



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년05월06일
 (11) 등록번호 10-1261072
 (24) 등록일자 2013년04월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F41H 5/04 (2006.01) *D06M 15/31* (2006.01)
D02G 3/04 (2006.01) *A41D 31/00* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2007-7001358
 (22) 출원일자(국제) 2005년06월21일
 심사청구일자 2010년06월18일
 (85) 번역문제출일자 2007년01월19일
 (65) 공개번호 10-2007-0083464
 (43) 공개일자 2007년08월24일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2005/022848
 (87) 국제공개번호 WO 2006/132642
 국제공개일자 2006년12월14일
 (30) 우선권주장
 60/581,473 2004년06월21일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP09085865 A*
 US05354605 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
이 아이 듀폰 디 네모아 앤드 캄파니
 미합중국 델라웨어주 (우편번호 19898) 월밍톤시
 마아캣트 스트리트 1007
 (72) 발명자
사만트, 칼리카, 란잔
 미국 19707 델라웨어주 호케신 나탈리 코트 36
사우어, 브라이언, 베네딕트
 미국 19061 펜실베이니아주 부스윈 트로피 드라이브
 4321
트렌타코스타, 조셉, 디.
 미국 19810 델라웨어주 월밍톤 그레이린 크레스트
 하원 로드 2021
 (74) 대리인
김영, 장수길

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 한재섭

(54) 발명의 명칭 개선된 방탄 성능을 갖는 섬유 구조물

(57) 요약

본 발명의 섬유 구조물은 섬유, 및 약 -40℃ 내지 약 0℃의 유리전이온도를 갖는 고 점도 중합체 약 1 내지 15 중량%로부터 제조되며, 방탄 물품을 제조하는 데 유용하다.

특허청구의 범위

청구항 1

섬유, 및 -40°C 내지 0°C 의 유리전이온도를 갖는 고 점도 중합체 4 내지 10 중량%를 포함하고,
상기 섬유는 폴리아라미드로부터 방사된 것이며,

상기 고 점도 중합체가 20°C 에서 2×10^6 내지 10^{13} 포이즈의 점도를 가지고, 폴리(비닐 프로피오네이트), 폴리(헥실 메타크릴레이트), 폴리(이소프로필 아크릴레이트) 및 에틸렌/메틸 아크릴레이트 공중합체로 이루어지는 군 중 하나로부터 선택되는 것인,

섬유 구조물.

청구항 2

하나 이상의 제1항의 섬유 구조물층을 포함하는 물품.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

명세서

[0001] <관련 출원과의 상호 참조>

[0002] 본 출원은 2004년 6월 21일에 출원된 미국 가출원 제60/581,473호로부터 우선권의 이점을 청구한다.

기술분야

[0003] 본 발명은 저 유리전이온도 점성 중합체 접착제로 함침된 섬유 구조물 및 그로부터 제조된 물품에 관한 것이다.

배경기술

[0004] 다수의 가요성 방탄복 구조물은 탄환을 충분히 막기는 하지만, 둔상 관련 쇼크는 방탄 조끼와 같은 물품에서 여전히 상당한 상해 또는 사망을 초래할 수 있다. 높은 수준의 둔상을 감소시키는 것은 충격 에너지의 방산 및 확산에 의해 달성될 수 있다.

[0005] 종래에는, 경질 층이 신체 가까이 제공되어 둔상을 감소시켰지만, 이것은 관통에 대한 방탄성을 상당히 손상시키고, 편안함을 감소시키면서 방탄복의 중량을 증가시키는 것으로 공지되어 있다.

[0006] 국제 출원 (WO 2004/074761 A1호)에는 방탄 직물 및 기타 관련 섬유 함유 방탄 시트에 함침되는 용매인 점탄성 중합체 유체가 개시되어 있다. 유리전이온도 (T_g)의 바람직한 범위는 -128°C 내지 -40°C 이다. 0.25 Pas 내지 $2.5 \times 10^4\text{ Pas}$ 의 낮은 점도가 고려되었다.

