



(12) 등록특허공보(B1)

(24) 등록일자 2023년01월26일

- 전체 청구항 수 : 총 14 항

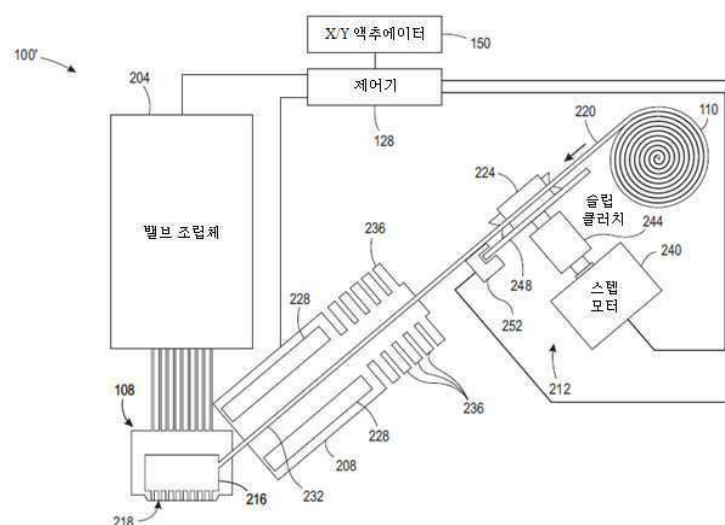
- 특허법인코리아나

심사관 : 함중현

(57) 요약

적층 가공 시스템은 각진 부분에 의해 연결된 직선 부분을 갖는 열가소성 재료의 스와스를 압출하는 것에 의해 물체의 내부 영역을 회박하게 충전하도록 선택된 제1 지그재그 패턴을 기준으로 압출기를 이동시키도록 액추에이터를 작동시킨다. 제1 지그재그 패턴을 사용하는 제1 통과가 완료된 후, 제2 지그재그 패턴이 제1 스와스와 강성 구조를 형성하는 상보적인 스와스를 형성하는 데에 사용된다. 2개의 패턴은 조밀 충전 구조 또는 표면으로부터 미리 설정된 거리가 검출될 때까지 물체의 다수의 층에서 내부 영역을 회박하게 충전하도록 교호적으로 사용된다. 그런 다음, 천이 패턴을 사용하여 형성된 스와스에 걸쳐 조밀 충전면이 형성되는 층에 도달할 때까지 물체의 다음의 연속적인 층에 내부 영역의 스와스의 밀도를 증가시키기 위해 천이 패턴이 사용된다.

대표도 - 도1



- |                              |                  |
|------------------------------|------------------|
| (52) CPC특허분류                 | (56) 선행기술조사문헌    |
| <i>B29C 64/209</i> (2017.08) | US08827684 B1    |
| <i>B33Y 50/02</i> (2013.01)  | US20110070394 A1 |
| (72) 발명자                     | US20160325498 A1 |
| 크리스토퍼 지. 린                   | US20170157828 A1 |
| 미국 14590 뉴욕 월코트 라임클린 로드 5809 | US20170217088 A1 |
| 제이슨 오닐                       | W02017130515 A1  |
| 미국 14622 뉴욕 로체스터 가포드 로드 221  |                  |
-

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

3 차원 (3D) 물체 제조 시스템을 작동시키는 방법으로서,

제어기로 상기 제어기에 작동되게 연결된 메모리에 저장된 복수의 지그재그 패턴으로부터 제 1 지그재그 패턴을 선택하는 단계,

제 1 물체층의 내부 영역에서 압출기를 이동시키도록 상기 제어기로 액추에이터를 작동시키는 단계로서, 상기 압출기의 이동은, 상기 압출기의 복수의 노즐들을 통하여 열가소성 재료를 압출하면서 상기 압출기를 이동시키는데 상기 제 1 지그재그 패턴을 사용하여 상기 제 1 물체층의 상기 내부 영역에 스와스들을 형성하도록 제조되는 물체를 지지하는 플랫폼에 대하여 상대적인 것이며, 상기 제 1 물체층의 상기 내부 영역에 형성된 열가소성 재료의 상기 스와스들은 상기 제 1 물체층의 상기 내부 영역에 각진 부분들 및 직선 부분들을 가지며, 상기 직선 부분들은,  $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$  로 배향되는 일방의 직교축 및  $90^{\circ} \sim 270^{\circ}$  로 배향되는 타방의 직교축인 한 쌍의 직교축들을 따라서 압출기가 이동됨에 따라 형성되고, 상기 각진 부분들은 상기 직교축들 중 하나와 다른 경로들을 따라서 상기 압출기가 이동됨에 따라 형성되는, 상기 제 1 물체층의 내부 영역에서 압출기를 이동시키도록 상기 제어기로 액추에이터를 작동시키는 단계,

상기 메모리에 저장된 상기 복수의 지그재그 패턴들로부터 제 2 지그재그 패턴을 선택하는 단계, 및

상기 제 1 물체층에 인접한 제 2 물체층의 내부 영역에서 상기 압출기를 이동시키도록 상기 제어기로 상기 액추에이터를 작동시키는 단계로서, 상기 압출기의 이동은, 상기 압출기의 상기 복수의 노즐들을 통하여 열가소성 재료를 압출하면서 상기 압출기를 이동시키는데 상기 제 2 지그재그 패턴을 사용하여 상기 제 2 물체층의 상기 내부 영역에 스와스들을 형성하도록 상기 플랫폼에 대하여 상대적인 것이며, 상기 제 2 물체층의 상기 내부 영역에서 열가소성 재료의 상기 스와스들은 상기 제 2 물체층의 상기 내부 영역에서 각진 부분들 및 직선 부분들을 가지며, 상기 제 1 물체층의 상기 각진 부분들 전부는 상기 직교축들 중 하나로부터 양의 또는 음의 편차의 어느 하나로 배향되고, 상기 제 2 물체층의 상기 각진 부분들 전부는 상기 직교축들 중 동일한 상기 하나로부터의 양의 또는 음의 편차의 다른 하나로 다르게 배향되는, 상기 제 2 물체층의 내부 영역에서 상기 압출기를 이동시키도록 상기 제어기로 상기 액추에이터를 작동시키는 단계

를 포함하는, 3 차원 물체 제조 시스템을 작동시키는 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 직선 부분들을 형성하면서 상기 압출기의 이동 속도보다 느리게 상기 스와스들의 상기 각진 부분들을 형성하면서 상기 압출기의 이동 속도를 조절하는 단계를 더 포함하는, 3 차원 물체 제조 시스템을 작동시키는 방법.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 압출기를 이동시키는데 상기 제 1 지그재그 패턴을 사용하여 상기 제 1 물체층에 형성된 상기 스와스들의 상기 각진 부분들은 상기 직교축들 중 하나로부터  $+45^{\circ}$  로 연장되고, 상기 압출기를 이동시키는데 상기 제 2 지그재그 패턴을 사용하여 상기 제 2 물체층에 형성된 상기 스와스들의 상기 각진 부분들은 상기 직교축들 중 동일한 하나로부터  $-45^{\circ}$  로 연장되는, 3 차원 물체 제조 시스템을 작동시키는 방법.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 지그재그 패턴을 사용하여 형성된 상기 스와스들의 다른 직선 부분들의 길이보다 긴 길이를 갖는 상기 스와스들의 상기 직선 부분들 중 적어도 하나를 형성하기 위해, 상기 압출기를 이동시키는데 상기 제 1 지그

재그 패턴을 사용하여 상기 제어기로 상기 액추에이터를 작동시키는 단계를 더 포함하는, 3 차원 물체 제조 시스템을 작동시키는 방법.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 직교축들 중 일방을 따라 형성된 상기 직선 부분들 전부는 보다 긴 길이를 가지고 상기 직교축들 중 타방을 따라 형성된 다른 직선 부분들은 보다 긴 길이를 갖지 않도록, 상기 적어도 하나의 직선 부분을 형성하기 위해, 상기 압출기를 이동시키는데 상기 제 1 지그재그 패턴을 사용하여 상기 액추에이터를 작동시키는 단계를 더 포함하는, 3 차원 물체 제조 시스템을 작동시키는 방법.

#### 청구항 6

삭제

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 지그재그 패턴 및 상기 제 2 지그재그 패턴을 사용하여 상기 압출기를 이동시키면서 상기 압출기의 복수의 노즐들의 모든 노즐을 개방하도록 상기 제어기로 상기 압출기를 작동시키는 단계를 더 포함하는, 3 차원 물체 제조 시스템을 작동시키는 방법.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 지그재그 패턴을 사용하여 상기 압출기를 이동시킴으로써 형성된 상기 스와스들의 상기 각진 부분들에 인접하게, 상기 제 2 지그재그 패턴을 사용하여 형성된 상기 스와스들의 상기 각진 부분들을 위치시키도록, 상기 제 2 지그재그 패턴을 사용하여 상기 압출기를 이동시키도록 상기 제어기로 상기 액추에이터를 작동시키는 단계를 더 포함하는, 3 차원 물체 제조 시스템을 작동시키는 방법.

#### 청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 열가소성 재료로 형성되는 상기 스와스들이 조밀 충전면이 형성되는 위치로부터 미리 설정된 거리에 도달할 때까지, 홀수층들의 상기 압출기의 이동을 위해 상기 제 1 지그재그 패턴을 사용하여 그리고 짝수층들의 상기 압출기의 이동을 위해 상기 제 2 지그재그 패턴을 사용하여 상기 압출기의 이동을 교호적으로 수행하는 단계를 더 포함하는, 3 차원 물체 제조 시스템을 작동시키는 방법.

#### 청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 제어기로 복수의 천이 패턴들로부터 제 1 천이 패턴을 선택하는 단계, 및

상기 제 1 지그재그 패턴 및 상기 제 2 지그재그 패턴 중 하나가 사용된 최종 형성된 홀수 물체층 또는 짝수 물체층에 인접한 압출기 이동에 상기 제 1 천이 패턴이 사용되는 제 1 물체층의 내부 영역에서 상기 제어기로 상기 압출기를 이동시키는 단계로서, 상기 제 1 지그재그 패턴 및 상기 제 2 지그재그 패턴 중 하나가 상기 압출기를 이동시키는데 사용된 상기 최종 형성된 홀수 물체층 또는 짝수 물체층에 이전에 형성된 상기 스와스들 상에 열가소성 재료의 스와스들을 형성하도록 상기 압출기의 상기 복수의 노즐들을 통해 열가소성 재료를 압출하면서, 상기 제 1 천이 패턴을 사용하는 상기 압출기의 이동이 발생하는, 상기 제 1 물체층의 내부 영역에서 상기 제어기로 상기 압출기를 이동시키는 단계를 더 포함하는, 3 차원 물체 제조 시스템을 작동시키는 방법.

#### 청구항 11

제 10 항에 있어서,

압출기 이동에 상기 제 1 천이 패턴이 사용되는 제 2 물체층의 내부 영역에서 상기 제어기로 상기 압출기는 이

동시키는 단계로서, 압출기 이동에 상기 제 1 천이 패턴이 사용되는 상기 제 2 물체층은 상기 제 1 천이 패턴이 사용된 상기 제 1 물체층에 인접하고, 상기 제 1 천이 패턴이 사용되는 상기 제 2 물체층에서의 상기 압출기의 이동은, 상기 압출기를 이동시키는데 상기 제 1 천이 패턴이 사용된 상기 제 1 물체층에 이전에 형성된 상기 스와스들 상에 열가소성 재료의 스와스들을 형성하도록 상기 압출기의 복수의 노즐들을 통해 열가소성 재료를 압출하면서 상기 제 1 천이 패턴을 사용하여 실시되는, 상기 제 2 물체층의 내부 영역에서 상기 제어기로 상기 압출기는 이동시키는 단계를 더 포함하는, 3 차원 물체 제조 시스템을 작동시키는 방법.

