(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0108727
(43) 공개일자 2022년08월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22F 10/22 (2021.01) *B22F 12/53* (2021.01)
B22F 12/90 (2021.01) *B33Y 30/00* (2015.01)
B33Y 40/00 (2020.01)
(52) CPC특허분류
B22F 10/22 (2021.08)
B22F 12/53 (2021.01)
(21) 출원번호 10-2022-0008855
(22) 출원일자 2022년01월21일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
17/159,975 2021년01월27일 미국(US)

(71) 출원인
팔로 알토 리서치 센터 인코포레이티드
미국 캘리포니아주 94304 팔로 알토 코요테 힐 로드 3333
제록스 코포레이션
미국 06851-1056 코네티컷주 노워크 메리트 7 201 피.오. 박스 4505
(72) 발명자
데이비드 에이 맨텔
미국 14610 뉴욕, 로체스터 야무스 로드 275
크리스토퍼 티 청빈
미국 14622 뉴욕, 로체스터 스프링 밸리 드라이브 147
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인코리아나

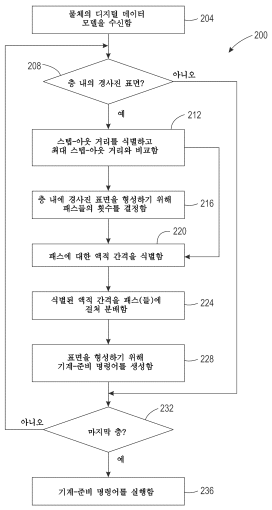
전체 청구항 수 : 총 28 항

(54) 발명의 명칭 **금속 액적 토출 3차원(3d) 물체 프린터로 오버행 구조체를 형성하기 위한 방법 및 장치**

(57) 요 약

3차원(3D) 금속 물체 제조 장치는 경사 표면을 형성하는 층이 형성되는 구조체에 수직인 라인으로부터 45° 초과의 경사 각도를 갖는 경사 표면을 형성하도록 작동된다. 이 각도는 수직 라인으로부터의 스텝-아웃 거리 및 경험적으로 도출된 데이터로부터 결정된 최대 개별 스텝-아웃 거리에 대응한다. 장치의 토출 헤드의 다수의 패스는 경사진 에지를 형성하기 위해 층 내에서 수행될 수 있고, 경사진 구조체의 질량은 경사진 에지 내에 분배되어, 에지가 결함없이 형성되게 한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
B22F 12/90 (2021.08)
B33Y 30/00 (2013.01)
B33Y 40/00 (2013.01)
(72) 발명자
다니엘 코미어
미국 14534 뉴욕, 피츠포드 트로터스 필드 런 36
데이비드 쥐, 틸리
미국 14589 뉴욕, 윌리암슨 레이크 로드 2709
웰터 시아오
미국 94402 캘리포니아, 산 마테오 메이플 스트리트 1320
프리얀카 데비 구길아푸
미국 14580 뉴욕, 웹스터 필드크레스트 드라이브 1446
마이클 에프 다피란
미국 14580 뉴욕, 웹스터 코랄도 드라이브 254
디네쉬 크리스나 쿠마 자야발
미국 14623 뉴욕, 로체스터 에이피티 에이, 클레이로드 476

명 세 서

청구범위

청구항 1

금속 액적 토출 장치를 작동시키는 방법으로서,

상기 금속 액적 토출 장치에 의해 형성될 물체의 층 내의 주연부의 각각의 부분에 대해 형성될 경사진 에지들을 식별하는 단계;

형성될 상기 물체의 층 내의 상기 주연부의 각각의 부분에서 상기 식별된 경사진 에지들을 형성하도록 상기 금속 액적 토출 장치를 작동시키는 기계-준비 명령어들을 생성하기 위해 최대 개별 스텝-아웃 거리(step-out distance)를 사용하는 단계; 및

형성될 상기 물체의 층 내의 상기 주연부의 각각의 부분에서 상기 경사진 에지들을 형성하도록 상기 금속 액적 토출 장치를 작동시키기 위해 상기 생성된 기계-준비 명령어들을 실행하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 물체의 층 내에 형성될 상기 주연부의 각각의 부분에 대해 각각의 식별된 경사진 에지에 대한 스텝-아웃 거리를 식별하는 단계; 및

상기 주연부의 각각의 부분에서 각각의 식별된 경사진 에지에 대한 상기 식별된 스텝-아웃 거리 및 상기 최대 개별 스텝-아웃 거리를 사용하여 상기 주연부의 각각의 부분에 대해 각각의 식별된 경사진 에지를 형성하기 위한 패스들의 횟수를 식별하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 적어도 하나의 식별된 경사진 에지에 대한 패스들의 식별된 횟수는 1 초과인, 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 물체의 층 내에 형성될 상기 주연부의 각각의 부분에 대해 각각의 식별된 경사진 에지에 대한 상기 식별된 스텝-아웃 거리를 상기 식별된 횟수의 패스들에 걸쳐 분배하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 식별된 경사진 에지들 중 적어도 하나에 대한 상기 주연부의 상기 부분들 중 적어도 하나에 대해 상기 식별된 횟수의 패스들의 각각의 패스에 대한 상기 식별된 스텝-아웃 거리의 양은 동일한, 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 각각의 패스에 대한 상기 식별된 스텝-아웃 거리의 양은 상기 최대 개별 스텝-아웃 거리와 동일한, 방법.

청구항 7

제4항에 있어서, 상기 식별된 경사진 에지들 중 적어도 하나의 경사진 에지의 상기 주연부의 상기 부분들 중 적어도 하나에 대한 상기 식별된 횟수의 패스들 중 적어도 하나의 패스에 대한 상기 식별된 스텝-아웃 거리의 양은, 상기 식별된 경사진 에지들 중 적어도 하나의 경사진 에지의 상기 주연부의 상기 부분들 중 적어도 다른 하나에 대한 상기 식별된 횟수의 패스들 중 다른 하나의 패스에 분배된 상기 식별된 스텝-아웃 거리의 양과는 상이한, 방법.

