개시된 개질체의 일 예를 사용하여 형성된 부분(도 6a) 및 비교 개질체로 형성된 비교 부분(도 6b 내지 도 6f)의 사진이다.
- 도 7은 개질체의 액적에 대한 톱니 길이의 그래프이다.
- 도 8a 내지 도 8d는 상이한 양의 개질체를 사용하여 형성된 부분의 사진이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0006] 3D 인쇄 방법(100)의 일 예가 도 1에 도시되어 있다. 도 1에 도시된 방법(100)의 단계들의 각각은 본 명세서에서 상세히 논의될 것이며 일부 경우에 도 2a 내지 도 2f, 도 3 및 도 4는 도 1과 더불어 논의될 것임을 알아야 한다.
- [0007] 참조 부호 102로 도시하듯이, 방법(100)은 소결성 재료를 도포하는 단계를 포함한다. 이 단계(102)의 일 예가 도 2a에 단면 도시되어 있다. 도 2a에 도시된 예에서는, 이하에서 보다 상세히 논의하듯이 소결성 재료(16)의 하나의 층(10)이 증착되어 있다.
- [0008] 소결성 재료(16)는 분말, 액체, 페이스트 또는 젤일 수 있다. 소결성 재료(16)의 예로는 5°C 초과(즉, 융점과 재결정 온도 사이의 온도 범위)의 넓은 처리 창을 갖는 반결정성 열가소성 재료가 포함된다. 소결성 재료(16)의 일부 구체적인 예로는 폴리아미드(예, 나일론 11, 나일론 12, 나일론 6, 나일론 8, 나일론 9, 나일론 66, 나일론 612, 나일론 812, 나일론 912 등)가 포함된다. 소결성 재료(16)의 다른 구체적인 예로는 폴리에틸렌, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 및 이들 재료의 비정질 변형물이 포함된다. 적절한 소결성 재료(16)의 또 다른 예로는 폴리스티렌, 폴리아세탈, 폴리프로필렌, 폴리카보네이트, 및 본 명세서에서 열거되는 폴리머의 임의의 두 개 이상의 혼합물이 포함된다. 이들 재료의 코어 셀 폴리머 입자가 사용될 수도 있다.
- [0009] 일 예에서, 소결성 재료(16)는 유사한 크기의 폴리머 입자(예를 들어, 모두 같은 크기의 입자)를 포함한다. 다른 예에서, 소결성 재료(16)는 상이한 크기의 폴리머 입자를 포함한다. 예를 들어, 소결성 재료(16)는 두 개 이상의 상이한 크기를 갖는 입자를 포함할 수 있다. 도 2a에 도시된 예에서, 소결성 재료(16)는 세 개 이상의 상이한 입자 크기를 갖는 복수의 폴리머 입자(16A, 16B, 16C)를 구비한다. 세 개의 상이한 크기의 폴리머 입자(16A, 16B, 16C)가 도 2a에 도시되어 있지만, 임의의 추가 개수의 입자 크기가 추가될 수 있음을 알아야 한다.
- [0010] 도 2a에 도시된 예에서, 제 1 폴리머 입자(16A)의 평균 크기는 제 2 폴리머 입자(16B)의 평균 크기보다 크고, 제 2 폴리머 입자(16B)의 평균 크기는 제 3 폴리머 입자(16C)의 평균 크기보다 크다. 본 명세서에 사용되는 용어 "크기"는 구형 입자의 직경, 또는 비구형 입자의 평균 직경(즉, 입자의 다수의 직경의 평균)을 지칭한다. 일반적으로, 제 1, 제 2, 제 3 입자(16A, 16B, 16C) 각각의 평균 크기는 5  $\mu\text{m}$  내지 약 100  $\mu\text{m}$ 이다. 입자(16A, 16B, 16C) 각각의 상이한 크기의 일 예로서, 제 1 폴리머 입자(16A)의 평균 크기는 50  $\mu\text{m}$  초과일 수 있고, 제 2 폴리머 입자(16B)의 평균 크기는 10  $\mu\text{m}$  내지 30  $\mu\text{m}$ 일 수 있으며, 제 3 폴리머 입자(16C)의 평균 크기는 10  $\mu\text{m}$  미만일 수 있다.

- [0011] 입자(16A, 16B, 16C)의 형상은 동일할 수도 있고 상이할 수도 있다. 일 예에서, 입자(16A, 16B, 16C)는 구형 또는 거의 구형의 형상을 갖는다. 0.84보다 큰 구형도를 갖는 입자(16A, 16B, 16C)는 본 명세서에 개시된 실시 예에서 구형 또는 거의 구형인 것으로 간주된다. 따라서, 0.84보다 작은 구형도를 갖는 입자의 입자(16A, 16B, 16C)는 비구형이다.
- [0012] 입자(16A, 16B, 16C) 중 하나 이상은 물리적으로 변형될 수도 있으며, 따라서 입자(16A, 16B, 16C)의 표면 지형이 변경되거나 및/또는 화학적으로 변성된다.
- [0013] 소결성 재료(16)는 폴리머 입자(16A, 16B, 16C)에 추가적으로 대전제(charging agent), 유동 보조제(flow aid), 또는 그 조합을 포함할 수도 있음을 알아야 한다.
- [0014] 대전제는 마찰-대전을 억제하기 위해 첨가될 수 있다. 적절한 대전제의 예로는 지방족 아민(에톡실화될 수 있음), 지방족 아미드, 4급 암모늄염(예를 들어, 베헨트리모늄 염화물 또는 코카미도프로필 베타인), 인산 에스테르, 폴리에틸렌 글리콜 에스테르, 또는 폴리올이 포함된다. 일부 적절한 시판 대전제로는 그 각각이 Clariant Int. Ltd.로부터 시판되는 HOSTASTAT® FA 38(천연 기반 에톡실화 알킬아민), HOSTASTAT® FE2(지방산 에스테르) 및 HOSTASTAT® HS1(알칸 설포네이트)이 포함된다. 일 예에서, 대전제는 폴리머 입자의 총 중량%에 기초하여 0 중량% 초과 5 중량% 미만의 양으로 첨가된다.
- [0015] 유동 보조제는 소결성 재료(16)의 코팅 유동성을 향상시키기 위해 첨가될 수 있다. 유동 보조제는 입자(16A, 16B 및/또는 16C) 크기가 25  $\mu\text{m}$  미만일 때 특히 바람직할 수 있다. 유동 보조제는 마찰, 횡방향 드래그, 및 마찰대전 형성을 (입자 전도성을 증가시켜) 감소시킴으로써 소결성 재료(16)의 유동성을 향상시킨다. 적절한 유동 보조제의 예로는 3 인산 칼슘(E341), 분말형 셀룰로스(E460(ii)), 스테아린산 마그네슘(E470b), 중탄산 나트륨(E500), 페로시안화 나트륨(E535), 페로시안화 칼륨(E536), 페로시안화 칼슘(E538), 뼈 인산염(E542), 규산 나트륨(E550), 이산화 규소(E551), 규산 칼슘(E552), 3규산 마그네슘(E553a), 활석 분말(E553b), 알루미늄규산 나트륨(E554), 알루미늄 규산 칼륨(E555), 알루미늄규산 칼슘(E556), 벤토나이트(E558), 규산 알루미늄(E559), 스테아린산(E570) 또는 폴리디메틸실록산(E900)이 포함된다. 일 예에서, 유동 보조제는 입자(16A, 16B 및/또는 16C)의 총 중량%에 기초하여 0 중량% 초과 5 중량% 미만의 양으로 첨가된다.
- [0016] 도 2a에 도시된 예에서, 3D 물체를 형성하기 위한 인쇄 시스템(12)은 공급 베드(14)[소결성 재료(16) 공급원을 구비], 송출 피스톤(18), 롤러(20), 제조 베드(22)[접촉면(25)을 가짐], 및 제조 피스톤(24)을 구비한다. 이들 물리적 요소의 각각은 인쇄 시스템(12)의 중앙 처리 장치(도시되지 않음)에 작동적으로 연결될 수 있다. 중앙 처리 장치(예를 들면, 지속성 유형적 컴퓨터 판독가능한 저장 매체(non-transitory, tangible computer readable storage medium)에 저장되는 컴퓨터 판독가능한 명령을 수행함)는 물리적 요소를 제어하여 3D 물체를 생성하기 위해 프린터의 레지스터 및 메모리 내의 물리적(전자) 양으로서 표현되는 데이터를 조작 및 변환한다. 소결성 재료(16), 용집제 등의 선택적 송출을 위한 데이터는 형성될 3D 물체의 모델로부터 유도될 수 있다.
- [0017] 송출 피스톤(18) 및 제조 피스톤(24)은 동일한 형태의 피스톤일 수 있지만, 반대 방향으로 이동하도록 프로그래밍된다. 일 예에서, 3D 물체의 제 1 층이 형성되어야 할 때, 송출 피스톤(18)은 미리결정된 양의 소결성 재료(16)를 공급 베드(14) 내의 개구로부터 푸시하도록 프로그래밍될 수 있으며 제조 피스톤(24)은 제조 베드(22)의 깊이를 증가시키기 위해 송출 피스톤(18)의 반대 방향으로 이동하도록 프로그래밍될 수 있다. 송출 피스톤(18)은 롤러(20)가 소결성 재료(16)를 제조 베드(22) 내로 및 접촉면(25) 상으로 푸시할 때 제조 베드(22)의 깊이가 소결성 재료(16)의 층(10)이 베드(22)에 형성될 수 있도록 충분히 깊도록 충분히 전진할 것이다. 롤러(20)는 비교적 균일한 두께의 층(10)을 형성하기 위해 소결성 재료(16)를 제조 베드(22) 내로 확산시킬 수 있다. 일 예에서, 층(10)의 두께는 약 90  $\mu\text{m}$  내지 약 110  $\mu\text{m}$ 의 범위에 있지만, 그보다 얇거나 두꺼운 층이 사용될 수도 있다.
- [0018] 롤러(20)는 상이한 형태의 분말을 확산시키기 위해 바람직할 수 있는 블레이드, 또는 롤러와 블레이드의 조합과 같은 다른 공구로 대체될 수 있다.
- [0019] 소성 재료(16)의 층(10)이 제조 베드(22)에 퇴적된 후, 층(10)은 가열에 노출된다(도 1에서 및 도 2b에서 참조 부호 104로 도시되어 있듯이). 가열은 소결성 재료(16)를 예비-가열하기 위해 이루어지며, 따라서 가열 온도는 소결성 재료(16)의 융점 이하인 것이 바람직하다. 따라서, 선택되는 온도는 사용되는 소결성 재료(16)에 의존할 것이다. 예로서, 가열 온도는 소결성 재료의 융점의 약 5°C 내지 약 50°C 아래에 있을 수 있다. 일 예에서, 가열 온도는 약 50°C 내지 약 350°C의 범위에 있다. 다른 예에서, 가열 온도는 약 150°C 내지 약 170°C의 범위에 있다. 다른 예에서, 예비-가열의 일부 또는 전부는 소결성 재료(16)가 아직 공급 베드(14) 상에



있는 동안에 수행될 수 있다.

