

(45) 공고일자	2022년 12월 27일
(11) 등록번호	10-2481039
(24) 등록일자	2022년 12월 21일

(73) 특허권자
팔로 알토 리서치 센터 인코포레이티드
미국 캘리포니아주 94304 팔로 알토 코요테 힐 로
드 3333

(72) 발명자
데이비드 매튜 존슨
미합중국 94107 캘리포니아주 샌 프란시스코 3알
디 스트리트 2235 스위트 더블유403

빅터 알프레드 백
미합중국 94025 캘리포니아주 멘로 파크 웨이벌리
스트리트 210
(뒷면에 계속)

(74) 대리인
장훈

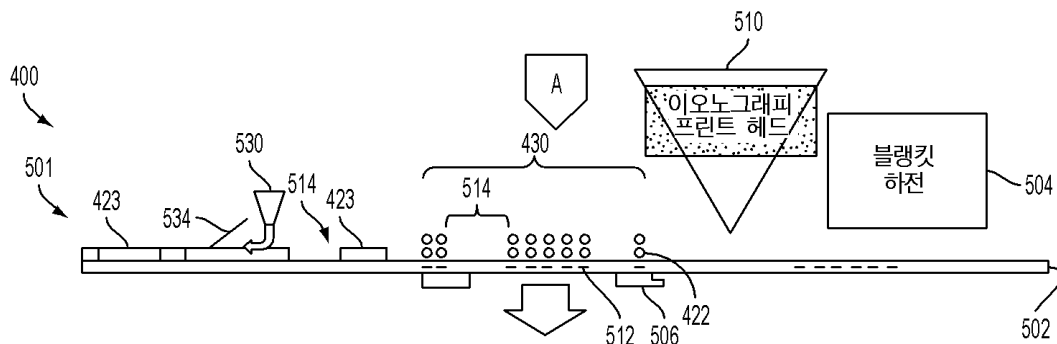
심사관 : 이태우

(54) 발명의 명칭 첨가제 증착 시스템 및 방법

(57) 요약

첨가제 증착 시스템 및 방법, 시스템은 하전되고 선택적으로 하전된 기재에 적층되는 첨가제 물질의 에어로졸 발생을 포함한다. 기재를 선택적으로 하전시키는 것은 기재 표면을 균일하게 하전시키는 것을 포함하고, 기재에서 전하를 선택적으로 제거하는 것은 기재 표면에 하전 및 중성 영역들을 생성하는 것이다. 기재의 하전 영역들은 하전된 에어로졸 극성과 반대 극성을 가진다. 하전된 기재 및 하전된 에어로졸 간의 전위 차이로 인하여 선택적으로 하전된 기재 표면 부분들 상에 첨가제 물질의 하전된 에어로졸이 적층된다. 시스템 및 방법은 첨가제 증착 공정 반복을 더욱 포함하여 첨가제 물질의 다중-층 기질을 형성한다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

B05D 3/14 (2013.01)

B33Y 40/00 (2013.01)

(72) 발명자

스캇 에이. 엘로드

미합중국 94020 캘리포니아주 라 혼다 시닉 드라이브 401

데이비드 케이. 비겔센

미합중국 94028 캘리포니아주 포틀라 밸리 미모사웨이 200

명세서

청구범위

청구항 1

첨가제 증착 시스템으로서,

첨가제 재료의 에어로졸을 발생시키도록 구성된 에어로졸 발생 장치;

첨가제 재료의 발생된 상기 에어로졸을 제1 극성으로 정전기적으로 하전시키는 에어로졸 하전 장치;

기재 층 표면의 일부들의 정전하를 선택적으로 변경시키는 선택적 하전 장치; 및

첨가제 재료의 하전된 상기 에어로졸 및 전하가 변경된 상기 기재의 일부들 간의 정전위로 인한 정전기력에 의하여 전하가 변경된 상기 기재의 일부들에 선택적으로 증착되는 첨가제 재료의 하전된 상기 에어로졸, 및

선택적으로 증착된 하전된 상기 에어로졸 주위에 지지 재료를 증착하는 지지 재료 증착 장치를 포함하고,

상기 시스템은 상기 에어로졸을 발생하고, 상기 에어로졸을 하전시키고, 상기 기재 층 표면을 하전시키고, 하전된 상기 에어로졸을 증착하고, 상기 지지 재료를 증착하는 것을 반복하여 3차원 물체를 형성하는, 첨가제 증착 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 에어로졸 발생 장치는 하류 측의 롤러의 분기 표면 사이에서 액체 유동화 첨가제 재료의 필라멘트를 늘려 에어로졸을 발생하는 한 쌍의 이중반전 롤러를 포함하는, 첨가제 증착 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 첨가제 재료는 고분자인, 첨가제 증착 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 선택적 하전 장치는 사용자 또는 컴퓨터 프로그램 중 하나의 입력에 따라 상기 기재 층 표면의 상기 일부들의 상기 정전하를 선택적으로 변경시키는, 첨가제 증착 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 기재 층 표면의 상기 일부들의 상기 정전하의 선택적 변경은 극성 또는 정전하 밀도 중 적어도 하나의 변경을 포함하는, 첨가제 증착 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 선택적 하전 장치는 상기 기재 층에 전류 전하 반대 전하를 제공함으로써, 상기 기재 층의 상기 일부들의 정전하를 상기 제1 극성과 반대되는 극성, 상기 제1 극성과 유사한 극성, 또는 중성 상태 중 하나로 선택적으로 변경하는, 첨가제 증착 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 선택적 하전 장치는 이오노그래피 프린트 헤드 또는 이온 증착 기구 중 하나인, 첨가제 증착 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 기재의 길이에 걸쳐 배열된 하나 이상의 선택적 하전 장치를 포함하는, 첨가제 증착 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 선택적 하전 장치는 상기 기재 층 표면에 평행한 적어도 하나의 축을 따라 이동하도록 구성되는, 첨가제 증착 시스템.

청구항 10

삭제

청구항 11

제1항에 있어서, 제2 극성을 가지는 정전하로 상기 기재 층 표면을 균일하게 정전기적으로 하전시키도록 구성된 기재 하전 장치를 더욱 포함하고,

상기 제1 극성 및 제2 극성은 동일하고 상기 선택적 하전 장치는 상기 기재 층에 전류 전하의 극성과 반대 전하를 제공함으로써, 상기 기재 층 표면의 상기 일부들의 상기 정전하를 상기 제1 극성 및 상기 제2 극성과 반대 극성 및 중성 상태 중 적어도 하나로 선택적으로 변경시키는, 첨가제 증착 시스템.

청구항 12

제1항에 있어서, 제2 극성을 가지는 정전하로 상기 기재 층 표면을 균일하게 정전기적으로 하전시키도록 구성된 기재 하전 장치를 더욱 포함하고,

상기 제1 극성 및 상기 제2 극성은 반대이고 상기 선택적 하전 장치는 상기 기재 층 표면의 상기 정전하를 상기 제1 극성과 유사한 극성 및 중성 상태 중 적어도 하나로 선택적으로 변경시키는, 첨가제 증착 시스템.

청구항 13

삭제

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 기재의 근위에 위치하고 에어로졸 증착 통로에 배치되는 개구에 걸쳐 하전된 상기 에어로졸을 상기 기재에 평행하게 유도하도록 구성된 에어로졸 증착 통로를 더욱 포함하고, 하전된 상기 에어로졸의 적어도 일부는 상기 개구 가까스로 지향되고 상기 정전기력에 의해 하전된 상기 기재 층 표면의 일부들에 증착되는, 첨가제 증착 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 에어로졸 발생 장치로부터 첨가제 재료의 발생된 상기 에어로졸을 에어로졸 하전 장치 및 상기 에어로졸 증착 통로를 통해 전달하도록 구성된 기류를 더욱 포함하는, 첨가제 증착 시스템.

청구항 16

제14항에 있어서, 상기 에어로졸의 크기 및 무게 중 적어도 하나를 포함하는 물리적 변수에 기초하여 발생된 에어로졸을 배제하도록 구성된 에어로졸 크기 선택 장치를 더욱 포함하는, 첨가제 증착 시스템.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 배제된 발생된 에어로졸이 상기 에어로졸 발생 장치 내로 재활용되는 재활용 경로를 갖는, 첨가제 증착 시스템.