[0007] 문헌 [Briscoe, B. J., Motamedi, F., "Role of interfacial friction and lubrication in yarn and fabric mechanics", TextileResearch Journal 1990 6(12), 697] 및 [Briscoe, B. J., Motamedi, F. "The ballistic impact characteristics of aramid fabrics: the influence of interface friction", Wear 1992 158(1-2), 229] 모두는 직물에 함침되는 중간 점도 중합체 유체에 대해 기재하고 있다. 첨가제는 -115°C 의 낮은 T_g 를 갖는다. 이들은 예상되는 바와 같은 윤활 효과를 갖는다.

[0008] 로데스 (Rhodes) 등의 US 6,701,529호에는 가해진 힘의 비율에 비례하여 경직되는, 중합체, 윤활제 및/또는 충전제 성분의 에너지 흡수성 매질이 개시되어 있다. 폴리보로실록산 중합체 유체 및 다른 수소 결합 중합체 유체 혼합물은 팽창성 (dilatant) (전단 강화 (shear thickening)) 특성을 나타낸다.

[0009] 미국 특허 제3,649,426호 및 이 (Lee, Y. S.) 등 (N. J. Advanced Body Armor Utilizing Shear Thickening Fluids, 23rd Army Science Conference, 2002)은 방탄 섬유와 관련하여 입자의 전단-강화 현탁액에 대해 고려하였다.

[0010] WO 00/46303호 및 US 3,649,426호에는 파우치 또는 폴리아라미드 패넬의 후면에 전단-강화 입자 현탁액을 갖는 폴리아라미드 직물이 기재되어 있다.

- [0011] 미국 특허 제5,776,839호는 카본 블랙, 혼중 실리카 (나노-실리카) 및 소량의 접착제 "아교"로 이루어진 전형적인 조성을 갖는 팽창성 건조 분말을 방탄 섬유 및 직물에 적용하는 것을 개시한다.
- [0012] US 5,229,199호에서는 점착 개질제로 코팅되고 매트릭스 수지에 매립된 직조 아라미드 직물의 경질 복합물을 고려하였다. 마찰의 감소 및 계면의 약화는 방탄 성능을 개선시킨다. 마찰이 직물에서 너무 높거나, 매트릭스가 너무 경질일 경우, 방탄성이 심하게 손상된다.
- [0013] US 5,354,605호에서는 섬유층을 위한 접착제 매트릭스 물질로서 낮은 T_g , 고분자량 엘라스토머가 사용되었다. 이것은 단일 방향성 방탄층에 가요성을 제공하였다.
- [0014] US 5,854,143호에는 단일층 또는 다층 패키지 또는 라미네이트로, 유기 팽창제인 코팅된 건조 분말을 함유하는 하나 이상의 평탄 구조물층을 포함하는 방탄복을 위한 물질이 기재되어 있다.
- [0015] 높은 방탄성을 유지하면서 가요성 방탄복에서 둔상에 대한 저항을 개선시키는 것이 바람직한 목적이다. 또한, 편안함의 증가 및 방탄 조끼 중량의 저하는 달성되어야 할 바람직한 특성이다.
- [0016] <발명의 개요>
- [0017] 본 발명은 섬유, 및 약 -40°C 내지 약 0°C 의 유리전이온도를 갖는 고 점도 중합체 약 1 내지 약 15 중량%의 섬유 구조물 및 이러한 섬유로부터 제조된 보호 물품에 관한 것이다.