청구항 8

제4항에 있어서,

수행될 마지막 패스를 제외하고 상기 층 내의 상기 주연부의 부분들 중 적어도 하나에 대한 적어도 하나의 경사진 에지를 형성하기 위해 상기 식별된 횟수의 패스들의 각각의 패스에 상기 최대 스텝-아웃 거리를 분배하는 단계; 및

상기 식별된 횟수의 패스들의 다른 패스들에 분배된 상기 최대 스텝-아웃 거리들의 총계를 뺀 스텝-아웃 거리와 동일한 상기 식별된 스텝-아웃 거리의 부분을 상기 마지막 패스에 분배하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 9

제2항에 있어서, 상기 주연부의 상기 부분들 중 적어도 하나에 대해 적어도 하나의 식별된 경사진 에지에 대한 상기 식별된 스텝-아웃 거리는 상기 최대 개별 스텝-아웃 거리 미만인, 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 주연부의 상기 부분들 중 적어도 하나에 대해 상기 적어도 하나의 식별된 경사진 에지에 대한 패스들의 상기 식별된 횟수는 1인, 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 하나의 패스 동안 상기 주연부의 상기 부분들 중 적어도 하나에 대한 상기 적어도 하나의 식별된 경사진 에지의 형성을 위한 액적 간격을 식별하는 단계를 추가로 포함하고, 상기 액적 간격은 상기 주연부의 상기 부분들 중 상기 적어도 하나에 대해 상기 적어도 하나의 식별된 경사진 에지에 대한 상기 식별된 스텝-아웃 거리가 상기 최대 개별 스텝-아웃 거리에 접근함에 따라 감소하는, 방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 층 내의 상기 주연부의 상기 부분들 중 적어도 하나에 대한 상기 적어도 하나의 식별된 경사진 에지를 형성하는 액적과 완전히 지지된 액적 사이의 액적 간격을 식별하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 13

제2항에 있어서, 상기 주연부의 상기 부분들 중 적어도 하나에 대해 상기 식별된 경사진 에지들 중 적어도 하나에 대한 상기 스텝-아웃 거리는 상기 물체의 층이 형성될 구조체에 대한 수직 라인으로부터의 45° 초과의 각도에 대응하는, 방법.

청구항 14

제2항에 있어서, 상기 주연부의 상기 부분들 중 적어도 하나에 대해 상기 식별된 경사진 에지들 중 적어도 하나에 대한 상기 스텝-아웃 거리는 상기 물체의 층이 형성되는 상기 구조체에 대한 상기 수직 라인으로부터의 적어도 60°의 각도에 대응하는, 방법.

청구항 15

금속 액적 토출 장치로서,

벌크 금속을 수용하고 용융시키도록 구성된 용융기(melter);

상기 용융기로부터 용융된 벌크 금속을 수용하기 위해 상기 용융기에 유동가능하게 연결된 노즐을 갖는 토출 헤드;

상기 토출 헤드의 반대편에 위치된 플랫폼;

상기 플랫폼과 상기 적어도 하나의 토출 헤드 중 적어도 하나에 작동가능하게 연결되고, 상기 플랫폼과 상기 적어도 하나의 토출 헤드 중 상기 적어도 하나를 서로에 대해 이동시키도록 구성된 적어도 하나의 액추에이터; 및

상기 용융기, 상기 적어도 하나의 토출 헤드, 및 상기 적어도 하나의 액추에이터에 작동가능하게 연결되는 제어

기를 포함하고, 상기 제어기는,

상기 금속 액적 토출 장치에 의해 형성될 물체의 층 내의 주연부의 각각의 부분에 대해 형성될 경사진 에지들을 식별하도록;

형성될 상기 물체의 층 내의 상기 주연부의 각각의 부분에서 상기 식별된 경사진 에지들을 형성하도록 상기 금속 액적 토출 장치를 작동시키는 기계-준비 명령어들을 생성하기 위해 최대 개별 스텝-아웃 거리를 사용하도록; 그리고

형성될 상기 물체의 층 내의 상기 주연부의 각각의 부분에서 상기 경사진 에지들을 형성하도록 상기 금속 액적 토출 장치를 작동시키기 위해 상기 생성된 기계-준비 명령어들을 실행하도록 구성되는, 장치.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 제어기는,

상기 물체의 층 내에 형성될 상기 주연부의 각각의 부분에 대해 각각의 식별된 경사진 에지에 대한 스텝-아웃 거리를 식별하도록; 그리고

상기 주연부의 각각의 부분에서 각각의 식별된 경사진 에지에 대한 상기 식별된 스텝-아웃 거리 및 상기 최대 개별 스텝-아웃 거리를 사용하여 상기 주연부의 각각의 부분에 대해 각각의 식별된 경사진 에지를 형성하기 위한 패스들의 횟수를 식별하도록 추가로 구성되는, 장치.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 제어기는,

적어도 하나의 식별된 경사진 에지에 대한 패스들의 횟수를 1 초과인 것으로 식별하도록 추가로 구성되는, 장치.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 제어기는,

상기 물체의 층 내에 형성될 상기 주연부의 각각의 부분에 대해 각각의 식별된 경사진 에지에 대한 상기 식별된 스텝-아웃 거리를 상기 식별된 횟수의 패스들에 걸쳐 분배하도록 추가로 구성되는, 장치.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 제어기는,

상기 식별된 경사진 에지들 중 적어도 하나에 대한 상기 주연부의 상기 부분들 중 적어도 하나에 대해 상기 식별된 횟수의 패스들의 각각의 패스에 대한 상기 식별된 스텝-아웃 거리의 동일한 양을 식별하도록 추가로 구성되는, 장치.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 제어기는,

각각의 패스에 대한 상기 식별된 스텝-아웃 거리의 동일한 양을 상기 최대 개별 스텝-아웃 거리인 것으로 식별하도록 추가로 구성되는, 장치.

청구항 21

제18항에 있어서, 상기 제어기는,

상기 식별된 경사진 에지들 중 적어도 하나의 경사진 에지의 상기 주연부의 상기 부분들 중 적어도 하나에 대한 상기 식별된 횟수의 패스들 중 적어도 하나의 패스에 대한 상기 식별된 스텝-아웃 거리의 양을, 상기 식별된 경사진 에지들 중 적어도 하나의 경사진 에지에 대한 상기 주연부의 상기 부분들 중 적어도 다른 하나에 대한 상기 식별된 횟수의 패스들 중 다른 하나의 패스에 분배된 상기 식별된 스텝-아웃 거리의 양과는 상이한 것으로 식별하도록 추가로 구성되는, 장치.

청구항 22

제18항에 있어서, 상기 제어기는,

수행될 마지막 패스를 제외하고 상기 층 내의 상기 주연부의 적어도 하나의 부분에 대한 적어도 하나의 경사진 에지를 형성하기 위해 상기 식별된 횟수의 패스들의 각각의 패스에 상기 최대 스텝-아웃 거리를 분배하도록; 그리고

상기 식별된 횟수의 패스들의 다른 패스들에 분배된 상기 최대 스텝-아웃 거리들의 총계를 뺀 스텝-아웃 거리와 동일한 상기 식별된 스텝-아웃 거리의 부분을 상기 마지막 패스에 분배하도록 추가로 구성되는, 장치.