청구항 18

제1항에 있어서,

수평면 및 수직면 중 적어도 하나로 상기 기재를 이동시키도록 구성된 기재 병진 시스템을 더욱 포함하는, 첨가제 증착 시스템.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 기재 층 표면으로부터 떨어진 거리에 위치하고, 증착된 상기 첨가제 재료 주위에 적층된 지지 재료를 평탄하게 하도록 구성된 닥터 블레이드(doctor blade)를 더욱 포함하는, 첨가제 증착 시스템.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 부품 맞춤 가공은 성장 산업으로 광범위하게 적용된다. 전통적으로, 사출 성형기 및 기타 기계 가공 기술이 물체 모델 또는 물체 자체를 형성하는데 사용되었다. 더욱 상세하게는, 유리, 금속, 열가소성 수지, 및 기타 고분자와 같은 가열된 재료가 원하는 물체 형태로 특히 제작된 사출 금형에 사출된다. 재료는 금형에서 냉각되어 금형 형태를 취하고 물체를 형성한다. 사출 금형은 고가이고 제작에 시간이 소요되고 물체 형태를 변경하는 것은 추가적인 시간 및 물체 형성 비용을 추가로 발생시키지 않고는 어려운 것이다.

배경 기술

- [0002] 적층 가공 산업은 비용, 시간 및 모델 또는 물체 자체를 형성하기 위한 사출 금형 변경 난해함을 해결하기 위하여 태동하였다. 알려진 적층 가공 기술은 무엇보다도 압출적층조형 (FDM), 광조형방식 (SLA), 선택적 레이저 소결기술 (SLS), 및 제트 시스템을 포함한다. 공지의 적층 가공 기술 각각은 재료, 비용, 및/또는 완전한 세트의 열가소성 수지 재료를 이용한 소량 운전, 맞춤식 가공 및 시제품화 생산을 방해하는 용량 능력에 있어서 제한이 있다. 또한, 공지의 적층 가공 기술은 기계적 특성, 표면 마감, 및 사출 성형과 같은 전통적인 기술에 의해 제작되는 양질의 물체와 비견되는 형상을 가지는 부품들을 정확하게 제작할 수는 없다.
- [0003] 적층 가공이 적용에 있어서 충분한 성능으로 부품을 생산하지 못하는 상황에서, 저렴한 수단을 이용한 고속 컴퓨터 수치 제어 (CNC) 기계 가공 및 고속 사출 성형에 대한 전반적인 산업이 태동되었다. 그러나, 이러한 기술은 적층 가공 기술보다 훨씬 고가이고 자체적인 공정 한계를 가진다.
- [0004] 산업은 양질이고 높은 용량 능력의 물체를 생산하는 전통적이지만, 고가이고, 융통성이 떨어지고, 시간 소요적인 기술 예컨대 사출 성형, 및 품질이 떨어지는 물체를 제작하고, 아마도 바람직한 구조적 일체성이 결여되고, 때로는 원하는 재료로 불가능하지만, 더욱 빠르고 융통성이 있는 적층 가공 기술 사이에서 선택된다. 예를들면, FDM 및 SLS는 사용 가능한 재료 유형에서 제한적이고 100% 밀도 이하의 물체를 생성한다. 고속 CNC 몰딩은 형상이 정밀하고 마감이 우수한 양질의 물체를 제작하지만, 여전히 고가이다. 대규모로 양질 사출 성형 제작을 위한 사출 금형이 제작되는 최종 설계 시점까지 공지의 적층 가공 기술로 제작된 시제품은 때로 개량된다. 이러한 다중-단계 제작 과정 또한 시간 소모적이고 고가이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 제조 산업은 광범위한 열가소성 수지 재료를 이용하고 보다 전통적인 제조 기술을 이용하여 획득되는 복잡하고 구조적 일체성을 가지는 물체 제작이 가능하도록 형태 해상도 (feature resolution)를 가지는 디지털, 적층 가공의 이점을 구현하는 제조 공정으로부터 유익함을 획득할 것이다.

