(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0031036
(43) 공개일자 2020년03월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B29C 64/209 (2017.01) *B33Y 30/00* (2015.01)
(52) CPC특허분류
B29C 64/209 (2017.08)
B33Y 30/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0104835
(22) 출원일자 2019년08월27일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
16/129,943 2018년09월13일 미국(US)

(71) 출원인
제록스 코포레이션
미국 06851-1056 코네티컷주 노워크 메리트 7 201 피.오. 박스 4505
(72) 발명자
데이비드 에이. 맨텔
미국 14610 뉴욕, 로체스터, 야머스 로드 275
스튜어트 에이, 슈바이트
미국 14534 뉴욕, 피츠포드, 놉 힐 드라이브 20
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인코리아나

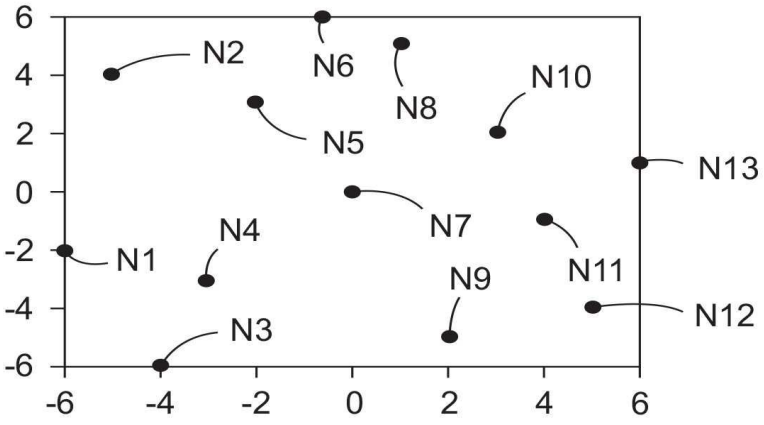
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **적층 가공 시스템에 사용되는 압출기 헤드를 위한 최적화된 노즐 배열**

(57) 요 약

압출기 헤드는 면판의 중심에서의 0° -180° 축과 90° -270° 축 교점으로부터의 각도 배향들에서 다수의 노즐들을 정렬시키는 것을 피하는, 면판 내의 다수의 노즐들의 배열을 갖는다. 압출기 헤드는 복수의 노즐들을 갖는 면판을 갖는 하우징을 포함하고, 복수의 노즐들은 노즐들이 제1 축 상에 투영될 때 서로 동일하게 이격되고, 노즐들은 제1 축에 직교하는 면판의 평면 내의 제2 축 상에 투영될 때 서로 동일하게 이격된다. 면판의 평면 내의 제1 축과 제2 축의 교점으로부터 임의의 각도 경로를 따른 압출기 헤드의 이동은 복수의 노즐들 내의 적어도 하나의 노즐이 임의의 다른 노즐과 정렬되지 않을 수 있게 한다.

대 표 도 - 도4a



(72) 발명자

크리스토퍼 쥐, 린

미국 14590 뉴욕, 웰코트, 라임클린 로드 5809

피터 제이. 니스트롬

미국 14580 뉴욕, 웹스터, 글렌우드 드라이브 62

명 세 서

청구범위

청구항 1

압출기 헤드(extruder head)로서,

일정 체적의 압출 재료를 보유하도록 구성되는 적어도 하나의 매니폴드를 갖는 하우징; 및

상기 하우징에 장착되는 면판(faceplate)을 포함하고,

상기 면판은 상기 적어도 하나의 매니폴드에 유체 연통식으로(fluidly) 연결되는, 상기 면판 내에 형성된 복수의 노즐들을 가지며, 상기 면판 내의 상기 노즐들은 상기 노즐들이 상기 면판의 평면 내의 제1 축 상에 투영될 때 서로 동일하게 이격되고, 상기 노즐들은 상기 제1 축에 직교하는 상기 면판의 상기 평면 내의 제2 축 상에 투영될 때 서로 동일하게 이격되며,

상기 면판의 상기 평면 내의 상기 제1 축과 상기 제2 축의 교점으로부터 임의의 각도 경로를 따른 상기 압출기 헤드의 이동은 상기 복수의 노즐들 내의 적어도 하나의 노즐이 임의의 다른 노즐과 정렬되지 않을 수 있게 하는, 압출기 헤드.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 복수의 노즐들 내의 노즐들의 개수는 홀수개인, 압출기 헤드.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 노즐들 모두는 동일한 직경을 갖는, 압출기 헤드.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 노즐들 중 하나는 상기 면판의 상기 평면 내의 중심에 위치되는, 압출기 헤드.

청구항 5

제4항에 있어서, 중심 노즐의 제1 측에 위치되는 노즐들의 개수는 상기 중심 노즐의 제2 측에 위치되는 노즐들의 개수와 동일한, 압출기 헤드.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 중심 노즐의 상기 제1 측에 있는 노즐은 상기 중심 노즐의 상기 제1 측에 있는 다른 노즐들 중 임의의 것보다 상기 중심 노즐로부터 더 큰 거리에 있고, 상기 중심 노즐의 상기 제2 측에 있는 다른 노즐들 중 임의의 것보다 상기 중심 노즐로부터 더 큰 거리에 있는 상기 중심 노즐의 상기 제2 측에 있는 노즐과 상기 중심 노즐로부터 동일한 거리에 있는, 압출기 헤드.

청구항 7

제6항에 있어서, 압출기 헤드 이동을 위한 임의의 경로 각도를 따른 상기 중심 노즐과 최외측 노즐 사이의 최소 거리와 압출기 이동의 임의의 경로 각도를 따른 상기 중심 노즐과 최외측 노즐 사이의 최대 차이 사이의 차이는 노즐 직경들의 미리 결정된 개수를 초과하지 않는, 압출기 헤드.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 노즐 직경들의 상기 미리 결정된 개수는 11개 이상의 노즐들을 갖는 상기 압출기 헤드에 대해 2 이하인, 압출기 헤드.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 노즐 직경들의 상기 미리 결정된 개수는 11개 이상의 노즐들을 갖는 상기 압출기 헤드에

대해 1.5인, 압출기 헤드.

청구항 10

제7항에 있어서, 상기 노즐 직경들의 상기 미리 결정된 개수는 11개 미만의 노즐들을 갖는 상기 압출기 헤드에 대해 2.5 이하인, 압출기 헤드.

청구항 11

제6항에 있어서, 상기 노즐들은 미리 결정된 거리 이상인 거리만큼 서로 분리되는, 압출기 헤드.

청구항 12

제11항에 있어서, 압출기 헤드 이동의 경로에 의해 결정되는 바와 같은 이웃한 노즐에 의해 생성되는 압출 재료의 라인으로부터 미리 결정된 거리를 초과한만큼 분리된 압출 재료의 라인을 생성하도록 상기 면판 내에 노즐이 위치되는 것은 아닌, 압출기 헤드.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 제1 축은 0°-180° 축과 정렬되고, 상기 제2 축은 90°-270° 축과 정렬되며, 상기 제1 축과 상기 제2 축은 상기 면판의 중심에서 교차하는, 압출기 헤드.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 노즐들의 개수는 9개 이상이고, 다른 노즐에 의해 압출된 압출 재료의 상부에 압출 재료를 압출하도록 3개 이상의 노즐들이 압출기 헤드 이동의 임의의 각도에서 정렬되는 것은 아닌, 압출기 헤드.

청구항 15

압출기 헤드로서,

일정 체적의 압출 재료를 보유하도록 구성되는 적어도 하나의 매니폴드를 갖는 하우징;

상기 하우징에 장착되는 면판을 포함하고,

상기 면판은 상기 적어도 하나의 매니폴드에 유체 연통식으로 연결되는, 상기 면판 내에 형성된 복수의 노즐들을 가지며, 상기 면판 내의 상기 노즐들은 상기 노즐들이 상기 면판의 평면 내의 제1 축 상에 투영될 때 서로 동일하게 이격되고, 상기 노즐들은 상기 제1 축에 직교하는 상기 면판의 상기 평면 내의 제2 축 상에 투영될 때 서로 동일하게 이격되며, 상기 복수의 노즐들 내의 노즐들의 개수는 홀수개이고,

상기 면판의 상기 평면 내의 상기 제1 축과 상기 제2 축의 교점으로부터 임의의 각도 경로를 따른 상기 압출기 헤드의 이동은 상기 복수의 노즐들 내의 적어도 하나의 노즐이 임의의 다른 노즐과 정렬되지 않을 수 있게 하는, 압출기 헤드.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 노즐들 중 하나는 상기 면판의 상기 평면 내의 중심에 위치되는, 압출기 헤드.