- [0020] 소결성 재료(16)의 층(10)의 예비-가열은 제조 베드(22) 또는 공급 베드(14) 내의 소결성 재료(16)의 전체를 열에 노출시키는 임의의 적절한 열원을 사용하여 달성될 수 있다. 열원의 예로는 썬열 열원 또는 광 방사 소스가 포함된다.
- [0021] 층(10)의 예비-가열 이후, 응집제는 도 1 및 도 2c에서 참조 부호 106으로 도시하듯이, 층(10) 내의 소결성 재료(16)의 부분 상에 선택적으로 도포된다. 도 2c에 도시하듯이, 응집제(28)는 잉크젯 프린트헤드(26)로부터 분배될 수 있다. 도 2c에는 단일의 프린트헤드가 도시되어 있지만, 제조 베드(22)의 폭에 걸쳐있는 다수의 프린트헤드가 사용될 수 있음을 알아야 한다. 프린트헤드(26)는 바람직한 영역에서 응집제(28)를 증착하기 위해 프린트헤드(26)를 제조 베드(22) 근처로 이동시키는 이동 XY 스테이지 또는 병진이동 캐리지(어느 것도 도시되지 않음)에 부착될 수 있다.
- [0022] 프린트헤드(26)는 중앙 처리 장치로부터 명령을 받아서 응집제(28)를 형성될 3D 물체의 층의 단면 패턴에 따라서 증착하도록 프로그래밍될 수 있다. 본 명세서에서 사용될 때, 형성될 물체의 층의 단면은 접촉면(25)에 평행한 단면을 지칭한다. 프린트헤드(26)는 3D 물체의 제 1 층이 되기 위해 융합되어야 하는 층(10)의 부분(44) 상에 응집제(28)를 선택적으로 도포한다. 일 예로서, 제 1 층이 큐브 또는 실린더 형태로 형상화되어야 할 경우에, 응집제(28)는 소결성 재료(16)의 층(10)의 적어도 일 부분(44) 상에 각각 (평면 도시에서) 정방형 패턴으로 또는 원형 패턴으로 증착될 것이다. 도 2c에 도시된 예에서, 응집제(28)는 층(10)의 부분(44)의 외부가 아니라 부분(44) 상에 정방형 패턴으로 증착된다.
- [0023] 적절한 응집제(28)의 일부 예는 방사선 흡수 결합제(즉, 활성 물질)를 포함하는 수성 분산체이다. 활성제(active agent)는 적외선 흡수제, 근적외선 흡수제, 또는 가시광선 흡수제일 수 있다. 일 예로서, 응집제(28)는 활성 물질로서 카본 블랙을 구비하는 잉크형 제제일 수 있다. 이 잉크형 제제의 일 예가 Hewlett-Packard Company로부터 입수 가능한 CM997A로 시판되는 것으로 알려져 있다. 활성제로서 가시광선 증강제를 포함하는 잉크의 예는 염료계 컬러 잉크 및 안료계 컬러 잉크이다. 안료계 컬러 잉크의 예로는 Hewlett-Packard Company로부터 입수 가능한 시판 잉크 CE039A 및 CE042A가 포함된다.
- [0024] 응집제(28)의 수성 특성은 응집제(28)가 소결성 재료(16)의 층(10) 내에 적어도 부분적으로 침투할 수 있게 한다. 소결성 재료(16)는 소수성일 수 있으며, 응집제(28) 내의 공용매(co-solvent) 및/또는 계면활성제의 존재는 바람직한 습윤 거동을 얻어내는데 도움이 될 수 있다.
- [0025] 3D 물체의 층을 형성하기 위해 단일 응집제(28)가 선택적으로 도포될 수 있거나, 3D 물체의 층을 형성하기 위해 다수의 응집제(28)가 선택적으로 도포될 수 있음을 알아야 한다.
- [0026] 소망 부분(44)에 응집제(28)가 선택적으로 도포되기 전에, 도포와 동시에, 도포된 후에, 개질제는 도 1에서 참조 부호 110으로 도시하듯이, 소결성 재료(16)의 상이한 부분에 선택적으로 도포된다. 개질제의 선택적 도포의 일 예가 도 2d에 개략 도시되어 있으며, 참조 부호 29는 개질제를 나타내고 참조 부호 42는 개질제(29)가 선택적으로 도포되는 소결성 재료(16)의 다른 부분을 나타낸다.
- [0027] 소결성 재료(16)에 도포되는 개질제(29)의 양 및/또는 위치설정을 제어하는 것이 바람직할 수 있다. 개질제(29)는, 에너지를 효과적으로 제거하고 소결성 재료(16)를 그 경화를 방지하거나 소결성 재료(16)의 소결, 용융, 융합 및/또는 경화를 지연시키는 온도로 유지하는 냉매로서 작용한다. 따라서, 개질제(29)를 실제로 선택적으로 도포하기 전에, 방법(100)은 개질제(29)를 어떻게 선택적으로 도포할 것인지를 결정하는 단계를 추가로 포함한다. 이것은 도 1에서 참조 부호 108로 도시되어 있다.
- [0028] 개질제(29)를 어떻게 선택적으로 도포할 것인지에 대한 결정은 개질제(29)를 어디에 도포할 것인지를 결정 및/또는 개질제(29)를 얼마나 많이 도포할 것인지를 결정을 포함할 수 있다. 이들 결정은 소결성 재료(16)의 열확산 특성, 소결성 재료로 형성될 층(즉, 소결된 층 또는 부분), 또는 그 조합을 사용하여 이루어질 수 있다. 열확산 특성은 열확산의 시간 스케일/특성 시간, 열확산의 길이 스케일/특성 길이, 온도 프로파일, 및/또는 에너지 프로파일일 수 있다.
- [0029] 특성 시간 및 길이는 시스템이 섭동에서 회복하는데 필요한 대략의 시간 또는 거리를 지칭한다. 이것은 흔히 섭동이 초기 섭동의  $1/e$  ( $\sim 37\%$ )로 감소되기 위한 시간 또는 거리로서 정의된다. 실제로, 이것은 흔히 섭동이 상당한 효과를 갖는 시간 또는 거리를 의미하기 위해 사용된다. 열확산의 시간 스케일은 일반적으로 재료의 인접 영역에 에너지가 추가되거나 그로부터 제거된 후에 소결성 재료가 온도 안정화(그 평형 값에 도달)하는데 걸리는 시간을 지칭한다. 열확산의 길이 스케일은 일반적으로 고온 소결된 재료의 존재로 인해 상당한 온도 증가

를 겪는 부분 예지 또는 빌드 표면으로부터의 거리를 지칭한다. 예로서, 이 거리는 소결된 재료의 위치에 대해 수평 또는 수직할 수 있다. 상당한 온도 변화 또는 증가의 예로는 (i) 소결된 부분/층 온도와 주위 소결성 재료 온도 사이의 차이의 약 25%의 온도 상승, 또는 (ii) 주위 소결성 재료(16)의 정상 온도와 소결성 재료(16)의 용융 온도 사이의 차이의 25%가 포함된다. 열확산의 시간 및/또는 길이 스케일은 실험적으로 측정될 수 있거나, 시스템 내의 각각의 열확산 계수 또는 온도차로부터 유도될 수 있다. 열확산 계수 자체는 유사한 재료의 값으로부터 또는 화학적 모델링 방법에 의해 실험적으로 결정되거나 추정될 수 있다.

[0030] 온도 및/또는 에너지 프로파일은 일반적으로 응집제(28) 및/또는 개질제(29)가 그 위에 도포되거나 도포되지 않는 소결성 재료(16) 또는 소결된 부분/층에 의해 제시되는 온도 및/또는 에너지 차이를 지칭한다. 예로서, 이들 차이는 방사선 노출(예를 들어, 개질제 증발에 의한) 이전에 또는 방사선 노출(예를 들어, 에너지 이동에 의한) 이후에 관찰될 수 있다. 온도 프로파일 및/또는 에너지 프로파일은 열 모델을 사용하여 발생될 수 있거나, 온도 또는 에너지 프로파일의 추정치일 수 있다. 이하에서 보다 상세히 설명하듯이, 온도 또는 에너지 프로파일의 추정치는 3D 부분 층을 형성하기 위해 사용되는 화상 데이터의 조작에 기초할 수 있다. 주위 영역의 평균 값으로부터 국소 변화를 계산하는 것은 응집제(28)가 도포되고 도포되지 않는 소결된 층/부분에서의 온도 및/또는 에너지 차이의 대략적 추정치를 제공한다.

[0031] 본 명세서에 개시된 예의 일부에서, 개질제(29)의 적절한 양 및/또는 위치는 소결 공정의 시간-의존성 열 모델을 사용하여 결정될 수 있다. 일 예에서, 열 모델 자체는 직접 개질제 양을 계산하거나 및/또는 개질제 위치를 확인하기 위해 사용될 수 있다. 다른 예에서, 열 모델은 개질제(29)를 도포하기 위한 패턴(예를 들면, 위치 및/또는 양)을 발생시키기 위해 정확한 알고리즘에 의해 사용될 수 있는 온도 또는 에너지 프로파일을 생성하기 위해 사용된다. 또 다른 예에서는, 열확산의 통상적인 시간 및/또는 길이 스케일을 확인하기 위해 하나 이상의 열 모델이 사용될 수 있다. 통상적인 길이 스케일 및/또는 시간 스케일은 이후 3D 물체의 정확한 형상의 완전한 모델링이 형성될 것을 요구하지 않으면서 개질제 양을 계산하거나 및/또는 개질제 위치를 결정하기 위해 사용될 수 있을 것으로 믿어진다. 본 명세서에 개시된 다른 예에서, 개질제(29)의 적절한 양 및/또는 위치는 실험적으로 결정될 수 있다.

[0032] 소결 공정의 시간-의존성 열 모델을 포함하는 예에서, 열 모델은 연산 모델링 방법을 이용하여 발생될 수 있음을 알아야 한다. 연산 모델링 방법은 지속적 유형적 컴퓨터 판독가능한 매체에 저장되는 컴퓨터 판독가능한 지령을 수행/실행하는 컴퓨터(프로세서와 같은 하드웨어 부품을 포함)에 의해 수행된다. 연산 모델링 소프트웨어의 일 예는 Abaqus FEA 버전 6.13이다. 본 명세서에 개시된 예들 중 임의의 예에서, 컴퓨터 판독가능한 매체로는 예를 들어 전자, 자기, 광학, 전자기, 또는 반도체 매체와 같은 여러가지 물리적 매체 중 어느 하나가 포함될 수 있다. 적절한 컴퓨터 판독가능한 매체의 보다 구체적인 예로는 하드 드라이브, RAM(random access memory), ROM(read-only memory), EPROM(erasable programmable read-only memory), 또는 휴대용 CD, DVD 또는 플래시 드라이브가 포함된다.

[0033] 개질제(29)를 어떻게 도포할 것인지를 결정하기 위한 컴퓨터-기반 방법 중 임의의 것 또는 연산 모델링 방법은 클라우드 컴퓨터에서(즉, 인터넷-기반 컴퓨팅 환경에서) 시각화 및 구성될 수 있음을 알아야 한다. 예를 들어, 컴퓨터 장비는 물리적 빌딩에서 호스팅 컴퓨터 장비보다는 클라우드 인프라구조를 사용하는, 클라우드 플랫폼 서비스, 또는 PaaS(Platform as a Service)로서 액세스될 수 있다. IaaS(Infrastructure as a Service)로서 공지되어 있는 클라우드 인프라구조는 통상적으로 서비스로서 플랫폼 시각화 환경을 사용하며, 이는 프로세서, 데이터베이스, 서버, 및 기타 컴퓨터 장비와 같은 부품을 구비할 수 있다.

[0034] 컴퓨터는 열 모델을 만들기에 충분한 특성(예를 들면, 사용자로부터의 입력으로서)을 수용한다. 이들 특성은 모델링되는 소결성 재료(16)(예를 들면, 분말의 형태, 상이한 온도에서의 열전도성, 열 용량, 및 밀도), 층의 개수, 층의 두께, 모델링되는 응집제(28)의 형태, 제조 베드(22)의 설정 온도, 및 특정 층을 형성하기 위한 시간에 관한 것이다. 일 예에서, 밀도, 열 용량, 및 열확산성은 소결되지 않은 소결성 재료(16)와 소결된 재료 양자에 대해 제공된다. 소결되지 않은 소결성 재료(16)와 소결된 재료 사이의 열 용량 변화는 주로 재료 사이의 밀도 변화에 기인할 수 있으며, 따라서 단일의 열 용량 값이 적당할 수 있다. 컴퓨터에 입력될 수 있는 특성의 또 다른 예는 층이 용융 상태에서 응고될 때 방출되는 에너지, 소결성 재료(16)와 응집제(28)가 제조 베드(22)에 송출되는 온도, 및/또는 빌드 체적의 예지 표면(들)으로부터 예상되는 에너지 입력 또는 손실이다. 일부 소결성 재료(16)에 대해서, 이들 파라미터/특성의 일부 또는 전부는 온도에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어 파라미터가 빌드 공정 중에 겪게 되는 온도 범위 내에서 10% 이상 변경되는 경우에는 온도 의존성 거동을 포함하는 것이 바람직할 수 있다.

