



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년11월25일

(11) 등록번호 10-2471763

(24) 등록일자 2022년11월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 B29B 15/12 (2006.01) B29C 70/20 (2006.01)  
 D02J 1/18 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
 B29B 15/12 (2013.01)  
 B29C 70/20 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-7024218

(22) 출원일자(국제) 2016년03월10일

심사청구일자 2021년01월27일

(85) 번역문제출일자 2017년08월29일

(65) 공개번호 10-2017-0123627

(43) 공개일자 2017년11월08일

(86) 국제출원번호 PCT/IB2016/000400

(87) 국제공개번호 WO 2016/142784

국제공개일자 2016년09월15일

(30) 우선권주장

62/131,002 2015년03월10일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP2003192911 A\*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 13 항

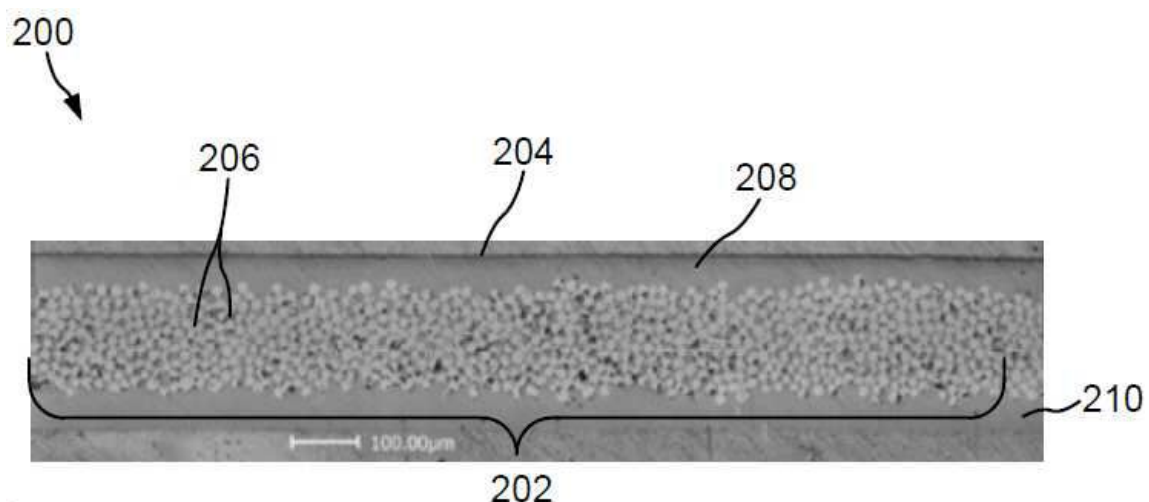
심사관 : 이진아

(54) 발명의 명칭 섬유-강화 복합체

## (57) 요약

본 발명은 섬유-강화 복합체 및 이를 제조하는 방법 및 장치에 관한 것이다. 일부 섬유-강화 복합체는 열가소성 물질을 포함하는 매트릭스 물질 및 매트릭스 물질 내에 분산된 복수의 연속섬유를 포함하는 부직포 영역을 포함하며, 상기 부직포 영역의 폭 및 길이는 각각 섬유 강화 복합체의 폭 및 길이와 실질적으로 동리하고, 부직포 영역은 평균 RFAC(상대 섬유 면적 범위, relative fiber area coverage)(%)가 65 ~ 90%이고, COV(변동계수, coefficient of variance)(%)는 3 ~ 20%이며, 상기 복수의 연속섬유 각각은 상기 섬유-강화 복합체의 길이 방향으로, 실질적으로 일렬로 정렬된다.

## 대표도 - 도2



(52) CPC특허분류  
*D02J 1/18* (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌  
CN104010783 A\*  
CN103817956 A  
CN104693594 A  
JP2004292604 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

섬유-강화 복합체로서,

열가소성 물질을 포함하는 매트릭스 물질; 및

상기 매트릭스 물질 내에 분산된 복수의 연속섬유를 포함하는 부직포 섬유 영역(non-woven fibrous region);  
을 포함하되,

여기서, 상기 섬유-강화 복합체는 상기 복수의 연속섬유를 40 부피% 내지 65 부피%로 포함하고;

상기 부직포 섬유 영역의 폭 및 길이는 각각 상기 섬유-강화 복합체의 폭 및 길이와 동일하고;

상기 부직포 섬유 영역은 평균 상대 섬유 면적 범위(RFAC, relative fiber area coverage)(%) 및 변동계수(COV, coefficient of variance)(%)를 가지되, 상기 평균 RFAC(%)는 75% 내지 90%이고 상기 COV(%)는 3% 내지 8%이며;

상기 복수의 연속섬유 각각은 상기 섬유-강화 복합체의 길이 방향으로 일렬로 정렬되고(aligned);

상기 섬유-강화 복합체는 제 1 폴리머-풍부 영역(first polymeric-rich region) 및 제 2 폴리머-풍부 영역(second polymeric-rich region)을 포함하되, 이들 각각은 상기 복수의 연속섬유 10 부피% 미만을 가지고; 상기 섬유-강화 복합체의 폭 및 길이와 각각 동일한 폭 및 길이를 가지며;

상기 부직포 섬유 영역은 상기 제 1 폴리머-풍부 영역과 상기 제 2 폴리머-풍부 영역 사이에 배치되고;

상기 제 1 폴리머-풍부 영역의 두께와 상기 제 2 폴리머-풍부 영역의 두께의 합은 상기 섬유-강화 복합체 두께의 15% 내지 25%인

것을 특징으로 하는 섬유-강화 복합체.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 평균 RFAC(%)는 80%인 것을 특징으로 하는 섬유-강화 복합체.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 열가소성 물질은 폴리프로필렌을 포함하며;

상기 복수의 연속섬유는 유리 섬유를 포함하고;

상기 평균 RFAC(%)는 82%이고, 상기 COV(%)는 4%인 것을 특징으로 하는 섬유-강화 복합체.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 열가소성 물질은 고밀도 폴리에틸렌을 포함하며;

상기 복수의 연속섬유는 유리 섬유를 포함하고;

상기 평균 RFAC(%)는 80%이고, 상기 COV(%)는 7%인 것을 특징으로 하는 섬유-강화 복합체.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 열가소성 물질은 폴리아미드 6을 포함하며;

상기 복수의 연속섬유는 유리 섬유를 포함하고;

상기 평균 RFAC(%)는 69%이고, 상기 COV(%)는 8%인 것을 특징으로 하는 섬유-강화 복합체.

#### 청구항 8

제 1 항 또는 제 4 항에 있어서,

상기 열가소성 물질은 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리카보네이트(PC), 폴리부틸렌 테레프탈레이트(PBT), 폴리(1,4-시클로헥실렌 시클로헥산-1,4-디카복실레이트)(PCCD), 글리콜 변성 폴리스이클로헥실 테레프탈레이트(PCTG), 폴리(페닐렌 옥사이드)(PPO), 폴리프로필렌(PP), 폴리에틸렌(PE), 폴리비닐클로라이드(PVC), 폴리스티렌(PS), 폴리메틸 메타크릴레이트(PMMA), 폴리에틸렌이민 또는 폴리에테르이미드(PEI) 또는 이들의 유도체, 열가소성 수지(TPE), 테레프탈산(TPA) 수지, 폴리(시클로헥산디메틸렌테레프탈레이트)(PCT), 폴리아미드(PA), 폴리설폰 설포네이트(PSS), 폴리에테르 에테르 케톤(PEEK), 아크릴로니트릴 부틸리텐 스티렌(ABS), 폴리페닐렌 설파이드(PSS), 폴리에테르 설폰(PES), 이들의 코폴리머 또는 이들의 혼합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 섬유-강화 복합체.

#### 청구항 9

제 1 항 또는 제 4 항에 있어서,

상기 복수의 연속섬유는 유리 섬유, 아라미드 섬유, 폴리에스테르 섬유, 폴리아미드 섬유, 현무암 섬유, 강섬유 또는 이들의 조합을 포함하는 것을 특징으로 하는 섬유-강화 복합체.

#### 청구항 10

제 1 항 및 제 4 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 매트릭스 물질은 열가소성 물질과 복수의 연속섬유 사이의 접착을 촉진하는 커플링제, 산화방지제, 열 안정제, 유동 개질제, 난연제, UV 안정제, UV 흡수제, 충격 보강제, 가교제, 착색제 또는 이들의 조합을 포함하는 것을 특징으로 하는 섬유-강화 복합체.

#### 청구항 11

삭제

#### 청구항 12

제 1 항 및 제 4 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 폴리머-풍부 영역의 두께는 제2 폴리머-풍부 영역의 두께와 실질적으로 동일한 것을 특징으로 하는 섬유-강화 복합체.

#### 청구항 13

삭제

#### 청구항 14

삭제

#### 청구항 15

제 1 항 및 제 4 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 섬유-강화 복합체는 복수의 연속섬유를 45 부피% 내지 55 부피% 포함하는 것을 특징으로 하는 섬유-강화 복합체.

#### 청구항 16

제 1 항 및 제 4 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 섬유-강화 복합체는 복수의 연속섬유를 5 부피% 미만으로 포함하는 것을 특징으로 하는 섬유-강화 복합체.

#### 청구항 17

라미네이트로서,

제 1 항에 따른 섬유-강화 복합체인 제1 섬유-강화 복합체; 및

제 1 항에 따른 섬유-강화 복합체인 제2 섬유-강화 복합체;

를 포함하는 라미네이트.

#### 청구항 18

제 1 항에 따른 섬유-강화 복합체를 포함하는 제조물품.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 일방향성(UD) 섬유-강화 복합체 및 장치 및 이들의 제조방법에 관한 것이다. 특히, 일부 UD 섬유-강화 복합체는 폴리머 매트릭스 내에 분산된 복수의 연속섬유를 포함하는 부직포 영역 또는 층을 가지며, 이 때 부직포 영역은 실질적으로 균일한 밀도를 가지며, 이는 평균 RFAC(상대 섬유 면적 범위, relative fiber area coverage)(%) 및 관련 COV(변동계수, coefficient of variance)(%)로 정의된다. 상기 폴리머 매트릭스는 열가소성 또는 열경화성 폴리머 매트릭스일 수 있다.

#### 배경 기술

[0002] 복합체 물질은 수지/폴리머 매트릭스 내에 분산된 섬유를 포함할 수 있다. 이러한 복합체 물질은 가전 제품, 탄도, 항공우주 및 운송 산업과 같은 다양한 산업 분야에서 유용하다. UD 복합체는 실질적으로 일방향으로 연장되는 섬유를 가지는 복합체이다. 이방성 특성을 가지는 UD 복합체는 하나 이상의 방향 또는 치수가 다른 특성을 가지는 제조물품을 제조하는 데 사용될 수 있다.

[0003] UD 복합체의 예는 UD 테이프 또는 프리프레그(prepreg)이며, 이는 폴리머 수지로 함침된 연속 UD 섬유(예를 들어, 유리 섬유, 탄소 섬유 등)의 얇은 스트립 또는 밴드의 특징을 가질 수 있다. 상기 UD 테이프는 폭이 1 ~ 15cm, 또는 그 이상일 수 있으며, 두께는 1mm 미만일 수 있다. 상기 UD 테이프는 스폴 또는 릴 상에 제공될 수 있다. UD 테이프는 Bompard 등의 미국등록특허 제6,919,118호 및 Li 등의 미국공개특허 제2014/0147620호에 개시되어 있다.

[0004] 이론적으로 UD 복합체 내의 모든 섬유는 균일하고, 평행하며, 연속적이어야 한다. 그러나 실제로는 이러한 특성을 달성하는 것이 어렵다. 예를 들어, 통상적으로 입수 가능한 UD 테이프는 섬유, 에어 포켓 또는 보이드, 파손된 섬유 등의 불균일한 배열을 포함하는 섬유 영역 또는 층을 가진다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 많은 시도가 있었다.

[0005] 와이(Wai)의 미국등록특허 제5,496,602호는 한 쌍의 에폭시 열경화성 수지 필름 사이에 UD 섬유를 배치하고, 상기 섬유 및 필름을 가열하여 UD 테이프를 형성함으로써 이러한 문제를 해결하고자 하였다. 그 후, UD 테이프에 폴리머를 주입하여 섬유 사이의 간극을 채운다. 필름을 제조하는 동안에 섬유의 이동으로 인하여, UD 테이프는 공기 포켓 또는 보이드 뿐만 아니라 섬유의 불균일한 배열을 포함할 수 있다 또한, Wai의 방법은 에폭시와 같은

물질을 사용하여야 할 뿐만 아니라 비교적 복잡한 여러 단계를 포함하여 바람직하지 못하다.

[0006] 상술한 문제점을 해결하기 위한 몇몇 시도는 섬유 광폭화 장치의 사용을 포함한다. 나리히토(Narihito)의 미국 등록특허 제5,101,542호는 섬유 광폭화 장치의 중심에서 팽창하고, 연속적으로 볼록한 외면을 가지는 각각의 복수의 롤러 소자를 포함하는 섬유 광폭화 장치를 개시하고 있다. 마이어(Meyer)의 미국등록특허 제8,191,215호에는 날개를 포함하는 회전 섬유 광폭화 장치를 개시하고 있으며, 상기 날개 각각은 횡단면이 연속적으로 볼록한 최외측 광폭화 엣지(outer-most spreading edge)를 가진다. 정(Jung) 등의 미국등록특허 제8,470,114호 및 미국 공개특허 제2013/0164501호는, 각각은 일련의 볼록한 막대 상에 섬유를 통과시키는 섬유 광폭화 방법을 개시한다. Bompard 등의 미국등록특허 제6,585,842호는, 일련의 커버형(예 : 바나나 형상) 롤러 상에 섬유를 통과시키는 섬유 광폭화 방법을 개시한다.

[0007] 상술한 문제점을 해결하기 위한 몇몇 시도는 함침 장치의 사용을 포함한다. 통상적인 함침 공정은 섬유층이 이동할 수 있는 폴리머 용액 배쓰의 사용을 포함한다. 이러한 공정에서, 폴리머 용액은 롤러를 사용하여 섬유층 내로 가압될 수 있다. 상술한 Wai의 공정은 상기 층의 반대면에 있는 폴리머 필름을 층 내로 가압하여 섬유층을 함침시킨다. 이들 각각의 공정은 폴리머 수지 물질을 섬유층 내로 가압하여 섬유층의 함침을 달성하는 것과 유사하다.

[0008] 이러한 섬유 광폭화 및 함침 장치 및 공정은 UD 테이프를 제조하는데 사용될 수 있지만, 이러한 UD 테이프는 여전히 불균일 섬유 배치 및 매트릭스 물질 내의 공기 포켓 또는 보이드 문제를 가진다. 예를 들어, 도 1은 통상적으로 입수 가능한 UD 복합체의 단면 SEM(scanning electron microscope) 이미지이다. 통상적으로 입수 가능한 UD 복합체는 불균일한 섬유 배열을 가지는 섬유 영역을 가지며, 불균일한 밀도 뿐만 아니라 폴리머 매트릭스 내에 보이드 및 공기 포켓을 가진다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 섬유-강화 복합체 및 이를 제조하는 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 발명의 섬유-강화 복합체는 평균 RFAC(상대 섬유 면적 범위, relative fiber area coverage)(%) 및 COV(변동계수, coefficient of variance)(%)로 정의되는, 실질적으로 균일한 밀도를 가지는 부직포 영역을 포함한다.

### 과제의 해결 수단

[0010] UD 복합 테이프에서 불균일한 섬유 분포, 보이드 및 공기 포켓 등의 문제를 해결하거나, 적어도 이를 완화시키기 위한 발견을 하였다. 특히, 본 발명에 따른 섬유-강화 복합체는 폴리머 매트릭스 내에 분산된 복수의 연속섬유를 포함하는 부직포 영역 또는 층을 가진다. 상기 폴리머 매트릭스는 열경화성 또는 보다 바람직하게는 열가소성 폴리머 매트릭스일 수 있다. 열가소성 폴리머 매트릭스는 일정 온도 이상에서 성형 가능하고 유연할 수 있으며, 상기 온도 미만에서는 응고될 수 있다. 일단 경화 또는 가교되면, 열경화성 폴리머 매트릭스는 온도가 상승됨에 따라 성형 가능하고 유연한 특성을 잃게 되는 경향이 있다. 폴리머 매트릭스는 열가소성 또는 비-열가소성 폴리머, 첨가제 및/또는 이와 유사한 것을 가지는 조성물에 포함될 수 있다. 부직포 영역은 실질적으로 균일한 밀도를 가지며, 이는 65 ~ 90%의 평균 RFAC(상대 섬유 면적 범위, relative fiber area coverage)(%) 및 3 ~ 20%의 COV(변동계수, coefficient of variance)(%)로 정의된다. 바람직하게는 평균 RFAC(%)는 69 ~ 90%이고 COV(%)는 3 ~ 15%이며, 보다 바람직하게는 평균 RFAC(%)는 75 ~ 90%이고 COV(%)는 3 ~ 8%이다. 본 발명에 따른 섬유-강화 복합체는 적어도 실질적으로 균일한 밀도를 가지므로 5 부피% 미만, 바람직하게는 3 부피% 미만, 보다 바람직하게는 1 부피% 미만의 보이드를 가진다. 본 발명에 따른 섬유-강화 복합체는 다양한 제조물품에 사용될 수 있다.

[0011] 또한, 섬유 다발(들) 또는 토우(tow)(들)를 광폭화 섬유층(들)에 광폭화하는 방법 및 시스템 및/또는 광폭화 섬유층(들)을 매트릭스 물질로 함침하여 본 발명에 따른 섬유-강화 복합체를 제조하는 방법 및 시스템을 개시하고 있다. 일부 시스템은 광폭화 소자와 함침 유닛을 모두 포함하며, 함침 유닛은 확산 유닛의 하향스트림에 위치한다. 이러한 광폭화 유닛은 섬유 다발(들)로부터 섬유를 효율적이고 균일하게 광폭화 또는 평탄 섬유층으로 광폭화(spreading)하기 위하여, (예 : 라운드형) 엣지에서 만나는 2개의 상이한 표면을 가지는 광폭화 소자를 이용할 수 있다. 이러한 함침 유닛은 2개 이상의 광폭화 또는 평탄 섬유층을 수용하고, 2개의 섬유층 사이에 열가소성 또는 열경화성 폴리머 수지가 배치되며, 2개의 섬유를 수지 내로 가압함으로써 본 발명에 따른 부직포 영역을 형성하도록 구성될 수 있다. 상기 2개의 광폭화 또는 평탄 섬유층은 각각 하나 이상의 섬유 다발의 섬유를 포함

할 수 있고, 예를 들어 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 또는 그 이상의 섬유 다발을 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명의 바람직한 일실시예에서, 폴리머 매트릭스 및 폴리머 매트릭스 내에 분산된 복수의 연속섬유를 포함하는 부직포 영역을 포함하는 섬유-강화 복합체가 개시되어 있으며, 상기 부직포 영역은 실질적으로 균일한 밀도를 가지며, 이는 65 ~ 90%의 평균 RFAC(상대 섬유 면적 범위, relative fiber area coverage)(%) 및 3 ~ 20%의 COV(변동계수, coefficient of variance)(%)로 정의된다. 보다 바람직하게는 상기 부직포 영역은 평균 RFAC(%)가 69 ~ 90%이고, COV(%)는 3 ~ 15%이다. 본 발명의 보다 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 부직포 영역의 평균 RFAC(%)가 75 ~ 90%이고, COV(%)는 3 ~ 8%이다. 상기 부직포 영역의 폭 및 길이는 섬유-강화 복합체의 폭 및 길이와 각각 실질적으로 유사하며, 복수의 연속섬유는 일방향으로 배향될 수 있고, 제1 축에 실질적으로 평행하며, 상기 섬유-강화 복합체는 적어도 35 ~ 70 부피%, 바람직하게는 40 ~ 65 부피%, 보다 바람직하게는 45 ~ 55 부피%의 복수의 연속섬유를 포함할 수 있다. 섬유-강화 복합체의 폭은 최대 6m 이고, 길이는 최대 10,000m 일 수 있다.

[0013] 일부 섬유-강화 복합체에서, 제1 섬유층 및 제2 섬유층이 함께 가압 또는 압착되어 부직포 영역을 형성한다. 상기 부직포 영역은 복수의 섬유 다발의 섬유를 포함하고, 각 다발의 필라멘트 수는 1,000 ~ 60,000이다. 상기 각 필라멘트의 평균 단면적은  $7 \mu\text{m}^2 \sim 800 \mu\text{m}^2$  일 수 있다. 연속섬유의 비제한적인 예는 유리 섬유, 탄소 섬유, 아라미드 섬유, 폴리에틸렌 섬유, 폴리에스테르 섬유, 폴리아미드 섬유, 현무암 섬유, 강섬유 또는 이들의 조합을 포함한다. 상기 유리 섬유의 평균 필라멘트 단면적은  $75 \mu\text{m}^2 \sim 460 \mu\text{m}^2$  일 수 있고, 상기 탄소 섬유의 평균 필라멘트 단면적은  $7 \mu\text{m}^2 \sim 60 \mu\text{m}^2$  일 수 있다.

