



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0061495
 (43) 공개일자 2014년05월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 D06M 17/00 (2006.01) D06M 10/02 (2006.01)
 D06M 101/30 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2014-7008994
 (22) 출원일자(국제) 2012년08월31일
 심사청구일자 없음
 (85) 번역문제출일자 2014년04월04일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2012/053360
 (87) 국제공개번호 WO 2013/036448
 국제공개일자 2013년03월14일
 (30) 우선권주장
 13/594,747 2012년08월24일 미국(US)
 61/531,302 2011년09월06일 미국(US)

(71) 출원인
허니웰 인터내셔널 인코포레이티드
 미국 뉴저지 모리스타운 콜롬비아로드 101
 (72) 발명자
탐, 토마스 유-타이
 미국, 뉴저지 07962-2245, 모리스타운, 피.오.박
 스 2245, 콜롬비아 로드 101, 허니웰 인터내셔널
 인코포레이티드, 특허서비스 엠/에스 에이비/2비
워링, 브라이언
 미국, 뉴저지 07962-2245, 모리스타운, 피.오.박
 스 2245, 콜롬비아 로드 101, 허니웰 인터내셔널
 인코포레이티드, 특허서비스 엠/에스 에이비/2비
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
특허법인씨엔에스

전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **경성 구조 초고분자량 폴리에틸렌 단방향 UD 및 복합체 및 그 제조방법**

(57) 요약

향상된 내탄도 특성을 갖는 내탄도성 섬유 복합체의 제조방법이 제공된다. 보다 구체적으로, 저 복합체 팩페이 스 시그니처와 상관성이 있는 증진된 굽힘 특성을 갖는 내탄도성 섬유 복합체가 제공된다. 상기 복합체는 헬멧 방호물을 포함하는 강성 방호물품의 제조에 유용하다.

(72) 발명자

아디프, 헨리 제라드

미국, 뉴저지 07962-2245, 모리스타운, 피.오.박스 2245, 콜럼비아 로드 101, 허니웰 인터내셔널 인코포레이티드

그런든, 브래들리

미국, 뉴저지 07962-2245, 모리스타운, 피.오.박스 2245, 콜럼비아 로드 101, 허니웰 인터내셔널 인코포레이티드, 특허서비스 엠/에스 에이비/2비

영, 존 암스트롱

미국, 뉴저지 07962-2245, 모리스타운, 피.오.박스 2245, 콜럼비아 로드 101, 허니웰 인터내셔널 인코포레이티드, 특허서비스 엠/에스 에이비/2비

클라인, 랄프

미국, 뉴저지 07962-2245, 모리스타운, 피.오.박스 2245, 콜럼비아 로드 101, 허니웰 인터내셔널 인코포레이티드, 특허서비스 엠/에스 에이비/2비

허스트, 데이비드 에이.

미국, 뉴저지 07962-2245, 모리스타운, 피.오.박스 2245, 콜럼비아 로드 101, 허니웰 인터내셔널 인코포레이티드, 특허서비스 엠/에스 에이비/2비

아비드슨, 브라이언 듀엔

미국, 뉴저지 07962-2245, 모리스타운, 피.오.박스 2245, 콜럼비아 로드 101, 허니웰 인터내셔널 인코포레이티드, 특허서비스 엠/에스 에이비/2비

특허청구의 범위

청구항 1

복수의 인접한 섬유층을 포함하며, 각 섬유층은 중합 물질로 적어도 부분적으로 덮인 표면을 갖는 섬유들을 포함하며, 상기 섬유들은 중합 물질이 섬유 표면과 주로 직접 접촉되도록 주로 섬유 표면 마감재를 함유하지 않으며; 섬유 복합체는 섬유 표면과 중합 물질 사이에 이러한 섬유 표면 마감재가 존재하는 섬유 표면 마감재로 주로 덮인 섬유 표면을 갖는 이와 대등한 섬유 복합체의 항복 응력보다 더 큰 항복 응력을 갖는, 섬유 복합체.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복합체는 약 $1.51\text{lb}/\text{ft}^2$ ($7.32\text{kg}/\text{m}^2$) 이하의 면 밀도를 갖는 복합체에 대해 ASTM D790에 의한 측정시 적어도 7.50ksi ($\sim 51.71\text{MPa}$)의 항복 응력을 갖는, 섬유 복합체.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 복합체는 약 $1.51\text{lb}/\text{ft}^2$ ($7.32\text{kg}/\text{m}^2$) 이하의 면 밀도를 갖는 복합체에 대해 ASTM D790에 의한 측정시 적어도 약 9.0ksi ($\sim 62.05\text{MPa}$)의 항복 응력을 갖는, 섬유 복합체.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 복합체는 폴리에틸렌 섬유를 포함하는, 섬유 복합체.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 복합체는 컨솔리데이션된(consolidated) 복수의 교차-플라이된(cross-plyed), 단방향 섬유 플라이들을 포함하며, 상기 중합 물질은 적어도 하나의 열가소성 플라스틱 폴리머를 포함하는, 섬유 복합체.

청구항 6

제2항에 있어서,

복합체는 국방부 시험법 스탠다드 MIL-STD-662F에 따른 9mm 발사체에 대해 적어도 약 $1750\text{feet}/\text{sec}$ (fps) ($533.40\text{m}/\text{s}$)의 V_{50} 값을 갖는, 섬유 복합체.

청구항 7

제1항에 있어서,

섬유 표면은 중합 물질이 섬유 표면과 실질적으로 직접 접촉되도록 섬유 표면과 중합 물질 사이에 섬유 표면 마감재를 실질적으로 함유하지 않는, 섬유 복합체.

청구항 8

제1항에 있어서,

복합체는 국방부 시험법 스탠다드 MIL-STD-662F에 따른 9mm 발사체에 대해 적어도 약 1750feet/sec(fps)(533.40m/s)의 V_{50} 값을 갖는, 섬유 복합체.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 복합체는 약 427m/s 내지 약 445m/s(1430feet/second(fps)±30fps)의 속도로 발사되는, 124-그레인, 9mm FMJ RN 발사체와의 충돌시, 백페이스 시그니처를 2.0psf의 면 밀도를 갖는 복합체에 대해 측정시 약 8mm미만의 백페이스 시그니처를 갖는, 섬유 복합체.

청구항 10

제9항에 있어서,

복합체는 국방부 시험법 스탠다드 MIL-STD-662F에 따른 9mm 발사체에 대해 적어도 약 1750feet/sec(fps)(533.40m/s)의 V_{50} 값을 갖는, 섬유 복합체.

청구항 11

제9항에 있어서,

섬유 표면은 중합 물질이 섬유 표면과 실질적으로 직접 접촉되도록 섬유 표면과 중합 물질 사이에 섬유 표면 마감재를 실질적으로 함유하지 않는, 섬유 복합체.

청구항 12

섬유 복합체는 적어도 2개의 인접한 섬유층을 포함하며, 각 섬유층은 중합 물질로 적어도 부분적으로 덮인 표면을 갖는 섬유들을 포함하며, 상기 섬유들은 중합 물질이 섬유 표면과 주로 직접 접촉되도록 주로 섬유 표면 마감재를 함유하지 않으며; 섬유 복합체는 약 $1.51\text{lb/ft}^2(7.32\text{kg/m}^2)$ 이하의 면 밀도를 갖는 복합체에 대해 ASTM D790에 의한 측정시 적어도 7.50ksi(~51.71MPa)의 항복 응력을 가지며,

주로 섬유 표면 마감재를 함유하지 않는 표면을 갖는 복수의 중합 섬유들을 제공하는 단계; 선택적으로 섬유 표면을 처리하여 후속적으로 적용되는 중합 물질의 섬유 표면에 대한 섬유 표면 흡착성, 결합성 또는 접착성을 증진시키는 단계; 상기 섬유의 적어도 일부에 중합 물질을 적용하여 중합 물질을 섬유 표면에 또는 섬유 표면에 흡착, 결합 또는 접착시키는 단계; 상기 중합 물질을 상기 섬유들에 적용하기 전 또는 후에 상기 섬유로부터 복수의 섬유 플라이들을 제조하는 단계; 및 상기 복수의 섬유 플라이들을 컨솔리데이션하여 섬유 복합체를 제조하는 단계를 포함하는, 섬유 복합체 형성 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 선택적으로 섬유 표면을 처리하여 후속적으로 적용되는 중합 물질의 섬유 표면에 대한 섬유 표면 흡착성, 결합성 또는 접착성을 증진시키는 단계가 수행되는, 섬유 복합체 형성 방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

섬유 표면 처리는 플라즈마 처리 또는 코로나 처리를 포함하는, 섬유 복합체 형성 방법.

청구항 15

컨솔리데이션된 복수의 섬유층들을 포함하며, 각 섬유층들은 약 7g/데니어이상의 강인성 및 약 150g/데니어이상의 인장 모듈러스를 갖는 복수의 섬유들을 포함하며, 여기서 각 섬유층은 중합 바인더 물질로 적어도 부분적으로 함침되며, 상기 중합 바인더 물질은 실질적으로 상기 섬유들을 코팅하며, 그리고 상기 중합 바인더 물질은 각 섬유층의 약 7-20중량%로 포함되며; 패널은 약 1.51lb/ft²(7.32kg/m²)이하의 면 밀도를 갖는 복합체에 대해 ASTM D790에 의한 측정시 적어도 7.50ksi(~51.71MPa)의 항복 응력 및 국방부 시험법 스탠다드 MIL-STD-662F에 따른 9mm 발사체에 대해 적어도 약 1750feet/sec(fps)(533.40m/s)의 V₅₀ 값을 갖는, 복합체.

명세서

기술분야

[0001] 본 출원은 2011년 9월 6일에 제출된 동시-계류중인 미국 임시출원 일련번호 제 61/531,302호의 우선권을 주장하며, 이는 그 전체가 본 명세서에 참고문헌으로 편입된다.

[0002] 본 발명은 우수한 탄도 내관통 특성을 유지하면서 증진된 굽힘 특성을 갖는 내탄도성 섬유 복합체에 관한 것이다. 증진된 굽힘 특성은 저 복합 백페이스 시그니처(backface signature)와 관련되며, 이에 따라 그 복합체는 특히 현재의 미국 국립사법연구소(NIJ) 백페이스 시그니처 요건에 부합하는 헬멧을 포함하는 강성 방탄 물품의 생산에 유용하다.

배경기술

[0003] 고강도 합성 섬유를 포함하는 복합체로부터 제조된 내탄도성 물품이 잘 알려져 있다. 방탄 조끼, 헬멧, 자동차 패널 및 군사 장비의 구조 부재와 같은 물품은 전형적으로 SPECTRA® 폴리에틸렌 섬유 또는 Kevlar® 아라미드 섬유와 같은 고강도 섬유를 포함하는 패브릭(fabric)으로부터 제조된다. 조끼 또는 조끼의 일부와 같은 다수의 적용에 있어서, 섬유는 직물 또는 니트드 패브릭으로 사용될 수 있다. 다른 적용에 있어서, 섬유는 중합 매트릭스 물질에 캡슐화되거나 매립되고 부직포로 형성될 수 있다. 예를 들어, 미국 특허 제4,403,012호, 제4,457,985호, 제4,613,535호, 제4,623,574호, 제4,650,710호, 제4,737,402호, 제4,748,064호, 제5,552,208호, 제5,587,230호, 제6,642,159호, 제6,841,492호, 제6,846,758호에는 확장된 사슬 초고분자량 폴리에틸렌 ("UHMWPE")과 같은 물질로부터 제조된 고강도 섬유를 포함하는 내탄도성 복합체가 기재되어 있으며, 이들 문헌 모두는 본 명세서에 참고문헌으로 편입된다. 이러한 고강도 합성 섬유로부터 제조된 내탄도성 복합체는 총탄, 쉘, 파편 등과 같은 발사체로부터의 고속 충격에 의한 침투에 대해 다양한 정도의 내관통성 뿐만 아니라, 동일한 발사체 충격으로부터 형성된 다양한 정도의 백페이스 시그니처를 나타낸다.

[0004] 각 타입의 고강도 섬유는 이의 독특한 특성 및 물성을 갖는 것으로 알려져 있다. 이와 관련하여, 섬유의 특성을 정의하는 한 가지는 수지 코팅과 같은 표면 코팅과 결합하거나 접착하는 섬유의 능력이다. 예를 들어, 초고분자량 폴리에틸렌 섬유는 상대적으로 불활성적이거나, 아라미드 섬유는 극성 작용기를 함유하는 고-에너지 표면을 갖는다. 따라서, 수지는 일반적으로 불활성 UHMW PE 섬유에 비해 아라미드섬유에 보다 강한 친화력을 나타낸다. 그럼에도 불구하고, 합성 섬유는 자연스럽게 정전기 형성이 이루어지는 경향이 있으며, 이에 따라 전형적으로 유용한 복합체로 더욱 가공하는 것을 촉진하기 위해 섬유 표면 마감재의 적용을 필요로 하는 것이 또한 일반적으로 알려져 있다. 섬유 마감재는 정전기 형성을 감소시키기 위해 사용되며, 그리고 꼬이지 않은 섬유

및 얽히지 않은 섬유에 섬유 응집력을 유지하는 것을 돕기 위해 사용된다. 또한, 마감재는 섬유의 표면을 윤활시켜, 이는 장비로부터 섬유를 보호하고 섬유로부터 장비를 보호한다. 당해 기술분야에는 다양한 산업에 사용되는 다수 타입의 섬유 표면 마감재가 개시되어 있다. 예를 들어, 미국 특허 제5,275,625호, 제5,443,896호, 제5,478,648호, 제5,520,705호, 제5,674,615호, 제6,365,065호, 제6,426,142호, 제6,712,988호, 제6,770,231호, 제6,908,579호 및 제7,021,349호를 참조하면, 방직 섬유용 스피ن 마감 조성물이 개시되어 있다.

[0005] 그러나, 전형적인 섬유 표면 마감재는 일반적으로 바람직하지 않다. 한 가지 주목할만한 이유는, 섬유 표면 마감재가 아라미드 섬유 표면을 포함하는 섬유 표면상에서 중합 바인더 물질의 계면 접촉 또는 결합을 방해할 수 있기 때문이다. 중합 바인더 물질의 강한 접착성은 내탄도성 패브릭, 특히 부직 SPECTRA SHIELD® 복합체 (Honeywell International Inc. Morristown, NJ)와 같은 부직 복합체의 제조시 중요하다. 섬유 표면상에서 중합 바인더 물질의 불충분한 접착은 섬유-섬유 결합 강도 및 섬유-바인더 결합 강도를 감소시킬 수 있으며, 이에 따라 컨솔리데이션된 섬유가 서로 풀어지고 그리고/또는 바인더가 섬유 표면으로부터 디라미네이트되도록 할 수 있다. 또한, 직물상에 보호 중합 조성물을 적용하기 위한 시도시에도 유사한 부착 문제가 인식된다. 이는 이러한 복합체의 내탄도성(내탄도 성능)에 해로운 영향을 주며 비극적 제품 실패를 초래할 수 있다.

[0006] 복합체 방탄복의 내탄도 성능은 다양한 방법으로 특성화될 수 있다. 하나의 일반적인 특성화는 V_{50} 속도이며, 이는 실험적으로 유도되고, 통계학적으로 산출된 충격 속도이며, 발사체가 방호물을 완전히 관통하는 것이 50%이고, 방호물에 의해 완전히 정지되는 것이 50%인 것으로 예측되는 시간이다. 동등한 면적 밀도의 복합체에 있어서(즉, 표면적에 의해 분할된 복합체 패널의 중량), V_{50} 이 높을수록, 복합체의 내관통성이 우수해진다. 그러나, 내탄도성 방호물이 발사체의 관통을 저해하는데 충분할 경우에도, 방호물상에서 발사체의 충격은 또한 현저한 비-관통, 둔상("트라우마") 부상을 일으킬 수 있다. 따라서, 내탄도 성능의 또 다른 중요한 척도는 방호물 백페이스 시그니처이다. 백페이스 변형 또는 트라우마 시그니처로도 당해 분야에 알려진, 백페이스 시그니처("BFS")는 총탄 충격에 기인한 방호물의 굴절 깊이의 측정값이다. 총탄이 복합체 방호물에 의해 정지될 경우에, 잠재적으로 일어나는 둔상 부상은, 총탄이 마치 방호물을 관통하여 몸에 들어간 것과 같이, 개인에 따라 치명적일 수 있다.

[0007] 이는 특히 헬멧 방호물의 경우에 발생할 수 있으며, 이 경우에 정지된 총탄에 의해 야기된 일시적인 돌출이 착용자의 두개골의 면을 지나 뇌를 약화시키거나 치명적인 뇌 손상을 일으킬 수 있다.

[0008] 복합체의 V_{50} 탄도 성능은 복합체의 구성 섬유의 강도와 직접 관련되는 것으로 알려져 있다. 강인성 및/또는 인장 모듈러스와 같은 섬유 강도 특성의 증가는 V_{50} 속도 증가와 상관성이 있는 것으로 알려져 있다. 그러나, 증가된 섬유 강도 특성과 백페이스 시그니처 감소의 이에 상응하는 개선은 마찬가지로 인식되지 않는다. 따라서, 우수한 V_{50} 탄도 성능 뿐만 아니라 낮은 백페이스 시그니처를 모두 갖는 내탄도성 복합체를 제조하는 방법이 당해 기술분야에 요구된다. 본 발명은 이러한 요구에 대한 해결방안을 제공한다.

[0009] 백페이스 시그니처와 내탄도성 복합체가 서로 디라미네이트되고 그리고/또는 발사체 충격의 결과로서 섬유 표면 코팅으로부터 디라미네이트되는 복합체 섬유의 경향 사이에 직접적인 상관성이 있음을 예기치 않게 발견하였다. 섬유 표면과 섬유 표면 코팅 사이의 결합을 향상시킴으로써, 섬유-섬유 풀림 및/또는 섬유-코팅 디라미네이션 효과가 감소되고, 이에 따라 섬유상의 마찰이 증가하고, 섬유와 발사체의 인계이먼트가 증가한다. 따라서, 상기 복합체 구조 특성은 향상되고, 복합체 백페이스 변형을 감소시키는 방식으로 발사체 충격의 에너지가 소멸된다.