과제의 해결 수단

- [0006] 본원에 기재된 양태들에 의하면, 다양한 첨가제 재료를 이용할 수 있고 기재 (substrate)에 걸쳐 높은 해상도 방식으로 적층할 수 있는 적층 가공 시스템 및 방법이 제공된다. 시스템은 또한 첨가제 재료 공정을 반복함으로써 첨가제 재료의 기질 (matrix)을 생성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0007] 도 1은 본 발명의 실시태양에 의한 예시적 적층 가공 공정이다.
- 도 2는 본 발명의 실시태양에 의한 추가적인 예시적 적층 가공 공정이다.
- 도 3은 본 발명의 실시태양에 의한 예시적 적층 가공 시스템 블록도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시태양에 의한 예시적 적층 가공 시스템의 예시적 첨가제 재료 제조 부분이다.
- 도 5는 본 발명의 실시태양에 의한 예시적 적층 가공 시스템의 예시적 기재 부분이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0008] 도 1은 본 발명의 실시태양에 의한 예시적 적층 가공 공정 (100)이다. 공정은 에어로졸화, 액체 첨가제 재료를 기재에 선택적으로 적층하되 에어로졸 액적 및 기재 층 표면의 선택 부분 사이 대전 전위 차이를 이용한다. 첨가제 재료는 액체 또는 재료의 액체 형태, 예를들면 액체 상태로 용융되는 판매 (sold) 재료일 수 있다. 첨가제 재료는, 고분자 예컨대 열가소성 수지를 포함하는 임의 개수의 재료일 수 있다. 재료는 먼저 선택적 적층 공정에서 형성될 수 있는 에어로졸로 만들어진다. 기재 층 표면으로 첨가제 재료를 선택적으로 적층하는 것은 미증착 첨가제 재료가 재순환되어 공정 (100)으로 다시 재활용되어 첨가제 재료의 임의의 과잉 적층이 실질적으로 제한됨으로써 고효율 공정이 가능하다. 또한, 표면 전하 밀도를 선택하고 액적에서 전하를 조절함으로써 각각의 반복 작업에서 증착되는 재료 함량을 조절할 수 있다. 추가로, 공정 (100)은 선택적으로 제거되는 전하의 해상도에 기초하여 적층과 연관되는 해상도, 또는 미세도를 가진다. 이로써 적층 공정 (100)은 공정의 전하 밀도 및 전하 변경 부분 해상도에 기초하여 높은 해상도 수준을 달성할 수 있다. 첨가제 재료의 반복적 적층은 첨가제 재료의 3차원 기질 또는 물체 형성에 적용될 수 있다.
- [0009] 첨가제 재료의 액체 에어로졸은 다양한 방식으로 생성될 수 있다. 예시로, 도 1에서 에어로졸은 필라멘트 신장 분무기를 이용하여 생성된다(102). 필라멘트 신장 분무기는 한 쌍의 이중반전 롤러를 이용하여 하류 측의 롤러의 분기 표면들 사이에서 액체 유동화 첨가제 재료의 필라멘트를 늘려 에어로졸을 만든다. 예시적 실시태양에서, 첨가제 재료는 고분자를 가열하여 녹임으로써 액체로 제조할 수 있는 열가소성 수지 고분자일 수 있다. 액체 첨가제 재료는 한 쌍의 롤러 사이 공간인 닙의 상류 측에 고이고, 롤러가 이중-반전할 때 닙으로 당겨진다. 하류 측에서, 유체는 유체 일부가 여전히 부착되는 롤러의 분기 표면들 사이에서 필라멘트로 신장된다. 유체 필라멘트가 늘어나면, 필라멘트는 더욱 길고 얇아진다. 유체 필라멘트가 불안정점, 유체 필라멘트의 모세관 절단점에 이르면, 필라멘트는 다중 방울들로 절단된다. 롤러가 이중-반전되므로, 롤러 표면에 걸쳐 유체 필라멘트의 연속 형성 및 절단으로 첨가제 재료 액적 에어로졸이 생성된다. 첨가제 재료 에어로졸은 기재 상의 적층을 위한 공정의 다른 부분으로 지향된다. 분기 피스톤, 공-회전 롤러, 및 롤러 및 벨트 구성을 포함하는 기타 필라멘트 신장 분무기들이 적용될 수 있다.
- [0010] 선택적으로, 형성된 다수의 액적은 액적의 크기 또는 기타 물리적 변수에 기초하여 선택적으로 여과된다 (104). 다수 액적의 선택성 물리적 변수는 액적 크기 및/또는 중량을 포함한다. 스크린 여과기가 사용되어 원하는 물리적 변수에 일치하는 액적을 선택할 수 있다. 대안으로, 원하는 물리적 변수와 일치되는 액적을 선택하기 위하여 관성 충돌기 또는 기타 기구 또는 방법이 적용될 수 있다.
- [0011] 첨가제 재료 액적의 에어로졸은 기재 층 표면 상에 적층 전 처리에서 정전기적으로 제1 극성으로 하전된다 (106). 에어로졸 하전기 (charger)가 사용되고 에어로졸 액적이 하전기를 통과 또는 지날 때 하전된다. 실시예에서, 에어로졸이 코로나가 있는, 이온 전류가 흐르는 영역을 통과할 때, 또는 액적에서 전자 방출을 유도하는 이온화 방사선, 또는 기타 수단을 이용하여 에어로졸은 정전기적으로 하전된다.
- [0012] 또한 기재 층 표면 전하를 선택적으로 변경하기 (112) 전에 기재 층 표면에 균일 하전 공정 (110)이 수행된다. 기재 하전 공정 (110)은 기재 층 표면을 균일하게 정전기적으로 하전한다. 즉, 기재 층 표면은 하전된 에어로졸과 동일하거나 반대 극성으로 균일하게 원하는 전하 밀도로 하전된다. 기재 하전 장치가 사용되어 기재 층 표면을 정전기적으로 하전한다. 이러한 장치는 코로트론, 스코로트론 또는 기타 코로나 방전기구를 포함한다. 코로나 방전기구는 이온 방전을 생성하고, 이는 균일하게 기재 층 표면을 정전기적으로 하전한다.
- [0013] 기재가 첨가제 재료 에어로졸과 반대 극성으로 정전기적 하전된 실시예에서, 기재 상의 표면 전하 일부는 선택적으로 실질적으로 중성 상태로 변경된다. 기재 층 표면 전하를 선택적으로 변경하면 기재 층 표면에 실질적으로 중성 부분을 생성하고 여기에는 하전된 에어로졸이 부착되거나, 정전기력에 의해 적층되지 않는다. 즉, 하전된 에어로졸은 정전기력에 의해 하전된 기재 부분에만 선택적으로 적층된다. 첨가제 재료 에어로졸 및 기재가 반대 극성을 가지므로, 둘 사이에는 전위가 존재한다. 정전위가 유발되고 정전기력은, 하전된 에어로졸을 반대로 하전된 기재 층 표면 일부에 부착 또는 증착시킨다. 하전된 에어로졸 및 하전된 기재 층 표면 간의 정전위가 임계점으로 감소할 때까지 하전된 에어로졸은 계속하여 기재 층 표면에 끌리거나 적층된다. 하전된 에어로졸 및 기재 표면 층 사이 정전위가 임계점까지 약해지면, 정전기력이 감소되어 실질적으로 하전된 에어로졸은 추가로 하전된 기재 표면 층에 끌리지 않는다.
- [0014] 하전된 에어로졸 및 하전된 기재 표면 층 간의 정전위 크기 및 정전기력 세기는, 전하 밀도 및 하전된 에어로졸과 하전된 기재 표면 층과의 거리에 기초한다. 기재 표면 층의 전하 밀도 변경은 기재 층 표면 상에 증착되는 첨가제 재료량을 변경시킨다. 하전된 재료가 적층, 또는 부착될수록, 기재 층 표면 전하는 증착된 하전 첨가제 재료에 의해 중성화되므로 하전된 에어로졸 및 기재 층 표면 간의 정전위는 감소한다. 첨가제 재료가 선택적으

로 적층되는 영역은 기재 층 표면의 정전하를 선택적으로 변경시킴으로써 제한할 수 있고, 증착되는 첨가제 재료량 역시 유사하게 제한할 수 있다. 유사하게 하전된 부분 또는 기재 표면 층 영역의 정전하를 선택적으로 감소시킴으로써 이들 부분에서 적층되는 유사하게 하전된 첨가제 재료는 감소된다.

[0015] 이오노그래피 프린트 헤드, 또는 기타 이온 증착 기구가 사용되어, 선택적으로 기재 층 표면 전하를 변경시킨다 (112). 이오노그래피 프린트 헤드는 기재 층 표면을 향하여 이온을 방출한다. 방출된 이온은 기재 층 표면과 접촉하여 방전 이온 극성 및 기재 층 표면의 극성 또는 정전 상태에 따라 중성화 또는 기재 층 표면 상에서 정전하를 유도한다.

[0016] 실시예에서, 기재는 균일하게 제2 극성으로 하전되고 방전 이온은 기재 층 표면과 반대 극성을 가질 수 있다. 반대로 하전된 이온이 기재 층 표면과 접촉할 때, 접촉 지점에서 기재 층 표면의 정전하를 중성화시킨다. 기재에 대하여 이오노그래피 프린트 헤드를 이동시키고 입력에 따라 이온 출력을 조정하면, 기재 표면은 본래 균일 전하를 가지는 영역 및 정전기적으로 중성 또는 반대 극성, 방전 이온 극성으로 하전된 기타 영역이 포함된다. 균일하게 하전된 기재 표면 층 전하는 선택적으로 실질적으로 중성화되거나, 또는 선택적으로 반대 극성으로 변경되므로 하전된 면적은 선택적으로 변경된다. 제2 극성을 가지는 기재 표면 층 및 제1 극성을 가지는 하전된 에어로졸 사이 정전위에 의해 하전된 첨가제 재료는 기재 표면 층의 하전된 부분에 적층 또는 부착된다. 제1 및 제2 극성은 동일할 수 있고, 이 경우 균일하게 하전된 기재 층 표면은 하전된 에어로졸을 밀어내어, 적층을 억제할 것이다. 또한, 제1 및 제2 극성은 반대일 수 있고, 이 경우 균일하게 하전된 기재 층 표면은 하전된 에어로졸을 끌어당겨, 첨가제 재료는 기재 층 표면 상에 적층될 것이다. 이오노그래피 프린트 헤드는 실질적으로 음의 공간, 첨가제 재료가 선택적으로 적층되지 않는 면적을 생성하고, 또는 양의 공간, 하전된 에어로졸 제1 극성 및 균일하게 하전된 기재 제2 극성에 따라 첨가제 재료가 선택적으로 적층되는 면적을 형성한다. 이오노그래피 프린트 헤드는 선택적으로 음 또는 양일 수 있는 입력 패턴을 따른다. 대안의 방법 및 기구가 사용되어 균일하게 하전된 기재 일부에서 전하를 선택적으로 제거하여 기재 상에 첨가제 재료의 선택적 적층을 가능하게 한다.

[0017] 또 다른 실시예에서, 기재 층 표면은 실질적으로 중성이고 기재 하전 장치는 원하는 면적(들)로 기재 표면 층을 선택적으로 변경 또는 하전시킨다. 기재 하전 장치는 예정된 패턴 또는 입력에 따라 기재의 목표 면적에 전하를 인가한다. 하전된 기재의 목표 면적은 반대로 하전된 첨가제 재료가 부착되는 면적에 상응한다. 이러한 실시예에서, 원하는 패턴은 기재 상에 양의 화상으로 형성되고, 즉 기재 상에 형성된 하전 면적은 입력에 따라 원하는 패턴 또는 배열을 형성한다.