[0014] 일부 섬유-강화 복합체에서, 폴리머 매트릭스는 열가소성 매트릭스 또는 열경화성 매트릭스일 수 있으며, 열가소성 매트릭스가 바람직하다. 섬유-강화 복합체의 폴리머 매트릭스는 섬유-강화 복합체가 제1 폴리머-풍부 영역 및 제2 폴리머-풍부 영역을 가지며, 이 때 부직포 영역이 제1 폴리머-풍부 영역과 제2 폴리머-풍부 영역 사이에 배치된다. 폴리머-풍부 영역은 10 부피% 미만, 5 부피% 미만 또는 1 부피% 미만의 복수의 연속섬유를 포함한다. 폴리머-풍부 영역(들)의 폭 및 길이는 각각 섬유-강화 복합체의 폭 및 길이와 실질적으로 유사할 수 있다. 본 발명의 일실시예에서, 제1 폴리머-풍부 영역의 두께 및 제2 폴리머-풍부 영역의 두께는 동일하거나, 10% 이내, 바람직하게는 5% 이내, 보다 바람직하게는 1% 이내로 상이하다. 본 발명의 일실시예에서, 제1 및 제2 폴리머-풍부 영역의 두께는 10, 15 또는 20% 이상 상이할 수 있다. 제1 및 제2 폴리머-풍부 영역 각각은 폴리머-풍부 영역 전체에 걸쳐 실질적으로 균일한 밀도(예: 단위 체적당 질량)를 가질 수 있다.

[0015] 본 발명의 섬유-강화 복합체의 폴리머 매트릭스는 열가소성 폴리머, 열경화성 폴리머, 이들의 공중합체 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다. 열가소성 폴리머의 비제한적인 예는 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리카보네이트(PC), 폴리부틸렌 테레프탈레이트(PBT), 폴리(1,4-시클로헥실렌 시클로헥산-1,4-디카복실레이트)(PCCD), 글리콜 변성 폴리시클로헥실 테레프탈레이트(PCTG), 폴리(페닐렌 옥사이드)(PPO), 폴리프로필렌(PP), 폴리에틸렌(PE), 폴리비닐클로라이드(PVC), 폴리스티렌(PS), 폴리메틸 메타크릴레이트(PMMA), 폴리에틸렌 이민 또는 폴리에테르이미드(PEI) 또는 이들의 유도체, 열가소성 수지(TPE), 테레프탈산(TPA) 수지, 폴리(시클로헥산디메틸렌테레프탈레이트)(PCT), 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN), 폴리아미드(PA), 폴리설폰 설포네이트(PSS), 폴리에테르 에테르 케톤(PEEK), 폴리에테르 케톤 케톤(PEKK), 아크릴로나이트릴 부틸리덴 스티렌(ABS), 폴리페닐렌 설파이드(PPS), 이들의 코폴리머 또는 이들의 혼합물을 포함한다. 보다 바람직하게는, 열가소성 폴리머는 폴리프로필렌, 폴리아미드, 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 폴리카보네이트(PC), 폴리부틸렌 테레프탈레이트, 폴리(페닐렌 옥사이드)(PPO), 폴리에테르이미드, 폴리에틸렌, 이들의 코폴리머 또는 이들의 혼합물을 포함한다. 더욱 바람직하게는, 열가소성 폴리머는 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 폴리아미드, 폴리카보네이트(PC), 이들의 코폴리머 또는 이들의 혼합물을 포함한다.

[0016] 본 발명의 섬유-강화 복합체 내의 매트릭스 물질로 사용되기 적합한 열경화성 폴리머의 비제한적인 예는 불포화 폴리에스테르 수지, 폴리우레탄, 베이클라이트(bakelite), 듀로플라스틱(duroplast), 요소-포름알데히드, 디알릴-프탈레이트, 에폭시 수지, 에폭시 비닐에스테르, 폴리아미드, 시아네이트 에스테르, 디시클로펜타디엔, 페놀계 수지, 벤조옥사진, 이들의 코폴리머 및 이들의 혼합물을 포함한다. 본 발명의 섬유-강화 복합체 중 어느 하나의 폴리머 매트릭스는 하나 이상의 첨가제와 함께 조성물에 포함될 수 있다. 상기 첨가제의 비제한적인 예는 폴리머 매트릭스와 복수의 연속섬유 사이의 접착을 촉진하는 커플링제, 산화방지제, 열 안정제, 유동 개질제, 난연제, UV 안정제, UV 흡수제, 충격 보강제, 가교제, 착색제 또는 이들의 조합을 포함한다.

[0017] 본 발명의 섬유-강화 복합체 중 일부는 폴리프로필렌을 포함하지 않고, 유리 섬유를 포함하지 않는다. 본 발명



의 섬유-강화 복합체 중 일부는 폴리에틸렌을 포함하지 않고, 유리 섬유를 포함하지 않는다. 본 발명의 섬유-강화 복합체 중 일부는 폴리프로필렌 및/또는 폴리에틸렌을 포함하지만, 유리 섬유는 포함하지 않는다. 본 발명의 섬유-강화 복합체의 일부는 유리 섬유를 포함하지만, 폴리프로필렌이나 폴리에틸렌은 포함하지 않는다.

[0018] 또한, 본 발명은 섬유-강화 복합체를 포함하는 라미네이트를 개시한다. 상기 라미네이트는 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 개 이상의 플라이(ply)를 포함할 수 있으며, 이 때 하나의 플라이는 본 발명에 따른 하나의 섬유-강화 복합체로 이루어질 수 있다. 일부 라미네이트에서, 적어도 2개의 플라이는 각각의 섬유가 제1 축에 실질적으로 평행하도록 배치된다. 일부 라미네이트에서, 적어도 2개의 플라이는 각각의 섬유가 서로 평행하지 않도록 배치된다. 본 발명의 섬유-강화 복합체 및 라미네이트는 2차원 또는 3차원 구조로 와인딩 및/또는 레이업 기술을 통해 조립되거나 가공될 수 있다.

[0019] 또한, 본 발명은 본 발명에 따른 섬유-강화 복합체 또는 라미네이트 중 어느 하나를 포함하는 제조물품을 개시한다. 이러한 제조물품의 비제한적인 예는 자동차 부품(예 : 도어, 후드, 범퍼, A-빔, B-빔, 배터리 케이스, 차체, 보강재, 가로보(cross beams), 시트 구조, 서스펜션 부품, 호스 및/또는 이와 유사한 것), 편조 구조, 직조 구조, 필라멘트 권취 구조(예 : 파이프, 압력 용기 및/또는 이와 유사한 것), 항공기 부품(예 : 날개, 몸체, 꼬리 부분, 안정 장치 및/또는 이와 유사한 것), 풍력 터빈 블레이드, 선체, 갑판, 철도 차량, 운동 기구, 창틀(window lineals), 파일(piling), 도크(dock), 강화 목재, 내진보강 콘크리트 구조, 강화 압출 성형용 또는 사출 성형용 몰딩, HDD(하드 디스크 드라이브, Hard Disk Drive 또는 SSD(솔리드 스테이트 드라이브, Solid State Drive), TV 프레임, 스마트폰 미드-프레임, 스마트폰 일체형 케이스, 태블릿 미드 프레임, 태블릿 일체형 케이스, TV 스탠드 또는 테이블, 랩톱 컴퓨터 케이스, 로프, 케이블, 보호복(예 : 내절단성 장갑, 헬멧 및/또는 이와 유사한 것), 방호복(armor), 플레이트 및/또는 이와 유사한 것을 포함한다.

[0020] 본 발명은 각각이 복수의 섬유를 가지는, 하나 이상의 섬유 다발을 하나 이상의 광폭화 섬유층으로 광폭화하는 것을 특징으로 하는 광폭화 유닛을 개시하고 있다. 섬유 다발은 섬유 다발의 긴 치수에 대해 수직인 방향으로 광폭화될 수 있고, 이에 따라 광폭화 또는 평탄 섬유층을 형성할 수 있다. 하나의 광폭화 유닛은 블록한 제1 프로파일을 가지는 제1 표면 및 제1 프로파일과 상이한 제2 프로파일을 가지는 제2 표면을 포함하는 로브를 적어도 하나 이상 가지는 광폭화 소자를 포함할 수 있으며, 이 때 상기 제1 및 제2 표면이 만나서(예 : 라운드형) 엣지를 형성하고, 상기 로브는 복수의 섬유가 제1 표면 및 엣지와 접촉할 때 섬유 다발로부터 복수의 섬유가 횡 방향으로 광폭화 되는 것을 특징으로 한다. 상기 제1 프로파일은 실질적으로 직선형 또는 오목형일 수 있다. 광폭화 소자는 복수의 섬유가 제1 표면과 접촉하고, 제2 표면으로 전이하도록(예 : 엣지를 가로질러) 배치될 수 있다. 하나 이상의 로브를 포함하는 광폭화 소자의 경우, 2 이상의 로브의 제2 표면은 인접해 있을 수 있으며, 예를 들어, 제2 표면이 평면인 경우 제2 표면은 협력하여 연속 평면 표면을 형성할 수 있다.

[0021] 일부 광폭화 유닛은, 광폭화 소자는 광폭화 소자에 의해 광폭화되는 복수의 섬유 및 광폭화 소자의 종 방향 축에 대해 회전될 수 있고, 상기 회전은 진동 방식일 수 있다. 광폭화 소자는 광폭화 소자에 의해 광폭화되는 복수의 섬유 및 복수의 섬유의 긴 치수에 대해 실질적으로 수직인 방향으로 진동하도록 구성될 수 있다. 상기 진동은 0.1 ~ 20 mm, 바람직하게는 0.1 ~ 10 mm의 진폭, 0.1 ~ 5 Hz, 바람직하게는 0.5 ~ 2 Hz의 진동수로 수행될 수 있다.

[0022] 일부 광폭화 소자에서, 하나 이상의 홀딩 부재는 광폭화 소자의 상향스트립 및/또는 하향스트립에 배치될 수 있으며, 상기 홀딩 부재 각각은 광폭화 소자에 의해 복수의 섬유가 광폭화됨으로써 복수의 섬유의 횡방향의 움직임이 감소하도록 구성된다. 광폭화 소자(들)는 각각 복수의 섬유를 수용하도록 구성된 하나 이상의 홈을 포함할 수 있다.

[0023] 본 발명의 광폭화 소자는 적어도 제1 및 제2 광폭화 소자를 포함할 수 있으며, 상기 제2 광폭화 소자는 제1 광폭화 소자의 하향스트립에 배치된다. 제2 광폭화 소자의 로브는 제1 광폭화 소자의 로브 보다 클 수 있다(예 : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 또는 그 이상의 %), (예 : 길이, 폭, 높이, 반경, 형경 및/또는 이와 유사한 것). 제1 및 제2 광폭화 소자는 하나 이상의 섬유 다발이 하나 이상의 섬유층으로 광폭화되도록 할 수 있다. 상기 제1 광폭화 소자는 적어도 제1 및 제2 로브를 포함할 수 있고, 제2 광폭화 소자는 제3 및 제4 로브를 포함할 수 있으며, 상기 제1 및 제3 로브는 제1 섬유 다발을 광폭화하도록 구성되고, 제2 및 제4 로브는 제2 섬유 다발을 광폭화하도록 구성된다.

[0024] 상기 광폭화 소자는 적어도 제5 및 제6 로브를 가지는 제3 광폭화 소자와 적어도 제7 및 제8 로브를 가지는 제4 광폭화 소자를 포함할 수 있으며, 상기 제5 및 제7 로브는 제3 섬유 다발을 광폭화하고, 상기 제6 및 제8 로브는 제4 섬유 다발을 광폭화한다. 상기 광폭화 소자는 제1 및 제2 섬유 다발로부터 제1 평면 섬유층을 형성하고



제3 및 제4 섬유 다발로부터 제2 평면 섬유층을 형성하도록 구성될 수 있다.

- [0025] 하나 이상의 텐서너가 광폭화 소자의 상향스트림에 배치될 수 있으며, 상기 텐서너는 각각 섬유 다발(들)의 광폭화 동안에 하나 이상의 섬유 다발(들)을 인장하도록 구성될 수 있다. 광폭화 소자의 상향스트림 및/또는 하향스트림에 열원이 제공될 수 있으며, 상기 열원은 광폭화 소자에 의해 광폭화되는 복수의 섬유를 가열하도록 구성된다. 열원은 적외선 열원, 가열된 광폭화 소자, 가열된 홀딩 부재 및/또는 이와 유사한 것을 포함할 수 있다. 섬유 다발 공급 유닛은 광폭화 소자의 상향스트림에 배치될 수 있으며, 상기 섬유 공급 유닛은 광폭화 소자에 하나 이상의 섬유 다발을 제공하도록 구성된다.
- [0026] 또한, 본 발명은 각각 복수의 섬유를 가지는 하나 이상의 섬유 다발로부터 적어도 하나 이상의 평탄 섬유층을 제조하는 방법을 개시한다. 상기 섬유 다발은 각각 1,000, 2,000, 3,000, 4,000, 5,000, 10,000, 20,000, 30,000, 40,000, 50,000 60,000 또는 그 이상의 필라멘트를 포함할 수 있다. 상기 평탄 섬유층은 1 ~ 50m/min, 바람직하게는 2 ~ 25m/min, 보다 바람직하게는 8 ~ 15m/min의 속도로 제조될 수 있다.
- [0027] 또한, 본 발명은 열가소성 또는 열경화성 폴리머 매트릭스 물질 내에 복수의 섬유를 분산시키기 위한 함침 유닛을 개시한다. 상기 함침 유닛은 제1 평탄 섬유층을 포함하는 제1 평탄 섬유층 공급물, 제2 평탄 섬유층을 포함하는 제2 평탄 섬유층 공급물, 열가소성 또는 열경화성 폴리머 매트릭스 물질을 포함하는 열가소성 또는 열경화성 폴리머 매트릭스 물질 공급물을 포함하며, 제1 및 제2 평탄 섬유층 사이에 매트릭스 물질을 배치하도록 구성되고, 제1 및/또는 제2 평탄 섬유층을 매트릭스 물질 내로 가압하도록 구성되는 가압 장치를 더 포함한다. 상기 함침 유닛은 1, 2, 3 또는 그 이상의 러빙 소자(rubbing element)를 포함하고, 상기 러빙 소자는 광폭화 섬유층이 매트릭스 물질 내로 가압된 후 적어도 하나 이상의 제1 및 제2 광폭화 섬유층에 접촉하고, 광폭화 섬유층의 긴 치수에 대해 실질적으로 수직 방향으로 진동하는 것을 특징으로 한다. 상기 러빙 소자는 0.1 ~ 20mm, 바람직하게는 0.1 ~ 10 mm의 진폭 및 0.1 ~ 5 Hz, 바람직하게는 0.5 ~ 2 Hz의 진동수로 수행될 수 있다. 각각의 러빙 소자는 이들의 중 방향 축을 따라 횡방향으로 배치되는 복수의 라운드형 세그먼트, 로브 또는 볼록부를 포함할 수 있다.
- [0028] 폴리머 매트릭스 물질 공급물은 제1 및 제2 평탄 섬유층 사이의 매트릭스 물질(예 : 시트 또는 필름으로서; 슬릿 다이로부터)을 압출하도록 구성된 압출기를 포함할 수 있다. 상기 압출기는 드립 관련 소모량을 줄일 수 있다. 상기 압출기는 제1 및/또는 제2 평탄 섬유층 상에 물질을 직접 제공하도록 구성될 수 있다.
- [0029] 또한, 본 발명은 열가소성 또는 열경화성 폴리머 매트릭스 물질 내에 복수의 섬유 분산방법을 개시하고 있다. 일부 방법은 제1 평탄 섬유층, 제2 평탄 섬유층 및 제1 및 제2 평탄 섬유층 사이에 배치된 열가소성 또는 열경화성 폴리머 매트릭스 물질의 스택을 얻는 단계, 제1 및/또는 제2 평탄 섬유층을 매트릭스 물질 내로 가압하는 단계를 포함한다. 상기 가압은 고정 또는 회전 롤러, 핀, 로드, 플레이트 및/또는 이와 유사한 것을 사용하여 수행될 수 있다.
- [0030] 본 시스템 및 방법은 1 ~ 50m/min, 바람직하게는 2 ~ 25m/min, 보다 바람직하게는 8 ~ 15m/min의 속도로 본 발명의 섬유-강화 복합체를 제조하는 데 사용될 수 있다.
- [0031] 또한 본 발명은 제1 섬유 다발로부터의 복수의 섬유를 포함하는 제1 평탄 섬유층, 제2 섬유 다발로부터의 복수의 섬유를 포함하는 제2 평탄 섬유층, 및 제1 및 제2 평탄 섬유층의 사이의 열가소성 또는 열경화성 폴리머 매트릭스 물질을 포함하며, 상기 제1 및/또는 제2 평탄 섬유층은 본 발명의 광폭화 소자를 사용하여 형성된다. 상기 열가소성 또는 열경화성 폴리머 매트릭스 물질은 제1 및 제2 광폭화 섬유층이 가압되어 섬유-강화 복합체를 형성할 수 있는 시트 또는 필름을 포함할 수 있다.
- [0032] 용어 "결합된"은 연결되는 것을 의미하며, 반드시 직접적인 필요도 없고 반드시 기계적인 필요도 없다; 서로 "결합된" 두 아이템은 하나가 될 수 있다. 용어 "하나"는 명시적으로 기재되어 있지 않는 한 하나 또는 그 이상을 의미한다. 용어 "실질적으로"는 대부분을 의미하며, 반드시 전부를 의미하는 것은 아니고, 구체적으로 (예 : 실질적으로 90 정도란 90을 포함함, 실질적으로 평행이란 평행을 포함함.) 통상의 기술자가 이해할 수 있는 범위를 의미한다. 본 발명의 일실시예에서, 용어 "실질적으로", "대략적으로" 및 "약"은 "[~%] 이내"로 대체될 수 있으며, 상기 %는 .1, 1, 5 및 10%를 포함한다.
- [0033] 용어 "평탄" 및 "광폭화"는 본 명세서에서 동의어이다. 본 명세서에서 사용되는 "평탄", "평탄화", "광폭화" 및 "광폭화된"은 각각 섬유 다발이 횡방향으로 또는 섬유 다발의 긴 축에 대해 수직인 방향으로 넓혀지는 과정과 관련하여 사용할 수 있으며, 예를 들어, 측면에서 보았을 때 섬유 다발의 두께가 더욱 얇아지는 것을 의미한다. 일반적으로, 섬유 다발은 평탄하게 되거나 광폭화되어 두께 또는 깊이가 1 ~ 8 필라멘트, 바람직하게는 3 ~ 6

필라멘트, 보다 바람직하게는 4 ~ 5 필라멘트인 평탄 또는 광폭화 섬유층이 된다. 다만, 상기 두께 또는 깊이는 상기 범위 외일 수도 있다.

[0034] 용어 "부직포"는 직조된 구조를 갖지 않는 연속섬유로 제조된 구조를 의미한다. 본 발명의 섬유-강화 복합체에 서, 부직포 영역은 다른 필라멘트 상에 교차하는 필라멘트를 포함할 수 있다. 상기 교차는 섬유 영역의 밀도에 영향을 주며, 섬유 영역의 부직포 성질을 변화시키지는 않는다.

[0035] 용어 "플라이"는 단일층을 의미하고, "플라이들"은 플라이의 복수 형태를 의미한다.

[0036] 용어 "보이드(void)"는 섬유-강화 복합체 내의 가스 포켓을 의미한다. 복합체의 보이드 부피 분율은 복합체의 단면 이미지(예 : 주사형 전자 현미경, 공 초점 현미경, 광학 이미지 또는 기타 이미지 기술을 사용)를 측정하고 매트릭스 물질의 단면적을 복합체의 단면적으로 나누어 결정할 수 있다. 섬유 영역의 섬유는 매트릭스 물질의 단면적에 포함될 수 있다. 매트릭스 물질의 확인을 용이하게 하기 위해, 유색 및/또는 형광 염료를 매트릭스 물질에 첨가할 수 있다.

[0037] 용어 "포함한다"(및 "포함하는" 및 "포함"과 같은 임의의 형태), "가진다"(및 "가지는" 및 "갖는"과 같은 임의의 형태)는 개방형 연결 동사이다. 결과적으로, 하나 이상의 구성요소를 "포함하는" 또는 "가지는" 장치는 하나 이상의 구성요소를 가지지만, 해당 구성요소만을 하나 이상 가지는 것으로 제한되지는 않는다. 마찬가지로, 하나 이상의 단계를 "포함" 또는 "가지는" 방법은 해당 단계를 하나 이상 포함하지만, 해당 단계만을 하나 이상 포함하는 것으로 제한되지는 않는다.

[0038] 장치, 시스템 및 방법 중 어느 하나의 임의의 실시예는 개시된 단계, 구성요소 및/또는 특징 중 임의의 것을 포함할 수도 있고 포함해야만 할 수도 있다. 따라서, 청구항 중 임의의 어느 한 항에서, "구성되는" 또는 "특징으로 하는"이라는 용어는 상술한 개방형 연결 동사 중 어느 하나로 대체될 수 있고, 해당 청구항의 범위를 변경하기 위해서는 개방형 연결 동사를 사용하고 있어야만 한다. 용어 "필수적으로 구성하는(consisting essentially of)"이라는 용어와 관련하여, 본 발명의 섬유-강화 복합체의 기본적인 새로운 특성은 평균 RFAC(%) 및 COV(%)에 의해 정의되는 바와 같이 실질적으로 균일한 밀도이다.