- [0035] 입력되는 특성은 또한 부분(44)(경화될)에서의 소결성 재료(16)와 부분(42)(경화되지 않을) 사이에서 온도, 비열 용량, 및 열확산성의 차이를 포함할 수 있다. 예를 들어, 적절한 입력은 소결되지 않은 구역[예를 들면, 부분(42)] 대 더 많은 방사선을 열로 변환하게 될 응집제(28)를 갖는 부분(44)에 의해 열로 변환되는 방사선의 차이를 기술할 수 있다. 이 입력은 경화/소결된 부분(44)과 미경화/미소결 부분(42) 사이의 온도차의 실험적 측정치일 수 있다. 다른 일반적 특성으로는 부분(44)에서 보다 부분(42)에서 더 높은 비열 용량 및 더 낮은 열확산성이 포함될 수 있다.
- [0036] 이들 특성의 전체는 층 또는 물체의 열 모델을 만들기 위해 컴퓨터(적절한 소프트웨어 프로그램을 실행하는)에 의해 사용된다. 관심있는 시간 스케일에 걸쳐서 층 또는 물체 주위에서 성장하는 열 구배를 확인하기 위해 유한 요소 분석 또는 기타 모델링 기술이 사용될 수 있다. 일 예에서, 관심있는 시간 스케일은 단수 또는 복수의 층을 형성하는데 필요한 시간이다. 관심있는 시간 스케일에 걸쳐서 층/부분 주위에서 성장하는 열 구배는 특정 열 모델에 대한 열확산의 길이 스케일을 확인한다. 열확산의 시간 스케일은 형성되어야 하는 상이한 개수의 부분 층을 갖는 열 모델을 생성함으로써 결정될 수 있으며, 모델 확인은 열 모델을 특정 층에서의 안정적인 예상치로 수렴하기 위한 재료 층의 추가 이후에 실행되어야 한다.
- [0037] 제조되는 동안의 층 또는 물체 부근에서의 온도는 모델에 기초하여 추정될 수 있다(예를 들면, 열 구배를 사용하여). 따라서, 열 모델은 구축되는 층 또는 물체 내에서 및 주위에서 열 유동의 위치 및 타이밍을 결정하기 위해 사용된다. 보다 구체적으로, 제조 베드(22)의 설정 온도를 상회하는 (경화가 바람직하지 않은) 부분(42)에서의 소결된 재료(16)의 과잉 온도( $\Delta T$ )는 층 또는 물체로부터 방출되는 과잉 에너지를 나타낸다. 과잉 온도는 열 모델 또는 실험 측정(적외선 카메라와 같은 고해상도 온도 측정 장치를 사용하여 이루어짐)에 따라서 부분(42)에서의 소결된 재료(16)의 온도로부터 제조 베드의 설정 온도를 차감함으로써 결정될 수 있다.
- [0038] 이 온도차( $\Delta T$ )는 식 1에 나타나 있듯이 소결되지 않은 소결성 재료(16)의 비열 용량( $C_{pSM}$ ), 밀도( $den_{SM}$ ), 및 체적( $vol_{SM}$ )을 사용하여 과잉 에너지 양으로 변환될 수 있다:
- [0039] 과잉 에너지 =  $C_{pSM} * vol_{SM} * den_{SM} * \Delta T$  (식 1)
- [0040] 전체 부분(42)에 대한 과잉 에너지가 확인될 수 있다. 따라서, 층 또는 물체 주위의 과잉 에너지의 맵이 이 방법에서 생성될 수 있다.
- [0041] 과잉 에너지는 개질제(29)에 의해 제거될 에너지(즉, 제거된 에너지)의 양과 동등하다. 따라서, 과잉 에너지는 이 에너지 양을 제거하기에 적절한 개질제(29)의 양으로 변환될 수 있다. 과잉 에너지 맵 및 변환된 개질제 양값을 사용하여, 층 또는 물체 주위의 개질제(29)의 소망 양의 맵이 생성될 수 있다. 따라서, 이 예에서는, 사용될 개질제(29)의 위치와 양 모두 결정될 수 있다.
- [0042] 과잉/제거된 에너지로부터 개질제 양으로의 변환은 개질제의 온도를 도포 온도( $T_{app-MA}$ )로부터 비등점( $T_{boil-MA}$ )으로 상승시키기 위한 개질제(29)의 비열 용량( $C_{pMA}$ ) 더하기 개질제(29)의 기화 열( $H_{vap-MA}$ )을 사용하여 달성될 수 있다. 과잉 에너지가 개질제(29)의 양으로 변환되는 것은 식 2 또는 식 3에 도시되어 있다:
- [0043] 제거된 에너지 =
- [0044]  $(C_{pMA} * (T_{boil-MA} - T_{app-MA}) + H_{vap-MA}) * \text{개질제의 체적}$  (식 2)
- [0045] 개질제의 체적 =  $\frac{\text{제거된 에너지}}{(C_{pMA} * (T_{boil-MA} - T_{app-MA}) + H_{vap-MA})}$  (식 3)
- [0046] 개질제(29)의 도포 온도( $T_{app-MA}$ )는 실온(약 18°C 내지 약 22°C), 프린트헤드(26'(도 2d 참조) 또는 다른 도포 장치에 의해 제어되는 온도(예를 들면, 잉크젯 프린트헤드의 워밍 또는 작동 온도), 또는 시스템(12)의 가열된 제조 베드(22) 내로 송출될 때 개질제(29)가 도달하는 통상적인 온도일 수 있다. 가열 및 증발 에너지 항목 곱하기 개질제(29) 체적의 합은 개질제(29)가 시스템으로부터 제거할 총 에너지(즉, 제거된 에너지)와 동일하다.
- [0047] 가열된 소결성 재료(16)에 개질제(29)가 도포된 후에, 개질제(29)가 증발하여 소결성 재료(16)로부터 에너지를 제거하는 것을 알아야 한다. 증발은 십분의 수초 정도일 수 있으며, 이는 경화 에너지(즉, 방사선 R, 도 2e 참조)의 도포 이전에 상당한 제거를 초래할 수 있다. 이는 에너지가 시간 경과에 따라 이동하게 될 저온 영역을 생성할 수 있다. 즉, 에너지는 개질제(29)에 의해 냉각된 부분(42)으로 복귀 확산될 수 있다(로컬 냉각의 손실

을 초래). 에너지의 이 이차 이동(양 측면에서)은 모델링 또는 실험적 방법에 의해 추정될 수 있다. 이후, 제거될 에너지의 양(즉, 위의 식 3에서 제거된 에너지)은 이 효과를 보상하기 위해 이 양만큼 증가될 수 있다.

[0048] 열 모델을 사용하여 이차 이동에 기인하는 에너지의 양을 결정하기 위해, 열 모델은 개질제(29)의 도포 이후 소망 지연 시간 동안 작동 가능하게 될 수 있다. 개질제(29)는 시간 내의 순간에 에너지의 간단한 제거로서 모델에 통합될 수 있거나, 증발 및 기타 유체 거동을 수반하는 서브-모델로서 통합될 수 있다.

[0049] 실험적 방법을 이용하여 이차 이동에 기인하는 에너지의 양을 결정하기 위해, 하기 실험적 방법에 기재된 온도 측정은 방사선 도포 이후 지연 뒤에 이루어질 수 있다.

[0050] 개질제(29)를 어떻게 도포할 지를 결정하기 위한 실험적 방법의 일 예를 이제 설명할 것이다. 이 실험적 방법으로부터, 개질제 양 대 개질제(29) 양에 의해 초래되는 온도 변화의 표가 만들어질 수 있다. 온도 변화는 방사선에 노출된 이후의 소결성 재료(16)[응집제(28) 또는 개질제(29)를 갖지 않음]의 온도와 방사선에 노출된 이후의 소결성 재료(16)[개질제(29)를 가짐]의 온도 사이의 차이를 지칭한다. 이 예에서, 임의의 온도 측정은 적외선(IR) 카메라, IR 온도 센서, 또는 저질량 열전쌍과 같은 임의의 적절한 온도 장치에 의해 이루어질 수 있다.

[0051] 상기 방법의 이 예에서, 표는 소결성 재료(16)의 각 영역에 상이한 양의 개질제(29)를 도포하고, 소결성 재료(16)의 한 영역에는 개질제(29)를 일절 도포하지 않음으로서 구축될 수 있다. 이후 전체 소결성 재료(16)가 방사선에 노출될 수 있다. 방사선에 노출되는 개질제(29)가 전혀 없는 영역은 참조 영역으로 지칭되며, 방사선에 노출되는 상이한 양의 개질제(29)를 갖는 영역들은 테스트 영역으로 지칭된다. 참조 영역 및 테스트 영역의 온도가 측정될 수 있다. 방사선을 수용한 후 개질제를 수용한 각각의 테스트 영역은 참조 영역보다 낮은 온도를 가져야 한다. 특정 테스트 영역에서, 참조 영역에 비교되는 온도 감소는 관련 개질제 양의 효과이다. 온도 변화는 표를 생성하기 위해 사용되는 개질제(29)의 상이한 양에 의해 계산될 수 있고 이것과 상관될 수 있다. 동일하거나 유사한 소결성 재료(16) 및 개질제(29)를 사용하는 후속 3D 인쇄 적용에서, 표는 소망 온도 변화를 초래하기 위해 사용될 개질제(29)의 양을 결정하기 위해 참조될 수 있다.

[0052] 또 다른 예에서, 열확산의 길이 스케일은 실험적으로 결정될 수 있다. 이 예에서, 테스트 층/부분이 사용된다. 테스트 층/부분은 동일한 소결성 재료(16) 및 실제 3D 물체/층을 위해 사용되어야 하는 동일한 응집제(28)로 구성된다. 테스트 층/부분에 대해서, 응집제(28)는 정방형과 같은 간단한 형상으로 또는 실제 3D 물체와 유사한 형상으로 도포될 수 있다. 테스트 부분의 크기는 열확산의 결정된 길이 스케일에 비해서 커야 하는 바, 예를 들면 세 배 이상의 크기여야 한다. 일 예에서, 반 인치가 충분한 크기일 수 있다. 그러나, 결정된 길이 스케일이 물체 크기의 1/3보다 크면, 테스트는 더 큰 테스트 부분 크기를 사용하여 다시 이루어져야 한다. 테스트 층/부분에 대해서는 개질제(29)가 전혀 사용되지 않는다. 응집제(28)의 도포 및 방사선 노출 이후에, 테스트 층/부분이 형성된다. 테스트 층/부분을 형성할 때 응집제(28)의 위치는 테스트 층/부분에서 소결되는 재료(16)의 실제 정도에 비교된다. 이 비교 중에, 테스트 층/부분은 도포된 응집제(28)의 에지 경계를 넘어서/외부에 배치되는 임의의 바람직하지 않은 소결된 재료에 대해 검사된다. 바람직하지 않은 소결된 재료의 길이가 측정된다. 이 값, 또는 이 값에 스칼라 보정 계수를 곱한 값은 다른 예에서 사용될 수 있는 추정 길이 스케일이다. 실제 3D 물체 형상이 사용되면, 바람직하지 않은 소결된 재료의 영역은 실제 3D 물체/층의 형성 중에 개질제(29) 위치를 추정하기 위해 사용될 수 있다.

[0053] 실제 3D 물체/층을 후속 형성할 때, 응집제(28)는 동일한 위치에 도포될 수 있으며 개질제(29)는 추정 길이 스케일을 따라서 도포될 수 있다. 에지 경계(27) 근처에서의 개질제(29) 사용은 형성될 층의 에지 부분(42) 내의 소결성 재료(16)의 온도를 감소시킬 수 있지만, 또한 에지 경계(27)를 따르는 부분(44) 내에서의 소결 또는 용융 품질을 감소시킬 수 있다. 층 단면 내의 이 에너지 손실은 부분(44) 내의 응집제(28)의 품질을 증가시킴으로써 보상될 수 있다.

[0054] 추가로, 열 모델은 또한 층/부분의 내부가 너무 뜨겁다(즉, 과잉 에너지가 존재한다)고 예상할 수 있다. 층/부분의 단면 내의 이 에너지 증가는 부분(44) 내의 응집제(28)의 품질을 감소시키거나 및/또는 부분(44) 내의 개질제(29)의 양을 증가시킴으로써 보상될 수 있다. 이 예에서, 추가될 개질제(29)의 양은, 이 예에서 제거된 에너지가 층/부분의 단면 내의 특정 위치에서의 과잉 에너지인 것을 제외하고, 식 3을 사용하여 계산될 수 있다.

[0055] 응집제(28)의 증가 또는 감소되는 양은 얼마나 많은 개질제(29)를 선택적으로 도포할지의 결정과 유사한 방식으로 결정될 수 있다. 예를 들어, 열 모델의 델타 온도 값은 에너지 양으로 변환될 수 있으며, 응집제 양 대 흡수된 에너지의 모델링된 또는 실험적 표를 사용하여, 응집제(28)의 추가 양이 결정될 수 있다.



