



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0085650
(43) 공개일자 2020년07월15일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22F 3/105 (2006.01) B33Y 10/00 (2015.01)
B33Y 30/00 (2015.01) B33Y 50/02 (2015.01)
- (52) CPC특허분류
B22F 3/1055 (2013.01)
B33Y 10/00 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-0176444
(22) 출원일자 2019년12월27일
심사청구일자 없음
- (30) 우선권주장
16/239,602 2019년01월04일 미국(US)

- (71) 출원인
링컨 글로벌, 인크.
미국, 캘리포니아 90670, 산타페 스프링스, 노워크 블러바드 9160
- (72) 발명자
피터스 앤드류 알
미국 44026 오하이오주 체스터랜드 스프루스 디알 11303
폴 조나단 에이치
미국 37912 테네시주 녹스빌 워렌파크 엘렌 5962
미셸 레비 제이
미국 80550 콜로라도주 윈저 첼름스포트 씨티 1655
- (74) 대리인
김태홍, 김진희

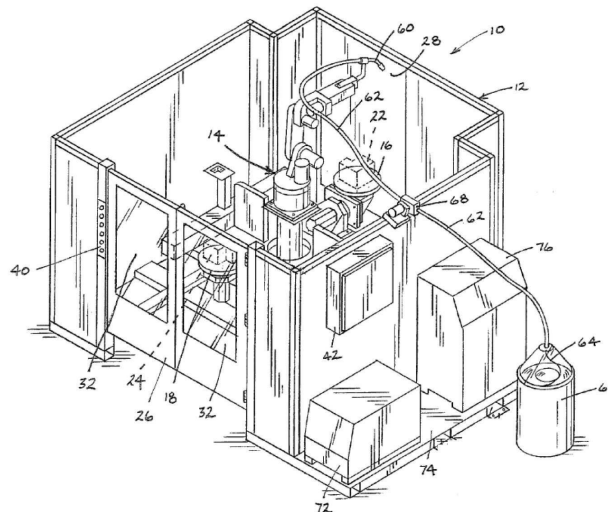
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 적층 제조시 동적 비드 간격과 직조 충전을 제공하는 시스템 및 방법

(57) 요약

적층 제조 시스템과 방법의 실시예들을 개시한다. 일 실시예에서, 컴퓨터 제어 장치는, 적층 제조되는 3차원(3D) 부품의 다수의 빌드 층에 대응하는 다수의 계획된 빌드 패턴에 액세스한다. 금속 증착 장치는 3D 부품의 빌드 층의 적어도 일부를 형성하도록 금속 재료를 증착한다. 금속 재료는, 컴퓨터 제어 장치의 제어하에, 계획된 빌드 패턴의 계획된 경로에 기초하여 비드형 직조 패턴으로서 증착된다. 비드형 직조 패턴의 직조 폭, 직조 주파수, 및 직조 드웰은, 비드형 직조 패턴의 증착 동안 동적으로 조절된다. 그 조절은, 빌드 층의 폭이 빌드 층의 길이 치수를 따라 가변됨에 따라, 계획된 빌드 패턴에 기초하여 컴퓨터 제어 장치에 의해 제어된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B33Y 30/00 (2013.01)

B33Y 50/02 (2013.01)

B22F 2003/1057 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

적층 제조 시스템(additive manufacturing system)으로서,

적층 제조될 3차원(3D) 부품의 다수의 빌드(build) 층에 대응하는, 디지털 데이터로서 저장된 다수의 계획된 빌드 패턴에 액세스하도록 구성된 컴퓨터 제어 장치; 및

금속 재료를 증착하여 상기 3D 부품의 상기 다수의 빌드 층 중의 빌드 층의 적어도 일부를 형성하도록 구성된 금속 증착 장치를 포함하고,

상기 금속 재료는, 상기 컴퓨터 제어 장치의 제어하에, 상기 다수의 계획된 빌드 패턴 중의 계획된 빌드 패턴의 계획된 경로에 따라 비드형 직조 패턴(beaded weave pattern)으로서 증착되고, 상기 계획된 빌드 패턴이 상기 빌드 층에 대응하고,

상기 비드형 직조 패턴의 직조 폭, 직조 주파수, 및 직조 드웰(dwell)은, 상기 빌드 층의 폭이 상기 빌드 층의 길이 치수를 따라 가변됨에 따라, 상기 계획된 빌드 패턴에 따라 상기 컴퓨터 제어 장치의 제어하에 상기 비드형 직조 패턴의 증착 동안 동적으로 조절되고, 이에 따라 상기 비드형 직조 패턴의 비드 폭이 동적으로 가변되는, 적층 제조 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 빌드 층의 길이 치수를 따른 이동 방향으로의 이동 속도는, 상기 빌드 층의 폭이 상기 빌드 층의 길이 치수를 따라 가변됨에 따라, 상기 계획된 빌드 패턴에 따라 상기 컴퓨터 제어 장치의 제어하에 상기 비드형 직조 패턴의 증착 동안 동적으로 조절되는, 적층 제조 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 금속 증착 장치의 적어도 일부에 동작가능하게 연결되고, 상기 비드형 직조 패턴의 증착 동안 상기 컴퓨터 제어 장치에 의해 제어되어 상기 금속 증착 장치의 적어도 상기 일부를 상기 계획된 빌드 패턴의 계획된 경로에 따라 적층 제조되고 있는 상기 3D 부품에 대하여 이동시키도록 구성된 로봇을 더 포함하는, 적층 제조 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 적층 제조되고 있는 상기 3D 부품을 유지하는 베이스에 동작가능하게 연결되고, 상기 비드형 직조 패턴의 증착 동안 상기 컴퓨터 제어 장치에 의해 제어되어 상기 베이스를 상기 계획된 빌드 패턴의 계획된 경로에 따라 상기 금속 증착 장치에 대하여 이동시키도록 구성된 로봇을 포함하는, 적층 제조 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 금속 증착 장치는,

접촉 팁을 갖는 증착 도구;

상기 증착 도구에 동작가능하게 연결되고, 상기 금속 재료의 소모성 와이어 전극을 상기 증착 도구를 통해 상기 3D 부품을 향하여 공급하도록 구성된 와이어 공급기; 및

상기 와이어 공급기에 동작가능하게 연결된 전원을 포함하고,

상기 전원은, 에너지를 제공하여 상기 소모성 와이어 전극과 상기 3D 부품 간에 아크를 형성함으로써 상기 비드형 직조 패턴의 증착 동안 적어도 상기 소모성 와이어 전극을 용융하도록 구성된, 적층 제조 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 금속 증착 장치는,

상기 금속 재료의 필러 와이어를 상기 3D 부품을 향하여 공급하도록 구성된 와이어 공급기;

전원; 및

상기 전원에 동작가능하게 연결된 레이저를 포함하고,

상기 전원과 상기 레이저는, 레이저 빔의 형태인 에너지를 제공하여 상기 비드형 직조 패턴의 증착 동안 적어도 상기 필러 와이어를 용융하도록 구성된, 적층 제조 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 금속 증착 장치는,

상기 금속 재료의 필러 와이어를 상기 3D 부품을 향하여 공급하도록 구성된 와이어 공급기;

전원; 및

상기 전원에 동작가능하게 연결된 비소모성 전극(non-consumable electrode)을 포함하고,

상기 전원과 상기 비소모성 전극은, 에너지를 제공하여 상기 비소모성 전극과 상기 3D 부품 간에 아크를 형성함으로써 상기 비드형 직조 패턴의 증착 동안 적어도 상기 필러 와이어를 용융하도록 구성된, 적층 제조 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 금속 증착 장치는,

상기 금속 재료의 필러 와이어를 상기 3D 부품을 향하여 공급하도록 구성된 제1 와이어 공급기;

전원; 및

상기 전원에 동작가능하게 연결되고, 상기 금속 재료의 소모성 와이어 전극을 상기 3D 부품을 향하여 공급하도록 구성된 제2 와이어 공급기를 포함하고,

상기 전원은, 에너지를 제공하여 상기 소모성 와이어 전극과 상기 3D 부품 간에 아크를 형성함으로써 상기 비드형 직조 패턴의 증착 동안 적어도 상기 소모성 와이어 전극과 상기 필러 와이어를 용융하도록 구성된, 적층 제조 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 컴퓨터 제어 장치의 제어하에 상기 비드형 직조 패턴의 증착 동안 상기 금속 재료의 실질적으로 일정한 금속 증착물이 유지되는, 적층 제조 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 컴퓨터 제어 장치의 제어하에 상기 비드형 직조 패턴의 증착 동안 실질적으로 일정한 접촉 팁 대 워크간 거리(contact tip-to-work distance; CTWD)가 유지되는, 적층 제조 시스템.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 비드형 직조 패턴의 웨이브 형상은, 상기 계획된 빌드 패턴의 계획된 경로에 따라 실질적으로 정현파 형상, 실질적으로 삼각형 형상, 또는 실질적으로 직사각형 형상 중 하나인, 적층 제조 시스템.

청구항 12

적층 제조 부품의 빌드 층을 충전하는 방법으로서,

컴퓨터 제어 장치를 통해 디지털 데이터로서 저장된 다수의 계획된 빌드 패턴 중의 계획된 빌드 패턴에 액세스하는 단계로서, 상기 다수의 계획된 빌드 패턴은 적층 제조되고 있는 3차원(3D) 부품의 다수의 빌드 층에 대응하는, 단계;

상기 빌드 층의 폭이 상기 다수의 빌드 층 중의 상기 빌드 층의 길이 치수를 따라 가변됨에 따라, 상기 계획된 빌드 패턴의 계획된 경로에 따라 상기 컴퓨터 제어 장치의 제어하에 금속 증착 장치를 통해 상기 길이 치수를 따른 증착 이동 방향으로 금속 재료의 비드형 직조 패턴을 증착하는 단계; 및

상기 폭이 상기 길이 치수를 따라 가변됨에 따라, 상기 계획된 빌드 패턴에 따라 상기 컴퓨터 제어 장치의 제어 하에 상기 비드형 직조 패턴의 직조 폭, 직조 주파수, 및 직조 드웰을 동적으로 조절하고, 이에 따라 상기 비드형 직조 패턴의 비드 폭을 동적으로 가변하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 폭이 상기 길이 치수를 따라 가변됨에 따라, 상기 계획된 빌드 패턴에 따라 상기 컴퓨터 제어 장치의 제어 하에 상기 증착 동안 상기 증착 이동 방향의 이동 속도를 동적으로 조절하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 14

제12항에 있어서, 상기 비드형 직조 패턴의 증착 동안 상기 컴퓨터 제어 장치를 통해 상기 금속 증착 장치의 적어도 일부에 동작가능하게 연결된 로봇을 제어하여 상기 계획된 빌드 패턴의 계획된 경로에 따라 적층 제조되고 있는 상기 3D 부품에 대하여 상기 금속 증착 장치의 적어도 상기 일부를 이동시키는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 15

제12항에 있어서, 상기 비드형 직조 패턴의 증착 동안 상기 컴퓨터 제어 장치를 통해 적층 제조되고 있는 상기 3D 부품을 유지하는 베이스에 동작가능하게 연결된 로봇을 제어하여 상기 계획된 빌드 패턴의 계획된 경로에 따라 상기 베이스를 상기 금속 증착 장치에 대하여 이동시키는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 16

제12항에 있어서, 상기 금속 증착 장치의 와이어 공급기를 통해 상기 금속 재료의 소모성 와이어 전극을 상기 3D 부품을 향하여 공급하는 단계; 및

상기 와이어 공급기에 동작가능하게 연결된 상기 금속 증착 장치의 전원을 통해 에너지를 제공하여 상기 소모성 와이어 전극과 상기 3D 부품 간에 아크를 형성함으로써 상기 비드형 직조 패턴의 증착 동안 적어도 상기 소모성 와이어 전극을 용융하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 17

제12항에 있어서, 상기 금속 증착 장치의 와이어 공급기를 통해 상기 금속 재료의 필러 와이어를 상기 3D 부품을 향하여 공급하는 단계; 및

상기 금속 증착 장치의 레이저에 동작가능하게 연결된 상기 금속 증착 장치의 전원을 통해 에너지를 제공하여 상기 레이저와 상기 3D 부품 간에 레이저 빔을 형성함으로써 상기 비드형 직조 패턴의 증착 동안 적어도 상기 필러 와이어를 용융하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 18

제12항에 있어서, 상기 금속 증착 장치의 와이어 공급기를 통해 상기 금속 재료의 필러 와이어를 상기 3D 부품을 향하여 공급하는 단계; 및

상기 금속 증착 장치의 비소모성 전극에 동작가능하게 연결된 상기 금속 증착 장치의 전원을 통해 에너지를 제공하여 상기 비소모성 전극과 상기 3D 부품 간에 아크를 형성함으로써 상기 비드형 직조 패턴의 증착 동안 적어도 상기 필러 와이어를 용융하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 19

제12항에 있어서, 상기 금속 증착 장치의 제1 와이어 공급기를 통해 상기 금속 재료의 필러 와이어를 상기 3D 부품을 향하여 공급하는 단계;

상기 금속 증착 장치의 제2 와이어 공급기를 통해 상기 금속 재료의 소모성 와이어 전극을 상기 3D 부품을 향하여 공급하는 단계; 및

상기 제2 와이어 공급기에 동작가능하게 연결된 상기 금속 증착 장치의 전원을 통해 에너지를 제공하여 상기 소모성 와이어 전극과 상기 3D 부품 간에 아크를 형성함으로써 상기 비드형 직조 패턴의 증착 동안 적어도 상기

소모성 와이어 전극과 상기 필터 와이어를 용융하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 20

제12항에 있어서, 상기 컴퓨터 제어 장치의 제어하에 상기 비드형 직조 패턴의 증착 동안 상기 금속 재료의 실질적으로 일정한 금속 증착률을 유지하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 21

제12항에 있어서, 상기 컴퓨터 제어 장치의 제어하에 상기 비드형 직조 패턴의 증착 동안 실질적으로 일정한 접촉 팁 대 워크간 거리(CTWD)를 유지하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 22

제12항에 있어서, 상기 비드형 직조 패턴의 웨이브 형상은, 상기 계획된 빌드 패턴에 따라 실질적으로 정현파 형상, 실질적으로 삼각형 형상, 또는 실질적으로 직사각형 형상 중 하나인, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원에 대한 상호 참조/참고 인용

[0002] 본 출원은 2019년 1월 4일자로 출원된 미국 특허 출원 제16/239,602호에 대한 우선권을 주장하며, 이들은 본원에서 전체적으로 재현된 것처럼 참고로 포함된다.

