



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년03월31일  
(11) 등록번호 10-2788779  
(24) 등록일자 2025년03월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B32B 27/32 (2006.01) B32B 27/12 (2006.01)  
B32B 3/26 (2006.01) B32B 3/30 (2006.01)  
B32B 5/06 (2006.01) B32B 5/26 (2006.01)  
B32B 7/035 (2019.01) F41H 5/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
B32B 27/32 (2021.01)  
B32B 27/12 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-7035405

(22) 출원일자(국제) 2019년05월31일  
심사청구일자 2022년05월11일

(85) 번역문제출일자 2020년12월09일

(65) 공개번호 10-2021-0016544

(43) 공개일자 2021년02월16일

(86) 국제출원번호 PCT/US2019/034895

(87) 국제공개번호 WO 2019/236410

국제공개일자 2019년12월12일

(30) 우선권주장

16/000,937 2018년06월06일 미국(US)

16/353,381 2019년03월14일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US7964267 B1\*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 4 항

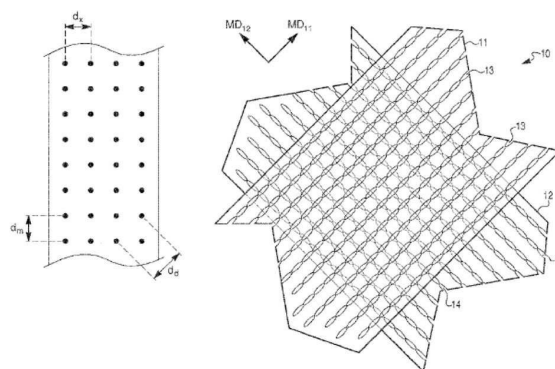
심사관 : 이지혜

(54) 발명의 명칭 정합성 폴리에틸렌 패브릭 및 이로부터 제조된 물품

(57) 요약

패브릭은 너비가 10 mm 이상이고 복수의 관통공이 있는 고연신 UHMWPE 비필라멘트 시트를 포함하며, 하나의 관통공은 다음 관통공으로부터 최소 1 mm의 거리만큼 분리되어 있다. 패브릭은 복수의 상기 시트를 추가로 포함할 수 있으며, 각각의 시트는 하나의 시트가 다른 시트의 상부에 있도록 적층되어 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

*B32B 27/327* (2013.01)  
*B32B 3/266* (2013.01)  
*B32B 3/30* (2013.01)  
*B32B 5/06* (2021.05)  
*B32B 5/26* (2021.05)  
*B32B 7/035* (2022.08)  
*F41H 5/0478* (2013.01)  
*B32B 2571/02* (2024.08)

(56) 선행기술조사문헌

US5580629 A\*  
US20100257997 A1\*  
W02017062718 A1\*  
US3719545 A\*  
US05580629 A\*  
US07964267 B1\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

너비가 10 mm 이상이고 복수의 관통공이 있는 고연신 UHMWPE 비필라멘트 시트를 포함하는 패브릭으로서, 각각의 관통공이 최소 1 mm의 거리만큼 서로 분리되어 있고,

복수의 관통공의 적어도 50%는 고연신 UHMWPE 비필라멘트 시트를 배향 방향에 수직으로 파단시키지 않으며, 초음파 변환기로 시험했을 때의 평균 음속이 2500 m/s보다 큰, 패브릭.

**청구항 2**

제1항의 복수의 UHMWPE 비필라멘트 시트를 포함하는 패브릭으로서, 각각의 UHMWPE 비필라멘트 시트는 하나의 시트가 다른 시트의 상부에 있도록 적층된, 패브릭.

**청구항 3**

제1항의 패브릭을 포함하는 물품.

**청구항 4**

제3항에 있어서, ASTM F2992/F2992M-15 시험 방법을 통해 생성된 내절단성 데이터로부터 ANSI/ISEA 105-2016에 정의된 분석에 의해 결정되는 내절단성 성능 수준이 A2 이상인 내절단성 물품인 물품.

**청구항 5**

삭제

**청구항 6**

삭제

**청구항 7**

삭제

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

삭제

**청구항 11**

삭제

**청구항 12**

삭제

**청구항 13**

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 내충격성 또는 내절단성 라미네이트에 사용하기에 적합한 배향 폴리에틸렌 시트의 패브릭에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 예를 들어 Weedon 등의 미국 특허 8,075,979에 기재된 바와 같은 초고분자량 폴리에틸렌 폴리머 시트는 방탄 물품의 구성요소로서 효과적인 것으로 알려져 있다. 동시에 두 방향으로 곡률이 있는 구성요소와 같이 매우 곡면진 구성요소에 사용될 경우, 잔주름, 찢어짐, 좌굴, 또는 영구적인 제한적 인장과 같은 시트 손상 경향이 있다. 따라서, 복잡한 형상에 사용하기에 손상 없이 용이하게 정합되는 개선된 폴리에틸렌 시트가 필요하다. 또한, 상기 개선된 폴리에틸렌 시트는 자체 지지되고 용이하게 취급될 수 있는 패브릭으로 공급될 필요가 있다.

[0003] Kobayashi의 미국 특허 5,578,373에는 분할 처리가 또한 적용되는 폴리에틸렌 연신 재료가 기재되어 있다. 이 발명에 따른 분할 폴리에틸렌 재료는 표면적이 넓고, 따라서 다른 재료에 쉽게 라미네이팅될 수 있고 높은 강도와 가요성을 갖는다. 이러한 분할 필름은 결합되어 자체 지지형 패브릭을 만들 수 있다. 그러나, 이 재료는 느슨하고 분할된 필름을 느슨하고 쉽게 풀어지는 상태에서 계속하여 취급해야 한다는 단점이 있다.

**발명의 내용**

[0004] 본 발명은, 너비가 10 mm 이상이고 복수의 관통공(impalement)이 있는 고연신 UHMWPE 비필라멘트 시트를 포함하되, 하나의 관통공이 다음 관통공으로부터 최소 1 mm의 거리만큼 분리되어 있는 패브릭에 관한 것이다.

**도면의 간단한 설명**

[0005] 도 1a, 1b, 및 1c는 예시적 패브릭의 관통 패턴의 평면도를 도시한다.  
 도 2는 교차-합사(cross-plyed) 비섬유질 초고분자량 폴리에틸렌(UHMWPE) 패브릭의 단면을 도시한다.  
 도 3은 패브릭 드레이프성을 측정하는 데 사용되는 테스트 리그의 단부도이다.  
 도 4 내지 7은 본 발명의 패브릭의 현미경 이미지를 나타낸다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0006] 이 섹션에서 참조한 규격서의 출판일 및/또는 발행물은 다음과 같다.
- [0007] ASTM D7744-11은 2011년 9월에 출판되었다.
- [0008] ASTM D4440-07은 2007년 3월에 출판되었다.
- [0009] MIL-DTL-662F는 1997년 12월에 출판되었다.
- [0010] MIL-DTL-46593B는 2006년에 출판되었다.
- [0011] NIJ-0115.00은 2000년에 출판되었다.
- [0012] **패브릭**
- [0013] 일 구현예에서, 패브릭은 하나의 관통공이 다음 관통공으로부터 최소 1 mm의 거리만큼 분리된 복수의 관통공이 있는 하나의 고연신 UHMWPE 비필라멘트 시트를 포함한다. 바람직하게, 패브릭은 10 mm 이상의 너비를 갖는다. 더 바람직하게, 패브릭은 40 mm 이상의 너비를 갖는다. 훨씬 더 바람직하게, 패브릭은 100 mm 이상의 너비를 갖는다. 가장 바람직하게, 패브릭은 200 mm 이상의 너비를 갖는다.
- [0014] 다른 구현예에서, 패브릭은 복수의 고연신 UHMWPE 비필라멘트 적층 시트를 포함한다. 이러한 패브릭의 일 구현예에서, 스택의 각 시트는 하나의 시트의 연신 방향이 다음 시트의 연신 방향에 대해 오프셋되는 배향으로 배치된다. 바람직한 구현예에서, 스택의 각 시트는 하나의 시트의 연신 방향이 다음 시트의 연신 방향에 대해 직교하는 배향으로 배치된다. 이러한 패브릭의 또 다른 구현예에서, 스택의 각 시트는 다음 시트의 연신 방향에 대해 오프셋되지 않도록, 즉 모든 시트가 동일한 방향의 연신 방향을 갖도록 배치된다.
- [0015] 상기 패브릭에서, 시트의 관통공은 시트의 평면을 관통하는 슬릿(컷), 개구(hole), 또는 필라멘트일 수 있다. 바람직하게, 슬릿 또는 컷은, 제품을 필름의 연신 방향으로 파단시키지 않으면서 필름이 연신 방향에 평행하게 분리되도록 형성된다. 도 1a 및 1b는 두 가지 관통 배열 또는 패턴의 예를 나타낸다. 편의상, 상기 두 도면에서 관통공은 개구로 도시된다. 도 1b는 최상단 배향 필름의 연신 방향 아래 위치를 기준으로 일부 행의 관통공이 다른 행의 관통공에 대해 오프셋되어 있는 점에서 도 1a와 다르다.
- [0016] 관통공은 패브릭의 조립 중에 또는 후에 형성된다.
- [0017] 상기 패브릭에서, 하나의 관통공은 다음 관통공으로부터 최소 1, 2, 4, 6, 8, 또는 10 mm의 거리 'd'만큼 분리되어 있다. 이와 관련하여, 관통공의 인접 행은 서로에 대해 옆에 있는 관통공의 행을 의미한다. 도 1a 및 1b에서, 관통공 간격은 기계 방향(machine direction)에서의 관통공 사이의 간격( $d_m$ ), 횡 방향(cross direction)에서의 관통공 사이의 간격( $d_c$ ), 또는 대각선 방향에서의 관통공 사이의 간격( $d_d$ ) 중 가장 작은 것일 수 있다. 기계 방향(MD)은 잘 알려진 용어로서, 기계에서 물이 성형되는 방향이다. 일부 구현예에서, 하나의 행의 관통공은 인접 행의 관통공에 대해 오프셋될 수 있다. 하나의 관통공이 다음 관통공으로부터 최소 1, 2, 4, 6, 8, 또는 10 mm의 거리만큼 분리되어 있는 무작위 관통 배열도 예상할 수 있다.
- [0018] 일부 구현예에서, 복수의 관통공의 적어도 10%, 30%, 50%, 또는 70%는 패브릭을 완전 관통하지 않는다. 바람직하게, 복수의 관통공의 100%는 패브릭을 완전 관통하지 않는다.
- [0019] 다른 구현예에서, 상기 패브릭은 UHMWPE 시트 또는 시트들에 인접한 비-UHMWPE 폴리머 필름, 부직 시트, 직조 패브릭, 또는 접착제를 포함할 수 있다.
- [0020] 나일론 또는 폴리에스테르와 같은 임의의 적합한 필라멘트 재료가 시트 또는 시트 스택의 평면을 관통하는 데 사용될 수 있다. 일부 구현예에서, 이러한 필라멘트는 시트 또는 시트 스택의 평면에 대해 70 내지 90도의 각도로 시트 또는 시트 스택의 평면을 관통한다.
- [0021] 패브릭이 복수의 시트를 포함하는 경우, 패브릭의 시트의 관통은 시트가 스택으로 조립된 후에 수행되는 것이 바람직하다. 그러나, 각각의 개별 시트가 관통된 후 스택 형태로 조립될 수도 있다.
- [0022] 일부 구현예에서, 패브릭은 복수(바람직하게는 2개 또는 4개)의 시트를 포함하고, 시트 사이에 위치하는 10 gsm의 최대 면적 중량을 갖는 접합 접착제를 선택적으로 포함한다. 일부 구현예에서, 접착 레이어의 중량은 8 gsm 미만 또는 심지어 4 gsm 미만이다.

