



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0024445
(43) 공개일자 2019년03월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B29C 64/393 (2017.01) B33Y 10/00 (2015.01)
B33Y 50/02 (2015.01)

(52) CPC특허분류
B29C 64/393 (2017.08)
B33Y 10/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0111440

(22) 출원일자 2017년08월31일

심사청구일자 2017년08월31일

(71) 출원인
서울대학교산학협력단
서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)

광주과학기술원
광주광역시 북구 첨단과기로 123 (오룡동)

(72) 발명자
서해원
광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과
학기술원 기계공학부

이용구
광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과
학기술원 기계공학부
(뒷면에 계속)

(74) 대리인
김기문

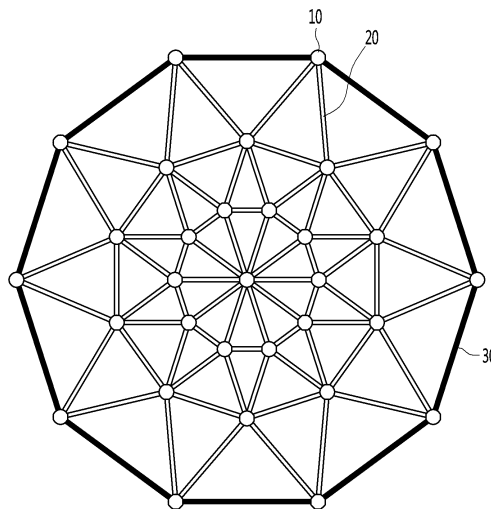
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 가변형 3차원 프린팅을 위한 구조 및 설계 방법

(57) 요약

4차원 프린팅을 위한 설계 방법이 개시된다. 본 발명의 일 실시 예에 다른 4차원 프린팅을 위한 설계 방법은 특정 조건에서 변형하지 않는 바운더리, 상기 바운더리 내부에 특정 조건에서 변형하는 거동기, 복수의 거동기 또는 바운더리를 연결하는 코어를 포함하는 평면 형상의 3차원 구조를 설계하는 방법을 포함하며, 상기 코어는 상기 거동기의 변형에 다른 거동기간 굽힘 각도를 조절하도록 설계된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
B33Y 50/02 (2013.01)

주형준
서울특별시 관악구 봉천로 387, 109-1101

(72) 발명자
조규진
서울특별시 관악구 청룡길 78, 103동 602호(봉천동, 풍림아파트)

이대영
서울특별시 관악구 낙성대역10길 23-8, 304호(봉천동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	NN16350
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	정보통신기술진흥센터
연구사업명	IT·SW융합산업원천기술개발
연구과제명	창의소재 활용이 가능한 3D 프린팅 콘텐츠 형상관리 시뮬레이터 연구
기 여 율	1/1
주관기관	광주과학기술원
연구기간	2016.06.01 ~ 2017.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

특정 조건에서 스스로 변형하는 4차원 프린팅 구조에 있어서,
특정 조건에서 변형하지 않는 바운더리;
상기 바운더리의 내부에 마련되며, 특정 조건에서 변형하는 거동기; 및
복수의 거동기 또는 바운더리를 연결하는 코어를 포함하고,
상기 코어는 상기 거동기의 변형에 따른 거동기간 굽힘 각도를 조절하는
4차원 프린팅 구조.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 거동기는
특정 조건에서 팽창하는 제1층과 특정 조건에서 팽창하지 않는 제2층이 이중 레이어로 형성되는
4차원 프린팅 구조.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 거동기는
특정 조건에서 팽창하는 제1부분과 상기 제1 부분을 특정 조건에서 팽창하지 않는 제2 부분이 둘러싸도록 제공
되는
4차원 프린팅 구조.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 코어는 상대적으로 단단한 소재로 구성되는 제3 부분과 상기 제3 부분에 비해 상대적으로 유연한 소재로
구성되는 제4 부분을 포함하는
4차원 프린팅 구조.

청구항 5

제 4 항에 있어서,
상기 제4 부분의 일면은 상기 제3 부분의 형상과 대응되는
4차원 프린팅 구조.

