



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년07월12일

(11) 등록번호 10-2419963

(24) 등록일자 2022년07월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B29C 43/28 (2006.01) B29B 15/12 (2006.01)

B29C 43/34 (2006.01) B29C 43/46 (2006.01)

B29C 43/52 (2006.01) B29C 48/15 (2019.01)

B29C 48/18 (2019.01) B29C 48/34 (2019.01)

B29C 55/06 (2006.01) B29C 55/18 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B29C 43/28 (2013.01)

B29B 15/122 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-7016659

(22) 출원일자(국제) 2016년11월17일

심사청구일자 2021년04월01일

(85) 번역문제출일자 2018년06월12일

(65) 공개번호 10-2018-0084891

(43) 공개일자 2018년07월25일

(86) 국제출원번호 PCT/US2016/062451

(87) 국제공개번호 WO 2017/087623

국제공개일자 2017년05월26일

(30) 우선권주장

62/256,513 2015년11월17일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

EP00599404 A1

EP00653290 A1

EP00747213 A1

US04910067 A

(73) 특허권자

마헤이그, 엘엘씨

미국, 사우스캐롤라이나 29585, 포우리스 아일랜드, 라치코테 드라이브 8

(72) 발명자

그린, 게리, 이.

미국, 사우스캐롤라이나 29440, 조지타운, 스테이, 처치 스트리트 407

크론베르크, 제임스, 더블유.

미국, 사우스캐롤라이나 29803, 에이킨, 인디펜던트 블러버드 108

(74) 대리인

특허법인세진

전체 청구항 수 : 총 18 항

심사관 : 박종철

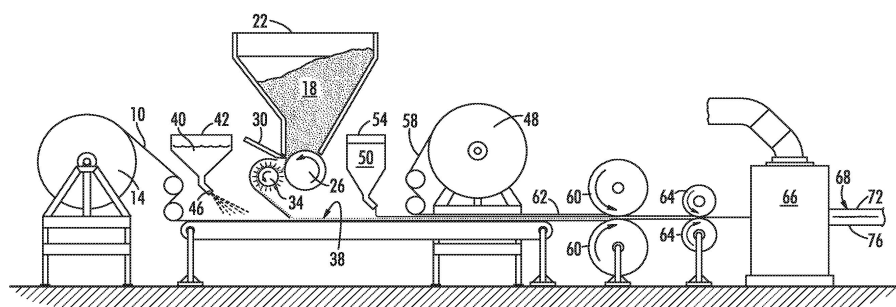
(54) 발명의 명칭 구조 조성물 및 방법

(57) 요약

구조용 고분자 복합재는 보강 층을 포함한다. 복합재는 연속 압출 공정으로 제조되며, 고분자가 보강 층 위에 압출될 때 크로스-헤드 다이를 통해 보강 층이 인출된다. 상기 층은 매트릭스 형성하는 필름 또는 직물(textile) 캐리어, 탄소 섬유, 섬유유리, 유기 섬유 또는 무기물인 충전재를 포함한다. 바인더는 매트릭스 및 적용되는 제2 캐리어

(뒷면에 계속)

대표도



어 위에 분산될 수 있다. 매트는 캐리어들과 바인더가 연화되도록 열과 압력을 받아서 충전재의 틈새 내로 침투하고, 그것들과 기계적으로 결합하고, 캐리어와 바인더는 서로 화학적으로 결합하여 보강 층을 형성한다. 이어서 평탄하게 사용되거나, 고분자와 복합 작용하기 위해 구멍 또는 펀치를 제공하거나, 프로파일로 형성되거나, 또는 이격된 보강 층을 제공하도록 세그먼트화될 수 있는 보강 층 위로 고분자가 압출된다.

(52) CPC특허분류

B29C 43/34 (2013.01)

B29C 43/46 (2013.01)

B29C 43/52 (2013.01)

B29C 48/05 (2021.08)

B29C 48/15 (2019.02)

B29C 48/21 (2021.08)

B29C 48/34 (2019.02)

B29C 55/06 (2013.01)

B29C 55/18 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

구조용 복합재의 제조방법으로서,

- (a) 제1 캐리어를 제공하는 단계;
- (b) 상기 제1 캐리어 상에 충전재를 분배하는 단계;
- (c) 상기 충전재 상에 상기 제1 캐리어와 화학적으로 결합하는 결합제를 도포하는 단계;
- (d) 상기 제1 캐리어, 상기 충전재 및 상기 결합제 상에 직물인 제2 캐리어를 도포하는 단계;
- (e) 상기 제1 캐리어, 상기 충전재, 상기 결합제 및 상기 제2 캐리어를 가열하는 단계;
- (f) 상기 제1 캐리어, 상기 충전재, 상기 결합제 및 상기 제2 캐리어를 함께 프레스하는 단계로서, 상기 결합제는 액화하여 상기 충전재 및 상기 제2 캐리어에 침투하고, 그리고 상기 제1 캐리어, 상기 충전재 및 상기 결합제가 냉각되면서 상기 충전재 및 상기 제2 캐리어와 물리적으로 결합하여 보강층을 형성하는 단계;
- (g) 상기 보강층을 강도를 제공하는 형상으로 형성하는 단계; 및
- (h) 크로스-헤드 다이를 통해 상기 보강층에 고분자를 압출하는 단계로서, 상기 고분자는 상기 보강층을 덮고 상기 고분자는 상기 보강층과 화학적으로 결합하고, 그리고 상기 크로스-헤드 다이는 상기 고분자에 대하여 상기 보강층을 배치하여 상기 고분자를 강화하는 단계;를 포함하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 결합제는 액체인, 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 결합제는 과립상인, 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 단계 (g)는

- (g1) 상기 보강층을 스트립들로 절단하는 단계; 및
- (g2) 상기 고분자를 압출하기 전에 상기 스트립들을 분리하는 단계;를 포함하는, 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 구조용 복합재는 중립 축을 갖고,

상기 스트립들은 상기 구조용 복합재의 중립 축으로부터 이격되어 반대쪽에 배치되는, 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 충전재는 섬유를 포함하는, 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 충전재는 합성 섬유를 포함하는, 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 충전재는 무기물을 포함하는, 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 섬유는 무수석 위스커인, 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 고분자는 폴리비닐 클로라이드인, 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 제1 캐리어 및 상기 제2 캐리어 중 적어도 하나는 폴리에틸렌 테레프탈레이트로 제조된 것인, 방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 제1 캐리어 및 상기 제2 캐리어 중 적어도 하나는 고밀도 폴리에틸렌으로 제조된 것인, 방법.

청구항 13

제1항에 있어서,

접착제가 상기 충전재에 도포되는, 방법.

청구항 14

구조용 복합재의 제조방법으로서,

(a) 제1 캐리어를 제공하는 단계;

(b) 상기 제1 캐리어 상에 충전재를 분산시키는 단계;

(c) 상기 제1 캐리어 상에 결합제를 분산시키는 단계;

(d) 상기 충전재 상에 상기 제1 캐리어와 화학적으로 결합하는 제2 캐리어를 제공하는 단계;

(e) 상기 제1 캐리어, 상기 결합제 및 상기 제2 캐리어를 가열하여 상기 제1 캐리어, 상기 결합제 및 상기 제2 캐리어를 액화시키는 단계;

(f) 상기 제1 캐리어, 상기 충전재, 상기 결합제 및 상기 제2 캐리어를 함께 프레스하는 단계로서, 상기 제1 캐리어, 상기 결합제 및 상기 제2 캐리어는 상기 충전재에 침투하고, 그리고 상기 제1 캐리어 및 상기 제2 캐리어가 냉각되면서 상기 제1 캐리어, 상기 결합제 및 상기 제2 캐리어가 상기 충전재와 기계적으로 결합하여 보강층을 형성하는 단계; 및

(g) 크로스-헤드 다이로 통해 상기 보강층에 고분자를 압출하여 상기 고분자에 대하여 상기 보강층을 배치하는 단계로서, 상기 보강층은 상기 고분자를 강화하고, 상기 고분자는 상기 보강층에 화학적으로 결합하여 스트립들로 박리되는 것을 전지는 구조용 복합재를 형성하는 단계;를 포함하는, 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,
상기 보강층을 변형시키는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 16

제14항에 있어서,
상기 보강층의 적어도 일면에서 상기 보강층을 편칭하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 17

제14항에 있어서,
상기 보강층에 구멍을 형성하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 18

제14항에 있어서,
상기 보강층은 구조용 복합재로서 상기 고분자를 강화하기 위해 압출 이전에 성형되고 위치되는, 방법.