- [0023] 다른 구현예에서, 선택적 접착제는 스크립(scrim) 또는 부직 패브릭일 수 있는 직물(textile) 레이어를 추가로 포함한다.
- [0024] 예시적인 패브릭이 도 1c에서 10으로 도시된다. 이 패브릭은 관통공(13 및 14)이 각각 연신 방향 MD<sub>11</sub> 및 MD<sub>12</sub>로 배향되도록 배열된 2개의 레이어(11 및 12)를 포함한다. 또한, 레이어 11은 그 연신 방향이 레이어 12의 연신 방향에 직교하도록 배열된다.
- [0025] 다른 예시적인 패브릭이 도 2에서 20으로 도시되며, 이는 UHMWPE 배향 시트(21 및 22)의 2개의 시트 및 2개의 접착 레이어(23)를 포함한다. 하나의 시트(21)의 배향 방향은 다른 시트(22)의 배향 방향에 대해 오프셋된다. 바람직하게, 2개의 배향 시트 레이어(21 및 22)는 실질적으로 서로 직교하는 배향을 갖는다. "실질적으로 직교하는"이란 2개의 시트가 서로에 대해 90 +/- 15도의 각도로 배치됨을 의미한다. 이것을 때로는 0/90 배열이라고 한다.
- [0026] 2개의 접착 레이어(23)는 도 2에 도시된 바와 같이 배치된다. 상기 패브릭(20)은 2개의 시트과 2개의 접착 레이어를 포함한다. 시트는 0/90/0/90 배열에서와 같이 2개보다 많은 시트 또는 2개보다 많은 접착 레이어를 포함할 수 있다.
- [0027] 접착제가 없거나 소수의 접착 레이어만 있는 구조도 예상된다.
- [0028] 내마모성 폴리머 시트에 라미네이팅된 구조와 같이 외측에 접착제가 없는 구조도 예상된다.
- [0029] 본원에 기재된 패브릭은, 약 0.2 m 초과이고 1.6 m 이하 또는 초과인 너비로의 제조를 위해 특별히 설계된 대형 상용 장비에서 제조될 수 있는, 직사각형 단면과 매끄러운 에지를 갖는 재료의 얇은 부분을 지칭하고자 한다.
- [0030] 폴리에틸렌 시트
- [0031] 본 개시 내용의 문맥에서, 시트, 필름, 또는 단일레이어라는 용어들은 상호교환 가능하다. 시트는 필라멘트가 아니며 배향성이 높다.
- [0032] 이러한 고배향 시트의 관통은 각 레이어의 배향 방향에 평행한 긴 찢긴 부위를 생성하여, 단절되거나 실질적으로 단절된 요소를 생성한다. 생성된 패브릭은 면내 전단에서 실질적으로 변형될 수 있다. 시트가 고도로 연신(배향)되지 않은 경우, 예를 들어 시트가 기계 방향과 횡 방향 모두에서 비슷한 강도를 갖는 경우, 패브릭은 면내 전단하에 원하는 형상에 정합하지 않을 것이다.
- [0033] 바람직하게, 시트는 1.3 N/tex(15 gpd) 이상의 강도(tenacity)를 갖는다.
- [0034] 본원에 사용된 용어 "시트"는, 대체로 직사각형인 단면의 너비가 10 mm 이상 또는 12.5 mm 이상, 바람직하게는 20 mm 초과, 보다 바람직하게는 30 mm 초과, 또는 보다 바람직하게는 40 mm 초과, 또는 심지어 100 mm 초과 정도이고 에지가 매끄러운 초고분자량 폴리에틸렌(UHMWPE) 시트 제품을 의미하며, 너비가 3 mm 이하 정도인 "섬유질" UHMWPE 제품과 구별하기 위해 특별히 사용된다. 본 발명의 대표적인 UHMWPE 시트는 최소 압력에서 캘리퍼로 측정시 약 25 mm 이상의 너비, 0.02 mm 내지 0.102 mm, 바람직하게는 0.02 내지 0.06 mm, 보다 바람직하게는 0.027 내지 0.058 mm의 두께를 가지며, ASTM D7744-11에서 "M1"으로 정의된 약 100 N/Tex 이상, 바람직하게는 약 115 또는 120 N/Tex 이상, 보다 바람직하게는 약 140 N/Tex 이상, 가장 바람직하게는 약 160 N/Tex 이상의 제1 탄성률을 갖는다. 일부 구현예에서, 시트는, 너비가 두께와 실질적으로 유사한 섬유질 UHMWPE와 달리, 매우 높은 너비 대 두께 비를 갖는다. 본 발명에 따른 UHMWPE 시트는, 예를 들어 25.4 mm의 너비와 0.0635 mm의 두께를 포함할 수 있고, 이는 400:1의 너비 대 두께 비를 나타낸다. 시트는 약 660 Tex 내지 약 1100 Tex 이상의 선 밀도로 제조될 수 있다. 고탄성률 폴리에틸렌 시트의 너비에 대한 이론적 제한은 없고, 너비는 가공 장비의 크기에 의해서만 제한된다.
- [0035] 본원에 사용된 용어 "UHMWPE" 또는 "UHMWPE 분말"은 본 발명의 시트를 제조하는 공정에 사용되는 폴리머를 의미한다. UHMWPE 분말은 시차 주사 열량계(DSC)로 측정시 바람직하게 75% 이상, 보다 바람직하게는 76% 이상의 결정화도를 갖는다. 폴리머는 또한, DSC로 측정시 220 줄/그램보다 큰 비용해열(specific heat of fusion)을 갖는다. 폴리머의 분자량은 1,000,000 이상, 더 바람직하게는 2,000,000 이상이고, 가장 바람직하게는 4,000,000보다 크다. 일부 구현예에서, 분자량은 2~8백만 또는 심지어 3~7백만이다. 공정 중에, 폴리머는 DSC로 측정되는 용융 개시점보다 1°C 초과로 높은 온도에는 노출되지 않는 것이 바람직하고, 바람직하게는 압연 시트의 형성 중에 용융 개시점 미만으로 유지된다. 바람직하게, 결정 구조는 낮은 교락도를 갖는다. 낮은 교락도는 압연 및 연신 중에 폴리머 입자를 본 발명의 고탄성률을 얻는 데 필요한 높은 총 연신율로 신장될 수 있게 한다. 본 발명

의 매우 높은 탄성률의 테이프를 얻기 위해 Ticona Engineering Polymers의 GUR-168과 Mitsui Chemicals의 540RU 또는 730MU와 같은 시판되는 폴리머를 사용할 수 있다. 이들 폴리머는 모두 135.5 내지 137°C의 용융 개시점을 갖는다. 본원에 사용된 낮은 교락도는, 본 발명의 UHMWPE 테이프에 사용된 폴리머 결정 구조가 당김 또는 신장 중에 높은 연신율로 용이하게 늘어날 수 있음을 의미한다. 매우 얽힌 결정 구조를 갖는 폴리머는 손상 없이 결과적으로 특성의 손실 없이 용이하게 늘어날 수 없으며, 비정질 함량이 높은(높은 결정화도가 결여된) 폴리머는 요구되는 특성을 나타낼 수 없다. 많은 부류의 UHMWPE 폴리머는 비정질성이 높고 결정화도가 낮다. 결정화도(%)는 시차 주사 열량계(DSC)를 사용하여 측정될 수 있다.

[0036] 본 발명에 따른 고탄성률의 UHMWPE 시트의 제조는 본원에 기술된 바와 같이 두 파트로 수행되거나, 단일 공정 단계로 수행될 수 있다. 바람직하게, 높고 효율적인 처리량을 제공하기 위해, 본 발명은 후속 연신 공정과 결합된 직접 압연 공정을 포함한다. 이러한 연신 공정을 때로는 배향 공정이라고 한다. 본 명세서에서, 용어 "총 연신" 또는 "총 연신율"은 원래 폴리머 입자의 총 신장량을 의미한다. 신장은 압연과 연신의 두 단계에서 일어나며, 총 연신은 압연에서의 신장률과 연신 중의 신장률의 곱과 같다. 연신은 다단계로 수행될 수 있으며, 이 경우 총 연신은 압연 연신과 각각의 개별 연신 단계의 곱이다. 제1 연신 또는 압연 단계는 폴리머 입자를 신장시켜 압연 시트를 형성하는 것을 수반한다. 압연 중의 신장 또는 연신량은 압연 후 폴리머 입자의 길이를 압연 전의 입자 크기로 나눈 값이다. 2배로 신장된 입자를 갖는 시트 또는 웹은 2배 연신된 것으로 간주된다. 고탄성률 용도에 적합한 상당히 강한 최종 시트를 제조하기 위해, 압연 시트의 연신량은 4 내지 12배이며, 압연에서의 가장 바람직한 연신량은 5 내지 11배, 또는 심지어 7 내지 11배이다. 따라서, 이는 가장 바람직하게 UHMWPE 입자가 압연 중에 원래 길이의 5 내지 11배로 신장되거나 길어짐을 의미한다. 11의 신장률을 갖는 압연 시트는 2의 신장률을 갖는 시트에 비해 훨씬 더 높은 배향도를 나타낸다. 예를 들어, 6의 신장률로 압연되고 연신 단계에서 20배 추가로 연신된 시트의 경우, 총 연신은 6x20 또는 120인 반면, 10의 신장률의 초기 압연 시트가 20배 연신되면 200의 총 연신을 갖는다. 압연 연신이 5 내지 9일 때 배향 시트의 일반적인 후연신 범위는 18 내지 25이다. 본 발명에 따른 고탄성률 UHMWPE 시트의 제조에 있어서, 일부 용도에 적합한 특성을 얻을 수 있지만, 총 연신율로도 알려진 총 연신은 바람직하게 100보다 높고, 폴리머 분자량, 결정화도, 및 결정 구조의 교락도에 따라 160 또는 180 또는 200 이상만큼 높을 수 있다. UHMWPE 시트의 배향성 및 탄성률은 총 연신 또는 연신율이 증가함에 따라 증가한다. 본원에 사용된 용어 "고배향" 또는 "고연신" 시트는 100 이상의 총 연신율로 연신된 폴리에틸렌 시트를 의미하며, 이는 테이프 내의 폴리머 입자가 단일 방향으로 원래 크기의 100배로 늘어났음을 의미한다. 본 발명에 따른 UHMWPE의 연신 중에, 길이, 재료 배향, 강도와 탄성률과 같은 물리적 인장 특성, 용해열, 및 용융 온도를 비롯한 여러 특성이 일반적으로 증가한다. 신장률, 두께 및 너비는 일반적으로 감소한다. 일부 구현예에서, 압연 연신은 130~136.5°C 또는 130~136°C 범위의 온도에서 수행된다. 바람직한 범위는 134~136°C이다.

[0037] 바람직하게, 시트는 60 g/m<sup>2</sup> 이하의 최대 면적 중량, 25 μm 내지 75 μm의 두께, 및 600 내지 950 kg/m<sup>3</sup>의 밀도를 갖는다. 다른 구현예에서, 시트의 최대 면적 중량은 50 g/m<sup>2</sup> 또는 35 g/m<sup>2</sup> 또는 30 g/m<sup>2</sup> 또는 25 g/m<sup>2</sup> 또는 20 g/m<sup>2</sup> 이하일 수 있다. 또 다른 구현예에서, 시트의 밀도는 600 내지 850 kg/m<sup>3</sup> 또는 600 내지 750 kg/m<sup>3</sup> 또는 600 내지 680 kg/m<sup>3</sup>이다.