청구항 17

제16항에 있어서, 중심 노즐의 제1 측에 위치되는 노즐들의 개수는 상기 중심 노즐의 제2 측에 위치되는 노즐들의 개수와 동일한, 압출기 헤드.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 중심 노즐의 상기 제1 측에 있는 노즐은 상기 중심 노즐의 상기 제1 측에 있는 다른 노즐들 중 임의의 것보다 상기 중심 노즐로부터 더 큰 거리에 있고, 상기 제1 축과 상기 제2 축 둘 모두에 대해 상기 중심 노즐의 상기 제2 측에 있는 다른 노즐들 중 임의의 것보다 상기 중심 노즐로부터 더 큰 거리에 있는 상기 중심 노즐의 상기 제2 측에 있는 노즐과 상기 중심 노즐로부터 동일한 거리에 있는, 압출기 헤드.

청구항 19

제18항에 있어서, 압출기 헤드 이동을 위한 임의의 경로 각도를 따른 상기 중심 노즐과 최외측 노즐 사이의 최소 거리와 압출기 이동의 임의의 경로 각도를 따른 상기 중심 노즐과 최외측 노즐 사이의 최대 차이 사이의 차이는 노즐 직경들의 미리 결정된 개수를 초과하지 않는, 압출기 헤드.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 제1 축은 0° -180° 축과 정렬되고, 상기 제2 축은 90° -270° 축과 정렬되며, 상기 제1 축과 상기 제2 축은 상기 면판의 중심에서 교차하는, 압출기 헤드.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 벡터 그래픽으로 구현되는 3차원 물체 프린터에 사용되는 다중-노즐 압출기에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 그러한 압출기 내의 노즐의 배열에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 또한 적층 가공(additive manufacturing)으로 알려진 3차원 인쇄는 사실상 임의의 형상의 디지털 모델로부터 3차원 입체 물체를 제조하는 공정이다. 많은 3차원 인쇄 기술은 적층 가공 장치가 이전에 침착된 층들 위에 부품의 연속적인 층들을 형성하는 적층 공정을 사용한다. 이들 기술 중 일부는 ABS 플라스틱과 같은 압출 재료를 열가소성 재료로 연화시키거나 용융시킨 다음에 열가소성 재료를 미리 결정된 패턴으로 방출하는 압출기를 사용한다. 프린터는 전형적으로 다양한 형상 및 구조를 갖는 3차원의 인쇄된 물체를 형성하는 열가소성 재료의 연속적인 층들을 형성하도록 압출기를 작동시킨다. 3차원의 인쇄된 물체의 각각의 층이 형성된 후에, 열가소성 재료는 냉각되고 경화되어 층을 3차원의 인쇄된 물체의 하부 층에 접합시킨다. 이러한 적층 가공 방법은 절삭 또는 드릴링과 같은 제거식 공정(subtractive process)에 의한 피가공물로부터의 재료의 제거에 주로 의존하는 전통적인 물체-형성 기술과 구별가능하다.

[0003] 2차원 이미지를 인쇄하는 대부분의 프린터는 프린터의 해상도와 부합하는 비트맵 이미지(bitmapped image)를 사용한다. 프린트헤드(printhead)는 이어서 래스터(raster)로 불리는 경로 내의 매체를 가로질러 스캐닝된다. 따라서, 이러한 인쇄 방법은 때때로 래스터 인쇄로 불린다. 프린터는 래스터 별로 잉크 또는 다른 마킹 재료 수용 표면을 가로질러 프린트헤드를 연속적으로 스캐닝함으로써 이미지를 형성한다. 때때로 이러한 스캐닝은 전후 운동으로 수행되는데, 이는 양방향 인쇄(bi-directional printing)로 지칭된다. 다른 경우에, 수용 표면 또는 프린트헤드는 단일 방향으로만 이동하며, 이러한 유형의 인쇄는 단방향 인쇄(unidirectional printing)로 불린다. 벡터 그래픽 프린터들은 상이하게 작동한다. 벡터 그래픽 프린터에 의해 형성되는 2차원 이미지는 일련의 점, 선, 및 곡선에 기초한 형상의 서술(description)들을 사용한다. 이들 서술은 압출 헤드와 같은 도구를 선과 곡선에 의해 한정되는 경로를 따라 이동시키라는 명령으로서 사용된다. 이러한 이동은 2개 초과의 직교 방향으로 일어난다. 본 문헌에 기술된 다중-노즐 압출기를 사용하는 프린터는 벡터 그래픽 프린터이다.

[0004] 많은 기존의 3차원 프린터는 단일 노즐을 통해 재료를 압출하는 단일 압출기를 사용한다. 프린트헤드는 3차원의 인쇄된 물체를 위한 모델 데이터에 기초하여 미리 결정된 경로로 이동하여서 빌드 재료(build material)를 지지 부재의 선택된 위치 또는 3차원 인쇄된 물체의 이전에 침착된 층들 상에 방출한다. 그러나, 단일 노즐만을 갖는 프린트헤드를 사용하여 빌드 재료를 방출하는 것은 흔히 3차원의 인쇄된 물체를 형성하는 데 상당한 시간을 필요로 한다. 부가적으로, 보다 큰 노즐 직경을 갖는 프린트헤드는 3차원의 인쇄된 물체를 더욱 신속히 형성할 수 있지만 보다 고도의 세밀한 물체를 위해 보다 정교한 형상으로 빌드 재료를 방출하는 능력을 상실하는 반면, 보다 좁은 직경을 갖는 노즐은 보다 정교한 세밀한 구조체를 형성할 수 있지만 3차원 물체를 빌드하는 데 더욱 많은 시간을 필요로 한다.

[0005] 단일 노즐 압출기의 한계를 해결하기 위해, 다중-노즐 압출기가 개발되었다. 이들 다중-노즐 압출기에서, 노즐들은 공통 면판(faceplate) 내에 형성되고, 노즐들을 통해 압출되는 재료들은 하나 이상의 매니폴드로부터 나올 수 있다. 단일 매니폴드를 갖는 압출기에서, 모든 노즐은 동일한 재료를 압출하지만, 매니폴드로부터 각각의 노즐로의 유체 경로는 노즐들을 선택적으로 개폐시키도록 작동되는 밸브를 포함할 수 있다. 이러한 능력은 재료를 압출하는 노즐의 개수 및 어떤 노즐이 재료를 압출하고 있는지를 변화시킴으로써 노즐로부터의 열가소성 재료 압출기의 스와스(swath)의 형상이 달라질 수 있게 한다. 상이한 매니폴드들을 갖는 압출기들에서, 각각의 노즐은 상이한 재료를 압출할 수 있으며, 이때 매니폴드들 중 하나로부터 그의 대응하는 노즐로의 유체 경로는

노즐을 선택적으로 개폐시키도록 작동될 수 있는 밸브를 포함한다. 이러한 능력은 스와스 내의 재료의 조성뿐만 아니라 또한 노즐로부터의 열가소성 재료 압출기의 스와스의 형상이 달라질 수 있게 한다. 역시, 이들 변화는 재료를 압출하는 노즐의 개수 및 어떤 노즐이 재료를 압출하고 있는지를 변화시킴으로써 달성된다. 이들 다중-노즐 압출기는 상이한 재료들이 상이한 노즐들로부터 압출될 수 있게 하고, 상이한 압출기 본체들의 이동을 조정할 필요 없이 물체를 형성하기 위해 사용될 수 있게 한다. 이들 상이한 재료는 상이한 색상, 물리적 특성, 및 구성을 갖는 물체를 생성하는 적층 가공 시스템의 능력을 향상시킬 수 있다. 부가적으로, 재료를 압출하는 노즐의 개수를 변화시킴으로써, 생성되는 스와스의 크기는 물체 에지와 같은, 정밀한 특징부 형성이 요구되는 영역에 좁은 스와스를 제공하도록 그리고 물체의 내부 영역과 같은, 물체의 영역을 신속하게 형성하기 위해 보다 넓은 스와스를 제공하도록 변경될 수 있다.