[0018] 에어로졸 및 기재 표면이 동일 극성인 실시예에서, 하전된 에어로졸은 동일 정전하에 의해 반발되고 첨가제 재료는 정전하가 선택적으로 반대 극성 또는 실질적으로 중성 상태로 변경된 기재 표면 영역에 적층된다. 에어로졸 및 기재 표면이 반대 극성인 대안의 실시태양에서, 하전된 에어로졸 및 반대로 하전된 기재 표면 간 정전위에 의해 유발되는 정전기력에 의해 하전된 에어로졸은 표면에 끌리고 적층된다. 에어로졸과 동일한 극성으로 기재 표면 전하를 선택적으로 변경하면 하전된 에어로졸이 반발되고 이러한 전하 변경된 면적으로 적층이 억제된다.

[0019] 균일하게 하전된 기재 표면이 하전된 에어로졸 제1 극성과 반대인 제2 극성을 가지는 실시예에서, 기재 층 표면 전하는 선택적으로 중성 또는 실질적으로 중성 상태로 변경될 수 있다. 이러한 실시예에서, 정전기력으로 인하여 하전된 에어로졸은 기재 표면의 비-변경된 하전 면적에 인력이 작용하여 적층되지만, 기재 표면의 실질적으로 중성 부분에는 끌리지 않는다. 하전된 에어로졸은 중성 부분에 실질적으로 적층될 수 있지만, 하전된 에어로졸이 비-변경, 반대로 하전된 영역에 강력하게 끌리므로 이러한 적층은 최소한이다. 또한 하전된 재료의 오류-적층 최소화는 증착되는 첨가제 재료를 하전된 에어로졸을 기재 상에 당기는 정전기력에 의해 적층되는 재료로 제한함으로써 하전된 에어로졸이 기재에 적층되는 것을 방지하는 하기되는 에어로졸 안내 통로를 포함시킴으로써 달성될 수 있다.

[0020] 하전된 에어로졸은 기재의 전하 변경 부분 배열에 따라 원하는 패턴 또는 배열로 기재에 적층되는 첨가제 재료로 이루어진다. 기재 표면 층의 변경된 하전 부분은 하전된 첨가제 재료의 적층 및 구조화를 유도하여 원하는 형상, 윤곽, 또는 패턴을 형성한다. 하전된 첨가제 재료의 이러한 적층 공정이 반복되어 첨가제 재료의 다중-층, 3차원 물체를 형성한다.

[0021] 도 2는 본 발명의 실시태양에 의한 또 다른 예시적 적층 가공 공정 (200)이다. 본 실시태양에서, 첨가제 재료의 하전된 에어로졸은 도 1의 상기 실시태양과 유사한 방식으로 기재 층 표면에 적층되되 증착된 첨가제 재료 사이 및 주위에서 간격 (gap) 또는 영역에 적층되는 지지 재료가 추가된다 (208).

- [0022] 첨가제 재료의 다중 층들이 증착되는 공정에서 더욱 용이한 정전 하전을 위하여 다음 층은 실질적으로 평탄 표면에 형성된다는 것을 보장하는 것이 바람직하다. 첨가제 재료 주위로 지지 재료를 적층하면 형성되는 다음 층들을 위한 이러한 지지층을 제공한다. 바람직하게는, 지지 재료는 첨가제 재료와 상호 작용하지 않고 적층 가공 공정이 완료되고 첨가제 재료로 원하는 물체, 또는 기질 형성이 완료되면 두 종의 재료는 용이하게 분리된다. 적층 및 지지 재료들의 각각의 형성 층은 다음 적층 공정을 위한 기재 층을 형성한다. 새로운 기재 층 표면은 본원에 기술된 바와 같이 처리되어 적층 및 지지 재료들의 다음 층을 형성하고, 물체가 형성될 때까지 공정은 반복된다.
- [0023] 지지 재료는 유체 및 고체를 포함한 다종의 재료일 수 있고, 특성 및 첨가제 재료와의 상호 작용에 기초하여 선택된다. 지지 재료는 선택적으로 증착된 첨가제 재료 주위에 적층되고 쌓여 다음 적층 가공 공정이 진행될 새로운 기재 층을 형성한다.
- [0024] 실시예에서, 지지 재료는 선택적으로 증착된 첨가제 재료 및 기재 층 표면에 걸쳐 분배될 수 있는 유체일 수 있다. 바람직하게는 유체는 결합되지 않고 또는 선택적으로 증착된 첨가제 재료와 쉽게 분리 가능하다. 지지 재료로서, 유체는 고체 또는 반-고체 상태로 경화되어 선택적으로 증착된 첨가제 재료를 지지한다. 유체는 기재 층 표면으로부터 고정 또는 가변 높이로 설정되는 닥터 블레이드를 이용하여 첨가제 재료 주위로 균일하게 펼쳐지거나 평평하게 처리된다. 추가로, 지지 재료 공정에서, 닥터 블레이드를 사용하여 과잉 또는 쌓인 첨가제 재료를 제거하여 다음 적층 가공 공정을 위한 균일한 수준의 층을 보장한다.
- [0025] 대안으로, 선택적으로 증착된 첨가제 재료 영역들 사이에 지지 재료를 분배하는 잉크젯 공정과 같이 슬롯 다이 코팅 방법 및 기구가 적용될 수 있다. 추가적인 대안의 방법 및 기구가 사용되어 지지 재료를 선택적으로 증착된 첨가제 재료 사이 영역에 부가할 수 있다.
- [0026] 도 2의 공정 (200)에서, 먼저, 기재 표면 층의 적어도 일부는 균일하게 하전된다 (202). 상기와 같이, 이는 기재 표면 층을 첨가제 재료 에어로졸 제1 극성과 반대인 제2 극성으로 균일하게 하전시키는 블랭킷 (blanket) 하전 장치, 예컨대 스코르트론으로 구현된다.
- [0027] 기재 표면 층 전하 일부는 선택 패턴 또는 배열로 선택적으로 변경된다 (204). 도시된 실시태양에서, 선택적으로 전하 변경된 부분은 실질적으로 중성 또는 반대로 하전, 즉 제2 극성에서 제1 극성으로 변경될 수 있다. 기재 표면 층의 전하 미변경 부분은 첨가제 재료의 하전된 에어로졸이 정전기적으로 인력이 작용하여 정전기력에 의해 적층되는 부분이다. 하전된 에어로졸이 반발되거나 및/또는 정전기력이 하전된 에어로졸 액적을 기재 표면 층에 적층하도록 당기기에 약하므로 전하 변경 영역, 또는 실질적으로 중성 영역에는 첨가제 재료가 적층되지 않는다.
- [0028] 대안으로, 기재 표면 층에서 선택적 전하 제거 대신 실질적으로 중성 기재 표면 층은 첨가제 재료의 정전기적으로 하전된 에어로졸의 제1 극성에 반대 극성으로 선택적으로 정전기 변경된다. 이어 하전된 에어로졸은 선택적으로 정전기적 변경된 기재 표면 층 부분에 선택적으로 적층되고 정전하가 인가되지 않은 기재 표면 층의 중성 부분에는 달라붙지 않는다.
- [0029] 이어 첨가제 재료의 하전된 에어로졸 일부는 기재 표면 층의 정전하(들)를 선택적으로 변경하여 형성된 기재 표면 층의 하전된 부분에 적층된다 (206). 기재 표면 층에는 선택적으로 적층되는 첨가제 재료 층이 형성된다. 기재 상에 증착된 첨가제 재료 사이 및 주위에는 간격이 형성된다. 간격은 기재 표면 층에서 정전하가 선택적으로 제거되거나 또는 인가되지 않은 영역이고, 이러한 기재 부분에는 첨가제 재료의 적층이 억제된다. 간격은 증착된 첨가제 재료들 사이 빈 공간이고 증착된 첨가제 재료에 상보적으로 크기, 형상, 및 윤곽이 다르다. 이후 간격은 상기된 바와 같이 지지 재료로 충전될 수 있다 (208).
- [0030] 지지 재료는 상기된 바와 같이 증착된 첨가제 재료들 주위 및 사이에 분배되어 쌓일 수 있는 액체 또는 고체를 포함한 다종의 상이한 재료일 수 있다. 지지 재료는 층마다의 공정에서 형성되므로 선택적으로 증착된 첨가제 재료 구조체를 둘러싸고 지지한다.
- [0031] 실시예에서, 지지 재료는 열경화성 재료일 수 있다. 열경화성 재료는 닥터 블레이드를 이용하여 증착된 첨가제 재료들 사이 간격으로 압축할 수 있는 가단성 폴리올리머일 수 있다. 간격에 적층되면, 열경화성 지지 재료는 경화 또는 가열되어, 중합 및 고체, 경성 재료로 경화되어 선택적으로 증착된 첨가제 재료를 포위하고 지지한다.
- [0032] 상기된 바와 같이, 본 공정 (200)은 반복적으로 진행되어 (210) 다중-층, 3차원 구조를 생성하고 이는 기재 전

하 적층 및 선택적 전하 제거 및/또는 선택적 하전 공정을 적용하여 층마다의 공정으로 형성된다.