청구항 23

제16항에 있어서, 상기 제어기는,

상기 주연부의 상기 부분들 중 적어도 하나에 대해 적어도 하나의 식별된 경사진 에지에 대한 상기 스텝-아웃 거리를 상기 최대 개별 스텝-아웃 거리 미만인 것으로 식별하도록 추가로 구성되는, 장치.

청구항 24

제23항에 있어서, 상기 제어기는,

상기 주연부의 상기 부분들 중 적어도 하나에 대해 상기 적어도 하나의 식별된 경사진 에지에 대한 패스들의 횟수를 1인 것으로 식별하도록 추가로 구성되는, 장치.

청구항 25

제24항에 있어서, 상기 제어기는,

상기 하나의 패스 동안 상기 주연부의 상기 부분들 중 적어도 하나에 대한 상기 적어도 하나의 식별된 경사진 에지의 형성을 위한 액적 간격을 식별하도록 추가로 구성되고, 상기 액적 간격은 상기 주연부의 상기 적어도 하나 부분에 대해 상기 적어도 하나의 식별된 경사진 에지에 대한 상기 식별된 스텝-아웃 거리가 상기 최대 개별 스텝-아웃 거리에 접근함에 따라 감소하는, 장치.

청구항 26

제24항에 있어서, 상기 제어기는,

상기 층 내의 상기 주연부의 상기 부분들 중 적어도 하나에 대한 상기 적어도 하나의 식별된 경사진 에지를 형성하는 액적과 완전히 지지된 액적 사이의 액적 간격을 식별하도록 추가로 구성되는, 장치.

청구항 27

제16항에 있어서, 상기 제어기는,

상기 주연부의 상기 부분들 중 적어도 하나에 대해 상기 식별된 경사진 에지들 중 적어도 하나에 대한 상기 스텝-아웃 거리를, 상기 물체의 층이 형성될 구조체에 대한 수직 라인으로부터의 45° 초과의 각도에 대응하는 것으로 식별하도록 추가로 구성되는, 장치.

청구항 28

제16항에 있어서, 상기 제어기는,

상기 주연부의 상기 부분들 중 적어도 하나에 대해 상기 식별된 경사진 에지들 중 적어도 하나에 대한 상기 스텝-아웃 거리를, 상기 물체의 층이 형성되는 상기 구조체에 대한 상기 수직 라인으로부터의 적어도 60° 의 각도에 대응하는 것으로 식별하도록 추가로 구성되는, 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시내용은 3차원(3D) 물체 프린터에 사용되는 용융된 금속 이젝터에 관한 것으로, 더 상세하게는 그러한 시

스템으로 제조된 3D 물체에서 오버행 구조체(overhang structure)의 형성에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 적층 제조(additive manufacturing)로 또한 알려진 3차원 인쇄는 사실상 임의의 형상의 디지털 모델로부터 3차원 입체 물체(solid object)를 제조하는 공정이다. 많은 3차원 인쇄 기술은 적층 제조 디바이스가 이전에 침착된 층 위에 부품의 연속적인 층을 형성하는 적층 공정을 사용한다. 이들 기술 중 일부는 광중합체 또는 탄성중합체와 같은 UV-경화성 재료를 토출하는 이젝터를 사용한다. 프린터는 전형적으로 하나 이상의 압출기(extruder)를 작동시켜, 다양한 형상 및 구조를 갖는 3차원의 인쇄된 물체를 형성하는 플라스틱 재료의 연속적인 층들을 형성한다. 3차원의 인쇄된 물체의 각각의 층이 형성된 후에, 플라스틱 재료는 UV 경화되고 경질화되어 이러한 층을 3차원의 인쇄된 물체의 아래에 놓인 층에 접합시킨다. 이러한 적층 제조 방법은 절삭 또는 드릴링과 같은 제거 공정(subtractive process)에 의한 피가공물로부터의 재료의 제거에 주로 의존하는 전통적인 물체-형성 기술과 구별가능하다.

[0003] 최근에, 하나 이상의 이젝터로부터 용융된 금속의 액적(drop)들을 토출하여 3D 물체를 형성하는 일부 3D 물체 프린터가 개발되었다. 이들 프린터는 와이어 또는 펠릿(pellet)의 롤과 같은 고체 금속의 공급물을 가지며, 이는 가열 챔버 내로 공급되고, 여기서 고체 금속이 용융되고 용융된 금속이 이젝터의 챔버 내로 유동한다. 절연되지 않은 전기 와이어가 챔버 주위에 감긴다. 전류의 펄스가 전도체를 통과하여 전자기장을 생성하며, 이는 챔버의 노즐에서의 용융된 금속의 메니스커스(meniscus)가 챔버 내의 용융된 금속으로부터 분리되어 노즐로부터 추진되게 한다. 이젝터의 노즐 반대편에 있는 플랫폼은 액추에이터를 작동시키는 제어기에 의해 플랫폼의 평면에 평행한 X-Y 평면 내에서 이동되어 토출된 금속 액적들이 플랫폼 상에 물체의 금속 층들을 형성하게 하며, 다른 액추에이터가 제어기에 의해 작동되어 이젝터 또는 플랫폼의 위치를 수직 또는 Z 방향으로 변경하여 이젝터와 형성되는 금속 물체의 최상부 층 사이에 일정한 거리를 유지한다. 이러한 유형의 금속 액적 토출 프린터는 또한 자기유체역학적 프린터로 알려져 있다.

[0004] 모든 3D 물체 프린터는 기울어진 표면 또는 오버행과 같은 구조체를 형성하기 위해 이전에 인쇄된 물체 재료에 의해 지지되는 미완료된 물체 재료의 일부 부분을 인쇄할 수 있어야 한다. SLA 또는 SLS와 같은 프로세스를 사용하는 일부 3D 프린터는 이전에 인쇄된 재료를 그러한 구조체를 형성하는 데 있어서의 지지체로서 사용한다. 오브제 프린터(Objet printer)와 같은 다른 3D 물체 프린터는 물체 재료와는 상이한 재료를 사용하여 지지 구조체를 구축한다. 이들 지지 구조체는 물체 구성이 완료된 후에 나중에 제거된다. 압출 3D 물체 프린터는 지지 구조체를 구축할 필요 없이 오버행 및 기울어진 표면을 형성할 수 있다. 그러나, 이들 프린터로 형성된 기울어진 표면은 수직으로부터 약 45° 이하만큼 벗어날 수 있다. 지지 구조체의 구축을 요구하지 않고 45° 초과의 각도로 기울어진 표면을 형성할 수 있는 것이 유익할 것이다.