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고분자 조성물에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 강화 고분자 조성물에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 스테르드, 빔, 데킹(decking), 프레임 부재, 트림 피스 및 난간과 같은 구조 부재가 필요한 많은 분야에서 고분자 재료가 목재를 대체했다. 창 프레임과 셔터는 중공 비닐 프로파일로 이루어진다. 내부 물딩과, 보다 최근에는 스크린 도어가 발포 폴리비닐 클로라이드로 이루어진다.

[0003] 플라스틱은 목재에 비하여 더 적은 비용 및 더 적은 유지 보수를 포함하는 장점이 있지만, 강성을 증가시키기 위한 2차 강화재로서 목재 또는 금속 삽입물과 같은 다른 재료를 결합하지 않고는 종종 목재의 고유 강도를 갖지 않는다. 이러한 유형의 2차 강화재를 추가하는 것은 재료 및 노동 비용을 증가시키고 필요한 추가 유형의 재료로 인해 복잡해진다.

[0004] 구조용 복합재(structural composite)가 알려져 있다. 예를 들어, 미국 특허 US4910067은 일면에 열가소성 층이 있고 타면에 섬유상 재료층이 있는 발포체 코어를 포함하는 구조용 복합 재료를 개시하고 있다. 상기 발포체는, 섬유상 재료와 접촉하여 섬유상 재료에 스며들어 섬유상 재료와 결합하여 섬유 강화 구조물로 경화되는 액체 수지로부터 형성된다. 복합재를 제조하는 방법 또한 이 참고 문헌에서 교시된다.

[0005] 미국 특허 US 5700555는 전체가 플라스틱으로 이루어진 제1의 영역과 플라스틱과 10% 내지 55%의 천연 섬유로 이루어진 제2의 영역을 포함하는 복합재 제품을 교시하며, 이들 둘 다는 공-압출에 의해 형성된다. 섬유-함유 영역은 나뭇결과 닮은 엠보싱을 포함하며 천연 나무의 외관처럼 보이게 하기 위해 페인트 또는 얼룩을 수용할 정도로 충분히 다공성이다.

[0006] 미국 특허 US 5738935 및 미국 특허 US 5858522는 서로 관련되고, 상기한 미국특허 US 5700555와 관련되며, 천

연 섬유 및 열가소성 복합재의 제조 방법 및 그로부터 생성된 제품을 개시한다. 상기 방법은 믹서(blender)에서 천연 섬유 및 열가소성 수지를 다공성 보조제 및 계면 활성제와 혼합하여 혼합물을 형성하는 단계; 상기 혼합물을 가열된 압출기에 첨가하는 단계; 상기 혼합물을 복합재로서 압출하는 단계; 및 상기 복합재를 진공 교정 장치에서 원하는 프로파일로 성형하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 일부 용도(예컨대, 창문, 문 및 사이딩)에 대해서는 천연 섬유/열가소성 복합재 상에 제2 열가소성 수지를 공-압출하는 단계를 추가로 포함한다.

[0007] 유럽 특허 EP 0599404는 연속상 섬유로 강화된 열가소성 복합 재료의 제조 방법을 개시하고 있다. 이 방법은 (a) 섬유 다발로 구성된 연속 필라멘트를 보빈에서 푸는 단계; (b) 연속 필라멘트를 본질적으로 그의 개개의 연속상 섬유로 분해하여 연속 필라멘트를 개방하는 단계; (c) 연속 진동이 가해진 탱크에 함유된 열가소성 고분자 분말로 구성된 정지층(stationary bed)을 통해 상기 개방 필라멘트를 침지하고 구동시키는 단계; 및 (d) 상기 필라멘트를 재조립하고 그의 주위에 열가소성 고분자로 제조된 차폐 탄성 외피(sheltering flexible sheath)를 배치하는 단계를 포함한다.

[0008] 유럽 특허 EP 0653290은 가열된 섬유 매트 코어의 표면을 용융된 제1 열가소성 수지로 코팅하고, 그 후 섬유 매트 코어를 압출 영역 - 여기서 용융된 제2 열가소성 수지가 그 위에 압출됨 - 으로 통과시킴으로써 적어도 하나의 표면에 높은 수지 농도를 갖는 열가소성 섬유 강화 제품을 제조하는 연속 공정을 개시한다. 이어서, 섬유 매트 코어와 열가소성 수지는 완제품으로 성형된다. 개시된 연속 공정은 지붕 타일, 자동차 외장 패널, 하우스 사이딩 등과 같은 성형된 완제품을 제공한다.

[0009] 미국 특허 US 5565056은 이격된 다이 개구들(die opening)을 통해 고분자 컴파운드의 용융된 제1 및 제2 웹을 압출하고, 제1 및 제2 웹 사이에 무작위로 배향된 짧은 유리 섬유의 매트를 위치시키고, 웹 및 매트를 함께 가압하고, 최종 건축 건물 패널을 냉각시켜 제조되는 유리 섬유-강화 건축 패널을 개시한다.

[0010] 유럽 특허 EP 0747213은 톱밥, 목분 또는 목재 부스러기로 채워진 폴리프로필렌의 제1 층 및 압축과 동시, 부분 융합(fusion)에 의해 제1 층의 일면에 결합된 섬유 열가소성 재료로 적어도 부분적으로 이루어진 하나 이상의 추가 층을 포함하는 패널을 개시한다. 이 추가 층은 섬유 패턴과 구조를 유지한다.

[0011] 미국 특허 US 6607798는 열가소성 수지로 이루어진 중공 중심 코어가 열경화성 수지와 서로 결합된 강화 장섬유를 함유하는 중간층에 의해 일체로 결합된 섬유-강화, 중공-중심의, 복합재 중공 구조를 개시한다. 이 구조는 이어서 열가소성 수지로 된 외부층으로 덮여 있다.

[0012] 미국 특허 US 9079380는 폴리비닐클로라이드(PVC)의 복합 재료와 공-압출을 개시하고, 이는 연속 스트립을 형성한 다음, 적절한 길이로 절단될 수 있다. 상기 PVC는 후면에만 마운팅 플랜지(mounting flange)와 환기 스탠드 오프(ventilation standoffs)를 형성하며 전면의 모든 부품은 셀룰로오스 섬유와 열가소성 수지의 복합재로 형성된다.

[0013] 구조 수준의 강성 및 낮은 제조 비용을 갖는 고분자 조성물은 특히 이미 사용된 재료를 재활용함으로써 천연 자원을 보존하는 경우 유리할 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 명세서에서는 주로 고분자 재료로 이루어진 구조용 복합재를 개시하고 있으나, 고분자 재료는 연속 제조 공정에서 적어도 하나의 강화, 보강 층을 합체시켜 결과적으로 잘 결합된 비 균질의 복합재를 얻는다. 따라서, 결과적으로 얻은 복합재의 외관 및 그의 내구성은 고분자 재료의 장점을 보존하고, 구조적 적용을 위한 강화 복합재의 강도와 낮은 제조 비용을 제공한다.

[0015] 본 방법은 복합재가 특정 용도에 요구되는 강성을 갖도록 프로파일 내부의 또는 프로파일 상의 하나 이상의 보강 층(stiffening layer)의 위치 및 조성을 설계하여 만들어진 고분자 프로파일을 형성하는데 사용될 수 있다. 또한, 상기 방법 및 재료는, 보강 층이 단섬유(short fiber)를 포함하여, 쉽게 이용 가능한 재활용 재료로 이루어질 수 있고, 강도를 손상시키거나 구조용 복합재의 외관에 악영향을 미치지 않기 때문에, 복합재의 제조 비용이 낮을 수 있다.