- [0033] 도 1 및 2의 실시태양에 개관된 공정의 다양한 단계들은 단계별 순차적 공정 또는 연속 공정으로 구현될 수 있다. 즉, 적어도 기재 일부에 걸쳐 각각의 공정 부분이 완료된 후 다음 공정 부분으로 이동하거나, 또는 기재가 시스템의 여러 부분을 통과할 때 공정의 다양한 단계는 개관된 순서로 동시에 진행된다. 더욱 하기되는 바와 같이 도 5는 후자의 적층 가공 공정을 보이고, 이에 따라 기재가 다양한 부분을 통과할 때 다양한 공정 단계는 동시에 수행된다.
- [0034] 도 3에 도시된 블록도를 참조하면, 예시적 적층 가공 시스템 (300)은 첨가제 재료 처리부 (301) 및 기재 처리부 (311)를 포함하고 이들은 첨가제 재료의 하전된 에어로졸 (308)이 기재에 적층될 때 (318) 교차된다. 재료 처리부 (301) 채널(들) 통로를 포함하고 이를 통해 하전된 첨가제 재료는 선택적으로 하전된 이동 기재를 향한다. 통로 또는 채널의 개구로 인하여 하전된 첨가제 재료는 정전기력으로 인출되고 하전된 에어로졸 및 기재 표면 층 선택 영역 사이 정전위에 의해 기재 표면 층 면적에 적층된다. 적층되지 않은 재료, 기재 표면 층의 선택 부분에 부착되지 않은 하전된 첨가제 재료는, 첨가제 재료 처리부 (301)로 다시 재순환 또는 재활용된다.
- [0035] 필라멘트 신장 분무기 (302)는 시스템 (300)의 첨가제 재료 처리부 (301)에 포함된다. 필라멘트 신장 분무기 (302)는 기재 (312) 표면 층에 적층될 첨가제 재료의 에어로졸 생성에 사용된다. 필라멘트 신장 분무기 (302)는 한 쌍의 이중반전 롤러를 이용하여 첨가제 재료의 유체 필라멘트를 하류 측 롤러의 분기 표면들 사이에서 당긴다. 필라멘트는 각각의 유체 필라멘트 일부가 첨가제 재료 액적의 에어로졸로 절단되는 모세관 절단점까지 신장된다.
- [0036] 필라멘트 신장 분무기를 이용하면 비-뉴턴 특성을 보이는 유체 및 재료의 분무화가 가능하다. 비-뉴턴 유체는 분무화 유체 재료의 에어로졸을 발생시키기 위하여 필라멘트가 통상의 분무 발생기 성능 이상으로 신장될 필요가 있는 유체의 신장 필라멘트에서 발생하는 신장 점도 상승 (extensional thickening)으로 분무화가 어렵다. 비-뉴턴 유체 외에도, 유체 신장 분무기는 또한 뉴턴 유체에 대하여도 에어로졸을 생성하는데 사용될 수 있다.
- [0037] 이후 에어로졸은 에어로졸 크기 선택 장치 또는 방법 (304)에 의해 액적의 크기 또는 기타 물리적 변수에 기초하여 선별된다. 생성된 에어로졸의 크기 또는 기타 물리적 변수 선택 (304)은 여과기, 관성 충돌기 또는 예정된 범위 외의 물리적 변수를 가지는 액적을 배제할 수 있는 기타 기구 또는 방법에 의해 구현된다. 관성 충돌기는 에어로졸 액적 흐름에 놓이고 기하구조, 예컨대 액적이 연속 하류로 우회 유동할 수 있는 첨예한 코너 (sharp corners)를 포함한다. 충돌기의 기하구조에 의해 설정되는 역치를 초과하는 운동량을 가지는 액적은 흐름에서 배제되고, 충돌기의 기하구조에 충돌되는 대신 우회 유동된다. 액적의 운동량은 액적의 속도 및 중량 함수이므로, 충돌기는 예정된 크기 및 중량 변수 외의 액적을 제외할 수 있는 것이다.
- [0038] 기재 (312) 적층 전 처리에서 에어로졸은 하전된다 (306). 에어로졸은 에어로졸 하전 장치에 의해 하전된다 (306). 에어로졸 하전 장치는 코로나가 형성되고, 이온 전류가 흐르는 영역, 또는 액적에서 전자 방출을 유도하고, 에어로졸의 액적을 원하는 제1 극성으로 하전할 수 있는 이온화 방사선을 발생시킨다. 에어로졸 전하는 기재 표면 층 (312)의 블랭킷 전하와 반대 극성일 수 있고, 하전된 에어로졸은 반대로 하전된 기재 표면 층 부분으로 끝난다.
- [0039] 전하가 인가되면, 에어로졸 (308)은 선택적으로 하전된 기재 표면 층 (318) 표면으로 안내, 통과, 평행하게 유도되어 첨가제 재료가 적층된다. 반대로 하전된 에어로졸 및 기재 표면 층 부분은 정전위로 인하여 서로 인력이 작용된다. 정전위는 정전기력을 발생시키고 이로써 에어로졸은 기재 표면 층의 선택 영역에 적층된다. 첨가제 재료의 하전된 에어로졸은 기류 또는 다른 방법에 의해 통로 또는 채널을 통과하도록 안내된다. 통로 또는 채널의 개구로 인하여 하전된 에어로졸 액적은 정전기적으로 기재 표면 층의 선택 부분과 정의된 영역에서만 상호작용되어, 정전위를 생성하고 및 이들 사이에 정전기력을 형성한다. 정전기력으로 인하여 첨가제 재료의 하전된 에어로졸 일부는 개구를 통해 통로 또는 채널에서 유출되고 선택적으로 기재 표면 층에 적층된다.
- [0040] 적층되지 않은 하전된 에어로졸은 추후 적층 가공 공정을 위하여 필라멘트 신장 분무기 (302)로 다시 선택적으로 재활용 된다 (310). 이러한 방식으로, 실질적으로 기재에 증착되는 첨가제 재료만이 사용되어, 고효율 적층 공정을 달성한다. 과잉의, 미-증착 첨가제 재료는 첨가제 재료 처리부 (301)를 통해 필라멘트 신장 분무기로 다시 귀환된다. 이후 유체 첨가제 재료는 다시 에어로졸 발생 공정에서 수행된다.
- [0041] 적층 가공 시스템 (300)의 기재 처리부 (311)는 균일하게 하전하고 선택적으로 기재 표면 층 (312)의 정전하를 변경시켜 첨가제 재료의 선택적 적층을 가능하게 한다. 우선 기재 표면 층 (312)은 하전된 에어로졸 (308)의 제1 극성과 유사 또는 반대 극성의 전하 (314)로 전체적으로 균일하게 하전된다. 블랭킷 하전 장치를 이용하여 기

재 표면 층 (312)을 하전한다.

