



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년07월17일  
(11) 등록번호 10-1961491  
(24) 등록일자 2019년03월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B32B 3/12 (2006.01) B32B 7/02 (2019.01)  
(21) 출원번호 10-2012-0091932  
(22) 출원일자 2012년08월22일  
심사청구일자 2017년07월31일  
(65) 공개번호 10-2013-0021345  
(43) 공개일자 2013년03월05일  
(30) 우선권주장  
13/214,848 2011년08월22일 미국(US)  
13/588,826 2012년08월17일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP07156319 A\*  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
더 보잉 컴파니  
미국, 일리노이스 60606, 시카고, 100 노스 리버  
사이드 플라자  
(72) 발명자  
딘, 토마스 에이.  
미국, 워싱턴주 98038, 메이플 밸리, 사우스이스  
트 245 스트리트 21512  
베네데티, 브렌다 씨.  
미국, 워싱턴주 98103, 시애틀, 노스 78 스트리트  
719  
(74) 대리인  
김윤배

전체 청구항 수 : 총 14 항

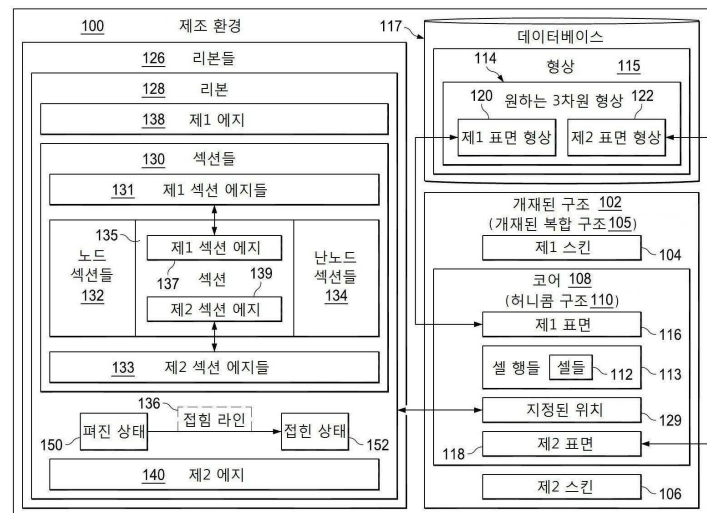
심사관 : 이민우

(54) 발명의 명칭 허니콤 구조와 그 형성방법

(57) 요약

본 발명은, 리본이 접혀진 상태일 때 허니콤 구조를 형성하는 데 사용하도록 구성된 리본을 형성하기 위한 방법과 장치에 관한 것이다. 리본은 제1 에지와 제2 에지를 포함한다. 리본이 접혀지지 않은 상태일 때, 제1 에지의 적어도 하나의 부위는 제2 에지의 적어도 하나의 부위와 평행하지 않다.

대표도



(56) 선행기술조사문헌

EP00474161 A2

JP07186311 A

JP10156983 A

JP2011519752 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

일련의 리본(128)이 접힌 상태(152)일 때 코어(200)를 형성하여 허니콤 구조(110)를 형성하는 데 사용하도록 구성된 리본(128)으로서, 상기 리본(128)은,

제1 에지(138);

제2 에지(140); 및

각각이 접힘라인(136)에 의해 한정되는 제1 섹션 에지(137)와 제2 섹션 에지(139)를 포함하고서 상기 리본(128)을 따라 연속하여 교대로 배치된 복수의 섹션(130);을 포함하고,

상기 리본(128)이 퍼진 상태(150)일 때, 상기 제1 에지(138)의 적어도 하나의 부위가 제2 에지(140)의 적어도 하나의 부위와 평행하지 않고,

상기 리본(128)이 퍼진 상태(150)일 때, 상기 복수의 섹션(130)의 적어도 하나의 섹션의 상기 제1 섹션 에지(137)는 상기 복수의 섹션(130)의 적어도 다른 하나의 섹션의 제2 섹션 에지(139)와 평행하지 않고,

상기 복수의 섹션(130)은 복수의 노드 섹션(132)과 복수의 난노드 섹션(134)을 추가로 포함하고, 복수의 노드 섹션(132)과 복수의 난노드 섹션(134)은 상기 리본(128)을 따라 엇갈리게 배치된 것을 특징으로 하는 리본.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 허니콤 구조(110)는,

제1 표면(116);과

상기 제1표면(116)에 불연속적인 제2 표면(118);을 추가로 포함하고,

상기 제1 표면(116)의 적어도 하나의 부위가, 제2 표면(118)의 적어도 하나의 부위와 평행하지 않은 것을 특징으로 하는 리본.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 리본(128)이 접힌 상태(152)일 때, 상기 제1 에지(138)는 제1 윤곽을 갖도록 되고 또 상기 제2 에지(140)는 제2 윤곽을 갖도록 된 것을 특징으로 하는 리본.

#### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 제1 윤곽을 갖는 제1 에지(138)는 허니콤 구조(110)의 제1 표면(116)의 적어도 일부를 형성하고, 또 상기 제2 윤곽을 갖는 제2 에지(140)는 허니콤 구조(110)의 제2 표면(118)의 적어도 일부를 형성하는 것을 특징으로 하는 리본.

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 복수의 노드 섹션(132)과 복수의 난노드 섹션(134)은, 복수의 노드 섹션(132)의 하나의 노드 섹션이 복수의 노드 섹션(132)의 다른 노드 섹션에 인접하지 않고, 또 복수의 난노드 섹션(134)의 하나의 난노드 섹션이 복수의 난노드 섹션(134)의 다른 난노드 섹션에 인접하지 않는 것을 특징으로 하는 리본.

#### 청구항 7

제1항에 있어서, 상기 리본(128)이 퍼진 상태(150)일 때, 상기 복수의 노드 섹션(132)의 각 노드 섹션의 제1 섹션 에지(137)와 제2 섹션 에지(139)는 직선상이고 또 평행하고,

상기 리본(128)이 퍼진 상태(150)일 때, 상기 복수의 난노드 섹션(134)의 각 노드 섹션의 제1 섹션 에지(137)와 제2 섹션 에지(139)는 만곡되고 또 평행하지 않은 것을 특징으로 하는 리본.

#### 청구항 8

제7항에 있어서, 상기 리본(128)은 접혀지도록 되고 또 리본(128)의 복수의 노드 섹션(132)의 적어도 일부는 허니콤 구조(110)의 복수의 셀(112)을 형성하기 위하여 서로 결합되는 것을 특징으로 하는 리본.

#### 청구항 9

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수의 섹션(130)의 적어도 하나의 섹션은 제1 곡률 반경을 갖는 제1 섹션 에지(137)와 제2 곡률 반경을 갖는 제2 섹션 에지(139)를 포함하고, 또 제1 곡률 반경과 제2 곡률 반경은 서로 다른 것을 특징으로 하는 리본.

#### 청구항 10

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수의 섹션(130)의 적어도 하나의 섹션은 적어도 하나의 섹션 에지를 따라 변하는 곡률 반경을 갖는 적어도 하나의 섹션 에지를 포함하는 것을 특징으로 하는 리본.

#### 청구항 11

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 리본(128)은 복수의 셀(112)의 적어도 일부를 형성하기 위하여 다른 리본과 결합하도록 된 것을 특징으로 하는 리본.

#### 청구항 12

복수의 셀(112)을 포함하는 허니콤 구조(110)를 형성하기 위한 방법으로서,

적어도 하나의 리본(128)이 퍼진 상태(150)일 때, 적어도 하나의 리본(128)의 제1 에지(138)의 적어도 하나의 부위가 적어도 하나의 리본(128)의 제2 에지(140)의 적어도 하나의 부위와 평행하지 않도록 적어도 하나의 리본(128)의 제1 에지(138)와 제2 에지(140)를 형성하는 단계;

각각이 제1 섹션 에지(137)와 제2 섹션 에지(139)를 포함하는 복수의 섹션(130)을 상기 리본(128)을 따라 연속하여 교대로 배치하여, 상기 복수의 섹션(130)의 적어도 하나의 섹션의 상기 제1 섹션 에지(137)는 상기 복수의 섹션(130)의 적어도 다른 하나의 섹션의 제2 섹션 에지(139)와 평행하지 않도록 성형하는 단계;

상기 복수의 노드 섹션(132)과 복수의 난노드 섹션(134)을 상기 리본(128)을 따라 엇갈리게 배치하는 단계; 및  
접힌 상태(152)의 적어도 하나의 리본(128)을 사용하여 복수의 셀(112)을 적어도 부분적으로 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 13

제12항에 있어서, 상기 복수의 셀(112)을 적어도 부분적으로 형성하는 단계는, 적어도 하나의 리본(128)의 퍼진 상태(150)를 접힌 상태(152)로 변경하기 위하여 적어도 하나의 리본(128)을 접는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 14

제12항에 있어서, 상기 복수의 셀(112)을 적어도 부분적으로 형성하는 단계는, 복수의 셀(112)을 적어도 부분적으로 형성하기 위하여, 접힌 상태(152)의 적어도 하나의 리본(128)의 상기 복수의 노드 섹션(132)들을 서로 결합하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 15

제12항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 복수의 셀(112)을 적어도 부분적으로 형성하기 위하여, 적어도 하나의 리본(128)의 상기 복수의 노드 섹션(132)들을 적어도 하나의 다른 리본의 다른 노드 섹션과 서로 결합하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 허니콤 구조와 같은 구획식 구조(cellular structure)에 관한 것으로, 특히, 비평면형을 가지는 구획식 구조에 관한 것이다. 더욱 자세하게는, 본 발명은 상기 구획식 구조가 3차원(3D) 형상을 가지도록 접혀져서 결합되는 리본을 사용하여 구획식 구조를 형성하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 허니콤 구조는 여기서 "허니콤 코어", "코어 재료" 또는 단순히 "코어"로 지칭되는데, 일반적으로 원하는 형태로 형성된 복수의 사각형 또는 육각형의 셀(cell)을 구비한다. 허니콤 구조는 허니콤 형태의 낮은 밀도에 기인한 중량 대비 높은 강성 때문에 구조적 지지재로 자주 사용된다.

[0003] 허니콤 구조는 일반적으로 금속이나 종이와 같은 얇고 평평한 기본재료로부터 만들어진다. 상기 평평한 기본재료는 좁고 길다란 스트립이나 리본으로 잘려져 반육각형의 마루(peaks)와 골(troughs)을 가진 성형된 스트립으로 굽혀지거나 접혀진다. 예를 들어, 길다란 스트립 재료에는 규칙적인 간격으로 라인을 그을 수 있다. 규칙적인 육각형의 셀을 형성하기 위하여, 상기 라인은 스트립의 단부에 대해 평행하고, 상기 재료는 상기 라인을 따라 한 방향으로 두 번, 반대방향으로 두 번, 약 60도로 접히기를 연속적으로 반복한다.

[0004] 최종적으로 접힌 스트립은 접착제, 스폿 용접, 납땜 기술이나 다른 결합방법을 사용하여 서로 결합하여 일련의 육각형 셀을 구비하는 구조를 형성하여, 평평한 또는 실질적으로 평면의 허니콤 구조를 형성하게 된다. 허니콤 구조의 셀은 일반적으로 육각형이지만, 허니콤 구조는 육각이 아닌 형태의 셀로 형성될 수도 있다.

[0005] 최종적인 허니콤 구조는, 구조의 평면에 수직인 방향으로 배치된 벽을 구비하는 셀을 가지는 실질적으로 평면 구조로 이루어지고, 허니콤 셀의 벽에 평행한 방향으로 큰 하중을 지지할 수 있는 반면, 셀 내부는 재료가 비어 있기 때문에 경량이 될 수 있다.

[0006] 많은 실제 적용에 있어서, 비평면형 허니콤 구조를 형성하는 것이 바람직할 것이다. 허니콤 구조를 특별한 비평면 형상으로 형성하기 위한 많은 방법과 장치가 개발되었다.

[0007] 예를들어, 한정하는 것은 아니지만, 곡면의 허니콤 구조를 형성하기 위한 현재 적용가능한 몇 가지 방법은 예비 성형된 평평한 허니콤 구조로 시작하여 이 평평한 허니콤 구조를 비평면의 원하는 형상으로 물당하거나 형성한다.

[0008] 하나의 예시적인 실시예로서, 허니콤 구조의 짧은 앵글 굽힘부로 이루어진 형상을 생성하기 위한 하나의

방법은, 평평한 허니콤 코어재를 제1 생산단계를 구비한다. 짧은 앵글 굽힘부가 필요한 영역에 허니콤 셀을 변형하고 접기 위하여 평평한 허니콤 구조의 셀에 힘이 작용된다. 허니콤 셀의 이러한 변형은 접히지 않은 영역에서의 셀의 높이와 유사한 높이를 가지는 셀을 형성하면서 짧은 반경의 굽힘부 영역을 가지는 허니콤 구조를 생성하게 된다.

[0009] 코어 재료를 성형하는 다른 방법들은, 예비 성형된 평평한 허니콤 코어재료를, 육각형 셀을 변형하여 다른 방향으로 굽혀지도록 하는 일련의 롤러를 통과시키는 단계를 구비한다. 코어재료를 원하는 형상으로 형성하는 추가의 방법은 평평한 코어재료로 시작하여 필요한 형상을 가지는 다이에 상기 코어재료를 압착하는 단계를 구비한다.

[0010] 전술한 모든 방법은 원하는 형상으로 만들기 위하여 평평한 허니콤 구조에 힘을 가하여야 하는데, 이는 허니콤 구조에 불필요한 스트레스를 초래하게 된다. 게다가, 상기 코어의 강도와 강성은, 허니콤 셀의 벽이 더 이상 상기 코어의 면에 수직이 아니라는 사실에 기인하여 감소되고 만다.

[0011] 다른 방법들은 일반적으로 완전히 조립된 허니콤 코어 재료를 굽히거나 접는 것을 피한다. 대신에, 이들 방법들은 스트립의 길이를 따라 복수의 섹션을 갖고 이 섹션은 접힘 라인(fold line)으로 구분되는 평평한 직사각형의 스트립을 형성하는 것으로 시작한다. 상기 스트립은 접힘 라인에서 접혀지고 서로 결합되어 원하는 허니콤 형상을 형성하게 되는데, 허니콤 코어를 형성하는 데 추가의 힘을 적용하지 않는다.

[0012] 예를 들어, 어떤 방법들은 육각형의 셀을 구비하는 허니콤 구조를 형성하는 것을 고려함에 있어서, 일부 셀의 벽이 테이퍼진 V자형 잔주름을 구비하도록 한다. 허니콤 구조의 일측에는 모두 잔주름진 모서리를 두고 허니콤 구조의 반대측에는 모두 주름없는 모서리를 둠으로써, 잔주름진 측면이 주름없는 측면보다 더 짧게 되도록 한다. 이것은 허니콤 구조의 곡률 반경에 변화를 촉진하여 만곡된 코어 재료를 형성하도록 하게 된다.

[0013] 다른 방법은 사각형 스트립을 형성하는 것을 고려하는데, 접힘 라인이 스트립의 길이를 따라 놓여져 접힘 라인 사이의 섹션이 규칙적으로 형성되지 않도록 되어 있다. 접힘 라인은, 접혔을 때, 스트립의 모든 에지가 전반적으로 곡선 구조를 이루도록, 스트립 내에 배치된다. 접힌 스트립이 서로 접촉되었을 때, 최종적인 코어 재료는 원하는 형상을 구비하게 된다. 예를 들어, 일본 공개특허공보 제58-25531호와 미국특허 제5,270,095호는 스트립의 길이에 수직인 접힘 라인과, 스트립의 길이에 대하여 비스듬한 굽힘 라인을 구비하는 스트립을 개시한다. 평평하거나 퍼진 상태에서는, 스트립의 에지는 직선이고 직사각형을 형성한다. 접힌 상태에서는, 상기 비스듬한 접힘 라인은 접힘 라인에서 경사각에 의해 결정된 전체적인 만곡된 구조를 형성하는 직선 에지를 갖는 접힌 스트립을 생성하게 된다. 그러나, 이 과정은, 단일의 형상만을 갖는 허니콤 코어를 제조하는 데 사용될 수 있다는 점에서 제한된 사용례를 가진다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0014] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 제58-25531호

(특허문헌 0002) 미국특허 제5,270,095호

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0015] 구조의 강도나 강성을 희생하거나 불필요한 스트레스를 부여하지 않고, 저렴한 제조비용과 시간 효율을 제공하기 위하여 최소의 형성 단계를 가지고, 다양한 형태와 크기로 허니콤 코어를 형성할 수 있도록 하는 허니콤 구조를 제조하는 단순한 방법이 필요하다.

### 과제의 해결 수단

[0016] 본 발명의 하나의 실시예에서는, 리본이 접힌 상태에서 허니콤 구조를 형성하는 데 사용하기 위해 구성된 리본

은 제1 에지와 제2 에지를 구비한다. 상기 제1 에지의 적어도 한 부분은, 상기 리본이 퍼진 상태에 있을 때, 상기 제2 에지의 적어도 한 부분에 평행하지 않게 되어 있다.

- [0017] 본 발명의 다른 실시예에서는, 허니콤 구조는 제1 표면, 제2 표면, 적어도 하나의 리본, 및 복수의 셀을 구비한다. 상기 적어도 하나의 리본은 제1 에지와 제2 에지를 구비한다. 상기 제1 에지는 상기 적어도 하나의 리본이 접힌 상태에 있을 때, 상기 제1 표면의 적어도 일부를 형성한다. 상기 제2 에지는 상기 적어도 하나의 리본이 접힌 상태에 있을 때, 상기 제2 표면의 적어도 일부를 형성한다. 상기 제1 에지의 적어도 한 부분은 상기 적어도 하나의 리본이 퍼진 상태에 있을 때, 제2 에지의 적어도 한 부분에 평행하지 않다. 상기 복수의 셀은 상기 적어도 하나의 리본에 의하여 적어도 부분적으로 형성된다.
- [0018] 본 발명의 또 다른 실시예에서는, 허니콤 구조는 복수의 셀, 제1 표면 및 제2 표면을 구비한다. 상기 복수의 셀은 복수의 셀에 있는 2 이상의 평행한 폐단면이 서로 다르도록 형성된다. 상기 제1 표면과 제2 표면은 복수의 셀에 의하여 형성된다.
- [0019] 본 발명의 또 다른 실시예에서는, 허니콤 구조에 사용하기 위한 리본을 형성하기 위한 방법이 제공된다. 상기 리본의 제1 에지와 제2 에지는, 상기 제1 에지의 적어도 한 부분은, 상기 리본이 퍼진 상태에 있을 때, 상기 제2 에지의 적어도 한 부분에 평행하지 않도록 형성된다.
- [0020] 본 발명의 또 다른 실시예에서는, 복수의 셀을 구비하는 허니콤 구조를 형성하기 위한 방법이 제공된다. 적어도 하나의 리본의 제1 에지와 제2 에지는, 상기 적어도 하나의 리본의 상기 제1 에지의 적어도 한 부분은, 상기 적어도 하나의 리본이 퍼진 상태에 있을 때, 상기 적어도 하나의 리본의 상기 제2 에지의 적어도 한 부분에 평행하지 않도록 형성된다. 상기 복수의 셀은 퍼진 상태에서 상기 적어도 하나의 리본을 사용하여 적어도 부분적으로 형성된다.
- [0021] 본 발명의 하나의 실시예는 리본이 접힌 상태에 있을 때 허니콤 구조를 형성하는 데 사용하기 위하여 형성된 리본에 관한 것이다. 상기 리본은 제1 에지와 제2 에지를 구비한다. 상기 리본의 제1 에지의 적어도 한 부분은, 리본이 퍼진 상태에 있을 때, 상기 제2 에지의 적어도 한 부분에 평행하지 않게 되어 있다.
- [0022] 하나의 실시예에서, 상기 허니콤 구조는 제1 표면과 제2 표면을 구비한다. 상기 제1 표면의 적어도 한 부분은 상기 제2 표면의 적어도 한 부분에 평행하지 않게 되어 있다.
- [0023] 하나의 변형례에서, 상기 리본이 접힌 상태에 있을 때, 상기 리본의 제1 에지는 원하는 제1 윤곽(contour)을 가지고 상기 리본의 제2 에지는 원하는 제2 윤곽을 갖도록 구성된다.
- [0024] 다른 예에 있어서, 원하는 제1 윤곽을 갖는 상기 리본의 제1 에지는 허니콤 구조의 제1 표면의 적어도 일부를 형성하고, 원하는 제2 윤곽을 갖는 상기 리본의 제2 에지는 허니콤 구조의 제2 표면의 적어도 일부를 형성한다.
- [0025] 또 다른 예에 있어서, 상기 리본은 복수의 섹션(sections)을 구비하고, 상기 복수의 섹션에서 적어도 하나의 섹션의 제1 섹션 에지는, 상기 리본이 퍼진 상태에 있을 때, 상기 복수의 섹션에 적어도 하나의 다른 섹션의 제2 섹션 에지에 평행하지 않게 되어 있다.
- [0026] 또 다른 변형례에서는, 상기 리본은 복수의 노드 섹션(node sections)과 복수의 난노드 섹션(none-node sections)을 구비한다. 상기 복수의 노드 섹션과 복수의 난노드 섹션은 리본을 따라 교대로 배치되어, 상기 복수의 노드 섹션에서의 어떠한 노드 섹션도 상기 복수의 노드 섹션에서의 다른 노드 섹션에 인접하지 않게 되고, 상기 복수의 난노드 섹션에서의 어떠한 난노드 섹션도 상기 복수의 난노드 섹션에서의 다른 난노드 섹션에 인접하지 않도록 되어 있다.
- [0027] 또 다른 변형례에서, 상기 리본은, 상기 리본이 퍼진 상태에 있을 때, 직선이고 평행한 제1 섹션 에지와 제2 섹션 에지를 구비하는 복수의 노드 섹션에 있는 노드 섹션; 및 상기 리본이 퍼진 상태에 있을 때, 곡선이고 평행하지 않은 제1 섹션 에지와 제2 섹션 에지를 구비하는 복수의 난노드 섹션에 있는 난노드 섹션을 구비한다.
- [0028] 또 다른 실시예에서, 상기 리본은 접히지도록 형성되고, 상기 리본의 상기 복수의 노드 섹션의 적어도 일부는 허니콤 구조에 복수의 셀을 형성하기 위하여 서로 결합되도록 형성된다.
- [0029] 또 다른 변형례에서, 상기 리본은 복수의 섹션(sections)을 구비하고, 상기 복수의 섹션에서의 적어도 하나의 섹션은, 제1 곡률 반경을 가지는 제1 섹션 에지와, 제2 곡률 반경을 가지는 제2 섹션 에지를 구비하고, 상기 제1 곡률 반경과 제2 곡률 반경은 서로 다르게 되어 있다.
- [0030] 또 다른 실시예에서, 상기 리본은 복수의 섹션을 구비하고, 상기 복수의 섹션의 적어도 하나의 섹션은 곡률 반

경을 갖는 적어도 하나의 섹션 에지를 구비하되, 이 곡률 반경은 상기 적어도 하나의 섹션을 따라 변하게 되어 있다.

