



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년03월10일
(11) 등록번호 10-1715420
(24) 등록일자 2017년03월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F41H 5/02 (2006.01) *B63B 3/10* (2006.01)
F41H 1/08 (2006.01) *F41H 5/04* (2006.01)
F41H 5/06 (2006.01) *F41H 5/24* (2006.01)
F41H 7/00 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2011-7027523
 (22) 출원일자(국제) 2010년04월20일
 심사청구일자 2015년03월24일
 (85) 번역문제출일자 2011년11월18일
 (65) 공개번호 10-2012-0027250
 (43) 공개일자 2012년03월21일
 (86) 국제출원번호 PCT/CA2010/000600
 (87) 국제공개번호 WO 2010/121373
 국제공개일자 2010년10월28일
 (30) 우선권주장
 61/170,820 2009년04월20일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 W01991006823 A2*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
바테이 인코포레이티드
 캐나다 엔1알 5퍼블유6 온타리오주 캠프리지 무르
 필드 스트리트 75 피오박스 790
 (72) 발명자
반 히어든 제이슨 아론
 캐나다 엔1알 8엠9 온타리오주 캠프리지 헤리스
 스트리트 54
 (74) 대리인
양영준, 안국찬

전체 청구항 수 : 총 33 항

심사관 : 정아람

(54) 발명의 명칭 **큰 필라멘트당 테니어 고성능 양을 갖는 개선된 방탄 복합체**

(57) 요약

본 발명에 따르면, 방탄 복합체를 형성하도록 수지와 접촉되는 복수개의 큰 필라멘트당 테니어(dpf) 양을 포함하는 방탄 복합체가 제공된다. 수지는 열경화성 수지 또는 열가소성 수지일 수 있다. 큰 dpf 양에는 $CA \cdot dpf$ 인자 = $dpf_{\text{양}} \times (\text{밀도}_{\text{양}})^3$ 에 의해 계산되는 "복합체-아머 dpf 인자"가 부여되고, 여기에서 $dpf_{\text{양}}$ 은 양의 필라멘트 테니어이고, $\text{밀도}_{\text{양}}$ 은 양의 밀도이다.

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

방탄 복합체이며,

복수개의 얇을 포함하고, 얇은 개선된 방탄 성능을 제공하도록 선택되는 "복합체-아머 dpf 인자"(CA · dpf_{인자})를 갖고, CA · dpf_{인자}는 다음의 수학식에 따라 결정되고,

[수학식]

$$CA \cdot dpf_{\text{인자}} = \frac{dpf_{\text{얇}}}{1} = dpf_{\text{얇}} \times (\text{밀도}_{\text{얇}})^3$$

여기서, dpf_얇은 얇의 필라멘트당 데니어(denier per filament)이고,

얇은 6.9 이상 85 미만의 CA · dpf_{인자}를 갖는, 방탄 복합체.

청구항 3

삭제

청구항 4

제2항에 있어서, 얇은 6.72 초과와 CA · dpf_{인자}를 갖는 아라미드 섬유를 포함하는 방탄 복합체.

청구항 5

제2항에 있어서, 얇은 3.49 초과와 CA · dpf_{인자}를 갖는 개질된 파라-아라미드 섬유를 포함하는 방탄 복합체.

청구항 6

제2항에 있어서, 얇은 6.86 초과와 CA · dpf_{인자}를 갖는 폴리에스테르 폴리아릴레이트 섬유를 포함하는 방탄 복합체.

청구항 7

제2항에 있어서, 얇은 얇의 측정된 밀도를 기초로 하여 4.74 초과와 CA · dpf_{인자}를 갖는 HMPP 섬유를 포함하는 방탄 복합체.

청구항 8

제2항에 있어서, 얇은 6.03 초과와 CA · dpf_{인자}를 갖는 HMPP 섬유를 포함하는 방탄 복합체.

청구항 9

제2항에 있어서, 얇은 4.93 초과와 CA · dpf_{인자}를 갖는 HMWPE 섬유를 포함하는 방탄 복합체.

청구항 10

제2항에 있어서, 양은 5.7 초과의 CA · dpf_{인자}를 갖는 PBO 섬유를 포함하는 방탄 복합체.

청구항 11

제2항에 있어서, 양은 4.91 초과의 CA · dpf_{인자}를 갖는 M5 섬유를 포함하는 방탄 복합체.

청구항 12

제2항에 있어서, 양은 3.27 초과의 CA · dpf_{인자}를 갖는 탄소 섬유를 포함하는 방탄 복합체.

청구항 13

제2항에 있어서, 양은 4.95 초과의 CA · dpf_{인자}를 갖는 폴리올레핀 섬유를 포함하는 방탄 복합체.

청구항 14

제2항에 있어서, 양은 6.9 내지 16의 CA · dpf_{인자}를 갖는 방탄 복합체.

청구항 15

제2항에 있어서, 양은 16 내지 42의 CA · dpf_{인자}를 갖는 방탄 복합체.

청구항 16

삭제

청구항 17

제2항에 있어서, 복수개의 양은 2.25 초과의 dpf_양를 갖는 아라미드 섬유를 포함하는 방탄 복합체.

청구항 18

제17항에 있어서, 복수개의 양은 2.25 내지 9.5의 dpf_양를 갖는 아라미드 섬유를 포함하는 방탄 복합체.

청구항 19

제2항에 있어서, 복수개의 양은 1.1 초과의 dpf_양를 갖는 개질된 파라-아라미드 섬유를 포함하는 방탄 복합체.

청구항 20

제19항에 있어서, 개질된 파라-아라미드 섬유는 1.1 내지 8.8의 dpf_양를 갖는 방탄 복합체.

청구항 21

제2항에 있어서, 복수개의 양은 5.4 초과의 dpf_양를 갖는 UHMWPE 섬유를 포함하는 방탄 복합체.

청구항 22

제21항에 있어서, UHMWPE 섬유는 5.4 내지 30.6의 dpf_양를 갖는 방탄 복합체.

청구항 23

제2항에 있어서, 복수개의 양은 2.5 초과의 dpf_양를 갖는 폴리에스테르 폴리아릴레이트 섬유를 포함하는 방탄 복합체.

청구항 24

제23항에 있어서, 폴리에스테르 폴리아릴레이트 섬유는 2.5 내지 35의 dpf_양를 갖는 방탄 복합체.

청구항 25

제2항에 있어서, 복수개의 얇은 지방족(비-방향족) 폴리올레핀으로부터 제조된 고성능 섬유를 포함하고, 2.5 초과의 dpf_얇를 갖는, 방탄 복합체.

청구항 26

제25항에 있어서, 지방족 폴리올레핀 섬유는 8 초과의 dpf_얇를 갖는 고탄성 폴리프로필렌 섬유를 포함하는 방탄 복합체.

청구항 27

제26항에 있어서, 지방족 고탄성 폴리프로필렌 폴리올레핀 섬유는 8 내지 50의 dpf_얇를 갖는 방탄 복합체.

청구항 28

제2항에 있어서, 복수개의 얇과 접촉되는 수지를 추가로 포함하는 방탄 복합체.

청구항 29

제28항에 있어서, 수지는 열경화성 수지인 방탄 복합체.

청구항 30

제28항에 있어서, 수지는 열가소성 수지인 방탄 복합체.

청구항 31

제28항에 있어서, 수지는,

폴리에스테르;

폴리프로필렌;

폴리우레탄;

폴리에테르;

폴리부타디엔;

폴리아크릴레이트;

에틸렌의 공중합체;

폴리카보네이트;

이오노머;

에틸렌 아크릴산(EAA) 공중합체;

페놀 수지;

비닐 에스테르;

PVB 페놀 수지;

천연 고무;

합성 고무;

폴리에틸렌; 및

스티렌-부타디엔 고무

로부터 구성된 그룹으로부터 선택되는 방탄 복합체.

청구항 32

제2항에 있어서, 복수개의 얇은 유기 고성능 섬유를 포함하는 방탄 복합체.

청구항 33

제2항에 있어서, 복수개의 얇은 산업용 섬유를 포함하는 방탄 복합체.

청구항 34

a. 적어도 1개의 직물 층과;

b. 적어도 1개의 직물 층을 함께 고정하는 수지

를 포함하고,

c. 적어도 1개의 직물 층은 복수개의 얇은 포함하고, 얇은 개선된 방탄 성능을 제공하도록 선택되는 "복합체-아머 dpf 인자"(CA · dpf_{인자})를 갖고, CA · dpf_{인자}는 다음의 수학적식에 따라 결정되고,

[수학적식]

$$CA \cdot dpf_{\text{인자}} = \frac{dpf_{\text{얇}}}{\frac{1}{(\text{밀도}_{\text{얇}})^3}} = dpf_{\text{얇}} \times (\text{밀도}_{\text{얇}})^3$$

여기서, dpf_얇은 얇은 필라멘트당 데니어(denier per filament)이고,

얇은 6.9 이상 85 미만의 CA · dpf_{인자}를 갖는, 복합체 아머 부재.

청구항 35

제2항에 기재된 방탄 복합체를 포함하는 보호 재료.

청구항 36

제35항에 있어서, 보호 재료는,

신체 아머;

개인용 아머 플레이트;

개인용 아머 실드;

상업용 차량 아머;

군사용 차량 아머;

경량 항공기 아머;

선박 아머;

헬멧;

구조용 아머

중 하나인 보호 재료.

발명의 설명

기술 분야

관련 출원

[0001]

[0002] 본 출원은 미국 임시 특허 출원 제61/170,820호(출원일: 2009년 4월 20일, 발명의 명칭: "큰 필라멘트당 데니어 고성능 안을 갖는 개선된 방탄 복합체")의 이익을 향유하고, 이 특허 출원의 전체 내용은 여러 개의 목적을 위해 참조로 여기에 합체되어 있다.

[0003] 여기에서 개시된 실시예는 방탄 복합체 특히 큰 필라멘트당 데니어(dpf: denier per filament) 비율을 갖는 섬유 또는 필라멘트를 사용하는 방탄 복합체에 관한 것이다.

배경 기술

[0004] 현재에, 가볍고 비싸지 않고 방탄 성능 면에서 개선을 제공하는 강성 또는 반-강성 복합체 아머 시스템(rigid or semi-rigid composite armor system)에 대한 큰 요구가 있다. 이러한 요구를 충족시키기 위해, 아라미드 [예컨대, 케블라®(Kevlar®), 트와론®(Twaron®), 헤라크론®(Heracron®)], HMWPE[예컨대, 스펙트라®(Spectra®), 다이니마™(Dyneema™)], HMPP[예컨대, 이네그라™(Innegra™)], 폴리프로필렌, 폴리에스테르, 나일론, PBO, 벡트란®(Vectran®), S-2 글래스®, 벤투트(Basalt), M5 섬유, 탄소 등의 고성능 안을 이용하는 복합체 아머 시스템이 열가소성 및 열경화성 수지 시스템과 조합하여 점점 더 사용되고 있다.

[0005] 전통적으로, 더 양호한 방탄 성능이 특히 연결 아머 외부-전술용 조끼에서 고속 탄도 발사체(high-speed ballistic projectile)로부터 에너지를 분산시키는 데 효율적인 것으로 밝혀진 더 미세하거나 더 작은 dtex 안 및 더 미세하거나 더 작은 필라멘트당 데니어(dpf) 안의 사용을 통해 성취되었다. 추가로, 방탄 성능 개선이 더 높은 인장 강도, 더 높은 초기 탄성 계수 및/또는 증가된 % 파괴점 신장률을 갖도록 특별히 공학적으로 처리된 고성능 안의 사용을 통해 성취되었다. 그러나, 이들 해결책은 전형적으로 더 높은 비용 투입 안 그에 따라 상당히 더 비싼 아머 제품을 발생시킨다.