[0039] 나아가, 특정한 방식으로 구성되는 장치 또는 시스템은 적어도 그러한 방식으로 구성되지만, 그러한 방식 이외의 다른 방식으로 구성될 수도 있다.

[0040] 본 발명에 따른 일실시예의 특징은 본 발명의 개시 또는 실시예의 특성에 의해 명시적으로 금지되지 않는 한, 설명 또는 도시되지 않았지만 다른 실시예에도 적용될 수 있다.

### 발명의 효과

[0041] 본 발명은 일방향성(UD) 섬유-강화 복합체 및 장치 및 이들의 제조방법에 관한 것이다. 특히, 일부 UD 섬유-강화 복합체는 폴리머 매트릭스 내에 분산된 복수의 연속섬유를 포함하는 부직포 영역 또는 층을 가지며, 부직포 영역은 실질적으로 균일한 밀도를 가지며, 이는 평균 RFAC(상대 섬유 면적 범위, relative fiber area coverage)(%) 및 관련 COV(변동계수, coefficient of variance)(%)로 정의된다.

### 도면의 간단한 설명

[0042] 하기의 도면은 예로서 설명하기 위한 것이며 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니다. 간결하고 명확하게 하기 위해, 주어진 구조의 모든 특성에 대해 그 구조가 나타나는 모든 그림에 항상 레이블이 붙는 것은 아니다. 동일한 참조 번호는 반드시 동일한 구조를 나타내는 것이 아니다. 오히려, 동일한 참조 번호는 유사하지 않은 참조 번호와 마찬가지로 유사한 특징 또는 유사한 기능을 나타내기 위해 사용될 수 있다. 도면들은 (달리 명시하지 않는 한) 비례하여 도시되어 있으며, 이는 도시된 구성요소들의 크기는 적어도 도면들에 도시된 실시예(들) 서로에 대해서 정확함을 의미한다.

도 1은 종래 기술의 일방향성 섬유-강화 복합체의 단면 이미지를 포함한다.

도 2는 본 발명의 일방향성 섬유-강화 복합체의 단면 공초점 현미경 이미지이다.

도 3은 본 발명의 일방향성 섬유-강화 복합체의 길이, 폭 및 두께를 각각 축  $E_1$ ,  $E_2$  및  $E_3$ 을 따라 측정한 일방향성 섬유-강화 복합체의 개략도이다.

도 4a는 3개의 복합체가 서로 실질적으로 평행한 섬유의 3개의 일방향성 섬유-강화 복합체 스택 또는 레이업의

개략도이다.

도 4b는 2개의 복합체가 상이한 방향으로 배향되어 있는, 2개의 일방향성 섬유-강화 복합체의 스택 또는 레이업의 절개 개략도이다.

도 4c는 보호 코팅을 포함하는, 일방향성 섬유-강화 복합체 스택 또는 레이업의 개략도이다.

도 5는 본 발명의 일방향성 섬유-강화 복합체 제조 시스템의 개략도이다.

도 6a는 본 발명의 광폭화 유닛의 사시도이다.

도 6b는 도 6a의 광폭화 유닛의 선(6B-6B)에 따른 단면도이다.

도 6c-6g는 각각 도 6a의 광폭화 유닛의 측면도, 상부면, 하부면, 정면도 및 후면도이다.

도 7a는 본 발명의 광폭화 유닛의 사시도이다.

도 7b는 도 7a의 광폭화 유닛의 선(7B-7B)에 따른 단면도이다.

도 7c-7f는 각각 도 7a의 광폭화 유닛의 측면도, 상부면, 하부면, 정면도 및 후면도이다.

도 8a-8c는 본 발명의 광폭화 소자를 사용하여 광폭화된 섬유 다발(들)의 개략도이다.

도 8d 및 8e는 본 발명의 광폭화 유닛을 사용하여 광폭화된 섬유 다발의 사시도이다.

도 9는 일방향성 섬유-강화 복합체를 형성하기 위한 광폭화 섬유층(들) 처리 공정에 대한 일실시예를 도시한 개략도이다.

도 10a 및 10b는 각각 본 발명의 러빙 소자의 사시도 및 정면도이다.

도 11은 일단방향 섬유-강화 복합체를 형성하기 위한 광폭화 섬유층(들) 처리 공정에 대한 일실시예를 도시한 개략도이다.

도 12 내지 14는 본 발명의 일방향성 섬유-강화 복합체의 단면 공초점 현미경 이미지이다.

도 15 내지 17은 본 발명의 비교예인 일방향성 섬유-강화 복합체의 단면 공초점 현미경 이미지이다.

도 18 및 19는 각각 본 발명의 일방향성 테이프로 형성된 라미네이트를 포함하는 테스트 샘플의 정면도 및 측면도이다.

도 20은 도 1 및 도 2의 테스트 샘플을 테스트하기에 적합한 장치를 도시한 것이다.

도 21 및 22는 도 18 및 19의 테스트 샘플을 테스트한 후를 도시한 것이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0043] 통상적으로 입수 가능한 섬유-강화 복합체는 섬유 및 보이드의 불균일한 배치로 인해 복합체가 약해지고 궁극적으로 이러한 복합체를 포함하는 부품, 부재, 장치 등의 고장을 초래할 수 있는 균열 및 파손을 일으킬 수 있다. 이에 반하여, 본 발명의 섬유-강화 복합체는 평균 RFAC(상대 섬유 면적 범위, relative fiber area coverage)(%) 및 COV(변동계수, coefficient of variance)(%)로 정의되는, 실질적으로 균일한 밀도를 가지는 부직포 영역을 포함한다. 본 발명의 복합체는 종래의 복합체와 비교할 때 향상된 구조적 특성을 가진다.

[0044] 섬유를 광폭화 및/또는 함침하기 위한 종래의 장치는 섬유의 간격을 충분하게 균일화할 수 없거나 및/또는 함침하는 동안 섬유의 움직임을 충분히 방지할 수 없는 단점이 있다. 이러한 불균일한 간격 및 섬유의 움직임은 최종 복합체 내에 불균일한 섬유 배치 및 보이드를 초래할 수 있다. 이에 반하여, 본 발명의 광폭화 유닛 및 함침 유닛은 상술한 바와 같이 균일한 밀도를 가지는 섬유-강화 복합체를 제조하는데 사용될 수 있다.

[0045] 본 발명의 상술한 일실시예 및 다른 비제한적인 일실시예들은 하기에서 보다 상세히 논의된다.

### [0046] A. 섬유-강화 복합체

[0047] 본 발명의 섬유-강화 복합체는 열가소성 또는 열경화성 폴리머 매트릭스 및 폴리머 매트릭스 내에 분산된 복수의 연속섬유를 포함하는 부직포 영역을 가질 수 있다. 전형적으로, 부직포 영역의 폭 및 길이는 각각 섬유-강화 복합체 폭 및 길이와 각각 실질적으로 유사하다. 이러한 섬유-강화 복합체는 복수의 연속섬유를 적어도 35 ~ 70 부피%로 포함할 수 있다.

- [0048] 이러한 부직포 영역은 실질적으로 균일한 밀도를 가질 수 있으며, 이는 65 ~ 90%의 평균 RFAC(상대 섬유 면적 범위, relative fiber area coverage)(%) 및 3 ~ 20%의 COV(변동계수, coefficient of variance)(%), 바람직하게는 69 ~ 90%의 평균 RFAC(%) 및 3 ~ 15%의 COV(%), 가장 바람직하게는 75 ~ 90%의 평균 RFAC(%) 및 3 ~ 8%의 COV(%)로 정의된다.
- [0049] **1. 밀도 균일성의 결정**
- [0050] 본 발명의 복합체의 밀도 균일성은 하기 절차에 의해 결정된다:
- [0051] 1. 열가소성 또는 열경화성 섬유-강화 테이프/복합체의 단면 이미지를 광학 현미경(예 : 공초점 현미경)으로 관측한다. 상기 단면 이미지는 섬유의 종 방향 축에 대해 수직 방향으로 관측되며, 적어도 1500 $\mu$ m의 길이 및 적어도 160 $\mu$ m의 폭(예 : 테이프/복합체의 두께를 따라 측정)을 가진다. 이 때, 50x 렌즈를 사용한 Keyence VK-X200 카메라 (Keyence VK-X200, Elmwood, New Jersey, USA)를 사용하였다;그러나 다른 카메라 또는 이미징 장치를 사용할 수 있다.
- [0052] 2. 단면 이미지의 길이와 폭을 이등분하는 십자선을 그린다.
- [0053] 3. 첫번째 정사각형 박스는 십자선의 중심에 그려지고, 테이프/복합체 두께의 40%와 같은 측면을 가진다.
- [0054] 4. 5개의 인접한 정사각형 박스 중 두 세트는 각 정사각형 박스는 첫번째 정사각형 박스와 동일한 치수를 가지고, 각 정사각형 박스는 각 세트가 첫번째 정사각형 박스에 인접한 십자선의 수직 또는 가로 측면 상에 존재하고, 십자선의 수평 또는 길이 방향 상에 중심을 두도록 그려진다. 총 11개의 박스를 제공하므로, 11개의 데이터 포인트를 제공하는 것이다.
- [0055] 5. 11개의 정사각형 박스 각각에서, 섬유 표면적 또는 섬유가 차지하는 면적을 측정하였고, 각 정사각형 박스에 대해 면적 범위(AC, area coverage)(%)로 일컬어지는 정사각형 박스의 총 면적에 대한 비율을 표시한다.
- [0056] 6. 정사각형 박스에 대한 AC를 이론적으로 가능한 최대 AC로 나누고 100을 곱하여, 11개의 정사각형 박스 각각에 대한 평균 RFAC(상대 섬유 면적 범위, relative fiber area coverage)(%)를 결정할 수 있고, 이는 원형 필라멘트의 밀집 패키징을 가정한 것이다. 평균 RFAC(%)는 11개의 정사각형 박스의 RFAC를 평균한 것이다.
- [0057] 7. COV(변동계수, coefficient of variance)(%)는 AC의 표준편차( $\sigma$ )를 AC의 평균으로 나눈 다음 100을 곱하여 결정한다.
- [0058] 상기 절차를 실시예에서 사용하여, 본 발명에 따른 섬유-강화 복합체 및 비교예로 3개의 통상적인 복합체의 평균 RFAC 및 COV를 계산하였다.
- [0059] **2. 섬유-강화 복합체 치수**
- [0060] 도 2 및 도 3은 일방향성 섬유-강화 복합체(200)를 도시하고 있다. 섬유-강화 복합체(예 : 200)는 임의의 폭(예 : 축  $E_2$ 를 따라 측정) 및 임의의 길이(예 : 축  $E_1$ 를 따라 측정)를 가질 수 있다. 예를 들어, 섬유-강화 복합체(예 : 200)는 최대 6m 이상 또는 0.01m ~ 6m, 0.5m ~ 5m 또는 1m ~ 4m 또는 그 사이의 임의의 범위의 폭을 가질 수 있고, 5 ~ 1,000 m, 10 ~ 100 m, 또는 그 사이의 임의의 범위의 길이를 가질 수 있다. 복합체(예 : 200)의 폭은 0.01, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 0.55, 0.60, 0.65, 0.70, 0.75, 0.80, 0.85, 0.95, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 m 또는 그 이상일 수 있다. 복합체(예 : 200)의 길이는 1, 10, 100, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000, 5500, 6000, 6500, 7000, 7500, 8000, 8500, 9000, 9500, 10000m 또는 그 이상일 수 있다.
- [0061] **3. 섬유 영역**
- [0062] 섬유-강화 복합체(200)는 폴리머 매트릭스(204) 내에 분산된 부직포 영역 (202)을 포함한다. 부직포 영역(202)은 일방향성으로 배치되고, 제1 축(예 : 축  $E_1$ , 도 3)에 실질적으로 평행한 복수의 섬유(206)를 포함한다. 복합체(예 : 200)의 섬유 (예 : 206)는 복합체에 대하여 35 ~ 70 부피%, 바람직하게는 40 ~ 65 부피%, 보다 바람직하게는 45 ~ 55 부피% 또는 이들 사이의 임의의 범위로 구성된다. 섬유 영역(202)은 매트릭스 물질 내로 가압된 제1 평탄 섬유층 및 제2 평탄 섬유층으로부터 형성될 수 있다(예 : 도 9 및 도 9에 관한 기재 참조).
- [0063] 섬유(206)는 유리 섬유, 탄소 섬유, 아라미드 섬유, 폴리에틸렌 섬유, 폴리에스테르 섬유, 폴리아미드 섬유, 세라믹 섬유, 현무암 섬유 또는 강섬유 또는 이들의 조합일 수 있다. 섬유(206)는 7 $\mu$ m<sup>2</sup> ~ 800 $\mu$ m<sup>2</sup>의 평균 필라멘트



단면적을 가질 수 있으며, 이는 원형 섬유는 경우 3 ~ 30  $\mu\text{m}$ 의 평균 필라멘트 직경을 가지는 것을 의미한다.

[0064] 복합체(예 : 200)의 섬유(예 : 206)는 다발(예 : 탄소, 세라믹, 탄소 전구체, 세라믹 전구체, 유리 및/또는 이와 유사한 섬유의 다발)로 제공될 수 있다. 이러한 다발은 임의의 수의 섬유를 포함할 수 있고, 예를 들어, 400, 750, 800, 1375, 1000, 1500, 3000, 6000, 12000, 24000, 50000, 60000 또는 그 이상의 섬유를 포함할 수 있다. 한 다발 내의 섬유는 평균 필라멘트 직경이 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 또는 그 이상의  $\mu\text{m}$ 일 수 있다(예 : 5 ~ 24 $\mu\text{m}$ , 10 ~ 20 $\mu\text{m}$ , 12 ~ 15 $\mu\text{m}$  또는 그 사이의 임의의 범위). 섬유는 코팅(예 : 유기 실란과 같은 유기 폴리머 코팅), 안료 및/또는 이와 유사한 것을 제공할 수 있다.

[0065] 유리 섬유 다발(예 : 섬유 유리 얇 다발)은 HYBON®, Jushi Group Co., Ltd. (중국) 및 Kripa International (인도)의 상표명을 가지고, PPG Industries (피츠버그, PA, 미국)를 통해 입수 가능하다. 유리 섬유 다발은 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 $\mu\text{m}$  이상의 평균 섬유 직경을 가질 수 있다(예 : 10 ~ 24 $\mu\text{m}$ , 12 ~ 20 $\mu\text{m}$ , 13 ~ 15 $\mu\text{m}$  또는 그 사이의 임의의 범위). 탄소 섬유 또는 변성된 탄소 섬유 다발(예 : 탄소 섬유 토우)은 Panex®의 상표명을 가지고, ACP Composites (리버모어, CA, 미국), Toray Industries, Inc. (일본) 및 ZOLTEK (브리지턴, MO, 미국)을 통해 입수 가능하다. 탄소 섬유 다발의 평균 필라멘트 직경은 3 ~ 8  $\mu\text{m}$ , 6 ~ 7  $\mu\text{m}$ , 또는 그 사이의 임의의 범위일 수 있다.

[0066] 아라미드 섬유 다발(예 : 아라미드 섬유 얇 다발)은 KEVLAR®의 상표명을 가지고, DuPont™ (워싱턴, DE, 미국)을 통해 입수 가능하다. 세라믹 섬유 다발(예 : 금속 산화물 섬유 다발)은 3M™ Nextel™ 연속 세라믹 산화물 섬유(Continuous Ceramic Oxide Fibers)라는 상표명을 가지며, 3M(미국)을 통해 입수 가능하다. 현무암 섬유 다발은 상표명 Basfiber®로 Kamenny Vek (모스크바, 러시아)를 통해 입수 가능하고, 또는 상표명 Sudaglass (RUSSIA)로 Sudaglass Fiber Technology를 통해 입수 가능하다. 폴리에스테르 섬유 다발, 폴리마이드 섬유 다발, 폴리페닐렌 설파이드 섬유 다발 및 폴리프로필렌 섬유 다발은 TORAYCA™라는 상표명으로 Toray Industries를 통해 입수 가능하다. 이론에 구속되지 않고, 본 발명의 방법 및 장치를 사용하여 섬유가 섬유-강화 복합체를 형성하도록 가공될 때 섬유의 물성은 실질적으로 변화하지 않는 것으로 보인다.

[0067] 폴리머 매트릭스(예 : 204)는 임의의 적합한 물질, 예를 들어 열가소성 폴리머 및/또는 열경화성 폴리머를 포함할 수 있다. 열가소성 폴리머의 비제한적인 예는 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리카보네이트(PC), 폴리부틸렌 테레프탈레이트(PBT), 폴리(1,4-시클로헥실리텐-1,4-디카르복실레이트)(PCCD), 글리콜 변성 폴리시클로헥실 테레프탈레이트(PCTG), 폴리(페닐렌 옥사이드)(PPO), 폴리프로필렌(PP), 폴리에틸렌(PE), 폴리비닐 클로라이드(PVC), 폴리스티렌(PS), 폴리메틸 메타크릴레이트(PMMA), 폴리에틸렌이민 또는 폴리에테르이미드(PEI) 또는 이들의 유도체, 열가소성 수지(TPE), 테레프탈산(TPA) 수지, 폴리(시클로헥산디메틸렌테레프탈레이트)(PCT), 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN), 폴리아미드(PA), 폴리설폰 설포네이트(PSS), 폴리에테르 에테르 케톤(PEEK), 폴리에테르 케톤 케톤(PEKK), 아크릴로나이트릴 부틸리텐 스티렌(ABS), 폴리페닐렌 설파이드(PPS), 이들의 코폴리머 또는 이들의 혼합물을 포함한다. 열경화성 폴리머의 비제한적인 예는 불포화 폴리에스테르 수지, 폴리우레탄, 베이클라이트(bakelite), 듀로플라스틱(duroplast), 요소-포름알데히드, 디알릴-프탈레이트, 에폭시 수지, 에폭시 비닐에스테르, 폴리이미드, 시아네이트 에스테르, 디시클로펜타디엔, 페놀계 수지, 벤조옥사진, 이들의 코폴리머 및 이들의 혼합물을 포함한다.

[0068] 섬유 영역(202)은 상기 정의된 바와 같이 실질적으로 균일한 밀도를 가진다. 상술한 바와 같이, 복합체(200)는 5 부피% 미만, 예를 들어 4, 3, 2 또는 1 부피% 미만, 0 ~ 5 부피%, 0.1 ~ 4 부피% 또는 1 ~ 3 부피%의 보이드를 가진다. 복합체(200)과 같은 일부 섬유-강화 복합체는 실질적으로 보이드가 없을 수 있다. 이에 반하여, 도 1에 도시된 종래의 복합체는 균일한 밀도 부분(102)을 포함함과 동시에 불균일한 밀도 부분(104) 및 보이드(106)를 가지는 섬유 영역을 가진다.

#### [0069] 4. 폴리머-풍부 영역

[0070] 도시된 바와 같이, 부직포 영역(202)은 제1 폴리머-풍부 영역(208) 및 제2 폴리머-풍부 영역(210) 사이에 배치된다. 폴리머-풍부 영역(208, 210)은 10 부피% 미만의 섬유(206)를 포함한다. 폴리머-풍부 영역(예 : 208, 210 등)은 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0.5 또는 0.1 부피% 미만의 섬유(예 : 206)를 포함할 수 있다. 제1 및 제2 폴리머-풍부 영역(208, 210) 폭 및 길이는 각각 섬유-강화 복합체(200)의 폭 및 길이와 실질적으로 유사하다. 섬유-강화 복합체(200)의 경우, 제1 폴리머-풍부 영역(208)의 두께와 제2 폴리머-풍부 영역(210)의 두께의 합은 상기 복합체 두께의 15 ~ 25%이다. 제1 및 제2 폴리머-풍부 영역(208, 210)은 실질적으로 동일한 두께를 가진다(예 : 두께는 서로 10 % 이내임); 다만, 본 발명의 다른 일실시예에서, 폴리머-풍부 영역(예 : 208, 210)은

상이한 두께(예 : 각각의 두께는 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20% 또는 그 이상으로 상이함)를 가질 수 있다. 제1 및 제2 폴리머-풍부 영역(208, 210) 각각은 폴리머-풍부 영역 전체에 걸쳐 실질적으로 균일한 밀도를 가질 수 있다. 이러한 폴리머-풍부 영역(예 : 208, 210)은 섬유(예 : 206)를 제 위치에 유지하기에 충분한 폴리머 매트릭스(예 : 204)를 제공함으로써 복합체(예 : 200) 강도를 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 복합체의 취급을 용이하게 하고(예 : 합성물 내에 섬유를 겹치고 포함시킴으로써), 복합체를 다른 복합체 또는 구조물에 결합시킬 수 있다.