발명의 상세한 설명

- [0018] 본 발명에서는, 저 유리전이온도를 갖는 1종 이상의 고 점도 중합체 접착제가 섬유 구조물 상에 코팅되거나 섬유 구조물에 함침된다. 고 점도 중합체 접착제는 중합체 또는 접착제로서 다양하게 칭할 수 있다. 또한, 용어 함침은 코팅을 포함하는 것을 의도함을 이해해야 한다. 둔상 저항이 개선되면서 우수한 방탄성은 유지된다. 후면 변형 (BFD)은 둔상의 지표이며, 즉 BFD가 낮을수록, 보호 장치를 착용한 사람은 외상을 덜 입을 것이다. 선행 기술 시스템과 달리, 저 수준의 함량도 다수의 여러가지 유형의 섬유 구조물에서 효과적인 것으로 밝혀졌다. 저 수준으로 섬유 구조물에 함침된 액체 접착제는 탄환 충격 조건하에서 직물 중 필라멘트의 미끄럼 마찰을 변형시킴으로써 본질적으로 마찰 강화제로 작용한다. 또한, 본 발명의 물질은 방탄복과 같은 물품에서 관통에 대한 방탄성을 유지하거나 약간 개선시키면서 후면 변형 (BFD)을 감소시킨다. BFD는 본 명세서 전체에서 밀리미터 (mm)로 표현된다.
- [0019] 또한, 본 발명은 약 -40°C 내지 0°C 의 T_g 를 갖는 고 점도 접착제 약 1 내지 15 중량%로 함침된 (또는 코팅된) 하나 이상의 고 성능 섬유 구조물층을 포함하는 물품에 관한 것이다. 유리전이온도는 시차 주사 열량법 (DSC)을 $10^{\circ}\text{C}/\text{분}$ 가열 속도로 사용하여 측정하였다. 전이의 중심점을 T_g 로 선택하였다. T_g 는 본 명세서 전체에서 $^{\circ}\text{C}$ 로 표현된다.
- [0020] 대상 접착제와는 달리, 고체 접착제 매트릭스는 다른 경질 첨가제 뿐만 아니라, 약 15 중량% 이상의 접착제 첨가제의 존재로 인해 너무 경질이거나 마찰이 너무 높은 계와 같이 관통에 대한 방탄성을 감소시킨다. 하기에 논의되는 바와 같이, 이러한 거동은 다층이 고속 탄환에 의해 충격을 받을 때와 같이, 함침된 직물에서 매우 높은 마찰 및 강성도의 경우에 예상된다.
- [0021] 충격 동안 낮은 T_g 접착제를 갖는 직물의 반응과 관련하여, 이러한 계의 변형률 종속성을 고려하는 것이 중요하다. 이것을 실험적으로 이해하기 위한 한 방법은 주파수 종속성 동적 기계적 방법을 적용하는 것이다. 시험을 위하여, 불활성 유리 지지체 직물을 폴리(비닐프로피오네이트) (PVP) 또는 폴리(헥실메타크릴레이트) (PHM)로 함침시켰다. PHM은 톨루엔을 사용하여 용액으로부터 침전시키고, 톨루엔은 제거하였다. 이 샘플을 주파수 종속성 동적 기계적 분석 (DMA)에 사용하였다. 실험 및 장비는 표준이며, 문헌 ["Use of a Dynamical Mechanical Analyzer to Study Supported Polymers" Starkweather, H. W., Giri, M. R., J. Appl. Polym. Sci. 1982, 27, 1243]에 기재되어 있다. 주파수 종속성 유리전이온도는 손실 신호에서 최대값으로 분해되었다. 0.1 Hz 및 30 Hz의 주파수 극한에서, PHM의 T_g 는 각각 -18.5°C 내지 -2°C 범위였다. 동일한 주파수 범위에서, PVP의 T_g 는 3°C 내지 12.5°C 범위였다. 이것은 각각 PHM 및 PVP에 대한 40 kcal/mol 및 65 kcal/mol의 활성화 에너지에 상응한다. 탄환의 매우 높은 변형률은 변형의 높은 등가 주파수 ($\gg 10^5$ Hz)에 기여한다. 이러한 상승된 변형률은 PVP 및 PHM을 액체에서 유리질 고체상으로 용이하게 전환시킨다. 예를 들어, 10^5 Hz에서, PHM에

대한 이러한 활성화 에너지를 기준으로 T_g 는 25°C로 이동할 것이다. 이 값은 PHM도 탄도 충격에 의해 유도된 높은 변형률 하에서 실온에서 쉽게 유리질 상이 됨을 보여준다.