과제의 해결 수단

[0016] 개시된 구조용 복합재를 제조하는 방법은 충전재(filler)를 캐리어에 분산시켜 매트를 형성하는 단계를 포함한다

다. 결합체는 또한 매트에 분산될 수 있다. 그 다음, 캐리어 위의 매트는 가열되고 가압되어 캐리어 및 바인더(사용되는 경우)를 액화시키고 매트 전체에 침투시켜 보강 층을 형성하게 한다. 보강 층은 3차원을 갖는 프로파일로 형성되거나 구멍(hole) 또는 펀치(punch)를 갖도록 표면을 바꿔서 고분자 층과의 복합 작용(composite action)을 촉진하도록 추가로 변형될 수 있다. 고분자 층은 이어서 보강 층에 압출되어 완제품을 생성한다. 고분자는 캐리어와 화학적으로 상용성이 있으며; 즉, 박리에 저항하는 고분자와 캐리어 사이에 화학 결합이 형성된다.

[0017] 결합체는 또한 캐리어와 화학적으로, 매트와 기계적으로 및 또한 바람직하게는 화학적으로, 그리고 압출된 고분자 프로파일과 화학적으로 결합하도록 선택된다. 층들의 결합은 강도를 증가시키고 박리를 방지한다. 충전재를 캐리어에 더 잘 부착시키도록 접착제가 캐리어에 도포될 수 있다.

[0018] 본 발명의 특징은 가압 및 가열 단계가 적어도 한 쌍(pair)의 가열 재킷 롤러를 사용하여 행해지고, 제2 쌍의 가열 재킷 롤러가 사용될 때, 후속 롤러의 쌍은 매트의 충전재를 통해 액화된 바인더의 유동성을 증가시키기 위해 제1 쌍보다 가깝게 이격될 수 있다는 것이다. 제2 롤러 쌍은 또한 냉각되기 전에 매트를 신장시키기 위해 제1 롤러보다 빠르게 회전될 수 있다. 매트를 신장시키는 것은 섬유를 정렬하는데 도움이 되고, 더 강한 보강 층을 얻을 수 있다.

[0019] 본 발명의 다른 특징은 재활용된 절단(chopped) 탄소 섬유 또는 탄소 섬유 리본; 절단 섬유유리(fiberglass) 섬유; 폐석고에서 얻은 무수석 섬유(anhydrite fiber); 면, 실크 및 합성 섬유를 포함하는 재활용 천 제품 또는 폐직물(textile waste)에서 얻은 섬유; 나무 토막(scrap wood), 종이, 판지 또는 대나무에서 얻은 셀룰로오스 섬유; 금속 와이어 또는 기타 금속 섬유; 또는 상술한 것의 조합뿐 아니라, 플라이 애쉬, 제올라이트 및 포졸란과 같은 보통의 폐 무기물 성분의 사용이다. 섬유들은 길지 않아도 되지만 매트의 너비보다 짧은 것과 같이, 짧을 수 있다.

[0020] 본 발명의 또 다른 특징은 캐리어, 바인더(사용되는 경우) 및 이들 위에 압출되는 고분자는, 캐리어와 바인더의 경우 폴리에틸렌 테레프탈레이트 또는 고밀도 폴리에틸렌, 압출된 고분자의 경우 폴리비닐 클로라이드와 같은 재활용 재료들로 제조될 수 있다는 것이다. 이 재료들은 그것들 사이에 화학적 결합을 형성하는 경향이 있다는 점에서 화학적으로 상용성이 있다.

[0021] 본 발명의 다른 특징은 보강 층이 복수의 유형의 섬유, 적어도 하나의 캐리어 및 하나 이상의 충전재 층을 포함할 수 있다는 것이다.

[0022] 본 발명의 또 다른 특징은 캐리어가 컨베이어 상으로 롤링될 때 섬유가 캐리어 상에 진동(shaking)됨으로써 섬유가 분산될 수 있고, 최종 무작위 배향이 캐리어를 가로 질러 그 길이에 평행하게 대략 동일한 강도를 제공한다는 것이다.

[0023] 본 발명의 또 다른 특징은 고분자가 제조되는 제품에 대한 공학적 구성에 따라 크로스 헤드 다이를 통해 인출됨으로써 하나 이상의 보강 층에 압출될 수 있다는 것이다.

[0024] 본 발명의 또 다른 특징은 보강 층들은 구조 레벨의 전단 및 굴곡 강도를 제공하면서 제조하기 편리할 수 있기 때문에, 보강 층들은 적절하게 이격되어 있고, 압출된 고분자 모재 내에 하나 이상의 3차원 프로파일로 형성된 하나 이상의 평탄 층들 또는 그것들의 조합을 포함할 수 있다는 것이다.

[0025] 이들 및 다른 특징 및 이점은 도면과 함께 상세한 설명을 주의 깊게 읽음으로써 고분자 압출 기술 분야의 당업자에게 명백할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도면에서,
 도 1은 본 발명의 구조용 복합재를 제조하기 위한 장치의 개략도이다.
 도 2는 본 발명의 구조용 복합재를 제조하는 방법의 흐름도이다.
 도 3a 내지 3h는 보강된 강성 및 굴곡 강도를 위한 강화 구성과 위치의 예를 도시한다.
 도 4는 본 방법 및 장치에 따라 제조된, 구조용 복합재 제품, 즉 문설주(door jamb)의 예이다. 그리고,
 도 5는 예시된 도 4의 문설주를 이용하여, 구조용 복합재 내의 강화재의 배열(distribution)을 분석하여 강성과