[0071]

## 5. 플라이로부터 제조한 섬유-강화 복합체

[0072]

도 4a-4c는 라미네이트를 형성하는데 사용될 수 있는 본 발명의 섬유-강화 복합체의 스택 또는 레이업의 개략도이다. 상기 스택 또는 레이업에는 2개 이상(예 : 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 또는 그 이상) 섬유-강화 복합체(예 : 200)를 포함할 수 있고, 상기 섬유-강화 복합체는 스택 또는 레이업 내에서 임의의 적절한 방식으로 서로에 대해 배향될 수 있다. 예를 들어, 도 4a의 스택(400)은 3개의 UD 섬유-강화 복합체(200, 402, 404)를 포함한다. 도시된 바와 같이, UD 섬유-강화 복합체(200, 402, 404) 각각의 섬유(406)는 실질적으로 서로 평행하고, 축 E<sub>1</sub>과도 평행하다(예 : 스택(400)은 UD 스택으로 간주됨). 또 다른 예로, 도 4b의 스택(400)은 2개의 UD 섬유-강화 복합체(200, 402)를 포함한다. 도시된 바와 같이, UD 복합체(200)의 섬유(206)는 UD 복합체(402)의 섬유(406)에 대해 일정한 각(예 : 90°)으로 배치된다. 복합체, 플라이, 스택 및 라미네이트는 UD 복합체 보호 코팅이 제공되어야 한다. 예를 들어, 도 4c는 보호 코팅 또는 층(412, 414)을 가지는 2개의 UD 섬유-강화 복합체(408, 410)의 스택을 도시한 것이다. 비-섬유 또는 비-UD층, 플라이 또는 필름을 가지는 레이업 또는 스택(들)도 고려된다. 이러한 층(들), 플라이(들) 또는 필름(들)의 예는 순수 열가소성 수지, 다양한 첨가제를 가지는 열가소성 폴리머 화합물 및/또는 이와 유사한 것을 포함한다.

[0073]

## 6. 첨가제

[0074]

본 발명의 폴리머 조성물 및 매트릭스는 하나 이상의 임의의 첨가제 성분을 추가로 포함할 수 있으며, 예를 들어, 매트릭스 물질과 섬유 사이의 접착을 촉진하는 커플링제, 황산화제, 열 안정제, 유동 개질제, 난연제, UV 안정제, UV 흡수제, 충격 보강제, 가교제, 착색제 또는 이들의 조합으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상을 포함할 수 있다. 본 발명의 조성물에서 첨가제 성분으로서 사용하기에 적합한 커플링제의 비제한적인 예는 Chemtura를 통해 입수 가능한 Polybond<sup>®</sup> 3150 말레산 무수물 그래프트 폴리프로필렌, DuPont을 통해 입수 가능한 Fusabond<sup>®</sup> P613 말레산 무수물 그래프트 폴리프로필렌, 말레산 무수물 에틸렌 또는 이들의 조합을 포함한다. 본 발명의 조성물에서 첨가제 성분으로 사용하기에 적합한 유동 개질제의 예는 Polyvel Inc.를 통해 입수 가능한 CR20P 과산화물 마스터배치를 포함하며, 이에 제한되지는 않는다. 본 발명의 조성물에서 첨가제 성분으로 사용하기에 적합한 안정제의 비제한적인 예는 BASF를 통해 입수 가능한 Irganox<sup>®</sup> B225를 포함할 수 있으며, 이에 제한되지는 않는다. 본 발명의 다른 실시예에서, 순수 폴리프로필렌은 선택적인 첨가제로서 사용될 수 있다. 난연제의 비제한적인 예는 할로겐 및 비할로겐-계 폴리머 변성 및 첨가제를 포함한다. UV 안정제의 비제한적인 예는 힌더드 아민 광 안정제, 히드록시벤조페논, 히드록시페닐 벤조트리아졸, 시아노아크릴레이트, 옥사닐리드, 히드록시페닐 트리아진 및 이들의 조합을 포함한다. UV 흡수제의 비제한적인 예로는 4-치환-2-히드록시벤조페논 및 이의 유도체, 아릴 살리실레이트, 디페놀의 모노에스터, 레조르시놀 모노벤조에이트, 2-(2-히드록시아릴)-벤조트리아졸 및 이의 유도체, 2-(2-히드록시아릴)-1,3,5-트리아진 및 이의 유도체, 또는 이들의 조합을 포함한다. 충격 보강제의 비제한적인 예는 매트릭스-형성 모노머 내에 용해되는 수지/소프트블록, 예를 들어, 벌크 HIPS, 벌크 ABS, 반응기 변성 PP, Lomod, Lexan EXL 및/또는 이와 유사한 것을 포함하며, 배합에 의해 매트릭스 물질 내에 분산되는 열가소성 수지, 예를 들어, 디-, 트리-, 및 멀티블록 코폴리머, (관능화된) 올레핀 (코)폴리머 및/또는 이와 유사한 것을 포함하고, 배합에 의해 매트릭스 물질 내에 분산된 사전-정의된 코어-셸(기재-그래프트) 입자, 예를 들어, MBS, ABS-HRG, AA, ASA-XTW, SWIM 및/또는 이와 유사한 것 또는 이들의 조합을 포함한다.

[0075]

가교제의 비제한적인 예는 디비닐벤젠, 벤조일 퍼옥사이드, 알킬렌디올 디(메트)아크릴레이트, 예를 들어, 글리콜 비스아크릴레이트 및/또는 이의 유사체, 알킬렌트리올 트리(메트)아크릴레이트, 폴리에스테르 디(메트)아크릴레이트, 비스아크릴아미드, 트리알릴 시아누레이트, 트리알릴 이소시아누레이트, 알릴 (메트)아크릴레이트, 디알릴 말레이이트, 디알릴 푸마레이트, 디알릴 아디페이트, 시트르산의 트리알릴 에스테르, 인산의 트리알릴 에스테르 또는 이들의 조합을 포함한다.

[0076]

## B. 섬유-강화 복합체를 만드는 시스템, 방법 및 장치



- [0077] 도 5는 본 발명의 섬유-강화 복합체(200)를 제조하기 위한 시스템(500)의 개략도이다. 시스템(500)은 섬유 다발의 스펀(502), 언와인딩 유닛(504), 섬유 준비부(506), 광폭화부(508), 함침부(510), 성형 유닛(512) 및 와인더(514)를 포함할 수 있다. 섬유 다발의 스펀(502)은 언와인딩 유닛(504) 상에 배치될 수 있고, 이로써 섬유 다발이 섬유 준비부(506)에 제공될 수 있도록 스펀로부터 섬유 다발(516)을 풀 수 있다. 본 발명의 일실시예에서, 권취된 섬유 다발은 스펀 없이(예 : 공급자로부터) 제공될 수 있고; 이러한 경우에는, 언와인딩 유닛(504) 상의 권취 섬유 다발을 배치하기 전에 스펀이 권취된 섬유 다발에 삽입될 수 있다. 섬유 다발(516)은 임의의 섬유 광폭화 작용을 받지 않은 섬유 다발일 수 있다. 섬유 준비부(506)는 광폭화를 위한 섬유 다발(516)을 준비하기 위한 통상의 유닛을 포함할 수 있다. 예를 들어, 섬유 준비부(506)는 섬유 다발(516)을 인장하고, 안정화하고, 일정한 경우에는 가이딩하기 위한 하나 이상의 텐서너(예 : 텐서 인장 제어 시스템, 하나 이상의 롤러 및/또는 이와 유사한 것)를 포함할 수 있다. 상기 텐서너는 광폭화 소자(604A-605D)와 접촉하는 동안 섬유 다발(516)을 인장할 수 있고, 이를 통해 섬유 다발의 광폭화 또는 평탄화 동안에 섬유 다발을 제 위치에 유지할 수 있다. 본 발명의 일실시예에서, 언와인딩 유닛(504)은 섬유 준비부(506) 및/또는 광폭화부(508)(예 : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 또는 그 이상의 m)로부터 존재할 수 있고, 예를 들어, 섬유 다발(516)의 중량이 섬유 다발을 인장시키는 역할을 한다. 본 발명의 다른 일실시예에서, 섬유 제조부(506)는 섬유 다발(516)을 가열 및/또는 섬유 다발을 분사하도록 구성될 수 있다(예 : 섬유 다발 상에 존재할 수 있는 임의의 코팅을 제거하기 위함).
- [0078] 광폭화부(508)에서, 섬유 다발(516)은 광폭화 섬유층(518) 내로 광폭화되거나 평탄해질 수 있다(하기에서 보다 상세히 후술됨). 광폭화 섬유층(518)은 함침부(510)로 제공될 수 있고, 상기 섬유층은 매트릭스 물질 내로 분산되어 섬유-강화 복합체(520)를 형성할 수 있다(예 : 도 2의 섬유-강화 복합체(200)). 함침부(510)는 압출기, 배쓰, 코팅 시스템 및/또는 이와 유사한 것을 포함할 수 있다. 섬유-강화 복합체(520)는 성형 유닛(512)에 투입될 수 있으며, 상기 섬유-강화 복합체는 테이프(522) 또는 시트로 형성될 수 있다. 테이프(522)는 와인더(514)에 제공될 수 있고, 이를 통해 스펀 주위에 테이프를 권취할 수 있다(예 : 테이프의 저장, 운반 및/또는 기타 이와 유사한 것을 용이하게 함).
- [0079] **1. 광폭화부**
- [0080] 광폭화부(508)는 하나 이상의 섬유 다발(516)을 하나 이상의 광폭화 섬유층(518)으로 광폭화하도록 구성된 하나 이상의 광폭화 소자(600)를 포함할 수 있다. 또한, 광폭화부(508)는 하나 이상의 롤러, 모터, 전기 접속부 및/또는 기타 이와 유사한 광폭화 소자를 작동시키기 위한 것을 포함할 수 있다.
- [0081] **i. 광폭화 소자**
- [0082] 도 6a 내지 도 6g를 참조하면, 광폭화 소자(600)가 도시되어 있다. 후술하는 바와 같이, 광폭화 소자(600)는 예를 들어, 하나 이상의 홀딩 부재(예 : 602A-602D), 하나 이상의 광폭화 부재(예 : 604A-604D), 하나 이상의 가열원(예 : 가열된 광폭화 부재(들)) 및 선택적으로, 하나 이상의 롤러(예 : 606)를 포함할 수 있다. 광폭화 소자(600)의 부재는 부식에 저항성이 있는 물질 및/또는 섬유층 또는 섬유-강화 복합체(예 : 섬유, 매트릭스 물질 등)를 제조하는데 사용되는 물질, 예를 들어, 스테인리스 강, 다른 합금 및/또는 이와 유사한 물질로 제조될 수 있다. 광폭화 소자(600)의 부재는 프레임(608)에 결합될 수 있다. 광폭화 소자(600)의 하나 이상의 부재는 프레임(608)으로부터 제거할 수 있게 결합되어 있고, 예를 들어, 광폭화 소자의 유지 및/또는 재구성을 용이하게 할 수 있다(예 : 광폭화 부재를 상이한 로브를 가지는 다른 광폭화 부재로 대체하거나, 홀딩 부재를 상이한 섬유 홀딩부, 반경 및/또는 이와 유사한 특성이 상이한 다른 홀딩 부재로 대체하는 것). 프레임(608)은 광폭화 소자(600)의 이식성을 향상시키기 위해 바퀴 또는 다른 특징을 포함할 수 있다.
- [0083] **ii. 홀딩 부재**
- [0084] 홀딩 부재(602A-602D) 각각은 홀딩 부재 단부(612) 사이에 배치되는 섬유 홀딩부(61)를 포함한다(도 6f). 각 홀딩 부재에서, 섬유 홀딩부(610)는 복수의 홈(614) 또는 복수의 돌출부(616)를 포함하는 것을 특징으로 한다. 도시된 바와 같이, 각 섬유 홀딩부(610)는 7개의 홈(614)을 포함한다; 반면, 본 발명의 다른 일실시예에서는, 섬유 홀딩부(예 : 610)는 임의의 수의 홈(예 : 614) 및 광폭화 소자(예 : 600)에 의해 광폭화 되는 섬유 다발(예 : 516)의 수에 의해 결정되는 수의 홈, 광폭화 소자(예 : 600)에 의해 제조되는 광폭화 섬유층(예 : 518)의 수의 홈을 포함할 수 있다. 섬유 홀딩부(610)의 홈(614)은 각각 서로 동일하거나, 실질적으로 유사하거나 상이한 치수(예 : 폭 및 깊이)를 가질 수 있다. 홀딩 부재(602A-602D)는 각각 바(예 : 막대 형상의 홀딩 부재)를 포함하며; 반면, 본 발명의 다른 일실시예에서는, 홀딩 부재(예 : 602A-602D)는 플레이트를 포함할 수 있다.
- [0085] 홀딩 부재(602A-602D) 각각은 복수의 섬유가 광폭화 소자로 투입되고, 광폭화 부재를 통과하고, 광폭화 부재를

빠져나감으로써 바람직하지 않은 복수의 섬유 방향의 움직임을 감소시킬 수 있다. 예를 들어, 섬유 홀딩부(610), 홈(614)은 각각 폭(예 : 각 홀딩 부재의 종 방향 축을 따른 측정)을 가질 수 있으며, 이는 섬유 홀딩부가 수용되도록 구성된 복수의 섬유의 폭에 상응하는 것이다. 홀딩 부재(602A 및 602C)의 홈(614)은 섬유 다발(516)을 수용하도록 구성되며, 각각 홀딩 부재(602B 및 602D)의 홈(614)의 폭보다 좁은 폭을 가지며, 광폭화 소자(604A 및 604C)로부터 광폭화 섬유를 수용하도록 구성된다. 보다 구체적으로, 홀딩 부재(602A 및 602C)의 홈(614)은 각각 4 ~ 8mm 바람직하게는 약 6mm의 폭을 가질 수 있고, 홀딩 부재(602B 및 602D)의 홈(614)은 각각 8 ~ 12mm, 바람직하게는 약 10mm의 폭을 가질 수 있다.

[0086] 광폭화 소자(600)는 4개의 홀딩 부재(602A-602D) 및 4개의 광폭화 부재(604A-604D)를 포함한다. 각각의 광폭화 부재는 홀딩 부재와 쌍을 이룰 수 있고, 각 쌍의 경우, 홀딩 부재는 광폭화 부재의 상향스트림에 배치될 수 있다.

### [0087] iii. 광폭화 부재

[0088] 도 7a-7f를 참조하면, 광폭화 부재(604A-604D)를 나타내는 광폭화 부재(604)가 도시되어있다. 광폭화 부재(604)는 복수의 섬유를 광폭화 섬유층(518) 내로 광폭화하도록 구성된다(예 : 섬유 다발(516) 내 섬유를 광폭화하거나, 광폭화 섬유층(518) 내 섬유를 더 광폭화함). 광폭화 부재(604)는 광폭화 부재의 종 방향 축에 대해 수직 방향으로 프로파일을 포함하고, 프로파일의 볼록부를 의미하는 제1 표면(626) 및 프로파일의 직선 또는 오목부를 의미하는 제2 표면(628)을 포함한다. 제1 표면(626)은 타원형 및/또는 제2 표면(628)은 평평하거나 오목할 수 있다. 제1 표면(626) 및 제2 표면(628)은 엣지(630)에서 접할 수 있고, 상기 엣지는 엣지를 통과할 때 섬유의 날카로운 부분 또는 찢김을 완화하기 위하여 라운드 형일 수 있다(예 : 엣지가 펠렛될 수 있음). 이에 따라, 복수의 섬유가 광폭화 부재(604)를 통과할 때(예 : 화살표(632) 방향으로 광폭화 부재에 접근할 때), 상기 섬유는 제1 표면(626)에서 제2 표면(628)으로 전이할 수 있고(예 : 만일 존재한다면, 엣지 (630)을 가로질러서), 이를 통해 상기 섬유를 광폭화할 수 있다. 광폭화 부재(604)는 일반적으로 직선형이며; 예를 들어, 광폭화 부재의 종 방향 축은 광폭화 부재의 단부(622) 뿐만 아니라 종 방향 축의 단부의 중간 부분에 있는 광폭화 부재의 일부분을 통해 연장된다. 광폭화 부재(604)는 바(예 : 막대형)를 포함하고; 다만, 본 발명의 다른 일실시예에 따르면, 광폭화 부재(예 : 604A-604D)는 플레이트를 포함할 수 있다.

[0089] 광폭화 부재(604)는 광폭화 부재의 종 방향 축을 따라 배치된 2이상의 로브(620)를 포함한다. 각각의 로브(620)는 제1 표면(626) 및 제2 표면(628)을 포함할 수 있다(예 : 상술한 바와 같이). 로브(620)는 2개 이상의 로프의 제2 표면(628)이 인접하도록 광폭화 부재의 종 방향 축을 따라 배치될 수 있다. 도시된 바와 같이, 광폭화 부재(예 : 604)는 임의의 적절한 수의 로브(예 : 620), 예를 들어, 1 ~ 100, 2 ~ 50, 3 ~ 25, 5 ~ 20개의 로브 포함할 수 있고, 바람직하게는 5, 6, 7, 8, 9 또는 10개의 로브를 포함할 수 있다.

[0090] 광폭화 부재(604A-604D)는 각각 광폭화 부재(600)에 의해 광폭화 되는 복수의 섬유에 대하여 섬유의 긴 치수에 대하여 실질적으로 수직인 방향으로 이동 가능할 수 있으며, 이는 섬유의 광폭화를 향상시킬 수 있다. 예를 들어, 각각의 광폭화 부재(604A-604D)는 프레임(608)에 연결될 수 있으며, 이를 통해 광폭화 부재는 프레임에 대하여 광폭화 부재의 실질적으로 종 방향 축의 방향으로 이동가능 할 수 있다. 본 발명의 일실시예에서, 프레임(예 : 608) 및 광폭화 부재(예 : 604A-604D)를 포함하는 전체 광폭화 소자(예 : 600)는 광폭화 소자에 의해 광폭화되는 복수의 섬유에 대해 이동하도록 구성될 수 있다.

[0091] 보다 구체적으로, 광폭화 부재(604A-604D)는 광폭화 소자(600)에 의해 광폭화되는 복수의 섬유에 대해 진동하도록 구성될 수 있다. 상기 진동은 임의의 적절한 진폭으로 수행될 수 있고, 예를 들어, 0.1 ~ 20mm, 0.1 ~ 10mm, 0.5 ~ 8mm, 1 ~ 5mm 또는 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.0, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 3.0, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 4.0, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 5.0, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 6.0, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 7.0, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 7.9, 8.0, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 9.0, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7, 9.8, 9.9, 10.0, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 또는 20mm로 수행될 수 있다. 상기 진동은 임의의 적절한 진동수로 수행될 수 있고, 예를 들어, 0.1 ~ 5 Hz, 0.5 ~ 2 Hz, 또는 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 또는 5.0Hz로 수행될 수 있다. 광폭화 부재(604A-604D)의 이러한 진동은 섬유가 광폭화 부재를 통과함에 따라 복수의 섬유를 병치하는 것을 도울 수 있다. 각각의 광폭화 부재(604A-604D)는 동일하거나 상이한 진폭 및/또는 진동수로 진동될 수 있다.