[0010] 본 발명은 섬유들을 부직 섬유층 또는 패브릭으로 컨솔리데이션하기 전에, 또는 섬유들을 직물로 위브하기 전에, 그리고 섬유들을 선택된 폴리머로 코팅하기 전에, 뿐만 아니라 다중 섬유층을 다중-플라이 또는 다층 복

합체로 합치기 전에, 섬유 표면과 섬유 표면 코팅 사이에 결합을 향상키는 섬유 공정에 의해 당해 기술분야에 요구되는 문제를 해소한다. 이와 같이 처리된 섬유들로부터 형성된 섬유 복합체는 이와 유사하게 처리되지 않은 비슷한 섬유 복합체의 항복 응력보다 더 큰 항복 응력을 갖는다. 특히, 섬유들은 섬유 표면 마감재의 적어도 일부가 제거되어 섬유 표면의 적어도 일부를 노출시켜, 이에 따라 후속적으로 적용된 폴리머가 섬유 표면과 직접적으로 결합하여, 폴리머가 마감재의 주로 맨 위보다는 섬유 표면과 주로 직접 접촉하도록 가공된다. 또한, 후속적으로 적용되는 물질이 섬유 표면과 흡착, 접촉 또는 결합되는 능력을 더욱 증진시키기 위해, 다양한 다른 섬유 처리가 수행될 수 있다. 보다 높은 항복 응력은 단일 섬유 플라이에서 증가된 섬유-섬유 결합, 단일 다중-플라이 패브릭 또는 다중-플라이 섬유층에서 증가된 플라이-플라이 결합을 반영하며, 향상된 복합체 구조 특성뿐만 아니라, 향상된 복합체 백페이스 시그니처와 상관성이 있다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명은 복수의 인접한 섬유층을 포함하며, 각 섬유층은 중합 물질로 적어도 부분적으로 덮인 표면을 갖는 섬유들을 포함하며, 상기 섬유들은 중합 물질이 섬유 표면과 주로 직접 접촉되도록 주로 섬유 표면 마감재를 함유하지 않으며; 섬유 복합체는 섬유 표면과 중합 물질 사이에 이러한 섬유 표면 마감재가 존재하는 섬유 표면 마감재로 주로 덮인 섬유 표면을 갖는 이와 대등한 섬유 복합체의 항복 응력에 비해 더 큰 항복 응력을 갖는, 섬유 복합체를 제공한다.

[0012] 또한, 본 발명은 적어도 2개의 인접한 섬유층을 포함하며, 각 섬유층은 중합 물질로 적어도 부분적으로 덮인 표면을 갖는 섬유들을 포함하며, 상기 섬유들은 중합 물질이 섬유 표면과 주로 직접 접촉되도록 주로 섬유 표면 마감재를 함유하지 않으며; 섬유 복합체는 약 1.5lb/ft²(7.32kg/m²)이하의 면 밀도를 갖는 복합체에 대해 ASTM D790에 의한 측정시 적어도 7.50ksi(~51.71MPa)의 항복 응력을 가지며,

[0013] 주로 섬유 표면 마감재를 함유하지 않는 표면을 갖는 복수의 중합 섬유들을 제공하는 단계; 선택적으로 섬유 표면을 처리하여 후속적으로 적용되는 중합 물질의 섬유 표면에 대한 섬유 표면 흡착성, 결합성 또는 접착성을 증진시키는 단계; 상기 섬유의 적어도 일부에 중합 물질을 적용하여 중합 물질을 섬유 표면에 또는 섬유 표면에 흡착, 결합 또는 접착시키는 단계; 상기 중합 물질을 상기 섬유들에 적용하기 전 또는 후에 상기 섬유로부터 복수의 섬유 플라이들을 제조하는 단계; 및 상기 복수의 섬유 플라이들을 컨솔리데이션하여 섬유 복합체를 제조하는 단계를 포함하는, 섬유 복합체 형성 방법을 제공한다.

[0014] 또한, 본 발명은 컨솔리데이션된 복수의 섬유층들을 포함하며, 각 섬유층들은 약 7g/테니어이상의 강인성 및 약 150g/테니어이상의 인장 모듈러스를 갖는 복수의 섬유들을 포함하며, 여기서 각 섬유층은 중합 바인더 물질로 적어도 부분적으로 함침되며, 상기 중합 바인더 물질은 실질적으로 상기 섬유들을 코팅하며, 그리고 상기 중합 바인더 물질은 각 섬유층의 약 7-20중량%로 포함되며; 패널은 약 1.5lb/ft²(7.32kg/m²)이하의 면 밀도를 갖는 복합체에 대해 ASTM D790에 의한 측정시 적어도 7.50ksi(~51.71MPa)의 항복 응력 및 국방부 시험법 스탠다드 MIL-STD-662F에 따른 9mm 발사체에 대해 적어도 약 1750feet/sec(fps)(533.40m/s)의 V₅₀ 값을 갖는, 복합체를 제공한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 백페이스 시그니처는 발사체 충격에 기인한 연성 또는 경성 방호물의 하부재(backing material) 또는 사용자 몸으로의 굴절 깊이의 측정값이다. 보다 구체적으로, "백페이스 변형(backface deformation)", "트라우마 시그니처(trauma signature)" 또는 "둔기에 의한 외상(blunt force trauma)"으로도 당해 분야에 알려진, BFS는 방호물이 발사체를 관통으로부터 정지시키는 경우에 발사체가 얼마나 많은 충격을 남기는지를 나타내는 측정값이며, 이는 방호물 아래에서 몸에 의해 경험되는 잠재적 둔상을 나타낸다. 유연한 방호물의 BFS 측정을 위한 스탠다드 방법은 NIJ Standard 0101.04, Type IIIA에 요약되어 있으며, 이는 비-관통 발사체 충격으로부터 형성된 복

합체의 물리적 변형을 오픈 페이스 박스-라이크 픽스처(open face, box-like fixture)에 고정된 변형가능한 클레이 백킹 물질로 트랜스페어링하는 방법을 나타낸다. NIJ 스탠다드에 따르면, 방호물은 클레이 백킹의 전면에 직접적으로 확보되고, 표준화된 발사체 발사 조건으로부터 형성되는 클레이의 어떠한 변형이 식별되고 측정된다. 다른 방법들이 BFS를 측정하는데 사용될 수 있다. NIJ 스탠다드는 통상적으로 군사용 유연 방호물 복합체를 평가하는데 현재 사용되고 있다.

[0016] 용어 "백페이스 시그니처(backface signature)", "백페이스 변형(backface deformation)", "트라우마 시그니처(trauma signature)" 및 "둔기에 의한 외상"은 당해 기술분야에서 동일한 의미를 가지며, 본 명세서에서 상호 교환적으로 사용된다. 본 발명의 목적상, 우수한 총탄 내관통성을 갖는 물품은 총탄과 같은 변형가능한 발사체에 대해 그리고 파편과 같은 프래그먼트의 관통에 대해 우수한 특성을 나타내는 것들을 나타낸다. 본 명세서에 사용된 "섬유층(fiber layer)"은 단방향으로 배향된 섬유들의 단일-플라이, 단방향으로 배향된 섬유들의 복수의 비-컨솔리데이션 플라이, 단방향으로 배향된 섬유들의 복수의 컨솔리데이션 플라이, 직물, 복수의 컨솔리데이션 직물, 또는 펠트, 매트 및 무작위로 배향된 섬유들을 포함하는 것들과 같은 다른 구조를 포함하는 복수의 섬유로부터 형성된 어느 다른 패브릭 구조를 포함할 수 있다. "층"은 일반적으로 평면 배열을 나타낸다. 각 섬유층은 외부 상부면 및 외부 하부면 모두를 갖는다. 단방향으로 배향된 섬유의 "단일-플라이(single-ply)"는 단방향으로, 실질적으로 평행 배열로 배열된 논-오버래핑 섬유들의 배열을 포함한다. 이러한 타입의 섬유 배열은 또한 "유니테이프(unitape)", "단방향 테이프(unidirectional tape)", "UD" 또는 "UDT"라고도 당해 기술분야에 알려져 있다. 본 명세서에 사용된, "배열(array)"은 직물을 제외한 섬유 또는 양의 정연된 배열을 나타내며, 그리고 "평행 배열(parallel array)"은 섬유 또는 양의 정연된 평행 배열을 나타낸다. "배향된 섬유(oriented fibers)"에 사용된 용어 "배향된"은 섬유의 스트레칭과 반대되는 섬유의 배열을 칭한다. 용어 "패브릭(fabric)"은 플라이들의 몰딩 또는 컨솔리데이션을 하거나 하지 않은 하나 이상의 섬유 플라이를 포함할 수 있는 구조를 나타낸다. 예를 들어, 직물 또는 펠트는 단일 섬유 플라이를 포함할 수 있다. 단방향 섬유로부터 형성된 부직포는 전형적으로 서로 겹겹이 쌓이고 컨솔리데이션된 복수의 섬유 플라이들을 포함한다. 본 명세서에서 "단층(single-layer)" 구조는 합쳐진, 즉, 저압 라미네이션 또는 고압 몰딩에 의해 중합 바인더 물질과 함께 단일의 일원화 구조로 컨솔리데이션된 하나 이상의 개별 플라이 및 개별 층으로 구성된 어느 일체식 섬유 구조를 칭한다. "컨솔리데이팅(consolidating)"이란 각 섬유 플라이와 함께 중합 바인더 물질이 단일의 일원화 층으로 결합된 것을 의미한다. 컨솔리데이션은 건조, 냉각, 가열, 압력 또는 이의 조합을 통해 일어날 수 있다. 섬유 또는 패브릭 층이 함께 접촉될 수 있기 때문에, 가열 및/또는 압력이 필요 없을 수 있으며, 이는 습식 라미네이션 공정의 경우가 해당된다. 용어 "복합체(composite)"는 섬유와 적어도 하나의 중합 바인더 물질의 조합을 칭한다. 본 명세서에 사용된 "컴플렉스 복합체(complex composite)"는 복수의 섬유층의 컨솔리데이션된 조합을 칭한다. 본 명세서에 사용된, "부직(non-woven)" 또는 위빙에 의해 형성되지 않은 모든 패브릭 구조물을 포함한다. 예를 들어, 부직포는 스택킹된/오버랩된 그리고 단층의 일체식 성분으로 컨솔리데이션된 중합 바인더 물질로 적어도 부분적으로 코팅된 복수의 유니테이프, 뿐만 아니라 바람직하게 중합 바인더 조성물로 코팅된 비-평행의 무작위 배향된 섬유를 포함하는 펠트 또는 매트를 포함할 수 있다.

[0017] 본 발명의 목적상, "섬유(fiber)"는 폭 및 두께의 횡경 보다 상당히 더 큰 길이 치수로 길게 늘어진 바디이다. 본 발명에 사용되는 섬유들의 단면은 광범위하게 다를 수 있으며, 단면이 원형, 평면이거나 직사각형일 수 있다. 따라서, 용어, "섬유"는 규칙적이거나 비규칙적인 단면을 갖는 필라멘트, 리본, 스트립 등을 포함하나, 상기 섬유는 실질적으로 원형 단면을 갖는 것이 바람직하다. 본 명세서에 사용된 용어 "양(yarn)"은 다중 섬유들로 구성된 단일 가닥으로 정의된다. 단일 섬유는 하나의 필라멘트 또는 다중 필라멘트들로부터 형성될 수 있다. 본 명세서에서 단지 하나의 필라멘트로부터 형성된 섬유를 "단일-필라멘트(single-filament)" 섬유 또는 "모노필라멘트(monofilament)" 섬유라 칭하고, 복수의 필라멘트들로부터 형성된 섬유를 "다중필라멘트(multifilament)"라 칭한다.

[0018] 본 발명의 정황에서, 용어 복합체의 "항복 응력(stress at yield)"은 본 명세서에서 복합체의 굽힘 강도의 측정값으로 사용되며, 복합체의 성분층 또는 플라이가 서로 디라미네이트되거나 분리되기 시작하기 전에 복합체에 적용될 수 있는 힘 응력의 양을 칭한다. 가장 전형적으로, 이러한 디라미네이션은 수지-섬유 결합의 실패에 의해 나타나며, 이에 따라 구성 섬유들의 실패 또는 파손에 반대되어 플라이/층내의 일부 또는 모든 섬유들이 서

로 분리되거나, 또는 복합체내의 전체 플라이/층이 서로 분리된다. 따라서, 수지-섬유 결합 증진 처리가 항복 응력 증가에 바람직하다.

[0019] 복합체의 항복 응력을 측정하는 바람직한 방법은 ASTM 스탠다드 D790 또는 ISO 방법 178의 3 포인트 밴드 시험법과 같은 3-포인트 밴드 시험으로 알려져 있다. 3-포인트 굽힘 시험으로도 알려진 3-포인트 밴드 시험은, 3-포인트 적재 조건하에서 복합체 시편을 굽히는데 필요한 힘을 측정한다. 전형적인 프로세스로, 빔-형상 또는 바-형상 시편을, 지지체들 사이에 특정된 거리의 오픈 스패스로 빔/바의 반대쪽 단부에서 지지체들 상에 고르게 놓는다. 로드는 시편을 휘게 하는 로딩 노즈를 이용하는 것과 같이, 시편의 중심에 특정된 속도로 적용한다. 로드는 특정된 시간 동안 적용된다. ASTM D790의 방법에 따라, 로드는 시편이 5% 굴절에 도달할 때까지 또는 시편이 파열될 때까지 적용된다. ISO 178의 방법에 따라, 로드는 시편이 파열되고 3.5% 굴절에서 응력이 기록될 때까지 적용된다. 본 발명의 목적상, 로드는 최소한, 복합체의 적어도 일부의 적어도 부분 디라미네이션이 일어날 때까지 적용된다. 시험은 어느 적절한 3-포인트 밴드 시험기를 이용하여 수행되거나, Instron Corporation of Norwood, MA로부터 상업적으로 구입가능한 2810 시리즈 밴드/굽힘 픽스처를 포함하는 3-포인트 픽스처를 갖는 일반적인 시험기가 이용될 수 있다.

[0020] 3-포인트 밴드 시험은 간단하기 때문에 바람직하다. 그러나, 상기 시험 방법의 결과는 시험된 시편의 크기, 시편의 기하학적 구조, 단부 지지체들 사이의 스패, 스트레인 속도 및 주위 온도와 같은 인자들에 민감하기 때문에, 모든 인자들은 시험하려고 하는 것만 가변적이고 시험될 복합체 시편 또는 섬유 처리의 타입이 비교 시험 중에 일정하게 유지되는 것이 바람직하고 이상적이다.

[0021] 본 발명의 복합체의 항복 응력과 같은 굽힘 특성을 측정할 경우에, 시험되는 복합체는 복수의 인접한 섬유층/플라이를 포함하거나 이로 구성되어야 하며, 각 섬유층은 적어도 부분적으로 중합 물질로 덮인 표면을 갖는 섬유를 포함한다. 본 명세서에 사용된, 인접한 섬유층은 인접한 유니테이프 및/또는 인접한 직물을 포함할 수 있으며, 그리고 섬유층/플라이는 당해 기술분야의 어느 통상적인 기술에 의해 인접될 수 있다. 인접된 유니테이프는 전형적으로 통상적인 교차-플라이된 0°/90° 배향으로 배열되어 (표준화된 V₅₀ 시험에 의해 측정시) 총탄 내 관통성을 최소화하나, 이러한 배향은 의무적인 것은 아니며 복합체의 백페이스 변형을 최소화하는데 반드시 최적인 것은 아니다. 인접한 유니테이프는 하기에 보다 상세히 기술되는 중합 바인더 물질을 이용하여 컨솔리데이션된다. 부직포와 달리, 직물은 구성 섬유들을 상호 연결하여 단일 섬유층을 형성하기 위해 중합 바인더 물질을 필요로 하지 않는다. 그러나, 접착제 또는 중합 바인더 물질은 일반적으로 다중 직물 섬유층을 다층 섬유 복합체로 컨솔리데이션하거나 합치는 것이 요구된다. 따라서, 일반적으로 접착제 또는 중합 바인더 물질의 일부 형성은 복합체의 항복 응력을 시험하기 위해 적어도 일부 직물층을 포함하는 복합체를 형성하기 위해 필요하다. 바람직한 구현으로, 직물은 컨솔리데이션전에 중합 바인더 물질로 미리 함침된다.

[0022] 하기에 나타낸 모든 발명예에서, 3-포인트 밴드 시험은 부직 섬유층을 포함하는 복합체에서 항복 이동(displacement at yield), 항복 스트레인(strain at yield), 항복 하중(load at yield), 항복 응력(stress at yield) 및 항복점에 대한 에너지(energy to yield point)를 포함하는 굽힘 특성을 측정하는 것을 수행하였다. 각 복합체는 0°에서 배향된 1차 플라이 및 90°에서 배향된 2차 플라이로 구성된 컨솔리데이션된 복수의 2-플라이 부직 섬유층으로부터 형성되었다. 각 실시예의 시험은 달리 명시되지 않은 한 ASTM D790의 조건에 따라 실온(약, 70°F-72°F)에서 수행하였다. 보다 높은 온도가 열가소성수지 폴리머를 유연하게 하여 그 물질의 굽힘 특성을 변화시키기 때문에, 시험 물질이 열가소성수지 폴리머를 포함하는 경우에 시험 온도는 중요한 인자이다.

[0023] 본 발명의 섬유 복합체는 예를 들어, 복합체의 항복 응력 측정시 이들의 보다 우수한 굽힘 특성에 의해, 그리고 고속 비-관통 발사체에 대하여 이에 상응하는 우수한 백페이스 시그니처 성능에 의해 다른 섬유 복합체와 구별된다. 본 발명의 섬유 복합체의 굽힘 특성의 향상은, 최소한, 섬유를 패브릭으로 가공하기 전에 섬유로부터 이전에 존재하는 섬유 표면 마감재를 적어도 부분적으로 제거함으로써 달성되며, 여기서 패브릭 형성은 직물층,

부직포층 또는 부직 섬유 플라이의 제조를 포함한다. 부직포층 또는 부직 섬유 플라이의 형성 전에, 또는 직물의 위빙 전에 섬유 표면 마감재의 제거는 이전에 알려지지 않았으며, 그 이유는 섬유 표면 마감재가 일반적으로 상술한 바와 같이 필수적인 가공 보조제로 알려져 있기 때문이다. 예를 들어, 부직포의 제조시, 섬유 표면 마감재는 일반적으로 정전기 형성을 감소시키고, 섬유 엉킴을 억제하고, 섬유가 방직기 부재에 걸쳐 슬라이드 되도록 윤활시키고, 그리고 섬유 드로잉 단계를 포함하는 가공 중에 섬유 응집력을 향상시키는데 필요하다.

[0024] 섬유 표면 마감재는 전형적으로 통상적인 패브릭 가공 중에 필요하나, 이들은 일반적으로 최종 패브릭 특성에 기여하지 않는다. 이와 상반적으로, 섬유 표면을 덮음으로써, 마감재는 섬유 표면들이 서로 접촉되는 능력을 저해하고, 그리고 섬유상에 적용되는 액체 또는 고형 수지 또는 중합 바인더 물질과 같이 후속적으로 적용되는 흡착질을 직접적으로 흡착하는 섬유 표면의 능력을 저해하여, 흡착질을 섬유 표면상에 직접 위치시키기 보다는 마감재의 상부에 위치시킨다. 이는 문제를 일으킨다. 전자의 상황에서, 마감재는 섬유 표면상에 윤활제로 작용하고, 이에 따라 인접한 섬유들 사이에 마찰을 감소시킨다. 후자의 상황에서, 마감재는 후속적으로 적용되는 물질이 섬유 표면에 직접적으로 그리고 강력하게 결합하는 것을 저해하여, 코팅제가 섬유들에 서로 결합하는 것을 저해하고, 총탄 충격 중의 디라미네이션 위험을 저해한다. 섬유-섬유 마찰을 증진시키기 위해 그리고 수지나 중합 바인더 물질이 섬유 표면에 직접 결합할 수 있도록 하여, 이에 따라 섬유-코팅 결합 강도를 증가시키기 위해, 기존의 섬유 마감재는 적어도 부분적으로 제거될 필요가 있으며, 바람직하게는 섬유 복합체를 형성하는 구성 섬유들의 일부 또는 모두의 섬유 표면의 모두 또는 일부로부터 실질적으로 완전히 제거될 필요가 있다.