- [0042] 전체적으로 전하가 인가되면, 적어도 일부 전하는 선택적으로 변경된다 (316). 이오노그래피 프린트 헤드 또는 기타 적합한 기구 또는 장치를 이용하여 선택적으로 기재 표면 층의 정전하를 변경시킨다. 선택적으로 기재 표면 층의 전하를 변경시키면 전하 중성, 제1 극성과 유사하게 하전 또는 제1 극성과 반대로 하전된 표면적들을 생성한다. 중성, 또는 유사하게 하전된 기재 표면 층 부분은 하전된 에어로졸을 당기지 않고, 이러한 지점들에서 첨가제 재료의 적층은 억제되거나 방해된다.
- [0043] 기재 표면 층 부분의 정전하가 선택적으로 변경된 후, 기재는 하전된 에어로졸 안내 구조체를 지나도록 이동된다 (318). 하전된 에어로졸 및 기재 표면 층 선택 영역 사이 정전위로 인하여 유도되는 정전기력에 의해 하전된 에어로졸 액적은 선택적으로 기재 표면 층에 적층된다. 적층 후, 첨가제 재료는 냉각되고 고화된다.
- [0044] 또한 기재에 대하여 추가 적층 가공 단계(들)이 구현된다. 증착된 첨가제 재료들 사이에서 지지 재료가 인가되어 (320) 새로운 높이의 기재 층 표면을 형성한다. 상기와 같이, 지지 재료는 현재의 기재 표면 층에 걸쳐 선택적으로 증착된 첨가제 재료 주위로 평평하게 분배되어 다음 적층 가공 공정을 위한 새로운 기재 층 표면을 형성한다. 결과적으로 첨가제 재료 및 지지 재료의 매끄럽고도 연속적인 층이 형성되어 기재 층 표면을 형성하고, 첨가제 재료의 전체 구조체 및 첨가제 재료는 본래 기재에 의해 지지된다.
- [0045] 반복적인 적층 가공 공정이 수행되면, 선택적으로 증착된 첨가제 재료의 이전 층은 반-유체 상태로 유지되어 다음 첨가제 재료 층을 부착하고 결합시켜 다중-층 구조체를 형성한다. 일 실시예로서, 전체 공정은 가열 환경에서 완성되고, 따라서 각각의 연속된 선택적 첨가제 재료의 적층은 이전에 적층된 재료와 결합된다.
- [0046] 증착된 첨가제 재료 및/또는 기재 표면 층의 임의의 잔류 전하는 스코르트론 예비-하전 단계 과정에서 동시에 중성화된다 (322). 대안으로, 임의의 잔류 전하 중성화는 스코르트론 예비-하전 단계 전에 별도 단계로 구현된다. 표면은 적층 가공 시스템 (300)의 기재 처리부 (311)를 통해 더욱 이동된다. 이러한 공정은 선택적으로 인가된 첨가제 재료의 구조체 또는 기질을 형성하기에 충분한 회수로 반복된다. 층들을 만들기 위하여, 기재 이동 (318)은 기재를 수직 축으로 이동하는 것을 포함하고, 이에 따라 하전된 에어로졸 적층부 및 기재 층 표면 간에 일정하고 고정된 거리를 유지한다. 대안으로, 하전된 에어로졸 적층부를 수직으로 이동시켜 동일한 거리를 유지한다. 원하는 구조체 또는 기질이 완료되면 필요하거나 바람직하다면 용제에 의한 제거, 기계적 제거 또는 열적 제거를 포함한 다수의 상이한 공정으로 지지 재료를 첨가제 재료로부터 분리한다.
- [0047] 도 4는 본 발명의 실시태양에 의한 적층 가공 시스템 (400)의 예시적 첨가제 재료 제조부 (401)이다. 시스템 (400)의 제조부 (401)에서, 첨가제 재료 에어로졸 (406)은 필라멘트 신장 분무기 (402)를 이용하여 형성된다. 첨가제 재료 에어로졸은 개구 (430)를 통해 기재에 적층되도록 하전된다 (422). 유체 형태의 첨가제 재료는, 내외부적으로, 필라멘트 신장 분무기 (402)에 도입된다. 한 쌍의 이중반전 롤러 (404)는 유체 첨가제 재료와 접촉하고, 첨가제 재료의 필라멘트를 롤러 (404)의 분기 하류 표면들에서 늘린다. 유체 필라멘트가 롤러 (404) 사이에서 신장될 때, 유체 필라멘트는 불안정점, 모세관 절단점에 도달한다. 모세관 절단점에서, 각각의 유체 필라멘트의 적어도 일부는 적층 유체 액적 에어로졸 (406)로 절단된다. 도입 기류 (408)를 이용하여 시스템 (400)의 첨가제 재료 제조부 (401)를 통해 형성된 에어로졸을 안내한다. 기류 (408)는 필라멘트 신장 분무기 (402) 롤러 (404) 회전 또는 다른 수단, 예컨대 외부원에 의해 발생할 수 있다.
- [0048] 도 4에 도시된 바와 같이 수직 방향으로 필라멘트 신장 분무기 (402)가 설치되면, 필라멘트 신장 분무기 (402)에 의해 형성된 에어로졸 (406)은 액적 크기 및/또는 중량에 기초하여 선별될 수 있다. 형성된 에어로졸 (406) 액적에 대한 중력을 이용하면 과도한 크기 및/또는 과도한 중량의 액적이 부분 (401)을 통해 더욱 진행되지 않을 수 있다. 기류 (408)에 대하여 필라멘트 신장 분무기 (402)의 수직 높이를 변경시킴으로써 선택적으로 원하는 크기 및/또는 중량의 액적이 필라멘트 신장 분무기 (403)에서 유출되어 부분 (401)을 통과하여 계속하여 통로 (410)로 진행될 수 있다.
- [0049] 통로 (410)는 필라멘트 신장 분무기 (402)에서 생성된 에어로졸을 시스템 (400)의 첨가제 재료 처리부 (401)로 통과시킨다. 통로 (410)는 생성된 에어로졸 흐름을 이동 기재와 평행하게 근위로 안내하도록 배치되어 하전된 에어로졸 및 선택적으로 전하 변경 기재 표면 층 간 정전 상호작용에 기초하여 기재 표면 층의 선택 부분에 하전된 첨가제 재료의 적층을 용이하게 한다.
- [0050] 액적 선택기 (412)는 첨가제 재료 처리부 (401)의 통로 (410) 내에 놓인다. 액적 선택기 (412)는 선택적으로 원하는 변수 군 외의 물리적 변수, 예컨대 크기 및 중량을 가지는 액적을 제거하거나 배제시킨다. 배제된 액적은 장차 사용되도록 필라멘트 신장 분무기 (402)로 다시 재활용된다 (414). 도 4의 도시된 실시태양에서, 액적 선

택기 (412)는 관성 충돌기이고 형성된 에어로졸 유체 흐름에 놓인다. 충돌기는 운동량에 따라 선택적으로 에어로졸 액적을 여과하는 기하구조를 포함한다. 이러한 기하구조를 포함하여, 예정된 및/또는 원하는 물리적 변수 범위 외의 액적은 통로 (410)를 계속 통과하는 것이 방지된다.

[0051] 에어로졸 하전 장치 (420)는 정전기적으로 에어로졸 액적이 통과될 때 이를 하전한다. 하전 장치 (420)는 기재 표면 층에 적층되도록 에어로졸 액적에 정전하를 유도한다. 하전 장치 (420)는 코로나가 포함되는, 이온 전류가 흐르는 영역, 또는 에어로졸 액적이 통과하는 이온화 방사선을 생성한다. 이는 액적들로부터 전자 방출을 자극하고 이들을 원하는 극성으로 정전기적으로 하전한다. 하전된 에어로졸 액적 (422)은 계속하여 통로 (410)를 통해 적층 개구 (430)를 횡단한다.

[0052] 하전된 에어로졸 (422)은 적층 개구 (430)를 횡단하고, 하전된 에어로졸 (422) 및 기재 표면 층 사이 정전위에 의해 유도되는 정전기력에 의해 하전된 에어로졸 일부는 아래를 지나는 기재 표면 층에 개구 (430)를 통해 끌리고 적층된다. 통로를 계속 통과하는 과잉 또는 잔류되는 하전 에어로졸 (422)은 시스템 (400)으로 다시 재활용된다 (414).