[0038] 원래의 시트를 영구 변형시키기에 충분한 압력하에서 제조 후 압축되는 경우, 시트의 밀도는 증가할 것이고, 시트가 충분히 높은 압력하에 있으면 궁극적으로 폴리에틸렌 결정의 밀도에 도달할 것이다. 고온에서 압축하면 시트 밀도는 더 증가할 것이다.

[0039] **접착제**

[0040] 도 2의 선택적 접착제(23)는 인접 시트를 서로 접합하기 위해 각각의 시트의 표면에 인접하여 배치된다. 바람직하게, 각각의 접착 레이어는 10 gsm 이하의 평량을 갖는다.

[0041] 적합한 접착제의 예는 우레탄, 폴리에틸렌, 폴리아미드, 에틸렌-옥텐 공중합체, 에틸렌 비닐 아세테이트 공중합체, 에틸렌 아크릴산 공중합체, 에틸렌/메타크릴산 공중합체 등의 에틸렌 공중합체, 이오노머, 메탈로센, 및 스티렌과 이소프렌의 블록 공중합체 또는 스티렌과 부타디엔의 블록 공중합체와 같은 열가소성 고무를 포함한다. 접착제는 압축 공정 중에 인접 시트들이 서로에 대해 미끄러지는 경향을 감소시키기 위해 요변제를 추가로 포함할 수 있다. 적합한 요변제는 형상이 수지상(대표적으로 DuPont™ Kevlar® 아라미드 섬유 펄프), 구형, 판형, 막대형인 것을 특징으로 할 수 있는 유기 입자, 또는 실리카 또는 삼수화알루미늄과 같은 무기 입자를 포함한다. 접착제는 색상, 내화성, 냄새, 생물 활성, 다양한 표면 에너지, 및 내마모성과 같은 기타 원하는 속

성을 생성하기 위해 나노물질 및 난연제와 같은 기타 기능성 첨가제를 추가로 포함할 수 있다.

[0042] 일부 구현예에서, 접착제는 시트, 페이스트, 또는 액체의 형태일 수 있고, 접착제는 스크립 또는 부직 패브릭일 수 있는 직물 레이어를 추가로 포함할 수 있다.

[0043] 물품

[0044] 상기 패브릭은 물품의 구성요소일 수 있으며, 예시적인 예는 방탄성 또는 내절단성 물품이다.

[0045] 물품에서 패브릭의 개수 또는 패브릭을 구성하는 시트의 개수는 최종 물품의 설계 요건에 따라 달라진다. 물품에서 패브릭 또는 패브릭들의 일반적인 중량은 0.1 내지 600 kg/m<sup>2</sup> 또는 1 내지 60 kg/m<sup>2</sup> 또는 심지어 1 내지 40 kg/m<sup>2</sup>의 범위이다. 일부 구현예에서, 물품은, 접착제가 유동성을 갖는 온도에서, 그러나 패브릭의 시트가 배향성과 이에 따른 기계적 강도를 잃는 온도보다는 낮은 온도에서 패브릭의 스택을 압축하여 형성된다. 일반적으로, 접착제는 라미네이트에서 폴리에틸렌 테이프와 접착제의 합산 중량의 15 중량% 이하를 차지한다.

[0046] 물품은 매트릭스 수지에 매립된 연속 필라멘트 섬유는 하나 이상의 레이어를 추가로 포함할 수 있다. 섬유는 직조 패브릭, 경사 또는 위사 삽입 편조 패브릭, 부직 패브릭, 또는 단방향 패브릭의 형태로 제공될 수 있으며, 이러한 용어는 직물 분야의 당업자에게 잘 알려져 있다.

[0047] "매트릭스 수지"는 섬유가 매립되거나 코팅된 실질적으로 균질한 수지 또는 폴리머 재료를 의미한다. 폴리머 수지는 열경화성 수지, 열가소성 수지, 또는 이 둘의 혼합물일 수 있다. 적합한 열경화성 수지는 PVB 페놀계, 에폭시, 폴리에스테르, 비닐 에스테르 등과 같은 페놀계를 포함한다. 적합한 열가소성 수지는 엘라스토머 블록 공중합체, 폴리비닐 부티랄, 폴리에틸렌 공중합체, 폴리이미드, 폴리우레탄, 폴리에스테르 등의 블렌드를 포함한다.

[0048] 물품의 일부 구현예에서, 복수의 관통공의 적어도 50%는 고연신 UHMWPE 비필라멘트 시트를 배향 방향에 수직으로 과단시키지 않는다.

[0049] 방탄성

[0050] 본 명세서의 문맥에서, 발사체 질량이 약 1.04 g이고 발사체 직경이 약 5.56 mm인 직원형 스틸 실린더(right circular steel cylinder)가 재료의 표면에 평행한 평탄 단부와 충돌했을 때 재료가 재료 면적 밀도로 정규화된 발사체 운동 에너지를 최대 15 J/(kg/m<sup>2</sup>) 이상 흡수할 수 있는 경우 이 재료는 "방탄성 또는 탄알 저항성"을 갖는 것으로 정의된다. 바람직하게, 관통된 패브릭은 기본 설정된 Sonisys OPUS-3D 초음파 변환기로 시험했을 때 2500 m/s 이상의 평균 음속을 갖는다. 평균 음속은 한 위치에서 10회(음속이 가장 빠른 두 방향에서 각각 5회) 측정된 값의 평균으로 정의된다.

[0051] 시험 방법

[0052] 시트 인장 특성

[0053] 시트 인장 특성은 ASTM D7744-11에 따라 측정되었다. 시트가 전체 너비에서 인장 시험하기에 부적절한 경우, 시트로부터 스트립을 제거하여 시편을 제조하였다. 스트립은 너비가 약 2-4 mm이고 기계 방향에 평행하였다. 시트의 에지를 찢은 후 약 1 mm 너비의 테이퍼 낸 스틸 스트립을 시트를 통해 가볍게 당겨, 찢긴 부위를 배향 방향에 평행하게 시트를 통해 전진시켜 스트립을 제거하였다. 손가락 사이에 스트립을 가볍게 통과시켜 에지에서 풀린 피브릴을 제거하였다. 시편에 Scotch® Magic™ 테이프(3M, 미네소타주 세인트폴)를 붙였다. 탄성률은 ASTM D7744에 정의된 M1으로서 측정된다.

[0054] 시트 치수 및 질량

[0055] 달리 언급되지 않는 한, 1 mm보다 큰 길이 치수는 정밀도 1 mm의 눈금자로 육안으로 측정되었다. 시트 두께는 정밀도 0.01 mm의 캘리퍼로 측정되었으며, 평탄면 사이에 시트를 접촉시키고 캘리퍼를 통해 시트를 손으로 자유롭게 당길 수 없는 최대 표시값을 두께로 간주하였다. 선 질량 및 밀도 측정을 위한 시트 스트립의 질량은 정밀도 0.001 g의 저울로 측정되었다.

[0056] 시트 선밀도 및 밀도

[0057] 시트 선밀도는 인장 시험 시편에 대해 전술한 방법을 이용해 스트립을 생성하고, 전술한 바와 같이 스트립의 길이 및 질량을 측정하고, 선밀도를 계산하여 산출되었다. 시트 밀도는 선밀도를 (전술한 바와 같이 측정된) 시트

두께와 시트 스트립 너비로 나누어 계산되었다. 시트 스트립 너비는 정밀도 0.01 mm의 캘리퍼로 측정되었으며, 시트 스트립 너비의 단면 치수를 가동성 캘리퍼 조(jaw)에 이동 방향과 평행하게 배치하고, 서서히 캘리퍼의 폭을 줄여, 시트가 캘리퍼 조 사이를 자유롭게 통과하지 않는 최대값을 너비로 간주하였다.

- [0058] 탄알 관통 성능: 패브릭 라미네이트의 방탄 시험은 표준 절차 MIL STD-662F(V50 Ballistic Test for Armor)에 따라 수행되었다. 라미네이트 타깃에 대해 단부에 충돌하는 1.04 그램의 오일 로드 스틸 소재 직원형 실린더를 사용해 시험을 수행하였다. 각각의 타깃에 0도의 경사도로 10발을 발사하여 각 실시예에 대해 하나의 물품을 시험하였다.
- [0059] 내절단성
- [0060] 내절단성은 ASTM F2992/F2992M-15에 따라 측정되었다.
- [0061] 실시예
- [0062] 하기 실시예들은 본 발명을 예시하기 위해 제공되며, 어떠한 방식으로든 본 발명을 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다. 달리 나타내지 않는 한, 모든 부 및 백분율은 중량 기준이다. 본 발명의 방법(들)에 따라 제조되는 실시예는 숫자로 표시된다. 대조예 또는 비교예는 문자로 표시된다.
- [0063] 스티치 접합 패브릭 구조
- [0064] 스티치 접합은 직물 분야에서 잘 알려진 용어로서, 패브릭 또는 시트를 통해 제공되거나 편직된 스티치로 섬유를 연결하는 기술이다. 이는 퀴팅으로도 알려져 있다.
- [0065] 고연신 UHMWPE(ASTM D7744-11에 의해 측정시 테니어당  $21.5 \pm 0.5$  그램중(gram-force)의 일반적인 연신 상태의 강도를 갖는 100회 이상 연신된, DuPont Safety & Construction(델라웨어주 월밍턴)의 Tensylon® 등급 HS)의 약 24 cm 너비의 시트를 관통시켜 본 발명의 실시예 1 내지 24 및 비교예 A 내지 C의 패브릭을 생성하였다. 시트의 선밀도는 약 108,000 테니어였다. 고연신 UHMWPE 시트를 분할하는 경향이 있지만 연신 방향에 수직으로 과단시키지 않는 종래의 바늘 허리가 매끄러운 가시 재봉 바늘을 사용하여 필름을 횡 방향으로 약 1.8 mm 너비( $d_x$ )의 열(course)로 관통시킨 후, 스티치 분당기를 사용하여 77-dtex/34-필라멘트의 질감 처리된 나일론을 동일한 공정에서 0-1/1-2 트리코 스티치 형태로 스티칭하였다. 트리코 스티치들은 기계 방향으로 약 2.5 mm 떨어져 있다. 모든 경우, 패브릭을 경량 폴리머 부직 스크림에 접합하여 패브릭을 안정화하고 취급을 개선하였다.
- [0066] 실시예 1
- [0067] Tensylon®의 고연신 UHMWPE 비슬릿형(non-slit) 시트 1개 및 공칭 30 gsm의 평량을 갖는 폴리에틸렌 가닥의 교차-합사 오픈 메쉬 패브릭(JX Nippon ANCI Inc(조지아주 케네소)의 CLAF)의 1개 레이어를 결합하여 전술한 바와 같은 패브릭을 제조하였다. 오픈 메쉬 패브릭은 소위 "기능면(technical face)" 상의 스티칭 안을 포획하기 위해 사용되었으며, 횡 방향으로 패브릭에 추가적인 안정성을 제공하였고, 이후 후속 성형을 위한 열가소성 소지으로도 사용될 수 있었다. "기능면"은 스티치 접합 패브릭 분야에서 이해되는 용어로서, 예를 들어 Wildeman의 미국 특허 9,049,974에 언급되어 있다. ASTM F2992/F2992M-15에 따라, 패브릭을 기계 방향에 수직인 내절단성에 대해 시험하였다. ANSI/ISEA 105-2016에 따라 평가된 시험 결과는 A2의 내절단성 성능 수준을 나타냈다.
- [0068] 실시예 2
- [0069] 오픈 메쉬 패브릭을 공칭 50 gsm 평량의 나일론 부직포로 대체한 것을 제외하고는 실시예 1과 같은 패브릭을 제조하였다.
- [0070] 실시예 3
- [0071] Tensylon® 시트의 2개 레이어를 포함하는 것과 패브릭 평량, 두께, 및 과단력을 증가시킨 것을 제외하고는 실시예 2와 같은 패브릭을 제조하였다. 2개의 Tensylon® 시트를 연신과 동일한 방향으로 정렬시켰다.
- [0072] 실시예 4
- [0073] Tensylon® 시트의 3개 레이어를 포함하는 것과 패브릭 평량, 두께, 및 과단력을 더욱 증가시킨 것을 제외하고는 실시예 2와 같은 패브릭을 제조하였다. Tensylon® 시트를 연신과 동일한 방향으로 정렬시켰다.
- [0074] 실시예 5
- [0075] Tensylon® 시트의 4개 레이어를 포함하는 것과 패브릭 평량, 두께, 및 과단력을 훨씬 더 증가시킨 것을 제외하

고는 실시예 2와 같은 패브릭을 제조하였다. Tensylon® 시트를 연신과 동일한 방향으로 정렬시켰다.