굴곡 강도를 보수적으로 예측하는 간단한 방법을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 본 명세서에 기재된 구조용 복합재는 압축 강도 및 강성을 모두 갖는 물질의 비균질 조성물이며, 이것은 건축 코드 요건이 적용되는 것을 포함하는 매우 다양한 용도에서 목재의 대체재로 사용될 수 있다. 또한, 본 구조용 복합재는 알루미늄과 같이, 목재보다 높은 강도 계수(strength modulus)를 갖는 다른 재료를 대체할 수 있다. 비균질이라는 용어는 성분 중 적어도 일부가 균질하게 분산되기보다는 구조용 복합재 내에 농축되어 있음을 의미한다. 본 발명의 조성물은 그의 외형과 성분 및 그 위치 및 형상의 선택이 그 조성물이 투입되는 특정 작업에 요구되는 강도 및 강성을 충족시키도록 이루어지도록 설계될 수 있다. 간단한 예로서, 본 구조용 복합재는 I-빔의 플랜지와 유사하게 중립 축에서 이격된 강화재로 설계되어 단면에 수직인 일 축 또는 양 축 모두에서 강도 및 강성을 증가시킬 수 있다. 이러한 구조용 복합재는 하중을 견디도록 설계될 수 있기 때문에, 이 조성물은 본 명세서에서 구조용 복합재로 지칭된다.
- [0028] 지금부터 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 조성물은 완성된 구조용 복합재의 강성을 증가시키는 적어도 하나의 보강 층을 갖는다. 보강 층이 일 측에 있고 고분자가 타 측에 있으므로, 보강 층이 외부에서 보일 수 있도록 보강 층으로 고분자를 압출하거나, 또는 고분자가 보강 층을 부분적으로 또는 전체적으로 둘러싸도록(이 경우엔 보강 층이 외부에서 보이지 않음) 고분자를 압출함으로써, 보강 층이 고분자 압출물에 함체된다.
- [0029] 보강 층은 제1 캐리어(10)를 포함한다. 본 명세서에서 사용된 용어 캐리어는 성형이 용이한(pliable) 재료로 이루어진 연속 시트인 직물 또는 필름을 의미하고, 예를 들어 스폴 또는 코어(14)에 권취되어 연속 제조 공정의 일부로서 사용하기 위해 롤아웃(roll out)될 수 있다. 캐리어(10)는 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 또는 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 또는 낮은 용융 온도와 같이 본 방법에 유용한 특성을 갖는 개질된 폴리에틸렌 테레프탈레이트 글리콜(polyethylene terephthalate glycol-modified; PETG) 등의 선택된 고분자와 화학적 또는 기계적으로 결합하는 기타 물질들로 제조될 수 있다. 본 조성물에서 HDPE의 밀도는 0.93 내지 0.97 g/cm³ 또는 970 kg/m³의 범위일 수 있다.
- [0030] 직물(fabric)이 캐리어(10)로서 사용되는 경우, 직물은 직포이거나 부직포일 수 있고, 그리고 직물은 여기에서 기술될 것처럼, 보강 층의 다른 구성성분들을 침착하고 기계적으로 결합할 표면으로서 기능할 수 있고, 또한 직물은 고분자 및 바인더와 화학적으로 결합할 수 있다.
- [0031] 충전재(18)는 캐리어(10) 위로 분산된다. 충전재(18)는 인공 및 천연 섬유, 유기 물질 및 무기물을 포함할 수 있다. 만약 섬유가 충전재(18)로 사용된다면, 그것은 재활용된 절단 탄소 섬유 또는 탄소 섬유 리본; 폐 섬유유리 섬유; 폐석고에서 얻은 무수석 섬유; 면, 실크 및 합성 섬유를 포함하는 재활용 천 제품 또는 폐직물에서 얻은 섬유; 나무 토막, 종이, 판지 또는 대나무에서 얻은 셀룰로오스 섬유; 금속 와이어 또는 기타 금속 섬유; 또는 상술한 것의 조합일 수 있다. 석탄 연료로 인한 폐기물인 플라이 애쉬, 포졸란 및 제오라이트와 같은 무기물이 또한 충전재로서 사용될 수 있고, 그리고 보강 층의 특성을 변경시키는 기타 물질의 제조 공정을 용이하게 하거나 단순히 부피를 증가시킨다. 고분자는 폴리비닐 클로라이드일 수 있다.
- [0032] 섬유들이 충전재(18)로서 사용되는 경우, 섬유들은 임의의 길이를 가질 수 있다. 절단 탄소 섬유 및 섬유유리 섬유가 적합하고, 특히 그것들이 다른 제조 작업에서 생기는 폐기물인 경우 대부분의 적용 분야에서 비용 측면에서 장섬유보다 더 효과적일 수 있다. 유사하게, 무수석 위스커(anhydrite whisker)는 많은 산업 공정의 폐기물인 석고로부터 경제적으로 제조될 수 있고, 무수석 위스커는 아주 강하고, 특히 폴리비닐 알콜과 글루타르알데하이드를 사용하여 전처리한 경우에 폴리비닐알콜(PVC)과 화학적으로 결합될 것이다. 또한 장섬유와 단섬유의 혼합물은 충전재(18)로 사용될 수 있다. 일 측면에서, 충전재(18)는 제1 캐리어(10)를 횡으로(side to side) 거의 채우고 캐리어(10)만큼 긴 층을 형성할 것이다.
- [0033] 충전재(18) 재료의 분산은 제1 캐리어가 롤아웃되면서 제1 캐리어(10) 위에 충전재(18)를 흔들거나(shaking) 뿌리는(spreading) 등, 제1 캐리어(10)의 많은 부분 위에 충전재 재료의 배열을 형성하는 임의의 방법에 의해서도 이루어질 수 있다. 예를 들어, 다량의 충전재(18)를 호퍼(hopper)(22)에 넣을 수 있다. 충전재(18)가 호퍼(22)의 바닥으로 내려가면서, 롤러(26)는 전방으로 보내는 충전재(18)의 양을 조절하는 블레이드(30)를 통과하여 가장 아래의 충전재를 이동시킨다. 그 다음 충전재가 브러쉬 롤러(34) 위로 낙하한다. 브러쉬 롤러(34)는 제1 캐리어(10)가 이동함에 따라 제1 캐리어(10) 위에 충전재(18)를 바른다(brush).
- [0034] 제1 캐리어(10) 상에 충전재(18)의 매트(38)를 형성하는 것을 돕기 위해, 접착제(40)가 충전재(18)의 분산 전에

제1 캐리어(10)에 도포될 수 있다. 호퍼(42) 내의 접착제(40)는 충전재(18)가 분산되기 전에 캐리어(10)에 노즐(46)을 통해 분무될 수 있다. 매트(38)가, 아마도 일련의 호퍼들(22)을 사용하여, 층 상으로 적층되는 경우, 설계된 깊이와 균일성으로 충전재 층을 형성하기 위하여 추가 접착제 분무가 수행될 수 있다.

[0035] 매트(38)를 형성하는데 사용될 수 있는 충전재(18)의 양은 기계적 특성을 포함하여, 복합재 제품의 목적 그리고 사용 가능한 충전재 또는 충전재들의 선택 및 그것들의 특성과 가격에 따라 결정된다. 따라서, 제1 캐리어(10) 위에 분산된 충전재(18)의 양은 적어도 1 센티미터의 두께를 가질 수 있다.

[0036] 바인더(50)는 제1 캐리어(10) 상의 매트(38)에 도포될 수 있다. 바인더(50)는 액체 형태, 또는 가열될 때 액체를 형성하는 분말의 형태일 수 있다. 바인더(50)는, 퇴적된 충전재(18)에 의해 형성된 매트(38)의 표면에 있는 갭 및 공간으로 떨어지도록, 매트(38) 상에 분산된다. 바인더(50)는 호퍼(54)로부터 분무, 진동(shaking), 적하(dripping) 또는 블로잉(blowing)과 같이 바인더의 분산에 적합한 임의의 방식으로 도포될 수 있다. 바인더(50)는 HDPE 또는 PET(PETG 또는 PETE)와 같은 제1 캐리어(10)와 혼합 가능하도록 선택된 재료일 수 있고, 분무상, 액상, 분말상, 또는 예를 들어 분쇄되고 재활용된 PETG와 같은 과립상일 수 있다.

[0037] 제2 캐리어(58)는 제2 코어(48)로부터 매트(38) 위에 도포될 수 있다. 제2 캐리어(58)는 HDPE 또는 PET(PETG 또는 PETE)와 같은 제1 캐리어(10)와 동일한 재료로 제조될 수 있다. 제1 캐리어(10) 및 충전재(18) 그리고 선택적으로 바인더(50)와 접착제(40)가 조합하여 보강 층(62)을 형성한다.

[0038] 보강 층(62)은 가열된 재킷 롤러들(60, 64)를 통과하여 전달되고, 재킷 롤러들은 제1 캐리어(10), 바인더(50) 및 제2 캐리어(58)를 연화 및 액화시켜 그것들이 매트(38)의 충전재(18) 구석구석까지 흐르도록 열과 압력을 가한다. 재킷 롤러들(60, 64)은 열과 압력 둘다를 가하는데 사용할 수 있고, 또는 적외선 가열기와 같은 별도의 수단에 의해 가열이 먼저 수행되고 이어서 가압이 수행될 수 있다. 재킷 롤러들(60, 64) 중 하나 이상의 세트가 사용될 수 있다. 재킷 롤러들(60, 64)은 캐리어들(10)을 갖는 매트(38)가 이것들 사이를 통과할 때 단계적으로 압축되도록 이격될 수 있다. 재킷 롤러들(64)은 매트(38) 구석구석까지 바인더(50)를 주입하여 바인더(50)가 매트(38) 내로 침투하여 제1 및 제2 캐리어들(10, 58)과 결합하도록 더 높은 압력을 서서히 가하기 위하여 재킷 롤러들(60)보다 더 근접하게 이격될 수 있다.

[0039] 선택적으로, 재킷 롤러들(60, 64)의 연속 세트들은 연속하여 더 빠른 속도로 회전할 수 있고, 이에 따라 보강 층(62)이 냉각되는 동안에도 보강 층(62)을 신장시키(stretching) 수 있으며, 그럼으로써 특히 충전재(18)의 섬유들이 단섬유(chopped fiber)라면 목재의 섬유들과 유사한 방식의 신장 방향으로 충전재(18)의 섬유들을 부분적으로 정렬시키고, 따라서 장섬유로 달성할 수 있는 강도와 비교될 수 있는 보다 큰 강도를 보강 층(62)에 부여한다.