발명의 내용

[0005] 3D 금속 물체 프린터를 작동시키는 새로운 방법은 지지 구조체의 구축을 요구하지 않고 45° 초과의 기울어진 표면을 형성할 수 있다. 본 방법은, 금속 액적 토출 장치에 의해 형성될 물체의 층 내의 주연부의 각각의 부분에 대해 형성될 경사진 에지들을 식별하는 단계; 형성될 물체의 층 내의 주연부의 각각의 부분에서 식별된 경사진 에지들을 형성하도록 금속 액적 토출 장치를 작동시키는 기계-준비 명령어들을 생성하기 위해 최대 개별 스텝-아웃거리(step-out distance)를 사용하는 단계; 및 형성될 물체의 층 내의 주연부의 각각의 부분에서 경사진 에지들을 형성하도록 금속 액적 토출 장치를 작동시키기 위해 생성된 기계-준비 명령어들을 실행하는 단계를 포함한다.

[0006] 새로운 3D 금속 물체 프린터는 지지 구조체의 구축을 요구하지 않고 45° 초과의 기울어진 표면들을 형성할 수 있다. 3D 금속 물체 프린터는, 벌크 금속을 수용하고 용융시키도록 구성된 용융기(melter); 용융기로부터 용융된 벌크 금속을 수용하도록 용융기에 유동가능하게 연결된 노즐을 갖는 토출 헤드; 토출 헤드의 반대편에 위치된 플랫폼, 플랫폼과 적어도 하나의 토출 헤드 중 적어도 하나에 작동가능하게 연결되고, 플랫폼과 적어도 하나의 토출 헤드 중 적어도 하나를 서로에 대해 이동시키도록 구성된 적어도 하나의 액추에이터; 및 용융기, 적어도 하나의 토출 헤드, 및 적어도 하나의 액추에이터에 작동가능하게 연결되는 제어기를 포함한다. 제어기는, 금속 액적 토출 장치에 의해 형성될 물체의 층 내의 주연부의 각각의 부분에 대해 형성될 경사진 에지들을 식별하도록; 형성될 물체의 층 내의 주연부의 각각의 부분에서 식별된 경사진 에지들을 형성하도록 금속 액적 토출 장치를 작동시키는 기계-준비 명령어들을 생성하기 위해 최대 개별 스텝-아웃 거리를 사용하도록; 그리고 형성될 물체의 층 내의 주연부의 각각의 부분에서 경사진 에지들을 형성하도록 금속 액적 토출 장치를 작동시키기

위해 생성된 기계-준비 명령어들을 실행하도록 구성된다.

도면의 간단한 설명

[0007] 지지 구조체의 구축을 요구하지 않고 45° 초과의 기울어진 표면을 형성할 수 있는 3D 금속 물체 프린터를 작동시키는 방법의 전술한 태양들 및 다른 특징부들이 첨부 도면들과 관련하여 취해진 하기 설명에서 설명된다.

도 1a는 금속 액적 토출 프린터로 얻을 수 있는 스텝-아웃에 대한, 금속 액적 질량에 비례하는 액적 간격의 역수(reciprocal)에 대한 경험적으로 얻은 데이터의 그래프이다.

도 1b는 물체 층에 대해 형성될 스텝-아웃을 도시한다.

도 2는 지지 구조체의 구축을 요구하지 않고 45° 초과의 기울어진 표면을 형성할 수 있는 3D 금속 물체 프린터를 작동시키기 위한 방법의 흐름도이다.

도 3은 종래 기술의 3D 금속 물체 프린터를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 본 명세서에 개시된 바와 같은 3D 금속 물체 프린터 및 그의 작동에 대한 환경뿐만 아니라 프린터 및 그의 작동에 대한 상세사항의 전반적인 이해를 위해, 도면들이 참조된다. 도면에서, 동일한 도면 부호가 동일한 요소를 나타낸다.

[0009] 도 3은 수직으로부터 최대 45° 이상만큼 벗어나는 기울어진 표면들을 생성하기 위해 수정된 제어기가 장착될 수 있는 종래 기술의 용융된 금속 3D 물체 프린터(100)의 일 실시예를 도시한다. 도 3의 프린터에서, 용융된 벌크 금속의 액적들은 단일 노즐을 갖는 이젝터 헤드(104)부터 토출되고, 노즐로부터의 액적들은 플랫폼(112) 상에서 물체(108)의 층들에 대한 스와스(swath)를 형성한다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "벌크 금속"은 통상적으로 이용가능한 게이지(gauge)의 와이어 또는 매크로 크기 규모의 펠릿들과 같은 응집체 형태로 입수가능한 전도성 금속을 의미한다. 금속 와이어(130)와 같은 벌크 금속의 공급물(160)이 이젝터 헤드 내로 공급되고 용융되어 이젝터 헤드 내의 챔버에 용융된 금속을 제공한다. 불활성 가스 공급부(164)는 이젝터 헤드 내의 금속 산화물의 형성을 방지하기 위해 가스 공급 튜브(144)를 통해 이젝터 헤드(104) 내의 용융된 금속의 챔버에 아르곤과 같은 불활성 가스(168)의 압력 조절식 공급원을 제공한다.

[0010] 이젝터 헤드(104)는 각각 한 쌍의 수직으로 배향된 부재(120A, 120B)들 내의 z-축 트랙(116A, 116B)들 내에 이동가능하게 장착된다. 부재(120A, 120B)들은 일 단부에서 프레임(124)의 일 면에 연결되고, 다른 단부에서 수평 부재(128)에 의해 서로 연결된다. 액추에이터(132)가 수평 부재(128)에 장착되고 이젝터 헤드(104)에 작동가능하게 연결되어 z-축 트랙(116A, 166B)들을 따라 이젝터 헤드를 이동시킨다. 액추에이터(132)는 이젝터 헤드(104)의 다수의 노즐들(도 3에 도시되지 않음)과 플랫폼(112) 상의 물체(108)의 최상부 표면 사이의 거리를 유지하도록 제어기(136)에 의해 작동된다.