- [0031] 또 다른 실시예에서, 허니콤 구조는 복수의 셀을 구비하고, 상기 리본은 상기 복수의 셀의 적어도 일부를 형성하기 위하여 다른 리본과 결합되도록 되어 있다.
- [0032] 또 다른 실시예에서, 상기 리본은 원하는 3차원 형상을 가지는 허니콤 구조를 형성하기 위하여 접혀져 서로 결합되도록 되어 있는 복수의 리본 중의 하나로 이루어진다.
- [0033] 본 발명의 다른 실시예는, 제1 표면; 제2 표면; 적어도 하나의 리본; 및 상기 적어도 하나의 리본에 의하여 적어도 부분적으로 형성된 복수의 셀을 포함하는 허니콤 구조에 대한 것이다. 상기 적어도 하나의 리본은, 상기 적어도 하나의 리본이 접힌 상태에 있을 때, 상기 제1 표면의 적어도 일부를 형성하는 제1 에지, 및 상기 적어도 하나의 리본이 접힌 상태에 있을 때, 상기 제2 표면의 적어도 일부를 형성하는 제2 에지를 구비한다. 상기 제1 에지의 적어도 한 부분은, 상기 적어도 하나의 리본이 펴진 상태에 있을 때, 상기 제2 에지의 적어도 한 부분에 평행하지 않게 되어 있다.
- [0034] 하나의 실시예에서, 상기 적어도 하나의 리본은 복수의 섹션을 포함한다. 상기 복수의 섹션에서 적어도 하나의 섹션의 제1 섹션 에지는, 상기 적어도 하나의 리본이 펴진 상태에 있을 때, 상기 복수의 섹션에서의 적어도 하나의 다른 섹션의 제2 섹션 에지에 평행하지 않게 되어 있다.
- [0035] 다른 실시예에서, 상기 적어도 하나의 리본은 복수의 섹션을 포함한다. 상기 복수의 섹션에서의 적어도 하나의 섹션은 제1 곡률 반경을 갖는 제1 섹션 에지와, 제2 곡률 반경을 갖는 제2 섹션 에지를 구비하고, 상기 제1 곡률 반경과 제2 곡률 반경은 서로 다르게 되어 있다.
- [0036] 다른 실시예에서, 상기 적어도 하나의 리본은 복수의 노드 섹션(node sections)과 복수의 난노드 섹션(none-node sections)을 구비한다. 상기 복수의 노드 섹션과 복수의 난노드 섹션은 상기 적어도 하나의 리본을 따라 교대로 배치되어, 상기 복수의 노드 섹션에서의 어떠한 노드 섹션도 상기 복수의 노드 섹션에서의 다른 노드 섹션에 인접하지 않게 되고, 상기 복수의 난노드 섹션에서의 어떠한 난노드 섹션도 상기 복수의 난노드 섹션에서의 다른 난노드 섹션에 인접하지 않도록 되어 있다.
- [0037] 본 발명의 다른 실시예는, 복수의 셀에서의 셀의 적어도 두 개의 평행한 폐단면이 서로 다르도록 배치된 복수의 셀;과, 상기 복수의 셀에 의해 형성된 제1 표면; 및 상기 복수의 셀에 의해 형성된 제2 표면을 구비하는 허니콤 구조에 대한 것이다.
- [0038] 하나의 실시예에서, 상기 셀의 적어도 두 개의 평행한 폐단면은 다른 외주 길이를 갖는다.
- [0039] 하나의 변형례에서, 상기 셀의 적어도 두 개의 평행한 폐단면은 다른 면적을 갖는다.
- [0040] 다른 실시예에서, 상기 셀을 통과하는 중심축에 수직으로 되어 있는, 상기 셀의 적어도 두 개의 평행한 폐단면은 다른 형상을 갖는다.
- [0041] 본 발명의 다른 실시예는 허니콤 구조에 사용되기 위한 리본을 형성하기 위한 방법에 관한 것으로, 상기 리본은 제1 에지와 제2 에지를 구비한다. 상기 방법은 상기 리본의 제1 에지를 성형하는 단계와, 상기 리본의 제2 에지를 성형하는 단계를 구비한다. 상기 리본의 상기 제1 에지의 적어도 한 부분은, 상기 리본이 접히지 않았을 때, 상기 리본의 상기 제2 에지의 적어도 한 부분에 평행하지 않게 되어 있다.
- [0042] 하나의 실시예에서, 상기 방법은 상기 리본의 펴진 상태를 접힌 상태로 변경하기 위하여 리본을 접는 단계를 포함한다. 상기 리본이 접힌 상태에 있을 때, 상기 리본의 제1 에지는 원하는 제1 윤곽을 갖도록 되어 있고, 상기 리본의 제2 에지는 원하는 제2 윤곽을 갖도록 되어 있다.
- [0043] 하나의 변형례에서, 상기 방법은 상기 허니콤 구조를 형성하는 데 사용하기 위한 상기 리본을 위치시키는 단계를 포함한다. 상기 리본의 제1 에지는 원하는 제1 윤곽을 갖고, 상기 허니콤 구조의 제1 표면의 일부를 형성한다. 상기 제2 에지는 결정된 제2형상을 갖고, 상기 허니콤 구조의 제2 표면의 일부를 형성한다.
- [0044] 본 발명의 다른 실시예는 복수의 셀을 구비하는 허니콤 구조를 형성하기 위한 방법에 관한 것이다. 상기 방법은, 적어도 하나의 리본의 제1 에지의 적어도 한 부분이, 상기 적어도 하나의 리본이 펴진 상태에 있을 때, 적어도 하나의 리본의 제2 에지의 적어도 한 부분에 평행하지 않게 되도록 적어도 하나의 리본의 제1 에지와 제2 에지를 성형하는 단계;와, 접힌 상태에 있는 상기 적어도 하나의 리본을 사용하여 상기 복수의 셀을 적어도 부분적으로 형성하는 단계를 포함한다.

- [0045] 하나의 실시예에서, 상기 복수의 셀을 적어도 부분적으로 형성하는 단계는 상기 적어도 하나의 리본의 퍼진 상태를 접힌 상태로 변경하기 위하여 상기 적어도 하나의 리본을 접는 단계를 포함한다.
- [0046] 하나의 변형예에서, 상기 복수의 셀을 적어도 부분적으로 형성하는 단계는 상기 복수의 셀을 적어도 부분적으로 형성하기 위하여, 접힌 상태의 상기 적어도 하나의 리본의 노드 섹션을 서로 결합하는 단계를 포함한다.
- [0047] 다른 선택예에 있어서, 상기 방법은 상기 복수의 셀을 적어도 부분적으로 형성하기 위하여, 상기 적어도 하나의 리본의 노드 섹션을, 상기 적어도 하나의 리본의 다른 노드 섹션과 서로 결합하는 단계를 포함한다.
- [0048] 용어, "실시예", "변형예" 및 "선택예"는 서로 호환적으로 사용되었다.
- [0049] 본 발명의 다양한 실시예의 여러 특징과 장점은, 여러 가지 실시예의 하나 이상에 의해 개별적으로 또는 결합하여 제시된 바와 같이, 다음의 상세한 설명과 첨부도면 및 특허청구범위를 고려해 보면 명확해질 것이다. 도면은 예시적인 목적만을 위한 것이고 본 발명의 범위를 한정하려는 의도는 전혀 아님을 밝혀둔다.

### 발명의 효과

- [0050] 구조의 강도나 강성을 희생하거나 불필요한 스트레스를 부여하지 않고, 저렴한 제조비용과 시간 효율을 제공하기 위하여 최소의 형성 단계를 가지고, 다양한 형태와 크기로 허니콤 코어를 형성할 수 있도록 하는 허니콤 구조를 제조하는 단순한 방법을 제공한다.

### 도면의 간단한 설명

- [0051] 도 1은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 제조 환경을 블록 다이어그램 형식으로 나타낸다.
- 도 2는 발명의 하나의 실시예에 따른 허니콤 코어의 사시도를 나타낸다.
- 도 3은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 허니콤 코어를 제조하는 방법의 단계를 예시한다.
- 도 4는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 허니콤 코어의 셀의 형상을 결정하기 위한 방법의 제1예에 사용된 단계를 예시한다.
- 도 5는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 허니콤 코어의 셀의 형상을 결정하는 것을 나타내는 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 허니콤 코어를 만들기 위하여 사용된 리본의 형상을 결정하기 위한 방법의 제1예에 사용된 단계를 예시한다.
- 도 7은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 허니콤 코어를 만들기 위하여 사용된 리본의 형상을 결정하는 것을 나타내는 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 허니콤 코어를 만들기 위하여 사용된 리본의 섹션의 형상을 결정하는 것을 나타내는 도면이다.
- 도 9는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 허니콤 코어를 만들기 위하여 사용된 평평한 리본의 형상을 이루는 구조를 나타내는 도면이다.
- 도 10은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 허니콤 코어를 만들기 위하여 사용된 함께 결합된 복수의 리본의 사시도를 나타낸다.
- 도 11은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 항공기의 예를 나타낸다.
- 도 12는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 허니콤 구조의 평면도를 나타낸다.
- 도 13은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 복수의 셀 행으로 된 셀 행의 일부의 평면도를 나타낸다.
- 도 14는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 셀 행의 일부의 평면도를 나타낸다.
- 도 15는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 셀 행의 일부의 평면도를 나타낸다.
- 도 16은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 셀 행의 일부의 평면도를 나타낸다.

도 17은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 복수의 리본으로 형성된 허니콤 구조의 예를 개략적으로 나타낸다.

도 18은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 단일의 리본으로 형성된 허니콤 구조의 예를 개략적으로 나타낸다.

도 19a 및 도 19b는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 허니콤 구조에 대한 가능한 형상을 테이블로 나타낸다.

도 20은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 허니콤 구조를 형성하기 위한 과정을 플로우 차트 형식으로 나타낸다.

도 21은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 허니콤 구조를 형성하는 데 사용하기 위한 리본을 형성하는 과정을 플로우 차트 형식으로 나타낸다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0052] 이하에서는, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 더욱 자세히 설명하는데, 동일한 도면부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0053] 소정의 형상을 갖는 적어도 부분적으로 만곡된 허니콤 코어를 제조하기 위한 바람직한 리본 구조를 결정하기 위한 방법을 포함하여, 최소한의 형성 단계와 스트레스를 가지고, 복수의 리본으로부터 소정의 형상을 갖는 만곡된 허니콤 코어를 제조하기 위한 재료와 향상된 방법에 대하여 이하에서는 자세히 설명한다. 여기 설명된 방법과 재료의 원리는 다양한 기하구조를 갖는 리본과 결국 다양한 기하구조를 갖는 허니콤 코어 구조를 형성하기 위하여 적용될 것이라는 점을 당업자라면 익히 이해할 것이다.

[0054] 여기서 사용된 바와 같이, "구조"나 "기하구조" 또는 "기하학적"이라는 용어는, 리본을 지칭할 때, 리본의 형상이나 크기, 리본에서 접합 라인의 위치와, 리본 에지의 구조 (예컨대, 직선 에지 또는 곡선 에지)를 의미하고, 허니콤 코어를 지칭할 때는, 코어의 형상과 크기, 코어 내의 셀의 형상과 크기, 코어의 내외부 표면의 형상과 크기 (예컨대, 만곡 및/또는 평면), 및 코어 축의 방향을 의미한다.

[0055] 예를 들어, 아무런 한정없이, 여기 설명된 원리는 예컨대 (반원형 단면을 갖는 "반원통형" 튜브와 같은) 임의의 반경 부분을 구비하거나, 임의의 곡률을 갖는 전체 원통의 반경을 구비하는 만곡된 기하학적 형상을 갖는 허니콤 코어를 형성하는 데 적용될 수 있을 것이다. 일반적으로, 원통 형상은 중심축과 두께를 결정하는 외부 및 내부 표면을 갖는다. 상기 두께와 축은 원통 위의 점마다 달라질 수 있다. 달리 말하면, 원통 형상의 축은 그 길이를 따라 변하는 곡률을 가질 수 있고, 원통 형상의 두께도 마찬가지로 변하게 된다.

[0056] 실린더(cylinder, 원통)의 축에 평행한 법선을 갖는 평면에 의해 취해지는 실린더의 단면 형상은 축의 길이를 따라 변화할 수도 있고, 달라지는 이심률, 반경, 및 다른 매개 변수들을 가질 수 있다. 따라서, 여기서 사용되는 바와 같이, 용어 "실린더(cylinder)" 또는 "원통형(cylindrical)"은 직선 축과 일정한 원형 단면을 갖는 보통의 실린더로 한정되는 것이 아니되, 예를 들어 만곡된 레이돔형(radome), 원뿔형, 또는 다른 원통형 형상을 포함하여, 직선의 또는 곡선의 축 주위로 달라지는 단면을 갖는 다양한 관형의 기하구조들 중 어떤 것을 나타낼 수 있다. 용어 "실린더" 또는 "원통형" 및 "튜브(tube)" 또는 "관형(tubular)"은 본 명세서의 전반에 걸쳐 교환가능하게 사용될 수 있다. 이러한 허니콤 코어의 기하구조, 구조, 및 구성에서의 변화들은 본 명세서의 기술 사상에 따른 목적하는 사용에 따라 만들어질 수 있는 것으로 이해될 것이다.

[0057] 이하, 도면들 특히 도 1을 참조하면, 블록 다이어그램의 형상으로 제공된 제조 환경에 대한 도면이 본 발명의 일 측면에 따라 도시되어 있다. 도 1에 도시된 제조 환경(100)은 개재된(sandwiched) 구조(102)가 제조될 수 있는 하나의 환경의 예일 수 있다.

[0058] 도시된 바와 같이, 개재된 구조(102)는 제1 스킨(104), 제2 스킨(106), 및 코어(108)를 포함할 수 있다. 코어(108)는 제1 스킨(104)과 제2 스킨(106) 사이에 위치될 수 있다. 구체적으로, 개재된 구조(102)는 제1 스킨(104)과 제2 스킨(106)을 코어(108)에 부착하여 코어(108)가 제1 스킨(104)과 제2 스킨(106) 사이에 샌드위치되게 함에 따라 제조될 수 있다. 일 실례에서, 개재된 구조(102)는 개재된 복합 구조(105)의 형상을 갖는다.

[0059] 이러한 실례들에서, 코어(108)는 허니콤(honeycomb) 구조(110)를 사용하여 구현될 수 있다. 여기에서 사용되는 바와 같이, 허니콤 구조(110)는 얇은 수직벽들을 갖는 중공 셀들의 배열로 구성된다. 일 실례에서, 이러한 수직벽들은 제1 스킨(104)과 제2 스킨(106)에 실질적으로 수직하게 형성된다.

[0060] 예를 들어, 허니콤 구조(110)는 복수의 셀들(112)을 포함할 수 있다. 어떤 경우에는, 셀들(112)은 복수의 셀 행들(113)로 구성될 수 있다. 각각의 셀(112)은 원주형(columnar)으로 형성될 수 있고 예를 들어 육각형, 직사각형, 정사각형, 팔각형, 오각형, 삼각형, 원형, 타원형, 또는 어떤 다른 타입의 형상 중 하나로부터 선택되는

형상을 가질 수 있되 이에 한정되는 아니다. 어떤 경우에는, 각각의 셀(112)은 상기에서 설명된 형상들 중 하나와 유사한 형상을 가질 수 있다.

[0061] 셀 행들(113)은 인접한 행들이 서로 실질적으로 평행하게 정렬되도록 배열될 수 있다. 구현에 따라, 셀 행들(113)은 허니콤 구조(110)의 전체 형상에 대하여 어떤 방향으로 배열될 수 있다. 예를 들어, 셀 행들(113)은 허니콤 구조(110)의 길이방향 축에 대하여 평행하게, 수직하게, 또는 어떤 각도를 갖도록 방향이 설정될 수 있다.

[0062] 이러한 실례들에서, 허니콤 구조(110)는 허니콤 구조(110)가 원하는 3차원(3D) 형상(114)을 갖도록 형성된다. 일 실례에서, 원하는 3차원 형상(114)은 예를 들어 데이터베이스(117)에 저장되어 있는 형상(115)의 세트로부터 선택될 수 있되, 이에 한정되는 것은 아니다. 여기에서 사용되는 바와 같이, 항목 "세트"는 하나 또는 그 이상의 항목을 의미한다. 이러한 방식으로, 형상의 세트는 하나 또는 그 이상의 형상일 수 있다.

[0063] 데이터베이스(117)로부터 선택된 형상은 제1 표면 형상(120)과 제2 표면 형상(122)에 의해 형성되는 3차원 형상일 수 있다. 제1 표면 형상(120)은 예를 들어 외부 표면 형상일 수 있고, 한편 제2 표면 형상(122)은 예를 들어 내부 표면 형상일 수 있다. 이러한 실례들에서, 제1 표면 형상(120)의 적어도 일부는 제2 표면 형상(122)의 적어도 일부와 평행하지 않다. 예를 들어, 원하는 3차원 형상(114)은 원통형의 튜브 형상, 레이돔 형상, 반구형 형상, 프리즘형 형상, 말굽형 형상, 도넛형 형상, 곡면 형상, 원뿔형 형상, 또는 어떤 다른 타입의 형상일 수 있되, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0064] 개재된 복합 구조(105)의 허니콤 구조(110)는 제1 표면(116)과 제2 표면(118)을 갖는다. 이러한 두 개의 표면은 불연속적인 표면들이다. 즉, 허니콤 구조(110)를 형성하는 셀들(112)은 셀들(112)의 양 단부에서 중공되어 형성되기 때문에 제1 표면(116)과 제2 표면(118)은 연속된 표면일 수 없다. 허니콤 구조(110)는 원하는 3차원 형상(114)을 갖도록 형성되어 제1 표면(116)은 제1 표면 형상(120)을 갖고 제2 표면(118)은 제2 표면 형상(122)을 갖는다. 이에 따라, 허니콤 구조(110)의 제1 표면(116)의 적어도 일부는 허니콤 구조(110)의 제2 표면(118)의 적어도 일부에 평행하지 않다.

[0065] 이러한 실례들에서, 허니콤 구조(110)는 복수의 리본(ribbon)(126)에 의해 형성된다. 이러한 리본들은 하나 이상의 다른 타입의 결합(joining) 기술을 사용하여 서로 결합된다. 리본들(126)을 결합하기 위하여 사용될 수 있는 다른 타입의 결합 기술은 용접(welding), 브레이징(brazing), 접착(gluing), 큐어링(curing), 및/또는 다른 타입의 프로세스를 포함할 수 있되, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0066] 리본들(126)은 각각의 리본들(126)이 허니콤 구조(110)에서 특별한 위치와 방향을 갖도록 미리 정해진 순서에 따라 결합될 수 있다. 이러한 실례에서, 리본들(126)이 서로에 대하여 위치되고 서로 결합되었을 때, 리본들(126)은 원하는 3차원 형상(114)을 갖는 허니콤 구조(110)를 형성한다. 구체적으로, 리본들(126)이 허니콤 구조(110)를 형성하기 위하여 서로 결합되는 경우, 이러한 허니콤 구조(110)는 소정의 형상을 얻기 위한 추가의 성형 작업들 필요없이 원하는 3차원 형상(114)을 가질 수 있다.

[0067] 이러한 실례들에서, 각각의 리본(126)은 허니콤 구조(110) 내부에서의 리본에 대한 지정된 위치를 기초로 하는 기하구조를 갖도록 제조된다.