- [0092] 광폭화 부재(604A-604D)는 각각 광폭화 부재의 중 방향 축을 중심으로, 광폭화 소자(600)에 의해 광폭화되는 복수의 섬유에 대하여 회전할 수 있다. 예를 들어, 광폭화 부재(604A-604D)는 각각 프레임(608)에 결합할 수 있고, 이를 통해 광폭화 부재는 광폭화 부재의 중 방향 축을 중심으로 프레임에 대하여 회전할 수 있다. 상기 광폭화 부재의 회전을 통해, 섬유에 최적의 광폭화를 제공하기 위하여 광폭화 부재와 접촉하는 복수의 섬유의 위치가 조정될 수 있다(예 : 제1 표면(626) 또는 제2 표면(628) 또는 엣지(630)을 따라). 본 발명의 일실시예에서, 광폭화 부재의 이러한 회전은 주기적이거나 진동일 수 있다.
- [0093] 광폭화 부재(예 : 604A-604D)의 이동(예 : 병진 및/또는 회전)은 임의의 적절한 방식으로 수행될 수 있다. 예를 들어, 각 광폭화 부재(604A-604D)의 광폭화 부재의 단부(622)는 커플링 부재(618A-618D)를 포함하고, 이들은 모터 또는 드라이브(도시되지 않음)에 결합하도록 구성된다.
- [0094] 도 8a를 참조하면, 광폭화 섬유층 제조방법이 도시되어 있다. 초기 폭(W<sub>i</sub>)을 가지는 섬유 다발(802)은 광폭화 소자(600)에 투입될 수 있고, 본 발명의 일실시예에서는, 홀딩 부재(예 : 602A-602D)를 통과할 수 있다. 섬유 다발(802)은 광폭화 부재(604A)와 접촉할 수 있고(예 : 화살표(607)를 따라 진행), 상기 섬유 다발은 제1 표면(626)에서 진동할 수 있고 제2 표면(628)으로 전이(예 : 엣지(630)를 가로질러)할 수 있으며, 이에 따라 광폭화 섬유층(804) 내로 광폭화 될 수 있다. 광폭화 섬유층(804)은, 본 발명의 일실시예에서는 홀딩 부재(예 : 602A-602D)를 통과한 후, 광폭화 부재(604B)와 접촉할 수 있으며, 상기 광폭화 부재는 제1 표면(626)에서 진동할 수 있고 제2 표면(628)으로 전이할 수 있고(예 : 엣지(630)를 가로질러서), 이를 통해 섬유 다발(802)의 초기 폭보다 큰 폭(W<sub>1</sub>)을 가지는 광폭화 섬유층(806)으로 광폭화된다.
- [0095] 도시되지는 않았지만, 광폭화 부재(604B)(예 : 로브 (620C))의 제1 표면(626)의 반경(예 : 메이저 및/또는 마이너)은 광폭화 부재(604A)(예 : 로브(620A))의 제1 표면(626)의 반경보다 클 수 있다. 이러한 구성은 광폭화 부재(604B)를, 광폭화 부재(604A)로부터 광폭화 섬유층(804)을 더 광폭화하기에 용이하게 할 수 있다. 광폭화 부재(604B)의 제1 표면(626)의 반경은 광폭화 부재(예 : 604A)의 제1 표면(626)의 반경에 비해 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 또는 그 이상 % 더 클 수 있다. 본 발명의 일실시예에서, 제1 광폭화 부재(예 : 604A)의 제1 표면(예 : 626)은 반경은 10 ~ 50mm, 20 ~ 40mm, 25 ~ 35mm 또는 약 30mm일 수 있고, 제1 광폭화 부재의 하향스트림에 존재하는 제2 광폭화 부재(예 : 604B)의 제1 표면(예 : 626)의 반경은 50 ~ 100mm, 50 ~ 90mm, 55 ~ 65mm 또는 약 60mm일 수 있다.
- [0096] 본 발명의 일실시예에서, 하나 이상의 섬유 다발(예 : 516)이 단일 광폭화 섬유층(예 : 518)을 제조하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 도 8b-8e에 도시된 바와 같이, 섬유 다발(802, 808)은 광폭화 소자(600)에 의해 광폭화 섬유층(806, 810) 내로 각각 광폭화 될 수 있다(예 : 섬유 다발(802)에 대해 상술한 바와 동일 또는 유사한 방식으로). 도시된 바와 같이, 광폭화 부재(604A, 604B), 보다 구체적으로 이들의 로브(620A-620D)는 광폭화 섬유층(806, 810)이 단일 광폭화 섬유층(812)을 형성하도록 서로에 대해 배치될 수 있다. 광폭화 섬유층(812)은 광폭화 섬유층(806)의 폭 및 광폭화 섬유층(810)의 폭(W<sub>2</sub>)의 합보다 크거나 같은 폭을 가질 수 있다. 이와 유사하게, 광폭화 섬유층(812)은 섬유 다발(816, 818, 도 5c 참조)로부터 형성될 수 있다. 본 발명의 일실시예에서, 섬유 다발(802, 808)로부터의 광폭화 섬유층(812)은 섬유 다발(816, 818)로부터의 광폭화 섬유층(812)과 결합하여 섬유 다발(802, 808, 816, 818)로부터 섬유를 가지는 광폭화 섬유층(812)을 형성할 수 있다.
- [0097] 상기 광폭화 섬유층(예 : 806, 810, 812 및/또는 이와 유사한 것)은 임의의 적절한 속도로, 예를 들어, 1 ~ 50m/min, 2 ~ 25m/min 또는 8 ~ 15m/min의 속도로 제조될 수 있다. 광폭화부(508)의 광폭화 섬유층(예 : 806, 810, 812 및/또는 이와 유사한 것)은 함침부(510)에 제공되어 매트릭스 재료로 분산될 수 있다.
- [0098] **2. 함침부**
- [0099] 함침부(510)는 압출기(906), 하나 이상의 가압 부재(예 : 908, 914, 918, 922, 923, 및/또는 이와 유사한 것), 하나 이상의 러빙 부재(예 : 916, 920, 924 및/또는 이와 유사한 것), 하나 이상의 열원(예 : 925, 가열된 가압 부재, 가열된 러빙 부재 및/또는 이와 유사한 것) 및/또는 이와 유사한 것을 포함할 수 있다. 함침부(510)는 함침부를 작동하기 위한 하나 이상의 물리, 모터, 전기 접속부 및/또는 이와 유사한 것을 포함할 수 있다. 함침부(510)의 적어도 일부 부재는, 상기 부재들이 물리적으로 서로 부착되지 않아도, 집합적으로 함침 유닛으로 지칭될 수 있다.
- [0100] 도 9를 참조하면, 광폭화부(508)로부터의 광폭화 섬유층(들)은 하나 이상의 물리(606)에 의해 함침부(510)로 유도될 수 있고(예 : 만일 존재하는 경우, 광폭화 부의 부재 및/또는 함침부의 부재로 간주될 수 있음), 상기 광폭화 섬유층(들)은 매트릭스 물질 내에 분산될 수 있다. 예를 들어, 함침부(510)는 광폭화 섬유층(들)에 매트릭



스 물질의 시트 또는 필름을 제공하도록 구성되는 압출기(906)를 포함하고; 다만, 본 발명의 다른 일실시예에서, 매트릭스 물질은 임의의 적절한 구조를 사용하여 광폭화 섬유층에 제공될 수 있다.

[0101] 함침부(510)는 하나 이상의 가압 부재(예 : 908, 914, 918, 922, 923 및/또는 이와 유사한 것)를 포함하고, 각각은 압출기(906)의 하향스트림에 배치될 수 있고, 매트릭스 물질 내에 적어도 하나 이상의 광폭화 섬유층(들)을 가압하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 각각의 가압 부재는 적어도 하나의 광폭화 섬유층(들)을 매트릭스 물질 내에 가압하도록 구성된 볼록한 표면을 포함할 수 있고, 상기 가압은 광폭화 섬유층이 매트릭스 물질과 접촉할 때, 인장 하에 볼록한 표면 상을 통과함으로써 수행된다. 광폭화 섬유층(들)에 대한 가압 부재에 의한 가압은 광폭화 섬유층(들)이 상기 가압 부재에 접촉하거나 떨어지는 각도, 광폭화 섬유층(들)의 인장 및/또는 이와 유사한 것에 따라 다양하게 조절될 수 있다. 가압 부재(예 : 908, 914, 918, 922, 923 및/또는 이와 유사한 것)는 경우에 따라 상이한 온도로 가열될 수 있다. 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 가압 부재는 하나 이상의 광폭화 섬유층을 매트릭스 물질 내로 가압하기에 충분한 압력 및/또는 온도를 제공할 수 있다. 본 발명의 일실시예에 따르면, 열원(915), 예를 들어, 적외선 열원은 가압 공정을 용이하게 하도록 제공될 수 있다(예 : 매트릭스 물질 및/또는 광폭화 섬유층(들)을 가열함). 가압 부재(예 : 908, 914, 918, 922, 923 및/또는 이와 유사한 것)은 임의의 적절한 구조, 예를 들어, 바, 플레이트, 롤러(예 : 고정 또는 회전) 및/또는 이와 유사한 것을 포함할 수 있다. 회전 가압 부재를 사용하거나 섬유와 접촉하는 임의의 다른 회전 부재를 사용하는 경우에는, 가드, 배리어 또는 블레이드를 회전 부재에 대해 배치하여 섬유가 회전 부재 주위를 감싸지 않도록 할 수 있다.

[0102] 함침부(510)는 매트릭스 물질 내에 하나 이상의 광폭화 섬유층의 분산을 용이하게 하도록 구성된 하나 이상의 러빙 부재(예 : 916, 920, 924 및/또는 이와 유사한 것)를 포함한다. 도 10a 및 10b는 러빙 부재(1200)를 도시하고 있으며, 이는 러빙 부재(916, 920, 924)를 나타낸다. 러빙 부재(1200)는 러빙 부재의 종 방향 축(1204)을 따라 배치된 2 이상의 볼록부(1206)를 포함한다. 볼록부(1206)로 인하여, 러빙 부재(1200)는 종 방향 축(1204)과 평행하고, 곡면부를 포함하는 프로파일을 가질 수 있고, 변동 및/또는 파동으로 간주될 수 있는 프로파일의 더 큰 영역을 집합적으로 형성할 수 있다(예 : 종 방향 축으로부터의 거리 내). 러빙 부재(1200)의 볼록부(1206)는 각각 타원형 표면을 포함하고; 다만, 러빙 부재(예 : 1200)의 볼록부(예 : 1206)는 임의의 적절한 형상을 가질 수 있다. 러빙 부재(1200)는 바(예 : 러빙 부재는 막대형임)를 포함하고; 다만, 본 발명의 다른 일실시예에서는, 러빙 부재는 플레이트를 포함할 수 있다.

[0103] 하나 이상의 러빙 부재(예 : 916, 920, 924 및/또는 이와 유사한 것)는 함침부(510)에 의해 처리되는 광폭화 섬유층(들)에 대해서, 광폭화 섬유층(들)의 긴 축에 대해 실질적으로 수직 방향으로 이동 가능할 수 있다. 예를 들어, 함침부(510)는 하나 이상의 러빙 부재가 결합할 수 있는 프레임을 포함할 수 있고, 각각의 러빙 부재는 프레임에 대해서, 실질적으로 러빙 부재의 긴 축 방향을 따라 이동 가능할 수 있다. 러빙 부재는 진동할 수 있고, 예를 들어, 광폭화 부재(604A-604D)에 대해 상술한 바와 같이 임의의 진폭 및 진동수로 진동할 수 있다. 각각의 러빙 부재(예 : 916, 920, 924 및/또는 이와 유사한 것)는 광폭화 섬유층이 매트릭스 물질 내로 가압된 후, 적어도 하나 이상의 광폭화 섬유층과 접촉하도록 구성된다.

[0104] 도 9에 도시된 바와 같이, 광폭화 섬유층(901, 902)는 만일 존재한다면, 롤러(606)에 의해 압출기(906)로 유도될 수 있다. 광폭화 섬유층(901, 902)은 동일하거나 상이한 타입의 섬유를 포함할 수 있고, 동일하거나 상이한 폭을 가질 수 있다. 압출기(906)는 적어도 하나 이상의 광폭화 섬유층(901, 902)에 매트릭스 물질의 시트 또는 필름을 제공할 수 있고, 예를 들어, 광폭화 섬유층(902)의 상부 표면으로 제공되어 코팅된 광폭화 섬유층(910)을 형성할 수 있다. 광폭화 섬유층(901)은 코팅된 광폭화 섬유층(910)과 접촉하게 될 수 있고, 가압 부재(908)에 의해 매트릭스 물질 내로 가압될 수 있다. 매트릭스 물질에 의해 결합된 광폭화 섬유층은 러빙 부재(916)를 통과할 수 있고, 진동하여 매트릭스 물질 내에 광폭화 섬유층의 분산을 용이하게 할 수 있다. 본 발명의 일실시예에서, 결합된 광폭화 섬유층은 가압 부재(918), 러빙 부재(920), 가압 부재(922), 러빙 부재(924) 및 가압 부재(923)를 더 통과할 수 있다. 본 발명의 일실시예에서, 결합된 광폭화 섬유층은 플레이트(925)를 통과할 수 있으며, 및/또는 하나 이상의 강화 롤러(928)를 포함하는 가압 부재(926)를 바로 통과할 수도 있다. 함침부(510)로부터의 섬유-강화 복합체(200)가 성형 유닛(512)에 의해 가공되거나, 및/또는 와인더(514)에 제공될 수 있다. 본 발명의 일실시예에 따르면, 오직 하나의 광폭화 섬유층(예 : 910 또는 902)가 함침부(510)에 의해 가공된다.

[0105] 도 11을 참조하면, 본 발명의 일실시예에서, 함침부(510)는 매트릭스 물질 배쓰(1002)를 포함한다. 도시된 바와 같이, 광폭화 섬유층(902)은 매트릭스 물질 배쓰(1002)를 통과하여, 고정 또는 회전 롤러(예 : 1004, 1006 및/또는 이와 유사한 것)를 용이하게 하여 코팅된 광폭화 섬유층(1008)을 형성한다. 코팅된 광폭화 섬유층(1008)은 강화될 수 있고, 예를 들어, 가압(예 : 강화 롤러(1010)를 통해)을 통해 섬유-강화 복합체(200)를 형성한다. 섬유

유-강화 복합체(200)는 용매 회수 배쓰(1004)를 통과하여, 프리 매트릭스 물질을 제거함으로써 고정 또는 회전 롤러(예 : 1012 및/또는 이와 유사한 것)를 용이하게 할 수 있다.

#### [0106] 실시예

[0107] 본 발명은 특정 실시예에 의해보다 상세하게 설명될 것이다. 다음의 실시예는 단지 예시적인 목적을 위해 제공되는 것이며, 어떠한 방식으로든 본 발명을 제한하려는 것이 아니다. 통상의 기술자는 본질적으로 동일한 결과를 산출하기 위해 변경 또는 변형될 수 있는 다양한 중요하지 않은 파라미터를 용이하게 도출할 수 있을 것이다.

#### [0108] 실시예 1

##### [0109] (본 발명의 샘플 테이프 및 비교 테이프)

[0110] 본 발명의 일방향성 유리 섬유 테이프(샘플 1-3 또는 S1-S3)는 상술한 광폭화 소자 및 합침 유닛을 사용하여 제조하였다. S1-S3의 유리 섬유는 평균 직경이  $17\mu\text{m}$ 이다. S1의 경우, 매트릭스를 형성하는데 사용된 폴리머는 폴리프로필렌이고, S2의 경우, 매트릭스 재료를 형성하는데 사용된 폴리머는 고밀도 폴리에틸렌이고, S3의 경우, 매트릭스 재료를 형성하는데 사용된 폴리머는 폴리아미드 6 (Aegis® H8202NLB)이다. 도 12 내지 도 14는 각각 S1, S2 및 S3의 단면 공초점 현미경 이미지이며, 상기 이미지는 50x 렌즈를 사용한 Keyence VK-X200의 카메라에 의해 얻어진다.

[0111] 3개의 비교 테이프, 통상적으로 입수 가능한 유리 섬유 테이프(비교예 1-3 또는 C1-C3)를 분석하였다. 샘플 C1은  $13\mu\text{m}$ 의 평균 필라멘트 직경을 가지며, 샘플 C2 및 C3은  $17\mu\text{m}$ 의 평균 필라멘트 직경을 가진다. 도 15 내지 17은 각각 C1, C2 및 C3의 단면 공초점 현미경 이미지이다.

[0112] S1-S3 및 C1-C3의 균일한 밀도의 측정 방식은 명세서의 "밀도 균일성의 결정" 파트에 개시되어 있다. S1의 경우, RFAC(%) 및 COV(%) 값은 각각 82.3% 및 4.0%이다. S2의 경우, RFAC(%) 및 COV(%) 값은 각각 80.4% 및 7.0%이다. S3의 경우, RFAC(%) 및 COV(%) 값은 각각 69.7% 및 8.0%이다. C1의 경우, RFAC(%) 및 COV(%) 값은 각각 47.3% 및 25.3%이다. C2의 경우, RFAC(%) 및 COV(%) 값은 각각 65.7% 및 32.4%이다. C3의 경우, RFAC(%) 및 COV(%) 값은 각각 55.5% 및 9.2%이다.

[0113] 표 1 내지 표 3은 각각 S1-S3에 대한 데이터 포인트를 제공하고, 표 4 내지 표 6은 각각 C1-C3에 대한 데이터 포인트를 제공한다. 이론적으로 가능한 최대 범위는 정사각형 내에 원형 필라멘트가 밀집하여 패키징되어 있다고 가정할 때, 원형 필라멘트의 면적을 정사각형의 면적으로 나눈 값으로 계산된 78.5%이다. 예를 들어, 한 변이 '2r'인 정사각형 내에 반경이 'r'인 원형 필라멘트가 존재하는 경우에, 상기 범위는  $\pi r^2 / (2r)^2$ 이다.

#### [0114] 표 1

##### [0115] (샘플 S1 데이터 포인트)

박스	섬유 수	섬유 면적 ( $\text{cm}^2$ )	정사각형 면적 ( $\text{cm}^2$ )	섬유 퍼센트 영역*
1	30	6.8094E-05	0.0001	68.1
2	30	6.8094E-05	0.0001	68.1
3	29	6.5824E-05	0.0001	65.8
4	29	6.5824E-05	0.0001	65.8
5	27	6.1284E-05	0.0001	61.3
6	27	6.1284E-05	0.0001	61.3
7	28	6.3554E-05	0.0001	63.6
8	28	6.3554E-05	0.0001	63.6
9	27	6.1284E-05	0.0001	61.3
10	29	6.5824E-05	0.0001	65.8
11	29	6.5824E-05	0.0001	65.8

\* 박스 1~11의 평균은 64.6이다. 따라서 RFAC는  $(64.6/78.5) \times 100 = 82.3$ 이다.

박스 1~11의 표준편차는 2.6이다. 따라서 COV는  $(2.6/64.6) \times 100 = 4.0$ 이다.

#### [0117] 표 2

[0118] (샘플 S2 데이터 포인트)

박스	점유 수	점유 면적 (cm <sup>2</sup> )	정사각형 면적 (cm <sup>2</sup> )	점유 퍼센트 영역*
1	27	6.12846E-05	0.0001	61.3
2	28	6.35544E-05	0.0001	63.6
3	29	6.58242E-05	0.0001	65.8
4	28	6.35544E-05	0.0001	63.6
5	27	6.12846E-05	0.0001	61.3
6	30	6.80940E-05	0.0001	68.1
7	26	5.90148E-05	0.0001	59.0
8	29	6.58242E-05	0.0001	65.8
9	27	6.12846E-05	0.0001	61.3
10	31	7.03638E-05	0.0001	70.4
11	24	5.44752E-05	0.0001	54.5

\* 박스 1~11의 평균은 63.1이다. 따라서 RFAC는  $(63.1/78.5) \times 100 = 80.4$ 이다.

박스 1~11의 표준편차는 4.4이다. 따라서 COV는  $(4.4/63.1) \times 100 = 7.0$ 이다.

[0119]

[0120] 표 3

[0121] (샘플 S3 데이터 포인트)

박스	점유 수	점유 면적 (cm <sup>2</sup> )	정사각형 면적 (cm <sup>2</sup> )	점유 퍼센트 영역*
1	25	5.6745E-05	0.0001	56.7
2	26	5.90148E-05	0.0001	59.0
3	27	6.12846E-05	0.0001	61.3
4	24	5.44752E-05	0.0001	54.5
5	22	4.99356E-05	0.0001	49.9
6	25	5.67450E-05	0.0001	56.7
7	26	5.90148E-05	0.0001	59.0
8	24	5.44752E-05	0.0001	54.5
9	23	5.22054E-05	0.0001	52.2
10	22	4.99356E-05	0.0001	49.9
11	21	4.76658E-05	0.0001	47.7

\* 박스 1~11의 평균은 54.7이다. 따라서 RFAC는  $(54.7/78.5) \times 100 = 69.7$ 이다.

박스 1~11의 표준편차는 4.4이다. 따라서 COV는  $(4.4/54.7) \times 100 = 8.0$ 이다.

[0122]

[0123] 표 4

[0124] (비교 샘플 C1 데이터 포인트)

박스	점유 수	점유 면적 (cm <sup>2</sup> )	정사각형 면적 (cm <sup>2</sup> )	점유 퍼센트 영역*
1	32	4.25E-05	0.0001	42.5
2	17	2.26E-05	0.0001	22.6
3	24	3.19E-05	0.0001	31.9
4	31	4.11E-05	0.0001	41.1
5	37	4.91E-05	0.0001	49.1
6	31	4.11E-05	0.0001	41.1
7	21	2.79E-05	0.0001	27.9
8	17	2.26E-05	0.0001	22.6
9	33	4.38E-05	0.0001	43.8
10	35	4.65E-05	0.0001	46.5
11	30	3.98E-05	0.0001	39.8

\* 박스 1~11의 평균은 37.2이다. 따라서 RFAC는  $(37.2/78.5) \times 100 = 47.3$ 이다.

박스 1~11의 표준편차는 9.4이다. 따라서 COV는  $(9.4/37.2) \times 100 = 25.3$ 이다.

[0125]

[0126] 표 5



[0127] (비교 샘플 C2 데이터 포인트)

박스	섬유 수	섬유 면적 (cm <sup>2</sup> )	정사각형 면적 (cm <sup>2</sup> )	섬유 퍼센트 영역*
1	28	6.36E-05	0.0001	63.6
2	16	3.63E-05	0.0001	36.3
3	30	6.81E-05	0.0001	68.1
4	11	2.5E-05	0.0001	25.0
5	21	4.77E-05	0.0001	47.7
6	28	6.36E-05	0.0001	63.6
7	29	6.58E-05	0.0001	65.8
8	25	5.87E-05	0.0001	58.7
9	29	6.58E-05	0.0001	65.8
10	23	5.22E-05	0.0001	52.2
11	10	2.27E-05	0.0001	22.7

\* 박스 1~11의 평균은 51.6이다. 따라서 RFAC는  $(51.6/78.5) \times 100 = 65.7$ 이다.

박스 1~11의 표준편차는 16.7이다. 따라서 COV는  $(16.7/51.6) \times 100 = 32.4$ 이다.

[0128]

[0129] 표 6

[0130] (비교 샘플 C3 데이터 포인트)

박스	섬유 수	섬유 면적 (cm <sup>2</sup> )	정사각형 면적 (cm <sup>2</sup> )	섬유 퍼센트 영역*
1	21	4.77E-05	0.0001	47.7
2	21	4.77E-05	0.0001	47.7
3	19	4.31E-05	0.0001	43.1
4	18	4.09E-05	0.0001	40.9
5	17	3.86E-05	0.0001	38.6
6	18	4.09E-05	0.0001	40.9
7	17	3.86E-05	0.0001	38.6
8	22	4.99E-05	0.0001	49.9
9	19	4.31E-05	0.0001	43.1
10	21	4.77E-05	0.0001	47.7
11	18	4.09E-05	0.0001	40.9

\* 박스 1~11의 평균은 43.5이다. 따라서 RFAC는  $(43.5/78.5) \times 100 = 55.5$ 이다.