#### 청구항 12

삭제

#### 청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 제어기로 상기 복수의 천이 패턴들로부터 제 2 천이 패턴을 선택하는 단계,

상기 압출기를 이동시키는데 상기 제 1 천이 패턴을 사용하여 형성된 상기 스와스들 상에 열가소성 재료의 스와스들을 형성하도록 상기 압출기의 상기 복수의 노즐들을 통하여 열가소성 재료를 압출하면서 압출기 이동에 상기 제 1 천이 패턴이 사용된 상기 제 1 물체층 이후에 형성된 다음의 물체층의 내부 영역에서 상기 제어기로 상기 압출기를 이동시키는데 상기 제 2 천이 패턴을 사용하는 단계를 더 포함하는, 3 차원 물체 제조 시스템을 작동시키는 방법.

#### 청구항 14

제 13 항에 있어서,

압출기 이동에 상기 제 1 천이 패턴을 사용하여 형성된 다수의 스와스들은 압출기 이동에 상기 제 2 천이 패턴을 사용하여 형성된 다수의 스와스들과 상이한, 3 차원 물체 제조 시스템을 작동시키는 방법.

#### 청구항 15

제 14 항에 있어서,

압출기 이동에 상기 제 1 천이 패턴을 사용하여 형성된 스와스들의 개수는 짝수이고, 압출기 이동에 상기 제 2 천이 패턴을 사용하여 형성된 스와스들의 개수는 홀수인, 3 차원 물체 제조 시스템을 작동시키는 방법.

#### 청구항 16

삭제

#### 청구항 17

삭제

#### 청구항 18

삭제

#### 청구항 19

제 1 항에 있어서,

상기 압출기를 이동시키는데 상기 제 1 지그재그 패턴을 사용하여 형성된 상기 스와스들은 인접한 스와스의 상기 각진 부분에 인접한 적어도 하나의 스와스의 각진 부분을 위치시키는, 3 차원 물체 제조 시스템을 작동시키는 방법.

#### 청구항 20

삭제

**발명의 설명**

## 기술 분야

[0001] 본 개시 내용은 3차원 물체 프린터에 사용되는 다중 노즐 압출기에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 표면을 지지하는 충전 영역(fill-in area)에 구조적 특징을 형성하는 것에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002] 적층 가공(additive manufacturing)으로도 알려진 3차원 인쇄는 사실상 임의의 형상의 디지털 모델로부터 3차원 고체 물체를 만드는 공정이다. 다수의 3차원 인쇄 기술은 적층 가공 장치가 이전에 부착된 층의 상부의 부분의 연속적인 층을 형성하는 적층 가공을 사용한다. 이러한 기술 중 일부는 ABS 플라스틱과 같은 압출 재료를 열가소성 재료 내로 연화시키거나 용융시킨 후 열가소성 재료를 미리 설정된 패턴으로 방출하는 압출기를 사용한다. 프린터는 통상적으로 압출기를 작동시켜 다양한 형상 및 구조를 갖는 3차원 인쇄물을 형성하는 열가소성 재료의 연속적인 층을 형성한다. 3차원 인쇄물의 각 층이 형성된 후, 열가소성 재료는 냉각되고 경화되어 3차원 인쇄물의 하위 층에 상기 층을 접합한다. 이러한 적층 가공 방법은 절단 또는 드릴링과 같은 공제 가공(subtractive process)에 의해 작업물로부터 재료를 제거하는 것에 주로 의존하는 종래의 물체 형성 기법과 구별된다.

[0003] 다수의 기존 3차원 프린터는 단일 노즐을 통하여 재료를 압출하는 단일 압출기를 사용한다. 3차원 인쇄물에 대한 모델 데이터를 기초로 하여 지지 부재의 선택된 장소 또는 3차원 인쇄물의 압출된 재료의 이전에 부착된 스와스(swath)로 성형 재료(build material)를 압출하도록, 압출기가 미리 설정된 경로로 이동한다. 각 층이 압출된 재료의 단일 스와스의 두께에 대략적으로 대응하도록 제조될 물체에 대한 단면 층으로 모델 데이터가 가공된다. 성형 재료를 압출하기 위해 단일 노즐만을 갖는 압출기를 사용하는 것은 종종 3차원 인쇄물을 형성하는 데에 상당한 시간을 필요로 한다. 또한, 노즐 직경이 보다 큰 압출기는 보다 신속하게 3차원 인쇄물을 형성할 수 있지만, 더 세밀한 상세한 특징부를 위해 보다 미세한 형상으로 성형 재료를 방출하는 능력이 부족한 한편, 작은 직경을 갖는 노즐은 세밀한 구조를 형성할 수 있지만, 3차원 물체를 성형하는 데에 보다 많은 시간을 필요로 한다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

### 과제의 해결 수단

[0004] 단일 노즐 압출기의 한계를 해결하기 위해 다중 노즐 압출기가 개발되었다. 이들 다중 노즐 압출기에서, 노즐은 공통 면판에 형성되고 노즐을 통하여 압출된 재료는 하나 이상의 매니폴드로부터 나올 수 있다. 단일 매니폴드를 갖는 압출기에서, 노즐 모두는 동일한 재료를 압출하지만, 매니폴드로부터 각 노즐까지의 유체 경로는 노즐을 선택적으로 개폐하도록 작동되는 밸브를 포함할 수 있다. 이러한 능력은 재료를 압출하는 노즐들의 개수 그리고 어떤 노즐이 재료를 압출하고 있는지를 변경하는 것에 의해 노즐로부터의 열가소성 재료 압출기의 스와스의 형상이 달라질 수 있게 한다. 상이한 매니폴드를 갖는 압출기에서, 각 노즐은 매니폴드 중 하나로부터 노즐을 선택적으로 개폐하도록 작동될 수 있는 밸브를 포함하는 대응하는 노즐까지의 유체 경로로 상이한 재료를 압출할 수 있다. 이러한 능력은 스와스 내에서의 재료의 조성이 달라질 수 있도록 하며 노즐로부터의 열가소성 재료 압출기의 스와스의 형상이 달라질 수 있도록 한다. 다시, 재료를 압출하는 노즐의 개수 및 어떤 노즐이 재료를 압출하고 있는지를 변경하는 것에 의해 이러한 변동이 달성된다. 이러한 다중 노즐 압출기는 상이한 재료가 상이한 노즐로부터 압출될 수 있게 하고 상이한 압출기 본체의 이동을 조정할 필요 없이 물체를 형성하는 데 사용될 수 있게 한다. 이러한 상이한 재료는 상이한 색상, 물리적 특성 및 구성을 갖는 물체를 생성하는 적층 가공 시스템의 능력을 향상시킬 수 있다. 또한, 재료를 압출하는 노즐들의 개수를 변경함으로써, 생성된 스와스의 크기가 변경되어 물체 에지와 같이 정밀한 특징부 형성이 요구되는 영역에 좁은 스와스를 제공할 수 있고, 그 내부 영역과 같이 물체의 영역을 신속하게 형성하기 위한 보다 넓은 스와스를 제공할 수 있다.

[0005] 공통 면판에 이들 노즐을 갖는 이러한 다중 노즐 압출기에서, 성형 플랫폼을 기준으로 하는 면판의 이동 및 플랫폼의 축에 대한 면판의 배향이 스와스의 형성에 중요하다. 적어도 하나의 노즐이 개방 상태에 있고 재료가 임의의 개방된 노즐로부터 압출된다면, 본 문헌에서 사용되는 "스와스(swath)"은 다중 노즐 압출기에서 임의의 개방된 노즐로부터의 재료의 성형체(aggregate)로서의 압출을 지칭한다. 즉, 다수의 노즐이 개방되지만 방출된 압출부 모두가 서로 접촉하는 것이 아니더라도, 별개의 압출부가 스와스를 구성한다. 근접 스와스는 다수의 노즐

로부터의 압출부 모두가 교차 공정 방향으로 스와스를 횡단하여 근접하게 접촉하는 것이다.

[0006] 형성되고 있는 물체의 층 내에는 표면 영역, 천이 영역 및 내부 영역이 존재한다. 물체의 내부 영역은 관찰할 수 없으므로 회박하게 충전될 수 있다. 이들 영역은 내부 영역에 형성되어야 하는 천이 및 표면 구조를 지지할 수 있는 충분한 구조 및 강성을 가져야 한다. 또한, 이들 내부 영역이 물체의 전체 강성에 기여하도록 하는 것이 유리하다. 상이한 타입의 영역에 요구되는 압출 재료량 간의 적절한 균형을 찾는 것이 물체 제조에 중요하다. 다중 노즐 압출기로 물체를 형성하는 제조 시스템에서, 도 8에 도시된 바와 같이, 압출기는  $0^{\circ}$  -  $180^{\circ}$  (X) 축 또는  $90^{\circ}$  -  $270^{\circ}$  (Y) 축을 따라 이동될 수 있다. 이들 축을 따라 압출하는 것은 도시된 압출기의 9개의 노즐 모두가 근접 스와스의 형성에 기여할 수 있도록 하며 스와스는 그의 가장 큰 폭을 갖는다. 본 문헌에서 사용되는 " $0^{\circ}$  -  $180^{\circ}$  축"이라는 용어는 압출기의 면판이  $0^{\circ}$  방향 또는  $180^{\circ}$  방향 중 어느 하나로 배향되어 움직이는 것을 의미하므로, 노즐 모두가 개방되면, 압출기가 생성할 수 있는 가장 효율적으로 생성된 근접 스와스가 형성되고, " $90^{\circ}$  -  $270^{\circ}$  축"이라는 용어는 압출기의 면판이  $90^{\circ}$  또는  $270^{\circ}$  방향 중 어느 하나로 배향되어 움직이는 것을 의미하므로, 노즐 모두가 개방되면, 압출기가 생성할 수 있는 가장 효율적으로 생성된 근접 스와스가 형성된다. 이동 방향에 대하여 노즐 모두가 수직으로 동등하게 이격되기 때문에 근접 스와스가 효율적으로 생성된다. 내부 영역을 조밀하게 충전하기 위해, 압출기는 하나의 층에 대해  $0^{\circ}$  방향으로 양방향으로 이동될 수 있고, 다음의 층에서  $90^{\circ}$  방향으로 양방향으로 이동될 수 있다. 그러나, 이들 내부 영역을 회박한 패턴으로 인쇄하는 것은 문제를 야기하는데, 그 이유는 이러한 층에 대한 이러한 직교 교대 인쇄 패턴이 서로 수직으로 교차하도록 상이한 층에서 스와스를 필요로 하기 때문이다. 교차 스와스 아래에서 조밀한 지지 없이, 현재의 압출은 수직 스와스를 지나친 후 불연속이 되는 경향이 있다. 이러한 연속성의 결여는 영역의 구조적 일체성을 손상시켜 영역에 걸쳐 형성된 표면을 지지하는 능력에 악영향을 미친다. 물체의 구조적 일체성을 손상시키지 않고 물체의 내부 영역을 충전하기 위해 공통 면판을 구비한 다중 노즐 압출기를 갖는 3차원 물체 프린터를 작동시키는 것이 유리할 것이다.