[0068] 예를 들어, 리본(128)은 허니콤 구조(110) 내부에서 지정된 위치(129)를 갖도록 구성될 수 있다. 지정된 위치(129)는 허니콤 구조(110) 내에서 다른 리본들에 대한 리본(128)의 위치 및/또는 리본(128)의 방향을 포함할 수 있다.

[0069] 다른 리본들에 대한 리본(128)의 위치는 허니콤 구조(110) 내부에서 리본(128)의 양측(either side) 상에서의 리본들의 개수에 의해 결정될 수 있다. 예를 들어, 각각의 리본(126)은 리본들(126)에 대한 순서 시퀀스(ordered sequence)를 갖는 할당된(assigned) 위치를 가질 수 있다. 리본(128)의 위치는 이러한 순서 시퀀스 내에서 리본(128)의 할당된 위치일 수 있다.

[0070] 리본(128)의 방향은 원하는 3차원 형상(114)에 대하여 정의될 수 있다. 예를 들어, 원하는 3차원 형상(114)가 원통형 튜브 형상인 경우, 리본(128)의 방향은 원통형 형상의 길이방향 중심 축에 대하여 설명될 수 있되, 이에 한정되는 것은 아니다. 이러한 실례들에서, 모든 리본들(126)은 동일한 방향을 갖도록 구성된다.

[0071] 리본(128)은 허니콤 구조(110) 내에서 접힌 상태(folded state)(152)를 갖는다. 리본(128)은 리본(128)의 퍼진 상태(unfolded state)(150)로부터 접힌 상태(152)로의 변화를 용이하게 하기 위하여 리본(128)을 따라 일반적으로 가로방향으로 배열되는 접힘 라인(136)을 따라 접힐 수 있다. 어떤 경우에는, 이러한 접힘 라인(136)은

가상의(imaginary) 접힘 라인 또는 개념상의(conceptual) 접힘 라인일 수 있다. 다른 경우에는, 이러한 접힘 라인(136)은 예를 들어 잉크, 색깔, 구멍, 및/또는 어떤 다른 타입의 표시를 사용하여 리본(128) 상에 표시될 수 있다.

- [0072] 퍼진 상태(150)에서, 리본(128)은 평면이다. 즉, 리본(128)은 퍼진 상태(150)에서 평평하게 펼쳐져 있다. 리본(128)은 퍼진 상태(150)에서 허니콤 구조(128) 내부에서의 리본(128)의 지정된 위치(129)를 기초로 하는 미리 선택된 기하구조를 갖도록 그리고 리본(128)이 접힐 수 있는 방식으로 제조된다.
- [0073] 도시된 바와 같이, 리본(128)은 제1 에지(138)와 제2 에지(140)를 갖는다. 리본(128)의 제1 에지(138)와 제2 에지(140)는 리본(128)이 퍼진 상태(150)에 있을 때 제1 에지(138)의 적어도 일부가 제2 에지(140)의 적어도 일부와 평행하지 않도록 형상이 형성된다. 구체적으로, 리본이 접힌 상태(152)에 있을 때, 제1 에지(138)는 소정의 제1 윤곽(contour)을 갖도록 구성될 수 있고 제2 에지(140)는 소정의 제2 윤곽을 갖도록 구성될 수 있다. 원하는 제1 윤곽과 원하는 제2 윤곽 중 적어도 하나는 전체의 해당하는 에지를 따라 선형으로 형성되지 않을 수 있다.
- [0074] 이러한 실례들에서, 리본(128)은 복수의 섹션(130)을 포함한다. 일반적으로, 이러한 섹션들(130)은 리본(128)을 따라 일반적으로 가로방향으로 배열되는 접힘 라인(136)에 의해 형성되거나 구분될 수 있다.
- [0075] 리본(128)의 섹션들(130)은 제1 섹션 에지들(131)과 제2 섹션 에지들(133)을 갖는다. 제1 섹션 에지들(131)과 제2 섹션 에지들(133)은 리본(128)이 퍼진 상태(150)에 있을 때 리본(128)이 특정 기하구조를 갖도록 형상이 형성된다. 예를 들어, 리본(128)이 퍼진 상태(148)에 있을 때, 섹션들(130) 중에서 적어도 하나의 섹션의 제1 섹션 에지는 섹션들(130) 중에서 적어도 다른 하나의 섹션의 제2 섹션 에지에 평행하지 않다.
- [0076] 일 실례로서, 섹션(135)은 제1 섹션 에지(137)와 제2 섹션 에지(139)를 갖는다. 제1 섹션 에지(137)의 적어도 일부는 제2 섹션 에지(139)의 적어도 일부에 평행하지 않을 수 있다. 어떤 경우에는, 제1 섹션 에지(137)의 적어도 일부 및/또는 제2 섹션 에지(139)의 적어도 일부는 다른 리본 섹션의 다른 제2 섹션 에지의 적어도 일부 및/또는 다른 제1 섹션 에지의 적어도 일부에 각각 평행하지 않을 수 있다.
- [0077] 또한, 리본(128)의 섹션들(130) 중에서 적어도 하나의 섹션은 제1 곡률 반경을 갖는 제1 섹션 에지와 제2 곡률 반경을 갖는 제2 섹션 에지를 가질 수 있는데, 이때 제1 곡률 반경과 제2 곡률 반경은 동일하거나 다르다. 일부 실례들에서, 리본(128)의 섹션들(130) 중에서 적어도 하나의 섹션은 섹션 에지의 길이를 따라 변화하는 곡률 반경을 갖는 적어도 하나의 섹션 에지를 가질 수 있다.
- [0078] 일부 실례들에서, 리본(128)의 섹션들(130)은 복수의 노드(node) 섹션들(132)과 복수의 난노드(non-node) 섹션들(134)을 포함한다. 이러한 예들에서, 노드 섹션들(132)과 난노드 섹션들(134)은 동일한 종류의 두 개의 섹션들이 리본(128)에서 서로 인접하지 않도록 변형하여 형성될 수 있다.
- [0079] 여기에서 사용되는 바와 같이, 노드 섹션들(132) 중 하나와 같은 리본의 "노드 섹션"은 다른 리본의 대응되는 노드 섹션과 결합되도록 구성되는 리본의 섹션이다. 즉, 리본의 노드 섹션은 다른 리본이 노드 섹션의 측면과 접촉하게 되고 노드 섹션의 이러한 측면에서 리본에 결합될 수 있도록 구성된다.
- [0080] 여기에서 사용되는 바와 같이, 난노드 섹션들(134) 중 하나와 같은 리본의 "난노드 섹션"은 이러한 섹션이 다른 리본의 어떠한 섹션과도 접촉하지 않도록 구성되는 리본의 섹션일 수 있다. 즉, 리본의 난노드 섹션은 다른 리본이 리본에 결합되는 때에 난노드 섹션의 양측이 노출된 상태로 남아있도록 구성된다.
- [0081] 일 실례에서, 노드 섹션들(132)에 있어서 노드 섹션의 제1 섹션 에지와 제2 섹션 에지는 리본(128)이 퍼진 상태(150)에 있을 때 적어도 부분적으로 선형일 수 있다. 또한, 난노드 섹션들(134)에 있어서 난노드 섹션의 제1 섹션 에지와 제2 섹션 에지는 리본(128)이 퍼진 상태(150)에 있을 때 적어도 부분적으로 만곡되고 서로 평행하지 않다.
- [0082] 예를 들어, 노드 섹션들(132)에서 노드 섹션은 리본(128)이 퍼진 상태(150)에 있을 때 선형이면서 평행한 제1 섹션 에지와 제2 섹션 에지를 가질 수 있다. 또한, 난노드 섹션들(134)에서 난노드 섹션은 리본(128)이 퍼진 상태(150)에 있을 때 만곡되고 평행하지 않은 제1 섹션 에지와 제2 섹션 에지를 가질 수 있다.
- [0083] 이러한 예에서, 노드 섹션은 직사각형 형상일 수 있고, 한편 난노드 섹션은 사다리꼴(trapezoidal) 형상일 수 있다. 특히, 난노드 섹션은 만곡된 사다리꼴 형상일 수 있다.
- [0084] 이러한 실례에서 리본(128)이 접힌 상태(152)로 접힌 때에, 노드 섹션들(132)의 제1 섹션 에지들의 적어도 일부

본은 서로 실질적으로 평행할 수 있고 난노드 섹션들(134)의 제1 섹션 에지들의 적어도 일부분은 노드 섹션들(132)의 제1 섹션 에지들에 대하여 경사지고/경사지거나 만곡될 수 있다.

- [0085] 또한, 리본(128)이 접힌 상태(152)에 있는 때에, 리본(128)의 제1 에지(138)와 제2 에지(140)는 허니콤 구조(110) 내부에서의 리본(128)의 지정된 위치(129)에 해당하는 제1 표면 형상(120)과 제2 표면 형상(122) 부분에 각각 실질적으로 일치할 수 있다. 구체적으로, 제1 에지(138)는 제1 표면 형상(120)을 따르는 곡선 또는 다른 기하학적 형상에 실질적으로 일치할 수 있고 제2 에지(40)는 제2 표면 형상(122)을 따르는 곡선 또는 다른 기하학적 형상에 실질적으로 일치할 수 있다.
- [0086] 제1 표면 형상(120)을 따르는 곡선은 곡선의 길이를 따라 하나 이상의 다른 곡률 반경을 가질 수 있다. 마찬가지로, 제2 표면 형상(122)을 따르는 곡선은 곡선의 길이를 따라 하나 이상의 다른 곡률 반경을 가질 수 있다. 즉, 리본(128)의 제1 에지(138) 및/또는 제2 에지(140)는 이러한 에지들의 길이를 따라 하나 이상의 다른 곡률 반경을 가질 수 있다. 다른 곡률 반경은 0보다 큰 값과 무한대까지 사이의 범위를 가질 수 있다. 제1 에지(138)와 제2 에지(140) 중 하나의 일부분에 대한 곡률 반경이 무한대인 때에는 그 부분은 직선 또는 선형일 수 있다.
- [0087] 이러한 방식으로, 허니콤 구조(110)를 형성하기 위하여 사용되는 리본들(126)은 다양한 다른 방법으로 구현될 수 있다. 일 실례에서, 각각의 리본(126)은 모든 리본(126)이 퍼진 상태(150)에서 동일한 기하구조를 갖도록 상기에서 설명된 리본(128)과 유사한 방식으로 구현될 수 있다. 동일한 기하구조를 갖는 각각의 리본(126)은 리본(126)이 다른 기하구조들을 가질 때에 비하여 더 빠르고 더 쉽게 제조되는 것을 가능케 한다. 또한, 허니콤 구조(110)를 형성하는 리본들(126)의 조립은 모든 리본들(126)이 동일한 기하구조를 가질 때에 더 빠르고 더 쉽게 수행될 수 있다.
- [0088] 한편, 일부 실례들에서, 리본들(126) 중 일부는 상기에서 설명된 리본(128)과 같이 동일한 기하구조를 가질 수 있고, 반면 리본들(126) 중 다른 일부는 다른 기하구조들을 가질 수 있다. 다른 실례들에서, 각각의 리본(126)은 다른 기하구조들을 갖도록 제조될 수 있다.
- [0089] 상기에서 설명된 리본(128)은 접힌 상태(152)에 있는 때에 이에 상응되는 접힌 상태에 있는 적어도 하나의 다른 리본과 결합되어 허니콤 구조(110)를 구성하는 셀들(112)의 적어도 일부를 형성할 수 있다. 예를 들어, 리본(128)이 접힌 상태(152)에 있는 때에, 리본(128)의 일측면은 상응되는 접힌 상태에 있는 리본들(126)에서의 다른 리본과 결합되어 셀 행들(113) 중 하나를 형성할 수 있다. 이러한 리본들의 난노드 섹션들은 셀 행에서의 셀들의 벽들을 형성할 수 있다.
- [0090] 이러한 실례들에서, 셀들(112)은 셀들(112)에서의 적어도 하나의 셀의 적어도 두 개의 평행한 폐단면들(closed parallel cross-sections)이 다르도록 구성될 수 있다. 여기에서 사용되는 바와 같이, 셀의 "폐단면"은 셀의 벽들에 의해 형성되는 닫힌 경계를 갖는 셀을 통과하는 단면이다. 일 실례에서, 셀의 평행한 폐단면들은 셀을 통과하는 중심 축에 수직한 단면들일 수 있다. 이러한 평행한 폐단면들은 다른 크기, 다른 형상, 및/또는 다른 타입의 차이점들을 가짐에 따라 서로 다르게 형성될 수 있다.
- [0091] 예를 들어, 어떤 경우들에서는, 셀의 적어도 두 개의 평행한 폐단면들은 다른 둘레 길이들을 가질 수 있다. 여기에서 사용되는 바와 같이, 단면의 "둘레 길이"는 단면의 경계선 길이이다. 또한, 다른 경우들에서는, 셀의 적어도 두 개의 평행한 폐단면들은 다른 면적(area)들을 가질 수 있다. 여기에서 사용되는 바와 같이, 단면의 "면적"은 단면의 경계선 안쪽의 면적이다. 일부 실례들에서, 셀을 통과하는 중심 축에 수직한 셀의 적어도 두 개의 평행한 단면들은 다른 형상을 가질 수 있다.
- [0092] 물론, 다른 실례들에서, 상기에서 설명된 리본(128)은 허니콤 구조(110)를 형성하기 위하여 사용되는 유일한 리본일 수 있다. 예를 들어, 리본(128)은 리본(128)이 접힌 상태(152)에 있는 때에 전체 허니콤 구조(110)를 형성할 수 있다. 리본(128)은 허니콤 구조(110)를 형성하기 위하여 몇 번이라도 일 방향을 따라 접히고, 주위가 감싸지며, 그리고 나서 반대 방향을 따라 접힐 수 있다. 리본(128)이 접히고 감싸짐에 따라, 리본(128)의 노드 섹션들(132)은 허니콤 구조(110)의 셀들(112)이 형성되도록 서로 결합될 수 있다.
- [0093] 허니콤 구조(110)를 형성하기 위해 필요한 기하구조를 갖는 하나의 리본을 제조하는 것은 절단되어 서로 결합될 필요가 있는 다수의(multiple) 리본들을 제조하는 것보다 시간이 덜 소모될 수 있고/있거나 더 쉬울 수 있다. 예를 들어, 다양한 리본들을 사용하는 것은, 허니콤 구조(110)를 형성하기 위하여 다른 리본들을 접고 결합하는 동안에, 리본들 특히 다른 기하구조들을 갖는 리본들의 궤도(track)를 유지하기 위하여 추가적인 노력과 시간을 필요로 할 수 있다.

- [0094] 이러한 실례들에서, 허니콤 구조(110)를 형성하기 위하여 사용되는 다른 리본들(126)은 여러가지의 다른 재료들로 구성될 수 있다. 어떤 경우들에서는, 리본들(126)은 모두 동일한 타입의 재료 또는 재료들의 조합물로 구성될 수 있다. 다른 경우들에서는, 다른 리본들은 다른 타입의 재료들 및/또는 재료들의 조합물들로 구성될 수 있다. 리본들(126)은 예를 들어 금속, 금속 합금, 세라믹 재료, 플라스틱 재료, 복합 재료, 탄소 섬유-강화 플라스틱 재료, 비금속 섬유-강화 플라스틱 재료, 알루미늄, 티타늄, 및/또는 다른 타입의 재료들로 구성될 수 있되, 이에 한정되는 것은 아니다. 어떤 경우들에서는, 하나 이상의 리본(126)은 동일한 그리고/또는 다른 재료들로 형성된 레이어들로 구성될 수 있다.
- [0095] 도 1에 도시된 제조 환경(100)의 도면은 도시된 실시예가 구현될 수 있는 방식에서의 물리적 또는 건축상의 (architectural) 제한을 의미하는 것으로 생각되지 않는다. 도시된 구성요소들에 추가하여 또는 이들을 대신하여 다른 구성요소들이 사용될 수 있다. 일부 구성요소들은 선택적일 수 있다. 또한, 블록들은 일부의 기능적인 구성요소들을 나타내기 위하여 제공된다. 이러한 블록들 중 하나 이상은 도시된 실시예에서 구현되는 경우에는 합체되거나, 분리되거나, 또는 다른 블록들로 합체되면서 분리될 수 있다.
- [0096] 이하, 도 2 내지 도 10을 참조하면, 도 1에서 허니콤 구조(110)가 구현될 수 있는 하나의 방법을 설명하는 도면들이 도시되어 있다. 도 2 내지 도 10에서, 육각형 형상의 셀들에 의해 형성되는 허니콤 구조의 예가 도시되어 있다.
- [0097] 이하, 도 2에 따르면, 코어의 도면이 본 발명의 일 측면에 따라 도시되어 있다. 도 2에서, 코어(200)는 도 1에서의 코어(108)에 대한 하나의 구현례일 수 있다. 코어(200)는 이러한 도시된 예들에서 허니콤 코어일 수 있다. 즉, 코어(200)는 도 1에서의 허니콤 구조(110)와 같이 허니콤 구조를 사용하여 구현될 수 있다.
- [0098] 설명을 쉽게 하기 위하여, 코어(200)는 직선의 축(204)과 두께(212)를 갖는 규칙적인 원통 형상으로 도시되어 있다. 코어(200)는 나란한 방식으로 결합되는 일련의 접혀 있는 리본들(205)을 포함한다. 리본들(205)은 접히고 서로 결합되는 때에 코어의 외부 표면으로부터 코어의 내부 표면으로 연장형성되고 두께(212)를 갖는 일련의 인접하는 육각형 형상의 셀들(202)을 포함하는 소정의 만곡되는 허니콤 기하구조를 형성토록 정확하게 형상이 형성된다. 충분한 개수의 리본들(205)이 이러한 방식으로 결합됨에 따라, 원하는 곡률을 갖는 원통형 기하구조의 일부분이 형성될 수 있다.
- [0099] 각각의 인접한 셀(202)은 노드 벽들과 난노드 벽들, 및 코어(200)의 외부 표면과 내부 표면에 각각 해당하는 육각형 형상의 상단면과 하단면을 포함하는 복수의 벽들로 구성된다. 노드 벽들(214)은 두 개의 인접한 리본(205)이 도 10에 도시된 바와 같이 서로 결합되게 하는 표면들을 제공하는 벽들이다. 난노드 벽들(216)은 셀들(202)을 구성하는 모든 다른 벽들이다. 후술하는 바와 같이, 노드 벽들(214)은 상단면으로부터 하단면까지 안쪽으로 점점 가늘어지게 형성되어 상단면은 하단면보다 큰 면적을 갖고 각각의 셀(202)은 점점 가늘어지는 쐐기 형상을 갖는다. 더 강한 힘이 평평한 허니콤 코어에 가해질 필요가 있을 수 있는 평평한 허니콤 코어로부터 만곡된 허니콤 코어를 만드는 방법과 달리, 여기에서 제공되는 방법들과 재료들은 강한 힘을 가하지 않고서 그리고 최소한으로 성형하면서 원하는 곡률을 가진 허니콤 코어를 제조하는 것을 가능케 한다.
- [0100] 도 1에 도시되어 있는 규칙적인 원통형 허니콤 코어를 성형하기 위하여 사용될 수 있는 리본 기하구조의 특정 예에 대한 확대도를 도 9에서 볼 수 있다. 리본(900)은 퍼진 상태 또는 평평한 상태에 있다. 실린더가 규칙적이기 때문에, 리본(900)의 기하구조 역시 규칙적인 것으로, 이것은 반복되는 일련의 직사각형 섹션들(804)에 이은 사다리꼴 섹션들(802)을 포함한다. 한편, 덜 규칙적인 코어 기하구조들의 경우에는 리본의 기하구조가 반드시 규칙적일 필요는 없는 것으로 이해되어야 한다. 따라서, 불규칙적인 형상의 허니콤 코어의 경우에는, 리본들은 서로 다른 형상들을 가진 일련의 섹션들을 포함할 수 있다. 여기에서 사용되는 바와 같이, 용어 "섹션들"은 리본들을 구성하는 직사각형(804)과 사다리꼴(802)과 같은 별개의 형상들을 나타낸다. 직사각형 섹션들(804)에서, 상단과 하단 에지들은 직선이면서 섹션들의 측면 에지들을 형성하는 접힘 라인들에 수직한다. 사다리꼴 섹션들(802)에서, 상단과 하단 에지들은 성형된 허니콤 코어의 내부 표면과 외부 표면의 곡률과 일치하거나 부합하도록 만곡된다.
- [0101] 상기에서 설명된 바와 같이, 이러한 섹션 형상들은 허니콤 코어의 소정의 기하구조에 따라 달라질 수 있다. 리본의 기하구조는 이러한 섹션들의 형상에 의해 정의된(defined) 것으로 이해되어야 한다. 예를 들어, 도 9에서의 리본(900)의 기하구조는 결정된 형상을 가진 직사각형 섹션이 결정된 형상을 가진 사다리꼴 섹션에 결합되는 등등의 사실에 의해 결정된다. 섹션 형상들의 이러한 특별한 조합의 결과로서 리본이 평평한 상태 또는 퍼진 상태에 있는 때에 리본의 에지들이 전체적으로 리본의 길이를 따라 "곡선으로" 형성된다. 한편, 이러한 곡률은 본 발명의 원리에 따라 사용될 수 있는 모든 리본 기하구조들에서 반드시 얻어지는 것은 아니다. 반면, 접힌

때에는 접힌 리본의 에지들은 직선이다.