[0006] 공통 면판 내에 노즐들을 갖는 이들 다중-노즐 압출기에서, 빌드 플랫폼(build platform)과 관련한 면판의 이동뿐만 아니라 또한 플랫폼의 XY 축에 대한 면판의 배향이 스와스의 형성에 중요하다. 본 문헌에 사용되는 바와 같이, "스와스"는 압출 재료의 패턴을 생성하는 다중-노즐 압출기 내의 하나 이상의 개방된 노즐로부터의 압출 재료의 하나 이상의 라인의 압출을 지칭한다. 다수의 노즐이 개방되지만 압출 재료의 모든 라인이 서로 접촉하는 것은 아닐지라도, 공간적으로 분리된 압출물들이 함께 스와스를 구성한다. 인접 스와스는 다수의 노즐로부터의 압출 재료의 모든 라인이 공정 횡단 방향(cross-process direction)으로 스와스를 가로질러 인접 접촉하는 스와스이다. 압출기의 경로의 몇몇 배향에서, 노즐들 중 일부는 압출된 재료의 인접 스와스가 형성되는 것을 방지하는 방식으로 서로 정렬된다. 도 5에 도시된 바와 같이, 9개의 노즐을 갖는 이전에 알려진 면판이 도시되어 있다. 면판이 도면에 도시된 바와 같이 배향되고 0°-180°(X) 축 또는 90°-270°(Y) 축을 따라 이동될 때, 9개의 노즐 모두가 인접 스와스를 형성하는 데 기여하며, 스와스는 그의 최대 폭을 갖는다. 본 문헌에 사용되는 바와 같이, 용어 "0°-180° 축"은 면판의 중심과 관련한 0° 방향 또는 180° 방향으로의 이동을 의미하고, 압출기의 면판은 모든 노즐이 개방되는 경우에, 압출기가 생성할 수 있는 가장 넓은 인접 스와스가 형성되도록 배향되며, 용어 "90°-270° 축"은 면판의 중심과 관련한 90° 또는 270° 방향으로의 이동을 의미하고, 압출기의 면판은 모든 노즐이 개방되는 경우에, 압출기가 생성할 수 있는 가장 넓은 인접 스와스가 형성되도록 배향된다. 면판이 0°-180° 축 및 90°-270° 축 상에 도시된 바와 같이 배향되어 유지되지만, 맨 오른쪽 예시에 도시된 바와 같이, 이들 축 중 하나로부터 18° 만큼 회전된 경로를 따라 이동될 때, 9개의 노즐은 서로 정렬된 3개의 노즐의 3개의 행(row)이 되어, 3개의 노즐의 각각의 행에 대해, 노즐들 중 하나를 위한 재료가 다른 2개에 의해 압출된 압출 재료 위에 직접 압출되도록 하고, 스와스는 단지 3개의 라인이며, 이때 압출 재료의 라인들 사이의 간극들이 스와스를 형성하여, 이들 라인 중 어느 것도 공정 횡단 방향으로 스와스 내의 다른 라인과 접촉하지 않도록 한다. 압출기의 속도는 라인들이 인접 스와스로 병합될 수 있게 하기 위해 이러한 각도에서 상당히 감속되어야 한다. 따라서, 도 5의 면판이 0°, 90°, 180°, 및 270° 경로들을 따라 이동될 때 가장 넓은 인접 스와스들이 최대 속도로 생성되고, 18°, 108°, 198° 및 288° 경로들을 따라 스와스들이 가장 좁고 압출된 재료의 비드(bead)들이 서로 최대로 분리된다. 이러한 분리는 면판의 배향 및 압출기와 플랫폼 사이의 상대 이동의 방향이 면판 내의 노즐들을 직교하는 열(column)들 및 행들을 갖는 어레이로 배치하기 때문에 발생한다. 이러한 배열은 열들 내의 노즐들에 의해 형성되는 라인들 사이의 거리를 감소시켜, 이들 라인이 서로 정렬되도록 하고, 라인들을 행 내의 노즐들 사이의 간격만큼 분리시키도록 한다. 특징부 구별이 일반적으로 중요하지 않은 물체의 중심에서, 면판 이동은 물체 형성 속도가 최대화될 수 있도록 가장 넓은 인접 스와스들을 생성하는 방향들 중 하나로 행해지는 것이 바람직하다. 그러나, 특징부 형상이 더욱 다양하고 때때로 복잡한 물체의 외부 에지에서는, 특징부의 형성을 가능하게 하기 위해 보다 적은 노즐, 아마도 하나의 노즐만이 개방될 수 있다. 불행하게도, 이러한 유형의 압출기 작동은 물체 형성에 이용가능한 다수의 노즐을 활용하지 않으며, 본질적으로 느리다. 따라서, 공통 면판 내에 다수의 노즐을 갖는 것에서의 속도 이점 중 일부가 상실되고, 많은 부품에서, 물체의 내부의 형성에 소비된 시간보다 많은 시간이 물체의 윤곽에 소비될 수 있다. 압출기의 다양한 각도 배향에서의 다수의 노즐 정렬에 기인하는 문제를 피할 수 있는, 3차원 물체 프린터를 위한 공통 면판 내에 다수의 노즐을 갖는 압출기 헤드가 유익할 것이다.

발명의 내용

[0007] 신규한 압출기 헤드는 면판의 평면 내의 한 쌍의 직교 축들로부터의 각도 배향들에서 다수의 노즐들을 정렬시키는 것을 피하는, 면판 내의 다수의 노즐들의 배열을 갖는다. 압출기 헤드는 일정 체적의 열가소성 재료를 보유하도록 구성되는 적어도 하나의 매니폴드를 갖는 하우징, 및 하우징에 장착되는 면판(faceplate)을 포함하고, 면판은 적어도 하나의 매니폴드에 유체 연통식으로(fluidly) 연결되는, 면판 내에 형성된 복수의 노즐들을 가지며, 면판 내의 노즐들은 노즐들이 면판의 평면 내의 제1 축 상에 투영될 때 서로 동일하게 이격되고, 노즐들은

제1 축에 직교하는 면판의 평면 내의 제2 축 상에 투영될 때 서로 동일하게 이격되며, 면판의 평면 내의 제1 축과 제2 축의 교점으로부터 임의의 각도 경로를 따른 압출기 헤드의 이동은 복수의 노즐들 내의 적어도 하나의 노즐이 임의의 다른 노즐과 정렬되지 않을 수 있게 한다.

[0008] 다른 압출기 헤드는 면판의 평면 내의 한 쌍의 직교 축들로부터의 각도 배향들에서 노즐들과 정렬시키는 것을 피하는, 압출기 헤드의 면판 내의 다수의 노즐들의 배열을 갖는다. 이러한 압출기 헤드는 일정 체적의 압출 재료를 보유하도록 구성되는 적어도 하나의 매니폴드를 갖는 하우징, 및 하우징에 장착되는 면판을 포함하고, 면판은 적어도 하나의 매니폴드에 유체 연통식으로 연결되는, 면판 내에 형성된 복수의 노즐들을 가지며, 면판 내의 노즐들은 노즐들이 면판의 평면 내의 제1 축 상에 투영될 때 서로 동일하게 이격되고, 노즐들은 제1 축에 직교하는 면판의 평면 내의 제2 축 상에 투영될 때 서로 동일하게 이격되며, 복수의 노즐들 내의 노즐들의 개수는 홀수개이고, 면판의 평면 내의 제1 축과 제2 축의 교점으로부터 임의의 각도 경로를 따른 압출기 헤드의 이동은 복수의 노즐들 내의 적어도 하나의 노즐이 임의의 다른 노즐과 정렬되지 않을 수 있게 한다.

[0009] 0°-180° 축과 90°-270° 축으로부터의 각도 배향들에서 다수의 노즐들을 정렬시키는 것을 피하는 다중-노즐 배열을 갖는 압출기 헤드의 전술한 태양들 및 다른 특징부들이 첨부 도면과 관련하여 취해진 하기의 설명에서 설명된다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 0°-180° 축 및 90°-270° 축으로부터의 각도 배향들에서 다수의 노즐을 정렬시키는 것을 피하는 다중-노즐 배향을 압출기 헤드가 갖는 적층 가공 시스템을 도시한 도면.

도 2a 내지 도 2c는 압출기 헤드가 9개 노즐 압출기 헤드를 위한 0°-180° 축 및 90°-270° 축으로부터의 각도 배향들에서 다수의 노즐을 정렬시키는 것을 피할 수 있게 하는 구속조건에 순응하는 대안적인 노즐 배열을 도시한 도면.

도 3a 내지 도 3c는 압출기 헤드가 9개 노즐 압출기 헤드를 위한 0°-180° 축 및 90°-270° 축으로부터의 각도 배향들에서 다수의 노즐을 정렬시키는 것을 피할 수 있게 하는 구속조건에 순응하는 대안적인 노즐 배열을 도시한 도면.

도 4a 내지 도 4c는 압출기 헤드가 9개 노즐 압출기 헤드를 위한 0°-180° 축 및 90°-270° 축으로부터의 각도 배향들에서 다수의 노즐을 정렬시키는 것을 피할 수 있게 하는 구속조건에 순응하는 대안적인 노즐 배열을 도시한 도면.

도 5는 0°, 90°, 및 18°로 배향될 때 9개 노즐 면판에 의해 형성될 수 있는 스와스를 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 본 명세서에 개시된 장치에 대한 환경뿐만 아니라 또한 장치의 상세 사항의 전반적인 이해를 위해, 도면이 참조된다. 도면에서, 동일한 도면 부호는 동일한 요소를 나타낸다.