청구항 6

특정조건에서 원하는 형상으로 변화하는 4차원 프린팅 구조 설계 방법에 있어서,
특정 조건에서 변형하지 않는 바운더리, 상기 바운더리 내부에 특정 조건에서 변형하는 거동기, 복수의 거동기
또는 바운더리를 연결하는 코어를 포함하는 평면 형상의 3차원 구조를 설계하는 방법을 포함하며,
상기 코어는 상기 거동기의 변형에 따른 거동기간 굽힘 각도를 조절하도록 설계되는

4차원 프린팅 구조 설계 방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 거동기를 설계하는 단계는,

특정 조건에서 팽창하는 팽창부와 특정 조건에서 팽창하지 않는 비팽창부를 2종의 레이어로 각각 설계하는 단계를 포함하는

4차원 프린팅 구조 설계 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 거동기를 설계하는 단계는

상기 거동기의 굽힘 정도를 조절하기 위해 상기 팽창부와 상기 비팽창부의 두께간 비율을 조절하는 단계를 포함하는

4차원 프린팅 구조 설계 방법.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 거동기를 설계하는 단계는

특정 조건에서 팽창하는 제1부분과 상기 제1 부분을 특정 조건에서 팽창하지 않는 제2 부분이 둘러싸도록 설계하는 단계를 포함하는

4차원 프린팅 구조 설계 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 거동기를 설계하는 단계는

상기 거동기의 굽힘 정도를 조절하기 위해 상기 제1 부분에 포함되는 특정 조건에서 변형하는 소재 비율을 조절하는 단계를 포함하는

4차원 프린팅 구조 설계 방법.

청구항 11

제 6 항에 있어서,

상기 코어를 설계하는 단계는

상대적으로 단단한 소재로 구성되는 제3 부분과 상기 제3 부분에 비해 상대적으로 유연한 소재로 구성되는 제4 부분을 포함하도록 코어를 설계하는 단계를 포함하는

4차원 프린팅 구조 설계 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 코어를 설계하는 단계는

상기 거동기의 굽힘 정도를 조절하기 위해 상기 제4 부분의 두께를 조절하는 단계를 포함하는

4차원 프린팅 구조 설계 방법.

청구항 13

제 6 항에 있어서,

원하는 형상을 평면화한 3차원 구조를 설계하는 방법은,

원하는 형상으로부터 바운더리를 추출하는 단계;

추출한 바운더리가 평면일 경우, 원하는 형상에 대한 메쉬를 이루는 삼각형의 정점에 대한 가중치 행렬을 정의하는 단계;

상기 가중치 행렬을 이용하여 상기 삼각형을 평면화하는 단계;

모든 삼각형이 평면화된 때, 평면의 메쉬를 이루는 삼각형이 원하는 형상으로 되기 위해 팽창되어야 하는 정도인 제1 값을 연산하는 단계;

상기 제1 값이 0보다 작은 모서리가 존재하는지 여부를 판단하는 단계; 및

상기 제1 값이 0보다 작은 모서리가 존재하는 경우, 제1 값이 0보다 작은 모서리가 없을 때까지 가중치 행렬을 재조정하는 단계를 포함하는

4차원 프린팅 구조 설계 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 가변형 3차원 프린팅(4차원 프린팅)을 위한 구조 및 설계 방법에 관한 것이다. 구체적으로, 스마트 재료를 포함하는 가변형 3차원 프린팅을 위한 구조 및 설계 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 3차원 프린팅은 프린터로 물체를 뽑아내는 기술을 말한다. 종이에 글자를 인쇄하는 기존 프린터와 비슷한 방식으로, 다만 입체 모형을 만드는 기술이라고 하여 3차원 프린팅이라고 부른다.

[0003] 보통 프린터는 잉크를 사용하지만, 3차원 프린터는 플라스틱을 비롯한 경화성 소재를 쓴다. 기존 프린터가 문서나 그림파일 등 2차원 자료를 인쇄하지만, 3차원 프린터는 3차원 모델링 파일을 출력 소스로 활용한다는 점도 차이점이다. 적게는 한두 시간에서 길게는 십여 시간이면 3차원 프린터에 입력한 모형을 완성할 수 있다.

[0004] 더하여, 3차원 프린팅된 물질의 형상이 상황에 따라 변화할 수 있다면, 이는 3차원 프린팅의 영역을 또 한번 크게 확장시켜 줄 것이다. 4차원 프린팅이라 명명된 이러한 기술을 위하여 스스로 움직일 수 있는 다양한 재료에 대한 연구가 진행 중이지만, 움직일 수 있는 구조를 설계하는 기술에 대해서는 아직 본격적인 연구가 시작되지 않았다.