- [0102] 허니콤 코어(200)의 기하구조에 의해 정의되는 것에 추가하여, 리본(900)의 기하구조는 또한 셀들(202)의 형상에 의해 결정된다. 도 2에서, 이러한 셀들은 가늘고 긴, 점점 가늘어지는 육각형 셀들이다. 바람직하게는, 이러한 셀들의 형상이 결정된 다음 리본들의 기하구조가 셀들의 형상을 기초로 하여 결정된다. 이것은 아래에서도 4 내지 도 9에 대하여 더 상세하게 설명된다. 도 9는 리본의 기하구조를 결정하기 위한 하나의 바람직한 방법을 개시하고 있다.
- [0103] 본 개시의 원리에 따라 형성된 다른 기하구조를 갖는 리본들 사이의 공통 특징은, 리본들의 각 섹션의 에지들이 형성되는 허니콤 코어의 부위의 형상과 정확하게 또는 거의 근접하게 매치되도록 설계된다는 것이다. 도 9에 도시된 예시적인 리본(900)에 대하여, 에지(818)는 만족되어 있다. 정규 실린더 내에 매립된 접혀진 리본의 부위를 확대 도시한 도 8에 도시된 바와 같이, 리본(900)이 접혀지면, 에지(818)는 형성되는 허니콤 코어의 외부 표면의 부위의 곡률과 매치(match)된다. 이 곡률은 타원(824)으로 나타내진다. 도시된 바와 같이, 에지(818)는 이 타원(824)의 곡률과 매치되고, 이는 에지(818)의 방향에서 원통 표면의 곡률을 나타낸다. 만족되지 않고 똑바른 에지(816)가, 형성되는 허니콤 코어의 외부 표면의 부위의 형상과 매치된다. 에지(816)가 실린더의 축에 평행하고 또 원통 표면이 그 방향으로 단순히 직선이기 때문에, 이 직선과 "매치되는" 에지(816)는 만족되어 있지 않다. 리본, 에지 및 섹션의 기하구조를 결정하기 위한 방법론에 대한 상세한 설명은 후술된다.
- [0104] 여기서 논의된 다양한 물체들의 형상은 기하학적 원리를 사용하여 결정될 수 있다. 몇몇 기하학적 결정은 기초적인 수학적 원리를 사용하여 만들어질 수 있다. 그러나 복잡한 형상에 대하여, 기초적인 수학적 원리가 사용될 수 있지만, 수치적(numerical) 방법을 사용하여 그러한 물체의 형상을 결정하는 것이 더욱 실제적인 것으로 생각된다. 복잡한 기하학적 형상을 결정하는 수치적 방법을 사용하기 위한 가장 강력한 도구 중의 하나는 3D CAD 소프트웨어이기 때문에, 여기에 제공된 개시의 일부는 그러한 소프트웨어 상에서 수행된 작동들을 참조할 것이다. 실제로, 그러한 작동 또는 그에 균등한 것을 수행할 수 있는 3D CAD 소프트웨어 패키지는, 여기에 개시된 기하학적 결정을 하는 임무에 적절하여야 한다. 그러한 소프트웨어 패키지의 하나는 프랑스, Velizy-Villacoublay 소재의 Dassault Systemes로부터의 CATIA이다.
- [0105] 이제 도 3~도 10을 참조하여, 원하는 만족된 기하구조를 갖는 허니콤 코어를 제조하기 위한 절차에 대한 설명이 예시적인 실시예에 따라 기술된다. 도 3~도 10에 기재된 공정은, 도 2의 허니콤 코어(200)와 같은 코어가 원하는 만족된 기하구조로 형성될 수 있는 하나의 방식의 예시적인 예일 수 있다.
- [0106] 이제 도 3을 참조하면, 허니콤 코어를 형성하기 위한 일반적인 공정의 설명이 본 개시의 한 관점에 따라 플로우 차트 형태로 기술된다. 이 공정은, 수학적으로 또는 컴퓨터 모델을 사용하여 나타낼 수 있는 다양한 기하학적 형상을 참조로 한다.
- [0107] 단계(300)에서, 제작하고자 하는 허니콤 코어의 외부 및 내부 표면의 형상이 선택된다. 이들 표면은 본 개시의 방법론을 사용하여 제조될 최종 제품의 외부 및 내부벽을 나타낸다. 따라서 원하는 튜브 형상의 내부 및 외부 표면에 대하여, 수학적인 매개변수화(parameterization) 또는 3D CAD 컴퓨터 모델의 형태로 제공된다. 이러한 튜브 형상은, 다양한 만족된 원통형 기하구조의 임의의 것일 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0108] 이러한 내부 및 외부 표면은 여러 방식으로 고려될 수 있음을 도한 이해하여야 한다. 특히, 내부 표면 및 외부 표면은 허니콤 코어의 실제 기하구조의 근사치를 나타낼 수 있다. 또, 내부 표면 및 외부 표면은 허니콤 코어의 "의도된" 전체 형상을 나타낼 수 있다. 그러나 이러한 표면들이 반드시 실제 완성된 허니콤 코어 제품의 기하구조를 나타내는 것은 아닐 수 있다.
- [0109] 예컨대, 도 7은 원통 형상인 내부 표면(705)과 외부 표면(703)을 도시한다. 그러나 예컨대 도 2로부터, 허니콤 코어의 실제 형상은 함께 원통 형상을 형성하는 복수의 육각형 셀로 구성된 복합체구조임을 알 수 있다. 그리하여, 내부 및 외부 표면은, 원하는 전체 형상을 갖는 허니콤 코어를 설계하기 위하여 사용된 단순히 해석적인 도구이다.
- [0110] 단계(302)에서, 리본 방위가 선택된다. 이는 리본이 놓이는 허니콤 코어를 따른 방향이다. 리본의 방위는 허니콤 코어의 셀의 형상뿐만 아니라 리본 자체의 기하구조에도 관련된다. 바람직하게는, 리본의 방위는 가장 적은 개수의 다른 리본 기하구조를 사용하여 허니콤 코어가 만들어질 수 있도록 선택되어야 한다. 비용 및 제조 시간 효율을 제공할 수 있도록 가능한 적은 리본 기하구조를 사용하는 것이 바람직하다. 이는, 실린더가 대칭을 갖는 방향을 결정함으로써 또 그리하여 그러한 대칭으로 정렬되도록 리본의 방위를 선택함으로써 가능하다. 만일 이러한 작업이 최적으로 이루어지면, 전체 원통형 코어를 형성하기 위하여 동일한 기하구조의

리본들이 사용될 수 있다. 이는 도 4~도 9를 참조하여 이하에서 더 상세히 기술된다.

- [0111] 단계(304)에서, 허니콤 코어를 형성하는 셀 패턴의 형상, 크기 및 위치가 정해진다. 각 셀은, 원통형 코어의 내부 및 외부 표면에 각각 놓인 내부 및 외부 표면들을 갖는다. 셀의 형상은 미리 알려지거나 또는 미리 정해질 수 있다. 대신에, 셀의 형상은 도 4와 도 5를 참조하여 이하에서 개시된 절차를 사용하여 정해질 수 있다. 정해져야 할 리본들의 기하구조는 셀의 정해진 형상에 기초한다.
- [0112] 일반적으로, 도 2에 예로 도시된 바와 같이, 셀(202)들은 자신들이 서로 어긋난 일련의 연결 셀(202)을 형성하도록 형상화되고 또 위치되는 것이 유리하다. 이는 일반적으로 육각형으로 형성된 셀을 선정함으로써 이루어지지만, 매우 다양한 연결 셀의 타입들이 알려져 있고 또 본 개시의 교시로써 채용될 수 있다. 만곡된 에지들을 갖는 형상을 포함하는 임의의 다각형 형상이 사용될 수 있다. 바람직하게, 인접한 리본들 사이의 연결을 용이하게 하기 위하여 노드 벽(node wall)들은 리본 방위에 일반적으로 평행하도록 셀들이 형상화된다. 육각형이 아닌 형상의 하나의 예가, 미국 펜실베이니아, Warrendale의 SAE International로부터의 제품코드번호 AMS4177에 대한 표준문서에서 찾을 수 있다. 이 문서에 기재된 셀 형상은, 넓고, 만곡된 사발 형상의 바닥부와 좁은 삼각형 정상부위를 갖는 "솜brero 모자(sombrero)"로 묘사될 수 있는 불규칙한 형상을 갖는다. 이러한 형상은, 인접한 셀의 두 개의 사발 형상 부위 사이의 공간이 어긋난 위치의 다른 셀의 좁은 삼각형 정상부위의 형상과 일치하고, 또 마찬가지로 인접한 셀의 두 개의 좁은 삼각형 정상부위 사이의 공간이 어긋난 위치의 다른 셀의 사발 형상 부위의 형상과 일치하는, 셀들의 연결패턴을 형성한다.
- [0113] 단계(306)에서, 원통형 허니콤 코어를 구성하는 리본들의 기하구조는, 단계(304)에서 정해진 셀의 패턴에 기초하여 결정된다. 이러한 리본들의 기하구조를 결정하기 위한 방법론은 도 6-9를 참조하여 이하에서 더 상세히 기재된다.
- [0114] 물리적인 물체의 기하학적 형상이 정해지는 양쪽 단계(304, 306)는, 수학적 원리, 컴퓨터 방법 또는 양쪽의 조합을 사용하여 수행될 수 있음이 고려된다.
- [0115] 단계(308)에서, 단계(306)에서 특정된 기하구조로 원하는 재료로부터 평평한 리본들이 절단된다.
- [0116] 단계(310)에서, 절단된 리본들은 나란히 정렬되고 또 인접한 리본들은 노드 벽에서 서로 결합한다. 리본들은 서로 결합하기 전에 미리 접혀질 수 있다. 대신에, 리본들은 접혀지기 전에는 편평하고 또 그 후에 원하는 형상으로 팽창되면서 서로 결합하여, 접힘 라인을 따라 미리 응력이 가해질 수 있다. 여기서 사용된 바와 같이, "미리 응력이 가해진"이란 표현은, 적절한 힘이 가해지면, 리본이 접힘 라인에서 굽혀지도록, 리본이 미리 새김눈이 형성되거나 또는 미리 만곡되는 것을 의미한다. 리본의 기하구조에 의하여, 원하는 코어 기하구조가 형성된다. 대신에 리본들은 미리 응력이 가해질 필요가 없다. 그 대신에, 두 개의 리본이 서로 결합할 때, 서로 결합하는 리본의 부위들(즉 노드 벽들)은 리본의 다른 부위들보다 더 강하고 및/또는 단단하다. 결합한 리본의 다발들이 팽창되면, 결합한 부위들은 실질적으로 강제로 유지되는 반면에 결합하지 않은 부위들은 굽혀진다. 따라서 팽창된 리본 다발들은 원하는 셀 형상을 형성할 것이다. 리본을 정렬하고 또 결합하는 공정은 도 10을 참조하여 이하에서 더 상세히 설명된다.
- [0117] 이제 도 4와 5를 참조하여, 허니콤 코어를 구성하는 셀 패턴의 형상을 노드하기 위한 예시적인 방법이 기술된다. 이러한 방법들은 수학적 매개변수화 또는 3D CAD모델로 나타낼 수 있는 기하학적 형상을 참조하고 또 여기에 개시된 형상의 결정은 기초적인 수학적 원리 또는 수치적 방법, 또는 CAD 소프트웨어를 사용하여 이루어질 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0118] 도 4는, 셀 형상을 노드하기 위한 단계들을 설명하고, 도 5는 그러한 단계들을 수행하는 예를 설명하는 예시적인 원통형 코어 기하구조를 도시한다. 원하는 원통형 코어 기하구조(500)는 본 예에서, 내부 표면(502)과 외부 표면(504)을 갖고 또 도 2에 도시된 육각형 셀을 갖지않는 중공형 실린더로 나타내진다. 이러한 기하구조는, 일단 모든 리본들이 제작되고 또 서로 결합하면 허니콤 코어가 결국 갖게 되는 원하는 전체 기하구조를 나타낸다.
- [0119] 단계(400)에서, 제조하고자 하는 허니콤 구조는, 원하는 형상의 외부 표면 및 내부 표면의 형태로 선택되고 또 제공된다. 이러한 기하구조는 CAD모델 또는 기하구조의 수학적 설명으로 나타내질 수 있다. 도 5에 도시된 중공 원통형 기하구조(500)는, 하나의 특정된 원하는 형상이다. 원하는 기하구조는, 상기에서 기재된 바와 같이 곡률, 두께 또는 단면 변경을 갖는 임의의 다양한 중공 튜브형상을 포함할 수 있다.
- [0120] 도 5에 도시된 코어 기하구조(500)는, 내부 표면(502)과 외부 표면(504)을 갖는다. 내부 표면(502)과 외부 표면(504)은 모두 원통 형상이지만 다른 반경을 갖는다. 내부 표면(502)은 외부 표면(504) 내에 매립되어 두 개

의 반경 사이의 차이로 형성된 두께를 갖는 중공 원통형 튜브를 형성한다. 이러한 형상을 제조하기 위하여 사용된 리본(이 도면에는 도시 안 됨)들은 상기 두께와 거의 동일한 높이를 갖는다. 이러한 예의 형상은 끝은 축과 일정한 단면을 갖는 간단한 중공형 정규 실린더이다.

[0121] 각 셀의 형상은, 원하는 2차원 단면(예컨대, 육각형)의 형태로 셀에 대한 "형상"을 선택함으로써 또 실린더의 내부 및 외부 표면에 선택된 2차원 단면을 투사함으로써 결정된다. 상기에서 기재된 바와 같이, 셀들은 일반적으로 육각형의 형상으로 형성되지만, 많은 다른 형상들이 또한 선택될 수 있다.

[0122] 단계(402)에서, 원하는 단면과 또 단면으로부터 실린더의 축까지의 거리가 선택된다. 이러한 원하는 2차원 단면은, 단면의 중심에서 실린더의 반경에 단면이 직각이 되도록 지향된다.

[0123] 만일 실린더(500)의 축(510)이 곡물을 갖지 않는다면, 원하는 2차원 단면에서 적어도 두 개의 예지가 서로 거의 평행한 것이 유리한바, 왜냐하면 이는 인접한 리본들을 위한 표면들이 서로 부착되도록 하기 때문이다. 이들 두 개의 예지는 셀에서 노드 벽에 대응한다. 마찬가지로, 만일 실린더(500)의 축(510)이 곡물을 갖는다면, 원하는 2차원 단면에서 적어도 두 개의 예지가 축의 곡물 반경에 평행한 것이 유리한바, 왜냐하면 이는 실린더의 곡물 반경에 평행하게 지향된 인접한 리본들 사이의 연결을 용이하게 하기 때문이다. 또, 이들 두 개의 예지는 셀에서 노드 벽에 대응한다. 이들 두 개의 예지의 방위는, 리본이 놓일 코어의 표면을 따른 방향인 "리본 방위"에 대응한다. 이들 두 개의 예지는 리본 방위와 개략적으로 정렬되어야 하고, 그리하여 인접한 리본들에서 이들 예지들이 서로 평행하게 될 것이다.

[0124] 도 5에 도시된 예에서, 원하는 2차원 단면으로서 정규 육각형(506)이 선택되고, 정규 육각형(506)의 중심(508)은 실린더(500)의 축(510)으로부터 원하는 거리(X)에 있다.

[0125] 단계(404)에서, 2차원 단면이 실린더의 외부 및 내부 표면에 투사되어 셀의 내부 및 외부 표면을 각각 형성한다. 투사는 단면의 꼭지점(vertex)으로부터 실린더의 축으로 라인들을 그어줌으로써 이루어질 수 있다. 바람직하게는, 라인들은 축 상의 두 개 점으로 그어져 내린다. 이를 위해, 단면의 꼭지점들은, 축(510)에 수직인 라인에 분리되고 또 단면(506)의 중심(508)을 관통하는 두 개 그룹으로 분할된다. 이들 두 개 그룹은 단면의 중심(508)의 양쪽에 위치한다. 동일한 그룹의 각 꼭지점으로부터의 라인은, 도 5에 도시된 바와 같이 축 상의 동일한 점으로 그어진다. 바람직하게는, 이들 라인 중의 하나는 축에 수직인 반면, 다른 라인들은 반드시 수직은 아니다. 수직인 라인들은 리본방위에 평행한 평면이 놓인 꼭지점들로부터 그어지고, 또 단면을 양분한다.

[0126] 도 5에서, 라인(514)들은 단면의 꼭지점(516)으로부터 실린더(500)의 축(510)까지 그어진다. 이는 단면(506)으로부터 실린더(500)의 축(510)까지 이어진 쉼(518)을 만들고, 또 내부 표면(502)과 외부 표면(504)상에 내부 투사(522)와 외부 투사(544)를 각각 생성한다.

[0127] 단계(406)에서, 외부 및 내부 표면들의 꼭지점들은 예지들로 연결되어 셀을 형성한다. 그 결과는 셀의 벽의 높이에 의해 형성된 두께를 갖는 허니콤 구조의 하나의 셀에 대한 셀 형상 및 셀 위치이다. 도 5에서, 셀(512)을 볼 수 있다.

[0128] 단계(408)에서, 전체 원통형 허니콤 구조상에 원하는 만큼의 충분한 개수에 대하여 셀 형상 및 위치가 정해진다. 만일 실린더가 그 형상이 충분히 규칙적(예컨대, 일정한 단면, 일정한 축 곡물 또는 제로 축 곡물을 갖는)이라면, 전체 실린더의 일부 또는 전체에 걸쳐 결정된 셀 형상이 반복될 수 있다. 그러한 상황에서, 셀 형상들은 단지 한 번 또는 한정된 회수로 결정되어야 한다. 만일 실린더가 충분히 규칙적이지 않다면, 셀 형상은 실린더 상의 각 점에 대하여 필요에 따라 결정될 수 있다.

[0129] 예를 들어, 직선 축과 일정한 원형 단면을 갖는 정규 실린더(cylinder, 원통)에 있어서는, 셀의 형상은 실린더의 구조가 완전히 균일하기 때문에 실린더의 모든 점에서 동일하다.

[0130] 한편, 점점 가늘어지는 실린더(tapered cylinder, 테이퍼드 실린더)(즉, 잘린 원뿔 또는 원뿔 형상의 실린더)에 있어서는, 셀 형상은 점점 가늘어지는 실린더의 한쪽 끝에서부터 다른쪽 끝까지 변화할 수 있다. 그렇지만, 점점 가늘어지는 실린더가 방사 대칭(radial symmetry, 반경방향 대칭)을 갖는다면(예를 들면, 실린더의 한쪽 끝에서부터 다른쪽 끝까지 반경이 감소하는 원형 단면을 갖는다면), 셀의 패턴이 대칭의 축 주위에 반복될 수 있다(즉, 셀의 동일한 패턴이 점점 가늘어지는 실린더의 길이의 방향으로 놓여 있는 셀의 패턴에 대해 존재한다). 이들 타입의 대칭 중 어느 것이든지 어느 정도까지 리본 기하구조가 실린더 전체에 걸쳐 동일한지를 결정(따라서 원하는 리본 방위(orientation)를 선택하기 위해)하는데 유용하다. (각 시퀀스 내의 모든 셀이 동일한 형상을 갖지 않더라도) 서로 동일한 셀 형상의 시퀀스는, 동일하게 형성된 리본의 생성이 셀 형상의 동일한 시퀀스에 대응하도록 한다. 리본 방위는 리본들이 셀 형상의 동일한 시퀀스와 같은 방향에 있도록 선택되는 것이 바

람직하다.