[0076] 실시예 6

[0077] Tensylon® 필름의 5개 레이어를 포함하는 것과 패브릭 평량, 두께, 및 과단력을 더욱 증가시킨 것을 제외하고는 실시예 2와 같은 패브릭을 제조하였다. Tensylon® 시트를 연신과 동일한 방향으로 정렬시켰다. ASTM F2992/F2992M-15에 따라, 패브릭을 기계 방향으로 수직인 내절단성에 대해 시험하였다. ANSI/ISEA 105-2016에 따라 평가된 시험 결과는 A3의 내절단성 성능 수준을 나타냈다.

[0078] 실시예 7

[0079] Tensylon® 필름의 7개 레이어를 포함하는 것과 패브릭 평량, 두께, 및 과단력을 더욱 증가시킨 것을 제외하고는 실시예 2와 같은 패브릭을 제조하였다. Tensylon® 시트를 연신과 동일한 방향으로 정렬시켰다.

[0080] 실시예 8

[0081] Tensylon® 시트를 패브릭의 기계 방향과 횡 방향으로 교번하여 연신 방향으로 배향시킨 것을 제외하고는 실시예 3과 같은 패브릭을 제조하였다. 이 패브릭은 여전히 정합성을 유지하면서 이축 강도와 강성의 균형을 이루었다.

[0082] 실시예 9

[0083] 패브릭 면에 가장 가까운 외측의 시트가 기계 방향으로 배향된, 기계 방향과 횡 방향으로 교번 배향된 총 9개의 초연신 UHMWPE 시트를 갖는 것을 제외하고는 실시예 2와 같은 패브릭을 제조하였다. 이 패브릭은 높은 이축 과단력과 강성을 제공했지만 여전히 정합성을 유지하였다.

[0084] 실시예 10

[0085] 고연신 UHMWPE 시트 레이어 사이, 및 UHMWPE 시트 레이어와 패브릭 면 사이에 폴리머 필름을 또한 포함한 것을 제외하고는 실시예 8과 같은 패브릭을 제조하였다. 폴리머 필름은 약 4 gsm의 평량을 갖는 DuPont™ Surlyn® 브랜드 이오노머였다. 이 패브릭은 높은 이축 과단력과 강성을 제공하지만 여전히 정합성을 유지한다. 또한, 이 패브릭은 열가소성 성형에 의해 고정된 형상을 가질 수 있다.

[0086] 실시예 11

[0087] 폴리머 필름을 6 gsm 평량의 폴리에틸렌 공중합체의 부직 스크림(Spunfab, Ltd.(오하이오주 쿼야호가 폴스)의 제품 코드 412DPF)으로 대체한 것을 제외하고는 실시예 10과 같은 패브릭을 제조하였다. 이 패브릭은 높은 이축 과단력과 강성을 제공하지만 여전히 정합성을 유지하였다. 또한, 이 패브릭은 열가소성 성형에 의해 고정된 형상을 가질 수 있다.

[0088] 실시예 12

[0089] Tensylon® 시트를 그대로 두고 실시예 6의 패브릭의 스티칭 안을 패브릭에서 조심스럽게 제거하였다. 시트는 각 시트 레이어의 인접 요소 사이에 리간드로 상호연결된 것으로 나타났다. 폴리에틸렌 시트의 요소들을 연결 리간드에서 수작업으로 분리한 후 ASTM D7744-11에 따라 강도에 대해 시험하였다. 그 결과 평균 강도는 데니어 당 21.3 그램중이었다. 이는 앞서 언급한 바와 같이, 패브릭 제조 전의 연신 상태에서 시험된 필름의 일반적인 강도 범위 내이다. 이는 본 발명이 매끄러운 측면을 가진 바늘을 사용하는 경우, 고연신되었지만 부정합성인 UHMWPE 시트의 유용한 보강 특성을 정합성 패브릭으로 효과적으로 변환시킬 수 있음을 증명한다.

[0090] 실시예 13

[0091] 실시예 6의 패브릭의 2개 레이어를 500 데니어 나일론 6,6 직조 패브릭 스타일 CTD500의 레이어 사이에 두고, 탄성 밴드로 나무 조각에 고정하고, 최대 체인 속도로 움직이는 체인톱과 맞물렸다. 나일론 패브릭의 최상단 레이어는 즉시 절단되었다. 그러나, 패브릭에서 분리된 패브릭의 최상단 레이어에 있는 고연신 UHMWPE 시트의 요소는 체인과 함께 드라이브 기어로 다시 이동한 후 즉시, 체인이 본 발명의 패브릭의 두 번째 레이어를 손상시킬 수 있기 전에, 체인톱 작동을 멈추게 하였다. 이는 패브릭이 체인톱에 대한 유용한 보호를 제공할 수 있음을 증명한다.

[0092] 실시예 14

[0093] 실시예 1 내지 11에 기재된 패브릭을 손으로 두 방향으로 변형시켰다. 이들은 모두 좌굴 없이 두 방향으로 동시

에 곡률을 수용할 수 있고, 지속적인 인장력 없이 변형 형상을 유지할 수 있음을 증명하였다. 이는 본 발명이 부정합성 재료로부터 정합성 패브릭을 생성할 수 있음을 보여준다.

[0094] 실시예 15

[0095] 실시예 10에 기재된 패브릭을 125°C의 온도와 35 bar의 압력에서 평행 스틸 압반 사이에서 가열한 다음, 가압하에 실온까지 냉각시킨 후 압력을 해제하였다. 패브릭은 접착 필름의 용융 및 후속 응고에 의해 단단해졌다. 이는 본 발명이 열과 압력에 의해 단단해질 수 있는 패브릭을 제조하는 데 사용될 수 있음을 보여준다.

[0096] 실시예 16

[0097] 실시예 2에 기재된 패브릭을 실온 경화성 에폭시 수지(West Marine의 West Systems Type 105)로 습윤시킨 후, 직각으로 구부러 경화시켰다. 패브릭은 단단해졌고 그 형상을 유지하였다. 이는 본 발명이 복잡한 곡면형 복합 물품의 보강을 가능하게 할 수 있음을 보여준다.

[0098] 실시예 17 및 비교예 A

[0099] 고연신 UHMWPE 필름(DuPont의 Tensylon® HS)으로 보강된 비교 패브릭인 비교예 A(DuPont의 Tensylon® HSB30A)와 함께, 상기 실시예 6 및 8에 기재된 패브릭(각각 일축 및 이축 보강 패브릭)의 공기 투과도를, 38 cm<sup>2</sup> 오리피스를 구비한 기본 설정된 TexTest FX-3300 측정 장치(TexTest AG, 스위스 슈베르첸바흐)를 이용해 ASTM D737-04에 따라 시험하였다. 본 발명의 패브릭의 실시예 6 및 8 모두의 여러 회 측정에 대한 평균 공기 흐름은 6.5 cm<sup>3</sup>/s/cm<sup>2</sup>이었다 종래 기술의 비교예의 경우 공기 흐름이 너무 낮아 측정할 수 없었다. 이는 본 발명이 유체 흐름을 허용할 수 있는 패브릭을 생성함으로써 비교 기술을 개선함을 보여준다. 이는 개인 편의에서의 공기 흐름, 및 복합재의 함침과 접합에서의 액체 흐름에 유용하다.

[0100] 실시예 18

[0101] Tensylon® 고연신 폴리에틸렌 시트의 5개 레이어 및 기능면 상의 CLAF 교차-합사 오픈 메쉬 패브릭의 레이어로 정합성 패브릭을 제조하였다. 필름을 횡 방향으로 약 1.8 mm 너비의 열로 관통시킨 후, 스티치 본딩기를 사용하여 77-dtex/34-필라멘트의 질감 처리된 나일론을 동일한 공정에서 0-1/1-2 트리코 스티치 형태로 스티칭하였다. ASTM F2992/F2992M-15에 따라, 패브릭을 기계 방향으로 수직인 내절단성에 대해 시험하였다. ANSI/ISEA 105-2016에 따라 평가된 시험 결과는 A3의 내절단성 성능 수준을 나타냈다.

[0102] 비교예 B

[0103] 고연신 폴리에틸렌 시트의 여러 레이어 대신, DuPont Teijin Films(버지니아주 호프웰)의 0.92 게이지(약 23 마이크로미터) 이축 연신, 용융 압출 폴리에스테르 필름을 포함시킨 것을 제외하고는 상기 실시예 18과 같은 패브릭을 제조하였다. 생성된 패브릭은, 필름을 관통하는 천공의 개구가 거의 단절된 개별 스트립을 생성하도록 일관되게 행을 이루며 찢어지는 대신 단절된 개구의 주기적 배열로 남았기 때문에, 전단 정합성이 없었다. 이 비교예는, 청구 발명이 단순히 용융 압출로 제조된 천공 시트가 아니라 고연신된 시트이므로, 제조 공정에서 원래 시트로부터 거의 단절된 평행한 스트립을 생성하기 위해 관통공의 개구가 인장 및/또는 전단하에 전과되어 연신 방향에 평행한 균열을 형성함을 보여준다. 이러한 특성은 용융 압출 필름에서는 실현 가능성이 없다.

[0104] 비교예 C

[0105] 고연신 폴리에틸렌 시트의 여러 레이어 대신, 적당히 일축 연신된 폴리에틸렌 시트(기계 방향으로 원래 길이의 약 6배 연장)의 단일 레이어를 사용한 것을 제외하고는 상기 실시예 18과 같은 패브릭을 제조하였다. 총 평량은 실시예 18과 유사했다. 약 7배의 일축 연신은 일반 필름 용융 압출에서 가능한 연신의 실제 상한에 가깝다.