[0007] 다중 노즐 압출기를 작동시키는 새로운 방법은 이전에 알려지지 않은 구조적 일체성을 제공하는 방식으로 내부 영역이 회박하게 형성될 수 있게 한다. 이 방법은 제어기와 작동되게 연결된 메모리에 저장된 복수의 지그재그 패턴으로부터 제1 지그재그 패턴을 제어기로 선택하는 단계, 제1 물체층의 내부 영역에서 압출기를 이동시키기 위해 제어기로 액추에이터를 작동시키는 단계를 포함하며, 플랫폼에 대한 압출기의 이동은 압출기 내의 복수의 노즐을 통하여 열가소성 재료의 스와스를 압출하면서 제1 지그재그 패턴을 기준으로 제1 물체층 내의 내부 영역에 스와스를 형성하도록 제조되는 물체를 지지하며, 제1 물체층의 내부 영역 내의 열가소성 재료의 스와스는 제1 배향으로 제1 물체층의 내부 영역에 직선 부분 및 각이 진 부분을 갖는다. 이 방법은 메모리에 저장된 복수의 지그재그 패턴으로부터 제2 지그재그 패턴을 선택하는 단계 및 제1 물체층에 인접한 제2 물체층의 내부 영역에서 압출기를 이동시키도록 제어기로 액추에이터를 작동시키는 단계에 의해 계속되며, 압출기 내의 복수의 노즐을 통하여 열가소성 재료의 스와스를 압출하면서 제2 지그재그 패턴을 기준으로 제2 물체층의 내부 영역 내에 스와스를 형성하기 위해 압출기가 플랫폼에 대해 상대적으로 이동하고, 제2 물체층의 내부 영역의 열가소성 재료의 스와스는 제2 배향으로 제2 물체층의 내부 영역에서 직선 부분 및 각이 진 부분을 가지며, 제1 배향 및 제2 배향은 스와스 형성 중 압출기의 직선 이동을 기준으로 상이한 각도이다.

[0008] 3D 물체에서 개선된 구조적 일체성을 갖는 회박하게 충전된 내부 영역에서 지지 구조를 형성하기 위해 지그재그 패턴을 사용하는 다중 노즐 압출기를 작동시키는 기술한 양태 및 다른 특징이 첨부된 도면과 관련하여 취해진 후술하는 설명에서 설명된다.

### 도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 회박 패턴으로 충전된 영역의 구조적 일체성을 향상시키는 방식으로 다중 노즐 압출기를 작동시키는 적층 가공 시스템을 도시한다.

도 2는 회박 패턴으로 충전된 영역의 구조적 일체성을 향상시키는 방식으로 다중 노즐 압출기를 작동시키는 적층 가공 시스템의 대안적인 실시예를 도시한다.

도 3a 및 도 3b는 영역의 구조적 일체성을 손상시키지 않고 3D 물체의 내부 영역을 회박하게 충전하는 데에 사용될 수 있는 2개의 지그재그 패턴을 도시한다.

도 4는 3D 물체의 회박하게 충전된 내부 영역 및 조밀 충전면이 적절하게 지지되도록 조밀 충전면이 형성되는 위치 사이의 체적을 충전하는 데에 연속적으로 사용될 수 있는 천이 패턴의 조합을 도시한다.

도 5a는 도 3a 및 도 3b의 지그재그 패턴이 형성되는 내부 영역의 저면도이고, 도 5b는 도 4에 도시된 패턴의



조합이 형성되는 내부 영역의 저면도이다.

도 6은 형성되고 있는 3D 물체의 구조적 일체성을 향상시키는 미리 설정된 회박 패턴을 따라 적층 가공시스템의 압출기를 이동시키도록 도 1 및 도 2의 적층 가공 시스템의 제어기에 의해 사용되는 공정의 흐름도이다.

도 7은 3차원 인쇄물(140)을 형성하도록 압출기(108)를 작동시키도록 구성되는 종래의 3차원 물체 적층 가공 시스템 또는 프린터(100)를 도시한다.

도 8은 0° 및 90°로 배향될 때 종래의 9개의 노즐 면판에 의해 형성될 수 있는 스와스를 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 본원에 개시된 장치의 환경 및 장치의 세부 사항에 대한 전반적인 이해를 위해, 도면이 참조된다. 도면에서, 동일한 참조 부호들은 동일한 요소들을 나타낸다.

[0011] 본원에서 사용되는 "압출 재료(extrusion material)"라는 용어는 통상적으로 적층 가공 시스템에서 압출기에 의해 방출될 열가소성 재료를 형성하도록 연화되거나 용융되는 재료를 지칭한다. 압출 재료는 3차원 인쇄물의 영구적인 부분을 형성하는 "성형 재료(build material)" 및 인쇄 공정 중에 성형 재료의 부분을 지지하는 임시 구조를 형성한 다음, 인쇄 공정 완료 후 선택적으로 제거되는 "지지 재료(support material)" 모두를 포함하지만 이에 엄격하게 한정되는 것은 아니다. 성형 재료의 예는 아크릴로니트릴 부타디엔 스티렌(ABS) 플라스틱, 폴리락트산(PLA), 지방족 또는 반-방향족 폴리아미드(나일론), 현탁된 탄소 섬유 또는 다른 성형재를 포함하는 플라스틱, 전기 전도성 중합체 및 압출기를 통해 방출하기에 적합한 열가소성 재료를 생성하도록 열 처리될 수 있는 재료의 임의의 다른 형태를 포함하지만, 이에 한정되는 것은 아니다. 지지 재료의 예는 고 충격 폴리스티렌(HIPS), 폴리비닐 알코올(PVA) 및 열 처리 후 압출될 수 있는 다른 재료를 포함하지만, 이에 한정되는 것은 아니다. 또한, 압출 재료는, 초콜릿과 같은, 열가소성 중합체 이외의 재료를 포함한다. 일부 압출 프린터에서, 보통 "필라멘트"로 알려진 연속적인 세장형 길이의 재료로서 압출 재료가 공급된다. 이러한 필라멘트는 스폴 또는 다른 공급원으로부터 압출 재료 필라멘트를 당기고 압출기 내의 매니폴드에 유체 연결되는 히터 내로 필라멘트를 공급하는 하나 이상의 롤러에 의해 고체 형태로 제공된다. 도시된 예는 히터로 필라멘트로서 공급되는 압출 재료를 사용하지만, 입자 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. 노즐 및 매니폴드 사이에 위치된 밸브가 개방되면, 열가소성 재료의 일부가 매니폴드로부터 노즐을 통하여 유동하며 열가소성 재료의 흐름으로서 방출된다. 본원에서 사용되는, 압출 재료에 적용되는 "용융"이라는 용어는 압출 재료의 상을 연화시키거나 변화시켜 3차원 물체 프린터의 작동 중에 압출기의 하나 이상의 노즐을 통한 열가소성 재료의 압출이 가능하게 하는 압출 재료에 대한 온도의 임의의 상승을 지칭한다. 용융된 압출 재료는 또한 본 문헌에서 "열가소성 재료"로 표기된다. 당업자가 인지하는 바와 같이, 특정 비정질 압출 재료는 프린터의 작동 중 순수 액체 상태로 천이하지 않는다.

[0012] 본원에서 사용되는 "압출기"라는 용어는 단일 유체 챔버에서 압출 재료를 용융시키고 하나 이상의 노즐에 연결된 매니폴드에 용융된 압출 재료를 제공하는 프린터의 부품을 지칭한다. 일부 압출기는 열가소성 재료가 선택적으로 노즐을 통하여 유동할 수 있게 하도록 전자적으로 작동될 수 있는 밸브 조립체를 포함한다. 밸브 조립체는 하나 이상의 노즐이 독립적으로 매니폴드에 연결되어 열가소성 재료를 압출할 수 있게 한다. 본원에서 사용되는 "노즐"이라는 용어는 압출기의 매니폴드에 유체 연결되고 열가소성 재료가 재료 수용면을 향해 방출되는 압출기의 오리피스를 지칭한다. 작동 중, 노즐은 압출기의 공정 경로를 따라 열가소성 재료의 실질적으로 연속적인 선형 스와스를 압출할 수 있다. 제어기는 밸브 조립체의 밸브를 작동시켜 밸브 조립체에 연결된 어떤 노즐이 열가소성 재료를 압출할 지를 제어한다. 노즐의 직경은 압출된 열가소성 재료의 라인의 폭에 영향을 미친다. 상이한 압출기 실시예는, 보다 넓은 오리피스가 보다 좁은 오리피스에 의해 생성된 라인의 폭에 비하여 큰 폭을 갖는 라인을 생성하는, 오리피스 크기의 범위를 갖는 노즐을 포함한다.

[0013] 본원에서 사용되는 "매니폴드"라는 용어는 3차원 물체 인쇄 작동 중에 압출기의 하나 이상의 노즐로 전달하기 위한 열가소성 재료의 공급원을 보유하는 압출기의 하우징 내에 형성된 공동을 지칭한다. 본원에서 사용되는 "스와스"라는 용어는 3차원 물체 인쇄 작업 중에 압출기가 재료 수용면 상에 형성하는 압출 재료의 임의의 패턴을 지칭한다. 공통 스와스는 압출 재료의 직선형 배열 및 곡선형 스와스를 포함한다. 일부 구성에서는, 압출기는 연속적인 방식으로 열가소성 재료를 압출하여 공정 방향 및 교차 공정 방향 모두에서 압출 재료의 연속 질량을 갖는 스와스를 형성하는 한편, 다른 구성들에서는, 압출기가 간헐적인 방식으로 작동하여 선형 또는 곡선형 경로를 따라 배치되는 보다 작은 그룹의 열가소성 재료를 형성한다. 3차원 물체 프린터는 압출 재료의 상이한



스와스들의 조합을 사용하여 다양한 구조를 형성한다. 또한, 3차원 물체 프린터의 제어기는, 압출기를 작동시켜 압출 재료의 각 스와스를 형성하기 전에, 압출 재료의 상이한 스와스에 대응하는 물체 이미지 데이터 및 압출기 경로 데이터를 사용한다. 후술하는 바와 같이, 제어기는 3차원 인쇄 작동 중에 하나 이상의 노즐을 통하여 열가소성 재료의 다수의 스와스를 형성하도록 압출기가 이동되는 속도 및 밸브 조립체의 작동을 선택적으로 조정한다.

[0014] 본원에서 사용되는 "공정 방향"이라는 용어는 압출기에서 하나 이상의 노즐로부터 압출된 열가소성 재료를 수용하는 재료 수용면과 압출기 사이의 상대 이동의 방향을 지칭한다. 재료 수용면은, 적층 가공 공정 중, 3차원 인쇄물을 유지하는 지지 부재 또는 부분적으로 형성된 3차원 물체의 표면 중 어느 하나이다. 본원에 기술된 예시적인 실시예에서, 하나 이상의 액추에이터는 지지 부재에 대해 압출기를 이동시키지만, 대안적인 시스템 실시예는 압출기가 정지 상태로 유지되는 동안 지지 부재를 이동시켜 공정 방향으로 상대 운동을 생성한다. 일부 시스템은 상이한 운동축에 대해 두 시스템의 조합을 사용한다.