[0005] 현존하는 설계 기술은 움직임이 2차원 적으로 제약이 있거나, 단순한 형태의 선이 뭉치거나 평면에 굴곡을 만드는 듯 그 변화의 범위가 제한적이기 때문에 실제로 활용되기에는 큰 제약이 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 특정 조건에서 변형하는 소재를 활용하여 다양한 형태로 변화할 수 있는 3차원 프린팅 구조 및 그 설계 방법을 제안 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 4차원 프린팅을 위한 설계 방법이 개시된다. 본 발명의 일 실시 예에 따른 4차원 프린팅을 위한 설계 방법은 특정 조건에서 변형하지 않는 바운더리, 상기 바운더리 내부에 특정 조건에서 변형하는 거동기, 복수의 거동기 또는 바운더리를 연결하는 코어를 포함하는 평면 형상의 3차원 구조를 설계하는 방법을 포함하며, 상기 코어는 상기 거동기의 변형에 다른 거동기간 굽힘 각도를 조절하도록 설계된다.

발명의 효과

[0008] 본 발명의 일 실시 예에 따른 3차원 프린팅 구조를 이용하여 4차원 프린팅을 통해 다양한 형태를 제한 없이 제작할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0009] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 4차원 프린팅 구조를 나타낸다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 코어의 구조를 나타낸다.
- 도 3은 상술한 제2 부분에 대한 구체적인 실시 예를 나타낸다.
- 도 4는 코어의 필요성을 보여주는 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 거동기를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 4차원 프린팅 구조의 설계 방법을 나타내는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0010] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시예를 상세하게 설명한다. 그러나 본 발명의 사상은 이하의 실시예에 제한되지 아니하며, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에 포함되는 다른 실시예를 구성요소의 부가, 변경, 삭제, 및 추가 등에 의해서 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본 발명 사상의 범위 내에 포함된다고 할 것이다.
- [0011] 첨부 도면은 발명의 사상을 이해하기 쉽게 표현하기 위하여 전체적인 구조를 설명함에 있어서는 미소한 부분은 구체적으로 표현하지 않을 수도 있고, 미소한 부분을 설명함에 있어서는 전체적인 구조는 구체적으로 반영되지 않을 수도 있다. 또한, 설치 위치 등 구체적인 부분이 다르더라도 그 작용이 동일한 경우에는 동일한 명칭을 부여함으로써, 이해의 편의를 높일 수 있도록 한다. 또한, 동일한 구성이 복수 개가 있을 때에는 어느 하나의 구성에 대해서만 설명하고 다른 구성에 대해서는 동일한 설명이 적용되는 것으로 하고 그 설명을 생략한다.
- [0012] 실시예를 설명함에 앞서서 4차원 프린팅에 대하여 설명한다.
- [0013] 4차원 프린팅은 형상기억합금 또는 수지 등을 재질로 하는 같은 스마트 재료를 얇은 2D의 형상으로 3차원 프린터를 이용하여 출력하고, 출력된 물체가 시간 또는 주변 환경이 변함에 따라서 목적하는 다른 모양으로 변하도록 하는 것이다. 어떤 조건에서 어떤 모양으로 변하도록 할지는 미리 프로그래밍하여 설계할 수 있다. 이때 변형 조건은, 열, 진동, 중력, 수분, 빛, 및 pH 등 다양한 환경이나 에너지원이 될 수 있다. 4차원 프린팅은 종래 3차원 프린팅에서 큰 문제였던 제조시간의 단축 등의 측면에서 산업적인 사용가능성이 크게 기대되는 분야라고 할 수 있다.
- [0014] 이하에서 설명하고자 하는 본 발명은 가변형 3차원 프린팅(4차원 프린팅)을 위한 구조 설계에 관한 것이다. 구조가 원하는 형상으로 변형할 수 있도록 설계하는 기술은 4차원 프린팅의 핵심 기술 중 하나이다. 본 발명에서는 3차원 프린팅이 가능한 굽힘 구동기를 특수 설계된 코어 구조를 중간 연결 부위로 사용하여 트러스 형태로 연결함으로써, 기존 보다 월등히 다양한 형태로 변화할 수 있는 요소 구조를 제안한다.
- [0015] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 4차원 프린팅 구조를 나타낸다.
- [0016] 도 1에 도시된 바와 같이 본 발명의 일 실시 예에 따른 4차원 프린팅 구조(1)는 코어(10), 거동기(20) 및 바운더리(30)를 포함할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시 예에 따른 4차원 프린팅 구조(1)는 평면 형상을 갖는다. 다시 말해서 4차원 프린팅 구조는 최초 3차원 프린터에 의해 평면 형상(더욱 정확하게는 평면에 가까운)으로 인쇄된다. 일반적인 3차원 프린팅의 경우 상술한 바와 같이 3차원 형상이 모델링 되고, 프린터가 모델링된 3차원 형상에 따라 프린팅을 수행하여 원하는 형상을 제작한다. 그러나, 본 발명의 일 실시 예에 따른 가변형 3차원 프린팅 구조의 경우 3차원 형상을 고려한 평면 형상으로 최초 인쇄되며, 이후 특정 조건에서 거동기(20)의 형상 변화에 따라 원하는 형상으로 변화한다.
- [0018] 따라서, 처음부터 원하는 형상으로 프린팅할 필요가 없으며, 평면의 형상으로 제작된 프린팅 구조는 인쇄가 상대적으로 간단하며, 후대가 편리하다는 장점이 있다. 따라서, 평면의 형상으로 최초 제작한 뒤, 사용시에 특정