[0011] 프레임(124)에는 플랫폼(112)의 이동을 위한 신뢰성 있고 견고한 지지를 제공하기 위해 화강암 또는 다른 튼튼한 재료로 형성될 수 있는 평면 부재(140)가 장착된다. 플랫폼(112)은 X-축 트랙(144A, 144B)들에 부착되어, 플랫폼(112)이 도면에 도시된 바와 같이 X-축을 따라 양방향으로 이동할 수 있다. X-축 트랙(144A, 144B)들은 스테이지(148)에 부착되고, 스테이지(148)는 Y-축 트랙(152A, 152B)들에 부착되어, 스테이지(148)는 도면에 도시된 바와 같이 Y-축을 따라 양방향으로 이동할 수 있다. 액추에이터(122A)는 플랫폼(112)에 작동가능하게 연결되고, 액추에이터(122B)는 스테이지(148)에 작동가능하게 연결된다. 제어기(136)는 액추에이터(122A, 122B)들을 작동시켜 X-축을 따라 플랫폼을 이동시키고 Y-축을 따라 스테이지(148)를 이동시켜, 이젝터 헤드(104) 반대편에 있는 X-Y 평면 내에서 플랫폼을 이동시킨다. 용융된 금속(156)의 액적들이 플랫폼(112)을 향해 토출될 때에 플랫폼(112)의 이러한 X-Y 평면 이동을 수행하는 것은 물체(108) 상에 용융된 금속 액적들의 스와스를 형성한다. 제어기(136)는 또한, 물체 상에서의 다른 구조체들의 형성을 용이하게 하기 위해 기재 상의 가장 최근에 형성된 층과 이젝터 헤드(104) 사이의 수직 거리를 조절하도록 액추에이터(132)를 작동시킨다. 용융 금속 3D 물체 프린터(100)가 수직 배향으로 작동되는 것으로 도 1에 도시되어 있지만, 다른 대안적인 배향들이 채용될 수 있다. 또한, 도 1에 도시된 실시예는 X-Y 평면 내에서 이동하는 플랫폼을 갖고, 이젝터 헤드는 Z-축을 따라 이동하지만, 다른 배열들이 가능하다. 예를 들어, 이젝터 헤드(104)는 X-Y 평면 내에서 그리고 Z-축을 따라 이동하도록 구성될 수 있다.

[0012] 제어기(136)는 프로그래밍된 명령어들을 실행하는 하나 이상의 범용 또는 특수 프로그래밍가능 프로세서로 구현

될 수 있다. 프로그래밍된 기능을 수행하는 데 필요한 명령어 및 데이터는 프로세서 또는 제어기와 연관된 메모리에 저장될 수 있다. 프로세서들, 그의 메모리들, 및 인터페이스 회로부는 전술된 작동들뿐만 아니라 후술되는 작동들을 수행하도록 제어기들을 구성한다. 이들 구성요소는 인쇄 회로 카드 상에 제공되거나, ASIC(application specific integrated circuit) 내의 회로로서 제공될 수 있다. 회로들 각각이 별개의 프로세서로 구현될 수 있거나, 다수의 회로가 동일한 프로세서 상에 구현될 수 있다. 대안적으로, 회로들은 VLSI(very large scale integrated) 회로 내에 제공되는 별개의 구성요소들 또는 회로들로 구현될 수 있다. 또한, 본 명세서에 기술된 회로들은 프로세서들, ASIC들, 별개의 구성요소들, 또는 VLSI 회로들의 조합으로 구현될 수 있다. 금속 물체 형성 동안, 생성될 구조체에 대한 이미지 데이터가, 이젝터 헤드(104)로 출력되는 이젝터 헤드 제어 신호들의 처리 및 생성을 위해 스캐닝 시스템 또는 온라인 또는 워크 스테이션 접속 중 어느 하나로부터 제어기(136)를 위한 프로세서 또는 프로세서들로 전송된다.

[0013] 용융 금속 3D 물체 프린터(100)의 제어기(136)는 금속 물체 제조를 위해 프린터를 제어하도록 외부 공급원들로부터의 데이터를 필요로 한다. 일반적으로, 형성될 물체의 3차원 모델 또는 다른 디지털 데이터 모델이 제어기(136)에 동작 가능하게 연결된 메모리에 저장되고, 제어기가 디지털 데이터 모델이 저장되는 원격 데이터베이스에 서버 등을 통해 액세스할 수 있거나, 또는 디지털 데이터 모델이 저장된 컴퓨터 판독가능 매체가 제어기(136)에 액세스를 위해 선택적으로 결합될 수 있다. 이러한 3차원 모델 또는 다른 디지털 데이터 모델은, 프린터(100)의 구성요소들을 작동시키고 모델에 대응하는 금속 물체를 형성하도록 공지의 방식으로 제어기(136)에 의해 실행되기 위한 기계-준비 명령어들을 생성하기 위해 제어기로 구현되는 슬라이서(slicer)에 의해 처리된다. 기계-준비 명령어들의 생성은, 디바이스의 CAD 모델이 STL 데이터 모델 또는 다른 다각형 메시 또는 다른 중간 표현으로 변환되는 경우에서와 같이 중간 모델들의 생성을 포함할 수 있으며, 이는 이어서 프린터에 의한 디바이스의 제조를 위한 g-코드와 같은 기계 명령어들을 생성하도록 처리될 수 있다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "기계-준비 명령어들"은 컴퓨터, 마이크로프로세서, 또는 제어기에 의해 실행되어 3D 금속 물체 적층 제조 시스템의 구성요소들을 작동시켜 플랫폼(112) 상에 금속 물체들을 형성하는 컴퓨터 언어 명령들을 의미한다. 제어기(136)는 이젝터 헤드(104)로부터의 용융된 금속 액적들의 토출, 스테이지(148) 및 플랫폼(112)의 위치설정뿐만 아니라 플랫폼(112) 상의 물체(108)의 최상부 층과 이젝터 헤드(102) 사이의 거리를 제어하기 위해 기계-준비 명령어들을 실행한다.

[0014] 도 1a에 도시된 그래프는, 형성되는 스텝-아웃에 걸쳐 분배되는 액적들의 질량에 대하여 물체의 디지털 데이터 모델에 대응하는 물체의 단일 층 내에서 획득될 수 있는 스텝-아웃의 양을 도시한다. 그래프의 수평 축은 ㎜ 단위의 스텝-아웃의 양이고, 수직 축은 ㎜ 단위의 1/(액적 간격)이며, 이는 스텝-아웃 거리에 걸쳐 분배된 액적들의 질량에 비례한다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "스텝-아웃"은 이전에 형성된 층의 에지에 수직인 라인으로부터 형성되는 층의 에지까지의 거리를 의미한다. 이것은 도 1b에 도시되어 있다. 이러한 스텝-아웃은, 그것이 이전 층의 평면 및 현재 층의 평면과 교차할 때의 부분의 표면으로부터 나온다. 그것은 층들 사이의 수직 방향에서의 표면의 각도의 평균이다.