[0040] 제1 및 제2 캐리어(10, 58)의 재료 선택에 따라, 바인더(50)는 충전재(18)에 결합하고 제1 및 제2 캐리어(10, 58)에 기계적으로 또는 화학적으로 결합할 수 있다. 제1 및 제2 캐리어(10, 58)가 PET(PETG 또는 PETE) 또는 HDPE의 필름이라면, 이와 동일한 재료로 만들어진 바인더(50)는 그것과 화학적으로 결합할 것이다. 캐리어(10)가 직물이라면, 바인더가 직물의 실과 섬유 사이에 침투함으로써 기계적인 결합이 될 수 있다.

[0041] 본 명세서에서 화학적 결합은 2개의 상이한 재료들의 원자들 또는 분자들 사이에 화학적 결합이 형성되는 것을 의미한다. 기계적 결합 또는 복합 작용(composite action)은 액체 물질이 고형물 주위로 흐르고, 냉각되었을 때 냉각된 재료의 모재 내에 있는 상기 고형물을 포획한다는 의미로 사용된다.

[0042] 상술한 바와 같이, 보강 층(62)은 배치(batch) 공정 또는 연속 압출 공정으로 제조될 수 있다.

[0043] 일단 제1 및 제2 캐리어(10, 58)와 바인더(50)가 냉각되었을 때, 보강 층(62)은 크로스-헤드 다이(66)쪽으로 전진하고, 여기서 하나 이상의 고분자 층들(72, 76)이 보강 층 위에 압출되어 구조용 복합재(68)를 형성한다. 고분자 층들(72, 76)은 발포제를 사용하거나 사용하지 않고 압출된 폴리비닐 클로라이드일 수 있다.

[0044] 하나 이상의 보강 층(62)이 복수의 보강 층들(62)을 형성하거나 하나의 보강 층(62)을 형성하고 그것을 더 좁은 스트립들로 절단함으로써, 구조용 복합재(68)에 포함될 수 있다. 보강 층(62)은 (제조된 상태 그대로) 얇은 평탄 층으로서 사용될 수 있고, 또는 다차원 강성을 제공하도록 3차원을 갖도록 원한다면 변형될 수 있다. 동일한 보강 층(62)이 일체형(one piece)으로 사용된다면, 또는 보강 층(62)으로부터 절단된 스트립들이 보다 근접하게 배치되었다면 얻을 수 있는 굴곡강도 보다 더 큰 굴곡강도를 부여하기 위하여, 보강 층(62)은 바람직하게 쌍 또는 그룹으로 이격된 2개 이상의 스트립들 또는 부분들로 절단될 수 있다.

[0045] 보강 층(62)은 보강 층(62)과 고분자 층들(72, 76) 사이에서 기계적 결합을 제공하기 위해 크로스-헤드 다이

(66)를 통해 인출되기 전에 변형될 수 있다. 보강 층(62)에 구멍들 또는 펀치들을 형성함으로써-이것들 둘다는 보강 층(62)에 의해 달리 정의된 평면 바깥으로 보강 층(62)의 부분들을 압출함-, 고분자는 보강 층(62)에 의해 정의된 평면 내로 그리고 그 평면을 가로질러 흐를 수 있으며, 이에 따라 보강 층(62)과 고분자 층들(72, 76) 사이의 포개지기(interlock)를 증가시킬 수 있다. 이 변형들은 보강 층(62)이 통과하는 추가 롤러들, 다이들, 펀치 프레스들 또는 커터들에 의해 이루어질 수 있다.

[0046] 구조용 복합재(68)를 압출한 후에, 주행 톱(traveling saw), 레이저, 워터 제트 또는 기타 절단 장치에 의해 원하는 길이로 절단한다.

[0047] 구조용 복합재를 제조하는 방법을 도 2에 개략적으로 도시하였다. 상기 방법은 플라스틱 필름 또는 직물로 제조될 수 있는 제1 캐리어(10)를 몰아올리는 단계를 포함한다. 충전재(18)는 제1 캐리어(10) 상에 분산되어 매트(38)를 형성한다. 접착제(40)가, 충전재(18)를 포함하는 재료를 제1 캐리어(10) 상의 적소에 유지시키기 위해, 제1 캐리어(10)에 도포될 수 있다. 바인더(50)는 또한 매트(38) 상에 분산될 수 있다.

[0048] 일단 매트(38)가 형성되면, 제1 캐리어(10)와 바인더(50)(사용된 경우)가 충전재(18) 내로 흐르도록 그것들을 용융시키기 위해 매트(38)는 열에 노출된다. 액화된 제1 캐리어(10) 및 바인더(50)를 충전재(18) 내로 흐르게 하기 위해 매트(38)가 가압된다. 매트(38)를 가열하고 가압하는 이 두 단계는 가열된 재킷 롤러들(60, 64)의 쌍들을 사용하여 동시에 수행될 수 있다. 또한, 가열된 재킷 롤러들(60, 64)은 만약 재킷 롤러(64)가 선행 재킷 롤러(60)보다 약간 더 빨리 회전하게 되면 매트(38)를 신장시킬 수 있다. 바인더(50)가 고형화되는 동안에 매트(38)를 신장시키는 것은 충전재(18)를 정렬시켜 강성을 개선하는 경향이 있다. 재킷 가열 롤러(64)의 속도의 증가는 적량의 실험에 의해 결정될 수 있다.

[0049] 완성된 보강 층(62)은 이어서 하나 이상의 방향에서 강성을 제공하는 프로파일을 갖도록 형성될 수 있다. 용어 프로파일은 보강 층이 2차원 층으로부터 U자형, W자형 또는 L자형과 같이 3차원으로 확장되도록 굽어지거나 형성되는 것을 의미한다. 완성된 보강 층(62)은 또한 서로 다른 방향에서 전체 강성을 개선시키기 위해 위치되는 스트립들 또는 세그먼트들로 절단될 수 있다. 스트립들은 고분자를 첨가하기 전에 복합 구조 요소(composite structural element)의 중립 축으로부터 이격되어 떨어져 있을 수 있다. 크로스-헤드 다이는 보강 층(62)의 스트립들 주위로 고분자를 압출하는데 사용될 수 있다.

[0050] 지금부터 도 3a 내지 3h를 참조하여, 보강 층 또는 층들을 복합재 제품 내에 배열할 수 있는 일부 대표적인 방법들을 보여준다. 단순화를 위해, 각 구조용 복합재는 고분자 내에 보강 층 또는 층들이 도시되어 있는 단순 직사각형 횡단면으로 도시되어 있다. 엔지니어링 분석의 관례에 따라, 외부 하중은 아래쪽 방향을 가리키는 화살표로 표시된다.

[0051] 도 3a에 나타난 실시예에서, 보강 층(80)이 상대적으로 얇은 완성된 복합품(composite article)(84)의 상부면과 하부면에 전체적으로 평행하게 그리고 그의 중간에 뻗어있다. 보강 층(80)의 강성을 증가시키기 위해, 보강 층(80)에 구멍들(88)이 천공되어 있으며, 이 구멍들을 통해 고분자(92)가 홀러 중합체 자신을 복합 작용에 의해 보강 층(80)에 고정할 수 있고, 복합 작용은 보강 층(80)이 고분자(92)의 모재 내로 혼입될 때 발생하는 결합 효과이다.

[0052] 도 3b에 나타난 실시예에서, 단일 보강 층(96)은 상대적으로 얇은 완성된 복합품(100)의 상부면과 하부면에 전체적으로 평행하게 그리고 그의 중간에 뻗어있다. 보강 층(96)의 강성을 증가시키기 위해, 나타난 것처럼, 한 면 또는 두 면에서 펀칭되어 함몰부(104)를 갖고, 이것은 또한 강성 층(96)과 고분자의 모재(108) 사이에서 복합 작용을 일으킨다.