조건에 노출시켜 원하는 형상으로 변형시킬 수 있다.

- [0019] 이때, 코어(10)는 복수의 거동기(20)를 연결하는 부분이다. 코어(10)는 상대적으로 단단한 부분과 상대적으로 유연한 부분으로 구성된다. 코어(10)는 특정 조건에서 거동기(20)의 형상이 변화하는 경우 거동기간의 굽힘 각도를 조절한다. 코어(10)에 대한 상세한 설명은 이하에서 하도록 한다.
- [0020] 거동기(20)는 특정 조건에서 형상이 변화하는 부분이다. 거동기(20)는 특정 조건에서 형상이 변화하도록 구성되어 있다. 거동기(20)의 형상이 변화하면서, 최초의 평면 형상의 3차원 프린팅 구조가 제작하고자 하는 형상으로 변화한다. 거동기(20)에 대한 상세한 설명은 이하에서 하도록 한다.
- [0021] 바운더리(30)는 거동기(20)와 달리 어느 조건에서도 그 형상이 변하지 않는 부분이다. 바운더리(30)는 전체 형상에서 변형되지 않아야 하는 부분을 지칭한다. 바운더리(30)는 거동기(20)와 달리 특정 조건에서 형상이 변하지 않도록 구성되어 있다. 일반적으로 바운더리(30)가 형상의 외곽을 형성하며, 거동기가(20)가 코어(10)를 통해 연결되면서 바운더리(30)의 내부에 마련된다.
- [0022] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 코어의 구조를 나타낸다.
- [0023] 상술한 바와 같이 코어(10)는 거동기(20) 또는 바운더리(30)를 연결할 수 있다. 그리고, 코어(10)는 거동기(20) 또는 바운더리(30) 사이에서 거동기(20) 또는 바운더리(30)간 연결 각도를 조절할 수 있다. 이러한 연결 각도 조절을 위한 코어(10)의 구조를 이하에서 설명한다.
- [0024] 도 2에 도시된 바와 같이, 코어(10)는 제1 부분(11) 및 제2 부분(12)으로 구성된다. 여기에서 제2 부분(11)은 제1 부분(11)의 일면에 하나 이상으로 마련된다. 제1 부분(11)은 제2 부분(12)에 비해 상대적으로 단단한 물질로 구성된다. 제1 부분(11)은 거동기(20)간 굽힘 각도를 조절하는데 직접적인 역할을 수행하지는 않는다.
- [0025] 한편, 제1 부분(11)은 제2 부분(12)의 형상에 대응하는 형상을 가질 수 있다. 도 2의 예시로 설명하면, 제1 부분(11)이 구형의 형상을 갖는 경우, 제2 부분(12)은 구형의 형상에 대응하는 원호의 형상을 가질 수 있다. 따라서, 제2 부분(12)이 거동기(20)의 형상 변화에 의해 굽혀지는 경우 제1 부분(11)과 맞닿으면서 굽힘 정도가 조절될 수 있다.