[0015] 본원에서 사용되는 "교차 공정 방향(cross process direction)"이라는 용어는 공정 방향에 수직이며 압출기 면판 및 재료 수용면에 평행한 축을 지칭한다. 공정 방향 및 교차 공정 방향은 압출기 및 열가소성 재료를 수용하는 표면의 이동의 상대 경로를 지칭한다. 일부 구성에서, 압출기는 공정 방향, 교차 공정 방향 또는 두 방향 모두로 연장될 수 있는 노즐의 어레이를 포함한다. 압출기 내에서 인접하는 노즐은 교차 공정 방향으로 미리 설정된 거리만큼 분리되어 있다. 일부 구성에서, 시스템은 라인이 스와스를 형성할 때 압출기의 노즐로부터 압출되는 열가소성 재료의 라인을 분리시키는 대응 교차 공정 방향 거리를 조절하기 위해 압출기의 상이한 노즐을 분리시키는 교차 공정 방향 거리를 조절하도록 압출기를 회전시킨다.

[0016] 적층 가공 시스템의 작동 중, 압출기는, 3차원 물체 인쇄 공정 중, 열가소성 재료를 수용하는 표면에 대해 직선형 경로 및 곡선형 경로 양자를 따라 공정 방향으로 이동한다. 또한, 시스템의 액추에이터는, 압출기가 열가소성 재료의 각 라인 사이에 미리 설정된 거리로 열가소성 재료의 둘 이상의 라인을 형성할 수 있게 하기 위해 압출기의 노즐을 분리시키는 유효 교차 공정 거리를 조절하도록 압출기를 Z축을 중심으로 선택적으로 회전시킨다. 압출기는, 인쇄물의 층 내에 2차원 영역의 외벽을 형성하도록 외주를 따라 이동하며, 2차원 영역 전체 또는 일부분을 열가소성 재료로 충전하도록 둘레 내에서 이동한다.

[0017] 도 7은 3차원 인쇄물(140)을 형성하도록 압출기(108)를 작동시키도록 구성되는 종래의 3차원 물체 적층 가공 시스템 또는 프린터(100)를 도시한다. 프린터(100)는 지지 부재(102), 다중 노즐 압출기(108), 압출기 지지 아암(112), 제어기(128), 메모리(132), X/Y 액추에이터(150), 선택적 Z $\theta$  액추에이터(154) 및 Z 액추에이터(158)를 포함한다. 프린터(100)에서, X/Y 액추에이터(150)는 도 7에 도시된 물체(140)와 같은 3차원 인쇄물에 하나의 층을 형성하는 열가소성 재료의 스와스를 압출하도록 압출기(108)를 X축 및 Y 축을 따라 2차원 평면("X-Y 평면") 내의 상이한 장소로 이동시킨다. 예를 들어, 도 7에서 X/Y 액추에이터(150)는 지지 아암(112) 및 압출기(108)를 Y축을 따라 이동시키기 위해 아암 및 압출기를 가이드 레일(113)을 따라 병진시키는 한편, X/Y 액추에이터들(150)은 압출기(108)를 X축을 따라 이동시키기 위해 압출기를 지지 아암(112)의 길이를 따라 병진시킨다. 압출된 패턴은, 층에서의 하나 이상의 영역의 윤곽 및 열가소성 재료 패턴의 윤곽 내의 영역을 충전하는 열가소성 재료의 스와스를 모두 포함한다. Z 액추에이터(158)는, 인쇄 공정 중 물체가 형성될 때, 압출기(108)의 노즐이 열가소성 재료를 물체(140) 상으로 압출하기 적합한 높이에 유지되는 것을 확보하도록 Z축을 따라 압출기(108)와 지지 부재(102) 사이의 거리를 제어한다. Z $\theta$  액추에이터(154)는 Z축을 중심으로 회전하는 압출기(108)의 일부 실시예에 대해 Z축을 중심으로 하는 압출기(108)의 회전 각도를 제어한다. 이러한 이동은 압출기(108)의 노즐 사이의 공정 및 교차 공정 분리를 제어하지만, 일부 압출기는 제조 공정 중에 회전을 필요로 하지 않는다. 시스템(100)에서, X/Y 액추에이터(150), Z $\theta$  액추에이터(154) 및 Z 액추에이터(158)는 전기 모터, 스테퍼 모터 또는 임의의 다른 적합한 전기 기계 장치와 같은 전기 기계 액추에이터로서 구현된다. 도 6의 프린터에서, 열가소성 재료의 복수의 층으로 형성되는 3차원 인쇄물(140)의 형성 중인 3차원 물체 프린터(100)가 도시된다.

[0018] 지지 부재(102)는 제조 공정 중에 3차원 인쇄물(140)을 지지하는 유리판, 중합체 판 또는 발포체 표면과 같은 평면형 부재이다. 도 2의 실시예에서, Z 액추에이터(158)는 또한 압출기(108)가 물체(140)의 상면으로부터 미리 설정된 거리를 유지하는 것을 확보하기 위해 열가소성 재료의 각 층의 적용 후 지지 부재(102)를 압출기(108)로부터 Z방향으로 떨어지게 이동시킨다. 압출기(108)는 복수의 노즐을 포함하며, 각각의 노즐은 지지 부재(102)의 표면 또는 물체(140)와 같이 부분적으로 형성된 물체의 표면 상으로 열가소성 재료를 압출한다. 도 6의 예에서, 압출 재료를 압출기(108)로 공급하기 위해 스펀로부터 풀릴 ABS 플라스틱 또는 다른 적절한 압출 재료 필라멘트의 스펀인 압출 재료 공급원(110)으로부터 압출 재료가 필라멘트로서 제공된다.

[0019] 지지 아암(112)은 지지 부재 및 인쇄 작동 중 압출기(108)를 이동시키는 하나 이상의 액추에이터를 포함한다. 시스템(100)에서, 인쇄 작동 중 하나 이상의 액추에이터(150)는 지지 아암(112) 및 압출기(108)를 X축 및 Y축을 따라 이동시킨다. 예를 들어, 액추에이터(150) 중 하나는 지지 아암(112) 및 압출기(108)를 Y축을 따라 이동시키는 한편, 다른 액추에이터는 압출기(108)를 지지 아암(112)의 길이를 따라 이동시켜 X축을 따라 이동시킨다. 시스템(100)에서, X/Y 액추에이터(150)는 선택적으로 압출기(108)를 직선형 또는 곡선형 경로 중 어느 하나를 따라 동시에 X축 및 Y축 모두를 따라 이동시킨다. 제어기(128)는 압출기(108)의 노즐이 열가소성 재료를 지지 부재(102) 상으로 압출하거나 물체(140)의 이전에 형성된 층 상으로 압출할 수 있게 하는 직선형 및 곡선형 경로 양자에서의 압출기(108)의 이동을 제어한다. 제어기(128)는 선택적으로 압출기(108)를 X축 또는 Y축을 따라 래스터화된 모션으로 이동시키지만, X/Y 액추에이터들(150)은 또한 압출기(108)를 X-Y 평면 내의 임의의 선형 또는 곡선형 경로를 따라 이동시킬 수 있다.

[0020] 제어기(128)는 마이크로 프로세서, 마이크로 컨트롤러, 필드 프로그램 가능 게이트 어레이(FPGA), 주문형 집적 회로(ASIC) 또는 프린터(100)를 작동하도록 구성되는 임의의 다른 디지털 로직과 같은 디지털 논리 장치이다. 이 문헌에서 사용되는 "제어기"라는 용어는 기능을 달성하기 위한 복수의 작업을 형성하도록 프로그래밍 된 명령을 구비하도록 구성된 하나 이상의 제어기, 프로세서 또는 컴퓨터를 의미한다. 따라서, 프린터용 제어기는 압출기를 작동시키고, 압출기를 이동시키고, 물체 데이터를 처리하며, 제조되는 물체 내 영역의 충전 및 다른 작업 및 기능을 최적화하는 다수의 제어기 일 수 있다. 프린터(100)에서, 제어기(128)는 지지 부재(102) 및 지지 아암(112)의 이동을 제어하는 하나 이상의 액추에이터에 작동되게 연결된다. 제어기(128)는 또한 메모리(132)에 작동되게 연결된다. 프린터(100)의 실시예에서, 메모리(132)는 랜덤 액세스 메모리(RAM) 장치와 같은 휘발성 데이터 저장 장치, 그리고 고체 상태 데이터 저장 장치, 자기 디스크, 광학 디스크와 같은 비 휘발성 데이터 저장 장치, 또는 임의의 다른 적합한 데이터 저장 장치를 포함한다. 메모리(132)는 프로그램된 명령 데이터(134) 및 3차원(3D) 물체 이미지 데이터(136)를 저장한다. 제어기(128)는 저장된 프로그램 명령(134)을 실행하여 프린터(100)의 부품을 작동시켜 3차원 인쇄물(140)을 형성하고 물체(140)의 하나 이상의 표면 상에 2차원 이미지를 인쇄한다. 3차원 물체 이미지 데이터(136)는, 예를 들어, 레이어-바이-레이어 기준(layer-by-layer basis)으로 물체의 단면도를 형성하는 데이터를 포함한다. 각각의 데이터 층은 3차원 물체 인쇄 공정 중 프린터(100)가 형성하는 열가소성 재료의 층을 나타낸다. 압출기 경로 제어 데이터(138)는 X/Y 액추에이터(150)를 사용하여 압출기(108)의 이동 경로를 제어하고 Zθ 액추에이터(154)를 사용하여 압출기(108)의 배향을 제어하기 위해 제어기(128)가 처리하는 기하학적 데이터 또는 액추에이터 제어 명령의 세트를 포함한다. 제어기(128)는, 압출기가 열가소성 재료를 압출하여 물체를 형성하는 동안, 상기에 언급한 바와 같이, 압출기(108)를 지지 부재(102) 위에서 이동시키도록 액추에이터를 작동시킨다.

[0021] 도 1은 면판의 개구를 통하여 복수의 열가소성 재료를 압출하는 압출기(108)를 갖는 적층 가공 시스템(100')을 도시한다. 프린터(100')는 물체를 형성하기 위해 평면형 모션(planar motion)을 사용하는 프린터로서 도시되어 있지만, 다른 프린터 구조는 본 문헌에 기술된 바와 같이 압출기의 배향 각도를 기준으로 압출기의 속도를 조정하도록 구성되는 제어기 및 압출기와 함께 사용될 수 있다. 이러한 구조는 델타 봇(delta-bot), 스카라 로봇 암(SCARA, selective compliance assembly robot arm), 다축 프린터, 비 데카르트 프린터 등을 포함한다. 이러한 대안적인 실시예에서의 모션은 여전히 상기에 정의된 바와 같은 공정 방향 및 교차 공정 방향들을 가지며, 이러한 실시예의 압출기의 노즐 간격은 여전히 교차 공정 방향에 대한 노즐 간격을 정의한다. 도면을 간략화하기 위해 도 1에는 단지 하나의 매니폴드(216)만 도시되지만, 압출기(108)는 복수의 매니폴드(216)를 가질 수 있다. 일 실시예에서, 압출기(108)의 각 매니폴드(216)는 상이한 압출 재료 공급원(110)에 의해 공급되는 상이한 히터(208)에 일대일 대응으로 작동되게 연결된다. 대안적으로, 각 매니폴드(216)는, 도 2의 실시예(100'')에 도시된 바와 같이, 복수의 압출 재료 공급원(110)에 의해 공급되는 복수의 채널(232')을 수용하는 단일 히터(208')에 결합될 수 있다. 도 2의 각각의 채널(232')은 압출기(108)의 매니폴드(216)에 열가소성 재료를 공급하여 다른 매니폴드가 수용하고 있는 재료와 상이한 재료를 각 매니폴드가 수용할 수 있게 한다. 압출기(108)에서, 각각의 노즐(218)은 압출기(108) 내의 매니폴드 중 단지 하나의 매니폴드에 유체 연결되므로 각 노즐은 다른 매니폴드에 연결된 노즐로부터 압출된 재료와 상이한 열가소성 재료를 압출할 수 있다. 각각의 노즐로부터의 압출은 밸브 조립체(204)의 밸브를 작동시키는 제어기(128)에 의해 선택적으로 그리고 독립적으로 활성화 및 비활성화된다. 각각의 노즐(218)은 또한 면판(260)의 개구와 정렬되어 물체의 재료의 스와스를 보다 유연하게 형성하도록 노즐을 구성한다.