- [0056] 베르의 법칙(Beer's Law)[흡수도(A) =  $\epsilon l c$  = 흡수 계수 \* 경로 길이 \* 농도]이 적용되기에 충분히 낮은 응집제(28)의 농도를 위해서, 필요한 응집제(28)의 양은 소망 온도 변화와 선형 관계를 가질 것이다. 응집제(28)의 더 높은 농도를 위해서, 흡수 계수가 감소될 수 있으며, 소망 변화를 초래하기 위해 추가 응집제(28)가 필요할 수 있다. 이것은 상이한 양의 응집제로 커버되는 소결성 재료(16)의 부분에 방사선이 인가된 후의 온도를 비교함으로써 모델링되거나 실험적으로 결정될 수 있다. 응집제(28)의 흡수 거동, 및 제조 베드(22)의 표면으로부터의 복사 또는 대류 손실에 추가적으로, 응집제(28)의 부분으로서 분배되는 임의의 휘발성 용매를 증발시키는 냉각 효과를 포함하기 위해 모델 기반 용액이 필요할 수 있다.
- [0057] 다른 예에서, 컴퓨터는 보정 알고리즘을 구비할 수 있다. 보정 알고리즘을 사용하여, 형성될 3D 물체의 각각의 층 화상에 대한 열확산 효과를 보정하기 위해 수정 화상이 생성될 수 있다.
- [0058] 일반적으로, 보정 알고리즘은 층 화상에 대한 3D 형상 정보, 및 개질제(29)를 도포하기 위한 패턴(위치 및/또는 양 정보를 포함)을 발생하기 위해 3D 형상과 연관된 온도/에너지 프로파일을 사용한다. 3D 형상 정보는 하나의 층, 다수의 층, 또는 전체 부분에 대한 정보를 포함할 수 있으며, 또한 응집제(28)의 선택적 도포를 나타내는 값(들)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 열 모델에 사용되거나 3D 형상 정보의 조작에 사용되는 응집제(28)의 양이 공간적으로 변화할 수 있다.
- [0059] 이들 예에서, 3D 형상 정보는 열 모델에 공급될 수 있으며 온도/에너지 프로파일은 자동적으로 발생될 수 있다. 대안적으로, 3D 형상 정보의 조작(후술됨)은 열 모델을 사용하지 않고 온도/에너지 프로파일의 추정치를 (국소 온도/에너지 변동 맵의 형태로) 생성하기 위해 사용될 수 있다.
- [0060] 3D 형상 정보의 조작을 사용하는 예에서, 빌드 영역에서의 국소 온도/에너지 변동의 맵은 공간적 평균화 기술에 기초한 3D 층 화상으로 구축될 수 있다. 하기 예에서, 최초 층 화상은 응집제(28)를 수용해야 하는 부분(44)을 기술하는 양의(positive) 값 및 응집제(28)를 수용하지 않는 부분(42)을 기술하는 제로의 값을 갖는 데이터로 구성되거나 이 데이터로 변환될 수 있을 것으로 추정된다. 그러나 이들 값은 필요할 경우 스위칭될 수 있음을 알아야 한다. 이들 값 집합은 본 예에서 명료함을 위해 사용된다. 의도된 결과를 달성하기 위해 다른 값 집합 및 연산 조작이 사용될 수 있음을 알아야 한다.
- [0061] 평균이 취해질 수 있는 층 화상의 반경은 열 모델에서 발견되는 열확산의 특성 길이에 의해서 또는 과잉 부분 성장의 실험적 측정에 의해서 결정될 수 있다. 이 실험적 측정은, 응집제(28)를 사용하는 공칭 길이의 부분을 형성하고, 방사선 노출[개질제(29)가 전혀 사용되지 않을 때] 이후의 치수 오차를 공칭 크기에 대해 플로팅함으로써 이루어질 수 있다. 이 예에서, 최량 적합선의 Y축 절편(0 길이 부분)은 대략 특성 길이여야 한다. 이 실험적 측정은 길이 스케일(예를 들면, 테스트 층/부분 구비)에 대해 전술한 것과 같이 이루어질 수도 있다.
- [0062] 국소 온도/에너지 함량의 개략 맵이 각 위치(즉, 픽셀)에서 계산될 수 있는 바, 그 위치의 반경 내의 모든 픽셀의 값을 평균화함으로써 계산될 수 있다. 평균화는 가우스 평균화 함수 또는 일부 다른 적절한 평균화 함수를 사용하여 달성될 수 있다. 최초 픽셀 값과 특정 반경 내의 모든 픽셀의 평균 값 사이의 차이는 그 픽셀 위치에서 개질제(29)를 사용하기 위해 보정될 수 있는 에너지 불균형의 양을 나타낸다. 보다 구체적으로, 평균 픽셀 값이 실제 픽셀 값을 초과할 때(예를 들면, 네거티브 차이), 이것은 개질제(29)에 의한 냉각이 바람직함을 나타낸다. 실제 픽셀 값이 평균 픽셀 값을 초과할 때(예를 들면, 포지티브 차이), 이것은 개질제(29)가 사용되지 않아야 함을 나타내거나 또는 추가적인 양의 응집제(28)가 그 위치에 도포될 수 있음을 나타낸다. 포지티브 차이가 낮은 응집제(28) 양을 수정하기 위해 최초 픽셀 값에 직접 더해질 수 있거나, 스칼라 조정 계수가 곱해질 수 있거나, 최초 픽셀 값에 더해지는 양을 찾기 위해 참조 표에서 인덱스로서 사용될 수 있다. 개질제(29)에 대해서, 네거티브 차이 값은 직접 사용되거나, 스칼라 조정 계수가 곱해질 수 있거나, 적절한 양을 찾기 위해 참조 표에서 인덱스로서 사용될 수 있다. 차이 값으로부터, 응집제(28) 및/또는 개질제(29)를 도포하기 위한 패턴이 산출될 수 있다.
- [0063] 보정 알고리즘은 층 화상의 상이한 부분에서 포지티브 차이와 네거티브 차이를 둘 다 초래할 수 있음을 알아야 한다. 이들 경우에, 개질제(29)와 응집제(28) 양자에 대한 양이 조정될 수 있다. 모든 포지티브 차이가 얻어지면, 개질제(29)의 사용은 바람직하지 않을 수도 있다.
- [0064] 최종 보정된 화상(즉, 평균 화상 감산의 결과 또는 열 모델 결과에 의해 수정된 화상)은 하프톤 처리될 수 있는 바, 즉 보정된 화상 내의 강도 정보에 대응하는 점들의 공간 패턴으로 변환될 수 있다.
- [0065] 층 제조 시간 및 열적 완화(방사선 노출로부터의 냉각)를 위한 특성 시간의 상대 크기에 따라서, 3D 물체 형상의 단일 층이 아닌 복수의 층을 평균화함으로써 보정 알고리즘을 수행하는 것이 바람직할 수 있다.

- [0066] 개질제(29)의 소망 위치 및/또는 양이 모델링에 의해 결정되거나 실험적으로 결정되거나 간에, 결정이 이루어진 후에, 개질제(29)는 (도 1에서 및 도 2d에서 참조 부호 110으로 도시하듯이) 소망 부분(42)에 또는 일부 경우에 소결성 재료(16)의 부분(44)에 선택적으로 도포된다.
- [0067] 본 명세서에 개시된 예에서, 개질제(29)는 계면활성제, 공용매, 물을 포함하고 필요에 따라서 살생물제를 포함한다. 일부 예에서, 개질제(29)는 이들 성분으로 구성되고 다른 성분을 포함하지 않는다. 이러한 성분들의 특정 조합은 응집 블리드를 효과적으로 감소 또는 방지하는 것으로 밝혀졌는데 이는 부분적으로 물과 공용매가 그 근처에 있는(예를 들면, 그와 열접촉하는) 소결성 재료에 증발 효과를 제공하기 때문이다. 개질제(29)가 1.3 mg/cm<sup>2</sup> 증발되면 소결성 재료(16)의 cm<sup>2</sup>당 3 Joule의 에너지를 제거할 수 있는 것으로 믿어진다. 이 에너지 손실은 소결성 재료(16)를 가열 및 경화[예를 들어 소결성 재료(16)의 100 마이크론 층 마다 4 내지 5 Joule/cm<sup>2</sup>을 요구할 수 있음]로부터 방지하기에 충분하다.
- [0068] 더욱이, 개질제(29)에 사용되는 공용매는 물보다 낮은 열확산율을 갖는다. 따라서, 공용매는 물보다 낮은 열전달을 보여준다. 이 특성은 개질제(29)를 소결된 재료로부터 개질제(29)가 구비된 소결되지 않은 주위로의 에너지 유동을 감소시킬 수 있게 만든다. 따라서, 개질제(29)는 에너지의 바람직하지 않은 이동을 감소시키는데 도움이 된다.
- [0069] 따라서, 본 명세서에 개시된 개질제(29)는 소결성 재료(16)가 개질제(29)와 열 접촉할 때 소결성 재료(16)의 경화를 효과적으로 감소 또는 방지할 수 있다.
- [0070] 개질제(29) 내에 존재하는 공용매의 총 양은 개질제(29)의 총 중량에 대해 약 5.0 중량% 내지 30 중량%에 달한다. 전술했듯이, 적절한 공용매는 적어도 물보다 낮은 열확산율을 갖는다. 일부 예에서는, 공용매가 230℃보다 높은 비등점을 갖는 것도 바람직할 수 있다. 적절한 공용매의 예와 그 물리적 특성의 일부가 표 1에 제공된다.

**표 1**

개질제 공용매

용매	열확산율 (mm <sup>2</sup> /s)	열전도율 (W/(m * K))	비열 (J/(g * K))	밀도 (g/m <sup>3</sup> )	비등점 (℃)	인화점 (℃)
물	0.162	0.680	4.19	1.00E+06	100	N/A
트리메틸올프로판	0.145	0.256	1.58	1.12E+06	296	148
글리세롤	0.093	0.285	2.43	1.26E+06	290	160
1,2,4-부탄트리올	0.044	0.199	3.70	1.22E+06	304	154
1,5-펜탄디올	0.069	0.211	3.08	9.94E+05	239	129
1,4-부탄디올	0.105	0.211	1.99	1.01E+06	228	106
2-피롤리딘	0.088	0.194	1.97	1.12E+06	245	136
2-히드록시에틸-2-피롤리딘	데이터 없음	데이터 없음	데이터 없음	1.16E+06	296	133
트리프로필렌 글리콜(TPG)	0.082	0.165	1.97	1.02E+06	265	143
디프로필렌 글리콜	0.075	0.167	2.18	1.02E+06	232	124
테트라에틸렌 글리콜	0.078	0.191	2.18	1.12E+06	328	177
트리에틸렌 글리콜	0.080	0.196	2.18	1.13E+06	288	166
트리프로필렌 글리콜 메틸 에테르	0.075	0.154	2.12	9.63E+05	243	121
트리에틸렌 글리콜 n-부틸 에테르	0.076	0.160	2.13	9.90E+05	289	156

- [0072] 표 1에 열거된 공용매의 조합도 사용될 수 있을 것으로 믿어진다.
- [0073] 개질제(29)는 또한 계면활성제를 포함한다. 계면활성제의 형태 및 양은 소결성 재료(16)의 접촉 라인과의 접촉 각도가 90° 미만이도록 선택될 수 있다. 일부 경우에, 접촉 각도는 45° 미만일 수 있으며, 이는 소결성 재료(16)가 개질제(29)에 의해 습윤화되는 것을 보장하기에 바람직할 수 있다.
- [0074] 개질제(29)의 성분들은 함께 혼합될 수 있고, 이후 계면활성제의 양은 바람직한 접촉 각도를 달성하기 위해 조절될 수 있다. 계면활성제의 적절한 양은 부분적으로 계면활성제의 강도 및/또는 계면활성제 조합의 사용 여부

에 따라서 달라질 수 있는 것으로 밝혀졌다. 일 예에서, 계면활성제 양은 개질제(29)의 총 중량에 대해 약 1.5 중량% 이하일 수 있다. 적절한 계면활성제의 예로는 아세틸레닉 디올 화합물(예를 들면, Air Products and Chemicals, Inc.로부터의 SURFYNOL® SEF)에 기초한 셀프-유화성 비이온성 습윤제, 퍼플루오로-기반 에톡실레이티드 비이온성 플루오로계면활성제(Tyco Fire & Security GMBH LLC로부터의 CHEMGUARD® S-550-100), 비이온성 플루오로계면활성제(예를 들면, ZONYL FSO로 미리 알려진, DuPont으로부터의 CAPSTONE® 플루오로계면활성제), 및 그 조합체가 포함된다.

[0075] 전술했듯이, 개질제(29)는 또한, 일부 경우에 살생물제를 포함한다. 개질제(29)의 부분일 때, 살생물제는 개질제(29)의 총 중량에 대해 약 0.01 중량% 내지 약 0.2 중량%에 달하는 양으로 존재한다. 적절한 살생물제의 일 예는 1,2-벤지소시아졸린-3-one의 수용액(예를 들면, Arch Chemicals, Inc.로부터의 PROXEL® GXL)이다.

[0076] 개질제(29)의 나머지는 물이다. 따라서, 물의 양은 계면활성제, 공용매 및, 일부 경우에, 구비되는 살생물제의 양에 따라서 달라질 수 있다. 일 예에서, 물의 양은 개질제(29)의 총 중량의 약 70 중량% 내지 약 95 중량%에 달한다.

[0077] 개질제(29)는 응집제(28)와 유사하게 선택적으로 도포될 수 있다. 일 예에서, 개질제(29)는 단일 패스를 사용하여 또는 다중 패스를 사용하여 응집제(28)가 분배되는 것과 동시에 도포될 수 있다. 다른 예에서, 개질제(29)는 응집제(28)가 분배되기 전에 또는 후에 도포될 수 있다.

[0078] 도 2d에 도시하듯이, 개질제(29)는 잉크젯 프린트헤드(26')로부터 분배될 수 있다. 도 2d에는 단일 프린트헤드가 도시되어 있지만, 제조 베드(22)의 폭에 걸쳐있는 다중 프린트헤드가 사용될 수도 있음을 알아야 한다. 프린트헤드(26')는 소망 영역에 개질제를 증착하기 위해 프린트헤드(26')를 제조 베드(22) 근처로 이동시키는 이동 XY 스테이지 또는 병진이동 캐리지(어느 것도 도시되지 않음)에 부착될 수 있다. 프린트헤드(26')는 중앙 처리 장치로부터 명령을 수용하도록 또한 개질제(29)를 소망 부분(44 및/또는 42)에 증착하도록 프로그래밍될 수 있다.

[0079] 일 예에서는, 형성되는 3D 물체의 층의 에지를 강화, 순화, 평활화 등을 하는 것이 바람직할 수 있다. 이 예에서, 응집제(28)는 3D 물체의 층에 대한 단면[접촉면(25)에 평행]의 패턴에 따라서 선택적으로 도포될 수 있으며, 개질제(29)는 그 단면의 에지 경계(27)의 적어도 일부를 따라서 선택적으로 도포될 수 있다. 이것의 일 예가 도 2d[시스템(12)의 측단면도]와 도 3[제조 베드(22) 내의 소결성 재료(16)의 평면도]에 도시되어 있다. 이들 도면에 도시된 예에서, 형성될 3D 물체 층의 형상은 장방형 각기둥이며, 접촉면(25)에 평행한 단면의 패턴은 에지 경계(27)를 갖는 정방형 또는 장방형이다. 에지 경계(27) 내의 소결성 재료(16)는 응집제(28)가 선택적으로 도포되는 부분(44)이다. 에지 경계(27)와 제조 베드(22)의 에지 사이에 배치되는 소결성 재료(16)는 형성될 층에 대한 단면의 패턴 외부에 있으며, 따라서 개질제(29)가 선택적으로 도포되는 부분(42)이다.