[0006] 다수개의 인자 즉 a) 실험실적 시험을 위해 상이한 dpf에서 동일한 데니어 안을 제조하는 것이 전형적으로 매우 비싸고 복잡하다는 점, b) 많은 방탄 안의 필라멘트의 개수 및 dpf가 또한 종종 안을 제조하는 회사에 의해 비밀로 유지된다는 점 그리고 c) 역사적으로, 아머 제조업자가 직물 및 고성능 안의 제조 방법에 대해 제한된 지식을 보유하고 있다는 점으로 인해, 강성 아머에서 dpf 및 방탄 성능을 상호 관련시키는 분야에서, 상대적으로 적은 연구가 수행되었다.

[0007] 팍(Park) 등(제US 2008/0006145호)은 강성 표면 및 방탄 직물 지지부를 포함하는 경질 아머 복합체를 개시하고 있다. 팍은 1.5 dpf 이하의 트와론®, 5.4 dpf 미만의 스펙트라 실드® PCR, 2.0 dpf 미만의 다이니마® 일방향(UD: Unidirectional) 섬유, 1.5 dpf 이하의 PBO 자일론®(Zylon®) 그리고 1.5 dpf의 아라미드 케블라®를 포함하는 낮은 dpf 섬유의 사용을 개시하고 있다. 팍에 의해 개시된 양호한 실시예는 5.4 dpf 미만, 바람직하게는 2.0 dpf 미만 그리고 가장 바람직하게는 1.5 dpf 미만을 갖는 고성능 섬유를 사용한다.

발명의 내용

[0008] 여기에서 설명된 실시예는 대체로 강성 또는 반-강성 방탄 복합체에서의 큰 dpf 섬유 또는 필라멘트의 사용에 관한 것이다. 하나의 태양에 따르면, 유기 고성능 섬유 그리고 열가소성 방탄 필름 등의 수지 또는 적층체를 포함하는 방탄 복합체가 제공된다.

[0009] 일부 실시예에서, 여기에서 설명된 것과 같은 방탄 복합체는 또한 방폭 복합체(blast-resistant composite)로서 유용할 수 있다.

[0010] 일반적으로, 일부 실시예는 유기 고성능 섬유 또는 필라멘트를 갖는 방탄 복합체를 포함하고, 섬유 또는 필라멘트의 dpf의 증가에 따라 더 큰 방탄 성능을 나타낸다.

[0011] 여기에서 개시된 방탄 복합체는 다음의 장점들 중 적어도 일부를 갖는 것으로 여겨진다. 즉,

[0012] · 복합체 아머를 제조하는 데 더 낮은 비용 투입 안을 사용함으로써 비교적 더 낮은 가격의 아머 시스템을 제공한다.

[0013] · 개선된 방탄 성능을 갖는 동등한 중량의 방탄 패널, 헬멧, 아머 또는 다른 복합체 부재(즉, 더 작은 dpf 안으로부터 제조된 비교 가능한 중량의 아머보다 높은 V₅₀ 성능을 갖는 아머) 등을 제공한다.

[0014] · 더 무거운 아머 시스템과 동일한 방탄 V₅₀ 성능을 갖는 더 가벼운 중량의 방탄 패널, 헬멧, 아머 또는 다른 부재 등을 제공한다.

[0015] · 큰 dpf 고성능 양을 위한 새로운 방탄 시장 및 적용 분야를 제공한다.

[0016] · 현재에 이용 가능한 시스템보다 양호한 성능(예컨대, 중량/비용/성능)의 세라믹 아머 지지 시스템을 제공한다.

[0017] · 큰 dpf 양으로 제조된 복합체 강성 또는 반-강성 아머 시스템에서 더 낮은 비용의 유기 고성능 합성 양(HMPP, 나일론, PET, PP 등)을 효과적으로 이용한다.

[0018] 하나의 태양에 따르면, 복수개의 큰 필라멘트당 데니어(dpf) 양을 포함하는 방탄 복합체가 제공된다. 큰 dpf 양은 개선된 방탄 성능을 제공하도록 선택되는 "복합체-아머 dpf 인자(Composite-Armor dpf factor)"(CA · dpf)를 가질 수 있고, CA · dpf는 다음의 수학식에 따라 결정된다. 즉,

$$CA \cdot dpf_{\text{인자}} = \frac{dpf_{\text{양}}}{\frac{1}{(밀도_{\text{양}})^3}} = dpf_{\text{양}} \times (밀도_{\text{양}})^3$$

[0019]

[0020] 큰 dpf 양은 6.9 이상의 CA · dpf를 가질 수 있다.

[0021] 큰 dpf 양은 6.72 초과와 CA · dpf를 갖는 아라미드 섬유를 포함할 수 있다. 큰 dpf 양은 3.49 초과와 CA · dpf를 갖는 개질된 파라-아라미드 섬유(para-aramid fiber)를 포함할 수 있다. 큰 dpf 양은 6.86 초과와 CA · dpf를 갖는 폴리에스테르 폴리아릴레이트 섬유를 포함할 수 있다. 큰 dpf 양은 양의 측정된 밀도를 기초로 하여 4.74 초과와 CA · dpf를 갖는 HMPP 섬유를 포함할 수 있다. 큰 dpf 양은 6.03 초과와 CA · dpf를 갖는 HMPP 섬유를 포함할 수 있다. 큰 dpf 양은 4.93 초과와 CA · dpf를 갖는 HMWPE 섬유를 포함할 수 있다. 큰 dpf 양은 5.7 초과와 CA · dpf를 갖는 PBO 섬유를 포함할 수 있다. 큰 dpf 양은 4.91 초과와 CA · dpf를 갖는 M5 섬유를 포함할 수 있다. 큰 dpf 양은 3.27 초과와 CA · dpf를 갖는 탄소 섬유를 포함할 수 있다. 큰 dpf 양은 4.95 초과와 CA · dpf를 갖는 폴리올레핀 섬유를 포함할 수 있다.

[0022] 큰 dpf 양은 6.9 내지 16의 CA · dpf를 가질 수 있다. 큰 dpf 양은 16 내지 42의 CA · dpf를 가질 수 있다. 큰 dpf 양은 85 미만의 CA · dpf를 가질 수 있다.

[0023] 큰 dpf 양은 2.25 초과와 dpf를 갖는 아라미드 섬유를 포함할 수 있다. 큰 dpf 양은 2.25 내지 9.5의 dpf를 갖는 아라미드 섬유를 포함할 수 있다.

[0024] 큰 dpf 양은 1.1 초과와 dpf를 갖는 개질된 파라-아라미드 섬유를 포함할 수 있다. 개질된 파라-아라미드 섬유는 1.1 내지 8.8의 dpf를 가질 수 있다.

[0025] 큰 dpf 양은 5.4 초과와 dpf를 갖는 UHMWPE 섬유를 포함할 수 있다. UHMWPE 섬유는 5.4 내지 30.6의 dpf를 가질 수 있다.

[0026] 큰 dpf 양은 2.5 초과와 dpf를 갖는 폴리에스테르 폴리아릴레이트 섬유를 포함할 수 있다. 폴리에스테르 폴리아릴레이트 섬유는 2.5 내지 35의 dpf를 가질 수 있다.

[0027] 큰 dpf 양은 지방족(비-방향족) 폴리올레핀으로부터 제조된 고성능 섬유를 포함할 수 있고, 2.5 초과와 dpf를 가질 수 있다. 지방족 폴리올레핀 섬유는 8 초과와 dpf를 갖는 고탄성(high modulus) 폴리프로필렌 섬유를 포함할 수 있다. 지방족 고탄성 폴리프로필렌 폴리올레핀 섬유는 8 내지 50의 dpf를 가질 수 있다.

[0028] 방탄 복합체는 복수개의 큰 dpf 양과 접촉되는 수지를 추가로 포함할 수 있다. 수지는 열경화성 수지일 수 있다. 수지는 열가소성 수지일 수 있다. 수지는 폴리에스테르; 폴리프로필렌; 폴리우레탄; 폴리에테르; 폴리부타디엔; 폴리아크릴레이트; 에틸렌의 공중합체; 폴리카보네이트; 이오노머(ionomer); 에틸렌 아크릴산(EAA) 공중합체; 페놀 수지; 비닐 에스테르; PVB 페놀 수지; 천연 고무; 합성 고무; 폴리에틸렌; 및 스티렌-부타디엔 고무로 구성된 그룹으로부터 선택될 수 있다.

[0029] 복수개의 큰 dpf 양은 유기 고성능 섬유를 포함할 수 있다. 복수개의 큰 dpf 양은 산업용 섬유를 포함할 수 있

다.

- [0030] 또 다른 태양에 따르면, 적어도 1개의 직물 층과; 적어도 1개의 직물 층을 함께 고정하는 수지를 포함하고, 적어도 1개의 직물 층은 복수개의 큰 dpf 양을 포함하는, 복합체 아머 부재가 제공된다.
- [0031] 또 다른 태양에 따르면, 복수개의 큰 dpf 섬유를 갖는 방탄 복합체를 포함하는 보호 재료가 제공된다. 보호 재료는 신체 아머; 개인용 아머 플레이트; 개인용 아머 실드; 상업용 차량 아머; 군사용 차량 아머; 경량 항공기 아머; 선박 아머; 헬멧; 및 구조용 아머 중 하나일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 여기에서 포함된 도면은 본 명세서의 제품, 방법 및 장치의 다양한 예를 설명하기 위한 것이고, 임의의 방식으로 개시된 발명의 범주를 제한하도록 의도되지 않는다. 도면에서,
 - 도1은 5.0 dpf 대 2.5 dpf 벡트란[®] HT로 제조된 방탄 복합체의 비교이다.
 - 도2는 1.5 dpf 대 2.25 dpf 케블라[®]로 제조된 방탄 연결-아머의 비교이다.
 - 도3은 1.5 dpf 대 2.25 dpf 케블라[®]로 제조된 방탄 복합체의 비교이다.
 - 도4는 8.0 dpf 대 12.5 dpf HMPP(이네그라[™])로 제조된 방탄 복합체의 비교이다.
 - 도4a는 8.0 dpf, 12.5 dpf 및 19.0 dpf HMPP(이네그라[™])로 제조된 방탄 복합체의 비교이다.
 - 도5는 5.0 dpf 대 15.0 dpf 벡트란[®]으로 제조된 방탄 복합체의 비교이다.
 - 도6은 다항식 모델(polynomial model)을 사용하여 상이한 dpf에서 방탄 벡트란[®] 복합체의 이론적인 성능의 곡선이다.
 - 도7은 대수식 모델(logarithmic model)을 사용하여 상이한 dpf에서 방탄 벡트란[®] 복합체의 이론적인 성능의 곡선이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 여기에서 설명된 예시 실시예는 고성능 섬유의 dpf를 증가시키는 것이 복합체의 방탄 성능을 개선시키는 고성능 섬유로 제조된 방탄 강성 또는 반-강성 복합체를 포함한다.
- [0034] 강성 또는 반-강성 복합체의 성능은 더 큰 dpf 섬유 또는 필라멘트의 사용으로써 개선되는 경향이 있다는 것이 본 발명에 의해 놀랍게도 밝혀졌다.
- [0035] 여기에서 설명된 방탄 복합체는 개선된 방탄 성능이 동등하거나 더 낮은 원재료 투입 비용으로 요구되는 복합체 아머에서 특히 효과적인 경향이 있다. 여기에서 설명된 일부 실시예는 방탄 복합체 아머[즉, 헬멧; 상업용 차량 아머 패널; 스폴 라이너(spall liner), 파편화 키트(fragmentation kit), IED 보호구, EFP 보호구 등의 군사용 차량 아머; 경량 항공기 아머; 소형 암 보호 인서트; 구조물(예컨대, 빌딩, 군사용 텐트 등)을 위한 보호 아머; 아머 실드; 방폭 배리어 등] 내로 결합되는 직포, 일방향 및/또는 부직포 직물/섬유 매트릭스, 및/또는 3-차원 섬유 매트릭스를 포함한다.
- [0036] 섬유 또는 안 종류
- [0037] 여기에서 사용된 것과 같이, 용어 "섬유" 또는 "필라멘트"는 길이 치수가 횡단 방향 또는 폭 치수보다 큰 긴 본체를 말한다. 일부 실시예에서, 동일한 대체로 길이 방향으로 연장되는 복수개의 섬유가 안을 구성할 수 있다.
- [0038] 여기에서 사용된 것과 같이, 용어 "필라멘트당 테니어(dpf)"는 9000 m의 필라멘트당 질량(단위: g)으로서 표현되는 필라멘트의 선형 질량 밀도를 말한다.
- [0039] 하나의 태양에서, 여기에서 설명된 방탄 복합체는 방탄 복합체의 분야에서 공지되어 있는 유기 섬유 또는 필라멘트로부터 제조된다.
- [0040] 일부 실시예에서, 섬유는 아라미드 섬유, 연장된 사슬 폴리에틸렌 섬유 및/또는 폴리(p-페닐렌-2,6-벤조비스옥