[0022] 도 1 및 도 2의 실시예에서, 밸브 조립체(204)는 압출기(108)의 매니폴드와 압출기(108)의 매니폴드에 연결된 각 노즐 사이에 밸브를 위치시킨다. 제어기가 압출기(108)의 복수의 노즐로부터 열가소성 재료를 압출하는 밸브

를 개폐할 수 있도록 밸브 조립체(204)가 제어기(128)에 작동되게 연결된다. 구체적으로, 제어기(128)는 압출기(108)의 밸브에 연결된 조립체(204)의 상이한 액추에이터를 활성화 및 비활성화하여 노즐로부터 열가소성 재료를 압출하고 도 6의 물체(140)와 같은 3차원 인쇄물의 각 층에 상이한 열가소성 재료의 스위치를 형성한다.

[0023] 도 1의 시스템(100')은 또한 압출기(108)의 매니폴드에 연결되는 각 히터(208)에 대한 압출 재료 디스펜싱 시스템(212)을 포함한다. 각 개별 공급원(110)으로부터의 압출 재료는, 시스템(100')의 작동 중, 히터에 연결된 매니폴드 내의 열가소성 재료의 압력을 미리 설정된 범위 내로 유지하는 속도로 대응하는 히터(208)로 공급된다. 디스펜싱 시스템(212)은 압출기(108)의 각 매니폴드 내의 열가소성 재료의 압력을 조절하기에 적합한 일 실시예이다. 도 2의 실시예(100")에서, 복수의 압출 재료 디스펜싱 시스템(212)이 복수의 압출 재료 공급원(110)과 히터(208')의 채널(232') 사이에서 일대일 대응으로 작동되게 연결된다. 또한, 두 가지 실시예에서, 제어기(128)는 디스펜싱 시스템(212)이 공급원(110)으로부터 공급원에 의해 공급되는 히터로 압출 재료를 전달하는 속도를 제어하기 위해 각각의 디스펜싱 시스템(212)의 액추에이터에 작동되게 연결된다. 도 2의 디스펜싱 시스템(212)은 도 1의 디스펜싱 시스템(212)으로서 구성될 수 있다. 히터(208, 208')는 구동 롤러(224)(도 1)를 통하여 히터(208)로 공급된 압출 재료(220)를 연화 또는 용융시킨다. 액추에이터(240)는 롤러(224)를 구동하며, 액추에이터가 롤러(224)를 구동하는 속도를 제어기가 조절할 수 있도록 제어기(128)에 작동되게 연결된다. 롤러(224) 중 반대측 다른 롤러는 롤러(224)가 구동되는 회전 속도를 따르도록 하는 프리 휠링(free-wheeling)이다. 도 1은 필라멘트(220)를 히터(208 또는 208')로 이동시키는 기계식 이동기(mover)로서 전기 기계 액추에이터 및 드라이버 롤러(224)를 사용하는 공급 시스템을 도시하지만, 디스펜싱 시스템(212)의 대안적인 실시예는 하나 이상의 액추에이터를 사용하여 기계식 이동기를 회전 오거(auger) 또는 스크류 형태로 작동시킨다. 오거 또는 스크류는 압출 재료 분말 또는 펠릿 형태의 고체 상태 압출 재료를 공급원(110)으로부터 히터(208 또는 208')로 이동시킨다.

[0024] 도 1 및 도 2의 실시예에서, 각 히터는 제어기(128)에 작동되게 연결되는 전기 저항성 발열체와 같은 하나 이상의 발열체(228)를 포함하는 스테인레스 스틸로 이루어진 몸체를 갖는다. 제어기(128)는 히터(208 또는 208') 내의 채널 또는 채널들 내의 압출 재료(220)의 필라멘트를 연화시키거나 용융시키기 위해 발열체(228)를 전류에 선택적으로 연결하도록 구성된다. 도 1 및 도 2는 고체 필라멘트(220)로서 고체 상태의 압출 재료를 수용하는 히터(208) 및 히터(208')를 도시하지만, 대안적인 실시예에서, 히터는 분말 또는 펠릿화된 압출 재료로서 고체 상태의 압출 재료를 수용한다. 냉각 핀(cooling fins)(236)은 히터로부터의 상류의 채널 내의 열을 저장한다. 냉각 핀(236) 또는 그 부근의 채널에서 고체로 유지되는 압출 재료의 일부는 열가소성 재료가 매니폴드(216)로의 연결이 아닌 임의의 개구로부터 히터를 빠져 나가는 것을 방지하는 채널 내의 밀봉을 형성하며, 이는 압출 재료가 매니폴드로 들어갈 때 압출 재료를 열가소성 상태로 유지하는 온도를 유지한다. 압출기(108)는 또한 압출기 내의 각 매니폴드 내의 열가소성 재료에 대해 상승된 온도를 유지하기 위한 추가 발열체를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 단열재는 압출기 내의 매니폴드 내의 온도를 유지하기 위해 압출기(108) 외부의 부분을 덮는다. 다시, 도 2의 노즐들 주위 영역은 재료를 열가소성 상태로 유지하는 온도로 유지되므로 재료가 면판의 구멍으로 이동됨에 따라 고화하기 시작하지 않는다.

[0025] 매니폴드(216) 내의 열가소성 재료의 유체 압력을 미리 설정된 범위 내로 유지하고, 압출 재료의 손상을 회피하며, 노즐을 통한 압출 속도를 제어하기 위해, 슬립 클러치(244)가 공급원(110)으로부터 히터로 필라멘트를 공급하는 각 액추에이터(240)의 구동 샤프트에 작동되게 연결된다. 본 문헌에서 사용되는 "슬립 클러치"라는 용어는 물체를 미리 설정된 설정점까지 이동시키기 위해 물체에 마찰력을 가하는 장치를 지칭한다. 마찰력에 대한 미리 설정된 설정점에 대한 범위를 초과할 때, 장치는 물체에 마찰력을 더 이상 가하지 않도록 미끄러진다. 액추에이터(240)가 얼마나 자주, 얼마나 빠르게 또는 얼마나 오래 구동되든지 간에, 슬립 클러치는 롤러(224)에 의해 필라멘트(220)에 가해지는 힘이 필라멘트의 강도에 대한 제약 내에서 유지될 수 있게 한다. 필라멘트 구동 롤러(224)의 가장 빠른 예상 회전 속도보다 높은 속도로 액추에이터(240)를 구동함으로써 또는 롤러(224) 상에 엔코더 휠(248)을 놓고 센서(252)로 회전 속도를 감지함으로써, 이러한 일정한 힘이 유지될 수 있다. 센서(252)에 의해 생성된 신호는 롤러(224)의 각도 회전을 나타내며, 제어기(128)는 롤러(224)의 속도를 식별하기 위해 이 신호를 수신한다. 제어기(128)는 또한 액추에이터의 속도를 제어하기 위해 액추에이터(240)에 제공된 신호를 조정하도록 구성된다. 제어기가 액추에이터(240)의 속도를 제어하도록 구성되면, 제어기(128)는 액추에이터의 평균 속도가 롤러(224)의 회전보다 약간 빠르도록 액추에이터(240)를 작동시킨다. 이러한 작동은 구동 롤러(224) 상의 토크가 항상 슬립 클러치 토크의 함수 관계에 있는 것을 확보한다.

[0026] 제어기(128)는 롤러(224)의 회전 속도에 대해 액추에이터 출력 샤프트의 약간 더 높은 속도를 식별하는 제어기에 연결된 메모리에 저장된 설정점을 갖는다. 본 문헌에서 사용되는 "설정점"이라는 용어는 제어기가 설정점에



대응하는 파라미터를 설정점에 대해 미리 정해진 범위 내에서 유지하기 위해 부품을 작동시키는 데 사용하는 파라미터 값을 의미한다. 예를 들어, 제어기(128)는 출력 신호에 의해 식별되는 속도로 출력 샤프트를 미리 설정된 범위 내에서 설정점을 중심으로 회전시키도록 액추에이터(240)를 작동시키는 신호를 변경한다. 액추에이터에 대해 명령된 속도에 추가적으로, 밸브 조립체(204)에서 개폐되는 밸브의 개수 및 클러치에 대한 토크 설정점도 필라멘트 구동 시스템(212)의 작동에 영향을 미친다. 롤러(224)의 결과적인 회전 속도는 센서(252)에 의해 발생된 신호에 의해 식별된다. 제어기(128) 내의 비례-적분-미분(PID) 제어기는 메모리에 저장된 자동 설정점을 기준으로 이 신호로부터의 오차를 식별하고 제어기에 의해 출력된 신호를 조절하여 액추에이터(240)를 작동시킨다. 대안적으로, 제어기(128)는 슬립 클러치에 대한 토크 레벨을 변경할 수 있거나 제어기(128)는 토크 레벨을 변경하고 제어기가 액추에이터를 작동시키는 신호를 조절할 수 있다.

[0027] 슬립 클러치(244)는 고정 또는 조정 가능한 토크 마찰 디스크 클러치, 자성 입자 클러치, 자기 히스테리시스 클러치, 페로-유체 클러치, 공기 압력 클러치 또는 영구 자석 클러치일 수 있다. 자기적으로 작동하는 클러치 타입은 클러치에 전압을 인가함으로써 조절되는 클러치의 토크 설정점을 가질 수 있다. 이러한 특징은 클러치 상의 토크 설정점이 인쇄 상태를 기준으로 변경될 수 있게 한다. "인쇄 상태(print condition)"라는 용어는 물체를 적절하게 형성하기 위해 매니폴드에 필요한 열가소성 재료의 양에 영향을 미치는 현재 진행 중인 제조 작동의 파라미터를 나타낸다. 이러한 인쇄 상태는 압출기에 공급되는 압출 재료의 타입, 압출기로부터 방출되는 열가소성 재료의 온도, 압출기가 X-Y 평면에서 이동되는 속도, 물체에 형성되는 특징부의 위치, 압출기가 플랫폼에 대해 상대적으로 이동되는 각도 등을 포함한다.