[0015] 금속 액적 이젝터 헤드는 주연부를 따라 이젝터 헤드의 단일 패스에서 얻어질 수 있는 스텝-아웃 거리에 대한 한계를 갖는다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "단일 패스"는 이젝터 헤드가 금속 액적들을 토출하는 동안 주연부의 단일 횡단을 의미한다. 용어 "다중-패스"는 이젝터 헤드가 금속 액적들을 토출하는 동안 주연부의 하나 초과의 횡단을 의미하고, 다수의 패스들의 높이는 형성되는 물체 내의 단일 층의 높이에 대응한다. 일 실시예에서, 스텝-아웃 거리 한계는 0.25 ㎜이며, 이는 단일 패스에서 얻어질 수 있는 최대 스텝-아웃 거리가 0.25 ㎜임을 의미한다. 따라서, 최대 0.25 ㎜의 스텝-아웃 거리까지의 스텝-아웃 거리들의 역수들은 도 1a의 그래프로부터 식별된 대응하는 액적 간격 거리 역수를 사용하여 단일 패스로 수행될 수 있다. 따라서, 단일 패스에 대해 스텝-아웃 거리가 증가함에 따라, 액적 간격이 감소한다. 예를 들어, 0.1 ㎜의 단일 스텝-아웃 거리는 약 3의 액적 간격 거리의 역수와 상관관계가 있어서, 1/(액적 간격 거리)이 3인 경우, 액적 간격 거리는 1/3 ㎜ 또는 0.333 ㎜인 반면, 0.2 ㎜의 단일 스텝-아웃 거리는 4보다 조금 더 큰 액적 거리의 역수에 대응하며, 따라서 액적 간격 거리가 대략 0.25 ㎜까지 감소하게 된다. 도 1a는, 단일 패스로 형성된 스텝-아웃에 대한 스텝-아웃 거리가 증가함에 따라, 액적 간격 거리의 역수가 감소한다는 것을 입증한다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "액적 간격 거리"는 이전에 형성된 층에 의해 완전히 지지되는 액적의 중심과, 스텝-아웃을 형성하는 이전에 형성된 층에 의해 부분적으로 지지되는 액적의 중심 사이의 거리를 의미한다. 액적 간격 거리의 역수는 라인을 형성하도록 토출된 액적들의 질량에 비례한다. 즉, 액적 간격 거리가 감소함에 따라, 스텝-아웃을 위해 토출된 재료의 질량이 증가한다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "완전히 지지된 액적"은, 때때로 본 명세서에서 내주연부로 불리는, 층 내의 주연부에서의 액적, 또는 스텝-아웃 에지를 형성하는 제1 (또는 유

일한) 액적에 인접한 인필 영역(infill area)의 단부에서의 액적을 의미한다.

[0016] 사용되는 예에서 0.25 mm인 최대 스텝-아웃 거리보다 큰 스텝-아웃들을 위해, 다수의 패스가 수행되어야 한다. 따라서, 0.45 mm의 스텝-아웃은, 층에 대한 0.45 mm 스텝-아웃을 얻기 위해, 0.25 mm 스텝-아웃을 갖는 제1 패스, 및 이어서 제1 패스로부터 0.20 mm 스텝-아웃을 갖는 다른 패스를 필요로 한다. 도 1a의 그래프를 참조하면, 0.45 mm의 스텝-아웃 거리는 0.125 mm의 액적 간격 거리에 대응하는, 8의 액적 간격의 역수와 상관관계가 있다. 따라서, 0.45 mm 스텝-아웃을 형성하기 위해 토출된 금속의 질량은 0.125 mm의 액적 간격에 대응한다. 0.45 mm 스텝-아웃을 형성하기 위해 2회의 패스가 필요하기 때문에, 각각의 패스에 대한 액적 간격은 2 X 0.125 mm이도록 선택되는데, 이는 0.25 mm로, 더 큰 액적 간격이 일 패스 동안 형성된 라인에 대해 더 적은 질량을 생성하지만 함께하는 2회의 패스가 0.125 mm의 액적 간격을 갖는 라인의 질량과 유사하기 때문이다. 따라서, 슬라이서는 프린터를 작동시키는 기계-준비 명령어를 생성하여, 이젝터 헤드(204)를 0.25 mm의 액적 간격으로 공구 경로를 따라 이동시켜 이전에 형성된 층 에지 상에 0.25 mm의 스텝-아웃을 생성하도록 하고, 이어서 0.25 mm의 액적 간격에서 이젝터 헤드의 이동이 이어져서 제1 패스 스텝-아웃으로부터 0.20 mm의 스텝-아웃을 형성하여 층에 대해 0.45 mm의 스텝-아웃을 달성하도록 한다. 대안적으로, 스텝-아웃 거리의 양은 스텝-아웃을 형성하기 위해 필요한 패스들의 횟수로 나누어질 수 있으므로, 스텝-아웃을 형성하기 위해 동일한 스텝-아웃 패스들이 사용된다. 본 예에서, 0.225 mm의 동일한 스텝-아웃들은 또한 2회 패스로 0.45 mm의 스텝-아웃을 달성할 수 있다. 이들 2회 패스에 대한 액적 간격은 도 1a의 그래프를 사용하여 결정된다.

[0017] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "공구 경로"는 토출 헤드가 물체 내에 구조체를 형성하도록 작동되는 동안 물체가 그 상에서 제조되는 플랫폼과 토출 헤드의 노즐 사이의 상대적 이동을 의미한다. 이 예는 1/N의 질량 비례 - 여기서 N은 층 내의 각각의 패스 동안 이젝터 헤드에 의해 토출된 금속 질량을 분배하는 데 사용되는 액적 간격 거리임 - 를 사용하지만, 다른 비례가 사용될 수 있다. 예를 들어, 최대 스텝-아웃이 0.2 mm인 경우, 0.45 mm의 스텝-아웃은 3회의 패스로 얻어질 수 있는데, 이때 제1 패스는 0.20 mm의 스텝-아웃을 갖고, 제2 패스는 0.20 mm의 스텝-아웃을 갖고, 제3 패스는 0.05 mm의 스텝-아웃을 갖는다. 대안적으로, 0.45의 스텝-아웃은 또한 3회 패스를 사용하여 형성된 0.15 mm의 동일한 스텝-아웃들로 얻어질 수 있다. 목적은, 이젝터 헤드가, 단일 패스에서 얻을 수 있는 최대 스텝-아웃 거리를 초과하지 않고 하나 이상의 패스들에 걸쳐 도 1a의 그래프 내의 스텝-아웃 거리에 대응하는 스텝-아웃에 대해 요구되는 금속 질량의 일부분을 분배하게 하는 것이다. 패스들의 횟수는 가장 근사한 정수 값으로 반올림된 최대 스텝-아웃 거리로 나뉜 스텝-아웃 거리이다.

[0018] 알고리즘에 대한 하나의 추가적인 미세 조정은 다수의 외주연부들에 대한 내주연부의 배치이다. 단일 패스의 경우, 내주연부 또는 인필은 외주연부로부터 일정 거리에 배치된다. 그러나, 다중-패스의 더 큰 스텝-아웃 거리의 경우, 최내부 패스와 내주연부 사이의 간격이 조정될 필요가 있을 수 있다. 다수의 패스들은 본질적으로 다수의 스텝-아웃들에 걸쳐 분배되는 외주연부를 생성하고, 이러한 외주연부의 크기는 스텝-아웃이 형성되기 전의 주연부보다 크다. 결과적으로, 내주연부 또는 인필은 최내부 패스 및 내주연부가 공유하는 이러한 영역과, 그들이 단일 패스 스텝-아웃 형성을 위해 이러한 동일한 영역과 중첩할 필요가 있는 것보다 더 많이 중첩할 필요가 있을 수 있다. 스텝-아웃 거리가 클수록, 더 많은 중첩에 대한 필요는 더 커진다.