[0022] 본 발명에서 사용된 고 점도 접착제의 T_g 는 약 -40°C 내지 약 0°C 범위, 바람직하게는 약 -35°C 내지 약 -10°C 범위이다. 이러한 물질의 경우, 탄환으로 인한 높은 변형률은 실온 초과에서 이러한 주파수 종속성 T_g 를 이동시키기에 충분하여, 점성 접착제를 경질 유리질 고체로 전환시킨다. 낮은 T_g 및 "유체" 성질로 인하여, 이러한 접착제는 정적 조건하에서 편안한 방탄 조끼를 제조하기 위한 가요성 직물을 제공한다. 유리전이온도가 약 -40°C 미만일 경우, 변형률은 계를 유리질 상으로 전환시킬 정도로 충분히 높지 않다.

[0023] 상기 인지된 바와 같이, 접착제는 고 점도 중합체 유체이어야 한다. 이것은 탄성 고체, 매우 높은 분자량의 중합체, 반결정질 탄성 고체 또는 가교된 탄성 고체가 아니어야 한다. 이들과 같은 중합체는 내관통성을 감소시킬 수 있고, 경질이어서 편안함을 감소시킬 것이다. 또한, 특히 낮은 수준으로 적용된 고체 접착제는 직물이 실질적으로 변형되면 자가-회복되지 않고, 유효성이 손실될 것이다.

[0024] 이러한 고 점도 접착제는 중간 내지 고 마찰성을 제공한다. 약 -40°C 내지 약 0°C 범위의 T_g 를 갖는 고 점도 접착제의 경우, 건조 직물 대조군 샘플에 대한 상승된 마찰은 BFD와 상관되며, 성능 이점에 기여한다. 또한 함침된 첨가제의 점도는 직물 강성도와 상관된다.

[0025] T_g 이외에, 본 발명에 사용되는 접착제는 또한 그의 분자량 (M_w) 및 점도에 의해 분석될 수 있다. 분자량은 중량 평균이며, 전형적으로 겔 투과 크로마토그래피에 의해 측정된다. 점성 유체 중합체의 분자량은, 예를 들어 약 20,000 내지 400,000 g/mol 범위일 수 있다. 점성 유체 중합체에 바람직한 점도 범위는 약 2×10^6 내지 약 10^{13} 포이즈이다. 점도는 전형적으로 실온에서 측정되지만, 일반적으로 본원에 제공되는 대상 접착제의 점도는 너무 높아 표준 기술에 의해 측정될 수 없다. 이 경우, 점도는 고온 용융물 점도, 용융물 유동 지수 분석 또는 다른 정성적 유변학적 분석으로부터 외삽시켜 추정된다. 중합체 유체의 제로 전단 점도 분석을 위해 적용되는 한 전형적인 방법은 콘-앤드-플레이트 유변물성측정법 또는 모세관 점도측정법이다. 상기 범위 밖의 낮은 점도는 전형적으로, 예컨대 낮은 T_g 를 갖는 실록산 유체의 경우 높은 M_w 를 갖더라도, 성능을 감소시킬 것이다. 이러한 물질은 윤활로 인하여 마찰을 감소시킨다. 이것은 문헌 [Briscoe, B. J., Motamedi, F. "The ballistic impact characteristics of aramid fabrics: the influence of interface friction", Wear 1992 158(1-2), 229]에 개시된 바와 같이 불량한 방탄 성능과 상관된다.

[0026] 적합한 특성을 갖는 액체 접착제는 현탁, 에멀전 또는 용융 중합을 비롯한 다수의 방법에 의해 블렌드 또는 공중합체 형태로 형성될 수 있다. 본원에서 고 점도 접착제로서 유용한 중합체의 예로는 폴리(비닐 프로피오네이트), 폴리(핵심 메타크릴레이트), 폴리(이소프로필 아크릴레이트) 및 에틸렌/메틸 아크릴레이트 공중합체 (여기서, 에틸렌 함량은 38 중량%이고, 메틸 아크릴레이트 함량은 62 중량%임)를 들 수 있다.