[0025] 섬유 표면 마감재의 적어도 부분적인 제거는, 모든 섬유 드로잉/스트레칭 단계들이 완료되면 시작하는 것이 바람직할 것이다. 섬유들을 세척하거나 그렇지 않으면 섬유 마감재를 제거하는 단계는, 그 하부에 있는 섬유 표면의 적어도 일부가 노출되도록 섬유 마감재를 충분히 제거하나, 다른 제거 조건은 다른 양의 마감재를 제거하는 것으로 예측되어야 한다. 예를 들어, 세정제(예, 물)의 조성, 세정 기술의 기계적 속성(예, 섬유와 접촉하는 물의 힘; 세정조의 교반 등)과 같은 인자들이 제거되는 마감재의 양에 영향을 미칠 것이다. 본 발명의 목적상, 섬유 마감재의 최소한의 제거를 달성하기 위한 최소한의 처리는 일반적으로 섬유 표면적의 적어도 10% 노출일 것이다. 바람직하게, 섬유 표면 마감재는 섬유가 섬유 표면 마감재를 주로 함유하지 않도록 제거된다. 본 명세서에 사용된, 섬유 표면 마감재를 "주로 함유하지 않는(predominantly free)" 섬유는 이들의 제거된 마감재를 적어도 50중량%, 보다 바람직하게 이들의 제거된 마감재를 적어도 약 75중량%, 보다 바람직하게 이들의 제거된 마감재를 적어도 약 80중량% 갖는 섬유이다. 보다 바람직하게 섬유들은 섬유 표면 마감재를 실질적으로 함유하지 않는다. 섬유 마감재를 "실질적으로 함유하지 않는(substantially free)" 섬유란 이들의 제거된 마감재를 적어도 약 90중량%, 가장 바람직하게 이들의 제거된 마감재를 적어도 약 95중량%를 갖는 섬유이며, 이에 따라 섬유 표면 마감재에 의해 이전에 덮인 섬유 표면적의 적어도 약 90% 또는 적어도 약 95%가 노출된다. 가장 바람직하게, 어느 잔류 마감재가 섬유의 중량과 마감재의 중량에 기초하여 약 0.5중량% 이하, 바람직하게 섬유의 중량과 마감재의 중량에 기초하여 약 0.4중량% 이하, 보다 바람직하게 약 0.3중량% 이하, 보다 바람직하게 약 0.2중량% 이하의 양으로 존재할 것이다.

[0026] 섬유 마감재 조성물의 표면 장력에 따라, 마감재는 실질적인 양의 마감재가 제거되더라도 섬유 표면에 걸쳐 그 자체로 분포되는 경향을 나타낼 수 있다. 따라서, 섬유 표면 마감재를 주로 함유하지 않는 섬유는 여전히 섬유 마감재의 매우 얇은 코팅에 의해 덮인 이의 표면적의 일부를 가질 수 있다. 그러나, 이러한 잔존 섬유 마감재는 전형적으로 연속 코팅 보다는 마감재의 잔류 패치로서 존재할 것이다. 이에 따라, 섬유 표면 마감재를 주로 함유하지 않는 표면을 갖는 섬유는, 바람직하게 적어도 부분적으로 노출되고 섬유 마감재로 덮이지 않은 이의 표면을 가지며, 여기서 바람직하게 섬유 표면적의 50%미만이 섬유 표면 마감재에 의해 덮인다. 섬유 마감재를 주로 함유하지 않는 섬유 표면을 포함하는 본 발명의 섬유 복합체는 그 다음, 중합 바인더 물질로 코팅된다. 섬유 마감재의 제거가 섬유 표면적의 50%미만이 섬유 표면 마감재로 덮이게 되는 경우에, 중합 바인더 물질은 이에 따라 섬유 표면적의 50%이상 직접 접촉할 것이다.

[0027] 이러한 마감재 제거의 결과로서, 본 발명의 섬유 복합체는, 예를 들어, 섬유 표면 마감재는 섬유 표면과 중합 물질 사이에 섬유 표면적의 50%이상 존재하는 것과 같이, 섬유 표면 마감재로 주로 덮인 섬유를 갖는 이와 대등

한 섬유 복합체의 항복 응력에 비해 더 큰 항복 응력을 갖는다.

[0028] 가장 바람직하게, 섬유 표면 마감재는 섬유로부터 실질적으로 완전히 제거되며, 섬유 표면은 실질적으로 완전히 노출된다. 이와 관련하여, 섬유 표면 마감재의 실질적으로 완전한 제거는 적어도 약 95%의 제거, 보다 바람직하게 적어도 약 97.5%, 그리고 가장 바람직하게 섬유 표면 마감재의 적어도 약 99.0% 제거이며, 그리고 이에 따라 섬유 표면은 적어도 약 95% 노출되고, 보다 바람직하게 적어도 약 97.5% 노출되고, 가장 바람직하게 적어도 약 99.0% 노출된다. 이상적으로, 섬유 표면 마감재의 100%가 제거되며, 이에 따라 섬유 표면적의 100%가 노출된다. 섬유 표면 마감재의 제거 후, 또한, 섬유들은 노출된 섬유 표면에 중합 바인더 물질, 수지 또는 다른 흡착질의 적용 전에 어느 제거된 마감재 입자를 깨끗이 하는 것이 바람직하다.

[0029] 본 명세서에 사용된 "대등한(comparable)" 섬유 복합체는, 본 발명의 복합체가 선택적으로 플라즈마 처리 또는 코로나 처리와 같은 부가적인 섬유 처리로 섬유 표면의 적어도 일부를 노출하도록 제거된 섬유 표면 마감재의 적어도 일부를 가지며, 그리고 중합 물질은 이에 따라 마감재가 제거된 섬유 표면적에 직접 결합하는, 본 발명의 처리된 복합체와 동일하거나 실질적으로 유사한 복합체(이론적으로 또는 실제로)로 정의된다. 이와 관련하여, "실질적으로 유사한(substantially similar)"이란 상수 인자 설정시 겪게 되는 어느 최소한의 오차를 가리킨다. 즉, 대등한 섬유 복합체는 본 발명의 "처리된 복합체(treated composite)"와 비교되는 "컨트롤 복합체(control composite)"이다. 특히, 컨트롤 복합체 및 본 발명의 처리된 복합체 모두 동일한 섬유 타입(동일한 섬유 화학, 강인성, 모듈러스 등)으로부터 제조될 것이며, 동일한 섬유층 구조(예, 직물 또는 부직물)를 포함할 것이며, 섬유에 코팅된 동일한 타입의 중합 물질(바인더 폴리머, 중합 바인더 물질 또는 중합 매트릭스라고도 함), 복합체내에 동일한 양의 수지, 동일한 수의 섬유 플라이/층 등을 포함할 것이다. 컨트롤 복합체 및 처리된 복합체 모두 또한 동일한 컨솔리데이션/몰딩 조건에 따라 형성될 것이다. 본 명세서에 기재된 섬유 표면 처리를 제외한 모든 인자들은 일정하게 유지되는 것으로 의도된다. 이것들은 모두 중요한 고려 사항이다. 왜냐하면, 데이터는 예를 들어, BFS 및 굽힘 특성이 섬유 마감재의 존재 및 섬유의 표면 처리에 따라 일부 달라지는 것과 같이, 항복 응력과 같은 BFS 및 굽힘 특성은 사용된 수지의 타입에 따라 일부 달라지는 것으로 나타났기 때문이다. 본 명세서에 나타낸 데이터는, 처리된 복합체가 일정하게 유지되지 않은 엘리먼트들을 가진 다른 복합체에 비해서는 반드시 그렇지 않으나, 동일하거나 실질적으로 유사한 컨트롤 복합체에 비해 향상된 BFS 및 굽힘 특성을 나타낼 것이라는 이러한 진제를 뒷받침한다. 섬유 마감재의 최소한의 제거를 달성하기 위한 섬유의 가공은 일반적으로 섬유 표면적의 적어도 약 10%를 노출하는 것이므로, 섬유 마감재의 적어도 일부를 제거하기 위해 유사하게 세정되거나 처리되지 않은 대등한 복합체는 섬유 표면적의 10% 미만이 노출되거나, 0% 표면 노출이거나 실질적으로 섬유 표면 노출이 없다.

[0030] 상술한 바와 같이, 섬유 표면 마감재의 제거는 섬유-섬유 마찰뿐만 아니라, 섬유와 후속적으로 적용되는 코팅 사이의 결합 강도를 증진시킨다. 섬유-섬유 마찰 증가 및 섬유-코팅 결합 강도 증가는 섬유와의 발사체 인게이지먼트를 증가시켜, 이에 따라 상기 섬유로부터 형성되는 섬유 복합체의 굽힘 특성을 향상시킬 뿐만 아니라, 상기 섬유로부터 형성되는 섬유 복합체의 발사체 정지 능력을 향상시키며, 그리고 발사체 충격으로부터 형성되는 백페이스 시그니처를 또한 감소시킨다. 향상된 섬유-코팅 결합 강도는 또한 섬유들을 함께 적절히 결합시키는 데 필요한 바인더의 양을 감소시킨다. 이러한 바인더 양의 감소는 보다 많은 수의 섬유들이 패브릭에 포함되도록 하며, 이는 잠재적으로 향상된 강도를 갖는 보다 가벼운 방탄 물질을 생성하도록 한다. 또한, 이는 결과적으로 형성된 패브릭 복합체의 방검성을 더욱 향상시키며, 뿐만 아니라 반복된 충격에 대해 복합체의 저항성을 증가시킨다.

[0031] 섬유 표면 마감재를 제거하는 어떠한 통상적으로 알려진 방법이 본 발명에 유용하며, 이는 기계적 및 화학적 기술 수단 모두를 포함한다. 필수적인 방법은 일반적으로 마감재의 조성에 따라 달라진다. 예를 들어, 본 발명의 바람직한 구현으로, 섬유들은 물만으로 세정될 수 있는 마감재로 코팅된다. 전형적으로, 섬유 마감재는 하나 이상의 윤활제, 하나 이상의 비이온 에멀전화제(계면활성제), 하나 이상의 정전기 방지제, 하나 이상의 습윤 및 응집제, 및 하나 이상의 항균 화합물의 조합을 포함한다. 본 발명에 바람직한 마감재 배합물은 물만으로 세정될 수 있다. 기계적 수단은 또한 화학적 제거 효능을 향상시키기 위해 화학 제제와 함께 사용될 수 있다.

예를 들어, 탈이온수를 이용한 마감재 제거 효능은 물 적용 공정의 힘, 방향 속도 등을 조합함으로써 증진될 수 있다.

[0032] 가장 바람직하게, 섬유들은 바람직하게 탈이온수를 이용하여, 섬유 웹으로서 물로 세정 및/또는 린스되며, 선택적으로 세정 후 어느 다른 화학물질을 사용하지 않고 섬유를 건조시킨다. 마감재가 수용성이 아닌 다른 구현으로, 마감재는 예를 들어, 연마 클리너, 화학 클리너 또는 효소 클리너로 제거되거나 세정될 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에 참고문헌으로 편입된 미국 특허 제5,573,850호 및 제5,601,775호에는 비이온 계면활성제 (Hostapur® CX, Clariant Corporation of Charlotte, N.C.), 트리소듐 포스페이트 및 소듐 하이드록시드를 함유하는 조를 통해 안을 통과시킨 다음, 섬유를 린스하는 것이 개시되어 있다. 다른 유용한 화학 제제는 비제한적으로, 메탄올, 에탄올 및 2-프로판올과 같은 알코올; 시클로헥산 및 톨루엔과 같은 지방족 및 방향족 탄화수소; 디-클로로메탄 및 트리-클로로메탄과 같은 클로로네이티드 용매를 포함한다. 섬유 세정은 또한 어느 다른 표면 오염물을 제거하며, 이는 섬유와 수지 또는 다른 코팅 물질 사이의 보다 친밀한 접촉을 가능케 한다.

[0033] 물을 이용하여 섬유를 세척하는데 사용되는 바람직한 수단은 섬유로부터 섬유 표면 마감재를 실질적으로 제거하는 능력이 있는 한 한정되지 않는다. 바람직한 방법으로, 마감재의 제거는 가압수 노즐을 통해 섬유 웹을 통과시켜 섬유로부터 마감재를 세정(또는 린스) 및/또는 물리적으로 제거하는 것을 포함하는 공정에 의해 수행된다. 섬유는 선택적으로 상기 가압수 노즐을 통해 섬유를 통과시키기 전에 수조에 미리 적셔질 수 있으며, 그리고/또는 가압수 노즐을 통해 섬유를 통과시킨 후 적셔질 수 있으며, 그리고 또한 선택적으로 추가 가압수 노즐을 통해 섬유를 통과시킴으로써 상기 어느 선택적인 적시는 단계 후에 린스될 수 있다. 세정된/적셔진/린스된 섬유는 또한 바람직하게 세정/적침/린싱이 완료된 후에 건조된다. 섬유를 세정하는데 사용되는 장치 및 수단은 패브릭 보다는 즉, 부직 섬유층 또는 플라이로 직조되거나 형성되기 전에, 각각의 다중필라멘트 섬유/다중필라멘트 안을 세정할 수 있는 것이면 한정되지 않는다.

[0034] 패브릭 형성 전에 섬유 표면 마감재의 제거는 특히 복수의 단방향 배열된 섬유들을 포함하는 복수의 섬유 플라이를 컨솔리데이션함으로써 형성되는 부직포의 생성을 위해 의도된다. 부직 단방향 배열된 섬유 플라이를 형성하는 전형적인 공정으로, 섬유 번들은 크릴(creele)로부터 제공되며, 가이드 및 하나 이상의 스프레더 바를 통해 콜리메이팅 콤(collimating comb)으로 유도된 다음, 섬유를 중합 바인더 물질로 코팅한다. 선택적으로, 섬유들은 스프레더 바와 부딪히기 전에 코팅되거나, 또는 이들은 하나는 코팅 섹션 전에 그리고 다른 하나는 코팅 섹션 후인 2 세트의 스프레더 바 사이에 코팅될 수 있다. 전형적인 섬유 번들(예, 안)은 약 30 내지 약 2000 개별 필라멘트를 가지며, 각 섬유는 전형적으로 이에 한정하는 것은 아니나 약 120 내지 약 240 개별 필라멘트를 포함한다. 스프레더 바 및 콜리메이팅 콤은 번들 섬유를 분산 및 펼쳐, 공면 형태로 나란히 이들을 재편성한다. 이상적인 섬유 스프레딩은 개별 섬유들 또는 심지어 개별 필라멘트들이 단일 섬유면에서 서로 옆에 위치하도록 하여, 실질적으로 단방향의 평행한 섬유 배열을 형성하며 최소량의 섬유가 서로 겹친다. 이러한 스프레딩 단계 전 또는 중에 섬유 표면 마감재를 제거하는 것은 섬유/필라멘트와 상호작용하는 세정제(예, 물)의 물리적 상호작용에 기인하여 섬유가 이러한 평행 배열로 스프레딩되는 것을 증진 및 촉진할 수 있다. 섬유 스프레딩 및 콜리메이팅 후에, 이러한 평행 배열의 섬유는 섬유 두께에 따라 인치당 약 3-12 섬유 엔드(cm당 1.2 내지 4.7 엔드)를 함유할 것이다. 따라서, 섬유 표면 마감재의 제거는 섬유 스프레딩을 증진시키고, 섬유 표면에 후속적으로 적용되는 물질/흡착질의 결합 강도를 향상시키는 이중 효과를 달성한다.

[0035] 섬유 표면 마감재 단독의 제거가 상술한 바와 같은 효과가 달성되나, 적어도 부분적인 마감재 제거 후에 섬유 표면상에서 결합 증진 처리를 수행함으로써 보다 나은 결과가 달성될 수 있다. 특히, 백페이스 시그니처 감소가 섬유-섬유 마찰 및 섬유-코팅 결합 강도의 증가와 직접 비례하는 것으로 발견되었다. 패브릭 형성 전에 섬유 표면을 결합 증진 처리로 처리하거나 개질하는 것은, 특히, 섬유 마감재를 적어도 부분적으로 제거하기 위해 결합 증진 처리가 섬유 세정과 조합되는 경우에 복합체 백페이스 시그니처 감소의 보다 우수한 향상을 달성하는 것으로 발견되었다. 이는 특히 중합 바인더 물질 또는 수지와 같은 흡착질이, 부직포 제조에 통상적으로 사용되는 중합 바인더 물질 또는 수지와 같은 섬유 표면에 적용되거나, 또는 직물 워빙 및 적어도 부분적으로 섬유 표면 마감재를 제거한 후에 적용될 경우에 명백하다. 흡착질(예, 폴리머/수지)의 섬유 표면에 대한 결합이 강

할수록, 백페이스 시그니처의 감소는 커진다. 따라서, 본 발명의 가장 바람직한 구현으로, 섬유 표면 마감재의 적어도 부분적 제거 후, 하지만 패브릭 형성 전에, 섬유 표면에 후속적으로 적용되는 흡착질(예, 폴리머/수지)의 흡착성/결합성을 증진시키는 조건하에서 섬유 표면의 처리를 수행하는 것이 특히 바람직하다. 섬유 마감재의 제거는 이러한 부가적인 공정들이 섬유의 표면에 직접 작용하고, 섬유 표면 마감재 또는 표면 오염물에는 작용하지 않도록 한다. 이는 표면 마감재가 섬유의 표면을 처리하기 위한 시도를 저해하여 배리어 또는 오염물로서 작용하는 경향이 있기 때문에 가장 바람직하다. 따라서, 마감재의 제거는 또한 후속적인 섬유 표면 처리의 품질 및 균일성을 향상시킨다. 마감재 제거 및 이러한 추가 처리의 이득은 누적되며, 백페이스 시그니처 성능의 향상은 마감재 제거의 퍼센트 증가 및 보다 우수한 처리 효과와 함께 증가된다.

[0036] 이를 위해, 유용한 처리 또는 개질은 섬유 표면상에 후속적으로 적용되는 흡착질의 흡착성을 증진시키는 어떠한 것을 포함하며, 여기서 흡착질은 중합 바인더 물질 및 수지를 포함하는 어느 고체, 액체 또는 가스일 수 있으며, 그리고 여기서 흡착은 섬유 표면과 물질의 어떠한 형태의 결합을 포함한다. 표면을 거칠게 하거나, 표면에 극성을 부여하거나, 섬유 표면 또는 섬유 표면부를 산화시키거나, 섬유의 표면 에너지를 증가시키거나, 섬유의 접촉각을 감소시키거나, 섬유의 습윤성을 증가시키거나, 섬유 표면의 가교 밀도를 변형시키거나, 섬유 표면에 화학 작용기를 부가하거나, 표면을 제거하는 처리, 또는 섬유 표면에 대한 코팅의 정착을 향상시키기 위해 벌크 섬유와 섬유 표면 코팅 사이의 상호작용을 향상시키는 어느 다른 수단들을 포함하는 다양한 수단에 의해 수행될 수 있다. 이러한 개질된 상호작용은 BFS의 향상으로 쉽게 보여질 수 있다.