[0003] 본 발명의 실시예들은, 적층 제조에 관련된 시스템 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는, 적층 제조 공정 동안 빌드(build) 층의 금속 충전을 지원하는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0004] 종래에는, 적층 제조 공정은, 각 부품이 층별로 빌드업되는 비교적 저 증착률로 거의 순 형상의 부품을 제조할 수 있다. 그러나, 빌드 시간이 길 수 있고, 소정 유형의 부품(예를 들어, 빌드 층의 폭이 가변되는 부품)을 적층 제조하기에는 현재의 내부충전(infill) 기술이 부적절할 수 있다.

발명의 내용

[0005] 본 발명의 실시예들은, 적층 제조 동안 3차원(3D) 부품의 빌드 층의 효율적인 충전을 제공하는 적층 제조에 관한 시스템 및 방법을 포함한다.

[0006] 일 실시예에서는, 적층 제조 시스템을 제공한다. 적층 제조될 3D 부품의 다수의 층의 패턴들은, 일 실시예에 따라 표현되며 시스템 내에 디지털 데이터로서 저장된다. 디지털 데이터는, 예를 들어, CAD 모델 또는 스캐닝된 부품으로부터 온 것일 수 있다. 시스템은, 적층 제조될 3차원(3D) 부품의 다수의 빌드 층에 대응하며 디지털 데이터로서 저장된 다수의 계획된 빌드 패턴에 액세스하도록 구성된 컴퓨터 제어 장치를 포함한다. 시스템은, 또한, 금속 재료를 증착하여 3D 부품의 다수의 빌드 층 중의 빌드 층의 적어도 일부를 형성하도록 구성된 금속 증착 장치를 포함한다. 금속 재료는, 컴퓨터 제어 장치의 제어하에, 다수의 계획된 빌드 패턴 중의 계획된 빌드 패턴의 계획된 경로에 따라 비드형 직조 패턴(beaded weave pattern)으로서 증착되고, 계획된 빌드 패턴은 빌드 층에 대응한다. 비드형 직조 패턴의 직조 폭, 직조 주파수, 및 직조 드웰(dwell), 및/또는 빌드 층의 길이 치수를 따른 증착 이동 방향으로의 이동 속도는, 비드형 직조 패턴의 증착 동안 동적으로 조절된다. 조절은, 빌드 층의 폭이 빌드 층의 길이 치수를 따라 가변됨에 따라, 계획된 빌드 패턴에 따라 컴퓨터 제어 장치의 제어하에 행해진다. 그 결과, 비드형 직조 패턴의 비드 폭이 동적으로 가변된다. 일 실시예에서, 로봇은 금속 증착 장치의 적어도 일부에 동작가능하게 연결된다. 로봇은, 계획된 빌드 패턴의 계획된 경로에 따라 금속 증착 장치의 적어도 일부를 적층 제조되고 있는 3D 부품에 대하여 이동시키기 위해 비드형 직조 패턴의 증착 동안 컴퓨터 제어 장치에 의해 제어되도록 구성된다. 일 실시예에서, 로봇은 적층 제조되고 있는 3D 부품을 유지하는 베이스에 동작가능하게 연결된다. 로봇은, 베이스를 계획된 빌드 패턴의 계획된 경로에 따라 금속 증착 장치에 대하여 이동시키기 위해 비드형 직조 패턴의 증착 동안 컴퓨터 제어 장치에 의해 제어되도록 구성된다. 일 실시예에서, 금속 증착 장치는, 접촉 팁을 갖는 증착 도구, 금속 재료의 소모성 와이어 전극을 증착 도구를 통해 3D 부품을 향하여 공급하도록 구성된 와이어 공급기, 및 와이어 공급기에 동작가능하게 연결된 전원을 포함한다. 전원은,

에너지를 제공하여 소모성 와이어 전극과 3D 부품 간에 아크를 형성함으로써 비드형 직조 패턴의 증착 동안 적어도 소모성 와이어 전극을 용융시키도록 구성된다. 일 실시예에서, 금속 증착 장치는, 금속 재료의 필러 와이어를 3D 부품을 향하여 공급하도록 구성된 와이어 공급기, 전원, 및 전원에 동작가능하게 연결된 레이저를 포함한다. 전원과 레이저는, 레이저 빔의 형태인 에너지를 제공하여 비드형 직조 패턴의 증착 동안 적어도 필러 와이어를 용융시키도록 구성된다. 일 실시예에서, 금속 증착 장치는, 금속 재료의 필러 와이어를 3D 부품을 향하여 공급하도록 구성된 와이어 공급기, 전원, 및 전원에 동작가능하게 연결된 비소모성 전극(non-consumable electrode)을 포함한다. 전원과 비소모성 전극은, 에너지를 제공하여 비소모성 전극과 3D 부품 간에 아크를 형성함으로써 비드형 직조 패턴의 증착 동안 적어도 필러 와이어를 용융시키도록 구성된다. 일 실시예에서, 금속 증착 장치는, 금속 재료의 필러 와이어를 3D 부품을 향하여 공급하도록 구성된 제1 와이어 공급기, 전원, 및 전원에 동작가능하게 연결되고 금속 재료의 소모성 와이어 전극을 3D 부품을 향하여 공급하도록 구성된 제2 와이어 공급기를 포함한다. 전원은, 에너지를 제공하여 소모성 와이어 전극과 3D 부품 간에 아크를 형성함으로써 비드형 직조 패턴의 증착 동안 적어도 소모성 와이어 전극과 필러 와이어를 용융시키도록 구성된다. 일 실시예에서, 컴퓨터 제어 장치의 제어하에 비드형 직조 패턴의 증착 동안 금속 재료의 실질적으로 일정한 금속 증착물이 유지된다. 일 실시예에서는, 컴퓨터 제어 장치의 제어하에 비드형 직조 패턴의 증착 동안 실질적으로 일정한 접촉 팁 대 워크 거리(contact tip-to-work distance; CTWD)가 유지된다. 비드형 직조 패턴의 웨이브 형상은, 예를 들어, 다양한 실시예에 따라, 계획된 빌드 패턴에 기초하여 실질적으로 정현파 형상, 실질적으로 삼각형 형상, 또는 실질적으로 직사각형 형상 중 하나일 수 있다.

[0007]

일 실시예는, 적층 제조된 부품의 빌드 층을 충전하는 적층 제조 방법을 포함한다. 이 방법은, 컴퓨터 제어 장치를 통해 디지털 데이터로서 저장된 다수의 계획된 빌드 패턴 중의 계획된 빌드 패턴에 액세스하는 단계를 포함한다. 다수의 계획된 빌드 패턴은 적층 제조되고 있는 3D 부품의 다수의 빌드 층에 대응한다. 방법은, 금속 증착 장치를 통해 다수의 빌드 층 중의 빌드 층의 길이 치수를 따라 증착 이동 방향으로 금속 재료의 비드형 직조 패턴을 증착하는 단계를 더 포함한다. 증착은, 컴퓨터 제어 장치에 의해 제어되며, 빌드 층의 폭이 길이 치수를 따라 가변됨에 따라, 계획된 빌드 패턴의 계획된 경로에 따라 수행된다. 방법은, 또한, 비드형 직조 패턴의 직조 폭, 직조 주파수, 및 직조 드웰 중 적어도 하나, 및/또는 증착 동안 증착 이동 방향으로의 이동 속도를 동적으로 조절하는 단계를 포함한다. 조절은, 폭이 길이 치수를 따라 가변됨에 따라, 계획된 빌드 패턴에 따라 컴퓨터 제어 장치의 제어하에 행해진다. 그 결과, 비드형 직조 패턴의 비드 폭이 동적으로 가변된다. 일 실시예에서, 방법은, 비드형 직조 패턴의 증착 동안 컴퓨터 제어 장치를 통해 금속 증착 장치의 적어도 일부에 동작가능하게 연결된 로봇을 제어하여 계획된 빌드 패턴의 계획된 경로에 따라 금속 증착 장치의 적어도 일부를 적층 제조되고 있는 3D 부품에 대하여 이동시키는 단계를 포함한다. 일 실시예에서, 방법은, 비드형 직조 패턴의 증착 동안 컴퓨터 제어 장치를 통해 적층 제조되고 있는 3D 부품을 유지하는 베이스에 동작가능하게 연결된 로봇을 제어하여 계획된 빌드 패턴의 계획된 경로에 따라 베이스를 금속 증착 장치에 대하여 이동시키는 단계를 포함한다. 일 실시예에서, 방법은, 금속 재료의 소모성 와이어 전극을 금속 증착 장치의 와이어 공급기를 통해 3D 부품을 향하여 공급하는 단계를 포함한다. 에너지는, 소모성 와이어 전극과 3D 부품 간에 아크를 형성함으로써 비드형 직조 패턴의 증착 동안 와이어 공급기에 동작가능하게 연결된 금속 증착 장치의 전원을 통해 적어도 소모성 와이어 전극을 용융시키도록 제공된다. 일 실시예에서, 방법은, 금속 재료의 필러 와이어를 금속 증착 장치의 와이어 공급기를 통해 3D 부품을 향하여 공급하는 단계를 포함한다. 에너지는, 레이저와 3D 부품 간에 레이저 빔을 형성함으로써 금속 증착 장치의 레이저에 동작가능하게 연결된 금속 증착 장치의 전원을 통해 비드형 직조 패턴의 증착 동안 적어도 필러 와이어를 용융시키도록 제공된다. 일 실시예에서, 방법은, 금속 재료의 필러 와이어를 금속 증착 장치의 와이어 공급기를 통해 3D 부품을 향하여 공급하는 단계를 포함한다. 에너지는, 비소모성 전극과 3D 부품 간에 아크를 형성함으로써 금속 증착 장치의 비소모성 전극에 동작가능하게 연결된 금속 증착 장치의 전원을 통해 비드형 직조 패턴의 증착 동안 적어도 필러 와이어를 용융시키도록 제공된다. 일 실시예에서, 방법은, 금속 재료의 필러 와이어를 금속 증착 장치의 제1 와이어 공급기를 통해 3D 부품을 향하여 공급하는 단계, 및 금속 재료의 소모성 와이어 전극을 금속 증착 장치의 제2 와이어 공급기를 통해 3D 부품을 향하여 공급하는 단계를 포함한다. 에너지는, 소모성 와이어 전극과 3D 부품 간에 아크를 형성함으로써 제2 와이어 공급기에 동작가능하게 연결된 금속 증착 장치의 전원을 통해 비드형 직조 패턴의 증착 동안 적어도 소모성 와이어 전극과 필러 와이어를 용융시키도록 제공된다. 일 실시예에서, 방법은, 컴퓨터 제어 장치의 제어하에 비드형 직조 패턴의 증착 동안 금속 재료의 실질적으로 일정한 금속 증착물을 유지하는 단계를 포함한다. 일 실시예에서, 방법은, 컴퓨터 제어 장치의 제어하에 비드형 직조 패턴의 증착 동안 실질적으로 일정한 접촉 팁 대 워크 거리(CTWD)를 유지하는 단계를 포함한다. 비드형 직조 패턴의 웨이브 형상은, 예를 들어, 다양한 실시예에 따라, 계획된 빌드 패턴에 기초하여 실질적으로 정현파 형상, 실질적으로 삼각형 형상, 또는 실질적으로 직사각

형 형상 중 하나일 수 있다.

[0008] 본 발명의 일반적인 개념의 많은 양태는 다음에 따르는 예시적인 실시예들의 상세한 설명, 청구범위, 및 첨부도면으로부터 쉽게 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0009] 본 명세서에 포함되어 본 명세서의 일부를 구성하는 첨부 도면은 본 개시 내용의 다양한 실시예를 예시한다. 도면에 예시된 요소 경계(예를 들어, 박스, 박스들의 그룹들, 또는 다른 형상)는 경계의 일 실시예를 나타낸다는 점을 이해할 것이다. 일부 실시예에서, 하나의 요소는 다수의 요소로서 설계될 수 있고, 또는 그 다수의 요소가 하나의 요소로서 설계될 수 있다. 일부 실시예에서, 다른 요소의 내부 구성요소로서 도시된 요소는 외부 구성요소로서 구현될 수 있으며, 그 반대의 경우도 마찬가지이다. 또한, 요소들은 균일한 비율로 그려지지 않을 수 있다.

도 1은 금속 증착 장치를 포함하는 적층 제조 시스템의 일 실시예를 도시한다.

도 2는 소모성 와이어 전극에 동작가능하게 연결된 도 1의 적층 제조 시스템의 전원의 일 실시예의 개략적인 블록도를 도시한다.

도 3은 적층 제조되는 3D 부품의 빌드 층과 용접 전극 간에 아크를 생성하는 일 실시예를 도시하는 도면이다.

도 4는 적층 제조되는 3D 부품의 빌드 층의 길이를 따라 증착되는 실질적으로 정현파의 비드형 직조 패턴의 일 실시예를 도시하는 도면이다.

도 5는 적층 제조되는 3D 부품의 빌드 층의 길이를 따라 증착되는 실질적으로 삼각형의 비드형 직조 패턴의 일 실시예를 도시하는 도면이다.

도 6은 적층 제조되는 3D 부품의 빌드 층의 길이를 따라 증착되는 실질적으로 직사각형의 비드형 직조 패턴의 일 실시예를 도시하는 도면이다.

도 7은 적층 제조되는 3D 부품의 빌드 층을 충전하는 방법의 일 실시예의 흐름도를 도시한다.

도 8은 금속 증착 장치, 컴퓨터 제어 장치, 및 로봇 암을 갖는 로봇을 구비하는 적층 제조 시스템의 일 실시예의 시스템 블록도를 도시한다.