사줄)(PBO) 섬유 등의 고성능 섬유이다. 다른 예는 예컨대 듀폰(DuPont)(케블라[®]), 테이진(Teijin)(트와론[®]), 코오롱(헤라크론[®]) 및 효성 아라미드(Hyosung Aramid)에 의해 상업적으로 제조된 것과 같은 아라미드 및 공중합체 아라미드 섬유; 개질된 아라미드[예컨대, 루사르[®](Rusar[®]), 오텍스[®](Autex[®])]; 각각 상표명 스펙트라[®], 다이니마[®] 및 테크밀론[®](Tekmilon[®])으로 [그리고 또한 페가수스[®](Pegasus[®]) 양으로] 하니웰(Honeywell), DSM 및 미쯔이(Mitsui)에 의해 상업적으로 제조된 초고분자량 폴리에틸렌(UHMWPE: ultra high molecular weight polyethylene); [상표명 자일론[®]으로 도요보(Toyobo)에 의해 제조된] 폴리(p-페닐렌-2,6-벤조비스옥사줄)(PBO); 및/또는 폴리에스테르-폴리아릴레이트 양[예컨대, 상표명 벡트란[®]으로 쿠라레(Kuraray)에 의해 제조된 액정 중합체]를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 나일론, 폴리에스테르, (폴리에틸렌 및 폴리프로필렌을 포함하는) 폴리오레핀 계열의 양 등의 산업용 섬유가 또한 방탄 직물에서 사용될 수 있다.

[0041] 일부 실시예에서, 방탄 복합체는 1.5 내지 5의 dpf를 갖는 방향족 폴리에스테르(예컨대, 폴리에스테르-폴리아릴레이트)로부터 제조된 유기 고성능 섬유를 포함한다. 다른 실시예에서, 섬유는 2.5 초과의 dpf를 갖는 방향족 폴리에스테르일 수 있다. 다른 실시예에서, 방향족 폴리에스테르 섬유는 5 초과의 dpf를 가질 수 있다. 추가 실시예에서, 방향족 폴리에스테르 섬유는 5 내지 8, 8 내지 12, 12 내지 20, 또는 20 초과의 dpf를 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 고성능 방향족 폴리에스테르 섬유는 벡트란[™] 섬유를 포함할 수 있다.

[0042] 다른 실시예에서, 방탄 복합체는 방향족 폴리아미드(예컨대, 아라미드)로부터 제조된 고성능 섬유를 포함하고, 1 내지 2.25의 dpf를 갖는다. 다른 실시예에서, 아라미드 섬유는 2.25 초과의 dpf를 가질 수 있다. 추가 실시예에서, 아라미드 섬유는 2.25 내지 5, 5 내지 8, 8 내지 12, 12 내지 20, 또는 20 초과의 dpf를 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 고성능 방향족 폴리아미드 섬유는 케블라[™] 섬유를 포함할 수 있다.

[0043] 일부 실시예에서, 방탄 복합체는 고분자량 폴리에틸렌(HMWPE: high-molecular weight polyethylene) 등의 지방족(비-방향족) 저밀도 폴리오레핀, 폴리프로필렌 그리고 PET 또는 나일론/아미드 등의 합성 섬유로부터 제조된 고성능 섬유를 포함하고, 2.0 내지 12.5의 dpf를 갖는다. 일부 실시예에서, 지방족 저밀도 폴리오레핀 섬유는 8 초과의 dpf를 가질 수 있다. 다른 실시예에서, 지방족 저밀도 폴리오레핀 섬유는 11 초과의 dpf를 가질 수 있다. 추가 실시예에서, 지방족 저밀도 폴리오레핀 섬유는 12.5 초과의 dpf를 가질 수 있다. 추가 실시예에서, 지방족 저밀도 폴리오레핀 섬유는 12.5 내지 15, 15 내지 20, 20 초과, 60 초과, 또는 60 내지 100의 dpf를 가질 수 있다. 하나의 실시예에서, 지방족 저밀도 폴리오레핀 섬유는 이네그라[™] S HMPP로부터 제조될 수 있다.

[0044] 일부 실시예에서, 섬유는 1.1 초과의 dpf를 갖는 개질된 파라-아라미드(예컨대, AuTex HT)일 수 있다. 다른 실시예에서, 섬유는 1.1 내지 2.2의 dpf를 갖는 개질된 파라-아라미드일 수 있다. 또 다른 실시예에서, 섬유는 2.2 초과의 dpf를 갖는 개질된 파라-아라미드일 수 있다.

[0045] 일부 실시예에서, 섬유는 5.4 초과의 dpf를 갖는 UHMWPE(예컨대, 스펙트라[™], 다이니마[™])일 수 있다. 다른 실시예에서, 섬유는 5.4 내지 7.6의 dpf를 갖는 UHMWPE일 수 있다. 또 다른 실시예에서, 섬유는 7.6 초과의 dpf를 갖는 UHMWPE일 수 있다.

[0046] 여기에서 개시된 실시예는 대체로 버솔트 또는 유리 섬유 등의 무기 양으로부터 제조된 섬유 또는 양을 사용하거나 실질적으로 포함하지 않는다. 예컨대, 작은 dpf S-2 유리 섬유를 사용하여 제조된 방탄 복합체는 대체로 더 큰 dpf S-2 유리 섬유를 사용하여 제조된 동등한 복합체에 비해 더 양호한 방탄 성능을 나타내고, 그에 따라 대체로 여기에서 설명된 것과 같은 실시예에 적절하지 않다.

[0047] 기본 직물

[0048] 일부 실시예에 따르면, 여기에서 설명된 방탄 복합체는 직물로 배열되는 섬유 또는 양을 포함할 수 있다. 여기에서 사용된 것과 같이, 용어 "직물"은 대체로 연속의 시트를 형성하도록 배열된 복수개의 섬유를 말하고, 여기에서 설명된 것과 같은 유기 섬유 또는 필라멘트를 사용하여 제조된 직포, 일방향 및/또는 부직포 직물/섬유 매트릭스를 포함할 수 있다.

[0049] 일부 실시예에서 특정 직물이 단일 종류의 섬유로부터 또는 2개 이상의 다양한 종류의 섬유로부터 제조될 수 있다는 것이 이해될 것이다. 직물은 각각의 양으로 및/또는 직물을 제조하도록 결합되는 상이한 양으로 된 다양

한 종류의 섬유를 또한 포함할 수 있다.

- [0050] 일부 실시예에서, 직물은 레이피어, 셔틀, 에어 제트, 프로젝타일 및 워터 제트 롬(rapier, shuttle, air jet, projectile and water jet loom) 등의 표준형 직조 롬에서, 또는 다층 또는 3-차원 직물을 생성하도록 된 3-차원 등의 더 복잡한 직조 기계 또는 교차-축 방향 삽입을 가능케 하는 직조 기계에서 직조될 수 있다.
- [0051] 일부 실시예에서, 직물이 직조된다. 그러나, 직물은 또한 편직 또는 부직포 구조일 수 있다. 직포는 평직물(plain weave), 크로우풋 직조물(crowfoot weave), 바스켓 직조물(basket weave), 새틴 직조물(satin weave), 트윌 직조물(twill weave), 사적으로 직조된 직조물(proprietary weave) 등의 임의의 직조물을 포함할 수 있다. 직물은 또한 겹쳐질 수 있고, 즉 접착제, 열 접착제, 스티칭(stitching), 매트릭스 또는 직물의 층을 결합시키는 공지된 임의의 다른 방법을 사용하여 함께 부착되는 1개 이상의 층으로 구성될 수 있다.
- [0052] 부직포는 인접한 일방향 직물 층의 섬유가 서로에 직각이도록 배향될 수 있는 겹쳐진 일방향 직물을 포함하는 일방향 직물을 포함할 수 있다.
- [0053] 복합체 재료 및 수지
- [0054] 일부 실시예에 따르면, 여기에서 설명된 것과 같은 방탄 복합체는 열가소성 또는 열경화성 수지일 수 있는 1개 이상의 수지 재료와 접촉되는 (그리고 1개 이상의 수지 재료를 사용하여 함께 고정될 수 있는) 1개 이상의 직물을 포함할 수 있다.
- [0055] 일부 실시예에서, 방탄 복합체는 강성 또는 반-강성 방탄 복합체이다. 여기에서 사용된 것과 같이, 용어 "강성 또는 반-강성"은 수지의 추가가 수지와 접촉되는 직물의 축 방향 굽힘 변형성을 감소시키는 직물 및 수지를 포함하는 방탄 복합체를 포함한다.
- [0056] 수지 시스템으로써 처리되지 않는 그레이지 직물(Greige fabric) 또는 직물(들)은 대체로 변형 가능하고, "연질-아머" 적용 분야에 적절하다. 대조적으로, "강성 또는 반-강성" 복합체는 섬유 또는 필라멘트가 수지에 의해 소정 위치에 보유된다는 점에서 복합체의 형상이 그 축을 따른 섬유 또는 필라멘트의 상대적인 굽힘 운동에 의해 용이하게 변화될 수 있도록 대체로 변형 가능하지 않다.
- [0057] 일반적으로, "강성"은 열경화성 수지를 사용하여 제조된 복합체를 말하는 데 사용될 수 있고, 한편 "반-강성"은 열가소성 수지 및/또는 낮은 수지 함량의 열경화성 수지를 사용하여 제조된 복합체를 말하는 데 사용될 수 있다.
- [0058] 하나의 실시예에서, 방탄 복합체의 건조-수지 함량은 50% 미만이다. 추가 실시예에서, 방탄 복합체의 건조-수지 함량은 30% 미만이다. 일부 실시예에서, 건조-수지 함량은 5 내지 20%이다. 일부 실시예에서, 건조-수지 함량은 8% 이상이다.
- [0059] 효과적인 것으로 여겨지는 수지는 폴리에스테르, 폴리프로필렌, 폴리우레탄, 폴리에테르, 폴리부타디엔, 폴리아크릴레이트, 에틸렌의 공중합체, 폴리카보네이트, 이오노머, 에틸렌 아크릴산(EAA) 공중합체, 페놀 수지, 비닐 에스테르, PVB 페놀 수지, 천연 고무, 합성 고무(예컨대, 클로로프렌 고무), 스티렌-부타디엔 고무 등의 열경화성 수지 및 열가소성 수지를 포함하는 중합체 재료의 적절한 조성물을 포함한다.
- [0060] 일부 실시예에서, 수지 재료는 복합체의 인성을 증가시키는 나노-입자, 및/또는 복합체의 밀도를 감소시키고 및/또는 복합체의 강성을 증가시키는 충전제 등의 수지의 물리적 또는 화학적 성질을 제어하거나 변화시키는 첨가제를 추가로 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 수지 재료는 착색을 위한 염료 등의 복합체의 표면 성질을 변화시키도록 선택되는 물질을 또한 함유할 수 있다.
- [0061] 일부 실시예에서, 여기에서 설명된 것과 같은 섬유 또는 직물은 복합체 재료 또는 패널을 형성하도록 처리된다. 예컨대, 직물은 필름 또는 젖은 수지를 사용하여 프리프레그(prepreg)로 형성될 수 있다. 적용 분야에 따라, 필름 또는 수지가 직물의 일측에 가해질 수 있고, 직물이 수지로서 완전히 함침될 수 있고, 및/또는 필름이 직물로 가공될 수 있다. 일부 예에서, 직물의 2개 이상의 층이 다층 직물을 생성하도록 함께 적층될 수 있다.
- [0062] 방탄 복합체로부터 제조된 제품
- [0063] 일부 실시예에서, 여기에서 설명된 방탄 복합체는 아머 시스템에서 사용될 수 있다.
- [0064] 일부 실시예에서, 방탄 복합체는 방검 구성 요소(stab or puncture resistant component)를 포함하는 다중-위협 제품(multi-threat article)의 제조에서 사용된다. 일부 실시예에서, 여기에서 설명된 방탄 복합체는 스파

이크 및 예리한 무기에 대한 방검 제품 설계에 적절한 세라믹 또는 다른 재료와 사용된다.