[0037] 적절한 섬유 표면 처리 또는 표면 개질은 섬유의 코로나 처리, 섬유의 플라즈마 처리, 섬유의 플라즈마 코팅, 불소원자를 이용한 섬유 표면의 직접 불소화, 화학 UV 그래프팅과 같은 화학 처리, 또는 크롬 오팅과 같은 표면 거칠기 처리와 같이 당해 기술분야에 알려진 공정들을 포함한다. 또한, 섬유 표면 마감재 제거 후이지만 패브릭 형성 전에, 노출 및 처리된 섬유 표면과 결합되는 어느 물질 또는 그 어느 물질상에 흡착질을 흡착시키는 능력을 증진시키는 라지 스케일 적용을 위해 아직 개발되지 않은 처리들이 적절하다. 각각의 이러한 예시적인 공정들은 섬유의 표면상에서 이들의 작용을 통해, 벌크 섬유와 후속적인 코팅 물질 사이의 상호작용을 변형시키거나, 향상시키거나 감소시키는데 사용될 수 있으며, 이는 섬유 화학특성에 따라 달라진다. 이러한 공정들의 어느 조합이 이용될 수 있으며, 이러한 하부-공정들이 다른 순서로 놓여질 수 있으나, 섬유 타입 또는 천연 섬유 표면 특성과 같은 다양한 인자들에 따라 다른 것에 비해 일부 순서가 바람직할 수 있다. 본 발명의 다양한 처리 단계는, 예를 들어, 항복 응력과 같은 굽힘 특성에 대해 바람직한 범위내에 복합체를 놓기 위해서 섬유를 조작하는 레시피로 이용될 수 있다. 만일, 3 포인트 밴드 시험으로, 특정 복합체가 원하는 것보다 낮은 항복 응력(예, 7.50ksi/미만)을 갖는 것으로 측정된 경우에, 이는 원하는 범위내에 항복 응력이 들어가도록 굽힘 강도를 더욱 증가시키기 위해 추가 섬유 세정 및/또는 추가 표면 처리(예, 코로나 처리, 플라즈마 처리 등)가 수행되어야 한다.

[0038] 가장 바람직한 처리는 섬유 표면의 코로나 처리 및 섬유 표면의 플라즈마 처리이다. 코로나 처리는 섬유가 코로나 방전 스테이션을 통해 통과하여, 이에 따라 섬유 웹이 일련의 고압 전기 방출을 통해 통과하는 공정이며, 이는 피팅, 러핑 및 부분적으로 섬유의 표면을 산화시킴으로써 극성기를 도입하는 것을 포함하는 다양한 방식으로 섬유 웹의 표면에 작용하는 경향이 있다. 코로나 처리는 전형적으로 섬유 표면을 산화시키고 그리고/또는 극성을 섬유 표면에 부가한다. 또한, 코로나 처리는 작은 핏트(pits) 또는 홈을 섬유의 표면으로 태움으로써 작용한다. 섬유가 산화가능한 경우에, 산화도는 전력, 전압 코로나 처리 빈도와 같은 인자들에 따라 달라진다. 코로나 방전 필드내에서의 체류 시간이 또한 인자이며, 이는 코로나 처리기 디자인에 의해 또는 공정 라인 속도에 의해 조절될 수 있다. 적절한 코로나 처리 장치는 예를 들어, Enercon Industries Corp.(Menomonee Falls, Wis.), Sherman Treaters Ltd(Thame, Oxon., UK) 또는 Softal Corona & Plasma GmbH & Co(Hamburg, Germany)로부터 구입가능하다.

[0039] 바람직한 구현으로, 섬유들은 약 2Watts/ft²/MIN 내지 약 100Watts/ft²/MIN, 보다 바람직하게 약 20Watts/ft²/MIN 내지 약 50Watts/ft²/MIN로 코로나 처리된다. 또한, 약 1Watts/ft²/MIN 내지 약

5Watts/ft²/MIN의 보다 낮은 에너지 코로나 처리가 유용하거나 덜 효과적일 수 있다. 섬유 표면에 전하를 적용하는 것에 부가적으로, 코로나 처리는 섬유의 표면을 피팅(pitting)함으로써 표면을 거칠게 할 수 있다.

[0040] 플라즈마 처리시, 섬유들은 전형적으로 섬유 웹으로서 산소, 아르곤, 헬륨, 암모니아와 같은 불활성 또는 비-불활성 가스, 또는 상기 가스들의 조합을 포함하는 다른 적절한 불활성 또는 비-불활성 가스로 채워진 챔버에서 이온화 분위기를 통해 통과하여, 섬유들을 전기 방전과 접촉시킨다. 섬유 표면에서, 하전된 입자(이온)과 표면의 충돌은 운동 에너지의 이동 및 전자의 교환 등 모두를 일으킨다. 또한, 표면과 자유 라디칼 사이의 충돌은 유사한 화학 재배열을 일으킨다. 보다 낮은 상태에서 풀어진 여기된 원자 및 분자에 의해 방출된 자외선에 의한 섬유 표면의 충격이 또한 섬유 기질에 화학적 변화를 일으킨다.

[0041] 이러한 상호작용의 결과로서, 플라즈마 처리는 섬유의 화학 구조 및 섬유 표면의 토포그래피 모두를 변형시킬 수 있다. 예를 들어, 코로나 처리와 같이, 플라즈마 처리 역시 섬유 표면에 극성을 부가하고 그리고/또는 섬유 표면부를 산화시킬 수 있다. 또한, 플라즈마 처리는 섬유의 표면 에너지를 증가시키고, 접촉각을 감소시키고, 섬유 표면의 가교 밀도를 변형시키고, 후속적인 코팅의 용융점 및 질량 앵커리지(mass anchorage)를 증가시키고, 그리고 섬유 표면에 화학 작용기를 부가하고, 잠재적으로 섬유 표면을 제거할 수 있다. 이러한 효과는 마찬가지로 섬유 화학에 따라 달라지며, 또한 이용된 플라즈마의 타입에 따라 달라진다.

[0042] 가스의 선택은 표면의 화학 구조가 다른 플라즈마 가스를 이용하여 다르게 변형되기 때문에 원하는 표면 처리를 위해 중요하다. 이는 당해 기술분야의 숙련자에 의해 결정될 수 있다. 예를 들어, 아민 작용기가 암모니아 플라즈마를 이용하여 섬유 표면에 도입될 수 있으며, 한편 카르복시기 및 히드록시기는 산소 플라즈마를 이용하여 도입될 수 있는 것이 알려져 있다. 따라서, 반응 분위기는 아르곤, 헬륨, 산소, 질소, 및/또는 페트릭의 플라즈마 처리에 적절한 것으로 알려진 다른 가스 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 반응 분위기는 이러한 가스들 중 하나 이상을 원자, 이온, 분자 또는 자유 라디칼 형태로 포함할 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 바람직한 연속 공정으로, 섬유 배열은 바람직하게는 아르곤 원자, 산소 분자, 아르곤 이온, 산소 이온, 산소 자유 라디칼 뿐만 아니라 다른 미량 종들을 포함하는 조절된 반응 분위기를 통해 통과한다. 바람직한 구현으로, 반응 분위기는 아르곤 및 산소 모두를 약 90% 내지 약 95% 아르곤 및 약 5% 내지 약 10% 산소의 농도로 포함하며, 아르곤/산소의 90/10 또는 95/5 농도가 바람직하다. 다른 바람직한 구현으로, 반응 분위기는 헬륨 및 산소 모두를 약 90% 내지 약 95% 헬륨 및 약 5% 내지 10% 산소의 농도로 포함하며, 헬륨/산소의 90/10 또는 95/5 농도가 바람직하다. 다른 유용한 반응 분위기는 제로 가스 분위기, 즉, 약 79% 질소, 약 20% 산소 및 소량의 기타 가스를 포함하는 실내 공기이며, 이는 또한 코로나 처리에 일부 정도로 유용하다.

[0043] 플라즈마 처리는 진공 챔버에서 또는 대기 조건으로 유지되는 챔버에서 수행될 수 있다. 플라즈마 처리는, 플라즈마 처리가 조절된 반응 가스 분위기에서 수행되나, 코로나 처리는 반응 분위기가 공기인 점에서 주로 코로나 처리와 다르다. 플라즈마 처리기에서 분위기는 쉽게 조절 및 유지되어, 표면 극성이 코로나 처리에 비해 더 조절가능하고 유연한 방식으로 달성되도록 한다. 전기 방전은 가스를 전자, 이온, 자유 라디칼 및 준안정 산물로 해리하는 무선 주파수(RF) 에너지에 의해 이루어진다. 플라즈마에서 생성된 전자와 자유 라디칼은 섬유 표면과 충돌하여, 공유 결합을 파괴하고 섬유 표면상에 자유 라디칼을 생성한다. 배치 공정으로, 미리 정해진 반응 시간 또는 온도 후에, 공정 가스 및 RF 에너지는 꺼지고, 남은 가스들 및 다른 부산물들은 제거된다. 본 발명에서 바람직한 연속 공정으로, 섬유 배열은 선택된 반응 가스들의 원자, 분자, 이온 및/또는 자유 라디칼 뿐만 아니라 다른 미량 종을 포함하는 조절된 반응 분위기를 통해 통과한다. 반응 분위기는 일정하게 발생되고 보충되고, 안정한 상태의 구성에 쉽게 도달하고, 코팅기가 정지할 때까지 꺼지거나 켜지지 않는다.

[0044] 플라즈마 처리는 Softal Corona & Plasma GmbH & Co(Hamburg, Germany); 4th State, Inc(Belmont California); Plasmatreat US LP(Elgin Illinois); Enercon Surface Treating Systems(Milwaukee, Wisconsin)으로부터 구입 가능한 플라즈마 처리기와 같은 어느 유용한 상업적으로 구입가능한 플라즈마 처리기를 이용하여 수행될 수 있다. 바람직한 플라즈마 처리 공정은 약 실온(70°F-72°F)의 챔버 온도로 약 대기압, 즉, 1atm(760 mm Hg(760

torr))에서 수행된다. 플라즈마 챔버 내부 온도는 처리 공정에 기인하여 잠재적으로 변할 수 있으나, 온도는 일반적으로 처리 중에 독립적으로 냉각되거나 가열되지 않으며, 플라즈마 처리기를 통해 신속히 통과함에 따라 섬유 처리에 영향을 주지 않는 것으로 여겨진다. 플라즈마 전극과 섬유 웹 사이의 온도는 전형적으로 약 100 °C이다. 플라즈마 처리 공정은 바람직하게 RF 전력하에서, 약 0.5kW 내지 약 3.5kW에서, 보다 바람직하게 약 1.0kW 내지 약 3.05kW에서 수행되며, 그리고 가장 바람직하게 플라즈마 처리는 2.0kW로 설정된 대기 플라즈마 처리기를 사용하여 수행된다. 이러한 전력은 플라즈마 처리 구역의 폭(또는 전극의 길이)에 걸쳐 분포하며, 또한 이러한 전력은 섬유 웹이 플라즈마 처리기의 반응 분위기를 통해 통과하는 라인 속도에 역비례하는 속도로 기질 또는 섬유 웹의 길이에 걸쳐 분포한다. 단위 시간당 단위 면적당 이러한 에너지(와트/평방 피트/분 또는 W/SQFT/MIN) 또는 에너지 플럭스는 처리 수준을 비교하는데 유용한 수단이다. 에너지 플럭스에 대한 유효값은 바람직하게 약 0.5 내지 약 200Watts/SQFT/MIN, 보다 바람직하게 약 1 내지 약 100Watts/SQFT/MIN, 보다 바람직하게 약 1 내지 약 80Watts/SQFT/MIN, 그리고 가장 바람직하게 약 2 내지 약 40Watts/SQFT/MIN이다. 총 가스 흐름 속도는 약 16리터/분이나, 이는 엄격히 제한되는 것은 아니다. 섬유의 플라즈마 처리 시간(또는 체류 시간)은 약 2초이나, 이는 사용된 플라즈마 처리기의 치수와 관련되며, 엄격히 제한되는 것은 아니다. 보다 적절한 측정값은 시간 경과에 따른 단위 면적당 섬유에 적용되는 RF 전력에 대한 플라즈마 처리의 양이다.

[0045] 플라즈마 코팅은 섬유 웹의 표면을 활성화시키고, 활성화된 섬유 웹을 비닐 모노머, 비닐 올리고머 또는 일부 다른 반응성 종을 함유하는 분위기를 통해 통과하는 것으로 형성된다. 플라즈마 코팅은 섬유의 표면에 매우 특이적인 화학 작용기를 부가할 수 있으며, 섬유의 표면에 다른 중합 특성을 부가할 수 있다. 직접적인 플루오르화 처리시, 섬유 표면은 원소 불소를 이용한 섬유의 직접적인 플루오르화에 의해 개질된다. 예를 들어, 섬유 표면은 섬유 표면을 25°C에서 10% F₂/90% He의 혼합물과 접촉시켜 플루오르화되어 상기 표면에 원소 불소를 증착시킬 수 있다. 섬유 표면에 존재하는 원소 불소는 후속적으로 적용되는 코팅 물질과의 결합을 위한 작용기로 제공된다. 참조 예, 미국 특허 제3,988,491호 및 제4,020,223호. 이들 문헌들은 본 명세서에 참고문헌으로 편입되며, 원소 불소, 원소 산소 및 캐리어 가스의 혼합물을 이용한 섬유의 직접적인 플루오르화가 개시되어 있다. 또한, UV 그래프팅이 당해 기술분야에 잘 알려진 공정이다. 탄도 섬유 표면의 UV 그래프팅의 선택적인 공정으로, 섬유(또는 패브릭)는 모노머, 감광제 및 용매로 된 용액에 적시어져 적어도 부분적으로 섬유/패브릭 표면을 모노머 및 감광제로 코팅한다. 그 다음, 코팅된 섬유는 당해 기술분야에 잘 알려져 있는 바와 같이 UV 조사로 방사능 처리된다. 모노머 타입, 감광제 타입 및 용매 타입의 특정 선택은 당해 기술분야의 숙련자에 의해 원하는 바에 따라 달라지며 그리고 쉽게 결정될 것이다. 예를 들어, 아크릴아미드기는 본 명세서에 참고문헌으로 편입된 문헌 "Studies on surface modification of UHMWPE fibers via UV initiated grafting"(Jieliang Wang, et al. the Department of Applied Chemistry, School of Science, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, Shaanxi 710072, PR China. Applied Surface Science, Volume 253, Issue 2, 15 November 2006, pages 668-673)에 기재된 바와 같이 아크릴아미드 그래프팅 모노머를 통해 UHMWPE 폴리머 사슬상에 그래프트될 수 있다.

[0046] 또한, 본 발명의 섬유는 이러한 선택적인 처리 중 하나 이상으로 처리될 수 있다. 예를 들어, 섬유는 크롬 옅침에 의해 거칠어지고 플라즈마 처리되거나, 또는 코로나 처리되고 플라즈마 코팅되거나, 또는 플라즈마 처리되고 플라즈마 코팅될 수 있다. 또한, 본 발명의 복합체 및 패브릭은 처리된 일부 섬유 및 처리되지 않은 일부 섬유를 포함할 수 있다. 예를 들어, 본 발명에서 복합체는 코로나 처리된 일부 섬유 및 플라즈마 처리된 일부 섬유로부터, 또는 플루오르화된 일부 섬유 및 플루오르화되지 않은 일부 섬유로부터 제조될 수 있다.

[0047] 이러한 각각의 처리는 섬유 표면 마감재의 적어도 부분적 제거 후에, 하지만 어느 바인더/매트릭스 수지 또는 다른 표면 흡착질/코팅의 적용 전에 수행될 것이다. 배열된 섬유 웹을 중합 바인더 물질 또는 수지로 코팅하기 직전에 노출된 섬유 표면을 처리하는 것이 가장 바람직하며, 그 이유는 이는 섬유 제조공정에 최소한의 중단을 일으키며, 가장 짧은 기간 동안 변형 및 비보호된 상태로 섬유를 두기 때문이다. 섬유 스폴(감긴 섬유 패키지)로부터 섬유를 풀고, 그 섬유를 섬유 웹으로 정렬한 직후에, 섬유 표면 마감재를 제거하고 노출된 섬유 표면을 제거하고, 그 다음 그 섬유를 폴리머/수지 코팅으로 즉시 코팅하거나 함침하는 것이 이상적이다. 이는 또한 섬유를 가장 짧은 기간 동안 처리된 상태 및 비코팅된 상태로 두며, 섬유의 표면 변형의 수명 또는 부식 속도에 대해 고려되어야 한다. 그러나, 이는 주로 전체 제조 공정에 최소한의 정지를 일으키고, 복합체의 굽힘 특성

또는 BFS 성능의 향상을 달성하는데 필수적이지 않기 때문에 이상적이다.

[0048] 섬유 마감재의 적어도 부분적인 제거 및 선택적인 표면 처리의 결과로서, 복수의 인접 섬유층을 포함하는 본 발명의 섬유 복합체는 적어도 약 7.50ksi(~51.71MPa), 보다 바람직하게 적어도 약 8.0ksi(~55.16MPa), 보다 바람직하게 약 8.5ksi(~58.61 MPa), 보다 바람직하게 적어도 약 9.0 ksi(~62.05 MPa), 보다 바람직하게 적어도 약 9.5ksi(~65.50 MPa), 보다 바람직하게 적어도 약 10.0ksi (~68.95 MPa), 보다 바람직하게 적어도 약 10.5 ksi(~72.39 MPa), 그리고 가장 바람직하게 적어도 약 11.0 ksi(~75.84 MPa)의 바람직한 항복 응력을 가지며, 이는 모두 약 6"(15.24cm)의 길이, 약 0.5"(12.7mm)± 약 0.02"(0.508mm)의 폭, 약 0.3"(7.62mm)± 약 0.02"(0.508mm), 약 4.8"(12.192cm)의 스패를 갖는 시편에서, (ASTM D790 절차 A에 따라 0.128in/min으로 설정된 크로스헤드 속도로) 약 0.01in/in/min의 스트레인 속도로 그리고 약 72°F의 표준 주위 실온에서 측정된다. 이러한 항복 응력값은 상기 조건하에서 시험된 복합체 시료 및 상기 명시된 시편 크기 및 형상과 관련된다. 실제 사용시, 본 발명의 섬유 복합체로부터 형성된 방탄 물품은 다양한 크기 및 형상을 가질 것이며, 따라서 본 명세서에 나타난 항복 응력값은 최대값이 아니라 최소값으로 간주된다. 항복 응력(및 본 발명에 언급된 어떠한 다른 굽힘 특성)은 또한 대략 실온(~72°F)에서 취해진 측정값만을 칭한다. 보다 따뜻한 조건은 섬유 복합체의 중합 바인더 엘리먼트를 유연하게 하고, 섬유와의 결합 강도를 감소시킬 수 있다. 어느 비교적인 측정값들은 동일한 시험 온도에서 취해져야 한다.

[0049] 상기 굽힘 강도 특성을 갖는 상술한 섬유 복합체들은 열등한 굽힘 강도 특성을 갖는 복합체, 즉, 본 발명의 복합체보다 낮은 항복 응력을 갖는 복합체에 비해 현저히 보다 낮은 백페이스 시그니처를 나타내는 것으로 발견되었다. 이는 특히, 구성 섬유가, 방탄 능력이 다른 섬유보다 본래 우수하나 폴리머 코팅에 대해서는 낮은 고유 친화력을 갖는, 폴리에틸렌 섬유인 경우에 분명하였다. 폴리에틸렌계 복합체의 굽힘 강도를 증가시키기 위해 이로부터 형성되는 폴리에틸렌계 패브릭의 제조 전에, 상술한 처리들의 어느 조합을 이용한 폴리에틸렌 섬유의 표면 처리는 아라미드 섬유를 포함하는 어느 다른 섬유 타입에 비해 상대적으로 우수한 구조적 특성, 탄도 내관통성 및 백페이스 시그니처 저항 특성의 조합을 달성한다.