도 9는, 로봇이 금속 증착 장치에 연결되는 대신 3D 부품 또는 기관을 유지하는 플랫폼에 동작가능하게 연결되는, 도 8의 적층 제조 시스템의 대체 실시예의 일부를 도시한다.

도 10은 소모성 전극 기반인 도 8의 금속 증착 장치의 일 실시예의 시스템 블록도를 도시한다.

도 11은 레이저 기반인 도 8의 금속 증착 장치의 일 실시예의 시스템 블록도를 도시한다.

도 12는, 도 11과 유사한, 레이저 열선(laser hot wire; LHW) 시스템으로서 구성된 금속 증착 장치를 갖는 적층 제조 시스템의 일 실시예의 시스템 블록도를 도시한다.

도 13은 비소모성 전극 기반인 도 8의 금속 증착 장치의 일 실시예의 시스템 블록도를 도시한다.

도 14는 소모성 전극 기반이면서 필러 와이어 기반인 도 8의 금속 증착 장치의 일 실시예의 시스템 블록도를 도시한다.

도 15는 도 1, 도 2, 도 8, 도 10, 도 11, 도 12, 도 13, 및 도 14의 시스템의 예시적인 컴퓨터 제어 장치 또는 제어기의 일 실시예를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 일반적으로 알려진 바와 같이, 적층 제조는, 원하는 제조된 제품을 생성하기 위해 재료가 베이스/기관 또는 부품 상에 (예를 들어, 층으로) 증착되는 공정이다. 일 실시예에 따르면, 적층 제조될 3차원(3D) 부품의 다수의 층의 패턴들은 디지털 데이터로서 표현되고 저장된다. 디지털 데이터는, 예를 들어, CAD 모델 또는 스캐닝된 부품으로부터 온 것일 수 있다. 일부 응용분야에서, 제조 물품은 상당히 복잡할 수 있다. 그러나, 적층 제조에서 충전에 사용되는 공지된 방법 및 시스템은 느리고 성능이 제한되는 경향이 있다. 본 발명의 실시예들은, 충전 동안 동적 비드형 직조 패턴을 증착하는 시스템 및 방법을 제공함으로써 충전 문제를 해결한다.

- [0011] 적층 제조 시스템 및 방법의 실시예들을 개시한다. 일 실시예에서, 적층 제조 시스템은, 디지털 데이터로서 저장되고 적층 제조될 3차원(3D) 부품의 다수의 빌드 층에 대응하는 다수의 계획된 빌드 패턴에 액세스하도록 구성된 컴퓨터 제어 장치를 포함한다. 이 시스템은 금속 증착 장치도 포함한다. 금속 증착 장치는, 빌드 층의 폭이 길이 치수를 따라 가변됨에 따라, 3D 부품의 다수의 빌드 층 중의 빌드 층의 길이 치수를 따라 금속 재료의 비드형 직조 패턴을 증착하도록 구성된다. 증착은, 다수의 계획된 빌드 패턴 중의 계획된 빌드 패턴의 계획된 경로에 따라 컴퓨터 제어 장치의 제어하에 있다. 길이 치수를 따라 폭이 가변됨에 따라, 비드형 직조 패턴의 증착 동안 비드형 직조 패턴의 직조 폭, 직조 주파수, 직조 드웰, 및 길이 치수를 따른 금속 증착 장치의 이동 속도가 동적으로 조절된다. 동적 조절은, 계획된 빌드 패턴에 따라 컴퓨터 제어 장치의 제어하에 있으며, 비드형 직조 패턴의 비드 폭을 동적으로 가변한다. 계획된 빌드 패턴과 이에 따른 계획된 경로 및 동적 조절은, 경로 계획 소프트웨어를 사용하여 경로 계획 개발의 일부로서 미리 생성된다.
- [0012] 금속 증착 장치의 실시예들은, 예를 들어, 금속 와이어를 용융하여 금속 재료를 증착하도록, 예를 들어, 레이저 기반 서브시스템, 플라즈마 기반 서브시스템, 아크 기반 서브시스템, 전자 빔 기반 서브시스템, 또는 전기 저항 기반 서브시스템 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 또한, 금속 증착 장치의 일부 실시예는, 예를 들어, 소모품 금속 와이어를 공급/전달하여 베이스 상에 3D 부품을 적층 제조하기 위한 와이어 전달 또는 공급 시스템을 포함할 수 있다. 또한, 금속 증착 장치의 일부 실시예는, 예를 들어, 레이저 빔, 플라즈마 빔, 전기 아크, 전자 빔, 또는 소모성 금속 와이어를 베이스 또는 기관 상에 적층 제조되고 있는 3D 부품에 대하여 이동시키도록 운동학적 제어 요소(예를 들어, 로봇 공학) 또는 다른 유형의 제어 요소(예를 들어, 광학 제어 요소)를 포함할 수 있다.
- [0013] 본원의 예들과 도면은 단지 예시적인 것이며 청구범위의 범주 및 사상에 의해 측정되는 본 발명을 제한하려는 것이 아니다. 이제 본 발명의 예시적인 실시예들을 설명하기 위한 것이지만 제한하려는 것이 아닌 도면을 참조하면, 도 1은 본 발명의 실시예들을 금속 증착 장치를 포함하는 적층 제조 시스템의 일 실시예를 예시하는 맥락에서 나타낸 것이다. 금속 증착 장치는, 전형적으로, 예를 들어, 가스 금속 아크 용접(GMAW), 플럭스-코어 아크 용접(FCAW), 또는 가스 텅스텐 아크 용접(GTAW)과 같은 용접 공정에 의해 층별로 부품을 적층 제조하는 것을 돕는 데 사용될 수 있음을 고려할 수 있다. 본원에서 나중에 설명하는 바와 같이, 다른 실시예들에 따르면, 다른 금속 증착 공정들도 가능하다.
- [0014] 도 1을 참조하면, 적층 제조 시스템(10)은, 일반적으로 프레임(12), 프레임 내에 배치된 로봇(14), 및 프레임 내에 또한 각각 배치된 제1 및 제2 테이블(16, 18)을 포함한다. 적층 제조 시스템(10)은, 이하에 더욱 상세히 설명하는 방식으로 부품들(예를 들어, 22 및 24)을 적층 제조하는 데 유용하다. 도 1에 도시된 실시예에서, 프레임(12)은 로봇(14)과 테이블들(16 및 18)을 둘러싸기 위한 복수의 측벽과 도어를 포함한다. 평면도에서는 실질적으로 직사각형 구성이 도시되어 있지만, 프레임(12)과 시스템(10)은 많은 구성을 취할 수 있다.
- [0015] 전방 액세스 도어(26)는 프레임의 내부에 액세스하도록 프레임(12)에 장착된다. 전방 액세스 도어(26)는, 도어가 2개의 힌지 세트인 도어(26)를 프레임(12)에 부착하는 제1 힌지 세트 및 도어의 한 패널을 다른 패널에 부착하는 제2 힌지 세트를 포함하는 이중 접힘 구성을 취할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 전방 액세스 도어(26)는 슬라이딩 도어 또는 스윙 도어 등의 다른 구성을 취할 수 있다. 유사하게, 후방 액세스 도어(28)도 프레임(12)에 장착된다. 도시된 실시예에서는 후방 액세스 도어(28)도 이중 접힘 구성을 취하고 있으나, 후방 액세스 도어는 전방 액세스 도어(26)와 관련하여 전술한 바와 같이 다른 구성을 취할 수 있다. 윈도우(32)는 어느 도어에나 제공될 수 있다(전방 도어(26)에만 도시되어 있다). 윈도우는 당업계에 공지된 착색 안전 스크린을 포함할 수 있다.
- [0016] 제어 패널(40)은 전방 도어(26)에 인접한 프레임(12) 상에 제공된다. 제어 패널(40) 상에 제공된 제어 노브 및/또는 스위치는 프레임(12)에 역시 장착된 제어 인클로저(42) 내에 수용된 제어부와 통신한다. 제어 패널(40) 상의 제어부는, 공지된 적층 제조 시스템과 함께 사용되는 제어부와 유사한 방식으로 적층 제조 시스템(10)에서 수행되는 동작을 제어하는 데 사용될 수 있다.
- [0017] 일 실시예에서, 로봇(14)은 지지부 상에 장착되는 받침대 상에 장착된다. 도시된 실시예의 로봇(14)은 테이블들(16 및 18)에 대해 중심에 있으며 다수의 이동 축을 포함한다. 필요한 경우, 받침대는 터렛과 유사하게 지지부에 대해 회전할 수 있다. 이에 따라, 어떤 종류의 구동 메커니즘, 예를 들어, 모터 및 변속기(도시하지 않음)는, 로봇(14)을 회전시키기 위한 지지부 및/또는 받침대에 수용될 수 있다.
- [0018] 일 실시예에서, 증착 도구(60)는 금속 증착 장치의 일부이며 로봇(14)의 암의 원위 단부에 부착된다. 증착 도구(60)는, 예를 들어, 본원에서 나중에 설명하는 실시예들에 따르면, 접촉 팁을 갖는 용접 건 또는 토치, 레이저

장치, 또는 비소모성 전극 장치를 포함할 수 있다. 증착 도구(60)는 금속 재료의 증착을 가능하게 한다. 일 실시예에서, 가요성 튜브 또는 도관(62)은 증착 도구(60)에 부착된다. 용기(66) 내에 저장될 수 있는 소모성 금속 와이어(64)(예를 들어, 와이어 전극 또는 필러 와이어로서 사용됨)는 도관(62)을 통해 증착 도구(60)로 전달된다. 일 실시예에서, 와이어 공급기(68)는, 금속 증착 장치의 일부이며, 소모품 금속 와이어(64)를 증착 도구(60)로 전달하는 것을 용이하게 하도록 프레임(12)에 부착된다.

[0019] 로봇(14)은 프레임(12)의 베이스 또는 하측 부분에 장착된 것으로 도시되어 있지만, 필요한 경우, 로봇(14)은 프레임의 상측 구조에 장착될 수 있고 시스템(10)에 하향으로 의존할 수 있다. 일 실시예에서, 전력 공급원(72)(전원)은, 적층 제조 동작을 지원하기 위한 금속 증착 장치의 일부이며, 프레임(12)에 연결되고 프레임의 일부일 수 있는 플랫폼(74)에 장착되어 플랫폼 상에 안착된다. 다른 일 실시예에서, 전력 공급원(72)은, 2개의 개별 전력 공급원(예를 들어, 하나는 증착 도구(60)에서 레이저에 전력을 공급하기 위한 것이고 나머지 하나는 소모성 금속 와이어가 증착 도구(60)를 통과할 때 소모성 금속 와이어(64)를 가열하기 위한 것임)으로서 구현될 수 있다. 컴퓨터 제어 장치(76)는, 후술하는 바와 같이 적층 제조 시스템(10)(로봇(14)을 포함)의 다양한 부품과 통신하고 이러한 부품을 제어하며, 플랫폼(74) 상에 안착 및 장착된다.

[0020] 도 2는, 소모성 와이어 전극(64)에 동작가능하게 연결된 도 1의 적층 제조 시스템(10)의 전원(72)의 예시적인 실시예의 개략적 블록도를 도시한다. 전원(72)은, 와이어(64)와 워크피스 부품(22) 간에 아크를 형성함으로써 증착 동안 와이어(64)를 용융하도록 와이어(64)와 워크피스 부품(22) 간에 용접 출력 전력을 제공하는 브리지 스위칭 회로(180)와 전력 변환 회로(110)를 갖는 스위칭 전력 공급원(105)을 포함한다. 전력 변환 회로(110)는 하프 브리지 출력 토폴로지에 기초하는 변압기일 수 있다. 예를 들어, 전력 변환 회로(110)는, 예를 들어, 용접 변압기의 일차측 및 이차측에 의해 각각 기술되는 바와 같은 입력 전력측 및 출력 전력측을 포함하는 인버터 유형일 수 있다. 예를 들어, DC 출력 토폴로지를 갖는 초퍼 유형 등의 다른 유형의 전력 변환 회로도 가능하다. 전원(72)은, 또한, 전력 변환 회로(110)에 동작가능하게 연결되고 (예를 들어, AC 동작을 위해) 용접 출력 전류의 극성의 방향을 스위칭하도록 구성된 브리지 스위칭 회로(180)를 포함한다.

[0021] 전원(72)은 파형 생성기(120) 및 제어기(130)를 더 포함한다. 파형 생성기(120)는 제어기(130)의 명령에 따라 용접 파형을 생성할 수 있다. 파형 생성기(120)에 의해 생성된 파형은, 전력 변환 회로(110)의 출력을 변조하여 와이어(64)와 워크피스 부품(22) 간의 출력 전류를 생성한다. 제어기(130)는, 또한, 브리지 스위칭 회로(180)의 스위칭을 명령하고, 전력 변환 회로(110)에 전력을 공급하는 제어 명령을 제공할 수 있다.

[0022] 일 실시예에서, 전원(72)은, 와이어(64)와 워크피스 부품(22) 간의 출력 전압과 전류를 감시하고 감시된 전압과 전류를 제어기(130)에 다시 제공하도록 전압 피드백 회로(140) 및 전류 피드백 회로(150)를 더 포함한다. 피드백 전압과 전류는, 예를 들어, 파형 생성기(120)에 의해 생성되는 용접 파형을 수정하는 것과 관련하여 결정을 내리고 및/또는 예컨대 전원(72)의 동작에 영향을 미치는 다른 결정을 내리도록 제어기(130)에 의해 사용될 수 있다.

[0023] 일 실시예에 따르면, 스위칭 전원(105), 파형 생성기(120), 제어기(130), 전압 피드백 회로(140), 및 전류 피드백 회로(150)는 전원(72)을 구성한다. 적층 제조 시스템(10)은, 또한, 일 실시예에 따라 소모품 금속 와이어(64)를 증착 도구(60)를 통해 워크피스 부품(22)을 향하여 선택된 와이어 공급 속도(WFS)로 공급하는 와이어 공급기(68)를 포함한다. 와이어 공급기(68), 소모성 금속 와이어(64), 및 워크피스 부품(22)은, 전원(72)의 일부는 아니지만, 예를 들어, 하나 이상의 출력 케이블을 통해 전원(72)에 동작가능하게 연결될 수 있다.