[0080] 도 4를 간단히 참조하면, 두 부분(42, 44) 각각의 일부의 정면 사시도가 도시되어 있다. 도 4는 응집제(28) 및 개질제(29)가 도포된 후의 소결성 재료(16)의 일부를 도시한다. 도시되어 있듯이, 응집제(28)는 부분(44) 내의 소결성 재료(16)의 입자(16A, 16B, 16C) 사이의 보이드(31)의 적어도 일부에 침투할 수 있다. 마찬가지로, 개질제(29)는 에지 경계(27) 외측의 부분(42) 내의 소결성 재료(16)의 입자(16A, 16B, 16C) 사이의 보이드(31')의 적어도 일부에 침투할 수 있다. 다른 예에서, 응집제(28) 및/또는 개질제(29)는 보이드(31, 31') 내에 침투하지 않을 수 있지만, 소결성 재료(16)의 층(10)의 노출된 표면 위에 확산될 수 있다. 도 2d, 도 3 및 도 4에 도시된 예에서, 개질제(29)는 소결성 재료(16)의 부분(42)의 경화(융합, 소결 등)를 방지할 수 있으며, 응집제(28)는 소결성 재료(16)의 부분(44)의 경화(융합, 소결 등)를 향상시킬 수 있다.

[0081] 다른 예에서, 3D 물체의 층에 대한 단면[접촉면(25)에 평행]의 패턴 내의 에너지(또는 온도) 양을 감소시키는 것이 바람직할 수 있다. 이 예에서, 응집제(28)는 3D 물체의 층에 대한 단면[접촉면(25)에 평행]의 패턴에 따라서 선택적으로 도포될 수 있지만, 양은 소망 영역에서 에너지의 양을 감소시키기 위해 저하될 수 있다. 대안적으로, 이 예에서, 응집제(28)는 3D 물체의 층에 대한 단면[접촉면(25)에 평행]의 패턴에 따라서 선택적으로 도포될 수 있으며, 개질제(29)는 소망 영역에서 에너지의 양을 감소시키기 위해 그 단면의 적어도 일부 내에 선택적으로 도포될 수 있다. 따라서, 개질제(29)는 응집제(28)가 도포되는 소결성 재료(16)의 부분(44)의 전부 또는 일부에 도포될 수 있다. 일 예로서, 개질제(29)는 경화 중에 더 높은 온도를 보여주는 소결성 재료(16)의 부분(44)의 중심 또는 그 근처에 도포될 수 있으며, 소결성 재료(16)의 부분(44)의 에지 경계(27) 근처에 도포되지 않을 수 있다.

[0082] 응집제(28)와 개질제(29)가 소망 부분(44, 42)에 각각 선택적으로 도포된 후에, 소결성 재료(16)의 전체 층(1

0)은 방사선(R)에 노출된다. 이것은 도 1 및 도 2e에 참조 부호 112로 도시되어 있다.

- [0083] 방사선(R)은 적외선, 근적외선, 자외선, 또는 가시광선 경화 램프, 적외선, 근적외선, 자외선 또는 가시광선 발광 다이오드(LED), 또는 특정 파장을 갖는 레이저와 같은 방사선 소스(30)로부터 방출된다. 사용되는 방사선 소스(30)는 사용되는 응집제(28)의 형태에 적어도 부분적으로 의존할 것이다. 방사선 소스(30)는 예를 들어, 프린트헤드(26, 26')를 역시 유지하는 캐리지에 부착될 수 있다. 캐리지는 방사선 소스(30)를 제조 베드(22)에 인접한 위치로 이동시킬 수 있다. 방사선 소스(30)는 중앙 처리 장치로부터 명령을 수용하도록 또한 응집제(28) 및 개질제(29)를 포함하는 층(10)을 방사선(R)에 노출시키도록 프로그래밍될 수 있다. 방사선(R)이 인가되는 시간 또는 에너지 노출 시간의 길이는 예를 들어 방사선 소스(30)의 특성, 소결성 재료(16)의 특성 및/또는 응집제(28)의 특성 중 하나 이상에 의존할 수 있다.
- [0084] 응집제(28) 및 개질제(29)의 선택적 도포와 방사선 노출 사이의 시간은 어느 곳에서나 0.05 초 내지 약 6초에 달할 수 있다. 본 명세서에 개시된 개질제(29)로부터 소망 냉각 효과를 달성하기 위해서, 도포와 방사선 노출 사이의 시간이 감소될 수 있거나 및/또는 개질제(29)의 양이 증가될 수 있다. 시간 및/또는 양 조절의 수행은 부분(44)에서 경화가 이루어지는 동안 부분(42)에서의 경화를 억제하기에 충분한 시간 동안 선택된 부분의 온도가 하락 유지되도록 보장해준다. 이것이 바람직한 이유는 부분(42)이 증발로 인해 그 주위보다 저온에 있을 때 부분(42) 내로의 에너지 이동이 시간 경과에 따라 발생할 수 있기 때문이다.
- [0085] 응집제(28)는 방사선(R)의 흡수도를 향상시키고, 흡수된 방사선을 열 에너지로 변환시키며, 열 에너지의 그 인접한 소결성 재료(16)[즉, 응집제(28)의 열 점점 내의 소결성 재료(16)]로의 전달을 촉진한다. 일 예에서, 응집제(28)는 부분(44)에서의 소결성 재료(16)의 온도를 융점 이상으로 충분히 상승시켜, 입자(16A, 16B, 16C)의 경화(예를 들면, 소결, 결합, 융합 등)가 발생할 수 있게 한다.
- [0086] 추가로, 응집제(28)는 도포되지 않지만 개질제(29)는 도포되는 소결성 재료(16)의 부분(42)은 일부 에너지를 흡수하는 것을 알아야 한다. 그러나, 개질제(29)는 흡수된 에너지를 인접한 소결성 재료(15)에 보다 느리게 확산시킬 수 있으며, 개질제(29)의 증발은 에너지를 제거한다. 따라서, 이들 경우에, 부분(42) 내의 입자(16A, 16B, 16C)는 일반적으로 입자(16A, 16B, 16C)의 융점을 초과하지 않으며 경화되지 않는다.
- [0087] 방사선(R)에 대한 노출은 형성될 3D 물체(40)(도 2f 참조)의 하나의 층(32)을 형성한다.
- [0088] 도 1의 단계 102 내지 112(도 2a 내지 도 2f를 참조하여 설명됨)는 후속 층(34, 36, 38)(도 2f)을 생성하고 궁극적으로 3D 물체(40)를 형성하기 위해 필요에 따라서 많은 횟수 반복될 수 있다. 응집제(28)가 송출된 소결성 재료(16)의 부분으로부터 에너지 인가 중에 흡수된 열이 층(32)과 같은 미리 응고된 층으로 전파될 수 있으며, 그 층의 적어도 일부가 그 융점 이상으로 가열되게 하는 것을 알아야 한다. 이 효과는 3D 물체(40)의 인접한 층들 사이에 강력한 층간 접합을 생성하는데 도움이 된다.
- [0089] 도 2f는 제조 베드(22) 내의 3D 물체(40)의 일 예를 도시한다. 그러나, 연속 형성되는 층(34, 36, 38)은 임의의 소망 형상 및/또는 두께를 가질 수 있으며 형성될 3D 물체(40)의 크기, 형상 등에 따라서 임의의 다른 층(32, 34, 36, 38)과 동일하거나 상이할 수 있음을 알아야 한다.
- [0090] 도 2f에 도시하듯이, 연속 층(34, 36, 38)이 형성 완료됨에 따라, 송출 피스톤(18)은 송출 베드(14)의 개구에 더 가깝게 푸시되며, 송출 베드(14) 내의 소결성 재료(16)의 공급은 (방법의 착수 시에 예를 들어 도 2a에 비해서) 감소된다. 제조 피스톤(24)은 소결성 재료(16)의 연속 층, 선택적으로 도포된 응집제(28), 및 선택적으로 도포된 개질제(29)를 수용하기 위해 제조 베드(22)의 개구로부터 더 멀리 푸시된다. 소결성 재료(16)의 적어도 일부는 각각의 층(32, 34, 36, 38)이 형성된 후 미경화 상태로 유지되기 때문에, 3D 물체(40)는 제조 베드(22)에서 미경화 소결성 재료(16) 및 개질제(29)에 의해 적어도 부분적으로 둘러싸인다.
- [0091] 3D 물체(40)가 완료되면, 이는 제조 베드(22)로부터 제거될 수 있으며, 미경화 소결성 재료(16) 및 개질제(29)는 상호 분리될 수 있다. 이것은 물 세척에 의해 달성될 수 있다. 미경화 소결성 재료(16)는 세척 후 재사용될 수 있다.
- [0092] 이제 도 5를 참조하면, 인쇄 시스템(12')의 다른 예가 도시되어 있다. 시스템(12')은 적층 인쇄 시스템(12')의 일반 작동을 제어하는 중앙 처리 장치(46)를 구비한다. 일 예로서, 중앙 처리 장치(46)는 예를 들어 통신 버스(도시되지 않음)를 거쳐서 메모리(50)에 결합되는 마이크로프로세서-기반 컨트롤러일 수 있다. 메모리(50)는 컴퓨터 판독가능한 지령(48)을 저장한다. 중앙 처리 장치(46)는 지령(48)을 실행할 수 있으며, 따라서 지령(48)에 따라 시스템(12')의 작동을 제어할 수 있다.



- [0093] 이 예에서, 인쇄 시스템(12')은 지지 부재(58) 상에 제공된 소결성 재료(16)의 층(이 도면에 도시되지 않음)의 부분(44)에 응집제(28)를 선택적으로 송출하기 위해 응집제 분배기(26)를 구비한다. 이 예에서, 인쇄 시스템(12')은 또한 다른 부분(42) 및/또는 지지 부재(58) 상에 제공된 소결성 재료(16)의 층(이 도면에 도시되지 않음)의 부분(44)에 개질제(29)를 선택적으로 송출하기 위해 개질제 분배기(26')를 구비한다.
- [0094] 일 예에서, 지지 부재(58)는 약 10 cm×10 cm 내지 약 100 cm×100 cm의 치수를 갖지만, 지지 부재(58)는 형성될 3D 물체(40)에 따라서 더 크거나 더 작은 치수를 가질 수도 있다.
- [0095] 중앙 처리 장치(46)는 송출 제어 데이터(52)에 따라서 소결성 재료(16)에 대한 응집제(28) 및 개질제(29)의 선택적 송출을 제어한다.
- [0096] 도 5에 도시된 예에서, 분배기(26, 26')는 써멀 프린트헤드 또는 압전 잉크젯 프린트헤드와 같은 프린트헤드라는 것을 알아야 한다. 프린트헤드(26, 26')는 드롭-온-디맨드(drop-on-demand) 프린트헤드 또는 연속 드롭 프린트헤드일 수 있다.
- [0097] 프린트헤드(26, 26')는 적절한 유체의 형태일 때 응집제(28) 및 개질제(29)를 각각 선택적으로 송출하기 위해 사용될 수 있다. 전술했듯이, 응집제(28) 및 개질제(29)의 각각은 프린트헤드(26, 26')를 거쳐서 송출될 수 있도록 물, 공용매, 계면활성제 등과 같은 전달매체(vehicle)를 구비한다.
- [0098] 일 예에서, 프린트헤드(26, 26')는 응집제(28) 및 개질제(29)의 액적을 약 180 DPI(dots per inch) 내지 약 1200 DPI의 해상도로 송출하도록 선택될 수 있다. 다른 예에서, 프린트헤드(26, 26')는 응집제(28) 및 개질제(29)의 액적을 더 높거나 낮은 해상도로 송출할 수 있도록 선택될 수 있다. 액적 속도는 약 8 m/s 내지 약 24 m/s에 달할 수 있으며 격발 빈도는 약 1 kHz 내지 약 48 kHz에 달할 수 있다. 일 예에서는, 만들어지는 물체의 층마다 선택된 부분에 0.3 내지 1.0 mg/cm<sup>2</sup>의 개질제(29)가 송출되는 것이 바람직할 수 있다.
- [0099] 각각의 프린트헤드(26, 26')는 노즐 어레이를 구비할 수 있으며, 프린트헤드(26, 26')는 상기 노즐 어레이를 통해서 유체 액적을 선택적으로 방출할 수 있다. 일 예에서, 각각의 액적은 약 6 피코 리터(pL)/액적 내지 약 10 피코 리터(pL)/액적 정도일 수 있지만, 더 높거나 낮은 액적 크기가 사용될 수도 있음을 알아야 한다. 일부 예에서, 프린트헤드(26, 26')는 다양한 크기의 액적을 송출할 수 있다.
- [0100] 프린트헤드(26, 26')는 인쇄 시스템(12')의 일체형 부분일 수 있거나, 또는 사용자 교체형일 수 있다. 프린트헤드(26, 26')가 사용자 교체형일 때, 이들 프린트헤드는 적절한 분배기 수용체 또는 인터페이스 모듈(도시되지 않음)에 착탈식으로 삽입될 수 있다.
- [0101] 인쇄 시스템(12')의 다른 예에서는, 응집제(28)와 개질제(29) 양자를 선택적으로 송출하기 위해 단일의 잉크젯 프린트헤드가 사용될 수 있다. 예를 들어, 프린트헤드의 제 1 세트의 프린트헤드 노즐은 응집제(28)를 송출하도록 구성될 수 있으며, 프린트헤드의 제 2 세트의 프린트헤드 노즐은 개질제(29)를 송출하도록 구성될 수 있다.
- [0102] 도 5에 도시되어 있듯이, 분배기(26, 26')의 각각은 이 분배기가 페이지-전체 어레이 구조로 지지 부재(58)의 전체 폭에 걸쳐있을 수 있게 하는 길이를 갖는다. 일 예에서, 페이지-전체 어레이 구조는 다중 프린트헤드의 적절한 배치를 통해서 달성된다. 다른 예에서, 페이지-전체 어레이 구조는 복수 노즐이 지지 부재(58)의 폭에 걸쳐있을 수 있게 하는 길이의 복수 노즐 어레이를 갖는 단일 프린트헤드를 통해서 달성된다. 인쇄 시스템(12')의 다른 예에서, 분배기(26, 26')는 이들 분배기가 지지 부재(58)의 전체 폭에 걸쳐있을 수 없게 하는 더 짧은 길이를 가질 수 있다.
- [0103] 도 5에는 도시되지 않았지만, 분배기(26, 26')는 이들 분배기가 도시된 y축을 따라서 지지 부재(58)의 길이에 걸쳐서 쌍방향으로 이동할 수 있게 하기 위해 가동 캐리지 상에 장착될 수도 있음을 알아야 한다. 이것은 단일 패스에서 지지 부재(58)의 전체 폭 및 길이에 걸쳐서 응집제(28) 및 개질제(29)의 선택적 송출을 가능하게 한다. 다른 예에서, 분배기(26, 26')는 고정될 수 있는 반면에 지지 부재(58)는 그것에 대해 이동하도록 구성된다.
- [0104] 본 명세서에 사용되는 용어 '폭'은 일반적으로 도 5에 도시된 X축 및 Y축에 평행한 평면에서 가장 짧은 치수를 지칭하며, 용어 '길이'는 이 평면에서 가장 긴 치수를 지칭한다. 그러나, 다른 예에서 용어 '폭'은 용어 '길이'와 호환될 수 있음을 알아야 한다. 일 예로서, 분배기(26, 26')는 지지 부재(58)의 전체 길이에 걸쳐있을 수 있게 하는 길이를 가질 수 있고 가동 캐리지는 지지 부재(58)의 폭에 걸쳐서 쌍방향으로 이동할 수 있다.
- [0105] 분배기(26, 26')가 이들 분배기가 지지 부재(58)의 전체 폭에 걸쳐있을 수 없게 하는 보다 짧은 길이를 갖는 예