[0012] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "압출 재료"는 적층 가공 시스템 내의 압출기로부터 방출되는 재료를 지칭한다. 압출 재료는 3차원의 인쇄된 물체의 영구적인 부분들을 형성하는 "빌드 재료", 및 인쇄 공정 동안에 빌드 재료의 부분들을 지지하는 임시 구조체를 형성한 다음에 인쇄 공정의 완료 후에 선택적으로 제거되는 "지지 재료" 둘 모두를 포함하지만, 이로 엄격하게 제한되지 않는다. 빌드 재료의 예는 아크릴로니트릴 부타디엔 스티렌(ABS) 플라스틱, 폴리락트산(PLA), 지방족 또는 반-방향족 폴리아미드(나일론), 현탁된 탄소 섬유 또는 다른 응집체 재료를 포함하는 플라스틱, 전기 전도성 중합체, 및 압출기를 통한 방출에 적합한 열가소성 재료를 생성하도록 열처리될 수 있는 임의의 다른 형태의 재료를 포함하지만, 이로 한정되지 않는다. 빌드 재료는 또한 가열을 필요로 하는 것이 아니라 추후에 공기 또는 에너지, 예를 들어 UV 광 또는 열에의 노출에 의해 경화되는 다른 재료를 포함한다. 이들 유형의 재료는 식품 재료를 포함한다. 예를 들어, 초콜릿과 치즈가 압출되어 토끼, 달걀 등과 같은 다양한 형상의 물체를 형성할 수 있다. 지지 재료의 예는 고 내충격성 폴리스티렌(HIPS), 폴리비닐 알코올(PVA), 및 열처리된 후에 압출될 수 있는 다른 재료를 포함하지만, 이로 한정되지 않는다. 일부 압출 프린터에서, 압출 재료는 흔히 "필라멘트(filament)"로 알려진 연속적인 기다란 길이의 재료로서 공급된다. 이러한 필라멘트는, 스풀(spool) 또는 다른 공급원으로부터 압출 재료 필라멘트를 당기고, 필라멘트를 압출기 내의 매니폴드에 유체 연통식으로 연결되는 히터 내로 공급하는 하나 이상의 롤러에 의해 고체 형태로 제공된다. 예시된 예는 히터에 필라멘트로서 공급되는 압출 재료를 사용하지만, 미립자 또는 구형 볼

압출 재료와 같은 다른 압출 재료 공급원이 사용될 수 있다. 히터는 압출 재료 필라멘트를 연화시키거나 용융시켜 매니폴드 내로 유동하는 열가소성 재료를 형성한다. 노즐과 매니폴드 사이에 위치된 밸브가 개방될 때, 열가소성 재료의 일부분이 매니폴드로부터 노즐을 통해 유동하고, 열가소성 재료의 스트림(stream)으로서 방출된다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 압출 재료에 적용되는 바와 같은 용어 "용융"은 3차원 물체 프린터의 작동 동안에 압출기 내의 하나 이상의 노즐을 통한 열가소성 재료의 압출을 가능하게 하기 위해 압출 재료의 상(phase)을 연화시키거나 변화시키는 압출 재료를 위한 임의의 온도 상승을 지칭한다. 용융된 압출 재료는 또한 본 문헌에서 "열가소성 재료"로 표기된다. 당업자가 인식하는 바와 같이, 소정의 비정질 압출 재료는 프린터의 작동 동안에 순수 액체 상태로 전이되지 않는다.

[0013] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "압출기"는 단일 챔버 내에서 압출 재료를 가압시켜 압출 재료가 방출을 위한 하나 이상의 노즐에 연결된 매니폴드로 이동하도록 하는 프린터의 구성요소를 지칭한다. 본 문헌에 기술된 다중-노즐 압출기는 압출 재료가 선택적으로 그리고 독립적으로 노즐들을 통해 유동할 수 있게 하도록 전자적으로 작동될 수 있는 밸브 조립체를 포함한다. 밸브 조립체는 하나 이상의 노즐이 독립적으로 매니폴드에 연결되어 압출 재료를 압출할 수 있게 한다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "노즐"은 압출기 내의 오리피스를 지칭하는데, 오리피스는 압출기 내의 매니폴드에 유체 연통식으로 연결되고, 오리피스를 통해 압출 재료가 재료 수용 표면을 향해 방출된다. 작동 동안에, 노즐은 압출기의 공정 경로를 따라 압출 재료의 실질적으로 연속적인 선형 스와스를 압출할 수 있다. 제어기가 밸브 조립체 내의 밸브를 작동시켜, 밸브 조립체에 연결된 어떤 노즐들이 압출 재료를 압출할 지를 제어하도록 한다. 노즐의 직경은 방출되는 압출 재료의 라인의 폭에 영향을 미친다. 상이한 압출기 실시예들은 보다 넓은 오리피스가 보다 좁은 오리피스에 의해 생성되는 라인의 폭보다 큰 폭을 갖는 라인을 생성하는 오리피스 크기 범위를 갖는 노즐들을 포함한다.

[0014] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "매니폴드"는 3차원 물체 인쇄 작업 동안에 압출기 내의 하나 이상의 노즐에의 전달을 위해 압출 재료의 공급원을 보유하는 압출기의 하우징 내에 형성된 공동(cavity)을 지칭한다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "스와스"는 3차원 물체 인쇄 작업 동안에 다중-노즐 압출기의 다수의 노즐로부터 재료 수용 표면 상에 동시에 방출되는 다수의 압출 재료 리본(ribbon)들의 임의의 패턴을 지칭한다. 단일 노즐 압출기들은 이들이 단일 압출 비드만을 생성할 수 있기 때문에 스와스를 형성할 수 없다. 일반적인 스와스는 압출 재료의 직선 선형 배열 및 만곡된 스와스를 포함한다. 일부 구성에서, 압출기는 연속적인 방식으로 재료를 압출하여 공정 방향 및 공정 횡단 방향 둘 모두로 압출 재료의 연속 질량을 갖는 스와스를 형성하는 반면, 다른 구성에서, 압출기는 선형 또는 만곡된 경로를 따라 배열되고 공정 방향 또는 공정 횡단 방향으로 불연속적인 압출된 재료의 보다 작은 군을 형성하는 일부 이동 각도로 또는 간헐적 방식으로 작동한다. 3차원 물체 프린터는 압출 재료의 상이한 스와스들의 조합들을 사용하여 다양한 구조체를 형성한다. 부가적으로, 3차원 물체 프린터 내의 제어기는 다중-노즐 압출기를 작동시켜 압출 재료의 각각의 스와스를 형성하기 전에 압출 재료의 상이한 스와스들에 대응하는 압출기 경로 데이터 및 물체 이미지 데이터를 사용한다.

[0015] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "공정 방향"은 압출기 내의 하나 이상의 노즐로부터 방출된 압출 재료를 수용하는 재료 수용 표면과 압출기 사이의 상대 이동의 방향을 지칭한다. 재료 수용 표면은 적층 가공 공정 동안에 3차원의 인쇄된 물체를 유지하는 지지 부재 또는 부분적으로 형성된 3차원 물체의 표면이다. 본 명세서에 기술된 예시적인 실시예에서, 하나 이상의 액추에이터가 지지 부재 주위에서 압출기를 이동시키지만, 대안적인 시스템 실시예는 압출기가 정지 상태로 유지되는 동안에 지지 부재를 이동시켜 공정 방향으로 상대 운동을 생성한다. 일부 시스템은 상이한 운동 축들에 대해 두 시스템의 조합을 사용한다. 부가적으로, 하나 이상의 액추에이터가 압출기, 3차원 물체가 상부에 형성되는 플랫폼, 또는 둘 모두에 작동가능하게 연결되어, 압출기와 플랫폼을 서로를 향해 그리고 서로 멀어지게 이동시킨다. 이러한 유형의 이동은 때때로 수직 이동 또는 Z-축을 따른 압출기, 플랫폼, 또는 둘 모두의 이동으로 지칭된다.

[0016] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "공정 횡단 방향"은 공정 방향에 수직이고 압출기 면판 및 재료 수용 표면에 평행한 축을 지칭한다. 공정 방향 및 공정 횡단 방향은 압출기 및 하나 이상의 노즐로부터 방출된 압출 재료를 수용하는 표면의 이동의 상대 경로를 지칭한다. 일부 구성에서, 압출기는 공정 방향, 공정 횡단 방향, 또는 둘 모두로 연장될 수 있는 노즐들의 어레이를 포함한다. 압출기 내의 인접 노즐들은 공정 횡단 방향으로 미리 결정된 거리만큼 분리된다. 일부 구성에서, 시스템은 라인들이 스와스를 형성함에 따라 다중-노즐 압출기 내의 다수의 노즐로부터 방출되는 압출 재료의 라인들을 분리시키는 대응하는 공정 횡단 방향 거리를 조절하기 위해 압출기 내의 상이한 노즐들을 분리시키는 공정 횡단 방향 거리를 조절하도록 압출기를 회전시킨다.

[0017] 적층 가공 시스템의 작동 동안에, 압출기는 3차원 물체 인쇄 공정 동안에 압출 재료를 수용하는 표면에 대해 직선형 및 만곡된 경로 둘 모두를 따라 공정 방향으로 이동한다. 부가적으로, 압출기가 압출 재료의 각각의 라인

사이에 미리 결정된 거리를 가지고 압출 재료의 2개 이상의 라인을 형성할 수 있게 하기 위해 다중-노즐 압출기 내의 노즐들을 분리시키는 유효 공정 횡단 거리를 조절하도록 시스템 내의 액추에이터가 다중-노즐 압출기를 Z 축을 중심으로 선택적으로 회전시킨다. 다중-노즐 압출기는 인쇄된 물체의 층 내에 2차원 영역의 외측 벽들을 형성하기 위해 외측 주연부를 따라 그리고 2차원 영역의 전부 또는 일부를 압출 재료로 충전하기 위해 주연부 내에서 이동한다.