[0053] 도 5는 적층 가공 시스템 (400)의 예시적 기재 부분 (501)을 도시한 것이다. 본 부분에서, 기재 (502)는 균일하게 블랭킷 하전된 후 기재 (502) 층 표면 전하 일부는 선택적으로 변경된다. 기재 (502)가 증착 통로 개구 (430) 아래를 통과할 때, 기재 (502) 층 표면 및 하전된 에어로졸 (422) 간 정전위에 의해 유발되는 정전기력에 의해 하전된 에어로졸 액적 (422)은 기재 (502) 층 표면의 선택 영역에 끌리고 적층된다. 정전기력은 하전된 에어로졸 (422) 일부를 증착 통로 개구 (430)로부터 기재 (502) 층 표면의 선택 영역으로 당긴다. 나머지 하전된 에어로졸은 증착 통로 (410)를 통해 계속 통과하여 재활용 또는 처분된다. 하전된 에어로졸 (422)은 기재 표면의 반대로 하전된 부분에 끌린다. 첨가제 재료 (423) 증착 부분 사이에 간격 (514)이 형성되고 이는 지지 재료 (530)로 채워져 매끄럽고, 연속적인 지지 및 첨가제 재료 층을 생성하고, 이는 기재 층 표면을 덮는다. 이후 정전하는 기재 및 첨가제 재료로부터 실질적으로 중성화되어 새로운 정전기적 중성 기재 층 표면을 형성하고 이는 추가 첨가제 재료 적층 공정을 위해 적층 가공 시스템 (400)에 공급된다. 기재 (502)는 기재 병진 시스템 (506)에 의해 시스템 (400)을 통과하도록 이동된다.

[0054] 블랭킷 하전 장치 (504)에 의해 기재 (502) 층 표면에 걸쳐 균일 블랭킷 정전하가 유도된다. 도 5에 도시된 예시적 실시태양에서, 기재는 전체적으로 음의 전하로 하전된다. 예시적 실시태양에서, 스코르트론이 사용되어 기재 층 표면에 걸쳐 블랭킷 전하를 생성한다. 코로나 방전을 일으키고 통과하는 기재에 전하를 가속시키고, 표면 전하 밀도로 인하여 표면 전위가 스코르트론 그리드와 동일할 때까지 기재 표면 층을 하전함으로써 스코르트론은 정전기적으로 기재 층 표면을 하전한다. 코로나 방전은 금속 벽의 실린더 내부의 얇은 와이어에 고압을 걸어 형성된다. 이에 따라 형성되는 높은 장 (field)은 주위기체, 예컨대 공기를 이온화시킨다. 기재가 형성된 하전 입자들의 구름을 통과할 때, 기재 층 표면은 방출 입자들의 극성으로 하전된다. 스코르트론으로 기재 층 표면은 이전 충전 상태와 무관하게 균일 전하 밀도로 하전되고, 이로써 추가 적층 가공 공정 전에 지지 및 첨가제 재료의 새로운 기재 층 표면의 잔류 전하를 감소하거나 또는 실질적으로 중성화할 필요가 없어진다.

[0055] 기재 (502) 층 표면이 연속 및 동일한 전하로 덮이면, 전하 일부는 선택적 하전 장치 (510)에 의해 입력에 따라 선택적으로 변경된다. 입력은 사용자, 컴퓨터 프로그램 또는 기타로부터 제공될 수 있고 장치 (510)에 의해 수행될 선택적 전하 변경 패턴과 관련된 명령이 포함된다. 도시된 실시태양에서, 선택적 하전 장치 (510)는 이오노그래피 프린트 헤드이다. 이오노그래피 프린트 헤드는 하전된 기재와 반대 극성을 가지는 이온 흐름을 지향한다 (또는 그리드를 이용하여 가속한다). 방출된 반대 하전된 이온은 기재 층 표면의 국소 영역을 중성화 또는 반대로 하전한다. 이러한 방식으로, 이오노그래피 프린트 헤드는 입력 예컨대 패턴, 컴퓨터 제어 명령 또는 기타에 기초하여 선택적 방식으로 중성화, 반대로 하전시킨다. 이오노그래피 프린트 헤드 (510)는 기재 (502) 병진에 수직한 선형 방식으로 기재 (502) 표면에 걸쳐 이동되어, 각각의 통과 후에 기재 (502)는 이오노그래피 프린트 헤드 (510) 폭만큼 전진한다. 이오노그래피 프린트 헤드 (510)의 선형 운동은, 기재 (502) 병진과 조합되어, 기재 (502) 표면에 걸쳐 선택적으로 하전된 부분의 2-차원 패턴을 형성한다.

[0056] 대안으로, 이오노그래피 프린트 헤드 또는 기타 이온 증착 기구의 어레이가 배열될 수 있다. 이러한 방식으로, 어레이 각각의 통과로 덮이는 기재 (502) 층 표면 정도가 증가될 수 있다. 또는, 어레이는 기재 (502) 폭 이상의 거리에 걸칠 수 있고 이로써 어레이는 고정될 수 있고, 기재 (502)는 아래에서 연속 또는 단계적 방식으로 진행된다.

[0057] 이오노그래피 프린트 헤드 (510)가 기재 (502) 표면 층의 적어도 일부 정전하를 선택적으로 변경시킨 후, 기재 (502)는 기재 병진 시스템 (506)에 의해 적층 개구 (430) 아래로 이동된다. 하전된 에어로졸 (422)은 통로

(412)를 통해 적층 개구 (430)에 횡단하여 유동되므로, 하전된 에어로졸 (422) 일부는 기재 (502) 층 표면의 반대로 하전된 영역 (512)으로 끌린다. 도시된 실시예에서, 기재 (502) 층 표면의 반대 하전된 부분 (512)은 블랭킷 전하가 선택적으로 제거 또는 반대로 하전되지 않은 기재 (502) 층 표면 부분이다.

[0058] 전하가 중성 또는 반대 하전 상태로 선택적으로 변경된 기재 (502) 표면 일부는 선택적으로 적층된, 하전된 첨가제 재료 (423) 사이에서 간격 (514)을 형성한다. 지지 재료 (530)는 기재 (502) 층 표면 및 증착된 첨가제 재료 (422)를 횡단하여 적층되어, 간격 (514)을 채운다. 닥터 블레이드 (534)가 기재 (502) 표면에서 떨어진 거리에 위치하여, 선택적으로 증착된 첨가제 재료 (422) 및 지지 재료 (530)의 표면을 매끄럽고 평탄하게 한다. 기재 (502) 층 표면이 증착된 첨가제 재료 (423) 및 지지 재료 (530)로 덮이면, 나머지 또는 잔류, 전하는 재료 (422, 530) 및 기재 (502)에 의해 실질적으로 감소 또는 중화된다.

[0059] 기재 (502)는 반복적 첨가제 재료 적층 공정을 수행하거나 첨가제 재료는 필요하다면 상기와 같이 기재에 경화된다. 지지 재료 (530)는 경화 (setting) 공정 일부로서 기재 (502)에 결합되고, 또는 제거되어, 경화된 증착 첨가제 재료 물체를 남긴다.