박스 1~11의 표준편차는 4.0이다. 따라서 COV는  $(4.0/43.5) \times 100 = 9.2$ 이다.

[0131]

[0132] 실시예 2

[0133] (S1 제조 공정)

[0134] 샘플 S1-S3은 상술한 광폭화 소자 및 함침 유닛을 사용하여 제조하였다. 다음은 샘플 S1을 제조하는 과정에 대한 비제한적인 설명을 포함한다.

[0135] 목적하는 수의 섬유 다발이 UD 테이프 생산 라인에 투입된다. 섬유 다발의 섬유는 생산 라인의 단부에 위치한 당김 스테이션(pulling station)에 의해, 생산 라인을 통해 연속적으로 당겨진다. 섬유는 2개의 그룹으로 분리되고, 그 중 하나는 광폭화 소자의 하부에 의해 처리되어 하부 광폭화 섬유층을 생성하고, 다른 하나는 광폭화 소자의 상부에 의해 처리되어 상부 광폭화 섬유층을 생성한다. 폴리머 매트릭스 물질은 하부 광폭화 섬유층의 상부 표면과 접촉하게 된다. 상부 및 하부 광폭화 섬유층은 결합되어, 일련의 핀을 통과함으로써 매트릭스 물질 내로 가압된다. 결합된 광폭화 섬유층은 UD 테이프로 강화되어 스폴 주위에 권취된다. 샘플 S1을 제조하기 위한 회전 속도는 8m/s이다.

[0136] 실시예 3

[0137] (본 발명의 테이프를 포함하는 라미네이트 테스트)

[0138] 도 18-22를 참조하면, 본 발명의 테이프를 포함하는 라미네이트의 압축 테스트를 수행하였다. 4개의 시험 샘플(1104)을 제조하고, 각각은 라미네이트의 긴 치수를 따라 정렬된 섬유를 가지는 UD 라미네이트(1120)를 포함한다. 각각의 라미네이트(1120)는 본 발명의 UD 테이프의 4mm 두께의 레이업(layer-up)으로 형성되었으며, 각각은

폴리프로필렌 매트릭스 물질 내에 분산된 유리 섬유를 가진다. 각각의 라미네이트(1120)를 워터 제트 커터를 사용하여 길이 140mm 및 폭 12mm로 절단하였다. 테스트를 위한 라미네이트(1120)를 제조하기 위해, 3M Scotch-Weld DP8005를 사용하여 알루미늄 탭(1116)을 대향하는 라미네이트 단부(1112)에 접착시켰다. 알루미늄 탭(1116)을 접착하기 전에, 각각의 라미네이트 단부(1112)를 굽어내고 탈지하였다. 각 테스트 샘플(1104)에서, 게이지부(1108)는 대향하는 알루미늄 탭 세트(1115) 사이에 형성된다.

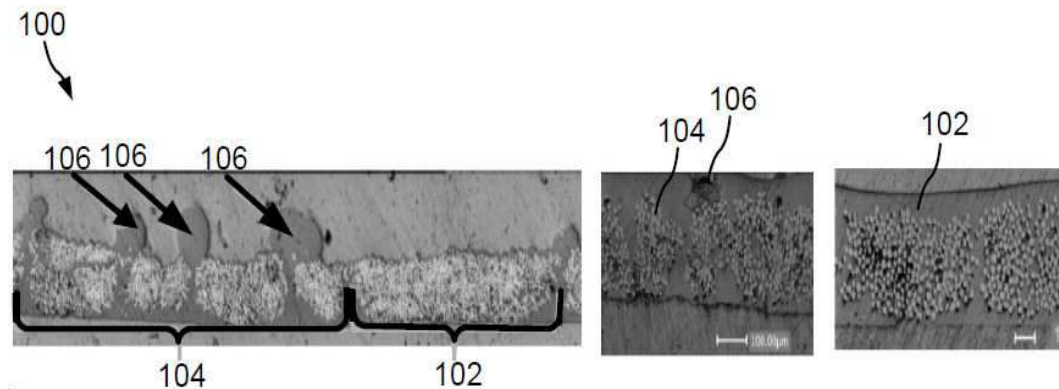
[0139] 샘플(1104)은 Zwick 250 kN 테스트 장치(1124)(도 20)를 사용하여 실패 할 때까지 압축 테스트를 수행하였다. 샘플(1104)의 평균 압축 강도는 456MPa이고, 표준 편차는 45.4MPa이다. 도 21 및 도 22에 도시된 바와 같이, 각각의 샘플(1104)에 대해, 실패는 게이지부(1108) 보다 라미네이트 단부(1112)에서 발생하였고, 이는 라미네이트 단부 및 각각의 알루미늄 탭(들)(1116) 사이의 디-본딩에 의한 것일 수 있다. 보다 견고한 탭을 사용하여(예: 라미네이트로 탭을 형성하고, 라미네이트 상에 탭을 성형하며, 라미네이트에 탭을 용접하는 등), 보다 향상된 압축 강도 테스트 결과를 달성할 수 있다.

[0140] 상기 명세서 및 실시예는 예시적인 실시예의 구조 및 사용에 대한 설명을 제공한다. 특정 실시예들은 특정 정도 또는 특히 하나 이상의 특정 실험을 참조하여 상술되었지만, 통상의 기술자는 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 개시된 실시 예들에 다수의 변경을 가할 수 있다. 이와 같이, 방법들 및 시스템들의 다양한 예시적인 실시예들은 개시된 특정 형태들에 제한되는 것은 아니다. 오히려 이들은 청구 범위의 범주 내에 속하는 모든 변형 및 대안을 포함하며, 개시된 실시예 이외의 다른 실시예는 개시된 실시예의 특징의 일부 또는 전부를 포함할 수 있다. 예를 들어, 부재들은 생략되거나 단일 구조로서 결합될 수 있고, 또는 연결이 대체 될 수도 있다. 또한, 적절한 경우, 상술한 임의의 실시예의 양태는 유사하거나 상이한 특성 및/또는 기능을 갖는 추가의 실시예를 형성하고 동일하거나 상이한 문제점을 해결하기 위해 기술된 임의의 다른 실시예의 양태와 결합될 수 있다. 이와 유사하게, 상술한 장점 및 이점은 본 발명의 일실시예와 관련될 수 있거나 본 발명의 여러 실시예와도 관련될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

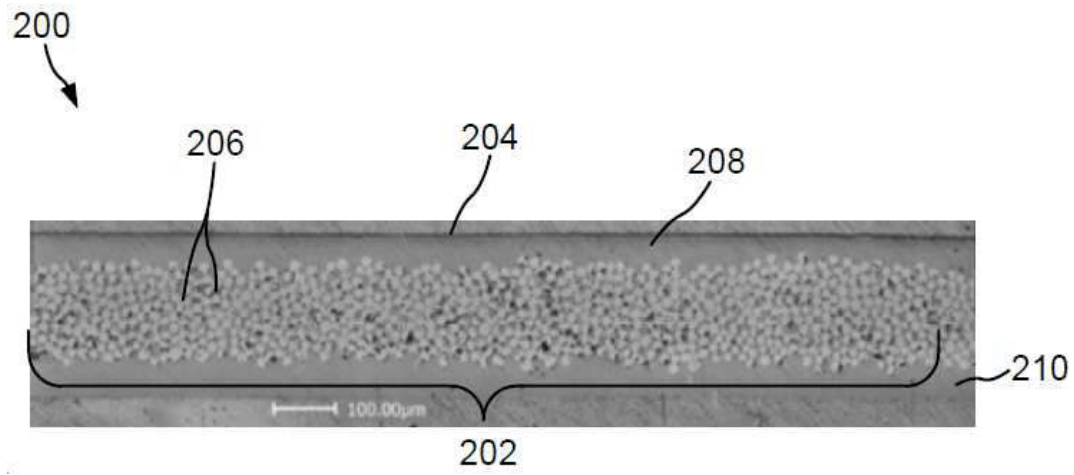
[0141] 청구범위에 사용되는 ~하는 구성, ~하는 단계는 청구범위에서 명시적으로 언급하지 않는 한, 각각 추가되는 구성 또는 추가되는 단계를 제한하는 것으로 해석하지 않는다.