[0018] 도 1은 더 상세히 후술되는 도 2a 내지 도 2c, 도 3a 내지 도 3c, 및 도 4a 내지 도 4c에 도시된 면판들 중 하나 내의 노즐을 통해 복수의 열가소성 재료를 압출하는 압출기 헤드(108)를 갖는 적층 가공 시스템(100)을 도시한다. 프린터(100)가 평면 운동을 사용하여 물체를 형성하는 프린터로서 도시되지만, 다른 프린터 아키텍처(architecture)가 이들 도면에 도시된 압출기 헤드와 함께 사용될 수 있다. 이들 아키텍처는 델타-봇(delta-bot), 선택적 순응형 조립 로봇 아암(selective compliance assembly robot arm, SCARA), 다축 프린터(multi-axis printer), 비-직교형 프린터(non-Cartesian printer) 등을 포함한다. 이들 대안적인 실시예에서의 운동은 여전히 위에 한정된 바와 같은 공정 방향 및 공정 횡단 방향을 가지며, 이들 실시예의 압출기에서의 노즐 간격은 여전히 공정 횡단 방향에 대한 노즐 간격을 한정한다. 도면을 간단하게 하기 위해 도 1에서 하나의 매니폴드(216)만이 압출기 헤드(108)의 하우징 내에 도시되지만, 압출기 헤드(108)는 복수의 매니폴드(216)를 구비할 수 있다. 일 실시예에서, 압출기 헤드(108) 내의 각각의 매니폴드(216)는 상이한 압출 재료 공급원(110)에 의해 공급받는 상이한 히터(208)에 일대일 대응으로 작동가능하게 연결된다. 압출기 헤드(108)에서, 각각의 노즐(218)은 압출기 헤드(108) 내의 하나의 매니폴드만에 유체 연통식으로 연결되어, 각각의 노즐이 동일한 열가소성 재료를 압출하도록 하지만, 각각의 노즐은 복수의 매니폴드 내의 하나의 매니폴드에 일대일 대응으로 연결될 수 있어, 각각의 노즐이 다른 매니폴드에 연결된 노즐로부터 압출되는 재료와 상이한 열가소성 재료를 압출하도록 한다. 각각의 노즐로부터의 압출은 밸브 조립체(204) 내의 밸브들을 작동시키는 제어기(128)에 의해 선택적으로 그리고 독립적으로 작동 및 정지된다. 각각의 노즐(218)은 또한 면판(260) 내의 구멍과 정렬되어, 물체 내의 재료의 스와스의 더욱 유연한 형성을 위해 노즐을 구성한다. 도 1에서, 압출기 헤드(108)는 관찰자의 관점에 가장 가까운 노즐을 통한 단면으로 도시되어 있다.

[0019] 도 1의 실시예에서, 밸브 조립체(204)는 압출기 헤드(108) 내의 하나 이상의 매니폴드와 압출기 헤드(108) 내의 하나 이상의 매니폴드에 연결된 노즐들 각각 사이에 밸브를 위치시킨다. 밸브 조립체(204)는 제어기(128)에 작동가능하게 연결되어, 제어기가 압출기 헤드(108) 내의 복수의 노즐로부터 열가소성 재료를 압출하기 위해 밸브들을 개폐할 수 있도록 한다. 구체적으로, 제어기(128)는 노즐들로부터 열가소성 재료를 압출하고 시스템에 의해 형성되는 3차원의 인쇄된 물체의 각각의 층 내에 상이한 열가소성 재료들의 스와스들을 형성하도록 압출기 헤드(108) 내의 밸브들에 연결된 조립체(204) 내의 상이한 액추에이터들을 작동 및 정지시킨다.

[0020] 도 1의 시스템(100)은 또한 압출기 헤드(108) 내의 매니폴드에 연결되는 각각의 히터(208)를 위한 압출 재료 분배 시스템(212)을 포함한다. 각각의 별개의 공급원(110)으로부터의 압출 재료는 시스템(100)의 작동 동안에 히터에 연결된 매니폴드 내의 열가소성 재료의 압력을 미리 결정된 범위 내로 유지시키는 속도로 대응하는 히터(208)에 공급된다. 분배 시스템(212)은 압출기 헤드(108)의 각각의 매니폴드 내의 열가소성 재료의 압력을 조절하기에 적합한 일 실시예이다. 부가적으로, 제어기(128)는 분배 시스템(212)이 공급원(110)으로부터 공급원에 의해 공급받는 히터로 압출 재료를 전달하는 속도를 제어하기 위해 각각의 분배 시스템(212)을 위한 액추에이터에 작동가능하게 연결된다. 히터(208)는 구동 롤러(224)를 통해 히터(208)에 공급된 압출 재료(220)를 연화 또는 용융시킨다. 액추에이터(240)가 롤러(224)를 구동시키고 제어기(128)에 작동가능하게 연결되어, 액추에이터가 롤러(224)를 구동시키는 속도를 제어기가 조절할 수 있도록 한다. 롤러(224)에 대향하는 다른 롤러는 롤러(224)가 구동되는 회전 속도를 따르도록 자유 회전한다. 도 1이 필라멘트(220)를 히터(208) 내로 이동시키는 기계식 이동기(mover)로서의 구동 롤러(224) 및 전기기계식 액추에이터를 사용하는 공급 시스템을 도시하지만, 분배 시스템(212)의 대안적인 실시예는 회전 오거(auger) 또는 스크루의 형태의 기계적 이동기를 작동시키도록 하나 이상의 액추에이터를 사용한다. 오거 또는 스크루는 압출 재료 분말 또는 펠릿(pellet) 형태의 공급원(110)으로부터 고상 압출 재료를 히터(208) 내로 이동시킨다.

[0021] 도 1의 실시예에서, 각각의 히터는 제어기(128)에 작동가능하게 연결되는, 전기 저항 가열 요소와 같은 하나 이상의 가열 요소(228)를 포함하는, 스테인리스강으로부터 형성되는 본체를 구비한다. 제어기(128)는 히터(208) 내의 채널 또는 채널들 내에서 압출 재료(220)의 필라멘트를 연화 또는 용융시키기 위해 가열 요소(228)를 선택적으로 전류에 연결하도록 구성된다. 히터(208)가 압출 재료를 고체 필라멘트(220)로서 고상으로 수용하는 것으로 도시되지만, 대안적인 실시예에서, 히터는 압출 재료를 분말화된 또는 펠릿화된 압출 재료로서 고상으로 수용한다. 냉각 핀(cooling fin)(236)이 히터로부터 상류에 있는 채널에서 열을 감쇠시킨다. 냉각 핀(236)에

서 또는 그 부근에서 채널 내에 고체로 유지되는 압출 재료의 일부분은 열가소성 재료가 매니폴드(216)에의 연결부 이외의 임의의 개구로부터 히터를 빠져나가는 것을 방지하는 채널 내의 시일(seal)을 형성하며, 이는 압출 재료가 매니폴드로 들어갈 때 압출 재료를 열가소성 상태로 유지하는 온도를 유지시킨다. 압출기 헤드(108)는 또한 압출기 내의 각각의 매니폴드 내의 열가소성 재료를 위한 상승된 온도를 유지하기 위한 추가의 가열 요소를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 단열재(thermal insulator)가 압출기 내의 매니폴드들 내의 온도를 유지하기 위해 압출기 헤드(108)의 외면의 일부분들을 덮는다.

[0022] 매니폴드(216) 내의 열가소성 재료의 유체 압력을 미리 결정된 범위 내에서 유지하고, 압출 재료에 대한 손상을 피하며, 노즐을 통한 압출 속도를 제어하기 위해, 슬립 클러치(slip clutch)(244)가 공급원(110)으로부터 히터로 필라멘트를 공급하는 각각의 액추에이터(240)의 구동 샤프트에 작동가능하게 연결된다. 본 문헌에 사용되는 바와 같이, 용어 "슬립 클러치"는 물체를 미리 결정된 설정점까지 이동시키기 위해 물체에 마찰력을 인가하는 장치를 지칭한다. 마찰력을 위한 미리 결정된 설정점에 대한 범위가 초과될 때, 장치는 미끄러져 더 이상 마찰력을 물체에 인가하지 않는다. 슬립 클러치는 얼마나 자주, 얼마나 빨리, 또는 얼마나 오래 액추에이터(240)가 구동되든 간에 롤러(224)에 의해 필라멘트(220)에 가해지는 힘이 필라멘트의 강도에 대한 구속조건 내에서 유지될 수 있게 한다. 이러한 일정한 힘은 필라멘트 구동 롤러(224)의 가장 빠른 예상 회전 속도보다 높은 속도로 액추에이터(240)를 구동시킴으로써 또는 롤러(224) 상에 인코더 휠(encoder wheel)(248)을 두고 센서(252)로 회전 속도를 감지함으로써 유지될 수 있다. 센서(252)에 의해 생성된 신호는 롤러(224)의 각회전(angular rotation)을 지시하고, 제어기(128)는 이러한 신호를 수신하여 롤러(224)의 속도를 확인한다. 제어기(128)는 또한 액추에이터의 속도를 제어하기 위해 액추에이터(240)에 제공되는 신호를 조절하도록 구성된다. 제어기가 액추에이터(240)의 속도를 제어하도록 구성될 때, 제어기(128)는 액추에이터(240)를 작동시켜 그의 평균 속도가 롤러(224)의 회전보다 약간 더 빠르도록 한다. 이러한 작동은 구동 롤러(224) 상의 토크가 항상 슬립 클러치 토크의 함수인 것을 보장한다.