[0024] 도 3은 (증착 도구(60)로부터 나오는) 소모품 금속 와이어(64)와 적층 제조되고 있는 3D 부품(22) 사이에 아크를 생성하는 일 실시예를 도시하는 도면이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 부품(22)의 빌드 층(N)과 빌드 층(N+1)은 아크를 통해 소모성 금속 와이어(64)를 용융함으로써 증착되었다. 아크 길이 및 접촉 팁 대 워크 거리(CTWD)도 도 3에 도시되어 있다. 일 실시예에 따르면, 실질적으로 일정한 CTWD는, 본원에서 나중에 설명하는 바와 같이 증착 동안 제어되고 유지된다. 전문이 본원에 참고로 인용되는 미국 특허번호 제9,815,135호는 CTWD의 개념 및 CTWD를 결정하고 제어하는 방법을 개시하고 있다.

[0025] 다른 일 실시예에 따르면, 증착 도구(60)는 레이저 장치를 포함하고, 전원(72)은, 레이저 빔을 형성하여 증착 동안 소모성 금속 와이어(64)(예를 들어, 필러 와이어)를 용융하게끔 레이저 장치에 전력(에너지)을 제공하도록 구성된다. 또 다른 일 실시예에 따르면, 증착 도구(60)는 비소모성 전극(예를 들어, 텅스텐 전극)을 포함하고, 전원(72)은, 비소모성 전극과 부품 간에 아크를 형성함으로써 증착 동안 소모성 금속 와이어(64)(예를 들어, 필러 와이어)를 용융하게끔 전력(에너지)을 제공하도록 구성된다. 일부 실시예에서, 소모성 금속 와이어(64)는 증착 도구(60)를 통해 공급되며, 증착 도구(60)는, 예를 들어, 접촉 팁, 레이저 장치, 또는 비소모성 전극을 포함

한다. 다른 실시예에서, 소모성 금속 와이어(64)는 접촉 팁, 레이저 장치, 또는 비소모성 전극을 갖는 증착 도구(60)를 통해 공급되지 않을 수 있다. 대신, 소모성 금속 와이어(64)는, 적어도 도 11 내지 도 13에 대하여 본원에서 나중에 설명하는 바와 같이, 증착 도구(60)의 인접한 위치로부터 이러한 증착 도구의 출력을 향하여 공급될 수 있다.

[0026] 도 4는 적층 제조되는 3D 부품의 예시적인 빌드 층의 길이를 따라 증착되는 실질적으로 정현파의 비드형 직조 패턴(400)의 일 실시예를 도시하는 도면이다. 도 4에서, 빌드 층은 위에서 보는 것으로 되어 있다. 도 4는 빌드 층의 2개의 미리 증착된 윤곽 또는 경계(410 및 420)를 도시한다. 빌드 층의 (폭 치수(425)에서의) 폭은 빌드 층의 길이 치수(430)를 따라 가변된다. 즉, 도 4의 상단으로부터 도 4의 하단으로 길이 치수(430)의 방향을 따라, 빌드 층은, 좁게 시작하고, 점진적으로 넓어지고, 최대 폭을 잠시 동안 유지한 다음, 점진적으로 좁아진다. 길이 치수에 대한 폭의 다른 변형을 갖는 다른 빌드 층도 가능하다.

[0027] 윤곽들(410 및 420) 사이의 빌드 층은 (예를 들어, 도 4의 상단에서 시작하여 도 4의 하단에서 끝나는) 비드형 직조 패턴(400)으로서 금속 재료로 충전된다. 예를 들어, 도 1을 참조하면, 컴퓨터 제어 장치(76)는, 증착 도구(60)를 계획된 경로를 따라 이동시켜 증착된 비드형 직조 패턴(400)이 윤곽들(410, 420) 사이의 빌드 층에서 충전되게끔 로봇(14)을 제어하도록 구성된다. 도 4를 참조하면, 증착 동안, 빌드 층의 폭이 길이 치수(430)를 따라 가변됨에 따라, 비드형 직조 패턴(400)의 직조 폭(440)과 직조 주파수가 가변된다. 또한, 증착 동안 길이 치수(430)를 따라 빌드 층의 폭이 가변됨에 따라, 비드형 직조 패턴(400)의 직조 드웰이 가변된다. 또한, 증착 도구(60)의 (예를 들어, 도 4의 상단으로부터 도 4의 하단으로 향하는 증착 이동 방향(450)으로의) 이동 속도는, 증착 동안 빌드 층의 폭이 길이 치수를 따라 가변됨에 따라, 가변된다. 직조 폭, 직조 주파수, 직조 드웰, 및 이동 속도는, 빌드 층의 계획된 빌드 패턴에 따라 증착 동안 컴퓨터 제어 장치(76)에 의해 제어된다.

[0028] 도 4와 유사하게, 도 5는 적층 제조되는 3D 부품의 빌드 층의 길이를 따라 증착되는 실질적으로 삼각형의 비드형 직조 패턴(500)의 일 실시예를 도시하는 도면이다. 도 4 및 도 5와 유사하게, 도 6은 적층 제조되는 3D 부품의 빌드 층의 길이를 따라 증착되는 실질적으로 직사각형의 비드형 직조 패턴(600)의 일 실시예를 도시하는 도면이다. 다른 실시예들에 따르면, 다양한 직조 폭과 직조 주파수를 갖는 다른 비드형 직조 패턴도 가능하다.

[0029] 비드는 빌드 층의 폭을 가로지르는 금속 증착 패스이고, 비드형 직조 패턴은 단순히 비드형 직조 패턴을 위한 빌드 층의 계획된 경로를 따른 위치에 있는 일련의 금속 증착 패스이다. 비드형 직조 패턴의 증착된 금속 비드들(패스들)은, 다양한 파라미터(직조 폭, 직조 주파수, 직조 드웰, 및 이동 속도)가 동적으로 조절되는 방식에 따라, 실질적으로 유사하거나 실질적으로 다른 크기(비드 폭, 예를 들어, 도 4의 비드 폭(460) 참조)를 가질 수 있고 서로 유사하거나 상이하게 이격될 수 있다(예를 들어, 도 4의 비드 간격(470) 참조). 일 실시예에 따르면, 비드 폭(460)의 범위는 빌드 층의 길이에 걸쳐 4 mm 내지 12 mm일 수 있다. 직조 폭(440)은 사실상 증착의 임의의 부분을 따른 직조 패턴의 피크 대 피크 진폭이다(예를 들어, 도 4 참조). 직조 주파수는 단위 시간당(또는 이동 방향(450)을 따른 단위 길이당) 직조 사이클의 수이며 직조 파장의 역수이다. 증착 도구가 실제로 비드형 직조 패턴을 위한 계획된 경로(예를 들어, 정현파 경로, 삼각형 경로, 또는 직사각형 경로)를 따라 이동하더라도, 빌드 층의 길이 치수(430)를 따른 이동 방향(450)의 이동 속도는, 기본적으로 증착 동안 임의의 시점에서 길이 치수(430)를 따른 유효 순간 선형 이동 속도이다. 직조 드웰은 직조 패턴의 어느 한쪽 단부에서의 일시정지 시간이다. 예를 들어, (도 4 내지 도 6에서와 같이) 좌측/우측으로 직조를 행할 때, 직조 드웰은 좌측 이동의 끝에서 그리고 다시 우측 이동의 끝에서의 일시정지 시간이다. 예를 들어, 직조 주파수가 1 Hz이고 직조 드웰이 0.2초인 경우, 중간을 가로지르는 이동은, 차이, 즉, 1초 - 0.2초(좌측) - 0.2초(우측) = 총 0.6초, 이어서, 2개의 이동 움직임(한 사이클에 걸쳐 좌측 이동과 우측 이동)으로 나누어져, 좌측 이동 비드당 0.3초의 이동 시간과 우측 이동 비드당 0.3초의 이동 시간이 발생한다. 직조 드웰 동안, 공정은 비드형 직조 패턴의 가장자리에 열을 가한다. 비드가 다른 비드 옆에 배치될 때, 직조 드웰은, 공극을 남게 하는 브리징 없이 금속이 이전 층과 이전 비드의 모서리로 흐를 수 있도록 설정된다.

[0030] 도 7은 적층 제조되는 3D 부품의 빌드 층을 충전하는 방법(700)의 일 실시예의 흐름도를 도시한다. 방법(700)의 블록(710)에서는, 컴퓨터 제어 장치(예를 들어, 도 1의 컴퓨터 제어 장치(76))를 통해 계획된 빌드 패턴에 액세스한다. 계획된 빌드 패턴은, (예를 들어, 컴퓨터 제어 장치(76)의 저장 서브시스템에(예컨대 도 15 참조)) 디지털 데이터로서 저장된 다수의 계획된 빌드 패턴 중 하나이다. 다수의 계획된 빌드 패턴은 적층 제조되는 3차원(3D) 부품(예를 들어, 도 1의 3D 부품(22))의 다수의 빌드 층에 대응한다.

[0031] 블록(720)에서는, 금속 재료의 비드형 직조 패턴(예를 들어, 도 4의 비드형 직조 패턴(400))을, 다수의 빌드 층의 빌드 층의 길이 치수를 따라 증착 이동 방향(450)으로 증착한다. 증착은, 빌드 층의 폭이 길이 치수를 따

라 가변됨에 따라, 계획된 빌드 패턴의 계획된 경로에 따라 컴퓨터 제어 장치(예를 들어, 도 1의 컴퓨터 제어 장치(76))의 제어하에 금속 증착 장치(예를 들어, 도 1의 전력 공급원(72), 와이어 공급기(68), 및 증착 도구(60))를 통해 달성된다.

[0032] 블록(730)에서는, 비드형 직조 패턴의 직조 폭, 직조 주파수, 및 직조 드웰을, 증착 동안 증착 이동 방향(450)으로의 이동 속도와 함께 동적으로 조절한다. 동적 조절은, 폭이 길이 치수를 따라 가변됨에 따라, 계획된 빌드 패턴에 따라 컴퓨터 제어 장치(예를 들어, 도 1의 컴퓨터 제어 장치(76))의 제어하에 수행된다. 그 결과, 비드형 직조 패턴(예를 들어, 도 4의 비드형 직조 패턴(400))의 비드 폭이 동적으로 가변된다. 일 실시예에 따르면, 계획된 빌드 패턴이 경로 계획 개발 동안 미리 결정되어 있으므로, 수행될 동적 조절이 미리 결정된다. 즉, 내부충전 공정 동안 직조 폭, 직조 주파수, 직조 드웰, 및 이동 속도의 조절은 즉석에서 결정되지 않는다.

[0033] 일 실시예에 따르면, 방법(700)에서의 증착 동안 직조 폭, 직조 주파수, 직조 드웰, 및 이동 속도를 동적으로 조절하여 빌드 층의 적절한 내부충전을 제공한다. 동적 조절은, 비드 폭을 넓히거나 좁게 하여 적절한 내부충전을 제공하고 금속 재료의 실질적으로 일정한 증착물을 유지할 수 있게 한다. 일반적으로, 충전 영역이 넓어질수록, 이동 속도가 느려지고, 직조 폭이 개방되며, 비드가 넓어진다(반대의 경우도 마찬가지이다). 일 실시예에 따르면, 증착 동안 빌드 층의 폭이 빌드 층의 길이를 따라 넓어지면, 이동 속도가 감소되고, 직조 폭이 증가되고, 직조 주파수가 감소되고(즉, 직조 파장이 증가되고), 직조 드웰이 증가된다. 일 실시예에 따르면, 증착 동안 빌드 층의 폭이 빌드 층의 길이를 따라 좁아지면, 이동 속도가 증가되고, 직조 폭이 감소되고, 직조 주파수가 증가되고(즉, 직조 파장이 감소되고), 직조 드웰이 감소된다. 또한, 일 실시예에 따르면, 직조 파라미터와 이동 속도의 동적 증가 및 감소는, 경로 계획 개발의 일부로서 미리 결정되고 실시간으로 동적으로 결정되지 않는다. 그러나, 실시간 동적 조절이 즉석에서 수행되는 다른 실시예들이 있을 수 있다.

[0034] 또한, 일 실시예에 따르면, 컴퓨터 제어 장치의 제어하에 비드형 직조 패턴의 증착 동안 실질적으로 일정한 접촉 팁 대 워크 거리(CTWD)가 유지된다. 예를 들어, 본원에 참고로 인용되는 미국 공개특허출원번호 제2017/0252847 A1호는 CTWD를 제어하는 방식을 개시한다. 내부충전 증착 동안 이동 속도 및 직조 파라미터가 동적으로 변화하여 CTWD에 영향을 줄 수 있지만, 미국 공개특허출원번호 제2017/0252847 A1호에 개시된 CTWD 제어 공정은, CTWD를 실질적으로 일정하게 유지하고 이에 따라 동적 증착 내부충전 공정으로 인한 CTWD 변화를 보상하는 데 사용될 수 있다. 또한, 일 실시예에서는, 컴퓨터 제어 장치의 제어하에 비드형 직조 패턴의 증착 동안 실질적으로 일정한 와이어 공급 속도(WFS)가 유지된다. 다른 일 실시예에서는, WFS도 동적으로 가변될 수 있다.

[0035] 일부 실시예에서, 모든 파라미터(이동 속도 및 직조 파라미터)가 비드형 직조 패턴의 증착 동안 동시에 변경될 필요는 없다. 예를 들어, 빌드 층의 내부충전 영역의 형상에 따라, 모든 파라미터(이동 속도, 직조 폭, 직조 주파수, 직조 드웰)가 변경될 수 있고, 또는 이들 중 일부(예를 들어, 직조 폭과 직조 드웰)만이 변경될 수 있다. 파라미터들이 서로에 대해 동적으로 어떻게 변화하는지의 관계는 빌드 층에 대한 경로 계획 개발 중에 미리 결정되며, 이에 따라 빌드 층의 효율적이고 효과적인 내부충전 증착을 초래한다.