## 도면

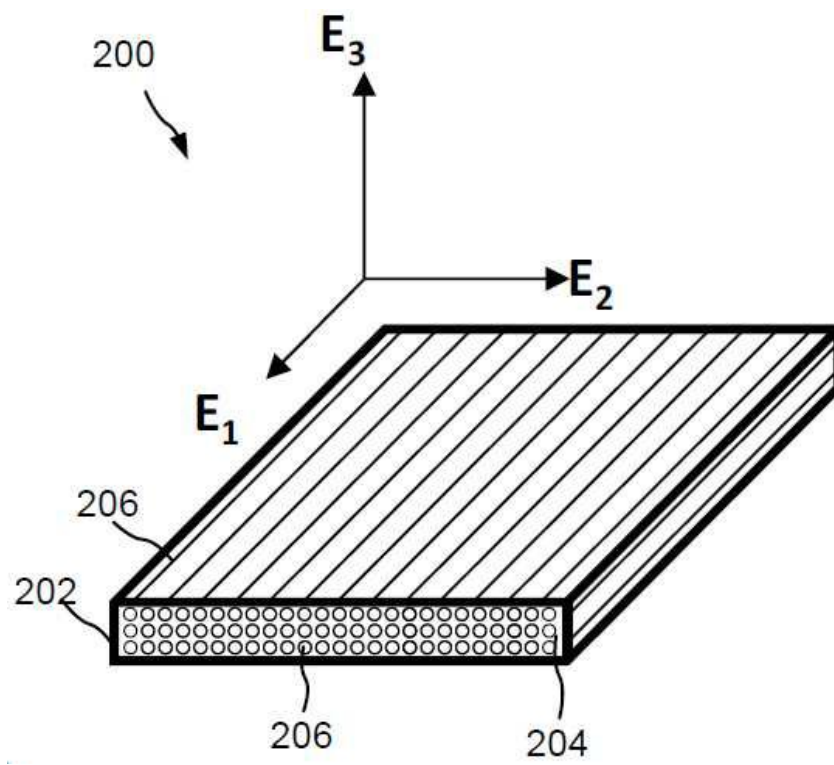
### 도면1



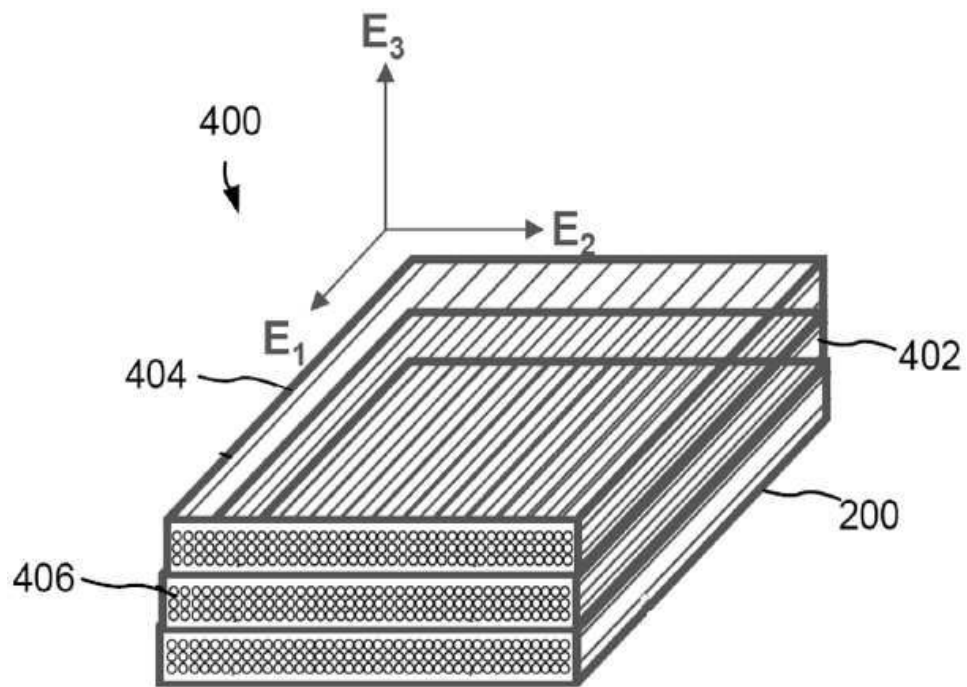
도면2



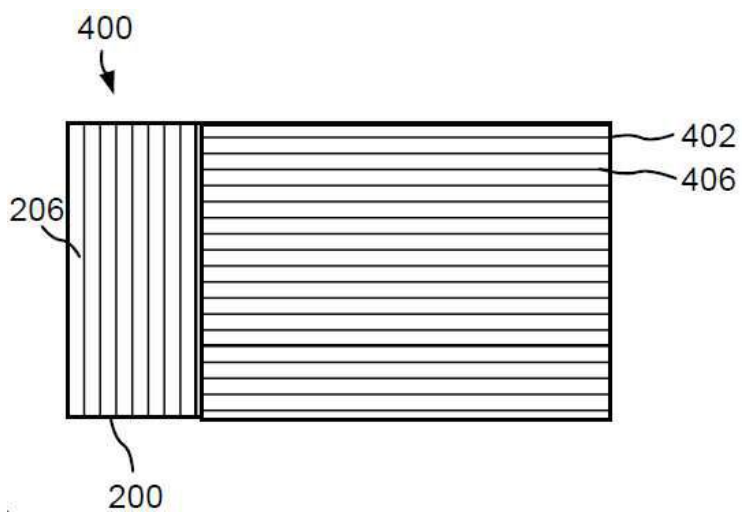
도면3



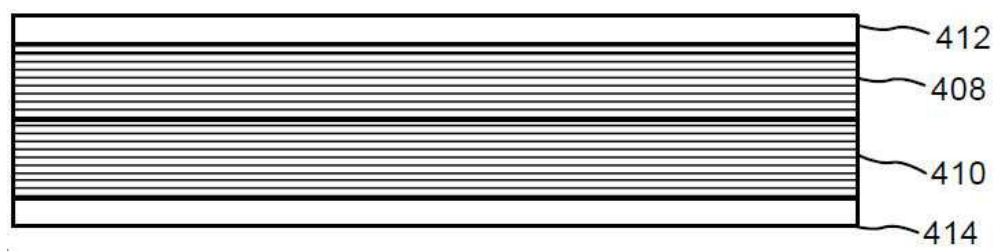
도면4a



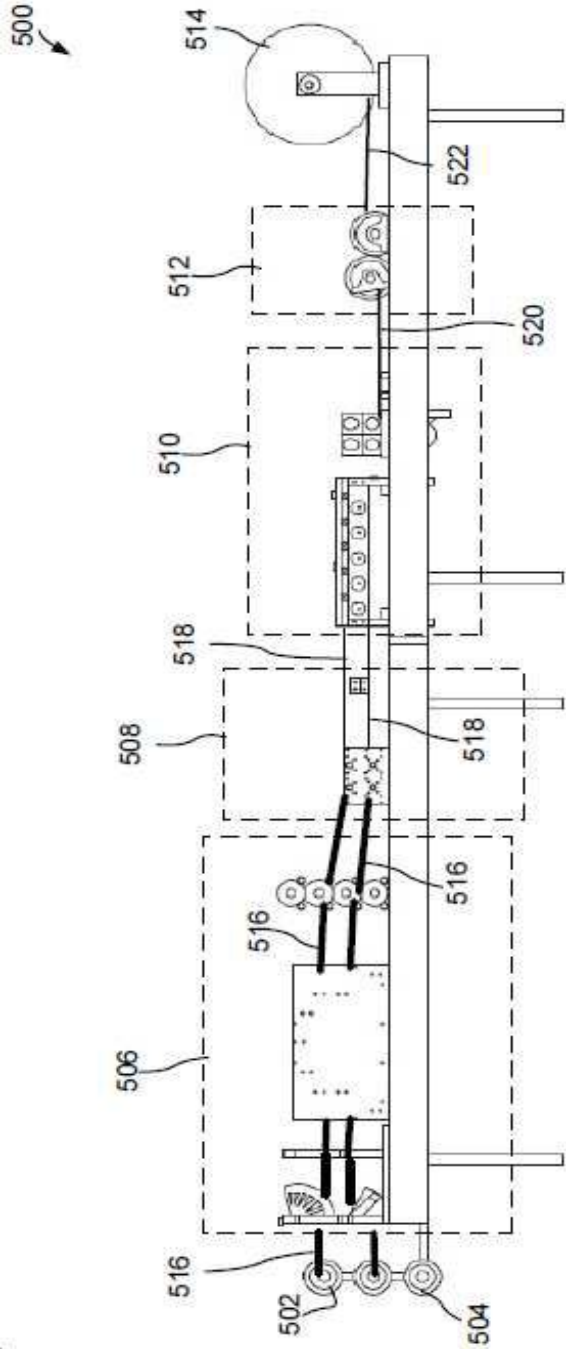
도면4b



도면4c

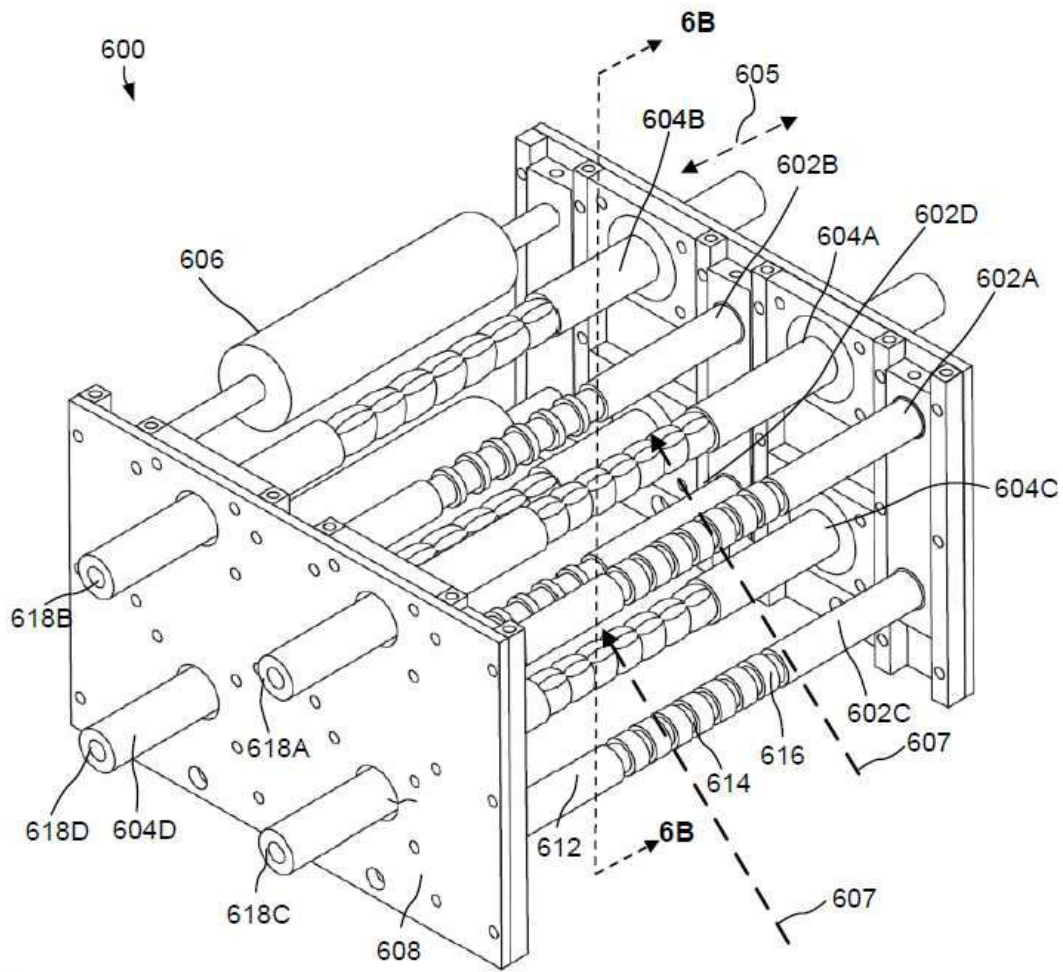


도면5

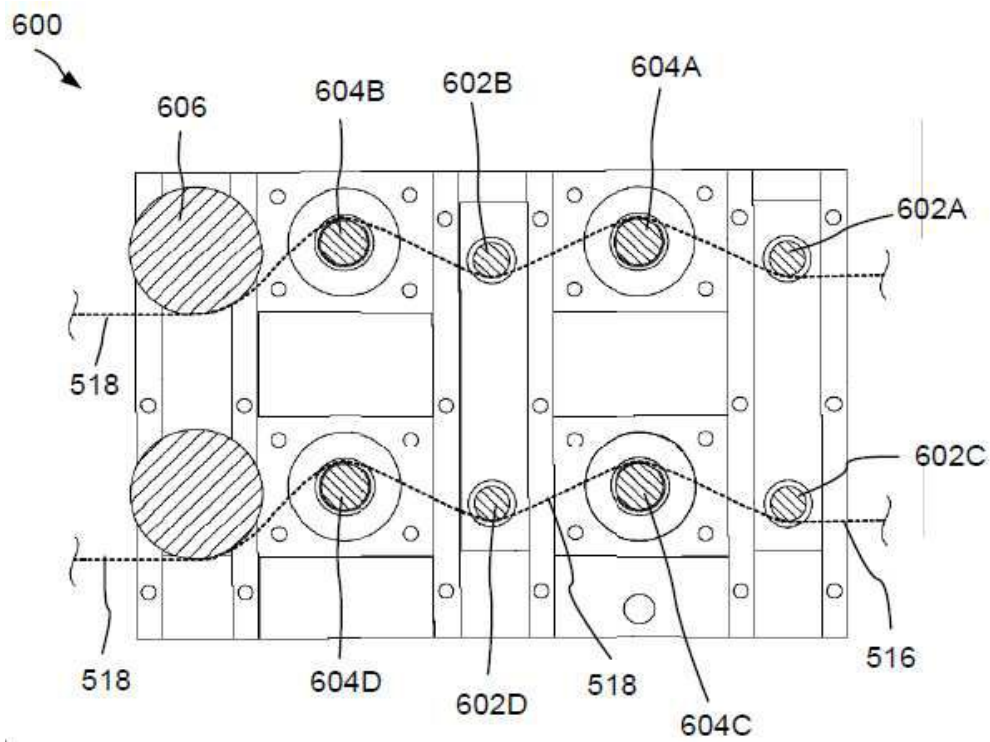




도면6a

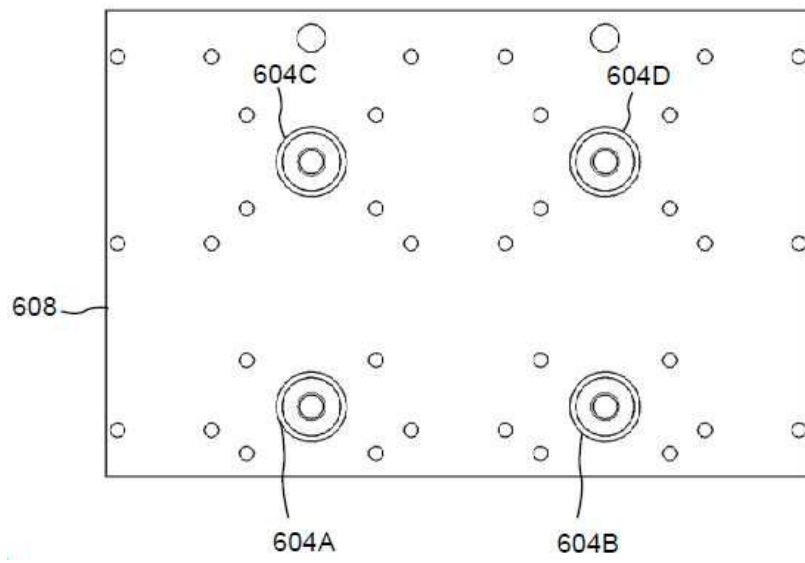


도면6b

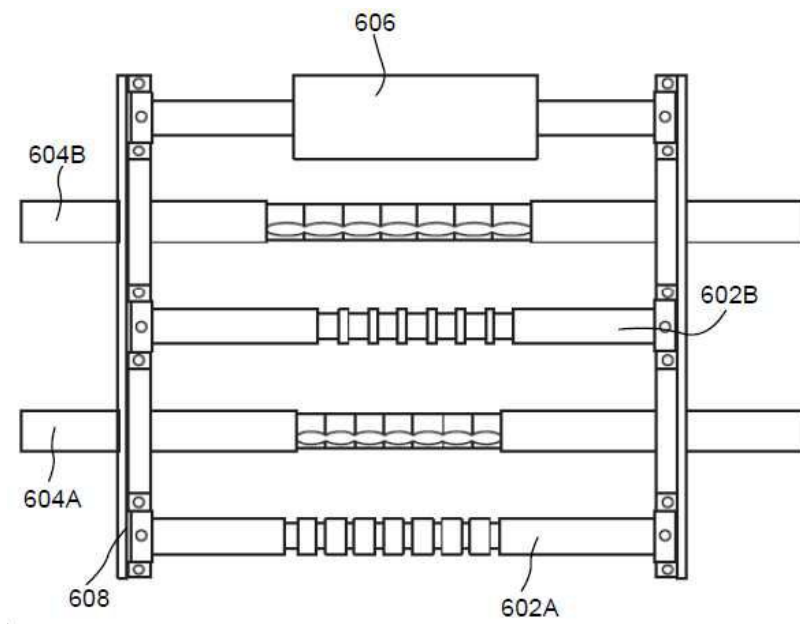




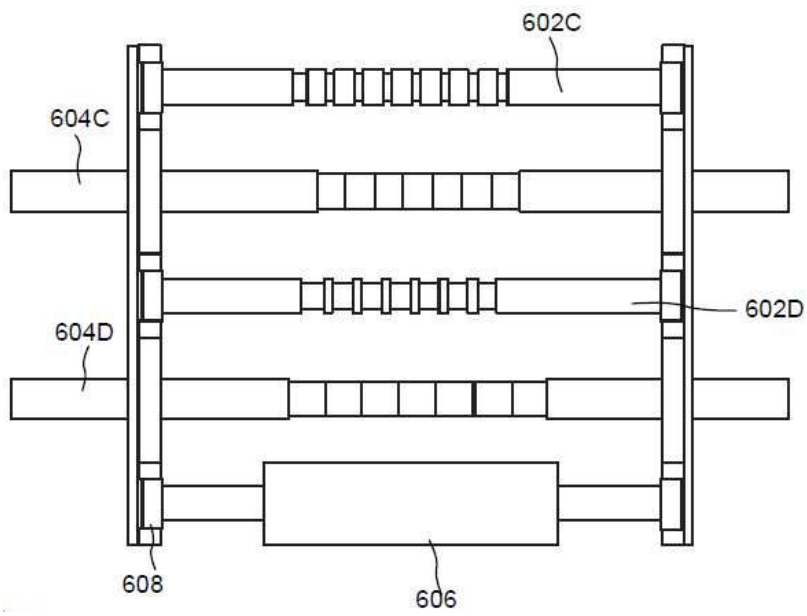
도면6c



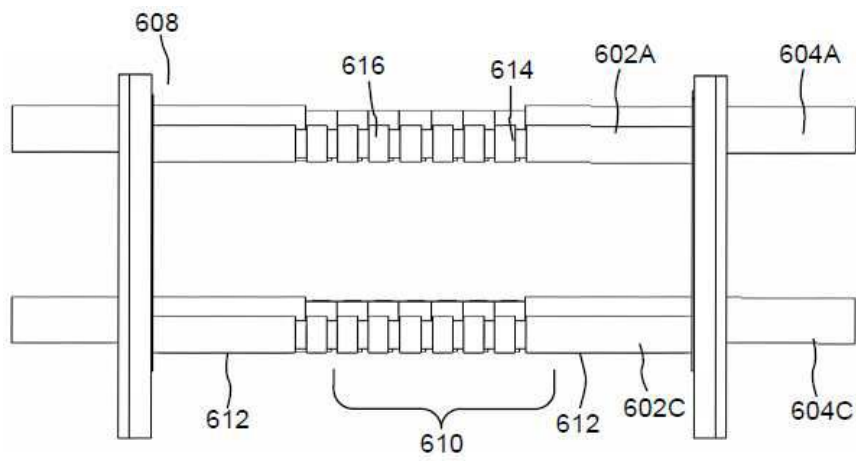
도면6d



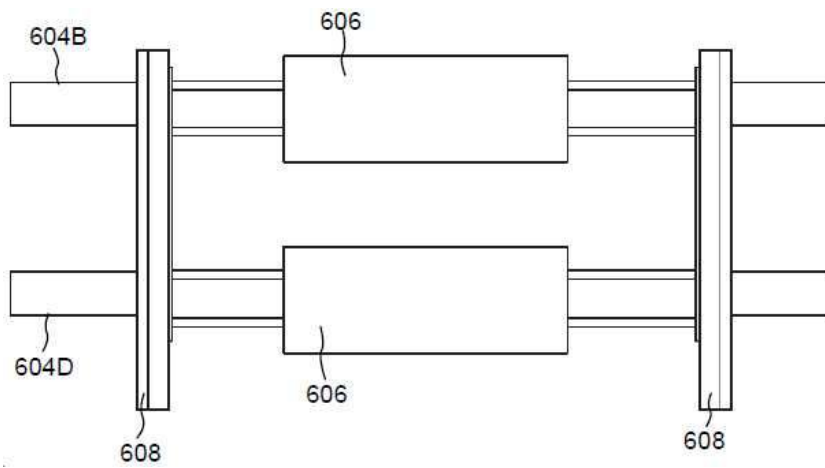
도면6e



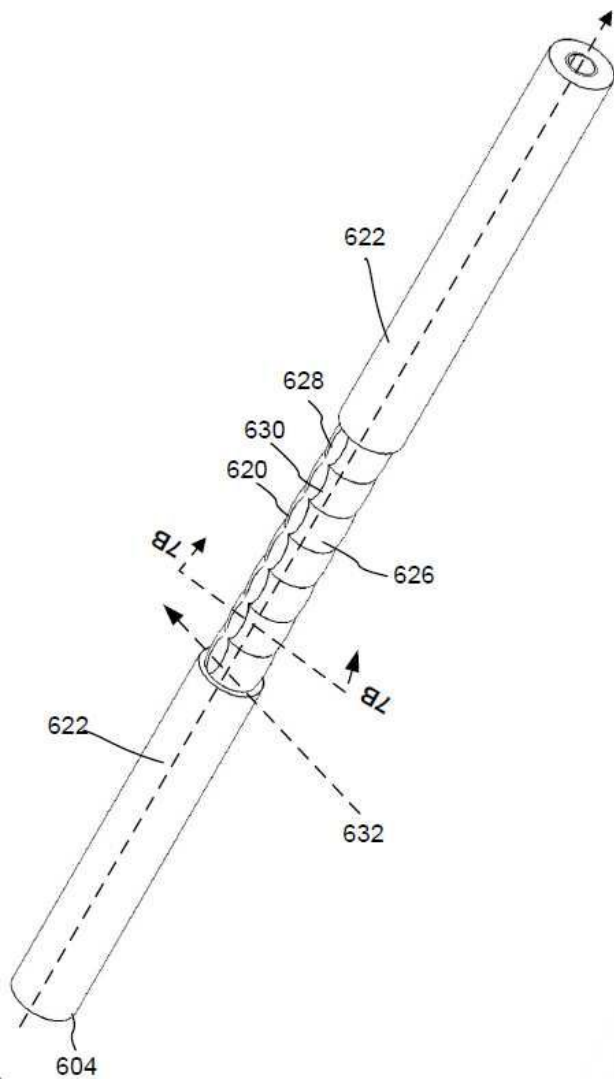
도면6f



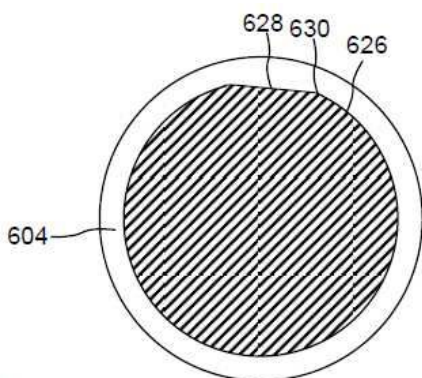
도면6g



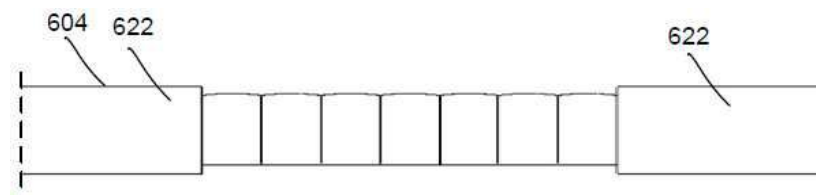
도면 7a



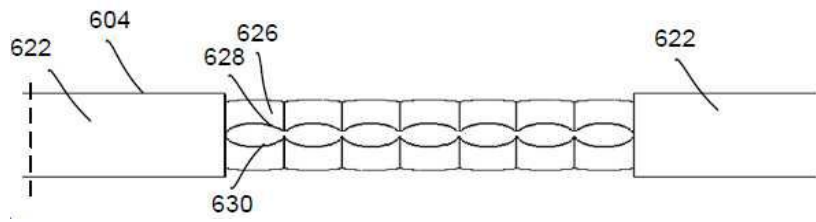
도면 7b



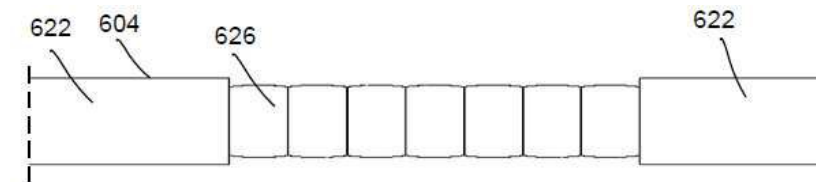
도면7c



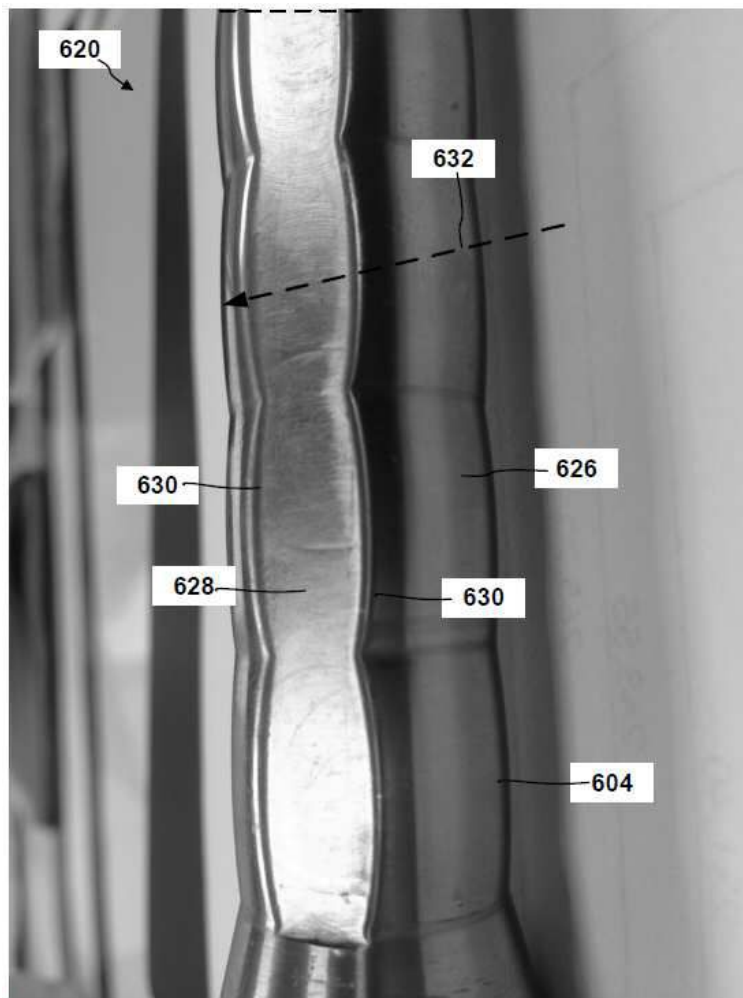
도면7d



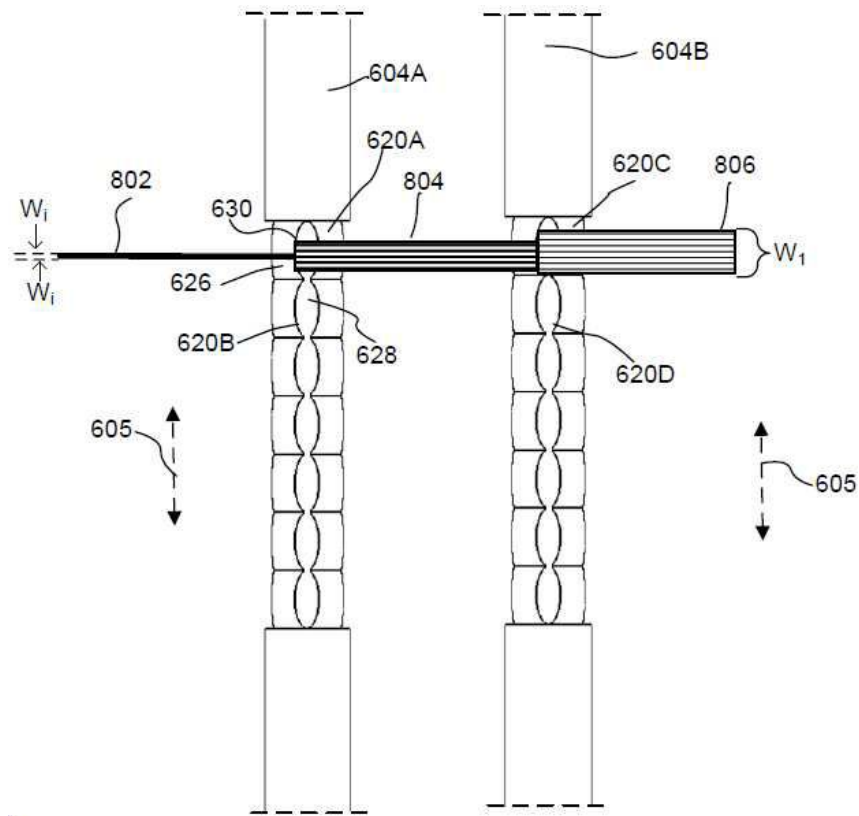