[0050] 이와 관련하여, 본 발명의 섬유 복합체는 약 427m/s 내지 약 445m/s(1430feet/second(fps)±30fps)의 속도로 발사되는, 124-그레인, 9mm FMJ RN 발사체와의 충돌시, 2.01b/ft²(psf)의 면 밀도를 갖는 복합체에 대해 측정시 약 8mm미만의 바람직한 백페이스 시그니처를 갖는다. 이는 본 발명의 모든 섬유 복합체 또는 물품이 2.0psf의 면 밀도를 갖는다는 것을 의미하는 것이 아니며, 또한 본 발명의 모든 섬유 복합체 또는 물품이 상기 속도에서 이러한 FMJ RN 발사체에 대해 8mm의 BFS를 갖는다는 것을 의미하는 것도 아니다. 이는 단지 본 발명에 방법에 따라 제조된 복합체가 2.0psf 패넬로 제조된 경우에, 2.0psf 패넬이 상기 속도에서 이러한 FMJ RN 발사체에 대해 약 8mm미만의 BFS를 갖는다는 것을 나타낸다. 또한, 용어 BFS, 백페이스 변형, 트라우마 시그니처 및 둔기에 의한 외상은 발사체 충격에 기인한 복합체의 디프레션 깊이의 측정값이 아니라, 발사체 충격에 기인한 하부재에서 또는 사용자 몸안으로의 디프레션의 깊이 측정값인 것으로 이해되어야 한다. 헬멧 BFS가 전형적으로 금속 헤드 폼에 원형 헬멧을 배치하여 시험됨에 따라, 이는 딱딱한 방호물품, 특히 헬멧 방호 물품의 시험과 관련되며, 여기서 헬멧은 헤드 폼으로부터 1/2인치(1.27cm) 헬멧을 분리하는 서스펜션 시스템에 의해 헤드 폼상에 고정된다. 헤드 폼의 섹션은 클레이로 채워지며, 이러한 클레이 영역에서 디프레션의 깊이는 측정시 1/2 공간 깊이를 포함하지 않은 BFS로 측정된다. 이는 실험실 BFS 시험을 현장에서 군인에 의해 경험되는 실제 BFS와 연관시키기 위한 목적으로 수행되며, 전형적인 헬멧은 헬멧 내부 패딩 또는 서스펜션 시스템/리텐션 하니스에 기인하여 머리로부터 전형적인 1/2인치 오프셋을 포함한다. 한편, 연성 방호물품의 BFS는 통상적으로 공간을 두지 않고 클레이 표면상에 직접 방호물품을 배치하여 시험되며, 이는 실제 현장에서의 위치와 일치한다. 따라서, BFS 깊이 측정은 사용되는 시험 방법과 관련되며, BFS 깊이 측정을 비교할 경우에, 사용된 시험 방법이 시험 시료를 하부재상에 직접 배치하는지 또는 하부재로부터 공간을 두는 것이 필요한지 확인할 필요가 있다. 이와 관련하여, 본 발명의 섬유 복합체의 BFS 시험은 모두 2.0psf 시료와 클레이 하부재 사이에 1/2인치 공간을 두고 측정하였다. 본 발명의 바람직한 구현으로, 본 발명의 섬유 복합체는, NIJ 스탠다드 0101.04의 발사체 발사 조건하에서, 약 427m/s 내지 약 445m/s의 속도로 발사되는, 124-그레인, 9mm FMJ RN 발사체와의 충돌시, 약 7mm미만의 보다 바람직한 백페이스 시그니처를 가지며, 약 427m/s 내지 약 445m/s의 속도로 발사되는, 124-그레인, 9mm FMJ RN 발사체(베이스를 제외하고 약 90% 구리 및 10% 아연을 포함하는 총탄)와의 충돌시, 보다 바람직

하게 약 6mm미만, 보다 바람직하게 약 5mm미만, 보다 바람직하게 약 4mm미만, 보다 바람직하게 약 3mm미만, 보다 바람직하게 약 2mm미만, 그리고 가장 바람직하게 1mm미만의 백페이스 시그니처를 갖는다. 약 427m/s 내지 약 445m/s의 속도로 발사되는, 124-그레인, 9mm FMJ RN 발사체에 대한 BFS 시험은 당해 기술분야에서 통상적인 것이다.

[0051] 이러한 BFS 값을 달성하는 상기 섬유 복합체는, 각각 복수의 인접한 섬유층을 포함하며, 각 섬유층은 중합 물질로 적어도 부분적으로 덮인 표면을 갖는 섬유들을 포함하며, 여기서 상기 섬유들은 상기 중합 물질이 주로 섬유 표면과 직접 접촉되도록 섬유 표면 마감재를 주로 함유하지 않으며, 상술한 시편에 대해 ASTM D790에 의한 측정 시, 약 실온에서 적어도 약 7.50ksi(~51.71MPa), 보다 바람직하게 적어도 약 8.0ksi(~55.16MPa), 보다 바람직하게 약 8.5ksi(~58.61 MPa), 보다 바람직하게 적어도 약 9.0 ksi(~62.05 MPa), 보다 바람직하게 적어도 약 9.5ksi(~65.50 MPa), 보다 바람직하게 적어도 약 10.0ksi (~68.95 MPa), 보다 바람직하게 적어도 약 10.5 ksi(~72.39 MPa), 그리고 가장 바람직하게 적어도 약 11.0 ksi(~75.84 MPa)의 바람직한 항복 응력을 갖는다. 이러한 BFS 값 및 항복 응력 특성 모두를 달성하는 상기 섬유 복합체는 또한, 17-그레인 프로그래밍된 시뮬레이션 발사체(FSP)에 대해 바람직하게 적어도 약 1750feet/sec(fps)(533.40m/s), 보다 바람직하게 적어도 약 1800fps(548.64m/s), 보다 바람직하게 적어도 약 1850fps(563.88m/s), 그리고 가장 바람직하게 적어도 약 1900fps(579.12m/s)의 V_{50} 을 나타낸다. 상기 모든 V_{50} 값은 약 1.01lbs/ft²(psf)(4.88kg/m²(ksm))의 복합체 면 밀도를 갖는 방호복 패널에 대한 것이다. 상기 모든 BFS 값은 약 2.01lbs/ft²(psf)(7.96kg/m²(ksm))의 복합체 면 밀도를 갖는 방호복 패널에 대한 것이다. BFS와 같이, 이는 본 발명의 모든 섬유 복합체 또는 물품이 특정 면 밀도를 갖는다는 것이 아니며, 또한 본 발명의 모든 섬유 복합체 또는 물품이 17-그레인 FSP에 대해 적어도 약 1750feet/sec의 V_{50} 을 갖는다는 것을 의미하는 것은 아니다. 이는 단지 본 발명에 방법에 따라 제조된 복합체가 1.0psf 패널로 제조된 경우에, 1.0psf 패널이 17-그레인 FSP에 대해 적어도 약 1750feet/sec의 V_{50} 을 갖는다는 것을 나타낸다.

[0052] 본 발명에서 형성된 섬유층 및 복합체는 바람직하게 고 강도, 고 인장 모듈러스 중합 섬유로부터 제조된 내탄도성 복합체이다. 가장 바람직하게, 상기 섬유는 내탄도성 물질 및 물품의 형성에 유용한 고 강도, 고 인장 모듈러스 섬유를 포함한다. 본 명세서에 사용된, "고 강도, 고 인장 모듈러스 섬유"는 각각 모두 ASTM D2256에 의한 측정 시, 적어도 약 7g/데니어이상의 바람직한 강인성, 적어도 약 150g/데니어이상의 바람직한 인장 강도 및 적어도 약 8J/g이상의 파괴 에너지(energy-to-break)를 갖는 것이다. 본 명세서에 사용된 용어 "데니어(denier)"는 섬유 또는 양의 9000미터당 그램의 질량과 동등한 선형 밀도의 단위를 칭한다. 본 명세서에 사용된 용어 "강인성(tenacity)"은 비응력 시편의 단위 선형 밀도(데니어)당 힘(그램)으로 표현되는 인장 응력을 칭한다. 섬유의 "초기 모듈러스(initial modulus)"는 변형에 대한 저항성을 나타내는 물질의 특성이다. 용어 "인장 모듈러스"는 본래의 섬유 강도(in/in)의 일부로서 표현되는 스트레인 변화에 대한 데니어당 그램-힘(g/d)으로 표현되는 강인성의 변화비를 칭한다.

[0053] 상기 섬유를 형성하는 폴리머는 바람직하게 내탄도성 복합체/패브릭의 제조에 적절한 고-강도, 고 인장 모듈러스 섬유이다. 내탄도성 복합체 및 물품의 형성에 특히 적절한 고-강도, 고 인장 모듈러스 섬유 물질은, 고밀도 및 저밀도 폴리에틸렌을 포함하는 폴리올레핀 섬유를 포함한다. 특히, 고배향, 고분자량 폴리에틸렌 섬유, 특히 초고분자량 폴리에틸렌 섬유 및 폴리프로필렌 섬유, 특히 초고분자량 폴리프로필렌 섬유와 같은 확장된 사슬 폴리올레핀 섬유가 바람직하다. 또한, 아라미드 섬유, 특히 파라-아라미드 섬유, 폴리아미드 섬유, 폴리에틸렌 테레프탈레이트 섬유, 폴리에틸렌 나프탈렌 섬유, 확장된 사슬 폴리비닐 알코올 섬유, 확장된 사슬 폴리아크릴로니트릴 섬유, 폴리벤조옥사졸(PBO) 및 폴리벤조티아졸(PBT)과 같은 폴리벤즈아졸 섬유, 액정 코폴리에스테르 섬유 및 M5® 섬유들과 같은 다른 경질 막대 섬유가 적절하다. 각각의 이러한 섬유 타입은 통상적으로 당해 기술분야에 알려져 있다. 또한, 중합 섬유를 제조하기 위해 코폴리머, 블록 폴리머 및 이들 물질의 블렌드가 적절하다.

[0054] 내탄도성 패브릭에 가장 바람직한 섬유 타입은 폴리에틸렌, 특히 확장된 사슬 폴리에틸렌 섬유, 아라미드 섬유,

폴리벤즈아졸 섬유, 액정 코폴리에스테르 섬유, 폴리프로필렌 섬유, 특히 고배향 확장된 사슬 폴리프로필렌 섬유, 폴리비닐 알코올 섬유, 폴리아크릴로니트릴 섬유 및 다른 경질 막대 섬유, 특히 M5® 섬유들을 포함한다. 특히 가장 바람직한 섬유는 아라미드 섬유이다.

[0055] 폴리에틸렌의 경우에, 바람직한 섬유는 적어도 500,000, 바람직하게 적어도 1백만 및 보다 바람직하게 2백만 내지 5백만의 분자량을 갖는 확장된 사슬 폴리에틸렌이다. 이러한 확장된 사슬 폴리에틸렌(ECPE) 섬유는 미국 특허 제4,137,394호 또는 제4,356,138호에 기재된 바와 같은 용액 스피닝 공정으로 성장될 수 있으며, 이들 문헌은 본 명세서에 참고문헌으로 편입되며, 또는 미국 특허 제4,551,296호 및 제5,006,390호에 기재된 바와 같이 용액으로부터 스피닝되어 겔 구조를 형성할 수 있으며, 이들 문헌은 본 명세서에 참고문헌으로 편입된다. 본 발명에 사용하기에 특히 바람직한 섬유 타입은 허니웰 인터네셔널 인코포레이션에서 제조한 상표명 SPECTRA®로 판매되고 있는 폴리에틸렌 섬유이다. SPECTRA® 섬유는 당해 기술분야에 잘 알려져 있으며, 예를 들어, 미국 특허 제4,623,547호 및 제4,748,064호에 기재되어 있다. 폴리에틸렌에 부가적으로, 다른 유용한 폴리올레핀 섬유 타입은 TEGRIS® 섬유(Milliken & Company of Spartanburg, South Carolina)와 같은 폴리프로필렌(섬유 또는 테이프)이다.

[0056] 또한, 특히 아라미드(방향족 폴리아미드) 또는 파라-아라미드 섬유가 바람직하다. 이는 예를 들어, 미국 특허 제3,671,542호에 기재된 바와 같이 상업적으로 구입가능하다. 예를 들어, 유용한 폴리(p-페닐렌 테레프탈아미드) 필라멘트는 상표명 KEVLAR®로 판매되며 DuPont으로부터 상업적으로 제조된다. 또한 본 발명의 실시예에 유용한 것은 상표명 NOMEX®로 판매되며 DuPont으로부터 상업적으로 제조되는 폴리(m-페닐렌 이소프탈아미드) 섬유 및 상표명 TWARON®로 판매되며 Teijin으로부터 상업적으로 제조되는 섬유들; 상표명 HERACRON®로 판매되며 Kolon Industries, Inc.(Korea)에서 상업적으로 제조되는 아라미드 섬유들; Kamensk Volokno(Russia)에 의해 상업적으로 제조되는 p-아라미드 섬유 SVM™ 및 RUSAR™, 및 JSC Chim Volokno(Russia)에 의해 상업적으로 제조되는 ARMOS™ p-아라미드 섬유이다.

[0057] 본 발명의 실시예에 적절한 폴리벤즈아졸 섬유는 상업적으로 구입가능하며, 예를 들어, 미국 특허 제5,286,833호, 제5,296,185호, 제5,356,584호, 제5,534,205호 및 제6,040,050호에 기재되어 있으며, 이들 문헌은 본 명세서에 참고문헌으로 편입된다. 본 발명의 실시예에 적절한 액정 코폴리에스테르 섬유는 상업적으로 구입가능하며, 예를 들어, 미국 특허 제3,975,487호; 제4,118,372호 및 제4,161,470호에 기재되어 있으며, 이들 문헌은 본 명세서에 참고문헌으로 편입된다. 적절한 폴리프로필렌 섬유는 미국 특허 제4,413,110호에 기재된 바와 같은 고배향 확장된 사슬 폴리프로필렌(ECPP) 섬유를 포함하며, 상기 문헌은 본 명세서에 참고문헌으로 편입된다. 적절한 폴리비닐 알코올(PV-OH) 섬유는, 예를 들어, 미국 특허 제4,440,711호 및 제4,599,267호에 기재되어 있으며, 이들 문헌은 본 명세서에 참고문헌으로 편입된다. 적절한 폴리아크릴로니트릴(PAN) 섬유는 예를 들어, 미국 특허 제4,535,027호에 기재되어 있으며, 이는 본 명세서에 참고문헌으로 편입된다. 각각의 이러한 섬유 타입들은 상업적으로 알려져 있으며, 상업적으로 널리 구입가능하다.

[0058] M5® 섬유는 피리도비스이미다졸-2,6-디일(2,5-디히드록시-p-페닐렌)로부터 형성되며, Magellan Systems International of Richmond(Virginia)에 의해 제조되며, 예를 들어, 미국 특허 제5,674,969호, 제5,939,553호, 제5,945,537호, 및 제6,040,478호에 기재되어 있으며, 이들 문헌은 본 명세서에 참고문헌으로 편입된다. 또한, 모두 상업적으로 구입가능한 상기 모든 물질들의 조합이 적절하다. 예를 들어, 섬유층은 아라미드 섬유, UHMWPE 섬유(예, SPECTRA® 섬유), 탄소 섬유 등, 뿐만 아니라 섬유 유리 및 기타 저성능(lower-performing) 물질들 중 하나 이상의 조합으로부터 형성될 수 있다. 그러나, BFS 및 V₅₀ 값은 섬유 타입에 의해 달라질 수 있다.

[0059] 상기 섬유들은 예를 들어, 50 내지 약 3000데니어, 보다 바람직하게 약 200 내지 3000데니어, 보다 바람직하게 약 650 내지 약 2000데니어, 그리고 가장 바람직하게 약 800 내지 약 1500데니어와 같이 어느 적절한 데니어를 가질 수 있다. 선택은 방탄 효능 및 비용을 고려하여 좌우된다. 좋은 섬유일수록 제조 및 위빙하기에 더 비싸

지만, 단위 중량당 더 우수한 방탄 성능을 낼 수 있다.

[0060] 상술한 바와 같이, 고 강도, 고 인장 모듈러스 섬유는 각각 ASTM D2256에 의해 측정시, 약 7g/데니어이상의 바람직한 강인성, 약 150g/데니어이상의 바람직한 인장 모듈러스 및 약 8J/g이상의 바람직한 파괴 에너지를 갖는 것이다. 본 발명의 바람직한 구현으로, 섬유의 강인성은 약 15g/데니어이상, 바람직하게 약 20g/데니어이상, 보다 바람직하게 약 25g/데니어이상, 보다 바람직하게 약 30g/데니어이상, 보다 바람직하게 약 37g/데니어이상, 보다 바람직하게 약 40g/데니어이상, 보다 바람직하게 약 45g/데니어이상, 보다 바람직하게 약 50g/데니어이상, 보다 바람직하게 약 55g/데니어이상, 그리고 가장 바람직하게 약 60g/데니어이상이 되어야 한다. 또한, 바람직한 섬유는 약 300g/데니어이상, 보다 바람직하게 약 400g/데니어이상, 보다 바람직하게 약 500g/데니어이상, 보다 바람직하게 약 1,000g/데니어이상, 그리고 가장 바람직하게 약 1,500g/데니어이상의 바람직한 인장 모듈러스를 갖는다. 또한, 바람직한 섬유는 약 15J/g이상, 보다 바람직하게 약 25J/g이상, 보다 바람직하게 약 30J/g이상, 그리고 가장 바람직하게 약 40J/g이상의 바람직한 파괴 에너지를 갖는다. 이러한 복합 고 강도 특성들은 잘 알려진 공정에 의해 획득가능하다. 미국 특허 제4,413,110호, 제4,440,711호, 제4,535,027호, 제4,457,985호, 제4,623,547호, 제4,650,710호 및 제4,748,064호에는 바람직한 고 강도, 확장된 사슬 폴리에틸렌 섬유의 형성에 대해 일반적으로 기술되어 있다. 용액 성장 또는 겔 섬유 공정을 포함하는 이러한 방법들은 당해 기술분야에 잘 알려져 있다.

[0061] 파라-아라미드 섬유를 포함하는 다른 바람직한 각각의 섬유 타입들을 형성하는 방법이 또한 당해 기술분야에 알려져 있으며, 상기 섬유들은 상업적으로 구입가능하다. 또한, 본 발명의 섬유 복합체는 바람직하게 약 1.7g/cm² 이하의 섬유 면 밀도를 갖는 섬유들을 포함한다.