[0065] 방탄 적층체를 이용할 수 있는 완제품은 신체 아머; 개인용 아머 플레이트 및 실드; 상업용 차량 아머; 스폴 라이너, 파편화 키트, IED 보호구, EFP 보호구 등의 군사용 차량 아머; 선박 아머; 헬멧; 구조용 아머; 또는 강성 또는 반-강성 방탄 및/또는 방폭 복합체를 사용하는 일반적인 임의의 적용 분야를 포함하지만 이들에 제한되지 않는다.

[0066] 위의 개시 내용은 본 출원의 일부 실시예를 대체로 설명하고 있다. 추가 세부 사항이 다음의 특정 예를 참조하여 얻어질 수 있다. 이들 예는 단지 설명의 목적을 위해 기재되어 있고, 본 발명의 범주를 제한하도록 의도되지 않는다. 구체적으로, 환경이 제안하거나 편리하게 할 수 있는 것과 같은 형태 면에서의 변화 그리고 등가 물로의 치환이 고려된다. 특정 용어가 여기에서 채용되었지만, 이러한 용어는 제한의 목적이 아니라 설명적인 의미로 의도된다.

[0067] **예**

[0068] **예 1: 벡트란TM 아머 시스템의 방탄 성능에 대한 DPF의 영향**

[0069] 강성 아머 패널에서의 dpf의 영향의 "대면(head-to-head)" 비교를 수행하기 위해, 2개의 실질적으로 동일한 벡트란[®] 직물이 직조되고, 하나는 2.5 dpf 벡트란 HT 1500 데니어(600개의 필라멘트) 안을 사용하고, 다른 하나는 단지 비-방탄 적용 분야를 위해 상업적으로 제조된 5.0 dpf 벡트란 1500 데니어(300개의 필라멘트) 안을 사용한다. 양쪽 모두의 벡트란[®] 안은 (대략 25 g/데니어의) 인장 강도, 탄성 계수 및 % 파괴점 신장률을 유사하게 갖는다. 양쪽 모두는 도르니에 레이피어 룸(Dornier rapier loom)을 사용하여 동일한 22 x 22 평직 구조로 직조되고, 양쪽 모두의 그레이지 직물은 284 gsm의 건조 중량을 갖는다.

[0070] 각각의 직물이 그 다음에 59 gsm의 면적 밀도를 갖는 동일한 개질된 열가소성 폴리에틸렌 방탄 필름과 적층되고, 평가를 위해 다양한 면적 밀도에서 방탄 시험 패널 내로 가압된다. 가해진 필름의 중량을 기초로 하여, 모든 방탄 시험 패널은 17.2%의 건조 수지 함량(DRC: dry resin content)을 갖는다.

[0071] 방탄 한계(즉, V₅₀) 시험이 MIL-STD-662F에 따라 각각의 가압된 시험 패널에 대해 0.30 구경 모의 파편탄(FSP's: fragment simulating projectiles)을 사용하여 수행된다. 발생한 방탄 V₅₀ 데이터로부터, 5.0 dpf 벡트란 HT 계열의 아머 패널(FR-VEB-1055-122.0-0000 w/59 gsm ARG) 및 2.5 dpf 벡트란 HT 계열의 아머 패널(FR-VED-1055-127.0-0000 w/59 gsm ARG)의 양쪽 모두에 대한 방탄 성능 곡선이 발생된다. 이것은 다양한 아머 중량에 대한 2개의 아머 시스템의 비교를 가능케 한다. 도1에 도시된 것과 같이, 큰 5.0 dpf 1500 데니어 벡트란 안이 (더 비싼) 더 낮은 2.5 dpf 1500 데니어 벡트란 안보다 양호한 방탄 성능을 나타내는 경향이 있다.

[0072] 예컨대, (3.6 psf의 면적 밀도에서) 방탄 플레이트 내로 가압되는 56개 층의 2.5 dpf 벡트란 직물은 2408 fps의 평균 V₅₀ 성능을 갖고, 한편 (3.6 psf의 면적 밀도에서) 방탄 플레이트 내로 가압되는 56개 층의 5.0 dpf 벡트란 직물은 2586 fps의 평균 V₅₀ 성능을 갖고, 그 차이는 178 fps 또는 54 m/s이다.

[0073] **예 2: 아라미드 아머 시스템의 방탄 성능에 대한 DPF의 영향**

[0074] 표준형 케블라[®] 29 3000 데니어 아라미드 안(1333개의 개별 2.25 dpf 안 필라멘트의 조립체)이 방탄 적용 분야에서 케블라[®] 29에 대한 잠재적인 직접 대체물로서 듀폰에 의해 소개되는 더 낮은 필라멘트당 데니어(1.5 dpf 2000개의 필라멘트) 케블라 3000 데니어 안에 대해 비교된다. 1.5 dpf 케블라는 2.25 dpf 케블라[®] 29 안과 동일한 명목 인성(26 g/데니어), 탄성 계수 및 파괴점 신장률을 갖는다.

[0075] 3000 데니어 케블라[®] 29 안은 현재에 군사용 헬멧, 강성 차량 아머 시스템, 스폴-라이너 및 폭발 파편화 블랭킷(blast fragmentation blanket)을 포함하는 많은 경질 및 연질 아머 적용 분야에서 광범위하게 사용되고 있다. 그 성능 그리고 그 가격 관점 대 더 낮은 데니어 및 더 비싼 케블라 안(예컨대, 200, 500, 850 및 1500 데니어 아라미드 안)의 양쪽 모두로 인해 이들 적용 분야에 대해 선택되는 안이다. 이들 더 낮은 데니어 안은 전형적으로 더 미세한 dpf 안 필라멘트로부터 제조된다.

[0076] 아래에서 더 상세하게 설명되는 것과 같이, 듀폰 3000 데니어는 시판 중인 모든 아라미드에 대해 현재에 이용 가능한 최고의 CA · dpf인 것으로 여겨지는 (아래에서 설명되는 것과 같은) 6.76의 계산된 CA · dpf를 갖는다는

것이 본 발명에 의해 밝혀졌다.

- [0077] 1.5 dpf 케블라[®] 안 대 2.25 dpf 케블라[®] 29 안의 성능을 비교하기 위해, 1.5 dpf 케블라가 도르니에 레이피어 룬 상에 '산업 표준' 17 x 17 평직 450 gsm 직물 구성으로 직조된다. 연결 아머 비교를 위해, 도2에 도시된 것과 같이, 9개 층의 이러한 직물에는 MIL-STD-662F에 따라 17개 그레이인 타입 1 FSP's가 발사되고, 2.25 dpf 케블라 29 안을 사용하여 구성된 동일 직물과 비교된다. 9개 층의 1.5 dpf 직물은 0.9 psf의 면적 밀도를 갖고 1481 fps의 평균 V₅₀을 제공한다. 9개 층의 표준형 2.25 dpf 직물은 이러한 위협 수준으로써 발사될 때에 0.9 psf의 면적 밀도를 갖고 1477 fps의 평균 V₅₀을 제공하고, 이것은 이러한 연결 아머 구성에서 더 작은 dpf 케블라가 표준형 2.25 dpf 케블라 29 안과 동등하거나 잠재적으로 심지어 그보다 약간 양호하다는 것을 지시한다.
- [0078] 경질 아머 비교를 위해, 1.5 dpf 17 x 17 3000 데니어 직물 및 2.25 dpf 17 x 17 3000 데니어 직물의 양쪽 모두가 개질된 열가소성 폴리에틸렌 필름 70 gsm 열가소성 방탄 필름과 적층된다. 양쪽 모두의 직물이 그 다음에 절단되고, 2.0, 3.0 및 4.0 psf의 명목 면적 밀도에서 강성 방탄 패널 내로 가압된다. 모든 패널은 13.5 중량의 DRC를 갖는다.
- [0079] 방탄 V₅₀ 시험이 그 다음에 MIL-STD-662F에 따라 0.30 구경 FSP's를 사용하여 이들 강성 시험 패널에 대해 수행된다. 1.5 dpf 17 x 17 3000 데니어 직물 및 2.25 dpf 17 x 17 3000 데니어 직물의 양쪽 모두에 대한 방탄 성능 곡선이 방탄 V₅₀ 데이터로부터 발생된다. 도3에 도시된 것과 같이, 이것은 다양한 아머 중량에 대해 2개의 안 dpf에 대한 방탄 성능의 직접적인 비교를 가능케 한다.
- [0080] 도3으로부터 이해될 수 있는 것과 같이, 강성 아머 시험에서, 더 큰 2.25 dpf 3000 데니어 케블라[®] 29 안이 1.5 dpf 3000 데니어 케블라 안보다 양호한 단위 중량당 방탄 성능을 제공하는 경향이 있다. 예컨대, 2.10 psf 방탄 패널 내로 가압되는 19개 층의 2.25 dpf 케블라[®] 29 직물은 2008 fps의 평균 V₅₀ 성능을 갖고, 한편 동일한 2.10 psf 방탄 패널 내로 가압되는 19개 층의 1.5 dpf 케블라[®] 29 안은 단지 1888 렌의 평균 V₅₀ 성능을 갖고, 그 차이는 120 fps 또는 37 m/s이다.
- [0081] **예 3: 저밀도 폴리에렌(이네그라[®]) 아머 시스템의 방탄 성능에 대한 DPPF의 영향**
- [0082] 이러한 예는 비교적 저밀도의 폴리에렌, 지방족(비-방향족) 유기 안(예컨대, HMWPE, PP, PET, 나일론/아미드)의 비교적 큰 dpf 안을 사용하는 복합체가 또한 유사한 낮은 dpf 복합체에 비해 개선된 방탄 성능을 나타내는 지를 연구한다.
- [0083] 이러한 연구를 위해, 고탄성 폴리프로필렌 안(즉, 이네그라[®])이 시험할 상이한 필라멘트당 데니어의 비교 가능한 이네그라[®] 안의 이용 가능성으로 인해 선택된다. 본 발명에 따르면, 모든 지방족 유기 안은 어떤 범위의 안 필라멘트 직경 및 안 밀도 내에서 유사한 dpf 관련 방탄 성능 트렌드를 나타내기 쉽다는 것을 가정하는 것이 합리적인 것으로 여겨진다. 실행 가능한 방탄 안 필라멘트 직경의 범위는 선택된 유기 안의 밀도 및 물리적 성질(예컨대, 인장 강도, 탄성 계수 및 % 파괴점 신장률)에 의존할 것이다.
- [0084] 이러한 연구를 위해, 3000 데니어 8 dpf 이네그라[®] S HMPP 안이 개발 중인 2800 데니어 12.5 dpf 이네그라[®] S HMPP 안에 대해 비교된다. 이상적으로, (위의 예 1 및 예 2에서 벡트란[®] 및 케블라[®]로써 수행된 것과 같이) 동일한 안 데니어를 비교하는 것이 바람직할 것이지만, 이용 가능한 문헌 및 실험실적 시험을 기초로 하여, 본 발명에 따르면, 2개의 이네그라 안 사이의 작은 데니어 차이는 최종의 가압된 방탄 패널의 방탄 한계에 최소의 영향을 미친다는 것을 가정하는 것이 합리적인 것으로 여겨진다.
- [0085] "대면" 비교를 수행하기 위해, 3000 데니어 8 dpf(375개의 필라멘트) 이네그라[®] 안이 302 gsm의 명목 건조 중량을 직물에 제공하도록 도르니에 레이피어 룬을 사용하여 11 x 11 평직 구성으로 직조되고, 한편 2800 데니어 12.5 dpf(224개의 필라멘트) 이네그라[®] 안이 298 gsm의 명목 건조 중량을 직물에 제공하도록 도르니에 레이피어 룬을 사용하여 11.5 x 11.5 평직 구성으로 직조된다. 이들 특정 직물 구성은 중량, 크립프 레벨(crimp level), 두께 및 커버-팩터(cover-factor)에 대해 최대한 유사한 직물로서 제조하도록 선택된다. 양쪽 모두의 안은 동일한 7.8 g/den의 명목 인성, 7.75%의 명목 % 파괴점 신장률 및 212 g-힘/데니어의 명목 초기 탄성을 갖는다.