[0023] 제어기(128)는 롤러(224)의 회전 속도에 비해 액추에이터 출력 샤프트의 약간 더 높은 속도를 확인하는 제어기에 연결된 메모리 내에 저장된 설정점을 갖는다. 본 문헌에 사용되는 바와 같이, 용어 "설정점"은 설정점에 대응하는 파라미터를 설정점에 대해 미리 결정된 범위 내로 유지하기 위해 제어기가 구성요소들을 작동시키는 데 사용하는 파라미터 값을 의미한다. 예를 들어, 제어기(128)는 설정점에 대해 미리 결정된 범위 내에서 출력 신호에 의해 확인되는 속도로 출력 샤프트를 회전시키도록 액추에이터(240)를 작동시키는 신호를 변화시킨다. 액추에이터에 대한 명령된 속도에 더하여, 밸브 조립체(204) 내에서 개폐되는 밸브의 개수 및 클러치에 대한 토크 설정점이 또한 필라멘트 구동 시스템(212) 작동에 영향을 미친다. 롤러(224)의 결과적인 회전 속도는 센서(252)에 의해 생성된 신호에 의해 확인된다. 제어기(128) 내의 비례-적분-미분(proportional-integral-derivative, PID) 제어기가 메모리 내에 저장된 차등 설정점(differential set point)을 참조하여 이러한 신호로부터의 오차를 확인하고, 액추에이터(240)를 작동시키도록 제어기에 의해 출력되는 신호를 조절한다. 대안적으로, 제어기(128)는 슬립 클러치에 대한 토크 레벨을 변경할 수 있거나, 제어기(128)는 토크 레벨을 변경할 수 있고 제어기가 액추에이터를 작동시키게 하는 신호를 조절할 수 있다.

[0024] 슬립 클러치(244)는 고정 또는 조절가능 토크 마찰 디스크 클러치, 자기 입자 클러치, 자기 히스테리시스 클러치(magnetic hysteresis clutch), 자성-유체 클러치(ferro-fluid clutch), 공기 압력 클러치, 또는 영구 자석 클러치일 수 있다. 자기로 작동하는 클러치 유형들은 클러치에 전압을 인가함으로써 조절되는 토크 설정점들을 가질 수 있다. 이러한 특징은 클러치 상의 토크 설정점이 인쇄 조건을 참조하여 변화될 수 있게 한다. 용어 "인쇄 조건"은 물체의 적절한 형성을 위해 매니폴드 내에 필요한 열가소성 재료의 양에 영향을 미치는 현재 진행 중인 제조 작업의 파라미터를 지칭한다. 이들 인쇄 조건은 압출기에 공급되는 압출 재료의 유형, 압출기로부터 방출되는 열가소성 재료의 온도, 압출기가 X-Y 평면 내에서 이동되고 있는 속도, 물체 상에 형성되는 특징부의 위치, 압출기가 플랫폼에 대해 이동되고 있는 각도 등을 포함한다.

[0025] 도 1에 도시된 시스템에서, 제어기(128)는 압출기 헤드(108)가 플랫폼(102) 위에서 이동되는 속도를 조절하기 위해 X/Y 액추에이터(150)에 하나 이상의 신호를 전송하도록 구성된다. 제어기(128)는 압출기 헤드(108)가 이동될 경로의 각도 및 압출기 면판이 그러한 경로를 따라 이동할 때의 압출기 면판의 배향을 참조하여 압출기 헤드(108)의 속도를 조절하도록 구성된다. 도 2a 내지 도 2c, 도 3a 내지 도 3c, 및 도 4a 및 도 4b에 도시된 노즐 배열을 갖는 압출기 헤드(108)가 압출 동안에 0°-180° 축 또는 90°-270° 축을 따라 양방향으로 이동되고, 압출기 면판이 도면에 도시된 바와 같이 배향될 때, 제어기(128)는 열가소성 재료의 압출을 위해 개방되는 노즐의 개수를 참조하여 압출기를 공칭 속도로 이동시킨다. 압출기 면이 이론적으로는 모든 개방된 노즐이 임의의 운동 경로를 따라 인접 스와스에 기여하도록 배향될 수 있지만, 실제적인 고려 사항이 그러한 배향

을 막을 수 있다. 물체 이미지 데이터 및 압출기 경로 데이터가 압출기 헤드 면판에 대한 배향, 및 인접 스와스를 형성하는 압출기 헤드의 능력을 방해하는 플랫폼에 대한 그의 운동 경로를 필요로 할 때, 제어기는 이러한 방해를 해결하기 위해 압출기 헤드가 플랫폼에 대해 그러한 운동 경로를 따라 이동되는 속도를 감소시킬 수 있다.

[0026] 도 5에 관하여 위에 언급된 바와 같이 노즐들이 스와스 내에 분리된 라인들을 형성하도록 노즐들을 정렬시키는 경로를 따라 이동될 수 있는 다수의 노즐의 노즐 배열에 기인하는 문제를 감소시키기 위해서, 가능한 배열들의 개수를 현저히 감소시키기 위해 구속조건이 사용된다. 제1 구속조건은 최적 노즐 간격이 0°-180° 축 및 90°-270° 축 방향으로 요구된다는 것이다. 이러한 구속조건은, 부품 내의 취약 지점의 가능성을 감소시키기 위해 경로 방향을 0°-180° 축 및 90°-270° 축 방향 사이에서 교번시킴으로써 스와스들이 형성되는 물체의 내부를 위한 최적 스와스 형성을 보장한다. 이러한 구속조건은, 각각의 노즐 위치가 중심 노즐 위치를 통과하는 0°-180° 축 상에 또는 90°-270° 축 상에 투영되면, 노즐들이 서로 동일하게 이격됨을 의미한다. 본 문헌에 사용되는 바와 같은 용어 "투영"은 노즐 및 축에 수직인 라인을 따라 노즐 위치가 투영되고 있는 축으로 노즐 위치를 이동시킴을 의미한다. 이러한 구속조건은 또한 중심 노즐의 직경이 나머지 노즐의 직경보다 작은 실시예를 포함한다. 이러한 실시예에서, 직교 축들 중 하나 상에 투영될 때 중심 노즐에 인접한 노즐들 사이의 간격은 중심 노즐의 양측에서 축들 상에 투영된 다른 노즐들 사이의 간격보다 작다.

[0027] 제2 구속조건은 노즐이 어느 정도의 최소 거리만큼 분리되어야 한다는 것이다. 이러한 최소 거리는, 예를 들어 밸브 조립체의 왕복 부재들이 압출기 헤드의 상부 표면으로 진입하기에 그리고 면판의 구조적 완전성을 보존하기에 충분한 영역을 구비할 수 있게 하는 데 필요하다. 즉, 노즐들 중 일부는 면판 휨을 방지하기 위해 노즐들 사이에 충분한 면판 금속을 제공하지 않는 위치들에 위치될 수 있다. 제3 구속조건은 물체의 주연부가 형성되는 방법으로부터 발생한다. 전형적으로, 모든 노즐은 동일하게 크기 설정되고, 주연부는 중심 노즐 및 중심 노즐에 의해 형성된 물체의 주연부 내부에 있는 노즐들로부터 압출되는 재료로 형성된다. 중심 노즐에 의해 형성된 물체의 주연부 외부에 있는 노즐들은 개방되지 않는다. 따라서, 제3 구속조건은, 노즐들이 동일하게 크기 설정될 때 중심 노즐이 면판의 중간에 위치되는 상태로 노즐 배열이 홀수개의 노즐들을 구비한다는 것이다. 용어 "면판의 중간"은 수평 및 수직 직교 축들 상의 노즐 투영들의 중간에 있는 노즐을 의미한다. 이들 3가지 구속조건은, 0°-180° 축 또는 90°-270° 축 방향으로부터 특정 각도 배향들에서 스와스 내에 분리된 라인들만을 형성하지 않는 노즐 배열에 필요하다. 이들 구속조건 및 아래에서 논의되는 다른 구속조건들 중 일부를 적용하는 것은, 도 2a 내지 도 2c에 도시된 9개-노즐 면판에 대한 노즐 배열, 도 3a 내지 도 3c에 도시된 11개-노즐 면판에 대한 노즐 배열, 및 도 4a 내지 도 4c에 도시된 13개-노즐 면판에 대한 노즐 배열을 생성한다.