- [0026] 제2 부분(12)은 제1 부분(11)의 일 단에 마련되며, 도 2에 예시된 바와 같이, 복수의 제2 부분(12)이 일직선 상에 마련될 수 있으나, 도 2의 예에 한정되지 않는다. 제2 부분(12)은 제1 부분(11)에 비해 상대적으로 유연한 물질로 구성된다. 따라서, 제2 부분(12)은 제2 부분(12)의 일단에 연결되는 거동기(20)의 움직임에 따라 휘어지며, 거동기(20)간의 굽힘을 제공할 수 있다.
- [0027] 도 3은 상술한 제2 부분에 대한 구체적인 실시 예를 나타낸다.
- [0028] 상술한 바와 같이, 제2 부분(12)은 상대적으로 유연한 물질로 구성되어 거동기(20)의 움직임에 따라 휘어진다. 다시 말해서, 제2 부분은 특정 수치 이하의 단단한 정도를 갖는 물질로 구성될 수 있다. 이때 제2 부분(12)의 두께를 통해 거동기(20)간 결합 각도를 조절할 수 있다.
- [0029] 도 3에 도시된 바와 같이, (a)의 제2 부분(12)이 (b)의 제2 부분(12)보다 상대적으로 얇게 제작되어 있는 것을 확인할 수 있다. 그리고 제2 부분(12)의 두께를 달리함으로써, 특정 조건에서 원하는 형상을 제작할 수 있다.
- [0030] 구체적으로, 제2 부분(12)이 두껍게 형성될수록 거동기(20)의 가동 범위가 줄어들어 결과적으로 거동기(20)간 결합각이 커진다. 반대로 제2 부분(12)이 얇게 형성될수록 거동기(20)의 가동 범위가 늘어나 결과적으로 거동기(20)간 결합각이 작아진다. 제2 부분(12)의 두께 조절을 통해 거동기(20)간 결합각을 조절할 수 있으며, 결과적으로, 이는 코어(10) 및 거동기(20)를 이용하여 특정의 원하는 형상을 제작할 수 있게 한다.
- [0031] 도 4는 코어의 필요성을 보여주는 도면이다.
- [0032] 만약, 특정의 조건에서 거동기(20)의 형상 변화에 따라 얻고자 하는 형상을 (a)라고 가정한다. 만약, 코어(10)가 없는 경우, 거동기(20)가 특정 조건에서 휘어지면서 (b)에 도시된 형상만을 형성할 수 밖에 없다. 그러나, (c)와 같이 코어(10)가 거동기(20)간에 형성되어 있는 경우, 코어(10)를 중심으로 거동기(20)가 휘어지며 원하는 결합각을 형성할 수 있다. 따라서, 코어(10)를 원하는 형상에 따라 적절히 배치하여 원하는 형상을 형성할 수 있다.
- [0033] 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 거동기를 설명하기 위한 도면이다.
- [0034] (a)는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 거동기(20) 구조이다. 제1 실시 예에 따른 거동기(20)는 도 5(a)에 도시된

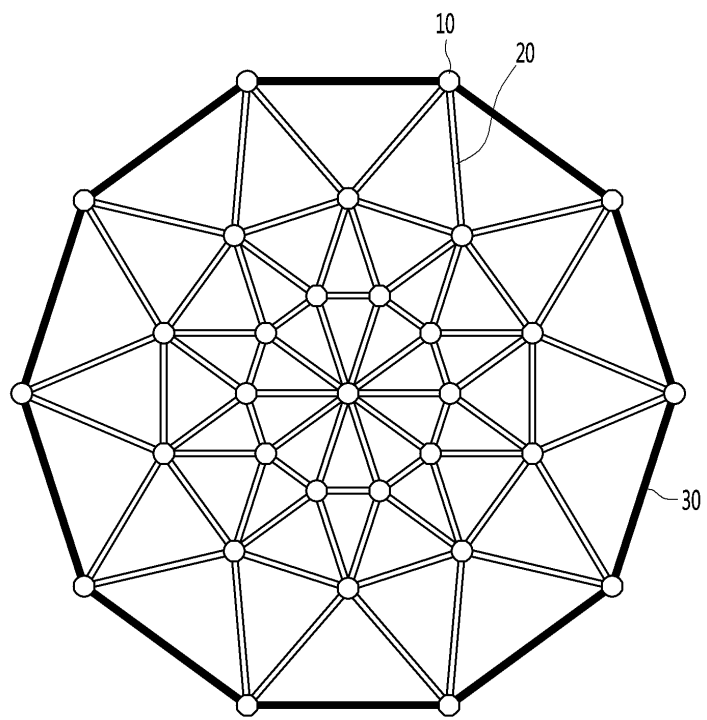
바와 같이, 특정 조건에서 수축율을 달리하는 두개의 서로 다른 물질로 이루어진 층이 연속적으로 프린팅되어 있다.