- [0086] 각각의 이들 직물이 그 다음에 최종 처리되고, 38 gsm의 면적 밀도를 갖는 동일한 개질된 열가소성 폴리에틸렌 방탄 필름과 적층되고, 평가를 위해 다양한 중량에서 방탄 시험 패널 내로 가압된다. 가해진 필름의 중량을 기초로 하여, 모든 방탄 시험 패널은 대략 11%의 DRC를 갖는다.
- [0087] 방탄 V₅₀ 시험이 MIL-STD-662F에 따라 각각의 가압된 시험 패널에 대해 0.30 구경 모의 파편탄(FSP's)을 사용하여 재차 수행된다. 발생된 방탄 V₅₀ 데이터로부터, 8 dpf 이네그라[®] 안 패널 및 12.5 dpf 이네그라[®] 안 패널의 양쪽 모두에 대한 방탄 성능 곡선이 직접적인 비교를 가능케 하도록 (제한된 속도 범위 내에서) 발생된다. 도4에 도시된 것과 같이, 비교적 큰 12.5 dpf HMPP 안이 시험된 각각의 패널 중량에 대해 더 작고 상당히 더 비싼 8.0 dpf HMPP 안을 능가하는 경향이 있다.
- [0088] 예컨대, 위의 차트에서 각각의 아머 시스템에 대해 계산된 선의 수학적식을 기초로 하여, 12.5 dpf 강성 이네그라 패널은 4.0 psf의 면적 밀도에서 2248 fps(685 m/s)의 방탄 성능 한계(즉, V₅₀)를 가질 것이고, 한편 8.0 dpf 강성 이네그라[®] 패널은 동일한 면적 밀도에서 2106 fps(642 m/s)의 방탄 성능 한계를 가질 것이다.
- [0089] 도4에 도시된 성능 곡선은 시험된 중량 및 속도의 범위에 대해 선형인 것으로 가정된다. 이러한 가정은 실험 데이터와 잘 맞지만, 다른 인자가 시험 패널의 방탄 한계에 더 상당한 역할을 수행할 수 있는 상당히 더 낮거나 상당히 더 높은 속도에서 유효한 것으로 여겨지지 않는다. 2개의 시스템 사이에서의 이러한 142 fps 방탄 한계 차이는 주로 안 dpf 면에서의 차이로 인한 것이고 이 때에 더 큰 dpf 안이 강성 복합체 아머에서 탄도 발사체의 운동 에너지를 분산시키는 데 더 효율적인 것으로 여겨진다.
- [0090] 이러한 작업이 완료된 후에, 또 다른 이네그라 직물이 이번에는 훨씬 더 큰 특별하게 제조된 19.0 dpf(150개의 필라멘트) 이네그라[®] HMPP 안을 사용하여 직조된다. 이것이 그 다음에 320 gsm의 명목 건조 중량을 직물에 제공하도록 도르니에 레이피어 롬을 사용하여 12.5 x 12.5 평직 구성으로 직조된다. 이러한 직물은 이전에 직조된 직물보다 약간 무겁지만, 크림프-레벨, 두께 및 커버 팩터에 대해 위의 구성과 여전히 상당히 유사하다. 큰 19.0 dpf(150개의 필라멘트) 이네그라[®] HMPP 안은 또한 다른 2개의 이네그라[®] HMPP 직물을 직조하는 데 사용된 안과 동일한 7.8 g/den의 명목 인성, 7.75%의 명목 % 파괴점 신장률 및 212 g-힘/데니어의 명목 초기 탄성을 갖는다.
- [0091] 이러한 19.0 dpf 직물이 그 다음에 최종 처리되고, 38 gsm의 면적 밀도를 갖는 동일한 열가소성 방탄 필름과 적층되고, 평가를 위해 다양한 중량에서 방탄 시험 패널 내로 가압된다. 이러한 직물에 대해 수행된 QC 시험 그리고 가해진 필름의 중량을 기초로 하여, 모든 방탄 시험 패널은 대략 10.4%의 DRC를 갖는다.
- [0092] 방탄 V₅₀ 시험이 MIL-STD-662F에 따라 각각의 시험 패널에 대해 0.30 구경 모의 파편탄(FSP's)을 사용하여 재차 수행된다. 발생된 방탄 V₅₀ 데이터로부터, 방탄 성능 곡선이 도4a에 도시된 것과 같이 (제한된 속도 범위 내에서) 발생된다.
- [0093] 검토에 의해 분명한 것과 같이, 방탄 성능 면에서, 더 큰 19.0 dpf 이네그라[®] HMPP 안이 시험된 각각의 패널 중량에서 중간 범위 12.5 dpf HMPP 안 그리고 더 작고 더 비싼 8.0 dpf HMPP 안을 능가한다.
- [0094] 예컨대, 위의 차트에서 각각의 아머 시스템에 대해 계산된 선의 수학적식을 기초로 하여, 4.0 psf 19 dpf 이네그라 패널은 12.5 dpf 강성 이네그라 패널에 대한 2248 fps(685 m/s) 그리고 8.0 dpf 강성 이네그라[®] 패널에 대한 2106 fps(642 m/s)에 비해 2342 fps(714 m/s)의 방탄 성능 한계(즉, V₅₀)를 가질 것이다. 밀도가 약간 높은 직물 구성이 19 dpf 이네그라 직물의 방탄 성능에 어떤 영향을 미칠 수 있는지는 알려져 있지 않지만, 위의 시험은 더 큰 dpf 안이 강성 복합체 아머에서 탄도 발사체의 운동 에너지를 분산시키는 데 더 효율적이라는 더욱 강력한 증거이다.
- [0095] 도4 및 도4a에 도시된 성능 곡선은 시험된 중량 및 속도의 범위에 대해 선형인 것으로 가정된다는 것을 주목하여야 한다. 이러한 가정은 실험 데이터와 잘 맞지만, 다른 인자가 시험 패널의 방탄 한계에 더 상당한 역할을 미칠 수 있는 상당히 더 낮거나 상당히 더 높은 속도에서 유효하지 않을 수 있다.
- [0096] **강성 또는 반-강성 복합체에서 큰 DPF 안의 방탄 성능에 대한 논의 및 수학적 모델**
- [0097] 여기에서 설명된 실시예는 대체로 더 큰 dpf 고성능 안의 사용을 통해 개선된(예컨대, 더 가벼운, 더 양호한 방

탄 성능, 덜 비싼) 강성 또는 반-강성 복합체 아머 시스템을 제공한다.

- [0098] 방탄 성능을 개선시키기 위한 더 큰 dpf 섬유 또는 필라멘트의 사용은 연결 아머 시스템에서 이전에 실험적으로 관찰된 것에 직관에 반하는 것처럼 보인다. 그러나, 위의 예 1, 예 2 및 예 3에서 보여준 것과 같이, 3개의 상이한 종류의 합성 (유기) 고성능 안(케블라, 벡트란 및 HMPP)으로써 수행된 방탄 시험은 더 큰 dpf 안으로부터 구성된 강성 및 반-강성 복합체 아머 패널이 동일하거나 실질적으로 동일한 더 작은 dpf 고성능 안으로부터 구성된 비교 가능한 복합체 방탄 패널을 능가한다는 것을 시사한다.
- [0099] 큰 dpf 안은 전형적으로 중량 기준으로 제조하기 더 간단하고 덜 비싸다. 그러므로, 강성 또는 반-강성 아머 시스템에서 덜 비싼 '큰' dpf 안을 사용함으로써, 시장에서 현재에 이용 가능한 아머 시스템보다 덜 비싼 더 가볍고 더 양호한 성능의 방탄 아머를 제조하는 것이 가능할 수 있다.
- [0100] 여기에서 설명된 실시예의 범주를 제한하지 않는다는 조건 하에서, 개선된 방탄 성능은 안의 총 노출 표면적 그리고 개별 안 필라멘트가 이용된 수지 시스템(예컨대, 열가소성 또는 열경화성 수지)에 의해 구속되는 정도의 함수인 것으로 여겨진다. 낮은 dpf 안은 비교 가능한 큰 dpf 안보다 상당히 많은 개별 안 필라멘트 그에 따라 큰 표면적을 갖기 때문에, 낮은 dpf 안 자체는 중량당 기준으로 강성 아머 수지 시스템과 더 '밀착'되는 그에 따라 강성 아머 수지 시스템에 의해 더 '구속'되는 경향이 있다.
- [0101] 바꿔 말하면, 수지와 더 작은 안의 개별 안 필라멘트 사이의 고도의 상호 작용 때문에, 섬유 또는 필라멘트는 (더 작은 dpf 안에 대해) 그 길이를 따라 방탄 이벤트의 길이 방향 변형파(longitudinal strain wave)를 전달하는 데 덜 효율적인 것으로 여겨진다. 길이 방향 변형파의 이러한 비효율적인 전달은 안 내에서의 이들 인장파의 잠재적인 반사와 연계하여 특정 지점에서 더 작은 dpf 안에 작용하는 총 인장 하중을 증가시키고, 그에 의해 이론적인 최대량의 에너지가 그 길이를 따라 흡수될 수 있기 전에 안을 조기에 파괴시킨다.
- [0102] 반면에, 더 적은 필라멘트 및 더 작은 표면적을 갖는 더 큰 dpf 안은 복합체 아머의 수지 시스템에 의해 이론적으로 덜 구속되고, 그에 따라 방탄 이벤트의 에너지를 더 양호하게 분산시킬 수 있다. 예컨대, (1.4 g/cm³의 비중을 갖는) 2.5 dpf 3000 데니어 안은 1200개의 개별 안 필라멘트를 갖고, 그에 따라 이러한 안의 1 선형 미터는 599.2 cm²의 이론적인 총 표면적을 가질 것이다. 비교로서, 동일한 3000 데니어 안의 1 선형 미터는 5.0 dpf 에서 600개의 안 필라멘트를 가질 것이고, 결국 단지 423.7 cm²의 이론적인 표면적을 가질 것이다. 이것은 더 작은 dpf 안에 비해 총 안 표면적 면에서의 30% 감소에 해당한다.
- [0103] 일부 경우에, 양호한 방탄 섬유는 다음의 주요 성질 즉 높은 강도, 높은 파괴점 변형율, 높은 탄성 계수 및 낮은 밀도를 가져야 한다. 수학적으로, 안의 이론적인 방탄 성능은 다음과 같은 수학적 1을 사용하여 모델링될 수 있다. 즉,

수학식 1

$$U_y = \left[\left(\frac{Y \cdot \epsilon_f}{2\rho} \right) \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}} \right]^{1/3} = \left[\left(\frac{Y \cdot \epsilon_f}{2\rho} \right) \cdot c \right]^{1/3}$$

- [0104]
- [0105] 여기에서,
- [0106] U_y = '구속되지 않은' 안의 이론적인 방탄 성능
- [0107] Y = 안의 항복 강도
- [0108] ε_f = 안의 % 파괴점 신장률
- [0109] E = 안의 탄성 계수
- [0110] ρ = 안의 밀도
- [0111] c = 안의 음속
- [0112] (필립 엠. 커니프, 마거릿 에이. 아우어바흐, 방탄을 위한 고성능 "M5" 섬유)

[0113] 수학식 1은 실제의 실험실적 방탄 시험과 양호한 상관 관계를 보여준다.