도면7e



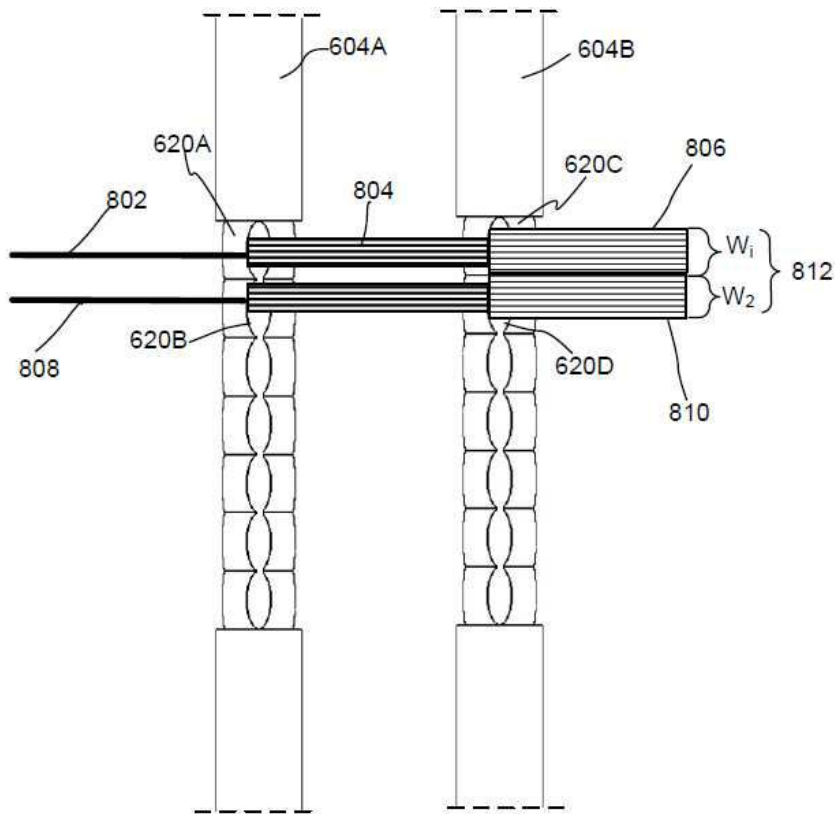
도면7f



도면8a

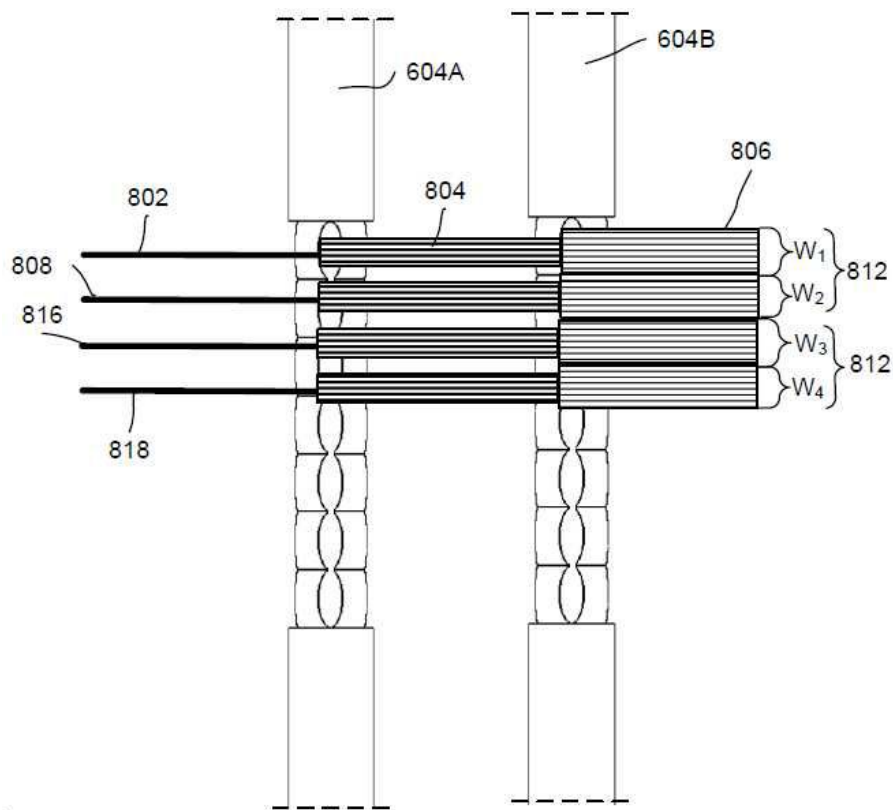


도면8b

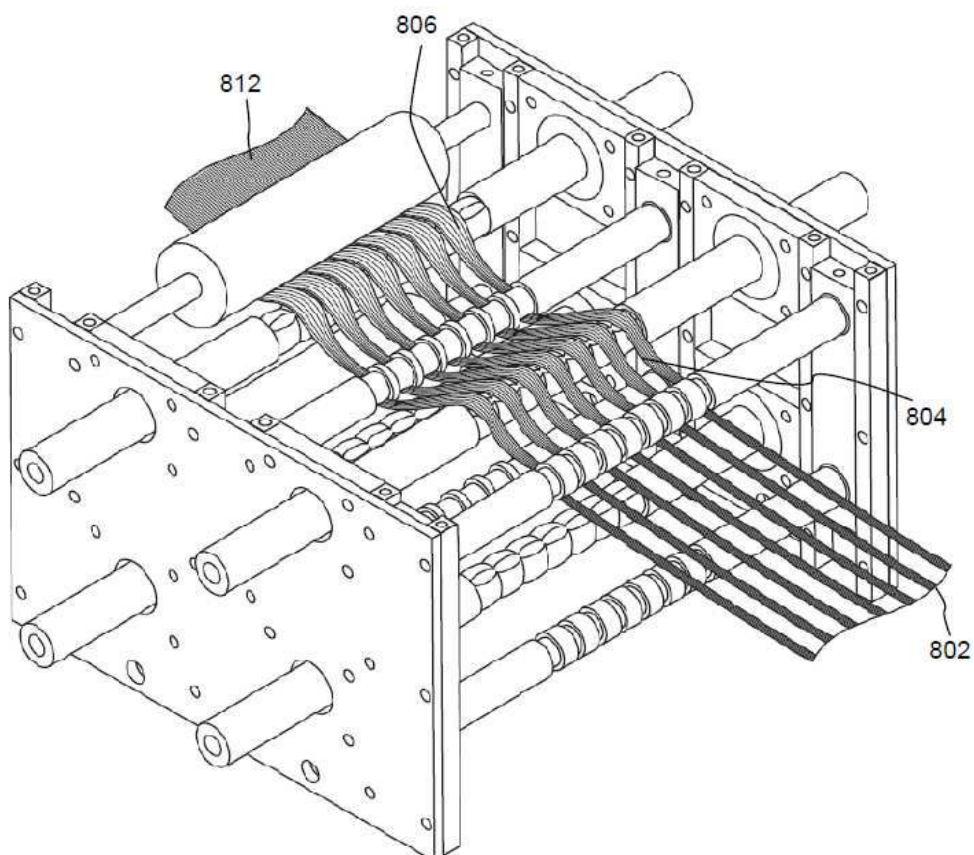




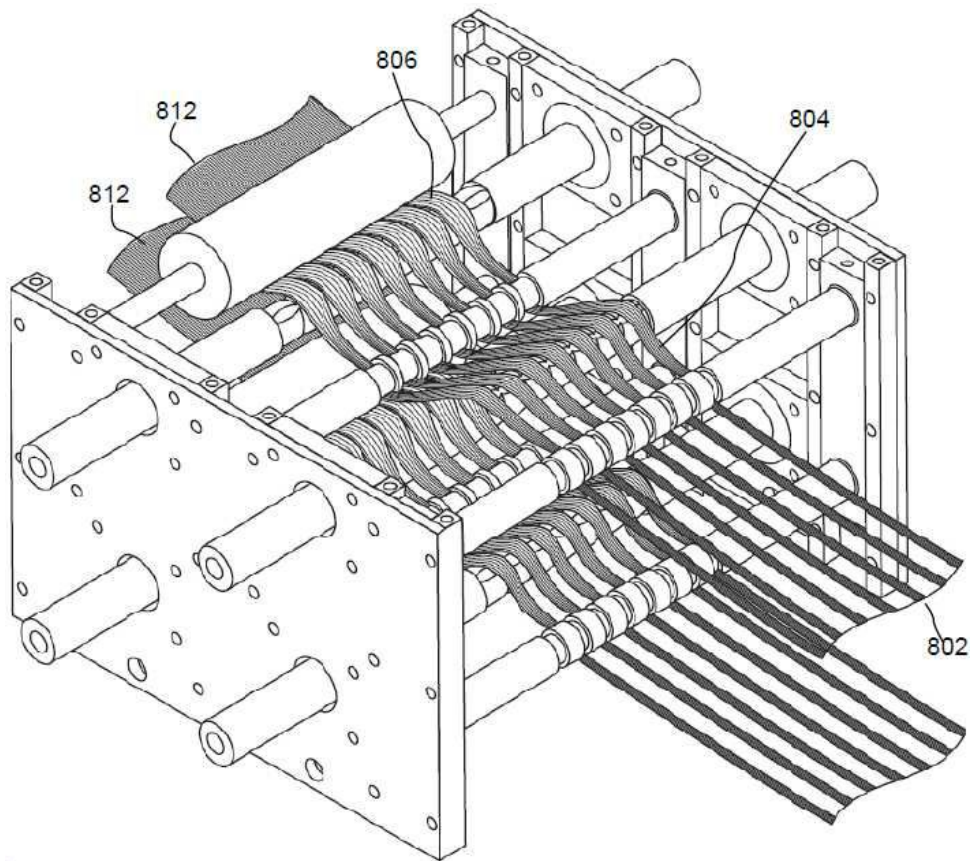
도면8c



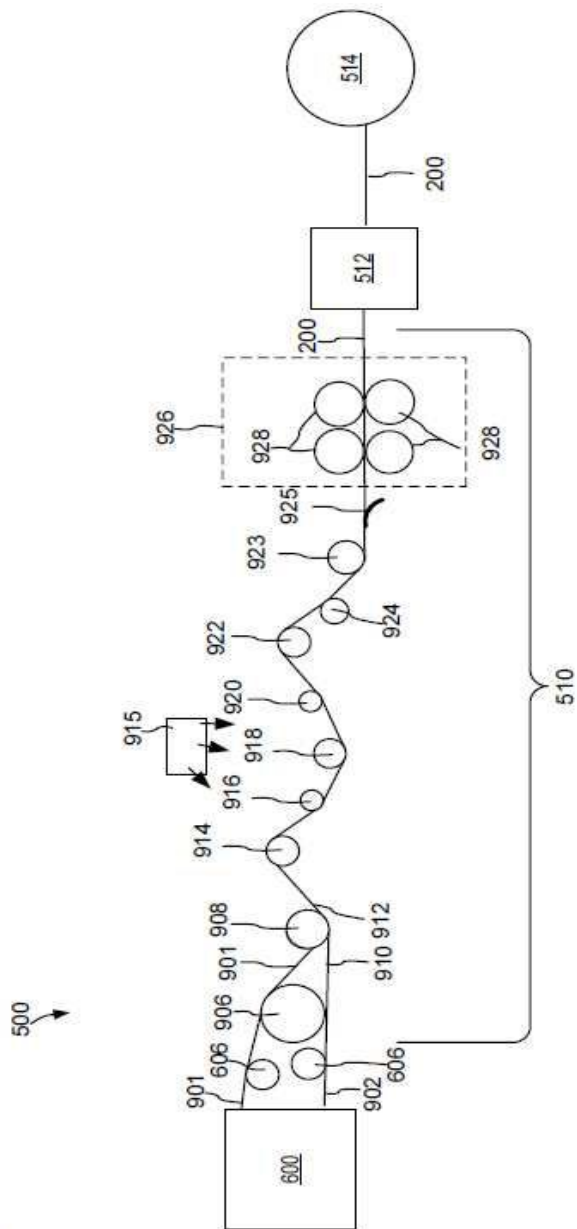
도면8d



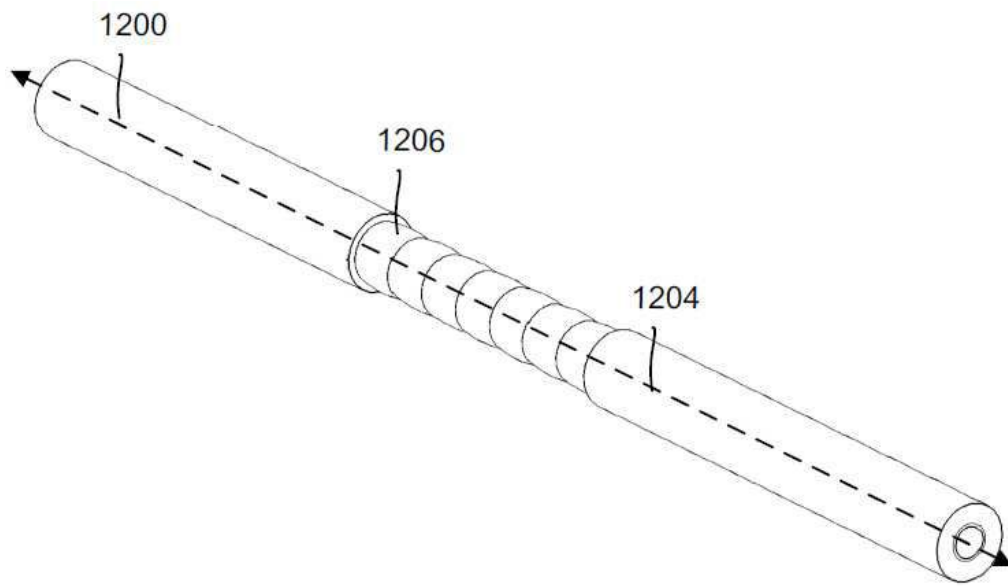
도면8e



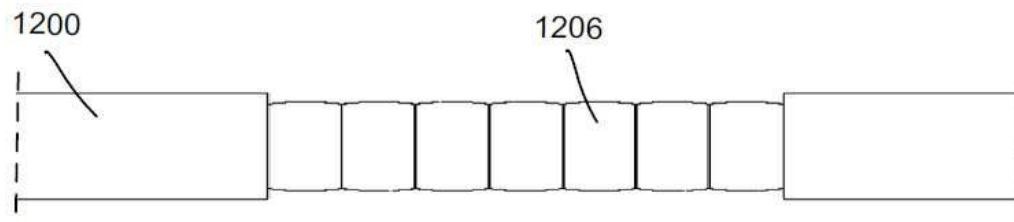
도면9



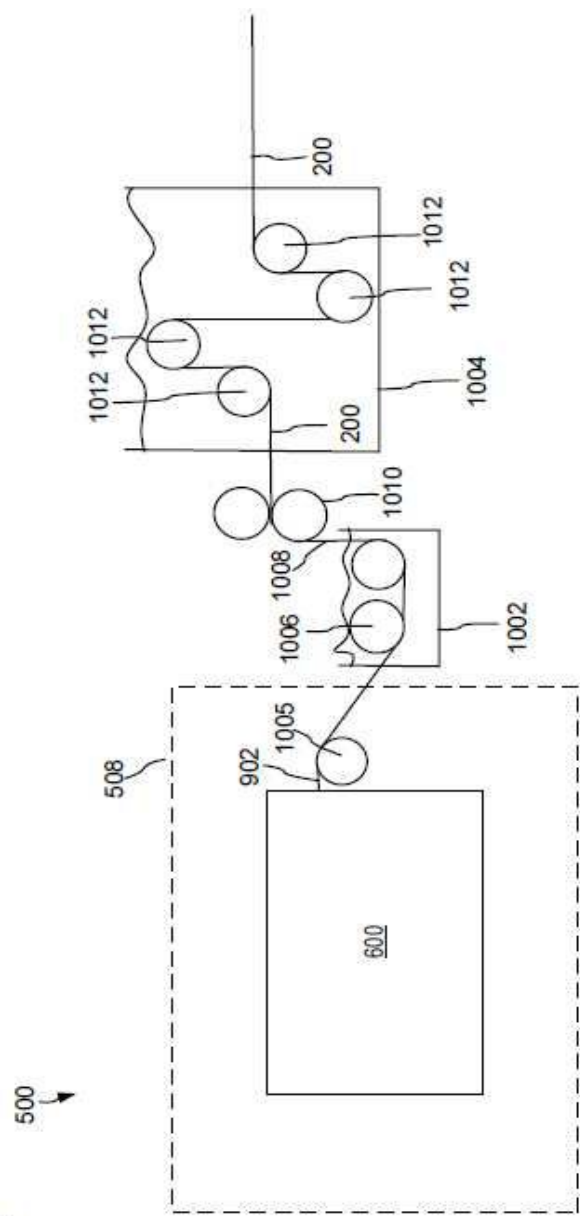
도면10a



도면10b

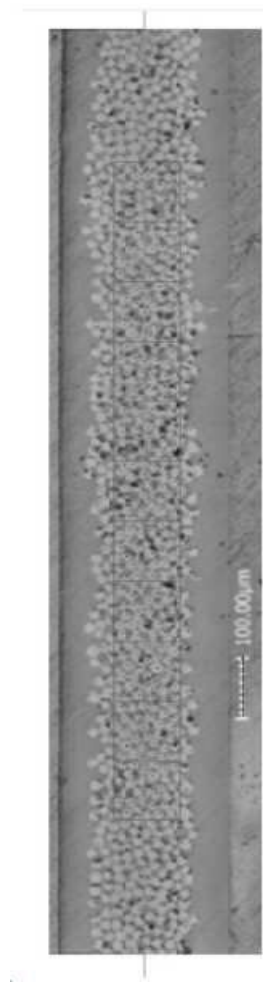


도면11

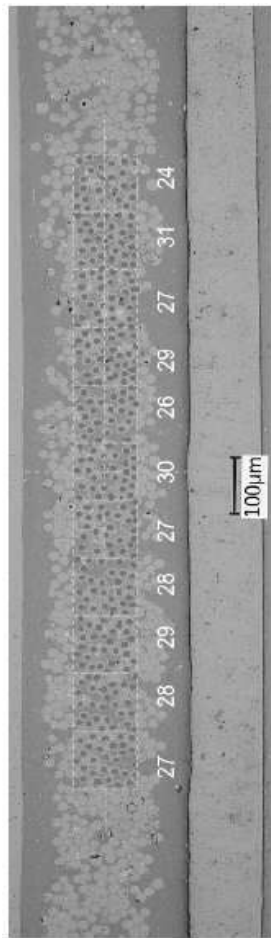




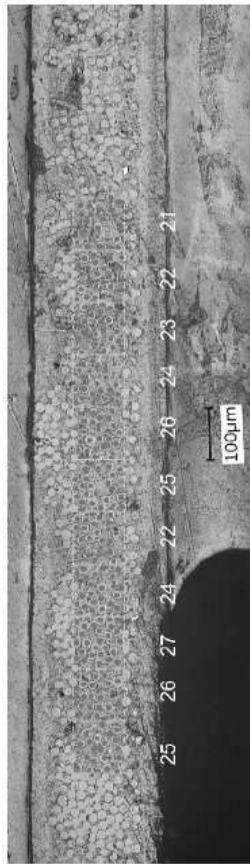
도면12



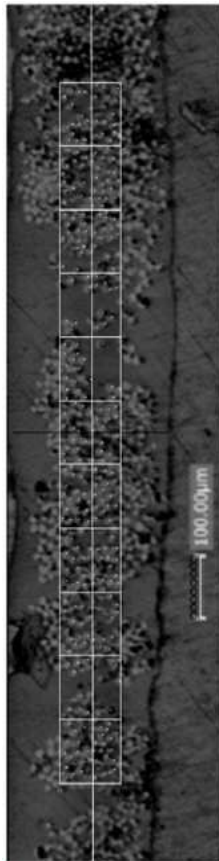
도면13



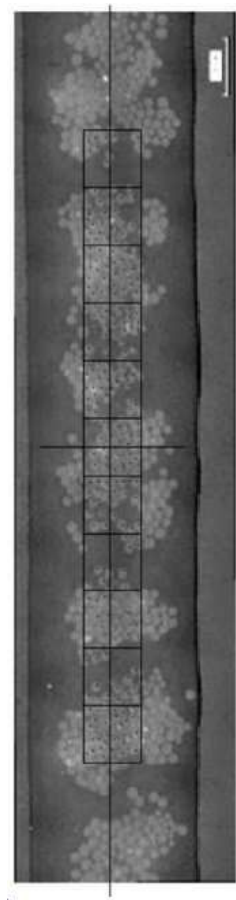
도면14



도면15

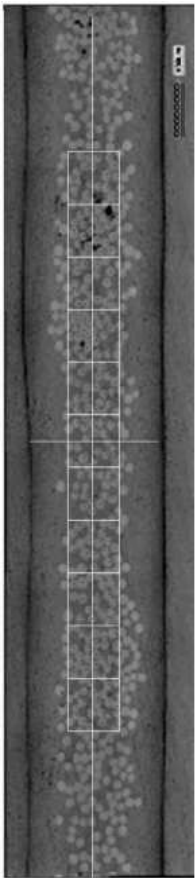


도면16

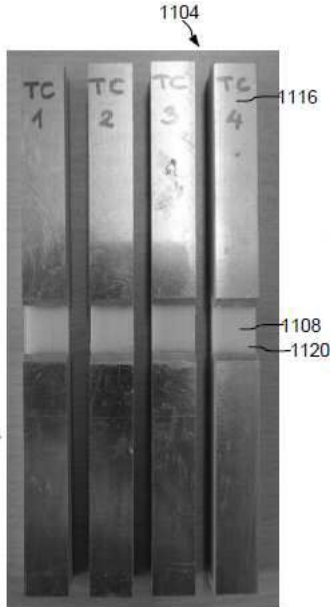




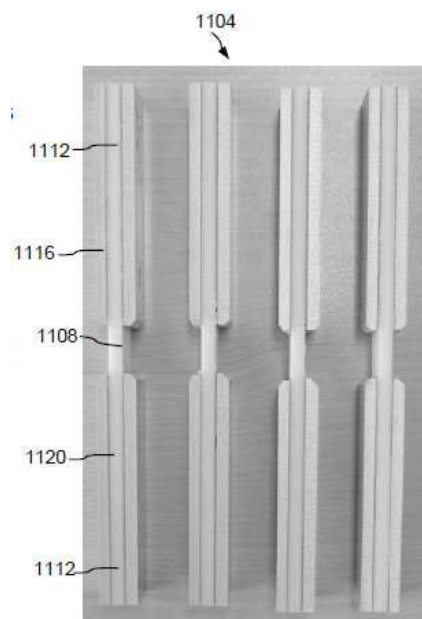
도면17



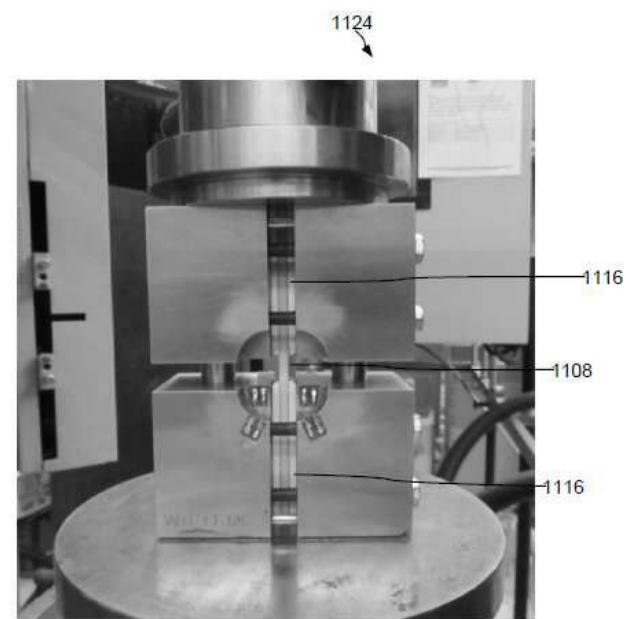
도면18



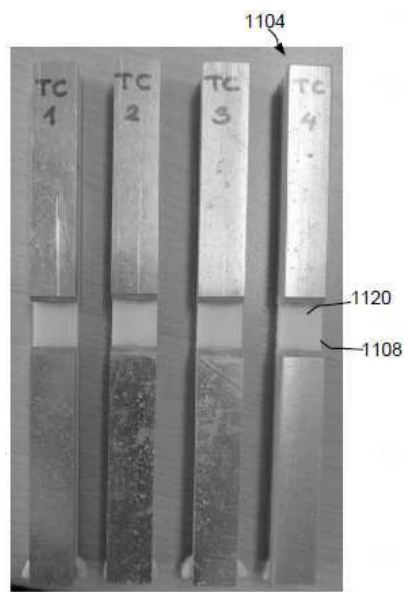
도면19



도면20



도면21



도면22