[0019] 경사가 45° 초과인 스텝-아웃들을 얻기 위해 금속 액적 토출 프린터를 작동시키는 프로세스가 도 2에 도시되어 있다. 프로세스의 설명에서, 프로세스가 어떤 작업 또는 기능을 수행하고 있다는 진술은, 제어기 또는 범용 프로세서가, 그 작업 또는 기능을 수행하도록 프린터 내의 하나 이상의 구성요소를 작동시키기 위해 또는 데이터를 조작하기 위해 제어기 또는 프로세서에 작동가능하게 연결된 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체에 저장된 프로그래밍된 명령어들을 실행하는 것을 지칭한다. 위에 언급된 제어기(136)는 그러한 제어기 또는 프로세서일 수 있다. 대안적으로, 제어기는 하나 초과의 프로세서 및 연관된 회로와 구성요소로 구현될 수 있으며, 이들 각각은 본 명세서에 기술된 하나 이상의 작업 또는 기능을 형성하도록 구성된다. 또한, 방법의 단계들은 도면에 도시된 순서 또는 처리가 설명되는 순서에 관계없이 임의의 실현가능한 시간 순서로 수행될 수 있다.

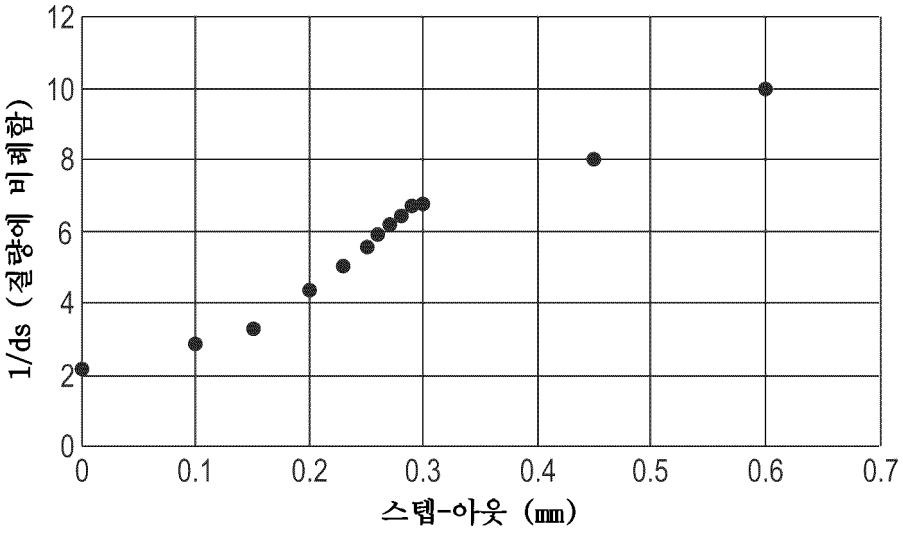
[0020] 도 2는 45° 초과의 경사를 갖는 스텝-아웃을 형성하기 위해 프린터(10)와 같은 금속 액적 토출 프린터를 작동시키는 프로세스의 흐름도이다. 프로세스(200)는 슬라이서가 생성될 물체에 대한 디지털 데이터 모델을 수신하는 것으로 시작된다(블록 204). 경사진 에지 또는 경사진 에지의 부분이 형성될 임의의 층에 대해(블록 208), 프로세스는 층에 대한 스텝-아웃 거리를 식별하고 이것을 이전 층 또는 패스로부터의 패스에 대한 개별 스텝-아웃 거리에 대한 최대 한계와 비교한다(블록 212). 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "경사진 에지"는 물체의 형성을 위해 적어도 하나의 스텝-아웃을 필요로 하는 물체의 층에 있는 특징부를 의미한다. 그렇지 않으면, 경사진 표면 처리는 생략된다. 층에서 달성될 식별된 스텝-아웃 거리가 최대 개별 패스 한계를 초과하면, 프로세스는 경사진 에지를 형성하는 데 필요한 패스들의 횟수를 결정한다(블록 216). 이어서, 식별된 스텝-아

웃 거리에 대한 액적 간격이, 제어기의 메모리에 저장된 룩업 테이블에서 구현될 수 있는, 경험적으로 획득된 데이터의 그래프를 사용하여 결정된다(블록 220). 이러한 식별된 액적 간격은 최대 스텝-아웃 거리가 초과되지 않았다면 단일 패스에 걸쳐 분배되며, 또는 그것은 층에 필요한 결정된 횟수의 다수의 패스들의 각각의 패스에 걸쳐 분배된다(블록 224). 이어서, 슬라이서는 층 내에 경사진 표면을 형성하기 위해 프린터의 이젝터 헤드 및 액추에이터를 작동시키는 기계-준비 명령어들을 생성하고, 프린터를 작동시키기 위한 프로그램에 이들을 저장한다(블록 228). 디지털 데이터 모델에서 물체의 마지막 층이 처리된 후(블록 232), 제어기는 금속 물체를 형성하기 위해 기계-준비 명령어를 실행한다(블록 236).

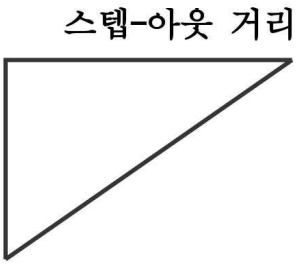
[0021] 위에 개시된 그리고 다른 특징 및 기능, 또는 이들의 대안의 변형이 바람직하게는 많은 다른 상이한 시스템, 응용 또는 방법으로 조합될 수 있는 것이 인식될 것이다. 다양한 현재 예측되지 않거나 예상되지 않는 대안, 수정, 변형 또는 개선이 당업자에 의해 후속하여 이루어질 수 있고, 이는 또한 하기 청구범위에 의해 포함되도록 의도된다.