[0027] 섬유 구조물은 중합체, 예컨대 폴리올레핀 (예를 들어, 폴리에틸렌 또는 폴리프로필렌), 폴리이미드, 폴리에스테르, 폴리(비닐 알코올), 폴리벤즈이미다졸 (PBI), 폴리아라미드, 예컨대 폴리(파라페닐렌 테레프탈아미드) (미국 델라웨어주 윌밍톤 소재 이 아이 듀폰 디 네모마 앤드 캄파니 (E. I. du Pont de Nemours and Company) (DuPont)에 의해 상표명 케블라 (Kevlar, 등록상표)하에 시판됨), 폴리아렌아졸 및 폴리피리다졸, 예컨대 폴리피리도비스이미다졸로부터 제조된 섬유로부터 제조될 수 있다. 폴리피리도비스이미다졸은 미국 버지니아주 리치몬드 소재 마젤란 시스템즈 인터네셔널 (Magellan Systems International)로부터 상표명 M5 (등록상표)하에 입수가능하다. 우수한 관통에 대한 방탄성을 제공하기 위해서 섬유의 강도 (tenacity)는 ASTM D-885에 따라 약 900 MPa 이상이어야 한다. 바람직하게, 섬유는 또한 약 10 GPa 이상의 탄성률을 갖는다.

[0028] 고 성능 섬유 구조물은 편직물, 직포, 단직 구조물 (uniweave structure), 단일 방향성 시트 (uni-directional sheet), 다중 방향성 시트 (multi-directional sheet) (예를 들어, 약 20 내지 90도의 각도로 섬유가 교차됨), 부직포 층 (예를 들어, 펠트), 또는 단일 섬유와 같은 다수의 형태를 취할 수 있다. 섬유 구조물은 10, 20, 40 또는 60개 이상의 본 발명의 개별 섬유 구조물층의 형태를 취할 수 있다.

[0029] 처리된 층은 충격 지점으로부터 떨어진 후방에 배치되거나, 중간에 배치되거나, 임의의 다른 방식으로 배치되어 방탄복의 성능을 최적화할 수 있다. 중합체 농도는 처리된 층의 각각에 대해 동일하거나, 층마다 다양해서 껍을 통해 목적하는 다양한 강성도를 제공할 수 있다. 처리된 층은 층마다 다양할 수 있는 유형의 직물 구조물로 이루어진 껍에 사용될 수 있다.

[0030] 고체 엘라스토머와 뚜렷하게 상이한 유동 및 탄성률 특성을 갖는 고 점도 접착제를 방탄 직물에 함침시켰다. 관통에 대한 방탄성 및 후면 변형 (둔상의 척도) 둘다의 바람직하게 높은 수준은 얼마나 많은 층이 처리되었는가에 따라 폴리아라미드 직물에서 약 1 내지 약 15 중량% 첨가제 수준의 범위로 밝혀졌다. 이러한 유형의 계는 현재 사용되고 있는 직물 조끼에서 만족스러운 둔상 방지를 제공하기 위해 필요한 면적 밀도와 비교하여 약 20 내지 30% 중량 절약을 제공할 것으로 생각된다. 본 발명에서 사용되는 고 점도 접착제는 이 접착제가 본 발명에서 목적하는 액체 접착제 성능을 제공할 수 있게 하는 유리전이온도 T_g 를 가지며, 섬유 구조물에서 점도 및 마찰 효과를 통해 후면 변형을 제어한다.

[0031] 보호용 방탄복은 본 발명의 주된 용도이다. 함침된 고 성능 섬유 구조물은 스티칭과 같은 표준 조끼-제조 방법에 의해 방탄복으로 제조될 수 있다. 방탄복은 내관통성, 둔상 및 NIJ 100-98을 통한 국가 법무 연구소 (National Institute of Justice)에 의해 확립된 다른 필요 조건을 만족시키도록 제조자에 의해 제조된다. NIJ 100-98에 따르면, 방탄 패널이 단일 유닛으로 조립되는 방식은 제조자에 따라 다르다. 일부 경우에, 다층은 패널의 전체 모서리 둘레가 바이어스 스티칭되고, 다른 경우에는, 층이 몇개의 위치에서 함께 텍스티칭된다. 일부 제조자들은 수직 또는 수평 스티칭의 다수의 열로 직물을 조립하고, 일부는 전체 방탄 패널을 쿼트할 수 있다. 스티칭이 패널의 방탄 특성을 손상시킨다는 증거는 없다. 그 대신, 스티칭은 사용된 직물의 유형에 따라, 전체 성능을, 특히 둔상의 경우에 개선시키는 경향이 있다.