[0036] 일 실시예에 따르면, 경로 계획 개발 동안, 빌드 층의 폭이 변함에 따라, 경로 계획 소프트웨어는, 현재 비드 패스를 가로질러 충전될 필요가 있는 영역을 결정하고, 해당 영역의 적절한 내부충전을 위해 파라미터들(이동 속도 및 직조 파라미터)을 동적으로 조절한다. 경로 계획 소프트웨어의 G-코드의 슬라이싱 소프트웨어가 영역 결정에 관련된다. 경로 계획 소프트웨어는, 적층 제조될 3D 부품의 CAD 모델 또는 3D 부품의 스캐닝으로부터 도출된 디지털 데이터에 기초하여 빌드 층 상의 현재 비드 패스의 위치를 "알고 있다".

[0037] 도 8은 금속 증착 장치(810), 컴퓨터 제어 장치(820), 및 로봇 암(835)을 갖는 로봇(830)을 구비하는 적층 제조 시스템(800)의 일 실시예의 시스템 블록도를 도시한다. 금속 증착 장치(810)는 적층 제조 공정 동안 용융된 금속 재료를 증착하여 부품을 형성하도록 구성된다. 컴퓨터 제어 장치(820)는 금속 증착 장치(810) 및 로봇(830)에 동작가능하게 결합된다. 즉, 도 8의 실시예에서, 컴퓨터 제어 장치(820)는, 금속 증착 장치(810)의 다양한 양태(예를 들어, 와이어 공급, 출력 전력 또는 에너지)를 제어하고 로봇(830)을 위한 움직임 제어기로서 기능하도록 구성된다. 다른 실시예들에 따르면, 컴퓨터 제어 장치(820)는, 2개 이상의 제어기(예를 들어, 금속 증착 장치(810)를 제어하기 위한 제1 제어기 및 로봇(830)을 제어하기 위한 제2 제어기)를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 로봇 암(835)은, 로봇(830)이 컴퓨터 제어 장치(820)의 제어하에 베이스 또는 기판에 대하여 암(835)을 통해 공간에서 금속 증착 장치(810)를 이동시킬 수 있도록 금속 증착 장치(810)(또는 증착 도구 등의 금속 증착 장치(810)의 적어도 일부)에 결합된다. 다른 일 실시예에서, 로봇 암(835)은, 로봇(830)이 금속 증착 장치(810)에 대해 암(835)을 통해 공간에서 베이스 또는 기판을 이동시킬 수 있도록 베이스 또는 기판에 결합된다.

[0038] 일 실시예에 따르면, 컴퓨터 제어 장치(820)는, 적층 제조 공정의 윤곽 증착 단계 동안 베이스(기판) 상에 용융

된 금속 재료를 증착하여 부품의 윤곽을 형성하도록 금속 증착 장치(810)에 명령한다. 이어서, 컴퓨터 제어 장치(820)는, 적층 제조 공정의 내부충전 패턴 증착 단계 동안 베이스 상에 금속 재료를 증착하여 부품의 윤곽에 의해 윤곽이 잡힌 영역 내에 비드형 직조패턴을 형성하도록 금속 증착 장치(810)에 명령한다. 일 실시예에 따르면, 윤곽 증착 단계의 증착물은 내부충전 패턴 증착 단계의 증착물보다 낮으며, 이는 윤곽이 내부충전 패턴보다 정확하고 정밀하게 증착될 수 있게 한다. 적층 제조 공정이 부품의 연속적 빌드 층들을 형성함에 따라, 금속 재료가, 예를 들어, 내부충전 패턴 및 윤곽의 이전 층 상에 증착된다.

[0039] 도 9는 도 8의 적층 제조 시스템(800)의 대체 실시예의 일부를 도시하며, 여기서, 로봇(830)은 금속 증착 장치(810)에 연결되는 대신 3D 부품 또는 기관(920)을 유지하는 플랫폼(910)에 동작가능하게 연결된다. 금속 증착 장치(810)와 로봇(830)은, 예를 들어, 소정의 실시예에 따르면, 도 1과 도 9에 도시한 유형일 수 있다. 다른 다양한 실시예에 따르면, 다른 유형의 로봇 및 금속 증착 장치도 가능하다. 예를 들어, 도 10 내지 도 14는 본원에서 후술하는 금속 증착 장치의 다양한 실시예를 도시한다.

[0040] 도 10은, 도 8의 컴퓨터 제어 장치(820)에 의해 제어되는 전원(1010)과 와이어 공급기(1020)를 포함하고 소모성 전극 기반인 도 8의 금속 증착 장치(810)의 일 실시예(1000)의 시스템 블록도를 도시한다. 금속 증착 장치(1000)는, 또한, 증착 도구(1025)(예를 들어, 접촉 팁(1027)을 갖는 용접 토치 또는 건)을 포함한다. 금속 증착 장치(1000)는, 예를 들어, 소정의 실시예에 따르면, 도 1 및 도 2와 유사한 요소들 및/또는 요소들의 조합들을 가질 수 있다. 와이어 공급기(1020)는, 금속 재료의 소모성 와이어 전극(1030)을 증착 도구(1025)를 통해 베이스 또는 부품(1040)을 향하여 공급하도록 구성된다. 전원(1010)과 증착 도구(1025)는 와이어 공급기(1020)에 동작가능하게 연결된다. 전원(1010)과 와이어 공급기(1020)는, 에너지를 (전극(1030)과 베이스/부품(1040) 간에 전기 아크(1035)를 형성하는) 소모성 와이어 전극(1030)을 통해 제공하여 적층 제조 공정 동안 소모성 와이어 전극(1030)(및 가능하게는 베이스(1040)의 일부)을 용융하도록 구성된다. 소모품 와이어 전극(1030)에 대한 전기적 접촉은 증착 도구(1025)의 접촉 팁(1027)을 통해 이루어진다. 도 8의 로봇(830)은, 본원에서 설명하는 바와 같이 컴퓨터 제어 장치(820)의 제어하에 금속 증착 장치(1000)(또는 단지 증착 도구(1025)) 또는 베이스/부품(1040)을 이동시켜 비드형 직조 패턴을 증착시킬 수 있다. 다시, 적층 제조 공정이 부품의 연속적 빌드 층들을 계속 형성함에 따라, 금속 재료가, 예를 들어, 유사한 방식으로 이전 빌드 층 상에 증착된다.

[0041] 도 11은, 도 8의 컴퓨터 제어 장치(820)에 의해 제어되는, 레이저 기반이고 전원(1110), 와이어 공급기(1120), 및 레이저 장치(1130)를 포함하는 도 8의 금속 증착 장치(810)의 일 실시예(1100)의 시스템 블록도를 도시한다. 금속 증착 장치(1100)는 적층 제조 공정 동안 금속 필러 와이어를 증착하도록 구성된다. 일 실시예에서는, 레이저 장치(1130)와 와이어 공급기(1120)가 증착 도구를 구성할 수 있다. 다른 일 실시예에서는, 레이저 장치(1130)가 증착 도구를 구성할 수 있다. 금속 증착 장치(1100)는, 예를 들어, 소정의 실시예에 따르면, 도 1 및 도 2와 유사한 요소들 및/또는 요소들의 조합들을 가질 수 있다. 와이어 공급기(1120)는 금속 재료의 필러 와이어(1140)를 베이스 또는 부품(1040)을 향해 공급하도록 구성된다. 도 11의 금속 증착 장치(1100)의 실시예는, 또한, 전원(1110) 및 전원(1110)에 동작가능하게 연결된 레이저 장치(1130)를 포함한다. 전원(1110) 및 레이저 장치(1130)는, 적층 제조 공정 동안 (레이저 빔(1135)의 형태인) 에너지를 제공하여 필러 와이어(1140)(및 가능하게는 베이스 또는 부품(1040)의 일부)를 용융하도록 구성된다. 도 8의 로봇(830)은, 금속 증착 장치(1100)(또는 단지 레이저 장치(1130)) 또는 베이스/부품(1040)을 이동시켜 본원에서 설명하는 바와 같이 컴퓨터 제어 장치(820)의 제어하에 비드형 직조 패턴을 증착시킬 수 있다. 다시, 적층 제조 프로세스가 부품의 연속적 빌드 층들을 계속 형성함에 따라, 금속 재료는, 예를 들어, 유사한 방식으로 이전 빌드 층 상에 증착된다.

[0042] 도 11과 유사하게, 일 실시예에 따르면, 금속 증착 장치를 갖는 적층 제조 시스템은 도 12에서와 같이 레이저 열선(LHW) 시스템(1200)으로서 구성될 수 있다. 도 12의 시스템(1200)은 필러 와이어 공급기와 및 에너지원의 조합의 예시적인 일 실시예를 포함한다. 특히, 시스템(1200)은, 레이저 빔(1210)을 베이스/기관 또는 부분(1215)에 포커싱하여 베이스/기관 또는 부품(1215)을 가열할 수 있는 레이저 서브시스템을 포함한다. 일 실시예에서, 레이저 서브시스템은 고강도 에너지원이다. 레이저 서브시스템은, 이산화탄소, Nd:YAG, Yb-디스크, YB-섬유, 섬유 전달형 또는 직접 다이오드 레이저 시스템을 포함하지만 이에 제한되지 않는 임의의 유형의 고 에너지 레이저원일 수 있다. 다른 일 실시예에서, 레이저 서브시스템은 (예를 들어, 금속 재료를 연화시키거나 최소한으로 용융하기 위한) 저강도 에너지원이다.

[0043] 이하에서는 레이저 시스템, 빔, 및 전력 공급원을 반복해서 언급할 것이다. 그러나, 임의의 에너지원을 사용할 수 있으므로, 이러한 참조는 예시적인 것으로 이해해야 한다. 예를 들어, 고강도 에너지원은 적어도 500 W/cm^2 를 제공할 수 있다. 레이저 서브시스템은 서로 동작가능하게 연결된 레이저 장치(1220)와 레이저 전력 공급원

(1230)을 포함한다. 레이저 전력 공급원(1230)은 레이저 장치(1220)를 동작시키기 위한 전력을 제공한다.

[0044] 일 실시예에서, 시스템(1200)은, 또한, 적어도 하나의 저항성 필터 와이어(1240)를 제공하여 레이저 빔(1210) 근처에서 베이스/기관 또는 부품(1215)과 접촉시킬 수 있는 핫 필터 와이어 공급기 서브시스템을 포함한다. 와이어 공급기 서브시스템은 필터 와이어 공급기(1250), 접촉 튜브(1260), 및 전력 공급원(1270)을 포함한다. 동작 동안, 필터 와이어(1240)는, 접촉 튜브(1260)와 베이스/기관 또는 부품(1215) 사이에 동작가능하게 연결된 전력 공급원(1270)으로부터의 전류에 의해 저항성 가열된다. 일 실시예에 따르면, 전력 공급원(1270)은 펄스형 직류(DC) 전력 공급원이지만, 교류(AC) 또는 다른 유형의 전력 공급원도 가능하다. 와이어(1240)는, 필터 와이어 공급기(1250)로부터 접촉 튜브(1260)를 통해 베이스/기관 또는 부품(1215)을 향해 공급되고 튜브(1260)를 넘어 연장된다. 와이어(1240)의 연장 부분은, 베이스/기관 또는 부품(1215)과 접촉하기 전에 그 연장 부분이 용융점에 접근하거나 도달하도록 저항성 가열된다. 레이저 빔(1210)은, 베이스/기관 또는 부품(1215)의 베이스 금속의 일부를 용융하여 퍼들(puddle)을 형성하도록 기능할 수 있고, 및/또는 와이어(1240)를 베이스/기관 또는 부품(1215) 상으로 용융하도록 또한 사용될 수 있다. 전력 공급원(1270)은 필터 와이어(1240)를 저항성 용융하는데 필요한 에너지를 제공한다. 일부 실시예에서는, 전력 공급원(1270)이 필요한 모든 에너지를 제공하는 반면, 다른 실시예에서는 레이저 또는 다른 에너지 열원이 일부 에너지를 제공할 수 있다.

[0045] 시스템(1200)은, 레이저 빔(1210)과 저항성 필터 와이어(1240)가 서로 고정된 관계로 유지되도록 (적어도 상대적인 의미로) 베이스/기관 또는 부품(1215)을 따라 동일하게 제어되는 방향(예를 들어, 비드형 직조 패턴)으로 레이저 빔(1210)(에너지원) 및/또는 저항성 필터 와이어(1240)를 이동시킬 수 있는 움직임 제어 서브시스템을 더 포함한다. 예를 들어, 일 실시예에서, 저항성 필터 와이어(1240)는 레이저 장치(1220)와 접촉 튜브(1260)를 수용하는 증착 도구를 통해 공급될 수 있다. 다양한 실시예에 따르면, 베이스/기관 또는 부품(1215)과 레이저/와이어 조합 간의 상대적 움직임은, 베이스/기관 또는 부품(1215)을 실제로 이동시킴으로써, 또는 예를 들어 레이저 장치(1220)와 와이어 공급기 서브시스템의 적어도 일부(예컨대, 접촉 튜브(1260))를 갖는 증착 도구를 이동시킴으로써 달성될 수 있다. 예를 들어, 레이저 장치(1220)와 접촉 튜브(1260)는 단일 증착 도구 내에 통합될 수 있다. 증착 도구는, 증착 도구에 동작가능하게 연결된 움직임 제어 서브시스템을 통해 베이스/기관 또는 부품(1215)을 따라 이동할 수 있다.