[0053] 도 3c는 본 발명의 일 측면에 따른 고분자 모재(120)에서의 보강 층들(112, 116)의 단순하고 매우 효과적인 강화 배열(reinforcing distribution)을 도시한다. 보강 층들(112, 116)은 서로 평행하게 수평으로 놓여지고, 하중 방향에 수직이고, 복합품(124)의 단면 내에서 하중 방향으로 이격되어 있다. 결과는 상단과 하단의 두꺼운 수평 플랜지들이 전형적으로 얇은 수직 강 웹(steel web)으로 분리되는 강 I-빔과 매우 유사한 구조를 취한다. 위로부터 하중이 가해질 때, I-빔의 상부 플랜지인, 보강 층(112)은 빔의 단면에 수직으로 압축 상태에 놓이는 반면에, 하부 플랜지인, 보강 층(116)은 인장 상태에 놓이게 된다. 보강 층들(112, 116)의 폭에 따른 각각의 지점은 유사한 인장 또는 압축을 받기 때문에, 파괴(failure)가 일어나기 전에 복합품(124)의 조성물의 파괴 응력(failing stress)에 가까운 하중까지 전체 폭에 가해질 수 있다.

[0054] 도 3d는 여기에서 복수의 보강 부재들(128, 132, 136)이, 하중 방향과 평행하게 수직으로 설정된, 또 하나의 단순한 배열을 나타낸다. 고분자(138)에서 보강 부재들(128, 132, 136) 각각의 가장자리에만 파괴 응력에 가까운

하중을 받을 수 있고 중심에 가까운 부분들은 하중을 덜 받기 때문에, 이러한 구조는 기하학적 이점을 덜 활용하지만, 이것은 여전히 많은 경우에 유용하다.

- [0055] 실시예 도 3e는 파괴되기 전에 다양한 방향으로부터의 하중을 견뎌낼 수 있는 박스형 복합품(156)을 형성하는, 수직 및 수평 보강 층들(140, 144, 148, 152)의 조합을 나타낸다.
- [0056] 도 3f는 복합품(162) 내의 단일 보강 층(158)을 나타낸다. 보강 층(158)이 수직 웹(174)에 의해 결합된, 상부 및 하부 강화 면들(166, 170)을 포함하는 3차원 형상으로 접혀있다. 일부의 경우에는, 제조업자가 단일 보강 층(158)을 조각조각 절단하여 나누는 것보다 이 방식으로 변형하는 것이 편리할 수 있다.
- [0057] 도 3g 내지 3h는 도 3f에 나타난 구성보다 훨씬 더 수평 대칭을 갖는 3차원 프로파일로 보강 층(178, 178')을 접는 대안의 방법들을 나타낸다. 또한, 섬유-함유 강화재는 전형적으로 압축시보다 인장이 더 강하기 때문에, 적절히 지지되지 않으면 부서지는 경향이 있는 곳에서는, 이러한 프로파일들은 상기 압축을 담당하기 위해 더 많은 양의 보강 재료를 상단에 위치시키는 한편, 인장을 수용하기 위해 더 적은 양의 보강재를 바닥에 위치시킨다. 기계 기술자들은 도 3g에 나타난 배열에 특히 관심을 가질 것이며, 그 이유는 그 배열이 강으로 제조될 때, 그 배열이 약간의 개조로 UNI-STRUT(아코르 인터네셔널(Atkore International)의 상표) 및 유사한 강 골조 시스템(framing system)의 채널 구조를 형성하기 때문이다.
- [0058] 지금부터 도 4를 참고하면, 본 방법을 이용하고 또한 원래 넓은 보강 층으로부터 분리 가능성이 있는 좁은 스트립을 각각 포함하는 복수의 보강 층들(182, 184, 186, 188, 190, 192, 및 194)을 합체하여 형성된 문설주용 복합품(180)을 나타낸다. 보강 층들(182, 184, 186, 188 및 190)과 보강 층들(192 및 194)의 이격 간격은 주로 수평 방향의 강성을 제공하는 반면, 보강 층들(192, 194)과 보강 층들(182, 190 및 184, 186, 188)의 이격 간격은 수직 방향의 강성을 제공한다. 보강 층들(182, 184, 186, 188, 190, 192, 및 194)은 도시된 것처럼 평탄할 필요가 없고, 소정의 용도에 요구되는 전단 및 굴곡 강도를 제공하면서 제조의 편의에 따라 임의의 다른 형상으로 만곡되거나 형성될 수 있다.
- [0059] 본 발명의 양태를 이용하여 제조된 물품의 강성 및 굴곡 강도를 평가하기 위한 간단한 방법이 존재하여, 보강 층 또는 층들의 임의의 배열이 평가되고 최적의 배열이 선택될 수 있다. 방법은 빔들의 굽힘을 계산하기 위한 엔지니어링 교과서, 편의상 본 명세서에서 단순화되었지만 특히 문헌 [E. P. Popov, Mechanics of Materials, Second Edition, © 1976 by Prentice-Hall, Inc]에서 자주 발견되는 것을 기초로 한다. 단순화는 더 큰 안전 계수(safety factor)에 대해 강성과 강도를 약간 과소 평가하는 경향이 있어 보수적으로 잡는다(conservative).
- [0060] 설명 목적으로, 도 4에서 나타난 구조 부재의 단면을 도 5에 다시 나타낸다. 하중이 위에서부터 발생한 것으로 가정하여, 이 방향의 강성 및 굴곡 강도를 예측할 것이다. 임의의 다른 방향으로부터의 힘에 저항하는 강성 및 굴곡 강도에 대해, 단면은 힘의 방향을 다시 한번 상부에 위치시키면서 단순히 회전될 수 있다.
- [0061] 단면은 실제 크기 또는 그것의 일부 편리한 정수 분수(1/2, 1/5, 등) 또는 배수(2, 5, 등)로, 그래프 종이 상에 또는 보다 바람직하게는 CAD와 같은 디자인 어플리케이션을 실행하는 컴퓨터 스크린 상에 우선 그려진다. 이것은 예를 들어, 사진 또는 도 5a에 도시된 도면을 추적하고, 이어서 스케일(scale) 조정을 함으로써 그려진다.
- [0062] 이어서 둘러싼 고분자는 도면에서 "제거"된다(즉, 보수적으로(conservatively), 이 고분자가 기여할 수 있는 강도 또는 강성에 대한 어떠한 영향도 취하지 않는다). 제로 축(200)은 도 5b에 도시된 것처럼, 가장 편리하게는 바닥이지만 도면의 임의의 위치에 그려진다.
- [0063] 각각의 보강 층(여기에선, 182 내지 194)의 폭(W)과 제로 축으로부터의 각 보강 층의 거리(Y)가 측정되고, 실제의(측정되지 않음) 인치로 표시되고, 보강 층이 수평으로 배향되었는지 또는 수직으로 배향되었는지를 나타내는 "h" 또는 "v"와 함께, 예를 들어 스프레드시트에, 표 형식으로 기록되는데 그 이유는 분석의 나중 단계에서는 2가지가 다르게 처리될 수 있기 때문이다. 스프레드시트를 사용할 때, "h"는 간편하게 "0"으로, "v"는 "1"로 대체된다.
- [0064] 각 층에 대해, W와 Y가 같이 곱해진다. 폭들이 또한 합산되고, W와 Y의 곱들이 합산되고, 이어서 도 5c의 오른 쪽에 있는 표에서 나타난 것처럼, 이 곱의 합은 중립 축(216)의 위치를 제로 축(200) 위에서 찾기 위해 폭의 합으로 나누어진다:
- [0065]
$$Y' = \sum (W*Y) / \sum W$$
- [0066] 예를 들어, 중립 축(216)은 제로 축보다 0.482 인치 위에 위치한다. 이어서, 중립 축(216)을 나타내는 선이 도

면에 추가된다. 각 보강 층의 중립 축으로부터 거리($Y-Y'$)를 구하고, 제공한 후 폭을 곱한다:

$$(Y-Y')^2 * W$$

이 식은 전체 강성 및 굴곡 강도에 대한 각 층의 상대적 기여도를 나타낸다.