- [0131] 실린더의 축이 만곡되어 있다면, 셀의 형상은 실린더의 축 주위를 여행하는 방향으로 변화한다. 실린더의 축이 일정한 곡률을 가진다면, (곡률의 축의 주위로 회전되는) 대칭의 형태(form)가 존재하고, 그 대칭의 방향으로 동일한 셀의 패턴이 존재한다(예를 들어, 토러스(torus) 또는 토러스의 일부에 대해서는, 동일한 셀의 패턴이 실린더의 단면에 평행한 방향으로 존재한다). 추가적인 그러한 대칭이 결정될 수 있고, 후에 더 상세히 설명되는 적당한 리본 기하구조를 결정하기 위한 관련이 있다.
- [0132] 도 6~도 9는 허니콤 코어를 구비하는 리본의 기하구조를 결정하는 방법을 도시하고 있다. 이 방법은 셀 형상의 정의된 패턴을 갖는 허니콤 코어 실린더의 수학 용어 또는 컴퓨터 모델 형식의 표현을 제공함으로써 단계 600으로 시작한다. 이 표현은 미리 정의되거나 또는 위에 제공된 기재내용을 이용하여 결정될 수 있다. 허니콤 코어의 전체적인 기하구조뿐만 아니라 셀의 기하구조는, 허니콤 코어를 형성하기 위한 리본의 기하구조를 결정하기 위해 분석되고 있다. 도 4b~도 4d에서 제공되는 본보기 기하구조는 대략 동일한 육각형 셀을 갖는 정규 실린더(직선 축, 일정한 원형 단면)이지만, 여기에 기재된 원리는 광범위한 원통 기하구조에 적용될 수 있다.
- [0133] 실린더 내의 셀의 컴퓨터 모델 표현 또는 수학적 표현은 분석되어 하프 셀(half-cell)의 적어도 하나의 선형 시퀀스를 형성하기 위해 "분할(divide)"된다. "분할된다"라는 용어는, 그 정의된 기하구조의 일부의 형상을 결정하기 위해 평면(plane) 등의 표면에 의해 "절단(cut)"되는 수학적 또는 컴퓨터 연산을 의미한다. 분할의 방향은 대략 리본 방위의 방향을 따른다. 보다 구체적으로는, 실린더 내의 셀의 표현은 리본 방위의 방향으로 인접한 셀의 노드 벽에 인접하여 달리는 표면에 의해 분할되어 있다. 이 표면은 리본 방위를 따르도록 그리고 셀의 노드 벽에 인접하도록 형성되어 있다. 또한, 각 표면은 택일적으로 반으로 분할되고, 다음에 허니콤 코어 내의 셀에 인접하여 달린다. 하프 셀의 선형 시퀀스를 얻기 위해, 단계 602에서는, 적어도 두 개의 그러한 표면이 제공되는바, 이들 두 개의 표면은 번갈아 생기는 방위(orientation)를 갖는 하프 셀의 시퀀스를 "둘러싼다(enclose)". 이들 분할하는 표면도 또한 여기에서 "분할 벽(dividing wall)"으로서 언급된다.
- [0134] 도 7에서는, 두 개의 그러한 분할 벽(701, 702)이 나타내어져 있다. 명확하게 하기 위해, 도 7은 실린더(700) 내의 셀의 작은 부분만을 도시한다. 이들 벽은 실린더(700)의 축(710)에 평행한 방향으로 실린더를 따라 달리고, 실린더(700)의 반경(708)에 평행한 높이(706)를 갖는다. 이 예에서 주의해야 할 점은, 리본이 실린더의 축(710)에 평행한 방향에 방위되어 있는데, 왜 표면(701, 702)이 그 방향으로 달리고 있는가 하는 점이다.
- [0135] 단계 604에서는, 하프 셀의 선형 시퀀스가 결정된다. 이 시퀀스는 두 개의 인접한 분할 표면을 갖는 코어의 모델에 관한 (예를 들어, CAD 소프트웨어에 의한) 슬라이싱 작업을 수행하는 결과이다.
- [0136] 도 7에서는, 두 개의 인접한 분할 벽(701, 702) 사이에, 하프 셀(720)의 선형 시퀀스가 나타내어져 있다. 이 하프 셀(720)의 선형 시퀀스는, 번갈아 생기는 방위에 있어서 일련의 하프 셀을 구비하고 있다. 하프 셀의 각 작은 셀 벽을 가진다.
- [0137] 단계 606에서는, 하프 셀의 선형 시퀀스에 있어서 각 벽의 기하구조가 결정된다. 도 7에서, 하프 셀(720)의 선형 시퀀스는 노드 벽(714)이 뒤따르는 난노드 벽(non-node wall, 712)의 번갈아 생기는 시퀀스로 구성되는 벽을 가지고 있다. 하프 셀의 선형 시퀀스 내의 모든 셀 벽의 형상이 결정되어야 한다. 하프 셀의 선형 시퀀스의 형상은 두 개의 인접한 분할 벽(701, 702) 사이의 공간에 대응하는 리본 위치에 위치되어 하프 셀의 선형 시퀀스를 형성하도록 접힌 리본의 형상에 상당한다. 이 리본 형상의 결정은, CAD 소프트웨어를 이용하거나, 또는 단순한 기하구조를 위해 수학적 원리를 적용함으로써 수행될 수 있다. 리본의 기하구조가 충분히 규칙적이고 (즉, 리본이 동일한 하프 셀을 구비하고) 전체적인 리본의 기하구조의 작은 부분만이 계산되어야 한다면, 이 부분은 리본의 전체 길이에 대해 반복될 수 있다.
- [0138] 단계 608에서는, 평평한 리본의 기하구조가 단계 606으로부터의 벽 형상에 기초해서 결정된다. 이것은 도 9를 참조하여 더 자세히 설명되어 있다.
- [0139] 단계 610에서는, 원하는 실린더 기하구조를 형성하기 위해 필요하게 되는 리본의 각 타입에 대해 단계 602~608이 필요한 만큼 반복된다. 정규 실린더를 도시하고 있는 도 7에서는, 한 가지 타입의 리본 기하구조만이 존재한다. 따라서, 미리 결정된 리본의 기하구조가 실린더 전체에 걸쳐 사용될 수 있고, 단계 602~608은 반복될 필요가 없다.
- [0140] 도 8은 정규 실린더 기하구조(일정한 원형 단면, 만곡되지 않은 축)를 갖는 허니콤 구조에 대해 (도면의 오른쪽에 있는) 하나의 완전한 하프 셀(720)의 표현의 일부와 (도면의 왼쪽에 있는) 다른 하프 셀의 일부를 클로즈업

해서 도시하고 있다. 이 도면에 도시된 각 하프 셀(720)은, 두 개의 난노드 벽(802)과 하나의 노드 벽(804)을 가지고 있다. 벽(802, 804)의 각각의 꼭지점(806, 807, 808, 809) 및 에지(816, 817, 818, 819)가 나타내어져 있다.

[0141] 노드 벽(804)은 상단 에지(816), 하단 에지(817) 및 두 개의 측면 에지(820)를 가지고 있다. 난노드 벽(802)은 두 개의 측면 에지(820), 상단 에지(818) 및 하단 에지(819)를 가지고 있다. 노드 벽(804)의 상단 에지(816)와 하단 에지(817)는 두 개의 측면 에지(820)와 같이 길이가 동일하다. 노드 벽(804)과 난노드 벽(802)의 측면 에지(820)도 또한 길이가 동일하고, 서로에 대해 각도( $\alpha$ )로 되어 있다. 각도( $\alpha$ )는, 축(이 도면에는 도시되지 않음)에 수직인 꼭지점(809)으로부터 그 축 상의 한 점으로 제1 라인을 연장하고, 꼭지점(813)으로부터 그 축 상의 동일한 점으로 제2 라인을 연장함으로써 결정될 수 있다. 이들 두 라인 사이의 각도가 각도( $\alpha$ )에 상당한다.

[0142] 난노드 벽(802)의 상단 에지(818) 및 하단 에지(819)는 코어 실린더(700)의 기하구조에 따르는 곡률을 갖는다. 상단 에지(818)가 실린더의 외부 표면(703)을 추적하고 하단 에지(819)가 실린더의 내부 표면(705)을 추적하기 때문에, 그리고 외부 표면(703)이 내부 표면(705)보다 더 큰 반경을 갖기 때문에, 상단 에지(818)는 하단 에지(819)보다 더 크다.

[0143] 상단 에지(818)는 한 평면을 실린더(700)의 외부 표면(703)과 교차시킴으로써 형성되는 타원의 아크 섹션(arc section)과 같이 형성되어 있다. 이 평면은 실린더의 반경에 평행하고 상단 에지(818)의 두 꼭지점(807, 806)을 포함하고 있다. 마찬가지로, 하단 에지(819)는 한 평면을 실린더의 내부 표면과 교차시킴으로써 형성되는 타원의 아크 섹션과 같이 형성되어 있다. 이 평면은 실린더의 반경에 평행하고 하단 에지(819)의 두 꼭지점(809, 808)을 포함하고 있다. 셀이 대략 정육각형으로서 형성되어 있다면, 이들 평면은 반경에 평행한 평면으로서 근사화되고 축에 대해 대략 120도만큼 회전될 수 있다. 도 8에서는, 이들 평면이 직접 나타내어져 있지 않은바, 실린더의 내부 표면(705) 및 외부 표면(703)을 갖는 평면의 교차점(intersection)을 각각 볼 수 있을 뿐이다. 이들 교차점은, 모두 실린더(700)의 표면을 따르는 내부 타원형 아크(822) 및 외부 타원형 아크(824)이다.

[0144] 에지(818~819)의 기하구조를 결정하기 위한 계산은, 만곡된 에지(818~819)가 놓이는 원통형 표면의 반경에 상당하는 반경을 갖는 원의 아크로서 에지(818~819)를 근사화함으로써 간단화될 수 있다. 또한, 만곡된 상단 또는 하단 에지의 아크 길이는  $\Theta \cdot R$ 로서 근사화될 수 있다(여기서  $\Theta$ 는 만곡된 에지(818~819)가 가로지르는 각도와 같다). 이들 근사화는, 셀의 크기가 실린더의 반경보다 훨씬 작은 경우에 상당히 적합하지만, 셀의 크기가 실린더의 크기에 근접함에 따라 덜 정확하게 된다.

[0145] 상기에서는 리본이 원통형 코어 기하구조 전체에 걸쳐 모든 위치에 대해 동일한 것으로서 설명되고 도시되었지만, 다양한 코어 구조가 다른 리본 기하구조를 필요로 할 수 있다. 제조를 위해서는, 가장 적은 리본 기하구조의 수를 갖는 것이 이롭다.

[0146] 어떤 원통형 형상에 대해서는, 하나의 리본 기하구조만이 만들어질 필요가 있다. 다른 경우에는, 작은 수의 리본 기하구조가 만들어질 필요가 있다. 가장 복잡한 원통형 기하구조에 대해서는, 각 리본이 그 위치에 대해 주문 제작되어야 할 것 같다.

[0147] 원통형 기하구조의 방사 대칭의 존재는, 그 대칭에 평행한 방향으로 달리는 동일한 리본의 사용을 허용한다. 예를 들어, 정규 실린더는 그 축 주위에 방사 대칭을 갖는데, 이는 리본이 그 실린더의 축에 수직인 방향으로 달리는 경우에 동일한 리본이 사용될 수 있다는 것을 의미한다. 점점 가늘어지는 실린더 또는 중앙에서 툭 튀어나온 실린더는 마찬가지로 그 축 주위에 방사 대칭을 갖기 때문에, 리본이 점점 가늘어지는 실린더의 표면과 실린더의 세로 축(longitudinal axis)을 포함하는 평면과의 사이의 교차점의 라인에 의해 수립되는 방향으로 달리는 경우에 동일한 리본이 사용될 수 있다. 또한, 일정한 곡률을 갖는 주축 주위에 둘러싸여 있는 "튜브(tube)"인 토러스에 있어서는, 그들이 토러스의 주요 반경에 평행하도록, 즉 토러스의 주요 반경에 평행한 방향으로 "튜브"의 주위에 둘러싸이도록 배치되어 있는 경우에 동일한 리본이 사용될 수 있다. 바꾸어 말하면, 셀의 동일한 패턴이 토러스의 주요 반경에 평행한 방향으로 토러스의 "튜브" 주위에 둘러싸여 있는 셀의 패턴에 대해 존재한다. 이는, 토러스가 주축 주위에 방사 대칭을 갖는 구조로 되어 있기 때문이다. 여기에서, 이 주축은 토러스의 "튜브"가 둘러싸여 있는 축 주위이다.

[0148] 일부 실린더 기하구조가 그들의 전체 길이를 따라 이들 특성을 갖지 않을 수 있지만, 일부 실린더 기하구조는 그럼에도 불구하고 각각이 이들 특성을 갖는 다수의 섹션(예를 들어 그들의 단부에 부착되어 서로에 대해 회전

되는 토러스의 다수의 섹션, 또는 경사진 직선의 원통형 섹션이 뒤따르는 토러스 섹션)으로 구분될 수 있다. 그러한 실린더에 대해서는, 각 섹션이 동일한 리본으로 만들어질 수 있다.

- [0149] 또한, (대칭 등과 같은) 위에서 설명한 특성을 갖는 "이상적인" 형상 중의 하나와 정확히 매치하지 않지만 그러한 이상적인 형상과 거의 매치하는 어떤 원하는 기하구조에 대해서는, 이상적인 형상은 위에서 설명한 방법을 이용하여 제조되고, 다음에 원하는 비이상적인 형상으로 형성될 수 있다(예를 들어, 실린더의 형상이 힘의 인가를 통해 변화될 수 있다). 일부 성형(forming)이 이 상황에서 요구될 수 있지만, 이 성형은 평평한 코어 재료로부터 형상을 형성하는 것과 비교해서 최소한의 것으로 된다.
- [0150] 도 9에 나타낸 바와 같이, 일단 모든 에지, 따라서 하프 셀의 벽의 의 형상이 결정되면, 평평한 접히지 않은 리본(900)의 형상이 결정될 수 있다. 도 7에 도시된 리본 기하구조는 일정한 원형 단면과 직선 축을 갖는 정규 실린더를 형성하는데 적합하다. 접히지 않은 리본(900)의 형상은 접힘 라인(fold line)에 의해 분리되며 각각 이 하프 셀(720)의 선형 시퀀스에 있어서 각 하프 셀의 벽에 대해 동일한 기하구조를 갖는 일련의 섹션을 구비하는 평평한 형상이다.
- [0151] 섹션은 선형 시퀀스(720)에 있어서 벽과 동일한 순서 및 형상을 갖는다. 섹션의 에지의 형상도 또한 벽의 대응하는 에지의 형상과 동일하다. 따라서, 제1 섹션(804)은 노드 벽(804)과 동일한 형상을 갖고, 제2 번째 섹션(802)은 난노드 벽(802)과 동일한 형상, ... 등을 갖는다. 또한, 평평한 리본(900)에 있어서 섹션의 순서는 도 7 및 도 8에 나타낸 셀 벽의 순서와 동일하다.
- [0152] 도 9에 나타낸 평평한 리본(900)은 그 길이를 따라 만곡된다. 이 곡률은 반드시 스무드한 곡선으로 할 필요는 없지만, 사다리꼴 섹션(804)의 짧은 에지 모두가 동일한 방향으로 향하고 있다는 사실에 기인해서 직사각형 섹션(802) 및 사다리꼴 섹션(804)의 번갈아 생기는 직선-곡선-직선 에지에 의해 형성된다. 도 9에 나타낸 특성의 리본 기하구조뿐만 아니라, 평평한 리본의 길이에 따른 곡률도 또한, 다른 실린더 기하구조를 형성하도록 절단한 리본 기하구조로 묘사될 수 있다. 이러한 원통형 기하구조 모두에 대해, 실린더를 형성하는 만곡된 평평한 리본의 곡률은 비직사각형 섹션 형상과 만곡된 섹션 에지의 조합에 기인한다.
- [0153] 도 9에 나타낸 리본(900)이 접하면, 리본의 에지는 도 10에 나타낸 바와 같이 리본의 길이를 따라 직선으로 될 수 있다. 일부 곡률은 형성되는 실린더의 곡률에 대응하는 방향으로 존재한다. 다른 실린더 기하구조를 형성하는 데 사용되는 리본에 대해서는, 그러한 접힐 때 그들의 길이를 따라 직선으로 될 수 없다. 예를 들어, 만곡된 축(따라서 축의 방향에 평행한 방향으로 만곡되어 있는 외부 표면)을 가진 실린더를 형성하는 데 사용되는 리본에 대해서는, 대응하는 접힌 리본은 실린더의 만곡된 표면과 매치하도록 그 길이를 따라 만곡될 수 있다.
- [0154] 평평한 리본 형상(900)이 결정되면, 물리적 리본은 도장 및 프레스 장치와 같은 기존의 방법으로 금속이나 종이 등의 기본 재료에서 잘라낼 수 있다. 그 후, 이 물리적 리본은 원통형 코어에 있어서 셀의 형상과 매치하도록 접힐 수 있다.
- [0155] 리본 내의 섹션들을 분리하는 에지들(820)은 접힘(fold) 또는 구부림(bend)이 만들어질 선들을 나타내고, 본 명세서에서는 "접힘 라인(fold lines)"이라고 지칭된다. 평평한 리본들은 하프 셀들의 선형 시퀀스(linear sequence)에 대응하는 트로프(trough)들 및 릿지(ridge)들을 가진 기복형(contoured) 리본들을 형성하도록 접혀진다. 리본들은 리본이 셀(cell)들을 형성하게 하는 각도로 접혀져야 한다.
- [0156] 도 8에서 도시된 셀 형상에 대해서, 접힘의 방향은 접힘 라인(820)이 둘러싸는 월(wall)의 타입이 노드(node)(804)인지 또는 난노드(non-node)(802)인지에 의해서 결정된다. 만일 두 개의 접힘 라인(820)이 노드 월(node wall)(804)을 둘러싼다면, 접힘 라인의 양쪽에서 만들어진 접힘들은 서로 동일한 방향으로 만들어져야 한다. 만일 두 개의 접힘 라인이 난노드 월(non-node wall)(802)을 둘러싼다면, 접힘 라인의 양쪽에서 만들어진 접힘들은 서로 반대 방향으로 만들어져야 한다. 이러한 식으로, 반대 방향인 두 개의 접힘들이 이어지는, 한 방향인 두 개의 접힘들의 반복된 패턴이 만들어지고, 세미-육각형(semi-hexagonal) 하프 셀의 시리즈가 형성된다. 접힘의 각도는 하프 셀들의 형상에 의해서 결정된다. 정육각형들에 대해서, 접힘들은 약 120도로 만들어진다.
- [0157] 도 10에서 도시된 바와 같이, 리본들(900)은 일단 절단되고 접하면 원통형 코어(cylindrical core)를 포함하는 육각형 셀들의 선형 시리즈(linear series)를 형성하도록 서로 이어진다. 리본들은 그들의 노드 월들(804)에서 이어져야 한다. 원하는 코어 기하구조(geometry)를 위해 요구되는 리본들의 수가 함께 묶일 때까지 이러한 방식으로 리본들이 추가된다.
- [0158] 만일 리본들이 미리-접혀있었다면(pre-folded), 원통형 코어가 완성된다. 이와 달리, 만일 리본들이 단순히 프

리-스트레스(pre-stressed)되어 있다면, 완전한 구조를 조립하도록 원해질 때, 리본들은 그 구조가 확장되도록 잡아 당겨질 수 있고, 리본들은 최종적인 원하는 구조로 형성된다. 리본들의 확장된 어셈블리(assembly)는 경화될(cured) 수 있고, 이와 달리 적절한 기하구조로 굳혀질(solidified) 수 있다. 이러한 공개의 가르침들은 최소한의 성형(forming)을 요구하면서 매우 다양한 기하구조들 내에서 만곡된 허니콤 코어(curved honeycomb core)를 만드는데 이용될 수 있다. 본 공개의 가르침들은 최소한의 성형(forming)을 요구하면서 매우 다양한 기하구조들 내에서 만곡된 허니콤 코어(curved honeycomb core)를 만드는데 이용될 수 있다.