[0046] 도 12에서, 움직임 제어 서브시스템은, 플랫폼(1293)(예를 들어, 회전가능한 플랫폼 및/또는 병진이동가능한 플랫폼)을 갖는 로봇(1290)에 동작가능하게 연결된 컴퓨터 제어 장치(1280)를 포함한다. 컴퓨터 제어 장치(1280)는 로봇(1290)의 움직임을 제어한다. 로봇(1290)은, 예를 들어, 레이저 빔(1210)과 와이어(1240)가 베이스/기관 또는 부품(1215)을 따라 효과적으로 이동하게끔 베이스/기관 또는 부품(1215)을 비드형 직조 패턴으로 이동시키도록 플랫폼(1293)을 통해 베이스/기관 또는 부품(1215)에 동작가능하게 연결(예를 들어, 기계적으로 고정)된다. 플랫폼(1293)을 구동하는 로봇(1290)은 다양한 실시예에 따라 전기식, 공압식, 또는 유압식으로 구동될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 컴퓨터 제어 장치(1280)와 로봇(1290)을 포함하는 움직임 제어 서브시스템은, 적층 제조 시스템의 개별 부품이며, 금속 증착 장치의 일부가 아니다.

[0047] 적층 제조 시스템(1200)은, 베이스/기관 또는 부품(1215) 및 접촉 튜브(1260)에 동작가능하게 연결되고(즉, 전력 공급원(1270)의 출력에 효과적으로 연결되고) 베이스/기관 또는 부품(1215)과 와이어(1240) 간의 전위차(즉, 전압 V) 및 베이스/기관 또는 부품과 와이어를 통한 전류를 측정할 수 있는 감지 및 전류 제어 서브시스템(1295)을 더 포함한다. 감지 및 전류 제어 서브시스템(1295)은, 또한, 측정된 전압 및 전류로부터 저항값($R = V/I$) 및/또는 전력값($P = V \cdot I$)을 계산할 수 있다. 일반적으로, 와이어(1240)가 베이스/기관 또는 부품(1215)과 접촉할 때, 와이어(1240)와 베이스/기관 또는 부품(1215) 간의 전위차는 0볼트(또는 거의 0볼트)이다. 결과적으로, 감지 및 전류 제어 서브시스템(1295)은, 저항성 필터 와이어(1240)가 베이스/기관 또는 부품(1215)과 접촉할 때를 감지할 수 있고, 감지에 응답하여 저항성 필터 와이어(1240)를 통한 전류의 흐름을 또한 제어할 수 있도록 전력 공급원(1270)에 동작가능하게 연결된다. 다른 일 실시예에 따르면, 감지 및 전류 제어기(1295)는 전력 공급원(1270)의 필수 부품일 수 있다.

[0048] 도 13은, 도 8의 컴퓨터 제어 장치(820)에 의해 적어도 부분적으로 제어되는, 전원(1310), 와이어 공급기(1320), 및 비소모성 전극(1330)(예를 들어, 텅스텐 전극)을 포함하며 비소모성 전극 기반인 도 8의 금속 증착 장치(810)의 일 실시예(1300)의 시스템 블록도를 도시한다. 금속 증착 장치(1300)는 적층 제조 공정 동안 금속 필터 와이어를 증착하도록 구성된다. 금속 증착 장치(1300)는, 예를 들어, 일부 실시예에 따르면 도 1 및 도 2와 유사한 요소들 및/또는 요소들의 조합들을 가질 수 있다. 와이어 공급기(1320)는 금속 재료의 필터 와이어(1325)를 베이스(1040)를 향해 공급하도록 구성된다. 비소모성 전극(1330)은 전원(1310)에 동작가능하게 연결된다. 전원(1310)과 비소모성 전극(1330)은, 적층 제조 공정 동안 (플라즈마 빔 또는 아크(1335)의 형태인) 에너

지를 제공하여 필러 와이어(1325)(및 가능하게는 베이스 또는 부품(1040)의 일부)를 용융하여 예를 들어 비드형 직조 패턴을 증착하도록 구성된다. 컴퓨터 제어 장치(820)는 와이어 공급기(1320) 및 전원(1310)에 동작가능하게 연결되어 이들의 적어도 일부를 제공한다. 다시, 적층 제조 공정이 부품의 연속적 빌드 층들을 계속 형성함에 따라, 금속 재료는, 예를 들어, 유사한 방식으로 이전 빌드 층 상에 증착된다.

[0049] 도 14는, 도 8의 컴퓨터 제어 장치(820)에 의해 적어도 부분적으로 제어되는, 전원(1410), 제1 와이어 공급기(1420), 및 제2 와이어 공급기(1430)를 포함하며 소모성 전극 기반 및 필러 와이어 기반인 도 8의 금속 증착 장치(810)의 일 실시예(1400)의 시스템 블록도를 도시한다. 금속 증착 장치(1400)는, 또한, 증착 도구(1425)(예를 들어, 접촉 팁(1415)을 갖는 용접 토치 또는 건)를 포함한다. 금속 증착 장치(1400)는, 예를 들어, 소정의 실시예에 따라 도 1 및 도 2와 유사한 요소들 및/또는 요소들의 조합들을 가질 수 있다. 제2 와이어 공급기(1430)는 금속 재료의 필러 와이어(1435)를 베이스 또는 부품(1040)을 향해 공급하도록 구성된다. 제1 와이어 공급기(1420)는, 전원(1410)에 동작가능하게 연결되고, 소모성 와이어 전극(1450)을 베이스 또는 부품(1040)을 향해 공급하도록 구성된다. 전원(1410)과 제1 와이어 공급기(1420)는, 적층 제조 공정 동안 에너지를 (전극(1450)과 베이스 또는 부품(1040) 사이에 전기 아크를 형성하는) 소모성 와이어 전극(1450)을 통해 제공하여 필러 와이어(1435) 및 소모성 와이어 전극(1450)(및 가능하게는 베이스 또는 부품(1040)의 일부)을 용융하도록 구성된다. 컴퓨터 제어 장치(820)는, 제1 와이어 공급기(1420), 제2 와이어 공급기(1430), 및 전원(1410)에 동작가능하게 연결되어 이들을 적어도 부분적으로 제어한다. 다시, 적층 제조 공정이 부품의 연속적 빌드 층들을 계속 형성함에 따라, 금속 재료는, 예를 들어, 유사한 방식으로 이전 빌드 층 상에 증착된다.

[0050] 도 15는 도 1, 도 2, 도 8, 도 10, 도 11, 도 12, 도 13, 및 도 14의 시스템의 예시적인 컴퓨터 제어 장치(또는 제어기)(1500)의 일 실시예를 도시한다. 컴퓨터 제어 장치(또는 제어기)(1500)는 버스 서브시스템(1512)을 통해 다수의 주변 장치와 통신하는 적어도 하나의 프로세서(1514)를 포함한다. 이들 주변 장치는, 예를 들어, 메모리 서브시스템(1528)과 파일 저장 서브시스템(1526)을 포함하는 저장 서브시스템(1524), 사용자 인터페이스 입력 장치(1522), 사용자 인터페이스 출력 장치(1520), 및 네트워크 인터페이스 서브시스템(1516)을 포함할 수 있다. 입력 및 출력 장치들은 컴퓨터 제어 장치(또는 제어기)(1500)와의 사용자 상호작용을 허용한다. 네트워크 인터페이스 서브시스템(1516)은, 외부 네트워크에 대한 인터페이스를 제공하고, 다른 컴퓨터 시스템의 대응하는 인터페이스 장치에 결합된다. 예를 들어, 시스템(10)의 컴퓨터 제어 장치(76)는, 컴퓨터 제어 장치(또는 제어기)(1500)와 하나 이상의 특성을 공유할 수 있고, 예를 들어, 종래의 컴퓨터, 디지털 신호 프로세서, 및/또는 다른 연산 장치일 수 있다.

[0051] 사용자 인터페이스 입력 장치(1522)는, 키보드, 마우스, 트랙볼, 터치패드, 또는 그래픽 태블릿과 같은 포인팅 장치, 스캐너, 디스플레이에 통합된 터치스크린, 음성 인식 시스템, 마이크, 및/또는 다른 유형의 입력 장치와 같은 오디오 입력 장치를 포함할 수 있다. 일반적으로, "입력 장치"라는 용어의 사용은, 정보를 컴퓨터 제어 장치(또는 제어기)(1500) 또는 통신 네트워크에 입력하기 위한 모든 가능한 유형의 장치 및 방법을 포함하고자 하는 것이다.

[0052] 사용자 인터페이스 출력 장치(1520)는 디스플레이 서브시스템, 프린터, 팩스기, 또는 오디오 출력 장치와 같은 비시각적 디스플레이를 포함할 수 있다. 디스플레이 서브시스템은 음극선관(CRT), 액정 디스플레이(LCD)와 같은 평판 장치, 투영 장치, 또는 가시 화상을 생성하기 위한 다른 메커니즘을 포함할 수 있다. 디스플레이 서브시스템은, 또한, 오디오 출력 장치를 통한 것과 같은 비시각적 디스플레이를 제공할 수 있다. 일반적으로, "출력 장치"라는 용어의 사용은, 컴퓨터 제어 장치(또는 제어기)(1500)로부터 사용자 또는 다른 기계 또는 컴퓨터 시스템으로 정보를 출력하기 위한 모든 가능한 유형의 장치 및 방법을 포함하고자 하는 것이다.

[0053] 저장 서브시스템(1524)은 (예를 들어, 소프트웨어 모듈로서) 본원에 설명한 기능 중 일부 또는 전부를 제공하거나 지원하는 프로그래밍 및 데이터 컨스트럭트(construct)를 저장한다. 예를 들어, 저장 서브시스템(1524)은 적층 제조될 3D 부품의 CAD 모델 및 3D 부품의 다수의 빌드 층에 대응하는 다수의 계획된 빌드 패턴을 포함할 수 있다.

[0054] 소프트웨어 모듈은 일반적으로 프로세서(1514)에 의해 단독으로 또는 다른 프로세서와의 조합으로 실행된다. 저장 서브시스템에서 사용되는 메모리(1528)는, 프로그램 실행 동안 명령 및 데이터를 저장하기 위한 메인 랜덤 액세스 메모리(RAM)(1530) 및 고정 명령이 저장되는 리드 온리 메모리(ROM)(1532)를 포함하는 다수의 메모리를 포함할 수 있다. 파일 저장 서브시스템(1526)은, 프로그램 및 데이터 파일을 위한 영구 저장을 제공할 수 있으며, 하드 디스크 드라이브, 연관된 탈착식 매체를 갖는 플로피 디스크 드라이브, CD-ROM 드라이브, 광학 드라이브, 또는 탈착식 매체 카트리지를 포함할 수 있다. 소정의 실시예의 기능을 구현하는 모듈은, 파일 서브시스템

(1526)에 의해 저장 서브시스템(1524)에 또는 프로세서(들)(1514)에 의해 액세스가능한 다른 기계에 저장될 수 있다.

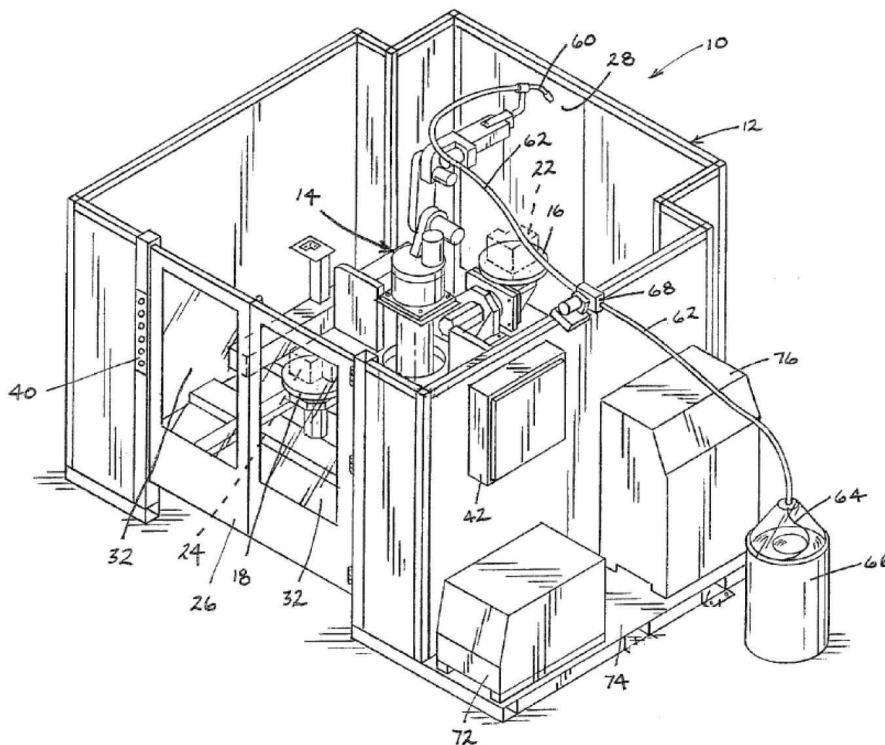
[0055] 버스 서브시스템(1512)은, 컴퓨터 제어 장치(또는 제어기)(1500)의 다양한 구성요소 및 서브시스템이 의도된 대로 서로 통신하게 하는 메커니즘을 제공한다. 버스 서브시스템(1512)은 단일 버스로서 개략적으로 도시되어 있지만, 버스 서브시스템의 대체 실시예는 다수의 버스를 사용할 수 있다.

[0056] 컴퓨터 제어 장치(또는 제어기)(1500)는, 워크스테이션, 서버, 연산 클러스터, 블레이드 서버, 서버 팜, 또는 다른 임의의 데이터 처리 시스템 또는 연산 장치를 포함하는 다양한 유형일 수 있다. 연산 장치 및 네트워크의 끊임없이 변화하는 특성으로 인해, 도 15에 도시된 컴퓨터 제어 장치(또는 제어기)(1500)의 설명은 일부 실시예를 예시하기 위한 특정 예로서만 의도된 것이다. 도 15에 도시된 컴퓨터 제어 장치(또는 제어기)보다 많거나 적은 구성요소를 갖는 컴퓨터 제어 장치(또는 제어기)(1500)의 다른 많은 구성이 가능하다.