도면

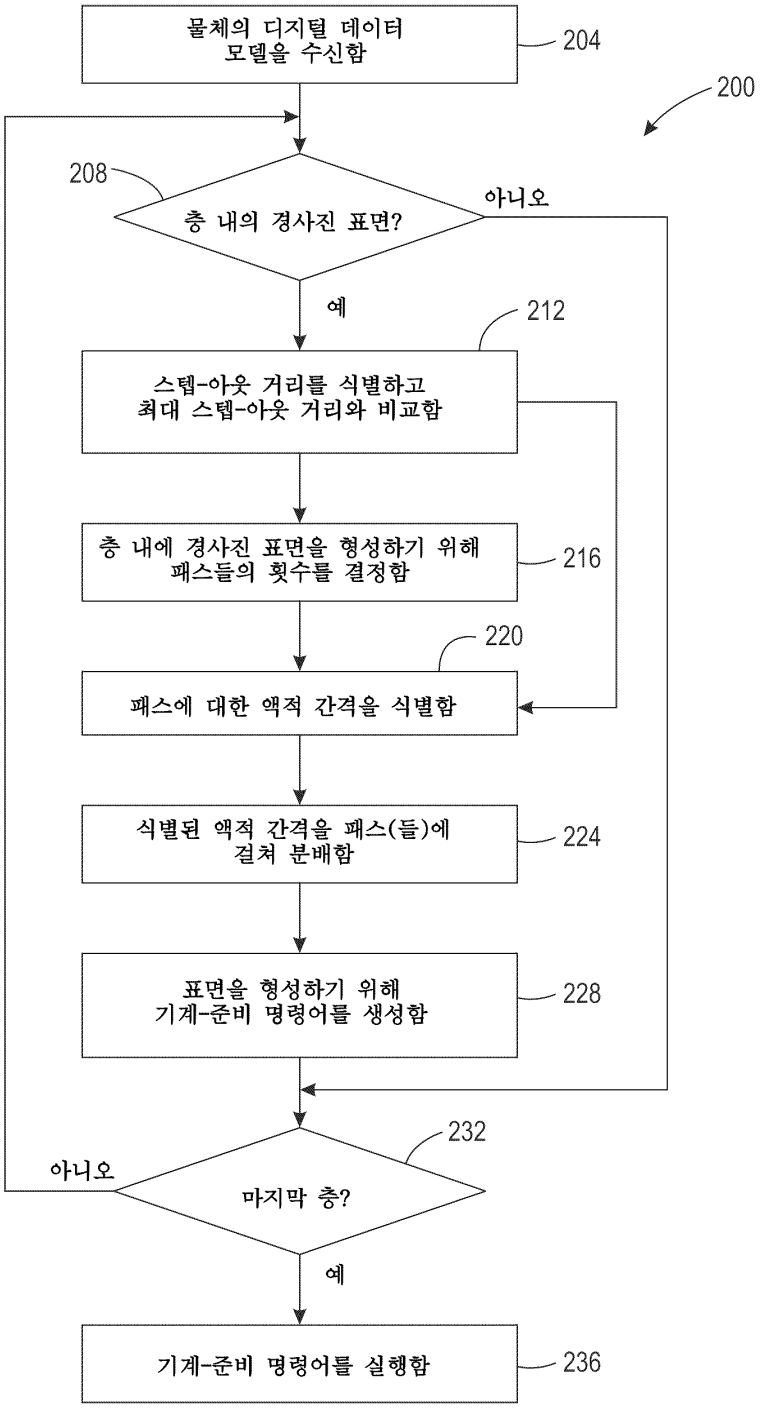
도면1a



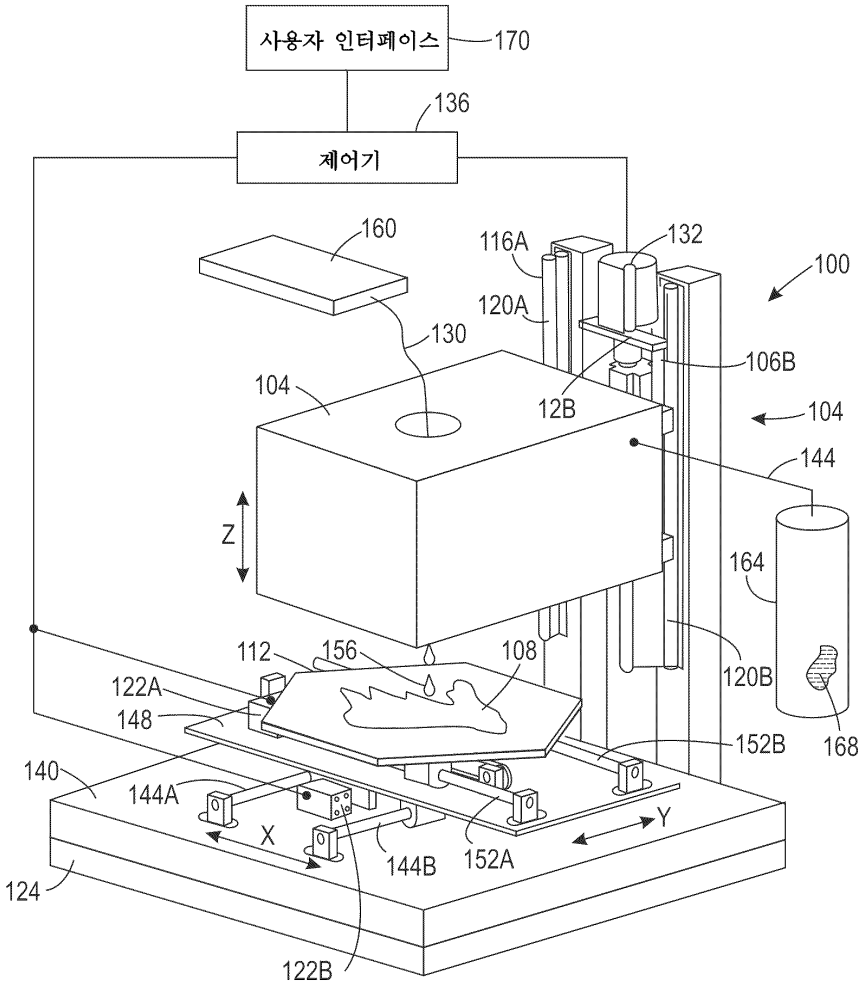
도면1b



도면2


물체의 디지털 데이터 모델을 수신함
204
200
208
층 내의 경사진 표면?
아니오
예
212
스텝-아웃 거리를 식별하고 최대 스텝-아웃 거리와 비교함
층 내에 경사진 표면을 형성하기 위해 패스들의 횟수를 결정함
216
220
패스에 대한 액적 간격을 식별함
식별된 액적 간격을 패스(들)에 걸쳐 분배함
224
표면을 형성하기 위해 기계-준비 명령어를 생성함
228
232
아니오
마지막 층?
예
기계-준비 명령어를 실행함
236

도면3


사용자 인터페이스
170
136
제어기
160
116A
132
100
120A
130
106B
104
12B
104
144
Z
164
112
156
108
120B
122A
148
152B
168
140
144A
X
Y
144B
152A
124
122B

종래 기술