- [0035] 예를 들어, 제1 실시 예에 따른 거동기(20)는 복수의 층으로 구성될 수 있으며, 이때, 연속하는 복수의 층은 hydrogel 특성을 갖지 않는 비팽창부(21) 및 hydrogel 특성을 갖는 팽창부(22)로 각각 구성될 수 있다. 여기에서 hydrogel 특성이란 물이나 알코올 등과 같은 액체류에 노출되는 경우 팽창하는 성질을 말한다. 따라서, 제1 실시 예에 따른 거동기(20)는 액체류에 노출되는 경우 비팽창부(21) 및 팽창부(22)간의 수축율 차이에 따라 휘어진다. 이런구조외에 선형적으로 팽창하는 구조도 생각할 수 있는데 이럴 경우 팽창부(22)만 이루어진다. 참고로 선형적으로 팽창하는 구조가 없다면 도4-c와 같이 꺾적의 길이가 긴 결과를 도출할 수 없다.
- [0036] 이때, 비팽창부(21) 및 팽창부(22)의 구성에 따라 굽혀지는 정도를 조절할 수 있다. 예를 들어 비팽창부(21)와 팽창부(22)간 팽창비를 크게 할수록 거동기(20)간 굽힘 각도를 크게 할 수 있다. 또는 비팽창부(21)와 팽창부(22)간의 두께비를 조절하여 거동기(20)간 굽힘 각도를 조절할 수도 있다.
- [0037] 구체적으로, 비팽창부(21)는 hydrogel 특성을 갖지 않는바, 액체류에 노출되어도 팽창하지 않는다. 반면에 팽창부(22)는 hydrogel 특성을 갖는바, 액체류에 노출되는 경우 팽창한다. 결과적으로, 팽창부(22)만 액체류에 노출될 때 팽창하며 제1 실시 예에 따른 거동기가 휘어진다.
- [0038] (b)는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 거동기(20)의 구조이다. 제2 실시 예에 따른 거동기(20)는 도 5(b)에 도시된 바와 같이, 사각의 형상을 갖는 비팽창부(21) 및 비팽창부(21)의 사이에 마련되는 팽창부(22)로 구성된다. 상술한 바와 같이 특정 조건에서 비팽창부(21)와 팽창부(22)의 수축률 차이에 따라 거동기(20)가 휘어진다.
- [0039] 제2 실시 예의 경우, 사각의 틀 형상인 비팽창부(21)는 특정 조건에서 팽창하지 않으나, 팽창부(22)만이 특정 조건에서 팽창하여 팽창부(22)가 특정의 방향으로 휘어진다. 도 5(b)에서는 비팽창부(21)가 사각형 틀로 도시되어 있으나, 비팽창부(21)의 형상은 도 5(b)의 실시 예에 한정되지 않고 다른 형상의 틀도 가능하다.
- [0040] 이때, 팽창부(22)의 구성으로 굽힘 정도를 조절할 수 있다. 예를 들어, 팽창부(22)에 팽창률이 높은 물질을 사용하는 경우 팽창부(22)가 상대적으로 많이 굽혀질 수 있으며, 반대의 경우 팽창부(22)가 상대적으로 적게 굽혀질 수 있다.
- [0041] 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 4차원 프린팅 구조의 설계 방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0042] 4차원 프린팅 설계 방법은 3차원 프린팅 구조의 변형을 고려하는 설계 방법으로, 특정 조건에서 변형 전 평면의 3차원 프린팅 구조를 설계하는 방법이다.
- [0043] 인쇄하고자 하는 형상은 연속되는 무수히 많은 삼각형의 집합인 메쉬로 형상화될 수 있으며, 메쉬는 무수히 많은 꼭지점 및 모서리를 포함하고 있다. 여기에서 꼭지점 및 모서리의 개수가 많을수록 정교한 설계가 가능하나, 연산량이 많아지는 단점이 있을 수 있다.
- [0044] 먼저, 인쇄하고자 하는 형상에서 바운더리를 추출한다(S101). 여기에서 바운더리는 상술한 바와 같이, 특정 조건에서 변형되지 않는 부분으로 4차원 프린팅에서 틀 역할을 할 수 있다.
- [0045] 추출된 바운더리가 평면인지 여부를 판단한다(S103). 구체적으로 제작하고자 하는 3D 형상에서 추출한 바운더리가 평면인지 여부를 판단한다.
- [0046] 일 실시 예에서, 추출한 바운더리가 평면이 아닐 경우, convex polygon을 생성한다(S105).
- [0047] 또 다른 실시 예에서, 추출한 바운더리가 평면일 경우, 메쉬를 이루는 삼각형의 정점에 대한 가중치 행렬을 정의한다(S107).
- [0048] 가중치 행렬을 이용하여 3차원 형상의 메쉬를 이루는 삼각형들을 평면화 한다(S109). 구체적으로 정점의 x,y,z 값 중 z 값을 0으로 하는 연산을 가중치 행렬을 이용하여 수행한다. 평면화에 대한 구체적인 내용은 M. Botsch et al, Polygon Mesh Processing (2010)을 참고한다.
- [0049] 모든 삼각형이 평면화되었는지 확인한다(S111).
- [0050] 일 실시 예에서 모든 삼각형이 평면화된 경우, 평면 메쉬의 모서리가 제작하고자 하는 3차원 형상으로 되기 위해 팽창되어야 하는 정도(LE, Length Expansion Factor)를 계산한다(S113). 이때, LE는 평면화된 메쉬의 모서리와 평면화 전 모서리를 비교하여 획득할 수 있다.