에서, 분배기(26, 26')는 또한 도시된 X축에서 지지 부재(58)의 폭에 걸쳐서 쌍방향으로 이동 가능할 수 있다. 이 구성은 다중 패스를 사용하여 지지 부재(58)의 전체 폭 및 길이에 걸쳐서 응집제(28) 및 개질제(29)의 선택적 송출을 가능하게 한다.

[0106] 분배기(26, 26')는 각각 응집제(28) 및 개질제(29)의 공급원을 그 안에 구비할 수 있거나, 응집제(28) 및 개질제(29)의 분리 공급원에 각각 작동적으로 연결될 수 있다.

[0107] 도 5에 도시하듯이, 인쇄 시스템(12')은 또한 소결성 재료 분배기(56)를 구비한다. 이 분배기(56)는 지지 부재(58) 상에 소결성 재료(16)의 층[예를 들면, 층(10)]을 제공하기 위해 사용된다. 적절한 소결성 재료 분배기(56)는 예를 들어 와이퍼 블레이드, 롤러 또는 그 조합을 구비할 수 있다.

[0108] 소결성 재료(16)는 호퍼 또는 기타 적절한 송출 시스템으로부터 소결성 재료 분배기(56)에 공급될 수 있다. 도시된 예에서, 소결성 재료 분배기(56)는 소결성 재료의 층을 증착하기 위해 지지 부재(58)의 길이(Y 축)에 걸쳐서 이동한다. 전술했듯이, 소결성 재료(16)의 제 1 층이 지지 부재(58) 상에 증착될 것이며, 소결성 재료(16)의 후속 층들이 앞서 증착된(그리고 응고된) 층 상에 증착될 것이다.

[0109] 또한, 지지 부재(58)는 Z 축을 따라서 이동할 수도 있음을 알아야 한다. 일 예에서, 지지 부재(58)는 소결성 재료(16)의 신규 층이 증착됨에 따라 가장 최근에 형성된 층의 표면과 분배기(26, 26')의 하면 사이에 예정된 갭이 유지되도록 Z 방향으로 이동된다. 다른 예에서, 그러나, 지지 부재(58)는 Z 축을 따라서 고정될 수 있으며 분배기(26)는 Z 축을 따라서 이동할 수 있다.

[0110] 시스템(12)과 마찬가지로, 시스템(12')은 또한 소결성 재료(16)의 부분(44)의 응고를 초래하기 위해 소결성 재료(16)의 증착된 층, 응집제(28), 및 개질제(29)에 에너지를 인가하기 위한 방사선 소스(30)를 구비한다. 전술한 방사선 소스(30) 중 임의의 것이 사용될 수 있다. 일 예에서 방사선 소스(30)는 증착된 재료에 에너지를 균일하게 인가할 수 있는 단일의 에너지 소스이며, 다른 예에서 방사선 소스(30)는 증착된 재료에 에너지를 균일하게 인가하기 위한 에너지 소스 어레이를 구비한다.

[0111] 본 명세서에 개시된 예에서, 방사선 소스(30)는 증착된 소결성 재료(16)의 전체 표면에 에너지를 거의 균일하게 인가하도록 구성된다. 이 형태의 방사선 소스(30)는 포커싱되지 않은 에너지 소스로 지칭될 수 있다. 전체 층을 에너지에 동시에 노출시키는 것은 3차원 물체가 생성될 수 있는 속도를 증가시키는데 도움이 될 수 있다.

[0112] 도시되지는 않았지만, 방사선 소스(30)는 가동 캐리지 상에 장착될 수도 있거나 고정 위치에 있을 수도 있음을 알아야 한다.

[0113] 중앙 처리 장치(46)는 방사선 소스(30)를 제어할 수 있다. 공급되는 에너지의 양은 송출 제어 데이터(52)에 따라서 제어될 수 있다.

[0114] 시스템(12')은 또한 (도 2b를 참조하여 도시하고 설명했듯이) 증착된 소결성 재료(16)를 예비-가열하기 위해 사용되는 예비-가열기(60)를 구비할 수 있다. 예비-가열기(60)의 사용은 방사선 소스(30)에 의해 인가되어야 하는 에너지의 양을 감소시키는데 도움을 줄 수 있다.

[0115] 본 발명을 추가로 예시하기 위해, 예들이 본 명세서에 제공된다. 이들 예는 예시적인 목적으로 제공되는 것이며 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 간주되지 않아야 함을 알아야 한다.

[0116] <예 1>

[0117] 예시적 개질제(예) 및 여러 개의 비교 개질제(비교예 1 내지 비교예 5)가 준비되었다. 제제(1F로 지칭됨)는 표 2에 도시되어 있다.

표 2

성분	IF7 예	IF 비교예 1	IF4 비교예 2	IF6 비교예 3	IF8 비교예 4	IF9 비교예 5
중량 퍼센트						
칼륨 인산염 2염기 3수화물 (K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ·3H <sub>2</sub> O)	0	0	27.5	0	0	0
요드화 칼륨(KI)	0	20	0	0	20	20
트리프로필렌 글리콜	0	0	0	50	20	10
2-히드록시에틸-2-피롤리디논	8	6	6	0	0	0

1,6-헥산디올	0	3	3	0	0	0
2-피콜리딘논(2-P)	0	7	7	0	0	0
테트라에틸렌 글리콜	0	3	3	0	0	0
글리세롤	0	0	0	0	0	10
SURFYNOL® SEF	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
CHEMGUARD® S 550-L-100	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
CRODAFOS® N-3	0	1	1	1	1	1
PROXEL® GXL	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
탈이온수	나머지	나머지	나머지	나머지	나머지	나머지

[0119] 대칭 부분들은 광 영역 처리를 사용하여 형성되었다. Electro Optical Systems GmbH로부터 입수 가능한 PA2200 폴리아미드 12 소결성 재료의 100  $\mu\text{m}$ 층이 도포되었다. Hewlett Packard Company로부터 입수 가능한 HP CM991A 잉크가 잉크젯 프린터에 의해 소결성 재료 상에 부분의 패턴으로 응집체로서 도포되었다. 예 및 비교에 개질제는 패턴의 절반의 에지에서 소결성 재료에 도포되었다. 프린터 세팅은 160°C 제조 베드 세트 포인트 및 20초 층 사이클 시간을 포함하였다. 40층의 재료가 증착, 패턴화 및 경화되었다.

[0120] 형성된 부분들은 미소결 소결성 재료를 제거하고 개질제의 성능을 평가하기 위해 칫솔에 의한 비눗물 세척에 노출되었다.

[0121] 세척 이후의 부분들의 사진이 도 6a 내지 도 6f에 도시되어 있다. 표 3은 각각의 부분의 제조 중에 사용된 각종 부분 및 개질제에 도면을 연결한다.

표 3

사용된 부분 및 개질제	도면
IF7 예를 사용하여 형성된 예시적 부분	도 6a
IF 비교예 1을 사용하여 형성된 비교 부분 1	도 6b
IF4 비교예 2를 사용하여 형성된 비교 부분 2	도 6c
IF6 비교예 3을 사용하여 형성된 비교 부분 3	도 6d
IF8 비교예 4를 사용하여 형성된 비교 부분 4	도 6e
IF9 비교예 5를 사용하여 형성된 비교 부분 5	도 6f

[0123] 각각의 개질제는 부분의 각각의 제조 중에 바닥 에지를 따라서 및 정방향 노치 내에 도포되었다. 도 6a 내지 도 6f의 비교 시에, 예시적 부분(도 6a, 물, 소망 열화산율을 갖는 소정 범위의 공용매, 및 계면활성제로 구성되는 예시적 개질제로 형성됨)은 개질제가 도포된 부분에서 최소 양의 소결성 재료(16)를 갖는다. 염 및/또는 높은(30 중량%보다 큰) 양의 공용매로 제형된 비교 부분(도 6b 내지 도 6f)은 노치도 치우지 못했다. 오히려, 미소결 소결성 재료는 비교 부분의 노치 내에 들러붙는다(즉, 쌓인다).

[0124] 증발 이후, 각각의 부분은 더 거친 세척을 위해 샌드블래스팅에 노출되었다. 도 6a 내지 도 6f에 도시된 것과 유사한 결과가 얻어졌다.

[0125] <예 2>

[0126] 약 90 중량%의 물과 약 8 중량%의 글리콜 에테르를 포함하는 개질제가 준비되었다.

[0127] Electro Optical Systems GmbH로부터 입수 가능한 PA2200 폴리아미드 12 소결성 재료의 100  $\mu\text{m}$ 층이 도포되었다. Hewlett Packard Company로부터 입수 가능한 HP CM991A 잉크가 잉크젯 프린터에 의해 소결성 재료 상에 부분의 패턴으로 응집체로서 도포되었다. 개질제는, 층 당(per layer) 0  $\text{mg}/\text{cm}^2$  내지 1.3  $\text{mg}/\text{cm}^2$  범위의 양으로, 각각의 톱니 형상의 에지에서 소결성 재료에 도포되었다. 프린터 세팅은 160°C 제조 베드 세트 포인트 및 20초 층 사이클 시간을 포함하였다. 40층의 재료가 증착, 패턴화 및 경화되었다.

[0128] 톱니 길이(mm)는 개질제의 양의 효과를 평가하기 위해 부분이 형성된 후 측정되었다. 도 7은 톱니 길이 대 개질제 양의 그래프를 도시한다. 1.3  $\text{mg}/\text{cm}^2$ 의 개질제는 너무 많은 생각을 제공할 수 있고 패턴 길이를 바람직하지 않게 감소시킬 수 있는 것으로 나타난다. 이들 결과는 본 명세서에 개시된 예를 사용하여 도포할 개질제의

양을 결정하는 것이 바람직할 수 있음을 보여준다.

[0129] 도 8a 내지 도 8d는 본 예에서 형성되는 부분의 사진이다. 도 8a는 그 에지에 개질제가 전혀 도포되지 않은(즉, 층 당 0 mg/cm<sup>2</sup>) 톱니를 도시한다. 도 8b는 개질제가 그 에지 주위에 층 당 0.33 mg/cm<sup>2</sup>의 양으로 도포되고 톱니의 단부를 넘어서 2mm 연장되는 톱니를 도시한다. 도 8c는 그 에지에 개질제가 층 당 0.66 mg/cm<sup>2</sup>의 양으로 도포된 톱니를 도시한다. 도 8d는 그 에지에 개질제가 층 당 1.3 mg/cm<sup>2</sup>의 양으로 도포된 톱니를 도시한다. 톱니의 흑색 영역은 응집제로 마킹된 영역을 나타내며, 이는 특징부의 소망 치수를 나타낸다. 도 8b 내지 도 8d에 비해서 도 8a의 톱니의 에지에는 보다 백색의 바람직하지 않은 소결된 재료가 존재한다. 도 8b 내지 도 8d는 응집제 영역 다음으로 증착되는 개질제의 증가된 양(0.33, 0.66, 1.33 mg/cm<sup>2</sup>)을 보여준다. 바람직하지 않은 백색의 소결된 재료의 양은 각각의 연속 화상에서 감소된다.