도 5c의 표에서 명백한 바와 같이, 중립 축으로부터 가장 먼 거리에 있는 층들은 불균일하게 기여하지만, 중립 축에 가까운 층들의 기여는 무시할 수 있을 정도로 작을 수 있다. 본 발명의 이러한 특성은 단섬유, 장섬유, 장섬유와 단섬유의 혼합물, 다른 종류의 섬유들의 혼합물을 사용할 때조차도, 더 큰 강성 및 굴곡 강도를 달성하기 위해 보강재의 배치가 변동될 수 있다는 점에서, 공지된 종래 기술에 비해 이점을 나타낸다. 또한, 보강 부재가 절단될 수 있기 때문에, 보강 부재의 단일 폭은 크로스-헤드 다이를 통한 단일 압출시에 몇몇 보강 층들을 제공할 수 있다.

오직 수직 보강 층들에 대해, 그것들의 강도가 중립 축으로부터의 어느 정도의 거리에 걸쳐서 분포되기 때문에 하나의 추가 단계가 필요하다. 이러한 층의 폭을 세제곱한 후 12로 나눈다. 이것을 구조 기술자들은 직사각형 빔의 관성 모멘트에 대한 공식 $I = bh^3/12$ (이의 기본 항(base term)이 삭제됨)으로 인식할 것인데, 그 이유는 보수적으로 그리고 간단하게, 모든 보강 층들을 본 명세서에서 단순 평면으로 취급하기 때문이다. 스프레드시트에서 "1"을 사용하는 것은 수직 보강 층을 나타내기 위해 이 추가 단계를 불러오지만, 수평 보강 층의 경우에는 "0"은 이 추가 단계가 생략되게 한다.

($Y-Y'$)² * W 항들의 모두, 그리고 오직 수직 층들에 대해 $W^3/12$ 항들이 합산되어 전체 관성 모멘트를 얻는다:

$$I_{total} = \sum (Y-Y')^2 * W + \sum_{vert} W^3/12$$

결과는 세제곱된 길이 단위로 주어진다. 분석된 실시예의 경우, 결과는 0.589 세제곱 인치이다. 관성 모멘트는 보통 길이의 4제곱의 치수로 표현된다. 본 명세서에서 이 차이점은 보강 층의 강도 및 탄성에 대해 인치 제곱당 파운드 대신에 폭의 인치당 파운드를 사용하기 때문이다.

구조 부재의 강성의 보수적 추정치(conservative estimate)는 폭의 인치당 파운드로 다시 표시된, I_{total} 에 강성 층 재료의 탄성 계수 E를 곱하여 구할 수 있다. 개시된 방법에 따라 제조된 샘플들의 경우, E는 인치 제곱당 약 550,000 파운드이다. 따라서, 0.08 인치의 전형적 두께는 폭의 인치당 44,000 파운드를 산출한다. 따라서, 방금 분석한 구조 부재의 강성은 $44,000 \text{ lbf/in} * 0.589 \text{ in}^3 = 25,916 \text{ in}^2 \text{ lbf}$ 로 보수적으로 추정되며, 이것이 대부분의 구조 계산에서 통상의 EI($I = \text{in}^4$ 단위의 관성 모멘트)를 대신한다.

예를 들어, 단부들에서 지지되는 중심-하중 빔(center-loaded beam)의 최대 처짐(deflection)(빔 자체의 중량은 무시함)은 일반적으로 다음으로 계산되고

$$V_{max} = PL^3/48EI$$

여기에서 P는 하중(파운드 단위)이고, L은 빔의 길이(인치 단위)이고, E와 I는 상기에서 정의한 바와 같다. P를 1파운드, L을 96 인치로 하고, EI를 $25,916 \text{ in}^2 \text{ lbf}$ 로 대체하면, 적정 값인 $1 * 64^3 / 25,916 = 0.711$ 인치와 동일한 처짐(deflection) V_{max} 가 산출된다.

유사하게, 빔의 굴곡(flexural) 강도 - 손상없이 빔이 지지할 수 있는 최대 굽힘 모멘트(bending moment) - 는 일반적으로 다음으로 나타내고

$$M_{max} = \sigma_{max} * I_{total} / C,$$

여기에서 σ_{max} 는 최대 허용가능한 응력(인치 제곱당 파운드 단위)이고, c는 중립축(216)으로부터 최대 거리 내력 요소(most distant load-bearing element)까지의 거리이다.

이 간단한 방법에서 σ_{max} 는 보강 층의 인장 강도 또는 압축 강도(폭의 인치당 파운드 단위)이다. 이것은 공지된 안전 계수(safety factor)를 제공하기 위해 바람직하게는 20%만큼 감소된다. $I_{[subtotal]}$ 은 도 5c에서 발견되고

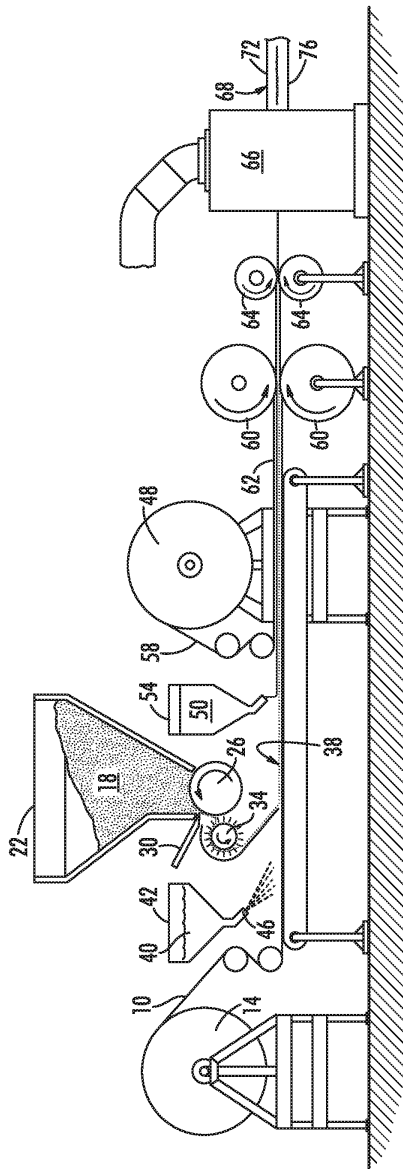
I를 대체한다. 개시된 방법에 따른 탄소-섬유-강화 PET에 대해 예상되는 σ_{max} 는 100,000 lb/in²이고, 이것은 두께 0.08 인치의 경우에는 폭의 인치당 6,400 파운드로 해석된다. 도 5의 실시예의 가장 먼 거리 Y-Y'는 0.438 인치이다. 다시 $I_{total} = 0.451 \text{ in}^3$ 를 사용하면, 허용가능한 굽힘 모멘트인 $6400 \text{ lbf/in} \times 0.589 \text{ in}^3 / 0.438 \text{ in} = 8606 \text{ 인치-파운드}$ 와 동일한 값 M_{max} 을 산출한다. 이것은 문설주와 같이 작은 강화 복합품에 대해 놀랍게도 높은 값 - 천연 목재에 대해 예상되는 값보다 상당히 높음 - 이지만, 시험 샘플들의 성능을 기준으로는 실현 가능하다.

[0082] 따라서, 공지된 선행 기술에 대한 개시된 조성물 및 방법의 이점은 명백해진다: 재료의 큰 경제성과 함께 실질적으로 임의의 원하는 강성 또는 굴곡 강도를 달성하기 위해, 복합품 또는 구조 부재 내의 배치를 평가하고 최적화하는, 스프레드시트를 통해 쉽게 구현되는 간단한 수학적식을 사용하여 가능한 보강 층 배치의 유연성이 다루기 쉽게 된다. 이 장점은 개시된 방법이 재활용된 재료들의 경우에 실행될 수 있다는 점에서 더욱 더 분명하다.