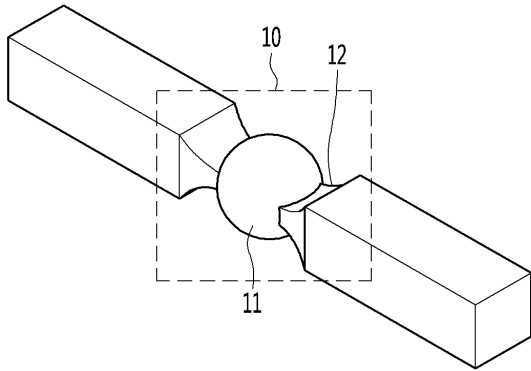
- [0051] 이때, LE가 0 보다 작은 모서리가 존재하는지 여부를 판단한다(S115).
- [0052] 본 발명의 일 실시 예에 따른 팽창 소재를 사용한 4차원 프린팅의 경우, 소재가 원래보다 팽창하여 LE가 0보다 큰 경우만 존재할 수 있다. 따라서 LE가 0보다 작은 경우 이를 보정하는 작업이 필요하다.
- [0053] 일 실시 예에서 LE가 0보다 작은 모서리가 존재하는 경우, 가중치 행렬을 재조정한다(S117). 가중치 행렬의 재조정은 기존에 사용한 가중치 행렬에 특정 값을 보정하는 방식으로 가능하다. 그리고 가중치의 재조정은 모든 모서리의 LE가 양의 값을 가질 때($LE > 0$)까지 반복된다. 구체적으로 재조정된 가중치에 의해 정점의 좌표가 변경될 수 있으며, 변경된 좌표에 따른 정점들이 구성하는 삼각형이 평면화되었을 때의 LE를 다시 연산하여 모든 모서리에 대한 LE가 0보다 큰지 여부를 판단할 수 있다.
- [0054] 전술한 본 발명은, 프로그램이 기록된 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체는, 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체의 예로는, HDD(Hard Disk Drive), SSD(Solid State Disk), SDD(Silicon Disk Drive), ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광 데이터 저장 장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어, 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한, 상기 컴퓨터는 단말기의 제어부(180)를 포함할 수도 있다. 따라서, 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