[0130] <예 3>

[0131] 예 2의 개질제가 본 예에도 사용되었다.

[0132] Electro Optical Systems GmbH로부터 입수 가능한 PA2200 폴리아미드 12 소결성 재료의 100 μm층이 도포되었다. Hewlett Packard Company로부터 입수 가능한 HP CM991A 잉크가 잉크젯 프린터에 의해 소결성 재료 상에 부분의 패턴으로 응집제로서 도포되었다. 개질제는, 층 당 0, 0.66 및 1.33 mg/cm<sup>2</sup>의 양으로, 각각의 톱니 형상의 에지에서 소결성 재료에 도포되었다. 프린터 세팅은 160℃ 제조 베드 세트 포인트 및 20초 층 사이클 시간을 포함하였다. 40층의 재료가 증착, 패턴화 및 경화되었다. 경화 전에 2초 또는 4초의 시간 지연이 도입되었다.

[0133] 톱니 길이(mm)는 개질제의 양의 효과 및 경화 지연을 평가하기 위해 부분이 형성된 후 측정되었다. 이들 결과는 표 4에 도시되어 있다.

표 4

[0134]

부분	경화전 지연 (초)	개질제 (mg/cm <sup>2</sup> )	측정된 특징부 길이 (mm)
비교예 1	2	0	2.40
예 2	2	0.66	2.32
예 3	2	1.33	2.15
비교예 4	4	0	2.45
예 5	4	0.66	2.33
예 6	4	1.33	2.28

[0135] 표 4의 결과로부터, 개질제의 사용은 개질제가 전혀 사용되지 않는 경우에 비해서 톱니 길이를 감소시킨다. 이것은 개질제가 전혀 사용되지 않을 때 바람직하지 않은 소결성 재료가 톱니의 에지에 들러붙는 것을 나타낸다. 또한, 동일한 양의 개질제가 사용되었을 때, 경화 시의 더 짧은 지연은 경화 시의 더 긴 지연과 비교할 때 약간 줄어든 톱니 길이를 초래하였다(예 2를 예 5와 비교하고 예 3을 예 6과 비교).

[0136] 본 명세서에 개시된 개질제(29)의 예는 에지 경계(27) 또는 그 근처에 들러붙는 바람직하지 않은 소결성 재료를 효과적으로 감소시킬 수 있거나, 응집 블리드를 감소시킬 수 있거나, 및/또는 부분(42) 내의 에지 경계(27) 또는 그 근처에서 소결성 재료(16)의 경화 레벨을 감소시키거나 및/또는 소결성 재료의 경화를 방지할 수 있다.

[0137] 명세서 전체에 걸쳐서 "하나의 예", "다른 예", "일 예" 등의 참조는 그 예와 관련하여 기재된 특정 요소(예를 들면, 특징부, 구조물 및/또는 특성)가 본 명세서에 기재된 하나 이상의 예에 구비되고, 다른 예에 존재할 수도 존재하지 않을 수도 있음을 의미한다. 또한, 임의의 예에서 기재된 요소는 달리 명시되지 않는 한 다양한 예에서 임의의 적절한 방식으로 조합될 수 있음을 알아야 한다.

[0138] 본 명세서에 제공되는 범위는 기술된 범위와 기술된 범위 내의 임의의 값 또는 소범위를 포함하는 것을 알아야 한다. 예를 들어, 약 50℃ 내지 약 350℃의 범위는 명시된 약 50℃ 내지 약 350℃의 한계를 포함할 뿐 아니라 57℃, 95℃, 125℃, 250℃ 등과 같은 개별 값, 및 약 70℃ 내지 약 225℃, 약 60℃ 내지 약 170℃ 등과 같은 소범위를 포함하는 것으로 해석되어야 한다. 또한, 값을 기술하기 위해 "약"이 사용될 때, 이는 기술된 값으로부터 약간의 편차(+/- 10% 이하)를 망라하도록 의미된다.

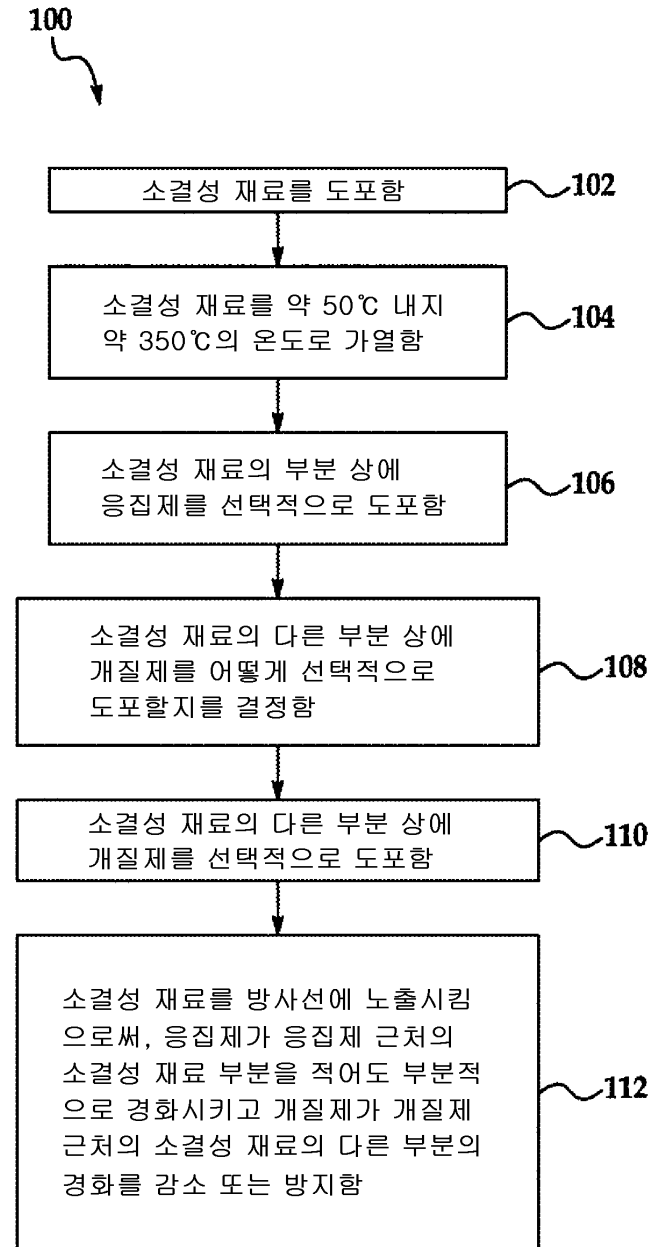
[0139] 본 명세서에 개시된 예를 설명하고 청구하는데 있어서, 단수형의 관사 및 정관사는 달리 명시되지 않는 한 복수

의 지시대상을 포함한다.

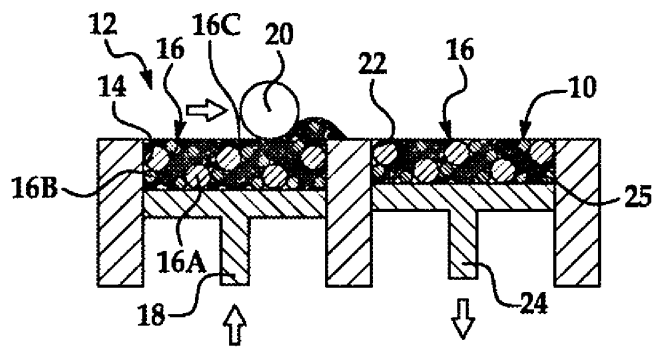
[0140] 여러가지 예를 상세히 설명했지만, 개시된 예는 수정될 수 있음이 통상의 기술자에게 자명할 것이다. 따라서, 이상의 설명은 비제한적인 것으로 간주되어야 한다.