실시예

[0032] 개선된 BFD를 제공하는 다양한 중합체를 예시하기 위해 점성 액체 중합체를 사용한 실시예 뿐만 아니라, 적합한 비교예가 제공된다. 이전에는, 대부분의 문헌에서 미국 특허 제5,229,199호에 기재된 바와 같이, "접착제" 매트릭스 또는 엘라스토머 수지를 폴리아라미드 직물에 첨가하는 것이 방탄 성능을 감소시킨다고 제안한 것을 주목할 가치가 있다. 예를 들어, 매트릭스가 너무 경질이어서 마찰이 직물에서 너무 높을 경우, 폴리아라미드 직물로 제조된 조끼의 방탄성은 심하게 손상된다.

[0033] PVP, 폴리(핵심 메타크릴레이트), 폴리(이소프로필 아크릴레이트), 폴리(비닐 에틸 에테르), 폴리(이소부틸 아크릴레이트) 및 폴리(디메틸 실록산)은 미국 뉴욕주 온타리오 소재 사이언티픽 폴리머 프로덕츠 인크. (Scientific Polymer Products Inc.)로부터 입수하였다. 폴리(페닐 메틸 실록산) 및 폴리(디페닐 실록산-코-디메틸 실록산)은 미국 펜실베이니아주 툴리타운 소재 겔레스트 인크. (Gelest Inc.)로부터 입수하였다. 에틸렌/메틸 아크릴레이트 (38/62) 공중합체 및 에틸렌/메틸 아크릴레이트/부틸 아크릴레이트 삼원공중합체는 듀폰으로부터 입수하였지만, 본원에서 사용된 에틸렌/메틸 아크릴레이트 공중합체는 실험용 등급이다.

[0034] 탄도, 풀아웃 (pullout) 및 다른 시험을 위한 직물을, 예를 들어 전사법을 사용하여 용융물로부터, 또는 용액 코팅에 의해 중합체로 함침시켰다. 용액 코팅의 경우, 용액은 약 5 내지 20 중량%의 중합체를 나머지량의 용매와 함께 함유하였다. 중합체 용액을 직물에 도포한 후, 용매를 증발시켰다. 고 점도 접착제 용액을 고 성능 섬유 구조물에 접촉시키기 위해 브러싱, 분무 또는 침지하여 함침을 수행하였다. 첨가된 중합체 용액을 소정의 부피로 사용하여 폴리아라미드 직물, 예컨대 듀폰으로부터 입수가능한 케블라 (Kevlar, 등록상표)류 직물 중 첨가제의 최종 중량 백분율을 제어하였다.

[0035] 섬유 풀아웃 시험을 인스트론 (Instron) 상에서 수행하여 윤활제 및 접착제에 의한 직물 표면 처리의 결과로서 안 마찰 변형을 조사하였다. 이 시험은 문헌 [Bazhenov, S., Dissipation of Energy by Bulletproof Aramid Fabric, J. Mat. Sci, 32, 1997, 4167]에 기재된 바와 같이 클램핑된 폭 100 mm의 단일 직물층을 통해 단일 840 데니어 폴리아라미드 필라멘트를 당길 때 마찰을 고려한다. 본질적으로, 단일 폴리아라미드 스트랜드를 당기기 위한 최대 힘을 인스트론 또는 다른 하중-감지 장치 상에서 기록하였다.

[0036] 국가 법무 연구소 레벨 II 보호를 위한 후면 변형을 감소시키는데 적합한 물질을 개발하기 위하여 매그넘 0.357 구리-재킷 납 총탄을 사용하여 탄도 시험을 수행하였다. 점토층에 대해 고정된 전형적으로 다층 폴리아라미드 직물 패널에 충격을 가하고, 약 1425 ft/sec의 공칭 충돌 속도로 탄환에 의한 만입 깊이를 밀리미터 (mm)로 측정함으로써 후면 변형 시험을 수행하였다.