[0106] 생성된 패브릭은, 필름을 관통하는 천공의 개구가 거의 단절된 개별 스트립을 생성하도록 일관되게 행을 이루며 찢어지는 대신 단절된 개구의 주기적 배열로 남았기 때문에, 전단 정합성이 없었다. 이 비교예는 청구 발명이 단순히 임의의 양의 일축 연신으로 제조된 천공 시트가 아님을 보여준다. 대신, 제조 공정에서 원래 시트로부터 거의 단절된 평행한 스트립을 생성하기 위해 본 발명은 시트에서 앞서 언급한 우선적인 균열 전파의 특별한 특성을 필요로 한다. 이러한 특성은 약 7배 이하의 연신율로 일축 연신된 시트에서는 실현 가능성이 없으며, 대신 보통 다단계로 수행되는 더 높은 연신을 필요로 한다.

[0107] 실시예 19

[0108] Tensylon® 고연신 폴리에틸렌 시트의 1개 레이어 및 파라-아리미드 섬유 코팅 부직포(DuPont™ Kevlar® 브

랜드 아라미드 섬유로 제조된 DuPont™ "Z11" 부직 패브릭)의 레이어로 정합성 패브릭을 제조하였다. 필름을 횡 방향으로 약 1.8 mm 너비의 열로 관통시킨 후, 스티치 본딩기를 사용하여 77-dtex/34-필라멘트의 질감 처리된 나일론을 동일한 공정에서 0-1/1-2 트리고 스티치 형태로 스티칭하였다. 이 실시예는 본 패브릭의 기능면 상의 교차-보강 요소가 추가 기능(이 경우, 파라-아라미드 부직포 고유의 내절단성, 인열 저항성, 및 열방호성)을 가질 수 있음을 보여준다.

[0109] 실시예 20

[0110] 패브릭이 A-B-A-B(A는 Tensylon® 시트이고, B는 Z11 파라-아라미드 부직포이며, 레이어 B는 패브릭의 기능면임) 순서의 4개의 레이어를 포함한 것을 제외하고는 실시예 19와 같은 정합성 패브릭을 제조하였다. 이 실시예는 본 발명의 패브릭이 패브릭의 평면에 섬유질 재료를 포함할 수도 있어 벌크, 내마모성, 및 인성과 같은 원하는 특성을 향상시킬 수 있음을 보여준다.

[0111] 실시예 21

[0112] 패브릭이 A-B-A-B-A-B(A는 Tensylon® 고연신 폴리에틸렌 시트이고, B는 Z11 파라-아라미드 부직포이며, 패브릭의 기능면 상에 B가 있음) 순서의 6개의 레이어를 가졌다는 것을 제외하고는 실시예 19와 같은 정합성 패브릭을 제조하였다. 이 실시예는 본 발명의 패브릭의 내부 레이어가 섬유질 재료로 이루어질 수 있음을 보여준다.

[0113] 실시예 22

[0114] 열 너비가 약 3.6 mm인 것을 제외하고는 실시예 18과 같은 정합성 패브릭을 제조하였다. 이 패브릭은 실시예 18에서 생성된 패브릭보다 변형에 더 강했지만, 두 방향으로 만곡된 형태로 변형되고, 제한없이 변형 형태를 유지한다. 이는 본 발명이 패브릭 강성(열이 넓을수록 증가)과 가요성 및 연신성(열이 좁을수록 증가) 사이의 절충을 허용할 수 있음을 보여준다. 이러한 절충은 약간의 정합성, 그러나 지오택스타일과 같은 의류에 필요한 것보다는 적은 정합성이 필요한 패브릭에 유용할 수 있다.

[0115] 실시예 23

[0116] 모두 기계 방향에 평행한 연신 방향으로 정렬된 5개의 고연신 UHMWPE 시트 및 약 30 gsm 평량의 CLAF 교차-합사 오픈 메쉬 패브릭의 1개 레이어를 포함하는 실시예 6의 스티치 접합 패브릭을 전술한 바와 같이 제조하였다. 교차-합사 CLAF 패브릭은, 기능면 상의 스티칭 안을 포획하고 횡 방향으로 패브릭에 추가적인 안정성을 제공하기 위해 사용되었다.

[0117] 실시예 24

[0118] 실시예 23에서 제조된 패브릭 두 조각을 고연신 UHMWPE 시트의 중앙면 법선이 역평행이 되도록 기능면을 접촉시켜 서로 수직으로 놓았다. 이 조립체를 121℃로 가열된 스틸 압반 사이에서 60 bar의 압력으로 가압한 후, 가압 하에 약 25℃까지 냉각시켰다. 그 결과 라미네이팅된 패브릭은 본 발명의 패브릭을 복합 패브릭 형태로 접합시켜 실시예 1의 교시를 확장시켰다. 고연신 UHMWPE 시트는 이축 배향되었으므로, 패브릭은 두 방향에서 유용한 인장 강도를 가졌다.

[0119] 관통에 의해 고연신 필름으로부터 정합성 패브릭을 형성하는 실시예

[0120] 바늘 직기(needle loom)를 통해 여러 레이어의 재료를 통과시켜 가시 바늘로 패브릭을 천공하고, 레이어의 요소를 제거하고, 재료의 하부 레이어를 천공하여 자체 지지형 패브릭을 형성함으로써 실시예 25 내지 47 및 비교예 D 내지 F의 패브릭을 제작하였다. 다음 실시예들의 패브릭은 제조 중 취급을 용이하게 하기 위해 약 30 gsm의 나일론 섬유 부직 기재를 하단 레이어로서 가졌다. 바늘 직기는 직물 업계에서 잘 알려진 기술이다.

[0121] 아래 실시예 34의 니들링된 패브릭의 현미경사진은 제곱 센티미터당 밀도가 약 30인 관통공의 무작위 패턴을 나타냈다. 실시예 25 내지 37은 모두 동일한 관통 조건을 사용하여 제조되었으므로, 이들 실시예 모두에서 유사한 관통 패턴이 예상된다. 개구 패턴의 무작위성이나 개구 밀도 어느 것도 본 발명을 제한하지 않는다. 종래의 교시와 달리, 무작위적이지 않은 개구 패턴이 일부 구현예에서 바람직할 수 있다.

[0122] 실시예 25

[0123] 약 24 cm의 너비와 약 108,000의 선밀도를 갖는 HS 등급의 DuPont™ Tensylon® 고연신 폴리에틸렌 시트의 단일 레이어를 전술한 바와 같은 나일론 부직 기재 상에 니들링하였다. 폴리에틸렌 시트의 요소를 Tensylon® 시트에서 분리하고 기재에 통과시켜 자체 지지형 연결 패브릭 구조를 생성하였다. 이는 본 발명의 구현예에서 고연신

폴리에틸렌 시트 자체를 사용하여 얇힌 패브릭의 교락을 생성할 수 있음을 보여준다. 이는 고연신 폴리에틸렌 시트의 강도, 강성, 및 낮은 마찰계수를 고려할 때 놀라운 결과이다. 생성된 패브릭은 정합성이 있었다.

[0124] 실시예 26

[0125] 폴리에스테르 섬유 안숨(battings)을 실시예 25에 사용된 것과 동일한 Tensylon® 시트 재료에 니들링한 후, 전술한 바와 같은 무작위 개구 패턴을 사용하여, 사전 교락된 파라-아라미드 부직포(DuPont™ Kevlar® Z11)에 니들링하였다. 생성된 패브릭은 정합성이 있었다.

[0126] 실시예 27

[0127] 폴리에스테르 섬유 안숨을 실시예 25에 사용된 것과 동일한 Tensylon® 시트 재료에 니들링한 후, 일부 바늘이 제거된 니들 보드에서 무작위 개구 패턴을 사용하여, 사전 교락된 파라-아라미드 부직포(DuPont™ Kevlar® Z11)에 니들링하여, 고연신 폴리에틸렌 시트가 손상되지 않은 기계 방향에 평행한 약 2 cm 너비의 스트립을 생성하였다. 폴리에스테르 부직포의 1개 레이어, 폴리에틸렌 시트 1개, 및 p-아라미드 부직포의 1개 레이어를 순서대로 포함하는 생성된 패브릭은 정합성이 있었지만, 실시예 26에서 생성된 패브릭보다는 덜 정합적이었다. 이는 립 스톱(rip stop) 패브릭과 같이 내하중성 또는 인열 저항성을 위한 주기적이고 크고 깨끗한(pristine) 요소를 필요로 하는 패브릭에 유용할 수 있다.

[0128] 실시예 28

[0129] 라인 간격  $d_x$ 가 약 4 cm 너비인 것을 제외하고는 실시예 27과 같은 패브릭을 생성하였다. 이는 본 발명이 스트립의 특정 너비에 제한받지 않음을 보여준다. 패브릭은 정합성이 있었다.

[0130] 실시예 29 내지 31

[0131] 폴리에스테르 섬유 안숨 대신, 52 mm 공칭 길이의 파라-아라미드 섬유(DuPont™ Kevlar®)의 느슨한 안숨을 Tensylon™ 고연신 폴리에틸렌 시트에 니들링한 후, 사전 교락된 파라-아라미드 부직포(DuPont™ Kevlar® Z11)에 니들링한 것을 제외하고는 실시예 26 내지 28의 패브릭과 같은 패브릭을 생성하였다. 이는 본 발명의 교락 섬유가 고연신 시트를 관통하는 섬유에서 고강도 및 추가 기능(이 경우, 고강도, 내절단성, 및 내열성)을 가질 수 있음을 보여준다. 이는 또한, 느슨한 섬유의 직접 혼입에 의해 본 발명의 패브릭이 형성될 수 있음을 보여준다. 패브릭은 정합성이 있었다.

[0132] 실시예 32

[0133] 10 cm 너비의 UHMWPE 테이프 필름(DSM Dyneema LLC(노스캐롤라이나주 그린빌)의 Dyneema BT10)으로 제조된 평직 168 gsm 패브릭의 2개 레이어를 제곱 센티미터당 약 32개의 관통공(개구)으로 나일론 부직 캐리어에 관통시켰다. 패브릭은 정합성이 있었다. 이는 본 발명의 고연신 시트 기계가 테이프 필름 형태로 슬릿 절단된 경우 직조 공정에 적합함을 보여준다.

[0134] 실시예 33

[0135] 개구 밀도를 제곱 센티미터당 약 60개의 개구로 증가시킨 것을 제외하고는 실시예 32와 같은 패브릭을 제조하였다. 이는 본 발명이 하나의 특정 개구 밀도로 제한되는 것이 아니라, 고연신 폴리에틸렌 필름이 매우 조밀한 천공 패턴도 견딜 수 있음을 보여준다. 패브릭은 정합성이 있었다.

[0136] 실시예 34

[0137] 선형 저밀도 폴리에틸렌 접착제(DuPont™ Tensylon® 스타일 HSB30A)로 라미네이팅된 고연신 폴리에틸렌 시트의 부직, 교차-합사, 라미네이팅된 패브릭을 제곱 센티미터당 약 30개의 본질적으로 무작위적인 패턴의 관통공으로 나일론 부직포에 니들링하였다. 라미네이팅된 패브릭은 정합성이 있었다.

[0138] 실시예 35

[0139] 실시예 33에서 생성된 패브릭의 고연신 폴리에틸렌 시트 구성요소를 포함하는 라미네이트를 나일론 부직포로부터 제거하였다. 이는 관통에 의해 투과성이 부여되는 경우 이들 실시예에서 가공을 용이하게 하기 위해 사용된 부직 기재가 본 발명의 필수 요건이 아님을 보여준다. 패브릭은 정합성이 있었다.

[0140] 실시예 36

[0141] 실시예 34에서 제조된 교차-합사, 라미네이팅된, 고연신 폴리에틸렌 시트의 천공된 패브릭을 실시예 17 및 비교

예 A에 기재된 바와 같이 공기 투과도에 대해 측정하였다. 평균 공기 투과도는  $6.5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ 이었다. 비교예 A를 고려하면, 이는 본 발명이 처음에 본질적으로 불투과성인 출발 물질로부터 투과성 패브릭을 생성할 수 있음을 보여준다.