## 도면

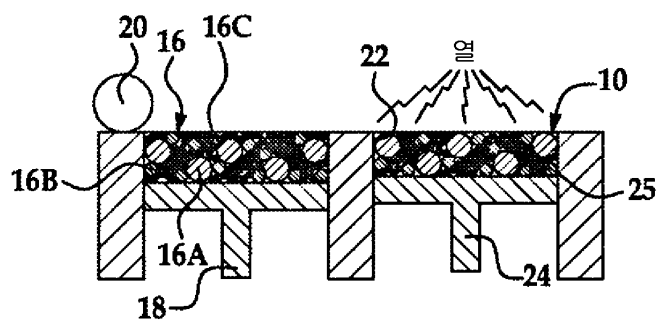
### 도면1



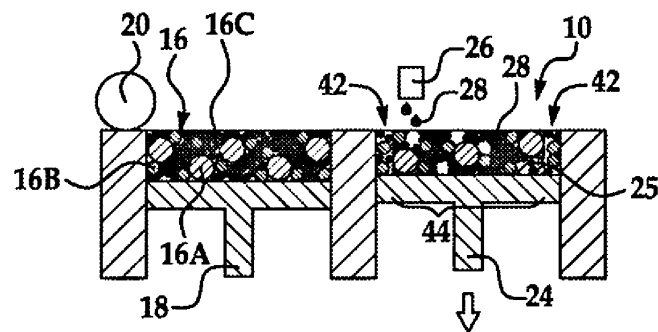
도면2a



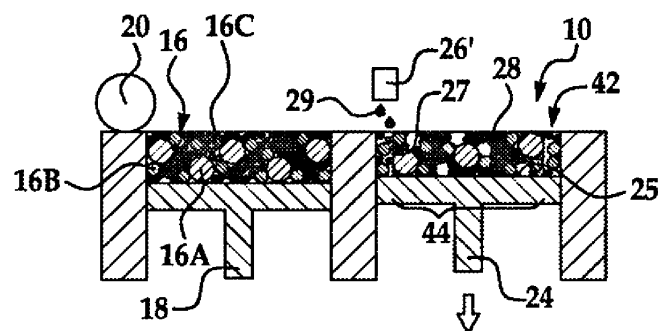
도면 2b



도면2c

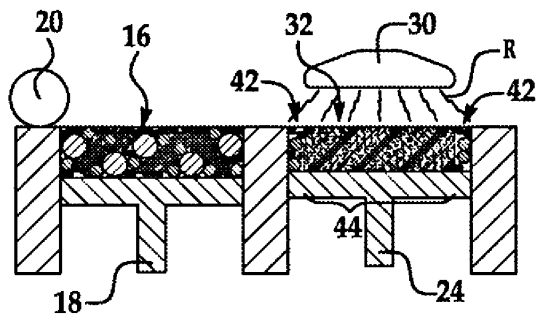


도면 2d

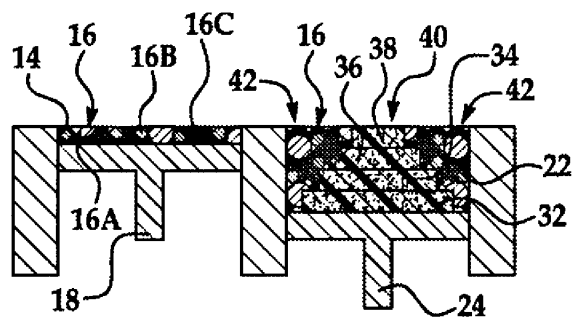




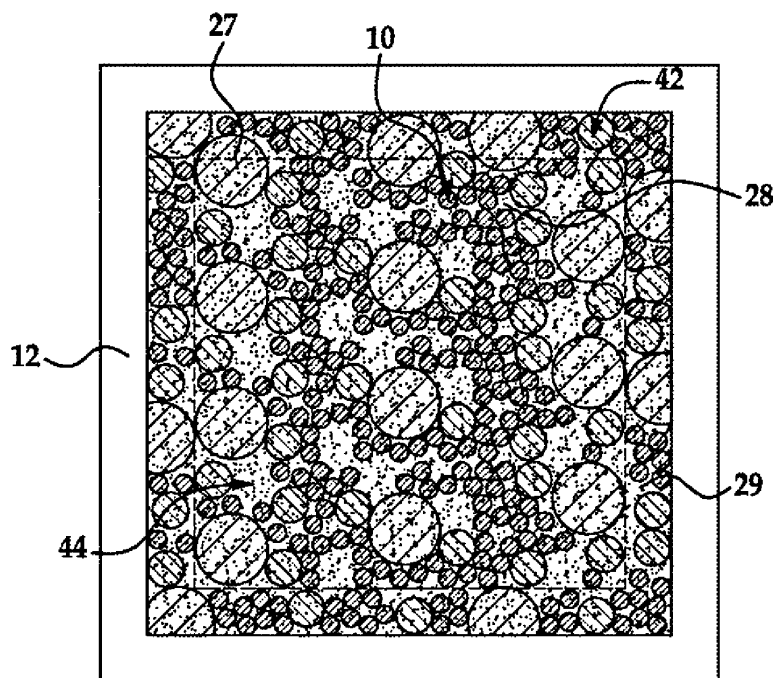
도면2e



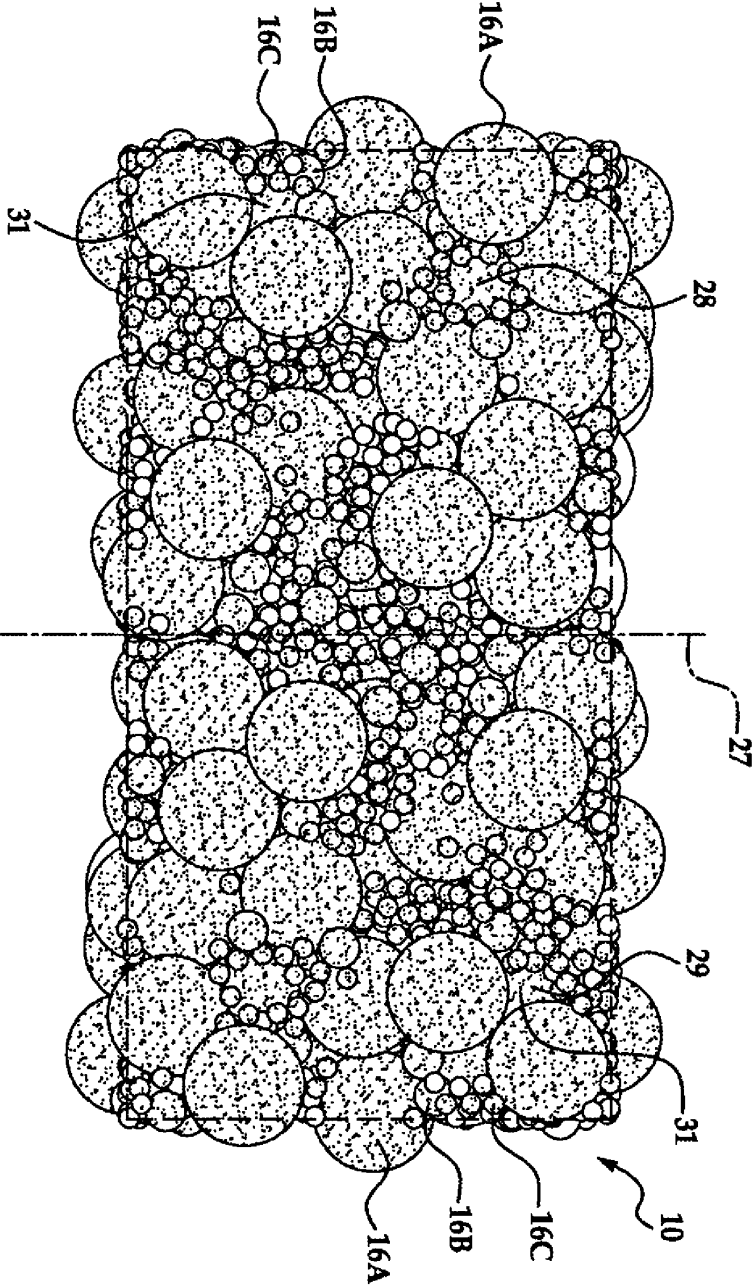
도면 2f



도면3

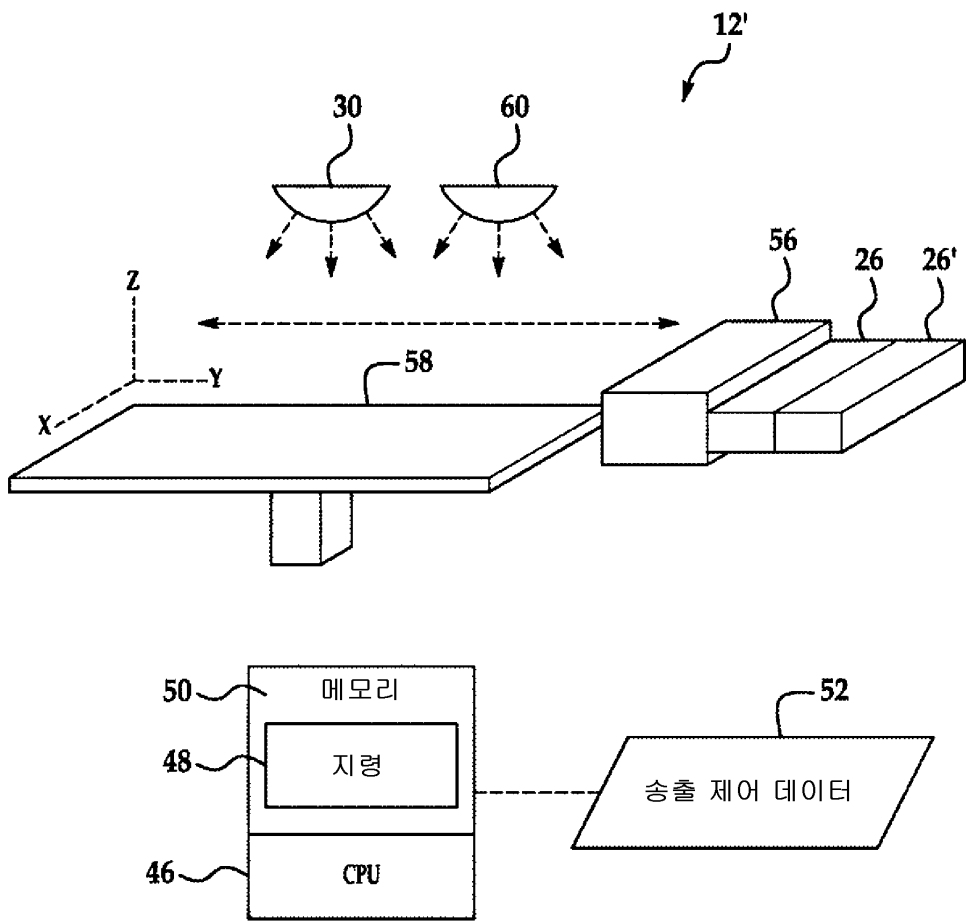


도면4

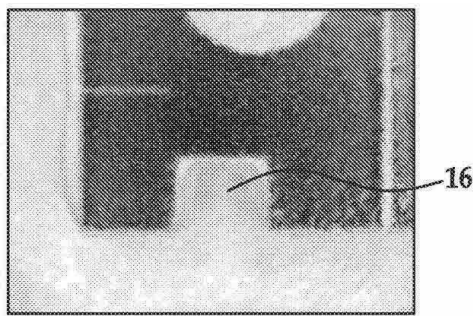




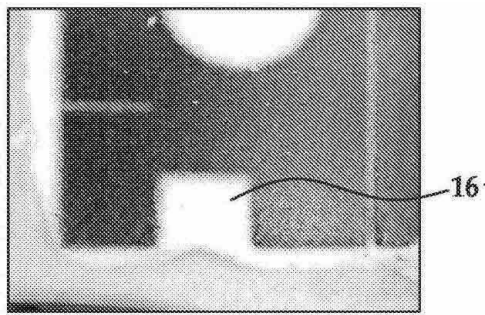
도면5



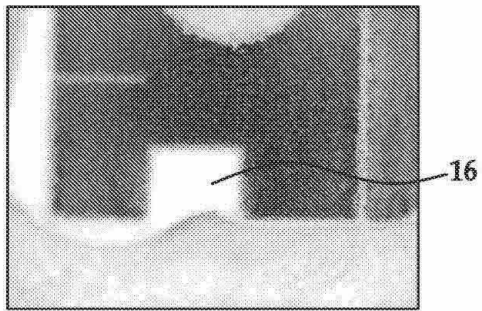
도면6a



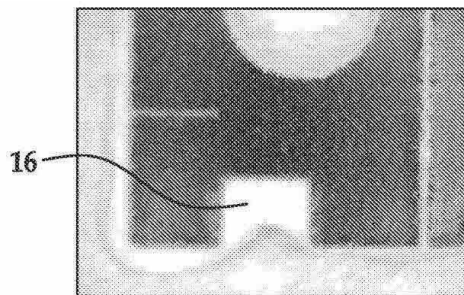
도면6b



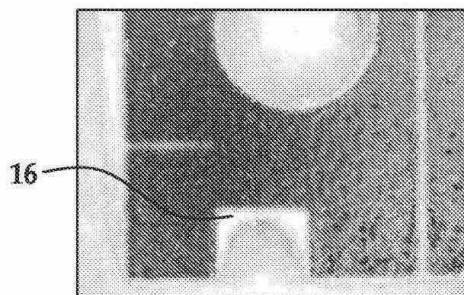
도면6c



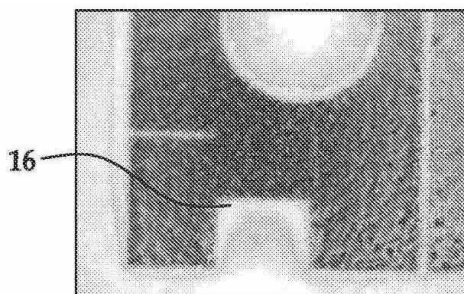
도면6d



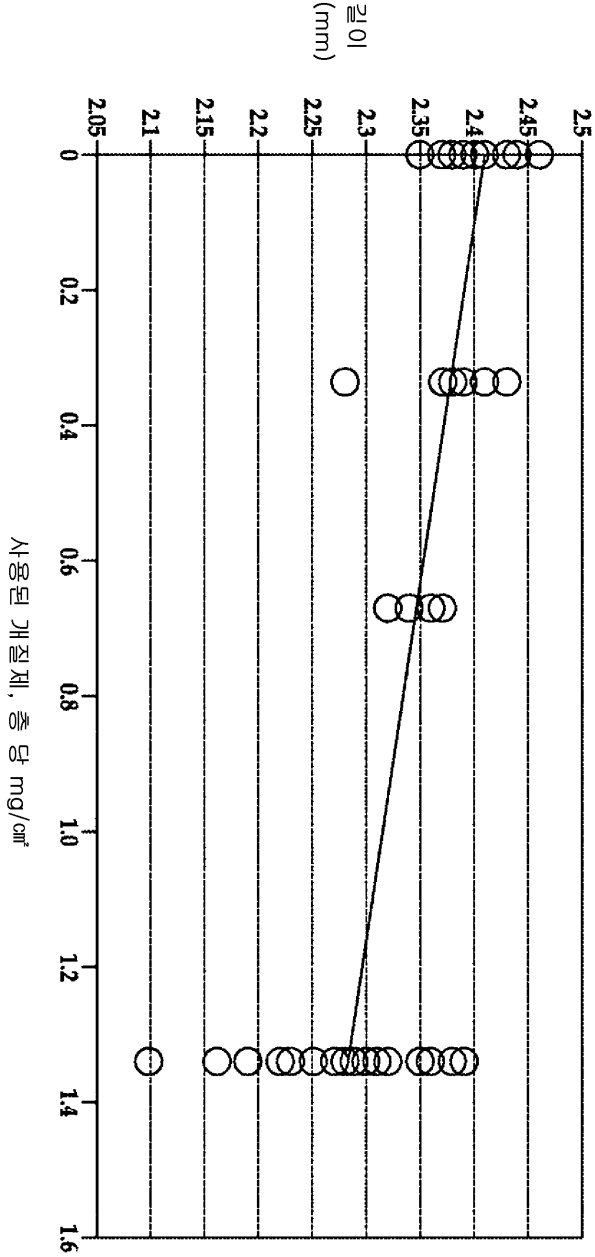
도면6e



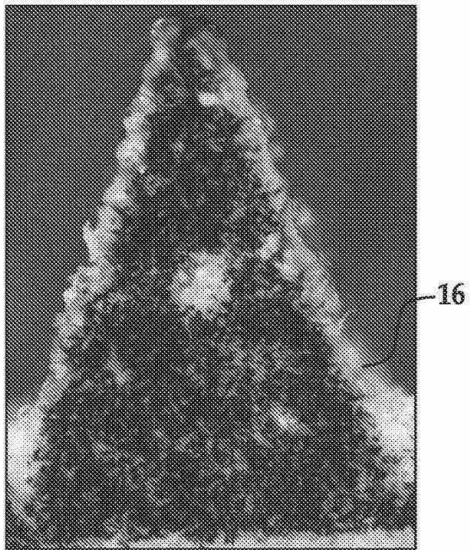
도면6f



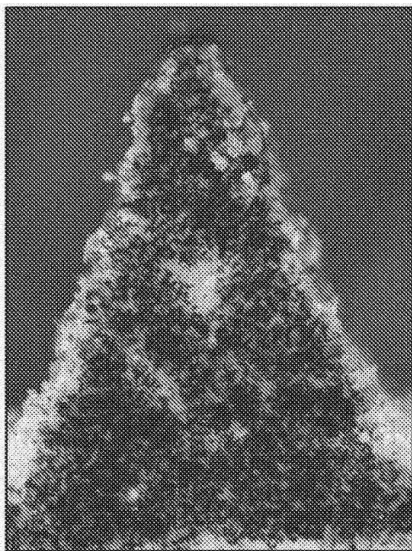
도면7



도면8a

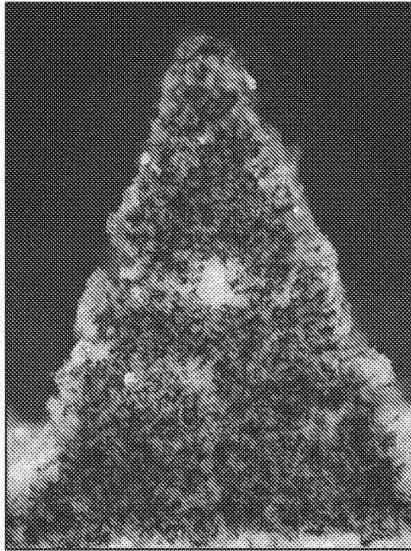


도면8b





도면8c



도면8d