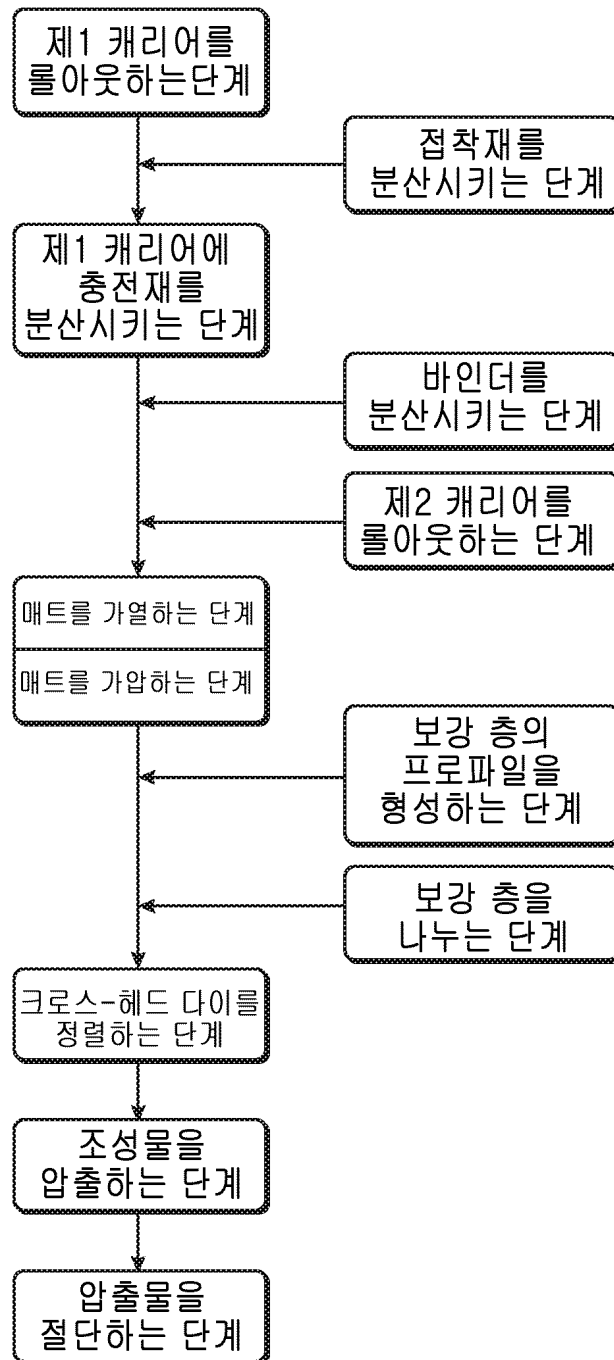
[0083] 본 명세서의 구성요소 또는 예시적인 양상 또는 실시형태(들)을 소개할 때, 관사("a", "an", "the" 및 "said")는 하나 이상의 요소가 있음을 의미하는 의도이다. 용어 "포함하는(comprising)", "포함하는(including)" 및 "갖는(having)"은 포괄적이고 나열된 요소들 외에 추가 요소들이 있을 수 있음을 의미한다. 이 명세서가 특정 실시형태에 관하여 설명되어있지만, 이 실시형태들의 세부사항은 제한된 것으로 해석되어서는 안된다.

도면

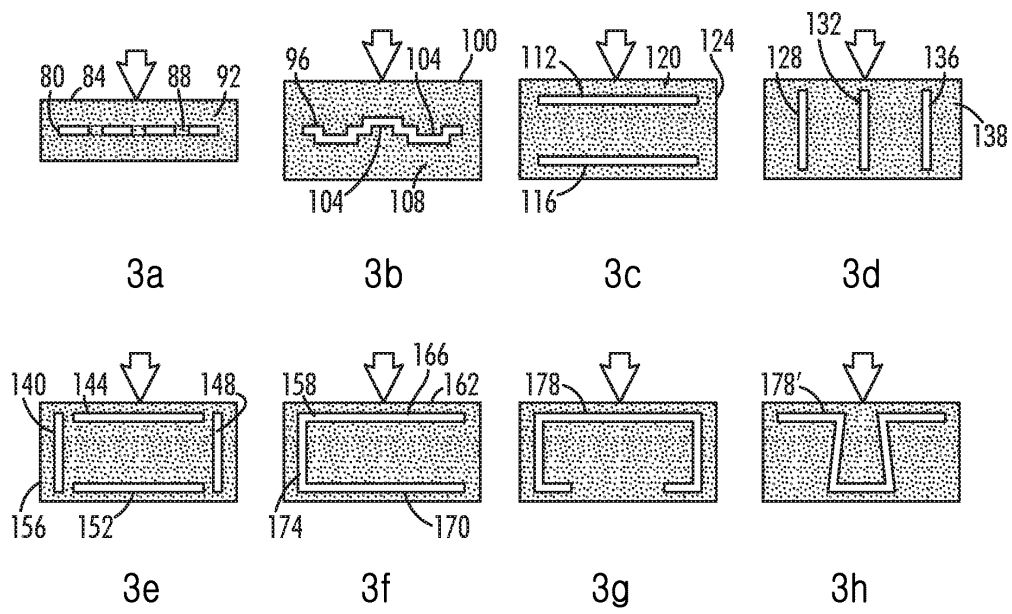
도면1



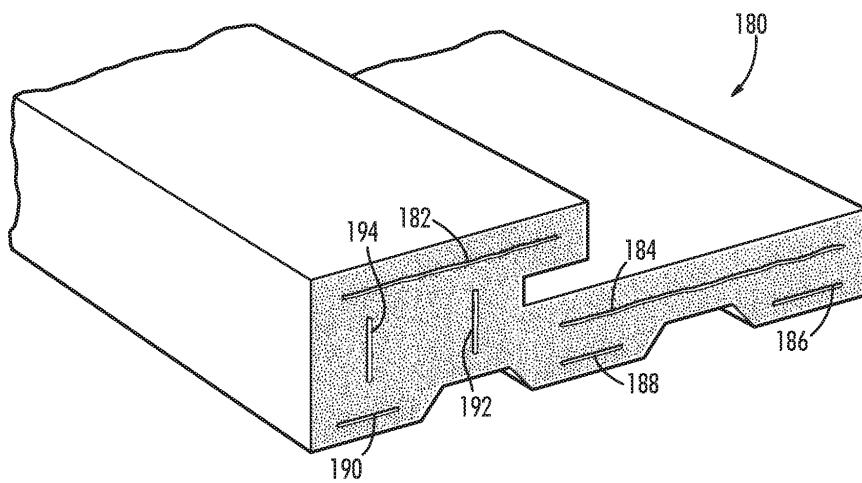
도면2



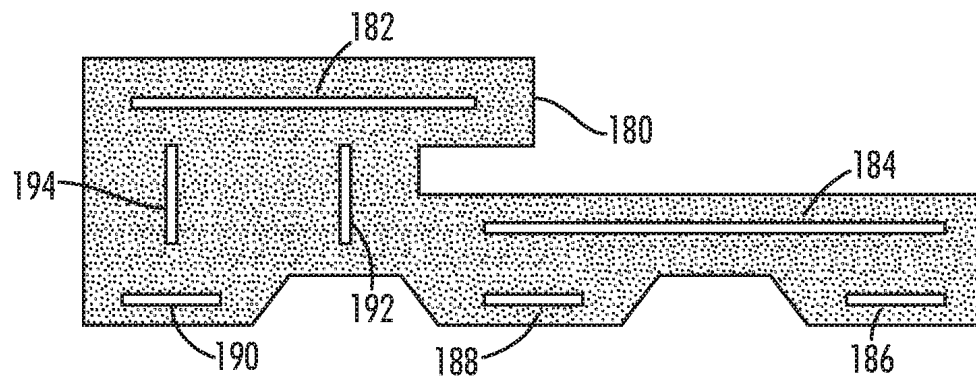
도면3



도면4



도면5a



도면 5b