- [0159] 이제 도 11을 참조하면, 항공기의 도면이 본 공개의 일 관점에 따라서 도시된다. 이 예시적인 예에서, 항공기(1100)는 동체(1106)에 부착된 날개(1102) 및 다른 날개(1104)를 가진다. 항공기(1100)는 날개(1102)에 부착된 엔진(1108) 및 다른 날개(1104)에 부착된 다른 엔진(1110)을 포함할 수 있다. 동체(1106)는 테일 섹션(tail section)(1112)을 가질 수 있다. 수평 안정기(1114), 다른 수평 안정기(1116), 및 수직 안정기(1118)가 동체(1106)의 테일 섹션(1112)에 부착될 수 있다.
- [0160] 동체(1106)는 동체(1106)의 원통형 형상(1119)을 형성하기 위하여 원통형 형상을 갖는 복합 구조(composite structure)로 이루어질 수 있다. 동체(1106)의 노출된 부분(1120)은 이 복합 구조의 스킨(skin)(도시되지 않음)이 제거된 채로 보인다. 허니콤 구조(1122)가 이 노출된 부분(1120) 내에서 보인다. 허니콤 구조(1122)는 동체(1106)를 형성하는 복합 구조의 코어이다.
- [0161] 부가적으로, 동체(1106)에 부착된 페어링(fairing)(1130)의 노출된 부분(1124)은 이 복합 구조의 스킨(도시되지 않음)이 제거된 채로 보인다. 허니콤 구조(1126)가 이 노출된 부분(1124) 내에서 보인다. 허니콤 구조(1126)는 페어링(1130)을 형성하는 복합 구조의 코어이고, 원뿔(conical) 형상(1128)을 가진다.
- [0162] 동체(1106)의 노우즈 섹션(nose section)(1138)의 노출된 부분(1132)은 이 복합 구조의 스킨(도시되지 않음)이 제거된 채로 보인다. 허니콤 구조(1134)가 이 노출된 부분(1132) 내에서 보인다. 허니콤 구조(1134)는 노우즈 섹션(1138)을 형성하는 복합 구조의 코어이고, 원뿔 형상(1136)을 가진다.
- [0163] 게다가, 날개(1104)의 노출된 부분(1140)은 이 복합 구조의 스킨(도시되지 않음)이 제거된 채로 보인다. 허니콤 구조(1142)가 이 노출된 부분(1140) 내에서 보인다. 허니콤 구조(1142)는 날개(1104)를 형성하는 복합 구조의 코어이고, 만곡된 형상(1144)을 가진다.
- [0164] 게다가, 동체(1106)의 날개(1102)의 노출된 부분(1146)은 이 복합 구조의 스킨(도시되지 않음)이 제거된 채로 보인다. 허니콤 구조(1148)가 이 노출된 부분(1146) 내에서 보인다. 허니콤 구조(1148)는 날개(1102)를 형성하는 복합 구조의 코어이고, 만곡된 형상(1150)을 가진다.
- [0165] 또한 게다가, 동체(1106)의 테일 섹션(1112)의 노출된 부분(1152)은 이 복합 구조의 스킨(도시되지 않음)이 제거된 채로 보인다. 허니콤 구조(1154)가 이 노출된 부분(1152) 내에서 보인다. 허니콤 구조(1154)는 테일 섹션(1112)을 형성하는 복합 구조의 코어이고, 원뿔 형상(1156)을 가진다.
- [0166] 동체(1106)의 수직 안정기(1118)의 노출된 부분(1158)은 이 복합 구조의 스킨(도시되지 않음)이 제거된 채로 보인다. 허니콤 구조(1160)가 이 노출된 부분(1158) 내에서 보인다. 허니콤 구조(1160)는 수직 안정기(1118)를 형성하는 복합 구조의 코어이고, 만곡된 형상(1162)을 가진다.
- [0167] 부가적으로, 엔진(1110)의 나셀(nacelle)(1166)의 노출된 부분(1164)은 이 복합 구조의 스킨(도시되지 않음)이 제거된 채로 보인다. 허니콤 구조(1168)가 이 노출된 부분(1164) 내에서 보인다. 허니콤 구조(1168)는 나셀(1166)을 형성하는 복합 구조의 코어이고, 만곡된 형상(1170)을 가진다.
- [0168] 이 예시적인 예에서, 허니콤 구조들(1122, 1126, 1134, 1142, 1154, 및 1160)은 도 1에서 도시된 허니콤 구조(110)에 대한 구현의 예일 수 있다. 도시된 바와 같이, 허니콤 구조들은 상이한 타입의 만곡된 형상을 가지는 다양한 상이한 구조들을 형성하기 위하여 다양한 상이한 방식으로 이용될 수 있다.
- [0169] 이제 도 12를 참조하면, 도 11로부터의 허니콤 구조(1122)의 상면도가 본 공개의 일 관점에 따라서 도시된다. 도시된 바와 같이, 허니콤 구조(1122)는 셀 행(row)들(1202)로 조직된 셀들(1200)로 이루어진다.
- [0170] 셀들(1200)을 포함하는 셀 행들(1202)은 도 1의 셀들(112)을 포함하는 셀 행들(113)에 대한 하나의 구현 예일 수 있다. 도시된 바와 같이, 셀들 행들(1202)은 축(1204)에 평행하게 정렬된다. 이 예시적인 예에서, 허니콤 구조(1122)는 만곡된 형상(1206)을 가진다. 만곡된 형상(1206)은 축(1204)에 대해 만곡될 수 있다.
- [0171] 이제 도 13을 참조하면, 도 12의 셀 행들(1202) 내의 셀 행의 부분의 상면도가 본 공개의 일 관점에 따라서 도

시된다. 이 예시적인 예에서, 셀 행(1300)의 부분이 도시된다. 셀 행(1300)은 도 12의 셀 행들(1202) 중의 하나일 수 있다.

[0172] 이 예시적인 예에서, 셀 행(1300)은 서로 이어진 제1 리본(1302) 및 제2 리본(1304)에 의해서 형성된다. 제1 리본(1302) 및 제2 리본(1304)은 각각 접힌 상태(1306) 및 상응하는 접힌 상태(1308)에 있을 수 있다. 제1 리본(1302) 및 제2 리본(1304)은 셀 행(1300) 내에서 셀들(1303 및 1305)을 형성하도록 서로 이어질 수 있다.

[0173] 도시된 바와 같이, 제1 리본(1302)은 노드 섹션들(1310, 1312, 1314, 1316, 및 1318) 및 난노드 섹션들(1320, 1322, 1324, 및 1326)을 포함한다. 제2 리본(1304)은 노드 섹션들(1328, 1330, 1332, 1334, 및 1336) 및 난노드 섹션들(1338, 1340, 1342, 및 1344)을 포함할 수 있다. 제1 리본(1302)의 노드 섹션들(1310, 1314, 및 1318)과 제2 리본(1304)의 노드 섹션들(1328, 1332, 및 1336)은 예컨대 제한 없이, 용접 브레이징(welding brazing), 납땜, 동시-경화(co-curing), 동시-접착(co-bonding), 접착제 접착, 및/또는 도 13에 도시된 셀 행(1300)의 부분을 형성하기 위한 임의의 다른 타입의 접합 기술을 이용해서 서로 이어질 수 있다.

[0174] 이 예시적인 예에서, 셀들(1303 및 1305)은 육각형 형상을 가진다. 하지만, 다른 예시적인 예들에서, 허니콤 구조 내의 셀들은 다른 타입의 형상을 가질 수 있다. 육각형 형상이 아닌 형상을 가진 셀들을 갖는 셀 행들의 도면들이 이하의 도 14 내지 16에서 도시된다.

[0175] 이제 도 14를 참조하면, 셀 행의 부분의 상면도가 본 공개의 일 관점에 따라서 도시된다. 셀 행(1400)의 부분이 도 14에 도시된다. 셀 행(1400)은 셀들(1403 및 1405)을 포함할 수 있다. 셀들(1403 및 1405)은 이 예시적인 예에서 모래시계(hour-glass) 타입의 형상을 가질 수 있다.

[0176] 도시된 바와 같이, 셀 행(1400)은 제1 리본(1402) 및 제2 리본(1404)에 의해서 형성될 수 있다. 제1 리본(1402)은 노드 섹션들(1406) 및 난노드 섹션들(1408)을 포함할 수 있다. 노드 섹션들(1406) 및 난노드 섹션들(1408)은 제1 리본(1402)을 따라서 번갈아 나올 수 있다. 제2 리본(1404)은 노드 섹션들(1410) 및 난노드 섹션들(1412)을 포함할 수 있다. 노드 섹션들(1410) 및 난노드 섹션들(1412)은 제2 리본(1404)을 따라서 번갈아 나올 수 있다.

[0177] 이제 도 15를 참조하면, 셀 행의 부분의 상면도가 본 공개의 일 관점에 따라서 도시된다. 셀 행(1500)의 부분이 도 15에 도시된다. 셀 행(1500)은 셀들(1503 및 1505)을 포함할 수 있다. 셀들(1503 및 1505)은 이 예시적인 예에서 직사각형 형상을 가질 수 있다.

[0178] 도시된 바와 같이, 셀 행(1500)은 제1 리본(1502) 및 제2 리본(1504)에 의해서 형성될 수 있다. 제1 리본(1502)은 노드 섹션들(1506) 및 난노드 섹션들(1508)을 포함할 수 있다. 노드 섹션들(1506) 및 난노드 섹션들(1508)은 제1 리본(1502)을 따라서 번갈아 나올 수 있다. 제2 리본(1504)은 노드 섹션들(1510) 및 난노드 섹션들(1512)을 포함할 수 있다. 노드 섹션들(1510) 및 난노드 섹션들(1512)은 제2 리본(1504)을 따라서 번갈아 나올 수 있다.

[0179] 이제 도 16을 참조하면, 셀 행의 부분의 상면도가 본 공개의 일 관점에 따라서 도시된다. 셀 행(1600)의 부분이 도 16에 도시된다. 셀 행(1600)은 셀들(1603 및 1605)을 포함할 수 있다. 셀들(1603 및 1605)은 이 예시적인 예에서 월넛(walnut)-타입의 형상을 가질 수 있다.

[0180] 도시된 바와 같이, 셀 행(1600)은 제1 리본(1602) 및 제2 리본(1604)에 의해서 형성될 수 있다. 제1 리본(1602)은 노드 섹션들(1606) 및 난노드 섹션들(1608)을 포함할 수 있다. 노드 섹션들(1606) 및 난노드 섹션들(1608)은 제1 리본(1602)을 따라서 번갈아 나올 수 있다. 제2 리본(1604)은 노드 섹션들(1610) 및 난노드 섹션들(1612)을 포함할 수 있다. 노드 섹션들(1610) 및 난노드 섹션들(1612)은 제2 리본(1604)을 따라서 번갈아 나올 수 있다.

[0181] 도 2 내지 16의 도면들은 예시적인 실시 예가 구현될 수 있는 방식에 대한 물리적 또는 구조적 제한들을 암시하고자 의도된 것이 아니다. 도시된 구성요소들에 추가하여 또는 대신하여 다른 구성요소들이 이용될 수 있다. 일부 구성요소들은 선택적이다.

[0182] 도 2 내지 16에서 도시된 상이한 구성요소들은 도 1에서 블록 형태로 도시된 구성요소들이 어떻게 물리적인 구조로서 구현될 수 있는지에 대한 예시적인 예일 수 있다. 게다가, 도 2 내지 16에서 도시된 구성요소들의 일부는 도 1에 도시된 구성요소들과 결합될 수 있고, 도 1에 도시된 구성요소들과 함께 이용될 수 있고, 또는 도 1에 도시된 구성요소들과 결합되어 함께 이용될 수 있다.

[0183] 도 17을 참조하면, 다수의 분산된 리본(multiple discrete ribbons)에 의해 형성된 예시적 허니콤 구조의 도식

적 표현의 설명이 개시의 태양에 따라 나타내어진다. 도 17에 있어서, 허니콤 구조(1700)의 도식적 표현이 명확성을 위해 생략된 허니콤 구조(1700)의 두께에 따라 묘사된다. 특히, 허니콤 구조(1700)의 외부 표면 형상(1701)이 도 7에 나타내어진다.

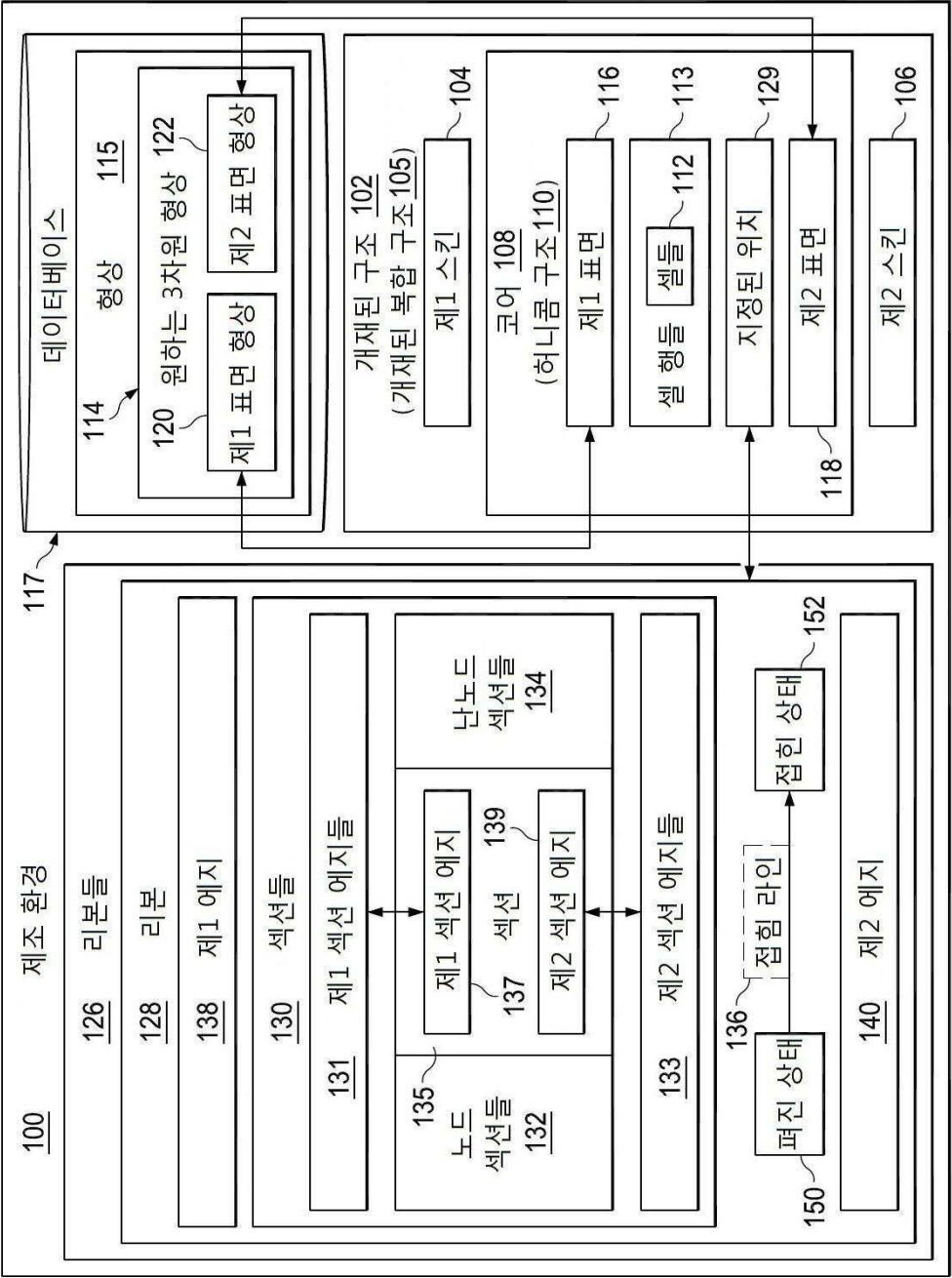
- [0184] 허니콤 구조(1700)는 대표적 형태로 도식적으로 도시된 분산 리본(1702)에 의해 형성된다. 리본(1702)은 서로에 대해 평행하게 정렬된다. 리본(1702)이 노드 섹션에서 함께 결합될 수 있음에도 불구하고, 이들 상재는 리본(1702)의 분산 속성을 더욱 명확히 나타내도록 하기 위해 도 17에는 도시되지 않는다.
- [0185] 도 18은 단일의 연속한(single continuous) 리본에 의해 형성된 허니콤 구조의 도식적 표현의 설명이 예시적 실시예에 따라 묘사된다. 본 예시적 예에 있어서, 허니콤 구조(1800)의 도식적 표현이 명확성을 위해 생략된 허니콤 구조(1800)의 두께에 따라 묘사된다. 특히, 허니콤 구조(1800)의 외부 표면 형상(1801)이 도 8에 나타내어진다.
- [0186] 허니콤 구조(1800)는 대표적 형태로 도식적으로 도시된 단일의 연속한 리본(1802)에 의해 형성된다. 이 리본(1802)은 여러 번 주위를 감쌀 수 있어(예컨대, 방향을 변경하거나 지그재그), 리본(1802)의 다른 부분이 서로에 대해 평행하게 정렬된다.
- [0187] 리본(1802)의 이들 다른 부분이 리본(1802)의 노드 섹션에서 함께 결합될 수 있음에도 불구하고, 이러한 상재는 리본(1802)의 연속적 속성(continuous nature)을 더욱 명확히 하도록 하기 위해 도 18에서는 생략되었다. 통상의 지식을 가진 자는 하이브리드 분산/연속 리본 구조가 이용될 수 있음을 이해하게 되고, 여기서 각각 적어도 하나의 방향 변경 또는 지그재그를 갖춘, 다수의 연속 리본은 예시적 허니콤 구조를 형성하는데 이용될 수 있다.
- [0188] 도 19a 및 도 19b를 참조하면, 허니콤 구조의 가능한 형상의 테이블의 예시가 개시의 태양에 따라 묘사된다. 도 19a 및 도 19b에 있어서, 형상(1902)의 세트를 묘사하는 테이블(1900)이 묘사된다. 형상(1902)의 이 세트에서의 각 형상은 3차원 형상이다. 이 방식에 있어서, 형상(1902)의 이 세트의 어느 하나는 도 1에서 설명된 원하는 3차원 형상(114)을 구현하는데 이용될 수 있다.
- [0189] 형상(1902)의 세트는 제1 형상(1904), 제2 형상(1906), 제3 형상(1908), 제4 형상(1910), 제5 형상(1912), 제6 형상(1914), 제7 형상(1916), 제8 형상(1918), 제9 형상(1920), 제10 형상(1922), 제11 형상(1923), 제12 형상(1925), 제13 형상(1927), 제14 형상(1929), 제15 형상(1931), 및 제16 형상(1933)을 포함한다. 이들 형상의 각각은 두 개의 표면 형상에 의해 형성될 수 있다.
- [0190] 도시된 바와 같이, 제1 형상(1904)은 제1 표면 형상(1924) 및 제2 표면 형상(1926)에 의해 형성된 원통형 튜브 형상이다. 제2 형상(1906)은 제1 표면 형상(1928) 및 제2 표면 형상(1930)에 의해 형성된 원통형 튜브 형상이다. 제3 형상(1908)은 제1 표면 형상(1932) 및 제2 표면 형상(1934)에 의해 형성된 원통형 튜브 형상이다.
- [0191] 제4 형상(1910)은 제1 표면 형상(1936) 및 제2 표면 형상(1938)에 의해 형성된 병-형태(bottle-type) 형상이다. 제5 형상(1912)은 제1 표면 형상(1940) 및 제2 표면 형상(1942)에 의해 형성된 돔-상부(dome-topped) 형상이다.
- [0192] 제6 형상(1914)은 제1 표면 형상(1944) 및 제2 표면 형상(1946)에 의해 형성된 불규칙 원통형 튜브 형상이다. 제7 형상(1916)은 제1 표면 형상(1948) 및 제2 표면 형상(1950)에 의해 형성된 8각형 프리즘-형태(octagonal prism-type) 형상이다. 제8 형상(1918)은 제1 표면 형상(1952) 및 제2 표면 형상(1954)에 의해 형성된 불규칙 원통형 튜브 형상이다. 제9 형상(1920)은 제1 표면 형상(1956) 및 제2 표면 형상(1958)에 의해 형성된 다른 불규칙 원통형 튜브 형상이다. 제10 형상(1922)은 제1 표면 형상(1960) 및 제2 표면 형상(1962)에 의해 형성된 변형된 원통형 형상이다.
- [0193] 제11 형상(1923)은 제1 표면 형상(1964) 및 제2 표면 형상(1966)에 의해 형성된 굽은 형상이다. 제12 형상(1925)은 제1 표면 형상(1968) 및 제2 표면 형상(1970)에 의해 형성된 굽은 형상이다. 제13 형상(1927)은 제1 표면 형상(1972) 및 제2 표면 형상(1974)에 의해 형성된 다른 굽은 형상이다. 제14 형상(1929)은 제1 표면 형상(1976) 및 제2 표면 형상(1978)에 의해 형성된 불규칙 굽은 형상을 구비하여 구성된 형상이다.
- [0194] 제15 형상(1931)은 제1 표면 형상(1980) 및 제2 표면 형상(1982)에 의해 형성된 굽은 부분 및 평평한 부분을 구비하여 구성된 형상이다. 제16 형상(1933)은 제1 표면 형상(1984) 및 제2 표면 형상(1986)에 의해 형성된 굽은 부분 및 평평한 부분을 구비하여 구성된 형상이다.
- [0195] 상기한 각 제1 표면 형상 및 각 제2 표면 형상은 각각, 도 1에 도시된, 제1 표면 형상(120) 및 제2 표면 형상

(122)을 위한 구현의 예일 수 있다. 이러한 방법에 있어서, 도 1에서의 허니콤 구조(110)는 다수의 다른 방법에 의해 형성될 수 있다. 당업자는 상기 설명된 형상이 단지 예이고, 허니콤 구조의 형상은 어떤 다른 형상 및/또는 여기서 특별히 설명되지 않은 상기한 형상의 조합일 수 있음을 이해하게 된다.