[0037] 샘플 직물은 840 데니어 폴리아라미드 안을 사용한 평직 구조를 갖고, 5.8 oz/sq. yd의 공칭 면 중량을 가졌다. 치수 15 in x 15 in의 21개의 이러한 층을 패널의 모서리를 테이프로 붙인 후, 폴리아라미드 바느질 실을 사용하여 "X" 패턴으로 바느질하였다. 달리 기재되지 않는다면, 21개의 층 중 10개는 액체 중합체 접착제로 처리하였으며, 점토 층에 가장 근접하게 배치하였다.

[0038] V_{50} 은 총탄의 반이 패널에 의해 완전히 정지되고 반이 패널을 통해 관통된 초 당 피트 (ft/s) 단위의 임계 속도로서 정의된다. 다음의 실시예에서, 적절한 경우, V_{50} 은 점토에 의해 배킹된 패널에 대해 측정되었다.

[0039] 실시예 1-2 및 비교예 A-B

[0040] 섬유 폴아웃에 대한 폴리(비닐 프로피오네이트) (PVP) 농도의 효과를 폴리아라미드 직물에 대해 측정하였다. PVP는 미국 뉴욕주 온타리오 소재 사이언티픽 폴리머 프로덕츠 인크.로부터 입수하였다. 마찰은 폴아웃 힘에 상관되며, 표 1에 나타난 바와 같이 비교적 낮은 농도에서도 실질적으로 농도에 따라 증가하였다. 이 표에서 중량 백분율 PVP는 첨가제의 건조 수준 대 폴리아라미드 직물의 중량을 기준으로 한다.

표 1

실시예	중량%	최대 힘 (N)
비교예 A	0	6
비교예 B	1	6
1	4	30
2	7	55

[0042] 실시예 3-5 및 비교예 C

[0043] 상기 인지된 바와 같이 마찰의 완전한 증가는 제곱 피트 당 약 0.84 파운드 (psf)의 기초 중량으로 PVP 액체 접착제 10 중량% 이하로 함침된 폴리아라미드 직물층을 함유하는 계의 경우 후면 변형 (BFD)의 개선에 기여하였다. 이것은 표 2에서 V_{50} 에 의해 측정된 관통에 대한 방탄성을 유지하고 심지어 개선시키면서 달성되었다.

표 2

실시예	중량%	BFD	V_{50}
비교예 C	0	44	1430
3	8	36	1480
4	10	34.6	1480
5	15	실패	1360

[0045] 관통에 대한 방탄성 및 BFD에서의 양호한 성능은 표 2에서 보여지는 바와 같이 케블라 (등록상표) 직물에서 약 8 내지 10 중량% 첨가제 (PVP) 수준에서 발견되었다. 그러나, 15 중량%의 농도는 높은 마찰로 인하여 감소된 관통에 대한 방탄성을 나타내었다.

[0046] 비교예 D-F

[0047] 비교예는 제곱 피트 당 1.26 파운드 (psf)의 기초 중량으로 비닐 에스테르 경질 수지 매트릭스를 갖는 고체 접착제로 함침된 케블라 (등록상표) 폴리아라미드의 직물을 사용하여 제조되었다.

표 3

실시예	중량%	V_{50}
비교예 D	0	1580
비교예 E	20	1200
비교예 F	30	1120

[0049] 증가된 농도의 매트릭스 수지의 첨가로 V_{50} 의 거의 일반적인 열화가 표 3에서 나타났다.