[0062] 섬유 표면으로부터 원하는 바와 같이 섬유 표면 마감재의 적어도 일부를 제거한 후에, 그리고 섬유 표면이 선택적으로, 섬유 표면에 후속적으로 적용되는 흡착질의 흡착성을 증진시키는 조건하에서 처리된 후에, 그 다음 흡착질은 선택적으로 섬유들의 적어도 일부의 적어도 일부 위에 적용된다. 본 명세서에 사용된 용어 "흡착(adsorption)"(또는 "흡착성(adsorbability)" 또는 "흡착하는(adsorb)")은 섬유 표면상의 어떠한 물질(고체, 액체, 가스 또는 플라즈마)의 물리적 흡착 및 화학적 흡착 모두를 포함하는 것으로 광범위하게 의미하며, 여기서 "물리적 흡착(physisorption)"은 섬유 표면에 물질의 물리적 결합으로 정의되며, "화학적 흡착(chemisorption)"은 섬유 표면에 물질의 화학적 결합으로 정의되며, 여기서 화학 반응은 노출된 섬유(즉, 흡착제) 표면에서 일어난다. 본 명세서에 사용된 용어 "흡착(adsorption)"은 물리적 또는 화학적으로 기질 표면에 부착, 접촉 또는 결합의 어느 가능한 수단들을 포함하며, 이에 한정하는 것은 아니나 폴리머 매트릭스에서 섬유의 섬유 흡수/부착을 증가시키는 수단들을 포함한다. 이는 명확히 어느 모노머, 올리고머, 폴리머 또는 수지를 포함하는 섬유 표면에 어느 고체, 액체 또는 가스 물질의 부착 또는 코팅을 포함하며, 섬유 표면에 어느 유기 물질 또는 무기 물질의 적용을 포함한다. 이와 관련하여, "흡착질(adsorbate)"의 정의는 이에 한정하는 것은 아니며, 명확히 폴리머 바인더 물질, 수지 또는 중합 매트릭스 물질로서 유용한 모든 폴리머들을 포함한다. 그러나, 본 발명의 목적상, 유용한 흡착질의 부류는 명확히, 바인딩 특성을 갖는 바인더 물질이 아닌, 스펀 마감 물질과 같은 섬유 표면 마감 물질을 포함하는 바인딩 특성을 갖지 않으며, 그리고 이와 반대로 본 발명에 따른 섬유 표면으로부터 특이적으로 제거되는 물질들을 제외한다.

[0063] 본 발명의 목적상, 수지와 같은 폴리머 바인더 물질 흡착질의 적용은 원하는 굽힘 특성을 갖는 복합체를 달성하는데 필요하다. 따라서, 본 발명의 직물 또는 부직포를 형성하는 섬유들은 중합 바인더 물질로 코팅되거나 함침된다. 상기 중합 바인더 물질은 섬유층의 개별 섬유들을 부분적으로 또는 실질적으로 코팅하며, 바람직하게는 각 섬유층의 각 개별 섬유들을 실질적으로 코팅한다. 또한, 상기 중합 바인더 물질은 당해 기술분야에서 통상 "중합 매트릭스(polymeric matrix)" 물질로 알려져 있으며, 이러한 용어는 본 명세서에서 호환적으로 사용된다. 이러한 용어는 당해 기술분야에 통상적으로 알려져 있으며, 이의 고유 접착 특성에 의해 또는 잘 알려진 가열 및/또는 압력 조건에 적용된 후에 함께 섬유들을 바인딩하는 물질을 나타낸다. 이러한 "중합 매트릭스" 또는 "중합 바인더" 물질은 또한 내마모성 및 유해한 환경 조건에 대한 저항성과 같은 다른 원하는 특성들을 갖는 패브릭을 제공할 수 있어, 이에 따라, 직물과 같이 이의 바인딩 특성이 중요하지 않은 경우에도 이러한 바인

더 물질로 섬유를 코팅하는 것이 바람직할 수 있다.

[0064] 적절한 중합 바인더 물질은 저 모듈러스, 탄성 물질 및 고 모듈러스, 경성 물질 모두를 포함한다. 본 명세서에 전반적으로 사용된 용어, 인장 모듈러스는 섬유에 대해 ASTM 2256에 의해, 그리고 중합 바인더 물질에 대해서는 ASTM D638에 의해 측정되는 탄성 모듈러스를 의미한다. 낮거나 높은 모듈러스 바인더는 다양한 중합 및 비중합 물질을 포함할 수 있다. 바람직한 중합 바인더는 저 모듈러스 탄성 물질을 포함한다. 본 발명의 목적상, 저 모듈러스 탄성 물질은 ASTM D638 시험법에 따라 약 6,000psi(41.4MPa)이하에서 측정되는 인장 모듈러스를 갖는다. 저 모듈러스 폴리머는 바람직하게 약 4,000psi(27.6MPa)이하, 보다 바람직하게 약 2400psi(16.5MPa)이하, 보다 바람직하게 1200psi(8.23MPa)이하, 그리고 가장 바람직하게 약 500psi(3.45MPa)이하의 엘라스토머의 인장 모듈러스를 갖는다. 상기 엘라스토머의 유리전이온도(Tg)는 바람직하게 0°C미만, 보다 바람직하게 약 -40°C미만, 그리고 가장 바람직하게 약 -50°C미만이다. 또한, 상기 엘라스토머는 적어도 약 50%, 보다 바람직하게 적어도 약 100%, 그리고 가장 바람직하게 적어도 약 300%의 바람직한 파단 신율(elongation to break)을 갖는다.

[0065] 저 모듈러스를 갖는 광범위하게 다양한 물질 및 배합물이 상기 중합 바인더로서 이용될 수 있다. 대표적인 예는 폴리부타디엔, 폴리이소프렌, 천연 고무, 에틸렌-프로필렌 코폴리머, 에틸렌-프로필렌-디엔 3량체, 폴리설피드 폴리머, 폴리우레탄 엘라스토머, 클로로설폰에이트드 폴리에틸렌, 폴리클로로프렌, 가소화된 폴리비닐클로라이드, 부타디엔 아크릴로니트릴 엘라스토머, 폴리(이소부틸렌-코-이소프렌), 폴리아크릴레이트, 폴리에스테르, 폴리에테르, 플루오로엘라스토머, 실리콘 엘라스토머, 에틸렌의 코폴리머, 폴리아미드(일부 섬유 타입으로 유용한), 내크릴로니트릴 부타디엔 스티렌, 폴리카보네이트 및 이의 조합, 뿐만 아니라 상기 섬유의 용융점 이하에서 경화가능한 다른 저 모듈러스 폴리머 및 코폴리머를 포함한다. 또한, 다른 탄성 물질의 블렌드, 또는 탄성 물질과 하나 이상의 열가소성 플라스틱의 블렌드가 바람직하다.

[0066] 컨주게이티드 디엔과 비닐 방향족 모노머의 블록 코폴리머가 특히 유용하다. 부타디엔 및 이소프렌이 바람직한 컨주게이티드 디엔 엘라스토머이다. 스티렌, 비닐 톨루엔 및 t-부틸 스티렌이 바람직한 컨주게이티드 방향족 모노머이다. 폴리이소프렌을 포함하는 블록 코폴리머는 수소화되어 포화 탄화수소 엘라스토머 세그먼트를 갖는 열가소성 플라스틱 엘라스토머를 생성할 수 있다. 상기 폴리머는 타입 A-B-A의 단순한 트리-블록, 타입 (AB)_n(n=2-10)의 다중-블록 또는 타입 R-(BA)_x(x=3-150)의 방사상 형태 코폴리머일 수 있으며; 여기서 A는 폴리비닐 방향족 모노머의 블록이며, B는 컨주게이티드 디엔 엘라스토머의 블록이다. 다수의 이러한 폴리머들은 Kraton Polymers(Houston, TX)에 의해 상업적으로 제조되며, 회보 "Kraton Thermoplastic Rubber", SC-68-81에 기재되어 있다. 또한, 상표명 PRINLIN®으로 판매되며 Henkel Technologies(Duseeldorf, Germany)로부터 상업적으로 구입가능한 스티렌-이소프렌-스티렌(SIS) 블록 코폴리머의 수지 분산물이 유용하다. 특히 바람직한 저 모듈러스 중합 바인더 폴리머는 상표명 KRATON®으로 판매되며, Kraton Polymers에 의해 제조되는 스티렌 블록 코폴리머를 포함한다. 특히 바람직한 중합 바인더 물질은 상표명 KRATON®으로 판매되는 폴리스티렌-폴리이소프렌-폴리스티렌-블록 코폴리머를 포함한다.

[0067] 저 모듈러스 중합 매트릭스 바인더 물질이 방탄 조끼와 같은 가요성 방호복의 형성에 가장 유용하나, 헬멧과 같은 경성 방호복 물품을 형성하는데 유용한 경질 물질이 본 발명에 특히 바람직하다. 바람직한 고 모듈러스, 경질 물질은 일반적으로 6,000psi보다 큰 초기 인장 모듈러스를 갖는다. 본 발명에 유용한 바람직한 고 모듈러스, 경질 중합 바인더 물질은 폴리우레탄(에테르계 및 에스테르계 모두), 에폭시, 폴리아크릴레이트, 페놀릭/폴리비닐 부티랄(PVB) 폴리머, 비닐 에스테르 폴리머, 스티렌-부타디엔 블록 코폴리머, 뿐만 아니라 비닐 에스테르 및 디알릴 프탈레이트 또는 페놀 포름알데히드 및 폴리비닐 부티랄과 같은 폴리머들의 혼합물을 포함한다. 본 발명에 사용하기에 특히 바람직한 경질 중합 바인더 물질은 열경화성 폴리머, 바람직하게는 메틸 에틸 케톤과 같은 탄소-탄소 포화 용매에 가용성이며, 경화시 ASTM D638에 의해 측정할 경우에 적어도 약 1x10⁶ psi(6895MPa)의 고 인장 모듈러스를 갖는 열경화성 폴리머이다. 특히 바람직한 경질 중합 바인더 물질은 미국 특허 제6,642,159호에 기재된 것들이며, 이는 본 명세서에 참고문헌으로 편입된다. 상기 중합 바인더는 저 모듈러스 물질이든지 고 모듈러스 물질이든지 관계없이, 또한 카본 블랙이나 실리카와 같은 필러를 포함할 수 있으며, 오일로 확장되거나, 또는 황, 과산화물, 금속 산화물 또는 당해 기술분야에 잘 알려진 방사선 경화 시스

템에 의해 경화될 수 있다.

[0068] 극성 수지 또는 극성 폴리머, 특히 약 2,000psi(13.79MPa) 내지 약 8,000psi(55.16MPa) 범위의 인장 모듈러스를 갖는 연성 및 경질 물질 모두의 범위내에 있는 폴리우레탄이 가장 특히 바람직하다. 바람직한 폴리우레탄은 수성 폴리우레탄 분산물로서 적용되며, 보조용매가 없는 것이 가장 바람직하나 필수적인 것은 아니다. 이러한 것들로는 수성 음이온성 폴리우레탄 분산물, 수성 양이온성 폴리우레탄 분산물 및 수성 비이온성 폴리우레탄 분산물을 포함한다. 수성 음이온성 폴리우레탄 분산물, 수성 지방족 폴리우레탄 분산물이 특히 바람직하며, 수성 음이온성 지방족 폴리우레탄 분산물이 가장 바람직하며, 이들 모두 바람직하게 보조 용매를 함유하지 않은 분산물이다. 이러한 것들로는 수성 음이온성 폴리에스테르계 폴리우레탄 분산물; 수성 지방족 폴리에스테르계 폴리우레탄 분산물; 및 수성 음이온성, 지방족 폴리에스테르계 폴리우레탄 분산물을 포함하며, 이들 모두 바람직하게 보조 용매를 함유하지 않은 분산물이다. 또한, 이러한 것들로는 수성 음이온성 폴리에테르 폴리우레탄 분산물; 수성 지방족 폴리에테르계 폴리우레탄 분산물; 및 수성 음이온성, 지방족 폴리에테르계 폴리우레탄 분산물을 포함하며, 이들 모두 바람직하게 보조 용매를 함유하지 않은 분산물이다. 마찬가지로, 수성 양이온 및 수성 비이온 분산물의 이에 상응하는 모든 변형물들(폴리에스테르계; 지방족 폴리에스테르계; 폴리에테르계; 지방족 폴리에테르계 등)이 바람직하다. 100% 신장률에서 약 700psi이상의 모듈러스를 갖는 지방족 폴리우레탄 분산물이 가장 바람직하며, 700psi 내지 약 3000psi의 범위를 갖는 것이 특히 바람직하다. 100% 신장률에서 약 1000psi이상, 그리고 보다 바람직하게 약 1100이상의 모듈러스를 갖는 지방족 폴리우레탄 분산물이 보다 바람직하다. 1000psi이상, 바람직하게 1100psi이상의 모듈러스를 갖는 지방족 폴리에테르계 폴리우레탄 분산물이 가장 바람직하다.

[0069] 본 발명의 복합체로부터 형성된 물품의 강도, 충격 및 탄도 특성은 섬유를 코팅하는 중합 바인더 폴리머의 인장 모듈러스에 의해 영향을 받는다. 예를 들어, 미국 특허 제4,623,574호에는 약 6,000psi(41,300kPa)미만의 인장 모듈러스를 갖는 탄성 매트릭스로 구성된 섬유 강화 복합체가, 보다 높은 모듈러스 폴리머로 구성된 복합체에 비해 그리고 중합 바인더 물질을 함유하지 않은 동일한 섬유 구조물과 비교하여 모두 더 우수한 탄도 특성을 갖는 것이 개시되어 있다. 그러나, 저 인장 모듈러스 중합 바인더 물질 폴리머는 또한 보다 낮은 강도의 복합체를 생성한다. 또한, 특정 적용시, 특히 복합체가 대-탄도 및 구조적 모드 모두에서 기능을 해야하는 경우에, 보다 우수한 내탄도성 및 강도의 조합이 요구된다. 따라서, 사용될 중합 바인더 폴리머의 가장 적절한 타입은 본 발명의 복합체로부터 형성될 물품의 타입에 따라 달라질 것이다. 두 가지 모든 특성이 타협되는 것을 달성하기 위해, 적절한 중합 바인더는 저 모듈러스 및 고 모듈러스 물질 모두를 혼합하여 단일 중합 바인더로 형성될 수 있다.

[0070] 중합 바인더 물질은 섬유 웹으로서 배열된 복수의 섬유들(예, 평행 배열 또는 펠트)에 동시에 또는 연속적으로 적용되어 코팅된 웹을 형성하고, 직물에 적용되어 코팅된 직물을 형성하거나, 또는 다른 배열로서 섬유층들을 상기 바인더로 함침될 수 있다. 본 명세서에 사용된 용어 "~로 함침되는(impregnated)"은 "~에 매립된(embedded in)" 및 "~로 코팅된(coated with)"과 동의어이거나, 그렇지 않으면 바인더 물질이 단순히 섬유층의 표면에 존재하는 것이 아니라 섬유내로 확산되는 코팅으로 적용되는 것을 의미한다. 또한, 중합 물질은 섬유 웹의 일부가 아닌 적어도 하나의 섬유 배열상에 적용된 다음, 섬유를 직물로 위빙하거나 본 명세서에 상술한 방법들에 따라 부직포가 배합될 수 있다. 직물 및 부직포 섬유 플라이, 층 및 패브릭을 형성하는 기술은 당해 기술분야에 잘 알려져 있다.

[0071] 필수적이진 않지만, 직물 섬유층을 형성하는 섬유들은 적어도 부분적으로 중합 바인더로 코팅된 다음, 부직 섬유층으로 수행된 것과 유사한 컨솔리데이션 단계를 수행한다. 이러한 컨솔리데이션 단계는 다중 직물 섬유층을 서로 합치거나, 또는 바인더를 상기 직물의 섬유와 더 합치기 위해 수행될 수 있다. 예를 들어, 복수의 직물 섬유층은 컨솔리데이션될 반드시 필요는 없고, 통상적인 접착제를 이용하거나 스티칭에 의한 것과 같이 다른 수단에 의해 부착될 수 있다.

[0072] 일반적으로, 중합 바인더 코팅은 복수의 부직 섬유 플라이를 효율적으로 합치는 것이, 즉, 컨솔리데이션하는 것

이 필요하다. 중합 바인더 물질은 개별 섬유들의 전체 표면적상에 또는 상기 섬유들의 일부 표면적상에 적용될 수 있다. 가장 바람직하게, 중합 바인더 물질의 코팅이 각 개별 섬유의 실질적으로 모든 표면적상에 적용되어 본 발명의 섬유층을 형성한다. 섬유층이 복수의 안을 포함하는 경우에, 안의 단일 가닥을 형성하는 각 섬유는 바람직하게 중합 바인더 물질로 코팅된다.

[0073] 어느 적절한 적용 방법이 중합 바인더 물질을 적용하는데 이용될 수 있으며, 용어 "코팅된(coated)"이란 필라멘트/섬유상에 적용되는 방법을 한정하려는 의도는 아니다. 중합 바인더 물질은 당해 기술분야의 숙련자에 의해 쉽게 정해질 수 있는 어느 적절한 방법을 이용하여 섬유 표면상에 직접 적용되고, 그 다음 바인더는 전형적으로 본 명세서에서 상술한 바와 같이 섬유층내로 확산된다. 예를 들어, 중합 바인더 물질은 섬유 표면상에 중합 물질의 용액을 분사, 압축 또는 롤 코팅한 다음에 건조하여 용액, 에멀전 또는 분산물 형태로 적용될 수 있으며, 여기서 상기 용액의 일부는 원하는 폴리머 또는 폴리머들을 포함하며, 상기 용액의 일부는 상기 폴리머 또는 폴리머들을 용해하거나 분산시킬 수 있는 용매를 포함한다. 변형적으로, 중합 바인더 물질은 슬롯-다이를 통해, 또는 당해 기술분야에 잘 알려진 다이렉트 그라비아, 메이어 로드 및 에어 나이프 시스템과 같은 다른 기술들을 통하여 통상적으로 알려진 기술을 이용하여 섬유들상에 압출될 수 있다. 또 다른 방법은 아무것도 타지 않은 바인더 물질의 폴리머를 서스펜션에 담긴 액체, 끈적한 고체 또는 입자로서 또는 유동층으로서 섬유상에 적용하는 것이다. 변형적으로, 코팅은 적용 온도에서 섬유의 특성에 해로운 영향을 주지 않는 적절한 용매에 담긴 용액, 에멀전 또는 분산물로 적용될 수 있다. 예를 들어, 섬유는 중합 바인더 물질의 용액을 통해 이동되어 실질적으로 섬유를 코팅한 다음, 건조될 수 있다.

[0074] 또 다른 코팅 기술로서, 섬유들은 적절한 용매에 용해되거나 분산된 중합 바인더 물질을 함유하는 용액의 조내에 적용된 다음, 용매의 증발 또는 휘발을 통해 건조될 수 있다. 이 방법은 바람직하게 적어도 부분적으로 각 개별 섬유를 중합 물질로 코팅하며, 바람직하게는 각각의 개별 섬유들을 실질적으로 코팅하거나 캡슐화하고, 그리고 필라멘트/섬유 표면적의 모두 또는 실질적으로 모두를 중합 바인더 물질로 덮는다. 원하는 양의 중합 물질을 섬유상에 놓이게 하기 위해 담금 절차가 필요에 따라 수회 반복될 수 있다.

[0075] 원하는 코팅을 얻기 위한 조건하에서 적절한 코팅 폴리머의 용액을 통해 겔 섬유를 통과시키는 것과 같이, 적절한 경우에 겔 섬유 전구체의 코팅제를 포함하는 코팅제를 섬유에 적용하는 다른 기술이 사용될 수 있다. 변형적으로, 섬유들은 적절한 중합 파우더의 유동 베드로 압출될 수 있다.