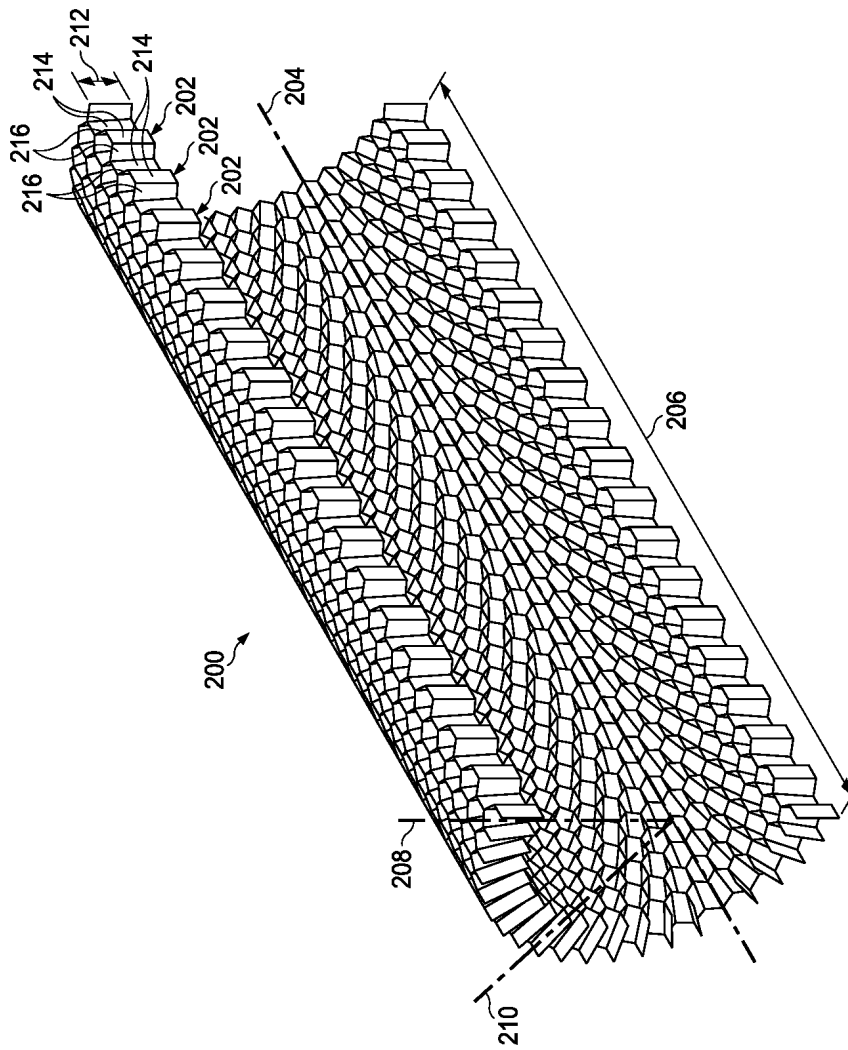
- [0196] 도 1에서 설명된 리본(126)의 각각은 리본의 제1 에지 및 제2 에지가 리본이 접혀진 상태(folded state)에 있을 때 형상(1902)의 세트(set)로부터 선택된 원하는 3차원 형상인 각각 제1 표면 형상 및 제2 표면 형상에 실질적으로 따르도록 형성될 수 있다. 원하는 3차원 형상에 따라, 리본(126)의 각각은 다른 리본에 비해 접혀질 때 동일하거나 다른 형상을 갖을 수 있다.
- [0197] 도 20을 참조하면, 플로우차트의 형태로 허니콤 구조를 형성하기 위한 프로세스의 설명이 개시의 태양에 따라 묘사된다. 도 20에서 설명된 프로세스는, 예컨대 도 1에서의 허니콤 구조(110)를 제한하는 것 없이, 형성되도록 구현될 수 있다.
- [0198] 프로세스는 허니콤 구조를 위한 형상의 세트로부터 원하는 3차원 형상을 선택하는 것에 의해 개시될 수 있다(동작 2000). 원하는 3차원 형상은 제1 표면 형상 및 제2 표면 형상을 구비하여 구성될 수 있다.
- [0199] 이어, 프로세스는 원하는 3차원 형상을 기초로 허니콤 구조를 생성하는데 이용하기 위한 다수의 리본을 형성한다(동작 2002). 그 후, 리본의 각각은 리본의 각각의 접혀지지 않은 상태를 접혀진 상태로 변경시키도록 각 리본 상의 미리 확인된 접힘 라인(pre-identified fold lines)을 따라 형상화된다(동작 2004).
- [0200] 다음에, 그 후의 프로세스 종료와 함께, 리본은 원하는 3차원 형상을 갖춘 허니콤 구조를 형성하도록 접혀진 상태에서의 각 리본과 함께 결합된다(동작 2006). 특히, 허니콤 구조의 제1 표면의 적어도 하나의 부분은 허니콤 구조의 제2 표면의 적어도 하나의 부분에 대해 평행하지 않게 될 수 있다.
- [0201] 도 21을 참조하면, 플로우차트의 형태로 허니콤 구조를 생성하는데 이용하기 위한 리본을 형성하기 위한 프로세스의 설명이 개시의 태양에 따라 묘사된다. 도 21에서 설명된 프로세스는 도 20의 동작(2000)을 구현하는데 이용될 수 있다.
- [0202] 프로세스는 형상화를 위한 리본을 선택하는 것에 의해 개시된다(동작 2100). 이어 선택된 리본의 제1 에지 및 제2 에지는 형상화되어 제1 에지의 적어도 하나의 부분이 제2 에지의 적어도 하나의 부분에 대해 평행하게 되지 않는다(동작 2102). 그 후, 프로세스는 어떤 추가적인 리본을 아직까지 형성해야 할 필요가 있는지의 여부를 결정한다(동작 2104). 하나 이상의 추가적인 리본이 형상화되어지도록 여전히 필요로 되면, 프로세스는 상기한 바와 같이 동작(2100)으로 복귀된다. 그렇지 않으면, 프로세스가 종료된다.
- [0203] 다른 묘사된 실시예에서의 플로우차트 및 블록도는 예시적 실시예에서의 장치 및 방법의 몇몇 가능한 구현의 구조, 기능성, 및 동작을 설명한다. 이와 관련하여, 플로우차트 또는 각 블록도에서의 각 블록은 동작 또는 단계의 모듈, 세그먼트, 기능 및/또는 부분을 나타낼 수 있다.
- [0204] 예시적 실시예의 몇몇 다른 구현에 있어서, 블록에서 주지된 기능 또는 기능들은 도면에서 주지된 순서를 벗어나 발생될 수 있다. 예컨대, 몇몇 경우에 있어서, 연속적으로 도시된 두 개의 블록은 실질적으로 동시에 실행될 수 있거나, 블록은 때때로 포함된 기능성에 따라 반대의 순서로 수행될 수도 있다. 또한, 다른 블록은 플로우차트 또는 블록도의 도시된 블록에 부가적으로 부가될 수도 있다.
- [0205] 따라서, 다른 예시적 실시예는 제1 표면의 적어도 일부분이 제2 표면의 적어도 일부분에 대해 평행하게 되지 않는 제1 표면 및 제2 표면을 갖는 허니콤 구조를 형성하기 위한 방법 및 장치를 제공한다. 하나의 예시적 실시예에 있어서, 허니콤 구조는 제1 표면, 제2 표면, 적어도 하나의 리본, 및 다수의 셀을 구비하여 구성된다. 적어도 하나의 리본은 제1 에지 및 제2 에지를 구비하여 구성된다. 제1 에지는 적어도 하나의 리본이 접혀진 상태에 있을 때 제1 표면의 적어도 일부분을 형성한다. 제2 에지는 적어도 하나의 리본이 접혀진 상태에 있을 때 제2 표면의 적어도 일부분을 형성한다. 제1 에지의 적어도 일부분은 적어도 하나의 리본이 접혀지지 않은 상태에 있을 때 제2 에지의 적어도 일부분에 대해 평행하지 않다. 다수의 셀이 적어도 하나의 리본에 의해 적어도 부분적으로 형성된다.
- [0206] 개시가 다양한 실시예를 참조하여 설명되는 동안, 당업자는 다양한 변경이 이루어질 수 있고 등가물이 개시의 관점을 벗어나는 것 없이 그 요소에 대해 대신될 수 있음이 당업자에 의해 이해되어진다. 더욱이, 많은 변형이 그 기본적인 관점으로부터 벗어나는 것 없이 개시의 교시에 대한 특정 상황을 채택하도록 이루어질 수 있다. 따라서, 개시는 본 개시의 방법을 수행하기 위해 심사숙고된 여기에 개시된 특정 실시예로 한정되는 것이 아님이 의도되지만, 개시는 첨부된 청구항들의 관점 내에 속하는 모든 실시예를 포함하게 된다.