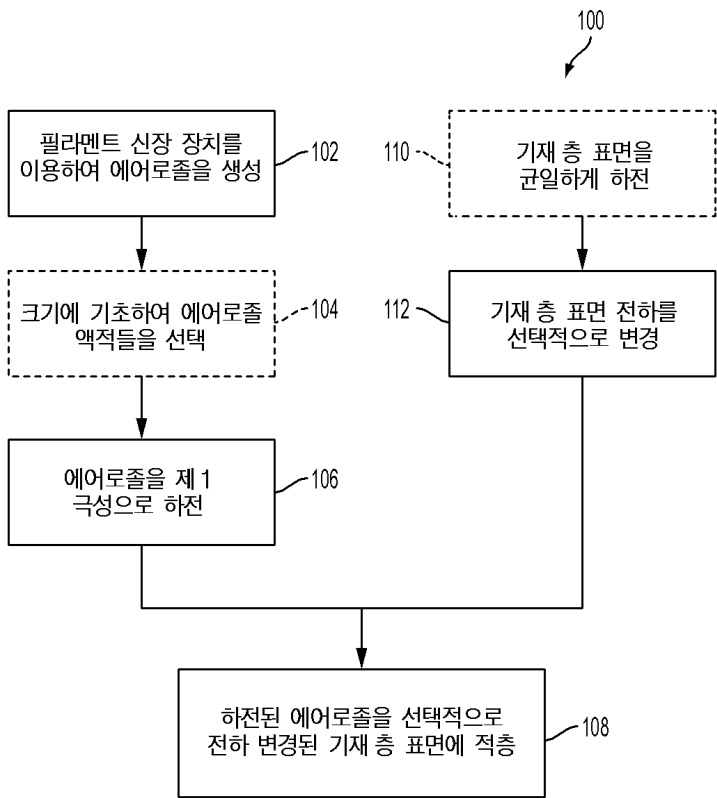
[0060] 기재 병진 시스템 (506)은 기재 (502) 평면에 수평으로 및 기재 (502)에 직교하게 수직으로 기재를 이동시킨다. 도시된 실시태양에서, 기재 (502)는 시스템 (506)에 의해 3개의 축을 따라 이동될 수 있다. 선택적 하전 장치 (510)가 기재 (502) 층 표면에 횡단하는 축으로 이동하는 실시예에서, 선택적 하전 장치 (510)의 각각의 통과 후 기재 병진 시스템 (506)은 기재 (502)를 점증적, 또는 단계적 방식으로 이동할 수 있다. 기재 (502) 층 표면 전하 변경이 완료되면, 기재 병진 시스템은 수직 축을 따라 기재 (502)를 이동한 후 수평면 병진을 반복하여 선택적으로 증착된 첨가제 재료의 새로운 층을 제작한다. 선택적 하전 장치 (510), 또는 장치 (510) 어레이가 정적인 또 다른 실시예에서, 기재 (502)는 2 이상의 축에서 이동되어 원하는 전하 제거 패턴을 완성한다.

[0061] 적층 가공 시스템 (400)의 기재 부분 (501)의 다양한 요소들은 요소들 (504, 510, 530) 아래에서 기재 (502)가 순차적으로 이동되도록 배열된다. 이러한 방식으로, 기재 (502)는 시스템 (400)을 통해 연속적으로 처리된다.

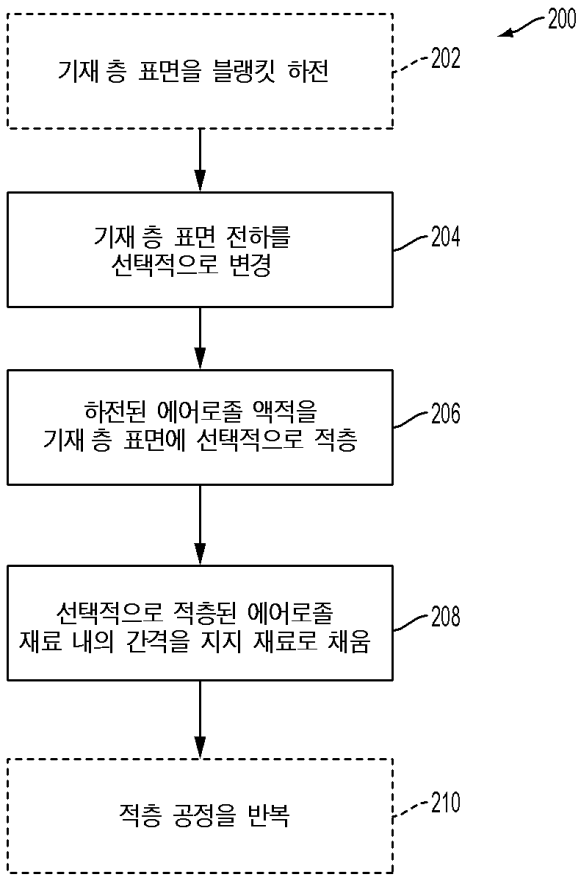
[0062] 시스템 (400)을 통한 첨가제 재료 적층 공정을 반복함으로써 첨가제 재료를 3-차원 재료 기질로 형성할 수 있다. 반복적 첨가제 재료 적층 공정으로 높은-해상도의 3-차원 물체가 형성된다. 적층 가공 공정 해상도는 선택적 전하 제거 장치 (510)의 미세도 및 정확도에 따라 달라진다. 또한 증착된 첨가제 재료의 선택적 두께로 인하여 해상도는 개선된다. 정전위 크기에 따라 추가적인 하전 에어로졸이 기재 층 표면의 반대 하전 영역을 중성화시키기 위하여 필요하므로 하전된 에어로졸 (422) 및 반대로 하전된 기재 (502) 사이 정전위가 클수록 기재 (502) 상에 에어로졸화 첨가제 재료 응집이 커진다. 상기와 같이, 증착된 첨가제 재료로 형성된 고체 3-차원 물체를 노출하기 위하여 지지 재료 (530)는 마감 공정에서 제거될 수 있다.

도면

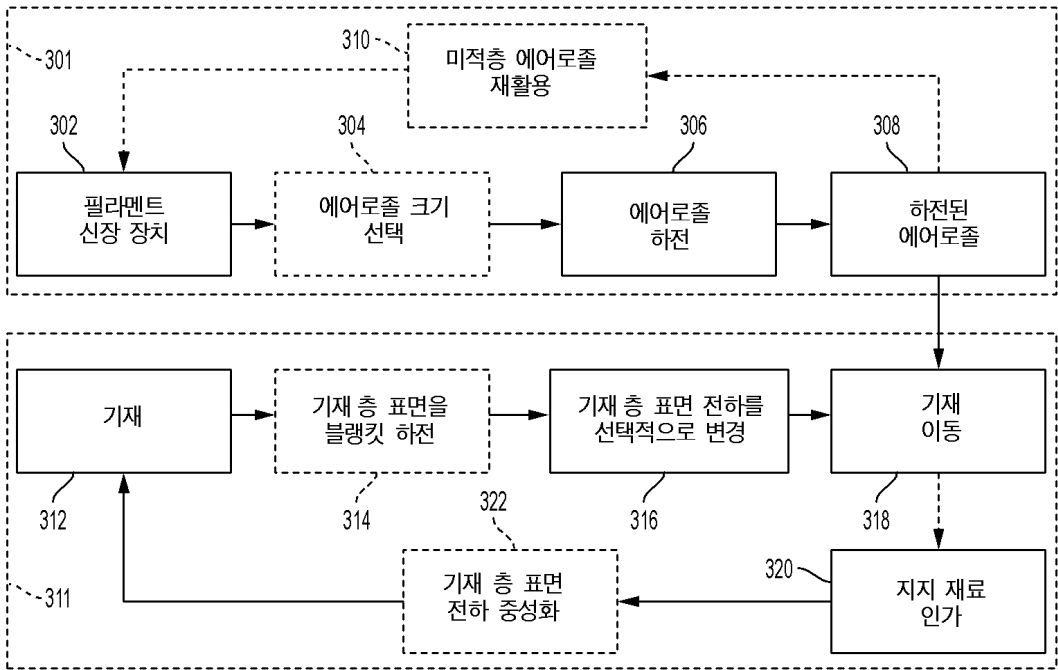
도면1



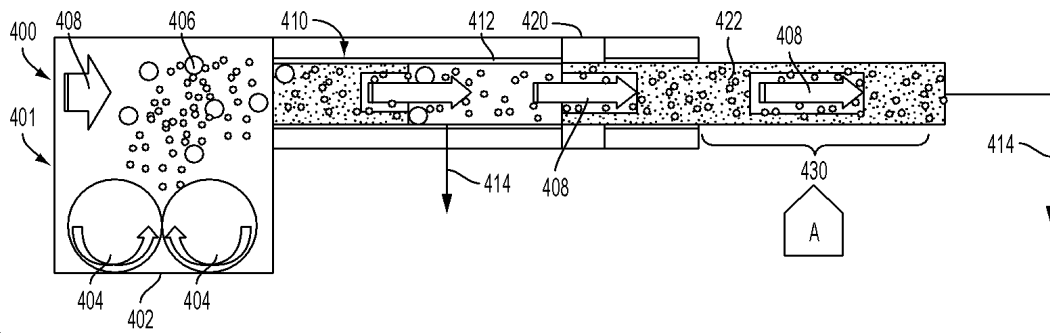
도면2



도면3



도면4



도면5