도면

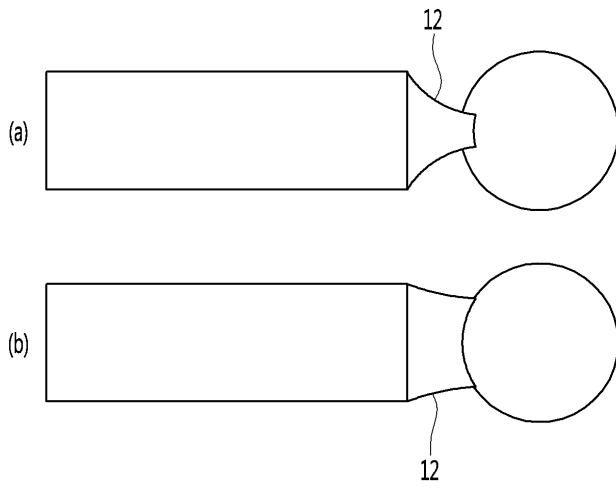
도면1



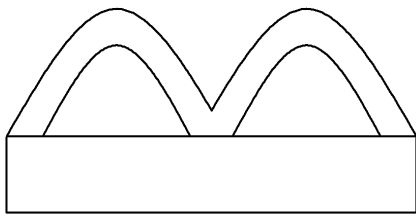
도면2



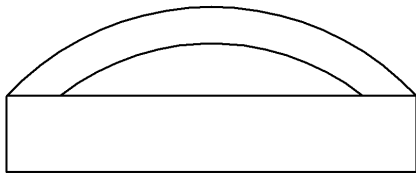
도면3



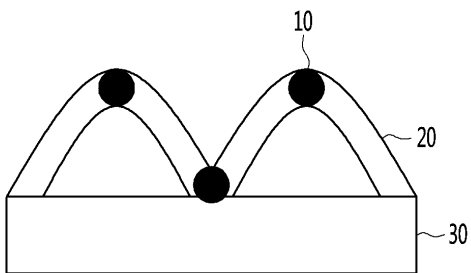
도면4



(a)

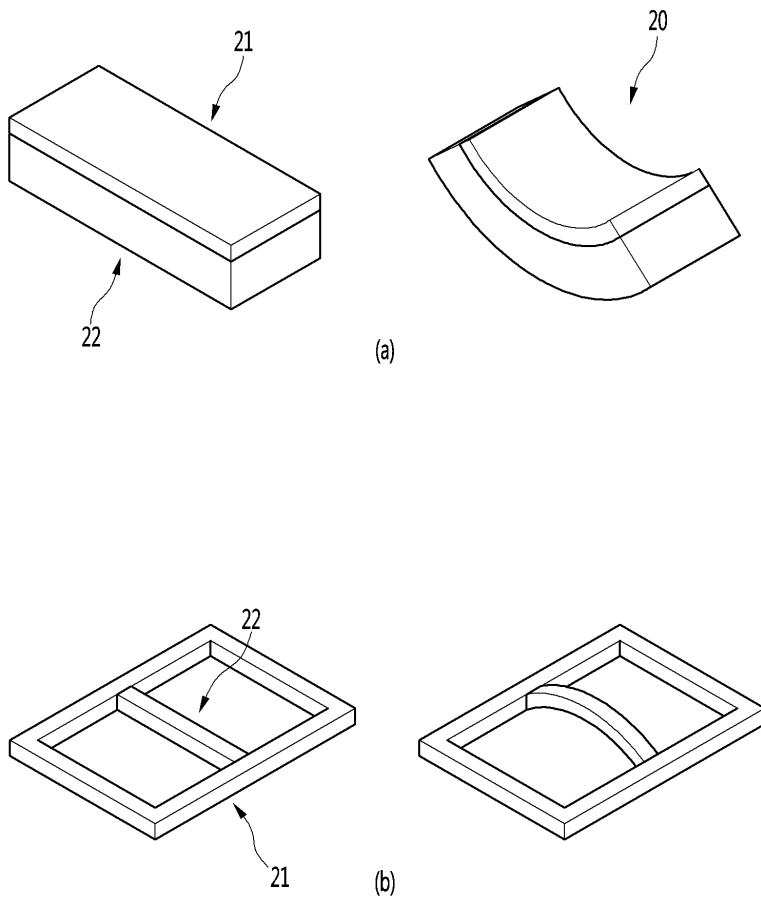


(b)



(c)

도면5



도면6