도면

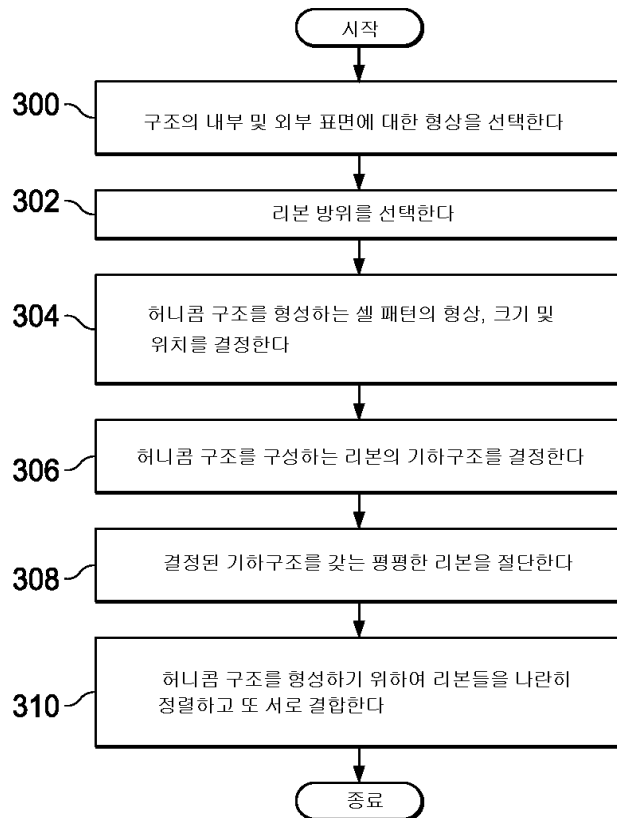
도면1



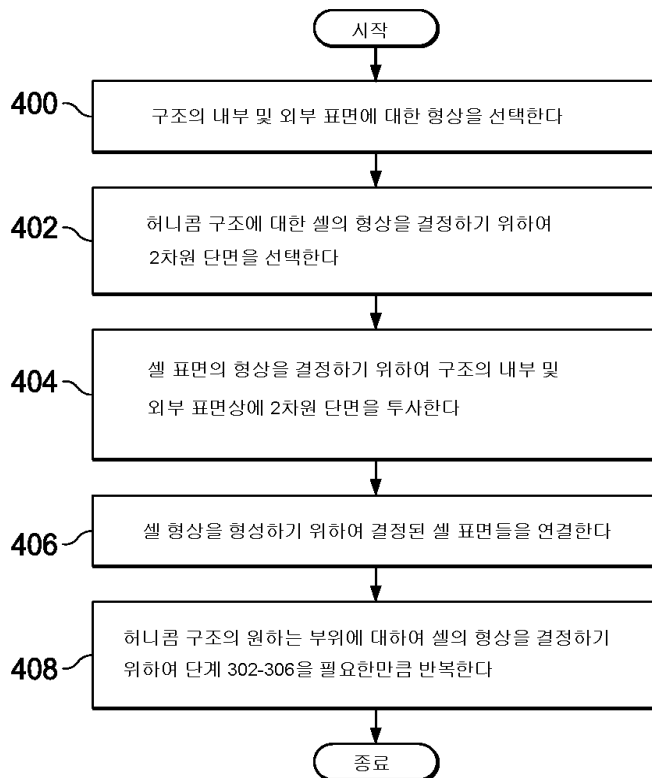
도면2



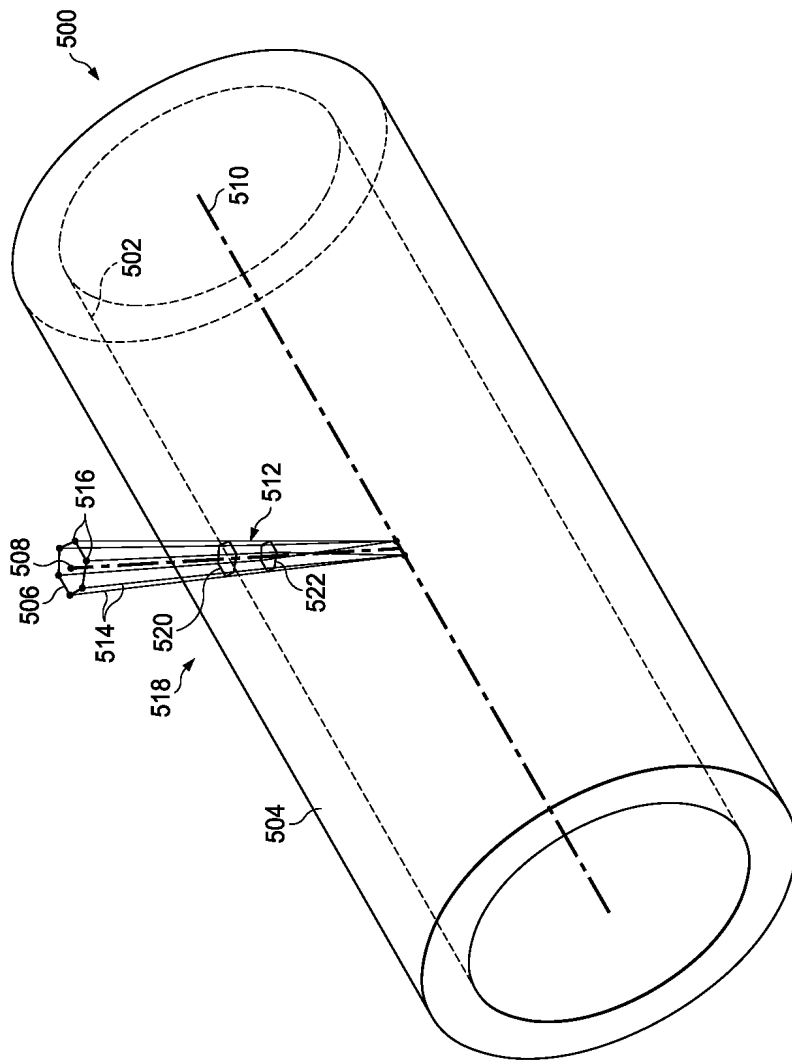
도면3



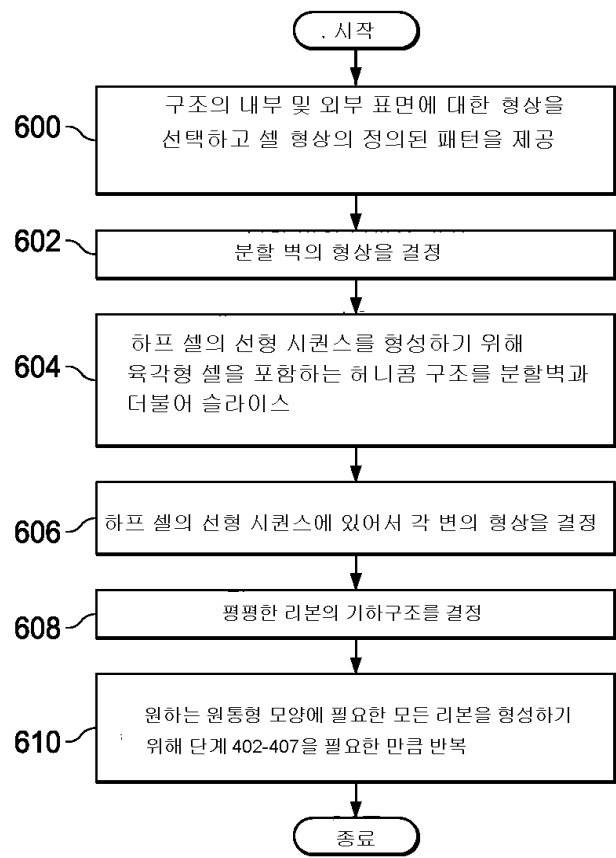
도면4



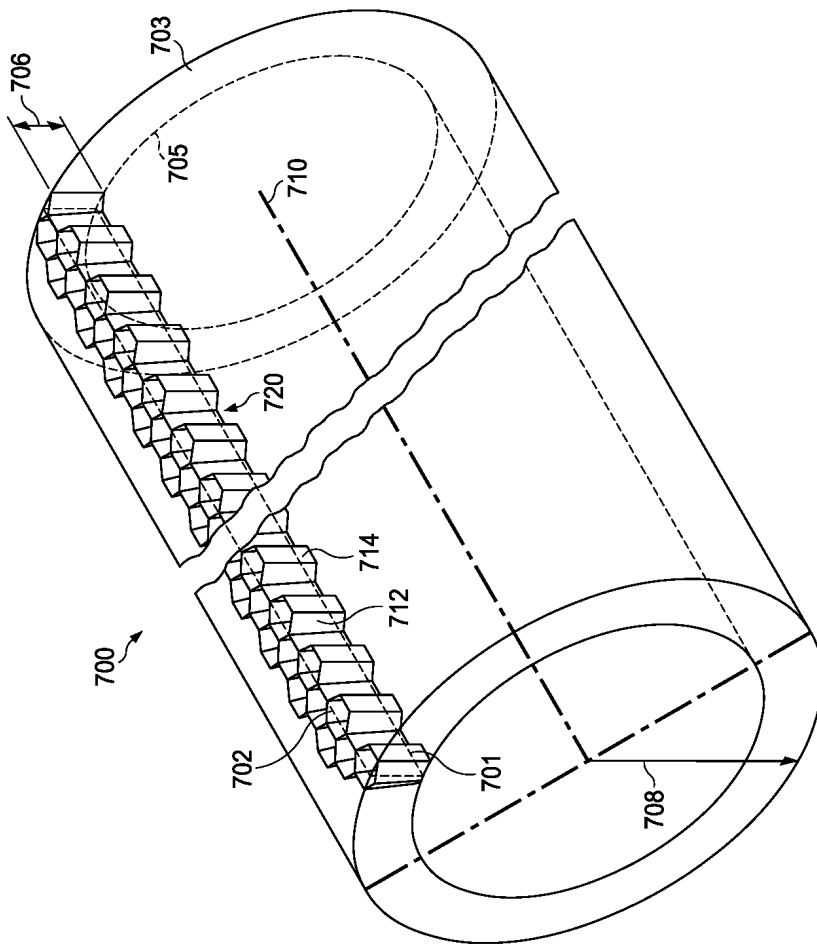
도면5



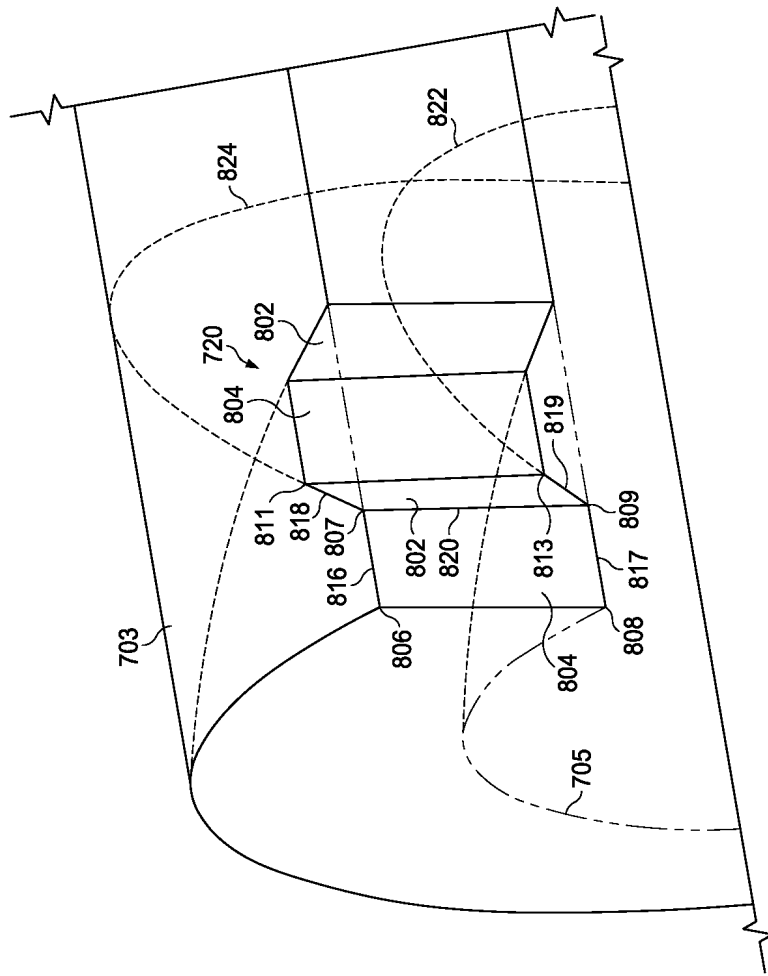
도면6



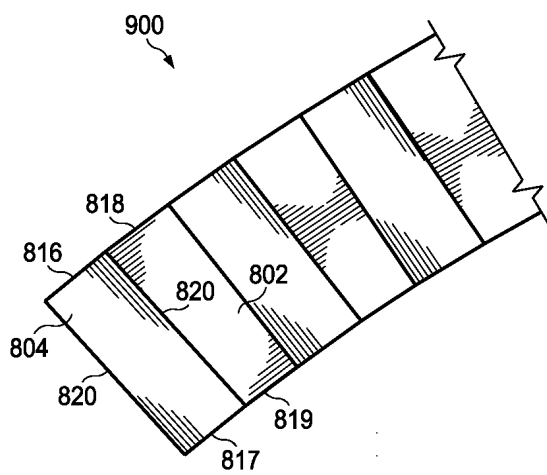
도면7



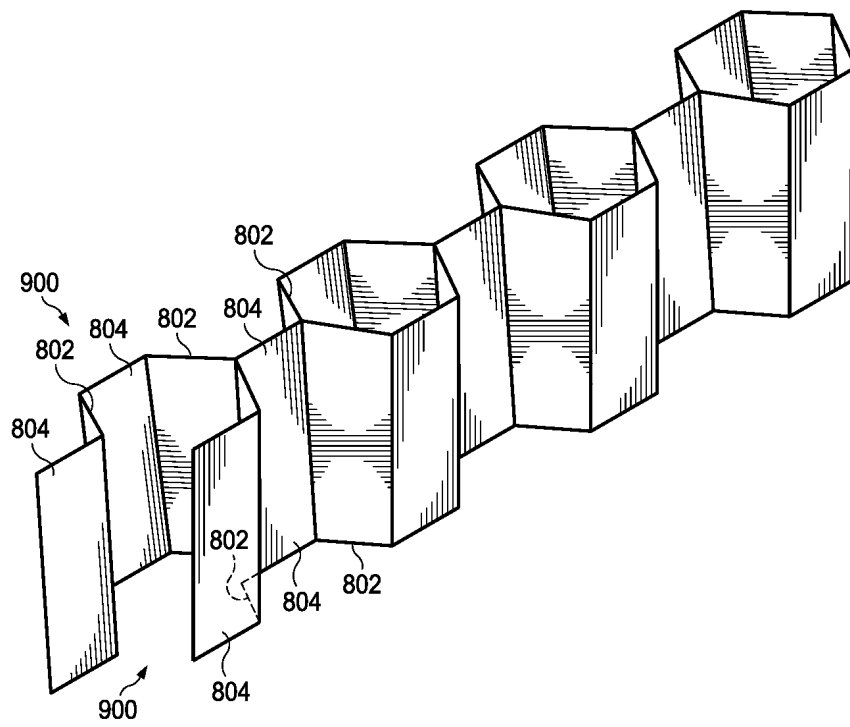
도면8



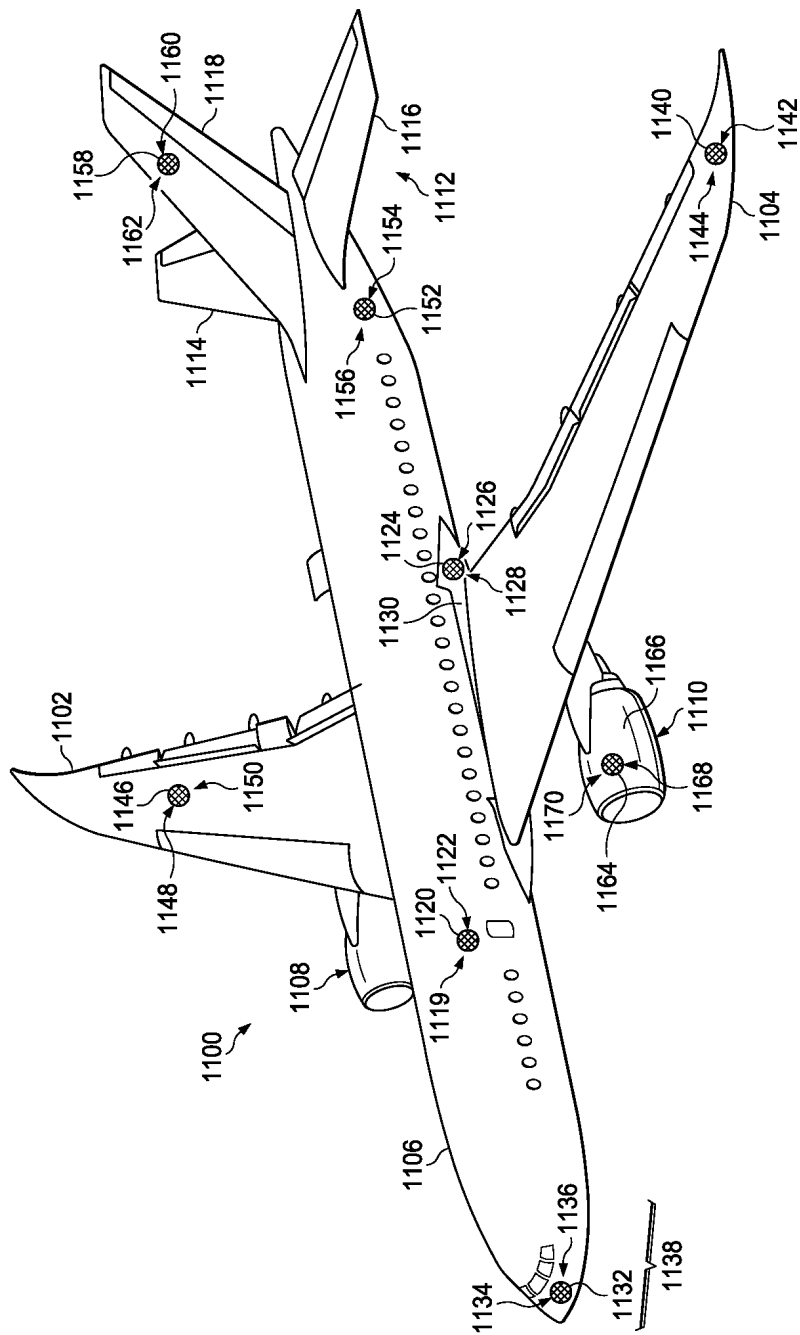
도면9



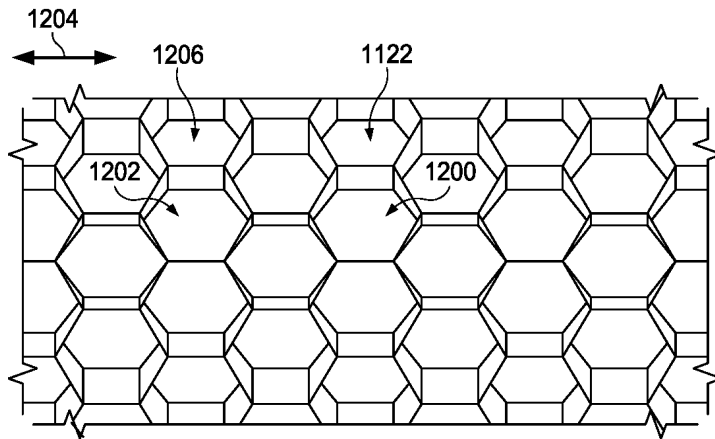
도면10



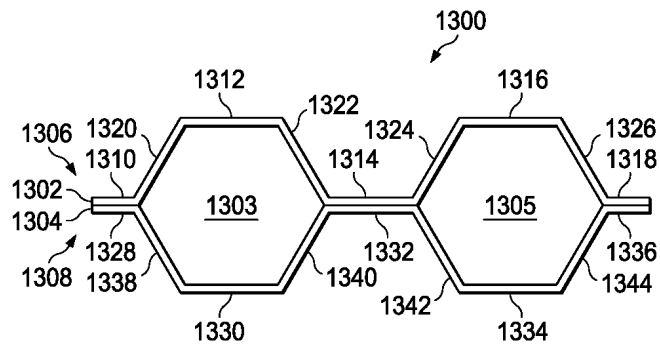
도면11



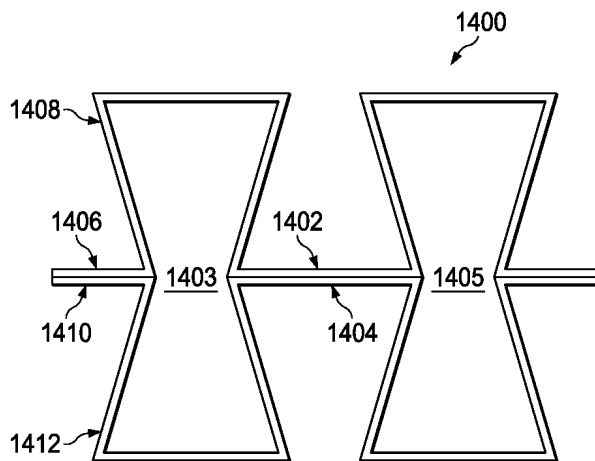
도면12



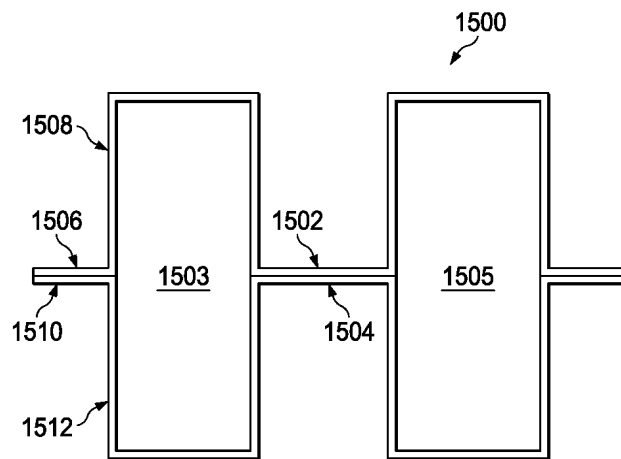
도면13



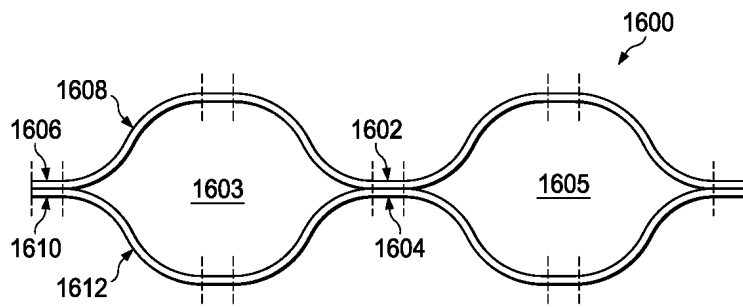
도면14



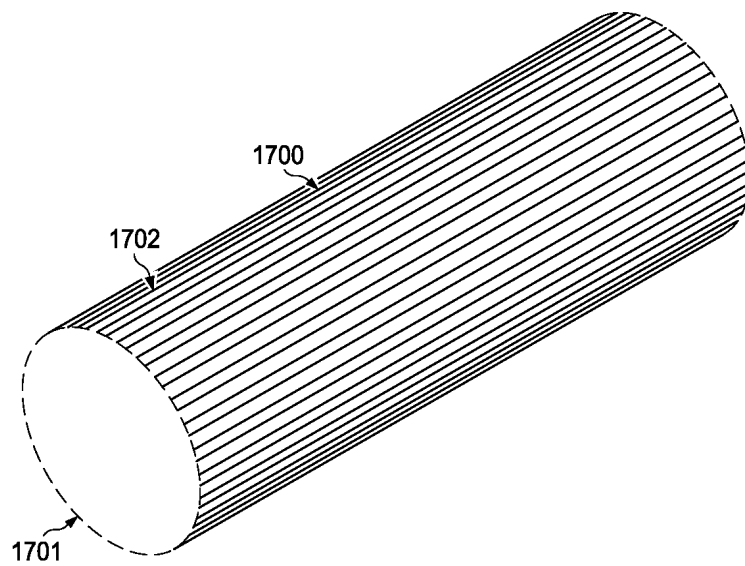
도면15



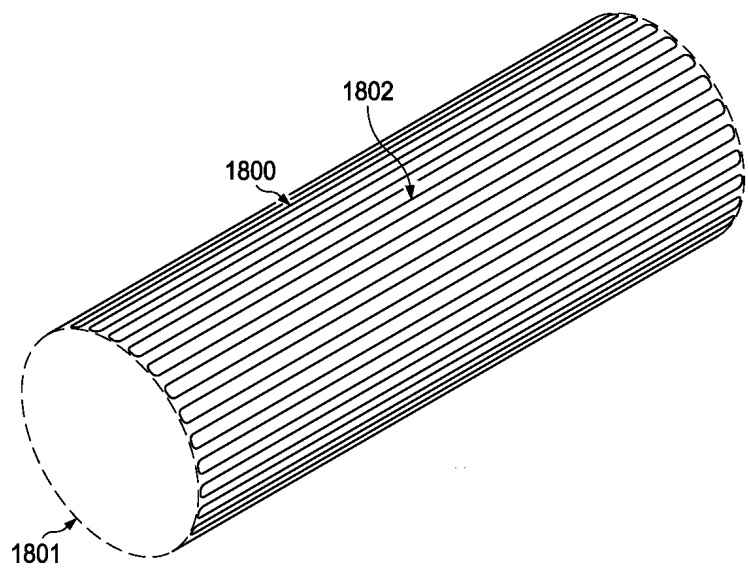
도면16



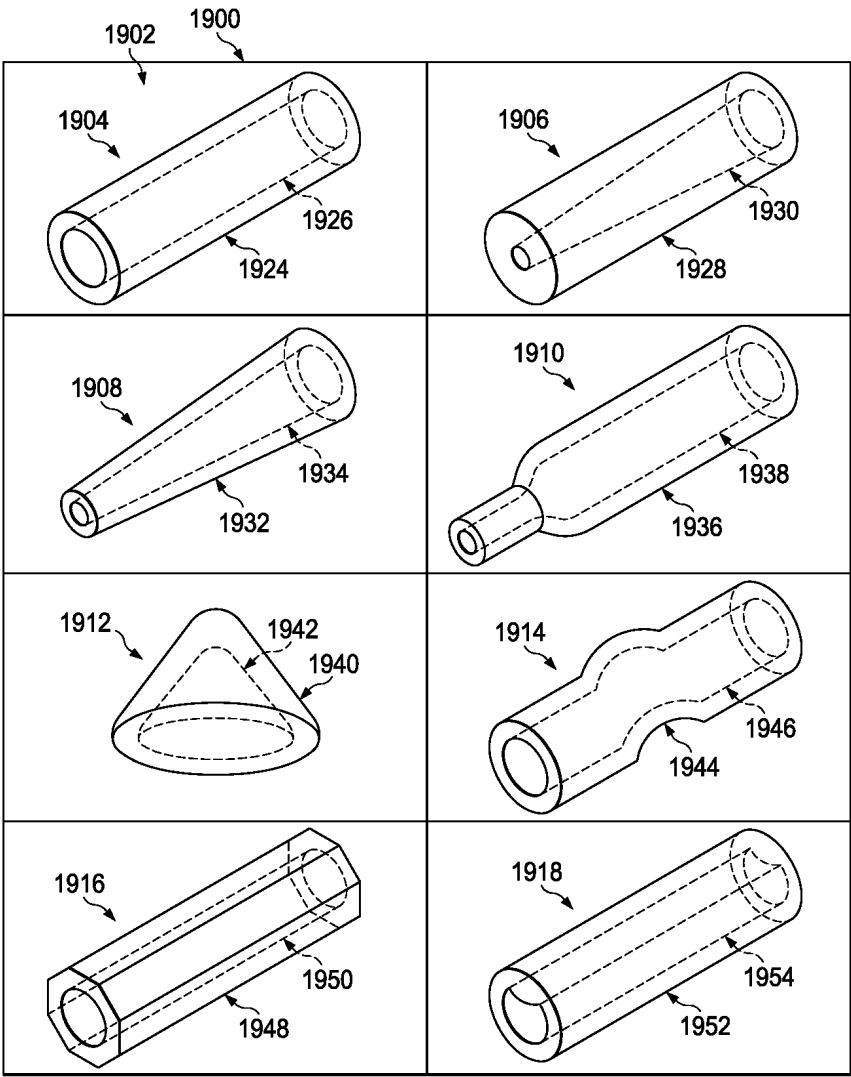
도면17



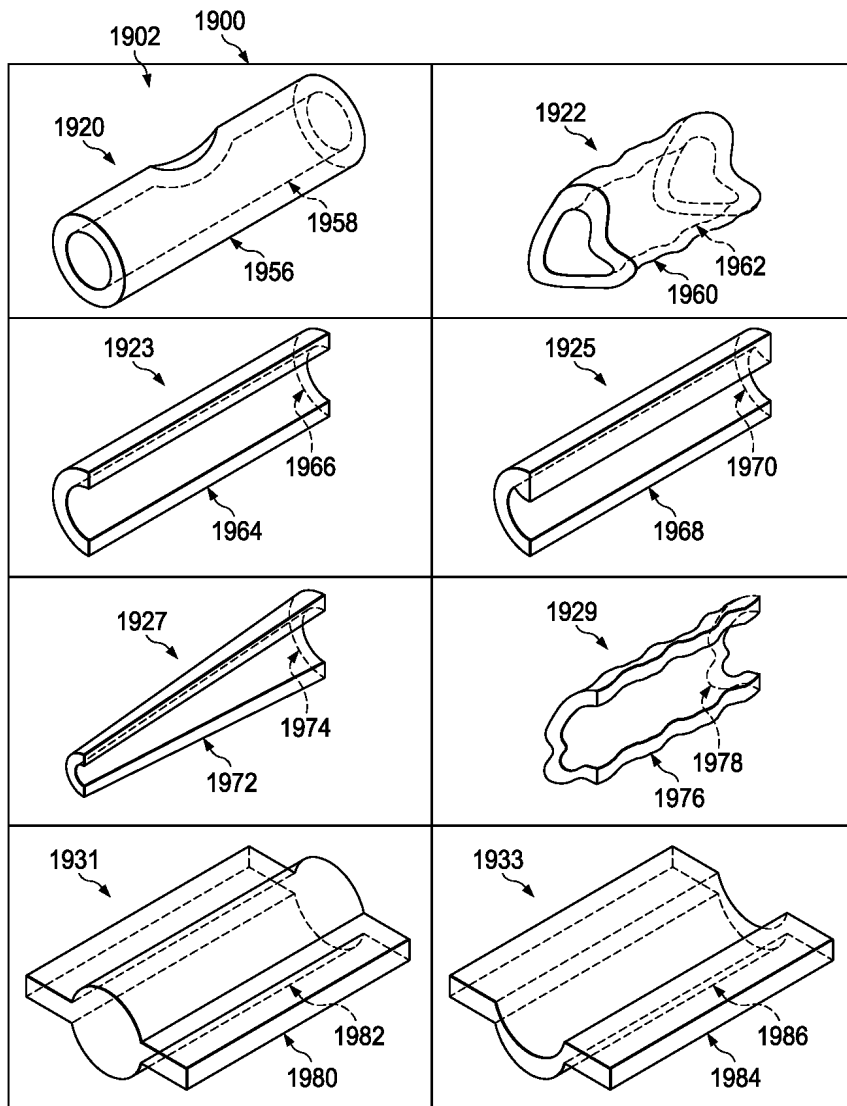
도면18



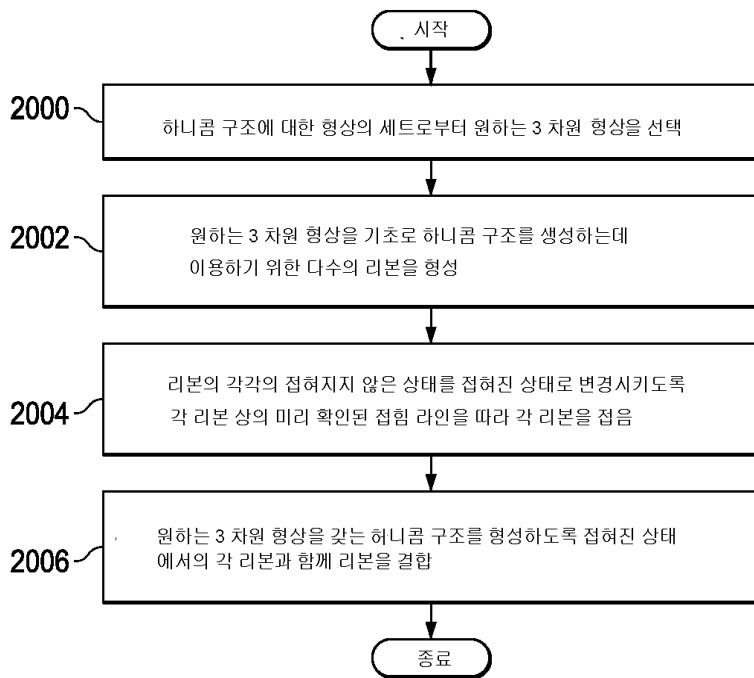
도면19a



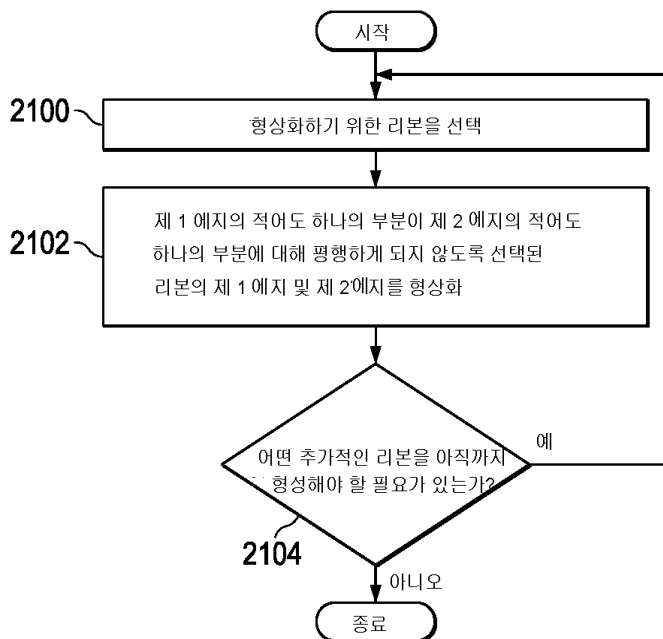
도면19b



도면20



도면21



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

하나의 부위와 평행하지 않고,,

【변경후】

하나의 부위와 평행하지 않고,

【식권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 12

【변경전】

제1 에지(138)와 제2 에지(140)를 형성하는 단계;;

【변경후】

제1 에지(138)와 제2 에지(140)를 형성하는 단계;

【식권보정 3】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

제2 섹션 에지(139)와 평행하지 않고,,

【변경후】

제2 섹션 에지(139)와 평행하지 않고,