[0028] 도 1 및 도 2에 도시된 실시예에서, 층의 상이한 영역에서 압출기에 대한 이동 경로를 식별하고 X/Y 액추에이터(150)로 하나 이상의 신호를 전송하여 압출기(108)를 이동시키고 압출기(108)가 플랫폼(102) 위에서 이동되는 속도를 조정하기 위해, 제어기(128)는 프로그램 명령(134), 물체 이미지 데이터(136) 및 압출기 헤드 경로 제어 데이터(138)로 상술한 바와 같이 구성된다. 도 1 및 도 2의 제어기(128)는 아래에서 보다 상세하게 설명되는 바와 같이 물체층 데이터와 함께 사용되는 회박 충전 패턴 및 천이 패턴을 포함하는 헤드 제어 데이터 및 프로그램 명령으로 구성된다. 제어기(128)는 압출기(108)가 이동될 경로의 각도 및 압출기 면판이 그 경로를 따라 이동할 때의 압출기 면판의 배향을 기준으로 압출기(108)의 속도를 조정하도록 구성된다. 제어기(128)는 또한, 제어기에 의해 실행될 때, 제어기가 아래에서 보다 충분히 설명되는 바와 같이, 회박 충전 및 천이 패턴에 대응하는 경로를 따라 압출기(108)를 이동시키는 X-Y 액추에이터(150)용 신호를 발생시킬 수 있게 하는, 제어기에 작동되게 연결되는 메모리에 저장된 프로그램된 명령으로 구성된다.

[0029] 제어기(128)가 물체층 데이터를 검색하면, 제어기는 영역을 조밀 충전 영역, 천이 영역 및 내부 영역으로 식별한다. 조밀 충전 영역은 통상적으로 외면 영역에 대응하지만, 특히 강성일 것이 요구되는 구조에도 대응할 수 있다. 내부 영역은 관찰할 수 없기 때문에 그 영역에서의 성형 재료의 압출이 방지될 수 있을 정도로 통상적으로 회박 충전 영역이며, 비용 및 자원 절약이 달성된다. 그러나, 조밀 충전 영역의 대부분이 지지되지 않고 회박 충전 영역 내로 떨어질 수 있기 때문에, 조밀 충전 영역은 회박 충전 내부 영역에 걸쳐 직접적으로 형성될 수 없다. 이 문제를 해결하기 위해, 천이 영역은 회박 충전 영역에 비하여 큰 밀도로 압출 재료가 위치되지만 압출된 재료가 하위 회박 충전 영역으로 떨어져 버려질 정도로 크지 않은 영역이다. 천이 영역은 조밀 충전 영역에 접근함에 따라 Z-축 방향으로 밀도가 증가한다. 그러므로, 의도된 위치에서 조밀 충전 영역의 형성에 대해 충분한 지지를 상부 층에 제공할 필요가 있는 다수의 천이 영역에 대응하도록 조밀 충전 영역이 형성되는 위치 및 회박 충전 영역의 상부 층 사이의 거리를 제어기(128)가 식별한다. 지지를 위해 천이 영역이 하위 회박 충전 영역에 의존하기 때문에, 회박 충전 영역은 회박 충전 내부 영역에 대한 식별된 충전 백분율(fill percentage)을 넘는 압출된 재료의 양을 필요로 하지 않고 적절한 지지 구조를 제공할 필요가 있다.

[0030] 제어기(128)가 물체층 데이터를 검색하여 물체의 층을 형성할 때, 제어기는 층 데이터에서 조밀 충전 영역, 천이 영역 및 회박 충전 영역을 식별한다. 회박 충전 영역에 대해, 압출기를 안내하고 이들 영역에 지지 구조를 형성하는 데에 지그재그 패턴이 사용된다. 도 3a 및 도 3b는 물체층의 내부 영역을 회박하게 충전하는 데에 함께 사용되는 2개의 지그재그 패턴을 도시하며, 이들은 함께 회박 충전 영역에서 개선된 지지 구조를 형성한다. 이 문헌에서 사용되는 "회박 충전(sparsely fill)"이라는 용어는 100% 미만으로, 통상적으로 대략 50% 미만으로, 또는 압출된 재료를 갖는 내부 영역의 체적 미만으로 물체의 3차원(3D) 내부 영역을 충전하는 것을 의미한다. 도 8에 도시된 바와 같이, 0° -180° 축을 따르는 압출기의 수평 배향에 대하여 평균적으로 45° -225° 축을 따라 배향되는 라인을 형성하도록 도 3a의 패턴(304)이 배향되는 한편, 도 8에 도시된 0° -180° 축을 따르는 압출기의 수평 배향에 대하여 평균적으로 -45° -135° 축으로 배향되는 라인을 형성하도록 도 3b의 패턴(308)이 배향된다. 도 3a의 패턴을 사용하기 위해, 수평에 대하여 45°의 평균 배향으로 하부 좌측으로부터 상

부 우측으로 연장되는 지그재그 경로를 따라 압출기가 안내된다. 압출기가 내부 영역의 경계에 도달하면, 압출기는 다른 지그재그 경로의 시작으로 이동되며, 내부 영역의 경계가 그 경로를 따라 도달할 때까지 225°의 평균 배향으로 상부 우측으로부터 하부 좌측으로 이동하도록 안내된다. 상부 좌측으로부터 하부 우측으로 안내될 때 수평에 대하여 평균 -45°로 경로가 배향되고 하부 우측으로부터 상부 좌측으로 안내될 때 수평에 대하여 평균 135°로 경로가 배향되는 것을 제외하고는, 도 3b의 패턴이 유사한 방식으로 사용된다. 지그재그 패턴의 각 경로는 직선 부분(312) 및 각진 부분(316)으로 구성된다. 직선 부분(312)은 0°-180° 축 또는 90°-270° 축을 따라 압출기 이동에 대해 배향된다. 지그재그 패턴의 직선 부분(312)을 기준으로 수행된 압출기 이동의 길이는 형성되는 영역에 대한 충전 백분율에 대응하도록 변경될 수 있다. 각진 부분(316)은 45°-225° 축 또는 -45°-135° 축으로 배향된다. 제어기(128)는 식별된 회박 충전 내부 영역에 지지 구조의 층을 형성하도록 이들 패턴 중 하나를 선택하고, 선택된 패턴에 대응하는 경로를 따라 압출기를 이동시켜 스와스를 형성한다. 패턴(304)으로 하부 좌측 위치로부터 상부 우측 위치까지 진행하는 라인을 따르는 압출기에 의해 형성되는 스와스는 각진 부분(316)에서 인접한 스와스와 접촉하기에 충분히 넓고, 인접한 스와스는 상부 우측으로부터 하부 좌측으로 진행하는 라인을 따르는 압출기로 통상적으로 인쇄된다는 것을 독자가 이해해야 할 것이다. 각이진 위치에서 패턴(304, 308)에 도시된 분리는 단지 압출기에 의해 실제로 생성된 스와스의 폭이 아닌 압출기가 따르고 있는 경로를 나타낸다. 통상적으로, 노즐 모두가 도 3a 및 도 3b의 패턴 모두를 사용하면서 개방되지만, 내부 영역의 크기 및 2개의 패턴으로 달성되는 충전 백분율에 따라 모든 노즐보다 적은 수의 노즐이 개방될 수 있다.

[0031] 도 3a 또는 도 3b의 패턴일 수 있는 제1 선택 패턴이 스와스가 패턴에 의해 식별되는 식별된 내부 영역 내의 층의 일부분을 회박하게 충전하는 데에 사용된다. 스와스를 형성하기 전에, 내부 영역의 치수는 물체층에서 식별된 내부 영역의 경계와 일치하도록 식별된다. 물체층의 내부 영역에 형성된 스와프를 따라, 제어기(128)는 현재의 층의 다른 식별된 조밀 충전, 회박 충전 및 천이 영역에서 압출기를 작동시켜 물체층의 형성을 완료한다. 그런 다음, 제어기(128)는 층의 다양한 타입의 영역을 식별하기 위해 물체의 다음의 층 및 헤드 제어 데이터의 다음의 세트를 검색한다. 제1 선택 패턴이 사용된 이전 층의 내부 영역에 대해, 제어기(128)는 다른 지그재그 패턴을 선택하고 제1 선택 패턴의 사용 중 형성된 스와스에 상보적 방향으로 스와스를 형성하기 위해 동일한 방식으로 압출기를 작동시킨다.

[0032] 현재 층의 식별된 내부 영역에서 스와스의 형성에 제2 패턴이 사용된 후, 제어기(128)는 현재 층의 다른 식별된 조밀 충전, 회박 충전 및 천이 영역에서 압출기를 작동시켜 물체층의 형성을 완료한다. 그런 다음, 제어기(128)는 층의 다양한 타입의 영역을 식별하기 위해 물체의 다음의 층 및 헤드 제어 데이터의 다음의 세트를 검색한다. 도 3b의 패턴이 사용된 이전 층의 내부 영역에 대하여, 제어기는 제1 선택 패턴을 사용하여 이와 연관된 스와스를 형성한 다음, 제2 패턴을 사용하여 이와 연관된 스와스를 형성한다. 2개의 지그재그 패턴을 기준으로 생성된 스와스에 의해 형성되는 지지 구조의 상부 층이 조밀 충전 구조가 형성될 위치로부터 미리 설정된 거리에 도달할 때까지, 인접한 층의 내부 영역을 회박하게 충전하기 위한 2개의 패턴의 변경이 계속된다. 일단 이 위치에 도달하면, 제어기(128)는 내부 영역을 천이 영역으로서 식별하고, 천이 패턴의 세트가 각 층에 대해 증가하는 충전 백분율로 후속층의 내부 영역의 나머지 체적을 충전하여 조밀 충전 구조용 지지면 또는 조밀 충전 위치에 도달하는 표면을 제공하는 데에 사용된다.

[0033] 천이 영역 압출을 설명하기 전에, 도 3a 및 도 3b의 2개의 패턴에 의해 형성되는 구조의 이점이 주목된다. 도 3a 또는 도 3b의 상보적 패턴을 기준으로 형성되는 스와스의 교호하는 성형은 동일한 백분율로 압출된 재료로 이루어진 이전에 알려진 것보다 큰 강성 및 일체성을 갖는 회박 충전 백분율로 압출된 성형 재료를 갖는 구조를 형성한다. 도 3a의 패턴(304) 및 도 3b의 상보적 패턴(308)을 사용하여 형성된 내부 영역의 예가 도 5a의 저부에 도시된다. 제1 선택 패턴으로 인쇄된 스와스 및 제2 선택 패턴으로 형성된 스와스는 패턴의 각진 부분에서 조밀 코너를 형성한다. 이러한 상보적 지그재그 패턴은 스와스를 불연속적으로 만들어 인쇄 중 압출이 연속적인 상태로 되도록 하는 방식으로 서로 횡단하는 것을 방지한다. 이 문헌에서 사용된 "상보적"이라는 용어는 2개의 상이한 각도로서, 그 중 하나는 스와스 형성 중 압출기의 직선 이동에 대한 2개의 직교 축 중 하나로부터의 양의 각도 편차이고, 다른 하나는 동일한 직교 축으로부터의 음의 각도 편차인, 2개의 상이한 각도로 배향된 스와스를 의미한다.