[0142] 실시예 37

[0143] 실시예 35에서 제조된 교차-합사, 라미네이팅된, 고연신 폴리에틸렌 시트의 천공된 패브릭을 처음에 정사각형인 형상에서 비직각 평행사변형으로 손으로 전단 변형시켰다. 패브릭은 주름 발생 없이 손으로 쉽게 25도 전단 변형되었으며, 이는 고연신 폴리에틸렌 필름 레이어의 연신 방향의 배향이 처음에 90도에서 65도로 변함을 나타낸다. 이는 본 발명이 여러 방향으로 곡률이 있는 보강된 열가소성 구성요소를 주름 발생 없이 만드는 데 사용될 수 있음을 보여준다. 반면, 비교예 A는 손으로 비직각 평행사변형으로 전단 변형될 수 없었다.

[0144] 실시예 38 내지 40 및 비교예 D

[0145] DuPont™ Tensylon® HSB30A를 사용한 교차-합사, 라미네이팅된, 고연신 폴리에틸렌 시트의 천공된 패브릭을 바늘 직기를 이용해 실시예 35와 유사하게, 그러나 상이한 관통 밀도와 패턴으로 제조하였다. 예상되는 무작위 관통 배열을 생성하기 위해서 뿐만 아니라 직사각형 관통 배열을 생성함에 있어서도 바늘 직기의 배열에 특별한 주의를 기울였다.

[0146] 2 cm 너비의 교차-합사 패브릭의 스트립을 패브릭 롤의 긴 방향에 평행하거나 직교하는 스트립의 긴 방향으로 절단하였다. 스트립을 중력에 수직인 매끄러운 표면에 평평하게 올려놓고, 스트립의 초기 방향에 평행하지만 매끄러운 표면에서 54 mm 아래에 위치한 눈금자와 거리 'fd'에서 패브릭의 캔틸레버 부분의 팁이 닿을 때까지 표면의 예지에서 천천히 미끄러뜨렸다. 이는 도 3에 도시되어 있다. 각각의 패브릭의 각각의 방향에서, 패브릭의 각각의 면을 위로 하여, 여러 스트립을 측정하고, 캔틸레버 부분의 평균 길이를 기록하였다. 이는 패브릭 드레이프성의 척도이다. 드레이프성은 눈금자까지의 평균 캔틸레버 낙하 거리 'd'가 감소함에 따라 증가한다.

[0147] 천공된 패브릭의 45개 레이어의 샘플을 패브릭의 기계 방향 및 횡 방향에 평행하게  $22.8 \times 22.8 \text{ cm}^2$ 으로 절단하고, 204 bar의 압력에서 스틸 압반 사이에서 압축하였다. 접합을 방지하기 위해 플루오로폴리머 처리 유리섬유 이형 플라이를 스틸 압반과 샘플 사이에 배치하였다. 이어서, 압반을 110°C까지 20분 동안 가열한 다음, 40°C 미만까지 냉각시킨 후 압력을 해제하였다. 생성된 성형판을 고속 충돌에 의해 간신히 천공되는 평균 속도 ("V50")에 대해 시험하였다. 표 1은 관통공이 없는 동일한 재료의 대조예와 함께, 단일 레이어의 관통 밀도, 관통 패턴, 평균 캔틸레버 거리(드레이프성에 반비례), 및 압축 성형판의 V50을 나타낸다.

**표 1**

실시예 38 내지 40에 대한 드레이프성 및 방탄성 데이터

샘플	관통 패턴	관통 밀도 ( $\text{cm}^{-2}$ )	평균 캔틸레버 거리 (cm)	45-레이어 판의 면적 밀도 ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	45-레이어 판의 두께 (mm)	45-레이어 판의 V50 (m/s)	비흡수에너지 ( $\text{J}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$ )
비교예 D	없음	0	175	5.21	5.4	549	31.9
실시예 38	직사각형 배열	2.3	165	5.17	5.4	535	30.6
실시예 39	직사각형 배열	4.2	130	5.24	5.4	535	30.2
실시예 40	무작위	26.4	129	5.39	5.7	404	16.7

[0148]

[0149] 표 1은 현재 기술에 비해 약간 놀라운 결과를 보여준다. 니들펀칭 기술 분야의 당업자는 무작위 관통 패턴이 바람직하다고 가정할 것이다. 이에 대한 예는 바늘 직기에서 "바늘은 정렬되지 않은 배열로 배치된다"고 정의한 Hoechst Celanese의 Dictionary of Fiber & Textile Technology이다. 실시예 40을 실시예 39와 비교하면, 드레이프성을 크게 높이기 위해 무작위 관통 배열을 생성해야 한다는 기존의 통념은 필요하지 않은 것으로 보인다. 또한, 놀랍게도, 실시예 39와 40을 비교하면, 일부 구현예의 경우, 최종 사용 효과의 개선을 위해 규칙적인(여기서는 직사각형) 관통 배열이 기존 통념으로 허용되는 무작위 배열보다 바람직할 수 있는 것으로 보인다. 실시

예 38 및 39를 비교예 D와 비교하면, 본 발명은 종래 기술에 비해 적어도 대부분의 충격 보호 능력을 여전히 유지하는 향상된 드레이프성을 갖는 패브릭을 가능하게 하는 것으로 보인다.

[0150] 실시예 41 내지 43 및 비교예 E

[0151] 상기 실시예 38 내지 40에 따라 제조된 재료를 열성형기(Formech(위스콘신주 미들턴)의 모델 686)로 평가하였다. 610 mm x 610 mm 정사각형을 테이블에서 진공을 통해 진공을 뽑아 천공된 테이블 위에 고정된 후, 실리콘 고무가 있는 표면을 갖는 타원형 알루미늄 링으로 더 고정시켰다. 높이가 약 130 mm이고 주 반축(semi-axis)을 가로지르는 길이가 230 mm인 반타원형 알루미늄 형상의 플러그를 모두 실온(약 22°C)에서 샘플 재료에 밀어 넣어 복합 곡률을 갖도록 하였다. 비교로서, DuPont™ Tensylon® HA120의 관통되지 않은 필름으로 제조된 라미네이트의 단일 플라이에 대해 약 22°C 내지 100°C의 다양한 온도에서, 높은 온도가 패브릭을 복합 곡률에 충분히 정합할 수 있도록 연화시키기를 바라며, 동일한 시험을 수행하였다. 본 발명 실시예의 실온 샘플은 주름이 거의 또는 전혀 없는 복합 곡률에 정합할 수 있었으며, 주름의 양은 관통 밀도에 반비례하였다. 반면, 어느 온도에서도, 비교예의 패브릭은 상당히 주름졌다. 이는 레이돔 및 헬멧과 같은 유용한 형상의 중요한 복합 곡률 특성도 비교 재료의 패브릭에 내재된 주름으로 인한 결합이 거의 또는 전혀 없이 제조될 수 있음을 보여준다. 또한, 이러한 연신 성형 공정은 개별 레이어를 절단하고 다듬은 후, 강도 저하에 대한 효과를 대략적으로 균일하게 분배하도록 절단 및 다트를 정렬시킴으로써 비드레이핑(non-draping) 보강제로부터 복합 곡면부를 형성하는 제조 비용을 유리하게 절감한다.

[0152] 실시예 44 내지 47 및 비교예 F

[0153] DuPont™ Tensylon® HA120은 모든 시트를 에틸렌 공중합체 열가소성 접착제로 접합하여 하나의 시트의 최대 연신 방향이 인접 시트의 최대 연신 방향에 직교하도록 배치된 고연신 UHMWPE 시트의 4개 레이어로 제조된 부직 패브릭이다. 이 조립체를 전술한 장비를 이용해 매우 이중 만곡된 형상으로 열성형하였다. 패브릭은 61 cm<sup>2</sup>이었다. 비교예 F는 관통되지 않은 DuPont™ Tensylon® HA120이었다. 본 발명의 실시예 44 내지 47은, 상단 롤러가 스틸이고 규칙적인 직사각형 배열의 원뿔형 스파이크를 포함하고 하단 롤러에는 상단 롤러의 스파이크가 하단 롤러의 가장 넓은 직경을 통과할 수 있도록 하는 홈이 있는 롤러 세트를 통해 당겨진 DuPont™ Tensylon® HSB30A이었다. 상단 롤과 하단 롤이 동일한 속도로 회전하도록 2개의 기어가 체인으로 연결되었다. 롤 세트를 통해 패브릭을 당겨 한 번이 공칭 6.4 mm인 정사각형 천공 패턴을 생성하였다. 롤 중심 사이의 거리를 조정하여 원추형 바늘 구멍이 더 커지거나 작아지게 할 수 있었다. 일부 샘플은 롤러를 한 번 통과시키고 다른 샘플은 두 번 통과시켜, 2개의 중첩된 직사각형 개구 패턴을 생성하였다. 모든 개구 패턴은 고연신 필름의 배향 방향에 평행했다. 본 발명의 패브릭은 연결된 상태로 유지되었고, 파단이나 추가 손상에 대한 염려없이 쉽게 취급될 수 있었다. 개구 간격 및 개구 크기를 측정하고, 개구 형상을 광학 현미경으로 관찰하였다. 가시 바늘을 사용한 상기 이전의 실시예와 달리, 고연신 필름은 연신 방향에 수직으로 파단되지 않고, 대신 연신 방향에 평행하게만 파단되어, 관통 바늘 주위에서 렌즈 모양의 개구로 변위되었다.

[0154] 열성형 장치를 80°C의 공칭 온도로 가열하였다. 61 cm<sup>2</sup>의 패브릭 조각을 가열된 기계에서 15초 동안 컨디셔닝한 후, 플러그를 세 단계로 올려 패브릭을 열성형하였다. 성형된 패브릭을 완전히 성형된 형상으로 플러그 상에서 촬영하였다. 이어서, 디지털 이미지를 원 위에 중첩시키고, 원이 플러그의 에지를 덮을 때까지 이미지를 축소하거나 확대하여 모든 이미지를 동일한 치수로 조정하였다. 이어서, 열성형된 패브릭의 크라운 주위의 이미지에 타원을 중첩시키고, 주름을 포함하지 않고 가능한 한 크게 타원을 조정하였다. 따라서, 타원이 클수록 재료가 플러그의 이중 곡률에 더 쉽게 드레이프될 수 있었다. 주름이 없는 영역의 비율을 비교하여, 고연신 UHMWPE 필름을 포함하는 패브릭의 드레이프성을 다른 기술에 비해 개선하는 본 발명의 효과를 판단하였다. 결과를 표 2에 요약하였다.

표 2

재료	개구 크기 (mm)	롤러 관통 수	개구 밀도 (cm <sup>-2</sup> )	복제 샘플의 수	주름이 없는 가장 큰 타원의 상대적 평균 면적
비교예 F	없음	없음	0	1	1.0
실시예 44	0.6	1	2.5	1	1.5
실시예 45	1.3	1	2.5	2	1.9
실시예 46	0.6	2	5.0	2	1.9
실시예 47	1.3	2	5.0	2	2.3

[0155]

[0156] 정성적으로, 비교예 F는 정합 금속 다이에서의 후속 압축 성형에서 만져서 평평하게 퍼지지 않을 크고 깊은 주름이 있었다. 반면, 본 발명의 재료는 이후 성형되면 평평하게 퍼질 가능성이 더 큰 작은 주름이 있었다.