[0028] 이러한 3가지 필요 구속조건을 충족시키는 배열들 사이에서 선택하기 위해 다른 구속조건이 사용될 수 있다. 이들 덜 엄격한 기준 중 하나는, 압출기가 스와스를 형성하기 위해 이동되는 각도에 상관없이 중심 노즐과 노즐 배열의 최외측 노즐 사이의 거리이다. 이러한 기준은 물체의 주연부가 압출기의 각도 배향에 상관없이 거의 동일한 폭의 스와스들로 형성될 수 있게 하는데, 그 이유는 동일한 개수의 노즐들이 중심 노즐의 우측 및 좌측에 제공되고, 각각의 방향으로의 최외측 노즐들이 중심 노즐로부터 거의 동일한 거리에 있기 때문이다. 최외측 노즐은 압출기 이동의 경로에 수직인 방향으로 중심 노즐로부터 가장 멀리 떨어진 노즐이다. 모든 압출기 이동 각도에 대한 중심 노즐로부터 최외측 노즐까지의 거리, 및 최외측 노즐까지의 최대 거리와 최소 거리 사이의 차이를 측정함으로써 후보 노즐 레이아웃이 이러한 기준의 준수에 대해 평가될 수 있다. 11개 이상의 노즐을 구비하고 여전히 이전에 언급된 다른 기준을 충족시키는 것과 같은 일부 설계에 대해, 이러한 차이는 2개 노즐 직경들보다 작게 또는 심지어 1.5개 노즐 직경들보다 작게 이루어져 이러한 기준을 충족시킬 수 있다. 11개 미만의 노즐을 구비하고 여전히 이전에 언급된 다른 기준을 충족시키는 후보 노즐 레이아웃에 대해, 이러한 차이는 2.5개 노즐 직경들보다 작고 여전히 이러한 기준을 충족시킬 수 있다. 스와스 폭의 변화가 너무 큰 후보 레이아웃은 배제된다. 즉, 11개 이상의 노즐을 구비하고 2개 노즐 직경들보다 큰 스와스 폭 변화를 갖는 노즐 레이아웃은 배제된다. 마찬가지로, 11개 미만의 노즐을 구비하고 2.5개 노즐 직경들보다 큰 스와스 폭 변화를 갖는 노즐 레이아웃은 배제된다. 부가적으로, 스와스 폭의 차이는 공정 속도를 변화시킴으로써 - 외측 노즐까지의 작은 거리를 갖는 각도에서의 보다 느린 속도는 재료의 더 많은 퍼짐을 가능하게 하여 압출기 이동 각도와 관계없이 더 동일한 스와스 폭을 보장함 - 완화될 수 있다. 따라서, 속도 변화가 차이를 보상하게 하기에 충분히 작은 그러한 차이를 갖는 노즐 배열이 중요할 수 있다.

[0029] 배열 선택을 위한 다른 기준은 이러한 배열 내의 노즐들을 정렬시키는 각도의 영향 및 개수를 감소시키는 것이다. 제1 접근 방향은 각도에 상관없이 공정 방향으로 이웃한 노즐들 사이의 임의의 간극의 허용가능한 크기를 제한하는 것이다. 이웃한 노즐은, 본 문헌에 사용되는 바와 같이, 기준 노즐에 의해 형성된 라인에 보다 가까

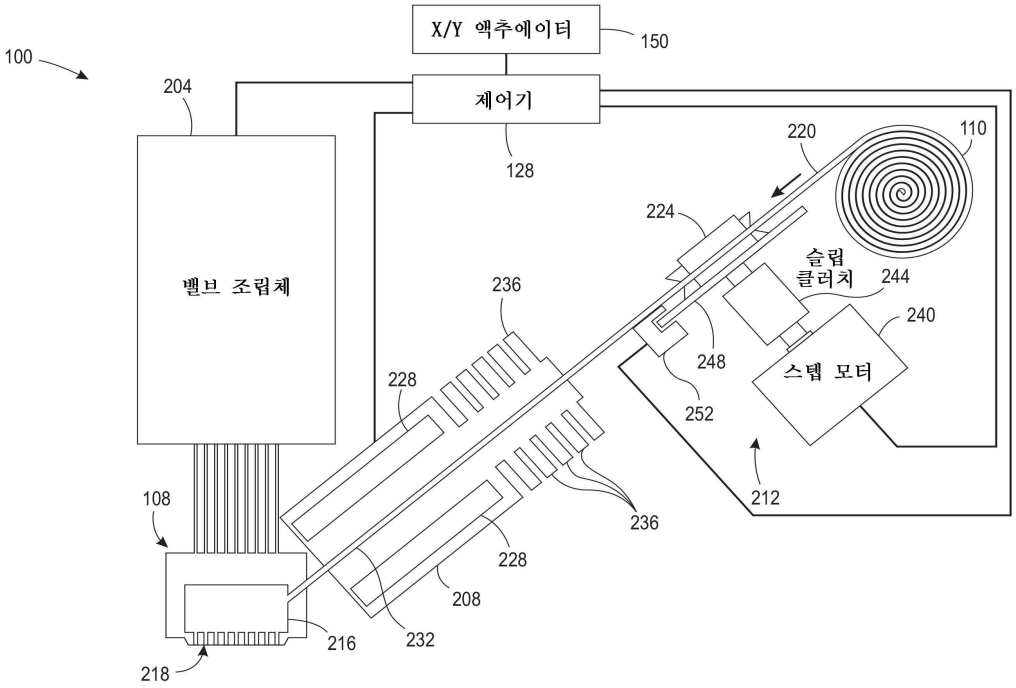
운 재료의 라인을 생성하는 노즐을 의미한다. 예를 들어, 도 2a에서, 압출기 헤드가 90 축을 따라 이동할 때, N4로 표기된 노즐에 이웃한 노즐들은 N3 및 N5이지만, 압출기 헤드가 N2, N5, 및 N8에 의해 생성된 라인들을 정렬시키는 경로를 따라 이동될 때, N4에 이웃한 노즐들은 N7 및 N8이다. 따라서, N4, N7, 및 N8에 의해 생성된 라인들은 미리 결정된 거리 이하만큼 분리되도록 구속된다. 배열 평가를 위한 다른 기준은 이웃한 노즐들에 의해 생성되는 라인들 사이의 간극들의 개수를 미리 결정된 개수로 제한하는 것이다. 이러한 기준을 평가하기 위해, 노즐 배열이 면판 중심의 법선을 중심으로 회전되고, 각각의 각도 배향에서의 노즐들의 간격이 평가된다. 이러한 평가로부터 공칭 속도의 감소가 확인될 수 있는데, 이러한 감소는 주연부가 특정 각도 배향으로 형성되고 있을 때 그렇지 않을 경우 존재할 간극들을 덮기에 충분하게, 이웃한 노즐들이 그들의 라인들을 퍼질 수 있게 한다. 예를 들어, N2, N5, 및 N8을 정렬시키는 각도 배향의 평가는 N4 및 N6에 의해 형성된 재료 라인들이 노즐 N2, N5, 및 N8에 의해 형성되는 재료의 공통 라인과 만나기에 충분하게 퍼질 수 있게 하는 속도 감소를 확인한다. 이어서, 모든 각도에 대해 평균 속도가 계산될 수 있고, 소정의 최소치를 초과하는 평균 속도를 갖는 배열만이 이러한 기준을 통과하게 된다.

[0030] 상이한 노즐 배열들을 평가하는 데 사용되는 다른 기준은 가능한 각도 배향들 중 임의의 것으로 정렬되는 노즐의 개수를 제한하는 것이다. 이러한 기준은 노즐의 임의의 그룹화에 사용될 수 있다. 예를 들어, 도 2a의 배열을 45° 경로를 따라 이동시키는 것은 N1을 N3과 그리고 N7을 N9와 정렬시킨다. 이러한 기준을 이 배열에 적용하는 것은 N6 및 N7이 이동되어 N7 및 N9가 더 이상 45° 경로 상에서 서로 정렬되지 않는 도 2b에 도시된 배열을 초래한다. 대신에, N1 및 N3만이 서로 정렬된다. 유사하게, N2, N5, 및 N8이 도 2a 및 도 2b의 배열에서 하나의 각도 배향으로 정렬될 수 있지만, 도 2c에 도시된 바와 같은 N2의 이동에 의해, 이러한 3중 노즐 정렬은 2개, 즉 N5 및 N8로 감소될 수 있다. 이러한 접근법에 대한 편리한 손쉬운 방법은 중심 노즐과 정렬되는 노즐들의 그룹을 평가하는 것이다. 이러한 접근법은 덜 계산 집약적(computationally intensive)이고, 더 문제가 있는 배열들 중 많은 것을 포착한다.