[0076] 섬유 표면 마감재의 적어도 부분적 제거 후에, 바람직하게는 섬유 표면에 후속적으로 적용되는 흡착질의 흡착성을 증진시키는 표면 처리 후에, 섬유들을 중합 바인더로 코팅되는 것이 필수적이거나, 섬유들은 섬유들이 하나 이상의 플라이/층들로 배열되기 전 또는 후에, 또는 섬유들이 직물로 짜지기 전 또는 후에, 중합 바인더로 코팅될 수 있다. 직물은 평직, 크로우풋 위브(crowfoot weave), 바스켓 위브(basket weave), 주자직(satin weave), 능직(twill weave) 등과 같은 어느 직물 위브를 이용하여 당해 기술분야에 잘 알려진 기술을 사용하여 형성될 수 있다. 평직이 가장 일반적이며, 여기서 섬유는 직교 0° /90° 배향으로 함께 위빙된다. 위빙 전 또는 후에, 각 직물 물질의 개별 섬유들은 중합 바인더 물질로 코팅되거나 코팅되지 않을 수 있다. 전형적으로, 패브릭의 위빙은 중합 바인더로 섬유를 코팅하기 전에 수행되며, 여기서 직물은 이에 따라 바인더로 함침된다. 그러나, 본 발명은 중합 바인더가 섬유에 적용되는 단계를 제한하거나, 중합 바인더를 적용하는데 사용되는 수단을 제한하려는 것은 아니다.

[0077] 부직포의 제조 방법은 당해 기술분야에 잘 알려져 있다. 본 발명에서 바람직한 구현으로, 복수의 섬유들이 적어도 하나의 배열로 배열되고, 전형적으로 실질적으로 평행의 단방향 배열로 정렬된 복수의 섬유들을 포함하는 섬유 웹으로 배열된다. 상술한 바와 같이, 부직 단방향 배열 섬유 플라이를 형성하는 전형적인 방법에서, 섬유 번들이 크릴로부터 제공되고, 가이드 및 하나 이상의 스프레더 바를 통해 콜리메이팅 콤(collimating comb)으로 유도된 다음, 섬유를 중합 바인더 물질로 코팅한다. 전형적인 섬유 번들은 약 30 내지 약 2000 개별 섬유를 갖는다. 스프레더 바 및 콜리메이팅 콤은 번들 섬유를 분산 및 펼쳐, 공면 형태로 나란히 이들을 재편성한다. 이상적인 섬유 스프레딩은 개별 필라멘트들 또는 개별 섬유들이 단일 섬유면에서 서로 옆에 위치하도록 하여,

섬유들이 서로 겹치지 않고 실질적으로 단방향의 평행한 섬유 배열을 형성한다. 이 시점에서, 이러한 스프레딩 단계 전 또는 중에, 섬유 표면 마감재를 제거하는 것은 섬유가 이러한 평행 배열로 스프레딩되는 것을 증진 및 촉진할 수 있다.

[0078] 섬유를 바인더 물질로 코팅한 후에, 코팅된 섬유들은 단층, 일체식 부재로 컨솔리데이션된 복수의 오버래핑 부직 섬유 플라이를 포함하는 부직 섬유층으로 형성된다. 본 발명의 바람직한 부직 패브릭 구조로, 복수의 스테킹된, 오버래핑 유니테이프가 형성되며, 여기서 각 단일 플라이(유니테이프)의 평행 섬유들은 각 단일 플라이의 세로 길이 섬유 방향에 대해 서로 인접한 단일 플라이의 평행 섬유들에 직교로 배치된다. 오버래핑 부직 섬유 플라이의 스택은 가열 및 압력하에, 또는 개별 섬유 플라이들의 코팅을 부착시켜 단일층의 일체식 부재를 형성함으로써 컨솔리데이션되며, 이는 또한 당해 기술분야에서 단일층, 컨솔리데이트드 망으로도 칭하여지며, 여기서 "컨솔리데이트드 망(consolidated network)"은 섬유 플라이와 중합 매트릭스/바인더의 컨솔리데이션(합체진) 조합을 나타낸다. 본 발명의 물품은 또한 직물과 부직포의 하이브리드 컨솔리데이션 조합을 포함하며, 뿐만 아니라 단방향 섬유 플라이와 부직 펠트 패브릭으로부터 형성된 부직포의 조합을 포함할 수 있다.

[0079] 가장 전형적으로, 부직 섬유층 또는 패브릭은 약 1 내지 6 플라이를 포함하나, 다양한 적용에 원하는 바에 따라 약 10 내지 20 플라이 정도로 많이 포함할 수 있다. 플라이의 수가 많을수록, 더 우수한 내탄도성을 옮기지만, 또한 중량이 더 커진다. 따라서, 섬유층 복합체 및/또는 패브릭 복합체 또는 본 발명의 물품을 형성하는 섬유 플라이의 수는 패브릭 또는 물품의 최종 용도에 따라 달라진다. 예를 들어, 군사용 방탄조끼는 바람직하게는 1.0 평방피트 면적당 1.0 파운드(4.9kg / m²)를 달성하는 물품 복합체를 형성하기 위해, 총 약 100플라이(또는 층) 내지 50 개별 플라이(또는 층)이 필요할 수 있으며, 여기서 플라이/층은 위빙되거나, 니팅되거나, 펠팅되거나 또는 본 명세서에 기재된 고강도 섬유로부터 형성된 (평행 배향된 섬유 또는 다른 배열을 갖는) 부직포일 수 있다. 다른 구현으로, 법집행 용도(law enforcement use)의 방탄조끼는 미 법무성 산하의 국제사법연구소(National Institute of Justice ; NIJ) 위협 레벨(Threat Level)에 근거한 다수의 플라이/ 층을 가질 수 있다. 예를 들어 NIJ 위협 레벨 IIIA 조끼에 있어서 포함 40플라이로 될 수 있다. 보다 낮은 NIJ 위협 레벨에 대해, 보다 적은 플라이/층이 이용될 수 있다. 본 발명은 다른 알려진 내탄도 구조물에 비해 패브릭 중량을 증가시키지 않고 보다 많은 수의 섬유 플라이의 편입이 원하는 수준의 탄도 보호를 달성할 수 있도록 한다.

[0080] 통상적으로 당해 기술분야에 알려진 바와 같이, 우수한 내탄도성은, 하나의 플라이의 섬유 배열 방향이 다른 플라이의 섬유 배열 방향에 대한 각도로 회전하도록, 개별 섬유 플라이가 교차-플라이되는 경우에 달성된다. 보다 바람직하게, 섬유 플라이는 0° /90° 각도로 세로 길이로 교차-플라이되거나, 인접한 플라이는 다른 플라이의 세로 길이 섬유 방향에 대해 사실상 약 0° 내지 90° 사이의 어느 각도로 배열될 수 있다. 예를 들어, 5 플라이 부직 구조물은 0° /45° /90° /45° /0° 또는 다른 각도로 배향된 플라이들을 가질 수 있다. 그러한 회전된 단방향의 배열은 예를 들어, 미국특허 제4,457,985호; 제4,748,064호; 제4,916,000호; 제4,403,012호; 제4,623,574호; 및 제4,737,402호에 기술되어 있으며, 이들 문헌은 본 명세서에 참고문헌으로 편입된다

[0081] 섬유 플라이들을 컨솔리데이션하여 섬유층 및 복합체를 형성하는 방법은, 미국 특허 제6,642,159호에 기재된 방법에 의한 것과 같이 잘 알려져 있다. 컨솔리데이션은 건조, 냉각, 가열, 압력 또는 이의 조합을 통해 일어날 수 있다. 가열 및/또는 압력은, 습윤 라미네이션 공정의 경우에서와 같이 섬유 또는 패브릭층이 함께 부착될 수 있으므로 불필요할 수 있다. 전형적으로, 컨솔리데이션은 플라이들을 일원화 패브릭으로 합치기에 충분한 열 및 압력의 조건하에서 개별 섬유 플라이들을 다른 개별 섬유 플라이들상에 배치시킴으로써 수행된다. 컨솔리데이션은 약 50-175°C, 바람직하게 약 105-175°C의 범위의 온도에서, 그리고 약 5psig(0.034MPa) 내지 약 2500psig(17MPa)의 압력 범위에서 약 0.01초 내지 약 24시간 동안, 바람직하게는 약 0.02초 내지 약 2시간 동안 수행될 수 있다. 가열시, 중합 바인더 코팅은 완전히 용융되지 않고 끈적거리거나 흐르게 될 수 있다. 그러나, 일반적으로, 중합 바인더 물질(만일 용융가능한 것인 경우에)이 용융되는 경우에, 상대적으로 작은 압력이 복합체 형성에 필요하며, 한편으로 바인더 물질이 스티킹 포인트(sticking point)로만 가열될 경우에, 보다 높은 압력이 전형적으로 필요하다. 통상적으로 당해 기술분야에 알려져 있는 바와 같이, 컨솔리데이션은 카렌더 세트, 플랫-베드 라미네이터(flat-bed laminator), 프레스 또는 오토클레이브에서 수행될 수 있다. 가장

바람직하게, 복수의 직각 섬유 웹은 바인더 폴리머와 함께 "부착(glued)"되고, 플랫폼-베드 라미네이터를 통해 러닝되어 결합의 균일성 및 강도가 향상된다. 또한, 컨솔리데이션 및 폴리머 적용/결합 단계는 2개의 별도의 단계 또는 단일 컨솔리데이션/라미네이션 단계를 포함할 수 있다.

[0082] 변형적으로, 컨솔리데이션은 적절한 몰딩 장치에서 열 및 압력에 몰딩함으로써 달성될 수 있다. 일반적으로, 몰딩은 약 50psi(344.7kPa) 내지 약 5,000psi(34,470kPa), 보다 바람직하게 약 100psi(689.5kPa) 내지 약 3,000psi(20,680kPa), 가장 바람직하게 약 150psi(1,034kPa) 내지 약 1,500psi(10,340kPa)의 압력에서 수행된다. 몰딩은 변형적으로 약 5,000psi(34,470kPa) 내지 약 15,000psi(103,410kPa), 보다 바람직하게 약 750psi(5,171kPa) 내지 약 5,000psi, 그리고 보다 바람직하게 약 1,000psi 내지 약 5,000psi의 보다 높은 압력에서 수행될 수 있다. 몰딩 단계는 약 4초 내지 약 45분 걸릴 수 있다. 바람직한 몰딩 온도는 약 200°F(~93°C) 내지 약 350°F(~177°C), 보다 바람직하게 약 200°F 내지 약 300°F의 온도에서 그리고 가장 바람직하게 약 200°F 내지 약 280°F의 온도범위이다. 본 발명의 섬유층 및 패브릭 복합체가 몰딩되는 압력은 전형적으로 결과적으로 형성되는 몰딩 산물의 강성도 및 굴곡성에 직접적인 영향을 미친다. 보다 높은 압력에서의 몰딩은 일반적으로 특정 한계까지 보다 단단한 물질을 생성한다. 몰딩 압력에 부가적으로, 섬유 플라이 및 중합 바인더 코팅 타입의 양, 두께 및 조성이 또한 복합체로부터 형성되는 물품의 강성도에 직접적으로 영향을 준다.

[0083] 본 명세서에 기재된 각각의 몰딩 및 컨솔리데이션 기술은 유사하나, 각 공정은 다르다. 특히, 몰딩은 배치 공정이며, 컨솔리데이션은 일반적으로 연속 공정이다. 또한, 몰딩은 전형적으로, 평판을 형성하는 경우에 성형 몰드 또는 매치-다이 몰드와 같은 몰드의 사용을 포함하며, 반드시 평면 제품을 형성할 필요는 없다. 보통, 컨솔리데이션은 플랫폼-베드 라미네이터, 카렌더 닙 세트에서 수행되거나 습윤 라미네이션으로 수행되어 연성(가요성) 방호 패브릭을 생성한다. 몰딩은 전형적으로 예를 들어, 경질 플레이트와 같은 하드 방호물의 제조를 위해 유지된다. 어떠한 공정에서, 적절한 온도, 압력 및 시간은 일반적으로 중합 바인더 코팅 물질의 타입, 중합 바인더 함량, 사용되는 공정 및 섬유 타입에 따라 달라진다.

[0084] 충분한 내탄도 특성을 갖는 패브릭 물품을 제조하기 위해, 바인더/매트릭스 코팅의 총 중량은 섬유와 코팅의 중량의 약 2-50중량%, 보다 바람직하게 약 5-30중량%, 보다 바람직하게 약 7-20%, 그리고 가장 바람직하게 약 11-16중량%이며, 여기서 16중량%가 부직포에 대해 가장 바람직하다. 보다 낮은 바인더/매트릭스 함량이 직물에 적절하며, 여기서 섬유와 코팅의 중량의 0 초과 내지 10중량%미만의 중합 바인더 함량이 전형적으로 가장 바람직하다. 이는 한정하려는 것은 아니다. 예를 들어, 페놀릭/PVB 함침된 직조된 아라미드 패브릭은 종종 약 20-30%의 보다 높은 수치 함량으로 제조되나, 약 12% 함량이 전형적으로 바람직하다.

[0085] 섬유층들의 위빙 또는 컨솔리데이션 후에, 선택적인 열가소성 플라스틱 폴리머층이 통상적인 방법을 통해 섬유 복합체의 외부 표면 중 하나 또는 모두에 부착될 수 있다. 열가소성 플라스틱 폴리머층의 적절한 폴리머는 비제한적으로 열가소성 플라스틱 폴리머를 포함하며, 이는 비제한적으로 폴리올레핀, 폴리아미드, 폴리에스테르(특히 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET) 및 PET 코폴리머), 폴리우레탄, 비닐 폴리머, 에틸렌 비닐 알코올 코폴리머, 에틸렌 옥탄 코폴리머, 아크릴로니트릴 코폴리머, 아크릴 폴리머, 비닐 폴리머, 폴리카보네이트, 폴리스티렌, 플루오로폴리머 등, 뿐만 아니라 에틸렌 비닐 아세테이트(EVA) 및 에틸렌 아크릴산을 포함하는 이의 코폴리머 및 혼합물로 구성되는 그룹으로부터 선택될 수 있다. 또한, 천연 및 합성 고무 폴리머가 유용하다. 이들 중, 폴리올레핀 및 폴리아미드층이 바람직하다. 바람직한 폴리올레핀은 폴리에틸렌이다. 유용한 폴리에틸렌의 비제한적인 예는 저밀도 폴리에틸렌(LDPE), 선형 저밀도 폴리에틸렌(LLDPE), 중밀도 폴리에틸렌(MDPE), 선형 중밀도 폴리에틸렌(LMDPE), 선형 극저밀도 폴리에틸렌(VLDPE), 선형 초저밀도 폴리에틸렌(ULDPE), 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 및 이의 코폴리머 및 혼합물이다. 또한, Spunfab, Ltd, of Cuyahoga Falls(Ohio)로부터 구입가능한 SPUNFAB® 폴리아미드 웹(Keuchel Associates, Inc.에 의해 등록된 상표명), 뿐만 아니라 Protechnic S.A. of Cernay(France)로부터 구입가능한 THERMOPLAST™ 및 HELIOPLAST™ 웹, 네트 및 필름이 유용하다. 열가소성 플라스틱 폴리머층은 열 라미네이션과 같이 잘 알려진 기술을 사용하여 복합체 표면에 결합될 수 있다. 전형적으로, 라미네이션은 개별층들을 일원화 필름으로 합치는데 충분한 열 및 압력의 조건하에 서로 위에 개별층들을 배치함으로써 수행된다. 개별층들은 서로 위에 배치되며, 그 다음 그 결합물을 당해 기술분야에 잘 알려진 기

술에 의해 한 쌍의 가열 라미네이팅 롤러의 닙을 통해 통과시킨다. 라미네이션 가열은 약 95-175°C, 바람직하게 약 105-175°C 범위의 온도에서, 약 5psig(0.034MPa) 내지 약 100psig(0.69MPa) 범위의 압력에서, 약 5초 내지 약 36시간, 바람직하게 약 30초 내지 약 24시간 동안 수행될 수 있다.

[0086] 개별 페브릭/복합체/섬유층들의 두께는 개별 섬유들의 두께 및 페브릭에 편입된 섬유층들의 수와 상응할 것이다. 바람직한 직물은 층당 약 25 μ m 내지 약 600 μ m, 보다 바람직하게 약 50 μ m 내지 약 385 μ m, 그리고 가장 바람직하게 층당 약 75 μ m 내지 약 255 μ m의 바람직한 두께를 가질 것이다. 바람직한 부직포, 즉, 부직, 단층, 컨솔리데이션된 망은 약 12 μ m 내지 약 600 μ m, 보다 바람직하게 약 50 μ m 내지 약 385 μ m, 그리고 가장 바람직하게 약 75 μ m 내지 약 255 μ m의 바람직한 두께를 가질 것이며, 여기서 단층, 컨솔리데이션된 망은 전형적으로 2개의 컨솔리데이션된 플라이(즉, 2개의 유니테이프)를 포함한다. 어느 열가소성 플라스틱 폴리머층은 바람직하게 매우 얇으며, 약 1 μ m 내지 약 250 μ m, 보다 바람직하게 약 5 μ m 내지 약 25 μ m, 그리고 가장 바람직하게 약 5 μ m 내지 약 9 μ m의 바람직한 층 두께를 갖는다. SPUNFAB® 부직 웹과 같은 불연속 웹은 바람직하게 제공 미터당 6g(gsm)의 평량(basis weight)으로 적용된다. 이러한 두께가 바람직하나, 다른 두께가 특정 요구를 충족하는데 생성될 수 있으며, 이는 본 발명의 범위내에 여전히 포함된다.

[0087] 본 발명의 페브릭/복합체는 컨솔리데이션/몰딩 전에 약 20grams/m²(0.0041b/ft²(psf)) 내지 약 1000 gsm(0.2psf)의 바람직한 면 밀도를 가질 것이다. 컨솔리데이션/몰딩 전에 본 발명의 페브릭/복합체에 대한 보다 바람직한 면 밀도는 약 30gsm(0.006psf) 내지 약 500gsm(0.1psf) 범위일 것이다. 컨솔리데이션/몰딩 전에 본 발명의 페브릭/복합체에 대한 가장 바람직한 면 밀도는 약 50gsm(0.01psf) 내지 약 250gsm(0.05psf) 범위일 것이다. 서로 간에 위에 스택킹되고 컨솔리데이션된 다중 섬유층을 포함하는 본 발명의 물품은 약 1000gsm(0.2psf) 내지 약 40,000gsm(8.0psf), 보다 바람직하게 약 2000gsm(0.40psf) 내지 약 30,000gsm(6.0psf), 보다 바람직하게 약 3000gsm(0.60psf) 내지 약 20,000gsm(4.0psf), 및 가장 바람직하게 약 3750gsm(0.75psf) 내지 약 15,000gsm(3.0 psf)의 바람직한 복합체 면 밀도를 가질 것이다. 헬멧으로 성형된 복합체 물품에 대한 전형적인 범위는 약 7,500gsm(1.50psf) 내지 약 12,500gsm(2.50 psf)이다. 복수의 인접된 섬유층을 포함하는 본 발명의 섬유 복합체는 또한, 표준 주위 실온에서 ASTM D5868에 따라 측정시, 섬유 플라이 간에 적어도 약 170pounds force(lbf), 보다 바람직하게 적어도 약 200lbf 그리고 가장 바람직하게 적어도 약 300lbf의 바람직한 층간 전단 강도를 갖는다.