[0157] 이러한 결과는 본 발명이 고연신 UHMWPE 시트로 보강된 본질적으로 드레이프성이 없는 패브릭이 복잡한 형상으로 드레이프되는 능력을 유용하게 증가시킬 수 있음을 보여준다. 또한, 이러한 결과는 하중 지지 방향으로 시트를 파단시키지 않으면서 이러한 개선이 달성되어 강도 및 강성이 중요한 응용 분야에서의 유용성을 개선할 수 있음을 보여준다. 마지막으로, 이러한 결과는 개구 크기와 개구 밀도를 함께 제어함으로써 원하는 드레이프가 달성되어 설계 유연성을 가질 수 있음을 보여준다. 열성형 기술 분야의 당업자는 본 발명의 패브릭의 주름 발생이 성형 공정 중의 추가적인 제한을 통해 더욱 감소될 수 있음에 주목할 것이다.

[0158] 실시예 48과 49 및 비교예 G

[0159] 제조

[0160] 하나의 생산 로트에서 고연신 UHMWPE 필름을 이용해 기계 방향 및 횡 방향으로 보강된 시트 재료 DuPont™ Tensylon® HA120의 2개의 롤을, 둥근 단면의 테이퍼 바늘의 규칙적인 패턴을 라미네이트를 통해 백킹 롤에 밀어넣어 연속 공정으로 관통시켰다. 이 재료는 롤의 기계 방향 및 횡 방향에 평행하게 너비 20 cm 초과와 고연신 폴리에틸렌 필름으로 이축 보강된 라미네이트이다. 실시예 48과 실시예 49의 관통 패턴 및 밀도는 유사했지만, 바늘이 천공되는 정도는 실시예에 따라 달랐다. 실시예 48에서, 바늘은 라미네이트를 통해 백킹 롤에 깊이 관통되었다. 이로 인해 더 큰 잔류 개구가 생기고, 라미네이트의 고연신 폴리에틸렌 필름은 배향 방향에 수직으로 파단된다. 실시예 49에서, 바늘은 백킹 롤에 거의 접촉하지 않도록 설정되었다. 이로 인해 더 작은 잔류 개구가 생기고, 라미네이트의 고연신 폴리에틸렌 필름은 광학 현미경 또는 주사 전자 현미경으로 관찰시 배향 방향에 평행하게 분할되고 배향 방향에 수직으로 파단되지 않는다. 개구 패턴, 개구간 분리, 관통 밀도 등에 대한 정보를 표 3에 요약하였다.

[0161] 비교예 G는 제조된 상태로 사용된, 즉 천공되지 않은 DuPont™ Tensylon® HA120의 추가적인 샘플이었다.

[0162] 특성화

[0163] 기본 설정된 Sonisys OPUS-3D 초음파 변환기(Sonisys, 조지아주 아틀란타)를 이용해 샘플에 대한 라미네이트의 평면에서의 음속(소리의 속도)을 측정하였다. 평균 음속은 하나의 위치에서 10회(음속이 가장 빠른 두 방향(즉, 이들 샘플의 라미네이트 기계 방향에 평행한 방향 및 횡 방향에 평행한 방향)으로 각각 5회) 측정된 평균으로 정의되었다. 롤을 가로질러 그리고 롤 아래로 라미네이트의 양면에서 여러 평균 음속을 측정하고, 평균을 계산하였다.

[0164] 개구 패턴에 기초하여 관통 밀도 및 관통당 면적을 계산하였다. 바늘이 처음에 접촉한 면과 후면 모두의 현미경 사진으로 개구 직경을 측정하였으며, 개구가 사진을 찍은 면에 가장 가까운 필름의 배향 방향에 평행한 장축을 갖는 타원이라고 가정하고 여러 개구의 장축 및 단축을 측정하였다. 공극률은 개구의 면적을 관통당 면적으로 나눈 값으로 계산되었다. 공기 투과도는 Technidyne PROFILE/Plus 자동화 거칠기 및 공극률 측정 장치(Technidyne, 인디애나주 뉴올버니)를 이용해, TAPPI 시험 방법 T 460 om-16(Technical Association of the

Pulp and Paper Industry, 미국 조지아주 피치트리 코너스에 기재된 걸리(Gurley) 공기 저항으로 측정되었다.

[0165] 비교예 G의 평균 음속은 3045~3338 m/s의 범위이고 평균은 3192 m/s이었다. 실시예 48의 평균 음속은 2333~2718 m/s의 범위이고 평균은 2514 m/s이었다. 실시예 49의 평균 음속은 비교예와 겹치는 2806~3175 m/s의 범위이고 평균은 3023 m/s이었다. 이들 실시예에서의 음속의 감소는 면내 인장 하중이 전달되는 경로가 비교예 G보다 더 복잡하다는 것을 시사한다. 음속의 감소는 이후에 이러한 재료로 보강된 물품의 강성을 낮추고 탄알 충돌 관통 저항을 낮출 것으로 예상된다.

[0166] 실시예 48 및 49와 같은 이축 보강 라미네이트는 음속이 높은 방향으로부터 45도 방향의 연신에 대한 저항이 감소하면 주름 발생이 적거나 없는 이중 만곡된 형상으로 성형된다. 3.6 cm 너비의 스트립을 기계 방향 및 횡 방향에 대해 45도 방향으로 절단하고, 15.2 cm 게이지 길이로 테스트 프레임에 클램핑하고, 12.7 cm/분의 크로스헤드 속도로 당겨 분리하였다. 시험은 약 22°C 및 50%의 상대 습도에서 수행되었다. 여러 복제 샘플을 시험하고, 시편이 파단되기 전의 평균 최대 힘을 측정하여 시편 너비로 정규화하였다.

[0167] 소규모 탄알 내충격성 시험

[0168] 실시예 48, 실시예 49, 및 비교예 G 각각으로부터 단일 멀티레이어 샘플을 제조하였다. 샘플은 각각 한 번이 공칭 22.9 cm인 정사각형의 2 내지 4개 레이어였다. 레이어를 실온에서 약 0.03 bar의 압력까지 배기시키고, 이어서 여전히 배기된 상태로 약 204 bar의 압력 및 115°C의 압반 온도에서 30분 동안 강성의 평행한 압반 사이에서 압축 성형하고, 이어서 가압하에 30°C 미만의 압반 온도까지 냉각시킨 후, 진공을 해제하고 성형 압력을 해제하였다. 성형 중에, 한쪽 면이 1.6 mm 두께의 90 듀로미터 공칭 실리콘 고무 시트와 접촉하였다.

[0169] 이어서, 샘플을 둘레 주위로 강성 프레임에 장착하고, 가스 구동식 활강총(smooth bore gun)으로 추진되는 직원형 스틸 실린더를 각각 최대 8번 발사하여 명목상 평평하게 샘플에 충돌시켰다. 실린더는 질량이 1.04 g, 직경이 0.556 cm, 로크웰 C 스케일 경도가 30이었다. 가스 압력을 변화시켜 충돌 속도를 제어하였고, 속도는 천공을 보장하도록 선택되었다. 발사체 속도는 충돌 전 약 1 m 비행, 및 충돌 후 약 1 m 비행에서 측정되었다. 각 샘플에 대해 6 내지 8발을 발사하였다. 흡수된 비에너지(SEA)는 천공 전후의 실린더 운동 에너지의 차이를 패널 면적 밀도로 나눈 값으로 계산되었다. 결과는 고연신 UHMWPE 필름 보강재를 배향 방향에 수직으로 파단시키는 개구가 있는 실시예 48이 비교예 G보다 낮은 탄알 충돌 관통 저항을 제공한 반면, 필름을 배향 방향에 평행하게 단지 분할하는 개구가 있는 실시예 49는 비교예 G와 유사하거나 가능하게는 더 우수한 탄알 충돌 관통 저항을 제공했음을 시사하였다.

[0170] 대규모 방탄 시험

[0171] 상기 소규모 시험은 샘플의 레이어 수의 차이로 복잡하기 때문에 초기 관찰의 효과를 더 잘 정량화하기 위해 추가 시험을 수행하였다.

[0172] 천공되지 않은 Tensylon® HA120의 동일한 생산 로트의 비교 샘플과 함께, 각각의 롤로부터 강성 플레이트의 멀티레이어 샘플 3개를 제조하였다. 샘플은 각각 한 번이 공칭 22.9 cm인 정사각형의 22개 레이어였다. 레이어를 실온에서 약 0.03 bar의 압력까지 배기시키고, 이어서 여전히 배기된 상태로 약 204 bar의 압력 및 115°C의 압반 온도에서 30분 동안 강성의 평행한 압반 사이에서 압축 성형하고, 이어서 가압하에 30°C 미만의 압반 온도까지 냉각시킨 후, 진공을 해제하고 성형 압력을 해제하였다. 성형 중에, 한쪽 면이 1.6 mm 두께의 90 듀로미터 공칭 실리콘 고무 시트와 접촉하였다.

[0173] 이어서, 샘플을 둘레 주위로 강성 프레임에 장착하고, 가스 구동식 활강총(smooth bore gun)으로 추진되는 직원형 스틸 실린더를 각각 최대 8번 발사하여 명목상 평평하게 샘플에 충돌시켰다. 실린더는 질량이 1.04 g, 직경이 0.556 cm, 로크웰 C 스케일 경도가 30이었다. 실린더 충돌이 샘플에서 정지되는 것에서 샘플을 천공하는 것으로 전환되는 충돌 속도의 범위를 찾기 위해 가스 압력을 변화시켰다. 간신히 천공되는 평균 속도 또는 V50은 38 m/s까지의 범위에서 동일한 수의 정지 및 천공 충돌 속도의 평균으로 계산되었다. 흡수된 비에너지는 V50에서의 실린더 운동 에너지를 패널 면적 밀도로 나눈 값으로 계산되었다.

[0174] 결과 및 관찰

[0175] 얇은 초기 샘플 및 더 두꺼운 강성 샘플 모두의 개구 패턴, 샘플 치수, 및 방탄 성능을 표 3에 나타냈다. 이들 두 실시예 중에서 실시예 49가 바람직한 실시예이다.

표 3

를	비교예	실시에 48	실시에 49
개구 패턴	개구 없음	육각형, 주기적 배열	육각형, 주기적 배열
개구간 거리 (mm)	해당 없음	2.00	1.73
관통당 면적 (mm <sup>2</sup> )	해당 없음	3.46	2.99
관통 밀도 (cm <sup>-2</sup> )	해당 없음	28.9	33.4
관통된 면의 평균 개구 장축 (mm)	해당 없음	0.69	0.15
관통된 면의 평균 개구 단축 (mm)	해당 없음	0.42	0.10
관통된 면의 공극률 (%)	0	12.0%	0.4%
후면의 평균 개구 장축 (mm)	해당 없음	0.60	0.17
후면의 평균 개구 단축 (mm)	해당 없음	0.60	0.01
후면의 공극률 (%)	0	8.2%	0.4%
걸리 공기 저항 (초)	불투과성	4.6	시험 방법 범위 밖
평균 음속 (측정값의 평균) (m/s)	3045, 3338 (3192)	2407, 2586, 2718, 2524, 2333 (2514)	2806, 3207, 3175, 2966, 3009, 2975 (3023)
비교예 대비 평균 음속의 감소	1	-21%	-5%
배향 방향으로부터 45도 방향의 인장에서 평균 최대 힘 (N/cm)	77.4	측정되지 않음	62.4
소규모 방탄 시험			
멀티레이어 샘플로 압축 성형된 레이어의 수	4	4	3
공칭 충돌 속도 (m/s)	426	426	336
SEA (J-m <sup>2</sup> /kg)	27.0	12.5	31.8
대규모 방탄 시험			
강성 패널 면적 밀도 (kg/m <sup>2</sup> )	4.48	4.40	4.48
성형된 패널 V50 (m/s)	544	329	525
SEA (J-m <sup>2</sup> /kg)	34.3	12.8	32.0

[0176]

[0177]

실시에 48과 실시예 49 간의 탄알 충돌 관통에 대한 보호의 차이는 초기의 소규모 시험, 및 놀랍게도 대규모 시험과 일치한다. 둘 다에서, 실시예 48의 성능은 좋지 않은 반면 실시예 49의 성능은 비교예와 유사했지만, 투과성이 있다는 장점과 재료가 이후 주름이 적거나 없는 복잡한 형상으로 성형될 수 있다는 장점이 있었다. 놀랍게도, 실시예 49는 더 높은 천공 밀도를 가졌음에도 불구하고 실시예 48보다 탄알 충돌 관통 저항이 더 높았다.