- [0050] 실시예 6-10 및 비교예 G-N
- [0051] 폴리아라미드 직물을 다음과 같이 저 중량 분율의 낮은 유리전이온도 중합체로 함침시켰다:
- [0052] 9 중량% 및 15 중량%의 PVP (각각 실시예 6, 7), 10 중량%의 PHM (실시예 8), 8 중량%의 폴리(이소프로필 아크릴레이트) (실시예 9), 8 중량%의 에틸렌/메틸 아크릴레이트 (38/62) 공중합체 (실시예 10).
- [0053] 첨가된 중합체가 없는 폴리아라미드 층인 21개의 층을 비교예 G로서 사용하였다.
- [0054] 폴리아라미드 직물을 비교 목적을 위하여 다음의 중합체들: 8 중량%의 폴리 아크릴로니트릴-부타디엔 액체 (비교예 H); 9 중량%의 폴리(이소부틸 아크릴레이트) (비교예 I); 9 중량%의 폴리(비닐 에틸 에테르) (비교예 J) 및 8.8 중량%의 에틸렌/메틸 아크릴레이트/부틸아크릴레이트(37/50/13) 삼원공중합체 (비교예 K)로 함침시켰다.
- [0055] 또한, 폴리아라미드 직물을 폴리(페닐 메틸 실록산) (비교예 L); 폴리(디페닐 실록산-코-디메틸 실록산) (비교예 M), 폴리(디메틸 실록산) (비교예 N)과 같은 낮은 유리전이온도 내지 매우 낮은 유리전이온도를 갖는 약 10 중량%의 실록산으로 함침시켰다.
- [0056] 실록산 중 하나는 그의 고분자량으로 인하여 꽤 점성이지만 (즉, 비교예 N, 폴리디메틸 실록산, 즉, 실리콘 오일, Mw = 94 Kg/mol), 어느 것도 BFD에서 개선을 나타내지 않았다.
- [0057] 상기 논의된 바와 같이, 15 중량% 초과인 PVP 농도는 높은 마찰을 부여하여 관통에 대한 방탄성을 감소시켰다 (더 낮은 V₅₀, 표 2).

표 4

실시예	T _g	Mw/점도	V ₅₀	BFD
G			1390	42
6	-10	30k/10 ⁸	1470	35.1
7	-10	30k/10 ⁸	1340	*
8	-20	400k/10 ¹⁰	1440	36.4
9	-8	120k/10 ⁸	1425	36.5
10	-32	40k/6x10 ⁶	1440	36
비교예 H	-37	8k/5x10 ³	1370	*
비교예 I	-28	50k/10 ⁵	1340	*
비교예 J	-35	100k/10 ⁶	1385	*
비교예 K	-42	40k/10 ⁶	1375	*
비교예 L	-57	5k/10	1420	44
비교예 M	-78	10k/10	1420	44
비교예 N	-120	94k/10 ³	1390	45

* V₅₀ 이 너무 낮아서 BFD가 시험되는 1430 ft/s의 충돌 속도에서 과도한 관통으로 인하여 정량적인 BFD가 얻어질 수 없었음.

- [0058]
- [0059] 점도 (포이즈로 표현됨)는 상기 설명된 바와 같이 고온으로부터 외삽시켜 추정되었으며, 일반적으로 다음의 더 높은 차수로 받아들여졌다. 그러나, 비교예 L 내지 N의 점도는 약 20°C에서 정량적으로 측정될 수 있을 정도로 충분히 낮았다. 비교예 H에 대해 제조자가 측정한 점도는 27°C에서 5000 포이즈였다.
- [0060] 비교예 O-Q
- [0061] 840 테니어의 케블라 직물을 첨가제 없이 제조하였다 (O). 또한, 다음의 고체 첨가제를 함유한 직물이 제조되었다: 9 중량% 폴리우레탄 (용매 적용) 고체, 가교된 (P) 및 12 중량% 탄성 설린 (Surlyn, 등록상표) (용융물 적용) 고체, 결정 (Q). 설린 (등록상표)은 듀폰으로부터 입수하였다.

표 5

[0062]

실시예	T _g	V ₅₀	BFD
O		1390	40.6
P	-70	1370	31
Q	-50	1300	n.d.*
* 모든 탄환이 패널을 통해 관통되어 BFD를 측정하지 않음.			

[0063]

표 5에서 고체 첨가제를 이용한 결과는 상승된 강성도가 비교적 저 중량 분율에서 더 불량한 관통에 대한 방탄성 (더 낮은 V₅₀)을 초래한다는 것을 증명하였다. 또한 이러한 계는 액체 접착제로 처리된 것보다 실질적으로 더 경질이며, 이것은 편안함을 감소시킬 것이다.