[0114] 본 발명에 따르면, 수학식 1은 또한 대체로 강성 및 반-강성 복합체 아머 시스템에서 유효할 것이다. 그러나, 수지 매트릭스의 영향이 또한 고려되어야 한다는 것이 본 발명에 의해 밝혀졌다.

[0115] 유기 방탄 양이 복합체 아머 내에서 탄도 발사체를 정지시키는 데 대부분의 작업을 수행하는 것으로 가정하고 (사실상 상당할 수 있는) 횡단 방향 파동 효과를 무시하면, 수지 매트릭스 내에서의 양의 이론적인 방탄 성능을 요약하는 것으로 여겨지는 수학식 2가 본 발명에 의해 개발되었다. 즉,

수학식 2

[0116]
$$U_{yRM} = \left[\left(\frac{Y \cdot \epsilon_f}{2 \rho_{\text{양}}} \right) \cdot \frac{1}{2} \left((2-a) \sqrt{\frac{E_{\text{양}}}{\rho_{\text{양}}}} + a \sqrt{\frac{E_{\text{수지}}}{\rho_{\text{수지}}}} \right) \right]^{1/3}$$

[0117] 여기에서,

[0118] U_{yRM} = 수지 매트릭스 내에서의 '구속된' 양의 이론적인 방탄 성능

[0119] a = 강성 복합체 아머 내에서의 수지 매트릭스와 방탄 양 사이의 % 상호 작용

[0120] 수학식 2로부터 이해될 수 있는 것과 같이, 양의 방탄 성능은 그 자체의 탄성 계수 및 밀도 그리고 수지 매트릭스 자체의 탄성 계수 및 밀도의 양쪽 모두의 함수이다. 이것은 이방성 복합체 재료의 음속이 양의 음속 및 수지의 음속의 양쪽 모두의 어떤 평균이라는 것을 반영한다.

[0121] 나아가, 대부분의 표준형 복합체 수지 매트릭스(예컨대, LDPE에 대해, 0.2 GPa)에 비해 극히 높은 탄성 계수의 방탄 양(예컨대, 케블라 29에 대해 약 75 GPa까지)에서, 본 발명에 따르면, 수학식 2는 다음과 같은 것을 지시하는 것으로 해석된다. 즉,

[0122] · 수지 매트릭스는 전형적으로 '구속된' 양의 이론적인 방탄 성능에 대해 악영향을 미치고;

[0123] · 수지 매트릭스의 '악영향'은 복합체 아머에서 수지 매트릭스와 방탄 양 사이의 % 상호 작용을 감소시킴으로써 최소화될 수 있다.

[0124] 수지 매트릭스와 양 사이의 "% 상호 작용"은 대체로 수지 캡슐화(resin encapsulation)의 수준 그리고 양의 표면과 수지 자체 사이의 미시적인 기계적/화학적 상호 작용의 양쪽 모두에 의존한다. 예컨대, 복합체 수지 시스템이 양 다발을 '결합'시키지만 양의 수천 개의 개별 양 필라멘트의 각각을 개별적으로 캡슐화하지 못하면, 양이 실질적으로 캡슐화되지 않고 비교적 낮은 정도의 상호 작용을 갖는 것으로 간주될 수 있다. 역으로, 강력한 화학적 결합이 양의 표면과 수지 사이에 존재하면, 단순히 기계적 결합과 대조적으로, 상대적인 "% 상호 작용"이 더 커지는 경향이 있다.

[0125] 이와 같이, % 상호 작용은 일반적으로 서로와 밀착 상태로 2개의 상이한 재료를 통해 이동하는 음파가 서로의 사이에서(예컨대, 양과 수지 사이에서) 동일해지는 정도를 측정한다.

[0126] 그러므로, 수학식 2는 복합체 아머 내에서의 양의 방탄 성능이 방탄 양의 필라멘트의 dpf를 증가시킴으로써 개선될 수 있고 그에 의해 양의 표면적을 감소시키고 수지 매트릭스와 양 사이의 상호 작용의 상대적인 정도를 감소시킨다는 개념적인 확인을 제공한다.

[0127] 이러한 모델은 또한 건조 수지 함량(DRC)에 대한 아라미드 복합체 아머에서의 실험 결과와 일치한다. 아라미드 복합체 아머에 대해, 전형적으로 패널의 방탄 성능(즉, 그 V_{50} 방탄 한계)은 아머의 수지 시스템의 DRC에 반비례한다. 즉, 패널의 DRC가 낮을수록, 방탄 패널이 불충분한 수지로 인해 발사체에 의해 충돌될 때에 단순히 파괴되거나 과도하게 박리되는 '임계 지점'에 도달될 때까지 패널 V_{50} 방탄 한계가 높아진다.

[0128] (또한 복합체 아머 시스템에서 널리 사용되는) 무기 방탄 유리 로빙(inorganic ballistic glass roving)이 복합체 아머에서 이러한 큰 dpf 영향을 나타내지 않는다는 것이 또한 주목되어야 한다. 사실상, 변형 가능한 또는 변형 불가능한 방탄 라운드 중 어느 한쪽에 의해 충돌될 때에 더 작은 필라멘트당 테니어 유리 양이 강성 가

압된 방탄 패널에서 더 큰 dpf 양을 증가하는 역전 상황이 실험적으로 증명되었다.

- [0129] 이러한 차이에 대한 하나의 가능한 이유는 무기 유리 양이 여기에서 설명된 것과 같이 유기 고성능 양이 수행하는 것과 상당히 상이한 방식으로 방탄 이벤트의 에너지를 분산시키지 못하기 때문이다. 따라서, 방탄 유리 계열의 아머는 또한 전형적으로 '비-방탄' 수지의 유해 중량(parasitic weight)이 방탄 패널의 V_{50} 성능에 악영향을 미칠 때까지 복합체 아머의 DRC를 더 높게 더 양호하게 수행한다. 이것은 방탄 유리와 수지 시스템의 상당한 캡슐화 및 결합이 성능에 유리하고 유해하지 않다는 것을 시사한다.
- [0130] 복합체 방탄 패널에서의 방탄 양이 소정 위치에 '견고하게' 보유된다는 사실은 큰 dpf 유기 양이 연결 아머 시스템보다 경질 아머 시스템에서 더 양호하게 수행되는 것으로 여겨지는 또 다른 잠재적인 이유이다. 경질 아머(예컨대, 강성 및/또는 반-강성 아머)에서의 양은 소정 위치에 고정되므로, 이들은 복합체 아머와 충돌되는 탄도 발사체에 의해 용이하게 측방 압박(push aside)되지 않는다. 이것은 발사체가(예컨대, 인장 양 파단을 거쳐) 양과 충돌하여 양을 파괴시키도록 '가압'되는 것을 의미하고, 이것은 발사체가 복합체 아머의 다양한 층 내에서 양을 크게 '측방 압박'하고 그에 의해 단지 최소 개수의 양과 충돌하여 양을 파괴시키는 경우보다 상당히 더 많은 에너지를 분산시킨다.
- [0131] 그러나, 양 및 필라멘트가 비교적 구속되지 않고 자유롭게 이동하는 연결 아머에서, 큰 dpf 양 필라멘트는 이론적으로 비교 가능한 더 작은 dpf 양 필라멘트보다 발사체에 의해 '측방 압박'되기 쉽다.
- [0132] **예 4: 추가의 벡트란 dpf 시험**
- [0133] 강성 아머 패널에서 dpf의 영향을 더 양호하게 이해하고 강성 아머 패널에 대한 최적의 또는 상업적으로 바람직한 양 dpf를 결정하고 강성 아머 패널에서의 고성능 양에 대한 실용적인 dpf 범위를 결정하기 위해, 추가의 시험이 수행된다.
- [0134] 2개의 동일한 벡트란[®] 직물이 이번에는 5 dpf 벡트란 HT 3000 테니어 양 그리고 이러한 연구를 위해 바데이 인크.(Barrday Inc.)에 의해 특별히 요청되는 개발 중인 매우 큰 15 dpf 3000 테니어 벡트란 HT 양을 사용하여 재차 직조된다.
- [0135] 5 dpf 3000 테니어 벡트란 HT 양은 함께 다발로 형성된 600개의 개별 양 필라멘트로 구성되고, 15 dpf 3000 테니어 벡트란 HT 양은 함께 다발로 형성된 200개의 개별 양 필라멘트로 구성된다. 양쪽 모두의 벡트란[®] 양은 동일한 명목 인성(23.5 cN/dtex), 탄성 계수 및 3.7%의 % 파괴점 신장률을 갖는다. 양쪽 모두는 도르니에 레이피어 롬을 사용하여 동일한 17 x 17 평직 구성으로 직조되고, 양쪽 모두의 그레이지 직물은 465 gsm의 건조 중량을 갖는다.
- [0136] 각각의 직물이 그 다음에 70 gsm의 면적 밀도를 갖는 동일한 개질된 열가소성 폴리에틸렌 열가소성 방탄 필름과 적층되고, 평가를 위해 다양한 면적 밀도에서 방탄 시험 패널 내로 가압된다. 가해진 필름의 중량을 기초로 하여, 모든 방탄 시험 패널은 13.1%의 DRC를 갖는다.
- [0137] 방탄 한계(즉, V_{50}) 시험이 MIL-STD-662F에 따라 제조된 각각의 시험 패널에 대해 0.30 구경 모의 파편탄(FSP'S)을 사용하여 재차 수행된다. 발생된 방탄 V_{50} 데이터로부터, 5.0 dpf 벡트란 HT 계열의 아머 패널(FR-VEB-1013-127.0-1139) 및 15 dpf 벡트란 HT 계열의 아머 패널(FR-VEF-1013-127.0-1139)의 양쪽 모두에 대한 방탄 성능 곡선이 발생된다. 이것은 다양한 아머 무게에 걸쳐 2개의 아머 시스템의 비교를 허용하였다.
- [0138] 도5로부터 이해될 수 있는 것과 같이, (아래에서 설명되는 것과 같이, 41.16의 CA·dpf 인자를 갖는) 예외적으로 큰 15.0 dpf 3000 테니어 벡트란 양이 더 비싼 5.0 dpf 3000 테니어 벡트란 양에 대해 동등하거나 심지어 약간 더 양호한 방탄 성능을 제공한다.
- [0139] 예컨대, 15.1 kg/m²의 면적 밀도에서 방탄 플레이트 내로 가압되는 28개 층의 5.0 dpf 벡트란 직물은 664 m/s의 평균 V_{50} 성능을 갖고, 한편 동일한 면적 밀도에서 방탄 플레이트 내로 가압되는 28개 층의 15.0 dpf 벡트란 직물은 673 m/s의 평균 V_{50} 성능을 갖고, 그 차이는 8.5 m/s 또는 28 fps이다.
- [0140] 이러한 데이터가 그 다음에 2차 다항식 곡선을 사용하여 상이한 dpf 벡트란 양으로부터 구성된 3.0 psf 벡트란 HT 복합체 아머 패널의 이론적인 방탄 한계 성능을 모델링하는 도6을 발생시키는 데 사용된다.
- [0141] 이러한 이론적인 2차 다항식 곡선으로부터 이해될 수 있는 것과 같이, 복합체 아머 패널의 방탄 성능은 양에 대

한 최적 dpf에 도달될 때까지 dpf가 증가됨에 따라 증가되는 경향이 있고 그 후에 성능은 dpf가 증가됨에 따라 감소되는 경향이 있는 것처럼 보인다. dpf는 양 의존성일 것이고, 그 인성, 탄성 계수 및 % 파괴점 변형률 등의 다른 인자와 함께 양의 밀도의 함수인 것으로 여겨진다.

[0142] 광범위한 고성능 방탄 양[즉, 아라미드, HMPP, HMWPE, 폴리에스테르-폴리아릴레이트(예컨대, 벡트란), PBO, 개질된-아라미드 등] 및 탄소 양에 대한 dpf의 영향을 모델링하려는 시도로, 위의 벡트란 시험으로부터의 데이터가 경질 아머 시스템에서 현재에 사용되는 상업적으로 이용 가능한 dpf 및 밀도의 고성능 양에 대해 비교 분석된다.