[0088] 본 발명의 페브릭은 잘 알려진 기술을 이용하여, 가요성, 연성 방호 물품, 뿐만 아니라 경질의, 강성 방호 물품을 포함하는 다양한 여러 가지 내탄도성 물품을 형성하기 위해 다양한 적용에 사용될 수 있다. 예를 들어, 내탄도성 물품을 형성하는 적절한 기술은 예를 들어, 미국 특허 제4,623,574호, 제4,650,710호, 제4,748,064호, 제5,552,208호, 제5,587,230호, 제6,642,159호, 제6,841,492호 및 제6,846,758호에 기재되어 있으며, 이들 문헌은 모두 본 명세서에 참고문헌으로 편입된다. 상기 복합체는, 특히 강성 방호물 및 강성 방호 물품을 제조하는 공정에서 형성되는 성형 또는 비성형 소조립 중간체를 형성하는데 유용하다. "강성(hard)" 방호물은, 현저한 양의 응력을 받았을 경우에, 구조적 강도를 유지하도록 충분한 기계적 강도를 가지며, 붕괴되지 않고 프리스탠딩할 수 있는, 헬멧, 군사 차량용 패널 또는 보호막과 같은 물품을 의미한다. 이러한 강성 물품은 바람직하게, 이에 한정하는 것은 아니나 고 인장 모듈러스 바인더 물질을 사용하여 형성된다.

[0089] 구조물은 복수의 개별 시트로 잘려지고, 스택킹되어 물품으로 형성되거나, 또는 물품을 형성하는데 후속적으로 사용되는 전구체로 형성될 수 있다. 이러한 기술은 당해 기술분야에 잘 알려져 있다. 본 발명의 가장 바람직한 구현으로, 각각 컨솔리데이션된 복수의 섬유 플라이를 포함하는 복수의 섬유층이 제공되며, 여기서, 열가소성 플라스틱 폴리머가, 복수의 섬유 플라이를 컨솔리데이션하는 컨솔리데이션 단계 전, 도중 또는 후에, 각 섬유층의 적어도 하나의 외부 표면에 결합되며, 복수의 섬유층은 복수의 섬유층을 방호 물품 또는 방호 물품의 소조립체로 컨솔리데이션하는 또 다른 컨솔리데이션 단계에 의해 후속적으로 합쳐진다.

[0090] 내관통성 및 백페이스 시그니처 모두를 포함하는 본 발명의 섬유 복합체의 내탄도 특성은 당해 기술분야에 잘

알려진 기술에 따라 측정될 수 있다.

[0091] 하기 실시예가 본 발명을 설명하는데 제공된다.

[0092] 실시예

[0093] 섬유 마감재 제거 및 선택적인 다른 섬유 표면 처리가 다양한 복합체의 항복 응력 및 백페이스 시그니처와 같은 굽힘 특성에 미치는 효과를 평가하고, 그 결과를 하기 표 2A 및 2B에 나타내었다. 섬유 공정 기술은 다음과 같이 수행되었다:

[0094] 섬유 마감재 제거

[0095] 복수의 다중-필라멘트 섬유를 복수의 섬유 스펀(다중-필라멘트 섬유당 하나의 스펀)로부터 풀고, 그 다음 고정된 콜리메이팅 콤(collimating comb)을 통해 통과시켜 섬유를 고르게 이격된 섬유 웹으로 조직화하였다. 그 다음, 섬유 웹을 탈이온수가 함유된 프리-소크 워터 베스(pre-soak water bath)를 통해 약 18초의 대략적인 체류시간으로 직접 통과시켰다. 프리-소크 워터 베스로부터 나온 후에, 그 섬유들을 30 워터 노즐의 बैं크에 의해 린스하였다. 각 워터 노즐의 수압은 약 42psi이었으며, 노즐당 분당 약 0.5갤론의 수 흐름 속도를 가졌다. 노즐을 빠져 나온 물은 상대적으로 평평한 스트림으로 형성되었으며, 섬유에 대한 수 접촉각은 인접한 노즐로부터 방출되는 스트림의 입사각에 대해 0° 또는 30° 이었다. 수온은 28.9°C로 측정되었다. 프리-소크 워터 베스 및 워터 노즐의 बैं크를 통과하는 라인 속도는 약 4m/min 내지 약 20m/min 범위이었다. 상기 프리-소크 워터 베스내의 물 및 노즐로 운반된 물은 별도의 탈이온 시스템을 통해 1차 통과하여 탈이온되었다. 세정된 섬유들은 그 다음 건조되고 추가 공정을 위해 이동되었다.

[0096] 표 1에 특정 세정이 섬유로부터 제거되는 마감재의 양에 얼마나 다르게 영향을 미치는지 단독으로 제공된 대표적인 실시예를 요약하였다. 각 시료는 하나의 시료 스펀상에 함께 묶여진 4 엔드(ends)로 구성되었다. 각 시료는 시료당 총 60g의 섬유인 적어도 400ft에 대해 러닝되었다. 섬유상의 %잔류는 표에 명시된 조건에 따른 세정 후에 섬유상에 잔존하는 마감재의 양을 중량 측정된 측정값을 나타낸다. 중량 측정값은 세정되지 않은 컨트롤 섬유상에 존재하는 마감재의 양과의 비교에 기초한다.

[0097] [표 1]

시료	노즐 스타일	노즐 압력(psi)	라인 속도(Ft/min)	노즐 출력(gpm)	섬유상에서의 % 잔류
I	A1	42	15	0.20	2.3
II	B1	30	15	0.29	2.4
III	C1	30	15	0.41	3.1
IV	C2	15	15	0.30	3.1
V	A2	42	15	0.20	4.0
VI	B2	30	15	0.29	4.1
VII	A3	56	50	0.23	5.0
VIII	C3	15	15	0.30	5.1
IX	A4	56	30	0.23	5.5
X	C4	30	15	0.41	5.9
XI	C5	34	30	0.44	5.9
XII	C6	34	60	0.44	6.2

[0098]

- [0099] 코로나 처리
- [0100] 세정된 섬유들의 18-인치 너비의 웹을, 약 15ft/min의 속도로 30-인치 너비 전극을 가지고 2kW의 전력으로 설정된 코로나 처리기를 통해 연속적으로 통과시켰다. 이는 섬유들의 면적에 걸쳐, 와트 밀도로 측정하여 섬유에 적용된 2000W(2.5ft x 15-FPM) 또는 53Watts/ft²/min의 출력 분포(power distribution)를 형성하였다. 코로나 계내에서 섬유들의 체류 시간은 약 2초이었다. 처리는 표준 대기압하에서 수행하였다.
- [0101] 플라즈마 처리
- [0102] 세정된 섬유들의 29-인치 너비의 웹을, 2kW의 전력으로 설정된 대기 플라즈마 처리기(모델: Enercon Plasma3 Station Model APT12DF-150/2, Enercon Industries Corp., 29-인치 너비 전극을 가짐)를 통해 약 12ft/min의 속도로 연속적으로 통과시켰다. 이는 섬유들의 면적에 걸쳐, 와트 밀도로 측정하여 섬유에 적용된 2000W(29in x 12-FPM) 또는 67Watts/ft²/min의 출력 분포를 형성하였다. 플라즈마 처리기내에서 섬유들의 체류 시간은 약 2초이었다. 처리는 표준 대기압하에서 수행하였다.
- [0103] 굽힘 특성의 측정
- [0104] 달리 명시하지 않는 한, 시험은 약 72°F의 표준 주위 실온에서 ASTM 스탠다드 D790의 3 포인트 벤드 시험법의 설명서에 따라 수행하였다. 이 방법에 따라, 빔-형태 또는 바-형태 시편을 지지체들간에 명시된 거리의 오픈 스패를 갖는 빔/바의 반대 단부들에서 지지체상에 고르게 놓았다. 로드는 시편을 휘게 하는 로딩 노즈를 이용하는 것과 같이 시편의 중심에 명시된 속도로 적용된다. ASTM D790의 방법에 따라, 로드는 시편이 5% 굴절에 이를 때까지 또는 시편이 파열될 때까지 적용된다.
- [0105] 하기에 나타난 모든 발명예에서, 굽힘 특성 시험은 부직 섬유층에서 수행되었으며, 약 6"(15.24cm)의 길이, 약 0.5"(12.7mm)± 약 0.02"(0.508mm)의 폭, 약 0.31"(±7.874mm)± 약 0.02"(0.508mm)(1.5psf 면 밀도)의 깊이를 갖는 시편에 대해, ASTM D790 공정 A에 따라 약 4.8"(12.192cm)의 스패 및 약 0.01in/in/min의 스트레인 속도로, 항복 이동(displacement at yield), 항복 스트레인(strain at yield), 항복 하중(load at yield), 항복 응력(stress at yield) 및 항복점에 대한 에너지(energy to yield point)를 측정하였다. 본 발명의 목적상, 로드는 최소한, 복합체의 적어도 일부의 적어도 부분 디라미네이션이 일어날 때까지 적용되었다. 시험은 3 포인트 시험 픽스처로 일반적인 Instron 5585 시험기를 이용하여 수행되었다.
- [0106] 시험 복합체들의 섬유들은 다양한 중합 바인더(중합 매트릭스) 물질에 매립되었다. 각 복합체는 각각 다른 음이온, 지방족 폴리에스테르계 폴리우레탄 코팅을 섬유상에 포함하는 동일한 폴리에틸렌 섬유 타입을 포함하였다. 섬유 처리가 유일한 변수인 섬유 처리의 효과를 나타내기 위해 다양한 처리들을 비교하였다. 복합체들은 약 270°F(132°C)의 온도에서 약 500psi의 압력에서 약 10분간 40 2-플라이 섬유층을 함께 몰딩하여 형성되었다.
- [0107] V₅₀ 측정
- [0108] V₅₀ 데이터는 통상적으로 알려진 표준화된 기술하에, 특히 국방부 시험법 스탠다드 MIL-STD-662F의 조건에 따라 얻어졌다.
- [0109] 백페이스 시그니처 측정
- [0110] 연성 방호물의 BFS 측정을 위한 표준 방법은 NIJ 스탠다드 0101.04, 타입 IIIA에 의해 나타나 있으며, 여기서 방호 시료는 변형가능한 클레이 하부재의 표면과 접촉되어 놓인다. 이 NIJ 방법은 통상적으로 사용자의 몸에 직접 배치되거나 또는 매우 근접하게 배치되는 방호물에 대해 현장에서 사용시 탄도 이벤트 중에 예상될 수 있

는 실제 BFS의 타당한 근사치 또는 추정치를 얻는데 사용된다. 그러나, 사용자의 몸이나 머리에 직접 배치되거나 매우 근접하게 배치되지 않는 방호물에 대해서, 실제 BFS의 보다 우수한 근사치 또는 추정치는 변형가능한 클레이 하부재의 표면으로부터 방호물을 이격시킴으로써 얻어진다. 따라서, 표 2A에 나타난 백페이스 시그니처 데이터는 NIJ 스탠다드 0101.04, 타입 IIIA의 방법에 의해 측정되지 않았다. 대신에, NIJ 스탠다드 0101.04, 타입 IIIA의 방법과 유사하지만, 복합체 물품과 클레이 블록 사이에 주문 제작된 스페이서 부재를 삽입하여, 평평한 클레이 블록상에 복합체 물품을 직접 놓기 보다는 복합체를 클레이 블록으로부터 1/2인치(12.7mm) 이격시킨 새로운 디자인의 방법을 이용하였다. 이러한 주문 제작된 스페이서 부재는 보더(border) 및 상기 보더에 의해 형성되는 내부 캐비티를 갖는 부재를 포함하며, 클레이가 캐비티를 통해 노출되고, 스페이서가 클레이의 전면과 직접 접촉하여 배치되었다. 발사체는 스페이서의 내부 캐비티에 상응하는 표적 위치에 있는 복합체 물품에서 발사되었다. 발사체는 스페이서의 내부 캐비티에 상응하는 위치에서 복합체 물품과 충돌하였으며, 각 발사체 충돌은 클레이에서 측정가능한 디프레션을 일으켰다. 표 2A에 나타난 모든 BFS 측정값들은 이러한 방법에 따른 클레이에서 디프레션의 깊이를 나타내는 것이며, 스페이서 부재의 깊이를 고려하지 않은 것이다. 즉, 표 2A의 BFS 측정값들은 복합체와 클레이 사이의 실제 거리를 포함하지 않는다.

[0111] 디라미네이션 측정

[0112] 표 2A의 디라미네이션은 하부재의 디프레션의 깊이 보다는 실제 시험된 패널의 후방 변형의 깊이의 측정값을 나타낸다. 이는 측정된 클레이 디프레션이 아니기 때문에 "디라미네이션(delamination)"이라 칭한다. 디라미네이션의 측정값은 발사체 충돌 후에, 충돌 영역에 있는 패브릭이 부분적으로 리트랙되기 때문에, BFS 측정값 + 1/2"(12.7mm) 에어 갭 깊이보다 작을 것이다. 디라미네이션 측정은 리트랙션 후에 취해지나, 본 명세서에 기술한 에어 갭 방법을 이용한 BFS 측정은 패브릭의 후방 변형의 전체 규모를 나타낸다. 리트랙션 후 변형은 전형적으로 패널의 단면을 자르고, 패널의 비손상된 후방 표면의 면으로부터 변형 영역의 가장 깊은 외부 부분까지의 깊이를 측정하여 검출된다.

[0113] 각 시료에 대해, BFS는 2.01lb/ft²(psf)의 면 밀도 및 53g/m²(gsm)의 섬유 면 밀도(평균 섬유, 즉, 하나의 유니테이프의 단일 플라이의 면 밀도)를 갖는 12" x 12" 제곱 시료에 대해 측정되었다. 각 실시예에 대해, BFS는 약 1430feet/second(fps)±30fps의 속도로 발사된 9mm, 124-그레인 FMJ RN 발사체에 대해 측정되었다.

[0114] [표 2A]

실시예	산물	섬유 처리	BFS @ 2.0 psf		Delamination @ 2.0 psf		BFS + 1/2" gap - Delam @ RT (mm)	BFS + 1/2" gap - Delam @ 160°F (mm)
			RT (mm)	160 °F(71.1 °C) (mm)	RT (mm)	160 °F(71.1 °C) (mm)		
1	I	무	9.4	13.1	17.3	14.7	4.8	11.1
2	I	플라즈마만 처리 Ar/O2 90/10 (2 kW)	6.5	9.8	13.1	12.3	6.1	10.2
3	I	세정 및 플라즈마 Ar/O2 90/10 (3 kW)	3.4	6.3	11.0	11.5	5.1	7.5
4	II	무	8.3	11.3	16.3	17.0	4.7	7.0
5	II	세정된	10.5	11.5	14.5	18.4	8.7	5.8
6	II	플라즈마만 처리 Ar/O2 90/10 (2 kW)	5.3	7.5	13.3	14.1	4.7	6.1
7	II	세정 및 플라즈마 Ar/O2 90/10 (3 kW)	1.9	4.7	12.3	11.9	2.3	5.5
8	II	세정 및 플라즈마 Ar/O2 90/10 (1.5 kW)	2.3	4.1	12.1	15.5	2.8	1.3
9	III	무	12.4	14.9	15.6	14.9	9.5	12.7
10	III	세정	11.5	10.3	11.8	14.3	12.4	8.7
11	III	플라즈마만 처리 Ar/O2 90/10 (2 kW)	6.9	11.7	9.8	10.1	9.8	14.3
12	III	세정 및 플라즈마 Ar/O2 90/10 (3 kW)	5.1	6.1	12.8	12.1	5.1	6.7
13	IV	무	5.3	14.3	12.5	14.8	5.5	12.2
14	IV	세정 및 플라즈마 Ar/O2 90/10 (3 kW)	6.3	9.6	14.3	13.8	4.7	8.6
15	V	세정 및 플라즈마 Ar/O2 90/10 (3 kW)	3.8	6.1	14.9	13.7	1.6	5.1
16	VI	세정 및 플라즈마 Ar/O2 90/10 (3 kW)	3.1	6.4	12.8	13.6	3.1	5.5

[0115]

[0116]

표 2A는 세정되지 않고 미처리된 섬유로부터 형성된 패브릭을 다양한 처리에 적용된 섬유들로부터 형성된 패브릭과 비교하였을 경우의, 측정된 BFS 및 디라미네이션의 차이를 나타낸다. 각각의 산물 I-VI는 섬유상에 다양한 음이온성, 지방족 폴리에스테르계 폴리우레탄을 각각 포함하는 동일한 폴리에틸렌 섬유 타입을 포함하였다. BFS + 1/2"(12.7mm) 겹 - 디라미네이션을 나타내는 표 2A에서 마지막 두 컬럼은, 패브릭 리트랙션의 양을 나타내며 실제 현장 사용시 강성 방호물의 BFS의 전체 예측 규모를 측정하는 에어 갭 스페이서 BFS 측정 방법의 보다 우수한 정확성을 나타낸다.

[0117] [표 2B]

실시예	산물	섬유 처리	V ₅₀ 17 그레인 @ 1.0 psf (fps)	3 포인트 벤드 ASTM D790	
				항복 응력(ksi)	항복 에너지(Lbf- in)
1	I	무	1848	4.40	1.14
2	I	플라즈마만 처리 Ar/O2 90/10 (2 kW)	1810	6.22	6.89
3	I	세정 및 플라즈마 Ar/O2 90/10 (3 kW)	1894	9.80	32.31
4	II	무	1798	-	-
5	II	세정된	1899	-	-
6	II	플라즈마만 처리 Ar/O2 90/10 (2 kW)	1771	-	-
7	II	세정 및 플라즈마 Ar/O2 90/10 (3 kW)	1752	11.39	25.43
8	II	세정 및 플라즈마 Ar/O2 90/10 (1.5 kW)	1767	11.36	22.97
9	III	무	1902	-	-
10	III	세정된	1889	-	-
11	III	플라즈마만 처리 Ar/O2 90/10 (2 kW)	1828	-	-
12	III	세정 및 플라즈마 Ar/O2 90/10 (3 kW)	1897	9.13	31.55
13	IV	무	1813	4.28	3.02
14	IV	세정 및 플라즈마 Ar/O2 90/10 (3 kW)	1814	6.33	9.77
15	V	세정 및 플라즈마 Ar/O2 90/10 (3 kW)	1917	11.04	41.04
16	VI	세정 및 플라즈마 Ar/O2 90/10 (3 kW)	1850	10.98	49.56

[0118]

[0119] 표 2B는 섬유 처리에 의해 구별되는 탄도 내관통성(V₅₀) 및 3 포인트 벤드 특성의 차이를 나타낸다.

[0120] 본 발명은 바람직한 구현을 참조로 상세하게 나타내고 기술되었으나, 당해 기술분야에서 숙련된 자에 의해 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않고 다양한 변화 및 변형이 이루어질 수 있음이 쉽게 인식될 것이다. 특허청 구범위는 개시된 구현, 상기 언급된 변형 및 모든 이의 등가물을 포함하는 것으로 해석되어야 할 것이다.