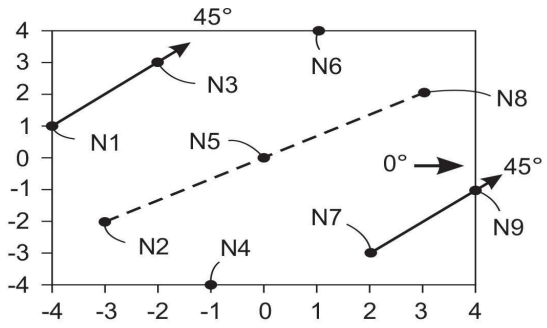
[0031] 매트랩(Matlab), 파이썬(Python), C, 및 R과 같은 다양한 프로그래밍 언어가 노즐 배열 순열들을 생성하고 이들을 이전에 언급된 구속조건 및 기준을 참조하여 평가하기 위한 프로세스를 구현하는 데 사용될 수 있다. 이러한 프로세스는 0°-180° 축 또는 90°-270° 축 방향으로의 이웃한 노즐들이 서로 동일하게 이격되는 홀수 X개의 노즐로 시작된다. 프로세스는 이어서 90°-270° 축으로 동일한 간격들을 갖는 X-1개의 노즐의 모든 순열을 생성하며, 이때 중심 노즐은 이동됨이 없이 유지된다. X의 큰 값에 대해, 순열들은 메모리 및 어레이 크기 제한을 보존하지만 또한 매트랩의 어레이 처리 능력과 같은, 프로그래밍 언어의 이점을 보존하기 위해 블록들로 분할된다. 가능성의 개수는 노즐들 사이의 미리 결정된 거리의 구속조건을 참조하여 급속히 감소된다. 후보 배열의 개수는, 순환성(circularity)을 위해 선택하고, 모든 각도에서 노즐들 사이의 최대 간극을 제한하며, 임의의 각도에서 중심 노즐과 정렬되는 노즐의 개수를 제한함으로써 추가로 감소된다. 부가적으로, 대칭성(symmetry)이 여분의 후보를 배제하는 데 유용한 기준인데, 그 이유는 이미 고려된 후보의 좌측/우측, 상부/저부, 또는 회전 대칭성을 갖는 노즐 배열의 임의의 순열이 이전에 고려된 후보와 동등한 것으로 결정되어, 추가로 평가될 필요가 없기 때문이다. 추가의 감소를 위해 사용될 수 있는 다른 기준은 얼마나 많은 각도 배향이 미리 결정된 한계치를 초과하는 재료의 라인들 사이의 간극을 생성하는지, 형성되는 주연부의 폭의 균일성을 보존하기 위한 임의의 방향으로의 중심 노즐과 최외측 노즐 사이의 거리, 및 각도에 따라 달라지는 다른 기준이다.

도면

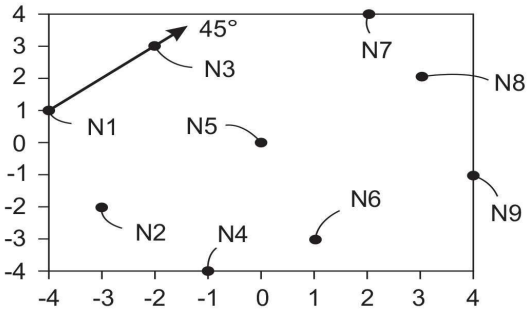
도면1



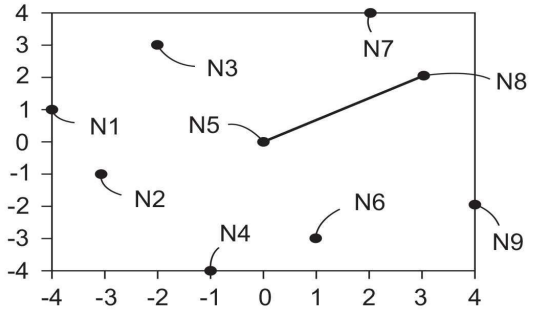
도면2a



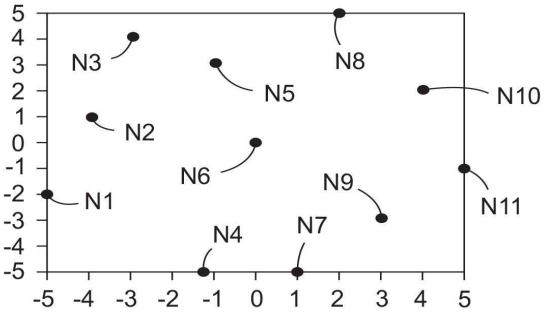
도면2b



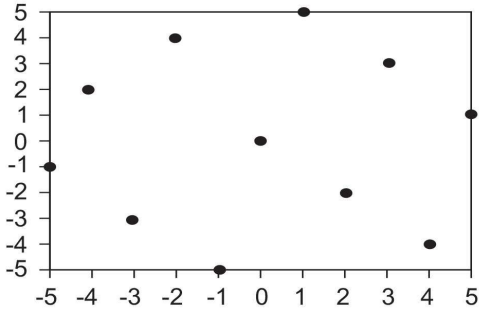
도면2c



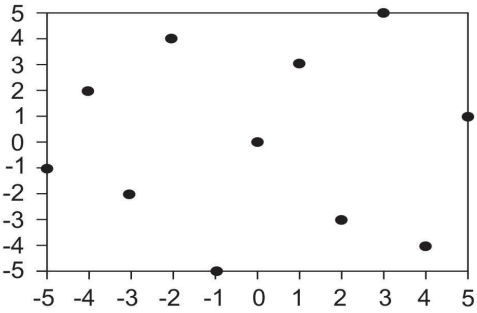
도면3a



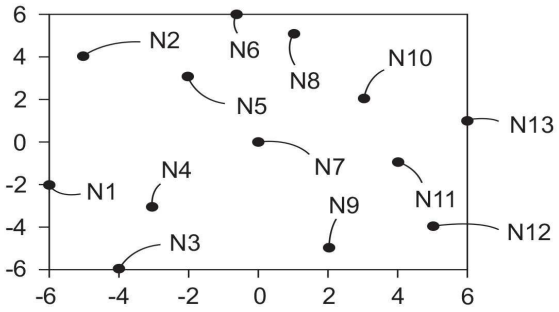
도면3b



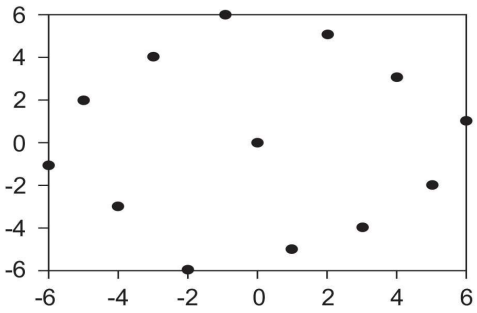
도면3c



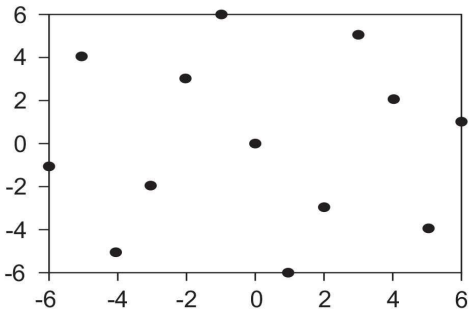
도면4a



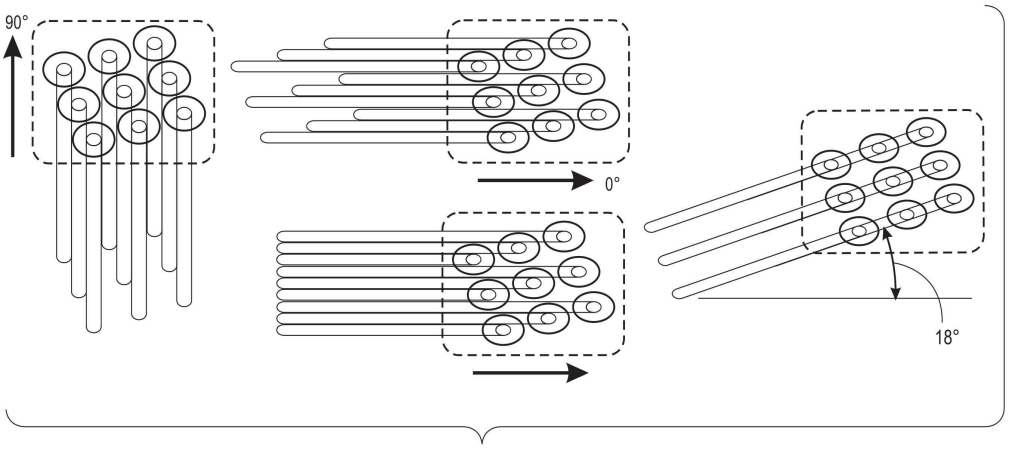
도면4b



도면4c



도면5



종래 기술