[0143] 이러한 분석으로부터, 상업적으로 경쟁력 있는 dpf 범위의 고성능 양은 주로 양/중합체 밀도의 함수이고 이 때에 상업적으로 이용 가능한 양 dpf가 기본 중합체의 밀도의 세제곱에 반비례한다는 것이 본 발명에 의해 밝혀졌다.

[0144] 이것은 중합체의 비중이 낮을수록 단위 중량당 요구되는 양의 체적이 커지기 때문에 그리고 밀도가 고성능 양의 방탄 성능에 영향을 미치는 주요 인자인 것으로 실험적으로 나타났기 때문에 이론적으로 의미가 있는 것으로 여겨진다.

[0145] 이들 결과를 기초로 하여, 다음의 "복합체-아머 dpf 인자"(CA·dpf)의 개념이 본 발명에 의해 발전되었고, 여기서 CA·dpf는 양의 밀도의 세제곱의 역수에 대한 양의 개별 양 필라멘트 테니어(dpf)의 비율과 동일하고, 이것은 수학적 식 3에 도시된 것과 같이 (양 dpf) x (양 밀도³)로 단순화될 수 있다.

수학적 식 3

$$CA \cdot dpf_{\text{인자}} = \frac{dpf_{\text{양}}}{\frac{1}{(\text{밀도}_{\text{양}})^3}} = dpf_{\text{양}} \times (\text{밀도}_{\text{양}})^3$$

[0146]

[0147] 이용 가능한 문헌을 기초로 하여, 일부의 강성 및 반-강성 복합체 아머 패널이 분석되었고, 이들은 0.9 내지 6.86의 CA·dpf를 갖고 이 때에 대부분은 4.5 내지 6.7의 CA·dpf를 갖는 것으로 밝혀졌다. 예컨대, 현재에 (단지 개발 단계에 있는) 경질 아머 시스템에서 사용되는 최대 CA·dpf 양은 1.40의 비중을 갖는 벡트란 HT 2.5 dpf 양이다. 이러한 dpf 밀도 조합은 6.86의 CA·dpf를 발생시킨다.

[0148] 일부 실시예에 따르면, 여기에서 설명된 복합체는 7.0 이상의 CA·dpf를 갖는 양을 포함한다. 다른 실시예에 따르면, 여기에서 설명된 복합체는 15 이상의 CA·dpf를 갖는 양을 포함한다. 다른 실시예에 따르면, 여기에서 설명된 복합체는 25 내지 35의 CA·dpf를 갖는 양을 포함한다. 또 다른 실시예에 따르면, 여기에서 설명된 복합체는 27 내지 28의 CA·dpf를 갖는 양을 포함한다.

[0149] 일부 실시예에 따르면, 여기에서 설명된 복합체는 85 이하의 CA·dpf를 갖는 양을 포함할 수 있다.

[0150] 일부 실시예에서, 85의 CA·dpf가 실용적인 상한으로서 제안된다. 그러나, 이러한 상한은 실험적으로 검증되지 않았고, dpf와 관련된 방탄 한계 성능 곡선이 성격 면에서 다항식 또는 대수식 중 어느 경향을 갖는 지에 따라 더 높을 수 있다. 구체적으로, 방탄 성능 곡선이 대수식이면, 더 높은 dpf가 도7에 대체로 도시된 것과 같이 유리할 수 있다[예컨대, 35 이상의 dpf를 갖는 폴리에스테르 폴리아릴레이트(벡트란)가 양호한 방탄 성능을 제공할 수 있다].

[0151] 실험실적 시험을 기초로 하여 그리고 위에서 제공된 2차 다항식 모델을 사용하여, CA·dpf 인자의 개념이 복합체 아머 시스템에서 임의의 고성능 양에 대해 이론적인 상업적으로 바람직한 dpf를 예측하는 데 사용될 수 있다 (양 제조 및 드로잉 요건으로 인해 실질적으로 어려울 수 있는 더 작은 dpf 양과 동등한 인성, % 파괴점 신장률 및 인장 계수를 갖는 양의 필라멘트가 이들 큰 dpf에서 제조될 수 있다는 조건이 대체로 적용됨).

표 1

[0152] 잠재적인 방탄 양의 계산된 CA · dpf 인자

| 양 종류 | 밀도 (비중) | 복합체 아머에서 사용되는 최고의 상업적으로 이용 가능한 DPF | (이용 가능한 DPF에 대한) CA · dpf 인자 | 예측된 상업적으로 바람직한 dpf |
|------------------------|---------|------------------------------------|------------------------------|--------------------|
| 과라 아라미드(케블라, 트와론 등) | 1.44 | 2.25 | 6.72 | 9.35 |
| 과라 아라미드-트와론 마이크로 필라멘트 | 1.44 | 0.84 | 2.51 | 9.35 |
| 개질된 과라 아라미드(오텍스 HT) | 1.47 | 1.1 | 3.49 | 8.80 |
| 폴리에스테르 폴리아릴레이트(벡트란) | 1.40 | 2.5 | 6.86 | 10.20 |
| HMPP(이네그라)** | 0.84 | 8.0 | 4.74 | 47.04 |
| HMPP(이네그라) 문헌 | 0.91 | 8.0 | 6.03 | 37.00 |
| UHMWPE(스펙트라, 다이니마) | 0.97 | 5.4 | 4.93 | 30.55 |
| UHMWPE(다이니마-마이크로 필라멘트) | 0.97 | 1 | 0.91 | 30.55 |
| PBO(자일론 HS) | 1.54 | 1.5 | 5.48 | 7.65 |
| PBO(자일론 HM) | 1.56 | 1.5 | 5.69 | 7.35 |
| M5 섬유* | 1.70 | 1 | 4.91 | 5.65 |
| 탄소 | 1.76 | 0.6 | 3.27 | 5.10 |
| 나일론 | 1.14 | n/a | n/a | 18.80 |
| 폴리에스테르 | 1.38 | n/a | n/a | 10.50 |

[0153] * dpf는 문헌에 기록되지 않은 추정치이다.

[0154] ** 복합체 내에서의 HMPP 섬유의 측정된 밀도

[0155] n/a는 복합체 아머에서 널리 사용되지 않으므로 이용 불가능함을 나타낸다.

[0156] 예컨대, 위에서 제시된 벡트란 데이터를 기초로 하여, 벡트란 양에 대해 상업적으로 바람직한 dpf는 약 10.2 dpf이고, 한편 (약간 더 높은 밀도를 갖고, 1.44의 비중을 갖는) 케블라 양에 대해 상업적으로 바람직한 dpf는 약 9.35 dpf이다. (비교적 상당한 밀도를 갖는) 탄소 양에 대해, 상업적으로 바람직한 dpf는 5.1 dpf이다. 이러한 바람직한 dpf는 단지 양들 사이의 밀도 비교를 기초로 하고 인성, 탄성 계수 및 % 파괴점 신장률이 또한 이것을 결정할 때의 인자라는 것이 재차 주목되어야 한다.

[0157] 이제부터, 표2를 참조하면, 여기에서 설명된 것과 같은 예시 방탄 직물들 중 일부에 대한 CA · dpf 인자가 여기에 나열되어 있다.

표 2

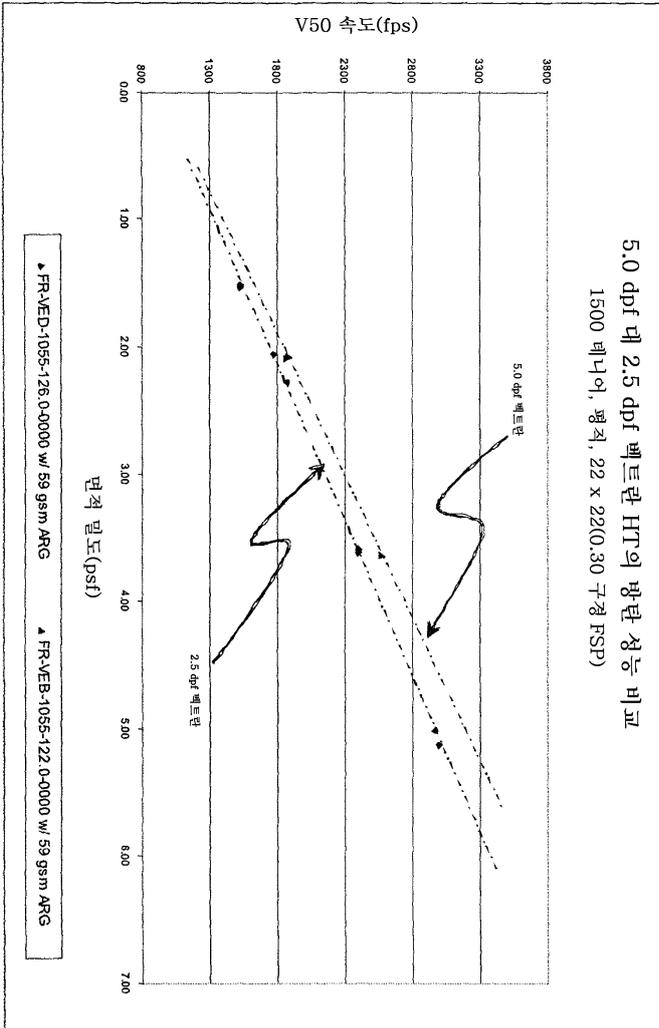
[0158] 방탄 예에 대한 계산된 CA · dpf 인자

| 양 종류 | 밀도 | 양 dpf | 복합체 내에서의 양의 CA · dpf 인자 |
|--------------------------|------|-------|-------------------------|
| 과라 아라미드(케블라, 트와론 등) | 1.44 | 1.5 | 4.48 |
| 과라 아라미드(케블라, 트와론 등) | 1.44 | 2.25 | 6.72 |
| 폴리에스테르 폴리아릴레이트(벡트란) | 1.4 | 2.5 | 6.86 |
| 폴리에스테르 폴리아릴레이트(벡트란) | 1.4 | 5 | 13.72 |
| 폴리에스테르 폴리아릴레이트(벡트란) | 1.4 | 15 | 41.16 |
| 복합체 내에서의 HMPP(이네그라) 섬유** | 0.84 | 8 | 4.74 |
| 복합체 내에서의 HMPP(이네그라) 섬유** | 0.84 | 12.5 | 7.41 |
| 복합체 내에서의 HMPP(이네그라) 섬유** | 0.84 | 20 | 11.85 |

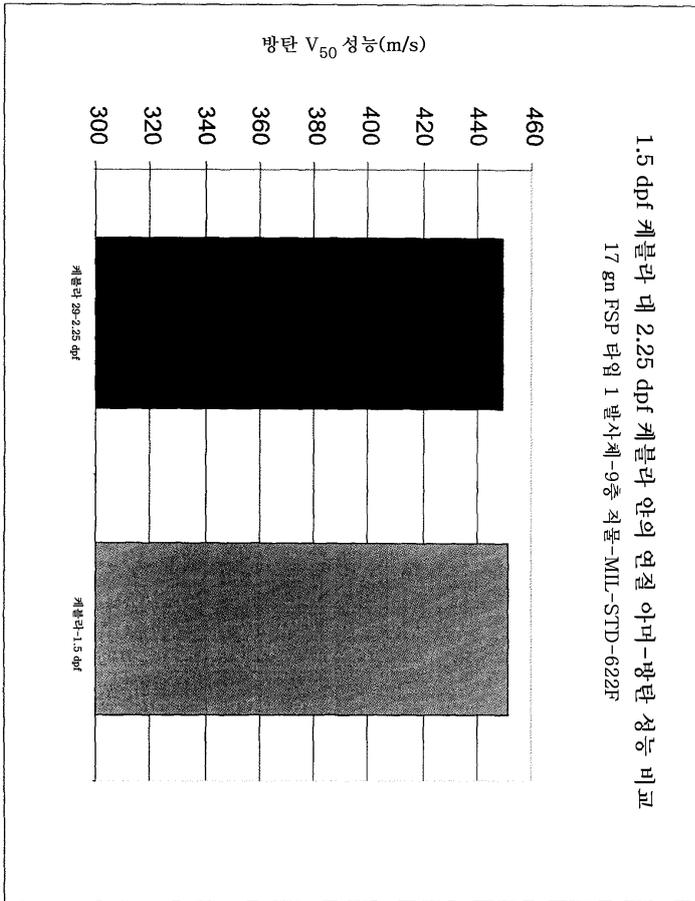
[0159] ** 복합체 내에서의 HMPP 섬유의 측정된 밀도

[0160] 위의 설명은 1개 이상의 방탄 복합체의 예를 제공하고 있지만, 다른 방탄 복합체가 당업자에 의해 해석되는 것과 같은 본 발명의 설명의 범주 내에 있을 수 있다는 것이 이해될 것이다.