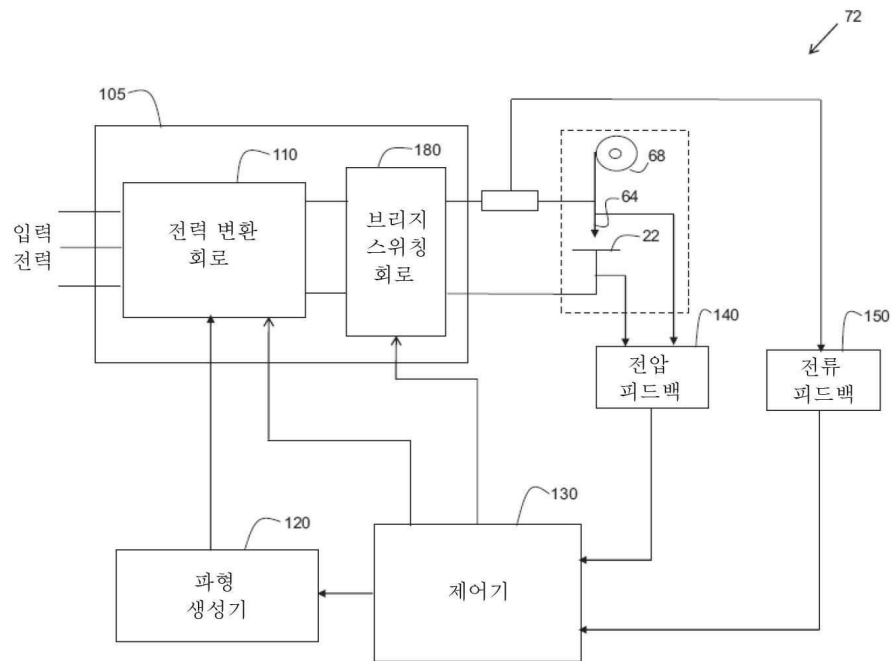
[0057] 개시된 실시예들을 상당히 상세하게 예시하고 설명하였지만, 첨부된 청구범위의 범위를 이러한 세부사항으로 한정하거나 어떤 식으로든 제한하려는 것은 아니다. 물론, 주제의 다양한 양태를 설명하기 위해 구성요소 또는 방법의 모든 가능한 조합을 설명할 수는 없다. 그러므로, 본 개시 내용은, 도시되고 설명된 특정 세부사항 또는 예시적인 예들로 제한되지 않는다. 따라서, 본 개시 내용은, 미국 특허법(35 U.S.C. § 101)의 법적 주제 요건을 충족시키는 첨부된 청구범위의 범주 내에 속하는 변경, 수정, 및 변형을 포함하고자 하는 것이다. 특정 실시예들의 상기 설명은 예로서 주어진 것이다. 주어진 개시 내용으로부터, 통상의 기술자는, 일반적인 발명의 개념 및 수반되는 이점을 이해할 뿐만 아니라, 개시된 구조와 방법에 대한 명백하고 다양한 변경과 수정도 알게 될 것이다. 그러므로, 이러한 모든 변경과 수정을 첨부된 청구범위 및 그 균등물에 의해 정의되는 바와 같이 일반적인 발명 개념의 사상 및 범위 내에 속하는 것으로서 포함하고자 한다.