[0034] 도 3a 및 도 3b에 도시된 2개의 패턴이 내부 영역을 회박하게 충전하도록 상술한 바와 같은 교호하는 방식으로 사용된다. 패턴을 교호적으로 사용하는 것은 2개의 패턴의 스와스의 각진 부분이 서로 횡단하여 직선 부분 사이에 강한 접합을 형성하는 것을 확보한다. 이러한 횡단 각진 부분은 직선 부분만을 갖는 접합을 형성하도록 하나의 패턴을 단독으로 사용하는 것에 비하여 보다 강한 접합이 형성되는 것을 확보하는 것을 돕는다. 횡단 각진 부분으로 형성된 접합은 지그재그 스와스의 직선 부분이 회박 충전 백분율의 일부의 내부 영역을 횡단하는 상당

한 선형 구조적 지지를 제공할 수 있게 한다. 각 선형 구조적 지지의 강도는 압출기의 근접 개방 밸브의 개수에 의해 결정되는 스와스의 폭에 의해 결정된다. 일부분 영역의 스와스의 개수 및 폭은 그 영역에서의 구조적 지지의 강도를 결정한다. 스와스가 넓을수록 특정 레벨의 강도를 제공하는 데에 필요한 스와스의 개수가 줄어든다. 직선 부분의 길이는 패턴의 모든 직선 구간에서 동일할 필요가 없다. 또한, 스와스의 직선 부분의 길이는 수평 및 수직의 두 방향에서 동일할 필요가 없다. 즉, 수평 방향으로의 직선 스와스 부분은 수직 방향으로의 직선 스와스 부분보다 길 수 있고, 그 반대일 수 있다. 스와스의 직선 부분이 수평 또는 수직 방향 중 하나로 더 길수록, 수직 및 수평 방향 중 다른 하나로 더 적은 지지 구조가 필요하다. 그러므로, 보다 짧은 수직 또는 수평 직선 부분은 수평 또는 수직 방향으로 더 큰 강도가 필요한 일부분의 내부 영역을 횡단하여 선택될 수 있다.

[0035] 다른 실시예에서, 지그재그 패턴 내의 임의의 정사각형이 일부 압출 패턴으로 충전될 수 있다. 이러한 압출 패턴은 일부분의 임계 부분에 약간의 추가적인 강도를 제공하도록 구성되는 보다 작은 지그재그 패턴 일 수 있다. 대안적으로, 정사각형 내의 압출 패턴은 반드시 추가적인 구조적 강도를 제공하지 않지만, 내부 영역의 천이층의 개수를 감소시키는 데에 유용하거나 일부분의 조밀 표면에 대한 천이층의 품질에 유용할 수 있는 일부 지지 패턴일 수 있다.

[0036] 또한, 제어기(128)는 직선 부분(312)에서 보다 각진 부분(316)에서 압출기를 상이하게 이동시키도록 액추에이터를 작동하도록 구성된다. 일 실시예에서, 제어기는 액추에이터를 작동시켜 압출기를 회전시키지 않고 코너에 대한 각도로 압출기를 이동시킨다. 0° 또는 90° 이외의 각도로의 압출기의 이동 중 조밀 충전을 확보하기 위해, 제어기(128)는 개방된 노즐이 재료를 압출함에 따라 압출기를 감속시키도록 액추에이터(150)를 작동시킨다. 대안적인 실시예에서, 제어기(128) 및 액추에이터(150)는 코너에서의 압출기의 이동 방향에 대해 최적의 각도로 압출기를 회전시키도록 구성된다. 이 실시예에서, 압출기의 이동은 코너에서 감속될 필요가 없다.

[0037] 전술한 바와 같이, 2개의 패턴을 사용하여 형성되는 지지 구조의 상부 층 및 조밀 충전 구조가 회박 충전 지지 구조에 걸쳐 형성되는 바닥 층 사이의 미리 설정된 거리가 검출될 때까지, 제어기(128)는 도 3a 및 도 3b에 도시된 2개의 패턴을 교호하여 사용한다. 그 위치에서, 제어기(128)는 내부 영역을 천이 영역으로 식별하고, 조밀 충전 구조의 바닥층에 도달할 때까지 후속층에 형성된 스와스의 밀도를 증가시키기 시작한다. 다양한 기법을 사용하여, 조밀 충전 층에 도달할 때까지 이들 천이 영역이 후속층에 형성된다.

[0038] 이제 천이 영역층 형성의 예를 설명한다. 회박 충전 내부 영역에 형성된 구조에 놓일 수 있고 조밀 충전 층을 충분히 지지할 수 있는 지지 구조를 얻기 위해 다른 기법 또는 기법의 조합이 사용될 수 있다. 여기에 제시된 예에서, 복수의 상이한 패턴이 상이한 층에 천이 영역을 형성하는 데에 사용된다. 이들 패턴은 다양한 패턴으로 형성되는 스와스의 타입 및 개수에 있어 상이하다. 추가적으로, 스와스를 형성하는 데에 사용되는 개방 노즐의 개수를 증가시키고 층에서의 하나의 사용으로부터 층에서의 다른 하나의 사용으로 압출기를 오프셋하는 것에 의해 층 내의 스와스의 폭을 증가시키기 위해, 패턴이 여러 번 사용될 수 있다. 또한, 스와스가 서로 가까워짐에 따라, 스와스 사이에 가교를 형성하는 데에 압출기를 사용할 수 있다.

[0039] 회박 충전 내부 영역에 형성된 구조에 걸쳐 천이 구조를 형성하는 데에 사용될 수 있는 천이 패턴의 그룹이 도 4에 도시된다. 이 문헌에 사용된 "천이 패턴"이라는 용어는 압출기를 이동시켜 회박 충전 내부 영역 및 조밀 충전 구조 또는 표면 사이의 물체의 내부 영역의 체적에 스와스를 형성하기 위해 제어기에 의해 사용되는 데이터를 지칭한다.

[0040] 도 4에 도시된 패턴의 그룹에서, 패턴(408, 412, 416, 420)은 천이 패턴인 한편, 패턴(424)은 형성된 조밀 충전면에 대한 패턴이다. 그러므로, 패턴(424)은 천이 패턴이 아니지만, 제1 조밀 충전층에 대한 압출기 이동을 나타내는 완전성을 위해 포함된다. 천이 패턴은 제어기(128)에 의해 408, 412, 416 및 420의 순서로 선택된다. 그 후, 패턴(424)은 천이 패턴으로 형성되는 스와스에 걸쳐 고체층 또는 표면을 형성하도록 선택된다. 패턴(412, 420)은 압출기(108)를 이동시켜 패턴의 수평 및 수직 부분에 대한 층의 천이 영역에 홀수 개의 스와스를 형성하는 데에 사용된다. 패턴(408, 416)은 압출기(108)를 이동시켜 패턴의 수평 및 수직 부분에 대한 층의 천이 영역에서 짝수 개의 스와스를 형성하는 데에 사용된다. 패턴(412, 420)은 각진 경로를 포함하기 때문에 지그재그 패턴이다. 도시되지는 않았지만, 상술한 도 3a 및 도 3b와 같이, 각 지그재그 패턴(412, 420)은 상보적 지그재그 패턴을 가지며, 이러한 상보적 패턴은 3A 및 3B의 회박 충전 지그재그 패턴과 동일한 방식으로 교호되어 다수의 층의 내부 영역을 충전할 수 있다. 패턴(408, 416, 424)은 수평 및 수직 직선 경로만을 포함하기 때문에 직선 패턴이다. 이러한 패턴 내의 정사각형 경로는 다른 정사각형으로 이동하기 전에 순차적인 스와스로 인쇄된다. 이 문헌에서 사용되는 "지그재그 패턴"이라는 용어는 제어기가 데이터에 대응하는 경로를 따라 압출기를 안내할 수 있게 하도록 압출기를 이동시키는 하나 이상의 액추에이터를 작동시키는 제어기에 작동되게 연결된 메모리에



저장된 데이터를 의미하며, 경로는  $0^\circ$  또는  $90^\circ$  경로를 따르는 이동이 아닌 각도로의 이동을 포함한다. 이 문헌에서 사용되는 "직선형 패턴"이라는 용어는 제어기가 데이터에 대응하는 경로를 따라 압출기를 안내할 수 있게 하도록 압출기를 이동시키는 하나 이상의 액추에이터를 작동시키는 제어기에 작동되게 연결된 메모리에 저장된 데이터를 의미하며, 경로는 제어기가  $0^\circ$  또는  $90^\circ$  경로만을 따르는 이동을 포함한다. 회박 충전 백분율이 보다 크다면 천이 구조를 조밀면으로 성형하는 데에 도 4에 도시된 것보다 적은 패턴이 필요할 수 있고, 회박 충전 백분율이 보다 작다면 보다 많은 패턴이 필요할 수 있다.

[0041] 도 4에 도시된 천이 패턴 중 하나가 층의 천이 영역 내의 압출기의 이동을 제어하는 데에 처음으로 사용될 때, 압출기 면판에서의 노즐 모두에 비해 적은, 제1 세트의 노즐이, 재료가 개방된 노즐로부터 방출될 수 있게 하도록, 개방된다. 압출기가 선택 패턴의 전체에 대응하는 층을 생성하면, 압출기의 이동을 안내하고 제2 세트의 개방 노즐로 동일한 층 내에 다른 그룹의 스와스를 형성하는 데에 동일한 패턴이 두 번째 사용된다. 제2 세트의 노즐은 압출기의 제1 세트의 노즐 및 추가 노즐을 포함한다. 이러한 두 번째의 통과 중, 제1 세트의 노즐이 이전에 층에 부착된 재료 상에 재료를 위치시키며, 제2 세트의 노즐에서의 추가적인 노즐이 제1 세트의 노즐로부터 방출된 재료에 인접하게 재료를 부착한다. 이러한 추가적인 재료는 층 내에서 이전에 방출된 재료에 의해 지지되지 않기 때문에 약간 처질 수 있지만, 제2 패턴 사용 중 형성된 스와스를 제1 패턴 사용 중 형성된 스와스보다 약간 넓게 만드는 데에 충분한 일관성(coherency)을 갖는다. 이러한 방식으로, 층의 천이 영역에서의 스와스의 폭이 증가될 수 있다. 이러한 동일한 층에서의 패턴을 후속적으로 사용하면, 직전에 사용한 것과 동일한 노즐이 개방되거나 추가 노즐이 개방된다. 패턴의 최종 사용 중 노즐 모두가 개방되거나 패턴의 사용 중 미리 설정된 스와스 폭이 도달될 때까지 층에서의 패턴의 사용이 계속된다. 선택 패턴의 후속적인 사용을 위해 추가적인 노즐을 개방하는 것 이외에도, 압출기 경로는 선택 패턴의 직전의 사용 중 뒤따르는 경로로부터 미리 설정된 양만큼 오프셋될 수 있다. 패턴의 사용 중 추가될 수 있는 추가적인 개방 노즐로부터 방출된 재료와 결합된 이러한 오프셋은 접합 형성을 돕는다. 층 내의 천이 영역에서 패턴이 한 번 또는 여러 번 사용된 후, 제어기는 압출기를 층 내의 다른 영역으로 이동시켜 조밀 충전, 회박 충전, 또는 천이 충전 백분율로 재료를 압출한다.