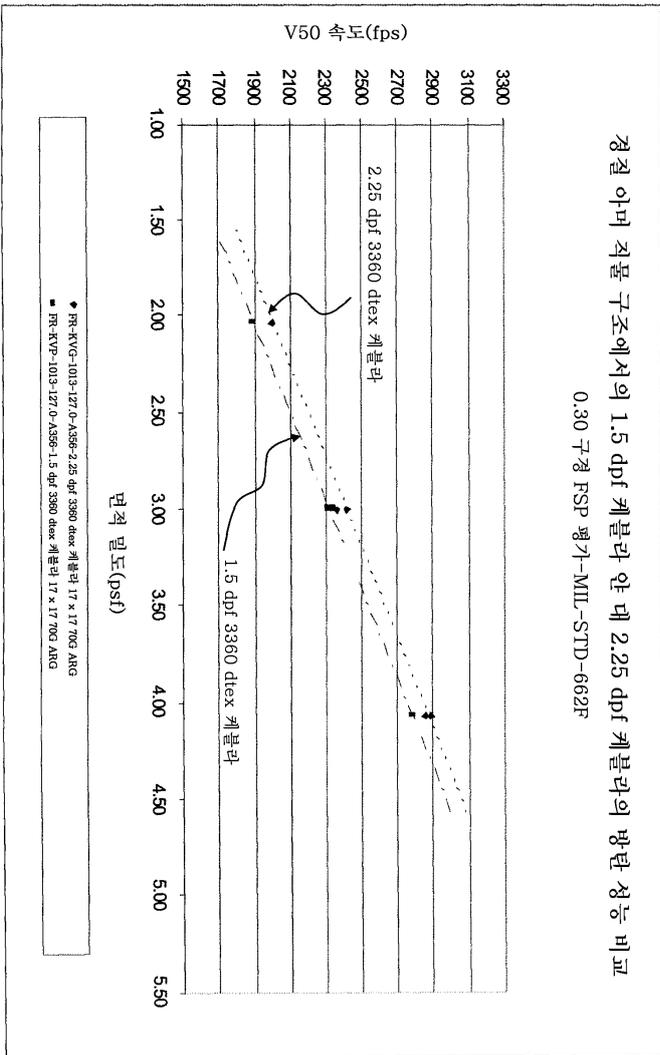
도면
도면1



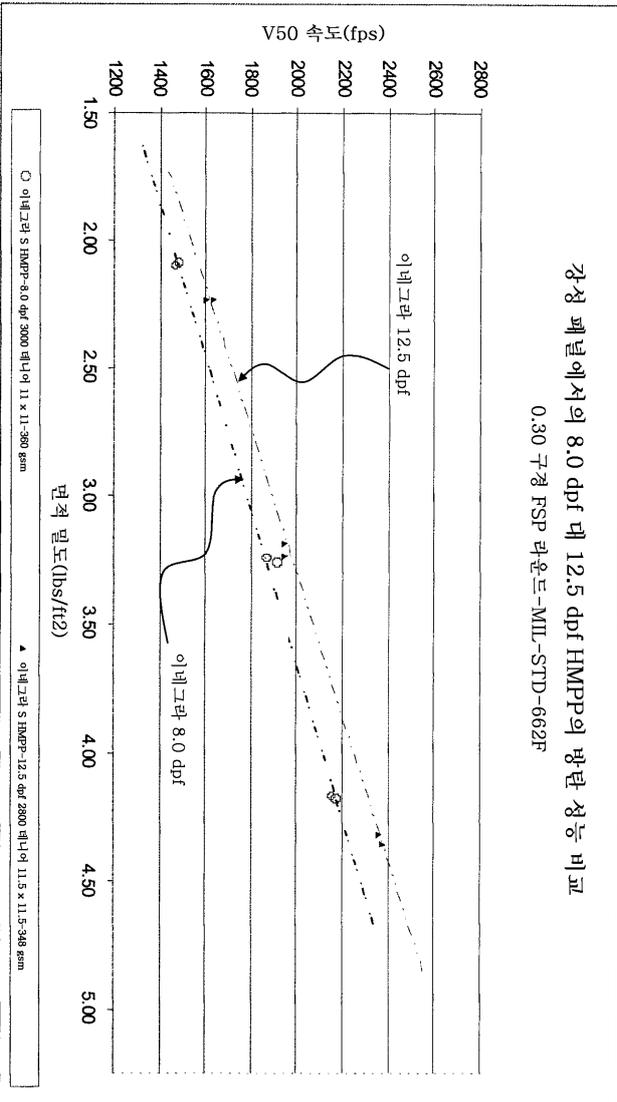
도면2



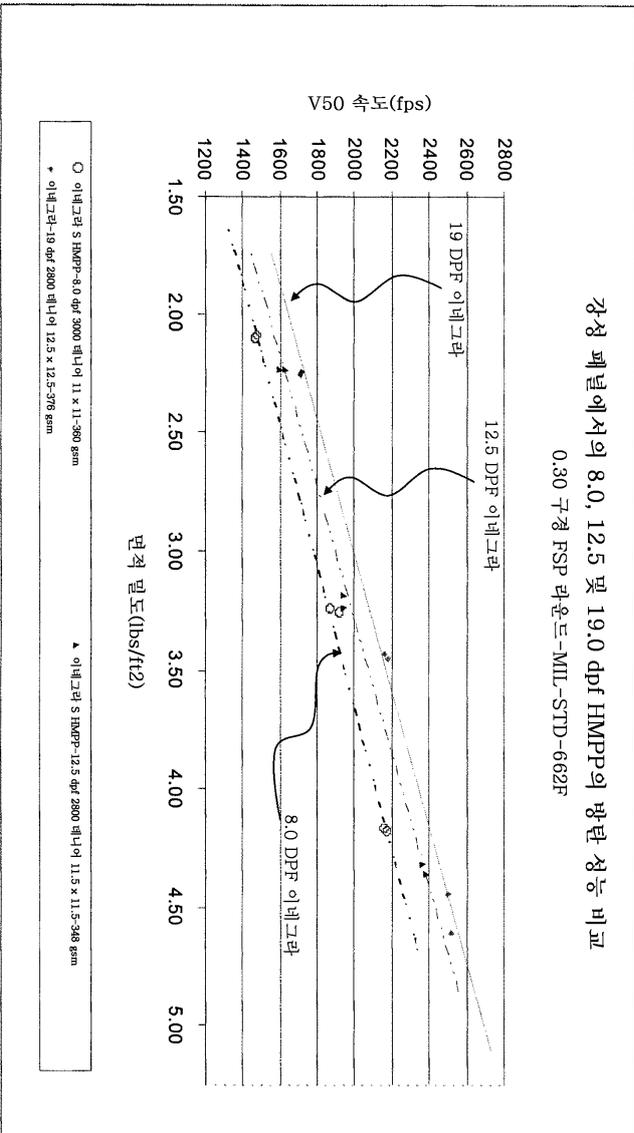
도면3



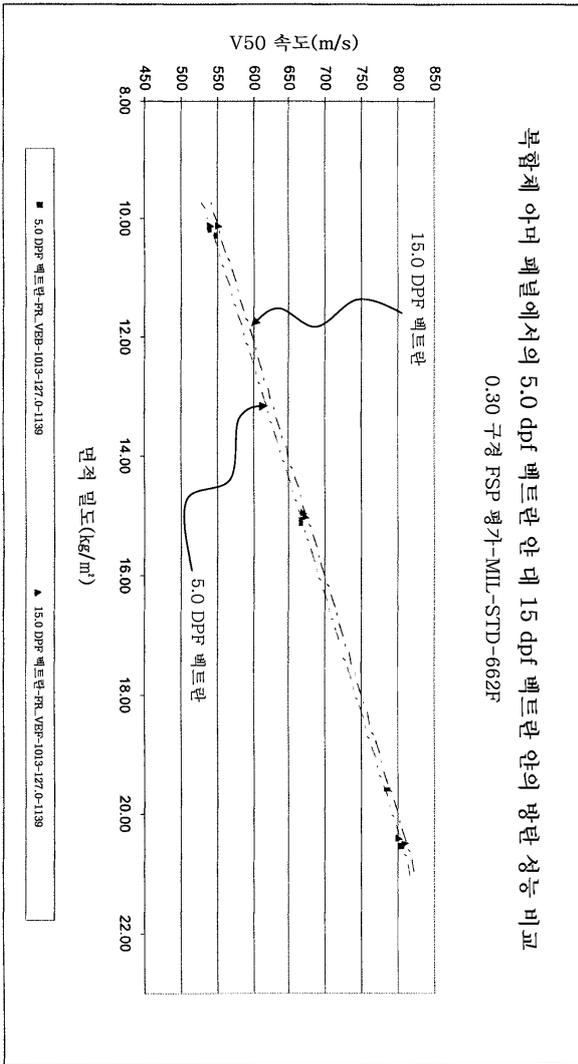
도면4



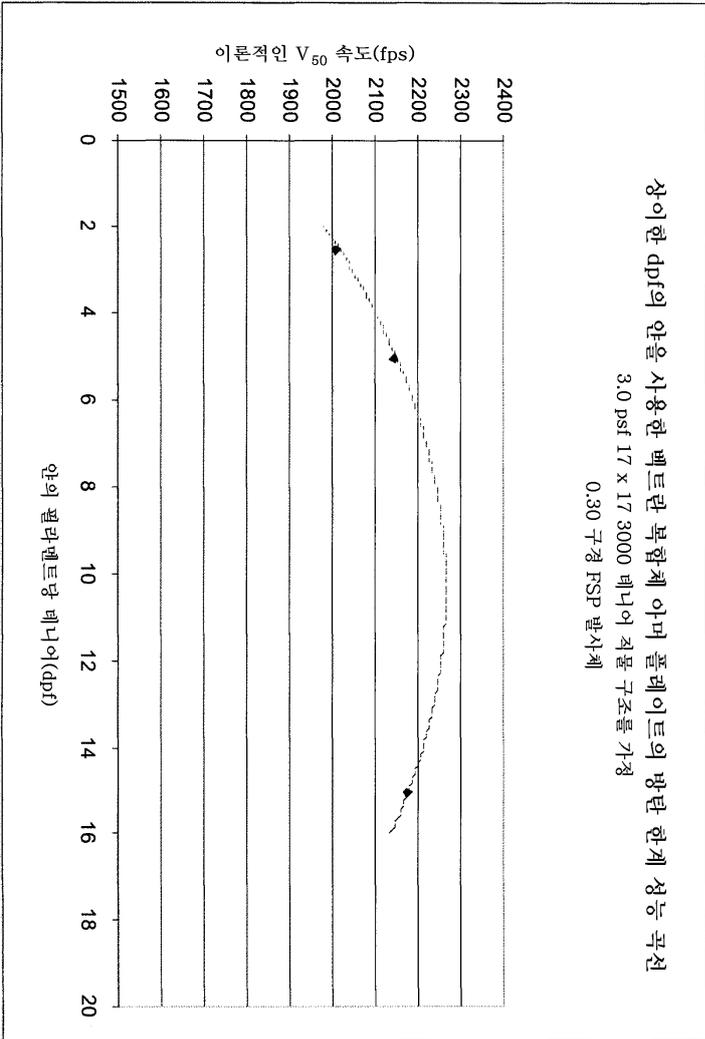
도면4a



도면5



도면6



도면7