[0178]

초기 접촉면 및 후면의 주사 전자 현미경(SEM) 이미지는 실시예 48에 대해 도 4 및 5로 각각 나타나고, 실시예 49에 대해 각각 도 6 및 7로 나타난다. 실시예 48에서, 개구는 배향 필름을 연신 방향에 수직으로 파단시켰다. 반면, 실시예 49에서, 개구는 더 작았고, 필름을 연신 방향에 수직으로 파단시키지 않았고, 대신 필름을 분할하기만 했다. 따라서, 본 발명의 재료가 정합성이 되고 높은 탄알 충돌 관통 저항을 유지하는 데에는 고연신 필름을 배향 방향에 수직으로 파단시키지 않는 개구가 바람직하다. 이들 도면에서, 도 4 및 6은 최상단 고연신 필름의 배향 방향이 수직인 반면, 도 5 및 7은 최상단 고연신 필름의 배향 방향이 수평이다.

[0179]

헬멧 제조

[0180]

종래 기술의 필름으로 보강된 재료는 비교예 F에 나타난 바와 같이 심한 주름 없이 공지의 심리스(seamless) 연신 성형 방법을 통해 헬멧으로 성형될 수 없다. 방탄 성능을 위해 폴리올레핀 필름으로 보강된 복합재를 성형하는 당업계에 알려진 방법(예컨대, J. J. Prifti *et al.*, "Hardened Tuned-Wall Plastic Radomes for Military Radars", US Army Materials and Mechanics Research Center Report Accession number ADA026146, 1976)에 의해 후속적으로 압축 성형되는 경우, 이러한 주름진 프리폼은 물에 비해 낮은 밀도를 나타낼 뿐만 아니라, 불규칙하고 일반적으로 불투명한 반투명성, 충격시 높은 음향 감쇠, 및 평평한 스택으로 압축 성형된 동일한 레이어 수의 재료의 방탄성보다 일반적으로 더 낮은 방탄성을 나타낸다. 당업자는 저밀도, 불규칙한 반투명성, 높은 음향 감쇠, 및 평평한 형상으로 성형된 동등한 재료보다 낮은 방탄성은 모두 바람직하지 않은 성형 품질 및 보호

와 일치한다는 것을 이해할 것이다.

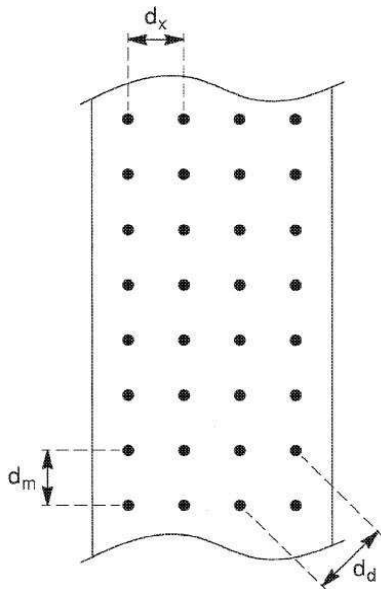
[0181] 반면, 실시예 49의 16개 레이어( $3.3 \text{ kg/m}^2$ 의 공칭 면적 밀도)로부터 연신 성형을 통해 헬멧 셸이 거의 주름이 없는 프리폼으로 이음매 없이 예비성형되었다. 압축 성형 후, 헬멧은 물에 가까운 밀도, 균일한 반투명성, 및 충격시 낮은 음향 감쇠를 나타냈다. 당업자는 이러한 특성이 우수한 성형 품질 및 보호 가치를 예측한다는 것을 이해할 것이다. 이어서, 셸을 클레이 헤드 형태에 장착하고 레밍턴(Remington) 9 mm 풀 메탈 재킷 8.2 그램 대 구경 탄환 5발을 발사했을 때 519 m/s의 최대 충돌 속도까지 천공에 견디었고, 이는 평평한 형상으로 성형되면 비교예의 16개 레이어가 견딜 것으로 예상되는 것보다 더 높다. 이는 헬멧과 같은 복잡한 곡면 형상의 고품질 고성능 방탄에서의 본 발명의 유용성을 보여준다.

[0182] 발명의 유용성

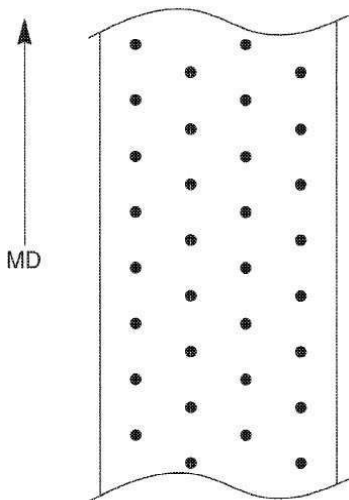
[0183] 본 발명은 체인톱 절단에 대한 보호 패브릭과 같은 다양한 용도에서 수지의 보강재로서, 방탄복 용품의 구성요소로서, 그리고 열가소성 파이프 및 케이블 외피용 보강재로서 유용성을 가질 수 있다.

**도면**

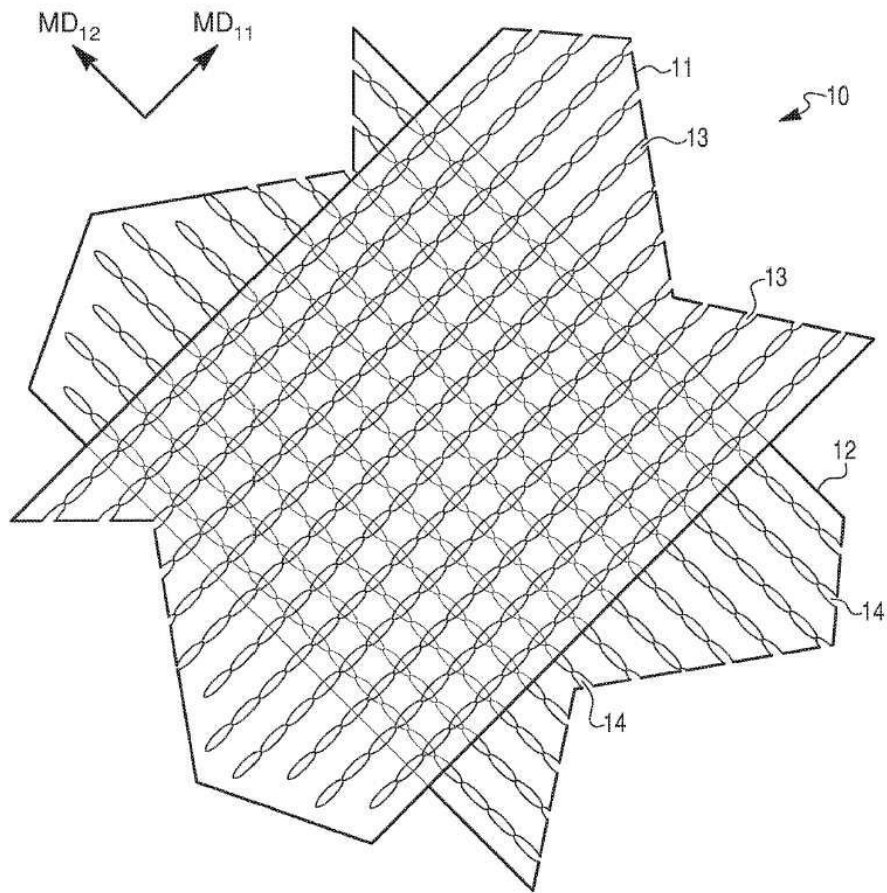
**도면1a**



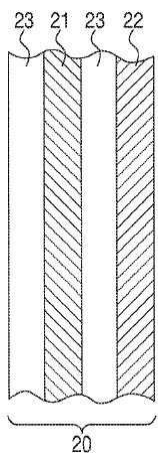
**도면1b**



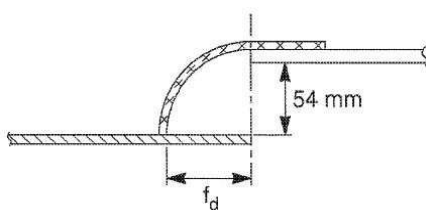
도면1c



도면2



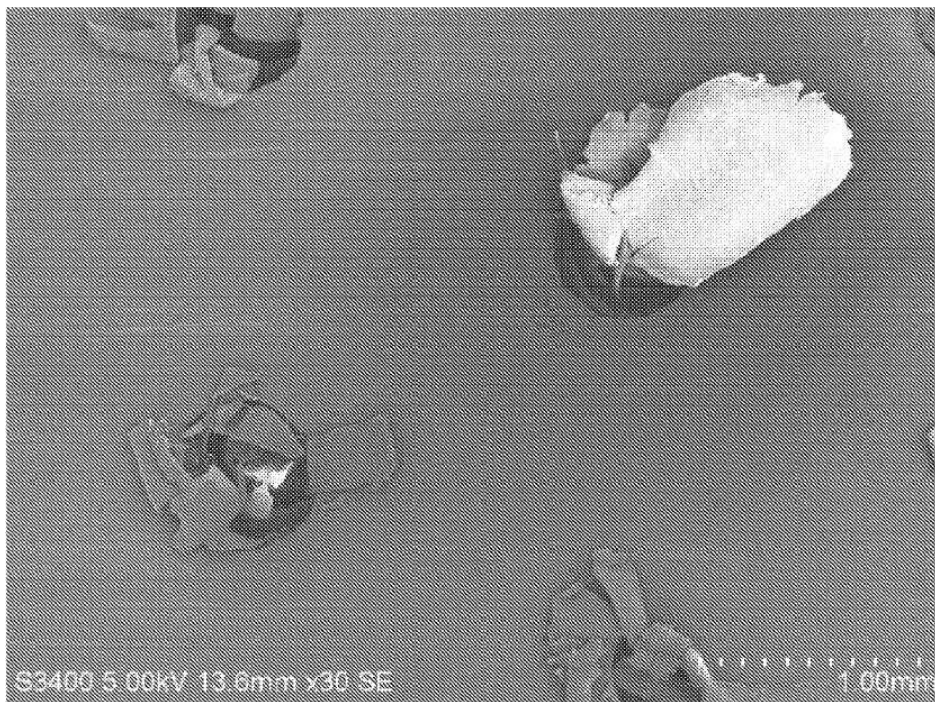
도면3



도면4



도면5



도면6



도면7