[0042] 제어기(128)는 제조되고 있는 물체의 천이 영역 내에서의 압출기(108)의 이동을 위해 패턴(408)을 선택하는 프로그래밍된 명령으로 구성된다. 전술한 바와 같이, 이러한 패턴은 패턴 내의 정사각형 사이의 영역 내에 짝수 개의 스와스, 즉, 2개의 스와스를 형성하여, 패턴(408)에 부합하는 넓어지는 천이 스와스가 전술한 바와 같이 형성될 수 있게 하는 데에 사용된다. 미리 설정된 개수의 층에 대해 두 개의 스와스가 일단 형성되면, 이전에 발생된 천이 스와스에 걸친 압출기 이동을 위해, 제어기(128)가 패턴(412)을 선택한다. 이러한 패턴은 홀수 개의 스와스, 즉, 3개의 스와스를 형성하여 패턴(412)에 부합하는 넓어지는 천이 스와스가 층 내에 형성될 수 있게 하는 데에 사용된다. 3개의 스와스가 형성되면, 제어기(128)는 이전에 발생된 천이 스와스에 걸친 압출기 이동을 위한 패턴(416)을 선택한다. 이러한 패턴은 짝수 개의 스와스, 즉, 4개의 스와스를 형성하여 패턴(416)에 부합하는 넓어지는 천이 스와스가 층 내에 형성될 수 있게 하는 데에 사용된다. 일단 3개의 스와스가 형성되면, 제어기(128)는 이전에 발생된 천이 스와스에 걸친 압출기 이동을 위한 패턴(420)을 선택한다. 이러한 패턴은 홀수 개의 스와스, 즉, 5개의 스와스를 형성하여 패턴(420)에 부합하는 넓어지는 천이 스와스가 서로 형성될 수 있게 하는 데에 사용된다. 5개의 스와스가 형성되면, 제어기(128)는 이전에 발생된 천이 스와스에 걸친 압출기 이동을 위한 패턴(424)을 선택한다. 이러한 패턴은 천이 영역 내의 천이 스와스 및 내부 영역 내의 회박 충전 스와스를 덮는 조밀 충전면을 형성하는 데에 사용된다. 또한, 패턴(424)은 스와스 사이의 개방 영역을 가교하는 데에 사용될 수 있다. 형성된 각 스와스에 대해 개방된 노즐 모두를 갖는 압출기를 이동시키도록 패턴(424)을 사용하고, 하위 스와스 사이의 개방 영역에 걸쳐 압출기의 이동을 감속하는 것은 스와스 사이에 가교를 형성한다. 이러한 가교 공정은 통상적으로 알려진 3D 압출 제조이며, 물체의 임의의 층 사이의 개구가 가교 재료가 개구 내로 떨어질 수 있게 하도록 크지 않다면 개구를 가교하는 데에 사용될 수 있다. 상술한 바와 같이 천이 패턴(408 내지 420)에 대응하는 재료로 덮인 회박 충전 내부 영역의 예가 도 5b의 저부에 도시된다.

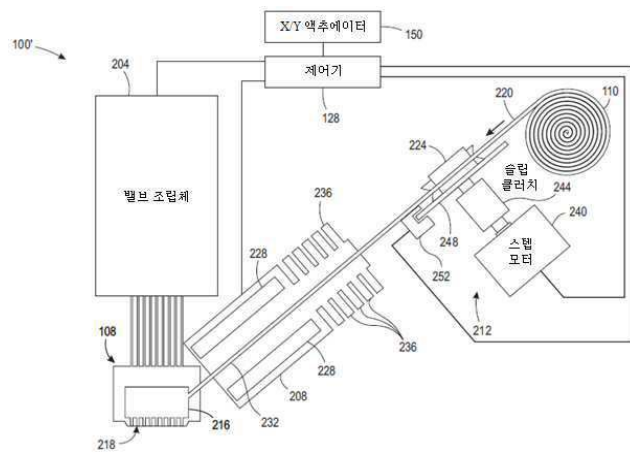
[0043] 도 6은 3D 물체의 내부 영역을 충전하고 이들 영역에 지지 구조를 형성하기 위해 회박 충전 지그재그 패턴 및 천이 패턴을 기준으로 압출기를 이동 및 작동시키기 위한 공정(600)의 블록도를 도시한다. 이하의 설명에서, 기능 또는 동작을 수행하는 공정(600)에 대한 기준은 프린터의 다른 부품과 연관되는 기능 또는 작용을 수행하도록 저장된 프로그램 명령을 실행하기 위한 제어기(128)와 같은 제어기의 작동을 지칭한다. 예시적인 목적을 위해 도 1의 프린터(100') 및 도 2의 프린터(100'')와 관련하여 공정(600)이 설명된다.

[0044] 공정(600)은 제어기에 작동되게 연결된 메모리로부터 제어기가 물체층 데이터 및 압출기 제어 데이터를 검색하는 것으로 시작한다(블록(604)). 제어기는 물체층 내의 영역을 조밀 충전 영역, 회박 충전 영역 또는 천이 영역으로 식별한다(블록(608)). 식별된 조밀 충전 영역에 대하여, 적절한 조밀 충전 패턴이 선택되고 압출기 밸브가

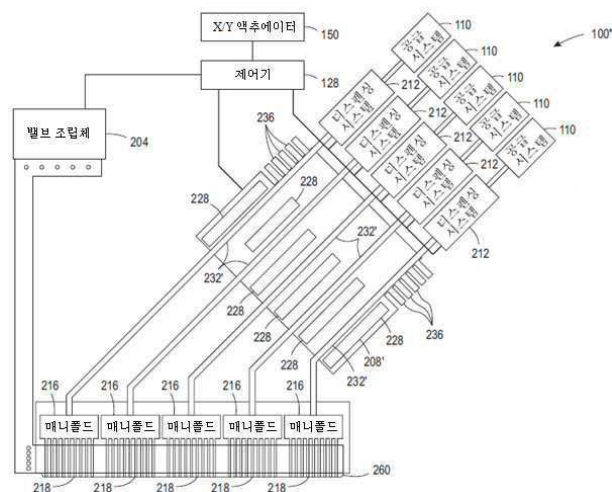
작동되는 동안 압출기를 안내하는 데에 사용된다(블록(612)). 식별된 회박 충전 내부 영역에 대해, 적절한 지그 재그 패턴이 선택되고 압출기 밸브가 작동되는 동안 압출기를 안내하는 데에 사용된다(블록(616)). 식별된 천이 영역에 대해, 적절한 천이 패턴이 선택되고 압출기 밸브가 작동되는 동안 압출기를 안내하는 데에 사용된다(블록(620)). 영역에 대해 적절한 패턴을 사용하여 스와스가 영역에 일단 형성되면, 공정은 다른 영역이 층 내에 형성될 지 여부를 결정한다(블록(624)). 다른 영역이 층에 형성되는 경우, 영역 타입이 식별되고(블록 608), 적절한 패턴이 선택되며 식별된 영역에 스와스를 형성하는 데에 사용된다(블록 612, 616 또는 620). 층에 다른 영역이 형성되지 않으면, 공정은 다른 층이 형성될 지 여부를 결정한다(블록 628). 그렇다면, 물체층 데이터 및 압출기 제어 데이터가 검색되고(블록 604), 층 내의 영역이 처리된다(블록 608 내지 624). 물체층 데이터가 모두 처리되면(블록 628), 공정이 정지된다.

도면

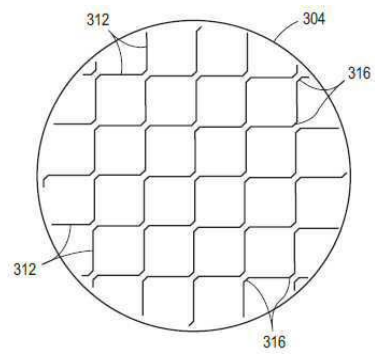
도면1



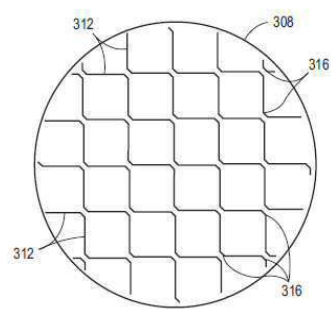
도면2



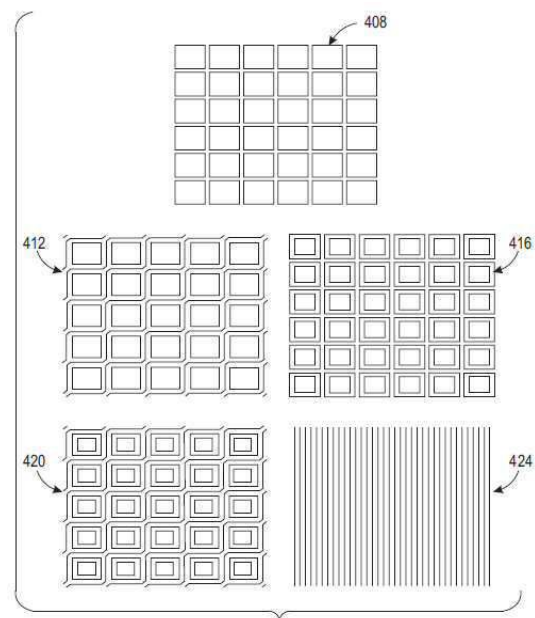
도면3a



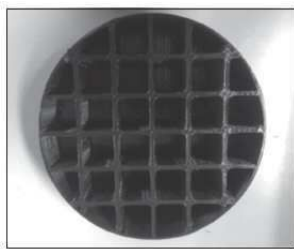
도면3b



도면4



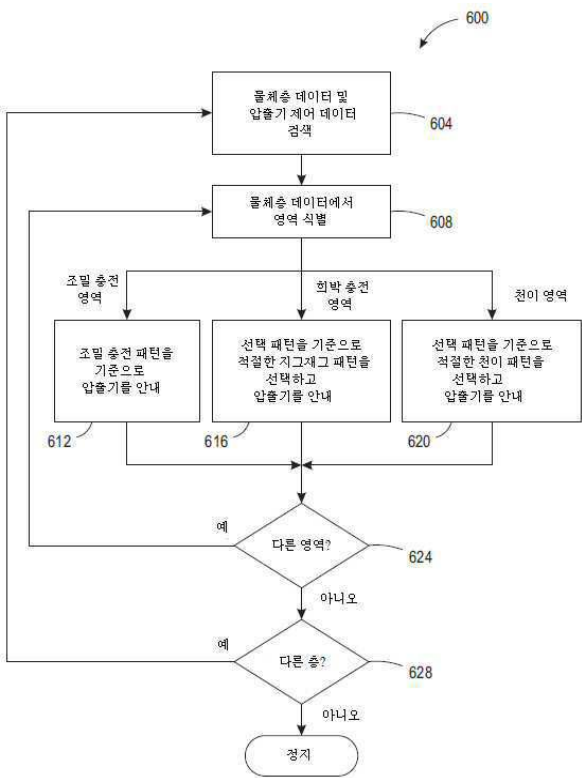
도면5a



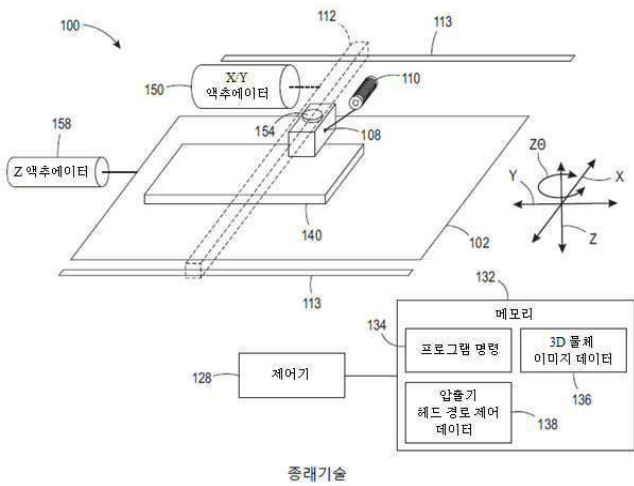
도면5b



도면6



도면7



도면8