도면

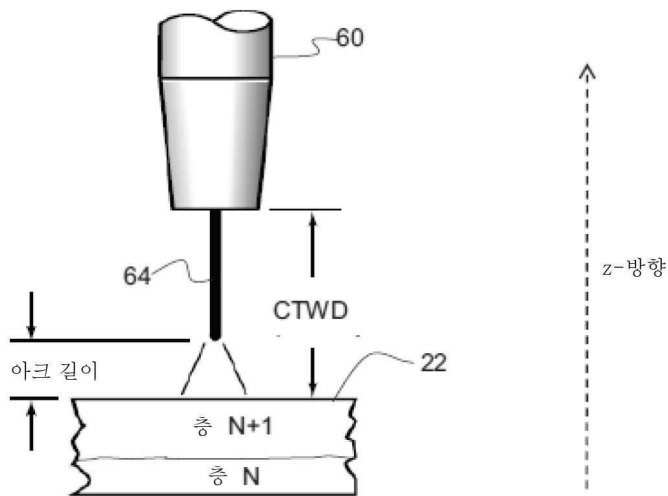
도면1



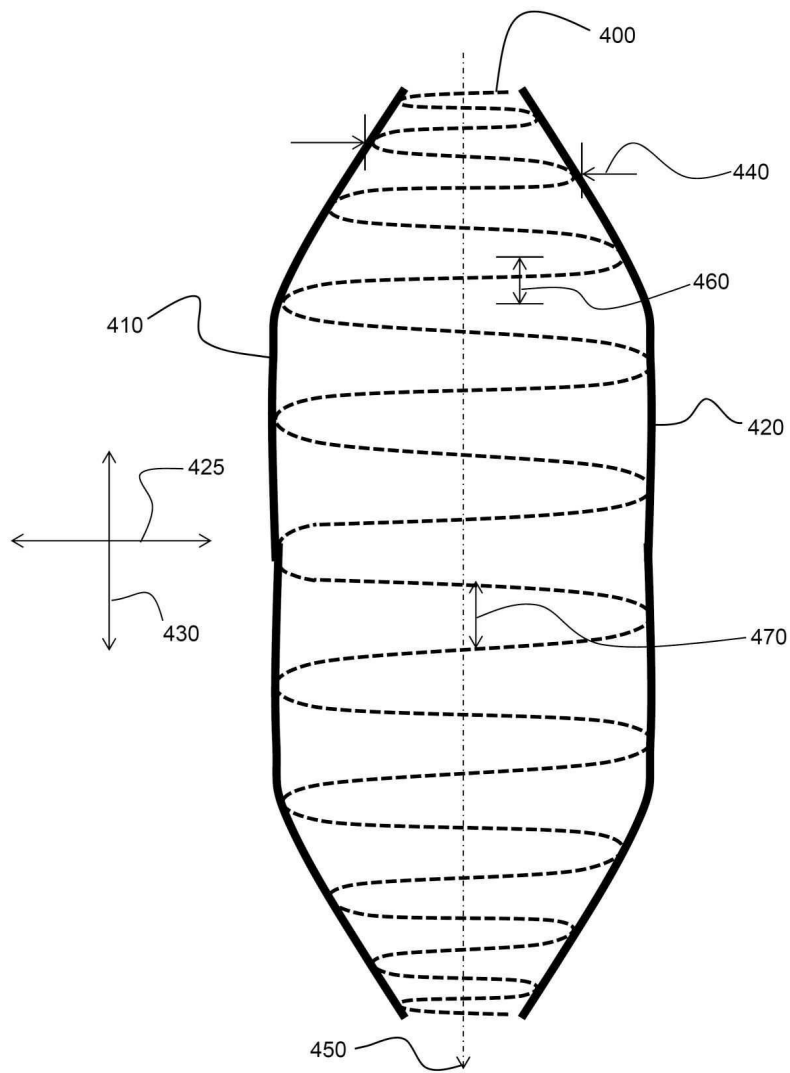
도면2



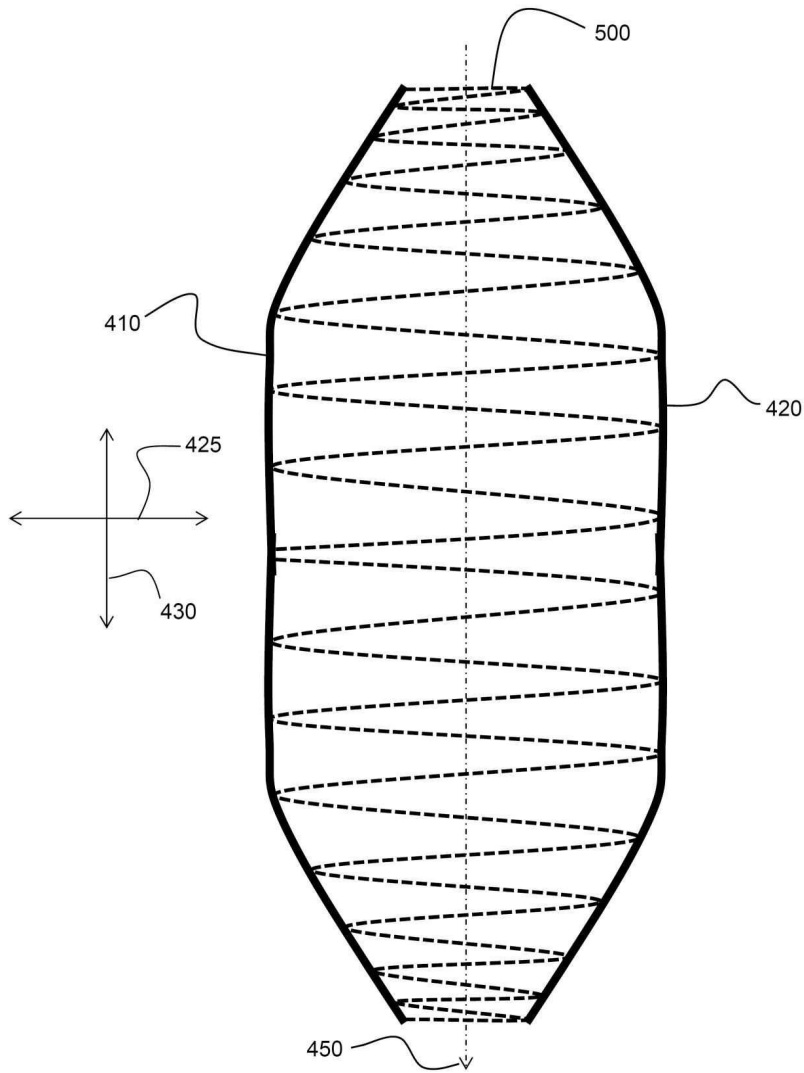
도면3



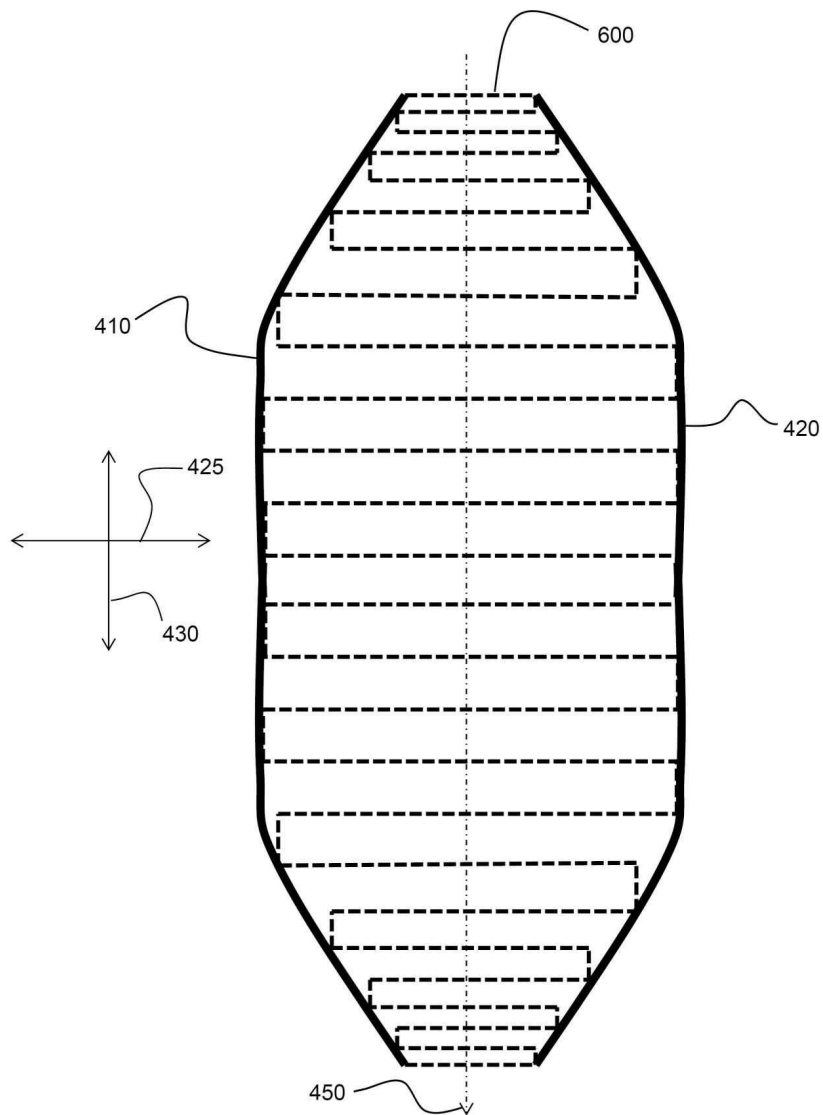
도면4



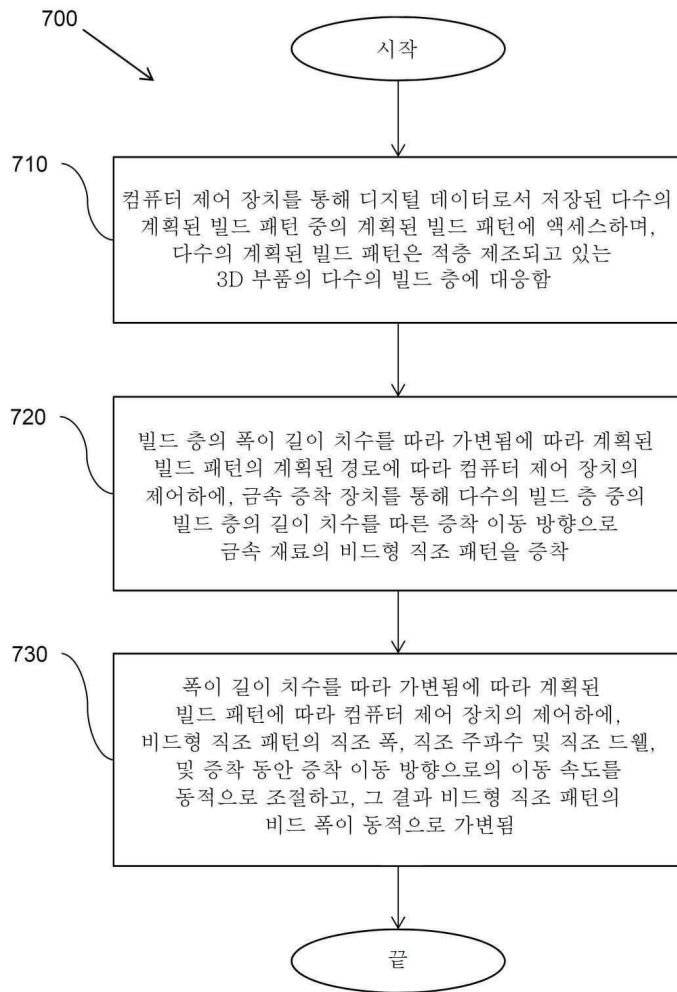
도면5



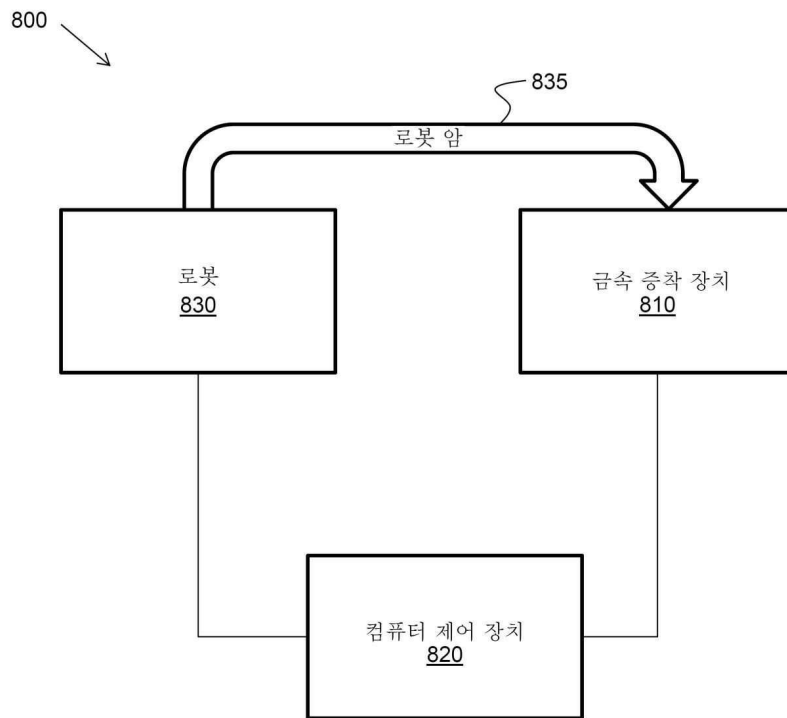
도면6



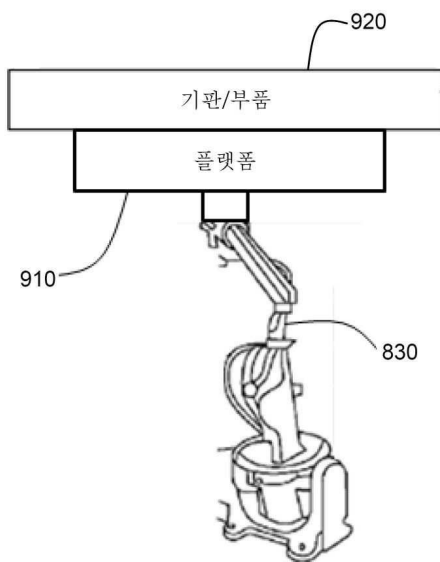
도면7



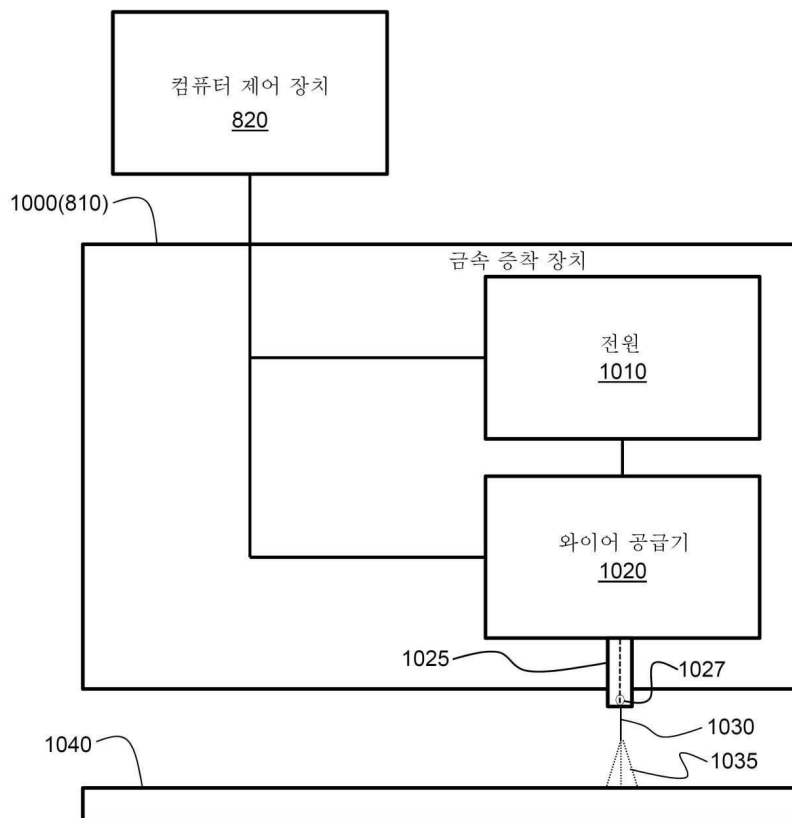
도면8



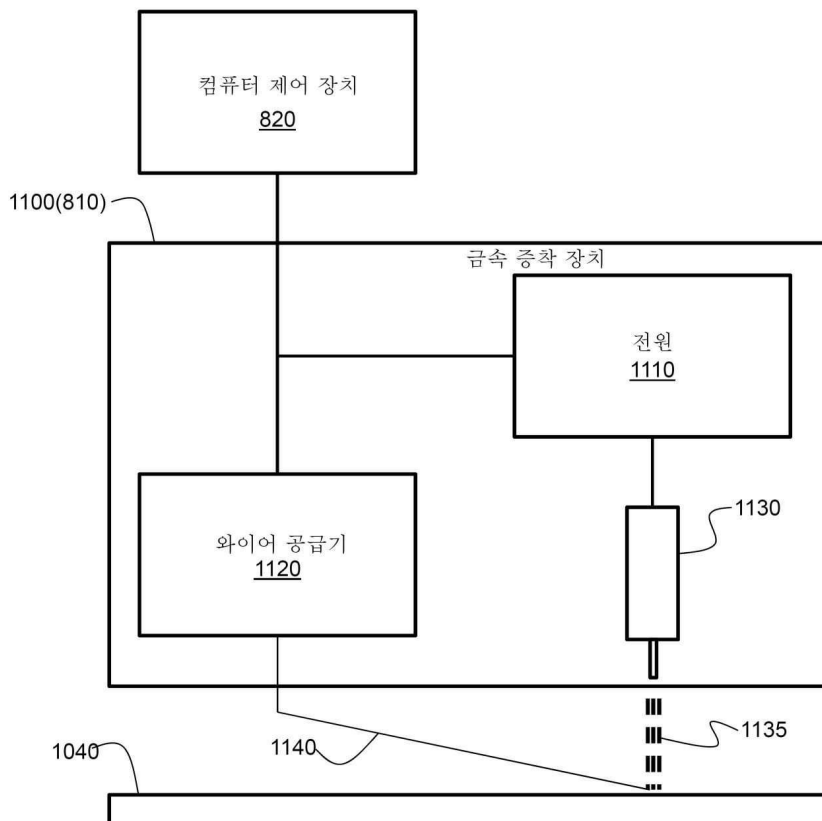
도면9



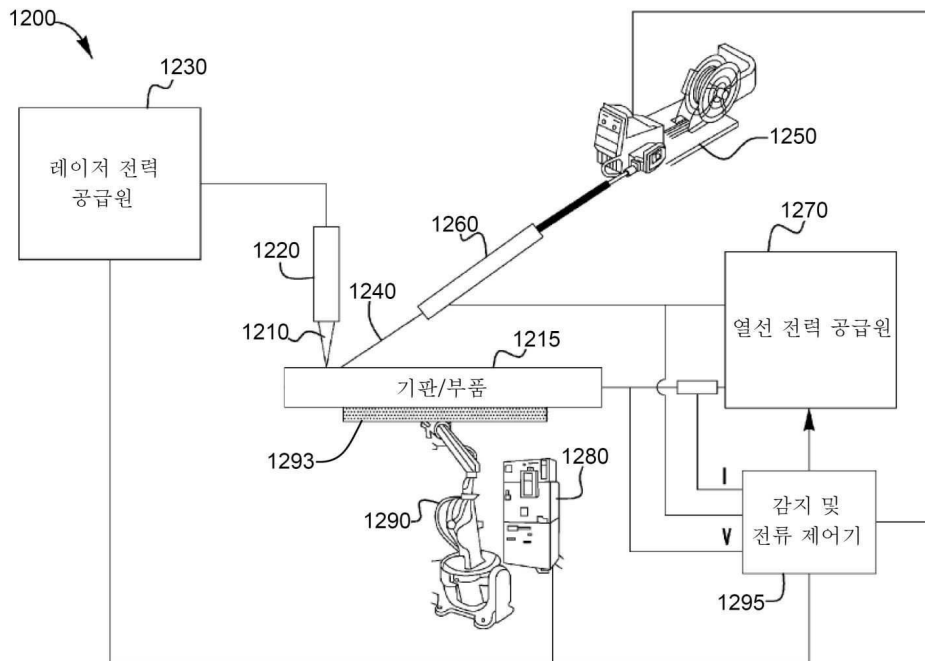
도면10



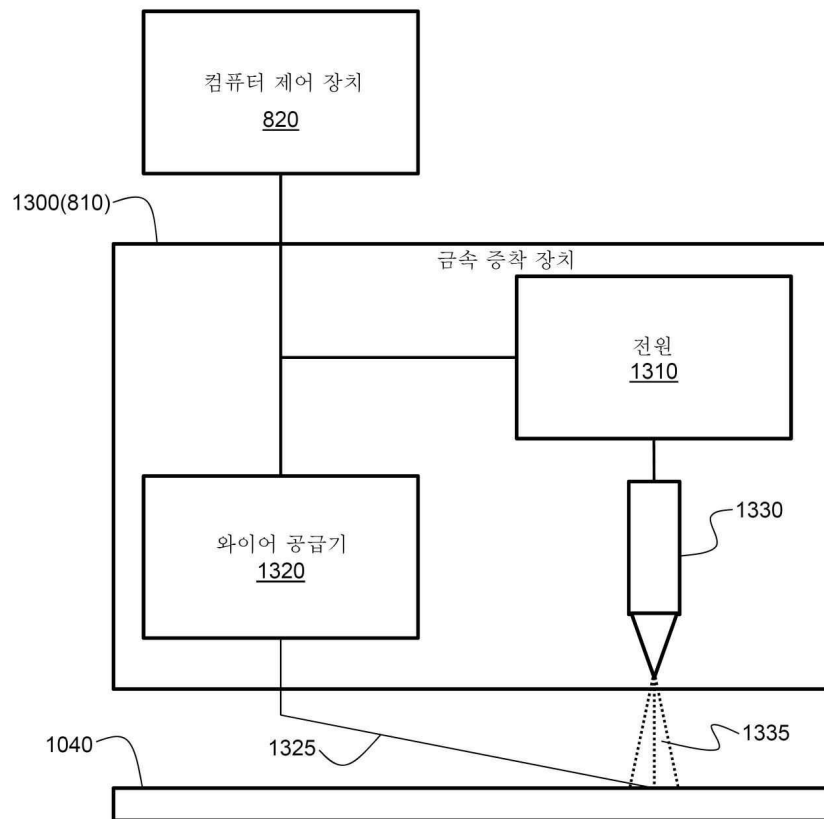
도면11



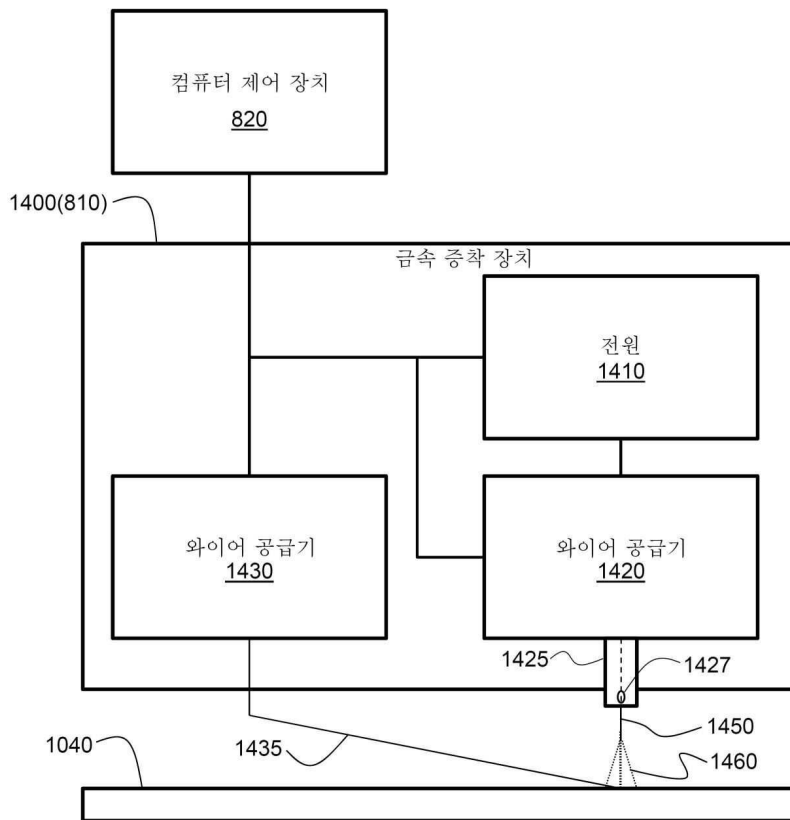
도면12



도면13



도면14



도면15

